

(國科會GRB編號)

PG10001-0342

## 雪山地區高山生態系長期監測與研究

委託單位：雪霸國家公園管理處

受委託者：國立中興大學

研究主持人：呂金誠、歐辰雄

協同主持人：王秋美、吳聲海、邵廣昭、林良恭、林博雄、林昭遠、  
孫元勳、曾彥學、曾喜育、葉文斌、楊嘉棟、蔡尚惠、  
顏江河、魏聰輝(按姓氏筆劃排列)

執行單位：國立中興大學森林學系

中央研究院生物多樣性研究中心

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

東海大學生命科學系

國立自然科學博物館植物學組

國立中興大學水土保持學系

國立中興大學昆蟲學系

國立中興大學生命科學系

國立臺灣大學大氣科學系

國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處

國立屏東科技大學野生動物保育研究所

環球科技大學環境資源管理學系

## 雪霸國家公園委託研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



## 目次

表次.....	X
圖次.....	XIV
附錄.....	XXIII
整合型計畫項目.....	0-1
一、計畫緣由.....	0-2
(一)高山微氣象與熱量收支之研究.....	0-3
(二)集水區環境資料之建置與應用研究.....	0-4
(三)雪山地區主要林型菌根共生關係之研究.....	0-4
(四)雪山地區苔蘚植物相調查與長期監測研究.....	0-4
(五)雪山地區植物物候調查.....	0-4
(六)雪山地區高山植群生態研究.....	0-5
(七)雪山地區高山昆蟲棲群動態及功能群之研究.....	0-5
(八)雪山地區高山兩生類及爬蟲類族群生態及分布.....	0-5
(九)雪山地區鳥類群聚與生態研究.....	0-6
(十)雪山地區哺乳類動物及其棲地調查.....	0-6
(十一)雪山生態系資料庫建置.....	0-6
二、整合性探討.....	0-7
(一)三六九山莊草生地火後之生物群落恢復情形整合探討.....	0-7
(二)SPA-1矮盤灌叢樹冠幅性狀與風向關係.....	0-12
<b>第一章 高山微氣象與熱量收支研究</b>	
中文摘要.....	1-1
英文摘要.....	1-6
一、研究緣起與背景.....	1-7
二、研究設計.....	1-8
(一)氣象站觀測項目.....	1-8
(二)缺漏資料補遺.....	1-10
(三)研究方法.....	1-11
三、結果.....	1-18

(一)各站觀測資料與缺漏資料補遺.....	1-18
(二)雪山高山生態系微氣象.....	1-23
(三)高山積雪.....	1-26
(四)山谷風分布特性.....	1-30
(五)熱量收支.....	1-39
四、討論.....	1-49
(一)雪山高山生態系微氣象.....	1-49
(二)高山積雪.....	1-53
(三)風速與山谷風分布特性.....	1-55
(四)土壤熱性質.....	1-58
(五)熱量收支.....	1-59
五、結論與建議.....	1-61
(一)結論.....	1-61
(二)建議.....	1-63
六、參考文獻.....	1-65

## 第二章 集水區環境資料建置及應用

中文摘要.....	2-1
英文摘要.....	2-3
一、研究緣起與背景.....	2-5
二、研究設計.....	2-7
(一)研究地點.....	2-7
(二)基本圖資、研究項目及方法.....	2-9
三、結果.....	2-18
(一)億年橋集水區.....	2-18
(二)雪東線步道.....	2-26
(三)雪山一號圈谷.....	2-35
四、討論.....	2-38
五、結論與建議.....	2-39
(一)結論.....	2-39
(二)建議.....	2-39



六、參考文獻.....	2-41
-------------	------

### 第三章 雪山地區主要林型菌根共生關係之研究

中文摘要.....	3-1
英文摘要.....	3-4
一、研究緣起與背景.....	3-5
二、研究設計.....	3-7
(一)研究地點.....	3-7
(二)研究方法.....	3-7
三、結果與討論.....	3-10
(一)土壤分析.....	3-10
(二)菌根菌調查.....	3-13
四、結論與建議.....	3-22
(一)結論.....	3-22
(二)建議.....	3-22
五、參考文獻.....	3-24

### 第四章 雪山地區苔蘚植物相調查及長期監測研究

中文摘要.....	4-1
英文摘要.....	4-3
一、前言.....	4-4
(一)研究緣起.....	4-4
(二)計畫目標.....	4-4
(三)研究範圍.....	4-4
(四)文獻回顧.....	4-4
二、材料與方法.....	4-10
(一)標本採集.....	4-10
(二)標本鑑定.....	4-10
(三)樣區設置.....	4-10
(四)樣區地點介紹.....	4-10
三、結果.....	4-13
(一)標本採集.....	4-13

(二)生活型.....	4-13
四、討論.....	4-19
(一)與賴明洲老師調查武陵地區溪流沿岸的苔蘚物種比較.....	4-19
(二)生活型.....	4-19
(三)物種鑑定.....	4-20
五、結論與建議.....	4-23
(一)結論.....	4-23
(二)建議.....	4-23
六、參考文獻.....	4-24

## 第五章 雪山地區植物物候調查

中文摘要.....	5-1
英文摘要.....	5-3
一、前言.....	5-4
(一)研究緣起與背景.....	5-4
(二)前人研究.....	5-6
二、材料與方法.....	5-9
(一)研究區概況.....	5-9
(二)植物資源調查.....	5-11
(三)資料分析.....	5-11
三、結果.....	5-13
(一)維管束植物組成.....	5-13
(二)物候觀察之種子植物組成.....	5-16
(三)種子植物物候.....	5-17
四、討論.....	5-44
五、結論與建議.....	5-46
(一)結論.....	5-46
(二)建議.....	5-46
六、參考文獻.....	5-47

## 第六章 雪山地區高山植群生態研究

中文摘要.....	6-1
-----------	-----

英文摘要.....	6-4
一、前言.....	6-5
(一)研究緣起與背景.....	6-5
(二)前人研究.....	6-6
二、材料與方法.....	6-13
(一)三六九山莊草生地火燒樣區複查與調查.....	6-13
(二)雪山圈谷矮盤灌叢植群調查.....	6-13
(三)雪山圈谷碎石坡植群分類研究.....	6-13
三、資料分析.....	6-15
(一)植群分析.....	6-15
(二)水平空間分布.....	6-16
四、結果與討論.....	6-18
(一)火後植物種類清單.....	6-18
(二)火後植物種類變化.....	6-24
(三)三六九山莊草生地短期火後植物種類多樣性變化.....	6-29
(四)三六九山莊草生地短期火後植物覆蓋度與優勢度變化.....	6-32
(五)火後木本植物萌蘖.....	6-35
(六)火後演替趨勢變化.....	6-36
(七)矮盤灌叢植物社會.....	6-39
五、研究成果與建議.....	6-42
(一)研究成果.....	6-42
(二)建議.....	6-43
六、參考文獻.....	6-45

## 第七章 高山昆蟲多樣性及功能群研究

中文摘要.....	7-1
英文摘要.....	7-3
一、研究起源與背景.....	7-4
二、研究設計.....	7-7
(一)研究地點.....	7-7
(二)研究方法.....	7-7

三、結果.....	7-9
(一)高海拔各樣區植物上各目昆蟲之形態種及個體數變化.....	7-9
(二)昆蟲於各海拔樣區植被上的相對組成植物來源不同蟲相不同.....	7-10
(三)各海拔樣區科級豐富度及多樣性指數.....	7-11
(四)各海拔樣區的優勢科別.....	7-14
(五)各科昆蟲在各海拔的分布變化.....	7-18
(六)SPA4火燒地樣區昆蟲增長比例.....	7-20
(七)箭竹草原葉蟬的生長變化.....	7-24
(八)昆蟲體長的生物量轉換.....	7-24
(九)各樣區植物上昆蟲食物鏈相(科級): 科的數量vs.形態種的數量.....	7-26
四、結論.....	7-28
(一)結論.....	7-28
(二)建議.....	7-29
五、參考文獻.....	7-30

## 第八章 兩生類及爬蟲類族群生態及分布

中文摘要.....	8-1
英文摘要.....	8-3
一、前言.....	8-5
二、材料與方法.....	8-5
(一)溫溼度紀錄.....	8-5
(二)族群及棲地調查.....	8-6
(三)山椒魚基礎資料收集.....	8-6
三、結果.....	8-8
(一)溫溼度紀錄.....	8-8
(二)族群及棲地調查.....	8-17
四、討論.....	8-24
(一)溫溼度紀錄.....	8-24
(二)族群及棲地調查.....	8-24

(三)山椒魚基礎資料收集.....	8-26
五、建議.....	8-26
六、參考文獻.....	8-27
<b>第九章 雪山地區鳥類群聚與生態研究</b>	
中文摘要.....	9-1
英文摘要.....	9-3
一、前言.....	9-4
二、材料與方法.....	9-5
(一)各生態系定點調查.....	9-5
(二)鳥類繫放.....	9-6
(三)食性觀察.....	9-7
(四)整合性分析.....	9-8
三、結果.....	9-9
(一)鳥相結構.....	9-9
(二)繁殖習性.....	9-18
(三)繫放研究.....	9-18
(四)整合性分析-食性研究.....	9-25
(五)整合性分析-各生態系氣溫與鳥類密度關係.....	9-31
(六)整合性分析-各生態系昆蟲數量與鳥類密度關係.....	9-31
四、討論.....	9-37
(一)鳥相結構.....	9-37
(二)繁殖習性.....	9-37
(三)繫放研究.....	9-38
(四)整合性分析-食性研究.....	9-40
(五)整合性分析-各生態系氣溫與鳥類密度關係.....	9-42
(六)整合性分析-個生態系昆蟲數量與鳥類密度關係.....	9-42
五、結論與建議.....	9-44
(一)研究成果.....	9-44
(二)建議.....	9-45
六、參考文獻.....	9-46

## 第十章 哺乳類

中文摘要.....	10-1
英文摘要.....	10-4
一、研究緣起與背景.....	10-6
二、研究設計.....	10-8
(一)研究地點.....	10-8
(二)研究方法.....	10-10
三、結果.....	10-13
(一)小型哺乳類採集結果.....	10-13
(二)中大型哺乳類自動相機結果.....	10-19
(三)蝙蝠捕捉調查結果.....	10-33
四、結論與建議事項.....	10-35
(一)結論.....	10-35
(二)建議事項.....	10-37
五、參考文獻.....	10-40

## 第十一章 資料庫整合

中文摘要.....	11-1
英文摘要.....	11-3
一、研究緣起與背景.....	11-4
二、材料及方法.....	11-5
三、結果.....	11-6
四、討論與結論.....	11-11
五、研究成果與建議.....	11-11
(一)立即可行建議.....	11-11
(二)中長期建議.....	11-12
六、參考文獻.....	11-12

## 表次

表0-1 雪山三六九山莊於火後各生物群落物種數之Kendall相關表.....	0-9
表0-2 雪山369山莊草生地樣區植物群落降趨對應分析前3軸之特徵值與各 軸變異性.....	0-10
表0-3 雪山369山莊草生地樣區昆蟲群落降趨對應分析前3軸之特徵值與各 軸變異性.....	0-11
表0-4 SPA-1樣區玉山圓柏樹冠八方位角及長度性狀值.....	0-13
表0-5 SPA-1樣區玉山杜鵑樹冠八方位角及長度性狀值.....	0-13
表1-1. 雪山地區高山生態系整合調查氣象站站址地理因素表.....	1-9
表1-2 雪山地區高山生態系整合調查樣區氣象參數觀測項.....	1-10
表1-3 圈谷氣象站(SP1)氣象參數逐月統計表.....	1-19
表1-4 黑森林氣象站(SP2)氣象參數逐月統計表.....	1-20
表1-5 三六九氣象站(SP3)氣象參數逐月統計表.....	1-21
表1-6. 哭坡頂氣象站(SP4)氣象參數逐月統計表.....	1-22
表1-7 圈谷氣象站2009年12月~2010年4月降雪事件相關參數統計表...1-28	
表1-8 圈谷氣象站2010年12月~2011年4月降雪事件相關參數統計表...1-39	
表1-9 三六九氣象站2010年12月~2011年2月降雪事件相關參數統計...1-30	
表1-10 雪山高山生態系各氣象站及玉山氣象站合成風與穩定度.....	1-30
表1-11 圈谷氣象站、三六九氣象站2010年各月份土壤熱傳導係數.....	1-39
表1-12 四處氣象站土壤熱傳導係數、阻尼深度.....	1-41
表1-13 黑森林氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-42
表1-14 黑森林氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-43
表1-15 三六九氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-44
表1-16 哭坡頂氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-45
表2-1 基本圖資.....	2-9
表2-2 mNDVI精確度評估結果.....	2-19
表2-3 mNDWI精確度評估結果.....	2-20
表2-4 加入mNDWI平均值劃分之區位.....	2-21
表2-5 mNDWI劃定後再以mNDVI均值分類結果.....	2-21

表2-6 各集水區之泥沙產量.....	2-25
表3-1 雪山外生菌根林地土壤滲漏水質酸鹼值.....	3-12
表3-2 雪山外生菌根林地土壤滲漏水陰離子濃度(單位ppm).....	3-13
表3-3 雪山外生菌根林地土壤滲漏水陽離子濃度(單位ppm).....	3-13
表3-4 雪山地區2010-2011年外生菌根菌種類與數量調查總量.....	3-14
表3-5 分離之菌絲PCR反應產物經轉殖大量複製後所萃取之質體定序結果.....	3-16
表3-6 子實體之PCR反應產物經轉殖大量複製後，所萃取之質體定序結果表.....	3-21
表4-1 苔蘚主要生活型.....	4-6
表4-2 採集地點基本資料.....	4-10
表4-3 樣區主要苔蘚生活型及分佈.....	4-14
表5-1 雪山主峰沿線步道不同路段之植群帶劃分.....	5-11
表5-2 雪山主峰沿線物候觀察種子植物物種數統計表.....	5-13
表5-3 雪山主峰線外來物種分佈位置分析表.....	5-14
表5-4 雪山主峰沿線維管束植物特有種統計表.....	5-15
表5-5 雪山主峰沿線種子植物物候觀察之物種組成.....	5-16
表5-6 雪山主峰線各植群帶種子植物物候觀察之物種組成.....	5-17
表5-7 雪山主峰線各植群帶種子植物物候觀察物種之生長形組成.....	5-17
表5-8 雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(高山植群帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物花候.....	5-21
表5-9 雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物花候.....	5-22
表5-10 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物花候.....	5-23
表5-11 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物花候.....	5-25
表5-12 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物花候.....	5-26



表5-13	雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(高山植群帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物果候.....	5-28
表5-14	雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物果候.....	5-29
表5-15	雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物果候.....	5-30
表5-16	雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物果候.....	5-32
表5-17	雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶上層)所觀察之種子植物果候.....	5-33
表5-18	雪山主峰東線步道櫟林帶上層代表性物種之花果期示意表.....	5-37
表5-19	雪山主峰東線步道鐵杉雲杉林帶代表性物種之花果期示意表...	5-39
表5-20	雪山主峰東線步道冷杉林帶代表性物種之花果期示意表.....	5-40
表5-21	雪山主峰東線步道高山植群帶代表性物種之花果期示意表.....	5-42
表6-1	雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之生物與生態特性.....	6-22
表6-2	雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再生策略及出現頻度.....	6-26
表6-3	三六九山莊草生地火後物種出現對應分析(CA)前3軸之特徵值與各軸變異性.....	6-28
表6-4	三六九山莊草生地火燒與未火燒樣區之種數、總覆蓋度、覆蓋百分比、火後反應策略、生命史、生活型、以及物種歧異度變化.....	6-29
表6-5	三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)前5名.....	6-33
表6-6	三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前5名物種.....	6-33
表6-7	三六九山莊草生地木本植物種類對火燒後反應特性.....	6-36
表6-8	三六九山莊草生地火後次調查出現物種之相似性與物種轉換率.....	6-37
表6-9	三六九山莊草生地火後各時期出現物種之拓殖率與死亡率.....	6-37
表6-10	三六九山莊草生地系統樣區火後恢復降趨對應分析(DCA)前3軸之特徵值與各軸變異性.....	6-39
表7-1	高海拔各樣區植物上所得昆蟲之型態種數與數量變化表.....	7-10

表7-2 雪山各樣區植物上個月份所得昆蟲之數量.....	7-10
表7-3 高海拔昆蟲各目體長資料的生物量轉換.....	7-25
表7-4 掃網昆蟲2009年與2010年生物量.....	7-25
表7-5 雪山地區高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈組成.....	7-27
表8-1 溫濕度記錄器或溫度記錄器放置點位.....	8-5
表8-2 三六九山莊附近石塊區域設置點位.....	8-6
表8-3 各樣區努力量與估計搜尋面積.....	8-17
表8-4 本調查捕獲之台灣蜓蜥形質.....	8-18
表8-5 台灣蜓蜥肛溫與地溫之差異.....	8-18
表8-6 本調查捕獲之物種名錄與呂光洋教授2002年採集記錄.....	8-19
表8-7 山椒魚基本資料.....	8-21
表9-1 2010年12月至2011年11月新增記錄鳥種.....	9-9
表9-2 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-11
表9-3 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-12
表9-4 箭竹-高山芒生態系(哭坡樣區)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-13
表9-5 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-14
表9-6 針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-15
表9-7 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-16
表9-8 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	9-17
表9-9 酒紅朱雀色環目擊回收紀錄.....	9-20
表9-10 2010年12月至2011年11月各月份繫放的鳥種與隻數及努力量.....	9-21
表9-11 2009至2011年酒紅朱雀存活率( $\phi$ )及捕獲率(p)的模型選擇及AIC值,包括時間效應(t)、組效應(g)及恆定植(.).....	9-23
表9-12 2010年3月至5月自動相機拍攝的野生動物.....	9-28
表9-13 2009年至2011年11月鳥類排遺中昆蟲種類.....	9-30
表10-1 2011年各月份齧齒目、鼩型目與食肉目捕捉資料(隻次).....	10-14
表10-2 小型哺乳動物各樣區捕捉資料(隻次).....	10-15
表10-3 小型哺乳動物各樣區捕捉資料(100 Trap Night).....	10-15

表10-4 各年度紅外線自動相機拍攝之有效照片(張數).....	10-20
表10-5 各樣區紅外線自動相機工作時數(hr).....	10-20
表10-6 各樣區紅外線自動相機照片資料(OI值).....	10-22
表10-7 各月份紅外線自動相機照片資料(OI值).....	10-23
表10-8 蝙蝠個體資料.....	10-34

## 圖次

圖0-1 各生物群落於火後(2008年12月)各季節變化之趨勢.....	0-8
圖0-2 雪山369山莊草生地植物與昆蟲群落之DCA排序圖.....	0-10
圖0-3 雪山369山莊草生地植物與昆蟲群落之DCA排序圖.....	0-11
圖0-4 雪山369山莊草生地植物與鳥類群落之DCA排序圖.....	0-12
圖0-5 雪山圈谷SPA1長期動態樣區之玉山圓柏與玉山杜鵑八方位角之樹冠輻長.....	0-13
圖1-1 雪山地區高山生態系整合調查氣象站位置圖.....	1-9
圖1-2 雪山地區及玉山五處氣象站月累計日射量分布圖.....	1-23
圖1-3 雪山地區四處氣象站月平均氣溫分布圖.....	1-23
圖1-4 雪山地區四處氣象站月平均相對濕度分布圖.....	1-24
圖1-5 雪山地區四處氣象站月雨量分布圖.....	1-24
圖1-6 圈谷氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-25
圖1-7 黑森林氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-25
圖1-8 三六九氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-26
圖1-9 哭坡頂氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-26
圖1-10 圈谷氣象站2010年降(積)雪高度與降水量.....	1-27
圖1-11 圈谷氣象站及三六九氣象站2011年降(積)雪高度與降水量.....	1-28
圖1-12 雪山地區四處氣象站平均風速分布圖.....	1-31
圖1-13 雪山地區四處氣象站最大風速分布圖.....	1-31
圖1-14 圈谷氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-32
圖1-15 黑森林氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-32
圖1-16 三六九氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-33
圖1-17 哭坡頂氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-33
圖1-18 雪山高山生態系四處氣象站總平均風速日變化圖.....	1-34
圖1-19 雪山高山生態系四處氣象站最大風速總平均日變化圖.....	1-34
圖1-20 圈谷氣象站風花圖.....	1-35
圖1-21 圈谷氣象站風級頻率圖.....	1-35
圖1-22 黑森林氣象站風花圖.....	1-36

圖1-23 黑森林氣象站風級頻率圖.....	1-36
圖1-24 三六九氣象站風花圖.....	1-37
圖1-25 三六九氣象站風級頻率圖.....	1-37
圖1-26 哭坡頂氣象站風花圖.....	1-38
圖1-27 哭坡頂氣象站風級頻率圖.....	1-38
圖1-28 圈谷氣象站2010年土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化.....	1-40
圖1-29 三六九氣象站2010年土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化...	1-40
圖1-30 圈谷氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-46
圖1-31 黑森林氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-46
圖1-32 三六九氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-47
圖1-33 哭坡頂氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-47
圖1-34 臺灣中部高山地區氣象站熱量收支比率圖.....	1-48
圖1-35 雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形.....	1-50
圖2-1 億年橋集水區.....	2-7
圖2-2 雪東線步道.....	2-8
圖2-3 雪山一號圈谷.....	2-9
圖2-4 各期衛星影像.....	2-10
圖2-5 研究流程.....	2-11
圖2-6 集水區年平均降雨沖蝕指數分布圖.....	2-14
圖2-7 集水區年平均土壤沖蝕指數分布圖.....	2-14
圖2-8 集水區坡面泥砂遞移率示意圖.....	2-16
圖2-9 mNDVI均值分類.....	2-19
圖2-10 mNDVI標準差分類.....	2-19
圖2-11 mNDVI均值與標準差分類.....	2-19
圖2-12 mNDWI均值分類.....	2-20
圖2-13 mNDWI標準差分類.....	2-20
圖2-14 mNDWI均值與標準差分類.....	2-20
圖2-15 mNDWI劃定之裸地區位.....	2-22
圖2-16 加入mNDVI均值之分類.....	2-22
圖2-17 mNDWI劃定之草地區位.....	2-22

圖2-18 加入mNDVI均值之分類.....	2-22
圖2-19 mNDWI劃定之農地區位.....	2-22
圖2-20 加入mNDVI均值之分類.....	2-22
圖2-21 mNDVI標準差.....	2-23
圖2-22 mNDWI標準差.....	2-23
圖2-23 複合環境指標變動區位.....	2-23
圖2-24 火燒跡地(a).....	2-24
圖2-25 火燒跡地(b).....	2-24
圖2-26 圈谷區之矮盤灌叢.....	2-24
圖2-27 圈谷之裸地區位.....	2-24
圖2-28 土壤流失量分類結果.....	2-25
圖2-29 各期衛星影像雪東步道mNDVI之變化.....	2-27
圖2-30 各期衛星影像之mNDVI平均值與標準差.....	2-27
圖2-31 各期衛星影像雪東步道mNDWI之變化.....	2-28
圖2-32 各期衛星影像之mNDWI平均值及標準差.....	2-29
圖2-33 環境指標平均值.....	2-30
圖2-34 環境指標標準差.....	2-31
圖2-35 環境指標標準差.....	2-31
圖2-36 步道土壤流失量分級圖.....	2-32
圖2-37 0-2k土壤流失嚴重區位.....	2-32
圖2-38 2-4k土壤流失區位與現勘照片.....	2-33
圖2-39 4-7k土壤流失嚴重區位.....	2-33
圖2-40 7-10.9k土壤流失區位與現勘照片.....	2-34
圖2-41 雪東步道泥砂產量分布.....	2-35
圖2-42 雪東步道泥砂產量高區位.....	2-35
圖2-43 圈谷環境指標平均值之空間分佈.....	2-36
圖2-44 圈谷環境指標標準差空間分佈.....	2-36
圖2-45 複合環境指標圈谷變異區位.....	2-37
圖2-46 複合環境指標標準差圈谷變異區位.....	2-37
圖3-1 從菌絲中提取DNA進行PCR擴增.....	3-15

圖3-2 菌絲編號Su之PCR反應產物經大量複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-15
圖3-3 分離菌絲Re之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-16
圖3-4 分離出之菌絲編號11和43之PCR反應產物經轉殖大量複製後進行 RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I .....	3-16
圖3-5 子實體之DNA進行PCR擴增.....	3-18
圖3-6 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-18
圖3-7 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-19
圖3-8 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-19
圖3-9 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-19
圖3-10 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-20
圖3-11 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-20
圖3-12. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-20
圖3-13. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為 BamH I 及EcoR I .....	3-21
圖4-1 高叢型.....	4-7
圖4-2 墊狀體型示意圖.....	4-7
圖4-3 樹型.....	4-7
圖4-4 全貼型.....	4-8
圖4-5 點貼型.....	4-8
圖4-6 扇型.....	4-8
圖4-7 懸垂型.....	4-9

圖4-8 七卡山莊樣區為闊葉林，提供苔蘚較多樣的生長環境.....	4-10
圖4-9 雪山東峰樣區全為箭竹組成，環境單調，提供較少的遮蔽.....	4-11
圖4-10 火燒地樣區雖然以箭竹為主，但環境中有石頭及杜鵑提供一些遮蔽.....	4-11
圖4-11 火燒地樣區.....	4-11
圖4-12 黑森林邊緣樣區為冷山林，其中有倒木及石頭提供苔蘚豐富的生長環境.....	4-12
圖4-13 黑森林水源地樣區與黑森林林緣樣區類似，但部分地區稍為開闊.....	4-12
圖4-14 圈谷樣區為圓柏及杜鵑組成，低矮的樹蔭為苔蘚提供了蔽.....	4-12
圖4-15 各樣區主要苔蘚生活型比例圖.....	4-15
圖4-16 <i>Homaliodendron flabellatum</i> (Sm.)Fleisch 樹平苔.....	4-15
圖4-17 <i>Racomitrium ericoides</i> (Hedw.)Brid. 短枝砂苔.....	4-16
圖4-18 <i>Rhytidium rugosum</i> (Hedw.)Kindb. 垂枝苔.....	4-16
圖4-19 <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.)Schimp. 塔苔.....	4-17
圖4-20 <i>Plagiomnium confertidens</i> (Lindb. & Arn.)T. Kop. 密集走燈苔.....	4-17
圖4-21 <i>Antitrichia curtispindula</i> (Hedw.)Brid. 臺灣逆毛苔.....	4-18
圖4-22 <i>Ulota crispa</i> (Hedw.)Brid. 北方卷葉苔.....	4-18
圖4-23 <i>Sauteria yatsuensis</i> S. Hatt. 八岳星孔蘚.....	4-20
圖4-24 <i>Myurella julacea</i> (Schwägr.)Brüch, Schimp. & W. Gümbel 小鼠尾苔.....	4-21
圖4-25 <i>Plagiothecium shevockii</i> S. He.....	4-22
圖5-1 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖.....	5-9
圖5-2 雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形.....	5-10
圖5-3 雪山主峰東線步道各月份開花物種數變化圖.....	5-17
圖5-4 雪山主峰東線步道各月份結果物種數變化圖.....	5-18
圖6-1 雪山主峰線植物社會海拔垂直分布與植被帶、氣候帶關係圖.....	6-8
圖6-2 三種空間分布類型.....	6-11
圖6-3 樣區形狀及小區分布圖.....	6-14
圖6-4 樹高、枝下高及樹冠幅量測示意圖.....	6-14



圖6-5 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之生活型譜變化圖.....	6-19
圖6-6 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之蕨類商數與Shannon多樣性指數變化圖.....	6-21
圖6-7 三六九山莊草生地火後各時期之物種CA排序圖.....	6-28
圖6-8 雪山三六九山莊草生地火後植物組成恢復序列物種多度格局變化.....	6-31
圖6-9 雪山三六九山莊草生地系統樣區火後不同時期之物種-面積曲線變化趨勢.....	6-31
圖6-10 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)變.....	6-33
圖6-11 三六九山莊草生地火後各時期樣區之主要組成覆蓋度變化情...	6-34
圖6-12 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區DCA雙序圖.....	6-38
圖6-13 矮盤灌叢樣區(SPA-1)玉山圓柏與玉山杜鵑徑級結構圖.....	6-39
圖6-14 SPA-1樣區玉山圓柏、玉山杜鵑地徑與樹冠投影面積分布圖.....	6-40
圖6-16 SPA-1樣區玉山圓柏與玉山杜鵑空間分布圖.....	6-41
圖6-17 SPA-1樣區玉山圓柏與玉山杜鵑種間空間分布分析.....	6-41
圖6-18 SPA-1樣區植物種內空間分布分析.....	6-41
圖7-1 各目昆蟲及各季節昆蟲於各海拔樣區的分布變化.....	7-9
圖7-2 昆蟲於各海拔樣區植被上的相對組成分布.....	7-11
圖7-3 同翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-12
圖7-4 雙翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-12
圖7-5 膜翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-13
圖7-6 彈尾目在各樣區的優勢科別分析.....	7-13
圖7-7 鞘翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-14
圖7-8 同翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-15
圖7-9 雙翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-16
圖7-10 膜翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-17
圖7-11 彈尾目在各樣區的優勢科別分析.....	7-18
圖7-12 鞘翅目在各樣區的優勢科別分析.....	7-18
圖7-13 各目昆蟲各科別於各海拔分布狀況.....	7-19
圖7-14 火燒地樣區，同翅目、雙翅目、膜翅目、鞘翅目等昆蟲，相較於SPA5	

箭竹草原樣區同科昆蟲比例變化情形.....	7-20
圖7-15 火燒地同翅目昆蟲組成與季節變化.....	7-21
圖7-16 火燒地鞘翅目昆蟲組成與季節變化.....	7-22
圖7-17 火燒地雙翅目優勢科別組成與季節變化.....	7-22
圖7-18 火燒地膜翅目優勢科別組成與季節變化.....	7-23
圖7-19 火燒地半翅目昆蟲的成與季節變化.....	7-23
圖7-20 SPA5半翅目昆蟲的組成與季節變化.....	7-23
圖7-21 SPA6箭竹草原上葉蟬成蟲期及若蟲期的生長週期.....	7-24
圖7-22 各海拔掃網昆蟲的數量與生物量組合圖.....	7-23
圖7-23 高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈相組成，各樣區植物上的食物鏈相 之昆蟲個體組成數量直條圖.....	7-27
圖8-1 溫濕度記錄器或溫度記錄器設置狀況.....	8-5
圖8-2 三六九樣區溫度變化.....	8-8
圖8-3 三六九樣區相對濕度變化.....	8-8
圖8-4 各樣區月均溫變化.....	8-9
圖8-5 各樣區月平均濕度變化.....	8-9
圖8-6 石塊表面溫度變化.....	8-10
圖8-7 石塊底部溫度變化.....	8-10
圖8-8 三六九山莊樣區石塊表面與底部月均溫變化.....	8-11
圖8-9 三六九山莊樣區石塊表面與底部時均溫變化.....	8-11
圖8-10 黑森林溫度變化.....	8-12
圖8-11 黑森林相對溼度變化.....	8-12
圖8-12 黑森林水溫變化.....	8-13
圖8-13 黑森林水源地與翠池水溫月均溫變化.....	8-13
圖8-14 圈谷溫度變化.....	8-14
圖8-15 圈谷相對濕度變化.....	8-14
圖8-16 翠池溫度變化.....	8-15
圖8-17 翠池相對溼度變化.....	8-15
圖8-18 翠池水溫變化.....	8-16
圖8-19 各樣點均溫比較.....	8-16

圖8-20 各樣點平均濕度比較.....	8-17
圖8-21 分布於中、北部的四種山椒魚點位.....	8-20
圖8-22 靜水域山椒魚雌體平均吻肛長與平均產卵數的關係.....	8-23
圖8-23 流水域山椒魚雌體平均吻肛長與平均產卵數的關係.....	8-23
圖9-1 樣區植被和雪山主東峰間鳥相調查樣站位置.....	9-5
圖9-2 2010年12月至2011年11月間新繫放捕捉的各鳥種百分比.....	9-19
圖9-3 2009年5月至2011年11月369山莊周圍各鳥種的捕獲率.....	9-22
圖9-4 酒紅朱雀(環號A29369)嘴喙沾黏附著物變化.....	9-23
圖9-5 2010年12月至2011年5月間繫放酒紅朱雀個體嘴喙沾黏附著物的百分比.....	9-24
圖9-6 2010年6月至2011年10月間捕捉到的酒紅朱雀成、幼鳥的百分比.....	9-25
圖9-7 2010年7月至2011年11月369山莊周圍酒紅朱雀取食各種植物的百分比.....	9-26
圖9-8 2010年7至2011年11月酒紅朱雀覓食植物及廚餘次數分配圖.....	9-26
圖9-9 2010年7月至11月個月份酒紅朱雀取食植物及人工食物的百分化.....	9-27
圖9-10 2011年3至10月各月份369山莊酒紅朱雀可食用植物及廚餘覆蓋度變化.....	9-27
圖9-11 2010年3月至5月鳥類及哺乳類動物取食廚餘的次數變化.....	9-29
圖9-12 2009-2011年10月酒紅朱雀排遺內昆蟲分析.....	9-30
圖9-13 2010年1月至2011年9月黑森林中氣溫與優勢鳥種密度變化.....	9-32
圖9-14 2010年3月至2011年9月圈谷氣溫與優勢鳥種密度變化.....	9-32
圖9-15 2010年1月至2011年9月火燒跡地氣溫與優勢鳥種密度變化.....	9-33
圖9-16 2010年3月至2011年9月哭坡樣區氣溫與優勢鳥種密度變化.....	9-33
圖9-17 2009年至2011年8月SPA4火燒跡地昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化.....	9-34
圖9-18 2009年至2011年8月SPA1圈谷昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化.....	9-34

圖9-19 2009年至2011年8月SPA2及SPA3黑森林昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化.....	9-35
圖9-20 2009年至2011年6月SPA6七卡昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化.....	9-36
圖10-1 (a)小型哺乳類調查樣區與紅外線自動相機樣區(b)夜間調查樣區.....	10-9
圖10-2 小型哺乳動物個月份捕捉資料(100 Trap Night).....	10-16
圖10-3 2009-2011年森鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料(a)七卡山莊路線(b)369山莊路線.....	10-17
圖10-4 2009-2011年黑腹絨鼠每100捕捉夜(Trap Night)資料.....	10-18
圖10-5 2009-2011年高山白腹鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料.....	10-18
圖10-6 2009-2011年高山田鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料.....	10-19
圖10-7 山羌、長鬃山羊及台灣獼猴在各海拔樣區分布的OI值.....	10-24
圖10-8 2009-2011年各樣區自動相機資料(OI值).....	10-24
圖10-9 各季節紅外線自動相機資料(OI值).....	10-25
圖10-10 (a)山羌1日間活動模式值資料(b)假日與非假日活動模式資料.....	10-27
圖10-11 (a)長鬃山羊1日間活動模式值資料(b)假日與非假日活動模式資料.....	10-28
圖10-12 (a)台灣獼猴1日間活動模式值資料(b)假日與非假日活動模式資料.....	10-29
圖10-13 雪山入園人數與登山口動物OI值分析.....	10-30
圖10-14 七卡住宿人數與七卡樣區動物OI值分析.....	10-31
圖10-15 三六九山莊住宿人數與369樣區動物OI值分析.....	10-31
圖10-16 翠池住宿人數與翠池樣區動物OI值分析.....	10-32
圖10-17 山羌、台灣獼猴、長鬃山羊及水鹿被拍攝時的環境溫度分布.....	10-33
圖11-1 計畫簡介.....	11-6
圖11-2 雪山地圖圖資(含6個測站、3個氣象站及相關圖資).....	11-7
圖11-3 雪山地形圖(含6個測站、3個氣象站及相關圖資).....	11-7
圖11-4 現場影像(調查現場照片).....	11-8
圖11-5 調查生物目別統計.....	11-8
圖11-6 調查生物科別統計.....	11-9

圖11-7 調查生物物種統計.....	11-9
圖11-8 全部調查物種紀錄.....	11-10
圖11-9 土壤分析調查紀錄.....	11-10
圖11-10 每日氣象調查紀錄.....	11-11

## 附錄

附錄1-1 圈谷氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-68
附錄1-2 黑森林氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-84
附錄1-3 三六九氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-101
附錄1-4 哭坡頂氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-117
附錄4-1 雪山主峰線苔蘚植物調查名錄.....	4-26
附錄5-1 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表.....	5-50
附錄5-2. 雪山主峰線種子植物物候之觀察物種名錄.....	5-71
附錄9-1 雪山地區鳥相調查樣站座標.....	9-50
附錄9-2 雪山地區鳥類繫放架網地點座標.....	9-51
附錄9-3 2009年3月至2011年11月雪山登山口到雪山主峰鳥類名錄.....	9-52
附錄10-1 小型哺乳類剪趾法編號方法.....	10-41
附錄10-2 紅外線自動相機GPS定位點資料.....	10-42
附錄10-3 雪山小型哺乳類捕捉資料.....	10-43
附錄 .....	i

100年整合型研究計畫項目

計畫項目	主持人	服務機構/系所	職稱	計畫內容
總計畫	呂金誠 歐辰雄	國立中興大學森林學系	教授	規劃、聯繫、資料整合
子計畫1	魏聰輝	國立臺灣大學生物資源暨 農學院實驗林管理處	助理 研究員	高山微氣象與 熱量收支之研究
	林博雄	國立臺灣大學 大氣科學系	副教授	
子計畫2	林昭遠	國立中興大學 水土保持學系	教授	集水區環境資料之 建置與應用研究
子計畫3	顏江河	國立中興大學森林學系	副教授	雪山主要林型菌根 共生關係之研究
子計畫4	楊嘉棟	行政院農業委員會 特有生物研究保育中心	研究員兼 主任秘書	雪山地區苔蘚植物相 調查及長期監測研究
子計畫5	曾彥學	國立中興大學森林學系	副教授	雪山地區植物物候調查
	王秋美	國立自然科學博物館 植物學組	副研究員	
子計畫6	曾喜育	國立中興大學森林學系	助理教授	雪山地區高山 植群生態研究
	蔡尚惠	環球科技大學 環境資源管理系	助理教授	
子計畫7	葉文斌	國立中興大學昆蟲學系	副教授	雪山地區高山昆蟲棲群 動態及功能群之研究
子計畫8	吳聲海	國立中興大學 生命科學系	副教授	雪山地區高山兩生類及 爬蟲類族群生態及分布
子計畫9	孫元勳	國立屏東科技大學 野生動物保育所	教授兼 所長	雪山地區鳥類群聚 與生態研究
子計畫10	林良恭	東海大學生命科學系	教授兼 研發長	雪山地區哺乳類動物 及其棲地調查
子計畫11	邵廣昭	中央研究院 生物多樣性研究中心	研究員 兼主任	資料庫整合

## 一、計畫緣由

全球暖化所造成的異常劇變天氣及氣候變遷現象，已對於陸地生態系統產生影響，其中以高山生態系的反應最為顯著。因為高山環境嚴苛，生物處於最低的生存條件上，對於環境因子如溫度(包括氣溫、土溫)、太陽輻射(包括光合作用有效輻射量、光週期、紫外輻射)、積雪、強風等氣候變化十分敏感，任何的微環境變化可能會對於生物多樣性與物種帶來劇烈的衝擊。因此研究高山生態系之族群生長、分布、群聚生態、養分循環、能量傳遞機制以及群落之功能性等，可作為氣候變遷的間接生物學和生態學證據。

2011年10月18-29日全球193個國家，近12,000個代表於日本名古屋召開第10屆「生物多樣性公約締約方大會」(CBD-COP 10)。會議中除檢視自2002年以來各國達成維護生物多樣性目標與否，另完成「愛知生物多樣性目標(Aichi Biodiversity Targets)」，包含5大策略目標(Strategic Goals)及20個目標(Target)。會議中策略目標C(Strategic Goals C)通過，為了增進生物多樣性必須藉由維護生態系、物種及遺傳多樣性等方法改善；指出重要的生物多樣性和生態系統服務的地區，到2020年至少有佔全球面積17%之陸地和內陸水域和10%沿海和海洋地區，需透過有效和公平地保護管理措施，讓具有生態代表性、良好連接系統及有效面積的保護區受到保護(<http://www.cbd.int/sp/targets/#GoalC>，2011)。

雪山一直是臺灣相當重要的地景(landscape)及高山生態系，自武陵地區隨海拔梯度上升直至雪山主峰，植物社會主要以臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、高山櫟(*Quercus spinosa* var. *miyabei*)、臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis*)、臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus squamata*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)等溫帶針闊葉林、亞寒帶針葉林為主。而部分受火燒干擾地區則形成森林與玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)動態推移之森林界線。由於全世界各類型長期生態研究計畫將多種生態調查如野生物、土壤、微生物、地質、地形、水文、微氣象、養分循環等因子，結合資料庫應用、分析，以瞭解目標區域中生物族群在時間尺度及空間分佈的動態變化，並提供生態系在未來可能變化之推估。因此雪霸國家公園管理處自2009年起為落實國家公園永續發展目標，於雪



山高山地區進行先期之整體調查及設立長期監測測站，各子計畫皆以高山生態系為研究主軸，截至本年度(2011年)雖已累積2年的調查成果，但仍有許多基礎資料尚待持續累積及研究。

本計畫「雪山地區高山生態系長期監測與研究」為整合型計畫，強調各研究群或子計畫間的合作、研究資料的標準化與互通性，另配合「97年至100年國家公園中程計畫」及「2010生物多樣性公約締約方大會(CBD-COP10)之愛知目標」，達成以下目標：

1. 建立、蒐集、整合及強化雪山地區高山生態系基礎生物及非生物因子資料。
2. 建構雪山地區高山生態系基礎生物及非生物因子資料之長期監測系統，訂定標準化監測方式。
3. 建立長期高山生態系研究工作站，逐步建置完整之地理資訊系統(含資料庫)，落實長期監測資料庫之推動及分享。
4. 瞭解高山生態系生物群落演替過程及機制，並整合各項調查結果，以瞭解高山生態系食物鏈能量流動方向。
5. 評估適用之生態模型以推估全球氣候變遷對高山生態系可能之影響。
6. 提供臺灣高山生態系研究的科學資料，作為雪霸國家公園於高山生態系經營管理之環境決策參考。
7. 雪山地區在集水區架構上，屬武陵地區中尺度生態系之上游及高海拔地區，本計畫期望能與雪霸國家公園所進行「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」整合型研究進一步連結，以提供雪霸國家公園管理處更臻完善之經營管理策略。

本計畫各項研究具體目標及工作項目如下：

### (一)高山微氣象與熱量收支之研究

森林生態系的熱量(輻射能)收支是瞭解生態系功能所必需的基本資料。森林生態系中許多物質與熱量的傳輸均是依循環的路徑進行。以集水區為單元的監測水文、營養鹽、與熱量收支，因為其輸入與輸出較容易確認，是許多生態系研究所依循的方式(夏禹九，1997)。本研究藉由分量參數的基本觀測，應用熱量與水文收支的方程理論，定量化雪山生態系熱量

與水文量的收支；並將基本觀測資訊，提供予其他子計畫：諸如光合與呼吸作用的熱量形式轉換及各種元素的循環，生產者、消費者、分解者與各種環境因子的相互作用，及其對該生態系內養分循環與熱量流動的貢獻等相關研究與管理單位之參考。

## **(二)集水區環境資料之建置與應用研究**

國家公園轄區集水區經營管理成效之考量因素頗多，如何整合相關科學量化萃取集水區環境資料，建置指標供集水區經營管理成效評估之用極為重要。另各學科於集水區應用上常有其適宜性之環境指標，且指標種類繁多，加上需考量其尺度性、時間性及空間性，若能選用合適之環境指標於集水區環境復育上，更可事半功倍。因此，本研究針對各學科於集水區環境復育上常使用之相關環境資料進行指標蒐集及建置，並依應用層級及類別進行歸納，選擇適當之樣區進行環境指標評估及篩選，以供集水區環境復育之用，如地形演化、地景變遷、植生復育及水源涵養能力等分析；最後將環境指標進行整合性評估及綜合研析，期有效提供於集水區環境復育時之參考依據。

## **(三)雪山地區主要林型菌根共生關係之研究**

調查雪山主線不同海拔之主要林型植物的菌根共生狀況，同時也分析植群根域處土壤特性與養分狀況，瞭解菌根在雪山生態系中對植物吸收養分之關係。

## **(四)雪山地區苔蘚植物相調查與長期監測研究**

1. 持續進行苔蘚植物相調查工作，以建構雪山高山生態系苔蘚植物相資源、分布及生態棲位等資料。
2. 分析雪山高山生態系苔蘚植物分類屬性、生活型及生物地理學特性，以選擇適當之指標物種，做為長期監測之依據。
3. 配合維管束植物長期監測樣區之設置，進行長期監測研究。

## **(五)雪山地區植物物候調查**

1. 建構雪山高山生態系種子植物之物候特性，藉以了解植物與氣候變化之關係。
2. 從雪山主峰沿線依不同海拔及植群帶，挑選適宜的路段進行物候調查，以建立雪山地區植物之物候基本資料。

3. 挑選較具代表性、研究性的物種進行特定樣株之觀察，並藉由觀察葉芽、花苞、盛開花朵、果實等數量進行訪花昆蟲觀察記錄、授粉結實率等定量分析。
4. 可望從物候資料和其他子計畫如鳥類群聚與生態研究、高山昆蟲多樣性及功能群之研究做整合分析，進一步了解雪山地區高山生態系。

#### (六)雪山地區高山植群生態研究

1. 建構雪山高山生態系完整植群生態研究。
2. 分析雪山高山生態系不同微棲地植群結構。
3. 建構雪山高山生態系之植群模式。

#### (七)昆蟲棲群動態及功能群研究

經由昆蟲生態相關建立，探討全球變遷對高山生態系所可能產生之影響。探討高山及寒原生態系特性與穩定性之因子，以做為永續經營決策之參考。研究生態系中的昆蟲之組成分佈，並從食物鏈的關係進一步探討昆蟲消費者、分解者功能及其與生產者授粉上所扮演的角色；配合其它子計畫的工作人員執行，以達更有效率執行此計畫。

1. 建立各級消費者及分解者之昆蟲資料及棲群變動。
2. 建立杜鵑、當歸、高山薊等開花植物之昆蟲功能群。
3. 配合其它計畫，建立昆蟲基本資料及棲群變動，分述如下：
  - (1)配合氣象資料，分析昆蟲組成變化。
  - (2)依海拔，分析昆蟲組成變化。
  - (3)不同植物群落下，枯枝落葉及土壤內的昆蟲調查。
  - (4)各類主要植物植群上的昆蟲調查分析。
  - (5)配合鳥類的調查，探討昆蟲為其食餌食物來的調查。
  - (6)火燒跡地調查。
  - (7)配合建置高山生態系資料庫，加入昆蟲的資料。

#### (八)雪山地區高山兩生類及爬蟲類族群生態及分布

雪霸國家公園雪山的高山地區兩生類及爬蟲類一直都只有不定期的調查資料，其分布、數量、和族群現況都缺乏有系統的研究。本計畫擬對本地區臺灣特有種的兩生類(山椒魚)和爬蟲類(三種的蛇和蜥蜴)做量化的調查和記錄，並記錄其棲地及溫度需求，以作為保育的參考，和作為監測

氣候變遷的指標。

1. 了解影響雪山地區各種兩生類及爬蟲類分布的環境因素。
2. 估計各樣區兩生類及爬蟲類族群密度。
3. 優勢種類的棲地利用方式。

#### **(九)雪山地區鳥類群聚與生態研究**

1. 比較臺灣鐵杉、臺灣冷杉、玉山箭竹和高山芒等植物社會中鳥類群聚組成的年間和季節變化。
2. 探討鳥相時空變化和環境因子間的關聯。
3. 調查常見鳥類酒紅朱雀不同性別、年齡的存活率。
4. 探討酒紅朱雀使用三六九山莊廚餘和其體內有害成分濃度相關性。

#### **(十)雪山地區哺乳類動物及其棲地調查**

本調查針對以雪山地區作為研究區域，以武陵-雪山的海拔高度及不同林相植被為依據進行哺乳動物相普查。調查對象涵蓋中大型哺乳動、小型齧齒類及鼯型目動物、蝙蝠等三大類。調查結果除詳列物種名錄外，並將分析海拔梯度的分佈變化，以鹿野忠雄1940年的調查資料做比較，瞭解環境與氣候變遷對哺乳動物生息衝擊。本計畫成果將提供雪霸國家公園在未來保育政策、教育解說及經營管理上之參考依據。整體計畫目標為：

1. 整區過往哺乳動物相調查及文獻。
2. 調查雪山步道沿線哺乳動物各物種(包含中大型哺乳動物、小型哺乳動物及翼手目)、相對數量、分佈及多樣性指數分析。
3. 完成哺乳動物資料庫之建置與更新(含座標定位、影像資訊)。
4. 結合其他子計畫之成果，分析環境因子與哺乳動物間相互關係。
5. 提供資料以利國家公園作為保育經營管理及推廣教育之參考。

#### **(十一)建置雪山生態系資料庫**

1. 依循國際標準，建立可供長期保存、容易交換整合的資料庫，並建立網站平臺，供公眾取閱。
2. 建置雪山生物調查(Occurrence)資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。
3. 建置雪山生態調查監測資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。
4. 建置雪山環境調查監測資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。

## 二、整合性探討

### (一)三六九山莊草生地火後之生物群落恢復情形整合探討

三六九山莊草生地火燒已過近3年的時間，火後各生物群落之時序變化與恢復情形因各種生物群落之生物與生態特性不同，恢復模式亦有所差異。本文嘗試以不同統計分析方式，根據2009、2010及2011年3個年度之氣象、鳥類、昆蟲及植物團隊的資料進行匯整，探討各生物群落在亞高山草生地火後之恢復短期動態演替。

本研究將2009年2月至2011年10月之資料，依季節畫分(12月、1月及2月為冬季，3月、4月及5月為春季，6月、7月及8月為夏季，9月、10月及11月為秋季)並平均各團隊之物種數、Shannon diversity及均勻度等多樣性指數，期能透過分析了解生物群落是否隨火後時序增長而有特定變化之趨勢性。結果顯示(圖0-1d)，雪山地區之雨量多集中於夏季，然2011年之秋季較2009和2010年來得少，整體而言降水量明顯較2010年少，各季之氣溫變化則以2011年之夏季較高(11.1°C)且延續至秋季(季節均溫為10.4°C)，而2009年及2010年之冬季溫度則無明顯差異(2011年之冬季資料尚無法獲得，需結算至2012年2月)。

各生物群落於火後之變化趨勢與季節動態有關(圖0-1a、0-1b及0-1c)，由物種數量的多寡，可直觀反映火後物種隨時序增長進入火燒區域之數量，2008年12月火燒後8-9個月，各生物群落之變化幅度較大，且昆蟲與植物至2009年秋季物種數量明顯快速增加；在2010及2011年夏季，各生物群落皆有明顯的高峰期，然仍以植物及昆蟲群落有較明確的波動，推測因本樣區為一草生地樣區，僅管會有部份鳥類於該場域取食或為棲息地，故火後之變化性仍較植物及昆蟲群落低，由2010年及2011年之變化趨勢可見各生物群落皆逐漸達到穩定之狀態。

Shannon多樣性指數可反映一群落於特定區域及時期之物種組成是否已有優勢物種形成，若該值較大則表示該群落之個體於各物種之分布相當均勻，2008年火後各生物群落皆有逐漸上升的趨勢，然在各年度之冬季，各生物群落之Shannon diversity有下降趨勢，反映季節變化造成在更為嚴苛的環境時，僅有少數物種仍於該時期在草生地活動。均勻度亦可反映個體於各種之分配情況，然僅鳥類於初期有較大之變動，各生物群落之均勻度隨時序推演有穩定之趨勢。

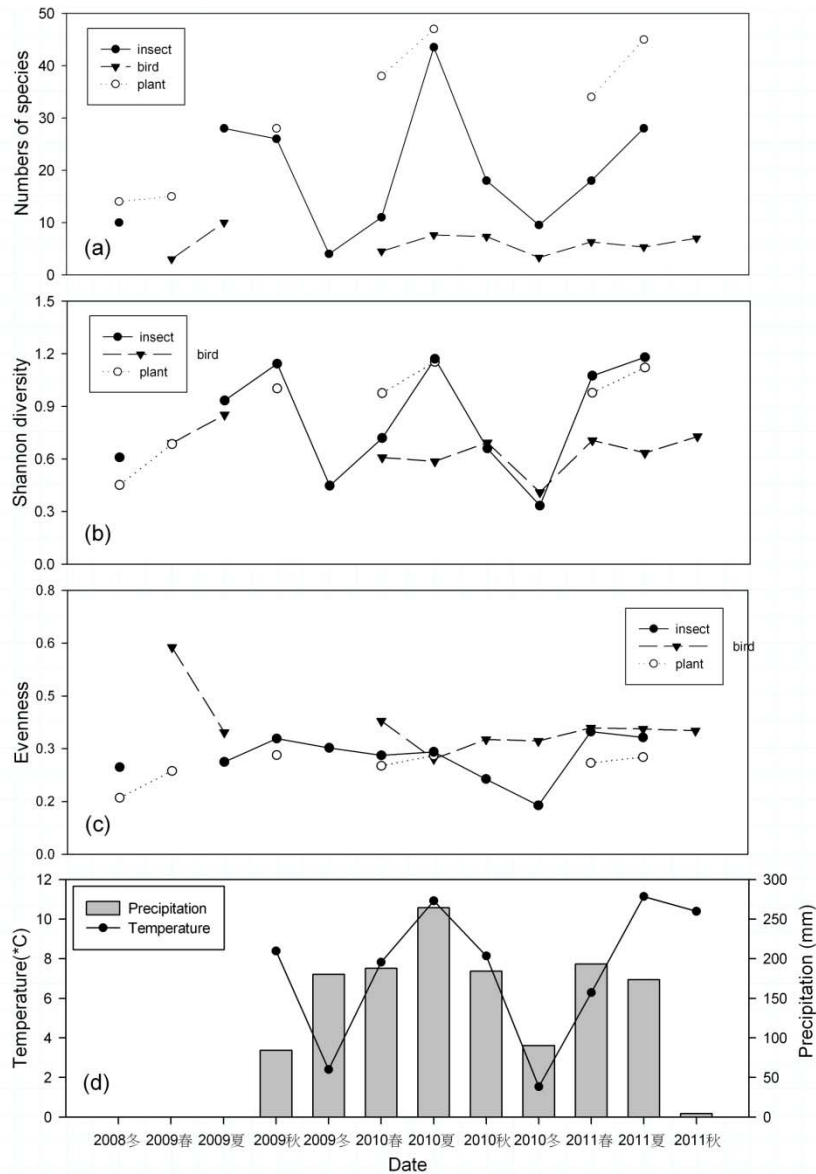


圖0-1. 各生物群落於火後(2008年12月)各季節變化之趨勢。各季節之畫分為12月、1月及2月為冬季，3月、4月及5月為春季，6月、7月及8月為夏季，9月、10月及11月為秋季；(a)鳥類(▼)、昆蟲(●)及植物(○)於火後物種數量之變化圖；(b)鳥類(▼)、昆蟲(●)及植物(○)於火後shannon diversity之變化圖；(c)鳥類(▼)、昆蟲(●)及植物(○)於火後均勻度之變化圖；(d)曲線為各年度之季節均溫，直條圖為各年度之季節平均降水量。

(資料來源：本研究資料)

在探討各季生物組成的差異，本研究以DCA對各生物群落分別於2009年2月、2009年9月、2010年4月、2010年6月、2011年5月、2011年7月之資料進行分析，結果顯示(表0-2及表0-3；圖0-2、圖0-3及圖0-4)，不論以何種生物群落作為計算各時期之樣區分數，樣區間的差異性皆漸入穩定；利用攝食者作為排序圖上之箭頭被取食者為排序圖上之點位，探討被取食者與

攝食者間隨時序增長之變化趨勢，由植物與昆蟲之DCA排序圖可見(圖0-2)，火後早期之昆蟲組成以圓跳蟲科、飛蟲科、葉蟬科及管蓊馬科為主，2011年7月(火後31個月)則以繭蜂科及黑翅蕈蚊蚋科為主要組成，而植物群落於火後早期以玉山箭竹、一枝黃花及臺灣粉條兒菜為主要優勢物種，早熟禾及刺果豬殃殃於較近期調查才出現。

由植物與鳥類之DCA排序圖可見(圖0-3)，火後早期之鳥類組成以金翼白眉、栗背林鴿、臺灣叢樹鶯及鷓鴣為主，2011年7月則以褐頭花翼為主要組成，其中酒紅朱雀雖在火後各時期皆有分布，但於火後(2009年2月)之組成比重較高，因而分布於第一軸之左側。

由昆蟲與鳥類之DCA排序圖(表0-2，圖0-4)亦可見相同之趨勢，各時期之分數以昆蟲組成矩陣進行計算，第一軸明顯代表隨著月份變化之趨勢性(第一排序軸由左至右分別為二月至九月)，褐頭花翼與昆蟲組成矩陣相關性最高(箭頭長度最長)，反映其取食昆蟲之重要程度性高，然栗背林鴿與昆蟲組成矩陣相關性雖不若其他鳥種高，此因其為早期出現之鳥種，雖在其他時期皆有調查到其族群，然隨季節的變化該族群卻無明顯遞減趨勢，因此與昆蟲組成矩陣關聯性較低。

酒紅朱雀及鷓鴣為雜食性鳥種，因此由排序圖中，不易看出較與其相關性之昆蟲，針對雪山主峰沿線之鳥類研究亦發現，酒紅朱雀以廚餘為其主食的情況日益嚴重(黃永坤等，2010)，這對本受酒紅朱雀取食之昆蟲或植物有何影響尚有待觀察。

表0-1. 雪山三六九山莊於火後各生物群落物種數之Kendall相關表

	昆蟲種數(n=10)	鳥類種數(n=9)	植物種數(n=7)	溫度(n=9)
鳥類種數(n=9)	0.651 $p=0.023$			
植物種數(n=7)	0.600 $p=0.045$	0.600 $p=0.071$		
溫度(n=9)	0.764 $p=0.004$	0.429 $p=0.088$	0.400 $p=0.164$	
降水量(n=9)	0.182 $p=0.267$	0.333 $p=0.147$	0.400 $p=0.164$	-0.056 $p=0.417$

表0-2. 雪山369山莊草生地樣區植物群落降趨對應分析前3軸之特徵值與各軸變異性

	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.288	0.028	0.002
變異解釋率(%)	64.2	6.2	0.4
累積變異解釋率(%)	64.2	70.4	70.8
軸長(length of gradient)	1.397	0.628	0.545

(資料來源：本研究資料)

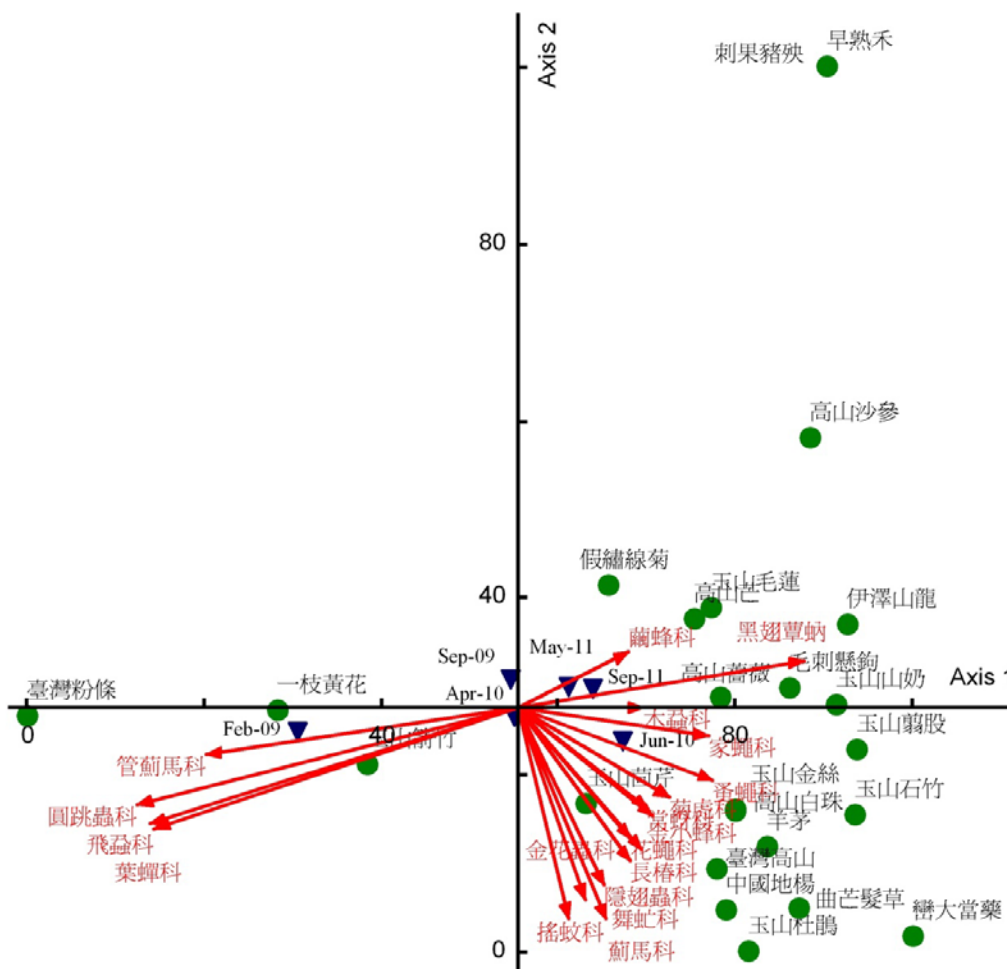


圖0-2. 雪山369山莊草生地植物與昆蟲群落之DCA排序圖。圖為2009年2月至2011年7月6個時期(▼)之植物組成(●)及昆蟲組成(紅色箭頭)。

(資料來源：本研究資料)



表0-3. 雪山369山莊草生地樣區昆蟲群落降趨對應分析前3軸之特徵值與各軸變異性

	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	3.069	1.389	1.389
變異解釋率(%)	44.6	2.1	0.0
累積變異解釋率(%)	44.6	46.7	46.7
軸長(length of gradient)	3.069	1.389	1.389

(資料來源：本研究資料)

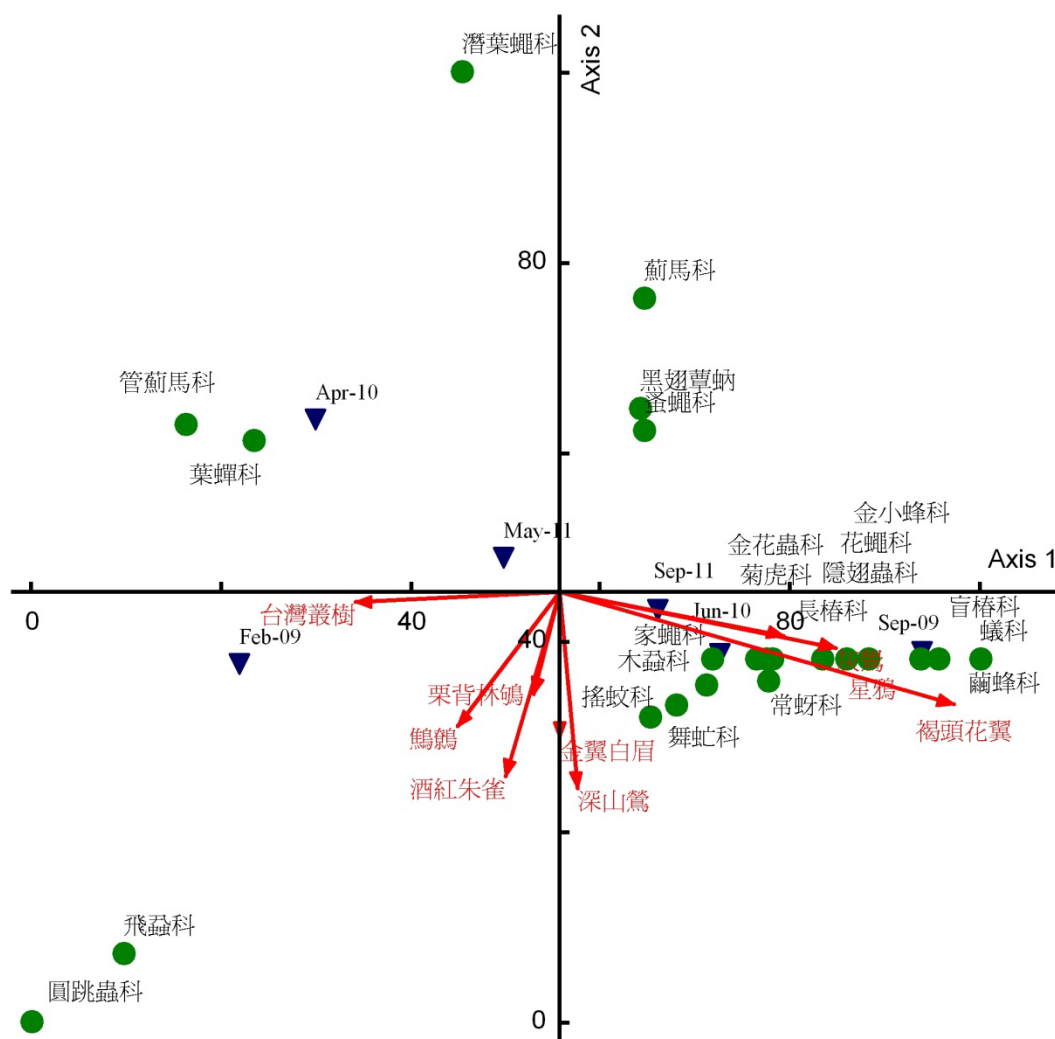


圖0-3. 雪山369山莊草生地植物與昆蟲群落之DCA排序圖。圖為2009年2月至2011年7月6個時期(▼)之植物組成(●)及昆蟲組成(紅色箭頭)。

(資料來源：本研究資料)



輻形態具有一定作用的影響。

表0-4. SPA-1樣區玉山圓柏樹冠八方位角及長度性狀值

長度性狀值(cm)\方向角(°)	0	45	90	135	180	225	270	315
平均值(mean)	100.54	95.78	106.04	116.92	121.79	118.99	102.83	94.18
中位數(median)	87.00	84.50	92.50	102.50	112.50	112.00	90.00	77.00
標準差(Std.Dev)	84.43	81.20	84.40	84.15	92.94	86.15	87.95	87.61
標準誤(Std.Err)	5.80	5.58	5.80	5.78	6.38	5.92	6.04	6.02
95%信賴區間(95% Conf)	11.43	10.99	11.43	11.39	12.58	11.66	11.91	11.86
99%信賴區間(99% Conf)	15.07	14.50	15.07	15.02	16.59	15.38	15.70	15.64

(資料來源：本研究資料)

表0-5. SPA-1樣區玉山杜鵑樹冠八方位角及長度性狀值

性狀值(cm)\方向角(°)	0	45	90	135	180	225	270	315
平均值(mean)	66	61.63	64.52	77.26	96.07	100.19	88.06	80.42
中位數(median)	56	53	47	58	78	85	75	67
標準差(Std.Dev)	53.43	55.66	62.94	76.92	83.96	89.94	75.90	80.67
標準誤(Std.Err)	3.87	4.03	4.55	5.57	6.07	6.51	5.49	5.84
95%信賴區間(95% Conf)	7.63	7.94	8.98	10.98	11.98	12.84	10.83	11.51
99%信賴區間(99% Conf)	10.07	10.48	11.85	14.48	15.81	16.93	14.29	15.19

(資料來源：本研究資料)

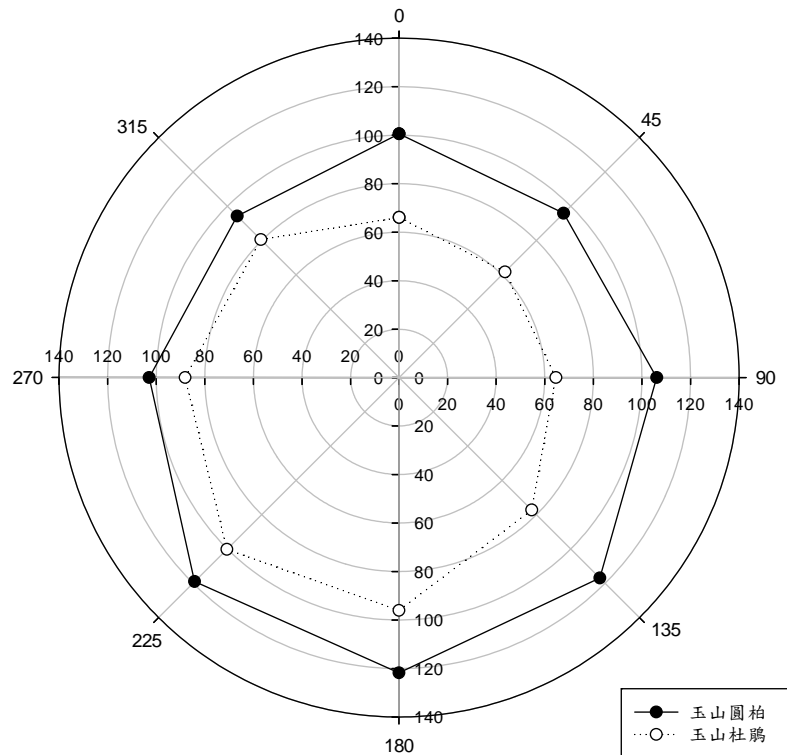


圖0-5. 雪山圈谷SPA1長期動態樣區之玉山圓柏與玉山杜鵑八方位角之樹冠輻長。

(資料來源：本研究資料)



# 第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

魏聰輝、林博雄

國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、國立臺灣大學大氣科學系

## 摘要

關鍵詞：高山微氣象、熱量收支、雪山圈谷、降雪、冰凍日

本研究於雪山生態系設置了圈谷、黑森林、三六九與哭坡頂等四處氣象站，觀測與蒐集相關參數，用以分析高山生態系之微氣象特徵與熱量收支。結果顯示，降雨量的梯度分布隨海拔遞升而遞增的趨勢，在位於海拔高度為3,142 m的三六九站為最高值出現點。試驗期間內，冰凍日數由低海拔往高海拔遞增，日數介於23日(哭坡頂站)~125日(圈谷站)。降雪、積雪日數達192日，最高積雪高度為2010年2月19日的51.0 cm，降雪日數計為71日，總積雪高度達220.6 cm。山谷風之合成風速介於 $0.08 \text{ ms}^{-1}$ (黑森林站)~ $0.43 \text{ ms}^{-1}$ (哭坡頂站)；合成風向分別為，圈谷站： $2^\circ(\text{N})$ 、黑森林站： $12^\circ(\text{NNE})$ 、三六九站： $11^\circ(\text{N})$ 、哭坡頂站： $43^\circ(\text{NE})$ 。穩定度皆小於10%，分別為圈谷站：2.51%、黑森林站：2.64%、三六九站：7.64%、哭坡頂站7.60%。

## 一、研究緣起

高山森林生態系中，舉凡動、植物的物候變化、土壤生物、物理、化學性質、高山植物之生態生理特性等相關研究，均需透過本研究之基礎觀測資料，應用熱量與水文收支的方程理論，建立定量的數學模式，為水文與熱量收支在生態系中所發揮的綜合效應，提供理論依據。

## 二、研究方法及過程

- (一)2009年完成雪山地區各樣區勢能日射量之推估；
- (二)2009年9月22日~24日分別於雪山地區設置圈谷、黑森林、三六九與哭坡頂氣象站，以獲取氣象參數之數值。
- (三)以統計方法分析雪山高山地區山谷風分布特性。
- (四)統計圈谷、三六九氣象站之草溫及深度0.1 m之地溫，以及埋設深度為0.05 m之土壤熱流量觀測資料，應用傅立葉定律方程式推估二處氣象站之土壤熱傳導係數。

(五)統計四處氣象之草溫及深度0.05 m之地溫，數據經調和分析後，應用正弦函數方程式推算各層次熱擴散係數與阻尼深度。

(六)應用綜合法分析熱量收支，分析不同海拔之間微氣象之同質性與異質性。

### 三、成果

雪山地區日射量之分布，總量變化趨勢，隨海拔遞減而遞減，圈谷站為 $7,837.00 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 、三六九站為 $8,051.67 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 、哭坡頂站為 $8,413.30 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。黑森林站僅 $1,517.50 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了 $6,534.17 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，顯示81%的日射量為冠層所遮阻截留。

氣溫的乾絕熱遞減率，哭坡頂站與三六九站遞減率為 $-2.6^{\circ}\text{C} 100\text{m}^{-2}$ 、三六九站與黑森林站遞減率為 $-0.8^{\circ}\text{C} 100\text{m}^{-2}$ 、黑森林站與圈谷站遞減率為 $-0.2^{\circ}\text{C} 100\text{m}^{-2}$ ，顯示隨海拔越高而遞減率越小。試驗期間低於或等於 $0^{\circ}\text{C}$ 的凍結(frost)日數則隨海拔升而遞增，介於23日(哭坡頂站)~125日(圈谷站)。

降雨量的梯度分布隨海拔遞升而遞增的趨勢，在位於海拔高度為3,142 m的三六九站為最高值出現點。

試驗期間內共有71場降雪事件，分別為2010年(2009年12月~2010年4月)34場、2011年(2010年12月~2011年4月)37場。2010年第一場雪於2009年12月7日下降，間隔9日後降下第二場雪，自此進入積雪期，積雪持續至2010年3月13日全部融解，又於4月29日降下終雪；降雪、積雪日數達90日，單場降雪事件最高積雪高度為2010年2月19日的51.0 cm，降雪日數為34日，總積雪高度為100.6 cm。2011年初雪始於2010年12月11日，終雪止於2011年4月3日；2010年12月26日降雪之雪訊已到達海拔3,000 m(哭坡頂氣象站)山區；圈谷站之降雪日數為37日、積雪日數達102日，最高積雪高度為2010年12月16日的50.5 cm，37場降雪總積雪高度為110.1 cm。三六九站之降雪日數為15日、積雪日數為21日，最高積雪高度為2011年2月11日的7.7 cm，15場降雪總積雪高度為42.3 cm。

風速年變化中，以10月至翌年4月，高於5月至9月，可以認為係受到東北季風的影響程度，高於西南季風。風速日變化，僅平均風速與最大風

速兩種參數之日變化呈現兩個谷值，峰值則並未明顯表現。合成風速介於  $0.08 \text{ m s}^{-1}$  (黑森林站)  $\sim 0.43 \text{ m s}^{-1}$  (哭坡頂站)；合成風向分別為圈谷站： $2^\circ$  (N)、黑森林站： $12^\circ$  (NNE)、三六九站： $11^\circ$  (N)、哭坡頂站： $43^\circ$  (NE)。穩定度皆小於10%，分別為圈谷站：2.51%、黑森林站：2.64%、三六九站：7.64%、哭坡頂站7.60%與玉山站：4.41%。

山谷風現象只有頻率分布呈現較為明顯的分布特徵，以風向與風速合併分析所繪製而成之風花圖，可明顯觀察出山風與谷風之風向，圈谷站的谷風風向為NE、NNE之最大風速，風速通常低於  $7.9 \text{ ms}^{-1}$ ；山風來自於風向S、風速分布介於  $0.3 \sim 20.7 \text{ ms}^{-1}$ ，以  $10.7 \text{ ms}^{-1} \sim 13.8 \text{ ms}^{-1}$  所佔比率較高。黑森林氣象站之主風向不明顯、風速微小等分布特性，推判係因站址位於森林之內，直立的樹幹、枝條、樹葉等產生的風場干擾所形成的現象。三六九站無明顯谷風風向，E及NEE均為可能之來向，考其原因，可以認為係受到NNW方向的森林遮蔽所致；山風風向為S、SSW。哭坡頂站係四處氣象站中，唯一站址位於稜線者，以SE、SSE風向的小集水區所導引的谷風效應較為明顯(圖1-26)。風速分布(圖1-27)，以介於  $3.3 \text{ ms}^{-1} \sim 5.4 \text{ ms}^{-1}$  之風級所佔比率最高，達38.5%。

擷取圈谷氣象站、三六九氣象站2010年草溫、0.1 m地溫及0.05 m土壤熱流量每小時觀測值估算兩站之土壤熱傳導係數，獲致圈谷氣象站之平均值介於  $0.239 \sim 2.697 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為  $0.666 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；三六九氣象站之數值介於  $0.157 \sim 3.303 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為  $0.521 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 。

土壤熱傳導係數推算結果，數值分別為圈谷氣象站：0-0.1 m為  $1.157 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為  $1.138 \times 10^{-2} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；黑森林氣象站：0-0.1 m為  $4.630 \times 10^{-5} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為  $2.188 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；三六九氣象站：0-0.1 m為  $1.389 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為  $6.481 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；哭坡頂氣象站：0-0.1 m為  $5.440 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為  $6.713 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 。推算四站的表層阻尼深度分別為，圈谷氣象站： $67 \text{ cmyr}^{-1}$ 、黑森林氣象站： $42 \text{ cmyr}^{-1}$ 、三六九氣象站： $76 \text{ cmyr}^{-1}$ 、哭坡頂氣象站： $148 \text{ cmyr}^{-1}$ 。在實際應用上，可以使用於高山地區輸水管所應埋設的深度；以雪山地區而言，為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，高於三六九氣象站以上地區所埋設水管的深度應在76 cm以上。

雪山地區氣象資料之觀測與建置業已累積相當時日，遂應用包文比法(梯度法)分析熱收支結果，圈谷站淨輻射總量為7,926.44 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>，其中1.46 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為2,808.97 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>、潛熱通量為3,611.24 MJm<sup>-2</sup>24month<sup>-1</sup>。黑森林站淨輻射總量為1,259.20 MJm<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>，其中29.55 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為545.78 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>；潛熱通量為713.42 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>。三六九站淨輻射總量為6,642.80 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>，其中102.78 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為2,841.84 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>；潛熱通量為3,800.95 MJm<sup>-2</sup>24month<sup>-1</sup>。哭坡頂站淨輻射總量為6,879.54 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>，其中8.31 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為3,027.72 MJ m<sup>-2</sup> 24month<sup>-1</sup>潛熱通量為3,851.82 MJm<sup>-2</sup>24month<sup>-1</sup>。

#### 四、主要建議事項

##### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、國立臺灣大學大氣科學系、國立中興大學森林學系

建議事項：

由為期一年的觀測資料顯示，雪山地區因距海距離較遠，導致本地區的相對濕度相對較低，尤其以臺灣地區山區林火易於同地區重複發生的特性，位處林火跡地三六九山莊周遭環境，極易因不慎而發生林火。建議應於登山口、七卡山莊、三六九山莊及其他登山客夜宿及舉炊地點，建置林火危險度預警標示，強化林火預防之效果。

降雪、積雪期間，草溫、0.05 m、0.1 m及0.2 m層次深度地溫維持零下或接近0°C之間，此種溫度將使表層所有液態水凍結，因此為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，管理單位應針對輸送管線施設適當保暖措施。根據阻尼深度推算結果，高於三六九氣象站以上地區所埋設水管的深度應在76 cm以上。

##### (二)中長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園管理處



協辦機關：國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、國立臺灣大學  
大氣科學系、國立中興大學森林學系

建議事項：

雪山地區因位於中央山脈稜脊，地形所造成的屏障導致GSM或GPRS訊號普遍不良，以致於以目前經費及園區現有硬體設備，無法達到即時傳輸之目標。建議考慮在未來建置無線傳輸系統，對於天然災害預警，山難事件防救，自然現狀監測影像與數據之傳輸，將有極大助益。

## Abstract

【Keywords】 alpine micrometeorology, heat budget, Syue Mountain cirque, snow, frost day, mountain breeze, valley breeze.

We established four observatories, namely Quangu, Black Forest Plot, Sanliujiu and Kupoding, were established at Shueisan Alpine Region. The data were collected to analyze the micro-meteorological characteristics and heat budget. The results revealed that the precipitation increased with the altitude, with the highest gross amount appearing at Sanliujiu Observatory at 3,142 m a.s.l. The frost days also increased with the altitude. The total frost days ranged between 23 (Kupoding Observatory) and 125 (Quangu Observatory) from September, 24, 2009 to May, 25, 2011. Snowpack lasted for 192 days at Quangu Observatory. The greatest depth of snow was 51.0 cm recorded on February, 19, 2010. Seventy-one snow events added up to 220.6 cm in total depth. The resultant wind velocity of mountain and valley breeze are  $0.08 \text{ ms}^{-1} \sim 0.43 \text{ ms}^{-1}$ . The resultant wind directions distributed 2 degree (N) at Quangu, 12 degree (NNE) at Black Forest Plot, 11 degree (N) at Sanliujiu and 43 degree (NE) at Kupoding. The steadiness was smaller than 10% at all observatories, 2.51% at Quangu, 2.64% at Black Forest Plot, 7.64% at Sanliujiu and 7.60% at Kupoding.

## 一、研究緣起與背景

自工業革命以降，人類活動所導入的全球氣候變遷，導致氣溫、降水量及太陽輻射等氣象要素異常分布，其所形成之驅動力直接或間接影響亞熱帶山區的生態系。相較於低海拔地區，高山地區的生物社會所存在的棲地，相對的嚴苛；高山地區的生物社會受到迥異於低海拔地區而不適於生長與發育之環境因素的綜合影響；這些環境因素有溫度(包括氣溫、地溫)、太陽輻射(包括光合作用有效輻射量、光週期、紫外輻射)、積雪、強風等。

另一方面熱與水是生命的源泉，是生命系統中最為活躍，影響最為廣泛的因子，生態系中生命活動的範圍受制於熱與水的分布。水在生態系範圍內的運轉，影響著大氣環流與氣候變化，熱量與水量的相互作用控制著生物圈的形態，推動各種物質在生態系中的循環與交流。

臺灣的山地佔了總面積三分之二，山區雲霧帶的大氣條件，創造特有的生物繁衍環境(蘇鴻傑，1984)；以生態系為空間尺度的微氣象，隨海拔高度而變化，海拔遞升則氣壓、氣溫遞減，間接影響氧與二氧化碳分壓。過去的研究指出，臺灣地區降水量則隨海拔遞升而遞增。山區風系的日變化機制與律動，則受到地形的修飾。

森林生態系的熱量(輻射能)收支是瞭解生態系功能所必需的基本資料。森林生態系中許多物質與熱量的傳輸均是依循環的路徑進行。以集水區為單元的監測水文、營養鹽、與熱量收支，因為其輸入與輸出較容易確認，是許多生態系研究所依循的方式(夏禹九，1997)。本研究藉由分量參數的基本觀測，應用熱量與水文收支的方程理論，定量化雪山生態系熱量與水文量的收支；並將基本觀測資訊，提供予其他子計畫：諸如光合與呼吸作用的熱量形式轉換及各種元素的循環，生產者、消費者、分解者與各種環境因子的相互作用，及其對該生態系內養分循環與熱量流動的貢獻等相關研究與管理單位之參考。

綜上所述，高山森林生態系中，舉凡動、植物的物候變化、土壤生物、物理、化學性質、高山植物之生態生理特性等相關研究，均需透過本研究之基礎觀測資料，應用熱量與水文收支的方程理論，探討時間與空間的分布特性，為水文與熱量收支在生態系中所發揮的綜合效應，提供理論解釋。

## 二、研究設計

### (一)氣象站觀測項目

主要研究地點位於雪山主峰稜線；雪山主峰線從武陵蜿蜒而上，隨海拔遞升而遞變為溫帶針闊葉林、亞寒帶針葉林；為臺灣研究高山生態系重要的區域之一。雪山因特殊的地理環境，每年冬季寒潮來襲之際，屢因充沛的水氣與低溫造成積雪現象，形成相當特殊的熱力環境。另一方面，臺灣地區高於海拔2,000 m以上測站數目只有8站(邱清安，2006)，且僅以氣溫、降雨量為觀測項目，亟須增設觀測地點及項目以一窺整體全貌。

設站地點經群體研究人員履勘決議，以圈谷為主氣象站設站位址，另擇取「黑森林、三六九山莊、哭坡頂」等三個樣區為樣區氣象參數觀測站之站址，以獲取相關數據，探討植群與環境因子交互作用的數量解釋。四處氣象站於2009年9月22日～24日前往試驗區安裝儀器，設置地點之立地條件詳見表1-1、相關位置如圖1-1；各站站名與代碼、施行觀測之要素及感應器、裝設高度或埋設深度等資料詳如表1-2。

哭坡頂氣象站所使用的HOBO U30(Onset Computer Co., Pocasset, Massachusetts, USA)型資料處理記錄器，因記錄器機定頻道及記憶體有限，故設站之初，另裝設EM50(Decagon Device Inc., Pullman, Washington, USA)型資料處理記錄器，連結0.1 m、0.2 m深度土壤水分感應器；唯，為使爾後上山讀取資料單純化，遂增購一套HOBO U30型資料處理記錄器，取代EM50型資料處理記錄器，於2010年5月25日安裝，同時增設0.3 m深度土壤水分感應器；另該站雨量筒承雨斗自2010年2月12日遭強風吹襲而脫落，導致電子感應元件受損而使降雨量資料中斷，遂於2010年7月7日，另裝設一只OTA 034T(OTA Co., Tokyo, Japan)型雨量計。

觀測數據係以每分鐘掃描取樣一次，每一小時(正時)經統計後紀錄之，各要素之統計方式依照交通部中央氣象局所編印之「地面氣象測報作業規範」之規定，單位採用公制。

各站因設站日期前後相差達一日，為求一致，悉以2009年9月24日1:00為初始建檔日期與時間。至目前，共前往讀取資料15次，分別為2009年10月18日～20日、11月22日～24日、12月26日～28日；2010年1月27日～29

日、4月14日~16日、5月24日~26日、6月30日~7月2日、8月17日~19日、10月6日~8日、12月6日~8日；2011年2月12日~8日、4月7日~9日、5月24日~26日、7月26日~28日、9月27日~29日。

表1-1. 雪山地區高山生態系整合調查氣象站站址地理因素表

地點	圈谷	黑森林	三六九	哭坡頂
X 座標 (T W D 9 7)	273961	274386	275879	278180
Y 座標 (T W D 9 7)	2698080	2698560	2698536	2698351
海 拔 高 度	3,584 m	3,405 m	3,142 m	3,050 m
坡 向	NE	NE	NEE	SEE
植 被	玉山杜鵑 玉山圓柏	臺灣冷杉	林火跡地	玉山箭竹 高山芒草
地 表 狀 態	礫石	土壤	土壤	碎石
表面層礫石比率	90%	<10%	30%	50%
出露土壤剖面	無	60 cm	60 cm	50 cm
土壤層礫石比率	未知	20%	10%	80%
土壤層礫石粒徑	未知	0-45 cm	0-30 cm	30-50 cm

(資料來源：本研究資料)

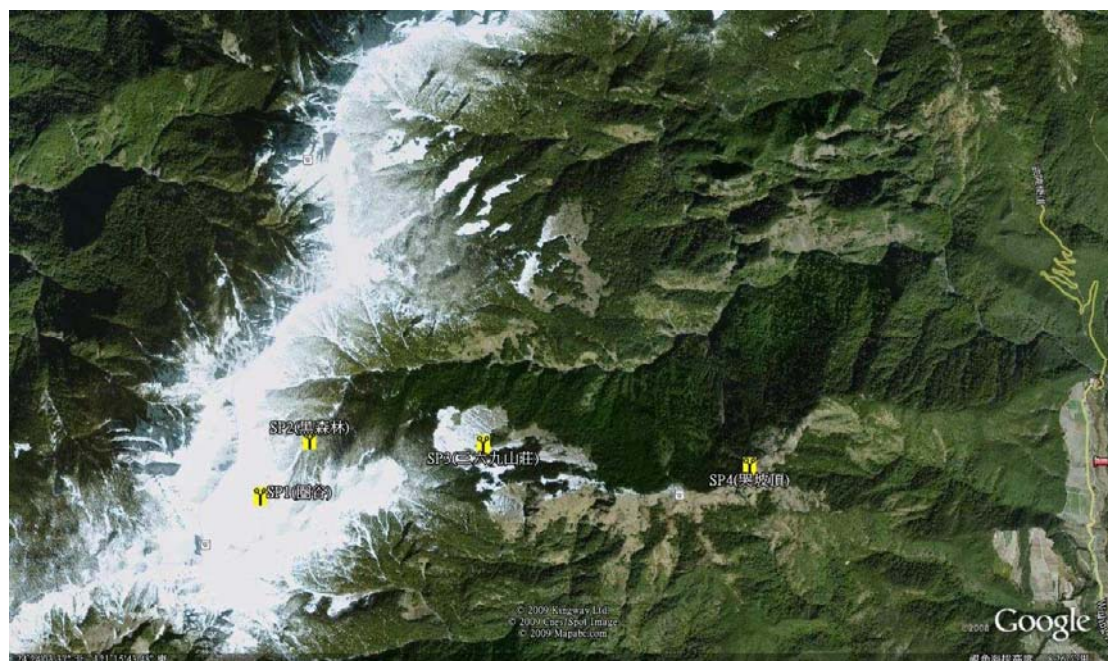


圖1-1. 雪山地區高山生態系整合調查氣象站位置圖。

資料來源：Google Earth, Kingway Ltd., 2010.

表1-2. 雪山地區高山生態系整合調查樣區氣象參數觀測項目表

觀測項目	圈谷底 <sup>1</sup>	黑森林 <sup>2</sup>	林火跡地 <sup>2</sup>	哭坡頂 <sup>2</sup>
	SP1	SP2	SP3	SP4
資料處理記錄器	Campbell CR 1000	Hobo U30	Campbell CR 10X	Hobo U30
氣壓 (hPa)	■			■*
氣溫 (°C)	■	■	■	■
相對濕度 (%)	■	■	■	■
日射量 (MJ m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	■	■	■	■
光合作用有效輻射量(μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	■	■	■	■
風速 (m s <sup>-1</sup> )	■	■	■	■
風向 (°)	■	■	■	■
降雨量 (mm)	■	■	■	■
積雪深 (cm)	■		■	
10 cm土壤含水率	■	■	■	■
20 cm土壤含水率	■	■	■	■
30 cm土壤含水率	■			■**
葉濕感應器	■		■	■
草溫 (°C)	■	■	■	■
5 cm地溫(°C)	■	■	■	■
10 cm地溫(°C)	■	■	■	■
20 cm地溫(°C)	■		■	
30 cm地溫(°C)	■		■	
50 cm地溫(°C)	■		■	

1：主氣象站；

2：樣區氣象參數觀測站；

■：觀測項目與感應器；

\*：哭坡頂氣象站氣壓自2009年11月23日13:00開始觀測

\*\*：哭坡頂氣象站0.3 m深度土壤水分自2010年5月25日17:00開始觀測。

(資料來源：本研究資料)

## (二)缺漏資料補遺

哭坡頂氣象站於2009年11月23日讀取資料之際，因人為操作程序失誤，導致資料因之而遭刪除；因此該站自2009年10月19日14:00至11月23日13:00間之資料缺漏；雨量筒承雨斗自2010年2月12日，遭強風吹襲而脫落，致使降雨量資料中斷，至2010年7月7日始恢復觀測。黑森林氣象站因資料處理器記憶體滿載，觀測資料僅記錄至2010年5月11日23:00；導致2010年5月12日24:00~5月26日11:00之間的資料缺漏；三六九氣象站於2011年6月8日7:00~7月24日21:00資料因不明原因未存入延伸記憶體。迄今四處氣象站已積累相當資料，足夠以個別因素的物理特性，以毗鄰測站資料，根

據氣象因子的物理特性，應用迴歸係數法或正比法(normal-ratio method)補遺。四處氣象站之逐日統計資料詳如附表1-1～附表1-4。

觀測資料經校正整理及施行補遺後，以小時及日統計值方式呈現，並以Microsoft Excel試算表軟體建置，轉交予子計畫10：規劃、聯繫、資料整合部門匯入資料庫，同時傳送予各子計畫，供環境背景資料分析與研究之參考。

### (三)研究方法

#### 1. 熱量收支之基礎理論

自然界中由無機物轉化構成複雜的有機物並將此熱量貯存，主要是藉著植物社會之光合作用的生命現象而達成，植物社會則依賴水和二氧化碳為原料，吸收太陽的光能而進行光合作用，因此太陽能是一切生命的原動力，太陽熱量的多寡支配著一個地區所含之生物社會的種類與數量。

##### (1) 熱量平衡式

地表邊界層(boundary layer)之熱量收支組成分，以公式表示為(近藤，1996；魏聰輝等，2008)：

$$R_n = H + \lambda E + S + P \quad (1-1)$$

公式(1-1)中，

$R_n$ ：淨輻射量(net radiation,  $\text{MJm}^{-2}$ )

$\lambda E$ ：蒸發散之潛熱通量(latent heat flux,  $\text{MJm}^{-2}$ )

$H$ ：空氣中傳遞之可感熱通量(sensible heat flux,  $\text{MJm}^{-2}$ )

$S$ ：土壤熱通量(soil heat flux,  $\text{MJm}^{-2}$ )

$P$ ：植物光合作用儲熱量,  $\text{MJm}^{-2}$ )

公式(1-1)之植物群落儲熱量，對於熱收支通量而言相對較小而可予忽略，因此可簡化為(鈴木，1992)：

$$R_n = H + \lambda E + S \quad (1-2)$$

計算結果獲得的正負值，代表熱量之傳輸方向，一般均定義熱量向邊界層傳輸為正。

##### (2) 各分量分析方法

###### A. 淨輻射量

淨輻射量 $R_n$ 可應用下列公式計算獲得：

$$R_n = (1 - \alpha)R + L \downarrow - L \uparrow \quad (1-3)$$

公式(1-2)中，

- R：入射短波輻射(incident short wave radiation, MJm<sup>-2</sup>)；
- α：反射率(albedo)；
- L↓：入射長波輻射(incident long wave radiation, MJm<sup>-2</sup>)；
- L↑：反射長波輻射(incident long wave radiation, MJm<sup>-2</sup>)。

### B. 顯熱通量與潛熱通量

源自於空氣紊流所傳輸的熱量依照性質，區分為顯熱通量與潛熱通量；顯熱通量(H)為大氣與下墊面所形成的溫度梯度、潛熱通量(λE)可由水蒸氣壓梯度，決定熱量的移動方向(近藤，1996)。兩種分量可應用包文比能量平衡法(Bowen ratio energy balance method, BREB，以下簡稱包文比法)分析。包文比法公式為(鈴木，1992)：

$$\text{包文比} : \beta = \gamma \frac{\frac{\partial T}{\partial z}}{\frac{\partial e}{\partial z}} = \gamma \frac{(T_1 - T_2)}{(e_1 - e_2)} = 0.5 \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (1-4)$$

$$\text{顯熱通量} : H = \frac{R_n - S}{\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} \dots\dots\dots (1-5)$$

$$\text{潛熱通量} : \lambda E = \frac{R_n - S}{1 + \beta} \dots\dots\dots (1-6)$$

公式(1-4)~(1-5)中，

- β：包文比；
- γ：乾濕計常數(psychrometric constant)；
- ΔT：兩個層次的溫度差，°C；
- Δe：兩個層次的水汽壓差，Pa。

### C. 土壤熱通量

在邊界層氣象中，土壤次層(soil sub-layer)的熱量收支，主要是藉由組成分子的相互碰撞作用而傳輸熱量，熱量會從高溫往低溫傳輸，其大小正比於溫度的差異，亦即進入或逸出土壤的熱量之速率取決於溫度梯度與熱



傳導係數。

此時，土壤熱通量(S) 或傳出、傳入土壤的熱通量為(Jury, 1991; Hanks 1992)：

$$S = -K_s \frac{\partial T_s}{\partial z} \quad (1-7)$$

公式(1-7)中

$K_s$ ：土壤熱傳導係數；

$T_s$ ：地溫， $^{\circ}\text{C}$ ；

$z$ ：地溫所埋設深度。

的負號係定義所有傳入土壤的熱量都認定為正，自土壤中逸出的熱量為負(Rosenberg, 1983)。

#### D. 土壤熱性質

對於土壤熱通量之估算，目前大致可區分為熱量計法(calorimetric method)、梯度法(gradient method)及複合法(combination method)，三種估算必須先建立土壤熱擴散係數(soil thermal conductivity)或土壤熱擴散係數(soil thermal diffusivity) 及容積熱容量等土壤熱性質之資訊，前二項土壤熱性質可利用簡單的土壤熱流量、地溫觀測儀器，藉助長期間的觀測數據計算而得(Massman, 1992)。

##### (A)土壤熱傳導係數之估算

對於土壤熱傳導係數之研究，荷蘭學者De Vries等早於1950年即以多孔介質材料為研究對象，以探針法(probe method)在實驗室內良好控制下試驗獲得，其理論基礎在於短期間內的溫度梯度，對於水分在土壤中之移動反應，相對較小，且不需要等待熱量梯度之形成，因此可應用於土壤熱傳導係數及熱擴散係數之推求；若予精良設計，甚至可進而應用於推算水分之移動情形(Jackson *et al.*, 1986)。

在探討溫度變化之前，需先假設土壤熱量之交換全部在地表完成，地表以下，熱量的傳送以傳導方式進行(劉文俊，1969)，係與線形輸送公式相關聯，此時，溫度僅為徑向距離之函數，可視之為一維變化，使多維問題用一維分析近似之，簡化微分方程式(萬鑫森，1991；王茂齡，1998)。

在野外實用上，可藉由土壤熱流量感應器(soil heat flux plate)及地溫感應器之埋設、觀測，應用傅立葉定律加以推算，方程式為(Hanks, 1992)：

$$K_s = \frac{LJ_s}{(T_1 - T_2)} \quad (1-8)$$

公式(1-8)中：

$J_s$ ：土壤熱流量， $Jm^{-2}S^{-1}$ 。

$T_1$ 、 $T_2$ ： $Z_1$ 、 $Z_2$ 之地溫， $^{\circ}C$ 。

$L$ ： $Z_1$ 、 $Z_2$ 之距離， $m$ 。

### (B)土壤熱擴散係數之估算

目前已有許多方法應用於估測土壤熱擴散係數，其中有一種理論的模式，係依賴土壤內容物的容積和形狀，因為估測土壤之形狀因子在實用上有所困難，這種方法最好僅應用於結構單純的土壤。其他的方法有De Vries(1966)和Singh and Sinha(1977)年所推展的方法，係依賴單一土壤熱流量公式的解析，Horton(1983)提供了廣泛的估算值，以及各種方法的比較。這些方法的應用，仍建立在均質土壤的假設之上；對於非均質土壤的熱擴散係數之估測，Lettau(1971)根據土壤熱量傳輸理論，描述土壤熱擴散係數為深度的函數，使用土壤的深度距離、溫度波振幅和位相等作為計算的參數(Nassar and Horton, 1989; 1990)，因只需兩個土壤層次的最高溫與最低溫紀錄，計算起來極為容易與便利，因此獲得許多學者的採用。

在自然狀態下，溫度隨時間而變化，因此，以時間為函數的熱流公式可應用於描述地溫之變化，Jury *et al.*(1991)研究指出，根據長期觀測土壤近表溫度顯示，土壤月平均溫度很明顯呈現正弦曲線，正弦曲線方程式為：

$$T(t) = T_A + A \sin \omega t \quad (1-9)$$

公式(1-9)中：

$T_A$ ：年平均溫度， $^{\circ}C$ 。

$A$ ：地表溫度之振幅， $^{\circ}$ 。

$\omega$ ： $\omega = 2\pi / \tau$ ， $\tau$ 為溫度波的週期，可採用日週期或年週期，採用日週期時， $\tau$ 為24；採用年週期時， $\tau$ 為365。

公式(1-9)表達了土壤熱流在邊界層的狀態，由於表面熱源具有週期變化的特性，因此需假設在土壤深層，將停留在平均溫度，以滿足熱流公式因時間的遲滯與空間位相的降低之限制條件，亦即

$$\lim_{z \rightarrow \infty} T(z, t) = T_A \quad (1-10)$$

式中：

$T_{(z,t)}$ ：溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。

$Z$ ：土壤深度， $\text{m}$ 。

$T$ ：時間， $\text{hr}$ 、 $\text{day}$ 。

過去許多年以來，已經有眾多的報告論及以邊界層狀態解決土壤熱通量公式的方法，針對週期性明顯的年變化而言，Carslaw and Jaeger(1959)提出解析具有邊界狀態的熱量性質之公式，方程式為(Jury *et al.*, 1991)：

$$\mathbf{T}_{(z,t)} = \mathbf{T}_A + \mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}}{\mathbf{d}}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\mathbf{z}}{\mathbf{d}}\right) \quad (1-11)$$

其中：

$$\mathbf{d} = \sqrt{\frac{2\mathbf{D}_s}{\omega}} = \sqrt{\frac{\mathbf{D}_s t}{\omega}} \quad (1-12)$$

公式(1-12)中：

$\mathbf{d}$ ：阻尼深度(damping depth)， $\text{cm}$ 。隨著諸如頻角 $\omega$ 而改變。

$\mathbf{D}_s$ ：土壤熱擴散係數， $\text{cm}^2\text{day}^{-1}$ 。

由於公式(1-11)之正弦函數分別具有 $\pm 1$ 之最高溫與最低溫數值，則在任何土壤深度之最高溫與最低溫數值可由以下之公式獲取，公式為：

$$\mathbf{T}_{\max(z)} = \mathbf{T}_A + \mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}}{\mathbf{d}}\right) \quad (1-13)$$

$$\mathbf{T}_{\min(z)} = \mathbf{T}_A - \mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}}{\mathbf{d}}\right) \quad (1-14)$$

解聯立方程式(1-13)及(1-14)，則

$$\Delta\mathbf{T}_{(z)} = \mathbf{T}_{\max} - \mathbf{T}_{\min} = 2\mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}}{\mathbf{d}}\right) \quad (1-15)$$

由兩個土壤深度的最高溫與最低之差值可分別由觀測值計算而得， $\mathbf{A}$ 與 $\mathbf{d}$ 兩個未知數即可由公式(1-15)中推算而得，因此公式(1-15)可改寫為：

$$\frac{\Delta\mathbf{T}_{(z_1)}}{\Delta\mathbf{T}_{(z_2)}} = \frac{\left[\mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}_1}{\mathbf{d}}\right)\right]}{\left[\mathbf{A} \exp\left(\frac{\mathbf{z}_2}{\mathbf{d}}\right)\right]} = \exp\left[\frac{(\mathbf{z}_1 - \mathbf{z}_2)}{\mathbf{d}}\right] \quad (1-16)$$

將公式(1-16)兩邊分別取自然對數，則可得 $\mathbf{d}$ 為：

$$\mathbf{d} = \frac{(\mathbf{z}_1 - \mathbf{z}_2)}{\ln\left(\frac{\Delta\mathbf{T}_{(z_1)}}{\Delta\mathbf{T}_{(z_2)}}\right)} \quad (1-17)$$

應用公式(8)計算求得d值後，代入(1-12)式，則熱擴散係數之計算方法為：

$$D_s = \frac{(\pi d^2)}{\tau} \quad (1-18)$$

## 2. 降水量的時空分布

### (1)降水隨高度變化的分布特性

降水隨海拔遞升而遞增的垂直分布特性，為歷史研究的共同結論(Martin, 2005)，然因3,000 m以上高海拔地區的觀測站為數稀少，以致3,000~4,000 m之間的垂直分布遞增率是否呈現線性，尚處於未知狀態，藉由本研究所密集設置的測站，冀可獲知雪山地區的分布實態。

### (2)降雪的時空分布

降雪通常發生於中緯度或高緯度，在這些地區，降雪可能佔了年雨量的25%或更多(Lee, 1980)；臺灣雖位於低緯度，高海拔地區幾乎每年均有降雪機會；當雪片下降到地面開始累積，可以把它當作是一種「延遲降水」，對於某些中、高緯度的國家與地區而言，積雪融解變成水所需的時間及總量之估計，在水資源的計畫和管理方面是一個重要課題，積雪所特有的熱量性能，同時影響了土壤、大氣的熱量環境。

## 3. 高山地區山谷風分布特性

山風和谷風是由於山坡與山谷之間溫度差異而形成一天之間周期性局地環流；白天，地面溫度逐漸增加，山谷溫度高於山嶺，空氣增熱而產生沿著坡地上升的情形，風，從山谷吹向山嶺上，自由大氣的空氣下沈到山谷裏補充沿山坡上升的空氣，這種風稱為「谷風」(valley breeze)，亦稱為「上坡風」。夜間，地面冷卻，冷空氣沿山坡流下來代替較暖的空氣，形成由山嶺吹向山谷的風，這種風稱為「山風」(mountain breeze)，亦稱為「下坡風」。上坡風在山地坡度越大、高度越高的地方，風越大；下坡風在山谷越深處風就越大(戚啟勳等，1986；陳鐵如等，1993；高國棟等，1994)。

### (1)合成風與穩定度

#### A. 合成風

風的向量平均，稱之為「合成風」(resultant wind)，在氣候學上，指某地某高度在一定期間全部風向和風速的向量平均，以式示之如下(戚啟

勳、嚴夢輝，1976)：

$$\bar{V} = \frac{\Sigma \vec{V}}{n} \quad (1-19)$$

公式(1-19)中，箭頭表示水平向量、 $\Sigma V$ 為水平向量風速之總和、 $n$ 為樣本數。

用合成風表示平均風，通常根據分速來計算，平均風沿任何呈直角方向的分速，等於個別分速沿同樣方向的單純平均，各分速所取的方向，可選用東西向和北南向。據此，合成風東西向分量和北南向分量各為：

$$V_{E-W} = V \cos \theta \quad (1-20)$$

$$V_{N-S} = V \sin \theta \quad (1-21)$$

公式(1-20)及(1-21)中， $\theta$ 為自北順時針量測的方位角。可相對應地將公式(1-19)轉化為：

$$V_R = \sqrt{(V_{E-W}^2 + V_{N-S}^2)} \quad (1-22)$$

$$\tan \theta = V_{E-W} + V_{N-S} \quad (1-23)$$

雪山高山地區四個測站的風向資料，是以 $360^\circ$ 觀測而得，可經由觀測數值轉成地面氣象觀測所規範的十六方位，則東西向分量與北南向分量各為：

$$V_{E-W} = \frac{1}{n} \left[ \begin{array}{l} \Sigma E - \Sigma W + 0.92(\Sigma ENE + \Sigma ESE - \Sigma WSW - \Sigma WNW) \\ + 0.71(\Sigma NE + \Sigma SE - \Sigma SW - \Sigma NW) \\ + 0.38(\Sigma NNE + \Sigma SSE - \Sigma SSW - \Sigma NNW) \end{array} \right] \quad (1-24)$$

$$V_{N-S} = \frac{1}{n} \left[ \begin{array}{l} \Sigma N - \Sigma S + 0.92(\Sigma NNE + \Sigma NNW - \Sigma SSE - \Sigma SSW) \\ + 0.71(\Sigma NE + \Sigma NW - \Sigma SE - \Sigma SW) \\ + 0.38(\Sigma ENE + \Sigma WNW - \Sigma ESE - \Sigma WSW) \end{array} \right] \quad (1-25)$$

應用公式(1-24)、(1-25)計算得 $V_{E-W}$ 與 $V_{N-S}$ 以後，代入(1-22)式及(1-23)式即可計算合成風向與風速。

## B. 風的穩定度

以氣候學的觀點，研究一個地方風向的變動性和穩定性，是具有實用價值的；假定某地常年風向變動不大，就表示該地一定有強大的盛行風，

若某地常年風向變化無常，即表示該地無盛行風或盛行風不明顯。

設合成風為 $V_R$ ，風速的平均值為 $V_S$ ，則風的穩定度可以下列公式求得的數據，作為風的穩定度(Steadiness)之指標：

$$S = \frac{V_R}{V_S} \times 100\% \quad (1-26)$$

由(1-26)式可瞭解到如果 $V_R$ 值愈小，則風向變化性愈大，若無盛行風向，合成風速將趨近於零，而風速的平均值 $V_S$ 是一定的，故有

$$S_{\min} = 0\% \quad (1-27)$$

反之，如果 $V_R$ 值愈大，則風向變化性愈小，假設有明顯的盛行風向，合成風速將趨近於風速的平均值 $V_S$ ，故有

$$S_{\max} = (1 - 0)\% \quad (1-28)$$

換言之，當 $V_R \rightarrow 0$ 、則 $S \rightarrow 0\%$ ；當 $V_R \rightarrow V_S$ 、則 $S \rightarrow 100\%$ ，這就表示風的穩定度 $S$ 之變化，介於 $0\%$ 至 $100\%$ 之間。

雪山高山生態系各氣象站站及玉山氣象站合成風與穩定度之計算結果詳列如表1-10所示。

## (2)向量的頻率分佈

風向是少數屬於向量的氣象變數，風速屬於純量的氣象變數，兩者合併即可利用雙重頻率分布同時分析，繪製成頻率風花圖(frequency windrose)或標準風花圖(standard wind rose)來表示。

## 三、結果

### (一)各站觀測資料與缺漏資料補遺

四處測站自2009年9月24日迄今，已累積相當資料量；唯哭坡頂氣象站、黑森林氣象站及三六九氣象站所缺漏之資料，以毗鄰測站之資料作為補遺基礎，考量參數的物理特性，除降雨量以正比法之外，其餘參數均以回歸係數法施行補遺。四站各參數缺漏之資料經施行補遺後，詳列逐月統計表如表1-3～表1-6。

表1-3. 圈谷氣象站(SP1)氣象參數逐月統計表

月份	氣溫	濕度	降雨量	平均風速	最大風速	風向	發生日期	日射量	PAR	氣壓	草溫	地溫5	地溫10	地溫20	地溫30	地溫50	土壤熱流量	土壤含水量10	土壤含水量20	土壤含水量30	積雪高	AT<0°C
(Unit)	(°C)	(%)	(mm)	(m s <sup>-1</sup> )	(m s <sup>-1</sup> )	(°)		(MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	(mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	(hPa)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(KJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(mm)	(days)
S-09 (24-30)	8.02	78.3	43.8	3.32	16.30	25	9/28	83.94	186.57	664.8	9.81	9.25	9.46	9.73	9.93	10.24	-1.98	0.219	0.175	0.148	0.0	0
O-09	6.77	70.4	117.0	3.62	17.80	194	10/18	434.99	865.18	664.1	8.13	7.47	7.61	7.85	8.04	8.40	-3.63	0.260	0.220	0.184	0.0	0
N-09	4.12	65.5	21.5	3.91	25.00	150	11/17	391.75	788.17	664.3	5.22	4.33	4.52	4.81	5.05	5.50	-2.83	0.252	0.211	0.170	0.0	0
D-09	-0.66	65.5	31.5	3.10	29.40	29	12/31	360.44	724.57	660.7	0.34	-0.03	0.25	0.63	1.05	1.79	-10.05	0.191	0.180	0.148	14.1	19
Sum/Mean	4.56	69.9	213.8	3.49	22.13			1,271.12	2,564.49	663.5	5.88	5.26	5.46	5.76	6.02	6.48	-18.49	0.231	0.197	0.163	14.1	19
J-10	-0.11	66.0	49.5	3.87	81.80	82	1/3	389.07	800.22	662.2	0.19	-0.10	-0.07	0.18	0.36	0.69	-0.75	0.186	0.183	0.157	10.5	15
F-10	0.38	77.9	148.0	4.85	31.30	31	2/22	310.27	639.53	661.1	0.13	-0.11	0.02	0.19	0.31	0.55	-0.87	0.342	0.296	0.209	72.2	10
M-10	3.18	63.3	90.0	4.52	24.40	24	3/10	532.19	1,050.94	663.4	3.41	1.96	1.97	1.87	1.74	1.59	6.08	0.346	0.307	0.219	2.4	2
A-10	4.72	79.4	320.5	4.54	21.70	22	4/5	397.46	785.38	663.5	5.80	5.75	5.65	5.66	5.52	5.30	1.93	0.310	0.269	0.202	2.5	0
M-10	6.92	79.6	222.0	4.19	20.60	21	5/16	417.35	822.31	662.8	8.04	8.30	8.02	7.86	7.50	7.06	14.24	0.298	0.257	0.196	0.0	0
J-10	8.23	85.1	466.5	3.54	21.50	22	6/11	365.43	728.45	663.4	9.81	10.48	10.25	10.18	9.94	9.60	7.76	0.313	0.267	0.205	0.0	0
J-10	9.02	76.2	333.0	3.30	23.00	23	7/13	510.16	1,019.34	665.5	11.37	11.81	11.58	11.65	11.45	11.24	0.61	0.274	0.235	0.183	0.0	0
A-10	8.55	79.9	136.0	3.18	20.40	20	8/31	479.12	975.11	665.1	11.19	10.95	10.83	10.97	10.91	10.91	-4.81	0.275	0.232	0.179	0.0	0
S-10	7.52	84.3	156.0	3.83	28.90	29	9/19	352.58	724.11	664.6	9.54	8.90	8.93	9.09	9.18	9.33	-9.71	0.294	0.247	0.191	0.0	0
O-10	6.65	78.8	174.5	3.31	21.80	20	10/2	350.97	721.73	664.2	8.14	7.80	7.81	7.90	7.95	8.12	-2.52	0.300	0.252	0.193	0.0	0
N-10	3.01	66.0	114.0	3.65	26.70	27	11/6	334.14	684.45	663.5	3.81	3.76	3.81	4.06	4.27	4.77	-4.90	0.292	0.250	0.191	0.0	2
D-10	0.04	51.8	74.5	4.39	26.00	26	12/26	363.19	742.98	659.2	-0.09	0.64	0.82	1.07	1.37	1.92	-12.29	0.219	0.212	0.168	19.9	15
Sum/Mean	4.84	74.0	2,284.5	3.93	29.01			4,801.93	9,694.55	663.2	5.95	5.85	5.80	5.89	5.88	5.92	-5.23	0.287	0.251	0.191	107.7	44
J-11	-2.28	82.9	66.0	2.24	59.40	32	1/12	317.74	668.59	659.3	-1.01	-0.31	-0.27	-0.20	-0.06	0.43	-4.40	0.096	0.088	0.106	24.7	27
F-11	-1.12	73.7	69.5	3.74	31.00	79	2/19	353.88	735.18	659.4	-1.15	-0.56	-0.49	-0.31	-0.09	0.21	-7.54	0.086	0.079	0.097	38.1	22
M-11	0.98	81.8	102.5	3.77	34.20	4	3/11	407.66	838.01	661.4	1.11	0.20	0.07	0.01	-0.01	0.18	12.77	0.211	0.172	0.157	27.3	13
A-11	6.54	82.0	445.0	3.89	24.90	16	7/31	322.79	669.61	662.9	7.63	7.90	7.62	7.47	7.10	6.60	9.86	0.318	0.261	0.223	0.1	0
M-11	8.94	73.5	297.0	3.94	23.10	17	11/19	508.11	1,043.52	663.6	10.76	11.83	11.38	11.23	10.76	10.16	6.78	0.274	0.225	0.186	0.0	0
J-11	8.75	80.5	294.0	3.16	23.60	12	8/10	421.61	872.53	663.4	10.73	11.33	11.06	11.04	10.78	10.48	2.22	0.307	0.249	0.205	0.0	0
J-11	8.12	79.7	277.0	3.79	36.30	23	8/3	405.19	839.58	663.4	10.13	10.20	10.06	10.17	10.08	10.09	-2.83	0.306	0.246	0.200	0.0	0
A-11	7.74	72.9	78.0	3.46	18.00	12	7/9	449.56	932.03	663.8	10.69	9.73	9.65	9.77	9.72	9.71	-4.72	0.251	0.203	0.163	0.0	0
S-11	6.54	82.0	445.0	3.89	24.90	16	7/31	322.79	669.61	662.9	7.63	7.90	7.62	7.47	7.10	6.60	9.86	0.318	0.261	0.223	0.0	0
Sum/Mean	4.53	77.5	1,703.5	3.70	31.13			404.87	836.30	662.1	5.95	6.03	5.87	5.88	5.75	5.66	1.88	0.239	0.196	0.172	90.2	62
Sum			4,201.8					9,716.91	19,785.73								-6.76				212.0	125
Mean	4.69	74.6		3.83	28.67					662.87	5.94	5.82	5.77	5.86	5.85	5.92	-0.27	0.261	0.222	0.180		
Max	9.02	85.1	466.5	4.89	81.80			532.19	1,050.94	665.50	11.37	11.83	11.58	11.65	11.45	11.24	14.24	0.346	0.307	0.223		
Min	-2.28	51.8						83.94	186.57	659.20	-1.15	-0.56	-0.49	-0.31	-0.09	0.18	-12.29	0.086	0.079	0.097		

(資料來源：本研究資料)

表1-4. 黑森林氣象站(SP2)氣象參數逐月統計表

月份 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	發生日期	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	土壤含水量10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (days)
S-09 (24-30)	7.93	74.4	60.6	0.79	7.42	70	9/27	15.83	29.27	7.78	8.17	8.38	0.200	0.198	0
O-09*	6.88	79.9	181.2	0.78	10.02	191	10/25	87.94	170.81	6.87	7.96	7.94	0.237	0.284	0
N-09*	4.21	75.3	42.6	0.97	12.46	147	11/27	81.09	157.28	4.20	5.80	5.62	0.227	0.277	0
D-09	-0.13	69.0	42.4	1.71	25.32	347	12/16	49.14	89.67	0.48	2.98	2.53	0.219	0.266	18
Sum/Mean	4.72	74.7	326.8	1.06	13.81			234.01	447.03	4.53	4.11	4.26	0.221	0.256	18
J-10	-0.39	78.4	48.8	0.69	10.39	327	1/1	78.17	146.99	0.44	1.79	1.48	0.246	0.309	17
F-10	1.15	81.1	198.8	1.15	11.69	117	2/2	65.82	130.59	0.91	1.63	1.46	0.272	0.327	5
M-10	3.94	67.9	69.6	0.94	10.95	1	3/6	115.21	217.83	2.93	2.47	2.61	0.254	0.326	2
A-10	5.72	82.6	260.8	0.98	10.76	173	4/8	76.30	151.42	5.50	4.99	5.25	0.260	0.329	0
M-10	7.40	83.3	190.5	0.86	9.83	299	5/7	63.93	193.96	6.63	6.23	6.72	0.325	0.249	0
J-10	9.03	90.8	460.4	0.76	8.53	156	6/15	71.35	138.83	8.96	8.43	8.77	0.353	0.277	0
J-10	9.63	85.0	382.2	0.71	7.42	317	7/5	92.84	171.00	9.45	9.19	9.44	0.342	0.262	0
A-10	9.04	89.6	135.8	0.75	5.75	183	8/30	88.69	165.94	9.15	9.22	9.43	0.340	0.247	0
S-10	8.06	92.5	207.6	0.71	14.47	258	9/19	61.58	116.43	8.29	8.67	8.77	0.349	0.252	0
O-10	7.02	88.1	254.2	0.58	7.24	157	10/6	74.07	138.52	7.24	7.91	7.91	0.358	0.260	0
N-10	3.35	75.9	117.0	0.70	6.68	190	11/23	70.13	133.79	3.49	5.19	4.82	0.351	0.250	1
D-10	0.64	58.6	51.0	1.17	12.06	147	12/26	46.86	87.94	0.68	2.79	2.34	0.326	0.232	14
Sum/Mean	5.38	81.2	2,376.7	0.83	9.65			904.95	1,793.24	4.53	4.11	4.26	0.315	0.277	39
J-11	-1.84	90.5	67.2	0.66	11.87	84	1/2	57.16	106.65	-0.27	1.08	0.69	0.297	0.236	27
F-11	-0.68	80.4	46.8	0.58	9.65	263	2/11	84.21	154.40	-0.05	1.12	0.85	0.322	0.242	18
M-11	1.48	89.0	75.4	0.54	11.32	170	3/25	92.23	180.90	1.01	1.50	1.41	0.361	0.276	8
A-11	3.95	78.1	47.2	0.80	8.91	208	4/5	95.50	177.46	3.50	3.13	3.31	0.321	0.250	0
M-11	7.18	90.5	315.0	0.77	8.00	39	5/16	67.05	126.31	6.92	6.07	6.49	0.349	0.282	0
J-11	9.86	81.4	256.4	0.81	9.46	173	6/25	104.28	196.68	9.42	8.30	8.76	0.330	0.263	0
J-11	9.11	91.4	209.8	0.67	6.49	192	7/21	72.60	136.96	8.92	8.67	8.96	0.338	0.271	0
A-11	8.61	89.8	216.8	0.48	9.09	117	8/6	71.80	133.97	8.51	8.61	8.80	0.337	0.270	0
S-11	8.10	79.3	70.2	0.46	6.86	90	9/23	89.03	164.23	8.04	8.17	8.33	0.295	0.238	0
Sum/Mean	5.09	85.6	1,304.8	0.64	9.07			733.86	1,377.56	4.53	4.11	4.26	0.328	0.259	53
Sum			4,008.3					1,872.8	3,617.8						110
Mean	5.17	81.7		0.80	10.11					5.16	5.60	5.64	0.304	0.267	
Max	9.86	92.5	460.4	1.71	25.32					9.45	9.22	9.44	0.361	0.329	
Min	-1.84	58.6		0.46	5.75					-0.27	1.08	0.69	0.200	0.198	

\*：2009年10月19日14:00~11月23日13:00資料缺漏，應用回歸係數法及正筆法施行補遺。

(資料來源：本研究資料)



表1-5. 三六九氣象站(SP3)氣象參數逐月統計表

月份 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	發生日期	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> mon <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> mon <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (KJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (mm)	AT<0°C (days)
S-09 (24-30)	10.56	68.6	56.0	0.73	6.90	87	9/27	87.33	169.83	12.28	13.38	13.54	13.87	13.86	13.75	-1.55	51.26	50.24	0.0	0
O-09	8.68	67.6	154.5	0.59	7.16	358	10/18	357.85	708.16	9.90	10.94	11.12	11.47	11.65	11.68	-6.49	60.26	62.19	0.0	0
N-09	5.81	65.7	42.0	0.52	6.62	372	11/11	372.17	770.79	7.18	8.09	8.40	8.82	9.17	9.30	-11.02	60.50	61.99	0.0	0
D-09	1.53	57.4	103.5	1.13	10.17	364	12/31	364.22	756.91	2.23	3.43	3.99	4.59	5.22	5.53	-16.05	62.01	64.29	0.0	8
Sum/Mean	6.65	64.8	356.0	0.74	7.71			1,181.57	2,405.69	7.90	8.96	9.26	9.69	9.98	10.07	-35.11	58.51	59.68	0.0	8
J-10	2.15	58.6	81.5	1.21	11.94	379	1/1	378.80	799.27	1.94	2.47	2.60	2.94	3.20	3.32	-0.19	65.93	68.77	0.0	6
F-10	3.51	60.3	356.0	1.91	9.34	334	2/18	334.26	722.40	2.66	3.10	3.19	3.27	3.66	3.69	-0.12	67.79	72.00	0.0	2
M-10	6.39	50.4	77.5	1.37	10.09	552	3/25	552.02	1,108.73	6.77	6.48	6.18	6.09	5.96	5.73	0.15	63.64	66.60	0.0	0
A-10	7.56	66.7	300.5	1.45	9.06	427	4/2	426.58	888.46	8.91	8.83	8.70	8.68	8.66	8.45	0.03	66.31	70.32	0.0	0
M-10	9.53	69.1	185.0	1.13	10.95	120	5/23	479.89	1,004.80	11.03	10.84	10.54	10.57	10.24	9.98	159.35	64.26	67.74	0.0	0
J-10	10.22	79.5	388.0	0.87	8.33	161	6/15	366.42	790.61	12.37	12.43	12.22	12.23	12.07	11.85	41.74	68.88	74.51	0.0	0
J-10	11.25	73.2	275.0	0.76	5.89	110	7/5	495.58	1,026.10	13.55	13.63	13.40	13.45	13.24	13.01	54.69	66.95	72.07	0.0	0
A-10	11.29	74.0	130.0	0.71	5.19	322	8/30	522.50	1,073.35	13.84	13.88	13.64	13.68	13.46	13.24	60.17	66.93	71.05	0.0	0
S-10	10.34	76.6	235.0	0.87	12.90	326	9/19	421.79	874.90	12.65	12.78	12.58	12.69	12.58	12.43	-5.85	66.81	70.76	0.0	0
O-10	8.69	76.8	195.0	0.55	5.44	96	10/1	345.53	721.64	10.40	10.89	10.83	11.01	11.13	11.07	-0.16	70.90	77.41	0.0	0
N-10	5.37	62.9	124.5	0.60	5.24	23	11/8	349.66	693.32	6.33	7.14	7.36	7.52	8.02	8.13	-0.35	70.09	76.21	0.0	0
D-10	2.79	46.3	84.0	1.16	9.11	329	12/16	378.66	743.45	2.36	3.41	3.79	4.20	4.78	5.02	-0.48	69.02	73.86	7.1	9
Sum/Mean	7.42	66.2	2,432.0	1.05	8.62			5,051.69	10,447.03	8.57	8.82	8.75	8.86	8.92	8.83	-0.82	67.29	71.78	7.1	17
J-11	-0.10	77.7	114.0	1.05	7.78	165	1/30	289.07	599.42	0.97	1.62	1.78	2.13	2.42	2.57	-0.25	74.37	80.40	6.5	15
F-11	1.91	63.7	73.0	1.25	8.79	121	2/19	358.21	704.30	1.80	2.21	2.18	2.41	2.56	2.61	-0.10	74.59	80.30	28.7	6
M-11	3.78	72.4	143.0	1.22	8.56	145	3/7	434.94	862.65	5.33	5.46	5.23	5.27	5.24	5.08	0.05	74.29	80.45	0.0	3
A-11	6.06	62.0	62.5	1.09	7.90	127	4/30	460.24	895.93	7.03	7.02	6.69	6.79	6.58	6.39	0.14	72.32	76.53	0.0	0
M-11	9.03	76.0	374.5	0.93	7.09	193	5/11	362.60	739.74	9.99	9.93	9.54	9.65	9.36	9.10	0.19	79.75	83.99	0.0	0
J-11*	11.16	71.3	290.3	0.91	6.01	287	6/4	473.07	900.96	11.72	11.60	11.40	11.62	11.62	11.62	0.09	75.19	79.39	0.0	0
J-11*	11.49	74.1	217.9	0.82	3.32		7/18	481.46	915.36	12.08	12.00	11.84	12.21	12.03	12.00	0.03	76.22	80.75	0.0	0
A-11	10.79	74.3	12.0	0.90	7.12	297	8/30	462.87	900.95	11.85	12.02	11.81	11.97	11.90	11.73	0.03	75.15	79.84	0.0	0
S-11	10.39	69.6	4.5	0.63	5.85	299	9/28	451.29	863.71	11.15	11.33	11.08	11.33	11.27	11.12	0.01	64.79	68.72	0.0	0
Sum/Mean	7.17	71.2		0.98	6.94			419.31	820.34	7.99	8.13	7.95	8.15	8.11	8.02	0.02	74.07	78.93	35.2	24
Sum			4,079.7					10,007.01	20,235.74							-35.74			42.3	49
Mean	7.21	67.8		0.97	7.87					8.25	8.60	8.55	8.74	8.80	8.74	-1.43	68.33	72.42		
Max	11.49	79.5	388.0	1.91	12.90			552.02	1,108.73	13.84	13.88	13.64	13.87	13.86	13.75	0.19	79.75	83.99		
Min	-0.10	46.3		0.52	3.32			87.33	169.83	0.97	1.62	1.78	2.13	2.42	2.57	-16.05	51.26	50.24		

\*：2011年6月8日7:00~7月24日21:00資料缺漏，應用回歸係數法及正筆法施行補遺。

(資料來源：本研究資料)

表1-6. 哭坡頂氣象站(SP4)氣象參數逐月統計表

月份 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	發生日期	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	土壤含水量10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (days)
S-09 (24-30)	10.61	76.6	47.0	1.99	12.06	103	9/28	96.38	201.55		12.24	13.74	13.94				0
O-09**	10.12	82.2	114.8	1.83	13.36	10	10/6	274.99	574.03		11.32	12.24	12.39				0
N-09**	7.46	80.1	59.7	1.93	10.02	166	11/24	190.49	403.82	701.3	9.02	9.95	10.26	0.269	0.240		0
D-09	2.44	71.6	74.2	1.94	21.52	184	12/30	402.39	825.17	699.0	3.38	5.21	6.00	0.291	0.245		5
Sum/Mean	7.91	77.4	295.7	1.95	14.24			963.88	2,002.47	700.2	9.06	10.22	10.57	0.280	0.243		5
J-10	3.27	70.0	72.0	1.88	24.31	190	1/3	400.98	829.17	700.2	3.56	4.13	4.48	0.327	0.259		4
F-10	4.42	71.2	256.7	2.56	21.52	208	2/5	404.36	834.30	699.4	4.69	4.69	5.03	0.356	0.293		2
M-10	7.26	64.1	57.9	2.11	16.88	125	3/9	581.12	1,188.58	701.2	8.70	8.39	7.97	0.324	0.255		0
A-10	8.51	78.2	223.1	2.06	19.48	147	4/2	483.85	1,001.63	701.3	10.02	11.01	10.74	0.340	0.276		0
M-10*	10.64	81.2	176.9	1.54	18.00	149	5/23	488.16	1,016.73	700.3	11.95	12.66	12.22	0.300	0.244	0.137	0
J-10	11.18	90.3	384.5	1.61	20.22	124	6/15	365.36	773.90	701.0	12.49	13.42	13.28	0.268	0.211	0.163	
J-10	12.86	79.9	275.0	1.38	15.03	135	7/27	502.26	1,029.93	702.7	13.90	15.31	15.02	0.260	0.206	0.158	
A-10	12.71	81.6	130.0	1.69	10.58	277	8/3	526.36	1,058.74	702.4	13.70	15.16	14.98	0.270	0.211	0.159	
S-10	11.73	83.5	235.0	1.93	41.93	143	9/19	465.25	943.32	702.1	13.12	13.88	13.90	0.274	0.211	0.160	
O-10	10.05	83.7	141.0	1.58	13.36	270	10/21	380.42	769.94	700.9	11.04	11.94	12.10	0.307	0.227	0.174	0
N-10	6.64	71.9	93.0	1.50	12.99	125	11/22	368.78	729.07	701.5	7.36	8.57	8.95	0.292	0.222	0.167	0
D-10	3.80	58.2	99.5	1.39	19.48		12/16	411.66	812.95	697.5	3.95	5.22	5.73	0.264	0.209	0.156	4
Sum/Mean	8.59	76.2	2,144.6	1.77	19.48			5,378.56	10,988.26	700.9	9.54	10.37	10.37	0.299	0.235	0.159	10
J-11	1.08	85.5	83.5	2.07	19.30		1/3	353.38	707.60	698.05	2.27	3.59	3.91	0.288	0.226	0.168	5
F-11	3.26	73.1	50.0	1.91	18.00		2/21	429.94	855.19	697.90	3.58	4.27	4.38	0.277	0.220	0.164	3
M-11	4.78	82.1	100.5	1.89	23.19		3/4	474.31	947.85	699.83	6.34	7.26	7.22	0.282	0.224	0.168	0
A-11	7.18	73.1	41.0	1.51	21.71	211	4/30	492.20	992.14	700.18	8.13	9.23	8.99	0.266	0.215	0.158	0
M-11	10.14	85.4	290.0	1.63	15.59	213	7/17	419.50	841.88	700.60	11.08	11.85	11.52	0.315	0.241	0.183	0
J-11	12.31	80.4	174.5	1.86	16.88	324	10/10	533.54	1,068.35	701.1	13.57	14.77	14.22	0.298	0.233	0.177	0
J-11	12.99	81.0	155.0	1.48	11.87	223	10/21	565.69	1,139.42	700.8	14.05	15.55	15.10	0.310	0.241	0.181	0
A-11	12.22	79.5	166.0	1.72	23.38	216	3/2	515.42	1,031.95	701.0	13.14	14.73	14.57	0.317	0.244	0.183	0
S-11	11.68	77.1	38.0	1.44	11.50	191	12/11	474.43	957.66	701.5	12.95	13.71	13.64	0.264	0.219	0.160	0
Sum/Mean	8.40	79.7	1,098.5	1.72	17.94			473.16	949.12	700.1	9.46	10.55	10.39	0.291	0.229	0.171	8
Sum			3,538.8					10,600.85	21,532.77								23
Mean	8.41	77.6		1.78	18.09					700.51	9.43	10.41	10.41	0.294	0.234	0.166	
Max	12.99	90.3	384.5	2.56	41.93					702.73	14.05	15.55	15.10	0.356	0.293	0.183	
Min	1.08	58.2		1.38	10.02					697.50	2.27	3.59	3.91	0.260	0.206	0.137	

\*\*：2010年5月11日23:00~5月25日資料缺漏，應用回歸係數法及正筆法施行補遺。

(資料來源：本研究資料)

(二)雪山高山生態系微氣象

高山氣象站之氣候以低溫、強風、多霧、積雪見稱，茲就氣溫、相對濕度、降水特性於本節加以闡述。四站月累計日射量如圖1-2、月平均氣溫分布圖如圖1-3、月平均相對濕度分布圖如圖1-4、月累計雨量分布圖如圖1-5、四站各層次地溫日平均變化圖如圖1-6~圖1-9。

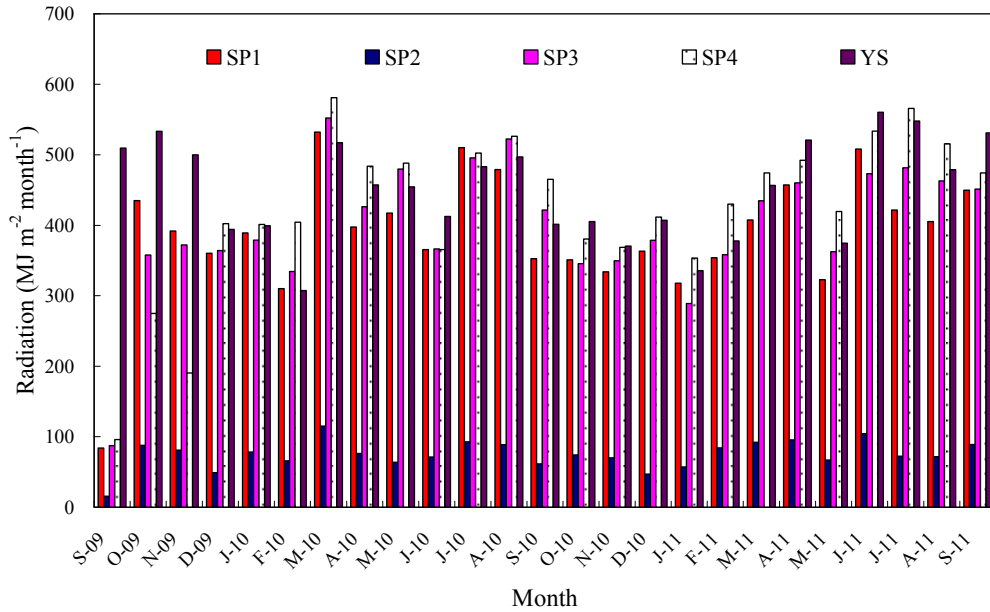


圖1-2. 雪山地區及玉山五處氣象站月累計日射量分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

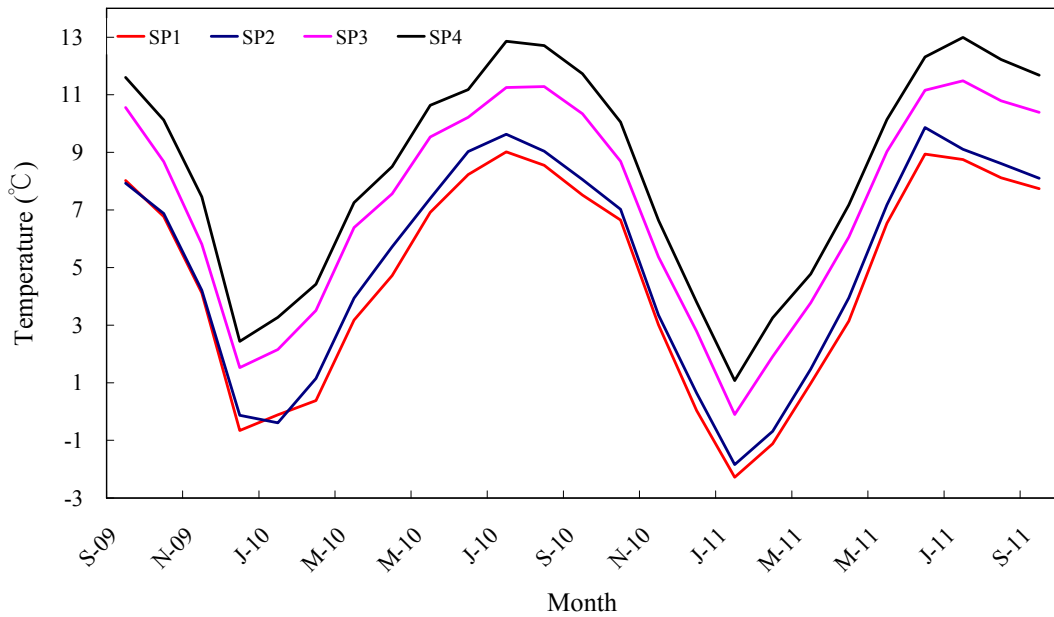


圖1-3. 雪山地區四處氣象站月平均氣溫分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

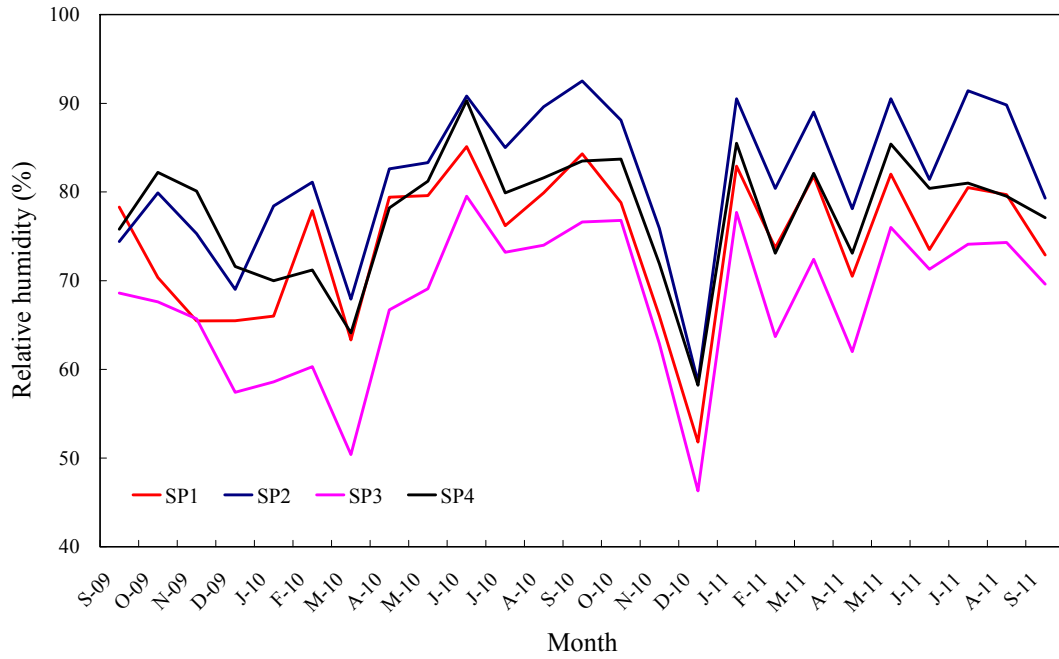


圖1-4. 雪山地區四處氣象站月平均相對濕度分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

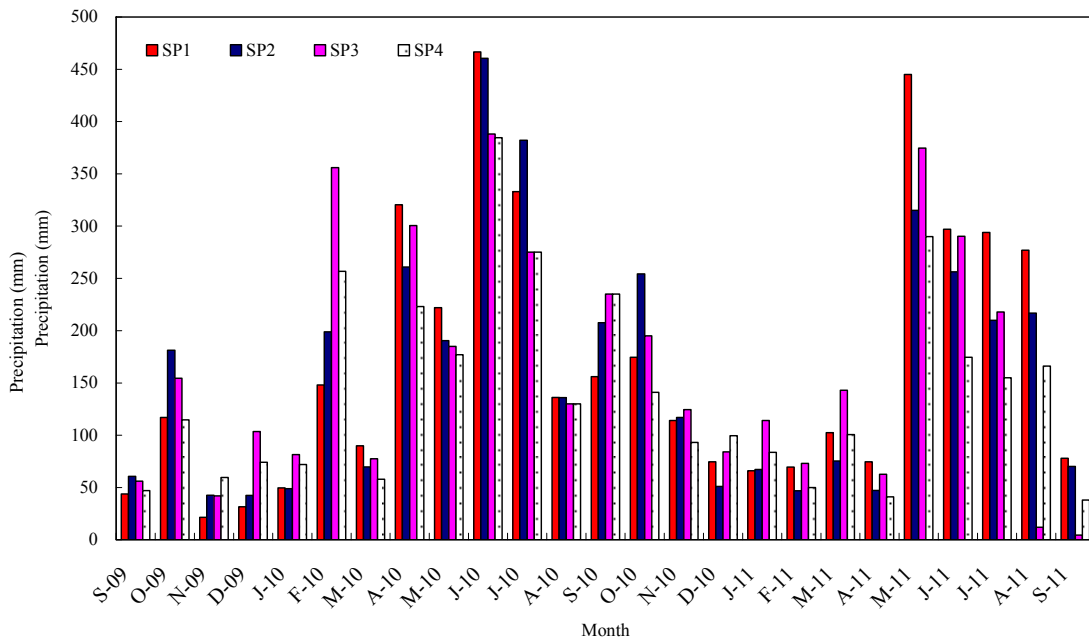


圖1-5. 雪山地區四處氣象站月雨量分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

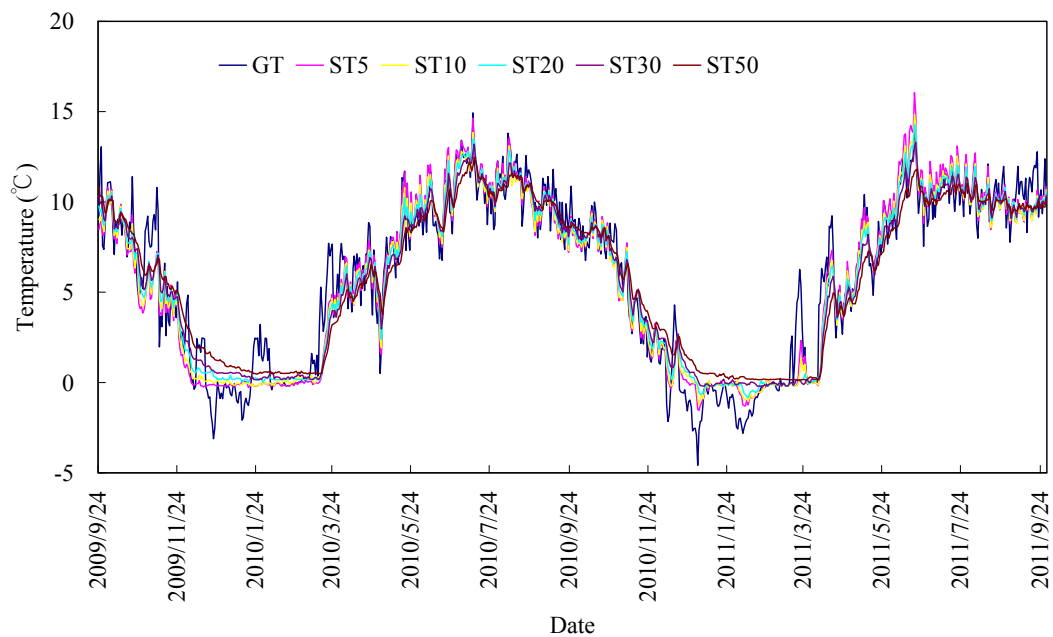


圖1-6. 圖谷氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

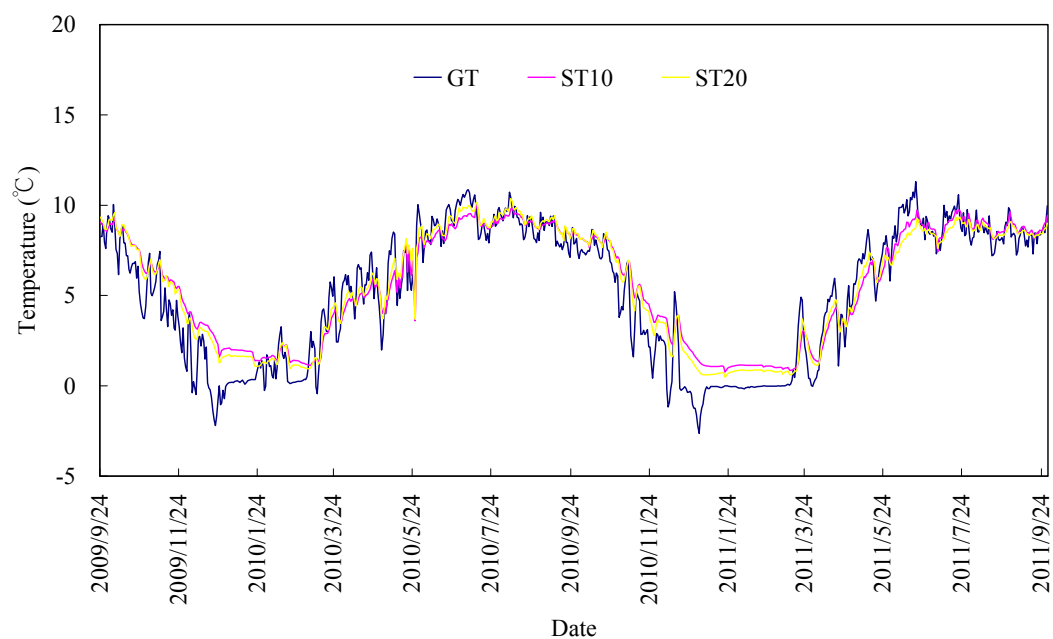


圖1-7. 黑森林氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

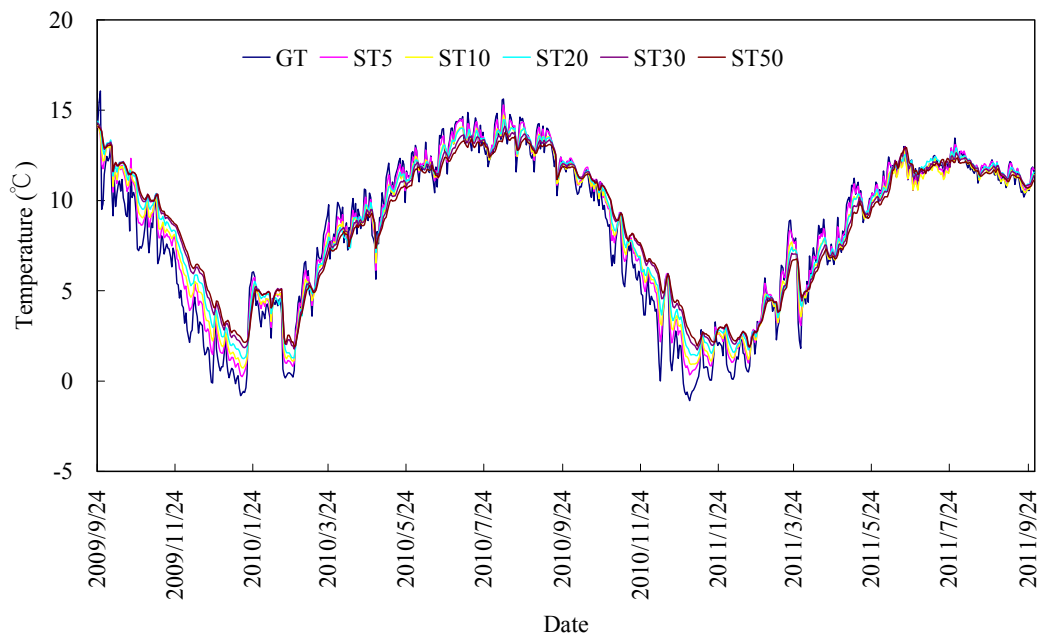


圖1-8. 三六九氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

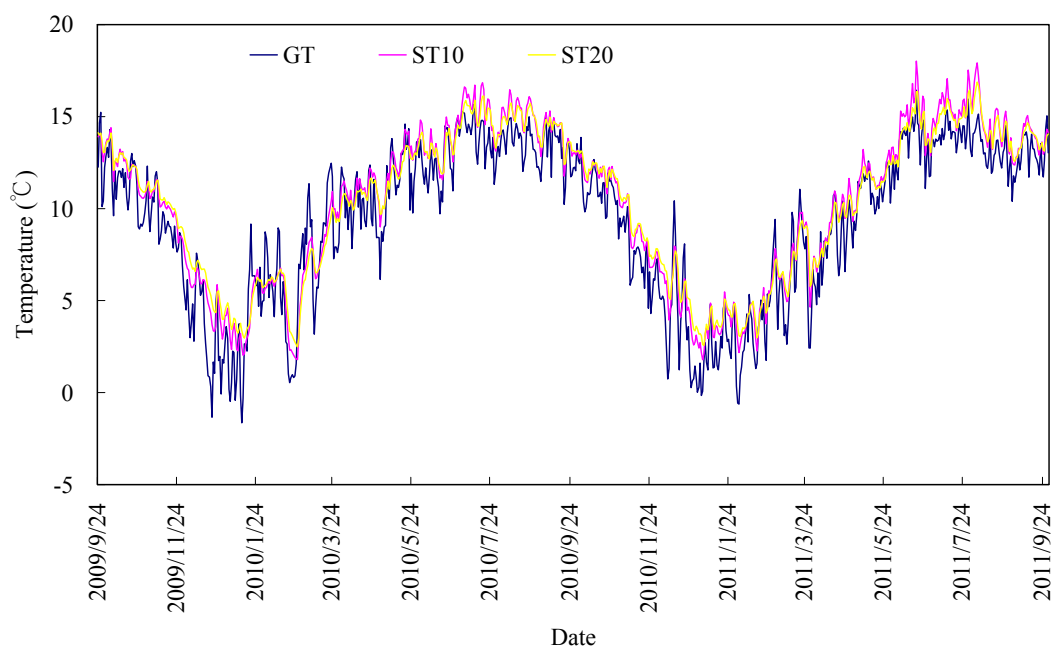


圖1-9. 哭坡頂氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

### (三)高山積雪

在山區，隨著海拔增加及因此所引致的氣溫降低，高山上的降水會以固態—降雪的形式出現，若低溫持續發生，可能因此而保留下來，形成深厚的積雪。雪山高山生態系係位處低緯度的臺灣島之中，少數會每年降雪

的地區。由於只有圈谷站及三六九站設置積雪深度感應器，因此只能就該兩站之觀測資料予以探討。自從設站至2010年4月，在圈谷站共遭逢34場降雪事件(以日統計值作為判斷依據)，唯降雪僅止於黑森林，三六九氣象站則並未攫取得降雪的相關資訊，茲將圈谷站2010年所觀測獲致34場降雪事件的日期、平均氣溫、最低溫、積雪高度及等量降水相對數據詳列如表1-7，進而繪製圈谷站自2009年12月1日起，至2010年4月30日止之積雪高度與其他四站累計降水逐日變化圖繪製如1-10。2011年降雪已經到達海拔3,000 m以上地區，受限於觀測資料，僅就圈谷站及三六九站加以探討，表1-8為圈谷站2010年12月1日起，至2010年4月3日止，所觀測獲致37場降雪事件的日期、平均氣溫、最低溫、積雪高度及等量降水相對數據；表1-9為圈谷站2010年12月1日起，至2010年2月17日止，所觀測獲致15場降雪事件的日期、平均氣溫、最低溫、積雪高度及等量降水相對數據。兩站之積雪高度與其他四站累計降水逐日變化圖繪製如圖1-10、圖1-11。

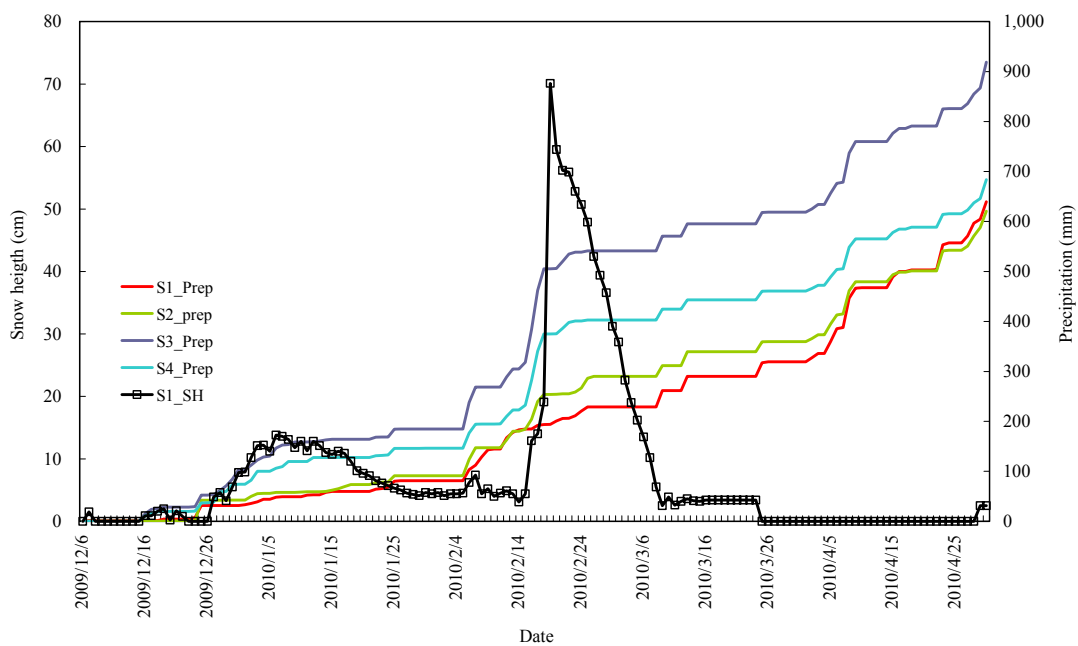


圖1-10. 圈谷氣象站2010年降(積)雪高度與降水量。  
(資料來源：本研究資料)

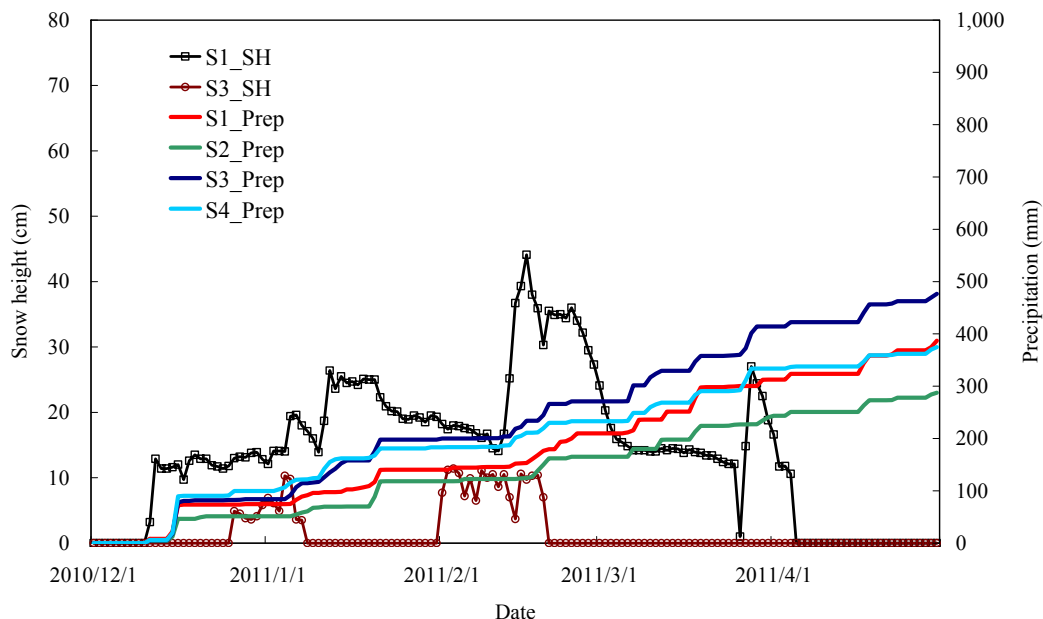


圖1-11. 圈谷氣象站及三六九氣象站2011年降(積)雪高度與降水量。  
(資料來源：本研究資料)

表1-7. 圈谷氣象站2009年12月~2010年4月降雪事件相關參數統計表

日期	均溫 (°C)	最高溫 (°C)	最低溫 (°C)	相對濕度 (%)	積雪高度 (cm)	降水量 (mm)	日射量 (MJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )
2009/12/7	-2.1	1.4	-4.8	79.5	1.5	1.5	15.16	-0.4	-0.1	0.2	-263.4
2009/12/16	-1.1	0.0	-2.2	99.1	0.9	0.0	1.49	-0.2	-0.2	0.1	-127.4
2009/12/21	-5.8	-4.8	-6.8	96.7	1.5	0.0	3.64	-1.8	-0.1	0.1	-212.4
2009/12/27	-2.5	-1.2	-3.9	93.4	3.9	0.0	4.48	-0.9	-0.2	0.0	-541.8
2009/12/28	-3.3	-1.1	-7.1	97.2	0.7	0.0	2.75	-0.6	-0.2	0.0	-408.4
2009/12/30	-2.3	-0.9	-4.4	98.1	2.2	0.0	5.84	-0.2	-0.2	-0.1	-329.6
2009/12/31	-1.5	0.0	-3.9	99.1	2.3	0.0	4.26	0.0	-0.2	0.0	-215.3
2010/1/1	-1.6	0.0	-3.7	99.0	0.1	1.5	6.07	-0.3	-0.2	0.1	-91.9
2010/1/2	-0.3	0.1	-1.5	99.7	2.3	2.5	3.15	-0.2	-0.2	0.2	-51.8
2010/1/3	-4.6	0.1	-11.0	96.9	1.9	3.5	10.07	-0.3	-0.1	0.0	-40.2
2010/1/4	-5.3	0.6	-10.3	64.7	0.1	5.0	17.48	-0.6	0.0	0.0	-275.8
2010/1/6	-1.4	0.1	-3.4	99.1	2.6	4.5	4.11	-0.2	-0.2	-0.1	-286.7
2010/1/10	-0.9	1.2	-4.2	32.0	1.0	0.0	18.16	-1.1	-0.1	-0.1	-495.2
2010/1/12	-5.4	-1.3	-9.9	94.1	1.5	0.5	5.81	-0.5	-0.1	-0.1	-201.2
2010/1/16	0.8	4.6	-4.3	35.9	0.5	0.0	18.41	-0.9	0.1	0.0	-663.2
2010/1/30	1.3	4.7	-2.8	48.7	0.5	0.0	19.25	1.5	0.0	0.0	726.9
2010/2/1	3.0	6.7	1.1	20.6	0.2	0.0	18.49	2.4	-0.1	-0.1	553.4
2010/2/3	-0.1	4.7	-2.0	79.1	0.3	0.0	16.88	1.9	-0.1	-0.1	990.0
2010/2/5	-1.0	0.0	-2.6	95.5	0.1	0.0	3.01	-0.4	-0.2	-0.2	-119.3
2009/2/6	0.6	2.4	-1.2	98.4	1.7	22.5	1.47	-0.1	-0.2	-0.1	-98.5
2009/2/7	0.2	1.3	-1.3	96.0	1.2	9.0	2.31	-0.2	-0.2	-0.2	-83.9
2010/2/9	1.7	3.5	0.1	80.2	0.8	14.0	14.15	0.0	-0.1	0.0	-91.7
2010/2/11	2.9	5.6	0.6	51.3	0.5	0.0	21.17	0.0	0.0	0.1	-90.1
2009/2/12	0.5	2.3	-1.1	95.8	0.4	22.0	2.17	-0.1	-0.2	-0.1	-75.5
2009/2/13	0.1	0.9	-1.4	99.6	0.0	11.0	2.98	-0.2	-0.2	-0.1	-84.9
2009/2/15	0.3	1.9	-0.8	94.4	1.3	2.0	5.78	-0.1	-0.2	0.1	-96.2
2010/2/16	-0.1	0.2	-0.9	99.7	8.5	0.0	1.63	-0.2	-0.2	0.0	-102.1
2010/2/17	-0.1	0.4	-1.2	99.9	1.1	7.0	1.60	-0.2	-0.2	0.1	-108.5
2010/2/18	-0.5	0.1	-1.7	99.8	5.1	1.5	0.65	-0.2	-0.2	0.1	-110.3
2010/2/19	-2.2	-1.4	-3.6	98.9	51.0	0.5	3.04	-0.2	-0.2	-0.1	-109.6
2010/3/10	-2.8	-0.5	-5.0	57.6	1.4	0.0	24.28	1.2	0.0	0.0	-81.5
2010/3/12	1.2	5.0	-0.3	68.8	0.6	0.0	14.61	1.5	0.0	0.1	-85.1
2010/3/13	1.5	2.4	0.0	97.6	0.4	28.5	3.78	0.2	0.0	0.3	-77.9
2010/4/29	2.7	6.3	-0.4	73.5	2.5	8.0	12.18	4.6	4.8	4.7	-24.4

(資料來源：本研究資料)



表1-8. 圈谷氣象站2010年12月~2011年4月降雪事件相關參數統計表

日期	均溫 (°C)	最高溫 (°C)	最低溫 (°C)	相對濕度 (%)	積雪高度 (cm)	降水量 (mm)	日射量 (MJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )
2010/12/11	1.47	2.40	-0.20	38.6	3.2	8.0	8.57	-0.34	-0.32	-0.16	-1101.00
2010/12/12	5.03	7.40	2.00	96.7	9.7	0.0	2.80	0.92	-0.20	-0.19	300.80
2010/12/15	3.00	4.40	1.50	49.3	0.2	14.0	10.58	3.24	2.31	1.97	598.20
2010/12/16	0.68	4.60	-3.20	86.3	0.4	50.5	1.90	2.52	2.33	2.17	180.90
2010/12/18	2.40	6.40	-4.70	20.6	2.9	0.0	15.74	-0.40	0.76	0.96	-714.30
2010/12/19	4.34	7.00	1.30	12.0	0.9	0.0	15.64	-0.53	0.57	0.63	-491.40
2010/12/25	-2.90	-1.80	-4.30	77.1	0.4	0.0	15.36	-1.06	-0.02	0.36	-214.20
2010/12/26	-5.33	-2.00	-7.50	96.1	1.2	0.0	2.39	-0.97	-0.16	0.42	-190.20
2010/12/27	-4.60	-1.60	-7.20	63.0	0.2	0.0	15.88	-1.36	-0.08	0.17	-183.70
2010/12/29	-4.99	-0.20	-7.70	31.2	0.7	0.0	15.53	-2.56	-0.05	-0.03	-1306.00
2010/12/30	-5.25	-0.50	-7.60	71.6	0.1	0.0	15.59	-2.53	-0.11	-0.02	-1117.00
2011/1/2	-4.07	-2.50	-4.90	96.5	2.0	0.0	1.90	-2.15	-1.26	-0.94	-414.20
2011/1/5	-1.99	0.20	-2.70	98.1	5.4	0.5	8.47	-0.41	-0.73	-0.63	54.07
2011/1/6	-0.62	0.90	-4.40	79.8	0.2	8.0	16.76	-0.06	-0.22	-0.39	209.00
2011/1/11	-0.92	-1.00	-3.50	97.5	4.8	1.5	4.44	-0.14	-0.18	-0.18	94.70
2011/1/12	-2.04	-1.90	-3.50	97.2	7.7	0.0	5.11	-0.48	-0.18	-0.17	83.60
2011/1/14	-2.12	-0.10	-6.90	95.4	1.9	0.5	18.63	-0.45	-0.09	-0.09	64.86
2011/1/16	-5.57	0.20	-5.30	50.7	0.2	0.0	17.46	-1.33	-0.12	-0.15	-76.32
2011/1/18	-1.41	-0.30	-4.80	93.2	0.9	2.0	7.01	-0.82	0.08	-0.12	-159.60
2011/1/27	-1.74	3.80	-2.10	54.1	0.6	0.0	12.71	-0.65	-0.19	-0.18	-80.80
2011/1/30	-5.10	-5.90	-7.40	95.0	1.0	0.0	3.56	-2.45	-0.16	0.05	-624.20
2011/2/3	-5.57	1.80	-8.20	32.0	0.6	4.0	20.59	-2.40	-0.73	-0.63	-901.00
2011/2/9	1.11	2.00	-3.70	74.7	0.6	0.5	12.93	-1.52	-0.91	-0.85	-178.60
2011/2/12	-3.63	-1.20	-5.70	96.1	2.6	0.0	7.48	-1.68	-0.82	-0.86	-338.10
2011/2/13	-3.83	0.00	-4.60	97.1	8.5	0.5	8.31	-0.98	-0.87	-0.78	-159.70
2011/2/14	-2.12	-0.80	-4.80	95.8	11.5	6.0	9.27	-0.80	-0.54	-0.61	-77.74
2011/2/15	-2.44	-0.30	-1.50	98.0	2.6	0.5	5.78	-0.84	-0.49	-0.54	-73.45
2011/2/16	-1.01	-0.10	-3.20	94.5	4.8	0.5	15.33	-0.64	-0.54	-0.54	-61.35
2011/2/20	-1.43	-1.30	-4.80	92.3	5.2	3.0	4.62	-0.16	-0.20	-0.31	32.15
2011/2/22	-1.78	0.00	-2.50	97.6	0.1	14.0	7.53	-0.06	0.10	0.11	4.03
2011/2/24	-0.21	3.00	-1.70	90.5	1.6	5.0	12.91	-0.10	0.03	0.03	25.56
2011/3/12	-0.20	5.10	-0.80	83.5	0.5	0.0	23.12	0.00	-0.09	-0.10	28.00
2011/3/14	4.44	6.00	1.30	51.2	0.3	0.0	22.13	2.57	-0.03	-0.05	46.22
2011/3/17	0.37	5.00	2.50	94.1	0.5	0.0	4.15	3.03	-0.19	-0.20	21.80
2011/3/27	-1.03	0.20	-8.10	94.8	13.8	0.0	11.62	-0.02	-0.06	-0.06	-21.93
2011/3/28	-3.17	1.30	-7.30	39.6	12.2	0.0	25.65	0.02	0.00	0.02	-19.85
2011/4/3	0.33	1.10	-0.90	98.5	0.1	0.0	1.33	-0.04	-0.17	-0.14	-32.72

(資料來源：本研究資料)

**表1-9. 三六九氣象站2010年12月~2011年2月降雪事件相關參數統計表**

日期	均溫 (°C)	最高溫 (°C)	最低溫 (°C)	相對濕度 (%)	積雪高度 (cm)	降水量 (mm)	日射量 (MJm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup> )
2010/12/26	-1.51	2.09	-4.93	44.6	4.9	0.0	15.18	0.94	2.12	2.69	-701.00
2010/12/30	-1.96	4.64	-6.26	47.4	0.5	0.0	15.42	-0.61	0.85	1.35	-613.90
2010/12/31	-3.07	2.52	-7.36	37.9	1.7	0.0	15.59	-0.88	0.65	1.24	-646.10
2011/1/1	-2.40	2.97	-6.20	32.5	1.1	0.0	15.31	-1.08	0.35	0.98	-664.00
2011/1/4	-1.45	0.67	-2.54	83.2	5.4	0.0	4.65	-0.50	0.61	0.95	-449.60
2011/2/1	-3.24	1.32	-5.53	81.9	7.7	2.0	8.49	0.50	1.29	1.62	-405.60
2011/2/2	-1.79	2.02	-4.05	75.8	3.5	0.0	8.79	0.48	1.19	1.46	-343.50
2011/2/3	-1.06	5.78	-5.56	60.5	0.2	0.0	15.21	0.14	1.04	1.32	-428.30
2011/2/6	3.26	11.90	-1.26	32.0	2.7	0.0	19.74	0.99	1.63	1.60	-143.10
2011/2/8	1.38	5.36	-1.95	61.1	4.6	0.5	8.97	1.21	1.79	1.89	-213.90
2011/2/10	1.80	8.07	-2.34	65.4	0.5	0.0	14.33	2.27	2.57	2.40	-1.28
2011/2/12	-0.67	4.46	-2.74	80.5	1.9	3.5	7.67	1.55	2.14	2.30	-259.70
2011/2/15	1.32	5.16	-1.87	71.4	6.9	3.5	15.82	0.57	1.21	1.47	-325.40
2011/2/17	2.30	7.02	-0.90	67.1	0.6	0.0	19.35	0.83	1.35	1.38	-79.50

(資料來源：本研究資料)

#### (四)山谷風分布特性

##### 1. 合成風與穩定度

將雪山高山生態系四處氣象站，自2009年9月24日設站起至2011年5月25日為止，逐日逐時的最大風速及其風向資料，計算各月份東西向分量以及北南向分量，求得各月之合成風速與合成風向，然後應用其所得取之數據，再求取風速之穩定度，茲將其結果列如表1-10所示。

**表1-10. 雪山高山生態系各氣象站及玉山氣象站合成風與穩定度**

項目\測站	SP1	SP2	SP3	SP4	YS
n	12,702	13,105	14,054	10,253	20,400
V <sub>S</sub> (ms <sup>-1</sup> )	6.38	3.03	2.75	5.66	11.33
V <sub>E-W</sub> (%)	0.12	0.06	0.19	0.42	-0.50
V <sub>N-S</sub> (%)	-0.10	0.06	-0.08	-0.09	-0.02
V <sub>R</sub> (ms <sup>-1</sup> )	0.16	0.08	0.21	0.43	0.50
θ (°)	2	12	11	34	303
S (%)	2.51	2.64	7.64	7.60	4.41

(資料來源：本研究資料)

##### 2. 風速之年變化與日變化

平均風速逐月分布圖如圖1-12、最大風速逐月分布圖如圖1-13；最大風速為高山地區的強風之數值表徵，為了解其季節及月份變化，統計四處氣象站最大風速參數，據之繪製四站最大風速與最大風速之風向逐月變化如圖1-14~圖1-17；四站平均風速日變化繪如圖1-18、四處氣象站最大風速總平均日變化繪如圖1-19。

### 3. 頻率分析

依據四處氣象站自設站起至2011年5月25日止，每小時最大風速及其風向，繪製四站之風花圖與風級頻率圖如圖1-20~圖1-27。

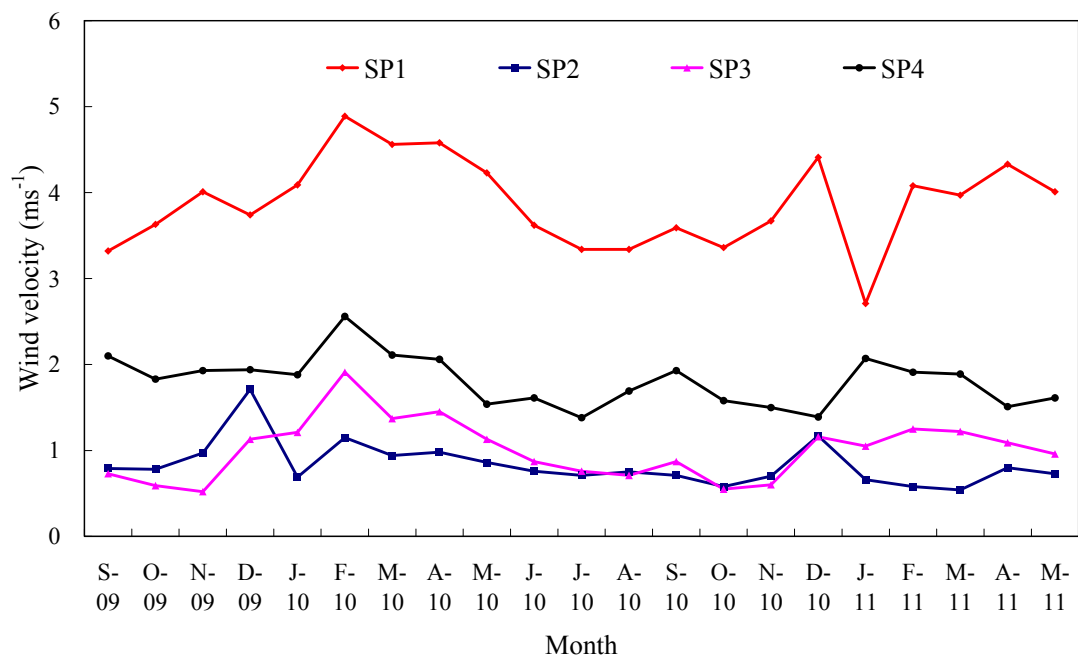


圖1-12. 雪山地區四處氣象站平均風速分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

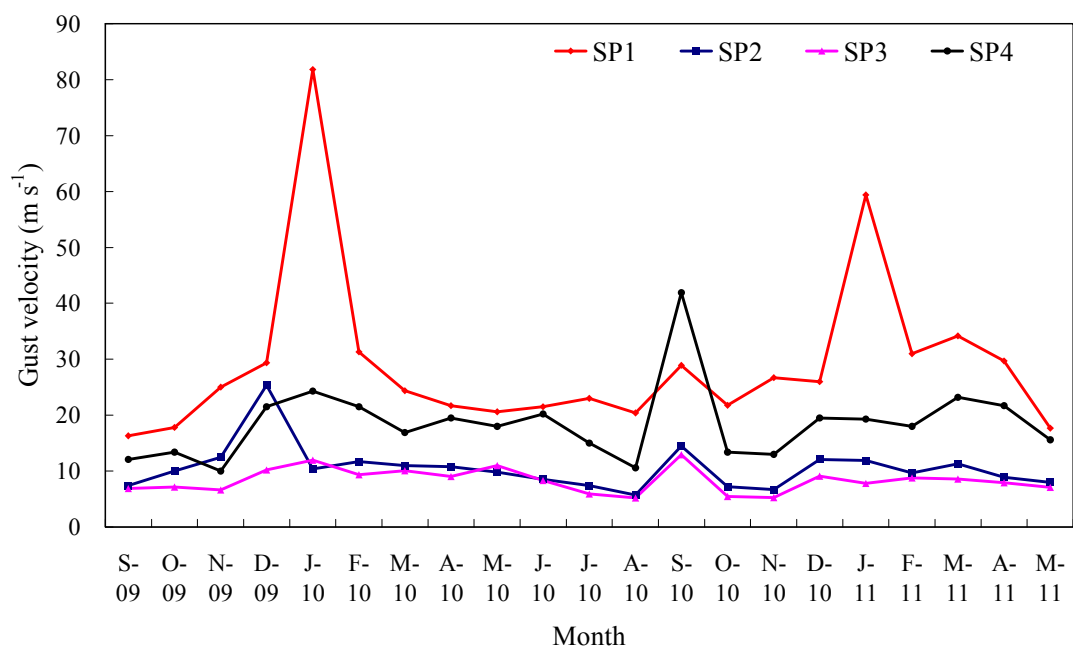


圖1-13. 雪山地區四處氣象站最大風速分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

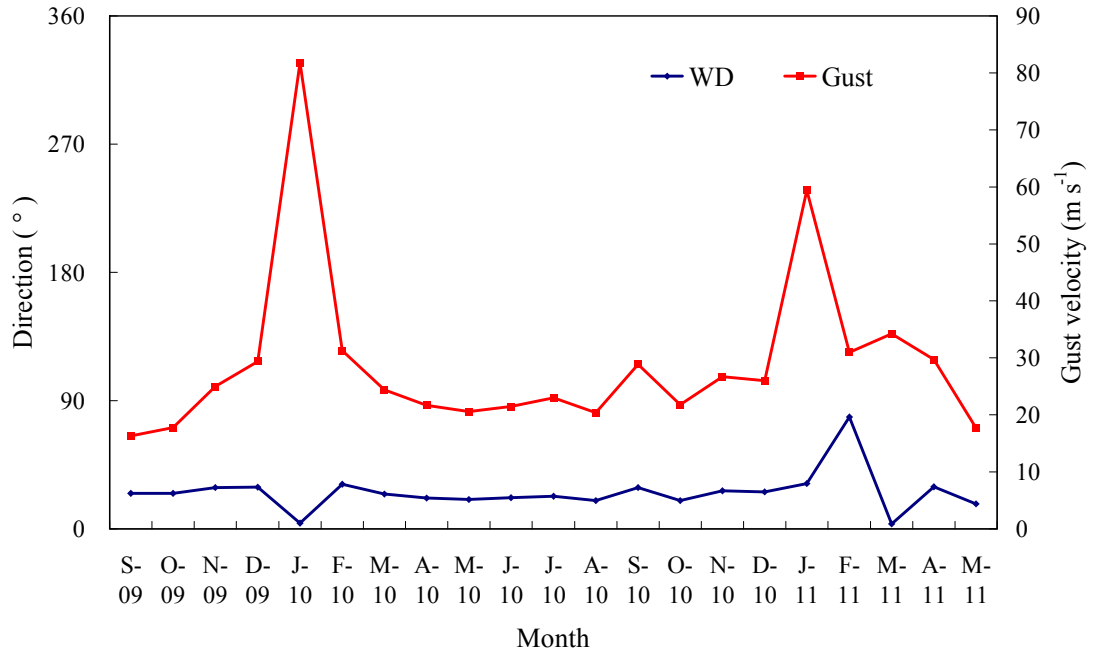


圖1-14. 圖谷氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

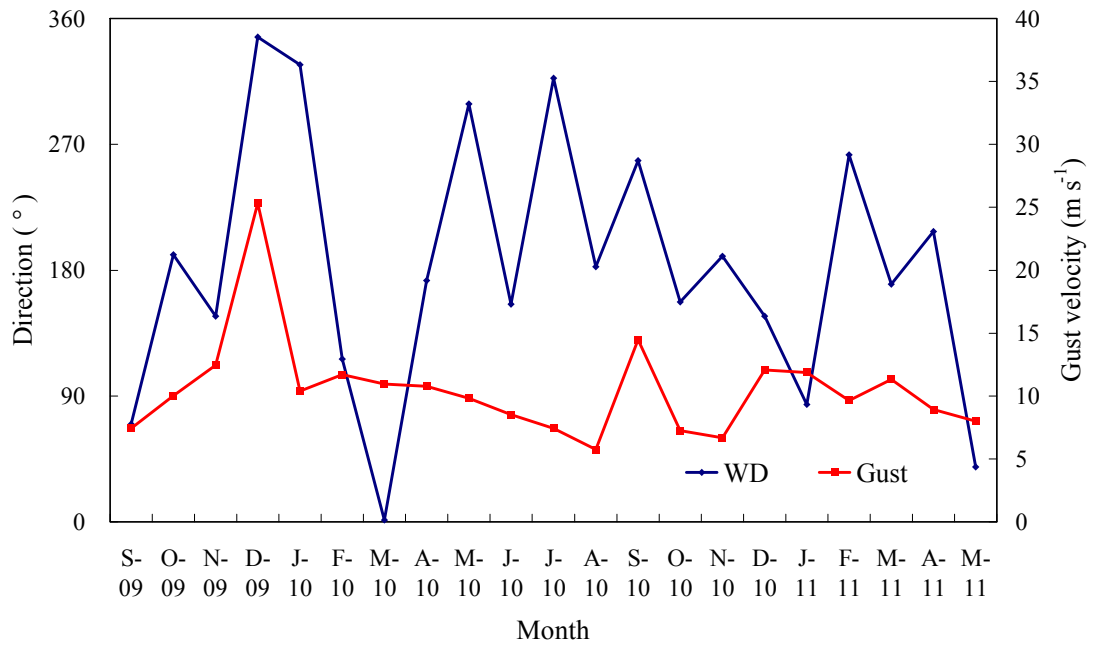


圖1-15. 黑森林氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

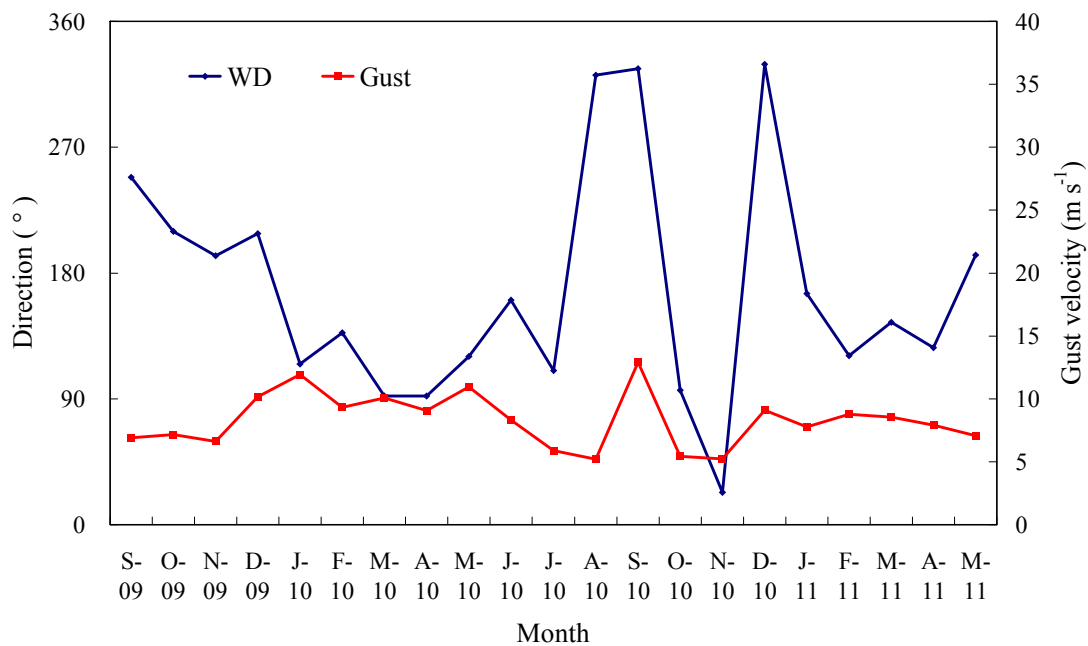


圖1-16. 三六九氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

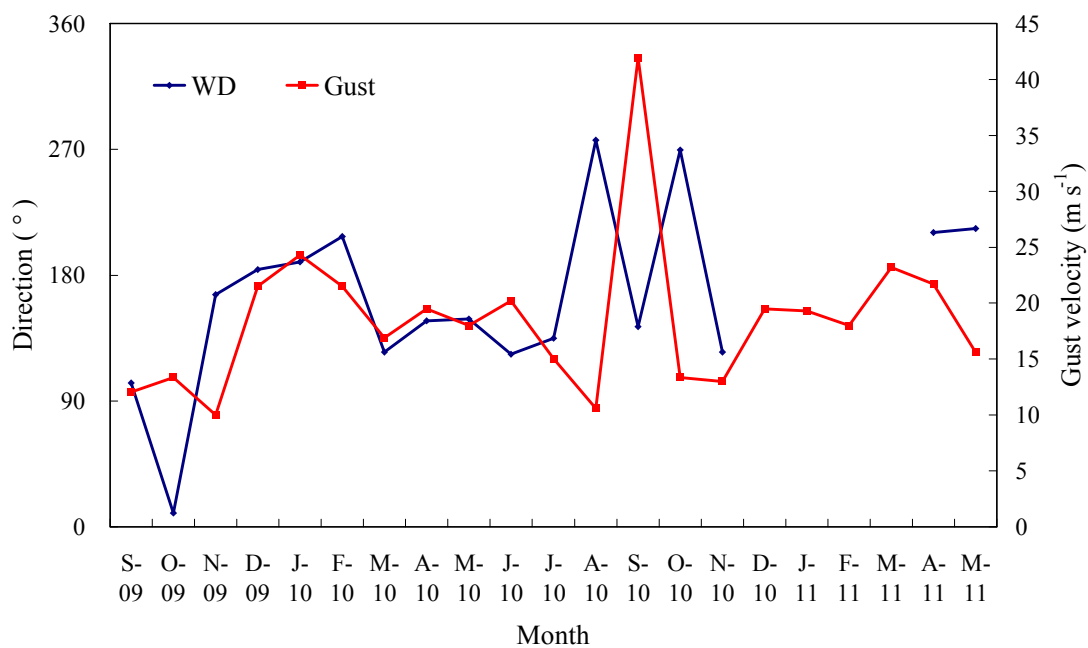


圖1-17. 哭坡頂氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

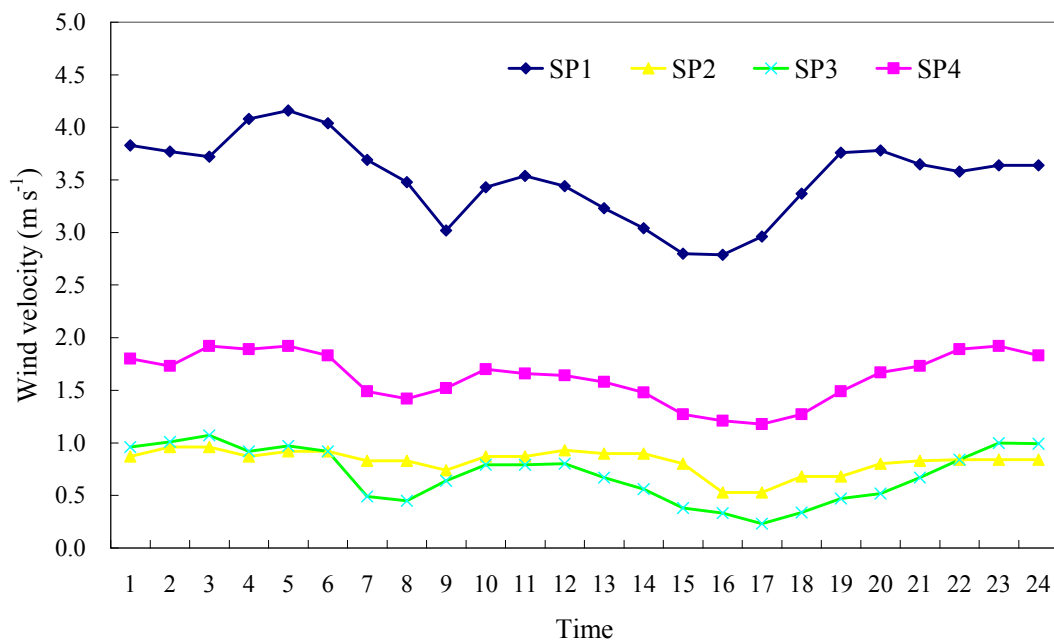


圖1-18. 雪山高山生態系四處氣象站總平均風速日變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

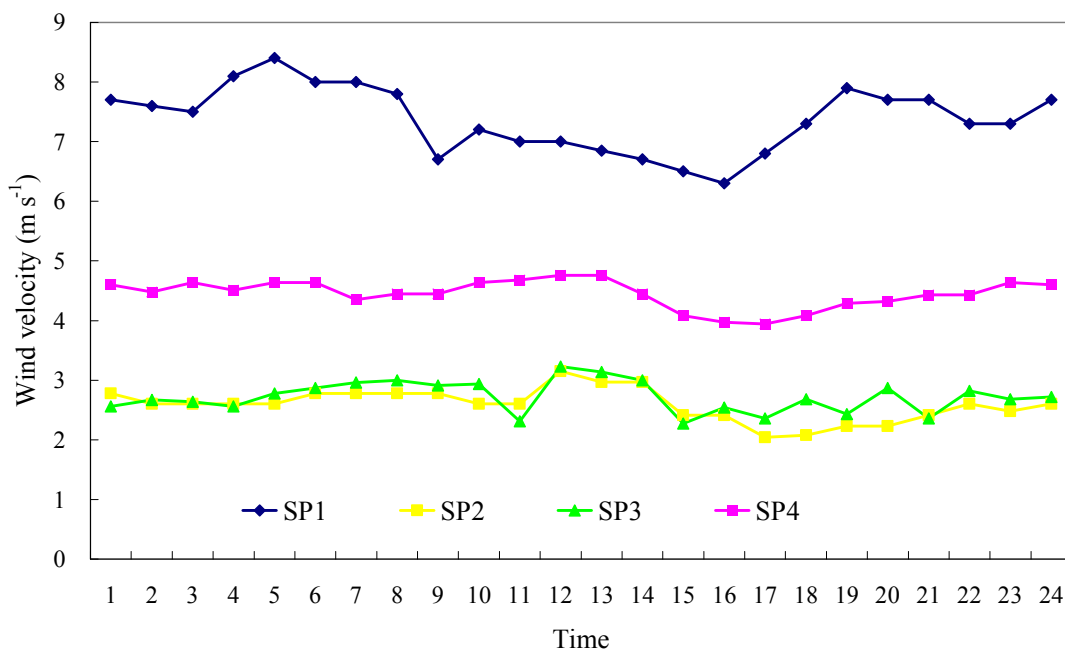


圖1-19. 雪山高山生態系四處氣象站最大風速總平均日變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

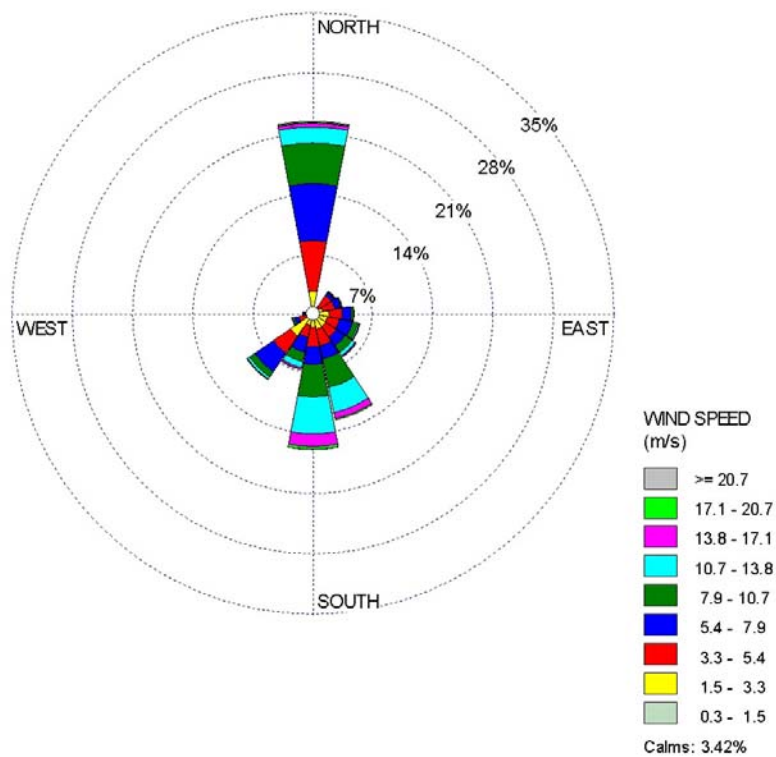


圖1-20. 圈谷氣象站風花圖。  
(資料來源：本研究資料)

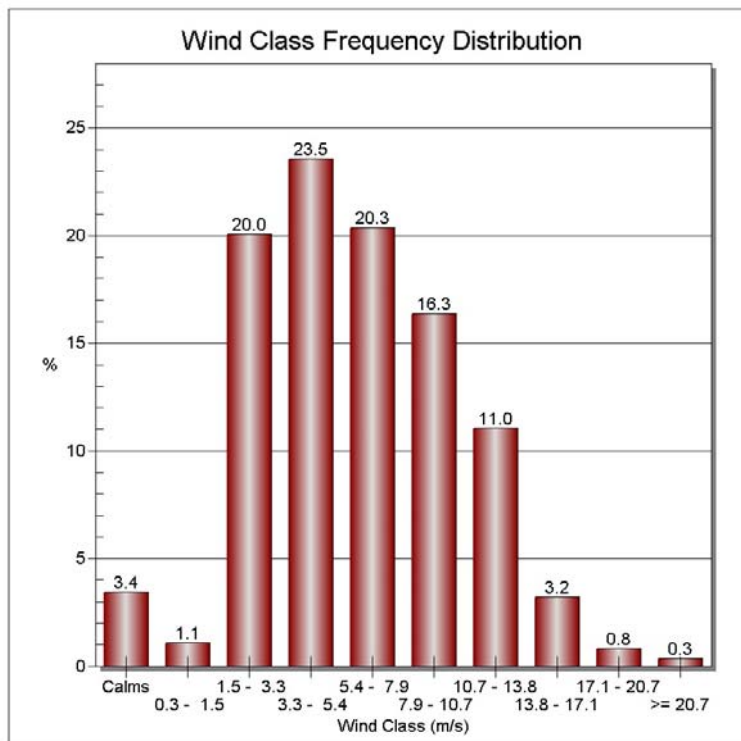


圖1-21. 圈谷氣象站風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)

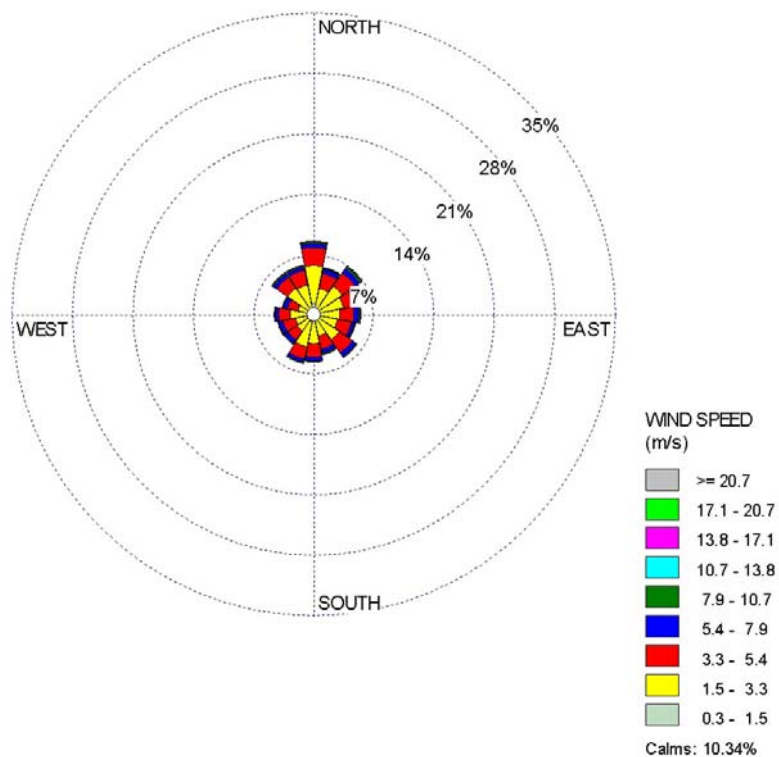


圖1-22. 黑森林氣象站風花圖。  
(資料來源：本研究資料)

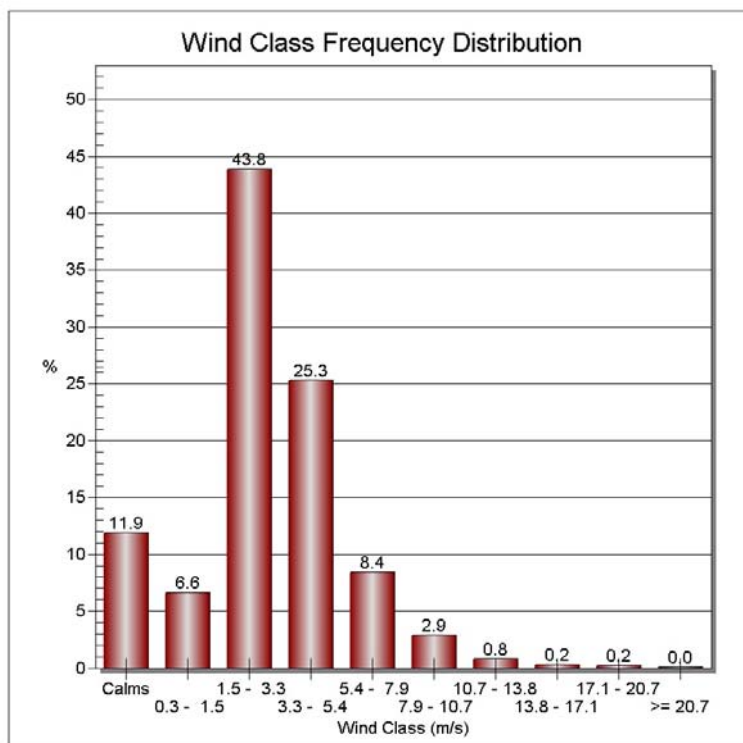


圖1-23. 黑森林氣象站風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)



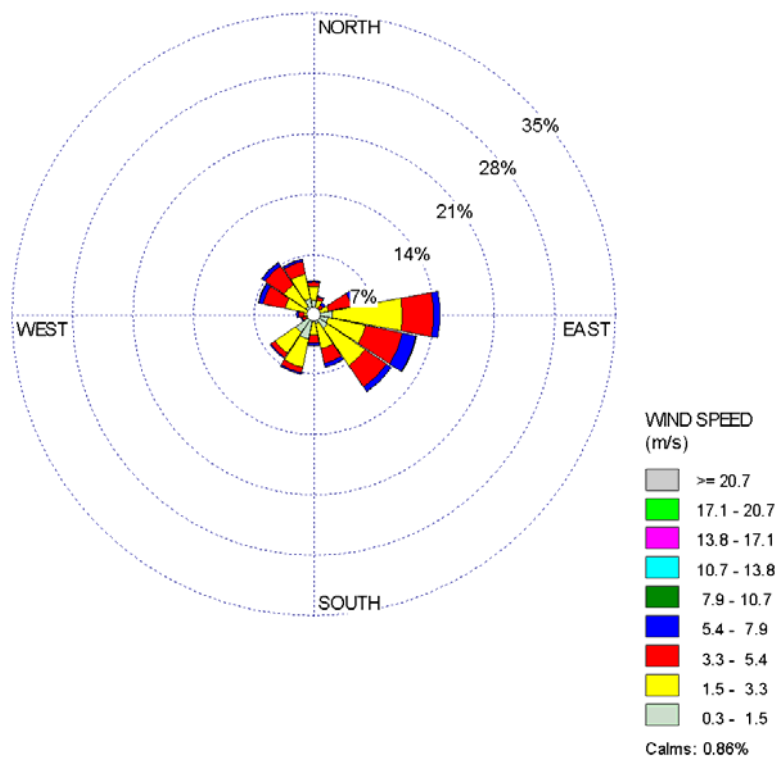


圖1-24. 三六九氣象站風花圖。  
(資料來源：本研究資料)

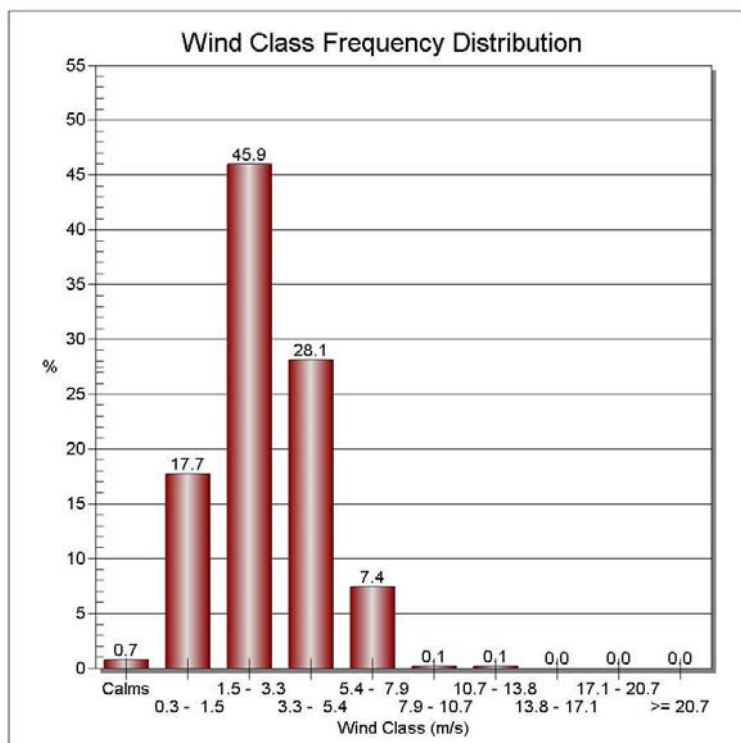


圖1-25. 三六九氣象站風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)

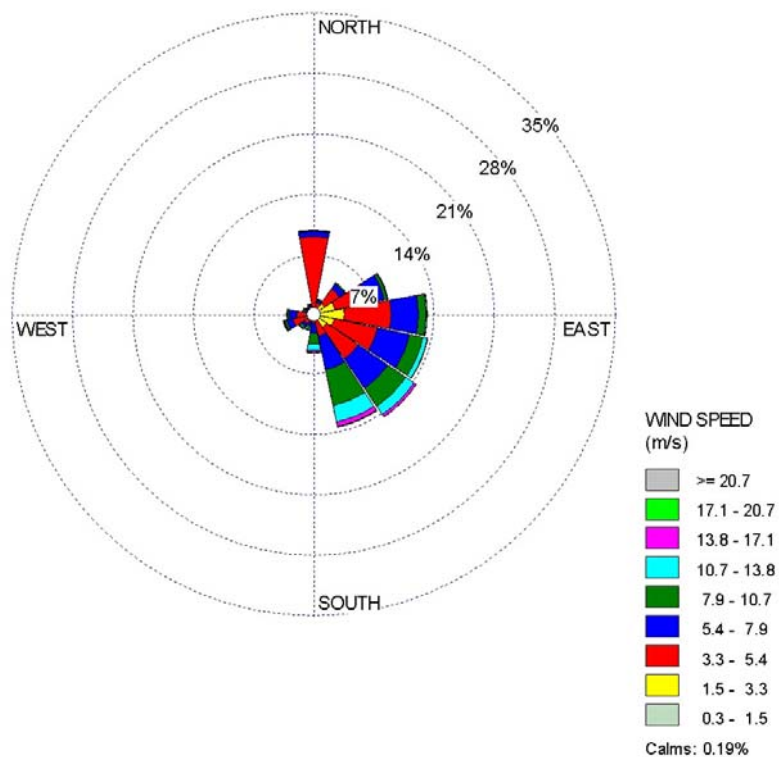


圖1-26. 哭坡頂氣象站風花圖。  
(資料來源：本研究資料)

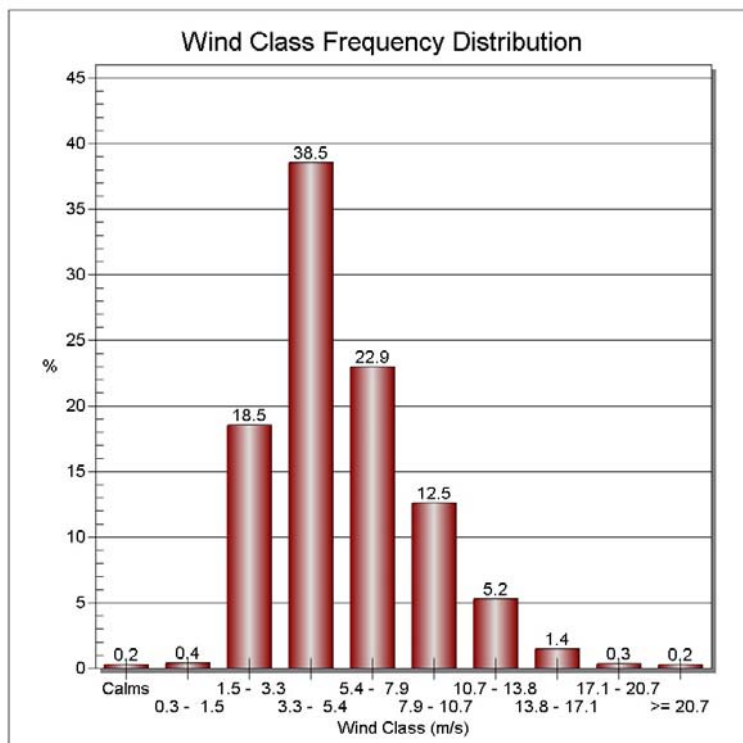


圖1-27. 哭坡頂風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)

## (五)土壤熱性質

### 1.土壤熱傳導係數

在熱量收支的研究領域裡，精確地估算土壤熱通量是極為重要的一項工作，其結果可用於瞭解不同地表熱量收支的實際情形、驗證植冠表層渦流相關法所量測的流量精確度、驗證以大尺度模式推算生物圈內乾沉降物諸如臭氧、硝酸根離子等量測方法的參數介量。計算土壤熱通量時，首先要確定土壤熱擴散係數，熱傳導係數。這些土壤熱性質可利用簡單的土壤熱流量、地溫觀測儀器，藉助長期間的觀測數據計算而得(Massman, 1992)。

應用傅立葉定律(公式1-8)使用於土壤熱傳導係數之估算，必須有兩個層次的地溫及一個層次的土壤熱流量觀測資料，方可滿足方程式的理論要求，雪山高山地區的四個站中，只有圈谷氣象站及三六九氣象站的觀測項目可達成；另外，圈谷氣象站降、積雪期間，熱量傳輸遭積雪所阻斷，其下層地溫日變化很小，甚至出現零梯度現象，若勉強應用於傅立葉定律，將出現分母為零的無理數，違反基本數理要求，因此只得將圈谷氣象站積雪期間之觀測資料捨棄。

由觀測資料所推估獲得兩處氣象站2010年各月份之土壤熱傳導係數，詳列如表1-11。土壤熱傳導係數與土壤含水量具有密切關係，為瞭解兩處測站之土壤含水量與熱傳導係數之變化律動，將圈谷氣象站2010年4月1日~2010年11月30日(剔除降、積雪期間)土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化向列如圖1-28、三六九氣象站2010年1月1日~2010年12月31日土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化向列如圖1-29。

表1-11. 圈谷氣象站、三六九氣象站2010年各月份土壤熱傳導係數

SP1	Mean	Max	Min	SP3	Mean	Max	Min
2010Jan					1.260	3.003	0.163
Feb					0.820	2.584	0.168
Mar					0.293	0.543	0.170
Apr	0.823	2.697	0.375		0.365	1.226	0.169
May	0.670	2.096	0.309		0.353	0.788	0.157
Jun	0.665	1.241	0.328		0.337	0.768	0.179
Jul	0.608	1.044	0.352		0.338	0.611	0.180
Aug	0.572	0.938	0.344		0.355	0.607	0.224
Sep	0.582	1.267	0.285		0.350	0.763	0.221
Oct	0.637	1.565	0.269		0.391	0.572	0.259
Nov	0.769	1.457	0.239		0.446	0.905	0.298
Dec					0.942	2.787	0.261
Mean	0.666	1.538	0.313		0.521	1.263	0.204
Max	0.823	2.697	0.375		1.260	3.003	0.298
Min	0.572	0.938	0.239		0.293	0.543	0.157

(資料來源：本研究資料)

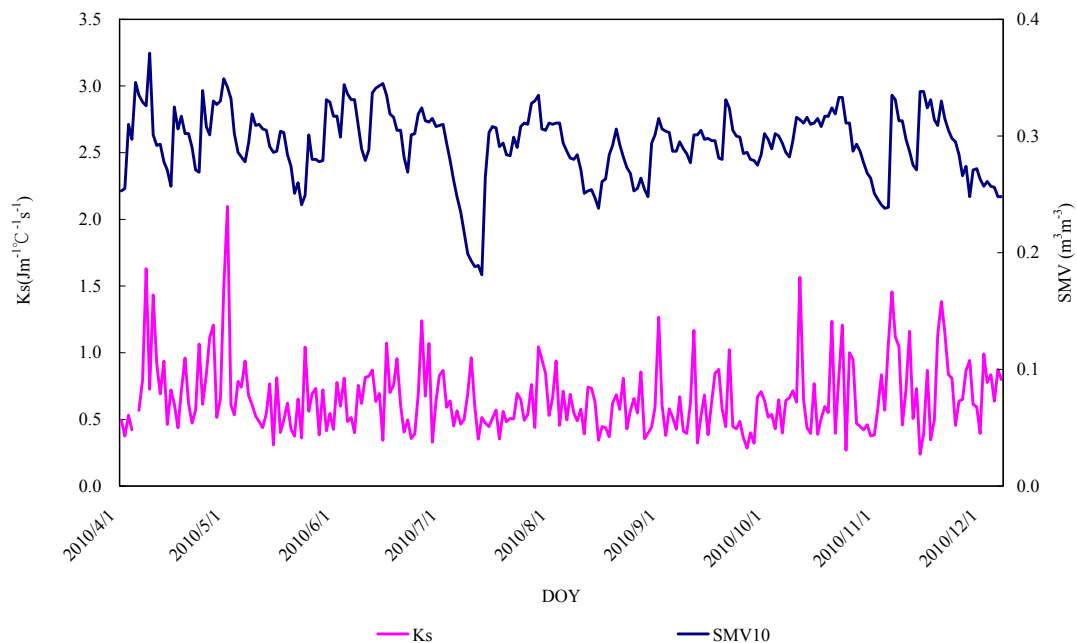


圖1-28. 圈谷氣象站2010年土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化  
(資料來源：本研究資料)

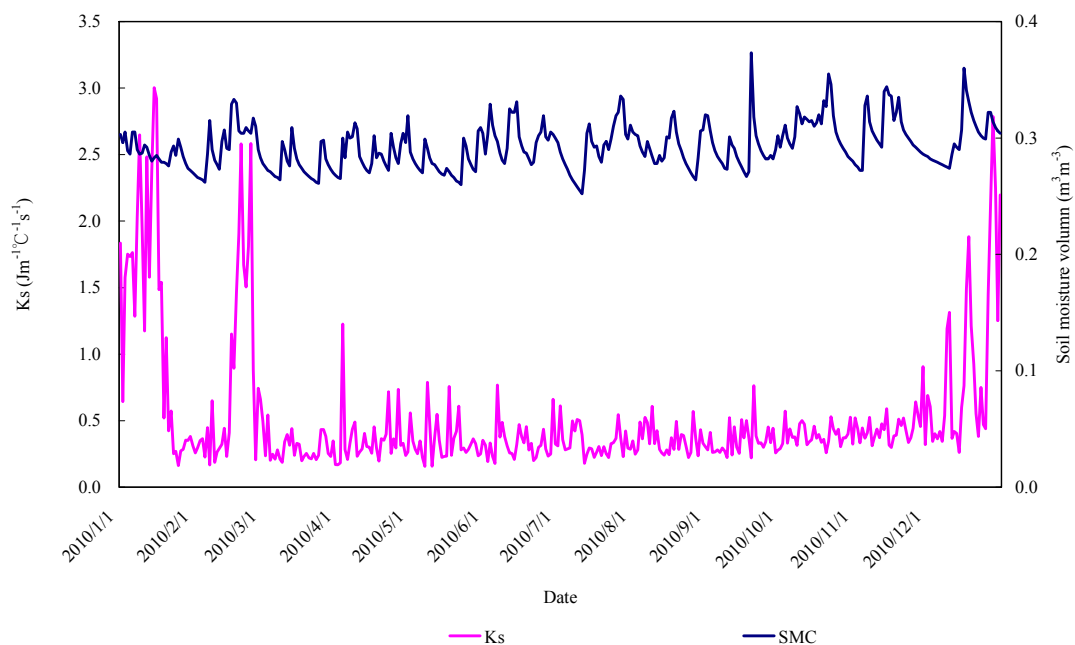


圖1-29. 三六九氣象站2010年土壤熱傳導係數與土壤含水量逐日變化  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 土壤熱擴散係數

土壤熱傳導係數、熱擴散係數及容積熱容量等三項，同屬土壤熱性質，容積熱容量為熱傳導係數及熱擴散係數兩種係數之參數，若取得其中兩項，即可經由

數學計算獲得另一項性質之數值；過去對於土壤熱擴散係數之估測，均建立在均質土壤的假設之上，對於非均質土壤的熱擴散係數之估測，可根據土壤熱量傳輸理論，描述土壤熱擴散係數為深度的函數，使用土壤的深度距離、溫度波振幅和位相等作為計算的參數，因只需兩個土壤層次的最高溫與最低溫紀錄，計算起來極為容易與便利，對於儀器之需求，亦相對較少。

四處氣象站雖自2009年9月24日開始建置資料庫，截至目前僅2010年具有完整一年之資料量，可符合正弦曲線之理論分布。故擷取該年分四處測站草溫、0.1 m地溫、0.2 m地溫等資料系列，施行估算土壤熱擴散數、阻尼深度。所獲致結果詳列如表1-12。

表1-12. 四處氣象站土壤熱傳導係數、阻尼深度

St.	Depth (m)	T1			T2			$\Delta T_1/\Delta T_2$	d (cmYr <sup>-1</sup> )	D <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> S <sup>-1</sup> )
		Max	Min	$\Delta T_1$	Max	Min	$\Delta T_2$			
SP1	0.0-0.1	12.85	-2.44	15.29	12.59	-0.56	13.15	1.16	67	4.51E-04
	0.1-0.2	12.59	-0.56	13.15	12.44	-0.34	12.78	1.03	338	1.14E-02
SP2	0.0-0.1	10.17	-1.24	11.40	9.77	0.82	8.95	1.27	42	1.74E-04
	0.1-0.2	9.77	0.82	8.95	9.46	1.08	8.38	1.07	148	2.19E-03
SP3	0.0-0.1	13.87	-0.29	14.16	13.43	1.01	12.42	1.14	76	5.79E-04
	0.1-0.2	13.43	1.01	12.42	13.38	1.45	11.93	1.04	255	6.48E-03
SP4	0.0-0.1	15.46	-0.20	15.66	16.89	2.23	14.66	1.07	148	2.19E-03
	0.1-0.2	16.89	2.23	14.66	15.95	3.01	12.94	1.13	82	6.71E-04

(資料來源：本研究資料)

#### (六) 熱量收支

熱量收支之分析所需材料為各站每正時觀測值，推算各分量後，以日統計值呈現。根據熱量收支分析，獲致各站各分量配分熱量收支逐月統計表如表1-13～表1-16，據之繪製圈谷氣象站(SP1)、黑森林氣象站(SP2)、三六九氣象站(SP3)及哭坡頂氣象站(SP4)等四站各分量配分熱量收支逐月變化圖如圖1-30～圖1-33所示；因各月日數不一，因此統計當月累計值再除以日數，使用平均值方式呈現，以茲表達集中程度。圖1-32顯示了四站及合歡山小風口氣象站、玉山氣象站等六站各分量配分比率情形。

表1-13. 圈谷氣象站熱量收支逐月統計值 MJ m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>

Elements	R	Rn	H	λE	S
Month	MJ m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
2009/9/24-30	97.37	80.49	30.54	49.95	-1.65
2009/10/1--31	436.67	357.62	152.66	204.96	-4.00
2009/11/1--30	389.59	319.91	134.30	185.60	-4.42
2009/12/1--31	369.02	298.96	142.20	156.76	-0.13
2010/1/1--31	388.72	315.53	144.85	170.68	-0.75
2010/2/1--28	309.90	251.81	112.45	139.36	-0.86
2010/3/1--31	531.67	424.37	179.85	244.52	6.20
2010/4/1--30	396.94	319.73	146.60	173.13	1.71
2010/5/1--31	416.92	323.08	140.61	182.47	14.54
2010/6/1--30	365.07	287.97	126.53	161.44	7.65
2010/7/1--31	509.80	412.23	168.53	243.70	0.62
2010/8/1--31	478.73	392.51	163.46	229.05	-4.84
2010/9/1--30	352.13	294.81	122.74	172.07	-9.66
2010/10/1--31	350.44	286.32	122.48	163.84	-2.56
2010/11/1--30	329.83	272.00	122.72	149.27	-4.92
2010/12/1--31	346.43	294.64	129.46	165.18	-14.11
2011/1/1--31	317.25	261.27	120.84	140.42	-4.37
2011/2/1--28	353.54	293.87	131.99	161.87	-7.57
2011/3/1--31	407.21	316.99	144.09	172.89	12.77
2011/4/1--30	456.81	365.16	161.49	203.67	4.78
2011/5/1--31	322.42	261.08	110.57	140.39	10.11
2010/6/1--30	507.81	411.24	168.42	235.90	6.92
2010/7/1--31	421.31	341.17	138.91	200.07	2.19
2010/8/1--31	404.85	327.83	140.26	190.49	-2.92
2010/9/1--28	449.21	363.78	153.31	215.26	-4.80
Sum	7,926.44	6,430.32	2,808.97	3,611.24	-1.46
Mean	377.45	306.21	133.76	171.96	-0.07

(資料來源：本研究資料)

表1-14. 黑森林氣象站熱量收支逐月統計值  $\text{MJ m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 

Elements	R	Rn	H	$\lambda E$	S
Month	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$
2009/9/24--30	13.73	11.28	4.47	6.81	-0.18
2009/10/1--31	85.42	71.89	30.60	41.30	-2.79
2009/11/1--30	74.97	64.76	28.36	36.40	-4.12
2009/12/1--31	47.19	44.58	19.75	24.82	-6.43
2010/1/1--31	80.58	68.55	30.89	37.65	-3.35
2010/2/1--28	65.07	54.40	24.64	29.76	-1.76
2010/3/1--31	116.04	92.51	39.39	53.12	1.40
2010/4/1--30	76.28	60.66	26.14	34.52	1.04
2010/5/1--31	64.45	51.08	22.03	29.05	1.04
2010/6/1--30	72.21	56.84	21.77	35.07	1.56
2010/7/1--31	92.84	74.52	28.93	45.59	0.59
2010/8/1--31	88.69	71.95	29.95	42.01	-0.21
2010/9/1--30	61.58	50.80	21.69	29.11	-1.00
2010/10/1--31	74.07	61.77	25.66	36.11	-1.86
2010/12/1--31	67.23	58.57	26.23	32.35	-4.20
2011/1/1--31	44.84	41.59	19.21	22.39	-5.35
2011/2/1--28	56.35	48.86	22.79	26.07	-3.30
2011/3/1--31	88.51	74.34	33.83	40.51	-2.72
2011/4/1--30	89.40	73.62	35.14	38.48	-1.28
2011/5/1--31	67.05	52.02	20.55	31.47	2.21
2010/6/1--30	104.27	81.70	33.33	48.37	2.67
2010/7/1--31	72.60	58.11	24.60	33.50	0.61
2010/8/1--31	71.80	58.34	24.78	33.55	-0.27
2010/9/1--28	87.56	71.24	29.40	41.84	-0.39
Sum	1,520.13	1,259.20	545.78	713.42	-29.55
Mean	72.39	59.96	25.99	33.97	-1.41

(資料來源：本研究資料)

表1-15. 三六九氣象站熱量收支逐月統計值 MJ m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>

Month	Elements MJ m <sup>-2</sup>	R MJ m <sup>-2</sup>	Rn MJ m <sup>-2</sup>	H MJ m <sup>-2</sup>	λE MJ m <sup>-2</sup>	S MJ m <sup>-2</sup>
2009/9/24-30		79.09	65.83	26.13	39.70	-1.80
2009/10/1--31		364.76	312.61	127.79	184.82	-17.25
2009/11/1--30		376.40	324.96	137.69	187.27	-20.16
2009/12/1--31		344.93	305.77	138.52	167.25	-26.45
2010/1/1--31		378.09	316.58	141.93	174.65	-10.41
2010/2/1--28		330.53	274.46	122.37	152.09	-6.81
2010/3/1--31		554.47	439.47	183.94	255.53	9.57
2010/4/1--30		423.39	339.88	148.98	190.90	2.98
2010/5/1--31		477.59	381.83	153.11	228.71	4.93
2010/6/1--30		364.10	293.61	119.13	174.48	1.23
2010/7/1--31		493.25	397.74	157.64	240.11	1.70
2010/8/1--31		520.15	419.36	155.47	263.89	1.86
2010/9/1--30		419.25	339.66	139.96	199.70	-0.16
2010/10/1--31		342.78	282.53	125.52	157.01	-4.97
2010/11/1--30		346.94	291.46	129.82	161.65	-10.53
2010/12/1--31		375.98	327.17	152.22	174.96	-22.72
2011/1/1--31		278.52	237.84	110.94	126.89	-12.32
2011/2/1--28		368.61	302.80	132.12	170.68	-4.30
2011/3/1--31		419.54	338.58	151.16	187.41	1.17
2011/4/1--30		457.60	364.94	162.86	202.08	5.63
2011/5/1--31		360.27	285.71	124.54	161.17	6.02
2010/6/1--30		472.69	380.24	168.65	211.59	2.55
2010/7/1--31		480.91	388.56	161.27	227.29	0.89
2010/8/1--31		460.45	372.01	152.13	219.89	0.86
2010/9/1--28		449.06	363.37	146.38	216.99	0.28
Sum		8,076.23	6,642.80	2,841.84	3,800.95	-102.78
Mena		384.58	316.32	135.33	181.00	-4.89

(資料來源：本研究資料)



表1-16. 哭坡頂氣象站熱量收支逐月統計值  $\text{MJ m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 

Elements	R	Rn	H	$\lambda E$	S
Month	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$	$\text{MJ m}^{-2}$
2009/9/24-30	107.53	87.35	33.96	53.40	-0.28
2009/10/1--31	268.49	218.51	94.96	123.55	-1.13
2009/11/1--30	203.09	167.06	74.70	92.36	-2.64
2009/12/1--31	384.35	317.26	147.88	169.38	-6.01
2010/1/1--31	400.89	327.40	150.91	176.49	-2.76
2010/2/1--28	404.33	329.87	151.33	178.55	-2.44
2010/3/1--31	581.06	467.29	203.85	263.44	3.28
2010/4/1--30	483.78	389.68	169.14	220.54	2.09
2010/5/1--31	488.07	391.80	161.99	229.82	3.44
2010/6/1--30	365.69	294.91	119.54	175.37	1.21
2010/7/1--31	502.26	404.43	160.92	243.51	2.31
2010/8/1--31	526.36	424.83	177.65	247.17	1.43
2010/9/1--30	465.25	376.92	165.82	211.10	-0.16
2010/10/1--31	380.42	309.30	136.07	173.23	-1.25
2010/11/1--30	360.13	294.47	134.31	160.16	-2.85
2010/12/1--31	399.40	327.35	157.29	170.06	-3.92
2011/1/1--31	353.38	288.65	140.83	147.82	-2.50
2011/2/1--28	429.94	348.97	164.08	184.90	-0.80
2011/3/1--31	474.31	383.81	169.67	214.14	0.29
2011/4/1--30	492.20	396.74	177.97	218.77	1.85
2011/5/1--31	419.49	337.10	136.60	200.50	2.59
2010/6/1--30	533.81	428.12	183.32	244.80	4.17
2010/7/1--31	565.68	454.57	178.17	276.40	3.54
2010/8/1--31	515.38	416.08	175.09	240.99	1.28
2010/9/1--28	474.39	383.71	159.37	224.34	0.46
Sum	8,485.18	6,879.54	3,027.72	3,851.82	-8.31
Mean	404.06	327.60	144.18	183.42	-0.40

(資料來源：本研究資料)

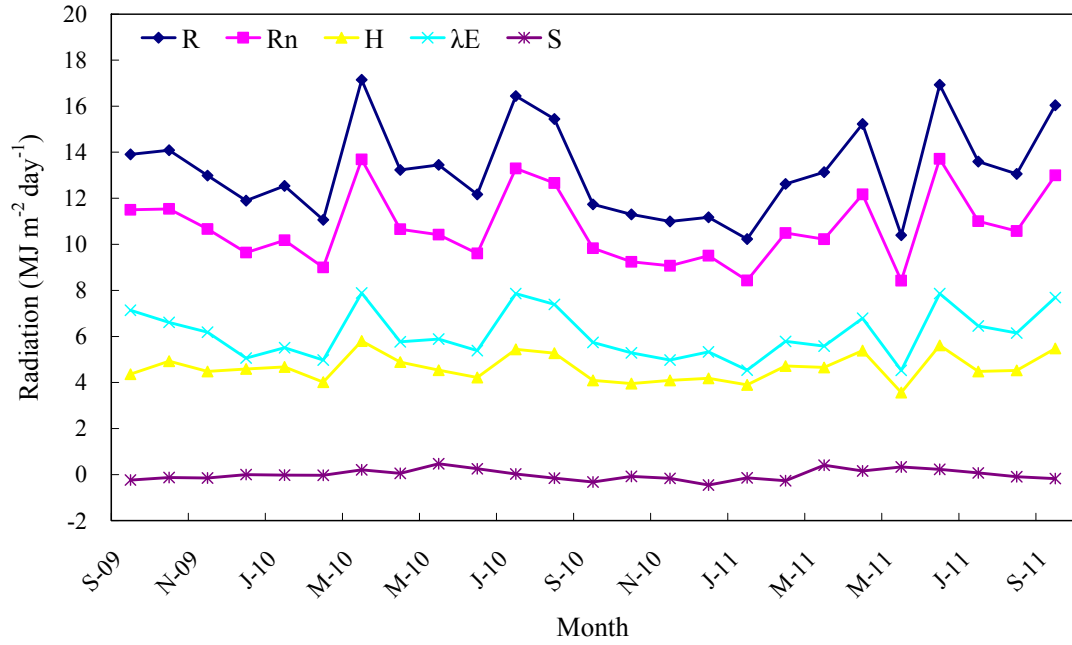


圖1-30. 圖谷氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

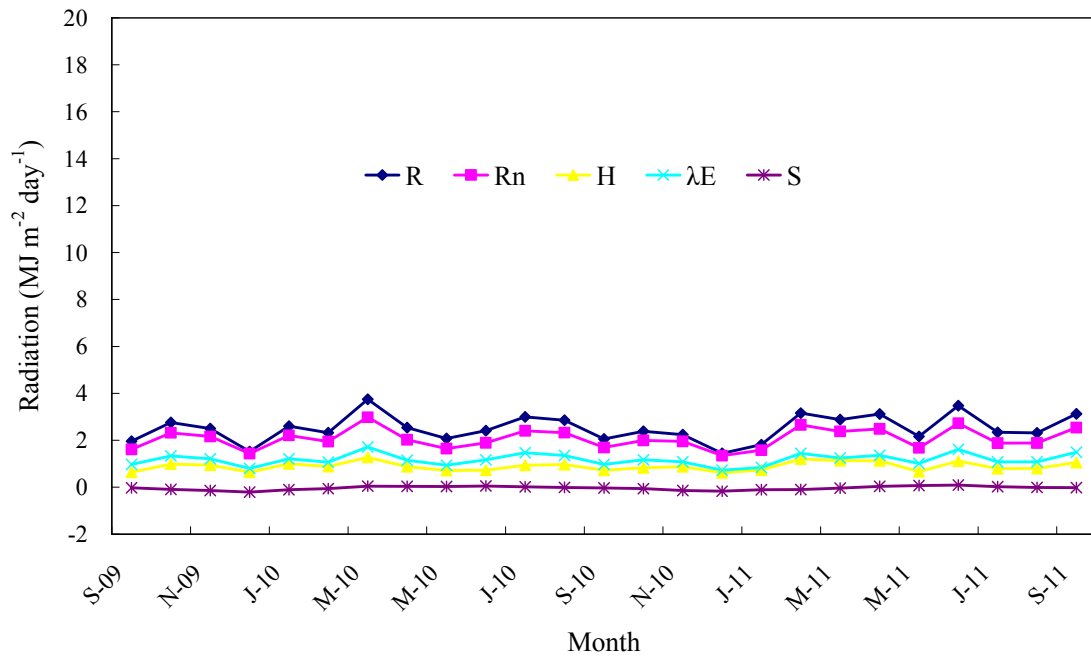


圖1-31. 黑森林氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

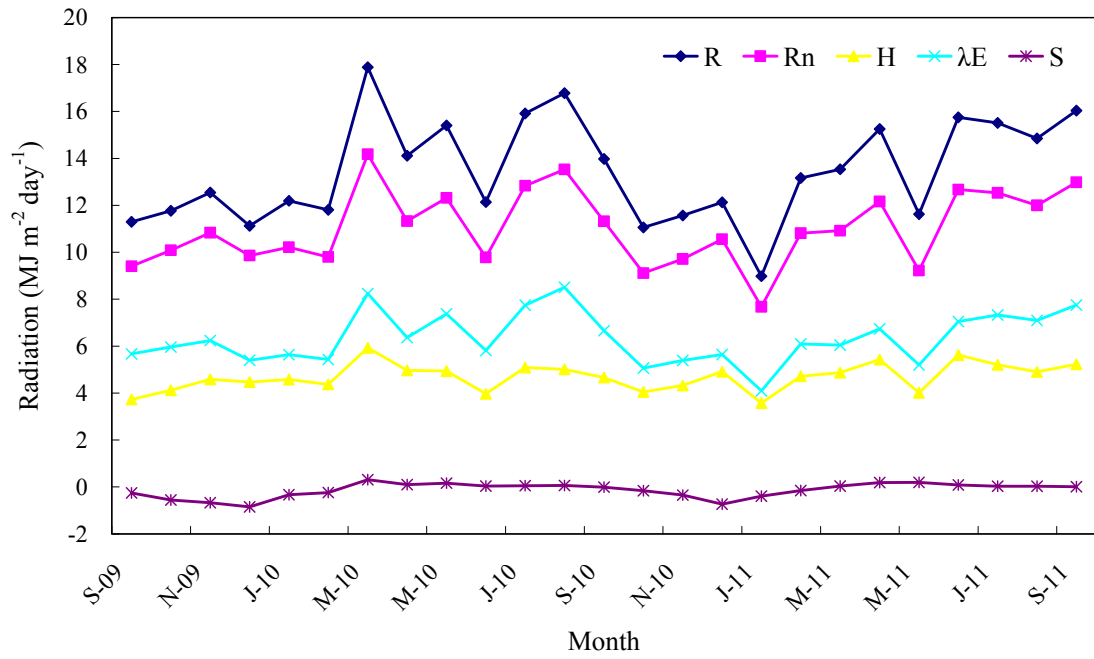


圖1-32. 三六九氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

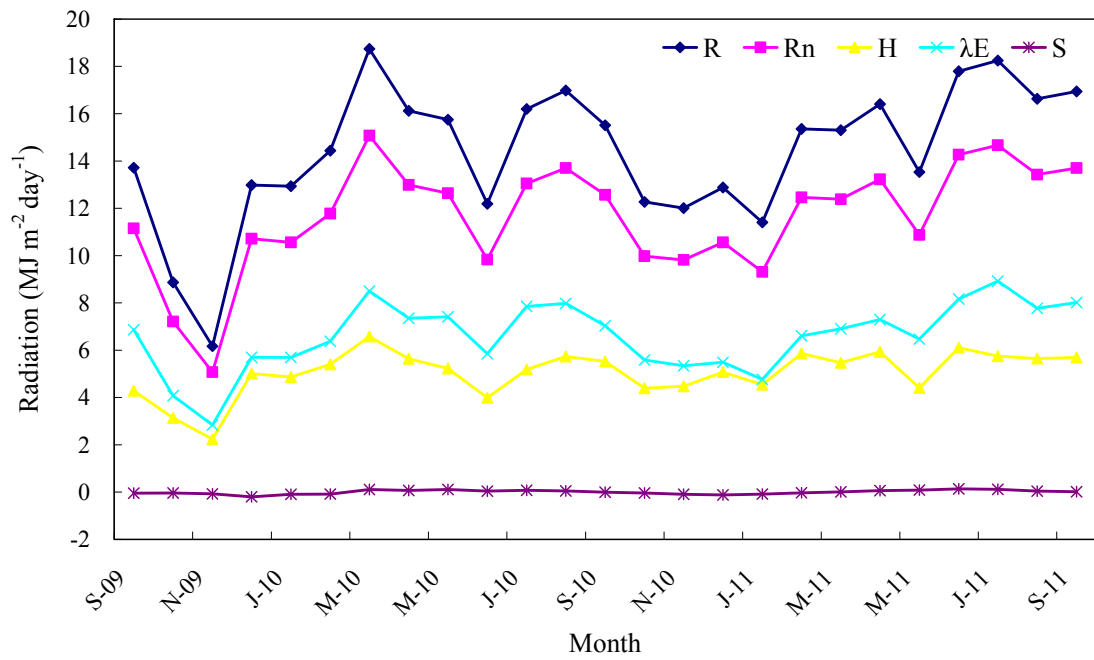


圖1-33. 哭坡頂氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

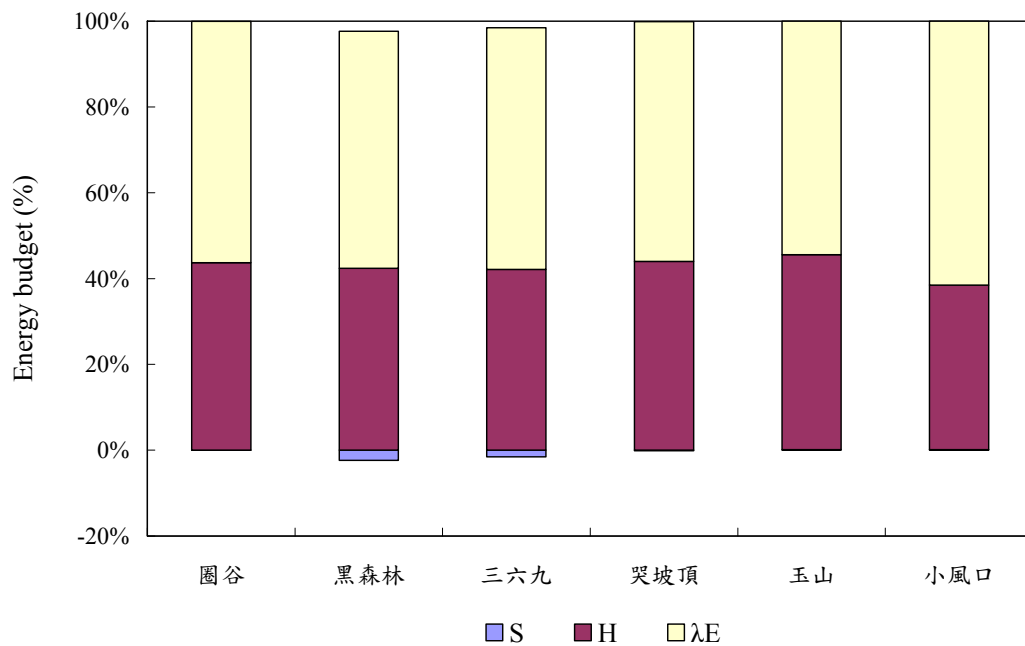


圖1-34. 臺灣中部高山地區氣象站熱量收支比率圖。  
(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一)雪山高山生態系微氣象

#### 1. 日射量

源自於太陽的輻射能量，是地球表面熱力的來源，決定了下墊面的熱域；太陽輻射同時是生態系一切生命的原動力，太陽輻射能量的多寡，支配著一個生態系所含之生物社會的種類與數量、植物積累碳水化合物量的速率。因此，研究生態系的能量貯存、轉化與釋放過程，或分析積雪融解之熱量配分，必須先行量測該地區或鄰近區域的日射量(Lee, 1980)。

由於太陽與地球的相關位置隨著四季的更迭不斷地改變，因此地球上的任何一個位置的太陽輻射狀況，是由太陽在天空中的位置決定的，對於北半球來說，夏季時陽光直射北回歸線，北半球絕大部分地區太陽高度角在一年中是最大的季節，由於日照時間長，因而接受的日射量也較多；反之，在冬季時，太陽對北半球高度角最小，日照時間短，接受的日射量也較少；就本省地理位置而論，平均日射量在月份的變動，應以六月份為最大，而呈常態分佈(黃國禎、徐森雄，1982)，這種情形如果以曲線來表示，通常呈現鐘型。圖1-2可以看出整體的變化趨勢並未完全符合這種季節分布；2010年4處測站均以3月份高於其他月份較為特殊，4月份理論值應高於三月份，唯由圖1-5月雨量分布圖得知，除三六九站以2月份為最高值之外，其餘三站均以4月份承接最多降雨量；霪雨天氣之際，雲層降低大氣透明度或阻隔太陽輻射，導致鐘型曲線的凹陷現象。2011年則呈現4月份為最高值，對照圖1-5月雨量分布圖及表1-3～表1-6，2011年至5月份開始進入鋒面雨季節，4月份月雨量猶低於3月份，可照日數增加，日射量因此而增加。

臺灣中部山區的相對濕度(詳見圖1-4)通常在三月份均呈現最低值，意味著觀測期間大氣中水汽含量最少者，因此四個站的太陽輻射受到水汽的減弱、或反射的程度最少，所以量測的日射量就呈現較高值(姚榮鼎等，1999；魏聰輝等，2008)，2010年即呈現此種變化趨勢。2011年則因降雨量偏低，地面層普遍乾旱，圖1-4之月平均相對溼度分布圖呈現2011年4月份高於3月份的變化趨勢，結果表明該月份大氣透明度高，有助於地面承接太陽輻射。

各站之間的比較，總量變化趨勢，隨海拔遞減而遞減，圈谷站為 $9,716.91 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 、三六九站為 $10,007.01 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 、哭坡頂站為 $10,600.85 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。黑森林站僅 $1,872.80 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了 $8,134.21 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，顯示81%的日射量為冠層所遮阻截留。

## 2. 氣溫

影響山區氣溫條件的因素較多，例如經度、緯度、離海距離、海拔高度、地形(遮蔽度、坡度、坡向)及地表狀態等，其中以海拔高度及地形較為顯著。

觀察圖1-3的逐月分布圖，不難理解氣溫隨海拔高度而遞減，此種結果已有大量研究指出一般的乾絕熱遞減率為 $-0.6^\circ\text{C} 100\text{m}^{-2}$ ，但通常隨離海距離及月份會有所差異。圖1-33給出實際變化情形，哭坡頂站與三六九站遞減率為 $-0.83^\circ\text{C} 100\text{m}^{-2}$ 、三六九站與黑森林站遞減率為 $-0.8^\circ\text{C} 100\text{m}^{-2}$ 、黑森林站與圈谷站遞減率為 $-0.2^\circ\text{C} 100\text{m}^{-2}$ ，顯示隨海拔越高而遞減率越小。此種結果與Guan *et al.*(2009)恰好相反，Guan *et al.*以臺灣地區海拔高於1,000 m的測站資料，應用模式推估結果指出，1~3月的乾絕熱地減率並非呈現線性，呈現海拔越高遞減率就越大。

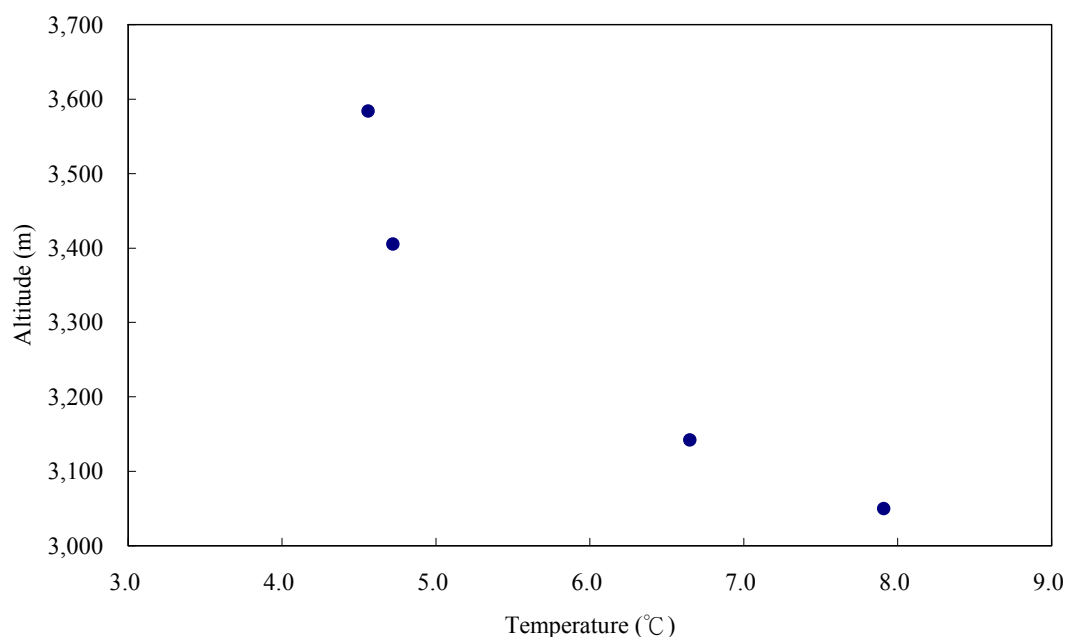


圖1-33. 雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形。  
(資料來源：本研究資料)

圈谷站的最低溫在2010年曾達到 $-11.0^{\circ}\text{C}$ (2010年1月3日)、低於或等於 $-10^{\circ}\text{C}$ 的日數亦有兩日，分別為2010年1月4日的 $-10.3^{\circ}\text{C}$ 、2010年1月13日的 $-10.0^{\circ}\text{C}$ ，自2009年12月26日~2010年1月14日，連續20日均溫低於 $0^{\circ}\text{C}$ ，至2010年終雪日為止，低於或等於 $0^{\circ}\text{C}$ 之日數合計為46日；2011年僅2011年2月2日出現 $-11.1^{\circ}\text{C}$ 低溫，至2011年終雪日為止，低於或等於 $0^{\circ}\text{C}$ 之日數合計為79日，資料顯示2011年之冬季期日多於2010年之冬季期日。此種持續低溫現象，將孕育出獨特的生態系。

臺灣島在世界的氣候分區中，被歸類為全年無凍結日的亞熱帶地區(Kalma *et al.*, 1992)，Kalma *et al.*進一步指出此地區隨著海拔的遞升而存在著差異。由表1-3~表1-6的統計數據顯示，雪山地區低於或等於 $0^{\circ}\text{C}$ 的凍結(frost)日數介於23日(哭坡頂站)~125日(圈谷站)，凍結期間如果恰逢強風或晴朗之日，將增加輻射損失及輻射冷卻。

### 3. 相對濕度

濕度係指空氣中之乾濕程度的表示方式，在氣象學中有絕對濕度、相對濕度、比濕、水汽壓等，但在測報時通常以相對濕度來表示。所謂相對濕度係指空氣中實際含有的水汽量與同溫度所能包含之最大水汽量之百分比；它會隨著水汽量與溫度而改變，可決定蒸發量與蒸發率之大小，為決定動、植物、作物之水份及溫度散失之重要因素；間接影響植物、作物生長速率與品質。

臺灣為亞熱帶之海島，平均相對濕度很高，一般而言都在80%左右，中部地區的分布情形在平地平均為80%，山區平均為85%。雪山地區的相對濕度並未完全符合，由統計資料顯示以三六九站的平均相對濕度64.8%最低、圈谷站為69.9%、哭坡頂站為77.4、黑森林站已提高至74.7%；多數學者都認為相對濕度隨著海拔高度的升高而增加，日人吉野正敏(1986)、大陸南京大學學者高國棟等(1994)均認同此一論點；根據吉野氏的研究顯示，以海拔高度1,000~2,000 m地域出現最高值，超過2,000 m逐漸降低；與海岸線的距離亦是一個影響因子，吉野氏就指出，日本國內高海拔地區通常距離海岸線較遠，因此與海岸線的距離應較海拔高度的影響較為深遠；影響相對濕度的另一因子為山地內的動力，高國棟等認為，相對濕度通常是隨著高度的升高而增加，但也不是完全固定的，還要考慮山地內動力原因對它的影響，當山地內有上升氣流時，相對濕度就高；當山地內有

下降氣流時，相對濕度就低，因此，相對濕度就有很大的變動性，尤其在孤立的山峰處是如此。相對濕度亦因地表狀態而有所差別，森林狀態對於大氣的另一效應為保濕功能，此種現象可由振幅小於非森林被覆之測站得知。

降雪時之飽和水汽壓( $e_s$ )在 $0^{\circ}\text{C}$ 為611 Pa，所以周遭的水汽壓( $e$ )如果大於611 Pa，將會發生凝結，且在融雪時釋放出0.472 MJ/g(677 cal/g)的能量；如果水汽壓小於611 Pa，蒸發作用將被啟動，其過程將吸收周遭環境的能量(Lee, 1980; Oke, 1993)。此時將呈現低水汽壓狀態，反映到相對濕度時，會得到低相對濕度觀測值。2011年12月、2011年2月的低相對濕度統計值，即屬此種積雪融解時的低飽和水汽壓所導致的結果。

#### 4. 降雨量

山區降雨量的空間分布特性，通常為隨海拔遞昇而遞增，超過3,000 m以上之山區，則線性關係將消失，至於以哪一高度為最高值出現點，通常因缺乏在同一集水區內安裝密集觀測，而無法確知。雪山四處氣象站海拔均高於3,000 m，又位於同一集水區系，恰可依賴觀測數據，作為判斷的參考依據，試驗期間內的總量分別為哭坡頂站2,977.3 mm、三六九站3,512.0 mm、圈谷站3,212.8 mm，統計資料顯示係以位於海拔高度為3,142 m的三六九站為最高值出現點。

觀察圖1-5，可發現黑森林站在2009年9月~10月觀測值高於三六九站；黑森林站係設置於林內，所承獲之降雨為林內雨，林內總雨量仍高於三六九站之林外雨，是一比較特殊的現象；眾所周知，當降雨事件發生時，在林分中首先就是森林冠層的截留作用，使得降落的水量無法順利地到達林地表面，並因蒸發作用再度回到大氣，此現象即截留損失(Interception loss)，而枝、葉面截留超過儲存的最大量時，水或雪滴落地面，謂之樹冠滴落雨量(drip fall)；通過樹冠間隙，直接下降於林地者，謂之樹冠穿落雨量(free throughfall)；冠層截留導致林內降雨量的再分配現象，而這個現象對地表之雨滴沖蝕可能有其重要影響(賴彥任等，2007；魏聰輝等，2009)。由陳信雄等(2001)等，於塔塔加高山生態系臺灣雲杉林永久樣區內，蒐集穿落雨量記錄，分析70場次之穿落雨量及其對應之降雨量，穿落雨量佔降雨量之比率介於0.76%~94.43%，總平均為73.35%。



此外，冠層截留水量隨著截留樹種之樹形及枝葉生長量與角度空間分布特性而產生水量再分佈情形。冠層枝葉生長方式，有時造成冠層類似張開的雨傘，當樹冠到達飽和儲存量，除了產生滴落水量外，被截留的水量亦可能會順著枝葉產生流動通路，直至匯集的水量超過飽和儲存量再滴落，因此集雨器所收集到的水量並非只有正上方垂直投影面積的水量(賴彥任等，2007)，此時則引致穿落雨高於林外雨的結果。雪山地區黑森林穿落雨於2009年9月~1月等3個月分高於林外雨的現象，可以認為係因雨量筒洽設置於冠層截留的水量，順著枝葉匯聚滴落處而產生的結果；然而在2009年12月以後此種現象即消失，其間原因將於日後依個案逐一分析探討。

## 5 草溫與地溫

地球表面的土壤是植物維持生命所不可或缺的物质，它除了提供機械性的支持外，尚供應營養和水分，土壤是大部分熱量儲存的場所，在白天將能量往下輸送、夜晚往上传遞到表面；在整個年份，土壤在溫暖的季節儲存能量，然後在寒冷的季節將其釋放到大氣。

土壤可反應出全球氣候變遷，由長時間尺度的觀測土壤中的水分含量(含水率)、地溫、和土壤有機物含量的改變情形而達成，因為這些改變直接地衝擊由輻射量平衡(反射率、溫度狀況)、水文量循環、產生溫室氣體等所引致的氣候變遷過程，土壤更可能由於上述的變化導致植被改變而間接影響到氣候變遷。

以熱力學的觀點而論，近地層日間吸收太陽輻射而增溫，夜間則以長坡輻射方式，釋出能量給予大氣，故有調節大氣溫度之功能，進而影響地區性之微氣候，這種地表面熱量移轉的表達即為土壤熱通量。

圖1-22~圖1-25分別為4站的草溫及各層次地溫日平均逐日變化圖；自然狀態下，溫度隨時間而變化，地溫年變化大致呈現正弦曲線，目前呈現由冷趨暖趨勢，俟獲得兩週期完全正弦波後，將可應用傅立葉級數推算年變化之阻尼係數、土壤熱傳導係數及土壤熱容量等土壤熱性質。

### (二)高山積雪

臺灣島雖位處亞熱帶，只有3,000 m以上高海拔地區每年會有機會降

雪，海拔3,000 m以下地區，除南投縣合歡山一帶，係面對太平洋的迎風面特殊地形因素，每年的降雪事件，均吸引生活於亞熱帶地區的國人上山賞雪，交通因此而為之阻塞。

雪山圈谷地區為蘭陽溪上游集水區，以大尺度的觀點，屬於面對太平洋的迎風面，當東北季風期間，來自大陸冷氣團侵襲期間，如果水氣條件充足，即可為本地區帶來降雪。

自從設站後，共遭逢71場降雪事件(以日統計值作為判斷依據)，分別為2010年(2009年12月至2010年4月)計34場降雪(詳見表1-7)，2011年(2010年12月至2011年4月)計37場降雪(詳見表1-8、表1-9)。

2010年降雪僅止於黑森林，紀錄顯示2009年12月7日為2010年冬季本地區初雪，初雪隨即全部融解；間隔9日後降下第二場雪，自此進入積雪期，積雪持續至2010年3月13日全部融解，其後又於4月29日又降下一場終雪；降雪、積雪日數達90日，最高積雪高度為2010年2月19日的51.0 cm，34場降雪總積雪高度為100.6 cm。

2011年初雪始於2010年12月11日，終雪止於2011年4月3日；2010年12月26日降雪之雪訊已到達海拔3,000 m(哭坡頂氣象站)山區；圈谷站之降雪日數為37日、積雪日數達102日，最高積雪高度為2010年12月16日的50.5 cm，37場降雪總積雪高度為110.1 cm。三六九站之降雪日數為15日、積雪日數為21日，最高積雪高度為2011年2月11日的7.7 cm，15場降雪總積雪高度為42.3 cm。

觀察圖1-10及圖1-11，不難發現三六九站在積雪期間融雪所獲致的等量降水均高於其他三站，此種特性符合前節降雨量以位於海拔高度為3,142 m的三六九站為最高值出現點的空間分布特性。

降雪及積雪後，將阻斷熱量的傳輸，其原因可歸納為：(1)低傳導係數，新雪(密度 $0.11 \text{ Kg m}^{-3}$ )的熱傳導係數為  $0.11 \text{ Jm}^{-1}\text{°C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、熟雪(密度 $0.45 \text{ Kg m}^{-3}$ )的熱傳導係數為  $0.57 \text{ Jm}^{-1}\text{°C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ，亦即積雪對於熱量的傳輸而言，可以認為是不良導體。(2)高反射率，新雪對於短波輻射的反射率介於0.80~0.95，熟雪對於短波輻射的反射率介於0.42~0.70(Rosenberg, 1983；魏聰輝等，2005；魏聰輝等，2007)，此數值說明半數以上之短波輻射量將被積

雪所反射，阻止其熱能往土壤次層輸送，因而積雪下層的地溫日變化很小。圖1-6～圖1-8顯示降雪之後，至積雪完全融解之前，各層次深度地溫即維持零下或接近0°C之間，此種溫度將使表層所有液態水凍結，因此管理單位，為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，應針對輸送管線施設適當保暖措施。

### (三)風速與山谷風分布特性

山區的風狀況，較溫度、濕度等參數複雜得多，與地形對氣流的動力和熱力效應關係相當密切，以小尺度觀點，微地形改變了氣流的速度及方向。雪山與大霸尖山間的聖稜線，是臺灣四條主要河川的分水嶺，分別為七家灣溪(大甲溪的上游)、雪山溪(大安溪的上游)、蘭陽溪和塔克金溪(淡水河的源頭)。雪山一號圈谷位於雪山主峰北側，開口方向為東北(楊建夫，2000)，使其成為一個盆地般的獨立地形區，促成了山谷風之盛行。

山區最明顯的風，當推隸屬熱力風系的山谷風；山風和谷風是由於山坡與山谷間的溫度差異而形成一天之間周期性的局地環流，在臺灣的山區極為普遍。白天的地面溫度逐漸增加，山谷溫度高於山嶺，空氣增熱而產生沿著坡地上升的情形，風從山谷吹向山嶺上，自由大氣的空氣則下沈到山谷以補充沿山坡上升的空氣，這種風稱為「谷風」(valley breeze)，亦稱為「上坡風」。而夜間因地面冷卻，冷空氣沿山坡流下來代替較暖的空氣，形成由山嶺吹向山谷的風，這種風稱為「山風」(mountain breeze)，亦稱為「下坡風」。上坡風在山地坡度越大、高度越高的地方風就越大；下坡風則在山谷越深處風越大。

#### 1. 強風

強風為高山生態系迥異於中、低海拔生態系的氣象參數之一。雪山生態系值得矚目的現象為圈谷站極端風速的強度極為強大，由圖1-13中了解2010年1月3日0:22極端風速高達 $81.8 \text{ ms}^{-1}$ ，此種風速已經不屬於熱力風系；圖1-14顯示了最大風速所吹拂的風向均來自於北方谷風。

#### 2. 風速年變化與日變化

雪山地區風速分布以高海拔測站高於較低海拔測站，圈谷站不論平均風速(圖1-12)或最大風速(圖1-13)，均呈現此種趨勢。年變化中，以10月至

翌年4月，高於5月至9月，可以認為係受到東北季風的影響程度，高於西南季風。

山谷風盛行地區，因日夜的更迭，產生周日間不同風速之變化，並且形成週期性之變動；山谷風在山區雖然是相當普遍的現象，但在雪山地區並未明顯呈現週期性日變化，僅平均風速(圖1-18)與最大風速(圖1-19)兩種參數之日變化呈現兩個谷值，峰值則並未明顯表現。

### 3. 合成風與穩定度

表1-10係擷取2009年9月24日設站起，至2011年5月25日止，每小時最大風速及其風向，計算東西向分量以及北南向分量，求得合成風速與合成風向，然後應用其所得取之數據，再求取風速之穩定度。

合成風速一般而言均極為微弱，雪山地區的合成風速最大值為哭坡頂站的 $0.43 \text{ m s}^{-1}$ ，最小值為黑森林站的  $0.08 \text{ m s}^{-1}$ ；玉山氣象站則稍高於雪山地區之氣象站，為  $0.50 \text{ m s}^{-1}$ 。魏聰輝等(1995)亦曾針對探討溪頭地區之山谷風分布特性，研究結果顯示，合成風速介於 $0.30 \text{ m s}^{-1} \sim 0.47 \text{ m s}^{-1}$ ，全年平均為 $0.47 \text{ m s}^{-1}$ 。山谷風係由熱力差異所引起的氣流傳動，所以一般風速較為微小，由表列數據可獲得充分的說明。

表1-10第6列為雪山地區四處氣象站及玉山氣象站之合成風向，合成風向分別為，圈谷站： $2^\circ(\text{N})$ 、黑森林站： $12^\circ(\text{NNE})$ 、三六九站： $11^\circ(\text{N})$ 、哭坡頂站： $43^\circ(\text{NE})$ 與玉山站： $303^\circ(\text{WNW})$ 。魏聰輝等(1995)分析溪頭地區不同月份之合成風向，指出合成風向因月份而異，主要受制於山風及谷風的風向及其所吹拂時間的長短，在山風吹拂的時間較長的月份裡，則該月份山風風向的出現頻率必較高於山風吹拂時間較短的月份，結果顯示溪頭地區11月～翌年2月的合成風向角度介於 $327.4^\circ(\text{NNW}) \sim 355.8^\circ(\text{N})$ ，3月～10月的合成風向角度介於 $3.6^\circ(\text{N}) \sim 65.1^\circ(\text{ENE})$ 。

穩定度為該地區是否具有盛行風向的指標，通常與合成風速的大小有關，倘若風向固定地來自於一個風向，則合成風速 $V_R$ 趨近於風速的平均值 $V_S$ ，穩定度趨近於100%，反之，則穩定度趨近於0%。觀察表1-10第7列，雪山地區氣象站與玉山氣象站穩定度皆小於10%，分別為圈谷站：2.51%、黑森林站：2.64%、三六九站：7.64%、哭坡頂站7.60%與玉山站：4.41%。

臺灣地區因地理位置相當特殊，在冬季盛行東北季風，夏季盛行西南季風，所以在這兩個季節裡，風的穩定度數值很大，根據朱學良(1968、1976)的研究指出，新竹地區10月~3東北季風的季節，穩定度平均為83.40%，6月~7月西南季風盛行，風的穩定度平均為60.6%，4月及5月係由東北季風轉變為西南季風之轉變期，風的穩定度平均為38.2%，8月係由西南季風轉變為東北季風之轉變期，風的穩定度為36.1%；由以上的分析數值可洞悉，季節性所盛行的季風在雪山地區與玉山氣象站的影響是不大的。

### 3. 山谷風的頻率分析

風向之分布主要受山風或谷風的吹拂時刻而變化，欲瞭解周日內風向的分布情形，可將屬於向量氣象變數的風向資料，與屬於純量氣象變數的風速資料兩者合併，利用雙重頻率分布來分析，繪製成風花圖(wind rose)或以最大風速及其風向所繪製而成之風花圖，可比較明顯觀察出山風與谷風之主要風向，圈谷站(圖1-20)的山風來自於風向S、風速分布介於 $0.3 \sim 20.7 \text{ ms}^{-1}$ ，以 $10.7 \text{ ms}^{-1} \sim 13.8 \text{ ms}^{-1}$ 所佔比率較高；其次為SSE、風速分布亦介於 $0.3 \sim 20.7 \text{ ms}^{-1}$ ，仍以 $10.7 \text{ ms}^{-1} \sim 13.8 \text{ ms}^{-1}$ 所佔比率較高；谷風風向為NE、NNE之最大風速，風速通常低於 $7.9 \text{ ms}^{-1}$ 。圈谷站風級頻率圖(圖1-21)顯示介於 $3.3 \text{ ms}^{-1} \sim 5.4 \text{ ms}^{-1}$ 之風級所佔比率最高，為23.5%。

黑森林氣象站很難推判山風、谷風之風向(圖1-22)，僅勉強就以N、NE兩種風向為主風向，其他風向則分布頻率差別不大，此種分布特性亦為導致合成風速與穩定度數值極為微小的原因；風速分布(圖1-23)以介於 $1.5 \text{ ms}^{-1} \sim 3.3 \text{ ms}^{-1}$ 之風級所佔比率最高，達43.8%。黑森林站之主風向不明顯、風速微小等分布特性，推判係因站址位於森林之內，直立的樹幹、枝條、樹葉等產生的風場干擾所形成的現象。

三六九站無明顯谷風風向，風速亦極為微小(圖1-24)；考其原因，可以認為係受到NNW方向的森林遮蔽所致；山風風向為S、SSW。風速分布(圖1-25)以介於 $1.5 \text{ ms}^{-1} \sim 3.3 \text{ ms}^{-1}$ 之風級所佔比率最高，達45.9%。

哭坡頂站係四處氣象站中，唯一站址位於稜線者，以SE、SSE風向的小集水區所導引的谷風效應較為明顯(圖1-26)。風速分布(圖1-27)，以介於 $3.3 \text{ ms}^{-1} \sim 5.4 \text{ ms}^{-1}$ 之風級所佔比率最高，達38.5%。

#### (四)土壤熱性質

##### 1. 土壤熱傳導係數

擷取圈谷氣象站、三六九氣象站2010年草溫、0.1 m地溫及0.05 m土壤熱流量每小時觀測值估算兩站之土壤熱傳導係數，獲致圈谷氣象站之平均值介於 $0.239\sim 2.697 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為 $0.666 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；三六九氣象站之數值介於 $0.157\sim 3.303 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為 $0.521 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 。國內近年內已有幾篇報告探討土壤熱傳導係數，陳信雄等(2001)在塔塔加地區所估算之結果：數值介於 $1.160\sim 1.560 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；沈志軒(2006)於蓮華池試驗集水區之估算值為 $0.5736 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；陳信雄等(2005b)於溪頭崩塌地跡地復育區之監測值介於 $0.41\sim 1.44 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；雪山地區所獲致之推算數值對照上述研究，尚稱符合。

土壤熱傳導係數隨著土壤含水率之升高而增加，是許多學者研究後所獲得的一致結果(de Vris, 1966; Horton and Wierenga, 1984; Jury et al., 1991)；土壤係由固體、液體與氣體所共同構成之孔隙介質，固定容積內之土壤的固體組成通常為恆定，土壤熱傳導係數之大小取決於該固定容積內之孔隙內容物，若孔隙內容物為水分所填滿，則整個固定容積均成為熱量之傳導路徑，隨著水分含量之降低，可資傳導熱量之路徑亦隨之減少，因此，土壤熱傳導係數與土壤含水率之關係通常呈現線性相關(Miller and Roy, 1990)。圖1-28、圖1-29列示了圈谷氣象站與三六九氣象站之土壤熱傳導係數與土壤含水量的逐日變化，顯示兩者日變化的一致性。

植群根系、土壤密度亦為土壤熱傳導係數之影響因素之一，密度高則熱傳導係數高；植群根系高則熱傳導係數低。根據顏江河(2010)之調查獲知，圈谷區表層(0-0.1 m)土壤容積密度為 $0.82 \text{ gcm}^{-3}$ 、分層根量為 $6.41 \text{ g}$ ；土壤容積密度為 $0.52 \text{ gcm}^{-3}$ 、火燒跡地表層土壤分層根量為 $18.47 \text{ g}$ ，兩種因素綜合影響結果，顯示圈谷氣象站之平均值 $0.666 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 大於三六九氣象站之平均值 $0.521 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 。

##### 2. 土壤熱擴散係數

土壤熱傳導係數推算結果列如表1-11，數值分別為圈谷氣象站：0-0.1 m 為 $1.157\times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m 為 $1.138\times 10^{-2} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；黑森林氣象站：0-0.1 m 為 $4.630\times 10^{-5} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m 為 $2.188\times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；三六九氣象站：0-0.1 m

為 $1.389 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m 為 $6.481 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；哭坡頂氣象站：0-0.1 m 為 $5.440 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m 為 $6.713 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 。對照陳信雄等(2002)在塔塔加地區所估算之結果：數值介於 $2.85 \sim 6.48 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；蔡子衿等(2008)針對臺灣平地七處農改場的均值土壤之估算平均值介於 $5.1 \sim 9.6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$  ( $10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ )。雪山高山區所估算數值介於上述研究所獲致結果。

依據本研究及陳信雄等(2002)臺灣高山地區及高海拔地區所估算之數值，對比於平地地區所估算數值，變域較大，其原因可以認為平地地區的土壤通常為均質土壤，山區則因地區、表層被覆狀態存在顯著差異，導致獲得此種估算結果。

阻尼深度的物理意義在於顯示熱量(溫度波)可以穿透、進入土壤的深度(Passerat De Silans., 1998)，所代表的是該地區的年振幅(或日振幅)消失的深度，因此吾人所關注的是表層(0.0~0.1 m)的溫度波可以穿透的深度，四站的表層阻尼深度分別為，圈谷氣象站： $67 \text{ cmyr}^{-1}$ 、黑森林氣象站： $42 \text{ cmyr}^{-1}$ 、三六九氣象站： $76 \text{ cmyr}^{-1}$ 、哭坡頂氣象站： $148 \text{ cmyr}^{-1}$ 。在實際應用上，可以使用於高山地區輸水管所應埋設的深度；以雪山地區而言，為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，高於三六九氣象站以上地區所埋設水管的深度應在76 cm以上。

### (五) 熱量收支

圖1-30、圖1-32、圖1-33提供了圈谷站、三六九站和哭坡頂站等三處不同海拔之間的熱量收支；熱收支係以日射量為傳輸驅動力，各分量之配分均隨日射量而律動，試驗期間內3站淨輻射 $R_n$ 均未出現負值，日射量 $R$ 亦均未低於淨輻射量 $R_n$ ，說明了土壤熱收支在3處測站只佔有相當少的比率；黑森林站(圖1-31)在2009年12月、2010年12月兩個寒冷的月份，淨輻射量接近於日射量，所需熱量係由土壤熱通量所補充。

月份的分佈，四處測站均以2010年3月為峰值，谷值則因測站而存差異，尤其均未如一般文獻所陳述出現在12月，是比較特殊現象，其原因需進一步探究。中國學者Gu. *et al.*(2005)曾於類似海拔3,000 m以上之中國青海高原從事高山生態系熱收支之研究，Gu.研究指出，熱收支隨季節變化顯現密切的相關性，顯熱通量 $H$ 與淨輻射通量之比( $H/R_n$ )在3月份植物葉部開展之後開始呈現恆常，因植物葉部隨季節性的生長，在6月份達到峰值，

谷值則出現在潛熱通量出現峰值的月份，可以認為是因為淨輻射通量由植物蒸發散作用消耗掉大部份的熱量。分量的配分決定性因素，則因地區性承獲淨輻射通量多寡而定。本研究大致的趨勢符合此種變化趨勢，全年的變化趨勢，則有賴資料積累達到完整的一年，再行詳細探討。

在微氣象的研究領域中，為了把計算過程單純化，往往將土壤熱通量這項介量假設為0而予以忽視或省略，由本研究分析結果所獲得的數值因測站而存在若干差異，介於0.13%~27.56%；可以認為一個地方的熱量收支，反映著週遭環境的熱力狀態，通常隨海拔、坡向、坡度及植群種類而有所差異。

高山是地球表面的突起部分，對於大氣的熱力作用，相當於把海平面高度的邊界層提高到相當的高度來影響大氣，因此不同海拔高度山區熱量收支，將呈現異質的分布特性；Rosser *et al.*(1997)曾以瑞士不同海拔高度的永久牧場為研究對象，利用草原因經營及季節更迭，所產生的地表被覆狀態的改變，探討地表熱量、土壤含水量的空間與時間分布，結果指出熱量收支因海拔高差異所形成的空間分布異質性相對較小；牧草因海拔升高而成長趨緩，引致的收穫期間延長、收穫次數減少，牧草收割後將造成輻射反射率增加，間接形成熱量收支；因此實際的空間與時間分布的異質性，主要緣自於牧草的經營。Gu *et al.*(2005)檢測青海的高山草原的熱量收支年變化，研究表明熱量收支年變化因土壤凍結與否而有所不同；在土壤凍結期，80%以上的有效輻射配分予顯熱通量；非土壤凍結期則又以植被的生長期而區分成前生長期(pre-growth period)、生長期(growth period)和後生長期(post growth period)等三期，三期之包文比( $\beta$ )平均值分別為3.0、0.3~0.4及3.6。季節性的分布特性顯示，植被的物候及土壤的含水率，係熱量收支配分的主要影響因素。



## 五、結論與建議

### (一) 結論

雪山地區日射量之分布，總量變化趨勢，隨海拔遞減而遞減，圈谷站為 $7,837.20 \text{ MJm}^{-2}24\text{month}^{-1}$ 、三六九站為 $8,051.67 \text{ MJm}^{-2}24\text{month}^{-1}$ 、哭坡頂站為 $8,413.3 \text{ MJm}^{-2}24\text{month}^{-1}$ 。黑森林站僅 $1,517.50 \text{ MJm}^{-2}24\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了 $6,534.17 \text{ MJm}^{-2}24\text{month}^{-1}$ ，顯示81%的日射量為冠層所遮阻截留。

氣溫的乾絕熱遞減率，哭坡頂站與三六九站遞減率為 $-2.6^{\circ}\text{C}100\text{m}^{-2}$ 、三六九站與黑森林站遞減率為 $-0.8^{\circ}\text{C}100\text{m}^{-2}$ 、黑森林站與圈谷站遞減率為 $-0.2^{\circ}\text{C}100\text{m}^{-2}$ ，顯示隨海拔越高而遞減率越小。試驗期間低於或等於 $0^{\circ}\text{C}$ 的凍結(frost)日數則隨海拔升而遞增，介於23日(哭坡頂站)~125日(圈谷站)。

降雨量的梯度分布隨海拔遞升而遞增的趨勢，在位於海拔高度為3,142 m的三六九站為最高值出現點。

試驗期間內圈谷站共有71場降雪事件，分別為2010年(2009年12月~2010年4月)34場、2011年(2010年12月~2011年4月)37場。2010年第一場雪於2009年12月7日下降，間隔9日後降下第二場雪，自此進入積雪期，積雪持續至2010年3月13日全部融解，又於4月29日降下終雪；降雪、積雪日數達90日，單場降雪事件最高積雪高度為2010年2月19日的51.0 cm，34場降雪總積雪高度為100.6 cm。2011年初雪始於2010年12月11日，終雪止於2011年4月3日；2010年12月26日降雪之雪訊已到達海拔3,000 m(哭坡頂站)山區；圈谷站之降雪日數為37日、積雪日數達102日，最高積雪高度為2010年12月16日的50.5 cm，37場降雪總積雪高度為110.1 cm。三六九站之降雪日數為15日、積雪日數為21日，最高積雪高度為2011年2月11日的7.7 cm，15場降雪總積雪高度為42.3 cm。

風速年變化中，以10月至翌年4月，高於5月至9月，可以認為係受到東北季風的影響程度，高於西南季風。風速日變化，僅平均風速與最大風速兩種參數之日變化呈現兩個谷值，峰值則並未明顯表現。合成風速介於 $0.08 \text{ m s}^{-1}$ (黑森林站)~ $0.43 \text{ m s}^{-1}$ (哭坡頂站)；合成風向分別為圈谷站： $2^{\circ}$ (N)、黑森林站： $12^{\circ}$ (NNE)、三六九站： $11^{\circ}$ (N)、哭坡頂站： $43^{\circ}$ (NE)。穩

定度皆小於10%，分別為圈谷站：2.51%、黑森林站：2.64%、三六九站：7.64%、哭坡頂站7.60%與玉山站：4.41%。

山谷風現象只有頻率分布呈現較為明顯的分布特徵，以風向與風速合併分析所繪製而成之風花圖，可明顯觀察出山風與谷風之風向，圈谷站的谷風風向為NE、NNE之最大風速，風速通常低於 $7.9 \text{ ms}^{-1}$ ；山風來自於風向S、風速分布介於 $0.3 \sim 20.7 \text{ ms}^{-1}$ ，以 $10.7 \text{ ms}^{-1} \sim 13.8 \text{ ms}^{-1}$ 所佔比率較高。黑森林氣象站之主風向不明顯、風速微小等分布特性，推判係因站址位於森林之內，直立的樹幹、枝條、樹葉等產生的風場干擾所形成的現象。三六九站無明顯谷風風向，E及NEE均為可能之來向，考其原因，可以認為係受到NNW方向的森林遮蔽所致；山風風向為S、SSW。哭坡頂站係四處氣象站中，唯一站址位於稜線者，以SE、SSE風向的小集水區所導引的谷風效應較為明顯(圖1-26)。風速分布(圖1-27)，以介於 $3.3 \text{ ms}^{-1} \sim 5.4 \text{ ms}^{-1}$ 之風級所佔比率最高，達38.5%。

擷取圈谷氣象站、三六九氣象站2010年草溫、0.1 m地溫及0.05 m土壤熱流量每小時觀測值估算兩站之土壤熱傳導係數，獲致圈谷氣象站之平均值介於 $0.239 \sim 2.697 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為 $0.666 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ ；三六九氣象站之數值介於 $0.157 \sim 3.303 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 、平均為 $0.521 \text{ Jm}^{-1}\text{C}^{-1}\text{S}^{-1}$ 。

土壤熱傳導係數推算結果，數值分別為圈谷氣象站：0-0.1 m為 $1.157 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為 $1.138 \times 10^{-2} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；黑森林氣象站：0-0.1 m為 $4.630 \times 10^{-5} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為 $2.188 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；三六九氣象站：0-0.1 m為 $1.389 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為 $6.481 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ ；哭坡頂氣象站：0-0.1 m為 $5.440 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 、0.1-0.2 m為 $6.713 \times 10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ 。推算四站的表層阻尼深度分別為，圈谷氣象站： $67 \text{ cmyr}^{-1}$ 、黑森林氣象站： $42 \text{ cmyr}^{-1}$ 、三六九氣象站： $76 \text{ cmyr}^{-1}$ 、哭坡頂氣象站： $148 \text{ cmyr}^{-1}$ 。在實際應用上，可以使用於高山地區輸水管所應埋設的深度；以雪山地區而言，為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，高於三六九氣象站以上地區所埋設水管的深度應在76 cm以上。

雪山地區氣象資料之觀測與建置業已累積相當時日，遂應用包文比法(梯度法)分析熱收支結果，圈谷站淨輻射總量為 $7,926.44 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，其中 $1.46 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通

量為 $2,808.97 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 、潛熱通量為 $3,611.24 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。黑森林站淨輻射總量為 $1,259.20 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，其中 $29.55 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為 $545.78 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ；潛熱通量為 $713.42 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。三六九站淨輻射總量為 $6,642.80 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，其中 $102.78 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為 $2,841.84 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ；潛熱通量為 $3,800.95 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。哭坡頂站淨輻射總量為 $6,879.54 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ ，其中 $8.31 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為 $3,027.72 \text{ MJ m}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 潛熱通量為 $3,851.82 \text{ MJm}^{-2} 24\text{month}^{-1}$ 。

## (二)建議

### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、國立臺灣大學大氣科學系、國立中興大學森林學系

建議事項：

由為期一年的觀測資料顯示，雪山地區因距海距離較遠，導致本地區的相對濕度相對較低，尤其以臺灣地區山區林火易於同地區重複發生的特性，位處林火跡地三六九山莊周遭環境，極易因不慎而發生林火。建議應於登山口、七卡山莊、三六九山莊及其他登山客夜宿疾舉炊地點，建置林火危險度預警標示，強化林火預防之效果。

降雪、積雪期間，草溫、0.05 m、0.1 m及0.2 m層次深度地溫維持零下或接近 $0^{\circ}\text{C}$ 之間，此種溫度將使表層所有液態水凍結，因此為了避免輸送的水源在冬季期間水管內凍結，管理單位應針對輸送管線施設適當保暖措施。

### 2. 長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、國立臺灣大學大氣科學系、國立中興大學森林學系

建議事項：

雪山地區因位於中央山脈稜脊，地形所造成的屏障導致GSM或GPRS

訊號普遍不良，以致於以目前經費及園區現有硬體設備，無法達到即時傳輸之目標。建議考慮在未來建置無線傳輸系統，對於天然災害預警，山難事件防救，自然現狀監測影像與數據之傳輸，將有極大助益。

## 六、參考文獻

- 么枕生、丁裕國，1990，氣候統計，氣象出版社，中國北京。
- 王茂齡，1998，熱傳導係數與能量輸送機構，輸送現象，第十三章：371-387，  
高立圖書有限公司，臺灣臺北。
- 朱學良，1968，新竹海陸風之研究，氣象學報14-12:16~29。
- 朱學良，1976，風城新竹風之研究(一)、(二)，氣象學報22-1,2:17~36,22-3:29  
~43。
- 呂金誠、歐辰雄、廖敏君，2002，雪山東峰火燒後玉山箭竹開花之研究，  
雪霸國家公園管理處研究報告，pp.24。
- 沈志軒，2006，蓮華池試驗集水區淨輻射與土壤熱能變化特性之探討，國  
立臺灣大學森林學研究所碩士論文，pp.59。
- 夏禹九，1999，全球變遷：福山森林生態系研究—福山試驗林的水文與能  
量收支(V)，國科會專題研究計畫成果報告 NSC  
88-2621-B-259-002-A10，p.5。
- 高國棟、陸渝蓉，1994，氣候學，第13章：298-323，明文書局，臺北。
- 戚啟勳、嚴夢輝，1978，氣象統計學，復興書局，臺灣臺北。
- 陳信雄，1984，森林水文學，國立編譯館，臺灣臺北，pp.523。
- 陳信雄、張振生、魏聰輝，2005b，溪頭地區地震及颱風災害跡地土壤熱  
傳導係數之監測，臺大實驗林研究報告19(3):177-186。
- 陳信雄、魏聰輝，2001，塔塔加高山生態系土壤熱傳導係數之研究，臺大  
實驗林研究報告15(3):101-107。
- 陳信雄、魏聰輝，2002，塔塔加高山生態系土壤熱擴散係數之研究，臺大  
實驗林研究報告16(1):61-70。
- 陳信雄、魏聰輝，2005a，塔塔加地區表層土壤熱通量特性之研究，中華水  
土保持學報36(3):249-265。
- 萬鑫森譯，1991，地溫與熱之流動，土壤物理學，第12章:309-336，國立  
編譯館，臺灣臺北。
- 潘守文，1989，小氣候考察的理論基礎及其應用，氣象出版社，中國北京，  
pp.416。
- 蔡子衿、吳清吉、許武榮，2008，臺灣土壤溫度變化和土壤熱擴散係數推  
估，大氣科學36：83-100。
- 鄭師中譯，1992，山岳天氣與氣候，國立編譯館，臺灣臺北，pp.545。

- 顏江河，2010，高山地區土壤性質與共生菌根調查研究，歐辰雄、呂金誠主編：雪山地區高山生態系整合研究，第三章：3-1~3-30。
- 魏聰輝、姚榮鼎、周瑞龍，1995，溪頭地區山谷風特性之研究，臺大實驗林研究報告9(4):71-95。
- 魏聰輝、張振生、陳信雄，2005，塔塔加地區降雪熱收支特性之研究，臺大實驗林研究報告19(2):161-175。
- 魏聰輝、賴彥任、張振生、吳宜穗、陳信雄、林博雄，2007，溪頭地區2005年3月降雪事件熱量收支之探討，作物、環境與生物資訊 4:314-328。
- 魏聰輝、賴彥任、張振生、陳信雄、林博雄，2008，溪頭地區崩塌地人工植群復育過程之熱量收支，作物、環境與生物資訊 5:217-226。
- 蘇鴻傑，1984:臺灣天然林氣候與植群型之研究(II)—山地植群帶與溫度梯度之關係。中華林學季刊，17，57-73。
- 吉野正敏，1986，小氣候，地人書館，日本東京。
- 近藤純正，1996，水環境の気象学—地表面の水收支・熱収支(3rd Edt.)，第6章：128—159，朝倉書店，日本東京。
- 鈴木雅一，1992，森林地の蒸発と蒸散，塚本良則編：森林水文学，第3章：53-77，文永堂出版株式会社，日本東京。
- 増沢武弘，1992，高山植物の生態学，東京大学出版会，日本東京，220pp。
- Barry, R.G., 2008. Mountain weather and climate (3<sup>rd</sup> edition). Cambridge University Press, New York, USA. 506pp.
- BT Guan, HW Hsu, TH Wey, LS Tsao, 2009. Modeling monthly mean temperatures for the mountain regions of Taiwan by generalized additive models. Agr. For Meteorol. 149:281-290.
- De. Vries, D.A., 1966. Thermal properties of soils. In: Van. Wijk, W.R. (Edt) Physics of plant environmetnt(2nd). Chap. 7:210-235. North Holland Pub. Co., Amsterdam, Netherlands.
- Gua, S., Y.H. Tang, X.Y. Cui, T. Kato, M.Y. Du, Y.N. Li, X.Q. Zhao, 2005. Energy exchange between the atmosphere and a meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau. Agr. For Meteorol. 129:175-185.
- Hanks, R.J., 1992. Applied soil physics—Soil water and temperature applications. Springer -Verlag New York Inc. New York, USA. 176pp.
- Jury, W.A., W.R. Gardner, and W.H. Gardner, 1991. The soil thermal regime. In: Soil Physics, Chap.5:159-195. John Willey & Sons Inc. New York.

- USA.
- Kalma, J.D, G.P. Laughlin, J.M. Caprio and P.J.C. Hamer, 1992. *Advances in Bioclimatology 2-The Bioclimatology of frost*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 144pp.
- Lee, R, 1980. *Forest hydrology*. Cambridge University Press, New York, USA. 349pp.
- Lettau, B., 1971. Determination of the thermal diffusivity in the upper layers of a natural ground cover. *Soil Sci.* 112(3):173-177.
- Martin B., 2005. Mountain climates and climatic change: an over view of processes focusing on the European Alps. *Pure appl. Geophys* 162: 1587-1606.
- Massman, W.J.,1992. Correcting errors associated with soil heat flux measurements and estimating soil thermal properties from soil temperature and heat flux late data. *Agric. For. Meteorol.*,59:249-266.
- Nassar, I.N. and R., Horton., 1989. Determination of the apparent thermal diffusivity of non-uniform soil. *Soil Sci.* 147(4):238-244.
- Nassar, I.N. and R., Horton., 1990. Determination of soil apparent thermal diffusivity from multiharmonic temperature analysis for non-uniform soil. *Soil Sci.* 149(3):125-130.
- Oke, T.R., 1993. Snow and ice. In: *Boundary layer climates*. Chap. 2:68-80. Routledge Publish Co.(2nd Edt.), New York, USA.
- Rosenberg, B.V., 1983. Soil heat flux and soil temperature. In: *Microclimate-The Biological environment*, chap.2:94-115. John Willey & Sons Inc., New York, USA.
- Rosset, M., M. Riedo, A. Grub, M. Geissmann, J. Fuhrer, 1997. Seasonal variation in radiation and energy balances of permanent pastures at different altitudes. *Agr. For Meteorol.* 86:245-258.
- Singh, S.R. and B.K., Sinha, 1977. Soil thermal diffusivity determination for overspecification of boundary data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:831-834.

附錄 1-1. 圈谷氣象站氣象參數逐日統計表

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2009/9/24	8.1	67.6	0.0	2.9	6.9	6:22	166	11.43	22.79	666	9.2	8.5	9.0	9.8	10.4	10.8	-982.0	0.14	0.11	0.08	0.0	0
2009/9/25	8.8	48.5	0.0	3.3	8.5	11:24	36	23.88	47.45	665	11.6	8.8	9.1	9.5	9.9	10.4	-176.4	0.13	0.10	0.08	0.0	0
2009/9/26	9.4	41.4	0.0	3.2	9.4	23:24	212	25.09	49.86	665	13.1	8.9	9.2	9.6	10.0	10.3	51.0	0.13	0.10	0.08	0.0	0
2009/9/27	6.8	94.8	24.0	4.3	15.1	9:33	349	2.84	5.73	664	7.6	8.2	8.7	9.2	9.8	10.3	-825.0	0.26	0.20	0.17	0.0	0
2009/9/28	6.5	97.0	13.2	4.3	16.3	7:52	25	4.61	9.26	663	7.4	8.2	8.4	8.7	9.1	9.9	-343.6	0.32	0.26	0.23	0.0	0
2009/9/29	7.7	98.8	6.4	3.7	12.7	4:40	356	4.92	9.86	663	8.7	9.1	9.0	9.0	8.9	9.4	293.0	0.33	0.27	0.24	0.0	0
2009/9/30	8.5	98.1	0.2	2.3	9.1	22:56	283	5.96	11.92	665	9.8	10.1	9.9	9.7	9.6	9.4	503.6	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2009/10/1	9.2	88.2	6.4	3.5	12.5	5:16	238	13.39	26.68	666	11.1	10.8	10.6	10.4	10.1	9.8	178.1	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2009/10/2	8.9	89.8	4.1	2.6	10.9	0:08	205	11.62	23.14	665	11.1	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	-11.2	0.30	0.24	0.21	0.0	0
2009/10/3	9.7	71.1	0.0	3.3	10.4	21:04	3	16.46	32.75	664	11.1	9.9	9.9	10.0	10.1	10.1	-55.0	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2009/10/4	9.0	93.7	3.6	3.6	12.2	1:40	331	9.37	18.69	664	10.4	10.7	10.6	10.5	10.3	10.1	329.7	0.28	0.23	0.20	0.0	0
2009/10/5	7.9	98.9	53.1	5.7	15.0	4:18	22	1.39	2.86	662	8.4	9.0	9.3	9.7	9.9	10.1	-574.3	0.34	0.28	0.23	0.0	0
2009/10/6	6.2	98.9	37.4	3.9	13.3	2:58	14	3.20	6.46	662	7.1	8.0	8.1	8.4	8.5	9.0	-381.8	0.34	0.28	0.24	0.0	0
2009/10/7	6.9	86.0	0.3	3.7	10.9	23:03	201	15.28	30.42	661	9.0	8.5	8.5	8.6	8.6	8.9	-83.7	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2009/10/8	7.9	57.2	0.0	4.4	11.2	2:53	207	15.30	30.45	661	8.3	7.7	8.0	8.4	8.6	8.9	-697.6	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2009/10/9	8.2	87.6	0.1	3.4	10.5	1:41	207	9.89	19.72	662	9.1	8.6	8.4	8.4	8.5	8.8	839.0	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2009/10/10	7.9	97.4	0.6	2.7	8.7	2:48	200	3.31	6.69	665	8.8	9.3	9.3	9.3	9.2	8.9	3.3	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2009/10/11	7.6	99.0	5.4	2.7	9.0	11:26	38	5.83	11.68	667	9.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	103.2	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2009/10/12	7.2	96.1	2.7	2.6	7.4	11:56	342	6.87	13.73	667	8.2	9.0	9.1	9.3	9.3	9.4	-361.0	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2009/10/13	7.9	86.1	0.2	2.8	8.2	4:00	185	11.00	21.92	667	9.0	9.0	9.0	9.0	9.1	9.2	91.6	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2009/10/14	7.3	82.2	0.1	3.5	11.2	23:25	204	13.27	26.41	667	9.1	8.6	8.7	8.8	9.0	9.1	-127.7	0.28	0.23	0.20	0.0	0
2009/10/15	7.0	82.0	1.0	3.6	10.5	3:53	191	9.24	18.44	667	8.0	8.0	8.2	8.6	8.8	9.0	-821.0	0.27	0.23	0.19	0.0	0
2009/10/16	6.5	78.5	0.0	3.1	9.8	21:26	193	10.69	21.31	665	7.0	7.1	7.4	7.8	8.2	8.8	-546.0	0.27	0.22	0.19	0.0	0
2009/10/17	6.4	70.0	0.0	6.0	17.0	22:26	189	17.94	35.68	662	7.6	7.2	7.4	7.7	8.0	8.6	-250.8	0.26	0.22	0.18	0.0	0
2009/10/18	6.4	67.1	0.0	5.6	17.8	5:10	194	22.18	44.08	663	8.9	7.3	7.4	7.7	8.0	8.5	49.8	0.25	0.21	0.18	0.0	0
2009/10/19	6.3	71.1	0.0	4.7	13.4	7:08	205	21.04	41.81	664	8.5	7.3	7.4	7.7	8.0	8.4	-86.5	0.24	0.21	0.17	0.0	0
2009/10/20	6.9	75.7	0.0	3.4	11.6	10:22	189	18.19	36.98	665	11.4	9.3	8.8	8.3	8.0	8.2	804.0	0.23	0.20	0.17	0.0	0
2009/10/21	7.4	47.6	0.0	3.4	10.6	8:10	65	21.24	42.41	665	8.6	6.6	7.0	7.5	7.9	8.2	-393.9	0.23	0.20	0.17	0.0	0
2009/10/22	5.2	64.1	0.0	3.2	7.5	22:19	207	15.86	31.75	664	7.1	6.1	6.3	6.8	7.3	8.0	-303.4	0.22	0.19	0.16	0.0	0
2009/10/23	5.5	95.2	0.0	2.2	11.6	11:55	28	6.26	12.88	662	6.6	7.0	7.0	7.2	7.4	7.7	83.7	0.22	0.19	0.16	0.0	0
2009/10/24	3.7	86.0	2.0	4.2	11.6	11:19	26	11.08	22.62	660	5.3	6.6	6.9	7.2	7.4	7.7	-374.9	0.23	0.20	0.16	0.0	0
2009/10/25	5.4	22.5	0.0	4.3	14.2	6:13	107	21.59	42.35	662	4.7	4.4	5.1	5.9	6.7	7.4	-594.4	0.22	0.20	0.16	0.0	0
2009/10/26	4.6	25.6	0.0	3.4	9.3	18:59	198	21.44	41.98	664	5.0	4.1	4.6	5.3	6.0	7.1	-379.4	0.22	0.19	0.16	0.0	0
2009/10/27	3.7	39.9	0.0	3.4	7.8	2:36	289	21.15	41.92	665	5.8	4.2	4.5	5.1	5.6	6.5	-93.1	0.21	0.19	0.16	0.0	0
2009/10/28	3.2	32.2	0.0	3.5	8.1	10:49	45	21.10	41.63	666	5.2	3.8	4.2	4.8	5.4	6.3	-306.0	0.21	0.19	0.16	0.0	0
2009/10/29	4.2	35.1	0.0	3.3	7.5	5:33	203	21.02	41.32	666	6.1	4.0	4.3	4.7	5.1	6.1	-85.9	0.21	0.18	0.15	0.0	0
2009/10/30	7.7	23.0	0.0	3.6	9.4	6:54	199	21.00	41.36	666	8.4	4.5	4.6	4.9	5.2	5.9	146.6	0.20	0.18	0.15	0.0	0
2009/10/31	7.9	33.4	0.0	3.1	8.3	6:13	210	17.77	35.06	666	8.7	5.2	5.2	5.4	5.6	6.0	272.1	0.20	0.18	0.15	0.0	0
2009/11/1	6.8	77.3	0.0	3.5	10.1	6:05	224	15.01	30.15	667	9.2	6.4	6.2	6.1	6.1	6.2	649.6	0.20	0.18	0.15	0.0	0
2009/11/2	3.9	60.1	0.0	4.5	14.5	8:21	177	20.38	40.68	667	7.8	6.3	6.5	6.7	6.6	6.4	28.2	0.20	0.17	0.14	0.0	0
2009/11/3	5.3	27.1	0.0	3.3	8.2	6:55	190	19.86	39.29	668	7.5	4.6	5.1	5.6	6.1	6.4	-405.3	0.20	0.17	0.14	0.0	0
2009/11/4	5.1	43.5	0.0	3.6	8.1	23:35	199	16.17	32.40	669	7.5	4.7	4.9	5.3	5.7	6.2	-25.3	0.19	0.17	0.14	0.0	0
2009/11/5	6.2	56.1	0.0	4.2	10.5	23:19	203	17.23	34.25	668	9.0	5.7	5.7	5.7	5.8	6.2	539.5	0.19	0.17	0.14	0.0	0
2009/11/6	7.1	46.8	0.0	4.1	11.2	3:18	191	14.85	29.82	667	9.3	6.0	6.1	6.2	6.3	6.2	204.3	0.19	0.16	0.14	0.0	0
2009/11/7	6.3	80.4	0.0	3.2	10.0	6:09	198	9.92	20.36	667	8.5	6.6	6.4	6.4	6.4	6.5	184.5	0.19	0.16	0.14	0.0	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2009/11/8	7.4	63.6	0.0	3.3	9.8	4:51	116	19.80	40.09	666	10.8	7.2	7.1	7.1	6.8	6.6	536.7	0.19	0.16	0.14	0.0	0
2009/11/9	6.8	65.9	0.0	3.8	10.5	21:11	204	16.44	33.84	663	9.6	7.1	7.1	7.2	7.0	6.9	313.7	0.18	0.16	0.13	0.0	0
2009/11/10	2.4	83.2	5.1	6.0	16.6	13:58	195	3.14	6.49	659	2.0	3.8	4.6	5.5	6.4	6.8	-1,727.0	0.24	0.18	0.14	0.0	0
2009/11/11	3.5	70.7	0.0	5.4	17.6	5:54	198	13.94	28.13	661	3.7	3.9	4.2	4.5	5.1	6.1	-215.5	0.24	0.19	0.15	0.0	0
2009/11/12	3.3	81.6	0.4	4.6	16.2	22:48	162	5.68	11.87	663	3.1	3.7	4.1	4.5	5.0	5.8	-451.9	0.23	0.19	0.15	0.0	0
2009/11/13	4.5	99.1	12.9	3.0	13.8	1:30	177	2.45	5.30	661	5.2	5.3	5.2	5.3	5.2	5.7	259.8	0.35	0.28	0.21	0.0	0
2009/11/14	3.3	84.3	0.8	3.5	15.2	22:21	244	16.73	33.43	661	6.6	6.1	6.1	6.1	5.8	5.9	211.7	0.34	0.28	0.22	0.0	0
2009/11/15	1.6	98.2	1.5	3.3	19.4	5:14	125	2.40	4.98	662	2.6	3.9	4.4	4.8	5.3	5.9	-945.0	0.34	0.27	0.21	0.0	0
2009/11/16	5.0	75.4	0.0	4.3	13.8	4:26	198	14.88	30.65	663	5.3	4.6	4.5	4.7	4.8	5.4	372.9	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2009/11/17	3.5	95.1	0.6	4.5	25.0	23:35	150	2.28	4.96	662	3.4	3.9	4.1	4.5	4.9	5.5	-470.0	0.32	0.26	0.20	0.0	0
2009/11/18	2.2	99.9	0.2	3.1	18.8	21:48	156	2.98	6.23	663	3.1	4.1	4.3	4.5	4.8	5.2	-368.8	0.33	0.27	0.21	0.0	0
2009/11/19	3.6	91.0	0.0	4.5	12.9	6:59	195	13.56	27.11	666	5.3	5.4	5.2	5.1	5.0	5.1	402.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2009/11/20	3.8	69.4	0.0	4.3	11.1	5:30	209	13.29	26.94	667	4.1	4.2	4.4	4.8	5.0	5.3	-233.3	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2009/11/21	3.5	64.7	0.0	4.2	12.7	20:39	261	16.99	34.27	666	3.9	3.4	3.7	4.1	4.6	5.1	-100.9	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2009/11/22	3.3	90.2	0.0	3.6	9.8	0:47	282	10.23	21.06	665	5.0	4.9	4.7	4.7	4.6	4.9	570.5	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2009/11/23	3.2	83.8	0.0	3.6	9.7	5:39	22	6.79	14.04	665	3.6	4.2	4.3	4.6	4.7	5.1	-317.0	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2009/11/24	4.1	43.4	0.0	4.1	10.1	11:44	10	14.36	28.91	664	5.6	4.7	4.8	4.9	4.8	5.0	394.8	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2009/11/25	3.2	42.7	0.0	4.4	13.0	2:54	13	16.95	33.46	664	3.3	2.5	3.0	3.6	4.1	4.9	-445.9	0.25	0.22	0.18	0.0	0
2009/11/26	2.7	34.8	0.0	4.2	12.8	23:15	13	16.78	33.30	664	2.1	1.8	2.3	3.0	3.5	4.5	-507.2	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2009/11/27	4.4	20.5	0.0	4.3	13.4	0:47	13	17.40	34.62	664	2.8	1.5	2.0	2.6	3.1	4.2	-479.6	0.24	0.21	0.17	0.0	0
2009/11/28	2.0	44.5	0.0	3.0	9.9	5:05	10	16.95	33.62	663	2.7	1.6	1.9	2.5	3.0	3.9	-142.4	0.24	0.21	0.17	0.0	0
2009/11/29	1.4	37.3	0.0	3.0	8.9	4:54	9	17.13	33.95	664	1.6	1.0	1.6	2.1	2.7	3.6	-394.0	0.23	0.20	0.17	0.0	0
2009/11/30	4.2	32.7	0.0	3.2	10.0	23:26	10	17.17	33.98	663	2.6	0.8	1.2	1.8	2.4	3.3	-271.1	0.22	0.20	0.16	0.0	0
2009/12/1	6.4	16.8	0.0	4.0	14.7	1:46	15	17.10	33.68	663	4.3	1.0	1.3	1.8	2.3	3.2	-148.7	0.22	0.20	0.16	0.0	0
2009/12/2	6.1	11.6	0.0	4.8	13.7	7:17	14	16.96	33.40	663	4.8	0.9	1.3	1.8	2.3	3.0	-323.7	0.22	0.19	0.16	0.0	0
2009/12/3	1.9	21.5	0.0	3.2	9.5	18:39	10	16.71	33.20	661	2.1	0.5	0.9	1.6	2.0	3.0	-519.4	0.21	0.19	0.16	0.0	0
2009/12/4	-1.3	43.9	0.0	3.7	14.5	20:29	15	16.51	32.77	659	0.5	0.2	0.6	1.3	1.9	2.8	-524.9	0.20	0.19	0.15	0.0	1
2009/12/5	-0.5	21.0	0.0	3.4	12.4	13:43	12	16.52	32.71	661	0.0	0.0	0.6	0.8	1.5	2.6	-1,079.0	0.19	0.18	0.15	0.0	1
2009/12/6	-1.6	59.2	0.0	4.1	15.3	19:01	15	16.46	32.52	661	0.2	-0.1	0.2	0.7	1.4	2.2	-1,105.0	0.16	0.18	0.15	0.0	1
2009/12/7	-2.1	79.5	1.5	3.7	16.1	3:02	16	15.16	29.54	662	-0.4	-0.1	0.2	0.6	1.3	2.0	-263.4	0.17	0.18	0.15	1.5	1
2009/12/8	0.2	83.5	0.0	4.0	11.2	0:00	11	6.98	14.16	663	-0.2	-0.1	0.2	0.5	1.3	1.9	-611.5	0.17	0.17	0.14	0.0	0
2009/12/9	2.8	63.1	0.0	4.6	13.0	6:03	13	16.09	32.33	663	2.4	-0.1	0.2	0.7	1.3	1.9	1,359.0	0.19	0.18	0.14	0.0	0
2009/12/10	2.6	49.2	0.0	3.7	12.3	10:37	12	15.70	31.67	662	1.9	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.9	-175.7	0.19	0.18	0.14	0.0	0
2009/12/11	3.7	24.4	0.0	3.9	12.8	22:54	13	16.28	32.18	664	2.1	0.1	0.4	0.8	1.2	1.9	-150.7	0.19	0.18	0.14	0.0	0
2009/12/12	3.0	16.6	0.0	5.4	14.8	22:41	15	16.40	32.38	664	1.7	-0.2	0.2	0.6	1.3	1.9	-890.0	0.17	0.17	0.14	0.0	0
2009/12/13	2.1	32.9	0.0	5.4	17.1	0:39	17	15.92	31.71	663	2.5	-0.2	0.3	0.5	1.2	1.9	-402.3	0.16	0.17	0.14	0.0	0
2009/12/14	2.2	38.7	0.0	3.4	12.7	23:50	13	15.46	31.00	663	2.5	-0.2	0.2	0.5	1.0	1.9	-238.7	0.16	0.17	0.14	0.0	0
2009/12/15	0.9	57.3	0.0	4.8	12.8	2:42	13	15.48	31.08	662	2.4	-0.2	0.1	0.5	0.9	1.8	-314.6	0.16	0.17	0.14	0.0	0
2009/12/16	-1.1	99.1	0.0	0.2	8.8	0:37	9	1.49	3.39	661	-0.2	-0.2	0.1	0.5	0.9	1.6	-127.4	0.17	0.17	0.14	0.9	1
2009/12/17	-2.7	98.5	0.0	0.0	0.0	0:01	0	3.54	7.39	660	-0.5	-0.2	0.1	0.5	0.9	1.6	-166.6	0.17	0.17	0.14	0.0	1
2009/12/18	-4.0	97.7	0.0	0.0	0.0	0:01	0	6.66	14.42	660	-0.9	-0.1	0.1	0.6	0.9	1.6	-189.5	0.17	0.17	0.14	0.0	1
2009/12/19	-4.5	96.8	3.0	0.0	0.0	0:01	0	16.06	32.32	660	-0.8	-0.1	0.1	0.6	0.9	1.7	-204.0	0.17	0.17	0.14	0.0	1
2009/12/20	-5.8	96.7	0.0	0.0	0.0	0:01	0	3.64	7.85	659	-1.8	-0.1	0.1	0.6	0.7	1.5	-212.4	0.17	0.17	0.14	0.0	1
2009/12/21	-6.6	96.1	0.0	0.0	0.0	0:01	0	9.57	19.06	660	-2.3	-0.1	0.1	0.7	0.7	1.4	-215.3	0.17	0.16	0.14	1.5	1
2009/12/22	-5.4	60.6	0.0	1.6	10.5	10:43	0	15.90	31.54	661	-3.1	-0.1	0.0	0.4	0.7	1.4	-244.4	0.17	0.16	0.13	0.0	1
2009/12/23	-3.4	79.5	0.0	4.4	15.8	17:14	0	8.45	16.75	662	-2.5	-0.1	0.0	0.3	0.6	1.3	-551.0	0.16	0.16	0.13	0.0	1
2009/12/24	-0.7	85.0	3.0	4.2	18.7	23:36	19	12.71	24.97	661	-1.2	-0.2	0.1	0.3	0.6	1.2	-469.7	0.15	0.15	0.13	0.0	1

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2009/12/25	1.5	78.3	24.0	3.5	15.4	1:45	15	6.25	13.25	660	0.0	-0.2	0.2	0.2	0.5	1.2	93.2	0.25	0.22	0.18	0.0	0
2009/12/26	-1.7	61.9	0.0	4.8	14.3	23:23	14	10.10	20.58	658	-0.4	-0.2	0.0	0.2	0.5	1.2	-10.4	0.26	0.23	0.18	0.0	1
2009/12/27	-2.5	93.4	0.0	6.2	26.1	20:33	26	4.48	9.37	657	-0.9	-0.2	0.0	0.2	0.5	1.3	-541.8	0.24	0.21	0.17	3.9	1
2009/12/28	-3.3	97.2	0.0	0.1	9.2	23:59	9	2.75	6.28	657	-0.6	-0.2	0.0	0.2	0.5	1.2	-408.4	0.24	0.21	0.17	0.7	1
2009/12/29	-2.9	72.8	0.0	5.0	19.9	9:12	20	15.02	30.01	658	-0.9	-0.2	0.0	0.3	0.5	1.1	-872.0	0.22	0.20	0.16	0.0	1
2009/12/30	-2.3	98.1	0.0	1.8	15.4	15:29	15	5.84	12.98	658	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.5	1.1	-329.6	0.21	0.20	0.16	2.2	1
2009/12/31	-1.5	99.1	0.0	2.1	29.4	18:57	29	4.26	10.08	658	0.0	-0.2	0.0	0.2	0.5	0.9	-215.3	0.21	0.19	0.16	2.3	1
2010/1/1	-1.6	99.0	1.5	0.3	41.2	19:37	41	6.07	13.95	659	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.5	0.9	-91.9	0.22	0.19	0.16	0.1	1
2010/1/2	-0.4	99.7	2.5	1.3	64.8	0:00	65	3.15	8.00	659	-0.2	-0.2	0.2	0.2	0.5	0.9	-51.8	0.22	0.19	0.16	2.3	1
2010/1/3	-4.6	96.9	3.5	0.6	81.8	0:22	82	10.07	23.03	658	-0.3	-0.1	0.0	0.2	0.5	0.9	-40.2	0.22	0.20	0.16	1.9	1
2010/1/4	-5.3	64.7	5.0	4.8	25.1	5:45	25	17.48	34.86	658	-0.6	0.0	0.0	0.4	0.6	1.0	-275.8	0.22	0.20	0.16	0.1	1
2010/1/5	-2.8	78.9	0.0	5.6	18.5	12:48	19	5.68	12.70	659	-0.7	-0.2	-0.1	0.2	0.5	0.9	-637.0	0.21	0.20	0.16	0.0	1
2010/1/6	-1.4	99.1	4.5	3.0	14.4	4:39	14	4.11	10.21	659	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.5	0.9	-286.7	0.20	0.19	0.15	2.6	1
2010/1/7	-2.5	98.6	0.5	3.7	19.9	12:35	20	5.29	12.57	660	-0.1	-0.2	-0.2	0.2	0.5	0.9	-102.2	0.20	0.19	0.15	0.0	1
2010/1/8	-4.3	91.1	0.0	2.7	15.2	22:36	15	5.05	11.73	658	-0.5	-0.2	-0.1	0.2	0.5	0.8	-70.7	0.21	0.19	0.15	0.0	1
2010/1/9	-1.2	18.0	0.0	5.8	15.2	4:50	15	18.25	36.45	661	-1.0	-0.1	0.0	0.3	0.6	0.8	-155.1	0.21	0.19	0.15	0.0	1
2010/1/10	-0.9	32.0	0.0	4.7	14.0	7:04	14	18.16	36.24	661	-1.1	-0.1	0.0	0.2	0.5	0.9	-495.2	0.20	0.19	0.15	1.0	1
2010/1/11	-0.8	84.8	3.5	3.5	12.4	18:57	12	11.59	24.09	660	-0.6	-0.1	-0.1	0.2	0.5	0.8	-516.9	0.18	0.19	0.15	0.0	1
2010/1/12	-5.4	94.1	0.5	0.0	0.0	0:01	0	5.81	13.37	656	-0.5	-0.1	-0.1	0.2	0.5	0.7	-201.2	0.18	0.19	0.15	1.5	1
2010/1/13	-7.6	31.2	0.0	7.3	22.1	2:03	22	18.26	36.86	659	-2.1	0.1	-0.1	0.0	0.3	0.6	-774.7	0.17	0.19	0.15	0.0	1
2010/1/14	-3.3	24.2	5.0	3.4	12.9	6:30	13	18.51	36.66	662	-1.9	0.1	0.0	0.1	0.4	0.7	-1,088.0	0.13	0.18	0.15	0.0	1
2010/1/15	2.4	14.2	1.5	2.9	9.5	11:30	10	18.31	36.75	664	-1.2	0.1	-0.1	0.2	0.4	0.7	-865.0	0.11	0.17	0.14	0.0	0
2010/1/16	0.8	35.9	0.0	3.2	13.4	18:02	13	18.41	37.22	664	-0.9	0.1	0.0	0.2	0.3	0.6	-663.2	0.11	0.16	0.14	0.5	0
2010/1/17	1.8	18.2	0.0	4.0	13.0	8:47	13	18.81	37.43	665	-1.1	0.0	-0.1	0.2	0.3	0.6	-696.5	0.11	0.15	0.14	0.0	0
2010/1/18	1.0	22.5	0.0	3.5	6.9	2:05	7	18.81	37.27	666	-1.3	-0.3	0.0	0.0	0.3	0.7	-783.2	0.10	0.14	0.13	0.0	0
2010/1/19	4.8	20.3	0.0	5.0	15.9	19:55	16	18.79	37.32	666	-0.8	-0.2	-0.1	0.2	0.3	0.6	-556.4	0.10	0.12	0.13	0.0	0
2010/1/20	3.9	84.1	0.0	9.6	20.1	3:05	20	13.43	27.56	667	0.1	-0.1	-0.2	0.2	0.2	0.6	-44.4	0.11	0.12	0.13	0.0	0
2010/1/21	4.2	86.2	0.0	3.9	18.0	0:14	18	17.60	36.23	666	0.7	-0.1	0.0	0.3	0.3	0.6	91.6	0.11	0.12	0.13	0.0	0
2010/1/22	2.9	99.3	5.0	3.1	37.1	8:34	37	5.08	11.39	666	2.0	-0.2	-0.2	0.3	0.2	0.5	74.6	0.12	0.13	0.13	0.0	0
2010/1/23	2.3	98.4	1.0	5.3	15.5	18:05	16	7.42	15.93	664	2.5	-0.2	-0.2	0.3	0.2	0.5	69.7	0.13	0.14	0.14	0.0	0
2010/1/24	2.1	97.0	2.5	5.0	16.1	2:10	16	6.46	14.33	664	2.4	-0.2	-0.2	0.2	0.2	0.5	79.0	0.13	0.17	0.17	0.0	0
2010/1/25	2.1	99.4	12.5	3.7	17.6	6:02	18	4.16	9.16	665	2.5	-0.2	-0.2	0.2	0.2	0.5	111.7	0.14	0.20	0.19	0.0	0
2010/1/26	0.7	78.0	0.5	4.3	13.4	2:05	13	13.14	26.30	665	1.5	-0.1	-0.1	0.1	0.2	0.5	1,855.0	0.17	0.22	0.20	0.0	0
2010/1/27	3.2	60.6	0.0	3.8	12.0	4:32	12	17.53	35.86	664	3.2	-0.1	-0.1	0.2	0.2	0.6	2,375.0	0.27	0.22	0.20	0.0	0
2010/1/28	1.8	76.8	0.0	4.0	13.6	21:44	14	7.02	14.58	663	1.4	-0.1	-0.1	0.2	0.2	0.5	446.7	0.34	0.23	0.20	0.0	0
2010/1/29	-0.8	66.4	0.0	3.0	20.7	18:56	21	17.59	35.06	663	1.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	965.0	0.33	0.24	0.19	0.0	1
2010/1/30	1.3	48.7	0.0	3.5	14.8	22:08	15	19.25	38.04	663	1.5	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	726.9	0.32	0.25	0.19	0.5	0
2010/1/31	3.7	26.9	0.0	5.1	16.9	22:41	17	19.79	39.07	663	2.5	-0.1	-0.1	0.2	0.3	0.6	853.0	0.31	0.25	0.19	0.0	0
2010/2/1	3.0	20.6	0.0	5.4	15.3	1:05	15	18.49	36.20	662	2.4	-0.1	-0.1	0.2	0.3	0.6	553.4	0.29	0.25	0.18	0.2	0
2010/2/2	0.3	61.8	0.0	5.9	20.1	19:19	20	18.80	37.48	660	1.2	-0.1	-0.1	0.3	0.3	0.6	169.0	0.29	0.24	0.18	0.0	0
2010/2/3	-0.1	79.1	0.0	4.4	16.7	8:13	17	16.88	33.97	661	1.9	-0.1	-0.1	0.4	0.4	0.6	990.0	0.29	0.24	0.18	0.3	1
2010/2/4	-0.8	87.8	0.0	6.0	16.1	7:38	16	9.00	18.44	661	0.0	-0.2	0.0	0.2	0.5	0.6	-214.1	0.28	0.23	0.18	0.0	1
2010/2/5	-1.0	95.5	0.0	6.7	19.1	15:42	19	3.01	6.54	661	-0.4	-0.2	-0.2	0.2	0.6	0.5	-119.3	0.27	0.23	0.18	0.1	1
2010/2/6	0.6	98.4	22.5	6.2	23.2	17:04	23	1.47	3.50	662	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.5	0.5	-98.5	0.32	0.28	0.19	1.7	0
2010/2/7	0.2	96.0	9.0	4.5	21.1	9:52	21	2.31	5.67	663	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.2	0.5	-83.9	0.38	0.35	0.23	1.2	0
2010/2/8	1.0	83.6	16.5	4.6	13.6	18:18	14	11.47	23.62	663	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6	-92.9	0.38	0.34	0.22	0.0	0
2010/2/9	1.7	80.2	14.0	5.7	15.3	5:45	15	14.15	28.85	663	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.3	0.5	-91.7	0.38	0.33	0.22	0.8	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/2/10	2.5	62.9	2.0	5.4	15.2	6:59	15	21.03	41.38	664	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6	-89.2	0.38	0.34	0.23	0.0	0
2010/2/11	2.9	51.3	0.0	6.1	18.3	22:07	18	21.17	42.11	664	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6	-90.1	0.37	0.33	0.22	0.5	0
2010/2/12	0.5	95.8	22.0	5.6	16.9	7:41	17	2.17	5.01	663	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.2	0.5	-75.5	0.39	0.35	0.23	0.4	0
2010/2/13	0.1	99.6	11.0	4.1	21.2	9:19	21	2.98	7.01	662	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.2	0.5	-84.9	0.38	0.33	0.23	0.0	0
2010/2/14	0.6	91.3	5.0	5.4	23.7	3:26	24	10.01	20.49	661	0.0	-0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	-90.2	0.38	0.33	0.23	0.0	0
2010/2/15	0.3	94.4	2.0	5.9	16.9	18:16	17	5.78	12.01	661	0.0	-0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	-96.2	0.36	0.31	0.22	1.3	0
2010/2/16	-0.1	99.7	0.0	3.6	17.3	0:00	17	1.63	4.42	660	-0.2	-0.2	0.0	0.2	0.2	0.5	-102.1	0.35	0.30	0.21	8.5	1
2010/2/17	-0.1	99.9	7.0	4.0	21.9	15:08	22	1.60	4.91	659	-0.2	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	-108.5	0.35	0.29	0.21	1.1	1
2010/2/18	-0.5	99.8	1.5	0.8	20.5	13:45	21	0.65	2.34	659	-0.2	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	-110.3	0.35	0.30	0.21	5.1	1
2010/2/19	-2.2	98.9	0.5	0.0	10.2	13:37	10	3.04	7.42	658	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.2	0.5	-109.6	0.35	0.30	0.21	51.0	1
2010/2/20	-5.3	89.4	7.0	2.5	21.5	14:22	22	21.21	44.33	658	-0.1	-0.1	0.0	0.3	0.3	0.6	-108.7	0.34	0.29	0.21	0.0	1
2010/2/21	-2.4	75.0	5.0	5.3	17.1	4:57	17	12.37	26.77	660	-0.1	-0.1	0.0	0.2	0.3	0.6	-105.8	0.34	0.28	0.21	0.0	1
2010/2/22	-2.1	82.2	0.5	3.0	31.3	14:38	31	4.74	12.27	659	-0.2	-0.2	0.0	0.2	0.2	0.5	-102.6	0.33	0.28	0.20	0.0	1
2010/2/23	0.5	31.7	5.0	5.5	21.3	3:23	21	23.99	47.48	661	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.6	-102.3	0.33	0.28	0.20	0.0	0
2010/2/24	2.7	24.1	9.0	4.2	16.9	23:45	17	24.24	47.80	661	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.6	-102.4	0.33	0.28	0.20	0.0	0
2010/2/25	1.1	97.9	8.5	6.5	21.7	15:59	22	3.35	8.65	660	0.0	-0.1	0.3	0.2	0.4	0.5	-102.1	0.33	0.28	0.20	0.0	0
2010/2/26	2.2	69.8	0.0	6.3	15.5	6:08	16	20.28	41.01	661	0.0	0.0	0.3	0.2	0.4	0.6	-101.8	0.35	0.30	0.21	0.0	0
2010/2/27	1.2	76.7	0.0	7.5	20.2	7:26	20	11.00	23.45	662	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.5	-100.4	0.36	0.30	0.22	0.0	0
2010/2/28	3.9	38.4	0.0	4.6	13.9	21:13	14	23.44	46.42	665	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.6	-95.4	0.37	0.32	0.23	0.0	0
2010/3/1	3.7	53.2	0.0	6.2	17.1	6:22	17	18.32	36.77	664	0.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.5	-91.2	0.38	0.34	0.23	0.0	0
2010/3/2	2.1	77.2	0.0	6.4	16.7	7:43	17	6.64	14.55	662	0.2	0.0	0.3	0.2	0.2	0.5	-80.1	0.39	0.36	0.24	0.0	0
2010/3/3	4.0	56.2	0.0	5.0	15.9	12:36	16	18.23	36.41	663	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.5	-78.6	0.39	0.35	0.24	0.0	0
2010/3/4	2.7	86.7	0.0	5.6	13.1	3:22	13	12.09	25.08	663	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	-64.2	0.41	0.38	0.25	0.0	0
2010/3/5	4.4	50.5	0.0	4.9	17.3	22:48	17	22.44	44.24	664	0.3	0.0	0.2	0.2	0.3	0.5	-66.4	0.40	0.37	0.25	0.0	0
2010/3/6	5.3	26.8	0.0	4.6	20.1	2:48	20	24.52	48.55	664	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	-72.5	0.39	0.35	0.24	0.0	0
2010/3/7	2.1	87.1	0.0	5.7	15.7	11:17	16	5.47	12.09	663	0.6	0.1	0.3	0.2	0.2	0.5	-80.7	0.39	0.34	0.23	0.0	0
2010/3/8	2.3	96.9	0.0	5.3	13.2	19:00	13	2.53	5.94	663	1.6	0.1	0.4	0.2	0.2	0.5	-78.0	0.40	0.36	0.24	0.0	0
2010/3/9	1.4	99.4	32.5	5.7	20.5	13:43	21	1.12	3.17	661	1.0	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	-49.8	0.41	0.39	0.26	0.0	0
2010/3/10	-2.8	57.6	0.0	3.9	24.4	8:39	24	24.28	48.42	660	1.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	-81.5	0.39	0.34	0.23	1.4	1
2010/3/11	-1.6	38.3	0.0	4.0	12.1	6:53	12	21.62	42.83	662	0.4	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	-99.3	0.37	0.31	0.22	0.0	1
2010/3/12	1.2	68.8	0.0	4.7	12.4	5:02	12	14.61	28.63	664	1.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	-85.1	0.38	0.33	0.23	0.6	0
2010/3/13	1.5	97.6	28.5	4.4	14.9	16:56	15	3.78	8.48	665	0.2	0.0	0.3	0.2	0.2	0.5	-77.9	0.39	0.35	0.24	0.4	0
2010/3/14	3.0	77.2	0.0	4.9	14.2	1:43	14	20.39	40.57	665	3.3	0.0	0.2	0.2	0.2	0.5	-71.9	0.40	0.36	0.25	0.0	0
2010/3/15	4.6	65.6	0.0	5.7	15.2	2:33	15	18.81	36.94	665	5.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5	-189.7	0.39	0.35	0.24	0.0	0
2010/3/16	3.6	80.4	0.0	6.2	16.0	6:08	16	11.35	22.65	666	4.0	0.5	0.9	0.8	0.7	0.5	444.0	0.38	0.34	0.24	0.0	0
2010/3/17	3.0	91.0	0.0	4.7	13.1	10:40	13	3.79	7.70	666	2.8	1.5	1.4	1.3	1.2	0.9	460.2	0.36	0.30	0.22	0.0	0
2010/3/18	2.3	57.0	0.0	3.9	12.1	13:29	12	17.85	35.07	666	3.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.2	265.3	0.34	0.29	0.21	0.0	0
2010/3/19	3.5	36.4	0.0	3.3	12.3	20:20	12	22.80	44.51	665	5.0	2.7	2.4	2.2	1.9	1.5	808.0	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/3/20	5.9	32.6	0.0	5.1	15.6	6:34	16	23.97	45.95	664	6.2	3.0	2.8	2.5	2.2	1.7	506.0	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/3/21	6.4	45.8	0.0	3.3	9.4	4:33	9	23.70	45.76	665	7.7	4.4	3.9	3.4	2.8	2.1	1,121.0	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/3/22	5.6	35.8	0.0	2.7	10.1	17:30	10	25.06	49.00	665	7.0	4.5	4.3	4.0	3.5	2.6	454.6	0.27	0.24	0.19	0.0	0
2010/3/23	5.4	42.8	0.0	3.2	15.2	23:36	15	25.02	49.25	663	7.4	4.6	4.3	4.1	3.7	3.0	473.9	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/3/24	5.5	57.3	0.0	4.6	14.1	19:30	14	23.80	46.53	663	7.7	4.9	4.7	4.4	4.0	3.2	459.7	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/3/25	3.3	96.4	27.5	4.3	19.3	7:16	19	1.02	2.69	661	3.6	3.8	4.0	4.1	4.0	3.2	-284.2	0.33	0.29	0.21	0.0	0
2010/3/26	1.4	70.9	1.5	4.0	13.7	12:26	14	20.22	39.94	661	4.2	4.8	4.6	4.3	4.0	3.3	499.9	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/3/27	2.0	66.1	0.0	4.4	13.9	7:21	14	25.33	48.85	662	4.6	3.6	3.6	3.7	3.6	3.3	387.7	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/3/28	1.9	55.4	0.0	3.2	11.6	4:03	12	26.40	50.87	662	6.0	5.0	4.7	4.5	4.0	3.4	616.0	0.30	0.26	0.20	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/3/29	3.4	37.2	0.0	3.3	10.1	19:33	10	25.49	48.81	664	5.0	4.1	4.1	4.2	4.0	3.7	107.6	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/3/30	5.7	49.1	0.0	3.5	12.2	19:02	12	24.17	46.45	664	7.0	5.1	4.8	4.6	4.2	3.7	958.0	0.27	0.24	0.18	0.0	0
2010/3/31	5.8	67.9	0.0	3.4	10.2	14:32	10	17.37	34.25	664	7.7	5.7	5.5	5.4	4.9	4.2	66.2	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/4/1	5.2	56.3	0.0	5.2	13.8	21:19	14	22.00	42.32	664	6.8	5.1	5.0	5.0	4.8	4.4	52.9	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/4/2	4.9	82.2	8.0	5.5	18.9	18:16	19	17.15	33.39	663	7.0	5.7	5.5	5.4	5.1	4.5	171.3	0.26	0.22	0.17	3.0	0
2010/4/3	4.0	91.4	9.0	4.8	15.2	9:40	15	18.13	36.50	664	6.6	7.0	6.5	6.1	5.5	4.7	1,347.0	0.33	0.27	0.20	0.0	0
2010/4/4	4.7	92.1	0.0	5.1	20.3	0:57	20	11.49	23.14	663	6.7	6.9	6.6	6.5	6.0	5.1	249.8	0.30	0.26	0.19	0.0	0
2010/4/5	4.1	99.0	23.5	5.3	21.7	1:17	22	1.34	3.02	662	4.1	4.7	5.1	5.3	5.4	5.2	-670.4	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/4/6	4.7	92.9	26.0	6.1	16.5	11:05	17	5.02	9.90	662	5.0	4.9	4.9	4.9	4.8	4.7	121.9	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/4/7	3.7	98.0	2.5	4.2	19.1	11:41	19	7.88	15.81	664	5.3	5.6	5.4	5.3	5.0	4.7	256.3	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/4/8	3.7	99.2	58.5	3.9	13.6	22:59	14	1.72	3.93	662	3.9	4.4	4.6	4.8	4.8	4.7	-478.8	0.35	0.31	0.23	0.0	0
2010/4/9	5.7	40.3	20.0	4.3	13.8	1:50	14	28.21	54.07	661	6.3	5.1	4.9	4.8	4.5	4.5	618.6	0.34	0.31	0.23	0.0	0
2010/4/10	7.9	21.4	1.0	3.9	11.3	3:58	11	24.71	46.77	663	7.0	4.3	4.3	4.6	4.6	4.6	118.9	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/4/11	5.7	83.7	0.0	5.3	17.4	21:15	17	9.22	18.32	662	6.2	5.6	5.4	5.3	5.0	4.7	455.6	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/4/12	5.8	65.8	0.0	5.1	13.7	0:05	14	20.72	40.52	663	7.1	6.5	6.2	5.9	5.4	4.8	573.3	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/4/13	5.4	72.5	0.0	4.9	13.3	18:47	13	13.33	26.68	666	6.3	6.2	6.1	6.0	5.7	5.2	240.5	0.27	0.24	0.18	0.0	0
2010/4/14	5.3	68.1	0.0	5.6	17.1	5:15	17	23.56	45.28	666	6.9	6.7	6.3	6.2	5.8	5.4	527.4	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/4/15	3.6	92.4	22.0	5.0	17.5	23:57	18	4.67	9.64	663	4.3	5.1	5.3	5.6	5.7	5.5	-693.2	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/4/16	3.9	68.0	10.5	3.9	19.1	0:09	19	27.61	53.81	665	6.1	6.1	5.7	5.5	5.2	5.2	779.7	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/4/17	5.6	59.7	0.0	3.8	12.3	23:37	12	15.31	29.95	667	6.5	6.2	6.0	6.0	5.7	5.5	507.5	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/4/18	4.2	97.7	3.0	3.6	12.7	6:23	13	2.47	5.49	665	5.1	5.9	6.0	6.0	5.9	5.7	-414.8	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/4/19	5.3	84.4	0.0	3.8	10.3	19:28	10	13.18	26.34	664	7.1	7.0	6.6	6.2	5.8	5.5	569.7	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/4/20	5.7	60.3	0.0	3.1	10.0	17:56	10	20.26	40.43	664	7.1	6.7	6.4	6.3	6.0	5.8	327.0	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/4/21	7.8	50.4	0.0	3.7	11.9	9:50	12	26.80	53.15	664	8.9	7.9	7.3	7.0	6.5	5.9	973.0	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/4/22	6.7	72.5	0.5	3.9	13.2	6:38	13	16.18	32.07	664	8.7	7.5	7.3	7.2	6.9	6.2	42.3	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/4/23	4.9	98.8	50.0	4.4	14.2	2:49	14	2.43	5.70	663	5.6	6.4	6.5	6.8	6.8	6.5	-530.7	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/4/24	2.8	98.3	3.5	4.0	15.2	16:36	15	3.90	8.26	662	3.7	5.2	5.5	5.8	6.2	6.3	-1,073.0	0.34	0.30	0.22	0.0	0
2010/4/25	5.2	81.8	0.0	5.2	15.7	8:55	16	21.09	41.69	664	7.4	7.1	6.5	6.2	5.9	5.9	1,235.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/4/26	5.0	95.7	0.0	5.4	15.6	18:32	16	5.58	11.43	665	6.0	6.7	6.6	6.7	6.4	6.2	-58.4	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/4/27	3.6	98.7	14.0	5.4	14.6	17:51	15	1.46	3.55	663	4.1	5.1	5.4	5.7	6.0	6.0	-798.1	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/4/28	2.8	97.6	25.5	5.1	14.7	13:48	15	2.61	5.76	662	3.3	4.2	4.5	4.8	5.1	5.6	-725.6	0.34	0.29	0.22	0.0	0
2010/4/29	2.7	73.5	8.0	3.0	9.2	14:58	9	12.18	24.16	664	4.6	4.8	4.7	4.7	4.8	5.1	-24.4	0.33	0.29	0.22	2.5	0
2010/4/30	1.0	88.8	35.0	3.7	19.6	9:07	20	17.25	34.31	664	0.5	1.7	2.3	3.2	4.0	4.9	-1,768.0	0.35	0.31	0.23	0.0	0
2010/5/1	2.7	63.9	0.0	3.0	8.1	15:24	8	20.32	39.24	664	1.9	1.6	1.9	2.4	3.0	4.1	-859.0	0.35	0.30	0.23	0.0	0
2010/5/2	3.6	81.5	0.0	3.6	11.5	22:14	12	12.54	24.84	663	5.0	4.3	4.0	3.8	3.6	3.8	967.0	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/5/3	3.3	61.9	0.0	3.4	9.6	10:28	10	22.98	44.22	663	6.2	5.8	5.3	5.1	4.6	4.5	576.9	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/5/4	6.0	36.1	0.0	3.6	13.8	19:24	14	25.86	49.91	662	6.7	6.4	5.9	5.8	5.3	4.9	640.9	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/5/5	7.1	63.2	0.0	3.8	11.7	7:02	12	18.01	35.37	662	8.0	7.1	6.5	6.3	5.8	5.3	1,113.0	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/5/6	6.5	94.7	3.0	4.7	14.3	19:00	14	3.44	7.07	663	7.0	7.1	7.0	7.0	6.5	5.8	41.5	0.29	0.24	0.18	0.0	0
2010/5/7	6.5	97.8	25.5	5.6	16.4	4:22	16	2.09	4.87	662	6.7	6.7	6.6	6.6	6.3	6.1	196.7	0.32	0.28	0.21	0.0	0
2010/5/8	7.3	96.7	0.0	5.2	15.3	20:34	15	6.55	13.30	662	8.1	7.8	7.6	7.2	6.7	6.1	719.6	0.32	0.28	0.21	0.0	0
2010/5/9	7.4	96.1	0.5	6.2	15.7	6:28	16	5.86	11.95	661	7.9	7.9	7.7	7.5	7.0	6.3	500.2	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/5/10	7.1	94.3	3.5	5.8	16.1	3:44	16	7.60	15.48	661	7.8	8.1	7.8	7.6	7.1	6.5	463.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/5/11	5.8	94.6	0.5	5.3	14.2	8:36	14	8.08	16.63	663	7.0	7.7	7.5	7.4	7.1	6.5	190.4	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/5/12	4.8	98.6	0.5	4.1	13.2	3:37	13	3.25	6.85	663	5.8	6.6	6.7	6.8	6.8	6.5	-294.9	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/5/13	6.3	86.8	0.0	4.1	10.1	1:46	10	12.81	25.70	663	8.3	8.3	7.8	7.3	6.9	6.5	838.0	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/5/14	6.0	90.6	0.0	4.8	13.5	16:50	14	7.02	14.30	662	6.6	7.0	6.9	7.0	7.0	6.5	34.4	0.29	0.25	0.19	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/5/15	6.7	95.0	8.0	3.9	12.5	23:15	13	6.02	12.46	663	7.7	7.9	7.6	7.4	7.0	6.5	449.1	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/5/16	6.6	85.8	0.5	5.9	20.6	7:05	21	14.94	29.79	664	7.8	8.6	8.2	7.8	7.3	6.7	823.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/5/17	9.5	62.9	0.0	4.0	12.8	0:54	13	27.49	53.77	666	11.3	10.6	9.7	9.0	8.1	7.2	1,937.0	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/5/18	9.6	69.4	0.0	3.9	11.2	4:54	11	19.10	37.18	666	11.2	10.5	10.0	9.7	8.9	7.8	696.7	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/5/19	9.0	63.2	0.0	3.6	10.3	0:41	10	27.49	53.58	665	11.7	11.7	10.8	10.3	9.2	8.2	1,527.0	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/5/20	6.4	74.9	1.0	4.8	12.9	23:03	13	9.95	19.28	665	7.3	8.4	8.6	9.0	9.0	8.5	-816.0	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/5/21	7.9	81.8	0.0	3.9	13.6	19:31	14	19.85	38.85	665	11.0	11.0	10.2	9.7	9.0	8.3	1,140.0	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/5/22	7.3	83.6	0.0	4.6	13.6	10:10	14	11.38	22.79	662	8.2	9.1	9.1	9.2	9.0	8.6	-159.8	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2010/5/23	7.0	98.2	95.5	4.2	13.6	5:42	14	1.12	2.99	659	7.3	7.9	8.1	8.4	8.6	8.5	-498.3	0.31	0.27	0.21	0.0	0
2010/5/24	7.0	57.9	0.0	4.5	13.6	6:48	14	30.24	58.09	660	9.0	10.6	9.9	9.4	8.7	8.3	1,147.0	0.32	0.28	0.21	0.0	0
2010/5/25	8.5	30.6	0.0	4.0	11.4	6:40	11	26.55	50.77	663	8.4	9.1	8.8	8.9	8.7	8.5	429.9	0.29	0.25	0.20	0.0	0
2010/5/26	8.2	52.0	0.0	3.6	10.9	20:08	11	19.82	37.27	664	8.8	8.8	8.5	8.7	8.6	8.5	522.5	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/5/27	7.9	89.6	0.5	3.4	11.8	1:43	12	6.22	12.70	664	9.0	9.5	9.5	9.4	9.1	8.6	-128.6	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/5/28	9.0	93.2	2.5	3.0	12.2	2:00	12	9.24	18.80	664	10.4	10.5	10.1	9.7	9.2	8.6	984.0	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/5/29	8.4	98.2	42.0	3.5	11.7	12:24	12	4.52	9.55	662	9.2	9.9	9.9	9.9	9.6	8.9	-65.1	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/5/30	7.8	98.3	34.0	3.4	11.5	8:38	12	4.02	8.66	661	8.7	9.3	9.2	9.3	9.2	8.9	10.5	0.33	0.29	0.22	0.0	0
2010/5/31	7.3	76.0	4.5	3.0	10.6	7:56	11	22.98	46.05	661	9.2	11.5	11.0	10.4	9.7	8.9	1,111.0	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/6/1	7.5	60.4	0.0	4.1	12.8	19:30	13	21.03	41.51	662	9.7	10.3	9.9	10.0	9.7	9.2	343.1	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/6/2	6.9	97.2	41.0	3.0	13.1	23:44	13	3.70	7.67	662	8.2	9.1	9.2	9.4	9.5	9.2	-391.3	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/6/3	7.5	98.3	48.5	1.6	14.5	17:48	15	4.88	10.91	662	9.1	9.6	9.5	9.3	9.1	8.9	264.5	0.34	0.30	0.23	0.0	0
2010/6/4	7.3	97.5	8.0	1.9	12.3	11:27	12	9.03	18.34	661	9.6	10.4	10.1	9.9	9.5	9.0	573.5	0.33	0.29	0.22	0.0	0
2010/6/5	6.1	97.4	4.5	2.7	10.9	20:56	11	7.09	14.53	660	8.3	9.7	9.7	9.8	9.6	9.3	-224.9	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/6/6	6.4	84.5	2.0	3.5	11.8	5:20	12	24.70	49.31	661	10.2	12.0	11.4	10.8	10.0	9.4	1,312.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/7	8.2	64.4	0.0	4.4	13.0	20:24	13	27.97	55.29	663	10.3	11.6	11.1	10.9	10.4	9.6	603.0	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/6/8	8.8	80.8	0.0	4.2	20.6	17:24	21	21.02	41.72	664	11.7	12.1	11.5	11.3	10.7	10.1	623.3	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/6/9	8.6	84.3	2.5	3.0	9.3	15:47	9	12.56	24.64	664	11.0	11.1	10.8	10.9	10.7	10.1	-21.7	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/6/10	7.7	94.4	21.0	3.5	11.7	2:30	12	4.92	9.81	663	8.7	9.7	9.8	10.1	10.2	10.0	-496.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/6/11	7.9	98.0	54.0	3.5	21.5	2:40	22	2.83	5.77	663	8.7	9.2	9.3	9.5	9.6	9.8	-278.6	0.34	0.29	0.22	0.0	0
2010/6/12	8.2	98.4	47.5	4.0	13.1	2:25	13	4.18	8.90	663	8.9	9.4	9.4	9.5	9.4	9.3	41.2	0.34	0.29	0.22	0.0	0
2010/6/13	7.8	98.1	46.0	3.3	12.1	21:57	12	2.61	5.99	663	8.4	9.0	9.0	9.2	9.3	9.3	-190.0	0.34	0.29	0.22	0.0	0
2010/6/14	7.6	97.9	70.0	3.6	12.7	16:23	13	2.52	5.83	663	8.2	8.7	8.8	8.8	9.0	9.1	-194.7	0.34	0.30	0.23	0.0	0
2010/6/15	6.4	97.6	8.0	6.1	18.3	13:52	18	2.91	6.19	662	6.8	7.7	8.0	8.4	8.6	8.8	-628.8	0.34	0.29	0.22	0.0	0
2010/6/16	7.2	92.3	0.0	5.4	15.2	0:55	15	7.06	14.41	663	7.8	8.4	8.4	8.4	8.4	8.6	132.4	0.32	0.28	0.21	0.0	0
2010/6/17	6.9	91.5	5.5	5.8	19.4	21:10	19	3.10	6.31	663	6.8	7.5	7.7	8.1	8.4	8.6	-550.4	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/18	8.4	71.8	0.0	5.0	16.8	2:13	17	18.43	36.48	665	9.2	9.4	9.0	8.7	8.4	8.3	848.0	0.31	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/19	10.9	44.0	0.0	3.2	10.4	8:51	10	28.15	55.16	666	11.2	11.8	10.9	10.3	9.5	8.7	1,510.0	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/6/20	10.9	43.7	0.0	3.1	9.3	8:47	9	22.89	44.11	666	11.1	11.4	10.9	10.7	10.2	9.4	539.6	0.27	0.24	0.19	0.0	0
2010/6/21	10.0	65.3	13.5	2.7	8.6	14:34	9	25.42	49.81	665	12.3	12.8	11.9	11.4	10.6	9.9	1,458.0	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/6/22	8.3	89.5	2.5	2.7	11.0	16:11	11	17.49	34.47	665	11.9	13.0	12.6	12.3	11.6	10.5	433.1	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/6/23	7.6	94.5	16.5	2.8	11.1	17:22	11	6.75	13.68	664	9.4	10.8	11.0	11.2	11.2	10.7	-528.1	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/6/24	8.0	92.4	8.0	3.7	12.5	6:58	13	7.70	15.55	662	9.4	10.4	10.4	10.6	10.5	10.3	-153.6	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/25	7.7	97.7	45.0	3.4	13.4	16:46	13	1.87	4.25	661	8.2	9.0	9.2	9.6	9.9	10.1	-582.2	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/6/26	8.8	89.5	0.0	4.1	14.1	6:00	14	11.55	22.74	664	10.3	10.6	10.3	10.0	9.7	9.7	761.3	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/27	9.7	82.7	7.0	3.5	11.9	1:41	12	16.02	32.07	665	11.9	12.0	11.4	11.0	10.5	10.0	1,041.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/6/28	10.1	81.0	11.0	3.2	11.7	1:38	12	20.55	40.76	666	12.6	12.9	12.2	11.8	11.1	10.2	1,238.0	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/6/29	9.7	86.4	1.0	2.7	10.6	13:22	11	12.81	25.08	666	12.3	12.8	12.4	12.2	11.6	10.8	161.3	0.31	0.27	0.21	0.0	0
2010/6/30	10.0	80.6	3.5	2.8	8.4	21:41	8	13.68	27.18	666	12.2	12.3	12.0	11.8	11.5	11.0	113.2	0.31	0.26	0.20	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/7/1	10.8	69.2	0.0	3.4	9.2	11:30	9	19.86	39.38	666	12.6	12.8	12.3	12.1	11.6	11.0	442.5	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/2	11.4	60.3	0.0	4.2	11.7	17:45	12	23.67	47.35	666	13.4	13.4	12.8	12.6	12.0	11.3	517.8	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/7/3	11.1	56.8	0.0	4.9	15.8	18:12	16	25.99	51.24	666	12.6	13.1	12.7	12.6	12.1	11.5	266.3	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/7/4	11.2	56.1	0.0	5.6	15.5	19:23	16	24.56	48.49	666	12.5	13.0	12.7	12.7	12.3	11.4	-63.0	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/7/5	11.1	55.0	0.0	5.2	19.3	21:32	19	22.58	44.40	665	12.7	12.8	12.4	12.5	12.2	11.6	-101.2	0.24	0.21	0.17	0.0	0
2010/7/6	10.8	46.8	0.0	5.1	17.8	0:16	18	28.31	54.81	665	12.1	12.8	12.5	12.6	12.3	11.6	40.5	0.23	0.20	0.16	0.0	0
2010/7/7	10.6	46.1	0.0	3.8	10.3	10:07	10	27.08	52.87	666	12.4	13.0	12.7	12.8	12.5	12.0	243.7	0.21	0.19	0.15	0.0	0
2010/7/8	9.6	56.3	0.0	2.9	10.6	8:21	11	16.81	33.24	666	12.0	12.3	12.2	12.5	12.4	12.2	-648.2	0.20	0.19	0.15	0.0	0
2010/7/9	9.4	63.6	0.0	3.4	13.4	1:58	13	15.89	31.06	666	11.4	11.7	11.7	12.0	12.1	12.0	-375.7	0.20	0.18	0.15	0.0	0
2010/7/10	9.9	71.0	0.0	3.5	9.5	2:17	10	15.88	31.65	666	12.9	12.8	12.5	12.5	12.2	11.7	129.4	0.19	0.18	0.14	0.0	0
2010/7/11	10.1	73.6	0.0	3.0	8.0	0:43	8	25.19	49.64	667	14.9	14.6	13.8	13.5	12.8	12.0	1,036.0	0.18	0.17	0.14	0.0	0
2010/7/12	9.0	83.7	38.0	2.6	9.6	10:58	10	14.62	29.28	667	12.4	13.3	13.2	13.4	13.2	12.5	-629.3	0.20	0.17	0.14	0.0	0
2010/7/13	8.7	84.5	20.5	2.3	23.0	16:22	23	14.96	29.95	667	11.4	12.3	12.2	12.4	12.3	12.2	-158.5	0.28	0.21	0.16	0.0	0
2010/7/14	7.9	83.5	16.0	3.0	12.5	15:21	13	11.07	22.37	666	10.1	11.2	11.4	11.7	11.9	12.0	-884.0	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/7/15	7.4	87.0	11.0	2.6	8.1	11:04	8	13.63	27.16	666	10.7	11.0	10.8	11.1	11.1	11.5	-159.9	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/16	7.8	87.0	6.5	2.4	7.7	11:49	8	16.07	32.11	666	11.3	11.4	11.1	11.2	11.1	11.3	171.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/17	8.4	80.5	0.5	3.0	11.3	9:29	11	20.57	41.13	667	11.3	12.1	11.7	11.6	11.3	11.3	376.7	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/7/18	7.8	76.3	0.0	3.2	8.0	10:33	8	22.36	44.97	667	11.3	12.1	11.8	11.8	11.6	11.4	-11.4	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/7/19	8.5	69.9	4.0	3.2	8.9	20:49	9	17.78	34.98	666	11.2	11.2	11.0	11.2	11.2	11.3	-37.2	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/7/20	7.8	81.5	8.0	2.6	6.9	0:00	7	9.33	19.23	666	9.9	10.5	10.6	10.9	11.0	11.3	-760.4	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/7/21	8.1	80.4	0.5	2.8	9.4	11:21	9	17.48	35.02	666	11.0	11.5	11.1	11.1	10.8	11.0	274.4	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/7/22	7.2	84.5	29.5	2.9	9.4	11:03	9	12.25	24.68	666	8.7	9.7	9.9	10.4	10.7	10.9	-1,090.0	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/7/23	8.6	79.7	29.5	2.6	7.7	12:52	8	17.46	35.65	665	10.5	11.0	10.5	10.4	10.3	10.3	1,082.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/24	8.6	82.8	7.0	2.8	9.0	6:08	9	12.69	26.09	664	10.6	11.1	10.9	10.9	10.7	10.5	119.7	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/25	7.8	94.6	16.0	2.7	11.3	22:24	11	5.45	11.58	664	9.3	10.2	10.3	10.5	10.5	10.5	-282.2	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/26	8.4	94.3	50.0	2.9	19.8	18:51	20	9.30	19.34	664	10.7	11.1	10.9	10.8	10.6	10.3	365.7	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/7/27	7.3	97.9	39.5	3.2	14.2	18:30	14	3.65	8.17	663	8.5	9.6	10.0	10.3	10.4	10.6	-661.7	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/7/28	7.7	96.7	46.5	3.4	11.7	22:39	12	5.17	11.30	663	8.7	9.5	9.5	9.7	9.8	10.1	-199.3	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/7/29	8.5	92.4	0.5	2.4	8.7	8:17	9	14.87	30.34	663	11.7	11.7	11.1	10.7	10.2	10.0	1,427.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/30	9.3	84.0	3.0	3.9	11.6	2:40	12	15.30	30.84	664	12.3	12.3	11.9	11.7	11.0	10.4	314.2	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/7/31	9.0	86.7	6.5	3.0	12.4	6:42	12	10.33	21.02	666	11.2	11.1	10.9	11.1	11.0	10.7	-138.1	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/8/1	9.2	84.9	9.5	2.7	8.4	5:12	8	11.99	24.53	668	11.6	11.2	11.0	11.0	10.8	10.6	-67.7	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/8/2	8.9	77.6	6.0	3.2	8.0	14:27	8	16.06	32.45	667	11.3	10.8	10.6	10.7	10.7	10.6	-182.8	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/8/3	9.2	79.3	0.0	4.3	12.5	20:11	13	25.07	50.56	665	12.5	12.1	11.5	11.3	10.9	10.7	908.0	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/8/4	8.2	95.9	0.5	4.4	11.1	21:10	11	9.04	18.76	663	10.4	11.2	11.2	11.3	11.2	11.0	36.9	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/8/5	8.0	90.4	0.0	3.2	10.0	22:24	10	10.77	22.41	663	10.1	11.5	11.4	11.4	11.1	10.9	39.9	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/8/6	9.0	87.0	0.0	3.2	8.6	2:52	9	11.38	23.06	664	10.9	11.1	11.0	11.0	11.0	10.8	70.1	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/8/7	9.4	89.2	5.0	3.4	18.3	3:25	18	20.69	41.59	663	13.8	13.3	12.5	12.1	11.5	10.9	1,427.0	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/8/8	9.3	76.0	0.0	3.0	9.8	9:44	10	23.58	47.75	661	13.3	13.5	13.1	12.9	12.2	11.5	255.8	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/8/9	10.2	53.1	0.0	3.2	9.9	4:52	10	26.12	52.03	662	12.9	12.7	12.4	12.5	12.1	11.4	155.6	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/8/10	9.3	66.6	0.0	3.0	7.9	1:51	8	13.73	27.59	665	11.6	10.9	10.9	11.4	11.5	11.6	-765.8	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/11	9.3	81.4	1.0	3.1	9.3	7:59	9	13.94	28.64	667	11.6	11.6	11.4	11.5	11.4	11.4	168.9	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/12	10.0	78.4	0.0	3.1	7.9	6:00	8	14.43	29.66	667	12.3	12.2	12.0	12.0	11.7	11.5	-74.7	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2010/8/13	10.0	62.3	0.0	3.3	9.0	10:15	9	17.68	35.41	667	12.2	11.2	11.1	11.4	11.4	11.4	-575.5	0.24	0.21	0.16	0.0	0
2010/8/14	9.6	68.6	19.0	3.0	10.4	19:37	10	21.79	43.84	667	12.7	11.7	11.3	11.5	11.3	11.4	73.7	0.24	0.21	0.16	0.0	0
2010/8/15	7.8	83.6	0.0	3.1	8.3	12:19	8	15.78	32.33	667	11.3	11.2	11.2	11.5	11.5	11.5	-586.4	0.27	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/16	8.2	85.4	11.5	2.8	10.2	11:47	10	18.68	38.01	666	11.9	11.4	11.2	11.3	11.2	11.3	46.8	0.26	0.22	0.17	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/8/17	8.7	84.5	11.5	2.5	8.6	2:06	9	15.09	30.97	667	11.9	11.6	11.4	11.6	11.5	11.4	-334.2	0.28	0.23	0.18	0.0	0
2010/8/18	7.0	88.1	17.0	2.5	6.7	1:55	7	6.64	14.11	668	8.7	9.8	10.2	10.7	10.9	11.3	-991.0	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/8/19	7.5	71.6	0.0	3.0	9.0	7:25	9	18.53	37.69	668	9.6	10.7	10.6	10.5	10.5	10.7	374.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/8/20	8.3	67.0	0.0	3.1	8.0	9:43	8	21.14	43.39	668	10.9	10.9	10.7	10.7	10.7	10.6	-31.9	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/8/21	9.1	75.9	0.0	3.2	9.1	8:19	9	22.10	45.26	666	12.6	11.4	11.0	11.1	10.9	10.8	90.5	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/8/22	8.7	73.2	0.0	3.0	10.5	12:29	11	17.06	34.42	666	11.4	10.6	10.6	10.9	10.9	11.0	-625.7	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/8/23	9.0	79.8	0.5	3.5	9.5	9:45	10	18.52	37.65	666	11.8	11.2	10.9	11.0	10.8	10.9	213.1	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/24	8.1	81.5	0.0	3.0	8.3	3:01	8	15.57	31.32	666	11.6	10.9	10.9	11.1	11.1	11.0	-634.4	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/25	7.4	87.1	2.0	2.6	8.4	8:24	8	14.67	29.78	666	11.1	10.0	10.1	10.4	10.7	11.0	-663.9	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/26	6.8	84.1	0.0	3.1	9.3	11:34	9	14.99	30.39	665	10.5	9.7	9.8	10.2	10.4	10.6	-792.8	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/27	6.9	78.9	0.0	2.9	7.2	6:34	7	13.66	27.74	664	9.8	8.9	9.1	9.6	10.0	10.4	-962.0	0.25	0.21	0.16	0.0	0
2010/8/28	7.5	76.2	28.0	2.4	6.5	2:08	7	10.83	22.28	664	10.0	8.2	8.3	9.0	9.5	10.2	-858.0	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/8/29	7.7	92.4	3.5	2.6	11.8	22:31	12	7.00	14.52	664	9.5	9.4	9.5	9.6	9.8	10.1	-231.8	0.30	0.24	0.19	0.0	0
2010/8/30	7.9	81.8	15.0	5.4	13.9	19:02	14	7.03	15.03	661	8.0	8.7	8.9	9.3	9.5	10.0	-438.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/8/31	8.8	93.8	6.0	3.8	20.4	17:44	20	5.56	11.94	659	9.6	10.1	10.0	9.9	9.8	9.9	148.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/1	8.8	90.5	14.5	4.4	14.6	8:37	15	3.08	6.64	661	8.5	8.7	8.9	9.3	9.5	9.9	-534.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/2	8.1	96.2	0.0	4.6	14.7	8:32	15	5.91	12.46	664	9.2	9.6	9.5	9.5	9.5	9.7	142.8	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/3	7.8	78.8	0.0	3.9	12.1	22:53	12	20.17	41.08	664	11.3	10.1	9.9	9.8	9.6	9.6	324.8	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/4	7.4	88.3	0.5	3.4	11.9	4:40	12	14.93	31.19	663	10.9	10.8	10.6	10.5	10.2	10.0	412.3	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/5	8.4	89.2	6.5	2.4	6.5	0:34	7	9.83	20.23	664	11.0	10.4	10.4	10.5	10.4	10.1	-379.6	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/6	8.3	81.1	0.0	3.0	8.6	23:11	9	11.79	24.38	664	9.8	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	40.4	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/7	8.7	73.1	0.5	4.0	14.1	21:24	14	17.55	35.89	664	11.4	10.0	9.9	10.0	10.0	10.1	111.2	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/8	8.1	89.8	0.0	4.4	12.7	8:12	13	14.96	30.63	664	10.6	10.7	10.6	10.6	10.4	10.1	200.7	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/9	7.2	97.8	9.0	4.5	15.7	11:39	16	4.01	8.49	663	8.4	9.5	9.8	10.1	10.2	10.1	-572.2	0.29	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/10	8.1	94.9	1.5	4.7	21.2	1:12	21	9.92	20.93	663	10.1	10.2	10.0	9.9	9.8	10.0	364.6	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/11	8.3	84.8	11.0	3.7	13.0	3:35	13	17.56	35.83	666	11.8	10.3	10.2	10.1	10.0	10.0	-120.4	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/9/12	6.8	78.3	0.0	3.1	8.7	12:58	9	15.12	30.80	667	10.1	8.8	9.0	9.4	9.7	9.9	-877.0	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/9/13	8.0	78.8	3.0	3.0	13.7	15:56	14	15.94	32.70	667	10.7	8.9	9.0	9.3	9.5	9.8	-679.3	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/14	7.0	86.0	0.5	2.9	7.6	10:43	8	12.66	26.05	667	9.9	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	-559.7	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/15	7.0	85.2	4.5	2.9	8.4	13:16	8	9.38	19.48	666	8.6	8.0	8.3	8.7	9.0	9.5	-915.0	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/16	7.5	77.5	0.0	3.1	10.8	20:18	11	15.59	32.00	665	10.0	8.3	8.4	8.6	8.9	9.3	-546.3	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/17	6.8	66.8	0.0	3.7	11.1	7:30	11	13.43	27.11	664	7.9	8.1	8.3	8.7	8.9	9.3	-900.0	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/18	7.6	76.1	3.5	4.4	14.8	21:35	15	17.44	35.22	662	10.0	7.9	7.8	8.0	8.3	8.8	313.8	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/19	7.7	96.9	80.5	10.6	28.9	8:01	29	1.26	3.06	653	8.0	8.5	8.6	8.7	8.7	9.0	-412.7	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/9/20	6.4	96.3	4.0	5.1	24.9	5:21	25	4.65	9.71	662	7.4	7.9	8.0	8.3	8.5	8.7	-466.9	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/9/21	7.2	82.8	1.0	4.0	14.5	5:07	15	17.38	34.99	667	9.9	8.5	8.3	8.3	8.4	8.6	-199.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/22	7.1	71.3	0.5	3.0	8.0	10:56	8	14.73	29.50	667	9.1	7.9	8.1	8.4	8.6	8.6	-941.0	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/9/23	6.3	81.1	0.0	3.8	10.6	22:16	11	11.20	22.85	666	8.3	7.2	7.3	7.6	8.1	8.6	-567.1	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/9/24	7.2	88.2	0.0	4.8	13.9	1:45	14	11.89	24.89	665	9.5	9.0	8.6	8.6	8.5	8.6	24.7	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/9/25	8.5	79.4	0.0	3.8	10.5	3:21	11	15.46	31.82	666	10.9	9.2	9.1	9.1	8.9	8.6	-211.7	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/26	7.8	82.3	0.0	2.9	8.4	18:15	8	8.69	17.99	667	9.0	8.1	8.3	8.6	8.8	8.8	-675.5	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/27	7.8	86.1	0.0	2.7	8.3	20:38	8	8.05	16.64	667	8.9	8.2	8.3	8.4	8.6	8.8	-330.8	0.28	0.23	0.18	0.0	0
2010/9/28	7.2	86.7	3.0	2.6	6.7	6:21	7	9.70	20.10	667	9.0	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	-433.4	0.28	0.23	0.18	0.0	0
2010/9/29	6.7	88.1	12.0	2.5	7.1	14:05	7	7.16	14.77	667	7.9	7.6	7.8	8.1	8.4	8.6	-673.3	0.29	0.24	0.18	0.0	0
2010/9/30	6.2	77.0	0.0	3.0	7.4	11:30	7	13.15	26.68	667	8.3	7.5	7.8	8.0	8.3	8.6	-648.6	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/10/1	7.1	72.8	0.5	3.0	7.2	9:03	7	16.15	32.76	667	9.1	7.7	7.7	7.8	7.9	8.5	-24.3	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/10/2	7.3	81.4	11.0	2.8	19.6	17:39	20	9.54	19.36	667	8.7	7.6	7.7	7.9	8.1	8.4	-333.6	0.29	0.24	0.19	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/10/3	6.3	92.1	0.5	2.6	7.1	23:56	7	6.08	12.85	666	7.3	7.3	7.5	7.7	8.0	8.3	-526.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/10/4	6.5	84.5	0.0	3.6	10.6	4:44	11	12.03	24.94	665	8.7	7.8	7.8	7.8	7.9	8.2	-30.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/10/5	6.3	77.9	0.0	3.9	10.2	5:14	10	12.98	26.50	665	7.8	8.0	8.0	8.1	8.2	8.3	-132.3	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/10/6	5.9	81.7	0.0	4.2	10.4	3:49	10	7.94	16.48	665	6.8	7.5	7.5	7.8	8.0	8.3	-283.0	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/10/7	6.2	88.9	5.5	2.4	9.2	9:50	9	6.20	13.17	665	7.8	8.1	8.0	8.0	8.0	8.3	170.3	0.29	0.24	0.18	0.0	0
2010/10/8	6.4	95.6	7.0	2.3	16.5	2:59	17	4.46	9.58	664	7.6	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	5.3	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/10/9	6.5	95.7	2.5	3.1	12.2	5:16	12	4.36	9.07	662	7.5	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	-80.5	0.32	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/10	7.9	89.7	2.5	2.9	10.6	20:54	11	7.71	16.34	664	9.0	9.2	9.0	8.7	8.4	8.3	521.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/11	8.2	82.4	5.5	3.5	21.8	15:07	22	10.36	21.53	667	9.8	9.5	9.4	9.2	8.9	8.6	166.4	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/12	7.6	87.2	4.0	2.3	9.0	1:48	9	7.52	15.68	668	8.6	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	-461.4	0.32	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/13	8.1	88.2	1.0	2.6	8.8	21:09	9	11.19	23.15	667	10.0	9.1	8.9	8.7	8.6	8.5	257.4	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/14	8.0	82.8	10.5	3.0	10.2	4:32	10	10.92	22.67	666	9.5	8.8	8.8	8.8	8.7	8.6	-108.5	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/15	6.6	86.3	0.0	2.9	9.7	23:06	10	10.90	22.61	666	8.3	8.3	8.3	8.5	8.5	8.6	-299.3	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/16	6.3	91.0	13.0	2.5	9.5	3:38	10	6.32	13.41	666	7.5	7.3	7.4	7.7	8.1	8.5	-337.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/17	5.5	91.8	3.5	2.3	7.5	20:20	8	8.60	18.36	666	7.5	8.1	8.1	8.2	8.2	8.3	-297.9	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/10/18	6.4	95.1	1.5	3.7	15.5	8:12	16	5.11	10.71	665	7.1	7.3	7.3	7.5	7.7	8.1	213.6	0.32	0.27	0.20	0.0	0
2010/10/19	7.2	96.6	10.0	3.1	15.7	0:52	16	7.06	14.89	663	8.8	9.2	9.0	8.7	8.4	8.1	599.7	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/10/20	7.5	94.8	28.0	2.5	13.5	23:29	14	6.02	12.83	662	8.7	8.8	8.7	8.7	8.6	8.4	148.8	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/10/21	6.8	97.8	51.0	4.8	20.4	18:08	20	1.63	3.93	661	7.3	8.1	8.3	8.5	8.5	8.6	-456.7	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/10/22	6.3	97.8	17.0	5.6	16.9	21:03	17	2.54	5.60	659	6.9	7.3	7.5	7.6	7.8	8.1	-201.5	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/10/23	6.0	81.9	0.0	4.7	14.7	7:04	15	16.36	33.35	660	8.7	8.8	8.6	8.4	8.1	8.0	525.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/10/24	7.5	41.4	0.0	4.3	13.0	22:00	13	19.66	40.03	662	8.3	7.7	7.8	8.1	8.1	8.2	-493.5	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/10/25	7.3	47.1	0.0	4.5	15.1	2:18	15	20.93	41.54	663	8.8	6.9	6.8	7.0	7.3	7.9	92.1	0.29	0.25	0.19	0.0	0
2010/10/26	5.6	64.1	0.0	3.5	12.6	19:35	13	17.72	36.46	664	7.9	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	-407.4	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2010/10/27	6.2	58.8	0.0	3.4	10.9	17:47	11	20.22	41.10	663	7.8	6.7	6.7	6.9	7.1	7.4	-179.9	0.28	0.24	0.18	0.0	0
2010/10/28	5.7	56.1	0.0	3.4	11.7	5:46	12	20.16	41.06	662	7.8	6.4	6.4	6.6	6.8	7.2	-162.9	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/10/29	8.0	42.0	0.0	3.2	9.7	22:32	10	20.04	40.89	664	8.8	6.7	6.6	6.7	6.8	7.2	180.8	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/10/30	5.7	68.0	0.0	2.9	8.9	21:08	9	19.85	40.59	665	8.4	7.0	6.9	7.0	6.9	7.2	158.3	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/10/31	3.5	31.8	0.0	3.1	9.9	2:39	10	20.40	40.29	665	5.9	5.3	5.6	6.1	6.5	7.0	-744.7	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/11/1	5.3	18.9	0.0	3.0	9.1	2:34	9	20.07	39.98	665	5.9	4.5	4.7	5.2	5.7	6.5	-332.6	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2010/11/2	5.4	24.1	0.0	3.8	11.5	21:13	12	20.02	39.85	665	6.5	4.7	4.7	5.0	5.3	6.1	-109.5	0.24	0.21	0.16	0.0	0
2010/11/3	5.4	30.4	0.0	3.1	10.6	11:43	11	19.94	39.87	665	6.6	4.6	4.6	4.9	5.2	5.9	-131.3	0.24	0.21	0.16	0.0	0
2010/11/4	4.7	81.8	10.0	3.3	10.6	18:37	11	7.58	16.18	666	5.1	4.5	4.5	4.8	5.0	5.7	105.6	0.25	0.21	0.16	0.0	0
2010/11/5	5.0	97.2	21.0	2.9	20.1	14:39	20	3.50	7.79	665	5.8	6.0	5.8	5.8	5.7	5.8	410.0	0.32	0.26	0.19	0.0	0
2010/11/6	5.7	97.9	6.0	2.6	26.7	1:20	27	3.59	7.80	664	6.6	6.8	6.7	6.6	6.3	6.1	381.8	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/11/7	5.5	93.9	1.0	3.6	17.3	6:32	17	7.98	17.08	665	7.4	7.7	7.5	7.2	6.8	6.4	471.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/11/8	4.1	79.4	1.0	4.6	12.6	13:32	13	8.03	16.47	664	4.6	5.8	6.1	6.5	6.6	6.6	-952.0	0.31	0.26	0.20	0.0	0
2010/11/9	2.3	36.0	0.0	5.4	13.4	4:57	13	19.19	38.41	664	3.6	3.8	4.1	4.8	5.4	6.2	-965.0	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2010/11/10	2.3	20.5	0.0	3.7	12.6	1:47	13	16.65	33.58	665	3.6	3.3	3.5	4.0	4.6	5.7	-593.6	0.28	0.25	0.19	0.0	0
2010/11/11	0.8	29.9	0.0	3.1	8.0	18:03	8	16.37	32.64	664	2.7	2.8	3.0	3.6	4.1	5.0	-566.6	0.27	0.24	0.19	0.0	0
2010/11/12	4.1	40.6	2.0	3.5	11.4	21:21	11	12.53	25.38	664	3.9	3.0	3.0	3.4	3.7	4.6	-41.1	0.27	0.24	0.18	0.0	0
2010/11/13	3.8	95.4	31.0	2.5	14.8	22:59	15	2.84	6.31	666	4.5	4.6	4.4	4.3	4.3	4.6	288.3	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/11/14	4.1	94.8	11.5	4.0	14.6	2:34	15	3.33	7.21	667	4.6	4.9	4.8	4.8	4.7	4.7	189.2	0.33	0.29	0.22	0.0	0
2010/11/15	3.7	96.0	7.0	2.8	20.2	20:03	20	3.72	7.90	666	4.7	5.1	5.1	5.0	5.0	5.1	134.2	0.33	0.28	0.21	0.0	0
2010/11/16	3.0	94.6	7.5	3.5	23.1	1:07	23	4.63	9.79	665	4.0	5.0	5.1	5.1	5.2	5.1	-296.8	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/11/17	2.4	72.2	0.0	4.3	10.8	13:16	11	10.73	22.12	664	3.1	3.8	4.0	4.3	4.6	5.0	-552.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0
2010/11/18	2.2	82.6	8.0	3.5	11.1	11:27	11	6.00	12.42	664	2.2	2.5	2.8	3.3	4.0	4.6	-826.0	0.32	0.27	0.21	0.0	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2010/11/19	1.9	86.2	8.0	3.8	11.7	18:03	12	8.17	16.79	662	2.7	3.3	3.3	3.5	3.6	4.4	-3.3	0.33	0.28	0.22	0.0	0
2010/11/20	2.3	64.6	0.0	4.3	12.6	6:08	13	12.20	25.57	661	2.1	2.4	2.7	3.1	3.5	4.3	-606.9	0.31	0.27	0.20	0.0	0
2010/11/21	3.9	54.4	0.0	3.5	13.3	23:00	13	17.05	34.67	661	3.6	2.9	3.0	3.2	3.4	4.1	57.8	0.30	0.26	0.20	0.0	0
2010/11/22	2.2	76.5	0.0	4.2	12.6	7:48	13	14.28	29.05	660	3.7	3.4	3.2	3.3	3.4	4.0	392.9	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/11/23	0.3	83.0	0.0	4.9	13.2	17:29	13	6.60	13.90	660	1.4	2.7	2.8	3.2	3.4	4.0	-657.4	0.30	0.25	0.19	0.0	0
2010/11/24	4.0	16.4	0.0	2.9	10.0	21:45	10	14.80	29.75	662	2.4	2.0	2.2	2.6	3.0	3.7	-344.0	0.28	0.24	0.19	0.0	0
2010/11/25	-0.5	76.5	0.0	3.2	11.9	22:59	12	7.88	16.46	661	1.3	1.7	1.8	2.3	2.7	3.4	-496.0	0.28	0.24	0.19	0.0	1
2010/11/26	-0.1	39.9	0.0	3.3	11.2	1:36	11	16.74	34.11	661	1.1	1.4	1.5	2.0	2.4	3.3	-308.1	0.27	0.24	0.18	0.0	1
2010/11/27	1.7	51.7	0.0	4.3	12.2	5:39	12	16.57	34.08	662	2.2	1.4	1.5	1.9	2.2	3.0	-130.3	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/11/28	1.3	86.8	0.0	3.8	10.7	22:25	11	9.18	19.42	663	2.6	2.1	2.1	2.2	2.2	3.0	300.8	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/11/29	1.7	89.9	0.0	4.1	10.2	11:11	10	8.67	18.17	663	3.2	3.3	3.1	3.0	2.9	3.0	262.4	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2010/11/30	2.1	68.8	0.0	4.1	11.5	10:39	12	15.29	31.70	662	2.8	2.8	2.8	3.0	3.1	3.3	15.0	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/12/1	3.3	45.5	0.0	4.1	14.3	15:50	182	16.28	33.21	662	2.4	2.1	2.3	2.6	2.8	3.3	-295.9	0.25	0.23	0.17	0.0	0
2010/12/2	1.6	84.0	0.0	4.7	12.6	5:40	175	3.58	7.42	662	1.1	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	-623.6	0.25	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/3	0.7	84.4	0.0	4.8	12.9	0:51	175	1.26	2.83	663	1.0	2.0	2.1	2.3	2.4	2.9	-501.9	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/4	1.9	72.4	0.0	4.0	13.8	2:10	189	9.26	19.25	663	1.9	2.1	2.1	2.3	2.5	3.0	-75.5	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/5	1.9	72.4	0.0	4.0	13.8	2:10	14	9.26	19.25	663	1.9	2.1	2.1	2.3	2.4	2.9	-75.5	0.26	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/6	2.6	52.0	0.0	3.8	13.1	3:09	13	14.70	30.32	662	2.4	1.8	1.9	2.2	2.5	2.9	-174.0	0.24	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/7	0.5	82.8	0.0	4.4	13.1	5:22	13	11.98	24.72	661	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.9	-70.1	0.24	0.22	0.17	0.0	0
2010/12/8	-3.4	69.3	0.0	4.7	15.2	23:21	15	7.74	16.46	657	-1.2	0.6	1.0	1.7	2.0	2.7	-847.0	0.24	0.21	0.16	0.0	1
2010/12/9	-4.4	16.4	0.0	3.7	13.4	8:24	13	15.77	31.85	655	-2.1	0.1	0.6	0.8	1.6	2.4	-1,610.0	0.21	0.21	0.16	0.0	1
2010/12/10	-2.4	10.8	0.0	4.1	15.7	23:56	16	15.86	31.71	657	-1.8	-0.1	0.0	0.6	1.2	2.1	-2,170.0	0.11	0.19	0.16	0.0	1
2010/12/11	0.0	38.6	0.0	3.4	14.2	0:56	14	8.57	17.94	658	-0.3	-0.3	-0.2	0.4	0.9	1.9	-1,101.0	0.09	0.18	0.15	3.2	1
2010/12/12	1.5	96.7	8.0	3.0	20.8	7:48	21	2.80	5.98	659	0.9	-0.2	-0.2	0.2	0.9	1.6	300.8	0.11	0.18	0.15	9.7	0
2010/12/13	5.0	76.3	0.0	5.7	15.6	8:03	16	8.43	17.83	661	2.5	0.0	0.1	0.4	0.8	1.5	1,602.0	0.17	0.19	0.15	0.0	0
2010/12/14	6.8	54.9	0.0	5.2	12.5	3:11	13	15.06	31.31	663	4.3	1.1	0.7	1.0	1.0	1.5	2,023.0	0.28	0.22	0.16	0.0	0
2010/12/15	5.0	49.3	0.0	5.6	14.6	1:46	15	10.58	22.22	663	3.2	2.3	2.0	1.9	1.7	1.9	598.2	0.27	0.22	0.17	0.2	0
2010/12/16	3.0	86.3	14.0	4.0	19.7	10:48	20	1.90	4.25	660	2.5	2.3	2.2	2.3	2.1	2.3	180.9	0.30	0.24	0.17	0.4	0
2010/12/17	0.7	94.1	50.5	2.1	15.9	8:33	16	1.47	3.65	656	1.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	-607.6	0.36	0.31	0.24	0.0	0
2010/12/18	-2.4	20.6	1.0	4.7	20.5	3:28	21	15.74	31.53	656	-0.4	0.8	1.0	1.6	1.9	2.5	-714.3	0.33	0.28	0.21	2.9	1
2010/12/19	2.4	12.0	0.0	3.6	15.2	0:00	15	15.64	31.27	660	-0.5	0.6	0.6	1.1	1.6	2.0	-491.4	0.30	0.26	0.20	0.9	0
2010/12/20	4.3	10.0	0.0	5.7	17.3	20:18	17	15.59	31.27	662	-0.5	0.4	0.5	0.9	1.3	1.9	-387.9	0.28	0.25	0.19	0.0	0
2010/12/21	5.6	6.9	0.0	7.4	16.8	1:45	17	15.64	31.41	661	-0.6	0.2	0.5	0.9	1.2	1.8	-330.5	0.27	0.24	0.19	0.0	0
2010/12/22	5.0	13.7	0.0	6.4	16.6	4:33	17	14.90	31.11	659	-0.4	0.2	0.7	0.7	1.1	1.5	-288.8	0.26	0.23	0.18	0.0	0
2010/12/23	-0.2	31.3	0.0	3.5	12.5	12:40	13	15.33	31.59	658	-1.0	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	-268.3	0.25	0.23	0.18	0.0	1
2010/12/24	-1.3	42.9	0.0	2.9	9.6	22:26	10	13.90	28.27	659	-1.6	0.0	0.3	0.6	0.7	1.4	-252.2	0.23	0.22	0.17	0.0	1
2010/12/25	-2.2	77.1	0.0	4.4	21.0	23:56	21	15.36	31.05	658	-1.1	0.0	0.4	0.6	0.7	1.3	-214.2	0.21	0.21	0.17	0.4	1
2010/12/26	-2.9	96.1	0.0	4.9	26.0	4:07	26	2.39	5.19	656	-1.0	-0.2	0.4	0.3	0.5	1.2	-190.2	0.22	0.21	0.16	1.2	1
2010/12/27	-5.3	63.0	0.0	2.2	17.2	17:20	17	15.88	32.45	655	-1.4	-0.1	0.2	0.3	0.6	1.3	-183.7	0.22	0.20	0.16	0.2	1
2010/12/28	-4.6	17.5	0.0	4.4	13.0	11:43	13	15.51	31.27	657	-2.7	-0.1	0.0	0.3	0.6	1.2	-873.0	0.19	0.20	0.16	0.0	1
2010/12/29	-3.6	31.2	1.0	4.6	14.7	1:57	15	15.53	31.28	659	-2.6	0.0	0.0	0.3	0.6	1.0	-1,306.0	0.13	0.18	0.15	0.7	1
2010/12/30	-5.0	71.6	0.0	3.0	13.9	4:15	14	15.59	31.48	658	-2.5	-0.1	0.0	0.0	0.4	0.9	-1,117.0	0.10	0.17	0.15	0.1	1
2010/12/31	-5.3	58.4	0.0	4.7	13.7	23:35	14	15.45	31.37	657	-2.9	-0.7	0.1	0.0	0.3	0.7	-1,097.0	0.09	0.14	0.14	0.0	1
2011/1/1	-5.6	39.3	0.0	5.2	13.6	9:52	19	15.33	31.39	656	-4.6	-1.5	-0.8	-0.1	0.1	0.7	-1,343.5	0.07	0.07	0.12	0.0	1
2011/1/2	-4.1	85.8	0.0	3.9	15.8	1:04	22	15.44	31.92	658	-2.7	-1.5	-1.2	-0.6	0.0	0.6	-671.3	0.07	0.07	0.10	2.0	1
2011/1/3	-3.5	96.5	0.0	0.0	0.0	2:28	22	1.90	4.28	658	-2.2	-1.3	-0.9	-0.7	-0.2	0.5	-414.2	0.07	0.07	0.08	0.0	1
2011/1/4	-4.1	96.3	0.0	0.0	0.0	12:34	17	2.64	5.79	659	-2.1	-1.1	-0.7	-0.7	-0.2	0.5	-403.1	0.07	0.07	0.08	0.0	1

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/1/5	-2.0	97.3	0.5	0.0	0.0	23:58	18	8.31	18.31	660	-1.2	-0.9	-0.9	-0.5	-0.2	0.5	-218.2	0.08	0.07	0.08	5.4	1
2011/1/6	-0.6	98.1	8.0	1.4	20.4	18:11	31	8.47	18.37	661	-0.4	-0.7	-0.6	-0.5	-0.2	0.5	54.1	0.08	0.07	0.08	0.2	1
2011/1/7	-1.8	79.8	6.0	1.5	21.9	9:58	16	16.76	33.48	659	-0.1	-0.2	-0.4	-0.1	-0.1	0.5	209.1	0.09	0.08	0.08	0.0	1
2011/1/8	2.7	23.0	2.5	4.0	13.7	12:41	19	16.10	33.16	660	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.1	0.5	140.0	0.09	0.08	0.09	0.0	0
2011/1/9	-0.4	81.7	4.5	3.1	17.9	23:02	18	11.33	23.96	661	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.5	-245.8	0.09	0.08	0.09	0.0	1
2011/1/10	-1.1	97.7	0.0	0.2	11.6	3:23	21	3.05	6.84	658	-0.2	0.1	0.1	-0.2	-0.2	0.5	116.0	0.09	0.08	0.09	0.0	1
2011/1/11	-0.9	98.1	1.5	0.2	23.7	0:13	27	2.03	4.91	656	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.5	100.8	0.10	0.08	0.09	4.8	1
2011/1/12	-2.0	97.5	0.0	2.1	59.4	23:57	16	4.44	10.87	656	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.5	94.7	0.10	0.09	0.09	7.7	1
2011/1/13	-2.9	97.2	0.0	0.9	55.6	0:01	16	5.11	12.65	658	-0.5	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.5	83.6	0.10	0.09	0.10	0.0	1
2011/1/14	-2.1	97.5	0.5	0.6	37.5	8:33	14	7.14	15.92	659	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.5	73.4	0.11	0.09	0.10	1.9	1
2011/1/15	-3.5	95.3	4.5	0.4	29.7	19:51	13	18.63	40.39	657	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.4	64.9	0.11	0.09	0.10	0.0	1
2011/1/16	-5.6	78.2	0.0	0.9	18.5	19:39	14	17.46	36.27	655	-1.2	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.3	37.1	0.11	0.10	0.10	0.2	1
2011/1/17	-2.5	50.7	2.0	4.6	13.4	1:27	14	17.46	35.81	659	-1.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.4	-76.3	0.11	0.10	0.11	0.0	1
2011/1/18	-1.4	62.3	2.0	3.4	13.3	21:21	13	14.49	29.78	660	-1.2	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.5	-244.2	0.10	0.10	0.11	0.9	1
2011/1/19	-2.6	93.2	2.5	3.0	9.5	4:40	17	7.01	15.22	661	-0.8	0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.4	-159.6	0.10	0.09	0.11	0.0	1
2011/1/20	0.9	95.3	7.5	3.0	20.7	4:36	21	5.94	13.57	661	-0.5	-0.1	-0.2	-0.2	0.1	0.5	-111.4	0.10	0.09	0.11	0.0	0
2011/1/21	0.7	97.9	23.5	2.8	22.0	23:33	15	7.69	16.86	660	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.5	25.6	0.10	0.09	0.11	0.0	0
2011/1/22	-0.3	62.5	0.5	2.5	11.8	18:28	25	17.61	35.60	660	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.4	37.2	0.11	0.10	0.11	0.0	1
2011/1/23	-1.7	65.6	0.0	3.7	28.2	22:00	19	17.91	36.12	660	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.3	37.6	0.11	0.10	0.12	0.0	1
2011/1/24	-3.7	89.6	0.0	5.6	32.5	0:10	25	12.88	26.42	660	-0.9	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.3	-38.3	0.11	0.10	0.12	0.0	1
2011/1/25	-4.0	96.6	0.0	3.6	12.9	1:43	23	3.67	8.17	661	-1.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	-155.9	0.11	0.10	0.12	0.0	1
2011/1/26	-3.1	92.4	0.0	3.8	12.8	7:21	34	16.42	33.38	663	-0.8	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.3	-192.0	0.10	0.10	0.13	0.0	1
2011/1/27	-1.7	68.4	0.0	2.5	8.3	0:01	0	18.67	37.54	664	-0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	-132.9	0.10	0.10	0.13	0.6	1
2011/1/28	0.4	54.1	0.0	3.6	12.5	11:43	13	12.71	26.52	662	-0.7	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.4	-80.8	0.10	0.10	0.13	0.0	0
2011/1/29	-2.5	92.1	0.0	3.1	13.9	0:03	15	4.66	10.28	660	-1.0	-0.2	-0.2	-0.2	0.1	0.2	-67.0	0.11	0.10	0.14	0.0	1
2011/1/30	-5.1	95.9	0.0	0.0	0.0	23:16	14	2.92	6.69	659	-1.7	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	-299.1	0.10	0.10	0.14	1.0	1
2011/1/31	-6.7	95.0	0.0	0.0	0.0	16:37	21	3.56	8.11	659	-2.5	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	0.3	-624.2	0.10	0.10	0.14	0.0	1
2011/2/1	-6.0	95.3	0.0	0.0	0.0	7:06	14	4.84	10.87	658	-2.6	-0.3	0.1	-0.1	-0.1	0.2	-701.5	0.09	0.09	0.14	0.0	1
2011/2/2	-4.9	95.7	0.0	0.0	0.0	18:59	13	8.29	18.65	659	-2.0	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.3	-525.7	0.09	0.09	0.13	0.0	1
2011/2/3	-5.6	83.2	4.0	2.1	15.6	21:29	11	18.67	37.27	659	-2.0	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.3	-647.4	0.08	0.08	0.13	0.6	1
2011/2/4	-3.1	32.0	0.0	3.3	9.3	6:54	14	20.59	40.71	660	-2.4	-0.7	-0.6	-0.1	0.0	0.3	-900.7	0.08	0.08	0.12	0.0	1
2011/2/5	-1.2	22.0	0.0	2.9	7.5	12:39	14	19.85	39.25	661	-2.8	-1.2	-0.8	-0.4	0.0	0.3	-1,084.7	0.08	0.07	0.11	0.0	1
2011/2/6	0.0	25.1	0.0	3.3	8.9	20:17	15	20.02	39.60	661	-2.5	-1.3	-0.9	-0.6	0.0	0.3	-863.3	0.07	0.07	0.10	0.0	0
2011/2/7	1.7	22.1	0.0	3.8	11.2	4:10	17	20.30	40.15	658	-2.2	-1.3	-1.0	-0.7	-0.1	0.2	-682.7	0.07	0.07	0.09	0.0	0
2011/2/8	-1.8	73.5	0.5	4.1	12.7	3:00	33	6.09	13.13	656	-2.1	-0.9	-0.9	-0.8	-0.1	0.2	-472.8	0.08	0.07	0.09	0.0	1
2011/2/9	1.1	38.0	0.5	3.7	8.7	22:02	20	18.92	37.49	658	-2.0	-1.2	-1.1	-0.8	-0.1	0.2	-492.5	0.08	0.07	0.09	0.6	0
2011/2/10	-1.2	74.7	0.0	4.4	13.6	9:47	27	12.93	26.40	658	-1.5	-0.9	-0.9	-0.6	-0.1	0.2	-178.6	0.08	0.07	0.09	0.0	1
2011/2/11	-2.8	96.7	0.0	4.7	18.1	10:58	20	4.15	9.14	657	-1.6	-0.7	-0.6	-0.5	0.0	0.2	-98.6	0.08	0.07	0.09	0.0	1
2011/2/12	-3.6	96.5	0.0	3.1	11.5	15:49	23	3.45	7.72	657	-1.9	-0.9	-0.8	-0.5	0.0	0.2	-311.2	0.08	0.07	0.09	2.6	1
2011/2/13	-3.8	96.1	0.5	3.6	13.3	13:19	14	7.48	15.90	657	-1.7	-0.8	-0.9	-0.4	0.0	0.2	-338.1	0.08	0.07	0.09	8.5	1
2011/2/14	-2.1	97.1	6.0	4.0	18.8	2:35	11	8.31	19.18	657	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	0.0	0.2	-159.7	0.08	0.07	0.09	11.5	1
2011/2/15	-2.4	95.8	0.5	6.3	21.9	22:28	11	9.27	20.93	659	-0.8	-0.5	-0.6	-0.5	-0.1	0.2	-77.7	0.08	0.07	0.09	2.6	1
2011/2/16	-1.0	98.0	0.5	2.8	21.8	20:43	13	5.78	14.01	660	-0.8	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	0.2	-73.5	0.08	0.08	0.09	4.8	1
2011/2/17	-1.6	94.5	7.5	2.8	16.9	0:06	12	15.33	32.47	660	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.2	-61.4	0.08	0.08	0.09	0.0	1
2011/2/18	-0.5	82.2	7.5	6.5	18.3	13:34	12	17.81	37.19	659	-0.5	-0.6	-0.5	-0.1	-0.2	0.2	-49.7	0.09	0.08	0.09	0.0	1
2011/2/19	0.0	98.7	8.5	6.9	31.0	23:23	23	2.35	6.28	659	-0.3	-0.5	-0.5	0.1	-0.2	0.2	-8.6	0.09	0.08	0.09	0.0	1
2011/2/20	-1.4	97.4	3.0	2.0	15.6	0:45	20	7.97	18.87	659	-0.2	-0.4	-0.5	-0.1	-0.2	0.2	34.3	0.09	0.08	0.09	5.2	1

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/2/21	-3.1	92.3	0.0	6.3	18.6	21:17	11	4.62	11.58	658	-0.2	-0.2	-0.3	0.0	-0.2	0.2	32.2	0.09	0.08	0.09	0.0	1
2011/2/22	-1.8	80.8	14.0	4.7	18.4	0:29	12	22.82	46.32	660	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	-25.6	0.10	0.08	0.09	0.1	1
2011/2/23	-1.3	97.6	1.5	3.7	21.0	11:19	8	7.53	17.41	660	-0.1	0.1	0.1	-0.2	-0.2	0.2	4.0	0.10	0.09	0.09	0.0	1
2011/2/24	-0.2	98.1	5.0	3.3	26.5	21:48	9	3.54	8.93	661	-0.2	0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.2	5.9	0.10	0.09	0.10	1.6	1
2011/2/25	0.0	90.5	10.0	4.6	15.5	18:53	12	12.91	26.99	662	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.1	0.2	25.6	0.10	0.09	0.10	0.0	1
2011/2/26	2.7	50.2	0.0	3.9	15.5	23:07	13	23.34	46.35	663	-0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.2	35.5	0.10	0.09	0.10	0.0	0
2011/2/27	6.2	15.2	0.0	3.8	13.6	0:19	14	23.37	46.08	664	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	38.8	0.10	0.09	0.10	0.0	0
2011/2/28	6.3	25.6	0.0	4.4	13.2	3:47	12	23.35	46.32	663	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.2	37.3	0.10	0.09	0.10	0.0	0
2011/3/1	4.4	57.7	0.0	5.0	14.0	22:24	11	22.86	46.53	662	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.2	35.4	0.11	0.09	0.10	0.0	0
2011/3/2	2.6	48.2	0.0	3.8	13.7	20:16	14	23.25	46.94	661	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.2	36.3	0.11	0.09	0.10	0.0	0
2011/3/3	0.1	67.1	0.0	3.4	12.5	16:10	16	23.06	46.89	660	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	32.1	0.11	0.10	0.10	0.0	0
2011/3/4	-2.5	95.4	0.0	4.5	16.6	5:31	17	6.13	13.65	659	-0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.2	33.0	0.11	0.10	0.10	0.0	1
2011/3/5	0.4	69.4	0.0	3.3	20.7	16:59	14	23.37	46.91	661	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	-15.1	0.11	0.10	0.10	0.0	0
2011/3/6	1.0	84.9	1.5	4.1	15.2	2:18	14	15.62	31.79	661	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	-27.8	0.11	0.10	0.11	0.0	0
2011/3/7	-0.4	98.4	4.0	4.6	25.0	20:35	9	2.85	7.12	658	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	20.8	0.11	0.10	0.11	0.0	1
2011/3/8	-1.9	96.6	20.0	3.3	19.1	12:02	10	17.74	36.32	659	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	30.5	0.11	0.10	0.11	0.0	1
2011/3/9	-1.1	86.2	0.5	5.0	24.7	6:30	13	22.34	45.31	662	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	31.2	0.12	0.10	0.12	0.0	1
2011/3/10	-1.1	97.9	0.0	3.1	22.6	0:46	30	2.16	5.38	661	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	36.0	0.12	0.11	0.12	0.0	1
2011/3/11	-0.9	98.1	0.0	0.2	34.2	5:28	14	3.43	8.64	661	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	39.1	0.12	0.11	0.13	0.0	1
2011/3/12	-0.2	98.4	0.0	0.0	0.0	17:50	11	2.94	7.50	661	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	32.1	0.13	0.11	0.13	0.5	1
2011/3/13	1.9	83.5	15.5	2.5	12.8	20:04	15	23.12	47.49	662	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	28.0	0.13	0.12	0.14	0.0	0
2011/3/14	4.4	63.6	0.0	4.9	14.8	7:31	14	22.04	44.40	664	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	27.8	0.14	0.12	0.14	0.3	0
2011/3/15	3.7	51.2	0.0	5.7	14.2	14:34	9	22.13	45.01	663	2.6	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.2	46.2	0.14	0.13	0.14	0.0	0
2011/3/16	-0.2	89.5	0.0	3.4	21.0	17:03	24	5.51	11.98	661	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	38.2	0.15	0.13	0.15	0.0	1
2011/3/17	0.4	95.5	0.0	3.7	13.7	17:37	19	10.77	23.56	662	1.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	28.1	0.16	0.14	0.15	0.5	0
2011/3/18	4.0	94.1	25.5	4.1	13.2	22:54	17	4.15	9.50	663	3.0	-0.2	-0.2	0.1	0.1	0.1	21.8	0.16	0.15	0.15	0.0	0
2011/3/19	4.8	97.7	20.5	3.3	11.1	0:49	15	5.42	12.13	663	4.4	-0.1	-0.2	0.2	0.2	0.1	26.4	0.18	0.16	0.16	0.0	0
2011/3/20	4.9	88.3	0.5	4.6	14.3	7:36	18	11.05	23.14	663	4.7	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	3,695.1	0.30	0.18	0.16	0.0	0
2011/3/21	5.7	72.3	0.0	3.7	13.8	6:15	15	18.10	36.71	664	6.3	1.5	0.5	0.1	0.1	0.2	3,264.4	0.40	0.22	0.16	0.0	0
2011/3/22	4.0	76.2	0.0	5.6	15.1	1:30	16	16.99	34.25	663	5.3	2.3	1.3	0.1	0.1	0.2	2,478.3	0.39	0.31	0.17	0.0	0
2011/3/23	1.2	89.5	0.0	6.3	16.8	1:12	11	14.28	28.93	662	3.0	1.4	0.9	0.2	-0.1	0.2	1,200.0	0.36	0.30	0.19	0.0	0
2011/3/24	-0.1	96.9	1.0	4.7	32.6	5:22	13	8.33	17.05	661	1.4	1.0	0.7	0.2	-0.1	0.2	635.3	0.35	0.29	0.22	0.0	1
2011/3/25	0.1	95.1	0.5	4.7	19.8	0:58	11	10.65	21.98	661	2.0	1.5	1.0	0.5	-0.1	0.2	940.8	0.34	0.28	0.23	0.0	0
2011/3/26	0.0	98.6	1.0	4.0	27.4	0:44	13	2.59	5.79	661	0.5	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	198.5	0.33	0.27	0.23	0.0	1
2011/3/27	-1.0	98.1	0.0	2.8	20.4	19:17	10	2.06	3.21	660	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	-62.8	0.33	0.27	0.23	13.8	1
2011/3/28	-3.2	94.8	0.0	1.7	23.4	2:59	17	11.62	21.96	660	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.3	-21.9	0.33	0.26	0.23	12.2	1
2011/3/29	-3.0	39.6	0.0	4.6	13.5	23:50	9	25.65	51.44	662	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	-19.9	0.33	0.26	0.23	0.0	1
2011/3/30	1.6	30.1	11.5	3.7	11.2	20:24	13	20.93	42.07	663	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	-19.2	0.33	0.27	0.24	0.0	0
2011/3/31	0.6	83.9	0.5	2.7	10.5	2:19	16	6.54	14.43	662	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	-22.2	0.33	0.27	0.24	0.0	0
2011/4/1	1.7	81.1	0.0	3.7	13.1	16:54	16	14.13	29.36	662	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	-22.6	0.35	0.28	0.26	0.0	0
2011/4/2	0.4	82.1	0.0	3.7	12.1	13:09	18	15.32	31.22	661	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	-25.1	0.35	0.29	0.26	0.0	0
2011/4/3	0.3	85.6	0.0	4.2	12.4	8:44	12	14.31	28.69	660	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	-28.7	0.34	0.28	0.26	0.1	0
2011/4/4	0.1	98.5	11.0	5.1	22.7	17:15	8	1.33	3.46	660	0.0	-0.2	-0.1	0.3	0.2	0.1	-32.7	0.34	0.28	0.26	0.0	0
2011/4/5	1.6	86.2	0.0	5.5	20.1	20:37	8	24.10	48.60	661	4.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	-51.0	0.35	0.29	0.27	0.0	0
2011/4/6	3.3	66.9	0.0	3.2	10.6	23:24	9	13.86	28.27	663	4.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	-254.9	0.34	0.28	0.26	0.0	0
2011/4/7	3.1	63.9	0.0	3.0	11.8	5:52	9	22.82	45.90	663	6.3	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	686.2	0.32	0.26	0.23	0.0	0
2011/4/8	3.3	78.9	0.0	2.7	7.9	7:33	13	16.85	34.34	665	5.9	3.6	3.3	3.0	2.5	1.8	307.7	0.31	0.25	0.22	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/4/9	3.9	77.8	0.0	3.1	8.7	1:24	13	13.32	27.31	667	5.6	4.3	3.8	3.6	3.0	2.3	601.6	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2011/4/10	5.0	61.7	0.0	3.7	11.7	20:35	13	16.67	33.93	666	6.4	4.7	4.3	4.1	3.6	2.8	477.1	0.29	0.24	0.21	0.0	0
2011/4/11	4.1	80.1	0.0	3.9	13.2	1:13	10	17.92	36.39	664	7.0	6.0	5.4	4.9	4.1	3.0	1,324.0	0.28	0.23	0.20	0.0	0
2011/4/12	3.1	85.6	0.0	5.4	13.9	0:05	14	13.74	28.55	664	5.4	6.1	5.8	5.5	4.8	3.6	183.0	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2011/4/13	4.8	73.9	0.0	4.2	12.0	18:47	13	24.39	49.02	665	8.7	6.5	5.9	5.5	4.7	3.8	962.0	0.27	0.22	0.19	0.0	0
2011/4/14	5.5	59.3	0.0	3.8	11.1	5:15	17	23.61	47.10	663	8.6	7.0	6.6	6.3	5.5	4.4	488.4	0.26	0.22	0.18	0.0	0
2011/4/15	6.0	51.6	0.0	4.7	13.8	23:57	18	26.99	53.89	662	9.2	7.3	6.8	6.5	5.7	4.6	733.2	0.26	0.21	0.18	0.0	0
2011/4/16	5.8	73.2	0.0	6.3	15.9	0:09	19	13.61	26.99	661	7.2	6.2	6.1	6.2	5.9	5.0	-375.8	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2011/4/17	3.9	95.1	20.5	6.7	17.4	23:37	12	3.04	6.66	659	4.4	4.9	5.0	5.2	5.3	4.9	-500.9	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/4/18	1.5	91.7	14.5	4.6	14.0	6:23	13	2.20	4.96	658	2.5	3.7	4.0	4.3	4.5	4.6	-879.7	0.33	0.27	0.24	0.0	0
2011/4/19	0.7	22.0	0.0	4.7	14.1	19:28	10	27.75	54.88	660	3.5	3.3	3.2	3.5	3.6	3.9	-235.9	0.30	0.25	0.22	0.0	0
2011/4/20	2.3	26.2	0.0	3.1	9.2	17:56	10	27.02	53.81	663	5.1	4.2	3.9	4.0	3.8	3.8	140.3	0.29	0.24	0.21	0.0	0
2011/4/21	4.4	36.9	0.0	3.4	10.0	9:50	12	22.47	45.71	663	5.2	5.4	5.0	4.8	4.4	4.0	782.4	0.28	0.23	0.20	0.0	0
2011/4/22	3.7	77.9	2.0	4.8	13.2	6:38	13	4.64	9.58	661	3.6	3.9	4.0	4.3	4.5	4.3	-531.7	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2011/4/23	1.9	97.7	8.0	4.6	29.7	2:49	14	1.95	4.57	660	2.7	3.5	3.7	4.0	4.0	4.1	-543.9	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/4/24	1.2	46.3	0.0	3.9	13.8	16:36	15	20.82	42.17	661	4.4	3.9	3.7	3.8	3.6	3.7	-15.1	0.30	0.24	0.21	0.0	0
2011/4/25	2.7	42.2	0.0	2.7	11.1	8:55	16	18.26	37.78	662	4.5	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	669.8	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2011/4/26	4.2	87.3	0.0	4.8	14.5	18:32	16	6.78	14.68	660	4.8	5.1	4.9	4.9	4.6	4.2	174.0	0.28	0.23	0.20	0.0	0
2011/4/27	4.3	71.8	0.0	5.3	14.4	17:51	15	22.83	45.83	660	6.2	6.7	6.2	5.7	5.0	4.4	1,152.0	0.27	0.23	0.19	0.0	0
2011/4/28	3.9	55.3	0.0	2.9	9.3	13:48	15	15.51	30.66	663	5.2	5.9	5.7	5.6	5.3	4.7	-14.3	0.27	0.22	0.19	0.0	0
2011/4/29	4.2	63.4	6.0	3.7	23.7	14:58	9	9.60	19.69	664	4.7	5.2	5.1	5.2	5.1	4.7	-237.5	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/4/30	3.7	96.7	12.5	6.3	19.3	9:07	20	1.49	3.64	662	3.9	4.2	4.2	4.5	4.5	4.6	-174.1	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/1	4.9	96.6	17.5	5.4	17.3	15:24	8	2.55	5.82	664	5.2	5.1	4.9	4.8	4.5	4.4	324.5	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/5/2	5.0	94.4	9.5	4.8	14.7	22:14	12	2.06	4.83	663	5.0	5.1	5.0	4.9	4.7	4.4	117.4	0.33	0.27	0.24	0.0	0
2011/5/3	5.1	94.6	2.5	5.2	17.7	10:28	10	2.88	6.33	663	5.3	5.2	5.0	5.0	4.8	4.4	311.2	0.32	0.26	0.23	0.0	0
2011/5/4	5.7	94.4	12.0	5.1	15.1	19:24	14	6.95	14.83	663	6.5	6.5	6.1	5.7	5.2	4.6	873.1	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/5	6.2	97.5	23.5	4.9	15.7	7:02	12	3.46	7.74	663	6.7	6.7	6.5	6.2	5.8	5.1	435.4	0.33	0.28	0.24	0.0	0
2011/5/6	6.5	75.9	0.0	4.4	11.2	19:00	14	15.57	32.30	664	7.6	7.8	7.3	6.9	6.2	5.2	695.4	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/7	6.6	70.1	0.0	3.7	13.0	4:22	16	12.58	26.35	664	6.9	7.5	7.1	6.9	6.4	5.7	680.6	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2011/5/8	7.4	69.6	12.0	3.5	10.9	20:34	15	19.67	40.59	665	8.8	9.1	8.4	7.9	7.1	5.9	1,209.3	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2011/5/9	7.4	83.9	19.0	2.8	12.9	6:28	16	10.88	22.54	664	8.9	8.5	8.3	8.1	7.7	6.6	124.5	0.32	0.26	0.23	0.0	0
2011/5/10	7.7	75.2	0.0	3.4	10.0	3:44	16	23.53	48.70	662	10.4	9.7	8.9	8.5	7.6	6.7	1,197.5	0.31	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/11	6.9	94.1	0.0	6.8	16.6	8:36	14	4.75	9.48	662	7.3	7.6	7.7	7.8	7.6	7.0	-336.8	0.30	0.25	0.21	0.0	0
2011/5/12	8.1	93.1	13.5	2.6	9.3	3:37	13	7.22	15.66	664	9.7	9.2	8.8	8.3	7.7	6.9	903.7	0.31	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/13	6.6	94.1	25.0	3.7	12.8	1:46	10	8.41	17.77	664	8.6	9.1	8.9	8.6	8.2	7.2	331.5	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/5/14	5.6	97.4	63.0	3.9	16.4	16:50	14	2.76	6.72	664	6.5	7.2	7.4	7.5	7.6	7.3	-482.6	0.34	0.28	0.24	0.0	0
2011/5/15	5.7	97.5	5.0	5.0	16.3	23:15	13	4.46	9.81	665	6.6	7.2	7.2	7.2	7.2	7.0	-36.3	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/5/16	6.0	98.0	81.0	6.0	18.0	7:05	21	2.37	5.52	663	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	-161.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0
2011/5/17	4.8	76.7	56.5	3.6	11.9	0:54	13	3.39	7.86	661	4.8	6.1	6.2	6.5	6.5	6.5	-838.8	0.34	0.28	0.25	0.0	0
2011/5/18	4.9	52.9	0.0	3.2	8.3	4:54	11	18.18	36.87	662	6.6	6.6	6.1	6.1	6.0	6.2	668.6	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/19	5.4	56.4	0.0	2.8	8.2	0:41	10	16.68	32.68	663	7.0	7.0	6.7	6.7	6.4	6.2	457.3	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/5/20	5.1	82.1	0.0	3.0	8.9	23:03	13	9.30	19.28	663	6.6	7.3	7.1	7.1	6.9	6.5	-114.3	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/5/21	6.7	78.1	6.0	2.6	8.9	19:31	14	14.28	29.20	662	8.9	8.1	7.6	7.3	6.9	6.5	857.1	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/5/22	6.5	86.5	10.5	3.5	13.1	10:10	14	9.67	19.78	662	8.0	8.4	8.2	8.0	7.6	7.0	99.8	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/5/23	6.1	97.4	27.5	3.2	13.2	5:42	14	3.77	8.52	662	7.1	7.8	7.7	7.7	7.5	7.2	-97.3	0.34	0.28	0.24	0.0	0
2011/5/24	6.7	96.1	18.5	3.7	13.0	6:48	14	6.01	13.27	662	7.9	8.3	8.1	7.9	7.5	7.2	403.5	0.34	0.28	0.24	0.0	0
2011/5/25	8.0	80.4	0.0	3.4	10.2	6:40	11	16.19	33.70	663	10.1	10.1	9.4	8.9	8.1	7.3	1,102.4	0.32	0.26	0.22	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/5/26	7.7	91.9	28.0	3.0	10.4	20:08	11	9.64	20.25	663	9.8	9.7	9.3	9.2	8.7	7.9	443.1	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/27	7.2	92.5	5.5	3.0	11.6	1:43	12	8.28	17.09	662	9.0	9.3	9.1	9.0	8.7	8.2	39.2	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/5/28	6.3	91.4	1.5	3.7	24.9	2:00	12	8.22	17.55	659	7.7	9.2	9.1	9.0	8.7	8.2	-274.0	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/5/29	7.8	36.8	0.0	4.4	11.0	12:24	12	29.24	58.92	664	8.5	9.8	9.1	8.8	8.4	8.0	622.2	0.31	0.26	0.22	0.0	0
2011/5/30	9.9	24.0	0.0	3.8	9.9	8:38	12	29.16	57.91	664	9.1	10.2	9.5	9.4	8.8	8.2	335.8	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2011/5/31	8.4	72.5	8.0	3.3	12.5	7:56	11	10.70	21.68	663	9.5	9.3	9.0	9.1	8.9	8.5	-101.5	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2011/6/1	7.0	96.1	23.0	3.3	19.0	19:30	13	6.43	13.99	663	8.5	9.3	9.1	9.1	8.8	8.4	220.3	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/6/2	7.9	85.5	6.5	3.5	11.8	23:44	13	12.75	27.07	664	9.4	10.5	10.1	9.7	9.1	8.6	555.2	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/6/3	8.3	54.5	0.0	3.8	10.3	17:48	15	18.62	37.77	664	8.9	9.8	9.5	9.3	9.0	8.6	291.4	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/6/4	9.3	47.1	0.0	4.5	12.2	11:27	12	15.45	32.26	665	7.9	9.1	9.0	9.1	8.9	8.6	-382.8	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/6/5	9.7	65.3	0.0	3.9	12.4	20:56	11	23.15	47.16	666	10.6	11.1	10.5	10.0	9.3	8.6	1,020.7	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2011/6/6	10.3	49.9	0.0	4.0	12.6	5:20	12	28.40	57.63	666	11.1	12.2	11.4	11.0	10.1	8.8	630.6	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/6/7	10.1	52.2	0.0	3.5	9.7	20:24	13	21.97	44.52	664	11.0	12.1	11.5	11.1	10.5	9.4	369.5	0.26	0.21	0.18	0.0	0
2011/6/8	9.8	57.0	0.0	4.2	12.6	17:24	21	22.50	45.63	665	11.6	12.4	11.6	11.3	10.6	9.7	431.7	0.25	0.21	0.17	0.0	0
2011/6/9	9.7	62.0	9.5	4.0	11.7	15:47	9	18.41	37.38	665	12.3	12.4	11.7	11.5	10.8	10.1	208.0	0.25	0.20	0.16	0.0	0
2011/6/10	9.8	70.2	0.0	3.8	12.4	2:30	12	24.70	50.87	664	12.4	13.7	12.8	12.2	11.3	10.1	1,058.3	0.26	0.21	0.17	0.0	0
2011/6/11	9.7	76.9	0.0	4.5	13.9	2:40	22	21.91	45.13	664	12.0	13.8	13.1	12.7	11.9	10.6	251.8	0.24	0.20	0.17	0.0	0
2011/6/12	7.8	89.7	4.0	4.8	16.7	2:25	13	11.62	23.59	665	10.2	11.6	11.6	11.7	11.5	10.7	-563.2	0.24	0.20	0.16	0.0	0
2011/6/13	8.2	83.9	0.0	4.0	12.2	21:57	12	16.55	34.61	665	10.6	11.8	11.4	11.3	10.8	10.3	271.7	0.25	0.20	0.16	0.0	0
2011/6/14	9.7	60.4	0.0	3.5	9.7	16:23	13	28.34	57.44	665	12.2	13.9	13.0	12.4	11.4	10.3	880.1	0.24	0.20	0.16	0.0	0
2011/6/15	9.7	57.7	0.5	3.9	13.0	13:52	18	27.45	55.16	664	12.3	14.2	13.3	13.0	12.1	10.9	445.5	0.22	0.19	0.16	0.0	0
2011/6/16	9.8	63.7	0.0	4.6	11.2	0:55	15	21.45	44.36	665	12.3	13.9	13.4	13.1	12.3	11.4	119.5	0.21	0.18	0.15	0.0	0
2011/6/17	9.9	59.1	0.0	4.3	12.9	21:10	19	22.10	44.93	666	12.5	13.9	13.1	12.9	12.3	11.4	148.7	0.20	0.18	0.15	0.0	0
2011/6/18	10.2	69.9	0.0	4.4	11.5	2:13	17	26.25	52.96	664	14.2	16.1	14.9	14.3	13.1	11.7	1,085.0	0.19	0.17	0.14	0.0	0
2011/6/19	9.3	77.3	46.0	3.7	11.5	8:51	10	19.13	39.31	664	13.3	14.9	14.3	14.1	13.3	11.8	-25.5	0.21	0.17	0.14	0.0	0
2011/6/20	9.3	83.4	0.5	3.3	8.6	8:47	9	8.95	18.14	664	11.3	12.0	12.0	12.4	12.2	11.8	-742.1	0.29	0.23	0.19	0.0	0
2011/6/21	8.0	91.8	10.5	3.7	21.0	14:34	9	5.81	12.32	663	9.4	10.4	10.6	11.0	11.2	11.3	-645.8	0.30	0.23	0.20	0.0	0
2011/6/22	8.4	84.4	0.5	3.4	13.3	16:11	11	11.50	24.17	663	10.1	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	107.1	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/6/23	9.2	73.3	0.0	3.7	10.1	17:22	11	16.51	33.67	662	11.3	11.8	11.3	11.2	10.9	10.6	189.8	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2011/6/24	8.8	78.0	12.5	4.9	15.4	6:58	13	19.88	40.39	658	11.0	11.7	11.2	11.2	10.8	10.6	392.1	0.29	0.23	0.19	0.0	0
2011/6/25	7.0	97.1	137.0	5.5	19.5	16:46	13	2.34	5.47	655	7.5	8.8	9.3	9.8	10.2	10.5	-1,143.8	0.33	0.27	0.23	0.0	0
2011/6/26	8.4	90.8	5.0	4.0	13.9	6:00	14	13.45	28.96	661	10.2	10.8	10.4	10.0	9.8	9.9	1,011.5	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/6/27	8.7	88.9	5.0	2.9	10.9	1:41	12	6.76	14.31	663	10.1	10.5	10.3	10.4	10.3	10.1	-123.9	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/6/28	7.1	96.4	28.0	3.7	12.6	1:38	12	4.73	10.28	663	8.6	9.7	9.8	10.0	10.1	10.1	-490.7	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/6/29	7.2	92.7	8.5	3.6	23.1	13:22	11	8.63	18.56	664	9.0	10.0	10.0	9.8	9.7	9.8	331.6	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/6/30	9.7	65.0	0.0	3.9	10.0	21:41	8	22.18	45.23	666	11.7	12.3	11.5	11.1	10.3	9.9	1,071.7	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/1	9.0	69.7	0.0	3.1	8.0	11:30	9	14.01	28.60	666	11.2	11.4	11.0	11.0	10.7	10.2	92.7	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/7/2	8.1	83.8	29.0	3.1	9.4	17:45	12	9.95	20.95	665	9.0	10.0	10.1	10.4	10.4	10.2	-661.7	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/7/3	8.6	78.9	8.0	3.0	7.7	18:12	16	13.36	27.99	665	10.3	10.9	10.6	10.4	10.1	10.1	379.0	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/4	8.1	80.1	23.0	3.1	10.3	19:23	16	10.91	22.79	666	9.2	9.9	9.9	10.1	10.1	10.1	-656.0	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/7/5	8.4	71.4	0.0	3.5	7.9	21:32	19	21.62	44.30	665	10.6	11.7	10.9	10.6	10.0	9.8	1,028.5	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/6	8.7	70.9	1.5	3.0	7.3	0:16	18	14.38	28.97	664	10.6	11.0	10.7	10.7	10.5	10.1	-216.3	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/7/7	8.7	61.1	4.5	3.4	9.4	10:07	10	17.96	36.32	663	10.2	10.9	10.6	10.6	10.3	10.1	-85.6	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/7/8	9.7	42.8	0.0	3.3	10.1	8:21	11	29.01	58.21	663	10.9	12.1	11.3	11.0	10.5	10.1	816.5	0.29	0.24	0.20	0.0	0
2011/7/9	8.9	66.3	0.0	3.5	11.7	1:58	13	15.36	31.69	662	10.9	11.2	10.9	11.0	10.8	10.3	-76.3	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2011/7/10	9.2	90.8	2.5	3.1	11.1	2:17	10	12.39	26.44	661	11.3	12.1	11.7	11.4	10.8	10.4	686.0	0.29	0.23	0.19	0.0	0
2011/7/11	8.7	91.7	0.0	3.1	9.3	0:43	8	8.96	18.56	661	10.8	11.5	11.3	11.4	11.2	10.5	-343.6	0.29	0.23	0.19	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/7/12	9.0	90.1	4.0	3.2	9.6	10:58	10	12.66	26.28	662	11.6	11.9	11.5	11.3	10.9	10.4	345.7	0.28	0.23	0.19	0.0	0
2011/7/13	9.2	86.1	21.5	2.8	8.4	16:22	23	11.88	24.79	662	11.4	11.7	11.4	11.4	11.0	10.6	34.6	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2011/7/14	8.5	93.3	17.0	3.2	11.5	15:21	13	9.36	19.41	663	11.1	11.4	11.2	11.2	11.0	10.6	156.0	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/15	8.0	92.5	9.0	3.7	18.2	11:04	8	7.64	16.24	663	9.9	10.9	10.8	10.9	10.8	10.5	-94.1	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/7/16	9.1	86.3	1.0	3.7	12.2	11:49	8	15.66	32.78	663	12.1	12.6	12.0	11.6	11.0	10.4	940.2	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/17	9.5	85.8	7.0	3.1	21.9	9:29	11	12.92	26.66	660	12.1	12.5	12.1	11.9	11.4	10.8	316.9	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/18	8.7	94.8	6.5	2.8	12.8	10:33	8	8.63	18.44	659	10.6	11.8	11.7	11.7	11.4	10.9	53.2	0.32	0.26	0.22	0.0	0
2011/7/19	8.5	96.3	51.5	3.1	14.9	20:49	9	3.38	7.52	659	9.5	10.5	10.7	10.9	11.0	10.9	-580.8	0.34	0.27	0.22	0.0	0
2011/7/20	8.9	92.3	4.5	3.5	12.0	0:00	7	10.84	22.49	662	10.4	11.1	10.9	10.8	10.6	10.4	405.5	0.33	0.26	0.22	0.0	0
2011/7/21	9.9	85.0	2.0	3.3	23.6	11:21	9	16.76	35.23	664	12.3	13.1	12.6	12.0	11.4	10.8	911.2	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/7/22	9.8	72.8	0.0	3.3	10.0	11:03	9	14.97	30.88	665	12.0	12.3	11.9	11.9	11.5	11.0	-14.2	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/7/23	8.6	78.6	25.5	2.8	7.3	12:52	8	9.44	19.76	665	9.8	10.6	10.7	11.0	11.1	11.0	-833.3	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/7/24	9.0	69.2	0.0	3.2	8.1	6:08	9	17.77	36.69	666	10.5	10.9	10.5	10.6	10.5	10.6	74.4	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/25	8.8	86.7	6.0	3.0	8.8	22:24	11	12.31	25.95	665	10.7	11.0	10.8	10.8	10.7	10.5	-19.9	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/7/26	7.7	85.5	15.5	2.7	8.8	18:51	20	8.50	18.24	665	9.2	10.1	10.2	10.5	10.5	10.5	-783.8	0.32	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/27	9.3	65.4	0.0	3.3	9.7	18:30	14	26.54	54.21	665	11.6	11.9	11.3	10.9	10.5	10.2	1,240.9	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/28	9.8	81.8	9.0	3.3	8.7	22:39	12	16.42	33.79	665	12.5	12.6	12.1	11.9	11.4	10.8	488.4	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2011/7/29	8.4	84.9	34.5	2.9	11.7	8:17	9	10.22	21.19	664	10.5	11.2	11.1	11.3	11.3	11.0	-587.2	0.32	0.25	0.21	0.0	0
2011/7/30	7.9	79.7	3.5	3.1	8.1	2:40	12	13.72	28.08	663	10.6	10.8	10.6	10.8	10.7	10.6	-215.0	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/7/31	7.0	80.7	7.5	3.1	9.0	6:42	12	14.07	29.08	663	9.3	9.9	9.8	10.2	10.2	10.4	-582.0	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/1	7.4	76.7	0.0	3.2	8.1	5:12	8	16.91	35.26	663	10.1	10.2	9.9	10.1	10.0	10.2	29.0	0.32	0.25	0.21	0.0	0
2011/8/2	8.2	65.3	0.0	3.2	8.3	14:27	8	22.12	45.17	664	10.8	11.1	10.6	10.5	10.3	10.2	424.6	0.30	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/3	9.5	53.4	0.0	3.9	12.1	20:11	13	26.73	54.74	663	11.8	12.1	11.6	11.3	10.8	10.3	731.5	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2011/8/4	9.8	58.0	0.0	4.5	11.2	21:10	11	26.21	53.58	661	12.4	12.7	12.1	12.0	11.4	10.8	627.1	0.27	0.23	0.18	0.0	0
2011/8/5	7.3	84.6	0.0	4.2	13.5	22:24	10	8.63	17.74	659	8.8	10.1	10.4	10.9	11.1	11.0	-1,082.9	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/8/6	7.4	90.2	1.0	6.6	16.7	2:52	9	5.80	12.13	658	8.0	9.0	9.2	9.6	10.1	10.4	-740.0	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/8/7	9.0	82.3	6.5	3.7	14.1	3:25	18	7.85	16.56	662	9.7	9.4	9.3	9.4	9.6	10.0	-50.2	0.28	0.22	0.18	0.0	0
2011/8/8	9.0	84.6	71.5	3.3	11.8	9:44	10	7.50	15.98	664	9.5	9.9	9.9	10.0	9.9	10.1	-215.3	0.30	0.24	0.19	0.0	0
2011/8/9	9.1	81.1	40.5	3.8	11.9	4:52	10	13.31	27.85	664	10.7	10.5	10.2	10.2	10.0	10.0	278.2	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/8/10	8.0	88.4	14.0	2.5	7.9	1:51	8	7.37	15.60	665	9.6	9.6	9.6	9.8	9.9	10.0	-241.8	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/11	8.1	89.9	17.0	2.7	18.3	7:59	9	10.33	21.97	665	10.3	10.5	10.3	10.2	10.0	10.0	248.1	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/12	8.2	85.4	3.0	2.8	16.8	6:00	8	10.18	21.51	665	9.9	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	81.6	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/13	9.4	61.6	0.0	3.6	10.5	10:15	9	15.14	31.37	666	10.7	10.8	10.6	10.6	10.4	10.1	-116.4	0.31	0.25	0.21	0.0	0
2011/8/14	9.7	64.8	0.0	3.8	12.5	19:37	10	24.13	49.55	668	12.1	12.0	11.4	11.0	10.4	10.1	1,189.7	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/8/15	8.2	68.1	10.5	3.8	8.5	12:19	8	11.53	23.77	668	8.9	10.1	10.3	10.7	10.7	10.5	-1,188.5	0.30	0.24	0.19	0.0	0
2011/8/16	7.2	75.5	4.5	3.2	7.8	11:47	10	12.72	25.90	667	9.2	8.5	8.6	9.1	9.4	10.0	-812.8	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/17	6.9	75.7	0.0	2.9	8.1	2:06	9	14.74	29.94	667	9.5	8.8	8.7	9.0	9.1	9.5	-218.8	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/18	6.8	70.0	0.0	3.2	10.8	1:55	7	21.81	44.27	667	10.2	9.8	9.4	9.5	9.4	9.6	-42.8	0.30	0.24	0.20	0.0	0
2011/8/19	7.6	67.7	0.0	3.3	10.9	7:25	9	22.19	45.20	667	10.9	10.5	10.0	10.1	9.8	9.7	390.3	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2011/8/20	8.1	80.4	10.0	2.8	11.3	9:43	8	13.80	28.47	667	11.2	10.6	10.3	10.5	10.3	10.1	-219.7	0.29	0.23	0.19	0.0	0
2011/8/21	8.1	82.9	4.0	3.4	9.5	8:19	9	9.56	19.96	666	10.0	10.0	10.0	10.2	10.1	10.1	-453.5	0.30	0.24	0.19	0.0	0
2011/8/22	7.7	81.5	1.0	3.5	9.0	12:29	11	16.13	33.70	665	11.0	10.4	10.2	10.2	10.0	10.1	120.6	0.31	0.24	0.20	0.0	0
2011/8/23	7.2	88.6	13.5	2.3	7.1	9:45	10	8.82	18.66	664	9.6	9.6	9.6	9.9	10.0	10.1	-380.4	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/24	7.5	90.3	6.5	2.3	14.2	3:01	8	8.43	17.30	663	10.2	9.9	9.8	9.9	9.9	10.1	-276.3	0.33	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/25	7.7	70.3	0.0	3.3	8.6	8:24	8	21.60	44.83	663	11.3	10.7	10.4	10.3	10.1	10.0	-17.6	0.32	0.26	0.21	0.0	0
2011/8/26	8.5	81.5	0.0	3.2	8.8	11:34	9	18.92	38.94	663	12.0	10.6	10.3	10.4	10.3	10.1	207.8	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/27	8.2	86.9	0.5	3.9	15.0	6:34	7	9.54	19.92	662	10.3	10.9	10.8	10.8	10.6	10.1	19.5	0.30	0.24	0.20	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 5 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	地溫 30 (°C)	地溫 50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	積雪深 (mm)	AT < 0 °C (days)
2011/8/28	7.8	96.3	14.0	7.5	19.4	2:08	7	2.31	5.11	659	8.6	9.3	9.6	10.0	10.2	10.2	-643.5	0.32	0.25	0.20	0.0	0
2011/8/29	9.2	96.3	16.5	7.4	34.0	22:31	12	2.39	5.27	656	9.5	9.5	9.6	9.7	9.5	9.8	112.3	0.35	0.28	0.22	0.0	0
2011/8/30	8.4	96.4	27.0	3.5	16.4	19:02	14	5.09	11.17	657	9.7	10.3	10.2	10.1	9.9	9.8	96.2	0.34	0.27	0.22	0.0	0
2011/8/31	6.8	96.3	15.5	6.0	36.3	17:44	20	3.42	7.69	658	7.8	8.8	9.0	9.3	9.5	9.8	-685.2	0.35	0.28	0.22	0.0	0
2011/9/1	7.6	88.0	50.0	3.6	14.0	8:37	15	8.10	17.45	661	8.9	9.2	9.1	9.1	9.1	9.4	360.7	0.34	0.27	0.22	0.0	0
2011/9/2	7.3	93.4	4.0	2.6	11.5	8:32	15	9.83	21.05	662	9.8	10.2	10.0	9.9	9.6	9.4	250.7	0.34	0.27	0.22	0.0	0
2011/9/3	7.1	88.8	0.0	2.7	6.9	22:53	12	12.88	27.41	664	10.2	10.1	10.0	10.0	9.8	9.6	-258.0	0.33	0.26	0.21	0.0	0
2011/9/4	7.9	54.0	0.0	3.7	10.9	4:40	12	20.41	41.86	664	10.0	8.9	9.0	9.3	9.5	9.6	-838.7	0.32	0.25	0.21	0.0	0
2011/9/5	8.0	53.0	0.0	3.6	12.3	0:34	7	23.48	48.27	663	10.8	8.9	8.8	9.0	9.2	9.5	-271.3	0.31	0.25	0.20	0.0	0
2011/9/6	8.6	59.3	0.0	3.4	9.1	23:11	9	24.31	50.39	663	12.0	10.1	9.9	9.9	9.7	9.6	137.0	0.29	0.24	0.19	0.0	0
2011/9/7	7.6	82.5	0.0	2.8	6.7	21:24	14	12.04	24.97	663	10.4	9.4	9.5	9.8	9.9	9.9	-684.2	0.28	0.23	0.18	0.0	0
2011/9/8	7.8	80.9	0.0	3.1	7.7	8:12	13	15.92	32.92	665	11.1	9.4	9.4	9.6	9.6	9.7	-411.9	0.28	0.23	0.18	0.0	0
2011/9/9	8.0	79.8	0.0	3.2	8.5	11:39	16	15.86	32.81	666	11.1	9.6	9.5	9.7	9.7	9.8	-259.1	0.27	0.22	0.18	0.0	0
2011/9/10	6.9	85.3	0.0	2.9	9.0	1:12	21	13.05	27.12	667	10.4	9.1	9.2	9.5	9.7	9.9	-673.0	0.27	0.22	0.17	0.0	0
2011/9/11	7.0	74.9	0.0	3.0	8.8	3:35	13	15.39	32.04	666	10.1	8.9	9.0	9.3	9.5	9.7	-622.3	0.27	0.21	0.17	0.0	0
2011/9/12	6.8	76.0	0.0	3.3	12.2	12:58	9	21.31	43.99	665	11.3	10.1	9.8	9.8	9.6	9.6	458.2	0.26	0.21	0.17	0.0	0
2011/9/13	6.2	77.6	0.0	2.8	9.8	15:56	14	10.46	21.66	664	8.3	9.5	9.6	9.9	9.9	10.0	-511.0	0.25	0.20	0.16	0.0	0
2011/9/14	7.2	82.9	0.0	2.8	8.4	10:43	8	14.89	30.80	663	10.6	9.9	9.8	9.9	9.8	9.7	-5.7	0.25	0.20	0.16	0.0	0
2011/9/15	7.8	71.4	0.0	3.2	9.6	13:16	8	17.91	36.62	663	11.4	9.8	9.7	9.8	9.8	9.7	-416.3	0.24	0.20	0.16	0.0	0
2011/9/16	8.5	52.8	0.0	3.4	8.9	20:18	11	18.38	37.83	663	11.1	9.4	9.4	9.6	9.7	9.8	-638.7	0.23	0.19	0.15	0.0	0
2011/9/17	7.8	33.2	0.0	3.2	8.2	7:30	11	23.16	47.27	662	10.6	9.0	9.0	9.3	9.5	9.6	-481.3	0.22	0.19	0.15	0.0	0
2011/9/18	8.2	44.1	0.0	3.3	11.9	21:35	15	24.77	50.55	663	11.7	9.6	9.3	9.5	9.5	9.6	117.4	0.21	0.18	0.15	0.0	0
2011/9/19	8.9	54.8	0.0	3.3	9.8	8:01	29	19.34	40.11	664	12.0	9.8	9.7	9.9	9.8	9.7	-284.5	0.20	0.17	0.14	0.0	0
2011/9/20	8.1	51.4	0.0	4.0	12.0	5:21	25	22.23	45.43	664	11.9	9.4	9.3	9.5	9.6	9.7	-254.2	0.20	0.17	0.14	0.0	0
2011/9/21	7.7	77.7	0.0	4.6	14.5	5:07	15	19.53	40.91	663	12.8	10.7	10.4	10.2	9.9	9.7	532.0	0.19	0.16	0.13	0.0	0
2011/9/22	6.7	86.2	0.0	6.3	16.2	10:56	8	10.13	20.80	663	9.2	9.9	9.9	10.2	10.2	10.1	-549.3	0.18	0.16	0.13	0.0	0
2011/9/23	7.3	82.6	0.0	6.2	18.0	22:16	11	12.77	26.62	663	10.3	9.8	9.8	9.9	9.8	9.8	-195.4	0.18	0.15	0.13	0.0	0
2011/9/24	7.6	85.6	4.0	2.9	10.9	1:45	14	11.20	23.29	664	10.7	10.3	10.1	10.0	9.8	9.6	350.4	0.18	0.15	0.13	0.0	0
2011/9/25	7.8	92.0	17.5	2.9	8.7	3:21	11	5.94	12.71	665	9.4	10.1	10.1	10.1	10.0	9.9	-85.9	0.21	0.16	0.13	0.0	0
2011/9/26	7.8	81.8	0.0	2.8	7.3	18:15	8	12.87	27.47	665	10.5	10.4	10.3	10.2	10.0	9.7	-83.7	0.25	0.19	0.14	0.0	0
2011/9/27	9.3	67.0	0.0	3.3	10.8	20:38	8	23.18	47.86	664	12.4	10.3	10.1	10.1	9.9	9.7	393.8	0.24	0.19	0.14	0.0	0
2011/9/28	9.3	84.3	2.5	4.0	12.8	6:21	7	10.23	21.83	665	10.3	10.8	10.7	10.6	10.3	10.0	206.3	0.24	0.18	0.14	0.0	0

附錄 1-2. 黑森林氣象站氣象參數逐日統計表

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2009/9/24	8.6	76.8	0.0	0.9	2.2	81	1.71	3.51	8.3	9.1	9.3	0.160	0.190	0
2009/9/25	9.0	58.8	0.0	0.9	3.2	74	3.74	7.76	8.3	8.9	9.2	0.160	0.190	0
2009/9/26	9.7	48.0	0.0	0.8	3.2	73	3.88	8.06	9.0	8.9	9.1	0.160	0.190	0
2009/9/27	7.6	95.3	41.8	1.0	7.4	70	0.57	1.15	8.0	8.6	8.7	0.250	0.240	0
2009/9/28	7.3	98.1	22.0	1.3	6.1	60	0.82	1.68	7.6	8.6	8.6	0.280	0.250	0
2009/9/29	8.5	99.1	12.4	0.8	4.8	313	0.81	1.64	8.7	8.5	8.7	0.290	0.260	0
2009/9/30	9.3	99.4	0.8	0.3	1.9	65	0.92	1.88	9.4	8.7	9.0	0.270	0.230	0
2009/10/1	9.1	98.1	1.6	0.6	4.5	278	1.28	2.63	9.2	8.9	9.2	0.270	0.230	0
2009/10/2	8.6	98.4	13.0	0.5	2.6	263	0.82	1.65	8.7	9.0	9.2	0.270	0.230	0
2009/10/3	8.3	94.8	0.0	0.7	5.4	320	1.70	3.51	8.5	8.9	9.2	0.280	0.240	0
2009/10/4	10.1	96.1	5.4	0.9	6.7	46	1.80	3.72	10.0	9.1	9.5	0.270	0.230	0
2009/10/5	8.8	99.7	111.0	1.1	4.8	42	0.27	0.52	9.0	9.3	9.6	0.320	0.340	0
2009/10/6	7.1	100.0	76.1	0.8	3.9	42	0.59	1.18	7.6	8.7	8.8	0.380	0.340	0
2009/10/7	6.8	99.0	0.3	0.6	4.1	263	2.14	4.41	7.3	8.6	8.6	0.310	0.250	0
2009/10/8	6.2	87.1	0.0	0.8	2.8	254	1.83	3.78	6.2	8.5	8.5	0.300	0.240	0
2009/10/9	8.2	94.1	1.4	0.5	3.7	274	1.58	3.24	8.1	8.3	8.3	0.290	0.230	0
2009/10/10	8.4	99.7	3.5	0.3	2.6	52	0.61	1.22	8.6	8.5	8.7	0.290	0.230	0
2009/10/11	8.5	100.0	12.6	0.5	2.6	34	1.00	2.04	8.9	8.7	8.9	0.300	0.240	0
2009/10/12	7.5	99.9	2.0	0.5	1.9	52	1.12	2.29	7.9	8.7	8.9	0.300	0.240	0
2009/10/13	7.6	99.4	0.0	0.4	1.9	67	1.27	2.60	7.9	8.6	8.7	0.290	0.240	0
2009/10/14	7.1	95.6	0.0	0.7	3.7	275	2.08	4.30	7.2	8.5	8.5	0.290	0.230	0
2009/10/15	7.3	92.4	0.0	0.7	4.1	285	1.19	2.44	7.2	8.4	8.4	0.290	0.230	0
2009/10/16	6.4	91.1	0.0	0.5	3.2	128	1.97	4.07	6.4	8.2	8.2	0.290	0.230	0
2009/10/17	6.9	78.1	0.0	0.9	6.3	215	4.18	8.69	6.2	8.0	7.9	0.280	0.230	0
2009/10/18	7.0	74.4	0.0	1.2	7.6	145	5.62	11.70	6.6	7.8	7.7	0.280	0.230	0
2009/10/19	7.0	76.8	0.0	0.9	5.2	157	5.31	11.06	6.8	7.8	7.8	0.280	0.230	0
2009/10/20	6.8	82.3	0.0	1.0	5.4	81	4.52	9.39	6.8	7.8	7.8	0.280	0.230	0
2009/10/21	7.4	60.4	0.0	0.9	4.3	86	4.46	9.27	6.9	7.8	7.8	0.270	0.230	0
2009/10/22	5.9	73.4	0.0	0.8	2.4	0	2.53	5.24	6.0	7.7	7.6	0.270	0.230	0
2009/10/23	6.3	93.7	0.3	0.5	3.3	169	1.12	2.28	6.6	7.6	7.6	0.270	0.230	0
2009/10/24	4.6	93.7	1.8	0.9	3.3	198	2.17	4.49	5.2	7.6	7.5	0.270	0.220	0
2009/10/25	5.7	30.9	0.0	1.7	10.0	191	4.42	9.19	4.5	7.3	6.9	0.270	0.230	0
2009/10/26	4.3	41.5	0.0	0.9	3.9	48	4.62	9.60	4.1	6.8	6.4	0.270	0.230	0
2009/10/27	3.7	51.1	0.0	0.8	3.2	56	4.21	8.75	3.8	6.5	6.1	0.270	0.220	0
2009/10/28	3.8	42.4	0.0	1.0	2.4	246	4.49	9.33	3.7	6.4	6.0	0.260	0.220	0
2009/10/29	4.5	43.1	0.0	1.0	2.2	247	4.59	9.55	4.4	6.2	5.9	0.260	0.220	0
2009/10/30	6.2	40.1	0.0	0.8	2.2	76	4.85	10.08	5.7	6.2	6.0	0.260	0.220	0
2009/10/31	7.1	48.7	0.0	0.8	1.9	77	4.13	8.58	6.8	6.4	6.4	0.260	0.220	0
2009/11/1	7.2	83.0	0.0	0.7	3.2	320	4.25	8.82	7.3	6.6	6.7	0.260	0.220	0
2009/11/2	4.8	65.9	0.0	0.9	5.0	60	4.52	9.41	5.1	6.9	7.0	0.260	0.220	0
2009/11/3	5.1	36.6	0.0	0.8	4.1	56	4.58	9.52	5.0	6.6	6.5	0.260	0.220	0
2009/11/4	5.2	53.3	0.0	0.9	2.8	63	3.46	7.18	5.2	6.4	6.3	0.260	0.220	0
2009/11/5	5.5	66.5	0.0	0.7	3.2	55	2.47	5.10	5.4	6.3	6.2	0.260	0.220	0
2009/11/6	6.1	60.7	0.0	0.7	3.0	67	2.71	5.62	5.8	6.3	6.2	0.260	0.220	0



日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2009/11/7	6.8	85.0	0.0	0.5	3.2	65	1.50	3.08	6.7	6.4	6.4	0.260	0.220	0
2009/11/8	6.9	78.2	0.0	0.6	2.6	97	3.14	6.50	6.9	6.6	6.7	0.250	0.210	0
2009/11/9	7.5	70.8	0.0	0.6	3.5	291	2.23	4.61	7.4	6.8	7.0	0.250	0.210	0
2009/11/10	3.4	84.8	9.1	1.2	6.9	93	0.67	1.35	3.6	6.6	6.6	0.280	0.230	0
2009/11/11	4.0	80.9	0.3	0.9	4.3	140	3.29	6.83	3.8	6.1	5.8	0.290	0.240	0
2009/11/12	4.2	85.8	0.5	0.8	4.8	136	1.19	2.43	4.1	6.0	5.8	0.280	0.230	0
2009/11/13	5.1	97.9	32.6	0.7	5.8	56	0.48	0.96	5.4	5.9	5.9	0.300	0.260	0
2009/11/14	3.7	95.3	3.2	0.7	7.1	170	3.05	6.33	4.4	6.1	6.1	0.310	0.250	0
2009/11/15	2.7	97.9	6.5	0.5	4.1	195	0.55	1.11	3.3	6.0	5.8	0.310	0.250	0
2009/11/16	5.4	84.8	0.0	1.1	7.1	147	2.70	5.59	4.8	5.8	5.5	0.300	0.240	0
2009/11/17	4.4	94.6	1.7	0.8	4.3	108	0.58	1.15	4.5	5.9	5.8	0.290	0.230	0
2009/11/18	3.3	98.6	0.6	0.6	3.9	337	0.67	1.34	3.9	5.9	5.7	0.290	0.230	0
2009/11/19	3.7	98.9	0.3	0.6	2.6	257	1.96	4.05	4.2	5.8	5.7	0.290	0.230	0
2009/11/20	3.4	87.4	0.0	0.6	3.2	159	3.57	7.42	3.2	5.7	5.5	0.290	0.230	0
2009/11/21	3.6	76.1	0.0	0.9	5.6	162	4.12	8.55	3.1	5.5	5.1	0.290	0.230	0
2009/11/22	4.6	89.0	0.0	0.7	4.5	153	2.07	4.28	4.7	5.4	5.2	0.280	0.230	0
2009/11/23	3.8	89.0	0.0	0.6	4.1	145	1.20	2.46	3.9	5.5	5.4	0.280	0.230	0
2009/11/24	3.6	69.0	0.0	1.3	9.6	93	3.62	6.87	3.3	5.5	5.3	0.280	0.230	0
2009/11/25	2.9	55.4	0.0	1.9	7.9	147	3.84	7.56	2.4	5.2	4.7	0.280	0.230	0
2009/11/26	2.1	56.1	0.0	1.8	11.6	140	3.87	7.69	1.8	4.8	4.3	0.270	0.230	0
2009/11/27	3.7	41.4	0.0	2.4	12.5	145	3.44	7.07	3.2	4.7	4.2	0.270	0.230	0
2009/11/28	1.3	67.9	0.0	1.3	9.9	44	2.82	5.97	1.5	4.5	4.0	0.270	0.220	0
2009/11/29	1.0	52.5	0.0	1.9	9.9	58	2.79	5.37	1.0	4.4	3.8	0.270	0.220	0
2009/11/30	1.1	56.8	0.0	1.5	10.8	44	1.53	3.05	0.8	4.1	3.5	0.270	0.220	0
2009/12/1	4.6	32.7	0.0	1.9	11.2	11	1.95	3.70	3.5	4.0	3.4	0.270	0.220	0
2009/12/2	5.0	21.6	0.0	1.7	8.7	83	1.83	3.55	4.1	4.1	3.8	0.270	0.220	0
2009/12/3	2.0	31.9	0.0	2.7	16.2	25	1.84	3.55	1.8	4.1	3.7	0.270	0.220	0
2009/12/4	-0.9	52.1	0.0	1.8	10.8	317	1.95	3.56	-0.4	3.9	3.3	0.270	0.220	1
2009/12/5	0.5	23.4	0.0	3.2	18.7	80	2.01	3.45	0.2	3.6	2.9	0.270	0.220	0
2009/12/6	-0.6	59.0	0.0	2.1	10.8	3	2.06	3.58	-0.1	3.3	2.7	0.260	0.220	1
2009/12/7	-1.0	80.0	0.4	2.1	11.6	51	2.08	3.86	-0.5	3.2	2.6	0.260	0.220	1
2009/12/8	1.0	82.7	0.0	1.2	9.1	229	1.43	2.89	1.1	3.1	2.6	0.260	0.220	0
2009/12/9	3.0	71.4	0.0	1.7	8.7	212	2.26	3.87	2.7	3.3	3.0	0.260	0.220	0
2009/12/10	3.0	54.8	0.0	1.6	9.9	25	2.22	3.48	2.7	3.5	3.2	0.260	0.220	0
2009/12/11	2.9	35.7	0.0	1.7	9.1	77	2.32	3.42	2.2	3.5	3.2	0.260	0.220	0
2009/12/12	3.7	19.5	0.0	2.4	12.0	305	2.08	3.41	2.9	3.5	3.1	0.260	0.220	0
2009/12/13	2.8	37.3	0.0	2.3	13.7	51	2.08	3.27	2.5	3.4	3.1	0.260	0.210	0
2009/12/14	1.4	57.3	0.0	1.5	12.9	67	1.74	3.23	1.5	3.4	3.0	0.260	0.210	0
2009/12/15	1.8	59.3	0.0	2.4	13.3	83	1.81	3.78	2.2	3.3	3.0	0.260	0.210	0
2009/12/16	-0.6	97.5	0.0	3.0	25.3	347	0.23	0.50	0.2	3.4	3.0	0.260	0.210	1
2009/12/17	-1.6	96.3	0.0	2.4	12.0	192	0.92	1.65	-0.1	3.2	2.8	0.260	0.210	1
2009/12/18	-2.6	94.5	0.0	2.0	10.4	230	1.61	3.09	-0.2	3.1	2.7	0.260	0.210	1
2009/12/19	-3.5	95.7	0.0	2.5	17.4	13	1.73	3.30	-0.6	3.0	2.5	0.260	0.210	1
2009/12/20	-4.7	95.8	0.2	2.9	19.1	88	0.88	1.74	-1.4	2.9	2.4	0.260	0.210	1
2009/12/21	-5.1	92.0	0.0	2.1	14.5	1	1.51	2.64	-1.9	2.8	2.2	0.260	0.210	1
2009/12/22	-3.8	55.6	0.0	2.3	22.8	38	1.96	3.61	-2.2	2.6	2.0	0.250	0.210	1

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2009/12/23	-2.4	78.6	0.0	2.5	14.1	72	1.34	2.56	-1.7	2.4	1.8	0.250	0.210	1
2009/12/24	-0.1	83.0	0.2	1.7	10.8	77	1.24	2.48	-0.8	2.3	1.7	0.250	0.210	1
2009/12/25	1.1	93.8	41.4	0.5	4.6	122	1.50	3.06	0.0	1.6	1.3	0.280	0.250	0
2009/12/26	-1.0	72.4	0.0	0.2	4.8	293	1.87	3.63	-1.0	1.8	1.4	0.290	0.240	1
2009/12/27	-1.2	89.5	0.0	0.1	5.2	114	1.07	1.95	-0.9	2.0	1.5	0.290	0.230	1
2009/12/28	-2.3	95.6	0.0	0.0	0.0	278	0.25	0.50	-0.2	2.0	1.6	0.280	0.230	1
2009/12/29	-3.1	85.8	0.2	0.3	6.9	28	1.53	2.81	-0.7	2.0	1.6	0.280	0.230	1
2009/12/30	-1.5	96.8	0.0	0.0	0.0	291	1.05	1.99	0.0	2.0	1.6	0.280	0.220	1
2009/12/31	-0.8	98.1	0.0	0.3	5.4	298	0.80	1.55	0.1	2.1	1.7	0.280	0.220	1
2010/1/1	-0.7	95.4	0.2	0.9	10.4	327	1.48	2.80	0.2	2.1	1.7	0.280	0.219	1
2010/1/2	0.2	98.7	7.4	0.4	8.5	315	0.59	1.14	0.2	2.1	1.7	0.277	0.218	0
2010/1/3	-3.9	97.0	5.4	0.1	4.1	299	1.60	2.91	0.2	2.0	1.6	0.303	0.248	1
2010/1/4	-6.4	86.0	0.8	0.1	2.4	100	2.66	5.47	0.2	2.0	1.6	0.301	0.242	1
2010/1/5	-2.4	86.4	0.0	0.0	4.8	236	1.18	2.38	0.2	2.0	1.7	0.300	0.241	1
2010/1/6	-0.9	98.1	1.6	0.0	7.4	355	0.63	1.23	0.2	2.0	1.7	0.299	0.237	1
2010/1/7	-1.5	98.2	0.0	0.0	0.0	250	0.50	1.20	0.3	2.0	1.6	0.299	0.240	1
2010/1/8	-4.0	95.9	0.0	0.0	0.0	212	0.16	0.68	0.3	2.0	1.6	0.299	0.239	1
2010/1/9	-4.7	69.5	0.2	0.1	3.7	53	2.37	7.02	0.2	2.0	1.6	0.299	0.234	1
2010/1/10	-2.8	60.0	0.6	0.5	4.3	67	4.05	5.69	0.2	2.0	1.6	0.299	0.231	1
2010/1/11	-0.4	88.1	0.6	0.8	5.2	315	2.26	3.99	0.3	2.0	1.6	0.297	0.229	1
2010/1/12	-4.3	92.0	0.0	1.0	6.5	310	0.64	1.34	0.3	2.0	1.6	0.296	0.226	1
2010/1/13	-7.0	49.1	0.0	1.3	8.5	352	4.14	6.81	0.2	2.0	1.6	0.296	0.224	1
2010/1/14	-5.3	55.2	0.6	0.7	3.0	292	4.23	7.36	0.1	1.9	1.6	0.295	0.223	1
2010/1/15	-0.2	47.7	2.4	0.9	3.7	18	3.83	7.26	0.2	1.9	1.6	0.293	0.223	1
2010/1/16	-0.6	58.4	2.8	0.8	5.0	324	3.90	7.60	0.3	1.9	1.6	0.292	0.221	1
2010/1/17	0.1	46.3	4.6	1.0	3.9	13	4.44	8.38	0.3	1.9	1.6	0.292	0.220	0
2010/1/18	-0.3	46.6	4.0	1.0	2.2	42	4.50	8.58	0.3	1.9	1.6	0.291	0.220	1
2010/1/19	3.2	42.9	0.0	1.3	6.7	7	4.42	8.32	0.4	1.9	1.6	0.291	0.221	0
2010/1/20	4.7	81.4	0.0	1.4	7.4	31	3.77	6.93	0.3	1.8	1.5	0.301	0.239	0
2010/1/21	4.7	88.5	0.0	1.6	9.1	277	3.18	6.00	0.3	1.5	1.2	0.342	0.284	0
2010/1/22	3.1	98.6	3.8	0.6	8.2	338	0.78	1.45	0.3	1.4	1.1	0.347	0.284	0
2010/1/23	3.0	98.6	1.0	1.2	7.8	277	2.12	3.98	0.7	1.4	1.1	0.350	0.293	0
2010/1/24	2.7	98.5	0.2	1.0	4.8	160	1.48	2.61	1.0	1.4	1.1	0.350	0.293	0
2010/1/25	2.6	98.6	12.6	0.6	5.0	160	0.82	1.53	1.3	1.4	1.1	0.351	0.331	0
2010/1/26	1.1	89.8	0.0	0.8	4.6	355	3.34	6.24	1.0	1.4	1.1	0.333	0.283	0
2010/1/27	2.6	78.4	0.0	0.6	4.4	152	3.33	5.91	1.4	1.5	1.3	0.325	0.259	0
2010/1/28	1.5	90.1	0.0	0.4	3.9	169	0.81	1.79	1.1	1.6	1.3	0.324	0.255	0
2010/1/29	-0.7	83.2	0.0	0.4	2.8	286	3.36	5.99	-0.3	1.6	1.3	0.320	0.252	1
2010/1/30	0.4	72.9	0.0	0.6	5.8	136	3.77	7.22	0.0	1.5	1.2	0.317	0.248	0
2010/1/31	3.9	40.2	0.0	1.0	5.2	154	3.84	7.19	1.7	1.5	1.3	0.318	0.247	0
2010/2/1	3.3	32.5	0.0	1.0	5.6	76	3.90	6.99	1.5	1.6	1.4	0.317	0.247	0
2010/2/2	1.5	62.1	0.0	1.5	11.7	117	3.56	7.13	1.1	1.6	1.4	0.315	0.245	0
2010/2/3	0.6	88.4	0.0	1.6	10.2	140	3.55	7.01	1.1	1.6	1.5	0.317	0.246	0
2010/2/4	0.5	85.7	0.0	1.6	8.7	25	2.06	3.99	0.6	1.7	1.5	0.316	0.247	0
2010/2/5	0.4	90.0	0.0	2.0	10.8	267	0.69	1.31	0.4	1.7	1.5	0.312	0.243	0
2010/2/6	1.7	93.9	32.6	1.3	7.1	91	0.30	0.67	1.5	1.6	1.5	0.323	0.273	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/2/7	0.8	96.9	23.4	1.3	7.6	190	0.32	0.74	0.4	1.5	1.3	0.344	0.379	0
2010/2/8	1.8	88.3	0.0	0.5	5.2	62	2.36	4.71	1.1	1.4	1.2	0.324	0.264	0
2010/2/9	3.0	80.9	0.0	0.9	5.4	215	3.56	6.92	2.3	1.5	1.5	0.320	0.255	0
2010/2/10	4.1	62.7	0.0	1.8	8.4	337	5.03	9.72	2.8	1.9	2.1	0.315	0.250	0
2010/2/11	4.5	51.0	0.0	1.6	9.1	10	5.20	10.76	3.3	2.2	2.3	0.309	0.245	0
2010/2/12	1.6	92.2	15.8	1.1	5.0	306	0.44	0.90	1.8	2.3	2.4	0.315	0.253	0
2010/2/13	1.3	97.3	17.0	0.8	5.9	56	0.66	1.23	1.5	2.2	2.1	0.326	0.307	0
2010/2/14	2.1	88.4	0.0	1.2	6.7	305	2.00	3.79	1.9	2.2	2.2	0.319	0.264	0
2010/2/15	1.6	90.4	4.4	1.1	6.3	227	0.95	1.86	1.5	2.3	2.3	0.313	0.248	0
2010/2/16	0.5	97.9	19.6	1.5	11.1	65	0.17	0.44	0.2	2.1	1.8	0.336	0.317	0
2010/2/17	0.6	98.6	35.8	1.1	8.4	11	0.17	0.46	0.2	1.6	1.2	0.371	0.394	0
2010/2/18	0.0	98.8	14.2	0.8	5.8	261	0.03	0.16	0.1	1.3	1.0	0.384	0.371	0
2010/2/19	-1.7	98.6	0.0	0.0	0.0	350	0.09	0.38	0.2	1.3	1.0	0.342	0.310	1
2010/2/20	-4.0	88.0	0.2	0.5	5.9	345	3.20	6.41	0.2	1.4	1.1	0.325	0.252	1
2010/2/21	-1.8	86.7	1.0	0.9	6.5	289	2.73	5.43	0.2	1.4	1.1	0.319	0.243	1
2010/2/22	-2.0	90.8	0.0	1.0	7.4	355	0.72	1.61	0.2	1.4	1.1	0.317	0.238	1
2010/2/23	-0.8	63.3	3.6	1.0	5.9	336	4.44	8.56	0.2	1.4	1.1	0.315	0.236	1
2010/2/24	1.2	50.8	8.0	1.2	5.9	351	5.67	11.21	0.3	1.4	1.1	0.316	0.236	0
2010/2/25	2.0	93.9	19.6	1.2	6.3	107	0.51	1.02	0.3	1.4	1.1	0.327	0.248	0
2010/2/26	3.3	71.8	3.6	1.2	6.7	278	5.60	10.26	0.3	1.3	1.1	0.338	0.264	0
2010/2/27	2.5	75.5	0.0	1.2	6.3	209	2.91	5.39	0.3	1.3	1.0	0.336	0.264	0
2010/2/28	3.5	54.2	0.0	1.3	5.6	101	4.98	11.55	0.3	1.3	1.0	0.341	0.266	0
2010/3/1	4.2	56.8	0.0	1.1	5.0	136	3.15	7.28	0.4	1.2	1.0	0.345	0.268	0
2010/3/2	3.0	76.5	0.0	1.2	7.8	289	1.40	2.52	0.3	1.2	1.0	0.351	0.273	0
2010/3/3	3.9	63.7	0.0	1.0	5.6	101	3.14	7.42	0.5	1.2	1.0	0.345	0.268	0
2010/3/4	3.8	83.8	0.0	0.9	5.2	118	3.24	5.25	1.0	1.1	0.9	0.353	0.277	0
2010/3/5	5.1	58.4	0.0	1.3	8.7	305	4.90	9.37	2.0	1.1	0.9	0.352	0.279	0
2010/3/6	6.1	34.0	0.0	1.3	10.9	1	6.74	13.09	3.0	1.1	1.0	0.346	0.272	0
2010/3/7	3.5	81.9	0.0	1.0	4.8	223	1.47	2.68	2.1	1.3	1.2	0.343	0.262	0
2010/3/8	3.5	91.9	0.0	1.0	5.2	160	0.56	1.24	2.5	1.3	1.3	0.347	0.266	0
2010/3/9	2.2	97.3	21.6	1.2	6.7	197	0.15	0.40	2.0	1.4	1.5	0.379	0.332	0
2010/3/10	-1.5	67.2	0.0	0.3	5.0	197	6.78	12.97	-0.1	1.5	1.6	0.338	0.260	1
2010/3/11	-0.8	46.8	0.0	0.3	5.6	242	6.69	13.31	-0.4	1.5	1.4	0.327	0.250	1
2010/3/12	1.8	72.9	0.0	0.6	4.6	243	2.40	4.59	0.7	1.4	1.2	0.322	0.244	0
2010/3/13	2.4	95.2	27.8	0.9	5.9	18	1.02	1.75	1.6	1.3	1.3	0.345	0.306	0
2010/3/14	4.0	81.3	0.0	1.0	6.7	305	4.94	9.53	3.5	1.6	1.9	0.334	0.258	0
2010/3/15	5.2	73.7	0.0	0.8	6.5	56	4.16	7.02	4.2	2.3	2.8	0.325	0.249	0
2010/3/16	5.0	80.8	0.0	1.0	5.0	80	2.35	5.07	4.3	2.7	3.3	0.319	0.243	0
2010/3/17	4.2	90.3	0.0	1.2	7.8	195	0.69	1.40	3.8	2.9	3.3	0.315	0.240	0
2010/3/18	3.4	64.2	0.0	1.1	6.9	327	3.66	7.58	3.0	2.9	3.2	0.312	0.237	0
2010/3/19	3.8	48.8	0.0	1.0	4.8	320	4.17	8.86	3.0	2.9	3.1	0.310	0.235	0
2010/3/20	6.7	39.0	0.0	1.2	8.0	253	4.36	8.40	4.9	3.1	3.3	0.307	0.234	0
2010/3/21	6.8	54.3	0.0	0.9	4.8	326	3.90	8.35	5.8	3.4	3.9	0.305	0.232	0
2010/3/22	6.3	43.0	0.0	0.8	4.6	340	4.76	8.85	5.4	3.8	4.3	0.303	0.232	0
2010/3/23	5.5	52.5	0.0	0.7	4.4	204	4.63	8.31	5.0	3.9	4.3	0.301	0.231	0
2010/3/24	6.8	62.3	0.0	1.0	5.0	52	5.05	8.19	6.0	4.0	4.5	0.299	0.230	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/3/25	4.4	93.6	19.6	0.9	6.7	126	0.14	0.38	4.6	4.2	4.6	0.313	0.245	0
2010/3/26	1.7	79.9	0.6	1.1	8.0	229	4.88	8.04	2.4	4.1	4.3	0.323	0.253	0
2010/3/27	2.3	74.3	0.0	1.1	6.9	333	5.96	10.26	2.4	3.7	3.6	0.318	0.246	0
2010/3/28	2.9	56.8	0.0	1.0	6.1	1	6.16	10.29	2.9	3.6	3.7	0.313	0.241	0
2010/3/29	3.6	48.6	0.0	0.8	3.5	128	5.04	9.82	3.2	3.5	3.5	0.310	0.238	0
2010/3/30	6.0	60.6	0.0	0.6	4.6	128	5.58	9.49	5.2	3.6	3.8	0.307	0.235	0
2010/3/31	6.3	74.1	0.0	0.5	3.9	284	3.13	6.09	5.7	4.0	4.4	0.305	0.234	0
2010/4/1	6.6	57.4	0.0	1.1	8.2	327	3.98	9.02	5.8	4.2	4.5	0.303	0.232	0
2010/4/2	6.4	80.3	6.2	1.1	7.1	246	3.39	6.80	6.2	4.3	4.8	0.302	0.230	0
2010/4/3	5.2	94.2	7.6	1.0	7.6	32	3.08	6.19	5.6	4.6	5.1	0.315	0.246	0
2010/4/4	6.1	91.8	0.0	1.1	8.9	60	2.25	4.43	6.1	4.8	5.2	0.316	0.245	0
2010/4/5	5.1	98.1	21.6	1.1	8.2	150	0.25	0.56	5.1	4.8	5.1	0.326	0.256	0
2010/4/6	5.8	93.5	18.2	1.2	7.2	122	1.74	2.47	5.5	4.7	4.9	0.328	0.260	0
2010/4/7	4.7	97.9	1.8	1.6	8.9	268	1.37	2.80	5.1	4.8	5.2	0.332	0.287	0
2010/4/8	4.6	99.2	46.6	0.3	10.8	173	0.38	0.81	4.8	4.8	4.9	0.369	0.298	0
2010/4/9	4.7	62.1	17.6	0.0	0.0	355	5.08	9.92	3.7	4.6	4.7	0.387	0.338	0
2010/4/10	6.8	37.7	0.0	0.4	5.9	355	3.84	7.92	4.7	4.4	4.4	0.330	0.256	0
2010/4/11	7.3	79.6	0.0	1.0	7.4	35	2.49	4.71	6.5	4.5	4.8	0.322	0.248	0
2010/4/12	7.5	66.6	0.0	1.0	6.5	352	3.58	7.77	6.7	4.8	5.3	0.317	0.244	0
2010/4/13	7.1	71.9	0.0	1.2	6.7	286	2.65	5.50	6.5	5.1	5.5	0.314	0.240	0
2010/4/14	7.1	65.0	0.0	1.6	8.7	244	4.63	8.33	6.5	5.1	5.5	0.311	0.238	0
2010/4/15	5.2	87.1	14.2	1.5	9.8	121	1.17	2.50	5.3	5.2	5.4	0.310	0.236	0
2010/4/16	4.7	78.6	5.2	1.2	10.4	240	4.70	8.99	4.5	4.9	5.0	0.338	0.263	0
2010/4/17	6.3	69.7	0.0	1.0	4.3	125	2.90	5.53	5.6	4.9	5.1	0.325	0.251	0
2010/4/18	5.4	95.0	2.4	0.8	5.2	118	0.60	1.15	5.6	5.0	5.3	0.320	0.244	0
2010/4/19	6.5	86.9	0.0	0.7	4.6	44	2.91	5.25	6.3	5.1	5.4	0.319	0.242	0
2010/4/20	6.4	70.6	0.0	0.8	3.2	39	3.58	6.60	5.8	5.2	5.5	0.316	0.241	0
2010/4/21	8.1	65.3	0.0	0.8	4.6	3	5.50	11.10	7.2	5.3	5.7	0.313	0.238	0
2010/4/22	7.9	74.4	0.0	0.9	8.0	327	2.59	5.77	7.4	5.6	6.2	0.311	0.236	0
2010/4/23	6.0	97.0	40.2	0.9	5.9	347	0.55	1.14	6.2	5.9	6.3	0.331	0.294	0
2010/4/24	4.1	97.7	1.2	0.9	4.8	308	1.14	2.25	4.8	5.8	6.0	0.331	0.258	0
2010/4/25	6.0	87.1	0.0	1.5	9.8	327	4.12	8.86	5.8	5.4	5.6	0.326	0.248	0
2010/4/26	6.6	93.1	0.0	0.9	5.4	282	1.42	3.12	6.5	5.6	5.9	0.321	0.246	0
2010/4/27	4.8	96.9	8.4	1.0	4.8	288	0.37	0.80	5.1	5.6	5.9	0.325	0.244	0
2010/4/28	4.1	96.6	20.0	1.1	7.4	48	0.66	1.40	4.4	5.3	5.4	0.340	0.290	0
2010/4/29	2.9	89.4	17.2	0.6	4.4	10	2.15	4.33	3.4	5.0	4.9	0.338	0.257	0
2010/4/30	1.6	96.7	32.4	0.9	10.0	115	3.25	5.39	2.0	4.3	3.9	0.423	0.384	0
2010/5/1	3.0	82.8	0.0	0.3	3.0	232	3.95	6.92	2.9	4.0	3.7	0.341	0.262	0
2010/5/2	4.3	89.7	0.0	0.7	3.5	244	2.21	4.52	4.3	4.3	4.3	0.330	0.250	0
2010/5/3	4.0	78.0	0.0	1.0	3.0	51	6.26	10.56	4.0	4.0	5.0	0.324	0.246	0
2010/5/4	5.7	52.3	0.0	1.1	5.2	249	5.31	9.29	4.5	4.6	4.8	0.320	0.242	0
2010/5/5	8.0	66.2	0.0	0.9	8.4	150	4.87	9.17	6.8	4.8	5.1	0.317	0.240	0
2010/5/6	7.9	92.2	1.2	0.9	4.8	256	0.86	1.83	7.5	5.3	5.8	0.316	0.237	0
2010/5/7	7.5	97.1	21.2	1.3	9.8	299	0.40	0.91	7.3	5.6	6.1	0.329	0.248	0
2010/5/8	8.5	95.8	0.0	0.8	5.0	225	1.40	2.77	8.2	5.9	6.5	0.336	0.254	0
2010/5/9	8.9	93.8	0.0	1.2	8.9	84	1.34	3.02	8.5	6.1	6.8	0.330	0.250	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/5/10	8.6	93.3	2.0	1.1	9.3	206	2.30	4.81	8.4	6.4	7.1	0.325	0.244	0
2010/5/11	6.3	91.5	0.2	0.8	4.6	324	2.66	7.53	5.9	5.8	6.5	0.323	0.243	0
2010/5/12	5.1	90.9	0.2	0.7	3.0	42	0.54	3.17	4.4	5.2	5.9	0.324	0.244	0
2010/5/13	6.2	97.4	0.0	0.7	3.2	233	1.07	6.46	5.8	6.0	6.2	0.322	0.243	0
2010/5/14	6.2	46.5	0.0	0.8	3.3	261	0.75	4.47	4.8	5.4	6.0	0.319	0.240	0
2010/5/15	6.5	60.8	4.2	0.7	2.8	42	0.77	4.58	5.5	5.9	6.3	0.319	0.239	0
2010/5/16	7.0	78.0	0.0	1.0	4.0	104	1.83	11.14	6.0	6.0	7.0	0.327	0.248	0
2010/5/17	8.4	70.1	0.0	0.8	3.0	115	1.07	6.46	7.5	7.4	7.3	0.320	0.242	0
2010/5/18	8.9	83.6	0.0	0.8	3.3	176	1.25	7.56	7.4	7.6	7.8	0.315	0.236	0
2010/5/19	9.2	73.7	0.0	0.8	3.2	105	1.65	10.04	7.7	7.9	8.1	0.310	0.233	0
2010/5/20	7.2	90.9	0.6	0.9	3.5	239	1.14	6.91	5.3	6.3	7.3	0.307	0.228	0
2010/5/21	7.7	71.2	0.0	0.7	3.4	268	1.01	6.07	7.3	7.6	7.8	0.306	0.228	0
2010/5/22	8.1	88.9	0.0	1.0	4.1	143	1.29	7.85	5.8	6.6	7.5	0.304	0.226	0
2010/5/23	6.7	98.2	66.9	1.1	5.2	268	0.13	0.67	5.3	6.1	6.9	0.321	0.237	0
2010/5/24	7.2	80.9	0.0	1.0	4.0	178	2.12	12.92	6.2	6.9	7.6	0.331	0.253	0
2010/5/25	6.8	62.9	0.0	0.7	3.3	90	1.83	11.16	5.4	5.5	5.6	0.256	0.194	0
2010/5/26	5.2	43.7	0.0	0.4	3.2	240	2.79	4.75	5.1	3.6	3.7	0.170	0.129	0
2010/5/27	9.1	90.5	0.0	0.7	5.8	355	1.57	3.20	8.9	7.1	7.6	0.320	0.242	0
2010/5/28	10.5	91.1	1.0	0.9	4.3	31	2.34	4.79	10.0	7.4	7.9	0.318	0.239	0
2010/5/29	9.4	98.2	44.8	0.7	7.4	299	1.12	2.08	9.6	8.2	8.7	0.356	0.308	0
2010/5/30	8.8	98.9	42.4	0.7	4.3	164	0.87	1.75	9.0	8.2	8.7	0.367	0.313	0
2010/5/31	8.3	84.3	5.8	0.9	5.9	309	6.41	11.72	8.6	8.3	8.9	0.356	0.311	0
2010/6/1	7.1	73.5	0.0	0.8	7.4	223	3.05	5.50	6.8	8.0	8.1	0.337	0.257	0
2010/6/2	7.4	98.6	42.0	0.6	4.3	216	0.95	1.98	7.7	7.7	7.8	0.358	0.289	0
2010/6/3	8.3	99.5	59.8	0.3	1.9	132	0.96	1.99	8.5	7.9	8.2	0.436	0.415	0
2010/6/4	8.2	99.6	9.2	0.4	3.5	233	1.77	3.36	8.6	8.0	8.4	0.352	0.274	0
2010/6/5	7.4	98.8	2.8	0.5	4.1	4	1.80	3.24	8.0	8.0	8.4	0.344	0.254	0
2010/6/6	7.1	95.8	0.2	0.8	7.1	352	3.91	8.20	8.0	7.9	8.3	0.342	0.251	0
2010/6/7	8.2	81.1	0.0	0.9	5.0	341	6.37	12.09	7.8	7.9	8.2	0.335	0.250	0
2010/6/8	9.8	85.2	0.0	0.8	4.8	108	4.41	8.36	9.4	8.0	8.5	0.330	0.246	0
2010/6/9	9.4	89.8	2.6	0.5	4.5	55	2.00	4.61	9.2	8.2	8.7	0.325	0.240	0
2010/6/10	8.7	96.7	20.4	0.7	5.0	230	1.31	2.68	8.9	8.3	8.7	0.332	0.245	0
2010/6/11	8.8	99.5	55.2	0.8	5.6	302	0.55	1.14	8.9	8.4	8.7	0.398	0.370	0
2010/6/12	9.1	99.7	44.0	1.0	5.4	76	0.91	1.82	9.3	8.5	8.9	0.397	0.366	0
2010/6/13	8.8	98.8	43.6	0.7	5.2	191	0.72	1.49	8.9	8.6	8.9	0.388	0.335	0
2010/6/14	8.6	99.1	65.0	0.0	0.0	60	0.57	1.33	8.8	8.6	8.9	0.411	0.391	0
2010/6/15	7.6	97.4	2.2	1.2	8.5	156	0.87	1.70	7.7	8.4	8.6	0.353	0.273	0
2010/6/16	8.7	92.5	0.0	1.1	5.4	317	2.35	4.31	8.6	8.1	8.3	0.344	0.255	0
2010/6/17	8.1	92.1	2.0	1.3	7.4	81	0.88	1.80	7.9	8.1	8.3	0.338	0.248	0
2010/6/18	9.9	73.6	0.0	0.9	5.8	184	3.57	6.98	8.9	8.0	8.3	0.334	0.246	0
2010/6/19	11.2	61.4	0.0	0.8	5.6	27	5.89	11.67	9.7	8.2	8.6	0.331	0.244	0
2010/6/20	11.5	53.6	0.0	1.2	6.1	226	4.34	8.25	9.9	8.4	8.9	0.327	0.242	0
2010/6/21	10.5	88.4	20.2	0.9	5.4	268	3.60	7.33	10.0	8.9	9.4	0.349	0.262	0
2010/6/22	9.5	91.7	1.0	0.6	5.2	21	3.77	6.81	9.8	8.9	9.4	0.342	0.255	0
2010/6/23	8.6	97.5	21.0	0.6	3.9	84	1.87	3.16	9.1	9.0	9.4	0.346	0.258	0
2010/6/24	8.9	96.9	6.0	0.7	4.1	6	1.79	3.44	9.2	8.8	9.2	0.349	0.257	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/6/25	8.8	98.0	33.4	1.1	6.5	281	0.46	1.00	8.9	8.8	9.0	0.366	0.307	0
2010/6/26	10.1	91.5	0.0	1.1	6.7	265	2.47	4.59	9.7	8.7	9.0	0.349	0.266	0
2010/6/27	10.3	91.3	9.2	0.7	4.6	226	2.18	4.22	10.1	8.8	9.2	0.343	0.255	0
2010/6/28	10.8	89.3	16.4	0.7	5.4	295	3.61	7.35	10.3	9.1	9.5	0.350	0.267	0
2010/6/29	9.9	97.6	1.6	0.5	3.0	302	1.70	3.48	10.2	9.3	9.9	0.347	0.257	0
2010/6/30	9.9	94.2	2.6	0.6	3.0	309	2.72	4.96	10.0	9.2	9.7	0.340	0.249	0
2010/7/1	10.6	86.4	0.0	0.8	4.1	184	4.22	8.17	10.4	9.3	9.7	0.338	0.248	0
2010/7/2	11.4	75.2	0.0	0.9	3.5	336	4.00	7.71	10.6	9.4	9.9	0.333	0.247	0
2010/7/3	11.8	64.6	0.0	1.2	5.8	330	5.88	10.15	10.4	9.4	9.9	0.329	0.244	0
2010/7/4	12.1	62.5	0.0	1.1	5.2	265	4.22	7.45	10.6	9.4	9.9	0.325	0.241	0
2010/7/5	12.1	61.0	0.0	1.4	7.4	317	6.30	10.67	10.8	9.4	9.8	0.322	0.239	0
2010/7/6	12.2	54.4	0.0	1.3	5.9	229	6.71	12.22	10.9	9.5	10.0	0.319	0.238	0
2010/7/7	11.8	53.6	0.0	1.1	6.7	55	6.84	12.18	10.7	9.5	10.0	0.316	0.236	0
2010/7/8	10.7	62.5	0.0	1.0	3.5	206	3.03	6.17	10.1	9.5	9.9	0.314	0.235	0
2010/7/9	10.4	69.6	0.0	1.0	4.1	117	3.31	6.09	9.9	9.4	9.7	0.311	0.233	0
2010/7/10	10.7	78.6	0.0	0.8	3.7	329	1.99	3.74	10.3	9.4	9.7	0.309	0.232	0
2010/7/11	10.8	82.7	0.0	0.8	3.7	315	3.85	6.75	10.6	9.3	9.7	0.308	0.230	0
2010/7/12	10.1	88.2	56.4	0.7	3.7	103	1.93	3.32	10.0	9.9	10.1	0.336	0.267	0
2010/7/13	8.8	97.6	25.2	0.6	2.4	108	2.21	4.28	9.3	10.0	10.2	0.357	0.291	0
2010/7/14	7.6	97.6	46.2	0.7	3.3	286	1.04	2.04	8.1	9.6	9.6	0.372	0.307	0
2010/7/15	7.9	96.0	2.8	0.6	2.6	107	1.79	3.42	8.2	9.0	8.9	0.346	0.255	0
2010/7/16	8.3	95.1	4.4	0.5	3.2	94	1.77	3.61	8.5	8.8	8.9	0.346	0.248	0
2010/7/17	8.9	91.3	0.0	0.6	4.3	96	4.69	8.21	8.9	8.8	9.0	0.345	0.253	0
2010/7/18	9.1	83.1	0.0	0.8	3.2	108	4.54	8.36	8.9	9.0	9.3	0.337	0.249	0
2010/7/19	8.7	83.7	9.8	0.6	3.0	176	2.86	4.61	8.5	9.0	9.1	0.340	0.251	0
2010/7/20	7.7	94.4	12.2	0.2	3.0	296	1.11	2.06	8.1	8.9	8.9	0.349	0.261	0
2010/7/21	8.3	93.2	1.2	0.6	3.0	108	2.34	4.39	8.4	8.7	8.8	0.344	0.252	0
2010/7/22	7.7	94.2	16.4	0.7	3.7	96	2.00	3.73	7.9	8.7	8.8	0.348	0.259	0
2010/7/23	8.9	93.1	43.0	0.8	2.6	104	3.24	6.65	8.7	8.7	8.8	0.363	0.294	0
2010/7/24	8.5	95.8	8.4	0.6	3.3	135	2.08	4.27	8.8	8.9	9.1	0.352	0.266	0
2010/7/25	8.6	98.7	16.6	0.4	3.5	309	1.05	1.94	8.9	8.9	9.1	0.355	0.263	0
2010/7/26	9.4	97.8	48.8	0.5	4.5	326	1.40	2.63	9.5	9.0	9.3	0.383	0.307	0
2010/7/27	8.5	98.8	29.0	0.9	6.1	306	0.83	1.67	8.8	9.2	9.4	0.376	0.364	0
2010/7/28	8.6	98.7	48.8	0.1	3.5	184	1.32	2.56	8.9	9.0	9.1	0.400	0.347	0
2010/7/29	9.5	97.1	0.0	0.0	0.0	317	2.46	4.66	9.7	9.0	9.2	0.350	0.257	0
2010/7/30	9.6	94.6	1.4	0.3	2.6	174	2.05	4.44	9.9	9.2	9.6	0.342	0.249	0
2010/7/31	9.6	94.4	11.6	0.6	4.5	173	1.78	2.83	9.6	9.3	9.6	0.347	0.253	0
2010/8/1	9.1	98.0	5.6	0.6	3.3	202	1.45	3.31	9.4	9.3	9.5	0.353	0.254	0
2010/8/2	9.1	91.3	7.4	1.0	3.2	107	3.59	7.87	9.1	9.2	9.5	0.354	0.255	0
2010/8/3	9.8	90.2	0.0	0.9	3.9	101	4.89	10.20	9.6	9.3	9.6	0.351	0.255	0
2010/8/4	9.6	95.5	0.0	0.8	3.7	103	1.55	3.09	9.9	9.5	9.8	0.342	0.249	0
2010/8/5	9.3	93.5	0.0	0.5	3.2	100	2.53	5.10	9.7	9.4	9.8	0.337	0.245	0
2010/8/6	9.7	93.2	0.0	0.5	3.0	348	1.96	3.89	9.7	9.4	9.7	0.333	0.243	0
2010/8/7	10.6	94.8	7.4	0.7	5.4	90	4.99	8.44	10.7	9.5	9.9	0.343	0.248	0
2010/8/8	10.3	85.7	0.0	0.7	3.0	223	5.59	10.14	10.4	9.8	10.4	0.341	0.249	0
2010/8/9	10.9	65.0	0.0	1.0	5.2	212	4.98	9.67	10.0	9.9	10.3	0.336	0.245	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/8/10	9.5	78.0	0.0	0.8	2.6	150	2.98	4.91	9.3	9.7	9.9	0.331	0.241	0
2010/8/11	9.9	89.9	2.4	0.6	4.6	190	2.38	4.70	9.9	9.5	9.7	0.328	0.237	0
2010/8/12	9.7	93.2	0.2	0.7	2.6	138	3.54	5.42	9.9	9.5	9.9	0.326	0.236	0
2010/8/13	9.6	80.6	0.0	0.9	4.1	135	4.95	6.69	9.3	9.5	9.8	0.324	0.236	0
2010/8/14	9.7	81.5	20.2	0.9	4.3	327	4.49	7.34	9.3	9.5	9.7	0.332	0.241	0
2010/8/15	8.4	93.7	0.0	0.7	3.2	136	2.60	4.99	8.9	9.5	9.7	0.348	0.254	0
2010/8/16	8.6	94.4	13.8	0.6	4.8	265	2.49	4.98	9.0	9.3	9.5	0.345	0.253	0
2010/8/17	8.5	97.2	13.6	0.7	3.2	347	1.80	4.09	8.9	9.3	9.5	0.355	0.260	0
2010/8/18	7.3	98.1	18.6	0.5	1.9	355	1.31	2.53	8.1	9.1	9.2	0.361	0.272	0
2010/8/19	7.6	89.2	0.0	0.7	3.0	132	4.44	8.03	8.2	8.9	8.9	0.351	0.256	0
2010/8/20	8.7	82.0	0.0	0.9	2.8	135	3.25	5.97	8.6	8.9	9.0	0.343	0.251	0
2010/8/21	9.7	85.8	0.0	0.9	3.0	110	2.91	5.54	9.4	9.0	9.2	0.338	0.246	0
2010/8/22	8.9	85.4	0.2	0.8	3.9	143	2.35	4.75	8.8	9.1	9.3	0.334	0.243	0
2010/8/23	9.5	88.6	0.0	0.8	4.3	149	2.91	6.17	9.4	9.1	9.2	0.330	0.241	0
2010/8/24	9.0	88.9	0.0	0.7	3.2	143	2.52	4.53	9.2	9.2	9.4	0.327	0.239	0
2010/8/25	8.3	92.4	1.8	0.6	2.6	142	2.17	3.72	8.7	9.1	9.3	0.325	0.236	0
2010/8/26	7.7	92.0	0.0	0.8	2.8	156	2.13	4.11	8.2	9.0	9.0	0.322	0.235	0
2010/8/27	7.9	86.9	0.0	0.8	2.4	153	2.23	4.46	8.1	8.8	8.8	0.320	0.235	0
2010/8/28	7.8	87.1	26.0	0.6	1.9	153	1.23	2.68	7.9	8.7	8.7	0.342	0.249	0
2010/8/29	8.1	98.4	7.8	0.5	3.7	246	1.20	2.18	8.5	8.7	8.8	0.358	0.255	0
2010/8/30	8.1	90.8	7.8	1.3	5.8	183	1.76	3.59	8.0	8.6	8.7	0.354	0.256	0
2010/8/31	9.6	96.9	3.0	0.9	4.6	15	1.53	2.86	9.6	8.7	9.0	0.359	0.258	0
2010/9/1	8.8	97.6	18.6	0.6	4.6	156	0.44	0.95	8.9	8.9	9.1	0.363	0.265	0
2010/9/2	9.0	99.2	0.2	0.5	5.0	142	1.11	1.97	9.3	8.9	9.2	0.354	0.252	0
2010/9/3	8.2	91.0	0.0	0.6	5.8	129	3.65	6.79	8.6	8.9	9.1	0.347	0.251	0
2010/9/4	8.7	91.8	1.2	0.4	3.5	147	3.07	6.62	9.1	9.0	9.2	0.342	0.245	0
2010/9/5	8.9	96.1	2.2	0.4	2.0	147	1.25	2.50	9.1	9.0	9.2	0.338	0.240	0
2010/9/6	8.7	93.7	0.0	0.5	3.9	232	2.16	4.19	9.0	9.0	9.2	0.341	0.241	0
2010/9/7	9.2	83.1	0.6	0.8	3.3	133	3.57	6.33	8.9	8.9	9.1	0.339	0.242	0
2010/9/8	9.3	92.8	0.0	1.2	6.1	146	2.50	5.32	9.4	9.0	9.3	0.336	0.240	0
2010/9/9	8.3	98.5	12.0	0.7	5.4	138	0.75	1.38	8.8	9.1	9.3	0.338	0.236	0
2010/9/10	9.2	97.4	1.8	0.0	1.3	129	1.63	3.16	9.4	9.0	9.2	0.362	0.260	0
2010/9/11	9.0	92.8	14.2	0.5	3.2	164	2.90	5.53	9.3	9.2	9.4	0.356	0.258	0
2010/9/12	6.9	92.8	0.0	0.8	2.8	28	3.39	5.61	7.7	9.1	9.1	0.354	0.256	0
2010/9/13	7.6	92.7	3.2	0.7	2.8	174	3.17	5.08	8.0	8.8	8.9	0.347	0.247	0
2010/9/14	7.5	95.0	0.2	0.7	3.2	177	2.27	3.51	7.8	8.7	8.6	0.348	0.247	0
2010/9/15	7.3	95.4	1.4	0.7	2.4	23	1.22	2.40	7.7	8.5	8.5	0.344	0.243	0
2010/9/16	7.9	88.7	0.2	0.8	4.3	298	2.70	4.84	7.9	8.4	8.4	0.342	0.244	0
2010/9/17	8.0	71.9	0.0	1.4	6.5	66	2.05	4.30	7.5	8.4	8.4	0.340	0.243	0
2010/9/18	8.4	81.3	4.2	1.1	5.6	268	3.56	5.76	7.8	8.2	8.0	0.335	0.238	0
2010/9/19	8.6	99.3	129.4	3.0	14.5	258	0.18	0.43	8.8	8.7	8.9	0.446	0.398	0
2010/9/20	7.4	99.3	3.6	0.4	6.1	46	1.06	2.03	7.9	8.7	8.7	0.359	0.269	0
2010/9/21	7.9	90.5	0.4	0.3	3.7	8	2.26	3.85	7.9	8.5	8.5	0.351	0.255	0
2010/9/22	6.8	88.1	0.2	0.7	3.2	355	1.77	4.95	7.4	8.5	8.5	0.345	0.251	0
2010/9/23	7.0	89.1	0.0	0.6	3.2	201	1.73	3.56	7.1	8.3	8.2	0.342	0.247	0
2010/9/24	8.4	90.2	0.0	0.8	7.1	79	2.68	4.72	8.4	8.2	8.3	0.339	0.244	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/9/25	8.5	89.9	0.0	0.7	4.3	355	3.97	6.09	8.8	8.5	8.7	0.336	0.242	0
2010/9/26	7.5	94.9	1.8	0.5	2.4	10	0.98	2.07	7.9	8.6	8.7	0.334	0.238	0
2010/9/27	7.7	96.3	0.0	0.5	2.4	53	1.24	2.55	7.9	8.4	8.4	0.334	0.239	0
2010/9/28	7.8	94.8	3.0	0.6	2.2	174	1.59	4.18	8.2	8.4	8.4	0.334	0.237	0
2010/9/29	6.8	97.9	9.2	0.2	2.0	190	0.99	1.87	7.4	8.4	8.4	0.356	0.248	0
2010/9/30	6.4	92.5	0.0	0.8	2.2	355	1.75	3.90	7.1	8.2	8.2	0.355	0.256	0
2010/10/1	7.2	87.3	0.0	0.9	3.0	6	3.23	5.95	7.4	8.1	8.1	0.347	0.251	0
2010/10/2	7.4	91.6	11.0	0.6	3.9	190	1.62	2.98	7.6	8.2	8.2	0.351	0.253	0
2010/10/3	6.8	98.2	0.0	0.4	2.0	157	1.16	2.27	7.4	8.1	8.2	0.356	0.256	0
2010/10/4	6.9	93.2	0.0	0.6	3.9	44	2.74	4.34	7.4	8.0	8.1	0.349	0.252	0
2010/10/5	6.9	88.2	0.0	0.5	3.9	72	3.04	5.36	7.3	8.0	8.0	0.344	0.247	0
2010/10/6	7.4	84.9	0.0	0.6	4.1	157	1.75	3.39	7.4	8.0	8.0	0.341	0.244	0
2010/10/7	7.1	95.3	3.8	0.3	3.3	184	1.23	2.42	7.5	7.9	7.9	0.338	0.239	0
2010/10/8	7.0	94.9	6.8	0.1	2.6	337	791.20	1,395.50	7.5	7.6	7.7	0.342	0.230	0
2010/10/9	7.6	97.8	2.4	0.4	3.7	195	1,112.20	2,106.20	7.9	8.0	8.1	0.362	0.256	0
2010/10/10	8.5	97.6	3.0	0.3	3.5	274	1,615.60	3,000.20	8.7	8.1	8.3	0.362	0.254	0
2010/10/11	8.2	96.1	4.8	0.4	2.6	220	2,032.10	3,419.50	8.6	8.3	8.6	0.363	0.258	0
2010/10/12	7.5	98.0	5.0	0.6	2.2	201	1,196.90	2,544.30	7.8	8.3	8.4	0.366	0.260	0
2010/10/13	7.8	99.0	0.4	0.4	2.0	49	1,356.70	2,518.70	8.1	8.3	8.4	0.361	0.254	0
2010/10/14	7.4	97.6	7.6	0.6	3.2	53	1,904.80	2,899.70	7.7	8.2	8.3	0.363	0.256	0
2010/10/15	6.9	97.0	0.0	0.5	2.8	187	1,558.60	3,485.50	7.4	8.1	8.2	0.361	0.259	0
2010/10/16	6.8	97.5	16.2	0.4	3.3	208	969.90	2,053.20	7.1	8.0	8.0	0.365	0.258	0
2010/10/17	6.1	99.1	3.4	0.4	2.4	286	1,383.50	2,793.30	7.0	7.9	7.9	0.373	0.263	0
2010/10/18	7.0	99.5	5.8	0.6	4.3	330	784.30	1,443.50	7.1	7.8	7.7	0.361	0.250	0
2010/10/19	8.1	100.0	15.0	0.3	3.2	305	1,413.20	2,578.80	8.4	7.9	8.1	0.379	0.266	0
2010/10/20	7.9	100.0	45.2	0.4	1.9	8	866.60	1,642.10	8.2	8.1	8.3	0.386	0.313	0
2010/10/21	7.6	100.0	90.2	0.6	5.0	355	268.70	590.00	8.1	8.4	8.5	0.436	0.388	0
2010/10/22	7.2	100.0	33.4	0.2	5.8	330	371.30	722.90	7.5	8.2	8.1	0.381	0.349	0
2010/10/23	6.9	91.4	0.0	0.0	0.0	303	3,107.60	5,543.50	7.5	8.0	8.1	0.366	0.269	0
2010/10/24	7.7	61.4	0.0	0.8	6.1	222	5,188.30	8,917.00	6.9	8.0	8.0	0.357	0.255	0
2010/10/25	7.8	59.5	0.2	1.1	6.1	63	4,196.30	8,294.50	6.8	7.7	7.6	0.350	0.249	0
2010/10/26	5.8	81.0	0.0	1.0	4.1	351	4,455.10	8,496.30	6.3	7.7	7.6	0.346	0.245	0
2010/10/27	6.5	69.9	0.0	1.0	4.5	42	4,792.00	9,521.50	6.2	7.5	7.3	0.342	0.241	0
2010/10/28	6.6	60.2	0.0	1.9	7.2	279	4,905.70	9,503.50	5.7	7.3	7.0	0.339	0.239	0
2010/10/29	6.8	61.7	0.0	0.9	3.7	326	4,659.70	9,421.00	6.3	7.1	6.8	0.335	0.237	0
2010/10/30	5.6	77.4	0.0	0.8	4.3	300	4,850.00	9,198.30	6.1	7.1	7.0	0.332	0.235	0
2010/10/31	2.6	56.0	0.0	0.9	3.2	32	5,513.30	9,714.30	3.8	7.0	6.7	0.330	0.234	0
2010/11/1	4.6	34.4	0.0	1.0	2.8	44	4,911.80	9,504.30	4.0	6.5	6.0	0.327	0.232	0
2010/11/2	5.1	37.4	0.0	1.1	3.9	41	4,594.20	9,220.80	4.4	6.3	5.8	0.324	0.230	0
2010/11/3	4.2	54.7	0.0	0.7	3.7	66	4,913.00	9,187.80	4.2	6.2	5.7	0.322	0.229	0
2010/11/4	5.2	90.1	8.4	0.5	3.3	124	1,883.30	3,339.40	5.3	6.1	5.8	0.325	0.237	0
2010/11/5	5.7	98.7	23.4	0.3	4.3	140	677.80	1,262.60	5.9	6.3	6.2	0.382	0.273	0
2010/11/6	6.6	99.2	5.4	0.5	4.1	51	815.70	1,508.60	6.8	6.5	6.6	0.373	0.265	0
2010/11/7	6.3	98.8	0.4	0.2	2.8	348	1,954.00	3,619.10	6.9	6.8	7.0	0.358	0.256	0
2010/11/8	4.6	92.0	1.2	0.8	4.3	31	1,525.30	2,921.60	5.3	6.9	6.9	0.351	0.251	0
2010/11/9	2.4	53.7	0.0	1.0	5.9	216	3,077.20	6,151.10	2.8	6.4	5.9	0.347	0.246	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/11/10	1.9	39.9	0.0	0.8	4.1	225	3,004.20	6,038.60	2.1	5.7	5.0	0.343	0.243	0
2010/11/11	1.2	45.0	0.0	0.8	3.2	212	3,021.10	5,992.10	1.6	5.2	4.4	0.340	0.240	0
2010/11/12	4.1	53.5	1.2	0.9	4.6	355	2,566.60	5,230.10	3.1	4.9	4.2	0.337	0.237	0
2010/11/13	4.5	97.3	37.4	0.4	5.6	257	650.10	1,233.50	4.7	5.0	4.8	0.390	0.291	0
2010/11/14	4.9	98.6	9.6	0.5	3.9	59	747.10	1,391.00	5.1	5.3	5.2	0.384	0.311	0
2010/11/15	4.3	99.6	9.8	0.3	2.0	195	640.40	1,194.40	4.9	5.6	5.5	0.374	0.266	0
2010/11/16	4.0	98.8	5.2	0.5	4.6	337	1,071.40	1,954.10	4.7	5.6	5.5	0.377	0.275	0
2010/11/17	2.0	92.6	0.0	0.5	2.8	0	1,744.40	2,925.40	2.9	5.5	5.2	0.363	0.259	0
2010/11/18	2.8	89.5	7.8	0.6	4.6	350	929.80	1,864.10	2.9	5.1	4.6	0.369	0.259	0
2010/11/19	2.6	93.1	7.2	0.5	3.5	66	1,483.60	3,152.60	3.1	4.8	4.3	0.380	0.272	0
2010/11/20	2.6	81.8	0.0	0.8	4.8	319	3,382.90	6,192.40	2.9	4.7	4.3	0.363	0.258	0
2010/11/21	3.2	75.7	0.0	0.8	5.9	315	3,867.80	7,222.90	3.0	4.6	4.2	0.355	0.251	0
2010/11/22	3.3	79.9	0.0	0.9	4.3	105	3,824.20	7,246.10	3.1	4.6	4.2	0.350	0.246	0
2010/11/23	1.4	86.5	0.0	1.1	6.7	190	1,043.20	2,503.10	2.2	4.5	4.1	0.347	0.243	0
2010/11/24	3.7	33.2	0.0	1.0	6.1	284	3,116.50	6,001.10	2.1	4.3	3.7	0.343	0.240	0
2010/11/25	0.1	86.1	0.0	0.6	5.4	331	1,214.50	2,770.10	1.2	4.1	3.5	0.341	0.238	0
2010/11/26	-0.2	56.0	0.0	0.8	4.3	160	4,186.90	7,462.10	0.4	3.8	3.1	0.338	0.236	1
2010/11/27	2.0	57.2	0.0	0.7	3.9	313	3,804.40	6,829.90	1.4	3.5	2.8	0.336	0.234	0
2010/11/28	1.6	89.2	0.0	0.7	5.2	86	1,700.00	2,954.70	2.0	3.5	3.1	0.334	0.233	0
2010/11/29	2.7	91.2	0.0	0.9	4.6	122	1,615.10	2,798.60	2.9	3.7	3.5	0.332	0.232	0
2010/11/30	3.0	74.3	0.0	0.8	4.1	253	2,159.80	4,121.60	2.8	3.9	3.7	0.331	0.232	0
2010/12/1	3.4	59.4	0.0	1.0	7.2	59	2,013.10	3,598.10	2.5	3.9	3.5	0.329	0.231	0
2010/12/2	3.1	80.9	0.0	1.1	6.3	66	886.00	1,680.40	2.8	3.8	3.5	0.327	0.230	0
2010/12/3	2.8	75.2	0.0	1.2	5.6	46	1,188.00	2,221.90	2.5	3.9	3.5	0.325	0.229	0
2010/12/4	2.8	76.5	0.0	1.1	5.9	354	1,548.80	2,995.10	2.5	3.8	3.5	0.324	0.229	0
2010/12/5	2.8	66.0	0.0	0.9	5.0	174	1,834.50	3,233.70	2.4	3.8	3.5	0.322	0.228	0
2010/12/6	1.5	88.8	0.0	1.0	6.1	229	1,816.20	3,556.90	2.2	3.8	3.5	0.321	0.227	0
2010/12/7	-2.2	77.2	0.0	1.3	8.4	124	1,683.70	2,978.60	-0.2	3.7	3.2	0.319	0.226	1
2010/12/8	-2.9	20.7	0.0	2.3	11.0	159	1,756.50	3,391.90	-1.2	3.2	2.5	0.318	0.226	1
2010/12/9	-1.4	13.4	0.0	1.1	6.5	192	1,775.20	3,349.90	-0.9	2.8	2.0	0.317	0.226	1
2010/12/10	0.8	33.9	0.0	1.0	8.4	289	1,488.40	2,827.20	-0.2	2.5	1.7	0.315	0.225	0
2010/12/11	1.0	97.3	4.0	0.4	6.1	354	440.30	800.00	0.2	2.3	1.6	0.313	0.226	0
2010/12/12	5.4	83.0	0.0	1.5	7.4	302	1,492.60	2,820.40	2.3	2.3	1.7	0.312	0.223	0
2010/12/13	7.6	60.3	0.0	1.4	5.6	270	1,819.40	3,228.40	5.2	2.9	2.9	0.312	0.223	0
2010/12/14	5.8	59.5	0.0	1.0	4.6	58	1,654.60	3,172.90	4.6	3.6	3.7	0.311	0.223	0
2010/12/15	3.7	88.7	8.4	0.8	4.8	55	440.00	830.80	3.6	3.8	3.9	0.311	0.223	0
2010/12/16	1.2	97.2	34.2	1.2	9.5	159	273.50	575.90	2.3	3.9	3.9	0.376	0.276	0
2010/12/17	-2.7	43.7	0.0	1.7	11.7	105	1,772.40	3,589.90	-0.1	3.5	2.9	0.353	0.253	1
2010/12/18	0.0	40.6	0.0	0.9	6.5	212	1,829.30	3,322.10	-0.2	3.0	2.3	0.345	0.246	1
2010/12/19	3.8	22.9	0.0	1.7	10.0	188	1,629.50	3,452.60	-0.2	2.7	2.1	0.342	0.242	0
2010/12/20	5.5	14.1	2.8	1.4	8.0	316	1,694.90	3,373.10	-0.1	2.5	1.9	0.338	0.239	0
2010/12/21	5.0	22.7	1.6	1.3	6.5	183	1,716.70	3,408.40	0.0	2.4	1.9	0.336	0.237	0
2010/12/22	0.2	45.3	0.0	0.9	6.1	152	1,716.20	3,258.40	-0.1	2.3	1.8	0.334	0.235	0
2010/12/23	-1.4	58.4	0.0	0.7	3.9	34	1,257.10	2,383.90	-0.4	2.2	1.7	0.332	0.233	1
2010/12/24	-1.2	77.3	0.0	1.0	7.2	256	1,516.70	2,740.90	-0.4	2.1	1.6	0.330	0.232	1
2010/12/25	-1.8	95.7	0.0	1.0	5.6	336	650.30	1,257.50	-0.3	2.0	1.5	0.328	0.232	1

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2010/12/26	-3.5	63.0	0.0	1.7	12.1	147	1,950.80	3,678.40	-0.4	1.9	1.4	0.327	0.231	1
2010/12/27	-3.4	21.5	0.0	1.5	8.2	31	1,767.20	3,312.40	-1.1	1.9	1.3	0.326	0.230	1
2010/12/28	-3.6	44.0	0.0	0.8	5.8	204	1,779.10	3,223.90	-1.2	1.7	1.2	0.325	0.230	1
2010/12/29	-3.7	74.3	0.0	1.0	7.4	263	1,819.70	3,226.20	-1.2	1.6	1.1	0.322	0.230	1
2010/12/30	-4.5	67.4	0.0	0.9	5.2	157	1,812.80	3,237.40	-1.6	1.5	1.0	0.319	0.230	1
2010/12/31	-4.4	47.1	0.0	1.4	9.3	330	1,832.80	3,214.90	-2.2	1.4	0.9	0.311	0.233	1
2011/1/1	-4.4	43.2	0.0	1.2	7.4	199	1,911.20	3,338.60	-2.6	1.4	0.8	0.293	0.234	1
2011/1/2	-3.5	88.0	0.0	1.4	11.9	84	2,062.10	3,406.90	-1.7	1.3	0.7	0.280	0.234	1
2011/1/3	-2.8	96.6	0.0	0.8	9.7	270	278.30	560.80	-1.2	1.2	0.6	0.274	0.233	1
2011/1/4	-3.1	96.9	0.0	0.0	0.0	336	653.60	1,266.50	-1.0	1.2	0.6	0.272	0.232	1
2011/1/5	-1.1	96.2	0.0	0.0	0.0	218	1,099.30	2,537.70	-0.5	1.1	0.6	0.270	0.231	1
2011/1/6	0.0	97.3	3.4	0.0	0.0	305	1,488.70	2,597.70	-0.2	1.1	0.6	0.270	0.230	1
2011/1/7	-1.3	93.7	3.8	0.2	2.6	317	1,870.10	3,625.10	-0.1	1.1	0.6	0.269	0.222	1
2011/1/8	-0.6	73.0	2.6	0.5	4.3	206	1,817.40	3,410.60	-0.2	1.1	0.6	0.272	0.223	1
2011/1/9	-0.2	92.4	6.6	0.8	5.4	352	1,363.30	2,589.40	-0.2	1.1	0.6	0.274	0.225	1
2011/1/10	0.1	95.9	0.8	0.7	4.8	291	856.90	1,598.80	0.0	1.1	0.6	0.274	0.223	0
2011/1/11	-0.3	98.7	1.4	0.0	3.7	202	402.10	796.70	0.0	1.1	0.6	0.277	0.222	1
2011/1/12	-1.5	98.5	0.0	0.0	0.0	201	680.30	1,381.30	0.0	1.1	0.6	0.281	0.223	1
2011/1/13	-1.9	98.0	0.0	0.0	0.0	229	998.00	1,857.40	0.0	1.1	0.7	0.283	0.223	1
2011/1/14	-1.2	96.3	0.0	0.0	0.0	187	679.10	1,542.50	0.0	1.1	0.7	0.286	0.223	1
2011/1/15	-2.7	93.9	0.2	0.2	3.3	352	4,189.00	7,563.40	0.0	1.1	0.7	0.288	0.223	1
2011/1/16	-4.4	84.5	0.0	0.7	8.2	345	4,191.60	7,787.60	-0.1	1.1	0.7	0.289	0.224	1
2011/1/17	-3.8	79.2	0.0	0.9	4.8	272	4,126.60	7,630.10	-0.1	1.1	0.7	0.291	0.224	1
2011/1/18	-2.5	83.3	0.0	0.8	3.9	354	3,136.40	5,797.90	-0.1	1.1	0.7	0.291	0.225	1
2011/1/19	-1.6	94.2	0.0	0.7	4.6	105	1,282.40	2,305.90	-0.1	1.1	0.7	0.292	0.226	1
2011/1/20	0.7	97.7	18.8	0.4	3.7	79	995.90	1,823.60	0.0	1.1	0.7	0.298	0.238	0
2011/1/21	0.9	99.3	29.4	0.6	5.4	164	1,218.80	2,312.00	0.0	0.8	0.5	0.354	0.377	0
2011/1/22	-0.8	93.8	0.2	0.3	4.5	119	2,668.30	5,648.60	0.0	0.9	0.6	0.334	0.261	1
2011/1/23	-1.9	91.1	0.0	0.6	5.2	67	3,456.80	7,160.60	0.0	1.0	0.7	0.331	0.248	1
2011/1/24	-2.2	89.2	0.0	1.5	9.5	51	3,279.80	5,971.10	0.0	1.0	0.7	0.326	0.242	1
2011/1/25	-2.7	95.0	0.0	1.4	8.7	313	822.80	1,538.60	0.0	1.0	0.7	0.322	0.239	1
2011/1/26	-1.5	93.8	0.0	0.7	7.1	355	3,637.60	6,640.10	0.0	1.1	0.8	0.319	0.239	1
2011/1/27	-2.2	88.3	0.0	0.5	1.9	233	2,956.20	4,596.40	0.0	1.1	0.8	0.318	0.236	1
2011/1/28	0.3	75.9	0.0	0.8	4.8	132	3,004.30	5,541.40	0.0	1.1	0.8	0.317	0.234	0
2011/1/29	-1.1	91.0	0.0	1.1	5.4	136	1,128.40	2,067.50	0.0	1.1	0.8	0.318	0.233	1
2011/1/30	-4.1	95.4	0.0	1.8	10.0	13	437.00	867.50	-0.1	1.1	0.8	0.318	0.234	1
2011/1/31	-5.8	95.8	0.0	2.1	11.3	279	465.40	889.20	-0.1	1.1	0.9	0.317	0.234	1
2011/2/1	-5.1	96.3	0.0	1.4	9.1	140	1,098.80	2,047.90	-0.1	1.2	0.9	0.315	0.233	1
2011/2/2	-3.8	95.2	0.0	0.0	0.0	112	1,775.80	3,325.10	-0.1	1.2	0.9	0.314	0.232	1
2011/2/3	-4.5	83.7	0.0	0.2	2.0	249	3,445.60	5,764.80	-0.1	1.2	0.9	0.312	0.231	1
2011/2/4	-3.3	50.8	0.6	0.6	4.1	226	4,944.10	8,077.80	-0.1	1.2	0.9	0.310	0.231	1
2011/2/5	-1.9	41.1	4.0	0.9	2.6	275	5,103.70	8,751.30	-0.2	1.1	0.9	0.308	0.231	1
2011/2/6	-0.8	42.8	0.0	0.6	2.6	208	4,818.20	9,046.80	-0.1	1.1	0.9	0.307	0.230	1
2011/2/7	0.5	39.7	0.0	0.8	6.1	205	5,175.00	9,226.80	-0.1	1.1	0.9	0.305	0.228	0
2011/2/8	-1.2	78.9	0.0	1.0	6.1	101	1,142.30	2,147.60	-0.1	1.1	0.9	0.304	0.227	1
2011/2/9	0.1	59.5	0.0	0.3	2.8	270	4,740.10	8,277.30	-0.1	1.1	0.9	0.303	0.228	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/2/10	-0.4	79.8	0.0	0.7	5.4	6	2,908.30	5,432.50	0.0	1.1	0.9	0.302	0.227	1
2011/2/11	-1.6	95.2	0.0	1.5	9.7	263	860.60	1,728.50	0.0	1.1	0.9	0.302	0.226	1
2011/2/12	-2.5	96.1	0.0	1.2	8.4	3	690.40	1,433.70	-0.1	1.1	0.9	0.303	0.228	1
2011/2/13	-2.7	94.6	0.0	1.0	6.5	80	1,669.30	3,117.40	-0.1	1.1	0.9	0.304	0.230	1
2011/2/14	-1.4	97.5	0.0	0.2	4.3	114	1,327.40	2,575.10	-0.1	1.1	0.9	0.303	0.230	1
2011/2/15	-1.2	93.3	0.8	0.0	0.0	351	2,419.70	4,495.80	0.0	1.1	0.9	0.302	0.230	1
2011/2/16	0.0	96.7	0.6	0.0	0.0	320	1,237.20	2,469.40	0.0	1.1	0.9	0.302	0.231	0
2011/2/17	-0.2	92.5	2.4	0.2	5.6	251	3,832.40	6,534.20	0.0	1.1	0.9	0.302	0.232	1
2011/2/18	0.6	87.3	11.8	0.7	4.8	35	4,703.50	8,620.80	0.0	1.1	0.9	0.302	0.235	0
2011/2/19	0.8	98.2	11.2	1.2	7.1	67	333.20	708.40	0.0	1.1	0.9	0.323	0.244	0
2011/2/20	-0.3	95.7	12.6	0.5	5.4	44	1,327.00	2,487.20	0.0	1.1	0.8	0.363	0.278	1
2011/2/21	-1.6	92.0	0.0	0.0	0.0	60	581.50	1,276.00	0.0	1.1	0.8	0.344	0.265	1
2011/2/22	-0.7	87.2	0.0	0.3	4.6	143	5,356.50	9,829.70	0.0	1.1	0.9	0.340	0.257	1
2011/2/23	-0.5	98.2	0.0	0.9	7.2	303	970.10	2,051.70	0.0	1.1	0.9	0.342	0.256	1
2011/2/24	0.5	99.5	2.8	0.5	6.5	322	432.00	862.20	0.0	1.1	0.9	0.348	0.260	0
2011/2/25	1.2	93.4	0.0	0.4	5.0	121	3,139.20	5,866.70	0.0	1.1	0.9	0.352	0.267	0
2011/2/26	1.2	80.4	0.0	0.4	4.3	156	6,734.00	11,841.20	0.0	1.1	0.8	0.360	0.271	0
2011/2/27	5.0	36.7	0.0	0.5	6.1	59	7,198.70	13,557.20	0.0	1.1	0.8	0.366	0.274	0
2011/2/28	4.6	48.5	0.0	0.2	4.1	62	6,249.40	12,848.50	0.0	1.0	0.8	0.371	0.277	0
2011/3/1	3.9	72.2	0.0	0.0	3.9	146	5,390.20	11,399.50	0.0	1.0	0.8	0.381	0.286	0
2011/3/2	1.4	77.6	0.0	0.0	4.1	223	6,112.20	11,164.00	0.0	1.0	0.8	0.383	0.286	0
2011/3/3	-0.1	90.4	0.0	0.5	8.9	184	6,251.30	10,930.70	0.0	1.0	0.8	0.382	0.276	1
2011/3/4	-1.3	95.7	0.0	1.3	8.9	139	1,302.10	2,576.60	0.0	1.0	0.8	0.373	0.265	1
2011/3/5	0.6	82.3	0.0	0.8	7.2	343	6,016.40	11,572.00	0.0	1.0	0.8	0.374	0.267	0
2011/3/6	1.7	88.2	0.0	0.3	8.0	83	2,348.30	4,951.80	0.0	1.0	0.8	0.383	0.272	0
2011/3/7	0.5	97.8	15.2	0.9	7.2	79	424.40	974.80	0.0	0.9	0.7	0.398	0.357	0
2011/3/8	-0.4	95.9	0.0	0.3	4.5	81	4,153.30	7,368.20	0.0	1.0	0.7	0.375	0.273	1
2011/3/9	0.0	90.8	0.0	0.6	7.2	105	4,795.10	9,070.70	0.0	1.0	0.8	0.374	0.266	0
2011/3/10	-0.6	98.7	0.0	0.9	8.2	206	221.50	536.00	0.1	1.0	0.8	0.367	0.264	1
2011/3/11	-0.2	99.3	0.0	0.2	8.5	261	734.30	1,528.10	0.1	1.0	0.8	0.359	0.262	1
2011/3/12	0.4	99.6	17.4	1.0	10.0	316	384.20	753.40	0.0	0.9	0.6	0.399	0.299	0
2011/3/13	2.7	90.8	0.2	0.6	8.4	152	5,704.00	10,610.40	0.1	0.9	0.6	0.394	0.292	0
2011/3/14	4.5	76.3	0.0	0.4	6.3	316	5,251.10	10,616.40	0.3	0.9	0.7	0.393	0.334	0
2011/3/15	4.1	61.8	0.0	0.2	4.5	244	4,030.80	9,215.40	0.9	0.9	0.7	0.380	0.291	0
2011/3/16	0.9	89.2	0.0	0.7	5.8	131	1,191.40	2,267.50	0.5	1.0	0.8	0.361	0.266	0
2011/3/17	1.4	95.0	0.0	0.8	6.1	108	2,857.40	5,656.70	0.9	1.0	0.8	0.366	0.265	0
2011/3/18	3.8	96.9	15.0	0.4	4.5	20	916.90	1,732.70	1.9	1.0	0.9	0.395	0.325	0
2011/3/19	4.9	99.6	11.4	0.4	4.5	163	1,240.40	2,293.10	3.3	1.3	1.4	0.390	0.402	0
2011/3/20	5.3	93.0	0.2	0.8	5.6	323	3,097.00	5,307.90	4.3	1.9	2.5	0.352	0.290	0
2011/3/21	6.1	81.7	0.0	0.3	5.2	25	3,710.10	6,750.80	4.9	2.5	3.1	0.341	0.256	0
2011/3/22	5.0	82.6	0.0	0.6	5.8	59	2,619.70	5,920.60	4.7	3.0	3.7	0.334	0.251	0
2011/3/23	2.7	88.6	0.0	0.9	9.7	136	2,340.70	6,208.70	3.1	3.1	3.4	0.328	0.249	0
2011/3/24	1.5	94.2	0.2	1.6	9.8	227	1,908.70	3,494.50	2.2	3.0	3.1	0.323	0.247	0
2011/3/25	1.1	95.5	1.6	1.3	11.3	170	2,680.80	4,347.20	1.8	2.7	2.8	0.322	0.245	0
2011/3/26	0.4	99.0	0.6	0.4	5.8	46	654.30	1,099.30	1.2	2.5	2.5	0.321	0.243	0
2011/3/27	-0.6	99.2	0.2	0.0	1.3	112	92.80	302.00	0.4	2.3	2.0	0.320	0.241	1

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/3/28	-1.9	97.9	0.2	0.0	5.0	208	2,439.80	4,924.10	0.4	2.0	1.7	0.321	0.242	1
2011/3/29	-3.1	70.1	0.0	0.4	7.4	86	7,396.30	15,291.10	0.0	1.8	1.5	0.321	0.242	1
2011/3/30	0.3	66.8	7.2	0.1	3.7	135	4,398.40	8,968.60	0.0	1.6	1.3	0.329	0.244	0
2011/3/31	0.8	90.8	6.0	0.0	1.9	41	1,564.10	3,069.20	0.2	1.5	1.2	0.344	0.249	0
2011/4/1	1.6	94.3	3.0	0.0	1.9	35	2,562.80	5,249.30	0.4	1.4	1.2	0.353	0.264	0
2011/4/2	1.3	88.1	0.0	0.5	4.6	27	2,720.00	5,511.90	0.5	1.4	1.1	0.352	0.267	0
2011/4/3	1.7	85.9	0.0	0.8	6.1	35	2,614.40	5,179.70	0.8	1.4	1.1	0.351	0.264	0
2011/4/4	0.9	98.8	7.2	0.7	6.9	52	170.70	414.50	0.9	1.4	1.2	0.356	0.268	0
2011/4/5	2.7	89.1	0.0	1.0	8.9	208	5,629.90	10,125.10	2.2	1.5	1.6	0.345	0.264	0
2011/4/6	3.0	83.8	0.0	0.0	3.9	256	2,718.10	5,433.80	2.7	1.9	2.2	0.334	0.254	0
2011/4/7	3.3	79.0	0.0	0.0	5.4	288	4,152.40	8,544.10	3.0	2.2	2.5	0.327	0.251	0
2011/4/8	4.2	85.7	0.0	0.3	3.2	1	3,909.10	8,618.30	3.8	2.5	2.9	0.319	0.249	0
2011/4/9	4.3	88.2	0.0	0.7	3.9	14	2,695.70	5,896.60	4.0	2.8	3.2	0.311	0.247	0
2011/4/10	4.9	78.4	0.0	0.7	3.9	30	2,066.30	4,146.10	4.1	3.0	3.4	0.309	0.245	0
2011/4/11	5.4	83.3	0.0	1.3	7.2	145	4,575.60	7,541.30	4.8	3.2	3.6	0.306	0.244	0
2011/4/12	4.6	86.5	0.0	1.3	7.1	77	4,019.10	7,203.90	4.7	3.5	4.1	0.305	0.243	0
2011/4/13	5.3	82.2	0.0	0.7	5.8	157	4,834.40	8,576.30	5.0	3.7	4.1	0.303	0.242	0
2011/4/14	5.4	74.0	0.0	0.7	5.2	126	4,363.60	7,484.30	5.0	3.9	4.4	0.302	0.241	0
2011/4/15	6.9	62.5	0.0	1.1	5.4	70	4,820.40	8,244.10	5.5	4.0	4.4	0.300	0.240	0
2011/4/16	7.1	76.9	0.0	1.1	5.6	216	3,255.10	5,240.30	6.0	4.2	4.7	0.299	0.240	0
2011/4/17	5.4	92.9	12.4	1.3	6.3	190	855.80	1,835.60	5.2	4.3	4.8	0.301	0.241	0
2011/4/18	2.5	97.5	10.0	0.8	6.1	117	553.10	1,076.00	3.5	4.3	4.5	0.353	0.275	0
2011/4/19	0.8	42.9	0.0	0.7	7.6	48	5,196.50	9,577.50	1.1	3.8	3.5	0.333	0.261	0
2011/4/20	3.2	36.6	0.0	1.0	4.3	97	4,754.00	9,382.50	2.2	3.3	3.0	0.324	0.254	0
2011/4/21	5.2	45.5	0.0	0.8	4.3	124	5,337.80	10,021.50	4.0	3.2	3.2	0.319	0.250	0
2011/4/22	4.6	78.1	0.4	0.7	5.2	79	1,057.30	2,091.90	3.9	3.5	3.6	0.315	0.248	0
2011/4/23	3.0	97.7	4.6	0.8	5.4	299	489.70	937.70	3.5	3.6	3.8	0.317	0.246	0
2011/4/24	1.8	67.9	0.0	0.7	5.4	45	4,959.10	8,122.50	2.2	3.5	3.5	0.323	0.245	0
2011/4/25	3.4	58.2	0.0	0.7	4.1	278	4,055.30	7,320.00	3.0	3.3	3.3	0.319	0.244	0
2011/4/26	5.4	88.3	0.0	0.8	4.5	354	1,705.70	3,587.30	4.8	3.5	3.7	0.316	0.244	0
2011/4/27	6.2	73.4	0.0	1.2	7.8	94	5,676.40	9,288.70	5.5	3.8	4.3	0.313	0.243	0
2011/4/28	4.9	60.5	0.0	1.7	8.4	124	3,289.90	6,028.50	4.1	4.1	4.3	0.310	0.242	0
2011/4/29	5.0	70.0	6.0	0.7	5.4	0	2,088.40	4,004.40	4.4	3.9	4.1	0.308	0.241	0
2011/4/30	4.9	96.3	3.6	1.5	7.4	187	369.70	778.10	4.5	4.0	4.1	0.318	0.240	0
2011/5/1	6.0	97.6	7.4	0.9	6.7	355	685.20	1,359.30	5.7	4.1	4.5	0.344	0.249	0
2011/5/2	6.0	96.9	6.0	0.8	5.2	132	588.80	1,136.30	5.6	4.4	4.9	0.352	0.268	0
2011/5/3	6.4	94.7	0.6	1.0	6.3	166	880.56	1,644.24	5.9	4.6	5.0	0.342	0.264	0
2011/5/4	7.3	93.9	5.0	0.9	4.8	347	2,060.30	4,192.00	6.9	4.8	5.3	0.335	0.258	0
2011/5/5	7.3	98.8	10.4	0.8	5.4	93	923.50	1,701.30	7.0	5.2	5.9	0.364	0.276	0
2011/5/6	7.2	87.1	0.0	0.6	3.9	299	3,460.10	6,244.50	7.0	5.4	6.0	0.343	0.266	0
2011/5/7	7.5	79.8	0.0	0.6	4.5	289	3,546.40	7,081.40	6.8	5.5	6.0	0.333	0.258	0
2011/5/8	8.2	78.4	10.8	0.7	3.7	222	3,942.40	7,830.70	7.3	5.8	6.3	0.339	0.262	0
2011/5/9	7.2	96.4	15.0	0.6	2.4	150	1,496.20	3,172.40	7.0	6.1	6.7	0.354	0.314	0
2011/5/10	8.2	86.5	0.0	1.1	5.6	160	3,433.00	7,409.90	7.4	6.0	6.6	0.339	0.276	0
2011/5/11	8.6	95.7	9.6	0.9	8.0	166	2,271.60	4,476.70	8.1	6.2	6.8	0.336	0.262	0
2011/5/12	9.1	97.3	9.6	0.4	4.8	56	1,444.00	2,877.00	8.6	6.3	7.0	0.341	0.264	0

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/5/13	7.9	96.7	16.8	0.6	3.7	299	2,119.10	3,829.60	8.1	6.7	7.4	0.354	0.301	0
2011/5/14	6.7	99.2	55.8	1.0	7.8	129	579.50	1,241.60	7.0	6.9	7.3	0.407	0.361	0
2011/5/15	6.9	98.8	1.6	0.8	5.2	67	1,353.30	2,549.30	7.2	6.7	7.1	0.345	0.298	0
2011/5/16	7.0	99.0	48.0	1.0	8.0	39	594.00	1,241.00	7.0	7.0	7.0	0.373	0.299	0
2011/5/17	4.6	96.8	49.2	0.9	6.3	86	681.10	1,425.70	5.6	6.6	6.8	0.439	0.400	0
2011/5/18	4.7	81.1	0.0	0.9	2.6	192	4,147.50	7,677.70	4.7	6.0	5.9	0.340	0.274	0
2011/5/19	5.6	74.4	0.0	0.7	2.0	0	3,820.60	6,513.70	5.3	5.7	5.7	0.332	0.259	0
2011/5/20	5.7	91.5	0.0	0.4	2.4	79	2,399.50	4,722.70	5.9	5.8	6.0	0.328	0.254	0
2011/5/21	7.2	88.7	4.6	0.3	3.5	162	2,146.40	3,974.30	6.6	5.8	6.0	0.325	0.251	0
2011/5/22	7.1	95.0	6.2	0.6	4.3	159	1,811.50	3,509.20	7.0	6.0	6.4	0.346	0.257	0
2011/5/23	7.2	99.3	16.2	0.8	5.9	169	991.40	1,952.30	7.3	6.3	6.8	0.361	0.282	0
2011/5/24	7.8	99.1	14.8	0.5	3.7	156	1,491.70	2,954.20	7.9	6.5	7.1	0.365	0.366	0
2011/5/25	7.7	97.4	0.2	0.5	2.2	219	2,612.10	5,099.20	7.8	6.7	7.2	0.339	0.269	0
2011/5/26	8.5	97.4	22.8	0.4	4.1	216	1,200.00	2,539.40	8.3	7.6	7.0	0.353	0.318	0
2011/5/27	7.6	99.4	6.8	0.7	3.5	1	1,231.20	2,212.40	7.8	7.7	7.2	0.347	0.286	0
2011/5/28	6.7	99.7	3.0	1.2	8.0	125	1,708.60	3,168.00	7.3	7.6	7.1	0.346	0.270	0
2011/5/29	6.8	68.8	0.0	1.2	4.6	104	6,261.10	10,463.20	5.8	7.0	6.8	0.337	0.262	0
2011/5/30	9.0	45.2	0.0	0.7	4.1	21	7,084.10	12,030.60	7.0	6.8	6.7	0.330	0.256	0
2011/5/31	9.3	75.5	4.2	1.0	6.1	254	1,533.10	2,954.20	8.3	7.0	6.8	0.325	0.252	0
2011/6/1	8.1	97.5	16.4	0.9	7.2	169	1,788.40	3,320.20	8.2	7.5	7.0	0.357	0.277	0
2011/6/2	9.0	92.5	2.8	0.8	6.1	215	4,626.40	7,690.40	8.9	7.9	7.2	0.344	0.271	0
2011/6/3	8.8	70.7	0.0	0.8	4.1	173	4,710.10	8,322.70	8.0	7.9	7.4	0.335	0.261	0
2011/6/4	10.0	55.5	0.0	1.1	7.2	42	4,023.10	7,850.10	8.4	7.8	7.4	0.328	0.254	0
2011/6/5	10.8	72.1	0.0	0.8	5.0	86	6,003.20	11,549.20	9.9	8.0	7.4	0.323	0.251	0
2011/6/6	11.5	54.5	0.0	1.1	4.6	146	6,496.20	12,080.90	9.9	8.4	7.8	0.319	0.248	0
2011/6/7	10.6	68.2	0.0	0.9	4.1	192	4,468.00	7,898.90	9.9	8.5	7.9	0.316	0.246	0
2011/6/8	10.8	65.8	0.0	1.0	5.2	88	4,199.30	7,472.90	10.1	8.6	8.0	0.312	0.245	0
2011/6/9	10.3	70.9	10.0	0.8	3.9	202	2,032.90	3,585.80	9.6	8.7	8.1	0.323	0.254	0
2011/6/10	10.7	80.0	0.0	0.8	4.3	225	5,913.30	10,927.50	9.8	8.7	8.1	0.336	0.264	0
2011/6/11	10.9	82.3	0.0	0.9	6.7	201	3,902.00	7,694.90	10.3	9.1	8.4	0.327	0.255	0
2011/6/12	9.6	87.4	1.6	1.8	8.7	209	2,634.90	4,908.70	9.4	9.0	8.5	0.322	0.251	0
2011/6/13	10.1	83.2	0.2	1.1	5.4	181	3,371.70	6,820.40	9.6	8.8	8.3	0.318	0.248	0
2011/6/14	11.2	67.5	0.0	0.9	4.6	162	6,115.80	11,993.90	10.4	9.0	8.4	0.315	0.246	0
2011/6/15	11.2	60.6	0.0	1.2	5.6	212	6,310.30	11,738.90	10.3	9.1	8.6	0.312	0.244	0
2011/6/16	11.4	68.8	0.0	1.2	5.4	212	3,701.50	7,815.70	10.7	9.2	8.7	0.309	0.243	0
2011/6/17	11.1	67.4	0.0	0.9	4.1	243	3,889.20	8,210.20	10.4	9.2	8.7	0.306	0.242	0
2011/6/18	11.8	74.6	0.0	1.0	5.0	197	5,903.00	10,643.90	11.3	9.3	8.7	0.301	0.240	0
2011/6/19	10.6	82.3	48.6	0.9	5.0	204	2,442.20	4,542.70	10.4	9.7	9.3	0.330	0.276	0
2011/6/20	9.3	95.9	0.0	0.6	3.7	197	1,137.70	2,058.70	9.1	9.5	9.2	0.332	0.267	0
2011/6/21	8.9	96.5	12.4	0.5	3.9	3	1,170.00	2,186.30	9.0	9.3	8.9	0.338	0.268	0
2011/6/22	8.6	96.8	0.8	0.5	3.0	347	2,239.20	4,127.20	8.9	9.1	8.7	0.340	0.272	0
2011/6/23	9.5	86.1	0.0	0.7	3.9	351	2,877.10	4,942.40	8.9	8.9	8.6	0.329	0.259	0
2011/6/24	9.7	84.9	13.4	1.0	5.6	156	3,886.80	7,544.20	9.3	8.9	8.6	0.331	0.259	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/6/25	8.0	98.6	115.0	2.1	9.5	173	410.80	847.60	8.1	8.8	8.7	0.423	0.379	0
2011/6/26	9.5	95.7	0.8	0.1	3.9	170	2,917.60	6,170.30	9.4	8.7	8.4	0.334	0.269	0
2011/6/27	9.1	96.7	3.0	0.0	0.0	199	1,057.10	2,013.90	9.2	9.0	8.6	0.329	0.261	0
2011/6/28	8.2	98.8	26.2	0.0	0.0	0	861.00	1,572.80	8.5	9.0	8.7	0.346	0.300	0
2011/6/29	8.0	98.2	5.2	0.0	0.0	337	1,870.20	3,480.10	8.4	8.7	8.5	0.339	0.274	0
2011/6/30	8.5	92.7	0.0	0.0	0.0	199	3,318.00	6,671.90	8.5	8.7	8.4	0.335	0.266	0
2011/7/1	9.0	87.0	0.0	0.0	0.0	191	1,715.20	3,260.20	8.6	8.7	8.4	0.328	0.258	0
2011/7/2	8.2	95.2	6.8	0.0	0.0	185	1,248.40	2,365.40	8.3	8.7	8.4	0.339	0.265	0
2011/7/3	8.3	96.8	12.2	0.0	0.0	212	1,866.70	3,539.90	8.4	8.6	8.3	0.346	0.278	0
2011/7/4	8.0	94.1	25.4	0.4	2.8	212	2,528.90	3,859.40	7.3	8.2	8.3	0.362	0.316	0
2011/7/5	8.6	88.7	0.2	0.8	2.8	7	3,784.40	6,982.40	8.0	7.4	7.6	0.336	0.272	0
2011/7/6	8.6	86.1	4.4	0.7	3.0	4	1,614.10	2,813.90	8.0	8.1	7.9	0.337	0.263	0
2011/7/7	8.4	80.9	9.4	1.1	4.8	100	3,237.80	5,648.20	7.5	8.2	7.9	0.344	0.271	0
2011/7/8	9.9	56.9	0.0	1.2	4.3	159	6,230.00	11,275.40	8.1	8.2	8.0	0.335	0.265	0
2011/7/9	10.1	68.8	0.0	1.3	6.1	145	1,296.80	2,656.40	8.7	8.2	8.0	0.327	0.257	0
2011/7/10	10.1	95.6	1.8	0.6	4.8	65	2,226.00	4,766.20	10.0	8.5	8.1	0.322	0.253	0
2011/7/11	9.4	96.4	0.0	0.6	3.7	272	1,286.90	2,484.70	9.3	8.9	8.5	0.320	0.251	0
2011/7/12	9.7	94.9	4.6	0.6	3.9	352	2,138.00	3,869.90	9.7	8.9	8.5	0.320	0.249	0
2011/7/13	8.8	98.5	9.2	0.5	2.8	204	1,242.70	2,596.40	9.0	9.1	8.6	0.338	0.259	0
2011/7/14	9.4	98.7	12.4	0.5	4.1	208	1,311.40	2,263.70	9.4	9.2	8.7	0.345	0.276	0
2011/7/15	9.2	96.8	4.8	0.6	4.6	227	1,892.00	3,407.90	9.3	9.2	8.7	0.340	0.271	0
2011/7/16	9.9	94.7	0.6	0.7	4.6	199	1,916.90	3,732.70	9.6	9.2	8.8	0.338	0.268	0
2011/7/17	9.9	95.2	6.8	0.4	3.3	198	1,868.60	3,354.70	9.8	9.3	8.8	0.336	0.265	0
2011/7/18	9.8	98.1	3.8	0.7	5.4	187	1,946.60	3,523.40	10.0	9.5	9.0	0.338	0.270	0
2011/7/19	9.6	98.4	39.0	1.0	6.1	190	1,041.10	2,077.00	9.6	9.7	9.4	0.378	0.350	0
2011/7/20	10.1	94.8	2.2	1.3	5.8	209	2,807.00	5,165.20	9.8	9.5	9.2	0.335	0.267	0
2011/7/21	10.8	92.2	0.0	1.1	6.5	192	3,619.40	6,522.70	10.6	9.8	9.3	0.331	0.261	0
2011/7/22	9.5	90.4	0.0	0.7	2.2	199	2,097.20	4,340.20	9.4	9.7	9.4	0.326	0.256	0
2011/7/23	8.5	94.3	9.6	0.7	3.7	195	1,705.40	3,342.70	8.7	9.6	9.2	0.337	0.266	0
2011/7/24	9.1	85.5	0.0	0.8	3.0	355	3,716.80	7,820.20	8.6	9.1	9.0	0.336	0.268	0
2011/7/25	9.7	94.1	5.8	0.7	3.0	3	2,575.40	4,550.20	9.6	9.4	9.0	0.338	0.267	0
2011/7/26	7.8	98.1	7.6	0.7	3.0	1	1,460.50	2,390.90	8.3	9.4	9.1	0.346	0.275	0
2011/7/27	8.6	86.6	0.2	0.7	3.5	352	4,865.80	10,574.20	8.4	8.9	8.8	0.337	0.267	0
2011/7/28	10.1	91.4	1.8	0.6	3.5	355	2,607.20	5,197.60	9.8	9.2	8.9	0.329	0.259	0
2011/7/29	8.5	97.2	37.8	0.5	2.4	11	1,577.90	3,083.40	8.9	9.5	9.2	0.357	0.317	0
2011/7/30	7.7	96.0	2.2	0.7	3.0	351	2,191.30	4,013.90	8.1	9.2	9.0	0.339	0.272	0
2011/7/31	7.7	92.2	1.2	0.8	3.2	355	2,980.40	5,485.40	7.8	8.8	8.7	0.335	0.263	0
2011/8/1	8.4	87.7	0.0	0.7	3.0	0	4,228.10	6,631.40	8.2	8.7	8.6	0.330	0.258	0
2011/8/2	8.7	79.9	0.0	0.8	3.2	355	5,024.20	9,236.90	8.2	8.7	8.6	0.325	0.254	0
2011/8/3	10.3	64.6	0.0	0.9	4.3	35	5,459.30	10,163.90	9.0	8.9	8.7	0.321	0.251	0
2011/8/4	11.1	62.9	0.0	1.0	5.6	86	5,490.00	10,397.90	9.7	9.2	8.8	0.317	0.249	0
2011/8/5	8.8	84.9	0.0	1.6	8.7	122	1,972.00	3,462.10	8.5	9.2	8.9	0.313	0.247	0

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/8/6	8.8	90.7	0.0	1.7	9.1	117	1,424.40	2,550.70	8.5	8.8	8.7	0.310	0.245	0
2011/8/7	9.0	92.4	3.6	0.0	3.0	263	1,762.80	2,548.50	8.9	8.8	8.6	0.317	0.252	0
2011/8/8	8.8	98.3	36.2	0.0	0.0	194	1,150.60	2,211.70	9.0	9.2	8.9	0.356	0.298	0
2011/8/9	8.7	96.0	33.8	0.0	0.0	190	1,567.40	3,055.40	8.8	9.3	9.1	0.356	0.307	0
2011/8/10	8.2	98.8	9.2	0.0	0.0	211	968.70	1,914.00	8.5	9.1	8.9	0.346	0.280	0
2011/8/11	8.4	99.1	16.0	0.0	0.0	197	1,695.50	3,020.40	8.8	9.1	8.8	0.347	0.299	0
2011/8/12	8.2	99.1	2.2	0.0	0.0	192	1,893.30	3,127.70	8.6	9.0	8.8	0.337	0.270	0
2011/8/13	8.8	85.3	0.2	0.0	0.0	194	2,142.70	4,111.50	8.4	9.0	8.7	0.335	0.263	0
2011/8/14	10.4	76.7	0.0	0.0	0.0	205	3,848.30	7,534.50	9.4	8.9	8.7	0.328	0.257	0
2011/8/15	8.4	82.7	6.8	0.2	1.7	197	1,854.70	3,567.00	8.2	8.7	8.8	0.339	0.264	0
2011/8/16	7.1	91.2	2.2	0.7	2.6	0	1,556.20	3,219.80	7.2	8.2	8.4	0.341	0.267	0
2011/8/17	7.3	88.2	0.2	0.7	3.7	352	3,181.90	5,335.50	7.2	8.1	8.2	0.336	0.262	0
2011/8/18	7.4	83.3	0.0	0.8	3.7	1	3,210.40	6,876.00	7.4	8.2	8.2	0.329	0.256	0
2011/8/19	8.4	77.0	0.0	0.8	4.1	341	3,387.20	7,400.20	7.9	8.2	8.2	0.324	0.252	0
2011/8/20	8.4	89.7	5.6	0.6	3.0	0	2,202.20	3,990.80	8.6	8.5	8.3	0.331	0.253	0
2011/8/21	7.9	96.0	1.8	0.6	2.8	184	1,653.20	3,054.00	8.1	8.6	8.4	0.341	0.263	0
2011/8/22	7.7	94.9	1.0	0.6	2.8	164	2,011.40	3,960.80	8.0	8.5	8.3	0.336	0.260	0
2011/8/23	7.9	96.2	10.0	0.4	2.0	355	1,205.50	2,736.20	8.1	8.5	8.3	0.342	0.265	0
2011/8/24	7.9	98.4	6.8	0.3	1.7	354	1,098.70	2,143.70	8.2	8.5	8.4	0.349	0.275	0
2011/8/25	7.8	88.3	0.0	0.5	2.6	355	4,062.00	7,137.00	7.9	8.5	8.3	0.342	0.270	0
2011/8/26	9.1	89.6	1.0	0.2	3.7	354	2,983.70	5,229.80	8.8	8.6	8.4	0.332	0.260	0
2011/8/27	9.0	93.7	0.0	0.4	5.6	6	1,974.80	3,772.60	9.1	8.9	8.5	0.327	0.255	0
2011/8/28	8.7	99.6	22.4	1.3	7.1	6	526.00	991.80	8.9	9.0	8.7	0.347	0.267	0
2011/8/29	9.9	100.0	19.4	0.0	0.0	347	380.30	781.70	9.9	9.2	8.8	0.373	0.344	0
2011/8/30	9.4	100.0	26.4	0.0	0.0	302	989.90	2,054.50	9.7	9.6	9.1	0.366	0.321	0
2011/8/31	7.9	99.0	12.0	0.0	0.0	331	897.70	1,755.20	8.2	9.3	9.1	0.354	0.302	0
2011/9/1	8.6	93.4	38.6	0.0	0.0	205	1,383.80	2,586.20	8.4	8.9	8.8	0.373	0.315	0
2011/9/2	7.8	99.7	4.2	0.0	0.0	183	1,526.00	2,654.30	8.4	9.0	8.8	0.345	0.281	0
2011/9/3	7.6	98.7	0.0	0.0	0.0	198	2,211.70	3,976.60	8.3	8.9	8.7	0.340	0.267	0
2011/9/4	7.2	80.7	0.0	0.0	0.0	192	5,073.20	9,371.30	7.2	8.7	8.6	0.333	0.259	0
2011/9/5	8.5	67.6	0.0	0.0	0.0	198	4,859.90	10,141.60	7.4	8.4	8.5	0.328	0.254	0
2011/9/6	8.7	73.8	0.0	0.0	0.0	146	4,660.10	9,174.80	8.2	8.5	8.4	0.323	0.251	0
2011/9/7	8.3	90.2	0.0	0.0	0.0	187	2,386.90	4,086.20	8.4	8.6	8.5	0.319	0.249	0
2011/9/8	8.8	88.8	0.0	0.2	2.8	4	3,783.50	7,407.10	8.8	8.7	8.5	0.316	0.247	0
2011/9/9	8.8	88.3	0.0	0.6	2.4	355	2,761.60	4,823.30	8.8	8.8	8.6	0.312	0.245	0
2011/9/10	8.1	91.8	0.0	0.5	2.6	1	2,381.50	4,831.60	8.4	8.8	8.6	0.309	0.244	0
2011/9/11	7.6	86.1	0.0	0.4	2.8	4	2,742.80	4,488.80	7.7	8.7	8.6	0.306	0.243	0
2011/9/12	8.0	83.7	0.0	0.5	3.0	312	3,595.40	7,062.90	8.1	8.5	8.4	0.304	0.242	0
2011/9/13	7.4	84.3	0.0	0.6	2.4	239	2,228.00	4,119.90	7.7	8.5	8.4	0.301	0.241	0
2011/9/14	8.2	90.7	0.0	0.6	2.4	0	3,142.60	5,177.30	8.4	8.4	8.3	0.299	0.240	0
2011/9/15	8.4	83.1	0.0	0.8	2.8	7	3,586.00	5,868.90	8.3	8.6	8.4	0.296	0.239	0
2011/9/16	8.8	66.7	0.0	0.9	3.7	156	4,909.40	8,554.60	8.4	8.6	8.4	0.294	0.238	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT < 0 °C (day)
2011/9/17	7.9	47.3	0.0	0.9	2.6	1	4,913.70	8,223.10	7.3	8.4	8.4	0.291	0.238	0
2011/9/18	9.3	52.5	0.0	1.1	6.3	135	5,250.50	8,526.10	8.5	8.2	8.2	0.289	0.238	0
2011/9/19	8.9	68.5	0.0	0.8	3.3	35	3,312.40	6,885.10	8.5	8.5	8.3	0.288	0.237	0
2011/9/20	8.2	66.0	0.0	1.0	5.0	135	3,412.30	5,365.60	7.9	8.4	8.4	0.286	0.237	0
2011/9/21	8.5	82.7	0.0	0.9	4.8	108	3,240.50	6,003.10	8.5	8.5	8.3	0.284	0.237	0
2011/9/22	8.2	87.0	0.0	0.7	4.6	195	2,222.60	3,783.10	8.3	8.6	8.4	0.283	0.237	0
2011/9/23	8.5	86.3	0.0	0.9	6.9	90	2,288.30	4,344.90	8.4	8.6	8.4	0.281	0.236	0
2011/9/24	8.4	91.3	3.8	0.4	2.6	202	1,954.70	3,598.70	8.6	8.6	8.4	0.284	0.235	0
2011/9/25	8.5	98.4	21.6	0.3	2.8	351	1,200.40	2,130.20	8.8	8.9	8.6	0.306	0.246	0
2011/9/26	8.0	95.4	0.0	0.5	2.0	227	2,333.00	5,101.70	8.5	9.0	8.7	0.319	0.256	0
2011/9/27	9.3	81.8	0.0	0.7	4.5	352	4,057.70	8,834.40	9.2	9.1	8.7	0.311	0.250	0
2011/9/28	10.1	92.0	1.8	0.4	6.1	347	2,143.20	4,048.00	10.0	9.4	9.0	0.307	0.248	0



附錄 1-3. 三六九氣象站氣象參數逐日統計表

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2009/9/24	11.6	57.4	0.0	0.8	2.4	2249	306	12.74	24.72	14.3	14.1	14.2	14.4	14.3	14.1	-173.70	44.36	40.54	0.0	0
2009/9/25	12.8	32.9	0.0	0.7	2.8	2329	336	20.74	39.88	15.4	14.0	14.0	14.2	14.2	14.0	-117.30	44.33	40.63	0.0	0
2009/9/26	12.7	34.3	0.0	0.8	3.6	1231	129	20.98	40.33	16.1	13.6	13.7	14.0	14.1	14.0	-115.60	44.22	40.68	0.0	0
2009/9/27	9.0	81.4	29.5	1.0	6.9	927	299	2.32	4.83	9.5	12.0	12.7	13.5	13.8	13.8	-583.90	56.33	56.45	0.0	0
2009/9/28	8.7	83.0	18.0	1.1	6.4	810	311	4.03	8.22	9.8	11.8	12.2	12.8	13.2	13.4	-400.70	61.86	65.07	0.0	0
2009/9/29	9.6	87.2	8.5	0.7	4.6	913	346	5.35	10.57	11.4	12.2	12.2	12.6	12.8	12.9	-18.26	62.34	66.91	0.0	0
2009/9/30	10.4	86.2	0.0	0.3	2.8	1213	112	4.75	9.54	12.0	12.7	12.7	12.9	12.9	12.9	22.38	59.20	61.28	0.0	0
2009/10/1	10.8	82.0	1.0	0.4	1.9	358	288	8.16	16.06	12.4	13.1	13.0	13.2	13.1	13.0	69.63	58.08	59.85	0.0	0
2009/10/2	10.5	83.2	4.0	0.5	2.2	1223	82	7.31	14.34	12.2	12.9	12.9	13.2	13.2	13.1	-22.05	57.73	59.42	0.0	0
2009/10/3	10.6	79.5	0.0	0.6	4.6	2236	298	10.86	21.17	12.4	13.0	13.0	13.2	13.2	13.1	6.95	58.80	60.30	0.0	0
2009/10/4	11.4	81.0	4.0	0.6	5.8	39	257	8.31	16.28	13.0	13.3	13.2	13.4	13.2	13.1	106.10	57.95	59.58	0.0	0
2009/10/5	9.0	92.9	75.0	0.7	4.2	2344	296	0.34	0.92	10.4	11.9	12.4	12.9	13.1	13.0	-414.40	67.88	74.60	0.0	0
2009/10/6	7.5	92.1	50.0	0.5	3.8	306	164	1.37	2.97	9.2	10.5	10.8	11.4	11.6	11.6	-264.80	68.11	74.30	0.0	0
2009/10/7	8.5	85.6	0.0	0.4	2.6	959	123	8.87	17.39	11.1	11.7	11.6	11.7	11.9	12.0	166.70	61.22	64.15	0.0	0
2009/10/8	8.3	70.1	0.0	0.7	2.0	302	205	8.53	16.80	9.7	11.3	11.5	11.9	12.1	12.1	-257.70	59.76	61.62	0.0	0
2009/10/9	9.0	81.6	0.0	0.4	2.8	942	155	5.28	10.65	10.4	10.9	11.1	11.6	11.9	12.0	-122.10	58.83	60.67	0.0	0
2009/10/10	9.0	89.9	1.5	0.1	2.3	1039	137	2.95	6.01	10.8	11.6	11.6	11.9	11.9	11.9	-19.74	58.12	60.19	0.0	0
2009/10/11	8.9	92.5	10.5	0.2	1.9	1903	130	3.01	6.24	11.1	12.0	11.9	12.1	12.1	12.0	24.58	61.48	64.85	0.0	0
2009/10/12	8.9	89.5	3.0	0.3	1.1	1051	331	4.59	9.18	10.5	11.7	11.8	12.1	12.1	12.1	-67.35	62.03	65.23	0.0	0
2009/10/13	9.1	89.4	0.0	0.2	2.0	1035	128	6.78	13.38	11.2	12.0	11.9	12.1	12.1	12.1	63.71	60.71	62.94	0.0	0
2009/10/14	8.6	85.4	0.0	0.3	2.0	1500	124	6.14	12.17	10.2	11.6	11.8	12.1	12.2	12.1	-156.30	59.85	61.62	0.0	0
2009/10/15	8.4	84.1	0.5	0.2	2.0	52	107	6.46	12.83	9.8	11.4	11.5	11.9	12.0	12.0	-131.50	59.21	60.93	0.0	0
2009/10/16	8.3	75.4	0.0	0.4	1.8	523	212	6.01	12.04	9.2	11.0	11.3	11.7	11.9	11.9	-237.30	58.80	60.44	0.0	0
2009/10/17	8.5	62.3	0.0	0.8	5.9	1303	316	12.20	23.75	9.1	10.5	10.8	11.3	11.6	11.7	-208.50	58.43	60.06	0.0	0
2009/10/18	9.2	57.8	0.0	1.5	7.2	245	311	16.68	32.19	10.5	10.7	10.8	11.1	11.4	11.5	-9.17	58.03	59.72	0.0	0
2009/10/19	9.0	66.0	0.0	0.3	2.9	2342	323	14.94	32.19	8.3	10.8	11.5	11.7	11.5	11.5	-221.30	60.72	61.82	0.0	0
2009/10/20	8.4	75.2	0.0	0.4	3.2	1209	6	18.63	36.56	11.9	12.3	11.8	11.6	11.4	11.4	130.40	60.41	61.56	0.0	0
2009/10/21	9.7	46.9	0.0	0.7	3.5	420	292	21.28	42.15	10.2	11.1	11.2	11.5	11.6	11.6	-315.30	60.17	61.37	0.0	0
2009/10/22	9.2	56.8	0.0	0.5	2.2	1043	328	17.19	34.49	10.5	11.0	11.1	11.4	11.5	11.6	-227.30	59.89	61.12	0.0	0
2009/10/23	7.3	84.8	0.0	0.2	2.3	537	306	6.50	14.89	10.2	10.8	11.0	11.4	11.5	11.5	-289.20	59.60	60.86	0.0	0
2009/10/24	5.9	81.9	5.0	0.9	5.0	2046	302	9.22	19.31	9.3	10.4	10.7	11.2	11.4	11.4	-486.50	60.08	61.42	0.0	0
2009/10/25	7.4	24.4	0.0	1.1	4.9	742	36	21.80	42.10	7.3	9.1	9.8	10.4	11.0	11.2	-831.00	62.41	62.59	0.0	0
2009/10/26	6.4	34.6	0.0	0.8	4.2	331	271	21.57	41.73	7.2	8.8	9.3	9.9	10.6	10.8	-678.20	61.35	62.06	0.0	0
2009/10/27	6.7	37.4	0.0	0.7	2.1	2326	225	21.38	41.61	7.5	8.8	9.2	9.7	10.3	10.5	-545.70	60.61	61.57	0.0	0
2009/10/28	7.4	22.1	0.0	1.0	2.5	241	197	21.45	41.48	7.4	8.6	9.1	9.6	10.1	10.3	-553.30	60.07	61.18	0.0	0
2009/10/29	8.1	24.6	0.0	0.9	2.3	1100	197	21.30	41.14	7.5	8.7	9.0	9.5	10.0	10.2	-453.30	59.65	60.86	0.0	0
2009/10/30	9.1	30.3	0.0	0.9	2.3	4	214	21.07	41.07	8.0	8.9	9.1	9.5	9.9	10.1	-333.10	59.27	60.59	0.0	0
2009/10/31	9.8	36.7	0.0	0.8	2.5	1041	142	17.65	35.06	8.6	9.1	9.3	9.7	10.0	10.1	-213.20	58.96	60.30	0.0	0
2009/11/1	8.8	74.7	0.0	0.5	2.8	1243	120	15.85	31.94	10.2	10.1	9.9	10.0	10.1	10.1	99.40	58.70	60.06	0.0	0
2009/11/2	5.5	55.4	0.0	0.5	4.1	840	322	20.04	39.92	8.1	9.6	9.9	10.3	10.4	10.3	-549.70	58.44	59.86	0.0	0
2009/11/3	7.0	24.4	0.0	0.6	1.9	2108	224	20.22	39.58	7.1	8.5	9.1	9.7	10.2	10.3	-626.70	58.13	59.62	0.0	0
2009/11/4	7.6	45.3	0.0	0.7	2.0	2101	205	18.00	35.81	7.9	8.8	9.1	9.5	9.9	10.1	-347.60	57.91	59.44	0.0	0
2009/11/5	7.5	60.8	0.0	0.5	1.9	1154	21	15.09	30.28	8.8	9.2	9.3	9.7	9.9	10.0	-197.10	57.69	59.26	0.0	0
2009/11/6	7.8	53.7	0.0	0.5	2.0	1018	347	12.49	25.61	8.5	9.1	9.4	9.7	10.0	10.0	-290.50	57.47	59.07	0.0	0
2009/11/7	9.0	67.5	0.0	0.3	2.1	2059	163	13.10	27.14	9.7	9.8	9.7	9.9	10.0	10.0	15.47	57.30	58.92	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2009/11/8	9.8	56.1	0.0	0.4	2.4	1112	350	19.66	39.54	10.0	10.3	10.1	10.3	10.2	10.1	-10.90	57.15	58.77	0.0	0
2009/11/9	9.5	51.8	0.0	0.3	3.7	104	325	17.03	35.22	9.4	10.0	10.1	10.4	10.4	10.3	-179.90	56.95	58.59	0.0	0
2009/11/10	5.5	61.7	10.0	1.4	5.9	1332	164	6.16	14.53	6.5	8.4	9.3	10.0	10.3	10.4	-812.00	59.35	59.49	0.0	0
2009/11/11	6.3	56.7	0.0	1.0	6.6	952	133	15.90	32.24	6.7	7.9	8.4	9.0	9.7	9.9	-524.40	61.77	61.63	0.0	0
2009/11/12	5.9	68.0	1.0	0.8	4.3	1546	156	8.20	18.46	7.1	8.0	8.4	9.0	9.5	9.6	-438.00	60.85	61.22	0.0	0
2009/11/13	5.7	89.2	24.0	0.4	4.8	926	129	4.69	11.91	8.0	8.4	8.5	8.9	9.3	9.5	-186.30	67.34	71.70	0.0	0
2009/11/14	5.0	85.3	2.0	0.2	2.9	2225	140	7.88	17.89	7.9	8.6	8.8	9.1	9.3	9.4	-305.50	66.08	69.08	0.0	0
2009/11/15	3.5	88.7	3.0	0.3	3.8	918	104	4.80	10.95	7.0	7.9	8.4	8.9	9.3	9.4	-488.10	64.61	67.09	0.0	0
2009/11/16	7.2	66.6	0.0	0.6	3.8	247	306	14.02	29.60	7.3	8.0	8.2	8.6	9.0	9.2	-264.50	64.07	65.37	0.0	0
2009/11/17	6.4	75.7	1.5	0.8	5.3	1250	288	7.32	16.92	7.6	8.2	8.4	8.8	9.1	9.2	-272.70	62.78	64.20	0.0	0
2009/11/18	4.1	88.5	0.5	0.5	4.0	732	164	4.73	11.78	7.4	8.0	8.3	8.8	9.0	9.1	-359.40	62.26	64.04	0.0	0
2009/11/19	4.3	90.6	0.0	0.2	2.3	719	51	6.09	14.05	7.3	8.0	8.2	8.6	8.9	9.1	-316.60	61.87	63.85	0.0	0
2009/11/20	5.5	74.0	0.0	0.5	3.3	449	290	11.03	23.20	6.9	7.8	8.0	8.4	8.8	9.0	-354.50	61.93	63.07	0.0	0
2009/11/21	5.5	66.6	0.0	0.6	3.9	2056	74	17.22	34.91	6.3	7.5	7.9	8.3	8.7	8.9	-457.30	61.51	62.66	0.0	0
2009/11/22	5.7	79.5	0.0	0.7	4.9	443	298	8.17	17.70	7.4	7.9	8.0	8.4	8.7	8.8	-196.50	61.16	62.38	0.0	0
2009/11/23	5.4	84.2	0.0	0.3	2.2	2117	59	0.09	0.80	7.1	8.0	8.1	8.3	8.6	8.7	-63.47	60.80	62.03	0.0	0
2009/11/24	6.1	54.2	0.0	0.6	4.1	1054	120	14.76	30.30	6.5	7.7	8.0	8.3	8.6	8.7	-349.50	60.58	61.83	0.0	0
2009/11/25	5.3	45.2	0.0	0.4	3.4	254	176	16.06	31.96	5.4	6.8	7.3	7.8	8.4	8.6	-552.30	60.29	61.55	0.0	0
2009/11/26	4.2	55.5	0.0	0.5	2.3	1426	306	16.67	33.10	5.3	6.7	7.2	7.6	8.2	8.4	-532.60	60.06	61.35	0.0	0
2009/11/27	3.9	48.7	0.0	0.5	3.1	531	293	16.25	32.61	4.6	6.2	6.9	7.4	8.0	8.3	-669.00	59.84	61.14	0.0	0
2009/11/28	2.5	78.8	0.0	0.2	2.7	1236	126	10.16	21.38	5.0	6.1	6.6	7.2	7.8	8.1	-512.60	59.59	60.96	0.0	0
2009/11/29	2.8	49.7	0.0	0.5	3.3	404	315	16.95	33.79	4.2	5.9	6.5	7.0	7.6	7.9	-666.30	59.37	60.78	0.0	0
2009/11/30	1.1	73.1	0.0	0.3	1.5	1114	1	13.53	27.67	4.1	5.4	6.0	6.6	7.4	7.7	-615.10	59.21	60.65	0.0	0
2009/12/1	3.1	46.5	0.0	0.5	4.7	2039	301	16.79	33.35	3.2	5.1	5.9	6.5	7.2	7.5	-775.00	59.02	60.50	0.0	0
2009/12/2	5.7	34.8	0.0	0.9	5.3	757	276	16.75	33.11	3.8	5.3	5.8	6.4	7.0	7.3	-504.80	58.84	60.34	0.0	0
2009/12/3	3.4	31.5	0.0	0.9	6.3	630	298	16.30	32.50	2.8	4.6	5.4	6.1	6.8	7.2	-728.00	58.72	60.17	0.0	0
2009/12/4	1.2	39.5	0.0	0.8	4.9	2012	305	15.53	31.21	2.4	4.2	5.1	5.8	6.6	6.9	-759.00	58.57	60.02	0.0	0
2009/12/5	2.8	14.6	0.0	1.1	5.8	915	316	16.47	32.60	2.1	3.9	4.8	5.5	6.3	6.7	-720.00	58.41	59.95	0.0	0
2009/12/6	0.8	52.4	0.0	0.3	2.2	339	271	15.99	31.70	2.7	4.0	4.6	5.3	6.1	6.4	-575.90	58.24	59.83	0.0	0
2009/12/7	0.6	66.8	0.0	0.5	4.5	231	161	11.80	25.15	2.8	4.1	4.8	5.4	6.0	6.3	-561.50	57.98	59.67	0.0	0
2009/12/8	3.1	62.8	0.0	0.6	4.1	923	1	11.79	24.54	4.1	4.7	4.9	5.4	5.9	6.2	-260.20	57.98	59.62	0.0	0
2009/12/9	5.0	58.8	0.0	0.7	4.7	806	329	16.55	33.36	4.7	5.4	5.5	5.8	6.1	6.3	-161.30	57.90	59.49	0.0	0
2009/12/10	4.7	45.3	0.0	0.5	4.4	1748	308	15.61	31.68	3.9	5.0	5.4	5.9	6.3	6.4	-363.70	57.79	59.39	0.0	0
2009/12/11	5.1	30.7	0.0	0.6	2.3	1923	161	16.22	32.02	3.6	4.9	5.4	5.9	6.3	6.5	-433.80	57.66	59.28	0.0	0
2009/12/12	5.1	15.8	0.0	1.0	7.7	1126	300	16.40	32.50	2.7	4.2	4.9	5.6	6.2	6.4	-602.80	57.53	59.16	0.0	0
2009/12/13	5.0	28.1	0.0	1.1	6.1	733	319	15.77	31.77	3.3	4.4	4.9	5.4	6.0	6.3	-383.40	57.39	59.04	0.0	0
2009/12/14	2.5	59.4	0.0	0.7	4.2	2152	127	15.43	31.43	3.2	4.4	4.9	5.4	6.0	6.2	-462.90	57.22	58.90	0.0	0
2009/12/15	2.3	58.9	0.0	0.7	5.4	1313	303	13.23	27.41	3.1	4.2	4.8	5.4	5.9	6.1	-462.10	57.05	58.69	0.0	0
2009/12/16	0.5	86.8	15.5	1.5	8.5	1102	183	2.56	7.12	1.9	3.5	4.3	5.1	5.8	6.0	-697.30	65.04	67.93	0.0	0
2009/12/17	-0.1	80.0	8.5	1.7	7.0	1827	188	4.52	10.94	1.5	2.8	3.6	4.4	5.3	5.7	-716.00	68.73	73.90	0.0	1
2009/12/18	-1.6	82.8	2.0	1.5	5.8	1103	196	6.23	13.64	1.6	2.7	3.4	4.1	4.9	5.3	-628.70	65.94	68.40	0.0	1
2009/12/19	-2.3	84.6	2.5	1.5	6.2	2147	257	12.00	24.58	1.9	2.9	3.3	3.9	4.6	5.0	-527.80	64.60	66.31	0.0	1
2009/12/20	-3.0	79.6	0.0	1.6	6.5	35	142	10.08	21.42	1.7	2.7	3.3	3.9	4.6	4.9	-595.40	63.31	64.82	0.0	1
2009/12/21	-3.4	72.8	0.0	1.3	6.2	7	133	7.26	16.53	0.7	2.1	2.9	3.6	4.4	4.8	-759.00	62.37	63.90	0.0	1
2009/12/22	-0.8	34.1	0.0	1.2	6.8	123	280	14.81	29.89	-0.1	1.6	2.5	3.2	4.1	4.6	-752.00	61.76	63.41	0.0	1
2009/12/23	-0.6	63.7	0.0	1.3	5.8	1047	296	11.30	23.83	-0.1	1.5	2.2	3.0	3.9	4.3	-666.70	61.35	62.90	0.0	1
2009/12/24	2.2	63.7	1.0	1.0	5.4	843	101	13.50	27.48	1.7	2.3	2.5	3.0	3.7	4.1	-173.40	60.99	62.47	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2009/12/25	3.3	74.0	23.0	0.9	6.0	405	107	6.62	15.46	4.0	4.1	3.8	4.0	3.9	4.1	121.40	69.40	73.80	0.0	0
2009/12/26	1.2	50.5	0.0	1.2	6.4	2134	167	9.80	21.33	1.8	2.9	3.4	3.9	4.3	4.4	-520.60	65.35	67.03	0.0	0
2009/12/27	0.3	73.5	1.5	2.0	6.5	1351	220	5.98	13.81	1.3	2.3	2.9	3.5	4.1	4.4	-511.00	63.45	65.40	0.0	0
2009/12/28	-0.6	75.6	8.0	1.8	7.4	959	99	2.37	6.98	0.8	1.9	2.4	3.1	3.8	4.2	-550.40	69.92	74.70	0.0	1
2009/12/29	0.8	50.8	9.0	1.6	6.9	1920	190	15.80	31.98	0.6	1.6	2.2	2.8	3.5	3.9	-589.10	68.23	70.90	0.0	0
2009/12/30	0.1	80.4	13.5	1.9	8.3	2339	16	5.07	13.23	0.8	1.5	2.0	2.5	3.2	3.6	-389.80	70.90	76.90	0.0	0
2009/12/31	0.8	81.4	19.0	2.3	10.2	2327	110	5.69	14.36	0.8	1.5	1.9	2.4	3.0	3.3	-339.50	70.60	76.30	0.0	0
2010/1/1	1.6	73.8	0.0	2.5	11.9	606	292	17.18	34.64	1.5	1.9	2.0	2.5	2.8	3.1	-88.80	69.55	73.40	0.0	0
2010/1/2	1.7	84.1	9.0	1.6	6.9	505	108	4.70	11.54	2.6	2.7	2.7	3.0	3.1	3.3	-11.18	67.76	72.00	0.0	0
2010/1/3	-1.5	74.9	10.0	1.5	6.4	944	101	8.95	20.07	1.1	2.0	2.4	2.9	3.2	3.3	-412.10	70.10	75.30	0.0	1
2010/1/4	-0.1	29.5	6.5	1.0	3.6	417	94	16.60	33.34	0.5	1.5	2.0	2.5	3.1	3.4	-452.60	66.25	68.17	0.0	1
2010/1/5	0.0	58.6	1.5	1.7	7.0	1307	117	10.69	23.45	0.2	1.1	1.7	2.2	2.9	3.3	-538.70	65.59	67.46	0.0	0
2010/1/6	0.4	85.7	16.0	1.4	6.5	227	138	3.90	10.89	0.5	1.2	1.5	2.0	2.5	2.8	-309.60	69.91	75.00	0.0	0
2010/1/7	0.2	80.6	6.5	1.5	6.3	1844	95	7.43	19.30	0.7	1.3	1.5	2.0	2.4	2.7	-219.60	69.92	75.50	0.0	0
2010/1/8	-1.5	69.1	0.5	1.1	5.5	1035	63	0.87	4.57	0.6	1.3	1.6	2.1	2.5	2.8	-327.80	66.56	70.40	0.0	1
2010/1/9	2.2	14.0	5.0	1.1	4.3	542	3	16.25	34.13	0.3	1.1	1.5	2.0	2.5	2.8	-465.40	65.68	67.92	0.0	0
2010/1/10	1.1	34.8	0.0	1.0	3.4	1403	331	17.13	34.44	-0.1	0.8	1.2	1.8	2.4	2.8	-496.50	65.93	67.92	0.0	0
2010/1/11	1.8	68.6	0.0	0.9	5.1	1549	101	13.75	28.96	0.2	0.9	1.2	1.8	2.3	2.6	-318.30	67.36	70.40	0.0	0
2010/1/12	-2.5	75.5	1.0	1.5	7.1	644	319	4.86	12.32	0.3	1.0	1.3	1.8	2.3	2.6	-347.10	67.09	71.10	0.0	1
2010/1/13	-4.7	27.1	1.5	1.3	6.3	158	81	17.00	33.50	-0.4	0.6	1.1	1.7	2.2	2.5	-538.60	65.38	67.35	0.0	1
2010/1/14	-1.9	25.9	2.0	0.9	2.7	819	57	17.42	34.69	-0.8	0.3	0.9	1.4	2.1	2.4	-563.60	64.39	65.97	0.0	1
2010/1/15	3.0	21.6	1.0	0.9	2.4	420	115	17.39	34.99	-0.7	0.3	0.7	1.3	2.0	2.3	-484.50	65.00	66.43	0.0	0
2010/1/16	1.3	43.9	0.0	0.6	2.5	2311	90	17.50	35.47	-0.6	0.4	0.7	1.2	1.9	2.2	-428.90	65.39	67.10	0.0	0
2010/1/17	1.2	42.8	0.0	0.8	2.3	33	91	17.73	35.74	-0.6	0.5	0.8	1.3	1.9	2.1	-419.60	64.81	66.71	0.0	0
2010/1/18	4.6	16.1	0.0	1.3	2.7	1943	90	18.09	35.80	-0.4	0.8	1.0	1.4	1.9	2.2	-362.20	64.19	66.10	0.0	0
2010/1/19	6.2	25.4	0.0	1.0	6.0	2342	104	17.97	35.81	0.4	1.2	1.3	1.6	2.0	2.2	-193.50	64.03	65.84	0.0	0
2010/1/20	6.9	63.4	0.0	1.7	6.9	356	114	15.02	30.87	3.4	2.7	2.2	2.2	2.3	2.4	484.40	64.02	66.15	0.0	0
2010/1/21	6.3	80.9	0.0	1.3	6.9	155	54	10.61	23.12	5.2	4.2	3.5	3.4	3.0	2.8	600.30	63.55	65.86	0.0	0
2010/1/22	4.6	92.9	4.5	0.5	4.1	2349	183	3.93	10.47	5.5	4.9	4.3	4.3	3.7	3.5	413.80	66.06	70.60	0.0	0
2010/1/23	5.2	82.9	0.5	1.5	5.9	1419	24	12.01	26.26	6.0	5.5	4.9	4.8	4.3	4.0	415.80	67.31	70.90	0.0	0
2010/1/24	4.9	82.5	0.0	1.3	5.9	106	86	8.67	19.48	6.1	5.7	5.2	5.2	4.8	4.5	285.90	65.34	67.76	0.0	0
2010/1/25	4.4	87.1	15.5	1.0	5.7	303	198	4.62	11.63	5.8	5.7	5.4	5.5	5.1	4.8	159.30	68.48	73.10	0.0	0
2010/1/26	2.8	77.6	0.5	1.0	5.0	1131	11	7.71	17.66	4.2	4.9	5.1	5.3	5.2	5.1	-242.10	67.05	70.20	0.0	0
2010/1/27	4.7	64.1	0.0	1.0	5.5	421	36	14.05	29.55	4.4	4.9	4.9	5.1	5.1	5.0	-68.04	65.14	67.20	0.0	0
2010/1/28	3.4	73.2	0.0	1.0	4.5	549	131	7.00	15.84	4.1	4.7	4.8	5.1	5.1	5.0	-166.10	63.92	65.99	0.0	0
2010/1/29	1.2	75.2	0.0	0.7	3.8	446	109	13.76	28.54	3.4	4.2	4.4	4.7	4.9	4.9	-289.50	63.14	65.15	0.0	0
2010/1/30	2.4	61.8	0.0	1.0	5.8	2135	157	16.69	33.84	3.0	4.0	4.3	4.6	4.8	4.8	-352.40	62.62	64.57	0.0	0
2010/1/31	6.9	23.4	0.0	1.8	7.7	235	68	19.32	38.36	3.9	4.4	4.4	4.6	4.8	4.8	-36.05	62.43	64.32	0.0	0
2010/2/1	5.6	21.9	0.0	1.6	6.3	941	323	18.73	37.18	3.7	4.3	4.4	4.7	4.8	4.8	-139.10	61.89	63.85	0.0	0
2010/2/2	3.8	45.3	0.0	2.3	7.8	202	117	19.44	38.96	3.5	4.1	4.3	4.6	4.8	4.8	-215.20	61.49	63.35	0.0	0
2010/2/3	2.4	72.6	0.0	1.5	7.1	22	349	13.83	28.68	4.1	4.6	4.6	4.8	4.9	4.8	-97.90	61.26	63.11	0.0	0
2010/2/4	2.8	62.9	0.0	2.1	7.3	527	51	16.41	33.00	4.3	4.5	4.5	4.8	4.9	4.9	-108.30	60.99	62.83	0.0	0
2010/2/5	2.6	67.5	0.0	2.8	8.7	1811	111	9.66	20.60	3.9	4.4	4.5	4.8	5.0	4.9	-202.40	60.71	62.58	0.0	0
2010/2/6	3.7	76.4	53.0	2.2	7.7	410	93	4.06	10.21	3.5	4.0	4.3	4.6	4.9	4.9	-176.70	65.71	69.24	0.0	0
2010/2/7	2.8	78.2	30.5	1.8	6.9	2002	343	3.82	10.02	2.4	3.0	3.3	3.7	4.1	4.1	-236.40	72.50	78.50	0.0	0
2010/2/8	4.2	67.1	0.0	1.1	5.3	326	107	13.97	29.25	4.6	4.3	4.0	4.0	4.2	4.2	198.10	66.48	69.15	0.0	0
2010/2/9	5.5	56.2	0.0	2.0	7.4	1906	262	16.76	34.26	4.4	4.7	4.6	4.5	4.6	4.6	33.75	64.62	67.12	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2010/2/10	6.4	40.6	0.0	2.7	7.2	230	55	20.27	40.10	4.2	4.8	4.8	4.6	4.9	4.8	-44.33	63.73	66.00	0.0	0
2010/2/11	7.0	32.6	0.0	2.7	7.2	1042	97	20.58	41.01	4.5	4.8	4.8	4.6	5.0	5.0	-12.70	62.95	65.18	0.0	0
2010/2/12	3.7	73.1	20.5	1.9	7.3	429	113	5.07	12.68	4.2	4.7	4.8	4.4	5.1	5.1	-186.70	68.22	72.90	0.0	0
2010/2/13	2.8	84.4	16.0	1.0	5.5	127	99	5.00	12.45	4.5	4.8	4.8	4.2	5.1	5.0	-99.40	70.40	76.00	0.0	0
2010/2/14	4.3	66.6	0.0	1.9	7.7	1005	101	12.63	26.33	4.6	4.9	4.9	4.6	5.1	5.0	-81.80	66.84	70.50	0.0	0
2010/2/15	3.5	72.1	13.5	2.2	6.6	1417	108	7.53	16.60	3.8	4.4	4.7	4.4	5.1	5.1	-240.20	66.39	70.10	0.0	0
2010/2/16	2.0	83.0	65.5	2.6	8.4	1154	351	1.75	5.93	0.7	1.9	2.7	3.3	3.8	3.8	-543.50	75.40	82.50	0.0	0
2010/2/17	1.9	85.5	78.0	2.8	8.6	940	130	1.70	5.90	0.3	1.2	1.6	2.1	2.4	2.4	-284.50	76.70	84.00	0.0	0
2010/2/18	0.8	88.6	43.5	1.9	9.3	1202	109	0.67	3.60	0.2	1.0	1.3	1.7	2.0	2.1	-300.90	75.90	83.30	0.0	0
2010/2/19	-1.1	91.8	0.0	0.8	5.5	1210	98	0.45	3.29	0.3	1.0	1.2	1.6	2.0	2.2	-278.20	70.40	76.80	0.0	1
2010/2/20	-0.5	53.3	0.5	1.6	6.0	836	113	6.43	35.12	0.4	1.1	1.4	1.6	2.3	2.5	-289.20	69.63	75.10	0.0	1
2010/2/21	1.8	48.8	14.0	1.7	6.4	422	124	16.95	35.05	0.5	1.1	1.4	1.6	2.3	2.5	-284.80	69.71	74.90	0.0	0
2010/2/22	0.7	63.6	15.0	1.7	7.4	1948	107	6.17	14.98	0.4	1.0	1.3	1.5	2.2	2.4	-283.80	70.80	76.10	0.0	0
2010/2/23	4.6	19.8	3.5	1.4	5.8	515	64	23.22	45.93	0.3	0.9	1.1	1.3	2.0	2.2	-246.50	70.10	74.80	0.0	0
2010/2/24	5.7	22.1	0.0	1.7	5.5	636	65	23.60	46.57	0.2	0.8	1.1	1.3	2.0	2.2	-299.50	69.82	74.10	0.0	0
2010/2/25	4.3	73.4	2.5	2.0	6.9	29	99	6.63	15.88	0.6	1.0	1.2	1.3	1.8	1.9	-1.00	72.80	78.70	0.0	0
2010/2/26	5.8	49.8	0.0	2.0	8.0	1013	105	20.06	40.78	2.9	2.6	2.1	1.8	2.0	2.0	394.40	71.10	76.70	0.0	0
2010/2/27	4.8	52.6	0.0	1.9	6.6	1126	51	16.91	34.58	3.3	3.0	2.6	2.4	2.4	2.4	286.90	66.71	70.40	0.0	0
2010/2/28	6.4	37.5	0.0	1.2	4.1	911	100	21.96	43.46	4.3	3.8	3.2	2.9	2.8	2.8	392.20	65.00	68.27	0.0	0
2010/3/1	7.0	43.1	0.0	1.4	5.5	1321	63	16.96	34.71	4.7	4.3	3.8	3.6	3.4	3.2	351.50	64.00	66.98	0.0	0
2010/3/2	5.6	55.3	0.0	2.0	7.9	1024	122	9.05	19.90	4.0	4.2	4.0	4.0	3.8	3.6	106.20	63.34	66.04	0.0	0
2010/3/3	7.4	42.8	0.0	1.6	6.9	1441	53	19.32	38.93	5.0	4.5	4.1	3.6	3.9	3.8	352.20	62.81	65.43	0.0	0
2010/3/4	6.5	62.2	0.0	1.6	5.8	416	49	15.69	32.29	5.8	5.3	4.8	4.5	4.3	4.0	377.50	62.44	64.99	0.0	0
2010/3/5	7.9	41.9	0.0	1.9	6.0	2349	66	21.75	43.20	6.5	5.9	5.3	4.8	4.7	4.4	434.50	62.05	64.58	0.0	0
2010/3/6	8.7	22.7	0.0	1.5	6.3	20	70	23.69	46.84	6.6	6.1	5.6	5.2	5.1	4.8	335.90	61.71	64.21	0.0	0
2010/3/7	5.9	62.4	0.0	1.8	8.2	1311	325	9.43	20.61	5.6	5.6	5.4	5.4	5.4	5.1	36.21	61.37	63.77	0.0	0
2010/3/8	5.8	72.9	0.0	1.8	6.6	503	94	7.44	16.45	6.1	5.8	5.5	5.0	5.3	5.1	216.50	61.04	63.44	0.0	0
2010/3/9	3.9	83.8	29.5	2.1	8.9	1626	97	1.71	5.96	4.8	5.4	5.4	5.2	5.5	5.3	-149.50	68.21	73.10	0.0	0
2010/3/10	0.4	50.4	0.0	1.9	7.8	1146	113	23.16	46.22	4.7	5.0	5.0	5.0	5.3	5.2	-281.10	66.59	69.92	0.0	0
2010/3/11	1.8	26.8	0.0	1.1	6.6	451	102	24.05	47.19	3.6	4.2	4.5	4.8	5.1	5.1	-397.40	64.49	67.20	0.0	0
2010/3/12	4.4	55.2	0.0	1.0	4.9	1111	98	14.89	29.70	5.0	4.8	4.6	4.9	4.9	4.9	54.05	63.54	66.18	0.0	0
2010/3/13	4.7	76.7	25.0	1.3	5.4	1649	70	6.98	16.33	5.1	5.1	4.9	5.2	5.0	4.9	36.97	70.80	76.20	0.0	0
2010/3/14	6.6	58.4	0.0	1.7	6.0	925	53	18.54	37.41	6.3	5.8	5.4	5.4	5.2	5.0	312.50	66.83	70.50	0.0	0
2010/3/15	8.2	51.9	0.0	1.5	5.9	54	106	19.07	37.73	7.4	6.7	6.1	6.0	5.5	5.3	442.80	64.82	67.81	0.0	0
2010/3/16	7.1	61.7	0.0	1.6	7.4	1136	49	13.11	27.00	6.9	6.7	6.4	6.5	6.0	5.7	190.10	63.80	66.55	0.0	0
2010/3/17	6.7	68.6	0.0	1.6	6.2	1929	111	10.24	21.09	6.8	6.6	6.3	6.5	6.1	5.8	164.30	63.11	65.65	0.0	0
2010/3/18	6.2	39.7	0.0	1.1	5.8	329	102	20.92	41.01	6.8	6.7	6.4	6.5	6.2	6.0	110.40	62.56	65.02	0.0	0
2010/3/19	6.8	31.4	0.0	0.9	4.2	17	77	21.87	43.10	7.1	6.7	6.4	6.5	6.3	6.1	113.20	62.09	64.52	0.0	0
2010/3/20	9.4	25.4	0.0	1.5	5.8	1222	105	23.61	45.42	8.1	7.3	6.8	6.8	6.4	6.2	364.00	61.70	64.17	0.0	0
2010/3/21	9.8	34.9	0.0	0.9	4.5	1254	69	17.44	34.92	8.4	7.8	7.3	7.2	6.7	6.4	347.20	61.35	63.81	0.0	0
2010/3/22	9.8	26.5	0.0	1.1	6.1	1322	102	24.66	48.07	8.9	8.1	7.6	7.4	7.0	6.7	337.00	61.02	63.45	0.0	0
2010/3/23	8.8	34.7	0.0	1.2	5.4	2259	106	25.42	50.14	9.2	8.3	7.8	7.6	7.2	6.9	319.90	60.68	63.09	0.0	0
2010/3/24	8.5	52.8	0.0	1.3	4.3	656	100	23.48	46.24	9.8	8.8	8.2	8.0	7.5	7.1	367.60	60.38	62.80	0.0	0
2010/3/25	5.5	82.9	22.5	1.5	10.1	1327	113	2.26	7.16	6.8	7.4	7.6	7.8	7.7	7.4	-280.50	67.89	73.00	0.0	0
2010/3/26	3.7	59.9	0.5	1.4	7.1	330	39	23.03	45.72	7.8	7.8	7.6	7.5	7.5	7.3	-55.73	68.46	73.20	0.0	0
2010/3/27	3.8	58.5	0.0	1.0	4.6	1323	68	24.79	48.47	7.6	7.3	7.2	7.2	7.4	7.2	-77.20	64.86	67.81	0.0	0
2010/3/28	4.1	46.7	0.0	0.9	5.0	1855	75	25.61	50.25	8.1	8.0	7.7	7.6	7.5	7.2	9.33	63.71	66.39	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2010/3/29	5.9	35.2	0.0	0.7	2.7	1	76	20.68	40.99	7.8	7.6	7.5	7.5	7.6	7.3	-99.00	62.93	65.53	0.0	0
2010/3/30	8.3	41.4	0.0	0.9	4.3	1914	108	23.48	46.08	9.1	8.2	7.8	7.6	7.6	7.3	268.70	62.34	64.90	0.0	0
2010/3/31	8.6	54.4	0.0	0.9	4.8	2112	75	19.69	39.60	9.9	9.1	8.5	8.3	7.9	7.5	357.40	61.90	64.39	0.0	0
2010/4/1	9.0	40.4	0.0	1.7	6.6	2207	101	21.93	43.24	9.7	9.0	8.6	8.4	8.2	7.8	215.10	61.50	63.95	0.0	0
2010/4/2	7.9	66.2	6.5	2.2	9.1	1348	44	15.55	32.09	9.5	9.0	8.7	8.5	8.3	8.0	163.20	61.22	63.71	0.0	0
2010/4/3	6.5	79.0	9.0	1.7	7.3	1954	113	12.24	26.40	9.0	8.7	8.5	8.4	8.4	8.1	62.26	68.64	73.40	0.0	0
2010/4/4	7.9	74.5	0.0	1.9	6.8	549	108	12.67	26.91	9.6	9.2	8.8	8.2	8.4	8.1	249.00	65.07	68.12	0.0	0
2010/4/5	7.0	79.2	22.5	1.9	6.5	418	99	4.89	11.94	7.7	8.2	8.4	8.0	8.5	8.3	-214.00	69.95	75.40	0.0	0
2010/4/6	8.1	71.3	20.0	2.2	8.0	916	108	10.34	21.84	8.3	8.3	8.1	7.9	8.3	8.1	39.96	68.72	73.20	0.0	0
2010/4/7	6.7	78.9	2.0	2.0	5.9	1300	108	12.19	25.72	8.8	8.6	8.4	7.8	8.3	8.1	84.40	69.09	74.30	0.0	0
2010/4/8	5.8	86.4	58.5	1.2	6.4	2312	50	3.94	10.38	7.3	7.8	7.9	7.8	8.2	8.1	-210.60	71.70	77.40	0.0	0
2010/4/9	8.4	36.3	23.0	1.4	7.0	648	120	27.24	53.14	8.5	7.9	7.6	7.4	7.5	7.4	273.30	70.90	76.40	0.0	0
2010/4/10	10.3	20.5	0.0	0.9	4.2	1257	74	23.80	46.20	8.4	8.1	8.0	7.4	8.0	7.8	118.90	65.34	68.78	0.0	0
2010/4/11	9.2	63.0	0.0	1.7	6.7	2148	72	16.25	32.72	9.5	8.9	8.5	8.2	8.2	8.0	298.20	64.11	67.16	0.0	0
2010/4/12	9.3	48.4	0.0	1.8	6.7	759	103	22.08	44.03	10.1	9.4	9.0	8.9	8.5	8.2	289.40	63.38	66.22	0.0	0
2010/4/13	8.1	63.5	0.0	1.0	6.3	228	117	12.46	26.42	9.1	9.1	8.9	9.0	8.8	8.5	40.27	62.74	65.49	0.0	0
2010/4/14	8.7	52.9	0.0	1.5	5.5	1005	104	22.65	44.20	9.8	9.3	9.0	9.1	8.8	8.5	185.60	62.20	64.90	0.0	0
2010/4/15	6.7	73.6	16.5	1.7	8.7	2205	63	9.12	20.38	8.1	8.6	8.8	9.1	8.9	8.6	-217.10	63.92	67.24	0.0	0
2010/4/16	7.4	63.1	9.5	1.3	7.3	145	30	22.74	45.40	9.5	8.9	8.6	8.6	8.6	8.5	244.80	69.32	74.60	0.0	0
2010/4/17	7.5	59.1	0.0	0.6	2.2	338	92	13.99	28.64	9.2	9.1	8.9	9.1	8.9	8.6	-3.74	65.02	68.48	0.0	0
2010/4/18	6.4	86.8	5.0	0.9	5.0	959	104	5.65	13.74	8.4	8.9	8.9	9.1	8.9	8.7	-154.10	65.75	69.41	0.0	0
2010/4/19	7.3	78.2	0.0	0.8	4.2	15	102	11.26	24.54	8.9	8.9	8.7	8.9	8.8	8.6	46.16	65.71	69.20	0.0	0
2010/4/20	8.3	53.8	0.0	0.9	3.9	939	95	14.11	30.06	9.0	9.0	8.8	8.9	8.8	8.6	22.20	64.38	67.48	0.0	0
2010/4/21	9.4	56.3	0.0	1.6	5.0	2021	105	25.43	51.17	10.6	9.9	9.3	9.3	8.9	8.6	425.50	63.47	66.43	0.0	0
2010/4/22	9.2	62.3	0.0	1.2	5.4	2251	71	16.18	33.53	10.6	10.2	9.8	9.8	9.3	8.9	261.00	62.79	65.65	0.0	0
2010/4/23	7.3	83.4	34.5	1.3	5.5	2013	101	5.21	13.56	9.0	9.5	9.5	9.7	9.5	9.2	-186.20	69.75	75.50	0.0	0
2010/4/24	6.2	76.0	0.5	1.4	5.6	1802	60	13.44	29.23	8.9	9.3	9.3	9.5	9.4	9.2	-197.10	67.12	71.70	0.0	0
2010/4/25	8.5	64.2	0.0	1.7	6.7	253	114	24.19	48.79	10.4	9.8	9.4	9.5	9.2	9.1	247.90	65.07	68.53	0.0	0
2010/4/26	8.3	77.1	0.0	1.5	6.3	1932	109	12.04	25.29	10.2	10.1	9.8	9.9	9.5	9.2	136.70	63.93	67.11	0.0	0
2010/4/27	6.6	77.7	10.0	1.9	6.5	1650	109	4.37	11.61	8.1	8.9	9.2	9.6	9.5	9.3	-387.60	67.62	72.40	0.0	0
2010/4/28	6.2	75.6	19.0	1.7	6.8	1239	67	8.84	19.91	7.9	8.5	8.6	9.0	9.1	9.0	-286.00	69.76	75.30	0.0	0
2010/4/29	5.1	71.0	12.0	0.7	2.7	359	100	9.67	21.09	7.6	8.1	8.2	8.6	8.8	8.8	-255.90	67.63	72.10	0.0	0
2010/4/30	3.2	81.6	52.0	1.0	6.7	933	116	12.11	26.29	5.6	6.1	6.5	7.1	7.3	7.4	-340.50	73.50	80.10	0.0	0
2010/5/1	5.7	58.5	0.0	0.9	2.6	1130	84	20.94	41.83	8.3	7.8	7.5	7.6	7.7	7.7	173.10	66.15	69.96	0.0	0
2010/5/2	5.7	75.4	0.5	0.5	2.9	228	81	8.42	18.78	7.6	7.9	8.0	8.2	8.1	8.0	-120.00	64.71	68.05	0.0	0
2010/5/3	6.1	61.2	0.0	0.9	3.4	1115	86	21.48	42.75	9.1	8.7	8.3	8.4	8.2	8.1	196.60	63.95	67.01	0.0	0
2010/5/4	7.6	39.5	0.0	1.0	3.9	2359	101	23.52	46.70	9.1	8.9	8.7	8.8	8.5	8.3	67.71	63.31	66.25	0.0	0
2010/5/5	10.0	52.7	0.0	1.2	5.5	747	68	19.58	40.06	10.4	9.6	9.1	9.1	8.7	8.5	426.50	62.75	65.68	0.0	0
2010/5/6	9.3	79.6	2.0	1.2	6.4	2205	115	6.97	16.30	9.9	9.8	9.5	9.6	9.1	8.8	163.40	62.30	65.27	0.0	0
2010/5/7	8.7	83.6	19.0	1.7	6.6	1214	116	5.16	13.49	9.4	9.5	9.4	9.5	9.2	9.0	31.03	68.51	73.80	0.0	0
2010/5/8	10.9	75.3	0.0	1.2	4.8	1937	62	16.66	35.17	11.3	10.6	10.0	9.9	9.4	9.1	521.80	66.90	71.50	0.0	0
2010/5/9	11.3	72.0	0.0	1.8	6.5	929	62	15.58	32.78	11.6	11.0	10.5	10.4	9.8	9.4	413.80	64.94	68.49	0.0	0
2010/5/10	10.7	72.8	2.0	1.7	7.1	919	112	16.46	34.64	12.1	11.4	10.9	10.8	10.1	9.7	377.70	64.01	67.40	0.0	0
2010/5/11	9.4	72.2	0.5	1.5	6.9	937	105	13.35	29.24	11.2	11.0	10.8	10.8	10.3	10.0	103.60	63.62	66.68	0.0	0
2010/5/12	7.5	85.3	0.0	0.8	4.9	1304	109	7.70	18.05	10.3	10.5	10.5	10.6	10.3	10.0	-72.40	63.05	65.98	0.0	0
2010/5/13	8.8	77.3	0.0	0.8	4.8	1351	72	15.00	31.70	11.0	10.8	10.5	10.6	10.2	10.0	189.30	62.57	65.43	0.0	0
2010/5/14	8.8	77.0	0.0	1.0	5.6	1014	69	10.59	23.62	10.3	10.4	10.3	10.5	10.2	10.0	-3.33	62.14	64.95	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2010/5/15	9.1	82.9	2.5	0.8	3.9	1943	76	10.83	24.25	11.3	11.0	10.6	10.6	10.3	10.0	212.30	61.77	64.81	0.0	0
2010/5/16	9.6	68.7	0.0	1.4	5.8	1047	61	25.37	51.39	11.6	11.3	10.9	10.9	10.4	10.1	208.40	63.02	65.29	0.0	0
2010/5/17	11.1	63.0	0.0	0.9	3.3	710	90	15.01	31.16	11.8	11.6	11.2	11.1	10.6	10.3	279.60	62.55	65.01	0.0	0
2010/5/18	11.6	61.5	0.0	1.1	4.3	1313	92	17.45	36.10	12.2	11.8	11.4	11.3	10.8	10.4	297.40	61.97	64.52	0.0	0
2010/5/19	12.0	50.4	0.0	0.9	3.9	1105	94	22.93	46.26	12.3	12.0	11.6	11.6	11.0	10.6	298.50	61.45	64.07	0.0	0
2010/5/20	9.8	55.7	0.5	1.4	5.5	1842	111	16.00	33.69	11.2	11.3	11.2	11.4	11.1	10.7	-61.44	60.92	63.59	0.0	0
2010/5/21	10.3	75.8	0.0	0.8	5.2	1211	108	14.12	29.60	12.2	11.8	11.4	11.4	11.0	10.7	264.00	60.57	63.23	0.0	0
2010/5/22	10.8	64.3	0.0	1.6	5.7	1602	71	18.07	37.88	12.0	11.7	11.4	11.5	11.1	10.8	107.90	60.25	62.83	0.0	0
2010/5/23	9.3	83.5	78.0	2.1	10.9	611	73	2.16	7.27	9.9	10.5	10.8	11.1	11.0	10.8	-253.20	69.16	74.50	0.0	0
2010/5/24	9.9	53.1	0.0	1.8	6.5	610	66	29.32	57.36	11.6	11.5	11.1	11.0	10.8	10.7	238.80	67.31	71.70	0.0	0
2010/5/25	10.4	34.9	0.0	1.3	2.7	26	103	25.42	49.72	11.3	11.3	11.1	11.2	11.0	10.8	46.23	64.81	68.20	0.0	0
2010/5/26	10.1	52.3	0.0	0.9	3.8	1407	336	20.23	39.90	11.4	11.2	11.0	11.1	11.0	10.8	55.01	63.66	66.79	0.0	0
2010/5/27	9.9	80.8	0.5	0.8	4.3	1500	301	6.98	16.57	11.2	11.4	11.3	11.3	11.1	10.8	-14.01	62.88	65.87	0.0	0
2010/5/28	11.2	84.5	1.5	0.6	3.7	1440	94	10.86	24.15	12.6	12.0	11.5	11.4	11.1	10.8	354.30	62.43	65.48	0.0	0
2010/5/29	10.5	87.6	42.0	0.9	4.6	855	263	11.94	26.55	12.7	12.4	12.0	11.9	11.5	11.3	238.90	70.00	75.50	0.0	0
2010/5/30	9.6	91.1	31.5	0.7	4.4	325	238	7.02	17.12	12.0	12.2	12.1	12.0	11.8	11.6	-9.86	70.70	76.40	0.0	0
2010/5/31	9.8	71.1	4.5	0.9	4.1	1046	317	24.77	50.72	13.1	12.9	12.5	12.3	12.0	11.7	208.30	69.84	75.80	0.0	0
2010/6/1	9.2	64.8	0.0	0.7	4.2	1018	344	21.68	44.19	12.8	12.7	12.4	12.2	12.0	11.7	90.30	65.74	69.57	0.0	0
2010/6/2	7.8	92.4	36.5	0.4	3.1	553	300	8.55	19.53	11.6	12.1	12.2	12.2	12.1	11.8	-208.90	69.51	75.10	0.0	0
2010/6/3	8.5	93.6	55.5	0.1	1.6	111	87	4.88	12.89	11.0	11.6	11.7	11.8	11.9	11.8	-179.00	75.90	84.20	0.0	0
2010/6/4	9.2	92.1	11.5	0.3	1.8	2259	130	8.29	18.86	12.0	12.1	11.9	11.8	11.8	11.7	20.80	71.20	78.20	0.0	0
2010/6/5	7.8	93.5	4.0	0.6	4.0	2147	134	8.30	18.76	11.6	11.9	11.9	11.9	11.9	11.7	-140.30	69.22	75.50	0.0	0
2010/6/6	7.4	88.9	1.0	0.5	3.9	20	125	11.64	24.53	11.9	12.1	11.9	11.8	11.8	11.6	-34.49	68.04	73.30	0.0	0
2010/6/7	9.6	67.2	0.0	0.8	4.9	2109	290	18.49	37.87	12.0	12.0	11.8	11.7	11.7	11.5	33.78	65.82	69.92	0.0	0
2010/6/8	10.5	75.9	0.0	0.6	3.3	119	303	20.37	41.60	13.2	12.8	12.3	12.0	11.8	11.5	351.10	64.66	68.43	0.0	0
2010/6/9	10.1	81.0	1.5	0.5	3.4	1521	120	11.22	24.21	12.2	12.3	12.2	12.2	12.0	11.7	-17.69	63.88	67.54	0.0	0
2010/6/10	8.9	93.1	17.0	0.3	3.0	959	301	6.51	15.92	11.7	12.0	12.0	12.0	12.0	11.7	-115.80	66.77	71.40	0.0	0
2010/6/11	9.5	91.0	43.5	0.8	4.2	1209	3	6.09	14.99	11.5	11.7	11.7	11.6	11.8	11.7	-48.07	74.70	82.50	0.0	0
2010/6/12	10.3	87.5	37.5	1.1	4.7	1429	300	10.53	23.97	12.5	12.4	12.1	11.9	11.9	11.7	114.70	74.00	81.70	0.0	0
2010/6/13	9.6	90.0	38.0	0.8	4.6	1741	309	4.66	12.55	11.5	12.0	12.0	12.1	12.1	11.9	-186.10	73.80	81.30	0.0	0
2010/6/14	9.8	86.5	58.0	0.9	6.0	2107	292	4.59	12.53	11.0	11.6	11.6	11.6	11.8	11.7	-153.70	76.30	84.30	0.0	0
2010/6/15	9.5	77.8	3.0	2.6	8.3	953	161	7.51	17.91	10.4	11.1	11.3	11.5	11.7	11.6	-342.80	69.13	75.50	0.0	0
2010/6/16	10.7	72.3	0.0	1.8	6.6	746	331	12.43	27.53	11.9	11.7	11.4	11.4	11.5	11.4	132.80	67.25	72.20	0.0	0
2010/6/17	10.3	70.5	3.0	2.0	7.0	2025	172	7.07	16.87	10.8	11.2	11.3	11.5	11.5	11.4	-212.20	66.12	70.60	0.0	0
2010/6/18	11.9	56.2	0.0	1.6	6.9	144	187	17.89	37.40	12.2	11.9	11.5	11.5	11.4	11.3	245.80	65.89	69.96	0.0	0
2010/6/19	13.4	47.9	0.0	1.0	5.0	235	335	27.21	54.81	13.6	13.0	12.3	12.1	11.6	11.4	530.20	64.79	68.72	0.0	0
2010/6/20	13.4	43.8	0.0	1.1	5.7	635	289	22.05	44.18	13.5	13.1	12.7	12.6	12.1	11.7	287.90	63.80	67.53	0.0	0
2010/6/21	11.7	66.5	11.0	0.9	5.1	920	100	19.81	40.03	13.9	13.5	12.9	12.8	12.3	12.0	326.70	64.12	68.00	0.0	0
2010/6/22	11.2	78.9	1.0	1.0	5.3	314	297	19.75	40.70	14.0	13.6	13.1	13.1	12.6	12.2	262.90	67.89	72.70	0.0	0
2010/6/23	9.8	86.8	13.0	0.7	3.8	1100	335	8.47	19.41	12.7	13.0	12.9	13.1	12.7	12.4	-133.40	69.19	74.70	0.0	0
2010/6/24	9.9	87.7	4.0	0.7	5.5	347	292	8.58	19.43	12.6	12.8	12.7	12.8	12.6	12.4	-87.40	69.85	76.20	0.0	0
2010/6/25	9.6	87.6	28.0	0.9	5.5	1801	248	3.60	10.38	11.5	12.1	12.3	12.6	12.5	12.3	-295.00	73.20	80.40	0.0	0
2010/6/26	11.1	82.2	0.0	1.0	4.8	141	305	13.13	27.79	13.0	12.8	12.4	12.4	12.3	12.2	202.40	69.06	75.10	0.0	0
2010/6/27	11.2	82.8	6.0	0.7	3.8	728	131	13.34	27.92	13.4	13.3	12.9	12.8	12.5	12.2	231.30	68.34	73.90	0.0	0
2010/6/28	11.7	80.9	6.5	0.7	3.3	1040	158	16.56	34.27	14.0	13.6	13.1	13.0	12.6	12.3	314.70	69.89	76.40	0.0	0
2010/6/29	11.7	85.3	2.0	0.4	2.3	1351	116	12.68	26.83	14.0	13.8	13.4	13.4	12.8	12.5	259.70	69.64	75.90	0.0	0
2010/6/30	11.5	80.5	6.5	0.7	2.3	904	345	10.55	22.75	13.1	13.3	13.1	13.3	12.9	12.6	1.99	68.74	74.60	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2010/7/1	12.3	72.9	0.0	0.9	2.2	1057	345	17.91	36.93	14.2	13.9	13.4	13.3	12.9	12.6	305.10	67.97	73.50	0.0	0
2010/7/2	13.0	64.3	0.0	0.9	3.2	1611	321	19.71	40.70	14.4	14.2	13.7	13.6	13.1	12.8	297.80	66.04	70.70	0.0	0
2010/7/3	13.5	55.3	0.0	1.0	4.0	1900	1	22.23	45.19	14.4	14.3	13.9	13.8	13.3	12.9	253.00	64.79	69.04	0.0	0
2010/7/4	13.8	52.3	0.0	1.1	5.0	1920	130	22.97	46.62	14.4	14.4	14.0	13.9	13.4	13.0	217.60	63.75	67.80	0.0	0
2010/7/5	14.0	48.4	0.0	1.1	5.9	2018	110	22.77	45.93	14.5	14.5	14.0	14.0	13.5	13.1	254.80	62.82	66.72	0.0	0
2010/7/6	12.5	54.2	0.0	1.2	4.8	435	347	26.55	52.65	14.4	14.4	14.0	14.0	13.6	13.2	169.50	61.97	65.67	0.0	0
2010/7/7	12.5	55.0	0.0	0.8	4.3	829	332	24.14	48.17	14.6	14.5	14.1	14.0	13.6	13.3	188.80	61.17	64.78	0.0	0
2010/7/8	11.8	54.3	0.0	0.8	2.3	1808	122	13.71	28.81	13.4	13.8	13.7	13.9	13.6	13.3	-127.10	60.47	64.05	0.0	0
2010/7/9	11.0	63.9	0.0	0.6	2.1	1134	333	14.08	29.24	13.2	13.4	13.3	13.5	13.4	13.2	-91.60	59.81	63.39	0.0	0
2010/7/10	11.4	71.6	0.0	0.5	2.5	1712	101	10.36	22.57	13.2	13.4	13.3	13.5	13.3	13.0	-4.34	59.26	62.90	0.0	0
2010/7/11	12.4	71.7	0.0	0.7	2.9	1144	124	21.58	43.26	14.9	14.3	13.6	13.6	13.2	12.9	389.30	58.72	62.34	0.0	0
2010/7/12	11.7	77.7	31.0	0.7	3.3	830	106	15.15	31.45	14.2	14.2	13.9	13.9	13.5	13.2	130.20	62.90	67.57	0.0	0
2010/7/13	10.6	85.0	13.0	0.7	3.3	1657	323	11.66	24.71	13.2	13.6	13.5	13.7	13.5	13.3	-96.60	69.56	76.10	0.0	0
2010/7/14	10.0	79.2	31.5	1.0	3.1	1329	264	14.35	29.85	12.8	13.2	13.4	13.5	13.6	13.4	-198.50	71.70	79.20	0.0	0
2010/7/15	10.5	78.3	1.0	0.7	2.3	819	107	17.57	35.86	13.5	13.4	13.2	13.3	13.2	13.1	77.30	68.04	74.00	0.0	0
2010/7/16	10.6	78.4	5.0	0.9	3.6	926	120	21.53	43.57	14.1	13.8	13.4	13.4	13.2	12.9	181.80	66.92	72.00	0.0	0
2010/7/17	11.4	73.1	0.0	0.9	3.1	852	114	24.67	49.85	14.6	14.3	13.7	13.6	13.3	13.0	280.00	67.23	72.30	0.0	0
2010/7/18	11.9	62.8	0.0	0.9	2.7	1129	2	22.40	45.19	14.3	14.4	14.0	13.9	13.5	13.2	140.30	65.26	69.73	0.0	0
2010/7/19	11.4	66.1	3.0	0.8	2.5	1035	342	18.60	37.51	13.8	14.0	13.7	13.7	13.5	13.3	43.88	64.15	68.49	0.0	0
2010/7/20	10.1	78.3	15.5	0.8	2.1	127	228	11.00	23.50	12.7	13.3	13.4	13.5	13.5	13.2	-251.00	67.49	73.00	0.0	0
2010/7/21	10.8	73.6	0.0	1.0	2.9	1049	92	21.41	43.20	14.2	13.9	13.4	13.4	13.2	13.0	203.20	68.19	73.60	0.0	0
2010/7/22	10.2	76.7	2.0	0.9	2.8	829	109	13.65	28.42	13.0	13.4	13.3	13.4	13.3	13.1	-106.80	66.48	70.80	0.0	0
2010/7/23	11.2	74.2	25.0	0.9	2.8	1125	345	19.03	39.23	13.8	13.6	13.3	13.4	13.4	13.2	90.10	68.66	73.50	0.0	0
2010/7/24	10.3	82.6	6.5	0.6	2.7	533	157	10.19	21.98	12.9	13.3	13.2	13.5	13.4	13.2	-169.20	71.10	77.20	0.0	0
2010/7/25	9.7	87.5	12.0	0.4	2.7	2323	166	8.50	19.34	12.6	12.9	13.0	13.2	13.1	13.0	-177.40	73.20	79.80	0.0	0
2010/7/26	10.5	87.4	42.5	0.3	3.3	133	346	9.98	22.01	12.8	13.0	12.9	13.1	13.1	13.0	-29.30	74.00	80.60	0.0	0
2010/7/27	9.3	90.0	29.5	0.9	4.9	1459	117	5.22	13.44	11.9	12.5	12.5	12.8	12.9	12.8	-257.20	77.50	85.50	0.0	0
2010/7/28	9.4	92.9	41.0	0.4	3.1	2345	139	8.34	19.44	12.2	12.4	12.2	12.4	12.5	12.4	-32.65	76.70	84.40	0.0	0
2010/7/29	9.9	90.9	0.0	0.3	2.8	651	125	7.63	16.82	12.4	12.6	12.5	12.6	12.6	12.5	-41.23	69.54	75.20	0.0	0
2010/7/30	10.4	88.1	2.5	0.4	1.9	1200	4	10.01	21.44	13.0	13.1	12.8	12.8	12.7	12.6	108.50	68.57	73.40	0.0	0
2010/7/31	10.9	82.9	14.0	0.6	1.9	301	219	8.68	19.22	12.6	12.9	12.8	13.0	12.8	12.7	-52.78	71.50	77.00	0.0	0
2010/8/1	12.2	77.8	0.5	0.7	2.0	1021	34	18.03	36.75	14.2	13.8	13.3	13.1	12.9	12.7	352.50	70.00	75.70	0.0	0
2010/8/2	12.8	66.5	7.5	1.0	3.7	2237	291	23.84	47.92	14.7	14.3	13.7	13.5	13.1	12.8	304.60	69.42	74.40	0.0	0
2010/8/3	12.8	68.2	0.0	1.1	5.2	2028	312	26.81	53.66	14.8	14.5	14.0	13.8	13.4	13.1	288.20	69.34	74.30	0.0	0
2010/8/4	11.1	83.6	0.0	0.8	4.3	141	240	10.28	22.57	13.6	13.9	13.8	13.9	13.6	13.3	-56.69	67.29	71.60	0.0	0
2010/8/5	10.9	79.8	0.0	0.7	3.1	1346	144	14.41	30.40	13.8	13.9	13.7	13.8	13.5	13.3	13.05	66.14	70.10	0.0	0
2010/8/6	11.4	78.3	0.0	0.5	3.8	9	174	12.94	27.61	13.4	13.7	13.6	13.7	13.5	13.3	-40.55	65.24	68.97	0.0	0
2010/8/7	12.5	80.5	6.5	0.7	3.6	2046	287	22.87	46.26	15.6	14.8	14.1	13.9	13.5	13.3	520.00	68.02	70.30	0.0	0
2010/8/8	12.6	69.8	0.0	0.6	2.9	1301	347	24.20	48.63	15.6	15.3	14.7	14.5	13.9	13.5	327.20	66.69	69.67	0.0	0
2010/8/9	12.2	63.4	0.0	0.8	4.1	509	295	20.37	40.86	14.5	14.8	14.5	14.5	14.1	13.8	56.56	65.14	68.40	0.0	0
2010/8/10	11.7	61.7	0.0	0.7	2.2	1127	73	14.99	30.65	13.6	14.1	14.0	14.1	14.0	13.7	-104.70	64.03	67.39	0.0	0
2010/8/11	11.1	80.1	6.0	0.6	2.5	1703	123	8.76	19.15	13.1	13.6	13.6	13.8	13.7	13.6	-156.30	63.87	66.97	0.0	0
2010/8/12	11.9	77.3	0.5	0.7	2.1	2330	204	13.68	28.88	13.7	13.9	13.6	13.7	13.5	13.4	50.22	65.41	67.41	0.0	0
2010/8/13	12.8	59.7	0.0	0.8	2.6	1228	123	22.82	45.31	14.8	14.5	14.0	13.9	13.6	13.3	279.90	64.33	66.70	0.0	0
2010/8/14	12.2	65.0	10.0	0.8	3.6	1856	339	21.52	43.37	14.6	14.4	14.1	14.0	13.7	13.4	155.00	64.83	67.14	0.0	0
2010/8/15	10.9	76.3	0.5	0.6	2.3	1218	135	15.29	31.79	14.1	14.2	14.0	14.0	13.8	13.5	17.84	69.02	72.40	0.0	0
2010/8/16	10.5	81.8	9.5	0.6	2.8	807	109	16.71	34.07	14.0	14.1	13.9	13.9	13.7	13.5	57.28	68.69	72.70	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2010/8/17	10.9	81.3	16.0	0.6	2.1	1233	146	15.04	31.11	14.0	14.1	14.0	14.0	13.8	13.6	20.24	72.90	79.50	0.0	0
2010/8/18	9.1	83.1	47.0	0.6	2.6	1407	139	7.83	17.90	11.6	12.5	12.9	13.2	13.3	13.1	-504.10	74.40	81.30	0.0	0
2010/8/19	10.2	65.9	0.0	0.8	3.3	1133	106	18.68	38.51	12.5	12.6	12.4	12.6	12.8	12.8	-31.35	70.10	75.80	0.0	0
2010/8/20	11.3	61.5	0.0	0.8	2.2	100	230	20.81	42.41	13.6	13.4	13.0	13.0	12.9	12.8	161.50	67.75	72.30	0.0	0
2010/8/21	12.2	68.5	0.0	0.8	2.8	923	151	24.82	49.72	14.6	14.2	13.6	13.5	13.2	13.0	386.60	66.24	70.30	0.0	0
2010/8/22	11.6	69.2	0.0	0.9	3.8	944	129	19.09	38.61	14.4	14.3	13.9	13.9	13.5	13.2	171.60	64.97	68.80	0.0	0
2010/8/23	11.7	73.6	0.0	0.8	4.0	941	157	21.54	43.60	14.6	14.3	13.9	13.9	13.6	13.3	218.00	63.98	67.66	0.0	0
2010/8/24	11.4	73.5	0.0	0.6	2.2	50	159	17.85	35.99	14.2	14.3	14.0	14.0	13.7	13.4	74.00	63.04	66.53	0.0	0
2010/8/25	10.6	78.6	1.0	0.6	3.6	902	130	15.40	31.32	13.8	14.0	13.8	13.9	13.7	13.4	-17.45	62.29	65.83	0.0	0
2010/8/26	10.2	76.8	0.0	0.6	2.0	956	128	12.77	26.52	13.1	13.5	13.5	13.7	13.6	13.4	-144.10	61.71	65.27	0.0	0
2010/8/27	10.9	69.1	0.0	0.7	1.9	1057	133	18.41	36.91	13.6	13.6	13.4	13.5	13.4	13.2	19.70	61.11	64.52	0.0	0
2010/8/28	10.7	71.4	12.0	0.6	2.1	1139	117	16.21	33.32	13.5	13.5	13.4	13.5	13.4	13.2	-31.30	65.08	68.84	0.0	0
2010/8/29	9.8	86.9	3.0	0.4	2.2	2046	291	8.45	18.53	12.5	13.1	13.1	13.4	13.3	13.1	-211.40	70.20	75.70	0.0	0
2010/8/30	10.1	73.6	6.0	1.1	5.2	1751	322	12.18	26.88	12.4	12.6	12.7	13.0	13.0	12.9	-214.30	70.30	75.60	0.0	0
2010/8/31	9.9	92.1	4.0	0.4	2.7	217	92	5.90	14.14	12.6	12.9	12.8	13.0	12.9	12.8	-96.50	73.40	80.40	0.0	0
2010/9/1	10.1	86.4	14.0	0.8	5.0	1852	322	3.54	9.56	11.6	12.2	12.5	12.8	12.8	12.8	-336.30	73.20	80.00	0.0	0
2010/9/2	10.6	86.4	0.0	0.8	4.5	651	280	8.94	20.20	12.8	12.8	12.5	12.7	12.7	12.6	85.10	70.20	76.30	0.0	0
2010/9/3	11.0	69.3	0.0	0.7	4.8	503	303	24.43	48.70	13.9	13.5	13.1	13.0	12.8	12.6	239.50	67.88	72.70	0.0	0
2010/9/4	10.9	73.9	0.0	0.3	3.3	950	117	17.49	35.90	14.2	13.9	13.5	13.4	13.1	12.8	227.80	66.37	70.80	0.0	0
2010/9/5	11.7	76.2	0.0	0.4	2.2	1126	349	16.07	33.02	14.3	14.1	13.7	13.6	13.3	13.0	218.50	65.31	69.44	0.0	0
2010/9/6	11.0	76.2	0.0	0.5	2.9	2326	309	9.46	20.66	12.9	13.4	13.4	13.5	13.3	13.1	-138.10	64.51	68.48	0.0	0
2010/9/7	11.3	66.4	0.5	0.5	3.0	2128	158	19.81	40.10	13.6	13.5	13.2	13.3	13.2	13.0	81.20	63.89	67.73	0.0	0
2010/9/8	11.4	76.8	0.5	1.1	5.1	2208	296	20.15	40.83	14.1	14.0	13.6	13.5	13.2	13.0	181.10	63.12	66.88	0.0	0
2010/9/9	9.4	89.6	7.0	1.4	7.1	1803	298	6.37	14.99	12.7	13.2	13.3	13.5	13.3	13.1	-243.10	62.81	66.85	0.0	0
2010/9/10	10.6	87.9	0.5	1.3	6.5	51	321	11.59	24.71	13.4	13.4	13.2	13.2	13.2	13.0	103.60	69.00	70.60	0.0	0
2010/9/11	10.9	78.7	3.0	0.6	3.2	1014	155	16.94	34.81	14.0	13.9	13.5	13.5	13.2	13.0	121.60	67.48	70.40	0.0	0
2010/9/12	10.6	70.2	0.0	0.7	2.1	1233	350	22.91	45.58	13.9	13.8	13.5	13.5	13.3	13.1	53.44	66.68	69.36	0.0	0
2010/9/13	10.5	73.0	0.0	0.7	2.1	1018	118	17.24	35.36	13.7	13.7	13.5	13.5	13.4	13.1	-31.95	65.30	68.00	0.0	0
2010/9/14	10.5	75.5	0.5	0.6	2.9	1015	251	15.72	32.36	13.5	13.5	13.3	13.4	13.3	13.1	-17.68	64.13	67.01	0.0	0
2010/9/15	10.7	74.3	0.0	0.6	2.8	2242	313	13.57	28.08	12.9	13.2	13.2	13.3	13.2	13.0	-113.70	63.22	66.19	0.0	0
2010/9/16	10.8	65.8	0.0	0.6	4.1	2248	268	15.64	32.35	12.5	12.9	12.9	13.0	13.0	12.9	-181.00	62.51	65.50	0.0	0
2010/9/17	10.3	54.1	0.0	0.9	5.0	1004	323	17.50	35.34	11.9	12.5	12.6	12.8	12.9	12.8	-266.40	61.78	64.77	0.0	0
2010/9/18	10.7	64.8	7.0	2.2	11.7	2240	312	18.60	37.73	12.3	12.4	12.3	12.4	12.6	12.5	-130.30	62.28	65.17	0.0	0
2010/9/19	9.1	93.6	189.5	4.0	12.9	653	326	1.71	5.72	10.3	10.8	10.9	11.4	11.3	11.2	-215.00	87.50	92.50	0.0	0
2010/9/20	8.7	89.3	1.5	1.5	7.5	143	97	8.48	18.84	11.1	11.2	11.0	11.2	11.3	11.3	-11.10	73.10	80.80	0.0	0
2010/9/21	10.2	73.3	0.5	0.7	4.8	101	87	16.38	33.48	12.1	12.0	11.6	11.6	11.6	11.5	126.50	69.26	74.70	0.0	0
2010/9/22	10.4	64.7	0.0	0.8	2.6	1358	96	19.71	39.46	12.4	12.4	12.1	12.1	11.9	11.7	55.19	67.64	72.40	0.0	0
2010/9/23	9.8	72.6	0.0	0.5	2.0	2304	97	14.45	29.46	12.1	12.2	12.0	12.1	12.0	11.9	-0.88	66.30	70.70	0.0	0
2010/9/24	9.4	80.9	0.5	0.4	3.8	236	97	10.46	22.39	11.9	12.2	12.0	12.2	12.0	11.9	-36.48	65.36	69.65	0.0	0
2010/9/25	9.8	83.4	0.0	0.5	1.6	130	101	10.50	22.27	11.8	12.0	11.8	12.1	12.0	11.9	2.26	64.70	68.88	0.0	0
2010/9/26	9.6	83.9	2.5	0.5	2.1	2351	100	9.26	19.88	11.6	11.9	11.7	12.1	11.9	11.8	-65.96	64.72	68.66	0.0	0
2010/9/27	10.4	81.5	0.0	0.6	2.0	9	100	12.54	25.96	12.2	12.2	11.8	12.0	11.9	11.8	96.80	65.47	68.45	0.0	0
2010/9/28	10.2	80.3	1.5	0.6	2.1	1110	98	9.89	21.19	11.8	12.1	11.9	12.1	12.0	11.8	-20.65	64.86	68.10	0.0	0
2010/9/29	10.0	80.5	6.0	0.6	2.2	1531	97	14.59	29.97	12.3	12.4	12.0	12.1	12.0	11.8	60.79	66.43	69.19	0.0	0
2010/9/30	10.0	69.4	0.0	0.9	3.1	1413	97	17.85	36.00	12.1	12.4	12.1	12.2	12.0	11.9	-20.14	69.21	72.60	0.0	0
2010/10/1	9.8	65.2	0.0	0.9	3.3	1243	96	18.01	36.57	11.9	12.2	12.0	12.1	12.0	11.9	-43.29	67.08	70.70	0.0	0
2010/10/2	10.3	74.6	13.5	0.6	2.2	1357	96	14.46	29.42	11.9	12.1	11.9	12.0	12.0	11.8	-33.24	69.05	73.60	0.0	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2010/10/3	8.9	85.3	0.5	0.5	2.1	1521	97	8.53	18.75	11.2	11.6	11.6	11.9	11.9	11.8	-181.70	71.30	77.80	0.0	0
2010/10/4	8.3	82.9	0.0	0.5	2.0	1601	93	8.38	18.31	10.7	11.3	11.3	11.6	11.7	11.6	-241.70	68.74	74.10	0.0	0
2010/10/5	8.4	75.9	0.0	0.4	2.4	620	95	10.48	22.46	10.3	10.9	11.0	11.3	11.5	11.5	-263.00	67.66	72.60	0.0	0
2010/10/6	8.3	78.7	0.0	0.4	3.1	425	93	7.36	16.62	10.4	10.9	10.9	11.2	11.3	11.3	-169.20	66.80	71.40	0.0	0
2010/10/7	8.3	84.5	8.5	0.2	1.9	1035	96	7.84	17.45	10.78	11.09	10.99	11.21	11.28	11.22	-80.80	69.00	74.20	0.0	0
2010/10/8	8.0	93.6	7.0	0.1	2.3	1231	1	4.99	12.09	10.75	11.09	11.00	11.21	11.29	11.21	-107.60	75.00	82.60	0.0	0
2010/10/9	9.0	87.0	3.5	0.4	3.5	541	305	9.39	20.61	11.18	11.33	11.08	11.24	11.29	11.21	4.74	73.70	81.20	0.0	0
2010/10/10	9.4	89.5	2.5	0.2	1.9	840	155	6.42	14.77	11.42	11.56	11.30	11.39	11.40	11.28	48.82	71.60	78.60	0.0	0
2010/10/11	10.0	83.1	10.0	0.5	1.9	1928	208	8.00	17.74	11.49	11.74	11.48	11.58	11.53	11.38	19.42	72.90	79.50	0.0	0
2010/10/12	10.4	81.9	3.5	0.6	2.2	311	217	12.04	25.25	11.69	11.82	11.53	11.57	11.56	11.43	70.70	72.70	79.80	0.0	0
2010/10/13	10.1	84.8	1.5	0.6	2.3	1343	138	9.46	20.46	11.53	11.84	11.59	11.67	11.59	11.46	4.32	72.00	78.90	0.0	0
2010/10/14	9.5	84.4	4.0	0.6	2.0	547	222	7.80	17.27	10.97	11.48	11.37	11.58	11.59	11.46	-146.90	72.10	79.00	0.0	0
2010/10/15	8.5	86.7	0.0	0.5	2.0	1058	342	6.85	15.32	10.46	11.02	11.01	11.28	11.43	11.37	-223.90	71.10	77.80	0.0	0
2010/10/16	8.4	87.4	10.5	0.3	1.6	2305	154	6.37	14.43	10.17	10.70	10.76	11.04	11.23	11.21	-234.20	71.90	78.50	0.0	0
2010/10/17	8.1	84.4	3.0	0.3	2.3	653	327	12.78	26.87	10.88	11.21	11.01	11.06	11.13	11.08	-35.87	73.40	80.90	0.0	0
2010/10/18	7.8	92.2	3.5	0.4	3.2	1904	155	3.87	9.55	9.98	10.51	10.64	10.89	11.11	11.10	-274.50	71.50	78.50	0.0	0
2010/10/19	9.3	90.9	12.0	0.4	4.1	538	307	7.86	17.80	11.11	11.15	10.86	10.93	10.98	10.96	87.00	76.30	84.20	0.0	0
2010/10/20	9.3	90.4	20.0	0.3	1.3	35	215	6.22	14.30	10.92	11.17	10.98	11.14	11.15	11.03	-24.13	75.10	82.90	0.0	0
2010/10/21	7.9	95.9	65.0	1.0	4.4	1531	303	1.61	5.54	10.08	10.64	10.61	10.94	10.98	10.87	-217.10	82.50	90.40	0.0	0
2010/10/22	7.6	96.2	25.5	1.1	4.9	421	152	2.57	7.16	9.72	10.13	10.10	10.44	10.59	10.57	-179.40	80.10	89.50	0.0	0
2010/10/23	8.9	75.0	0.5	0.9	5.2	43	174	17.20	34.49	11.05	11.03	10.61	10.62	10.67	10.61	172.00	73.30	82.20	0.0	0
2010/10/24	9.0	50.5	0.0	0.6	3.2	2236	301	16.96	34.23	10.15	10.89	10.80	10.90	10.96	10.83	-247.80	69.89	77.40	0.0	0
2010/10/25	8.5	59.5	0.0	0.5	2.8	2	293	16.31	32.05	9.51	10.16	10.27	10.52	10.83	10.82	-345.90	68.52	75.40	0.0	0
2010/10/26	7.2	76.4	0.5	0.4	1.9	248	200	14.80	30.85	9.73	10.53	10.52	10.65	10.77	10.71	-288.10	67.76	74.30	0.0	0
2010/10/27	9.6	48.0	0.0	0.9	4.8	1747	290	19.96	39.24	9.05	9.91	10.02	10.28	10.59	10.62	-361.60	66.81	72.70	0.0	0
2010/10/28	8.6	47.1	0.0	1.1	5.4	1732	322	19.86	38.97	8.92	9.81	9.87	10.05	10.43	10.45	-317.20	65.98	71.60	0.0	0
2010/10/29	8.4	50.3	0.0	0.6	1.7	344	208	19.70	38.48	8.56	9.55	9.73	9.86	10.28	10.32	-384.80	65.27	70.60	0.0	0
2010/10/30	8.4	58.8	0.0	0.6	2.1	2346	293	19.52	37.84	8.64	9.53	9.66	9.66	10.14	10.16	-301.00	64.70	69.79	0.0	0
2010/10/31	5.8	39.4	0.0	0.7	2.2	29	328	19.93	36.75	7.17	8.72	9.22	9.45	9.96	10.04	-706.00	64.23	68.99	0.0	0
2010/11/1	7.9	15.1	0.0	0.8	1.8	0	239	19.92	36.49	6.37	7.78	8.37	8.79	9.52	9.71	-712.00	63.69	68.33	0.0	0
2010/11/2	7.8	32.7	0.0	0.9	2.4	1109	177	19.75	36.29	6.98	8.05	8.35	8.58	9.16	9.34	-403.60	63.25	67.69	0.0	0
2010/11/3	6.5	49.8	0.0	1.0	3.8	1731	147	19.56	36.41	6.52	7.65	8.04	8.35	8.95	9.15	-515.10	62.75	67.09	0.0	0
2010/11/4	6.4	86.3	8.0	0.3	2.7	1319	175	8.08	17.34	7.73	8.04	8.14	8.31	8.82	8.97	-159.60	62.63	67.22	0.0	0
2010/11/5	6.0	94.4	24.5	0.2	3.5	2235	123	3.49	8.91	8.24	8.55	8.54	8.59	8.89	8.90	-90.10	75.20	79.50	0.0	0
2010/11/6	7.1	93.0	6.0	0.6	3.6	1955	305	4.96	11.74	9.00	8.97	8.78	8.87	8.92	8.89	99.60	77.60	85.70	0.0	0
2010/11/7	7.2	92.7	0.5	0.1	2.3	1011	129	5.90	13.54	9.21	9.34	9.16	9.25	9.19	9.12	55.71	72.00	79.40	0.0	0
2010/11/8	6.7	73.0	0.5	0.8	5.2	1327	23	10.58	21.46	8.49	9.08	9.13	9.32	9.34	9.30	-219.60	70.10	76.60	0.0	0
2010/11/9	4.9	31.8	0.0	0.7	4.5	547	343	14.86	28.47	6.03	7.68	8.30	8.76	9.19	9.24	-857.00	69.13	75.20	0.0	0
2010/11/10	5.0	22.4	0.0	0.5	1.9	47	310	16.94	31.91	5.40	6.88	7.48	8.00	8.67	8.89	-785.00	68.27	74.10	0.0	0
2010/11/11	4.5	28.4	0.0	0.7	1.9	449	217	16.59	31.02	5.23	6.63	7.14	7.60	8.24	8.48	-654.70	67.53	73.10	0.0	0
2010/11/12	6.4	41.7	2.5	0.5	3.1	1851	144	13.00	25.28	6.10	6.76	7.00	7.39	7.95	8.20	-332.40	67.00	72.40	0.0	0
2010/11/13	5.4	91.2	39.5	0.4	4.1	2152	334	3.34	8.78	7.08	7.47	7.48	7.73	7.88	7.91	-100.80	78.20	84.90	0.0	0
2010/11/14	6.1	90.1	13.5	0.5	4.6	4	300	4.79	11.43	7.53	7.66	7.55	7.66	7.78	7.74	24.72	79.70	87.80	0.0	0
2010/11/15	4.7	95.2	11.5	0.1	2.2	2219	125	2.94	7.88	7.21	7.71	7.74	7.80	8.05	8.01	-162.60	77.50	85.40	0.0	0
2010/11/16	5.1	90.8	5.5	0.5	3.1	1809	133	6.28	14.20	7.67	7.94	7.83	7.78	8.08	8.07	-40.09	77.60	85.50	0.0	0
2010/11/17	4.3	79.5	0.0	0.9	3.4	500	147	10.60	21.63	6.64	7.45	7.65	7.75	8.16	8.18	-389.80	72.40	79.70	0.0	0
2010/11/18	4.7	75.9	6.5	0.6	3.1	1007	100	8.14	17.12	6.27	7.08	7.35	7.42	8.05	8.13	-413.50	73.90	80.90	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2010/11/19	4.8	74.2	6.0	0.6	3.5	1744	131	11.27	23.08	6.48	7.12	7.23	7.31	7.81	7.92	-286.70	77.40	84.80	0.0	0
2010/11/20	5.1	60.6	0.0	0.7	4.0	734	294	11.80	23.99	5.74	6.68	6.99	7.14	7.74	7.87	-458.00	72.20	79.20	0.0	0
2010/11/21	6.6	49.9	0.0	0.7	3.3	2341	4	17.03	32.47	5.59	6.66	6.91	6.98	7.61	7.75	-418.30	70.50	77.10	0.0	0
2010/11/22	5.5	62.9	0.0	0.9	4.6	516	316	16.96	32.34	6.09	6.80	6.91	6.85	7.53	7.65	-241.60	69.43	75.80	0.0	0
2010/11/23	3.6	66.3	0.0	1.1	4.4	1140	70	10.50	21.21	5.70	6.69	6.95	6.89	7.56	7.66	-411.70	68.63	74.70	0.0	0
2010/11/24	7.5	14.9	0.0	0.6	3.0	1707	303	15.91	29.95	4.83	6.03	6.43	6.09	7.34	7.51	-531.20	68.00	73.90	0.0	0
2010/11/25	0.7	89.2	0.0	0.1	3.0	659	348	5.74	12.81	4.75	5.78	6.20	6.06	7.13	7.33	-534.20	67.35	73.10	0.0	0
2010/11/26	2.9	37.2	0.0	0.5	2.3	2042	157	16.82	31.74	3.66	5.23	5.79	6.18	6.86	7.10	-730.00	66.91	72.40	0.0	0
2010/11/27	4.2	45.2	0.0	0.5	3.5	445	224	14.90	28.85	3.66	4.96	5.45	5.86	6.59	6.84	-600.50	66.48	71.80	0.0	0
2010/11/28	3.7	71.8	0.0	0.7	4.2	2015	112	12.52	24.94	4.77	5.37	5.55	5.85	6.40	6.63	-271.10	66.10	71.40	0.0	0
2010/11/29	4.7	73.1	0.0	0.8	4.2	2006	137	10.46	21.17	5.94	6.30	6.19	6.29	6.54	6.65	-24.77	65.74	71.00	0.0	0
2010/11/30	5.3	57.7	0.0	0.8	4.6	855	162	16.03	30.87	4.97	5.96	6.13	6.22	6.68	6.78	-334.40	65.49	70.50	0.0	0
2010/12/1	5.6	43.6	0.0	1.1	4.4	1328	295	15.31	29.37	4.24	5.46	5.81	6.04	6.63	6.76	-499.00	65.15	69.97	0.0	0
2010/12/2	4.6	69.5	0.0	1.3	4.7	2353	155	6.19	13.85	4.69	5.40	5.60	5.87	6.49	6.64	-327.60	64.84	69.56	0.0	0
2010/12/3	4.4	67.5	0.0	1.1	5.0	1218	317	14.62	28.34	4.49	5.43	5.62	5.77	6.40	6.54	-346.80	64.59	69.12	0.0	0
2010/12/4	4.9	60.8	0.0	1.3	5.9	401	266	10.87	22.15	4.42	5.41	5.64	5.73	6.40	6.54	-374.00	64.35	68.78	0.0	0
2010/12/5	4.7	58.0	0.0	0.7	4.6	52	61	9.87	20.21	3.87	4.96	5.30	5.56	6.25	6.45	-470.30	64.09	68.43	0.0	0
2010/12/6	2.6	79.4	0.0	0.7	6.5	803	346	5.70	12.65	3.98	4.87	5.14	5.34	6.08	6.30	-405.00	63.86	68.21	0.0	0
2010/12/7	-0.9	69.0	0.0	0.7	4.1	2118	98	9.77	20.07	2.72	4.24	4.85	5.31	5.94	6.16	-749.00	63.69	67.99	0.0	1
2010/12/8	-1.0	12.7	0.0	1.5	6.4	622	90	15.61	29.59	1.01	3.03	3.99	4.69	5.55	5.90	-1,020.00	63.48	67.72	0.0	1
2010/12/9	0.7	10.1	0.0	0.9	3.8	622	325	15.81	29.49	0.01	2.18	3.22	4.00	5.03	5.47	-1,068.00	63.23	67.50	0.0	0
2010/12/10	3.0	25.0	0.0	0.7	4.7	2357	132	10.79	21.66	1.59	2.61	3.09	3.66	4.56	5.03	-484.50	63.15	67.45	0.0	0
2010/12/11	2.3	88.9	5.5	0.8	5.3	345	187	3.59	8.95	3.46	3.83	3.88	4.20	4.58	4.87	-113.10	65.48	69.07	0.0	0
2010/12/12	8.1	61.4	0.0	1.2	4.2	1008	155	14.08	27.93	4.55	4.59	4.38	4.58	4.78	4.97	140.60	67.57	69.48	0.0	0
2010/12/13	10.1	44.2	0.0	1.3	4.7	354	308	14.97	29.28	5.66	5.67	5.30	5.31	5.26	5.28	280.20	67.06	69.53	0.0	0
2010/12/14	8.2	40.7	0.0	1.2	5.8	1255	285	11.24	23.05	5.79	5.93	5.70	5.76	5.72	5.67	143.50	66.44	69.27	0.0	0
2010/12/15	5.0	78.3	12.5	1.2	5.4	437	113	4.00	9.97	5.74	5.92	5.82	5.95	5.97	5.92	-7.71	70.40	74.00	0.0	0
2010/12/16	2.6	83.7	60.0	2.1	9.1	1848	329	2.79	7.59	3.50	4.59	5.09	5.53	5.79	5.75	-530.50	83.80	89.60	0.0	0
2010/12/17	0.4	18.9	2.5	1.9	6.5	243	260	15.67	29.59	1.13	2.75	3.57	4.21	5.03	5.31	-1,007.00	78.70	84.80	0.0	0
2010/12/18	4.5	14.5	0.0	0.7	4.7	2313	146	15.62	29.13	0.58	2.11	2.91	3.59	4.54	4.93	-960.00	76.20	82.40	0.0	0
2010/12/19	6.7	18.0	1.5	1.5	6.1	1914	327	15.60	29.29	1.19	2.37	2.84	3.35	4.13	4.52	-525.60	74.10	80.10	0.0	0
2010/12/20	8.8	6.6	0.0	1.5	5.9	2248	137	15.85	29.52	2.15	2.98	3.18	3.53	4.06	4.36	-219.20	72.20	78.00	0.0	0
2010/12/21	8.3	11.4	0.0	1.7	6.6	1556	142	14.39	28.23	2.77	3.42	3.53	3.83	4.18	4.37	-116.60	70.90	76.60	0.0	0
2010/12/22	2.3	41.0	0.0	0.7	4.7	906	331	10.60	21.46	2.34	3.36	3.63	3.97	4.31	4.49	-401.10	69.89	75.40	0.0	0
2010/12/23	1.2	48.8	0.0	0.4	2.5	2352	181	13.29	25.39	1.26	2.56	3.09	3.58	4.19	4.45	-688.70	69.15	74.60	0.0	0
2010/12/24	0.7	65.4	0.0	0.9	5.4	453	185	15.02	28.84	1.98	2.78	3.03	3.40	3.95	4.22	-339.30	68.65	73.90	0.0	0
2010/12/25	-0.5	84.6	0.5	1.7	5.8	2306	160	4.63	10.97	1.96	2.78	3.13	3.56	3.97	4.18	-417.70	68.36	74.00	0.0	1
2010/12/26	-1.5	44.6	0.0	2.0	8.0	912	291	15.18	29.34	0.94	2.12	2.69	3.26	3.84	4.09	-701.00	73.80	79.10	4.9	1
2010/12/27	-1.4	12.7	0.5	1.2	6.2	1312	321	15.56	29.47	-0.15	1.30	2.05	2.73	3.52	3.87	-893.00	73.90	79.70	0.0	1
2010/12/28	-1.0	27.3	1.0	0.7	4.3	339	2	15.52	29.33	-0.60	0.93	1.62	2.29	3.12	3.51	-799.00	72.00	77.90	0.0	1
2010/12/29	-1.7	64.0	0.0	0.6	4.6	218	133	15.50	29.50	-0.75	0.74	1.36	1.99	2.80	3.22	-722.00	70.80	76.60	0.0	1
2010/12/30	-2.0	47.4	0.0	1.2	6.2	2014	174	15.42	29.51	-0.61	0.85	1.35	1.89	2.62	3.01	-613.90	70.20	75.80	0.5	1
2010/12/31	-3.1	37.9	0.0	1.3	6.3	559	22	15.59	29.73	-0.88	0.65	1.24	1.79	2.51	2.89	-646.10	69.57	75.10	1.7	1
2011/1/1	-2.4	32.5	0.0	1.3	6.9	1246	300	15.31	29.51	-1.1	0.3	1.0	1.6	2.3	2.7	-664.00	68.98	74.40	1.1	1
2011/1/2	-1.6	73.1	0.0	1.1	6.3	2027	134	15.23	29.70	-0.8	0.4	0.9	1.4	2.2	2.6	-579.30	68.34	73.80	0.0	1
2011/1/3	-2.0	92.0	0.0	1.3	6.4	329	119	1.77	5.58	-0.6	0.5	1.0	1.5	2.1	2.4	-500.90	68.14	74.30	0.0	1
2011/1/4	-1.5	83.2	0.0	1.4	7.7	1246	125	4.65	11.00	-0.5	0.6	1.0	1.5	2.0	2.4	-449.60	67.93	73.90	5.4	1

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2011/1/5	0.2	85.9	7.5	0.7	4.5	2218	325	8.33	17.58	-0.3	0.6	0.9	1.5	2.0	2.3	-389.60	73.40	78.50	0.0	0
2011/1/6	0.8	90.8	15.5	0.6	4.8	2341	303	5.12	11.88	-0.2	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1	-309.90	79.60	85.60	0.0	0
2011/1/7	0.0	85.5	7.5	1.0	5.3	451	276	12.71	25.30	0.1	0.9	1.0	1.4	1.7	1.9	-233.30	80.00	86.30	0.0	0
2011/1/8	-0.4	84.9	0.0	0.6	4.3	4	300	9.62	19.76	0.3	1.1	1.2	1.6	1.9	2.1	-219.50	76.70	82.90	0.0	1
2011/1/9	1.6	84.0	1.5	0.9	4.7	1859	267	8.50	18.39	0.8	1.3	1.4	1.8	2.1	2.3	-154.60	75.00	81.20	0.0	0
2011/1/10	2.0	81.6	1.0	1.3	6.4	2221	298	8.93	19.10	2.8	2.5	2.2	2.3	2.3	2.4	254.20	75.30	81.20	0.0	0
2011/1/11	0.5	91.9	9.0	0.8	6.5	522	57	2.88	7.90	2.0	2.4	2.4	2.7	2.7	2.7	-113.20	77.30	83.40	0.0	0
2011/1/12	-0.4	88.9	9.0	1.0	4.7	1843	338	2.61	7.01	0.7	1.5	1.9	2.3	2.6	2.7	-396.10	81.60	88.30	0.0	1
2011/1/13	-0.2	81.6	7.0	0.9	5.0	1105	288	5.59	11.94	0.7	1.4	1.7	2.1	2.5	2.6	-311.80	78.90	85.30	0.0	1
2011/1/14	0.2	86.0	10.5	0.9	5.4	2322	292	7.21	15.79	0.8	1.4	1.7	2.1	2.4	2.6	-278.10	78.60	84.70	0.0	0
2011/1/15	-0.8	76.3	5.5	1.4	4.6	59	311	12.08	24.75	0.8	1.4	1.6	2.1	2.4	2.5	-298.20	79.10	85.20	0.0	1
2011/1/16	-2.1	64.1	0.0	1.4	6.8	1157	156	16.49	32.20	0.3	1.1	1.4	1.9	2.3	2.5	-455.90	77.70	83.80	0.0	1
2011/1/17	-0.1	49.8	0.0	0.6	3.9	131	27	16.94	32.37	0.1	0.9	1.2	1.7	2.1	2.4	-445.90	77.60	83.60	0.0	1
2011/1/18	0.6	56.9	0.0	0.8	4.1	1441	326	11.60	23.40	0.1	0.8	1.1	1.5	2.0	2.2	-364.00	76.40	82.50	0.0	0
2011/1/19	0.2	78.9	0.0	0.5	4.1	943	271	8.25	17.85	0.8	1.3	1.3	1.7	2.0	2.2	-114.00	76.50	82.60	0.0	0
2011/1/20	2.6	89.2	17.0	0.5	3.5	509	124	6.31	14.19	1.6	1.8	1.7	1.9	2.0	2.2	87.10	78.70	85.10	0.0	0
2011/1/21	2.6	90.3	23.0	0.8	5.2	1043	350	7.61	16.94	3.3	3.0	2.5	2.5	2.3	2.2	334.30	82.20	88.90	0.0	0
2011/1/22	2.2	63.0	0.0	1.3	5.3	558	298	17.50	33.34	2.2	2.8	2.7	2.8	2.7	2.6	-75.20	75.50	81.90	0.0	0
2011/1/23	0.1	76.7	0.0	0.9	6.3	223	12	16.60	31.74	2.0	2.6	2.6	2.8	2.9	2.8	-160.40	73.00	79.20	0.0	0
2011/1/24	-0.3	72.0	0.0	1.7	6.3	714	330	13.35	26.43	2.1	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	-158.00	71.90	78.00	0.0	1
2011/1/25	-0.8	78.0	0.0	1.7	6.8	944	133	6.90	15.22	2.0	2.5	2.6	2.8	3.0	3.0	-195.50	71.10	77.10	0.0	1
2011/1/26	-0.6	85.2	0.0	0.7	4.0	320	115	7.20	15.70	2.0	2.4	2.5	2.7	2.9	3.0	-157.00	70.50	76.50	0.0	1
2011/1/27	0.2	80.3	0.0	0.4	2.4	1346	119	11.71	23.54	1.4	2.2	2.4	2.7	2.9	3.0	-299.60	69.88	75.80	0.0	0
2011/1/28	2.3	63.7	0.0	0.9	5.1	2245	237	11.28	23.30	2.7	2.8	2.6	2.7	2.9	2.9	88.40	69.41	75.20	0.0	0
2011/1/29	0.8	75.3	0.0	1.5	6.2	2303	303	8.62	18.41	2.5	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	-97.60	68.96	74.60	0.0	0
2011/1/30	-2.4	83.0	0.0	2.1	7.8	2259	165	4.20	10.03	0.9	2.0	2.4	2.8	3.1	3.2	-514.60	68.61	74.60	0.0	1
2011/1/31	-4.2	82.9	0.0	1.8	7.0	1126	138	3.98	9.57	0.6	1.5	1.9	2.4	2.8	3.0	-475.10	68.54	74.10	0.0	1
2011/2/1	-3.2	81.9	2.0	1.7	5.9	433	216	8.49	17.47	0.5	1.3	1.6	2.1	2.5	2.7	-405.60	69.23	74.30	7.7	1
2011/2/2	-1.8	75.8	0.0	1.2	5.3	1615	266	8.79	18.12	0.5	1.2	1.5	1.9	2.4	2.6	-343.50	74.40	78.70	3.5	1
2011/2/3	-1.1	60.5	0.0	0.9	3.7	2046	157	15.21	29.43	0.1	1.0	1.3	1.8	2.2	2.4	-428.30	77.40	83.00	0.2	1
2011/2/4	0.9	30.8	0.0	0.7	3.2	304	318	18.11	34.11	0.1	1.1	1.3	1.6	2.1	2.3	-423.60	75.40	81.30	0.0	0
2011/2/5	2.7	19.4	0.0	0.9	2.5	236	285	19.56	36.03	0.3	1.2	1.4	1.6	2.0	2.2	-365.80	73.50	79.60	0.0	0
2011/2/6	3.3	32.0	0.0	1.0	3.0	1340	122	19.74	36.35	1.0	1.6	1.6	1.7	2.1	2.2	-143.10	72.40	78.50	2.7	0
2011/2/7	4.2	22.5	0.0	1.3	8.2	2308	287	19.99	36.69	1.3	1.9	1.9	2.0	2.2	2.3	-116.40	71.60	77.60	0.0	0
2011/2/8	1.4	61.1	0.5	1.2	7.0	329	306	8.97	18.85	1.2	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	-213.90	70.90	76.80	4.6	0
2011/2/9	3.8	46.7	0.0	1.0	3.7	1131	134	18.44	34.42	1.9	2.1	2.0	2.1	2.3	2.4	24.47	70.40	76.20	0.0	0
2011/2/10	1.8	65.4	0.0	1.5	5.5	1224	301	14.33	27.97	2.3	2.6	2.4	2.5	2.5	2.5	-1.28	69.83	75.50	0.5	0
2011/2/11	0.4	77.1	0.0	2.3	8.3	552	175	9.34	19.35	2.3	2.5	2.4	2.6	2.7	2.7	-48.21	69.32	74.90	0.0	0
2011/2/12	-0.7	80.5	3.5	1.5	7.0	111	196	7.67	16.51	1.6	2.1	2.3	2.6	2.8	2.7	-259.70	70.80	75.50	1.9	1
2011/2/13	-1.2	83.1	0.0	1.1	5.0	841	134	8.49	17.49	1.5	1.9	2.0	2.4	2.6	2.7	-237.90	73.80	78.40	0.0	1
2011/2/14	-0.1	88.2	14.5	1.3	6.6	2200	115	6.23	12.29	0.8	1.5	1.8	2.3	2.5	2.6	-328.40	78.20	84.20	0.0	1
2011/2/15	1.3	71.4	3.5	1.5	5.7	46	192	15.82	31.70	0.6	1.2	1.5	2.0	2.3	2.4	-325.40	80.20	86.10	6.9	0
2011/2/16	1.8	80.6	12.0	1.2	5.1	1717	118	9.31	20.06	0.5	1.0	1.2	1.7	1.9	2.0	-199.00	82.90	88.70	0.0	0
2011/2/17	2.3	67.1	0.0	0.9	4.8	2333	286	19.35	36.95	0.8	1.3	1.4	1.8	1.9	1.9	-79.50	80.90	86.80	0.6	0
2011/2/18	3.1	65.4	0.0	1.8	6.1	949	189	19.30	36.83	2.3	2.3	1.9	2.1	2.1	2.1	230.80	79.00	85.40	0.1	0
2011/2/19	2.4	85.2	10.5	2.4	8.8	38	121	2.84	7.99	2.6	2.7	2.5	2.7	2.5	2.5	83.90	78.90	85.50	0.0	0
2011/2/20	1.7	77.0	21.5	1.5	6.1	1423	134	9.52	20.30	2.8	2.9	2.6	2.8	2.7	2.6	80.10	81.70	87.90	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2011/2/21	0.5	69.1	0.0	2.2	7.1	153	300	5.47	12.48	1.5	2.2	2.3	2.6	2.8	2.8	-298.40	75.50	81.60	0.0	0
2011/2/22	1.3	70.9	0.0	1.0	4.6	49	338	13.31	26.49	2.1	2.4	2.3	2.5	2.7	2.7	-45.89	73.40	79.20	0.0	0
2011/2/23	1.6	82.1	0.0	1.6	6.7	757	309	10.41	21.19	3.3	3.1	2.7	2.7	2.8	2.8	197.60	72.40	78.10	0.0	0
2011/2/24	2.0	88.9	5.0	0.9	5.8	340	134	3.66	9.44	3.1	3.3	3.1	3.2	3.1	3.0	63.49	75.00	80.70	0.0	0
2011/2/25	2.7	81.2	0.0	0.5	3.4	257	135	6.41	14.09	3.2	3.3	3.1	3.2	3.2	3.2	63.18	74.70	80.30	0.0	0
2011/2/26	3.7	66.9	0.0	0.6	4.0	151	316	14.52	28.73	3.3	3.5	3.2	3.3	3.3	3.2	54.39	73.30	78.90	0.0	0
2011/2/27	9.2	24.7	0.0	0.8	3.8	831	331	22.49	41.41	4.2	4.2	3.8	3.6	3.5	3.4	234.40	72.20	77.90	0.0	0
2011/2/28	9.4	27.1	0.0	0.7	3.4	31	209	22.45	41.56	4.8	4.7	4.2	4.0	3.8	3.7	292.40	71.20	76.80	0.0	0
2011/3/1	7.5	50.7	0.0	0.9	4.6	1742	292	21.24	40.35	5.7	5.4	4.8	4.5	4.2	3.9	426.20	70.40	75.70	0.0	0
2011/3/2	3.8	71.3	0.0	0.6	5.1	132	141	19.76	37.40	5.0	5.1	4.8	4.8	4.5	4.2	101.60	69.66	74.90	0.0	0
2011/3/3	1.2	85.1	0.0	0.7	4.1	2328	182	13.41	26.78	4.5	4.8	4.7	4.8	4.6	4.4	-49.68	69.05	74.30	0.0	0
2011/3/4	1.1	75.5	0.0	1.7	6.9	142	130	16.03	31.09	4.5	4.8	4.6	4.7	4.6	4.4	-18.94	68.56	73.70	0.0	0
2011/3/5	3.3	64.7	0.0	0.6	3.8	554	288	19.87	37.83	4.5	4.8	4.6	4.6	4.6	4.5	-8.04	68.08	73.20	0.0	0
2011/3/6	4.3	69.5	0.5	1.3	6.3	2134	161	12.42	24.71	4.7	4.8	4.6	4.7	4.6	4.5	54.40	67.64	72.70	0.0	0
2011/3/7	2.3	83.7	30.0	2.4	8.6	819	145	5.35	12.32	3.9	4.3	4.4	4.6	4.6	4.5	-177.60	78.40	84.90	0.0	0
2011/3/8	1.0	82.8	0.0	1.4	6.7	100	137	9.66	20.17	4.1	4.2	4.1	4.3	4.4	4.4	-42.84	75.40	82.10	0.0	0
2011/3/9	1.4	81.6	0.0	1.0	4.9	622	330	11.90	23.98	4.3	4.4	4.2	4.3	4.4	4.3	12.60	73.30	79.50	0.0	0
2011/3/10	-0.2	96.1	15.5	1.1	6.3	1907	139	1.70	5.72	2.3	3.3	3.8	4.2	4.4	4.4	-511.50	78.10	84.80	0.0	1
2011/3/11	0.9	93.4	7.0	1.4	6.1	2358	226	6.31	14.44	3.0	3.2	3.2	3.5	3.8	3.9	-100.40	81.10	88.10	0.0	0
2011/3/12	1.8	89.9	5.5	1.8	6.9	402	155	4.30	10.51	3.3	3.5	3.5	3.7	3.8	3.9	-66.48	79.80	86.90	0.0	0
2011/3/13	5.6	68.1	0.0	1.2	6.9	1252	139	21.03	39.58	5.5	4.9	4.3	4.0	4.0	3.9	512.10	75.90	82.60	0.0	0
2011/3/14	7.9	50.0	0.0	1.2	6.2	1146	291	21.19	39.95	6.4	5.9	5.2	4.8	4.6	4.3	530.60	73.70	80.10	0.0	0
2011/3/15	7.2	41.8	0.0	1.6	7.2	1025	295	21.05	40.08	6.3	6.1	5.5	5.1	5.0	4.7	319.50	72.40	78.60	0.0	0
2011/3/16	3.4	70.4	0.0	1.7	6.6	916	286	14.11	28.12	5.6	5.7	5.4	5.3	5.3	5.0	51.23	71.40	77.40	0.0	0
2011/3/17	3.3	82.7	0.0	1.1	6.0	444	134	12.53	25.31	5.9	5.7	5.3	5.1	5.3	5.1	173.90	70.60	76.50	0.0	0
2011/3/18	6.5	83.6	17.5	0.9	4.6	140	341	8.87	19.42	6.8	6.3	5.7	5.6	5.4	5.2	387.20	74.60	80.30	0.0	0
2011/3/19	7.7	87.3	11.0	0.8	4.5	2318	277	10.09	21.70	8.1	7.4	6.6	6.3	6.0	5.7	568.80	81.70	88.50	0.0	0
2011/3/20	9.1	67.8	0.0	1.5	6.2	1221	295	18.85	36.68	8.9	8.3	7.4	7.0	6.5	6.0	620.20	77.00	83.70	0.0	0
2011/3/21	9.1	64.3	0.0	1.0	4.5	1502	318	20.26	39.23	8.9	8.4	7.6	7.2	6.8	6.3	552.90	73.80	80.30	0.0	0
2011/3/22	7.3	62.5	0.0	1.6	8.0	1004	300	16.18	32.06	8.0	8.1	7.7	7.4	7.1	6.6	176.60	72.30	78.60	0.0	0
2011/3/23	5.0	69.4	0.0	1.7	7.0	918	106	20.60	38.72	7.9	7.7	7.3	7.2	7.0	6.7	169.90	71.20	77.40	0.0	0
2011/3/24	3.7	76.7	0.5	2.0	6.6	312	32	16.61	31.85	7.7	7.6	7.3	7.3	7.0	6.7	84.40	70.50	76.50	0.0	0
2011/3/25	3.4	78.8	0.5	1.8	6.6	1129	196	19.78	37.19	7.9	7.7	7.3	7.3	7.0	6.7	131.40	70.10	76.40	0.0	0
2011/3/26	1.7	90.9	1.0	1.7	5.2	1409	107	8.26	17.48	6.4	6.9	6.9	7.1	7.0	6.8	-212.10	69.75	75.80	0.0	0
2011/3/27	-0.3	96.3	12.5	0.6	4.9	1116	127	1.99	6.30	3.2	4.6	5.4	6.1	6.5	6.5	-886.00	81.40	87.50	0.0	1
2011/3/28	-0.5	85.5	29.0	0.4	3.6	1216	141	8.05	20.21	2.2	3.3	4.0	4.8	5.4	5.6	-723.00	82.40	88.80	0.0	1
2011/3/29	1.6	21.8	12.5	1.1	5.7	1134	308	25.11	47.05	1.8	3.1	3.6	4.2	4.7	4.9	-625.70	80.80	87.10	0.0	0
2011/3/30	4.4	29.5	0.0	0.6	2.4	1241	349	20.49	38.87	3.8	4.0	3.8	4.1	4.4	4.6	85.80	78.50	85.10	0.0	0
2011/3/31	2.9	71.2	0.0	0.4	3.5	1121	113	7.93	17.55	4.5	4.7	4.5	4.7	4.8	4.8	9.46	75.50	81.90	0.0	0
2011/4/1	3.5	82.0	0.0	0.4	2.3	255	328	8.31	17.54	4.6	4.9	4.7	5.0	4.9	4.9	2.01	73.70	79.90	0.0	0
2011/4/2	2.7	76.8	0.0	0.7	4.2	742	332	9.44	19.72	4.3	4.7	4.6	4.9	5.0	5.0	-119.50	72.70	78.70	0.0	0
2011/4/3	4.2	67.5	0.0	1.1	6.4	1928	228	15.83	30.83	5.5	5.3	4.9	5.0	5.0	5.0	228.30	71.90	77.80	0.0	0
2011/4/4	2.2	89.8	8.5	1.2	4.8	201	160	2.32	7.05	4.4	5.0	5.0	5.3	5.2	5.1	-197.50	75.00	81.10	0.0	0
2011/4/5	5.3	67.1	0.0	1.4	5.5	36	221	25.35	47.88	6.9	6.1	5.4	5.3	5.2	5.1	515.40	77.30	83.60	0.0	0
2011/4/6	4.4	76.7	0.0	0.7	3.0	1634	317	10.37	20.95	5.7	6.0	5.7	5.9	5.6	5.4	26.54	74.40	80.40	0.0	0
2011/4/7	4.7	70.9	0.0	0.8	2.9	1213	179	18.23	34.58	6.6	6.3	5.8	5.9	5.7	5.5	257.50	72.90	78.90	0.0	0
2011/4/8	6.5	68.7	0.0	0.7	3.0	1303	77	18.33	34.90	7.4	6.9	6.2	6.2	5.9	5.7	414.90	71.80	77.70	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2011/4/9	6.4	74.7	0.0	0.8	2.9	1124	174	10.86	21.88	6.9	6.9	6.5	6.6	6.2	5.9	234.30	70.80	76.60	0.0	0
2011/4/10	6.7	66.4	0.0	0.7	2.6	1959	331	10.18	20.70	6.6	6.7	6.4	6.6	6.3	6.1	126.30	70.20	75.80	0.0	0
2011/4/11	7.2	69.7	0.0	1.0	4.4	301	315	15.96	31.04	7.5	7.1	6.5	6.6	6.3	6.1	357.10	69.59	75.00	0.0	0
2011/4/12	6.7	68.1	0.0	1.2	5.3	800	324	22.33	42.04	8.6	8.0	7.3	7.1	6.6	6.3	515.20	68.96	74.10	0.0	0
2011/4/13	7.2	68.9	0.0	0.6	3.7	853	346	17.28	33.13	8.1	7.9	7.4	7.3	6.9	6.6	276.40	68.34	72.30	0.0	0
2011/4/14	8.4	52.5	0.0	0.7	3.5	1113	132	23.19	43.16	8.5	8.2	7.6	7.5	7.1	6.8	344.70	67.80	71.40	0.0	0
2011/4/15	9.0	43.4	0.0	1.2	4.5	1405	126	20.07	38.37	8.1	8.0	7.6	7.6	7.2	6.9	247.50	67.39	70.80	0.0	0
2011/4/16	9.3	58.1	0.0	1.9	7.6	2336	153	17.14	32.63	9.0	8.5	7.9	7.8	7.4	7.0	463.60	66.85	69.82	0.0	0
2011/4/17	7.3	76.1	18.0	2.4	7.1	702	66	10.08	20.73	8.2	8.2	7.9	8.0	7.5	7.2	130.80	69.59	72.40	0.0	0
2011/4/18	4.2	79.4	16.0	1.3	5.8	1712	144	7.32	16.01	7.1	7.5	7.4	7.6	7.5	7.3	-137.20	81.80	85.20	0.0	0
2011/4/19	4.0	17.8	0.0	1.3	4.7	1448	319	27.67	50.85	6.4	6.9	6.9	7.1	7.2	7.1	-264.90	77.00	79.80	0.0	0
2011/4/20	5.8	23.1	0.0	0.9	3.5	114	295	25.77	47.23	6.7	6.9	6.8	6.9	7.0	6.9	-68.77	74.20	77.20	0.0	0
2011/4/21	7.5	32.8	0.0	0.6	3.0	630	295	22.35	41.91	6.6	6.9	6.7	6.9	6.9	6.8	-27.84	72.60	75.80	0.0	0
2011/4/22	7.4	60.1	1.5	1.0	4.3	2242	299	12.84	25.46	7.6	7.5	7.1	7.2	7.0	6.8	232.30	71.50	75.00	0.0	0
2011/4/23	4.9	81.2	4.5	1.3	5.8	1756	138	5.54	13.22	6.8	7.3	7.1	7.3	7.1	6.9	-92.50	74.70	77.30	0.0	0
2011/4/24	4.1	44.7	0.0	0.9	4.1	704	304	15.79	30.84	6.5	6.9	6.8	7.0	7.0	6.9	-128.60	74.60	77.30	0.0	0
2011/4/25	5.6	38.4	0.0	0.7	3.9	1928	140	18.51	36.12	7.0	7.0	6.7	6.9	6.9	6.8	75.80	73.10	75.90	0.0	0
2011/4/26	7.3	71.7	0.0	1.3	4.9	414	136	12.64	26.29	7.8	7.6	7.2	7.2	7.0	6.8	281.90	71.90	74.80	0.0	0
2011/4/27	8.3	56.2	0.0	1.5	6.1	815	338	25.52	47.34	9.1	8.5	7.8	7.7	7.2	7.0	540.40	70.90	73.80	0.0	0
2011/4/28	7.4	42.3	0.0	1.1	4.3	121	269	15.66	30.08	7.8	8.1	7.8	7.9	7.6	7.3	75.30	69.91	72.70	0.0	0
2011/4/29	6.9	54.5	7.0	0.8	4.5	2135	319	10.20	21.01	7.6	7.8	7.5	7.8	7.6	7.4	10.10	69.23	72.40	0.0	0
2011/4/30	6.7	80.9	7.0	2.5	7.9	2215	127	5.17	12.44	7.1	7.4	7.3	7.6	7.5	7.3	-74.70	78.90	82.50	0.0	0
2011/5/1	8.0	80.3	9.5	1.7	6.5	247	161	7.77	17.54	8.3	8.1	7.6	7.7	7.5	7.3	287.40	80.40	84.30	0.0	0
2011/5/2	7.9	79.3	7.0	1.4	6.2	2331	293	5.46	13.09	8.1	8.2	7.8	8.0	7.7	7.5	119.70	81.70	86.40	0.0	0
2011/5/3	8.5	75.6	2.0	1.5	6.7	203	322	8.48	18.68	8.5	8.3	7.9	8.0	7.8	7.5	219.90	78.90	83.40	0.0	0
2011/5/4	9.5	75.2	6.5	1.4	5.1	757	226	13.48	27.27	9.8	9.2	8.5	8.4	8.0	7.6	559.00	77.00	81.20	0.0	0
2011/5/5	9.3	82.4	11.0	1.5	5.9	1140	229	10.94	23.29	10.0	9.6	9.0	8.9	8.5	8.1	425.50	82.90	87.30	0.0	0
2011/5/6	10.0	60.9	0.0	1.0	5.7	1109	330	17.61	34.64	10.2	9.9	9.2	9.1	8.7	8.3	393.30	78.30	82.60	0.0	0
2011/5/7	9.7	59.2	0.0	0.7	3.6	416	288	14.51	29.32	9.7	9.6	9.2	9.2	8.8	8.4	231.60	75.20	79.20	0.0	0
2011/5/8	9.7	68.1	15.5	0.7	4.6	2353	299	18.64	36.04	10.8	10.3	9.6	9.5	9.0	8.6	476.80	76.90	81.20	0.0	0
2011/5/9	10.2	77.1	25.5	0.7	4.6	210	301	13.95	27.79	10.8	10.6	10.1	10.0	9.6	9.2	309.80	81.50	86.20	0.0	0
2011/5/10	11.0	69.2	0.0	1.1	5.2	1824	297	17.59	34.24	11.2	10.9	10.2	10.1	9.7	9.4	461.80	79.30	83.80	0.0	0
2011/5/11	10.1	78.7	0.0	1.7	7.1	1419	193	10.22	21.14	10.4	10.4	10.1	10.1	9.7	9.3	179.90	75.80	79.90	0.0	0
2011/5/12	10.5	86.1	13.5	0.4	3.4	1805	316	7.46	16.46	10.8	10.7	10.2	10.2	9.7	9.3	343.60	78.00	82.00	0.0	0
2011/5/13	9.6	82.9	15.5	0.8	4.5	2100	294	11.72	24.33	11.0	10.8	10.3	10.4	9.9	9.5	284.30	81.50	86.00	0.0	0
2011/5/14	8.1	88.1	59.0	1.0	5.0	746	169	4.88	12.33	9.8	10.2	10.1	10.3	10.2	10.0	-131.30	84.70	89.00	0.0	0
2011/5/15	8.9	82.6	1.5	1.2	5.5	1347	170	11.41	24.13	10.5	10.4	10.0	10.1	10.0	9.8	186.10	81.50	86.30	0.0	0
2011/5/16	8.7	83.0	56.5	1.6	5.6	1923	178	9.55	20.72	10.0	10.1	9.9	10.1	9.9	9.7	1.40	81.80	85.60	0.0	0
2011/5/17	6.3	77.8	57.5	0.9	5.3	1040	154	6.06	14.56	8.8	9.3	9.2	9.6	9.5	9.4	-208.30	86.90	91.10	0.0	0
2011/5/18	7.5	60.2	0.0	0.8	2.3	9	224	15.54	29.84	9.1	9.2	9.0	9.3	9.3	9.3	-3.95	79.90	84.40	0.0	0
2011/5/19	8.6	57.8	0.0	0.6	2.1	29	229	16.28	30.61	9.3	9.4	9.1	9.3	9.2	9.1	98.30	76.90	80.60	0.0	0
2011/5/20	7.4	79.8	0.0	0.5	1.8	1202	1	8.10	17.12	9.0	9.3	9.2	9.4	9.2	9.1	-21.35	75.30	78.80	0.0	0
2011/5/21	8.9	77.3	7.0	0.5	2.4	859	7	12.89	25.16	9.7	9.6	9.2	9.4	9.2	9.0	223.70	74.60	78.00	0.0	0
2011/5/22	8.4	88.3	9.0	0.5	4.3	642	313	10.48	21.30	10.1	10.0	9.6	9.7	9.3	9.1	249.20	79.80	82.90	0.0	0
2011/5/23	8.1	92.3	21.5	0.8	5.3	931	290	6.67	15.50	10.1	10.1	9.7	9.9	9.6	9.4	133.90	84.40	89.00	0.0	0
2011/5/24	8.7	91.7	13.5	0.5	3.7	59	227	7.38	16.51	10.4	10.4	10.0	10.2	9.9	9.6	190.10	84.00	89.00	0.0	0
2011/5/25	8.9	88.7	0.0	0.4	2.6	1721	316	8.88	18.42	10.3	10.3	10.0	10.2	9.9	9.7	126.70	79.50	84.10	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2011/5/26	9.5	90.3	27.5	0.3	2.9	27	134	6.70	14.57	10.3	10.4	10.1	10.3	10.0	9.8	123.40	80.70	85.10	0.0	0
2011/5/27	9.3	86.0	6.0	0.7	3.4	1310	171	12.31	24.99	11.0	10.8	10.3	10.5	10.1	9.9	279.30	83.20	88.10	0.0	0
2011/5/28	8.3	90.2	4.5	1.0	5.7	933	337	10.53	22.25	10.9	10.9	10.4	10.6	10.2	9.9	160.10	82.40	87.30	0.0	0
2011/5/29	8.9	48.9	0.0	1.2	3.2	9	216	15.85	30.37	9.9	10.3	10.1	10.4	10.2	9.9	-107.90	78.60	82.60	0.0	0
2011/5/30	11.2	33.7	0.0	1.0	2.9	30	212	28.95	52.86	10.6	10.5	10.1	10.2	10.0	9.8	268.30	76.20	79.90	0.0	0
2011/5/31	10.5	64.8	5.0	0.8	5.0	2052	301	12.30	24.67	10.4	10.4	10.2	10.3	10.1	9.8	139.00	74.60	78.30	0.0	0
2011/6/1	8.9	91.9	26.5	0.7	5.5	623	301	8.27	18.13	10.7	10.7	10.4	10.4	10.2	10.0	184.60	84.10	88.20	0.0	0
2011/6/2	9.9	84.5	4.5	0.8	4.2	1020	3	15.73	31.43	11.6	11.3	10.8	10.7	10.4	10.1	379.00	82.50	87.10	0.0	0
2011/6/3	10.8	58.1	0.0	0.6	3.1	848	308	15.56	29.99	11.0	11.0	10.8	10.7	10.5	10.2	129.70	78.30	82.40	0.0	0
2011/6/4	12.4	38.2	0.0	1.2	6.0	943	287	16.25	31.89	10.5	10.8	10.6	10.5	10.5	10.2	38.99	76.00	79.90	0.0	0
2011/6/5	12.7	57.6	0.0	1.1	4.5	815	329	21.60	41.24	11.8	11.5	10.9	10.7	10.5	10.2	437.90	74.20	78.00	0.0	0
2011/6/6	13.6	45.6	0.0	1.0	5.3	1150	99	28.22	53.03	12.4	12.1	11.5	11.0	10.8	10.4	526.20	72.50	76.10	0.0	0
2011/6/7	11.9	56.1	0.0	0.7	3.9	1353	109	21.86	41.52	12.1	12.0	11.6	11.4	11.0	10.7	283.30	71.00	74.40	0.0	0
2011/6/8	12.5	54.2	0.0	0.9	3.8	533	144	16.72	31.55	11.8	11.9	11.7	11.8	11.6	11.2	9.71	70.37	74.04	0.0	0
2011/6/9	11.5	63.8	10.0	0.9	2.2	0	0	14.84	28.10	11.9	11.7	11.5	11.9	11.8	11.7	30.72	73.61	77.78	0.0	0
2011/6/10	11.9	66.9	0.0	0.9	2.6	0	0	18.98	35.64	11.9	11.7	11.5	11.8	11.9	11.7	156.43	77.06	81.70	0.0	0
2011/6/11	11.7	75.7	0.0	1.0	2.8	0	0	18.81	35.36	12.1	12.0	11.8	12.0	12.2	12.0	37.21	74.29	79.12	0.0	0
2011/6/12	9.8	84.3	3.1	1.0	3.4	0	0	9.84	18.93	11.3	11.3	11.3	11.9	12.0	12.2	-83.22	72.99	77.49	0.0	0
2011/6/13	10.5	82.5	0.1	0.9	2.8	0	0	16.66	31.42	11.9	11.7	11.4	11.7	11.8	11.8	40.11	72.41	76.34	0.0	0
2011/6/14	11.3	69.8	0.0	0.9	2.8	0	0	17.95	33.80	12.1	12.0	11.8	12.0	12.1	11.9	130.05	71.59	75.40	0.0	0
2011/6/15	11.8	59.4	0.3	0.9	2.5	0	0	24.06	45.00	12.3	12.3	12.3	12.2	12.4	12.2	65.90	71.01	74.50	0.0	0
2011/6/16	11.5	69.1	0.0	0.9	2.3	0	0	13.68	25.95	12.0	11.9	11.8	12.3	12.5	12.6	17.66	70.26	73.62	0.0	0
2011/6/17	11.9	65.0	0.0	0.9	2.3	0	0	17.01	32.07	12.2	12.1	11.9	12.2	12.5	12.6	21.96	69.71	72.90	0.0	0
2011/6/18	12.5	67.2	0.0	0.9	2.4	0	0	23.80	44.51	13.0	12.9	12.8	12.5	12.9	12.8	160.26	68.69	72.06	0.0	0
2011/6/19	11.5	70.9	48.1	0.9	2.8	0	0	15.64	29.55	12.2	12.3	12.4	12.6	13.0	12.9	-3.78	71.79	75.94	0.0	0
2011/6/20	12.0	72.7	0.0	0.9	2.2	0	0	14.97	28.32	12.1	12.0	11.9	12.3	12.5	12.9	-109.67	76.64	82.07	0.0	0
2011/6/21	10.0	82.8	12.4	1.0	3.1	0	0	7.63	14.86	11.1	11.2	11.2	12.0	12.0	12.6	-95.47	77.41	82.41	0.0	0
2011/6/22	11.3	75.4	0.7	0.9	2.5	0	0	18.44	34.67	11.8	11.6	11.4	11.8	11.8	12.1	15.88	78.61	84.14	0.0	0
2011/6/23	12.0	65.6	0.0	0.9	2.4	0	0	19.33	36.32	12.2	12.1	12.0	12.1	12.0	12.0	28.07	74.49	79.92	0.0	0
2011/6/24	11.4	69.9	13.9	1.0	4.4	0	0	18.39	34.59	12.3	12.1	11.9	12.2	12.0	12.0	57.97	75.06	80.00	0.0	0
2011/6/25	8.9	87.6	127.7	1.0	4.3	0	0	7.56	14.73	10.6	10.6	10.6	11.3	11.3	12.0	-169.07	83.69	88.71	0.0	0
2011/6/26	10.0	87.8	3.4	0.9	2.6	0	0	9.02	17.42	11.3	11.1	10.9	11.4	11.2	11.5	149.54	78.04	81.83	0.0	0
2011/6/27	11.0	82.7	4.3	0.8	2.3	0	0	10.23	19.63	11.8	11.4	11.1	11.6	11.5	11.7	-18.38	75.24	79.80	0.0	0
2011/6/28	9.1	87.3	27.8	0.9	2.9	0	0	6.95	13.61	10.9	10.9	10.8	11.5	11.4	11.7	-72.51	77.57	81.86	0.0	0
2011/6/29	9.1	88.2	7.5	0.9	2.9	0	0	8.07	15.66	10.9	10.7	10.6	11.1	11.1	11.4	49.03	79.51	82.81	0.0	0
2011/6/30	11.3	77.4	0.0	0.9	1.9	0	0	16.98	32.02	11.8	11.5	11.2	11.4	11.4	11.5	158.44	77.03	81.25	0.0	0
2011/7/1	11.7	66.6	0.0	0.8	1.7	0	0	14.86	28.13	11.8	11.6	11.4	11.8	11.7	11.7	13.63	74.48	79.31	0.0	0
2011/7/2	11.4	74.9	18.1	0.8	2.3	0	0	13.26	25.20	11.6	11.5	11.3	11.9	11.7	11.8	-97.80	76.76	81.98	0.0	0
2011/7/3	11.6	74.3	10.3	0.8	1.8	0	0	11.40	21.80	11.8	11.5	11.2	11.7	11.5	11.7	56.00	77.37	82.69	0.0	0
2011/7/4	12.1	63.1	24.5	0.9	2.2	0	0	17.34	32.68	11.7	11.6	11.5	11.9	11.6	11.7	-96.93	78.42	83.41	0.0	0
2011/7/5	12.5	63.5	0.1	0.8	2.1	0	0	20.48	38.43	11.8	11.7	11.7	11.9	11.6	11.5	152.04	77.87	83.08	0.0	0
2011/7/6	12.5	60.5	3.1	0.8	2.1	0	0	18.60	34.98	11.9	11.9	11.9	12.2	11.9	11.7	-31.97	74.91	80.68	0.0	0
2011/7/7	12.3	52.8	7.2	0.8	2.1	0	0	19.15	35.99	11.6	11.7	11.8	12.1	11.8	11.7	-12.58	76.67	82.16	0.0	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT<0 °C (day)
2011/7/8	12.3	46.9	0.0	0.8	2.1	0	0	26.56	49.58	12.0	12.0	12.0	12.1	11.8	11.7	120.62	77.35	83.14	0.0	0
2011/7/9	11.2	59.0	0.0	0.9	2.5	0	0	15.65	29.57	11.8	11.8	11.9	12.3	12.0	11.8	-11.20	74.40	80.51	0.0	0
2011/7/10	11.2	83.6	2.3	0.9	2.6	0	0	12.68	24.12	11.9	11.8	11.7	12.2	12.0	11.9	101.39	73.55	78.74	0.0	0
2011/7/11	11.8	79.1	0.0	0.9	2.3	0	0	17.74	33.41	12.5	12.2	12.0	12.3	12.1	12.0	-50.73	72.99	77.71	0.0	0
2011/7/12	11.9	77.3	4.4	0.9	2.0	0	0	19.40	36.45	12.5	12.4	12.4	12.4	12.1	11.9	51.11	72.03	76.78	0.0	0
2011/7/13	11.2	80.4	15.6	0.8	2.1	0	0	11.19	21.39	12.0	11.9	11.9	12.4	12.1	12.1	5.14	74.31	79.15	0.0	0
2011/7/14	11.3	82.0	15.3	0.9	2.5	0	0	16.61	31.29	12.2	12.0	11.9	12.3	12.1	12.1	23.05	78.46	83.08	0.0	0
2011/7/15	10.5	84.4	7.3	0.9	3.2	0	0	11.16	21.35	11.8	11.7	11.6	12.2	12.0	12.0	-13.89	79.16	82.72	0.0	0
2011/7/16	10.8	83.1	0.9	0.9	2.9	0	0	12.45	23.70	12.0	11.8	11.6	12.1	12.0	11.9	138.94	79.63	85.08	0.0	0
2011/7/17	11.1	83.5	7.6	0.8	2.1	0	0	10.31	19.78	12.0	11.7	11.4	12.1	12.1	12.2	46.82	79.11	83.08	0.0	0
2011/7/18	10.5	89.9	5.6	0.9	3.3	0	0	12.94	24.60	11.9	11.7	11.5	12.1	12.1	12.3	7.93	82.04	87.22	0.0	0
2011/7/19	10.2	90.2	47.0	0.9	3.0	0	0	7.82	15.16	11.4	11.3	11.2	11.9	11.9	12.3	-85.86	83.19	87.68	0.0	0
2011/7/20	10.4	90.1	3.7	0.9	2.9	0	0	10.20	19.58	11.7	11.5	11.3	11.9	11.7	11.9	60.02	78.66	82.28	0.0	0
2011/7/21	11.4	84.1	1.2	0.9	2.7	0	0	14.78	27.97	12.2	11.9	11.6	12.1	12.1	12.2	134.67	78.45	81.90	0.0	0
2011/7/22	12.1	73.3	0.0	0.8	2.0	0	0	13.30	25.28	12.0	11.8	11.6	12.1	12.2	12.3	-2.08	75.69	80.46	0.0	0
2011/7/23	12.0	72.8	17.7	0.9	1.9	0	0	11.46	21.89	11.7	11.6	11.5	12.1	12.0	12.3	-123.18	77.77	82.21	0.0	0
2011/7/24	12.6	61.9	0.0	0.9	2.4	0	0	23.84	44.59	12.3	12.2	11.9	12.1	11.8	12.1	24.32	77.91	82.38	0.0	0
2011/7/25	11.9	81.2	0.5	0.5	2.6	916	21	13.56	26.87	12.9	12.9	12.6	12.7	12.5	12.2	139.80	71.80	75.00	0.0	0
2011/7/26	10.2	81.0	0.0	0.8	2.3	2120	231	9.27	19.41	12.2	12.5	12.4	12.7	12.5	12.2	-95.90	71.50	74.40	0.0	0
2011/7/27	11.7	61.7	0.0	0.9	3.1	1353	80	27.03	50.62	12.6	12.6	12.2	12.4	12.3	12.1	121.30	70.70	73.40	0.0	0
2011/7/28	12.9	73.9	0.0	0.6	2.9	1836	130	24.79	46.48	13.5	13.1	12.6	12.7	12.3	12.1	369.70	69.26	71.90	0.0	0
2011/7/29	11.0	79.6	25.0	0.7	3.1	2028	247	11.95	23.84	12.7	13.0	12.8	12.9	12.7	12.3	6.48	74.80	78.10	0.0	0
2011/7/30	10.9	73.6	0.5	0.8	2.8	1500	133	17.06	32.75	12.6	12.7	12.5	12.7	12.5	12.4	-1.04	78.40	83.40	0.0	0
2011/7/31	11.0	69.2	0.0	0.7	2.2	1005	348	14.62	28.47	12.1	12.4	12.3	12.5	12.4	12.2	-61.74	75.20	79.60	0.0	0
2011/8/1	11.8	68.8	0.0	0.7	2.7	1322	156	21.85	41.25	12.7	12.6	12.3	12.3	12.2	12.1	200.40	73.00	77.10	0.0	0
2011/8/2	11.7	60.0	0.0	0.8	2.9	1214	350	23.78	44.41	12.6	12.7	12.4	12.5	12.3	12.1	92.10	70.90	74.90	0.0	0
2011/8/3	12.5	47.3	0.0	0.8	5.1	2334	292	27.55	51.32	12.5	12.6	12.4	12.4	12.3	12.1	69.63	69.04	72.60	0.0	0
2011/8/4	12.9	50.2	0.0	1.5	5.5	2353	309	27.07	50.57	12.7	12.7	12.5	12.5	12.3	12.1	136.90	67.24	70.50	0.0	0
2011/8/5	11.5	65.0	0.0	2.2	6.4	2356	305	16.91	33.15	12.3	12.5	12.4	12.5	12.4	12.2	-3.97	65.79	68.97	0.0	0
2011/8/6	10.9	72.3	0.0	2.0	6.4	252	303	13.53	27.18	12.0	12.3	12.2	12.4	12.3	12.1	-45.34	64.81	67.99	0.0	0
2011/8/7	10.9	79.6	3.5	0.6	2.1	915	330	9.58	19.52	11.8	12.1	12.0	12.2	12.2	12.0	-61.79	64.02	67.34	0.0	0
2011/8/8	11.0	84.3	3.0	0.6	2.7	1409	307	10.84	21.91	12.1	12.3	12.1	12.3	12.2	12.1	23.20	72.40	76.20	0.0	0
2011/8/9	10.7	79.9	0.5	0.6	2.9	1749	303	9.90	20.44	11.7	12.0	12.0	12.2	12.2	12.1	-120.30	80.70	85.30	0.0	0
2011/8/10	10.3	84.6	0.5	0.6	2.0	332	245	11.54	23.27	11.9	12.0	11.8	12.0	12.0	11.9	27.57	79.80	84.90	0.0	0
2011/8/11	9.8	88.4	0.5	0.5	2.1	933	339	8.33	17.58	11.6	11.9	11.8	12.0	12.0	11.8	-58.92	79.40	84.20	0.0	0
2011/8/12	9.9	86.3	0.5	0.7	2.1	1649	149	8.70	18.07	11.5	11.8	11.7	11.9	11.9	11.8	-49.35	79.60	84.80	0.0	0
2011/8/13	10.8	69.7	0.0	0.7	1.9	1511	314	11.39	22.91	11.7	11.9	11.7	11.9	11.8	11.7	4.57	77.40	82.20	0.0	0
2011/8/14	11.8	64.8	0.0	0.7	3.0	153	315	18.01	34.79	11.9	12.0	11.7	11.8	11.8	11.6	96.30	74.00	78.40	0.0	0
2011/8/15	10.6	65.9	0.0	1.0	2.4	2315	219	14.17	27.84	11.0	11.5	11.6	11.8	11.8	11.7	-227.30	76.00	80.60	0.0	0
2011/8/16	10.6	68.5	0.5	1.1	2.4	1229	116	17.72	33.64	11.2	11.3	11.1	11.3	11.5	11.4	16.35	78.30	84.00	0.0	0
2011/8/17	11.0	64.5	0.0	0.9	3.0	1238	126	22.19	41.21	11.6	11.6	11.3	11.4	11.4	11.3	115.20	75.20	80.50	0.0	0
2011/8/18	10.6	63.7	0.0	0.9	2.5	1105	137	23.11	42.73	11.9	11.9	11.6	11.6	11.5	11.4	162.00	72.60	77.60	0.0	0
2011/8/19	11.1	58.0	0.0	0.7	3.2	1107	161	22.86	42.77	11.8	11.9	11.6	11.6	11.6	11.4	110.80	70.50	75.20	0.0	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	發生時間 (hh:mm)	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	草溫 (°C)	地溫5 (°C)	地溫10 (°C)	地溫20 (°C)	地溫30 (°C)	地溫50 (°C)	土壤熱流量 (Jm <sup>-2</sup> )	土壤含水率10 (%)	土壤含水率20 (%)	積雪高 (cm)	AT < 0 °C (day)
2011/8/20	10.8	72.2	0.5	0.7	2.9	1004	157	14.69	28.51	11.9	12.0	11.8	11.9	11.7	11.5	93.60	73.80	78.40	0.0	0
2011/8/21	10.5	79.2	0.5	0.8	3.5	1235	174	15.37	29.76	11.8	12.0	11.7	11.8	11.7	11.6	59.48	79.20	84.50	0.0	0
2011/8/22	10.0	80.4	0.0	0.7	3.8	1246	105	12.93	25.28	11.6	11.8	11.6	11.8	11.7	11.5	-14.26	77.30	82.50	0.0	0
2011/8/23	10.0	82.4	0.5	0.6	2.0	943	304	11.74	22.99	11.5	11.7	11.5	11.8	11.7	11.5	-16.90	77.30	82.10	0.0	0
2011/8/24	10.4	82.8	0.5	0.5	2.2	927	107	13.83	26.85	11.9	11.9	11.6	11.8	11.6	11.5	120.00	79.80	85.20	0.0	0
2011/8/25	11.4	62.7	0.0	0.9	2.5	2020	208	23.51	44.21	12.1	12.1	11.8	11.9	11.7	11.5	109.00	77.70	83.20	0.0	0
2011/8/26	11.4	72.4	0.0	0.7	3.7	1013	132	21.22	40.35	12.3	12.2	11.8	11.9	11.8	11.6	188.40	74.00	79.20	0.0	0
2011/8/27	10.8	77.3	0.0	0.7	4.0	2358	320	11.69	23.76	12.0	12.1	11.9	12.1	11.9	11.7	46.88	72.10	77.00	0.0	0
2011/8/28	9.5	92.6	0.0	1.1	4.8	854	161	4.31	10.45	11.4	11.8	11.7	12.0	11.9	11.7	-108.40	77.10	81.80	0.0	0
2011/8/29	10.4	96.0	0.5	1.4	6.1	848	150	3.16	8.10	11.4	11.6	11.4	11.8	11.7	11.6	12.50	84.70	89.80	0.0	0
2011/8/30	10.4	93.3	0.5	1.2	7.1	2201	297	7.16	15.73	12.0	12.1	11.8	12.1	11.9	11.7	94.00	82.60	88.30	0.0	0
2011/8/31	8.6	91.2	0.0	1.0	5.4	117	110	4.24	10.40	11.1	11.6	11.4	11.9	11.9	11.8	-201.10	83.50	89.60	0.0	0
2011/9/1	9.5	86.0	0.5	0.3	2.6	21	164	6.87	14.86	11.2	11.4	11.2	11.6	11.7	11.5	-68.34	82.10	87.30	0.0	0
2011/9/2	8.9	92.8	0.0	0.3	2.3	1334	135	5.67	12.45	10.9	11.2	11.0	11.5	11.5	11.4	-86.20	82.70	89.00	0.0	0
2011/9/3	10.0	82.9	0.0	0.6	2.0	2316	218	11.99	23.52	11.3	11.5	11.2	11.5	11.5	11.4	20.94	79.20	85.40	0.0	0
2011/9/4	10.5	58.3	0.0	0.8	2.1	455	229	19.28	36.11	11.3	11.4	11.2	11.5	11.4	11.3	-41.85	75.60	81.00	0.0	0
2011/9/5	10.5	59.0	0.0	0.7	3.0	549	314	20.57	38.60	11.2	11.3	11.1	11.4	11.4	11.2	-54.95	73.30	78.40	0.0	0
2011/9/6	9.9	65.3	0.0	0.5	2.9	1952	290	15.54	29.97	10.7	11.1	10.9	11.3	11.3	11.2	-150.20	71.50	76.50	0.0	0
2011/9/7	10.4	75.4	0.0	0.4	1.9	958	325	14.58	27.93	11.0	11.1	10.8	11.2	11.2	11.1	-21.27	70.30	75.10	0.0	0
2011/9/8	11.2	71.3	0.0	0.8	3.3	955	112	21.76	41.00	11.9	11.7	11.2	11.4	11.2	11.0	260.50	69.19	73.70	0.0	0
2011/9/9	12.0	67.8	0.0	0.7	2.1	1049	128	20.89	39.10	12.2	12.0	11.6	11.7	11.4	11.2	235.60	68.03	72.30	0.0	0
2011/9/10	10.5	78.0	0.0	0.6	2.4	927	101	18.15	34.36	12.1	12.1	11.7	11.8	11.6	11.4	154.00	66.98	71.10	0.0	0
2011/9/11	10.4	66.1	0.0	0.7	2.3	855	109	17.79	34.08	11.7	11.8	11.6	11.8	11.6	11.4	10.27	66.02	70.10	0.0	0
2011/9/12	10.7	65.7	0.0	0.6	2.9	1921	274	21.70	40.66	11.6	11.7	11.5	11.7	11.6	11.4	71.90	65.04	69.05	0.0	0
2011/9/13	9.5	65.7	0.0	0.6	3.5	2228	335	11.22	22.48	10.9	11.4	11.3	11.6	11.5	11.4	-157.70	64.14	68.12	0.0	0
2011/9/14	10.3	76.5	0.0	0.5	3.7	145	299	14.19	27.55	11.3	11.5	11.3	11.5	11.4	11.3	32.21	63.45	67.46	0.0	0
2011/9/15	10.6	68.7	0.0	0.7	2.7	1137	7	19.89	37.05	11.8	11.8	11.4	11.6	11.4	11.3	125.10	62.64	66.66	0.0	0
2011/9/16	10.9	55.3	0.0	0.6	2.4	29	307	21.06	38.94	11.3	11.5	11.3	11.5	11.5	11.3	-52.07	61.67	65.62	0.0	0
2011/9/17	11.6	27.7	0.0	0.9	2.8	2038	318	25.40	46.15	10.8	11.2	11.1	11.4	11.4	11.2	-163.00	60.46	64.35	0.0	0
2011/9/18	11.1	42.8	0.0	0.6	4.0	137	302	20.23	37.73	10.5	10.9	10.8	11.1	11.2	11.1	-154.80	59.08	63.03	0.0	0
2011/9/19	10.4	61.1	0.0	0.6	3.6	158	287	20.79	38.80	10.5	10.8	10.7	11.0	11.1	11.0	-86.90	58.02	62.01	0.0	0
2011/9/20	9.8	61.4	0.0	0.6	2.4	1038	103	15.10	28.55	10.2	10.6	10.5	10.9	11.0	10.9	-158.30	57.04	61.10	0.0	0
2011/9/21	10.3	73.2	0.0	0.5	3.2	2149	303	14.16	27.63	10.4	10.6	10.4	10.7	10.8	10.8	-18.56	56.26	60.38	0.0	0
2011/9/22	9.5	76.4	0.0	0.8	5.1	935	286	13.11	26.01	10.5	10.8	10.5	10.8	10.8	10.7	4.62	55.57	59.76	0.0	0
2011/9/23	8.6	87.5	0.0	0.7	4.8	237	329	10.26	20.79	10.7	10.9	10.6	10.9	10.9	10.7	30.45	54.99	59.36	0.0	0
2011/9/24	9.2	82.3	3.5	0.4	1.5	233	210	9.03	18.42	10.5	10.8	10.6	10.9	10.9	10.7	-16.68	54.58	58.99	0.0	0
2011/9/25	9.8	86.5	0.5	0.4	2.1	1151	137	7.41	15.90	10.9	11.0	10.7	11.0	10.9	10.8	61.37	55.14	59.08	0.0	0
2011/9/26	11.3	76.0	0.0	0.8	2.3	545	190	20.33	39.01	11.8	11.6	11.2	11.2	11.0	10.8	242.00	60.54	59.38	0.0	0
2011/9/27	12.1	61.9	0.0	1.0	4.1	1156	116	24.01	44.77	11.9	11.8	11.4	11.4	11.2	11.0	193.40	60.49	59.74	0.0	0
2011/9/28	11.6	77.9	0.0	0.9	5.9	706	299	10.31	21.29	11.6	11.7	11.4	11.6	11.4	11.1	84.00	59.95	60.06	0.0	0



附錄 1-4. 哭坡頂氣象站氣象參數逐日統計表

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2009/9/24	12.7	74.7	0.0	1.8	6.7	59	11.54	23.87		12.3	13.9	14.1				0
2009/9/25	13.9	37.4	0.0	2.8	7.6	286	25.31	52.82		14.7	14.0	14.0				0
2009/9/26	13.8	40.0	0.0	2.4	8.0	285	25.62	52.26		15.2	14.0	14.1				0
2009/9/27	9.4	92.3	25.4	2.3	11.5	108	4.33	9.06		10.1	13.2	13.7				0
2009/9/28	9.3	94.1	14.0	2.4	12.1	103	7.73	15.96		10.4	12.6	13.1				0
2009/9/29	10.6	96.3	7.4	1.8	10.0	142	11.85	24.56		12.2	13.0	13.1				0
2009/9/30	11.5	95.6	0.2	1.2	5.0	103	9.64	20.91		12.8	13.6	13.4				0
2009/10/1	12.2	92.1	12.6	1.5	6.7	121	11.53	24.33		13.3	13.8	13.7				0
2009/10/2	12.0	92.0	2.6	1.2	4.6	48	10.18	21.57		12.8	13.7	13.6				0
2009/10/3	12.1	89.9	0.0	2.0	8.4	119	20.25	42.61		14.3	14.2	13.8				0
2009/10/4	12.3	91.5	4.0	2.3	12.4	84	12.36	26.70		13.7	14.4	14.1				0
2009/10/5	10.0	99.1	45.6	4.0	13.0	281	2.83	6.03		11.1	13.2	13.6				0
2009/10/6	8.5	99.1	34.0	3.9	13.4	10	4.00	8.24		9.6	11.5	12.1				0
2009/10/7	9.9	96.6	0.6	1.9	8.2	278	15.90	32.39		12.1	12.6	12.6				0
2009/10/8	10.4	82.3	0.0	1.3	6.9	124	11.37	23.48		10.5	12.5	12.7				0
2009/10/9	10.6	87.7	0.0	1.3	5.9	128	10.59	22.31		11.7	12.3	12.5				0
2009/10/10	10.4	96.2	0.4	1.5	5.6	285	7.61	16.19		12.0	12.9	12.8				0
2009/10/11	10.1	98.9	4.0	1.6	7.2	70	8.20	16.17		12.0	13.2	13.0				0
2009/10/12	10.4	97.6	3.8	1.2	4.6	65	10.55	20.54		11.7	12.9	13.0				0
2009/10/13	10.5	99.4	0.4	1.2	5.2	83	7.24	14.64		12.2	13.1	13.0				0
2009/10/14	9.9	97.4	0.2	1.4	7.1	121	8.05	16.46		11.2	12.6	12.8				0
2009/10/15	10.0	96.5	1.8	1.3	6.3	111	9.86	20.62		12.0	12.7	12.7				0
2009/10/16	10.0	89.4	0.0	1.3	5.9	136	9.01	19.05		10.6	12.4	12.6				0
2009/10/17	9.6	76.9	0.0	1.3	8.0	190	12.20	25.92		9.9	11.7	12.2				0
2009/10/18	9.4	76.6	0.0	1.4	8.0	100	15.83	33.34		10.6	11.6	12.0				0
2009/10/19	10.2	74.3	0.0	1.5	8.2	119	14.57	30.73		12.6	11.6	12.1				0
2009/10/20	10.4	82.7	0.0	1.9	5.0	0	6.74	14.02		13.0	12.4	12.3				0
2009/10/21	11.3	68.8	0.0	2.0	5.1	0	7.01	14.56		12.3	12.4	12.4				0
2009/10/22	10.8	75.5	0.0	1.9	4.5	0	5.68	11.95		12.6	12.4	12.3				0
2009/10/23	8.9	94.1	0.1	1.7	4.5	0	2.19	5.15		12.3	12.3	12.3				0
2009/10/24	7.6	92.1	4.7	2.1	5.8	0	3.08	6.88		11.3	12.0	12.1				0
2009/10/25	9.0	53.6	0.0	2.2	5.7	0	7.18	14.87		9.0	11.1	11.6				0
2009/10/26	8.1	60.3	0.0	2.0	5.4	0	7.11	14.75		8.9	10.7	11.2				0
2009/10/27	8.4	62.3	0.0	1.9	4.4	0	7.04	14.62		9.2	10.7	11.1				0
2009/10/28	9.1	51.9	0.0	2.0	4.6	0	7.07	14.67		9.0	10.6	11.0				0
2009/10/29	9.7	53.6	0.0	2.0	4.5	0	7.02	14.56		9.3	10.6	10.9				0
2009/10/30	10.7	57.5	0.0	2.0	4.5	0	6.94	14.42		9.8	10.7	10.9				0
2009/10/31	11.4	62.0	0.0	2.0	4.6	0	5.83	12.25		10.4	10.9	11.0				0
2009/11/1	10.4	87.4	0.0	1.9	4.8	0	5.24	11.10		12.3	11.5	11.3				0
2009/11/2	7.2	73.9	0.0	1.9	5.4	0	6.60	13.76		9.9	11.2	11.5				0
2009/11/3	8.6	53.6	0.0	1.9	4.3	0	6.67	13.88		8.8	10.6	11.0				0
2009/11/4	9.3	67.5	0.0	1.9	4.3	0	5.94	12.46		9.7	10.6	10.9				0
2009/11/5	9.1	78.2	0.0	1.9	4.3	0	5.00	10.62		10.6	10.9	11.0				0
2009/11/6	9.4	73.3	0.0	1.9	4.4	0	4.15	8.96		10.4	10.9	11.1				0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2009/11/7	10.6	82.6	0.0	1.8	4.4	0	4.34	9.32		11.8	11.3	11.2				0
2009/11/8	11.3	74.9	0.0	1.9	4.6	0	6.48	13.51		12.0	11.6	11.5				0
2009/11/9	11.1	72.1	0.0	1.9	5.2	0	5.63	11.83		11.4	11.5	11.6				0
2009/11/10	7.2	78.5	12.7	2.5	6.3	0	2.09	4.92		8.1	10.6	11.2				0
2009/11/11	8.0	75.3	0.1	2.2	6.6	0	5.26	11.12		8.3	10.1	10.5				0
2009/11/12	7.5	82.7	1.0	2.1	5.5	0	2.75	6.18		8.8	10.1	10.5				0
2009/11/13	7.4	97.2	35.4	1.9	5.7	0	1.60	3.96		9.8	10.3	10.5				0
2009/11/14	6.7	94.6	2.8	1.8	4.8	0	2.64	5.99		9.6	10.4	10.6				0
2009/11/15	5.2	96.7	5.2	1.9	5.3	0	1.64	4.02		8.7	10.1	10.4				0
2009/11/16	8.9	81.9	0.0	2.0	5.3	0	4.65	9.90		9.0	10.0	10.2				0
2009/11/17	8.0	88.1	1.8	2.2	6.0	0	2.46	5.63		9.3	10.2	10.4				0
2009/11/18	5.7	96.7	0.6	2.0	5.3	0	1.62	3.99		9.0	10.1	10.3				0
2009/11/19	5.9	98.1	0.1	1.8	4.5	0	2.06	4.86		9.0	10.0	10.2				0
2009/11/20	7.2	86.9	0.0	1.9	5.0	0	3.67	8.00		8.5	9.7	10.1				0
2009/11/21	7.2	82.0	0.0	2.0	5.3	0	5.69	11.94		7.9	9.5	10.0				0
2009/11/22	7.3	90.6	0.0	2.1	5.7	0	2.74	6.17		9.1	9.8	10.0				0
2009/11/23	6.8	88.5	0.0	1.9	9.6	96	4.62	10.29	702	8.1	9.6	9.8	0.275	0.249		0
2009/11/24	6.8	79.3	0.0	2.2	10.0	166	8.28	17.72	701	7.6	9.1	9.4	0.273	0.245		0
2009/11/25	7.1	54.4	0.0	1.9	8.9	112	14.98	33.54	701	7.9	8.1	8.9	0.271	0.239		0
2009/11/26	6.4	70.1	0.0	2.4	9.6	121	17.17	34.94	701	8.7	8.5	9.0	0.270	0.239		0
2009/11/27	5.9	58.9	0.0	2.2	9.6	122	16.80	34.46	701	8.5	8.5	9.0	0.268	0.242		0
2009/11/28	4.1	87.4	0.0	1.3	5.9	76	9.99	20.35	701	6.9	8.3	8.9	0.266	0.238		0
2009/11/29	4.8	63.0	0.0	1.3	5.9	296	18.02	36.85	701	5.8	8.0	8.7	0.265	0.234		0
2009/11/30	2.6	87.3	0.0	1.4	6.9	119	11.73	23.53	701	5.2	7.4	8.3	0.264	0.231		0
2009/12/1	4.1	57.6	0.0	1.4	5.2	72	17.97	36.59	701	4.5	7.0	8.0	0.262	0.229		0
2009/12/2	6.0	51.4	0.0	1.4	6.1	124	17.53	35.34	700	6.1	6.8	7.7	0.261	0.227		0
2009/12/3	3.8	52.4	0.0	1.5	8.7	322	16.64	34.20	699	4.4	6.7	7.6	0.260	0.226		0
2009/12/4	2.3	51.0	0.0	1.7	8.5	149	16.02	33.02	697	3.0	5.9	7.2	0.259	0.223		0
2009/12/5	4.1	30.6	0.0	1.4	9.6	188	17.81	35.92	699	3.8	5.7	6.9	0.258	0.221		0
2009/12/6	2.6	57.8	0.0	1.7	6.1	146	14.71	29.16	699	4.8	5.7	6.7	0.256	0.220		0
2009/12/7	1.4	83.9	0.4	1.1	8.0	145	10.01	20.87	700	2.8	5.9	6.8	0.254	0.219		0
2009/12/8	4.5	68.9	0.0	1.8	8.9	69	13.89	30.56	701	5.3	5.9	6.6	0.253	0.218		0
2009/12/9	6.1	73.2	0.0	1.7	8.0	163	18.22	36.36	701	7.6	6.8	7.1	0.253	0.219		0
2009/12/10	5.9	58.1	0.0	1.7	9.6	150	16.78	35.00	700	7.2	6.7	7.2	0.251	0.218		0
2009/12/11	7.0	42.0	0.0	1.7	6.3	326	17.76	35.57	702	6.4	6.4	7.1	0.250	0.216		0
2009/12/12	6.4	26.0	0.0	1.6	7.8	25	17.64	35.62	702	5.3	5.9	6.8	0.249	0.214		0
2009/12/13	5.1	45.3	0.0	1.6	7.2	145	17.25	35.22	701	5.5	5.9	6.7	0.248	0.213		0
2009/12/14	4.1	70.0	0.0	2.2	9.5	150	16.54	34.64	701	6.1	6.2	6.7	0.247	0.212		0
2009/12/15	2.7	82.6	0.0	1.7	9.5	201	12.31	25.26	700	3.8	6.1	6.7	0.245	0.211		0
2009/12/16	1.9	92.4	10.6	2.6	16.0	166	6.99	14.55	699	2.7	5.8	6.5	0.289	0.245		0
2009/12/17	0.6	94.2	5.4	2.3	14.1	167	8.07	16.30	699	1.9	5.3	6.1	0.356	0.314		0
2009/12/18	-0.9	96.8	3.0	2.2	11.3	166	6.53	15.55	698	0.9	4.9	5.7	0.340	0.278		1
2009/12/19	-1.8	96.1	0.2	2.2	14.8	169	9.03	19.26	699	0.9	4.6	5.5	0.317	0.254		1
2009/12/20	-2.1	91.9	0.0	1.8	14.3	233	12.47	24.78	698	0.3	4.3	5.3	0.303	0.243		1
2009/12/21	-2.9	89.3	0.0	1.7	11.5	187	5.93	13.17	699	-1.3	3.7	4.9	0.295	0.236		1
2009/12/22	0.6	47.9	0.0	2.5	17.6	215	16.35	33.78	699	1.7	3.4	4.5	0.289	0.231		0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2009/12/23	0.5	76.7	0.0	2.2	12.8	93	10.07	21.36	700	1.0	3.3	4.4	0.286	0.228		0
2009/12/24	3.1	74.5	0.8	2.0	14.5	159	13.35	26.93	699	4.8	3.6	4.3	0.282	0.225		0
2009/12/25	4.5	95.6	16.4	2.6	17.8	136	10.47	22.13	698	5.7	5.9	5.5	0.365	0.313		0
2009/12/26	1.2	79.2	0.2	2.7	10.8	170	10.13	18.71	697	1.7	5.0	5.5	0.332	0.261		0
2009/12/27	1.0	87.3	1.2	2.2	11.9	142	8.84	16.69	696	2.0	4.1	4.9	0.316	0.247		0
2009/12/28	-0.1	88.8	20.8	2.7	14.3	156	5.81	12.16	695	-0.1	3.6	4.5	0.365	0.321		1
2009/12/29	1.1	68.8	0.8	2.1	14.5	142	16.48	33.57	696	1.8	2.9	4.0	0.354	0.285		0
2009/12/30	0.9	94.8	13.2	2.3	21.5	184	10.63	22.42	697	1.6	3.3	4.0	0.382	0.330		0
2009/12/31	1.9	93.7	1.2	1.9	15.0	163	10.18	20.49	697	2.7	4.2	4.4	0.351	0.283		0
2010/1/1	2.4	86.5	0.0	2.7	18.7	185	16.14	33.53	698	3.6	4.2	4.7	0.332	0.260		0
2010/1/2	2.2	95.7	8.2	2.5	15.0	152	5.66	11.66	698	3.0	4.6	4.9	0.324	0.264		0
2010/1/3	-0.3	83.8	17.6	1.3	24.3	190	7.96	17.69	696	0.2	3.8	4.6	0.384	0.331		1
2010/1/4	1.1	41.1	0.0	1.4	6.3	143	17.70	36.08	696	-0.5	2.8	3.8	0.360	0.290		0
2010/1/5	0.9	70.1	0.0	2.8	15.6	194	11.92	25.59	697	0.5	2.3	3.4	0.343	0.273		0
2010/1/6	1.8	91.7	6.4	2.2	14.1	192	8.94	18.67	698	2.3	3.2	3.6	0.363	0.302		0
2010/1/7	1.0	94.8	3.2	1.6	13.0	162	10.26	22.59	698	2.2	3.8	4.1	0.358	0.295		0
2010/1/8	-0.9	87.8	10.2	0.9	8.9	122	7.50	14.77	697	-0.4	3.3	4.0	0.360	0.296		1
2010/1/9	3.9	18.0	0.0	1.2	5.8	129	18.26	36.85	699	0.7	2.3	3.4	0.350	0.275		0
2010/1/10	3.2	37.6	0.0	1.9	9.1	119	18.19	36.96	699	2.7	2.3	3.2	0.334	0.255		0
2010/1/11	2.9	76.6	0.0	1.9	8.2	135	14.30	29.40	698	3.7	3.0	3.5	0.322	0.245		0
2010/1/12	-1.9	95.3	7.8	1.9	14.3	163	10.03	20.50	695	-0.1	3.2	3.8	0.342	0.275		1
2010/1/13	-4.1	68.5	0.0	1.4	9.6	157	16.94	33.65	698	-1.6	2.5	3.4	0.345	0.270		1
2010/1/14	0.1	33.8	0.0	1.2	6.1	79	18.36	37.11	701	-0.3	2.0	3.1	0.329	0.250		0
2010/1/15	5.2	20.3	0.0	1.5	4.8	110	18.13	37.12	702	2.7	2.1	3.0	0.318	0.239		0
2010/1/16	2.9	49.1	0.0	1.2	5.2	55	17.16	35.64	702	2.7	2.7	3.2	0.311	0.234		0
2010/1/17	3.1	54.5	0.0	1.6	6.3	271	18.73	37.99	703	2.3	3.0	3.5	0.306	0.230		0
2010/1/18	7.4	11.0	0.0	2.4	7.2	267	18.95	38.20	703	5.6	3.2	3.6	0.303	0.228		0
2010/1/19	8.1	28.5	0.0	2.0	7.2	249	18.80	38.29	704	6.7	3.5	3.8	0.299	0.224		0
2010/1/20	8.3	72.1	0.0	1.5	9.1	145	15.16	33.03	705	9.2	4.5	4.3	0.296	0.224		0
2010/1/21	6.2	94.5	0.0	1.2	8.9	264	5.77	11.45	704	6.3	5.5	5.1	0.293	0.222		0
2010/1/22	5.6	99.0	3.6	1.3	6.3	202	4.57	9.57	703	6.3	5.9	5.4	0.295	0.232		0
2010/1/23	5.6	96.3	0.4	1.7	10.9	107	9.43	22.24	703	6.3	6.2	5.8	0.294	0.237		0
2010/1/24	5.1	97.2	1.2	1.5	9.3	167	6.69	13.84	703	5.8	6.3	5.9	0.295	0.244		0
2010/1/25	5.2	98.3	13.2	1.6	10.2	149	6.96	14.19	703	6.1	6.7	6.3	0.347	0.305		0
2010/1/26	3.7	95.3	0.0	1.6	10.6	181	6.98	15.20	703	4.7	6.2	6.2	0.349	0.281		0
2010/1/27	5.1	85.8	0.0	3.1	10.6	125	14.81	28.90	702	6.8	6.1	6.1	0.329	0.260		0
2010/1/28	3.7	90.9	0.0	3.1	11.3	121	5.98	12.97	697	4.2	6.1	6.1	0.319	0.251		0
2010/1/29	2.9	85.8	0.0	2.9	10.8	156	12.50	27.17	701	4.9	5.4	5.7	0.313	0.245		0
2010/1/30	3.5	76.1	0.2	2.4	11.5	166	18.04	37.15	701	5.0	5.4	5.8	0.308	0.241		0
2010/1/31	7.7	33.5	0.0	3.2	16.5	166	20.17	41.19	701	8.7	5.7	5.8	0.303	0.238		0
2010/2/1	6.8	27.9	0.0	3.0	15.8	157	18.38	38.67	700	8.4	5.7	5.9	0.300	0.235		0
2010/2/2	5.3	52.4	0.0	2.4	16.0	157	20.21	41.17	698	7.3	5.9	6.1	0.297	0.232		0
2010/2/3	3.5	80.2	0.0	2.6	15.8	243	13.59	27.10	699	5.2	6.0	6.2	0.294	0.229		0
2010/2/4	4.4	68.7	0.0	2.6	14.1	216	17.95	37.70	700	6.4	5.9	6.1	0.292	0.229		0
2010/2/5	4.2	71.7	0.0	3.0	21.5	208	16.60	35.19	700	6.0	6.3	6.3	0.290	0.230		0
2010/2/6	4.6	84.6	30.8	2.4	14.1	171	8.34	16.73	701	5.5	6.0	6.2	0.331	0.284		0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/2/7	3.5	90.6	17.4	2.3	14.7	212	8.15	15.22	701	4.1	5.8	6.0	0.395	0.339		0
2010/2/8	4.8	83.3	0.2	2.1	13.2	162	11.84	25.50	701	6.0	6.0	6.1	0.347	0.271		0
2010/2/9	6.3	67.3	0.0	2.9	13.5	139	17.28	37.54	701	6.7	6.2	6.2	0.332	0.255		0
2010/2/10	7.6	54.7	0.0	3.1	16.3	166	20.91	42.69	702	8.9	6.5	6.4	0.323	0.249		0
2010/2/11	7.7	41.0	0.4	3.5	17.6	163	21.26	43.59	702	8.8	6.5	6.6	0.316	0.242		0
2010/2/12	4.6	84.8	15.1	2.7	15.4	164	10.21	21.67	701	5.2	6.8	6.7	0.344	0.285		0
2010/2/13	3.5	94.4	12.6	1.8	12.4	149	7.33	14.95	700	4.2	6.3	6.5	0.382	0.318		0
2010/2/14	5.0	81.0	0.0	3.0	15.8	163	17.09	34.37	699	6.0	6.4	6.5	0.354	0.274		0
2010/2/15	4.1	86.6	10.0	3.0	14.3	169	9.23	18.63	699	5.2	6.0	6.3	0.345	0.272		0
2010/2/16	2.5	95.2	49.5	3.1	16.5	166	4.28	8.38	699	2.8	4.7	5.6	0.410	0.361		0
2010/2/17	2.5	97.4	58.1	3.0	16.3	145	3.15	6.98	698	2.6	3.9	4.8	0.423	0.379		0
2010/2/18	1.3	99.0	34.4	2.8	16.1	139	1.00	2.23	698	1.0	3.0	4.0	0.417	0.373		0
2010/2/19	-0.6	99.2	0.0	1.0	9.8	157	1.88	4.47	696	0.5	2.3	3.3	0.375	0.311		1
2010/2/20	-0.2	68.6	0.4	2.7	13.7	208	21.05	42.29	697	0.8	2.3	3.3	0.359	0.296		1
2010/2/21	2.2	64.9	11.1	2.6	12.4	146	21.91	45.91	698	1.0	2.2	3.1	0.378	0.325		0
2010/2/22	1.0	77.7	12.0	2.7	16.1	153	7.46	16.72	697	0.8	2.0	2.9	0.384	0.331		0
2010/2/23	5.1	35.6	2.8	1.4	7.2	257	23.26	47.18	698	0.9	1.9	2.8	0.389	0.335		0
2010/2/24	6.6	32.0	0.0	2.4	13.9	162	23.65	48.02	698	1.6	1.8	2.6	0.388	0.328		0
2010/2/25	4.9	85.0	1.9	2.7	12.1	181	11.80	23.06	699	3.7	1.8	2.5	0.398	0.345		0
2010/2/26	7.2	64.1	0.0	2.7	15.4	164	23.65	47.39	699	7.0	3.0	3.0	0.396	0.339		0
2010/2/27	6.6	61.0	0.0	2.0	10.8	150	20.67	44.01	700	6.7	4.7	4.2	0.359	0.282		0
2010/2/28	8.8	44.7	0.0	2.1	10.0	124	22.24	46.93	702	7.8	5.4	5.0	0.343	0.263		0
2010/3/1	7.6	56.7	0.0	2.1	9.3	163	18.21	39.20	702	8.6	6.4	5.7	0.332	0.255		0
2010/3/2	6.0	80.8	0.0	2.8	16.5	170	15.00	30.73	701	6.7	6.6	6.1	0.325	0.249		0
2010/3/3	7.5	62.1	0.0	2.6	12.6	143	19.32	41.28	701	8.9	6.7	6.2	0.319	0.245		0
2010/3/4	7.3	74.2	0.0	2.8	13.9	138	15.25	32.24	701	8.1	7.1	6.6	0.315	0.242		0
2010/3/5	8.8	60.7	0.0	3.1	13.7	129	23.37	47.47	701	10.6	7.6	6.9	0.311	0.240		0
2010/3/6	9.1	42.8	0.0	3.1	15.6	136	24.39	50.43	702	11.4	8.2	7.4	0.307	0.239		0
2010/3/7	7.2	74.2	0.0	2.7	15.6	174	19.38	38.66	701	9.0	8.3	7.7	0.303	0.237		0
2010/3/8	7.1	81.1	0.0	2.9	13.2	157	14.89	32.24	701	9.4	8.4	7.8	0.300	0.235		0
2010/3/9	4.2	96.4	21.9	3.0	16.9	125	3.25	7.38	699	5.1	7.8	7.7	0.357	0.300		0
2010/3/10	0.6	71.2	0.0	2.2	14.1	131	17.42	34.46	698	3.2	6.8	7.0	0.352	0.275		0
2010/3/11	2.9	37.0	0.0	1.6	10.0	177	24.49	49.86	700	4.7	6.2	6.5	0.336	0.257		0
2010/3/12	4.5	69.9	0.0	1.6	9.5	173	13.71	27.96	702	5.7	6.3	6.5	0.327	0.249		0
2010/3/13	4.9	94.3	18.4	1.9	10.8	154	7.11	15.47	703	5.7	6.7	6.7	0.377	0.320		0
2010/3/14	6.6	83.2	0.0	2.0	9.3	154	13.32	27.39	702	7.1	7.0	6.8	0.354	0.275		0
2010/3/15	7.6	78.8	0.0	1.7	8.2	153	14.69	26.49	703	8.2	7.3	7.0	0.338	0.260		0
2010/3/16	7.8	78.1	0.0	1.7	11.1	58	12.44	25.57	703	8.2	7.7	7.3	0.329	0.253		0
2010/3/17	8.1	78.0	0.0	1.8	13.2	190	15.70	32.91	704	9.2	8.0	7.6	0.322	0.248		0
2010/3/18	8.2	52.3	0.0	1.9	14.7	190	24.04	47.87	704	9.2	8.6	8.0	0.317	0.244		0
2010/3/19	8.3	43.7	0.0	1.8	10.9	143	22.42	46.59	702	9.1	8.5	8.1	0.313	0.241		0
2010/3/20	10.2	37.8	0.0	1.9	12.1	160	23.51	46.81	701	11.4	9.1	8.5	0.308	0.239		0
2010/3/21	11.3	45.6	0.0	1.9	11.3	197	18.94	39.13	702	11.9	9.6	8.9	0.305	0.237		0
2010/3/22	11.6	35.2	0.0	1.8	10.8	139	24.93	50.04	702	12.2	10.0	9.3	0.301	0.235		0
2010/3/23	10.2	43.9	0.0	2.5	12.8	152	26.38	53.88	701	12.5	10.4	9.6	0.298	0.235		0
2010/3/24	8.8	72.6	0.0	2.4	11.5	166	23.97	50.08	700	11.8	10.9	10.1	0.295	0.232		0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/3/25	6.2	93.2	17.2	2.2	13.2	159	5.43	11.27	699	7.3	10.0	9.9	0.341	0.303		0
2010/3/26	5.4	78.8	0.4	1.5	13.4	159	23.34	48.15	699	7.9	10.0	9.5	0.368	0.298		0
2010/3/27	5.5	62.6	0.0	1.7	13.7	204	24.05	47.36	700	7.9	9.4	9.3	0.337	0.262		0
2010/3/28	5.0	56.2	0.0	1.5	8.2	188	23.33	48.08	700	7.6	9.8	9.4	0.325	0.253		0
2010/3/29	7.1	40.9	0.0	1.4	4.8	72	20.77	42.75	701	8.1	9.4	9.3	0.318	0.246		0
2010/3/30	9.5	40.9	0.0	1.9	6.7	98	24.35	48.40	702	10.9	10.0	9.5	0.312	0.243		0
2010/3/31	9.9	63.0	0.0	1.5	9.1	160	23.72	48.45	702	12.3	11.2	10.2	0.307	0.244		0
2010/4/1	9.7	52.7	0.0	1.8	9.3	171	22.79	44.94	701	11.8	11.3	10.6	0.303	0.240		0
2010/4/2	9.0	76.7	4.9	2.7	19.5	147	17.09	38.19	701	11.6	11.5	10.8	0.300	0.239		0
2010/4/3	7.5	90.7	6.8	1.9	11.5	159	11.56	26.15	702	9.5	11.2	10.8	0.329	0.283		0
2010/4/4	8.8	86.3	0.0	2.3	14.1	164	14.40	28.82	701	10.7	11.0	10.5	0.323	0.262		0
2010/4/5	7.8	90.7	16.6	2.2	13.4	178	9.65	21.76	700	8.9	10.6	10.4	0.362	0.325		0
2010/4/6	8.9	84.0	14.8	2.8	13.9	136	14.06	29.70	700	10.0	10.2	10.1	0.362	0.302		0
2010/4/7	8.6	84.1	1.6	2.6	15.6	192	21.32	43.65	702	10.6	11.0	10.4	0.366	0.300		0
2010/4/8	6.6	95.7	42.9	2.0	14.5	166	7.33	14.46	699	7.8	10.2	10.3	0.378	0.332		0
2010/4/9	8.9	52.4	16.7	1.6	13.7	192	28.29	56.37	699	9.2	10.0	9.9	0.378	0.314		0
2010/4/10	11.8	20.3	0.0	1.6	5.9	84	25.91	50.14	700	10.5	10.1	10.0	0.341	0.264		0
2010/4/11	10.0	68.5	0.0	3.0	18.0	156	20.91	40.32	700	11.6	10.9	10.4	0.329	0.256		0
2010/4/12	10.1	61.2	0.0	2.7	18.0	167	21.60	46.97	701	12.0	11.7	10.9	0.321	0.252		0
2010/4/13	8.8	79.8	0.0	1.9	10.6	147	9.94	21.05	703	10.1	11.1	10.9	0.315	0.246		0
2010/4/14	9.4	73.5	0.0	2.5	13.2	129	23.77	46.60	703	11.6	11.6	10.9	0.309	0.242		0
2010/4/15	7.1	92.1	12.7	2.6	16.5	150	11.45	23.90	701	8.9	11.3	11.1	0.307	0.247		0
2010/4/16	8.9	74.4	7.0	1.8	17.4	170	20.90	43.98	702	10.5	11.0	10.8	0.369	0.305		0
2010/4/17	9.1	61.2	0.0	1.7	8.4	131	14.84	29.35	704	10.6	11.0	10.9	0.337	0.260		0
2010/4/18	7.5	96.1	3.6	1.9	11.1	126	9.90	22.31	703	9.4	11.1	10.9	0.330	0.261		0
2010/4/19	7.9	92.9	0.0	1.6	8.4	136	8.02	17.62	701	9.0	10.6	10.6	0.329	0.262		0
2010/4/20	10.1	66.6	0.0	1.7	7.6	162	17.79	39.93	701	10.3	10.7	10.4	0.324	0.253		0
2010/4/21	10.5	67.6	0.0	2.5	10.6	164	22.50	47.45	701	12.1	11.7	11.0	0.318	0.249		0
2010/4/22	10.2	73.2	0.0	2.0	13.4	135	19.18	39.62	702	12.4	12.2	11.6	0.313	0.247		0
2010/4/23	7.7	97.3	26.0	2.2	12.6	135	9.55	20.17	700	9.4	12.1	11.7	0.356	0.305		0
2010/4/24	7.0	91.3	0.8	2.0	11.3	227	20.15	40.03	700	9.1	11.7	11.4	0.358	0.291		0
2010/4/25	10.0	75.1	0.0	1.6	14.8	194	26.29	53.30	702	11.6	11.9	11.4	0.338	0.266		0
2010/4/26	8.3	92.2	0.0	1.5	13.2	159	9.15	20.06	703	10.1	11.7	11.6	0.327	0.256		0
2010/4/27	7.2	91.5	7.8	2.2	13.5	167	9.22	19.54	701	8.4	11.0	11.1	0.341	0.286		0
2010/4/28	7.1	88.5	14.1	2.1	10.9	112	12.55	25.77	701	8.4	10.7	10.7	0.369	0.310		0
2010/4/29	6.5	82.8	8.9	1.3	5.6	118	10.49	22.12	702	8.4	10.2	10.4	0.355	0.291		0
2010/4/30	4.6	86.5	37.9	1.6	13.7	166	13.28	27.37	702	6.2	9.0	9.7	0.398	0.345		0
2010/5/1	7.8	61.7	0.0	1.2	5.4	52	22.36	45.49	702	8.8	9.7	9.7	0.348	0.272		0
2010/5/2	6.7	87.7	0.4	1.1	5.2	145	9.03	18.07	701	8.2	10.1	10.1	0.335	0.260		0
2010/5/3	8.0	71.0	0.0	2.0	6.0	58	18.10	37.82	700	9.0	10.0	10.0	0.327	0.253		0
2010/5/4	9.5	46.2	0.0	1.7	7.8	107	25.09	49.85	699	9.1	10.7	10.5	0.321	0.248		0
2010/5/5	10.5	67.0	0.0	2.2	10.4	121	22.68	46.59	699	12.3	11.6	11.0	0.315	0.245		0
2010/5/6	9.8	92.5	1.6	1.9	11.7	143	8.05	16.91	700	10.9	11.9	11.5	0.312	0.243		0
2010/5/7	9.4	95.6	14.2	1.8	14.8	159	7.28	15.83	699	10.5	11.3	11.1	0.337	0.284		0
2010/5/8	11.4	94.6	0.0	1.1	6.9	80	17.87	37.20	699	13.3	12.6	11.7	0.353	0.284		0
2010/5/9	11.9	88.6	0.0	1.8	9.6	169	18.25	38.24	699	13.8	13.1	12.2	0.336	0.267		0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/5/10	11.0	91.6	1.6	1.6	11.9	150	11.62	25.43	699	12.6	13.1	12.4	0.326	0.261		0
2010/5/11	9.8	92.1	0.4	1.5	10.4	355	10.84	24.43	701	11.8	12.7	12.2	0.320	0.256		0
2010/5/12	8.4	97.4	0.0	0.9	5.6	140	7.39	16.35	701	10.7	12.2	11.9	0.315	0.254		0
2010/5/13	9.4	91.5	0.0	1.2	6.3	157	11.78	24.48	701	11.3	12.0	11.8	0.311	0.251		0
2010/5/14	9.4	91.3	0.0	1.5	8.2	77	10.14	21.71	700	11.2	11.8	11.6	0.308	0.248		0
2010/5/15	9.8	93.6	2.0	1.2	7.2	132	9.05	20.00	700	11.6	12.1	11.7	0.306	0.249		0
2010/5/16	11.0	84.0	0.0	1.0	6.0	139	24.18	48.78	701	13.0	13.0	12.0	0.304	0.250		0
2010/5/17	12.7	72.9	0.0	1.2	5.9	350	12.89	28.95	703	12.9	13.2	12.5	0.300	0.247		0
2010/5/18	13.4	72.2	0.0	1.0	4.4	173	17.15	35.65	703	13.3	13.2	12.6	0.298	0.246		0
2010/5/19	13.8	57.4	0.0	1.5	11.1	147	29.82	60.32	702	14.6	14.3	13.2	0.295	0.246		0
2010/5/20	10.8	65.0	0.4	2.1	15.6	152	20.21	42.38	702	13.2	14.1	13.4	0.292	0.250		0
2010/5/21	11.0	87.6	0.0	1.6	7.6	181	13.10	26.70	702	13.5	14.0	13.4	0.289	0.247		0
2010/5/22	11.6	79.6	0.0	2.5	14.1	150	21.81	45.74	699	14.4	14.2	13.4	0.286	0.245		0
2010/5/23	9.3	96.9	56.8	3.4	18.0	149	2.88	6.80	696	9.9	12.7	13.0	0.351	0.318		0
2010/5/24	11.0	69.6	0.0	2.1	15.4	171	30.52	60.39	698	11.9	13.4	12.7	0.356	0.296		0
2010/5/25	11.9	35.9	0.0	1.2	5.6	62	22.52	44.39	660	9.8	12.6	12.7	0.282	0.230	0.119	0
2010/5/26	12.0	55.3	0.0	1.3	6.1	84	18.92	38.34	701	11.5	13.0	12.9	0.197	0.166	0.119	0
2010/5/27	10.9	92.3	0.5	1.6	8.9	131	9.48	20.48	702	12.2	13.1	13.0	0.198	0.163	0.119	0
2010/5/28	12.2	94.6	1.5	1.4	7.1	132	10.59	23.04	701	13.6	13.2	12.9	0.198	0.163	0.119	0
2010/5/29	11.8	98.6	42.0	1.3	8.9	143	12.99	28.01	699	13.7	13.8	13.3	0.250	0.201	0.159	0
2010/5/30	10.9	99.5	31.5	1.1	5.8	117	8.79	19.62	698	12.8	13.8	13.6	0.264	0.207	0.164	0
2010/5/31	11.6	87.9	4.5	0.9	6.1	188	22.37	47.89	699	13.8	14.8	14.0	0.261	0.208	0.162	0
2010/6/1	10.6	73.5	0.0	1.0	5.0	45	20.71	44.81	699	12.7	14.6	14.2	0.241	0.196	0.149	0
2010/6/2	9.4	95.7	36.5	1.1	6.7	115	10.60	23.57	699	11.8	13.9	13.9	0.262	0.209	0.162	0
2010/6/3	9.7	99.6	55.5	1.1	5.0	110	5.75	12.45	700	11.3	12.9	13.2	0.295	0.230	0.188	0
2010/6/4	10.5	98.8	11.5	0.9	6.3	140	9.25	19.49	699	12.2	13.1	13.1	0.283	0.222	0.178	0
2010/6/5	9.2	99.8	4.0	1.4	9.1	110	9.44	20.95	698	11.4	13.1	13.1	0.265	0.209	0.162	0
2010/6/6	8.8	96.6	1.0	1.4	9.3	124	9.99	20.72	699	10.9	12.7	12.8	0.259	0.205	0.156	0
2010/6/7	10.7	75.7	0.0	1.1	5.2	225	18.60	37.83	700	11.8	12.9	12.7	0.246	0.198	0.150	0
2010/6/8	12.2	81.1	0.0	1.3	6.7	216	19.92	43.10	701	13.2	14.3	13.6	0.240	0.195	0.146	0
2010/6/9	11.5	87.2	1.5	1.1	7.4	119	10.97	23.62	701	12.6	13.6	13.5	0.234	0.191	0.143	0
2010/6/10	10.0	98.9	17.0	1.5	7.8	115	6.29	14.22	701	11.5	12.9	13.1	0.252	0.201	0.153	0
2010/6/11	11.0	99.2	43.5	1.3	9.5	268	10.16	23.87	700	12.7	13.0	12.8	0.293	0.227	0.184	0
2010/6/12	11.1	99.6	37.5	1.4	7.2	139	9.06	19.78	700	12.7	13.5	13.3	0.291	0.225	0.180	0
2010/6/13	10.4	99.7	38.0	1.3	9.7	169	5.05	11.33	701	11.7	13.0	13.2	0.295	0.227	0.182	0
2010/6/14	10.1	99.9	58.0	2.1	10.4	139	5.85	12.61	701	11.2	12.3	12.5	0.306	0.233	0.189	0
2010/6/15	9.1	96.5	3.0	3.2	20.2	124	6.77	14.75	700	9.7	11.7	12.1	0.273	0.212	0.167	0
2010/6/16	10.0	95.6	0.0	2.5	13.4	150	9.92	21.31	701	11.0	11.8	11.9	0.261	0.204	0.158	0
2010/6/17	10.1	89.8	3.0	2.8	15.0	150	8.55	17.73	702	10.4	11.6	11.9	0.254	0.199	0.154	0
2010/6/18	12.4	70.8	0.0	2.3	10.8	145	18.72	39.09	703	12.8	12.0	12.0	0.250	0.197	0.149	0
2010/6/19	14.1	61.2	0.0	2.2	8.0	129	27.80	56.38	703	14.5	14.3	13.1	0.248	0.197	0.148	0
2010/6/20	14.1	58.0	0.0	1.6	8.7	139	22.35	44.13	703	14.3	15.0	14.1	0.243	0.194	0.144	0
2010/6/21	13.3	86.8	7.5	1.6	6.7	46	15.86	34.38	703	14.4	14.5	14.0	0.276	0.213	0.158	0
2010/6/22	11.3	95.1	1.0	1.4	6.9	135	12.19	26.13	703	13.5	14.5	14.4	0.271	0.214	0.168	0
2010/6/23	10.4	97.5	13.0	1.5	8.2	149	8.65	17.17	702	12.2	13.7	13.8	0.277	0.216	0.168	0
2010/6/24	10.4	99.2	4.0	1.7	7.1	108	8.91	18.38	699	12.1	13.4	13.4	0.280	0.219	0.169	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/6/25	10.0	99.5	28.0	2.4	16.3	143	4.01	9.29	698	11.0	12.5	12.9	0.294	0.228	0.181	0
2010/6/26	12.1	93.8	0.0	1.9	11.9	147	14.67	29.68	702	13.3	13.3	13.0	0.274	0.215	0.168	0
2010/6/27	12.9	90.6	6.0	1.7	8.2	117	13.85	30.91	703	14.3	14.3	13.7	0.266	0.208	0.158	0
2010/6/28	13.5	87.0	6.5	1.5	6.7	135	15.87	34.42	703	14.7	14.7	14.1	0.271	0.212	0.158	0
2010/6/29	13.3	92.2	2.0	1.3	5.9	111	15.32	29.42	704	15.1	15.1	14.5	0.277	0.211	0.156	0
2010/6/30	13.2	89.4	6.5	1.3	4.6	118	10.27	22.40	704	13.9	14.5	14.4	0.271	0.209	0.155	0
2010/7/1	14.1	81.4	0.0	0.9	5.0	122	15.45	31.49	703	14.4	14.8	14.4	0.272	0.209	0.155	0
2010/7/2	15.0	72.5	0.0	1.0	4.5	69	19.18	40.06	703	15.3	15.6	14.8	0.259	0.202	0.152	0
2010/7/3	14.8	65.0	0.0	1.1	5.8	240	20.35	44.95	703	15.2	16.2	15.3	0.252	0.198	0.149	0
2010/7/4	15.3	60.0	0.0	1.1	5.8	46	24.05	49.13	703	15.2	16.6	15.7	0.247	0.195	0.146	0
2010/7/5	14.9	59.0	0.0	1.5	9.1	147	21.58	42.44	702	14.6	16.5	15.9	0.243	0.192	0.144	0
2010/7/6	12.8	71.2	0.0	2.0	7.6	105	20.11	39.55	702	14.1	16.0	15.6	0.239	0.189	0.142	0
2010/7/7	13.4	68.2	0.0	1.7	7.2	142	21.61	43.90	703	14.6	16.2	15.6	0.237	0.188	0.141	0
2010/7/8	13.7	61.2	0.0	1.5	7.6	115	15.78	32.25	703	14.4	15.9	15.6	0.234	0.186	0.140	0
2010/7/9	12.8	70.4	0.0	1.7	7.2	112	14.64	29.81	703	14.0	15.4	15.2	0.231	0.184	0.138	0
2010/7/10	13.0	78.7	0.0	1.5	5.8	110	11.72	25.18	704	14.6	15.4	15.2	0.229	0.182	0.137	0
2010/7/11	14.0	78.4	0.0	1.6	5.9	122	17.15	35.33	704	15.7	16.0	15.3	0.227	0.181	0.136	0
2010/7/12	13.9	82.3	31.0	1.2	5.2	69	18.27	37.38	704	15.4	16.7	15.9	0.226	0.180	0.135	0
2010/7/13	11.9	92.0	13.0	1.4	7.6	244	9.42	20.67	704	13.1	14.7	15.1	0.247	0.203	0.156	0
2010/7/14	12.1	82.9	31.5	1.4	6.1	133	14.97	29.29	704	12.4	14.4	14.5	0.277	0.223	0.171	0
2010/7/15	12.3	82.3	1.0	1.3	4.8	69	16.75	36.25	703	13.4	14.7	14.5	0.271	0.214	0.164	0
2010/7/16	12.9	82.1	5.0	1.3	5.6	67	24.68	50.17	703	14.3	15.8	15.0	0.260	0.205	0.154	0
2010/7/17	13.4	77.4	0.0	1.3	5.6	74	22.91	47.95	705	14.8	16.7	15.8	0.252	0.200	0.149	0
2010/7/18	13.6	71.5	0.0	1.7	5.8	24	21.93	44.09	704	14.8	16.8	16.1	0.247	0.196	0.146	0
2010/7/19	13.2	74.4	3.0	1.5	5.9	49	20.04	40.38	703	14.7	16.5	16.1	0.261	0.205	0.156	0
2010/7/20	11.3	87.8	15.5	1.3	7.8	58	9.60	17.84	704	12.2	14.6	15.1	0.287	0.227	0.179	0
2010/7/21	13.1	74.7	0.0	1.3	5.4	66	23.18	48.17	704	13.3	15.3	14.8	0.274	0.215	0.167	0
2010/7/22	12.8	77.0	2.0	1.4	5.6	79	20.72	42.36	703	13.6	16.0	15.5	0.259	0.205	0.157	0
2010/7/23	13.2	74.2	25.0	1.2	5.2	65	19.32	37.24	702	14.4	15.9	15.5	0.252	0.200	0.151	0
2010/7/24	11.7	87.5	6.5	1.2	6.1	331	9.63	21.08	701	13.2	15.3	15.3	0.258	0.207	0.156	0
2010/7/25	11.2	92.9	12.0	1.3	9.1	118	9.84	20.60	701	12.8	14.2	14.5	0.280	0.223	0.175	0
2010/7/26	12.0	92.5	42.5	1.4	7.8	142	13.71	28.45	701	13.9	14.4	14.5	0.296	0.232	0.183	0
2010/7/27	9.9	99.4	29.5	2.0	15.0	135	5.61	11.94	701	11.3	13.4	13.9	0.306	0.242	0.194	0
2010/7/28	10.5	99.4	41.0	1.7	10.8	136	9.16	18.56	701	12.1	13.1	13.3	0.304	0.240	0.194	0
2010/7/29	11.4	97.4	0.0	1.3	6.3	140	10.57	22.01	701	13.0	13.7	13.6	0.271	0.213	0.168	0
2010/7/30	11.9	94.5	2.5	1.2	5.4	122	11.01	22.72	702	13.4	14.2	14.0	0.276	0.216	0.169	0
2010/7/31	12.5	87.5	14.0	1.2	4.6	249	9.37	18.71	704	12.8	13.9	14.0	0.286	0.224	0.179	0
2010/8/1	13.6	82.3	0.5	1.6	5.9	258	15.30	30.14	705	13.7	14.3	14.0	0.278	0.217	0.170	0
2010/8/2	14.0	75.0	7.5	2.2	7.2	223	23.19	46.78	705	14.2	15.5	14.8	0.276	0.218	0.169	0
2010/8/3	13.4	81.7	0.0	3.2	10.6	277	21.84	43.97	702	14.3	15.5	15.0	0.276	0.217	0.168	0
2010/8/4	12.2	91.5	0.0	3.3	10.0	270	13.52	28.26	700	13.7	15.2	15.0	0.263	0.208	0.159	0
2010/8/5	11.7	89.0	0.0	2.1	7.6	267	12.58	25.97	700	13.0	14.9	14.8	0.256	0.203	0.154	0
2010/8/6	12.9	85.7	0.0	1.5	7.4	83	14.71	30.05	701	14.1	14.7	14.6	0.251	0.200	0.150	0
2010/8/7	13.1	90.7	6.5	2.5	10.6	72	18.19	38.36	700	14.8	15.6	15.0	0.254	0.196	0.149	0
2010/8/8	13.6	80.6	0.0	2.6	9.3	260	24.98	48.10	698	14.9	16.5	15.6	0.254	0.197	0.148	0
2010/8/9	13.5	79.0	0.0	1.3	5.9	261	19.37	38.19	698	14.9	16.2	15.8	0.251	0.196	0.147	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/8/10	13.3	68.1	0.0	1.2	4.8	60	15.03	29.16	702	13.6	15.4	15.4	0.247	0.194	0.145	0
2010/8/11	12.4	87.2	6.0	1.5	8.2	115	9.15	18.47	704	13.4	14.8	15.0	0.259	0.208	0.157	0
2010/8/12	13.8	81.9	0.5	1.3	5.8	72	16.15	33.24	704	14.2	14.9	14.7	0.277	0.220	0.169	0
2010/8/13	14.6	67.8	0.0	1.5	6.7	76	24.44	48.24	704	14.6	15.9	15.2	0.265	0.209	0.159	0
2010/8/14	14.1	69.4	10.0	1.7	5.8	129	19.66	39.98	704	14.3	16.0	15.6	0.269	0.213	0.159	0
2010/8/15	12.7	82.7	0.5	1.7	5.8	274	21.67	41.15	705	13.8	15.8	15.5	0.284	0.224	0.171	0
2010/8/16	12.1	88.3	9.5	1.3	6.3	80	16.32	31.85	704	14.1	15.5	15.4	0.264	0.209	0.160	0
2010/8/17	12.6	86.3	16.0	1.5	5.6	76	16.04	34.78	704	13.9	15.5	15.3	0.287	0.219	0.157	0
2010/8/18	10.9	85.9	47.0	1.4	4.8	76	10.43	22.36	705	12.0	14.3	14.8	0.300	0.233	0.177	0
2010/8/19	12.0	70.8	0.0	1.7	5.4	69	20.12	39.69	706	12.6	14.1	14.2	0.286	0.222	0.170	0
2010/8/20	12.5	70.0	0.0	1.6	6.3	72	19.70	38.05	705	12.9	14.7	14.5	0.277	0.215	0.162	0
2010/8/21	13.8	76.1	0.0	1.5	6.7	37	23.13	46.55	703	14.5	15.6	15.0	0.269	0.210	0.156	0
2010/8/22	13.5	77.2	0.0	1.5	6.9	62	18.64	37.39	703	14.2	15.7	15.4	0.263	0.206	0.153	0
2010/8/23	13.4	80.4	0.0	1.7	6.1	91	23.57	46.42	703	15.0	16.1	15.5	0.259	0.203	0.150	0
2010/8/24	12.7	82.3	0.0	1.6	5.0	51	15.97	31.80	704	14.0	16.0	15.7	0.255	0.200	0.148	0
2010/8/25	12.2	84.6	1.0	1.7	5.4	254	18.27	35.29	703	14.1	15.5	15.4	0.251	0.198	0.146	0
2010/8/26	12.0	83.2	0.0	1.4	5.8	46	14.25	30.06	702	13.2	15.1	15.1	0.248	0.196	0.145	0
2010/8/27	12.1	76.8	0.0	1.5	5.2	70	17.62	36.57	701	13.2	15.1	15.0	0.246	0.194	0.144	0
2010/8/28	12.2	81.0	12.0	1.3	5.4	73	15.35	31.64	701	13.1	14.6	14.9	0.269	0.210	0.158	0
2010/8/29	10.9	93.5	3.0	1.1	4.3	72	8.37	16.50	701	12.2	14.1	14.5	0.310	0.236	0.183	0
2010/8/30	11.4	84.0	6.0	1.1	6.9	125	12.07	25.46	698	12.3	13.6	13.9	0.301	0.227	0.174	0
2010/8/31	10.8	97.3	4.0	1.6	8.7	143	6.70	14.29	696	12.1	13.7	13.9	0.314	0.238	0.186	0
2010/9/1	11.2	94.1	14.0	2.1	9.8	121	5.48	11.11	698	11.5	12.8	13.4	0.307	0.233	0.185	0
2010/9/2	11.6	93.3	0.0	1.9	11.5	125	11.79	24.04	701	12.7	13.4	13.3	0.291	0.222	0.174	0
2010/9/3	12.2	78.9	0.0	2.1	11.3	97	24.75	46.54	702	13.8	14.4	14.0	0.279	0.215	0.165	0
2010/9/4	12.2	78.3	0.0	1.6	6.7	53	19.09	36.94	701	14.5	14.9	14.5	0.268	0.210	0.159	0
2010/9/5	13.1	81.1	0.0	1.0	6.1	70	15.40	32.86	701	15.0	15.2	14.9	0.263	0.207	0.155	0
2010/9/6	11.7	88.7	0.0	0.8	5.4	233	9.18	18.79	701	12.8	14.6	14.7	0.260	0.204	0.152	0
2010/9/7	11.8	77.6	0.5	2.4	9.8	46	20.77	42.03	701	14.2	14.7	14.5	0.254	0.201	0.150	0
2010/9/8	12.6	84.4	0.5	2.5	11.0	60	25.83	49.61	701	14.5	15.3	15.0	0.252	0.199	0.148	0
2010/9/9	10.2	95.2	7.0	2.5	12.3	131	7.83	15.86	700	11.7	14.2	14.6	0.256	0.199	0.147	0
2010/9/10	12.5	90.6	0.5	2.7	15.0	138	20.39	41.63	701	14.5	14.5	14.3	0.298	0.231	0.162	0
2010/9/11	12.6	84.5	3.0	1.8	7.6	149	17.70	39.11	704	14.7	15.0	14.7	0.282	0.215	0.159	0
2010/9/12	12.2	76.0	0.0	1.5	5.4	66	20.41	40.75	705	14.0	14.6	14.6	0.278	0.210	0.154	0
2010/9/13	12.7	76.0	0.0	1.3	5.6	32	18.13	36.62	704	13.9	14.6	14.6	0.269	0.207	0.151	0
2010/9/14	12.4	78.3	0.5	1.6	5.8	77	17.70	34.48	704	14.0	14.5	14.5	0.263	0.203	0.149	0
2010/9/15	12.1	82.3	0.0	1.4	8.0	250	14.62	28.78	704	13.6	14.5	14.6	0.258	0.201	0.147	0
2010/9/16	11.9	77.6	0.0	2.1	6.9	257	20.73	44.49	703	14.3	14.7	14.6	0.254	0.199	0.145	0
2010/9/17	11.3	65.9	0.0	1.6	10.4	232	19.35	40.36	701	12.7	14.6	14.7	0.251	0.196	0.144	0
2010/9/18	11.4	74.6	7.0	3.5	22.5	230	16.19	33.41	698	13.3	13.7	14.1	0.254	0.198	0.147	0
2010/9/19	9.9	99.1	189.5	8.9	41.9	143	3.95	7.86	690	10.2	11.8	12.4	0.350	0.265	0.209	0
2010/9/20	10.2	93.1	1.5	2.7	15.8	216	14.51	27.92	700	11.2	12.4	12.5	0.305	0.229	0.176	0
2010/9/21	12.0	78.0	0.5	2.2	11.7	216	21.42	43.11	705	13.5	13.3	13.1	0.282	0.215	0.167	0
2010/9/22	12.7	70.0	0.0	1.6	6.1	216	22.02	43.25	705	13.7	13.8	13.6	0.273	0.209	0.161	0
2010/9/23	11.6	77.9	0.0	1.0	4.5	216	15.05	31.79	703	13.2	13.6	13.6	0.267	0.206	0.157	0
2010/9/24	10.1	89.4	0.5	0.8	5.8	216	8.45	17.81	702	11.7	13.4	13.6	0.262	0.203	0.154	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/9/25	11.0	92.2	0.0	0.9	3.3	216	9.23	18.08	703	11.8	12.9	13.1	0.260	0.200	0.153	0
2010/9/26	11.2	92.0	2.5	0.9	3.7	216	11.20	22.45	705	12.2	13.0	13.2	0.281	0.213	0.164	0
2010/9/27	11.9	88.6	0.0	0.8	3.9	216	9.41	21.77	705	12.3	13.1	13.1	0.292	0.220	0.171	0
2010/9/28	11.6	89.2	1.5	1.0	4.3	216	9.07	19.41	705	12.1	12.9	13.1	0.279	0.212	0.164	0
2010/9/29	12.1	85.2	6.0	1.4	5.4	216	17.46	36.18	705	13.5	13.2	13.1	0.274	0.206	0.160	0
2010/9/30	12.1	73.5	0.0	1.4	5.2	216	18.14	36.29	705	12.6	13.0	13.2	0.270	0.204	0.156	0
2010/10/1	11.7	71.7	0.0	1.6	5.8	216	17.90	35.99	704	12.4	12.7	13.0	0.265	0.203	0.154	0
2010/10/2	12.3	79.3	13.5	1.4	6.1	216	16.73	33.06	704	13.9	13.0	13.1	0.283	0.212	0.164	0
2010/10/3	10.4	91.1	0.5	1.1	4.5	216	11.32	22.49	704	11.6	12.8	13.1	0.311	0.230	0.180	0
2010/10/4	9.5	92.2	0.0	0.9	3.9	216	7.95	15.79	703	10.4	12.1	12.6	0.297	0.222	0.174	0
2010/10/5	9.1	88.5	0.0	1.4	6.1	216	9.69	19.20	703	9.8	11.6	12.1	0.282	0.214	0.166	0
2010/10/6	8.9	89.8	0.0	1.2	4.6	216	6.79	13.72	703	10.1	11.5	11.9	0.274	0.209	0.162	0
2010/10/7	9.3	85.1	5.5	1.0	5.4	114	9.63	18.60	674	10.9	11.4	11.5	0.280	0.207	0.154	0
2010/10/8	9.1	98.3	8.0	0.6	5.4	97	5.65	11.60	701	10.8	12.0	12.2	0.342	0.250	0.186	0
2010/10/9	9.7	96.3	8.5	0.9	5.9	103	6.71	13.53	700	10.8	11.9	12.1	0.335	0.243	0.189	0
2010/10/10	10.6	95.2	1.5	1.0	5.2	101	6.79	13.91	702	11.6	12.2	12.2	0.320	0.233	0.179	0
2010/10/11	11.6	88.0	15.0	1.0	4.3	31	9.26	19.09	704	12.1	12.6	12.6	0.328	0.239	0.184	0
2010/10/12	12.2	87.7	2.0	1.2	5.6	329	11.50	23.87	705	12.7	12.3	12.4	0.321	0.233	0.178	0
2010/10/13	11.8	89.4	4.0	1.1	4.3	58	10.16	22.29	704	12.1	12.5	12.5	0.325	0.235	0.175	0
2010/10/14	11.2	90.6	4.0	1.2	6.1	32	10.18	21.52	703	11.9	12.4	12.5	0.328	0.239	0.182	0
2010/10/15	10.0	93.9	2.5	1.3	4.8	107	7.17	14.31	703	10.7	11.8	12.1	0.327	0.236	0.180	0
2010/10/16	9.6	95.7	5.5	1.8	6.3	275	7.78	15.69	704	10.7	11.7	11.9	0.327	0.236	0.179	0
2010/10/17	8.8	95.5	3.0	1.9	6.5	160	12.62	26.50	704	10.9	12.3	12.2	0.337	0.246	0.190	0
2010/10/18	8.9	97.8	1.0	2.6	9.1	291	8.44	17.01	702	10.3	11.7	12.0	0.308	0.228	0.175	0
2010/10/19	10.2	97.8	9.0	2.0	10.2	253	9.41	19.05	701	11.4	12.3	12.2	0.337	0.242	0.187	0
2010/10/20	10.5	96.7	22.5	1.5	6.7	247	7.29	14.30	699	11.4	12.2	12.3	0.338	0.243	0.189	0
2010/10/21	8.8	99.9	40.0	4.3	13.4	270	2.04	4.41	698	9.5	11.3	11.8	0.370	0.255	0.205	0
2010/10/22	8.6	100.0	8.5	3.2	12.4	355	5.69	11.32	697	9.6	10.8	11.2	0.358	0.247	0.194	0
2010/10/23	10.3	82.5	0.0	2.1	10.0	97	18.98	39.31	698	12.0	12.1	11.7	0.322	0.235	0.181	0
2010/10/24	10.7	57.2	0.0	2.0	10.0	124	18.17	37.37	699	11.5	12.3	12.1	0.297	0.226	0.172	0
2010/10/25	10.2	64.5	0.5	2.2	9.3	139	17.56	33.88	701	11.6	11.6	11.7	0.286	0.220	0.167	0
2010/10/26	9.0	86.6	0.0	1.9	8.7	247	21.05	42.42	701	11.3	12.3	12.1	0.282	0.216	0.163	0
2010/10/27	10.1	62.5	0.0	1.5	8.0	225	20.96	42.59	700	11.2	11.9	12.0	0.275	0.214	0.160	0
2010/10/28	9.9	56.6	0.0	1.0	5.8	191	20.77	42.23	700	10.6	11.6	11.8	0.270	0.211	0.157	0
2010/10/29	10.3	58.4	0.0	1.0	4.8	34	20.72	42.10	701	10.2	11.4	11.6	0.266	0.209	0.156	0
2010/10/30	10.3	62.4	0.0	1.2	4.1	55	20.47	41.58	703	10.4	11.5	11.6	0.262	0.207	0.154	0
2010/10/31	8.0	44.2	0.0	2.1	8.2	242	21.01	41.20	703	8.4	10.8	11.3	0.258	0.205	0.152	0
2010/11/1	10.0	10.1	0.0	2.1	6.9	233	20.90	40.89	703	9.5	10.2	10.7	0.255	0.204	0.151	0
2010/11/2	10.4	36.8	0.0	1.4	6.1	66	20.72	40.76	703	9.0	10.1	10.5	0.252	0.202	0.150	0
2010/11/3	7.7	62.5	0.0	2.1	9.5	117	19.26	38.24	703	9.3	10.1	10.4	0.249	0.201	0.149	0
2010/11/4	8.0	93.2	6.5	1.0	7.2	121	10.79	20.61	704	9.6	10.3	10.6	0.255	0.199	0.149	0
2010/11/5	7.1	99.1	24.5	0.9	10.0	111	5.13	9.94	703	8.7	10.3	10.6	0.358	0.257	0.191	0
2010/11/6	8.0	99.6	4.5	1.5	7.6	117	6.91	14.46	702	9.4	10.4	10.5	0.335	0.244	0.188	0
2010/11/7	8.6	98.5	0.5	1.0	4.3	65	7.34	14.35	702	10.1	10.8	10.7	0.310	0.229	0.175	0
2010/11/8	7.5	92.4	0.5	1.7	7.2	114	10.80	21.45	702	8.9	10.6	10.8	0.296	0.223	0.169	0
2010/11/9	5.5	54.0	0.0	1.2	7.4	191	12.29	25.21	703	5.8	8.7	9.7	0.286	0.218	0.165	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/11/10	7.0	23.1	0.0	1.3	5.8	55	17.78	34.81	703	6.1	7.9	8.7	0.278	0.215	0.162	0
2010/11/11	7.1	27.6	0.0	1.4	7.1	347	17.66	33.42	702	6.3	7.8	8.6	0.273	0.213	0.159	0
2010/11/12	8.1	42.0	3.0	1.5	9.5	100	12.81	25.87	701	7.7	8.0	8.5	0.270	0.210	0.158	0
2010/11/13	6.4	97.5	31.5	0.8	8.2	119	3.94	7.73	703	7.5	8.6	8.9	0.352	0.249	0.194	0
2010/11/14	6.8	97.4	5.0	1.1	7.6	119	5.58	11.08	705	7.9	8.7	8.9	0.344	0.248	0.191	0
2010/11/15	6.0	99.7	5.0	0.7	4.8	308	6.08	11.63	704	7.9	9.1	9.2	0.330	0.239	0.182	0
2010/11/16	6.1	99.9	4.0	1.5	7.2	112	7.65	13.84	703	7.7	9.1	9.2	0.340	0.246	0.189	0
2010/11/17	5.9	95.8	0.0	2.3	8.9	94	11.62	22.56	702	7.4	9.0	9.2	0.313	0.231	0.177	0
2010/11/18	5.6	92.6	4.5	1.5	7.4	111	7.02	14.37	702	6.5	8.2	8.8	0.317	0.234	0.177	0
2010/11/19	5.4	95.4	3.5	1.7	8.9	84	11.68	21.15	700	6.8	8.2	8.5	0.337	0.246	0.190	0
2010/11/20	5.2	84.9	0.0	1.6	7.1	108	9.37	20.26	699	5.7	7.7	8.3	0.307	0.229	0.176	0
2010/11/21	8.1	60.5	0.0	2.0	9.5	121	18.38	36.67	699	7.6	8.0	8.2	0.293	0.223	0.169	0
2010/11/22	6.9	70.1	0.0	2.3	13.0	125	19.54	38.18	698	8.0	8.3	8.4	0.284	0.220	0.165	0
2010/11/23	3.7	83.2	0.0	2.1	11.9	171	7.74	15.68	698	4.6	7.4	8.2	0.277	0.216	0.162	0
2010/11/24	9.0	16.8	0.0	1.5	8.4	110	16.39	32.15	700	6.6	6.8	7.4	0.272	0.214	0.159	0
2010/11/25	1.9	94.7	0.0	1.1	6.7	110	4.75	10.55	699	4.3	6.8	7.5	0.268	0.212	0.157	0
2010/11/26	4.2	53.1	0.0	1.3	6.5	128	16.76	33.56	699	5.2	6.8	7.3	0.265	0.210	0.155	0
2010/11/27	5.8	49.0	0.0	1.4	6.7	103	17.85	34.75	700	6.2	6.9	7.3	0.262	0.209	0.154	0
2010/11/28	5.2	75.3	0.0	1.6	10.2	133	13.66	28.38	701	6.1	7.1	7.4	0.260	0.207	0.153	0
2010/11/29	5.7	81.2	0.0	1.5	7.2	140	11.41	22.49	701	7.0	7.7	7.8	0.257	0.206	0.152	0
2010/11/30	6.6	71.0	0.0	2.1	8.5	90	16.94	34.03	700	7.3	7.7	7.8	0.255	0.205	0.151	0
2010/12/1	5.4	74.7	0.0	3.0	13.5	121	12.26	23.52	700	5.8	7.1	7.6	0.253	0.204	0.150	0
2010/12/2	5.0	84.9	0.0	2.8	15.0	112	8.43	16.51	701	5.1	6.6	7.3	0.251	0.203	0.149	0
2010/12/3	4.8	86.6	0.0	2.1	10.8	114	12.09	23.98	701	5.1	6.6	7.1	0.249	0.202	0.148	0
2010/12/4	5.0	87.1	0.0	2.8	12.3	124	11.68	22.51	701	5.3	6.5	7.0	0.248	0.201	0.147	0
2010/12/5	4.6	86.5	0.0	2.8	11.0	121	8.64	16.94	700	5.0	6.5	7.0	0.247	0.201	0.146	0
2010/12/6	3.4	89.9	0.0	1.6	9.3	128	5.80	11.96	699	4.1	5.9	6.6	0.245	0.200	0.146	0
2010/12/7	0.2	87.3	0.0	1.6	12.6	170	9.67	20.59	696	2.4	6.1	6.6	0.244	0.198	0.146	0
2010/12/8	0.2	28.8	0.0	1.2	18.6	253	17.76	34.43	693	0.7	5.1	6.1	0.243	0.197	0.145	0
2010/12/9	2.1	13.7	0.0	1.1	5.6	0	17.87	34.39	695	1.3	3.9	5.2	0.239	0.195	0.144	0
2010/12/10	4.0	27.1	0.0	1.6	7.4	0	12.30	24.11	696	4.6	4.4	5.1	0.238	0.194	0.144	0
2010/12/11	4.2	90.7	6.0	0.0	7.4	0	9.55	20.50	697	4.8	5.9	6.0	0.252	0.193	0.145	0
2010/12/12	8.9	76.1	0.0	1.0	12.8	0	12.64	26.49	699	8.4	6.4	6.4	0.259	0.195	0.144	0
2010/12/13	10.7	61.3	0.0	0.6	13.2	0	16.89	34.17	701	10.4	8.0	7.4	0.256	0.196	0.144	0
2010/12/14	8.6	60.4	0.0	0.2	5.9	0	10.97	23.11	701	8.6	7.9	7.7	0.253	0.196	0.144	0
2010/12/15	5.3	90.6	13.5	0.2	9.7	0	6.81	13.40	698	5.9	7.3	7.5	0.280	0.206	0.152	0
2010/12/16	3.2	94.3	70.0	1.4	19.5	0	5.26	11.11	694	4.0	6.2	6.7	0.368	0.261	0.207	0
2010/12/17	2.4	20.3	1.0	1.0	18.6	0	17.99	34.48	695	1.2	4.4	5.5	0.305	0.233	0.178	0
2010/12/18	6.5	11.6	0.0	0.3	8.4	0	17.78	34.11	698	3.9	4.1	4.9	0.282	0.222	0.168	0
2010/12/19	6.2	37.5	0.0	1.7	9.5	0	17.91	34.41	700	4.9	4.6	5.0	0.275	0.217	0.164	0
2010/12/20	9.4	19.1	0.0	1.8	11.1	0	18.06	34.68	699	7.3	5.4	5.5	0.271	0.214	0.161	0
2010/12/21	9.6	15.7	0.0	2.0	11.7	0	16.29	33.06	697	8.1	6.2	6.0	0.267	0.212	0.158	0
2010/12/22	4.1	43.1	0.0	0.8	16.0	0	9.36	17.91	696	4.0	5.7	6.1	0.262	0.209	0.155	0
2010/12/23	3.0	51.6	0.0	0.3	5.6	0	12.48	24.68	697	2.9	4.5	5.2	0.258	0.206	0.153	0
2010/12/24	1.8	75.2	0.0	1.5	8.5	0	13.78	27.65	697	3.6	4.6	5.1	0.255	0.205	0.152	0
2010/12/25	-0.2	95.3	0.5	1.4	11.1	0	5.65	11.37	695	1.2	4.3	5.1	0.254	0.203	0.151	1

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2010/12/26	0.2	55.6	8.5	1.7	16.9	0	16.77	34.23	694	0.3	3.5	4.5	0.293	0.226	0.169	0
2010/12/27	0.8	18.1	0.0	1.5	18.9	0	17.83	34.34	696	0.6	2.9	3.9	0.283	0.227	0.174	0
2010/12/28	0.9	32.8	0.0	1.5	9.7	0	17.75	34.33	697	0.8	2.6	3.4	0.270	0.219	0.166	0
2010/12/29	-0.2	73.2	0.0	1.1	6.3	0	15.83	30.80	697	1.5	2.7	3.4	0.263	0.215	0.161	1
2010/12/30	-0.7	60.9	0.0	1.1	8.5	0	17.68	34.47	696	0.8	3.1	3.6	0.260	0.212	0.158	1
2010/12/31	-1.4	52.8	0.0	1.6	8.4	0	17.86	34.71	695	0.0	2.8	3.5	0.255	0.209	0.155	1
2011/1/1	-1.0	44.9	0.0	1.5	12.1	0	17.41	34.34	695	0.3	2.4	3.2	0.250	0.207	0.153	1
2011/1/2	0.1	74.3	0.0	1.7	15.2	0	17.33	34.74	697	1.6	2.7	3.2	0.248	0.205	0.151	0
2011/1/3	-0.7	90.9	3.5	2.2	19.3	0	4.82	9.99	697	-0.2	2.2	3.1	0.273	0.205	0.151	1
2011/1/4	-0.6	91.9	3.5	2.3	10.8	0	7.57	14.98	698	0.1	1.8	2.6	0.309	0.231	0.167	1
2011/1/5	1.3	96.5	9.5	2.0	11.0	0	10.19	20.41	699	1.7	2.1	2.6	0.324	0.246	0.190	0
2011/1/6	1.8	96.9	5.0	1.5	11.7	0	6.70	13.41	699	2.7	3.2	3.2	0.325	0.244	0.186	0
2011/1/7	0.6	95.3	0.5	3.1	11.3	0	10.86	21.53	698	1.7	3.5	3.7	0.308	0.238	0.181	0
2011/1/8	0.3	96.1	0.5	2.9	12.3	0	7.36	14.55	698	1.2	3.0	3.4	0.285	0.226	0.171	0
2011/1/9	2.8	95.4	2.0	2.2	11.1	0	11.11	21.24	699	3.7	3.8	3.7	0.283	0.222	0.166	0
2011/1/10	3.2	93.3	0.5	2.0	11.9	0	11.89	24.74	697	4.8	4.9	4.6	0.291	0.222	0.163	0
2011/1/11	1.3	98.9	17.5	2.2	12.8	0	5.47	11.19	695	2.6	4.5	4.7	0.318	0.237	0.179	0
2011/1/12	0.1	99.2	13.0	0.5	8.2	0	6.87	13.62	695	1.3	3.0	3.8	0.347	0.253	0.199	0
2011/1/13	0.2	96.9	5.0	1.2	9.5	0	8.18	17.26	697	1.4	3.0	3.4	0.322	0.244	0.185	0
2011/1/14	1.4	94.6	2.0	2.1	14.7	0	11.89	21.80	697	2.8	3.7	3.8	0.313	0.239	0.178	0
2011/1/15	0.4	86.2	0.0	2.5	14.3	0	13.26	26.83	696	1.5	3.6	3.9	0.290	0.229	0.171	0
2011/1/16	0.1	66.8	0.0	1.8	12.8	0	17.66	34.57	695	1.2	3.3	3.7	0.275	0.223	0.166	0
2011/1/17	1.1	56.7	0.0	1.8	10.8	0	13.74	26.72	697	2.0	3.1	3.6	0.270	0.219	0.162	0
2011/1/18	1.8	61.8	0.0	2.5	8.9	0	13.55	26.65	698	3.1	3.3	3.6	0.266	0.216	0.159	0
2011/1/19	1.3	87.5	1.0	2.0	9.7	0	9.24	18.87	699	2.4	3.5	3.8	0.264	0.214	0.157	0
2011/1/20	4.0	95.5	4.5	1.7	11.7	0	8.54	18.07	699	4.6	4.2	4.1	0.282	0.217	0.157	0
2011/1/21	3.9	97.3	13.5	1.9	11.7	0	12.41	23.55	698	4.9	5.5	5.1	0.337	0.253	0.196	0
2011/1/22	3.1	76.9	0.0	2.8	11.0	0	17.00	34.48	698	3.4	4.8	5.0	0.294	0.232	0.174	0
2011/1/23	1.2	81.7	0.0	2.4	12.8	0	14.86	30.07	699	2.8	4.4	4.6	0.279	0.225	0.167	0
2011/1/24	0.7	81.9	0.0	2.4	16.5	0	14.13	29.82	699	2.9	4.2	4.5	0.273	0.220	0.163	0
2011/1/25	0.2	88.6	0.0	2.0	12.1	0	11.93	24.40	700	2.2	4.2	4.5	0.268	0.217	0.161	0
2011/1/26	0.5	88.9	0.0	1.7	11.5	0	6.61	14.45	702	1.9	3.6	4.1	0.265	0.215	0.159	0
2011/1/27	2.7	83.4	0.0	1.6	7.8	0	17.51	32.73	703	4.1	4.0	4.1	0.262	0.212	0.156	0
2011/1/28	3.9	69.9	0.0	2.0	11.9	0	11.93	23.54	701	4.8	4.9	4.8	0.260	0.211	0.155	0
2011/1/29	1.5	89.5	0.0	2.6	14.3	0	10.16	22.03	699	3.2	4.7	4.9	0.257	0.209	0.154	0
2011/1/30	-1.3	88.9	2.0	2.9	15.6	0	10.48	21.13	699	0.4	3.6	4.3	0.291	0.228	0.165	1
2011/1/31	-2.5	84.9	0.0	2.4	15.0	0	12.70	25.93	698	-0.6	2.8	3.6	0.295	0.233	0.173	1
2011/2/1	-2.4	90.6	0.0	2.0	11.0	0	7.81	14.96	697	-0.6	2.2	3.1	0.282	0.227	0.168	1
2011/2/2	-1.0	89.7	0.5	1.9	9.8	0	10.65	21.31	698	1.0	2.6	3.0	0.281	0.223	0.164	1
2011/2/3	0.4	80.3	0.0	2.8	10.6	0	17.89	34.86	698	1.4	3.0	3.3	0.274	0.219	0.161	0
2011/2/4	2.4	44.2	0.0	2.7	10.4	0	17.90	35.56	698	2.2	3.3	3.5	0.268	0.216	0.158	0
2011/2/5	5.5	21.0	0.0	1.5	5.0	0	21.34	41.51	699	2.3	3.2	3.5	0.262	0.213	0.156	0
2011/2/6	6.5	30.7	0.0	1.3	6.1	0	21.49	41.74	699	3.3	3.5	3.6	0.258	0.211	0.154	0
2011/2/7	6.2	32.3	0.0	2.1	13.0	0	21.80	42.25	696	4.3	3.9	3.9	0.255	0.208	0.153	0
2011/2/8	2.7	70.3	0.5	2.3	17.8	0	16.91	32.54	694	2.8	4.3	4.3	0.253	0.207	0.152	0
2011/2/9	6.3	48.7	0.0	1.6	7.8	0	21.51	40.13	696	5.3	4.4	4.3	0.251	0.205	0.151	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/2/10	2.7	80.3	0.0	2.6	11.9	0	12.29	26.89	696	4.4	4.8	4.8	0.249	0.204	0.150	0
2011/2/11	2.0	83.4	0.0	2.4	16.5	0	11.96	28.02	696	4.0	4.9	4.8	0.247	0.203	0.149	0
2011/2/12	0.6	90.5	2.5	1.8	12.4	0	12.09	25.36	696	2.7	4.8	5.0	0.247	0.202	0.148	0
2011/2/13	-0.1	89.7	0.5	1.8	9.1	0	9.45	19.62	695	1.9	3.8	4.4	0.248	0.201	0.148	1
2011/2/14	0.4	95.4	15.0	1.7	12.4	0	12.47	22.25	696	1.3	2.9	3.7	0.300	0.226	0.172	0
2011/2/15	2.4	85.6	3.0	1.1	9.5	0	17.79	36.12	698	1.6	2.3	3.0	0.336	0.252	0.196	0
2011/2/16	2.8	93.0	6.0	1.7	8.9	0	14.73	28.95	699	3.6	3.1	3.2	0.335	0.251	0.197	0
2011/2/17	3.3	83.0	0.0	1.9	10.8	0	17.45	36.54	699	3.9	4.5	4.2	0.293	0.231	0.176	0
2011/2/18	3.6	84.5	0.5	2.3	12.6	0	17.03	34.68	698	5.0	4.7	4.6	0.279	0.224	0.169	0
2011/2/19	3.0	96.0	8.0	2.3	12.8	0	5.13	10.59	698	4.0	4.8	4.9	0.299	0.228	0.169	0
2011/2/20	3.5	86.2	10.5	2.1	9.8	0	21.03	40.23	698	4.8	5.7	5.2	0.327	0.249	0.195	0
2011/2/21	1.6	78.2	0.0	2.6	18.0	0	12.20	25.20	697	2.8	4.7	5.0	0.285	0.229	0.174	0
2011/2/22	1.1	86.4	0.0	1.5	13.0	0	7.87	15.91	698	1.8	3.7	4.3	0.276	0.223	0.168	0
2011/2/23	3.7	84.1	0.0	2.4	13.9	0	18.84	38.91	699	5.4	4.7	4.5	0.272	0.219	0.164	0
2011/2/24	3.4	94.7	3.0	1.5	12.1	0	7.17	15.10	699	4.7	5.5	5.3	0.281	0.217	0.162	0
2011/2/25	4.0	88.9	0.0	1.5	8.5	0	7.57	15.49	700	5.0	5.4	5.4	0.281	0.217	0.160	0
2011/2/26	5.4	76.0	0.0	1.5	10.8	0	19.15	34.46	701	5.7	5.8	5.5	0.274	0.216	0.158	0
2011/2/27	10.5	33.6	0.0	1.3	5.9	0	24.18	47.85	702	7.4	6.3	6.0	0.269	0.214	0.157	0
2011/2/28	10.7	29.1	0.0	1.5	5.4	0	24.28	48.15	701	8.4	6.9	6.5	0.265	0.212	0.155	0
2011/3/1	8.6	57.2	0.0	1.6	7.4	0	22.31	45.33	700	9.4	7.8	7.1	0.261	0.211	0.154	0
2011/3/2	4.6	77.5	0.0	1.4	9.5	0	13.63	28.23	699	6.0	7.4	7.3	0.257	0.209	0.153	0
2011/3/3	1.8	90.5	0.0	1.6	10.8	0	9.35	18.88	698	3.4	6.4	6.8	0.254	0.208	0.152	0
2011/3/4	2.5	84.2	0.0	2.1	23.2	0	16.25	30.30	698	5.4	6.2	6.3	0.251	0.206	0.151	0
2011/3/5	4.8	71.8	0.0	1.9	10.4	0	18.08	33.17	699	6.3	6.2	6.3	0.250	0.205	0.150	0
2011/3/6	4.8	83.1	0.5	2.5	13.9	0	12.68	26.91	699	6.2	6.5	6.5	0.248	0.204	0.150	0
2011/3/7	3.6	90.3	15.5	2.9	16.5	0	12.79	23.32	697	5.1	6.5	6.6	0.304	0.235	0.179	0
2011/3/8	1.3	93.8	0.0	2.4	11.3	0	9.71	19.59	697	3.1	5.7	6.1	0.287	0.229	0.174	0
2011/3/9	1.7	95.0	0.0	1.3	9.1	0	8.82	19.38	700	3.7	5.3	5.6	0.277	0.223	0.168	0
2011/3/10	1.1	98.6	11.0	2.2	15.8	0	5.55	11.40	700	2.6	4.9	5.5	0.312	0.234	0.176	0
2011/3/11	2.2	98.4	5.0	2.1	15.4	0	9.63	18.22	699	3.8	5.0	5.2	0.326	0.247	0.193	0
2011/3/12	3.8	91.9	3.5	2.6	15.2	0	15.15	31.15	700	5.4	6.0	5.8	0.314	0.241	0.182	0
2011/3/13	6.6	77.2	0.0	1.8	12.8	0	19.70	38.85	701	6.8	6.8	6.4	0.289	0.230	0.175	0
2011/3/14	9.8	57.0	0.0	1.7	8.7	0	23.52	45.96	702	9.8	7.9	7.2	0.278	0.225	0.169	0
2011/3/15	7.8	63.6	0.0	1.8	9.1	0	21.32	42.21	701	9.3	8.1	7.7	0.271	0.221	0.165	0
2011/3/16	3.4	91.6	0.0	1.2	7.2	0	14.47	28.51	699	5.5	7.6	7.6	0.266	0.217	0.162	0
2011/3/17	3.9	91.8	0.0	1.3	8.2	0	11.05	23.42	700	5.7	7.2	7.2	0.262	0.215	0.159	0
2011/3/18	7.2	92.2	14.5	1.7	11.0	0	14.62	28.93	701	8.0	7.9	7.6	0.292	0.222	0.167	0
2011/3/19	8.1	97.7	7.5	2.2	13.4	0	13.27	26.26	700	9.2	9.1	8.4	0.329	0.247	0.193	0
2011/3/20	10.1	83.6	0.0	2.4	12.8	0	18.18	39.05	701	11.1	9.8	9.0	0.297	0.234	0.177	0
2011/3/21	9.0	84.1	0.0	2.5	11.0	0	15.16	31.66	702	10.0	9.8	9.2	0.282	0.227	0.171	0
2011/3/22	7.8	81.0	0.0	2.2	10.2	0	20.70	37.57	702	9.0	9.8	9.4	0.274	0.222	0.166	0
2011/3/23	5.8	82.8	0.0	1.8	15.8	0	18.84	39.62	701	8.2	8.9	8.9	0.269	0.219	0.163	0
2011/3/24	5.0	84.3	0.0	2.2	15.2	0	18.00	35.43	700	7.8	9.1	9.0	0.265	0.216	0.161	0
2011/3/25	5.0	85.6	0.5	2.0	13.5	0	24.69	48.69	700	8.5	9.3	9.1	0.262	0.214	0.159	0
2011/3/26	2.6	96.8	1.5	2.4	9.5	8	13.84	27.53	699	5.7	8.8	9.0	0.259	0.211	0.157	0
2011/3/27	0.7	99.0	18.5	2.0	9.7	0	5.16	10.48	698	2.4	6.4	7.6	0.318	0.234	0.184	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/3/28	1.0	97.1	22.5	0.9	6.7	8	11.25	23.69	699	2.4	4.7	5.8	0.336	0.251	0.196	0
2011/3/29	3.0	46.4	0.0	1.5	10.2	0	25.03	50.79	701	4.3	5.7	5.9	0.295	0.235	0.178	0
2011/3/30	6.1	26.9	0.0	1.5	6.1	0	21.98	43.27	701	6.7	6.9	6.7	0.282	0.227	0.172	0
2011/3/31	4.3	74.8	0.0	1.0	5.2	0	9.58	20.08	700	6.0	7.4	7.3	0.274	0.223	0.167	0
2011/4/1	4.8	88.7	0.0	1.1	4.8	0	9.31	17.84	700	5.8	7.2	7.2	0.270	0.220	0.164	0
2011/4/2	3.8	86.7	0.0	1.1	4.3	0	9.61	18.49	699	4.8	6.6	6.8	0.266	0.217	0.161	0
2011/4/3	5.2	79.4	0.0	1.2	5.6	0	15.14	30.55	699	6.5	6.9	6.8	0.263	0.215	0.159	0
2011/4/4	3.5	95.4	3.5	1.4	10.2	0	6.56	13.87	698	5.2	7.0	7.1	0.263	0.213	0.158	0
2011/4/5	6.5	83.3	0.5	1.1	8.2	0	25.10	50.06	700	8.8	8.1	7.5	0.269	0.211	0.156	0
2011/4/6	5.5	87.1	0.0	1.1	4.1	0	9.01	17.93	700	5.8	7.7	7.8	0.265	0.210	0.155	0
2011/4/7	6.2	80.3	0.0	1.4	4.8	0	14.13	28.61	701	6.6	7.4	7.4	0.262	0.209	0.154	0
2011/4/8	8.0	76.4	0.0	1.1	5.2	146	17.68	36.06	703	8.3	8.1	7.8	0.261	0.209	0.153	0
2011/4/9	7.9	84.4	0.0	1.3	4.5	147	10.69	21.76	705	7.9	8.4	8.2	0.259	0.209	0.152	0
2011/4/10	8.0	79.4	0.0	1.2	5.9	326	9.54	18.00	704	7.3	8.2	8.2	0.257	0.208	0.151	0
2011/4/11	7.9	82.0	0.0	1.2	5.8	131	12.43	27.05	702	8.5	8.3	8.1	0.255	0.207	0.151	0
2011/4/12	7.4	83.7	0.0	1.1	5.9	87	12.89	27.63	702	8.6	9.2	8.7	0.253	0.207	0.150	0
2011/4/13	8.3	78.1	0.0	1.0	5.6	145	14.68	28.87	703	8.6	9.3	8.9	0.251	0.205	0.149	0
2011/4/14	9.1	64.9	0.0	1.6	6.3	128	18.88	40.13	701	9.3	9.8	9.2	0.249	0.205	0.149	0
2011/4/15	9.9	59.7	0.0	1.8	7.4	211	26.83	52.85	700	10.7	10.6	9.8	0.248	0.204	0.148	0
2011/4/16	9.7	72.7	0.0	2.1	11.3	222	16.44	35.02	699	10.8	11.0	10.3	0.245	0.204	0.148	0
2011/4/17	8.6	83.5	9.5	2.3	14.1	223	15.83	33.50	697	10.2	10.7	10.3	0.247	0.204	0.148	0
2011/4/18	5.3	93.2	12.0	1.4	11.3	239	10.16	22.04	696	7.5	9.7	9.8	0.328	0.253	0.189	0
2011/4/19	4.6	54.8	0.0	1.1	6.9	351	30.85	59.18	698	6.4	9.4	9.3	0.298	0.237	0.178	0
2011/4/20	7.4	24.5	0.0	1.6	5.6	153	28.69	55.88	701	7.0	9.7	9.4	0.280	0.228	0.171	0
2011/4/21	9.1	30.7	0.0	1.7	6.3	212	25.06	48.64	701	8.9	10.1	9.7	0.273	0.223	0.166	0
2011/4/22	8.7	63.3	0.5	1.3	6.1	213	19.72	36.79	699	10.4	10.8	10.2	0.268	0.219	0.163	0
2011/4/23	6.5	89.9	2.5	1.3	8.5	240	13.03	25.70	698	8.7	10.6	10.3	0.267	0.216	0.160	0
2011/4/24	5.2	62.8	0.0	1.3	7.8	212	15.82	31.59	699	6.6	9.5	9.6	0.264	0.214	0.158	0
2011/4/25	6.9	46.9	0.0	2.0	8.9	181	22.30	46.26	700	8.3	9.9	9.5	0.262	0.212	0.155	0
2011/4/26	7.9	84.1	0.0	2.2	9.3	198	17.57	38.63	698	9.5	10.6	10.1	0.259	0.210	0.154	0
2011/4/27	9.3	69.2	0.0	1.6	9.3	74	23.16	48.08	698	10.5	11.6	10.7	0.256	0.209	0.152	0
2011/4/28	8.9	56.4	0.0	1.1	6.3	208	17.53	34.00	701	9.9	11.1	10.7	0.252	0.207	0.151	0
2011/4/29	8.4	59.8	8.0	2.0	17.1	226	11.56	23.12	702	9.0	10.4	10.4	0.250	0.206	0.151	0
2011/4/30	7.3	90.2	4.5	4.0	21.7	211	12.01	24.01	701	7.9	9.3	9.6	0.325	0.251	0.173	0
2011/5/1	8.6	92.6	10.5	2.1	11.3	226	11.47	22.79	702	9.3	9.9	9.7	0.331	0.253	0.192	0
2011/5/2	8.5	90.9	7.5	2.8	14.1	208	9.61	20.13	701	8.8	9.9	9.8	0.335	0.255	0.196	0
2011/5/3	9.0	86.6	2.0	2.8	15.6	213	15.02	30.38	701	9.7	10.0	9.8	0.311	0.240	0.181	0
2011/5/4	10.2	86.0	4.5	2.2	12.3	233	16.91	34.50	701	11.5	11.2	10.5	0.294	0.231	0.175	0
2011/5/5	9.9	96.1	7.0	1.5	9.3	235	14.13	27.34	701	11.3	11.6	11.0	0.335	0.254	0.190	0
2011/5/6	10.4	80.0	0.0	1.8	8.2	184	16.54	36.20	701	11.1	11.8	11.2	0.306	0.240	0.183	0
2011/5/7	11.1	65.2	0.0	1.5	6.9	156	20.97	42.67	702	11.6	12.2	11.4	0.286	0.230	0.174	0
2011/5/8	11.4	70.7	10.5	1.5	6.5	166	20.98	39.39	702	11.9	13.2	12.2	0.301	0.236	0.179	0
2011/5/9	11.4	82.2	23.5	1.6	7.4	181	13.92	28.25	701	11.5	12.5	12.3	0.327	0.249	0.191	0
2011/5/10	11.9	79.6	0.0	1.1	4.6	319	16.29	32.53	700	11.8	12.3	11.9	0.308	0.238	0.181	0
2011/5/11	11.0	86.5	0.0	1.6	11.7	205	9.80	20.66	700	11.6	11.8	11.7	0.288	0.229	0.174	0
2011/5/12	11.6	92.5	9.0	1.4	7.4	170	9.13	19.57	702	12.6	12.5	12.0	0.304	0.237	0.179	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/5/13	10.2	96.0	9.5	1.6	10.0	225	13.51	25.62	702	11.9	12.4	12.0	0.328	0.249	0.190	0
2011/5/14	8.7	98.0	45.5	1.4	10.0	222	6.56	14.09	702	10.2	11.7	11.8	0.345	0.259	0.201	0
2011/5/15	9.1	98.5	2.0	1.5	9.8	177	12.10	23.32	703	10.8	11.7	11.5	0.318	0.242	0.183	0
2011/5/16	8.8	98.9	40.0	1.7	14.7	229	11.58	23.05	701	10.6	11.7	11.7	0.331	0.247	0.188	0
2011/5/17	8.1	92.4	49.5	1.6	7.6	197	10.39	20.99	699	9.7	11.4	11.3	0.353	0.262	0.204	0
2011/5/18	8.7	84.0	0.0	1.5	6.7	194	14.21	28.07	700	10.0	11.1	11.1	0.305	0.236	0.180	0
2011/5/19	10.1	66.8	0.0	1.1	3.5	140	16.54	31.58	701	10.7	11.3	11.1	0.291	0.229	0.174	0
2011/5/20	8.8	88.3	0.0	1.1	4.5	149	9.35	18.41	700	10.0	11.2	11.2	0.282	0.225	0.169	0
2011/5/21	10.4	83.1	5.0	1.3	6.5	190	13.39	26.28	700	11.4	11.4	11.1	0.280	0.221	0.166	0
2011/5/22	9.4	95.9	7.5	1.5	7.8	208	10.24	20.75	700	11.1	11.7	11.5	0.324	0.227	0.168	0
2011/5/23	8.8	99.4	15.5	1.8	11.7	195	8.05	16.21	699	10.4	11.5	11.4	0.350	0.259	0.199	0
2011/5/24	9.6	99.3	13.0	1.0	6.1	223	8.12	16.51	700	11.0	11.7	11.5	0.344	0.256	0.196	0
2011/5/25	10.6	94.6	0.0	1.2	6.9	208	12.19	23.59	700	11.6	11.9	11.6	0.311	0.238	0.181	0
2011/5/26	11.1	94.8	16.0	1.4	6.5	195	10.34	23.50	700	12.6	12.5	12.1	0.324	0.243	0.185	0
2011/5/27	10.9	91.4	4.5	1.5	5.9	147	14.99	31.49	699	12.3	12.9	12.3	0.336	0.246	0.185	0
2011/5/28	10.0	97.4	2.5	2.2	11.0	351	15.92	31.93	696	12.3	13.2	12.6	0.336	0.246	0.182	0
2011/5/29	11.2	52.0	0.0	1.3	5.6	192	15.64	30.12	701	10.3	12.5	12.4	0.309	0.237	0.178	0
2011/5/30	13.1	37.0	0.0	1.7	5.9	218	27.45	53.49	702	11.5	13.3	12.4	0.295	0.231	0.173	0
2011/5/31	12.0	71.5	5.0	2.2	13.9	215	14.16	28.45	701	12.7	13.3	12.9	0.289	0.226	0.169	0
2011/6/1	9.6	96.4	18.0	2.5	16.9	215	10.25	20.35	700	11.1	12.5	12.4	0.354	0.255	0.196	0
2011/6/2	11.1	93.9	2.5	1.7	10.4	191	14.99	31.60	701	12.5	12.9	12.5	0.333	0.246	0.187	0
2011/6/3	11.1	76.9	0.0	1.4	6.9	194	13.68	27.16	702	12.0	12.9	12.6	0.307	0.237	0.180	0
2011/6/4	12.1	56.1	0.0	2.4	11.3	236	17.49	34.38	702	11.6	12.4	12.3	0.294	0.230	0.175	0
2011/6/5	13.2	71.0	0.0	2.2	10.4	215	23.59	45.85	704	13.7	13.9	12.9	0.285	0.226	0.171	0
2011/6/6	13.9	63.4	0.0	2.1	9.5	233	26.40	52.45	703	14.2	15.3	14.0	0.278	0.223	0.168	0
2011/6/7	12.6	67.7	0.0	1.9	8.5	205	20.67	40.94	702	13.8	15.0	14.2	0.271	0.219	0.165	0
2011/6/8	13.6	63.8	0.0	1.9	6.9	213	19.81	39.37	702	14.4	15.2	14.3	0.265	0.216	0.162	0
2011/6/9	13.0	70.6	16.5	1.8	6.7	185	17.43	33.44	703	14.1	15.0	14.5	0.289	0.228	0.174	0
2011/6/10	13.5	74.0	1.0	1.7	8.5	216	22.55	42.47	701	14.0	15.1	14.3	0.314	0.242	0.186	0
2011/6/11	13.2	83.5	0.0	2.0	9.5	230	22.31	42.57	701	14.6	15.6	14.7	0.294	0.233	0.177	0
2011/6/12	10.9	92.8	1.0	2.0	12.3	181	11.27	23.50	702	12.7	14.5	14.3	0.284	0.227	0.172	0
2011/6/13	11.8	90.9	0.0	1.8	9.3	219	19.68	40.86	702	14.1	14.9	14.2	0.280	0.223	0.168	0
2011/6/14	12.6	77.1	0.0	1.8	9.5	201	21.26	44.34	702	14.5	15.8	14.8	0.274	0.220	0.165	0
2011/6/15	13.5	65.8	1.5	1.6	8.0	227	28.78	56.18	702	15.0	16.8	15.5	0.270	0.217	0.162	0
2011/6/16	12.9	76.3	0.0	1.7	7.1	185	16.02	32.31	703	14.2	15.8	15.3	0.264	0.214	0.160	0
2011/6/17	13.5	71.9	0.0	1.7	7.2	147	20.11	39.35	704	14.7	16.0	15.2	0.260	0.211	0.157	0
2011/6/18	14.2	74.2	0.0	1.6	7.6	194	28.47	55.47	702	16.4	18.0	16.4	0.253	0.208	0.155	0
2011/6/19	13.0	78.3	10.5	1.9	9.3	317	18.42	37.22	701	14.6	17.2	16.4	0.275	0.222	0.163	0
2011/6/20	13.6	80.2	0.0	1.6	6.5	194	17.59	36.18	701	14.5	15.9	15.5	0.310	0.243	0.186	0
2011/6/21	11.1	91.2	11.0	2.3	11.0	204	8.58	17.46	701	12.4	14.4	14.7	0.316	0.245	0.188	0
2011/6/22	12.7	83.2	0.5	1.6	8.2	190	21.88	43.90	700	13.9	14.8	14.3	0.325	0.251	0.194	0
2011/6/23	13.7	72.5	0.0	1.7	7.4	142	22.97	47.35	699	14.6	16.1	15.1	0.295	0.236	0.180	0
2011/6/24	12.8	77.2	13.0	2.5	16.9	324	21.81	44.24	695	14.8	15.9	15.3	0.299	0.236	0.180	0

第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/6/25	9.8	96.4	77.5	2.3	16.3	319	8.49	17.77	693	11.1	12.9	13.4	0.362	0.267	0.213	0
2011/6/26	11.1	96.6	1.5	1.6	8.4	174	10.29	21.37	699	12.7	13.5	13.5	0.321	0.243	0.186	0
2011/6/27	12.3	91.0	0.0	1.4	7.2	199	11.78	25.50	700	13.7	14.1	13.8	0.300	0.236	0.180	0
2011/6/28	10.2	96.0	17.5	1.9	10.0	198	7.75	15.43	700	11.7	13.5	13.7	0.317	0.243	0.187	0
2011/6/29	10.1	97.1	2.5	1.7	10.0	208	9.14	18.56	702	11.8	12.9	13.1	0.331	0.246	0.188	0
2011/6/30	12.7	85.3	0.0	1.5	5.4	201	20.07	40.77	703	13.8	14.4	13.7	0.313	0.241	0.182	0
2011/7/1	13.2	73.6	0.0	1.3	4.3	184	17.47	36.15	704	13.7	14.9	14.2	0.295	0.234	0.177	0
2011/7/2	12.9	82.6	11.0	1.2	6.9	197	15.48	32.62	703	13.4	14.7	14.4	0.311	0.243	0.185	0
2011/7/3	13.0	82.0	0.0	1.3	4.8	128	13.19	27.02	703	13.8	14.3	14.0	0.316	0.246	0.186	0
2011/7/4	13.6	69.8	22.0	1.5	6.7	293	20.51	40.63	704	13.7	14.9	14.6	0.323	0.248	0.189	0
2011/7/5	14.2	70.3	0.0	1.1	5.9	154	24.37	48.54	703	13.7	15.4	14.6	0.319	0.247	0.186	0
2011/7/6	14.2	67.1	0.5	1.3	5.9	312	22.07	42.32	701	14.0	15.9	15.2	0.298	0.239	0.179	0
2011/7/7	13.9	58.7	7.0	1.3	6.1	333	22.73	43.48	700	13.5	15.7	15.1	0.311	0.244	0.181	0
2011/7/8	14.0	52.3	0.0	1.2	6.1	309	31.86	62.86	700	14.4	16.3	15.3	0.315	0.247	0.185	0
2011/7/9	12.6	65.4	0.0	1.9	7.8	308	18.44	36.39	699	13.8	16.1	15.5	0.294	0.238	0.178	0
2011/7/10	12.5	92.1	2.0	1.5	8.4	190	14.79	29.35	697	14.0	15.4	15.1	0.288	0.232	0.173	0
2011/7/11	13.3	87.2	0.0	1.5	6.9	176	21.00	44.18	699	15.3	16.2	15.4	0.284	0.228	0.169	0
2011/7/12	13.5	85.2	0.0	1.5	5.8	162	23.04	48.05	699	15.4	17.1	16.0	0.277	0.225	0.166	0
2011/7/13	12.5	88.6	8.0	1.4	5.9	209	12.96	25.49	700	14.3	15.9	15.8	0.294	0.233	0.172	0
2011/7/14	12.7	90.2	3.0	1.7	8.0	211	19.64	41.26	700	14.7	15.9	15.4	0.324	0.247	0.184	0
2011/7/15	11.7	92.9	5.5	1.7	11.3	216	12.91	26.69	701	13.8	15.3	15.2	0.329	0.246	0.180	0
2011/7/16	12.1	91.4	0.5	1.6	9.7	232	14.49	29.52	700	14.2	15.2	15.0	0.332	0.254	0.193	0
2011/7/17	12.4	92.0	7.0	1.2	6.3	205	11.86	25.13	698	14.2	14.9	14.8	0.328	0.247	0.183	0
2011/7/18	11.7	98.9	3.0	1.4	11.9	223	15.10	29.67	696	14.1	15.1	14.9	0.350	0.262	0.200	0
2011/7/19	11.3	99.1	42.0	1.9	10.2	216	8.86	18.57	696	13.0	14.2	14.4	0.358	0.263	0.204	0
2011/7/20	11.5	99.0	2.5	1.7	9.7	204	11.74	26.34	699	13.7	14.5	14.4	0.325	0.244	0.185	0
2011/7/21	12.7	92.6	1.0	1.5	8.7	220	17.36	36.11	701	14.6	15.4	14.9	0.324	0.243	0.180	0
2011/7/22	13.7	80.9	0.0	1.0	5.6	147	15.54	30.35	702	14.2	15.2	14.9	0.304	0.238	0.176	0
2011/7/23	13.5	80.4	19.0	1.4	5.4	6	13.28	28.52	703	13.6	15.0	14.9	0.319	0.244	0.184	0
2011/7/24	14.2	69.4	0.0	2.1	7.4	340	28.52	54.16	703	14.5	15.9	15.0	0.324	0.248	0.187	0
2011/7/25	13.3	86.1	0.5	1.6	6.5	334	14.33	28.90	703	14.5	16.0	15.5	0.302	0.239	0.180	0
2011/7/26	12.1	84.6	0.0	1.5	7.1	154	11.54	22.98	703	13.3	14.9	15.0	0.292	0.234	0.175	0
2011/7/27	13.6	65.3	0.0	1.5	6.5	162	29.90	58.12	703	14.1	16.0	15.1	0.286	0.231	0.171	0
2011/7/28	14.4	79.2	0.0	1.4	7.2	152	25.98	51.64	702	16.0	17.5	16.3	0.278	0.227	0.167	0
2011/7/29	12.9	82.5	6.5	1.5	7.4	204	16.27	33.60	702	14.3	16.9	16.4	0.275	0.223	0.165	0
2011/7/30	12.9	74.7	14.0	1.6	6.7	326	22.14	43.49	701	13.2	16.0	15.8	0.321	0.238	0.180	0
2011/7/31	12.8	75.4	0.0	1.7	5.8	122	18.34	37.28	700	12.8	15.3	15.2	0.324	0.247	0.186	0
2011/8/1	13.4	72.5	0.0	2.0	6.7	337	24.21	46.81	701	14.1	16.1	15.4	0.302	0.239	0.179	0
2011/8/2	12.9	69.2	0.0	1.7	5.8	98	28.21	54.81	701	14.1	17.0	16.0	0.290	0.234	0.174	0
2011/8/3	13.2	58.4	0.0	2.2	11.0	289	30.66	60.60	700	14.4	17.6	16.5	0.281	0.229	0.169	0
2011/8/4	13.1	63.1	0.0	1.9	11.7	226	30.21	59.04	698	14.9	17.9	16.9	0.272	0.224	0.165	0
2011/8/5	12.3	78.7	0.0	1.3	8.4	15	21.14	42.72	696	15.1	17.2	16.7	0.264	0.219	0.162	0

雪山地區高山生態系長期監測與研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/8/6	11.9	86.3	0.0	1.2	8.5	199	17.61	34.71	696	14.3	16.4	16.2	0.258	0.216	0.159	0
2011/8/7	12.3	86.3	10.5	1.2	5.4	197	9.86	20.10	699	13.7	15.2	15.5	0.287	0.229	0.172	0
2011/8/8	12.6	89.9	1.0	1.3	6.7	181	10.79	21.52	701	13.8	14.8	14.9	0.329	0.250	0.188	0
2011/8/9	12.1	84.5	10.0	1.5	6.3	211	9.85	21.37	702	13.0	14.3	14.5	0.325	0.249	0.189	0
2011/8/10	12.0	88.6	3.0	1.2	5.6	143	12.98	27.52	703	13.0	14.1	14.2	0.335	0.249	0.188	0
2011/8/11	11.0	93.4	6.0	1.1	3.7	3	8.52	17.46	703	12.3	13.8	14.0	0.348	0.254	0.189	0
2011/8/12	11.5	89.6	5.0	1.3	6.1	178	9.11	19.19	703	12.2	13.3	13.6	0.346	0.256	0.193	0
2011/8/13	12.7	72.8	0.0	1.4	8.7	192	14.51	30.61	703	12.8	14.0	13.8	0.332	0.252	0.191	0
2011/8/14	13.7	68.4	0.0	1.5	6.5	156	21.12	43.64	705	14.1	14.9	14.3	0.305	0.241	0.181	0
2011/8/15	13.0	63.7	22.5	1.6	6.5	180	17.24	33.95	706	11.9	13.3	14.2	0.325	0.249	0.189	0
2011/8/16	13.0	68.7	0.5	1.5	5.0	149	20.52	40.04	705	12.0	13.2	13.3	0.332	0.249	0.188	0
2011/8/17	13.0	66.6	0.0	1.2	5.8	154	22.95	43.32	705	12.9	14.5	14.0	0.307	0.241	0.180	0
2011/8/18	12.5	68.5	0.0	1.7	6.5	126	24.88	49.76	705	13.0	15.3	14.6	0.293	0.235	0.175	0
2011/8/19	12.4	64.0	0.0	1.9	6.7	152	23.31	46.31	705	13.7	15.5	14.9	0.283	0.230	0.171	0
2011/8/20	12.7	72.8	12.5	1.3	4.8	149	15.36	32.23	705	13.7	15.4	15.1	0.309	0.242	0.182	0
2011/8/21	12.2	83.3	12.5	0.9	4.6	150	14.67	29.09	704	13.1	14.5	14.6	0.351	0.260	0.198	0
2011/8/22	11.5	86.6	8.5	1.1	5.0	146	11.85	24.12	702	12.5	13.9	14.1	0.350	0.258	0.196	0
2011/8/23	11.2	85.7	9.0	1.0	5.0	327	10.32	20.57	701	12.2	13.4	13.6	0.347	0.255	0.194	0
2011/8/24	11.8	85.5	1.0	1.0	5.0	143	14.74	30.09	701	13.1	13.9	13.7	0.336	0.251	0.190	0
2011/8/25	13.3	64.5	0.0	1.8	5.9	336	26.19	51.95	700	13.3	14.9	14.3	0.319	0.243	0.182	0
2011/8/26	13.1	77.9	2.0	1.5	6.9	150	22.31	45.59	701	14.5	15.3	14.8	0.299	0.237	0.177	0
2011/8/27	11.9	85.1	1.5	2.1	11.0	146	13.23	26.30	700	13.1	14.7	14.6	0.296	0.232	0.173	0
2011/8/28	10.2	97.9	17.0	4.3	16.7	146	4.42	9.29	697	11.2	13.2	13.8	0.328	0.245	0.184	0
2011/8/29	11.4	99.4	21.0	4.1	18.7	143	8.46	15.96	693	12.3	13.0	13.1	0.366	0.268	0.207	0
2011/8/30	11.7	96.4	16.5	2.5	23.4	216	10.80	22.20	694	12.8	13.9	13.7	0.349	0.257	0.196	0
2011/8/31	9.1	97.6	6.0	3.3	16.5	215	5.41	11.10	695	10.4	12.5	13.1	0.355	0.260	0.195	0
2011/9/1	10.7	91.8	19.5	1.4	7.4	132	7.93	16.26	698	11.8	12.4	12.6	0.341	0.255	0.193	0
2011/9/2	10.2	96.6	8.5	0.7	3.3	338	7.44	15.55	699	11.4	12.4	12.6	0.357	0.261	0.196	0
2011/9/3	11.3	89.5	0.0	1.1	5.0	149	11.22	23.20	701	11.8	12.8	12.8	0.334	0.251	0.190	0
2011/9/4	12.1	66.7	0.0	1.4	5.6	340	19.44	40.15	701	12.3	12.9	12.8	0.312	0.242	0.182	0
2011/9/5	11.9	68.5	0.0	1.1	5.6	286	21.41	43.96	701	13.0	13.3	13.1	0.299	0.237	0.177	0
2011/9/6	11.1	76.0	0.0	1.1	4.8	152	16.78	31.87	701	12.1	13.3	13.3	0.290	0.233	0.173	0
2011/9/7	11.6	80.8	0.0	1.5	5.2	334	14.89	28.80	701	12.6	13.3	13.3	0.284	0.229	0.169	0
2011/9/8	12.8	79.3	0.0	2.3	7.8	337	21.09	43.32	702	13.8	14.1	13.7	0.279	0.226	0.167	0
2011/9/9	13.4	74.5	0.0	1.0	5.2	143	21.60	41.72	704	14.0	14.6	14.2	0.274	0.224	0.165	0
2011/9/10	12.1	85.0	0.0	1.2	5.2	142	17.37	37.76	704	14.0	14.5	14.3	0.270	0.221	0.163	0
2011/9/11	12.5	71.4	0.0	1.4	5.2	185	23.45	46.80	704	14.2	14.9	14.5	0.266	0.219	0.161	0
2011/9/12	11.5	74.7	0.0	2.0	7.6	69	21.43	44.28	703	13.7	15.1	14.7	0.261	0.217	0.159	0
2011/9/13	10.4	75.8	0.0	2.9	8.2	340	13.39	27.03	702	11.7	14.6	14.5	0.256	0.215	0.158	0
2011/9/14	11.3	84.6	0.0	2.2	8.5	340	16.23	32.30	701	13.2	14.4	14.2	0.252	0.213	0.156	0
2011/9/15	12.1	79.0	0.5	1.4	6.5	149	19.86	39.66	701	14.0	14.3	14.1	0.249	0.211	0.155	0
2011/9/16	11.6	71.3	0.0	1.0	5.4	121	19.59	39.56	700	13.3	14.1	14.1	0.244	0.209	0.153	0



第一章 高山微氣象與熱量收支之研究

日期 (Unit)	氣溫 (°C)	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 (m s <sup>-1</sup> )	最大風速 (m s <sup>-1</sup> )	風向 (°)	日射量 (MJ m <sup>-2</sup> )	PAR (mol m <sup>-2</sup> )	氣壓 (hPa)	草溫 (°C)	地溫 10 (°C)	地溫 20 (°C)	土壤含水量 10 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 20 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	土壤含水量 30 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	AT<0°C (day)
2011/9/17	12.5	31.9	0.0	2.0	7.1	338	28.00	54.83	700	13.2	14.0	14.0	0.239	0.207	0.152	0
2011/9/18	11.5	52.5	0.0	1.5	6.1	329	19.99	40.23	701	12.8	13.8	14.0	0.233	0.204	0.150	0
2011/9/19	11.4	70.6	0.0	1.5	6.9	300	17.67	37.02	701	12.7	13.8	13.8	0.229	0.202	0.149	0
2011/9/20	11.2	73.2	0.0	1.1	6.3	14	15.15	28.48	702	12.4	13.2	13.5	0.224	0.200	0.147	0
2011/9/21	10.7	81.8	0.0	1.0	4.8	145	11.62	24.33	701	11.8	12.9	13.2	0.221	0.198	0.146	0
2011/9/22	11.1	85.9	0.0	0.9	6.9	305	16.64	33.08	701	13.5	13.4	13.3	0.219	0.196	0.144	0
2011/9/23	10.2	89.1	0.0	1.0	5.6	195	12.14	24.39	701	12.3	13.6	13.6	0.216	0.194	0.143	0
2011/9/24	10.6	86.2	2.5	0.9	3.5	138	9.77	19.11	702	11.7	13.0	13.2	0.214	0.193	0.142	0
2011/9/25	11.5	89.1	5.5	1.2	4.8	154	11.10	22.78	703	12.6	13.1	13.1	0.227	0.202	0.143	0
2011/9/26	13.3	78.8	0.0	1.4	8.2	153	20.76	43.16	703	14.3	14.0	13.5	0.277	0.230	0.148	0
2011/9/27	14.0	69.2	0.0	2.2	9.7	153	26.08	52.71	702	15.0	14.3	14.0	0.267	0.219	0.149	0
2011/9/28	12.6	85.5	1.5	1.9	11.5	191	12.40	25.31	702	13.0	14.1	14.1	0.262	0.213	0.149	0



## 第二章 集水區環境資料建置及應用

林昭遠、邱郁瑄、林政侑

國立中興大學水土保持學系

### 摘要

關鍵詞：環境指標、地覆類別、雪東步道、雪山圈谷

#### 一、研究緣起

集水區環境資料所涵蓋之科學領域極廣，如森林、水保、地形、土壤、水文、地質、植生及景觀等。雪霸國家公園轄區集水區經營管理成效之考量因素頗多，如何整合相關科學量化萃取集水區環境資料，建置指標供集水區經營管理成效評估之用極為重要。

#### 二、研究方法及過程

各學科於集水區應用上常有其適宜性之環境指標，且指標種類繁多，加上需考量其尺度性、時間性及空間性，若能選用合適之環境指標於集水區環境復育上，更可事半功倍。本研究針對各學科於集水區環境復育上常使用之相關環境資料進行指標蒐集及建置，並依照應用層級及類別進行歸納，選擇適當之樣區進行環境指標評估及篩選，以供集水區環境復育之用，如地形演化、地景變遷、植生復育及水源涵養能力等分析；最後將環境指標進行整合性評估及綜合研析，期有效提供於集水區環境復育時之參考依據。

#### 三、重要發現

利用不同時期之SPOT衛星影像萃取植生覆蓋指數(mNDVI)及含水量指數(mNDWI)，計算兩指數之平均值及標準差，mNDVI值越大之區位植生覆蓋越佳；mNDWI值越大之區位含水量越高；標準差越大表示該區位受環境影響較大。藉由兩指標進行地覆類別劃定，以單一指標劃定成果不佳，經合併兩指標後其精確度明顯提高。另針對雪東步道沿線及雪山一號圈谷，找出熱點區位，建立相關模式，提供雪霸國家公園維護管理之參考。

#### 四、重要建議事項

針對雪霸國家公園集水區環境資料建置及應用，提出下列具體建議，分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

##### (一)立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：

1. 運用mNDVI及mNDWI等環境指標可迅速找到受環境影響較大之區位，提供雪霸國家公園進行重點監測與管理之參考。
2. 圈谷受環境應力影響甚大，造就其特殊之立地條件，毗鄰圈谷之黑森林出口步道兩旁處其mNDVI及mNDWI之標準差乘積變異較大，此區位可視為生態推移帶，物種較為豐富，為設置樣區之適合點位。

##### (二)長期性之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：

1. 利用不同季節之SPOT衛星影像，萃取mNDVI及mNDWI指數可動態萃取雪霸國家公園轄區之地覆類別。
2. 瞭解七家灣溪上游集水區土砂之遞移極為重要，宜長期監測登山步道沿線環境之變異，量化分析步道環境熱點區位，擬定妥善之復育及管理措施。
3. 圈谷之雪量及溶雪時間對集水區水源涵養極有貢獻，溶雪可補注河川生態基流量，對七家灣溪夏季水溫的調控亦有幫助，有關氣候變遷對圈谷雪量及溶雪之影響宜加以探討。

## Abstract

【Keyword】 Environmental Index, Land Cover, Watershed, East Xue Trail, Syueshan Glacial Cirques

The environmental information in a watershed is an interdisciplinary science including forestry, soil and water conservation, topography, hydrology, geology, vegetation, landscape and so forth. Besides, integrating related science for environmental management of Shei-Pa National Park is urgent because an effective watershed management may be caused by complicated reasons and many factors need to be considered. There are diverse suitability indices for watershed application in each discipline. Moreover, different kinds of hazard, geomorphologic evolution, and vegetation restoration need to be concerned by different scales, and temporal and spatial considerations. If an appropriate environmental index is selected for watershed environmental management, better results may be reached. Therefore, this study collected and established the most commonly used environmental indices for watershed management from different science fields. The elected environmental index assessment and selection for study sites could be categorized according to their hierocratic structure such as geomorphic evolution, landscape changes, vegetation restoration, and water resources conservation capability, and could be provided to watershed environmental management implementation. Finally, the environmental indices could also be evaluated by integrated assessment and analysis and referred as the design baseline for watershed environmental restoration.

Vegetation cover index (modified normalized difference vegetation index; mNDVI) and moisture content index (modified normalized difference water index; mNDWI) were extracted from different seasons of SPOT satellite images, and the mean value and standard deviation were then calculated from mNDVI and mNDWI to interpret the intensity and variation of photosynthesis and/or moisture content for the analyzed grids in the study area. The higher the mNDVI is, the better the plant coverage derives; and the larger the mNDWI is,

the higher the moisture content is. The areas with higher standard deviation can be explained as the sites which experienced more environmental stresses. The accuracy of land cover classification can be promoted by means of the two indices. In addition; the hot spots in the East Xue Trail and Syueshan Glacial Cirques can also be extracted to establish the related models for the reference of management.

According to the results, two suggestions are summarized as follows:

#### Immediately feasible recommendation

1. The sites which are seriously affected by environmental impacts can be identified by using the certain environmental index, and can provide the references of monitoring and management for Shei-Pa National Park.

2. Syueshan Glacial Cirques suffers environmental stress showing unique characteristics of habits, the highly variations of mNDVI and mNDWI along the trail located at the exit of black forest can be regarded as ecotone, which is suitable in setting up sampling plots due to rich species diversity.

#### Long-term recommendation

1. Land cover in the whole Shei-Pa National Park can be extracted dynamically using mNDVI and mNDWI.

2. To understand the sediment delivery in the upstream of the Chi Chia Wang Stream is very important, the environmental variation along the trail should be monitored constantly and hot spots should be quantitatively analyzed in order to make appropriate measures of restoration and management.

3. Amounts and duration of snow melting in Glacial Cirques play key roles in water conservation for the analyzed watershed. Snow melting can recharge the ecological basic flow and adjust water temperature of the Chi Chia Wang Stream during the summer season. The effects of climate change on snow melting in Glacial Cirques should be further studied.

## 一、研究緣起與背景

國家公園轄區集水區經營管理成效之考量因素頗多，如何整合相關科學量化萃取集水區環境資料，建置指標供集水區經營管理成效評估之用極為重要。另各學科於集水區應用上常有其適宜性之環境指標，且指標種類繁多，加上需考量其尺度性、時間性及空間性，若能選用合適之環境指標於集水區環境復育上，更可事半功倍。因此本研究針對各學科於集水區環境復育上常使用之相關環境資料進行指標蒐集及建置，並依應用層級及類別進行歸納，選擇適當之樣區進行環境指標評估及篩選，以供集水區環境復育之用，如地形演化、地景變遷、植生復育及水源涵養能力等分析；最後將環境指標進行整合性評估及綜合研析，期有效提供於集水區環境復育時之參考依據。

由於人類對自然環境開發日益增加，致異常氣候造成之災害更加嚴重。Sala等(2000)在2010年全球生物多樣性的評估報告中明確指出，全球氣候變遷將對某些處於極端氣候的生態系影響最大，例如極地、高山以及沙漠生態系。相對於低海拔地區，高山生態系之環境嚴苛，生物對於環境之變化較為敏感，例如溫度、太陽輻射、積雪及強風等，當環境產生些微變化，都可能對高山生態系產生衝擊。雪霸國家公園位處於高山生態系，其擁有特殊之景觀生態、亦有豐富之原住民文化，但不當之土地利用易對園區特殊環境及文化造成破壞，如何找出環境敏感區位予以妥善經營管理實為重要課題。

衛星影像具有短時間便可對相同地區重覆拍攝之優點，相較於航拍影像拍攝時間間隔較長，於使用上有其限制。本研究以五期衛星影像萃取雪霸國家公園億年橋集水區之mNDVI及mNDWI環境指標，再利用群集分析對環境指標進行地覆類別分類，找出生態推移帶分佈區位，供高山生態系研究之參考。另由於雪山地區地形陡峻，步道開發會導致沿線環境之擾動與衝擊，雨季易因地表逕流增加導致嚴重水土流失，旱季易因乾旱而造成周遭植生生育不良或植相改變。雪東步道為園區內熱門登山步道，利用環境指標之建立及篩選，了解其環境敏感區位，進而找出步道易受衝擊之區域，期提供雪霸國家公園對步道管理之參考。另外，雪山一號圈谷其特殊之氣候及立地條件，造就出特殊之生態環境，利用環境

指標瞭解其環境變動區位，找出植物相競爭激烈區，可供其生態調查樣區設立之參考。



## 二、研究設計

本年度之重點工作係萃取研究區位之mNDVI及mNDWI環境指標，藉全面掃描分析找出環境敏感區位，再針對重點區位探討其環境脆弱度，供經營管理參考。

### (一)研究地點

#### 1.億年橋集水區

雪霸國家公園位於苗栗縣、新竹縣、宜蘭縣及台中市交界，面積共76,850公頃，是台灣登山步道最多且最複雜之國家公園。本研究選定億年橋上游集水區作為樣區(圖2-1)，此集水區包含武陵農場、雪東線登山步道及雪山圈谷，全區海拔皆高於1,700m屬高山氣候區，由於氣候條件嚴苛且當地生物對環境變化敏感，加上集水區位於德基水庫上游，一旦有自然災害或人為破壞對於下游地區將造成影響，因此找出環境變動區位有其重要。

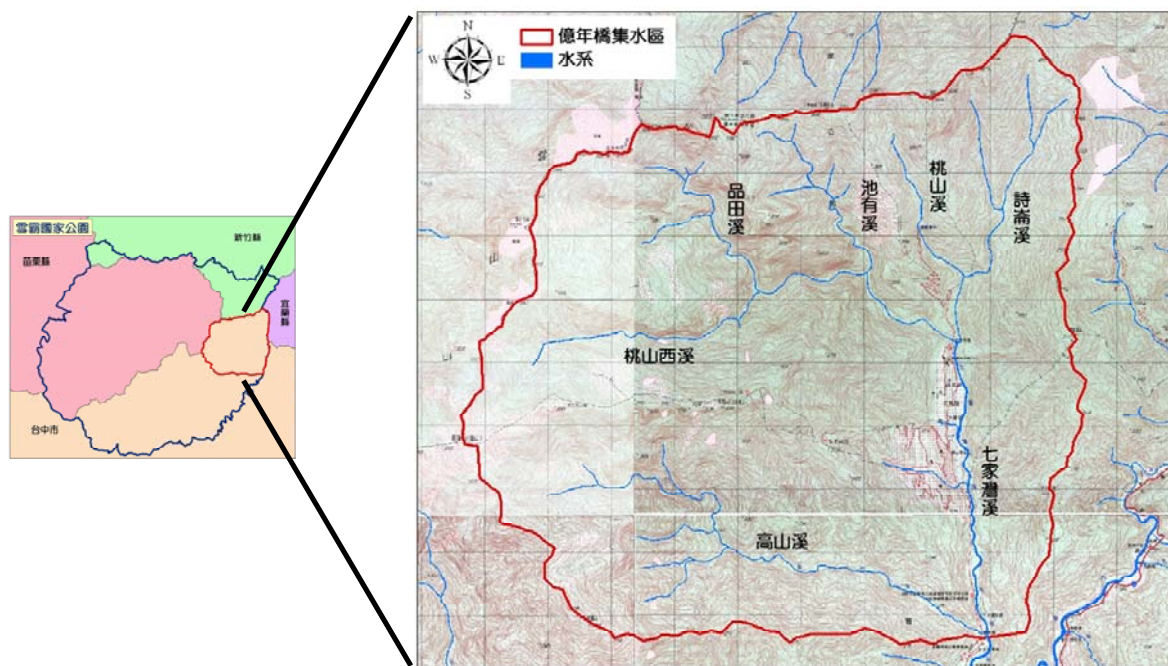


圖2-1. 億年橋集水區。  
(資料來源：本研究資料)

#### 2.雪東線登山步道

雪霸國家公園之雪東線登山步道(圖2-2)，位於國家公園東側，是由雪山山脈主峰為主軸，向東分出的稜線，步道路線由雪山登山口管制站

(0K+000)經兩公里可達七卡山莊、四公里處觀景台及哭坡、雪山東峰、停機坪、三六九山莊、黑森林、圈谷底部、再沿雪山稜線往西可直達雪山主峰，步道長約10.9 km，海拔高度為2,200-3,886 m。步道沿線兩旁在不同高度及氣候帶分布下，林相變化豐富，沿線包含二葉松林、台灣鐵杉、冷杉林帶(台灣冷杉、高山箭竹)及高山植群帶(玉山圓柏、玉山杜鵑)。因沿途完善之住宿設施及省時登峰捷徑，登山隊伍安排三天至四天之行程即可往返雪山主峰，使雪東線成為雪霸國家公園熱門之登山步道。

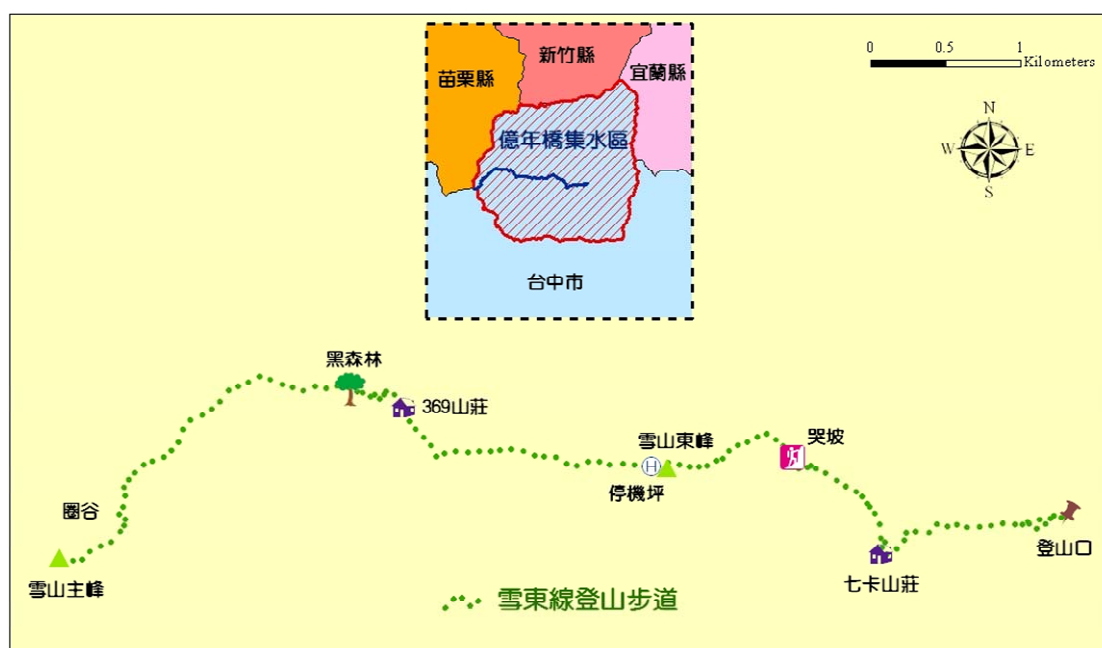


圖2-2. 雪東線步道。  
(資料來源：本研究資料)

### 3. 雪山一號圈谷

1931年日本學者鹿野忠雄因雪山分布著圈谷群、冰坎、端冰磧、擦痕等冰河作用地形，提出圓弧形冰斗地形即為冰河遺跡，但當時仍存在著許多爭議性，雪山一號圈谷為台灣冰河地形中形狀最圓弧，發展最完善之一，其位於雪山主峰東北方，開口朝向東北，海拔高度達3,500 m以上，其谷底與兩側山坡布滿碎石，主要植物社會為矮盤灌叢，像是匍匐狀生長的玉山圓柏及叢生之玉山杜鵑，每年11月山區氣溫遽降，路面有結冰現象，12月至隔年的3月冬季冰雪覆蓋，直至五月大地回暖到10月，草種入侵生長，植物豐富競爭激烈(圖2-3)。

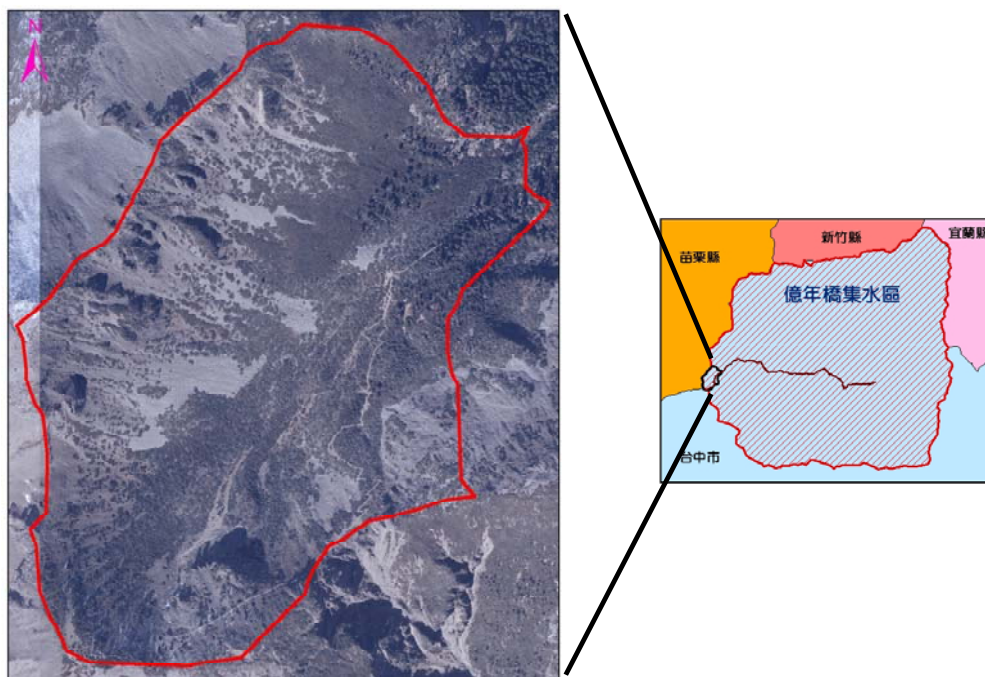


圖2-3. 雪山一號圈谷。  
(資料來源：本研究資料)

## (二)基本圖資、研究項目及方法

### 1.基本圖資蒐集分析

蒐集研究樣區之數值高程模型(DEM)、各期衛星影像以及2006~2008年數值航照圖。所蒐集之基本圖資及用途彙整如表2-1，各期衛星影像原始圖像如圖2-4所示，因夏季衛星影像品質不佳，雲層較多，故本研究選用雲量較少之橫跨春冬季節之影像作為分析材料。

表2-1. 基本圖資

基本圖資	屬性	時間	空間解析度	來源	用途
DEM	5m*5m	—	—	農林航測所	高程 坡度 坡向
GIS 圖資	衛星影像	20081220	20m×20m(SPOT4)	中央大學 太空及遙 測中心	mNDVI mNDWI
		20090508	10m×10m(SPOT5)		
20091021		10m×10m(SPOT5)			
20100319		20m×20m(SPOT4)			
20110227		20m×20m(SPOT4)			
	數值航照圖	2006~2008		農林航測所	訓練樣區

(資料來源：本研究資料)



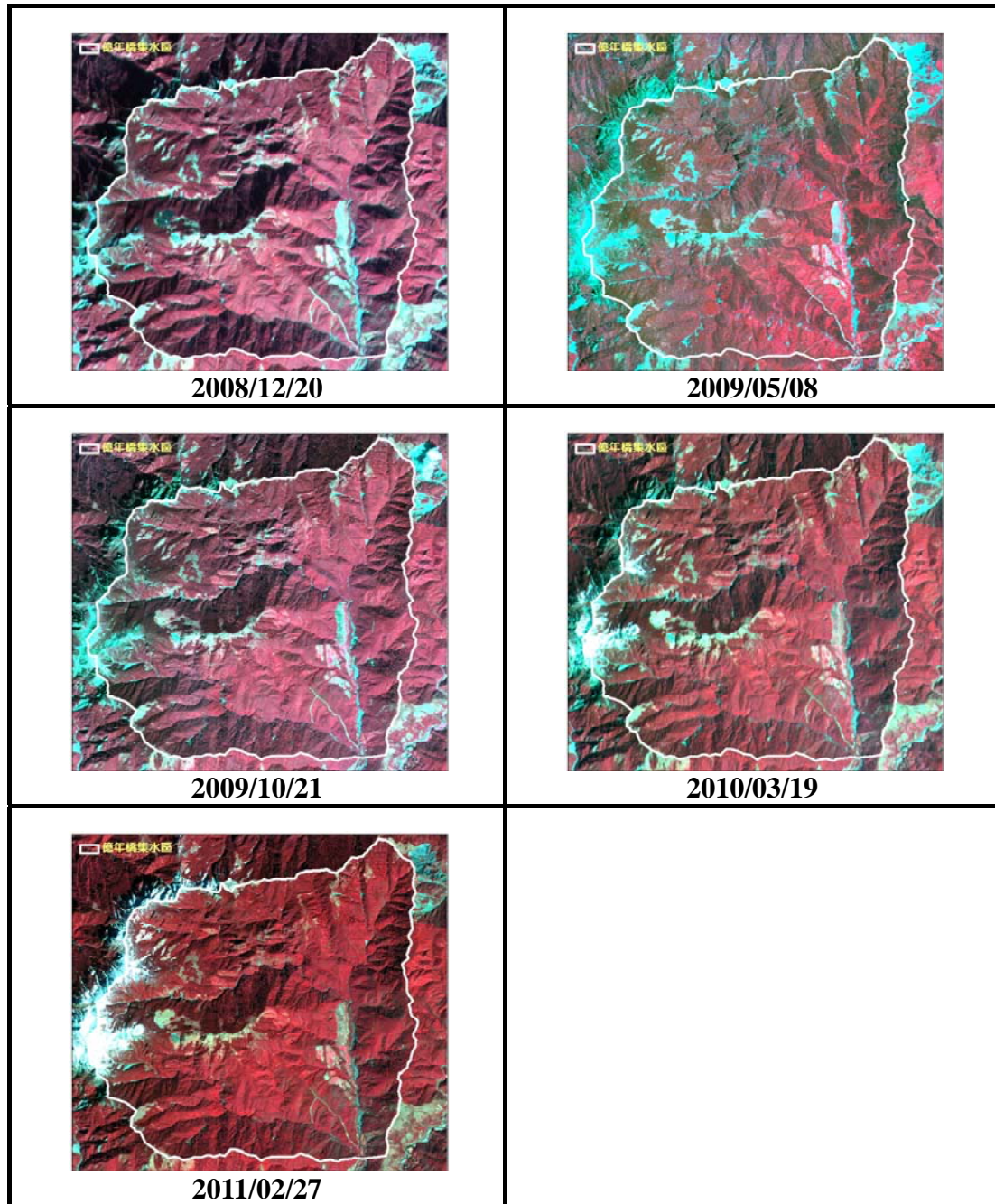


圖2-4. 各期衛星影像。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 研究項目

### (1) 集水區環境變動區位監測與管理

由衛星影像萃取mNDVI及mNDWI，計算其平均值及標準差；再進行群集分析，據此劃定地覆類別並找出環境變動區位。另外利用集水區土壤流失量配合泥砂遞移率之空間分佈，計算集水區之泥砂產量，並找出對下游地區影響較大之熱點區位。

(2)雪東線登山步道沿線環境指標分析

利用SPOT衛星影像判釋植生指標，結合土壤流失公式，評估雪東步道沿線植群變化敏感及土壤流失嚴重區位。

(3)雪山一號圈谷環境變動區位

利用不同時期衛星影像萃取環境指標，以標準差找出圈谷地區植生競爭激烈區域，藉以劃定生態推移帶。研究流程如圖2-5所示。

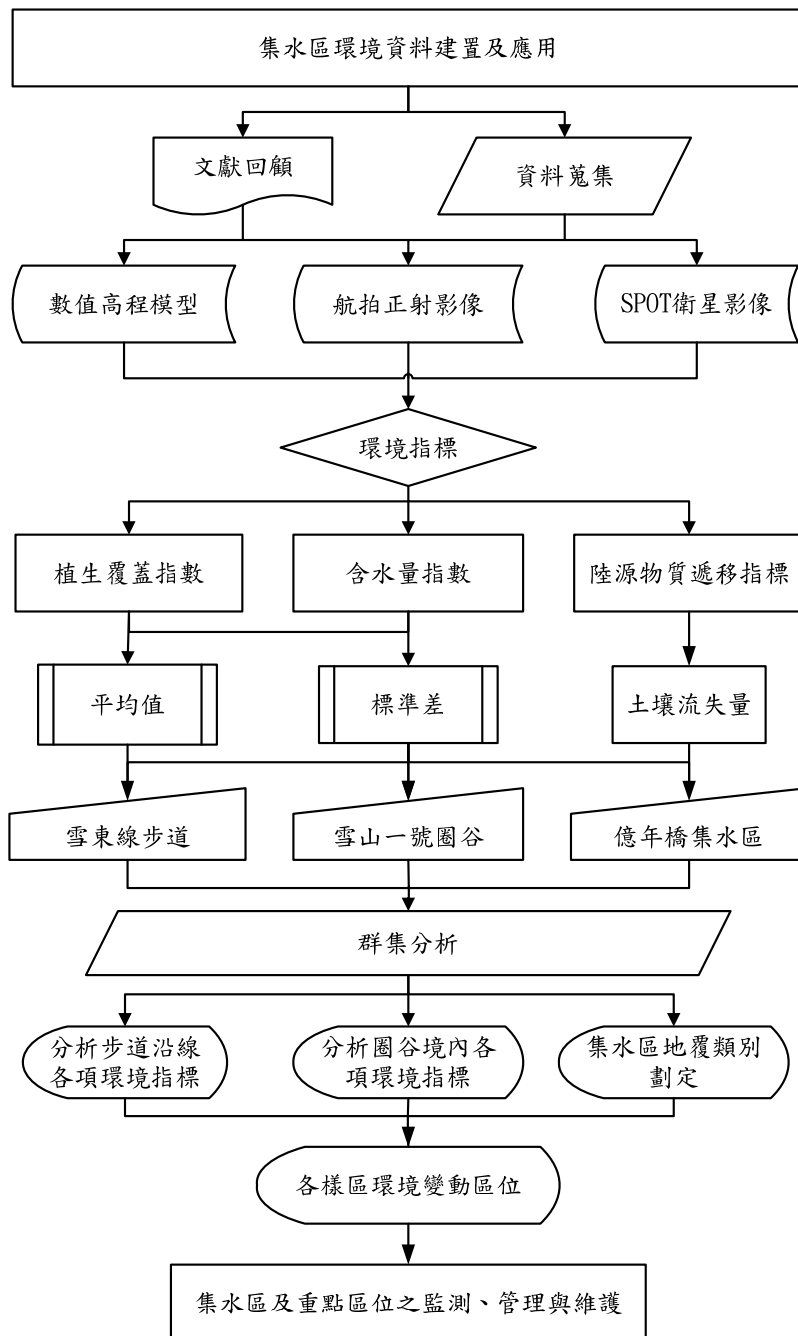


圖2-5. 研究流程。  
(資料來源：本研究資料)

### 3.研究方法

#### (1)植生覆蓋指數(mNDVI)

藉由影像光譜特性推求自然界之物理現象，常需配合其光譜反射特徵進行選用，如植被因具有吸收紅光及強烈反射近紅外光之特性，故於植被判釋上一般採用紅光及近紅外光，依此計算之比值或差值即所謂的植生指標。常態化差異植生指標(NDVI)常被用於測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等，如黃國楨等(1996)採用法國SPOT衛星影像來推得NDVI之變化，進而分析評估SPOT衛星影像前後兩期綠色植生量之變遷。NDVI之計算方式如下：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

NIR為近紅外光，R為紅光，其值介於-1~1，越大表示植物生長越旺盛、植被覆蓋越佳。將NDVI做線性拉伸，使其值域拉伸至0~1之間，其值越近1為植生覆蓋相對良好之區位，反之則越少，將其值域固定。將拉伸處理後之NDVI以「植生覆蓋指數mNDVI」為名，拉伸處理公式如下：

$$\text{植生覆蓋指數(mNDVI)} = \frac{NDVI - NDVI_{\max}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}$$

#### (2)含水量指數(mNDWI)

SPOT-4及SPOT-5衛星具有短波紅外線波段(Short-Wave Infrared, SWIR)，此波段比綠光、紅光及近紅外光具備更強之大氣穿透能力，因此可使得衛星影像上的地物地貌更加清晰。藉由SWIR波段更高亮度對比特性，地表的水線和湖泊等均可以鮮明銳利地呈現。利用Gao(1996)提出常態化差異水體指標(NDWI)用來判釋水深及葉面含水量的多寡，其計算方式如下：

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

上式中NIR為近紅外光反射值，SWIR為短波紅外光反射值，其值介於1~-1之間，值越大表示含水量越高，反之則越低。將NDWI做線性拉伸，使其值域拉伸至0~1之間，其值越近1為含水量相對較多區位，反之則越少，將其值域固定。將拉伸處理後之NDWI以「含水量指數mNDWI」為名，拉伸處理公式如下：

$$\text{含水量指數(mNDWI)} = \frac{\text{NDWI} - \text{NDWI}_{\max}}{\text{NDWI}_{\max} - \text{NDWI}_{\min}}$$

### (3)陸源物質遞移指標

係以集水區資訊分析、變遷評估及最佳管理策略為出發點，利用GIS、RS及資料探勘技術整合指標、方法及模式評估集水區火燒後，陸源物質輸出對集水區生態系養份循環之影響。

土壤沖蝕為環境主要問題之一，且為泥砂來源主要管道，本研究之坡面泥砂產量推估，分為兩大主軸：一為土壤沖蝕下的流失量估算、另一為依照遞移率觀念進行泥砂產量之推估。

#### (a)坡面土壤沖蝕量

坡面土壤沖蝕量之評估採用通用土壤流失公式如下：

$$A_m = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

式中，

$A_m$ ：每公頃每年平均土壤流失量(公噸/公頃-年)

$R_m$ ：年平均降雨沖蝕指數(焦耳-毫米/公頃-小時-年)

$K_m$ ：土壤沖蝕性指數(公噸-公頃-小時-年/焦耳-毫米-公頃-年)

L：坡長因子

S：坡度因子

C：作物管理因子

P：水土保持處理因子

#### I. 降雨沖蝕指數【 $R_m$ 】

降雨沖蝕指數( $R_m$ )係由黃俊德(1979)分析本省八個氣象站(基隆、新竹、台中、日月潭、高雄、恆春、台東及花蓮)20年的自記日雨量記錄，並以全台灣200個雨量站的月雨量資料為輔，利用這些氣象站之記錄以非線性迴歸方程式求算各地雨量與年降雨沖蝕指數的關係，建立臺灣本島的年平均降雨沖蝕指數，利用地理統計可求算台灣地區年平均降雨沖蝕指數等值圖。研究範圍集水區降雨沖蝕指數空間分布(圖2-6)。

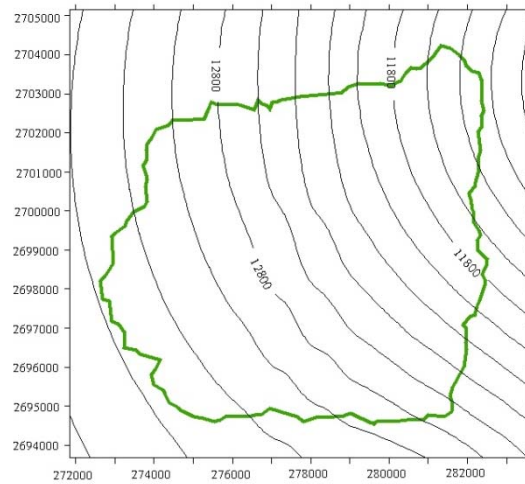


圖2-6. 集水區年平均降雨沖蝕指數分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

## II. 土壤沖蝕指數【 $K_m$ 】

土壤沖蝕指數( $K_m$ )係採用萬鑫森、黃俊義(1981、1989)所調查之台灣坡地土壤沖蝕指數值，利用地理統計可求算台灣地區土壤沖蝕指數等值圖。億年橋集水區土壤沖蝕指數空間分布(圖2-7)。

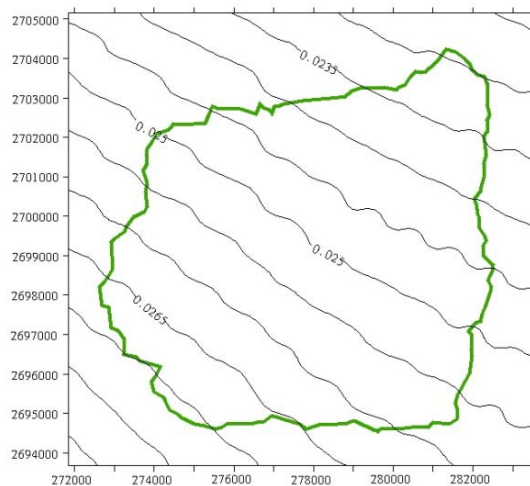


圖2-7. 集水區年平均土壤沖蝕指數分布圖  
(資料來源：本研究資料)

## III. 坡長因子【L】

通用土壤流失公式中，坡長因子(L)係採用Wischmeier and Smith(1965)之計算式： $L = (l/22.13)m$ ；式中l為地表漫地流之流長(公尺)，隨著坡地的坡度而改變，Wischmeier and Smith (1978) 分析指出：當坡地坡度小於1%時， $m=0.2$ ；當坡度介於1%與3%之間時， $m=0.3$ ；當坡度介於3%與



5%之間時， $m=0.4$ ；而當坡地坡度大於5%時， $m=0.5$ 。地表漫地流之流長係由地表逕流開始發生的地點起算，至沖蝕的土壤發生明顯淤積或至匯集逕流水之渠道為止，其間的水平投影距離。

坡長因子之計算，除了田間小規模樣區試驗可直接量測之外；若以集水區為考量，多數學者係以固定坡長或網格大小來估算，至目前為止並無學者對集水區之坡長提出合理的計算。本研究依據水土保持規範，集水區坡面地表漫地流之流長為300 m，由於評估集水區之地形係利用台灣地區數值高程模型，網格解析度為20 m×20 m所產生。若以地表水之流向為指標，累計流長在十個網格以下者可視為漫地流，以此來估算集水區之坡長分布；累計流長超過十個網格時視為渠道流。

#### IV. 坡度因子【S】

坡度因子係計算各網格之平均坡度( $\theta$ )，以Wischmeier and Smith(1978)提出坡度因子公式： $S=65.4 \sin^2\theta+4.56 \sin \theta+0.0654$  求算而得。

#### V. 覆蓋與管理因子【C】

綠色植物因有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，應用多光譜資訊於植物資源之探測，使用可見光與近紅外光之比值或差值，即所謂的植生指標。NDVI被廣泛應用於測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等。由於台灣地區之C值尚無資料庫可資利用，本評估集水區之覆蓋與管理因子(C)係以常態化差異植生指標經線性反向配置後產生，其公式如下：

$$CMFI = \frac{(1 - NDVI)}{2} = \frac{(1 - \frac{NIR - R}{NIR + R})}{2}$$

其值介於0~1之間，越趨近於1表示植物生長越差、植被覆蓋不佳。

#### VI. 水土保持處理因子【P】

本研究之水土保持處理因子，係以無水土保持處理之狀態下( $P=1$ )進行評估。

##### (b)坡面泥砂遞移量

泥砂遞移率的計算，係考慮集水區泥砂經由沖蝕傳輸至下游出口處者與集水區總沖蝕量不同。在某一時期內通過溝渠或河流某一斷面之輸砂

量與該斷面以上之集水區總沖蝕量之比，稱為泥砂遞移率(Sediment Delivery Ratio；SDR)。本研究所提出之坡面泥砂遞移率計算，基於整合地理資訊系統並結合網格式計算理論與集水區自動劃分等技術，其方法論係延續Lin *et al.*(2002)所建構之理論基礎，假設坡面泥砂主要係由坡面地表水所帶動，運移至渠道(常流水)而流失(圖2-8)。

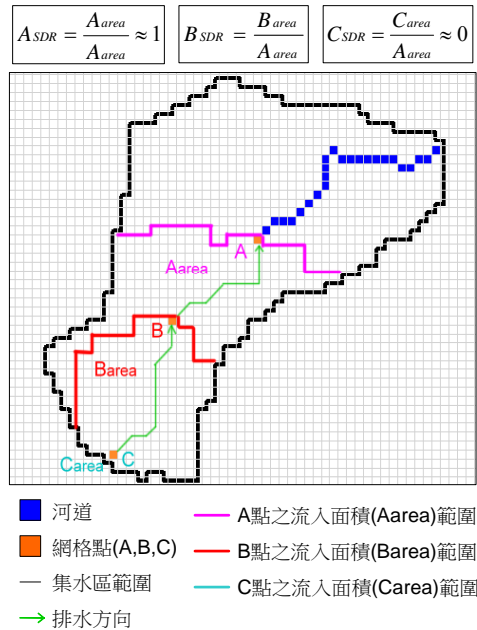


圖2-8. 集水區坡面泥砂遞移率示意圖。  
(資料來源：本研究資料)

#### (4)群集分析

群集分析(Cluster analysis)係將資料中屬性類似者聚集為一類，形成群集(cluster)。其分類依據以「距離」作為標準，「相對距離」越近表示「相似性」越高，並將其歸類為同一群。其分類方法有分層法(Hierarchical)、非分層法(Non-hierarchical)及兩階段法三種，本研究為使用非分層法之K-Means，其分類原理係以空間中的k個點為中心進行分類，對最靠近某點的對象進行歸類。

演算步驟如下：

(a)預先設定樣本資料集群數，將mNDVI及mNDWI各分為3個群集，每個群集透過SPSS計算依照數值高、中、低分類樣本數。

(b)計算樣本資料歐基里德距離測度矩陣

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } \|X_j - C_i\|^2 \leq \|X_j - C_k\|^2, \text{ for each } k \neq i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中，1代表在歐基里德距離測度矩陣中，假如第j個樣本資料向量 $X_j$ 屬於群集i，而0表示第j個向量 $X_j$ 不屬於群集i。

(c)計算所有樣本資料向量到各個群集中心樣本資料的成本函數，並將各個樣本資料參數分配到與其距離最近之資料所屬群集。

$$J = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \left( \sum_{k, X_k \in G_i} \|X_k - C_i\|^2 \right)$$

(d)重新計算每個群集樣本資料向量之中心點。

$$C_i = \frac{1}{|G_i|} \sum_{k, X_k \in G_i} X_k$$

$|G_i|$ 為各個樣本資料集群所包含之樣本函數大小。

(e)重覆步驟(b)(c)，直到各群集沒有樣本資料向量，被重新分派的情形出現為止。

### (5)精確度評估

遙測影像經分類後所得到的資訊，分類成果的精確度評估是否達到需求，是遙測分類能否達到監測目的的一個研究重點，而目前對於影像精確度評估最常使用的方法是整體精確度(Overall accuracy)及Kappa係數(陳添水，2002)。

Kappa係數為用以比較判釋後之成果與完全隨機分類之情況下，其判釋後之成果所減少錯誤的百分。換言之，Kappa係數也扮演著判釋後之成果比隨機分類優良多少的一種指標。而Kappa係數可藉由誤差矩陣間的相互運算求得，並同時考慮誤授及漏授之因素，後來被廣泛地應用於遙測影像判釋的精度評估。一般而言，Kappa係數介於0~1之間，Kappa係數越大代表分類精確度越高。其公式如下(Congalton,1991)：

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n (X_{i+1} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^n (X_{i+1} \times X_{+i})} \times 100\%$$

式中n為分類矩陣之列數， $X_{ii}$ 為分類矩陣中欄列對角線之樣點數目， $X_{i+1}$ 、 $X_{+i}$ 為分類矩陣中各欄及各列之樣點數目，N為全部樣點數目。

### 三、結果

#### (一) 億年橋集水區

##### 1. 億年橋集水區地覆類別分析

利用五期衛星影像萃取mNDVI及mNDWI，並計算兩指標之平均值及標準差，以mNDVI而言，平均值( $\mu$ )越大表示植生覆蓋較好之時期較多；以mNDWI而言，平均值越大表示含水量較高之時期較多；而標準差( $\sigma$ )越大表示該區位之環境變動較大。

##### (a) 植生覆蓋指數mNDVI分類結果

將mNDVI之平均值及標準差進行地覆類別分類(圖2-9~2-11)，可分為 $\mu$ 小及 $\sigma$ 小之區位(紅色區塊)、 $\mu$ 大及 $\sigma$ 小之區位(深綠色區塊)、 $\mu$ 小及 $\sigma$ 大之區位(橘色區塊)、 $\mu$ 大及 $\sigma$ 大之區位(淺綠色區塊)，結果顯示集水區大部分屬於 $\mu$ 大及 $\sigma$ 小之分類，此分類區位植生覆蓋佳穩定；在雪東線步道中後段至圈谷地區因地覆類別多為稀疏草地，旱季時草地根系淺易因乾旱而枯萎，相較林地其mNDVI之平均值較小而標準差較大；在集水區東南方七家灣溪兩岸部分植生覆蓋雖佳但標準差變化卻大，推測可能係濱溪植群受洪氾影響或因位處陡坡土壤化育不良致根系較淺易受乾旱影響所致。

以mNDVI而言，森林因光合作用較強且穩定，為 $\mu$ 大及 $\sigma$ 小之區位；裸地因植生覆蓋率低且變化不大，為 $\mu$ 小及 $\sigma$ 小之區位；密草地雖光合作用強、植生覆蓋率高，但冬季時缺水光合作用能力下降，為 $\mu$ 大及 $\sigma$ 大之區位；農地因種植蔬果植生覆蓋率較密生草地低，且因收成及落葉產生地表裸露，為 $\mu$ 小及 $\sigma$ 大之區位。上述假說配合96~98年航照圖進行精確度評估(表2-2)，其Kappa係數僅0.23並未達良好等級，顯示以此定義方式無法有效分類各地覆類別，在誤差矩陣中可看出各區位皆非單一之地覆類別，如裸地區位被劃定為裸地及農地；森林區位則四者皆有；而農地區位則無法劃定出來，因此，以單一環境指標尚無法有效劃定地覆類別。

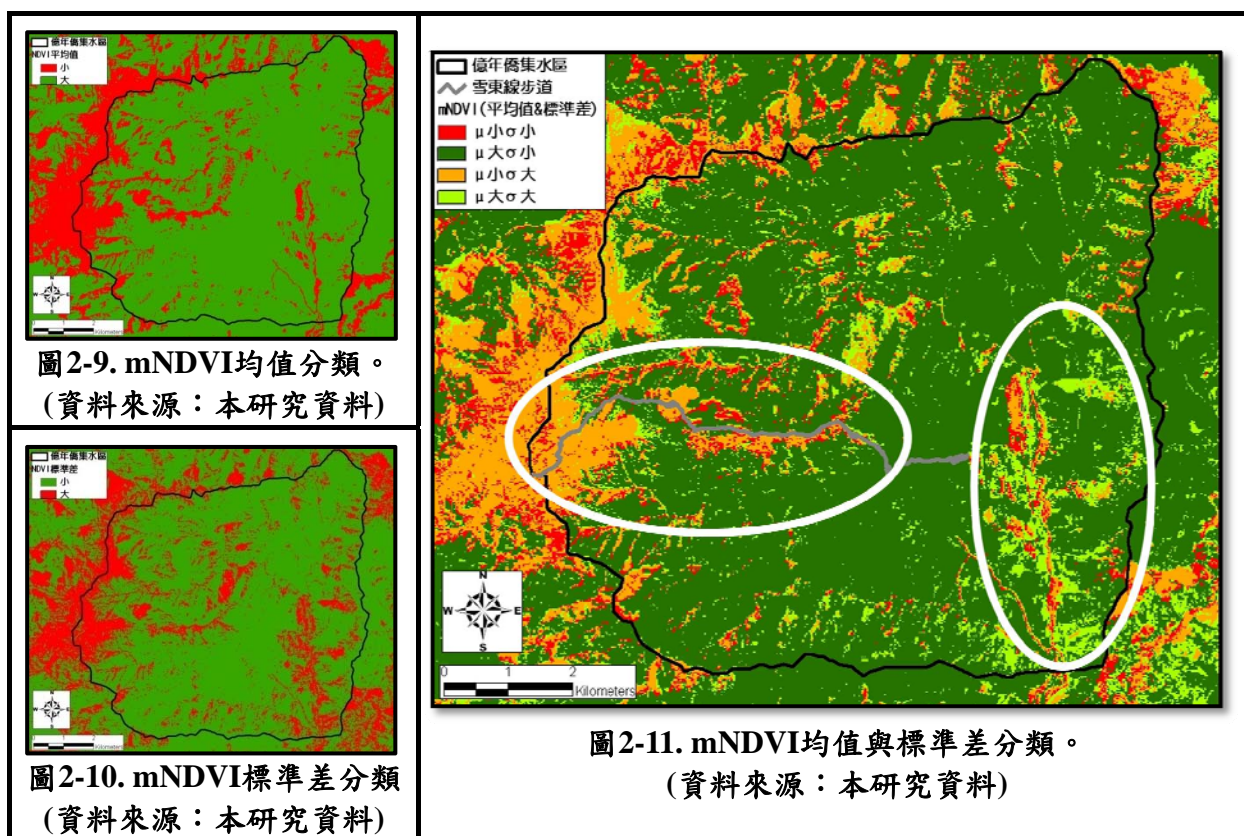


表2-2. mNDVI精確度評估結果

Classification Class	Reference Data				使用者 精確度	生產者 精確度
	森林	裸地	草地	農地		
森林	60	0	3	0	95.24%	39.47%
裸地	13	37	12	1	58.73%	56.92%
草地	52	4	6	1	9.52%	20.00%
農地	27	24	9	3	4.76%	60.00%

Kappa coefficient = 0.23

(資料來源：本研究資料)

## (b)含水量指數mNDWI分類結果

以mNDWI之平均值及標準差進行地覆類別分類(圖2-12~2-14)，顯示集水區大部分為 $\mu$ 大及 $\sigma$ 小之區位； $\mu$ 大及 $\sigma$ 大之區位主要集中在圈谷及七家灣溪兩岸，圈谷區位受降雪影響，使NDWI之標準差變亦較大；七家灣溪兩岸因坡度較陡，土壤化育不良，植物根系淺，因此土壤中水分不易儲存，在旱季及雨季之含水量變化較大，此外，武陵農場所種植之蔬果需定期灌溉，收成後含水量降低，故此區之mNDWI標準差較大。



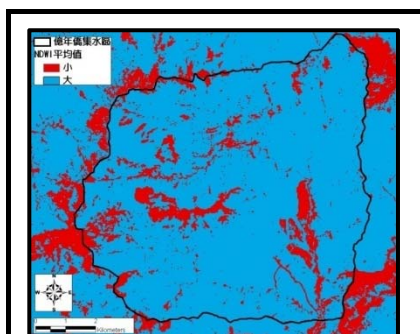


圖2-12. mNDWI均值分類。  
(資料來源：本研究資料)

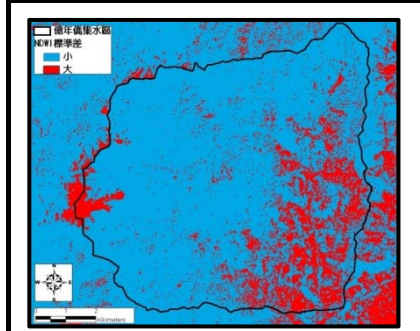


圖2-13. mNDWI標準差分類  
(資料來源：本研究資料)

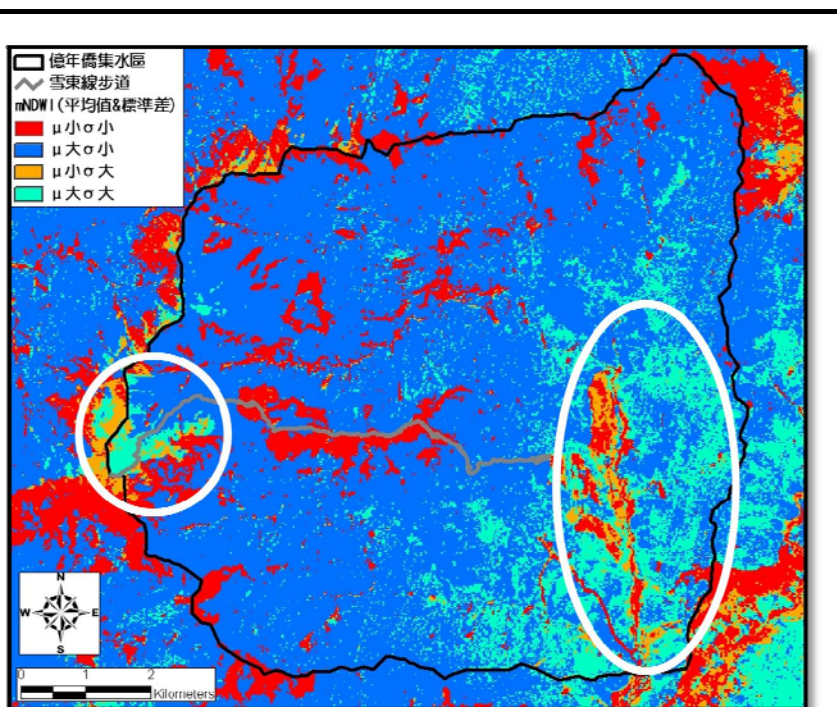


圖2-14 mNDWI均值與標準差分類。  
(資料來源：本研究資料)

以mNDWI而言，森林因根系較深，土層水份含量較不受季節影響，含水量高且穩定，為 $\mu$ 大及 $\sigma$ 小之區位；裸地因含水量低且變化不大，為 $\mu$ 小及 $\sigma$ 小之區位；草地雖植生覆蓋率高，但冬季非生長期需水量下降，為 $\mu$ 大及 $\sigma$ 大之區位；農地部分因種植蔬果需定期灌溉，但因收成及落葉在某些時期含水量較低，故為 $\mu$ 小及 $\sigma$ 大之區位。依此假說配合96~98年航照圖進行精確度評估(表2-3)，其Kappa係數為0.22並未達良好等級，且由誤差矩陣可看出所定義區位並非單一地覆類別，檢視航照圖及劃定結果發現草地有80%被劃定為裸地，表示以單一指標所定義出之區位並無法反映實際之地覆類別，惟農地劃定之結果有87.5%之正確率。

表2-3. mNDWI精確度評估結果

Classification Class	Reference Data				使用者精確度	生產者精確度
	森林	裸地	草地	農地		
森林	61	1	1	0	96.82%	42.96%
裸地	4	29	28	2	46.03%	49.15%
草地	60	2	1	0	1.59%	2.86%
農地	17	27	5	14	22.22%	87.5%

Kappa coefficient = 0.22  
(資料來源：本研究資料)

## (c)以植生覆蓋指數mNDVI及含水量指數mNDWI劃定結果

以mNDWI所劃定之區位中，除森林區位無重新分類外，其他三者則再加入mNDVI之平均值重新進行分類，以mNDWI劃定之裸地區位在判釋時多為草地及裸地，故加入mNDVI時將平均值大者劃定為草地，小者為裸地；以mNDWI劃定之草地區位在判釋時分佈於七家灣溪兩岸之森林及圈谷地區，故加入mNDVI時將平均值大者劃定為森林，小者為草地；以mNDWI劃定之農地區位加入mNDVI時將平均值大者劃定為農地，小者為裸地(表2-4及圖2-15~2-20)。以兩指標所劃定之地覆類別，經確度分析結果其Kappa係數已提升為0.58(表2-5)。

表2-4. 加入mNDWI平均值劃分之區位

mNDWI劃定區位	mNDVI平均值	
	大	小
裸地區位	草地區位	裸地區位
草地區位	森林區位	草地區位
農地區位	農地區位	裸地區位

(資料來源：本研究資料)

表2-5. mNDWI劃定後再以mNDVI均值分類結果

Classification Class	Reference Data				使用者 精確度	生產者 精確度
	森林	裸地	草地	農地		
森林	72	0	0	0	100.00%	57.60%
裸地	27	77	2	1	71.96%	92.77%
草地	7	5	22	2	61.11%	66.67%
農地	19	1	9	7	19.44%	70.00%

Kappa coefficient = 0.58

(資料來源：本研究資料)



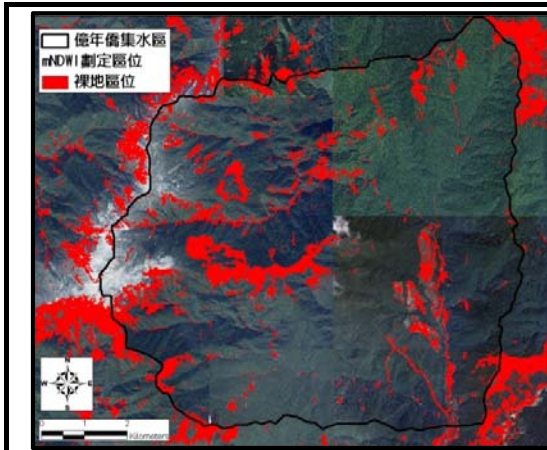


圖2-15. mNDWI劃定之裸地區位。  
(資料來源：本研究資料)

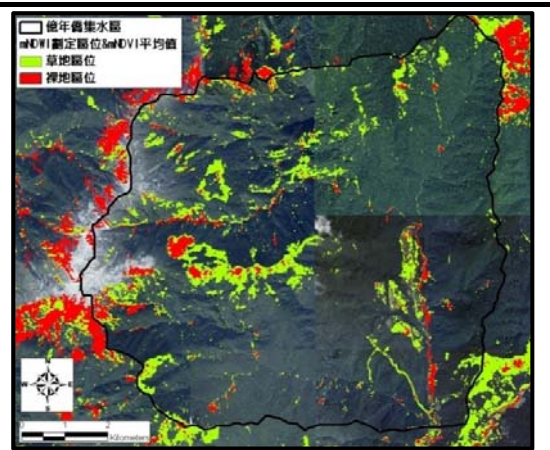


圖2-16. 加入mNDVI均值之分類。  
(資料來源：本研究資料)

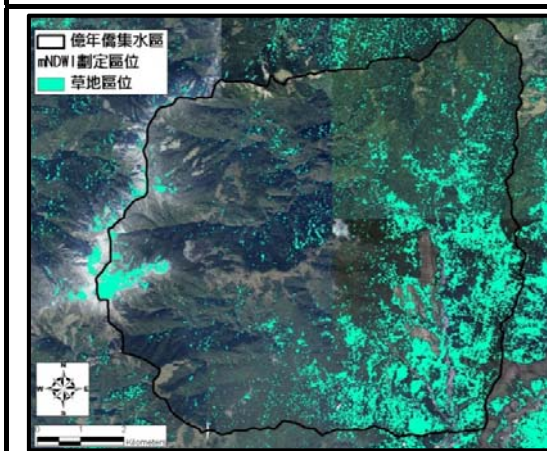


圖2-17. mNDWI劃定之草地區位。  
(資料來源：本研究資料)

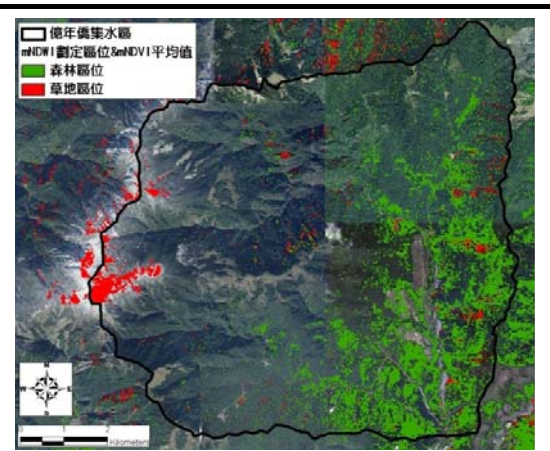


圖2-18. 加入mNDVI均值之分類。  
(資料來源：本研究資料)

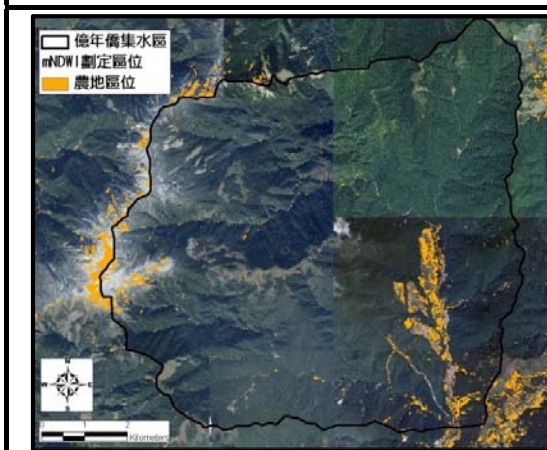


圖2-19. mNDWI劃定之農地區位。  
(資料來源：本研究資料)

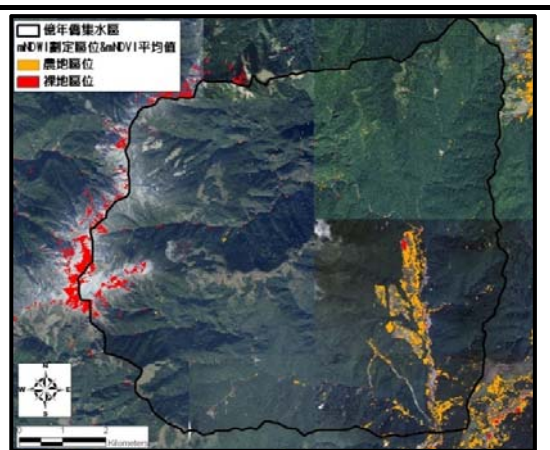


圖2-20. 加入mNDVI均值之分類。  
(資料來源：本研究資料)

複合指標之分類結果顯示標準差較小之區位如森林及裸地區位效果較佳，反而是標準差較大之區位如草地及農地易劃分到森林及裸地區位，其原因可能在於分析時缺少夏季之衛星影像，使標準差不易拉大各區位之差距；另一原因為受限於航拍影像之取得成本較高，無法如衛星影像取得方便，航拍影像資訊



無法適時反映出實際地覆類別變化而影響判釋精度。

## 2. 複合環境指標變動區位分析

環境指標標準差變化小表示環境較為穩定，相對於標準差大者其環境變動較大，以植生方面來說，可能為競爭較激烈之生態推移帶或人為干擾之處；以含水量而言，易受季節波動影響之區位，如何於其毗鄰處所規劃窪蓄區位涵養水源極為重要。將mNDVI及mNDWI之標準差乘積進行分析(圖2-21~2-23)，顯示集水區內多呈現標準差較小之區位(藍色)，表示大部分區位變動不大，僅少數變動較大之區位如下所述，需特別注意。

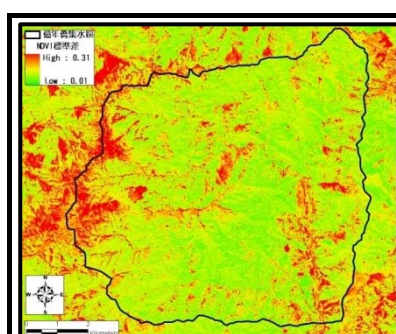


圖2-21. mNDVI標準差。  
(資料來源：本研究資料)

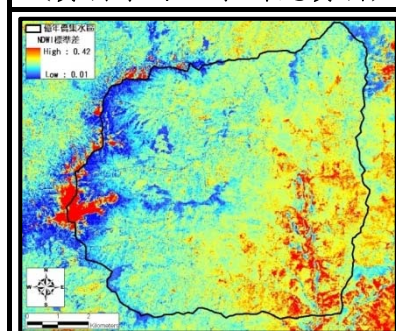


圖2-22. mNDWI標準差。  
(資料來源：本研究資料)

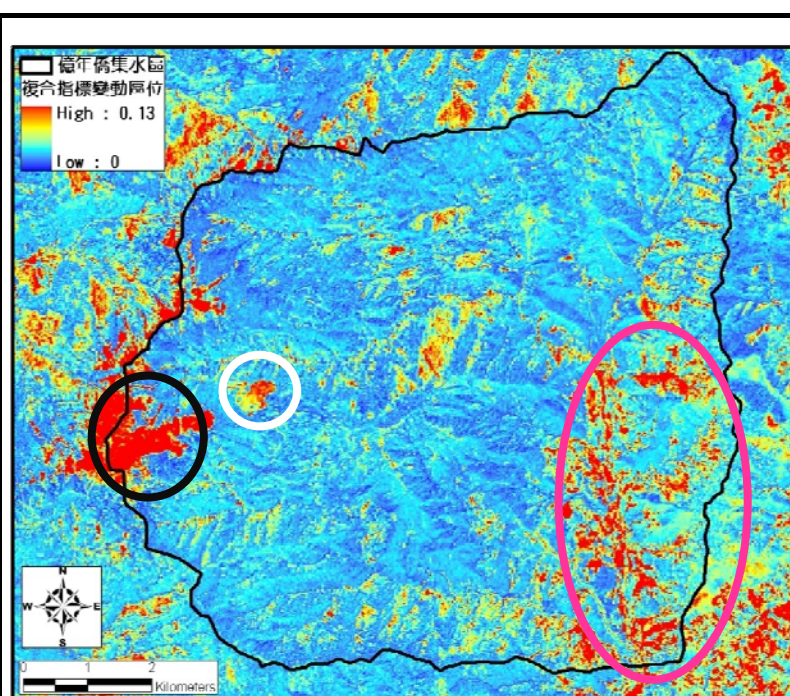


圖2-23. 複合環境指標變動區位。  
(資料來源：本研究資料)

### (1) 武陵農場(圖2-23，桃紅色圓圈處，七家灣溪兩岸)

武陵農場於1963年成立後，以輔導、安置榮民從事農業生產及觀光旅遊之服務事業為主，利用當地特有之天然氣候及地裡條件，栽培落葉果樹及高冷蔬菜，然在集水區(德基水庫)之環境保護政策下，正積極推動農場產業之轉型，為人為干擾嚴重之區位，此外，因七家灣溪左岸坡度較陡植群根系較淺，且坡腳易受洪水沖刷植群不易生長(郭礎嘉，2009)，使左岸之坡面涵養水源不易，植物生育易受環境影響致變化較大。

### (2) 火燒跡地(圖2-23，白色圓圈處)

雪霸國家公園369山莊(約7-8 km處)，於2008年冬季曾發生嚴重火燒事件，植生現況以玉山箭竹及高山芒為優勢之草生地(王偉等，2010)，因草本根系較淺，旱季易枯萎，因此mNDVI及mNDWI會隨季節變化，故標準差較大。



圖2-24. 火燒跡地(a)。  
(資料來源：本研究資料)

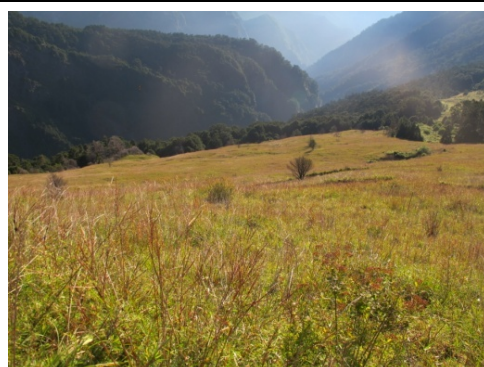


圖2-25. 火燒跡地(b)。  
(資料來源：本研究資料)

### (3) 圈谷(圖2-23，黑色圓圈處)

圈谷為集水區中高程較高之區位，海拔約3,500-3,886 m，因地理環境及氣候特殊，環境相對嚴苛，植生多以玉山圓柏及玉山杜鵑之矮盤灌叢為主，且圈谷之植物多樣性高於以玉山圓柏為優勢之森林，此區除上述提到之物種外，尚有玉山小蘗、高山白珠樹及玉山薔薇，草本層則有雪山翻白草、玉山當歸、羊茅及高山艾等；位於較傾斜之地勢融雪時會挾帶土石，所以此區植生與裸地交雜，由於此區於冬季時降雪至隔年春天融雪(王偉等，2010)，因此冬季時雖有木本植物但由影像上因降雪則mNDVI較低；以mNDWI而言，雪覆蓋會提高其值，但融雪後裸露區位水份保存不易，整體而言圈谷地區為環境變動大之區位。



圖2-26. 圈谷區之矮盤灌叢。  
(資料來源：本研究資料)



圖2-27. 圈谷之裸地區位。  
(資料來源：本研究資料)



## 3. 陸源物質遞移指標分析

前述之各重點區位其環境變動皆較大，一旦產生變化時，各區位之陸源物質將對下游河道產生衝擊，有必要藉由陸源物質遞移指標找出集水區之土砂主要生產區位。本研究將集水區分為6個子集水區進行分析(圖2-28及表2-6)，結果顯示4號及5號子集水區之土壤流失量及泥砂產量較高，對於櫻花鉤吻鮭棲地之影響宜加以注意。

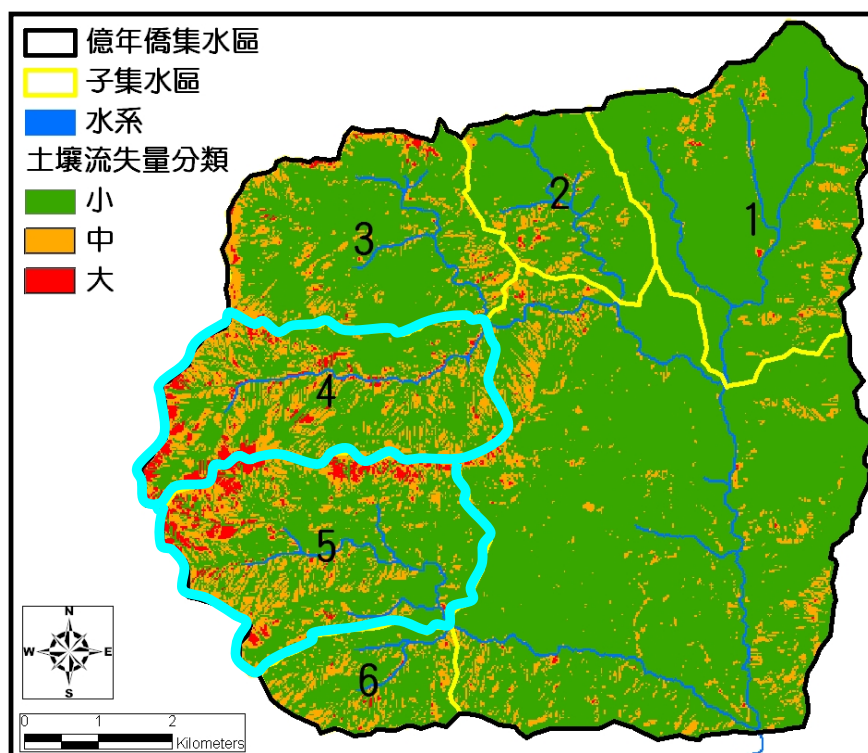


圖2-28. 土壤流失量分類結果。  
(資料來源：本研究資料)

表2-6. 各集水區之泥沙產量

集水區編號	集水區面積 (ha)	土壤流失量 (tons/yr)	泥砂產量 (tons/yr)
1	1,129.32	11,882,985	16,440
2	445.72	7,877,155	19,990
3	830.72	18,207,166	24,230
4	814.28	27,609,703	39,208
5	900.64	35,776,175	34,485
6	307.12	6,987,089	10,950

(資料來源：本研究資料)

## (二)雪東線步道

### 1.雪東步道沿線環境指標

#### (a)植生覆蓋指數(mNDVI)

依照mNDVI變異點結合航照圖將研究樣區分為四大地覆類別，分別為森林、草原、黑森林、圈谷；森林累積距離為0-2,000 m，海拔高度約2,100-2,500 m，其植群主要分布為櫟林帶上層及鐵杉雲杉林帶；草原累積距離2,000-7,000 m，高程分佈約2,900-3,300 m，植群以冷杉林帶為主，冷杉林帶常因火燒造成玉山箭竹或高山芒優勢的草原景觀，此等草原植物會與臺灣冷杉形成動態推移(曾喜育，2009)；黑森林累積距離7,000-9,000 m，高程分布為3,300-3,600 m，其主要植物相為台灣冷杉與玉山圓柏交雜；圈谷累積距離9,000-10,500 m，高程分布3,500 m以上，以高山植群帶為主，例如玉山圓柏、玉山杜鵑。

mNDVI值域為0到1之間，其值越大植生覆蓋越好，反之則越差(圖2-30)，森林區位覆蓋良好其值最高，介於0.7-0.9之間；草原區位因乾燥易引起火燒，導致此區步道沿線原有林帶消失；圈谷海拔高、氣溫變化大、土壤乾燥和冬季有雪覆蓋，僅有高山植群帶分布，其mNDVI介於0.2-0.5之間，變動較其它地區大。圖2-29為各期mNDVI分布概況，因影像在拍攝時，會有角度偏差，三期影像2009/05/08、2009/10/21、2011/02/27，對應累積距離2,000 m處為七卡山莊，因通過建物導致其值降低至0.4-0.6之間。

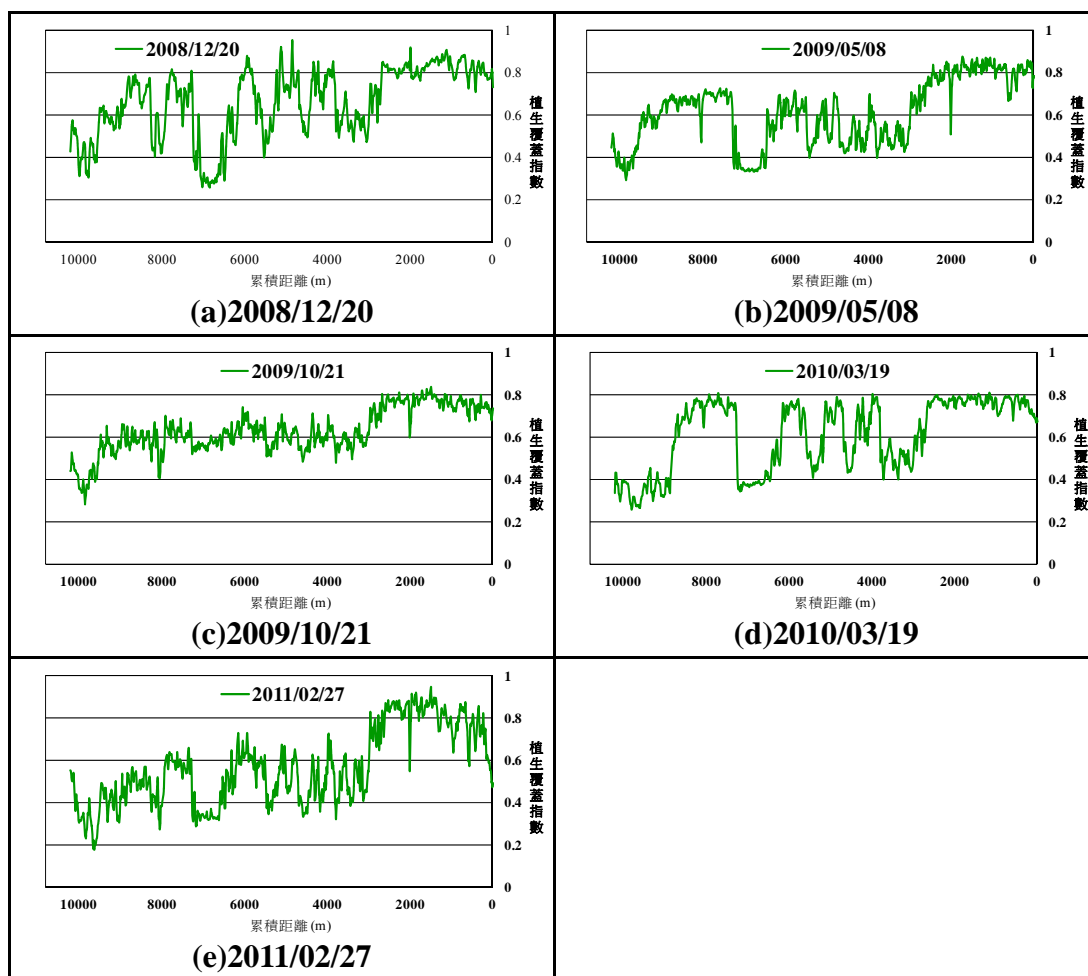


圖2-29. 各期衛星影像雪東步道mNDVI之變化。  
(資料來源：本研究資料)

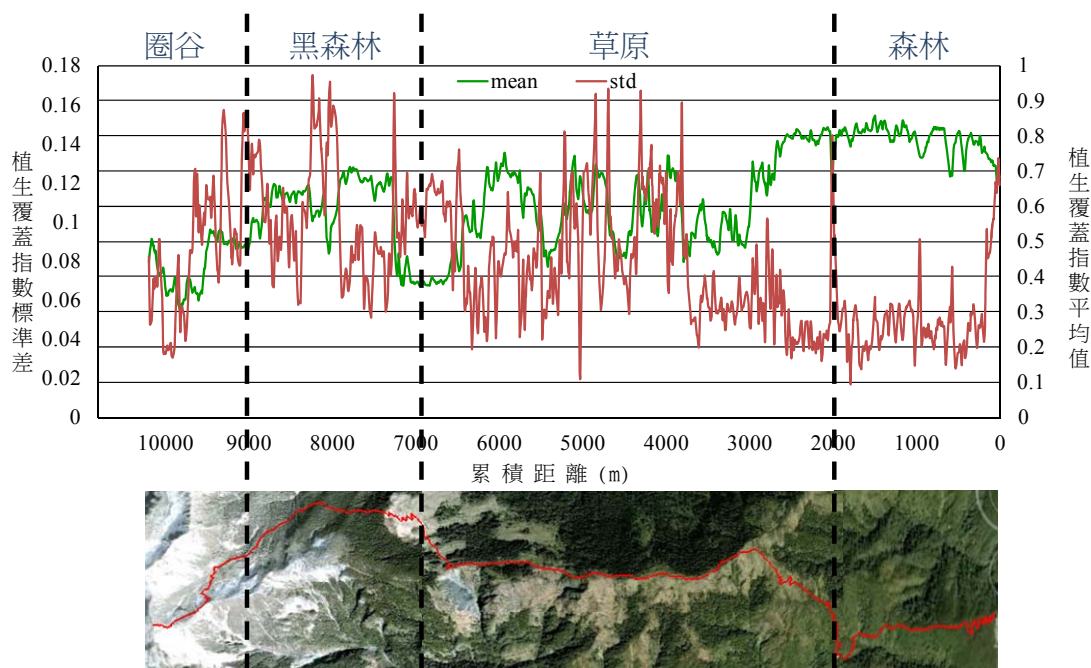


圖2-30. 各期衛星影像之mNDVI平均值與標準差。  
(資料來源：本研究資料)

(b)含水量指數(mNDWI)

mNDWI能有效地反應植物冠層上之水分，在植被冠層水分缺乏時，其指數能及時反應，在各期mNDWI分布散佈圖中，值越大代表其含水量越高，累積距離0-2,000 m為森林分布，由圖2-31中可看出其數值較其它地區高，含水量豐富；2,000-7,000 m為草原分布，此地區所反映出數值變動幅度較大，推測可能因不同季節植物行光合作用之強弱所影響；7,000-9,000 m為雪山著名之黑森林區；圈谷累積距離為9,000-10,500 m，此區冬季時溫度遽降、冰雪覆蓋，由圖2-31(d)(e)可瞭解其反映出mNDWI越高。

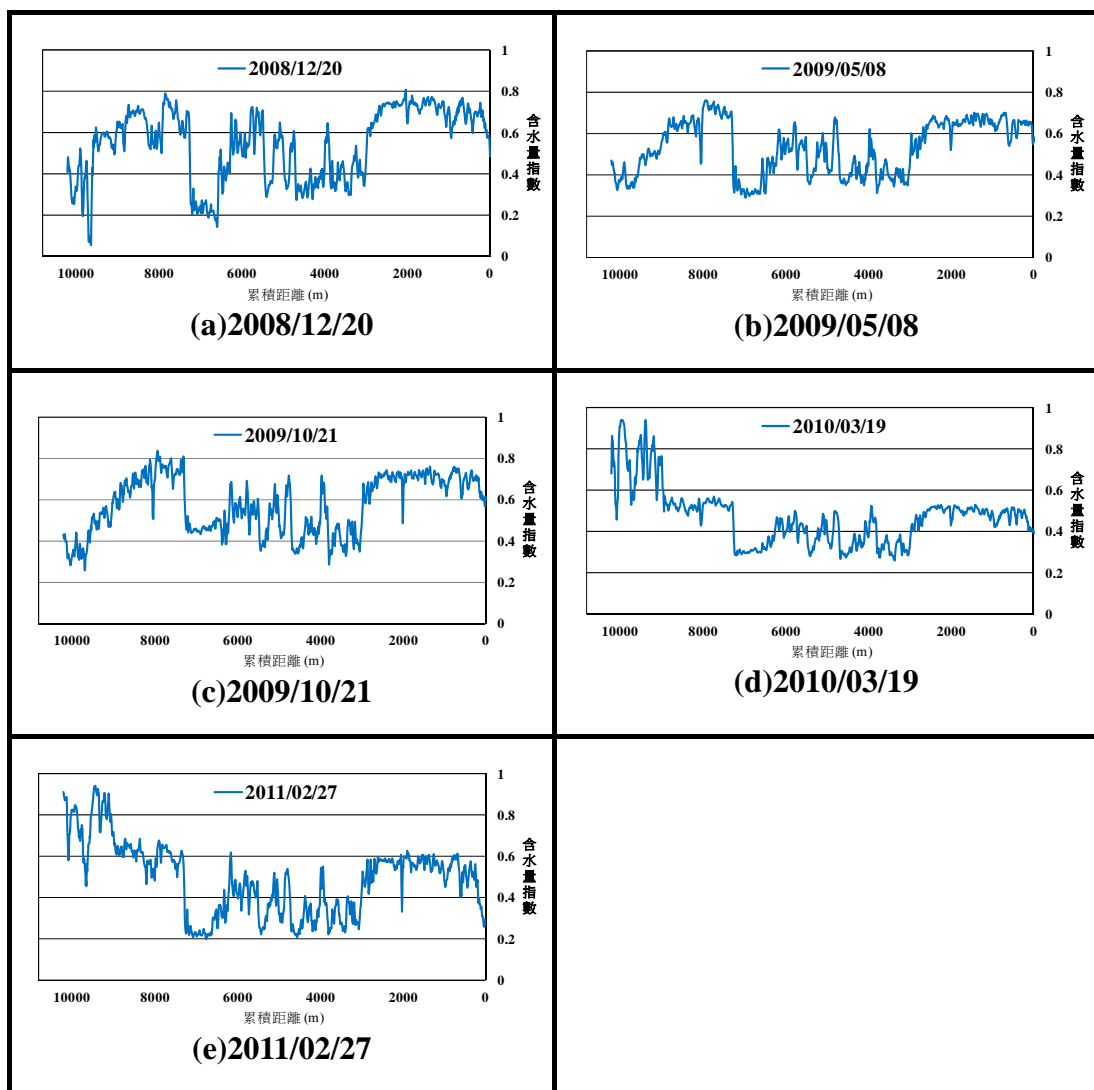


圖2-31. 各期衛星影像雪東步道mNDWI之變化。  
(資料來源：本研究資料)

圖2-32為萃取五期衛星影像步道沿線mNDWI平均值及標準差，含水量指數值越高代表植物表面或土壤表面含水量高，在森林區位，含水量

最高，標準差變異不大，代表此地區地覆類別多為森林，不易變動；草原區位，由藍色曲線可知水分在各個沿線均有變化，含水量較低區位為草原，植物生長不易，所反映出植含水量相對較低；圈谷部分因海拔高度高，氣溫低，由紅色標準差分布曲線可知，其變動區位是因冬季降雪，夏季又有高山植物矮盤灌叢入侵生長，使此區曲線變動幅度較大。

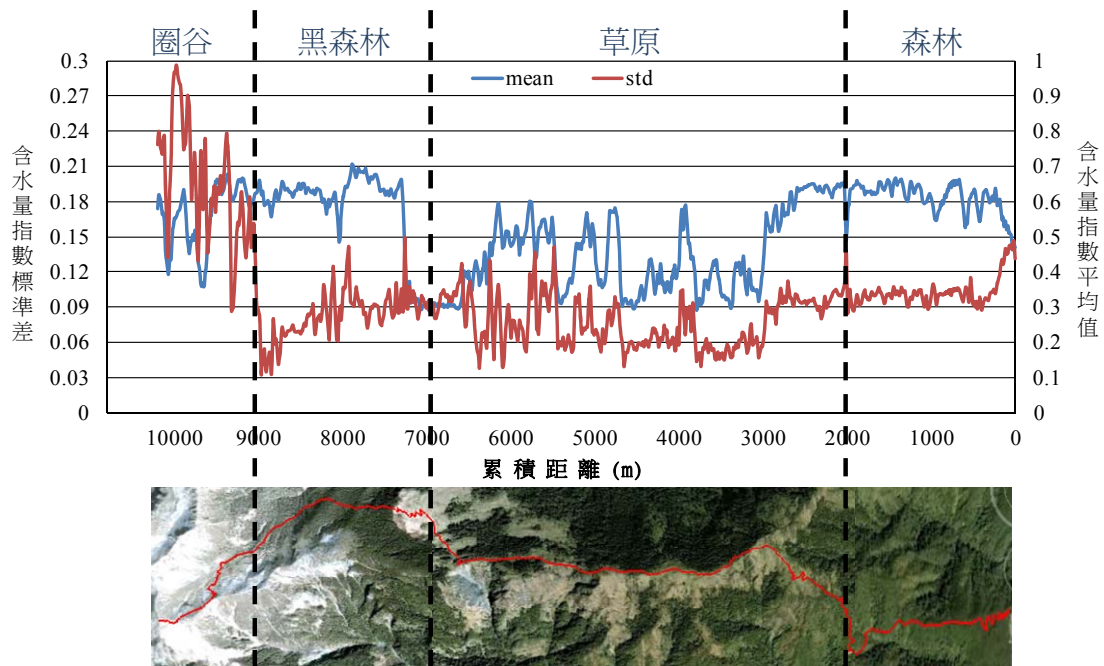


圖2-32. 各期衛星影像之mNDWI平均值及標準差。  
(資料來源：本研究資料)

### (c) 綜合mNDVI及mNDWI步道沿線變異區位

由圖2-33(a)所示，依mNDVI及mNDWI變化，將步道沿線分為四大地覆類別森林、草原、黑森林及圈谷，各區位搭配現地調查圖片(圖2-33(b))瞭解其當地植物生長情形，0k+500為森林段生長良好區位；5k+200為停機坪所在，附近大多為草生灌叢分布；7k+400為三六九山莊火燒跡地，其優勢草本層主要為玉山箭竹及高山芒；10k+400為通往雪山主峰沿線，步道鋪面主要為碎石，兩旁有玉山圓柏分布。



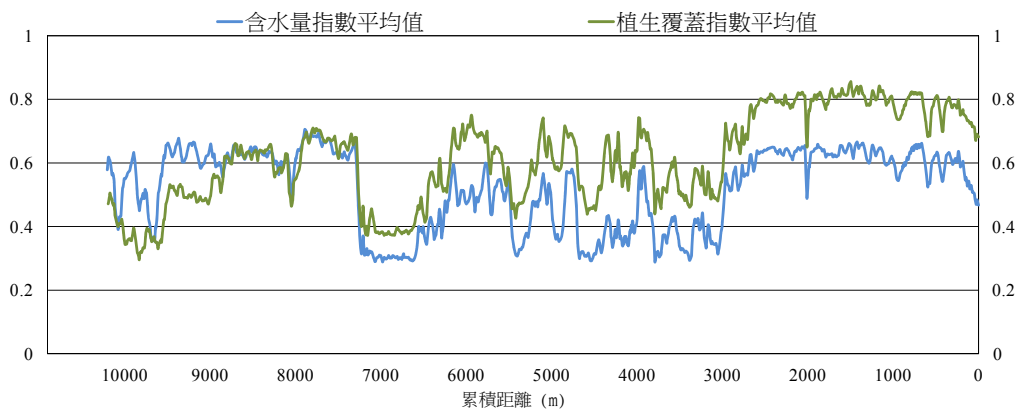


圖2-33. 環境指標平均值(a)。  
(資料來源：本研究資料)

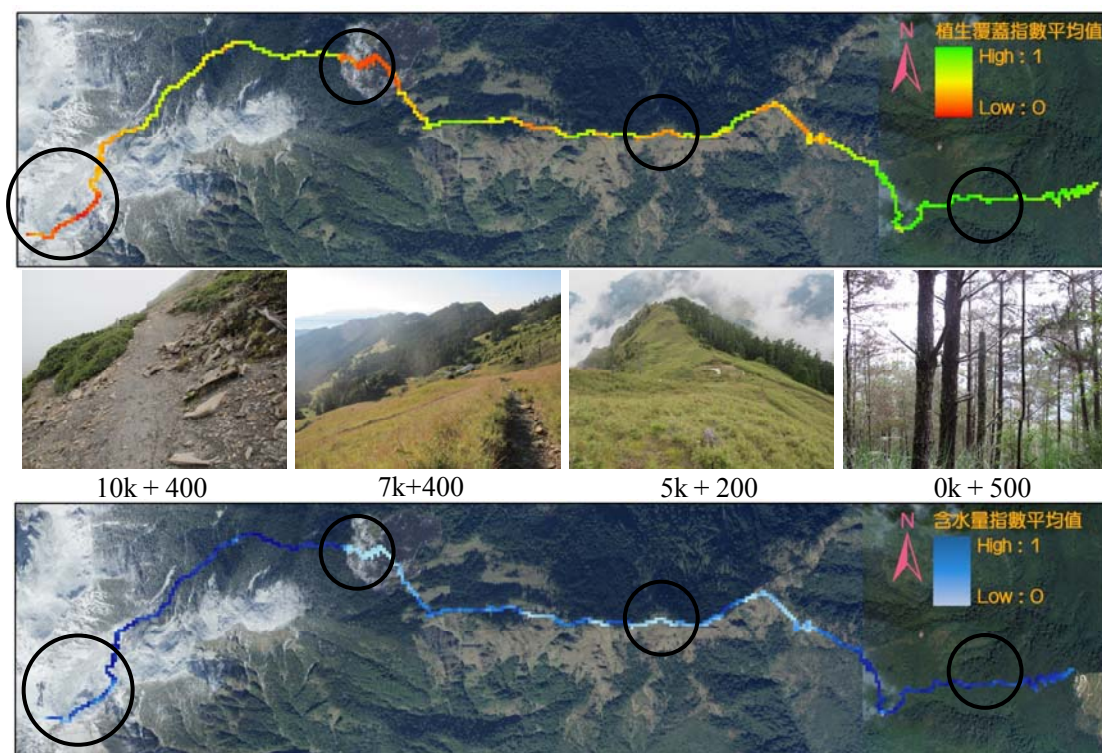


圖2-33. 環境指標平均值(b)。  
(資料來源：本研究資料)

圖2-34為環境指標標準差變異分布圖，標準差越趨近於0之區位代表其地覆類別穩定，在各期衛星影像均反映出相似之光譜值，其中以裸地或碎石地段居多，以黑色所圈選區位為代表；森林因旱季與雨季植物光合作用速率不同，反射出光譜值亦不同，其標準差介於0.03-0.05之間，為紅色圈選區位；圈谷為變動區位最大者，深藍色圈選區位，為步道出黑森林處，標準差相較於它區明顯變動幅度較大，在含水量標準差部分，因衛星影像橫跨冬季及夏季，且雪山圈谷位於高海拔區，冬季有冰雪覆蓋，其所反映出含水量較高。



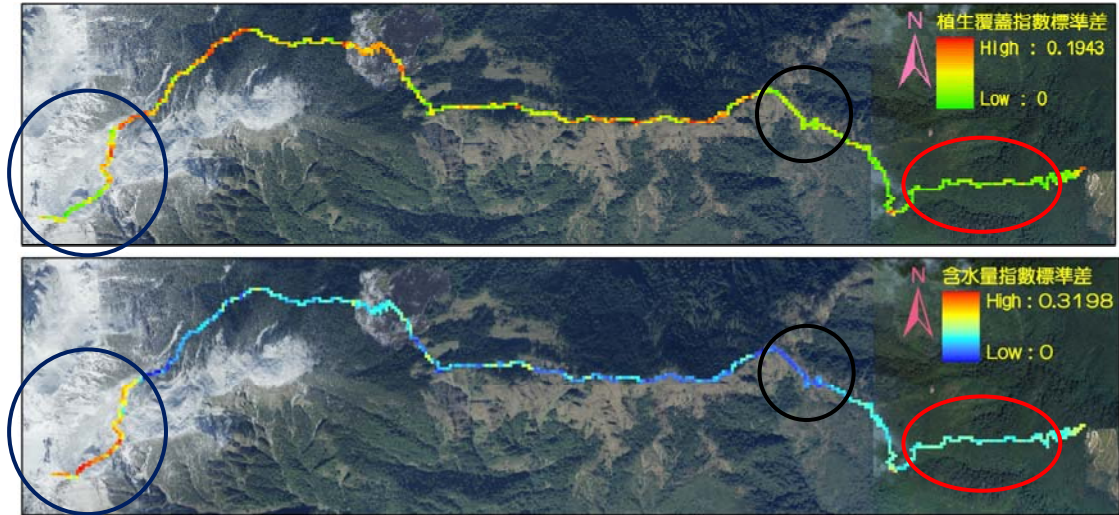


圖2-34. 環境指標標準差。  
(資料來源：本研究資料)

雪東步道沿線兩旁植物相，依海拔變化、氣候及立地條件不同，可孕育出不同植群，如何有效及快速地找出植物衝擊區位，本研究利用mNDVI及mNDWI當作複合指標，探討植被交感效應區位，由圖2-35曲線變動範圍，可瞭解其變異區位分布在登山口入口、雪山東峰、三六九山莊火燒跡地以及圈谷等區位，其中以三六九山莊火燒跡地之標準差最大為0.0255。瞭解植生生長變動區位，可探討步道植物生育差之區位與地表土壤流失之關係。

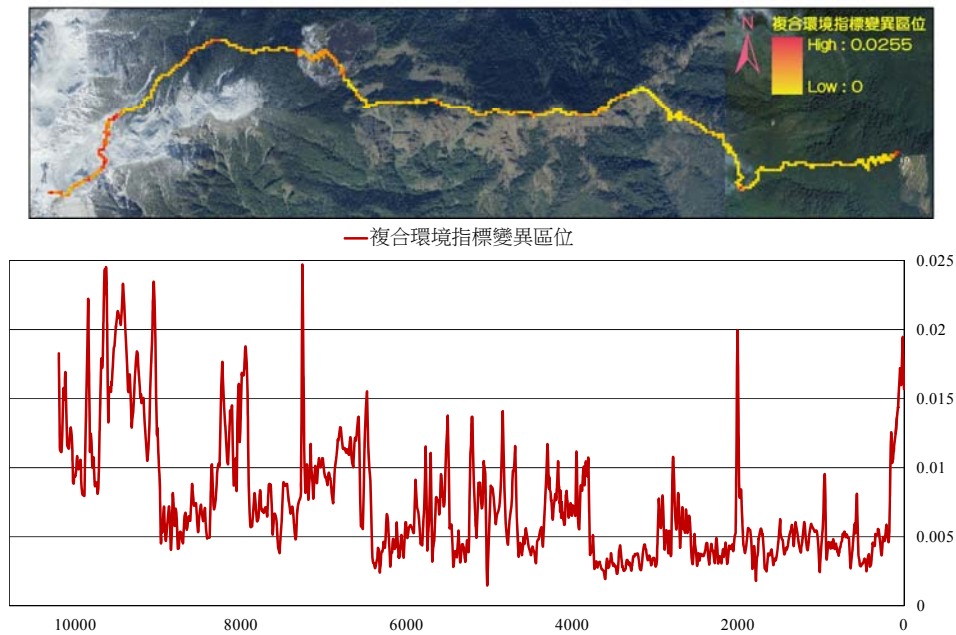


圖2-35. 環境指標標準差。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 土壤流失量之推估及調查

利用土壤流失公式USLE估算步道沿線土壤沖蝕情形並結合現地調查相片，找出步道沿線土壤流失之熱點區位。圖2-36為步道土壤流失量分級圖，第一區為雪山登山口至七卡山莊，第二區為七卡山莊至4k觀景平台、哭坡，第三區為4k觀景平台、哭坡至三六九山莊，第四區為三六九山莊至雪山主峰。



圖2-36. 步道土壤流失量分級圖。  
(資料來源：本研究資料)

### (1) 雪山登山口至七卡山莊

此路段長約兩公里，步道沿線林相密集，大多數路段鋪設有木樁及石階，步道因排水不良，雨水常導致步道泥濘(圖2-37)，構築木籬是為阻擋遊客穿越捷徑，因抄捷徑易破壞坡面，導致土壤沖刷嚴重。

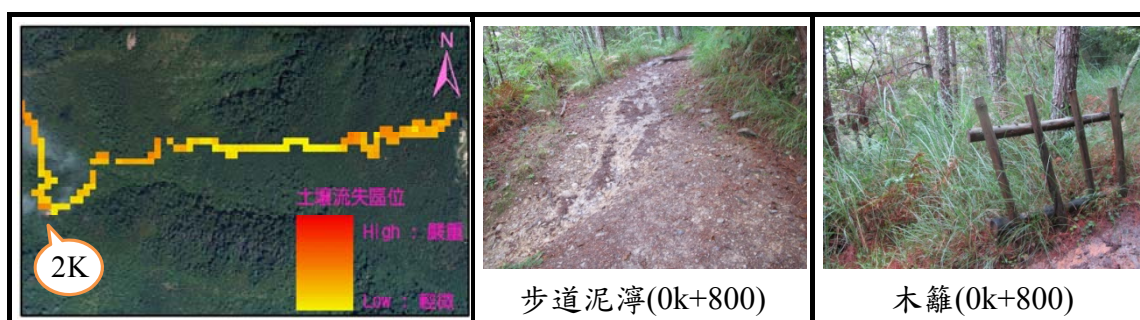


圖2-37. 0-2k土壤流失嚴重區位。  
(資料來源：本研究資料)

### (2) 七卡山莊至4k觀景平台、哭坡

由圖2-38可發現步道自3.5-4k景觀平台間土壤沖蝕相當嚴重，此區植物相為玉山箭竹及高山芒交雜，因玉山箭竹根系密緻，邊坡土壤孔隙易為根系所填滿，雨水入滲不易，容易產生地表逕流，被步道所截流之地表逕流水會加深步道沖蝕。



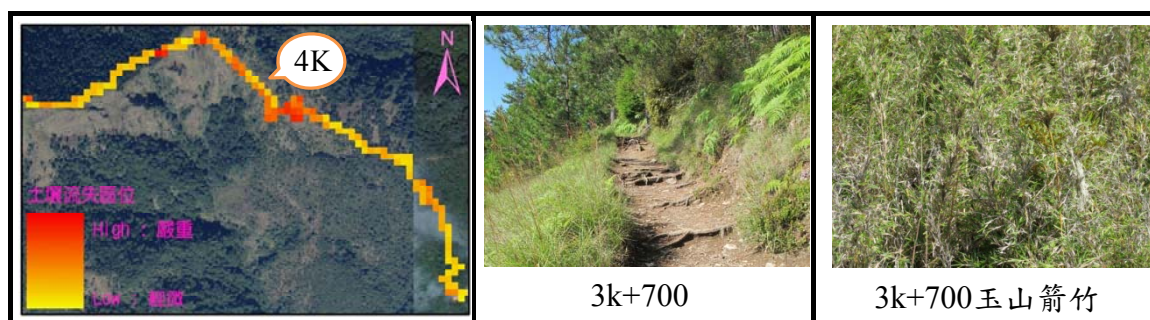


圖2-38. 2-4k土壤流失區位與現勘照片。  
(資料來源：本研究資料)

### (3)4k觀景平台、哭坡至三六九山莊

4k-4k+300哭坡為之字形路段，此區土壤沖蝕嚴重，由圖2-39可瞭解岩石裸露情形相當嚴重，4k+300-4k+500間進入台灣鐵杉、台灣冷杉混合林中，此區倒木多，步道上散佈大小不一的石塊；直至雪山東峰5k處，兩旁才出現草原景觀，主要植物為高山芒及玉山箭竹，其土壤沖蝕亦嚴重，主要集中在雪山東峰前後路段；5k+400-三六九山莊(7k)，以倒木當作圍籬，由現勘照片可知步道設施崩壞，應立即修復。

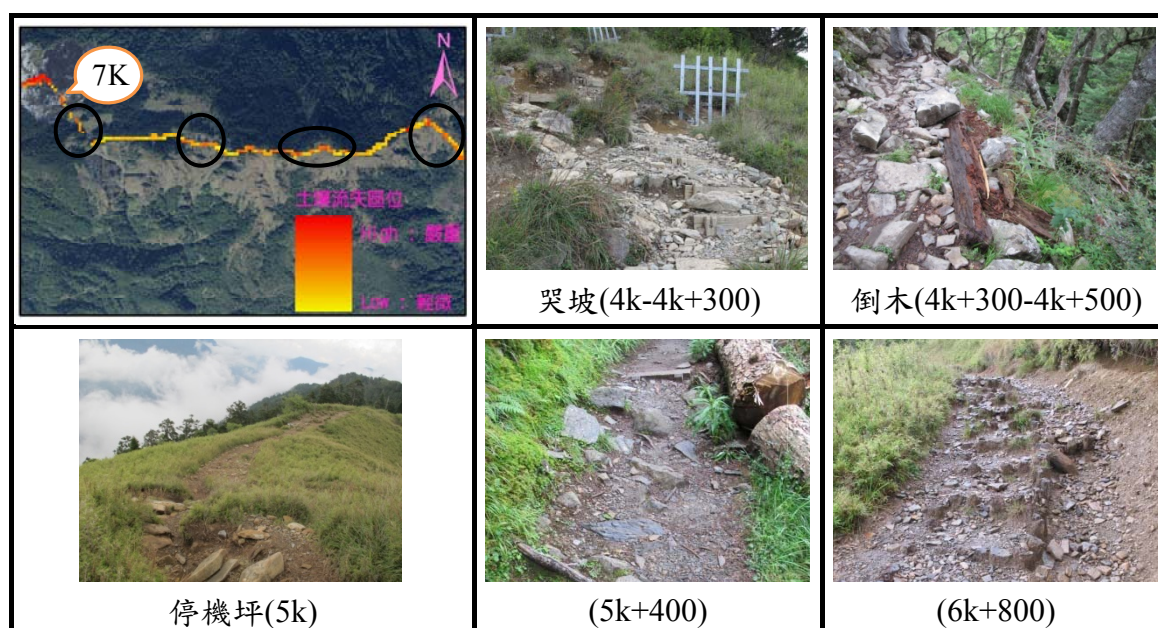


圖2-39. 4-7k土壤流失嚴重區位。  
(資料來源：本研究資料)

### (4)三六九山莊至雪山主峰

三六九山莊鄰近坡面在2008年發生火燒，火燒跡地7k+400區位之植被尚屬恢復期(圖2-40)；黑森林內水源地其岩層為砂岩及板岩互層，在地

下水匯集的過程中，滲入透水砂岩後，遇到不透水之板岩，滲流水會隨著岩縫滲出，為水分富足之區位，其土壤流失情形亦相當嚴重；近主峰之步道沿線皆為碎石裸露及植生交雜之區域，此區風化之土壤流失嚴重。

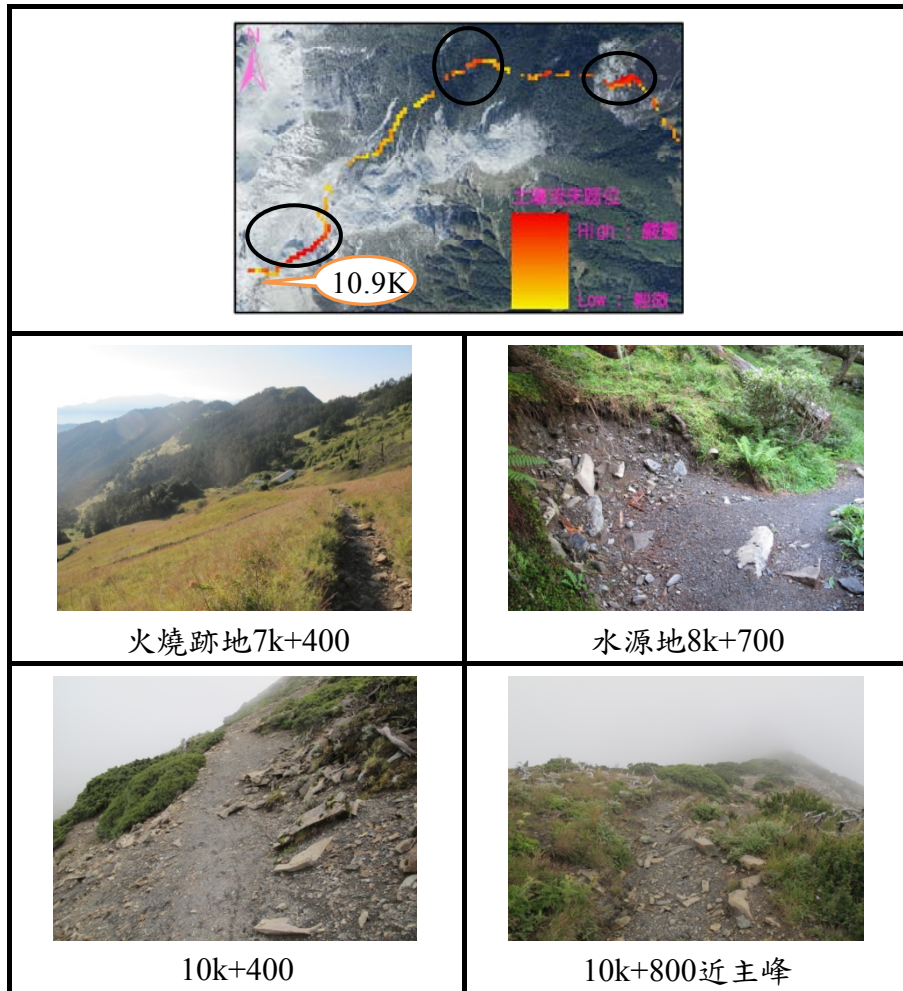


圖2-40. 7-10.9k土壤流失區位與現勘照片。  
(資料來源：本研究資料)

由雪東步道泥砂產量之空間分布(圖2-41)，進一步將步道泥砂產量較為嚴重之區位萃取，三六九山莊上火燒跡地(A)，因2008年發生火燒，現況尚屬植被恢復期，主要為高山芒及玉山箭竹等植群分佈。黑森林碎石坡(B)，此區位所化育之土壤已被沖失，僅留下礫石散落其中。C區為黑森林土壤沖蝕嚴重，根系裸露之區段。D區為雪東步道出黑森林出口處，步道上之土壤多已流失。





圖2-41. 雪東步道泥砂產量分布。  
(資料來源：本研究資料)

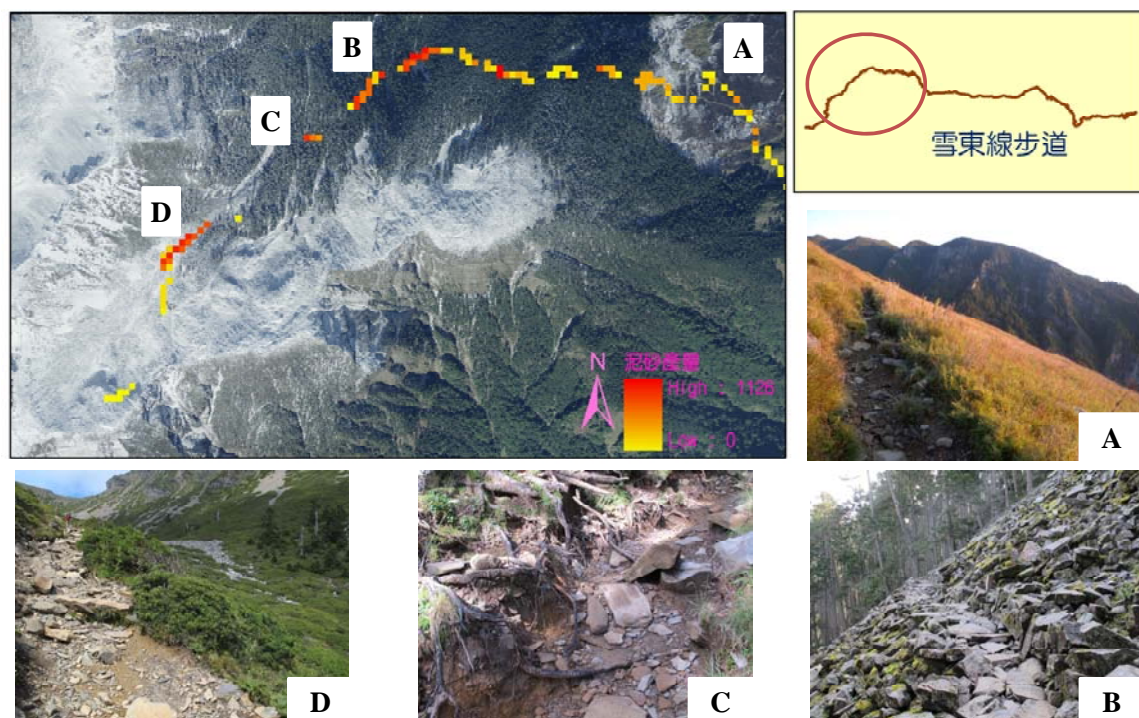


圖2-42. 雪東步道泥砂產量高區位。  
(資料來源：本研究資料)

### (三)雪山一號圈谷

#### 1. 圈谷環境指標資訊

雪山圈谷為台灣圈谷地形中保存最完整且規模最大，由圖2-43可知，圈谷mNDVI平均值越大，植被覆蓋良好(綠色區位)，主要植群為玉山圓柏及玉山杜鵑；碎石坡或裸露區位其mNDVI平均值較小(紅色區位)。mNDWI平均值越大，顯示水份含量較多之區位(深藍色)，顏色越淺區位其立地之水分含量越少。綜觀兩者指標，可發現植被生育情形與水份含量之梯度分佈極為類似。

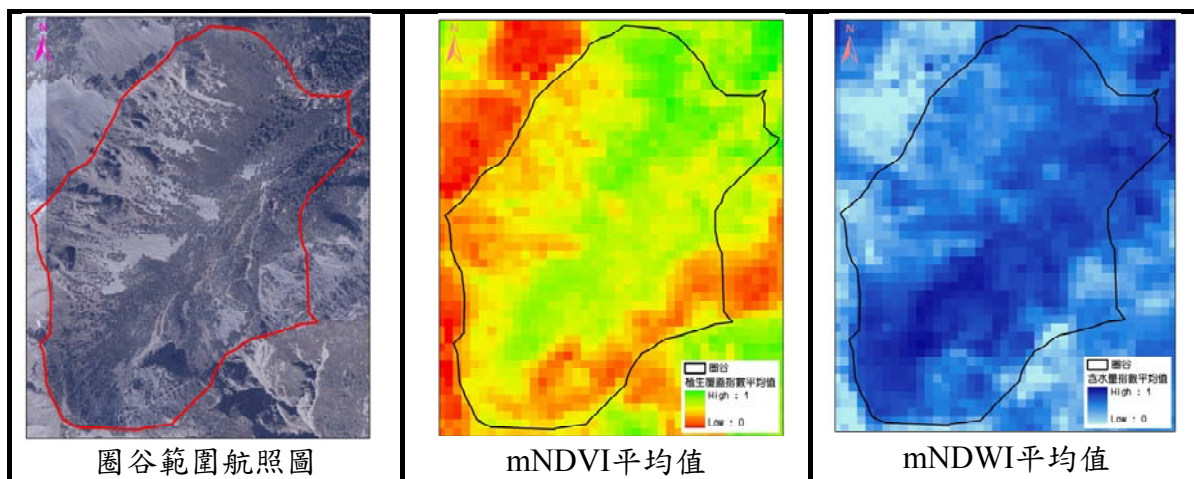


圖2-43. 圈谷環境指標平均值之空間分佈。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 圈谷複合環境指標變動區位

透過環境指標mNDVI及mNDWI標準差之空間分佈，可了解植生立地條件之變動區位，以mNDVI而言，越呈紅色區位為標準差越大，其值最高為0.3671，最低為0.0112，擾動最大區位為雪東步道沿線兩旁出黑森林處，此區位植被競爭激烈變動較大；mNDWI標準差之空間分佈，顯示顏色越紅之區塊標準差越大，為水份變異較大之區塊，主要分佈於圈谷集水區出流口處谷地之左側(圖2-44)。

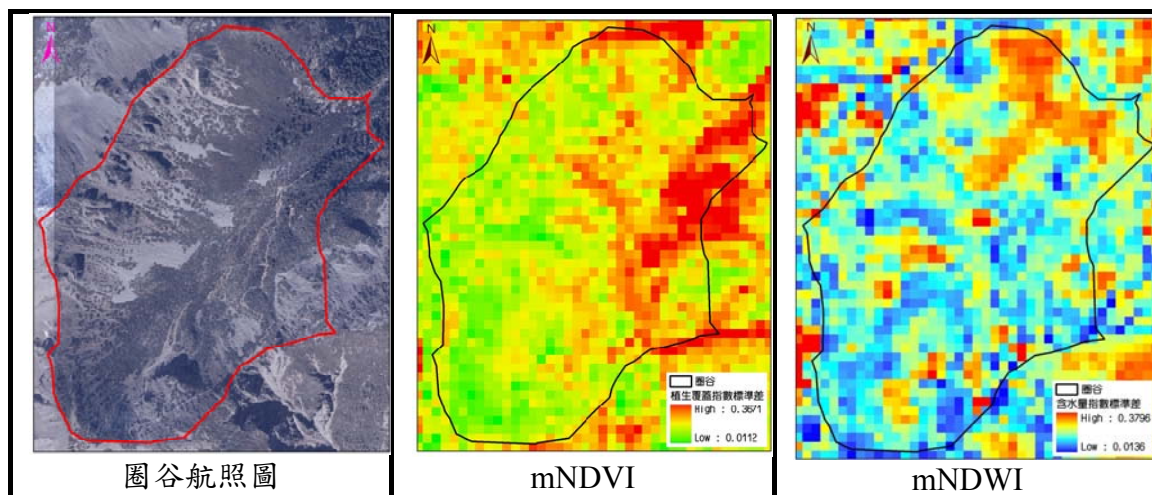


圖2-44. 圈谷環境指標標準差空間分佈。  
(資料來源：本研究資料)

利用mNDVI、mNDWI平均值及標準差作群集分析，將平均值及標準差分為兩類，藉由兩者之乘積，找出受環境應力影響較大之圈谷區位其植被交感區，由圖2-45可瞭解其深綠色區多為喬木生長，林相較為單純；



淺綠色區位則為植物多樣性區位。

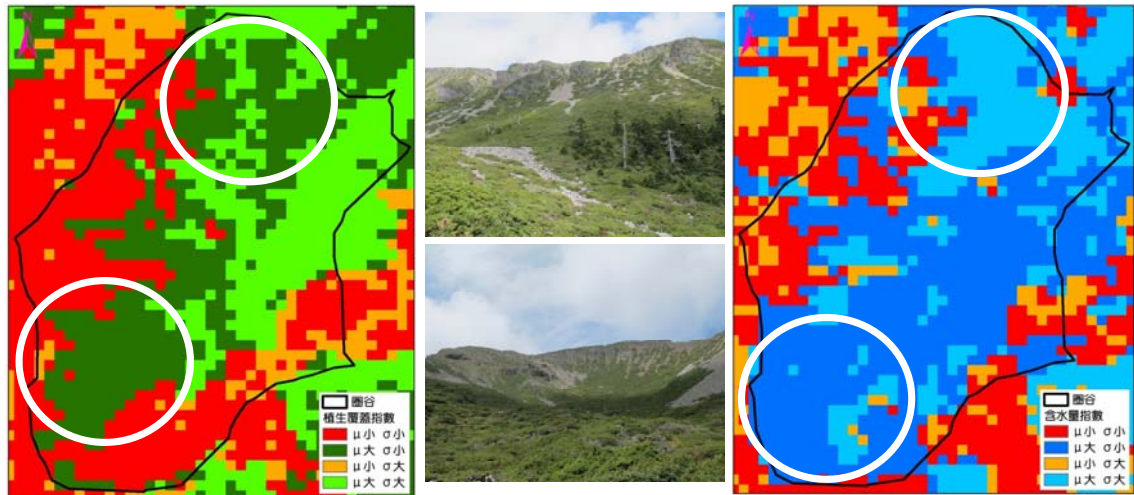


圖2-45. 複合環境指標圈谷變異區位。  
(資料來源：本研究資料)

圈谷受冰雪覆蓋及冰河地形影響，植相分布較為複雜，變化最大，為瞭解雪山一號圈谷其環境變異區位，利用mNDVI與mNDWI標準差當作複合指標，將兩指數相乘，找出其物種變化最大之梯度，圖2-46越呈紅色區塊為圈谷植生競爭激烈及生物多樣性消長區位。

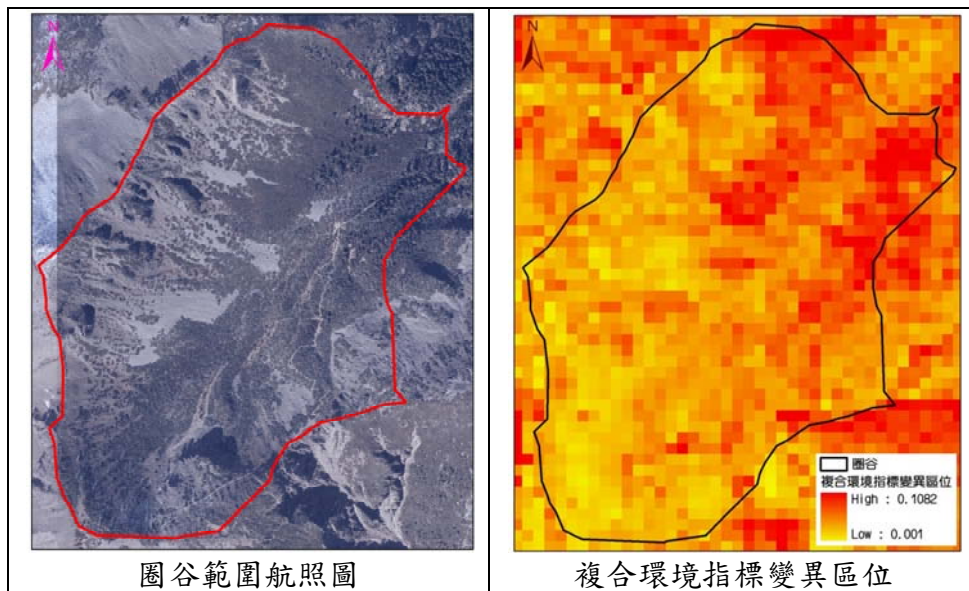


圖2-46. 複合環境指標標準差圈谷變異區位。  
(資料來源：本研究資料)

#### 四、討論

利用衛星影像萃取mNDVI及mNDWI指標，計算兩指標之平均值及標準差，進行地覆類別劃定，經合併兩指標後其精確度明顯提高，但尚未達良好等級，複合指標之分類結果顯示標準差較小之區位如森林及裸地區位效果較佳，反而是標準差較大之區位如草地及農地易劃分到森林及裸地區位，其原因可能在於分析時缺少夏季之衛星影像，使標準差不易拉大各區位之差距；另一原因為受限於航拍影像之取得成本較高，無法如衛星影像取得方便，航拍影像資訊無法適時反映出實際地覆類別變化而影響判釋精度，使得精確度無法提升至70%以上。

將兩指標之標準差乘積進行分析，環境變動較大區位發生在圈谷、武陵農場(七家灣溪兩岸)及火燒跡地，除圈谷為自然環境應力造成外，武陵農場及火燒跡地皆人為干擾所造成，為未來管理上之重點區位。此外，由陸源物質遞移指標可看出4號及5號子集水區土壤流失量及泥砂產量較高，對下游河川水質之濁度將造成影響。

雪東步道沿線利用mNDVI及mNDWI標準差之乘積探討植被生育之良窳，由指標值之變動可瞭解其變異區位主要分布在登山口、雪山東峰、三六九山莊毗鄰之火燒跡地以及圈谷，其中以三六九山莊火燒跡地之變異最大。步道穿越箭竹林區路段因玉山箭竹根系密緻，邊坡土壤孔隙易為根系所填滿，雨水入滲不易，容易產生地表逕流，被步道所截流之地表逕流水會加深步道沖蝕。

圈谷環境指標之標準差分布情形，可知植生生育變異之空間分佈，以mNDVI而言，擾動最大區位為雪東步道沿線兩旁之黑森林出口處。圈谷之雪量及溶雪時間對集水區水源涵養極有貢獻，溶雪可補注河川生態基流量，對七家灣溪夏季水溫的調控亦有幫助，有關氣候變遷對圈谷雪量及溶雪之影響宜加以深入探討。



## 五、結論與建議

### (一)結論

利用衛星影像萃取mNDVI及mNDWI指標，計算兩指標之平均值及標準差，mNDVI值越大之區位植生覆蓋較佳；mNDWI值越大之區位含水量較高；標準差越大表示該區位受環境影響較大。藉由上述兩指標進行地覆類別劃定，僅以單一指標劃定效果不佳，經合併兩指標後其精確度明顯提高。

將兩指標之標準差之乘積進行指標篩選分析，環境變動較大區位分別位於圈谷、武陵農場(七家灣溪兩岸)及火燒跡地，除圈谷為自然環境應力造成外，武陵農場及火燒跡地皆人為干擾所造成，為未來管理上之重點區位。此外，由陸源物質遞移指標可看出4號及5號子集水區泥砂產量較高，對河川水質之影響有待評估。

圈谷受環境應力影響較大，造就其特殊生長之立地條件，以黑森林出口步道兩側為植生變化劇烈之區域，可視為生態推移帶，若考量調查物種之多樣性，為設置樣區之妥適區位。

### (二)建議

#### 1.立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：

(1)運用mNDVI及mNDWI等環境指標可迅速找到受環境影響較大之區位，提供雪霸國家公園進行重點監測與管理之參考。

(2)圈谷受環境應力影響甚大，造就其特殊之立地條件，毗鄰圈谷之黑森林出口步道兩旁處其mNDVI及mNDWI之標準差乘積變異較大，此區位可視為生態推移帶，物種較為豐富，為設置樣區之適合點位。

#### 2.長期性之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：

- (1)利用不同季節之SPOT衛星影像，萃取mNDVI及mNDWI指數可動態萃取雪霸國家公園轄區之地覆類別。
- (2)瞭解七家灣溪上游集水區土砂之遞移極為重要，宜長期監測登山步道沿線環境之變異，量化分析步道環境熱點區位，擬定妥善之復育及管理措施。
- (3)圈谷之雪量及溶雪時間對集水區水源涵養極有貢獻，溶雪可補注河川生態基流量，對七家灣溪夏季水溫的調控亦有幫助，有關氣候變遷對圈谷雪量及溶雪之影響宜加以探討。

### 參考文獻

- 王偉、邱清安、蔡尚真、許俊凱、曾喜育、呂金誠(2010)雪山主峰沿線植物社會調查研究，林業研究季刊32(3): 15-34。
- 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(2001)高山植群之生態生理特性研究-氣候因子對其同化作用及生長之影響關鍵。
- 李禹璇(2008)「陽明山國家公園磺嘴山步道品質與土壤沖蝕研究」，國立台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。
- 林昭遠、林文賜(2001)「集水區資訊系統(WinGrid)入門」，暉帥股份有限公司，台灣，pp. 6-16。
- 陳添水(2002)「遙測應用於大肚溪口地區環境變遷分析」，特有生物研究，4(1): 61-74。
- 郭礎嘉(2009)七家灣溪濱岸植群動態，中興大學森林學系碩士論文。
- 彭育琦(1997)「塔塔加地區步道衝擊極其影響因子之研究」，東海大學景觀學研究所碩士論文。
- 曾喜育、蔡尚真(2009)「雪山地區高山生態系整合調查-期末報告」，雪霸國家公園管理處，pp. 7-6。
- 黃俊德(1979)「台灣降雨沖蝕指數的研究」，中華水土保持學報，10(1): 127-144。
- 黃國楨、王韻皓、焦國模(1996)「植生指標於SPOT衛星影像之研究」，台灣林業，22(1): 45-52。
- 楊龍士、雷祖強、周天穎(2008)「遙感探測理論與分析實務」，文魁資訊股份有限公司，台灣，pp. 3-20。
- 萬鑫森、黃俊義(1981)「台灣西北部土壤沖蝕及流失量之估算」，中華水土保持學報，12(1): 57-67。
- 萬鑫森、黃俊義(1989)「台灣坡地土壤沖蝕」，中華水土保持學報，20(2): 17-45。
- Congalton, R. G.(1991)“A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data,” Remote Sensing of Environment, 37: 35-46.
- Gao, B.C.(1996)“NDWI-a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space,” Remote Sensing of Environment, Vol.58, Issue 3: 257-266.

- Leung, Y.E. and Marion, J. L.(1999b)“The influence of trampling interval on the accuracy of trail impact assessment”, *Landscape and Urban Planning*, 43: 167-179.
- Lin, C. Y., Lin, W. T. and Chou, W. C.(2002)“Soil erosion prediction and sediment yield estimation: The Taiwan experience,” *Soil & Tillage Research*, 68: 143-152.
- Nilsson, C. and Svedmark, M.(2002)“Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities Environ,” *Manage.* 30(4): 468-480.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D.(1965)“Predicting Rainfall-erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains,” *Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture* , pp. 282,.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D.(1978)“Predicting rainfall erosion losses,” *Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture*, pp. 537.

## 第三章 雪山地區主要林型菌根共生關係之研究

顏江河

國立中興大學森林學系

### 摘要

關鍵詞：雪山、森林土壤、土壤養分、菌根

#### 一、研究緣起

菌根菌(mycorrhizal fungi)與植物共生(symbiosis)是維護森林生態系穩定與演替的重要因子。從植物定植開始，菌根菌就與植物形成了動態的共生體系，此種關係對於生態系中的養分循環(nutrient cycling)與能量傳遞(energy transfer)都扮演著重要的角色。土壤供給植群所需養分，大都需要藉由菌根菌的幫忙，尤其在土壤性質異常或不利植物生長狀況下，菌根共生為植物適應環境的重要機制。此外，植物吸收養分後經由枯落物或動物排遺，亦或動、植物遺體將養分回歸土壤，養分的循環由土壤開始，最後也回歸土壤；植物吸收光能，配合吸收自土壤中的營養元，開始了能量的傳遞，經由動物的攝食，進行一連串的食物鏈，最終再回歸土壤，經由微生物分解作用，消失於土壤中，這些循環與傳遞過程中，土壤微生物都扮演極為重要的功能。因此，土壤與土壤微生物可視為生態功能的中心。高山生態系具有特殊的氣候條件、獨特的地理位置，因而孕育著特殊的植群，欲瞭解高山生態系的功能與機制，對土壤與土壤微生物的調查研究是為最基礎之探討。

#### 二、研究方法及過程

選擇雪山主峰線沿線的草原地、森林地及圈谷地等三處為主要的土壤採集點，在三處主要的採集點，配合其它子計畫之需，共選擇5處土壤採樣點，依海拔高度上升分別為七卡、哭坡、火燒地、黑森林及圈谷。採樣包括枯枝落葉層與土壤層。將各層樣本帶回實驗室，烘乾秤重、磨粉，進行養分分析。此外菌根調查地點在雪山主峰沿線，選擇七卡山莊海拔 2,700 m至哭坡海拔 3,100 m間的台灣二葉松與闊葉樹混合林為主要調查對象。

### 三、成果

雪山主峰線依海拔高度遞增分別為七卡、哭坡、火燒地、黑森林及圈谷5處採樣點，土壤總含石率以黑森林為最低，七卡次之，哭坡為最高。土壤總含根量，以圈谷為最低，七卡最高，黑森林次之。所有採樣點土壤pH皆呈極酸性，隨土壤深度增加，土壤pH呈上升之勢，然而在火燒地，土壤越深處pH越低，顯然因火燒之關係，提高了上層土壤pH值。土壤全氮量，隨著土壤深度增加而降低，都呈現正常適宜的濃度。土壤有效磷皆呈極低值，全區皆呈現缺磷現象。土壤陽離子置換能量在各採樣點都呈現極高值，但是置換性鈉、鈣、鎂都很低，其形成之因相信與本區土壤的pH過低有關。土壤置換性Al隨著土壤深度增加而下降趨勢。土壤有機碳含量同樣隨土壤深度增加而呈遞減之勢，土壤中有機碳含量高於台灣其它森林土壤的含量，符合高山土壤或是寒帶土壤的特性。

本區發現菌根菌子實體包括：乳牛肝菌(*Suillus bovinus*)、牛肝菌屬(*Boletus* spp.)、虎皮乳牛肝菌(*Suillus pictus*)、煙色粉孢牛肝菌(*Tylopilus fumosipes*)、毒紅菇(*Russula emetica*)、白紋紅菇(*Russula alboareolata*)、紅汁乳菇(*Lactarius hatsudake*)、臭紅菇(*Russula foetens*)、灰鵝膏(*Amanita vaginata*)、櫟生鵝膏(*Amanita castanopsidis*)、鵝膏屬(*Amanita* spp.)、紫滑絲膜菌(*Cortinarius salor*)、黏滑菇屬(*Hebeloma* spp.)、長久集毛菌(*Coltricia perennis*)、口蘑屬(*Tricholoma* spp.)、翹鱗肉齒菌(*Sarcodon imbricatus*)、光硬皮馬勃(*Scleroderma cepa*)。本研究區域之土壤特性，不利於植物生長，菌根共生應是植物在此生存之必要條件。分離出的菌絲可順利擴增出ITS片段，有明顯條帶，可視為positive control，並且將其回收定序。

### 四、主要建議事項

#### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

1. 本研究已得雪山主峰沿線土壤養分基本資料，然該地區植物與土壤養分吸收之關係研究仍缺乏，應持續進行，以瞭解高山生態系植物與土壤養分的動態關係。

2. 本研究顯示，雪山地區菌根菌豐富，菌根共生具有特殊又重要的角色，尤其在高山生育地更是不可缺乏，可做為日後雪霸國家公園研究土壤生物特性的重點。

## (二)長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

國內對於高山土壤與植物生態系研究數據仍十分缺乏，建議長期研究植物根系在土壤中進行養分的吸收，枯落物在土壤中的分解速率，土壤中微生物的種類與量，以及土壤呼吸量等等，如此，能建立完整高山土壤與植物生態系資料庫，以供日後作為保育與經營管理之參考。

## Abstract

【Key words】 Syue Mountain, forest soil, soil nutrient, mycorrhiza

Mycorrhizal fungi(mycorrhizal fungi)and plant symbiosis(symbiosis)is to maintain stability and succession in forest ecosystems important factor. From the beginning of plant colonization, mycorrhizal fungi and plants to form a dynamic and symbiotic system, such a relationship in the ecosystem nutrient cycling(nutrient cycling)and energy transfer(energy transfer)plays an important role. Supply of soil nutrients needed vegetation, most of the help needed by mycorrhizal fungi, soil properties, especially in unusual or adverse conditions of plant growth, mycorrhizal symbiosis is an important mechanism of plant adaptation to the environment. In addition, after the plants to absorb nutrients through litter or animal feces, or that animal and plant remains will return to the soil nutrients, soil nutrient cycling by the start, eventually return to the soil; plants absorb solar energy, with the absorption of nutrients from the soil Element, and began the transfer of energy through the animal feeding, a series of food chain and eventually return to the soil, through microbial decomposition, disappeared in the soil, these cycles and the transfer process, the soil plays a very important function. Therefore, soil and soil microorganisms can be considered as the center of ecological functions. Mountain ecosystem with special climatic conditions, the unique geographical location, which gave birth to a special vegetation, more information about the function of mountain ecosystems and the mechanism for the investigation of soil and soil microorganisms is the most basic of the study.



## 一、研究緣起與背景

世界上雖然僅有3%的陸地植物為外生菌根樹種，但在高山地區的森林大部分為外生菌根的宿主植物(Yang *et al.*, 1999)，菌根不但可促進植物的營養吸收與生長發育，更可提高植物對乾旱、鹽度、極端溫度與有害金屬元素的抗性，而且對保持土壤的良好結構、控制水土流失與養分滲漏具有直接功效。關於林木外生菌根的調查研究，國內尚屬稀少，至於有關高山森林生態系中，宿主植物的外生菌根形成現況與生態環境間的關係則尚未見有任何報告。探討高山森林生態系的菌根真菌與宿主和環境間的相互關係的研究，可瞭解在特殊立地環境下，菌根對森林生態系的功用。

土壤的形成主要包括物理過程、化學過程和生物過程，由於成土過程中各自作用的不同，使得土壤養分在初期就表現出很大的空間差異性。在大尺度上，不同地區土壤性質存在著明顯的差異，即便是同一土壤類型，在小尺度上，仍然可以發現土壤性質有所差異，同時土壤性質在時間上會有不同的變化特徵，這種差異稱為土壤的時空異質性或時空變異性(Webster, 1985; Trangnar *et al.*, 1985)。土壤時空異質性是土壤重要的特性之一，小尺度上，土壤的微域分佈影響因素可分為地貌、小地形、植被、水文等。水文與土壤含水量有關，植被與土地利用類型、干擾梯度、生物多樣性有關(Ingrid *et al.*, 1999)。而地貌與地形往往是土壤空間變異的重要影響因素。不同尺度角度研究土壤的空間異質性，不僅對瞭解土壤形成過程、結構與功能具有重要的意義(Rossi *et al.*, 1991)，而且對瞭解植物與土壤的關係，養分和水分對植物的影響，以及植群的分佈也具有重要的參考價值。所以土壤的空間異質性及植群的分佈，一直是生態研究的重點議題。

養分循環是生態系中最重要生理生態過程之一，指的是營養元素在植被和土壤間循環的過程，也是將生態系中許多生態功能連接起來的綜合過程，因此一直受到生態學家重視(Wei *et al.*, 2005)。養分元素會在植物、動物、枯落物和土壤間轉移和儲存，是影響植物群落演替、植物生產力的主要因子(Joannal *et al.*, 2002; Tang *et al.*, 2003; Wei *et al.*, 2005)，同時透過影響植物的萌發、生長、物種豐富度和地上生物量來影響植物群落的建構和演替(He *et al.*, 2003; Xiong and Nilsson, 1999; Ye *et al.*, 2003)。研究指出，枯落物累積量與降雨量、林木年齡和海拔成正相關，但年枯落總量與海拔

則沒有明顯相關，然而枯落物累積量會影響生態系統的養分循環、植被生產力和土壤肥力(Schutz, 1990)。枯落物累積可能會導致植物可吸收氮的缺乏，但土壤微生物對生態系統養分循環速率有顯著的促進作用(Morris, 1995)。

植群種類、生產力以及枯落物的特性早被認為是影響土壤性質的主要因素(Birkeland, 1984; Schlesinger, 1991)。在正常環境下，土壤中有效磷(available phosphorus)的供應對植物的生長具有關鍵性的角色(Schachtman *et al.*, 1998)，土壤中超過80%的磷屬於無效性的，這些磷被土壤顆粒所吸附、或者為沈澱狀態、或者為有機的型態，無法被植物所吸收利用(Holford, 1997)，此外，在大多數的生態系中，土壤的氮經常是主要的養分限制因子(Körner, 1989)，因此，氮及磷對植群生態而言，具有相互限制(co-limiting)的現象(Bowman *et al.*, 1993)。

台灣面積雖小，但地形地貌變化極巨，山多平原少，孕育著極豐富的植群生態，尤其在高山地區，因地形險峻所形成的土壤變異性大，然至今對高山土壤的調查並不多，本計畫以雪山主峰線為研究地區，經由定期定點的土壤調查與分析，瞭解土壤的時空變異，對於高山生態系可提供基礎的研究資訊。本計畫調查雪山主線不同海拔之主要林型植物的菌根共生狀況，同時也分析植群根域處土壤特性與養分狀況，瞭解菌根在雪山生態系中對植物吸收養分之關係。

## 二、研究設計

### (一)研究地點

本計畫的調查地點在雪山主峰沿線，選擇七卡山莊海拔2,700 m至哭坡海拔3,100 m間的台灣二葉松與闊葉樹混合林，以及海拔3,200 m至3,500 m的冷杉黑森林為主要調查對象。

### (二)研究方法

#### 土壤調查：

採樣包括枯枝落葉層與土壤層。利用鐵絲分別圍成直徑50 cm(用於取枝葉層)及25 cm(用於取土壤層)的圓形鐵圈，將此鐵圈固定於林地上，分別取枝葉層及土壤層。枝葉層分三部分，依次為枯枝落葉層(L)；半分解層(F)；以及腐植層(H)，將各層帶回實驗室，烘乾秤重、磨粉，進行養分分析。以採土圓筒採土樣，分為四層0-10、10-20、20-40 及40-60 cm不同深度的土壤，同時採集各層的石頭及根系，測其含石量與根含量。各層中取約250 g的土壤進行養分分析。

植體的氮、碳及硫含量測定：秤取約15 mg的乾燥樣本，以元素分析儀(element analysis, EA)測定。磷、鉀、鈉、鈣、鎂測定：採用硫酸—過氧化氫分解法(Moore and Chapman, 1986)，秤取0.4 g的樣本置於消化管，加入分解液放入分解爐中消化，過濾後以感應耦合電漿光譜分析儀(Inductively-Coupled Plasma Emission Spectrophotometer, ICP-AES)測定其鉀、鈉、鈣、鎂、磷含量。

土壤分析：pH值以H<sub>2</sub>O及KCl(1 N)以1：1(v/v)混和，以酸鹼測定儀測定(McLean, 1982)。凱氏全氮取0.5 g土樣加1.1 g催化劑，加10 mL濃硫酸，於375°C的溫度消化2小時，冷卻定積後，加入NaOH經蒸餾後，以H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>為接受劑，再以0.05 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>滴定(MacDonald, 1977)。土壤有效磷採鉬藍法測定(Olson and Sommer, 1982)，取1 g土樣置於角錐瓶中，加入7 mL抽出液搖盪1 min.後過濾，取2 mL濾液，加入5 mL H<sub>2</sub>O及2 mL鉬酸鉍混合後加入1 mL氯化亞錫稀釋液，以分光光度計(spectrometer)於波長660 nm下測定。可置換性陽離子及C.E.C利用中性醋酸鉍法分析(Rhoades, 1982)，取5 g土樣置於250 mL角錐瓶中，加入100 mL醋酸鉍，搖盪過夜30 min靜置，以100 mL醋酸鉍溶液沖洗，定積至200 mL，此部份濾液以感應耦合電漿光譜

分析儀(ICP-AES)，測定可置換性陽離子含量。之後，土樣再經酒精淋洗，以190 mL 10%氯化鈉溶液淋洗，收集濾液並定積至200 mL，取100 mL濾液以凱氏氮裝置進行蒸餾、滴定，用以計算陽離子置換量(C.E.C.)。土壤有機質採濕消化法(MacDonald, 1977)，取1-2 g的土樣置於500 mL角錐瓶中，加入10 mL重鉻酸鉀、20 mL濃硫酸，緩慢搖晃1 min，待角錐瓶靜置約30 min，再加入150 mL水、85%磷酸10 mL及指示劑(0.025 M Ferroin)，在電磁攪拌器上以0.2 N硫酸亞鐵液滴定。

土壤滲漏水分析：在林地內分別選擇有菌根根系及裸露地埋設4公升的塑膠鉢，埋設時不可將根系挖斷，並將根系小心引入鉢內，整個塑膠鉢埋入土中，距表土約5 cm，鉢底設一引流管至底處，銜接到一個2 L的保特瓶，遇下雨及收集滲漏水，利用離子層析儀分析土壤滲漏水陰、陽離子養分濃度。

菌根調查：

雪山登山口往七卡山莊登山步道沿線進行菌根菌種調查，採集土生真菌進行菌種鑑定。在子實體出現季節中，每2星期進行採集一次，以其收集到完整之菌相。發現子實體後攝影記錄，小心挖掘採取，遇到具有菌托之子實體，要注意保存菌托之完整，再放入紙袋，紀錄日期、採集編號、林相。

將其拍照並記錄特徵後，以外部型態為主，再輔以孢子等其他顯微特徵進行鑑定。外部型態包括菌褶的著生方式、菌蓋和菌餅的表面及形狀、菌環、菌托、假根的有無等，顯微特徵則如擔子器、囊狀體、孢子大小、顏色或化學反應。查對書籍或檢索表。鑑定過後標號放入約30°C的烘箱內，三天後取出放封口袋內保存。為確保DNA品質，樣本應在收獲後 24 hr 內乾燥。

若採集後的組織沒有要立刻使用，將之處以液態氮並儲存在-80°C下。粉末狀的也保存在-80°C下，也可乾燥或凍乾後儲存在室溫中(15~25°C)。

分別從子實體及分離出之菌絲提取DNA。從培養液中收獲菌絲，先進行離心使菌絲呈丸狀，用二次蒸餾水洗淨後磨碎。子實體標本以液態氮磨碎。使用DNeasy Plant Mini Kit(Qiagen, Valencia, CA, USA)萃取DNA。加入

緩衝液AP1 400  $\mu\text{L}$ ，緩衝液AP2 200  $\mu\text{L}$  和緩衝液AW 500  $\mu\text{L}$ 。使用引子對 ITS1F/ITS4B 擴增 rDNA 的細胞核內轉錄區間(Gardes and Bruns 1993)。PCR反應總體積為10  $\mu\text{L}$ ，其中包含1U HotStarTaq DNA polymerase(Qiagen), 1X PCR buffer, 1.5 mM  $\text{MgCl}_2$ , 0.2 mM deoxynucleotide triphosphate, 0.38  $\mu\text{M}$ 引子，和2  $\mu\text{L}$ 的DNA模板。PCR操作使用溫度循環機(Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler)。PCR增幅反應條件如下：先使用94°C 15分鐘，接下來94°C 1分鐘；55°C 1分鐘；72°C 2分鐘；72°C 10分鐘進行30個循環。Negative control 同時進行反應。

PCR產物以1.2%瓊脂凝膠中進行電泳分析，於紫外光燈箱中檢查。可視的條帶以QIAquick PCR purification kit(Qiagen)純化及定序。然而，其中的產物之DNA序列為多種產物的混和，因此：(1)將條帶以IAquick gel extraction kit(Qiagen)分開及純化，或(2)將PCR產物利用TOPO TA cloning kit(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)進行克隆。

使用Morris等人(2008a)的實驗流程。將質體以ITS1F(5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A-3')和ITS4B(5'-CAG GAG ACT TGT ACA CGG TCC AG- 3')進行擴增並從克隆中隨機挑選四、五個進行定序。並與GenBank中的序列做比對。

### 三、結果與討論

#### (一)土壤分析

雪山主峰線依海拔高度遞增分別為七卡、哭坡、火燒地、黑森林及圈谷5處採樣點，土壤總含石率以黑森林1.1~2.9%為最低(平均2.15%)，七卡2.9~8.8%次之(平均5.53%)，哭坡6.6~28.7%為最高(平均17.11%)，整體而言土壤含石率分布並不均勻，有些上層土壤含石率高，有些則下層土含石率高。

土壤總含根量，以圈谷0.27 kg/m<sup>3</sup>(40 cm土深)為最低，七卡1.63 kg/cm<sup>3</sup>最高，黑森林1.16 kg/cm<sup>3</sup>次之，哭坡與火燒地幾乎一樣，各為0.74與0.75 kg/cm<sup>3</sup>。哭坡的2處採樣點土壤中含根量，呈現差異；七卡處的採樣點土壤中含根量，則呈現一致的現象，總根含量也相近。

本試驗所有採樣點土壤pH皆呈極酸性，尤其黑森林採樣點的森林土壤呈極酸性(pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>3.8~4.1, pH<sub>(KCl)</sub>2.6~3.0)，隨土壤深度增加，土壤pH呈上升之勢，底層土壤pH高於表層土，顯然酸性來源來在表土，是降雨而來(酸雨現象)，或是地表枯枝落葉分解有機酸而來，尚須其它研究加以釐清，然而在火燒地，土壤pH與土壤深度的變化與其它採樣點不同，土壤越深pH越低，乃因火燒之關係，殘留地表的灰燼提高了土壤pH值。

雪山主峰線各採樣點土壤全氮量，隨著土壤深度增加而降低。0~10 cm土壤全氮量以七卡0.92%為最高，哭坡0.40%次之，圈谷0.10%最低；10~20 cm土壤全氮量則以七卡0.29%最高，圈谷0.06%最低；20~40 cm土壤含氮量以圈谷0.07%最低。本試驗地土壤中土壤全氮在所有樣點中，都呈現正常適宜的濃度，對地上植群而言應無缺氮現象。

土壤有效磷在所有的採樣點中皆呈極低值，在土壤深度0~10 cm中，土壤有效磷濃度明顯高於其他土壤深度層次，其中以火燒地有效磷濃度為4.88 ppm及圈谷土壤有效磷濃度為3.08 ppm呈較高的情況，其他隨著土壤深度遞增土壤有效磷有逐漸降低的趨勢，顯示本區土壤普遍呈磷缺乏現象。土壤有效磷則隨土壤深度上升而下降趨勢，土壤呈現明顯缺乏現象，土壤中有效磷的供應若低於7 ppm即屬明顯缺乏現象，因此本試驗地全區皆呈現缺磷現象，推測應由於本區過低的pH，使土壤中有效磷被鐵、鋁所

固定，即所謂的磷酸之化學固定作用(chemical fixation of phosphate)，至土壤呈現極低的有效磷。

土壤陽離子置換能量(CEC)在雪山主峰線各採樣點都呈現極高值，以七卡樣點土壤深度0~10 cm為52.60 m.e./100 g最高，哭坡29.49 m.e./100 g次之，圈谷11.59 m.e./100 g最低；土壤陽離子置換能量隨著土壤深度增加有降低的趨勢。土壤置換性陽離子K、Na、Mg及Ca濃度在各採樣點中濃度都很低，土壤置換性K隨著土壤深度增加而下降趨勢，土壤深度0~10 cm中以七卡最高，黑森林次之，圈谷最低，土壤深度10~20 cm中以哭坡最高，黑森林次之，圈谷最低，土壤深度20~40 cm土壤中，以哭坡最高，七卡次之，圈谷最低，圈谷置換性K濃度在不同土壤深度都是呈現最低值。

土壤置換性Na 在各土壤層次並無明顯趨勢，土壤深度0~10 cm中各樣點置換性Na濃度範圍為1.693~0.116 m.e./100 g之間，土壤深度10~20 cm中各樣點置換性Na濃度範圍為0.827~0.09 m.e./100 g之間，土壤深度20~40 cm中各樣點置換性Na濃度範圍為偵測不到至0.482 m.e./100 g之間。

土壤置換性Ca隨著土壤深度增加而下降趨勢。土壤深度0~10 cm中以黑森林最高，七卡次之，圈谷最低；土壤深度10~20 cm中以哭坡最高，黑森林次之，圈谷最低；土壤深度20~40 cm則以圈谷最低。圈谷置換性Ca濃度在不同土壤深度都是呈現最低值。

土壤置換性Mg隨著土壤深度增加而下降。土壤深度0~10 cm中以七卡最高，黑森林次之，圈谷最低；土壤深度10~20 cm以黑森林最高，圈谷最低；土壤深度20~40 cm則以圈谷最低。圈谷置換性Mg濃度在不同土壤深度都是呈現最低值，與置換性Ca有相同趨勢。土壤陽離子置換能量(CEC)都極高，但是置換性鈉、鈣、鎂都很低，其形成之因相信與本區土壤的pH過低有關。

土壤置換性Al隨著土壤深度增加而下降趨勢。土壤深度0~10 cm中以七卡27.672 m.e./100 g最高，火燒地17.826 m.e./100 g次之，圈谷6.587 m.e./100 g最低；土壤深度10~20 cm以七卡22.500 m.e./100 g最高，圈谷5.748 m.e./100 g最低；土壤深度20~40 cm則以圈谷4.808 m.e./100 g最低，圈谷置換性Al濃度在不同土壤深度都是呈現最低值。

七卡採樣點的土壤有機碳高於其他各採樣點，尤其在0~10 cm有機碳含量達23.97%，屬極高的有機碳含量，土壤有機碳含量同樣隨土壤深度增加而呈遞減之勢，在土深20~40 cm處土壤有機碳含量僅有2.11~9.82%。本試驗地土壤中有機碳含量高於台灣其它森林土壤的含量，符合高山土壤或是寒帶土壤的特性，由於低溫現象，枯枝落葉分解速率慢，容易累積較高的碳於土壤中，越向下層土壤有機碳含量越低。

雪山主峰線各採樣點枯落物層含量，七卡採樣點枯枝落葉總重量為7.3 ton/ha，哭坡採樣點為2.0 ton/ha，火燒地採樣點為2.5 ton/ha，黑森林採樣點為6.8 ton/ha，圈谷採樣點為3.1 ton/ha。

菌根共生對土壤養分影響，經由雪山外生菌根林地土壤滲漏水養分分析結果顯示，在土壤酸鹼值方面(表3-1)，天然降雨與模擬降雨之pH值分別為6.68與7.24，屬於中性，但天然降雨經過有菌根土壤與裸土壤滲漏後，其pH值分別為5.63與5.00，模擬降雨經過有菌根土壤與裸土壤滲漏後，其pH值分別為5.78與5.51，降雨之pH值皆呈酸性，推測土壤腐質層分解與植物根部釋出有機酸，影響土壤滲漏水酸鹼值的變化所造成。

進一步分析雪山外生菌根林地土壤滲漏水陰、陽離子養分狀況結果發現(表3-2、表3-3)，不論天然降雨或模擬降雨，有菌根土壤的陰陽離子養分濃度皆高於裸土壤的陰陽離子養分濃度，其表示菌根共生能有效吸收各種離子養分，對於土壤的養分流動具有攔截養分之作用，減少養分漏失，以提供此高山土壤養分缺乏的環境下，植物能適應生存之條件。

**表3-1. 雪山外生菌根林地土壤滲漏水質酸鹼值**

測定項目	pH
天然降雨	6.68
有菌根土壤	5.63
裸土壤	5.00
模擬降雨	7.24
有菌根土壤	5.78
裸土壤	5.51

(資料來源：本研究資料)



表3-2. 雪山外生菌根林地土壤滲漏水陰離子濃度(單位ppm)

測定項目	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sup>2-</sup>	NO <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
天然降雨	0.01	1.86	0.02	0.09	0.26	3.43
有菌根土壤	--	1.14	--	0.18	--	3.48
裸土壤	0.02	1.40	0.01	0.19	--	4.84
模擬降雨	0.01	0.42	0.02	0.30	--	32.26
有菌根土壤	0.01	1.12	0.02	0.27	--	17.69
裸土壤	0.02	1.87	0.02	0.36	--	26.71

註：--表示無法檢測出

(資料來源：本研究資料)

表3-3. 雪山外生菌根林地土壤滲漏水陽離子濃度(單位ppm)

測定項目	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
天然降雨	1.02	6.55	4.49	0.01	0.05
有菌根土壤	0.88	0.22	1.16	0.36	0.30
裸土壤	0.93	0.57	2.71	0.58	1.36
模擬降雨	5.25	0.21	0.40	6.55	18.61
有菌根土壤	2.82	0.27	1.15	1.97	2.42
裸土壤	3.19	0.32	4.26	2.37	5.03

(資料來源：本研究資料)

## (二) 菌根菌調查

本區發現菌根菌子實體包括：

1. 牛肝菌科：乳牛肝菌(*Suillus bovinus*)、牛肝菌屬(*Boletus* spp.)、虎皮乳牛肝菌(*Suillus pictus*)、煙色粉孢牛肝菌(*Tylopilus fumosipes*)。
2. 紅菇科：毒紅菇(*Russula emetica*)、白紋紅菇(*Russula alboareolata*)、紅汁乳菇(*Lactarius hatsudake*)、臭紅菇(*Russula foetens*)。
3. 鵝膏科：灰鵝膏(*Amanita vaginata*)、櫟生鵝膏(*Amanita castanopsidis*)、鵝膏屬(*Amanita* spp.)。
4. 絲膜菌科：紫滑絲膜菌(*Cortinarius salor*)、黏滑菇屬(*Hebeloma* spp.)。
5. 多孔菌科：長久集毛菌(*Coltricia perennis*)。
6. 口蘑科：口蘑屬(*Tricholoma* spp.)。
7. 齒菌科：翹鱗肉齒菌(*Sarcodon imbricatus*)。
8. 硬皮馬勃科：光硬皮馬勃(*Scleroderma cepa*)。

菌根菌子實體出現頻率數量最多的前五屬依序為*Suillus*、*Coltricia*、

*Russula*、*Lactarius*、*Amanita*、*Suillus*、*Coltricia*、*Russula*在六月出現，七月時數量達到最高峰，八月開始減少。*Boletus*則是在八月開始增多。其他各屬零星出現。子實體分佈地點，0~1.5 km間雖偶有子實體出現但數量不多，唯長久集毛菌七月時在0.4 km及0.6 km曾大量出現，大部分的種類都集中在1.5 km後開始出現。長久集毛菌有明顯集中生長的趨勢。

菌根菌子實體出現的頻率以乳牛肝菌出現最為頻繁，其次是毒紅菇與長久集毛菌，唯長久集毛菌出現區較為集中，底海拔處子實體較少，步道2 km處有較高的菌根菌多樣性。

從2010-2011年2個年度調查雪山地區外生菌根菌種類與數量結果顯示(表3-4)，*Suillus*及*Russula*為調查期間出現數量之冠，在2010年外生菌根菌總調查數量為2336個子實體，2011年外生菌根菌總調查數量為313個子實體，2010年子實體出現數量為2011年子實體出現數量的7.5倍。造成兩年間子實體出現數量之差異推測為2011年氣候較溫暖，降雨量少，且無颱風的侵襲，因此2011年子實體數量明顯降低，且出現之子實體出現也比去年時間晚，氣候異常所致。

表3-4. 雪山地區2010 - 2011年外生菌根菌種類與數量調查總量

年度/菌種	<i>Sui.</i>	<i>Bol.</i>	<i>Tyl.</i>	<i>Rus.</i>	<i>Lac.</i>	<i>Ama.</i>	<i>Sar.</i>	<i>Col.</i>	<i>Scl.</i>	合計
2010	1274	205	117	312	116	38	109	156	9	2,336
2011	61	18	0	81	22	43	0	77	11	313

註：*Sui.*指*Suillus*；*Bol.*指*Boletus*；*Tyl.*指*Tylopilus*；*Rus.*指*Russula*；*Lac.*指*Lactarius*；*Ama.*指*Amanita*；*Sar.*指*Sarcodon*；*Col.*指*Coltricia*；*Scl.*指*Scleroderma*。

(資料來源：本研究資料)

本試驗發現之外生菌根菌種，其中毒紅菇、白紋紅菇和紅汁乳菇，在王也珍和周文能(2009)在雪霸國家公園雪見地區大型真菌調查中也有出現。另外在本研究區域海拔高在2,100~2,900 km間發現紫滑絲膜菌、櫟生鵝膏和臭紅菇，也在林子超(2009)的研究中出現。本研究區域之土壤呈酸性，張茹琴等(2008)指出菌根菌適應於偏酸性的環境，此處之生育環境雖呈極酸性，土壤有效磷呈現明顯缺乏現象，置換性鋁呈現高含量，對植物生長相當不利，菌根共生應是植物在此生存之必要條件。

使用primer ITS1F/ITS4B擴增出純化後菌絲DNA片段(圖3-1)。片段大小符合預期。挑選清晰之可視條帶回收後，選殖至puc18載體，經過篩選後所挑出的菌落進行質體萃取與限制酵素分析(RFLP)(圖3-2至圖3-4)，並將該質體定序得結果(表3-5)，編號Su的比對結果為*Antrodiella hoehnelii*，編號11為*Paxillus involutus*，編號43為*Suillus pictus*。編號Re及28比對結果非真菌，於此不予討論。編號W1及S1是從根部提取真菌DNA進行比對，結果確定為外生菌根，但是種類未知，可於日後使用已知之菌種設計Primer做進一步研究。

*Antrodiella hoehnelii*為木棲真菌，為*Phellinus hoehnelii*之同種異名。*Paxillus involutus*為Boletales目中生長在寒帶及溫帶森林中之外生菌根菌，且目前被廣泛討論其生態功能(Wallander and Söderström, 1999)。*Suillus pictus*為*Boletinus pictus*之同種異名，分布範圍在台灣、美國、歐洲和中國的混交林下。可食用之外生菌根菌，與落葉松、赤松及高山松等樹木形成菌根(Yeh and Chen, 1980)。

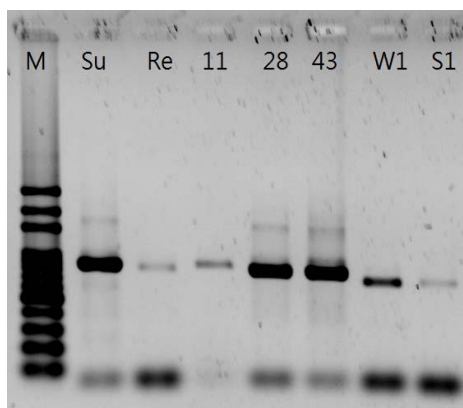


圖3-1. 從菌絲中提取DNA進行PCR擴增。M:100 bp marker。Lane為菌絲編號。  
(資料來源：本研究資料)



圖3-2. 菌絲編號Su之PCR反應產物經大量複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I及EcoR I。M: 1000 bp marker，下方Lane 1~8表示重複數。

(資料來源：本研究資料)

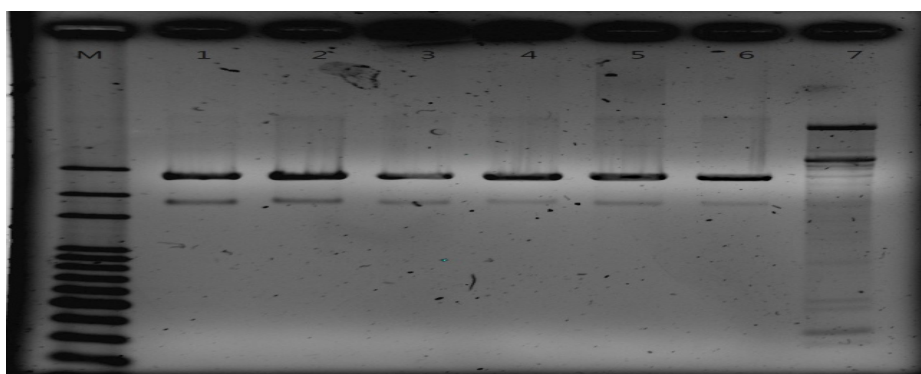


圖3-3. 分離菌絲Re之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；下方Lane 1~7表示重複數。  
(資料來源：本研究資料)

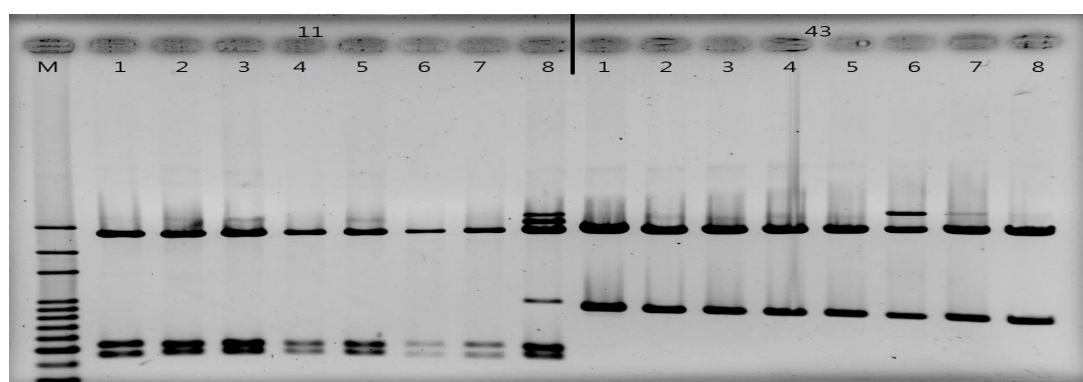


圖3-4. 分離出之菌絲編號11和43之PCR反應產物經轉殖大量複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；下方Lane 1~8表示重複數。  
(資料來源：本研究資料)

表3-5. 分離之菌絲PCR 反應產物經轉殖大量複製後所萃取之質體定序結果

編號	Accession #	Closest FASTA match
Su	GBPLN: 342674534	<i>Antrodiella hoehnelii</i>
11	GBPLN: 315466303	<i>Paxillus involutus</i>
43	GBPLN: 118442764	<i>Suillus pictus</i>

(資料來源：本研究資料)

使用primer ITS1F/ITS4B擴增出子實體DNA片段(圖3-5)。片段大小符合預期。挑選清晰之可視條帶回收後，選殖至puc18載體，經過篩選後所挑出的菌落進行質體萃取與限制酵素分析，確認有預期的插入片段(圖3-6至圖3-13)。初步挑選編號23、25、26、27的質體定序，與基因庫DNA比對得結果(表3-6)，55個子實體樣本中，成功擴增出28個子實體DNA，比對結果得出20個菌種。其中編號15 *Tricholoma flavovirens*與編號26為同種，編號

17 *Tricholoma pessundatum*與編號43為同種，編號21 *Suillus flavidus*與編號39及編號45為同種，編號23 *Russula cerolens*與編號46為同種，編號25 *Inocybe nitidiuscula*與編號29為同種，編號35 *Lactarius luculentus* var. *laetus*與編號42為同種，編號36 *Cortinarius mucosus*與編號37為同種。10號為 *Collybia subnuda*，11號為 *Suillus bovinus*，12號為 *Lactarius* sp.，14號為 *Corticiaceae* sp.，16號為 *Russula xerampelina*，24號為 *Amanita stranelle*，27號為 *Russula brevipes*，28號為 *Amanita rubescens*，33號為 *Oudemansiella radicata*，37號為 *Cortinarius mucosus*，38號為 *Russula foetens*，40號為 *Lactarius* sp.，41號為 *Russula* sp.，47號為 *Cortinarius* cf. *paragaudis*。另外27個子實體尚無法擴增DNA，須繼續調整PCR條件。

長梗小奧德蘑又稱長梗金錢菇(*Oudemansiella radicata*)為木棲腐生菌，屬傘菌目之口蘑科，可食之藥用菌(王也珍和周文能，2009)。*Russula cerolens*在台灣未有紀錄，目前文獻指出僅在北美有分佈，與*Russula amoenolens*及*Russula pectinata*非常相似，而後者在中國大陸有分佈，其差別僅在孢子網紋較多，皆生長在針葉林下(Shaffer, 1972)。*Inocybe nitidiuscula*分佈在歐洲及北美，直到2006年被記錄在日本北海道海拔100~200 m間，目前台灣尚未有文獻提及，屬外生菌根菌，好發於針葉林下，喜與日本落葉松(*Larix kaempferi*)及庫頁冷杉(*Abies sachalinensis*)形成共生(Keisuke *et al.*, 2006)。油黃口蘑(*Tricholoma flavovirens*)目前台灣尚未有文獻記載，屬外生菌根菌，在中國大陸黑龍江、江蘇、青海、四川、雲南及西藏皆有分佈，為優良食用菌，試驗具有抗癌作用。*Russula brevipes*與*Russula chloroides*及*Russula delica*為同物異名，可食，在中海拔闊葉林地單生至群生(Chen *et al.*, 1994)。*Suillus bovinus*外生菌根，夏秋季生於松林或其它針葉林地，可食，台灣中部杉林溪及裡冷林道有出現紀錄(陳建名等，2000)。臭紅菇(*Russula foetens*)在低、中海拔闊、針闊葉樹林地上單生或散生，有毒，誤食會引發腸胃不適(張東柱等，2001)。

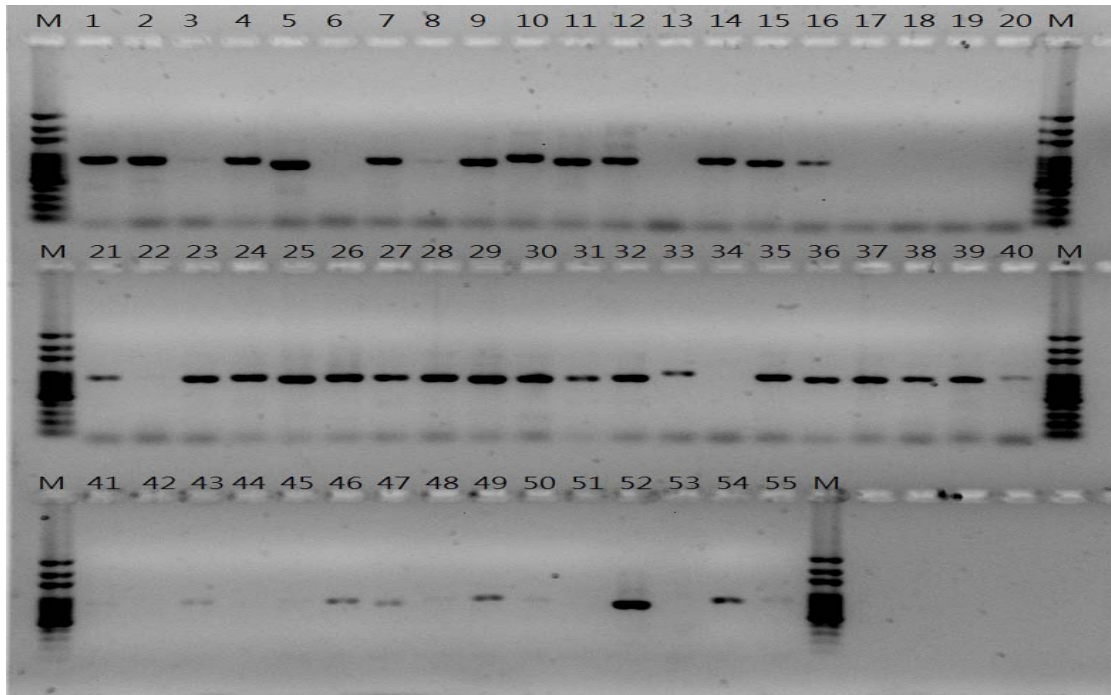


圖 3-5. 子實體之 DNA 進行 PCR 擴增。M: 100 bp marker。數字表示子實體編號。(資料來源：本研究資料)

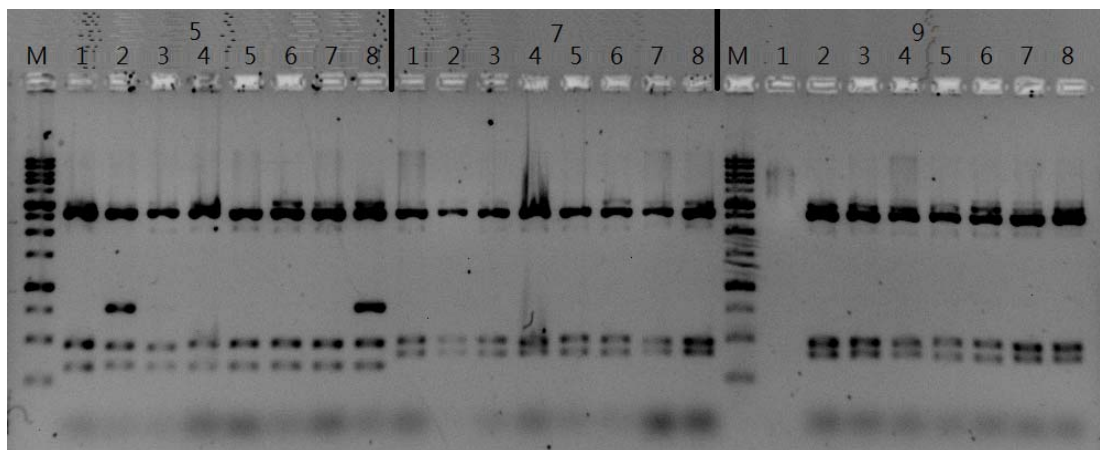


圖3-6. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I及EcoR I。M：Marker，1000 bp；欄位上方(1、2、4)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)



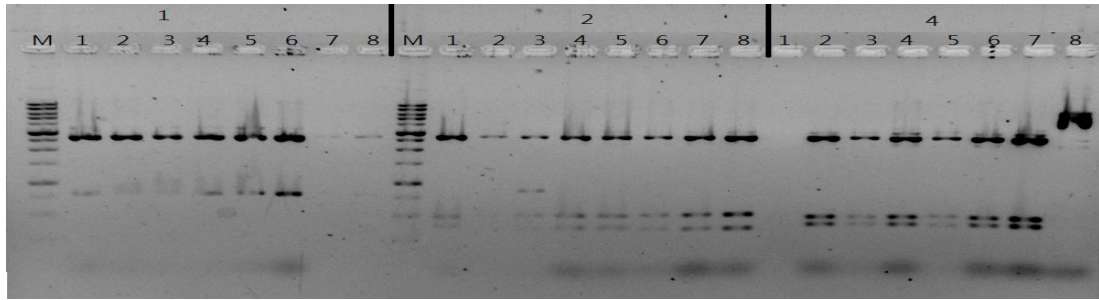


圖3-7. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(5、7、9)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)

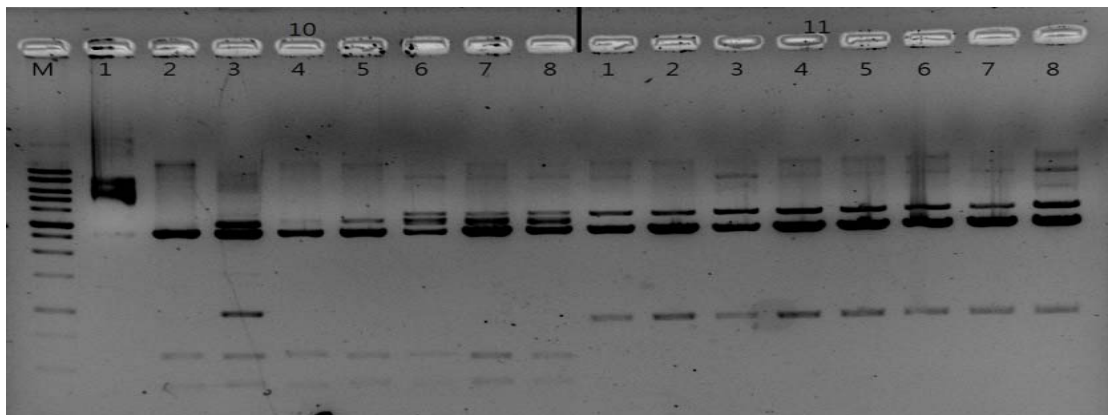


圖3-8. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(10、11)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)

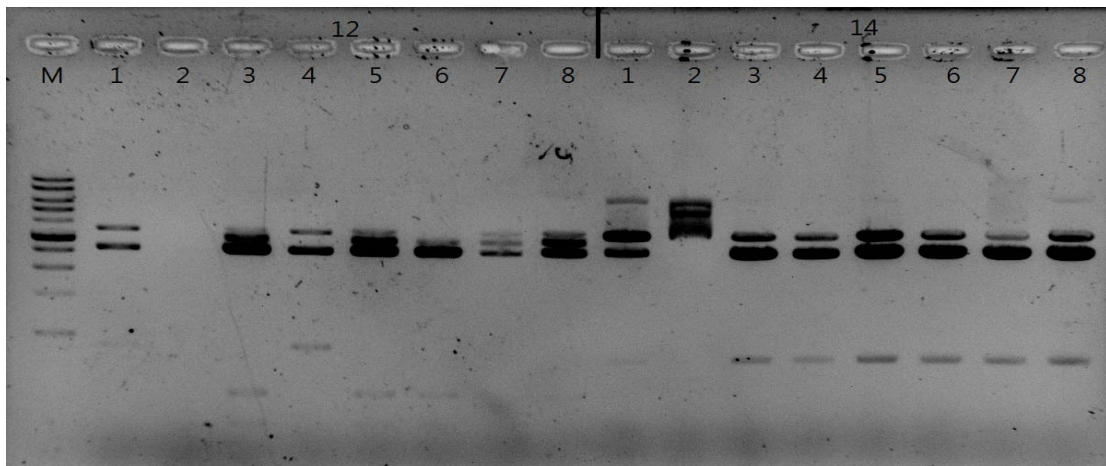


圖3-9. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(12、14)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)

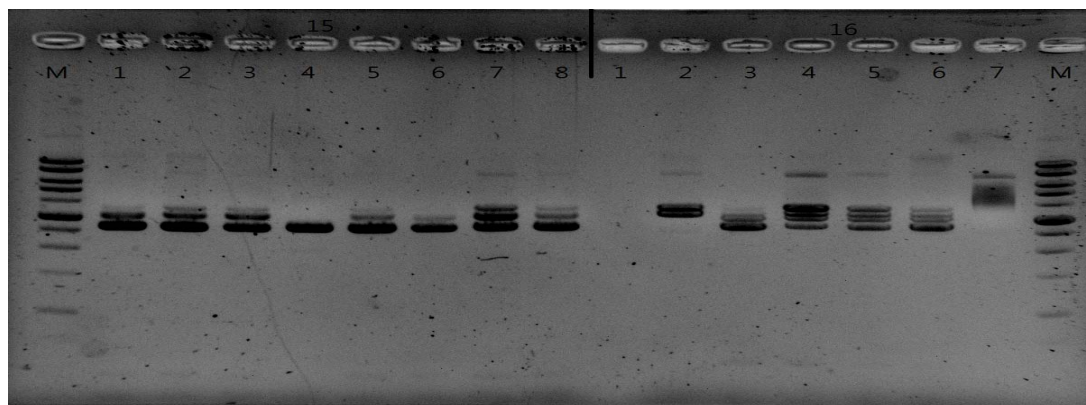


圖3-10. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(15、16)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)

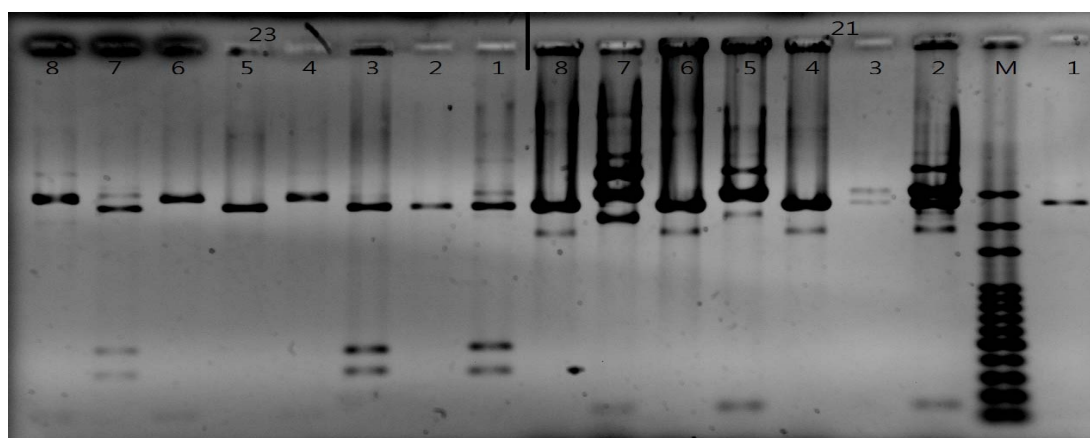


圖3-11. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(21、23)表示子實體編號，下方1~8表示重複數。(資料來源：本研究資料)

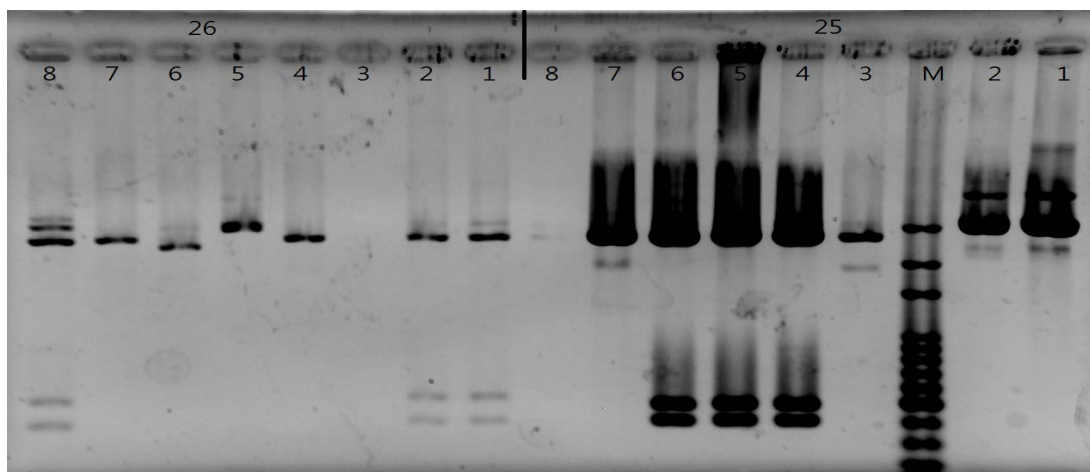


圖3-12. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M: Marker，1000 bp；欄位上方(25、26)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)



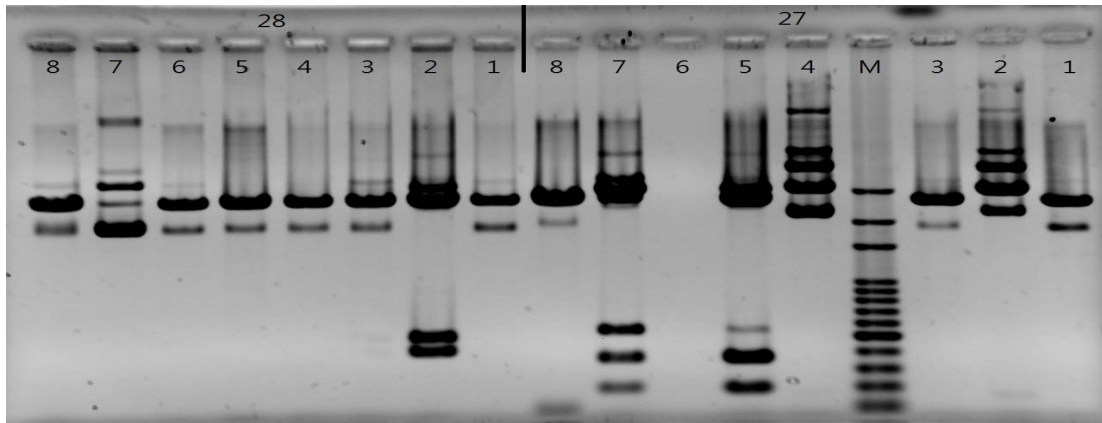


圖3-13. 子實體之PCR反應產物經轉殖複製後進行RFLP，使用的酵素為BamH I 及EcoR I。M：Marker，1000 bp；欄位上方(27、28)表示子實體編號，下方表示重複數。(資料來源：本研究資料)

表3-6. 子實體之 PCR 反應產物經轉殖大量複製後，所萃取之質體定序結果表

編號	Accession #	比對菌種
10	GBPLN: 4097003	<i>Collybia subnuda</i>
11	GBPLN: 6906752	<i>Suillus bovinus</i>
12	GBPLN: 27497418	<i>Lactarius</i> sp.
14	GBPLN: 308055238	<i>Corticiaceae</i> sp.
15	GBPLN: 6906745	<i>Tricholoma flavovirens</i>
16	GBPLN: 226442274	<i>Russula xerampelina voucher</i>
17	GBPLN: 226442287	<i>Tricholoma pessundatum</i>
21	GBPLN: 226442280	<i>Suillus flavidus</i>
23	GBPLN: 315270820	<i>Russula cerolens</i>
24	GBPLN: 223452153	<i>Amanita stranella</i>
25	GBPLN: 315270196	<i>Inocybe nitidiuscula</i>
26	GBPLN: 335999357	<i>Tricholoma flavovirens</i>
27	GBPLN: 226442270	<i>Russula brevipes</i>
28	GBPLN: 61657543	<i>Amanita rubescens</i>
29	GBPLN: 315270196	<i>Inocybe nitidiuscula</i>
33	GBPLN: 44989204	<i>Oudemansiella radicata</i>
35	GBPLN: 226442260	<i>Lactarius luculentus</i> var. <i>laetus</i>
36	GBPLN: 57869173	<i>Cortinarius mucosus</i>
37	GBPLN: 57869173	<i>Cortinarius mucosus</i>
38	GBPLN: 90200615	<i>Russula</i> cf. <i>foetens</i>
39	GBPLN: 226442280	<i>Suillus flavidus</i>
40	GBPLN: 27497418	<i>Lactarius</i> sp.
41	GBPLN: 27497493	<i>Russula</i> sp.
42	GBPLN: 226442260	<i>Lactarius luculentus</i> var. <i>laetus</i>
43	GBPLN: 226442287	<i>Tricholoma pessundatum</i>
45	GBPLN: 226442280	<i>Suillus flavidus</i>
46	GBPLN: 315270819	<i>Russula cerolens</i>
47	GBPLN: 70673250	<i>Cortinarius</i> cf. <i>paragaudis</i>

(資料來源：本研究資料)

## 四、結論與建議

### (一)結論

本研究的5處樣點，土壤性質分析結果顯示，所有土壤都呈現極酸性、有效磷缺乏、置換性鋁極高的三大不利植物生長的現況。國內對於高山地區的土壤調查仍十分缺乏，本研究數據可供後續研究的重要參考。

土壤特性可分為物理性、化學性、生物性，這些特性與植群關係密切，土壤特性會影響植群的分佈，而地上植群同時也會影響土壤的化育。本研究的5處土壤採樣點，具有差異性，應與植群、地形、氣候特性有密切的關係。

菌根(mycorrhiza)共生是植物適應環境的重要機制之一，本試驗地土壤特性顯出極酸性以及嚴重缺磷現象，在這些不利植生的條件下，仍有豐富植群的分佈，顯然這些天然分佈植群定有特殊能耐克服生育地逆境。前2年6月開始在雪山主線沿路可見共生的菌根菌(mycorrhizal fungi)子實體大量出現，這些菌根菌對植群的養分吸收與循環，相信具有特殊又重要的角色。除了傳統的型態鑑定外，亦可以分子生物技術做菌種鑑定的工作，在獲得菌絲菌種後將進行菌根接種試驗，探討菌根在此環境中所扮演的重要角色。

### (二)建議

#### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

- (1)本研究已得雪山主峰沿線土壤養分基本資料，然該地區植物與土壤養分吸收之關係研究仍缺乏，應持續進行，以瞭解高山生態系植物與土壤養分的動態關係。
- (2)本研究顯示，雪山地區菌根菌豐富，菌根共生具有特殊又重要的角色，尤其在高山生育地更是不可缺乏，可做為日後雪霸國家公園研究土壤生物特性的重點。

## 2. 長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

國內對於高山土壤與植物生態系研究數據仍十分缺乏，建議長期研究植物根系在土壤中進行養分的吸收，枯落物在土壤中的分解速率，土壤中微生物的種類與量，以及土壤呼吸量等等，如此，能建立完整高山土壤與植物生態系資料庫，以供日後作為保育與經營管理之參考。

## 五、參考文獻

- 王也珍、周文能(2009)雪霸國家公園雪見地區大型真菌相調查。雪霸國家公園管理處委託辦理報告98年度。
- 林子超(2009)靜默恆久的共生關係-菌根菌與植物。自然保育季刊65: 41-44。
- 張東柱、周文能、王也珍和朱宇敏(2001)大自然的魔法師-台灣大型真菌。行政院從業委員會。三民書局。172頁。
- 張茹琴、唐明、張峰峰和黃繼川(2008)酸鹼度和重金屬對3種外生菌根真菌生長的影響。北京林業大學學報30(2): 113-118。
- 陳建名、黃士元、黃秀雯和葉開溫(2000)台灣中部地區牛肝菌目資源調查。自然保育季刊30: 16-23。
- Birkeland, P. W.(1984)Soils and Geomorphology. Oxford Univ. Press, New York, NY, USA.
- Bowman, W. D., T. A. Theodose, J. C. Schardt and R. T. Conant (1993) Constraints of nutrient availability on primary production in two alpine tundra communities. *Ecol.* 74: 2085-2097.
- Chen, C. M., T. W. Huang and R. J. Peng(1994)台灣野生菇菌(I). 特有生物中心: 134.
- Gardes, M. and T. D. Bruns(1993)ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol. Eco.* 2: 113-118.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson(1963)Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- He, H., Y. K. Qiao and Q. Liu(2003)Dynamics of biomass and stem volume of *Picea asperata* stands in artificial restoration process of subalpine coniferous forest. *Chin. J. Appl. Ecol.*15(5): 748-752.
- Holford, I. C. R.(1997)Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.* 35: 227-239.
- Ingrid C. B., K. L. William and R. Rebecca(1999)Spatial variability of soil properties in the short grass steppe. *Ecos.* 2:422-438.

- Joannal, F. D., C.S. Mary and C. J. Straker(2002). Nutrient cycling in a *Pinus patula* plantation in the Mpumalanga Province, South Africa. *Appl. Soil Ecol.*20: 211-226.
- Keisuke, O., K. Takahito, M. Toshizumi, T. Yutaka and Y. Takashi (2006) *Inocybe nitidiuscula*, new to Japan. *Mycos.* 47(5): 293-297.
- Körner, C.(1989)The nutritional status of plants from high altitudes. *Oecol.* 81: 379-91.
- MacDonald, D. C.(1977)Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report. MM-X-78.
- McLean, E. O.(1982)Soil pH and lime requirement. In A. L. Page *et al.*(eds.)Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. *Agro.* 9: 199-223.
- Moore, P. D. and S. B. Chapman(1986)Methods in plant ecology. 2nd edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edinburgh.
- Morris, A. R.(1995)Forest floor accumulation, nutrition and productivity of *Pinus patula* in the Usutu forest, Swaziland. *Plant Soil* 169: 271-278.
- Morris, M. H., M. A. Pérez- Pérez, M. E. Smith and C. S. Bledsoe (2008a) Multiple species of ectomycorrhizal fungi are frequently detected on individual oak root tips in tropical cloud forest. *Myc.* 18: 375-383.
- Morris, M. H., M. E. Smith, D. M. Rizzo, M. Rejmánek and C. S. Bledsoe (2008b)Contrasting ectomycorrhizal fungal communities on the roots of co-occurring oaks(*Quercus* spp.)in a California woodland. *New phyto.* 178: 167-176.
- Morton, J. B. and G. L. Benny(1990)Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi(*Zygomycetes*): A New order, Glomales, Two new families, Aculoraceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycot.* 37: 471-491.
- Olson, S. R. and L. E. Sommers(1982)Phosphorus. In A. L. Page *et al.* (eds.)Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. *Agron.* 9: 403-427.
- Rhoades, J. T.(1982)Cation exchange capacity. In A. L. Page *et al.* (eds.)

- Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. 9: 149-157.
- Schachtman, D. P., R. J. Reid and S. M. Ayling(1998)Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol.* 116: 447-453.
- Schlesinger, W. H.(1991)Biogeochemistry: an analysis of global change. Academic Press, New York, NY, USA.
- Schutz, C. J.(1990)Site relationships for *Pinus patula* in the eastern Transvaal escarpment area. Ph. D. Thesis. Pietermaritzburg: University of Natal. 334-335.
- Shaffer, R. L.(1972)North American *Russulas* of the Subsection *foetentinae*. *Mycologia* 64(5): 1008-1053.
- Tang, J.Y., J. H. Zhang and Q. S. Song(2003)Biomass and net primary productivity of artificial tropical rainforest in Xishuangbanna. *Chin. J. Appl. Ecol.* 14(1): 1-6.
- Trangnar, B. B., R. S. Yost and G. Uehara(1985)Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advanced Agron.* 38:44-94.
- Wallander, H. and B. Söderström(1999). *Ectomycorrhizal Fungi Key Genera in Profile*. J. W. G. Cairney and S. M. Chambers. Berlin, Springer: 231-252.
- Webster, R.(1985)Quantitative spatial analysis of soil in field. *Advance in Soil Science* 1-70.
- Wei, J., G. Wu and H. B. Deng(2004)Vegetation biomass distribution characteristics of alpine tundra ecosystem in Changbai Mountains. *Chin. J. Appl. Ecol.* 15(11): 1999-2004.
- Wei, J., J. Z. Zhao and H. B. Deng(2005)Nitrogen bio-cycle in the alpine tundra ecosystem of Changbai Mountain and its comparison with arctic tundra. *Environ. Sci.* 26(2): 167-173.
- Xiong, S. and C. Nilsson(1999)The effects of plant litter on vegetation: A meta-analysis. *J. Ecol.* 87: 984-994.
- Yang, G.Y., G. L. Song and X. X. Gao(1999)The significance of ectomycorrhizas in forest ecosystems: the influence of ectomycorrhizas on host trees. *J. of Nor. For. Uni.* 27(6): 72-77.

- Ye, J., Z. Q. Hao and G. H. Dai(2003)Bryophyte biomass in dark coniferous forest of Changbai Mountain. *Chin. J. Appl. Ecol.* 15(5): 737-740.
- Yeh, K. W. and Z. C. Chen(1980)The Boletes of Taiwan(I). *Taiwania* 25(1): 166-184.





## 第四章 苔蘚植物相調查研究

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

楊嘉棟、姚奎宇

### 摘要

關鍵詞：雪山、苔蘚植物、全球暖化、普查、生活型

#### 一、研究緣起

在雪山主峰沿線，從登山口至雪山主峰及圈谷地區進行高山生態系苔蘚植物相調查研究，以作為日後雪霸國家公園高山生態系經營及解說教育之參考資料。

#### 二、研究方法及過程

配合雪山地區高山生態系整合調查以雪山主峰沿線的維管束植物樣區及登山路線進行採集調查，以建立雪山高山生態系苔蘚植物相資源、分布及生態棲位等資料。並分析雪山高山生態系苔蘚植物分類屬性、生活型及生物地理學特性。此外，亦嘗試初步比較沿海拔梯度及不同棲地結構之苔蘚植物資源特性，推估其未來發展。

#### 三、重要發現

本研究截至2011年12月底，在雪山地區共已採集標本約400份，已鑑定苔類計36科84屬126種。

各樣區內的主要苔蘚生活型如下：七卡山莊樣區的苔蘚具有較多懸垂型苔蘚及其他區沒有的扇型生活型。雪山東峰樣區苔蘚數量稀少，以高叢型、點貼型及矮叢型的苔蘚為主。火燒地樣區雖然與海拔與地理位置與雪山東峰樣區相近，但種類較為豐富。黑森林邊緣樣區以點貼型、高叢型、矮叢型及平滑全貼型苔蘚為主，此樣區以塔苔科的塔苔 [*Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G.] 最為優勢。黑森林水源地樣區與7.9-8K的樣區類似，此樣區則以灰苔科的毛梳苔 [*Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.] 最為優勢。圈谷樣區以小墊狀體型、高叢型、粗糙全貼型及點貼型苔蘚為主。

#### 四、主要建議事項

根據本研究對雪山地區苔蘚植物相的調查結果，分別就立即可行建議及中長期建議提出下列具體建議：

##### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

建議事項：

1. 編印雪霸國家公園的苔蘚植物摺頁或是苔蘚解說手冊，不僅有利於未來園區內苔蘚多樣性之經營管理，亦能讓遊客瞭解園區內的苔蘚生態並加強保育觀念之宣導。
2. 繼續針對雪霸國家公園區內之苔蘚進行普查的工作，該基礎資料可以作為將來經營管理之參考。

##### (二)中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

建議事項：

未來利用苔蘚植物普查之成果選定具指標性之物種進行長期監測將有助於瞭解雪山高山生態系的變化情形與趨勢。

## Abstract

【Key words】 Sheshan, bryophytes, global warming, inventory, life-form

This study was conducted at Sheshan area to inventory the bryophytes along the trail from hiking gate to main peak. We want to investigate the bryophytes flora in this area, including the species, distribution, life-form and substratums. A total of 400 voucher specimens were collected and 114 bryophyte species belonging 77 genera of 34 families were identified. The life-form of bryophytes between the vascular plants long-term monitoring plots were different, in Qika plots mainly the pendants, tails or feathers forms, in East Peak and Glacial Cirques plots mainly the short turfs form, in trail-mark 6 km plots the life-form of bryophytes were similar to East Peak but with higher species abundance, the *Abies* plots between trail-mark 7.9-8 km mainly the tall turfs, cushions or mats forms and dominated by *Hylocomium splendens*, the life-form of bryophytes in *Abies* plots near the trail-mark 9 km were similar to the *Abies* plots that mentioned before, but dominated by *Ptilium crista-castrensis*.

## 一、前言

### (一)研究緣起

雪霸國家公園占地廣大，生態資源豐富，對於植物資源之調查與研究主要計有：黃增泉(1987)雪山-大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告等10餘篇，尤其在雪霸國家公園成立之後，已陸續完成雪見、武陵、觀霧、大雪山、尖石、大小劍等地區之植物資源調查。然而國內對苔蘚植物的研究甚少(蔣鎮宇，1989)，且目前雪霸國家公園內所進行的苔蘚植物專案研究僅有「武陵地區溪流生態系苔蘚植物的生物量調查研究」(賴明洲，2004)，因此本計畫特別針對雪霸國家公園雪山高山生態系的苔蘚植物進行調查，以增加國家公園內植物資源資料之完整性。

### (二)計畫目標

1. 建構雪山高山生態系苔蘚植物相資源、分布及生態棲位等資料。
2. 分析雪山高山生態系苔蘚植物分類屬性、生活型及生物地理學特性。
3. 配合維管束植物長期監測樣區之設置，初步比較沿海拔梯度及不同棲地結構之苔蘚植物資源特性，嘗試推估其未來發展。

### (三)研究範圍

本計畫配合雪山地區高山生態系整合調查以雪山主峰沿線，從登山口(2,150 m)，經七卡山莊(2,500 m)、哭坡(2,900 m)、雪山東峰(3,201 m)、三六九山莊(3,100 m)至雪山主峰(海拔3,886 m)的維管束植物樣區及登山路線沿線進行採集調查。

### (四)文獻回顧

苔蘚植物具有獨特的適應陸地旱生生活的形態結構和機能。其假根(Rhizoids)，主要為固著作用並非專司吸收功能，其葉和莖都能直接從大氣中吸收水分，既是光合作用的器官，又是吸收器官，因此較不怕土壤裡缺乏水份。這使得苔蘚植物能夠分布到種子植物無法成長的環境中。在高山裸露的岩石上，經年累月，層層苔蘚植物遺體重疊，形成一層富含有機質的薄土，成為一些小型耐旱的種子植物創造立足之地，故苔蘚植物素有植物界的拓荒者之稱譽，也是高山生態監測很好的指標生物。依據林善雄(1990，1991)於玉山國家公園高山地帶的研究指出：由於苔蘚體形細小、

綠色、無維管束，故對微棲地的環境(光、溼度及生育基質等)較其它大形維管束植物敏感，在反映微環境異同上，苔蘚是很理想的識別材料。以人為環境與自然環境而言，其指標植物分別為：(1)人為環境(例如：步道)：銀葉真苔(*Bryum argenteum*)、細葉真苔(*Bryum capillare*)、畸形真苔 (*Bryum paradoxum*)、葫蘆苔(*Funaria hygrometrica*)、卵蒴絲瓜苔(*Pohlia prolifera*)；(2)自然環境(例如：冷杉林下)：臺灣擬附幹苔(*Schwetschkeopsis formosana*)、矮錦苔日本亞種(*Sematophyllum subhumile* subsp. *japonicum*)(林善雄，1991)。

生活型為植物體對於環境複合體的所有適應，其表現在外者即是以不同的結構、形相分布於不同的生育環境中。蔣鎮宇(1989)曾對玉山501種苔類及葉蘚類植物，根據其外部形相、附著狀態及分歧方式，計區分為20群49種生活型。生活型一如植物種，在環境梯度上有其最適界及耐性限度，可做為環境指標之依據。例如：高山寒原的苔蘚生活型譜極其單純，因應其極端環境，以小墊狀為最優勢生活型，其形相及組成優勢種屬與極地寒原酷似。草原為缺乏樹冠覆蓋地域，並一再受環境因子衝擊，其苔蘚生活型譜亦極單純，以短草型及密伏蓆狀為最優勢，為其對乾旱的適應。一般來說，不同的苔蘚生活型出現於不同演替階段的植物社會，有擔任先驅角色者，例如小墊狀、短草型；出現於成熟森林下層，例如針葉林型、棕櫚型等，故不同的生活型常為不同環境之指標。Bates(1998)考慮到環境因子(如光與水)對苔蘚的影響，將苔蘚的主要生活型區分為7群12種(表4-1及圖4-1~4-7)。

目前台灣對於全球暖化相關之長期監測資料較為缺乏，但全球暖化對物種分布的變化，諸如生物帶因溫度上升而向高海拔或高緯度地區推移，造成生態上的壓縮現象等，各國已有許多相關報告。台灣高海拔生態系原本就是較為脆弱的生態系統，在缺少長期監測植物族群的資料，並在全球暖化的威脅下，找尋更為敏感的指標物種(例如：苔蘚植物)進行監測將是未來研究工作的重點。

表4-1. 苔蘚主要生活型

生活型	生活型描述
叢型	<p>莖直立，分枝稀少，植物體體疏鬆或密集的長在一起。</p> <p>(a) 短叢型 分枝主要在基部且植物體密集的長在一起。</p> <p>(b) 高叢型 植物體疏鬆的長在一起且具有多數的側枝或是在莖的頂端產生新枝(innovations)。</p>
墊狀體型	<p>半球體型，由中心點向上及周圍產生新的植物體而形成，因此莖的方向從垂直到水平。</p> <p>(a) 小墊狀體型 由頂蒴苔類組成，直徑小於5 cm。</p> <p>(b) 大墊狀體型 半球形直徑達10幾公分甚至幾公尺，側枝往同一方向生長。</p>
樹型	<p>莖像匍匐莖一樣沿著基質生長，具退化的葉子，直立莖具有叢生的分枝，發展成頂生的一叢側枝，帶有行光和作用葉子或是形成像玫瑰花形狀的大型頂生葉子。</p>
全貼型	<p>莖沿著基質生長，有分枝或沒有分枝，通常根與基質緊密的結合。</p> <p>(a) 粗糙全貼型 具有垂直的側枝。</p> <p>(b) 平滑全貼型 側枝水平平貼。</p> <p>(c) 片狀全貼型 由一層覆瓦狀疊成的片狀體組成。</p> <p>(d) 線狀全貼型 物種生長在其他片狀的隱花植物之間。</p>
點貼型	<p>植物體疏鬆的結合，通常具有許多分枝，通常由側蒴苔類及葉狀蘚類組成，常具有少數假根附件。</p>
扇形	<p>莖生長在垂直的石頭或樹幹上，分枝在水平面上重複產生形成一個平坦的平面，可行光合作用，有時向莖的先端下彎，葉兩列。</p>
懸垂型	<p>主要為附生型植物，莖懸垂僅一個點與基質連結，具有許多短的水平側枝。</p>

(修改自 Bates, 1998)

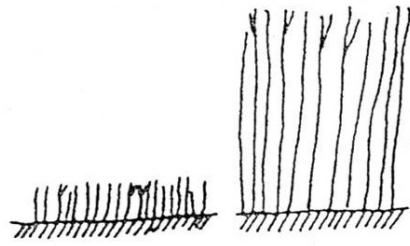


圖4-1. 高叢型。  
(示意圖修改自蔣，1989)

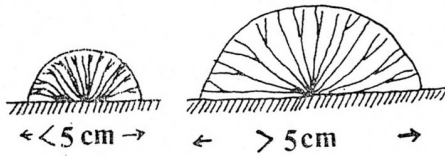


圖4-2. 墊狀體型示意圖。  
(修改自蔣，1989)

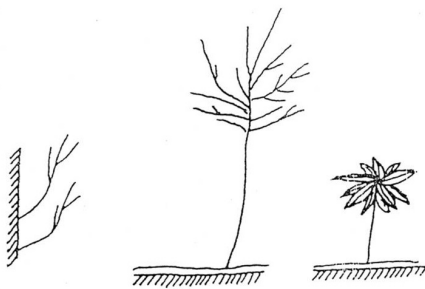


圖4-3. 樹型。  
(示意圖修改自蔣，1989)



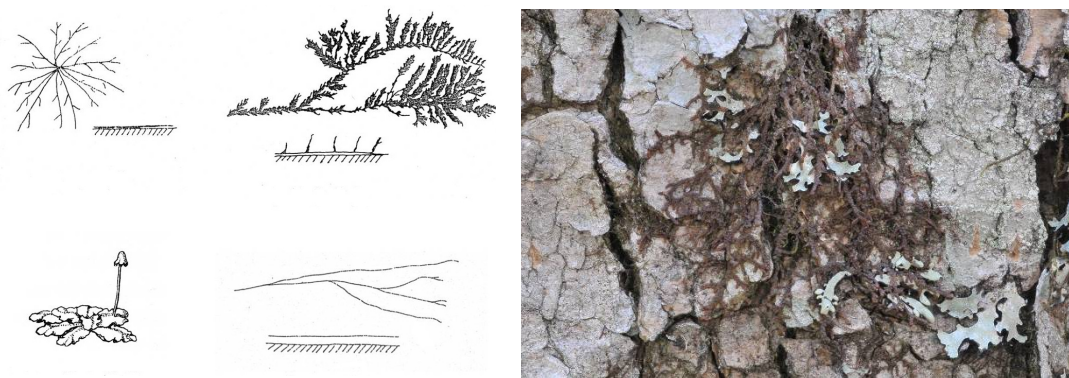


圖4-4. 全貼型。  
(示意圖修改自蔣，1989)



圖4-5. 點貼型。  
(示意圖修改自蔣，1989)



圖4-6. 扇型。  
(示意圖修改自蔣，1989)



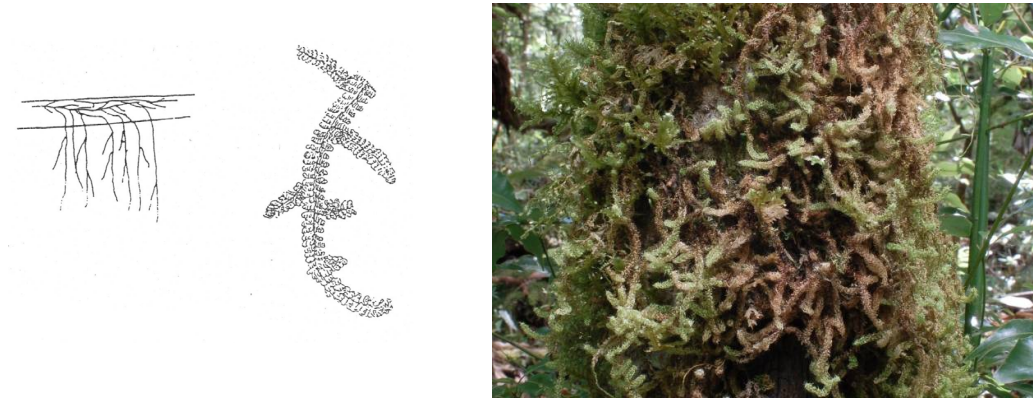


圖4-7. 懸垂型。  
(示意圖修改自蔣，1989)

## 二、材料與方法

### (一)標本採集

用皮刀將苔蘚與基質分離後，紀錄其生長環境，包括光線、濕度、地形、棲地、基質、海拔高度等資料，將標本自然風乾之後存放於特有生物研究保育中心標本館(TAIE)。

### (二)標本鑑定

利用國內外苔蘚專論、名錄、照片及繪圖進行比對，必要時借閱國外標本比對。

### (三)樣區設置

配合維管束植物長期監測樣區之設置，將在長期間測樣區選定較有代表性的物種，以便將來做物候學的研究，以及國家公園對於園區內苔蘚多樣性經營管理監測使用。

### (四)樣區地點介紹

樣區地點如表4-2及圖4-8~4-14。

表4-2. 採集地點基本資料

樣區地點	海拔高度	樣區座標
SPA-6七卡山莊	2,460 m	N 24° 23' 00.7" E 121° 17' 10.7"
SPA-5 雪山東峰	3,200 m	N 24° 23' 20.3" E 121° 16' 18.4"
SPA-4 火燒地	3,170 m	N 24° 23' 22.3" E 121° 15' 47.7"
SPA-3 黑森林邊緣	3,380 m	N 24° 23' 32.8" E 121° 14' 59.8"
SPA-2 黑森林水源地	3,400 m	N 24° 23' 34.9" E 121° 14' 25.0"
SPA-1 圈谷	3,610 m	N 24° 23' 15.9" E 121° 14' 08.9"

(資料來源：本研究資料)

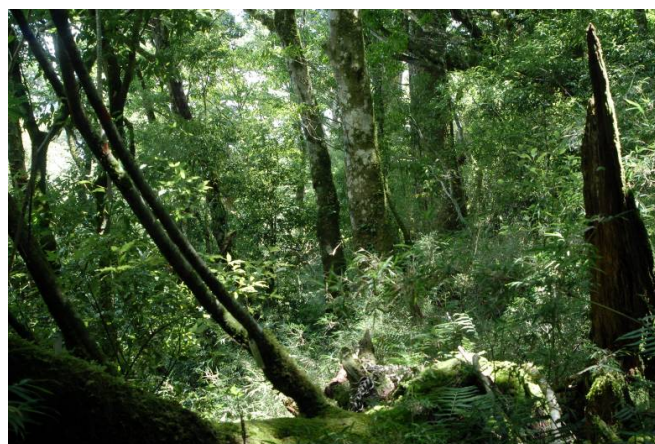


圖4-8. 七卡山莊樣區為闊葉林，提供苔蘚較多樣的生長環境。

(資料來源：本研究資料)



圖4-9. 雪山東峰樣區全為箭竹組成，環境單調，提供較少的遮蔽。  
(資料來源：本研究資料)



圖4-10. 火燒地樣區雖然以箭竹為主，但環境中有石頭及杜鵑提供一些遮蔽。  
(資料來源：本研究資料)



圖4-11. 火燒地樣區。  
(資料來源：本研究資料)





圖4-12. 黑森林邊緣樣區為冷山林，其中有倒木及石頭提供苔蘚豐富的生長環境。  
(資料來源：本研究資料)



圖4-13. 黑森林水源地樣區與黑森林林緣樣區類似，但部分地區稍為開闊。  
(資料來源：本研究資料)



圖4-14. 圈谷樣區為圓柏及杜鵑組成，低矮的樹蔭為苔蘚提供了遮蔽。  
(資料來源：本研究資料)

### 三、結果

#### (一)標本採集

目前已採集標本約400份，已鑑定苔蘚計36科84屬126種。其名錄如附錄4-1。

#### (二)生活型

各樣區內的主要苔蘚生活型及世界分布如表4-3，各樣區主要生活型所占比例如圖4-15，茲分述說明如下：

1. 七卡山莊樣區的苔蘚具有較多懸垂型苔蘚，主要苔蘚生活型有懸垂型、平滑全貼型、粗糙全貼型、點貼型、叢型及其他區沒有的扇形。
2. 雪山東峰樣區苔蘚數量稀少，以高叢型、點貼型及矮叢型的苔蘚為主。
3. 火燒地樣區雖然海拔及位置與雪山東峰樣區相近，但物種較為豐富，應是具有較多的岩石及較多種類的開花植物提供了不同的微棲地環境，以小墊狀體型、高叢型、矮叢型、平滑全貼型、粗糙全貼型的苔蘚為主。
4. 黑森林邊緣樣區以點貼型、高叢型、矮叢型及平滑全貼型苔蘚為主，此樣區以塔苔科的塔苔 [*Hylocomium splendens*(Hedw.) B. S. G.] 最為優勢。
5. 黑森林水源地樣區與黑森林邊緣樣區類似，以點貼型、高叢型、矮叢型及粗操全貼型、大墊狀體型苔蘚為主，此樣區則以灰苔科的毛梳苔 [*Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.] 最為優勢。
6. 圈谷樣區以小墊狀體型、高叢型、粗糙全貼型及點貼型苔蘚為主。

表4-3. 樣區主要苔蘚生活型及分佈

樣區	物種	生活型	分佈
七卡山莊	<i>Aerobryidium filamentosum</i>	懸垂型	台灣、中國及亞洲熱帶地區
	<i>Bazzania tridens</i>	平滑全貼型	東亞~東南亞
	<i>Dicranodontium denudatum</i>	矮叢型	北溫帶地區
	<i>Homaliiodendron flabellatum</i>	扇形	熱帶亞洲
	<i>Plagiothecium neckeroideum</i>	平滑全貼型	台灣、日本、中國及歐洲
	<i>Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum</i>	平滑全貼型	熱帶~亞熱帶
	<i>Pyrrhobryum spiniforme</i>	高叢型	台灣、日本及熱帶亞洲
	<i>Thuidium pristocalyx</i> var. <i>orientale</i>	點貼型	亞洲熱帶及亞熱帶地區
	<i>Wijkia deflexifolia</i>	粗糙全貼型	台灣、中國、印度、喜馬拉雅地區、越南、柬埔寨及菲律賓。
	雪山東峰	<i>Campylopus japonicus</i>	矮叢型
<i>Lepidozia reptans</i>		點貼型	北半球冷溫帶及南美
<i>Pogonatum alpinum</i>		高叢型	廣泛分佈於台灣、日本及北美洲
火燒地	<i>Chandonanthus hirtellus</i>	高叢型	台灣、中國、印度、尼泊爾、不丹、緬甸、斯里蘭卡、日本、爪哇、新幾內亞、馬達加斯加及熱帶非洲。
	<i>Campylopus japonicus</i>	矮叢型	台灣及東亞各國
	<i>Frullania davurica</i>	平滑全貼型	台灣、中國、韓國、日本及俄羅斯。
	<i>Grimmia elongate</i>	小墊狀體型	北半球溫帶
	<i>Racomitrium barbuloides</i>	粗糙全貼型	台灣、日本、韓國及中國
	<i>Racomitrium ericoides</i>	粗糙全貼型	台灣、中國、日本及北美洲
	<i>Rhytidium rugosum</i>	高叢型	北半球
	黑森林邊緣	<i>Dicranum</i> sp.	高叢型
<i>Herbertus aduncus</i>		矮叢型	北半球
<i>Hylocomium splendens</i>		點貼型	泛世界分佈
<i>Plagiothecium neckeroideum</i>		平滑全貼型	台灣、日本、中國及歐洲
<i>Ptilium crista-castrensis</i>		點貼型	北半球
<i>Scapania</i> sp.		高叢型	
黑森林水源地	<i>Hylocomium splendens</i>	點貼型	泛世界分佈
	<i>Hypnum tristo-viride</i>	粗糙全貼型	台灣、日本、韓國及中國
	<i>Paraleucobryum longifolium</i>	大墊狀體型	北半球
	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	點貼型	北半球
	<i>Rhizomnium hattorii</i>	矮叢型	台灣、中國、韓國及日本
園谷	<i>Branchythecium buchananii</i>	粗糙全貼型	東亞
	<i>Dicranum</i> sp.	高叢型	
	<i>Hypnum pallescens</i>	粗糙全貼型	北半球
	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	點貼型	北半球
	<i>Ulota crispa</i>	小墊狀體型	北半球及非洲

(資料來源：本研究資料)

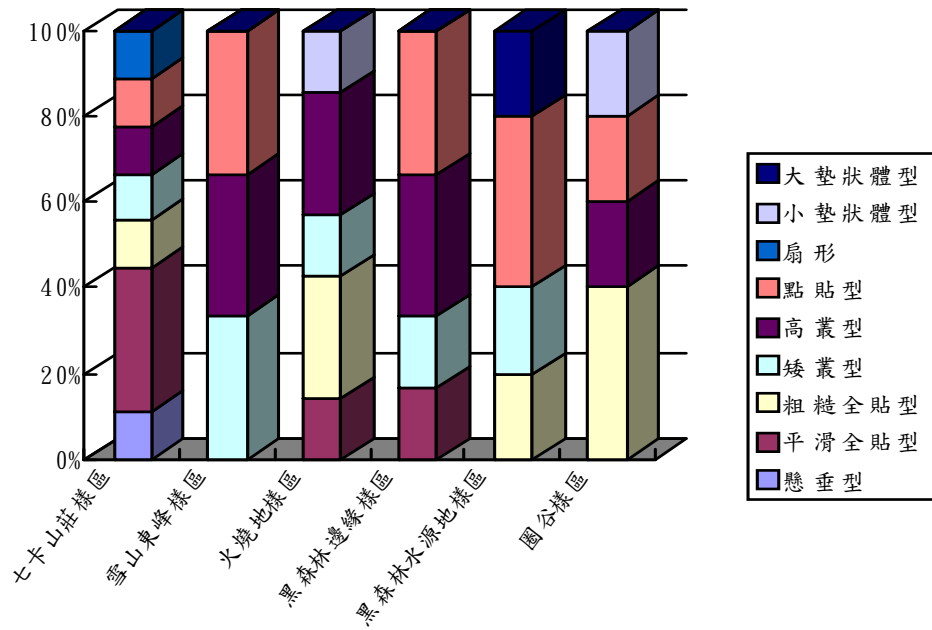


圖4-15. 各樣區主要苔蘚生活型比例圖。

### (三) 代表性苔蘚選介



圖4-16. *Homaliodendron flabellatum* (Sm.) Fleisch 樹平苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體扁平，不規則羽狀分枝。枝葉先端銳頭，具齒。葉中央細包長橢圓形。

生活型：扇型。

採集地點：七卡山莊樣區。





圖4-17. *Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid. 短枝砂苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體直立，具羽狀分枝，分枝短。葉尖透明無色。葉細胞具疣；基部細胞疣不明顯。

生活型：粗糙全貼型。

採集地點：火燒地樣區。



圖4-18. *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb. 垂枝苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體斜上不規則羽狀分枝。莖葉卵狀披針型，先端彎曲。葉中央細胞長橢圓型至線型。翼部細胞分化。

生活型：高叢型。

採集地點：火燒地樣區。





圖4-19. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. 塔苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體規則羽狀分枝。新芽由去年的莖中間斜上長出。莖具鱗毛。中肋兩條。葉中央細胞線形，背面具前角疣。

生活型：點貼型。

採集地點：黑森林邊緣樣區



圖4-20. *Plagiomnium confertidens* (Lindb. & Arn.) T. Kop. 密集走燈苔。

(資料來源：本研究資料)

特徵：物體具直立莖與匍匐莖。葉舌形，具橫紋，先端凸頭。葉中央細胞六角形；葉緣具舷，具齒，1(-3)個細胞長。

生活型：高叢型。

採集地點：冷杉林內，海拔3,360 m。





圖4-21. *Antitrichia curtispindula* (Hedw.) Brid. 臺灣逆毛苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體不規則羽狀分枝。葉卵狀披針型；葉尖具齒，常向下彎曲。中肋單

一，有時在中肋兩側基部有不明顯的1~2短肋。葉中央細胞厚壁，具有壁孔。

生活型：點貼型

採集地點：黑森林水源地樣區。



圖4-22. *Ulota crispa* (Hedw.) Brid. 北方卷葉苔。(資料來源：本研究資料)

特徵：植物體直立。葉披針型，基部橢圓形；乾燥時強烈捲曲。中肋達葉

先端。葉細胞圓方型。

生活型：墊狀體型

採集地點：圈谷樣區

## 四、討論

### (一)與賴明洲老師調查武陵地區溪流沿岸的苔蘚物種比較

賴明洲老師曾調查武陵地區的七家灣溪及有勝溪兩條溪流河岸帶的苔蘚，共報導28科38屬及39種，本研究至目前為止所鑑定的苔蘚計36科84屬126種。賴老師調查的範圍為溪流沿岸，與本研究的調查區域大不相同，不僅物種數的差異，調查的物種相同的僅9種(三裂鞭蘚、南方小錦苔、細葉真苔、傘形曲柄苔、蛇蘚、粗疣苔、尖葉油苔、刺葉檜苔及變齒苔)。故本研究調查所得之資料可與賴老師所得之資料互補，建構雪霸地區較為完整的苔蘚植物清單。

### (二)生活型

各樣區的主要苔蘚生活型具有相當程度的差異，Oishi(2009)曾對日本京都附近破碎的森林作過生活型與苔蘚物種豐度的研究，顯示苔蘚的生活型是可以應用在判定該地區苔蘚多樣性的狀況，判斷苔蘚的生活型遠比鑑定苔蘚物種容易許多，這樣一來能減少管理人員在鑑定物種上面的困擾。

扇型、樹型及點貼型為喜濕性(hygrophilous)苔蘚(Bats, 1998)，相對而言比較無法忍受乾燥，故較為適應森林內的環境(Oishi, 2009)，因此在七卡山莊、黑森林邊緣及黑森林水源地樣區都能發現大量的點貼型苔蘚，其中七卡山莊樣區還出現了大量的扇型苔蘚[*Homaliodendron flabellatum* (Sm.) M. Fleisch]，在雪山東峰樣區雖出現點貼型苔蘚，但都是零星的散布在箭竹底部及泥土凹陷的地方，只是相較於該樣區為多數物種。圈谷樣區出現的點貼型物種都是生長在圓柏樹叢下較為潮濕的地方；Oishi(2009)的研究亦顯示扇型及樹型苔蘚的出現代表了此地區也具有較高的物種豐度，缺少扇型及點貼型苔蘚則此地區具有較低的物種豐度。

墊狀體型及叢型這樣的生活型一般認為較容易保持水分，因為這樣的生活型苔蘚群落周圍充滿一層飽和水蒸氣，可以降低水分子濃度梯度擴散，進一步漸少水分由葉片轉移至空氣中(Bates, 1998)。因此在雪山東峰樣區、火燒地樣區及圈谷樣區較為乾燥的環境，可以看到較多的墊狀體型及叢型苔蘚。

(三)物種鑑定

調查期間紀錄到 *Sauteria yatsuensis* S. Hatt. 八岳星孔蘚為臺灣第二次的採集紀錄，該物種同時在日本也列為易受害(VU)物種(Iwatsuki *et al.*, 2008)。臺灣第一次採集紀錄為作者在2009年與日本學者樋口正信先生及古木達郎先生等人至奇萊山採集，由古木達郎先生所紀錄，此臺灣新紀錄種尚未在學術期刊上正式發表。

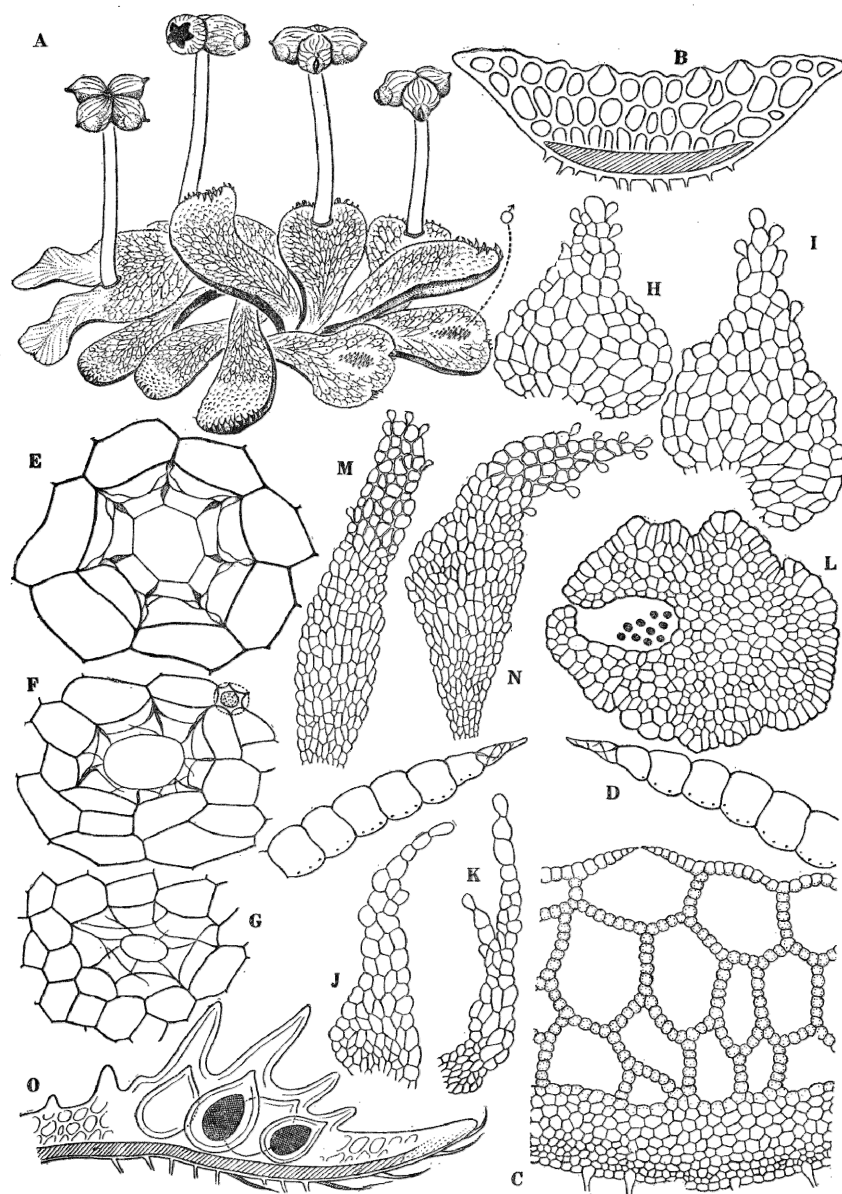


圖4-23. *Sauteria yatsuensis* S. Hatt. 八岳星孔蘚 (Shimizu, D. and S. Hattori, 1954) A. 植物體; B-C. 片狀體橫切面; D. 通氣孔橫切面; E-G. 通氣孔表面觀; H-K. 腹鱗片; L. 雌枝柄橫切面; M-N. 雌苞葉; O. 雄器床縱切面。

此外調查記錄到的 *Myurella julacea* (Schwägr.) Brüch, Schimp. & W. Gümbel 小鼠尾苔是在日本被列為是嚴重瀕臨滅絕及瀕臨滅絕(CR+EN)的物種(Iwatsuki *et al.*, 2008)。

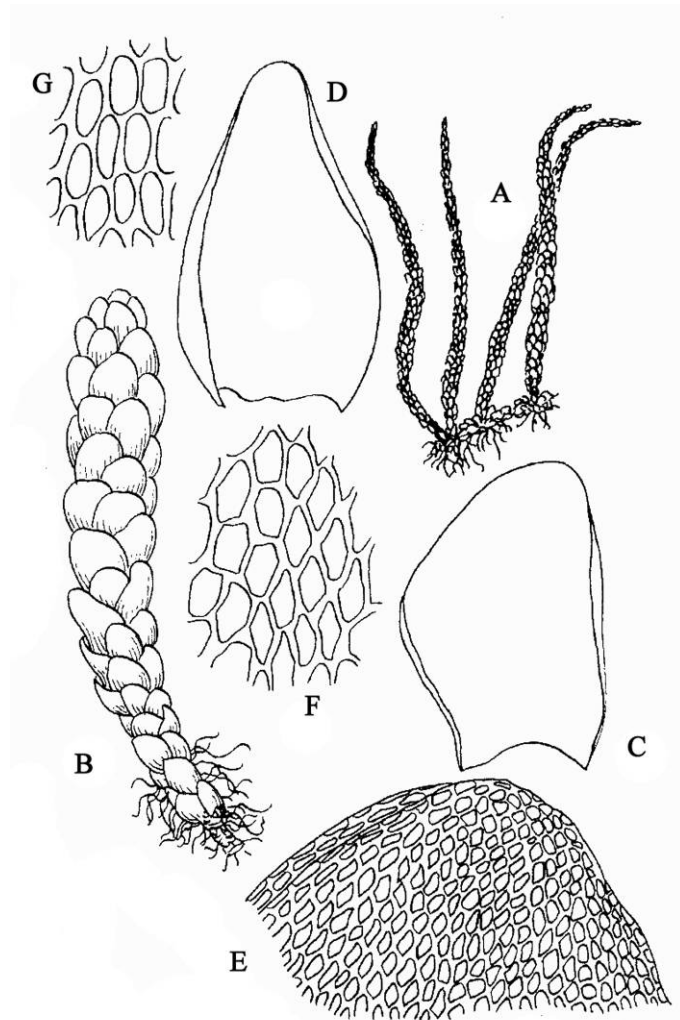


圖4-24. *Myurella julacea* (Schwägr.) Brüch, Schimp. & W. Gümbel 小鼠尾苔 (修改自高謙、賴明洲, 2003) A. 植物體; B. 分枝; C-D. 葉; E. 葉尖細胞; F. 葉中央上部細胞; G. 葉下部細胞。

相較於過去Higuchi(2006)報導在玉山地區的採集紀錄，共紀錄了33科86屬137種苔類，他在2002年及2003年兩次來台採集，調查地區從塔塔加鞍部至主峰、北峰、北北峰及荖農溪營地，海拔高度與本研究相似，而本研究目前在雪山地區的苔類紀錄了114種，顯示雪山地區可能還有尚未紀錄的物種。Higuchi在2003年的採集也報導了一個稀有的新紀錄種高木苔 *Takakia lepidozoides* S.Hatt. & Inoue，該物種被認為是苔與蘚的共同祖先，在亞洲地區僅斷續分布在馬來西亞、中國、臺灣及日本的高山地區，

當年Higuchi採集的地點在玉山北北峰，與雪山地區的北稜角環境類似，惟本研究在雪山地區這兩年的調查並未發現這個物種，由於北稜角東面坡的坡度較陡，且地質狀況不佳，故幾次的調查並無法全面涵蓋，將來有機會應可以針對北稜角的東面坡做更詳細的調查。

雪山地區曾經報導過1個特有種，Si He(2008)發表的新種雪霸棉苔 *Plagiothecium shevockii* S. He，雖然這兩年的調查並沒有採集到這個物種，但作者認為該物種與扁平棉苔次高山變種 *Plagiothecium neckeroideum* Schimp. var. *niitakayamae* (Toyama) Z.Iwats.非常相似，故在附錄一的物種名錄僅列出扁平棉苔次高山變種。

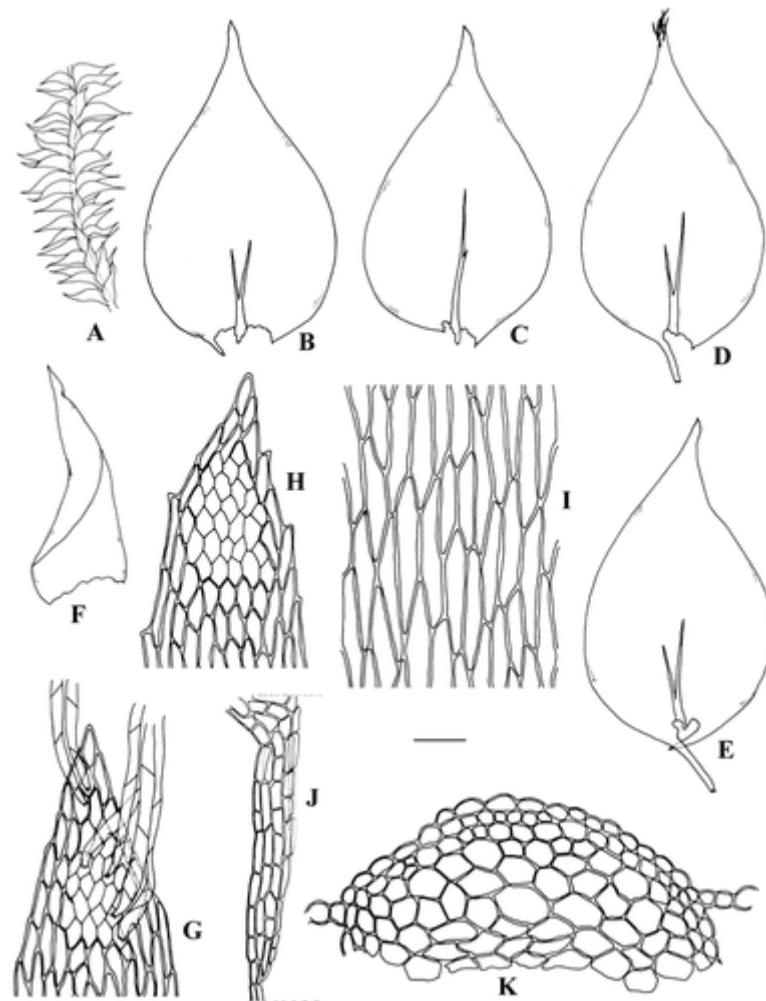


圖4-25. *Plagiothecium shevockii* S. He (Si He,2008) A. 植物體；B-E. 葉； F. 雌苞葉； G. 具假根的葉尖細胞； H.葉尖細胞； I. 葉中央細胞； J. 葉基細胞； K. 莖橫切面。

## 五、結論與建議

### (一)結論

1. 扇型與點貼型的苔蘚生活型，對於環境濕度的要求較高，而較高濕度的低區苔蘚多樣性就會更豐富，然而還需要更具規模的調查樣區苔蘚生活型，並量化來進行不同海拔梯度及棲地類型之苔蘚植物資源特性分析，才能更具有說服力，並利於後續監測及經營管理之參考。
2. 雪山地區除了第二次紀錄的八岳星孔蘚之外，亦紀錄了一些尚待鍵定之台灣新紀錄物種，以及在高山地區岩縫中才會出現的稀有種 *Myurella julacea* (Schwägr.) Brüch, Schimp. & W. Gümbel，顯示雪山地區苔蘚的普查工作值得繼續進行。

### (二)建議

#### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

建議事項：

編印雪霸國家公園的苔蘚植物摺頁或是苔蘚解說手冊，不僅有利於未來園區內苔蘚多樣性之經營管理，亦能讓遊客瞭解園區內的苔蘚生態並加強保育觀念之宣導。

#### 2. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

建議事項：

繼續對雪霸國家公園區內之苔蘚進行普查的工作，該基礎資料可以作為將來經營管理之參考。

#### 3. 中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

建議事項：

未來利用苔蘚植物普查之成果選定具指標性之物種進行長期監測將有助於瞭解雪山高山生態系的變化情形與趨勢。



## 六、參考文獻

- 林善雄。1990。玉山國家公園苔蘚植物之調查(一)。內政部營建署玉山國家公園管理處。南投。
- 林善雄。1991。玉山國家公園苔蘚植物之調查(二)。內政部營建署玉山國家公園管理處。南投。
- 林善雄。2000。梅峰小宇宙—苔蘚植物世界，台大山地農場出版。
- 林善雄。2000。台灣蘚類植物彩色圖鑑，行政院農業委員會出版。
- 高謙、賴明洲。2003。中國苔蘚植物圖鑑，南天書局有限公司出版。
- 曹同、沙偉、于晶、張元明。2000。中國苔蘚植物多樣性及其保育。2000年海峽兩岸生物多樣性與保育研討會論文集317-329頁，國立自然科學博物館，台中。
- 蔣鎮宇。1989。玉山苔蘚植物生活型之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。
- 蔣鎮宇等。2000。台灣苔類植物彩色圖鑑，行政院農業委員會出版。
- 賴明洲。1995。苔蘚植物研究手冊，台大實驗林管理處出版。
- 賴明洲。2004。武陵地區溪流生態系苔蘚植物的生物量調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- Bates, J.W., 1998. Is "life-form" a useful concept in bryophyte ecology? *Oikos* 82: 223-237.
- Chiang, T. Y. 1998. The mosses of Taiwan: their conservation status. Rare, Threatened, and Endangered Floras of Asia and the Pacific Rim, Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Ser. No. 16, pp.89-110.
- Chiang, T. Y., T. W. Hsu, S. J. Moore, and B. C. Tan. 2001. An updated checklist of Taiwan mosses. The Biological Society of China, Nantou, Taiwan.
- Crosby, M. R., R. E. Magill, B. Allen and S. He. 2000. A checklist of the mosses. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO.
- He, Si. 2008. *Plagiothecium shevockii* (Plagiotheciaceae), a New Species from Taiwan. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature* 18(3):344-346.
- Higuchi, M. and S. H. Lin. 2004. Correlations between the moss floras of



- Japan and Taiwan. *In*: S. Akiyama *et al.* (eds.), Proceedings of the 5th and 6th symposia on collection building and natural history studies in Asia and the Pacific Rim, National Science Museum Monographs, (24): 227-240.
- Higuchi, M. and S.H. Lin. 2005. *Takakia lepidozoides* S.Hatt. & Inoue (Musci) new to Taiwan. *Bryol. Res.* 8(11): 349-356.
- Higuchi, M. and S. H. Lin. 2006. Mosses of Mt. Yushan, Taiwan. *Men. Natn. Sci. Mus.*, Tokyo 44: 141-160.
- Horikawa, Y. 1934. Monographia Hepaticarum Australi-Japonicarum. *J. Sci. Hiroshima Univ. ser. B, div.2, 2*: 101-325, pls. 11-21.
- Iwatsuki, Z., T. Furuki, H. Kanda, J. Hasegawa and M. Higuchi. 2008. New Red List of Bryophytes of Japan, 2007. *Bryol. Res.* 9(8):259-267.
- Kuo, C. M. and T. Y. Chiang. 1987. Index of Taiwan mosses. *Taiwania* 32: 119-207.
- Kuo, C. M. and T. Y. Chiang. 1988. Index of Taiwan Hepaticae. *Taiwania* 33 : 1-46.
- Oishi, Y. 2009. A survey method for evaluating drought-sensitive bryophytes in fragmented forests: A bryophyte life-form based approach. *Biological Conservation* 142:2854-2861.
- Piippo, S. 1990. Annotated catalogue of Chinese Hepaticae and Anthocerotae. *J. Hatt. Bot. Lab.* 68:1-192.
- Redfearn, P. L. Jr., B. C. Tan, S. He. 1996. A newly updated and annotated checklist of Chinese mosses. *J. Hattori Bot. Lab.* 79: 163-357.
- Schofield, W. B. 1985. Introduction to Bryology. Macmillan, New York.
- Shimizu, D. and S. Hattori. 1954. Marchantiales of Jaolan III. *Journ. Hattori Bot. Lab.* 12: 53-75.
- Si, He. 2008. *Plagiothecium shevockii* (Plagiotheciaceae), a new species from Taiwan. *Novon* 18: 344-346.
- Wang, C. K. 1970. Phytogriography of the mosses of Formosa. 1-576. Tunghai Univ. Press, Taichung.

附錄4-1. 雪山地區苔蘚植物調查名錄

(\*為本研究今年在雪山地區新增加紀錄之科或物種，\*\*為前人記錄過的物種)

苔類 Moss

1. Amblystegiaceae 柳葉苔科

1. *Cratoneuron formosanum* Broth. 臺灣牛角苔
- \*2. *Campylophyllum halleri* (Hedw.) M. Fleisch. 偏葉苔
3. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske 三洋苔

2. Andreaeaceae 黑苔科

4. *Andreaea morrisonensis* Nog. 玉山黑苔
5. *Andreaea rupestris* Hedw. var. *fauriei* (Besch.) Tak. 岩生黑苔東亞變種

3. Bartramiaceae 珠苔科

6. *Bartramia halleriana* Hedw. 珠苔
7. *Bartramia ithyphylla* Brid. 直葉珠苔
8. *Plagiopus oederianus* (Sw.) Crum & Anderson 寒地平珠苔

4. Brachytheciaceae 青苔科

9. *Brachythecium buchananii* (Hook.) A. Jaeger 多褶青苔
10. *Brachythecium moriense* Besch. 柔葉青苔
11. *Brachythecium wichurae* (Broth.) Par. 短肋青苔
- \*12. *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T. J. Kop. 挾網美喙苔
- \*13. *Homalothecium laevisetum* Sande Lac. 無疣同蒴苔
- \*14. *Palamocladium leskeoides* (Hook.) E. G. Britton 褶葉苔

5. Bryaceae 真苔科

15. *Bryum argenteum* Hedw. 真苔
16. *Bryum capillare* Hedw. 細葉真苔
17. *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn 擬三列真苔
18. *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils. 薄囊苔
19. *Pohlia cruda* (Hedw.) Lindb. 泛生絲瓜苔
20. *Pohlia longicollis* (Hedw.) Lindb. 擬長蒴絲瓜苔
21. *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. 黃絲瓜苔

6. Dicranaceae 曲尾苔科

22. *Aongstroemia orientalis* Mitt. 東亞昂室台
23. *Campylopus japonicus* Broth. 日本曲柄苔
24. *Campylopus umbellatus* (Arnott) Par. 傘形曲柄苔
25. *Dicranodontium uncinatum* (Harv.) Jaeg. 鈎葉青毛台
- \*26. *Dicranum japonicum* Mitt. 日本曲尾苔
27. *Dicranum nipponense* Besch. 東亞曲尾苔
28. *Dicranum undulatum* Schrad. ex Brid. 皺葉曲尾苔

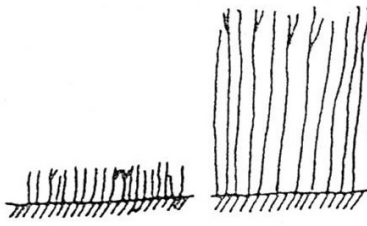
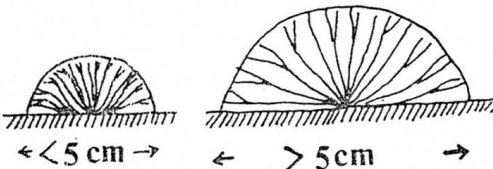
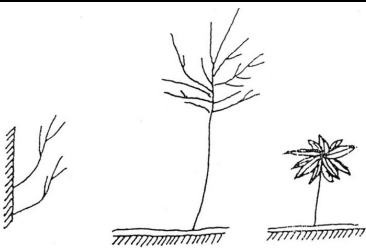
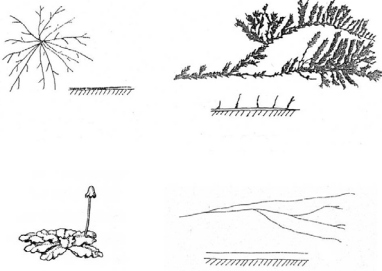
- \*29. *Kiaeria falcata* (Hedw.) Hag. 鐮刀擬直毛苔  
 \*30. *Leucoloma okamurae* Broth. 東亞白錦苔  
 31. *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. 大曲背苔  
 32. *Oncophorus wahlenbergii* Brid. 曲背苔  
 33. *Paraleucobryum enerve* (Thed.) Loeske 硬葉擬白髮苔  
 34. *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske 長葉擬白髮苔
7. Ditrichaceae 牛毛苔科  
 35. *Distichium capillaceum* (Hedw.) B. S. G. 對葉苔  
 36. *Ditrichum macrorrhynchum* Broth.  
 37. *Ditrichum pallidum* (Hedw.) Hampe 黃牛毛苔
8. Grimmiaceae 紫萼苔科  
 38. *Grimmia affinis* Hornsch. 白毛紫萼苔  
 39. *Grimmia elongata* Kaulf. 長枝紫萼苔  
 40. *Ptychomitrium formosicum* Broth. & Yas. 臺灣縮葉苔  
 \*41. *Racomitrium barbuloides* Card. 硬葉砂苔  
 42. *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid. 砂苔  
 43. *Racomitrium carinatum* Card. 龍骨砂苔  
 44. *Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid. 短枝砂苔  
 45. *Racomitrium heterostichum* (Hedw.) Brid. 異枝砂苔  
 46. *Racomitrium laetum* Card. 多枝砂苔
- \*9. Hookeriaceae 油苔科  
 \*47. *Hookeria acutifolia* Hook. & Grev. 尖葉油苔
10. Hylocomiaceae 塔苔科  
 48. *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G. 塔苔  
 49. *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. 赤莖苔  
 50. *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. 擬垂枝苔  
 51. *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb. 垂枝苔
11. Hypnaceae 灰苔科  
 52. *Callicladium haldanianum* (Grev.) H. A. Crum 腐木苔  
 53. *Hypnum cupressiforme* Hedw. 灰苔  
 54. *Hypnum pallescens* (Hedw.) P. Beauv. 黃灰苔  
 55. *Hypnum tristo-viride* (Broth.) Paris 暗綠灰苔  
 56. *Isopeterygium albescens* (Hook.) Jaeg. 淡色同葉苔  
 57. *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. 毛梳苔
12. Leskeaceae 薄羅苔科  
 58. *Lescuraea morrisonensis* (Tak.) Nog. & Tak. 玉山多毛苔  
 \*59. *Rigodiadelphus robustus* (Lindb.) Nog.
13. Leucobryaceae 白髮苔科

60. *Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll. Hal. 庭園白髮苔
14. Leucodontaceae 白齒苔科
61. *Antitrichia curtispindula* (Hedw.) Brid. 臺灣逆毛苔
62. *Leucodon secundus* (Harv.) Mitt. 偏葉白齒苔
15. Meteoriaceae 蔓苔科
63. *Aerobryidium filamentosum* (Hook.) M. Fleisch. 毛扭苔
- \*64. *Barbella flagellifera* (Card.) Nog. 鞭枝懸苔
65. *Chrysocladium retrorsum* (Mitt.) Fleisch. 垂苔
- \*66. *Floribundaria walkeri* (Ren. & Card.) Broth. 疏葉絲帶苔
67. *Meteoriopsis reclinata* (Müll. Hal.) M. Fleisch. var. *subreclinata* M. Fleisch. 反葉粗蔓苔亞反葉變種
- \*68. *Meteorium subpolytrichum* (Besch.) Broth 亞蔓苔
- \*69. *Pseudobarbella levieri* (Ren. & Card.) Nog. 南亞假懸苔
16. Mnicaeae 提燈苔科
70. *Mnium lycopodioides* Schwagr. 長尖提燈台
71. *Plagiomnium confertidens* (Lindb. & Arn.) T. Kop. 密集走燈苔
72. *Plagiomnium vesicatum* (Besch.) T. Kop. 圓葉走燈苔
73. *Rhizomnium hattorii* T. J. Kop. 扇葉毛燈苔
74. *Rhizomnium horikawae* (Nog.) T. Kop. 薄邊毛燈苔
75. *Rhizomnium magnifolium* (Horik.) T. Kop. 大葉毛燈台
76. *Trachycystis ussuriensis* (Maack & Regel) T. Kop. 樹形疣燈苔
17. Neckeraceae 平苔科
77. *Neckera pennata* Hedw. 平苔
78. *Homaliodendron flabellatum* (Sm.) M. Fleisch. 樹平苔
18. Orthotrichaceae 木靈苔科
79. *Macrocoma tenue* (Hook. & Grev.) Vitt subsp. *sullivantii* (Müll. Hal.) Vitt 蕨毛苔 蘇氏亞種
80. *Ulota crispa* (Hedw.) Brid. 北方卷葉苔
81. *Zygodon viridissimus* (Dicks.) Brid. 變齒苔
19. Plagiotheciaceae 棉苔科
82. *Plagiothecium cavifolium* (Bird.) Iwats. var. *fallax* (Card. & Thér.) Iwats. 圓條棉苔扁枝變種
83. *Plagiothecium euryphyllum* (Card. & Thér.) Iwats. 軟葉棉苔
- \*\*84. *Plagiothecium neckeroideum* Schimp. var. *niitakayamae* (Toyama) Z. Iwats 扁平棉苔次高山亞種
20. Potticaeae 叢苔科
85. *Barbula javanica* Doz. & Molk. 爪哇扭口苔
86. *Bryoerythrophyllum recurvirostre* (Hedw.) Chen 紅葉苔

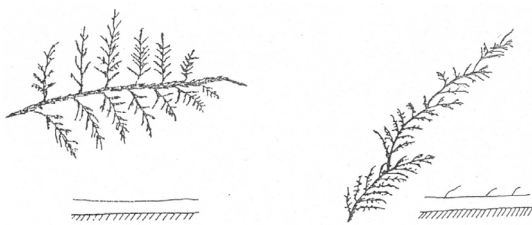
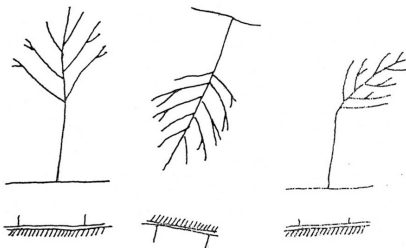
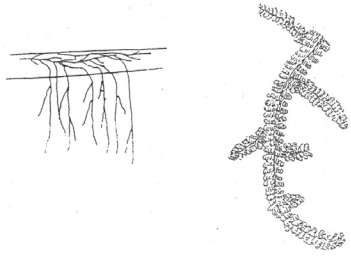
87. *Didymodon giganteus* Funck. 大對齒苔  
 88. *Didymodon nigrescens* (Mitt.) Saito 黑對齒苔  
 \*89. *Leptodontium flexifolium* (Dicks. ex With.) Hampe 齒葉薄齒苔  
 91. *Tortella fragilis* (Hook. & Wils.) Limpr. 折葉扭苔  
 \*92. *Tortella japonica* (Besch.) Broth. 日本扭苔  
 \*93. *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr. 長葉紐苔
21. Polytrichaceae 金髮苔科  
 94. *Pogonatum alpinum* (Hedw.) Röhl. 高山小金髮苔  
 95. *Pogonatum cirratum* (Sw.) Brid. 刺邊小金髮苔  
 96. *Pogonatum contortum* (Brid.) Sull. 扭葉小金髮苔  
 97. *Pogonatum inflexum* (Lindb.) Lac. 東亞小金髮苔  
 98. *Pogonatum microstomum* (Schwaegr.) Brid. 小口小金髮苔
- \*22. Prionodontaceae 毛苔科  
 \*99. *Duthiella wallichii* (Mitt.) Müll. Hal. 綠鋸苔  
 \*100. *Trachypus humilis* Lindb. 小扭葉苔  
 \*101. *Trachypus bicolor* Reinw. & Hornsch. 雙色扭葉苔
23. Rhizogoniaceae 檜苔科  
 102. *Pyrrhobryum spiniforme* (Hedw.) Mitt. 刺葉檜苔
24. Seligeriaceae 細葉苔科  
 103. *Blindia japonica* Broth. 日本小穗苔
25. Sematophyllaceae 錦苔科  
 104. *Brotherella fauriei* (Card.) Broth. 東亞小錦苔  
 105. *Brotherella henonii* (Duby) M. Fleish. 南方小錦苔  
 \*106. *Sematophyllum subhumile* (Müll. Hal.) M. Fleisch.  
 \*107. *Pylaisiadelphina tenuirostris* (Bruch & Schimp.) W. R. Buck 比賴苔  
 108. *Wijkia deflexifolia* (Ren. & Card.) Crum 彎葉刺枝苔
26. Theliaceae  
 109. *Myurella julacea* (Schwägr.) Brück, Schimp. & W. Gümbel 小鼠尾苔  
 \*110. *Fauriella tenuis* (Mitt.) Card. 粗疣苔
27. Thuidiaceae 羽苔科  
 111. *Thuidium pristocalyx* (Müll. Hal.) A. Jaeger var. *orientale* (Mitt. ex Dixon) Touw 灰羽苔東方變種  
 \*112. *Thuidium cymbifolium* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk. 大羽苔  
 113. *Haplohymenium triste* (Ces.) Kindb. 暗綠多枝苔
28. Trachypodaceae 扭葉苔科  
 114. *Trachypus bicolor* Reinw. & Hornsch. 扭葉苔
- 蘚類 Liverwort  
 1. Cleveaceae 克氏蘚科

1. *Sauteria yatsuensis* S. Hatt. 八岳星孔蘚
- \*2. Cephaloziaceae 大萼蘚科
  - \*2. *Nowellia curvifolia* (Dicks.) Mitt. 拳葉蘚
  - \*3. *Odontoschisma denudatum* (Nees) Dum. 合葉裂齒蘚
- \*3. Conocephalaceae 蛇蘚科
  - \*4. *Conocephalum conicum* (L.) Dumort. 蛇蘚
- \*4. Herbertaceae 剪葉蘚科
  - \*5. *Herbertus dicranus* (Tayl.) Trev. 長角剪葉蘚
5. Jubulaceae 毛耳葉蘚科
  6. *Frullania davurica* Hampe 達呼里耳葉蘚
  - \*7. *Frullania moniliata* (Reinw. et al.) Mont. 列胞耳葉蘚
6. Jungermanniaceae 葉蘚科
  8. *Chandonanthus hirtellus* (F. Weber) Mitt. 齒鞭廣萼蘚
  - \*9. *Mylia nuda* Inoue & Yang 裸小萼蘚
7. Lepidoziaceae 指葉蘚科
  10. *Bazzania tridens* (Reinw., Blume & Nees) Trevis. 三裂鞭蘚
  11. *Lepidozia reptans* (L.) Dumort. 指葉蘚
8. Metzgeriaceae 叉蘚科
  12. *Apometzgeria pubescens* (Schrank) Kuwah. 毛叉蘚

附錄4-2. 雪山地區苔蘚生活型樣區調查表

日期: 年 月 日	樣區:	調查者:
生活型		數量
叢型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	
墊狀體型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	
樹型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	
全貼型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	

附錄4-2. 雪山地區苔蘚生活型樣區調查表(續)

日期: 年 月 日	樣區:	調查者:
生活型		數量
點貼型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	
扇型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	
懸垂型 	SPA-6七卡山莊	
	SPA-5雪山東峰	
	SPA-4火燒地	
	SPA-3黑森林邊緣	
	SPA-2黑森林水源地	
	SPA-1圈谷	

(資料來源：本研究資料)



## 第五章 雪山地區植物物候之研究

曾彥學、鄭婷文、王秋美、劉思謙

國立中興大學森林學系、國立臺中自然科學博物館、國立中興大學生命科學系

### 摘要

關鍵詞：雪山、高山生態系、種子植物、物候

#### 一、研究緣起與背景

高山地區是一個較為特殊的生態系，其提供給當地物種的生育地環境較低海拔地區來的嚴苛，如低溫、高輻射及降雪等等，皆為物種在生長過程中的限制因子。全球暖化已對高山植物之生存環境造成威脅，平均溫度的提升，生存於高海拔的物種無處可退，勢必要改變生存策略。因此，藉由物候之觀察，了解物種的展葉、落葉、花開、花謝、結實、落果等生長及繁殖機制，並綜合氣候變化進一步研究、探討，得知物種的生存策略，對於未來的物種資源保育可提供相當重要的資訊。

#### 二、研究方法與過程

本研究主要針對雪霸國家公園境內之雪山主峰線步道，自雪山登山口起(海拔2,140 m)至雪山主峰(海拔3,886 m)，進行種子植物物候研究，藉由沿海拔梯度每上升100 m設置31條樣線及43個特定樣株之調查，共記錄181種種子植物，分別觀察其葉期、花期及果期之發生時間，以了解植物物候與環境間之關係。

#### 三、重要發現

1. 7月為植物開花之高峰期，共有140種植物開花。
2. 植物從5月開始陸續進入果期，至8月共有114種植物正在結果。
3. 植物開花時間隨著物種不同而異，且同一物種位於不同海拔梯度花期亦有所不同。
4. 高山沙參(*Adenophora morrisonensis*)、玉山水苦蕒(*Veronica*

*morrisonicola*)、臺灣龍膽(*Gentiana davidii* var. *formosana*)及玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*)之花期開始時間，隨著海拔降低而提前。

5. 同一物種之果期並未隨著海拔梯度變動而有明顯變化之趨勢。

#### 四、主要建議事項

根據本研究於雪山地區植物物候之調查，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

##### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：

經過植物物候之調查，可確切了解雪山主峰線種子植物花期高峰為7月，部份特有或稀有物種亦在此時開花，如雪山馬蘭(*Aster takasagomontanus*)、南胡碎雪草(*Euphrasia nankotaizanensis*)及伊澤山龍膽(*Gentiana itzershanensis*)等，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。

##### (二)長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：

植物物候為植物適應環境所做之表現，隨著當時的溫度、水份及光週期等影響，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之變異關係。

## Abstract

【key words】 Mt. Shei, alpine ecosystem, seed plant, phenology

In alpine area which is a particular ecosystem provide an extreme environment conditions to plants and animals. For instance, alpine areas have low temperature, high ultraviolet radiation and snow which are more restricted than low elevation areas. Climate changes have become a mainstream to discussion, especially the impact on global warming. Due to the average temperature ascent effects on ecosystem in general, the alpine vegetation is under serious threaten. The alpine plants are bound to change their strategy of survival. Vegetation in the alpine zone exhibits a characteristic adaptation to the environment. And the phenology of alpine species is a way to research historic, current climate changes and repercussion. We observed plants to understanding when species grow in bud, tender, mature and falling and the mechanism of breeding. We had surveyed 31 sample lines and appointed 43 individuals in the phenology of seed plant from trailhead (alt. 2,140 m) to mountain peak (alt. 3,886 m) at Mt. Shei and recorded 181 species. In July, the alpine plant had more flowering than other month, especially the endemic and rare plant, like *Aster takasagomontanus*, *Euphrasia nankotaizanensis* and *Gentiana itzershanensis*, also had blooming. The record from May to August had being born 114 species. With the elevation ascent, the blooming time of plants had differences. For example, the beginning time of *Adenophora morrisonensis*, *Veronica morrisonicola*, *Gentiana davidii* var *.formosana* and *Hypericum nagasawai* flowering time was earlier with the lower altitude. However, the fruit of alpine plants had not changed bearing time with the altitude in Mt. Shei.

In this study, we need to combine the climate changes to analyze and discussion about the trend of plant phenology. The strategy of alpine species existence may give some information between alpine ecosystem and the environment of climate changes to preserve these alpine species resource in further.

## 一、前言

### (一)研究緣起與背景

國家公園設置的目標在於透過有效的經營管理與保育措施，以維護國家公園特殊的自然環境與生物多樣性。因此，管理單位明確地掌握與瞭解園區內環境與生物多樣性之狀況與變化，針對可能威脅園區內環境與生物多樣性健全之因素，加以妥善地因應與處理，同時監測與評估經營管理的成效，對於達成國家公園設置的目標至為重要。

臺灣地區的國家公園是依據《國家公園法》第1條、第6條規定所設立，特別是第1條中明定「為保護國家特有之自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究」，因此國家公園的3大主要目標—保育、育樂、研究，意義分別是：

1.保育：永續保存園區內之自然生態系、野生物種、自然景觀、地形地質、人文史蹟，以供國民及後世子孫所共享，並增進國土保安與水土涵養，確保生活環境品質。

2.育樂：在不違反保育目標下，選擇園區內景觀優美、足以啟發智識及陶冶國民性情之地區，提供自然教育及觀景遊憩活動，以培養國民欣賞自然、愛護自然之情操，進而建立環境倫理。

3.研究：國家公園具有最豐富之生態資源，宛如戶外自然博物館，可提供自然科學研究及環境教育，以增進國民對自然及人文資產之瞭解。

因此，深究其資源特色與管理方式，國家公園則是具備4項功能(內政部營建署，2007)：

- (1)提供保護性的自然環境。
- (2)保存物種及遺傳基因。
- (3)提供國民遊憩及繁榮地方經濟。
- (4)促進學術研究及環境教育。

其中，隨著人類對自然環境開發、活動日益頻繁，所造成之全球暖化等氣候變遷現象已對陸地生態系統產生若干影響，其中以高山生態系的反應最為顯著。由於高山地區之環境因子較中低海拔地區嚴峻，物種組成單純，對於氣候變化十分敏感；因此，研究高山生態系之族群生長、分布、群聚生態及群落之功能性等，可作為氣候變遷的間接生物學和生態學證

據。

著眼於整合性之生物學及生態學研究，必須以完整的生物相資料為基石，因此本計畫於前2年已完成雪山地區高山生態系之維管束植物相調查研究。除了植物資源清單的完備紀錄外，並分析各分類群屬性、科屬別、生活型等生物學特性及物種分佈地點、生態棲位等資料。作為比較雪山地區高山生態系與全球其他高山環境之比較基礎，並提供作為其他研究主題之基礎參考資料。

全球氣候變遷中最令人注目的即為溫室效應(greenhouse effect)，在平均溫度不斷升高的環境下，許多物種面臨生存的危機，有些物種得以藉由逐漸遷移至較高海拔或高緯度的地方，來逃離環境暖化的威脅，亦有些較不幸的物種沒有適宜的應對機制，只得步步趨向滅絕。為此許多科學家不停的進行相關研究，可望能更加了解溫室效應為環境所帶來的衝擊並提出應變措施。今年度計畫主要於建立種子植物物候之相關資料。

物候(phenology)又稱生物氣候，為自然界動植物與環境條件週期變化之間相互關係，舉凡候鳥遷徙、動物冬眠及植物開花等現象與氣候之關係，亦為自然界非生物變化(如初霜、解凍等)與季節氣候的關係。植物的物候為植物在一年生長過程中，隨氣候季節性變化而發生萌芽、展葉、開花、結實及落葉等規律性變化的現象(陸佩玲等，2006)。生物生活史的規律變化與環境息息相關，尤其受到溫度與降水所影響(王連喜等，2010)；因此，環境變異造成的物候變化可以成為觀察歷史氣候記錄的重要指標，尤其是全球氣候變遷及暖化的研究議題。

高山地區是一個較為特殊的生態系，其提供給當地物種的生育地環境較低海拔地區來的嚴苛，如低溫、高輻射及降雪等等，皆為物種在生長過程中的限制因子。全球暖化已對高山植物之生存環境造成威脅，平均溫度的提升，生存於高海拔的物種無處可退，勢必要改變生存策略。因此，藉由物候之觀察，了解物種的展葉、落葉、花開、花謝、結實、落果等生長及繁殖機制，並綜合氣候變化進一步研究、探討，得知物種的生存策略，對於未來的物種資源保育可提供相當重要的資訊。

## (二)前人研究

### 1. 蒐集雪霸國家公園相關之植物物候文獻

雪霸國家公園管理處內部之植物物候相關研究文獻，主要為：呂金誠(1999)武陵地區雪山主峰線植群調查與植栽應用之研究；呂金誠(2002)雪山東峰火燒後玉山箭竹開花之研究；呂金誠(2003)雪山東峰玉山箭竹開花之研究(二)；呂金誠(2004)雪山東峰玉山箭竹開花之研究(三)；呂金誠(2008)雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏天然更新調查；莊敏芬等(2009)雪霸國家公園雪見地區山黑扁豆屬植物之生物學研究；董景生(2008)全球氣候變遷對雪山圈谷寒原生態系的潛在影響分析；廖敏君(2004)玉山箭竹繁殖生物學之探討；劉思謙(2005)雪霸國家公園珍貴原生植物之育種研究—棣慕華鳳仙花物候調查及族群遺傳分子親源的研究；歐辰雄(2000)苗栗野豇豆植群及物候調查；蔡尚惠(2005)武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—七家灣溪濱岸植群監測。

### 2. 植物生長所受之影響

植物的物候學(phenology)和其生長速率(Taylor, 1974)、養分轉移(Sosebee and Wiebe 1973)、熱能需求(Nuttonson, 1955)及演化(Kikuzawa, 1995)等皆有所關聯，為研究生物之生活週期與其周圍環境，尤其是和氣候間關係的科學(Nautiyal *et al.*, 2001)。植物隨著季節推移而展現週期性變化，且配合生育環境的變遷，產生物候現象(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)。因此物候是植物適應氣候和天氣規律的結果，物候觀測可以了解植物生長、發育及繁殖過程中形態變化和氣候及環境間的相互關係(Shen, 2000；黃信源，2007)。

植物物候除了受到本身的遺傳組成影響，亦隨著生育地中的光週期(photoperiod)、水分供應的多寡及溫度變化等環境因子而改變(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)。物種在進化的過程中，會逐漸利用光週期的變化，使得其生長期不會發生或持續到對本身新生組織會造成傷害的時期，到冬季後期，光週期對植物的限制也會逐漸減少，取而代之的是熱量的多寡，成為影響植物生長的主要因素(Körner, 2003)。Ram *et al.*(1988)在喜馬拉雅山中部地區(3,250-4,200 m)的研究中發現，植物生長季的開始與春季的氣溫密切相關，而在生長季末期，控制生長季結束的主要因素是為光週期，其次才為

溫度(Körner, 2003)。在高山生態系中，有一群具有休眠機制的物種，如百合科(Liliaceae)的臺灣百合(*Lilium formosanum*)、臺灣鹿藥(*Maianthemum formosanum*)、續斷科(Dipsacaceae)的玉山山蘿蔔(*Scabiosa lacerifolia*)等，這些物種為打破休眠，會對溫度更加敏感，其生長季的調控主要取決於降雪出現的規律性(Körner, 2003)。

### 3. 植物之花候

植物的開花時期則受到環境條件嚴格的控管，溫度和光週期為主要的影響因子(Körner, 2003)。高山生態系的生育地環境，給予植物生長的限制因子較多，如冬季的低溫、降雪，不僅影響植物的營養生長季，亦影響了植物的繁殖生長季(花季)。可藉此劃分成3種開花時期(Körner, 2003)：

- (1) 早期開花型：在積雪融化或土壤開始解凍的時候開花(如部分薹屬 *Carex*和地楊梅屬 *Luzula*的植物)。
- (2) 中期開花型：在生長季的高峰期開花(如部分早熟禾屬 *Poa*的植物)。
- (3) 晚期開花型：在生長季快結束時開花(如部分蓼屬 *Polygonum*的植物)。

高海拔地區不同植物生長型有不同的花期高峰，海放南(2007)研究玉山國家公園塔塔加區域植物物候，研究結果顯示，草本植物開花高峰期在夏季，木本植物開花期較不集中，以5月和8月之開花物種數較多，且不同坡向所受到的光照多寡會影響植物開花之物種數。

劉棠瑞和蘇鴻傑(1983)探究垂直高度分層對生育地因子的影響，顯示不同高度層次在光量部分顯著差異，溫度、濕度、光量等環境因子亦有所差異。海拔梯度涵蓋許多環境因子，植物物候沿海拔梯度有序列性變化。呂理昌(1990)於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同的海拔分佈做物候觀察，結果顯示隨海拔的升高開花期會延遲半個月至1個月，例如早田氏草莓(*Fragaria hayatai*)分部海拔2,600-3,800 m，於同時間調查時塔塔加(2,600 m)已結紅果，但排雲山莊(3,500 m)只有開花現象。張又敏(2006)研究金毛杜鵑(*Rhododendron oldhamii*)之開花模式，其觀察標本發現中部地區全年有植株開花，花期主要為7-10月的夏末秋初，隨著海拔上升，盛花期由2-5月轉移至7-10月。溫英杰等(2008)研究阿里山山櫻(*Prunus transarisanensis*)遺傳多樣性，觀察1份霧社櫻與14份阿里山山櫻之開花期，

材料採自塔山(海拔2,200 m)、志良(海拔2,000 m)、武陵農場(海拔1,800 m)及思源啞口(海拔2,100 m)，結果顯示阿里山山櫻開花期會隨著海拔上升而延後。Sandring *et al.*(2007)研究筷子芥屬植物(*Arabidopsis lyrata*)於高山和低地不同生育地的花候現象，樣區分別設置於挪威(Norway)Spiterstulen 樹木界線以上(61°38'N 8°24'E，海拔1,106 m)，及瑞典(Sweden)Stubbsand 波希尼亞灣礫石岸(63°58' 18°17'，海拔0 m)，結果顯示2000-2002年間高山較低地族群花期開始時間相差不大，結束時間則較為延遲。

### 3. 植物之果候

呂新苗等(2009)根據植物結實時間之不同，將植物分成3類：

- (1) 早期結實型：從6月初開始結實者，果期持續1個月左右，生殖過成迅速而短暫，如墊狀點地梅(*Androsace tapete*)。
- (2) 中期結實型：從6月上、中旬進入果期，持續至7月底至8月上旬，如二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、釘柱委陵菜(*Potentilla saundersiana*)及高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)等。
- (3) 晚期結實型：在氣溫較高的7月以後進入果期，持續至9月下旬，如藏沙嵩(*Artemisia ellbyi*)、紫花針茅(*Stipa purpurea*)及異葉青蘭(*Dracocephalum heterophyllum*)。



## 二、材料與方法

### (一)研究區概況

#### 1. 範圍

雪霸國家公園境內之雪山主峰步道沿線，自雪山登山口起(海拔2,140 m)經由七卡山莊、哭坡、東峰、三六九山莊、黑森林、圈谷至雪山主峰(海拔3,886 m)，海拔落差約為1,746 m。取樣調查範圍如圖1。

本研究主要之調查工作維種子植物物候之調查研究，茲將調查方法說明如下。

#### 2. 地形

研究區域內地形變化甚大。登山口-七卡山莊-哭坡頂端為南向坡面，哭坡頂端-三六九三莊前為嶺線路段，三六九三莊-黑森林-圈谷底部為北向坡面，圈谷底-雪山主峰為研究區顯著的冰河地形遺跡(圖5-1)(呂金誠，1999；楊建夫，2000)。



圖5-1. 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖。

(資料來源：雪霸國家公園提供)。

#### 3. 氣候

據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類，本研究區屬於寒帶重溼氣候(AC')，溫度低、溼度高，冬季有霧雪。此類型氣候又可分為二型，分別為：(1)AC'<sub>2ra</sub>'：涼而多溼，全年不缺水，分佈海拔2,000 m以上；(2)AC'<sub>1ra</sub>'：冷而多溼，僅限於玉山與雪山等高山峰及其附近，即海拔3,000 m以上，冬寒，

有積雪(呂金誠，1999；王偉，2010)。

高山地區設置氣象站不易，故雪山主峰沿線地區並未有長期觀測的氣候資料，應紹舜(1976)曾以玉山北峰(海拔3,850 m)氣候觀測資料，推估雪山主峰(海拔3,886 m)平均溫度約4-6°C之間、年降水量約2,800-3,100 mm。近期雪霸國家公園之高山生態系整合研究中，魏聰輝和林博雄(2010)的報告指出已在雪山主峰沿線設置4個氣象站，由海拔高至低之氣象站分別位於圈谷、黑森林、三六九山莊及哭坡頂，調查期間為2009年10月至2010年10月。海拔高至之低氣象站所調查到的平均氣溫如圖5-2；相對溼度依序為75.3%、81.5%、67.5%及78.2%；累積雨量依序為960.3 mm、1,276.5 mm及982.2 mm，報告中未提及黑森林測站資料。

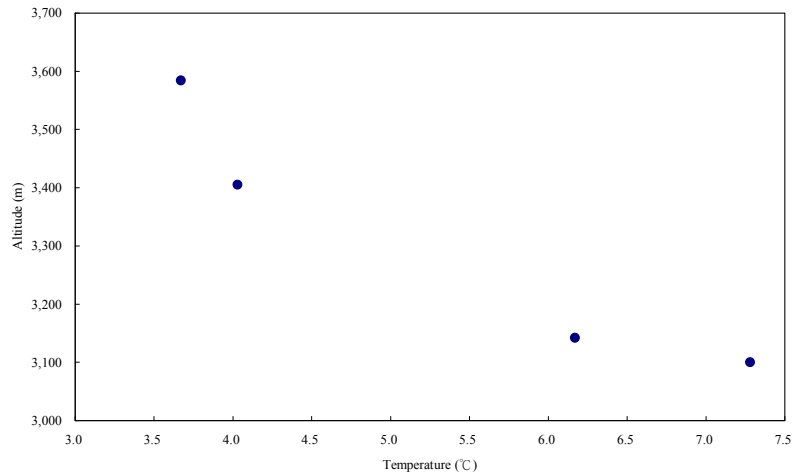


圖5-2. 雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形。  
(資料來源：魏聰輝和林博雄，2010)

#### 4. 地質及土壤

研究區內之地質屬於中央山脈地質區之西部亞區中的雪山山脈帶，由第三紀的亞變質岩所組成，地質帶中以深灰色的硬頁岩和板岩為主。雪山高山地區的土壤，若為森林界線以上地區，多以粘板岩風化而成的岩海地區，土壤淺薄，幾乎由岩礫構成；若為森林地區或草原地區，則土壤多以壤土、腐植土為主，然地形陡處，表土層淺薄多構成瘠土(應紹舜，1976；呂金誠，1999；何春蓀，2003；王偉，2010)。

顏江河(2009)在雪山主峰沿線七卡(里程碑1.9 km)、哭坡(4.4 km)、火燒地(7.1 km)、黑森林(8.9 km)及圈谷(9.5 km)設置土壤採樣點，研究結果顯

示，所有樣點的土壤pH皆成極酸性。

## (二)植物資源調查

### 1. 文獻探討及分析所得之植物資源

利用前人研究及調查資料，統計整理研究區內之種子植物物候表，以建立雪山高山生態系之植物物候資料庫並提供比對之用。

### 2. 樣線設置

從雪山主峰線步道兩旁中，考慮海拔梯度、植群帶、植被類型及地形等條件，挑選適宜的路段進行物候調查，主要依植群帶(表5-1)做路段之區分，海拔梯度每上升約100 m，即設置1條樣線，並以全球衛星定位系統(global position system, GPS)加以定位(所使用之全球衛星定位儀係SOKKIA公司所製造之SOKKIA AXIS3型)，樣線長度為5 m，週期性觀察樣線中所有物種的葉候、花候及果候；並挑選研究區中較具代表性、研究性之物種，進行特定樣株觀察，亦先行建立葉候、花候、果候及定性分析之基本資料。

表5-1. 雪山主峰沿線步道不同路段之植群帶劃分

植群帶	雪山主峰沿線之不同路段	里程碑(km)	海拔(m)	主要優勢物種
高山植群帶	圈谷底部至雪山主峰	9.8-10.9	3,600-3,886	玉山圓柏、玉山杜鵑
冷杉林帶	哭坡頂端至圈谷底部	4.4-9.8	3,010-3,600	臺灣冷杉、玉山箭竹、高山芒
鐵杉雲杉林帶	七卡山莊至哭坡頂端	2.0-4.4	2,510-3,010	鐵杉、高山櫟
櫟林帶上層	雪山登山口至七卡山莊	0.0-2.0	2,140-2,510	臺灣二葉松、臺灣赤楊

(資料來源：本研究資料)

## (三)資料分析

將種子植物之生長型劃分為草本植物及木本植物，其中木本植物包含喬木植物、木質藤本植物、灌木植物、亞灌木植物等。草本植物記錄其葉候、花候及果候，因草本植物之花果期觀查不易，故未加以細分；木本植物記錄其葉候、花候及果候，各時期細分如下：

### 1. 葉候調查

- (1)抽芽期：全株新生葉芽明顯可見，葉芽占總葉面積10%以上。
- (2)初展葉期：抽芽至展葉階段，新生芽已抽出成葉形但尚幼嫩，葉芽與幼葉佔總葉面積20%以上。
- (3)盛展葉期：70%以上枝條葉已完全開展，葉片顏色轉為深綠色，而

至深秋多數葉片轉黃為止。

(4)變葉期：全株枝葉明顯開始漸枯萎落葉，變色葉、枯葉與落葉量總和達總葉面積30%以上。

(5)落葉期：葉片大量掉落，已落去葉量占全葉面積50%以上。

(6)其他：少部分物種生長狀態較平均，葉期幼葉、成熟葉、枯落葉比例，以上述物候期無法明顯區分者分入「其他」項目。

## 2. 花候調查

(1)始花期：50%以上之花處於花苞出現至花苞開裂花瓣伸出為止。

(2)盛花期：70%以上之花已綻放至盛開的狀態。

(3)殘花期：開花後全株樹上花序只剩下少許花或花落後殘存的花序枝條，40%以上已呈凋謝狀態。

(4)其他：少部分物種生長狀態較平均，花苞、盛花、花謝比例接近，以上述物候期無法明顯區分者分入「其他」項目。

## 3. 果候調查

(1)結果期：50%以上子房開始膨大，幼果成型至果熟期前夕。

(2)果熟期：果實成熟膨大，種皮由綠色漸變褐色皺縮，至果實成熟落地或種子完全飛散為止。

### 三、結果

#### (一)維管束植物組成

雪山主峰沿線之維管束植物名錄已於98、99年雪霸國家公園之高山生態系計畫建立，並完成外來種於研究區之分布、維管束植物特性等多項分析，分析結果呈現如下。

##### 1. 物種之組成

共記錄98科285屬598種，涵蓋蕨類植物19科39屬97種，裸子植物3科6屬8種，被子植物之雙子葉植物65科180屬368種，單子葉植物7科42屬98種，外來種14科24屬27種(表5-2)。

表5-2. 雪山主峰沿線物候觀察種子植物物種數統計表

	原生種			外來種			總和		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
蕨類植物	19	39	97	0	0	0	19	39	97
裸子植物	3	6	8	1	1	1	4	8	9
雙子葉植物	65	180	368	11	16	19	68	192	387
單子葉植物	7	42	98	1	5	5	7	46	103
總和	94	267	571	14	24	27	98	285	598

(資料來源：本研究資料)

##### 2. 外來種之分布

共記錄16種外來種，分屬於7科13屬，分別為杉科的杉木；菊科(Compositae)的小白花鬼針(*Bidens pilosa* var. *minor*)、野茼蒿(*Conyza sumatrensis*)、貓兒菊(*Hypochaeris radicata*)、歐洲黃菀(*Senecio vulgaris*)及苦蕒菜(*Sonchus oleraceus*)等5種；十字花科(Cruciferae)的薺(*Capsella bursa-pastoris*)及凹果薺(*Thlaspi arvense*)2種；豆科(Leguminosae)的黃荳草(*Trifolium dubium*)及荳草(*Tr. repens*)2種；錦葵科(Malvaceae)的圓葉錦葵(*Malva neglecta*)及華錦葵(*Ma. sinensis*)2種；蓼科(Polygonaceae)的小酸模(*Rumex acetosella*)及皺葉酸模(*Ru. crispus*)2種；禾本科(Gramineae)的大扁雀麥(*Bromus catharticus*)及多花黑麥草(*Lolium multiflorum*)2種。所有的外來種於本研究區櫟林帶上層皆有分佈；分佈於本研究區鐵杉雲杉林帶的為杉木及貓兒菊；分佈於冷杉林帶的為薺、貓兒菊及大扁雀麥；高山植群帶並無調查到外來物種(表5-3)。

表5-3. 雪山主峰線外來物種分佈位置分析表

科名	物種名	分佈的植群帶
杉科	杉木( <i>Cunninghamia lanceolata</i> )	櫟林帶上層
菊科(Compositae)	小白花鬼針( <i>Bidens pilosa</i> var. <i>minor</i> )	櫟林帶上層
菊科(Compositae)	野苧蒿( <i>Conyza sumatrensis</i> )	櫟林帶上層
菊科(Compositae)	貓兒菊( <i>Hypochaeris radicata</i> )	櫟林帶上層、鐵杉雲杉林帶、冷杉林帶
菊科(Compositae)	歐洲黃菟( <i>Senecio vulgaris</i> )	櫟林帶上層
菊科(Compositae)	苦蕒菜( <i>Sonchus oleraceus</i> )	櫟林帶上層
十字花科(Cruciferae)	薺( <i>Capsella bursa-pastoris</i> )	櫟林帶上層、冷杉林帶
十字花科(Cruciferae)	凹果蔴蕒( <i>Thlaspi arvense</i> )	櫟林帶上層
豆科(Leguminosae)	黃菽草( <i>Trifolium dubium</i> )	櫟林帶上層
豆科(Leguminosae)	菽草( <i>Trifolium repens</i> )	櫟林帶上層
錦葵科(Malvaceae)	圓葉錦葵( <i>Malva neglecta</i> )	櫟林帶上層
錦葵科(Malvaceae)	華錦葵( <i>Malva sinensis</i> )	櫟林帶上層
蓼科(Polygonaceae)	小酸模( <i>Rumex acetosella</i> )	櫟林帶上層
蓼科(Polygonaceae)	皺葉酸模( <i>Rumex crispus</i> )	櫟林帶上層
禾本科(Gramineae)	大扁雀麥( <i>Bromus catharticus</i> )	櫟林帶上層、冷杉林帶
禾本科(Gramineae)	多花黑麥草( <i>Lolium multiflorum</i> )	櫟林帶上層

(資料來源：本研究資料)

目前所調查到的外來植物，大多分佈於臺灣的中海拔地區，在本研究區多分佈於登山口附近，其中薺、貓兒菊及大扁雀麥之分佈範圍，已從登山口附近擴展至海拔約3,100 m的三六九山莊。蔣慕琰和徐玲明(2000)統計臺灣歸化植物之研究指出，臺灣海拔2,000 m以上之地區出現的外來植物有大扁雀麥、歐洲黃菟及毛地黃(*Digitalis purpurea*)。在本研究區未調查到毛地黃，歐洲黃菟分佈於本研究區中櫟林帶上層，海拔範圍約2,140-2,500 m，大扁雀麥則分佈於櫟林帶上層及冷杉林帶，最高分佈海拔已到達3,100 m以上的三六九山莊附近。孫麗珠(2008)研究太魯閣國家公園歸化植物分佈及入侵之報告顯示，已有17種歸化植物散佈至高海拔地區，其中菽草、圓葉錦葵及貓兒菊在本研究區亦有分佈，前述2主種僅侷限分佈於本研究區櫟林帶上層，但菽草於孫麗珠(2008)的研究區中分佈至海拔3,000 m以上，故推測此物種於本研究區中未來亦可能往高海拔散佈，而貓兒菊在本研究區中已散佈至海拔3,000 m以上。造成外來物種散佈的原因主要是人為擾動了自然環境，雪山主峰登山步道為一熱門的登山路線，隨著山友之造訪，植物種子也因此被帶往較高海拔之區域，故某些外來物種現雖侷限分佈於本研究區之櫟林帶上層，未來仍可能往高海拔散佈。

## 3. 維管束植物特有性及瀕危種保育評估

特有種共有215種，分屬於53科129屬，其中蕨類植物有4科5屬7種，裸子植物有2科6屬5種，雙子葉植物有42科99屬178種，單子葉植物6科19屬25種(表5-4)。佔原生物種數的37.7%，比臺灣特有物種比例24.3%(曾彥學，2003)來的高，可顯示出本研究區為經歷多次地質變動又因島嶼性質產生地理隔離後的演化結果。

表5-4. 雪山主峰沿線維管束植物特有種統計表

	科	屬	種
蕨類植物	4	5	7
裸子植物	2	6	7
雙子葉植物	42	99	178
單子葉植物	6	19	25
總計	54	129	217

(資料來源：本研究資料)

被列為有生存危機的共有25種。屬於瀕臨絕滅級(Endangered, EN)有臺灣粗榧(*Cephalotaxus wilsoniana*)、南洋紅豆杉(*Taxus sumatrana*)及伊澤山龍膽(*Gentiana itzershanensis*)等3種；屬於易受害級(Vulnerable, VU)有扇羽陰地蕨(*Botrychium lunaria*)、疏葉珠蕨(*Cryptogramma stelleri*)、紅檜、香杉(*Cunninghamia lanceolata* var. *konishii*)、臺灣黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana*)、臺灣柳葉菜(*Epilobium taiwanianum*)、臺灣山薰香(*Oreomyrrhis taiwaniana*)、大霸尖山酢漿草(*Oxalis acetocella* ssp. *taemoni*)、黃山蟹甲草(*Parasenecio hwangshanicus*)及高山破傘菊(*Syneilesis subglabrata*)等共8種；屬於接近威脅級(Near threatened, NT)有雪山馬蘭(*Aster takasagomontanus*)、大武貓兒眼睛草(*Chrysosplenium hebetatum*)、南湖柳葉菜(*Ep. nankotaizanense*)、南湖碎雪草(*Euphrasia nankotaizanensis*)、臺灣碎雪草(*Eu. transmorrisonensis* var. *durietziana*)、川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii*)、無梗忍冬(*L. apodonta*)、高氏桑寄生(*Loranthus kaoi*)、錫杖花(*Monotropa hypopithys*)、雪山翻白草(*Potentilla tugitakensis*)、阿里山櫻花(*Prunus transarisanensis*)、細葉杜鵑(*Rhododendron noriakianum*)、臺灣山柳(*Salix taiwanalpina*)、及雙黃花堇菜(*Viola biflora*)等共14種；其中有18種為臺灣特有物種，如高山破傘菊、南湖碎雪草、川上氏忍冬、雪山翻白草及



臺灣山柳等，部分已列為物候觀察之主要物種。

本研究區所調查到的瀕危植物，分佈於櫟林帶上層的有9種、鐵杉雲杉林帶有5種、冷杉林帶有11種、高山植群帶有13種。隨著海拔高升，生育地所受到的人為干擾則會隨之下降，且曾彥學(2003)對臺灣特有植物分佈與保育的研究中提及，臺灣瀕危植物的保育率是隨著海拔高升而增加，故本研究區中雖以高海拔地區的瀕危植物種數較多，但其所受到之保護亦較多。

## (二)物候觀察之種子植物組成

從2011年1月1日，進行了6次種子植物物候觀察，分別為5月12-14日、6月12-15、7月3-5日、7月22-25日、8月22-25日及11月18-20日。共設置31條樣線，特定樣株調查43株，於各植群帶之分佈位置為櫟林帶上7條樣線及11個樣株、鐵杉雲杉林帶7條樣線及11個樣株、冷杉林帶13條樣線及18個樣株、高山植群帶4條樣線。

共記錄49科124屬181種，涵蓋裸子植物2科6屬9種，雙子葉植物40科92屬131種，單子葉植物7科24屬39種。其中包括外來種2科2屬2種，分別為菊科的野萵蒿(*Senecio vulgaris*)及大扁雀麥(*Bromus catharticus*)(表5-5)。為方便物候之觀察，將上述物種分為草本植物119種及木本植物(包含喬木、木質藤本、灌木及亞灌木)共62種。

表5-5. 雪山主峰沿線種子植物物候觀察之物種組成

	原生種			外來種			總和		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
裸子植物	2	6	9	0	0	0	2	6	9
雙子葉植物	40	92	131	1	1	1	40	93	132
單子葉植物	7	24	39	1	1	1	7	25	40
總和	49	122	179	2	2	2	49	124	181

(資料來源：本研究資料)

各植群帶所調查到的種子植物種數為櫟林帶上層78種，其中草本植物43種及木本植物35種；鐵杉雲杉林帶49種，其中草本植物28種及木本植物21種；冷杉林帶93種，其中草本植物70種及木本植物23種；高山植群帶37種，其中草本植物32種及木本植物5種(表5-6及表5-7)。



表5-6. 雪山主峰線各植群帶種子植物物候觀察之物種組成

植群帶	裸子植物			雙子葉植物			單子葉植物			總和		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
高山植群帶	1	1	1	16	27	30	4	6	6	21	34	37
冷杉林帶	2	4	5	25	51	65	5	20	23	32	75	93
鐵杉雲杉林帶	2	5	6	18	30	34	5	9	9	25	44	49
櫟林帶上層	1	2	2	31	51	60	6	10	16	38	63	78

(資料來源：本研究資料)

表5-7. 雪山主峰線各植群帶種子植物物候觀察物種之生長形組成

植群帶	草本植物			木本植物			總和		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
高山植群帶	17	29	32	5	5	5	21	34	37
冷杉林帶	25	57	70	10	18	23	32	75	93
鐵杉雲杉林帶	16	26	28	10	18	21	25	44	49
櫟林帶上層	22	36	43	18	27	35	38	63	78

(資料來源：本研究資料)

### (三)種子植物物候

#### 1. 各月份開花結實之物種數

研究結果顯示，5月開花物種數為21種，逐漸增加至7月140種為最高峰，隨後開花之物種數隨漸下降，11月降至最低為14種(圖5-3)。

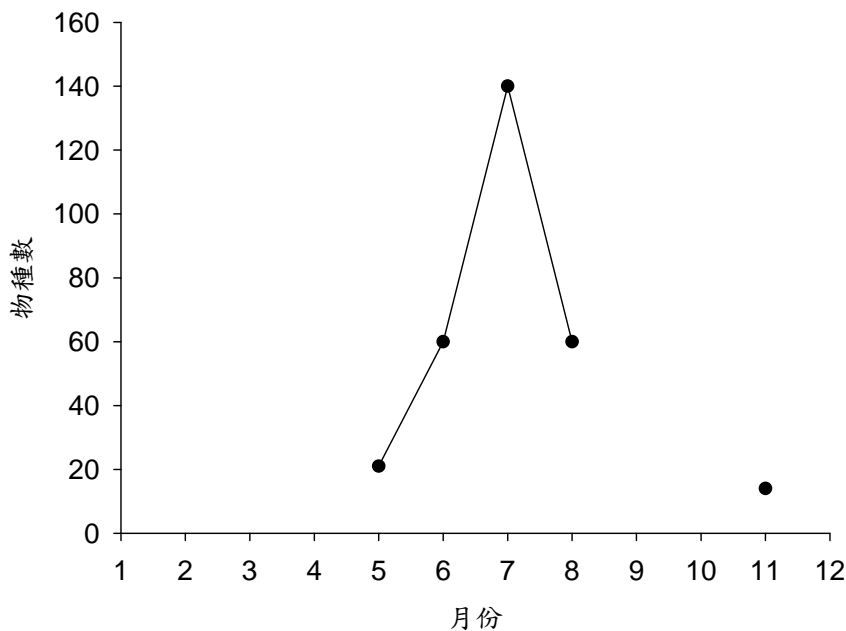


圖5-3. 雪山主峰東線步道各月份結果物種數變化圖。

(資料來源：本研究資料)

於5月結果之物種數為27種，隨後逐漸增加至8月之114種，11月又降至60種。

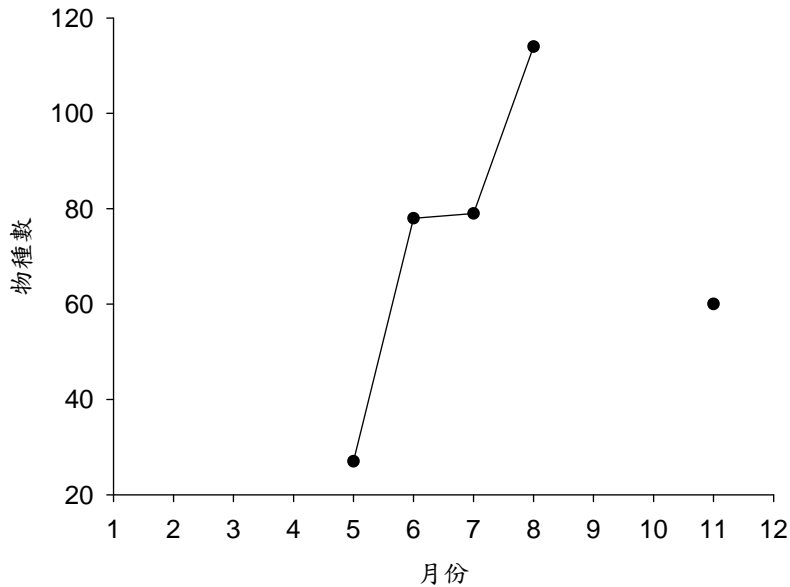


圖 5-4. 雪山主峰東線步道各月份結果物種數變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 同一物種於不同植群帶之花果期

各植群帶所觀察之種子植物，分布於3個連續植群帶的有2大類，一部份為分布於高山植群帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶的高山沙參(*Adenophora morrisonensis*)、玉山小蘗(*Berberis morrisonensis*)、羊茅(*Festuca ovina*)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*)及玉山水苦賈(*Veronica morrisonicola*)等5種。另一部份為分布於冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層的高山白珠樹(*Gaultheria itoana*)、臺灣龍膽(*Gentiana davidii* var. *formosana*)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*)、高山芒(*Miscanthus sinensis*)及一枝黃花(*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)等5種(表5-8、5-9)。

其中高山沙參、玉山水苦賈、臺灣龍膽及玉山金絲桃花期的開始時間隨著海拔降低而提前；阿里山龍膽、高山白珠樹於各植群帶花期開始的時間幾乎同步；高山沙參、阿里山龍膽及高山芒的則是花期結束時間幾乎同步。一枝黃花在海拔較高的冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶，花期時間相當長(7-11月)，在海拔較低的櫟林帶上層，花期僅發生於8月。各種植物生長型的開花時間並沒有差異，但多集中於6-8月，為期約2-3個月，僅一枝黃花的花期可長達4個月。

分布於2個連續植群帶的有3大類，分別為分布於高山植群帶及冷杉林帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層。表5-10記錄分布於高山植群帶及冷杉林帶的物種之物候觀察，其中僅曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa*)的開花時間有隨著海拔降低而提前；玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)的花期在高山植群帶僅發生於6月，而在海拔較低的冷杉林帶，花期從5月一直延續至11月。其中玉山圓柏在於今年5-11月的調查期間並未記錄到開花。

表5-11記錄分布於冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶的物種，各物種的花期散布於5-11月，並無明顯的花期高峰。同一物種在不同植群帶的花期長短也相當兩極化，在冷杉林帶的物種花期為4個月，鐵杉雲杉林帶植物花期則為1個月的短花期，如瞿麥(*Dianthus superbus*)、臺灣高山杜鵑(*Rhododendron rubropilosum* var. *taiwanalpinum*)及玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)。花期與海拔梯度間之關係不顯著，僅刺柏(*Juniperus formosana*)在海拔較高的冷杉林帶，花期開始於8月；在海拔較低的鐵杉雲杉林帶，花期開始於11月。短莖宿柱藁(*Carex breviculmis*)、髮草(*Deschampsia cespitosa* var. *festucifolia*)及臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)等3種，於調查期間未記錄到開花。

表5-12記錄分布於鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層的物種，花期散布於6-11月，並無集中之趨勢。花期與海拔梯度間之關係亦不明顯，僅臺灣糖星草(*Luzula plumosa*)，在海拔較高的鐵杉雲杉林帶，其花期開始時間為6月，於海拔較低的櫟林帶上層，花期開始時間則為8月。其中臺灣紅榨槭(*Acer morrisonense*)、絨山白蘭(*Aster lasiocladus*)、假柃木(*Eurya crenatifolia*)、臺灣雲杉(*Picea morrsonicola*)及細葉杜鵑(*Rhododendron noriakianum*)等5種，於調查期間並未記錄到開花。

各植群帶所觀察之種子植物果期，和觀察花期的物種相同。表5-13和表5-14記錄分布於3個連續植群帶的植物果期觀察，其中高山沙參、玉山水苦蕒、臺灣龍膽及玉山金絲桃花期的開始時間隨著海拔降低而提前，果期開始的時間，僅有玉山金絲隨海拔降低而提前1個月。羊茅(*Festuca ovina*)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*)及一枝黃花(*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)隨著海拔降低，果期亦隨之延後。

僅於高山植群帶及冷杉林帶被觀察之玉山筷子芥(*Arabis lyrata* subsp. *kamtschatica*)，果期隨海拔降低而延後；玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)之果期，隨著海拔降低而提前開始(表5-15)。僅於冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶被觀察之刺柏(*Juniperus formosana*)，果期開始的時間隨著海拔降低而延遲將近6個月(表5-16)。僅於鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層被觀察之假柃木(*Eurya crenatifolia*)、臺灣糖星草(*Luzula plumosa*)及高山通泉草(*Mazus alpinus*)，果期皆隨著海拔降低而提早開始(表5-17)。



表5-9. 雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物花候

物種	生長型	植群帶	月分											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
高山白珠樹 <i>Gaultheria itoana</i>	灌木	B							■	■	■			
		C							■	■				
		D								■	■			
臺灣龍膽 <i>Gentiana davidii</i> var. <i>formosana</i>	草本	B										■	■	
		C									■	■	■	
		D								■	■	■		
玉山金絲桃 <i>Hypericum nagsawai</i>	草本	B										■	■	
		C								■	■	■	■	
		D									■	■	■	
高山芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	草本	B									■	■	■	
		C										■	■	
		D										■	■	
一枝黃花 <i>Solidago virgaurea</i> var. <i>leiocarpa</i>	草本	B										■	■	■
		C										■	■	■
		D											■	■

註：B為冷杉林帶，C為鐵杉雲杉林帶，D為櫟林帶上層  
(資料來源：本研究資料)

表5-10. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物花候

物種	生長型	植群帶	月分												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
玉山當歸 <i>Angelica morrisonicola</i>	草本	A													
		B													
玉山筷子芥 <i>Arabis lyrata</i> subsp. <i>kamtschatica</i>	草本	A													
		B													
玉山卷耳 <i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>	草本	A													
		B													
阿里山薊 <i>Cirsium arisanense</i>	草本	A													
		B													
曲芒髮草 <i>Deschampsia flexuosa</i>	草本	A													
		B													
玉山石竹 <i>Dianthus pygmaeus</i>	草本	A													
		B													
穗花八寶 <i>Hylotelephium subcapitatum</i>	草本	A													
		B													
玉山圓柏 <i>Juniperus squamata</i>	草本	A													
		B													
臺灣地楊梅 <i>Luzula taiwaniana</i>	草本	A													
		B													

表5-10. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物花候(續)

物種	生長型	植群帶	月分													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
大霸尖山酢漿草 <i>Oxalis acetocella</i> <i>ssp. taemoni</i>	草本	A														
		B														
梅花草 <i>Parnassia palustris</i>	草本	A														
		B														
馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>	草本	A														
		B														
紅小蝶蘭 <i>Ponerorchis kiraishiensis</i>	草本	A														
		B														
玉山金梅 <i>Potentilla leuconota</i>	草本	A														
		B														
玉山杜鵑 <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	喬木	A														
		B														

註：A為高山植群帶，B為冷杉林帶  
(資料來源：本研究資料)



表5-11. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物花候

物種	生長型	植群帶	月分												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
短莖宿柱薹 <i>Carex breviculmis</i>	草本	B													
		C													
髮草 <i>Deschampsia cespitosa</i> var. <i>festucifolia</i>	草本	B													
		C													
瞿麥 <i>Dianthus superbus</i>	草本	B													
		C													
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	喬木	B													
		C													
臺灣高山杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>	灌木	B													
		C													
巒大當藥 <i>Swertia macrosperma</i>	草本	B													
		C													
臺灣鐵杉 <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i>	喬木	B													
		C													
臺灣藜蘆 <i>Veratrum formosanum</i>	草本	B													
		C													
玉山箭竹 <i>Yushania niitakayamensis</i>	草本	B													
		C													

註：B為冷杉林帶，C為鐵杉雲杉林帶  
(資料來源：本研究資料)

表5-12. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物花候

物種	生長型	植群帶	月分													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
臺灣紅榨槭 <i>Acer morrisonense</i>	喬木	C														
		D														
絨山白蘭 <i>Aster lasiocladus</i>	草本	C														
		D														
假矜木 <i>Eurya crenatifolia</i>	灌木	C														
		D														
刀傷草 <i>Ixeridium laevigatum</i>	草本	C									■	■	■			
		D									■	■	■			
臺灣糖星草 <i>Luzula plumosa</i>	草本	C														
		D							■	■	■	■	■			
南燭 <i>Lyonia ovalifolia</i>	喬木	C										■	■			
		D														
高山通泉草 <i>Mazus alpinus</i>	草本	C										■	■	■	■	■
		D											■	■	■	■
玉山假沙梨 <i>Photinia niitakayamensis</i>	喬木	C														
		D										■	■			
臺灣雲杉 <i>Picea morrisonicola</i>	喬木	C														
		D														



表5-13. 雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(高山植群帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物果候

物種	生長型	植群帶	月分														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
高山沙參 <i>Adenophora morrisonensis</i>	草本	A										■					
		B															
		C											■	■	■	■	■
玉山小蘗 <i>Berberis morrisonensis</i>	灌木	A							■	■	■	■	■	■	■	■	
		B								■	■	■					
		C															
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	草本	A										■					
		B									■	■	■	■			
		C														■	■
阿里山龍膽 <i>Gentiana arisanensis</i>	草本	A										■	■	■	■	■	
		B														■	■
		C														■	■
玉山水苦蕒 <i>Veronica morrisonicola</i>	草本	A										■	■	■	■	■	
		B									■	■	■				
		C											■				

註：A為高山植群帶，B為冷杉林帶、C為鐵杉雲杉林帶  
(資料來源：本研究資料)

表5-14. 雪山主峰東線步道3個連續的植群帶(冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物果候

物種	生長型	植群帶	月分														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
高山白珠樹 <i>Gaultheria itoana</i>	灌木	B								■	■	■	■	■	■		
		C								■	■	■	■	■	■		
		D								■	■	■	■	■	■		
臺灣龍膽 <i>Gentiana davidii</i> <i>var. formosana</i>	草本	B															
		C															
		D								■	■	■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃 <i>Hypericum nagasawai</i>	草本	B															
		C															
		D										■	■	■	■	■	■
高山芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	草本	B															
		C															
		D															
一枝黃花 <i>Solidago virgaurea</i> <i>var. leiocarpa</i>	草本	B															
		C															
		D															

註：B為冷杉林帶，C為鐵杉雲杉林帶，D為櫟林帶上層  
(資料來源：本研究資料)

表5-15. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物果候

物種	生長型	植群帶	月分												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
玉山當歸 <i>Angelica morrisonicola</i>	草本	A													
		B													
玉山筷子芥 <i>Arabis lyrata</i> subsp. <i>kamtschatica</i>	草本	A													
		B													
玉山卷耳 <i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>	草本	A													
		B													
阿里山薊 <i>Cirsium arisanense</i>	草本	A													
		B													
曲芒髮草 <i>Deschampsia</i>	草本	A													
		B													
玉山石竹 <i>Dianthus pygmaeus</i>	草本	A													
		B													
穗花八寶 <i>Hylotelephium subcapitatum</i>	草本	A													
		B													
玉山圓柏 <i>Juniperus squamata</i>	草本	A													
		B													
臺灣地楊梅 <i>Luzula taiwaniana</i>	草本	A													
		B													

表5-15. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(高山植群帶及冷杉林帶)所觀察之種子植物果候(續)

物種	生長型	植群帶	月分												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
大霸尖山酢漿草 <i>Oxalis acetocella</i> <i>ssp. taemoni</i>	草本	A													
		B													■
梅花草 <i>Parnassia palustris</i>	草本	A													
		B													■
馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>	草本	A													
		B													
紅小蝶蘭 <i>Ponerorchis kiraishiensis</i>	草本	A													
		B													■
玉山金梅 <i>Potentilla leuconota</i>	草本	A													
		B													■
玉山杜鵑 <i>Rhododendron</i> <i>pseudochrysanthum</i>	喬木	A													
		B													■

註：A為高山植群帶，B為冷杉林帶  
(資料來源：本研究資料)

表5-16. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(冷杉林帶及鐵杉雲杉林帶)所觀察之種子植物果候

物種	生長型	植群帶	月分											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
莖宿柱臺 <i>Carex breviculmis</i>	草本	B									■			
		C												
髮草 <i>Deschampsia cespitosa</i> var. <i>festucifolia</i>	草本	B												
		C											■	
瞿麥 <i>Dianthus superbus</i>	草本	B												
		C												
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	喬木	B					■	■	■	■	■			
		C											■	■
臺灣高山杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>	灌木	B					■	■	■	■	■	■	■	■
		C					■	■	■	■	■	■	■	■
巒大當藥 <i>Swertia macrosperma</i>	草本	B												
		C												
鐵杉 <i>Tsuga chinensis</i>	喬木	B												
		C												
臺灣藜蘆 <i>Veratrum formosanum</i>	草本	B									■			
		C												
玉山箭竹 <i>Yushania niitakayamensis</i>	草本	B					■							
		C					■							

註：B為冷杉林帶，C為鐵杉雲杉林帶  
(資料來源：本研究資料)



表5-17. 雪山主峰東線步道2個連續的植群帶(鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層)所觀察之種子植物果候

物種	生長型	植群帶	月分											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
臺灣紅榨槭 <i>Acer morrisonense</i>	喬木	C						■	■	■	■	■	■	■
		D						■	■	■	■	■	■	■
絨山白蘭 <i>Aster lasiocladus</i>	草本	C												
		D												
假矜木 <i>Eurya crenatifolia</i>	灌木	C							■	■	■	■	■	■
		D						■	■	■	■	■	■	■
刀傷草 <i>Ixeridium laevigatum</i>	草本	C												
		D						■	■	■	■	■	■	■
臺灣糖星草 <i>Luzula plumosa</i>	草本	C							■	■	■	■	■	■
		D						■	■	■	■	■	■	■
南燭 <i>Lyonia ovalifolia</i>	喬木	C							■	■	■	■	■	■
		D						■	■	■	■	■	■	■
高山通泉草 <i>Mazus alpinus</i>	草本	C									■	■	■	■
		D						■	■	■	■	■	■	■
玉山假沙梨 <i>Photinia niitakayamensis</i>	喬木	C								■	■	■	■	■
		D									■	■	■	■
臺灣雲杉 <i>Picea morrisonicola</i>	喬木	C							■	■	■	■	■	■
		D							■	■	■	■	■	■



## 3. 各植群帶代表性物種之花果期

從各植群帶觀察物候之物種中，挑選部分具代表性之植物，分析花果期結果如下。

僅於櫟林帶上層觀察物候之代表性植物共12種，分別為喬木3種，狹葉高山櫟(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、臺灣灰木(*Symplocos formosana*)及雲葉(*Trochodendron aralioides*)；灌木3種，白珠樹(*Gaultheria itoana*)、苦懸鉤子(*Rubus trianthus*)及忍冬葉桑寄生(*Taxillus lonicerifolius* var. *lonicerifolius*)；木質藤本3種，臺灣羊桃(*Actinidia chinensis*)、阿里山菝葜(*Smilax arisanensis*)及巒大菝葜(*Smilax menispermoidea*)；草本3種，臺灣胡麻花(*Helonias umbellata*)、阿里山紫花鼠尾草(*Salvia arisanensis*)及高山破傘菊(*Syneilesis subglabrata*)。其中臺灣羊桃未調查到花果(表5-18)。

僅於鐵杉雲杉林帶觀察物候之代表性植物共8種，分別為喬木3種，紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣五葉松(*Pinus morrisonicola*)及高山櫟(*Quercus spinosa*)；灌木1種，紅毛杜鵑(*Rhododendron rubropilosum*)；木質藤本1種，玉山菝葜(*Smilax vaginata*)；草本3種，玉山抱莖籜簫(*Anaphalis morrisonicola*)、野薄荷(*Origanum vulgare*)及玉山鹿蹄草(*Pyrola morrisonensis*)(表5-19)。

僅於冷杉林帶觀察物候之代表性植物共14種，分別為喬木3種，臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、臺灣鋪地蜈蚣(*Cotoneaster konishii*)及巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)；灌木4種，鄧氏胡頹子(*Elaeagnus thunbergii*)、臺灣茶藨子(*Ribes formosanum*)、玉山薔薇(*Rosa sericea* var. *morrisonensis*)及高山薔薇(*Rosa transmorrisonensis*)；木質藤本3種，繡球藤(*Clematis montana*)、川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii*)及玉山莢蒾(*Viburnum betulifolium*)；草本4種，大扁雀麥(*Bromus catharticus*)、合歡柳葉菜(*Epilobium hohuanense*)、伊澤山龍膽(*Gentiana itzershanensis*)及黃山蟹甲草(*Parasenecio hwangshanicus*)。其中臺灣冷杉未調查到花果(表5-20)。

僅於高山植群帶觀察物候之代表性植物共12種，分別為灌木1種，臺灣山柳(*Salix taiwanalpina*)；草本11種，尼泊爾籜簫(*Anaphalis nepalensis*)、葉芽簇子芥(*Arabis gemmifera*)、雪山馬蘭(*Aster takasagomontanus*)、南湖碎雪草(*Euphrasia nankotaizanensis*)、玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum*)、

高山梯牧草(*Phleum alpinum*)、雪山翻白草(*Potentilla tugitakensis*)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*)、五蕊莓(*Sibbaldia procumbens*)、南湖附地草(*Trigonotis nankotaizanensis*)及雙黃花堇菜(*Viola biflora*)(表5-21)。

表5-18至表5-20研究結果顯示，大部分有記錄到花果期之物種，其花果期都有所重疊，如阿里山紫花鼠尾草、玉山抱莖籟簫、臺灣茶藨子及葉芽筷子芥等，僅玉山莢蒾的花果期未重疊，且果期緊接在花期之後。冷杉林帶所調查之鄧氏胡頹子花期於11月開始，果實於5-7月被觀察到(表5-19)。而在高山植群帶之玉山佛甲草，其花期為7-8月，果期則於11月才開始(表5-21)。

表5-18. 雪山主峰東線步道櫟林帶上層代表性物種之花果期示意表

物種	生長型	月分											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
臺灣羊桃 <i>Actinidia chinensis</i>	木質藤本												
狹葉高山櫟 <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>	喬木							■					
白珠樹 <i>Gaultheria itoana</i>	灌木							■	■	■	■	■	■
臺灣胡麻花 <i>Helonias umbellata</i>	草本					■							
苦懸鉤子 <i>Rubus trianthus</i>	灌木							■	■	■	■		
阿里山紫花鼠尾草 <i>Salvia arisanensis</i>	草本					■	■	■	■	■	■	■	■
阿里山菝葜 <i>Smilax arisanensis</i>	木質藤本							■	■	■	■		
巒大菝葜 <i>Smilax menispermoidea</i>	灌木							■	■	■	■		
臺灣灰木 <i>Symplocos formosana</i>	喬木					■	■	■	■	■	■		

表5-18. 雪山主峰東線步道櫟林帶上層代表性物種之花果期示意表(續)

物種	生長型	月分											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
高山破傘菊 <i>Syneilesis subglabrata</i>	草本						■						
忍冬葉桑寄生 <i>Taxillus lonicerifolius</i> <i>var. lonicerifolius</i>	灌木					■	■	■	■	■			
雲葉 <i>Trochodendron aralioides</i>	喬木					■	■	■	■	■	■	■	■

註：黑色條帶為花期，灰色條帶為果期

(資料來源：本研究資料)

表5-19. 雪山主峰東線步道鐵杉雲杉林帶代表性物種之花果期示意表

物種	生長型	月分											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
玉山抱莖籜簫 <i>Anaphalis morrisonicola</i>	草本											■	■
紅檜 <i>Chamaecyparis formosensis</i>	喬木						■	■	■	■			
野薄荷 <i>Origanum vulgare</i>	草本											■	
臺灣五葉松 <i>Pinus morrisonicola</i>	喬木					■	■	■	■	■			
玉山鹿蹄草 <i>Pyrola morrisonensis</i>	草本											■	
高山櫟 <i>Quercus spinosa</i>	喬木											■	
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>	灌木					■	■	■	■	■	■	■	■
玉山菝葜 <i>Smilax vaginata</i>	灌木											■	

註：黑色條帶為花期，灰色條帶為果期  
(資料來源：本研究資料)

表5-20. 雪山主峰東線步道冷杉林帶代表性物種之花果期示意表

物種	生長型	月分												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
臺灣冷杉 <i>Abies kawakamii</i>	喬木													
大扁雀麥 <i>Bromus catharticus</i>	草本						■	■	■	■	■			
繡球藤 <i>Clematis montana</i>	木質藤本						■	■	■	■	■			
臺灣鋪地蜈蚣 <i>Cotoneaster konishii</i>	喬木							■	■	■				
鄧氏胡頹子 <i>Elaeagnus thunbergii</i>	灌木						■	■	■	■			■	■
合歡柳葉菜 <i>Epilobium hohuanense</i>	草本						■	■	■	■	■			
伊澤山龍膽 <i>Gentiana itzershanensis</i>	草本						■	■	■	■	■	■	■	■
川上氏忍冬 <i>Lonicera kawakamii</i>	木質藤本							■	■	■				
黃山蟹甲草 <i>Parasenecio hwangshanicus</i>	草本							■	■	■	■	■	■	■





表5-21. 雪山主峰東線步道高山植群帶代表性物種之花果期示意表

物種	生長型	月分											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
尼泊爾籟簫 <i>Anaphalis nepalensis</i>	草本							■	■	■			
葉芽筷子芥 <i>Arabis gemmifera</i>	草本						■	■	■	■	■	■	■
雪山馬蘭 <i>Aster takasagomontanus</i>	草本							■	■	■			
南湖碎雪草 <i>Euphrasia nankotaizanensis</i>	草本							■	■	■			
玉山薄雪草 <i>Leontopodium microphyllum</i>	草本						■	■	■	■	■		
高山梯牧草 <i>Phleum alpinum</i>	草本							■	■				
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>	草本							■	■	■			
臺灣山柳 <i>Salix taiwanalpina</i>	灌木						■	■	■	■			
玉山佛甲草 <i>Sedum morrisonense</i>	草本							■	■	■		■	



## 四、討論

### 1. 植物之開花重疊期

植物的開花時間受到基因(Hall and Willis, 2006)及環境條件(Körner, 2003)的控制，環境中的光週期(Körner, 2003; Nauntain *et al.*, 2001; Olsson and Ågren, 2002)、溫度(Körner, 2003; Nauntain *et al.*, 2001; Totland, 1997; Thórhallsdóttir, 1998; Wagner and Reichegger, 1997)、融雪(劉志民和蔣德明, 2007; Nautiyal, 2001; Neil, 2009; Price and Waser, 1998)等因子，皆影響著植物開花時間的始末，且不同的開花時間，有助於植物適應當地環境(Hall and Willis, 2006)。本研究調查結果顯示，植物開花時間隨著物種不同而異，且同一物種位於不同海拔梯度花期亦有所不同，但大部分花期集中於7月(圖5-3)。本研究結果和李向前等(2009)於中國青藏高原所做的植物開物花物候之結果相似，在高海拔地區植物的花期主要集中於7-8月。Körner(2003)亦提及在一植群中植物的花期會隨著物種不同而有所差異，但仍會有花期重疊的時間，會使得花豐富度有一個季節性的高峰。在高海拔地區融雪發生的時間較早，會影響植物開花的順序及花期之重疊性(Price and Waser, 1998)。

### 2. 植物開花物候與海拔梯度之間的關係

一個山體隨著海拔梯度變化，具有不同的環境梯度及高度異質化的生育地(陳學林和戚鵬程, 2006)，隨著海拔升高，資源的有效性會降低，而降雪頻率、太陽輻射量等皆會隨之增加(Körner, 2003)，因此，海拔梯度為研究植物生長及繁殖的理想條件(Billings, 1974)。

本研究沿著區域內海拔梯度劃分4個植群帶(表5-1)，並對同一物種分布於多個植群帶之花候進行觀察(表5-7、5-8)，結果顯示高山沙參、玉山水苦蕒、臺灣龍膽及玉山金絲桃之花期開始時間，隨著海拔降低而提前。許多前人研究亦有相似結果，如呂理昌(1990)於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同的海拔分布做物候觀察，結果顯示隨海拔的升高開花期會延遲半個月至1個月，例如早田氏草莓分布海拔2,600-3,800m，於同時間調查時塔塔加(2,600m)已結紅果，但排雲山莊(3,500m)只有開花現象。Sandring *et al.*(2007)研究筷子芥屬植物於高山和低地在不同生育地的花候現象，樣區分別設置於挪威(Norway)Spiterstulen樹木界線以上

(61°38'N 8°24'E, 海拔1,106 m), 及瑞典(Sweden)Stubbsand波希尼亞灣礫石岸(63°58' 18°17', 海拔0 m), 結果顯示2000-2002年間高山較低地族群花期開始時間相差不大, 結束時間則較為延遲。溫英杰等(2008)研究阿里山山櫻遺傳多樣性, 觀察1份霧社櫻與14份阿里山山櫻之開花期, 材料採自塔山(海拔2,200 m)、志良(海拔2,000 m)、武陵農場(海拔1,800 m)及思源啞口(海拔2,100 m), 結果顯示阿里山山櫻開花期會隨著海拔上升而延後。王年金等(2010)於中國浙江省研究馬尾松(*Pinus massoniana*)花候之結果顯示, 分布於海拔較低的個體花期較早。海拔梯度包含了許多環境因子, 綜合表現出不同海拔梯度上, 生育地環境的複雜性, 而這些研究結果皆可顯示海拔梯度確實影響植物的開花物候。

## 五、結論與建議

### (一)結論

1. 7月為植物開花之高峰期，共有140種植物開花。
2. 植物從5月開始陸續進入果期，至8月共有114種植物正在結果。
3. 植物開花時間隨著物種不同而異，且同一物種位於不同海拔梯度花期亦有所不同。
4. 高山沙參、玉山水苦賈、臺灣龍膽及玉山金絲桃之花期開始時間，隨著海拔降低而提前。
5. 同一物種之果期並未隨著海拔梯度變動而有明顯變化之趨勢。

### (二)建議

根據本研究於雪山地區植物物候之調查，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

#### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：

經過植物物候之調查，可確切了解雪山主峰線種子植物花期高峰為7月，部份特有或稀有物種亦在此時開花，如雪山馬蘭(*Aster takasagomontanus*)、南胡碎雪草(*Euphrasia nankotaizanensis*)及伊澤山龍膽(*Gentiana itzershanensis*)等，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。

#### (二)長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：

植物物候為植物適應環境所做之表現，隨著當時的溫度、水份及光週期等影響，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之變異關係。

## 七、參考文獻

- 王年金、何玉友、秦國峰、儲德裕、胡健生(2010)馬尾松雄球花成熟期及受氣溫影響的觀測。林業科學研究23(6): 905-909。
- 王連喜、陳懷亮、李琪、余衛東(2010)植物物候與氣候研究進展。生態學報30(2): 447-454。
- 呂新苗、康世昌、朱立平、張擁軍、韓文武(2009)西藏納木錯植物物候及其對氣候的影響。山地學報27(6): 648-654。
- 李向前、賈鵬、章志龍、杜國楨(2009)青藏高原東緣高寒草甸植物群落的開花物候。生態學雜誌28(11): 2202-2207。
- 海放南-邦卡兒(2007)塔塔加地區高山植物的物候期。林業研究專訊14(5): 16-22。
- 張又敏(2006)金毛杜鵑開花模式之研究。靜宜大學生態學系碩士論文。共57頁。
- 陸佩玲、于強、賀慶棠(2006)植物物候對氣候變化的響應。生態學報26(3): 923-929。
- 陳學林、戚鵬程(2006)白水江國家級自然保護區野生資源植物的垂直分異研究。西北植物學報26(5): 1014-1020。
- 黃信源(2007)苗栗地區油桐物候生物學之研究。國立中興大學森林系碩士論文。共88頁。
- 楊金昌、王亞男、姜家華、賴裕芳(1998)塔塔加地區臺灣雲杉、臺灣鐵杉及玉山箭竹物候學之初步研究。中華林學季刊31(3): 251-263。
- 溫英杰、張靜誼、高建元(2008)阿里山山櫻遺傳多樣性之研究。臺灣農業研究57(4): 233-242。
- 劉志民、蔣德明(2007)植物生殖物候研究進展。生態學報27(3): 1233-1241。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1983)森林植物生態學。臺灣商務印書館。共462頁。
- Billings, W. D.(1974)Adapt ations and origins of alpine plants. Arctic and Alpine Research 6(2): 129-142.
- Hall, M. C. and Willis J. H.(2006)Divergent selection on flowering time contributes to local adaptation *Mimulus guttatus* populations. The Society for the Study of Evolution 60(12): 2466-2477.
- Holway, J. G and R. T. Ward(1965)Phenology of alpine plants. 3rd ed. Oxford:

- Oxford and IBH Publications.
- Kikuzawa, K.(1995)Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. *Canadian Journal of Botany* 73: 158-163.
- Körner, C.(2003)Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystem. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 344.
- Nautiyal, M. C., B. P. Nautiyal and V. Prakash(2001)Phenology and growth form distribution in an alpine pasture at Tungnath, Garhwal, Himalaya. *Mountain Research and Development* 21(2): 168-174.
- Negi, G. C. S., H. C. Rikhari and S. P. Singh(1992) Phenological features in relation to growth forms and biomass accumulation in an alpine meadow of the Central Himalaya. *Vegetatio* 101: 161-170.
- Neil, K.(2009) Flowering phenology: an activity to introduce human & environmental effects on plant reproduction. *American Biology Teacher* 71(5): 300-304.
- Nuttonson, M. Y.(1955)Wheat-climate relationship and the use of phenology in ascertaining the thermal and photothermal requirements of wheat. Washington, DC: American Institute of Crop Ecology, p. 54-55.
- Olsson, K. and J. Ågren(2002)Latitudinal population differentiation in phenology, life history and flower morphology in the perennial herb *Lythrum salicaria*. *Journal of Evolutionary Biology* 15: 983-996.
- Price, M. V. and N. M. Waser(1998) Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology* 79(4): 1261-1271.
- Ram, J., S. P. Singh and J. S. Singh(1988)Community level phenology of grassland above treeline in Central Himalaya, India. *Arctic and Alpine Research* 20(3): 325-332.
- Ram, J., S. P. Singh and J. S. Singh(1988)Community level phenology of grassland above treeline in Central Himalaya. *Arctic and Alpine Research* 20: 325-332.
- Shen, Z. K.(2000)Study in the phenological phase in *Eulapiopsis Binata*. *Journal of Hubei Institute for Nationalities* 18(2): 24-26.



- Sosebee, R. E. and W. Wiebe(1973)Effect of phenological development on radio phosphorus translocations from leaves in crested wheat grass. *Oecologia* 13: 103-112.
- Taylor, F. G. J.(1974)Phenodynamics of production in a mesic deciduous forest. In: Lieth H, editor: phenology and seasonality modeling. Ecological Studies 8. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 237-254.
- Thórhallsdóttir, T. E.(1998)Flowering phenology in the central highland of Iceland and implications for climatic warming in the Arctic. *Oecologia* 114: 43-49.
- Totland, Ø.(1997) Effects of flowering time and temperature on growth and reproduction in *Leontodon autumnalis* var. *taraxaci* a late-flowering alpine plant. *Arctic and Alpine Research* 29(3): 285-290.
- Wagner, J. and B. Reichegger(1997) Phenology and seed development of the alpine sedges *Carex curvula* and *Carex firm* a in response to contrasting topoclimates. *Arctic and Alpine Research* 29(3): 291-299.

附錄5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
臺灣冷杉 <i>Abies kawakamii</i>												
臺灣紅榨槭 <i>Acer morrisonense</i>						■	■	■	■			
臺灣羊桃 <i>Actinidia chinensis</i>												
高山沙參 <i>Adenophora morrisonensis</i>							■	■	■	■	■	■
翦股穎 <i>Agrostis clavata</i>						■	■	■	■	■	■	■
玉山翦股穎 <i>Agrostis infirma</i>						■	■	■	■			
臺灣鬼督郵 <i>Ainsliaea latifolia</i> subsp. <i>henryi</i>						■	■	■	■	■	■	■
臺灣粉條兒菜 <i>Aletris formosana</i>						■	■	■	■	■	■	■
臺灣赤楊 <i>Alnus formosana</i>						■	■	■	■	■	■	■

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
玉山抱莖籜簫 <i>Anaphalis morrisonicola</i>									■	■	■	■
尼泊爾籜簫 <i>Anaphalis nepalensis</i>							■	■	■			
玉山當歸 <i>Angelica morrisonicola</i>							■	■	■			
溝稈草 <i>Aniselytron treutleri</i>												
葉芽簇子芥 <i>Arabis gemmifera</i>						■	■	■	■	■	■	■
玉山簇子芥 <i>Arabis lyrata</i> subsp. <i>kamtschatica</i>						■	■	■	■			
裡白椴木 <i>Aralia bipinnata</i>							■	■	■	■	■	■
亞毛無心菜 <i>Arenaria subpilosa</i>							■	■	■	■	■	■
長行天南星 <i>Arisaema consanguineum</i>					■	■	■	■				

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
臺灣天南星 <i>Arisaema formosanum</i>													
艾 <i>Artemisia indica</i>						■	■	■	■	■	■	■	■
山艾 <i>Artemisia kawakamii</i>						■	■	■	■	■	■	■	■
細葉山艾 <i>Artemisia morrisonensis</i>						■	■	■	■				
絨山白蘭 <i>Aster lasiocladus</i>													
雪山馬蘭 <i>Aster takasagomontanus</i>							■	■	■				
川上氏小蘗 <i>Berberis kawakamii</i>						■	■	■	■	■	■	■	■
玉山小蘗 <i>Berberis morrisonensis</i>						■	■	■	■	■	■	■	■
川上氏短柄草 <i>Brachypodium kawakamii</i>						■	■	■	■				

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
基隆短柄草 <i>Brachypodium sylvaticum</i>							■	■	■	■	■	■
大扁雀麥 <i>Bromus catharticus</i>						■	■	■	■			
南湖扁果薹 <i>Carex atrata</i>							■	■	■	■	■	■
短莖宿柱薹 <i>Carex breviculmis</i>						■						
束草 <i>Carex brunnea</i>							■	■	■	■	■	■
紅鞘薹 <i>Carex filicina</i>						■	■	■	■	■	■	■
大葉南蛇藤 <i>Celastrus kusanoi</i>							■	■				
玉山卷耳 <i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>							■	■	■		■	

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
紅檜 <i>Chamaecyparis formosensis</i>						█	█	█	█			
大武貓兒眼睛草 <i>Chrysosplenium hebetatum</i>						█	█					
高山露珠草 <i>Circaea alpina</i>						█	█	█	█			
阿里山薊 <i>Cirsium arisanense</i>							█	█	█	█	█	█
繡球藤 <i>Clematis montana</i>						█	█	█	█			
巴氏鐵線蓮 <i>Clematis parviloba</i> subsp. <i>bartlettii</i>												
綠花凹舌蘭 <i>Coeloglossum viride</i>							█	█				
野苧蒿 <i>Conyza sumatrensis</i>								█	█			
臺灣鋪地蜈蚣 <i>Cotoneaster konishii</i>							█	█	█			

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
狹葉高山櫟 <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>							■	■					
琉璃草 <i>Cynoglossum furcatum</i>							■	■	■	■	■	■	■
曲芒髮草 <i>Deschampsia</i>						■	■	■	■				
髮草 <i>Deschampsia cespitosa</i> var. <i>festucifolia</i>									■	■			
大葉溲疏 <i>Deutzia pulchra</i>							■	■					
玉山石竹 <i>Dianthus pygmaeus</i>							■	■	■	■	■	■	■
瞿麥 <i>Dianthus superbus</i>							■	■	■				
鄧氏胡頹子 <i>Elaeagnus thunbergii</i>						■	■	■	■			■	■
裂葉樓梯草 <i>Elatostema trilobulatum</i>									■	■			

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
海螺菊 <i>Ellisiophyllum pinnatum</i>						■	■	■				
合歡柳葉菜 <i>Epilobium hohuanense</i>						■	■	■	■			
南湖碎雪草 <i>Euphrasia nankotaizanensis</i>							■	■	■			
玉山小米草 <i>Euphrasia transmorrisonensis</i>							■	■	■			
假柃木 <i>Eurya crenatifolia</i>					■	■	■	■	■			
羊茅 <i>Festuca ovina</i>						■	■	■	■	■	■	■
圓葉豬殃殃 <i>Galium formosense</i>							■	■	■	■	■	■
白珠樹 <i>Gaultheria cumingiana</i>						■	■	■	■	■	■	■
高山白珠樹 <i>Gaultheria itoana</i>						■	■	■	■			



附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
阿里山龍膽 <i>Gentiana arisanensis</i>						■	■	■	■	■	■	■
臺灣龍膽 <i>Gentiana davidii</i> var. <i>formosana</i>						■	■	■	■	■	■	■
伊澤山龍膽 <i>Gentiana itzershanensis</i>						■	■	■	■	■	■	■
臺灣常春藤 <i>Hedera rhombea</i> var. <i>formosana</i>												
臺灣胡麻花 <i>Helonias umbellata</i>					■							
穗花八寶 <i>Hylotelephium subcapitatum</i>						■	■	■	■	■	■	■
大枝掛繡球 <i>Hydrangea integrifolia</i>												
阿里山天胡荽 <i>Hydrocotyle setulosa</i>							■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃 <i>Hypericum nagasawai</i>						■	■	■	■	■	■	■

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
玉山燈心草 <i>Juncus triflorus</i>						■	■					
刀傷草 <i>Ixeridium laevigatum</i>					■	■	■	■				
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
玉山圓柏 <i>Juniperus squamata</i>							■	■	■	■	■	■
玉山薄雪草 <i>Leontopodium microphyllum</i>						■	■	■	■			
臺灣百合 <i>Lilium formosanum</i>						■	■	■	■			
三斗石櫟 <i>Lithocarpus hancei</i>												
阿里山忍冬 <i>Lonicera acuminata</i>						■	■	■	■	■	■	■
川上氏忍冬 <i>Lonicera kawakamii</i>							■	■	■			

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
中國地楊梅 <i>Luzula effusa</i>						■	■	■	■			
臺灣糖星草 <i>Luzula plumosa</i>					■	■	■	■	■			
臺灣地楊梅 <i>Luzula taiwaniana</i>						■	■	■	■	■	■	■
南燭 <i>Lyonia ovalifolia</i>							■	■	■	■	■	■
臺灣鹿藥 <i>Maianthemum formosanum</i>						■	■	■	■			
福建賽衛矛 <i>Microtropis fokienensis</i>									■	■		
高山通泉草 <i>Mazus alpinus</i>					■	■	■	■	■			
高山芒 <i>Miscanthus sinensis</i>							■	■	■	■	■	■
錫杖花 <i>Monotropa hypopithys</i>							■	■				

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
矮菊 <i>Myriactis humilis</i>							■	■	■	■	■	■	■
楊梅 <i>Myrica rubra</i>								■	■				
間型沿階草 <i>Ophiopogon intermedius</i>							■	■					
山薰香 <i>Oreomyrrhis involucrata</i>						■	■	■	■				
野薄荷 <i>Origanum vulgare</i>								■	■				
大霸尖山酢漿草 <i>Oxalis acetocella</i> ssp. <i>taemoni</i>					■	■	■	■	■				
黃山蟹甲草 <i>Parasenecio hwangshanicus</i>							■	■	■	■	■	■	■
梅花草 <i>Parnassia palustris</i>							■	■	■			■	■
馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>							■	■	■			■	■

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
山桔梗 <i>Peracarpa carnosus</i>						■	■	■				
高山梯牧草 <i>Phleum alpinum</i>							■	■				
玉山假沙梨 <i>Photinia niitakayamensis</i>						■	■	■	■	■	■	■
臺灣雲杉 <i>Picea morrisonicola</i>					■	■	■	■	■	■		
玉山毛蓮菜 <i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>morrisonensis</i>							■	■	■	■		
臺灣馬醉木 <i>Pieris taiwanensis</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
短角冷水麻 <i>Pilea aquarum</i> subsp. <i>brevicornuta</i>												
玉山茴芹 <i>Pimpinella niitakayamensis</i>							■	■				

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
華山松 <i>Pinus armandii</i> var. <i>masteriana</i>						■	■	■	■	■		
臺灣五葉松 <i>Pinus morrisonicola</i>					■	■	■	■	■			
臺灣二葉松 <i>Pinus taiwanensis</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
大車前草 <i>Plantago major</i>												
短距粉蝶蘭 <i>Platanthera brevicalcarata</i>							■	■	■			
白頂早熟禾 <i>Poa acroleuca</i>						■	■	■	■			
厚唇粉蝶蘭 <i>Platanthera mandarinorum</i> subsp. <i>pachyglossa</i>						■	■	■	■			
早熟禾 <i>Poa annua</i>						■	■	■	■	■	■	■

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
瓜子金 <i>Polygala japonica</i>							■	■				
火炭母草 <i>Polygonum chinense</i>						■	■	■	■	■	■	■
高山蓼 <i>Polygonum filicaule</i>							■	■				
畢祿山蓼 <i>Polygonum pilushanense</i>						■	■	■				
虎杖 <i>Polygonum yunnanense</i>							■	■	■	■	■	■
紅小蝶蘭 <i>Ponerorchis kiraishiensis</i>							■	■				
玉山金梅 <i>Potentilla leuconota</i>						■	■	■				
森氏委陵菜 <i>Potentilla matsumurae</i> var. <i>pilosa</i>					■	■	■	■				
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>							■	■				

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
玉山櫻草 <i>Primula miyabeana</i>						■	■	■				
阿里山櫻 <i>Prunus transarisanensis</i>					■	■	■	■	■			
玉山鹿蹄草 <i>Pyrola morrisonensis</i>							■	■				
高山櫟 <i>Quercus spinosa</i>							■	■				
鹿場毛茛 <i>Ranunculus taisanensis</i>									■	■		
細葉杜鵑 <i>Rhododendron noriakianum</i>						■	■	■	■	■		
玉山杜鵑 <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
臺灣高山杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>					■	■	■	■	■	■	■	■



附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
臺灣茶藨子 <i>Ribes formosanum</i>						■	■	■	■	■	■	■
玉山薔薇 <i>Rosa sericea</i> var. <i>morrisonensis</i>							■	■	■	■	■	■
高山薔薇 <i>Rosa transmorrisonensis</i>						■	■	■	■	■	■	■
金劍草 <i>Rubia lanceolata</i>							■	■				
毛刺懸鉤子 <i>Rubus pungens</i> var. <i>oldhamii</i>						■	■	■				
玉山懸鉤子 <i>Rubus rolfei</i>								■	■	■		
刺花懸鉤子 <i>Rubus taitoensis</i> var. <i>aculeatiflorus</i>						■	■					
苦懸鉤子 <i>Rubus trianthus</i>						■	■	■	■	■		

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
褐毛柳 <i>Salix fulvopubescens</i>					■	■	■	■	■			
臺灣山柳 <i>Salix taiwanalpina</i>						■	■	■	■			
阿里山紫花鼠尾草 <i>Salvia arisanensis</i>				■	■	■	■	■	■	■	■	■
紅子佛甲草 <i>Sedum erythrospermum</i>						■	■	■	■			
玉山佛甲草 <i>Sedum morrisonense</i>												■
玉山黃菀 <i>Senecio morrisonensis</i>							■	■	■	■	■	■
黃菀 <i>Senecio nemorensis</i> var. <i>dentatus</i>												■
蔓黃菀 <i>Senecio scandens</i>												
五蕊莓 <i>Sibbaldia procumbens</i>								■	■	■		

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
秃玉山蠅子草 <i>Silene morrison-montana</i>							■	■	■	■	■	■
阿里山菝葜 <i>Smilax arisanensis</i>						■	■	■	■	■		
菝葜 <i>Smilax china</i>						■	■	■	■	■	■	■
細葉菝葜 <i>Smilax elongato-umbellata</i>						■	■	■	■	■		
巒大菝葜 <i>Smilax menispermoidea</i>						■	■	■	■	■		
玉山菝葜 <i>Smilax vaginata</i>							■	■				
一枝黃花 <i>Solidago virgaurea var. leiocarpa</i>							■	■	■	■	■	■
巒大花楸 <i>Sorbus randaiensis</i>					■	■	■	■	■	■	■	■
假繡線菊 <i>Spiraea hayatana</i>						■	■	■	■	■	■	■

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
疏花繁縷 <i>Stellaria saxatilis</i>								■	■			
巒大當藥 <i>Swertia macrosperma</i>								■	■			
臺灣灰木 <i>Symplocos formosana</i>												
枇杷葉灰木 <i>Symplocos stellaris</i>												
高山破傘菊 <i>Syneilesis subglabrata</i>												
忍冬葉桑寄生 <i>Taxillus lonicerifolius</i> var. <i>lonicerifolius</i>												
玉山針蘭 <i>Trichophorum subcapitatum</i>												
南湖附地草 <i>Trigonotis nankotaizanensis</i>												
雲葉 <i>Trochodendron aralioides</i>												

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
鐵杉 <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i>													
臺灣藜蘆 <i>Veratrum formosanum</i>													
玉山水苦賈 <i>Veronica morrisonicola</i>													
貧子水苦賈 <i>Veronica oligosperma</i>													
臺灣水苦賈 <i>Veronica taiwanica</i>													
玉山英薺 <i>Viburnum betulifolium</i>													
壺花英薺 <i>Viburnum urceolatum</i>													
喜岩堇菜 <i>Viola adenothis</i>													
雪山堇菜 <i>Viola adenothis</i> var. <i>tsugitakaensis</i>													

附錄 5-1. 雪山主峰東線步道種子植物物候觀察之花果期表(續)

物種	月分											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
雙黃花堇菜 <i>Viola biflora</i>												
臺灣堇菜 <i>Viola formosana</i>												
紫花地丁 <i>Viola mandshurica</i>												
尖山堇菜 <i>Viola senzanensis</i>												
新竹堇菜 <i>Viola shinchikuensis</i>												
玉山箭竹 <i>Yushania niitakayamensis</i>												

註：黑色條帶為花期，灰色條帶為果期

(資料來源：本研究資料)

附錄 5-2. 雪山主峰線種子植物物候之觀察物種名錄

\*特有種，◎外來種，△栽培種

裸子植物

1. Cupressaceae 柏科

\*△1. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜

2. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏

3. *Juniperus squamata* Buch.-Ham. apud Lamb. 玉山圓柏

2. Pinaceae 松科

\*4. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉

\*△5. *Picea morrisonicola* Hayata 臺灣雲杉

\*6. *Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata 華山松

\*7. *Pinus morrisonicola* Hayata 臺灣五葉松

\*△8. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松

\*9. *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng 臺灣鐵杉

雙子葉植物

3. Aceraceae 槭樹科

\*10. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭

4. Actinidaceae 獼猴桃科

\*11. *Actinidia chinensis* Planch. var. *setosa* Li 臺灣羊桃

5. Araliaceae 五加科

12. *Aralia bipinnata* Blanco 裡白椴木

6. Berberidaceae 小蘗科

\*13. *Berberis kawakamii* Hayata 川上氏小蘗

\*14. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小蘗

7. Betulaceae 樺木科

\*15. *Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino 臺灣赤楊

8. Boraginaceae 紫草科

\*16. *Cynoglossum furcatum* Wallich 琉璃草

\*17. *Trigonotis nankotaizanensis* (Sasaki) Masam. & Ohwi ex Masam. 南湖附地草

9. Campanulaceae 桔梗科

\*18. *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. *uehatae* (Yamamoto) Lammers 高山沙參

19. *Peracarpa carnosus* (Wall.) Hook. f. & Thomson 山桔梗

10. Caprifoliaceae 忍冬科

20. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬

\*21. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬

22. *Viburnum betulifolium* Batal. 玉山莢蒾

23. *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc. 壺花英薊
11. Caryophyllaceae 石竹科
- \*24. *Arenaria subpilosa* (Hayata) Ohwi 亞毛無心菜
- \*25. *Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* (Hayata) Hayata 玉山卷耳
26. *Dianthus pygmaeus* Hayata 玉山石竹
27. *Dianthus superbus* L. 瞿麥
- \*28. *Silene morrison-montana* (Hayata) Ohwi & Ohashi 禿山蠅子草
29. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷
12. Celastraceae 衛矛科
30. *Celastrus kusanoi* Hayata 大葉南蛇藤
31. *Microtropis fokienensis* Dunn 福建賽衛矛
13. Compositae 菊科
32. *Ainsliaea latifolia* (D. Don) Sch. Bip. subsp. *henryi* (Diels) H. Koyama 臺灣鬼督郵
33. *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz. 尼泊爾籜簫
34. *Anaphalis morrisonicola* Hayata 玉山抱莖籜簫
- \*35. *Artemisia kawakamii* Hayata 山艾
36. *Artemisia indica* Willd. 艾
- \*37. *Artemisia morrisonensis* Hayata 細葉山艾
38. *Aster lasiocladus* Hayata 絨山白蘭
- \*39. *Aster takasagomontanus* Sasaki 雪山馬蘭
- \*40. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊
- ◎41. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野茼蒿
- \*42. *Leontopodium microphyllum* Hayata 玉山薄雪草
43. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊
- \*44. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜
- \*45. *Senecio morrisonensis* Hayata 玉山黃菀
- \*46. *Senecio nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama 黃菀
47. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀
48. *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花
- \*49. *Syneilesis subglabrata* (Yamamoto & Sasaki) Kitam. 高山破傘菊
50. *Ixeridium laevigatum* (Blume) J. H. Pak & Kawano 刀傷草
51. *Parasenecio hwangshanicus* (Ling) C. I Peng & S. W. Chung 黃山蟹甲草
14. Crassulacea 景天科
- \*52. *Hylotelephium subcapitatum* (Hayata) Ohba 穗花八寶
- \*53. *Sedum erythrospermum* Hayata 紅子佛甲草
- \*54. *Sedum morrisonense* Hayata 玉山佛甲草
15. Brassicaceae 十字花科
55. *Arabis gemmifera* (Matsumura) Makino ex Hara 葉芽筷子芥



56. *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥
16. Elaeagnaceae 胡頹子科
- \*57. *Elaeagnus thunbergii* Serv. 鄧氏胡頹子
17. Ericaceae 杜鵑花科
58. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹
59. *Gaultheria cumingiana* Vidal 白珠樹
60. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭
61. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木
62. *Rhododendron noriakianum* T. Suzuki 細葉杜鵑
63. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑
64. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑
65. *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S. Y. Lu, Yuen P. Yang & Y. H. Tseng 臺灣高山杜鵑
18. Fagaceae 殼斗科
- \*66. *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo 狹葉高山櫟
67. *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *ternaticupula* (Hayata) Liao 三斗石櫟
68. *Quercus spinosa* A. David ex Fr. 高山櫟
19. Gentianaceae 龍膽科
- \*69. *Gentiana arisanensis* Hayata 阿里山龍膽
70. *Gentiana davidii* Franch. var. *formosana* (Hayata) T. N. Ho 臺灣龍膽
- \*71. *Gentiana itzershanensis* T. S. Liu & Chiu C. Kuo 伊澤山龍膽
72. *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke 巒大當藥
20. Guttiferae 金絲桃科
- \*73. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃
21. Labiatae 唇形科
74. *Origanum vulgare* L. 野薄荷
- \*75. *Salvia arisanensis* Hayata 阿里山紫花鼠尾草
22. Loranthaceae 桑寄生科
- \*76. *Taxillus lonicerifolius* (Hayata) Chiu var. *lonicerifolius*. 忍冬葉桑寄生
23. Myriaceae 楊梅科
77. *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc. 楊梅
24. Onagraceae 柳葉菜科
78. *Circaea alpina* L. subsp. *imaicola* (Asch. & Mag.) Kitam. 高山露珠草
- \*79. *Epilobium hohuanense* Ying ex Chen, Hoch & Raven 合歡柳葉菜
25. Oxalidaceae 酢漿草科
- \*80. *Oxalis acetocella* L. subsp. *taemoni* (Yamamoto) Huang & Huang 大霸尖山酢漿草
26. Plantaginaceae 車前科
81. *Plantago major* L. 大車前草

27. Polygalaceae 遠志科  
82. *Polygala japonica* Houtt. 瓜子金
28. Polygonaceae 蓼科  
83. *Polygonum chinense* L. 火炭母草  
84. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼  
\*85. *Polygonum pilushanense* Liu & Ou 畢祿山蓼  
86. *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖
29. Primulaceae 報春花科  
87. *Primula miyabeana* Ito & Kawakami 玉山櫻草
30. Pyrolaceae 鹿蹄草科  
88. *Monotropa hypopithys* L. 錫杖花  
\*89. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草
31. Ranunculaceae 毛茛科  
90. *Clematis montana* Buch.-Ham. ex DC. 繡球藤  
91. *Clematis parviloba* Gard. ex Champ. subsp. *bartlettii* (Yamamoto) Yang & Huang 巴氏鐵線蓮  
\*92. *Ranunculus taisanensis* Hayata 鹿場毛茛
32. Rosaceae 薔薇科  
93. *Cotoneaster konishii* Hayata 臺灣鋪地蜈蚣  
94. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨  
95. *Potentilla leuconota* D. Don 玉山金梅  
96. *Potentilla matsumurae* Th. Wolf. var. *pilosa* Koidz. 森氏委陵菜  
\*97. *Potentilla tugitakensis* Masam. 雪山翻白草  
\*98. *Prunus transarisanensis* Hayata 阿里山櫻  
\*99. *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. 玉山薔薇  
100. *Rosa transmorrisonensis* Hayata 高山薔薇  
\*101. *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim. 毛刺懸鉤子  
102. *Rubus rolfei* Vidal 玉山懸鉤子  
\*103. *Rubus taitoensis* Hayata var. *aculeatiflorus* (Hayata) H. Ohashi & Hsieh 刺花懸鉤子  
104. *Rubus trianthus* Focke 苦懸鉤子  
105. *Sibbaldia procumbens* L. 五蕊莓  
\*106. *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz. 巒大花楸  
\*107. *Spiraea hayatana* Li 假繡線菊
33. Rubiaceae 茜草科  
\*108. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃  
\*109. *Rubia lanceolata* Hayata 金劍草
34. Salicaceae 楊柳科

- \*110. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳  
 \*111. *Salix taiwanalpina* Kimura 臺灣山柳
35. Saxifragaceae 虎耳草科  
 \*112. *Chrysosplenium hebetatum* Ohwi 大武貓兒眼睛草  
 113. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏  
 114. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球  
 115. *Parnassia palustris* L. 梅花草  
 \*116. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子
36. Scrophulariaceae 玄參科  
 117. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊  
 \*118. *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto 南湖碎雪草  
 \*119. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草  
 \*120. *Mazus alpinus* Masam. 高山通泉草  
 121. *Pedicularis ikomai* Sasaki 馬先蒿  
 \*122. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦賈  
 \*123. *Veronica oligosperma* Hayata 貧子水苦賈  
 \*124. *Veronica taiwanica* Yamazaki 臺灣水苦賈
37. Symplocaceae 灰木科  
 125. *Symplocos stellaris* Brand 枇杷葉灰木  
 126. *Symplocos formosana* Brand 臺灣灰木
38. Theaceae 茶科  
 \*127. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 假柃木
39. Trochodendraceae 昆欄樹科  
 128. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 雲葉
40. Umbelliferae 繖形科  
 \*129. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸  
 \*130. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽  
 \*131. *Oreomyrrhis involucrata* Hayata 山薰香  
 \*132. *Pimpinella niitakayamensis* Hayata 玉山茴芹
41. Urtiaceae 蕁麻科  
 \*133. *Elatostema trilobulatum* (Hayata) Yamazaki 裂葉樓梯草  
 134. *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen 短角冷水麻
42. Violaceae 堇菜科  
 \*135. *Viola adenothis* Hayata 喜岩堇菜  
 \*136. *Viola adenothis* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) Wang & Huang 雪山堇菜  
 137. *Viola biflora* L. 雙黃花堇菜  
 \*138. *Viola formosana* Hayata 臺灣堇菜  
 139. *Viola mandshurica* W. Becker 紫花地丁

- \*140. *Viola senzanensis* Hayata 尖山堇菜
- \*141. *Viola shinchikuensis* Yamamoto 新竹堇菜

單子葉植物

43. Araceae 天南星科

- 142. *Arisaema consanguineum* Schott 長行天南星
- \*143. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星

44. Cyperaceae 莎草科

- 144. *Carex atrata* L. 南湖扁果薹
- 145. *Carex breviculmis* R. Br. 短莖宿柱薹
- 146. *Carex brunnea* Thunb. 束草
- 147. *Carex filicina* Nees 紅鞘薹
- 148. *Trichophorum subcapitatum* (Thwaites & Hook.) D. A. Simpson 玉山針蘭

45. Gramineae 禾本科

- 149. *Agrostis clavata* Trin. 翦股穎
- 150. *Agrostis infirma* Buse 玉山翦股穎
- \*151. *Brachypodium kawakamii* Hayata 川上氏短柄草
- 152. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv. 基隆短柄草
- ©153. *Bromus catharticus* Vahl 大扁雀麥
- 154. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucifolia* Honda 髮草
- 155. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. 曲芒髮草
- 156. *Festuca ovina* L. 羊茅
- 157. *Miscanthus sinensis* Andersson 高山芒
- 158. *Phleum alpinum* L. 高山梯牧草
- 159. *Poa acroleuca* Steud. 白頂早熟禾
- 160. *Poa annua* L. 早熟禾
- 161. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹
- 162. *Aniselytron treutleri* (Kuntze) Sojak 溝稈草

46. Juncaceae 燈心草科

- \*163. *Juncus triflorus* Ohwi 玉山燈心草
- 164. *Luzula effusa* Buchen. 中國地楊梅
- 165. *Luzula plumosa* E. Meyer 臺灣糖星草
- \*166. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅

47. Liliaceae 百合科

- \*167. *Aletris formosana* (Hayata) Sasaki 臺灣粉條兒菜
- \*168. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合
- 169. *Ophiopogon intermedius* D. Don 間型沿階草
- \*170. *Ratrum formosanum* O. Loes. 臺灣藜蘆
- \*171. *Helonias umbellata* (Baker) N. Tanaka 臺灣胡麻花

172. *Maianthemum formosanum* (Hayata) LaFrankie 臺灣鹿藥
48. Orchidaceae 蘭科
173. *Coeloglossum viride* (L.) Hartm. 綠花凹舌蘭
174. *Platanthera brevicealcarata* Hayata 短距粉蝶蘭
- \*175. *Platanthera mandarinorum* Reichb. f. subsp. *pachyglossa* (Hayata) T. P. Lin 厚唇粉蝶蘭
- \*176. *Ponerorchis kiraishiensis* (Hayata) Ohwi 紅小蝶蘭
49. Smilacaceae 菝葜科
177. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝葜
178. *Smilax china* L. 菝葜
179. *Smilax elongato-umbellata* Hayata 細葉菝葜
180. *Smilax menispermoidea* A. DC. 巒大菝葜
181. *Smilax vaginata* Decaisne 玉山菝葜



## 第六章 雪山地區高山植群生態研究

曾喜育、蔡尚惠、賴國祥、王偉、呂金誠

國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

### 摘要

關鍵詞：火燒、多樣性、物種豐富度、雪山、植群動態

#### 一、研究緣起

火燒為亞高山地區最主要之干擾因子，其影響森林與草生地之分布。雪山三六九山莊附近之草生地於2008年12月18日發生火燒，影響面積約20 ha。本研究調查火後草生地之植被恢復狀況、優勢物種之季節性變化、林緣苗木之現況及後續之更新情形、植生覆蓋度與小型嚙齒類之關係，以建立亞高山地區火後生態系之基礎資訊，供火燒發生後經營管理及決策之參考。

#### 二、研究方法及過程

本研究於三六九山莊草生地火燒跡地設置 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 之系統樣區(36個)和隨機樣區(36個)，以及9個對照樣區進行調查；系統樣區向臺灣冷杉林延伸，設置臺灣冷杉森林與玉山箭竹-高山芒草原之推移帶樣區。本年度工作主要針對三六九山莊草生地進行火後植物組成與覆蓋之季節變動調查及雪山圈谷之植群現況調查，進行其生活史、生活型、葉候、火後反應等功能群劃分，並以多樣性指數、對應分析(CA)、降趨對應分析(DCA)進行分析以了解物種組成與功能群在季節間的短期動態，並與不同年度火燒時期草生地進行比較，提供高山生態系經營管理參考。

#### 三、重要發現

三六九山莊草生地火後各調查時期出現的維管束植物以禾本科(Poaceae)最多(8種)，其次是菊科(Asteraceae, 7種)與薔薇科(Rosaceae, 6種)、百合科(Liliaceae, 5種)、龍膽科(Gentianaceae, 4種)。依植物生活史分類，多年植物(含木本與草本)有75種，1年生植物僅伊澤山龍膽及早熟禾2種。火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢，其中2009年2月和4月分別為14種及15種，2009年9月增至28種，與2010年4月調查38種，2010年6月共調查47種，2010年5月共調查34種，2011年7月共調查45種。

總覆蓋度由2009年2月的2.1%增至2009年9月35.6%，但於2010年4月及2011年5月調查時總覆蓋度都有明顯的下降趨勢，總覆蓋度下降原因在三六九山莊草生地植物多年生植物冬枯導致。調查發現優勢物種覆蓋度具有季節性變化，尤以冬枯種類更甚，冬季時明顯下降，至隔年生長季再次大量增加。Sørensen相似性指數分析不同時期調查之出現物種相似性發現，三六九山莊草生地在火後2個月出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，樣區內個體多為火後殘存的種類；隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009年4月調查結果與2009年9月和2010年4月的物種相似性差異不大，顯示火後裸露的生育地為萌蘖植株先佔領，其他種類陸續進入。DCA分析結果大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符，DCA的2個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對三六九草生地火燒研究，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

##### (一)立即可行的建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

1. 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。
2. 為了解高山植群之長期動態變化，提供可以作為各類生物群聚生態研究之共同場域之監測樣區非常重要，應予以長期維護，才能對目標類群提供長期資料，以供生態保育與雪山高山生態系經營管理所需。受到原生育地物種組成、不同火燒時期物種拓殖與死亡、微生育地環境等影響，草生地的時序變化呈現複雜變化，需更長時期的監測觀察才能推測探討亞高山生態系動態演替變化。

##### (二)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

建議事項：



1. 雪山三六九山莊草生地火後2年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。

## Abstract

【Keywords】 Fire ecology, species richness, diversity, Syue Montain, vegetation dynamic

Fire is the main interference of subalpine which effect distribution of forests and grasslands. The grassland near 369 lodeg fired on December 18, 2008 in Syue Mountain. The burned area is nearly 20 ha. This study is monitoring restoration of grassland habitat after burning and seasonal change of dominant, the status and follow-up regeneration of seedlings of forest edge, the relationship between vegetation coverage and small rodents at the burned area. This information will establish a subalpine ecosystem of the region after the fire of the basic information for the operation and management of fire. We set 36 systematic sample plots and 36 random sample plots. Two years after burning, 53.4% grassland floor was revegetated and 47 species recorded in 72 plots. Six species of *Asteraceae* and 4 species of *Liliaceae* are the most among these. Aspect of changes in vegetation, *Miscanthus transmorrisonensis* was dominant ground cover species.

According to this research, there are three suggestions as following: 1. The use of fire safety to remind climber; 2. In order to understand the dynamic of species richness and diversity of alpine plant regeneration during post-fire succession period more research is necessary; 3. Establish the subalpine ecosystem of Mt. Shei after the fire of the basic information for the operation and management of fire.

## 一、前言

### (一)研究緣起與背景

全球各類型陸地生態系中以高山生態系(alpine ecosystem; high mountain ecosystem)最能明顯地反映出氣候變遷之影響，其環境主要由低溫、強度太陽輻射、強風等氣象因子造成，與極地生態環境類似(Körner, 2003)。因此學者在使用高山生態系名詞時，除“high mountain ecosystem”，亦使用“alpine ecosystem”一詞(Körner, 2003)。“alpine”字義源自於阿爾卑斯山脈(Alps)，現多使用在高緯度及高海拔地區中，受長期穩定氣候影響下，從山區鬱閉森林(montane closed forest)上限到永久冰雪帶地區(nival belt)推移帶(ecotone)(Körner, 2003; Holtmeier, 2003)。

臺灣3,000 m以上的高山地區，特有種植物比例將近50%，且多為冰河子遺物種(Hsieh, 2003)。雪山地區是臺灣頗具代表性的高山生態系，至今仍保存著極為完整之自然資源，在嚴苛氣候條件下孕育著不同的植物社會，動、植物資源迥異於其它生態系，自1932年鹿野忠雄公開發表臺灣第一篇高山冰河論文後，雪山一直是許多研究學者所關注之區域，極需進行調查及長期監測(楊建夫，2006)。雪山高山生態系的生活型譜反映在植群形相與結構組成的分化，海拔3,000 m以上地區主要由3種植物社會組成，一是以臺灣冷杉為優勢之森林植物社會，伴生玉山圓柏、玉山杜鵑、巒大花楸等喬木；其二是分布在臺灣冷杉林之上的玉山圓柏與玉山杜鵑為優勢的灌叢植物社會；其三是主要分布在嶺線上，鑲嵌在臺灣冷杉林間，由玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)與高山芒(*Miscanthus transmorrisonensis*)組成的灌叢草本植物社會(呂金誠，1999；歐辰雄等，2006、2007；邱清安，2006)。其中玉山箭竹、高山芒之灌叢草生地和臺灣冷杉林，因火燒干擾常形成明顯推移帶(ecotone)，兩個植物社會形成競爭的動態推移。

高山生態系植群常見之干擾為：火燒、雪崩、放牧行為、人類活動等，對生態系的影響依其強度有不同結果。在臺灣高山地區，多為火燒因子影響高山生態系演替的進行。嚴重的火燒會破壞當地環境，使其演替階段回至較初期的型態，然而輕微的火燒可加速地上部養分回歸土壤、對苗木下種更新、病蟲害控制、野生動物食物來源等皆有不同助益。雪山地區三六九山莊附近草生地，於2008年12月18日晚上發生火燒，至19日下午4時熄

滅，延燒面積約20 ha，其中草生地占近19 ha，臺灣冷杉森林約1 ha，為10年來同地區第2次火燒。本研究調查火後草生地之植被恢復狀況及優勢物種之季節性變化、林緣苗木之現況及後續之更新情形及植生覆蓋度與小型齧齒類之關係，以建立雪山地區火後生態系之基礎資訊，供火燒後經營管理及決策之參考。

## (二)前人研究

熱帶及亞熱帶高山地區的樹木界線(treeline)以上稱為高山生命帶(alpine life zone)或高山寒原(alpine tundra)(Holdridge, 1947; Wielgolaski, 1997)，與極地寒原不同，高山寒原多半沒有永凍土層(permafrost)，此生態系約佔全世界陸地總面積的3%，其上緣為植物生長的界線(Körner, 2003)。高山生命帶植被類型大多以矮盤灌叢、石南原型態(heath-like)和草本植物為主。高山地區的日夜溫度變化十分劇烈，在日間，高山地區裸露的土壤在陽光曝曬下，溫度可高達80°C，入夜後的輻射冷卻效應會使植物葉部組織的溫度比周圍空氣低3-5°C左右(Körner, 2003)。然而Körner and Paulsen(2004)研究指出生長季平均地溫 $6.7\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 地區，約為樹木直立生長的極限。Körner(2003)研究指出全世界的高山植物種類介於10,000-20,000種之間，分屬於100個科左右，重要科別為：菊科(Asteraceae)、禾本科(Poaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、唇形科(Lamiaceae)、薔薇科(Rosaceae)、繖形科(Apiaceae)、敗醬科(Valerianaceae)等。

Harsch *et al.*(2009)分析全球166處樹木界線，發現自1900年來有52%樹木界線往上移動，而僅1%樹木界線退化，樹木界線隨著冬天溫度上升而向高海拔或高緯度前進。Kazakis *et al.*(2007)在希臘克里特島Lefka Ori山區(1,664-2,339 m)評估在亞高山(subalpine)及高山(alpine)地區生物多樣性受到氣候變遷的潛在影響，共記錄70種維管束植物，其中有20種是克里特島的特有種(the Cretan endemics)，歸納出23個科別，主要以十字花科(Cruciferae)、禾本科(Graminae)、菊科(Compositae)、石竹科(Caryophyllaceae)、唇形科(Labiatae)最多。利用Shannon-Wiener index- $S_s$ 及 $\beta$ -多樣性指數，分析不同山峰之間的維管束植物種數及特有種比率(endemism)，研究發現隨著海拔梯度上升，植物種類豐富度及物種轉換率

則越低。Pickering *et al.*(2008)在澳洲雪山地區，設置5個山峰監測樣點(1,729-2,114 m)，沿海拔梯度上升，植群類型從「低高山灌叢」轉換至「上高山草原」；總共調查75種維管束植物，分析5個山峰物種組成及植物區系，發現到物種豐富度亦隨著海拔的上升而降低，以植物區系來看屬於高山特有種(alpine endemic)植物比例亦隨海拔上升明顯增加；並估計澳洲在2030年的溫度將會上升0.3-1.3°C，然而澳洲沒有長年積雪地區，推測9種僅生存於最高山峰的高山植物將會滅絕，因為已經沒有更高海拔的地區可讓這些高山植物向上遷移。

1835年瑞士Oswald Heer生態學者，調查阿爾卑斯山系Piz Land山峰的維管束植物種豐富度(vascular plant species richness)及植群類型，經過100多年後再度調查，發現維管束植物分布的海拔高度更高(Pauli *et al.*, 2001)。另Pauli *et al.*(1999)在1994年奧地利提洛爾(Tyrol)高山地區至積雪帶推移帶之間(海拔2,900-3,450 m)，設立362個長期監測樣區；於2004年時再次調查及研究，經過10年的變化，平均每樣區的維管束植物豐富度增加11.8%。其中有23種植物出現在樣區的數目增多，另外，碎雪草(*Euphrasia minima*)、高山柳穿魚(*Linaria alpine*)、早熟禾(*Poa laxa*)等3種植物則明顯的減少。綜上所述，透過長期監測方法可瞭解維管束植物的擴張或減少情形，進而推測高山生物多樣性的組成及變化，受到氣候暖化影響甚劇(Grabherr *et al.*, 1994; Pauli *et al.*, 2001; Körner, 2003)。

臺灣高山地區有幾點特性：1. 具有更新世(Pleistocene)冰河遺跡；2. 樹木界線位於山頂；3. 碎石坡地形由寒凍風化作用產生(Böse, 2006)。Böse(2006)比較臺灣在晚更新世期及現存的地形海拔分區，認為玉山、南湖大山、雪山等山區，自晚更新世至今樹木界線高度一直往上提升，若以平衡線高度(equilibrium line altitudes，亦即雪線)推估，由氣候上造成潛在樹木界線應位於4,000 m高度；但目前現存樹木界線海拔高度位於3,200-3,500 m之間，推測受到寒凍風化作用和地形之塊體運動影響致使。然而邱清安等(2010)以生態氣候觀點探討臺灣是否有寒原存在，因極地寒原與高山寒原最重要之環境特徵為支持植物生長的熱量不足，但二者在植相及環境均有差異。「矮盤灌叢」屬於森林-寒原推移帶之一部分，依較高階生態系、植群形相分類觀點，以生物氣候指標之修正溫量指數15°C以

下，海拔約於3,600 m 以上高山地區，經由地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)計算面積約為913 ha(佔全臺灣面積0.03%)，初步認為臺灣高山森林界線以上的矮盤灌叢應可簡化認定為寒原。然而若採用更細微的植群劃分，則臺灣高山植群並非典型之寒原，宜逕稱為「矮盤灌叢」。

曾彥學等(2010)調查雪山主峰沿線維管束植物共記錄98科285屬598種，其中原生94科267屬571種，外來種14科24屬27種，栽培種2科3屬3種，217種特有種，物種相當豐富。種子植物區系科分析結果，可反映出雪山植物區系為熱帶到溫帶之過渡區，且物種與東亞植物區系有相當大之關聯性；維管束植物屬的相似性，和大霸尖山及日本之組成較為相近，而且雪山高山地區特有物種數相當豐富，佔總物種數36.3%，比臺灣特有物種比例26.1%高出許多。

王偉等(2010)分析雪山主峰沿線共計44個樣區，依據植物社會外觀形相(physiognomy)劃分成森林植物社會、灌叢植物社會及草本植物社會，利用矩陣群團及優勢種概念，將所得結果依海拔高低及各植物社會對應之氣候帶與植群帶(Su, 1984；邱清安等，2008)進行討論(如圖6-1)。

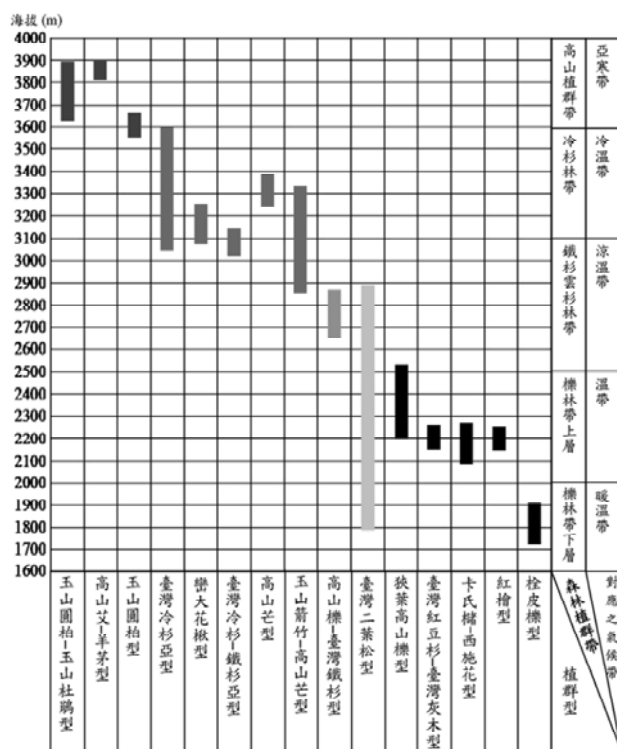


圖 6-1. 雪山主峰線植物社會海拔垂直分布與植被帶、氣候帶關係圖 (王偉等，2010)。

柳楮(1963)針對小雪山高山草原生態推論火燒為臺灣高山草原形成之主要因素。劉業經等(1984)指出玉山箭竹草生地之形成，係因火燒所造成且玉山箭竹與臺灣冷杉之間有明顯的推移帶存在。臺灣中高海拔之玉山箭竹草原和臺灣二葉松林被認為是適應火燒干擾因子而所形成的亞極群落現象(柳楮，1963；王忠魁，1974；郭城孟，1990)。Cierjacks *et al.*(2008)亦認為火燒是樹限下方高山熱帶林鑲嵌分布之主因，火燒導致成熟木及苗木大量死亡，造成其於分布範圍內之不連續分布。賴國祥和陳明義(1992)指出亞高山地區火燒後植物之恢復以原有之種類占較大優勢，火燒後19個月覆蓋度可達85%。林永發和邱清安(2002)的調查發現，雪山東峰灌叢草生地火燒後第4個月植生覆蓋達53.6%，第6個月覆蓋86.1%，第21個月達到98.2%。賴國祥和王志強(2009)針對三六九山莊草生地火燒後研究發現，火燒後調查出現於樣區的種數，火燒後2月、4月皆為15種，火燒後9月增至31種；總覆蓋度由火燒後2月之3.4%增至火燒後9月的34.9%。2月以玉山箭竹、玉山石松(*Lycopodium veitchii*)及高山白珠樹(*Gaultheria itoana*)為主。4月則以玉山箭竹、高山芒、一枝黃花(*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)及臺灣藜蘆(*Veratrum formosanum*)為優勢物種。9月以高山芒為最優勢物種，其次為玉山箭竹、臺灣藜蘆、假繡線菊(*Spiraea hayatana*)及一枝黃花，皆為具地下部萌蘗能力之物種。

Zimmermann *et al.*(2008)指出苗木重建之4項主要影響因子為火燒、競爭者、溼度及種子活性；Bader *et al.*(2007)則認為森林向林限擴展之能力可能受限於低溫、過量的幅射、競爭、土壤性質、散布能力及火燒，並指出遮陰為大多數苗木生長存活之重要因素。Germino *et al.*(2002)亦指出苗木之存活率除了時間(當時的氣候環境)及空間(方位、微立地狀況等)模式之影響外，若曝露於強光下，將加重低溫及缺水之壓力，限制其在高山地區樹限之苗木重建。Kemball *et al.*(2006)探討不同火燒程度苗床之種子發芽及存活率後指出，火燒嚴重之礦質土苗床發芽率最差，但經過一個生長季後其存活率較高，可是其高的存活率並無超越低發芽率，另不同樹種其適合之苗床亦稍有差異。Eshel *et al.*(2000)火燒後種子之發芽可能受灰燼產生之高pH值所抑制。Kalamees *et al.*(2005)則指出*Pinus patens*於火燒過及早期演替階段之立地其發芽及苗木建立有增加現象。

賴國祥(2005)指出臺灣二葉松林發生火燒後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中高強度火燒，若種原足夠，於亞高山地區7~8年即可完成更新，但若發生較高強度之火燒，更新完成時間將超過10年；天然更新苗木雖於火後即有發生，但大發生似乎於火後2~3年才出現；林外草生地因其乾旱的棲地型態(地表枯枝落葉之含水率不高)及燃料排列方式，一經點燃，燃燒迅速，地表植生常燃燒殆盡，然由於高山芒及玉山箭竹火後萌蘖迅速，大約6個月即可恢復覆蓋。至於臺灣冷杉-臺灣鐵杉林則因其富含水分之枯枝落葉及腐植質，在未完全燃燒之狀況下，火燒強度將逐漸減弱，而於林緣地帶熄滅，僅林緣小苗遭火焚燬(賴國祥，2003)。De las Heras *et al.*(2002)指出影響火燒後之次級演替的主要因子有原生植物社會之組成、火燒之嚴重程度、發生火燒季節和火燒後仍可存活的土壤種子庫。

劉崇瑞及蘇鴻傑(1978)研究大甲溪上游臺灣二葉松天然群落組成時，認為連續性之週期性火燒乃是形成臺灣二葉松林之主要原因，在林火發生後，因地表草類及灌木多被清除，礦質土暴露，成為植物下種之優良環境。呂金誠(1990)研究臺灣主要森林生態系火燒後之演替，認為臺灣二葉松林為臺灣最易誘發火燒之林型；陳明義等(1986)指出若無火燒的再次發生，臺灣二葉松將因更新困難而無法繼續存在。呂福原等(1984)亦認為火燒後由於先驅植物迅速入侵，如五節芒、玉山箭竹、巒大蕨等，此類族群一遇乾燥季節，極易引起週期性火燒。

賴國祥及陳明義(1992)指出合歡山地區火燒後植物之恢復以原有之種類占較大優勢，第1年火後7個月(10月)覆蓋度為28%，優勢物種為高山芒、巒大蕨及玉山箭竹，至火燒後19個月覆蓋度可達85%。至於火燒後之嚙齒類以森鼠為主。另陳隆陞(1995)調查玉山塔塔加地區1993年元月火燒後之植被演替，指出玉山箭竹及高山芒因具地下莖，火後萌發迅速，其原覆蓋區經6個月後覆蓋度可達65%。賴國祥(2005)指出臺灣二葉松林發生火燒後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中高強度之火燒，若種源足夠，於亞高山地區7-8年即可完成，但若發生較高強度之火燒，更新完成時間將超過10年。其亦指出天然更新苗木雖於火後即有發生，但大發生似乎於火後2~3年才出現。另林外草生地因其乾旱的棲地型態(地表枯枝落葉之含水率不高)及燃料排列方式，一經點燃，燃燒迅速，地表植生常燃燒殆盡，然由



於高山芒及玉山箭竹火後萌蘖迅速，大約6個月即可恢復覆蓋。至於臺灣冷杉-臺灣鐵杉林則因其富含水分之枯枝落葉及腐植質，在未完全燃燒之狀況下，火燒強度將逐漸減弱，而於林緣地帶熄滅，僅林緣小苗遭火焚燬(賴國祥，2003)。不同植物群落的空間分布型態展現森林水平結構的多型性，而植物族群在空間分布上主要包含三種類型，分別為隨機形式(random pattern)、聚集形式(aggregated pattern)及均勻分布 (regular pattern)(Heltsh and Ritchey, 1984)(圖6-2)。

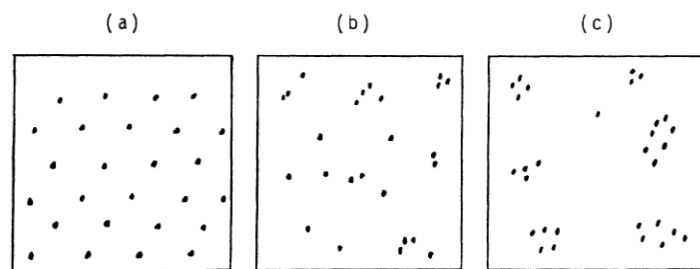


圖6-2. 三種空間分布類型。(a)均勻形式；(b)隨機形式；(c)聚集形式 (Heltsh and Ritchey, 1984)。

### 1. 隨機形式

係指族群個體的分布間並無關係，且每個個體的出現都有同等機會，無關於其他個體是否已經存在。其位置是由與確定其他個體的位置無關的那些因素所決定。現有的研究說明了隨機分布很少出現現實森林之中。這是因為生育地環境條件的均勻一致，很少能在較大的空間範圍內出現。只有在環境因子在水平空間的分配位於許多種的生態幅之內，但對它們的作用程度都近似相等時，又環境極端惡劣時，或者某一主導因素成隨機分布時，才會引起族群的隨機分布。然而，較大的空間範圍，生育地環境的異質性較顯著，而在小面積上生育地環境因子的均勻性較易滿足。

### 2. 聚集形式

亦稱集群分布 (contagious distribution)、聚集分布 (aggregated distribution) 或超常態分布 (hyperdistribution, verydispersion)。其顯著特徵是族群個體成群、成塊地密集分布，各群的大小、群間的距離、群內個體的密度都不相等，但各群內多是隨機分布。自然情況下，植物族群個體常呈現出集群分布。集群分布型態的成因主要為：種子傳播距離的有限性，由於重力作用下，降落在母樹周圍的種子萌發後產生簇生的幼株群；再者營

養繁殖的植物通過根莖從母株蔓延開去，形成植群的簇生現象，此種類分布形態實為「形態之分布」(morphological pattern)。

### 3. 均勻形式

亦稱低常態分布(hypodispersion、underdistribution)或負集群分布(negative contagious distribution)，該類型指族群個體在水平空間內的分布是均勻等距的。所有取樣單元中接近平均株數的單元最多，密度極大和極小的情形很少。大多數研究結果顯示，在自然族群中均勻分布極為少見。但由於種內個體對某一有限環境資源的競爭、毒他作用(allelopathy)，或自毒現象(autotoxin)等原因，也會引起某一族群的均勻分布。

為探討樣區中各種植物之點形態分析(Point pattern analysis, PPA)，許多研究採用多距離空間群集分析(Multi-Distance Spatial Cluster Analysis)中的Ripley's K函數進行分析。以植物個體坐標(位置)為基礎，考慮樣區內以某一點為圓心，以一定長度 $r$ 為半徑圓內的植物個體數目之函數，分析任何尺度下空間分布情形，是目前分析族群空間分布最常用的方法，然其計算方式及函數經過許多學者的修正，以適用各種類型之試驗設計(Camarero *et al.*, 2000)。Camarero *et al.*(2000)利用Ripley's K(t)函數計算二維尺度下樹木之間彼此的距離，藉以探討亞高山森林-高山草原推移帶之樹種空間分布型態。趙安玖等(2008)以中國川西南亞熱帶常綠落葉闊葉林為研究對象，應用Ripley's K函數模擬森林內不同族群和樹種的垂直空間分布特徵；結果顯示，在各垂直結構分層下，不同樹種在每個空間格局都存在多個尺度轉折點，表示與林分內部結構與外部環境有密切的關係。

## 二、材料與方法

### (一)三六九山莊草生地火燒樣區複查與調查

樣區設置：針對火燒後玉山箭竹與高山芒草生地之物種種類與各物種覆蓋度進行季節性變化之調查，分別於4月與9月進行調查。本研究依三六九山莊草生地現場進行系統取樣及隨機取樣方式進行調查。

1. 系統樣區：於三六九山莊後方臺灣冷杉林緣至步道間之草生地，設定一條水平之高界，間隔25 m設立一樣桿，並以樣桿為該樣帶最上部的頂點，下拉70~100 m不等之長度，每間隔10 m設立一 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 樣區，每一樣區再劃分成9個 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 之小區。其中4個角落之 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 小區為調查區域。調查各小區之植物種類及各物種之覆蓋面積並拍照建檔。
2. 隨機樣區：由黑森林入口處至水源地入口下方之草生地，沿步道兩側隨機設立 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 之樣區，調查項目及方法同系統樣區。

### (二)雪山圈谷矮盤灌叢植群調查

維護雪山圈谷長期監測樣區(SPA-1)，樣區大小長50 m，寬40 m，在其間設置 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 之小區。

1. 調查小區內之木本植物地徑，記錄種類、相對位置、樹高、冠幅等。
2. 調查各小區內草本、蕨類，以及 $\text{DBH} < 1 \text{ cm}$ 者，記錄種類及覆蓋。

### (三)雪山圈谷碎石坡植群分類研究

針對雪山圈谷碎石坡地形進行植物社會分類研究。以樣區 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ，調查地被植物與石塊佔樣區百分比、樣區所在坡面位置、坡度、樣區內之原有植物種類與大小、土壤性質分析等環境因子進行觀測與調查。採用多樣區法(multiple plot method)之集落樣區設置法(contagious quadrat method)，於雪山圈谷岩碎地設置 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 矩形樣區，以 $1 \text{ m}^2$ 為百分比，記錄樣區內維管束植物、岩石、碎石等不同地表類型的覆蓋比例。

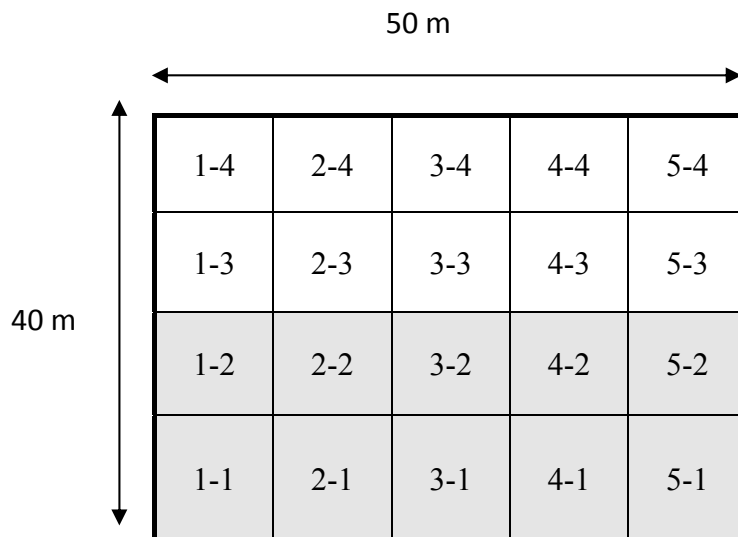


圖6-3. 樣區形狀及小區分布圖(每小區10 m×10 m)。  
(資料來源：本研究資料)

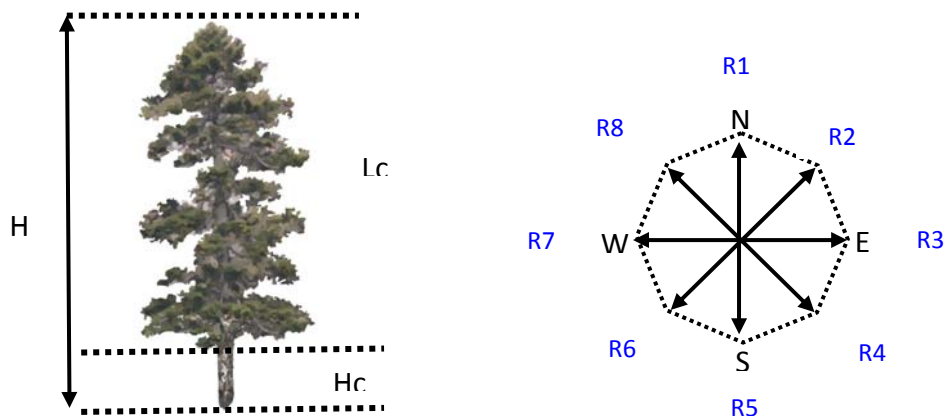


圖6-4. 樹高、枝下高及樹冠幅量測示意圖(樹高(H)，枝下高(Hc)，樹冠幅(調查8個方位))。(資料來源：本研究資料)

針對上述樣區植物社會進行調查，上層植物調查項目包括：植物種類、胸高直徑、植株高度、枝下高、植株相對位置，並對區內之樹木加以編號及標定。胸徑大於10 cm者記錄樹冠幅(以8個方位記錄)(圖6-4)，藉以瞭解樣區內木本植物樹冠幅情形，木本植物生長型態值之代號及定義。另外為瞭解小尺度下植群分布結構的變化，將圈谷岩碎地樣區再細分10 cm×10 cm的網格(grid)，記錄網格內維管束植物的物種名錄、覆蓋度及頻度。若地勢太陡峭、有突出大石塊或大面積沒有植物裸地時，則排除此類狀況。

### 三、資料分析

#### (一)植群分析

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區植物種類、代碼及各物種之覆蓋面積，計算各物種於調查樣區中之頻度及優勢度，再轉換成相對值。樣區各植物之介量以重要值指數(importance value index, IVI)表示，代表某植物在樣區中所占有之重要性。

頻度(frequency)=某種植物出現之總樣區數/所調查之總樣區數

優勢度(dominance)=某種植物覆蓋面積總合/所調查之樣區總面積

相對頻度(relative frequency)=某種植物之頻度/所有植物頻度之總和×100%

相對優勢度(relative dominance)=某種植物之優勢度/所有植物優勢度之總和×100%

重要值指數(IVI)=相對頻度+相對優勢度

同一時期所有樣區所有物種重要值指數和為200。

本研究計算每次調查之物種數、夏農歧異度指數(Shannon's index of diversity, H)以及均勻度指數(Evenness index, J)，了解每次調查的物種歧異及變化情況。並利用Sørensen相似性指數計算每次調查植物種類的相似度，以及利用降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)分析，用以了解三六九山莊草生地火後植群變化的趨勢。以上以CANOCO(4.5)或PCORD(McCune and Mefford, 1999)軟體進行植群分析，同時進行環境因子與植物社會組成、數量分析，以瞭解植物社會與環境因子間之關係(ter Braak, 1985, 1986, 1987)。夏農歧異度指數、均勻度指數和Sørensen相似性指數計算方式如下：

$$H = -\sum (n_i/N) \times \log(n_i/N) = -\sum p_i \times \log p_i$$

$$J = H / \log S$$

$$\text{Sørensen similarity index} = 2c / (a+b)$$

a為A植物社會有的物種、b為B植物社會有的物種、c為A、B植物社會共有的物種

## (二)水平空間分布

將SPA-1樣區內各樹種之DBH值，喬木層以每10 cm為一級、矮盤灌叢以每5 cm為一級，根據現場調查樹種間之相對位置，繪製樹種組成空間分布圖。點空間分布分析為探討樣區中單一物種及種間分別之點格局分布(Point pattern analysis)，採用多距離空間群集分析(Multi-Distance Spatial Cluster Analysis)中的Ripley's  $K$ 函數修改後之Ripley's  $L$ 函數(余新曉等，2010；趙安玖等，2008)。分析軟體則採用R-language之ade4模組進行分析，公式如下：

### 1. 單一物種族群分布分析

$$\hat{K}(r) = \frac{A}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n w_{ij}^{-1} I_r(u_{ij})$$

$A$ 為樣區面積； $u_{ij}$ 為兩個點 $i$ 和 $j$ 之間的距離； $I_r(u_{ij})$ 為指示函數，當 $u_{ij} \leq r$ 時， $I_r(u_{ij}) = 1$ ，當 $u_{ij} > r$ 時， $I_r(u_{ij}) = 0$ ； $W_{ij}$ 為權重值，用於邊緣校正。

$$\hat{L}(r) = \sqrt{\hat{k}(r)/\pi} - r$$

如果 $\hat{L}(r) = 0$ ，表示空間上各點為隨機分布(空間完全隨機)； $\hat{L}(r) > 0$ 表示以任意點為圓心，半徑為 $r$ 圓內的個體數比在空間完全隨機情況下多，表示聚集分布； $\hat{L}(r) < 0$ 表示以任意點為圓心，半徑為 $r$ 圓內的個體數比在空間完全隨機情況下少，為均勻分布。

### 2. 種間關係分析

$$\hat{K}_{12}(r) = \frac{A}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} w_{ij}^{-1} I_r(u_{ij})$$

$n_1$ 和 $n_2$ 分別為物種1和物種2之個體數； $A$ 、 $I_r(u_{ij})$ 和 $W_{ij}$ 之定義與上述相同，唯不同的是 $i$ 和 $j$ 分別代表物種1及物種2的個體。

$$\hat{l}_{12}(r) = \sqrt{\hat{k}_{12}(r)/\pi} - r$$

$\hat{l}_{12}(r) = 0$ 表示物種1及物種2在 $r$ 尺度下無關聯性； $\hat{l}_{12}(r) > 0$ 表示二者為

正相關； $\hat{r}_{12}(r) < 0$ 表示二者負相關。

### 3. Monte-Carlo檢驗

設定族群是隨機分布，用隨機模式模擬一組點位之座標值，對每一r值，進行計算；同樣用隨機模式再模擬新一組點座標值，分別計算不同尺度r的L(r)值，進行200次檢驗後，設定95%信賴區間之區域。

#### 四、結果與討論

本研究在三六九山莊草生地火後(post-fire)現場分別設置36個系統樣區與35個隨機樣區之火燒樣區，共71個樣區。系統樣區及隨機樣區分別於2009年2月中旬至3月初完成初次調查(火後約3個月)，並在2009年4月(火後約4個月)、9月(火後約9個月)、2010年4月(火後約16個月)、2010年7月(火後約19個月)、2011年5月(火後約29個月)及2011年7月(火後約31個月)進行調查，共進行7次火後植生調查。此止，在三六九山莊附近未火燒區域(12個樣區)、雪山主峰線5k(12個樣區，2001年火燒)及6k(10個樣區，1963年火燒)之草生地進行對照組樣區之調查，以進行火後更新之時序比較。本研究為探討木本植物火後特性，共設置20條樣帶進行調查木本植物萌蘖特性調查。火後草生地植物名錄之植物學名依Flora of Taiwan VI(Editorial committee of the Flora of Taiwan, second Edition, 2003)。

雪山主峰沿線3,000 m以上草生地和三十六九山莊火後調查之植物種類清單共調查77種維管束植物，其中蕨類植物有8種，蕨類商數為2.60，此結果與鄭婷文等(2011)調查本區3,100-3,600 m冷杉林帶之蕨類商數(4.60)來得低，此因本研究只針對冷杉林帶之草生地所致；再者，冷杉林帶之草生地多於嶺線較乾燥之生育地，其出現之蕨類植物亦較少的原因有關。本區之植物生活型譜(圖6-5h)則與鄭婷文等(2011)研究相同。

##### (一) 火後植物種類清單

2008年12月之雪山三十六九山莊火後草生地演替至今約3年，期間進行7次火後演替調查，共調查到77種維管束植物(含系統樣區、隨機樣區與木本植物萌蘖性調查樣帶)，包括蕨類植物6科6屬8種，分別為玉山石松、地刷子 (*Lycopodium complanatum*)、高山瓶爾小草 (*Ophioglossum austro-asiaticum*)、臺灣絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* var. *pilosa*)、玉山瓦葦(*Lepisorus morrisonensis*)、腺鱗毛蕨(*Dryopteris alpestris*)、瓦氏鱗毛蕨(*Dryopteris wallichiana*)、高山珠蕨(*Cryptogramma brunoniana*)等8種蕨類植物；裸子植物有2科3屬4種，包括臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus morrisonicola*)、臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)及刺柏(*Juniperus formosana*)；被子植物共21科44屬53種，雙子植物有17科29屬36種，單子葉植物有5科16屬17種(表6-1)。



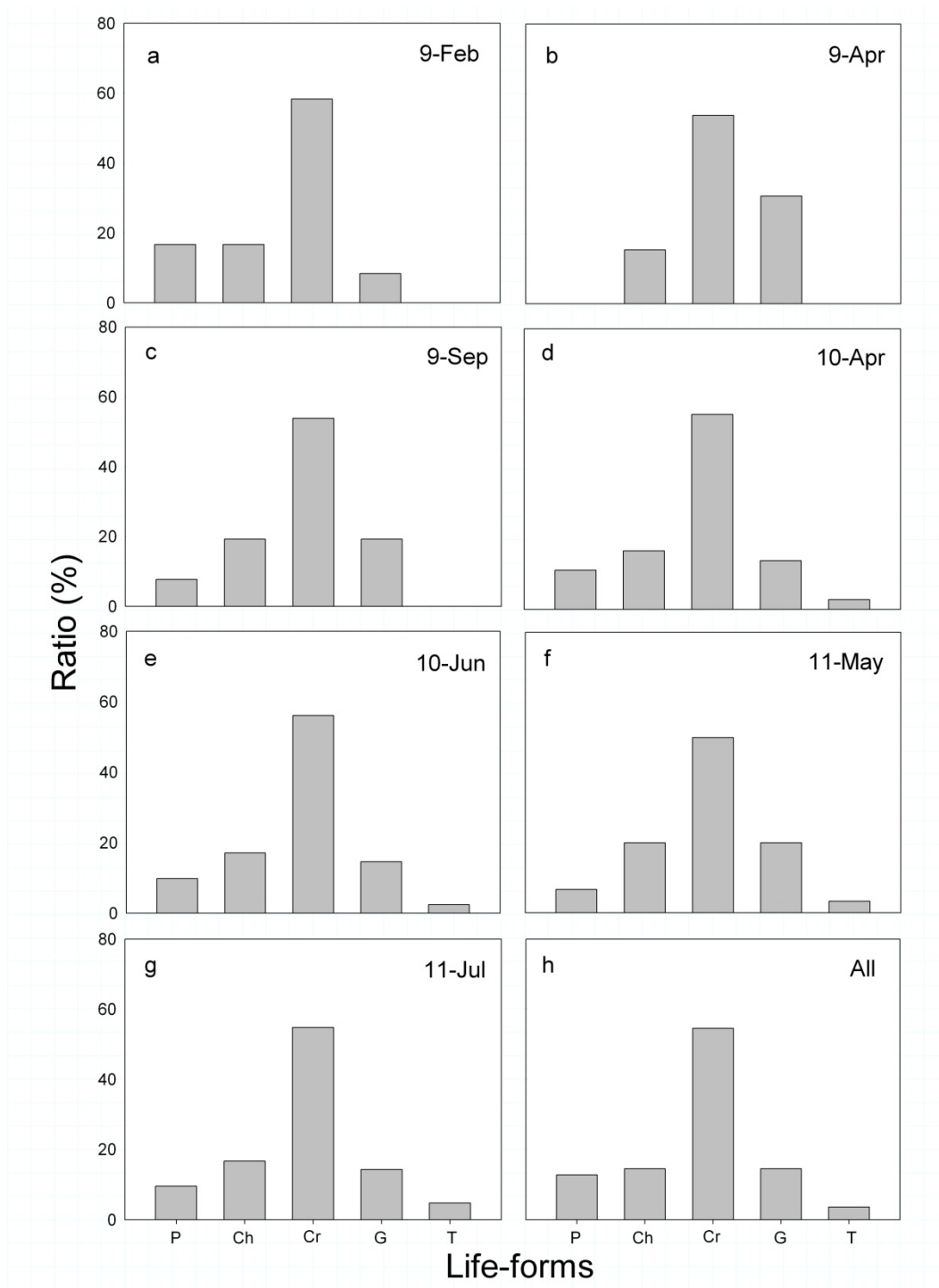


圖6-5. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之生活型譜變化圖。

(資料來源：本研究資料)

火燒對原生植群之植物組成與結構造成破壞，可能有利外來物種在火後入侵(Guo, 2001; Schoennagel *et al.*, 2004; Nuñez and Raffaele, 2007)。本研究團隊亦發現(曾彥學等，2010)，貓耳葉菊與大扁雀麥雖已進入三六九山莊附近之草生地，但此2種外來植物目前僅出現於步道兩旁，尚未發現火

燒樣區內，未來應注意外來植物在火燒跡地之族群數量變動。

三六九山莊草生地火後各調查時期出現的維管束植物以禾本科(Poaceae)最多(8種)，其次是菊科(Asteraceae, 7種)與薔薇科(Rosaceae, 6種)、百合科(Liliaceae, 5種)、龍膽科(Gentianaceae, 4種)。禾本科與菊科屬熱帶植物區系，而薔薇科與百合科、龍膽科屬於溫帶植物區系，反映雪山地區之植物資源來源多樣，顯示本區地理位置之特殊與生育地環境之複雜(曾彥學等，2010；鄭婷文，2010)。依植物生活史(life-history)分類，多年植物(含木本與草本)有75種，僅2種1年生植物(伊澤山龍膽 *Gentiana itzershanensis* 和早熟禾 *Poa acroleuca*)；多年生植物中，木本植物佔21種(含木質藤本之高山藤繡球)，多年生草本共43種(包含蕨類)。本研究團隊發現，雪山主峰沿線之植物生活型組成以1年生植物比例最少(曾彥學等，2010)。Korner(1998)指出亞高山生態系的主要植物組成為多年生植物，1年生植物種類相對較少。高山生態系因溫暖適宜生長的季節時期過短，1年生植物常無法在短暫的時間完成其生活史；因此，1年生植物在高山或亞高山生態系之維管束植物的比例最低。

將雪山三六九山莊草生地火後不同時期出現種子植物依Raunkia生活型(life-form)進行劃分，可以了解火後植物種類恢復之生活型變化趨勢。由火燒跡地所有出現過之61種種子植物之生活型7種挺空植物植物(12.73%)、8種地表植物(14.55%)、30種半地中植物(54.55%)、8種地中植物(14.55%)，以及2種1年生植物(3.64%)，與王偉等(2010)、鄭婷文等(2011)研究雪山主峰沿線之玉山箭竹-高山芒植物社會的生活型譜(life-form spectrum)相似，亦顯示亞高山草生地火後3年植物種類出現即可達到未火燒前之狀態。再者，由不同時期火後恢復之生活型譜得知，在火後16個月之恢復過程即可接近草生地生活型譜之狀態。

雪山三六九山莊草生地火後出現維管束植物之蕨類商數為2.46(表6-4)；火後不同時期之蕨類商數呈現波動(表6-4，圖6-6)，以2009年4月最高(3.57)，隨後開始下降，至2010年4月達最低(1.32)後開始上升至3.16(2010年6月)，並於2011年7月下降至1.83。火後初期，維管束植物開始恢復，大多數種子植物地上部被燒死，少數未被火燒死之蕨類植物在此時期即可在維管束植物種數中具有較高比例；隨著植物萌蘖或散殖體入侵種類的大量增加，加上蕨類植物在火後恢復之競爭過程較種子植物弱，因此在火後恢復過程蕨類商數逐漸下降並商數波動現象。其可能因亞高山草生地植物組成相對於低海來得少，火後提供新的生育地亦提供機會給各類散殖體建立，一但有蕨類植物進入，即可以使蕨類商數增加；另一方面可能反映出火燒跡地物種建立初期競爭激烈，蕨類植物建立族群不易，進而造成火後草生地蕨類商數的動態變化。

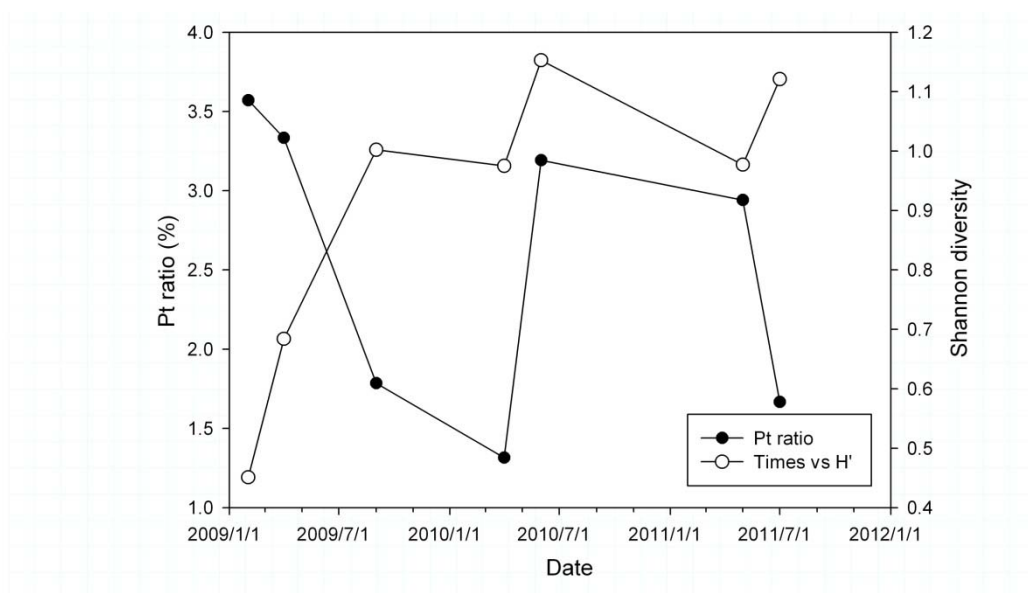


圖6-6. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之蕨類商數與Shannon多樣性指數之變化圖。(資料來源：本研究資料)

表6-1. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之生物與生態特性

分類群	代號	科	生活史	生活型	葉候	果實	散播
地刷子	<i>Lycopodium complanatum</i>	Lyc 石松科	Lycopodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
玉山石松	<i>Lycopodium veitchii</i>	Lyv 石松科	Lycopodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
高山瓶爾小草	<i>Ophioglossum austro-asiaticum</i>	Opa 瓶爾小草科	Ophioglossaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
玉山瓦葦	<i>Lepisorus morrisonensis</i>	Lem 水龍骨科	Polypodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
臺灣絨假紫萁	<i>Osmunda claytoniana</i> var. <i>pilosa</i>	Osc 紫萁科	Osmundaceae	多年生	Pt	冬枯 孢子	風
腺鱗毛蕨	<i>Dryopteris alpestris</i>	Dra 鱗毛蕨	Dryopteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
瓦氏鱗毛蕨	<i>Dryopteris wallichiana</i>	Drc 鱗毛蕨	Dryopteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
高山珠蕨	<i>Cryptogramma brunoniana</i>	Crb 鳳尾蕨科	Pteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
臺灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>	Pit 松科	Pinaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	風
臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	Abk 松科	Pinaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	風
刺柏	<i>Juniperus formosana</i>	Juf 柏科	Cupressaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	動物
圓柏	<i>Juniperus morrisonicola</i>	Jum 柏科	Cupressaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	動物
褐毛柳	<i>Salix fulvopubescens</i>	Saf 楊柳科	Salicaceae	多年生木本	P	落葉 蒴果	風
玉山石竹	<i>Dianthus superbus</i>	Dis 石竹科	Caryophyllaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力、風
玉山卷耳	<i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>	Cet 石竹科	Caryophyllaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力、風
鹿場毛茛	<i>Ranunculus taisanensis</i>	Rat 毛茛科	Ranunculaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蓇葖果	重力
臺灣小蘗	<i>Berberis kawakamii</i>	Bek 小蘗科	Berberidaceae	多年生木本	P	常綠 核果	動物
玉山金絲桃	<i>Hypericum nagasawai</i>	Hyn 金絲桃科	Guttiferae	多年生木本	Ch	落葉 蒴果	風
高山藤繡球	<i>Hydrangea aspera</i>	Hya 虎耳草科	Saxifragaceae	多年生木質藤本	P	冬枯 蒴果	風
臺灣茶藨子	<i>Ribes formosanum</i>	Rif 虎耳草科	Saxifragaceae	多年生木本	P	落葉 核果	動物
玉山佛甲草	<i>Sedum morrisonense</i>	Sem 景天科	Crassulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蓇葖果	風
高山薔薇	<i>Rosa transmorrisonensis</i>	Rot 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	動物
玉山薔薇	<i>Rosa sericea</i> var. <i>morrisonensis</i>	Ros 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	動物
玉山懸鉤子	<i>Rubus calycinoides</i>	Ruc 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 核果	動物
毛刺懸鉤子	<i>Rubus hirsutopungens</i> var. <i>aculeatiflorus</i>	Ruh 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 核果	動物
巒大花楸	<i>Sorbus randaiensis</i>	Sor 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	P	落葉 核果	動物
假繡線菊	<i>Spiraea hayataana</i>	Sph 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	風、動物
大霸尖山酢醬草	<i>Oxalis acetocella</i> ssp. <i>taimoni</i>	Oxa 酢醬草科	Oxalidaceae	多年生草本	G	常綠 蒴果	自力
早田氏香葉草	<i>Geranium hayatanum</i>	Geh 牻牛兒苗科	Geraniaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	自力、風
瓜子金	<i>Polygala japonica</i>	Poj 遠志科	Polygalaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	風
雪山堇菜	<i>Viola adonothrix</i>	Via 堇菜科	Violaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
尖山堇菜	<i>Viola senzanensis</i>	Vis 堇菜科	Violaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
森氏當歸	<i>Angelica morii</i>	Anm 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	風
玉山當歸	<i>Angelica morrisonicola</i>	Ano 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	風
玉山茴芹	<i>Pimpinella niitakayamensis</i>	Pin 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	動物
玉山鹿蹄草	<i>Pyrola morrisonensis</i>	Pym 鹿蹄草科	Pyrolaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
高山白珠樹	<i>Gaultheria itoana</i>	Gai 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	Ch	常綠 漿果	動物
玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	Rhp 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	P	常綠 蒴果	風
臺灣高山杜鵑	<i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>	Rhr 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	P	常綠 蒴果	風

(資料來源：本研究資料)

表6-1. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之生物與生態特性(續)

分類群	代號	科	生活史	生活型 <sup>1</sup>	葉候	果實	散播
阿里山龍膽	<i>Gentiana arisanensis</i>	Gea 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
伊澤山龍膽	<i>Gentiana itzershanensis</i>	Gei 龍膽科	Gentianaceae	一年生草本	T	- 蒴果	水
臺灣龍膽	<i>Gentiana atkinsonii</i> var. <i>formosana</i>	Gef 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
巒大當藥	<i>Swertia randaiensis</i>	Swr 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
海螺菊	<i>Ellisiophyllum pinnatum</i>	Elp 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
玉山小米草	<i>Euphrasia transmorrisonensis</i>	Eut 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
雪山水苦蕒	<i>Veronica morrisonicola</i>	Vem 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
阿里山忍冬	<i>Lonicera acuminata</i>	Loa 忍冬科	Caprifoliaceae	多年生木質藤本	P	常綠 漿果	動物
川上氏忍冬	<i>Lonicera kawakamii</i>	Lok 忍冬科	Caprifoliaceae	多年生木質藤本	P	常綠 漿果	動物
刺果豬殃殃	<i>Galium echinocarpum</i>	Gae 茜草科	Rubiaceae	多年生草本	CH	常綠 蒴果	動物
高山沙參	<i>Adenophora morrisonensis</i> spp. <i>uehatae</i>	Adm 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
玉山山奶草	<i>Codonopsis kawakamii</i>	Cok 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力
山桔梗	<i>Peracarpa carnosia</i>	Pep 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	G	冬枯 漿果	動物
玉山鬼督郵	<i>Ainsliaea reflexa</i> var. <i>nimborum</i>	Air 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山抱莖籜簕	<i>Anaphalis morrisonicola</i>	Anr 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山薊	<i>Cirsium kawakamii</i>	Cik 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山飛蓬	<i>Erigeron morrisonensis</i>	Erm 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山毛蓮菜	<i>Picris hieracioides</i> ssp. <i>morrisonensis</i>	Pih 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
黃苑	<i>Senecio nemorensis</i>	Sen 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
一枝黃花	<i>Solidago virgaurea</i> var. <i>leiocarpa</i>	Sov 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
臺灣粉條兒菜	<i>Aletris formosana</i>	Alf 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	水
臺灣百合	<i>Lilium formosanum</i>	Lif 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
臺灣鹿藥	<i>Smilacina formosana</i>	Smf 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 漿果	動物
臺灣藜蘆	<i>Veratrum formosanum</i>	Vef 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
雪山藜蘆	<i>Veratrum shuehshanarum</i>	Ves 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
臺灣地楊梅	<i>Luzula taiwaniana</i>	Lut 灯心草科	Juncaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
油薹	<i>Carex satsumensis</i>	Cas 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
抱鱗宿柱薹	<i>Carex tristachya</i> var. <i>pocilliformis</i>	Cat 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	G	冬枯 瘦果	動物
玉山針蘭	<i>Scirpus subcapitatus</i>	Scs 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
臺灣鵝觀草	<i>Agropyron formosanum</i>	Agf 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	動物
玉山翦股穎	<i>Agrostis morrisonensis</i>	Agm 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
曲芒髮草	<i>Deschampsia flexuosa</i>	Def 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
羊茅	<i>Festuca ovina</i>	Feo 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
高山芒	<i>Miscanthus transmorrisonensis</i>	Mit 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
早熟禾	<i>Poa acroleuca</i>	Poa 禾本科	Poaceae	一年生草本	T	冬枯 穎果	風
臺灣三毛草	<i>Trisetum spicatum</i> var. <i>formosanum</i>	Trs 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
玉山箭竹	<i>Yushania niitakayamensis</i>	Yun 禾本科	Poaceae	多年生木本	Cr	常綠 穎果	動物
短距粉蝶蘭	<i>Platanthera brevicarata</i>	P1b 蘭科	Orchidaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風

<sup>1</sup>生活型：Pt表示蕨類植物，P表示挺空植物，Ch表示地表植物，Cr表示半地中植物，G表示地中植物，T表示一年生植物。

(資料來源：本研究資料)

## (二)火後植物種類變化

火燒對一生態系有相當程度的影響，其為決定植群演替方向及速度之主要因子(賴國祥及陳明義，1992)。火燒強度更影響恢復植物之種類，一般草本植物藉種子及萌蘖更新，若輕度干擾，原有種類可快速回復；重干擾區則所有種類拓殖較慢(林朝欽及陳子英，2002)。三六九山莊草生地火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢(表6-2、表6-4)。其中，物種數在2009年2月為14種，4月調查有15種，9月增至28種，2010年4月調查到38種，2010年6月調查到47種，2011年5月則調查到34種2011年7月調查45種(表6-2)，7次調查種類出現頻度不一。

透過火後各時期物種出現有無之對應分析結果顯示(圖6-6)，不同調查時期與物種出現之排序圖反映出火後演替之時序變化；火後3年內7次調查只出現1次的物種分別分布於排序圖軸1的兩端，表示火後的時間變化 軸1右端為只出現在2008年2月的物種，軸1左端與軸2下方為只出現在2011年7月的物種，軸2的最上部位置只出現於2009年4月的物種。火後第1次調查於2009年2月(火後2個月)，然此時期為研究區域最冷冽的時期，所調查植物的常綠種類可能在火燒過程中存活的種類。其中，臺灣冷杉(abk)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*, sem)僅於2009年2月發現，往後調查中未發現有存活植株，其可能因此2種植物在火後並未完全枯黃，植株葉片仍保留綠色致使認定尚未枯死，或因在火後由鄰近地區傳播的繁殖體，但因後續建立過程中競爭不過其他物種而死亡，所以未能在後續調查中再發現。

2009年4月出現種類多在2009年2月或後續調查中出現的種類，雪山主峰線3,000 m亞高山地區的植物多於4-5月陸續進入萌芽時期，此時期之火後更新者幾乎全部是萌蘖植物。Bell(2001)將澳洲西部火後反應特徵植物區分成2大類，一為再萌蘖者(resprouter)，另一為再播種者(reseeder)，而前者通常是火後最早反應出現者(Guo, 2001; Luciana *et al.*, 2004; Bond and Midgley, 2005; Buhk *et al.*, 2005; Ojeda *et al.*, 2005)。在2009年4月調查中，森氏當歸(*Angelica morii*, Anm)僅出現本次調查(表6-4，圖6-6)，雖然其為多年生植物，但在隨後調查中皆未再出現，可能是後期競爭過程中消失。

在2009年9月調查首次出現的植物種類，如高山藤繡球(*Hydrangea aspera*, Hya)、玉山抱莖籟簫(*Anaphalis morrisonicola*, Ano)、玉山黃苑

(*Senecio morrisonensis*, Seo)、黃苑(*Senecio nemorensis*, Sen)、玉山茴芹(*Pimpinella niitakayamensis*, Pin)、玉山沙參(*Adenophora morrisonensis*, Adm)、臺灣瞿麥(*Dianthus superbus*, Dis)、巒大當藥(*Swertia randaiensis*, Swr)，以及玉山鹿蹄草(*Pyrola morrisonensis*, Pym)等9種，可能因根株發芽時間較遲或種子發芽較晚，致使在2010年4月尚未調查到(表6-2)。

三六九山莊草生地火後3年內7次調查中出現頻度大於4次，可能反應其對火燒的適應，幾乎為萌蘖型者。火後7次調查皆出現的物種有玉山石松(Lyv)、玉山毛蓮菜(*Picris hieracioides* ssp. *morrisonensis*, Pih)、一枝黃花(Sov)、臺灣粉條兒菜(*Aletris formosana*, Alf)、高山芒(Mit)，以及玉山箭竹(Yun)等6種(表6-2，圖6-6)。火後樣區調查出現4次以上的種類有臺灣絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* var. *pilosa*, Osc)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*, Hyn)、假繡線菊(Sph)、高山薔薇(*Rosa transmorrisonensis*, Rot)、玉山當歸(*Angelica morrisonicola*, Ano)、高山白珠樹(Gai)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*, Rhp)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*, Gea)、臺灣百合(*Lilium formosanum*, Lif)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana*, Smf)、臺灣藜蘆(Veg)等11種。

僅在後期出現的物種且出現頻度1-2次者，例如玉山瓦葦(Lem)、瓦氏鱗毛蕨(Dra)、腺鱗毛蕨(Drc)、伊澤山龍膽(Gei)、玉山剪股穎(Agm)、瓜子金(Poj)、玉山山奶草(Cok)、抱鱗宿柱臺(Cat)、油臺(Cas)、羊茅(Feo)等，此類植物對火燒較不具耐受性，多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。其中褐毛柳(*Salix fulvopubescens*, Saf)、山結梗(*Peracarpa carnosus*, Pec)、刺果豬殃殃(*Galium echinocarpum*, Gae)、玉山圓柏(Jum)、臺灣龍膽(*Gentiana atkinsonii* var. *formosana*, Gef)及早熟禾(*Poa acroleuca*, Poa)為2011年7月才出現的物種。

表6-2. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再生策略及出現頻度

分類群	再生策略 <sup>1</sup>	9-Feb	9-Apr	9-Sep	10-Apr	10-Jun	11-May	11-Jul	Frequency <sup>2</sup>	Control <sup>3</sup>	5K <sup>4</sup>	6K <sup>5</sup>	7K <sup>6</sup>	Unburn <sup>7</sup>	Total <sup>8</sup>
地刷子	A	1	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	2	2	4
玉山石松	A	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0	1	8	2	9
高山瓶爾小草	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
玉山瓦葎	B	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	2	2	3
臺灣絨假紫萁	A	0	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0	6	0	6
腺鱗毛蕨	B	0	0	0	0	1	1	1	3	1	0	0	4	1	4
瓦氏鱗毛蕨	B	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	3	1	3
高山珠蕨	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2
臺灣二葉松*	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
臺灣冷杉	B	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2
刺柏	B	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	1	1
圓柏	B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
褐毛柳	A	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
玉山石竹	A	0	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	5	2	7
玉山卷耳	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
鹿場毛茛	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2
臺灣小蘗	A	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	1	2	1	3
玉山金絲桃	A	0	1	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
高山藤繡球	A	0	0	1	1	1	0	0	3	0	0	0	3	0	3
臺灣茶藨子*	A	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—
玉山佛甲草	B	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2
高山薔薇	A	1	0	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
玉山薔薇	A	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1
玉山懸鈎子	A	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
毛刺懸鈎子	A	0	0	1	1	1	1	1	5	0	0	0	5	0	5
巒大花楸	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	1	1	1
假繡線菊	A	0	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	7	2	8
大霸尖山酢醬草	B	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	2
早田氏香葉草	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
瓜子金	B	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	2	1	3
雪山堇菜	B	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	2
尖山堇菜	A	0	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	5	2	7
森氏當歸	B	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
玉山當歸	A	0	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	7	2	8
玉山茴芹	B	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2
玉山鹿蹄草	B	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2
高山白珠樹	A	1	0	1	1	1	1	1	6	1	1	1	7	3	9
玉山杜鵑	A	1	0	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
臺灣高山杜鵑	A	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
阿里山龍膽	A	1	1	0	1	1	1	1	6	0	1	0	6	1	7
伊澤山龍膽	B	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
臺灣龍膽	A	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	2
巒大當藥	B	0	0	1	1	1	0	1	4	1	1	1	5	3	7
海螺菊	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1



表6-2. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再生策略及出現頻度(續)

分類群	再生策略 <sup>1</sup>	9-Feb	9-Apr	9-Sep	10-Apr	10-Jun	11-May	11-Jul	Frequency <sup>2</sup>	Control <sup>3</sup>	5K <sup>4</sup>	6K <sup>5</sup>	7K <sup>6</sup>	Unburn <sup>7</sup>	Total <sup>8</sup>
玉山小米草	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
雪山水苦蕒	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
阿里山忍冬	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
川上氏忍冬*	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
高山沙參	B	0	0	1	0	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
玉山人奶草	B	0	0	0	0	1	1	1	3	0	0	0	3	0	3
玉山鬼督郵	B	1	0	0	0	1	0	0	2	1	1	0	3	2	4
玉山抱莖蘂蕭	B	0	0	1	1	1	0	1	4	0	0	0	4	0	4
玉山薊	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
玉山飛蓬	B	0	0	0	1	1	0	1	3	1	0	1	4	2	5
玉山毛蓮菜	A	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	1	7	2	9
黃苑	B	0	0	1	0	1	1	1	4	0	0	0	4	0	4
一枝黃花	A	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	1	7	2	9
臺灣粉條兒菜	A	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	0	7	1	8
臺灣百合	A	0	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0	6	0	6
臺灣鹿藥	A	0	1	1	1	1	1	1	6	1	0	0	7	1	7
臺灣藜蘆	A	0	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	7	3	9
雪山藜蘆	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
臺灣地楊梅	A	0	0	1	1	1	0	1	4	0	1	1	4	2	6
油荳	A	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	2	0	2
抱鱗宿柱莖	B	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	2	3	4
玉山針蘭	A	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
臺灣鵝觀草	B	0	0	0	1	1	0	1	3	1	1	1	4	3	6
玉山翦股穎	B	0	0	0	1	1	1	1	4	0	1	1	4	2	6
曲芒髮草	B	0	0	0	1	1	1	1	4	1	1	1	5	3	7
羊茅	B	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	4	3	6
高山芒	A	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	8	3	10
臺灣三毛草	A	0	0	0	1	1	0	1	3	0	1	0	3	1	4
玉山箭竹	A	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	8	3	10
短距粉蝶蘭	A	0	0	1	1	1	1	1	5	0	1	1	5	2	7
山桔梗	B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
早熟禾	B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
刺果豬殃殃	B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1

註<sup>1</sup>：再生策略為植物於火後更新之方式，A為萌蘖，B為種子更新。

註<sup>2</sup>：Frequency為三六九山莊草生地火後不同時期調查之物種出現頻度總和。

註<sup>3</sup>：Control為三六九山莊2008年12月未火燒之草生地。

註<sup>4</sup>：5k為雪山東峰之草生地。

註<sup>5</sup>：6k為雪山主峰線步道6k之草生地。

註<sup>6</sup>：7k為三六九山莊草生地火燒和未火燒之物種出現頻度總和

註<sup>7</sup>：Unburn為Control、5k和6k未火燒草生地之物種出現頻度總和。

註<sup>8</sup>：Total為所有草生地調查樣區之物種出現頻度總和。

\*：為木本植物萌蘖性調查物種，但未在其他草生地樣區調查到之物種。

(資料來源：本研究資料)

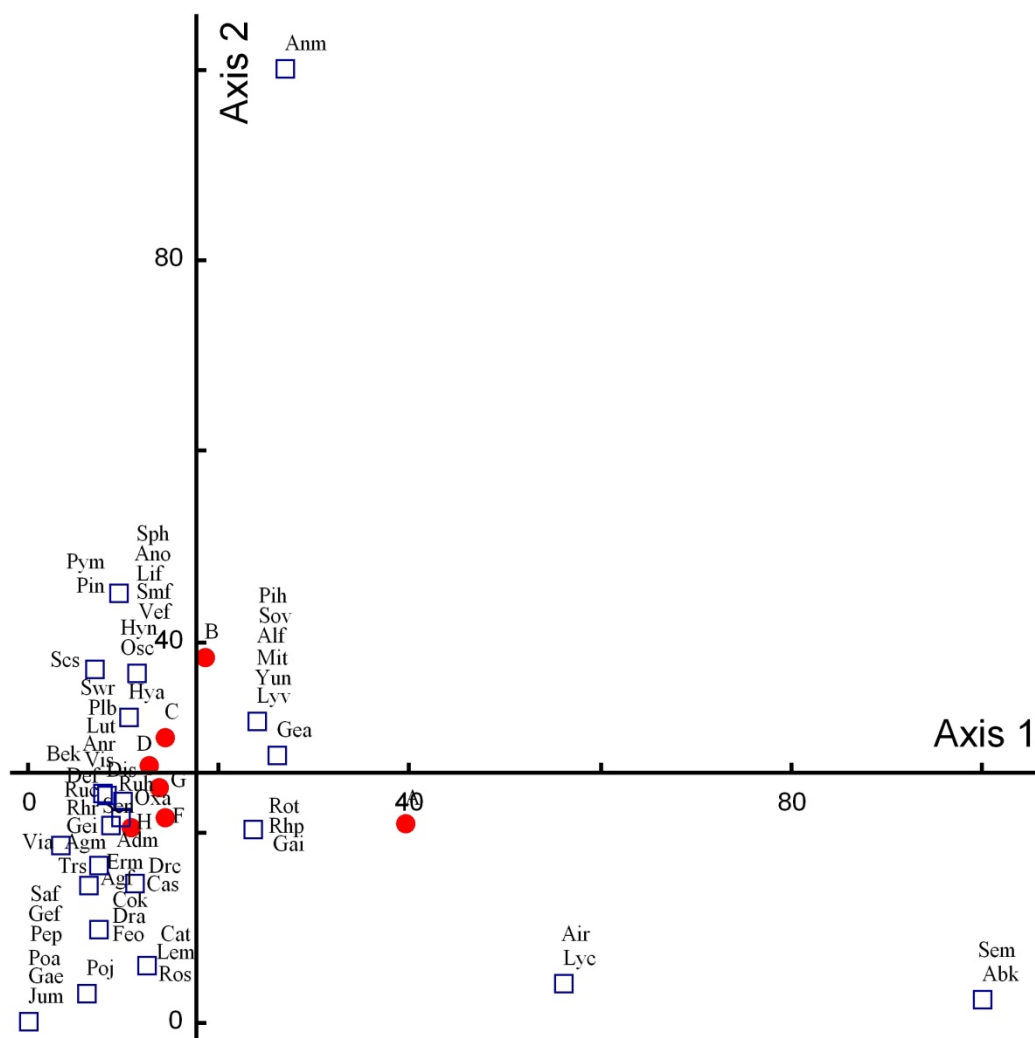


圖6-6. 三六九山莊草生地火後各時期之物種CA排序圖。A-G為火後調查時期；A：2009年2月；B：2009年4月；C：2009年9月；D：2010年4月；F：2010年6月；G：2011年5月；H：2011年7月。  
(資料來源：本研究資料)

表6-3. 三六九山莊草生地火後物種出現對應分析 (CA)前3軸之特徵值與各軸變異性

0.8856	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.235	0.170	0.135
變異解釋率(%)	32.53	20.13	13.95
累積變異解釋率(%)	32.53	52.66	66.61

(資料來源：本研究資料)

## (三) 三六九山莊草生地短期火後植物種類多樣性變化

本研究發現，三六九山莊草生在2008年12月火後至今，每樣區種密度(spp./4m<sup>2</sup>)、物種豐富度、多樣性指數隨著萌蘗植物萌發與散殖體的進入而逐漸增加，在2010年6月的火燒查結果顯示達到最高(表9-4)。三六九山莊草生地之地表火為一個低強度之火燒，其對於物種多樣性的主要作用有二：一方面在短期間內抑制少數優勢物種(此類物種多具萌蘗特性)，使其他較低矮的萌蘗性植物得以不再被壓迫；另一是低強度火燒有助增加新的生育地，其他利用種子等散殖體作為繁殖的物種可以有機會進入生育地內。

表6-4. 三六九山莊草生地火燒與未火燒樣區之種數、總覆蓋度、覆蓋百分比、火後反應策略、生命史、生活型、以及物種歧異度變化

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Control <sup>1</sup>	5k <sup>2</sup>	6k <sup>3</sup>
調查樣區數	69	39	71	71	71	71	71	12	9	12
種數	14	15	28	38	47	34	45	26	26	37
平均種密度	1.3	3.7	8.7	8.3	12	7.7	11.2	7.1	11.8	12.8
總覆蓋度(m <sup>2</sup> /4 m <sup>2</sup> )	0.09	0.05	1.42	1.16	2.13	1.11	3.63	3.40	3.21	3.10
覆蓋百分比(%)	2.2	1.4	35.6	29.1	53.4	38.6	62.7	84.9	80.3	77.6
常綠v.s.落葉	75	15.4	16.7	19.4	31.4	30.8	25.7	73.3	23.8	48.0
多年生resprouters(%)	78.6	93.3	85.7	76.3	63.8	70.5	62.2	34.6	61.5	54.1
多年生recruiters(%)	21.4	6.7	14.3	23.7	36.2	29.4	33.3	65.4	38.5	45.9
1-2年生草本(%)	0.0	0.0	0.0	2.6	2.1	2.9	0.0	0.0	0.0	2.7
多年生木本(%)	35.7	20	28.6	28.9	25.5	26.5	24.4	19.2	7.7	27.0
多年生草本(%)	50	66.7	71.4	63.2	59.6	58.8	64.4	61.6	88.5	56.8
蕨類植物(%)	14.3	13.3	7.1	5.3	12.8	11.8	0.1	19.2	3.8	13.5
挺空植物(%)	16.7	0.0	7.7	11.1	9.8	6.7	9.5	14.3	0	12.5
地表植物(%)	16.7	15.4	19.2	16.7	17.1	20.0	16.7	9.5	4.0	15.6
半地中植物(%)	58.3	53.8	53.8	55.6	56.1	50.0	54.8	57.1	76.0	59.4
地中植物(%)	8.3	30.8	19.2	13.9	14.6	20.0	14.3	19.0	20.0	9.4
1年生植物(%)	0.0	0.0	0.0	2.8	2.4	3.3	4.8	0.0	0.0	3.1
蕨類商數	3.57	3.33	1.79	1.32	3.19	2.94	1.67	4.81	0.96	3.38
Diversity H	0.451	0.684	1.002	0.975	1.153	0.977	1.121	1.023	1.165	1.208
Evenness J	0.393	0.581	0.692	0.626	0.689	0.638	0.678	0.714	0.823	0.770

註<sup>1</sup>：Control為三六九山莊2008年12月未火燒之草生地。

註<sup>2</sup>：5k為雪山東峰之草生地。

註<sup>3</sup>：6k為雪山主峰線步道6k之草生地。

(資料來源：本研究資料)

Connell(1978)認為干擾可去除優勢物種(或降低其優勢程度)為增加物種豐富度的一種機制(Huston, 1979)。Tilman(1982)認為空間是一種資源，火燒干擾是一種提供新的生育地的方式。Overbeck *et al.*(2005)研究發現，在火後第1年的物種數、歧異度和均勻度顯著地增加，顯示出物種在火後生育地快速的拓殖過程。在許多草生地系統，火燒增加物種豐富度通常在火後1或數年後達到高峰(Denslow, 1980)，具有小型種子的植物或1-2年生的物種等通常在火後早期演替中出現(Ghermandi *et al.*, 2004; Overbeck *et al.*, 2005)。

隨著火後時間增加，植物功能群組成亦隨之變化。常綠植物比例在火後2個月達最高，在火後4月最低(表6-4)；此時因2009年2月調查時常綠植物尚未全枯死所致，而其他物種萌蘖或發芽較少。在4月之後，隨著火後時間增加，常綠植物的比例亦增加。多年生萌蘖型的物種在2009年4月最高，然隨著火後時間增加而逐漸遞減；反之，以種子或散殖體拓殖的多年生補充者(recruiter)則是在4月之後隨火後時間增加而逐漸增加。火後的物種豐富度高原因來自於植物組成包含入侵植物、因機會散布而來的先鋒樹種以及一年生和多年生植物的不同生活史的物種(Vogl, 1974)。

雪山地區亞高山草原生態系主要組成為多年生植物，在火後初期，萌蘖型的種類最早佔據火燒後的空地與資源，接著再播種型或部分再萌蘖型的種子苗開始進入，增加火燒跡地的物種多樣性。由豐度比例曲線圖發現(圖6-7)，2009年2月與2009年4月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘖方式快速生長佔據空缺的生育地。2009年9月與2010年4月之豐度比例曲線變化漸趨緩和，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓殖的種類使組成增加而更加均勻。

由三六九山莊草生地系統樣區火後各時期物種-面積曲線分析結果發現(圖6-8)，因火燒致使草生地退化，系統樣區內僅數種在火後殘存；隨火後恢復演替過程，植物透過萌蘖與散殖體拓殖方式種數逐漸增加。在2009年4月至2010年4月的種數-面積曲線非常相似，可能反映出原生育地之相同物種利用萌蘖方式快速回復佔領生育地；2010年6月與前3期之種

數-面積曲線不同，反映出有較多利用種子或孢子等散殖體的物種侵入火後草地。

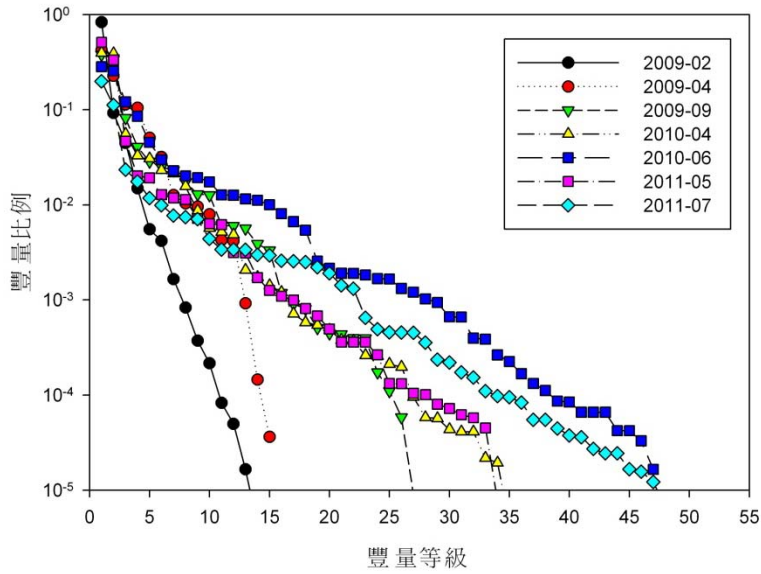


圖6-7. 雪山三六九山莊草地火後植物組成恢復序列物種多度格局變化。  
(資料來源：本研究資料)

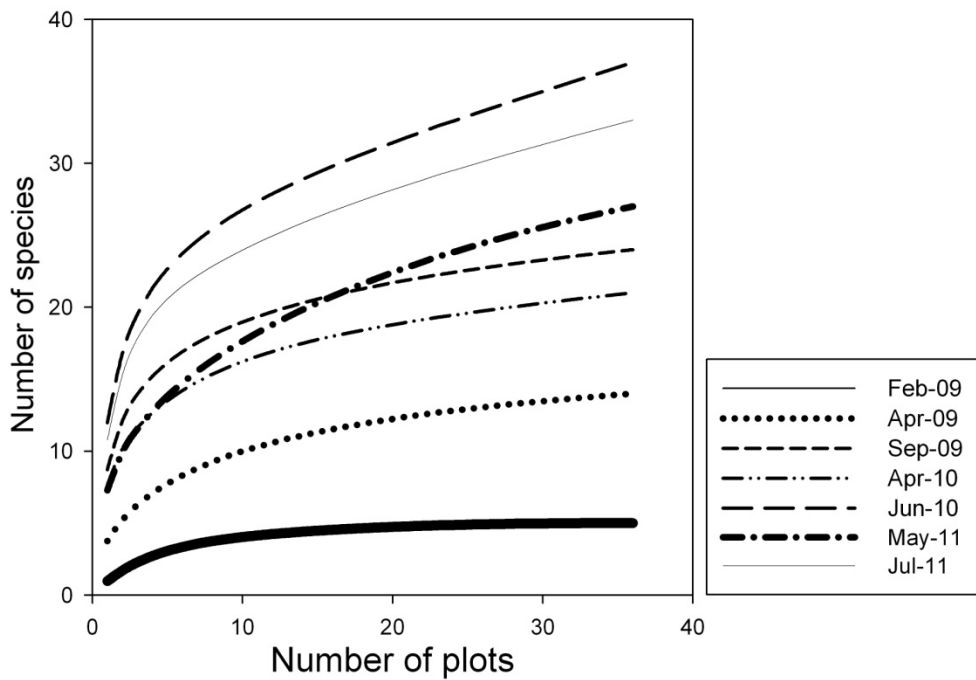


圖6-8. 雪山三六九山莊草地系統樣區火後不同時期之物種-面積曲線變化趨勢。  
(資料來源：本研究資料)

#### (四) 三六九山莊草生地短期火後植物覆蓋度與優勢度變化

以玉山箭竹與高山芒為優勢組成之草生地，隨著火後生育地內物種萌蘗、土壤種子庫與外來繁殖體輸入，總覆蓋度由2009年2月的2.1%增至2009年9月35.6%，2010年4月調查時降總覆蓋度至29.1%，2010年6月總覆蓋度升到53.4%，然2011年5月總覆蓋度下降至38.6%(表6-2)。亞高山地區草生地火後之覆蓋度，本研究至2009年9月(火後9個月)為34.9%，與太魯閣國家公園合歡山區1990年2月之火燒相差不遠(火後7個月為28%)(賴國祥及陳明義，1992)，但與1993年1月玉山國家公園塔塔加地區火燒後6個月可達65%(陳隆陞，1995)，則有較大差異，可能因物種組成差異、生育環境或當年氣候不同有關，但具地下部之玉山箭竹及高山芒是臺灣亞高山地區火燒復原最快速的種類。Luciana *et al.*(2004)研究指出，火後的乾燥氣候條可能會影響1年生植物種子的萌芽，但更新策略與繁殖體是否可到達火燒跡地才是火後演替成功的最主要關鍵。

本研究2009年2月之植生覆蓋度高於同年4月，可能顯示樣區的植生演替可能發生停頓甚至倒退的情形，一方面可能因火後2個月，部份常綠植物的植株上尚保持綠葉，2009年2月調查時尚存活，但歷經過研究區最冷時期而導致乾枯死亡。由於6-9月的梅雨季與颱風為樣區環境帶來豐沛降水，2009年9月調查結果顯示物種覆蓋度及種數均有大幅增加，推測在6-9月土壤水已得到相當的補充，促進萌蘗生長及種子發芽。2010年4月的植生覆蓋度較2009年9月低的原因主要在於雪山亞高山草原生態系的組成大多為冬枯植物組成(表6-1)，因大多數植物在2010年4月尚未萌芽至使火燒跡地的植生覆蓋度降低，此情形亦出現在2011年5月。總覆蓋度於火後時期之推演成波動現象，一方面主要在構成三六九山莊草生地主要優勢植物之高山芒和玉山箭竹在冬天枯萎，另一方面本區植物組成多為冬枯型多年生植物所致(表6-1，圖6-10)。

草生地的優勢物種對火燒通常有較大的適應性(Collins *et al.*, 1995; Collins and Glenn, 1997)。優勢物種覆蓋度一般有季節性變化，尤以冬枯種類更甚，冬季時明顯下降，至隔年生長季再次大量增加。除玉山箭竹、高山芒外，部分物種如一枝黃花、臺灣粉條兒菜、假鏽線菊及臺灣藜蘆等，亦會隨時間而重要值或覆蓋度改變而顯現季節優勢(表6-5、表6-6、

圖6-9、圖6-10)。2009年2月樣區內以玉山箭竹、玉山石松、高山白珠樹、臺灣粉條兒菜、玉山杜鵑為三六九山莊草生地火後2個月最優勢或覆蓋度最大的前5種植物(表6-5、表6-6)；其中，玉山箭竹為單一優勢種，此亦反映火燒前玉山箭竹為本區的優勢組成。

表6-5. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)前5名物種

IVI	Apr-2010	IVI	Jun-2010	IVI	May-2011	IVI	May-2011	IVI
55.11	玉山箭竹	63.50	高山芒	41.08	高山芒	70.30	高山芒	62.74
47.88	高山芒	49.93	玉山箭竹	38.02	玉山箭竹	49.76	玉山箭竹	37.32
20.38	臺灣藜蘆	12.43	臺灣藜蘆	22.13	假繡線菊	13.10	臺灣藜蘆	15.30
11.52	假繡線菊	11.23	假繡線菊	10.67	臺灣藜蘆	12.38	假繡線菊	11.09
10.46	一枝黃花	10.58	玉山金絲桃	6.81	一枝黃花	9.96	玉山金絲桃	9.20

(資料來源：本研究資料)

表6-6. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前5名物種

Cover (%)	Apr-2010	Cover (%)	Jun-2010	Cover (%)	May-2011	Cover (%)	Jul-2011	Cover (%)
13.35	玉山箭竹	6.89	高山芒	15.10	高山芒	19.72	高山芒	28.65
12.19	高山芒	4.69	玉山箭竹	13.67	玉山箭竹	12.84	玉山箭竹	16.12
2.87	假繡線菊	0.71	臺灣藜蘆	6.45	假繡線菊	1.80	臺灣藜蘆	3.37
1.43	高山白珠樹	0.30	假繡線菊	2.42	羊茅	0.78	假繡線菊	2.53
0.93	臺灣藜蘆	0.29	玉山金絲桃	1.59	台灣藜蘆	0.74	玉山金絲桃	1.70

(資料來源：本研究資料)

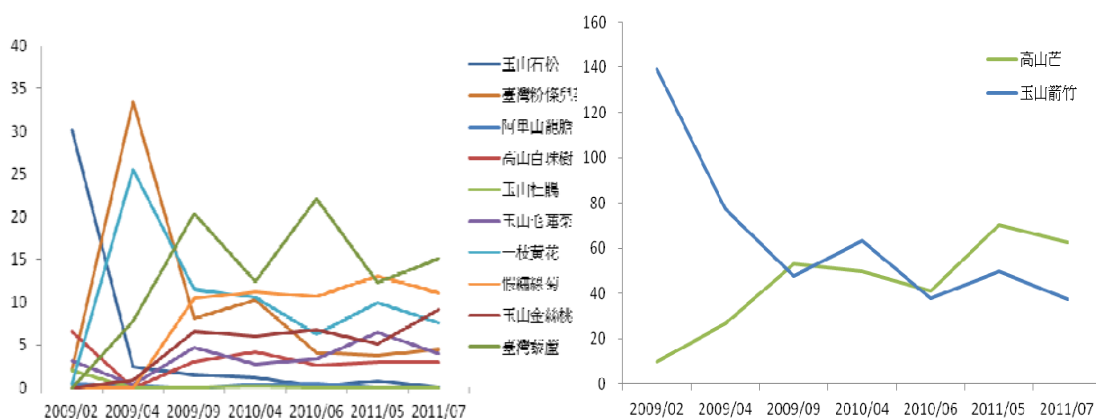


圖6-9. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)變化情形。

(資料來源：本研究資料)

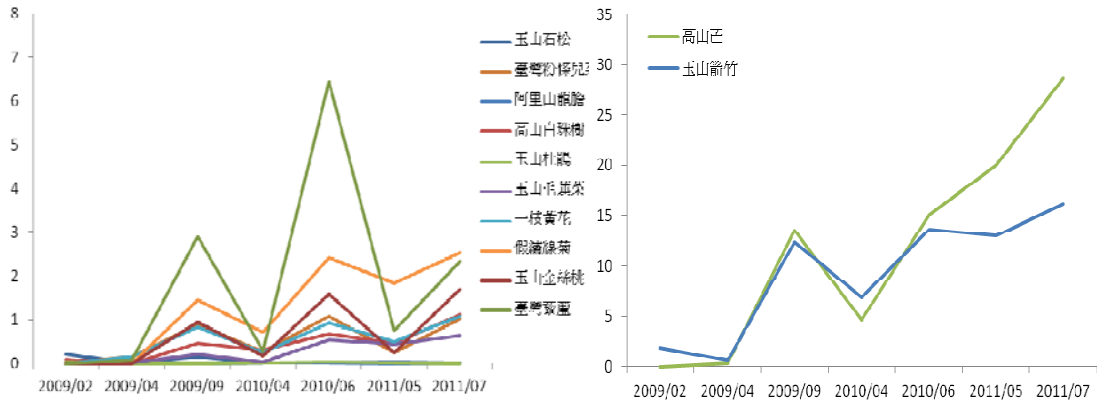


圖6-10. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之主要組成覆蓋度變化情形。  
(資料來源：本研究資料)

2009年4月以玉山箭竹、臺灣粉條兒菜、高山芒、一枝黃花及臺灣藜蘆為優勢物種；其中，玉山箭竹為火後4個月時的最優勢物種，高山芒為次優勢。由於高山芒較玉山箭竹易燃的燃料特性和較晚萌蘖的性質，高山芒在火後早期萌蘖恢復的優勢度和覆蓋度不若玉山箭竹。因玉山箭竹與高山芒組成之草生地火燒速度相當快(賴國祥及陳明義，1992)，玉山石松與高山白珠樹等下層的組成物種多未完全燒死而殘存，但火後4個月玉山石松與高山白珠樹的萌蘖速度不若禾本科、菊科、百合科的種類。Eggers and Porto(1994)亦提到草生地火後植被物種組成可快速回復到未火燒的狀態，就像植被覆蓋可藉由主要組成物種的萌蘖快速回復一樣。臺灣粉條兒菜屬於早春萌芽的物種，除常綠植物外，在此時期雪山3,000 m以上草生地大多數多年生落葉植物尚未萌發新芽，因此在2009年4月調查發現其較高山芒優勢。玉山杜鵑在研究區數量零星，除少數為火燒幸存者外，開始有少數種子苗產生。

2009年4月至2009年9月的差異在於其中玉山箭竹之IVI值因高山芒、一枝黃花、臺灣藜蘆、假繡線菊、玉山金絲桃等種類出現而漸減，但此時期主要因高山芒則漸增，9月的重要值已超越玉山箭竹，顯示其強勢之生長力。2009年9月與2010年4月分析火燒跡地的重要值皆顯示，高山芒、玉山箭竹為共優勢組成，臺灣藜蘆、假繡線菊及一枝黃花為主要的伴生植物，但因生長季節差異而產生優勢程度變化。高山芒於2010年4月調查時，因冬枯較玉山箭竹嚴重，重要值和覆蓋度下降較多；但2010年6月調查發現，高山芒逐漸較玉山箭竹優勢，重要值與覆蓋度均略較玉山箭竹



大；至2011年5月和同年7月調查結果發現，高山芒之覆蓋度及重要值指數皆明顯的大於玉山箭竹，此可能反映出高山芒在火後之地上部的物質投資速度較玉山箭竹來得快，或是高山芒之種子苗在火後建立過程中可較玉山箭竹快速佔領生育地；雖然同為禾本科植物，但高山芒草本植物之生活型較木本植物之玉山箭竹在火後恢復之短期競爭具有優勢。

### (五) 火後木本植物萌蘖性

本研究共調查20條4 m×25 m帶狀樣區以了解木本植物之火後反應，共調查14種木本植物(表6-9)，裸子植物2科3屬3種，分別為臺灣冷杉、臺灣二葉松、刺柏等3種裸子植物；被子植物6科10屬11種，分別是薔薇科的毛刺懸鉤子、高山薔薇、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)和假繡線菊，杜鵑科的高山白珠樹、玉山杜鵑和臺灣高山杜鵑，忍冬科的川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii*)，小蘗科的臺灣小蘗，虎耳草科的臺灣茶藨子(*Ribes formosanum*)，以及楊柳科的褐毛柳(*Salix fulvopubescens*)。與前項調查結果比較，新增6種木本植物。種數較多的科為薔薇科與杜鵑科，皆為中高海拔種數較多的木本植物，亦是溫帶植物區系的主要物種組成(曾彥學等，2010)。

火燒對林木的致死作用與樹種、樹徑、火燒強度、火燒季節等有關(呂金誠，1990；施纓煜，1998；Engle *et al.*, 2000)。裸子植物的火燒致死率通常大於闊葉樹(呂金誠，1990；Kennedy and Horn, 2008)，本研究亦發現，三六九山莊草生地火後的裸子植物稚樹全部死亡。裸子植物中以臺灣冷杉的稚樹數量最多，此可能因研究區位於冷杉林帶，特徵種和優勢種皆為臺灣冷杉，鄰近的母樹下種所致。刺柏為臺灣冷杉林帶的箭竹芒草灌叢植物社會中經常伴隨出現的種類。臺灣二葉松在三六九山莊草生地之稚樹數量不多，此可能因3,100 m大抵為其分布上界所致。三六九山莊草生地木本植物以假繡球(629株)植株最多，依次為山白珠樹(336株)、毛刺懸鉤子(2485株)，生活型皆為低矮的灌木(表6-9)。木本植物果實傳播方式以動物、風為主。

表6-7. 三六九山莊草生地木本植物種類對火燒後反應特性

分類群	科	果實	傳播	株數	死亡	死亡率	萌蘗率	出現 樣帶數	種子苗
臺灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>	松科	毬果 風	4	4	100.0	0.0	4	0
臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	松科	毬果 風	62	62	100.0	0.0	10	3
刺柏	<i>Juniperus formosana</i>	柏科	毬果 動物	5	5	100.0	0.0	4	0
毛刺懸鈎子	<i>Rubus hirsutopungens</i> var. <i>qculeatiflorus</i>	薔薇科	核果 動物	248	0	0.0	100.0	6	203
高山薔薇	<i>Rosa transmorrisonensis</i>	薔薇科	核果 動物	5	0	0.0	100.0	1	1
巒大花楸	<i>Sorbus randaiensis</i>	薔薇科	核果 動物	11	2	18.2	100.0	7	9
假繡線菊	<i>Spiraea hayatana</i>	薔薇科	瘦果 動物、重力	629	0	0.0	100.0	19	377
高山白珠樹	<i>Gaultheria itoana</i>	杜鵑科	漿果 動物	336	0	0.0	100.0	10	366
玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	杜鵑科	蒴果 風	26	19	73.1	26.9	12	0
臺灣高山杜鵑	<i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>	杜鵑科	蒴果 風	19	1	5.3	94.7	8	0
川上氏忍冬	<i>Lonicera kawakamii</i>	忍冬科	漿果 動物	8	0	0.0	100.0	2	0
臺灣茶藨子	<i>Ribes formosanum</i>	虎耳草科	漿果 動物	6	0	0.0	100.0	4	25
臺灣小檗	<i>Berberis kawakamii</i>	小檗科	核果 動物	1	0	0.0	100.0	1	0
褐毛柳	<i>Salix fulvopubescens</i>	楊柳科	蒴果 風	1	0	0.0	100.0	1	0

(資料來源：本研究資料)

### (六) 火後演替趨勢變化

利用Sørensen相似性指數分析火後不同時期調查之出現物種相似性發現(表6-7)，隨火後恢復時間的增加，每季植物組成相似亦增加。三六九山莊草生地在火後2個月(2009年2月調查)出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，萌蘗植株或由土壤種子庫發芽的種子苗在此時期皆未開始萌發，樣區內個體多為火後殘存的種類。隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009年4月調查結果與2009年9月和2010年4月的物種相似性差異不大，顯示火後裸露的生育地為萌蘗植株先佔領，其他種類陸續進入。亞高山草生地火後雖地上部燃燒殆盡，然其燃燒速度快，屬輕度干擾，火後出現之物種以原有種類並具地下部可萌蘗之物種為主，如玉山箭竹、高山芒、巒大蕨(*Pteridium aquilinum* ssp. *wightianum*)、一枝黃花、臺灣粉條兒菜、臺灣藜蘆等(賴國祥及陳明義，1992)，其中除巒大蕨外，皆與本研究相仿。即其早期建立之植物大部分是來自火燒區內之繁殖體，至中後期才會有較多區外之種子進入繁殖。

植物組成隨火後回復時間增加而改變，反映在植物社會演替過程(Engle *et al.*, 2000)。由Cody多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動(表6-7)，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種轉換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換

率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證(表6-8)。

**表6-8. 三六九山莊草生地火後5次調查出現物種之相似性(左下)與物種轉換率(右上)**

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11
Feb-09		7.5					
Apr-09	0.500		8.5				
Sep-09	0.439	0.605		7.0			
Apr-10	0.392	0.528	0.788		8.0		
Jun-10	0.400	0.452	0.693	0.800		7.5	
May-11	0.426	0.571	0.710	0.722	0.815		6.0
Jul-11	0.377	0.509	0.735	0.846	0.874	0.838	

(資料來源：本研究資料)

火後恢復過程中，物種拓殖率最大值在第1年發生，尤其在2009年9月調查新增物種為2009年4月的100%；隨演替發育，新增物種數漸減，可能反映生育地空間漸達穩定飽和所致。此外，隨著火後環境漸趨穩定，消失(死亡)的物種率亦隨著減少，反映大多數物種對此時環境的適應。一般演替模式可以透過排序方法分析固定樣區隨時間演變的過程(Austin, 1977)。本研究將三六九山莊草生地火後不同時期調查結果進行DCA分析(圖6-11)，大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符(表6-7)。DCA的2個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異，第1軸(變異解釋率為15.2%)由左至右顯示火後2個月至火後30個月的樣區恢復狀態，反映出火後2個月出現的物種與優勢程度與其後期出現的種類差異(表6-9)。DCA第2軸(變異解釋率為6.3%)由下往上顯示火後4個月至2011年7月的變化趨勢，此種趨勢可能反映出有一些物種的繁殖體開始進入火燒跡地，或是可能反映火後萌蘖速度較慢的物種開始建立。

**表6-9. 三六九山莊草生地火後各時期出現物種之拓殖率(右上)與死亡率(左下)**

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11
Feb-09		57.1					
Apr-09	50.0		100.0				
Sep-09		13.3		42.9			
Apr-10			7.1		34.2		
Jun-10				10.5		2.1	
May-11					29.8		7.5
Jul-11						22.5	

(資料來源：本研究資料)

2009年9月與2010年4月樣區未能在DCA分析中顯示火燒跡地物種變化的時序差異，在火後9個月時出現在樣區的物種及數量與2010年4月調查結果的主要差異在於後者部份種類因冬枯尚未萌發所致。2010年6月樣區分布在第1軸的最左端，而部份樣區與前2期火後調查結果並未明顯區分，主要原因為2010年6月樣區內含有大部份前期之萌蘗性或散殖體傳播建立的種類構成優勢，於2011年兩期資料可反映火燒跡地之植物組成已漸趨穩定；另一方面，新拓殖的物種多為以種子或孢子繁殖的種類，亦多屬不耐火燒的類群，或為亞高山草生地生態系演替較中後期的物種，DCA排序結呈現火後植群恢復的時序變化。

由物種多度格局變化圖(圖6-7)、物種-面積曲線變化趨勢(圖6-8)和DCA排序圖(圖6-11)之結果顯示，雪山三六九山莊草生地植物組成序列在火後第2年即快速恢復，且物種多樣性即可回復到與雪山主峰沿線步道6k，以及三六九山莊未火燒區域等火燒時間超過50年以上之草生地狀態，反映出雪山亞高山地區之玉山箭竹和高山芒為優勢之草生地若發生火燒，可以在2-3年快速的回復至未火燒之物種組成狀態。

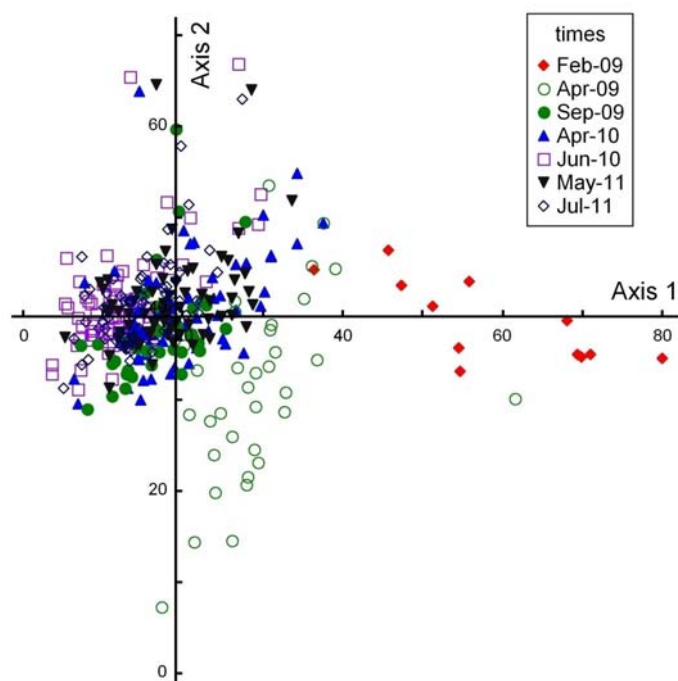


圖6-11. 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區DCA雙序圖。A-F為火後調查時期；A：2009年2月；B：2009年4月；C：2009年9月；D：2010年4月；F：2010年6月；G：2011年5月；H：2011年7月。

(資料來源：本研究資料)

表6-9. 三六九山莊草地系統樣區火後恢復降趨對應分析  
(DCA)前3軸之特徵值與各軸變異性

Total inertia= 4.1057	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.623	0.259	0.217
軸長(length of gradient)	2.930	2.976	2.431
變異解釋率(%)	15.2	6.3	5.3
累積變異解釋率(%)	15.2	21.5	26.8

(資料來源：本研究資料)

## (七)矮盤灌叢植物社會空間分布

### 1. 徑級結構

SPA-1樣區位於雪山圈谷底部，主要為玉山杜鵑-玉山圓柏矮盤灌叢植物社會，樣區內共調查212株玉山圓柏，平均地徑20.6 cm、平均樹高97.4 cm、平均枝下高49.2 cm；191株玉山杜鵑，平均地徑9.2 cm、平均樹高71.7 cm、平均枝下高38.3 cm。依據直徑級分布圖(圖6-12)結果，玉山杜鵑以地徑20 cm以下之株數佔全區比例高，而玉山杜鵑和玉山圓柏之地徑族群結構形式皆呈現右偏鐘型分布，此結果與呂金誠(2009)調查雪山圈谷與翠池之玉山圓柏灌叢植物社會之族群結果相似，大致反映出玉山圓柏與玉山杜鵑在尚有稚樹可以維持其族群；然而玉山圓柏與玉山杜鵑之有較多稚樹多發生於其他開闊區域，此部份稚樹之株數有低估情形。玉山杜鵑的地徑及平均樹冠投影面積均比玉山圓柏小(圖6-13)；玉山圓柏的平均樹冠投影面積為5.85 m<sup>2</sup>、玉山杜鵑為3.00 m<sup>2</sup>。由地徑與樹冠投影面積之關係來看(圖6-13)，兩者大致呈現線性關係，即地徑愈大者，樹冠投影面積愈大。

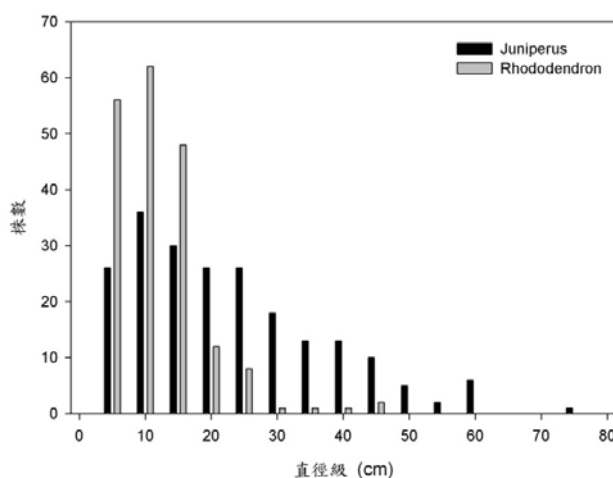


圖6-12. 矮盤灌叢樣區(SPA-1)玉山圓柏與玉山杜鵑徑級結構圖。

(資料來源：本研究資料)

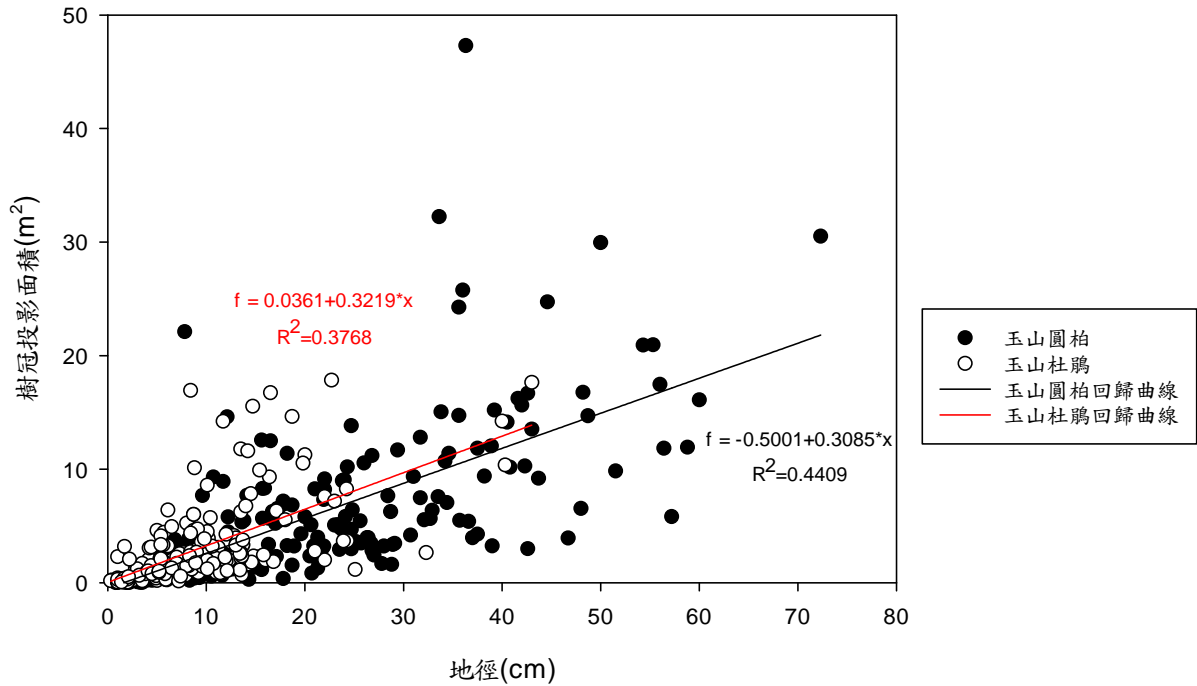


圖6-13. SPA-1樣區玉山圓柏、玉山杜鵑地徑與樹冠投影面積分布圖。(●)玉山圓柏；(○)玉山杜鵑。

(資料來源：本研究資料)

## 2. 空間分布

雪山圈谷地區屬玉山圓柏-玉山杜鵑矮盤灌叢植物社會，因冬季長期積雪及受強風影響，本區木本植物呈匍匐狀，地徑以每5 cm為一級，繪製相對位置空間分布圖(圖6-14)。由於玉山圓柏及玉山杜鵑生長交錯，其種間關係於空間分布上無法僅以相對位置表示。本研究以Ripley's k程式計算玉山圓柏與玉山杜鵑兩兩之間相關性，結果顯示玉山圓柏及玉山杜鵑在距離 $r < 2.5$  m時呈負相關，然未達顯著，可能為玉山杜鵑及玉山圓柏樹冠彼此競爭結果，當距離 $r > 2.5$  m則為正相關且於14 m後達顯著正相關，即有群聚現象(圖6-15)。另以各別物種空間分布分析，玉山圓柏種內距離 $r < 2.5$  m為負相關， $r > 2.5$  m後為正相關， $r > 8$  m則呈聚集分布且達顯著水準，最大聚集程度於16 m處(圖6-16)。玉山杜鵑在 $r < 2$  m為負相關，其餘距離則為正相關，且於 $r > 20$  m時呈顯著正相關，即聚集分布。若以平均樹冠投影面積與地徑分布(圖6-13)，並配合圖6-15至圖6-16推測玉山圓柏競爭能力較玉山杜鵑大。

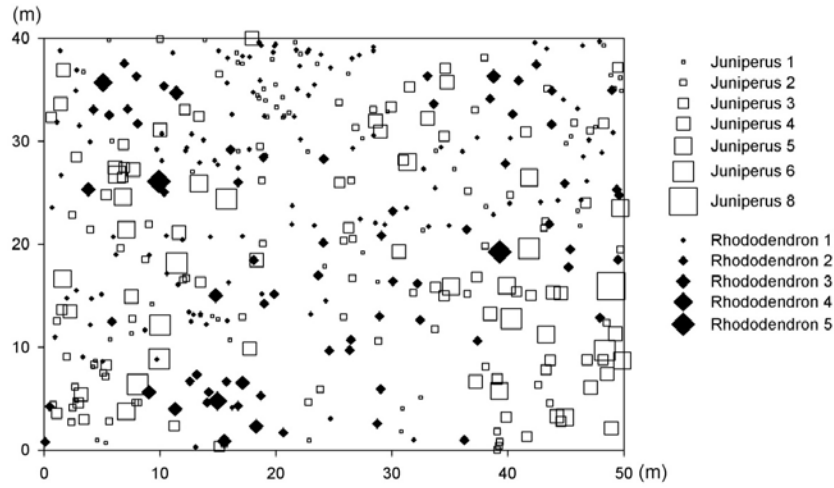


圖6-13. SPA-1樣區玉山圓柏與玉山杜鵑空間分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

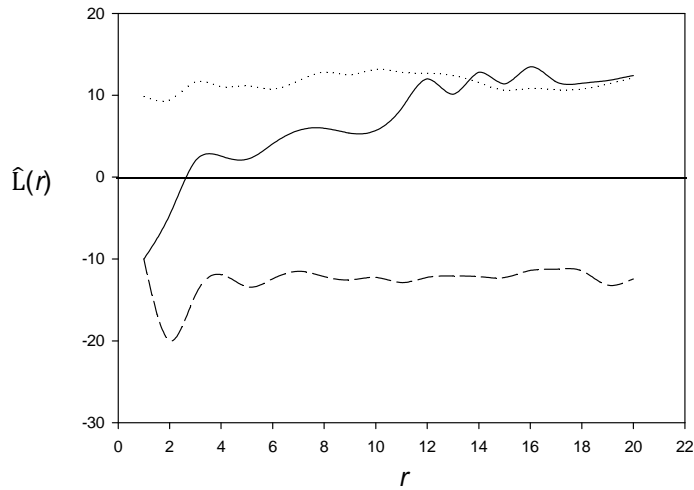


圖6-15. SPA-1樣區玉山圓柏與玉山杜鵑種間空間分布分析。  
(資料來源：本研究資料)

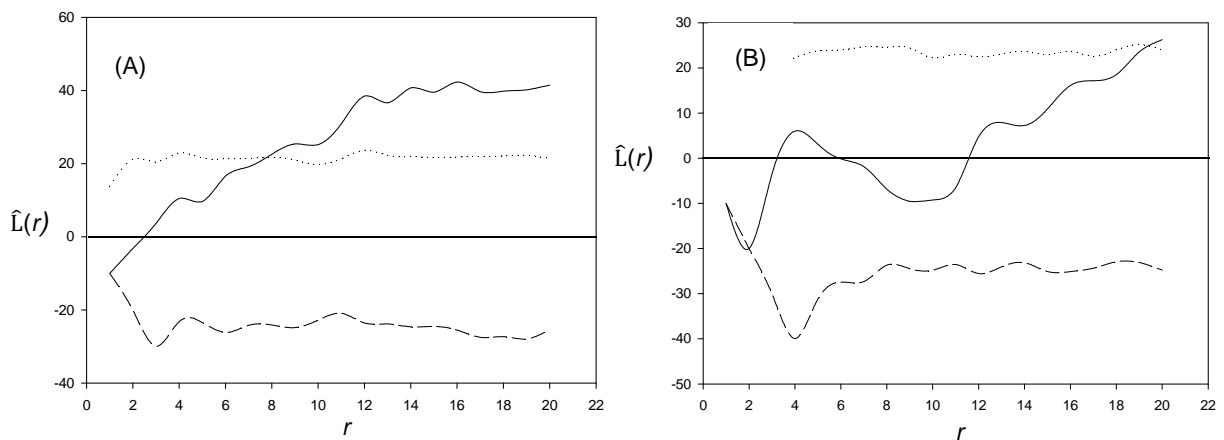


圖6-16. SPA-1樣區植物種內空間分布分析(A)玉山圓柏；(B)玉山杜鵑。  
(資料來源：本研究資料)

## 五、研究成果與建議

### (一)研究成果

1. 雪山地區三六九山莊附近草生地，於2008年12月18日晚上發生火燒，延燒面積約20 ha。火燒29個月後，共記錄且已鑑定之樣區植物22科37屬60種，以菊科6種最多。出現物種數2009年2月14種、4月為15種，9月調查有28種，2010年4月有38種，6月增加至47種，至2011年5月下降為34種；總覆蓋度由2月之3.4%增至9月的34.9%，至2010年4月下降至14.3%，6月總覆蓋度增致53.4%，2011年5月總覆蓋度則下降為38.6%。主要優勢物種為玉山箭竹、高山芒、假繡線菊、臺灣藜蘆、一枝黃花、臺灣粉條兒菜、高山白珠樹及玉山金絲桃等，皆為具地下部萌蘖能力之物種。
2. 三六九山莊草生地之地表火為一個低強度之火燒，其對於物種多樣性的主要作用有二：一方面在短期間內抑制少數優勢物種(此類物種多具萌蘖特性)，使其他較低矮的萌蘖性植物得以不再被壓迫；另一是低強度火燒有助增加新的生育地，其他利用種子等散殖體作為繁殖的物種可以有機會進入生育地內。
3. 雪山地區亞高山草原生態系主要組成為多年生植物，在火後初期，萌蘖型的種類最早佔據火燒後的空地與資源，接著再播種型或部分再萌蘖型的種子苗開始進入，增加火燒跡地的物種多樣性。2009年2月與2009年4月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘖方式快速生長佔據空缺的生育地。2009年9月與2010年4月之豐度比例曲線變化漸趨緩和，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。
4. 火後恢復過程中，物種拓殖率最大值在第1年發生，尤其在2009年9月調查新增物種為2009年4月的100%；隨演替發育，新增物種數漸減，可能反映生育地空間漸達穩定飽和所致。此外，隨著火後環境漸趨穩定，消失(死亡)的物種率亦隨著減少，反映大多數物種對此時環境狀態的適應。
5. 隨著火後時間增加，植物功能群組成亦隨之變化。常綠植物比例在火後2個月達最高，在火後4月最低；在4月之後，隨著火後時間增加，常綠植



物的比例亦增加。多年生萌蘖型的物種在2009年4月最高，然隨著火後時間增加而逐漸遞減；反之，以種子或散殖體拓殖的多年生補充者則是在4月之後隨火後時間增加而逐漸增加。

6. 木本植物之火後反應共調查14種木本植物，裸子植物2科3屬3種，分別為臺灣冷杉、臺灣二葉松與圓柏等3種裸子植物；被子植物6科10屬11種，分別是薔薇科的毛刺懸鉤子、高山薔薇、巒大花楸和假繡線菊，杜鵑科的高山白珠樹、玉山杜鵑和臺灣高山杜鵑，忍冬科的川上氏忍冬，小蘗科的臺灣小蘗，虎耳草科的臺灣茶藨子，以及楊柳科的褐毛柳。本研究區內之裸子植物不具萌蘖性，而被子植物皆具萌蘖性，其中假繡線菊及高山白珠樹於火後之火燒跡地更新較快。
7. 一號圈谷玉山圓柏與玉山杜鵑矮盤灌叢植物社會，玉山圓柏及玉山杜鵑在空間分布距離 $r > 2.5$  m以上有明顯聚集情形。以單一物種玉山圓柏，最大聚集尺度為 $r = 16$  m；玉山杜鵑在 $r < 3$  m及 $r = 6-11.5$  m為均勻分布，其餘距離則為聚集分布，顯示出玉山杜鵑在 $r < 3$  m及 $r = 6-11.5$  m距離尺度時，會有重新生長情形，推測原因可能為玉山杜鵑的枝條受積雪壓力後，重新再次生長。另從圖6-14至圖6-16之距離聚集顯著性推測，推測玉山圓柏競爭能力較玉山杜鵑大。

## (二) 建議

### 1. 立即可行的建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

- (1) 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。
- (2) 為了解高山植群之長期動態變化，提供可以作為各類生物群聚生態研究之共同場域之監測樣區非常重要，應予以長期維護，才能對目標類群提供長期資料，以供生態保育與雪山高山生態系經營管理所需。受到原生育地物種組成、不同火燒時期物種拓殖與死亡、微生育地環境等影響，草生地的時序變化呈現複雜變化，需更長時期的監測觀察才能推測探討亞高山生態系動態演替變化。

## (二)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

建議事項：

- (1)雪山三六九山莊草生地火後2年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。

## 六、參考文獻

- 王忠魁(1974)台灣高山草原之由來及其演進與亞極群落之商榷。生物研究中心專刊4: 1-16。
- 王偉、邱清安、蔡尚惠、許俊凱、曾喜育、呂金誠(2010)雪山主峰沿線植物社會調查研究。林業研究季刊32(3): 15-34。
- 余新曉、岳永杰、王小平(2010)森林生態系統結構及空間格局。科學出版社。北京。共245頁。
- 呂金誠(1989)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
- 呂金誠(1990)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學實驗林研究彙刊20(2): 1-15。
- 呂金誠(1999)武陵地區雪山主峰線植群調查與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共93頁。
- 呂福原、歐辰雄、廖秋成、陳慶芳(1984)林火對森林土壤及植群演替影響之研究(二)。嘉義學報10: 47-72。
- 林永發、邱清安(2002)環山與雪山東峰火燒後植群之變化。內政部營建署雪霸國家公園管理處。全38頁。
- 林朝欽(1993)玉山、太魯閣及雪霸地區國有林森林火災之研究。中華林學季刊26(2): 51-61。
- 林朝欽、陳子英(2002)林火對森林植群多樣性之影響。2002年生物多樣性保育研討會論文集pp.121-142。農委會特有生物研究保育中心。
- 邱清安(2006)應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
- 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育(2008)臺灣潛在植群形相分類方案。林業研究季刊30(4): 89-112。
- 邱清安、曾彥學、王志強、廖敏君、曾喜育(2010)臺灣高山寒原植群之商榷及其在生態氣候觀點下的潛在位置。林業研究季刊32(3): 89-102。
- 柳檣(1963)小雪山高山草原生態之研究。林試所報告第九十二號。
- 陳明義(1997)野火對環山、雪山地區植群影響之研究I。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 陳明義(1998)野火對環山、雪山地區植群影響之研究II。內政部營建署雪霸國

- 家公園管理處委託研究報告。
- 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠(1986)東卯山臺灣二葉松林火後第一年之植群演替。中華林學季刊19(2): 1-15。
- 郭城孟(1990)墾丁國家公園既有路徑沿線植物生態基礎資料調查及其解說教育系統規劃研究，墾丁國家公園管理處。
- 陳隆陞(1995)玉山塔塔加森林火燒跡地生態環境變遷及保育措施之研究。國家公園學報 6(1): 25-46。
- 曾彥學 鄭婷文 王秋美 劉思謙(2010)雪山地區高山生態系整合研究-維管束植物調查及植相研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告。共53頁。
- 楊建夫(2006)冰河曾經來過-雪山圈谷。內政部營建署雪霸國家公園管理處，共90頁。
- 趙安玖、胡庭興、黃從德、陳小紅(2008)山地常綠落葉闊葉林空間點格局特徵。浙江林業科技 28(4): 1-7。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1978)大甲溪上游臺灣二葉松天然林之群落組成及相關環境之研究。國立臺灣大學實驗林研究報告121: 207-239。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥(1984)臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制。中華林學季刊 17(1): 1-32。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥(1984)臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制。中華林學季刊 17(1): 1-32。
- 歐辰雄、呂金誠、曾彥學(2006)雪霸國家公園植群分類及空間分布之研究(一)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 歐辰雄、呂金誠、曾彥學(2007)雪霸國家公園植群分類及空間分布之研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 賴國祥(2003)臺灣亞高山地區的林火生態。林火生態與管理研討會，第49-52頁。農委會林務局、臺灣生物多樣性保育學會。
- 賴國祥(2005)合歡北峰臺灣二葉松林火燒後之天然更新。特有生物研究7(1): 61-68。
- 賴國祥、陳明義(1992)合歡北峰臺灣二葉松林火燒後之植群與嚙齒類消長。中華林學季刊25(2): 33-42。
- Austin, M. P.(1977)Use of ordination and other multivariate descriptive methods to study succession. Vegetatio 35: 165-175.
- Bader, M., I. van Geloof, and M. Rietkerk(2007)High solar radiation hinders tree

- regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Vegetatio* 191(1): 33-45.
- Bell, D.(2001)Ecological response syndromes in the flora of southwestern Western Australia: fire reproters versus reseeders. *The Botanical Review* 67(4): 417-440.
- Bond, W. J. and J. J. Midgley(1995)Kill the neighbour: an individualistic argument for the evolution of flammability. *Oikos* 73, 79-85.
- Böse, M.(2006)Geomorphic altitudinal zone of the high mountains of Taiwan. *Quaternary International* 147: 55-61.
- Buhk, C., P. S. Gómez and I. Hensen(2005)Plant regeneration mechanisms during early post-fire succession in south-eastern Spain. *Feddes Repertorium* 116(5-6): 392-404.
- Camarero, J. J., E. Gutiérrez, M.-J.Fortin(2000)Boundary detection in altitudinal treeline ecotones in the Spanish Central Pyrenees. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32(2): 117-126.
- Cierjacks, A., S. Salgado, K. Wesche and I. Hensen(2008)Post-Fire Population Dynamics of Two Tree Species in High-Altitude *Polylepis* Forests of Central Ecuador. *Biotropica* 40(2): 176-182.
- Clément, B. and J. Touffet(1990)Plant strategies and secondary succession on Brittany heathlands after severe fire. *J. Vegetation Science* 1: 195-202.
- Collins, S. L. and S. M. Glenn(1997)Intermediate disturbance and its relationship to within- and between-patch dynamics. *New Zealand Journal of Ecology* 21: 103-110.
- Collins, S. L., S. M. Glenn and D. J. Gibson(1995)Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect. *Ecology* 76: 486-492.
- Connell, J. H.(1978)Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- De Las Heras, J., A. I. Gonzalez-Ochoa and P. TORRES(2002)Afforestation of burnt forests using mycorrhized *Pinus halepensis* and *P. pinaster* saplings. En: Trabaud L., Prodon R.(eds). *Fire and Biological Processes*. Backhuy Publishers, Leiden, The Netherlands. pp. 255-263.

- Denslow, J. S.(1980)Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica* 12(Supplement): 47-55.
- Eggers, L. and M. L. Porto(1994)Ac,ãõ do fogo em uma comunidade campestre secundaria, analisada em bases fitossociologicas. *Bol. Inst. Biocie^ncias UFRGS* 53: 1-88.
- Engle, D. M., M. W. Palmer, J. S. Crockett, R. L. Mitchell and R. Stevens(2000)Influence of late season fire on early successional vegetation of an Oklahoma prairie. *Journal of Vegetation Science* 11: 135-144.
- Eshel, A., N. Henig-Sever and G. Ne'eman(2000)Spatial variation of seedling distribution in an east Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession. *Vegetatio* 148(2): 175-182.
- Germino, M. J., W. K. Smith and A. C. Resor(2002)Conifer seedling distribution and survival in an alpine-treeline ecotone. *Vegetatio* 162(2): 157-168.
- Ghermandi, L., N. Guthmann and D. Bran(2004)Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *Journal of Vegetation. Science* 15: 67-76.
- Grabherr, G., M. Gottfried and H. Pauli(1994)Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Guo, Q.(2001)Early post-fire succession in California chaparral: Changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecological Research* 16: 471-485.
- Harsch, M. A., P. E. Hulme, M. S. McGlone and R. P. Duncan(2009)Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters* 12(10): 1040-1049.
- Heltsh, J. F. and T. A. Ritchey(1984)Spatial pattern detection using quadrat samples. *Biometrics* 40(4): 877-885.
- Holdridge, L. R.(1947)Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105: 367-368.
- Holtmeier, F.-K.(2003)Mountain timberlines-ecology, patchiness, and dynamics. *Advances in global change research vol. 14. Kluwer Academic, Dordrecht.* 369 pp.
- Hsieh, C. F.(2003)Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. p. 1-14 in Boufford, D. E., C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, C. I Peng, J. L. Tsai and K. C. Yang(2003)Flora of Taiwan 2nd.

343 pp.

- Huston, M. A.(1979)A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist* 113: 81-101.
- Kalamees, R., K. Püssa, I. Vanha-Majama, and K. Zobel(2005)The effects of fire and stand age on seedling establishment of *Pulsatilla patens* in a pine-dominated boreal forest. *Canadian Journal of Botany* 83(6): 689-693.
- Kazakis, G., D. Ghosn, I. N. Vogiatzakis, and V. P. Papanastasis(2007)Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. *Biodiversity and Conservation* 16: 1603-1615.
- Kemball, K. J., G. G. Wang, and A. R. Westwood(2006)Are mineral soils exposed by severe wildfire better seedbeds for conifer regeneration? *Canadian Journal of Forest Research* 36(8): 1943-1950.
- Körner, C. and J. Paulsen(2004)A world-wide study of high altitude treeline temperature. *Journal of Biogeography* 31: 713-732.
- Körner, C.(1998)A Re-Assessment of High Elevation Treeline Positions and their Explanation. *Oecologia* 115: 445-459.
- Körner, C.(2003)Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. John Wiley & Sons, Berlin. 344 pp.
- Luciana, G., G. Nadia and B. Donaldo(2004)Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Vegetation Science* 15: 67-76.
- McCune, B. and M. J. Mefford(1999)*Multivariate Analysis of Ecological Data*, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Núñez, M. A. and E. Raffaele(2007)Afforestation causes changes in post-fire regeneration in native shrubland communities of northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 18(6): 827-834.
- Ojeda, F., F. G. Brun and J. J. Vergara(2005)Fire, rain, and the selection of seeder and resprouter life-histories in fire-recruiting, woody plants. *New Phytol* 168: 155-165.
- Overbeck, G.E., Müller, S.C., Pillar, V.D., Pfadenhauer, J., 2005. Small-scale dynamics after fire in South Brazilian humid subtropical grassland. *J. Veg. Sci.* 16, 655–664.
- Pauli, H., M. Gottfried and G. Grabherr(2001)High summits of Alps in a changing

- climate. In: Walter A., A. Burga, P. J. Edwards(eds)Fingerprints of climate change, adapted behavior and shifting species range. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp139-149.
- Pauli, H., M. Gottfried and G. Grabherr(2001)High summits of Alps in a changing climate. In: Walter A., A. Burga, P. J. Edwards(eds)Fingerprints of climate change, adapted behavior and shifting species range. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp139-149.
- Peterson, D. W. and P. B. Reich(2008)Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone. *Plant Ecol.* 194: 5-16.
- Pickering, C., W. Hill and K. Green(2008)Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17(7): 1627-1644.
- Schoennagel, T., T. T. Veblen and W. H. Romme(2004)The interaction of fire, fuels, and climate across Rocky Mountain forests. *BioScience* 54, 661-676.
- Sousa, W.P.(1984)The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15: 323-391.
- Su, H. J.(1984a)Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(1): Analysis of the variations in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(3): 1-14.
- Ter BRAAK, C. J. F.(1985)Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics* 41: 859-873.
- Ter BRAAK, C. J. F.(1986)Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique formultivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter BRAAK, C. J. F.(1987)The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
- Tilman, D.(1982)Resource competition and community structure. *Monographs in population biology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Vogl, R. J.(1974)Effects of fire on grasslands. In: Kozlowski, T.T., Ahlgren, C.E.(Eds.), *Fire and Ecosystems*. Academic Press, New York pp. 139-194.
- Wahren, C-H. A., W. A. Papst and R. J. Williams(2001)Early post-fire regeneration



in subalpine heathland and grassland in the Victorian Alpine National Park, south-eastern Australia. *Austral Ecology* 26: 670-679.

Wielgolaski, F. E.(1997)Adaptions in plants. pp. 7-10 in F. E. Wielgolaski, editor. *Ecosystem of the World 3-polar and alpine tundra*. Elsevier, Amsterdam.

Zalmen, H., G. S. No'am, N-M. Imanuel and K. Uzi(1999)Secondary succession after fire in a Mediterranean dwarf-shrub community. *J. Vegetation Science*. 10: 503-513.

Zimmermann, J., S. I. Higgins, V. Grimm, J. Hoffmann, T. Münkemüller and A. Linstädter(2008)Recruitment filters in a perennial grassland: the interactive roles of fire, competitors, moisture and seed availability. *Journal of Ecology* 96(5): 1033-1044.



## 第七章 高山昆蟲多樣性及功能群研究

葉文斌、李蕙宜

國立中興大學昆蟲學系

### 摘要

關鍵詞：高山昆蟲、昆蟲相、昆蟲棲群變動、昆蟲功能群

#### 一、研究緣起

台灣位於亞洲東南方，地理上是熱帶及亞熱帶的氣候分佈區，卻又有大面積的高山溫帶環境，甚至是3,500 m以上的寒原地帶，在這特殊的環境下，台灣高山寒原昆蟲組成的演化來源及適應狀態，均將是全世界重要的一個資料庫。若另從食物鏈及生態功能的角度來看，高山寒原生態系食物鏈短，能量流動簡單，其生態功能群組成也相對較為單純，昆蟲在消費者及分解者的功能扮演上較易掌握。本計畫希望可以釐清雪山高海拔地區的昆蟲群聚組成、季節性動態、分佈變化及生態功能。

#### 二、研究方法及過程

根據雪山地區的地形及海拔高度，採穿越線於共有樣區收集昆蟲，每一樣段沿路掃網採集分別針對特定路段的植物收集，像芒草、箭竹及冷杉；針對各主要開花植物的花器，分別掃網收集昆蟲；針對上述不同植被土壤固定面積地表的枯枝落葉蒐集；於樣區設置馬氏網誘捕林中飛行之昆蟲；存證標本保存在95%酒精中；分蟲鑑定至目及科級分類單位。

#### 三、重要發現

2009年至2011年6月雪山主東峰線高海拔各樣區間植物上昆蟲之形態種及個體數，整體來講以同翅目、雙翅目、膜翅目及彈尾目最多。雪山各海拔樣區優勢昆蟲類群為同翅目、雙翅目、膜翅目、彈尾目、鞘翅目。海拔3,300 m以上的SPA1及SPA2，6-8月為主要出現時間，應為一年一代；海拔低的SPA5 及SPA6冬季也不一定少，可能有一年兩代的昆蟲，另有不少偶發性的大量昆蟲，目前尚無法掌握其變動特性。科級昆蟲數量及組成的空間分析顯示，不同海拔昆蟲組成不同，SPA1及SPA2較相似，SPA5及SPA6彼此相似；同樣海拔高度的樣區中，不同植物上所捕獲的昆蟲組成有很大差別。多樣性及物種豐富度分析顯示雙翅目及膜翅目的多樣性及物種豐富度最高，同翅目及彈尾目數量雖多，但多樣性及物種豐富度很低。各樣區主

要科群，大體一致；同翅目以木蝨、葉蟬、蚜蟲及飛蝨為主；雙翅目以搖蚊、黑翅蕈蚋、舞虻及蚤蠅為主；膜翅目以姬蜂、絨小蜂及各類細蜂為主；彈尾目為長角跳蟲；鞘翅目為隱翅蟲、金花蟲及象鼻蟲為主。各優勢科昆蟲多是海拔越高數量漸減，但木蝨科海拔越高數量越多，蚜蟲及隱翅蟲在各海拔都很多；另外除SPA1外，象鼻蟲在各海拔也都多。在不同海拔樣區的昆蟲食性組成相似，植食性昆蟲佔最大比例，但最高海拔的SPA1捕食者所佔的比例非常少。總蟲數及生物量大致上一致，海拔越高蟲數及生物量越少；體型較大的革翅目及直翅目等昆蟲數量雖不很多，但生物量的貢獻卻比體型小數量多的彈尾目昆蟲大。

#### 四、主要建議事項

根據本研究於雪山地區各樣區昆蟲採樣分析結果，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

##### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學

建議事項：

應長期規律性的調查，以釐清偶發性的大量昆蟲是否有幾年一次大發生的現象；另可知一年四季的昆蟲組成變動及優勢昆蟲類群；也可了解高海拔昆蟲是否有一年兩代的可能性。建立各海拔代表性昆蟲圖鑑及說明。

##### (二)中長期建議

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：雪霸國家公園管理處、國立中興大學

建議事項：

雪山高海拔昆蟲並不足以代表台灣所有高海拔昆蟲特性?應增加其他高海拔區域的昆蟲項調查，除建立完整台灣高海拔昆蟲棲群組成、分佈變化及季節變化外，也可了解各國家公園間的昆蟲資源的差異。高海拔昆蟲多數與中國大陸溫帶地區及西南高山地帶的昆蟲有相關性，建議進一步進行中國地區的相關研究，以釐清台灣高山昆蟲的起源及環境適應機制。

## Abstract

【Keywords】 Alpine insect, Insect dynamics, Insect fauna, Functional groups

The alpine insect fauna along the Syue Mountain trail were determined via sweeping net and litters every two months. Sampling areas in 4 different altitude transactions, i.e. the altitude between 2,500-2,900m, between 2,900-3,100m, between 3,200-3,400m, and more than 3,500m according vegetation zone were designed. More than 120,000 individuals within 17,000 morphospecies of ~160 families were collected and identified in 16 insect orders now. The primary five insect orders in alpine region are Homoptera, Diptera, Hymenoptera, Collembola, and Coleoptera. Alpine insect fauna was affected significantly by temperature, especially during winter season, which reduced insect amount either in individuals, morphospecies, or families. In high alpine areas (SPA1 and SPA2), large amount of insect was appearance during June to August; however, in SPA5 and SPA6, the insect amount is also high in winterseason. Insect composition was different significantly in the family level at different vegetable habitats and sampling zones. Indexes of diversity and species abundance show high in Diptera and Hymenoptera and low in Homoptera and Collembola. Dominant families, found in all sampling region, in orders of Homoptera, Diptera, Hymenoptera, Collembola, and Coleoptera are Psyllidae-Cicadellidae-Delphacidae, Chironomidae-Sciaridae-Phoridae, Ichneumonidae-Proctotrupoids-Eulophidae, Entomobryidae, and Chrysomelidae-Curculionidae-Staphylinidae, respectively. Moreover, individuals of these dominant insect families were regularly decreased with the increasing altitude of sample area except Psyllidae, Staphylinidae, and Curculionidae. Functional groups were defined in families; and phytophagous insects constituted more than predators and decomposers; and predator was particularly few in SPA1. Biomass was decreased with the increasing sampling altitude. Moreover, specimens with large body size of orthopteran and dermapteran have contributed more to the biomass than those in large number and tiny size, such as collembolan.

## 一、研究緣起與背景

台灣位於亞洲東南方，周圍為海洋阻隔，夏季有西南氣流，冬季有東北季風的洗禮；地理上是熱帶及亞熱帶的氣候分佈區，卻又有大面積的高山溫帶環境，甚至是3,500 m以上的高山寒原地帶，不難想像在這特殊的環境下，台灣高山寒原昆蟲組成的研究，不僅是全球少數的幾個特殊的研究地點，其特殊的演化來源及適應狀態，均將是全世界重要的一個資料庫。在3,000 m以上高海拔山區，箭竹草原、冷杉林與高山寒原是重要的特質，海拔3,500 m森林界線以上的高山寒原，更是氣候變遷最敏感的地帶；配合相關測候資料，是研究高山箭竹、冷杉及灌木等森林界線推移最適宜的地區。此外，居住此環境下的昆蟲，也有其獨特的適應狀態，台灣高山昆蟲組成，部分受喜馬拉雅山系影響，部分與東亞北方相似，有不少是冰河期後的殘存種，因長久隔離所以有許多成為特有種或特有亞種。若另從食物鏈及生態功能的角度來看，昆蟲群聚之組成及生態功能，可探討初級消費者、次級消費者及分解者食物鏈之主要架構；高山寒原生態系食物鏈短，能量流動簡單，其生態功能群組成也相對較為單純，昆蟲在消費者及分解者的功能扮演上較易掌握。

雪山地區海拔3,500 m以上之地區每年可以有4個月的降雪期，可以預見降雪時期的冬春季節與非降雪時期的夏秋季節的環境驟變，對昆蟲的存活及組成影響大。台灣昆蟲能否在短短300萬年內演化出此一高山昆蟲的特性，有待本研究的資料累積及分析。針對藉由雪山地區昆蟲的定期調查，除可建立高海拔之昆蟲組成分佈外，也可揭開高山昆蟲相成因，尤其是其適應起源的神秘面紗。雪山地區中高海拔地區的昆蟲有著明顯的棲群變動，除常見的昆蟲一年四季均可見外，尚有很多如下所敘季節性才出現的昆蟲。

在過去幾年的資料累積下顯示，高山昆蟲的生活史歧異甚大，有不少是一年多代，多數為一年一代，甚至有可能多年一帶的現象，不少一年一代的蟲子均僅是出現1-2個月的時間；有些昆蟲像巨山蟻、馬醉木木蠹、杜鵑蚱蟲及雲杉球蚱均顯示，有三、四年為一週期的大發生現象。

在全球暖化的陰影下，全世界各地的學者都在想辦法提供這方面的生物數據，來告知是人全球暖化對於人類的嚴重衝擊。台灣的高海拔的獨特

環境受暖化的衝擊應該會很嚴重，尤其是雪山海拔3,500 m以上的圈谷寒原，其生物相的特殊性，更首當其衝。因此，若以圈谷的生物為研究材料，監測其受暖化衝擊的影響，當可加速世人對暖化影響的注意。在圈谷中的常綠植物僅有玉山圓柏、玉山杜鵑及部分的冷杉。每年的12月到3月間若有大寒流來，則都會有積雪。五月到十月之間會有一些小灌木及雜草生長，尤其是在七月到九月間，有不少的開花植物，會有不少的訪花昆蟲出現。在常綠的三種灌木中，在有些季節杜鵑上會有密密麻麻的蚜蟲取食，在7-9月時圓柏上會有密密麻麻的木蝨取食；而冷杉上也會有另一種木蝨取食。其餘昆蟲，像大蚊、搖蚊、蝗蟲、沫蟬、蜘蛛等，則較未有季節的特性。在功能群特性上，植食性的蚜蟲、木蝨、沫蟬、蝗蟲等提供了像寄生蜂、蜘蛛、鳥類等捕食者大量的食物來源，在這些昆蟲死之後落入土中也成為腐食者雙翅目幼蟲的絕佳食物來源。

高山生態系雖然穩定，但因環境惡劣，環境若被破壞難以復原，可能需百年以上，像雪山東峰森林大火，已近十年，灌木的生長復原幾無；而369山莊附近的大火更將已長成的小數苗盡數焚燬，不知何時才能復原。此均凸顯此種高山地區特性的生態系保護的重要性，更應建立生態基本資料。本計畫以雪山地區及圈谷寒原比較昆蟲的多樣性組成及其生態功能角色，按期調查分析，希望可以釐清雪山高海拔地區的昆蟲季節性動態、群聚組成及生態功能。

針對高海拔之昆蟲相設計相關之研究主題，希望可以釐清雪山地區高海拔地區的昆蟲季節性動態及組成改變。雖有不少調查報告均提到台灣的高山昆蟲，但是這些報告多數幾乎僅涉及到2,000~3,000 m的昆蟲，較具高海拔昆蟲特性的科學調查研究，也僅有海拔3,200 m的合歡山區，針對該地區箭竹草原(陳及林, 1989)及池沼的昆蟲相進行調查(林等人, 2006)；陳及林指出，箭竹草原的昆蟲以六月到十月為出現高峰，且昆蟲的密度受箭竹的組成影響，掃網的主要昆蟲為葉蟬、搖蚊及蚜蟲，而水果腐肉陷阱主要為跳蟲及螞蟻；林等人(2006)池沼的水生昆蟲指出以搖蚊科為主幾乎佔39%的數量；何(2004)則提到塔塔加地區的土壤表層以跳蟲居多，地上部份則以同翅目、鞘翅目及雙翅目居多；而Kano及Yosimura (1934)調查指出，雪山地區幾個高山湖泊以石蠶蛾、晏蜓、豆龍蟲及水黽為主；連及楊(2000)指出高山甲蟲研究上的困難。其餘高山昆蟲相關研究則多低於海拔3,000

m；何等人(1997)及Otsu等人(1992)指出海拔2,500 m的七彩湖以石蠶蛾、搖蚊、晏蜓及豆龍蟲為主。楊及徐在太魯閣國家公園的調查以中橫沿線為主(78、80、81、82、88、95、96)，雖對太魯閣國家公園的部分高山地區進行研究，但其採及次數及時間並無法全面看出高海拔昆蟲的變動，且其甚少觸及3,500 m以上之高海拔昆蟲分佈；其中提及並在南湖北峰一帶可發現曙鳳蝶等七種鳳蝶，台灣粉蝶等三種粉蝶，永澤蛇目蝶等十餘種蛺蝶及阿里山琉璃小灰蝶；其餘少數稻蝗、蜻蜒、素木氏虎甲蟲、步行蟲、蟻塚蟲、小蠹蟲、紅螢及熊蜂等零星紀錄。



## 二、研究設計

### (一)研究地點

目前於雪霸國家公園境內所進行的採集，每兩月採集一次；已完成2009年2月至2011年12月的採集，鑑定分析到2011年6月的掃網(SWP)樣本。依據陷阱的設計可分為枯落葉(LIT)及掃網(SWP)的蒐集，之後將所得樣本帶回實驗室進行分蟲及鑑定至科級。在掃網部分，分別在雪山主峰步道沿線，自七卡山莊起(海拔2,500 m)至雪山主峰(海拔3,886 m)；以Su(1984)之海拔高度帶、植群帶及氣候帶特性選定高海拔之穿越線樣區，配合本研究計畫之共同採樣點，包括SPA-1(圈谷)樣區、SPA-2(黑森林水源地)樣區、SPA-3(黑森林邊緣)、SPA-4(火燒地)、SPA-5(雪山東峰)樣區及SPA-6(七卡山莊)樣區等不同海拔高度之樣區。於枯落葉部分，則以上述採集樣區各植物形態分別收集，調查枯落葉內之昆蟲組成變異。

### (二)研究方法

#### 1.採集及調查方法：

根據雪山地區的地形及海拔高度，於共同樣區沿路掃網採集分別針對特定路段的箭竹、芒草及灌木等不同植物收集。另針對各主要開花植物的花器，分別掃網定量收集昆蟲。針對不同植被土壤固定面積地表的枯枝落葉蒐集，再以柏氏漏斗(Berlese funnel)將蟲篩出，並配合土壤調查測土壤特性對昆蟲組成的影響。

(1)掃網(sweeping net, SWP)；高海拔昆蟲之調查用沿途掃網之方式，掃取山徑兩旁兩公尺內之昆蟲，依樣段及不同植被方式收集昆蟲。網柄長度以個人身高為限。網得之昆蟲均裝於10號夾鍊袋中，標記採集日期、地點及方法，帶回實驗室進一步處理。

(2)枯落物收集(litters, LIT)；每一小樣區均收集一包10號夾鍊袋之枯落物及部份腐植土；以柏氏漏斗分離(Berlese funnel method) 植物分解者及土棲昆蟲。

#### 2.樣本處理保存及管理

(1)採得落葉及腐植土分別裝入採樣袋(10號夾鍊袋)；並將樣品編號放入袋中。

(2)以60W燈泡照射5-7天。

(3)收集標本浸泡於酒精中，標上標籤，再進一步分科分析處理。

馬氏網；架於森林內，誘捕林中飛行之昆蟲。

標後之存證標本，依掃網(sweeping net, SWP)及枯落葉物搜集(litters, LIT)等代碼編寫每一件存證標本之編碼，以便日後再比對管理。浸液標本保存在95%酒精中。

### 3.樣本處理及鑑定流程

- (1)分蟲；編標本碼→登錄採集資料(如採集日期、地點、方法、採集者)。
- (2)鑑定；填鑑定資料表，主以各目、科及形態種為分類依據。鑑定方法及參考昆蟲分類及圖鑑相關書籍。此外，更建立各昆蟲個體之體長資料，以評估其相對之生物量。
- (3)輸入資料庫以便分析。應用Excel 製作各類圖表。

### 4.分析方法

- (1)高山生態系昆蟲各海拔樣區的組成及多樣性變動分析。
- (2)不同植被環境，如箭竹、芒草、灌木的昆蟲組成分析。
- (3)高山生態昆蟲系消費者、分解者等的組成分析。
- (4)測量昆蟲體長推估其相對生物量；藉由各昆蟲分類群特性之推估為體型之參數，計算各類群昆蟲之體型指標值，以推算其生物量。
- (5)火燒地昆蟲之變動狀態。

### 三、結果

各主要植被包括芒草、草原箭竹、林下箭竹、灌木、冷杉、杜鵑、圓柏等優勢植物，分別掃網收集；以下主要以2009年2月至2011年6月間所採得的樣本進行分析討論。

#### (一)高海拔各樣區植物上各目昆蟲之形態種及個體數變化

共計累積昆蟲綱16目120,616隻昆蟲，形態種共有17372種；昆蟲綱下各目昆蟲數依其所占總數百分比後可知，雪山上優勢的昆蟲類群分別為同翅目(40.5%)>雙翅目(23.9%)>彈尾目(14.4%)>膜翅目(9.4%)>鞘翅目(4.3%)，形態種數的優勢類群分別為膜翅目>雙翅目>同翅目(圖7-1、表7-1)。

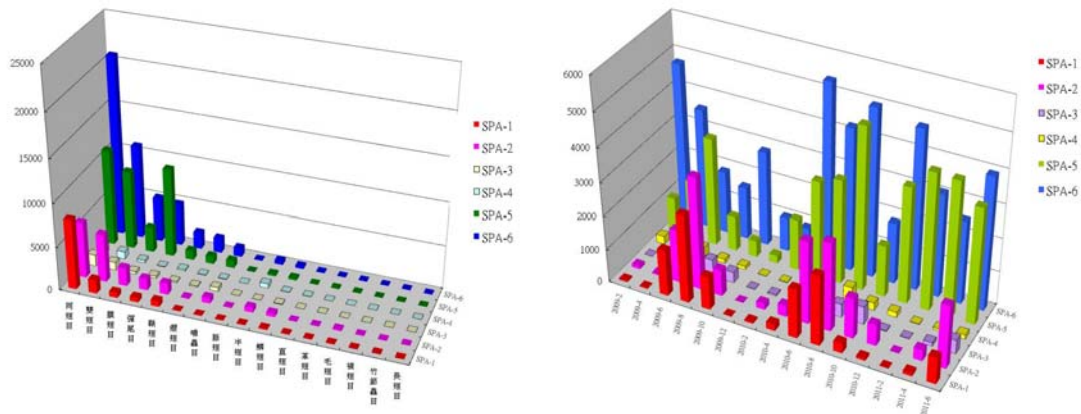


圖7-1. 各目昆蟲及各季節昆蟲於各海拔樣區的分布變化。  
(資料來源:本研究資料)

雪山各樣區植物上各月分所得昆蟲之數量示如圖7-1及表7-2，其中有些月份無法取樣:包括:SPA-3樣區在2009年8月份後才有數據資料，圈谷在2009年12月、圈谷與黑森林在2011年2月皆因積雪無法取得樣本；排除上列因素後，綜合各月份的資料分析可知，SPA-1與SPA-2的蟲數集中在6-10月出現分別為SPA-1有9,673隻(佔965%)、SPA-2有13,944隻(佔90%)，穩定以8月到達數量高峰。於2009年SPA-5在2-6月間的昆蟲數量有隨各月份漸升的趨勢。SPA-5的昆蟲數量高峰2009年在6月而2010年則在8月，而SPA-6的昆蟲數量在2009年2月達到高峰，2010年則是至4月才達高峰；2010年似乎蟲數爆發較去年延遲一至兩個月。

整體來說，以低海拔SPA-5與SPA-6的蟲數量最多，兩樣區的總蟲數佔目前所取得蟲數(93,352隻)的7成(66,223隻)，撇除採樣較不完整的SPA3與火燒地SPA4後可知，海拔越高蟲數越多。

表 7-1. 高海拔各樣區植物上所得昆蟲之形態種數與數量變化表

目中名	SPA-1		SPA-2		SPA-3		SPA-4		SPA-5		SPA-6		總量	
	形態種	數量	形態種	數量	形態種	數量	形態種	數量	形態種	數量	形態種	數量	形態種	數量
同翅目	243	8081	515	6451	123	1327	187	1086	1079	11108	1264	20789	3411	48842
膜翅目	182	614	929	2104	191	313	119	301	1331	2906	2283	5128	5035	11366
雙翅目	500	1584	876	5549	175	932	226	837	1218	9066	1637	10868	4632	28836
纓翅目	11	14	55	87	25	110	22	38	172	868	297	1697	582	2814
鞘翅目	66	674	189	1306	36	126	41	175	346	1048	611	1906	1289	5235
嚙蟲目	15	18	168	651	55	440	18	46	136	839	233	1011	625	3005
彈尾目	70	529	73	1328	28	276	10	35	170	10221	210	4848	561	17237
脈翅目	1	1	20	30	7	7	1	2	13	19	44	51	86	110
半翅目	17	40	70	553	11	11	34	495	88	215	171	423	391	1737
鱗翅目	52	97	144	401	29	45	22	23	169	247	188	270	604	1083
直翅目	5	10	0	0	1	1	9	24	10	14	37	54	62	103
革翅目	3	8	7	8	1	3	0	0	12	20	11	17	34	56
毛翅目	1	6	18	117	0	0	0	0	11	18	16	27	46	168
積翅目	0	0	2	9	0	0	0	0	1	1	0	0	3	10
竹節蟲目	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8	11	9	12
長翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
總量	1166	11676	3066	18594	682	3591	689	3062	4758	36592	7011	47101	17372	120616

(資料來源:本研究資料)

表 7-2. 雪山各樣區植物上各月分所得昆蟲之數量

月分 \ 樣區	SPA-1	SPA-2	SPA-3	SPA-4	SPA-5	SPA-6
2009-2	44	99	0	240	1037	4747
2009-4	23	33	0	0	1741	3568
2009-6	1380	1586	0	279	3218	1854
2009-8	2627	3349	496	120	1037	1564
2009-10	994	793	323	97	490	2826
2009-12	0	3	7	3	236	1002
2010-2	50	187	44	18	1531	884
2010-4	205	333	146	51	2867	5357
2010-6	1481	2475	537	489	3090	4235
2010-8	2092	2645	393	487	4817	4982
2010-10	301	1213	533	227	1540	1822
2010-12	72	638	20	156	3456	4743
2011-2	0	0	7	14	4060	3076
2011-4	100	334	107	62	4022	2485
2011-6	798	1883	412	130	3450	3956

(資料來源:本研究資料)

## (二)昆蟲於各海拔樣區植被上的相對組成植物來源不同蟲相不同

依照不同植物掃網取得來的昆蟲相分別去看空間分佈，以瞭解是否蟲相與樣區及植物相不同有關，經排序做降趨對應分析後可得到圖7-2，距離越進表示昆蟲組成差異越小，由圖可知SPA5草原箭竹與SPA6草原箭竹昆蟲組成較相近，SPA1圓柏、SPA1杜鵑、SPA2冷杉較相近，SPA6芒草、SPA5

芒草、SPA6灌木較相近，SPA2箭竹與SPA6灌木較相近；不同海拔的林下箭竹、草原箭竹、芒草彼此相近，SPA1、SPA2蟲相皆仍與SPA5與SPA6差異很大，除了SPA2箭竹與SPA5灌木之外。顯示不同海拔的植物相相同其昆蟲相也較相近。

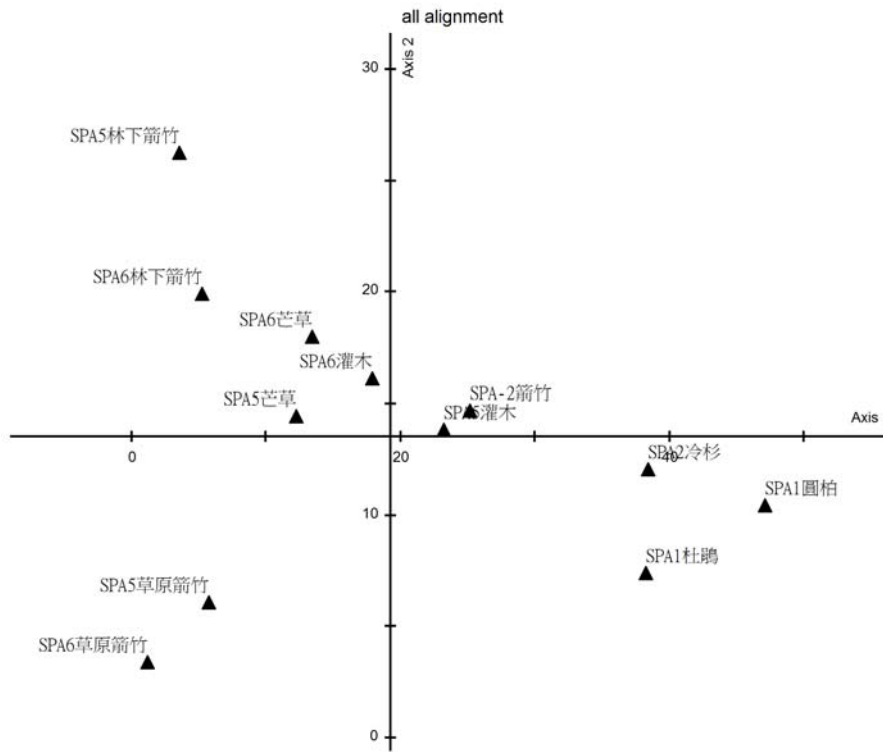


圖7-2. 昆蟲於各海拔樣區植被上的相對組成分布  
(資料來源:本研究資料)

### (三)各海拔樣區科級豐富度及多樣性指數

各海拔樣區各科數量及個體數量差別很大，為釐清昆蟲各目在各海拔樣區的歧異度及相對數量，應用多樣性指數及豐富度指數探討其變化過程。

同翅目(圖7-3)：多樣性指數多在1-2以下，各海拔變動狀況並不一致；SPA1最低，但SPA2常比SPA5及SPA6高；SPA1的4-10月都可能高，2及12月最低；SPA2的10-12月都可能高，2月最低；SPA5在6-8月最高，12月最低；SPA6在8月最高，12-2月最低。豐富度顯示都小於12；SPA1及SPA2於8月最高，12月或2月最低；SPA5及SPA6均比SPA1及SPA2還高，大概都在12月最低，其餘月份都高。

同翅目

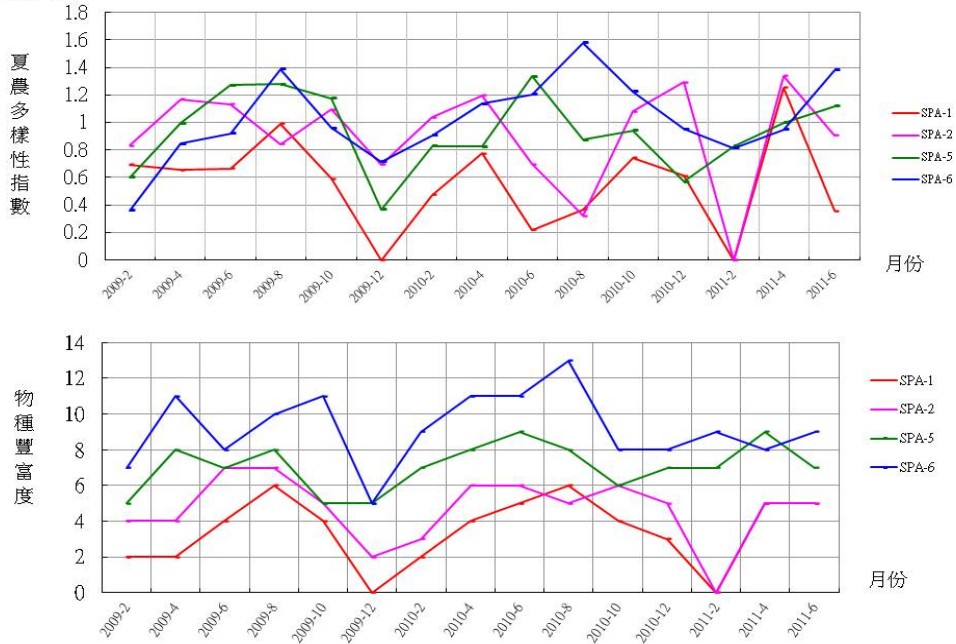


圖7-3. 同翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

雙翅目(圖7-4)：多樣性指數達2.5，整體規律，6-8月最高，12-2月最低；SPA5及SPA6比SPA1及SPA2還高。豐富度達33，整體也有規律性，6-8月最高，12-2月最低；SPA5及SPA6均比SPA1及SPA2還高。

雙翅目

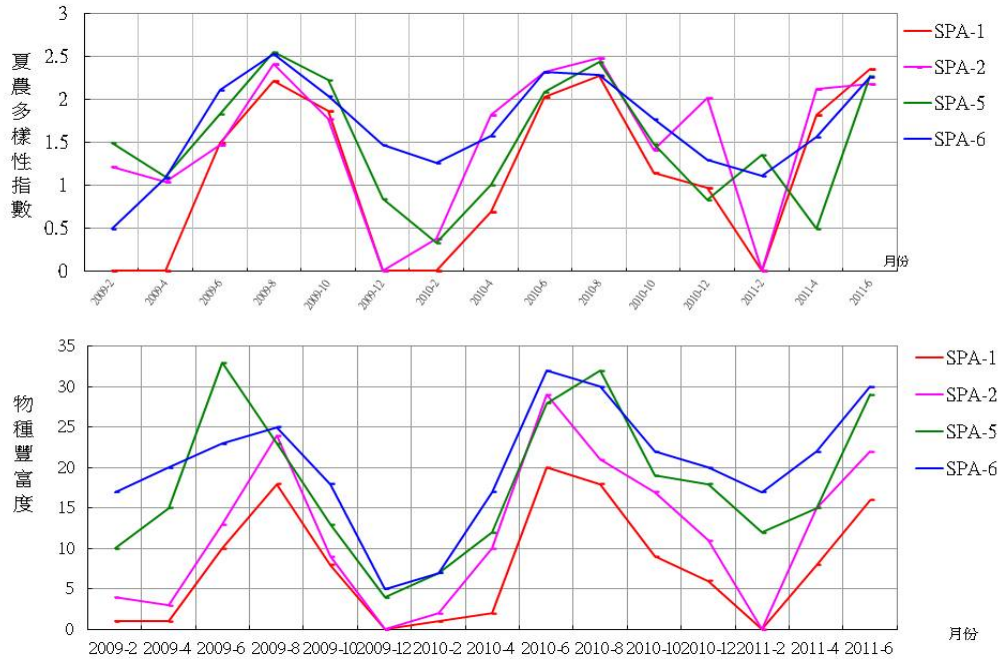


圖7-4. 雙翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)



膜翅目(圖7-5)：SPA5及SPA6較一致，僅在2009年12月較低，其餘時間都維持在2-2.5之間；SPA1在12月、2月、4月最佳，SPA2僅在12月最低；基本上海拔越高，多樣性越低。豐富度達25；海拔越高豐富度越低，SPA1及SPA2在12-4月最低，在6月至8月最高；SPA5及SPA6在12月及2月最低，2011年未明顯減少。

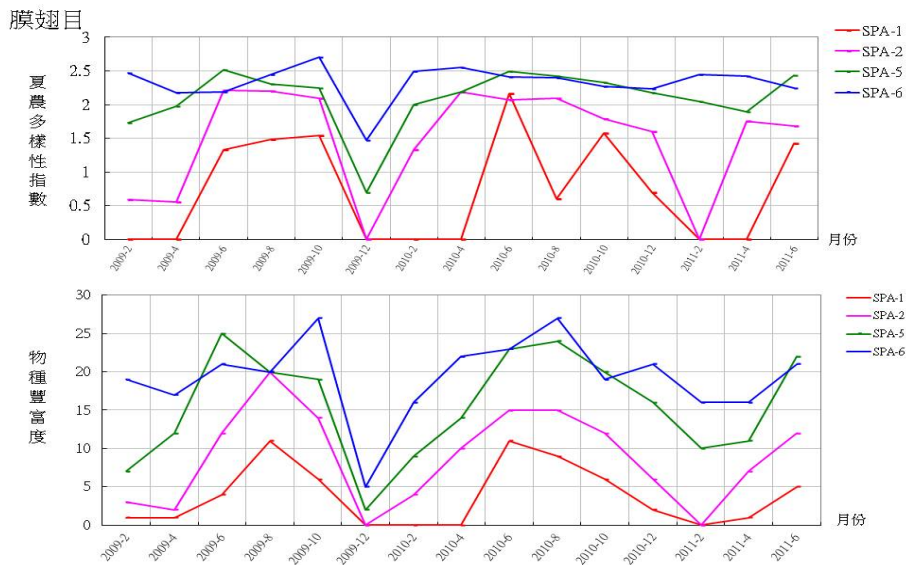


圖7-5. 膜翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

彈尾目(圖7-6)：多樣性低於1且波動甚大，與海拔高度未有規律性，三年間也無規律性；豐富度低於4，SPA1及SPA2在12月-2月有較低的現象。

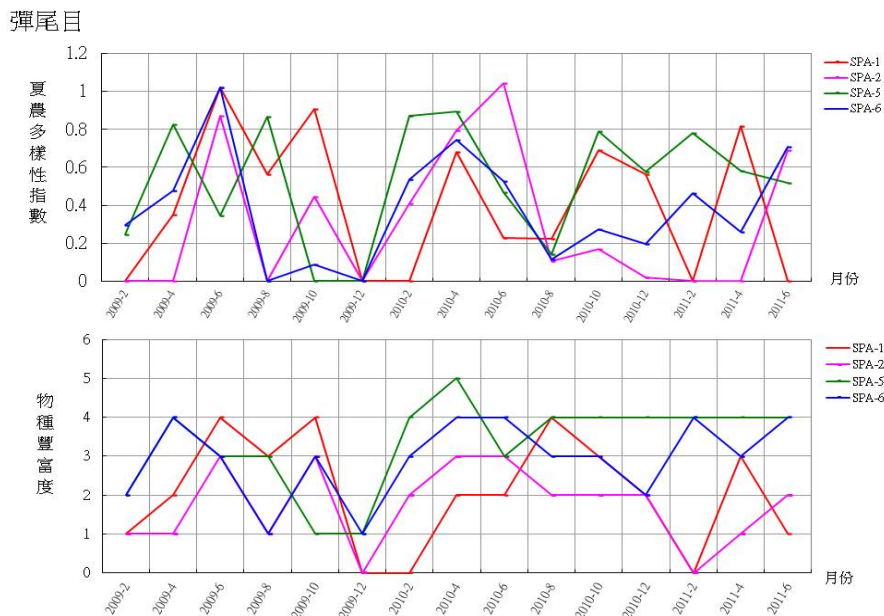


圖7-6. 彈尾目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

鞘翅目(圖7-7)：隨著海拔越高多樣性指數越低，SPA1及在6月及8月較高；SPA2則在較冷的2月低；SPA5及SPA6三年狀況不同，僅在2009年12月降下來。豐富度可達25，隨海拔高度增加而降低，在12月及2月最低，6-8月最高。

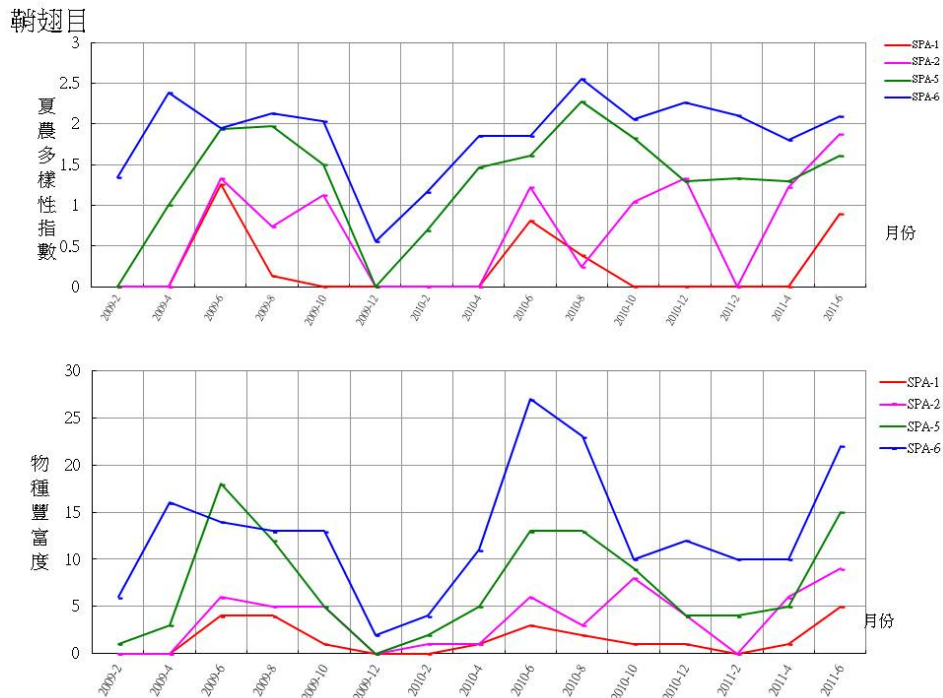


圖7-7. 鞘翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

#### (四)各海拔樣區的優勢科別

昆蟲各科數量在樣區有多有少，為釐清各海拔有哪些昆蟲是優勢科，採用樣區的總蟲數標準化後的數值探討各樣區的優勢科別，降低季節環境變化影響昆蟲數量可能造成的誤差。同翅目在各樣區的優勢科群(圖7-8)顯示，SPA1木蝨及常蚜兩科是最優勢科，木蝨較為穩定；沫蟬有不少比例。SPA2優勢科為木蝨科、葉蟬科及飛蝨科，常蚜科相對較少；特別的是2009年6月癭綿蚜的大發生。SPA5及SPA6以葉蟬最為優勢，其次為飛蝨科、常蚜科及木蝨科。在SPA1及SPA2，3,300 m以上可能因氣候溫度的關係，在酷寒的12月及2月有時未有同翅目昆蟲出現，但是在2,500-3,100 m間的SPA5及SPA6則全年都有不少的昆蟲存在。若進一步分析各樣區內不同植群上昆蟲的優勢科群，或許更能瞭解不同植群上的優勢昆蟲。

雙翅目各樣區的優勢科群(圖7-9)於SPA1並不穩定，常見的有搖蚊、黑



翅蕈蚋、舞虻、家蠅及蚤蠅；很明顯看得出來，小型的科，像搖蚊、黑翅蕈蚋、癭蚋、蚤蠅、黃潛蠅及陽蠅等會有偶發性大量出現。SPA2當中，搖蚊及黑翅蕈蚋是較穩定的科群，其次為蕈蚋、舞虻、花蠅、家蠅、蚤蠅，此樣區仍有不少偶發性的科別出現，像2009年4月棘翅蠅及2011年4月水蠅。SPA5穩定優勢科別為搖蚊科、黑翅蕈蚋科，其次為蕈蚋、舞虻、家蠅、縞蠅及果蠅等，偶發性的有奧蠅。SPA6的穩定性科有搖蚊、黑翅蕈蚋、舞虻等三科，其次為蕈蚋、花蠅、家蠅、縞蠅、蚤蠅；癭蚋科有偶發性的現象。

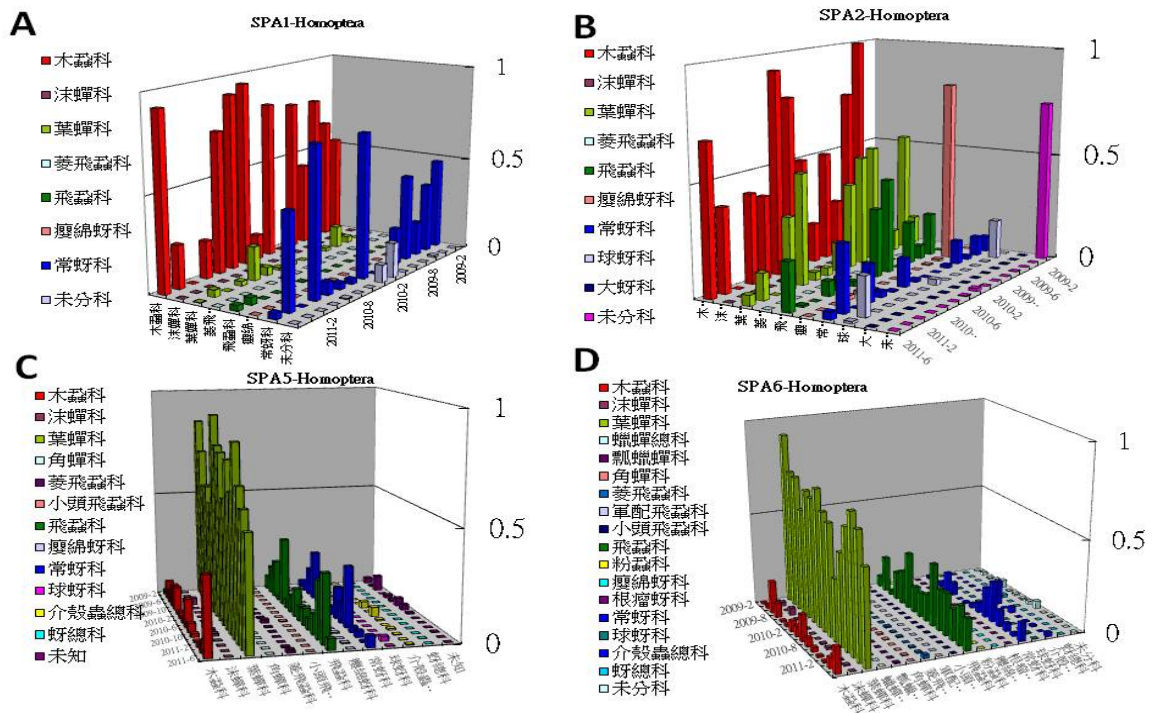


圖7-8. 同翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

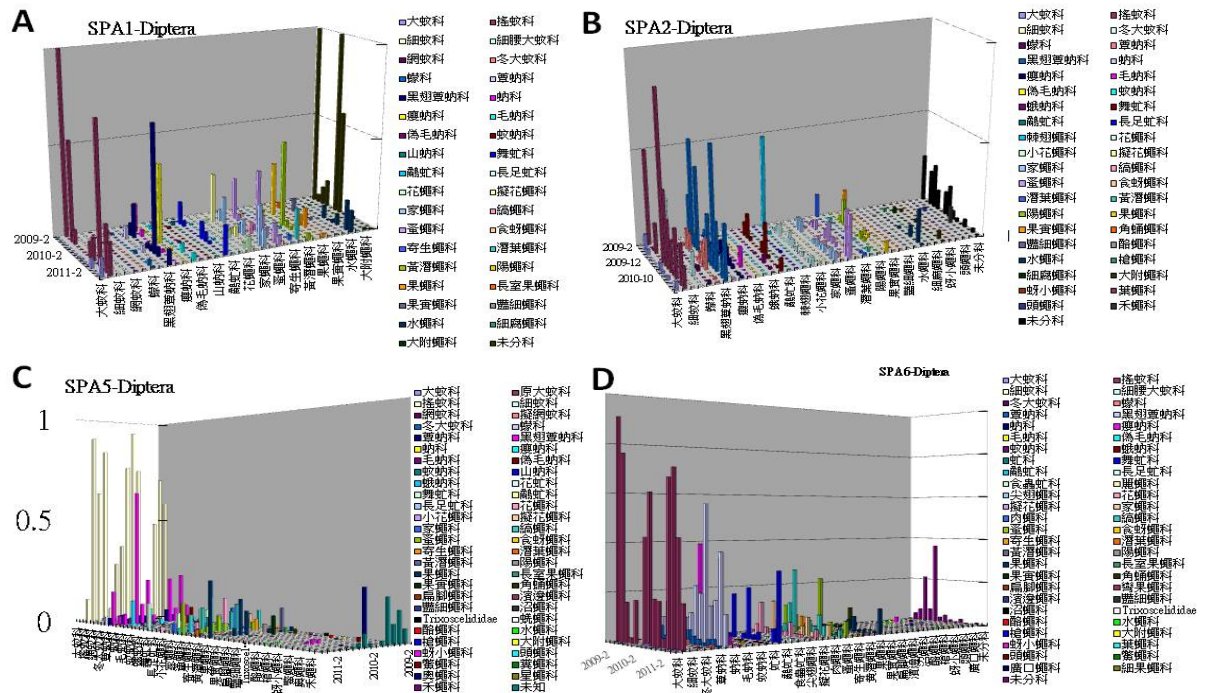


圖7-9. 雙翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

膜翅目在各樣區的穩定優勢科(圖7-10)在SPA1為姬蜂及細小蜂；繭蜂、廣腹細蜂、卵細蜂、跳小蜂、環腹細蜂及卵寄生小蜂有季節性的增多。SPA5穩定優勢科有姬蜂、繭蜂、錘角細蜂、分盾細蜂、廣腹細蜂、細翅寄生小蜂、金小蜂、細小蜂、蟻科及卵寄生小蜂，其次為卵細蜂及跳小蜂；小蜂科及瘿蜂科有偶發性的增多。SPA6優勢科群為細小蜂、姬蜂、繭蜂、錘角細蜂、分盾細蜂、廣腹細蜂；其次為卵細蜂、細翅寄生小蜂、金小蜂及蟻科，季節性增多的卵寄生蜂及環腹瘿蜂科，偶發性增多的有莖蜂科。

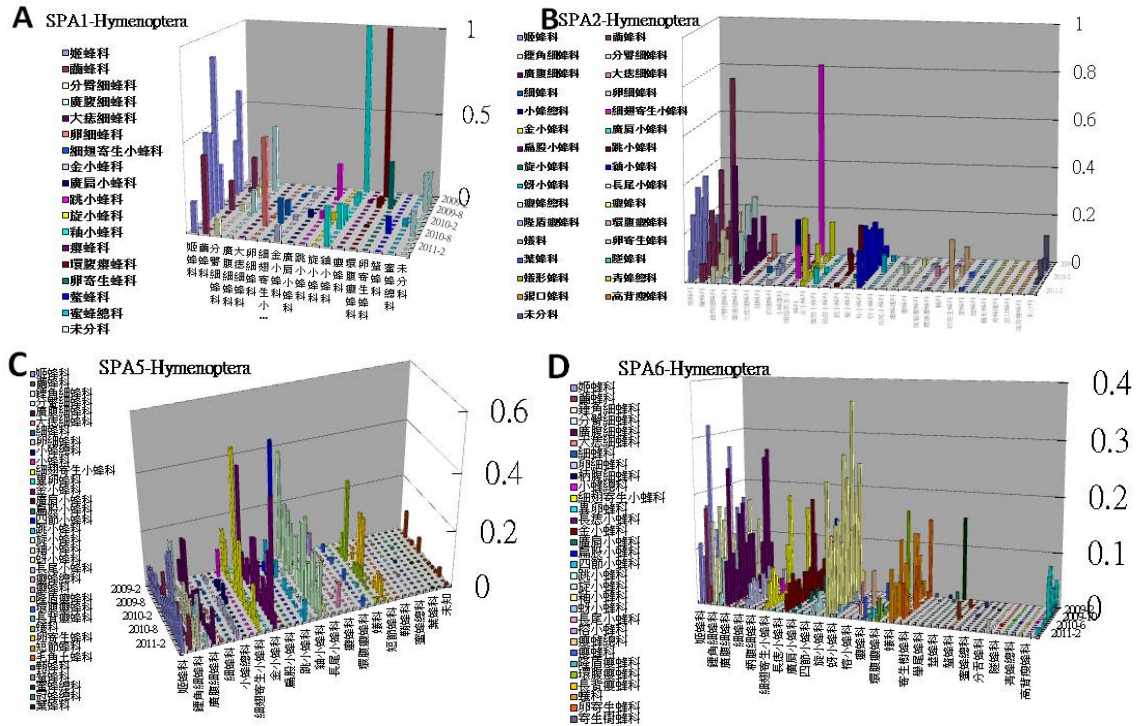


圖7-10. 膜翅目在各樣區的優勢科別分析。  
(資料來源：本研究資料)

從SPA1到SPA6可知彈尾目在各樣區的優勢科群(圖7-11)為長角跳蟲及原跳蟲，SPA1以圓跳蟲為主，海拔較低的樣區是長角跳蟲；黑森林的圓跳蟲以6月為主節，SPA5則是冬季最多、夏季最少；特別的是棘跳蟲及等節跳蟲海拔越高，比例越多。

鞘翅目在各樣區的優勢科群(圖7-12)；SPA1並未有全年特性的科群存在，僅有季節性的優勢科群，像4-6月的金花蟲，8-10月的隱翅蟲，另有偶發性的背條蟲科(2009年6月)。SPA2僅有季節性的科群，冬季除外，隱翅蟲算是最優勢科，季節性科群有4-6月的象鼻蟲，10-12月的金花蟲，2010年2月偶發性的姬薪蟲。SPA5僅含季節性的科群，4-8月的象鼻蟲，4-12月的隱翅蟲，4-10月的金花蟲，6月的菊虎，2-4月的出尾蟲；偶發性出現的有2月的姬刺蟲科。SPA6的姬薪蟲、隱翅蟲、金花蟲、瓢蟲等是較穩定的科群；象鼻蟲、瑣微蟲是次要優勢科群。





及飛蟲則海拔上升而遞減，其他科別像常蚜科SPA1最多，癭綿蚜SPA2最多。雙翅目(圖7-13)多數科都顯示，隨著海拔上升，數量均遞減，僅果蠅科SPA5多於SPA6。膜翅目(圖7-13)所有的科別均顯示隨著海拔上升而數量遞減的現象，蟻科幾乎未見於SPA1及SPA2。彈尾目(圖7-13):呈折線線像，樣區SPA5最多，較低的SPA6及較高的SPA1及SPA2較少。鞘翅目(圖7-13):隨著海拔上升而數量漸減的有叩頭蟲科、姬薪蟲科、金花蟲科、瓢蟲科、耀夜螢科、瑣微蟲科，其中瓢蟲、金龜子及叩頭蟲未見於SPA1及SPA2，而金花蟲在SPA1及SPA2也是很多量；象鼻蟲科、菊虎科及隱翅蟲科在各海拔均很多(SPA1除外)，尤其隱翅蟲，SPA1也很多。

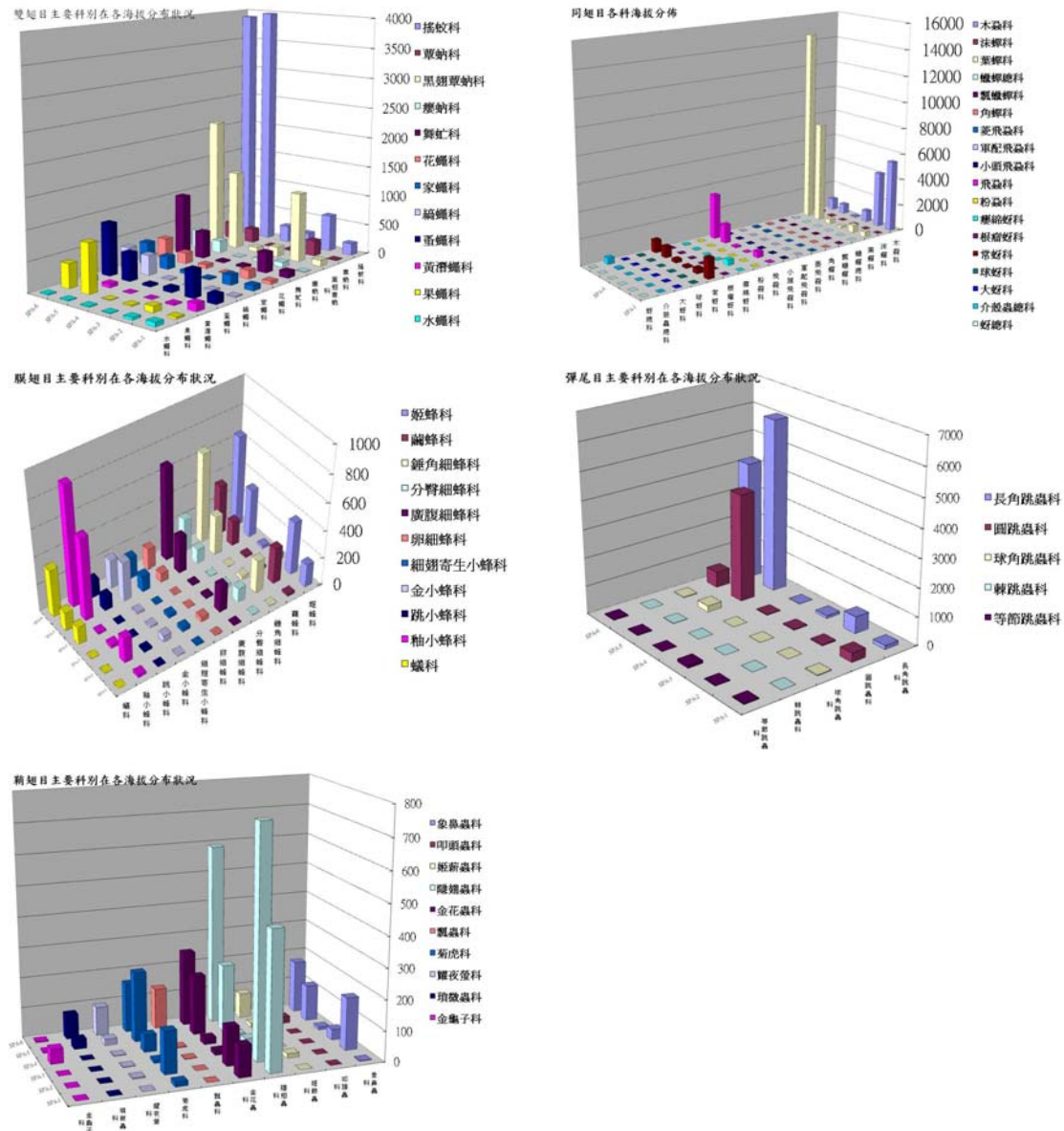


圖7-13. 各目昆蟲各科別於各海拔分布狀況。  
(資料來源：本研究資料)

### (六)SPA4火燒地樣區昆蟲增長比例

為顯示SPA4火燒地昆蟲的增加狀況，應用鄰近的SPA5的箭竹草原當作參考依據，以更適合的討論SPA4植物變多之後，昆蟲數量是否相對增加。用各科昆蟲為單位，與SPA5的各科昆蟲相比較，若比值大於1，表示SPA4的昆蟲數量已超過鄰近火燒過的箭竹草原棲所。將各目下各科的比較結果分敘如下：

同翅目(圖7-14A): 整體來說各科昆蟲的增長並未有見多的現象，僅常蚜科昆蟲在8月有高於SPA5的情形，另外就是剛火燒的2月有高於SPA5的飛蟲科昆蟲。

雙翅目(圖7-14B): 可以看出2010年的雙翅目有較多的趨勢，比例高於2009年；其中水蠅、蚤蠅、家蠅、花蠅、舞虻、癭蚋、黑翅蕈蚋、蚋、搖蚊等科增加都非常顯著；但蠓科、大蚊科、艷細蠅及大跗蠅反而減少了。

膜翅目(圖7-14C): 整體來看2010及2011並未有變多的現象，繭蜂、金小蜂、廣肩小蜂、旋小蜂比例都增加了，但姬蜂、分盾細蜂、癭蜂及蟻科比例則變少了。

鞘翅目(圖7-14D): 僅菊虎科有變多的趨勢，而金花蟲及金龜子比例都一直很高。

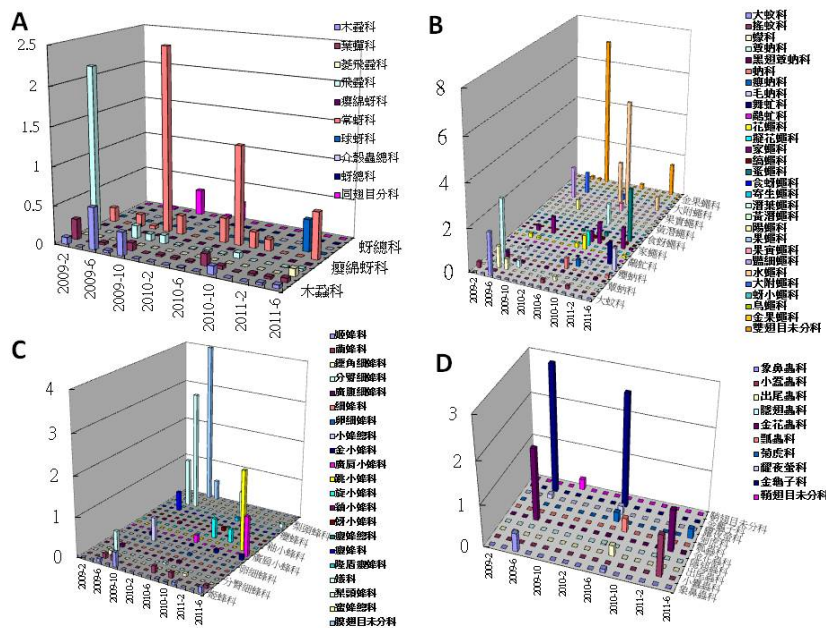


圖7-14. 火燒地樣區，同翅目、雙翅目、膜翅目、鞘翅目等昆蟲，相較於SPA5箭竹草原樣區同科昆蟲比例變化情形。

(資料來源：本研究資料)



直翅目、鱗翅目、彈尾目、纓翅目…等在數量較少的各目昆蟲僅半翅目的長椿科有異常增高的比例，其餘僅蓟馬科有增高。綜合各科增長比例的比較可知，SPA4的昆蟲在火燒的一年後確有增高的趨勢，雖然有些科別，像蟻科、飛蝨科、葉蟬科、大蚊科、葦蚋科有大幅的降低，但火燒後的植物組成變動也有可能影響昆蟲的組成，像箭竹草原上數量非常多的葉蟬科及飛蝨科比例都降低了。另外就是SPA4的微棲所環境也有很大的影響，像同翅目、膜翅目、雙翅目及鞘翅目多數的科在SPA4A樣區都有明顯增多，但在SPA4B樣區中，僅有雙翅目各科有明顯增加。

樣區SPA-4(火燒地)採集步道邊緣(代號4A)及林緣(代號4B)兩處的雜草，從2009年累積至2011年8月的火燒地蟲數目前3062隻，只佔了總蟲數的2.5%。較優勢昆蟲目持續維持在同翅目>雙翅目>半翅目>膜翅目，偶有2009年2月4A上的葉蟬及飛蝨(圖7-15)數量較多。總體來看火燒地昆蟲在2009年尚未有其他樣區般的數量上的固定波動，棲群在2009年的火燒地生態上尚不穩定，但從2010年開始可以觀察到6~10月間葉蟬科與常蚜科已穩定且大量的出現。

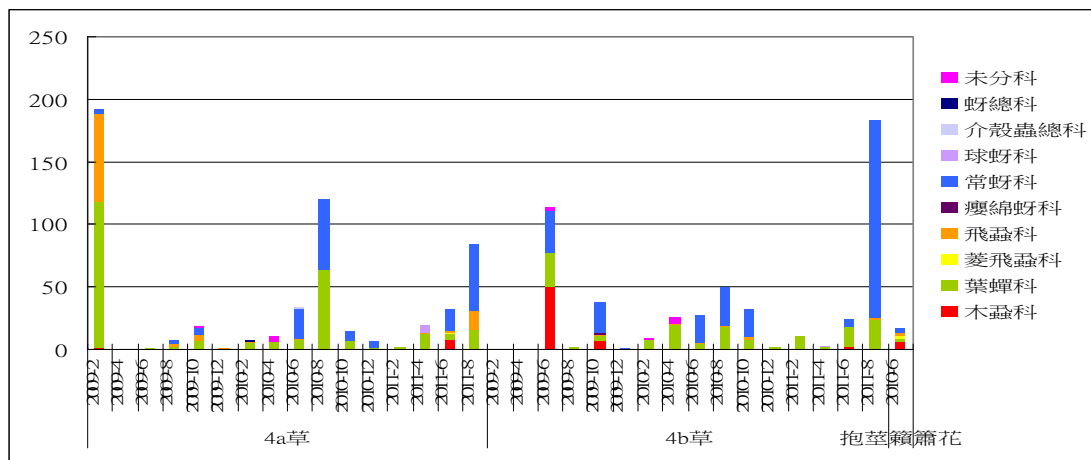


圖7-15. 火燒地同翅目昆蟲組成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

在火燒地樣區的鞘翅目，於2010年資料也顯示，菊虎科、金花蟲科及金龜子科都有明顯的增加。抱莖籜簫花上有較其他火燒地區植物多的鞘翅目、雙翅目及膜翅目昆蟲，都是飛行能力較強的昆蟲；可知鞘翅目的金龜子、菊虎、隱翅蟲與金花蟲會偏好聚集在花器上(圖7-16)，與開花植物提供蜜源或許有很大的可能性。

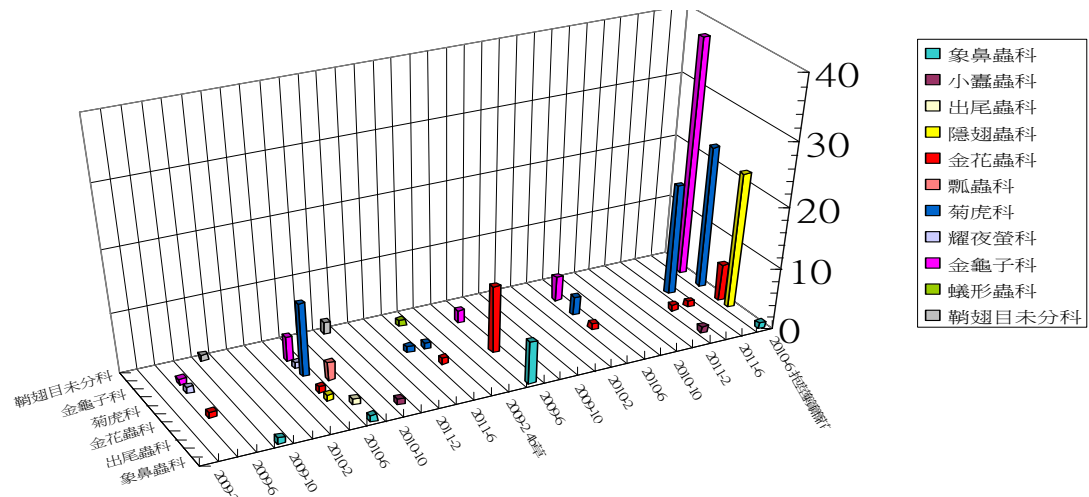


圖7-16. 火燒地鞘翅目昆蟲組成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

雙翅目(圖7-17)(30科)及膜翅目(圖7-18)(20科)的昆蟲在花上的蟲數及科數目都是較豐富的；看得出來，雙翅目各優勢科，像蚤蠅、縵蠅、家蠅、黑翅蕈蚋及搖蚊，在2010年都有明顯的增多。而膜翅目各科在2010及2011兩年也有明顯的增多，像姬蜂科、繭蜂科、細蜂及小蜂等，但蟻科非常特別，火焚後的2009年數量特別多，但於2010及2011兩年相較下較為穩定。

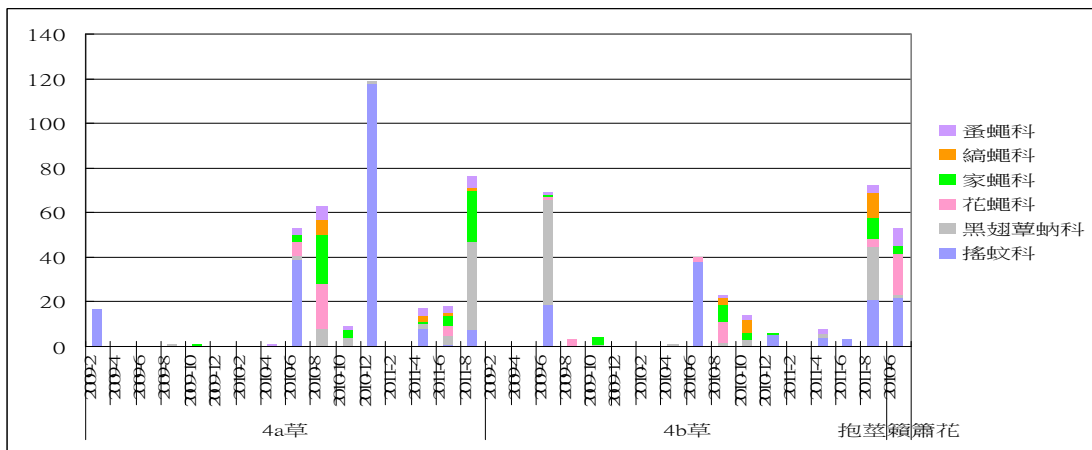


圖7-17. 火燒地雙翅目優勢科別組成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

圖7-19的資料可知，2010及2011兩年的半翅目昆蟲數量遠高於2009年，且2010年6~8月的火燒地上聚集了許多的長椿科昆蟲，這在其他樣區所沒有的情況，相較於鄰近的SPA5樣區箭竹草原上的半翅目(圖7-20)，雖也是集中在6~10月出現，但優勢的是盲椿科；可能該年環境氣候適合長椿



在火燒棲地生長。

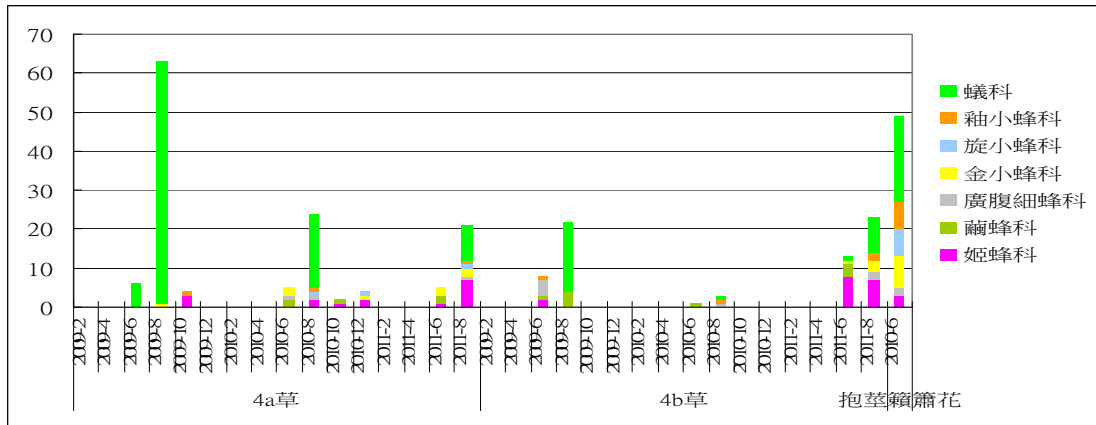


圖7-18. 火燒地膜翅目優勢科別組成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

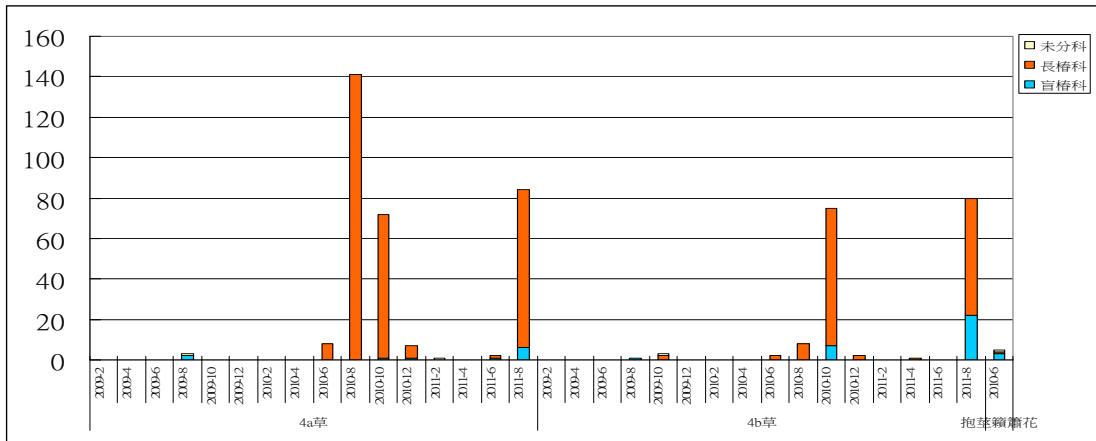


圖7-19. 火燒地半翅目昆蟲的成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

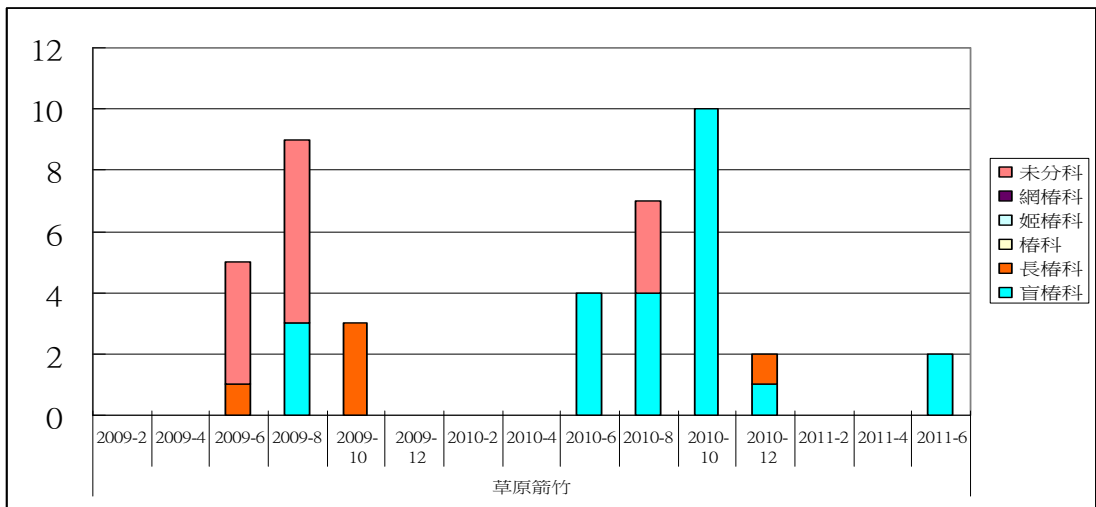


圖7-20. SPA5半翅目昆蟲的組成與季節變化。  
(資料來源：本研究資料)

### (七)箭竹草原葉蟬的生長變化

應用SPA6箭竹草原上為數眾多的葉蟬探討其生長週期，3年間出現不同的生長週期；2009年及2010年有一年兩代的生長狀況(圖7-21)，2009年若蟲期及成蟲期分別有兩個相對的高峰及低峰，2010年成蟲期及若蟲期也是類似狀況，有兩個高峰，但其成蟲若蟲的生長變化與月份變化並不一致，可能與當季的溫度變化有關；2011年雖然尚未分析完，但是可看得出來有一年一周期的傾向，已有連續四個月的若蟲期。

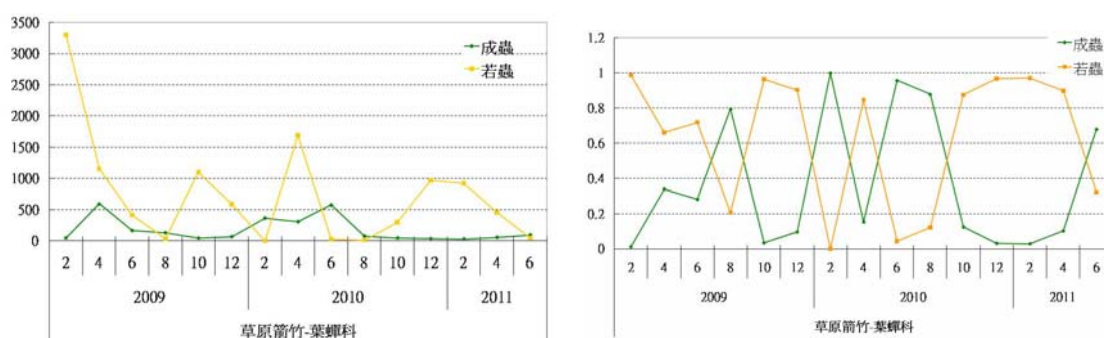


圖7-21. SPA6箭竹草原上葉蟬成蟲期及若蟲期的生長週期。  
(資料來源：本研究資料)

### (八)昆蟲體長的生物量轉換

本研究的每一形態種，其體長均有紀錄，由過去學者的研究可知，可藉由 $Weight = a \times Length^b$ 的規律轉換，其中Length及Weight分別是mm及mg。在昆蟲方面有學者整理出各目昆蟲的一個介量數值(表7-3) (Gruner, 2003)，藉由此昆蟲體長的訊息將可轉換成生物量。以下將2009年至2011年的昆蟲生物量做統計，比較各海拔各月份的結果；

植物上掃網所得昆蟲部分整年累積的生物量是SPA-6>SPA-5>SPA-2>SPA-1>SPA-4>SPA-3(表7-4)。SPA-6有在2009年的2月、4月與2010年的4月與8月因為同翅目葉蟬數量爆增上千隻的結果使生物量升高。6月或8月則是因為在有採到如竹節蟲、尺蠖蛾幼蟲、脈翅目蝸蛉、革翅目蠟螋或直翅目昆蟲等體長較長的昆蟲，故SPA-6樣區裡面八月份的生物量是全年度最多的。SPA-5在2009年以6月份生物量最多，主要由於葉蟬數量的增加(2010年延遲至8月)；SPA-1與SPA-2全年以6-8月份生物量最多，但SPA-1生物量來源主要以雙翅目(擬花蠅)、同翅目(木蝨、蚜蟲)及鞘翅目(隱翅蟲)為主要，SPA-2生物量來源為鞘翅目八月偶發性大量隱翅蟲、冷杉上

的木蝨、雙翅目的家蠅、舞虻與一些體長較長的脈翅目、鱗翅目昆蟲。

將各月份數量配合生物量來看，生物量大致隨昆蟲數量增減，SPA1及SPA2昆蟲計算出的生物量與蟲數顯出高的一致性，兩年間都以六月及八月達到生物量高峰(圖7-22)，但兩年間有些微不同，可能與當年氣候變化有關連性，或與調查時間有關，兩個月調查一次的頻度可能不足以靈敏的看出這兩個樣區的昆蟲波動；SPA3森林邊緣在10月仍有很高的昆蟲量及生物量，可能與向陽面陽光直接照射有關；火燒地SPA4蟲數2010年比2009年多，2010年六月份蟲數已是2009年6月的兩倍，相較於其它樣區兩年的生物量及數量均相類似，可以很明顯看出SPA4在2010年的生物量有明顯的增多；SPA5及SPA6在2010年10月生物量及蟲數均是當年的最低點，與採集時多雲霧雨有關，SPA5在2011年的2月及4月，蟲量比生物量高很多，主要為小型的黑翅蕈蚋數量增高的原因造成，而SPA6 2011-4月的SPA6因有兩隻竹節蟲生物量1230mg導致生物量高。

表6-3 高海拔昆蟲各目體長資料的生物量轉換

Taxon	Parameters	a	b
Blattodea		0.0313	2.385
Orthoptera		0.0180	2.720
Psocoptera		0.0136	3.115
Coleoptera		0.0336	2.347
Hemiptera		0.0441	1.934
Homoptera		0.0234	2.536
Lepidoptera		0.0271	1.769
Hymenoptera		0.0139	2.383
Diptera		0.0153	2.573
Collembola		0.0056	2.809
Neuroptera		0.0070	2.739
Trichoptera		0.0179	2.318
Thysanoptera		0.0139	2.383

\*Weight=a x Length<sup>b</sup>; W=mg, L=mm

(資料來源:Gruner 2003)

表6-4 掃網昆蟲2009年與2010年生物量

總生物量	SPA-1	SPA-2	SPA-3	SPA-4	SPA-5	SPA-6
2009年2月	2	19	0	91	245	1126
2009年4月	3	49	0	0	380	1151
2009年6月	307	298	0	175	956	837
2009年8月	730	1102	140	81	535	1574
2009年10月	100	282	128	50	356	756
2009年12月	0	0	8	0	88	266
2010年2月	10	29	7	1	212	286
2010年4月	23	72	23	17	795	2619
2010年6月	416	1225	145	363	1034	2011
2010年8月	488	659	102	211	1109	2243
2010年10月	55	550	102	131	523	646
2010年12月	24	167	6	42	987	1048
2011年2月	0	0	3	8	402	696
2011年4月	23	79	15	13	371	2010
2011年6月	626	1276	73	106	1008	1512

(資料來源:本研究資料)

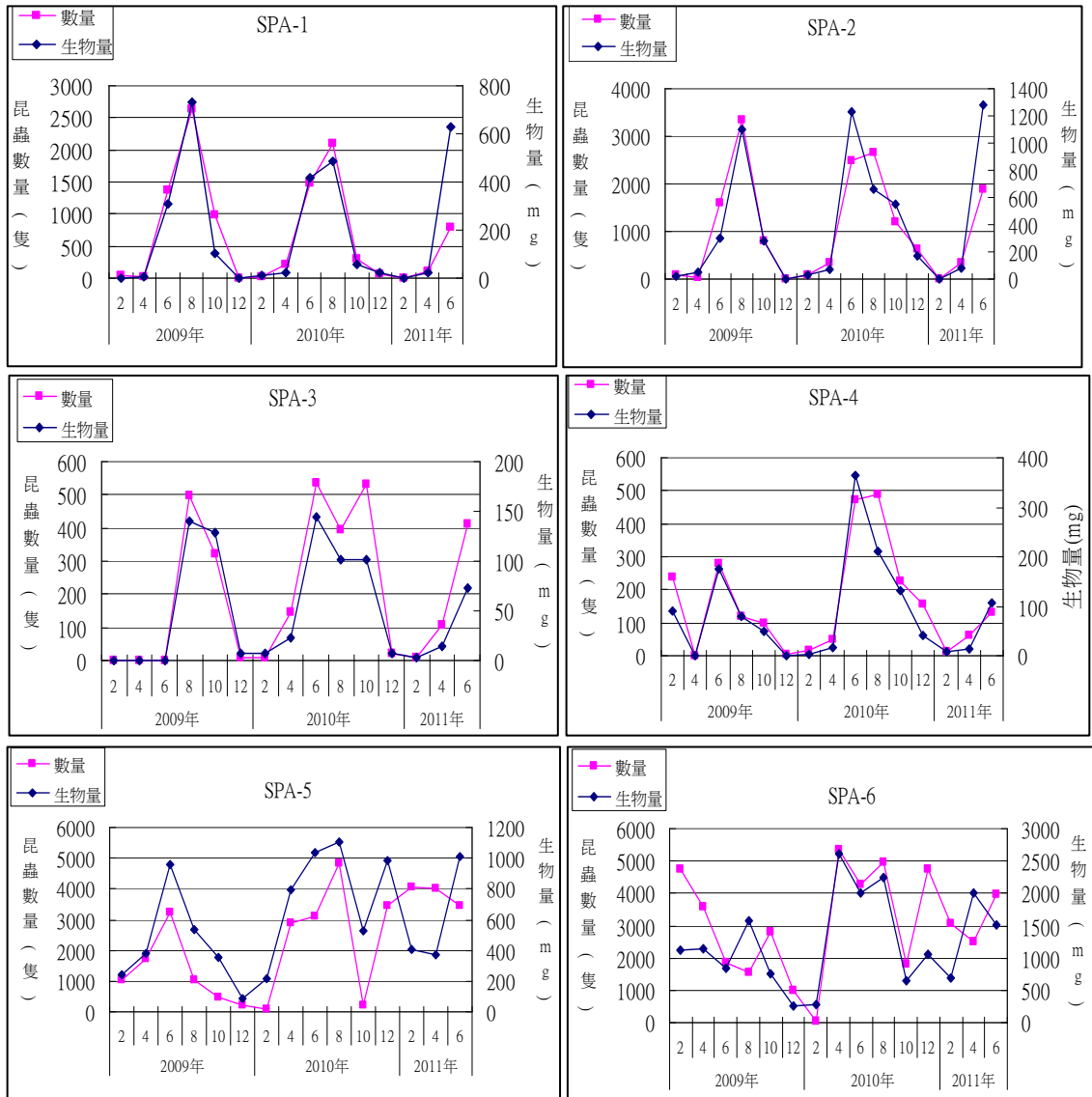


圖7-22. 各海拔掃網昆蟲的數量與生物量組合圖。  
(資料來源:本研究資料)

(九)各樣區植物上昆蟲食物鏈相(科級): 科的數量vs.形態種的數量

高海拔各樣區食物鏈的組成可分為：1.初級消費者:以植食性消費者(Phytophagous, Ph)為主, 2.次級消費者: 包括捕食性消費者(Predaceous, Pr)及寄生性消費者(Parasites, Pa), 3.分解者: 包括植物性分解者(Decomposer, De)及動物性分解者(Saprophagous, Sa), 若成蟲不取食則以不取食者劃分, 以此為劃分以了解各樣區食物鏈中的生物相。(計算自2009年2月至2011年6月)。

各樣區植物上的食物鏈相組成，從科級及個體數看(表7-5，圖7-23)，海拔越低出現昆蟲的科數越多(除SPA3、SPA4與不取食者)在科級的層次，初級消費者主要是有植食性的木蟲、蚜蟲、飛蟲、葉蟬、菊虎、長椿、鱗

翅目幼蟲等，分解者則包括縞蠅、蚤蠅、隱翅蟲、跳蟲等等，次及消費者包括捕食性的蛇類、脈翅目昆蟲或一些寄生性的姬蜂、繭蜂、袖小蜂等等；各樣區植物上的昆蟲科別與個體數多寡主要還是為初級消費者>分解者>次及消費者的情況。

表7-5. 雪山地區高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈組成

	初級消費者		次級消費者		分解者		不取食者	
	科數	個體數	科數	個體數	科數	個體數	科數	個體數
<b>SPA-1</b>	32	7942	23	392	23	1488	13	345
<b>SPA-2</b>	47	8245	35	2037	37	3960	12	1329
<b>SPA-3</b>	28	1555	25	266	25	931	9	273
<b>SPA-4</b>	20	1394	27	277	20	375	8	327
<b>SPA-5</b>	65	14776	53	3561	45	13794	17	4461
<b>SPA-6</b>	95	25699	63	6409	48	10442	15	4551

(資料來源:本研究資料)

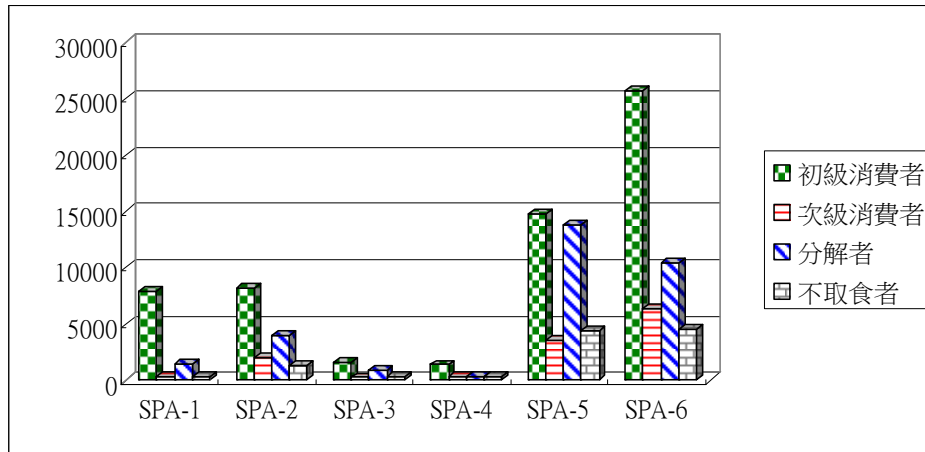


圖7-23. 高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈相組成，各樣區植物上的食物鏈相之昆蟲個體組成數量直條圖。

(資料來源:本研究資料)

#### 四、結論與建議事項

##### (一)結論

1. 雪山各海拔樣區優勢昆蟲類群為同翅目、雙翅目、膜翅目、彈尾目、鞘翅目。
2. 高海拔樣區植物上捕獲的昆蟲數量受各月氣候溫度影響很大，海拔3300公尺以上的SPA1及SPA2，6-8月為主要出現時間；海拔低的SPA5及SPA6冬季也不一定少。
3. 科級昆蟲數量及組成的空間分析顯示，不同海拔昆蟲組成不同；SPA1及SPA2較相似；SPA5及SPA6彼此相似。
4. 同樣海拔高度的樣區當中，不同植物上所捕獲的昆蟲組成有很大差別，SPA5及SPA6的箭竹草彼此類似，SPA5及SPA6的芒草也彼此類似，SPA5及SPA6的灌木也彼此類似。
5. 三年的調查雖尚未分析完，已可約略可知部分昆蟲一年四季的變動特性，像SPA1及SPA2均在6-8月最多，為一年一代；而SPA5及SPA6一年四季蟲都不少，可能有一年兩代的昆蟲，像葉蟬在2月及10月若蟲特多且成蟲幾乎未見。但有不少偶發性的大量昆蟲，目前尚無法掌握其變動特性，像2010年的雲杉球蚜特別多，需持續調查才可進一步掌握大量昆蟲偶發性的現象。
6. 多樣性及物種豐富度分析顯示雙翅目及膜翅目的多樣性及物種豐富度最高，同翅目及彈尾目數量雖多，但多樣性及物種豐富度很低。
7. 各樣區主要科群，大體一致；同翅目以木蝨、葉蟬、蚜蟲及飛蝨為主；雙翅目以搖蚊、黑翅蕈蚋、舞虻及蚤蠅為主；膜翅目以姬蜂、釉小蜂及各類細蜂為主；彈尾目為長角跳蟲；鞘翅目為隱翅蟲、金花蟲及象鼻蟲為主。但有些是SPA5及SPA6的優勢科群
8. 上述各優勢科昆蟲多是海拔越高數量漸減，但木蝨科海拔越高數量越多，蚜蟲及隱翅蟲在各海拔都很多；除SPA1外，象鼻蟲在各海拔也都多。
9. 在不同海拔樣區的昆蟲食性組成相似，植食性昆蟲佔最大比例；但最高海拔的SPA1捕食者所佔的比例非常少。
10. 總蟲數及生物量大致上一致，海拔越高蟲數及生物量越少；SPA6生物量特別高。體型較大的昆蟲數量雖不很多，但對於生物量的影響大。

## (二)建議事項

根據本研究於雪山地區各樣區昆蟲採樣分析結果，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學

建議事項：

應長期規律性的調查，以釐清偶發性的大量昆蟲是否有幾年一次大發生的現象；另可知一年四季的昆蟲組成特性是否均如目前；也可了解高海拔昆蟲是否有一年兩代的可能性。建立各海拔代表性昆蟲圖鑑及說明。

### 2. 中長期建議

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：雪霸國家公園管理處、國立中興大學

建議事項：

雪山高海拔昆蟲並不足以代表台灣所有高海拔昆蟲特性?應增加其他高海拔區域的昆蟲項調查，除建立完整台灣高海拔昆蟲棲群組成、分佈變化及季節變化外，也可了解各國家公園間的昆蟲資源的差異。高海拔昆蟲多數與中國大陸溫帶地區及西南高山地帶的昆蟲有相關性，建議進一步進行中國地區的相關研究，以釐清台灣高山昆蟲的起源及環境適應機制。

## 五、參考文獻

- 何健銘、姜碧惠、陳添水。1997。七彩湖水生昆蟲記述。自然保育季刊。18: 37-39。
- 何鎧光。2004。塔塔加高山區昆蟲相之調查(I)。塔塔加通訊第0004號。
- 林斯正、謝森和、楊平世。2006。合歡山池沼底棲大型無脊椎動物之分布。台灣昆蟲。26: 261-272。
- 林斯正。1999。合歡山高山湖沼群水生大型無脊椎動物初探。自然保育季刊，26，20-25。
- 徐堉峰、楊平世。2006。太魯閣國家公園昆蟲群聚與功能之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託研究報告。38頁。
- 陳東瑤、林俊義。1989。合歡山箭竹草原昆蟲相的初步研究。東海大學生物學研究所碩士論文。53頁。
- 楊平世。1991。太魯閣國家公園中、高海拔地區之昆蟲相及其相關生態研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書。59頁。
- 楊平世。1993。高山地區昆蟲資源之研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書。48頁
- 楊平世。1999。太魯閣國家公園螢火蟲相調查。太魯閣國家公園管理處研究報告書。19頁
- 楊平世。太魯閣國家公園之昆蟲相研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書。79頁。
- 葉世文。2001。台灣高山國家公園生物多樣性保育策略。  
[http://bc.zo.ntu.edu.tw/conf\\_200109/12.htm](http://bc.zo.ntu.edu.tw/conf_200109/12.htm)。
- 劉思謙、溫海宏、陳明義、楊正澤。2008。台灣四種野牡丹科植物(Melastomataceae)授粉生態學之研究。台灣昆蟲 28: 67-85。
- Gruner, D. 2003. Regression of length and width to predict arthropod biomass in the Hawaiian Islands. *Pacific Science* 57: 325-336.
- Kano, C., and X. Yosimura. 1934. Introduction of higher mountain pools in the Tsukitaka mountain zone. *Limnology* 4: 54-65. (Japanese).
- Otsu, T., C. S. Tzeng, and G. Sato. 1992. Notes on the limno-biological survey of the Lake Chitsai in the central Taiwan. *J. Taiwan Mus.* 35: 39-50.
- Yen, Z. D., T. S. Chen, T. Z. Ho, and S. W. Chang. 1998. Lake Chitsai, a higher



mountain lake in Taiwan. *Sci. Mon.* 339: 218-223.

Lin, C .S. 1991. Vertical distribution and pollinating plants of bumblebees in Taiwan. *Ann. Taiwan Museum* 34: 33-47.



## 第八章 雪山地區高山兩生類及 爬蟲類族群生態及分布

吳聲海

國立中興大學生命科學系

### 摘要

關鍵字：雪山、兩生類、爬蟲類

#### 一、研究緣起

調查雪山高山地區的兩生類與爬蟲類，記錄其對棲地的溫度需求，作為保育的參考，和作為氣候變遷的指標。

#### 二、研究方法

利用溫溼度記錄器記錄三六九山莊、黑森林、圈谷與翠池樣區的溫溼度，利用溫度記錄器記錄三六九樣區石塊表面與底部的溫度以及黑森林與翠池的水溫。以徒手翻找的方式搜尋兩生類與爬蟲類。在三六九山莊附近的草生地布置石塊區域，作為誘集高山爬蟲類的環境。收集並整理山椒魚相關文獻資料。

#### 三、重要發現

各地月均溫由高而低分別為三六九山莊、黑森林、翠池、和圈谷。平均溼度則為黑森林、圈谷、三六九山莊、和翠池。三六九山莊火燒地的石塊表面溫度顯著高於底部溫度。黑森林的水溫較翠池低，且穩定。自登山口到翠池，共記錄3種兩生類與5種爬蟲類，海拔3000m以上採得台灣蜓蜥與菊池氏龜殼花。

石塊區域均無爬蟲類使用，可能因為新布置的微棲環境在第一年尚不適合。

溪流生殖的小鯢屬種類要比池塘生殖的有較少的卵數、和較大的卵徑。所有國外小鯢屬溪流生殖種類的生殖棲地均是水溫在5-10°C的森林底層的溪流。使用體長和卵數的迴歸式，估計出的南湖山椒魚和觀霧山椒魚的卵數分別是42和41。

#### 四、建議事項

##### (一)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：國立中興大學生命科學系

建議事項：

1. 建議監測麗紋石龍子在高海拔區域的分布情形，研擬其做為氣候變遷指標生物的可能。
2. 建議能長期監測高山氣候和水文，並研擬保育高山爬蟲類和山椒魚的具體做法。

## Abstract

**【keywords】** Xue Mountain, amphibians, reptiles

### 1. Purpose

The purposes of this study is to document the distribution and abundance of high elevation amphibian and reptile species in the Xue Mountain area, and to understand their microhabitat preferences. The results should aide in future conservation strategies and as indicators for global climate change.

### 2. Methods

Temperature and humidity data loggers were installed in Sanliujiu Hut, Taiwan Fir Forest, the Glacial Cirque, and Cuei Pond. Additional temperature data loggers were also installed to record the surface temperature and substrate temperature under rocks in Sanliujiu Hut, and to record water temperatures in the Taiwan Fir Forest and Cuei pond. Salamanders, snakes, and lizards are searched by turning rocks and substrates. Rocks were piled near Sanliujiu Hut to attract montane reptiles. Literature on the salamander genus *Hynobius* were reviewed.

### 3. Findings

Monthly average temperature recorded in different stations was highest at Sanliujiu Hut, followed by the Fir Forest, Cuei pond, and the Glacial Cirque. Monthly average humidity was highest in the Fir Forest, followed by the Glacial Cirque, Sanliujiu Hut, and Cuei pond. Surface temperatures of rocks were significantly higher than on the underside. Water temperatures in the Fir Forest were much lower and more stable than in the Cuei pond. Three amphibian and five reptile species were recorded. Only *Sphenomorphus taiwanensis* and *Trimeresurus gracilis* were from sites above 3000 m.

No reptiles were found using the rock piles, probably the micro-habitats were not suitable in the first year.

Stream-breeding *Hynobius* species has smaller clutch size and larger egg diameter than pond breeding species. Forested streams with water temperatures

between 5–10°C are the breeding habitats in all the records. The estimated clutch size of *Hynobius gracilis* and *H. fuca* are 42, and 41, respectively.

#### **4. Suggestions**

Monitoring the distribution of *Eumeces elegans* in high altitude. Studying the possibility of *Eumeces elegans* as an indicator of climate change.

Monitoring of mountain climates and hydrology should be a long-term priority. Strategies to protect montane reptiles and salamanders should be planned and implemented.

## 一、前言

雪霸國家公園雪山的高山地區兩生類及爬蟲類一直都只有不定期的調查資料，其分布、數量與族群現況都缺乏有系統的研究。本計畫擬對本地區台灣特有種的兩生類和爬蟲類做量化的調查和記錄，並記錄其棲地及溫度需求，以作為保育的參考，和作為監測氣候變遷的指標。

## 二、材料與方法

### (一)溫溼度記錄

監測雪山地區高山兩生類及爬蟲類生活棲地的微氣候因子，使用HOBO U23-002(Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA)記錄環境溫度與溼度、HOBO UTBI-001(Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA)記錄石塊表面與石塊底部的溫度、HOBO U22-001(Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA)記錄水溫。溫濕度計設置在三六九山莊後方火燒地、黑森林水源處、圈谷與翠池等四處。三六九山莊後方火燒地在石塊上方與石塊底部分別安置一個表面溫度計。水溫計分設別置於黑森林水源處與翠池兩處(各類記錄器的設置點位如表8-1，設置狀況如圖8-1)。頻度皆為每五分鐘記錄一筆資料。

表8-1. 溫濕度記錄器或溫度記錄器放置點位

地點	N	E	海拔(m)
三六九溫溼度	24°23'32.3"	121°15'14.8"	3,191
山六九石塊溫度	24°23'32.8"	121°15'15.0"	3,190
黑森林溫溼度	24°23'34.0"	121°14'25.9"	3,353
黑森林水溫	24°23'39.5"	121°14'27.5"	3,329
圈谷溫溼度	24°23'17.7"	121°14'10.0"	3,599
翠池溫溼度	24°23'06.6"	121°13'19.4"	3,555
翠池水溫	24°23'06.7"	121°13'19.3"	3,553

(資料來源：本研究資料)



溫濕度計



溫度計



水溫計

圖8-1. 溫濕度記錄器或溫度記錄器設置狀況。

(資料來源：本研究資料)

## (二) 族群及棲地調查

四到十月，每個月調查三六九山莊、黑森林與圈谷樣區。四月、六月、八月與十月增加調查翠池樣區。在樣區中，以徒手翻找石塊或倒木的方式搜尋兩生類與爬蟲類。所有捕捉到的個體皆測量肛溫、體長、吻肛長與體重，並判別性別。接著將個體麻醉，蜥蜴剪後腳一根腳趾或尾端、蛇剪尾端作為標記，之後將傷口消毒，個體原地釋放。

在各調查區域間移動時，也以目視方式尋找登山步道兩旁，若有發現動物，則依上述方法測量與記錄。

捕捉到的個體，一併記錄所在地的座標、環境、底質類型、氣溫、溼度與地表溫度，若在山澗附近搜尋到山椒魚，則再記錄山澗水溫。

為了增加三六九山莊附近捕獲爬蟲類的數量，於七月在三六九山莊附近的草地上布置10處50×200 cm的石塊區域，其中5處接近登山步道、另外的5處接近冷杉林邊緣(石塊區域的設置點位如表8-2)。

表8-2. 三六九山莊附近石塊區域設置點位 (陣表示設置在步道附近；林表示設置在冷杉林附近)

代號	N	E	海拔(m)
陣1	24°23'33.5"	121°15'14.4"	3159
陣2	24°23'33.8"	121°15'14.1"	3178
陣3	24°23'33.5"	121°15'13.8"	3183
陣4	24°23'34.7"	121°15'13.2"	3190
陣5	24°23'35.0"	121°15'13.0"	3190
林1	24°23'35.9"	121°15'06.7"	3269
林2	24°23'35.6"	121°15'07.2"	3265
林3	24°23'35.2"	121°15'07.4"	3266
林4	24°23'34.7"	121°15'07.3"	3269
林5	24°23'34.6"	121°15'07.5"	3267

(資料來源：本研究資料)

## (三) 山椒魚基礎資料收集

由於今年均未採集到山椒魚，因此收集文獻和分析資料，以瞭解山椒魚可能的生活史特性，供未來調查參考。數值部分計算方式如下，雌體平均吻肛長：若文獻有列出每個個體吻肛長者，則計算這些個體的平均數，若只列出吻肛長範圍者，則把所有資料中最大與最小的兩個數值平均；雌體最大吻肛長：所有文獻記錄中該物種最大的雌體吻肛長。若文獻中沒有把雌、雄資料分別列出，則以該物種全體吻肛長資料代替。平均產卵數以



及最大產卵數的計算方法與雌體平均、最大吻肛長相同，山椒魚一次會生兩個卵莢，產卵數指的是兩個卵莢中卵的總數。平均卵徑之計算方法與雌體平均吻肛長相同。繁殖月份方面，若只有一份資料可以參考，則照列，若有數份資料可以參考，則列出最大範圍。繁殖時水溫的採計方式如繁殖月份。

### 三、結果

#### (一)溫溼度記錄

各樣點2011年四月到十月的資料，分別敘述如下：

##### 1. 三六九山莊樣區溫溼度記錄

三六九山莊樣區的溫溼度記錄器記錄到的最高溫為 $20.4^{\circ}\text{C}$ (6月19日 1118 h)、最低溫為 $-0.9^{\circ}\text{C}$ (4月25日 0425 h)、最暖月(6月)平均月均溫為 $11.6^{\circ}\text{C}$ (圖8-2)；相對溼度最高為100%、最低為10.8%(4月24日 0635 h)、最高月(7月)平均濕度為86.7%(圖8-3) (月均溫變化如圖8-4，月均濕變化如圖8-5)。

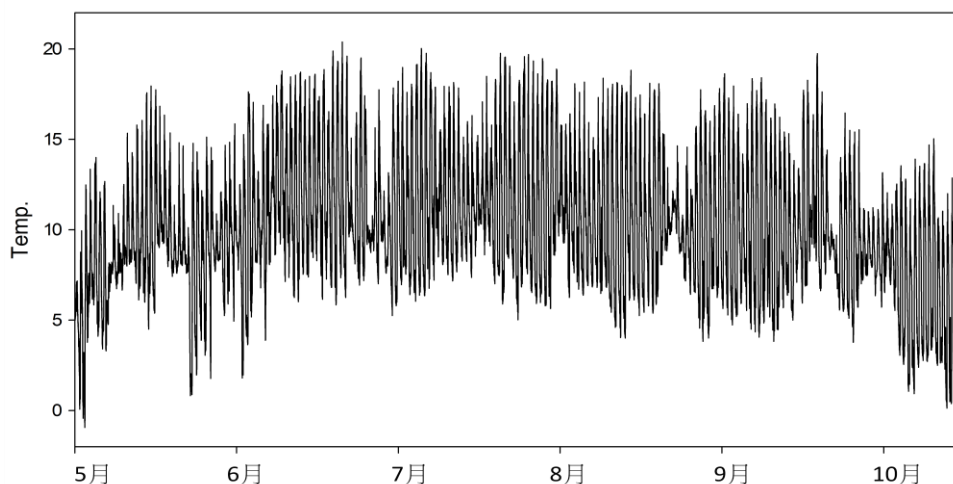


圖8-2. 三六九樣區溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

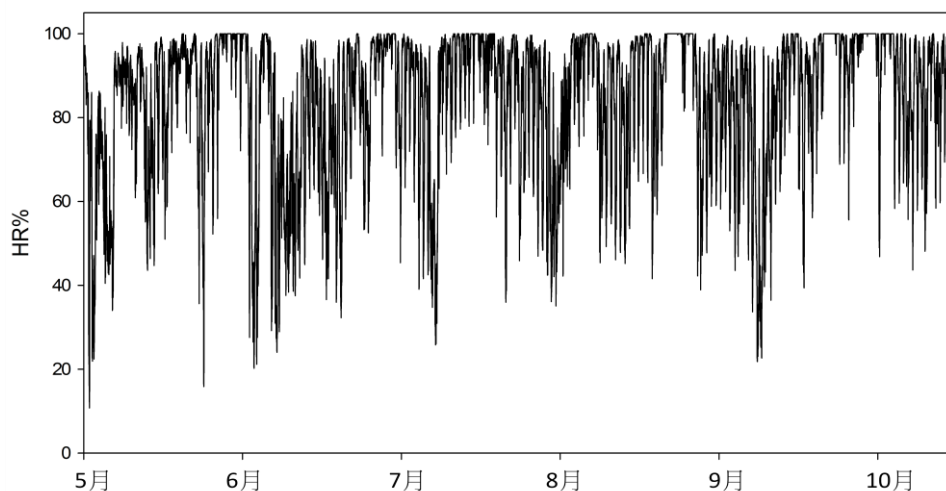


圖8-3. 三六九樣區相對濕度變化。  
(資料來源：本研究資料)

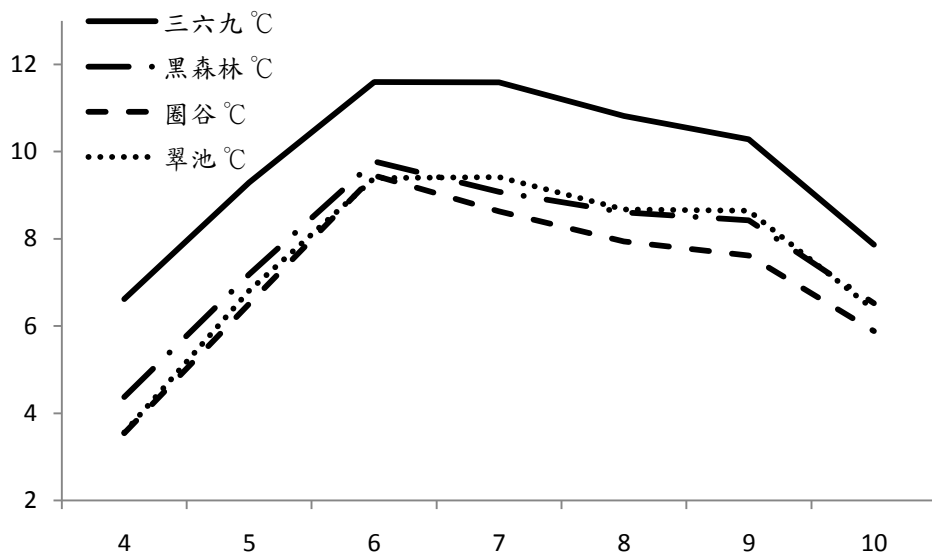


圖8-4. 各樣區月均溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

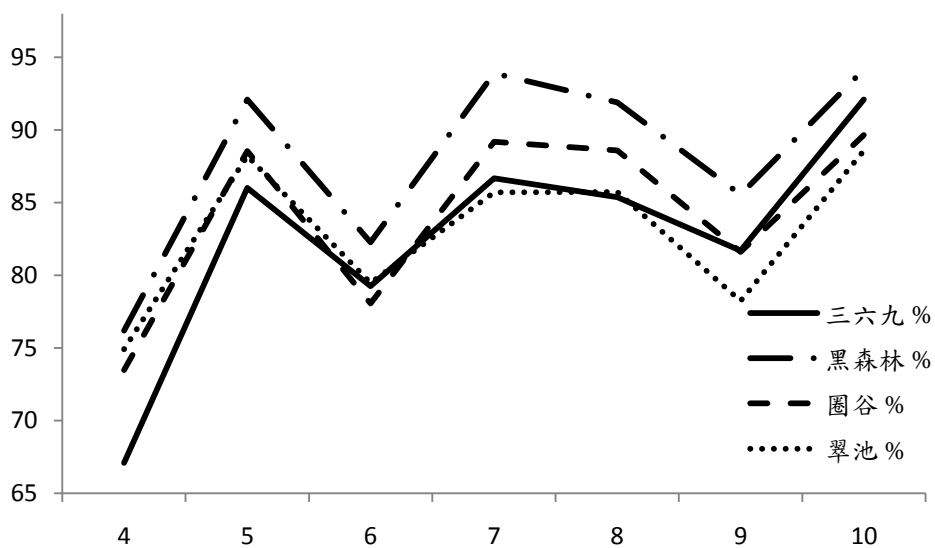


圖8-5. 各樣區月平均濕度變化。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 三六九山莊樣區石塊表面與石塊底部溫度

三六九山莊後方火燒地石塊表面的溫度記錄器記錄到的最高溫為 $48.2^{\circ}\text{C}$ (7月28日1341 h)、最低溫為 $-3.1^{\circ}\text{C}$ (10月27日0526 h)、最高月平均溫(6月)為 $17.0^{\circ}\text{C}$ (圖8-6)；石塊底部記錄到的最高溫為 $22.1^{\circ}\text{C}$ (6月15日1445 h)、最低溫為 $0.1^{\circ}\text{C}$ (10月27日0528 h)、最高月平均溫(6月)為 $12.2^{\circ}\text{C}$ (圖8-7)(月均溫變化如圖8-8)。石塊表面約從0600 h開始升溫，約1000 h時達到最高溫度；石塊底部則從0700 h開始升溫，大約1300 h時達到最高溫。石塊底部的溫度波動較石塊表面小，最高溫度出現的時間，約晚石塊表面三個小時(圖8-9)。石塊表面的均溫顯著高於石塊底部(Paired t test  $t = 113.6$ ,  $p < 0.01$ )。石塊表面與底部同時段的溫度呈現顯著正相關(Pearson correlation  $r = 0.691$ ,  $p < 0.01$ )。

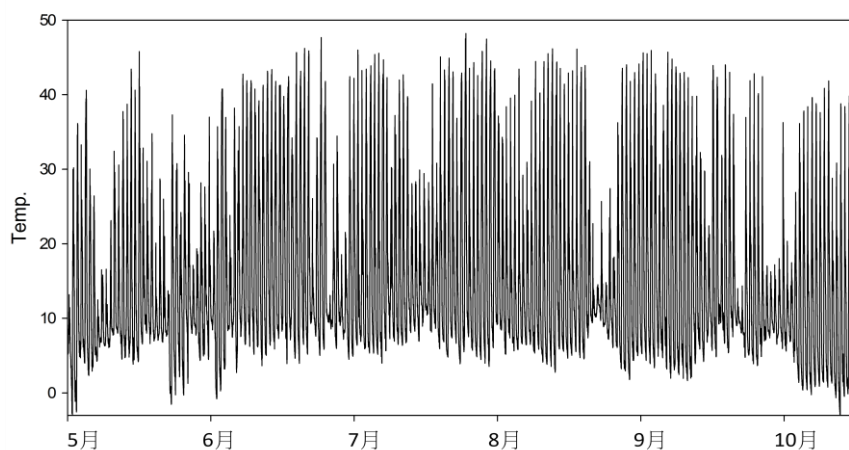


圖8-6. 石塊表面溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

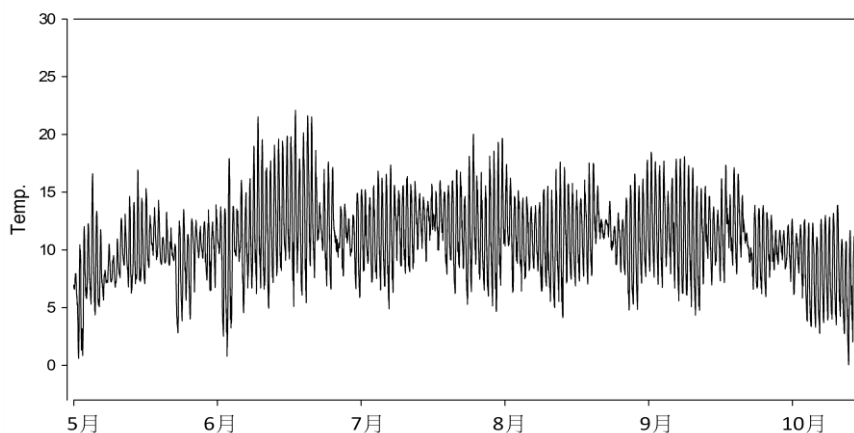


圖8-7. 石塊底部溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

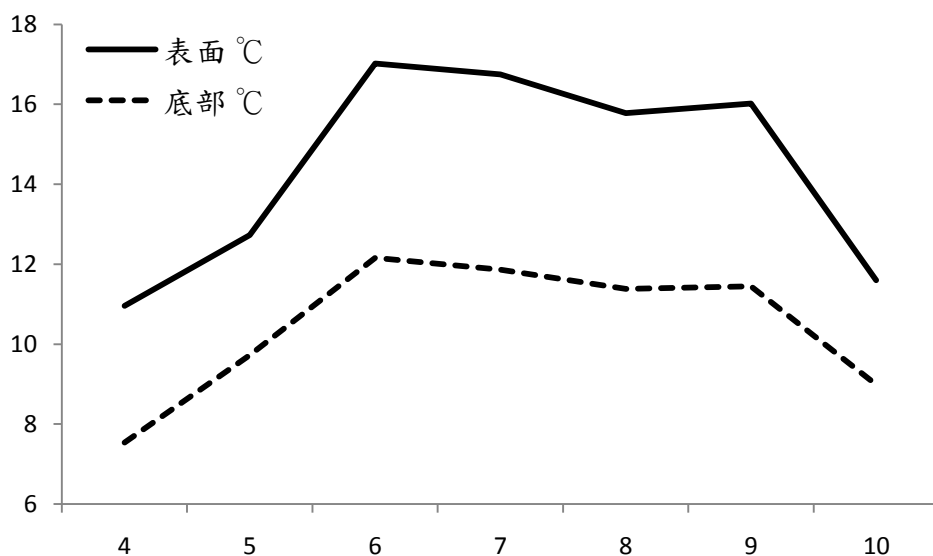


圖8-8. 三六九山莊樣區石塊表面與底部月均溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

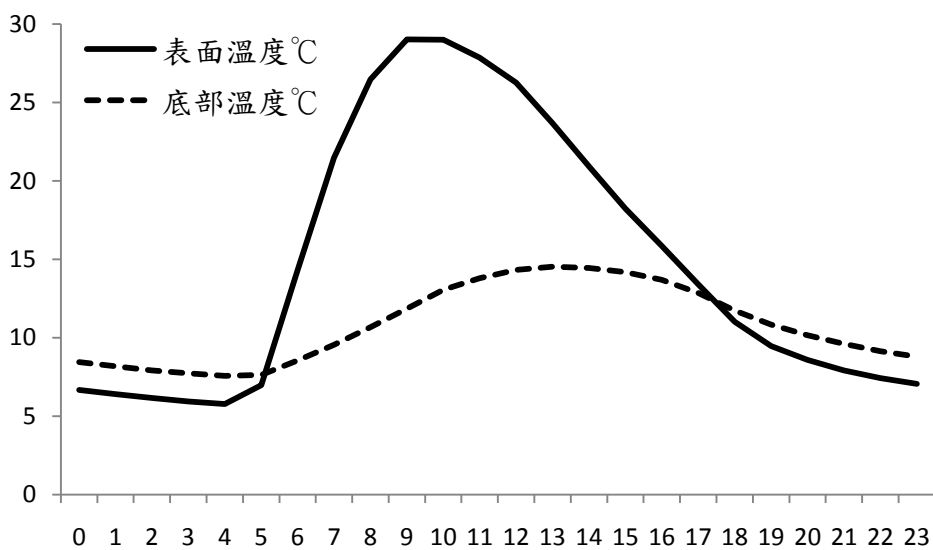


圖8-9. 三六九山莊樣區石塊表面與底部時均溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

### 3. 黑森林樣區溫濕度記錄

黑森林水源處的溫溼度記錄器記錄到的最高溫為 $17.8^{\circ}\text{C}$ (6月17日1139 h)、最低溫為 $-1.9^{\circ}\text{C}$ (4月24日0445 h)、最暖月(6月)平均月均溫為 $9.8^{\circ}\text{C}$ (圖8-10)；相對溼度最高為100%、最低為13.0%(5月30日0844 h)、最高月(10月)平均濕度為94.2%(圖8-11)(月均溫變化如圖8-4，月均濕變化如圖8-5)。

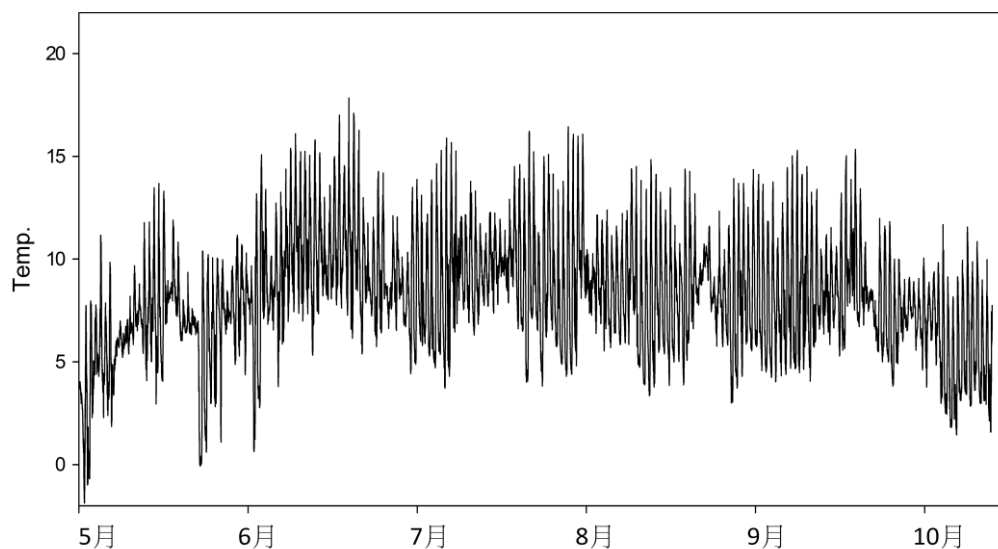


圖8-10. 黑森林溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

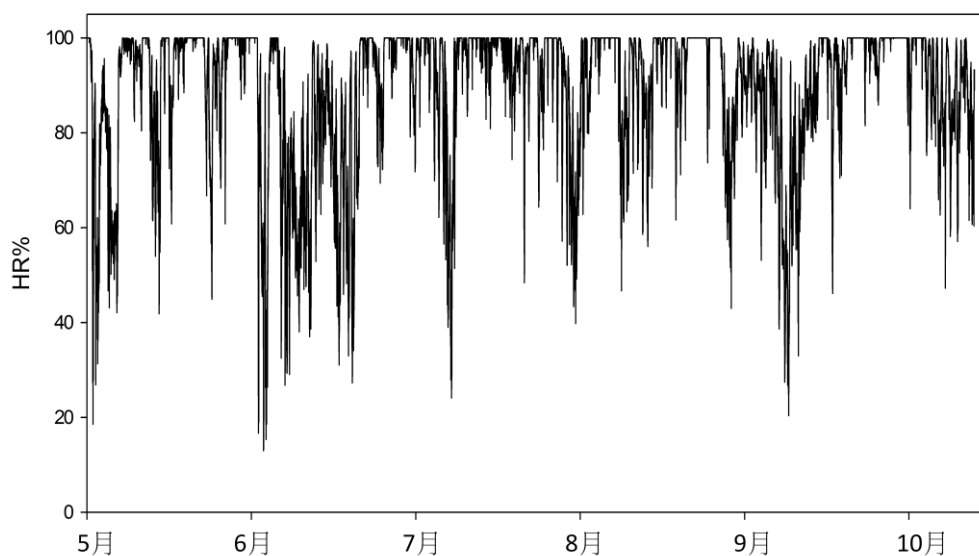


圖8-11. 黑森林相對溼度變化。  
(資料來源：本研究資料)

## 4. 黑森林樣區水溫記錄

黑森林水源處的水溫記錄器記錄到的最高溫為 $44.1^{\circ}\text{C}$ (5月8日1105 h)、最低溫為 $3.6^{\circ}\text{C}$ (4月29日0005 h)、平均為 $6.6^{\circ}\text{C}$ (圖8-12)。包含最高溫記錄，溫度記錄超過 $20^{\circ}\text{C}$ 的情形共有6天，都發生在5月，且時段集中在9點至12點間(月均溫變化如圖8-13)。若將超過 $20^{\circ}\text{C}$ 的記錄刪除，則黑森林水源處的平均水溫為 $6.5^{\circ}\text{C}$ 。

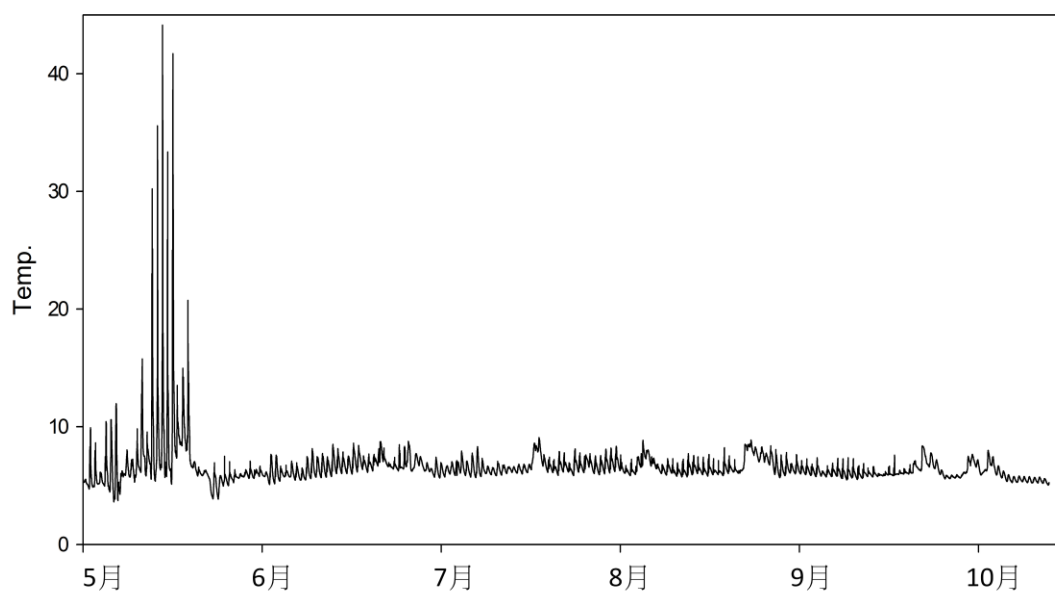


圖8-12. 黑森林水溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

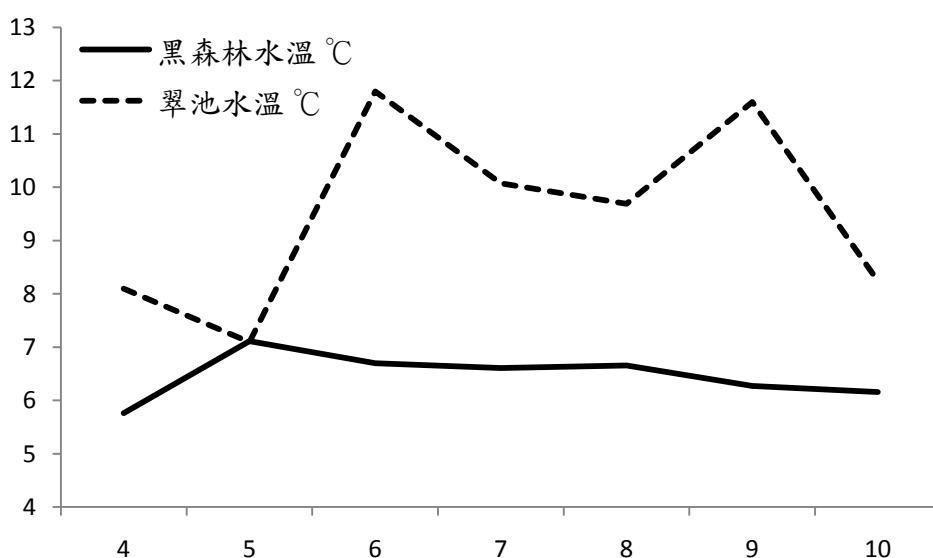


圖8-13. 黑森林水源地與翠池水溫月均溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

### 5. 圈谷樣區溫濕度記錄

圈谷樣區的溫溼度記錄器記錄到的最高溫為 $21.8^{\circ}\text{C}$ (6月8日1017 h)、最低溫為 $-4.4^{\circ}\text{C}$ (4月24日2215 h)、最暖月(6月)平均月均溫為 $9.5^{\circ}\text{C}$ (圖8-14);相對溼度最高為100%、最低為12.5%(5月30日0932 h)、最高月(10月)平均濕度為89.6%(圖8-15)(月均溫變化如圖8-4, 月均濕變化如圖8-5)。

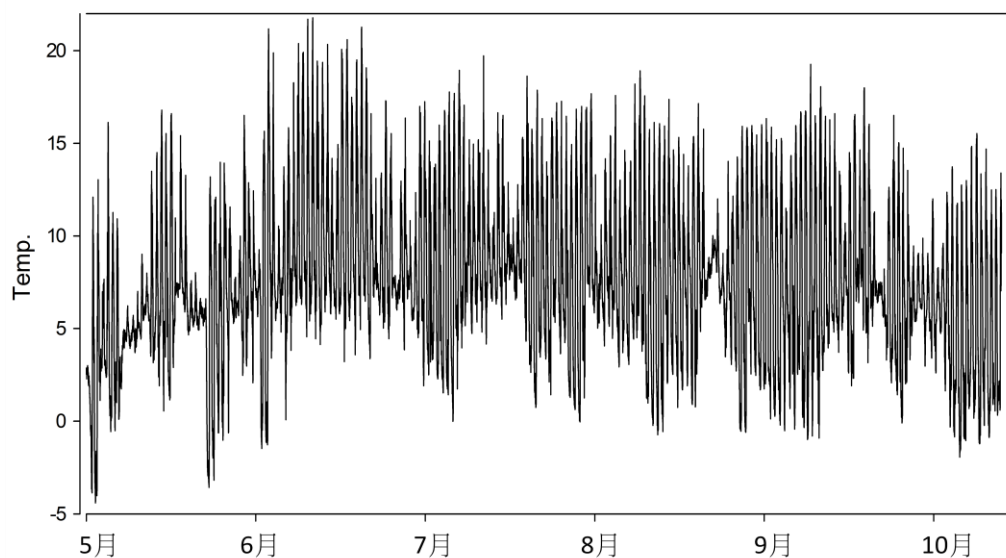


圖8-14. 圈谷溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

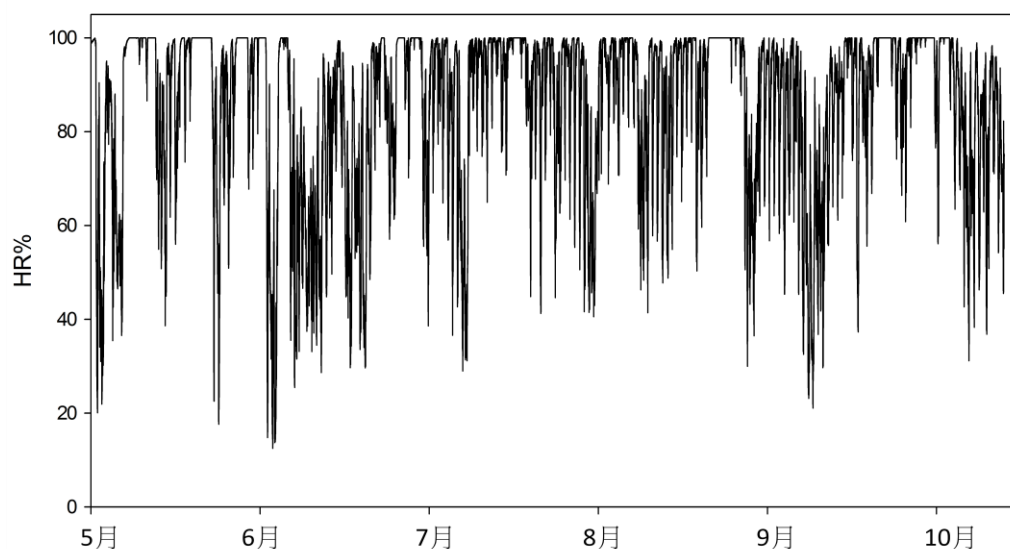


圖8-15. 圈谷相對濕度變化。  
(資料來源：本研究資料)



### 6. 翠池樣區溫濕度記錄

翠池樣區的溫溼度記錄器記錄到的最高溫為 $19.0^{\circ}\text{C}$ (9月29日1021 h)、最低溫為 $-3.7^{\circ}\text{C}$ (4月24日0520 h)、最暖月(7月)平均月均溫為 $9.4^{\circ}\text{C}$ (圖8-16)；相對溼度最高為100%、最低為4.9%(5月29日2325 h)、最高月(10月)平均濕度為88.6%(圖8-17)(月均溫變化如圖8-4，月均濕變化如圖8-5)。

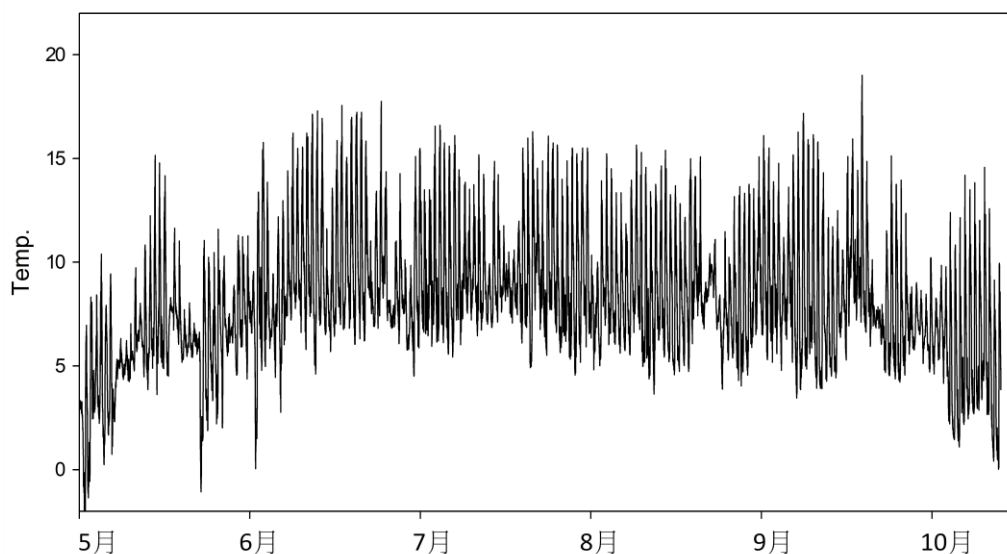


圖8-16. 翠池溫度變化。  
(資料來源：本研究資料)

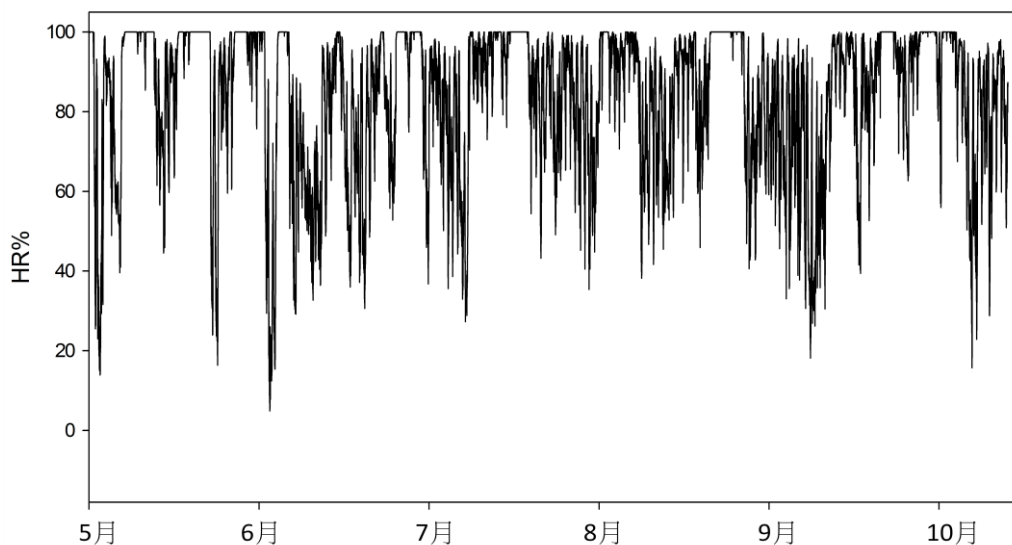


圖8-17. 翠池相對溼度變化。  
(資料來源：本研究資料)

## 7. 翠池樣區水溫記錄

翠池的水溫記錄器記錄到的最高溫為 $25.0^{\circ}\text{C}$ (6月19日1235 h)、最低溫為 $3.6^{\circ}\text{C}$ (5月18日0620 h)、平均為 $9.7^{\circ}\text{C}$ (圖8-18)(月均溫變化如圖8-13)。

三六九山莊、黑森林、圈谷與翠池的平均溫度有顯著的差異(ANOVA  $F_{3,216630} = 6128, p < 0.01$ )，平均氣溫由高而低為三六九山莊、黑森林、翠池、和圈谷(圖8-19)。四個樣區的平均相對溼度亦有顯著差異(ANOVA  $F_{3,216630} = 1125, p < 0.01$ )，依序為黑森林、圈谷、三六九山莊、和翠池(圖8-20)。

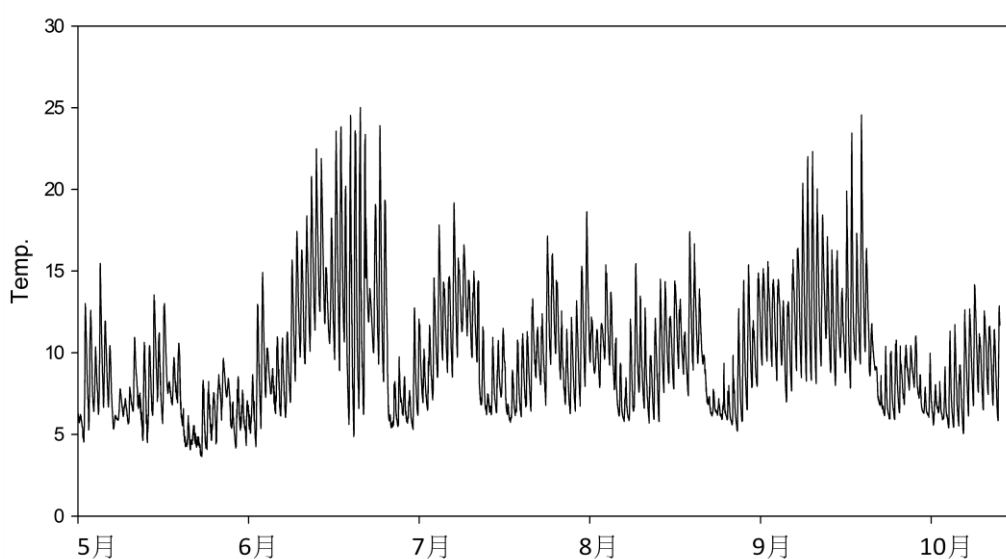


圖8-18. 翠池水溫變化。  
(資料來源：本研究資料)

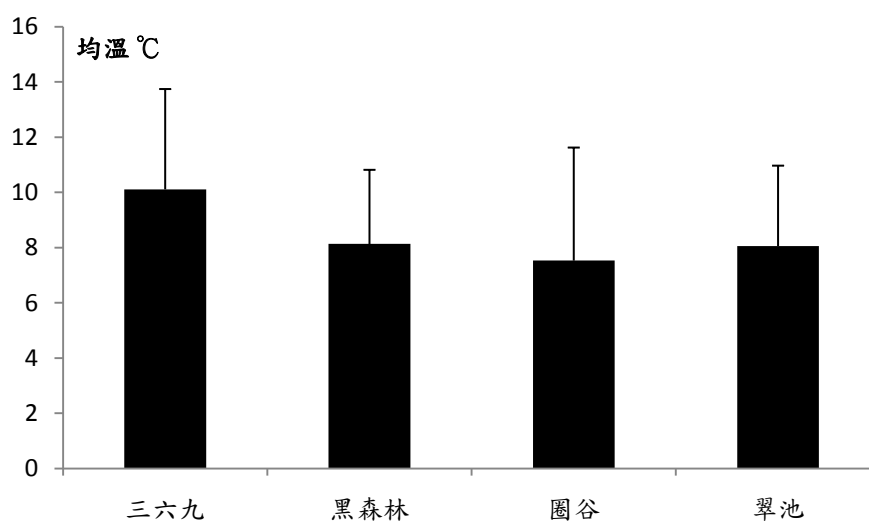


圖8-19. 各樣點均溫比較(ANOVA  $F_{3,216630} = 6128, p < 0.01$ )。  
(資料來源：本研究資料)

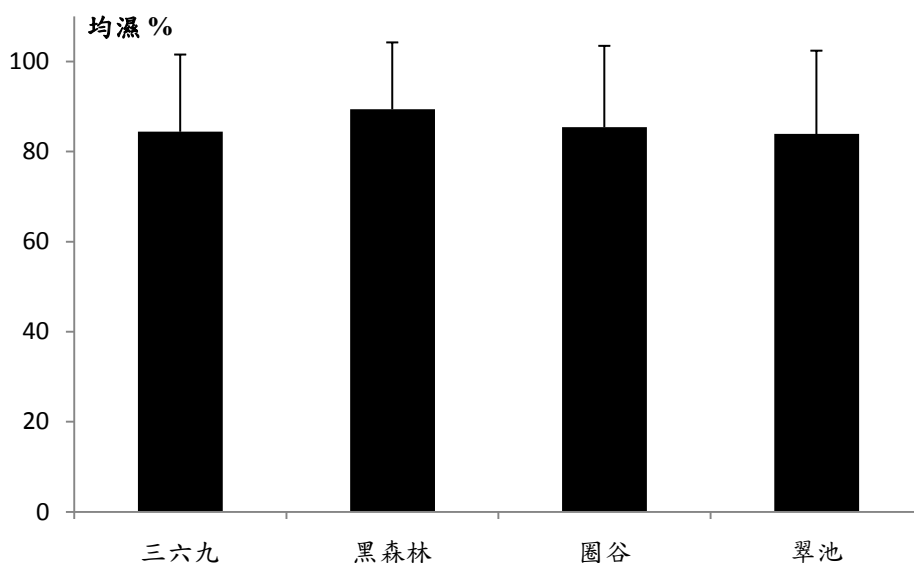


圖8-20. 各樣點平均濕度比較(ANOVA  $F_{3,216630} = 1125, p < 0.01$ )。  
(資料來源：本研究資料)

## (二) 族群及棲地調查

今年8趟調查，總努力量為225人小時，估計總搜尋面積約67,713 m<sup>2</sup>(各樣區的累計努力量與估計搜尋面積如表8-3)。

表8-3. 各樣區努力量與估計搜尋面積

樣區	累計努力量 (人小時)	累計搜尋面積 (m <sup>2</sup> )
七卡	11	3307
雪山東峰	0.5	150
三六九	154	46293
黑森林	39	11760
翠池	6.4	1924
下翠池	14.2	4279
總計	225.1	67713

(資料來源：本研究資料)

共捕獲或目擊2種兩生類和3種爬蟲類。兩生類為盤古蟾(*Bufo bankorensis*)與梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)；另在登山口水池附近聽到莫氏樹蛙(*Rhacophorus moltrechti*)鳴叫聲。爬蟲類3種，分別為短肢攀蜥(*Japalura brevipes*)、麗紋石龍子(*Eumeces elegans*)與台灣蜓蜥(*Sphenomorphus taiwanensis*)。

九隻目擊或捕獲盤古蟾的記錄中，最高的採集記錄在海拔2,854 m處；捕獲的8隻中有1隻在七卡山莊前的坡地被捕獲，其他記錄都在登山步道旁，步道的底質為泥土或石塊，步道周圍有落葉或禾草。1隻梭德氏赤

蛙幼體在七卡山莊前草地上爬行時被捕獲。2隻短肢攀蜥分別在步道海拔2,234 m與2,294 m處被捕獲。在步道海拔2,247 m處目擊1隻麗紋石龍子幼體。

台灣蜓蜥是被捕獲最多的種類，共目擊台灣蜓蜥2隻，捕獲10隻，其中有3隻幼體、3隻雄性與4隻雌性(表8-4)，除了1隻雄性個體在三六九山莊門前活動時被捕獲，其他都是在三六九山莊附近的草生地(登山步道與冷杉林之間)被捕獲或目擊，被捕獲時都躲藏在石塊下方。

表8-4. 本調查捕獲之台灣蜓蜥形質 (性別：F：雌性；M：雄性；J：幼體)

編號	吻肛長(mm)	體重(g)	性別
1	40.05	1.5	F
2	55.6	3.4	M
3	57.1	3.2	F
4	60.1	3.6	F
5	59.9	3.8	F
6	28.25	0.1	J
7	32.4	1.4	J
8	52.4	3.2	M
9	52	3.2	M
10	22.05	0.25	J
平均	46.0	2.4	
標準差	13.4	1.3	

(資料來源：本研究資料)

被捕獲時，台灣蜓蜥的平均肛溫高於其躲藏處的平均地溫 $4.6 \pm 6.1^{\circ}\text{C}$ (表8-5)，且有顯著的差異(Mann-Whitney U test  $U = 19.5, p < 0.05$ )。

表8-5. 台灣蜓蜥肛溫與地溫之差異

編號	肛溫( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫( $^{\circ}\text{C}$ )	溫差( $^{\circ}\text{C}$ )
1	13.7	11.6	+2.1
2	22.3	12.6	+9.7
3	18.6	13.3	+5.3
4	17.1	13.5	+3.6
5	19.2	13.6	+5.6
6	23.2	15.2	+8.0
7	32.4	19.1	+13.3
8	17.9	15.6	+2.3
9	20.3	13.7	+6.6
10	7.2	18	-10.8
平均	19.2	14.6	4.6
標準差	6.2	2.3	6.1

(資料來源：本研究資料)

今年自登山口到翠池的捕獲物種名錄(含其他團隊的目擊與採集資料)與2002年的採集記錄(呂, 2002)比較, 少了山椒魚、斯文豪氏赤蛙、艾氏樹蛙、和雪山草蜥, 增加了一種兩生類(盤古蟾蜍)和三種爬蟲類(麗紋石龍子、標蛇、菊池氏龜殼花)(表8-6)。

表8-6. 本調查捕獲之物種名錄與呂光洋教授2002年採集記錄(僅記錄登山口到翠池沿線; 本調查於登山口有聽到莫氏樹蛙叫聲, 但無進行捕捉; 表中菊池氏龜殼花為屏科大團隊發現; 標蛇為東海大學團隊發現)

科別	物種	呂, 2002	本調查
山椒魚科 Hynobiidae	南湖山椒魚 <i>Hynobius glacialis</i>	*	
蟾蜍科 Bufonidae	盤古蟾蜍 <i>Bufo bankorensis</i>		*
赤蛙科 Ranidae	梭德氏赤蛙 <i>Rana sauteri</i>	*	*
	斯文豪氏赤蛙 <i>Rana swinhoana</i>	*	
樹蛙科 Rhacophoridae	艾氏樹蛙 <i>Kurixalus eiffingeri</i>	*	
	莫氏樹蛙 <i>Rhacophorus moltrechti</i>	*	*
舊大陸鬣蜥科 Agamidae	短肢攀蜥 <i>Japalura brevipes</i>	*	*
正蜥科 Lacertidae	雪山草蜥 <i>Takydromus hsuehshanensis</i>	*	
石龍子科 Scincidae	麗紋石龍子 <i>Plestiodon elegans</i>		*
	台灣蜓蜥 <i>Sphenomorphus taiwanensis</i>	*	*
黃頰蛇科 Coluridae	標蛇 <i>Achalinus formosanus formosanus</i>		*
蝮蛇科 Viperidae	菊池氏龜殼花 <i>Trimeresurus gracilis</i>		*

(資料來源：本研究資料)

### (三) 山椒魚基礎資料收集

台灣中、北部各種山椒魚的分布點如圖8-21。整理的山椒魚資料如表8-7, 表格中空缺的部份表示沒有該項數據。雌體平均與最大吻肛長在靜水域與流水域繁殖的山椒魚之間, 皆沒有顯著差異(Mann-Whitney U test  $U = 59.5$ , NS;  $U = 59.5$ , NS)。靜水域的物種不論在平均產卵數(93)或最大產卵數(134)上, 都顯著高於流水域的物種(平均: 40; 最大: 66.3)( $U = 11$ ,  $p < 0.01$ ;  $U = 12.5$ ,  $p < 0.05$ )。靜水域山椒魚的平均卵徑則顯著小於流水域的物種(靜水域: 3.0 mm; 流水域: 4.9 mm)( $U = 0$ ,  $p < 0.05$ )。不論靜水域或流水域的物種, 雌體體型越大, 產卵的數量也越多(靜水域:  $1.8172x - 21.039$ , 圖8-22; 流水域:  $0.1284x + 34.159$ , 圖8-23), 且靜水域者達顯著水準(Pearson Correlation 靜水域:  $r = 0.62$ ,  $p < 0.05$ ; 流水域:  $r = 0.06$ , NS)。

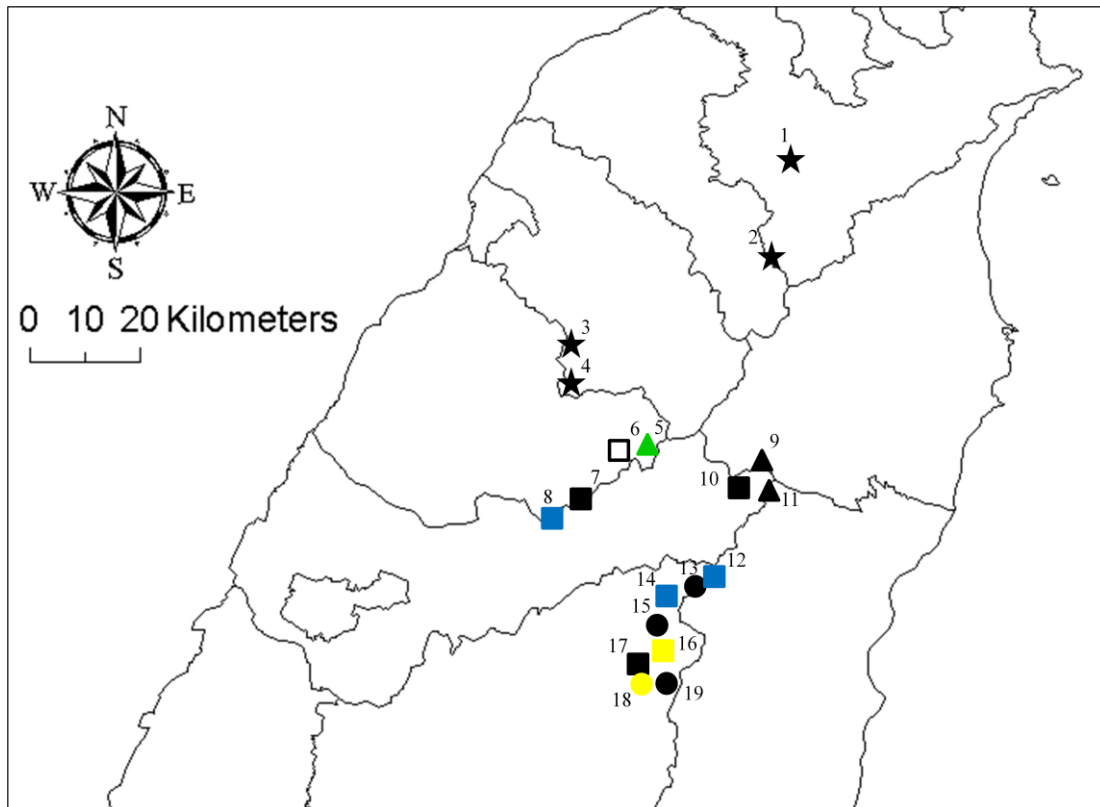


圖8-21. 分布於中、北部的四種山椒魚點位(種類：■臺灣山椒魚、★觀霧山椒魚、▲南湖山椒魚、●楚南氏山椒魚；資料來源：黃色：Kakegawa *et al.*, 1989、黑色：Lai and Lue, 2008、綠色：呂, 2009、藍色：張, 2011、白底黑框：訪問資料；地點：1插天山、2拉拉山、3霞喀羅山、4觀霧、5翠池、6志樂溪、7大雪山林道、8小雪山、9審馬陣山屋、10雲稜山屋、11南湖圈谷山屋、12八二零林道、13畢祿林道、14小風口、15合歡山莊、16武浪洋山、17雲海保線所、18松原、19天池保線所)。(資料來源：本研究資料)

表8-7. 山椒魚基本資料

種類	分布	雌體平均吻 肛長(mm)	雌體最大吻 肛長(mm)	繁殖月份	繁殖時水溫 °C	繁殖類型	平均產卵數	最大產卵數	平均卵徑 (mm)
<i>Hynobius abei</i>	日本	59.0 <sup>1*</sup>	71.0 <sup>1*</sup>	11-12 <sup>1</sup>		靜水域	68 <sup>1</sup>	109 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius amjiensis</i>	中國	84.5 <sup>2,3</sup>	84.5 <sup>2,3</sup>	11-3 <sup>4</sup>		靜水域	133 <sup>1,2,4</sup>	180 <sup>2</sup>	3.5 <sup>2,3</sup>
<i>Hynobius arisanensis</i>	台灣	55.9 <sup>2,3,5</sup>	65.7 <sup>5</sup>	11-1 <sup>6</sup>		流水域	12 <sup>7</sup>	16 <sup>7</sup>	
<i>Hynobius boulengeri</i>	日本	93.0 <sup>1*</sup>	107.0 <sup>1*</sup>	2-5 <sup>1</sup>		流水域	32 <sup>1</sup>	47 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius chinensis</i>	中國	46.0 <sup>2,3*</sup>		11-3 <sup>1</sup>		靜水域	88 <sup>1</sup>	96 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius dunni</i>	日本	70.0 <sup>1*</sup>	80.0 <sup>1*</sup>			流水域	118 <sup>1</sup>	200 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius formosanus</i>	台灣	52.6 <sup>2,3,5</sup>	58 <sup>2</sup>	11-1 <sup>8</sup>	7-9 <sup>1</sup>	流水域	29 <sup>8</sup>		4.3 <sup>2,8</sup>
<i>Hynobius fuca</i>	台灣	52.8 <sup>5</sup>	54.8 <sup>5</sup>						
<i>Hynobius glacialis</i>	台灣	58.9 <sup>5</sup>	65.8 <sup>5</sup>						
<i>Hynobius guabangshanensis</i>	中國	80.2 <sup>9</sup>	87.5 <sup>9</sup>	11-1 <sup>4,9</sup>		靜水域	181 <sup>4,9,10</sup>	268 <sup>10</sup>	2.3 <sup>4,9</sup>
<i>Hynobius hidamontanus</i>	日本	51.0 <sup>1*</sup>	58.0 <sup>1*</sup>	4-5 <sup>1</sup>		流水域	53 <sup>1</sup>	76 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius hirosei</i>	日本								
<i>Hynobius katoi</i>	日本	63.2 <sup>11</sup>	66.1 <sup>11</sup>	2-4 <sup>1</sup>		流水域			4.9 <sup>1</sup>
<i>Hynobius kimurae</i>	日本	77.0 <sup>12*</sup>	97.0 <sup>12*</sup>	2-4 <sup>12</sup>		流水域	32 <sup>1</sup>	51 <sup>1</sup>	5.0 <sup>8</sup>
<i>Hynobius leechii</i>	中國、朝鮮、韓國	62.8 <sup>2,3</sup>	78.5 <sup>2,3</sup>	3-5 <sup>3,13,14</sup>	7-12 <sup>13</sup>	靜水域	95 <sup>3,15</sup>	150 <sup>3</sup>	3.0 <sup>3,15</sup>
<i>Hynobius lichenatus</i>	日本	60.0 <sup>1*</sup>	70.0 <sup>1*</sup>	2-6 <sup>16</sup>		靜水域	50 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>	3.8 <sup>8</sup>
<i>Hynobius maoershanensis</i>	中國	78.3 <sup>17</sup>	83.6 <sup>17</sup>	11-2 <sup>17</sup>		靜水域	82 <sup>17</sup>	90 <sup>17</sup>	
<i>Hynobius naevius</i>	日本	67.5 <sup>1*</sup>	87.0 <sup>1*</sup>	3 <sup>18</sup>		流水域	41 <sup>18</sup>	72 <sup>18</sup>	5.3 <sup>8,18</sup>
<i>Hynobius nebulosus</i>	日本	55.0 <sup>1*</sup>	70.0 <sup>1*</sup>	12-5 <sup>1,19</sup>	10 <sup>1</sup>	靜水域	95 <sup>1</sup>	140 <sup>1</sup>	2.8 <sup>8</sup>
<i>Hynobius nigrescens</i>	日本	70.0 <sup>1*</sup>	80.0 <sup>1*</sup>	2-7 <sup>1</sup>		靜水域	90 <sup>1</sup>	140 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius okiensis</i>	日本	72.0 <sup>1*</sup>	73.0 <sup>1*</sup>	2-4 <sup>1</sup>		流水域	40 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius quelpaertensis</i>	韓國								
<i>Hynobius retardatus</i>	日本	72.5 <sup>1*</sup>	85.0 <sup>1*</sup>	4-7 <sup>1</sup>		兩者都有	105 <sup>1</sup>	150 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius sonani</i>	台灣	57.9 <sup>2,3,5</sup>	64.4 <sup>5</sup>	11-1 <sup>8</sup>		流水域	32 <sup>8</sup>		5.0 <sup>8</sup>
<i>Hynobius stejnegeri</i>	日本	80.5 <sup>1*</sup>	85 <sup>1*</sup>	4-5 <sup>1</sup>		流水域	37 <sup>1</sup>	57 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius takedai</i>	日本	56.8 <sup>20</sup>	60 <sup>20</sup>	2-4 <sup>1</sup>		靜水域	87 <sup>1</sup>	107 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius tokyoensis</i>	日本			2-4 <sup>1</sup>		靜水域	54 <sup>21</sup>		

<i>Hynobius tsuensis</i>	日本	66.5 <sup>1*</sup>	75.0 <sup>1*</sup>		流水域	46 <sup>1</sup>	92 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius turkestanicus</i>	土庫曼							
<i>Hynobius yangi</i>	韓國	59.6 <sup>22</sup>	61.4 <sup>2</sup>	2-3 <sup>1</sup>	靜水域	86 <sup>22</sup>		2.8 <sup>22</sup>
<i>Hynobius yatsui</i>	日本			5-7 <sup>1</sup>	流水域	13 <sup>1</sup>	19 <sup>1</sup>	
<i>Hynobius yiwuensis</i>	中國	59.9 <sup>2,3</sup>	68 <sup>2,3</sup>	12-5 <sup>3,23</sup>	兩者都有	89 <sup>3</sup>	108 <sup>3</sup>	2.8 <sup>3</sup>
<i>Hynobius yunanicus</i>	中國	84.6 <sup>3</sup>	93.7 <sup>3</sup>		流水域			

(<sup>1</sup>AmphibiaWeb (<http://amphibiaweb.org>), <sup>2</sup>Ye et al., 1993, <sup>3</sup>Fei et al., 2006, <sup>4</sup>Gu et al., 1999, <sup>5</sup>Lai and Lue, 2008, <sup>6</sup>Chen and Lue, 1986, <sup>7</sup>Hou et al., 2010, <sup>8</sup>Kakegawa et al., 1989, <sup>9</sup>Shen et al., 2004, <sup>10</sup>Mi et al., 2007, <sup>11</sup>Matsui et al., 2004, <sup>12</sup>Misawa and Matsui, 1997, <sup>13</sup>Park et al., 1996, <sup>14</sup>Sung et al., 2005, <sup>15</sup>Ji et al., 1987, <sup>16</sup>Takahashi and Iwasawa, 1990, <sup>17</sup>Zhou et al., 2006, <sup>18</sup>Oyama, 1929, <sup>19</sup>Ento and Matsui, 2002, <sup>20</sup>Matsui and Miyazaki, 1984, <sup>21</sup>Kusano, 1980, <sup>22</sup>Kim et al., 2003, <sup>23</sup>Ma and Gu, 1999, \*沒有雌體資料，以該物種全體資料代替)

(資料來源：本研究資料)



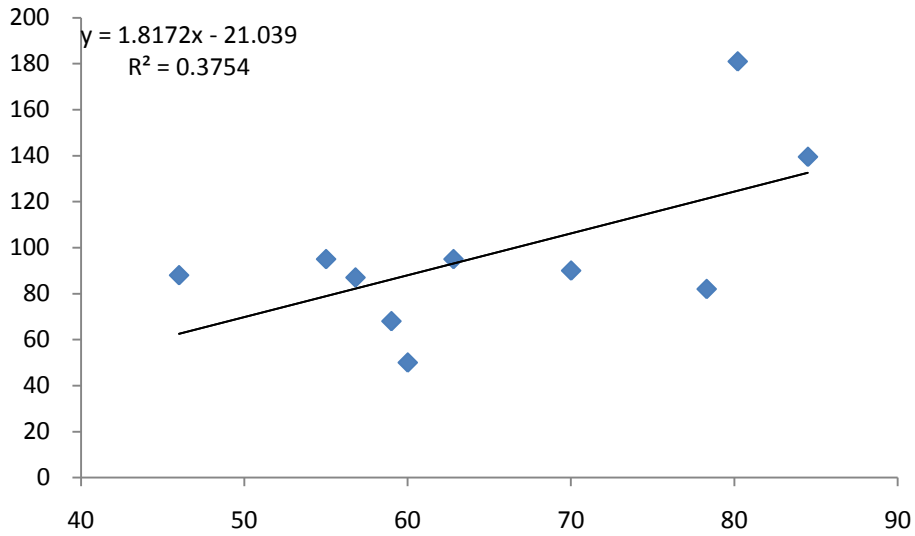


圖8-22. 靜水域山椒魚雌體平均吻肛長與平均產卵數的關係。  
(資料來源：本研究資料)

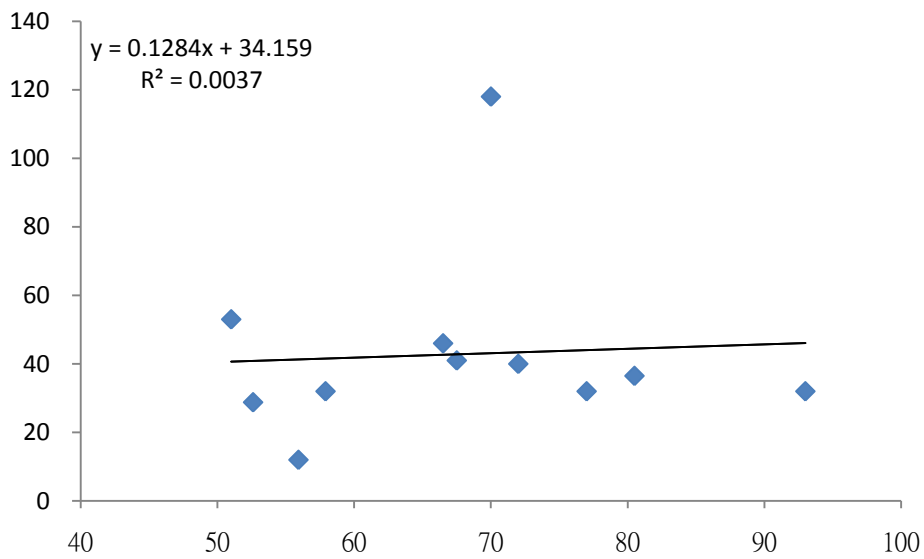


圖8-23. 流水域山椒魚雌體平均吻肛長與平均產卵數的關係。  
(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一)溫溼度記錄

三六九山莊樣區後方火燒地石塊表面的溫度在日照後可高達48°C，應可供應台灣蜓蜥匍匐在其上讓身體快速升溫，達到活動溫度。Huang et al. (2006)的研究顯示，若讓台灣蜓蜥在10°C的環境下適應兩週，再測量最低臨界溫度(critical thermal minimum)，台灣蜓蜥會在5.3°C時失去正常的翻身反應，且最低臨界溫度隨著實驗環境的溫度降低而降低。三六九樣區的平均溫度約為10°C，台灣蜓蜥藏身的石塊底部平均溫度約為11°C，台灣蜓蜥利用溫度變化小的石塊底部休息或躲藏，可減少面對最低臨界溫度的機會。

魏與林(2010)指出雪山地區平均氣溫隨海拔升高而下降，他們的研究並不包含翠池，若不考慮本調查翠池的結果，則各樣區的氣溫記錄和魏與林(2010)的結果相似。翠池設置的溫溼度記錄器海拔較圈谷低，翠池平均氣溫較圈谷高的結果也符合魏與林(2010)的說法。若不考慮翠池的濕度記錄，本調查其他三個樣區的平均相對濕度差異也和魏與林(2010)的結果相似。黑森林主要為台灣冷杉林，樣區內有數條溪澗與較密的植被，應可提供較好的保濕功能，並降低相對濕度的波動。翠池的植被主要為玉山圓柏，另又有湖水，但平均濕度卻為各樣區最低，原因值得做進一步研究。

黑森林水源地的水溫記錄在5月有6天最高溫超過20°C的情形，之後則沒有再發生如此高溫。此水溫記錄器放置的位置是在水源地溪澗中的石塊上，應是5月時溪澗乾涸造成。放置在翠池的水溫記錄器亦記錄過25°C的情形，發生在中午左右，應該是當時池水不多又有日光直照造成。

10月時完成今年最後一趟採集後，將各組溫濕度記錄器的記錄頻率改為每20分鐘記錄一次，計畫於2012年3月回收這些記錄資料，屆時可以提供各研究團隊雪山地區冬季與初春的溫濕度情況。

### (二)族群及棲地調查

山椒魚在棲地上扮演重要的生態角色，如做為中階掠食者，水域與陸域環境的能量傳輸者，牠們挖掘地道可增加土壤的通透性，在溫帶區域山椒魚也能做為生態系健全的指標(Davic and Welsh Jr., 2004)。雪山地區處於南湖山椒魚(*Hynobius glacialis*)、台灣山椒魚(*H. formosanus*)、觀霧山椒魚(*H.*

*fuca*)與楚南氏山椒魚(*H. sonani*)分布的交界(Lai and Lu, 2008)。呂光洋(2002)於翠池發現體色底色綠褐色，具深褐色到黑色蠕蟲狀斑的山椒魚，之後確定該個體為南湖山椒魚(呂，2009)。我們調查時，登山客提及在距翠池西方直線距離約2公里的志樂溪翻到山椒魚，檢視登山客拍攝的相片後，亦可確定是台灣山椒魚；雪霸國家公園武陵管理站楊正雄在進行高山湖泊調查時，也在志樂溪源頭發現台灣山椒魚。不同種的山椒魚確實有共域的情況(張，2011)，雖然本調查並未捕獲任何種類山椒魚，但雪山地區是三種山椒魚分布的交會地帶，確認此區域的山椒魚種類，是未來值得進行的工作。

7月時，於三六九山莊附近擺設石塊區域，都沒有在之後數月發現爬蟲類利用這些石塊。一些文獻有提及棲地中庇護所或微棲地與兩棲類或爬蟲類數量的關係，如Howes and Lougheed(2004)在安大略湖周圍對*Eumeces fasciatus*這種蜥蜴作的研究顯示，棲地上有越多覆蓋的石塊，蜥蜴的數量也越多，因為石塊可以提供蜥蜴熱調節的場所。James and M'Colskey(2003)在科羅拉多州的研究發現，人為移除可以當作庇護所的倒木，會限制當地蜥蜴的分布，減少蜥蜴族群的豐量，也減少蜥蜴物種多樣性。在兩生類也有類似的情形，Davic and Orr(1987)在北卡羅萊納州研究山椒魚(*Desmognathus quadramaculatus*)在當地小溪流的族群，經由人為的增加溪床上卵石的數量，他們發現溪床上的卵石越多，不但可以提供越多庇護所，也能使得可當作山椒魚獵物的小型無脊椎動物增加，進而提高該區域山椒魚的族群大小。然而，在山六九山莊附近設置的石塊區域經4趟的翻找，並沒有發現任何爬蟲類。比較本調查捕獲到台灣蜓蜥的石塊下方情形，都是土壤，或土壤與一些草莖，7月設置石塊區域時，是將石塊直接放在選定的地點，沒有清除下方雜草，到了10月，石塊下方多為枯萎的草莖，翻開石塊後不會直接看到土壤，或許這樣的微棲地在下方植物腐化之前，不會被台灣蜓蜥等爬蟲類利用。此外，列及的文獻中，棲地上的庇護所都是當地兩生類或爬蟲類族群大小的限制因子，雪山三六九區域台灣蜓蜥族群的主要限制因子應該是氣候，在族群量稀少的情況下，增加庇護所的數量可能亦無法捕獲更多的爬蟲類個體。

自2011年4月到10月，在三六九山莊附近的8次搜尋，累計搜尋面積約為46293平方公尺，累計努力量為154人小時。在這個區域，共捕獲10隻台

灣蜓蜥。另外山莊附近的草生地亦目擊2隻台灣蜓蜥個體。包含捕獲與目擊，共發現12隻台灣蜓蜥個體。搜尋面積捕獲率約為0.026%、努力量捕獲率約為7.8%。台灣蜓蜥喜歡的棲息地類型為日照量充足且有碎石和短草的區域(Huang, 1997)。黃等(2005)在塔塔加地區長期生態研究發現，在石山樣區有最高的捕獲率，自2001年到2004年共捕獲到180隻台灣蜓蜥個體，神木樣區共捕獲10隻個體，鹿林水源樣區則沒有捕獲，黃等(2005)認為其原因是石山樣區符合台灣蜓蜥喜好的棲地類型所致。三六九山莊附近的棲地也屬於Huang(1997)所描述的類型，然而，就算黃等(2005)在塔塔加石山樣區的最少年度捕獲數量(2004年捕獲35隻個體)也多於本調查的捕獲數。石山樣區的海拔約2,400- 2,700 m之間，緯度約在北緯25°97'，雪山三六九山莊樣區海拔約為3,100- 3,200 m 之間，緯度約26°99'，更高海拔和更北緯度，其氣候應較玉山地區寒冷，對外溫的台灣蜓蜥應該是限制族群量的因子。此外，三六九山莊附近曾在2008年12月發生火災，延燒的草生地面積約有19公頃。曾有學者針對火燒與區域中的爬蟲類族群進行研究，如Griffiths and Christian(1996)提出澳洲疏樹草原的傘蜥蜴(*Chlamydosaurus kingii*)族群在棲地發生火燒後，短期間(幾個月內)可能因為掠食者的減少或外來個體的移入，當地的族群大小不會有明顯的改變，但長期而言，可能因為火燒導致植物減少，使得當地可做為傘蜥蜴獵物的植食性小型無脊椎生物量降低，進而影響傘蜥蜴的族群量。2008年的火災，幾乎將三六九山莊附近的草生地燒光，這或許也是該樣區台灣蜓蜥族群量稀少的原因之一。

本調查捕獲的台灣蜓蜥，除1隻幼體外，其體溫皆高於氣溫與地溫，顯示台灣蜓蜥應可利用行為有限制的調節體溫。

除了1隻台灣蜓蜥是在三六九山莊門前爬行被調查人員捕獲之外，其餘的個體都是在翻找最長距離超過25公分的石塊下捕獲，比較三六九山莊火燒地上石塊表面與底部的溫度，石塊底部的溫度相對表面溫度較為恆定，這應該是台灣蜓蜥選擇在石塊下躲藏的原因之一。

我們在海拔2,247 m處目擊麗紋石龍子，其他團隊在海拔約2,500 m處也有發現。雖然有書籍提及麗紋石龍子可分布到海拔2,500 m (向等, 2009)，不過在期末討論時也有人提出跟往年比較，於海拔2,000 m以上發現麗紋石龍子的機會增多。麗紋石龍子主要分布在中低海拔，是否因為氣候暖化，

讓其族群量在高海拔區域有增加的情形，很值得深入研究。

雖然本團隊在海拔3,000 m以上的區域只捕獲過台灣蜓蜥，不過，屏東科技大學孫元勳教授的鳥類研究團隊曾在今年8月15日在三六九山莊附近的草生地發現菊池氏龜殼花(*Trimeresurus gracilis*)，且有相片記錄。因此，我們可以確定雪山三六九地區有台灣蜓蜥與菊池氏龜殼花這2種爬蟲類。屏科大的人員也在步道0.2k處目擊盤古蟾蜍、0.9k與1.8k處目擊麗紋石龍子、4.4k處目擊台灣蜓蜥。東海大學哺乳類團隊在0.3k捕捉到短肢攀蜥、在七卡山莊發現標蛇(*Achalinus formosanus formosanus*)。呂光洋教授在2002年記錄的雪山草蜥(*Takydromus hsuehshanensis*)我們並未捕獲。

### (三)山椒魚基礎資料收集

多數的山椒魚在冬季到春季繁殖，只有分布在日本的*H. nigrescens*、*H. retardatus*與*H. yatsui*三種的繁殖季延伸到夏季。一般而言，靜水域繁殖的山椒魚通常生數量較多而卵徑較小的卵，卵顏色較深，幼體孵化後有鰓，山椒魚幼體面臨的壓力如池塘乾旱、溶氧低、掠食者、冬天池水結冰等，牠們會有快速變態的生存策略。溪流裡溶氧較高，且有石塊可以做為庇護所，流水域繁殖的山椒魚通常生數量少卵徑較大的卵，卵顏色較淺，孵化的幼體沒有鰓(Kakegawa et al, 1989, Peng et al. 2006)。比較收集到的資料，不同繁殖類型的山椒魚，其產卵數或卵徑之差異情形符合上述說法。目前還沒有觀霧山椒魚和南湖山椒魚平均產卵數的數據，若用流水域山椒魚的迴歸式，估計觀霧山椒魚的平均產卵數為41顆、南湖山椒魚為42顆。

## 五、建議

### (一)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：國立中興大學生命科學系

建議事項：

1. 建議監測麗紋石龍子在高海拔區域的分布情形，研擬其做為氣候變遷指標生物的可能。
2. 建議能長期監測高山氣候和水文，並研擬保育高山爬蟲類和山椒魚的具體做法。

## 五、參考文獻

- 向高世。李鵬翔。楊懿如。2009。台灣兩棲爬行類圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 呂光洋。2002。雪霸國家公園兩生爬蟲類調查研究—武陵地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告。
- 呂光洋。2009。國家公園氣候變遷指標動物族群監測計畫-以山椒魚為例。pp. 19-34。生物多樣性資源研究與保育成果發表與座談會論文集。玉山國家公園管理處。
- 袁孝維。1995。武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查。雪霸國家公園管理處委託計畫。
- 張立宜。2011。臺灣山椒魚與楚南氏山椒魚棲地及食性資源利用區隔之比較研究。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 陳世煌。呂光洋。1986。台灣產山椒魚之研究(二)阿里山地區山椒魚隻族群生態研究。師大生物學報，21，1-72。
- 郭瓊華。2002。台灣蜓蜥族群遺傳結構之研究。國立台灣師範大學生物系碩士論文。
- 黃淑萍。蕭之維。杜銘章。2005。高海拔長期生態研究—塔塔加地區之台灣蜓蜥的族群量變化及其棲地利用。生物學報，40，68-75。
- 賴俊祥。2008。台灣產山椒魚的分類與阿里山山椒魚族群生態與族群遺傳研究。國立台灣師範大學生命科學系博士論文。
- 魏聰輝。林伯雄。2010。雪山地區高山生態系整合研究—高山微氣候與熱量收支之研究。雪霸國家公園委託研究報告。
- Bauwens, D., AM. Castilla, R. Ven Damme, and RF. Verheyen. 1990. Field body temperatures and thermoregulatory behavior of the high altitude lizard, *Lacerta bedriagae*. Journal of Herpetology 24, 88-91.
- Boone, MD., DE. Scott, and PH. Niewiarowski. 2002. Effects of hatching time for larval Ambystomatid salamander. Copeia 2002, 511-517.
- Chen, S-H, K-Y Lue. 1987. A new species of skink, *Sphenomorphus taiwanensis* from Taiwan (Sauria: Scincidae). Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica 26, 115-121.
- Chen, X-H., W-Y. Qu, and H-X. Niu. 2001. A new species of the genus *Hynobius* from Henan Province, China. (Caudata: Hynobiidae). Acta

- Zootaxonomica Sinica 26, 383-387. (in Chinese).
- Davic, RD., and HH. Welsh, Jr. 2004. ON the ecological roles of salamander. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 35, 405-434.
- Davic, RD., and LP. Orr. 1987. The relationship between rock density and salamander density in a mountain stream. Herpetologica 43, 357-361.
- Davis, MB, RG Shaw, JR Etterson. 2005. Evolutionary responses to changing climate. Ecology 86, 1704-1714.
- Davis, MB, RG Shaw. 2001. Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change. Science 292, 673-679.
- Deutsch, CA, et al. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 105, 6668-6672.
- Ento, K., and M. Matsui. 2002. Estimation of age structure by skeletochronology of a population of *Hynobius nebulosus* in a breeding season (Amphibia, Urodela). Zoological Science 19, 241-247.
- Fei, L., S-Q. Hu. C-Y. Ye, and -Z. Huang. 2006. Fuana Sinica Amphibia Vol. 1. Science Press, Beijing, China. (in Chinese).
- Fu, C-Z., R. Rao, J-H. Wu, J-K. Chen, and G-C. Lei. 2003. Effect of density and food availability on growth and cannibalism in basin-raiaing larval salamanders (*Hynobius amjiensis*). Zoological Research 24, 186-190. (in Chinese).
- Gregory, PT. 2009. Northern lights and seasonal sex: the reproductive ecology of cool-climate snakes. Herpetologica 65, 1-13.
- Griffiths, AD. and KA. Christian. 1996. The effects of fire on the frillneck lizard (*Chlamydosaurus kingii*) in northern Australia. Australian Journal of Ecology 21, 386-398.
- Gu, H., X. Ma., J. Wang, Z. Du., and X. Lou. 1999. Research on population number and dynamics of *Hynobius amjiensis*. Sichuan Journal of Zoology 18, 104-106. (in Chinese).
- Guo, K-J., X-Q. Mi, and X-J. Deng. 2008. Breeding ecology of *Hynobius guabangshanensis*. Chinese Journal of Ecology 27, 77-82. (in Chinese).

- Hasumi, M. 1994. Reproductive behavior of the salamander *Hynobius nigrescens*: monopoly of egg sacs during scramble competition. *Journal of Herpetology* 28, 264-267.
- Hasumi, M., and H. Iwasawa. 1990. Seasonal change in body shape and mass in the salamander, *Hynobius nigrescens*. *Journal of Herpetology* 24, 113-118.
- Hou, W-S., Y-H. Chang, T-F. Chuang, and C-H. Chen. 2010. Effect of ecological engineering design on biological motility and habitat environment of *Hynobius arisanensis* at high altitude areas in Taiwan. *Ecological Engineering* 36, 791-798.
- Howes, BJ, SC. Lougheed. 2004. The importance of cover rock in northern populations of the five-lined skink (*Eumeces fasciatus*). *Herpetologica* 60, 287-294.
- Huang, SM, SP Huang, YH Chen, MC Tu. 2007. Thermal tolerance and altitudinal distribution of three *Trimeresurus* snakes (Viperidae: Crotalinae) in Taiwan. *Zoological Studies* 46, 592-599.
- Huang, SP, MC Tu. 2008. Heat tolerance and altitudinal distribution of a mountainous lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, in Taiwan. *Journal of Thermal Biology* 33, 48-56.
- Huang, SP, MC Tu. 2009. Locomotor and elevational distribution of a mountainous lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, in Taiwan. *Zoological Studies* 48, 477-484.
- Huang, SP, YY Hsu, MC Tu. 2006. Thermal tolerance and altitudinal distribution of two *Sphenomorphus* lizards in Taiwan. *Journal of Thermal Biology* 31, 378-385.
- Huang, W-S. 1997. Reproductive cycle of the oviparous lizard *Japalura brevipes* (Agamidae: Reptilia) in Taiwan, Republic of China. *Journal of Herpetology* 31, 22-29.
- Huang, W-S. 1997. Reproductive cycle of the skink, *Sphenomorphus taiwanensis*, in central Taiwan. *Journal of Herpetology* 31, 287-290.
- Huang, WS. 1997. The reproductive cycle of the skink, *Sphenomorphus taiwanensis*, in central Taiwan. *Journal of Herpetology* 31, 287-290.



- Huang, W-S. 1998. Reproductive cycles of the glass lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, with comments on reproductive patterns of lizards from the central high elevation area of Taiwan. *Copeia* 1998, 866-873.
- James, SE., and RT. M'Closkey. 2003. Lizard microhabitat and fire fuel management. *Biological Conservation* 114,293-297.
- Ji, D. et al. 1987. Fauna Liaoningica, Amphibia Reptilia. pp. 16-19. Liaoning Science and Technology Press, Shenyang, China. (in Chinese).
- Takegawa, M., K. Iizuka, and S. Kuzumi. 1989. Morphology of egg sacs and larvae just after hatching in *Hynobius sonani* and *H. formosanus* from Taiwan, with an analysis of skeletal muscle protein compositions. pp. 147-155. In M. Matsui, T. Hikida, and R.C. Goris (Ed.), *Current Herpetology in East Asia*. The Herpetology Society of Japan, Kyoto, Japan.
- Kim, J-B., M-S. Min, and M. Matsui. 2003. A new species of lentic breeding Korean salamander of genus *Hynobius* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 20, 1163-1169.
- Kleeberger, SR. 1985. Influence of intraspecific density and cover on home range of a plethodontid salamander. *Oecologia* 66, 404-410.
- Kusano, T. 1980. Breeding and egg survival of a population of a salamander, *Hynobius nebulosus tokyoensis* Tago. *Researches in Population Ecology* 21, 181-186.
- Kusano, T. 1982. Postmetamorphic growth, survival, and age at first reproduction of the salamander, *Hynobius nebulosus tokyoensis* Tago in relation to a consideration on the optimal timing of first reproduction. *Research on Population Ecology* 24, 329-344.
- Lai, J-S, K-Y Lue. 2008. Two new *Hynobius* (Caudata: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64, 63-80.
- Lambeck, K, J Chappell. 2001. Sea level change through the last glacial cycle. *Science* 292, 679-686.
- Lee, J-H., and D. Park. 2008. Effects of physical parameters and age on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. *Journal of Ecology and Field Biology* 31, 183-191.

- Lin, CF, MC Tu. 2008. Food habits of the Taiwanese mountain pitviper, *Trimeresurus gracilis*. *Zoological Studies* 47, 697703.
- Lin, SM, CJ Wang, YC Hsu, KY Lue, SH Li. 2006. Isolation and characterization of 12 tetra-repeated microsatellite loci from the Formosan grass lizard (*Takydromus formosanus*). *Molecular Ecology Notes* 6, 57—59.
- Lips, KR, JD Reeve, LR Witters. 2003. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology* 17, 1078–1088.
- Lomolino, MV. 2005. Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography* 32, 1683–1699.
- Ma, X-M., and H-Q. Gu. 1999. Studies on distribution and population number of *Hynobius chinensis* on the Zhoushan Island. *Sichuan Journal of Zoology* 18, 107-108. (in Chinese).
- Masawa, Y, M Matsui. 1997. Larval life history variation in two populations of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 14, 257–262.
- Matsui, M., and K. Miyazaki. 1984. *Hynobius takedai* (Amphibia, Urodela), a new species of salamander from Japan. *Zoological Science* 1, 665-671.
- Matsui, M., Y. Kokuryo, Y. Misawa, and K. Nishikawa. 2004. A new species of salamander of the genus *Hynobius* from central Honshu, Japan (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 21, 661-669.
- McCain, CM. 2009. Vertebrate range sizes indicate that mountains may be ‘higher’ in the tropics. *Ecology Letters*, 12, 550–560.
- Mi, X-Q., X-J. Deng, K-J. Guo, Y-D. Niu, and Y. Zhou. 2007. Early embryonic development of *Hynobius guabangshanensis*. *Sichuan Journal of Zoology* 26, 377-378. (in Chinese).
- Millien, V, et al. 2006. Ecotypic variation in the context of global climate change: revisiting the rules. *Ecology Letters* 9, 853–869.
- Millien, V, J Damuth. 2004. Climate change and size evolution in an island rodent species: new perspectives on the island rule. *Evolution* 58,

1353–1360.

- Misawa, Y., and M. Matsui. 1997 Larval life history variation in two population of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 14, 257-262.
- Misawa, Y., and M. Matsui. 1999. Age determination by skeletochronology of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 16, 845-851.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37, 637–669.
- Oyama, J. 1929. Some embryological notes of *Hynobius naevius*. *Copeia* 173:92-94.
- Park, S.-R., J.-Y. Jeong, and D. Park. 2005. Cannibalism in the Korean salamander (*Hynobius leechii*: Hynobiidae, Caudata, Amphibia) larvae. *Integrative Biosciences* 9, 13-18.
- Park, S.-R., D.-S. Park, and S.Y. Yang. 1996. Courtship, fighting behaviors and sexual dimorphism of the salamander, *Hynobius leechii*. *Korean Journal of Zoology* 39, 437-446.
- Raxworthy, C.J., et al. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* 14, 1703–1720.
- Root, T.L., et al. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421, 57–60.
- Schmidt, N.M., P.M. Jensen. 2003. Changes in mammalian body length over 175 years — adaptations to a fragmented landscape? *Conservation Ecology* 7(2), 6.
- Shen, Y.-H., X.-J. Deng, and B. Wang. 2004. A new hynobiid species *Hynobius guabangshanensis* from Hunan Province, China (Amphibia: Hynobiidae). *Acta Zoologica Sinica* 50, 209-215. (in Chinese).
- Southerland, M.T. 1986. Coexistence of three congeneric salamanders: the importance of habitat and body size. *Ecology* 67, 721-728.

- Sung, H-C., J-H. Lee, and D. Park. 2005. Entering and exiting routes of *Hynobius leechii* to a breeding site and staying time within the site. *Korean Journal of Ecology* 28, 237-243.
- Swan, LW. 1952. Some environmental conditions influencing life at high altitudes. *Ecology* 33, 109–111.
- Takahashi, H., and H. Iwasawa. 1990. Egg size variation among various breeding habitats in the salamander, *Hynobius lichenatus*. *Ecological Research* 5: 393-398.
- Taub, F.B. 1961. The distribution of the red-backed salamander, *Plethodon cinereus*, within the soil. *Ecology* 42, 681-698.
- Tominaga, A., M. Matsui, K. Nishikawa, and S. Sato. 2003. Occurrence of two types of *Hynobius naevius* in northern Kyushu, Japan (Amphibia: Urodela). *Zoological Science* 20, 1467-1476.
- Vitt, LJ, ER Pianka. 2005. Deep history impacts present-day ecology and biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102, 7877–7881.
- Walther, G-R, et al. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389–395.
- Wang, H. et al. 2010. Isolation and characterization of fourteen polymorphic tetranucleotide microsatellites for Shangcheng stout salamander (*Pachyhynobius shangchengensis*). *Conservation Genetics Resources* 2, 121–123.
- Wang, X., M. Wu, Y. Zhang, W-J. Wang, M-Y. Liu, B-L. Wu, and Z-Q. Zhu. 2007. On the re-discovery of *Hynobius chinensis* Gunther, 1889 from type-locality and its distribution after 116 years. *Sichuan Journal of Zoology* 26, 57-58. (in Chinese).
- Ye, C-Y., L. Fei, and S-Q., Hu. 1993. *Rare and Economic Amphibians of China*. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China. (in Chinese).
- Zhang, P., Y-Q. Chen, H. Zhou, X-L. Wang, T.J. Papenfuss, DB. Wake, and L-H. Qu. 2006. Phylogeny, evolution, and biogeography of Asiatic salamanders

(Hynobiidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103, 7360-7365.

Zhou, H., A-W. Jiang, and D-B. Jiang. 2006. A new species of the genus *Hynobius* from Guangxi Zhuang Autonomous Region, China (Caudata, Hynobiidae). *Acta Zootaxonomica Sinica* 31, 670-674. (in Chinese).



## 第九章 鳥類群聚與生態研究

孫元勳、林惠珊

國立屏東科技大學野生動物保育研究所

### 摘要

關鍵詞：雪山、群聚、食性、繫放、存活率

#### 一、研究緣起

在雪山圈谷和雪山東峰間海拔3,000 m以上地區監測高山生態系鳥類群聚組成的時空結構，作為日後雪霸國家公園經營高山生態系的參考資料及解說教育。

#### 二、研究方法及過程

利用樣站法調查臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山箭竹(*Yushania nitakayamensis*)-高山芒(*Miscanthus sinensis*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)-玉山圓柏灌叢(*Juniperus morrisonicola*)、玉山箭竹-高山芒的火燒與非火燒跡地與推移帶等6個生態系的鳥相的季節性變化，探討不同尺度的鳥類與棲地結構之關聯，同時也記錄繁殖與覓食行為。另架設鳥網進行繫放，研究鳥類食性組成、繁殖情況和存活率之季節間與年變化。

#### 三、重要發現

本研究於2010年12月至2011年11月在雪山地區共計記錄到29科61種鳥類，包含台灣特有種12種、特有亞種28種，及保育類鳥類21種，期間新增鳥種共計11種，自2009年至2011年11月本研究累計在雪山地區記錄到33科86種鳥類。透過孵卵斑判讀及巢位找尋發現栗背林鴿有延遲繁殖的現象，酒紅朱雀由於繁殖期較晚則未受到影響。

透過繫放後目擊回收方式，發現有標記的酒紅朱雀出現在距離3.3-3.4 km外的地方覓食。使用Program Mark進行酒紅朱雀不同羽色群的存活率計算，顯示出2010年酒紅朱雀公鳥羽色的存活率估計值為0.986，而酒紅朱雀褐色羽色的存活率為0.326，褐色羽色的酒紅朱雀包含亞成鳥及母鳥，因此可得知母鳥和亞成鳥的存活率比雄性成鳥的存活率低。

利用自動相機拍攝取食廚餘的鳥獸類，共計記錄到6種，包含4種鳥類及2種哺乳類，日間拍攝到照片數最多者為酒紅朱雀(42%)，夜間則以森鼠(23.5%)為最多。儘管廚餘覆雪仍有鳥獸類在覆雪中翻找廚餘以作為冬季食物來源。分析369山莊周圍廚餘及可利用植物覆蓋度後顯示，酒紅朱雀在6月廚餘可利用量最高時反而取食植物性資源，推測廚餘可能是酒紅朱雀在非繁殖季時食物較為缺乏的補充方式。檢視2009年至2011年鳥類排遺共121個，可得知栗背林鴉、岩鷄、金翼白眉、褐頭花翼、深山鶯的部分食性。了解植食性酒紅朱雀有零星食用昆蟲的情況。

比較各生態系昆蟲數量對鳥類密度的影響，兩者趨勢大致相符，但冬季鳥類會有遷入、遷出、或留下度冬的情況，而產生不同的變化。由於2011年初冬季較前一年寒冷，比較兩年間各生態系鳥類密度的差異，發現位處海拔較高的冷杉林樣區冬季鳥類密度較去年同期明顯密度較低，但火燒跡地及哭坡樣區則未受到影響。然而寒冬之後，隨著氣溫回升，各生態系鳥類密度仍較去年同期降低許多，反而是部分生態系昆蟲數量較去年同期提高許多。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對鳥類研究，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

##### (一)立即可行的建議：

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

本研究透過與其他子計畫的通力合作，初步瞭解植物、昆蟲、鳥類、氣象間的關係，建議應持續規律的調查，方能有更多瞭解雪山生物特性。

##### (二)長期性建議：

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

建議長期且規律的進行調查，並比較雪山地區和其他高海拔地區生態差異，以建立完整的高海拔鳥類生態資訊。



## Abstract

【Keywords】 avifauna, banding, global warming, hiker activity, Sheshan

This study was conducted at Sheshan area to monitor the seasonal and yearly differences in avifauna among *Abies kawakamii*, *Yushania niitakayamensis*-*Miscanthus sinensis*, *Rhododendron pseudochrysanthum*-*Juniperus morrisonicola*, burned *Yushania niitakayamensis*-*Miscanthus sinensis*, *Juniperus morrisonicola*, and *ecotone*. To determine breeding and survival rate of several common bird species, mist-nets were set up and captured birds were aged, sexed, and banded. A total of 44 bird species of 21 families were recorded at Sheshan during Dec. 2010-May 2011. A total of 79 bird species of 30 families were recorded since 2009. Winter of 2011 is colder than that of 2010, and bird density was lower at *Abies kawakamii* in 2010 but not for the burned *Yushania niitakayamensis*-*Miscanthus sinensis*. Also breeding was deterred for Collared Bush Robin (*Erithacus johnstoniae*) this year. In Vinaceous Rosefinchs (*Carpodacus vinaceus*), survival rate of red-colored male was 0.986, much higher than that (0.326) of brown-colored female/subadult. The rosefinch is the most common birds foraging on leftover at Cottage369, particularly in winter where natural food resource is scarce. Monthly fluctuation of bird density of each habitat tended to parallel to that of insect abundance. At stations with higher elevation, bird densities were lower this winter as compared with that for last year when the weather is much colder. It is suggested that monitoring be continued in order to obtain a better understanding of bird population dynamics at high-elevationed mountain in Taiwan.

## 一、前言

雪霸國家公園是本島三座高山型國家公園之一，面積廣達76,850 ha。區內雪山標高3,886 m，為本島第二高的大山，擁有數量最多的35個冰河遺跡-雪山圈谷(林朝榮，1957；王鑫等，1998；1999)。民國81年雪霸國家公園成立之初，曾進行了全園區動物資源初步調查(林曜松，1989)，惟之後的鳥類生態調查和研究，主要集中在中海拔的武陵(袁孝維，1995；孫元勳，1999；2000；2001；2002；2003；2004；2005；2006；2007；2008)、觀霧(李培芬，2003)和雪見地區(李培芬，2004)，至於3,000 m以上的高山生態系，除植物有比較系統化的調查(陳明義，1998；呂金誠，1999；邱清安，2002；呂金誠等，2002)之外，鳥類部分較少涉獵，僅袁孝維(1995)與羅宏仁(1996)調查雪山東峰至翠池間鳥相及周大慶(2001)調查雪山東峰火災後鳥相變化，惟調查內容並未對玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、高山芒(*Miscanthus sinensis*)、冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus squamata*)灌叢等生態系分別進行說明，故無從得知各生態系鳥類密度，以及其昆蟲、氣候、物候條件對鳥類密度的影響。

為此，在雪山地區調查、研究臺灣冷杉林、玉山箭竹-高山芒、圈谷玉山圓柏灌叢，以及玉山箭竹-高山芒火燒跡地等生態系中鳥類群聚組成的季節性變化，探討不同尺度的鳥類與棲地結構之關聯。記錄內容包括鳥種、數量、繁殖與覓食行為。此外，另架設鳥網捕捉與繫放鳥類，以估計其繁殖率、存活率、返回率之季變化及年變化(Nott *et al.*, 2008; Ralph *et al.*, 2004; White and Burnham, 1999)，並研究其食性組成。

往昔，雪霸國家公園管理處投入甚多資源在國寶魚保育工作，現階段將把研究觸角延伸至其它生態系。為此，本計畫將搭配其他研究團隊的植物、昆蟲與氣象資料研究，在雪山圈谷和雪山東峰間海拔3,000 m以上地區監測高山生態系鳥類群聚組成及其生態功能，作為日後雪霸國家公園經營高山生態系的參考資料及解說教育。

## 二、材料與方法

### (一)各生態系定點調查

本研究位於雪霸國家公園境內雪山山脈海拔3,000 m以上的雪山步道沿線兩側，調查範圍介於雪山東峰至雪山主峰間。沿線選取玉山箭竹-高山芒、臺灣冷杉林、火燒跡地、圈谷玉山圓柏-玉山杜鵑灌叢等4個生態系樣區，2009年6月起增設針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)樣區，此外，為配合氣象站架設位置蒐集鳥類相資料，於2009年7月起在七卡山莊增設針闊葉混合林樣區，於2011年6月將該樣區提升為4樣站，2010年3月起在哭坡增設樣區，目前僅2個樣站。其餘生態系樣區各設置4-7個樣站，雪東線全區總計共有32個定點調查樣站 (附錄9-1)，各樣站間距至少200 m，以避免重複記錄。

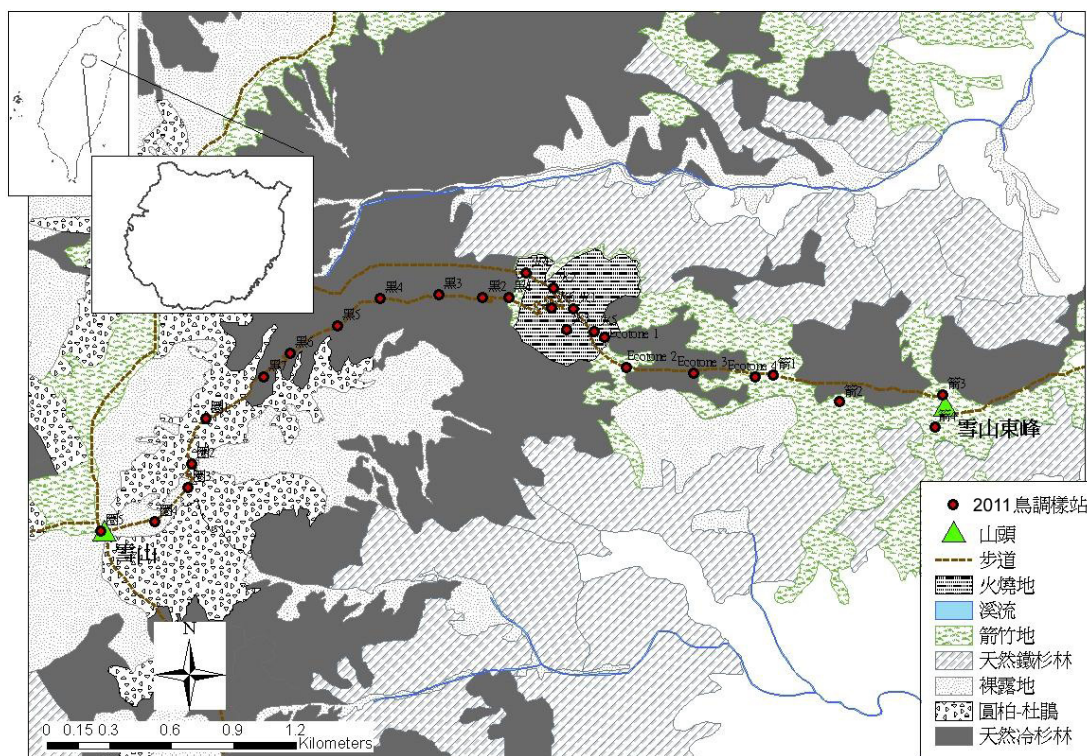


圖9-1. 樣區植被和雪山主東峰間鳥相調查樣站位置。

(資料來源：本研究資料)

各樣站鳥相調查時間選擇在日出後4小時內完成，每個樣站停留6分鐘(丁宗蘇，1993)，以方便比較，在定點調查時間之外所記錄到的鳥類則列為額外記錄，僅列入本研究鳥類名錄及海拔分析之中而不使用在鳥類密

度計算。遇到下雨或下雪則無法進行鳥相調查，此外倘若雪季時樣站積雪過深且路跡不明顯，為求安全亦不進行資料蒐集。調查採不定半徑圓圈法(variable circular-plot method) (Reynolds *et al.*, 1980)，記錄停留時目擊和聽聞的鳥種、數量及鳥隻與研究者的水平距離，對於持續於空中飛行的種類(如燕科[Hirundinidae]、雨燕科[Apodidae]、鷹鵟科[Accipitridae])由於較難確認其棲地使用範圍及類型，因此不列入分析。將3-9月的鳥類相調查資料定義為繁殖季資料，10-2月定義為非繁殖季資料。鳥種的族群密度(隻/ha)以公式(密度= $N/\pi r^2 C \times 10^4$ )計算，公式中N為特定基礎半徑(specific basal radius)內所記錄的總隻數，r為某鳥種的特定基礎半徑(m)，C為調查次數。繁殖季的特定基礎半徑內所記錄的總隻數，以聽到1次鳴叫聲乘以2作為加權值；非繁殖季若為結群鳥種則同一群僅記錄1次，再乘以該鳥種的平均結群隻數(孫元勳、裴家騏，2001)，而非結群出現鳥種，1次鳴叫聲仍以1隻個體計算。平均結群隻數的計算方式，係使用本研究非繁殖季(2009年1月、2010年10月至2011年2月)目擊記錄到的結群鳥種隻數進行平均。用來計算密度的鳥類特定基礎半徑，則參考丁宗蘇(1993)及廖煥彰(2006)文章，所使用的鳥類特定基礎半徑加以運算。

## (二)鳥類繫放

鳥類繫放部分，在2009年5月至6月分在冷杉林生態系(黑森林)、圈谷、火燒跡地跡(369山莊周邊)、箭竹等4個生態系各架設5面鳥網(附錄9-2)，但由於除火災跡地張網捕捉率較高之外，其餘生態系捕捉率均低，由於捕捉數量少、回收率低時不易長期監測族群變化，因此2009年8月至2010年3月僅在捕捉率較高的火燒跡地跡及箭竹生態系各架設1-2張網，而自2010年4月開始僅在火燒跡地進行2張霧網架設，以增加單一生態系之繫放網時數。每月上山捕捉2-3天，每日開網時間均設在05:00-18:00間，但避免在下雨以及強風天候下張網。將捕獲的非保育類鳥類繫上金屬腳環、色環，進行形值測量，並記錄換羽情形、孵卵斑狀態、年齡和性別(Svensson, 1992)，其中參考中華民國野鳥學會繫放手冊將孵卵斑狀態分為四級。但由於過去台灣高山生態系繁殖鳥類繫放資料參考缺乏，因此2009年實驗初期本研究僅先累積孵卵斑、年齡之判讀經驗，到2010年3月後孵卵斑及年齡判讀技術較為成熟後，方進行該記載資料之分析。保育類鳥類則經捕獲後，不進行任何測量及操作，隨即原地釋放。鳥網捕獲率日

後用來作為常見鳥類的族群生態學研究，包括遷入、遷出、存活率和繁殖率等族群參數(White and Burnham, 1999)。自2010年6月開始記錄繫放到的酒紅朱雀嘴喙是否沾黏附著物。

使用2009至2011年11月的繫放資料計算酒紅朱雀在369山莊的存活率，由於鳥類會有出生、死亡、移入、移出等狀態，將山莊前的酒紅朱雀族群視為開放族群(Open population)，以Program Mark軟體估算每年的存活率，由於捕捉到的酒紅朱雀進行色環標誌後會釋放回原棲息地，因此使用Program Mark中的Cormack-Jolly-Seber Model以標誌後再遭遇的年度及次數進行估計(Lebreton *et al.*, 1992)，將酒紅朱雀紅色羽色與褐色羽色定義為不同的組別，考慮不同年間的空間效應(t)、恆定值(.)及組效應(g)，進行存活率模型計算，並取AIC值最小者視為最佳解釋模型(White and Burnham, 1999)。

### (三)食性研究

食性觀察方面，除了行進間所進行鳥類食性目擊觀察之外，2010年7月起針對369山莊前酒紅朱雀使用植物性食物及廚餘食物進行記錄，取食的植物進行種類鑑定，而酒紅朱雀取食植物或廚餘食物直到飛離後計算為1筆資料，視天候狀況每月觀察5-10小時。

為了解酒紅朱雀食用的植物及廚餘可利用性的每個月變化，2011年3月起於369山莊周圍樣區設置30個隨機網格，每個網格大小為 $1 \times 1 \text{ m}^2$ ，調查該網格中的酒紅朱雀可食用植物的覆蓋度。廚餘覆蓋度則將樣區內每堆廚餘的面積加總計算。

自2011年3月起，在369山莊前架設數位式自動相機，每次上山以鐵鏟將附近能見到的廚餘移動至自動相機拍攝位置，記錄所拍到的野生動物種類、造訪頻度、每次造訪時間長度。拍攝間隔設定為30秒，倘若野生動物只被拍到一張照片，停留時間以30秒計，計算鳥類的停留時間、造訪頻度和造訪間隔。實際拍攝時數為相機正常運作且仍有儲存空間，當相機沒電或儲存空間使用完畢，在研究人員更新所需元件前，不計入拍攝時數。

除了目擊進行食性觀察之外，在繫放過程中，將所捕捉到的鳥類留置

於布質的束口袋之中，並蒐集布質束口袋中鳥類所留下來的排遺，使用70%的酒精保存樣本(Burger *et al.*, 1999)，委由其他子計畫(高山昆蟲多樣性及功能群研究)中興大學昆蟲學系葉文斌研究團隊以電子顯微鏡進行鳥類排遺中的昆蟲碎片的辨識，透過排遺分析的方式瞭解鳥類食用昆蟲的種類。

#### (四)整合性分析

為瞭解雪山高山生態系鳥類密度和月均溫之間的關係，與其他子計畫(高山微氣象與熱量收支之研究)共同合作，使用2009年至2011年10月的氣象資料，搭配本研究各月份的鳥類密度資料。

為瞭解雪山高山生態系昆蟲數量和食蟲和雜食性鳥類密度間的關聯性，與其他子計畫(高山昆蟲多樣性及功能群研究)共同合作，使用2009年至2011年8月的昆蟲數量資料，和本研究的食蟲和雜食性鳥類密度資料同時比較。昆蟲調查時黑森林樣區分為SPA2(靠近水源地)、SPA3(黑森林邊緣)，而在鳥類調查中將兩者視為同一個樣區，因此在昆蟲數量計算上僅取SPA2和SPA3均有昆蟲資料的月份加總後和鳥類密度資料進行分析比較。

### 三、結果

#### (一)鳥相結構

2010年12月至2011年11月間，各月均進行調查，共計12次，每次上山6天，每次3-4人，總計192人天，其中僅11月因天候狀況不佳，致該月定點調查中僅執行七卡樣區。本次調查期間共計記錄到29科61種鳥類，包含台灣特有種12種、特有亞種28種，及保育類鳥類21種，自2009年至2011年11月在本區總計累積記錄到33科86種鳥類(附錄9-3)。本調查期間新增鳥種計11種(表9-1)。粉紅鸚嘴是在雪山登山口入口處(海拔2,140 m)發現一群約60隻，藍腹鵡是在七卡山莊(海拔2,527 m)發現2隻母鳥正在登山步道上覓食。虎鶇是在369山莊前超過100公尺的鳴唱紀錄。此外，在非遷移時節分別記錄到灰面鵟鷹2隻(6月)、黃眉柳鶯3隻(6-8月)的出現。小鷓係於鳥相調查及繫放時捕捉到個體；山鷓則為3月時由東海哺乳類研究團隊於3.6 km架設的自動相機所拍攝。

表9-1. 2010年12月至2011年11月新增記錄鳥種

鳥種名	記錄方式	保育等級	發現地點
紅隼	目擊	第二級	東峰頂、7.2 km、7.6 km
藍腹鵡	目擊	第二級	七卡
粉紅鸚嘴	目擊	無	登山口
虎鶇	鳴叫	無	369山莊
蜂鷹	目擊	第二級	圈谷、哭坡
灰面鵟鷹	目擊	第二級	圈谷
竹鳥	目擊	第二級	0.2 km
白喉笑鶇	鳴叫	第二級	七卡
黃眉柳鶯	目擊	無	黑森林、圈谷
小鷓	目擊、繫放	無	369山莊
山鷓	自動相機拍攝	無	3.4 km

(資料來源：本研究資料)

鳥相結構方面，32個定點調查資料扣除在基礎半徑以外的記錄，本區7種生態系的鳥種數依序為針闊葉混合林(七卡)28種、哭坡14種、玉山箭竹-高山芒17種、針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)19種、火燒跡地15種、冷杉林生態系(黑森林)17種、玉山杜鵑-圓柏灌叢(圈谷)14種。

各個生態系均有記錄的鳥種分別為火冠戴菊鳥、金翼白眉、栗背林鴿、深山鶯、褐頭花翼、星鴉。其中除星鴉之外，其餘5種鳥類均為雪山地區常見鳥類。2010年12至2011年11月針闊葉混合林生態系(七卡)的前三優勢鳥種依序為冠羽畫眉、褐頭花翼、繡眼畫眉；火燒跡地的優勢鳥種依序為酒紅朱雀、深山鶯、褐頭花翼；玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)為鷓鴣、栗背林鴿、火冠戴菊鳥；針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)為火冠戴菊鳥、褐頭花翼、深山鶯；冷杉林生態系(黑森林)為火冠戴菊鳥、煤山雀、鷓鴣；玉山箭竹-高山芒生態系為火冠戴菊鳥、褐頭花翼、煤山雀；哭坡樣區為火冠戴菊鳥、深山鶯、煤山雀(表9-2~7-8)(圖7-2~7-8)。



表9-2. 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/3	2009/6	2009/8	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/04	2011/05	2011/06	2011/07	2011/08	2011/09
樣點數	n=1	n=3	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5
鷓鴣	0	5.09	1.02	5.94	4.58	2.55	2.55	1.78	5.09	3.06	0	0	2.55	5.60	1.53	1.53	3.06	2.55
褐頭花翼	7.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山鶯	0	1.33	3.18	1.33	0	1.59	1.19	3.98	4.77	1.59	0	0	0	0.80	0	0.80	0	1.59
酒紅朱雀	0	3.98	0	0	0	0	0.40	2.39	0	2.08	0	0	0	0	1.99	0	0.40	0
栗背林鴿	0	4.24	1.53	0.85	2.55	0.51	1.02	0	2.29	1.93	0	0	1.78	1.02	2.04	1.02	1.53	0
金翼白眉	1.77	1.77	2.83	1.18	0.88	0.71	1.24	3.01	2.12	5.43	2.73	0.53	0	0.71	0	0.35	0.71	0
岩鷓	0	1.18	1.41	0	0	0	1.41	0	0.71	0.71	0	0	0	0	2.83	0	0	0
灰鷓	0	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鴿	0	2.36	0	4.72	0	0	0	4.24	0	0	0	0	0	0	1.41	0	0	0
巨嘴鴉	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	10.61	6.37	0	0	0	0	12.73	3.18	0	16.53	0	0	6.37	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表9-3. 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/ 3	2009/ 5	2009/ 8	2010/ 1	2010/ 3	2010/ 4	2010/ 6	2010/ 7	2010/ 8	2010/ 9	2010/ 10	2010/ 11	2010/ 12	2011/0 3	2011/0 4	2011/0 5	2011/0 6	2011/0 7	2011/0 8	2011/0 9
樣點數	n=5	n=6	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7
鷓鴣	4.33	10.40	3.27	0.36	6.37	5.09	5.64	4.55	5.09	3.09	1.82	1.09	0	0.18	4.73	5.28	1.27	4.37	2.00	0.73
褐頭花翼	0	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	3.73	0	0	0	0	0	0	0	2.02	0
煤山雀	1.02	2.33	2.18	0.36	2.18	1.09	0.36	3.46	0.73	2.55	3.19	6.74	5.88	2.73	2.18	4.00	1.27	2.18	0.73	2.18
深山鶯	0.80	0.66	0	0	2.84	1.14	0.57	1.14	2.27	0.57	0	0	0	0	0.57	0.57	0	0	0	2.27
酒紅朱雀	0	1.33	1.14	0	0	0	0	0	3.41	0	1.20	0	0	0	0.57	1.14	0	0.85	0.28	0
茶腹鴉	1.41	0	0	0.51	0.51	0	0	0	0	0.51	0	0	4.43	0	0	0	0	0	0	0
栗背林鴿	1.02	2.12	0.73	0	2.55	2.73	2.00	4.91	1.64	2.91	0.86	0.57	0	0.73	2.00	2.55	0.36	1.82	1.82	0
紅尾鶺鴒	0	0	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
青背山雀	0	0	3.41	0	0	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	0	1.77	1.01	0.25	3.03	0.51	0.25	1.26	0.76	2.27	1.30	1.90	0	0	1.26	0.25	0	1.01	0	0.51
岩鷓	0	0	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰鶯	0	0	1.09	0	0	0	0	0	0.73	0	0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
白眉林鴿	0	0	5.05	0	2.02	1.01	3.03	0	5.05	1.01	0	0	0	0	0	0	0	1.01	0	0
巨嘴鴉	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	6.37	25.20	6.82	11.81	36.38	29.56	55.71	26.15	68.21	50.02	31.57	23.61	40.66	4.55	7.96	4.55	4.55	6.82	28.42	11.37
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表9-4. 箭竹-高山芒生態系(哭坡樣區)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2010/02	2010/03	2010/04	2010/05	2010/06	2010/07	2010/08	2010/09
樣點數	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2
鷓鴣	0	1.27	0	0	0	2.55	0.64	0.64	0.87	0.87	3.82	1.27	0	0	0	0	0
褐頭花翼	7.07	0	0	3.54	3.54	0	0	13.04	0	0	0	0	7.07	0	0	0	0
綠啄木	0	0	0	0	1.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
煤山雀	3.82	1.27	0	1.27	1.27	1.27	6.22	5.58	0	0	3.82	2.55	0	1.27	3.82	0	1.27
深山鶯	3.98	3.98	3.98	1.99	0	1.99	0	0	0	0	1.99	4.97	1.99	1.99	3.98	1.99	2.98
酒紅朱雀	0	0	0	2.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
栗背林鴿	0	0	0	3.82	0	1.27	0	1.00	0	0	3.18	1.27	0	1.27	0.64	1.27	0
青背山雀	0	0	0	0	1.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	0	0	0	0.44	0.88	1.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰鶯	0	0	0	9.55	0	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0.88	3.54	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.88	0	0	0
火冠戴菊鳥	7.96	23.87	0	55.71	0	15.92	3.98	7.96	0	0	39.79	23.87	31.83	0	0	0	7.96
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
紅尾鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77

(資料來源：本研究資料)

表9-5. 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/ 6	2009/ 8	2009/ 9	2010/ 1	2010/ 3	2010/ 4	2010/ 6	2010/ 7	2010/ 8	2010/ 9	2010/ 10	2010/ 11	2010/ 12	2011/ 1	2011/ 2	2011/ 3	2011/ 4	2011/ 5	2011/ 6	2011/ 7	2011/ 8	2011/ 9	2011/ 10	
樣點數	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	
鷓鴣	2.55	0	0	0.42	0	0	0.85	0.85	0	1.70	1.70	0	0.85	0.85	0	0.85	0.85	2.55	0	0	1.70	0.42	1.27	
褐頭花翼	5.89	0	11.79	14.59	0	9.43	4.72	0	7.07	2.36	22.11	8.69	17.39	0	0	0	0	9.43	3.54	2.36	2.36	7.07	0	
煤山雀	0	0	1.70	0	6.79	0	0	0	1.70	4.24	4.15	11.17	3.72	0	17.54	1.27	2.12	0.85	0	0	0	0	3.72	
黃羽鸚嘴	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	
深山鶯	3.98	5.31	0	0	7.96	6.63	2.65	9.95	9.28	4.64	1.99	0.66	0	0	0	0	1.99	9.28	5.31	5.97	0	5.31	0.66	
酒紅朱雀	1.33	2.65	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	0	0	4.64	0.66	0	0	
栗背林鴿	4.67	0.85	1.27	0	3.40	0.85	1.70	0.42	1.70	0.42	1.33	1.33	0	0	1.00	0.42	0.85	2.55	1.70	0	0.85	2.12	0.67	
冠羽畫眉	0	2.12	0.85	0	0.85	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青背山雀	0	0	2.65	0	0	0	0	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	2.95	4.13	2.36	0.91	1.18	1.18	0.59	1.77	0	0	0.91	0	0	0	3.09	0	1.77	2.95	0.29	0	1.18	2.06	0	
灰鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	1.70	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.40	0
白眉林鴿	0	0	0	0	0	4.72	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.36	0	0
台灣叢樹鶯	1.18	0	0	0	0	1.18	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	5.31	0	15.92	0	0	21.22	53.05	18.57	66.32	31.83	57.75	27.55	27.55	5.31	17.54	5.31	15.92	0	0	15.92	10.61	10.61	55.07	
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小翼鶉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茶腹鵝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表9-6. 針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/8	2010/1	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/01	2011/02	2011/03	2011/04	2011/05	2011/06	2011/07	2011/08	2011/09	2011/10
樣點數	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鷓鴣	15.92	0.32	0	1.27	1.27	0	0	0.64	1.27	0.95	0	0.64	0.64	1.27	1.27	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0
褐頭花翼	0	13.04	12.38	5.31	10.61	28.30	1.77	17.68	13.59	0	13.04	7.07	13.04	17.68	14.15	0	1.77	0	1.77	6.19	6.52
煤山雀	1.27	0.64	3.18	1.91	0	1.91	0.64	2.55	5.58	8.69	0	0	2.55	1.91	1.91	2.55	0	1.27	1.91	0	2.79
深山鶯	5.97	0	8.95	3.98	5.97	6.96	7.46	9.95	2.98	0.99	0	0	0	2.98	6.96	7.96	3.98	3.98	5.97	6.96	1.99
酒紅朱雀	2.98	0	0	0.99	0.99	3.48	1.99	0	4.70	4.20	0	0	2.10	0	3.48	0	0	0	1.49	1.49	0.99
栗背林鴿	1.27	0	0	1.27	1.27	1.27	2.55	0	1.50	0	0	0	0	2.55	1.27	1.27	2.55	0.64	0.95	0.64	0.82
紅尾鷓	7.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0.25	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冠羽畫眉	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0
金翼白眉	2.21	0.90	0.88	0.88	0.88	1.33	3.32	0	2.73	0.68	0	0	1.37	0.93	0	1.33	1.77	1.77	0	0	1.37
灰鶯	1.91	0	0	0	0	0	0.64	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0.44	0	0.44	1.55	0	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	27.85	11.94	15.92	15.92	45.76	31.83	11.94	31.83	65.96	0	0	0	0	51.73	11.94	3.98	11.94	11.94	15.92	7.96	0
白眉林鴿	0	0	0	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0	0	5.31	0	1.77	1.77	0	0	0	0.88
深山竹雞	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0	0.32	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	1.99	0
茶腹鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0

(資料來源：本研究資料)

表9-7. 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/ 7	2009/ 8	2009/ 9	2010/ 3	2010/ 4	2010/ 7	2010/ 8	2010/ 9	2010/ 10	2010/ 11	2010/ 12	2011/0 1	2011/0 2	2011/0 3	2011/0 4	2011/0 5	2011/0 6	2011/0 7	2011/0 8	2011/0 9	2011/ 10
樣點數	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鱗胸鷓鴣	2.55	0	0	2.55	0	0	0	0	0	1.27	0	0	0	2.55	0	0	0	0.64	0.64	0.64	0.64
藪鳥	5.09	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0	0	0
繡眼畫眉	0	0	7.96	9.95	0	0	0	7.96	0	0	0	0	15.92	31.83	0	0	0	2.98	0.99	0	0
褐鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
褐頭花翼	0	14.15	0	0	0	0	35.37	14.15	26.08	0	0	0	0	56.59	0	0	0	0	7.07	0	19.58
煤山雀	2.55	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0	11.17	0	3.82	5.09	2.55	0	4.46	1.27	1.27	3.18	2.79
黃胸青鶉	0	0	0	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	0
黃腹琉璃	0	2.55	0	0	0	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0	2.55	0	0.64	0	0	0
棕面鶯	0	0	0	0	3.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山鶯	11.94	7.96	0	7.96	3.98	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	3.98	1.49	3.98	1.99	1.99	0.50
栗背林鴿	0	2.55	2.55	0	2.55	0	0	1.27	3.27	0	0	0	0	2.55	2.55	0	0.32	1.27	1.91	0.95	0.50
紅胸啄花鳥	3.98	3.98	7.96	0	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	0	0	0
紅尾鶉	0	0	7.07	0	0	0	0	0	3.54	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	1.77	0	1.77
星鴉	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0
冠羽畫眉	2.55	12.73	2.55	3.82	7.64	45.84	25.47	5.09	0	24.83	0	0	0	63.66	10.19	19.10	12.10	19.10	10.82	21.01	18.62
青背山雀	3.98	7.96	7.96	0	3.98	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.96	0	0	0	3.98	0
金翼白眉	1.77	1.77	3.54	0	0	0	3.54	3.54	2.73	5.08	0	0	2.73	0	3.54	0	3.32	3.09	3.54	2.21	1.37
松鴉	2.55	0	7.64	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	2.12	0	0	0	0	1.27	0	1.27	0.64
白尾鴿	0	3.98	1.99	0	0	3.98	1.99	0	0	0	0	0	0	1.99	3.98	0	0	0	0	0.99	1.49
白耳畫眉	0	3.54	0	0	1.77	1.77	7.07	0	1.77	0	0	0	0	1.99	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	0	0	31.83	0	0	47.75	0	0	75.16	0	0	0	0	0	0	11.94	0	15.92	0	0
山紅頭	0	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0
小翼鶉	1.77	1.77	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0	0	0	0	1.77	1.77	0.88	0.88	0.88	0.88	0.44
藍腹鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山竹雞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0
灰喉山椒鳥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0	0
白眉林鴿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0
紅頭山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.37	7.07	0	0	0	4.42

(資料來源：本研究資料)

表9-8. 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/3	2009/6	2009/8	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/1	2011/2	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9	2011/10	
樣點數	n=1	n=3	n=5	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6
鷓鴣	2.55	1.70	0	0.85	0	0.85	1.27	0.42	1.27	0.64	1.70	1.27	0.42	1.06	1.27	2.76	1.27	0.85	0.42	0	1.27	0.85	
褐頭花翼	0	2.36	5.66	0	0	2.36	2.95	12.97	2.36	8.69	0	4.35	4.35	4.35	0	1.18	2.36	0	0	0	3.54	0	
煤山雀	0	1.70	0	0	0	0	0.42	0.42	0	0	3.72	0	0	0	0	0	0.85	0	0	1.70	0	0.42	
深山鶯	3.98	6.63	3.18	4.31	2.65	5.31	8.95	4.64	2.65	1.66	0.33	0	0	0	0.66	4.97	1.33	2.65	2.98	6.63	3.32	1.99	
酒紅朱雀	11.94	0	2.39	2.32	0.66	7.96	0.99	5.31	5.97	8.25	4.79	2.80	1.73	0.99	0.66	2.98	2.65	1.99	3.65	3.98	1.66	2.32	
栗背林鴿	5.09	8.49	3.57	2.12	1.27	0.85	2.76	2.97	1.70	1.42	1.00	0	0	0	2.55	1.70	1.06	1.70	1.91	1.49	1.27	1.09	
紅尾鷓	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	3.54	2.36	3.18	0.59	0	0	2.06	2.51	2.36	2.73	0.75	0	0	0.46	0	0.29	1.77	1.18	0.59	0.29	0.29	0.46	
灰鶯	0	0.85	1.02	0	0	0	0.64	0.42	0.85	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42	0	
巨嘴鴉	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0.21	0	
台灣叢樹鶯	1.77	1.18	0.35	0	0.59	0	0.59	0	0	0.15	0	0	0	0	0	2.06	0	1.47	0	0	0	0	
火冠戴菊鳥	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
中杜鵑	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
白眉林鴿	0	0	0	0	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(資料來源：本研究資料)

## (二)繁殖習性

繫放個體的生理表現中，2010年4月所捕捉到的褐頭花翼2隻及栗背林鴿2隻都已經有初始及發育良好的孵卵斑；2011年4月繫放到褐頭花翼1隻、深山鶯1隻、栗背林鴿母鳥1隻，發現具有初始孵卵斑，處於築巢及孵卵時期；2011年5月繫放到栗背林鴿母鳥1隻具有發育良好的孵卵斑，已然進入孵卵及孵雛階段。兩年相較之下，2010年4月捕捉到較多個體處於繁殖階段，而2011年4月並未捕捉到任何鳥類具有發育良好的孵卵斑。2010年4-6月間共計在登山步道路徑旁土壁凹槽中發現栗背林鴿鳥巢共6個，然而2011年4-6月的調查中，並未僅尋獲栗背林鴿的鳥巢，僅在2011年7月初尋獲1個仍然在孵蛋中的栗背林鴿鳥巢。

酒紅朱雀幼鳥的離巢時間2010年及2011年均在9月出現少量幼鳥個體，10月幼鳥開始大量離巢，並無延遲現象。

## (三)繫放研究

### 1. 繫放鳥種隻數

本次調查期間(2010年12月至2011年11月)在369山莊前進行210.5個網-小時的繫放工作，共計捕捉繫放到10種221隻次，包含143隻新繫放捕捉的個體、78隻重複回收的個體。合計自2009年5月至2011年11月間，繫放了12種482隻次，共包含348隻不同的個體，其中2010年4月及2011年5月分別捕捉到一隻保育類煤山雀，但並未進行任何操作隨即原地釋放。此外，2011年10月捕捉到一隻稀有冬候鳥小鷗。

本次調查期間新繫放捕捉的143隻個體中，以酒紅朱雀數量最多(90隻，63%)，栗背林鴿次之(23隻，16%)，褐頭花翼再次之(15隻，10%) (圖7-9)。



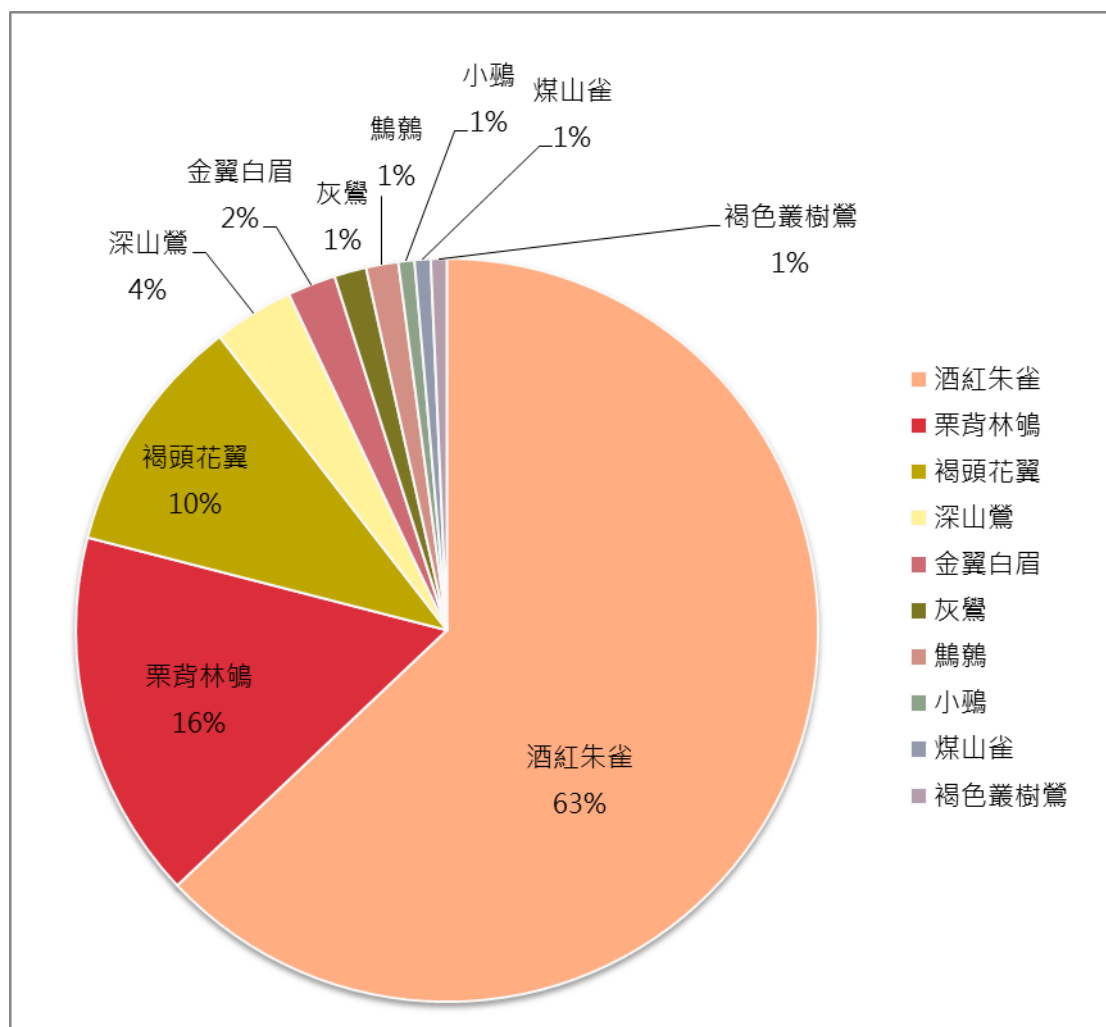


圖9-2. 2010年12月至2011年11月間新繫放捕捉的各鳥種百分比  
(資料來源：本研究資料)。

## 2. 繫放回收

目擊回收繫放個體分布上，於369山莊周圍火燒跡地生態系(7 km, 海拔3,146 m)繫放的酒紅朱雀，於2011年間觀察到零星不同個體出現在其他地點，涵蓋不同的生態系(表9-9)。其中2.0 km處(海拔2,527 m)距離369山莊直線距離約3.4 km，兩地點間海拔高低落差為619 m，而9.35 km處(海拔3,510 m)距離369山莊的直線距離約1.6 km，海拔高低落差為364 m、翠池山屋(海拔3,520 m)到369山莊的直線距離至少3.3 km。

表9-9. 酒紅朱雀色環目擊回收紀錄

編號	地點	生態系類型	性別與年齡	說明
1	2.0 km	針闊葉混合林帶	母鳥羽色	色環組合PL或LP
2	5.3 km	針葉林-玉山箭竹生態交會帶	成年公鳥	僅看到色環P
3	6.6 km	針葉林-玉山箭竹生態交會帶	母鳥羽色	有色環但背光
4	6.9 km	針葉林-玉山箭竹生態交會帶	第二年公鳥	色環組合RPA
5	8.4 km	臺灣冷杉純林	成年公鳥	色環組合AAR
6	9.1 km	臺灣冷杉純林	成年公鳥	僅看到色環R
7	9.35 km	臺灣冷杉純林	成年公鳥	色環組合RgR
8	翠池	玉山圓柏喬木林	不明	山友訪談

### 3. 各月份捕捉率比較

2010年12月至2011年11月各月份均進行捕捉，其中2010年12月及2011年1月及11月適逢下雨及下雪，在天候不良的情況下，能夠捕捉的網時較短(表9-10)。期間冬季及夏季各有一段時間酒紅朱雀捕獲率較低，2011年以4月捕捉率最高達155隻/網-小時×100，和去年同期17.86隻/網-小時×100相較明顯高出許多。褐頭花翼在2010年及2011年1月時均可捕捉到較多的個體。栗背林鴿則是2009年及2010年6月捕獲率較高，但在2011年時捕獲高峰時間在8月(表9-10)。此外，酒紅朱雀的捕獲率和廚餘的可利用性之間曲線趨勢相符(圖7-10)。

表9-10. 2010年12月至2011年11月各月份繫放的鳥種與隻數及努力量

鳥種	月份別	Dec-10	Jan-11	Feb-11	Mar-11	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Oct-11	Nov-11	總量
酒紅朱雀	數量	4	5	5	5	31	23	38	12	6	8	18	0	155
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210.5
	捕捉率 <sup>a</sup>	80.00	55.56	16.67	17.86	155.00	127.78	190.00	60.00	30.00	40.00	90.00	0.00	73.63
栗背林鴿	數量	0	0	0	4	4	1	0	0	15	4	2	0	30
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	14.29	20.00	5.56	0.00	0.00	75.00	20.00	10.00	0.00	14.29
褐頭花翼	數量	0	8	7	1	1	0	0	1	0	0	1	1	19
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	88.89	23.33	3.57	5.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00	200.00	9.05
深山鶯	數量	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	6
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	5.00	0.00	2.86
金翼白眉	數量	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	20.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43
煤山雀	數量	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
台灣叢樹鶯	數量	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.48
灰鶯	數量	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.95
鷓鴣	數量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210.5
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	200.00	0.00
小鴉	數量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	網-小時	5	9	30	28	20	18	20	20	20	20	20	0.5	210
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00

<sup>a</sup> 捕捉率=隻/網-小時×100

(資料來源：本研究資料)

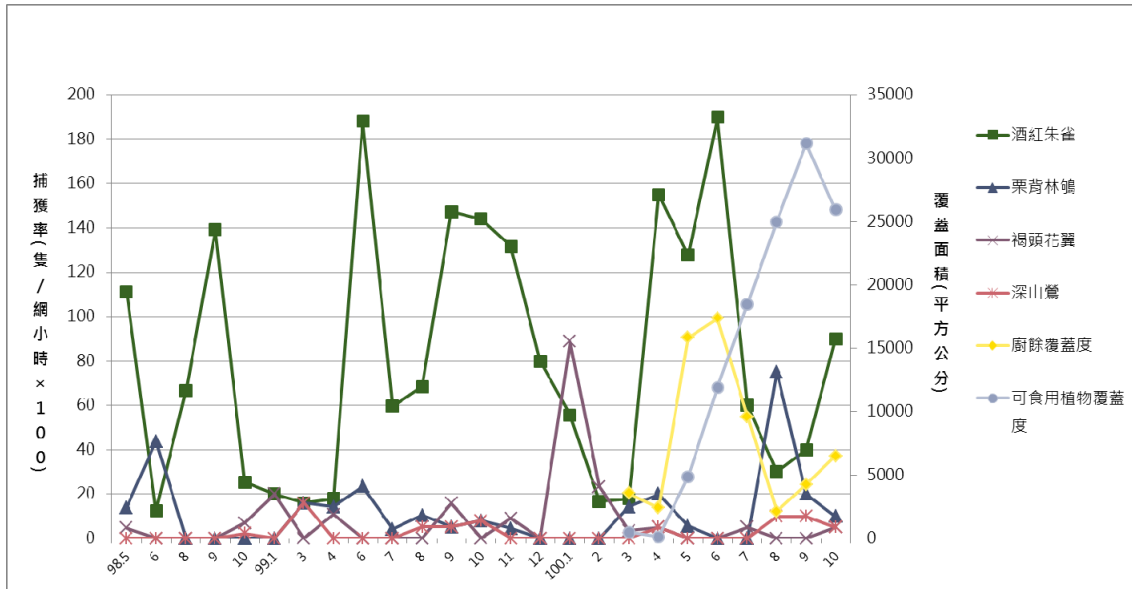


圖9-3. 2009年5至2011年11月369山莊周圍各鳥種的捕獲率。  
(資料來源：本研究資料)

#### 4. 酒紅朱雀存活率分析

酒紅朱雀紅色羽色為二齡以上的成年公鳥，而酒紅朱雀褐色羽色則包含酒紅朱雀母鳥、酒紅朱雀二齡以下的亞成鳥。酒紅朱雀在剛出生時，雌、雄鳥均呈現褐色羽色，直到翌年繁殖期結束後，才由褐色羽色轉為紅色羽色，至於褐色羽色的二齡以下亞成鳥是否會參與該次繁殖，目前尚不清楚。

使用Program Mark軟體進行2009-2011年鳥類的存活率分析，選取樣本數較大的酒紅朱雀(n=194)來分析，由於目前資料不到3年，僅能夠分析2010年的存活率，初步分析酒紅朱雀的存活率後發現，酒紅朱雀紅色羽色較褐色羽色的個體存活率來的高。

存活率與再現率的模型計算中，擁有最小AIC值的最佳模型為 $\{\Phi(g) p(\cdot)\}$ (表9-11)，這表示存活率會依不同羽色而有所變化，但是再現率是固定不變的。在 $\{\Phi(g) p(\cdot)\}$ 模型中，2010年酒紅朱雀公鳥羽色的存活率估計值為0.986，而酒紅朱雀褐色羽色的存活率為0.326。使用 $\{\Phi(g*t) p(\cdot)\}$ 的模型可以進行不同族群在不同時間的存活率估計，進而求得酒紅朱雀公鳥及褐色羽色分別在第二年(2010)及第三年(2011)的存活率，第三年的存活率須待12月的資料收畢後方能計算。

表9-11. 2009至2011年酒紅朱雀族群存活率( $\Phi$ )及捕獲率( $p$ )的模型選擇及AIC值，包括時間效應( $t$ )、組效應( $g$ )及恆定值(.)

	$p(g)$	$p(g*t)$	$p(.)$	$p(t)$
$\Phi(g)$	214.5238	217.0566	212.4333	213.4000
$\Phi(g*t)$	217.0566	217.0566	215.0422	215.0422
$\Phi(.)$	215.0030	217.3710	235.8046	236.1168
$\Phi(t)$	215.2880	217.3710	236.1168	236.1168

#### 5. 酒紅朱雀嘴喙沾黏附著物現象

分析2010年6月至2011年10月酒紅朱雀( $n=262$ )嘴喙情況，嘴喙乾淨的個體數149隻(57%)，沾黏附著物的個體數113隻(43%)，可見嘴喙沾黏附著物的情況相當普遍。然而，其中先前捕捉到嘴喙有嚴重沾黏的個體，隔5個月後再度捕捉時，嘴喙已無沾黏情況(圖7-11)，可見沾黏物並非永久附著。酒紅朱雀嘴喙以7-8月及2011年10月嘴喙沾黏附著物的比例最低(圖7-12)。



圖9-4. 酒紅朱雀(環號A29369)嘴喙沾黏附著物變化。  
(資料來源：本研究資料)

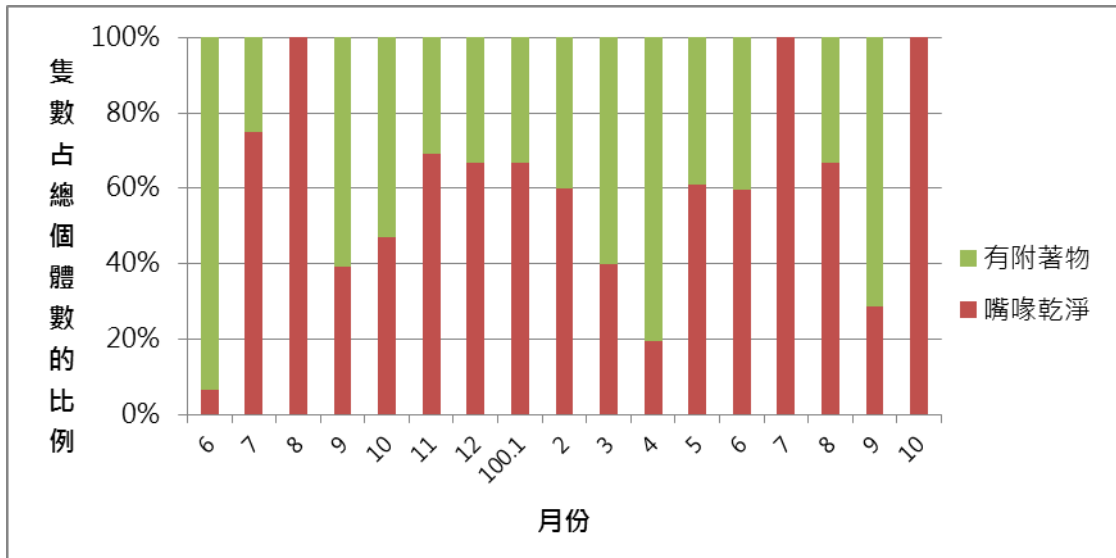


圖9-5. 2010年12月至2011年5月間繫放酒紅朱雀個體嘴喙沾黏附著物的百分比。  
(資料來源：本研究資料)

#### 6. 存活年齡

目前已知有19隻酒紅朱雀在2009年捕捉到後於2011年回收，存活年齡均超過3年，此19隻個體中公鳥即占16隻，母鳥僅有3隻。褐頭花翼在2009年捕捉到於2011年後回收，存活年齡超過3年的有2隻，此外，本研究團隊在2011年1月回收到師範大學李壽先研究室於2001年4月所繫放的褐頭花翼，該個體編號A51124存活年齡已達10年以上。

#### 7. 酒紅朱雀族群結構

酒紅朱雀的年齡判讀上，幼鳥自離巢後頭骨氣室化程度會逐漸降低，直到翌年6月時已有少部分二齡鳥已無法利用頭骨氣室化來判斷年齡，儘管可在10-11月時透過二齡鳥較成鳥換羽時間提早用以進行判斷，且二齡鳥中的公鳥會在此時期將褐色羽色轉換為酒紅色，但12月時成鳥及二齡鳥均換羽完成後，即無法判斷兩者差異。因此在成、幼鳥區隔上採取6月以後的二齡鳥均視為成鳥。

酒紅朱雀自9月開始會陸續有幼鳥離巢，10月達到幼鳥離巢最大量，繁殖時間較一般雀形目鳥類來的晚。成、幼鳥比例上，兩年相較，2011年10月捕獲到較多比例的幼鳥個體(圖7-13)。

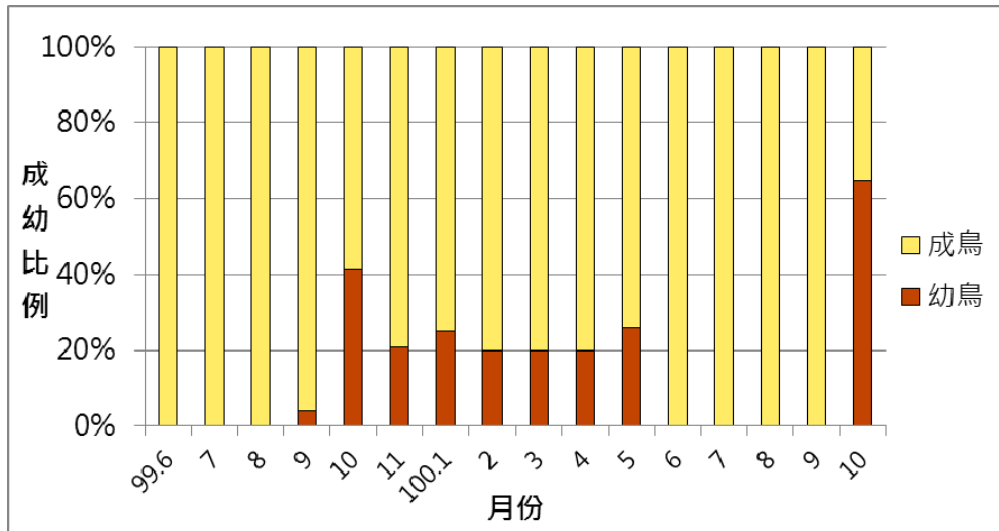


圖9-6. 2010年6月至2011年10月間捕捉到的酒紅朱雀成、幼鳥的百分比。  
(資料來源：本研究資料)。

初步分析酒紅朱雀性別結構(n=246)，利用羽色鑑定酒紅朱雀公鳥個體為111隻，另透過隔年回收及DNA方式鑑定母鳥21隻，而其餘尚未鑑定性別的褐色羽色個體為114隻。其中利用DNA方式檢驗褐色個體23隻中發現包含公鳥11隻，母鳥12隻。此部分分析尚未完成，其餘樣本尚待檢驗中。

#### (四)整合性分析-食性研究

##### 1. 植食性鳥類酒紅朱雀的食性分析

2010年12月至2011年11月間酒紅朱雀新增食用植物包括：阿里山鬼督郵(*Ainsliaea macroclinidioides*)、大扁雀麥(*Bromus catharticus*)、胡頹子(*Elaeagnus* spp.)、短莖宿柱臺、柳葉菜等五種植物，其中觀察到酒紅朱雀食用大扁雀麥為2月雪季，並非觀察到酒紅朱雀食用植株上種子，而是觀察到酒紅朱雀在369山莊前方啄食結冰後的土壤，經採集確認後發現土壤中含有大扁雀麥的種子。阿里山鬼督郵是在黑森林底層目擊到酒紅朱雀食用，胡頹子是在東峰5.9 km處目擊到酒紅朱雀食用。短莖宿柱臺、柳葉菜則為369山莊附近取食紀錄。2011年9月於黑森林8.05 km記錄到食用三萼花草。2010年4月曾記錄到酒紅朱雀取食黑森林的台灣茶藨子(*Ribes formosanum*)的果實，在2011年4月同期該植株尚未結果，然而2011年5月時雖已結果但尚未成熟，因此並未觀察到酒紅朱雀食用。

2010年7月至2011年11月間在369周圍目擊酒紅朱雀取食紀錄計384筆，包含食用廚餘紀錄197筆(51.3%)及食用植物性食物187筆(48.7%)。該處酒紅朱雀主要食用的植物性食物為早熟禾(34%)，其次為黃菀(24%)，再其次為假繡線菊(12%)(圖7-14)，由於各種植物物候不同，結果及結實也有季節差異，如早熟禾以5-6月為數量最多，黃菀及假繡線菊花期結束後結種子時間則在9-11月，因此酒紅朱雀會在不同月份取食不同植物(圖7-15)。

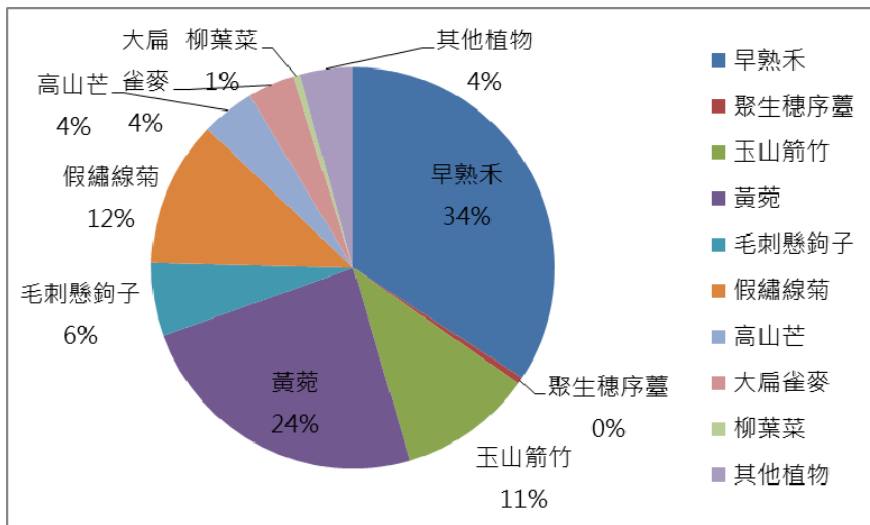


圖9-7. 2010年7至2011年11月369山莊周圍酒紅朱雀取食各種植物的百分比  
(資料來源：本研究資料)

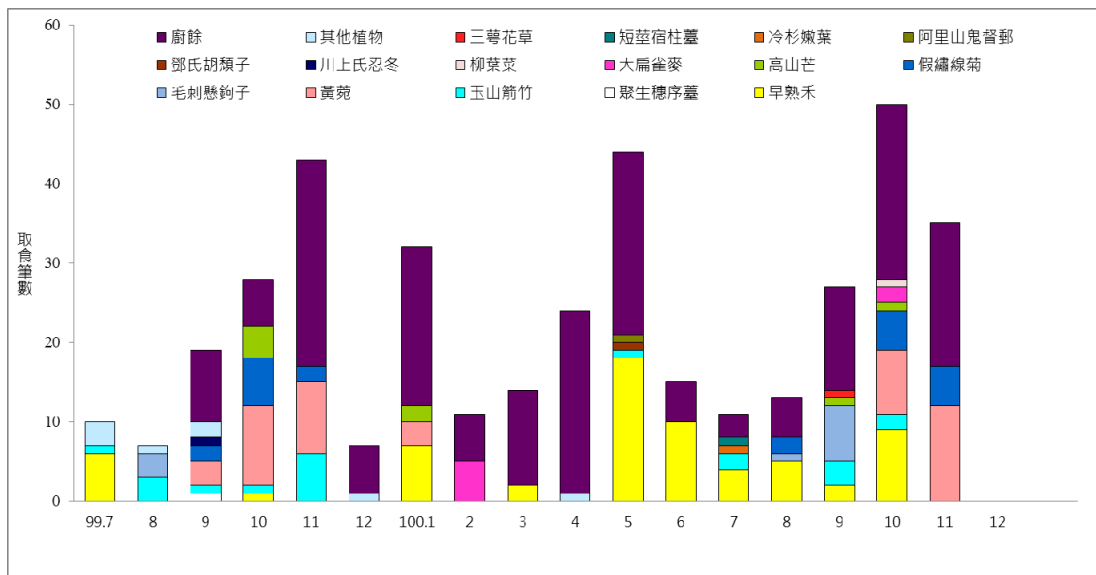


圖9-8. 2010年7至2011年11月酒紅朱雀覓食植物及廚餘次數分配圖。  
(資料來源：本研究資料)



酒紅朱雀各月份均食用廚餘，尤以冬季及早春取食廚餘的比例相對較高(圖7-16)。計算各月份酒紅朱雀可食用植物的覆蓋度及廚餘覆蓋度，分析各月份酒紅朱雀食用植物及廚餘的比例，儘管6月為廚餘可利用量最高的月份，但該月酒紅朱雀取食植物性食物的比例較高(圖7-17)。

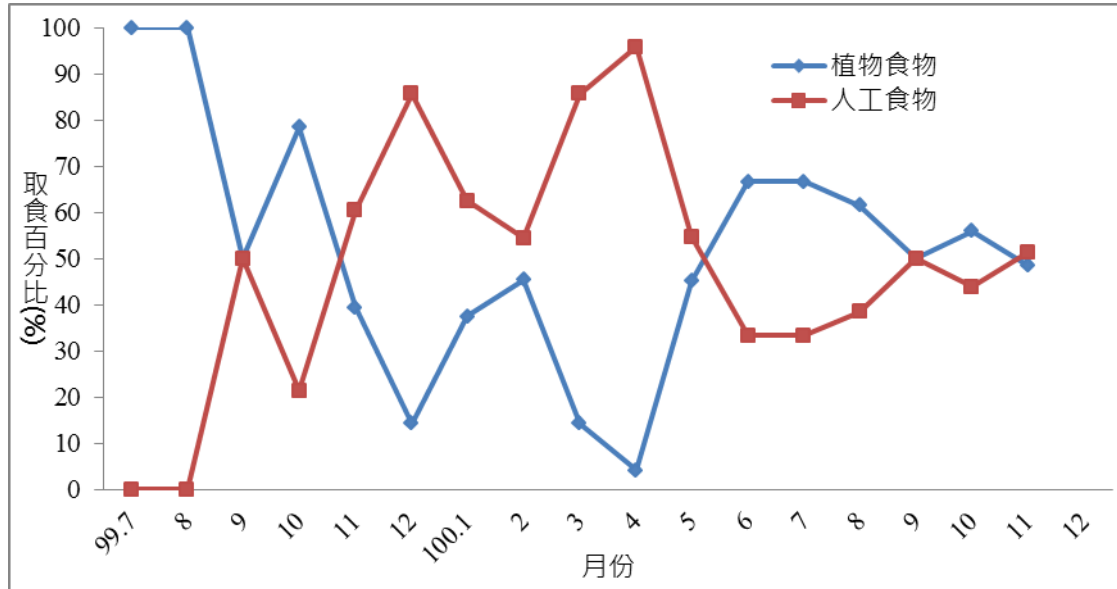


圖9-9. 2010年7至2011年11月各月份酒紅朱雀取食植物及人工食物的百分比。  
(資料來源：本研究資料)

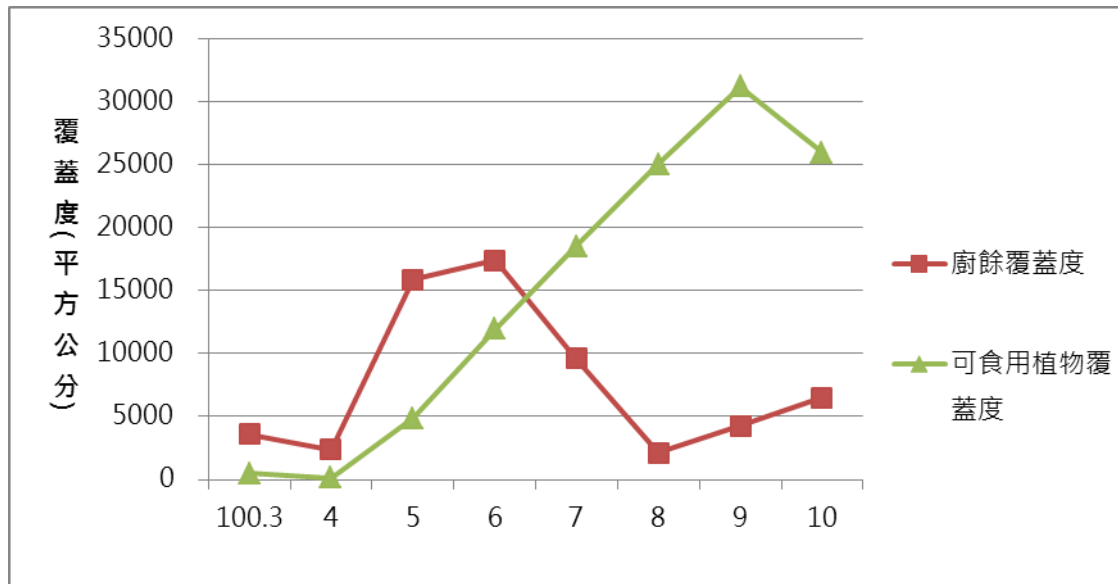


圖9-10. 2011年3至10月各月份369山莊酒紅朱雀可食用植物及廚餘覆蓋度變化。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 自動相機拍攝鳥類及哺乳類食用廚餘分析

自2011年3月15日至5月計拍攝43天，扣除空拍照片，有727張照片拍攝到動物，共計記錄到7種物種，其中長鬃山羊只有拍到一張照片，視為偶然經過該處，其他拍攝到的物種包含4種鳥類及2種哺乳類：酒紅朱雀、栗背林鴿、金翼白眉、鷓鴣、森鼠、黃鼠狼等6種。此6種鳥獸類研究人員均曾有目擊到食用廚餘的紀錄，鳥類中被拍攝到食用廚餘數量最多者為酒紅朱雀，共計拍攝得308張(42%)，其次為栗背林鴿152張(20.9%)、金翼白眉45張(6.2%)、鷓鴣16張(2.2%)；哺乳類中以森鼠被拍到的照片數最多(23.5%)(表9-12)。

**表9-12. 2011年3月至5月自動相機拍攝的野生動物**

物種名稱	張數	隻次	次數	次數/天(天)	每次停留時間(秒)	前後間隔(分)
酒紅朱雀	308	357	278	9.6 ± 6.8 (29)	34.0 ± 9.9	47.5 ± 81.5
栗背林鴿	152	152	146	4.7 ± 5.3 (31)	31.2 ± 6.45	81.9 ± 128.8
金翼白眉	45	45	41	2.2 ± 2.1(19)	32.9 ± 7.82	160.8 ± 154.8
鷓鴣	16	16	16	1.8 ± 1.1(9)	30.0 ± 0	123 ± 98.6
無法辨識鳥種	11	11	--	--	--	--
森鼠	184	184	175	4.3 ± 5.6 (41)	31.5 ± 6.3	34.8 ± 33.6
黃鼠狼	10	10	7	1.2 ± 0.4(6)	42.9 ± 23.6	11 ± 0
長鬃山羊	1	1	1	1.0 ± 0 (1)	30 ± 0	--

(資料來源：本研究資料)

取食廚餘的時段上，均為日間，拍攝次數最多的酒紅朱雀及栗背林鴿，取食時段沒有明顯的集中在晨昏覓食時間(圖7-18)，此外，儘管廚餘上覆雪，仍有拍到鳥類及哺乳類前來取食，研究人員在自動相機架設處也有目擊發現鳥類會在覆雪中啄食翻找廚餘。

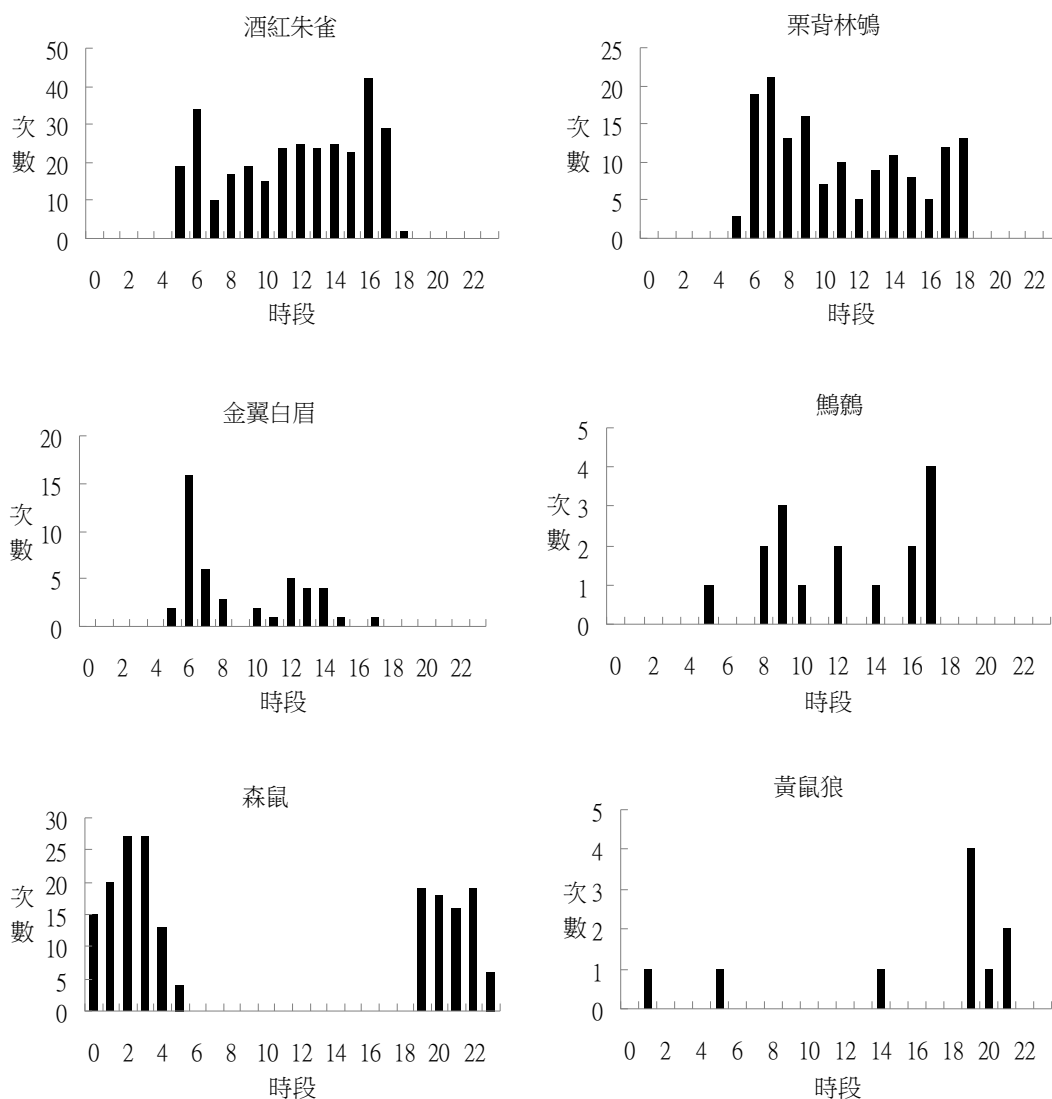


圖9-11. 2010年3月至5月鳥類及哺乳類動物取食廚餘的次數變化  
(資料來源：本研究資料)。

### 3. 食蟲性及雜食性鳥類食性分析

檢視鳥類排遺樣本包含2009年至2011年10月所採得的排遺(n=121)，包含食蟲性、雜食性及植食性酒紅朱雀的排遺。各鳥種可以鑑定出排遺中含有的昆蟲目別，包含膜翅目、半翅目、雙翅目、鞘翅目、革翅目、同翅目的昆蟲(表9-13)。其中檢驗屬於植食性的酒紅朱雀排遺(n=82)，其中含昆蟲殘體的排遺共有10個(12%)，其他均為包含有少量未知殘體且無法分辨及無昆蟲共計72個(88%)(圖7-19)。

表9-13. 2009年至2011年11月鳥類排遺中昆蟲種類

鳥種名	食性類別	樣本數	目別 (Order)	科別(Family)
栗背林鴿	食蟲性	n=23	雙翅目	黑翅蕈蚋科, 無法分別
			膜翅目	蟻科, 小蜂總科, 錘角細蜂科, 無法分別
			同翅目	
			半翅目	長椿科, 無法分別
			革翅目	
酒紅朱雀	植食性	n=82	鞘翅目	象鼻蟲科, 無法分別
			雙翅目	
			同翅目	蚜總科, 葉蟬科, 無法分別
深山鶯	食蟲性	n=5	鞘翅目	金龜子科
			雙翅目	黑翅蕈蚋科, 蚤蠅科
			膜翅目	蟻科
褐頭花翼	食蟲性	n=5	鞘翅目	
			雙翅目	黑翅蕈蚋科
			半翅目	
			革翅目	
			膜翅目	
岩鸚	雜食性	n=3	半翅目	
			鞘翅目	金龜子科
金翼白眉	雜食性	n=2	膜翅目	蟻科, 無法分別
灰鶯	植食性	n=1	雙翅目	

無法分別：鳥類排遺中有許多昆蟲殘體，碎片細小而無法確切分辨  
(資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

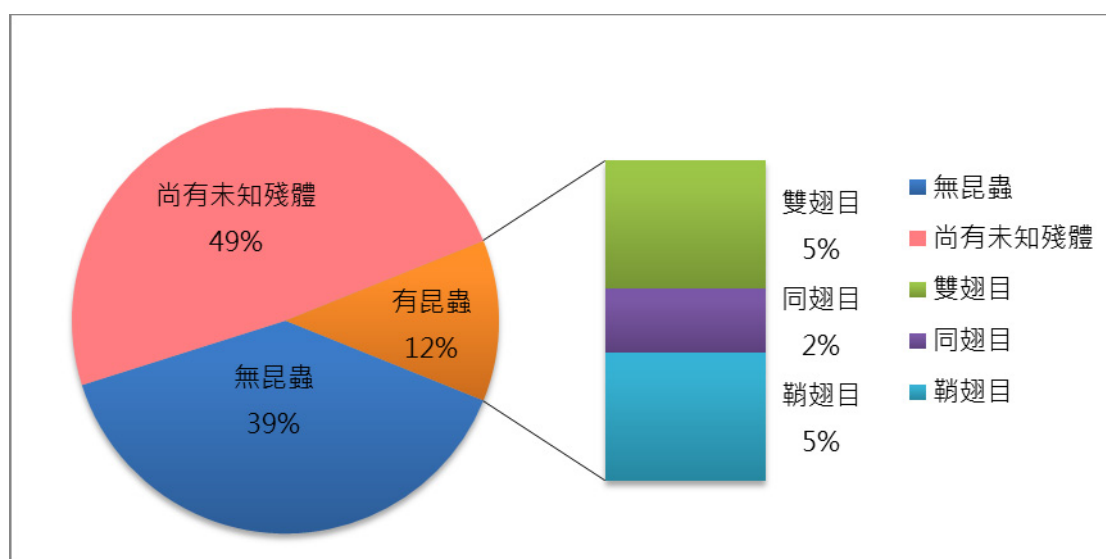


圖9-12. 2009-2011年10月酒紅朱雀排遺內昆蟲分析。  
(資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

#### (五)整合性分析-各生態系氣溫與鳥類密度關係

由於2011年初冬季較前一年寒冷，直到2011年3月黑森林及圈谷仍然有大規模積雪，2011年3月黑森林月均溫僅1.48 °C、圈谷0.98 °C，和去年同期相較月均溫分別降低2.46 °C及2.2 °C，4月份與去年同期相較黑森林降低1.77 °C、圈谷降低1.58 °C，為了瞭解鳥類是否有受到寒冷天氣的影響，分析各生態系月均溫與鳥類密度之間的關係，結果顯示黑森林樣區在2011年3-4月較去年同期鳥類密度降低許多(圖7-20)。圈谷則由於今年1-3月積雪太深且天氣不良因此無法進入調查，但2011年4月較去年同期鳥類密度也有些許降低(圖7-21)。在火燒跡地及哭坡樣點中，2011年3-4月和去年同期相較，儘管溫度較去年低，但鳥類密度沒有因此降低(圖7-22、7-23)。

各生態系在溫度回升後的月份中，鳥類密度並未向上提升，較去年同期下降許多(圖7-9~7-12)。

#### (六)整合性分析-各生態系昆蟲數量與鳥類密度關係

比較2009年至2011年8月火燒跡地的昆蟲數量對鳥類密度的影響，選取優勢度較高的食蟲性鳥類，在火燒跡地昆蟲數量與食蟲性及雜食性鳥類的密度趨勢大致相符，當蟲量增加時鳥類的密度也隨著上升(圖7-24)，此外2011年2月冬季在火燒跡地的昆蟲取樣中僅有取得18隻，然而此月份的褐頭花翼數量並未減少，期間觀察到褐頭花翼從原本覓食的灌層下降至地面，取食因降雪天氣變冷而在雪地上爬行或飛行速度緩慢的昆蟲，雪地上可見舞虻科(Empididae)、等節跳蟲科(isotomidae)、褐蛉科(Hemerobiidae)的昆蟲。而此時栗背林鴿及深山鶯均已降遷到山下。

2011年4月此時黑森林和圈谷仍然處於積雪狀態，該月火燒跡地的食蟲性及雜食性鳥類密度較去年同期為高，然而之後的6-8月應為鳥類密度較高的月份，不過鳥類的密度並沒有因此回升，反倒是昆蟲量數量較去年同期增加許多。

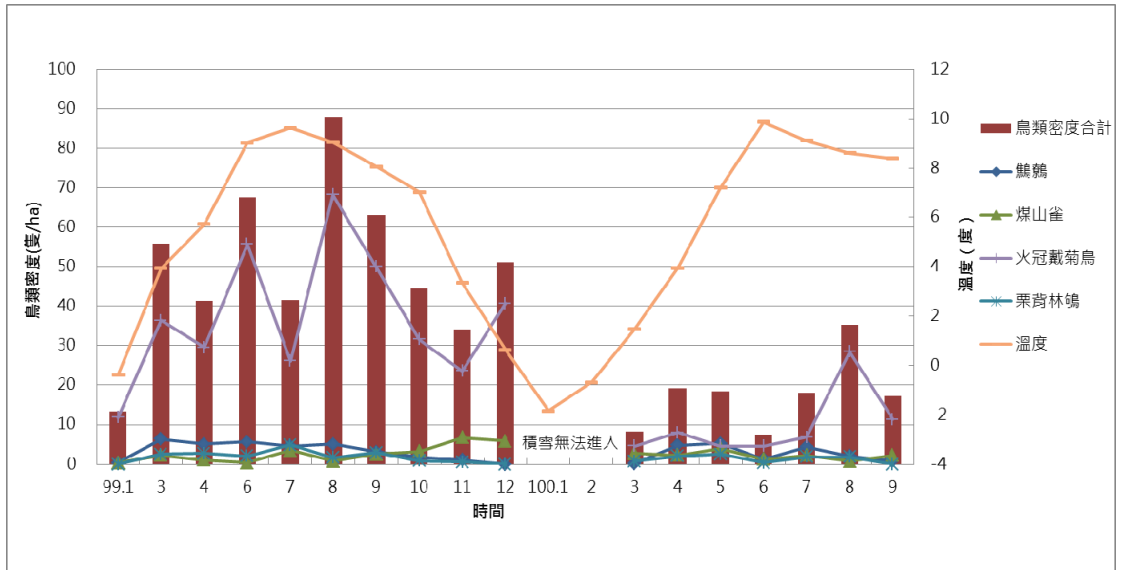


圖9-13. 2010年1月至2011年9月黑森林中氣溫與優勢鳥種密度變化。  
(資料來源：本研究資料及魏聰輝高山為氣象與熱量收支之研究資料)

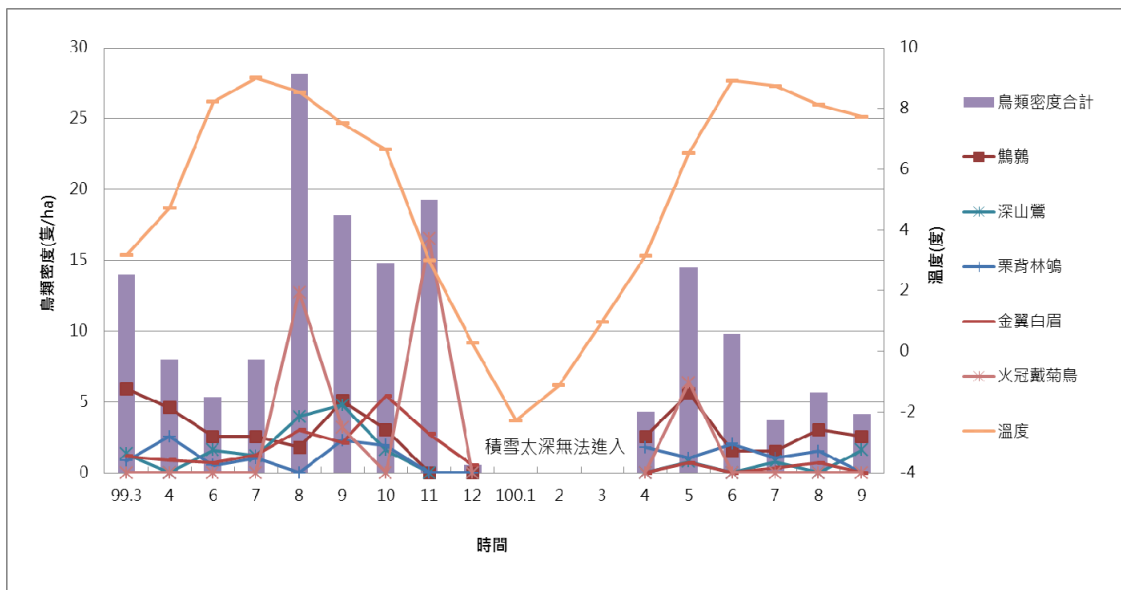


圖9-14. 2010年3月至2011年9月圈谷氣溫與優勢鳥種密度變化。  
(資料來源：本研究資料及魏聰輝高山為氣象與熱量收支之研究資料)

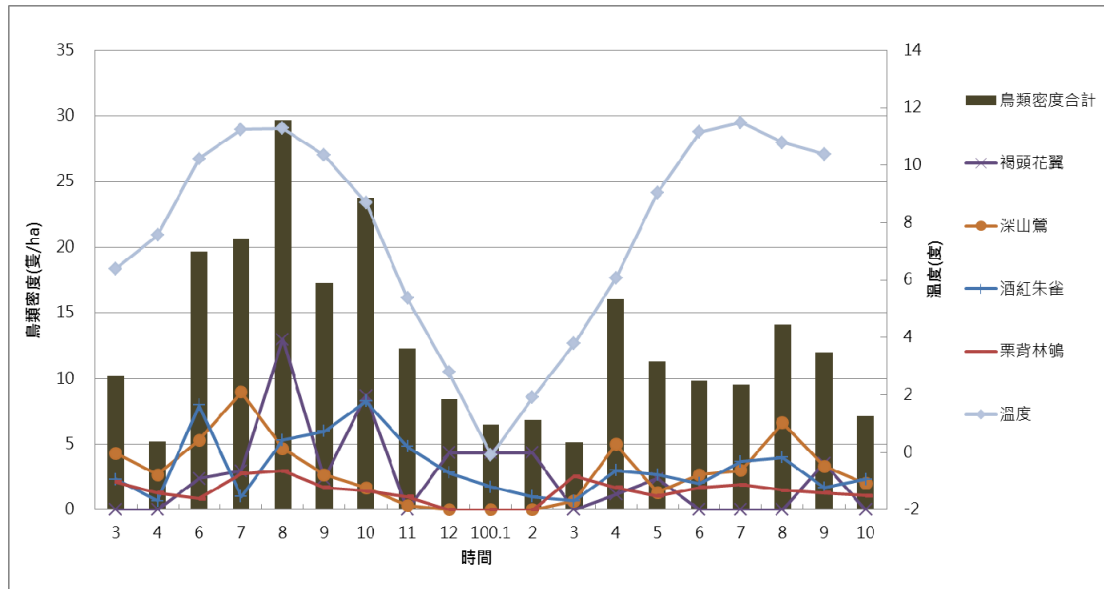


圖9-15. 2010年1月至2011年9月火燒跡地氣溫與優勢鳥種密度變化。  
 (資料來源：本研究資料及魏聰輝高山為氣象與熱量收支之研究資料)

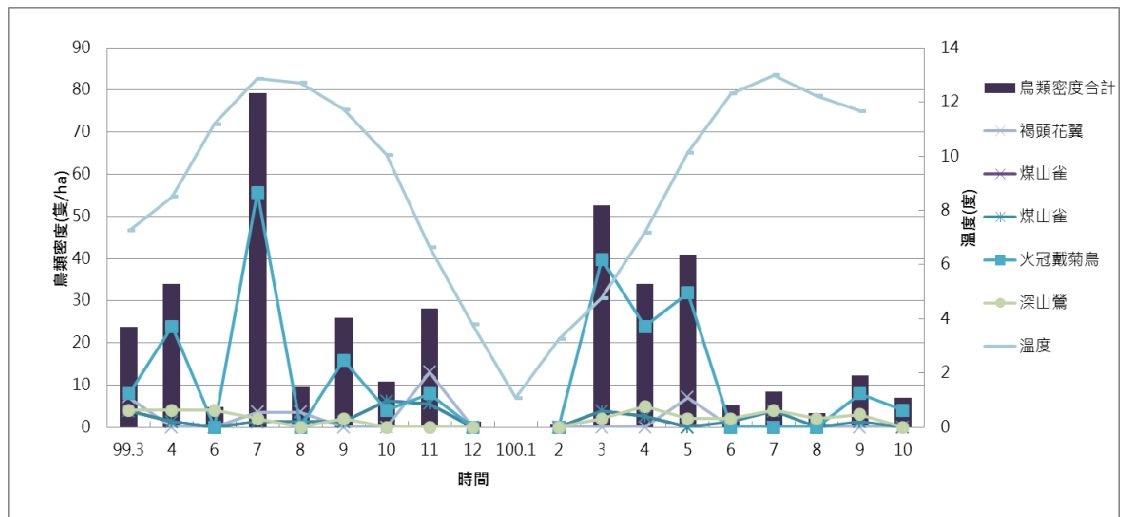


圖9-16. 2010年3月至2011年9月哭坡樣區氣溫與優勢鳥種密度變化。  
 (資料來源：本研究資料及魏聰輝高山為氣象與熱量收支之研究資料)

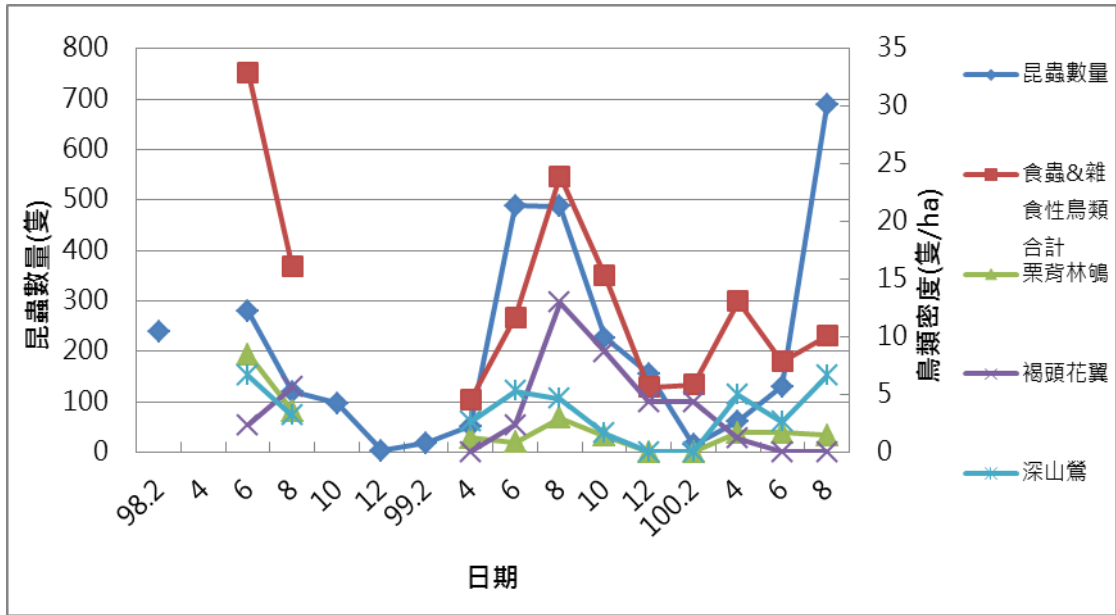


圖9-17. 2009年至2011年8月SPA4火燒跡地昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化。  
(資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

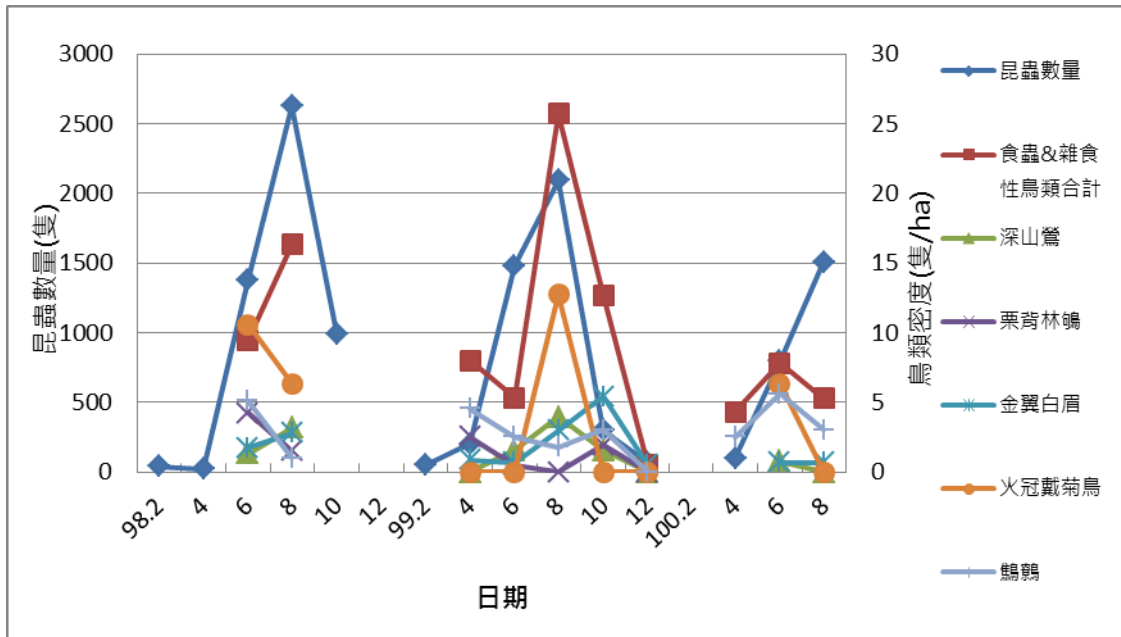


圖9-18. 2009年至2011年8月SPA1圈谷昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化。  
(資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

比較2009年至2011年8月SPA1圈谷昆蟲數量對鳥類密度的影響，昆蟲數量較高的月份鳥類密度也明顯較高，2010年4月昆蟲數量開始攀升至8月達高峰，而後開始下降，而食蟲性鳥類的密度也在8月達到高峰。2010年12月儘管圈谷尚未積雪，但是鳥類密度和昆蟲數量均已經明顯下滑到



罕見的水準。此外，2011年4-6月原本應為圈谷食蟲性及雜食性鳥類的繁殖期間，但今年早春圈谷積雪仍厚，直到8月鳥類密度仍低(圖7-25)。

比較2009年至2011年8月SPA2-3黑森林中昆蟲數量對鳥類密度的影響，火冠戴菊鳥體型小且成群出現密度高，在黑森林中屬於非常優勢的鳥種，因此火冠戴菊鳥的密度和食蟲性及雜食性鳥類合計的密度趨勢幾乎一致，昆蟲數量和鳥類密度均在8月達到高峰，然而2010年12月時儘管昆蟲密度大幅下降，火冠戴菊鳥及煤山雀的密度並未受到影響，此時黑森林中的鷓鴣、栗背林鴿均已向山下遷移。此外，2011年4月黑森林仍有積雪，直到8月時鳥類密度儘管有向上提升，但仍較去年同期水準下降許多，昆蟲數量則反而較去年同期高(圖7-26)。

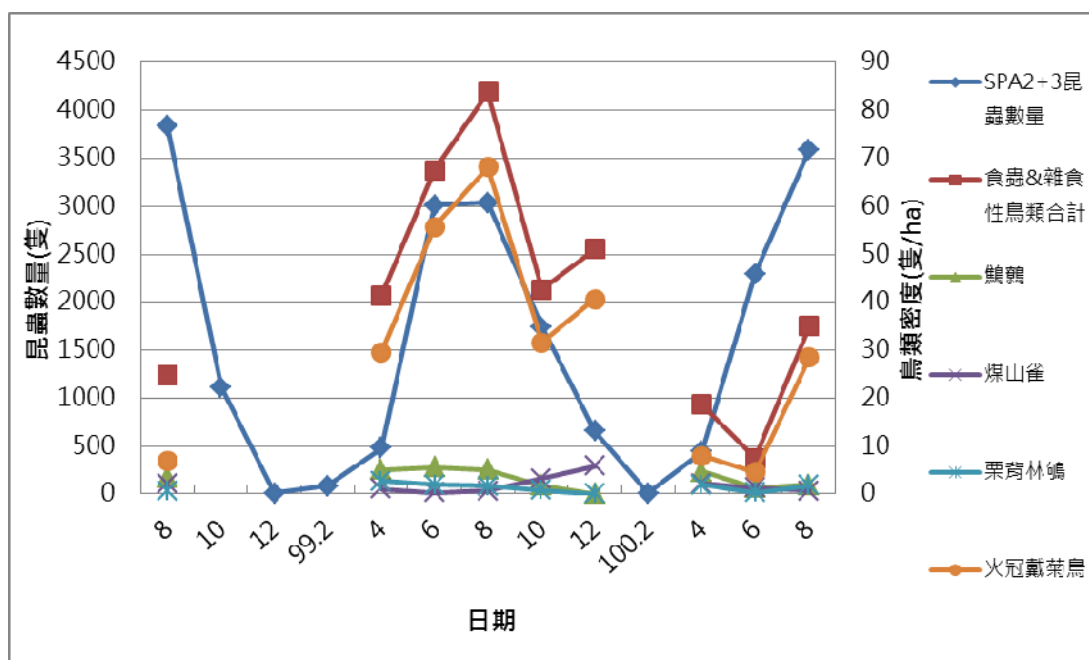


圖9-19. 2009年至2011年8月SPA2及SPA3黑森林昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化。(資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

比較2009年至2011年6月SPA6七卡樣區中昆蟲數量對鳥類密度的影響，由於海拔較低且鳥種繁多，因此並未挑選出優勢食蟲性鳥種和昆蟲數量進行比較，僅以食蟲性/雜食性鳥類密度合計和昆蟲數量進行比較。七卡樣區有一個鳥類的定點調查站，資料代表度較為薄弱，因此在2011年6月將調查樣站提升為4站，值得注意的是2010年12月昆蟲數量仍豐富，但此時七卡鳥類密度已經大幅下滑(圖7-27)。

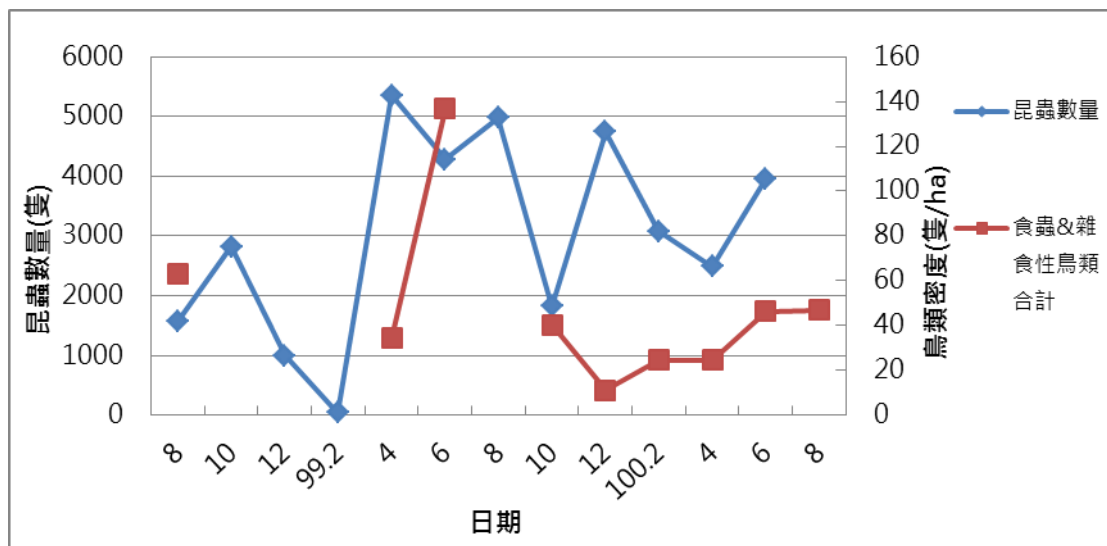


圖9-20. 2009年至2011年6月SPA6七卡昆蟲數量及食蟲性鳥類密度變化。  
 (資料來源：本研究資料及葉文斌雪山高山昆蟲研究資料)

## 四、討論

### (一) 鳥相結構

在新增記錄的鳥種中，新記錄到的11種鳥類，包含紅隼、藍腹鵟、粉紅鸚嘴、虎鵝、蜂鷹、灰面鵟鷹、竹鳥、白喉笑鵝、黃眉柳鶯、小鷗、山鷗。其中紅隼第一次目擊是在2010年12月於東峰頂，之後分別在2011年1月、3月於369山莊後方之字坡再次目擊，研究期間連續數日均可見紅隼停棲在枝頭，推測應屬於度冬個體。在雪山登山口(海拔2,140 m)發現的粉紅鸚嘴，雖為本研究首次記錄，但是在1996年羅宏仁的調查中海拔最高曾於東峰5.2 km停機坪周圍調查到(羅宏仁, 1996)。在藍腹鵟在七卡山莊(海拔2,527 m)的發現記錄，除了本研究團隊目擊到之外，東海哺乳類研究團隊亦在七卡山莊周圍攝得照片，藍腹鵟活動紀錄乃是海拔向上提升的記錄，在鹿野忠雄的研究中所記錄到的藍腹鵟的海拔上限為2,300 m(Kano, 1940)、林曜松的研究中藍腹鵟的海拔上限為2,200 m(林曜松, 1989)。虎鵝(*Zoothera dauma*)在台灣包含度冬族群及繁殖族群，其中繁殖族群又稱為小虎鵝，過去曾在武陵地區有過繁殖記錄(劉小如等, 2010)，研究人員記錄虎鵝鳴唱的月份為5月24日天剛亮時，按照調查記錄的月份，很有可能是在台灣稀少繁殖的小虎鵝。蜂鷹及灰面鵟鷹均為研究人員6月在雪山圈谷觀察到，此時並非遷移性鳥類過境時期，可能是猛禽亞成體尚未達到繁殖狀態而滯留在台灣度冬(Newton, 1979)，此外蜂鷹亦有屬於留鳥的繁殖族群(Huang *et al.*, 2004)。黃眉柳鶯在台灣屬於過境及度冬鳥，然而卻在6-8月同時目擊及聽見至少3隻以上不同個體所發出繁殖季鳴唱聲，此筆紀錄為台灣高海拔地區首度的度夏紀錄，且發現地點在黑森林出口靠近圈谷邊緣處，棲地特徵與該鳥種的繁殖地理特徵相仿(del Hoyo *et al.*, 2006)，後續該鳥種的遷留狀態值得注意。山鷗為稀有冬候鳥屬於隱密性的鳥類不容易透過目擊及鳴唱紀錄，也因此在台灣出現紀錄很少，東海哺乳類研究團隊透過自動相機拍攝到山鷗出現在隱密的森林中，也為相當難得的紀錄。

### (二) 繁殖習性

透過繫放檢視孵卵班檢視鳥類孵卵、孵雛的時間，2011年5月才發現栗背林鴿具備有發育良好的孵卵班個體，較去年晚了一個多月，可能是孵

卵及孵離時間有往後延遲的現象。在鳥巢觀察上，2011年7月僅在登山步道旁找尋到一個仍在孵蛋中的栗背林鴝鳥巢，和2010年4-6月間研究人員透過親鳥出入巢時，可於登山步道旁尋獲6個鳥巢的情況相較，今年繁殖季找尋鳥巢的難度增加，可能栗背林鴝除了繁殖往後延遲之外，繁殖密度可能也有降低，此情況也和2011年栗背林鴝整體密度較低的情況相符。今年3~4月間黑森林仍有積雪覆蓋，但此時栗背林鴝陸續從較低海拔處返回黑森林佔繁殖領域，這樣的情況可能導致栗背林鴝食物短缺或無法抵抗寒冷，進而可能會造成個體死亡或繁殖表現不良。

酒紅朱雀由於繁殖季較晚(8-10月)，幼鳥大量離巢月份和去年相仿，繁殖時間上沒有受到影響。

### (三)繫放研究

2011年10月在連日下雨的隔日陰天意外捕獲一隻稀有冬候鳥小鷓，該鳥僅有1隻目擊出現時混在酒紅朱雀之中，但鳴叫聲明顯較為細小。小鷓在台灣度冬時主要是出現在沿海至中海拔山區，度冬時常單獨出現(劉小如等，2010)。而2011年11月並未再見到該鳥，推測前月可能僅是遷移時期適逢天候不佳，須待天氣好轉在前往度冬地的過境個體。

酒紅朱雀的繫放再目擊回收觀察中，由於色環組合的判斷有其難度，往往需要光線及鳥類站立角度的配合，才能順利觀察到兩隻腳上的腳環顏色，因此並非每隻目擊回收個體都能夠清楚看見色環組合進行個體便是，但目擊回收對於同地回收觀察上有很大的幫助。儘管369山莊所繫放的酒紅朱雀異地回收只有8筆紀錄，但最遠距離在3.3~3.4 km遠，剛好就分別在七卡山屋及翠池山屋，這可能是由於山屋周圍廚餘及植物食物資源穩定，因此吸引酒紅朱雀前往取食，酒紅朱雀的出現和山屋之間關係密切。

2011年4月酒紅朱雀的捕捉率高達155隻/網-小時 $\times$ 100，和2010年同期17.86隻/網-小時 $\times$ 100相較明顯高出許多。但該月份廚餘並不多，早熟禾也尚未成熟，比較有可能的原因是2010年4月在繫放時天氣屬於間歇性小雨，儘管仍然是在無雨的情況下開網，但捕捉率仍可能受到天氣情況所影響。

酒紅朱雀各月份的捕捉率表現中，冬季的捕捉率最低，和冬季酒紅朱雀在火燒跡地的密度相符，推測冬季可能有部分酒紅朱雀向海拔較低的地方遷移，而僅留下部分個體在高海拔度冬，有可能酒紅朱雀是屬於部分遷移物種(Berthold, 2001)，然而雪主東線沿線海拔較低的地方並未發現酒紅朱雀度冬，究竟酒紅朱雀除了小部分留在369山莊周圍度冬之外，大部分的族群在冬季移動至何處目前尚未觀察到。

使用Program Mark軟體進行2009-2011年鳥類的存活率分析時，由於資料區間較短，因此計算時間效應在計算存活率模式時會受到下一個年度的資料所影響，應俟2011年資料蒐集完成後在進行運算，時間效應對存活率的影響所預測出來的數值才會較為準確。結果中使用 $\{\Phi(g) p(\cdot)\}$ 模型，計算出酒紅朱雀公鳥存活率高於褐色羽色。可能和褐色羽色的個體包含所有性別的亞成鳥有關。由於酒紅朱雀在出生第一年無論性別羽色均為褐色，因此褐色羽色包含所有亞成鳥及母鳥。一般而言，亞成鳥的死亡率較成鳥來的高，可能是造成酒紅朱雀紅色羽色和褐色羽色兩者存活率差異的主要原因。

本研究捕捉到19隻酒紅朱雀在2009年捕捉到於2011年回收，但其中僅有3隻母鳥，其於16隻個體均為公鳥，有可能是在酒紅朱雀族群的公母性別比例懸殊，但需要以DNA方式檢驗褐色羽色的酒紅朱雀性別後方能瞭解。酒紅朱雀屬於雌雄二型性的鳥類，雌雄羽色的差異和偶外交配行為的機率有關，顏色越鮮豔的個體越有可能獲得交配的機會，體型越大者也越有利(Owens and Hartley, 1998)，但是羽色為紅色的公鳥也相對較容易暴露於天敵的攻擊之中。但為何酒紅朱雀母鳥成鳥的存活率較低。國外的家燕(*Hirundo rustica*)研究中指出，家燕也屬於雌雄二型性的鳥類，公鳥尾羽較母鳥長，長度和性擇有關，但公鳥存活率也比母鳥來的高，提出影響家燕公鳥和母鳥存活率的因素是不相同的(Pape Møller and Szép, 2002)。

酒紅朱雀嘴喙沾黏附著物的現象佔43%，可見並非偶然乃屬於常見現象，附著物儘管包圍整個嘴喙，但對於覓食不會造成影響，且先前捕捉到嘴喙有嚴重沾黏的個體，隔數月後再捕捉到時，嘴喙已呈現乾淨的情況，這可能跟取食的食物種類有關係。國外的研究中，檸檬黃金絲雀

(*Serinus citronella*)也有嘴喙沾黏現象(Borras *et al.*, 2003)。各月份中以7-8月及2011年10月酒紅朱雀嘴喙沾黏附著物的比例最低，推測可能跟7-8月屬於台灣降雨相對較多的月份有關，另2011年10月調查前連日降雨可能也是酒紅朱雀嘴喙較乾淨的可能原因。

本研究團隊在369前回收到師範大學李壽先研究室於10年前所繫放的褐頭花翼個體編號A51124，過去並沒有任何文獻提到褐頭花翼在野外可能可以存活的最長年齡。不過，除了A51124之外，沒有回收到任何其他李壽先研究室當時所繫放的個體，很可能當時的族群能夠存活到現在的僅存極少數。目前國內的研究中，雀形目鳥類在野外可以存活的年齡資料相當缺乏，而高海拔的鳥類在野外可以存活的年齡更是完全沒有資料，主要是鮮少有研究團隊長期在高海拔地區進行繫放捕捉，這也讓此筆回收資料顯的格外珍貴。

酒紅朱雀的年齡判讀上，使用雀形目鳥類年齡判斷時常使用的頭骨氣室化程度判斷方法，然而頭骨會隨著時間的推進而逐漸鈣化完全(Svensson, 1992)，導致6月後酒紅朱雀二齡鳥的判斷可信度降低，但本研究發現可以在10-11月時透過二齡鳥較成鳥提早換羽的情況進行判斷年齡，然而亦有少部分二齡鳥換羽時間較晚，因此也可能造成誤判情況，在此情形下，此特徵僅可作為年齡判斷的參考依據。從幼鳥離巢的月分別來看，可以發現酒紅朱雀繁殖時間較一般雀形目鳥類來的晚，可能酒紅朱雀屬於植食性鳥類，繁殖期間跟植物性資源的可獲得性時間較有關連。

本研究分析酒紅朱雀性別結構(n=246)，目前僅確定其中111隻公鳥、21隻母鳥、其餘114隻褐色羽色個體尚不確定。但是在利用DNA方式檢驗褐色個體23隻中發現包含公鳥11隻，母鳥12隻。酒紅朱雀的公鳥是否在整體族群中佔有較大的比例，可能還需要透過DNA方式將其餘血液樣本進一步檢驗才可以得知。

#### (四)整合性分析-食性研究

##### 1.植食性鳥類酒紅朱雀的食性分析

研究期間新增觀察到酒紅朱雀覓食取用的植物包括：阿里山鬼督郵、大扁雀麥、胡頹子等三種植物。酒紅朱雀食用的大扁雀麥在2月時被結冰

的土壤覆蓋，但酒紅朱雀仍然可以翻食的到，除了找種子外，還有吃土壤的行為，可見在食物缺乏的月份，留下來度冬的酒紅朱雀可能需要具備在薄冰下找食物的本領。今年由於黑森林融雪較晚，可能造成黑森林中的台灣茶藨子果實也較晚結果，同一植株的台灣茶藨子在2010年3月發現酒紅朱雀前來食用，但是2011年遲至4月該植株仍然還沒結果。黑森林中已有零星酒紅朱雀，並記錄到酒紅朱雀食用黑森林底層的阿里山鬼督郵種子。2011年3月沒有在黑森林記錄到任何酒紅朱雀出現，這可能也跟受到植物物候影響有關。

酒紅朱雀早春及冬季取食廚餘的比例相對較高，可能跟植物性食物資源幾乎都尚未成熟有關，而植物性食物資源直到4月後才開始逐漸提升，當6月時儘管廚餘可利用量最高，但酒紅朱雀以取用植物性食物的比例較高，推測廚餘可能是酒紅朱雀在植物性食物資源較不容易取得的情況下，另一種補充食物來源的方式。在其它三種雀形目鳥種的研究中顯示，食性轉換可能能夠去反應棲地在不同時間食物可利用性的變化 (Rotenberry, 1980)。

## 2. 自動相機拍攝鳥類及哺乳類食用廚餘分析

2009至2011年間研究人員曾透過望遠鏡目擊的方式觀察到酒紅朱雀、鷓鴣、栗背林鴿、金翼白眉、黃鼠狼、森鼠食用廚餘，除了長鬃山羊之外，和自動相機中拍攝的日行性鳥獸類相符，且長鬃山羊拍到的照片只有一張，可以視為非前往食用廚餘而是偶然經過該處的個體。透過自動相機拍攝量化後更能瞭解日間鳥類造訪的比例及時間，而且還能獲得夜間活動的動物取食廚餘的量化資料。架設自動相機拍攝鳥類及哺乳類食用廚餘分析的前提是假定自動相機中拍攝到的動物均為食用廚餘的個體，當然也有可能少數個體僅是單純經過，兩者間雖無法判定差異，但使用自動相機量化造訪廚餘堆的鳥獸類仍不失為一個好方式。

一般而言，鳥類的覓食高峰為晨昏時刻，然而自動相機拍攝鳥類食用廚餘的時段卻沒有明顯的集中在晨昏高峰，高海拔的廚餘由於分解緩慢，因此研究人員將登山客惡意棄置的廚餘集中在自動相機下方後，倘若廚餘數量夠多，可以一整個月都有鳥獸類持續每日的造訪取食。

## 3. 食蟲性及雜食性鳥類食性分析

檢視2009年至2011年植食性鳥類(酒紅朱雀)繁殖季的排遺共82個，用以得知酒紅朱雀是否會在繁殖期間取食昆蟲做為蛋白值的補充來源(Ankney and Scott, 1980; Jones and Ward, 1976)。由於繫放時捕捉到的大多數為植食性的酒紅朱雀，食蟲性鳥類是屬於少數，也因此食蟲性鳥類的排遺取得相對不容易。國外研究指出，屬於主要為植食性的褐頭牛鸛在下蛋前食性會由主要吃種子的食性轉變為主要吃昆蟲者，用以增加鈣質及蛋白質的攝取(Ankney and Scott, 1980)。本研究分析植食性的酒紅朱雀排遺發現具有少量昆蟲碎片的排遺，全年各月均有零星分布，但由於樣本大多來自於酒紅朱雀公鳥，因此還需要更多母鳥樣本的累積方能得知酒紅朱雀有沒有在繁殖季前產生食性轉換的情況。

#### (五)整合性分析-各生態系氣溫與鳥類密度關係

2011年初天氣寒冷，直到2011年3月黑森林積雪仍然很深，相較於前一年研究人員3月進入黑森林僅有殘冰景象差異甚鉅，無論是在鳥種數或者是密度上都有顯著下降，4月圈谷往主峰更是白茫茫一片，除了少數玉山杜鵑尚未被積雪掩埋之外，大多數植被均被大雪覆蓋。然而火燒跡地及哭坡樣區鳥類密度不降反升，可能是降遷至此的高海拔鳥類(如鷓鴣、煤山雀、火冠戴菊鳥)數量增多，因天冷仍未返回海拔較高的棲地。

然而各生態系在溫度回升後的月份，鳥類密度並未向上提升，反而較去年同期下降許多的情況，可能是由於今年天氣較冷導致繁殖失敗或個體死亡，可能造成幼鳥個體數少或成鳥存活率受到影響，因此2011年和去年同期相較在鳥類密度的表現上大幅降低。這可能跟極端氣候造成的生物生存限制有關，鳥種生理耐受程度也各有不同而會影響到鳥類的豐度和分布(Root, 1988)，未來應仔細檢視鳥類族群恢復所需要的時間。

#### (六)整合性分析-各生態系昆蟲數量與鳥類密度關係

在2010年各生態系昆蟲數量與食蟲性及雜食性鳥類的密度趨勢大致相符，當蟲量增加時鳥類的密度也顯示上升，當蟲量下降時鳥類密度也下降，但在2011年 6-8月應為鳥類密度較高的月份，不過各生態系的鳥類的密度並沒有因此回升，反倒是昆蟲量數量較去年同期增加許多。會造成此情況可能受到今年寒冬所造成的鳥類密度較低所影響，在昆蟲方面可能也會由於鳥類天敵減少，而使得昆蟲密度較提高。



在火燒跡地的調查中發現褐頭花翼在2010年8月蟲量大幅降低時，褐頭花翼的數量未減少，且在2011年2月火燒跡地的昆蟲數量相當低時，褐頭花翼數量亦未減少。研究人員發現1月下雪後，褐頭花翼會從原本所覓食的灌層下降至地面啄食即將死去的昆蟲或者是速度緩慢的昆蟲，可能是由於覓食層的改變，讓褐頭花翼在下雪期間仍能在369山莊前度冬而不需要降遷到海拔較低的地方。

在黑森林中主要的優勢鳥種為火冠戴菊鳥，由於本研究的鳥類密度計算方式採不定半徑法，而火冠戴菊鳥的有效半徑為20 m，因此在密度計算時，倘若偵測到20 m之內的有效個體，在密度運算加權時單位公頃中的隻數會相當大，在黑森林內火冠戴菊鳥的確屬於非常優勢的鳥種，但也導致食蟲性和雜食性鳥類密度合計時，火冠戴菊鳥的密度占了大部分的比例，僅從食蟲性鳥類和雜食性鳥類密度合計的資料，不容易看出其他鳥類和昆蟲數量間的關係，所以將火冠戴菊鳥的密度和其他鳥種分開討論是比較好的方式。在2010年12月時昆蟲數量大幅下降，但煤山雀及火冠戴菊鳥密度仍然很高，但鷓鴣和栗背林鴿均已向下遷移，可能跟樹層鳥類在降雪初期較不受積雪影響，或跟冬季時結群快速移動覓食有關係。

在圈谷的調查中，2010年12月圈谷儘管尚未積雪，但是鳥類密度和昆蟲數量都已罕見。在昆蟲密度低的情況下，食蟲性鳥類覓食會轉往昆蟲密度高的地方，但為何昆蟲密度在尚未積雪時數量就相當低，是否可能和昆蟲可以耐受的溫度有關則有待進一步觀察。

在七卡樣站監測到2010年12月昆蟲數量仍豐時，鳥類密度卻大幅下降，主要是由於七卡樣站的大部分偵測到的鳥類也向下遷移了，因此可以推測昆蟲數量可能並非限制該樣站鳥類在當地活動的重要因素。

## 五、結論與建議

### (一)研究成果

1. 本研究於2010年12月至2011年11月在雪山地區共計記錄到29科61種鳥類，包含台灣特有種12種、特有亞種28種，及保育類鳥類21種，期間新增鳥種共11種，自2009年至2011年11月本研究累計在雪山地區記錄到33科86種鳥類。
2. 2011年栗背林鴿的孵卵斑發育較去年同期晚，且鳥巢尋覓不易，可能是受到天氣寒冷影響，使得進入繁殖的期間較晚且繁殖表現較差有關。酒紅朱雀由於繁殖期較晚，不受影響。
3. 透過繫放後目擊回收方式，發現有標記的酒紅朱雀出現在距離3.3-3.4 km外的地方覓食。酒紅朱雀在369山莊的捕獲率和廚餘的可利用性之間曲線趨勢相符。
4. 使用Program Mark進行酒紅朱雀不同羽色群的存活率計算，顯示出2010年酒紅朱雀公鳥羽色的存活率估計值為0.986421，而酒紅朱雀褐色羽色的存活率為0.325981，褐色羽色的酒紅朱雀包含亞成鳥及母鳥，因此可得知母鳥和亞成鳥的存活率比雄性成鳥的存活率低。
5. 發現一隻褐頭花翼存活至少10年以上。
6. 利用自動相機拍攝取食廚餘的鳥獸類，共計記錄到6種，包含4種鳥類及2種哺乳類，日間拍攝到照片數最多者為酒紅朱雀佔42%，夜間則以森鼠23.5%為最多。儘管廚餘覆雪仍有鳥獸類在覆雪中翻找廚餘以作為冬季食物來源。
7. 分析369山莊周圍廚餘及可利用植物覆蓋度後顯示，酒紅朱雀在6月廚餘可利用量最高時反而取食植物性資源，推測廚餘可能是酒紅朱雀在非繁殖季時食物較為缺乏的補充方式。
8. 檢視2009年至2011年鳥類排遺共121管，可得知栗背林鴿、岩鷓、金翼白眉、褐頭花翼、深山鶯的部分食性。了解植食性酒紅朱雀有零星食用昆蟲的情況。
9. 2011年初冬季較前一年寒冷，比較兩年間各生態系鳥類密度的差異，結

果顯示位處海拔較高的火燒跡地、冷杉林樣區鳥類密度明顯較低，但海拔較低樣區則反而密度較高。各生態系在溫度回升後的月份中，鳥類密度並未向上提升，較去年同期下降許多，可能因天寒而導致全年鳥類密度下降。

10. 比較各生態系昆蟲數量對鳥類密度的影響，兩者趨勢大致上相符合，但在冬季時鳥類會有遷入、遷出、或留下度冬的情況，而產生不同的變化。各生態系在鳥類密度整體較去年同期降低的情況下，昆蟲密度相對去年同期提升，可能跟鳥類天敵密度較低有關係。

## (二)建議

### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

本研究透過與其他子計畫的通力合作，初步瞭解植物、昆蟲、鳥類、氣象間的關係，建議應持續規律的調查，方能有更多瞭解雪山生物特性。

### 2. 長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

建議長期且規律的進行調查，並比較雪山地區和其他高海拔地區生態差異，以建立完整的高海拔鳥類生態資訊。

## 六、參考文獻

- 丁宗蘇，1993。玉山地區成熟林之鳥類群聚生態。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 王鑫、宋國城、崔之久，1998。雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究(I)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 王鑫、宋國城、崔之久，1999。雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究(II)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 呂金誠，1999。武陵地區雪山主峰線植群調查與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 呂金誠、歐辰雄、廖敏君，2002。雪山東峰玉山箭竹開花之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 李培芬，2003。雪霸國家公園鳥類相之調查—觀霧地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 李培芬，2004。雪霸國家公園鳥類監測模式之研究—以雪見地區為地。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 周大慶，2001。雪山東峰火燒後鳥類族群變化研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 林朝榮，1957。台灣地形。台灣省文獻委員會出版。
- 林曜松、楊懿如、黃光瀛、呂佩義，1989。雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。
- 孫元勳，1999。七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(I)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳，2000。七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(II)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳，2001。七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(III)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳，2002。七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(IV)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳，2003。七家灣溪櫻花鉤吻鮭天敵之研究(I)。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳，2004。七家灣溪櫻花鉤吻鮭天敵之研究(II)。雪霸國家公園管理處

- 研究報告。
- 孫元勳，2005。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳，2006。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳，2007。武陵地區外來物種生態衝擊與防除研究。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立--溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳、裴家騏，2001。野火強度對環山地區二葉松林鳥類群聚的影響。中華林學季刊 34(2): 131-145。
- 袁孝維，1995。武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 陳明義，1998。野火影響環山、雪山地區植群之研究Ⅱ。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 廖煥彰，2006。塔塔加地區不同植群演替階段之鳥類群聚研究。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威，2010。台灣鳥類誌。行政院農業委員會林務局，台北。
- 羅宏仁、周大慶、黃嘉隆、余弘恕，1996。雪霸國家公園雪山步道解說資源之調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- Ankney, C.D., Scott, D.M., 1980. Changes in nutrient reserves and diet of breeding brown-headed cowbirds. *Auk* 97, 684-696.
- Berthold, P., 2001. *Bird Migration : A General Survey*, 2 ed. Oxford University Press, New York.
- Borras, A., Cabrera, T., Cabrera, J., Senar, J.C., 2003. The diet of the Citril Finch (*Serinus citrinella*) in the Pyrenees and the role of Pinus seeds as a key resource. *Journal für Ornithologie* 144, 345-353.
- Burger, J.C., Patten, M.A., Rotenberry, J.T., Redak, R.A., 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia* 120, 304-310.

- del Hoyo, J., Elliott, A., Christie, D., 2006. Handbook of the Birds of the World. Vol. 11. Lynx Edicions, Barcelona.
- Huang, K.-Y., Lin, Y.-S., Severinghaus, L.L., 2004. Nest provisioning of the Oriental Honey-buzzard (*Pernis ptilorhyncus*) in northern Taiwan. *J Raptor Res* 38, 367-371.
- Jones, P.J., Ward, P., 1976. The level of reserve protein as the proximate factor controlling the timing of breeding and clutch-size in the red-billed Quelea *Quelea quelea*. *Ibis* 118, 547-574.
- Kano, T., 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shibusawa Institute for Ethnographical Reseaches.
- Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J., Anderson, D.R., 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62, 67-118.
- Newton, I., 1979. Population Ecology of Raptors. T. & A. D. Poyser Ltd., Berkhamsted.
- Nott, P., Pyle, P., Kaschube, D., 2008. The 2007 Report of the Monitoring Avian Productivity and Survivorship (MAPS) Program on Fort Bragg. The Institute for Bird Populations, Point Reyes Station, CA.
- Owens, I.P.F., Hartley, I.R., 1998. Sexual dimorphism in birds: why are there so many different forms of dimorphism? *Proceedings: Biological Sciences* 265, 397-407.
- Pape Møller, A., Szép, T., 2002. Survival rate of adult barn swallows *Hirundo rustica* in relation to sexual selection and reproduction. *Ecology* 83, 2220-2228.
- Ralph, C.J., Hollinger, K., Miller, S., 2004. Monitoring productivity with multiple mist-net stations. *Studies in Avian Biology* 29, 12-20.
- Reynolds, R.T., Scott, J.M., Nussbaum, R.A., 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82, 309-313.
- Root, T., 1988. Energy constraints on avian distributions and abundances. *Ecology* 69, 330-339.
- Rotenberry, J.T., 1980. Dietary relationships among shrubsteppe passerine

birds: competition or opportunism in a variable environment. *Ecological Monographs* 50, 93-110.

Svensson, L., 1992. Identification guide to European passerines, 3 ed. Stockholm, Sweden.

White, G.C., Burnham, K.P., 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46, 120-139.

附錄9-1. 雪山地區鳥相調查樣站座標

樣點里程	樣站名稱	經度	緯度	X座標_TWD67	Y座標_TWD67	海拔
2 km	七卡	121.2862	24.3834	278207	2697715	2527
2.3 km	七卡2	121.2855	24.3846	278136	2697858	2584
2.6 km	七卡3	121.2856	24.3856	278144	2697963	2654
2.9 km	七卡4	121.2851	24.3866	278086	2698077	2741
4.3 km	哭1	121.2783	24.3908	277395	2698534	3116
4.5 km	哭2	121.2767	24.3901	277238	2698461	3141
7.8 km黑森林	黑1	121.2510	24.3936	274631	2698839	3301
8.1 km黑森林	黑2	121.2481	24.3937	274335	2698849	3345
8.4 km黑森林	黑3	121.2456	24.3944	274079	2698930	3350
8.7 km黑森林	黑4	121.2431	24.3934	273824	2698818	3343
9.0 km黑森林	黑5	121.2403	24.3912	273542	2698578	3449
9.3 km黑森林	黑6	121.2390	24.3901	273415	2698455	3506
9.6 km黑森林	黑7	121.2377	24.3891	273281	2698341	3545
9.8 km圈谷	圈1	121.2363	24.3884	273140	2698270	3602
10.1 km往主峰	圈2	121.2356	24.3864	273071	2698046	3654
10.4 km缺口	圈3	121.2357	24.3850	273078	2697892	3725
10.7 km往主峰	圈4	121.2332	24.3835	272829	2697723	3833
10.9 km主峰頂	圈5	121.2317	24.3834	272676	2697710	3886
火7.2 km	火1	121.2539	24.3931	274924	2698783	3177
火往水源地牌子前	火2	121.2522	24.3930	274753	2698780	3202
火369山莊後方約50 m	火3	121.2537	24.3924	274901	2698713	3186
火往水源地150 m	火4	121.2521	24.3943	274737	2698920	3222
火369山莊前	火5	121.2546	24.3923	274999	2698701	3146
火7.6 km	火6	121.2522	24.3930	274753	2698780	3265
東峰7.0 km	Ecotone 1	121.2548	24.3915	275016	2698610	3176
東峰6.7 km	Ecotone 2	121.2568	24.3898	275218	2698424	3202
東峰6.4 km	Ecotone 3	121.2596	24.3898	275506	2698421	3187
東峰6.1 km	Ecotone 4	121.2626	24.3897	275809	2698409	3167
東峰5.9 km	箭1	121.2644	24.3894	275987	2698378	3178
東峰5.7 km	箭2	121.2662	24.3890	276174	2698339	3189
東峰5.2 km北面坡	箭3	121.2707	24.3889	276631	2698332	3187
東峰5.2 km南面坡	箭4	121.2707	24.3886	276633	2698291	3188
東峰5.7 km-4.4 km	穿越線					

(資料來源：本研究資料)



附錄9-2. 雪山地區鳥類繫放架網地點座標

繫放地點編號	經度	緯度	X座標_TWD67	Y座標_TWD67	生態系
黑1	121.2507	24.3939	274601	2698877	冷杉林
黑2	121.2496	24.3938	274484	2698868	冷杉林
黑3	121.2492	24.3934	274450	2698820	冷杉林
黑4	121.2502	24.3932	274549	2698794	冷杉林
黑5	121.2505	24.3928	274579	2698754	冷杉林
箭1	121.2564	24.3924	275175	2698708	箭竹-高山芒
箭2	121.2569	24.3924	275229	2698709	箭竹-高山芒
箭3	121.2572	24.3925	275264	2698721	箭竹-高山芒
箭4	121.2575	24.3927	275288	2698749	箭竹-高山芒
箭5	121.2739	24.3889	276950	2698330	箭竹-高山芒
火1	121.2559	24.3922	275130	2698688	火燒跡地
火2	121.2554	24.3929	275080	2698768	火燒跡地
火3	121.2535	24.3918	274880	2698640	火燒跡地
火4	121.2546	24.3924	275000	2698710	火燒跡地
火5(369山莊)	121.2546	24.3924	274994	2698710	火燒跡地
圈1	121.2366	24.3877	273173	2698188	圈谷
圈2	121.2363	24.3890	273141	2698330	圈谷
圈3	121.2359	24.3883	273100	2698250	圈谷

(資料來源：本研究資料)

附錄9-3. 2009年3月至2011年11月雪山登山口到雪山主峰鳥類名錄

科別	中文名	學名	生息狀態 <sup>a</sup>	特有性 <sup>b</sup>	保育等級 <sup>c</sup>	2009年	2010年	2011年
雉科	深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	留、不普	台灣特有種	第三級		*	*
雉科	竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	留、普	特有亞種		*	*	
雉科	藍腹鵝	<i>Lophura swinhoii</i>	留、不普	台灣特有種	第二級	*	*	*
雉科	帝雉	<i>Syrmaticus mikado</i>	留、稀	台灣特有種	第二級	*	*	*
鷹科	東方蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	留、不普/ 過、普		第二級			*
鷹科	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	留、普	特有亞種	第二級		*	
鷹科	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	留、普	特有亞種	第二級		*	
鷹科	赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	過、普		第二級		*	
鷹科	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	留、不普	特有亞種	第二級	*	*	*
鷹科	蒼鷹	<i>Accipiter gentilis</i>	冬、稀		第二級	*		
鷹科	灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>	過、普/ 冬、稀		第二級			*
鷹科	大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	冬、稀		第二級	*	*	
鷹科	赫氏角鷹	<i>Spizaetus nipalensis</i>	留、稀		第一級	*	*	
隼科	紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>	冬、普		第二級		*	*
鷓鴣科	山鷓鴣	<i>Scolopax rusticola</i>	冬、稀					*
鳩鴿科	野鴿	<i>Columba livia</i>	引進種、普				*	*
鳩鴿科	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	留、不普				*	*
鳩鴿科	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	留、普	特有亞種		*		
杜鵑科	鷹鵑	<i>Cuculus sparverioides</i>	夏、普			*		
杜鵑科	中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>	夏、普			*	*	*
鷓鴣科	鸚鵡	<i>Glaucidium brodiei</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*	*
鷓鴣科	灰林鴉	<i>Strix aluco</i>	留、稀	特有亞種	第二級		*	*
夜鷹科	?夜鷹	<i>Caprimulgus spp.</i>				*		
雨燕科	針尾雨燕	<i>Hirundapus spp.</i>					*	*
雨燕科	叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>	留、不普/ 過、不普			*	*	*
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	留、普	特有亞種		*	*	
鬚鴉科	五色鳥	<i>Megalaima oorti nuchalis</i>	留、普	台灣特有種		*		
啄木鳥科	小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	留、普				*	
啄木鳥科	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*	*
啄木鳥科	綠啄木	<i>Picus canus</i>	留、稀		第二級	*	*	*
山椒鳥科	灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>	留、普			*		*
鴉科	松鴉	<i>Garrulus glandarius</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
鴉科	星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
鴉科	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>	留、普			*	*	*
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	夏、普/ 過、普			*	*	

科別	中文名	學名	生息狀態 <sup>a</sup>	特有性 <sup>b</sup>	保育等級 <sup>c</sup>	2009年	2010年	2011年
			冬、普/ 過、普					
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	留、普			*		
燕科	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	留、普			*		
燕科	毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>	留、不普			*	*	*
山雀科	煤山雀	<i>Parus ater</i>	留、普	特有亞種	第三級	*	*	*
山雀科	青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	留、普	特有亞種	第三級	*	*	*
山雀科	黃山雀	<i>Parus holsti</i>	留、稀	台灣特有種	第二級	*	*	*
樹鶯科	小鶯	<i>Cettia fortipes</i>	留、普/ 過、稀	特有亞種		*		*
樹鶯科	深山鶯	<i>Cettia acanthizoides</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
樹鶯科	棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>	留、普			*	*	*
長尾山雀科	紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	留、普			*	*	*
鴨科	茶腹鴨	<i>Sitta europaea</i>	留、普			*	*	*
鷓鴣科	鷓鴣	<i>Troglodytes troglodytes</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
鶇科	紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	留、普	特有亞種		*		
戴菊科	火冠戴菊鳥	<i>Regulus goodfellowi</i>	留、普	台灣特有種	第三級	*	*	*
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	冬、不普					*
大尾鶯科	台灣叢樹鶯	<i>Bradypterus alishanensis</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
鶯科	粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	留、普	特有亞種				*
鶯科	黃羽鸚嘴	<i>Paradoxornis verreauxi</i>	留、稀	特有亞種		*	*	*
鶇科	紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>	夏、不普			*	*	*
鶇科	黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
鶇科	黃腹琉璃	<i>Niltava vivida</i>	留、不普	特有亞種	第三級	*	*	*
鶇科	白眉林鶇	<i>Luscinia indica</i>	留、稀	特有亞種	第三級	*	*	*
鶇科	栗背林鶇	<i>Luscinia johnstoniae</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
鶇科	黃尾鶇	<i>Phoenicurus aureus</i>	冬、不普				*	
鶇科	鉛色水鶇	<i>Rhyacornis fuliginosa</i>	留、普	特有亞種	第三級	*		
鶇科	白尾鶇	<i>Myiomela leucura</i>	留、不普	特有亞種	第三級	*	*	*
鶇科	台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	留、普	台灣特有種		*		
鶇科	虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>	冬、普					*
鶇科	白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	冬、普			*	*	
鶇科	赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>	冬、普			*		
鶇科	小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
畫眉科	白喉笑鶇	<i>Garrulax albogularis</i>	留、稀	特有亞種	第二級			*
畫眉科	竹鳥	<i>Garrulax poecilorhynchus</i>	留、不普	特有亞種	第二級			*
畫眉科	金翼白眉	<i>Garrulax morrisonianus</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
畫眉科	藪鳥	<i>Liocichla steerii</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
畫眉科	鱗胸鷓鴣	<i>Pnoepyga albiventer</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
畫眉科	山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
畫眉科	紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	留、普	台灣特有種	第三級		*	*

科別	中文名	學名	生息狀態 <sup>a</sup>	特有性 <sup>b</sup>	保育等級 <sup>c</sup>	2009 年	2010 年	2011 年
畫眉科	褐頭花翼	<i>Alcippe cinereiceps</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
畫眉科	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
畫眉科	白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
畫眉科	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	留、普	台灣特有種		*	*	*
啄花科	紅胸啄花	<i>Dicaeum ignipectum</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
岩鷓科	岩鷓	<i>Prunella collaris</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
鵲鴝科	樹鵲	<i>Anthus hodgsoni</i>	冬、普				*	
鶉科	小鶉	<i>Emberiza pusilla</i>	冬、稀/ 過、不普					*
雀科	普通朱雀	<i>Carpodacus erythrinus</i>	冬、稀				*	
雀科	酒紅朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>	留、普	特有亞種		*	*	*
雀科	褐鷺	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	留、不普	特有亞種		*	*	
雀科	灰鷺	<i>Pyrrhula erythaca</i>	留、不普	特有亞種		*	*	*
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	留、普			*		*

(資料來源：本研究資料)

<sup>a</sup>普：台灣普遍分布種。不普：台灣不普遍分布種。稀：台灣稀有種。

<sup>b</sup>特：台灣特有種。特亞：特有亞種。留：不行遷移之鳥種。過：春、秋過境鳥。  
冬：冬候鳥。夏：夏候鳥。

<sup>c</sup>保育等級 第一級：瀕臨絕種保育類野生動物；第二級：珍貴稀有保育類野生動物；第三級：其他應予保育類野生動物。

<sup>d</sup>星號(\*)表示該年度有記錄到的鳥種。

## 第十章 雪山地區哺乳類動物及其棲地調查

林良恭、吳榮笙、陳逸文

東海大學生命科學系

### 摘要

關鍵詞：哺乳動物、紅外線自動相機、海拔梯度

#### 一、研究緣起

本計畫目的針對雪霸國家公園武陵地區的哺乳動物進行調查，本計畫成果將提供雪霸國家公園在未來生態系經營管理、教育解說及生態旅遊上之參考依據。調查範圍以武陵雪山登山口至雪山頂，將依據海拔高度及不同林相植被，設置樣區及穿越線進行哺乳動物相普查。調查對象涵蓋中大型哺乳動、小型齧齒類及鼬型目動物、蝙蝠等三大類。調查結果除詳列物種名錄外，並將計算各樣區的物種數多樣性(Species richness)，各物種相對數量並分析海拔梯度的分布變化，以鹿野忠雄1940年的調查資料做比較，瞭解環境與氣候變遷對哺乳動物生息衝擊。

#### 二、研究方法及過程

沿雪山步道設立9個樣區，以薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)、紅外線自動相機、豎琴網(Harp trap)與沿線調查方式來記錄雪山地區的哺乳動物，本年度調查時間由2009年3月至2011年11月。

#### 三、重要發現

從2009年3月至2011年11月共捕獲9種634隻次的哺乳動物：5種齧齒目，分別為森鼠(*Apodemus semotus*)共捕獲428隻次、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)共捕獲37隻次、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)共捕獲77隻次、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)共捕獲65隻次與條紋松鼠(*Tamias maritimus formosanus*)共捕獲2隻次；2種鼬型目，分別為短尾鼬(*Anourosorex aquamipes*)共捕獲4隻次與長尾鼬(*Episoriculus fumidus*)共捕獲15隻次；2種食肉目，分別是黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)共捕獲4隻次與小黃鼠狼(*Mustela nivalis*)共捕獲2隻次。

紅外線自動相機調查結果，總共紀錄15種哺乳類動物，分別是森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、高山田鼠(*Microtus*

*kikuchii*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、條紋松鼠(*Tamias maritimus formosanus*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)與水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對雪霸國家公園武陵地區哺乳動物經營與管理，提出下列三點具體建議。

##### (一)立即可行的建議：設立哺乳類動物解說牌

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

本計畫在整個雪山地區的調查中，會將所觀察到哺乳類動物的痕跡(排遺、躺痕與食痕)，甚至於其叫聲與常出沒的地點用GPS記錄下來，此資料可供雪霸國家公園利用，在這些地點設置解說牌，讓民眾瞭解環境，更進一步達到保育的最終目的。

##### (二)中長期建議：雪山地區垃圾與廚餘處理及加強志工訓練

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

對於登山的加強宣導與教育，請志工上山回收垃圾，或是設計放置垃圾廚餘回收區，增設各式標語提醒離開山莊之登山遊客能隨手關門的習慣，避免空無一人的山莊遭到臺灣獼猴肆虐，加強推廣登山應具備的常識。另外建立志工評分機制，讓登山遊客可以對志工的服務進行評分，提供雪霸國家公園能瞭解志工表現，進而提高志工服務人群的美意。

##### (三)長期建議：雪山地區生物自動監測系統架設

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

選擇合適地點架設數位錄音系統定點收錄動物發出之聲音，測錄12小時以上，攜回後鑑定錄得聲音為何種動物，架設地點以GPS記錄衛星定位資訊。

## Abstract

【Keywords】 mammal, infrared automatic camera, altitude gradient

The objectives of this field study are investigated the mammalian fauna of Wulin area, Shei-Pa National Park. The results of this investigation will provide the valuable information for Park in ecosystem management, ecological education and eco-tourism in future. The study areas set eight plots and transect lines along the entrance of climbing mountain to the top of Mt. Sheisan, according to the different altitudes and vegetation covers. We used the living traps for trapping rodents, shrews and moles, Infrared auto-cameras for surveying large-middle size mammals, harp trap for trapping bats. The data analyses make a complete mammalian species list and also to show the mammal species richness in each sampling areas, vertical distribution pattern and relative abundance of each species. Finally we compare to the Kanos results done in 1940 for evaluation the climate and habitat changes.

So far, from March 2009 to November 2011, there were eight plots set along path of Mt. Sheisan. Sherman live trap, infrared automatic camera and Harp trap were used to investigate mammals in Mt. Sheisan. There were total 9 kinds of mammals captured. Total 428 individuals of *Apodemus semotus* were captured; 37 individuals of *Niviventer cultratus* were captured; 65 individuals of *Microtus kikuchii* were captured; 77 individuals of *Eothenomys melanogaster* were captured; 15 individuals of *Episoriculus fumidus* were captured; 4 individuals *Anourosorex aquamipes* were captured; 4 individuals of *Mustela sibirica taivana* were captured; 2 individuals of *Tamiops maritimus formosanus* was captured, and 2 individuals of *Mustela nivalis* was captured.

There were total 15 kinds of mammals camera-trapped, including *Apodemus semotus*, *Niviventer cultratus*, *Microtus kikuchii*, *Callosciurus erythraeus*, *Dremomys pernyi owstoni*, *Tamiops maritimus formosanus*, *Petaurista alborufus lena*, *Mustela sibirica taivana*, *Melogale moschata subaurantiaca*, *Paguma larvata taivana*, *Macaca cyclopis*, *Sus scrofa taivanus*, *Capricornis swinhoei*, *Muntiacus reevesi micrurus*, and *Cervus unicolor swinhoei*.



According to this research, in order to promote management of mammals, there are three suggestions:

- 1)Set exposition billboards for mammals;
- 2)Consideration of trash and kitchen waste, and enhance voluntary workers training;
- 3)Establish long-term monitoring of medium-to-large mammals and biodiversity.

## 一、前言

### (一)研究緣起與背景

哺乳類動物在研究與保育的角色常是顯著較為人所注意的生物類群，加上其在生態系角色亦多是食物鏈的高層者或為初級消費者，兩類位階最易受到環境變遷而造成生存的影響，最適作為生態指標物種。而且哺乳類動物亦是人類資源利用的主要對象，因此瞭解一地區的哺乳動物相與其生態分布之重要資訊，為保育策略擬定與生態系經營管理的重要參考。已知雪霸國家公園園區內可發現不少保育類哺乳動物物種。保育是國家公園設立的主要宗旨，因此如何在哺乳動物的保育發揮成效，威信是國家公園責無旁貸的責任，除了在取締盜獵、防止棲地破壞等外在干擾因子的管控外，亦應積極針對園區哺乳動物生態及生物多樣性的基礎資料更新與進行長期監測。

雪山山脈為橫跨臺灣北部之主要山脊，其中雪山(3886 m)為國內第二高峰，雪山山脈山勢環境多樣特殊，生物資源豐富。日據時代動物學者兼人類學家的鹿野忠雄(Tadao Kano)，其於1940年所出版的論文，即以雪山為研究地點，探討屬於動物地理學方面的問題。而過去雪霸國家公園之哺乳類生態調查計畫皆為分區且間隔數年，迄今於園區之觀霧地區與雪見地區的哺乳動物調查分別於2004年及2005、2007年進行，主要針對中大型哺乳動物進行物種普查。武陵地區歷年來多半以櫻花鉤吻鮭為主角進行相關的研究調查，然對於此地區哺乳動物相之資料仍以中大型哺乳動物為主(參考林曜松1989；李玲玲 1994)，相關資料距今已超過十五年之久，且過往研究皆缺乏於溪岸邊活動的水鮑及屬於翼手目的蝙蝠類動物調查。

近年雪霸國家公園武陵地區夜間山羌活動非常頻繁乃有耳聞；另雪山線上則有遊客目擊疑似黑熊之蹤跡，但相關的資訊皆欠缺專業學術調查研究上的確認。另一方面，登山遊憩人口逐年增加，其對哺乳動物生態的衝擊狀況之評估，需有所加以監測調查。事實上小型齧齒類動物常被做為環境品質的指標物種，因此針對本地區之小型齧齒類動物進行系統性的調查實為必要。

當今面臨氣候溫暖化，高山地區哺乳動物垂直分布界線的移動是否明顯，更為值得關切。以保育的長久觀點而言，為保存園區內動物族群的長久續存，避免地域性小族群(small local population)形成。雪霸國家公園所

處範圍涵蓋了雪山山脈，區內3000 m以上的高山林立，谿壑深谷密布，此等複雜的自然地理切割，塑造了島嶼化的棲地分布。已知當氣候變化或棲地干擾時，愈高海拔族群受到影響愈大，因此，沿著海拔不同梯度進行調查，將有助於瞭解哺乳動物的分布變化狀況，本年度計畫針對武陵地區雪山線進行海拔梯度變化哺乳動物相調查及名錄建置，除補充或更新物種名錄外，更有助檢討規劃園區內哺乳動物經營管理工作之維護，作為生態系經營管理、生態教育與生態旅遊之參考。

## 二、材料與方法

### (一)研究地點

本計畫以雪山東線為調查區域，計畫區域主要是自雪山登山口經七卡山莊、三六九山莊至雪山圈谷、翠池止，海拔1700至3886 m，全長約11公里，目前調查時間為2011年1月~5月，共5次。本實驗分成兩條路線為七卡山莊線及369山莊線，分別於隔月進行這兩條路線的調查，七卡山莊線樣區包含：登山口(海拔約2100 m)、七卡山莊(海拔約2400 m)及3.6K處(海拔約2700 m)，共3個樣區，369山莊線則包含：369山莊(海拔約3000 m)、黑森林(海拔約3300 m)、圈谷(海拔約3600 m)、雪山山頂(海拔約3886 m) 與翠池(海拔約3400m)，共五個樣區(圖10-1, a)，另外本年度在雪山東峰停機坪旁設立新的樣區(海拔約3160m)，屬於369山莊線。

登山口樣區在雪山登山步道上約0.1K~0.3K處，往兩旁的芒草草叢與針闊葉混合林中放置陷阱；七卡山莊樣區則是在七卡山莊前方的針闊葉混合林；3.6K樣區位於雪山登山步道上約3.3K~3.6K處，主要的樣區環境以芒草與針闊葉混合林為主；369山莊樣區則主要設置在雪山登山步道上約6.8K處，上方及下方草坡、雪山登山步道上過369山莊約7.2K處兩旁火燒地，與369山莊四周，主要的樣區環境為玉山箭竹草叢，與火災過後的裸地；黑森林樣區設置於雪山登山步道上8.4K、8.9K處，主要的環境為針葉林與玉山箭竹草叢，圈谷樣區則設置在雪山登山步道9.8K處石頭椅右手邊上下方玉山杜鵑叢裡，主要的環境為玉山杜鵑與玉山圓柏，雪山山頂樣區設於雪山山頂10.9K處四周，棲地主要以玉山杜鵑為主，翠池樣區設於翠池山屋四周、翠池四周與下翠池，棲地類型為圓柏林。而本年度新設立的東峰樣區主要於停機坪週邊，棲地類型以玉山箭竹草叢為主。

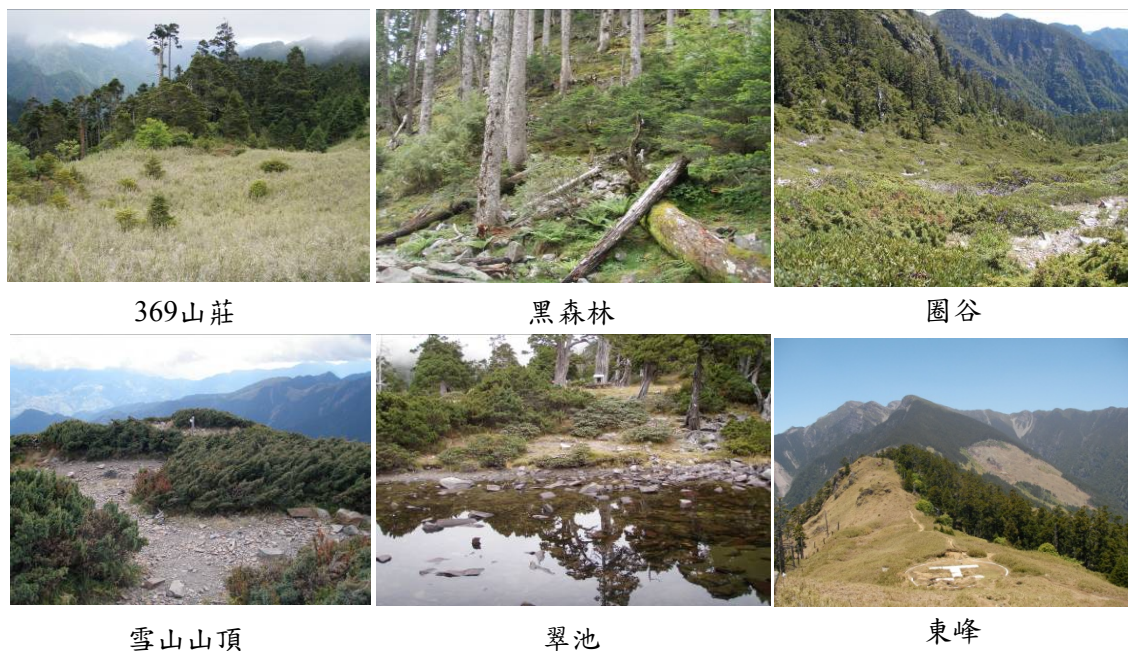


登山口

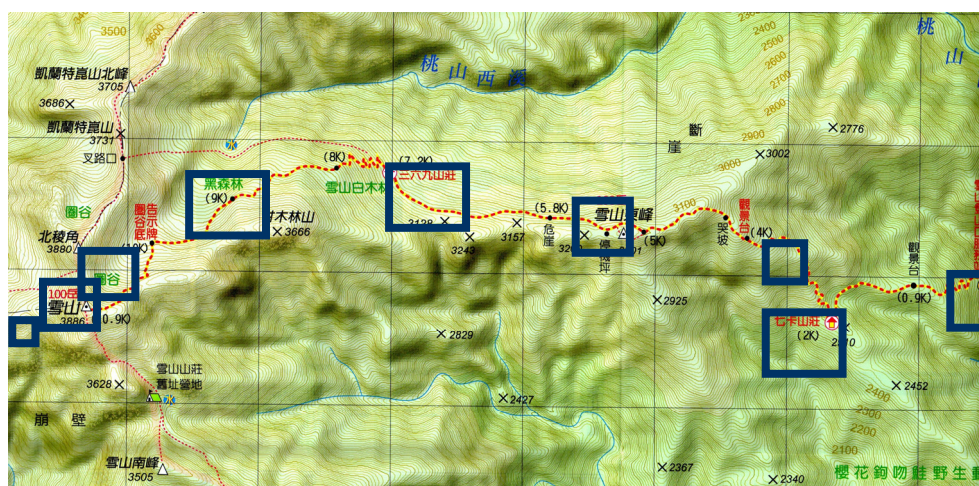
七卡山莊

3.6 km





(a)



(b)

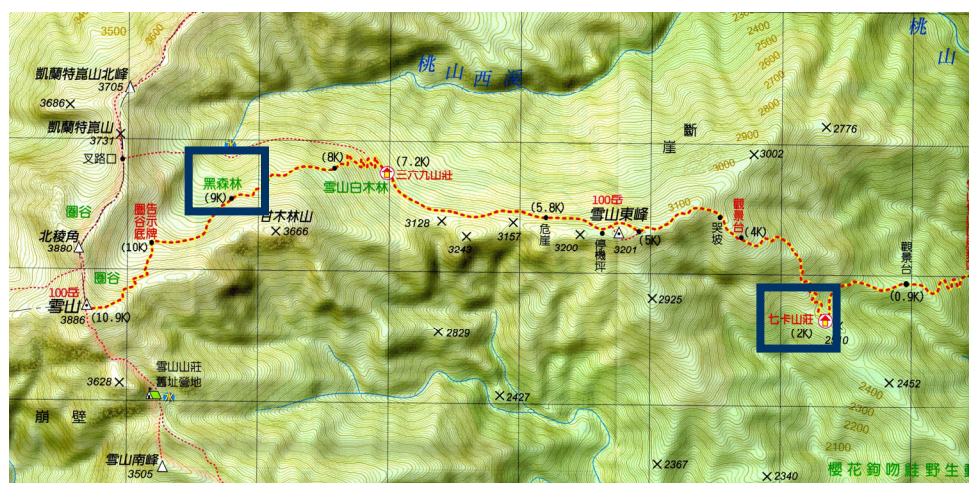


圖 10-1. (a)小型哺乳類調查樣區與紅外線自動相機樣區(b)夜間調查樣區。  
(資料來源：雪霸國家公園提供及本研究資料)



## (二)研究方法

各區域均使用下列方法，即依海拔、方位與林相，設置調查樣區進行小型哺乳動物、中大型哺乳動物及蝙蝠類調查。

(1)小型哺乳類：每路線每兩個月進行1次2~4個連續捕捉夜(trap-nights)，每樣區進行2~3條貫穿整樣區之固定10 m間隔樣點總長100 m的穿越線調查。每條樣線主要各設置2種不同薛爾曼式捕捉器為中(3 x 3.5 x 9")及小型(2 x 2.5 x 6.5")薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)，在樣線中彼此穿插。



於次日早晨7:00-12:00檢查，新捕獲動物以剪趾法(附錄10-1)標記號碼，除記錄物種種別、性別、生殖狀況、GPS定位點、編號和體重之外，並取少量體表組織(耳及腳趾)以供日後遺傳結構相關分析之用，且於原捕捉採樣點釋放動物。



各物種相對數量以每100捕捉夜(trap-night)共捕獲多少隻個體數為準計算之。

(2)中大型哺乳動物：利用紅外線自動照相機記錄動物出現。紅外線自動相機採用RECONYX的紅外線數位自動相機(黑森林、圈谷與翠池)及上美

照相器材行製的”SM-04”型，相機採用Olympus  $\mu$ -II(登山口、七卡山莊、3.6K處、369山莊)(圖10-1，a)，本年度四月份之後已將底片型紅外線自動照相機皆更換為RECONYX紅外線數位自動相機。



各樣區設置固定樣點(plot)放置2台自動相機(#1 & #2，相機各GPS定位點請見附錄二)，每路線底片與記憶卡回收沖洗以2個月為基準，並同時更換電池及底片，照片沖洗後進行物種辨識。



另外，於樣區內以穿越線進行中大型哺乳動物之痕跡(排遺、足跡、磨角痕跡與食痕等)，每路線每兩個月進行調查時，亦記錄樣區與樣區間調查人員移動行進時所發現的任何跡象。各相機出現物種有效照片，以出沒指數(Occurrence Index, OI)代表族群相對豐富度，指數計算公式為  $OI = (\text{半小時內有效照片數} / \text{相機有效工作時數}) \times 1000$ 。

(3)夜間調查：夜間調查除了於宿營地利用蝙蝠偵測器，測定並記錄個體回聲定位發出之超音波頻率外，每次調查於樣區周遭選擇適合地點，架一具豎琴網(Harp trap)進行調查，次日早晨檢視有無蝙蝠，辨識物種後，記錄種類、性別、數量及各項測量形質，再以標示號碼之塑膠翼環編號後原地釋回，此外也記錄各種動物叫聲。此實驗選定2個樣區，分別是



七卡山莊(海拔 2400 m) 與黑森林(海拔 3300 m)(圖 10-1, b)。





### 三、結果與討論

#### (一) 小型哺乳類採集結果

2009年3月至2011年11月以來，一共捕獲9種的哺乳動物；5種嚙齒目，分別為森鼠(*Apodmus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)與條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)；2種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)；2種食肉目，分別是黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與小黃鼠狼(*Mustela nivalis*)(表10-1)，然今年度並無捕獲新紀錄的物種。其詳細捕捉資料請見附錄三。

將捕捉資料依各海拔樣區作為區分，森鼠於各海拔樣區皆有被捕捉到的紀錄，分別在登山口捕捉到55隻個體，七卡山莊捕捉到108隻個體，3.6K捕捉到57隻個體，東峰5.2K捕捉到4隻個體，369山莊捕捉到83隻個體，黑森林捕捉到42隻個體，圈谷捕捉到27隻個體，雪山主峰捕捉到9隻個體，翠池捕捉到43隻個體；高山田鼠僅於雪山東峰海拔以上的樣區才有所捕獲，分別於東峰5.2K捕捉到9隻個體，369山莊捕捉到9隻個體，黑森林捕捉到20隻個體，圈谷捕捉到20隻個體，雪山主峰捕捉到6隻個體，翠池捕捉到1隻個體；黑腹絨鼠則與高山田鼠相反，僅在海拔較低的樣區捕獲，其分別在登山口捕捉到58隻個體，七卡山莊捕捉到6隻個體，3.6K捕捉到13隻個體；高山白腹鼠亦僅於較低海拔的樣區捕獲，分別在登山口捕捉到2隻個體，七卡山莊捕捉到34隻個體，3.6K捕捉到1隻個體；條紋松鼠則只於七卡山莊捕獲2隻；長尾鼯於登山口、七卡、3.6K、東峰5.2k、黑森林、圈谷與翠池都有捕捉紀錄，為2、1、3、4、1、2和2隻；短尾鼯於登山口和3.6K各捕獲3隻與1隻；3.6K、369山莊與圈谷都有捕獲黃鼠狼的紀錄，分別為1隻、1隻和2隻；小黃鼠狼則於黑森林及翠池各捕獲1隻個體(表10-1)。將捕捉到的小型哺乳類隻數計算Shannon's diversity index和Simpson's diversity index，不論是Shannon's diversity index和Simpson's diversity index，數據較高值出現在登山口、七卡山莊、3.6K、東峰5.2K及圈谷樣區，Shannon's diversity index和Simpson's diversity index的最低值出現在翠池樣區(表10-2)。

表 10-1. 2011 年各月份齧齒目、鼬型目與食肉目捕捉資料(隻次)

	齧齒目					鼬型目		食肉目	
	森鼠 ( <i>Apodmus semotus</i> )	黑腹絨鼠 ( <i>Eothenomys melanogaster</i> )	高山白腹鼠 ( <i>Niviventer culturatus</i> )	高山田鼠 ( <i>Microtus kikuchii</i> )	條紋松鼠 ( <i>Tamiops maritimus</i> )	長尾鼬 ( <i>Episoriculus fumidus</i> )	短尾鼬 ( <i>Anourosorex aquamipes</i> )	黃鼠狼 ( <i>Mustela sibirica</i> )	小黃鼠狼 ( <i>Mustela nivalis</i> )
1 月份	13	5	1	0	0	0	0	0	0
3 月份	10	8	1	0	0	0	0	0	0
5 月份	9	2	4	0	0	0	0	0	0
7 月份	11	4	3	0	0	2	0	0	0
9 月份	11	4	0	0	0	0	0	0	0
11 月份	8	8	5	0	1	0	2	0	0
2 月份	5	0	0	1	0	0	0	0	0
4 月份	11	0	0	4	0	2	0	0	1
6 月份	21	0	0	3	0	3	0	1	0
8 月份	11	0	0	9	0	0	0	0	0
10 月份	16	0	0	3	0	2	0	0	0
本年總計	126	31	14	20	1	9	2	1	1
2009 年	110	33	15	15	1	3	0	2	0
2010 年	192	13	8	30	0	3	2	1	1

(資料來源：本研究資料)

表 10-2. 小型哺乳動物各樣區捕捉資料(隻次)

	登山口	七卡山莊	3.6K	東峰5.2K	369山莊	黑森林	圈谷	雪山主峰	翠池	總計
森鼠	55	108	57	4	83	42	27	9	43	428
高山白腹鼠	2	34	1	0	0	0	0	0	0	37
黑腹絨鼠	58	6	13	0	0	0	0	0	0	77
高山田鼠	0	0	0	9	9	20	20	6	1	65
條紋松鼠	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
長尾鼯	2	1	3	4	0	1	2	0	2	15
短尾鼯	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4
黃鼠狼	0	0	1	0	1	0	2	0	0	4
小黃鼠狼	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
總計	120	151	76	17	93	64	51	15	47	634
Shannon's index	0.94	0.79	0.82	1.02	0.38	0.77	0.96	0.67	0.38	
Simpson's index	0.56	0.44	0.41	0.65	0.20	0.48	0.57	0.51	0.16	

(資料來源：本研究資料)

因為每個樣區的捕捉天數與設老鼠籠數量不盡相同，所以我們將資料轉換成每100 Trap Night (100TN)：

$$100 \text{ Trap Night} = \left( \frac{\text{每月每物種捕捉個體數}}{\text{每月總共設置老鼠籠數}} \right) \times 100$$

將資料標準化來看各樣區物種的豐富程度。森鼠在七卡山莊的數量最高，100TN值為55.27，其次為369山莊，為42.34，數量較低的樣區為東峰5.2K與雪山主峰，100TN值只有2.18與4.87；高山田鼠與黑腹絨鼠則以圈谷與登山口數量最多，100TN值分別為10.44與32.11；高山白腹鼠在七卡山莊的100TN值為17.55最高。以各樣區來說，3.6K所捕捉到的物種數量最多，為6種，雪山主峰最少，為2種(表10-3)。一樣利用100TN的值來計算Shannon's diversity index和Simpson's diversity index，其較高值依然出現在東峰5.2K樣區，較低點則出現在369山莊與翠池(表10-3)。從上述多樣性指數來看，369山莊及翠池樣區之指數較低，此結果推測人為活動頻度較高的地區可能造成動物物種減少。

表 10-3. 小型哺乳動物各樣區捕捉資料(100 Trap Night)

	登山口	七卡山莊	3.6K	東峰5.2K	369山莊	黑森林	圈谷	雪山主峰	翠池
森鼠	32.36	55.27	32.73	2.18	42.34	21.40	13.68	4.87	21.03
高山白腹鼠	1.54	17.55	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑腹絨鼠	32.11	3.38	6.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	4.81	4.17	9.80	10.44	2.78	0.51
條紋松鼠	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
長尾鼯	0.56	0.28	2.10	1.98	0.00	0.50	0.98	0.00	0.91
短尾鼯	2.21	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黃鼠狼	0.00	0.00	0.37	0.00	0.50	0.00	0.89	0.00	0.00
小黃鼠狼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.51
Shannon's index	0.94	0.80	0.81	1.01	0.36	0.76	0.94	0.66	0.38
Simpson's index	0.57	0.45	0.40	0.68	0.18	0.48	0.58	0.53	0.17

(資料來源：本研究資料)

將捕捉資料以每2個月作為區分，以瞭解季節變動。每2個月為一完整登山口至翠池的全段資料，並且以100TN將資料標準化，但因莫拉克颱風，故2009年8月份無捕捉資料，僅以7月份資料為計，2009年12月也無捕捉資料，以11月份資料為計，2011年12月並無進行捕捉調查，僅以11月份資料為計。將主要捕捉到的優勢物種：森鼠、黑腹絨鼠、高山白腹鼠與高山田鼠，結合前兩年度(2009及2010年度)的捕捉資料，進行其族群變動情形的分析。森鼠於各月份都有捕獲紀錄，其中數量最高的月份為2010年5-6月，最低為2009年7月份；高山田鼠除了2010年1-2月份無捕獲紀錄外，其餘月份都有捕捉到個體(2009年7、11月進行七卡山莊路線調查，海拔較低，本無高山田鼠分佈)，數值較高峰出現在2010年5-6月份及2011年7-8月份；黑腹絨鼠亦是每次皆有捕捉到個體，數量高峰出現在2011年3-4月份及11月份，最低則為2010年3-4月份；高山白腹鼠除了2009年11月份、2010年11-12及1-2月份與2011年9-10月份外，其他月份都有捕獲，其數量高點出現在2011年11月份(圖10-2)。森鼠與高山田鼠於2009年間與2010年間的數量高峰期皆為5-6月份，森鼠與高山田鼠似乎有固定族群消長的模式，其模式需要持續的監測與調查。在捕捉調查上，2010年捕獲的狀況比2009年好，而本年度的捕獲狀況則是較為穩定(圖10-3、10-4、10-5及10-6)。

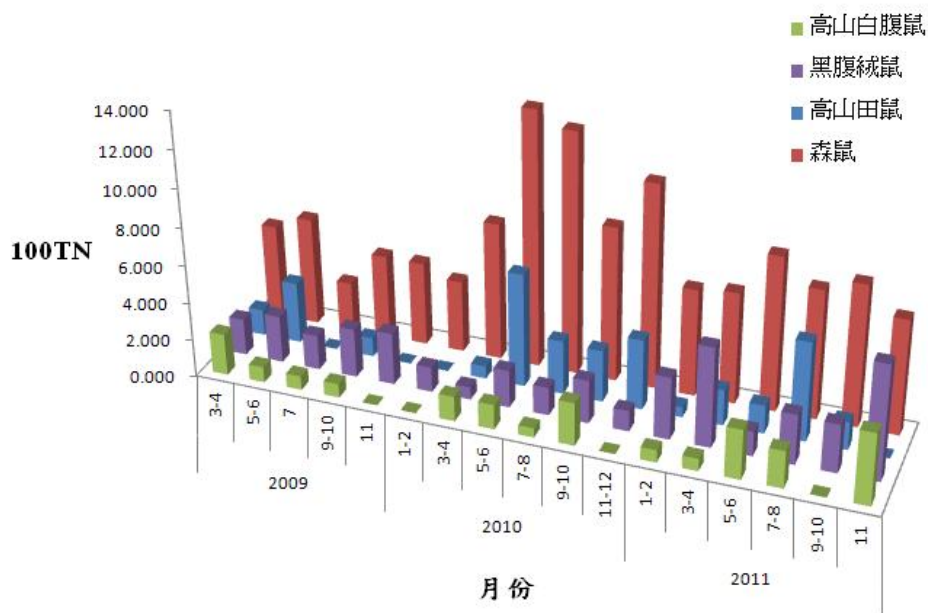


圖 10-2. 小型哺乳動物各月份捕捉資料(100 Trap Night)。  
(資料來源：本研究資料)

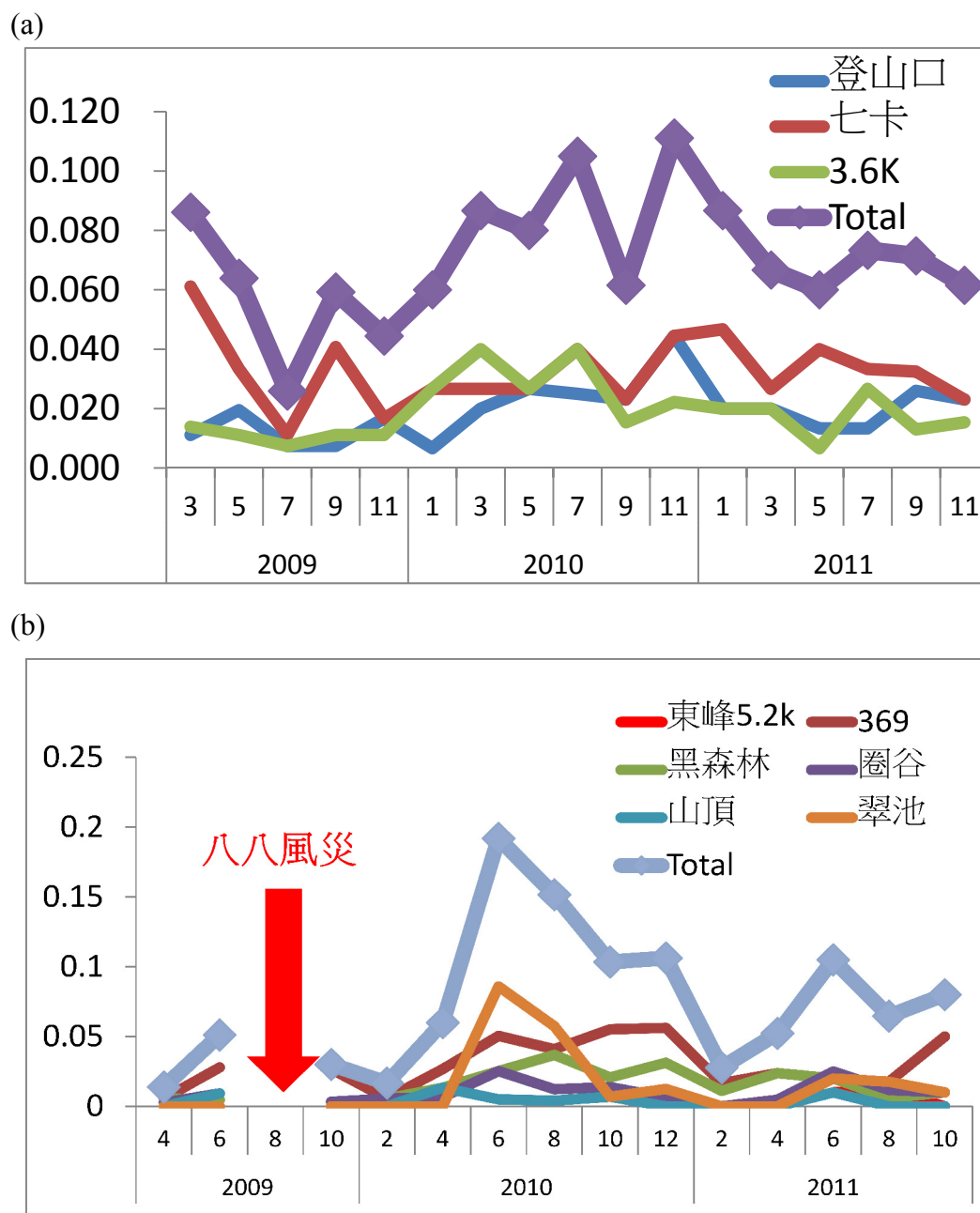


圖 10-3. 2009-2011 年森鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。

(a)七卡山莊路線(b)369 山莊路線

(資料來源：本研究資料)

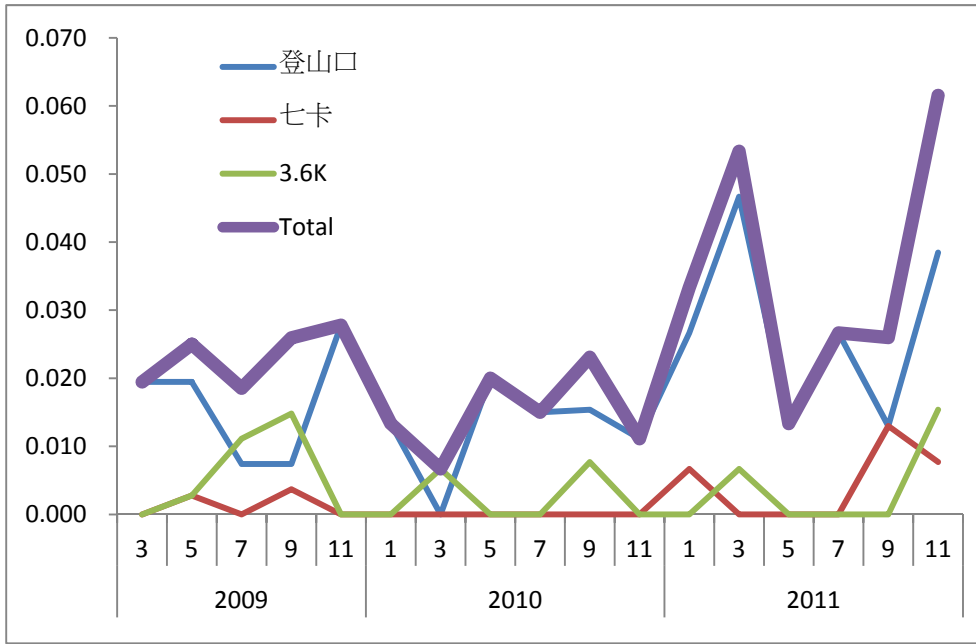


圖10-4. 2009-2011年黑腹絨鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料。  
(資料來源：本研究資料)

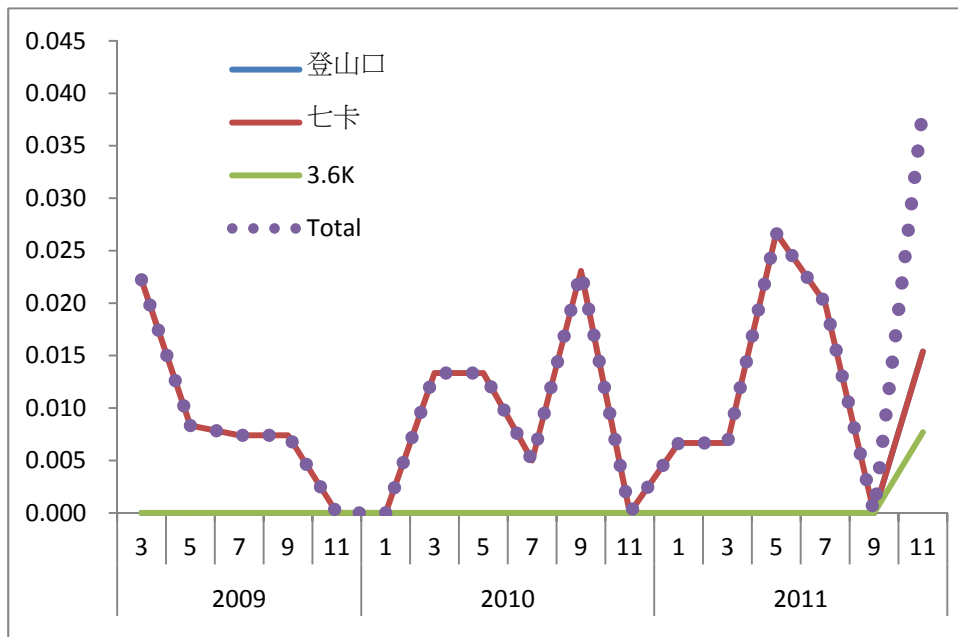


圖10-5. 2009-2011年高山白腹鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料。  
(資料來源：本研究資料)

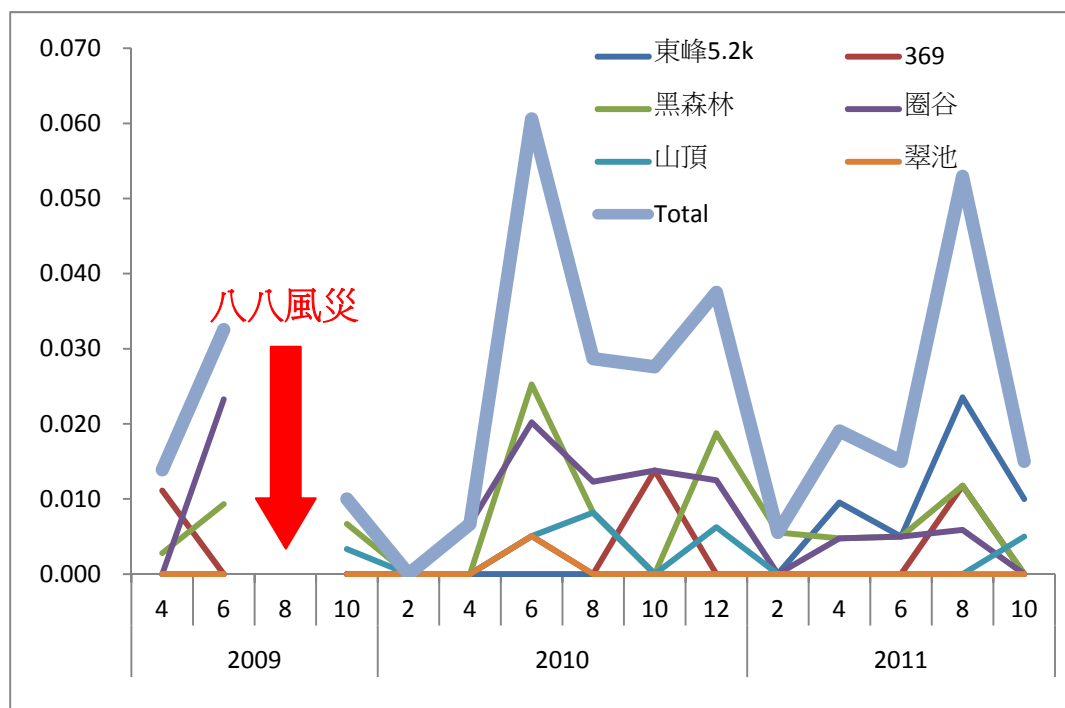


圖10-6. 2009-2011年高山田鼠每100捕捉夜(100 Trap Night)資料。  
(資料來源：本研究資料)

## (二)中大型哺乳類自動相機結果

2009年的調查中，紅外線自動相機的有效照片結果中，拍到9種哺乳類動物，分別是山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)；2010年度的相機資料中，調查到12種哺乳動物，其中有3種是新紀錄的哺乳動物，分別為水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)與臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)，本年度相機資料中，紀錄到14種哺乳動物，有3種是新紀錄的哺乳動物，分別是條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、森鼠(*Apodemus semotus*)，其中白鼻心在今年度並沒有紀錄到。總和三年來的資料，一共紀錄到15種哺乳動物。詳細紀錄之物種及有效照片張數請見表10-4。各樣區紅外線自動照相機工作時數請見表10-5。

表 10-4. 各年度紅外線自動相機拍攝之有效照片(張數)

物種名稱	2009 年	2010 年	2011 年	總計
森鼠	-	-	37	37
高山田鼠	-	-	2	2
高山白腹鼠	2	7	17	26
赤腹松鼠	4	29	9	42
長吻松鼠	2	8	43	53
條紋松鼠	-	-	1	1
白面鼯鼠	2	14	24	40
黃鼠狼	16	20	26	62
鼬獾	11	7	13	31
白鼻心	-	1	-	1
臺灣獼猴	144	148	161	453
臺灣野豬	-	2	9	11
長鬃山羊	130	368	590	1088
山羌	763	657	2332	3752
水鹿	-	9	20	29
總計 15 種	1074	1270	3284	5628

(資料來源：本研究資料)

表 10-5. 各樣區紅外線自動相機工作時數(hr)

	2009 年	2010 年	2011 年	總計
登山口 #1	4190.17	3253.98	7674.80	15118.95
登山口 #2	3560.03	3105.15	7448.92	14114.10
七卡 #1	1921.98	3021.97	6914.45	11858.40
七卡 #2	2277.17	1202.28	7090.72	10570.17
3.6K #1	1618.60	2987.63	7225.87	11832.10
3.6K #2	902.18	2689.45	6279.95	9871.58
369 #1	433.18	4255.92	7045.03	11734.13
369 #2	1369.12	799.42	7609.48	9778.02
黑森林 #1	4987.58	8705.90	7656.74	21350.22
黑森林 #2	4527.63	7079.93	7679.12	19286.68
圈谷 #1	3840.10	5373.37	5497.01*	14710.48
圈谷 #2	4101.62	5709.68	5497.10*	15308.40
翠池 #1	954.30	5077.05	7654.83	13686.18
翠池 #2	952.70	8652.10	7654.55	17259.35
總計	35636.36	61913.83	98928.58	196478.77

\*：調查過程中遇相機或記憶卡失竊導致資料缺損

(資料來源：本研究資料)



數位式紅外線自動相機(黑森林、圈谷與翠池)的工作時數與傳統式紅外線自動相機(登山口、七卡山莊、3.6K、369山莊)相比，明顯高出許多(表10-5)，在本年度3月份調查時已將傳統式紅外線自動相機全數置換成Reconyx PC800型數位式紅外線自動相機，目的是為了增加工作效率及資料完整度，更可減少調查人員造成的人為干擾，新架設之相機目前測試結果顯示其效能與傳統式相機相比較，確實有較高的工作效率。

在各物種之中，以山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴數量最多(表10-6及10-7)，其中山羌最為優勢(有效照片數量較多，OI值較高)，除了翠池與圈谷的OI值低於長鬃山羊之外，山羌OI值在各樣區皆為最高，各樣區皆有山羌拍攝紀錄，但其分佈還是以黑森林以下的海拔高度為主，山羌OI值最低為圈谷樣區(OI=2.308)，最高為七卡樣區(OI=58.990)，另外登山口與369山莊的OI值亦不高，推測登山口和369山莊因人為干擾較大，所以對山羌的出沒頻度影響也較大，而圈谷最低可能是因為山羌主要分佈以較中海拔環境為主(圖10-7)。除了登山口未拍到長鬃山羊之外，由七卡山莊至翠池都有拍攝紀錄，長鬃山羊OI值最低為七卡山莊樣區(OI=0.674)，最高為翠池樣區(OI=15.808)，推測可能因素為長鬃山羊多分佈於較高海拔的環境(圖10-7)，且黑森林與翠池樣區屬於較為連續性的森林環境，可提供較好的棲息地。臺灣獼猴與山羌相同，從登山口至翠池都有拍攝紀錄，臺灣獼猴OI值最低的在3.6K樣區(OI=0.135)，最高為黑森林樣區(OI=5.778)，黑森林為一連續的森林樣區，可以提供臺灣獼猴較好的棲息環境與較多的食物來源，因此黑森林的臺灣獼猴族群密度明顯較高，但是獼猴並沒有特別偏好分佈於何種海拔環境，從登山口至翠池樣區皆穩定分佈(圖10-8)。在各樣區中，以3.6K樣區及黑森林樣區所拍攝到的物種數為最多，共11種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴、白面鼯鼠、赤腹松鼠、長吻松鼠、高山白腹鼠、黃鼠狼與鼬獾和臺灣野豬或白鼻心和高山田鼠)，而拍攝物種數最少的樣區為圈谷，僅只4種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴與白面鼯鼠)。

表 10-6. 各樣區紅外線自動相機照片資料(OI 值)

	登山口	七卡	3.6K	369	黑森林	圈谷	翠池	總計
山羌	22.549	58.990	52.301	3.988	10.233	2.308	2.640	153.011
水鹿	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.954	0.954
長鬃山羊	0.000	0.674	1.073	3.801	6.733	7.574	15.808	35.662
臺灣野豬	0.000	0.258	0.177	0.000	0.000	0.000	0.073	0.509
臺灣獼猴	0.472	1.861	0.135	2.182	5.778	1.235	2.313	13.977
白面鼯鼠	0.132	0.179	0.836	0.000	0.286	0.196	0.066	1.695
赤腹松鼠	0.985	0.000	0.228	0.315	0.094	0.000	0.000	1.622
長吻松鼠	0.307	0.422	1.470	0.000	0.127	0.000	0.000	2.326
條紋松鼠	0.000	0.000	0.000	0.085	0.000	0.000	0.000	0.085
森鼠	0.331	0.000	1.437	0.614	0.052	0.000	0.000	2.433
高山白腹鼠	0.071	0.000	0.930	0.511	0.205	0.000	0.000	1.717
高山田鼠	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104	0.000	0.000	0.104
黃鼠狼	0.307	0.662	0.938	0.903	0.073	0.000	0.073	2.956
鼬獾	0.402	1.230	0.507	0.000	0.000	0.000	0.000	2.139
白鼻心	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.047
物種數	9	8	11	8	11	4	7	15

(資料來源：本研究資料)

表 10-7. 各月份紅外線自動相機照片資料(OI 值)

年份	月份	臺灣獼猴	山羌	水鹿	長鬃山羊	臺灣野豬	白面鼯鼠	赤腹松鼠	長吻松鼠	條紋松鼠	森鼠	高山白腹鼠	高山田鼠	黃鼠狼	鼬獾	白鼻心	
2009	3-4	2.20	4.79													9.06	
	4-5	1.93	127.65		14.52												
	5-6	24.58	270.65		16.97												
	6-7	22.91	245.89		18.84			1.87	1.87					1.87			
	7-8	24.21	506.00		18.60				3.64								
	8-9	39.06	181.01		13.79			1.43									
	9-10	62.88	370.08		31.49		1.91					2.31		17.04	1.12		
	10-11	25.17	219.34		57.00			4.32				1.16		20.88	0.99		
	2010	12-1	7.93	370.56		28.95			0.85	12.57					13.96		
		2-3	3.77	90.04		39.82											
3-4		2.07	153.18		43.44		6.69	0.95	1.38					9.07	4.38		
4-5		8.16	227.67	1.30	32.79		7.01	3.09	2.33					1.44	3.47		
5-6		13.87	402.70		24.42			3.85	3.86			3.86		6.55		0.83	
6-7		40.71	600.33	1.40	107.60	1.21	6.41	16.01	3.08					14.66			
7-8		56.96	11.61	2.06	50.97												
8-9		42.41	411.73	5.69	21.38	12.39		30.18				3.02		1.55	3.13		
9-10		34.21	222.50	2.10	41.52		0.99	12.35				9.11					
10-11		7.20	200.90		69.73		3.34	10.69	8.51			5.53					
2011		12-1	16.25	298.54		91.40		20.45	1.43	17.80		29.10	7.12		5.16		
	1-2		175.19		25.58		2.43	2.46			2.46						
	2-3	7.72	43.21		43.24					2.04	1.93			13.62			
	3-4	1.04	179.25	4.96	47.31		1.05	1.95	8.97		1.00	1.00		1.00			
	4-5	1.19	207.61		3.71	1.19	1.26	3.79	7.54		1.26			1.26			
	5-6	21.47	460.22		99.25		4.59		3.82		5.27	5.27		5.30	1.34		
	6-7	50.16	581.01		69.34	1.49	2.19	1.47	11.45		1.42			1.42	7.36		
	7-8	44.52	581.72	2.90	80.02	3.04	1.44		5.79		2.89	1.45		7.28	4.36		
	8-9	66.22	463.71		122.33	3.32	1.70		5.62		6.88	7.50		1.87	6.57		
	9-10	33.75	329.90	20.39	93.58	3.29	6.55		4.29		1.40	5.74	2.80				
	10-11	5.11	267.90		1.22	1.30	2.24		2.59		1.30	1.30					

(資料來源：本研究資料)

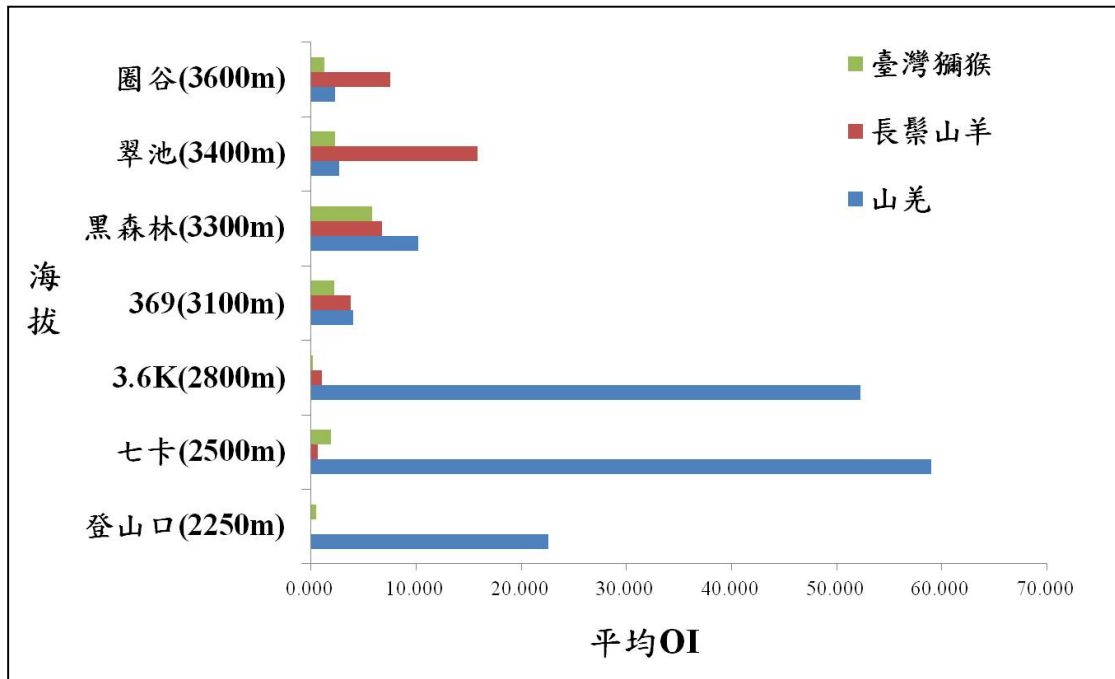


圖10-7. 山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴在各海拔樣區分佈的OI值。  
(資料來源：本研究資料)

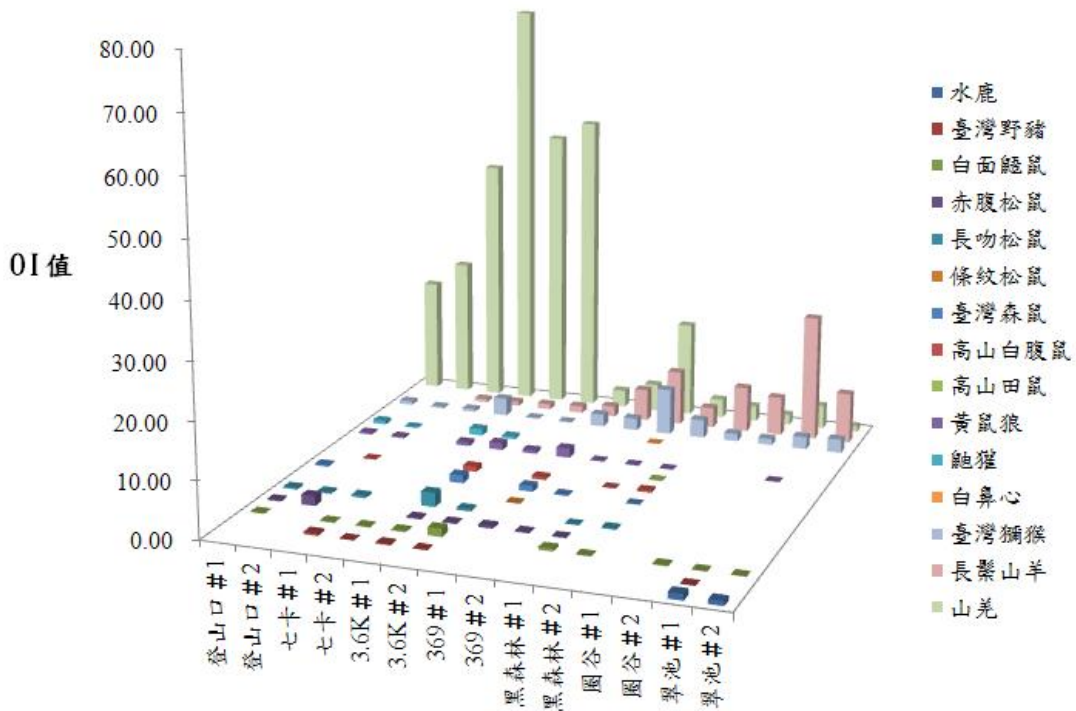


圖10-8、2009-2011年各樣區自動相機資料(OI值)。  
(資料來源：本研究資料)

將2009~2011年的資料整合，並分成四個季節(12-2、3-5、6-8與9-11月份)來分析，山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴全年都有相片紀錄，且山羌與臺灣獼猴於2009、2010、2011年的最高OI值都出現在6-8月份，以季節來看，拍到物種數最豐富的為2011年的3-5月份與6-8月份(圖10-9)。

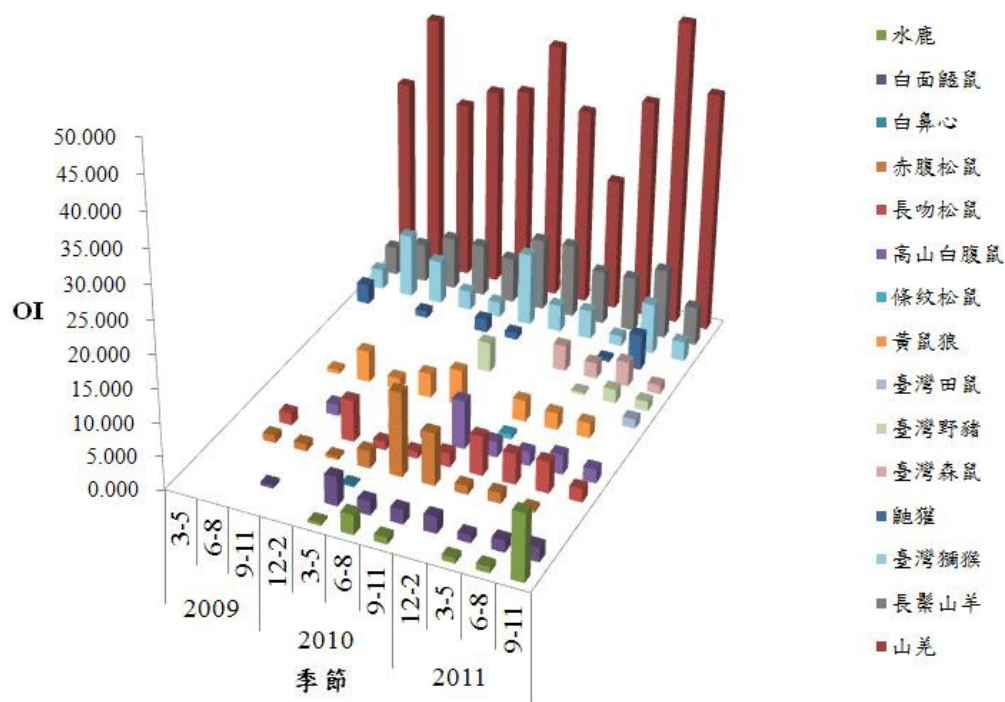
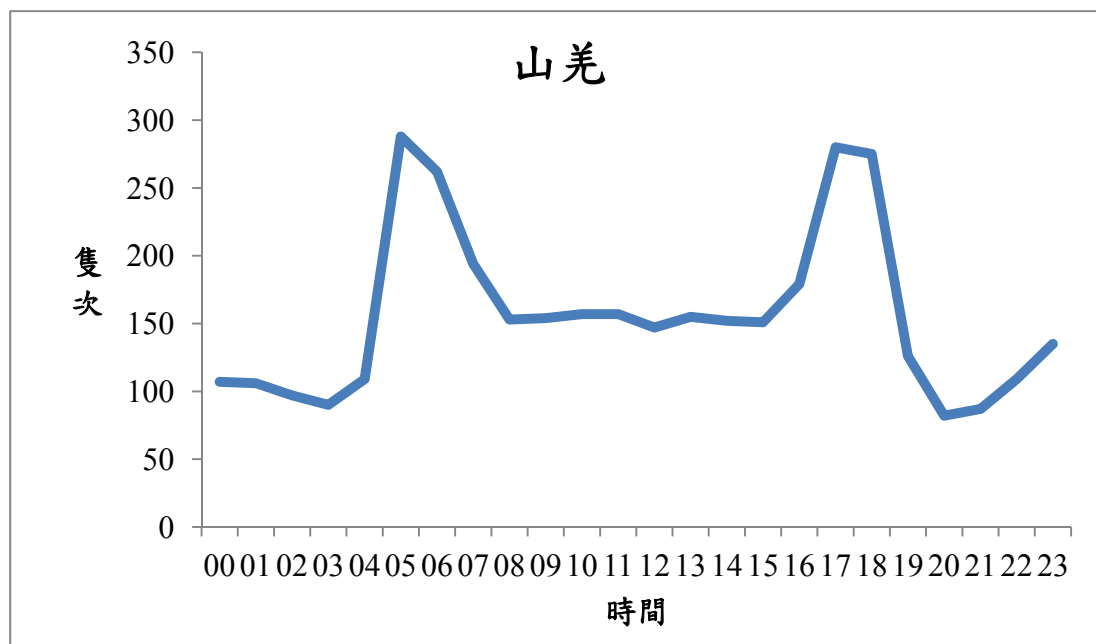


圖10-9. 各季節紅外線自動相機資料(OI值)。  
(資料來源：本研究資料)

將較優勢的物種，山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴的有效照片，依出沒時間不同作為區別，分析其1日間活動模式的不同。山羌的活動模式為整天都有活動，但有2個主要的活動高峰期，分別為04:00至08:00與16:00至18:00(圖10-10a)；而長鬃山羊也是整天都有活動，活動高峰期較長為16:00至隔天的03:00(圖10-11a)；臺灣獼猴在晚上則不活動，其活動主要是從05:00-18:00，而活動高峰期為06:00-16:00(圖10-12a)。再將其資料以天數分成假日與非假日，以假日與非假日的總有效照片數量去計算各時間的百分比，將資料標準化，探討物種在假日與非假日的活動模式是否有所差異：在山羌的部分，活動模式大致相同，皆為整日活動，具有2個活動高峰期(圖10-10b)；長鬃山羊在假日與非假日期活動模式也大致相同，主要還是在黃昏至隔天清晨活動(圖10-11b)；臺灣獼猴的活動模式在假日與非假日間也無太大不同，都在早上活動，但假日較晚些才開始活動(圖10-12b)。以目前的假日與分假日活動模式的資料來說，雪霸國家公園在雪山東峰、主峰這條登山步道經營管理上很成功，動物的行為模式並沒有因為人類活動而受到明顯衝擊，其活動模式在假日與非假日上大致相同，顯示這條登山路線的登山客數量沒有達到影響動物行為的程度。

(a)



(b)

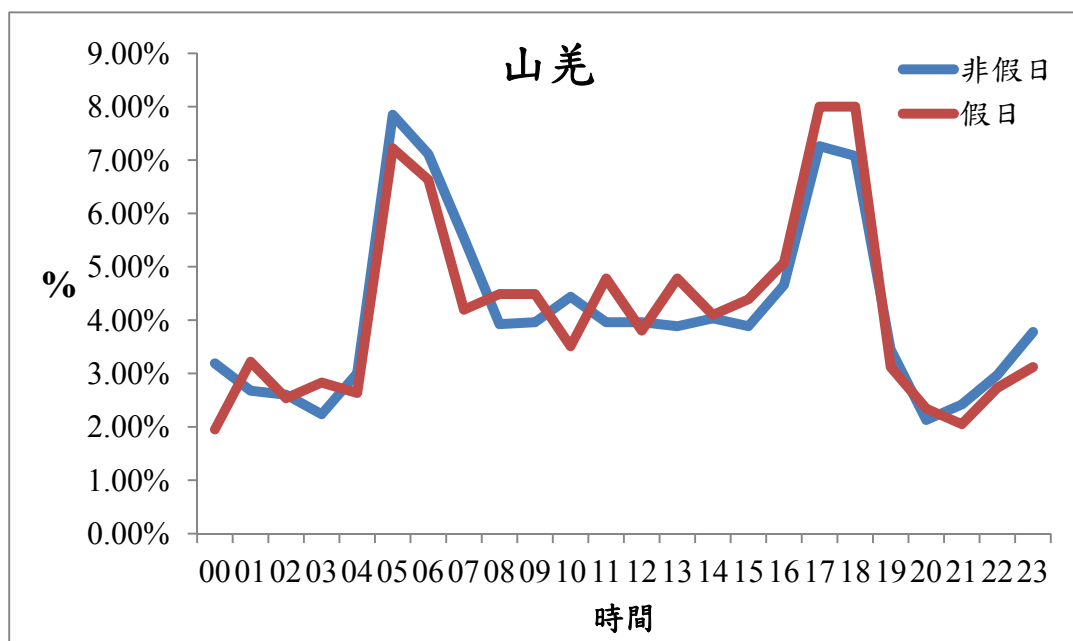
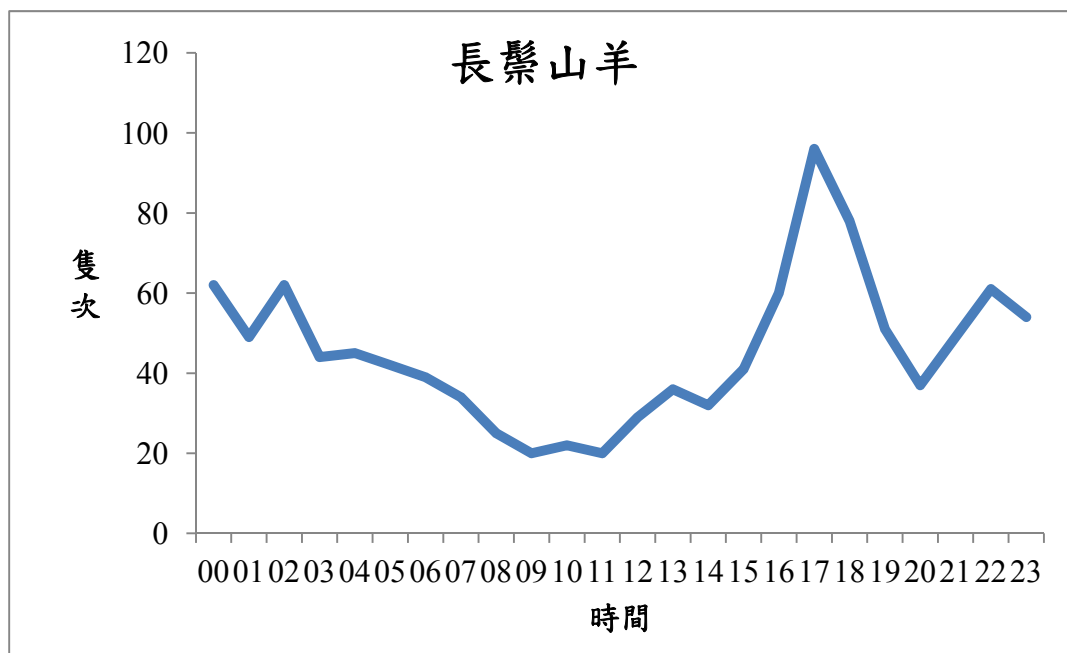


圖10-10. (a)山羌1日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。  
(資料來源：本研究資料)

(a)



(b)

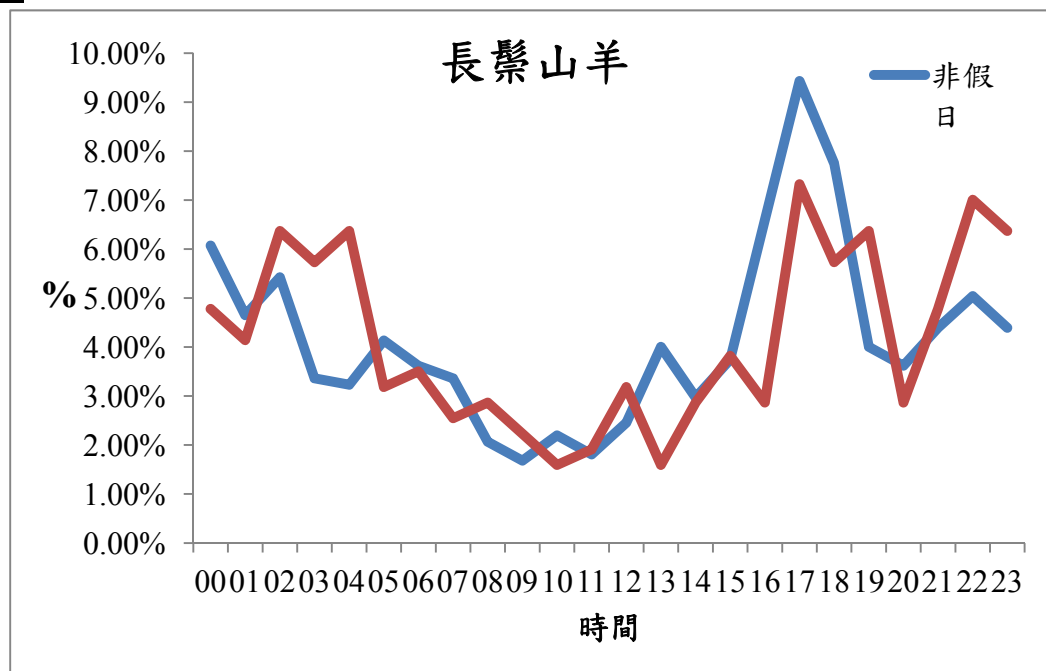
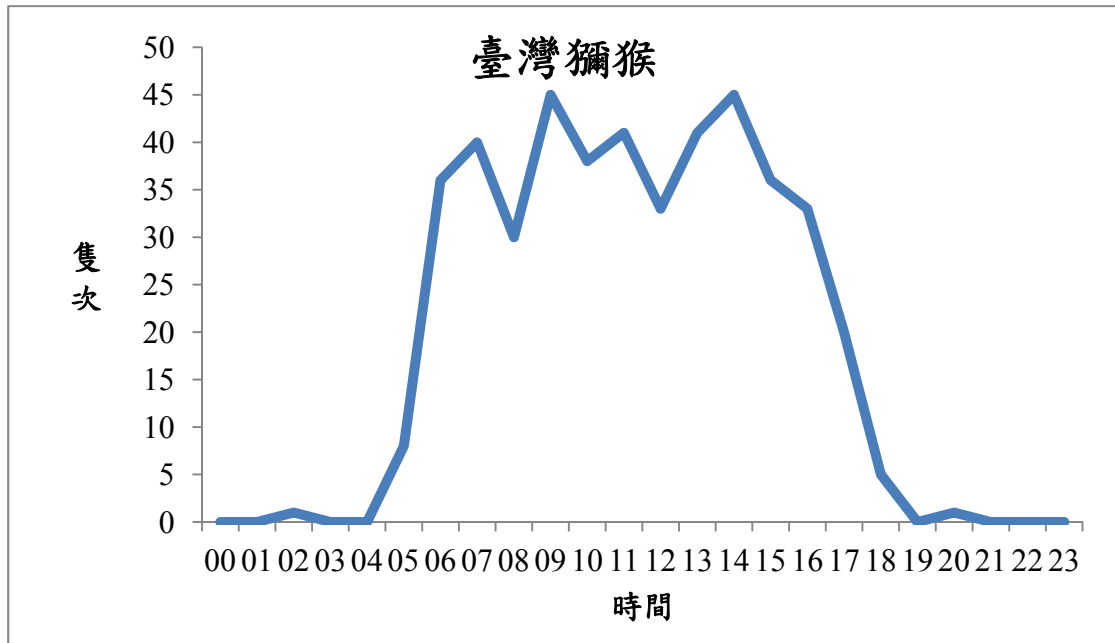


圖10-11. (a)長鬃山羊1日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。  
(資料來源：本研究資料)



(a)



(b)

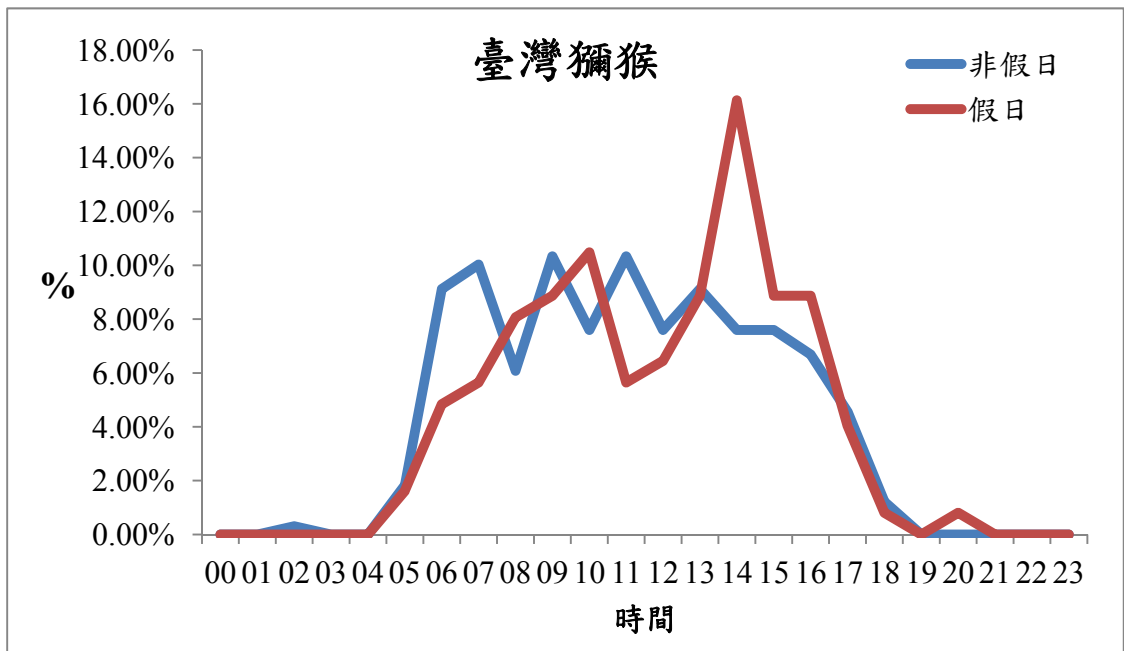


圖10-12. (a)臺灣獼猴1日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。  
(資料來源：本研究資料)

為清楚瞭解登山遊客的數量是否對動物出沒有所影響，利用從雪霸國家公園管理處取得的人數資料與物種OI值進行分析，將入園人數與登山口樣區比較，七卡山莊及七卡營地住宿人數與七卡樣區比較，三六九山莊住宿人數與369樣區比較，翠池山屋和翠池營地住宿人數與翠池樣區進行比較，另外將住宿人數與動物被拍攝的有效照片張數以星期一至星期日彙整進行分析，結果顯示僅有三六九山莊的住宿人數與369樣區的山羌OI值有顯著負相關(Pearson  $r=-.860$ ,  $p=.013$ )(圖10-15)但是在登山口、七卡山莊和翠池等地的登山遊客人數與動物出沒並沒有顯著相關性(圖10-13、10-14及10-16)。

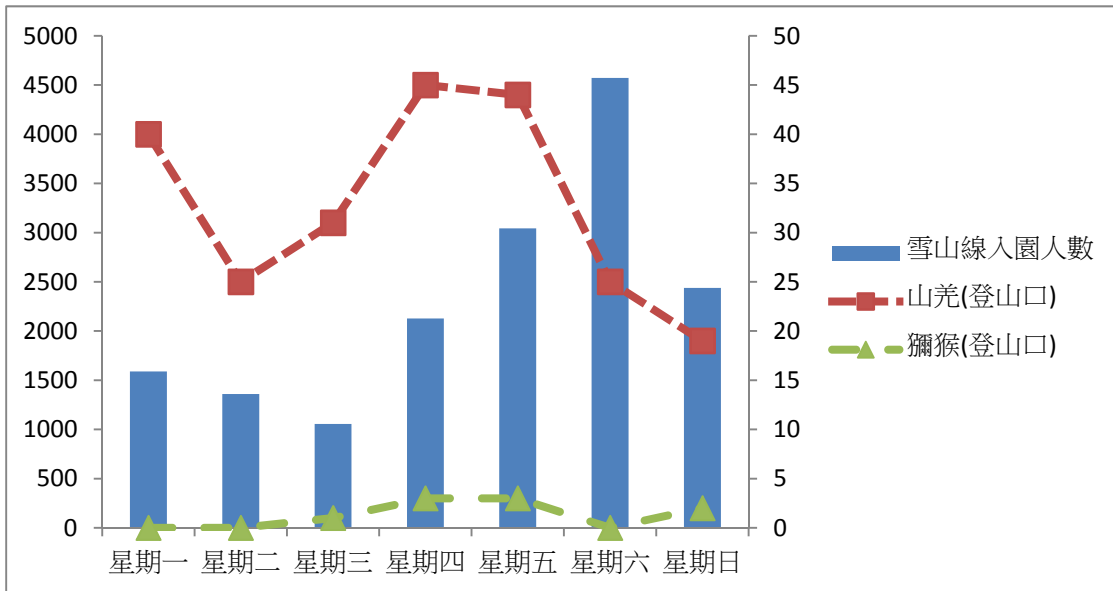


圖10-13. 雪山入園人數與登山口動物OI值分析(山羌：Pearson  $r=-0.120$ ,  $p=0.798$ 、獼猴：Pearson  $r=0.063$ ,  $p=0.893$ )。  
(資料來源：本研究資料)

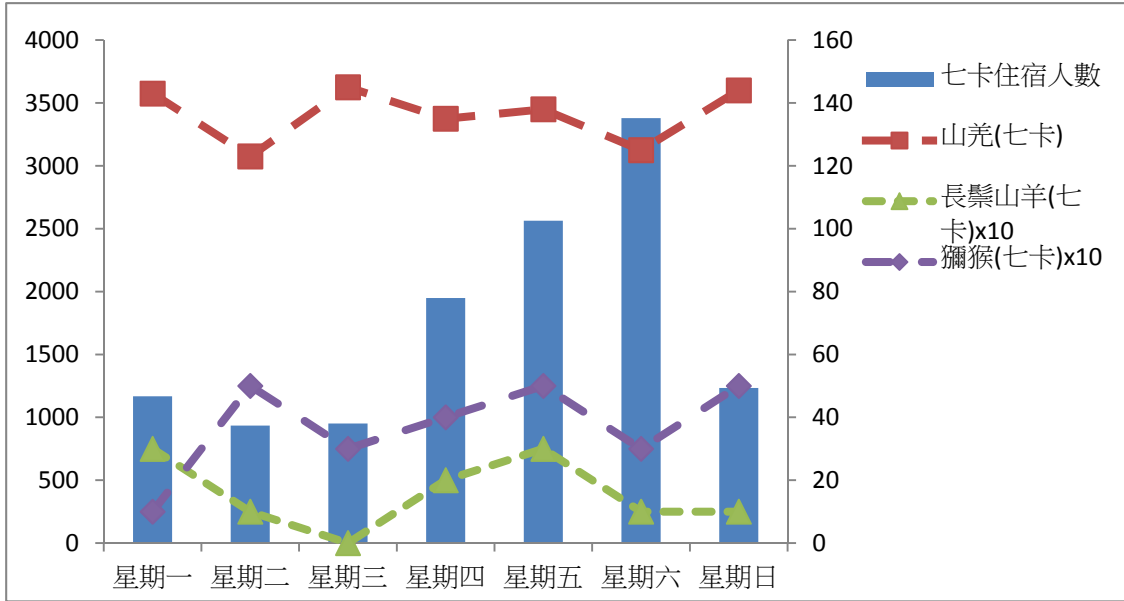


圖10-14. 七卡住宿人數與七卡樣區動物OI值分析(山羌：Pearson  $r=-0.419$ ,  $p=0.349$ 、長鬃山羊：Pearson  $r=0.235$ ,  $p=0.611$ 、獼猴：Pearson  $r=0.045$ ,  $p=0.924$ ，長鬃山羊與獼猴以10倍加權表示)。  
(資料來源：本研究資料)

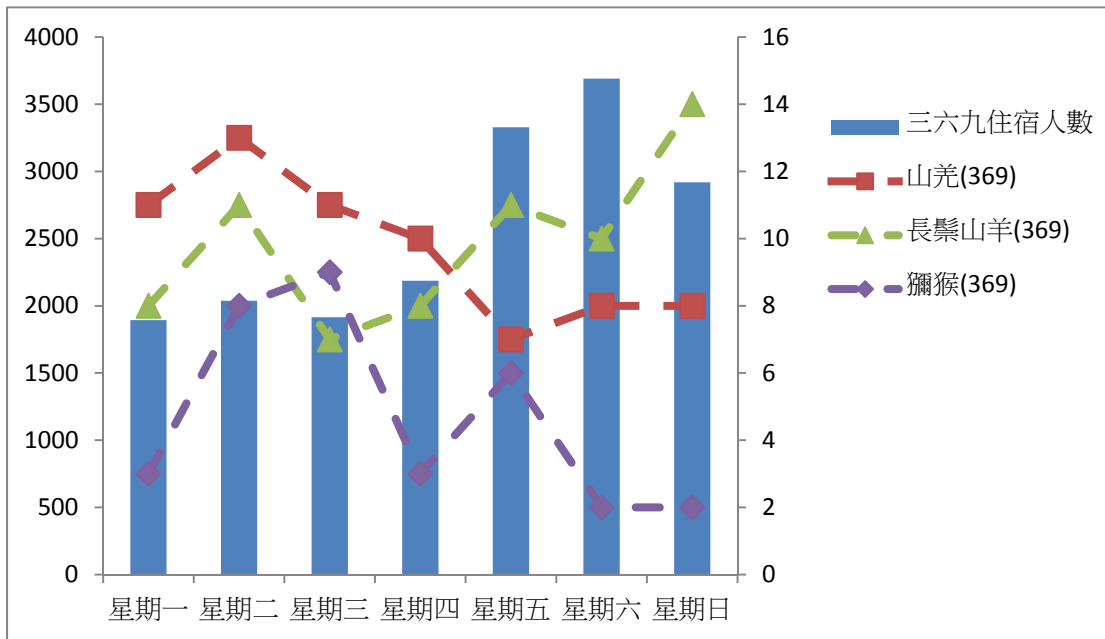


圖10-15. 三六九山莊住宿人數與369樣區動物OI值分析(山羌：Pearson  $r=-0.860$ ,  $p=0.013$ 、長鬃山羊：Pearson  $r=0.535$ ,  $p=0.216$ 、獼猴：Pearson  $r=-0.443$ ,  $p=0.319$ )。  
(資料來源：本研究資料)

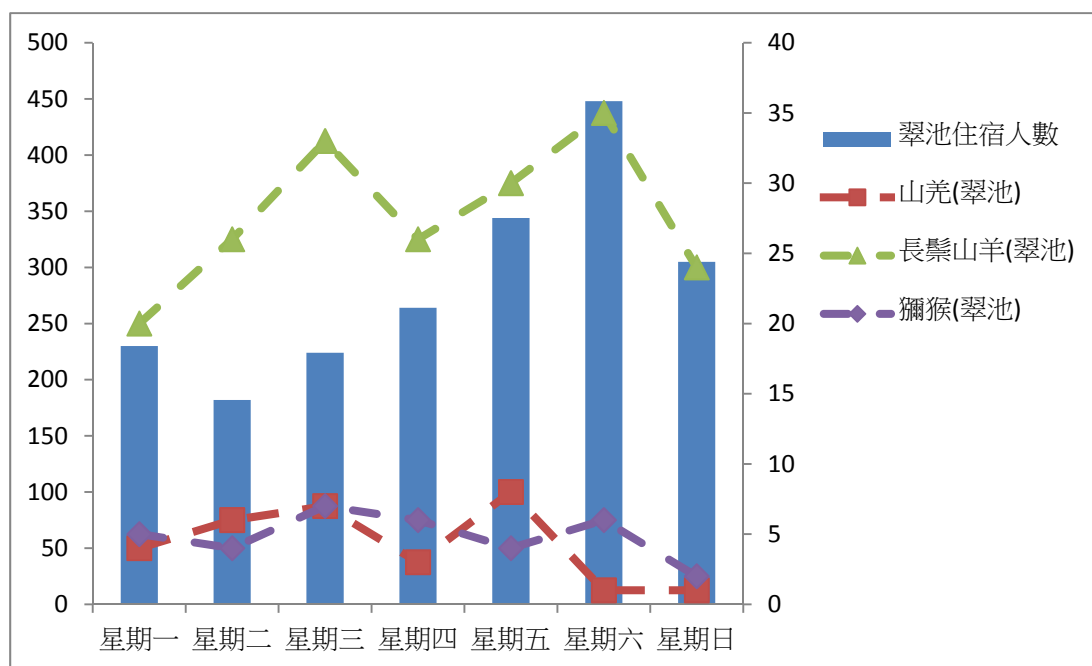


圖10-16. 翠池住宿人數與翠池樣區動物OI值分析(山羌：Pearson  $r=-0.451$ ,  $p=0.310$ 、長鬃山羊：Pearson  $r=0.553$ ,  $p=0.198$ 、獼猴：Pearson  $r=0.005$ ,  $p=0.992$ )。  
(資料來源：本研究資料)

動物的出沒除了跟人類干擾有關係以外，應該與溫度也有相關性，因為本年度利用數位式紅外線自動照相機所拍攝的照片，其照片紀錄能同時紀錄拍到動物當時的環境溫度，統計所有有紀錄溫度的照片，分析各物種出沒時的溫度，結果顯示各物種被拍攝當時的環境溫度皆有所不同，雪山地區的動物出沒的溫度從攝氏零下9度至33°C皆有。山羌在環境溫度為9~16°C被拍攝數量較多，臺灣獼猴是在9~14°C較多，長鬃山羊則是在3~11°C較多(圖10-17)。

本年度取得子計畫-雪山地區植物物候調查之物候資料，根據歐保羅及林良恭(1990)中紀錄之山羌及長鬃山羊兩種草食獸的食性，將山羌及長鬃山羊各月份的出現頻度與相關植物的花果期(山羌與苦懸鈎子；長鬃山羊與臺灣山柳、玉山薔薇及高山薔薇)進行比較，結果發現僅山羌在苦懸鈎子結果期有較高的OI值(Mann-Whitney U Test； $p=0.014$ )，而長鬃山羊的OI值在臺灣山柳、玉山薔薇及高山薔薇的結果期皆無顯著差異(Mann-Whitney U Test； $p=0.307$ 、 $p=0.465$ 及 $p=0.361$ )。

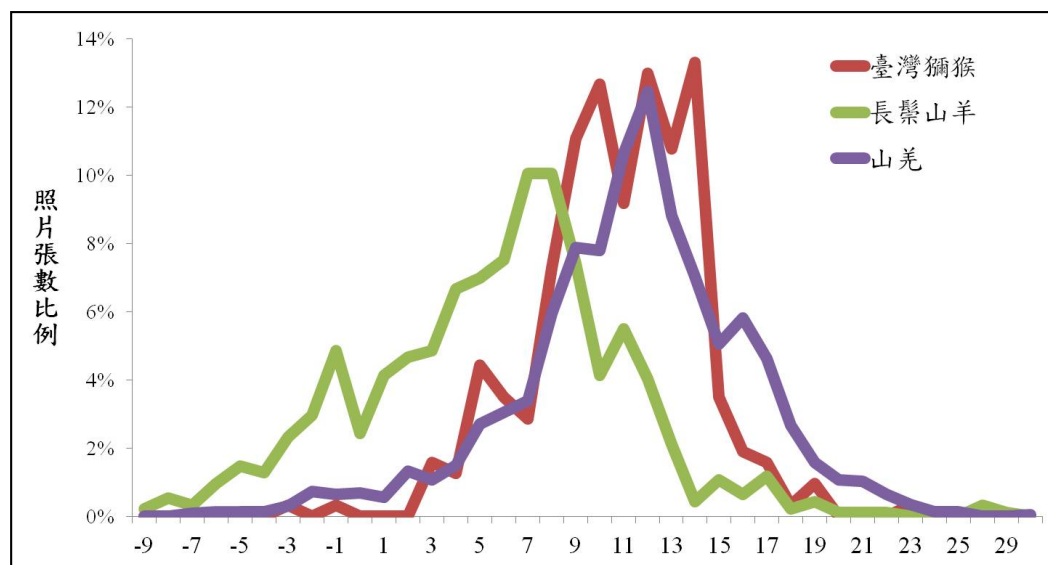


圖10-17. 山羌、臺灣獼猴及長鬃山羊被拍攝時的環境溫度分佈。  
(資料來源：本研究資料)

### (三) 蝙蝠捕捉調查結果

蝙蝠捕捉的結果於2009年3月21日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻寬吻鼠耳蝠, 7月21日在七卡山莊(GPS: 279115 2697498, 海拔: 2397 m)捕獲1隻臺灣小蹄鼻蝠, 9月7日在七卡山莊(GPS: 279115 2697498, 海拔: 2397 m)捕獲2隻臺灣小蹄鼻蝠與1隻姬管鼻蝠。於2010年7月3日在黑森林(GPS: 274240 2698853, 海拔: 3373 m)捕獲1隻姬管鼻蝠, 11月30日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻寬吻鼠耳蝠, 12月1日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻姬管鼻蝠, 12月3日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻臺灣小蹄鼻蝠。於2011年7月25日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻寬吻鼠耳蝠, 2011年8月26日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲2隻姬管鼻蝠, 2011年9月16日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻金芒管鼻蝠, 2011年10月13日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻臺灣大蹄鼻蝠, 2011年11月16日在七卡山莊(GPS: 278976 2697580, 海拔: 2530 m)捕獲1隻金芒管鼻蝠(表10-8)。從2009年至2011年所捕獲的蝙蝠, 總計是5種15隻個體。



大蹄鼻蝠



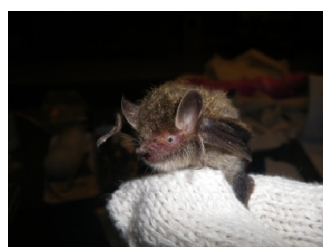
小蹄鼻蝠



寬吻鼠耳蝠



金芒管鼻蝠



姬管鼻蝠

表 10-8. 蝙蝠個體資料

日期	樣點	物種	體重(g)	性別
2009/03/21	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.3	F
2009/07/21	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4.4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	3.5	M
2009/09/07	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/07/03	黑森林	姬管鼻蝠	NA	M
2010/11/30	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.1	M
2010/12/01	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/12/03	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	5.4	F
2011/07/25	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	NA	NA
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	NA	F
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	NA	F
2011/09/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	5	M
2011/10/13	七卡山莊	臺灣大蹄鼻蝠	NA	M
2011/11/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	4.7	F

NA為未紀錄

(資料來源：本研究資料)

#### 四、結論與建議事項

##### (一)結論

自2009年3月至2011年11月止，森鼠總共捕捉428隻，高山田鼠總共捕捉65隻，黑腹絨鼠總共捕捉77隻，高山白腹鼠總共捕捉37隻，條紋松鼠總共捕獲2隻，長尾鼯總共捕獲15隻，短尾鼯總共捕捉4隻，黃鼠狼共捕獲4隻，臺灣小黃鼠狼總共捕獲2隻(表10-2)，其中捕獲數量最高的是森鼠，為高山生態區域中小型哺乳類的優勢物種，並且從登山口至雪山山頂皆有捕獲紀錄，顯示森鼠的分布區域極廣，從中海拔(約2100 m)至高海拔(3886 m)都可以發現(表10-2)，除了翠池外，森鼠捕獲數量明顯集中於七卡與三六九山莊處。高山白腹鼠、黑腹絨鼠和短尾鼯則都只侷限在登山口至3.6K樣區捕獲，已知黑腹絨鼠與短尾鼯主要分布在中海拔，高山白腹鼠屬分布由中海拔至高海拔森林性物種，雖然連續三年的調查都未在超過3000 m以上的海拔捕獲，但是經由紅外線自動相機仍然在369樣區及黑森林樣區有紀錄到此物種(圖10-7)。高山田鼠則是在東峰5.2K、369山莊、黑森林、圈谷與雪山山頂高海拔樣區有所捕獲，在中海拔地區(登山口、七卡山莊和3.6K處)則無任何發現，本種與黑腹絨鼠在海拔分佈明顯區分。就鹿野(1940)之高山田鼠分佈資料相比，過去分布海拔高度2400 m起至2700 m，而現今則為3886 m。此外，本年度調查在黑森林樣區捕獲到小黃鼠狼1隻，自2009年度至今，僅去年度於翠池樣區有捕獲小黃鼠狼個體，本年度捕獲顯示小黃鼠狼的分布比以往所知更為廣泛，但是族群數量仍然未知，需要更進一步詳細且針對食肉目動物的調查方能知曉。

紅外線自動相機所拍攝到的30分鐘內有效照片中，其中以山羌的OI值最高，這表示山羌是高山生態區域中，中大型哺乳類的優勢物種，並且從登山口至圈谷及翠池皆有相片紀錄，顯示山羌的分布區域極廣，從中海拔(約2100 m)至高海拔(約3600 m)都可以發現(圖10-7)，此與當年鹿野(1940)之調查明顯不同，當年山羌分布為0 m至1800 m。鼬獾在登山口、七卡山莊和3.6K樣區有照片紀錄，推測海拔約2800 m應為物種的海拔垂直分布上界，與鹿野(1940)資料相比(0至900 m)，海拔分布上升近1900 m。臺灣獼猴在各樣區都有相片紀錄(圖10-7)，此外本年度十月份進行調查時，研究人員經過雪山主峰基石附近亦有目擊臺灣獼猴的紀錄，主峰海拔3886m，應



為目前已知臺灣獼猴最上限，鹿野的資料指出臺灣獼猴的分佈上限為3000 m(依海拔高度判斷為黑森林)，而李玲玲(1994)調查曾經在圈谷聞其叫聲，但未有目擊，本調查明確證實臺灣獼猴可分布至此，可以知道臺灣獼猴的海拔分布極廣，亦是高山生態系中優勢物種之一。長鬃山羊在七卡山莊、3.6K、369、黑森林、圈谷與翠池樣區都有相片紀錄(圖10-7)，但在七卡山莊與3.6K樣區的OI值僅有0.674~1.073(表10-6)，長鬃山羊明顯為分布在高海拔的物種，過去鹿野(1940)之調查顯示長鬃山羊分佈範圍為600~3600 m，但是本調查未於低於海拔2400 m處觀察到長鬃山羊出沒的痕跡，顯示此物種分佈逐漸往高海拔處集中。另外，去年度於黑森林樣區拍攝到白鼻心(海拔約3300 m)，遠遠超過鹿野調查的海拔高度(0-1500 m)，亦是目前白鼻心被紀錄到最高海拔處，但是目前僅只拍到一張有效照片，是否在其他海拔樣區也有族群活動更待進一步的監測與調查。本年度5月17日於七卡山莊樣區則有拍攝到臺灣野豬，為本調查於七卡山莊首次紀錄，之後每個月回收之照片皆有紀錄臺灣野豬，由這幾個月的照片顯示5月份所紀錄的應為雌性懷孕個體，接著6月份至10月份開始紀錄皆為雌性個體帶著四隻幼體，另外於3.6K樣區亦從9月2日開始紀錄一雌性個體攜帶兩隻幼體，此間接顯示臺灣野豬於七卡山莊及3.6K樣區週邊繁殖育幼，以往則是2010年度僅在翠池與3.6K樣區有紀錄到臺灣野豬。

迄今調查一些高山型食肉目動物，如黃喉貂及黑熊並未發現，或因相機位置，或因族群量稀少之故，尚待未來更長期或投入更大努力量的調查資料收集，方有可能進一步說明。

為清楚瞭解登山遊客的數量是否對動物出沒有所影響，本年度將人數資料與物種OI值進行分析的結果發現三六九山莊的住宿人數與369樣區的山羌OI值有顯著負相關(Pearson  $r=-.860$ ,  $p=.013$ )，也就是說三六九山莊住宿人數越多的日子，山羌出沒的頻度越低且達顯著影響，另外從圖10-15中亦可看出臺灣獼猴在週末人數較多的日子出沒頻度較低。而在登山口、七卡山莊和翠池等地的登山遊客人數與動物出沒並沒有顯著相關性。但是在七卡樣區可以發現長鬃山羊與臺灣獼猴在週末人數較多時亦呈現數量下降的趨勢。

本年度將四種植物之花果期與山羌及長鬃山羊出現的頻度進行比



較，結果僅山羌與苦懸鈎子的果期有相關，在結果期山羌出現頻度較高，或許在結果時山羌為了覓食而增加了被自動相機拍攝的機會，但是本次分析結果並未確實將植物的位置考慮進去，可能造成些許誤差，未來或許應將各種植物在雪山地區的哪個區段分佈情形列入考慮，如此一來更能反應植物花果期與動物出現頻度的關係。

從2009年至2011年所捕獲的蝙蝠，總計是2科5種15隻個體。以目前臺灣地區總計5科35種蝙蝠來看，本調查所紀錄的物種似乎偏少，相較於雪霸國家公園境內的觀霧18種(林良恭, 2008及李玲玲, 2007)與雪見20種(陳家鴻, 2010)亦少，推測可能原因為雪山地區調查樣區海拔高度較高、氣溫較低，以及調查網具數量較少所導致。

## (二)建議事項

### 1. 立即可行建議：設立哺乳類動物解說牌

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

雪霸國家公園自創立以來，至今在生態解說與教育方面努力不遺餘力，在雪山步道上有著各式各樣的生態解說牌，但是多為植物、鳥類、地質與環境介紹，鮮少有哺乳動物類的解說牌，實為可惜，尤其哺乳類動物為人類所最為關注與關心，也最為吸引登山客的注意，在哺乳類動物解說與教育的責任，國家公園應責無旁貸。

本計畫在整個雪山地區的調查中，會將所觀察到哺乳類動物的痕跡以及常出沒的地點用GPS記錄下來，此資料可供雪霸國家公園利用，在這些地點設置解說牌，讓登山的民眾有機會可以分辨哺乳類動物的叫聲、排遺，進一步對自然環境感到興趣，自然而然就會認同其身處的生態環境，進而去瞭解他，愛護他，最終達到生態保育教育的目的。

### 2. 中長期建議：雪山山區垃圾與廚餘處理及加強志工訓練

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

由於雪山是非常受歡迎的大眾化遊憩登山路線，登山人數絡繹不絕，

也因此垃圾的處理，與廚餘的回收也更顯的重要，本計畫在調查過程中，在369山莊目擊多次華南鼬鼠(黃鼠狼)吃人類的食物，也包含廚餘；更甚者是，在七卡山莊前方的森林裡，有非常多的垃圾，而這些垃圾也直接的提供山區裡哺乳類動物食物來源，在所有樣區的調查中，七卡山莊樣區的捕獲率最高，也最好，不能排除是由於人類所遺留下來的垃圾與廚餘的可能，另外在七卡山莊也目擊了多次臺灣獼猴結群進入七卡山莊廚房打劫人類食物的情形，本調查亦注意到有些登山隊伍會將廚餘垃圾暫時放置在七卡山莊廚房或山莊內，雖有留下字條告知下山時會帶走，但是卻無法避免臺灣獼猴趁山莊無人時進行翻找食物造成的髒亂。這些間接或是直接提供給野生動物食物的行為都是干擾了原本自然環境中，野生動物的行為模式，從自然保育與永續經營的角度來看，都非國家公園所樂見，因此對於登山的加強宣導與教育，請志工上山回收垃圾，或是設計放置垃圾廚餘回收區，增設各式標語提醒離開山莊之登山遊客能隨手關門的習慣，避免空無一人的山莊遭到臺灣獼猴肆虐，加強推廣登山應該的常識，亦是國家公園應該努力的一部分。

本調查亦常在七卡山莊發現志工以黏鼠板進行鼠類捕捉，或許是為了山莊住宿遊客的夜間睡眠品質著想，但是有時志工離開卻忘記將黏鼠板收起來，造成黏到鼠類個體卻無人處理而發臭的情形。另外相信多數志工都是以服務登山遊客為宗旨，但是本調查亦發現少數志工在與登山遊客應對進退上容易起口角衝突，建議雪霸國家公園可以建立一個志工評分機制，讓登山遊客可以對志工的服務進行評分，也可提供雪霸國家公園能瞭解志工表現，進而提高志工服務人群的美意。

### **3. 中長期建議：雪山山區生物自動監測系統架設**

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：東海大學生命科學系

建議事項：

由於高山地區調查費力費時，完全仰賴專家學者或園區員工自行研究，皆僅能於短時間進行。未來應可透過數位錄音機聲音測錄調查方式，於樣點附近選擇合適地點架設數位錄音系統定點收錄動物發出之聲音，測錄12小時以上，攜回後鑑定錄得聲音為何種動物，架設地點以GPS記錄衛

星定位資訊。



七卡山莊志工房間忘記回收的黏鼠板

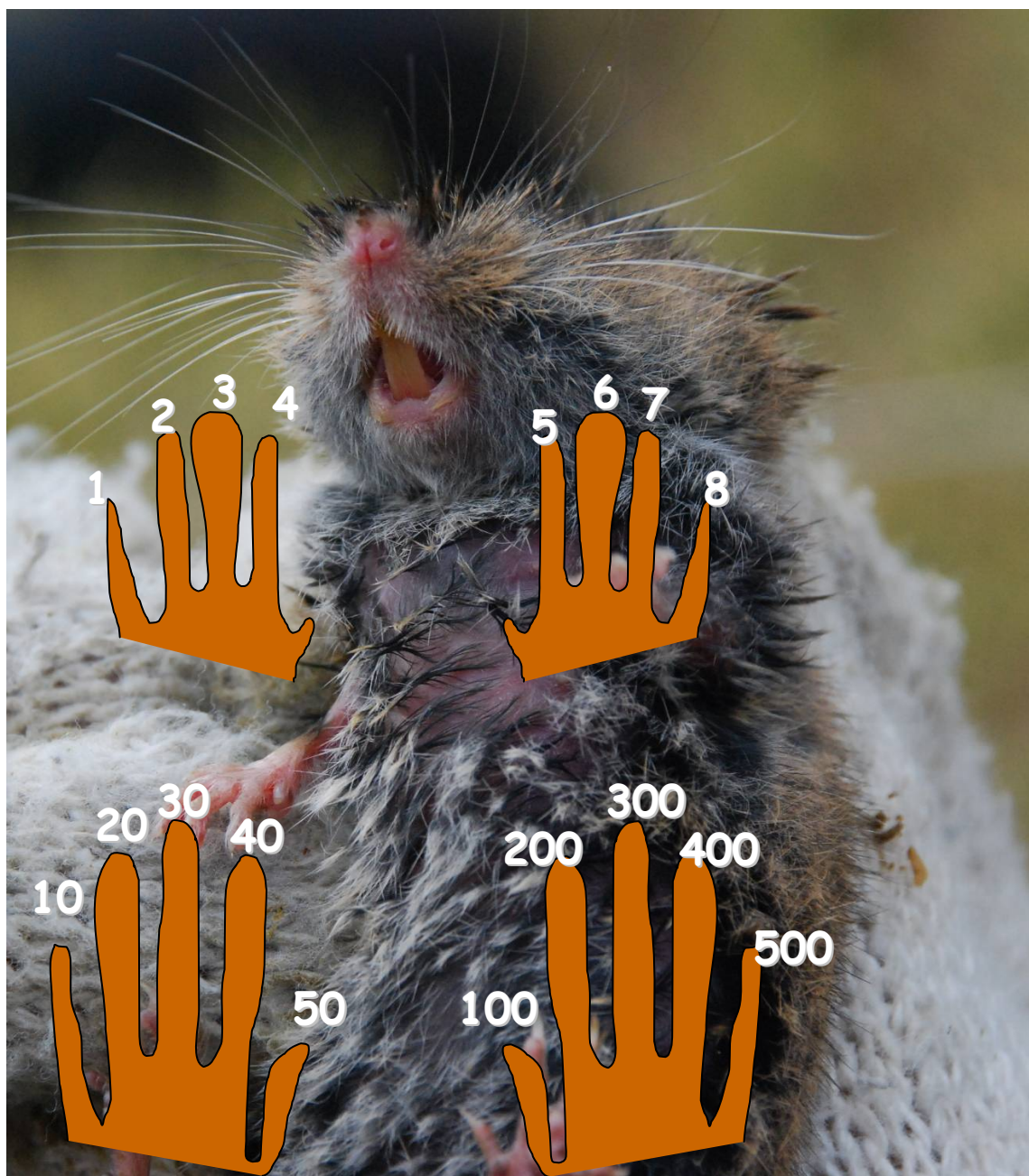


暫放的垃圾遭臺灣獼猴翻找食物

## 五、參考文獻

- 甘慕龍。1995。武陵地區三種齧齒動物(森鼠、黑腹絨鼠、巢鼠)的食性與棲地研究。臺灣大學動物學碩士論文。
- 李玲玲。1994。雪霸國家公園大型哺乳動物族群與習性之研究(武陵地區)。雪霸國家公園管理處。
- 李玲玲。2007。大鹿林道東線工程之環境監測。雪霸國家公園管理處。62頁。
- 林良恭。2008。雪霸國家公園觀霧地區蝙蝠族群調查及蝙蝠巢箱設置。42頁。
- 林曜松、楊懿如、黃光瀛、呂佩義、蘇逸峰。1989。雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。85頁。
- 陳家鴻。2010。雪霸國家公園雪見地區蝙蝠多樣性研究III。雪霸國家公園管理處。62頁。
- 歐保羅、林良恭。1990。玉山國家公園東埔地區哺乳類動物調查報告(三)。玉山國家公園研究叢刊1025號。58頁。
- Kano, T. 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shobusawa Institute for Ethnographical Researches, Tokyo.

附錄 10-1. 小型哺乳類剪趾法編號方法



附錄 10-2. 紅外線自動相機 GPS 定位點資料

相機編號	TWD		Altitude
登山口 #1	280203	2697809	2238 m
登山口 #2	280047	2697722	2324 m
七卡 #1	279203	2697496	2520 m
七卡 #2	279136	2697444	2530 m
3.6K #1	278716	2697950	2858 m
3.6K #2	278757	2697950	2854 m
369 #1	274561	2698777	3222 m
369 #2	276227	2697632	3134 m
黑森林 #1	274367	2698526	3393 m
黑森林 #2	274547	2698750	3282 m
圈谷 #1	274026	2698026	3607 m
圈谷 #2	274001	2698005	3604 m
翠池 #1	272194	2697814	3468 m
翠池 #2	271882	2697694	3375 m

(資料來源：本研究資料)

附錄10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
1	20110127	登山口	951	森鼠	15.5	F
1	20110127	登山口	952	森鼠	21	F
1	20110127	3.6 km	20110127-1F	森鼠	16.4	M
1	20110127	3.6 km	20110127-2F	森鼠	14.6	F
1	20110127	3.6 km	20110127-3F	森鼠	16.8	F
1	20110127	七卡	20110127-4F	森鼠	15.8	M
1	20110127	登山口	20110127-5F	森鼠	16.4	F
1	20110127	登山口	20110127-6B	黑腹絨鼠	23.9	F
1	20110127	登山口	20110127-7B	黑腹絨鼠	24.7	F
1	20110127	登山口	20110127-8B	黑腹絨鼠	21.4	F
1	20110127	登山口	20110127-9B	黑腹絨鼠	25	F
1	20110128	七卡	20110128-1B	黑腹絨鼠	19	M
1	20110128	七卡	533	森鼠	-	F
1	20110128	七卡	953	森鼠	16	F
1	20110128	七卡	954	高山白腹鼠	49	M
1	20110128	七卡	470	森鼠	-	M
1	20110128	七卡	955	森鼠	-	M
1	20110128	七卡	20110128-1F	森鼠	18	M
1	20110128	七卡	-	森鼠	-	-
2	20110126	369	20110126-1F	森鼠	17.5	M
2	20110127	369	20110127-1F	森鼠	18	F
2	20110127	369	20110127-2F	森鼠	22	M
2	20110127	黑森林	20110127-3F	森鼠	19	M
2	20110127	黑森林	20110127-4F	森鼠	21	M
2	20110127	黑森林	20110127-5M	高山田鼠	33	F
3	20110312	登山口	907	森鼠	20.5	M
3	20110312	登山口	1001	森鼠	28	M
3	20110312	登山口	1002	森鼠	19.5	M
3	20110312	登山口	20110312-1B	黑腹絨鼠	24	F
3	20110312	登山口	20110312-2B	黑腹絨鼠	23.5	F
3	20110313	七卡	1003	森鼠	18	M
3	20110313	七卡	1004	森鼠	22	M
3	20110313	七卡	1005	森鼠	20	F
3	20110313	七卡	1006	高山白腹鼠	51	M
3	20110313	七卡	-	森鼠	-	-
3	20110313	3.6 km	20110313-1B	黑腹絨鼠	19	F

附錄 10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料(續)

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
3	20110313	3.6 km	20110313-2F	森鼠	21	F
3	20110313	3.6 km	20110313-3F	森鼠	21	F
3	20110313	3.6 km	20110313-4F	森鼠	22	M
3	20110314	登山口	20110314-1B	黑腹絨鼠	9	F
3	20110314	登山口	603	黑腹絨鼠	-	-
3	20110314	登山口	20110314-2B	黑腹絨鼠	19	M
3	20110314	登山口	20110314-3B	黑腹絨鼠	22	F
3	20110314	登山口	20110314-4B	黑腹絨鼠	24	M
4	20110423	369	801	森鼠	20.9	M
4	20110423	369	201104-802	森鼠	22.5	M
4	20110423	369	201104-803	森鼠	19	M
4	20110424	369	201104-804	森鼠	23	F
4	20110424	黑森林	20110424-1Y	小黃鼠狼	75	F
4	20110424	黑森林	20110424-2M	高山田鼠	44	M
4	20110424	黑森林	20110424-3F	森鼠	26	F
4	20110424	黑森林	20110424-4F	森鼠	27	M
4	20110425	369	801	森鼠	-	M
4	20110425	369	201104-805	森鼠	22	F
4	20110425	黑森林	201104-806	森鼠	21	M
4	20110425	圈谷	807	森鼠	23	M
4	20110425	圈谷	20110425-1S	長尾鮑	6	M
4	20110426	圈谷	807	森鼠	-	M
4	20110426	圈谷	808	高山田鼠	48.5	F
4	20110426	黑森林	810	森鼠	24.8	M
4	20110426	黑森林	811	森鼠	23	M
4	20110428	東峰5.2 km	812	高山田鼠	52.5	F
4	20110428	東峰5.2 km	20110428-1M	高山田鼠	39.5	M
4	20110428	東峰5.2 km	20110428-2S	長尾鮑	6.5	F
5	20110525	七卡	1010	森鼠	22.4	F
5	20110525	七卡	1020	高山白腹鼠	67	F
5	20110525	七卡	1011	森鼠	24	F
5	20110525	七卡	70	森鼠	28.5	M
5	20110526	七卡	-	高山白腹鼠	-	-
5	20110526	七卡	1030	高山白腹鼠	77	M
5	20110526	3.6 km	20110526-1F	森鼠	19	F
5	20110526	登山口	20110526-2F	森鼠	20.5	M
5	20110526	登山口	1002	森鼠	20	M



附錄 10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料(續)

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
5	20110526	登山口	20110526-3B	黑腹絨鼠	26.5	F
5	20110526	登山口	20110526-4B	黑腹絨鼠	22	M
5	20110527	七卡	1012	森鼠	26	M
5	20110527	七卡	1013	森鼠	27.1	M
5	20110527	七卡	-	森鼠	-	-
5	20110527	七卡	-	高山白腹鼠	-	-
6	20110701	翠池	703	森鼠	13	F
6	20110701	翠池	704	森鼠	28	F
6	20110701	翠池	20110701-1F	森鼠	25	F
6	20110701	翠池	20110701-2F	森鼠	25	M
6	20110701	圈谷	705	森鼠	27	M
6	20110701	山頂	706	森鼠	16.5	F
6	20110701	圈谷	20110701-3M	高山田鼠	39.5	F
6	20110701	圈谷	20110701-4S	長尾鼯	6	M
6	20110702	黑森林	707	森鼠	12.3	F
6	20110702	黑森林	708	森鼠	18.5	M
6	20110702	黑森林	710	森鼠	29	M
6	20110702	黑森林	711	森鼠	NA	M
6	20110702	圈谷	20110702-1F	森鼠	14	F
6	20110702	圈谷	20110702-2F	森鼠	25.5	M
6	20110702	黑森林	20110702-3S	長尾鼯	6	F
6	20110701	圈谷	-	森鼠	-	-
6	20110702	山頂	-	森鼠	-	-
6	20110702	圈谷	807	森鼠	-	M
6	20110702	369	-	黃鼠狼	-	F
6	20110702	369	801	森鼠	23	M
6	20110702	369	712	森鼠	19.5	F
6	20110702	369	713	森鼠	18	F
6	20110702	369	714	森鼠	32	M
6	20110703	黑森林	715	高山田鼠	22.5	M
6	20110703	東峰5.2 km	716	森鼠	25.5	M
6	20110703	東峰5.2 km	20110703-1F	森鼠	22	F
6	20110703	東峰5.2 km	20110703-2M	高山田鼠	43	M
6	20110703	東峰5.2 km	20110703-3S	長尾鼯	6.5	F
7	20110725	七卡	-	森鼠	-	-
7	20110725	七卡	1004	森鼠	31	M
7	20110725	七卡	1020	高山白腹鼠	68	F

附錄 10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料(續)

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
7	20110726	登山口	721	森鼠	NA	F
7	20110726	登山口	722	黑腹絨鼠	24	F
7	20110726	登山口	605	黑腹絨鼠	22	NA
7	20110726	登山口	20110726-1B	黑腹絨鼠	19.5	M
7	20110726	登山口	20110726-2B	黑腹絨鼠	21.5	F
7	20110726	七卡	1013	森鼠	31	M
7	20110726	七卡	-	高山白腹鼠	-	NA
7	20110726	七卡	1020	高山白腹鼠	NA	F
7	20110726	七卡	723	森鼠	25	F
7	20110727	3.6 km	724	森鼠	25	M
7	20110727	七卡	725	森鼠	29	M
7	20110727	七卡	1020	高山白腹鼠	-	F
7	20110727	登山口	321	森鼠	NA	-
7	20110727	3.6 km	20110727-1S	長尾鼯	6.2	-
7	20110727	3.6 km	20110727-2F	森鼠	17	F
7	20110727	3.6 km	20110727-3F	森鼠	23.1	M
7	20110727	3.6 km	20110727-4S	長尾鼯	5.7	F
7	20110727	3.6 km	20110727-5F	森鼠	8.6	M
8	20110825	翠池	726	森鼠	28	M
8	20110825	翠池	727	森鼠	25	M
8	20110825	翠池	703	森鼠	-	F
8	20110825	圈谷	807	森鼠	23.5	M
8	20110825	圈谷	728	森鼠	22	F
8	20110825	黑森林	707	森鼠	17.5	F
8	20110825	黑森林	20110825-1M	高山田鼠	38	F
8	20110826	黑森林	730	高山田鼠	40	M
8	20110826	圈谷	731	高山田鼠	33	F
8	20110826	369	732	森鼠	20	M
8	20110826	369	729	森鼠	NA	F
8	20110826	369	733	森鼠	20	M
8	20110826	369	734	高山田鼠	39	NA
8	20110826	369	735	高山田鼠	36	F
8	20110826	東峰5.2 km	716	森鼠	24.5	M
8	20110826	東峰5.2 km	20110826-1M	高山田鼠	34.5	M
8	20110826	東峰5.2 km	20110826-2F	森鼠	22	F
8	20110826	東峰5.2 km	20110826-2M	高山田鼠	39.5	F
8	20110826	東峰5.2 km	20110826-3M	高山田鼠	29	M

附錄 10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料(續)

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
8	20110826	東峰5.2 km	20110826-4M	高山田鼠	35	M
9	20110916	七卡	1004	森鼠	33	M
9	20110916	七卡	1007	森鼠	15	M
9	20110916	七卡	1008	森鼠	28	M
9	20110916	七卡	85	黑腹絨鼠	24	F
9	20110916	七卡	20110916-1F	森鼠	-	-
9	20110916	登山口	608	黑腹絨鼠	NA	F
9	20110916	登山口	721	森鼠	-	M
9	20110916	登山口	1014	森鼠	25	M
9	20110916	登山口	1015	森鼠	16	M
9	20110917	3.6K	NA	森鼠	NA	NA
9	20110917	七卡	85	黑腹絨鼠	24	F
9	20110917	七卡	NA	森鼠	NA	NA
9	20110917	登山口	NA	森鼠	NA	NA
9	20110917	登山口	608	黑腹絨鼠	NA	F
9	20110918	3.6 km	NA	森鼠	NA	NA
9	20110918	七卡	20110918-1B	黑腹絨鼠	-	-
9	20110918	登山口	20110918-2B	黑腹絨鼠	-	-
9	20110918	登山口	608	黑腹絨鼠	-	-
10	20111016	翠池	327	森鼠	18	M
10	20111016	翠池	20111016-1F	森鼠	18.1	M
10	20111016	圈谷	728	森鼠	23.6	F
10	20111016	圈谷	328	森鼠	NA	F
10	20111016	山頂	20111016-3M	高山田鼠	36.9	F
10	20111017	黑森林	1320	森鼠	16	M
10	20111017	369	226	森鼠	30	M
10	20111017	369	227	森鼠	24	M
10	20111017	369	801	森鼠	NA	M
10	20111017	369	228	森鼠	25	M
10	20111017	369	230	森鼠	18	M
10	20111017	369	231	森鼠	26	F
10	20111017	369	20111017-1F	森鼠	11	F
10	20111017	369	20111017-2F	森鼠	16	M
10	20111017	369	20111017-3F	森鼠	34.4	F
10	20111017	369	20111017-4F	森鼠	13	F
10	20111017	黑森林	1320	森鼠	16	M
10	20111018	黑森林	232	森鼠	-	F

附錄 10-3. 雪山小型哺乳類捕捉資料(續)

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
10	20111018	東峰5.2 km	20111018-1S	長尾鼯	-	-
10	20111018	東峰5.2 km	20111018-2S	長尾鼯	-	-
10	20111018	東峰5.2 km	20111018-3M	高山田鼠	-	-
10	20111018	東峰5.2 km	233	高山田鼠	39	M
11	20111114	七卡	1011	森鼠	-	F
11	20111114	七卡	40	森鼠	-	-
11	20111114	七卡	無	森鼠	-	-
11	20111114	七卡	1030	高山白腹鼠	-	M
11	20111114	登山口	361	森鼠	-	F
11	20111114	登山口	1050	高山白腹鼠	74	M
11	20111114	登山口	736	森鼠	14.8	M
11	20111114	登山口	737	黑腹絨鼠	23.6	M
11	20111114	登山口	20111114-1S	短尾鼯	-	-
11	20111114	登山口	738	黑腹絨鼠	24	F
11	20111115	七卡	20111115-1B	黑腹絨鼠	18.3	M
11	20111115	七卡	300	高山白腹鼠	64	M
11	20111115	七卡	-	條紋松鼠	-	-
11	20111115	登山口	740	黑腹絨鼠	21.5	M
11	20111115	登山口	400	高山白腹鼠	97	M
11	20111115	登山口	741	森鼠	19	F
11	20111115	登山口	20111115-2S	短尾鼯	14.7	M
11	20111116	登山口	400	高山白腹鼠	97	M
11	20111116	3.6 km	20111116-1F	森鼠	22.4	F
11	20111116	3.6 km	744	高山白腹鼠	88	M
11	20111116	3.6 km	743	黑腹絨鼠	20	M
11	20111116	3.6 km	742	森鼠	25	M
11	20111116	3.6 km	20111116-2B	黑腹絨鼠	21	M
11	20111116	登山口	608	黑腹絨鼠	NA	M
11	20111116	登山口	745	黑腹絨鼠	25.5	M

-為沒有紀錄

(資料來源：本研究資料)

## 第十一章 生態資料庫建構

邵廣昭

中央研究院生物多樣性研究中心

### 摘要

關鍵詞：達爾文核心欄位, Darwin Core, 生態調查資料

#### 一、研究緣起

雪霸國家公園的生態調查資料，長久以來都缺乏有計畫的建檔保存，自2005年起，武陵地區的生態調查資料，開始數位化建檔保存並上網供查詢，本計畫將仿效武陵地區的生態調查資料數位化建檔保存的方式，並配合目前國科會、農委會漁業署、農委會林務局及農委會特生中心正在推動或執行的『台灣生物多樣性資料庫及資訊網』(TaiBNET與TaiBIF)、『漁業署海域生態資料庫』、及『東沙生態資源基礎調查研究計畫』等計畫所蒐集之資料，加以整合、數位化建檔及上網。

#### 二、研究方法及過程

雪山地區高山生態系整合調查計畫，所收集之原始生態調查資料，採用中央研究院生物多樣性研究中心設計的『簡便通用生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式。

所有的資料分別轉換成XML文件，以利後續的整合、保存及資料交換，並同步匯入中央研究生物多樣性中心的資料發佈站(Integrated Publishing Toolkit)，轉換成Drawin Core Archive格式(內含Ecological Metadata Language 格式)，以利資料分析運用。

#### 三、重要發現

本年度迄今收集鳥類資料2147筆、苔蘚植物資料105筆、維管束植物資料116筆、火燒樣區植物資料7433筆、氣象資料60890筆(每筆含25個測項)，累計收集植物、昆蟲、鳥類等物種調查資料共28272筆(涵蓋2界9門13綱86目466科748種生物物種)，氣候土壤等環境資料共97348筆(涵蓋43個測項)。

#### 四、主要建議事項

##### (一)立即可行建議

雪山地區高山生態系長期監測與研究

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：

為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，調查資料應以國際通用的XML格式保存。

## **(二)中長期建議**

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：

目前國際上正在推行使用IPT整合生物多樣性原始調查資訊，未來應注意其發展，以適時跟上國際腳步。

## **Abstract**

**【Key Words】** Darwin Core, raw data, Ecological Investigation Data

The data formats for collecting raw data of the project “The high mountain ecosystem integration investigates for Snow mountainous area” adopts “the Convenient Ecological Investigation Data Format” designed by the Research Center for Biodiversity Academia Sinica on the basis of Darwin Core 2.0, the common formats in the worldwide, with some modifications for the requirement of chinese language we use.

For the need and the convenience to exchange data internationally, the data in the project are recorded in XML format which is also internationally adopted. In addition, to compensate the need for information searching and presentation, the relevant databases were established at the same time. Currently, partial raw investigation data has been preseved digitized and is availabe online

The project sponsors and data providers as well as the general public are welcomed to inquire and download the data as they need.

## 一、研究緣起與背景

「生物多樣性資訊學」中包括生態分佈資訊之資料，此等資料之搜集、建置與整合之理論，技術與實作又被歸為「生態資訊學」之範疇。生態分佈資料又包括標本採集或觀測（僅做紀錄並未採集標本）兩類不同的時間與空間的分佈資料，也是生物學領域中探討生物地理分佈、擴散、群聚或生態系變遷之機制、陸域與海域環境影響評估、資源或生態之保育、利用、經營管理等等非常重要之基本資料。台灣之生態調查研究計畫甚多，每年政府所投入之調查經費龐大，但因過去缺乏各機關、各領域或各資料庫間之橫向聯絡與整合，故各資料庫建置之方式、設定之欄位格式、所使用之GIS或資料庫管理系統及資料公開之程度等亦多不一致，以致於目前國內之生態分佈資料庫仍多屬各自為政之狀態，所造成資源之重疊浪費、資料之散失及未來整合之困難度將日益嚴重。

雪霸國家公園的生態調查資料，長久以來都缺乏有計畫的建檔保存，自2005年起，武陵地區的生態調查資料，開始數位化建檔保存並上網供查詢，本計畫將仿效武陵地區的生態調查資料數位化建檔保存的方式，並配合目前國科會、農委會漁業署、農委會林務局及農委會特生中心正在推動或執行的『台灣生物多樣性資料庫及資訊網』(TaiBNET與TaiBIF)、『漁業署海域生態資料庫』、及『東沙生態資源基礎調查研究計畫』等計畫所蒐集之資料，加以整合、數位化建檔及上網，此亦為行政院『生物多樣性推動方案』中所要求達成的，整合全國生物多樣性資訊的首要任務。



## 二、材料及方法

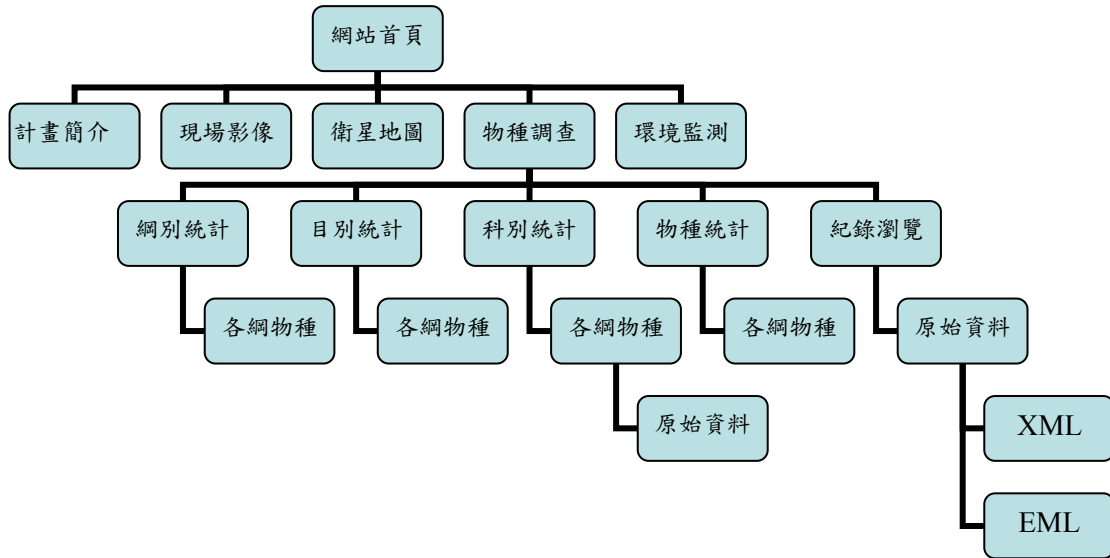
雪山地區高山生態系整合調查計畫，所收集之原始生態調查資料，包括微氣候資料、集水區環境資料、土壤資料、植物調查資料、鳥類調查資料、昆蟲調查資料以及火燒區生態資料，涵蓋多種生物類別及多種資料型態，經過各類別的研究人員討論後，決定採用農委會漁業署於2005頒佈的『簡便生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式，農委會漁業署及經濟部環保署已於2005年起推行於漁業署及環保署所委辦的各個生態研究計畫，作為共通的生態調查資料格式。

『簡便生態調查資料格式』為中央研究院生物多樣性研究中心所設計，主要以國際通用的達爾文核心欄位(Darwin Core 2.0)及ABCD Schema為基礎，並配合中文資料的需求，作適度的修改，該資料格式提供多種資料提供方法及介面，包括Excel, Access, XML, 及網路線上輸入等方法，供生態調查者選擇使用，目前絕大多數的生態調查者都採用Excel 格式提供資料，再由資訊人員負責後端資訊格式的轉換工作。

為因應國際資料交換的需求，本計畫收集的資料，主要以國際通用的XML格式為主，此外為配合網站資料查詢及資料呈現的需求，也同步建立關聯式資料庫，供一般使用者使用，並同步匯入中央研究生物多樣性中心的資料發佈站(Integrated Publishing Toolkit)，轉換成Drawin Core Archieve 格式(內含Ecological Metadata Language 格式)，以利資料分析運用。

### 三、結果

1. 網站架構如下：



2. 使用Google Map 為底圖，並自行建立測站及相關圖資，提供基本GIS查詢功能，詳如附圖11-1~11-3。

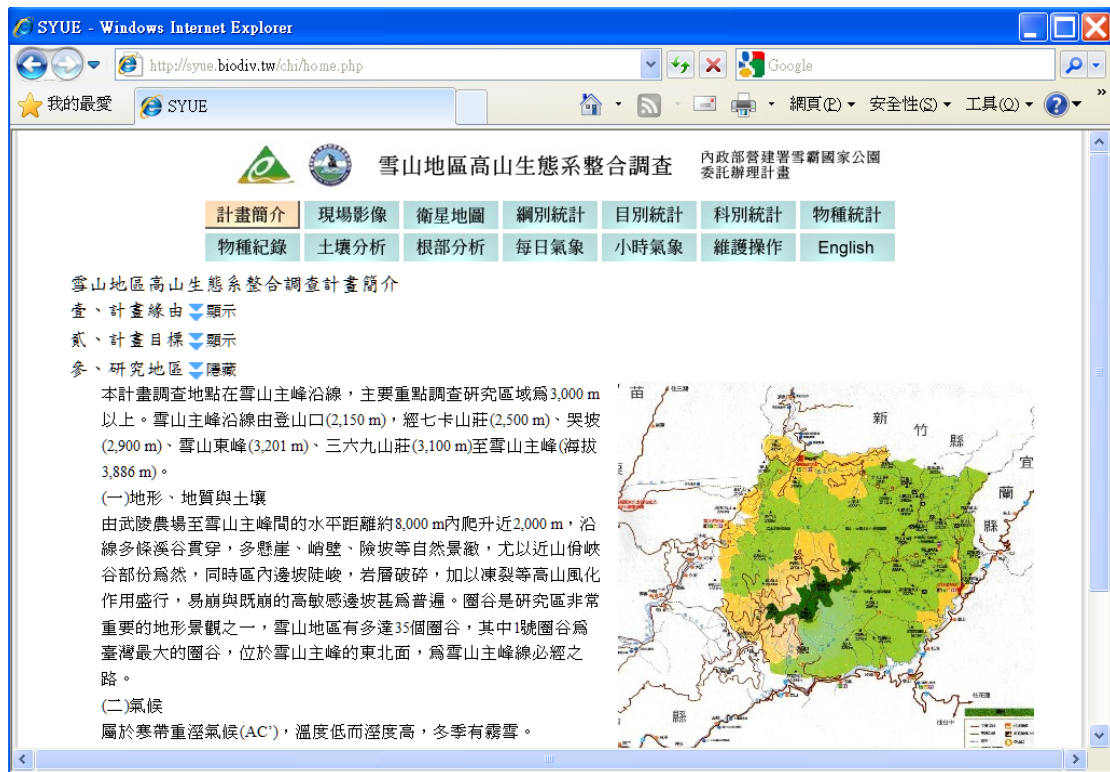


圖11-1. 計畫簡介。  
(資料來源：本研究資料)

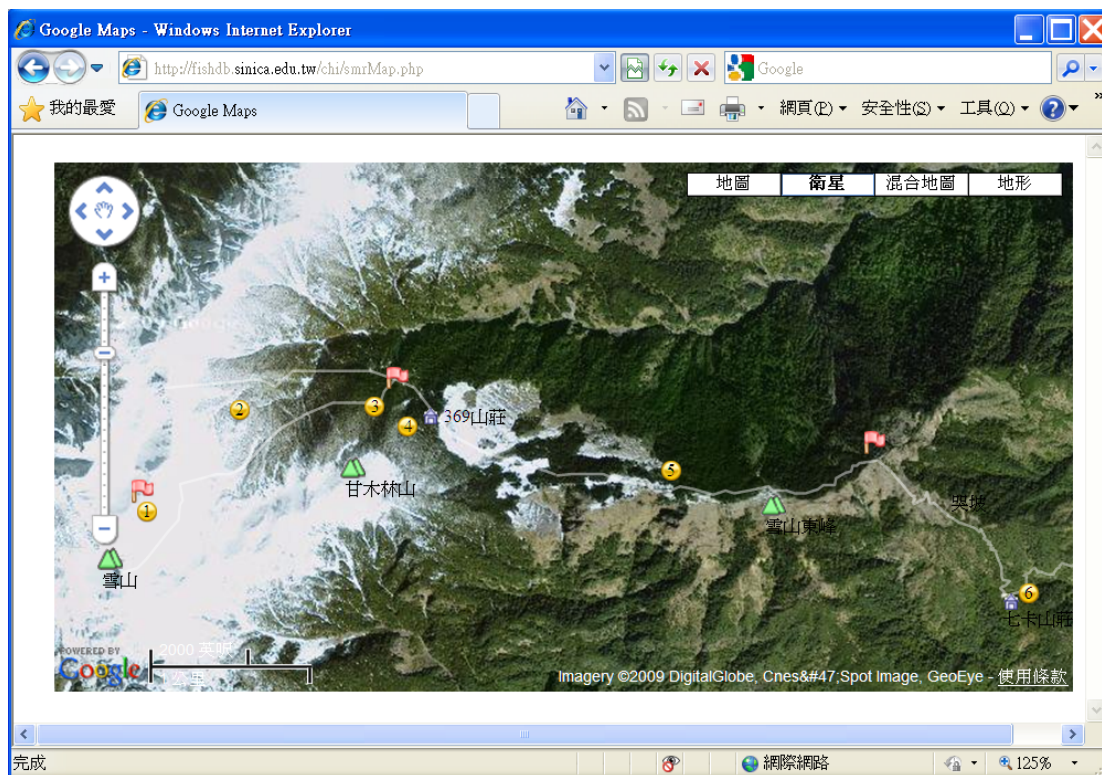


圖11-2. 雪山地圖圖資(含6個測站、三個氣象站及相關圖資)。  
(資料來源：本研究資料)

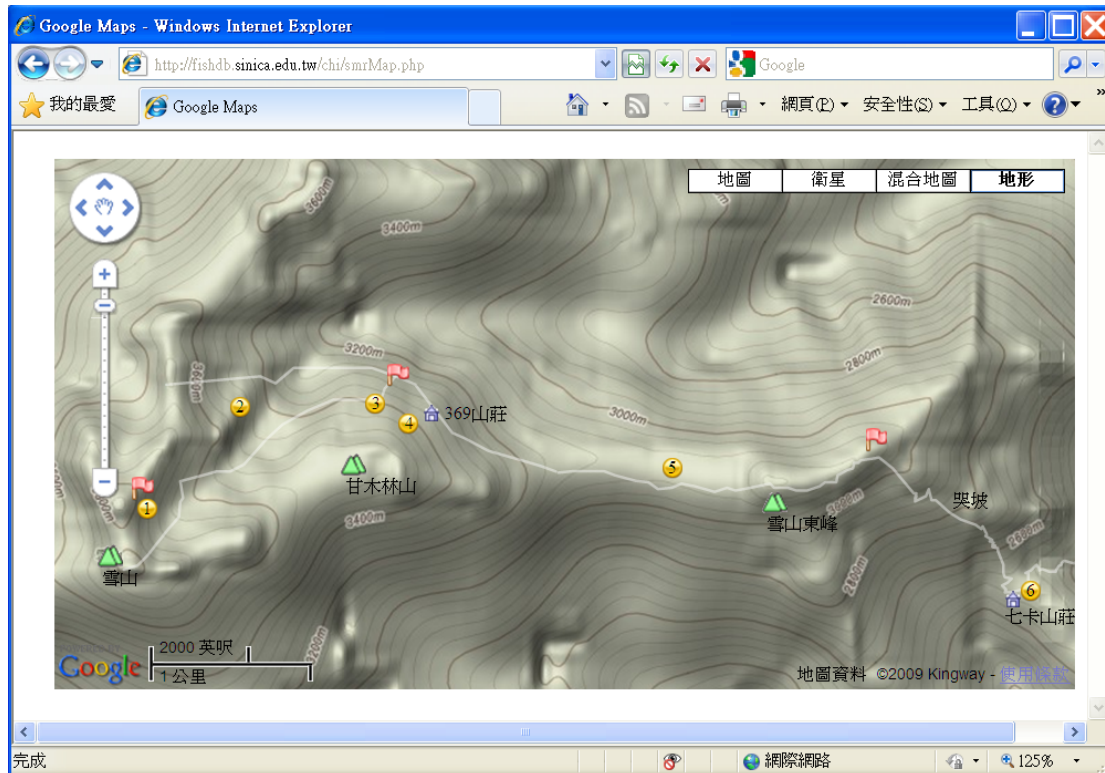


圖11-3. 雪山地形圖(含6個測站、三個氣象站及相關圖資)。  
(資料來源：本研究資料)



3. 本年度迄今收集鳥類資料2147筆、苔蘚植物資料105筆、維管束植物資料116筆、火燒樣區植物資料7433筆、氣象資料60890筆(每筆含25個測項)，累計收集植物、昆蟲、鳥類等物種調查資料共28272筆(涵蓋2界9門13綱86目466科748種生物物種)，氣候土壤等環境資料共97348筆(涵蓋43個測項)。如附圖11-5~11-10。

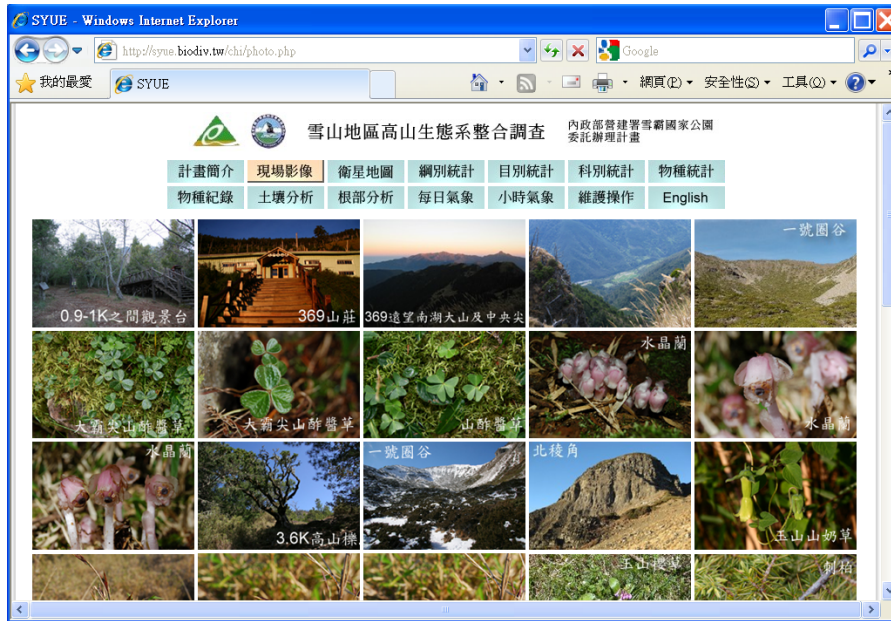


圖11-4. 現場影像(調查現場照片)。  
(資料來源：本研究資料)

界	門名	門中文名	綱名	綱中文名	目名	目中文名	筆數
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Lamiales	唇形目	10
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Primulales	報春花目	3
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ericales	杜鵑花目	70
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ebenales	柿樹目	3
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Myrtales	桃金娘目	10
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Campanulales	桔梗目	11
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Salicales	楊柳目	1
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Santalales	檀香目	2
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Fagales	殼斗目	2
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ranunculales	毛茛目	13
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Scrophulariales	玄參目	9
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Capparales	白花菜目	2
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Caryophyllales	石竹目	10
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Apiales	繖形目	106
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Dipsacales	繡斷目	13
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Papaverales	罌粟目	4
植物界	Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Rubiales	茜草目	5

圖11-5. 調查生物目別統計。  
(資料來源：本研究資料)

內政部營建署雪霸國家公園  
委託辦理計畫

計畫簡介 現場影像 衛星地圖 綱別統計 目別統計 科別統計 物種統計  
物種紀錄 土壤分析 根部分析 每日氣象 小時氣象 維護操作 English

全部網站共調查 305 科生物 請輸入關鍵字 搜尋

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 共16頁 每頁 20 筆

門名	門	綱名	綱	目名	目	科名	科	筆數
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Lamiales	唇形目	Labiatae	唇形科	9
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Lamiales	唇形目	Boraginaceae	紫草科	1
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Primulales	報春花目	Primulaceae	報春花科	3
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	61
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ericales	杜鵑花目	Pyrolaceae	鹿蹄草科	9
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ebenales	柿樹目	Symplocaceae	灰木科	3
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Myrtales	桃金娘目	Onagraceae	柳葉菜科	10
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Campanulales	桔梗目	Campanulaceae	桔梗科	11
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Salicales	楊柳目	Salicaceae	楊柳科	1
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Santalales	檀香目	Loranthaceae	桑寄生科	2
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Fagales	殼斗目	Fagaceae	殼斗科	2
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ranunculales	毛茛目	Berberidaceae	小檗科	6
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Ranunculales	毛茛目	Ranunculaceae	毛茛科	7
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Scrophulariales	玄參目	Scrophulariaceae	玄參科	9
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Capparales	白花菜目	Cruciferae	十字花科	2
Magnoliophyta	木蘭植物門	Magnoliopsida	木蘭綱	Caryophyllales	石竹目	Caryophyllaceae	石竹科	8

圖11-6. 調查生物科別統計。  
(資料來源：本研究資料)

內政部營建署雪霸國家公園  
委託辦理計畫

計畫簡介 現場影像 衛星地圖 綱別統計 目別統計 科別統計 物種統計  
物種紀錄 土壤分析 根部分析 每日氣象 小時氣象 維護操作 English

全部網站共調查 470 種生物 請輸入關鍵字 搜尋

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 共24頁 每頁 20 筆 顯示: 門名 門中 綱名 綱中

目名	目	科名	科	學名	中文	筆數
Lamiales	唇形目	Labiatae	唇形科	<i>Clinopodium chinense</i>	風輪菜	1
Lamiales	唇形目	Labiatae	唇形科	<i>Origanum vulgare</i>	野薄荷	2
Lamiales	唇形目	Labiatae	唇形科	<i>Salvia arisanensis</i>	阿里山紫花鼠尾草	3
Lamiales	唇形目	Labiatae	唇形科	<i>Salvia hayataana</i>	早田氏鼠尾草	3
Lamiales	唇形目	Boraginaceae	紫草科	<i>Cynoglossum furcatum</i>	琉璃草	1
Primulales	報春花目	Primulaceae	報春花科	<i>Primula miyabeana</i>	玉山櫻草	3
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Gaultheria cumingiana</i>	白珠樹	1
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Gaultheria itoana</i>	高山白珠樹	36
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Lyonia ovalifolia lanceolata</i>	銳葉南燭	2
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Lyonia ovalifolia ovalifolia</i>	南燭	1
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Pieris taiwanensis</i>	台灣馬醉木	1
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Rhododendron noriakanum</i>	細葉杜鵑	2
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	玉山杜鵑	11
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Rhododendron rubropilosum rubropilosum</i>	紅毛杜鵑	1
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Rhododendron rubropilosum taiwanalpinum</i>	台灣高山杜鵑	4
Ericales	杜鵑花目	Ericaceae	杜鵑花科	<i>Vaccinium bracteatum</i>	米飯花	1

圖11-7. 調查生物物種統計。  
(資料來源：本研究資料)

雪山地區高山生態系長期監測與研究

雪山地區高山生態系整合調查 內政部營建署雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介 現場影像 衛星地圖 網別統計 目別統計 科別統計 物種統計  
 物種紀錄 土壤分析 根部分分析 每日氣象 小時氣象 維護操作 English

生物物種調查紀錄 測站 開頭 搜尋 共 7585 筆

測站	科名	學名	調查日	地點	緯度	經度	調查者	調查方法	鑑定者	內容
1	Family	Gen. sp(Diptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Diptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Diptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Coleoptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Lepidoptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Staphylinidae	Gen. sp(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Dermoptera-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖益盈	?
1	Staphylinidae	Gen. sp(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Staphylinidae	Gen. sp(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Staphylinidae	Gen. sp(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Acari-Family)	2009-04-06 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖益盈	?
1	Phlaeothripidae	Gen. sp(Thysanoptera-Phlaeothripidae)	2009-02-04 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖益盈	?
1	Family	Gen. sp(Araneae-Family)	2009-02-04 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖益盈	?
1	Entomobryidae	Gen. sp(Collembola-Entomobryidae)	2009-02-04 0	圈谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖益盈	?

圖11-8. 全部調查物種紀錄。  
(資料來源：本研究資料)

雪山地區高山生態系整合調查 內政部營建署雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介 現場影像 衛星地圖 網別統計 目別統計 科別統計 物種統計  
 物種紀錄 土壤分析 根部分分析 每日氣象 小時氣象 維護操作 English

土壤分析調查紀錄 測站 大於 搜尋 共 30 筆 標位說明 單位

測站	深度	日期	枝葉量	含石率	含根量	容積	pH(H2O)	pH(KCl)	全氮量	有效磷	有機碳	CEC	Na+	Ca2+	Mg2+	
301	20~40	2009-07-04	0.63	21.25	0.03	1.24	4.78	3.81	0.23	4.77	6.35	12.62	0.009	0.01	0.013	
301	10~20	2009-07-04	0.63	18.46	0.01	1.14	4.83	3.75	0.27	3.42	3.93	14.48	0.005	0.007	0.016	
301	0~10	2009-07-04	0.63	20.77	0.21	0.87	4.62	3.38	0.43	6.3	7.06	20.83		0.043	0.036	
302	20~40	2009-08-27	0.38	13.61	0.06	1.18	4.53	3.61	0.08	1.72	2.1	8.6	0.009	0.014	0.01	
302	10~20	2009-08-27	0.38	14.4	0.04	1.07	4.44	3.54	0.09	1.55	2.93	10.98	0.022	0.024	0.015	
302	0~10	2009-08-27	0.38	18.7	0.2	0.72	4.24	3.36	0.25	3.66	4.29	11.59	0.02	0.044	0.027	
303	0~10	2009-07-04	0.89	11.14	1.46	0.82	3.99	2.76	0.4	1.32	7.54	33.27		0.145	0.049	
303	10~20	2009-07-04	0.89	4.93	0.17	0.92	4.26	2.94	0.3	1.35	4.78	27.04		0.085	0.028	
303	20~40	2009-07-04	0.89	8.2	0.04	0.79	4.61	3.19	0.29	0.53	4.98	32.92		0.071	0.023	
304	0~10	2009-08-27	0.18	1.03	0.28	0.7	3.83	2.71	0.94	21.22	18.33	41.69	0.021	0.538	0.137	
304	10~20	2009-08-27	0.18	2.31	0.18	0.77	3.75	2.7	0.57	5.51	8.34	31.79	0.027	0.148	0.062	
304	20~40	2009-08-27	0.18	1.91	0.19	0.87	4.09	3.06	0.33	1.47	6.78	29.34	0.021	0.038	0.025	
305	0~10	2009-07-04	1.83	3.34	0.82	0.4	4.51	3.26	0.98	144.57	19.2	57.95	0.029	0.683	0.139	
305	10~20	2009-07-04	1.83	18.14	0.16	0.77	4.3	3.01	0.3	18.86	7.43	26.63	0.026	0.226	0.039	
305	20~40	2009-07-04	1.83	3.78	0.09	0.72	4.21	3.04	0.12	10.5	18.86	8.1	26.54	0.025	0.143	0.032
306	20~40	2009-08-26	0.14	4.42	0.04	0.8	4.4	3.09	0.17	0.18	2.78	19.38	0.028	0.064	0.018	
306	10~20	2009-08-26	0.14	5.49	0.03	0.81	4.37	3.17	0.34	1.87	5.19	24.34		0.067	0.03	
306	0~10	2009-08-26	0.14	6.92	0.36	0.54	4.37	3.22	0.48	5.87	8.45	30.13	0.006	0.186	0.06	
307	10~20	2009-06-17	0.94	0.65	24	0.76	3.85	2.79	0.53	2.59	10.44	40.87	0.021	0.012	0.039	
307	20~40	2009-06-17	0.94	0	0.19	0.76	4.11	2.94	0.31	1.19	6.02	32.3	0.004	0.004	0.02	

圖11-9. 土壤分析調查紀錄。  
(資料來源：本研究資料)



雪山地區高山生態系整合調查 內政部營建署雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介 現場影像 衛星地圖 網別統計 目別統計 科別統計 物種統計  
 物種紀錄 土壤分析 根部分析 每日氣象 小時氣象 維護操作 English

每日氣象監測紀錄 測站 大於 搜尋 共 696 筆

測站	日期	氣溫	濕度	降水	風速	最大風	最大時	風向	日射量	輻射	氣壓	草溫	地溫 5	地溫 10	地溫 20	地溫 30	地溫 50	土壤熱	含水 10	含水 20	含水 30	積雪
101	2009-09-24	8.1	67.6	0	2.85	6.9	6.22	166	11.43	22.79	666	11.1	12.3	12.4	12.3	11.7	11.4	-499.6	0.14	0.1	0.08	1!
101	2009-09-25	8.8	48.5	0	3.28	8.5	11.24	36	23.88	47.45	665.4	9.2	8.4	9	9.8	10.4	10.8	-982	0.14	0.1	0.08	1!
101	2009-09-26	9.4	41.4	0	3.24	9.4	23.24	212	25.09	49.86	665	11.6	8.8	9.1	9.5	9.9	10.4	-176.4	0.13	0.1	0.08	1!
101	2009-09-27	6.8	94.8	0	4.27	15.1	9.33	349	2.84	5.73	664.4	13	8.9	9.2	9.6	10	10.3	51.04	0.12	0.1	0.08	1!
101	2009-09-28	6.5	97	0	4.3	16.3	7.52	25	4.61	9.26	663.4	7.6	8.2	8.7	9.2	9.8	10.3	-825	0.26	0.2	0.17	1!
101	2009-09-29	7.7	98.8	0	3.65	12.7	4.40	356	4.92	9.86	663.3	7.4	8.2	8.4	8.7	9.1	9.8	-343.6	0.32	0.26	0.22	1!
101	2009-09-30	8.5	98.1	0	2.33	9.1	22.56	283	5.96	11.92	665.2	8.7	9.1	9	9	8.9	9.4	293	0.33	0.27	0.24	1!
101	2009-10-01	9.2	88.2	0	3.47	12.5	5.16	238	13.39	26.68	665.9	9.8	10.1	9.9	9.7	9.6	9.4	503.6	0.3	0.25	0.21	1!
101	2009-10-02	8.9	89.8	0	2.58	10.9	0.8	205	11.62	23.14	664.9	11.1	10.8	10.6	10.4	10.1	9.8	178.1	0.29	0.24	0.2	1!
101	2009-10-03	9.7	71.1	0	3.26	10.4	21.4	3	16.46	32.75	664	11.1	10.2	10.2	10.2	10.1	-11.24	0.3	0.24	0.2	1!	
101	2009-10-04	9	93.7	0	3.63	12.2	1.40	331	9.37	18.69	663.7	11.1	9.9	9.9	10	10.1	10.1	-5.03	0.3	0.24	0.21	1!
101	2009-10-05	7.9	98.9	0	5.65	15	4.18	22	1.39	2.86	661.7	10.4	10.7	10.6	10.5	10.3	10.1	329.7	0.28	0.23	0.2	1!
101	2009-10-06	6.2	98.9	0	3.87	13.3	2.58	14	3.2	6.46	661.6	8.4	9	9.3	9.9	10.1	-574.3	0.34	0.28	0.23	1!	
101	2009-10-07	6.9	86	0	3.68	10.9	23.3	201	15.28	30.42	660.7	7.1	7.9	8.1	8.4	8.5	9	-381.8	0.34	0.28	0.24	1!
101	2009-10-08	7.9	57.2	0	4.35	11.2	2.53	207	15.3	30.45	661.1	9	8.5	8.5	8.6	8.6	8.9	-83.7	0.31	0.25	0.21	1!
101	2009-10-09	8.2	87.6	0	3.43	10.5	1.41	207	9.89	19.72	662.1	8.3	7.7	8	8.4	8.6	8.9	-697.6	0.29	0.24	0.2	1!
101	2009-10-10	7.9	97.4	0	2.68	8.7	2.48	200	3.31	6.69	664.5	9	8.6	8.4	8.4	8.5	8.8	839	0.28	0.23	0.19	1!
101	2009-10-11	7.6	99	0	2.69	9	11.26	38	5.83	11.68	666.5	8.8	9.3	9.3	9.3	9.2	8.9	3.283	0.28	0.23	0.19	1!
101	2009-10-12	7.2	96.1	0	2.64	7.4	11.56	342	6.87	13.73	666.9	9.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	103.2	0.31	0.25	0.21	1!

圖11-10. 每日氣象調查紀錄。  
(資料來源：本研究資料)

#### 四、討論與結論

1. 由於本計畫尚在初始階段，未來仍須針對各子計劃的特殊需求，適度修改資料格式，以克服資料匯入時可能遭遇的困難。
2. Google Map提供的雪山衛星影像，其解析度，是否足敷各子計劃的使用需求，尚待使用後進一步討論。

#### 五、研究成果與建議

##### (一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：

本計畫收集的原始生態調查資料，將以XML及資料庫兩種格式燒錄至光碟，提供委辦單位雪霸國家管理處永久保存，或整合入管理處的網頁上，此外，亦可與國家生物多樣性入口網 TaiBIF 整合，使用者也可以使

用TaiBIF網站提供的GIS系統，依地點查詢到本計畫各測站的物種，也可以由物種學名，依物種查詢該物種的分佈地點(保留敏感性保育類物種之分佈資料)。

## (二)中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：

後續的調查計畫，將持續增補資料，以發揮建置此網站及資料的目的，亦可提供解說教育及分區規劃、經營管理之用。目前國際上正在推行生物多樣性資訊全球唯一識別碼(LSID)，目前雖尚未被普遍接受，未來仍應注意其發展，必要時得適時跟上國際腳步。

## 六、參考文獻

- 邵廣昭、彭鏡毅、賴昆祺、林永昌、李瀚、陳欣瑜、楊杰倫(2006)台灣生物多樣性資料庫及資訊網之整合，兩岸生物科技智慧財產權及微生物資源保護研討會。台灣大學。
- 邵廣昭、賴昆祺、林永昌、柯智仁、陳麗西、李瀚、林欣樺 (2008) 數位典藏計畫中生物多樣性資料之整合，昆蟲與蝨蟎標本資源之管理與應用研討會專刊，國立自然科學博物館、台灣昆蟲學會 (5/9-10)，國立自然科學博物館。
- Shao, K. T., S. C. Huang, S. Chen, Y. C. Lin, K. C. Lai, Burke C. J. Ko, L. S. Chen and Alan J. Yang. (2008) Establishing a Taiwan Biodiversity Information Network and Its Integration with Germplasm Databanks. APEC-ATCWG Workshop, Risk Management systems on Genetic Resources.
- Shao, K.T. C.I. Peng, K.C. Lai, Y.C. Lin, H.W. Yen, H. Lee, A.J. Yang, H.H. Wu, S.Y. Chen (2006) Integration of Biodiversity Database in Taiwan and Linkage to Global Database.



## 附錄

### 雪山地區高山生態系長期監測與研究期末報告

一、時間：100年12月13日

二、地點：雪霸國家公園汶水遊客中心第二視聽室

三、主持人：鍾銘山副處長

四、主席人員：

中興大學呂金誠教授、中興大學歐辰雄教授、台灣大學林博雄教授、台大實驗林魏聰輝博士、中興大學林昭遠教授、中興大學顏江河副教授、中興大學曾彥學副教授、自然科學博物館王秋美博士、屏東科技大學孫元勳教授、東海大學林良恭教授、中興大學葉文斌副教授、中興大學曾喜育助理教授、環球科技大學蔡尚惠助理教授、特有生物研究保育中心楊嘉棟研究員兼主任秘書、中央研究院林永昌工程師、新竹林區管理處羅英元、陳海光、余建勳、中興大學王偉、賴國祥、邱郁瑄、林政侑、鄭旭涵、吳佳穎、李蕙宜、李苑瑋、東海大學陳逸文、環球科技大學陳嘉維、魏浩庭、林誕資、蘇培凱、林志明、中市和平區公所陳海光、九芎國小吳麗肩、虎尾國中林燕枝、台大醫院蔡欣潔、南投林管處陳彩鸞、特有生物研究保育中心鄭錫奇組長、張簡林玫、姚奎宇、雪霸國家公園管理處鍾銘山副處長、鄭瑞昌秘書、徐志彥課長、張美瓊課長、廖林彥主任、于淑芬課長、楊國華技正、傅國銘技士、陳家鴻技士、汪惠琪課員、梁秀芸技士、宋宜玲解說員、俞錚皞解說員、張凱璫解說員、蕭明堂技士、潘振彰技士、廖美琇

五、會議紀錄

記錄：潘振彰

「規劃、聯繫、資料整合」、「高山微氣象與熱量收支研究」、「集水區環境資料之建置及應用研究」

潘振彰技士

許多研究指出，融雪之後的低溫現象會使植物花芽凍傷，因此請教所設置的氣象站除了積雪事件外，是否也可以記錄有關在霜凍之資料。

鍾銘山副處長

氣象站的設置的維護是否容易，另氣象站之資料已累積3年之變化，是否可以看出長期之變化，並與合歡山及玉山之氣象站資料結合並求出異

同。

于淑芬課長

因為氣候變遷可降雨量會變少，是否可以結合氣象資料探討泥沙量，而在2008-2011年之資料中，是否有月份之差異？因其涉及登山遊客之數量，並請說明雪山步道之修復是否有可行之應用方法。

林博雄老師回應

1. 可以從地溫，草溫低於攝氏0度等事件可以推算，在2,000公尺的梅峰均有相關的議題，未來可以再深入探討，而降雪對生態的影響更加深遠，並可以結合林昭遠老師的衛星資料推算大面積生育地之降雪量，共同供其它學術之應用。
2. 圈谷及369山莊均有降雪深度之記錄，並可以結合全臺高山的雪量共同研究。
3. 雷擊、強風、大雨等可能都會影響sensor的運作，高山氣象除了生態研究，其它之應用也很重要，例如具有遠距之資料傳輸功能，對於高山搜救，遊憩活動等經營管理上之應用會更加強其功能。

魏聰輝博士回應

降露（含降霜）可以從葉式感應器觀察，並從氣溫，相對濕度可以映證，在日本或加州之農作物有以電風扇防霜之作法，目前本研究尚未對此深入探討。

林昭遠老師回應

1. 泥沙量為年度之平均值，本研究是反應泥沙之輸出量，月份之差異較無意義。
2. 步道可以設計保水之窪地，並可以營造為野生動物重要之棲地。
3. 降雪及融雪之時間會影響集水區進水量及水溫之變化，是值得長期觀察的指標。

「植物物候調查」、「苔蘚植物相調查及長期監測研究」、「高山植群生態研究」、「主要林型菌根共生關係之研究」

于淑芬課長

1. 請教報告書中提及八岳星孔蘚、小鼠尾苔等，在日本是瀕危物種，但在

台灣之分布如何？

2. 苔蘚是環境指標，在雪山地區哪種可作為指標物種。其指標之出現是何種原因影響。
3. 開花物候在報告書中表列是以月份表示，但在整合報告中，以四季作為時間劃分，那麼依物候之情況，是否可與溫度、鳥類、昆蟲相比較其在生長季之探討。
4. 菌根菌出現時間短暫，且其中有16種為未記錄種，請問老師這些物種的再現性如何？是否在同地點會再次出現

孫元勳老師

因物候調查時間只到八月，結實期是否在九月也有高峰期？

鍾銘山副處長

1. 氣候變遷的情形和本研究如物候上的表現是否有明顯的關連，並請在報告書中詳述之。
2. 高山植群生態系研究成果有提到，小面積的火燒不需復育，但林務單位在火燒後常馬上造林，假如棲地復育的角度來看，是否可提供加速完成之作法。

曾彥學老師回應

1. 物候應可以結合雨量、溫度、野生動物等資料再綜合分析。
2. 因在雪山植物開花物候自五、六月份從低海拔開始，其開花趨勢至較高海拔處約在八月已到達最高峰，因此九月之結果情況至多為持平，並不是高峰期。
3. 本年度的花期較往年晚，以2011年整年來看，除溫度因素外，第一道峰面來得較晚，颱風也較少，可能也是影響因素。

楊嘉棟研究員回應

1. 日本的苔蘚研究已相當深入，在台灣，因小鼠尾苔分布點均在人類到達較困難的地方，因此受人為影響較少。
2. 指標植物除生態因子特別外，容易觀察也是主要考量之因素，報告書內所列有圖片之種類即為建議之指標種。
3. 光線與水分是影響苔蘚之因子，因此其限制條件如有改變時，對於其生活型的不同應可以影響其數量。

曾喜育老師回應

在台灣，火燒大多收是人為造成的，復育當然可由人力完成，但現今苗圃育苗上少有完全符合現地環境之樹種，另外如武陵徵收農地中，可能是土壤菌根的缺乏，因此也需要進行土壤改良才能完成。

顏江河老師

1. 菌根菌要累積一定的養份後，且通常在夏季才會出現。
2. 菌根菌的重現性應該是蠻一致的，因其有共生之植物，所以每年出現之季節是一樣的。

**「鳥類群聚與生態研究」、「哺乳類動物及其棲地調查」、高山兩生類及爬蟲類族群生態及分布」**

鍾銘山副處長

1. 請老師提供較多野生動物照片供本處解說教育之用。
2. 經營管理應採行符合自然的法則。
3. 嘴喙的問題可能為鳥類吃廚餘之殘餘物，今年的研究是否確實如此？

于淑芬課長

1. 姬管鼻蝠是否只在高海拔出現，或另有其它物種也會在高海拔出現。
2. 高山兩生類及爬蟲類部分比較2002年呂光洋老師的研究，部份物種在此次調查並無出現，是否原本在這個區域就是少見種。

特生中心鄭錫奇組長

1. 酒紅朱雀以死亡率來表示，是否應以居留率表示之較妥當？
2. 報告書中表示廚餘與天然食物之關係剛好互補，如人工食物少且天然食物也少時，在經營管理上是否有因應措施？
3. 嚙齒類在調查中的死亡率高不高？是否會影響其數量之計算？
4. 超音波的方法是否可以幫助捕捉蝙蝠，增加物種調查數量。
5. 麗紋石龍子在近期的調查中均有向高海拔的資料，是否為以往調查不足所致？

孫元勳老師回應

1. 鳥類吃廚餘的情況雖不是刻意發生的，但也是人工餵食的一種情況，若未來天氣變冷且無人餵食，鳥類應該也會找到自己的出路，且酒紅朱雀

是常見種，不會有滅絕的危險。

2. 成活率的調查上，經由軟體的計算上可以算出再現率與存活率，因此本研究所推測之結果是合理的，但仍要再持續觀察。
3. 目前所繫放之酒紅朱雀中原嘴喙之殘留物在雨季後有脫落之現象，應可以合理推測為廚餘殘餘，但其對鳥類的生理與生態之影響仍待再深入研究。

林良恭老師回應

1. 目前僅在七卡和黑森林有架設豎琴網捕捉蝙蝠，檢測原因受溫度限制，所以種類較少，在黑森林調查中3年來只捕捉1隻，姬管鼻蝠從外形上毛質變化上雖較可以避寒，但高寒地應非主要的棲地。
2. 多樣性指數在369山莊附近是最低者，所以森鼠數量雖然多，但多樣性卻是最低。
3. 嚙齒類調查上死亡率不高，應不致影響研究之結果。
4. 因高山環境晚上調查工作較危險，且本調查並非僅以蝙蝠為主要之調查對象，超音波的調查實際操作上較困難。

吳聲海老師回應

1. 盤古蟾蜍有發現在2,500公尺以上，麗紋石龍子有向高海拔分布的趨勢，雪山位在北部的的高海拔地區，該環境對爬蟲類來講應是較不適合的。
2. 麗紋石龍子分布確有升高的趨勢，因牠是白天活動且容易被發現的物種，在過去之調查應該不會被忽略。

「高山昆蟲多樣性」、「資料庫整合」

鍾銘山副處長

1. 現今的研究除了跨海拔外，跨領域也是蠻重要的。但涉及經費及不同機關的事宜，應先在內部先進行整合研究，後續再進行更多領域之結合。
2. 氣象是主要的變化因子，因此建議各子計畫可以多結合氣象因子探討。

蕭明堂技士

擴大園區的區域為思源埡口，是否可以增加與南湖山區的比較，來探討該區域為是否具有生態廊道之條件。

于淑芬課長

1. 高山昆蟲的分蟲工作量很大大家可以諒解，但建議8月份之後的資料是否可加入在報告書中。
2. 在火燒跡地的分析中，請從2009-2011年的變化中將種類及數量進行時間序列的差異分析。另在干擾後，要多少時間才能恢復到原先的狀態，亦請一併說明。
3. 報告書中有提及要長期規律性的調查，是否可以分析物種大發生的因素。

#### 林博雄老師

1. 在2009-2011年的氣溫中，第1年冬季較不冷，第2年較冷，有明顯不同的冬季及春季的模式，是難得可以作為比較的機會。
2. 跨領域的研究中有提及玉山及南湖大山，是否能有資料共享的平台可以提供。

#### 葉文斌老師回應

1. 8月份的資料相當龐大，在本報告中可能無法及時提供，但會在未來的研究中會持續分析。
2. 在火燒跡地可以加入持續分析在不同季節的種類及數量。
3. 大發生的標準有界定，但本年度的研究主要是著重在某一科是否有顯著發生，其原因卻較難以界定，例如雲杉毬蚜約4年大發生一次，螞蟻也是有類似的跡象，但或許可以再配合氣象或植物再來分析。

#### 呂金誠老師回應

1. 科學可以在現象出現後再來探討，但因台灣的資料累積值尚不足，無法與國外長期的調查資料相較，所以在資訊不足的情況下很難在短期內看出真正的趨勢。
2. 生態廊道是物種、基因交流的地方，但現有計畫的資源不足，較難以擴及計畫外之區域。

#### 六、決議：

- (一)請各受託單位依與會人員之建議，修正報告書內容。
- (二)本次期末簡報審查原則通過，並依合約規定辦理付款。
- (三)本期末報告參加人員可登錄公務人員終身學習時數6小時。

#### 七、散會