

# 雪山地區高山生態系整合研究

## 雪霸國家公園委託研究報告

中華民國 99 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)

PG9901-0030

09301020500G1001

## 雪山地區高山生態系整合研究

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、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

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

東海大學生命科學系

環球科技大學環境資源管理系

## 雪霸國家公園委託研究報告

中華民國 99 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.....	VIII
圖次.....	XI
附錄.....	XVIII

整合型計畫項目.....	1
一、研究緣起.....	2
二、研究方法與過程.....	2
(一)高山微氣象與熱量收支之研究.....	2
(二)集水區環境資料之建置與應用研究.....	3
(三)高山地區土壤性質與共生菌根調查研究.....	3
(四)維管束植物植相研究.....	3
(五)苔蘚植物相調查研究.....	3
(六)昆蟲多樣性及功能群研究.....	4
(七)鳥類群聚與生態研究.....	4
(八)哺乳類.....	4
(九)高山生態系火燒與植群動態研究.....	5
(十)建置雪山生態系資料庫.....	5
三、成果.....	5
四、主要建議事項.....	10
(一)立即可行建議.....	10
(二)長期建議事項.....	12
英文摘要.....	14
整合分析討論-三六九山莊草生地火後之生物群落恢復情形.....	15

## 第一章 高山微氣象與熱量收支研究

中文摘要.....	1-1
英文摘要.....	1-4
一、研究緣起與背景.....	1-5
二、研究設計.....	1-6
(一)氣象站觀測項目.....	1-6
(二)研究方法.....	1-8
(三)降水量的時空分布.....	1-10
(四)缺漏資料補遺.....	1-10
三、結果.....	1-10
(一)各站觀測資料與缺漏資料補遺.....	1-10
(二)雪山高山生態系微氣象.....	1-15

(三)高山積雪.....	1-27
(四)熱量收支.....	1-29
四、討論.....	1-34
(一)雪山高山生態系微氣象.....	1-34
(二)高山積雪.....	1-39
(三)熱量收支.....	1-40
五、結論與建議.....	1-42
六、參考文獻.....	1-44

## 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.....	2-4
二、研究設計.....	2-4
(一)研究地點.....	2-5
(二)研究項目與方法.....	2-6
三、結果.....	2-29
(一)集水區空間資訊探討.....	2-29
(二)陸源物質遞移指標分析.....	2-31
(三)生態指標評估.....	2-36
(四)濕潤指標分析.....	2-37
(五)窪蓄區位萃取.....	2-39
(六)保水指標分析.....	2-41
(七)植生指標分析.....	2-42
(八)管理區位優選.....	2-43
(九)系統開發.....	2-43
四、討論.....	2-42
(一)集水區空間資訊探討.....	2-44
(二)陸源物質遞移指標分析.....	2-44
(三)生態指標評估.....	2-45
(四)濕潤指標分析.....	2-45
(五)窪蓄區位萃取.....	2-45
(六)保水指標分析.....	2-46
(七)植生指標分析.....	2-46
(八)管理區位優選.....	2-46
(九)系統開發.....	2-46
五、結論與建議.....	2-47
(一)結論.....	2-47

(二)建議.....	2-47
六、參考文獻.....	2-48

### 第三章 高山地區土壤性質與共生菌根調查研究

中文摘要.....	3-1
英文摘要.....	3-4
一、研究緣起與背景.....	3-7
二、研究設計.....	3-9
(一)研究地點.....	3-9
(二)分析方法.....	3-9
(三)菌根菌調查與菌種分離.....	3-10
三、結果.....	3-13
(一)土壤分析.....	3-13
(二)菌根菌調查.....	3-19
四、討論.....	3-24
五、結論與建議.....	3-26
(一)結論.....	3-26
(二)建議.....	3-26
六、參考文獻.....	3-28

### 第四章 維管束植物調查及植相研究

中文摘要.....	4-1
英文摘要.....	4-3
一、前言.....	4-4
(一)研究緣起與背景.....	4-4
(二)前人研究.....	4-5
二、材料與方法.....	4-13
(一)研究區概況.....	4-13
(二)樣線及樣區設置.....	4-13
(三)維管束植物名錄之建置.....	4-14
(四)資料處理與分析—維管束植物區系分析.....	4-14
三、結果.....	4-16
(一)科層級的分析.....	4-16
(二)屬層級的分析.....	4-20
(三)特有性分析.....	4-25
四、討論.....	4-28
(一)科層級的分析.....	4-28

(二)屬層級的分析.....	4-29
(三)特有性分析.....	4-30
五、結論與建議.....	4-32
(一)結論.....	4-32
(二)建議.....	4-32
六、參考文獻.....	4-34

## 第五章 苔蘚植物相調查研究

中文摘要.....	5-1
英文摘要.....	5-3
一、前言.....	5-4
(一)研究緣起.....	5-4
(二)計畫目標.....	5-4
(三)研究範圍.....	5-4
(四)文獻回顧.....	5-4
二、材料與方法.....	5-7
(一)標本採集.....	5-7
(二)標本鑑定.....	5-7
(三)樣區設置.....	5-7
(四)樣區地點介紹.....	5-7
三、結果.....	5-10
(一)標本採集.....	5-10
(二)生活型.....	5-10
(三)代表性苔蘚選介.....	5-13
四、討論.....	5-21
(一)生活型.....	5-21
(二)物種鑑定.....	5-21
五、結論與建議.....	5-22
(一)結論.....	5-22
(二)建議.....	5-22
六、參考文獻.....	5-24

## 第六章 高山昆蟲多樣性及功能群研究

中文摘要.....	6-1
英文摘要.....	6-4
一、前言.....	6-5
(一)研究緣起.....	6-5

(二)研究目的.....	6-5
(三)研究內容.....	6-5
(四)文獻回顧.....	6-7
二、材料與方法.....	6-8
(一)採集及調查方法.....	6-8
(二)樣本處理保存及管理.....	6-8
(三)樣本處理及鑑定流程.....	6-8
(四)分析方法.....	6-9
三、結果.....	6-10
(一)雪山高海拔地區掃網之昆蟲組成.....	6-10
(二)雪山高海拔地區枯枝落葉之昆蟲組成.....	6-29
(三)各樣區植物上昆蟲食物鍊相(科級):科的數量 vs.形態種的數量.....	6-42
(四)各樣區各科優勢昆蟲特性.....	6-44
(五)雪山高海拔地區昆蟲組成分佈特性.....	6-45
(六)昆蟲體長的生物量轉換生物量.....	6-46
四、討論.....	6-49
(一)各樣區之間昆蟲數量及昆蟲組成變異.....	6-49
(二)同海拔樣區內不同植物上之昆蟲組成.....	6-49
(三)不同樣區間同植物特性的昆蟲組成.....	6-50
(四)火燒地昆蟲組成.....	6-51
(五)各樣區昆蟲食物鍊之變化.....	6-51
五、結論與建議.....	6-52
(一)結論.....	6-52
(二)建議.....	6-53
六、參考文獻.....	6-54

## 第七章 鳥類群聚與生態研究

中文摘要.....	7-1
英文摘要.....	7-3
一、前言.....	7-4
二、材料與方法.....	7-6
(一)各生態系定點調查.....	7-6
(二)鳥類繫放.....	7-7
(三)食性觀察.....	7-8
(四)海拔分布研究.....	7-8
三、結果.....	7-10
(一)鳥相結構.....	7-10
(二)繁殖習性.....	7-20

(三)繫放研究.....	7-21
(四)食性研究.....	7-25
(五)海拔分布研究.....	7-26
四、討論.....	7-29
(一)鳥相結構.....	7-29
(二)繁殖調查.....	7-30
(三)繫放研究.....	7-30
(四)食性研究.....	7-31
(五)海拔分布研究.....	7-32
五、結論與建議.....	7-35
(一)研究成果.....	7-35
(二)建議.....	7-35
六、參考文獻.....	7-37

## 第八章 哺乳類

中文摘要.....	8-1
英文摘要.....	8-3
一、研究緣起與背景.....	8-4
二、研究設計.....	8-5
(一)研究地點.....	8-5
(二)研究方法.....	8-7
三、結果.....	8-10
(一)小型哺乳類採集結果.....	8-10
(二)中大型哺乳類自動相機結.....	8-13
(三)蝙蝠捕捉調查結果.....	8-21
四、結論與建議事項.....	8-22
(一)結論.....	8-22
(二)建議事項.....	8-23
五、參考文獻.....	8-25

## 第九章 高山生態系火燒與植群動態研究

中文摘要.....	9-1
英文摘要.....	9-4
一、前言.....	9-5
(一)研究緣起與背景.....	9-5
(二)前人研究.....	9-5
二、材料與方法.....	9-8



(一)三六九山莊草生地火燒樣區複查與調查.....	9-8
(二)不同火燒時期之高山灌叢草生地調查.....	9-10
(三)環境因子調查.....	9-10
(四)資料分析.....	9-10
四、結果與討論.....	9-12
(一)火後植物種類清單.....	9-12
(二)火後植物種類變化.....	9-16
(三)三六九山莊草生地短期火後植物種類多樣性變化.....	9-21
(四)三六九山莊草生地短期火後植物覆蓋度與優勢度變化.....	9-23
(五)火後木本植物萌蘖性.....	9-29
(六)火後演替趨勢變化.....	9-30
(七)雪山各時期草生地物種與植物社會變化.....	9-33
五、研究成果與建議.....	9-37
(一)研究成果.....	9-37
(二)建議.....	9-38
六、參考文獻.....	9-40

## 第十章 生態資料庫建構

中文摘要.....	10-1
英文摘要.....	10-3
一、研究緣起與背景.....	10-4
二、材料及方法.....	10-5
三、結果.....	10-6
四、討論與結論.....	10-11
五、研究成果與建議.....	10-11
六、參考文獻.....	10-12

## 表次

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.....	1-7
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.....	1-8
表1-3	圈谷氣象站 (SP1) 氣象參數逐月統計表.....	1-11
表1-4	黑森林氣象站 (SP2) 氣象參數逐月統計表.....	1-12
表1-5	三六九氣象站 (SP3) 氣象參數逐月統計表.....	1-13
表1-6	哭坡頂氣象站 (SP4) 氣象參數逐月統計表.....	1-14
表1-7	圈谷氣象站降雪事件相關參數統計表.....	1-28
表1-8	圈谷氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-29
表1-9	黑森林氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-30
表1-10	三六九氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-30
表1-11	哭坡頂氣象站熱量收支逐月統計值.....	1-31
表2-1	基本圖資.....	2-7
表2-2	工作項目分析表.....	2-7
表2-3	Rf值之汙染潛勢劃分等級.....	2-11
表2-4	AF值之汙染潛勢劃分等級.....	2-12
表2-5	AGNPS模式演算法.....	2-17
表2-6	各類截蓄保水設計保水量計算及參數說明.....	2-22
表2-7	非都市土地建蔽率及容積率一覽表.....	2-24
表2-8	統一土壤分類與土壤滲透係數 $k$ 值對照表.....	2-24
表2-9	土壤滲透係數 $k$ 值簡易對照表.....	2-24
表2-10	研究範圍空間資訊指標.....	2-31
表2-11	各集水分區農地與緩衝帶所佔面積.....	2-33
表2-12	桃山雨量站年最大日雨量.....	2-35
表2-13	桃山雨量站各分析頻率年之日雨量 (mm).....	2-35
表2-14	無名溪集水區模擬結果.....	2-36
表2-15	土地利用類別與生態指標關係.....	2-38
表2-16	氣象站站況一覽表.....	2-39
表2-17	坡面型潛在窪蓄區位依上游集水區面積排列.....	2-42
表2-18	富野渡假村開發區位所需截蓄保水量.....	2-42
表3-1	雪山主峰線各採樣點不同土深之土壤容積、土壤含石率及含根量.....	3-13
表3-2	雪山主峰線各採樣點枯落物層含量(kg/m <sup>2</sup> ).....	3-19
表3-3	菌種頻度調查.....	3-23

表4-1	中國種子植物科的分佈區類型及其變型表.....	4-9
表4-2	中國種子植物屬的分佈區類型及其變型表.....	4-10
表4-3	前人對臺灣植物地理關係之研究整理表.....	4-12
表4-4	雪山主峰沿線維管束植物種類統計表.....	4-16
表4-5	雪山主峰沿線種子植物科的分佈區類型及其變型表.....	4-20
表4-6	雪山主峰沿線種子植物屬的分佈區類型及其變型表.....	4-24
表4-7	雪山主峰沿線植物區系與臺灣鄰近地區之相似性指數.....	4-25
表4-8	雪山主峰沿線植物區系與鄰近大陸之相似性指數.....	4-25
表4-9	雪山主峰沿線維管束植物特有種統計表.....	4-25
表5-1	苔蘚主要生活型.....	5-6
表5-2	採集地點基本資料.....	5-7
表5-2	樣區主要苔蘚生活型及分佈.....	5-11
表6-1	高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲之形態種數與數量變化表....	6-11
表6-2	高海拔各樣區植物上枯枝落葉所得昆蟲之形態種數與數量變化表.....	6-30
表6-3	雪山地區高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈相組成.....	6-42
表6-4	高海拔昆蟲各目體長資料的生物量轉.....	6-47
表6-5	掃網昆蟲2009年生物量.....	6-47
表6-6	枯枝落葉昆蟲2009年生物量.....	6-48
表7-1	2010年1至11月新增紀錄鳥種.....	7-10
表7-2	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).	7-11
表7-3	冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-12
表7-4	箭竹-高山芒生態系(哭坡樣區)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)....	7-12
表7-5	箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)....	7-13
表7-6	推移帶生態系(Ecotone)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-13
表7-7	針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-14
表7-8	火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-15
表7-9	火燒跡地生態系2009、2010年相同月份之鳥種和密度比較(隻/ha).....	7-20
表7-10	2010年各月份火災地跡生態系繫放的鳥種與隻數及努力量.....	7-24
表7-11	2009、2010年相同月份火災地跡生態系繫放的鳥種與隻數及努力量.....	7-24
表7-12	本研究(2009-2010年)與歷次調查結果的各鳥種海拔上限(公尺)之比較.....	7-27

<b>表8-1</b>	小型哺乳動物各樣區捕捉資料(隻).....	8-11
<b>表8-2</b>	小型哺乳動物各樣區捕捉資料(100 Trap Night).....	8-11
<b>表8-3</b>	各月份各樣區紅外線自動相機工作時數(hr).....	8-14
<b>表8-4</b>	各月份紅外線自動相機照片資料(OI值).....	8-15
<b>表8-5</b>	山羌OI值one-way ANOVA (Duncan)分析結果.....	8-20
<b>表8-6</b>	蝙蝠個體資料.....	8-21
<b>表9-1</b>	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.....	9-14
<b>表9-2</b>	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.....	9-18
<b>表9-3</b>	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.....	9-20
<b>表9-4</b>	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.....	9-21
<b>表9-5</b>	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.....	9-24
<b>表9-6</b>	三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前5名物種.....	9-25
<b>表9-7</b>	三六九山莊2010年6月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種豐富度、多樣 性之相關分析.....	9-26
<b>表9-8</b>	雪山主峰沿線3,000 m以上草生地之玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種 豐富度、多樣性之相關分析.....	9-28
<b>表9-9</b>	三六九山莊草生地木本植物種類對火燒後反應特性.....	9-29
<b>表9-10</b>	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).....	9-30
<b>表9-11</b>	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).....	9-31
<b>表9-12</b>	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.....	9-32
<b>表9-13</b>	雪山3,000 m以上不同火燒時期之草生地物種出現對應分析前3軸 之特徵值與各軸變異性.....	9-34
<b>表9-14</b>	雪山3,000 m以上不同火燒時期之草生地樣區降趨對應分析前3軸 之特徵值與各軸變異性.....	9-36

## 圖次

圖0-1	雪山亞高山地區草生地2010年4月昆蟲群聚與植群之重疊分析.....	16
圖0-2	雪山亞高山地區草生地2010年6月昆蟲群聚與植群之重疊分析.....	17
圖0-3	雪山亞高山生態系草生地2010年4月鳥類群聚與植群之重疊分析..	18
圖0-4	雪山亞高山生態系草生地2010年6月鳥類群聚與植群之重疊分析..	19
圖0-5	雪山三六九山莊草生地火後不同時期昆蟲群聚與植群之重疊分析	20
圖0-6	雪山三六九山莊草生地火後不同時期鳥類群聚與植群之重疊分析	21
圖1-1	雪山地區高山生態系整合調查氣象站位置圖.....	1-7
圖1-2	雪山地區及玉山五處氣象站月累計日射量分布圖.....	1-15
圖1-3	雪山地區四處氣象站月平均氣溫分布圖.....	1-16
圖1-4	雪山地區四處氣象站月平均相對濕度分布圖.....	1-16
圖1-5	雪山地區四處氣象站月雨量分布圖.....	1-17
圖1-6	雪山地區四處氣象站平均風速分布圖.....	1-17
圖1-7	雪山地區四處氣象站最大風速分布圖.....	1-18
圖1-8	圈谷氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-18
圖1-9	黑森林氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-19
圖1-10	三六九氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-19
圖1-11	哭坡頂氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖.....	1-20
圖1-12	雪山高山生態系四處氣象站總平均風速日變化圖.....	1-20
圖1-13	雪山高山生態系四處氣象站最大風速總平均日變化圖.....	1-21
圖1-14	圈谷氣象站風花圖.....	1-21
圖1-15	圈谷氣象站風級頻率圖.....	1-22
圖1-16	黑森林氣象站風花圖.....	1-22
圖1-17	黑森林氣象站風級頻率圖.....	1-23
圖1-18	三六九氣象站風花圖.....	1-23
圖1-19	三六九氣象站風級頻率圖.....	1-24
圖1-20	哭坡頂氣象站風花圖.....	1-24
圖1-21	哭坡頂風級頻率.....	1-25
圖1-22	圈谷氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-25
圖1-23	黑森林氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-26
圖1-24	三六九氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-26
圖1-25	哭坡頂氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖.....	1-27
圖1-26	圈谷氣象站降(積)雪高度與降水量.....	1-27
圖1-27	圈谷氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-31
圖1-28	黑森林氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-32
圖1-29	三六九氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-32

<b>圖1-30</b>	哭坡頂氣象站熱量收支逐月變化圖.....	1-33
<b>圖1-31</b>	臺灣中部高山地區氣象站熱量收支比率圖.....	1-33
<b>圖1-32</b>	雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形.....	1-35
<b>圖2-1</b>	研究流程圖.....	2-5
<b>圖2-2</b>	研究範圍.....	2-6
<b>圖2-3</b>	河川級序1之集水分區.....	2-6
<b>圖2-4</b>	安全土深求算流程.....	2-13
<b>圖2-5</b>	目標物空間統計示意圖.....	2-14
<b>圖2-6</b>	地物對其它地物計算離散程度示意圖.....	2-15
<b>圖2-7</b>	各類截蓄保水設施圖例.....	2-23
<b>圖2-8</b>	研究範圍植物群落分佈圖(2001).....	2-30
<b>圖2-9</b>	研究範圍植物群落分佈圖(2008).....	2-31
<b>圖2-10</b>	億年橋集水區農地分布.....	2-32
<b>圖2-11</b>	集水區緩衝帶推估區位.....	2-32
<b>圖2-12</b>	農地未配置緩衝帶之區位分布.....	2-32
<b>圖2-13</b>	集水分區與坡面之農地面積(單位:公頃).....	2-33
<b>圖2-14</b>	集水分區與坡面未配置緩衝帶面積(單位:公頃).....	2-34
<b>圖2-15</b>	桃山雨量站與無名溪集水區位置圖.....	2-34
<b>圖2-16</b>	集水區鄰近氣象站分布.....	2-39
<b>圖2-17</b>	濕潤指數分布圖.....	2-40
<b>圖2-18</b>	窪蓄區位分布圖.....	2-41
<b>圖2-19</b>	億年橋集水區土地利用圖.....	2-41
<b>圖2-20</b>	富野渡假村開發區設施配置.....	2-42
<b>圖2-21</b>	億年橋集水區植生指標分析結果.....	2-43
<b>圖2-22</b>	集水區環境復育評估分析系統.....	2-44
<b>圖3-1</b>	雪山主峰線各採樣點土壤pH <sub>H2O</sub> 值.....	3-14
<b>圖3-2</b>	雪山主峰線各採樣點土壤pH <sub>KCl</sub> 值.....	3-14
<b>圖3-3</b>	雪山主峰線各採樣點土壤全氮量(%).....	3-15
<b>圖3-4</b>	雪山主峰線各採樣點土壤有效磷(ppm).....	3-15
<b>圖3-5</b>	雪山主峰線各採樣點土壤C.E.C. (m.e./100g).....	3-16
<b>圖3-6</b>	雪山主峰線各採樣點土壤置換性K (m.e./100g).....	3-16
<b>圖3-7</b>	雪山主峰線各採樣點土壤置換性Na (m.e./100g).....	3-17
<b>圖3-8</b>	雪山主峰線各採樣點土壤置換性Ca (m.e./100g).....	3-17
<b>圖3-9</b>	雪山主峰線各採樣點土壤置換性Mg (m.e./100g).....	3-18
<b>圖3-10</b>	雪山主峰各採樣點土壤置換性Al (m.e./100g).....	3-18
<b>圖3-11</b>	雪山主峰線各採樣點土壤有機碳(%).....	3-19

圖3-12 A.乳牛肝菌 ( <i>Suillus bovinus</i> ).....	3-20
圖3-12 B.牛肝菌屬 ( <i>Boletus spp.</i> ).....	3-20
圖3-12 C.虎皮乳牛肝菌 ( <i>Suillus pictus</i> ).....	3-20
圖3-12 D.煙色粉孢牛肝菌 ( <i>Tylopilus fumosipes</i> ).....	3-20
圖3-13 A.毒紅菇 ( <i>Russula emetica</i> ).....	3-21
圖3-13 B.白紋紅菇 ( <i>Russula alboareolata</i> ).....	3-21
圖3-13 C.紅汁乳菇 ( <i>Lactarius hatsudake</i> ).....	3-21
圖3-13 D.臭紅菇 ( <i>Russula foetens</i> ).....	3-21
圖3-14 A.櫟生鵝膏 ( <i>Amanita castanopsidis</i> ).....	3-21
圖3-14 B.鵝膏屬 ( <i>Amanita spp.</i> ).....	3-21
圖3-15 A.紫滑絲膜菌 ( <i>Cortinarius salor</i> ).....	3-21
圖3-15 B.黏滑菇屬 ( <i>Hebeloma spp.</i> ).....	3-21
圖3-16 長久集毛菌 ( <i>Coltricia perennis</i> ).....	3-22
圖3-17 口蘑屬 ( <i>Tricholoma spp.</i> ).....	3-22
圖3-18 翹鱗肉齒菌 ( <i>Sarcodon imbricatus</i> ).....	3-22
圖3-19 光硬皮馬勃 ( <i>Scleroderma cepa</i> ).....	3-22
圖4-1 Takhtajan (1986) 世界植物區系劃分圖.....	4-8
圖4-2 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖.....	4-13
圖4-3 雪山主峰沿線維管束植物科內屬數統計圖.....	4-17
圖4-4 雪山主峰沿線維管束植物科內種數統計圖.....	4-17
圖4-5 雪山主峰沿線維管束植物種數較多的前10科統計圖.....	4-18
圖4-6 雪山主峰沿線維管束植物屬內物種數統計圖.....	4-21
圖4-7 雪山主峰沿線維管束植物種數較多的前10屬統計圖.....	4-21
圖4-8 雪山主峰沿線維管束植物科內特有物種數.....	4-26
圖4-9 松科植物於全世界之分佈區域圖.....	4-29
圖5-1 七卡山莊樣區為闊葉林，提供苔蘚較多樣的生長環境.....	5-7
圖5-2 雪山東峰樣區全為箭竹組成，環境單調，提供較少的遮蔽.....	5-8
圖5-3 火燒地樣區雖然以箭竹為主，但環境中有石頭及杜鵑提供了一些遮蔽.....	5-8
圖5-4 火燒地樣區.....	5-8
圖5-5 森林邊緣樣區為冷杉林，其中有倒木及石頭提供苔蘚豐富的生長環境.....	5-9
圖5-6 森林水源地樣區與黑森林林緣樣區類似，但部分地區稍微開闊....	5-9
圖5-7 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.....	5-9
圖5-8 樣區主要苔蘚生活型比例圖.....	5-13
圖5-9 <i>Neckera pennata</i> Hedw. 平苔.....	5-13

圖5-10	<i>Homaliodendron flabellatum</i> (Sm.) Fleisch	樹平苔	5-14
圖5-11	<i>Racomitrium ericoides</i> (Hedw.) Brid.	短枝砂苔	5-14
圖5-12	<i>Chrysocladium retrorsum</i> (Mitt.) Fleisch.	垂苔	5-15
圖5-13	<i>Rhytidium rugosum</i> (Hedw.) Kindb.	垂枝苔	5-15
圖5-14	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	細葉真苔	5-16
圖5-15	<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.	塔苔	5-16
圖5-16	<i>Pogonatum inflexum</i> (Lindb.) Lac.	東亞小金髮苔	5-17
圖5-17	<i>Hypnum pallescens</i> (Hedw.) P. Beauv.	黃灰苔	5-17
圖5-18	<i>Plagiomnium confertidens</i> (Lindb. & Arn.) T. Kop.	密集走燈苔	5-18
圖5-19	<i>Ptychomitrium formosicum</i> Broth. & Yas.	臺灣縮葉苔	5-18
圖5-20	<i>Antitrichia curtispindula</i> (Hedw.) Brid.	臺灣逆毛苔	5-19
圖5-21	<i>Trachystis ussuriensis</i> (Maack & Regel) T. Kop.	樹形疣燈苔	5-19
圖5-22	<i>Pogonatum contortum</i> (Brid.) Sull.	扭葉小金髮苔	5-20
圖6-1	高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲之數量變化立體直條圖		6-11
圖6-2	高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲形態種數變化立體直條圖		6-12
圖6-3	圈谷 (SPA-1) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-13
圖6-4	圈谷 (SPA-1) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-13
圖6-5	圈谷 (SPA-1) 樣區鞘翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-14
圖6-6	圈谷 (SPA-1) 樣區彈尾目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-14
圖6-7	黑森林 (SPA-2) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-15
圖6-8	黑森林 (SPA-2) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-15
圖6-9	黑森林 (SPA-2) 樣區膜翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-16
圖6-10	黑森林林緣 (SPA-3) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-16
圖6-11	黑森林林緣 (SPA-3) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-17
圖6-12	火燒地 (SPA-4) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-17
圖6-13	火燒地 (SPA-4) 樣區膜翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-18
圖6-14	火燒地 (SPA-4) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-18
圖6-15	雪山東峰 (SPA-5) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-19
圖6-16	雪山東峰 (SPA-5) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-20
圖6-17	雪山東峰 (SPA-5) 樣區彈尾目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-20
圖6-18	七卡哭坡 (SPA-6) 樣區同翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-21
圖6-19	七卡哭坡 (SPA-6) 樣區同翅目	葉蟬在不同時間若蟲的數量	6-21
圖6-20	七卡哭坡 (SPA-6) 樣區雙翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-22
圖6-21	七卡哭坡 (SPA-6) 樣區膜翅目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-22
圖6-22	七卡哭坡 (SPA-6) 樣區彈尾目	在不同植物之掃網昆蟲組成	6-23
圖6-23	不同海拔間灌木上掃網之同翅目昆蟲組成		6-23
圖6-24	不同海拔間灌木上掃網之雙翅目昆蟲組成		6-24



<b>圖6-25</b>	不同海拔間芒草上掃網之同翅目昆蟲組成.....	6-24
<b>圖6-26</b>	不同海拔間芒草上掃網之雙翅目昆蟲組成.....	6-25
<b>圖6-27</b>	不同海拔間芒草上掃網之膜翅目昆蟲組成.....	6-25
<b>圖6-28</b>	不同海拔間芒草上掃網之彈尾目昆蟲組成.....	6-26
<b>圖6-29</b>	不同海拔間箭竹上掃網之同翅目昆蟲組成.....	6-26
<b>圖6-30</b>	不同海拔間箭竹上掃網之雙翅目昆蟲組成.....	6-27
<b>圖6-31</b>	不同海拔間箭竹上掃網之彈翅目昆蟲組成.....	6-27
<b>圖6-32</b>	不同海拔間雜草上掃網之同翅目昆蟲組成.....	6-28
<b>圖6-33</b>	不同海拔間雜草上掃網之雙翅目昆蟲組成.....	6-28
<b>圖6-34</b>	不同海拔間雜草上掃網之鞘翅目昆蟲組成.....	6-29
<b>圖6-35</b>	2009-2010年8月各樣區之枯落物內各目昆蟲個體數量.....	6-30
<b>圖6-36</b>	2009-2010年8月各樣區之枯落物內各目昆蟲形態數量.....	6-31
<b>圖6-37</b>	2009-2010年8月各樣區之枯落物於各月的昆蟲數量變化.....	6-32
<b>圖6-38</b>	2009-2010年8月各樣區之枯落物於各月的昆蟲形態數量變化....	6-32
<b>圖6-39</b>	2009-2010年8月SPA-1樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量.....	6-33
<b>圖6-40</b>	2009-2010年8月SPA-1樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-33
<b>圖6-41</b>	2009-2010年8月SPA-1樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-34
<b>圖6-42</b>	2009-2010年8月SPA-2樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量.....	6-34
<b>圖6-43</b>	2009-2010年8月SPA-2樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-35
<b>圖6-44</b>	2009-2010年8月SPA-2樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-35
<b>圖6-45</b>	2009-2010年8月SPA-3樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量.....	6-36
<b>圖6-46</b>	2009-2010年8月SPA-4樣區優勢植物枯落物內各目昆蟲內科之個體數量.....	6-36
<b>圖6-47</b>	2009-2010年8月SPA-5樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量.....	6-37
<b>圖6-48</b>	2009-2010年8月SPA-5樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-37
<b>圖6-49</b>	2009-2010年8月SPA-5樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-38
<b>圖6-50</b>	2009-2010年8月SPA-6樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量.....	6-38

<b>圖6-51</b>	2009-2010年8月SPA-6樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-39
<b>圖6-52</b>	2009-2010年8月SPA-6樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量.....	6-39
<b>圖6-53</b>	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比例比較圖.....	6-43
<b>圖6-54</b>	2010年2月-8月枯落物內各功能群所占比例.....	6-43
<b>圖6-55</b>	各科昆蟲相對數量及其在各個樣區3度空間的相對分佈組成特性.....	6-45
<b>圖6-56</b>	各科昆蟲相對數量及其在各個樣區3度空間的相對分佈組成特性；A、B及C分別是從不同的角度看.....	6-46
<b>圖7-1</b>	樣區植被和鳥相調查樣站位置.....	7-6
<b>圖7-2</b>	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).....	7-15
<b>圖7-3</b>	冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-16
<b>圖7-4</b>	箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-16
<b>圖7-5</b>	推移帶生態系(Ecotone)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-17
<b>圖7-6</b>	針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-17
<b>圖7-7</b>	箭竹-高山芒生態系(哭坡樣區)各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-18
<b>圖7-8</b>	火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha).....	7-18
<b>圖7-9</b>	2009及2010年火燒跡地生態系四種優勢鳥種之密度(隻/ha)變化.....	7-19
<b>圖7-10</b>	2010年3-11月酒紅朱雀孵卵斑變化.....	7-21
<b>圖7-11</b>	2009及2010年繫放捕捉到的鳥種及隻數.....	7-22
<b>圖7-12</b>	2010年繫放捕捉到的鳥種百分比.....	7-23
<b>圖7-13</b>	2009-2010年繫放回收趨勢長條圖.....	7-23
<b>圖7-14</b>	2010年7-11月酒紅朱雀覓食植物及廚餘次數分配圖.....	7-25
<b>圖8-1</b>	哺乳動物調查樣區位置.....	8-6
<b>圖8-2</b>	小型哺乳動物各月份捕捉資料(100 Trap Night).....	8-12
<b>圖8-3</b>	各季節紅外線自動相機資料(OI值).....	8-16
<b>圖8-4(a)</b>	山羌1日間活動模式值資料.....	8-17
<b>圖8-4(b)</b>	山羌假日與非假日活動模式資料.....	8-17
<b>圖8-5(a)</b>	長鬃山羊1日間活動模式值資料.....	8-18
<b>圖8-5(b)</b>	長鬃山羊假日與非假日活動模式資料.....	8-18
<b>圖8-6(a)</b>	台灣獼猴1日間活動模式值資料.....	8-19
<b>圖8-6(b)</b>	台灣獼猴假日與非假日活動模式資料.....	8-19
<b>圖9-1</b>	系統樣區設置示意圖.....	9-8

圖9-2	雪山三六九山莊草生地火燒隨機樣區及系統樣區設置示意圖.....	9-9
圖9-3	三六九山莊草生地火後植物社會維管束植物生活型譜.....	9-16
圖9-4	三六九山莊草生地火後各時期之物種CA雙序圖.....	9-20
圖9-5	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.....	9-22
圖9-6	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.....	9-23
圖9-7	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	9-25
圖9-8	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	9-25
圖9-9	三六九山莊草生地2010年6月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種數、多樣性指數之關係.....	9-27
圖9-10	三六九山莊草生地2010年6月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種數、多樣性指數之關係.....	9-28
圖9-11	三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區DCA雙序圖.....	9-32
圖9-12	三六九山莊草生地火後各時期之物種CA雙序圖.....	9-34
圖9-13	東峰、步道6k及三六九山莊草生地所有樣區火後各時期樣區DCA排序圖.....	9-36
圖10-1	計畫簡介.....	10-6
圖10-2	雪山地圖圖資 (含6個測站、三個氣象站及相關圖資).....	10-7
圖10-3	雪山地形圖 (含6個測站、三個氣象站及相關圖資).....	10-7
圖10-4	現場影像 (調查現場照片).....	10-8
圖10-5	調查生物目別統計.....	10-8
圖10-6	調查生物科別統計.....	10-9
圖10-7	調查生物物種統計.....	10-9
圖10-8	全部調查物種紀錄.....	10-10
圖10-9	土壤分析調查紀錄.....	10-10
圖10-10	每日氣象調查紀錄.....	10-11

## 附錄

<b>附錄</b>	雪山高山生態系整合調查工作會議紀錄.....	11-1
<b>附錄1-1</b>	圈谷氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-46
<b>附錄1-2</b>	黑森林氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-54
<b>附錄1-3</b>	三六九氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-63
<b>附錄1-4</b>	哭坡頂氣象站氣象參數逐日統計表.....	1-71
<b>附錄4-1</b>	雪山主峰沿線維管束植物名錄.....	4-38
<b>附錄5-1</b>	雪山主峰線苔蘚植物調查名錄.....	5-26
<b>附錄7-1</b>	雪山地區鳥相調查樣站座標.....	7-42
<b>附錄7-2</b>	雪山地區鳥類繫放架網地點座標.....	7-43
<b>附錄7-3</b>	2009年3月至2010年11月雪山登山口到雪山主峰鳥類名錄...	7-44
<b>附錄8-1</b>	紅外線自動相機GPS定位點資料.....	8-26

## 九 十 九 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	集水區環境資料建置 及應用
子計畫 3	顏江河	國立中興大學 森林學系	副教授	高山地區土壤性質與 共生菌根調查研究
子計畫 4	曾彥學	國立中興大學 森林學系	助理教授	維管束植物相研究
	王秋美	國立自然科學博物館 植物學組	副研究員	
子計畫 5	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	苔蘚植物相調查研究
子計畫 6	葉文斌	國立中興大學昆蟲學系	副教授	昆蟲多樣性及功能群 研究
子計畫 7	孫元勳	國立屏東科技大學 野生動物保育研究所	教授兼所長	鳥類群聚與生態研究
子計畫 8	林良恭	東海大學生命科學系	教授兼研發長	哺乳類
子計畫 9	曾喜育	國立中興大學森林學系	助理教授	高山生態系火燒與植 群動態研究
	蔡尚惠	環球科技大學 環境資源管理系	助理教授	
子計畫 10	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

# 雪山地區高山生態系整合研究

## 摘要

關鍵字：全球氣候變遷、雪山、高山生態系、生物多樣性、生物群聚、環境指標、火燒生態、雪霸國家公園、資料庫

### 一、研究緣起

高山生態系是近年來研究全球氣候變遷的重要區域，高山地區的生物種類、族群結構與微環境變化所呈現之綜合反映，提供了全球氣候變遷直接或間接的證據。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，是極需長期進行調查及監測的區域。雪霸國家公園管理處於民國 98 年起即進行雪山地區整合研究先期調查，初步設立高山微氣象站、長期監測測站及樣線，逐步收集各項生物及非生物因子資料。本計畫為持續調查雪山地區各項生物因子及非生物因子，針對共同測站進行長期監測工作，以提供雪霸國家公園經營管理之參考依據。本計畫調查及研究項目有：1) 高山微氣象與熱量收支之研究；2) 集水區環境資料之建置與應用研究；3) 高山地區土壤性質與共生菌根調查研究；4) 維管束植物相研究；5) 苔蘚植物相調查研究；6) 昆蟲多樣性及功能群研究；7) 鳥類群聚與生態研究；8) 哺乳類；9) 高山生態系火燒與植群動態研究；10) 雪山生態系資料庫建置等共計 10 項。各子計畫除能詳盡調查、研究本區之相關基礎資料，亦加強各計畫間橫向聯繫之配合，以期能初步建構出高山生態系模式之指標。

### 二、研究方法及過程

#### (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

86 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) 高山地區土壤性質與共生菌根調查研究**

調查雪山主線不同海拔、不同植群分佈的土壤特性與養分狀況，估算土壤養分庫總量，同時調查共生菌根在高海拔地區的現狀，瞭解其對植物吸收養分之關係。配合其它子計畫探討高山土壤特性形成之因，提供土壤資訊作為其它子計畫之參考應用。

## **(四) 維管束植物相研究**

1. 建構雪山高山生態系完整之植物相資源。
2. 分析雪山高山生態系維管束植物分類群屬性、科屬別、生活型等生物學特性及其分布地點、生態棲位等資料。
3. 建構雪山高山生態系之植物資源特性及推估其未來發展。
4. 分析雪山主峰沿線高山生態之植物地理學。

## **(五) 苔蘚植物相調查研究**

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。

#### **(六) 昆蟲多樣性及功能群研究**

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組成之功能，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、高山薊等開花植物花器上之昆蟲組成。
3. 建立此地區常見昆蟲的資料及圖片。
4. 配合其它計畫，建立昆蟲基本資料，分述如下：
  - (1)配合氣象資料，蒐集分析昆蟲組成變化。
  - (2)依向陽或被陽地形，蒐集分析昆蟲組成變化。
  - (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)配合鳥類調查，探討昆蟲為其食餌食物來源的調查。
  - (6)火燒跡地昆蟲組成及群聚調查。
  - (7)配合建置高山生態系資料庫，置入高山昆蟲資料。

#### **(七) 鳥類群聚與生態研究**

在雪山地區利用樣站法(point count)調查、研究臺灣鐵杉、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不同生態系鳥類，以研究其食性組成、繁殖率和存活率之年或年變化。

#### **(八) 哺乳類動物**

本調查針對以武陵地區作為研究區域，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。計畫目標如下：

1. 整區過往哺乳動物相調查及文獻。
2. 持續追蹤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(含座標定位、影像資訊)。

#### **(九) 高山生態系火燒與植群生態動態研究**

1. 三六九山莊玉山箭竹草生地灌叢火燒後植物覆蓋度及優勢物種季節性變化。
2. 火燒對木本植物後續生長與存活調查。
3. 火燒後臺灣冷杉林緣苗木之現況及後續之建立情形。

#### **(十) 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。

### **三、成果**

1. 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 4 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 公尺的三六九站為最高值出現點。
2. 試驗期間內，冰凍日數由低海拔往高海拔遞增，日數介於 11 日(哭坡頂站)~46 日(圈谷站)。
3. 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 場降雪總積雪高度達 100.6 cm，降雪、積雪期間獲得 145.0 mm 的等量降水。
4. 依 1995、2001 及 2008 年無名溪集水區陸源遞移指標分析，無名溪集水區泥砂及營養鹽之改善率以 1995 年為最、2001 及 2008 年則逐漸遞減，顯示雪霸國家管理處成立後，對水質的污染控制有其成效。
5. 嵌塊體為景觀生態研究上焦點，因為嵌塊體常為物種之棲地，而其大小、

數量、形狀皆容易影響生物過程，億年橋集水區內之土地利用以天然林有最多之嵌塊體數目，表示此地物類型越零散、平均面積最大即對物種的保育能力越好、而平均形狀指數越大則為人為力量的介入越小；藉生態嵌塊體理論，量化評估在區域及地景尺度下，集水區生態指數分布之情形，使集水區之生態環境能有妥善之維護管理。億年橋集水區濕潤指數分布約為 170~210 間。

6. 試區內約有 189 處天然低窪處，可供營造動物棲地用水、水資源保育、非點源污染中繼站以及滯洪等多功能濕地之用。針對富野渡假村開發前後之保水量進行檢算，富野渡假村開發前保水量為 3,124,452.9 m<sup>3</sup>，現為 1,032,774.0 m<sup>3</sup>，法規規定保水量應為 1,499,737.4 m<sup>3</sup>，本區之保水設施不足以涵養開發前後損失之水資源，應於適當地點設置截蓄保水設施，以降低洪峰及改善生態環境。
7. 集水區經營管理時，不僅需考量集水區範圍內之保全對象，亦需探討集水區內各重要檢核點，針對環境危害區位進行開發限制及治理，依非點源污染觀點，篩選集水區之重要管理區位，以為管理區位優選之參考依據；開發集水區環境復育分析評估系統，整合環境指標及相關分析方法，供集水區環境指標建置及分析之用。
8. 從七卡、哭坡、火燒地、黑森林到圈谷五個採樣點土壤皆呈極酸性，土壤 pH 隨土層深度增加而增高之趨勢。
9. 土壤中有機碳含量高於台灣其它森林土壤的含量，越向下層土壤有機碳含量越低。
10. 土壤全氮，呈現正常適宜的濃度，然而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，土壤陽離子置換能量(CEC)都極高，但是置換性鈉、鈣、鎂都很低。土壤含石率方面，以哭坡的箭竹草生地與圈谷的總含石率分別為 16.01%、17.75% 為最高，七卡的土壤總含石率為 2.33 %，則幾乎沒有含石量。土壤總含根量，以圈谷 0.27 kg/m<sup>3</sup> (40 cm 土深) 為最低，七卡土壤總含根量 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>。此外，該區土壤有機碳與置換性鋁濃度都隨土壤深度增加而下降之趨勢。
11. 雪山登山口往哭坡之登山步道沿線發現子實體 25 種，鑑定至種者有 13

種，鑑定至屬者有 3 種。而子實體從六月開始出現，在登山口至哭坡間出現的頻率部分數量最多的前五屬依序為 *Suillus*、*Coltricia*、*Russula*、*Lactarius*、*Amanita*。*Suillus*、*Coltricia*、*Russula* 數量在七月時達到最高峰，八月開始減少。*Boletus* 屬則在八月開始增多，而其他各屬則為零星出現。以分布而言，0~1.5 km 間雖偶有子實體出現但數量不多，為長久集毛菌七月時在 0.4 km 及 0.6 km 曾大量出現，大部份的種類都集中在 1.5 km 後開始出現。

12. 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。
13. 種子植物區系科分析結果，可反映出本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。研究區中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。
14. 本研究截至 2010 年 12 月底，在雪山地區共已採集標本約 400 份，已鑑定苔類計 30 科 56 屬 92 種。
15. 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.) DeNot.] 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。
16. 2009 年至 2010 年 8 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。
17. 寒原地帶的 SPA-1 及 SPA-2，集中在 6-10 月出現，在中海拔的 SPA-6 則全年蟲數均不少，僅晚冬較少。
18. 同樣海拔高度的樣區當中，不同植物上所捕獲的昆蟲組成並不一定有很大的差別，但若以科級來看則有明顯的適應特性，像 SPA-6 為數眾

多的葉蟬及飛蝨僅在草原箭竹上出現，而在灌木上雙翅目的蠅類少有捕獲，多為蚊及蚋。

19. 以各月份捕獲的昆蟲組成來看，均以 SPA-5 及 SPA-6 的昆蟲量最高；在形態種數而言，各採樣點均隨月份而增加。此外，箭竹上有些昆蟲會隨著月份而增減，像葉蟬、一些跳蟲科、細腰大蚊、搖蚊及袖小蜂等。
20. 高海拔地區枯枝落葉之無脊椎動物組成，個體數累積結果，共計已鑑定 14,100 隻分為 12 目，彈尾目、雙翅目及鞘翅目在不同海拔高度各樣區遠大於其他各目。
21. 圈谷樣段(SPA-1)的灌木枯落物中有最大量的跳蟲出現；黑森林(SPA-2)以等節跳蟲為主，另有一些隱翅蟲；七卡(SPA-6)及圈谷地區(SPA-1)的枯落物內有為數不少的隱翅蟲；SPA-4 火燒地樣區中以跳蟲及隱翅蟲為主，尚有幾許蜂蟻。若以出現月份來看，SPA-1 的 4 月跳蟲最多，鞘翅目的隱翅蟲也不少。
22. 從食物鏈相的觀點來看，植食性昆蟲的形態種數量及個體數量在各樣區都是最多，約是它樣區的 2-3 倍，但圈谷的捕食者的數量最少。有一些昆蟲僅大量出現在某一季節，像圈谷八月的隱翅蟲、木蝨及蚜蟲等，黑森林六月的瘦棉蚜及 2 月的等節跳蟲，七卡二月箭竹的搖蚊。在最多的四目昆蟲中，同翅目及彈尾目豐度最高，膜翅目多樣性最高，而雙翅目則兼具上述兩特性。
23. 科級昆蟲數量及組成的空間分析顯示，有海拔越高變異愈大的趨勢；SPA-1 圈谷及 SPA-6 七卡樣區最為特別，SPA-3、SPA-4 及 SPA-5 彼此相似。
24. 本研究於 2010 年 1 月至 11 月在雪山地區共記錄到 27 科 60 種鳥類，包含台灣特有種 10 種、特有亞種 29 種，及保育類鳥類 19 種，自 2009 年至 2010 年 11 月累計在雪山地區記錄到 29 科 75 種鳥類。
25. 2009 年火災地跡鳥類相的密度及鳥種豐度均高於 2010 年。進行優勢種的比較後發現，2009 年地面覓食的栗背林鴿密度較高，而灌層覓食活動的褐頭花翼則在 2010 年時密度較高。3 至 6 月高海拔鳥類已陸續進入繁殖狀態，包含鷓鴣、岩鷓、深山鶯、褐頭花翼、煤山雀等，酒紅朱雀則遲至 7-11 月間方進入繁殖狀態。

26. 和鹿野忠雄於 1925-1933 年的研究比較，53 種鳥類中海拔分布提升的有 36 種(占 67.9%)，高於沒有提升的比例(占 32.1%)( $p=0.013$ )；和 1989 年比較，65 種中提升的共有 50 種(占 76.9%)，高於沒有提升的比例(占 23.1%)( $p<0.001$ )；和 1996 年比較，51 種中提升的共有 38 種(占 74.5%)，高於沒有提升的比例(占 25.5%)( $p=0.001$ )。
27. 2009 年至 2010 年調查，一共捕獲 9 種哺乳類動物，森鼠(*Apodmus semotus*)總共捕捉 263 隻、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)總共捕捉 38 隻、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)總共捕捉 45 隻、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)總共捕捉 14 隻、條紋松鼠(*Tamipos formosanus*)總共捕捉 1 隻、短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)總共捕捉 2 隻、長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)總共捕捉 6 隻、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)總共捕捉 2 隻、與台灣小黃鼠狼(*Mustela formosanus*)總共捕捉 1 隻。
28. 紅外線自動相機所拍攝到的有效照片中，總共拍到 12 種哺乳類動物，分別是山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、台灣獼猴(*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*)、鼯獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)與台灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)。
29. 三六九山莊草生地火燒 2 年，火後出現之植物種類清單共記錄 47 種，種子植物以菊科種類最多(8 種)，禾本科(4 種)、薔薇科(4 種)和百合科(4 種)次之。依植物生活史分類，多年植物(含木本與草本)有 45 種，1 年生植物僅伊澤山龍膽 1 種。
30. 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，至 2010 年 6 月共調查 47 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 月調查時總覆蓋度下降至 29.1%，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。

31. 本年度收集昆蟲資料 7,614 筆、鳥類資料 1,958 筆、氣象資料 6,720 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 18,471 筆(涵蓋 2 界 7 門 11 綱 72 目 429 科 621 種生物物種)，氣候土壤等環境資料共 24,136 筆(涵蓋 43 個測項)。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究提出下列具體建議，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：國立臺灣大學大氣科學系、國立中興大學水土保持學系、國立中興大學森林學系、國立中興大學昆蟲學系、國立屏東科技大學野生動物保育研究所、東海大學生命科學系、特有生物研究保育中心、中央研究院生物多樣性中心

1. 雪山降雪、積雪期間，草溫、0.05 公尺、0.1 公尺及 0.2 公尺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。
2. 所開發之集水區環境復育分析評估系統，能整合環境指標及分析方法，供雪霸國家公園進行轄區內各項環境資料之分析，進一步利用各類環境指標，量化分析國家公園之經營管理效益。系統可藉由不同尺度分析點、線、面等各類樣區之環境資訊，供其他子計畫之用。
3. 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富，本研究已得雪山主峰沿線土壤養分基本資料，但該地區植物與土壤養分

吸收之相互關係研究缺乏，故應持續研究，瞭解高山生態系植物與土壤養分的動態平衡關係。

4. 本研究結果顯示，植物菌根菌相當豐富，菌根(mycorrhiza)共生具有特殊又重要的角色，尤其在高山惡劣的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。
5. 圈谷地形特殊，且玉山圓柏及玉山杜鵑所成之矮盤灌叢亦為獨特地景，其下更是物種豐富，如雪山馬蘭及南湖碎雪草等，皆為步道旁即可見之特有種及稀有種，建議可製作物種介紹之立牌，讓遊客了解物種特性及圈谷冰河地形，更可達到共同保育之功效。
6. 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。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。
7. 應長期規律性的調查，以釐清前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。建立各海拔代表性昆蟲圖鑑及說明。
8. 建議在三六九和七卡山莊製作禁止傾倒廚餘以及禁止餵食的告示牌。
9. 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。
10. 高山生態系草生地主要由多年生植物組成，目前已了解其由萌蘖性強的物種持續佔據生育地，再由土壤種子庫的種子，以及鄰近傳播而來的種子萌發建立。未來應於 7-8 月物種繁殖季節持續進行年際監測調查，以提供了解高山草生地火後物種更新策略與草生地之植群動態。
11. 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。

## (二) 長期建議事項：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立臺灣大學大氣科學系、國立中興大學水土保持學系、  
國立中興大學森林學系、國立中興大學昆蟲學系、國立屏東科技大學野生動物保育研究所、東海大學生命科學系、  
特有生物研究保育中心、中央研究院生物多樣性中心

1. 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。
2. 所建置之系統與環境資料庫，可簡易維護更新，藉由氣象水文資料、數值高程、衛星影像、航照圖以及相關 GIS 圖層之蒐集，建置雪霸國家公園環境指標及評估模式，再將環境指標進行整合性評估及綜合研析，能有效量化分析國家公園之經營管理效益。
3. 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，甚至土壤中的碳庫含量以及土壤呼吸量等等，諸多研究主題尚待一一釐清探討，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。
4. 本研究區中植外來物種已入侵至三六九山莊，如貓兒(*Hypochaeris radicata*)及大扁雀麥 (*Bromus catharticus*) 等，建議長期觀測以保育特種及稀有種，並監測外來種對生態所造成之衝擊。
5. 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。
6. 雪山地區的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及季節變化外，也可了解各國家公園間的昆蟲資源的差異。
7. 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。

8. 建議參考各生態系之優勢鳥種架設解說告示牌。
9. 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，清除七卡山莊前方森林裡的垃圾，甚至以強硬手段開罰都有助於改善目前對於自然環境干擾的情形。
10. 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

The alpine ecosystem is an important area where study the global climate change in recent year. In the alpine ecosystem, the biological species, population structure and microenvironment changes have provided the indirect and/or direct evidence regarding the global climate change. Syue Mountain area is quite representative of Taiwan's mountain ecosystems, still holds a very full of natural resources. In the harsh climatic conditions many different plant society, animal resources from other ecosystems, is in great need of a long-term investigation and monitoring of the area. Since 2009, the Shei-Pa National Park has planning the pre-investigation project and setting up the mountain micro-meteorological station, long-term investigation monitoring station and-like line, to collect various biological and non-biological factor data. Based on these reasons, these can apply for the national park management strategic decision. The surveys and studies projects: 1) alpine micrometeorology and heat budget research; 2) the environment data establish and applying in the watershed; 3) soil characteristic and symbiosis mycorrhiza investigation; 4) vascular flora investigation; 5) bryophytes flora investigation; 6) entomology diversity and function; 7) avifauna investigation and community ecology; 8) mammalian; 9) fire and vegetation dynamic research; 10) Syue Mountain ecosystem database set up and so on-a total of 10 items. Each sub-plan in addition to the detailed investigation, research their own local related to the underlying data, also strengthens the various transverse contact works, with a view to the initial structure of the alpine ecosystem model.

### 整合分析討論-三六九山莊草生地火後之生物群落恢復情形

三六九山莊草生地火燒已過 18 個月，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(圖 0-1、0-2 和 0-3)，其恢復模式亦有所不同。未來將嘗試進行整合分析探討，並佐以不同年代之火燒歷史之草生地進行比較，藉以了解亞高山生態系草生地火燒對生物群落的影響，探討各生物群落在火後之恢復過程。

將 2010 年 4 月之昆蟲群聚與植群進行重疊分析(redundancy analysis, RDA)分析結果(圖 0-1)，前 2 軸的特徵值分別為 0.115 和 0.044，共解釋昆蟲群聚 81.2%之變異量，植群環境解釋變異量約 100.0%。大多數的昆蟲出現在雪山東峰與步道 6k 處之間，蟻科(Ant)多出現在步道 6k，木蝨科(Mus)多現在三六九山莊火燒跡地，因 4 月尚屬春季，平均溫度較低，因雪山東峰，受光量較高，環境溫度高，致使昆蟲群聚種類及數量較高；不同功能群(Ph)、(Pa)、(Sa)的昆蟲多聚集於此區。

將 2010 年 6 月之昆蟲群聚與植群進行重疊分析(redundancy analysis, RDA)分析結果(圖 0-2)，前 2 軸特徵值為 0.103 和 0.081，共解釋昆蟲群聚 33.3%之變異量，植群環境解釋率約 100%。搖蚊(Emp)、常蚱(Aph)、黑翅蕈蚋科(Sci)等較出現在雪山東峰；金花蟲科(Chr)和大附蠅科(Lep)出現在步道 6k，擬花蠅科(Anth)、隱翅蟲科(Sta)、蟻科(Ant)等較出現三六九山莊。由於 6 月是雪山亞高山草原生態系開花主要的季節，三六九山莊草生地因花形較明顯的種類例如臺灣百合(Lif)、臺灣藜蘆(Vef)、玉山當歸(Ano)等數量較多，植食性昆蟲(Ph)亦較豐富。

將 2010 年 4 月之鳥類群聚與植群進行重疊分析(redundancy analysis, RDA)分析結果(圖 0-3)，前 2 軸的特徵值分別為 0.115 和 0.044，共解釋鳥類群聚 81.2%之變異量，植群環境解釋變異量約 100%。褐頭花翼(Alc)、深山鶯(Cea)在此時多出現在步道 6k 處；酒紅朱雀(Cav)、鷓鴣(Trt)和栗背林鴿(Erj)較偏好在三六九山莊。

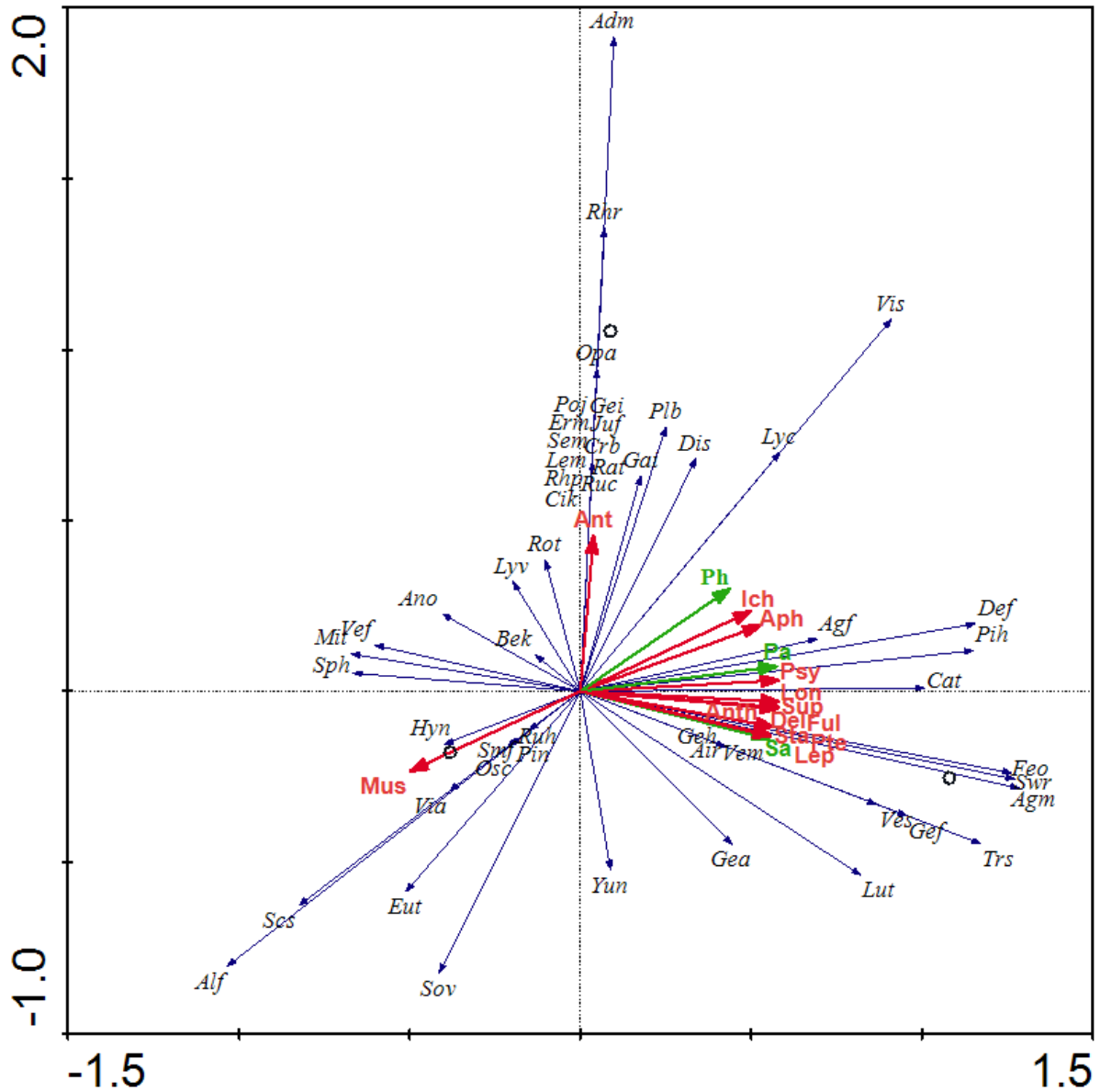


圖 0-1 雪山亞高山地區草生地 2010 年 4 月昆蟲群聚與植群之重疊分析。

(資料來源：本研究資料)

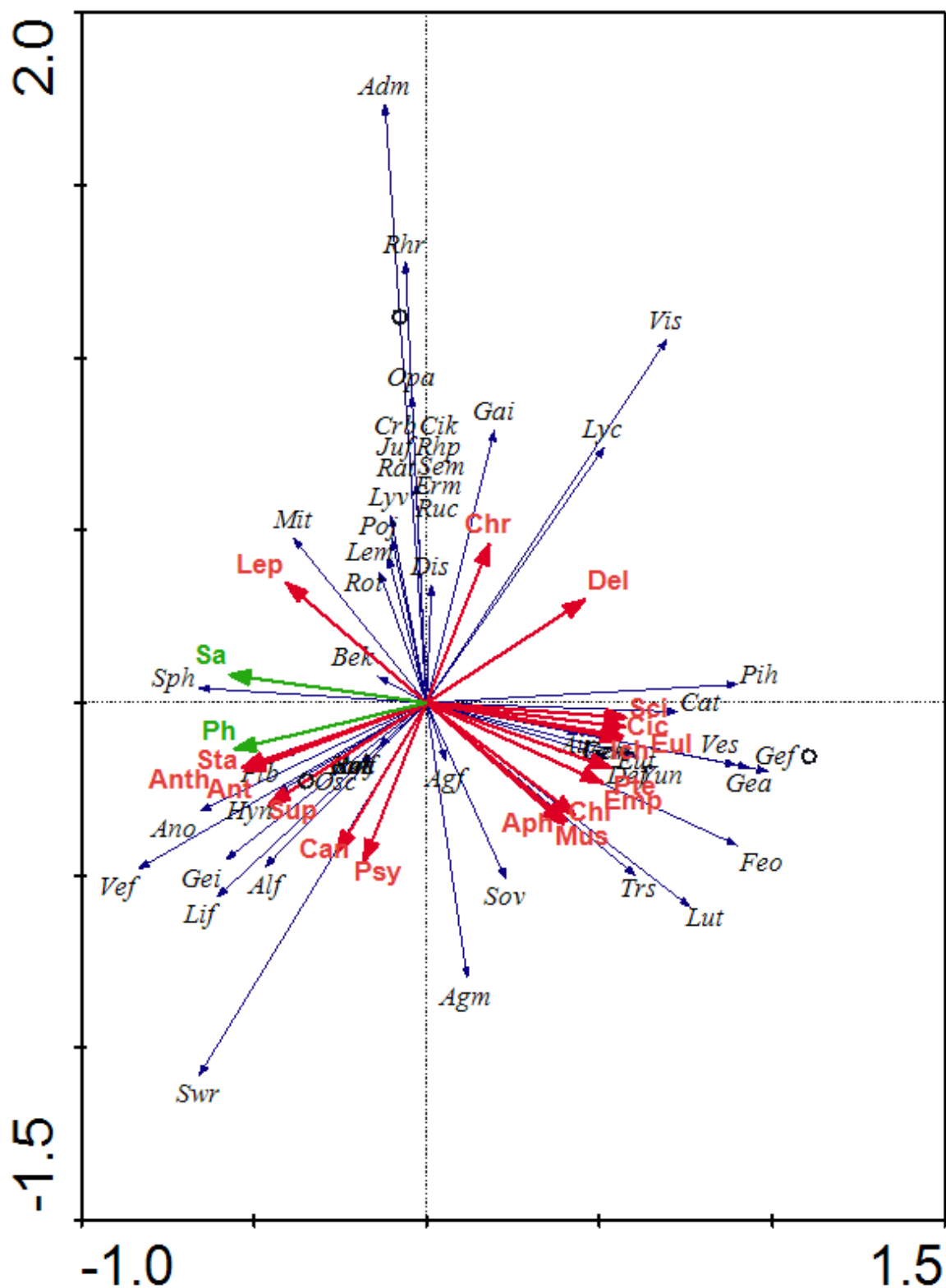


圖 0-2 雪山亞高山地區草生地 2010 年 6 月昆蟲群聚與植群之重疊分析。  
(資料來源：本研究資料)

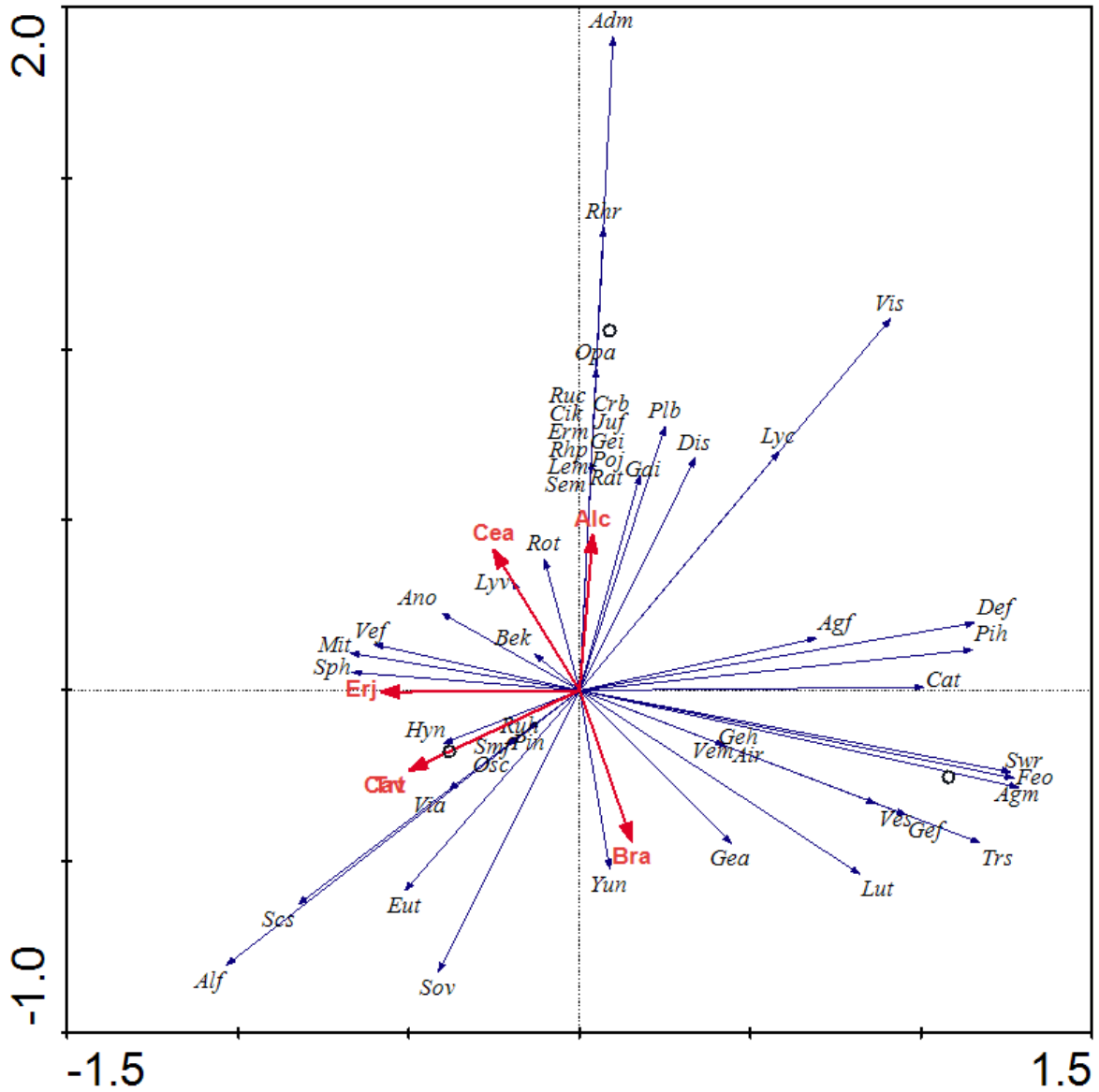


圖 0-3 雪山亞高山生態系草生地 2010 年 4 月鳥類群聚與植群之重疊分析。

(資料來源：本研究資料)

將 2010 年 6 月之鳥類群聚與植群進行重疊分析(redundancy analysis, RDA)分析結果(圖 0-4)，前 2 軸的特徵值分別為 0.115 和 0.044，共解釋鳥類群聚 69.2%之變異量，植群環境解釋變異量約 100%。栗背林鴿(Erj)、火冠戴菊鳥(Reg)多出現在雪山東峰；褐頭花翼(Alc)和 4 月分析結果相同，多出現在步道 6k 處；酒紅朱雀(Gav)、深山鶯(Cea)多出現在三六九山莊，而金翼白眉(Gam)出現在步道 6k 和三六九山莊。

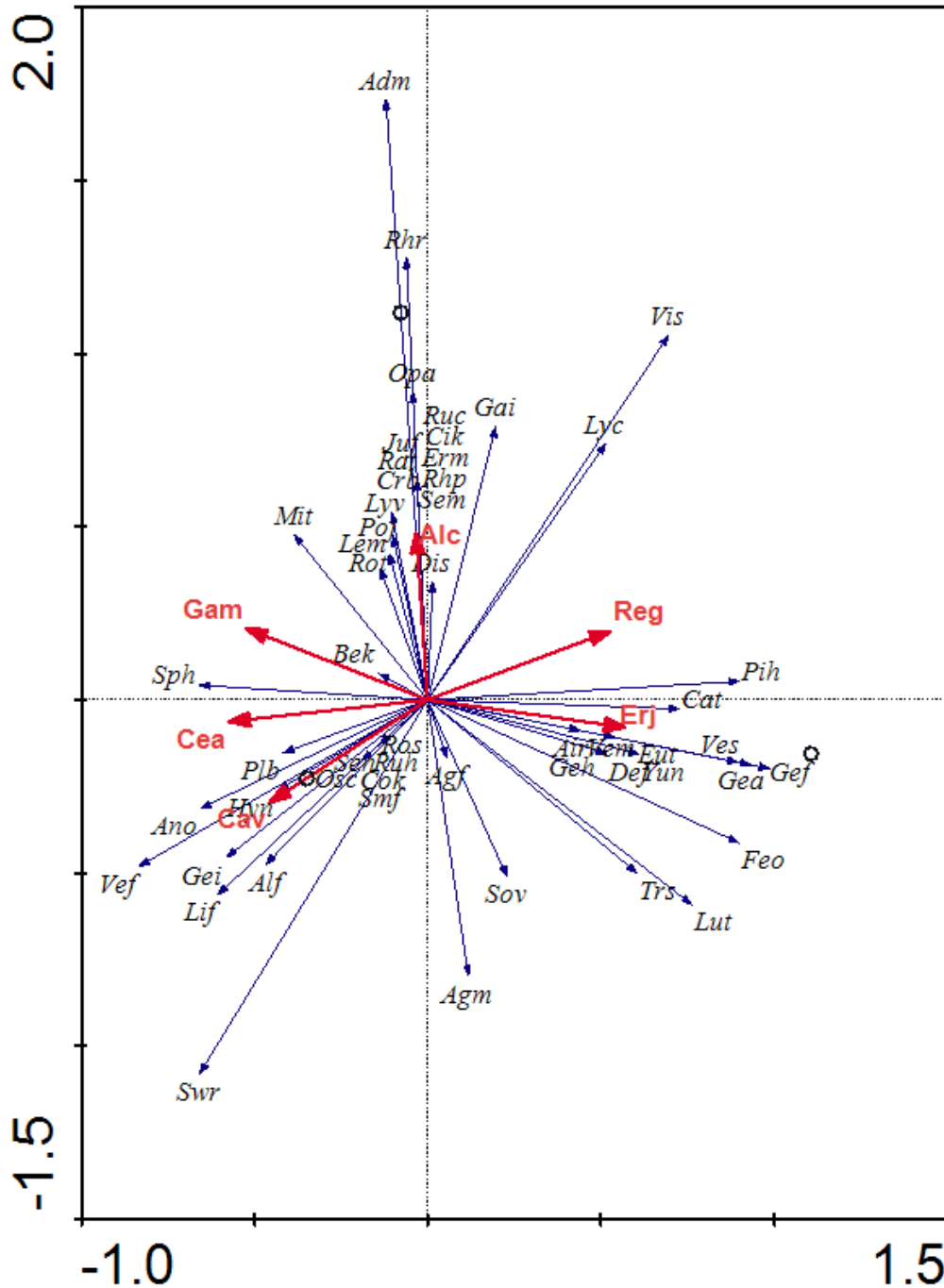


圖 0-4 雪山亞高山生態系草生地 2010 年 6 月鳥類群聚與植群之重疊分析。

(資料來源：本研究資料)

將三六九山莊 2010 年 4 月與 6 月之鳥類群聚與植群進行重疊分析 (redundancy analysis, RDA) 分析結果(圖 0-5)，第 1 軸特徵值為 0.137，共解釋昆蟲群聚 86.0% 之變異量，植群環境解釋變異量約 100%。槍蠅(Lon)、蠟蟬總科(Ful)出現 4 月，其他如常蚱(Aph)、黑翅葦蚋科(Sci)、金花蟲科(Chr) 和大附蠅科(Lep)、擬花蠅科(Anth)、隱翅蟲科(Sta)、蟻科(Ant)等出現在 6 月。

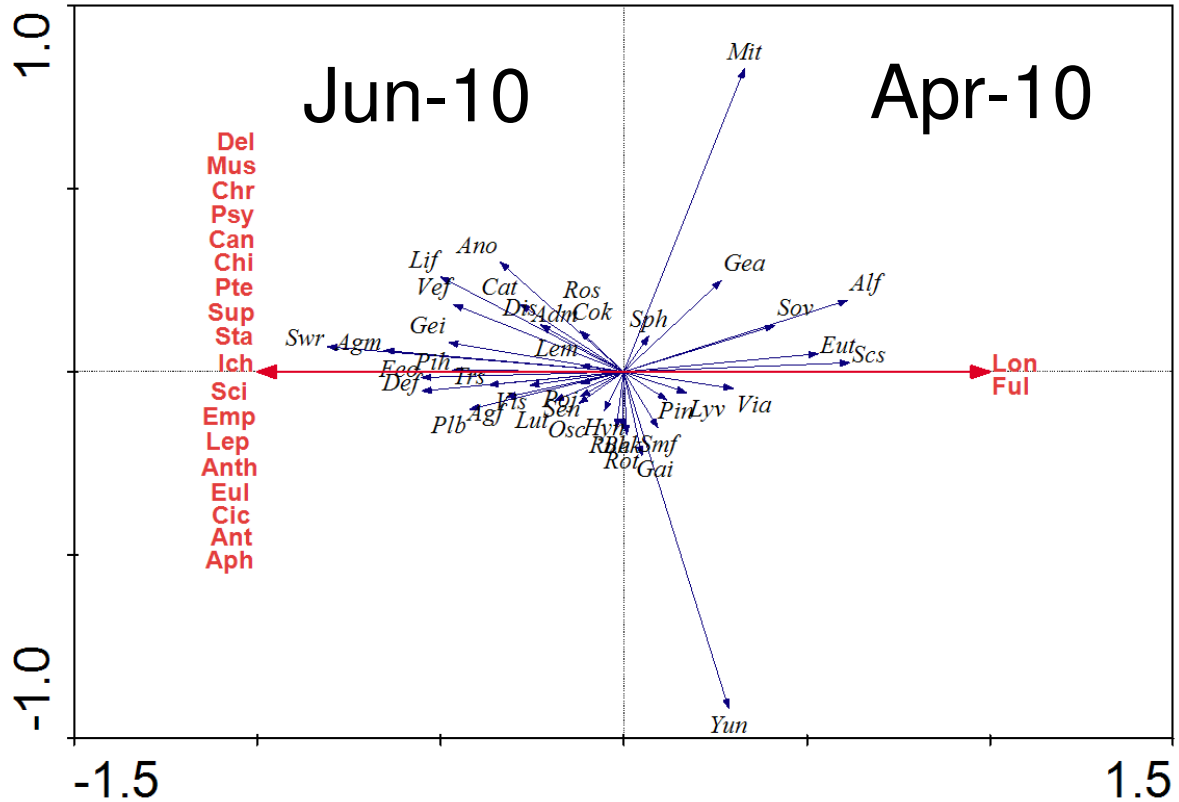


圖 0-5 雪山三六九山莊草生地火後不同時期昆蟲群聚與植群之重疊分析。

(資料來源：本研究資料)



將三六九山莊 2010 年 4 月與 6 月之鳥類群聚與植群進行重疊分析 (redundancy analysis, RDA) 分析結果(圖 0-6)，第 1 軸的特徵值為 0.137，共解釋鳥類群聚 82.0% 之變異量，植群環境解釋變異量約 100%。金翼白眉 (Gam)、深山鶯 (Cea) 多出現在火後 4 月，栗背林鴿 (Erj)、臺灣叢樹鶯 (Bra)、鷓鴣 (Trt) 多出現在火後 6 月。其他如酒紅朱雀、深山鶯、褐頭花翼等在各季節出現的鳥類則未有明顯季節性變化。

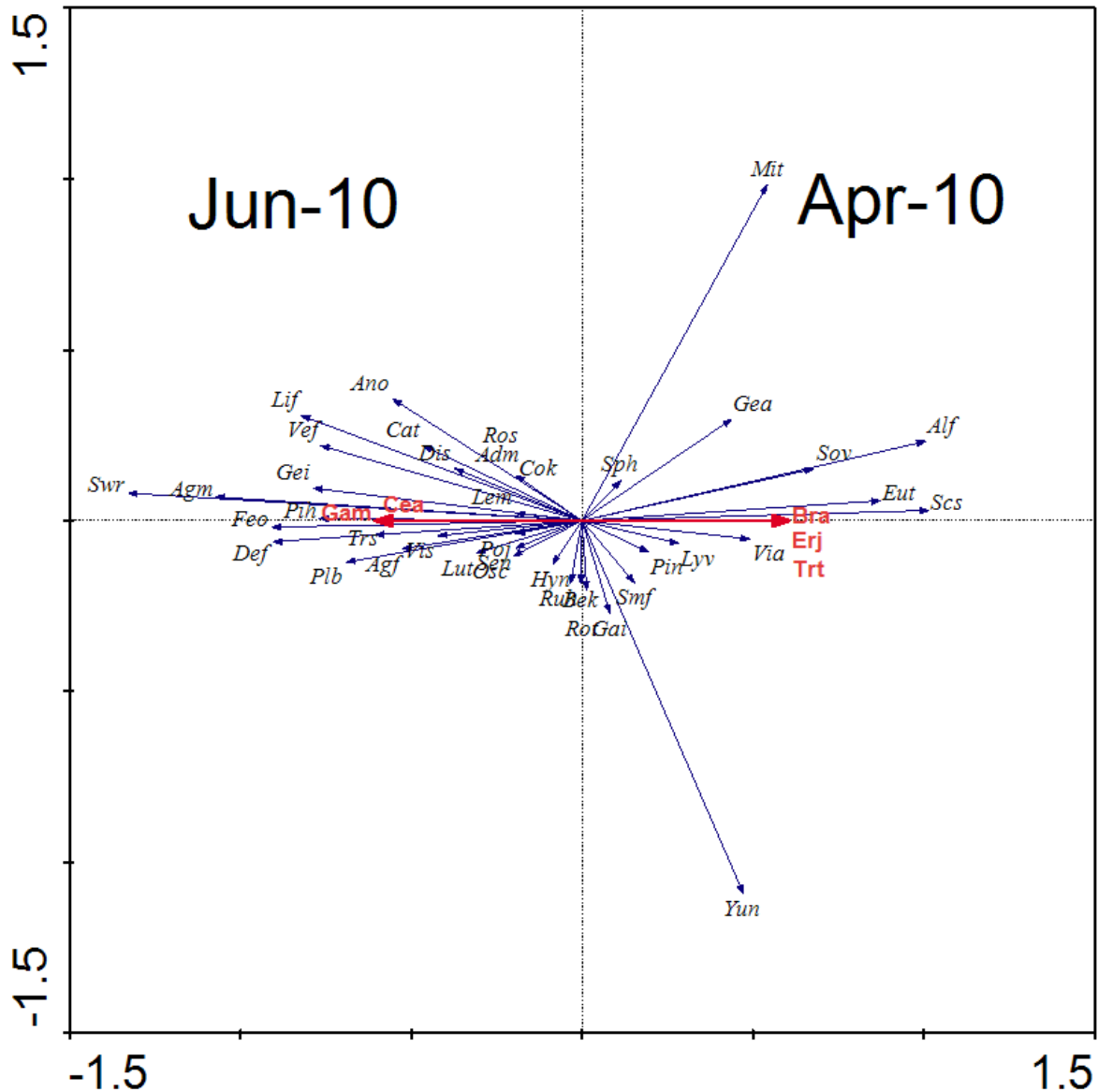


圖 0-6 雪山三六九山莊草生地火後不同時期鳥類群聚與植群之重疊分析。

(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 4 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 公尺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 11 日(哭坡頂站)~46 日(圈谷站)。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 場降雪總積雪高度達 100.6 cm，降雪、積雪期間獲得 145.0 mm 的等量降水。

## 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) 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  $3,250.66 \text{ MJm}^{-2}\text{9month}^{-1}$ 、三六九站為  $3,245.90 \text{ MJm}^{-2}\text{9month}^{-1}$ 、哭坡頂站為  $3,239.22 \text{ MJm}^{-2}\text{9month}^{-1}$ 。黑森林站僅  $617.53 \text{ MJm}^{-2}\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了  $2,628.37 \text{ MJm}^{-2}\text{9month}^{-1}$ ，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。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11日(哭坡頂站)~46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公尺的三六九站為最高值出現點。

山谷風現象只有風向分布呈現較為明顯的特徵，以風向出現頻率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 N(9.99%)、NE(6.95%)、NNE(3.40%)；山風風向為 SSW(15.36%)、S(14.81%)、SW(15.33%)；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 SSW(5.84%)。

試驗期間內共有 34 場降雪事件，初雪於 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，降雪、積雪期間獲得 145.0 mm 的等量降水。

雪山地區因甫新設站，資料之觀測與建置業已累積至一整年，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  $2,618.78 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ ，其中  $7.83 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為  $1,154.43 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  潛熱通量為  $1,464.35 \text{ MJm}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ 。黑森林站淨輻射總量為  $581.31 \text{ MJm}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ ，其中  $-95.17 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為  $255.32 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ ；潛熱通量為  $325.99 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ 。三六九站淨輻射總量為  $2,657.30 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ ，其中  $-64.62 \text{ MJ m}^{-2} \text{ month}^{-1}$  熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為  $1,143.73 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  潛熱通量為  $1,513.57 \text{ MJm}^{-2} 0\text{month}^{-1}$ 。哭坡頂站淨輻射總量為  $2,697.89 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$ ，其中  $-87.32 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為  $1,183.10 \text{ MJ m}^{-2} 9\text{month}^{-1}$  潛熱通量為  $1,514.79 \text{ MJm}^{-2} 0\text{month}^{-1}$ 。

#### 四、主要建議事項

降雪、積雪期間，草溫、0.05公尺、0.1公尺及0.2公尺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。

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

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 11 (Kupoding Observatory) and 46 (Quangu Observatory) from September, 24, 2009 to May, 25, 2010. Snowpack amounted to 90 days at Quangu Observatory. The greatest depth of snow was 51.0 cm recorded on February, 19, 2010. Thirty-four snow events added up to 100.6 cm in total depth, the equivalent of 145.0 mm in precipitation.

## 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公尺以上測站數目只有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9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；唯黑森林氣象站資料處理處記憶體滿載，只記錄至5月11

日23:00；另哭坡頂氣象站自2009年10月19日14:00～11月23日13:00間資料缺漏、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；迄今4處氣象站已積累相當資料，足夠以個別因素的物理特性，應用統計方法補遺。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，轉交予子計畫十：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。

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 (TWD97)	273961	274386	275879	278180
Y 座標 (TWD97)	2698080	2698560	2698536	2698351
海拔高度	3,584 m	3,405 m	3,142 m	3,100 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)

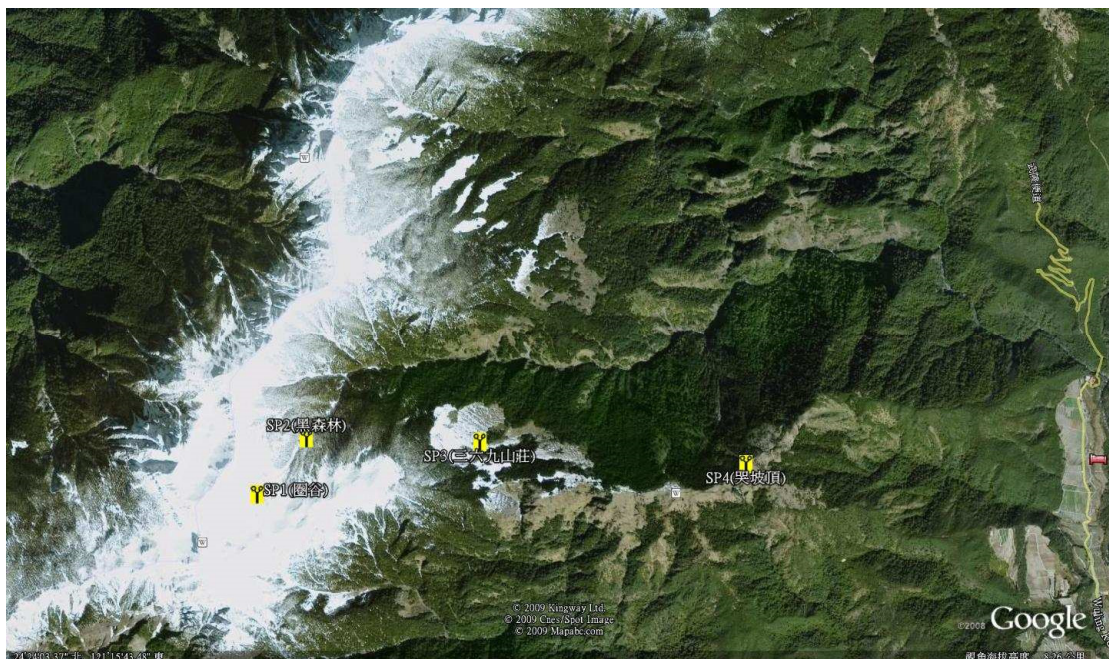


圖 1-1 雪山地區高山生態系整合調查氣象站位置圖。

(資料來源：本研究資料)



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) 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)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：

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

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( $\lambda E$ )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)：

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

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

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

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)。

### (三) 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。

### (四) 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；所缺漏之資料，以毗鄰測站資料，應用統計方法補遺。

對於資料序列之補遺，可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)插補。

### 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、黑森林氣象站所缺漏之資料，以其他3處之觀測資料作為補遺基礎，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。圈谷氣象站與三六九氣象站等2處各參數資料完整之逐月統計表，以及哭坡頂氣象站與黑森林氣象站等2處氣象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(SPI)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)	(Jm <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	13.6	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 (1-6)	6.52	82.8	17.5	3.20	19.60	20	10/2	70.92	146.06	665.7	8.01	7.71	7.76	7.88	8.03	8.34	-1.16	0.291	0.244	0.187	0.0	0
Sum			2,152.8					5,095.67	10,255.94								-5.17				100.6	46
Mean	5.23	75.3		3.78	27.26			363.98	732.57	663.7	6.50	6.19	6.20	6.33	6.36	6.47	-0.37	0.275	0.237	0.184		
Max	9.02	85.1	466.5	4.85	81.80			532.19	1,050.94	665.7	11.37	11.81	11.58	11.65	11.45	11.24	14.24	0.346	0.307	0.219		
Min	-0.66	63.3	17.5	3.10	16.30			70.92	146.06	660.7	0.13	-0.11	-0.07	0.18	0.31	0.55	-10.05	0.186	0.175	0.148		

(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
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 (1-6)	7.08	91.2	14.8	0.54	4.08	157	10/6	14.78	26.72	7.41	8.05	8.06	0.347	0.249	0
Sum			2,296.1					962.68	1,906.74						42
Mean	5.68	81.5		0.88	10.65			68.76	136.20	4.53	4.11	4.26	0.284	0.275	
Max	9.63	92.5	460.4	1.71	25.32			115.21	217.83	9.81	9.46	9.73	0.353	0.329	
Min	-0.39	67.9	14.8	0.54	4.08			14.78	26.72	0.13	-0.07	0.18	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	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	草溫	地溫5	地溫10	地溫20	地溫30	地溫50	土壤熱流量	土壤含水率10	土壤含水率20	積雪高	AT < 0°C
(Unit)	(°C)	(%)	(mm)	(m s <sup>-1</sup> )	(m s <sup>-1</sup> )	(°)		(MJ m <sup>-2</sup> mon <sup>-1</sup> )	(mol m <sup>-2</sup> mon <sup>-1</sup> )	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(KJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(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
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 (1-6)	8.98	77.1	14.0	0.54	3.26	96	10/1	67.22	142.13	11.06	11.48	11.45	11.69	11.73	11.64	-155.36	68.44	73.37	0.0	0
Sum			2,398.5					5,226.63	10,836.44							119.50			0.0	16
Mean	7.70	67.5		0.99	8.41			373.33	774.03	9.03	9.41	9.40	9.57	9.62	9.54	8.54	64.28	67.56		
Max	11.29	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	159.35	68.88	74.51		
Min	1.53	50.4	14.0	0.52	3.26			67.22	142.13	1.94	2.47	2.60	2.94	3.20	3.32	-155.36	51.26	50.24		

(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	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 10	地溫 20	土壤含水量 10	土壤含水量 20	土壤含水量 30	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)	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(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
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 (1-6)	10.17	85.4	14.0	1.22	6.12	216	10/5	80.02	158.85	699.1	11.29	12.14	12.47	0.285	0.214	0.165	
Sum			2,120.8					5,261.60	10,837.62								11
Mean	8.88	78.2		1.84	17.93			375.83	774.12	700.8	9.98	10.83	10.88	0.297	0.239	0.157	
Max	12.86	90.3	384.5	2.56	41.93			581.12	1,188.58	702.7	13.90	15.31	15.02	0.356	0.293	0.165	
Min	2.44	64.1	14.0	1.22	6.12			80.02	158.85	699.0	3.38	4.13	4.48	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、降水與山谷風特性加以闡述。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、月平均風速如圖1-6、最大風速逐月分布圖如圖1-7；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，統計圈谷氣象站最大風速參數，據之繪製四站最大風速與風向逐月變化如圖1-8～圖1-11；圈谷氣象站秋季(9～11月)、冬季(12～2月)與春季(3～5月)最大風速日變化月平均值繪如圖1-12～圖1-13；依據四處氣象站每小時最大風速及其風向，繪製四站之風花圖與風及頻率圖如圖1-14～圖1-21。四站各層次地溫日平均變化圖如圖1-22～圖1-25。

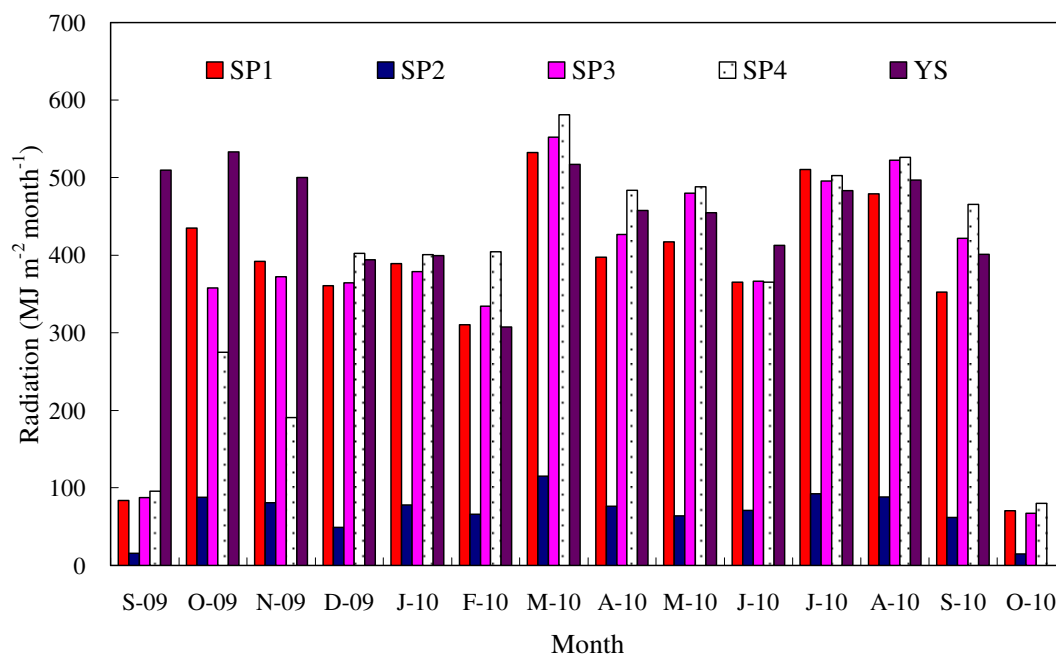


圖 1-2 雪山地區及玉山五處氣象站月累計日射量分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

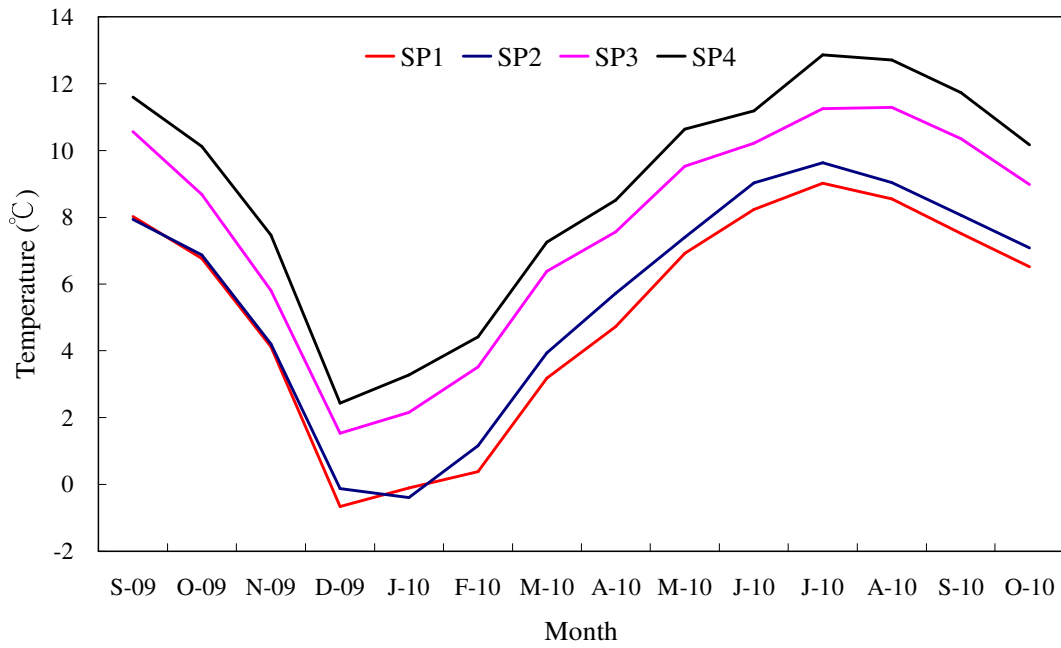


圖 1-3 雪山地區四處氣象站月平均氣溫分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

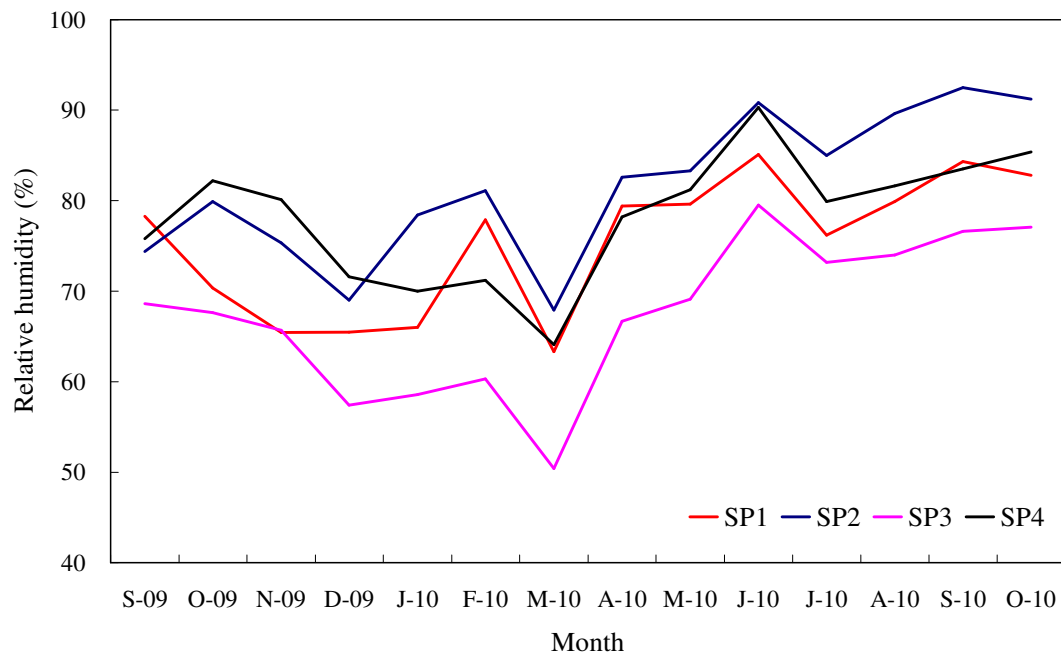


圖 1-4 雪山地區四處氣象站月平均相對濕度分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

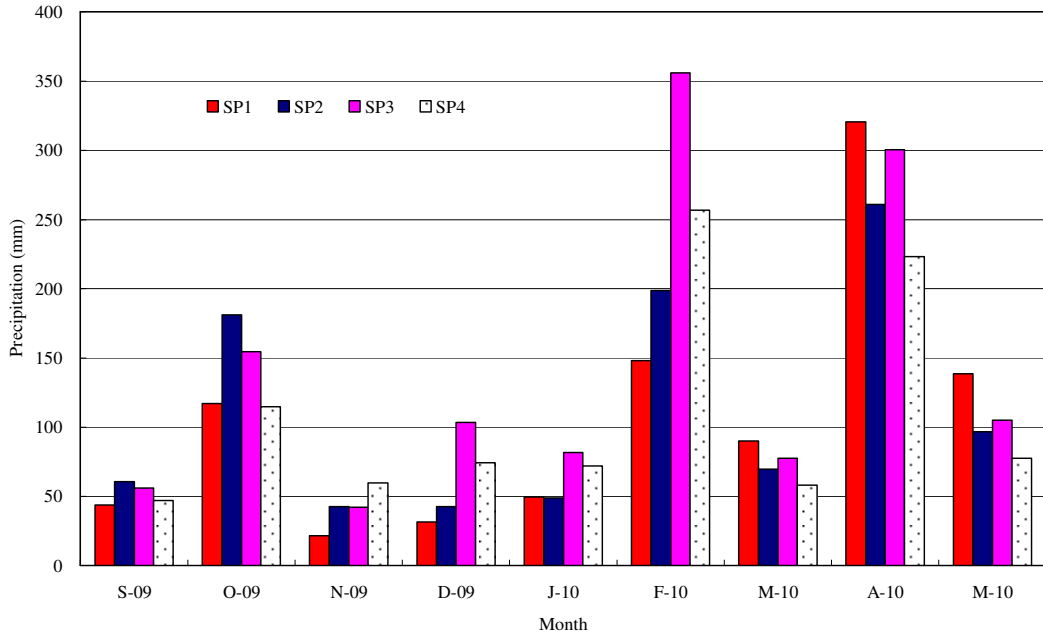


圖 1-5 雪山地區四處氣象站月雨量分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

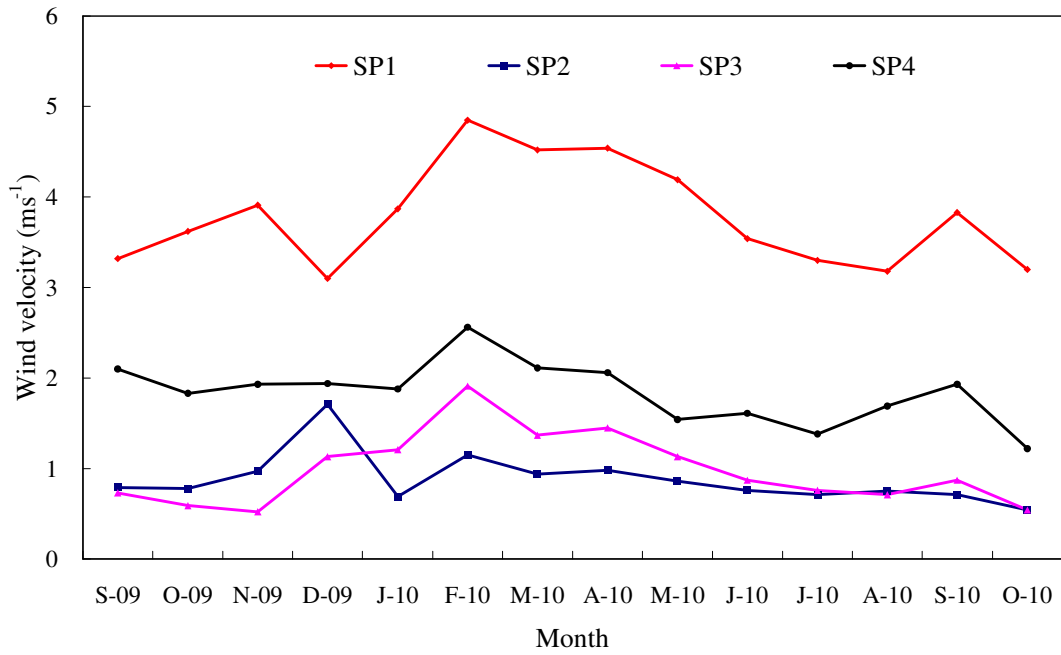


圖 1-6 雪山地區四處氣象站平均風速分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

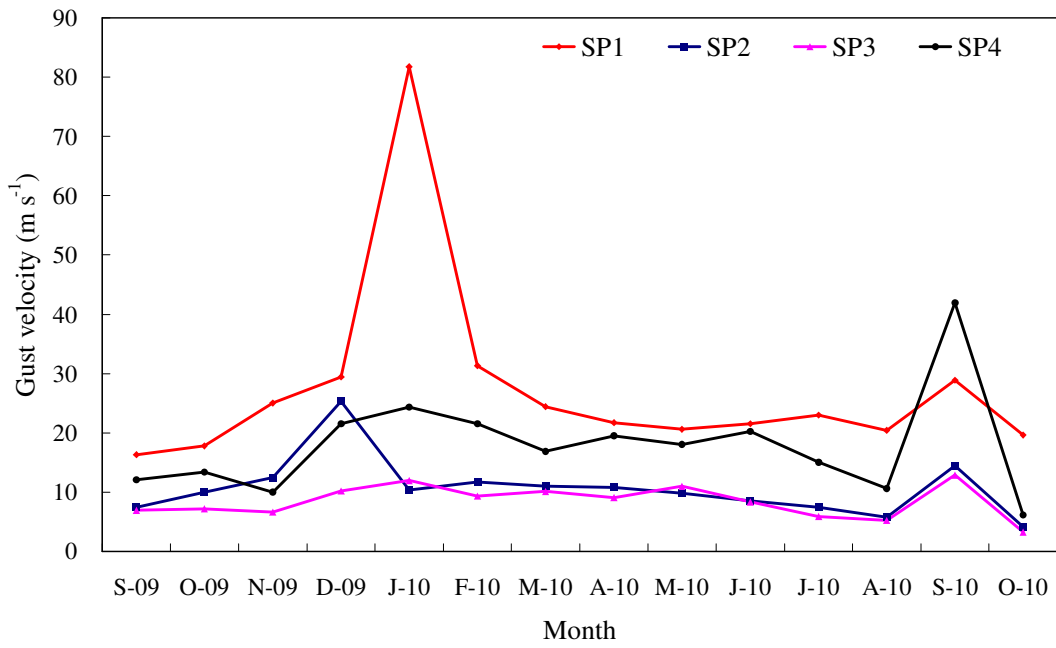


圖 1-7 雪山地區四處氣象站最大風速分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

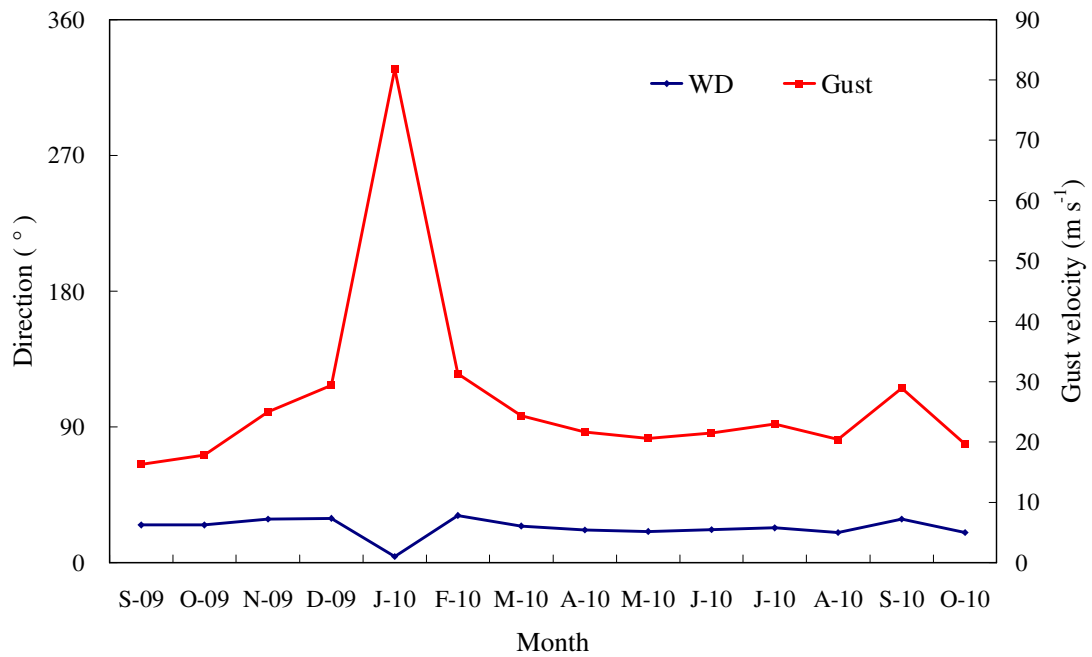


圖 1-8 圈谷氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

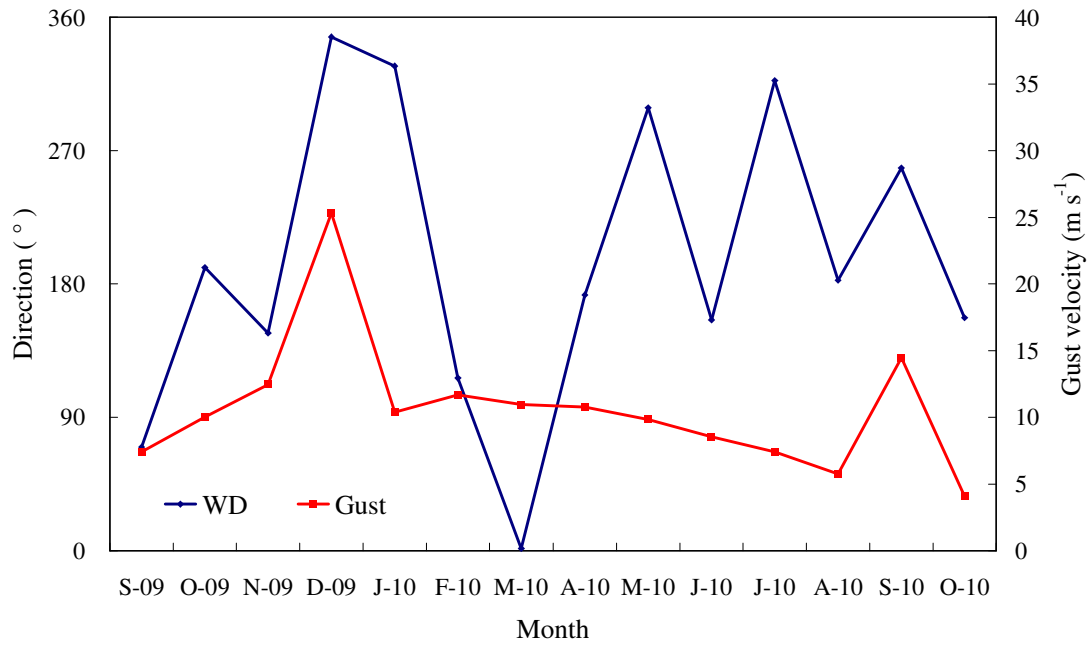


圖 1-9 黑森林氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

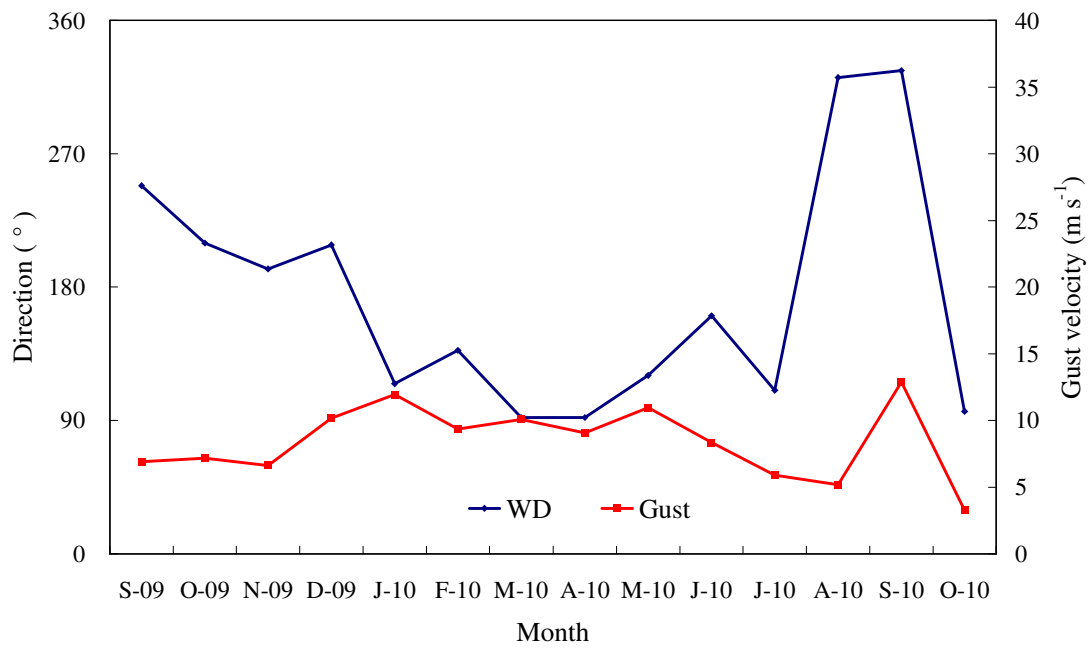


圖 1-10 三六九氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

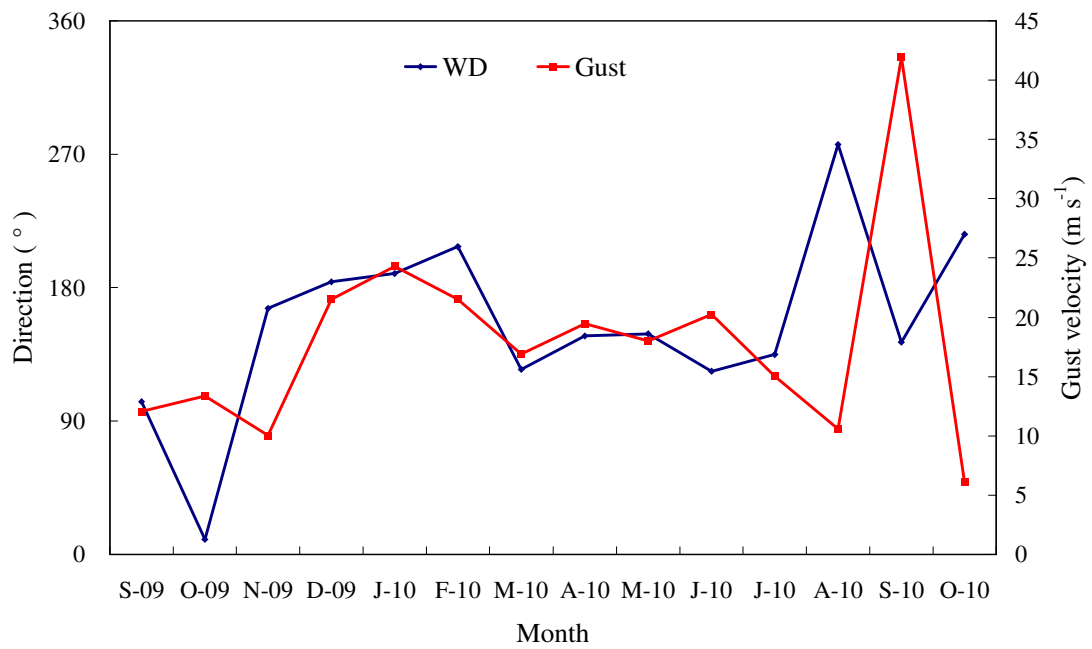


圖 1-11 哭坡頂氣象站最大風速與最大風速之風向逐月分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

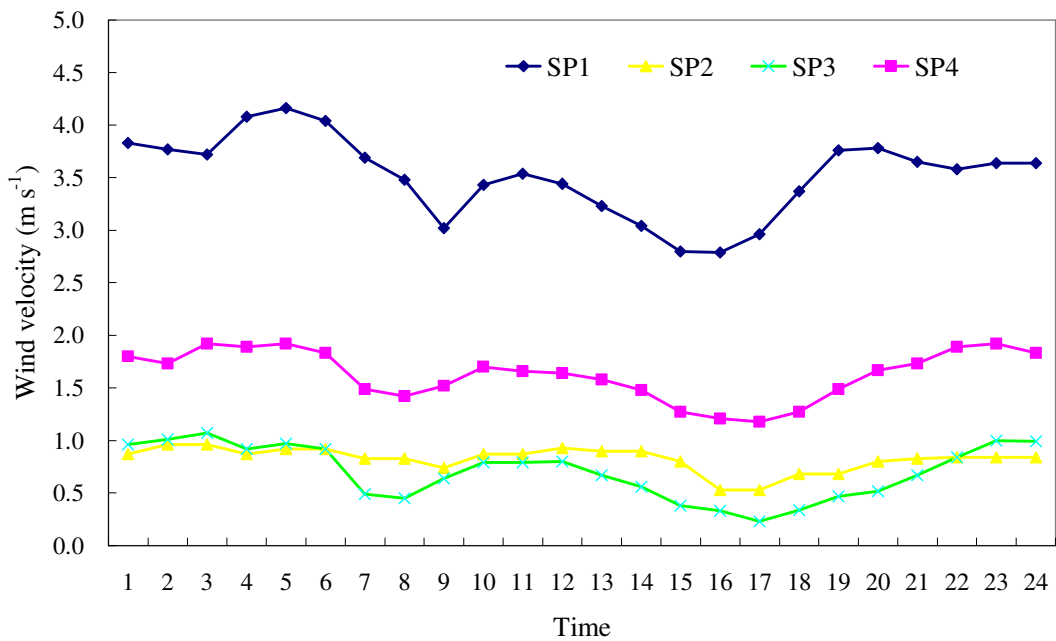


圖 1-12 雪山高山生態系四處氣象站總平均風速日變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

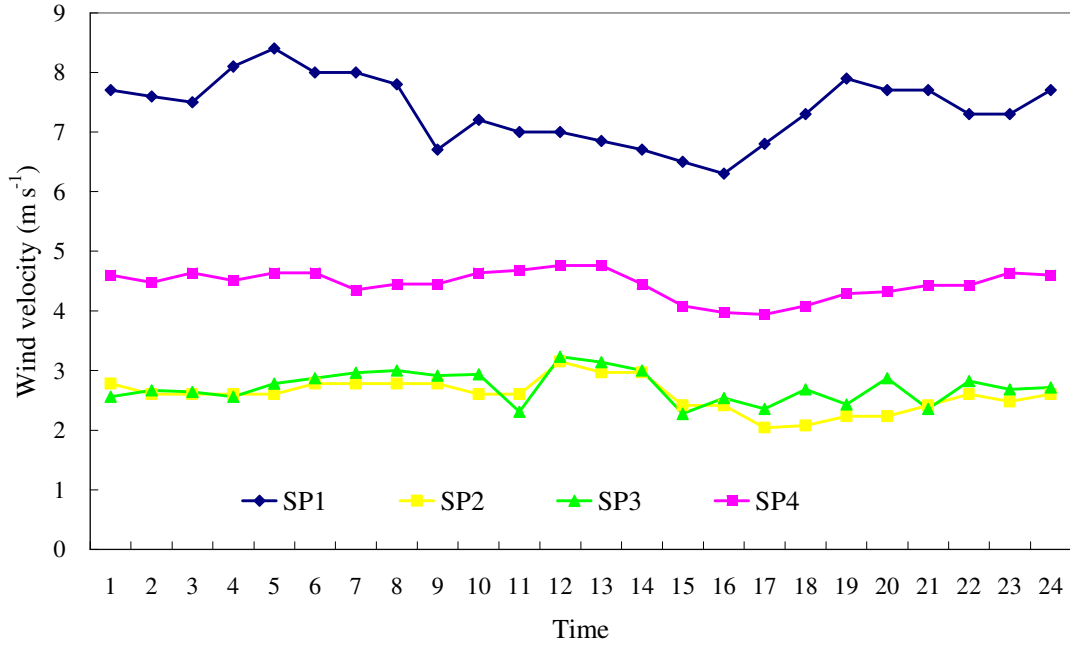


圖 1-13 雪山高山生態系四處氣象站最大風速總平均日變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

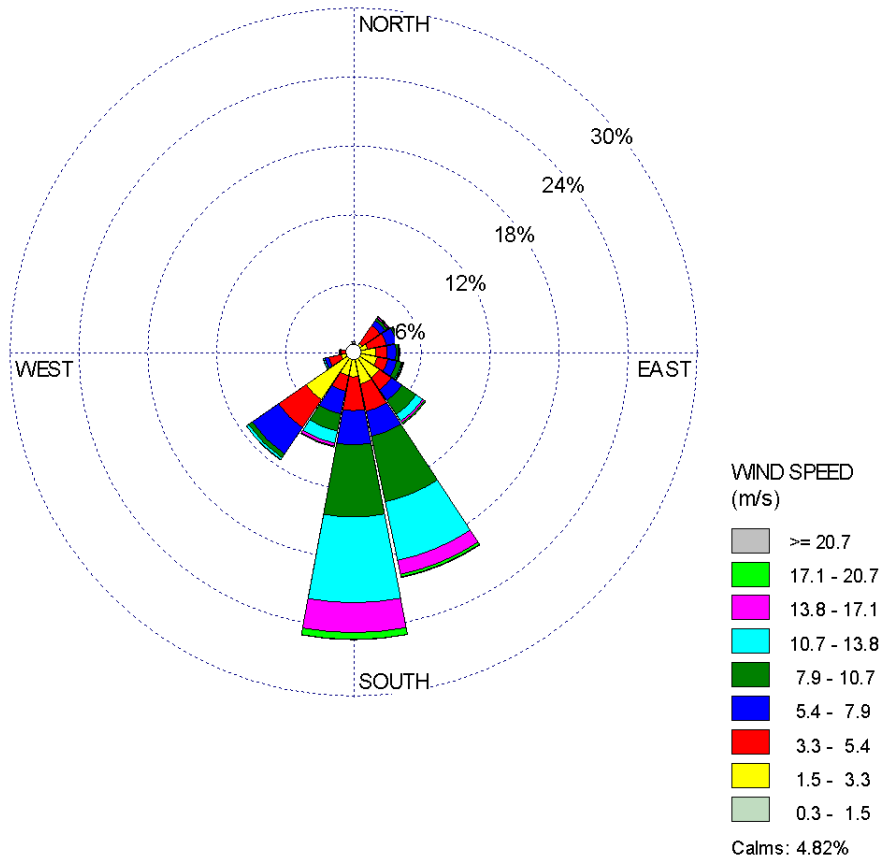


圖 1-14 圈谷氣象站風花圖。  
(資料來源：本研究資料)

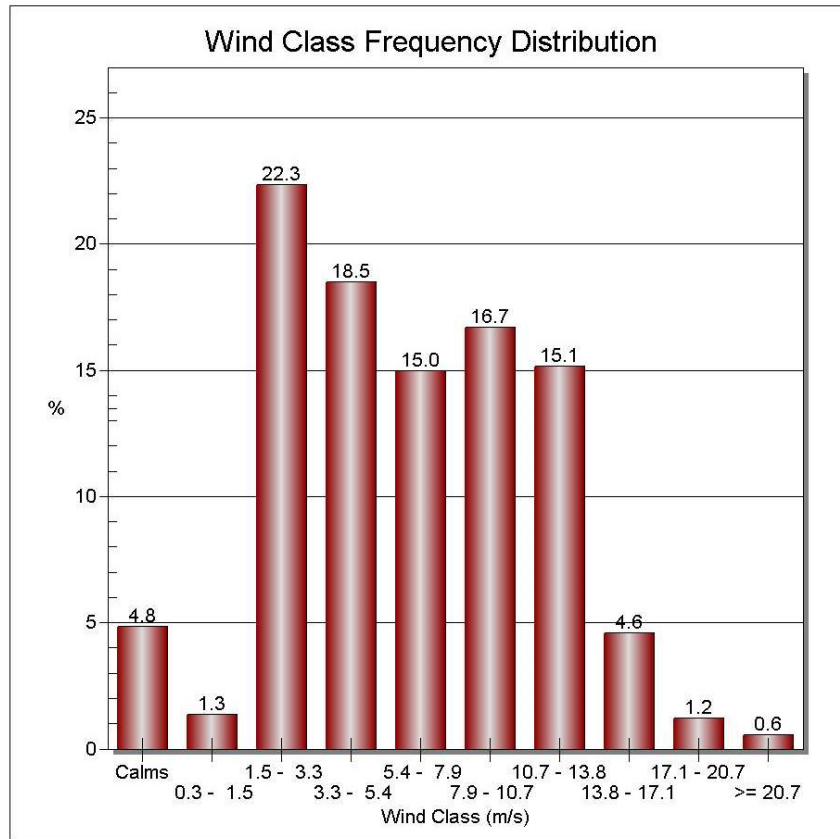


圖 1-15 圖谷氣象站風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)

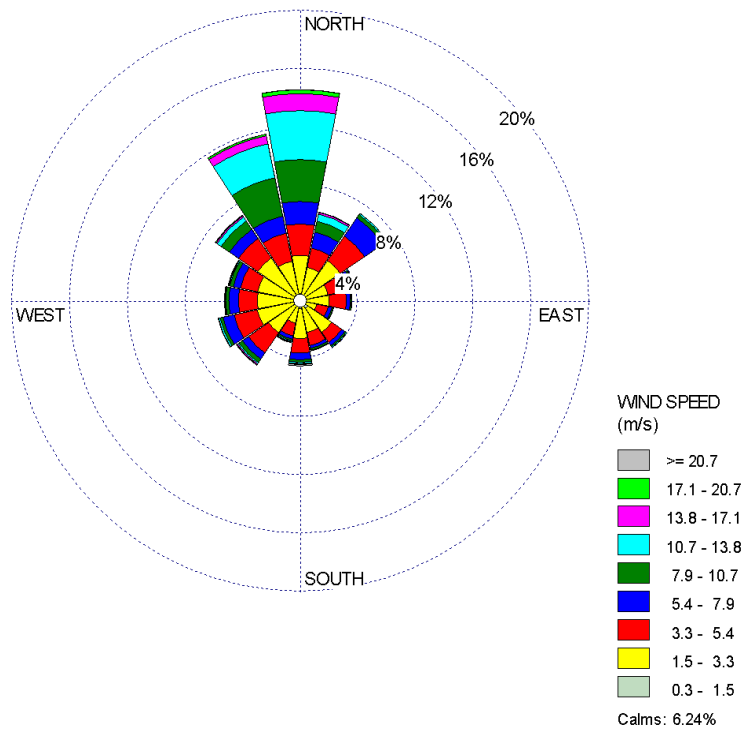


圖 1-16 黑森林氣象站風花圖。



(資料來源：本研究資料)

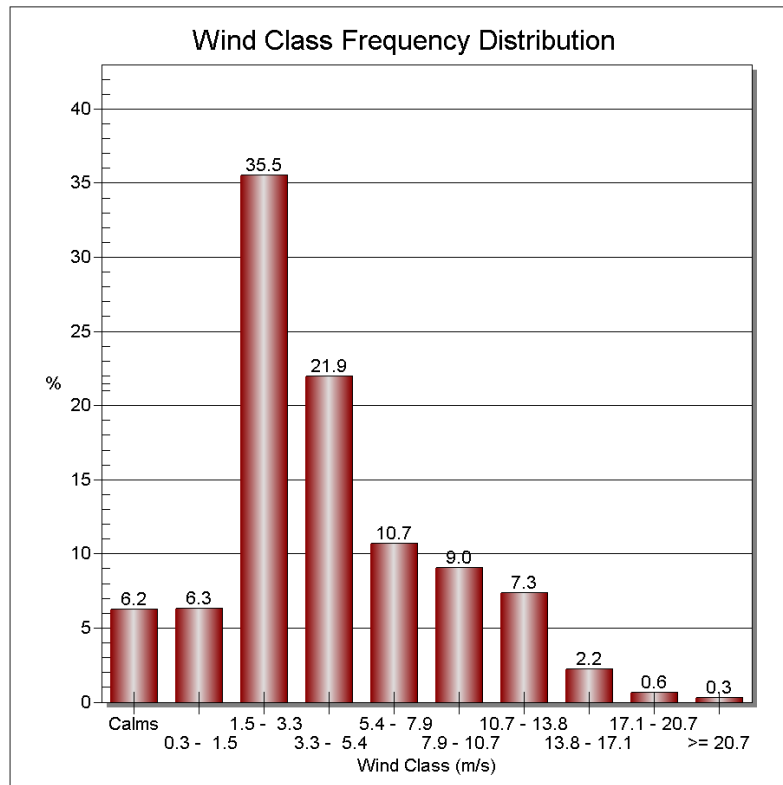


圖 1-17 黑森林氣象站風級頻率圖。

(資料來源：本研究資料)

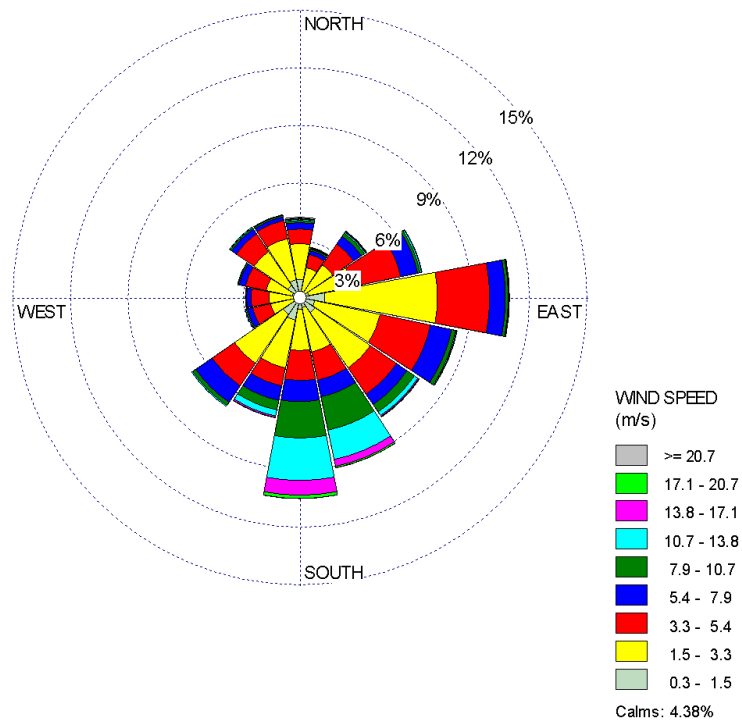


圖 1-18 三六九氣象站風花圖。

(資料來源：本研究資料)

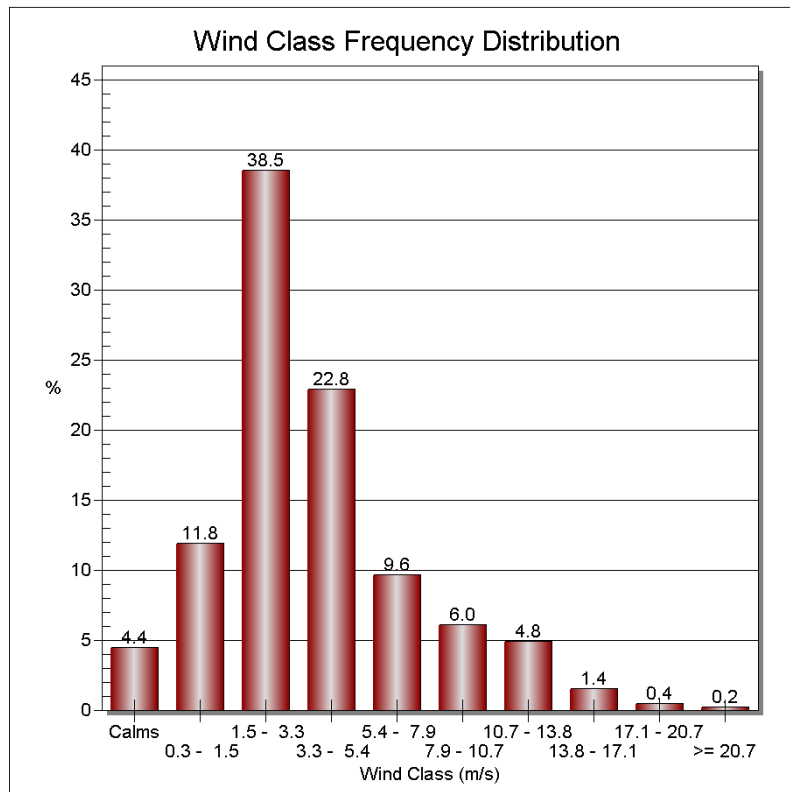


圖 1-19 三六九氣象站風級頻率圖。  
(資料來源：本研究資料)

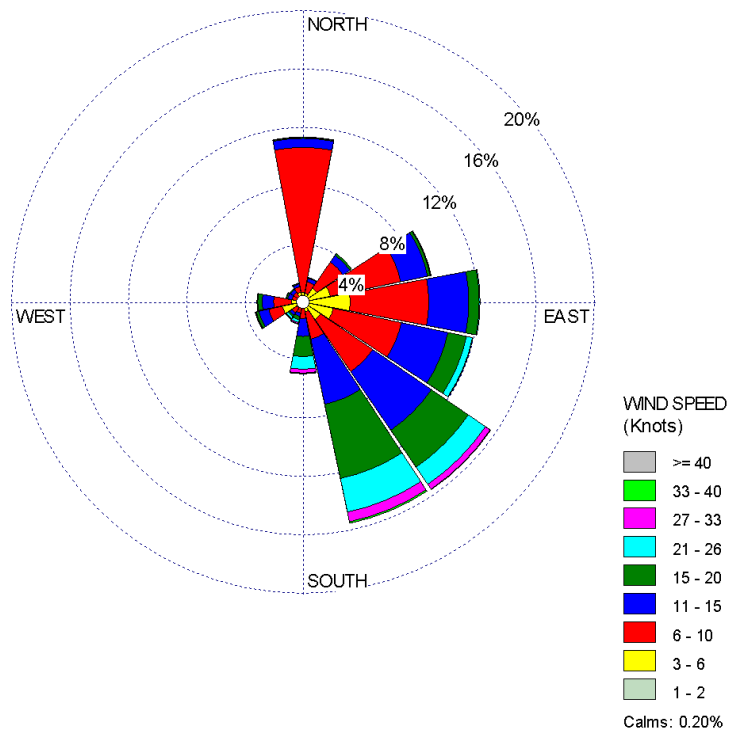


圖 1-20 哭坡頂氣象站風花圖。

(資料來源：本研究資料)

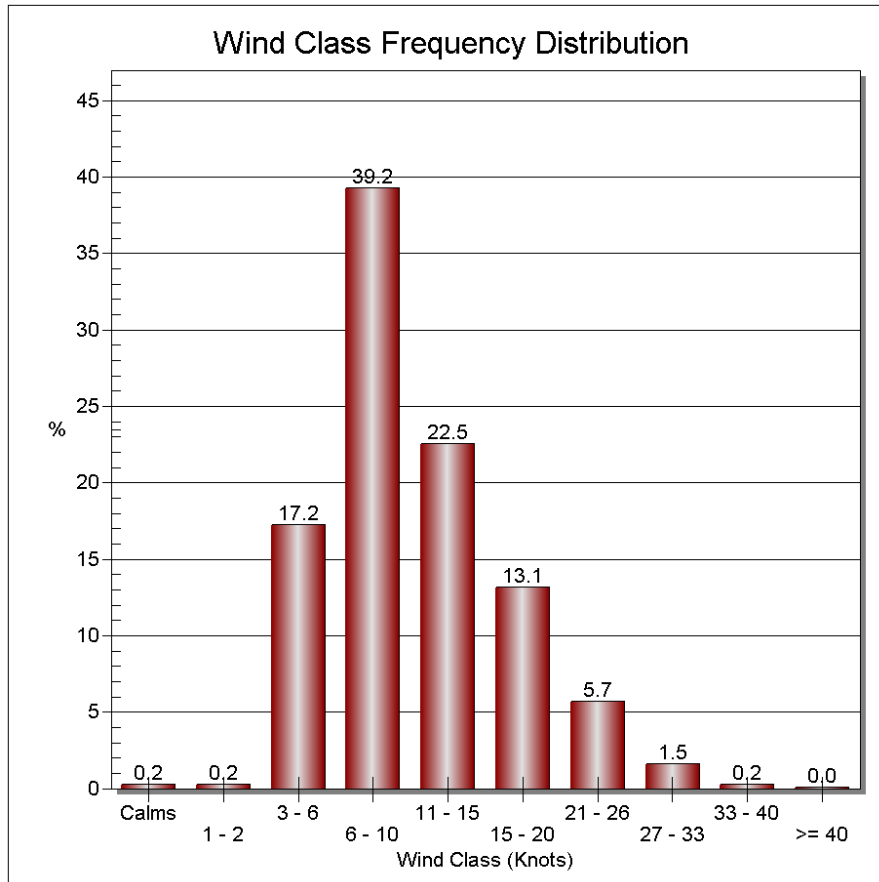


圖 1-21 哭坡頂風級頻率圖。

(資料來源：本研究資料)

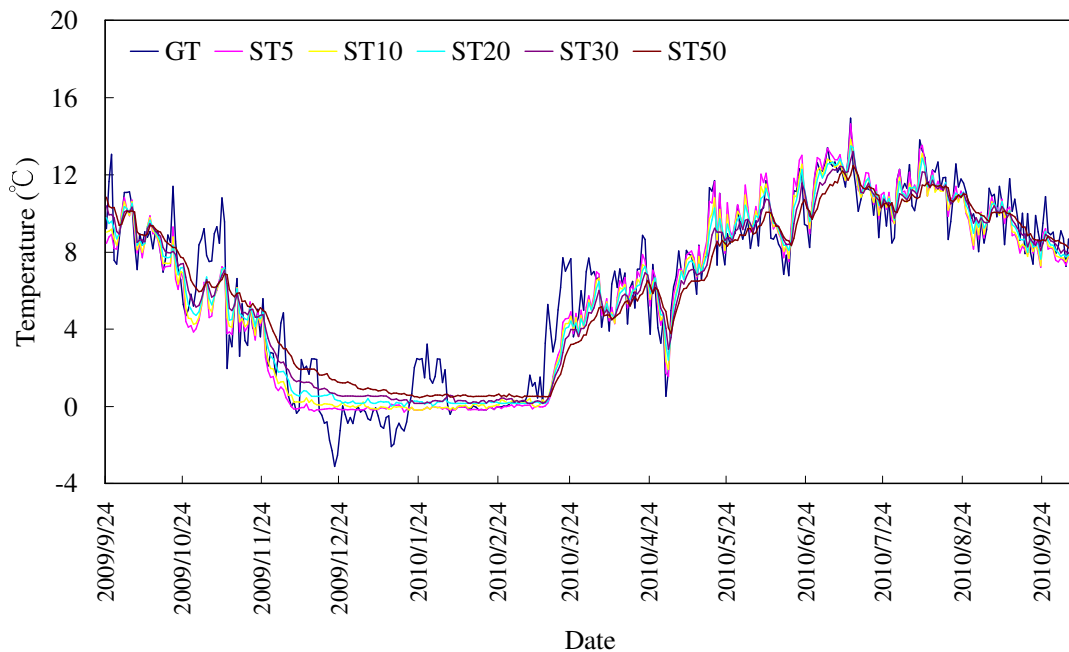


圖 1-19 圈谷氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。

(資料來源：本研究資料)

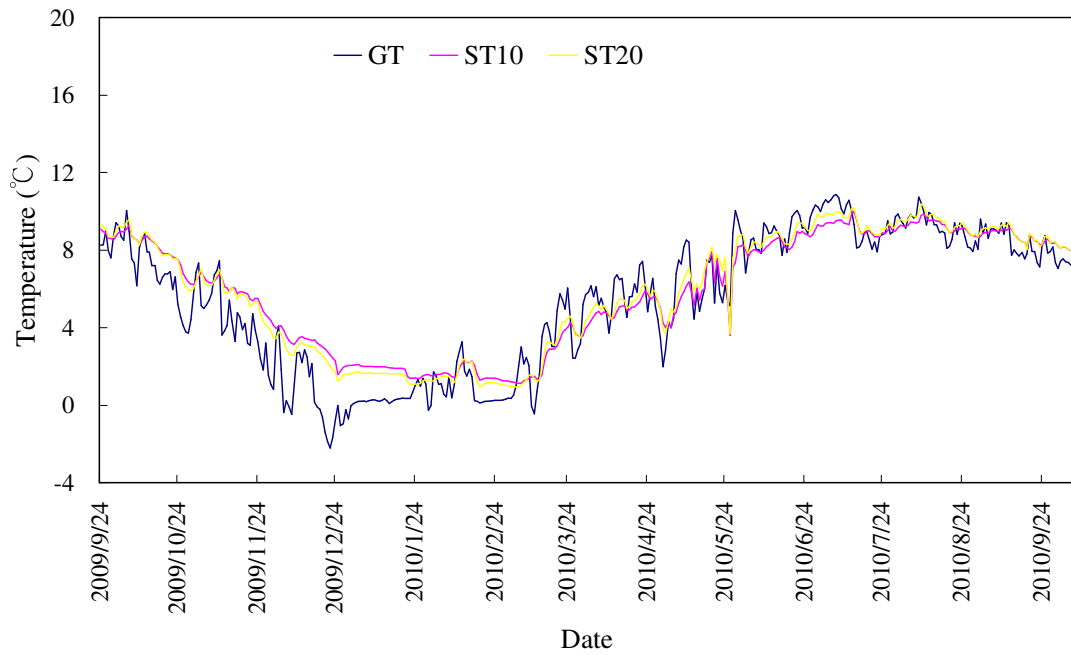


圖 1-23 黑森林氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。

(資料來源：本研究資料)

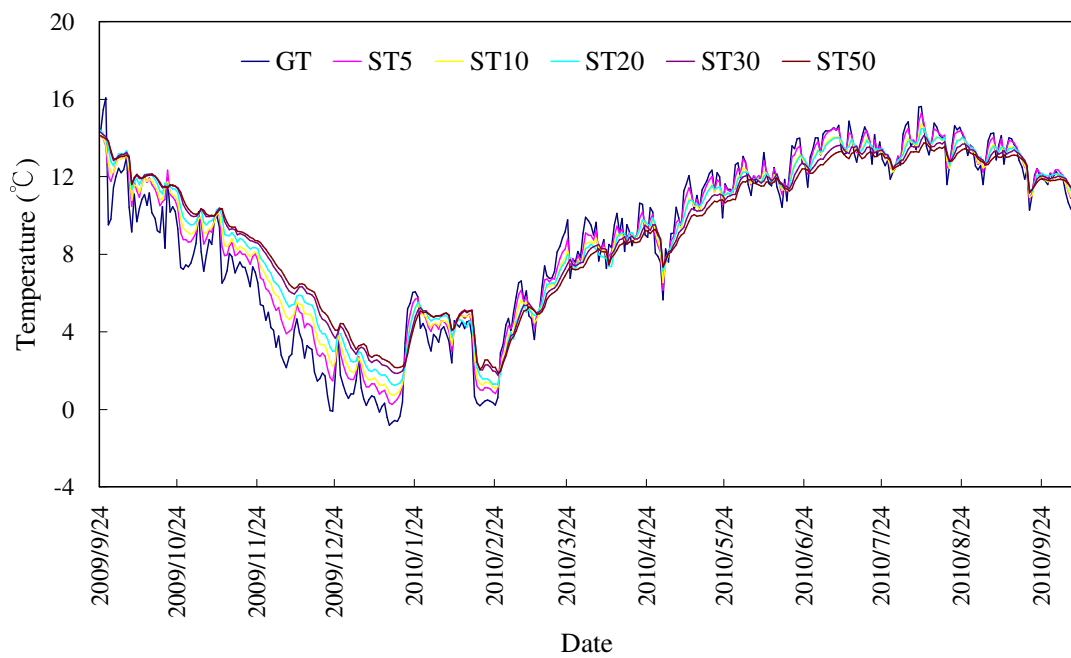


圖 1-24 三六九氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。

(資料來源：本研究資料)

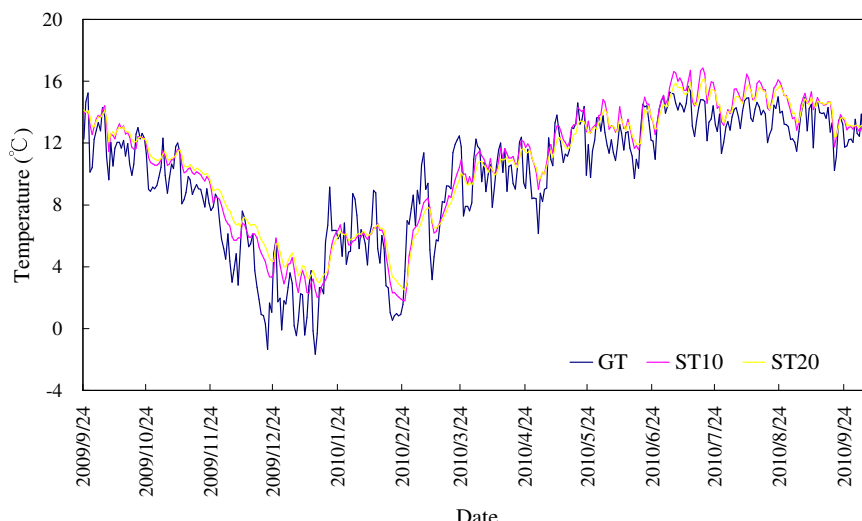


圖 1-25 哭坡頂氣象站草溫及各層次地溫日平均變化圖。

(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，自從設站後共遭逢 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 1-26。

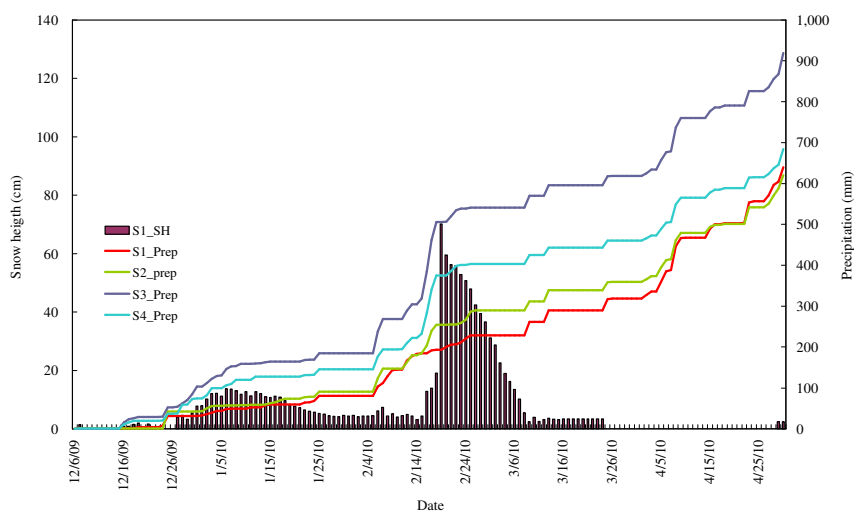


圖 1-26 圈谷氣象站降(積)雪高度與降水量。

(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)

#### (四) 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1-8～表1-11。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1-27～圖1-30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1-31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。

Elements Month	MJ m <sup>-2</sup> month <sup>-1</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	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--7	70.80	58.61	23.70	34.91	-1.28
Sum	5,113.33	4,137.61	1,789.01	2,348.60	3.14

(資料來源：本研究資料)

表1-9 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	12.03	4.72	7.31	-0.93
2009/10/1--31	85.42	86.08	36.59	49.50	-16.98
2009/11/1--30	74.97	85.73	37.81	47.92	-25.08
2009/12/1--31	47.19	77.32	35.14	42.18	-39.17
2010/1/1--31	80.58	85.62	38.96	46.66	-20.43
2010/2/1--28	65.07	63.37	28.65	34.72	-10.73
2010/3/1--31	116.04	85.38	36.35	49.03	8.53
2010/4/1--30	76.28	55.34	24.09	31.25	6.36
2010/5/1--31	64.45	45.80	19.61	26.19	6.32
2010/6/1--30	72.21	48.88	19.16	29.72	9.53
2010/7/1--31	92.84	71.51	27.66	43.85	3.60
2010/8/1--31	88.69	73.00	30.04	42.96	-1.25
2010/9/1--30	61.58	55.89	23.73	32.17	-6.10
2010/10/1--7	14.78	13.93	6.07	7.86	-1.98
Sum	623.74	596.67	261.92	334.75	-92.12

(資料來源：本研究資料)

表1-10 三六九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	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--7	74.40	61.24	26.26	34.98	-0.99
Sum	3,329.24	2,761.39	1,180.47	1,580.92	-65.40

(資料來源：本研究資料)



表1-11 哭坡頂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	107.53	90.54	35.26	55.28	-3.47
2009/10/1--31	268.49	231.25	98.78	132.46	-13.86
2009/11/1--30	203.09	180.22	77.56	102.66	-15.81
2009/12/1--31	384.35	338.78	151.00	187.78	-27.53
2010/1/1--31	400.89	333.59	150.56	183.02	-8.95
2010/2/1--28	404.33	327.48	146.91	180.57	-0.05
2010/3/1--31	581.06	465.50	206.99	258.51	5.07
2010/4/1--30	483.78	406.78	178.13	228.66	-15.01
2010/5/1--31	488.07	390.31	172.38	217.93	4.93
2010/6/1--30	365.69	294.89	127.75	167.14	1.23
2010/7/1--31	502.26	405.04	174.30	230.74	1.70
2010/8/1--31	526.36	424.39	189.22	235.17	1.86
2010/9/1--30	465.25	376.92	169.80	207.12	-0.16
2010/10/1--7	80.02	65.78	30.37	35.41	-0.99
Sum	3,321.59	2,764.45	1,217.58	1,546.87	-74.68

(資料來源：本研究資料)

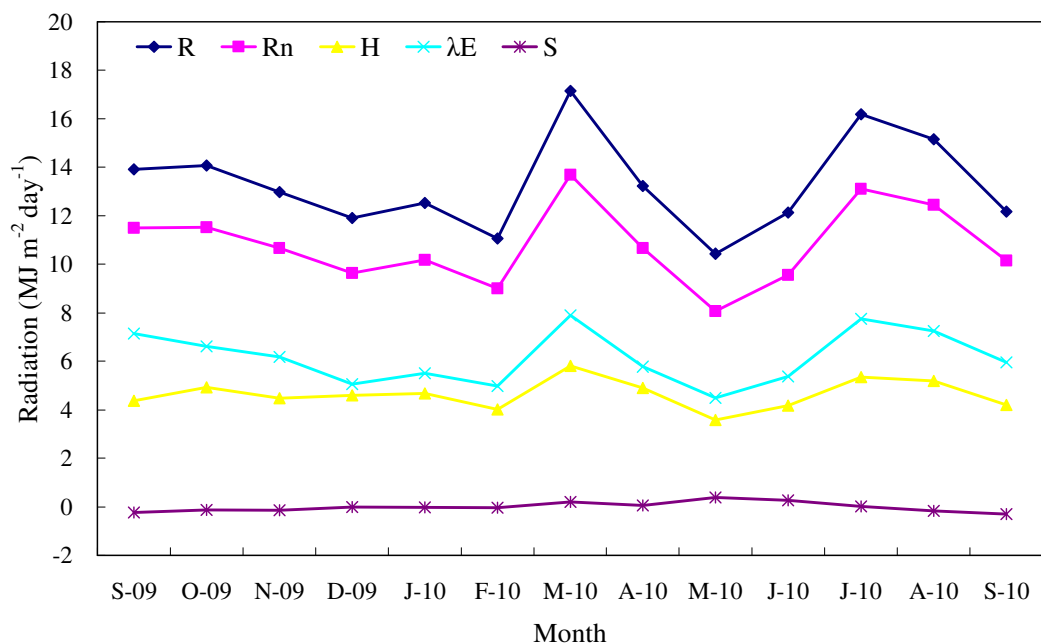


圖 1-27 圈谷氣象站熱量收支逐月變化圖。

(資料來源：本研究資料)

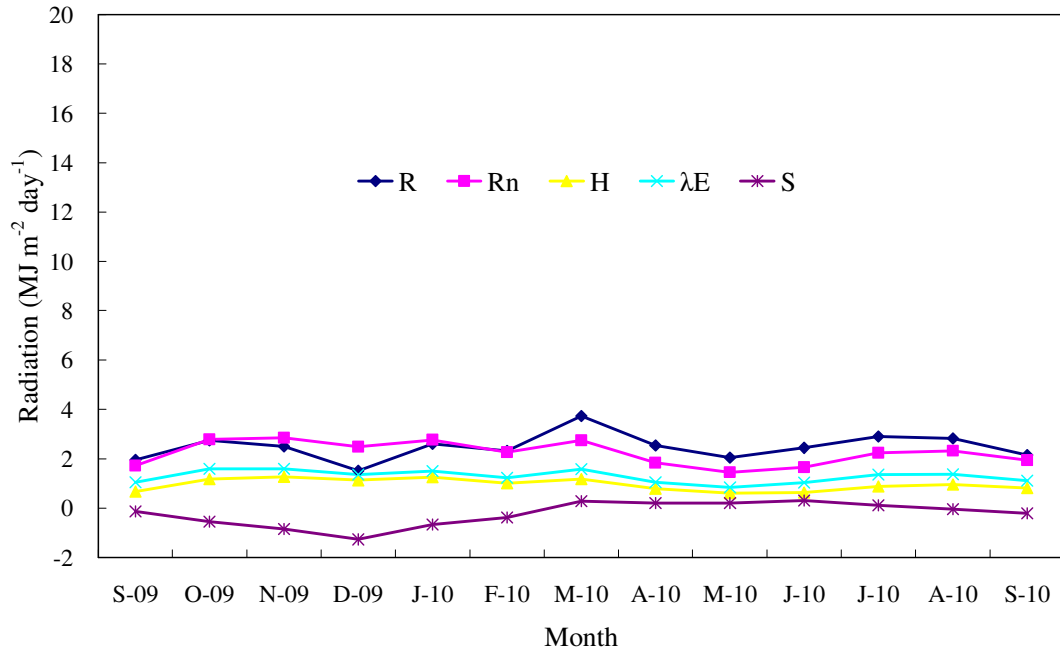


圖 1-28 黑森林氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

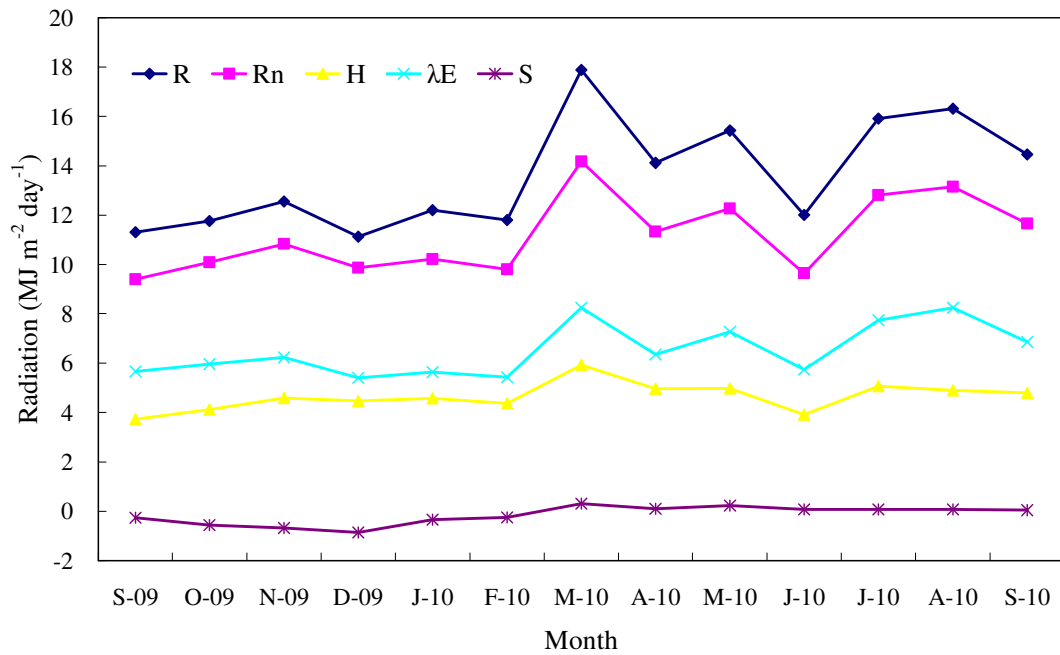


圖 1-29 三六九氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

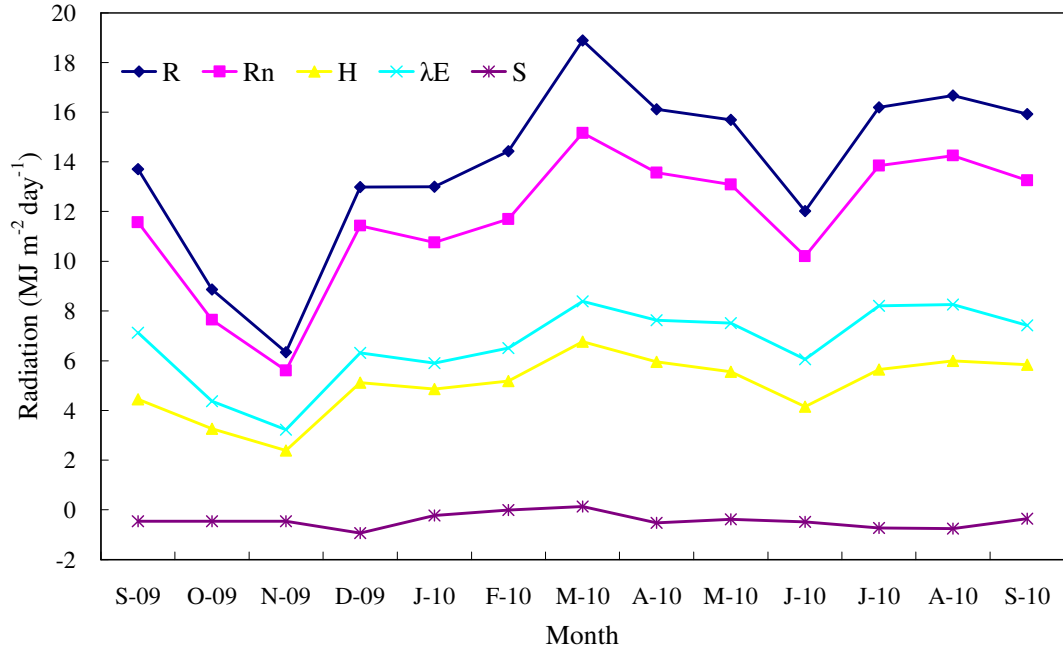


圖 1-30 哭坡頂氣象站熱量收支逐月變化圖。  
(資料來源：本研究資料)

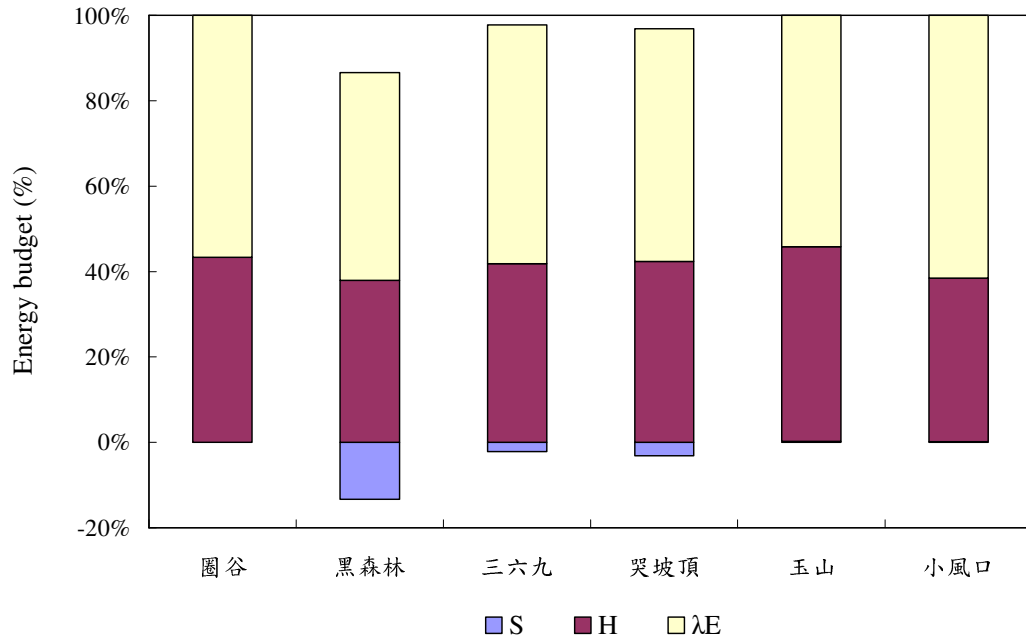


圖 1-31 臺灣中部高山地區氣象站熱量收支比率圖。  
(資料來源：本研究資料)

## 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；4處測站均以三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；靈雨天氣之際，雲層降低大氣透明度或阻隔太陽輻射，導致鐘型曲線凹陷現象。

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最值(姚榮鼎等，1999；魏聰輝等，2008)。

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 $5,095.67 \text{ MJm}^{-2}13\text{month}^{-1}$ 、三六九站為 $5,226.63 \text{ MJm}^{-2}13\text{month}^{-1}$ 、哭坡頂站為 $5,261.60 \text{ MJm}^{-2}13\text{month}^{-1}$ 。黑森林站僅 $962.68 \text{ MJm}^{-2}13\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了 $4,263.95 \text{ MJm}^{-2}13\text{month}^{-1}$ ，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1-32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公尺的測站資料，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。

圈谷氣象站的最低溫曾達到 $-11.0^{\circ}\text{C}$ (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 $-10.3^{\circ}\text{C}$ 、及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 $0^{\circ}\text{C}$ ，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 *etal.*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11日(哭坡頂站)~46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。

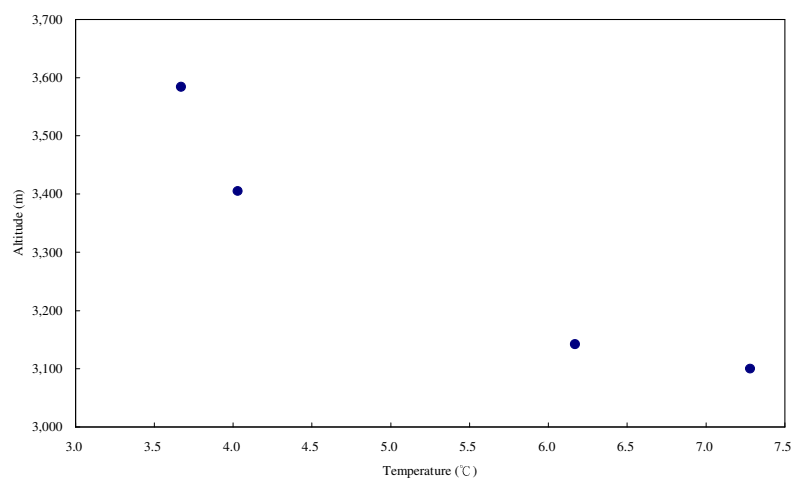


圖1-32 雪山地區平均氣溫隨海拔變化情形。

(資料來源：本研究資料)

### 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，但在測報實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67.5%最低、圈谷站為75.3%、哭坡頂站為78.2、黑森林站已提高至81.5%；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公尺地域出現最高值，超過2,000公尺逐漸降低；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。

### 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公尺以上之山區，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4處氣象站海拔均高於3,000公尺，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982.2 mm、三六九站1,276.5 mm、圈谷站 960.3 mm，統計資料顯示係以位於海拔高度為3,142公尺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 風向與風速

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。

山區最明顯的風，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。

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，但在圈谷地區並未明顯呈現週期性日變化，只有2009年9月及10月份的日變化呈現兩個谷值，其餘月份均無規律可循。

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)的山風來自於風向S、風速分布介於 $0.3\sim 20.7\text{ ms}^{-1}$ ；其次為SSE、風速分布亦介於 $0.3\sim 20.7\text{ ms}^{-1}$ ；風向為NE、NNE，風速通常低於 $7.9\text{ ms}^{-1}$ 為谷風；谷風為風向SW、風速分布低於 $13.8\text{ ms}^{-1}$ ，風向為SSW、風速低於 $17.1\text{ ms}^{-1}$ 。黑森林氣象站以N、NNW兩種風向為主風向，其他風向則分布頻率差別不大，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。六九站無明顯谷風風向，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。哭坡頂站址位於稜線，以SE、SSE風向的小集水區所導引的谷風效應較為明顯。

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1-6)或最大風速(圖1-7)，均呈現此種趨勢。另一現象值得矚目的現象為圈谷站極端風速的強度極為強大，由圖1-7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1-8顯示了最大風速所吹拂的風向均來自於谷風。

## 6 草溫與地溫

地球表面的土壤是植物維持生命所不可缺少的物質，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、夜晚往上傳遞到表面；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，目前呈現趨冷趨勢，俟正弦波完全呈現後，將可據之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 公尺以上高海拔地區每年會有機會降雪，海拔 3,000 公尺以下地區，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，即為本地區帶來降雪；自從設站後共遭逢 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，紀錄顯示 2009 年 12 月 7 日為本地區初雪，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，降雪、積雪期間獲得 145.0 mm 的等量降水。

觀察圖 1-26，不難發現圈谷站在積雪期間融雪所獲致的等量降水均低於黑森林站，此種特性符合前節降雨量以位於海拔高度為 3,142 公尺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 $0.80 \sim 0.95$ ，熟雪對於短波輻射的反射率介於 $0.42 \sim 0.70$ (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1-14、圖1-15在2009年12月7日第一場降雪後，至積雪於2010年3月13日完全融解之前，各層次深度地溫即維持零下或接近 $0^{\circ}\text{C}$ 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) 熱量收支

圖1-27、圖1-29、圖1-30提供了圈谷站、三六九站和哭坡頂站等3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，此種趨勢可從圖1-23明顯觀察得知；黑森林站在2009年10月淨輻射量等於日射量，其後的11月、12月、1月等3個月份則較高，所需熱量係由土壤熱通量所補充。

月份的分佈，4處測站均以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公尺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，三期之包溫比( $\beta$ )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

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 $3,250.66 \text{ MJm}^{-2}9\text{month}^{-1}$ 、三六九站為 $3,245.90 \text{ MJm}^{-2}9\text{month}^{-1}$ 、哭坡頂站為 $3,239.22 \text{ MJm}^{-2}9\text{month}^{-1}$ 。黑森林站僅 $617.53 \text{ MJm}^{-2}\text{month}^{-1}$ ，較之三六九站減少了 $2,628.37 \text{ MJm}^{-2}9\text{month}^{-1}$ ，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。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11日(哭坡頂站)~46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公尺的三六九站為最高值出現點。

山谷風現象只有風向分布呈現較為明顯的特徵，以風向出現頻率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N(9.99%)、NE(6.95%)、NNE(3.40%)；山風風向為SSW(15.36%)、S(14.81%)、SW(15.33%)；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SSW(5.84%)。

試驗期間內共有34場降雪事件，初雪於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，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，降雪、積雪期間獲得145.0 mm的等量降水。

降雪、積雪期間，草溫、0.05公尺、0.1公尺及0.2公尺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。

雪山地區因甫新設站，熱量收支之分析，選擇蒐集海拔高度相若之玉山站與合歡山小風口站，自2009年1月1日~10月31日之資料，其結果玉山站淨輻射總量為 $3,562.08 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ ，其中 $9.39 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為 $1,613.42 \text{ MJ m}^{-2} 10 \text{ month}^{-1}$ 、比率

為45.29%；潛熱通量為 $1,948.65 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ 、比率為54.71%。小風口站淨輻射總量為 $1,197.94 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ ，其中 $4.91 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ 熱量由土壤次層提供；配分子顯熱通量為 $438.37 \text{ MJ m}^{-2} 10 \text{ month}^{-1}$ 、比率為38.19%；潛熱通量為 $998.80 \text{ MJ m}^{-2} 10\text{month}^{-1}$ 、比率為61.81%。

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

- 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。
- 高國棟、陸渝蓉，1994，氣候學，第13章：298-323，明文書局，臺北。
- 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。
- 陳信雄，1984，森林水文學，國立編譯館，臺灣臺北，pp.523。
- 陳信雄、魏聰輝，2005，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。
- 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。
- 鄭師中譯，1992，山岳天氣與氣候，國立編譯館，臺灣臺北，pp.545。
- 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，第四章：131-200，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。
- 增沢武弘，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.
- 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.
- Martin B., 2005. Mountain climates and climatic change: an over view of processes focusing on the European Alps. *Pure appl. Geophys* 162: 1587-1606.
- 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.





雪山地區高山生態系整合研究

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

日期 (Unit)	氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	濕度 (%)	降雨量 (mm)	平均風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	最大風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	發生時間	風向 ( $^{\circ}$ )	日射量 ( $\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	PAR ( $\text{mol m}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	氣壓 (hPa)	草溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫 5 ( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫 10 ( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫 20 ( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫 30 ( $^{\circ}\text{C}$ )	地溫 50 ( $^{\circ}\text{C}$ )	土壤熱流量 ( $\text{Jm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	土壤含水量 10 ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	土壤含水量 20 ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	土壤含水量 30 ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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	0.0
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2010/6/14	7.6	97.9	70.0	3.6	12.7	16:24	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	積雪高 (mm)
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
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
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	9.7	9.7	142.8	0.31	0.26	0.20	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

(資料來源：本研究資料)

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> )	PAR (mol m <sup>-2</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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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



雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

(資料來源：本研究資料)



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	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

## 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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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	-552.60	66.25	68.17	0.0
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2010/1/15	3.0	21.6	1.0	0.9	2.4	420	110	17.39	34.99	-0.7	0.3	0.7	1.3	2.0	2.3	-484.50	65.00	66.43	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

## 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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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	11.7	11.7	20.80	71.20	78.20	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
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
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
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
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
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
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
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
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	11.9	11.9	-186.10	73.80	81.30	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

## 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> )	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 (mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

(資料來源：本研究資料)



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

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> )
2009/11/4	9.3	67.5	0.0	1.9	4.3	0	5.94	12.46		9.7	10.6	10.9			
2009/11/5	9.1	78.2	0.0	1.9	4.3	0	5.00	10.62		10.6	10.9	11.0			
2009/11/6	9.4	73.3	0.0	1.9	4.4	0	4.15	8.96		10.4	10.9	11.1			
2009/11/7	10.6	82.6	0.0	1.8	4.4	0	4.34	9.32		11.8	11.3	11.2			
2009/11/8	11.3	74.9	0.0	1.9	4.6	0	6.48	13.51		12.0	11.6	11.5			
2009/11/9	11.1	72.1	0.0	1.9	5.2	0	5.63	11.83		11.4	11.5	11.6			
2009/11/10	7.2	78.5	12.7	2.5	6.3	0	2.09	4.92		8.1	10.6	11.2			
2009/11/11	8.0	75.3	0.1	2.2	6.6	0	5.26	11.12		8.3	10.1	10.5			
2009/11/12	7.5	82.7	1.0	2.1	5.5	0	2.75	6.18		8.8	10.1	10.5			
2009/11/13	7.4	97.2	35.4	1.9	5.7	0	1.60	3.96		9.8	10.3	10.5			
2009/11/14	6.7	94.6	2.8	1.8	4.8	0	2.64	5.99		9.6	10.4	10.6			
2009/11/15	5.2	96.7	5.2	1.9	5.3	0	1.64	4.02		8.7	10.1	10.4			
2009/11/16	8.9	81.9	0.0	2.0	5.3	0	4.65	9.90		9.0	10.0	10.2			
2009/11/17	8.0	88.1	1.8	2.2	6.0	0	2.46	5.63		9.3	10.2	10.4			
2009/11/18	5.7	96.7	0.6	2.0	5.3	0	1.62	3.99		9.0	10.1	10.3			
2009/11/19	5.9	98.1	0.1	1.8	4.5	0	2.06	4.86		9.0	10.0	10.2			
2009/11/20	7.2	86.9	0.0	1.9	5.0	0	3.67	8.00		8.5	9.7	10.1			
2009/11/21	7.2	82.0	0.0	2.0	5.3	0	5.69	11.94		7.9	9.5	10.0			
2009/11/22	7.3	90.6	0.0	2.1	5.7	0	2.74	6.17		9.1	9.8	10.0			
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			
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	0.245	0.270	
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	0.240	0.270	
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	0.239	0.270	
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	0.240	0.270	
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	0.240	0.270	
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	0.235	0.264	
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	0.230	0.260	
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	0.230	0.260	
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	0.228	0.260	
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	0.227	0.260	
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	0.222	0.260	
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	0.220	0.260	
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	0.220	0.260	
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	0.220	0.253	
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	0.219	0.250	
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	0.220	0.250	
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	0.220	0.250	
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	0.217	0.250	
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	0.213	0.250	
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	0.211	0.250	
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	0.212	0.250	
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	0.210	0.247	
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	0.244	0.289	

雪山地區高山生態系整合研究

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> )
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	0.315	0.356	
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	0.279	0.340	
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	0.253	0.317	
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	0.242	0.303	
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	0.238	0.294	
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	0.230	0.290	
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	0.230	0.286	
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	0.225	0.280	
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	0.313	0.365	
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	0.260	0.332	
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	0.250	0.316	
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	0.321	0.365	
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	0.284	0.354	
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	0.330	0.381	
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	0.282	0.352	
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	0.260	0.332	
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	0.264	0.324	
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	0.331	0.384	
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	0.290	0.360	
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	0.273	0.343	
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	0.302	0.363	
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	0.295	0.358	
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	0.296	0.360	
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	0.275	0.350	
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	0.255	0.333	
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	0.245	0.322	
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	0.275	0.342	
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	0.270	0.345	
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	0.250	0.329	
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	0.239	0.318	
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	0.234	0.311	
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	0.230	0.306	
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	0.228	0.303	
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	0.224	0.299	
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	0.224	0.296	
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	0.222	0.293	
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	0.232	0.295	
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	0.236	0.294	
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	0.244	0.295	
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	0.305	0.347	
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	0.281	0.349	
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	0.260	0.329	
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	0.251	0.319	

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> )
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	0.245	0.313	
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	0.241	0.308	
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	0.238	0.303	
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	0.235	0.300	
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	0.232	0.297	
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	0.229	0.294	
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	0.229	0.292	
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	0.230	0.290	
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	0.283	0.331	
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	0.339	0.395	
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	0.271	0.347	
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	0.255	0.332	
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	0.249	0.323	
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	0.242	0.316	
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	0.285	0.344	
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	0.318	0.382	
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	0.274	0.354	
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	0.272	0.345	
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	0.361	0.410	
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	0.379	0.423	
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	0.373	0.417	
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	0.311	0.375	
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	0.296	0.359	
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	0.325	0.378	
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	0.331	0.384	
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	0.335	0.389	
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	0.328	0.388	
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	0.345	0.398	
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	0.339	0.396	
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	0.282	0.359	
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	0.263	0.343	
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	0.255	0.332	
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	0.249	0.325	
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	0.245	0.319	
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	0.242	0.315	
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	0.240	0.311	
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	0.239	0.307	
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	0.237	0.303	
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	0.235	0.300	
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	0.299	0.357	
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	0.275	0.352	
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	0.257	0.336	
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	0.249	0.327	

雪山地區高山生態系整合研究

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> )
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	0.320	0.377	
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	0.275	0.354	
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	0.260	0.338	
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	0.253	0.329	
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	0.248	0.322	
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	0.244	0.317	
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	0.241	0.313	
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	0.239	0.308	
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	0.237	0.305	
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	0.235	0.301	
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	0.235	0.298	
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	0.232	0.294	
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	0.303	0.341	
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	0.298	0.368	
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	0.262	0.337	
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	0.253	0.325	
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	0.246	0.318	
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	0.243	0.312	
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	0.244	0.307	
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	0.240	0.303	
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	0.239	0.300	
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	0.283	0.329	
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	0.262	0.323	
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	0.325	0.362	
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	0.302	0.362	
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	0.300	0.366	
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	0.332	0.378	
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	0.314	0.378	
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	0.264	0.341	
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	0.256	0.329	
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	0.252	0.321	
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	0.246	0.315	
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	0.242	0.309	
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	0.247	0.306	
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	0.305	0.369	
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	0.260	0.337	
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	0.261	0.330	
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	0.262	0.329	
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	0.253	0.324	
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	0.249	0.318	
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	0.247	0.313	
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	0.305	0.356	
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	0.291	0.358	

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> )
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	0.266	0.338	
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	0.256	0.327	
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	0.286	0.341	
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	0.310	0.369	
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	0.291	0.355	
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	0.345	0.398	
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	0.272	0.348	
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	0.260	0.335	
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	0.253	0.327	
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	0.248	0.321	
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	0.245	0.315	
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	0.243	0.312	
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	0.284	0.337	
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	0.284	0.353	
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	0.267	0.336	
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	0.261	0.326	
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	0.256	0.320	
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	0.254	0.315	
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	0.250	0.311	
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	0.248	0.308	
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	0.249	0.306	
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	0.250	0.304	
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	0.247	0.300	
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	0.246	0.298	
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	0.246	0.295	
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	0.250	0.292	
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	0.247	0.289	
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	0.245	0.286	
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	0.318	0.351	
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	0.296	0.356	
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

雪山地區高山生態系整合研究

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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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



雪山地區高山生態系整合研究

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> )
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

(資料來源：本研究資料)

## 第十章 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。

『生態調查資料格式』，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。

#### 三、重要發現

本年度收集昆蟲資料 7614 筆、鳥類資料 1958 筆、氣象資料 6720 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 18471 筆(涵蓋 2 界 7 門 11 綱 72 目 429 科 621 種生物物種)，氣候土壤等環境資料共 24136 筆(涵蓋 43 個測項)。

#### 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

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

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。

## 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

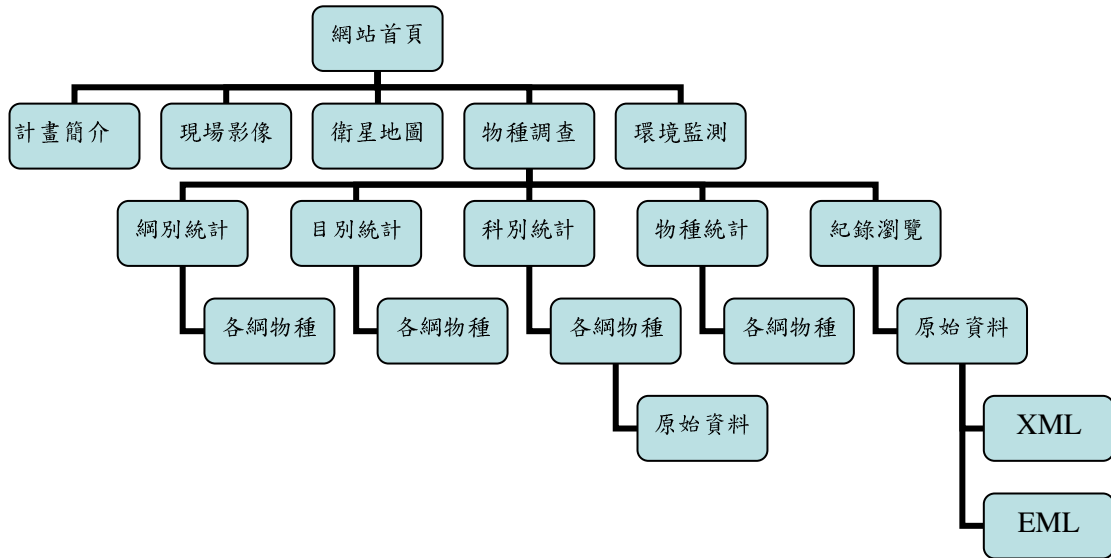
雪山地區高山生態系整合調查計畫，所收集之原始生態調查資料，包括微氣候資料、集水區環境資料、土壤資料、植物調查資料、鳥類調查資料、昆蟲調查資料以及火燒區生態資料，涵蓋多種生物類別及多種資料型態，經過各類別的研究人員討論後，決定採用農委會漁業署於 2005 頒佈的『簡便生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式，農委會漁業署及經濟部環保署已於 2005 年起推行於漁業署及環保署所委辦的各個生態研究計畫，作為共通的生態調查資料格式。

『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，此外，所有資料也將同步匯入 EML(Ecological Metadata Language)系統，以利資料分析運用，並針對學名、調查地點、調查時間、經緯度、調查者等重要欄位建立索引，以利資料搜尋。

### 三、結果

1. 規劃網站架構如下：



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 1,2,3。



圖 10-1 計畫簡介。  
(資料來源：本研究資料)

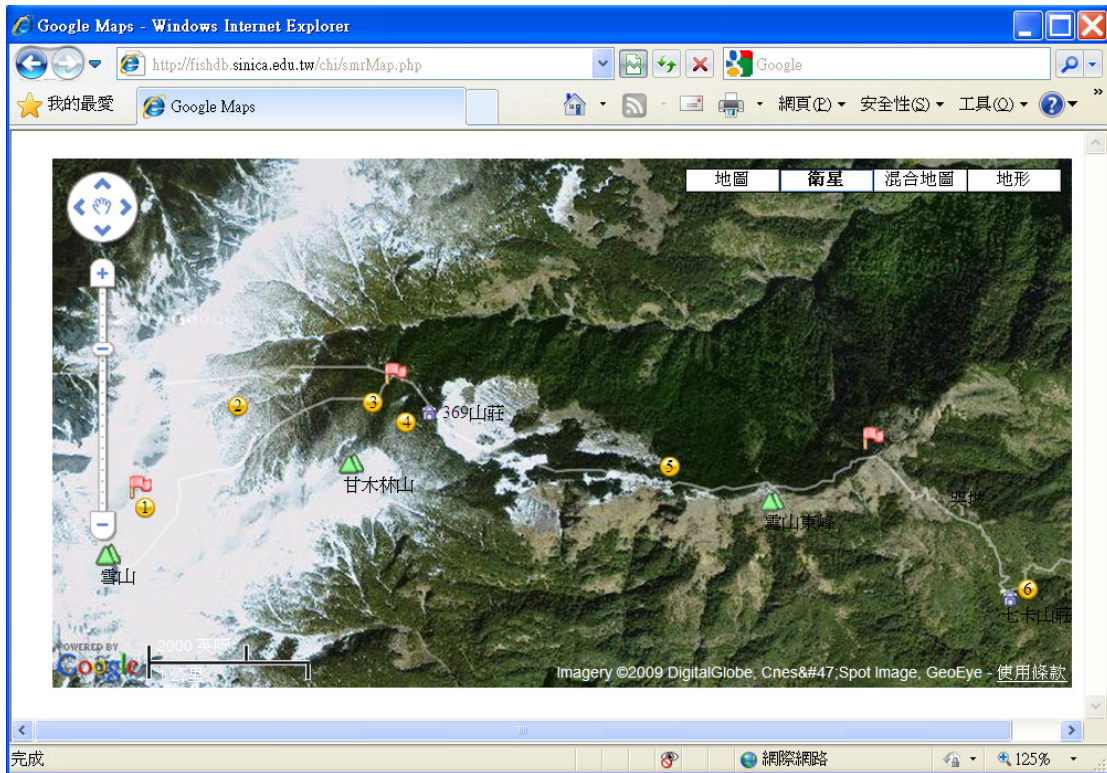


圖 10-2 雪山地圖圖資(含 6 個測站、三個氣象站及相關圖資)。

(資料來源：本研究資料)

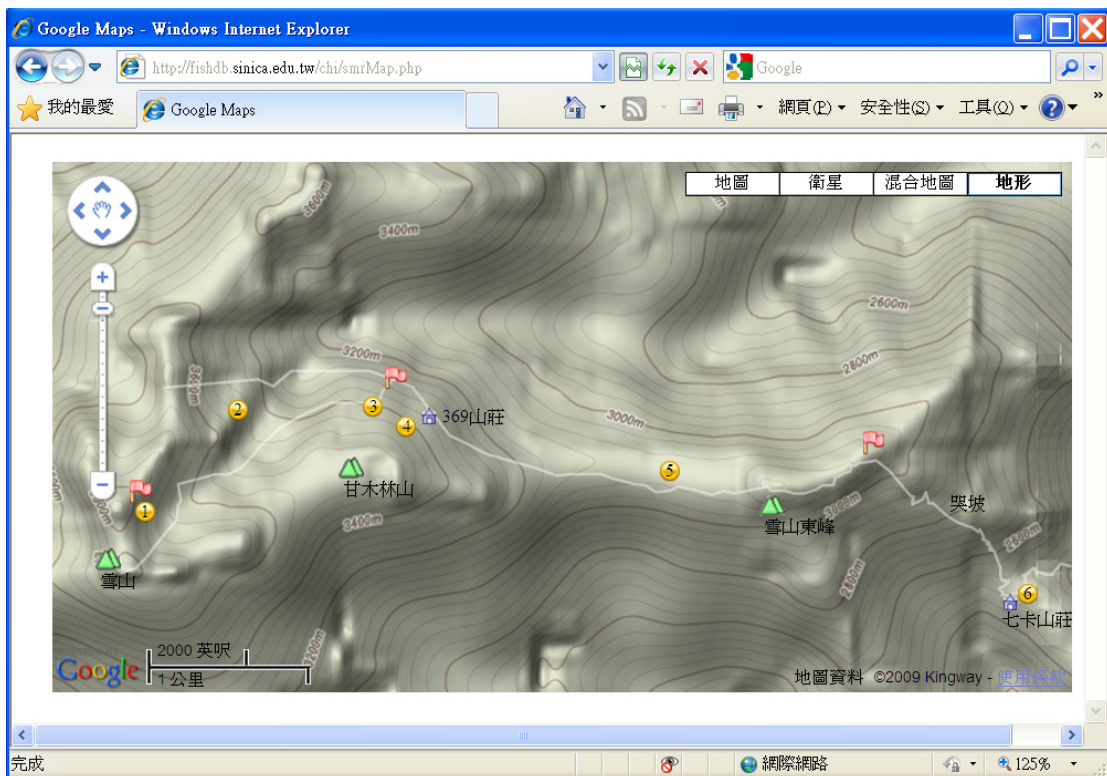


圖 10-3 雪山地形圖(含 6 個測站、三個氣象站及相關圖資)。

(資料來源：本研究資料)



3.本年度收集昆蟲資料 7614 筆、鳥類資料 1958 筆、氣象資料 6720 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 18471 筆(涵蓋 2 界 7 門 11 綱 72 目 429 科 621 種生物物種)，氣候土壤等環境資料共 24136 筆(涵蓋 43 個測項)。如附圖 5,6,7,8,9,10。

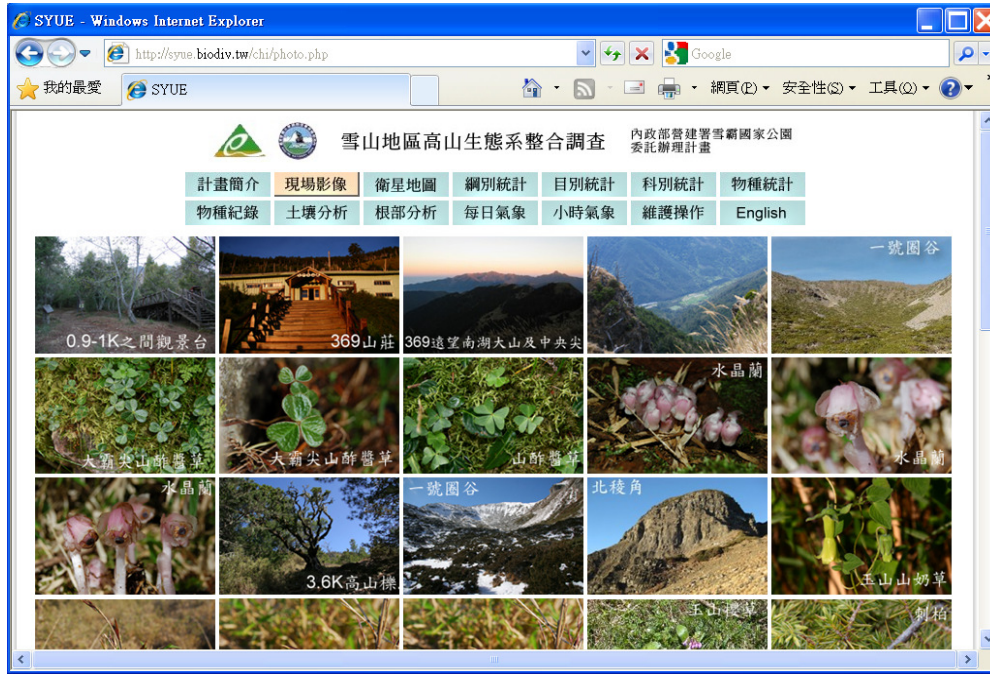


圖 10-4 現場影像(調查現場照片)。

(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	Campulales	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 10-5 調查生物目別統計。

(資料來源：本研究資料)

全部網站共調查 305 科生物

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 10-6 調查生物科別統計。

(資料來源：本研究資料)

全部網站共調查 470 種生物

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 hayata</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 noriaktianum</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 10-7 調查生物物種統計。

(資料來源：本研究資料)

SYUE - Windows Internet Explorer  
 http://syue.biodiv.tw/chi/recordgrid.php

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

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	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Diptera-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Diptera-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Coleoptera-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Lepidoptera-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Staphylinidae	Gen. sp.(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Dermaptera-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	杜鵑III-LJT	廖富盈	
1	Staphylinidae	Gen. sp.(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Staphylinidae	Gen. sp.(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Staphylinidae	Gen. sp.(Coleoptera-Staphylinidae)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Acari-Family)	2009-04-06	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏III-LJT	廖富盈	
1	Phlaeothripidae	Gen. sp.(Thysanoptera-Phlaeothripidae)	2009-02-04	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖富盈	
1	Family	Gen. sp.(Araneae-Family)	2009-02-04	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖富盈	
1	Entomobryidae	Gen. sp.(Collembola-Entomobryidae)	2009-02-04	圓谷底	24.38822	121.23289	葉文斌	圓柏I-LJT	廖富盈	

圖 10-8 全部調查物種紀錄。  
 (資料來源：本研究資料)

SYUE - Windows Internet Explorer  
 http://syue.biodiv.tw/chi/soil.php

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

土壤分析調查紀錄 測站 大於 搜尋 共 30 筆  欄位說明  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	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 10-9 土壤分析調查紀錄。  
 (資料來源：本研究資料)

SYUE - Windows Internet Explorer  
 http://syue.biodiv.tw/chi/day.php  
 我的最愛 SYUE  
 內政部營建署雪霸國家公園委託辦理計畫  
 雪山地區高山生態系整合調查  
 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	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	-55.03	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	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	3283	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 10-10 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

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

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，昆蟲與蝸蟬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.

## 第二章 集水區環境資料建置及應用

林昭遠

國立中興大學水土保持系

### 摘要

關鍵詞：環境復育、環境指標、集水區

#### 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

藉蒐集研究地區氣象水文資料、數值高程、衛星影像、航照圖以及相關之 GIS 圖層，建置雪山地區環境指標及評估模式，如：地形指標、空間離散度指標、陸源物質遞移指標、生態指標、保水指標、濕潤指標等，再將環境指標進行整合性評估及綜合研析，期有效提供集水區環境復育之參考。

#### 三、重要發現

本年度針對集水區空間資訊探討、陸源物質遞移指標、生態指標、濕潤指標、保水指標、管理區位優選及系統開發等項目進行評估及建置。

分析結果顯示，溫帶森林與耕地之空間分布呈現聚集型態，溫帶草原與非植生則相對離散。依 1995、2001 及 2008 年無名溪集水區陸源遞移指標分析，無名溪集水區泥砂及營養鹽之改善率以 1995 年為最、2001 及 2008 年則逐漸遞減，顯示雪霸國家管理處成立後，對水質的污染控制有其成效。嵌塊體為景觀生態研究上焦點，因為嵌塊體常為物種之棲地，而其大小、數量、形狀皆容易影響生物過程，億年橋集水區內之土地利用以天然林有最多之嵌塊體數目，表示此地物類型越零散、平均面積最大即對物種的保育能力越好、而平均形狀指數越大則為人為力量的介入越小；藉生態嵌塊體理論，量化評估在區域及地景尺度下，集水區生態指數分布之情形，使集水區之生態環境能有妥善之維護管理。

億年橋集水區濕潤指數分布約為 170~210 間。試區內約有 189 處天然低窪處，可供營造動物棲地用水、水資源保育、非點源污染中繼站以及滯洪等多功能濕地之用。針對富野渡假村開發前後之保水量進行檢算，富野渡假村開發前保水量為 3,124,452.9 m<sup>3</sup>，現為 1,032,774.0 m<sup>3</sup>，法規規定保水量應為 1,499,737.4 m<sup>3</sup>，本區之保水設施不足以涵養開發前後損失之水資源，應於適當地點設置截蓄保水設施，以降低洪峰及改善生態環境。集水區經營管理時，不僅需考量集水區範圍內之保全對象，亦需探討集水區內各重要檢核點，針對環境危害區位進行開發限制及治理，依非點源污染觀點，篩選集水區之重要管理區位，以為管理區位優選之參考依據；開發集水區環境復育分析評估系統，整合環境指標及相關分析方法，供集水區環境指標建置及分析之用。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究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。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

所開發之集水區環境復育分析評估系統，能整合環境指標及分析方法，供雪霸國家公園進行轄區內各項環境資料之分析，進一步利用各類環境指標，量化分析國家公園之經營管理效益。系統可藉由不同尺度分析點、線、面等各類樣區之環境資訊，供其他子計畫之用。

##### (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

所建置之系統與環境資料庫，可簡易維護更新，藉由氣象水文資料、數值高程、衛星影像、航照圖以及相關 GIS 圖層之蒐集，建置雪霸國家公園環境指標及評估模式，再將環境指標進行整合性評估及綜合研析，能有效量化分析國家公園之經營管理效益。

## Abstract

【Keywords】 Environmental restoration, environmental index, watershed

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 need consider many factors. Therefore, this study collected meteorological and hydrologic data, digital elevation data, satellite images, air photos and related GIS coverage to establish environmental indices and evaluation models of Syue Mountain, such as geomorphic index, spatial dispersion index, terrestrial substances delivery index, ecologic index, water retention index, and moisture index. The environmental indices could also be evaluated by integrated assessment and analysis and refereed as the design baseline for watershed environmental restoration.

Spatial information, terrestrial substances delivery index, ecologic index, moisture index, water retention index, priority of management sites, and systems development are the main study items which had been evaluated and established in the project of this year. Results show that there exists contagion distribution for forest and cultivated classes, while dispersed for grass and non-vegetation categories according to spatial dispersion index derived from land use coverage. Analysis of terrestrial substances delivery index for the year of 1995, 2001, and 2008 respectively, the improvement rate of sediment yield and/or nutrients for the selected watershed decrease gradually from 1995 to 2008, this means that the watershed had been effectively managed under the administration of Shei-Pa National Park.

Patch, an essential study of landscape ecology, can be the habitat of living species, and its size, quantity, and shape can also affect the evolution process of organism. Natural forest, one of the land use in the Bridge Yi-nian watershed, which shows the characteristics of scatter-good conservation capacity-fewer human interference due to having the most number of patches, the maximum



mean patch size, and the largest mean shape index. Ecological environment in a watershed can be well-arranged by using patch analysis to quantify the spatial distribution of ecological index at the scale of landscape.

The spatial distribution of moisture index depicts having the range from 170 to 210 in the Bridge Yi-nian watershed, and about 189 natural depressions in the watershed can be serviced as the multi-functional wetlands, which play important roles of drinking, conservation, and detention. Water retention capacity was used to examine the amount of water holding before and after developing the facilities of Hoya resort hotel. The amount of water holding before and after developing is 3,124,452.9 m<sup>3</sup> and 1,032,774.0 m<sup>3</sup> respectively. A total of 1,499,737.4 m<sup>3</sup> can conform to the regulation of green building; hence water retention facilities should be placed at the appropriate sites for compensating the deficits to reduce runoff and to improve the environment. Both the protection targets and the crucial check points of the watershed can be considered to examine the environmentally sensitive areas for limiting exploiting, and the priority sites of watershed management can also be determined according to the concepts of non-point pollution transportation in this study. Finally, a watershed environmental restoration evaluation system is developed by integrating the environmental indices and related analysis methods for watershed environmental restoration.

## 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，本計畫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。

## 二、研究設計

本計畫預期四年完成，並期達成下列目標：第一年針對「集水區環境指標回顧與評估」、「環境指標篩選與建置」及「環境資料庫蒐集與建置」等項目進行初步評估及建置；第二年再針對第一年項目向下落實並進行分析系統初步建置及修正，包含項目有「集水區多尺度綜合分析」、「環境指標適宜性分析與評估」及「系統建立與修正」；第三年則將所有建置項目進行整合及研析，第四年將系統推行至整個雪霸國家公園轄區，建置集水區環境指標分析系統供委託單位參考使用。研究流程如圖 2-1 所示。

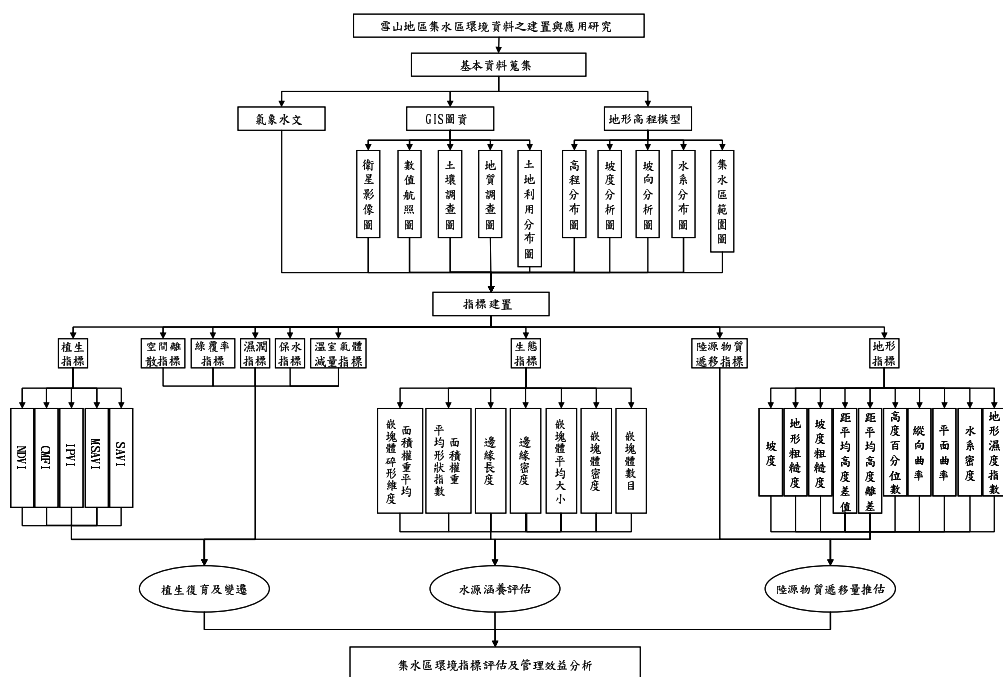


圖 2-1 研究流程圖。  
(資料來源：本研究資料)

### (一) 研究地點

研究地點為武陵農場億年橋集水區，所萃取之環境資訊分為點、線、面資料，主要區位分為：圈谷地區、河川級序 1 之集水分區、登山步道、稜線、以及各類施做樣區 (圖 2-2、圖 2-3)。

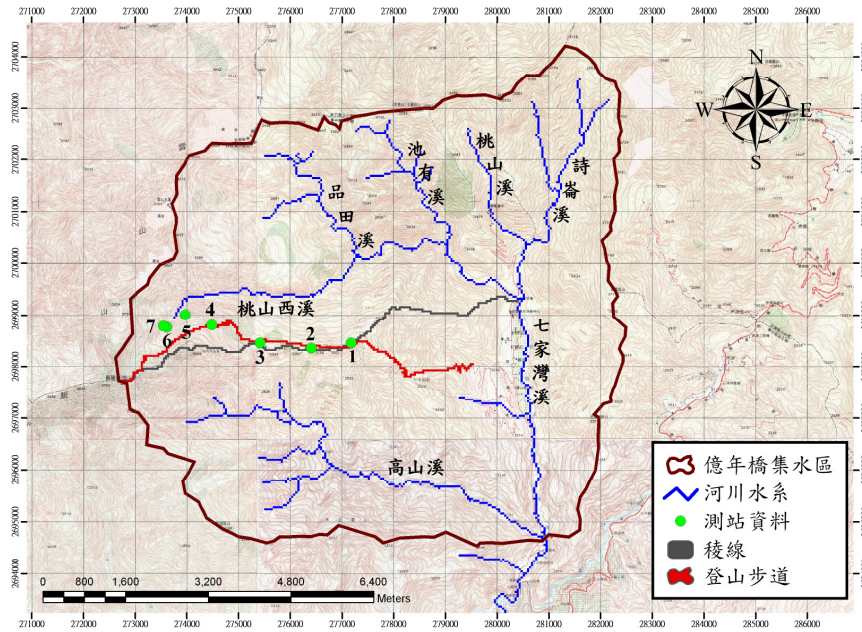


圖 2-2 研究範圍。  
(資料來源：本研究資料)

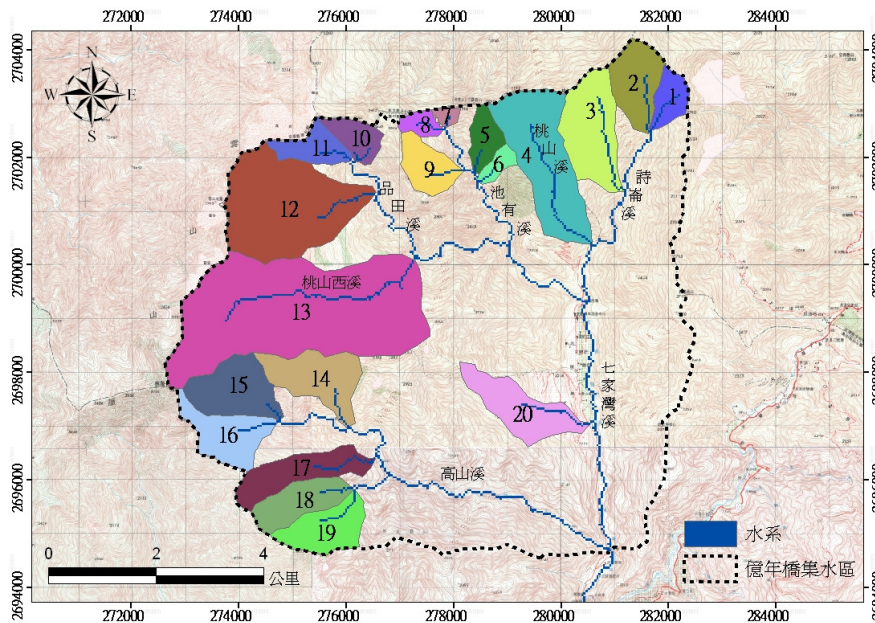


圖 2-3 河川級序 1 之集水分區。  
(資料來源：本研究資料)

**(二) 研究項目與方法**

## 1. 基本圖資蒐集分析

蒐集研究地區之氣象水文資料、數值高程、衛星影像、航照圖以及相關之 GIS 圖層(包括地質圖、土壤圖、地形圖、集水區、水系圖、像片基本圖、土地利用圖等)。基本圖資蒐集調查包含研究區域基本資料，以現場勘查定位方式，並申請各單位最新圖資，參考計畫範圍相關文獻，俾對研究試區有充分瞭解，所蒐集基本圖資彙整如表 2-1，基本資料利用狀況如表 2-2。

**表 2-1 基本圖資**

基本圖資	屬性		來源	用途	指標建置
DEM	40×40m	--	農林航測所	高程、坡度、坡向、水系、坡長、USLE	地形指標 陸源物質遞移指標
GIS 圖資	衛星影像圖 8×8m	乾季： 2007/11/20 2007/12/28 濕季： 2008/07/02 2008/08/24	中央大學太空及遙測研究中心	USLE、影像分類、CO <sub>2</sub> 減量	植生指標 綠覆率指標 生態指標
	數值航照圖			基地範圍劃設	保水指標
	地質圖	1/250000	中央地質調查所	綠建築土壤入滲率推算	保水指標
	土壤圖	1/25000	水土保持局		
	土地利用圖	2001 年	林務局	計算 CO <sub>2</sub> 減量	溫室氣體減量指標
		2008 年	國土測繪中心		
崩塌區位圖	921 後	水土保持局 影像萃取	計算土砂產量	陸源物質遞移指標	
氣象水文	降雨量	1980 年以後	雨量站及氣象站	氣候分類	濕潤指標

(資料來源：本研究資料)

**表 2-2 工作項目分析表**

分析項目 圖資種類	氣候資料建置	集水區地文水文分析	集水區產砂量分析	緩衝帶配置分析	碳存量分析	綠環境型態分析	植群綠覆穩定性分析	集水區碳儲存與綠劣率分析	綠劣區位分析	集水區地形指標建置	窪蓄區位分析	截蓄保水
DEM 資料		◎	◎	◎		◎			◎	◎	◎	◎
衛星影像			◎			◎	◎	◎	◎			
集水區及水系圖		◎		◎	◎					◎	◎	
土地利用圖				◎	◎			◎				
崩塌區位圖			◎									
氣候資料	◎	◎	◎									

(資料來源：本研究資料)

## 2. 緩衝帶配置分析

目前常用土壤中化學物傳輸模式有以下三種：即表土層之農藥傳輸模式(Pesticide Root Zone Model, PRZM)、線性系統模式和指標模式(Index Method)三種，PRZM 模式、線性系統模式或其他類似模式中化學物在土壤中之傳輸機制，在應用上因所需參數較多，模擬時資料不足，應用上常受到限制；尤其在大面積 x 模擬時，實地資料之不足常導致模式係數無法正確地估算。指標模式較簡單，所需參數較少，且國外已有成功之應用經驗可資參考。

污染物本身、土壤環境及氣象條件等諸因子，皆影響污染物在土壤中之行徑。污染物在土壤環境中之殘留是污染物物理性吸附、移動、揮發及化學性之分解作用(包括非生物與生物性)等錯綜複雜反應後所得之淨效應。以指標模式模擬污染物在土中之動態，評估污染物污染地下水之潛勢，指標模式之推估過程分述如下：

### (1) 輸送(transport)

在土層中污染物之移動，可視為在均勻性土壤之不飽和多孔介質中穩態水流狀態下之垂直一維運動。

#### (I) 污染物之對流(convective flux)

污染物之對流量  $J_c$  常以下式表之。

$$J_c = -\theta D_M(q) \frac{\partial C_L}{\partial Z} + q C_L \quad (2-1)$$

其中

$$v = q / \theta \quad (2-2)$$

式中

$J_c$ ：溶質之對流量  $[M / TL^2]$

$\theta$ ：體積水份含量  $[L^3 / L^3]$

$D_M(q)$ ：延散係數

$q$ ：流束(flux)

$C_L$ ：溶質溶於土壤水份中之濃度  $[M / L^3]$

$Z$ ：深度  $L$

$v$ ：平均流速  $[L / T]$

由式(2-1)、(2-2)得式(2-3)

$$J_c = -\theta D_M(q) \frac{\partial C_L}{\partial Z} + v\theta C_L \quad (2-3)$$

### (II) 污染物之擴散作用(diffusion)

溶液中污染物出現不均勻，便有濃度梯度存在，使污染物自濃度高處向低處擴散。於穩定狀態下之擴散作用，根據 Fick 第一擴散作用定律，擴散量  $J_D$  與濃度梯度  $\partial C / \partial Z$  成正比：

$$J_D = -D_0 \frac{\partial C}{\partial Z} \quad (2-4)$$

式中

$J_D$ ：污染物之擴散量

$D_0$ ：擴散係數

$\frac{\partial C}{\partial Z}$ ：濃度梯度

式(2-4)是指污染物在無擴散阻礙下某一定時點之擴散量，但在土壤中之擴散作用，污染物會受到土壤中之固體物質之阻礙，且土壤孔隙之孔道是曲折的，有效擴散係數通常小於  $D_0$ ，故改寫成：

$$D_p = D_0 \theta \zeta \quad (2-5)$$

式中

$D_p$ ：有效擴散係數 [ $L^2 / T$ ]

$\zeta$ ：曲折係數

$\zeta$  本身為  $\theta$  之函數，為表示其相依性，可寫為  $D_p(\theta)$ ，則在不飽和土壤液相中之擴散式(2-4)重寫為：

$$J_D = -D_p(\theta) \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-6)$$

### (III) 污染物之聯合輸送(solute flux)

聯合式(2-3)、(2-6)，可推導出最常被採用之一維污染物在未飽和土壤中之傳輸模式，如式(2-7)：

$$J_s = J_c + J_D = -[\theta D_M(q) + D_p(\theta)] \frac{\partial C_L}{\partial Z} + v\theta C_L \quad (2-7)$$

實際上擴散與流散現象不能分開，式(2-7)可改寫成：

$$J_s = -\theta D(\theta, q) \frac{\partial C_L}{\partial Z} + v\theta C_L \quad (2-8)$$

式中

$J_s$ ：溶質之總輸送量 [ $L^2 / T$ ]

$D(\theta, q)$ ：視擴散係數(apparent diffusion coefficient)

由於流束及濃度隨時間及空間而變異，即：

$$\frac{\partial C_T}{\partial t} = -\frac{\partial J_s}{\partial Z} \quad (2-9)$$

在穩定水分流動中， $\theta$ 、 $D(\theta, q)$ 、 $v$ 可視為常數，聯合式(2-8)、(2-9)得式(2-10)：

$$\frac{\partial C_T}{\partial t} = \theta D(\theta, q) \frac{\partial^2 C_L}{\partial Z^2} - v\theta \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-10)$$

污染物在土壤中能以固態、液態、和氣態之形式存在，所以其總濃度 $C_T$ 在一土壤之單位體積元素中可表示成：

$$C_T = \rho C_s + \theta C_L + \varepsilon C_G \quad (2-11)$$

式中

$C_T$ ：土壤中之總濃度 $[M/L^3]$

$C_s$ ：吸附於土壤顆粒表面之濃度 $[M/M]$

$C_G$ ：以氣態存於土壤中之濃度 $[M/L^3]$

$\rho$ ：土壤之總體密度 $[M/L^3]$

$\varepsilon$ ：體積空氣含量 $[L^3/L^3]$

其中

$$\varepsilon = \theta_s - \theta \quad (2-12)$$

式中

$\theta_s$ ：飽和體積水份含量 $[L^3/L^3]$

聯合式(2-10)、(2-11)得式(2-13)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho C_s + \theta C_L + \varepsilon C_G) = \theta D(\theta, q) \frac{\partial^2 C_L}{\partial Z^2} - v\theta \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-13)$$

## (2) 吸附作用(sorption)

土體可吸附污染物，在低濃度之情況下，針對大部分非極性污染物而言，土壤對污染物之吸附量與平衡溶液中濃度間有直線之關係，可用式(2-14)簡單表之。

$$C_s = K_d C_L \quad (2-14)$$

其中

$$K_d = K_{oc} f_{oc} \quad (2-15)$$

式中

$K_d$ ：吸附係數 $[L^3/M]$

$K_{oc}$ ：有機碳分配係數 $[L^3/M]$

$f_{oc}$  : 有機碳分率  $[L^2 / T]$

### (3) 揮發作用(volatilization)

通常以亨利定律常數  $K_H$  表示農藥於液-氣相之分率，即：

$$C_G = K_H C_L \quad (2-16)$$

將式(2-14)、(2-16)代入式(2-13)中得

$$\left(\frac{\rho K_d}{\theta} + 1 + \frac{\epsilon K_H}{\theta}\right) \frac{\partial C_L}{\partial t} = D(\theta, q) \frac{\partial^2 C_L}{\partial Z^2} - v \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-17)$$

其中

$$R_f = \frac{\rho K_d}{\theta} + 1 + \frac{\epsilon K_H}{\theta} \quad (2-18)$$

整理式(17)、(18)得式(19)

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} = \frac{D(\theta, q)}{R_f} \frac{\partial^2 C_L}{\partial Z^2} - \frac{v}{R_f} \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-19)$$

式中

$R_f$  : 延滯因子(retardation factor)

延滯因子( $R_f$ )為 $\geq 1.0$ 之無因次參數，可作為評估污染物在土壤中動態之一種指標(Maraqa et al., 1998; 張大偉、王明光, 1998)。當此值愈大表示土壤可滯留較多之污染物質，使其不易在土壤中移動；反之， $R_f$ 值愈小則表示土壤滯留污染物質之能力較差，污染物容易向下或橫向移動。對非吸附性( $K_d = 0$ )及非揮發性( $K_H = 0$ )之農藥而言， $R_f$ 值為1。表2-3為 $R_f$ 值之污染潛勢劃分等級(Helling & Dragun, 1980)。

**表 2-3  $R_f$  值之污染潛勢劃分等級**

$R_f$ 值	分級
$R_f = 1.0$	very mobile
$1.0 < R_f < 2.0$	mobile
$2.0 \leq R_f < 3.0$	moderately mobile
$3.0 \leq R_f < 10.0$	moderately immobile
$R_f \geq 10.0$	very immobile

(資料來源：本研究資料)

### (4) 降解作用(degradation)

假設污染物符合一級動力降解，即：

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} = \lambda C_L \quad (2-20)$$

其中

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad (2-21)$$



式中

$\lambda$ ：污染物之一階分解係數 $[1/T]$

$t_{1/2}$ ：半衰期 $[T]$ ，污染物衰減至原濃度一半所需之時間。

(5) 指標模式(index model)

指標模式是利用衰減(attenuation)與延滯(retardation)兩個指標模擬化學物在土壤之傳輸。此兩個指標可由式(19)推導之。其假設條件有：1.塞流(piston flow)。2.污染物之半衰期為一常數。根據此假設條件，整合式(2-19)、(2-20)得

$$\lambda C_L = -\frac{v}{R_f} \frac{\partial C_L}{\partial Z} \quad (2-22)$$

將(2-22)式積分之

$$AF = \frac{C}{C_0} = \exp\left(-\frac{\lambda R_f}{v} H\right) \quad (2-23)$$

式中

$H$ ：深度 $[L]$

$C$ ：到達土層深度 $(H)$ 之濃度 $[M/L^3]$

$C_0$ ：土壤表土化學濃度 $[M/L^3]$

衰減因子(Attenuation Factor, AF) 為介於0~1 的值，由 Rao et al.(1985) 提出，應用於監測農藥敏感土壤與地下水區域之評估。表 2-4 為 AF 值之污染潛勢劃分等級(Khan & Liang, 1989)。

表 2-4 AF 值之污染潛勢劃分等級

AF 值	分級
$0.0 \leq AF < 1.0 \times 10^{-4}$	very unlikely
$1.0 \times 10^{-4} \leq AF < 1.0 \times 10^{-2}$	unlikely
$1.0 \times 10^{-2} \leq AF < 1.0 \times 10^{-1}$	moderate likely
$1.0 \times 10^{-1} \leq AF < 2.5 \times 10^{-1}$	likely
$2.5 \times 10^{-1} \leq AF \leq 1.0$	very likely

(資料來源：本研究資料)

將集水區地形資料產生高程、坡度、坡向和水系等數位圖檔。以林地為環境背景值，利用模式求算樣區不同土地利用現況土層污染物所需之自淨深度(安全土深)，結合水系、坡向及高程等資料，以河道中心為基準線，撰寫程式計算河道兩側與河道之高程差，其差值若小於河道滿水位加上安全土深之處，宜配置緩衝帶，不得開發利用。安全土深求算之流程如圖 2-4 所示。

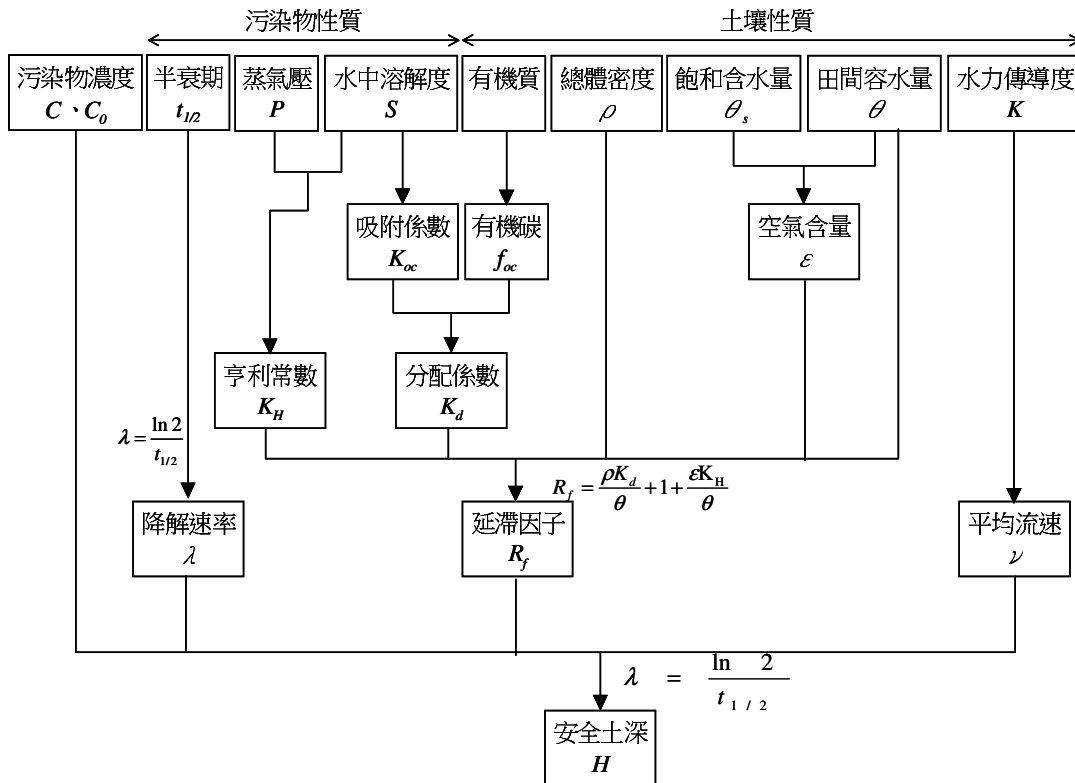


圖 2-4 安全土深求算流程。  
(資料來源：本研究資料)

森林集水區土壤之飽和水力傳導度極高，在高入滲區主要是藉由土層中之吸附、生物固定、分解及化學反應等自淨作用來去除滲流水之污染源，所以高入滲區須保有相當深厚的土層以行土壤自淨作用，避免水庫水質被污染。濱水區之坡面泥砂遞移率較高，肥料與農藥大量使用結果，營養鹽及農藥易隨降雨及灌溉水進入土體。溪岸濱水區植生緩衝帶之配置極為重要。林昭遠(1998)之研究指出武陵農場蔬菜區各類營養鹽所需最小安全土深以鉀之 8.81m 最深，果樹區則以鈣之 6.26m 為最大。莊佳慧(1999)指出德基水庫集水區常用農藥所需最小安全土深以芬瑞莫之 6.09m 最深。為安全起見，以最易移動之水溶性鉀肥其衰減率所推算之安全土深為濱水區植生緩衝帶寬度之配置基準，方能有效防止各營養鹽與農藥之污染。

### 3. 空間資訊萃取

目標物分布集散情形是空間現象重要的研究議題，例如植被空間分布可受土壤、地形或降雨等因素，導致植被種類分布隨區域而有所不同，如草生地多生長於土壤條件較差、坡度較陡之區位，因此瞭解目標物之分布情形為集水區整體規劃之重要項目之一。有鑑於此，本計畫以空間坐標觀點，利用蒐集之土地利用資料，將集水區地覆型態分為溫帶草原、溫帶森

林、耕地及非植生等四大類，分別求出其各自形心，計算其空間資訊，包含目標物面積、集水區面積、覆蓋率、角度、距離、空間離散度等資訊。其中角度乃為了解植被位於整體區域之方向性及分布區位；距離乃是為瞭解其與整體區位之遠近。計算示意圖如圖 2-5 所示：

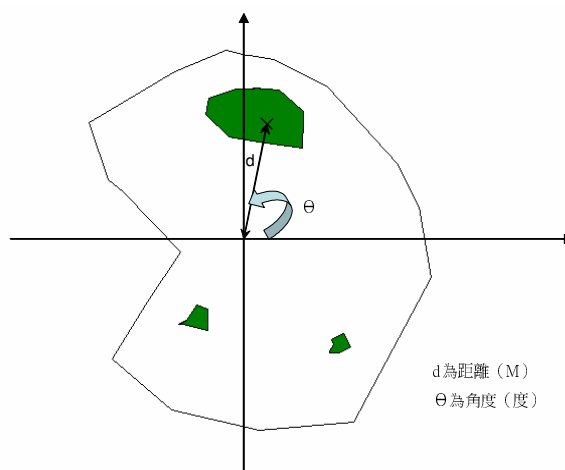


圖 2-5 目標物空間統計示意圖。  
(資料來源：本研究資料)

地物之集散情形常為空間現象探討之重要議題，主要瞭解目標物之空間分布，屬於離散型或聚集型。其中空間離散度公式甚多，如以空間自相關為基礎之 Moran's I 和 Getis's G，或以其它方式加以權衡，如最近鄰法則最近鄰距離為主要依據，但這些指標都有一些侷限，而 Spatial Dispersion Index (SDI，空間離散指標) 為翁培文及蔡博文 (2006) 所提出之另一空間指標，該指標承襲統計學的離散觀念與公式，以統計單元大小、地物相對大小、鄰近程度高低為判定離散程度的三個原則，可改善空間離散度之缺失。

統計學已發展出多種計算數列離散程度的指標，如：離均差、離均差平方和、標準差等，上述三種方式皆是以「離均」程度來表示，這些指標亦可用來度量空間分布，唯二者空間維度不同，一維數列的計算方式應用二維圖形須做適當的轉換，才能將數列離均觀念應用在空間分布的量測。一般而言，數列的離散程度較常以標準差表示，標準差會使離均較大的數值獲得較大的影響力，進行二維空間地物推估時，則需考量地物間面積之關係，故在計算時，需將地物面積與距離均加以考量才可真實求得其離散程度。其計算公式如下：

$$\bar{d}_{(i,j)} = \frac{a_i \times d_i + a_j \times d_j}{a_i + a_j}$$

其中： $\bar{d}_{(i,j)}$ ： $a_i, a_j$  的離散程度； $a_i, a_j$ ： $i, j$  的地物面積； $d_i, d_j$ ： $a_i, a_j$  與兩地物形心距離； $a_i$  與  $a_j$  兩地物不相鄰，若統計單元內僅有一地物， $\bar{d}_{(i,j)}$  判定為 0。因此當離散程度愈小時，其質趨近於 0。

進行空間離散度計算的方式是先以二個地物為一組，計算二地物的離散程度，再把這樣的計算過程擴及到所有地物不重覆排列的可能，如此便能將較複雜的二維空間轉換為較單純的一維數列，避免二維空間離均的缺點，並具有應用一維數列離均的優點，以圖 2-6 為例， $a_1$  分別對  $a_2 \sim a_n$  計算  $\bar{d}_{(1,j)}$ ， $a_2$  分別對  $a_1, a_3 \sim a_n$  計算  $\bar{d}_{(2,j)}$ ，……，最後是  $a_n$  分別對  $a_1 \sim a_{(n-1)}$  計算  $\bar{d}_{(n,j)}$ 。 $a_1$  對  $a_2$  計算過一次， $a_2$  也對  $a_1$  計算過一次，一組地物被等量的計算二次，只要除以 2，與  $a_1$ 、 $a_2$  僅計算一次的結果相同。 $a_1$  對其它  $n-1$  個地物計算  $\bar{d}_{(1,j)}$ ，共計算  $n-1$  次，其它地物亦對  $a_1$  計算  $n-1$  次， $a_1$  總共計算  $2(n-1)$  次。考量重覆計算的影響，需將所得之值除以  $2(n-1)$ 。即可將公式修正如下：

$$\frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{d}_{(i,j)}$$

其中， $n$  為個數。

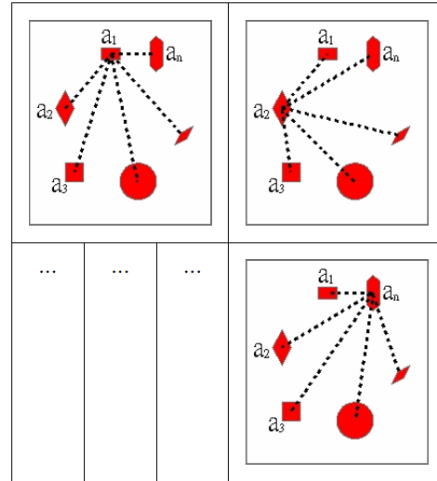


圖 2-6 地物對其它地物計算離散程度示意圖。  
(資料來源：本研究資料)

上述統計以二個地物為一組計算離均差，因各組地物面積不同，各個離均差應獲得不同的權重，較大的地物獲得較多的權重，較小的獲得較少的權重。考量地物相對大小的影響，公式再修正為：

$$\frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_i \% + a_j \%)\bar{d}_{(i,j)}$$

其中， $a_i \%、a_j \%$ ： $i、j$  地物面積佔總地物面積之百分比。

在計算離散程度時，還須將統計單元大小納入考量，以避免因統計單元之大小或縮放而影響離散程度之差異。故可在將公式修正如下：

$$SDI = \frac{1}{\sqrt{A}} \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_i \% + a_j \%)\bar{d}_{(i,j)}, \quad i \neq j$$

其中：SDI：空間離散指標； $a_i\%$ 、 $a_j\%$ ：i、j 地物面積佔總地物面積之百分比。A：統計單元面積。

上述以統計學指標離均差為基礎， $\bar{d}_{(i,j)}$  是二地物的離散程度， $a_i\% + a_j\%$  是該  $\bar{d}_{(i,j)}$  的權重， $\sum \sum$  及  $i \neq j$  是地物對其它地物計算離散程度， $1/2(n-1)$  是地物重覆計算的次數， $1/\sqrt{A}$  則是對統計單元大小的修正。大抵而言，地物越集中，離散程度越低，SDI 也就越小，地物越分散，離散程度越高，SDI 也就越大。

#### 4. 集水區環境指標建置

##### (1) 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，本計畫坡面泥砂產量推估，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。

##### (I) 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：

$$Am = Rm \cdot Km \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

式中，

A：每公頃每年平均土壤流失量（公噸/公頃-年）

Rm：年平均降雨沖蝕指數（焦耳-毫米/公頃-小時-年）

Km：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

## (II) 坡面泥砂產量

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)。本計畫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。

集水分區地文水文、水質及土砂量體等推估結果，以 AGNPS 模式模擬集水區營養鹽傳遞情形，據此探討集水區綠覆與水土資源之關係。AGNPS (Agricultural Non-point Source Model)為 1987 年由美國明尼蘇達州的污染控制局 (MPCA) 及美國農業部(USDA)土壤保育中心(SCS)為分析集水區的水質和逕流而發展出來(Young et al., 1989)。AGNPS 模式為分布型參數模式，基本由水文、沖蝕、泥砂和營養物質輸送三部分構成。

水文模式主要利用美國發展的 SCS 曲線 (Soil Conservation Service Curve Number) 法計算逕流量及洪峰流量。沖蝕模式利用修正的通用土壤流失公式 (MUSLE) 加入坡型修正因子 (SSF) 估算土壤流失量。營養物質輸送則是利用 CREAM 模式得出氮 (N)、磷 (P) 及化學需氧量 (COD) 的模擬結果，AGNPS 模式演算法詳如表 2-5。

**表 2-5 AGNPS 模式演算法**

AGNPS 演算方法	參考
地表逕流-逕流曲線法(CN)	USDA-SCS (1972)
尖峰流量	Smith and Williams (1980)
逕流流速	Manning's equation (1889)
土壤流失-modified USLE	Wischmeier and Smith(1978)
泥砂傳輸能力-溪流動力方程式	Bagnold (1966)
泥砂傳輸 - stationary 連續方程式	Foster et al. (1981)和 Lane (1982)
營養傳輸(N,P)	Frere et al. (1980)

(資料來源：本研究資料)

## (2) 生態指標

Formand and Godron (1986) 指出地景係一群彼此間發生交互作用之生態系所組成之異質區域。地景生態嵌塊體理論著重在空間異質性之生態

意義及空間與分布之內涵，強調在人為處理與自然現象共同作用下，對於區域生態系統的影響。而集水區內因受自然環境變化、不同之植生整治、或人為活動的干擾，在不同時空尺度上都會產生不同之效應，所引發之生態變化過程亦大為不同。

目前地景指標包括嵌塊體大小、數量、邊緣結構、生態廊道與連接度及網路系統，可用以敘述地景生態系統、型態及趨勢，並分析地景結構與生態（動植物）、人為作用之交互關係，評估整個生態系統。另地景生態元素依類型與功能可分為嵌塊體、廊道及基質等。而本計畫中假設計畫範圍為整個地景生態系統，利用土地利用圖資分類成果，將單一類土地利用類別視為單類嵌塊體，探討雪壩國家公園之植生復育變遷，可瞭解計畫內之碳存量變化。在考量地景之完整性、穩定性及恢復力、生物完整性及多樣性，利用下列之嵌塊體指標（McGarigal and Marks, 1995）進行評估及探討。

#### （ I ）嵌塊體數目 (Number of Patches, NP)

用以表示地景上某一類土地覆蓋類型數量，嵌塊體數目的愈多，地景上之地物類型愈零散。

$$NP = N_i$$

式中， $N_i$ ：第 i 類之嵌塊體數目。（ II ）嵌塊體密度 (Patch Density, PD)

若總地景面積固定不變，嵌塊體密度之意義與嵌塊體個數相同。

$$PD = \frac{N_i}{A}$$

式中， $N_i$ ：第 i 類之嵌塊體數目；A：總地景面積。

#### （ III ）嵌塊體平均大小 (Mean Patch Size, MPS)

用以描述某種土地覆蓋類型的大小分布特徵。若該類為物種之棲地，則嵌塊體愈大，對物種的保育能力愈好。在單一地景中，則可比較出不同類型嵌塊體的破碎程度。

$$MPS = \frac{\sum_{j=1} a_{ij}}{N_i} \left( \frac{1}{10,000} \right)$$

式中， $a_{ij}$  表示 i 類嵌塊體中第 j 個之面積，以平方公尺表示； $N_i$ ：第 i 類之嵌塊體數目。

#### （ IV ）最大嵌塊體指標 (Largest Patch Index, LPI)

可瞭解最大嵌塊體佔全地景之百分比。大嵌塊體能為物種提供更好的

生存條件，保存更多的物種，若該類別地景為某物種棲地，則最大嵌塊體指標可顯示某物種之棲息環境大小。

$$LPI = \frac{\max(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij})}{A}$$

式中， $a_{ij}$  表示  $i$  類嵌塊體中第  $j$  個之面積，以平方公尺表示； $A$  為總地景面積。

#### (V) 邊緣長度(Total Edge, TE)

嵌塊體邊緣長度為嵌塊體與相關地景單元之能量、物質及物種的相互關係。

$$TE = e_{ik}$$

式中， $e_{ik}$  為第  $i$  種土地使用類別與第  $k$  種土地使用類別間之總邊緣長度； $m$  為某類型之嵌塊體個數。

#### (VI) 邊緣密度(Edge Density, ED)

當 ED 愈大，表示地景愈破碎。

$$ED = \frac{e_{ik}}{A}$$

式中， $e_{ik}$  為第  $i$  種土地使用類別與第  $k$  種土地使用類別間之總邊緣長度； $m$  為某類型之嵌塊體個數； $A$  為總地景面積。

#### (VII) 面積權重平均形狀指數 (Area-Weight Mean Shape Index, AWMSI)

其值除考量周長與嵌塊體個數外，更加入面積權重進行計算。嵌塊體邊緣長度是最重要的形狀參數之一，其對生物物種的擴張有直接反映。某類嵌塊體總長度及平均長度都是景觀空間研究中常用的統計參數，反映了景觀的分割程度和各景觀要素間的接觸關係。如果 AWMSI 的值愈接近 1，則表示在網格資料中形狀愈接近矩形，值愈大表示區塊形狀愈不規則。

$$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}} \right) \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

式中， $P_{ij}$  為第  $i$  類第  $j$  個嵌塊體周長； $a_{ij}$  表示  $i$  類嵌塊體中第  $j$  個之面積，以平方公尺表示

#### (VIII) 面積權重平均嵌塊體碎形維度 (Area-Weight Mean Patch Fractal Dimension, AWMPFD)



為相對應嵌塊體平均碎形維度之權重，即面積較大者，權重較大，對於一個二維景觀而言，其碎形維度大於 1，當 AWMPFD 接近 1 時，其形狀接近圓形、方形；此公式已修正周長之誤差。

$$AWMPFD = \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{2 \ln P_{ij}}{\ln a_{ij}} \right) \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

式中， $P_{ij}$  為第 i 類第 j 個嵌塊體周長； $a_{ij}$  表示 i 類嵌塊體中第 j 個之面積，以平方公尺表示

#### (IX) 多樣性指數(Shannon's Diversity Index, SHDI)

為量測地景單元組成類型，其值愈高表示地理單元的組成愈多樣，其地理多樣性係以 Shannon-Weaver 指數求得。

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

式中， $P_i$ ：第 i 類嵌塊體在地景所佔百分比；m 為嵌塊體數目。

#### (3) 保水指標

基地保水目的，主要著眼於以往建築基地環境開發常採用不透水鋪面設計，造成大地喪失良好的吸水、滲透、保水能力，減弱滋養植物及蒸發水分潛熱的能力，無法發揮大地自然調節氣候的功能，甚至引發居住環境日漸高溫化的「都市熱島效應」。綠建築之「基地保水指標」即是藉由促進基地的透水設計並廣設貯留滲透水池的手法，以促進大地之水循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和氣候高溫化現象。

地表逕流之截蓄保水設施對於集水區環境復育之研究中，其基地保水設施指標之計算，係參酌內政部建築研究所在 2005 年更新版之「綠建築解說與評估手冊」針對基地保水性能的指標與基準。該項評估以基地保水指標( $\lambda$ )為計算標準，其意涵為開發前自然土地之保水量與開發後之土地保水量之相對比值，計算公式如下：

$$\lambda = \frac{\text{開發基地保水量 } Q'}{\text{原土地保水量 } Q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \cdot K \cdot t} \geq \lambda_c$$

式中， $\lambda$ ：基地保水指標(無單位)

$\lambda_c$ ：基地保水指標基準。採  $\lambda_c = 0.8 \times (1-r)$

$Q'$ ：各類截蓄保水設施之保水總量( $m^3$ )、亦即  $\sum_{i=1}^n Q_i$

$Q_i$ ：各類截蓄保水設施之保水量( $m^3$ )，其計算方式詳表 2-6

$Q_0$ ：原土地保水量( $m^3$ )

$A_0$ ：基地總面積( $m^2$ )。以申請建造一宗基地範圍為原則。若為單一宗基地內局部新建執造，可以全宗基地綜合檢討或依基地內合理分割範圍單獨檢討。所謂合理分割，即以建築物周圍道路或設施之邊界，或與他棟建築物之中線區分為準，基地劃分需以方整為原則

$r$ ：法定建蔽率，學校局部基地分割評估時， $r$  為實際建蔽率，無單位，但  $r > 0.85$  時，令  $r = 0.85$ 。非都市土地建蔽率之規定如表 2-7(非都市土地使用管制規則，2004)。

$\bar{k}$ ：基地土壤滲透係數基準值(m/s)，以表層 2m 以內土壤認定之。應先依建築技術規則建築構造篇第 64 條的規定做鑽探調查，將鑽探結果中表層 2m 以內的土壤之「統一土壤分類」(unified classification)代入表 2-8 以取得  $k$  值為  $\bar{k}$ ；未符合本條規定而無需作鑽探調查者，則可由經驗判斷其表土可能之土質，並代入表 2-9 以取得  $k$  值為  $\bar{k}$ 。但  $k < 10^{-7} m/s$  時，則令  $\bar{k} = 10^{-7} m/s$ ；亦即  $\bar{k}$  基準值不得小於  $10^{-7} m/s$ 。

$t$ ：最大降雨延時，參考綠建築解說與評估手冊，取台北 1985~1994 年最大連續時間 158,400 s (44 hr) 定義為最大降雨延時之基準值(林憲德，2000)。

為維護集水區生態效益，在自然地表條件改變後，應當補充地表逕流之截蓄保水設施，以維持原集水區之保水效能。於此前提下，集水區基地保水指標( $\lambda$ )應該等於 1，亦即  $\lambda = \frac{Q'}{Q_0} = 1$ ，其中各類截蓄保水設施之保水總量則應該等於原土地所應該具有之保水量。例如，開發後之地面已採用生態型透水性鋪面，其效果仍未達到自然狀態時，則必須加設濕地或滯洪池等設施，以補足其差額。

表 2-6 各類截蓄保水設計保水量計算及參數說明

截蓄保水設施之保水量 $Q_i$ ( $m^3$ )	保水量 $Q_i$ 計算式	參數說明
綠地、植生覆蓋地、草溝 $Q_1$	$Q_1 = A_1 \times k \times t$	$A_1$ : 綠地、植生覆蓋地、草溝等之面積( $m^2$ ) $k$ : 滲透係數(m/s)
透水鋪面保水量 $Q_2$	$Q_2 = A_2 \times k \times t + 0.1 \times h \times A_2$	$A_2$ : 透水鋪面面積( $m^2$ ) $h$ : 透水鋪面基底厚度(m) $k$ : 連鎖磚滲透係數 約 $1.6 \times 10^{-4}$ (m/s)
人工地盤貯留設施保水量 $Q_3$	$Q_3 = 0.05 \times V_3$	$V_3$ : 人工地盤土壤體積
濕地、滯洪池、調節池等設施保水量 $Q_4$	$Q_4 = A_4 \times k \times t + V_4$	$A_4$ : 截蓄設施可透水投影面積( $m^2$ ) $V_4$ : 高低水位差之有效蓄水體積( $m^3$ )
礫石層保水量 $Q_5$	$Q_5 = A_5 \times k \times t + 0.2 \times V_5$	$A_5$ : 礫石層地表面積( $m^2$ ) $V_5$ : 礫石層體積( $m^3$ )
滲透排水管保水量 $Q_6$	$Q_6 = 2.0 \times k \times L \times t + 0.069 \times L$	$L$ : 滲透排水管總長度(m)
滲透陰井保水量 $Q_7$	$Q_7 = 3.0 \times k \times n \times t + 0.015 \times n$	$n$ : 滲透陰井個數
滲透側溝保水量 $Q_8$	$Q_8 = 2.0 \times k \times L \times t + 0.057 \times L$	$L$ : 滲透側溝總長度(m)
其他截蓄保水設施 $Q_n$	$Q_n$ = 使用者自訂	設計者自行計算
原土地保水量	$Q_0 = A_0 \times \bar{k} \times t$	$k$ : 基地土壤滲透係數基準值(m/s)，以表層 2m 以內土壤認定之

(資料來源：本研究資料)

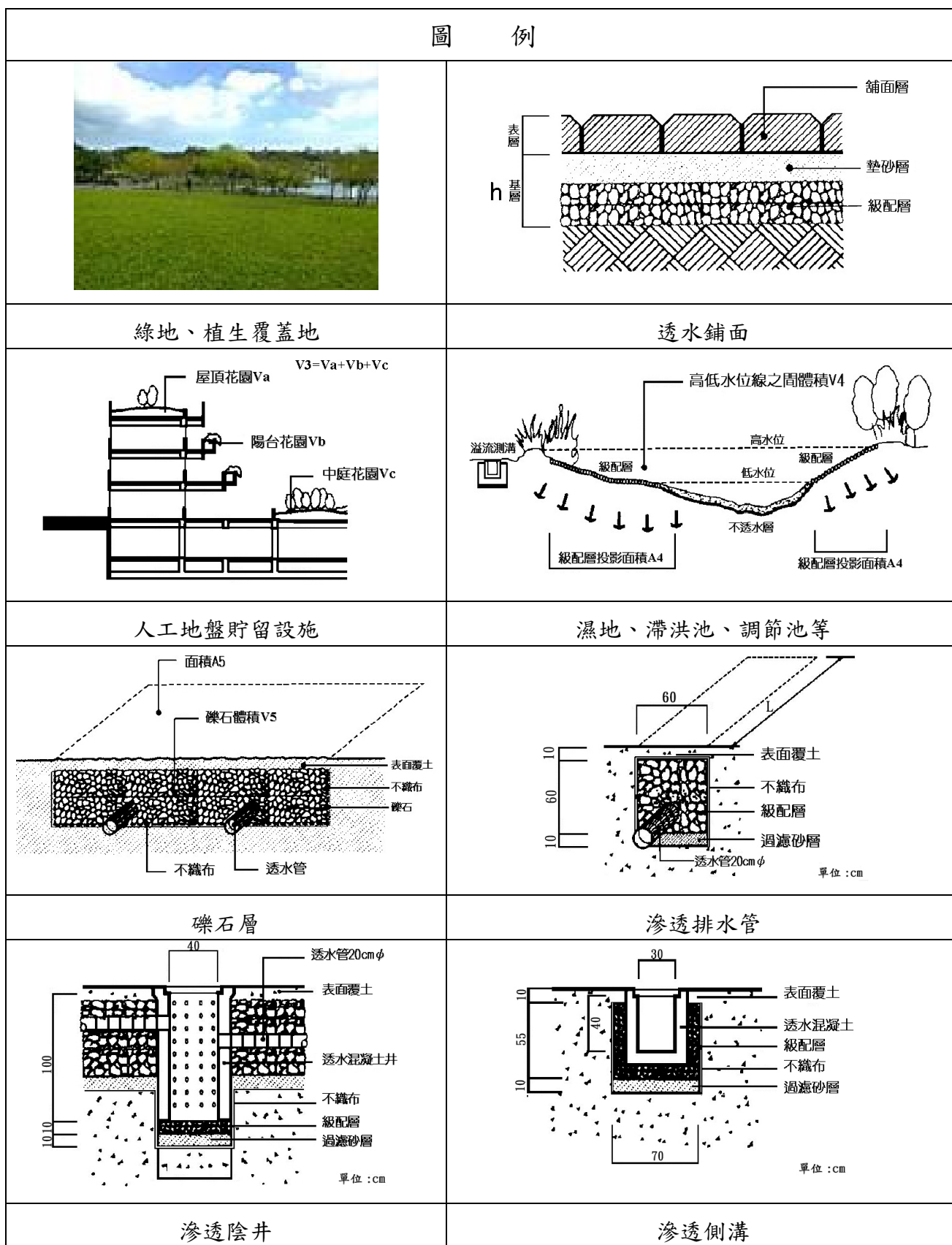


圖 2-7 各類截蓄保水設施圖例。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-7 非都市土地建蔽率及容積率一覽表

類型	建蔽率(%)	容積率(%)
甲種建築用地	60	240
乙種建築用地	60	240
丙種建築用地	40	120
丁種建築用地	70	300
窯業用地	60	120
交通用地	40	120
遊憩用地	40	120
墳墓用地	40	120
特定目的事業用地	60	180
備註	非都市土地建蔽率及容積率不得超過上列規定。但直轄市或縣(市)政府得視實際需要酌予調降，並報請內政部備查。	

(資料來源：本研究資料)

表 2-8 統一土壤分類與土壤滲透係數  $k$  值對照表

土層分類描述	粒徑 $D_{10}$ (mm)	統一土壤分類	土壤滲透係數( $k$ ) (m/s)
不良級配礫石	0.4	GP	$10^{-3}$
良級配礫石		GW	$10^{-4}$
沈泥質礫石		GM	
黏土質礫石		GC	
不良級配砂		SP	$10^{-5}$
良級配砂	0.1	SW	
沈泥質砂	0.01	SM	$10^{-7}$
黏土質砂		SC	
泥質黏土	0.005	ML	$10^{-8}$
黏土	0.001	CL	$10^{-9}$
高塑性黏土	0.00001	CH	$10^{-11}$
註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有 $\pm 10^1$ 的誤差，本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果最為保守可信。			

(資料來源：本研究資料)

表 2-9 土壤滲透係數  $k$  值簡易對照表

土質	砂土	坩土	黏土	高塑性黏土
土壤滲透係數 $k$ (m/s)	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$

(資料來源：本研究資料)

#### (4) 濕潤指標

在判釋出綠覆劣化區位後，進行綠覆劣化區位水收支分析，以瞭解綠覆劣化區位水收支失衡情形，由於濕潤指數(moisture index)是植生復育之重要指標，利用中央氣象局主要測站之氣象資料，分析台灣地區各主要測站之月平均輻射量、氣溫、相對濕度、降水量、蒸發量、風速等資料，再

依據 Thornthwaite 與 Mather(1955) 之氣候分類法，分析各地區之氣候型。Thornthwaite 與 Mather 定義濕潤指數( $I_m$ )如下：

$$I_m = I_h - I_d$$

$$I_h = 100 \frac{S}{P_e}$$

$$I_d = 100 \frac{D}{P_e}$$

式中： $I_h$  為濕度指數(humidity index)； $I_d$  為乾旱指數(aridity index)； $S$  為剩水量( $S=P-A_e$ )； $D$  為缺水量 ( $D=P_e-A_e$ )， $P$  是降水量， $A_e$  是實際蒸發散量 (actual evapotranspiration)， $P_e$  是潛在蒸發散量 (potential evapotranspiration)。利用上述之關係，Thornthwaite 與 Mather 濕潤指數可寫成：

$$I_m = 100 \frac{P - P_e}{P_e}$$

對於水分充分供應之草生地，潛在蒸發散量可用 Penman 方法估算 (Penman, 1963)。Jensen 等 (1990) 將 Penman 之潛在蒸發散量計算式改寫成公制單位如下：

$$\lambda P_e = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 6.43(1.0 + 0.53v)(e_s - e_d)$$

式中： $\lambda$  是水之蒸發潛熱(latent heat of vaporization, MJ/kg)， $\Delta$  是飽和蒸氣壓對氣溫變化反應之斜率(kPa °C<sup>-1</sup>)， $\gamma$  是濕度常數(psychrometric constant, kPa °C<sup>-1</sup>)， $R_n$  是淨輻射量(MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>)， $G$  是熱通量密度(heat flux density to the soil, MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>)， $v$  是平均風速 (m/s)， $e_s$  是平均氣溫之飽和蒸氣壓(kPa)， $e_d$  為平均露點溫度之飽和蒸氣壓(kPa)。 $\Delta$  可由下式計算：

$$\Delta = 0.20(0.00738 T + 0.8072)^7 - 0.000116$$

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$$

$$P = 101.3 - 0.01055 (El)$$

$$\lambda = 2.501 - 0.002361 T$$

式中： $T$  是平均氣溫(°C)， $P$  是估算大氣壓力(estimated atmospheric pressure, kPa)， $El$  為高程(m)。淨輻射量可由下式計算：

$$R_n = (1 - \alpha) R_s - \sigma T_a^4 [0.34 - 0.139(e_d)^{0.5}] (0.1 + 0.9 \frac{n}{N})$$

式中： $R_s$  是地球表面太陽輻射量( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ )， $\alpha$  是反照率， $\sigma$  是 Stefan-Boltzmann 常數( $4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1} \text{ }^\circ\text{K}^{-4}$ )， $T_a$  是空氣之絕對溫度( $^\circ\text{K}$ )， $n/N$  為實際與可能日照時數之比值。 $n/N$  可由下式計算而得：

$$\frac{R_s}{R_{so}} = 0.35 + 0.61 \frac{n}{N}$$

式中： $R_{so}$  是無雲天之平均太陽輻射(mean solar radiation for cloudless skies,  $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ )，可依測站之緯度查表算得(Jensen et al, 1990)。飽和蒸氣壓可由氣溫計算而得：

$$e_s = 3.38639[(0.00738T + 0.08072)^8 - 0.00019|1.8T + 48| + 0.001316]$$

由於各種植物之反照率並非相同，植群潛在蒸發散量係隨著植群種類之不同而異。Thornthwaite 與 Mather (1955)指出：大部分常見植物之反照率與草類( $\alpha=0.26$ )非常相近。

#### (5) 植生指標

影像分類常加入植生指標 (Vegetation Index, VI) 以輔助分類，因植生指標對於植被與非植被部分具有較高區隔效果，有助提升分類精確度，但每種植生指標對於不同地區皆有不同成效，因此本計畫除選用 NDVI 外，更選用較為相近之 CMFI、IPVI、MSAVI 及 SAVI 進行探討，優選適合本計畫試區之最佳植生指標供影像分類器進行影像分類使用。

#### ( I ) Normalized difference vegetation index (NDVI)

Rouse 等 (1973) 第一次提出 NDVI 的概念，NDVI 定義為近紅外光波段與紅光段的差值除以兩者之和 (Elvidge and Chen, 1995)。NDVI 之數值分布於 -1 至 1 之間，對於有植被分布地方而言具有較高之值，因為有植被分布的地方具有較高的近紅外光段反射與較低的紅光段反射，如果是在植被分布密集的地方，NDVI 的數值在 0.1 到 0.6 之間變動，其數值取決於植物頂部的密度與綠度。土壤與岩石會產生近乎於 0 的數值，因為這兩者在紅光段與近紅外光段的數值相近，水、雲與雪會有數值比近紅外光段較高的紅光段，所以會產生負值。

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

式中，NIR，近紅外光；R，紅光。

#### ( II ) Infrared percentage vegetation index (IPVI)

Crippen (1990) 第一次提出 IPVI 概念，希望藉該數減少 NDVI 運算，因為 IPVI 跟 NDVI 間存在具線性關係，故可用來替代 NDVI。公式如下。

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + R} = \frac{1}{2} \left( \frac{NIR - R}{NIR + R} + 1 \right)$$

式中，NIR，近紅外光；R，紅光。

因此，Crippen 認為 IPVI 之優點在於減少不必要計算，並且避免不方便的負值。此外，IPVI 數值介於 0 和 1 間，又可避免 NDVI 負值之問題，為 Crippen 提出這個指數時強調的另一個優點。

### (III) Cropping management factor index (CMFI)

SPOT 衛星影像感測器所接收的波段為綠光、紅光及近紅外光，且綠色植物具有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，利用此原理可計算常態化差異植生指標 (NDVI)。其值介於 -1 與 1 之間，NDVI 小於零，屬非植生之雲層、水域及陰影等；值愈大時，代表地表植物生育愈旺盛、植被覆蓋佳 (Burgan and Hartford, 1993)。為配合作物及管理因子 (C) 之合理值域 (0~1)，即當植生覆蓋愈差，所對應之土壤覆蓋因子愈大的條件下，將其線性反向配置為作物及管理因子指標 (CMFI)，CMFI 除具有 IPVI 之優點外，更可解決先前 USLE 以集塊體推估使用上之缺失。其公式為：

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

式中，NIR，近紅外光；R，紅光。

### (IV) Soil adjusted vegetation index (SAVI) :

Huete 等 (1985) 發現許多可能的變化情形會影響土壤亮度，例如濕度變化、不同的粗糙度、陰影或有機質含量的差異。對於綠度的測量會和土壤亮度與土壤光譜效應類似，無論是在植被密度高或低的地方。因此，必須建立一個適當的土壤—植被系統變動模式，藉由分析近紅外光與紅光段反射散點圖的等值線，Huete (1988) 提出了 SAVI 的概念，藉以減低土壤對於樹冠光譜的影響。

在 Huete 的公式中，L 為土壤調整因子 (soil adjustment factor)，代表了植被的密度，SAVI 的數值分布在 -1 與 1 之間，理論上植被密度很低的地區，L=1，植被密度介於中間時，L=0.5，對於植被密度很高的地區，L=0.25，當 L=0 的時候，SAVI 等於 NDVI。一般情況下，L 通常給定為 0.5。本計畫亦採用 L=0.5 進行分析。

$$SAVI = \frac{(NIR - R) * (1 + L)}{NIR + R + L}$$

式中，NIR，近紅外光段，R，紅光，L 為 0.5



### (V) Modified Soil adjusted vegetation index (MSAVI)

Qi 等 (1994) 提出了 MSAVI 的概念，SAVI 為 MSAVI 前身。若要求得 SAVI 之最佳計算結果，則土壤調整因子 (L) 必須隨著植被目前的狀態反向地變動其數值。對於大多缺乏實際地面資料地區而言，乃不易以 SAVI 進行計算。在 MSAVI 中，雖於方程式中沒有出現土壤調整因子 (L)，但有使用疊代 L 方程在其中，會自我調整到最佳狀態。因此 MSAVI 可以直接從衛星影像資料或近地面光譜輻射觀測資料得到，對於從衛星影像直接求解區域中的植被指數較為方便又可以消除土壤的影響。此外，MSAVI 可減小 SAVI 中裸土對植被指數的影響 (田慶久、閻祥軍，1998)。

$$MSAVI = \frac{2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}}{2}$$

式中，NIR，近紅外光；R，紅光。

### 5. 管理區位優選

集水區經營管理時，需針對環境危害區位進行開發限制及治理，土砂災害及坡地農業所生產之泥砂、營養鹽與農藥等皆為常見之集水區管理問題，如何選擇重點管理區位進行整治，常因人員、機關之考量不同而有所差異，如農業經濟、文化景觀維護、集水區碳存量等，且各因子給定權重常因人而異，導致管理區位之優先順序有所不同。本計畫以非點源污染觀點，依據集水區內泥砂、營養鹽等因子篩選重點管理區位，做為管理區位優選之依據。

### 6. 系統開發及所需軟硬體設備

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。且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。因目前尚無免費或完整性之商業軟體可供分析使用，有賴經由文獻回顧選用合適之環境指標並自行撰寫分析系統，方可量化分析以供集水區環境復育之用。而 MapObject 為可開發客製化 GIS 應用程式之產品，可將空間資料與資料庫進行串接，並進行套疊、分析及展示，並可藉由萃取出相關空間資訊，供集水區環境決策參考之使用。本計畫採用 BCB (Borland C++ Builder) 及 MapObject 自行開發集水區環境復育分析評估系統，整合環境指標及相關分析方法，以供集水區環境指標建置及分析用。以下針對系統開發及軟硬體設備進行說明：

## (1) 系統開發

### A. Borland C++ Builder

C++ Builder 是 Borland 公司針對 C++ 所發展的快速應用程式開發工具 (Rapid Application Development, RAD)。且內建許多視覺化元件 (Visual Component Library, VCL) 的整合開發環境，所謂整合性開發環境是說在同一個視窗即擁有程式的編寫、編譯、連結與執行所需要的功能選單或按鈕，有別於 Dos 時代必須不斷地鍵入某些程式名稱，才能完成以上工作項目。故可非常友善化提供分析界面，且可相容於 MapObject。

### B. MapObject

MapObjects 包括一個 OLE 控制項 (OCX) 及地圖控制項 (Map control) 和一組 OLE。可適用於工業標準程式環境，如 BCB、VB、Delphi、PowerBuilder 及 MS Access 等相關軟體。MapObjects 是為程式開發者設計的，程式開發者可利用 MapObjects 開發應用程式並把這些程式提供給下一級用戶使用。其功能如下：

- 通過 MapObjects 可完成以下甚至更多功能：
- 顯示一張多圖層地圖(道路，河流，邊界)。
- 放大，縮小。
- 識別地圖上被選中的元素。
- 通過 SQL 描述來選擇物體。
- 對所選地圖元素的屬性進行更新，查詢。
- 從航片或衛星圖片上截取圖像。

## (2) 軟硬體設備

### A. 硬體需求

- 處理器-Intel® Pentium® III、850 MHz 或更快速的處理器。排序程序是單一執行緒的程序，不會用到雙處理器。
- 記憶體-256 MB 或更高的 RAM。

### B. 軟體需求

- Microsoft® Windows Vista SP1 (需具備管理員權限)
- Microsoft® Windows XP Home 或 Professional (SP3)
- Microsoft® Windows Server® 2003 (SP1) 或 2008
- Microsoft® Windows® 2000 Professional 或 Server(SP4)
- ESRI MapObject

### 三、結果

#### (一) 集水區空間資訊探討

藉由 2001 年及 2008 年土地利用調查圖資，萃取億年橋集水區植物群落分布(圖 2-8、圖 2-9)，分析研究範圍空間資訊，包含類別面積、集水區面積、類別覆蓋率、分布角度、形心距離及空間離散指標 (SDI) 等 (表 2-10)，可為日後進行整體探討之參考依據。依研究範圍空間離散指標(SDI) 分析結果，溫帶森林之 SDI 值在 0.0003 以下，耕地之值則在 0.0195 以下，其餘介於 0.0414~0.0748 間。大抵而言，溫帶森林與耕地分布呈現聚集型態，溫帶草原與非植生則相對離散。2001 年之各類別覆蓋率以溫帶森林 84.81 % 為最、溫帶草原為 6.65 % 次之；2008 年之分布趨勢亦與 2001 年相仿，溫帶森林 90.32 % 為最、溫帶草原為 6.40 % 次之。

在各土地類別形心距離方面，皆以溫帶森林為最小，分別為 2001 年之 636 m 與 2008 年之 482 m，顯示溫帶森林分布於集水區中心。空間指標中之分布角度乃為了瞭解各土地利用類別位於整體區域之方向性及分布區位，所得結果有兩大趨勢，即溫帶森林、溫帶草原、及非植生之分布角度為 90~270 度之間，意謂分布偏西，耕地則大於 270 度屬偏東之分布。

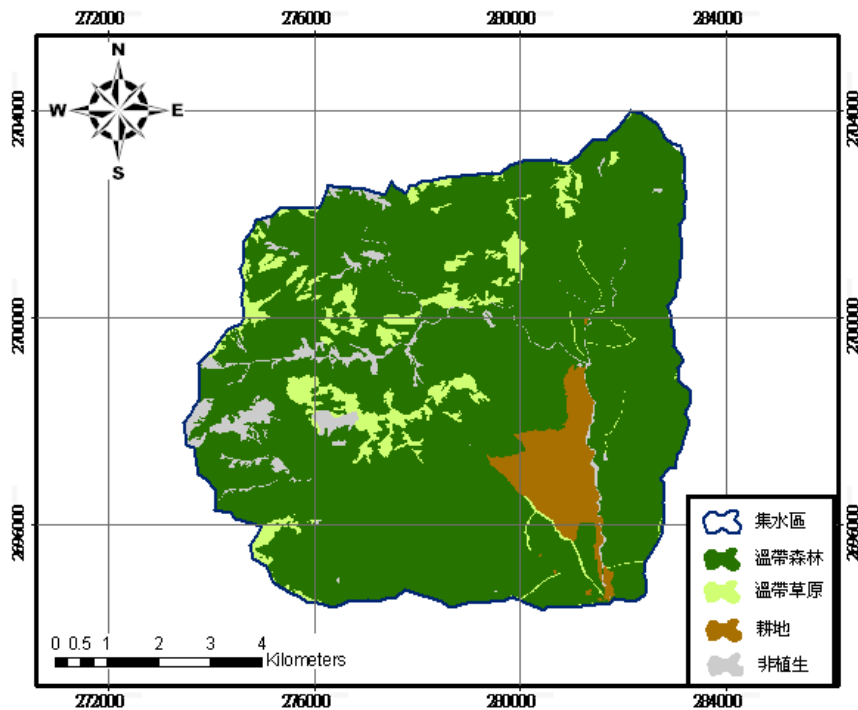


圖 2-8 研究範圍植物群落分佈圖(2001)。  
(資料來源：本研究資料)

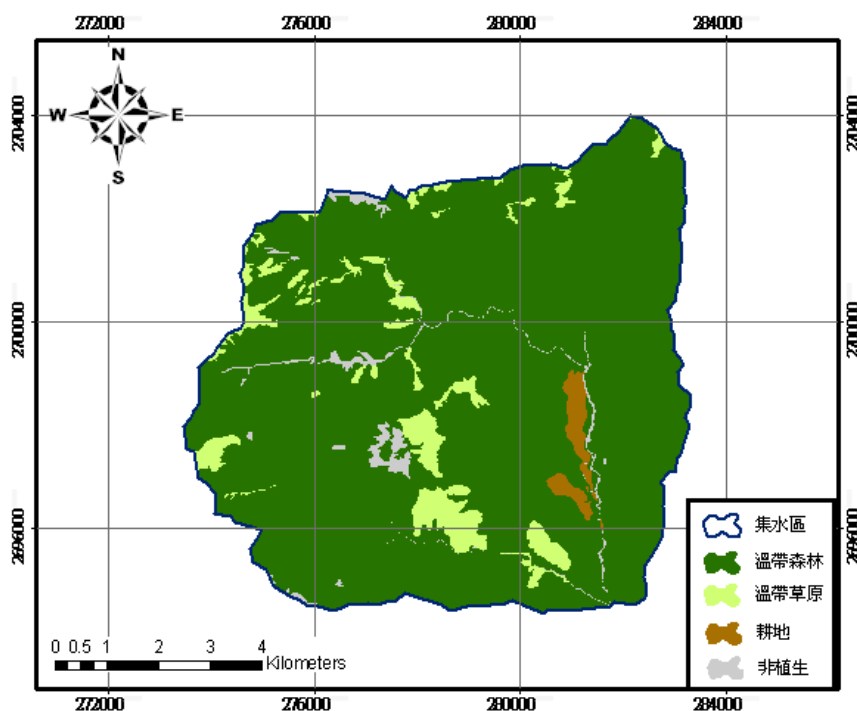


圖 2-9 研究範圍植物群落分佈圖(2008)。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-10 研究範圍空間資訊指標

2001 年						
類別	類別面積(ha)	集水區面積(ha)	覆蓋率(%)	分布角度(°)	形心距離(m)	SDI
溫帶森林	6074.40	7162.24	84.81	161.15	636	0.0003
溫帶草原	476.16	7162.24	6.65	157.52	1334	0.0414
耕地	355.52	7162.24	4.96	315.60	3022	0.0016
非植生	249.44	7162.24	3.48	176.02	2209	0.0461
2008 年						
類別	類別面積(ha)	集水區面積(ha)	覆蓋率(%)	分布角度(°)	形心距離(m)	SDI
溫帶森林	6468.64	7162.24	90.32	205.96	482	0.0002
溫帶草原	458.56	7162.24	6.40	164.02	1214	0.0748
耕地	97.12	7162.24	1.36	327.96	2703	0.0195
非植生	137.60	7162.24	1.92	196.31	1053	0.0499

(資料來源：本研究資料)

## (二) 陸源物質遞移指標分析

利用國土測繪中心於2008年所繪製之集水區農地分布(圖 2-10)與緩衝帶配置區位(圖 2-11)，可萃取農地未配置緩衝帶之區位(圖 2-12)，另由主(支)流集水區之空間分布，推算主流兩側邊坡及各支流集水區之農地分布與緩衝帶未配置區位(表 2-11 及圖 2-13、圖 2-14)。顯示集水區農地分布於詩崙溪匯入口至高山溪匯入口之間，緩衝帶未配置區位約 5 公頃。

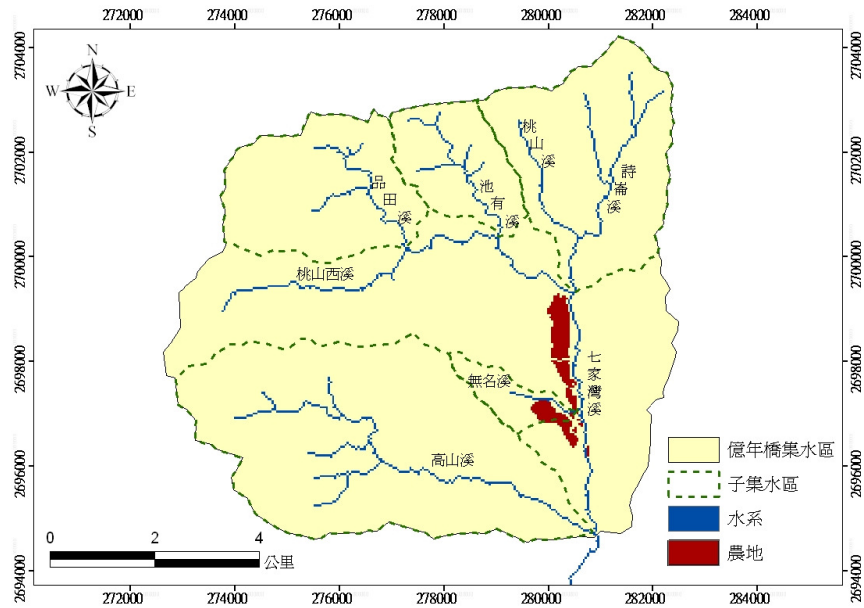


圖 2-10 億年橋集水區農地分布。  
(資料來源：本研究資料)

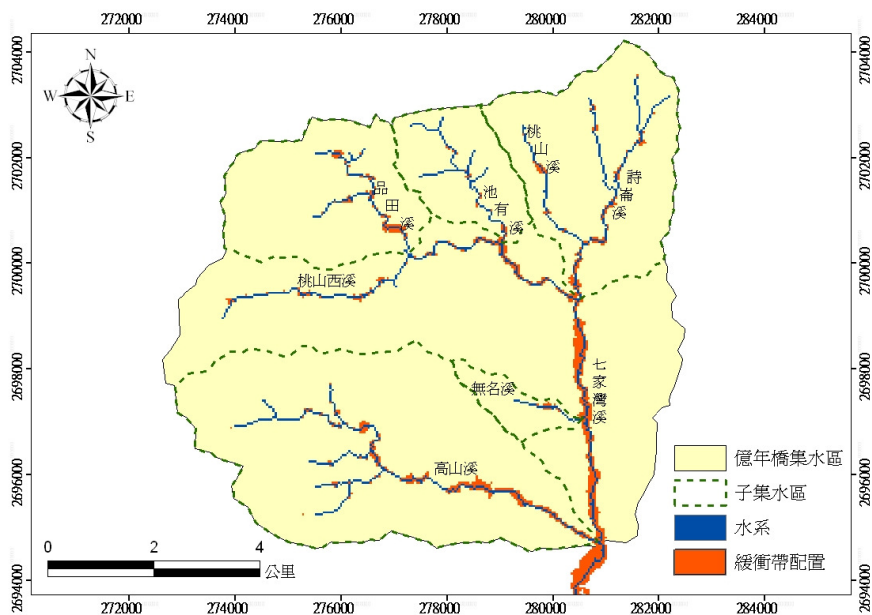


圖 2-11 集水區緩衝帶推估區位。  
(資料來源：本研究資料)

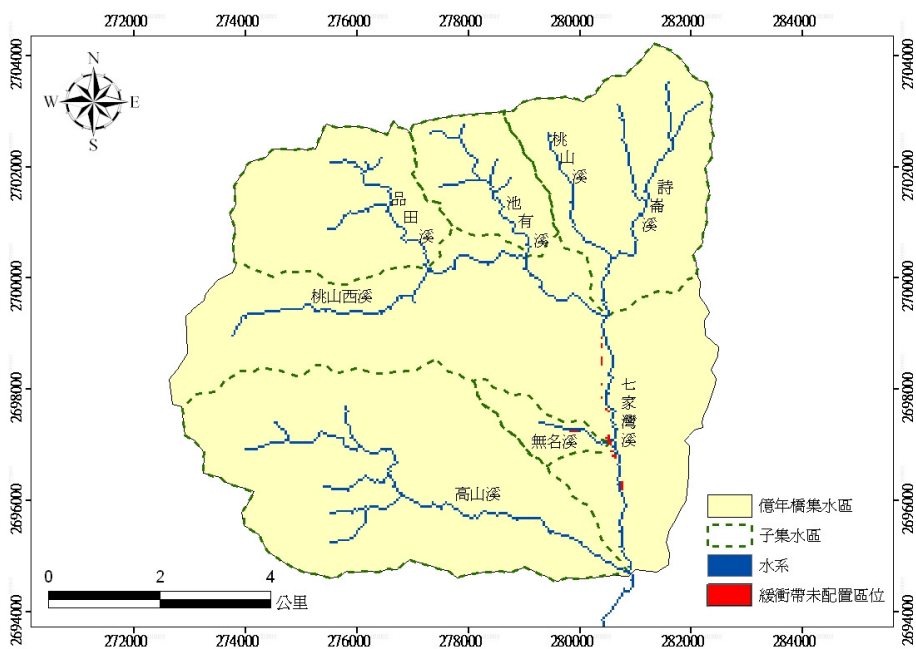


圖 2-12 農地未配置緩衝帶之區位分布。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-11 各集水分區農地與緩衝帶所佔面積

集水區名稱	集水分區	農地		模擬緩衝帶		未配置緩衝帶	
	面積(ha)	面積(ha)	百分比	面積(ha)	百分比	面積(ha)	百分比
詩崙溪	1128.96	0.00	0.00	47.68	4.22	0.00	0.00
池有溪	445.92	0.00	0.00	12.64	2.83	0.00	0.00
品田溪	836.32	0.00	0.00	27.04	3.23	0.00	0.00
高山溪	2102.88	0.00	0.00	76.32	3.63	0.00	0.00
無名溪	149.12	17.76	11.91	5.92	3.97	0.80	0.54

(資料來源：本研究資料)

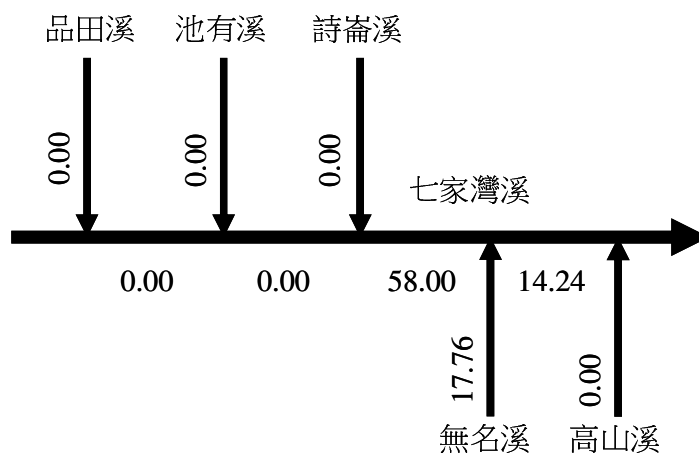


圖 2-13 集水分區與坡面之農地面積(單位:公頃)。  
(資料來源：本研究資料)

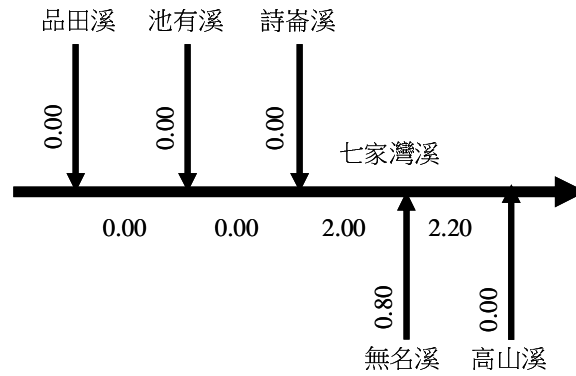


圖 2-14 集水分區與坡面未配置緩衝帶面積(單位:公頃)。  
(資料來源：本研究資料)

依緩衝帶配置分析結果(表 2-12)，無名溪農地面積約 17.76 ha，佔集水分區之 11.91%，未配置緩衝帶面積為 0.80 ha (0.54%)，為所有集水分區之最，因此以無名溪集水區進行 AGNPS 模擬，利用 1995 年、2001 年、以及 2008 年三期之土地利用圖資，探討陸源物質輸出對集水區生態系養分循環之影響。

### 1. 日雨量頻率年分析

選取鄰近無名溪集水區之桃山雨量站(圖 2-15)年最大日雨量資料(表 2-12)，利用台灣地區較為常用的甘保氏極端值第一類分布法及皮爾遜對數第三類分布法進行暴雨頻率年分析，經分析後本試區各頻率年之一日最大暴雨量如表 2-13 所示。由於農地植生緩衝帶之設計頻率年多以 10 年為主，集水區緩衝帶之配置取較大之甘保氏極端值  $P_{10}=317.8\text{mm}$ ，進行效益評估。

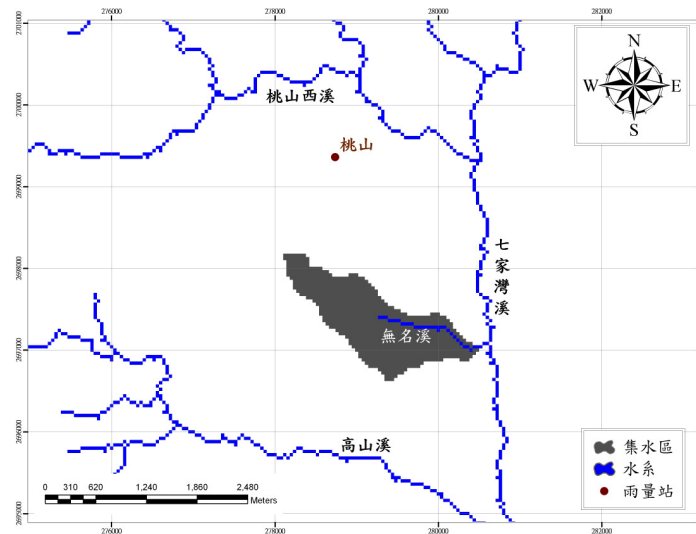


圖 2-15 桃山雨量站與無名溪集水區位置圖。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-12 桃山雨量站年最大日雨量

日期	年最大日雨量(mm)	日期	年最大日雨量(mm)	日期	年最大日雨量(mm)
1980	140.0	1990	288.0	2000	139.5
1981	136.0	1991	106.0	2001	136.5
1982	175.0	1992	221.0	2002	194.5
1983	102.0	1993	76.5	2003	100.5
1984	117.0	1994	188.5	2004	491.5
1985	201.0	1995	70.0	2005	297.5
1986	169.0	1996	341.5	2006	169.0
1987	117.5	1997	272.5	2007	409.0
1988	100.5	1998	134.0		
1989	311.5	1999	84.5		

(資料來源：本研究資料)

表 2-13 桃山雨量站各分析頻率年之日雨量(mm)

雨量站	重現期距(甘保氏極端值法)						
	2年	5年	10年	25年	50年	75年	100年
桃山雨量站	165.4	257.1	317.8	394.6	451.5	484.6	508.0
雨量站	重現期距(皮爾遜對數第三類分布法)						
	2年	5年	10年	25年	50年	75年	100年
桃山雨量站	77.8	156.8	257.2	484.2	773.7	1228.1	1941.5

(資料來源：本研究資料)

## 2. 情境模擬

無名溪集水區依現況以及緩衝帶配置兩種方式進行模式分析，由模擬結果(表 2-14)，顯示在設計頻率年(P10)之日雨量下，集水區 1995 年之泥砂產量為 44.82 噸、泥砂含氮量為 0.29 公斤以及泥砂含磷量為 0.14 公斤；緩衝帶配置後，泥砂產量可降為 43.81 噸、泥砂含氮量為 0.26 公斤以及泥砂含磷量為 0.12 公斤，改善率分別為 2.25%、10.34%及 14.29%。2001 年集水區之泥砂產量為 40.00 噸、泥砂含氮量為 0.27 公斤以及泥砂含磷量為 0.13 公斤；配置緩衝帶後，其泥沙產量則為 39.38 噸、泥砂含氮量為 0.25 公斤、泥砂含磷量為 0.12 公斤，改善率分別為 1.55%、7.41%及 7.69%。至 2008 年，其泥砂產量為 38.28 噸、泥砂含氮量為 0.25 公斤以及泥砂含磷量為 0.12 公斤；經配置緩衝帶後，泥砂產量可降為 38.10 噸，改善率為



0.47%，泥砂含氮量以及泥砂含磷量無顯著改善。

依 1995 年、2001 年、以及 2008 年模擬結果，改善效率則以 1995 年為最，依次為 2001 年及 2008 年，可知源頭防止有其功效。無名溪集水區經國家公園管理處近年整治，對水質的污染控制有其成效，即若能針對集水區之地文水文特性，避免農業非點源污染物對水質的污染，減少農地或其他用地的損失，除植生緩衝帶之配置外，集水區主要潛在污染源之農作區內，應落實耕地保育措施，避免非點源污染物匯集，形成點源污染而危及溪流之生態環境。

**表 2-14 無名溪集水區模擬結果**

1995 年					
項目	沖蝕深度 (cm)	逕流洪峰量 (cms)	泥砂產量 (ton)	總氮 (kg)	總磷 (kg)
現況	0.021	36.58	44.82	0.29	0.14
緩衝帶	0.019	36.46	43.81	0.26	0.12
改善率 (%)	9.52	0.33	2.25	10.34	14.29
2001 年					
項目	沖蝕深度 (cm)	逕流洪峰量 (cms)	泥砂產量 (ton)	總氮 (kg)	總磷 (kg)
現況	0.020	35.47	40.00	0.27	0.13
緩衝帶	0.019	35.36	39.38	0.25	0.12
改善率 (%)	5.00	0.31	1.55	7.41	7.69
2008 年					
項目	沖蝕深度 (cm)	逕流洪峰量 (cms)	泥砂產量 (ton)	總氮 (kg)	總磷 (kg)
現況	0.019	33.69	38.28	0.25	0.12
緩衝帶	0.019	33.68	38.10	0.25	0.12
改善率 (%)	0.00	0.03	0.47	0.00	0.00

(資料來源：本研究資料)

台灣目前有關溪流兩岸植生緩衝帶之規範尚未出爐，為有效防止農業非點源污染對河川水質所造成之衝擊，宜儘早規範溪流濱水區植生緩衝帶之設置標準。植生緩衝帶之寬度若設計不足，則無法達到淨化逕流水質的預期效果。反之，若寬度大於實際需要，將造成農地或其它用地的損失，人民配合的意願不高。因此合理的寬度範圍對坡地保育計劃之推行相當重要。美國農業部在其耕地保育計畫內所推薦之植生緩衝帶寬度為 20~30m，而在森林集水區內，沿著溪流兩旁之保護帶最少需有 30m。美國農業部所

推薦的緩衝帶寬度雖可供我們參考利用，但此種齊頭式之寬度在地幅廣大的美國尚有所爭議，在寸土寸金之台灣，若據此推行，其阻力可想而知，因此有必要建立本土化的植生緩衝帶合理寬度。

由於地表土壤入滲率之差異，植生緩衝帶寬度之設計理念有所不同。台灣山區多石質土，常混有石片或礫石，粗孔隙多，土壤飽和入滲率極高，地表逕流水發生之機率甚低。因此農業非點源污染之防治，在高入滲區主要是藉由土層之吸附、生物固定、分解、及化學反應等自淨作用來去除滲流水之污染源，所以高入滲地區須保有相當深厚的土層以行土壤自淨作用，避免地下水被污染。高入滲區河岸濱水區植生緩衝帶的寬度可由現地量測土層中污染物之衰減，或利用指標模式推算安全土深，河岸兩旁低於安全土深之區位，應全部劃入植生緩衝帶，嚴禁農墾，以免滲流水污染河川。集水區主要潛在污染源之農作區內，不可超限利用，應落實草生栽培、草溝、及農地沉砂池之設計。雖是自掃門前雪，若能將泥砂、營養鹽等非點源污染源留在自己的農地，即可避免河川水體污染，「源頭防治重於下游防堵」為集水區農業非點源污染控制應有之理念。

### (三) 生態指標評估

嵌塊體為景觀生態研究上焦點，因為嵌塊體常為物種之棲地；而其大小、數量、形狀皆容易影響生物過程。依據景觀生態學對於環境空間結構之分類，將研究範圍用地依空間別分為農作、農業附帶設施、天然林、人工林、其他森林使用土地、道路、住宅、草生地、以及裸露地等嵌塊體所組成；廊道空間在環境中通常是供傳輸、連結或隔斷功能為主，研究範圍之嵌塊體亦需以廊道空間做為彼此銜接與串連，得以使活動發生及延續。因此，除道路外，綠帶嵌塊體扮演著重要的廊道角色，並提供與環境生物多樣性之連結。基質往往是其相對面積高於景觀中其它任何嵌塊體類型的要素，是景觀中最具連續性部分，所佔空間面積亦最大，因此研究範圍可以大自然林地為基質看待。

由表 2-15 可知，天然林有最多之嵌塊體數目，表示此地物類型越零散；平均面積最大，對物種的保育能力越好；平均形狀指數越大，表示人為力量的介入越小。依照景觀生態學理論，棲地越大能容納越多之生物物種，彼此生物物種有棲息、遷徙及交流場所；依生物多樣性影響因子，中大型面積棲地能持續且保存較多基因之多樣性，連結效應中植栽廊道可促

進棲地間動植物移動，減少棲地因破碎化而面臨物種豐度降低，提高物種或族群生存力。

利用生態嵌塊體理論，以嵌塊體、廊道與基質的變異及能量信息之流動，量化評估在區域及地景尺度下，集水區生態指數分布之情形；使集水區之生態環境能有妥善之維護管理。

**表 2-15 土地利用類別與生態指標關係**

項目	農作	農業附帶設施	天然林	人工林	其他森林使用土地	道路	住宅	草生地	裸露地
嵌塊體數目	4	1	24	23	8	4	2	51	15
面積 (ha)	97.76	0.16	4629.28	1849.76	163.84	0.64	0.48	283.36	76.64
面積平均大小 (ha)	24.44	0.16	192.89	80.42	20.48	0.16	0.24	5.56	5.11
面積標準差	311161	0.00	8181992	2060387	390565	0.00	1131	99673	110635
面積變異係數	127.32	0.00	424.19	256.19	190.71	0.00	47.14	179.40	216.54
邊緣 (m)	12240	160	221120	132000	18240	640	400	70400	20800
邊緣密度	0.01	0.10	0.00	0.01	0.01	0.10	0.08	0.02	0.03
平均邊緣 (m)	3060	160	9213	5739	2280	160	200	1380	1386
平均周長—面積率	0.04	0.10	0.07	0.05	0.06	0.10	0.09	0.05	0.06
平均形狀指數	1.66	1.00	1.72	1.69	1.57	1.00	1.03	1.61	1.59
平均碎形維度	1.08	1.00	1.06	1.07	1.08	1.00	1.01	1.08	1.07

(資料來源：本研究資料)

#### (四) 濕潤指標分析

本計畫氣象站設置初始日期與時間為 2009 年 9 月 24 日 1:00，氣象資料記錄至今尚未滿一年，因此推估濕潤指標所需之氣象資料，仍先以雪霸國家公園周遭現有氣象站資料進行推估，待日後積累相當資料後，再以自行設置氣象站資料分析，比較濕潤指標值差異。

依據臺灣電力公司、中央氣象局農業氣象觀測站等氣象站資料，蒐集雪霸國家公園範圍附近氣象站分布及其相關資料如圖 2-16 及表 2-17，由表 2-16 可知，苗栗區農業改良場、農業試驗所、台中區農業改良場、花蓮區農業改良場蘭陽分場、及花蓮區農業改良場等五個氣象站其標高均在 100 m 以下，測得氣象資料較屬平地型氣象，但因計算濕潤指標時，需以克利金法進行統計分析，未免有外插情形產生，仍先採用此五個氣象站進行推估。

由雪霸國家公園附近氣象站分析結果，億年橋集水區濕潤指數分布約

170~210 間 (圖 2-17)。

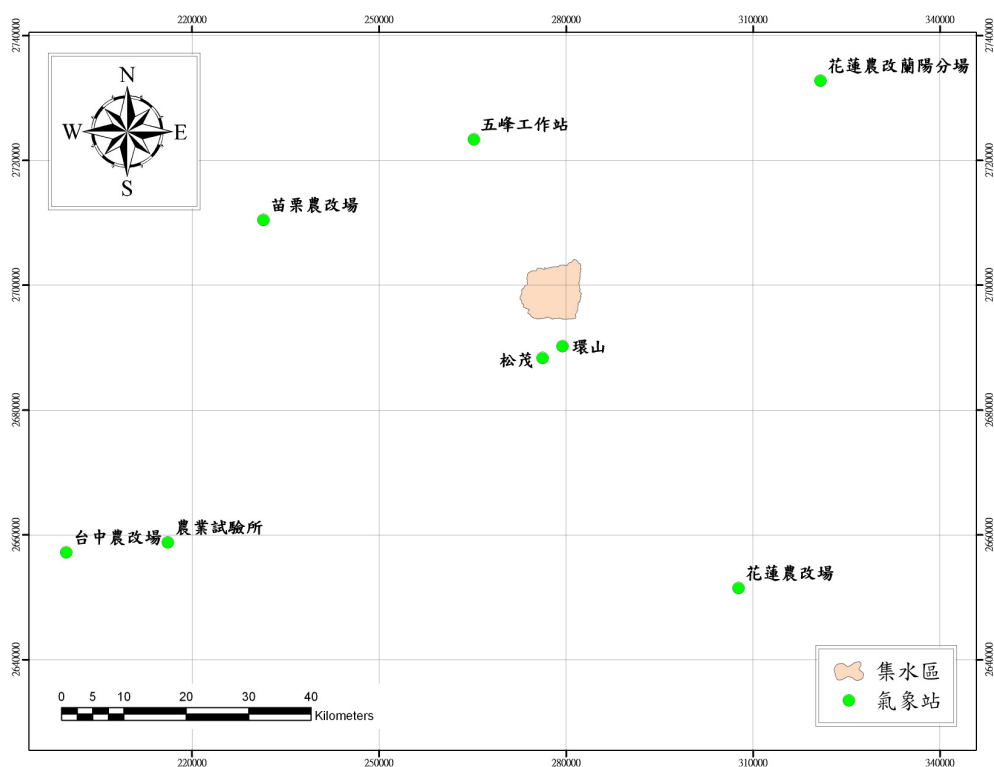


圖 2-16 集水區鄰近氣象站分布。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-16 氣象站站況一覽表

編號	測站名稱	TWD67 座標		經辦單位	標高 (m)
		X	Y		
1	環山	279263	2690226	臺灣電力公司	1750
2	松茂	277072	2686437	臺灣電力公司	1457
3	桃園區農業改良場 五峰工作站	265188	2723338	中央氣象局	1208
4	苗栗區農業改良場	231423	2710420	中央氣象局	100
5	農業試驗所	216098	2658764	中央氣象局	85
6	台中區農業改良場	199818	2657181	中央氣象局	19
7	花蓮區農業改良場 蘭陽分場	320830	2732740	中央氣象局	27
8	花蓮區農業改良場	307673	2651457	中央氣象局	36

(資料來源：本研究資料)

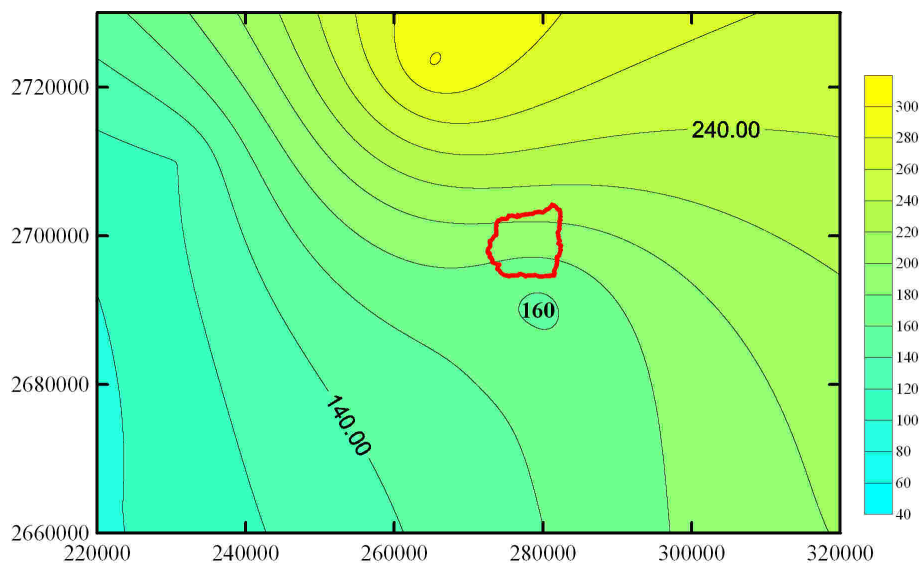


圖 2-17 濕潤指數分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

### (五) 窪蓄區位萃取

窪蓄 (depression storage) 係指在地表面漫流的水，因地面之凹陷而聚積者 (李光敦，2002)，多位學者指出，窪蓄除了為降雨-逕流模式中重要的過程外，也會影響沖蝕的潛能及漫地流的流動時間，且其具有水資源涵養、洪水控制、沖蝕控制、氣候調節以及生態保育等多重功效 (Mitchell and Jones, 1976 & 1978; Akan and Antoun, 1994)。

地形上的低窪地區，可設置暫時儲蓄水資源的區位，以達水資源調度與保護的功能，一般而言位於河道上的窪地是良好設置防砂壩、水庫、攔河堰等橫斷河道的水利或水保設施位置，坡面上則是良好的濕地、沉砂滯洪池、埤塘、人工湖等窪蓄貯滲水設施的優選地點。

億年橋集水區潛在窪蓄區位萃取結果顯示集水區內有 189 處天然低窪處 (圖 2-18)，其平均深度約為 4 公尺，其中河道型窪蓄區位佔較多處，約有 149 處，坡面型窪蓄區位則為 40 處。依濕潤指數分析結果搭配集水區土地利用情形 (圖 2-19)，其土地利用類型多為林地，包含竹針闊葉混合林、針葉樹林、及竹針闊葉林等，篩選窪蓄區位上游集水區越大者越適宜做為窪蓄區位配置地點 (表 2-17)，配合當地環境調查資料，營造動物棲地用水、水資源保育、非點源污染中繼站、以及滯洪多功能濕地。

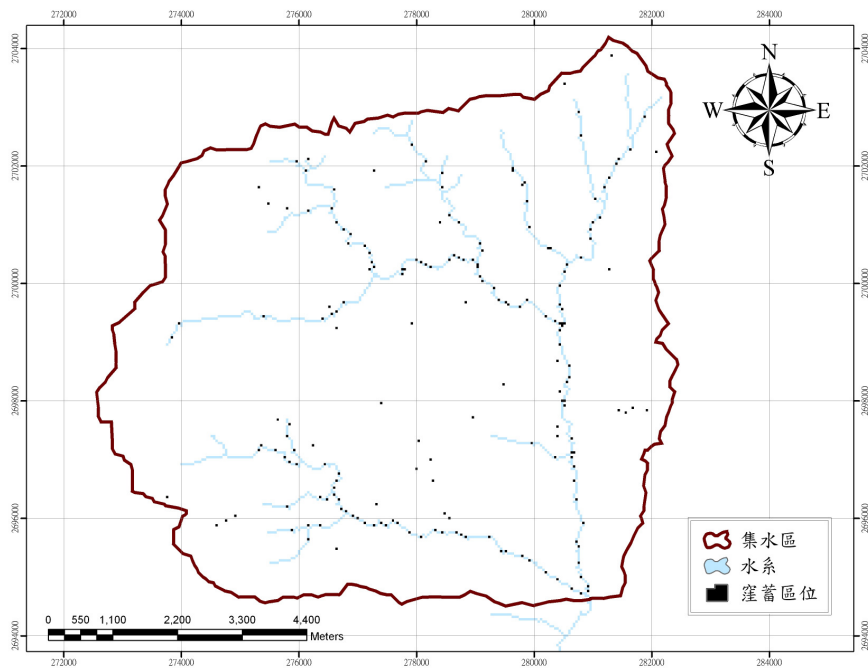


圖 2-18 窪蓄區位分布圖。  
(資料來源：本研究資料)

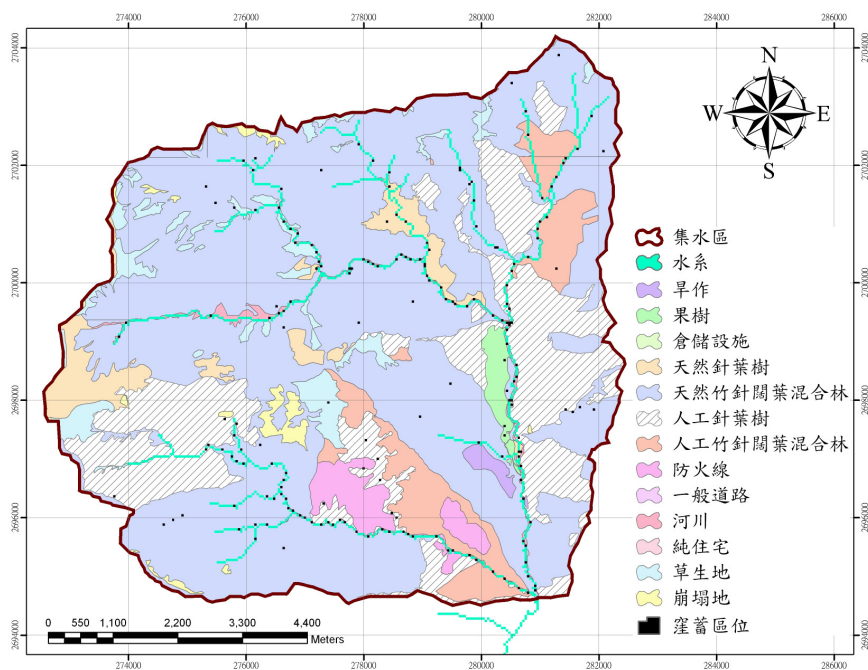


圖 2-19 億年橋集水區土地利用圖。  
(資料來源：本研究資料)

表 2-17 坡面型潛在窪蓄區位依上游集水區面積排列

X	Y	面積 (m <sup>2</sup> )	深度 (m)	體積 (m <sup>3</sup> )	集水區面積 (m <sup>2</sup> )	窪蓄區位 類型
275800	2701280	1600	1	1600	2,731,200	坡面型
278560	2696000	1600	2	3200	2,667,200	坡面型
278480	2696080	1600	5	8000	2,619,200	坡面型
275480	2701360	1600	4	6400	2,585,600	坡面型
278280	2696640	1600	2	3200	1,992,000	坡面型
279480	2698280	1600	11	17600	1,808,000	坡面型
278240	2697000	1600	5	8000	1,697,600	坡面型
281440	2697840	1600	5	8000	1,400,000	坡面型
278040	2697320	1600	6	9600	1,252,800	坡面型
281560	2697800	1600	2	3200	1,134,400	坡面型

(資料來源：本研究資料)

### (六) 保水指標分析

計算富野渡假村開發前及開發後保水量及保水量差值，配合設置保水設施後及綠建築法規規定 ( $\lambda c=0.48$ ) 進行檢算，計算所需截蓄保水量，整理如圖 2-20 及表 2-18。富野渡假村開發前保水量為 3069857.2 m<sup>3</sup>，現為 977694.6 m<sup>3</sup>，法規規定保水量應為 1473531.5 m<sup>3</sup>，以水資源觀點，本區之保水設施不足以涵養開發前後損失之水資源，若將自然之窪地改造成相關蓄水設施，能彌補部分水資源的浪費，可配合航照圖及潛在窪蓄區位萃取結果挑選適當區位，經現地勘查決定適合配置截蓄保水設施之區位。



圖 2-20 富野渡假村開發區設施配置。

(資料來源：本研究資料)

表 2-18 富野渡假村開發區位所需截蓄保水量

開發區位			保水量 差值(m <sup>3</sup> )	基地保水 指標( $\lambda c$ )	法規規定 保水量(m <sup>3</sup> )
原有保水量(m <sup>3</sup> )	開發面積(m <sup>2</sup> )	現有保水量(m <sup>3</sup> )			
3124452.9	14481.03	1032774.0	2091678.9	0.33	1499737.4

(資料來源：本研究資料)

**(七) 植生指標分析**

以衛星影像萃取 NDVI、IPVI、CMFI、SAVI、及 MSAVI 等植生指標 (如圖 2-21)，不同植生指標可協助解決 NDVI 因感測器校正、地形高差變化、土壤背景值等因素造成之計算誤差，亦或是提升 NDVI 之計算精度，針對地區特性，可篩選適宜之植生指標供影像分類使用。

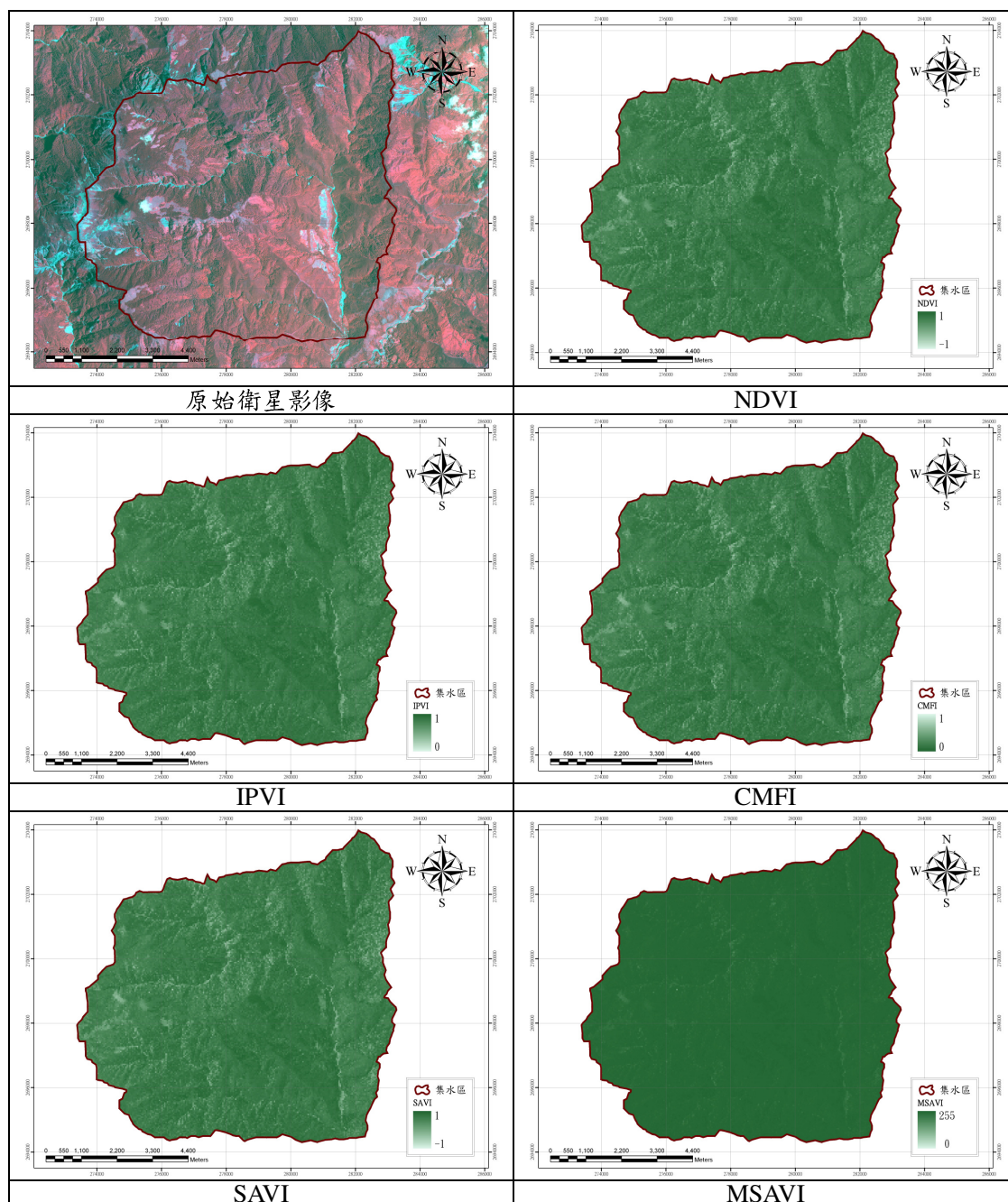


圖 2-21 億年橋集水區植生指標分析結果。  
(資料來源：本研究資料)



## (八) 管理區位優選

依國土測繪中心 2008 年繪製之集水區農地分布 (圖 2-11、表 2-11)，億年橋集水區內之農地分布主要位於無名溪集水區內 (農地面積約 17.76 ha)，為避免農業非點源污染對水質的污染，減少農地或其他用地的損失，應對無名溪集水區配置適宜之緩衝帶，以減少坡地農業所生產之營養鹽與農業等管理問題。

## (九) 系統開發

本計畫以 BCB (Borland C++ Builder) 及 MapObject 自行開發集水區環境復育分析評估系統，整合環境指標及相關分析方法，供集水區環境指標建置及分析之用。

集水區環境復育分析評估系統主要架構為系統地逐步分析集水區之基本資料，由網格處理、水系網萃取、集水區劃分、區位分析、量體檢算等項目，依序完成各種自動計算功能，並取得有效之分析結果，利於瞭解集水區基本特性。系統模組包含：(1) 河川網路建置、(2) 集水區劃分、(3) 地形指標分析、(4) 綠覆率分析、(5) 泥砂產量推估、(6) 生態效益評估、(7) 保水量推估、(8) 濕潤指標分析等，系統畫面如圖 2-22 所示。



圖 2-22 集水區環境復育評估分析系統。  
(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一) 集水區空間資訊探討

地物之集散情形是空間現象重要的研究議題，本計畫主要將研究範圍土地利用分為溫帶森林、溫帶草原、耕地、以及非植生四大類，藉瞭解地物間之空間分布情形，為日後集水區整體規劃之參考依據。分析結果顯示，溫帶森林與耕地分布呈現聚集型態，溫帶草原與非植生則相對離散，溫帶森林呈聚集推估係因多為未開發區位所致，耕地則因環境負荷量較大，針對此一現象，應有營造適當緩衝區位之必要，以減緩環境負荷。

### (二) 陸源物質遞移指標分析

集水區為重要之水源涵養及保土安林地區，但是在土地利用資源日益匱乏的台灣，惟有朝山坡地進行開發利用，以舒緩人口密集的都市並增加可利用的土地資源，改善人民生活；相對地，由於集水區受到頻繁的開發使用下，導致颱風豪雨過後之土石災害或水患，嚴重地危害下游地區人民生命與財產之安全，且坡地逕流所夾帶之泥砂附著大量之營養量或農藥，一旦逕流水中之污染物進入溪流或水庫，勢必將污染水體並導致優養化，造成集水區水體惡化之主要原因，為非點源之營養鹽及泥砂。

非點源污染伴隨著水文過程而發生，是污染物質在降雨產生之地表逕流沖刷下，而最終到達水體的過程。污染負荷量的大小不僅與降雨量及降雨強度相關，而且受集水區土壤特性、地表污染物累積量及土地利用型態所支配。美國環保署於 1984 年，將非點源污染種類區分成農業區、造林區、採礦區、營造工地及都市區之非點源污染來源。每一個種類最主要之污染源來源並不同，如都市區主要來自路邊邊溝累積之污染物及溝底淤泥，農業區主要來自雨滴衝擊土壤及因降雨產生之漫地流溶解土壤中之污染物，山林區主要來源則為雨滴之沖蝕、溝蝕及紋溝沖蝕等(李惠平等，1990)。因此，非點源污染的防治因考慮其污染種類、特性、傳輸機制及負荷量之多寡，以採取適當之管理策略。此外，沒有任何一種單一的控制策略可適用於不同的環境，而且策略的實施必須考量以生態為出發點，除了符合經濟與實用性外，對於生態棲地之評估亦是不可或缺的，尤以溪流生態環境而言，屬於環境敏感之地區，在管制措施的選擇上應以最大效益及提供生物棲息空間，並兼具維護景觀品質等為基本原則。

經本計畫推估結果，無名溪集水區泥砂及營養鹽之改善率以 1995 年為最、依次為 2001 年及 2008 年，顯示於 1992 年 7 月 1 日雪霸國家公園管理處成立後，經多年整治，對水質的污染控制有其成效，不僅有效控制非點源污染，增加水資源之使用，且對於河川之生態保育助益良多。

### (三) 生態指標評估

景觀係由景觀元素組成，主要景觀元素有三種類型：包含嵌塊體、廊道、及基質三類。嵌塊體是景觀空間比例尺上所能見到的最小均值單元，在景觀中的空間分布情形對能量、物種的流動有重要影響；廊道則是具有通道或屏障功能的線狀或帶狀的嵌塊體，具有五個主要功能，包括棲地、通導、過濾、來源和沈澱；基質為相對面積高於景觀中其他任何嵌塊體類型的要素(Forman, 1986、林裕彬, 2000)，在整體景觀中有最高的連續性，因此往往形成景觀的背景。

本計畫利用生態嵌塊體理論，以嵌塊體數目、平均面積大小、面積標準差、邊緣長度、平均形狀指數、及平均碎形維度等分析，有助於瞭解土地利用的空間分布情形，經量化集水區生態指數分布，於日後規劃上可加強遭受損害地區之植生復育、規劃綠廊道、串連零碎分布的嵌塊體，使集水區之生態環境能有妥善之維護管理。

### (四) 濕潤指標分析

集水區之濕潤指標為評估集水區水收支之重要因子，Thornthwaite (1948)認為植物賴以生長的有效水分(precipitation efficiency)，端看降水及由蒸發所產生的水分損失而定，若蒸發散量與降雨量相比較，降雨量多於蒸發散量，則有餘水可留蓄於土中；反之，將極易發生旱害，旱害之發生與降雨、蒸發散量及土壤儲存水分能力有密切關係，即有效水分為降雨量減去蒸發散量所剩餘之水分含量，因此，Thornthwaite (1948)分類法中訂定以濕潤指數(moisture index, Im)表示一地的有效水分。唯研究試區缺乏長期調查監測資料，目前僅能以現有氣象資料推估，有待日後研究試區內設置之氣象站積累相當資料後，再以統計方法分析。

### (五) 窪蓄區位萃取

以數值高程模型 (DEM) 自動萃取億年橋集水區內潛在窪蓄區位及相關資訊，搭配濕潤指數分析結果，篩選試區內坡地型潛在窪蓄區位其上游

集水區面積越大者為配置地點，配合當地環境調查資料，營造動物棲地用水、水資源保育、非點源污染中繼站、以及滯洪等多功能濕地。

#### **(六) 保水指標分析**

以設置保水設施後及及綠建築法規規定進行富野渡假村開發前後保水量計算所需截蓄保水量，如能達成綠建築法規規定 ( $\lambda c$  值)，可維護基本保水功能，以提供河川生態基流量，並在洪氾期間輔助抑制洪峰，減緩地表逕流之衝擊；如未達法規規定之保水量，應於適當地點設置截蓄保水設施，以降低洪峰及改善生態環境。

#### **(七) 植生指標分析**

利用不同植生指標可避免 NDVI 之負值、減少不必要之計算、解決 USLE 以集塊體推估之缺失等特性，針對不同地區篩選適宜之植生指標，供後續資料分析之用。

#### **(八) 管理區位優選**

集水區經營管理時，不僅需考量集水區範圍內之保全對象，亦需探討集水區內各重要檢核點，針對環境危害區位進行開發限制及治理，土砂災害及坡地農業所生產之泥砂、營養鹽與農藥等皆為常見之集水區管理問題，以非點源污染觀點，篩選集水區之重要管理區位，以為管理區位優選之參考依據。

#### **(九) 系統開發**

建置集水區環境復育分析評估系統，針對研究試區進行適用性驗證，系統具有分析集水區各項環境指標、效益等功能，可快速分析及具體量化各項指標數據並產出相關報表，提供集水區經營管理成效評估之用。

## 五、結論與建議

### (一) 結論

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。本年之研究包含「集水區多尺度綜合分析」、「環境指標適宜性分析與評估」及「系統建立與修正」等項目進行評估及建置；已蒐集集水區各類環境資訊，萃取相關環境指標，評估系統初步建置，供雪霸國家公園管理成效量化評估之參考。

### (二) 建議

#### 建議一

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

所開發之集水區環境復育分析評估系統，能整合環境指標及分析方法，供雪霸國家公園進行轄區內各項環境資料之分析，進一步利用各類環境指標，量化分析國家公園之經營管理效益。系統可藉由不同尺度分析點、線、面等各類樣區之環境資訊，供其他子計畫之用。

#### 建議二

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

建議未來研究可向下落實並進行分析系統建置及修正；整合及研析所有建置項目，將集水區環境指標分析系統供委託單位參考使用。所建置之系統與環境資料庫，可簡易維護更新，藉由氣象水文資料、數值高程、衛星影像、航照圖以及相關 GIS 圖層之蒐集，建置雪霸國家公園環境指標及評估模式，再將環境指標進行整合性評估及綜合研析，能有效量化分析國家公園之經營管理效益。

## 六、參考文獻

- 水土保持技術規範 (2000), 行政院農業委員會編印。
- 王鑫 (1988), 「地形學」, 聯經出版社。
- 林昭遠 (1998), 「濱水區植生緩衝帶配置之研究」, 中華水土保持學報, 29(3): 261-272。
- 翁培文、蔡博文 (2006), 「空間離散指標: 舊觀念、新公式」, 台灣地理資訊學刊, 4: 1-12。
- 張大偉、王明光 (1998), 「農田土壤中有機與無機污染物的動態」, 87 年度農業工程研討會論文集, p.433-437。
- 莊佳慧 (1998), 「指標模式應用於植生緩衝帶寬度之研究」, 國立中興大學水土保持學系碩士論文。
- 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。
- 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。
- Bagnold, R. A. (1966) "An approach to the sediment transport problem from general physics," U.S. Geological Survey Professional Paper, 1: 422.
- Burgan, R. E. and Hartford, R. A. (1993) "Monitoring vegetation greenness with satellite data," USDA Forest Service Intermountain Research Station General Technical Report INT-297.
- Burton, A. and Bathurst, J. C. (1998) "Physically based modeling of shallow landslide sediment yield at a catchment scale," Environmental Geology, 35: 89-99.
- Choudhury, B. J. (2000) "Carbon use efficiency, and net primary productivity of terrestrial vegetation," Advances in Space Research, 26(7): 1105-1108
- DeJong, B. H. J., Tipper, R. and Taylor, J. (1997) "A framework for monitoring and evaluating carbon mitigation by farm forestry projects:

- example of a demonstration project in Chiapas,” Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2 : 231-246.
- Foster , G. R., Lane, L. J., Nowlin, J. D., Laflen, J. M. and Young, R. A. (1981) “Estimating erosion and sediment yield on field-sized areas,” *Trans. ASAE*, 24 : 1253-1262.
- Frere, M. H., Ross, J. D., and Lane, L. J. (1980) “The nutrient submodel. In: Knisel W.G. (ed.).1980. *CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems*,” U.S. Department of Agriculture, Conservation Research Report, 26 : 25-86.
- Helling, C. S. and Dragun, J. (1980) “Soil leaching tests for toxic organic chemicals,” In *Proc. Symp. on Test Protocols for Environmental Fate and Movement of Toxicants*, pp.43-88.
- Hill, M. J., Braaten, R. and McKeon, G. M., (2003) “A scenario calculator for effects of grazing land management on carbon stocks in Australian rangelands,” *Environmental Modelling & Software*, 18 : 627-644.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2000) “Special Report on Land Use Land-Use Change and Forestry,” Cambridge University Press.
- Junko, I., Shiaki, W., and Takahiko, F. (2001) “Landform analysis of slope movements using DEM in Higashikubiki area,” *Computers & Geosciences*, 27 : 851-865.
- Lane, L. J. (1982) “Development of a procedure to estimate runoff and sediment transport in ephemeral streams,” In *recent Developments in the Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield*, 137 : 275-282.
- Li, H., Ma, Y., Aide, T. M. and Liu, W. (2008) “Past, present and future land-use in Xishuangbanna, China and the implications for carbon dynamics,” *Forest Ecology and Management*, 255 : 16-24.
- 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.
- Liu, S., Loveland, T. R. and Kurtz, R. M. (2004) “Contemporary Carbon

- Dynamics in Terrestrial Ecosystems in the Southeastern Plains of the United States,” *Environmental Management*, 33(1) : 442-456.
- Manning, R. (1891) “On the flow of water in open channels and pipes,” *Transactions, Institution of Civ. Eng. Ireland*, 20 : 161-207
- Maraq, M. A., Zhao, X., Wallace, R. B. and Voice, T. C. (1998) “Retardation coefficients of nonionic organic compounds determined by batch and column techniques,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62 : 142-152.
- Mosier, A. R., Peterson, G. A. and Sherrod, L.A. (2003) “Mitigating net global warming potential (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O) in upland crop production,” In: *Proceedings of the Third International Methane and Nitrous Oxide Mitigation Conference*, pp17-21.
- Patenaude, G., Milne, R., Dawson, T. P. (2005) “Synthesis of remote sensing approaches for forest carbon estimation : reporting to the Kyoto Protocol,” *Environmental Science & Policy*, 8 : 161–178.
- Prasad, V. K., Kant, Y. and Badarinath, K.V.S. (2002) “Land use changes and modeling carbon fluxes from satellite data,” *Advances in Space Research*, 30(11) : 2511-2516.
- Rao, P. S. C., Hornsby, A.G. and Jessup, R. E. (1985) “Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater,” *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 44 : 1-8.
- Sathaye, J., Makundi, W. and Andrasko, K. (1995) “A comprehensive mitigation assessment process (COMAP) for the evaluation of forestry mitigation options,” *Biomass & Bioenergy*, 8(5) : 345-356.
- Smith, R. E. and Williams, J. R. (1980) “Simulation of the surface hydrology,” *U.S. Dep. Agric. Conserv. Res.*, 26(11) : 15.
- Tomlinson, R. W. and Milne, R.M. (2006) “Soil carbon stocks and land cover in Northern Ireland from 1939 to 2000,” *Applied Geography*, 26 : 18-39.
- USDA-SCS. (1972) “United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service,” *National Engineering Handbook*, Sec. 4.
- Wilson, J. L. and Gallant, J. C. (2000) “Terrain analysis,” *John Wiley & Son, Inc.*, pp.51-58.



- 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.
- Young, R. A., Onstad, C. A., Bosch, D. D. and Anderson, W. P. (1989) "AGNPS : A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds," Journal of Soil and Water Conservation, 44(2) : 168-173.

## 第三章 高山地區土壤性質與共生菌根調查研究

顏江河

國立中興大學森林系

### 摘要

關鍵詞：雪山、森林土壤、土壤養分、菌根

#### 一、研究緣起

養分循環 (nutrient cycling) 與能量傳遞 (energy transfer) 為生態系的兩大功能，土壤都扮演著重要的角色。土壤供給植群所需養分，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，所有養分的循環由土壤開始，最後也回歸土壤；綠色植物吸收光能，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，最終再回歸地面，經由微生物分解作用，消失於土壤中。因此，土壤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，因此養分循環或能量傳遞的機制迥異於一般的森林生態系，欲瞭解高山生態系的功能與機制，對土壤的研究調查是為最基礎之探討。

菌根共生現象普遍存在於生態系中，依其與根系共生的形態可分為外生及內生菌根兩種。菌根可改善幼苗的生長和存活率。藉由提高水分及無機養分的吸收和運輸，提高對不良土壤條件的耐受性。再者，菌根菌中的外生菌根菌種多樣性及其族群組成會影響植群組成，而菌根菌的多樣性與生物因素和非生物因素皆有關。雪山地區氣候特殊，植相豐富，故菌根菌種類豐富。為了解外生菌根菌與環境因子及植群結構之交互作用，故於雪霸國家公園武陵區登山口至哭坡間，調查松樹林與殼斗科樹林之外生菌根菌種，以了解其種類與分布。

#### 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，本計畫選擇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。自本年六月起，定期赴雪山登山口往哭坡之登山步道，沿線採集土生真菌進行菌種鑑定，並記錄菌種出現之頻度。

### 三、重要發現

從七卡、哭坡、火燒地、黑森林到圈谷五個採樣點土壤皆呈極酸性，土壤pH隨土層深度增加而增高之趨勢。土壤中有機碳含量高於台灣其它森林土壤的含量，越向下層土壤有機碳含量越低。土壤全氮，呈現正常適宜的濃度，然而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，土壤陽離子置換能量（CEC）都極高，但是置換性鈉、鈣、鎂都很低。土壤含石率方面，以哭坡的箭竹草生地與圈谷的總含石率分別為16.01%、17.75%為最高，七卡的土壤總含石率為2.33%，則幾乎沒有含石量。土壤總含根量，以圈谷 $0.27 \text{ kg/m}^3$  (40 cm土深)為最低，七卡土壤總含根量 $1.63 \text{ kg/cm}^3$ 最高，黑森林 $1.16 \text{ kg/cm}^3$ 次之，哭坡與火燒地幾乎一樣，各為 $0.74$ 與 $0.75 \text{ kg/cm}^3$ 。此外，該區土壤有機碳與置換性鋁濃度都隨土壤深度增加而下降之趨勢。

雪山登山口往哭坡之登山步道沿線發現子實體25種，鑑定至種者有13種，鑑定至屬者有3種。而子實體從六月開始出現，在登山口至哭坡間出現的頻率部分數量最多的前五屬依序為*Suillus*、*Coltricia*、*Russula*、*Lactarius*、*Amanita*。*Suillus*、*Coltricia*、*Russula* 數量在七月時達到最高峰，八月開始減少。*Boletus*屬則在八月開始增多，而其他各屬則為零星出現。以分布而言，0~1.5 km 間雖偶有子實體出現但數量不多，為長久集毛菌七月時在0.4 km及0.6 km曾大量出現，大部份的種類都集中在1.5 km後開始出現。

### 四、主要建議事項

根據本研究土壤性質與菌根菌調查結果顯示，可提出以下具體建議。分別以立即可行建議與長期建議事項，敘述如下：

#### (一) 立即可行建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦單位：國立中興大學森林系

1. 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富，本研究已得雪山主峰沿線土壤養分基本資料，但該地區植物與土壤養

分吸收之相互關係研究缺乏，故應持續研究，瞭解高山生態系植物與土壤養分的動態平衡關係。

2.本研究結果顯示，植物菌根菌相當豐富，菌根(mycorrhiza)共生具有特殊又重要的角色，尤其在高山惡劣的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

協辦單位：國立中興大學森林系

1. 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，甚至土壤中的碳庫含量以及土壤呼吸量等等，諸多研究主題尚待一一釐清探討，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

Nutrient cycling and energy transfer are the two major functions of the ecosystem, and the soil play an important role. Soil can be regarded as the center of ecological functions. Alpine ecosystem with special climatic conditions, the unique geographical location, thus nurturing a special vegetation, the nutrient cycling, or energy transfer mechanism is quite different from the forest ecosystem in general, want to understand the function of mountain ecosystems and the mechanisms for soil survey is to explore the most basic.

Mycorrhizal symbiosis is widespread in the ecosystem, according to their morphology and root symbiosis can be divided into two kinds of ectomycorrhizas and arbuscular mycorrhizae. Mycorrhiza can improve seedling growth and survival. By improving water and inorganic nutrient uptake and transport, to improve poor soil conditions on tolerance. Furthermore, ectomycorrhizas species diversity will affect the vegetation composition. The diversity of mycorrhizas are related with biological factors and abiotic factors. Syue Mountain's climate and vegetations are unique rich, so rich class of the mycorrhizas. To understand the ectomycorrhizas, environmental factors and vegetation structure of the interaction, it is investigation mycorrhizas of pine and Fagaceae forest to understanding of the types and distribution.

The main peak of the plan choices along the line of Syue-Mountain and grassland, forest and land cirque three soil as the main collection point, three main points of the acquisition, coupled with the needs of other sub-project; select the six soil samples at including sampling and soil litter layer, nutrient analysis conducted.

Chica-Cabin and Crying-Slope sampling points both showed very acidic soil, soil pH is higher than the underlying soil surface. Soil organic carbon content higher than those of Taiwan's other forest soil. Total soil nitrogen, a suitable concentration of normal, but soil available phosphorus is the apparent lack of a phenomenon, soil cation exchange capacity (CEC) are very high, but

the exchangeable sodium, calcium and magnesium are very low. Crying-Slope grass soil and Syueshan cirque with stone rate from 16.01% to 17.75%, Chica-Cabin with the soil is almost no amount of stone. Crying-Slope of total soil volume containing the root of  $0.74 \text{ kg/m}^2$ ; Chica-Cabin content of  $1.63 \text{ kg/m}^2$ . Soil organic carbon and exchange aluminum concentrations decreased with soil depth. Soil properties will affect the distribution of vegetation, ground vegetation and soil at the same time will also affect the soil genesis, the relevant research data are still lacking. Many research topics will be explored one by one to clarify.

Snow Mountain trailhead to cry found 25 fruiting bodies of hiking trails along the slope, 13 species were identified to species, 3 species were identified to be genus. The fruiting bodies began to appear from June; in the entrance to the crying part of the slope between the frequencies of the largest number of five is the order of *Suillus*, *Coltricia*, *Russula*, *Lactarius*, and *Amanita*. *Suillus*, *Coltricia* and *Russula* number reached a peak in July and August started to decrease. *Boletus* was an increase in August, while the other genera were sporadic. Terms of the distribution, 0 ~ 1.5 km between the fruiting bodies, although occasionally there, but the small number of bacteria for long-term set of hair in July and 0.6 km at 0.4 km have large numbers, most of the species are concentrated in the 1.5 km post began to appear.

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. Soil properties will affect the distribution of vegetation, and ground vegetation will also affect the rich soil of the genesis of this research has had along the mountain peak of the basic information on soil nutrients, but the plants and soil nutrient uptake study of the relationship between the lack of it should be ongoing research to understand the mountain ecosystem dynamic balance of plant and soil nutrient relations.

2. The results show that a rich mycorrhizal plants, mycorrhiza symbiotic with a special and important role, especially in the harsh mountain habitat is not the lack of Shei-Pa National Park in the future can be used as biological

characteristics of soil focus.

For long-term strategies:

1. Alpine soils and plants for the domestic ecosystem research data are still very lacking. The proposed long-term studies of plant roots in the soil for nutrient uptake, litter decomposition rates in soil, soil type and amount of microorganisms, even soil carbon library content and soil respiration, etc.. To clarify the many research topics to be discussed one by one, so, to establish a complete alpine soil and plant ecosystem database for future conservation and management as a reference.

## 一、研究緣起與背景

養分循環(nutrient cycling)與能量傳遞(energy transfer)為生態系的兩大功能，土壤都扮演著重要的角色。土壤供給植群所需養分，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，所有養分的循環由土壤開始，最後也回歸土壤；綠色植物吸收光能，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，最終再回歸地面，經由微生物分解作用，消失於土壤中。因此，土壤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，因此養分循環或能量傳遞的機制迥異於一般的森林生態系，欲瞭解高山生態系的功能與機制，對土壤的研究調查是為最基礎之探討。

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異質性。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., 1999)，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(Korner, 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)。

菌根共生現象普遍存在於生態系中。依其與根系共生的型態可分為外生菌根(ectomycorrhiza)及內生菌根(mycorrhiza)兩種。其中外生菌根菌的菌絲可侵入根部皮層細胞間形成哈氏網，並且在根尖處形成菌毯，根外菌絲會深入土壤孔隙中，對養分和水分的傳輸及利用率表現比根系好(林子超, 2009)。

Tacon 等(1986)研究指出菌根可以改善幼苗的生長和存活率。藉由提高水分及無機養分的吸收和運輸，提高對不良土壤條件的耐受性，如低和高的土壤 pH 值，以及重金屬的存在，並且可以減少在土壤傳播的病原體對植物根部造成的影響。

Zhou 和 Hyde(2001)研究認為，外生菌根菌種的多樣性以及族群組成會影響植群組成。菌根菌的多樣性與生物因素，如植群的多樣性，宿主植物的選擇性有密切的相關；非生物因素，如土壤 pH 值、水分、質地、溫度、光照、二氧化碳等皆有關。

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，以及外生菌根菌與環境因子及植群結構之交互作用對於高山生態系可提供基礎的研究資訊。

## 二、研究設計

### (一) 研究地點

本計畫之研究過程及方法如下：

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，選擇壤採樣點，採樣包括枯枝落葉層與土壤層。採樣方法為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。枝葉層部分分為二部分，分別為枯枝落葉層(L)，較完整的枯枝落葉；以及半分解層(F)，經分解過的枯枝落葉，和已經分解但已無法辨識其為何種組成的碎狀物質腐植層(H)，將此二層裝入紙袋中帶回實驗室，經7天65°C烘乾秤重、磨粉，進行養分分析。取完枯枝落葉層之後，以採土圓筒採樣，分為三層0~10 cm、10~20 cm及20~40 cm不同深度的土壤，取樣時同時將鐵圈範圍內各層的石頭及根系一併帶回實驗室，測其含石量及含根量。另外各層中取約250 g的土壤帶回實驗室進行養分分析，分析項目包含pH值、凱氏氮、有機質、有效磷、C.E.C.。其中根系部分的養分分析項目同上述枯落物分析項目。

### (二) 分析方法

#### 1. 枝葉層及根部之養分分析

氮、碳及硫含量測定：土壤採樣時所取的枝葉層及根部的養分元素氮、碳含量的測定，均是秤取約15 mg的乾燥樣本，以元素分析儀(Element Analysis, elemental vairo EL, EA)測定。磷、鉀、鈉、鈣、鎂測定：採用硫酸一過氧化氫分解法(Moore and Chapman, 1986)。秤取0.4 g的乾燥樣本置於消化管，加入4.4 mL的分解液(0.42 g Se及14 g  $\text{LiSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 加入350 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$ 及420 mL conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )，將消化管放入分解爐中，於375°C消化約2小時，至溶液澄清後定積至100 mL，再以Whatman No.42濾紙過濾。取出的濾液，最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、磷濃度。

#### 2. 土壤層之養分分析

土壤pH值：土壤用 $\text{H}_2\text{O}$ 以1：2.5 (v/v)比例混和，攪拌過夜後以酸鹼值測定儀(Microprocessor pH meter pH 196)測定(McLean, 1982)。土壤凱氏全

氮測定：以Semimacro Kjeldhal法測定(MacDonald, 1977)。取0.5 g處理好的土樣置於消化管中，加1.1 g催化劑( $K_2SO_4$  :  $CuSO_4$  : Se = 100 : 10 : 1重量比)，然後加入10 mL的濃硫酸，把消化管放入分解爐中，於375°C的溫度消化約2小時，至溶液呈灰白色，待冷卻定積至100 mL。並自100 mL的樣液中取出50 mL至凱氏氮蒸餾裝置內，加入過量40 % NaOH，以20 mL 2 %  $H_3BO_3$ 為接受劑，直至捕捉液達50 mL後，再以0.05 N  $H_2SO_4$ 滴定。土壤有效磷含量：採鉬藍法測定(Olson and Sommer, 1982)。取1 g處理好的土樣置於50 mL角錐瓶中，加入7 mL抽出液(15 mL 1 N  $NH_4F$ 加25 mL 0.5 N HCl加 $H_2O$ 定積至500 mL)搖盪1 min.後，以Whatman No. 42濾紙過濾。取2 mL濾液，加入5 mL  $H_2O$ 及2 mL鉬酸鉍(15 g  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 加350 mL  $H_2O$ ，緩慢加入350 mL 10 N HCl攪拌，定積至1000 mL)均勻混合加入1 mL 氯化亞錫稀釋液，再以分光光度計(spectrometer; Hitachi U-2000)於波長660 nm 下測定。土壤可置換性陽離子及C.E.C：利用中性醋酸鉍法分析(Rhoades, 1982)。取5 g處理好的土樣置於250 mL角錐瓶中，加入100 mL醋酸鉍(調pH至7.0的1 N  $NH_4OAc$ 溶液)，搖盪過夜30 min靜置，以約100 mL醋酸鉍溶液過濾，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。另外，土樣再經酒精淋洗，再以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容積(C.E.C.)含量。土壤有機質：採濕消化法(Walkley-Black procedure) (MacDonald, 1977)。取1-2 g (依土壤層有機質含量而定)處理好的土樣置於500 mL角錐瓶中，加入10 mL重鉻酸鉀、20 mL濃硫酸，立即緩慢搖晃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。

### (三) 菌根菌調查與菌種分離

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，記錄菌種出現之頻度。在子實體出現季節中，每2星期進行採集一次，累計子實體生物量。

### 1. 子實體採集

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。

### 2. 子實體處理

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。



選定樣點，劃定樣區。



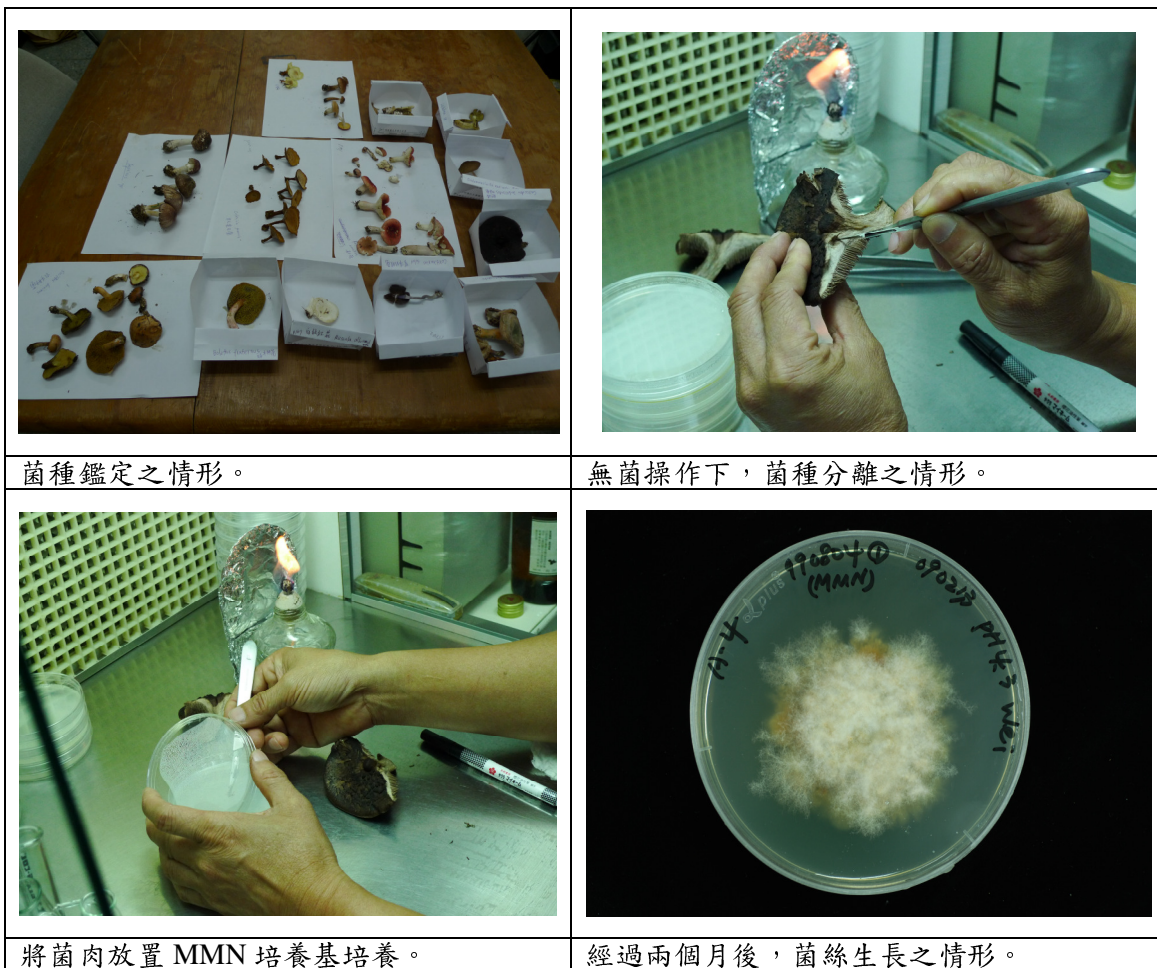
雪山主峰沿線菌類採集情形。



雪山主峰沿線菌類採集情形。



將樣本放入紙袋並編號帶回實驗室。



菌種鑑定之情形。

無菌操作下，菌種分離之情形。

將菌肉放置 MMN 培養基培養。

經過兩個月後，菌絲生長之情形。

### 三、結果

#### (一) 土壤分析

在土壤物理性質分析結果顯示，表3-1為雪山主峰線依海拔高度遞增分別為七卡、哭坡、火燒地、黑森林及圈谷各採樣點土深與土壤容積、土壤含石率及含根量之關係。在土壤總含石率方面，以黑森林1.11~2.94%為最低，七卡2.86~8.78%次之，哭坡6.60~28.73%為最高，整體而言土壤含石量分布並不均勻。

**表 3-1 雪山主峰線各採樣點不同土深之土壤容積、土壤含石率及含根量**

	土深 (cm)	土壤容 積密度 (g/cm <sup>3</sup> )	分層含石 率(%)	40 cm土深 總含石率 (%)	分層根量 (g)	40 cm土深 總根含量 (kg/m <sup>2</sup> )
七卡	0~10	0.61	2.86		27.18	
	10~20	0.66	4.85	5.53	4.94	1.63
	20~40	0.70	8.87		19.02	
哭坡	0~10	0.54	28.73		14.51	
	10~20	0.69	16.00	17.11	7.05	0.74
	20~40	0.75	6.60		1.74	
火燒地	0~10	0.52	12.18		18.47	
	10~20	0.79	14.80	9.63	3.08	0.75
	20~40	0.79	1.91		2.00	
黑森林	0~10	0.78	2.94		27.26	
	10~20	0.82	2.39	2.15	5.53	1.16
	20~40	0.83	1.11		3.60	
圈谷	0~10	0.82	10.11		6.41	
	10~20	1.08	10.19	8.23	0.79	0.27
	20~40	1.21	4.38		1.43	

(資料來源：本研究資料)

土壤化學性質分析結果顯示，七卡、哭坡、火燒地、黑森林及圈谷所有採樣點土壤pH皆呈極酸性，尤其黑森林採樣點的森林土壤呈極酸性( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  3.81~4.06,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  2.62~3.00)，隨土壤深度增加，土壤pH呈上升之勢(圖3-1及圖3-2)。

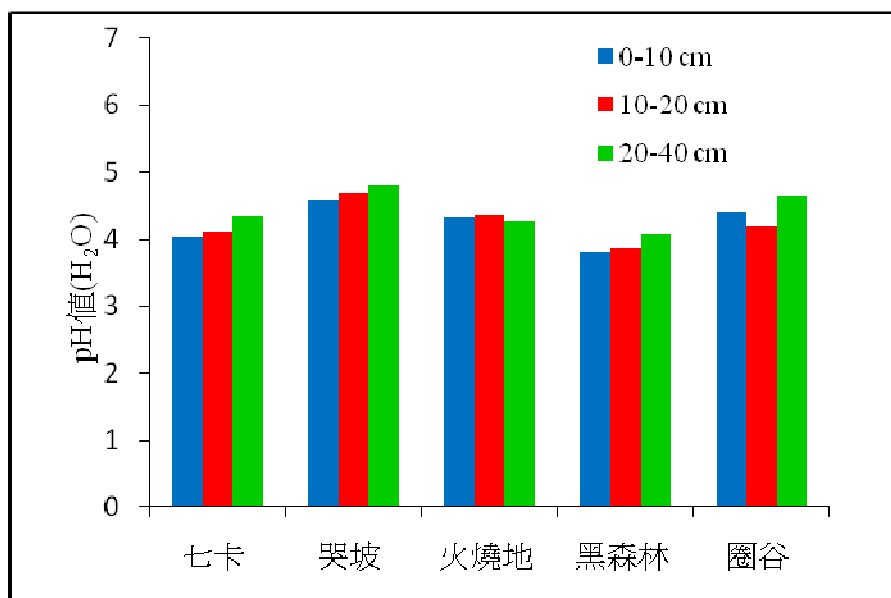


圖 3-1 雪山主峰線各採樣點土壤  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  值。

(資料來源：本研究資料)

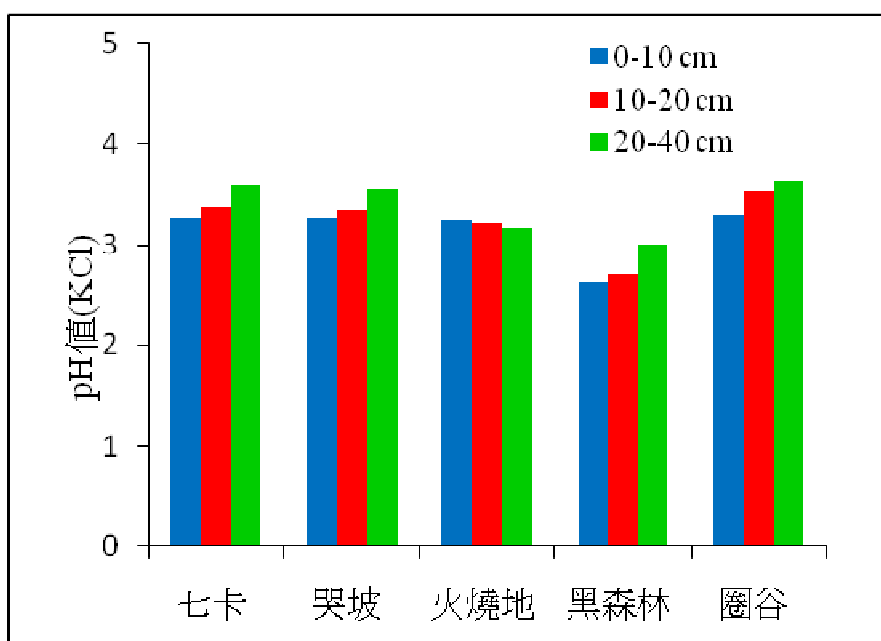


圖 3-2 雪山主峰線各採樣點土壤  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  值。

(資料來源：本研究資料)

土壤全氮量結果顯示 (圖3-3)，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。

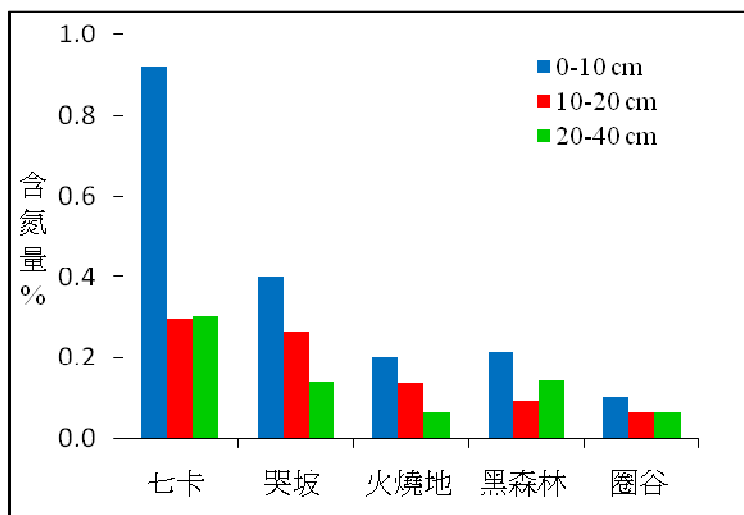


圖 3-3 雪山主峰線各採樣點土壤全氮量(%)。  
(資料來源：本研究資料)

土壤有效磷在所有的採樣點中皆呈極低值 (圖3-4)，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。

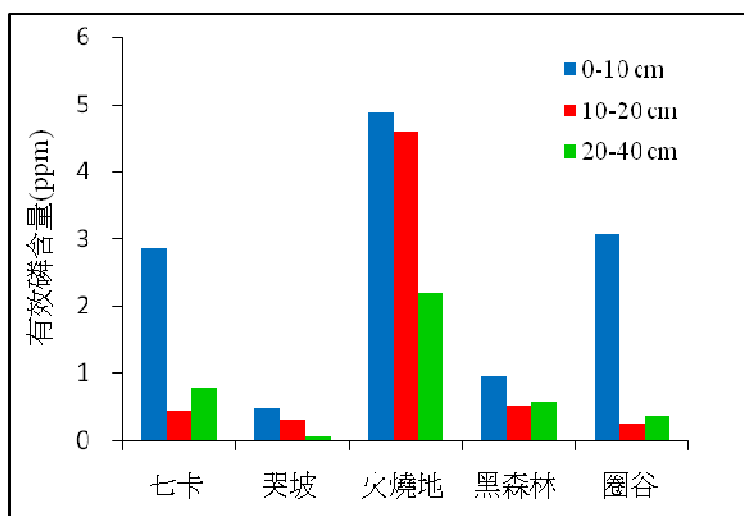


圖 3-4 雪山主峰線各採樣點土壤有效磷(ppm)。  
(資料來源：本研究資料)



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中CEC範圍在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；土壤深度10~20 cm中CEC範圍在8.52~33.03 m.e./100 g之間；土壤深度20~40 cm中CEC範圍在7.41~26.53 cm m.e./100 g之間，土壤陽離子置換能量隨著土壤深度增加有降低的趨勢。

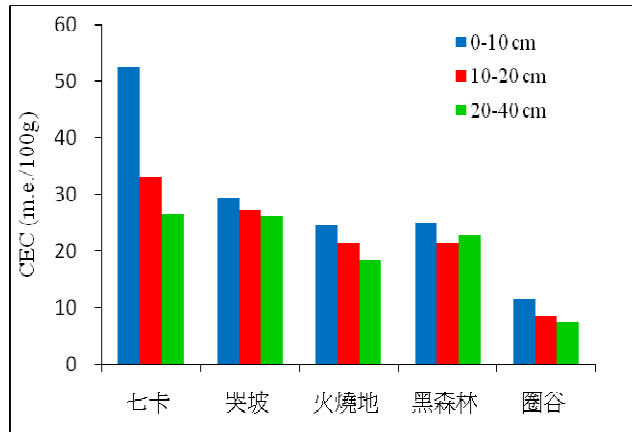


圖 3-5 雪山主峰線各採樣點土壤 CEC(m.e./100g)。

(資料來源：本研究資料)

土壤置換性陽離子 K、Na、Mg 及 Ca 濃度在雪山主峰線各採樣點中濃度很低，土壤置換性 K (圖 3-6) 隨著土壤深度增加而下降趨勢，土壤深度 0~10 cm 中以七卡 0.170 m.e./100 g 最高，黑森林 0.141 m.e./100 g 次之，圈谷 0.043 m.e./100 最低，土壤深度 10~20 cm 中以哭坡 0.084 m.e./100 g 最高，黑森林 0.065 m.e./100 g 次之，圈谷 0.021 m.e./100 最低，土壤深度 20~40 cm 土壤中，以哭坡 0.084 m.e./100 g 最高，七卡 0.047 m.e./100 g 次之，圈谷 0.02 m.e./100 最低，圈谷置換性 K 濃度在不同土壤深度都是呈現最低值。

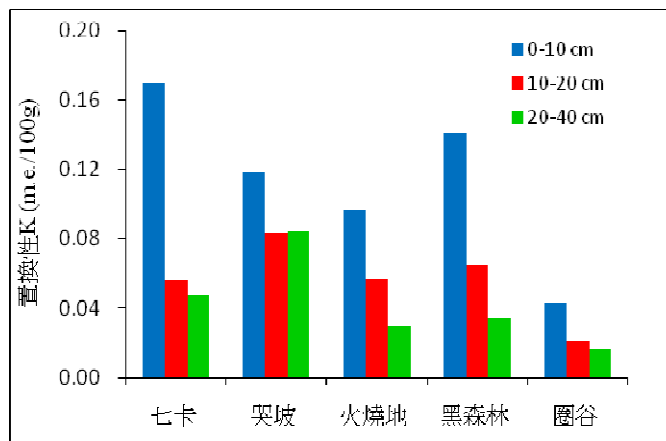


圖 3-6 雪山主峰線各採樣點土壤置換性 K (m.e./100g)。

(資料來源：本研究資料)

土壤置換性 Na (圖 3-7) 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。

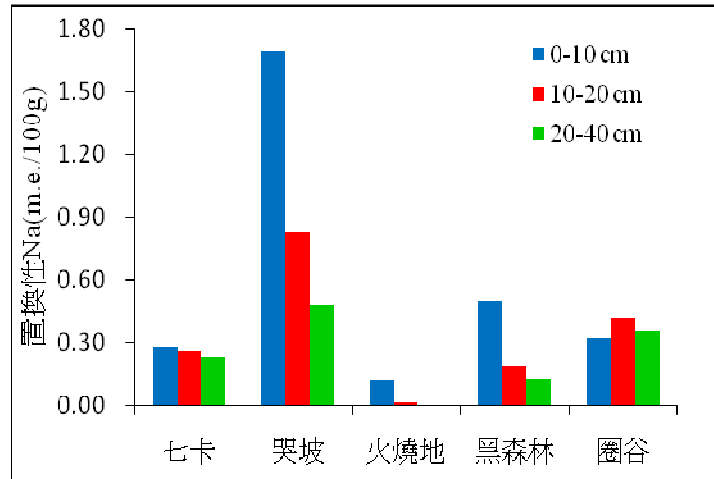


圖 3-7 雪山主峰線各採樣點土壤置換性 Na (m.e./100g)。

(資料來源：本研究資料)

土壤置換性 Ca (圖 3-8) 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 2.555 m.e./100 g 最高，七卡 1.964 m.e./100 g 次之，圈谷 0.236 m.e./100 g 最低；土壤深度 10~20 cm 中以哭坡 0.870 m.e./100 g 最高，黑森林 0.657 m.e./100 g 次之，圈谷 0.135 m.e./100 g 最低；土壤深度 20~40 cm 則以圈谷 0.087 m.e./100 g 最低。圈谷置換性 Ca 濃度在不同土壤深度都是呈現最低值。

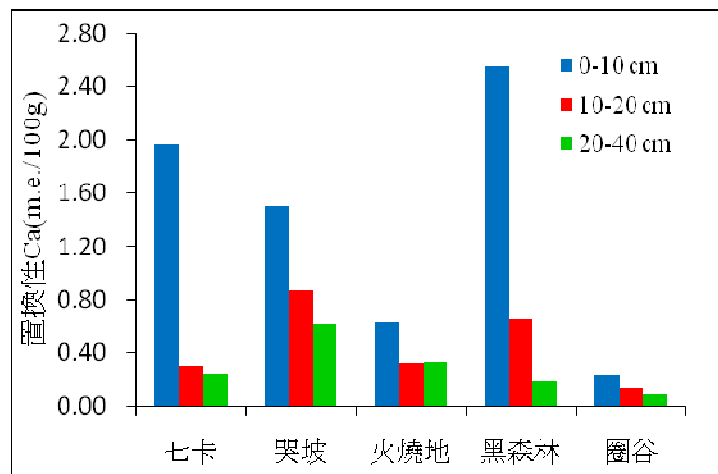


圖 3-8 雪山主峰線各採樣點土壤置換性 Ca (m.e./100g)。

(資料來源：本研究資料)

土壤置換性 Mg (圖 3-9) 隨著土壤深度增加而下降。土壤深度 0~10 cm 中以七卡 1.296 m.e./100 g 最高，黑森林 1.146 m.e./100 g 次之，圈谷 0.219 m.e./100 g 最低；土壤深度 10~20 cm 以黑森林 0.494 m.e./100 g 最高，圈谷 0.097 m.e./100 g 最低；土壤深度 20~40 cm 則以圈谷 0.058 m.e./100 g 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。

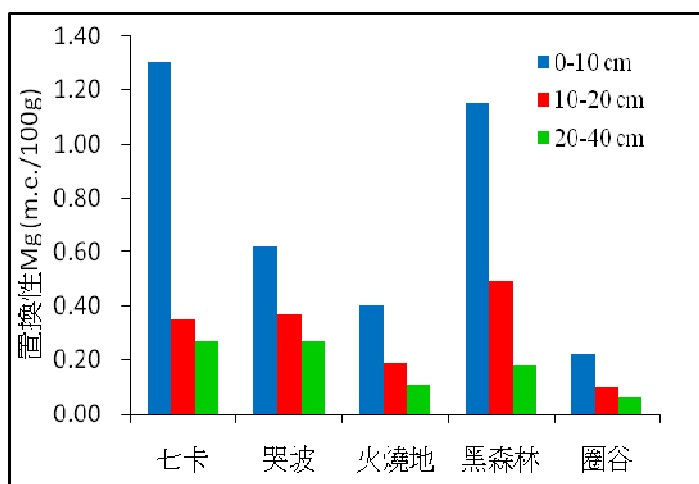


圖 3-9 雪山主峰線各採樣點土壤置換性 Mg (m.e./100g)。  
(資料來源：本研究資料)

土壤置換性 Al (圖 3-10) 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。

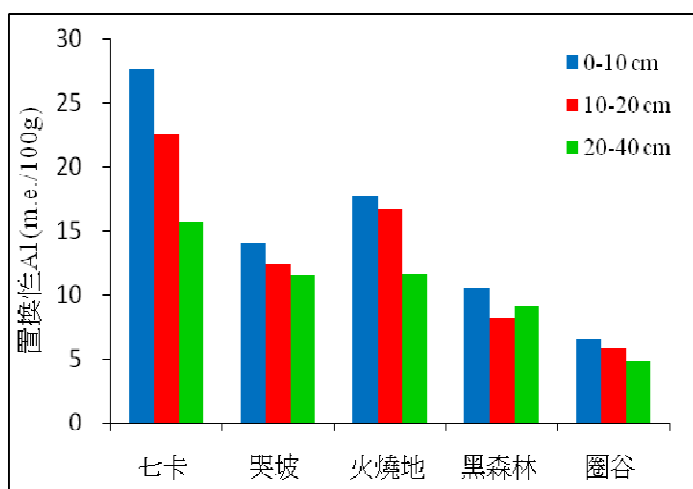


圖 3-10 雪山主峰各採樣點土壤置換性 Al (m.e./100g)。  
(資料來源：本研究資料)

土壤有機碳分析結果顯示(圖 3-11)七卡採樣點的土壤有機碳高於雪山主峰線各採樣點,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%。

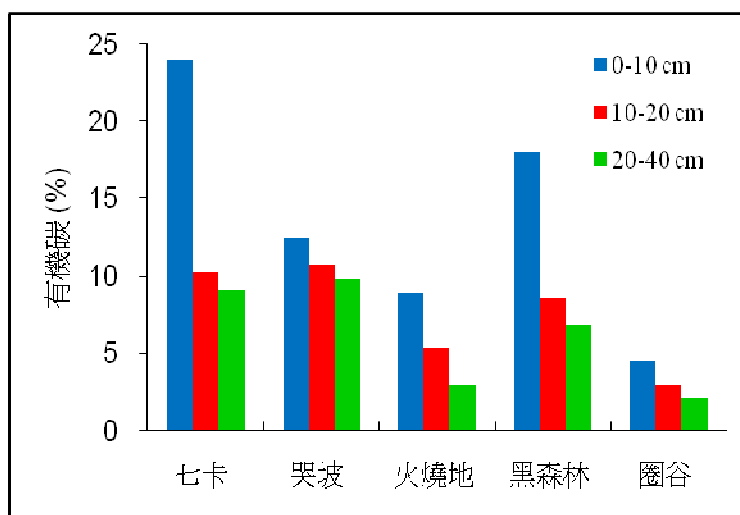


圖 3-11 雪山主峰線各採樣點土壤有機碳(%)。

(資料來源：本研究資料)

表3-2為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 $0.73 \text{ kg/m}^2$ ,哭坡採樣點為 $0.20 \text{ kg/m}^2$ ,火燒地採樣點為 $0.25 \text{ kg/m}^2$ ,黑森林採樣點為 $0.68 \text{ kg/m}^2$ ,圈谷採樣點為 $0.31 \text{ kg/m}^2$ 。

表 3-2 雪山主峰線各採樣點枯落物層含量( $\text{kg/m}^2$ )

	七卡	哭坡	火燒地	黑森林	圈谷
枯落物層	0.73	0.20	0.25	0.68	0.31
腐植層	0.87	0.00	0.61	1.13	1.56

(資料來源：本研究資料)

## (二) 菌根菌調查

本區共發現子實體 25 種,鑑定至種者有 13 種,鑑定至屬者有 3 種。如下面所列：

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*) (圖 3-12)。

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*) (圖 3-13)。

3. 鵝膏科：灰鵝膏 (*Amanita vaginata*)、櫟生鵝膏 (*Amanita castanopsidis*)、鵝膏屬 (*Amanita app.*) (圖 3-14)。

4. 絲膜菌科：紫滑絲膜菌 (*Cortinarius salor*)、黏滑菇屬 (*Hebeloma spp.*) (圖 3-15)。

5. 多孔菌科：長久集毛菌 (*Coltricia perennis*) (圖 3-16)。

6. 口蘑科：口蘑屬 (*Tricholoma spp.*) (圖 3-17)。

7. 齒菌科：翹鱗肉齒菌 (*Sarcodon imbricatus*) (圖 3-18)。

8. 硬皮馬勃科 (*Sclerodermataceae*)：光硬皮馬勃 (*Scleroderma cepa*) (圖 3-19)。

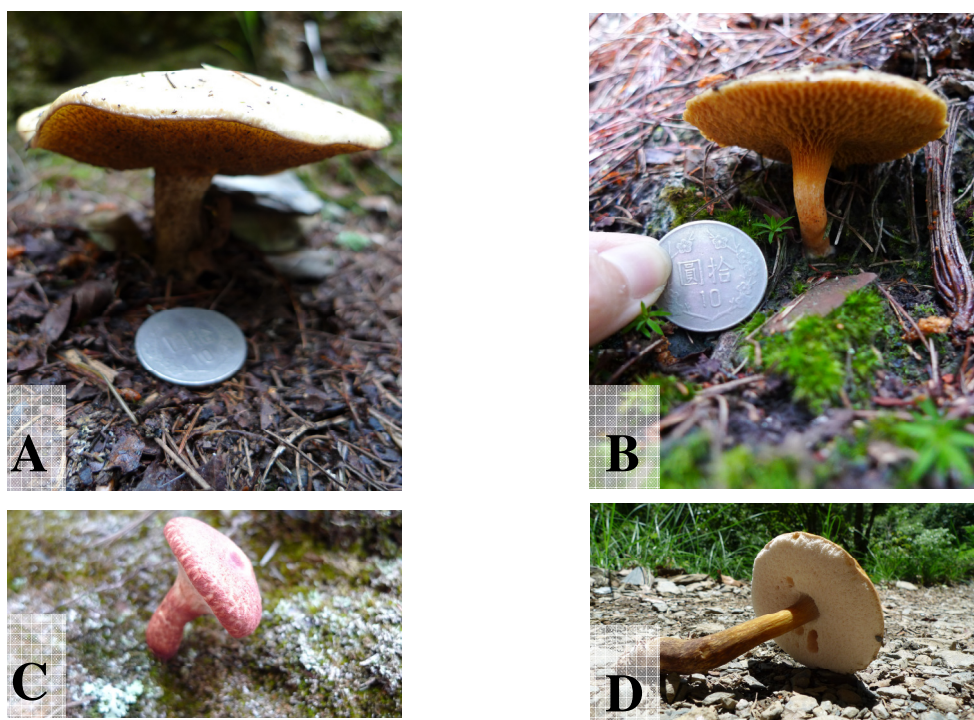


圖 3-12 A. 乳牛肝菌 (*Suillus bovinus*)、B. 牛肝菌屬 (*Boletus spp.*)、C. 虎皮乳牛肝菌 (*Suillus pictus*)、D. 煙色粉孢牛肝菌 (*Tylopilus fumosipes*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-13 A. 毒紅菇 (*Russula emetica*)、B. 白紋紅菇 (*Russula alboareolata*)、C. 紅汁乳菇 (*Lactarius hatsudake*)、D. 臭紅菇 (*Russula foetens*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-14 A. 櫟生鵝膏 (*Amanita castanopsidis*)、B. 鵝膏屬 (*Amanita app.*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-15 A. 紫滑絲膜菌 (*Cortinarius salor*)、B. 黏滑菇屬 (*Hebeloma spp.*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-16 長久集毛菌 (*Coltricia perennis*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-17 口蘑屬 (*Tricholoma spp.*)。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-18 翹鱗肉齒菌 (*Sarcodon imbricatus*) A. 正面、B. 背面。

(資料來源：本研究資料)



圖 3-19 光硬皮馬勃 (*Scleroderma cepa*)。

(資料來源：本研究資料)

菌根菌子實體在登山口至哭坡間出現的頻率 (表 3-3)。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。以分佈而言，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。

表 3-3 菌種頻度調查

時間	里程 (km)	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>
2010/6/7	0 ~ 0.5	-	-	1	-	1	-	-	-	-
	0.5 ~ 1	7	-	4	-	-	-	22	-	-
	1 ~ 1.5	10	-	10	1	7	8	-	-	-
	1.5 ~ 2	42	-	55	18	7	-	69	-	-
	2 ~ 2.3	91	-	23	1	3	1	-	1	-
2010/6/21	0 ~ 0.5	1	-	-	1	-	-	-	33	-
	0.5 ~ 1	2	-	-	5	2	-	-	1	-
	1 ~ 1.5	12	4	-	34	9	4	-	23	-
	1.5 ~ 2	32	9	-	31	2	1	-	73	-
	2 ~ 2.5	62	18	-	34	-	3	2	47	-
	2.5 ~ 3	73	1	-	9	7	-	1	3	-
	3 ~ 3.5	86	12	-	3	7	-	-	-	-
	3.5 ~ 4	20	-	-	-	-	-	-	-	-
2010/7/6	0 ~ 0.5	17	-	-	6	-	-	-	64	-
	0.5 ~ 1	8	-	-	14	-	1	-	-	-
	1 ~ 1.5	42	-	-	43	11	8	-	17	-
	1.5 ~ 2	154	-	-	16	2	-	-	74	-
	2 ~ 2.5	212	-	-	64	11	-	13	89	-
	2.5 ~ 3	148	-	-	16	5	3	1	21	-
	3 ~ 3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 ~ 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010/8/3	0 ~ 0.5	-	-	-	2	-	-	-	1	-
	0.5 ~ 1	2	1	-	4	2	-	-	-	5
	1 ~ 1.5	13	-	-	13	3	1	-	10	3
	1.5 ~ 2	15	1	-	7	3	1	-	57	-
	2 ~ 2.5	55	-	-	8	1	5	-	39	-
	2.5 ~ 3	47	1	-	9	1	1	1	8	-
	3 ~ 3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 ~ 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010/8/24	0 ~ 0.5	-	-	-	2	-	-	-	1	-
	0.5 ~ 1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	1 ~ 1.5	2	-	-	2	1	-	-	6	-
	1.5 ~ 2	23	2	-	1	7	-	-	14	-
	2 ~ 2.5	22	11	1	7	9	1	-	17	1
	2.5 ~ 3	25	84	3	11	10	-	-	2	-
	3 ~ 3.5	16	28	6	1	4	-	-	1	-
	3.5 ~ 4	35	33	14	1	1	-	-	-	-

註： *Sul.* : *Suillus*, *Bol.*: *Boletus*, *Tyl.* : *Tylophilus*, *Rus.*: *Russula*, *Lac.* : *Lactarius*, *Ama.* : *Amanita*, *Sar.* : *Sarcodon*, *Col.* : *Coltricia*, *Scl.* : *Sclerodermataceae*

(資料來源：本研究資料)



#### 四、討論

土壤的形成與氣候(climate)、母岩(nature of parent material)、地形(topography)、生物(living organisms)與時間(time)因素息息相關，土壤形成之始主要受前面三者所主導，之後有生物的存在，開始有了養分循環與能量傳遞的現象，漸漸改變了土壤性質，經過長時間的累積，發育成不同型態的土壤特性。本研究區生態條件與一般森林迥異，具有特殊的氣候條件，也具有一些特殊的植群分佈，因此土壤特性值得深入採樣分析探討。

就目前七卡與哭坡採樣點所得的土壤特性分析而言，土壤皆呈極酸性，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？尚須其它研究項目加以釐清，然而在火燒地，土壤 pH 與土壤深度的變化恰巧与其它採樣點不同，土壤越深處 pH 越低，顯然因火燒之關係，殘留地表的灰燼提高了土壤 pH 值。

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。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，然而土壤有效磷則呈現明顯缺乏現象，土壤中有有效磷的供應若低於 7 ppm 即屬明顯缺乏現象。本試驗地土壤有機碳屬高的情況下，土壤有效磷的供應應能滿足植物所需，但在本區土壤中並非如此，推測應由於本區過低的 pH，使土壤中有有效磷被鐵、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。七卡與哭坡採樣點所得的土壤陽離子置換能量（CEC）都極高，置換性鋁含量也很高，但是置換性鈉、鈣、鎂都很低，這些形成之因相信與本區土壤的 pH 過低有關。

七卡與哭坡的箭竹草生地土壤含石率，雖然有些樣點在土壤深度上的分佈呈現低層較高現象，但全體土壤的含石量差異不大（哭坡總含石量 11.4%~14.0%），七卡的森林土壤含石量極低，兩者間的極端現象，火燒地與黑森林的含石量差異不大（總含石量 6%~100%之間），圈谷含石量則與哭坡含石量相似。全樣區七卡含石量最少，火燒地與黑森林次

之，哭坡與圈谷含石量最高。

哭坡的 2 處採樣點土壤中含根量，呈現差異，哭坡 1 的 10~20 cm 及 20~40 cm 土深處含根量急速減少，至總含根量分別為 594 g/m<sup>2</sup> 與 712 g/m<sup>2</sup>；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，分別為 786 g/m<sup>2</sup> 與 746 g/m<sup>2</sup>。土壤中含根量與海拔高、氣候與植群種類有關，需要更多土壤分析數據進行統計分析。

本研究區域之土壤呈酸性，土壤 pH 值隨土層深度增加而增高。張茹琴等 (2008) 指出菌根菌適應於偏酸性的環境，其適應之幅度為 pH 值 4 ~ 7，此處之生育環境雖呈酸性，但尚在容忍範圍內。土壤全氮，呈現正常適宜的濃度，然而土壤有效磷則隨土壤深度上升而下降，且呈現明顯缺乏現象，而土壤陽離子置換能量 (CEC) 都極高，置換性鈉、鈣、鎂都很低。對植物生長相當不利，也許造成菌根共生成為在此生存之必要條件。

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 m 間發現紫滑絲膜菌、櫟生鵝膏和臭紅菇，也與林子超 (2009) 中的研究一致。

## 五、結論與建議

### (一) 結論

本調查的5處樣點，土壤性質分析結果顯示，具有極大差異性，本區的植群、地形、氣候與土壤特性的關係密切，有待更多的分析數據加以整併探討。

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，高山地區影響土壤形成的因子不同於平地地區，至今國內相關研究數據仍十分缺乏。土壤為養分循環與能量傳遞的重要場所，許多的生態機制都在土壤中進行，因此諸多研究主題尚待一一釐清探討，比如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，甚至土壤中的碳庫含量以及土壤呼吸量等等。

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。本年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，目前已鑑定出13種，尚有其他未鑑定種。除了傳統型態鑑定外，未來也將輔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

根據本研究土壤性質與菌根菌調查結果顯示，可提出以下具體建議。分別以立即可行建議與長期建議事項，敘述如下：

#### 1. 立即可行建議：

(1) 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富，本研究已得雪山主峰沿線土壤養分基本資料，但該地區植物與土壤養分吸收之相互關係研究缺乏，故應持續研究，瞭解高山生態系植物與土壤養分的動態平衡關係。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦單位：國立中興大學森林系

(2) 本研究結果顯示，植物菌根菌相當豐富，菌根(mycorrhiza)共生具有特殊又重要的角色，尤其在高山惡劣的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。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦單位：國立中興大學森林系

## 2. 長期建議事項：

(1) 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，甚至土壤中的碳庫含量以及土壤呼吸量等等，諸多研究主題尚待一一釐清探討，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。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦單位：國立中興大學森林系

## 六、參考文獻

- 王也珍和周文能 (2009) 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。
- 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 56: 41~46。
- 张茹琴、唐明、張峰峰、黃繼川 (2008) 酸鹼度和重金屬對三種外生菌根真菌生長的影響 北京林業大學學報;2008 年 02 期
- 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. *Ecology* 74: 2085–2097.
- 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. *Ecosystems* 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.
- Körner, C. (1989) The nutritional status of plants from high altitudes. *Oecologia* 81: 379–391.
- LETacon, F., D. Bouchard and R. Perrin, (1986a) Effects of soil fumigation and inoculation with pure culture of *Hebeloma cylindrosporum* on survival, growth, and ectomycorrhizal development of Norway spruce and Douglas fir seedlings. *Eur J For Pathol* 16: 257–265.
- 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. *Agronomy* 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.
- Rhoades, J. T. (1982) Cation exchange capacity. In A. L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 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.
- 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 Agronomy* 38:44-94.
- 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.
- 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.

Zhou D. and K. D. Hyde (2001) Host-specificity, host-exclusivity and host-recurrence in saprobic fungi. *Mycol.* 105(12):1449–1457.

## 第四章 維管束植物調查及植相研究

曾彥學、鄭婷文、王秋美、劉思謙

國立中興大學森林系、國立自然科學博物館、國立中興大學生命科學系

### 摘要

關鍵詞：雪霸國家公園、高山生態系、維管束植物、植物區系

#### 一、研究緣起與背景

本計畫針對雪霸國家公園雪山主峰線高山生態系之所有維管束植物相進行調查，除建立完整植物清單外，並分析各分類群之生物特性極其分佈、生育地、植群型等資料，以及保育評估。嘗試進行雪山地區高山生態系與臺灣其他高山生態系之比較，並提供爾後自然保育、經營管理及長期監測之基礎參考資料。

#### 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 2,140m）至雪山主峰（海拔 3,886m），以三六九山莊（海拔 3,100m）以上之黑森林與雪山圈谷等為重點調查區域，為求得更完整之資料，若有必要，另拓及其周遭之環境，包含雪山北峰等地。調查工作乃基於研究地區之植物資源清單調查，並利用調查資料內不同屬性如植物種類、習性、外觀形態、景觀屬性、伴生植物、物候週期等，建立資料庫。

#### 三、重要發現

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，可反映出本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。研究區中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。

#### 四、主要建議事項

根據本研究於雪山主峰沿線維管束植物相之調查研究，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：國立中興大學森林系

建議事項：圈谷地形特殊，且玉山圓柏及玉山杜鵑所成之矮盤灌叢亦為獨特地景，其下更是物種豐富，如玉山山蘿蔔 (*Scabiosa lacerifolia*)、雪山馬蘭 (*Aster takasagomontanus*) 及南湖碎雪草 (*Euphrasia nankotaizanensis*) 等，皆為步道旁即可見之特有種及稀有種，建議可製作物種介紹之立牌，讓遊客了解物種特性及圈谷冰河地形，更可達到共同保育之功效。

### 2. 長期建議

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：本研究區之外來物種已入侵至三六九山莊，如貓兒菊 (*Hypochaeris radicata*) 及大扁雀麥 (*Bromus catharticus*) 等，建議長期觀測以保育特有種及稀有種，並監測外來種對生態所造成之衝擊。

## Abstract

【Keyword】 alpine ecosystem, flora, flora region

This study was conducted at mountain Shei area to survey the alpine vascular floras, including inventory, flora analysis, distribution, habitat, vegetation type and conservation evaluation. Comparing the alpine ecosystem of mountain shei area with other alpine ecosystem of Taiwan to support for conservation, management and long-term monitory. A total of 598 species of vascular plants have been recorded at mountain shei area so far, 97 species of Pteridophyta, 8 species of Gymnospermae, 368 species of Dicotyledons, 98 species of Monocotyledons were included. Analyzing the floral region of seed plants, that result is the tempered distribution and tropical distribution which have higher property. It could response the study area where is the transition area between the tempered and tropical and that seed plants contact the East Asia. The plants genus is more similarity between Dabajian mountain and Japan. The number of endemic species are 217 (36.3%) more than Taiwan (26.1%).

According to the results, we have two suggestions of this area.

1. Immedately feasible recommendation: the plant species in glacial cirques were very abundant, there are many endemic or rare species occurs in this area, such as *Aster takasagomontanus*, *Euphrasia nankotaizanensis* and *Scabiosa lacerifolia*. We could make interpretive boards of the rare or endemic species which could help visitors to know the unique landscape and plant in glacial cirque, by doing this, we could archieve the effect of conservation.

2. Long-term recommendation: there are many alien species invade Sanliujiu hut area, such as *Hypochaeris radicata* and *Bromus catharticus* are mainly grow in this area. We could monitor the ecological impact that cause by alien species.

## 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：

- (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。(內政部營建署 2007)

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，以及群落之功能性等，可作為氣候變遷生物學和生態學間接證據。

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，因此本計畫即針對雪山地區高山生態系之所有維管束植物相進行調查。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其分布地點、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。

本次期末報告主要研究重點是為從臺灣本島之植物地理進而探討至雪山主峰沿線維管束植物區系，透過植物區系之分析，以了解分佈於雪山主峰線維管束植物之組成、來源和遷移過程等特性。

## (二) 前人研究

### 1. 植物區系的研究方法

臺灣本島位於中國大陸東南緣，從島嶼生態學的角度來看，島嶼上物種種數取決於新遷入的機率與滅絕的機率之差，再者因島嶼的地理隔離因素使得特有種比率提升。這反映出長久以來陸續有植物遷入臺灣本島，而海洋的隔離使得遷入的植物種類因地理隔離而逐漸分化成新特有種。此外，臺灣本島地處熱帶與亞熱帶過渡區，又位於大陸、東亞島弧與菲律賓群島的交界處，得以匯聚南來北往的各類型植物成分(賴明洲，2003)。因此臺灣本島在植物地理方面有著其獨特性。

現今植物的地理分佈主要是依據氣候變化、生育地環境以及植物種子的自然散佈 (Preston and Hill, 1997; Li, 2003)，植物地理學 (phytogeography) 即是研究植物分佈和空間關係的科學 (路安民，1999)。而植物區系則是指一區域內所有植物的總和，是植物界在自然條件和歷史條件綜合作用下發展、演化的結果 (吳征鎰，1983)，因此植物區系的構成中，蘊含著大量歷史、地理、生態和系統演化的訊息 (劉全儒等，2004)，且植物區系的差異反映出現今氣候帶下植物分佈的特性 (賴明州，2003)。植物區系地理學則是研究世界或某一地區所有植物的種類組成、分佈格局、形成原因和演化歷史之科學 (應俊生，1997)。其以維管束植物為主要研究對象，在生物地理學和生物科學領域皆為一重要之課題，藉由了解物種分佈於現在和過去的空間關係，以得物種的來源、物種遷移與物種形成等資訊 (Qian, 2001)。

Qian (1999) 提出研究植物地理學的兩種方法：其一為調查研究區域內植物組成的空間變異，將一個研究區域分成較小的單位，像是植物地理界 (floristic kingdoms)、植物地理區 (floristic regions) 和植物地理域 (floristic

provinces)，當中可以再細分成為更小的單位，其分類準則通常是以區域內分類群的特有性做為基礎，Diels (1934)、Good (1963)、Takhtajan (1986) 皆使用此方法。其二為調查研究區域和其他區域內的植相相關性，主要是藉由將研究區域內的植物根據地理分佈範圍區分為若干分佈型再加以比較分析，故植物地理分析必須歸納一群植物為植物區系成分 (floristic elements)，或稱為植物地理成分 (phytogeographical elements) (Qian, 2001)，此方法較為廣泛使用。

研究植物區系的方法，必須先具備研究地區的植物名錄，進行科、屬的統計分析，統計其數目可以了解該地區植物區系的分類學組成和科屬之主要優勢，且為了獲得有意義的資料，必須了解科或屬的分佈區，因其為物種與環境互相影響及演化的結果 (王荷生, 1992; 陳應欽, 2004)，通常以屬分佈區類型的分析為研究重點，因為屬在分類學特徵上較為穩定，亦佔有穩定分佈區，且其在演化的過程中，隨地理環境變化所表現出的分異也有比較地區性的差異，此現象比科來的顯著，因此植物屬比科更能夠具體地反映植物的系統發育、演化差異及地理特徵 (吳征鎰, 1983; 吳蕙吟, 2002)，而不同地區中共通種的存在與地理區位上的關係，則顯示出過去這些植物在地理分區間的交流情形 (賴明州, 2003)。

## 2. 世界植物區系

世界植物區系的劃分可追溯至 19 世紀，德國植物學者 Adolf Engler (1879) 第一次製作了詳細而整合的世界地圖來呈現區域性植物的分佈界限，確立了世界上四個主要植物區系與其領域 (realms)，其亦注意到各領域均有一些具特徵的主要植物科或屬別。除了一些微小修正外，現今所使用的植物區系分類系統與 Adolf Engler 建議的非常相似 (Cox and Moore, 2005)。

植物區系的劃分和植物分類相似，採由大至小的階層來區分，常用的系統其分類階層為界 (kingdom)、區 (region) 和域 (province)，當中可以再細分為亞界、亞區系或是亞域，分類的準則一般是以各階層中特有科、屬或是種的多寡來區分 (謝光普, 2006)。因特有種分類群是無特定起源，個體數量較少或分佈範圍較為狹隘，對生態環境的適應及地理的分佈，皆較能反映當下環境的差異及其與環境間關係 (楊國禎等, 1998)。植物界主要以特有科 (endemic families)、亞科 (subfamilies)、族 (tribes)、屬 (genera)

或種的特有程度來劃分；植物區是以屬或種的特有率程度來區分；植物域的屬和種特有率比起植物區而言相對較不明顯，即使有特有屬出現，通常為單屬種 (monotypic) (Takhtajan, 1986)。

目前使用最為廣泛的植物區系分類系統為 Takhtajan (1986) 所提出，其對植物界、植物區等區系單位做詳細的定義，並將全世界主要分為 6 個植物界 (圖 4-1)，以下為各界之簡述：

(1) 泛北極植物界 (holarctic kingdom)：主要分佈範圍為北美洲和歐亞大陸的溫帶至北極部分。此界以下再分出環北植物區、東亞植物區、北大西洋植物區、洛磯山脈植物區、麥克羅尼亞植物區、地中海植物區、撒哈拉—阿拉伯植物區、伊朗—突雷尼植物區、馬德雷植物區等 9 個區。

(2) 舊熱帶植物界 (paleotropical kingdom)：主要分佈範圍為非洲、亞洲、大洋洲 (不包含澳大利亞) 的熱帶區域。此界以下再分出新幾內亞—剛果植物區、屋桑巴拉—桑吉巴植物區、蘇丹—尚比西植物區、卡魯—納米比植物區、赫勒拿—亞森松植物區、馬達加斯加植物區、印度植物區、印度支那植物區、馬來西亞植物區、斐濟植物區、玻里尼西亞植物區、夏威夷植物區、新喀里多尼亞植物區等 13 個區。

(3) 新熱帶植物界 (neotropical kingdom)：主要分佈範圍為中南美洲、墨西哥低地、加勒比島、佛羅里達南部。此界以下再分出加勒比植物區、圭亞那高原植物區、亞馬遜植物區、巴西植物區、印地安植物區等 5 個區。

(4) 好望角植物界 (cape kingdom)：主要範圍為非洲南部。以下僅有一個好望角植物區。

(5) 澳大利亞植物界 (australian kingdom)：主要範圍為澳大利亞。此界以下再分出澳大利亞東北植物區、澳大利亞西南植物區，以及中澳大利亞植物區等 3 區。

(6) 南極植物界 (holantarctic kingdom)：主要範圍為南緯 40° 南方大洋上的所有島嶼、南極洲、巴塔哥尼亞、大部分的紐西蘭以及紐西蘭亞南極島嶼。此界以下再分出費爾南德斯植物區、智利—巴塔哥尼亞植物區、亞南極南部島嶼植物區、紐西蘭植物區等 4 區。

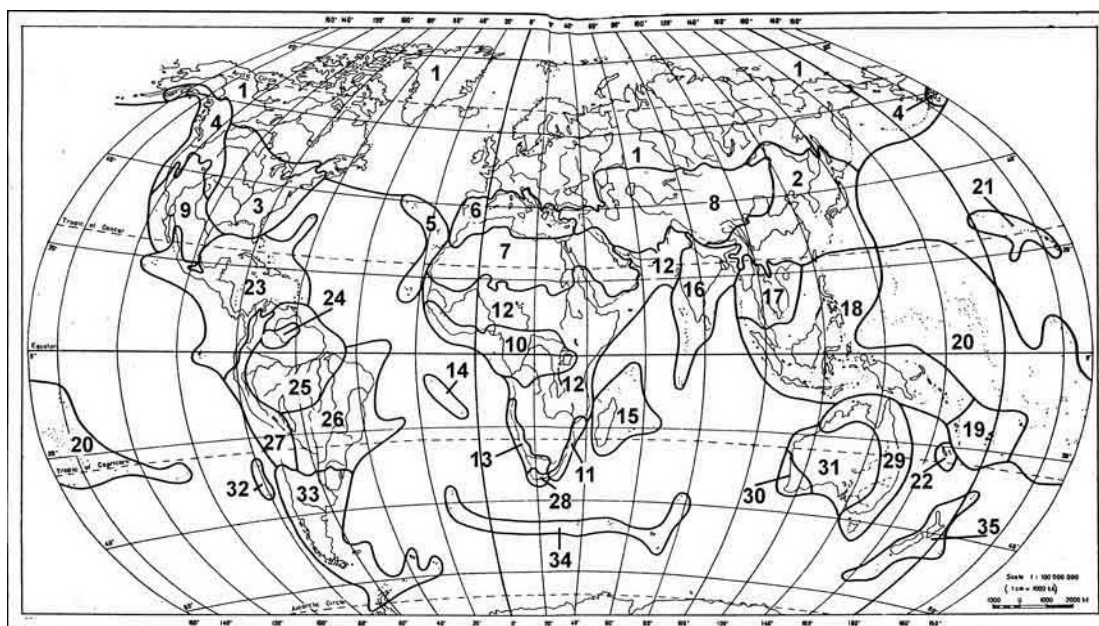


圖 4-1 Takhtajan (1986) 世界植物區系劃分圖。1.環北植物區、2.東亞植物區、3.北大西洋植物區、4.洛磯山脈植物區、5.麥克羅尼亞植物區、6.地中海植物區、7.撒哈拉—阿拉伯植物區、8.伊朗—突雷尼植物區、9.馬德雷植物區、10.新幾內亞—剛果植物區、11.屋桑巴拉—桑吉巴植物區、12.蘇丹—尚比西植物區、13.卡魯—納米比植物區、14.赫勒拿—亞森松植物區、15.馬達加斯加植物區、16.印度植物區、17.印度支那植物區、18.馬來西亞植物區、19.斐濟植物區、20.玻里尼西亞植物區、21.夏威夷植物區、22.新喀里多尼亞植物區、23.加勒比植物區、24.圭亞那高原植物區、25.亞馬遜植物區、26.巴西植物區、27.印地安植物區、28.好望角植物區、29.澳大利亞東北植物區、30.澳大利亞西南植物區、31.中澳大利亞植物區、32.費爾南德斯植物區、33.智利—巴塔哥尼亞植物區、34.亞南極南部島嶼植物區、35.紐西蘭植物區。

### 3. 植物分佈區

植物分佈區是指任何植物分類單位—科、屬、種的分佈區域，即分佈於一定空間的總和，其更是由於植物種的發生歷史對環境的長期適應，以及許多自然因素對植物種的影響結果 (吳征鎰，1983；陳應欽，2004)。吳征鎰 (1983) 將中國種子植物的屬分成 15 個分佈型及 31 個變型 (表 4-1)，李錫文 (1996) 參照吳征鎰的屬分佈類型，將中國種子植物的科分成 15 個分佈型及 17 個變型 (表 4-2)，第一個類型為世界分佈型，2-7 類型及其變型為熱帶分佈的屬，8-14 類型及其變型為溫帶分佈的屬，15 類型為中國特有分佈 (吳蕙吟，2002)。除了東亞—北美和熱帶亞洲—熱帶美洲為洲際間斷分佈外，其餘大都是在一定區域內連續分佈的屬，而分佈區類型的變型主要是為在該類型中間斷分佈或僅有某一局佈分佈中心的屬，這可以反映出各類型的內部差異，及許多隔離地區在植物區系上的連繫，有助於進一步研究植物區系起源和地理變異 (吳征鎰，1983)。

表 4-1 中國種子植物科的分佈區類型及其變型表 (李錫文, 1996)

分佈區類型	科數
一、1. 世界分佈	50
二、泛熱帶分佈	120
2. 泛熱帶分佈	107
2a. 熱帶亞洲、大洋洲 (至新西蘭) 和中、南美洲 (或墨西哥) 間斷分佈	7
2b. 熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈	6
三、3. 熱帶亞洲和熱帶美洲間斷分佈	11
四、舊世界熱帶分佈	17
4. 舊世界熱帶分佈	11
4a. 熱帶亞洲、非洲 (或東非、馬達加斯加) 和大洋洲間斷分佈	6
五、5. 熱帶亞洲至熱帶大洋洲分佈	10
六、6. 熱帶亞洲至熱帶非洲分佈	7
七、熱帶亞洲 (印度—馬來西亞) 分佈	23
7. 熱帶亞洲 (印度—馬來西亞) 分佈	19
7a. 熱帶印度至華南分佈	1
7b. 緬甸、泰國至華南分佈	2
7c. 越南 (中南半島) 至華南 (西南) 分佈	1
八、北溫帶分佈	47
8. 北溫帶分佈	31
8a. 環北極分佈	1
8b. 北溫帶和南溫帶 (全溫帶) 間斷分佈	12
8c. 歐亞和南美溫帶間斷分佈	2
8d. 地中海、東亞、新西蘭和墨西哥—智利間斷分佈	1
九、9. 東亞和北美間斷分佈	14
十、舊世界溫帶分佈	6
10. 舊世界溫帶分佈	3
10a. 地中海、西亞 (中亞) 和東亞間斷分佈	1
10b. 歐亞和非洲南部 (有時也在大洋洲) 間斷分佈	2
十二、地中海區、西亞至中亞分佈	8
12. 地中海區、西亞至中亞分佈	2
12a. 地中海至中亞和墨西哥至美國南部間斷分佈	1
12b. 地中海至溫帶—熱帶亞洲和大洋洲和南美洲間斷分佈	2
12c. 地中海至北非洲、中亞、北美洲西南部、非洲南部, 智利和大洋洲 (泛地中海) 間斷分佈	3
十三、13. 中亞分佈	1
十四、東亞分佈	18
14. 東亞分佈	7
14a. 中國—喜馬拉雅分佈	7
14b. 中國—日本分佈	4
十五、15. 中國特有分佈	6
總計	338

(資料來源：本研究資料)



**表 4-2 中國種子植物屬的分佈區類型及其變型表 (吳征鎰, 1983)**

分佈區類型	屬數
一、1. 世界分佈	108
二、泛熱帶分佈及其變型	372
2. 泛熱帶分佈	326
2a. 熱帶亞洲、大洋洲和南美洲 (墨西哥) 間斷分佈	20
2b. 熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈	26
三、熱帶亞洲和熱帶美洲間斷分佈	89
四、舊世界熱帶分佈及其變型	163
4. 舊世界熱帶分佈	135
4a. 熱帶亞洲、非洲和大洋洲間斷分佈	28
五、熱帶亞洲至熱帶大洋洲分佈及其變型	150
5. 熱帶亞洲至熱帶大洋洲分佈	149
5a. 中國 (西南) 亞熱帶和新西蘭間斷分佈	1
六、熱帶亞洲至熱帶非洲分佈及其變型	151
6. 熱帶亞洲至熱帶非洲分佈	141
6a. 華南、西南到印度和熱帶非洲間斷分佈	4
6b. 熱帶亞洲和東非間斷分佈	6
七、熱帶亞洲分佈及其變型	542
7. 熱帶亞洲 (印度—馬來西亞) 分佈	386
7a. 爪哇、喜馬拉雅和華南、西南星散	26
7b. 熱帶印度至華南分佈	43
7c. 緬甸、泰國至華西南分佈	25
7d. 越南 (中南半島) 至華南 (西南) 分佈	62
八、溫帶分佈及其變型	296
8. 北溫帶分佈	214
8a. 環極分佈	13
8b. 北極—高山分佈	10
8c. 北極—阿爾泰和北美洲分佈	2
8d. 北溫帶和南溫帶 (全溫帶) 間斷分佈	52
8e. 歐亞和南美洲溫帶間斷分佈	4
8f. 地中海、東亞、新西蘭和墨西哥和智利間斷分佈	1
九、東亞和北美洲間斷分佈及其變型	117
9. 東亞和北美洲間斷分佈	115
9a. 東亞和墨西哥分佈	2
十、舊世界溫帶分佈及其變型	157
10. 舊世界溫帶分佈	105
10a. 地中海、西亞和東亞間斷分佈	26
10b. 地中海區和喜馬拉雅間斷分佈	8
10c. 歐亞和非洲南部 (有時也在大洋洲) 間斷分佈	18
十一、11. 溫帶亞洲分佈	63
十二、地中海區、西亞至中亞分佈及其變型	166
12. 地中海區、西亞至中亞分佈	148
12a. 地中海至中亞和南非洲、大洋洲間斷分佈	6
12b. 地中海至中亞和墨西哥間斷分佈	1
12c. 地中海至溫帶、熱帶亞洲, 大洋洲和南美洲間斷分佈	5
12d. 地中海區至熱帶非洲和喜馬拉雅間斷分佈	2
12e. 地中海—北非洲, 中亞, 北美洲西南部, 智利和大洋洲 (泛地中海) 間斷分佈	4
十三、中亞分佈及其變型	112
13. 中亞分佈	69
13a. 中亞東部 (亞洲中部) 分佈	10
13b. 中亞至喜馬拉雅分佈	23
13c. 西亞至西喜馬拉雅和西藏分佈	4
13d. 中亞至喜馬拉雅—阿爾泰和太平洋北美洲間斷分佈	6
十四、東亞分佈及其變型	298
14. 東亞 (東喜馬拉雅—日本)	70
14a. 中國—喜馬拉雅分佈	133
14b. 中國—日本分佈	95
十五、15. 中國特有分佈	196
總計	2980

(資料來源：本研究資料)

#### 4. 臺灣植物區系

關於臺灣植物區系研究，最早開始於 20 世紀初，早期植物學者多以植物分類與建立植物名錄為主，累積相當的資料後，植物地理學及生態學的研究也逐步加入 (Li and Keng, 1950)。臺灣的植物地理學研究，其主要內容多探討臺灣地區植物與鄰近地區，如中國大陸、日本、琉球、菲律賓、馬來西亞等地的相關性，並將之歸入某一世界植物地理區 (沈啟，1976)。

日據時代有多位學者參與臺灣植物區系的研究，不同學者對區系的關係亦有不同的看法，可分為三說：(一) 認為臺灣植物與日本關係最密切者，如早田文藏、崛川芳雄；(二) 認為與菲律賓關係最密切者，如 H. Christ、A. Engler；(三) 認為與中國大陸關係最密切者為數最多，如佐佐木舜一、工藤佑舜、正宗嚴敬、山本由松等日本學者和 A. Henry、E. H. Wilson、E. D. Merrill、H. Handel-Mazzetti 等西方學者 (耿煊，1956)。

以臺灣地理區位來探討其植物區系，在 Takhtajan 的世界植物區系分類系統中，將臺灣的植物區系大抵以楓港溪及牡丹溪為界，以北劃分成一臺灣本島 (不包括恆春半島)：泛北極植物界、東亞植物區、臺灣植物域，並指出 4 個臺灣特有屬，分別為華參屬 *Sinopanax*、大錦蘭屬 *Formosia* (現為 *Anodendron* 錦蘭屬)、臺閩苣苔屬 *Titanotrichum*、琉球椰屬 *Satakentia*；以南劃分成一恆春半島、綠島和蘭嶼：舊熱帶植物界、馬來西亞植物區、菲律賓植物域，為菲律賓植物域之北界 (謝光普，2006)。臺灣除了南端的恆春半島、綠島和蘭嶼以外，主要是位在東亞植物區系之內，故就臺灣本島而言，其植物區系橫跨了泛北極植物界及舊熱帶植物界，是為兩界之過渡帶 (賴明洲，2003)。

探討臺灣維管束植物與鄰近地區植相組成的相關性，若以臺灣地區整個範圍做為研究基礎，Hsieh (2002) 將臺灣地區的非特有種維管束植物，與中國大陸、日本、琉球、菲律賓其植相組成相比較，結果顯示與中國大陸共有的物種最多，共 2,069 種，佔全部物種的 52%，其次為日本地區，共有種為 1,677 種，佔總數的 42.1%，和菲律賓的共有種數最少，為 1,182 種，佔總數的 29.1%，作者認為由此可知臺灣維管束植物與中國大陸最為密切，但其和日本的關係亦不容小覷。應俊生和徐國士 (2002) 的報告中，將臺灣地區維管束植物進行分析，得知臺灣非特有種出現於泛北極植物界的東亞地區和舊熱帶植物區的印度地區、中印地區和馬來西亞地區，其中

以在東亞地區出現的非特有種在數量上佔絕對優勢，共有 1,147 種，佔全部非特有種的 48.2 %。因此，作者認為臺灣植物區系與中國大陸的植物區系關係最為密切。

而以臺灣部分維管束植物做基礎的研究報告中，吳蕙吟 (2002) 將臺灣本島溫帶種子植物分成 7 個分佈型及其變型做植物區系之分析，其分佈型主要為：1.北溫帶分佈型、2.東亞和北美間斷分佈型、3.舊世界溫帶分佈型、4.溫帶亞洲分佈型、5.地中海區、西亞至中亞分佈型、6.中亞分佈型、7.東亞分佈型，結果顯示以北溫帶分佈型之比例最高，佔總屬數的 40.2 %，其次為東亞分佈型，佔總屬數的 29.3 %，作者推論臺灣本島溫帶種子植物與東亞植物區系的關係非常密切。王志強 (2000) 研究報告指出，臺灣產的 28 個灰木科植物分類實體，其中有 11 種見於中國大陸，8 種見於琉球，4 種見於日本，僅 1 種分佈於菲律賓，這樣的結果支持臺灣之植物關係與中國大陸最為相近，其次為琉球、日本，而與菲律賓植物之關係疏遠的主張。

根據上述研究結果以及謝光普 (2006) 整理其他學者之研究報告可以得知 (表 4-3)，以臺灣全島維管束植物或以不同分析單位探討臺灣的植物地理分佈關係，其結果具有一致性，均顯示臺灣本島屬於東亞植物區，植物組成與中國大陸最為近似。主要是因為，臺灣與中國大陸相隔的海域，雖然會在間冰期成為獨立而頗異於兩側陸域的自然區域，且阻隔兩岸陸棲生物交流，但在冰期海退之後，則會慢慢變乾成為陸地，使臺灣本島成為中國大陸東南邊緣陸域自然區域的一部分 (沈中桴，1996)。臺灣本島在地質史上曾與中國大陸多次分離與連合，或因冰河期的海進海退，臺灣海峽因而生成為生物傳播的陸橋，使得中國大陸的植物有機會往臺灣遷移，因此臺灣維管束植物組成與中國大陸植物區系有著密切的關係 (Li, 1953; Hosokawa, 1958; 曾文彬，1993; 吳蕙吟，2002)。

**表 4-3 前人對臺灣植物地理關係之研究整理表 (改自謝光普，2006)**

分析單位	結果	文獻來源
臺灣地區維管束植物	約 52 % 與中國大陸共有，與其關係最為密切	Hsieh (2002)
臺灣地區維管束植物	屬於東亞分佈型佔 48.2 %，與中國大陸關係最為密切	應俊生和徐國士 (2002)
全島維管束植物	約 30.9 % 與中國大陸共有，琉球 13.5 % 次之	金平亮三 (1936)
全島溫帶種子植物	屬於東亞分佈型佔 29.3 %，與東亞植物區系關係最密切	吳蕙吟 (2002)
全島木本植物	約 35.5 % 與中國大陸共有，琉球 24 % 次之	劉崇瑞、照屋全治 (1980)
全島殼斗科植物	約 39 % 與中國大陸共有，與其關係最為密切	柳楮 (1966)
臺灣地區灰木科植物	約 39.3 % 與中國大陸共有，與其關係最為密切	王志強 (2000)

(資料來源：本研究資料)

## 二、材料與方法

### (一) 研究區概況

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 2140 M）至雪山主峰（海拔 3886 M），以三六九山莊（海拔 3100 M）以上之黑森林與雪山圈谷等為重點調查區域，為求得更完整之資料，若有必要，另拓及其周遭之環境，包含翠池、雪山北峰等地。取樣調查範圍如圖 4-2。

本研究主要之調查工作乃植基於研究地區之植物資源清單調查，並建立資料庫，茲將調查方法說明如下。



圖 4-2 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖。

(雪霸國家公園提供)

### (二) 樣線及樣區設置

本研究蒐集雪霸國家公園調查區域內之空間與屬性資料，包括地理環境、範圍、氣候、地質土壤、造林臺帳、航照圖、像片基本圖以及林班圖等資料，以瞭解區內土地利用型態之變遷及植群及植相之現況，並採用全球衛星定位系統 (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)。植物調查樣線以雪山主峰線地區之主要道路及步道為調查區域，另考量土地利用型、可及性，以及海拔、地形等環境變化與植物組成之差異，並增設植物取樣樣區。

### (三) 維管束植物名錄之建置

#### 1. 植物資源取樣及普查

利用沿樣取樣法，記錄研究區內所有之維管束植物種類，並記載其各項生物學資料，進行照片拍攝、植物標本採集等工作，另對於其生育地環境因子進行調查記錄（地形、坡度、坡向、土壤特性等），並對照去年度所建立之雪山高山生態系之植物資源資料庫，以確認物種且更新資料庫。本次維管束植物採集重點為雪山主峰線黑森林林下物種和圈谷至主峰路段玉山圓柏及玉山杜鵑所構成矮盤灌叢下之物種，隨機進入步道以外之區域進行調查，使用樣線調查法，樣線長度為 20m，記錄樣線壓到之植物。

#### 2. 文獻探討及分析所得之植物資源

參考前人研究及調查資料，以及去年度所統計整理研究區內之維管束植物種類清單，進行植物地理學之分析探討。

### (四) 資料處理與分析—維管束植物區系分析

植物區系分析主要是探討物種本身不經外力干擾於自然的氣候環境下的自然分布，故研究對象為研究區中的原生物種，資料分析時應剔除外來種以及栽培種。將種子植物依據其於世界上不同之地理分佈，進行劃分歸類，再進一步與鄰近地區如中國大陸、日本等地相比較其物種之相似性，以探討物種起源、分佈等植物地理。

#### 1. 科層級的分析

##### (1) 科多樣性分析

將雪山主峰沿線所記錄之維管束植物，剔除外來種與栽培種後，進行數目統計，以了解本研究區域植物科的組成優勢。

##### (2) 科分佈型分析

將雪山主峰沿線所記錄之種子植物，剔除外來種與栽培種後，參考李錫文 (1996) 所提出之中國種子植物科的分佈區進行資料分析。

#### 2. 屬層級的分析

##### (1) 屬多樣性分析

將雪山主峰沿線所記錄之維管束植物，剔除外來種與栽培種後，進行數目統計，以了解本研究區域植物屬的組成優勢。

##### (2) 屬分佈型分析

種子植物屬的部分，剔除外來種與栽培種後，參考吳征鎰 (1983, 1991)

所提出中國種子植物屬的分佈區進行資料分析。

### (3) 屬的相似性分析

進行區系關係分析時，可利用不同地區植物區系的共有屬來比較其相似程度。本研究採用波蘭植物地理學家 Szymkiewicz (1934) 所提出的屬相似性指數，其深入研究地中海區植物區系後，認為比較兩個地區植物區系的相似程度時，應用這兩個地區共有屬的數目來表示（不包含世界分布屬），其相似性指數公式為（王荷生，1992；左家哺等，1996；張鏡鋁，1998；

$$\text{甲地相似性指數} = \frac{\text{甲、乙兩地共有屬數 (不包括世界分佈屬)}}{\text{甲地屬數(不包括世界分佈屬)}} \times 100 \%$$

吳蕙吟，2002；陳應欽，2004；林春松，2005)：

當指數 $\geq 0.5$  表示親近性大， $< 0.5$  則表示親近性不大或不存在（吳蕙吟，2002）。

### 3. 特有性分析

由於島嶼孤立的環境及地形和氣候條件的多樣化，島上原有植物種類不斷演化和發展，形成了大量的新種與變種，這些新種與變種又成為本區的特有種。但因臺灣本島在地質歷史上真正孤立的時間不長，植物區系的特有屬並不多見（方碧真和卓大正，1995）。故本研究僅探討研究區中特有種之屬性。

### 三、結果

從 2010 年 6 月 23 日的期中報告後，進行了 5 次野外調查，為 2010 年 7 月 2-5 日、7 月 26-27 日、8 月 3-6 日、8 月 13-18 日、9 月 23-27 日。雪山主峰沿線之維管束植物共記錄 98 科 285 屬 598 種，其中原生的蕨類植物有 19 科 39 屬 97 種，裸子植物 3 科 6 屬 8 種，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，栽培種 2 科 3 屬 3 種 (表 4-4)。以下的分析結果皆除去外來種及栽培種，僅與鄰近區域植物屬相似性分析之資料，使用樣區內所記錄之所有物種。

**表 4-4 雪山主峰沿線維管束植物種類統計表**

	原生種			外來種			栽培種			總計		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
蕨類植物	19	39	97	0	0	0	0	0	0	19	39	97
裸子植物	3	6	8	1	1	1	2	3	3	4	8	11
雙子葉植物	65	180	368	11	16	19	0	0	0	68	192	387
單子葉植物	7	42	98	1	5	5	0	0	0	7	46	103
總計	94	267	571	14	24	27	2	3	3	98	285	598

(資料來源：本研究資料)

#### (一) 科層級的分析

##### 1. 科多樣性分析

統計研究區中維管束植物科內屬數及科內種數 (圖 4-3 及圖 4-4)，結果顯示單屬的科共有 48 個，佔總科數 51.0%，如楊柳科 (Salicaceae)、蓼科 (Polygonaceae)、酢醬草科 (Oxalidaceae)、冬青科 (Aquifoliaceae) 和堇菜科 (Violaceae) 等；含 2-10 個屬的科，共計有 42 個，佔總科數 44.7%，如瓶爾小草科 (Ophioglossaceae)、桑寄生科 (Loranthaceae)、桔梗科 (Campanulaceae)、鹿蹄草科 (Pypolaceae) 和蕁麻科 (Urticaceae) 等；含 11-20 個屬的有 3 科，佔總科數 3.2%，分別為薔薇科 (Rosaceae)、蘭科 (Orchidaceae) 以及禾本科 (Gramineae)；含 21 個以上的屬，僅有 1 科，佔總科數 1.1%，為菊科 (Compositae)。

單種的科共有 29 個，佔總科數 30.9%，如昆欄樹科 (Trochodendraceae)、紫堇科 (Fumariaceae)、遠志科 (Polygalaceae)、鼠李科 (Rhamnaceae) 和小二仙草科 (Haloragaceae) 等；含 2-10 個物種的科共有 50 個，佔總科數 53.1%，如紫萁科 (Osmundaceae)、燈心草科 (Juncaceae)、灰木科

(Symplocaceae)、茜草科 (Rubiaceae) 和百合科 (Liliaceae) 等；含 11-20 個物種的有 10 科，佔總科數 10.6%，水龍骨科 (Polypodiaceae)、虎耳草科 (Crassulaceae) 和龍膽科 (Gentianaceae) 等；含 21-30 個物種數的科有 1 個，佔總科數 1.1%，為蘭科 21 個物種；含 31-40 個物種數的有 3 科，佔總科數 3.2%，為鱗毛蕨科 (Dryopteridaceae)、薔薇科及禾本科；含 41 個物種上的有 1 科，佔總物種數 1.1%，為菊科。

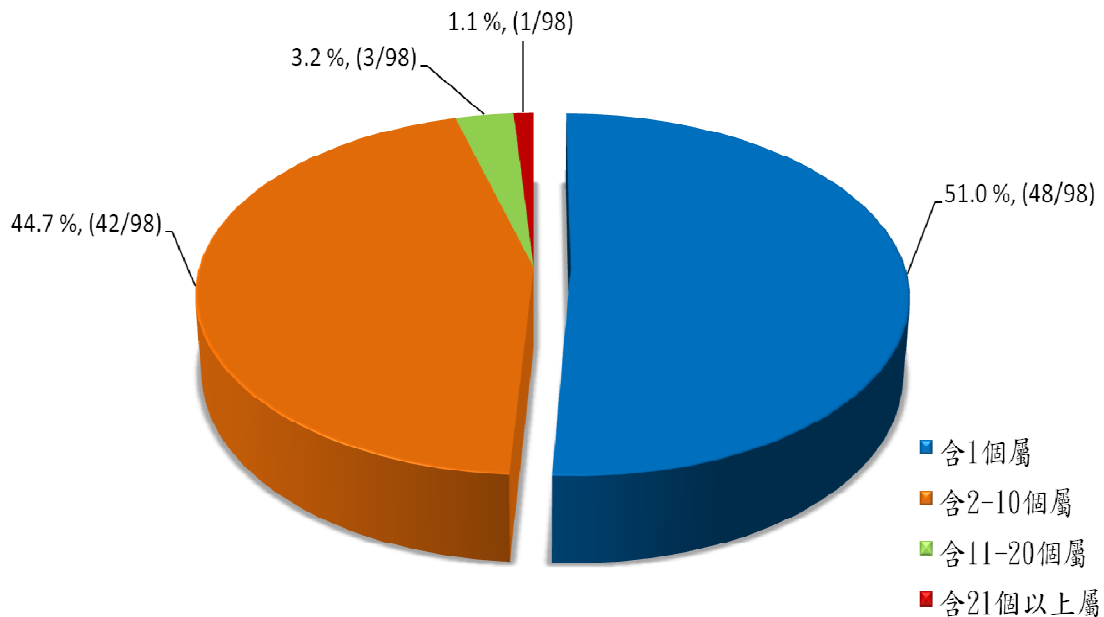


圖 4-3 雪山主峰沿線維管束植物科內屬數統計圖。( )內為科數/總科數。

(資料來源：本研究資料)

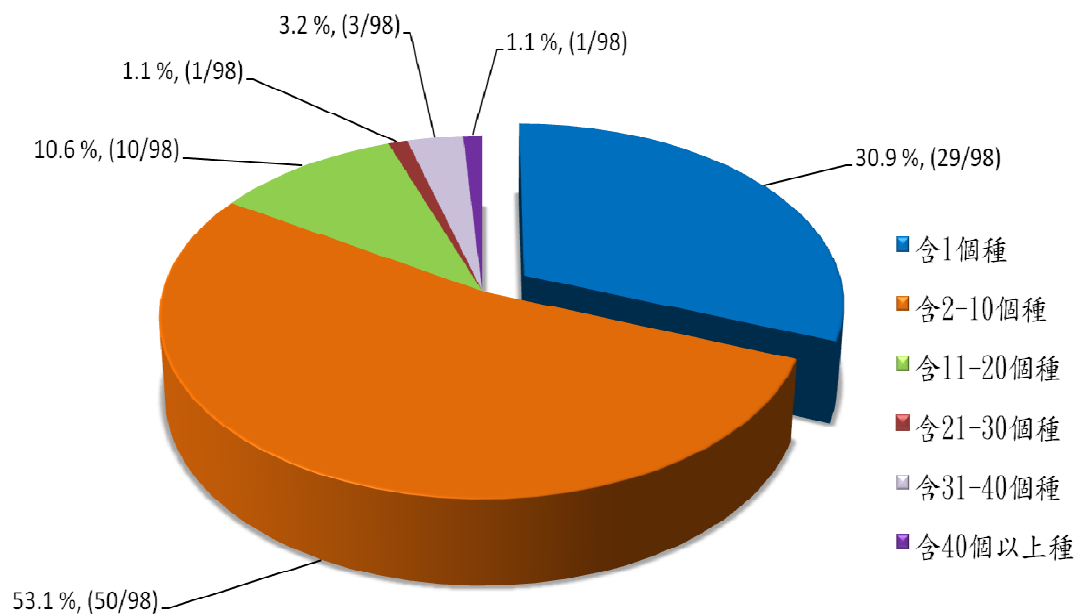


圖 4-4 雪山主峰沿線維管束植物科內種數統計圖。( )內為科數/總科數。

(資料來源：本研究資料)



科內物種數較多的前 10 科，由少至多依序為蹄蓋蕨科 (Athyriaceae) 14 種，佔總物種數 2.3%；杜鵑花科 (Ericaceae) 14 種，佔總物種數 2.3%；忍冬科 (Caprifoliaceae) 15 種，佔總物種數 2.5%；莎草科 (Cyperaceae) 17 種，佔總物種數 2.8%；毛茛科 (Ranunculaceae) 18 種，佔總物種數 3.0%；蘭科 21 種，佔總物種數 3.5%；鱗毛蕨科 31 種，佔總物種數的 5.2%；禾本科 39 種，佔總物種數 6.5%；薔薇科 40 種，佔總物種數的 6.7%；菊科 51 種，佔總物種數 8.5%。共計 264 種，佔總物種數 45.5% (圖 4-5)。

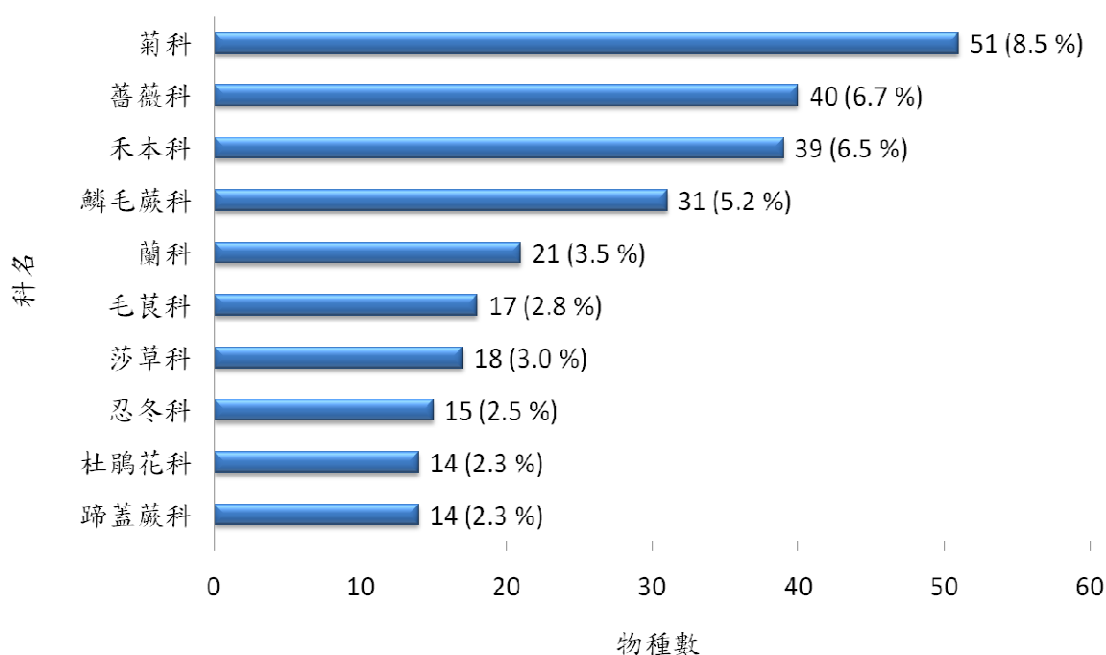


圖 4-5 雪山主峰沿線維管束植物種數較多的前 10 科統計圖。( )內為佔總物種數之比例。

(資料來源：本研究資料)

## 2. 科分佈型分析

參考李錫文 (1996) 所提出中國種子植物科的分佈區進行資料分析，本研究所調查到的 75 科種子植物共分成 7 個分佈類型及 5 個變型 (表 4-5)。

(1) 世界分佈型：此型的物種分佈於世界各大洲，並沒有特定的分佈中心，或有數個分佈中心。共有 20 個科，佔總科數的 26.7%，如石竹科 (Caryophylliaceae)、薔薇科、玄參科 (Scrophulariaceae)、菊科、莎草科、禾本科等。

(2) 泛熱帶分佈及其變型：此型的物種於全球的熱帶區域有一個或多個分佈中心，但有些物種可以向北延伸至亞熱帶甚至是溫帶地區。本研究

屬於泛熱帶分佈及其變型的共有 25 個科，佔總數的 33.3%，佔非世界分佈科的 45.5%。其中屬於泛熱帶本型的有 23 科，如殼斗科 (Fagaceae)、金絲桃科 (Guttiferae)、菝契科 (Smilacaceae)、天南星科 (Araceae) 等；另有一變型為熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈型，此型的物種於前述之地區呈現一不連續性分佈，有 2 科屬於此分佈型，為商陸科 (Phytolaccaceae) 和馬兜鈴科 (Aristolochiaceae)。

(3) 舊世界熱帶分佈型：此型是相對於美洲新大陸的舊世界熱帶地區，主要範圍為亞洲、非洲和大洋洲的熱帶區域。有 1 個科屬於此型，佔總科數的 1.3%，佔非世界分佈科 1.8%，為海桐科 (Pittosporaceae)。

(4) 北溫帶分佈及其變型：此型的物種主要範圍為歐洲、亞洲、北美洲的溫帶地區，有些物種會延伸至熱帶區域，甚至是南溫帶，但主要分佈中心仍為北溫帶區域。本型及變型共有 25 個科，佔總科數的 33.3%，佔非世界分佈科的 45.5%。屬於北溫帶本型的有 20 科，如松科 (Pinaceae)、楊柳科、毛茛科、杜鵑花科、忍冬科等；此分佈型另有兩變型，一為北溫帶和南溫帶間斷分佈型，主要分布於北溫帶，但在南溫帶有一定的種群，或另成一分佈型中心，本研究有 4 科屬於此變型，為柏科 (Cupressaceae)、樺木科 (Betulaceae)、柳葉菜科 (Onagraceae)、敗醬科 (Valerianaceae) 等；另一變型為歐亞和南美洲溫帶間斷分佈，僅有 1 科為此變型，為木通科 (Lardizabalaceae)。

(5) 東亞和北美間斷分佈型：此型主要範圍為東亞和北美洲溫帶及亞熱帶地區。僅有 1 科是此分佈型，佔總科數的 1.3%，佔非世界分佈科 1.8%，為小蘗科 (Berberidaceae)。

(6) 舊世界溫帶分佈：此型是指主要分佈於歐洲、亞洲中高緯度的溫帶及寒溫帶區域。有 1 個科是此分佈型，佔總科數的 1.3%，佔非世界分佈科 1.8%，為續斷科 (Dipsacaceae)。

(7) 東亞分佈及其變型：此型的分佈中心主要位於東喜馬拉雅至日本之間。本型及變型共有 2 個科，佔總科數的 2.7%，佔非世界分佈科 3.6%。屬於東亞分佈型是為獼猴桃科 (Actinidiaceae)；另一變型為中國—日本分佈型，主要範圍為中國滇、川金沙江河谷以東至日本、琉球地區，但不見於喜馬拉雅，屬於此變型的僅有 1 科，為昆欄樹科。

表 4-5 雪山主峰沿線種子植物科的分佈區類型及其變型表

分佈區類型	科數	佔總科數的比例 (%)	佔非世界分佈科的比例 (%)
一、1. 世界分佈	20	26.7	
二、泛熱帶分佈	25	33.3	45.5
2. 泛熱帶分佈	23		
2b. 熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈	2		
四、4. 舊世界熱帶分佈	1	1.3	1.8
八、北溫帶分佈	25	33.3	45.5
8. 北溫帶分佈	20		
8b. 北溫帶和南溫帶 (全溫帶) 間斷分佈	4		
8c. 歐亞和南美洲溫帶間斷分佈	1		
九、9. 東亞和北美間斷分佈	1	1.3	1.8
十、舊世界溫帶分佈	1	1.3	1.8
10b. 歐亞和非洲南部 (有時也在大洋洲) 間斷分佈	1		
十四、東亞分佈	2	2.7	3.6
14. 東亞分佈	1		
14b. 中國-日本分佈	1		
總計	76	100.0	100.0

\*分佈型前之標號沿用自李錫文 (1996) 所提出之種子植物科分佈型代號

(資料來源：本研究資料)

## (二) 屬層級的分析

### 1. 屬多樣性分析

本研究共記錄 267 個屬，含有 1 個物種的共計 153 屬，佔總屬數 57.3%，如陰地蕨屬 (*Botrychium*)、冷杉屬 (*Abies*)、八寶屬 (*Hylotelephium*)、草蓼屬 (*Boschniakia*) 和三毛草屬 (*Trisetum*)；含 2-10 種的共計 110 屬，佔總屬數 41.2%，如無心菜屬 (*Arenaria*)、薔薇屬 (*Rosa*)、碎雪草屬 (*Euphrasia*)、蟹甲草屬 (*Parasenecio*) 和天南星屬 (*Arisaema*) 等；含 11-20 種的有 4 屬，佔總屬數的 1.5%，有鱗毛蕨屬 (*Dryopteris*)、耳蕨屬 (*Polystichum*)、薹屬 (*Carex*)、懸鉤子屬 (*Rubus*) (圖 4-6)。

物種數較多的前 10 屬，由少至多依序為蓼屬 (*Polygonum*) 7 種，佔總物種數 1.2%；蒿屬 (*Artemisia*) 7 種，佔總物種數 1.2%；石松屬 (*Lycopodium*) 8 種，佔總物種數 1.3%；堇菜屬 (*Viola*) 8 種，佔總物種數 1.3%；菝葜屬 (*Smilax*) 8 種，佔總物種數 1.3%；蹄蓋蕨屬 (*Athyrium*) 9 種，佔總物種數 1.5%；莢蒾屬 (*Viburnum*) 9 種，佔總物種數 1.5%；鱗毛蕨屬 12 種，佔總物種數 2.0%；耳蕨屬 14 種，佔總物種數 2.3%；薹屬 15 種，佔總物種數 2.5%；懸鉤子屬 17 種，佔總物種數 2.8%。共 114 種，佔總物種數 19.0% (圖 4-7)。

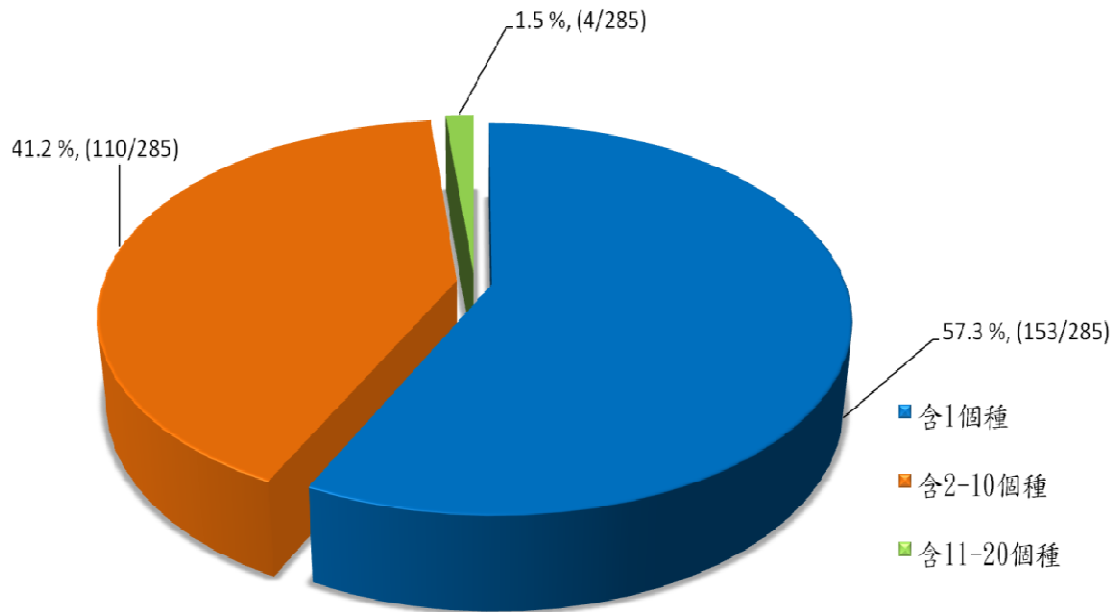


圖 4-6 雪山主峰沿線維管束植物屬內物種數統計圖。( )內為屬數/總屬數。  
(資料來源：本研究資料)

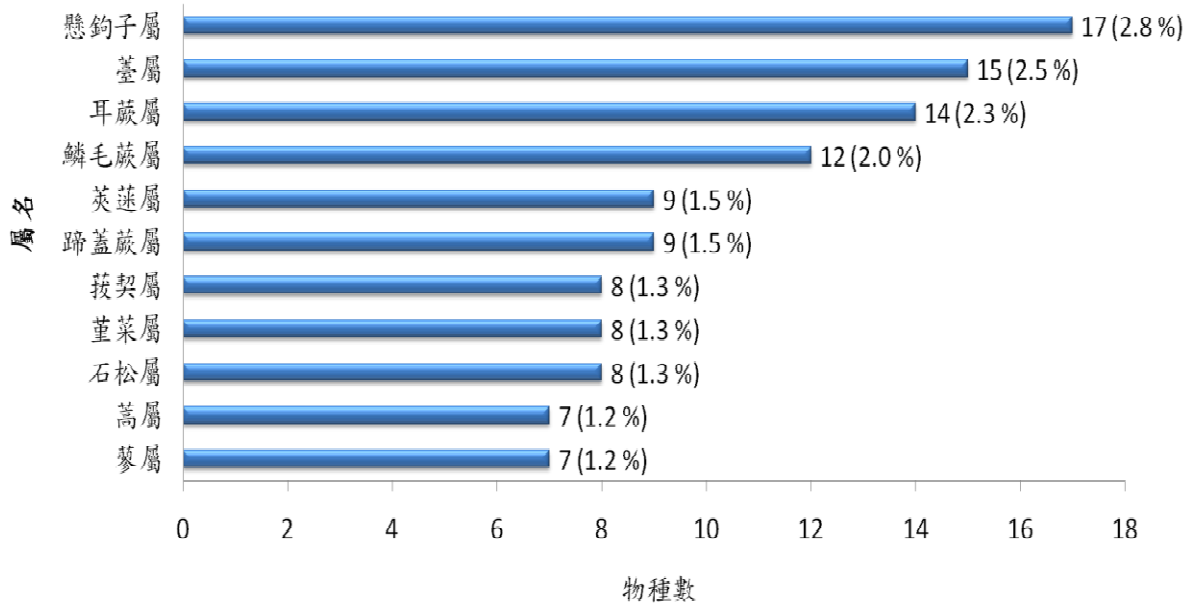


圖 4-7 雪山主峰沿線維管束植物種數較多的前10屬統計圖。( )內為佔總物種數之比例。  
(資料來源：本研究資料)

## 2. 屬分佈型分析

參考吳征鎰 (1983, 1991) 所提出中國種子植物屬的分佈區進行資料分析，本研究所調查到種子植物共計 228 屬，分成 12 個分佈類型及 11 個變型 (表 4-6)。

(1) 世界分佈型：此型之範圍如前述。本研究共有 32 屬，佔總屬數的 14.0%，如蓼屬、懸鉤子屬、龍膽屬 (*Gentiana*)、燈心草屬 (*Juncus*) 和翦股穎屬 (*Agrostis*) 等。

(2) 泛熱帶分佈及其變型：此型範圍如前述。本型及變型共有 20 屬，佔總屬數 8.0%，佔非世界分佈屬 10.2%。泛熱帶分佈型有 15 屬，如天胡荽屬 (*Hydrocotyle*)、灰木屬 (*Symplocos*)、菝契屬等；其下兩變型，一為熱帶亞洲、大洋洲和南美洲 (墨西哥) 間斷分佈型，共有 4 屬，為核子木屬 (*Perrottetia*)、山薰香屬 (*Oreomyrrhis*) 和深柱夢草屬 (*Nertera*)；另為熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈，僅石薯屬 (*Gonostegia*) 為此型。

(3) 熱帶亞洲和熱帶美洲間斷分佈型：此型的物種間斷分佈於亞洲和美洲的溫暖地區，某些物種會從亞洲延伸至澳大利亞西北部或西南太平洋島嶼。為此分佈型的有 3 屬，佔總屬數的 1.3%，佔非世界分佈屬 1.5%，為柃木屬 (*Eurya*)、假衛矛屬 (*Microtropis*) 和白珠樹屬 (*Gaultheria*)。

(4) 舊世界熱帶分佈型：此型之分布範圍如前述。本研究區有 4 屬，佔總屬數的 1.7%，佔非世界分佈屬 2.0%，為樓梯草屬 (*Elatostema*)、桑寄生屬 (*Loranthus*)、槲寄生屬 (*Viscum*) 和海桐屬 (*Pittosporum*)。

(5) 熱帶亞洲至熱帶大洋洲分佈型：此型為舊世界熱帶分佈區之東翼，往西可至馬達加斯加，但一般不會到非洲大陸。共有 3 屬為此分佈型，佔總屬數的 1.3%，佔非世界分佈屬 1.5%，為蛇菰屬 (*Balanophora*)、小二仙草屬 (*Haloragis*) 和通泉草屬 (*Mazus*)。

(6) 熱帶亞洲至熱帶非洲分佈及其變型：此型為舊世界熱帶分佈型之西翼，從熱帶非洲至印度—馬來西亞 (特別是西部)。本型及變型共有 7 屬，佔總屬數 3.1%，佔非世界分佈屬 3.6%。其中有 6 個屬為本型，如水麻屬 (*Debregeasia*)、鈍果桑寄生屬 (*Taxillus*)、青牛耳屬 (*Thladiantha*)、常春藤屬 (*Hedera*)、魚眼草屬 (*Dichrocephala*) 和芒屬 (*Miscanthus*) 等；其變型為熱帶亞洲和東非或馬達加斯加間斷分佈，僅有馬藍屬 (*Strobilanthes*) 為此型。

(7) 熱帶亞洲分佈及其變型：此型為舊世界熱帶分佈型的中心，範圍包括印度、斯里蘭卡、中南半島及菲律賓等，東至南太平洋島嶼，但不及澳大利亞，北至中國西南、華南及臺灣等地。本型及變型共有 13 屬，佔總屬數的 5.7%，佔非世界分佈屬 6.6%。屬於熱帶亞洲（印度—馬來西亞）分佈型的共有 12 屬，如海螺菊屬 (*Ellisiophyllum*)、小苦蕒屬 (*Ixeris*)、溝椴草屬 (*Aniselytron*)、玉山箭竹屬 (*Yushania*) 和斑葉蘭屬 (*Goodyera*) 等；另一變型為熱帶印度至華南（特別是西南）分佈型，僅有肉穗野牡丹屬 (*Sarcopyramis*) 為此型。

(8) 溫帶分佈及其變型：此型分佈範圍如前述。本型及變型共有 85 屬，佔總屬數的 37.3%，佔非世界分佈屬 43.4%。共有 65 個屬為本型，如冷杉屬 (*Abies*)、柳屬 (*Salix*)、佛甲草屬 (*Sedum*)、百合屬 (*Lilium*) 和羊茅屬 (*Festuca*) 等；另一變型為北溫帶和南溫帶（全溫帶）間斷分佈，共有 20 屬為此型，如卷耳屬 (*Cerastium*)、貓兒眼睛草屬 (*Chrysosplenium*)、柳葉菜屬 (*Epilobium*)、纈草屬 (*Valeriana*) 和梯牧草屬 (*Phleum*) 等。

(9) 東亞和北美洲間斷分佈及其變型：此型分佈範圍如前述。本型及變型共有 17 屬，佔總屬數的 7.4%，佔非世界分佈屬 8.7%。本型共有 16 屬，如鐵杉屬 (*Tsuga*)、噴吶草屬 (*Mitella*)、石楠屬 (*Photinia*)、馬醉木屬和粉條兒菜屬 (*Aletris*)；另一變型為東亞和墨西哥分佈，僅有紅淡比屬 (*Cleyera*) 為此型。

(10) 舊世界溫帶分佈及其變型：此型分佈範圍如前述。本型及變型共 15 屬，佔總屬數的 6.6%，佔非世界分佈屬 7.7%。本型共有 10 屬，如石竹屬 (*Dianthus*)、沙參屬 (*Adenophora*)、五蕊莓屬 (*Sibbaldia*)、彎柱芎屬 (*Conioselinum*) 和零餘子草屬 (*Herminium*) 等；其下有 3 個變型，一為地中海、西亞和東亞間斷分佈，有 3 屬為此變型，如女貞屬 (*Ligustrum*)、野薄荷屬 (*Origanum*) 和毛蓮菜屬 (*Picris*)；另一變型為地中海區和喜馬拉雅間斷分佈，僅有蜜蜂花屬 (*Melissa*) 為此變型；最後一變型為歐亞和非洲南部（有時也在大洋洲）分佈型，僅有山蘿蔔屬 (*Scabiosa*) 為此變型。

(11) 溫帶亞洲分佈型：此分佈類型之主要範圍為亞洲的溫帶區域，從南俄羅斯至東西伯利亞和東北亞，南界至喜馬拉雅山區、中國西南、華北至東北以及韓國和日本北部。有 2 屬為此分佈型，佔總屬數的 1.0%，佔非世界分佈屬 1.0%，為附地草屬 (*Trigonotis*) 和矮菊屬 (*Myriactis*)。

(12) 東亞分佈及其變型：此型範圍如前述。本型及變型共 27 屬，佔總屬數的 11.8%，佔非世界分佈屬 13.8%。東亞分佈型有 15 屬，如獼猴桃屬 (*Actinidia*)、溲疏屬 (*Deutzia*)、水晶蘭屬 (*Cheilotheca*)、鬼督郵屬 (*Ainsliaea*) 和沿階草屬 (*Ophiopogon*) 等。其下有兩變型，一為中國—喜馬拉雅變型，主要分佈範圍為喜馬拉雅至中國西南，某些物種可達華東、臺灣等地，向南可延伸至中南半島，有 7 屬為此變型，如肺形草屬 (*Tripterospermum*)、腰只花屬 (*Hemiphragma*) 和小纈草屬 (*Triplostegia*)；另一變型為中國—日本分佈，有 5 屬為此變型，如昆欄樹屬 (*Trochodendron*)、破傘菊屬 (*Syneilesis*) 和胡麻花屬 (*Helonias*) 等。

**表 4-6 雪山主峰沿線種子植物屬的分佈區類型及其變型表**

分佈區類型	屬數	佔總屬數的比例 (%)	佔非世界分佈屬的比例 (%)
一、1. 世界分佈	32	14.0	
二、泛熱帶分佈及其變型	20	8.8	10.2
2. 泛熱帶分佈	15		
2a. 熱帶亞洲、大洋洲和南美洲 (墨西哥) 間斷分佈	4		
2b. 熱帶亞洲、非洲和中南美洲間斷分佈	1		
三、3. 熱帶亞洲和熱帶美洲間斷分佈	3	1.3	1.5
四、4. 舊世界熱帶分佈	4	1.7	2.0
五、5. 熱帶亞洲至熱帶大洋洲分佈	3	1.3	1.5
六、熱帶亞洲至熱帶非洲分佈及其變型	7	3.1	3.6
6. 熱帶亞洲至熱帶非洲分佈	6		
6b. 熱帶亞洲和東非間斷分佈	1		
七、熱帶亞洲分佈及其變型	13	5.7	6.6
7. 熱帶亞洲 (印度—馬來亞) 分佈	12		
7b. 熱帶印度至華南分佈	1		
八、溫帶分佈及其變型	85	37.3	43.4
8. 北溫帶分佈	65		
8d. 北溫帶和南溫帶 (全溫帶) 間斷分佈	20		
九、東亞和北美洲間斷分佈及其變型	17	7.4	8.7
9. 東亞和北美洲間斷分佈	16		
9a. 東亞和墨西哥分佈	1		
十、舊世界溫帶分佈及其變型	15	6.6	7.7
10. 舊世界溫帶分佈	10		
10a. 地中海、西亞和東亞間斷分佈	3		
10b. 地中海區和喜馬拉雅間斷分佈	1		
10c. 歐亞和非洲南部 (有時也在大洋洲) 間斷分佈	1		
十一、11. 溫帶亞洲分佈	2	1.0	1.0
十四、東亞分佈及其變型	27	11.8	13.8
14. 東亞 (東喜馬拉雅—日本)	15		
14a. 中國—喜馬拉雅分佈	7		
14b. 中國—日本分佈	5		
總計	234	100.0	100.0

\*分佈型前之標號沿用自吳征鎰 (1983) 所提出之種子植物屬分佈型代號

(資料來源：本研究資料)

## 3. 屬相似性分析

比較本研究區種子植物區系與臺灣鄰近地區維管束植物屬之相似性(表 4-7)，扣除世界分佈型的屬，結果顯示與南湖大山共有屬數為 90 屬，相似性指數為 39；與大霸尖山共有屬數為 212 屬，相似性指數為 93；與沙里仙溪共有屬數為 171 屬，相似性指數為 75。

與鄰近大陸維管束植物屬之相似性比較(表 4-8)，扣除世界分佈型的屬，結果顯示與中國雲南省德宏州共有屬數為 191 屬，相似性指數為 83；與中國秦嶺國家植物園共有屬數為 172 屬，相似性指數為 75；與日本地區共有屬數為 214 屬，相似性指數為 94。

表 4-7 雪山主峰沿線植物區系與臺灣鄰近地區之相似性指數

	與本研究共有屬數	相似性指數	資料來源
南湖大山	90	39	呂勝由和林則桐 (1990)
大霸尖山	212	93	黃增泉等 (1987)
玉山	171	75	劉靜榆 (1991)

(資料來源：本研究資料)

表 4-8 雪山主峰沿線植物區系與鄰近大陸之相似性指數

	與本研究共有屬數	相似性指數	資料來源
中國 (雲南省德宏州)	191	83	劉世龍和趙見明 (2009)
中國 (秦嶺國家植物園)	172	75	沈茂才 (2010)
日本	214	94	Ohwi (1965)

(資料來源：本研究資料)

## (三) 特有性分析

雪山主峰沿線所記錄的維管束植物中，共有 215 種為特有種，佔原生物種數的 37.7%，其分屬於 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 4-9)。

表 4-9 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)



物種數較多的前 10 科，由少至多依序為繖形科 (Umbelliferar) 7 種，佔總特有種數 3.3 %；杜鵑花科，佔總特有種數 3.3 %；玄參科 7 種，佔總特有種數 3.3 %；蘭科 7 種，佔總特有種數 3.3 %；石竹科 8 種，佔總特有種數 3.7 %；禾本科 8 種，佔總特有種數 3.7 %；龍膽科 9 種，佔總特有種數 4.2 %；毛茛科 13 種，佔總特有種數 6.0 %；薔薇科 16 種，佔總特有種數 7.0 %；菊科 27 種，佔總特有種數 12.6 % (圖 4-8)。

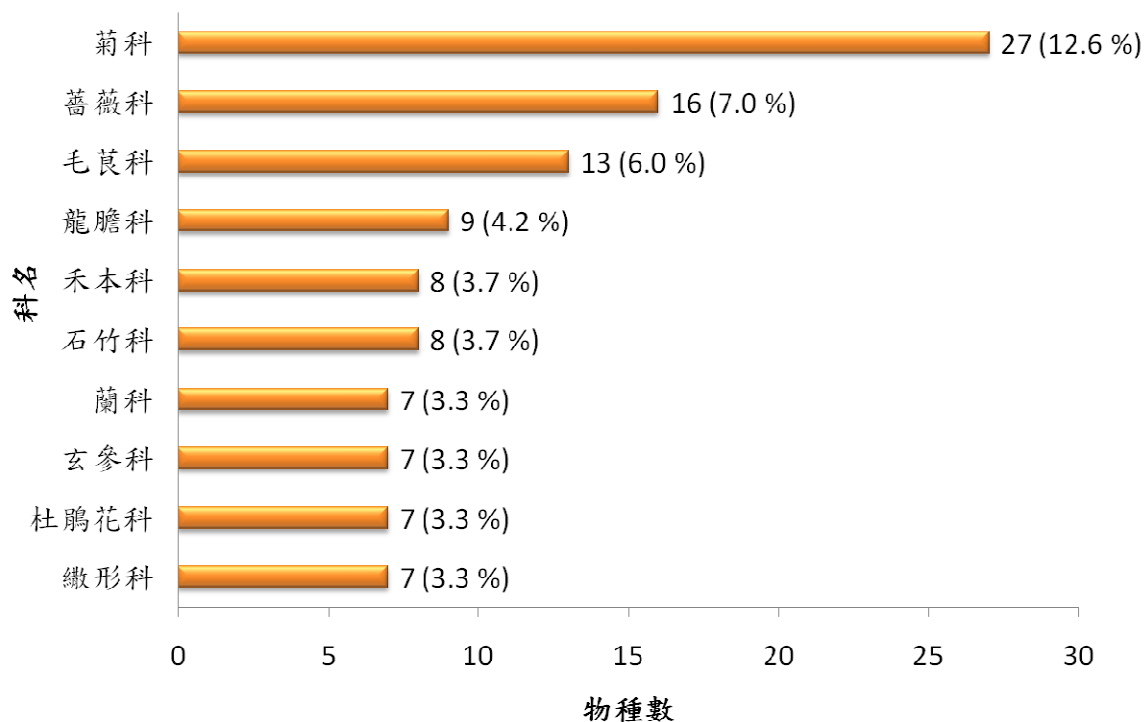


圖 4-8 雪山主峰沿線維管束植物科內特有物種數。  
(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一) 科的層級

科反映了物種間較廣泛的親緣關係，在植物區系中可以提供區系特徵的總概念、與其他區系的關聯和區系起源的線索。其中單屬科反映了演化過程中，為新產生的科，其屬種尚未分化，而單種科則反映演化過程中，科內的屬種已大量消亡，僅存孑遺物種（王荷生，1997）。

本研究區域中，科內屬數大部分較少，其中單屬科有 48 科，13 個科為世界分佈型，20 個科為熱帶分佈型 (2-7 類型)，15 個科為溫帶分佈型 (8-14 類型)，顯示本研究區以熱帶成分和溫帶成分的科在本研究區的發展沒有明顯差異。

至於單種科在本研究區中共有 29 科，其中世界分佈型有 7 科，熱帶分佈型有 13 科，溫帶分佈型有 9 科，顯示本研究區中，孑遺物種多屬於熱帶分佈型的科，溫帶分佈型則較少。故從單屬科及單屬種之分析結果可得知，本研究區中物種的分化與消亡，熱帶分佈型與溫帶分佈型的科並無明顯差異。

研究區中雖然以少數種的科佔大多數，但統計物種數較多的前 10 科，共計有 264 種，佔總物種數 45.5%。其中禾本科、蘭科和菊科為世界少數含萬種以上的科（吳蕙吟，2002），亦為臺灣最大的科，且莎草科和薔薇科在臺灣也為具有 100 種以上的大科（應俊生和徐國士，2002）。

植物科屬的分佈型代表其地理成分，並可藉此了解各地區間的區系聯繫及其性質（賴明洲，2003）。從科的分佈型來探討，菊科和薔薇科雖為世界分佈，但主要分佈於溫帶（吳蕙吟，2002），薔薇科更是中國溫帶地區植物區系和植被的特徵科，而莎草科是典型的北溫帶或分佈於熱帶、亞熱帶山區的科（應俊生和徐國士，2002）。杜鵑花科和忍冬科則為典型的溫帶分佈類型。就本研究區中的大科來進行分析，最大的菊科植物，共有 51 種分屬於 21 個屬，其中世界分佈的有 4 屬，為紫菀屬 (*Aster*)、飛蓬屬 (*Erigeron*)、鼠麴草屬 (*Gnaphalium*) 和黃菀屬 (*Senecio*)；屬於熱帶分佈類型的有 4 屬，為魚眼草屬 (*Dichrocephala*)、澤蘭屬 (*Eupatorium*)、小苦蕒屬 (*Ixeridium*) 和苦蕒菜屬 (*Ixeris*)；溫帶分佈的有 13 屬，如籟簫屬 (*Anaphalis*)、艾屬 (*Artemisia*)、薊屬 (*Cirsium*)、薄雪草屬 (*Leontopodium*) 和一枝黃花屬 (*Solidago*) 等，為此科主要的分佈類型。禾本科雖然廣布於全球，但在臺灣出現的屬，主要是亞熱帶或熱

帶的屬，也有不少溫帶屬 (29 屬) (應俊生和徐國士，2002)，而在本研究區中，禾本科有 43 種，分屬於 20 屬，以溫帶分佈的屬佔一半的比例，共有 10 屬，如鵝觀草屬 (*Agropyron*)、短柄草屬 (*Brachypodium*)、雀麥屬 (*Bromus*)、髮草屬 (*Deschampsia*) 和 異燕麥屬 (*Helictotrichon*) 等皆為溫帶分佈類型。薔薇科中多為溫帶屬，在本研究區中，共計有 40 個物種，分屬於 12 屬，屬於溫帶分佈的為主要優勢，共有 10 屬，如草莓屬 (*Fragaria*)、翻白草屬 (*Potentilla*)、櫻屬 (*Prunus*)、花楸屬 (*Sorbus*) 和繡線菊屬 (*Spiraea*) 等。蘭科植物在本研究區中共有 21 種，分屬於 12 個屬，其中有 10 個屬為溫帶分佈類型，如頭蕊蘭屬 (*Cephalanthera*)、凹舌蘭屬 (*Coeloglossum*)、玉山一葉蘭屬 (*Hemipilia*)、雙葉蘭屬 (*Listera*) 和粉蝶蘭屬 (*Platanthera*) 等。本研究區中共記錄杜鵑花科植物 14 種，分屬於 5 個屬，僅 1 屬為熱帶亞洲和熱帶美洲間斷分佈，其餘皆為溫帶分佈類型的屬，有南燭屬 (*Lyonia*)、馬醉木屬 (*Pieris*)、杜鵑花屬 (*Rhododendron*) 和越橘屬 (*Vaccinium*)。以上列舉本研究區中較大的科，皆有明顯的溫帶性質，可清楚顯示出本研究區的植物區系特性。

分析科分佈型的結果顯示，雪山主峰沿線種子植物區系科的組成，剔除世界分佈型的科，是北溫帶分佈及其變型和泛熱帶分佈及其變型的科佔有相當高的比例，皆高達 45.5%，兩者共佔研究區中非世界分佈科的 90%，可反映出本植物區系屬於熱帶至溫帶的過渡區域。

從期中報告的研究結果顯示，本研究區中各植群帶內的主要優勢物種，以松柏類為本研究海拔範圍內的森林主體，如鐵杉 (*Tsuga chinensis* var. *formosana*)、臺灣冷杉 (*Abies kawakamii*)、玉山圓柏 (*Juniperus squamata*) 等，下面就這兩個具有代表性的科加以探討。

松科是現今種類最多、分佈最廣的裸子植物 (圖 4-9)，其為北半球中、高海拔森林的主要組成物種，主要分佈於溫帶和亞熱帶的高山地區 (李楠，1995)。本研究區共有 4 屬為雲杉屬 (*Picea*)、冷杉屬、松屬 (*Pinus*) 和鐵杉屬 (*Tsuga*)，前 4 種為典型的北溫帶分佈，後者則為東亞和北美洲間斷分佈；就垂直分佈而言，雲杉屬和冷杉屬分佈海拔可達 4,000 m 以上，松屬之分布海拔較低，一般為海拔 3,000 m 以下，鐵杉屬則是分佈於海拔 2,500-3,000 m (李楠，1995)，此和本研究期中報告結果相似。

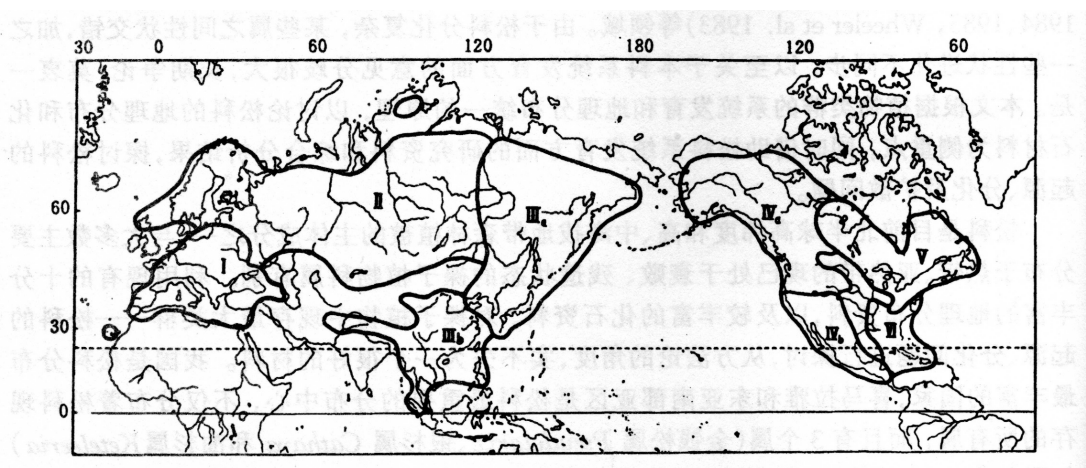


圖 4-9 松科植物於全世界之分佈區域圖 (李楠, 1995)。

(資料來源：本研究資料)

柏科屬於北溫帶和南溫帶 (全溫帶) 間斷分佈型，從科內有較多的單種屬和寡種屬，可推斷其起源較為古老 (吳征鎰等, 2006)。本研究區中共有 2 屬 3 種，分別為扁柏屬 (*Chamaecyparis*) 的紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)、柏屬 (*Juniperus*) 的刺柏 (*Juniperus formosana*) 和玉山圓柏 (*Juniperus squamata*)，其中扁柏屬為東亞和北美洲間斷分佈型，柏屬則為北溫帶分佈型，此呼應至吳征鎰等 (2006) 提出柏科的屬是在北溫帶的自然條件和歷史背景下，以東亞為分佈中心進而發展到東亞和北美洲間斷分佈。

## (二) 屬的層級

單種屬和寡種數屬 (含 2-10 個物種) 的意義和單屬科及單種科相似，代表演化上兩個相反的方向，單種屬可反映出物種尚未分化的新屬，寡種屬則反映出僅存子遺植物的古老屬 (王荷生, 1997)。研究結果顯示，屬內物種數以單種屬最多，共有 153 屬，佔總屬數 57.3%，其中世界分佈型有 15 個屬，熱帶分佈型有 42 個屬，溫帶分佈型有 96 個屬，顯示出本研究區內以溫帶分佈的屬有較多新發展；含 2-10 種的屬次之，共計 110 屬，佔總屬數 41.2%，其中世界分佈型有 22 個屬，熱帶分佈型有 18 個屬，溫帶分佈型有 70 個屬，顯示出本研究區內植物屬之消亡較為強烈的為溫帶分佈型。在本研究區中，單種屬和寡種屬就佔了將近全部的屬數，就此得知植物屬消長是較為平衡的，且以溫帶分佈型的屬為主。

屬的分類特徵較為穩定，且在演化的過程中，隨著地理環境變化所產生的差異有較明顯的地區性，故植物屬的分佈型比科更能夠反映出植物區

系內物種的演化擴展過程及地理特徵 (吳征鎰, 1983; 王荷生, 1997; 吳蕙吟, 2002)。從屬的分佈型分析結果顯示, 以北溫帶分佈及其變型的屬數最多, 共有 85 屬, 佔非世界分佈屬的 43.4%, 可清楚顯示本研究區具有溫帶性質, 而以東亞分佈及其變型佔非世界分佈科之比例為 13.8% 次之, 則可表示本研究區域與東亞植物區系有所關聯, 且從泛熱帶分佈及其變型亦有 10.2%, 可推斷本研究區植物屬的特性為溫帶至亞熱帶之過渡區。

使用 Szymkiewicz (1934) 所提出的屬相似性指數, 當指數 $\geq 50$  表示親近性大,  $< 50$  則表示親近性不大。分析結果顯示, 和本研究區為同一山系的大霸尖山, 在植物屬的層級上是最為親近的, 相似性指數高達 93; 與玉山亦有相當的相似性, 但能是因地理位置較為疏遠, 故指數較低為 75; 和南湖大山的相似性最低, 僅 39, 表示兩地間的植物屬相似性不大, 可能是因南湖大山的研究區域範圍為 3,150-3,740 m, 僅記錄到較高海拔的物種, 而本研究區的海拔範圍為 2,410-3,886 m, 則包含了中、高海拔的物種, 故結果顯示兩地的相似性較低。

比較植物屬與鄰近大陸的相似性, 結果顯示與日本的植物屬較為親近, 相似性指數高達 94, 主要是因兩地的植物屬皆為溫帶性質較為明顯之區域; 和中國地區之植物屬的相似性分析結果, 仍顯示本研究區與中國的植物屬有著其相關性, 但能是因研究區域所在位置的差異, 致使相似性較日本低, 其中秦嶺位於中國中部, 且山系主要為東—西走向, 故相似性指數最低。

### (三) 物種特有性

當植物分佈範圍有一定的限制時, 則稱為特有現象 (應俊生和張玉龍, 1994)。本研究區內的特有種相當豐富, 除去兩個栽培的特有種, 臺灣雲杉和臺灣二葉松, 其餘的共佔原生物種數 37.7%, 比臺灣的特有物種比例 26.1% (Hsieh, 2002) 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。物種數較多的前 10 科, 其數量佔所有原生種約 50%, 其中又以菊科植物內的特有種最多。在期末報告的研究重點區域中, 黑森林下特有種有黃山蟹甲草 (*Parasenecio hwangshanica*)、貧子水苦蕒 (*Veronica oligosperma*) 及密葉唐松草 (*Thalictrum myriophyllum*) 等; 圈谷內玉山圓柏 (*Juniperus squamata*) 及玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum*) 所成之矮盤灌叢, 其下亦有許多特有種, 如玉山山蘿蔔 (*Scabiosa lacerifolia*)、雪山馬蘭 (*Aster takasagomontanus*)、

南湖碎雪草 (*Euphrasia nankotaizanensis*)等，另有 1 特有種於黑森林及圈谷皆有分佈，為川上氏忍冬 (*Lonicera kawakamii*)，這些皆為步道旁即可見到之物種，其中南湖碎雪草和川上氏忍冬在國際自然保育協會 (The World Conservation Union, IUCN) 保育評估等級標準內是為近危級 (Near Threatened, NT) (IUCN, 2001)，實應擬定保育計畫，以期能讓這些珍貴的臺灣特有種避免滅絕之危機。

## 五、結論與建議

### (一) 結論

1. 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。

2. 雪山主峰沿線種子植物區系科的組成，以北溫帶分佈和泛熱帶分的科佔有相當高的比例，可反映出本植物區系為熱帶到溫帶之過渡區。

3. 屬分佈型亦可充分顯示出本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。

4. 維管束植物屬之相似性比較，以大霸尖山的相似性指數最高，共有屬為 246 屬，相似性指數為 92，主要是因研究區域較為相近，生育地環境亦較為相似所致。與鄰近大陸比較，以日本的相似性指數最高，共有屬為 244 屬，相似性指數為 91，主要是因兩地皆為溫帶區域，故維管束植物屬之組成較為相近。

5. 研究區中特有物種數相當豐富，佔總物種數 36.3 %。在黑森林有黃山蟹甲草為特有且易危級之物種以及大武貓兒眼睛草為特有且近危級物種；圈谷地區有雪山馬蘭及南湖碎雪草等，為特有且易危級物種，這些特有卻瀕危的自然資源，應長期觀測且實施保育，以免其因人為干擾而滅絕。

### (二) 建議

根據本研究於雪山主峰沿線維管束植物相之調查研究，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：國立中興大學森林系

建議事項：圈谷地形特殊，且玉山圓柏及玉山杜鵑所成之矮盤灌叢亦為獨特地景，其下更是物種豐富，如雪山馬蘭及南湖碎雪草等，皆為步道旁即可見之特有種及稀有種，建議可製作物種介紹之立牌，讓遊客了解物種特性及圈谷冰河地形，更可達到共同保育之功效。

## 2. 長期建議

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：本研究區中植外來物種已入侵至三六九山莊，如貓兒菊 (*Hypochaeris radicata*) 及大扁雀麥 (*Bromus catharticus*) 等，建議長期觀測以保育特有種及稀有種，並監測外來種對生態所造成之衝擊。



## 六、參考文獻

- 方碧真、卓正大 (1995) 臺灣地區種子植物區系的基本特徵。熱帶地理 15(3): 263-271。
- 王志強 (2000) 臺灣產灰木科植物之分類研究。國立中興大學森林系研究所博士論文。第 44 頁。
- 王荷生 (1992) 植物區系地理。科學出版社—北京。共 180 頁。
- 王荷生 (1997) 華北植物區系地理。科學出版社—北京。共 229 頁。
- 左家哺、傅德志、彭代文 (1996) 植物區系數值分析。中國科學技術出版社。16-32 頁。
- 吳征鎰 (1983) 中國自然地理—植物地理 (上冊)。科學出版社，北京。共 129 頁。
- 吳征鎰 (1991) 中國種子植物屬的分佈區類型。雲南植物研究，增刊 IV: 1-139。
- 吳征鎰、周浙昆、孫航、李德銖、彭華 (2006) 種子植物分佈區類型及其起源和分化。雲南科技出版社—昆明。共 566 頁。
- 吳蕙吟 (2002) 臺灣本島溫帶種子植物區系的初步分析。國立東華大學自然資源管理所碩士論文。共 84 頁。
- 呂勝由、林則桐 (1990) 南湖大山植群生態之研究。林業試驗所研究報告季刊 5(2): 121-133。
- 李楠 (1995) 論松科植物的地理分佈、起源和擴散。植物分類學報 33(2): 105-130。
- 李錫文 (1996) 中國種子植物區系統計分析。雲南植物研究 4:363-384。
- 沈中桴 (1996) 臺灣的生物地理：1. 背景。臺灣省立博物館年刊 39: 387-427。
- 沈啟 (1976) 從木本植物屬論臺灣之植物地理位置。國立臺灣大學森林研究所碩士論文。2-60 頁。
- 林春松 (2005) 植物區系的研究方法概述。湖北林業科技 132:39-41。
- 柳楮 (1988) 臺灣植物分佈特性。科學月刊 19(12): 889-893。
- 耿煊 (1956) 臺灣植物與鄰近地區植物之關係。植物分類及植物地理論叢。101-105 頁。
- 張鏡鋁 (1998) 植物區系地理研究中的重要參數—相似性指數。地理研究 4-34

- 17(4):429-434。
- 陳應欽 (2004) 太魯閣國家公園與中國大陸華中、華南、西南地區蕨類植物區系之比較研究。國立東華大學自然資源管理所碩士論文。共 101 頁。
- 曾文彬 (1993) 更新世臺灣海峽兩岸植物區系遷移的通道。雲南植物研究 16(2): 107-110。
- 黃瑜齡 (2002) 馬祖列島植物地理之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。共 81 頁。
- 黃增泉、王震哲、楊國禎、黃星凡、湯惟新 (1987) 雪山—大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告。內政部營建署委託研究。共 164 頁。
- 楊國禎、陳永修、潘富俊 (1998) 由台灣高士佛的稀有植物論恆春與半島的植物區系。邱少婷、彭鏡毅編。海峽兩岸植物多樣性與保育。國立自然科學博物館印行。27-45 頁。
- 路安民 (1999) 種子植物科屬地理。科學出版社。共 664 頁。
- 劉世龍、趙見明 (2009) 雲南德宏州高等植物 (上下冊)。科學出版社—北京。共 1424 頁。
- 劉全儒、張潮、康慕誼 (2004) 小五台山種子植物區系研究。植物研究 24(4): 499-506。
- 劉靜榆 (1991) 臺灣中部沙里仙溪集水區植群生態之研究—I. 植群分析與森林演替之研究。國立臺灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。共 131 頁。
- 賴明洲 (2003) 臺灣的植物。晨星出版。共 402 頁。
- 應俊生 (1997) 植物地理學的研究內容和趨勢。植物學通報, 第 14 期增刊。13-17 頁。
- 應俊生、徐國士 (2002) 中國臺灣種子植物區系的性質、特點及其與大陸植物區系的關係。植物分類學報 40(1): 1-51。
- 應俊生、張玉龍 (1994) 中國植物特有屬。科學出版社。共 699 頁。
- 謝光普 (2006) 綠島山地植群生態及植物區系之研究。國立屏東科技大學森林系碩士論文。共 174 頁。
- Cox, C. B. and P. D. Moore (2005) Biogeography: an ecological and evolutionary approach. Blackwell Publishing, Oxford. pp. 428.

- Diels, L. (1934) *Pflanzengeographie*. Sammiung Press, Berlin. pp. 235.
- Good, R. (1963) *The geography of the flowering plants*. Longmans Press, London. pp. 452.
- Hosokawa, T. (1958) On the synchorological and floristic trends and discontinuities in regard to the Japan-Liukiu-Formosa area. *Vegetatio* 8: 65-92.
- Hsieh, C. F. (2002) Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. *Taiwania* 47(4): 298-310.
- IUCN (2001) IUCN Red List categories 3.1. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Kuo, C. M. (1985) Taxonomy and phytogeography of Taiwanese pteridophytes. *Taiwania* 30: 5-100.
- Li, H. L. (1953) Floristic interchanges between Formosa and Philippines. *Pacific Science* 7: 179-186.
- Li, H. L. and H. Keng (1950) Phytogeographical affinities of southern Taiwan. *Taiwania* 1: 103-128.
- Li, Zhang and R. T, Corlett (2003) Phytogeography of Hong Kong bryophytes. *Journal of Biogeography* 30: 1329-1337.
- Ohwi, J. (1965) *Flora of Japan*, edited in English. Smithsonian Institution, Washington D. C.. pp. 1066.
- Preston, C. D. and M. O, Hill (1997) The geographical relationships of British and Irish vascular plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 124: 1-120.
- Qian, H. (1999) Floristic analysis of vascular plant genera of north American north Mexico: characteristics of phytogeography. *Journal of Biogeography* 26: 1307-1321.
- Qian, H. (2001) Floristic analysis of vascular plant genera of north American north Mexico: spatial patterning of phytogeography. *Journal of Biogeography* 28: 525-534.
- Szymkiewicz D. (1934) Une contribution statistique a la geographie floristique.

*Acta societatis botanicorum poloniae*, 11(3) pp. 249-265.

Takhtajan, A. (1986) *Floristic regions of the world*. University of California Press, Berkeley. pp. 522.

## 附錄 4-1 雪山主峰沿線維管束植物名錄

\*為特有種，◎為外來種，△為栽培種

### 蕨類植物

1. LYCOPODIACEAE 石松科
  1. *Lycopodium annotinum* L. 杉葉蔓石松
  2. *Lycopodium complanatum* L. 地刷子
  3. *Lycopodium japonicum* Thunb ex Murray 日本石松
  4. *Lycopodium obscurum* L. 玉柏
  5. *Lycopodium quasipolytrichoides* Hayata 反捲葉石杉
  6. *Lycopodium selago* L. var. *appressum* Desv. 小杉葉石杉
  7. *Lycopodium serratum* Thunb. 千層塔
  8. *Lycopodium veitchii* Christ 玉山石松
2. SELAGINELLACEAE 卷柏科
  9. *Selaginella labordei* Hieron. ex Christ 玉山卷柏
3. OPHIOGLOSSACEAE 瓶爾小草科
  10. *Botrychium lunaria* (L.) Sw. 扇羽陰地蕨
  11. *Ophioglossum austroasiaticum* Nishida 高山瓶爾小草
4. OSMUNDACEAE 紫萁科
  12. *Osmunda claytoniana* L. 絨假紫萁
  13. *Osmunda japonica* Thunb. 紫萁
5. GLEICHENIACEAE 裏白科
  14. *Diplazium glaucum* (Houtt.) Nakai 裏白
6. HYMENOPHYLLACEAE 膜蕨科
  15. *Gonocormus minutus* (Bl.) v. d. Bosch 團扇蕨
  16. *Mecodium polyanthos* (Sw.) Copel. 細葉落蕨
  17. *Mecodium wrightii* (v. d. Bosch) Copel. 萊氏落蕨
7. PLAGIOGYRIACEAE 瘤足蕨科
  18. *Plagiogyria euphlebia* (Kunze) Mett. 華中瘤足蕨
  - \*19. *Plagiogyria formosana* Nakai 臺灣瘤足蕨
8. DENNSTAEDTIACEAE 碗蕨科
  20. *Monachosorum maximowiczii* (Bak.) Hayata 岩穴蕨
  21. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *latiusculum* (Desv.) Shieh 蕨
  22. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *wightianum* (Wall.) Shieh 巒大蕨
9. DAVALLIACEAE 骨碎補科
  23. *Araiostegia parvipinnata* (Hayata) Copel. 臺灣小膜蓋蕨
10. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科
  24. *Cryptogramma brunoniana* Wall. ex Hook. Et Grev. 高山珠蕨
  25. *Cryptogramma stelleri* (Gmel.) Prantl 疏葉珠蕨
  26. *Pteris fauriei* Hieron. 傅氏鳳尾蕨
  27. *Pteris vittata* L. 鱗蓋鳳尾蕨
11. ADIANTACEAE 鐵線蕨科

28. *Adiantum caudatum* L. 鞭葉鐵線蕨  
 29. *Coniogramme intermedia* Heiron. 華鳳了蕨
12. BLECHNACEAE 烏毛蕨科  
 30. *Woodwardia unigemmata* (Makino) Nakai 生芽狗脊蕨
13. ASPIDIACEAE 三叉蕨科  
 31. *Ctenitis kawakamii* (Hayata) Ching 川上氏肋毛蕨  
 \*32. *Ctenitis transmorrisonensis* (Hayata) Tagawa 玉山肋毛蕨
14. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科  
 33. *Acrophorus stipellatus* T. Moore 魚鱗蕨  
 34. *Arachniodes aristata* (G. Forst.) Tindle 細葉複葉耳蕨  
 35. *Arachniodes pseudo-aristata* (Tagawa) Ohwi 小葉複葉耳蕨  
 36. *Arachniodes rhomboides* (Wall. ex Mett.) Ching 斜方複葉耳蕨  
 37. *Dryopteris alpestris* Tagawa 腺鱗毛蕨  
 38. *Dryopteris austriaca* (Jacq.) Wayn. ex Schinz & Thell. 闊葉鱗毛蕨  
 39. *Dryopteris barbigera* (Hook.) Kuntze 密毛鱗毛蕨  
 40. *Dryopteris costalisora* Tagawa 能高鱗毛蕨  
 41. *Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkins & Jermy. 廣布鱗毛蕨  
 42. *Dryopteris formosana* (H. Christ) C. Chr. 臺灣鱗毛蕨  
 \*43. *Dryopteris fructuosa* (H. Christ) C. Chr. 深山鱗毛蕨  
 44. *Dryopteris hendersonii* (Bedd.) C. Chr. 小苞鱗毛蕨  
 45. *Dryopteris lepidopoda* Hayata 厚葉鱗毛蕨  
 46. *Dryopteris redactopinnata* S. K. Basu & Panigr. 藏布鱗毛蕨  
 47. *Dryopteris serrato-dentata* (Bedd.) Hayata 鋸齒葉鱗毛蕨  
 48. *Dryopteris sinofibrillosa* Ching 密鱗毛蕨  
 49. *Leptorumohra quadripinnata* (Hayata) H. Ito 毛苞擬複葉耳蕨  
 50. *Polystichum acanthophyllum* (Franch.) H. Christ 針葉耳蕨  
 51. *Polystichum duthiei* (C. Hope) C. Chr. 杜氏耳蕨  
 52. *Polystichum hancockii* (Hance) Diels 韓氏耳蕨  
 53. *Polystichum hecatopterum* Diels 鋸齒葉耳蕨  
 54. *Polystichum integripinnum* Hayata 狹葉貫眾蕨  
 55. *Polystichum lachenense* (Hook.) Bedd. 高山耳蕨  
 \*56. *Polystichum morii* Hayata 玉山耳蕨  
 57. *Polystichum nepalense* (Spreng.) C. Chr. 軟骨耳蕨  
 \*58. *Polystichum parvipinnulum* Tagawa 尖葉耳蕨  
 59. *Polystichum piceopaleaceum* Tagawa 黑鱗耳蕨  
 60. *Polystichum prescottianum* (Wall. ex Mett.) T. Moore 南湖耳蕨  
 61. *Polystichum stenophyllum* H. Christ 芽胞耳蕨  
 62. *Polystichum taizhongense* H. S. Kung 臺中耳蕨  
 63. *Polystichum wilsonii* H. Christ 福山氏耳蕨
15. THELYPTERIDACEAE 金星蕨科  
 64. *Cyclosorus parasiticus* (L.) Farw. 密毛毛蕨  
 65. *Parathypteris beddomei* (Baker) Ching 縮羽金星蕨  
 66. *Phegopteris decursive-pinnata* (H. C. Hall) Fee 短柄卵果蕨
16. ATHYRIACEAE 蹄蓋蕨科  
 67. *Athyrium anisopterum* Christ 宿蹄蓋蕨  
 68. *Athyrium atkinsonii* Bedd. 亞德氏蹄蓋蕨

- 69. *Athyrium erythropodum* Hayata 紅柄蹄蓋蕨
- 70. *Athyrium leiopodum* (Hayata) Tagawa 小葉蹄蓋蕨
- 71. *Athyrium nigripes* (Blume) T. Moore 蓬萊蹄蓋蕨
- 72. *Athyrium oppositipinum* Hayata 對生蹄蓋蕨
- 73. *Athyrium pycnosorum* H. Christ 深山蹄蓋蕨
- 74. *Athyrium reflexipinum* Hayata 逆葉蹄蓋蕨
- 75. *Athyrium vidalii* (Franch. & Sav.) Nakai 山蹄蓋蕨
- 76. *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. 冷蕨
- 77. *Cystopteris moupinensis* Franch. 寬葉冷蕨
- 78. *Gymnocarpium remote-pinnatum* (Hayata) Ching 細裂羽節蕨
- 79. *Woodsia polystichoides* D. C. Eaton 岩蕨
- 80. *Deparia allantodioides* (Bedd.) M. Kato 亞蹄蓋蕨

17. ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

- 81. *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm. 線葉鐵角蕨
- 82. *Asplenium trichomanes* L. 鐵角蕨
- 83. *Asplenium tripteropus* Nakai 三翅鐵角蕨

18. POLYPODIACEAE 水龍骨科

- 84. *Arthromeris lehmannii* (Mett.) Ching 肢節蕨
- 85. *Crypsinus hastatus* (Thunb.) Copel. 三葉蕨
- 86. *Crypsinus quasidivaticatus* (Hayata) Copel. 玉山蕨
- 87. *Drymotaenium miyoshianum* (Makino) Makino 二條線蕨
- 88. *Lepisorus clathratus* (C. B. Clarke) Ching 網眼瓦葎
- \*89. *Lepisorus monilisorus* (Hayata) Tagawa 擬菱瓦葎
- 90. *Lepisorus morrisonensis* (Hayata) H. Ito 玉山瓦葎
- \*91. *Lepisorus pseudo-ussuriensis* Tagawa 擬烏蘇里瓦葎
- 92. *Lepisorus suboligolepidus* Ching 擬鱗瓦葎
- 93. *Lepisorus tosaensis* (Makino) H. Ito 擬瓦葎
- 94. *Polypodium amoenum* Wall. ex Mett. 阿里山水龍骨
- 95. *Polypodium formosanum* Baker 臺灣水龍骨
- 96. *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farw. 石葎

19. GRAMMITIDACEAE 禾葉蕨科

- 97. *Xiphopteris okuboi* (Yatabe) Copel. 梳葉蕨

裸子植物

20. TAXACEAE 紅豆杉科

- 98. *Taxus sumatrana* (Miq.) de Laub. 南洋紅豆杉

21. PINACEAE 松科

- \*99. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉
- \*Δ100. *Picea morrisonicola* Hayata 臺灣雲杉
- 101. *Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata 華山松
- \*102. *Pinus morrisonicola* Hayata 臺灣五葉松
- \*Δ103. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松
- \*104. *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng 鐵杉

22. TAXODIACEAE 杉科

- ◎Δ105. *Cunninghamia konishii* Hayata 杉木

23. CUPRESSACEAE 柏科

- \*106. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜
- \*107. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏
- 108. *Juniperus squamata* Buch.-Ham. apud Lamb. 香青

雙子葉植物

24. MYRIACEAE 楊梅科

- 109. *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc. 楊梅

25. JUGLANDACEAE 胡桃科

- 110. *Juglans cathayensis* Dode 野核桃
- 111. *Platycarya strobilacea* Sieb. & Zucc. 化香樹

26. SALICACEAE 楊柳科

- \*112. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳
- \*113. *Salix fulvopubescens* Hayata var. *doii* (Hayata) Yang & Huang 薄葉柳
- \*114. *Salix fulvopubescens* Hayata var. *tagawana* (Koidz.) Yang & Huang 白毛柳
- \*115. *Salix taiwanalpina* Kimura 臺灣山柳

27. BETULACEAE 樺木科

- 116. *Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino 臺灣赤楊

28. FAGACEAE 殼斗科

- 117. *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst. var. *glauca* 青剛櫟
- \*118. *Cyclobalanopsis morii* (Hayata) Schottky 森氏櫟
- 119. *Cyclobalanopsis salicina* (Bl.) Oerst. 白背櫟
- \*120. *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo 狹葉櫟
- 121. *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *arisanensis* (Hayata) Liao 阿里山三斗石櫟
- \*122. *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *ternaticupula* (Hayata) Liao 三斗石櫟
- 123. *Quercus spinosa* A. David ex Fr. 高山櫟
- \*124. *Quercus tatakaensis* Tomiya 銳葉高山櫟
- 125. *Quercus variabilis* Bl. 栓皮櫟

29. URTICACEAE 蕁麻科

- 126. *Debregeasia orientalis* C. J. Chen 水麻
- \*127. *Elatostema trilobulatum* (Hayata) Yamazaki 裂葉樓梯草
- 128. *Gonostegia hirta* (Bl.) Miq. 糯米糰
- 129. *Nanocnide japonica* Bl. 花點草
- 130. *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen 短角冷水麻
- \*131. *Pilea rotundinucula* Hayata 圓果冷水麻
- \*132. *Urtica taiwaniana* Ying 臺灣蕁麻
- 133. *Urtica thunbergiana* Sieb. & Zucc. 咬人貓

30. LORANTHACEAE 桑寄生科

- 134. *Loranthus delavayi* Van Tieghem 桐樹桑寄生
- \*135. *Loranthus kanoi* (Chao) Kiu 高氏桑寄生
- \*136. *Taxillus lonicerifolius* (Hayata) Chiu var. *lonicerifolius* 忍冬葉桑寄生
- \*137. *Taxillus rhododendricolus* (Hayata) Chiu 杜鵑桑寄生
- 138. *Viscum articulata* Burm. 桐櫟柿寄生

31. BALANOPHORACEAE 蛇菰科

- 139. *Balanophora laxiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 穗花蛇菰



32. POLYGONACEAE 蓼科

140. *Polygonum chinense* L. 火炭母草  
141. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼  
\*142. *Polygonum multiflorum* Thunb. ex Murray var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏  
143. *Polygonum nepalense* Meisn. 尼泊爾蓼  
\*144. *Polygonum pilushanense* Liu & Ou 畢祿山蓼  
145. *Polygonum runcinatum* Buch.-Ham. ex D. Don 玉山蓼  
146. *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖  
◎147. *Rumex acetosella* L. 小酸模  
◎148. *Rumex crispus* L. 皺葉酸模

33. PHYTOLACCACEAE 商陸科

149. *Phytolacca japonica* Makino 日本商陸

34. CARYOPHYLLACEAE 石竹科

- \*150. *Arenaria subpilosa* (Hayata) Ohwi 亞毛無心菜  
\*151. *Arenaria takasagomontana* (Masam.) S. S. Ying 高山無心菜  
\*152. *Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* (Hayata) Hayata 玉山卷耳  
153. *Cucubalus baccifer* L. 狗筋蔓  
\*154. *Dianthus pygmaeus* Hayata 玉山石竹  
155. *Dianthus superbus* L. var. *superbus* 瞿麥  
156. *Dianthus superbus* L. var. *longicalycinus* (Maxim.) Will. 長萼瞿麥  
\*157. *Dianthus superbus* L. var. *taiwanensis* (Masam.) Liu & Ying 臺灣瞿麥  
\*158. *Silene glabella* (Ohwi) Ying 禿玉山蠅子草  
\*159. *Silene morrison-montana* (Hayata) Ohwi & Ohashi 玉山蠅子草  
\*160. *Stellaria arisanensis* (Hayata) Hayata 阿里山繁縷  
161. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷

35. CHENOPODIACEAE 藜科

162. *Chenopodium album* L. 藜

36. LAURACEAE 樟科

163. *Machilus japonica* Sieb. & Zucc. 假長葉楠  
\*164. *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 高山新木薑子

37. TROCHODENDRACEAE 昆欄樹科

165. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 昆欄樹

38. RANUNCULACEAE 毛茛科

- \*166. *Aconitum fukutomei* Hayata 臺灣烏頭  
\*167. *Aconitum fukutomei* Hayata var. *formosanum* (Tamura) Yang & Huang 蔓烏頭  
168. *Anemone stolonifera* Maxim. 匍枝銀蓮花  
\*169. *Clematis gouriana* Roxb. ex DC. subsp. *lishanensis* Yang & Huang 梨山小蓑衣藤  
170. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍  
\*171. *Clematis henryi* Oliv. var. *morii* (Hayata) Yang & Huang 森氏鐵線蓮  
172. *Clematis lasiandra* Maxim. 小木通  
173. *Clematis montana* Buch.-Ham. ex DC. 繡球藤  
\*174. *Ranunculus formosa-montanus* Ohwi 蓬萊毛茛  
\*175. *Ranunculus junipericola* Ohwi 檜林毛茛  
\*176. *Ranunculus morii* (Yamamoto) Ohwi 森氏毛茛

- \*177. *Ranunculus taisanensis* Hayata 鹿場毛茛  
 178. *Thalictrum javanicum* Bl. var. *puberulum* W. T. Wang 微毛爪哇唐松草  
 \*179. *Thalictrum myriophyllum* Ohwi 密葉唐松草  
 \*180. *Thalictrum rubescens* Ohwi 南湖唐松草  
 \*181. *Thalictrum sessile* Hayata 玉山唐松草  
 \*182. *Thalictrum urbaini* Hayata 傅氏唐松草  
 \*183. *Thalictrum urbaini* Hayata var. *majus* T. Shimizu 大花傅氏唐松草
39. BERBERIDACEAE 小檗科  
 \*184. *Berberis brevisepala* Hayata 高山小檗  
 \*185. *Berberis kawakamii* Hayata 臺灣小檗  
 \*186. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小檗
40. LARDIZABALACEAE 木通科  
 187. *Stauntonia obovatifoliola* Hayata 石月  
 \*188. *Stauntonia purpurea* Y. C. Liu & F. Y. Lu 紫花野木瓜
41. ARISTOLOCHIACEAE 馬兜鈴科  
 189. *Aristolochia kaempferi* Willd. 大葉馬兜鈴
42. ACTINIDIACEAE 獼猴桃科  
 \*190. *Actinidia chinensis* Planch. var. *setosa* Li 臺灣羊桃
43. THEACEAE 茶科  
 \*191. *Cleyera japonica* Thunb. var. *longicarpa* (Yamamoto) Ling & Hsieh 長果紅淡比  
 \*192. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 假柃木  
 \*193. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木  
 194. *Eurya gnaphalocarpa* Hayata 毛果柃木  
 \*195. *Eurya leptophylla* Hayata 薄葉柃木  
 196. *Eurya loquaiana* Dunn 細枝柃木
44. GUTTIFERAE=CLUSIACEAE 金絲桃科  
 \*197. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃  
 198. *Hypericum taihezanense* Sasaki ex S. Suzuki 短柄金絲桃
45. FUMARIACEAE 紫堇科  
 199. *Corydalis ophiocarpa* Hook. f. & Thoms. 彎果黃堇
46. CRUCIFERAE=BRASSICACEAE 十字花科  
 \*200. *Arabis formosana* (Masam. ex S. F. Huang) Liu & Ying 臺灣筷子芥  
 201. *Arabis gemmifera* (Matsumura) Makino ex Hara 葉芽筷子芥  
 202. *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥  
 203. *Arabis serrata* Franch. & Sav. 齒葉筷子芥  
 \*204. *Barbarea arisanense* (Hayata) S. S. Ying 高山山芥  
 \*205. *Barbarea orthoceras* Ledeb. 山芥菜  
 \*206. *Barbarea taiwaniana* Ohwi 臺灣山芥  
 ◎207. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. 薺  
 208. *Cardamine flexuosa* With. 焊菜  
 209. *Draba sekiyana* Ohwi 臺灣山薺  
 ◎210. *Thlaspi arvense* L. 凹果蔴
47. CRASSULACEAE 景天科  
 \*211. *Hylotelephium subcapitatum* (Hayata) Ohba 穗花八寶

212. *Sedum arisanense* Yamam. 阿里山佛甲草  
\*213. *Sedum erythrospermum* Hayata 紅子佛甲草  
\*214. *Sedum morrisonense* Hayata 玉山佛甲草  
\*215. *Sedum nokoense* Yamamoto 能高佛甲草  
216. *Sedum uniflorum* Hook. & Arn. 疏花佛甲草

48. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

- \*217. *Astilbe longicarpa* (Hayata) Hayata 落新婦  
\*218. *Chrysosplenium hebetatum* Ohwi 大武貓兒眼睛草  
219. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏  
220. *Hydrangea angustipetala* Hayata 狹瓣八仙花  
221. *Hydrangea anomala* D. Don 藤繡球  
222. *Hydrangea aspera* D. Don 高山藤繡球  
223. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球  
\*224. *Itea parviflora* Hemsl. 小花鼠刺  
\*225. *Mitella formosana* (Hayata) Masam. 臺灣噴吶草  
226. *Parnassia palustris* L. 梅花草  
227. *Pileostegia viburnoides* Hook. f. & Thoms. 青棉花  
\*228. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子

49. PITTOSPORACEAE 海桐科

229. *Pittosporum illicioides* Makino 疏果海桐

50. ROSACEAE 薔薇科

- \*230. *Cotoneaster konishii* Hayata 臺灣鋪地蜈蚣  
\*231. *Cotoneaster morrisonensis* Hayata 玉山鋪地蜈蚣  
232. *Cotoneaster horizontalis* Decne. 平枝鋪地蜈蚣  
233. *Duchesnea indica* (Andr.) Focke 蛇莓  
\*234. *Filipendula kiraishiensis* Hayata 臺灣蚊子草  
\*235. *Fragaria hayatai* Makino 臺灣草莓  
236. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨  
237. *Potentilla leuconota* D. Don 玉山金梅  
238. *Potentilla matsumurae* Th. Wolf. var. *pilosa* Koidz. 高山翻白草  
\*239. *Potentilla tugitakensis* Masam. 雪山翻白草  
240. *Prunus obtusata* Koehne 臺灣稠李  
\*241. *Prunus takasagomontana* Sasaki 山白櫻  
\*242. *Prunus transarisanensis* Hayata 阿里山櫻花  
243. *Rosa multiflora* Thunb. ex Murray var. *formosana* Cardot 臺灣野薔薇  
244. *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. 玉山薔薇  
\*245. *Rosa taiwanensis* Nakai 小金櫻  
246. *Rosa transmorrisonensis* Hayata 高山薔薇  
247. *Rubus alnifoliolatus* Levl. 檜葉懸鉤子  
248. *Rubus buergeri* Miq. 寒莓  
249. *Rubus calycinoides* Hayata 玉山懸鉤子  
250. *Rubus corchorifolius* L. f. 變葉懸鉤子  
251. *Rubus croceacanthus* Levl. 薄瓣懸鉤子  
252. *Rubus formosensis* Ktze. 臺灣懸鉤子  
\*253. *Rubus kawakamii* Hayata 桑葉懸鉤子  
254. *Rubus mesogaeus* Focke 裡白懸鉤子  
\*255. *Rubus parviaraliifolius* Hayata 小椏葉懸鉤子

256. *Rubus pectinellus* Maxim. 刺萼寒莓  
 \* 257. *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim. 毛刺懸鉤子  
 258. *Rubus pungens* Camb. var. *pungens* 刺懸鉤子  
 259. *Rubus rosifolius* J. E. Smith 刺莓  
 260. *Rubus swinhoei* Hance 斯氏懸鉤子  
 \*261. *Rubus taiwoensis* Hayata var. *aculeatiflorus* (Hayata) H. Ohashi & Hsieh 刺花懸鉤子  
 262. *Rubus trianthus* Focke 苦懸鉤子  
 263. *Rubus wallichianus* Wight & Arnott 鬼懸鉤子  
 264. *Sibbaldia procumbens* L. 五蕊莓  
 \*265. *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz. 巒大花楸  
 \*266. *Spiraea formosana* Hayata 臺灣繡線菊  
 \*267. *Spiraea hayatana* Li 假繡線菊  
 \*268. *Spiraea morrisonicola* Hayata 玉山繡線菊  
 269. *Spiraea prunifolia* Sieb. & Zucc. var. *pseudoprunifolia* (Hayata) Li 笑靨花
51. LEGUMINOSAE=FABACEAE 豆科  
 \*270. *Astragalus nokoensis* Sasaki 能高大山紫雲英  
 271. *Desmodium sequax* Wall. 波葉山螞蝗  
 272. *Lespedeza cuneata* (Dumont d. Cours.) G. Don. 鐵掃帚  
 ◎273. *Trifolium repens* L. 菽草
52. OXALIDACEAE 酢漿草科  
 274. *Oxalis acetocella* L. ssp. *griffithii* (Edgew. & Hook f.) Hara var. *formosana* (Terao) Huang & Huang 臺灣山酢醬草  
 \*275. *Oxalis acetocella* L. ssp. *taemoni* (Yamamoto) Huang & Huang 大霸尖山酢醬草  
 ◎276. *Oxalis corniculata* L. 酢醬草
53. GERANIACEAE 牻牛兒苗科  
 \*277. *Geranium hayatanum* Ohwi 單花牻牛兒苗  
 278. *Geranium nepalense* Sweet subsp. *thunbergii* (Sieb. & Zucc.) Hara 牻牛兒苗
54. POLYGALACEAE 遠志科  
 279. *Polygala japonica* Houtt. 瓜子金
55. ANACARDIACEAE 漆樹科  
 280. *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Willson 羅氏鹽膚木
56. ACERACEAE 槭樹科  
 \*281. *Acer albopurpurascens* Hayata 樟葉槭  
 282. *Acer kawakamii* Koidzumi 尖葉槭  
 \*283. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭
57. AQUIFOLIACEAE 冬青科  
 284. *Ilex bioritsensis* Hayata 苗栗冬青  
 285. *Ilex pedunculosa* Miq. 刻脈冬青  
 286. *Ilex sugerokii* Maxim. var. *brevipedunculata* (Maxim.) S. Y. Hu 太平山冬青  
 \*287. *Ilex tugitakayamensis* Sasaki 雪山冬青  
 288. *Ilex yunnanensis* Fr. var. *parvifolia* (Hayata) S. Y. Hu 雲南冬青
58. CELASTRACEAE 衛矛科  
 289. *Celastrus punctatus* Thunb. 光果南蛇藤

- \*290. *Euonymus spraguei* Hayata 刺果衛矛  
291. *Microtropis fokiensis* Dunn 福建賽衛矛  
\*292. *Perrottetia arisanensis* Hayata 佩羅特木
59. RHAMNACEAE 鼠李科  
293. *Rhamnus parvifolia* Bunge 小葉鼠李
60. MALVACEAE 錦葵科  
◎294. *Malva neglecta* Wall. 圓葉錦葵  
◎295. *Malva sinensis* Cav. 華錦葵
61. THYMELAEACEAE 瑞香科  
\*296. *Daphne arisanensis* Hayata 臺灣瑞香
62. ELAEAGNACEAE 胡頹子科  
\*297. *Elaeagnus thunbergii* Serv. 鄧氏胡頹子  
298. *Elaeagnus umbellata* Thunb. 小葉胡頹子
63. VIOLACEAE 堇菜科  
\*299. *Viola adonthrix* Hayata 喜岩堇菜  
\*300. *Viola adonthrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) Wang & Huang 雪山堇菜  
301. *Viola betonicifolia* J. E. Smith 箭葉堇菜  
302. *Viola biflora* L. 雙黃花堇菜  
303. *Viola diffusa* Ging. 茶匙黃  
\*304. *Viola formosana* Hayata 臺灣堇菜  
305. *Viola mandshurica* W. Becker 紫花地丁  
\*306. *Viola senzanensis* Hayata 尖山堇菜
64. CUCURBITACEAE 葫蘆科  
307. *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino 絞股藍  
308. *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽
65. MELASTOMATACEAE 野牡丹科  
309. *Sarcopyramis napalensis* Wall. var. *delicata* (C. B. Robinson) S. F. Huang & T. C. Huang  
東方肉穗野牡丹
66. ONAGRACEAE 柳葉菜科  
310. *Circaea alpina* L. subsp. *imaicola* (Asch. & Mag.) Kitam. 高山露珠草  
311. *Circaea cordata* Royle 心葉露珠草  
312. *Epilobium amurense* Hausskn. 黑龍江柳葉菜  
\*313. *Epilobium hohuanense* Ying ex Chen, Hoch & Raven 合歡柳葉菜  
\*314. *Epilobium nankotaizanense* Yamamoto 南湖柳葉菜  
\*315. *Epilobium pengii* Chen, Hoch & Raven 彭氏柳葉菜  
\*316. *Epilobium taiwanianum* Chen, Hoch & Raven 臺灣柳葉菜
67. HALORAGACEAE 小二仙草科  
317. *Haloragis micrantha* (thunb.) R. Brown 小二仙草
68. ARALIACEAE 五加科  
318. *Aralia bipinnata* Blanco 裡白蔥木  
319. *Aralia decaisneana* Hance 臺灣蔥木  
320. *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr. 臺灣樹參  
321. *Eleutherococcus trifolius* (L.) S. Y. Hu var. *trifolius* 三葉五加

322. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤
69. UMBELLIFERAE=APIACEAE 繖形科
- \*323. *Angelica morii* Hayata 森氏當歸
- \*324. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸
- \*325. *Conioselinum morrisonense* Hayata 玉山彎柱芎
- \*326. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽
327. *Oenanthe javanica* (Bl.) DC. 水芹菜
- \*328. *Oreomyrrhis involucrata* Hayata 山薰香
- \*329. *Oreomyrrhis taiwaniana* Masam. 臺灣山薰香
- \*330. *Pimpinella nitakayamensis* Hayata 玉山茴芹
70. DIAPENSIACEAE 岩梅科
331. *Shortia rotundifolia* (Maxim.) Makino 倒卵葉裂緣花
71. PYROLACEAE 鹿蹄草科
332. *Cheilotheca humilis* (D. Don) H. Keng 水晶蘭
333. *Cheilotheca macrocarpa* (H. Andres) Y. L. Chou 阿里山水晶蘭
334. *Chimaphila japonica* Miq. 日本愛冬葉
335. *Moneses uniflora* (L.) A. Gray 單花鹿蹄草
336. *Monotropa hypopithys* L. 錫杖花
- \*337. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草
- \*338. *Pyrola albo-reticulata* Hayata 斑紋鹿蹄草
72. ERICACEAE 杜鵑花科
339. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹
340. *Gaultheria cumingiana* Vidal 白珠樹
341. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭
- \*342. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude var. *lanceolata* (Wall.) Hand.-Mazz. 銳葉南燭
343. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木
344. *Rhododendron leptosanctum* Hayata 西施花
- \*345. *Rhododendron noriakianum* T. Suzuki 細葉杜鵑
- \*346. *Rhododendron oldhamii* Maxim. 金毛杜鵑
- \*347. *Rhododendron pseudochrysanctum* Hayata 玉山杜鵑
- \*348. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑
- \*349. *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S. Y. Lu, Yuen P. Yang & Y. H. Tseng 臺灣高山杜鵑
350. *Vaccinium bracteatum* Thunb. 米飯花
- \*351. *Vaccinium merrillianum* Hayata 高山越橘
352. *Vaccinium japonicum* Miq. var. *lasiostemon* Hayata 毛蕊花
73. PRIMULACEAE 報春花科
353. *Primula miyabeana* Ito & Kawakami 玉山櫻草
74. SYMPLOCACEAE 灰木科
354. *Symplocos arisanensis* Hayata 阿里山灰木
355. *Symplocos formosana* Brand 臺灣灰木
356. *Symplocos heishanensis* Hayata 平遮那灰木
- \*357. *Symplocos morrisonicola* Hayata 玉山灰木
358. *Symplocos stellaris* Brand 枇杷葉灰木

75. OLEACEAE 木犀科

359. *Jasminum urophyllum* Hemsl. 川素馨  
\*360. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞  
361. *Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P. S. Green 異葉木犀

76. GENTIANACEAE 龍膽科

- \*362. *Gentiana arisanensis* Hayata 阿里山龍膽  
363. *Gentiana davidii* Franch. var. *formosana* (Hayata) T. N. Ho 臺灣龍膽  
\*364. *Gentiana flavomaculata* Hayata 黃斑龍膽  
\*365. *Gentiana flavomaculata* Hayata var. *yuanyanghuensis* C. H. Chen & J. C. Wang 鴛鴦湖龍膽  
\*366. *Gentiana itzershanensis* T. S. Liu & Chiu C. Kuo 伊澤山龍膽  
\*367. *Gentiana scabrida* Hayata 玉山龍膽  
368. *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke 大籽當藥  
\*369. *Swertia tozanensis* Hayata 高山當藥  
\*370. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 玉山肺形草  
\*371. *Tripterospermum taiwanense* (Masam.) Satake 臺灣肺形草  
\*372. *Tripterospermum luzonense* (Vidal) J. Murata 呂宋肺形草

77. ASCLEPIADACEAE 蘿藦科

373. *Cynanchum boudieri* H. Lev. & Vaniot 薄葉牛皮消

78. RUBIACEAE 茜草科

374. *Damnacanthus indicus* Gaertn. 伏牛花  
\*375. *Galium echinocarpum* Hayata 刺果豬殃殃  
\*376. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃  
\*377. *Galium fukuyamai* Masam. 福山氏豬殃殃  
◎378. *Galium spurium* L. f. *vaillantii* (DC.) R. J. Moore 豬殃殃  
379. *Nertera nigricarpa* Hayata 黑果深柱夢草  
\*380. *Rubia lanceolata* Hayata 金劍草

79. BORAGINACEAE 紫草科

- \*381. *Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺  
382. *Cynoglossum furcatum* Wallich 琉璃草  
\*383. *Trigonotis nankotaizanensis* (Sasaki) Masam. & Ohwi ex Masam. 南湖附地草  
\*384. *Trigonotis formosana* Hayata var. *elevatovenosa* (Hayata) S. D. Shen & J. C. Wang 臺北附地草

80. VERBENACEAE 馬鞭草科

385. *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花

81. LABIATAE =LAMIACEAE 唇形科

- \*386. *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori 疏花風輪菜  
\*387. *Gomphostemma callicarpoides* (Yamamoto) Masam. 臺灣楔冠草  
388. *Melissa axillaris* Bakh. f. 蜜蜂花  
389. *Origanum vulgare* L. 野薄荷  
390. *Rubiteucris palmata* (Benth. ex Hook f.) Kudo 掌狀野藿香  
\*391. *Salvia arisanensis* Hayata 阿里山紫花鼠尾草  
\*392. *Salvia hayatana* Makino ex Hayata 早田氏鼠尾草  
393. *Scutellaria indica* L. 印度黃芩  
394. *Teucrium bidentatum* Hemsl. 二齒香科科

395. *Comanthosphace formosana* Ohwi 臺灣白木草
82. SOLANACEAE 茄科
- ◎396. *Solanum nigrum* L. 龍葵
83. SCROPHULARIACEAE 玄參科
- ◎397. *Digitalis purpurea* L. 毛地黃
398. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊
- \*399. *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto 南湖碎雪草
- \*400. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草
- \*401. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata var. *durietziana* (Ohwi) T. C. Huang & M. J. Wu 臺灣碎雪草
402. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 腰只花
- \*403. *Mazus alpinus* Masam. 高山通泉草
- \*404. *Pedicularis ikomai* Sasaki 高山馬先蒿
405. *Pedicularis verticillata* L. 馬先蒿
406. *Veronica linariifolia* Pallas ex Link 追風草
- \*407. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦蕒
- \*408. *Veronica oligosperma* Hayata 貧子水苦蕒
409. *Veronica tsugitakensis* 雪山水苦蕒
84. ACANTHACEAE 爵床科
- \*410. *Strobilanthes formosanus* Moore 臺灣馬藍
85. OROBANCHACEAE 列當科
411. *Boschniakia himalaica* Hooker & Thomson 丁座草
86. PLANTAGINACEAE 車前科
- ◎412. *Plantago asiatica* L. 車前草
- ◎413. *Plantago major* L. 大車前草
87. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科
414. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬
- \*415. *Lonicera apodantha* Ohwi 無梗忍冬
416. *Lonicera hypoglauca* Miq. 裡白忍冬
- \*417. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬
418. *Lonicera macrantha* (D. Don) Spreng. 大花忍冬
419. *Sambucus chinensis* Lindl. 有骨消
420. *Viburnum betulifolium* Batal. 樺葉英迷
421. *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder 太平山英迷
422. *Viburnum formosanum* Hayata 紅子英迷
- \*423. *Viburnum integrifolium* Hayata 玉山糯米樹
424. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋英迷
425. *Viburnum propinquum* Hemsl. 高山英迷
426. *Viburnum sympodiale* Graebner 假繡球
- \*427. *Viburnum taitoense* Hayata 臺東英迷
428. *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc. 壺花英迷
88. VALERIANACEAE 敗醬科
429. *Triplostegia glandulifera* Wall. 三萼花草
430. *Valeriana fauriei* Briquet 纈草
431. *Valeriana flaccidissima* Maxim. 嫩莖纈草



89. DIPSACACEAE 續斷科

- \*432. *Scabiosa lacerifolia* Hayata 玉山山蘿蔔

90. CAMPANULACEAE 桔梗科

- \*433. *Adenophora morrisonensis* Hayata 玉山沙參  
\*434. *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. *uehatae* (Yamamoto) Lammers 高山沙參  
435. *Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC. 輪葉沙參  
\*436. *Codonopsis kawakamii* Hayata 玉山山奶草  
◎437. *Lobelia nummularia* Lam. 普刺特草  
438. *Peracarpa carnosa* (Wall.) Hook. f. & Thomson 山桔梗  
439. *Wahlenbergia marginata* (Thunb.) A. DC. 細葉蘭花參

91. COMPOSITAE=ASTERACEAE 菊科

440. *Ainsliaea latifolia* (D. Don) Sch. Bip. subsp. *henryi* (Diels) H. Koyama 臺灣鬼督郵  
441. *Anaphalis morrisonicola* Hayata 玉山抱莖籜簫  
442. *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz. 尼泊爾籜簫  
443. *Anaphalis royleana* DC. 能高籜簫  
444. *Artemisia capillaris* Thunb. 茵陳蒿  
445. *Artemisia indica* Willd. 艾  
\*446. *Artemisia kawakamii* Hayata 山艾  
\*447. *Artemisia morrisonensis* Hayata 細葉山艾  
\*448. *Artemisia nitakayamensis* Hayata 玉山艾  
\*449. *Artemisia oligocarpa* Hayata 高山艾  
\*450. *Artemisia tsugitakaensis* (Kitam.) Ling & Y. R. Ling 雪山艾  
451. *Aster lasiocladus* Hayata 絨山白蘭  
◎452. *Aster subulatus* Michaux 掃帚菊  
\*453. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭  
\*454. *Aster takasagomontanus* Sasaki 雪山馬蘭  
455. *Carpesium nepalense* Less. 黃金珠  
\*456. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊  
\*457. *Cirsium ferum* Kitam. 鱗毛薊  
\*458. *Cirsium hosokawae* Kitam. 細川氏薊  
\*459. *Cirsium kawakamii* Hayata 玉山薊  
\*460. *Cirsium morii* Hayata 森氏薊  
\*461. *Cirsium suzukii* Kitam. 鈴木氏薊  
◎462. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野苧蒿  
463. *Dichrocephala integrifolia* (L. f.) Kuntze 茯苓菜  
\*464. *Dendranthema morii* (Hayata) Kitam. 森氏菊  
\*465. *Erigeron morrisonensis* Hayata var. *fukuyamae* (Kitam.) Kitam. 福山氏飛蓬  
\*466. *Erigeron morrisonensis* Hayata var. *morrisonensis* 玉山飛蓬  
467. *Eupatorium formosanum* Hayata 臺灣澤蘭  
468. *Gnaphalium adnatum* Wall. ex DC. 紅面番  
469. *Gnaphalium hypoleucum* DC. 秋鼠麴草  
470. *Gnaphalium involucreatum* Forst. var. *ramosum* DC. 分枝鼠麴草  
471. *Gnaphalium involucreatum* Forst. var. *simplex* DC. 細葉鼠麴草  
472. *Gnaphalium japonicum* Thunb. 父子草  
473. *Gnaphalium luteoalbum* L. 絲綿草  
\*474. *Hieracium morii* Hayata 森氏山柳菊  
◎475. *Hypochaeris radicata* L. 貓兒菊  
476. *Ixeridium laevigatum* (Blume) J. H. Pak & Kawano 刀傷草

- \*477. *Ixeridium transnokoense* (Y. Sasaki) J. H. Pak & Kawano 能高刀傷草  
 478. *Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai 兔仔菜  
 \*479. *Leontopodium microphyllum* Hayata 玉山薄雪草  
 480. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊  
 481. *Parasenecio hwangshanicus* (Ling) C.-I Peng & S. W. Chung 黃山蟹甲草  
 482. *Parasenecio monantha* (Diels) C.-I Peng & S. W. Chung 玉山蟹甲草  
 \*483. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜  
 \*484. *Picris hieracioides* L. subsp. *ohwiana* (Kitam.) Kitam. 高山毛蓮菜  
 \*485. *Saussurea glandulosa* Kitam. 高山青木香  
 \*486. *Saussurea kiraisanensis* Masam. 奇萊青木香  
 \*487. *Senecio crataegifolius* Hayata 小蔓黃菀  
 \*488. *Senecio morrisonensis* Hayata 玉山黃菀  
 \*489. *Senecio nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama 黃菀  
 490. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀  
 491. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don. var. *incisus* Franch. 裂葉蔓黃菀  
 ◎492. *Senecio vulgaris* L. 歐洲黃菀  
 ◎493. *Sonchus oleraceus* L. 苦蕒菜  
 494. *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花  
 \*495. *Syneilesis subglabrata* (Yamamoto & Sasaki) Kitam. 高山破傘菊

單子葉植物

92. LILIACEAE 百合科

- \*496. *Aletris formosana* (Hayata) Sasaki 臺灣粉條兒菜  
 497. *Aletris spicata* Thunb. 束心蘭  
 \*498. *Helonias umbellata* (Baker) N. Tanaka 臺灣胡麻花  
 \*499. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合  
 500. *Maianthemum formosanum* (Hayata) LaFrankie 臺灣鹿藥  
 501. *Ophiopogon intermedius* D. Don 間型沿階草  
 \*502. *Veratrum formosanum* O. Loes. 臺灣藜蘆  
 \*503. *Veratrum shueshanarum* S. S. Ying 雪山藜蘆

93. SMILACACEAE 菝契科

504. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝契  
 505. *Smilax bracteata* Presl 假菝契  
 506. *Smilax china* L. 菝契  
 507. *Smilax elongato-umbellata* Hayata 細葉菝契  
 508. *Smilax glabra* Roxb. 光滑菝契  
 509. *Smilax menispermoidea* A. DC. 巒大菝契  
 510. *Smilax sieboldii* Miq. 臺灣山馬薯  
 511. *Smilax vaginata* Decaisne 玉山菝契

94. JUNCACEAE 燈心草科

- \*512. *Juncus triflorus* Ohwi 玉山燈心草  
 513. *Luzula effusa* Buchen. 中國地楊梅  
 514. *Luzula plumosa* E. Meyer 臺灣糖星草  
 \*515. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅

95. CYPERACEAE 莎草科

516. *Bulbostylis densa* (Wall.) Hand.-Mazz. 球柱草  
517. *Carex atrata* L. 南湖扁果薹  
518. *Carex baccans* Nees 紅果薹  
519. *Carex bilateralis* Hayata 短葉二柱薹  
520. *Carex brachyathera* Ohwi 垂穗薹  
521. *Carex breviculmis* R. Br. 短莖宿柱薹  
522. *Carex brunnea* Thunb. 束草  
523. *Carex caucasica* Steven 大井氏扁果薹  
524. *Carex cruciata* Wahl. 煙火薹  
525. *Carex filicina* Nees 紅鞘薹  
\*526. *Carex fulvorubescens* Hayata 茶色扁果薹  
527. *Carex ligulata* Nees 舌葉薹  
\*528. *Carex liuii* T. Koyama & Chuang 劉氏薹  
529. *Carex nubigena* D. Don ex Tilloch & Taylor 聚生穗序薹  
530. *Carex satzumensis* Franch. & Sav. 油薹  
531. *Carex tristachya* Thunb. var. *pocilliformis* (Boott) Kuk. 抱鱗宿柱薹  
532. *Trichophorum subcapitatum* (Thwaites & Hook.) D. A. Simpson 玉山針蘭
96. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科
- \*533. *Agropyron formosanum* Honda 臺灣鵝觀草  
534. *Agropyron mayebaratum* Honda 前原鵝觀草  
535. *Agrostis clavata* Trin. 翦股穎  
536. *Agrostis infirma* Buse 玉山翦股穎  
537. *Agrostis infirma* Buse var. *formosana* (Hack.) Veldkamp 草山翦股穎  
\*538. *Agrostis infirma* Buse var. *fukuyamae* (Ohwi) Veldkamp 伯明翦股穎  
539. *Anthoxanthum horsfieldii* (Kunth ex Benn.) Mez var. *formosanum* (Honda) Veldkamp 臺灣黃花茅  
540. *Arundo formosana* Hack. 臺灣蘆竹  
\*541. *Brachypodium kawakamii* Hayata 川上短柄草  
542. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv. 基隆短柄草  
◎543. *Bromus catharticus* Vahl 大扁雀麥  
\*544. *Bromus formosanus* Honda 臺灣雀麥  
545. *Bromus morrisonensis* Honda 玉山雀麥  
546. *Bromus remotiflorus* (Steud.) Ohwi var. *piananen* 卑南雀麥  
547. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucifolia* Honda 髮草  
548. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. 曲芒髮草  
549. *Deyeuxia brachytricha* (Steud.) Chang 類蘆野青茅  
550. *Deyeuxia formosana* (Hayata) C. C. Hsu 臺灣野青茅  
◎551. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. 馬唐  
552. *Festuca japonica* Makino 日本羊茅  
553. *Festuca ovina* L. 羊茅  
554. *Festuca ovina* L. var. *duriuscula* (L.) Koch 闊葉羊茅  
555. *Festuca parvigluma* Steud. 小穎羊茅  
556. *Festuca rubra* L. 紫羊茅  
557. *Festuca leptopogon* Stapf 高砂羊茅  
558. *Helictotrichon abietetorum* (Ohwi) Ohwi 冷杉異燕麥  
◎559. *Lolium multiflorum* Lam. 多花黑麥草  
560. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒  
561. *Miscanthus sinensis* Andersson 芒  
562. *Miscanthus transmorrisonensis* Hayata 高山芒

563. *Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv 求米草  
 564. *Phleum alpinum* L. 高山梯牧草  
 565. *Poa acroleuca* Steud. 白頂早熟禾  
 566. *Poa annua* L. 早熟禾  
 \*567. *Poa nankoensis* Ohwi 南湖大山早熟禾  
 \*568. *Poa taiwanicola* Ohwi 高山早熟禾  
 \*569. *Poa takasagomontana* Ohwi 高砂早熟禾  
 \*570. *Poa tenuicula* Ohwi 細桿早熟禾  
 ◎571. *Setaria glauca* (L.) P. Beauv. 御谷  
 572. *Trisetum spicatum* (L.) Rich. var. *formosanum* (Honda) Ohwi 臺灣三毛草  
 573. *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel. 鼠茅  
 ◎574. *Yushania nitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹  
 575. *Aniselytron agrostoides* Merr. 小穎溝桴草  
 576. *Aniselytron treutleri* (Kuntze) Sojak 溝桴草
97. ARACEAE 天南星科  
 577. *Arisaema consanguineum* Schott 長行天南星  
 \*578. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星
98. ORCHIDACEAE 蘭科  
 \*579. *Amitostigma alpestre* Fukuy. 南湖雛蘭  
 580. *Amitostigma gracile* (Bl.) Schltr. 小雛蘭  
 581. *Androcorys pusillus* (Ohwi & Fukuy.) Masam. 小兜蕊蘭  
 \*582. *Cephalanthera alpicola* Fukuy. 高山頭蕊蘭  
 583. *Coeloglossum viride* (L.) Hartm. 綠花凹舌蘭  
 584. *Epipactis helleborine* (L.) Crantz subsp. *ohwii* (Fukuy.) H. J. Su 臺灣鈴蘭  
 \*585. *Goodyera nankoensis* Fukuy. 南湖斑葉蘭  
 586. *Goodyera repens* (L.) R. Br. 南投斑葉蘭  
 587. *Goodyera schlechtendaliana* Reichb. f. 斑葉蘭  
 588. *Goodyera kwangtungensis* C. L. Tso 花格斑葉蘭  
 589. *Hemipilia cordifolia* Lindl. 玉山一葉蘭  
 590. *Herminium lanceum* (Thunb. ex Sm.) Vuijk 細葉零餘子草  
 \*591. *Listera macrantha* Fukuy. 大花雙葉蘭  
 \*592. *Listera morrisonicola* Hayata 玉山雙葉蘭  
 593. *Platanthera brevicealcarata* Hayata 短距粉蝶蘭  
 \*594. *Platanthera mandarinorum* Reichb. f. subsp. *pachyglossa* (Hayata) T. P. Lin 厚唇粉蝶蘭  
 595. *Platanthera minor* (Miq.) Reichb. f. 卵唇粉蝶蘭  
 596. *Platanthera sachalinensis* F. Schmidt 高山粉蝶蘭  
 \*597. *Ponerorchis kiraiishiensis* (Hayata) Ohwi 紅小蝶蘭  
 598. *Vexillabium yakushimense* (Yamam.) Maek. 紫葉旗唇蘭

## 第五章 苔蘚植物相調查研究

楊嘉棟 姚奎宇

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

### 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 2010 年 12 月底，在雪山地區共已採集標本約 400 份，已鑑定苔類計 30 科 56 屬 92 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 92 bryophyte species belonging 56 genera of 30 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 11 種(表 5-1)。

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 5-1 苔蘚主要生活型

生活型	生活型描述
叢型	莖直立，分枝稀少，植物體體疏鬆或密集的長在一起。 (a) 短叢型 分枝主要在基部且植物體密集的長在一起。 (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 innovations。
墊狀體型	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。 (a) 小墊狀體型 由頂蒴苔類組成，直徑小於 5 公分。 (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。
樹型	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，帶有行光和作用的葉子或是形成像玫瑰花形狀的大型頂生葉子。
全貼型	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。 (a) 粗糙全貼型 具有垂直的側枝。 (b) 平滑全貼型 側枝水平平貼。 (c) 片狀全貼型 由一層覆瓦狀疊成的片狀體組成。 (d) 線狀全貼型 物種生長在其他片狀的隱花植物之間。
點貼型	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。
扇形	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。
懸垂型	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。

(修改自 Bates, 1998)

## 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 5-2 及圖 5-1~5-7。

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

(資料來源：本研究資料)

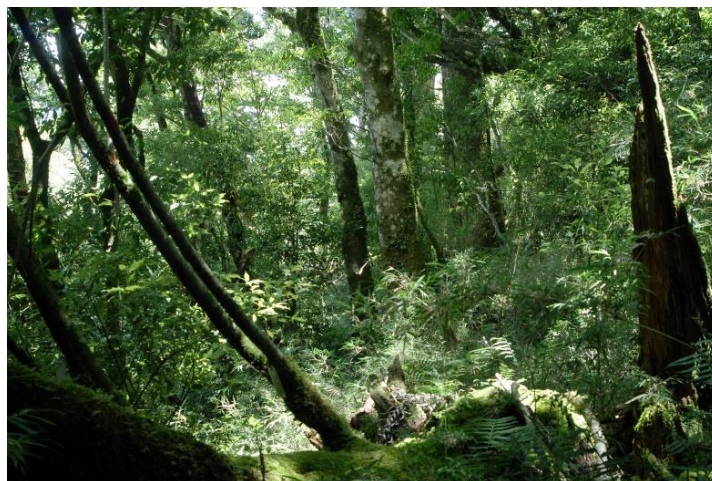


圖 5-1 七卡山莊樣區為闊葉林，提供苔蘚較多樣的生長環境。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-2 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 5-3 火燒地樣區雖然以箭竹為主，但環境中有石頭及杜鵑提供了一些遮蔽。  
(資料來源：本研究資料)



圖 5-4 火燒地樣區。  
(資料來源：本研究資料)



圖 5-5 黑森林邊緣樣區為冷杉林，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 5-6 黑森林水源地樣區與黑森林林緣樣區類似，但部分地區稍微開闊。  
(資料來源：本研究資料)



圖 5-7 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 30 科 56 屬 92 種。其名錄如附錄一。

#### (二) 生活型

各樣區內的主要苔蘚生活型及世界分布如表 5-3，比例圖如圖 5-8，分述如下：

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地理位置與雪山東峰樣區相近，但種類較為豐富，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 7.9-8K 的樣區類似，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 5-3 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，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>Homaliodendron flabellatum</i>	扇形	熱帶亞洲
	<i>Plagiothecium neckeroideum</i>	平滑全貼型	台灣，日本，中國，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，熱帶亞洲
	<i>Thuidium pristocalyx var. orientale</i>	點貼型	亞洲熱帶，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	台灣，日本，中國，韓國
	<i>Lepidozia reptans</i>	點貼型	北半球冷溫帶，南美
	<i>Pogonatum alpinum</i>	高叢型	泛分佈於台灣，日本，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，熱帶非洲。
	<i>Campylopus japonicus</i>	矮叢型	台灣，東亞各國
	<i>Frullania davurica</i>	平滑全貼型	台灣，中國，韓國，日本，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，中國
	<i>Racomitrium ericoides</i>	粗糙全貼型	台灣，中國，日本，北美洲

雪山地區高山生態系整合調查

	<i>Rhytidium rugosum</i>	高叢型	北半球
黑森林邊	<i>Dicranum sp.</i>	高叢型	
緣	<i>Herbertus aduncus</i>	矮叢型	北半球
	<i>Hylocomium splendens</i>	點貼型	泛世界分布
	<i>Plagiothecium neckeroideum</i>	平滑全貼型	台灣，日本，中國，歐洲
	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	點貼型	北半球
	<i>Scapania sp.</i>	高叢型	
黑森林水	<i>Hylocomium splendens</i>	點貼型	泛世界分布
源地	<i>Hypnum tristo-viride</i>	粗糙全貼型	台灣，日本，韓國，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，日本
圈谷	<i>Branchythecium buchananii</i>	粗糙全貼型	東亞
	<i>Dicranum sp.</i>	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，非洲

(資料來源：本研究資料)



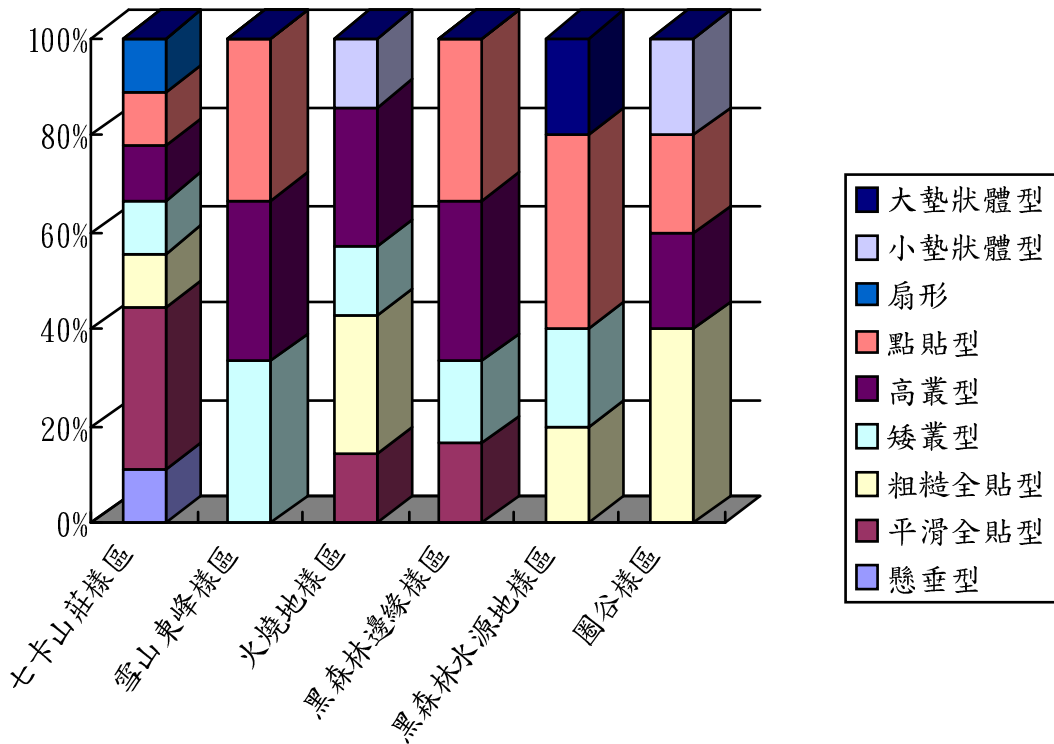


圖 5-8 各樣區主要苔蘚生活型比例圖

(資料來源：本研究資料)

### (三) 代表性苔蘚選介



圖 5-9 *Neckera pennata* Hedw. 平苔。特徵：植物體扁平，羽狀分枝。葉具橫紋。中肋短，兩條。生活型：懸垂型。採集地點：七卡山莊附近。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-10 *Homaliodendron flabellatum* (Sm.) Fleisch 樹平苔。特徵：植物體扁平，不規則羽狀分枝。枝葉先端銳頭，具齒。葉中央細胞長橢圓形。生活型：扇型。採集地點：七卡山莊樣區。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-11 *Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid. 短枝砂苔。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。

(資料來源：本研究資料)

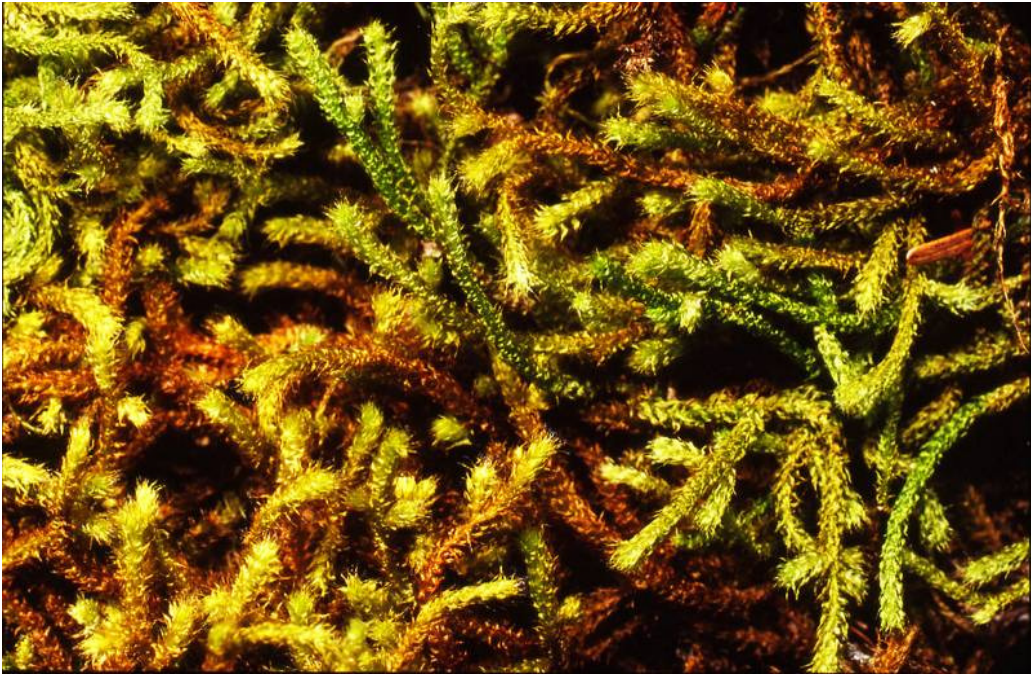


圖 5-12 *Chrysocladium retrorsum* (Mitt.) Fleisch. 垂苔。特徵：植物體匍匐，不規則羽狀分枝。中肋 1 條，約占葉全長的 1/2。葉基部下延成耳狀。葉中央細胞菱形，厚壁。生活型：懸垂型。採集地點：七卡山莊附近。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-13 *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb. 垂枝苔。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。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-14 *Bryum capillare* Hedw. 細葉真苔。特徵：植物體直立。中肋達尖突出。葉中央細胞六角形，薄壁；葉緣具絨。生活型：墊狀體型。採集地點：七卡山莊附近。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-15 *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. 塔苔。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。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-16 *Pogonatum inflexum* (Lindb.) Lac. 東亞小金髮苔。特徵：植物體直立。葉乾時捲縮；橫切面具櫛片，4-6 個細胞高。生活型：高叢型。採集地點：七卡山莊附近。

(資料來源：本研究資料)

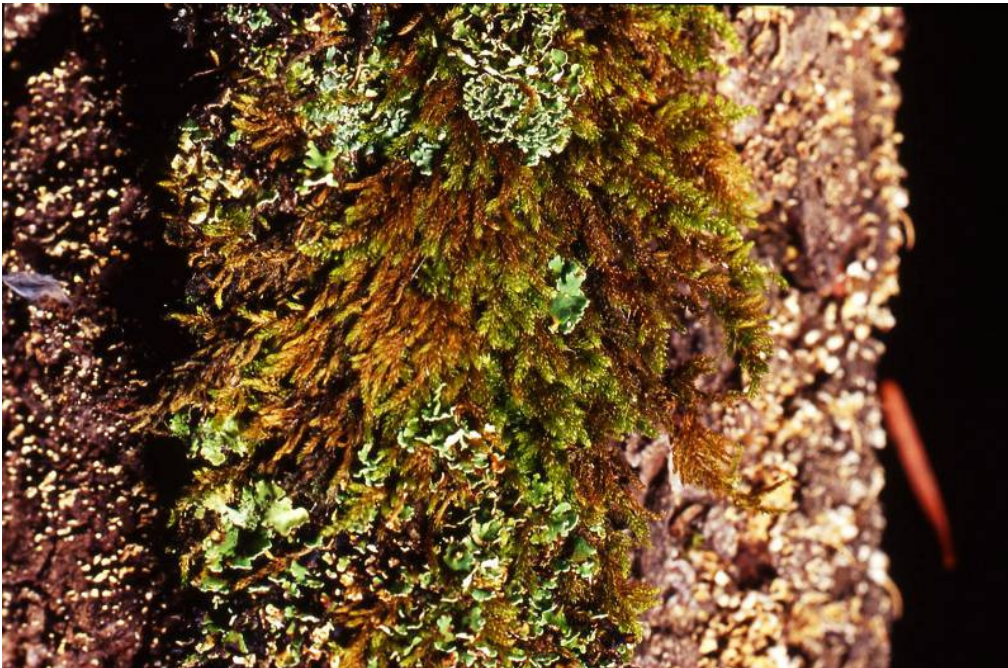


圖 5-17 *Hypnum pallescens* (Hedw.) P. Beauv. 黃灰苔。特徵：植物體匍匐，不規則羽狀分枝。中肋短，兩條。葉中央細胞線形；葉角細胞分化，具多個方形細胞。生活型：粗糙全貼型。採集地點：園谷。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-18 *Plagiomnium confertidens* (Lindb. & Arn.) T. Kop. 密集走燈苔。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；葉緣具絨，具齒，1(-3)個細胞長。生活型：高叢型。採集地點：冷杉林內，海拔 3,360m。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-19 *Ptychomitrium formosicum* Broth. & Yas. 臺灣縮葉苔。特徵：植物體直立。葉乾時強烈捲縮。葉線狀披針形，基部卵形至長橢圓形；葉緣上部具齒。中肋尖前消失。生活型：高叢型。採集地點：369 山莊附近，海拔高度 3,340m。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-20 *Antitrichia curtipendula* (Hedw.) Brid. 臺灣逆毛苔。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。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-21 *Trachystis ussuriensis* (Maack & Regel) T. Kop. 樹形疣燈苔。特徵：植物體直立。葉乾時稍微往同方向捲曲；葉緣具齒。中肋尖前消失。葉中央細胞圓方形，具單疣。生活型：矮叢型。採集地點：369 山莊附近。

(資料來源：本研究資料)



圖 5-22 *Pogonatum contortum* (Brid.) Sull. 扭葉小金髮苔。特徵：植物體直立。葉乾時捲縮；鞘部上半部具齒；橫切面具櫛片，2-3 個細胞高。生活型：高叢型。採集地點：369 山莊附近。

(資料來源：本研究資料)



## 四、討論

### (一) 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)。因此在東峰樣區、6K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。

### (二) 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。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，由古木達郎先生所採集紀錄，此臺灣新紀錄種尚未在學術期刊上正式發表。

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蘚類紀錄了 92 種，似乎尚有努力的空間。

## 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還有紀錄了一些可能的台灣新紀錄種及在高山地區岩縫中才會出現的稀有種 *Myurella julacea* (Schwägr.) Brück, Schimp. & W. Gümbel，顯示雪山地區苔蘚的普查工作值得繼續進行。另外也期望能在雪山地區發現高木苔 *Takakia lepidozoides* S.Hatt. & Inoue 這個物種，該物種臺灣僅在玉山北北峰有過紀錄(Higuchi & Lin, 2005)，希望持續調查雪山地區後能採集到該物種。

### (二) 建議

#### 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：

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。

#### 建議二

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。

建議三

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.
- 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.
- 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.
- Wang, C. K. 1970. Phytogriography of the mosses of Formosa. 1-576. Tunghai Univ. Press, Taichung.
- Yano, O. and S. R. Gradstein. 1997. Genera of Hepatics. Syst.-Geobot. Inst., Universität Göttingen.

## 附錄 5-1

### 苔類 Moss

1. Amblystegiaceae 柳葉苔科

1. *Cratoneuron formosanum* Broth. 臺灣牛角苔

2. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske 三洋苔

2. Andreaeaceae 黑苔科

3. *Andreaea morrisonensis* Nog. 玉山黑苔

4. *Andreaea rupestris* Hedw. var. *fauriei* (Besch.) Tak. 岩生黑苔東亞變種

3. Bartramiaceae 珠苔科

5. *Bartramia halleriana* Hedw. 珠苔

6. *Bartramia ithyphylla* Brid. 直葉珠苔

7. *Plagiopus oederianus* (Sw.) Crum & Anderson 寒地平珠苔

4. Brachytheciaceae 青苔科

8. *Brachythecium buchananii* (Hook.) A. Jaeger 多褶青苔

9. *Brachythecium moriense* Besch. 柔葉青苔

10. *Brachythecium wichurae* (Broth.) Par. 短肋青苔

5. Bryaceae 真苔科

11. *Bryum argenteum* Hedw. 真苔

12. *Bryum capillare* Hedw. 細葉真苔

13. *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn 擬三列真苔

14. *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils. 薄囊苔

15. *Pohlia cruda* (Hedw.) Lindb. 泛生絲瓜苔

16. *Pohlia longicollis* (Hedw.) Lindb. 擬長蒴絲瓜苔

17. *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. 黃絲瓜苔

6. Dicranaceae 曲尾苔科

18. *Aongstroemia orientalis* Mitt. 東亞昂室台

19. *Campylopus japonicus* Broth. 日本曲柄苔

20. *Campylopus umbellatus* (Arnott) Par. 傘形曲柄苔

21. *Dicranodontium uncinatum* (Harv.) Jaeg. 鈎葉青毛苔
23. *Dicranum nipponense* Besch. 東亞曲尾苔
24. *Dicranum undulatum* Schrad. ex Brid. 皺葉曲尾苔
25. *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. 大曲背苔
26. *Oncophorus wahlenbergii* Brid. 曲背苔
27. *Paraleucobryum enerve* (Thed.) Loeske 硬葉擬白髮苔
28. *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske 長葉擬白髮苔
7. Ditrichaceae 牛毛苔科
29. *Distichium capillaceum* (Hedw.) B. S. G. 對葉苔
30. *Ditrichum macrorrhynchum* Broth.
8. Grimmicaeae 紫萼苔科
31. *Grimmia affinis* Hornsch. 白毛紫萼苔
32. *Grimmia elongata* Kaulf. 長枝紫萼苔
33. *Ptychomitrium formosicum* Broth. & Yas. 臺灣縮葉苔
34. *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid. 砂苔
35. *Racomitrium carinatum* Card. 龍骨砂苔
36. *Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid. 短枝砂苔
37. *Racomitrium heterostichum* (Hedw.) Brid. 異枝砂苔
38. *Racomitrium laetum* Card. 多枝砂苔
9. Hylocomiaceae 塔苔科
39. *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G. 塔苔
40. *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. 赤莖苔
41. *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. 擬垂枝苔
42. *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb. 垂枝苔
10. Hypnaceae 灰苔科
43. *Callicladium haldanianum* (Grev.) H. A. Crum 腐木苔
44. *Hypnum cupressiforme* Hedw. 灰苔
45. *Hypnum pallescens* (Hedw.) P. Beauv. 黃灰苔
46. *Hypnum tristo-viride* (Broth.) Paris 暗綠灰苔
47. *Isopeterygium albescens* (Hook.) Jaeg. 淡色同葉苔

雪山地區高山生態系整合調查

48. *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. 毛梳苔
11. Leskeaceae 薄羅苔科
49. *Lescurea morrisonensis* (Tak.) Nog. & Tak. 玉山多毛苔
12. Leucodontaceae 白齒苔科
50. *Antitrichia curtispindula* (Hedw.) Brid. 臺灣逆毛苔
51. *Leucodon secundus* (Harv.) Mitt. 偏葉白齒苔
13. Meteoriaceae 蔓苔科
52. *Aerobrydium filamentosum* (Hook.) M. Fleisch. 毛扭苔
53. *Chrysocladium retrorsum* (Mitt.) Fleisch. 垂苔
54. *Meteoriopsis reclinata* (Müll. Hal.) M. Fleisch. var. *subreclinata* M. Fleisch. 反葉粗蔓苔亞  
反葉變種
14. Mnicaeae 提燈苔科
55. *Mnium lycopodioides* Schwagr. 長尖提燈台
56. *Plagiomnium confertidens* (Lindb. & Arn.) T. Kop. 密集走燈苔
57. *Plagiomnium vesicatum* (Besch.) T. Kop. 圓葉走燈苔
58. *Rhizomnium hattorii* T. J. Kop. 扇葉毛燈苔
59. *Rhizomnium horikawae* (Nog.) T. Kop. 薄邊毛燈苔
60. *Rhizomnium magnifolium* (Horik.) T. Kop. 大葉毛燈台
61. *Trachystis ussuriensis* (Maack & Regel) T. Kop. 樹形疣燈苔
15. Neckeraceae 平苔科
62. *Neckera pennata* Hedw. 平苔
63. *Homaliodendron flabellatum* (Sm.) M. Fleisch. 樹平苔
16. Orthotrichaceae 木靈苔科
64. *Ulota crispa* (Hedw.) Brid. 北方卷葉苔
65. *Zygodon viridissimus* (Dicks.) Brid. 變齒苔
17. Plagiotheciaceae 棉苔科
66. *Plagiothecium cavifolium* (Bird.) Iwats. var. *fallax* (Card. & Thér.) Iwats. 圓條棉苔扁枝變種
67. *Plagiothecium euryphyllum* (Card. & Thér.) Iwats. 軟葉棉苔



18. Potticaeae 叢苔科

68. *Barbula javanica* Doz. & Molk. 爪哇扭口苔  
69. *Bryoerythrophyllum recurvirostre* (Hedw.) Chen 紅葉苔  
70. *Didymodon giganteus* Funck. 大對齒苔  
71. *Didymodon nigrescens* (Mitt.) Saito 黑對齒苔  
72. *Tortella fragilis* (Hook. & Wils.) Limpr. 折葉扭苔

19. Polytrichaceae 金髮苔科

73. *Pogonatum alpinum* (Hedw.) Röhl. 高山小金髮苔  
74. *Pogonatum cirratum* (Sw.) Brid. 刺邊小金髮苔  
75. *Pogonatum contortum* (Brid.) Sull. 扭葉小金髮苔  
76. *Pogonatum inflexum* (Lindb.) Lac. 東亞小金髮苔  
77. *Pogonatum microstomum* (Schwaegr.) Brid. 小口小金髮苔

20. Rhizogoniaceae 檜苔科

78. *Pyrrhobryum spiniforme* (Hedw.) Mitt. 刺葉檜苔

21. Seligeriaceae 細葉苔科

79. *Blindia japonica* Broth. 日本小穗苔

22. Sematophyllaceae 錦苔科

80. *Brotherella fauriei* (Card.) Broth. 東亞小錦苔  
81. *Brotherella henonii* (Duby) M. Fleish. 南方小錦苔  
82. *Wijkia deflexifolia* (Ren. & Card.) Crum 彎葉刺枝苔

23. Theliaceae

83. *Myurella julacea* (Schwägr.) Brüch, Schimp. & W. Gümbel 小鼠尾苔

24. Thuidiaceae 羽苔科

84. *Thuidium pristocalyx* (Müll. Hal.) A. Jaeger var. *orientale* (Mitt. ex Dixon) Touw 灰羽苔東方變種  
85. *Haplohymenium triste* (Ces.) Kindb. 暗綠多枝苔

25. Trachypodaceae 扭葉苔科

86. *Trachypus bicolor* Reinw & Hornsch. 扭葉苔

## 雪山地區高山生態系整合調查

### 蘚類 Liverwort

#### 1. Cleveaceae 克氏蘚科

1. *Sauteria yatsuensis* S. Hatt. 八岳星孔蘚

#### 2. Jubulaceae 毛耳葉蘚科

2. *Frullania davurica* Hampe 達呼里耳葉蘚

#### 3. Jungermanniaceae 葉蘚科

3. *Chandonanthus hirtellus* (F. Weber) Mitt. 齒鞭廣萼蘚

#### 4. Lepidoziaceae 指葉蘚科

4. *Bazzania tridens* (Reinw., Blume & Nees) Trevis. 三裂鞭蘚

5. *Lepidozia reptans* (L.) Dumort. 指葉蘚

#### 5. Metzgeriaceae 叉蘚科

6. *Apometzgeria pubescens* (Schrank) Kuwah. 毛叉蘚

## 第六章 高山昆蟲多樣性及功能群研究

葉文斌、李蕙宜、廖盈盈

國立中興大學昆蟲學系

### 摘要

關鍵詞：高山昆蟲、昆蟲相、土棲昆蟲、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公尺以上的寒原地帶，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，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。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季節性動態、群聚組成及生態功能。

#### 二、研究方法及過程

根據武陵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；於樣區地面設置掉落式陷阱，誘集地棲性昆蟲；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2010年8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。寒原地帶的SPA-1及SPA-2，集中在6-10月出現，在中海拔的SPA-6則全年蟲數均不少，僅晚冬較少。同樣海拔高度的樣區當中，不同植物上所捕獲的昆蟲組成並不一定有很大的差別，但若以科級來看則有明顯的適應特性，像SPA-6為數眾多的葉蟬及飛蝨僅在草原箭竹上出現，而在灌木上雙翅目的蠅類少有捕獲，多為蚊及蚋。以各月份捕獲的昆蟲組成來看，均以SPA-5及SPA-6的昆蟲量最高；在形態種數而言，各採樣點均隨月份而增加。此外，箭竹上有些昆蟲會隨著月份而增減，像葉蟬、一些跳蟲科、細腰大蚊、搖蚊及

袖小蜂等。高海拔地區枯枝落葉之無脊椎動物組成，個體數累積結果，共計已鑑定14,100隻分為12目，彈尾目、雙翅目及鞘翅目在不同海拔高度各樣區遠大於其他各目。圈谷樣段(SPA-1)的灌木枯落物中有最大量的跳蟲出現；黑森林(SPA-2)以等節跳蟲為主，另有一些隱翅蟲；七卡(SPA-6)及圈谷地區(SPA-1)的枯落物內有為數不少的隱翅蟲；SPA-4火燒地樣區中以跳蟲及隱翅蟲為主，尚有幾許蜂蟻。若以出現月份來看，SPA-1的4月跳蟲最多，鞘翅目的隱翅蟲也不少。從食物鏈相的觀點來看，植食性昆蟲的形態種數量及個體數量在各樣區都是最多，約是它樣區的2-3倍，但圈谷的捕食者的數量最少。有一些昆蟲僅大量出現在某一季節，像圈谷八月的隱翅蟲、木蝨及蚜蟲等，黑森林六月的癭棉蚜及2月的等節跳蟲，七卡二月箭竹的搖蚊。在最多的四目昆蟲中，同翅目及彈尾目豐度最高，膜翅目多樣性最高，而雙翅目則兼具上述兩特性。科級昆蟲數量及組成的空間分析顯示，有海拔越高變異愈大的趨勢；SPA-1圈谷及SPA-6七卡樣區最為特別，SPA-3、SPA-4及SPA-5彼此相似。

#### 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：國立中興大學昆蟲學系

建議事項：

1. 應長期規律性的調查，以釐清前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。
2. 建立各海拔代表性昆蟲圖鑑及說明。

##### (二) 長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

建議事項：

1. 雪山地區的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

及季節變化外，也可了解各國家公園間的昆蟲資源的差異。

2. 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

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 3,500 m according vegetation zone were designed. More than 82,000 individuals within 12,000 morphospecies of ~160 families were collected and identified in 16 insect orders now. The primary four insect orders in alpine region are Homoptera, Diptera, Hymenoptera, and Collembola. Alpine insect fauna was affected significantly by temperature, especially during winter season, which reduced insect amount either in individuals, morphospecies, or families. Moreover, in high alpine areas (SPA-1 and SPA-2), large amount of insect was appearance during June to August. Insect composition was different significantly in the family level at different vegetable habitats and sampling zones. For examples, a large amount of homopteran leafhoppers and planthoppers, and dipterans mosquitoes were found on bamboos in locality of SPA-5 and SPA-6. Moreover some insect families, Cicadellidae, Entomobryidae, Isotomidae, Ptychopteridae, Chironomidae, Hypogastruridae, and Onychiuridae, were regularly increased or reduced with the season. The common insects within decaying materials and litters under bamboo, woody plants and awn grasses were collembolan Isotomidae, coleopteran Staphylinidae, and dipteran Chironomidae. According to the amount of families, morphospecies, and individuals, phytophagous insects constituted more than predators and decomposers, especially in localities of SPA-5 and SPA-6. Finally, in view of diversity and abundance, high family diversity and species abundance were found in Hymenoptera and Homoptera-Colembolla, respectively, while both diversity and abundance in Diptera was high.

## 一、前言

### (一) 研究緣起

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公尺以上的寒原地帶，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，不僅是全球少數的基個特殊的研究地點，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公尺以上高海拔山區，箭竹草原、冷杉林與高山寒原是重要的特質，海拔3,500公尺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，是研究高山草原、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。

### (二) 研究目的

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。

### (三) 研究內容

雪山地區海拔3,500公尺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、馬醉木木蝨、杜鵑蚧蟲及雲杉球蚧均顯示，有三、四年為一週期的大發生現象。此外，海拔3,500公尺以上的寒原地帶低溫、強風、豪雨、烈日，氣候非常嚴酷，從12月到翌年的3月均有很高的降雪機率，可適應的昆蟲組成非常特定，降雪的幾個月間，昆蟲較少，這類昆蟲已被關在寒原地帶；夏秋之間昆蟲數量最多，但多數僅是白天上山，晚上就下山去了，也讓這些寒原的開花植物得以完成傳宗接代的任務；有不少種類則是出現一個月左右，這些可能多是一年一代的物種。在生態功能群方面，有些寒原的開花植物，需要中海拔地區的蟲子飛上來授粉的特殊情形，其中熊蜂、花蠅、麗蠅、搖蚊、金龜子及各類甲蟲、雙翅目及蜂分別扮演的角色為何，均是值得討論的。

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公尺以上的圈谷寒原，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蚧蟲取食，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，植食性的蚧蟲、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。



#### (四) 文獻回顧

高海拔地區的環境氣候變化異常明顯，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。已有研究報告指出北歐及喜馬拉亞等古老山系高山昆蟲的特徵有特異的退化現象(Kruseman,1983; Mani, 1968)。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2000~3000公尺的昆蟲，較具高海拔昆蟲特性的科學調查研究，也僅有海拔3200m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3000公尺；何等人(1997)及Otsu等人(1992)指出海拔2500公尺的七彩湖以石蠶蛾、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公尺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、材料與方法

### (一) 採集及調查方法：

1. 根據雪山地區的地形及海拔高度，於共同樣區；七卡樣段、稜線樣段、火燒地、黑森林樣段、圈谷樣段，每一樣段沿路掃網採集分別針對特定路段的植物收集。
2. 針對各主要開花植物的花器，分別掃網定量收集昆蟲。
3. 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。
4. 於樣區地面設置掉落式陷阱，擺放動物性(腐肉)，誘集地棲性昆蟲，藉以了解不同月份、誘餌與誘集來的昆蟲種類關係及其多樣性。
5. 於共有樣區收集及誘集昆蟲。
6. 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。
7. 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。程序如下：
  - (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。
8. 馬氏網；架於森林內，誘捕林中飛行之昆蟲。

### (二) 樣本處理保存及管理

收標本後之存證標本，依掉落式陷阱杯(pit fall, PF)、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。

### (三) 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)，詳細請參考秦等(2004)之報告。

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。

#### **(四) 分析方法**

1. 高山生態系昆蟲消費者的組成分析。
2. 高山生態昆蟲系分解者的組成分析。
3. 不同生態環境，如土壤及植被的昆蟲組成分析。
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。

### 三、結果

目前於雪霸國家公園境內所進行的採集包括2009年2月至2010年8月(枯枝落葉(LIT)樣本分析所有8月樣本,掃網(SWP)分析至8月部分資料),每兩月採集一次,共十次。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。

#### (一) 雪山高海拔地區掃網之昆蟲組成

針對各主要植被:芒草、草原箭竹、林下箭竹、灌木、杜鵑、圓柏等優勢植物,分別掃網收集,以下掃網部分之分析主要以2009年2月至2010年八月間所採得的樣本進行分析討論。

##### 1. 高海拔各樣區植物上昆蟲之形態種及個體數變化(目級)

如表6-1所列共計累積昆蟲綱16目68,700隻昆蟲(不包括蛛形綱物種),形態種共有10,378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(48.2%)>雙翅目(19.7%)>膜翅目(9.7%)>彈尾目(8.8%)>鞘翅目(5%);形態種數的優勢類群分別為膜翅目>雙翅目>同翅目。

如圖6-1各樣點掃網之昆蟲數量立體直條圖所示,其中 SPA-3樣區資料是從八月份加入分析,故八月份後才有數據資料,另外SPA-1與SPA-2與SPA-4在八月上尚無掃網昆蟲資料比對,排除上列因素後,綜合各月份的資料分析可知,SPA-1與SPA-2的蟲數集中在六到十月出現分別為SPA-1有7,965隻(佔96%)、SPA-2有8,203隻(佔94%),去年以八月到達數量高峰。在2月到6月間SPA-5的昆蟲數量有隨各月份漸升的趨勢,SPA-6則呈現數量遞減。SPA-6的昆蟲數量在去年二月達到高峰,今年則是至四月才達高峰;SPA-5的昆蟲數量高峰去年在六月今年則在八月,今年似乎蟲數爆發較去年延遲一至兩個月。

表 6-1 高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲之形態種數與數量變化表

中文目名	SPA1		SPA2		SPA3		SPA4		SPA5		SPA6		總統計量	
	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	121	6,397	246	3,947	75	519	85	470	684	6,530	831	15,289	2,042	33,152
膜翅目	84	179	455	845	103	180	35	133	905	1,969	1,437	3,366	3,019	6,672
雙翅目	205	600	406	1,949	96	401	74	248	774	4,563	1,056	5,810	2,611	13,571
纓翅目	10	13	29	43	16	80	9	14	122	608	196	1,209	382	1,967
鞘翅目	39	508	84	821	21	99	17	52	247	736	418	1,235	826	3,451
嚙蟲目	12	14	91	382	33	362	10	31	90	613	173	825	409	2,227
彈尾目	44	457	30	123	20	220	4	26	86	3,243	118	1,960	302	6,029
脈翅目	0	0	14	23	6	6	1	2	7	12	36	42	64	85
半翅目	8	12	41	288	9	9	9	17	60	152	116	259	243	737
鱗翅目	38	75	89	207	17	30	7	7	111	147	115	155	377	621
直翅目	2	3	0	0	0	0	2	2	8	12	28	40	40	57
革翅目	3	8	4	5	1	3	0	0	5	5	7	11	20	32
毛翅目	0	0	13	109	0	0	0	0	8	15	12	21	33	145
襍翅目	0	0	1	8	0	0	0	0	1	1	0	0	2	9
竹節蟲目	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	9	7	10
長翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
總量	566	8,266	1,503	8,750	397	1,909	253	1,002	3,109	18,607	4,550	30,232	10,378	68,766

(資料來源：本研究資料)

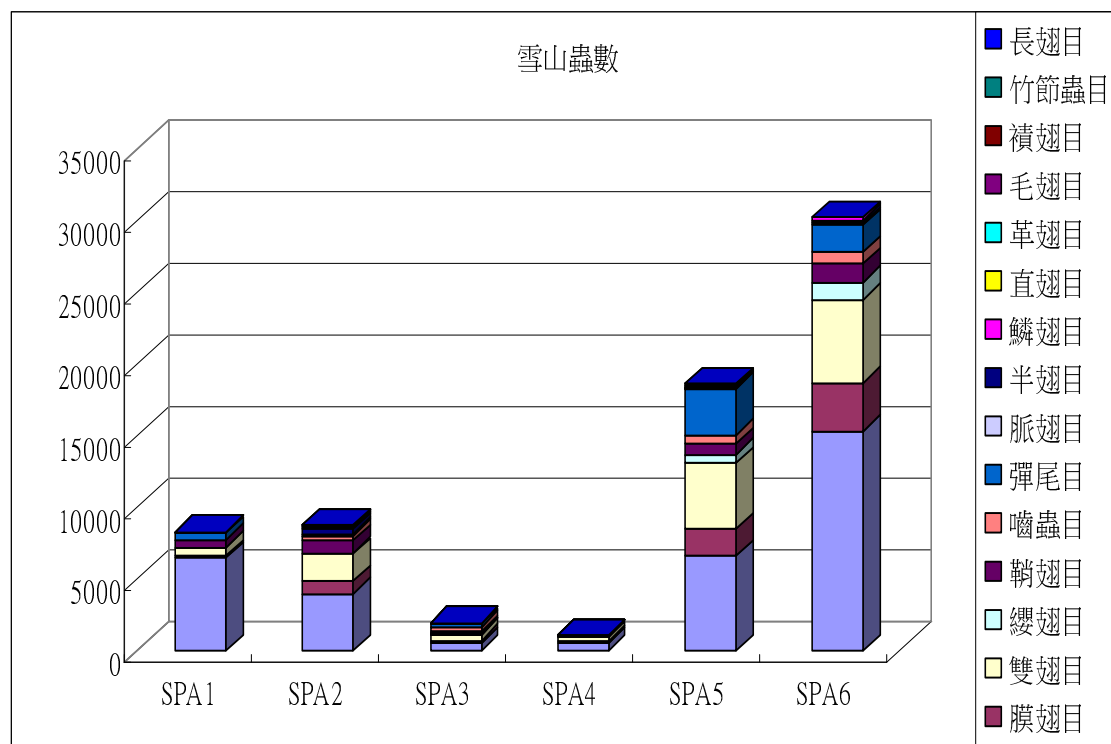


圖 6-1 高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲之數量變化立體直條圖。

(資料來源：本研究資料)

整體來說，以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(68,766隻)的7成(48,839隻)。

如圖6-2各樣點掃網之昆蟲形態種數立體直條圖，綜合各月份的資料可知，形態種數隨著2月到8月漸漸變多，10月之後又開始減少，冬天均少蟲，到春天才有較多種類出現。

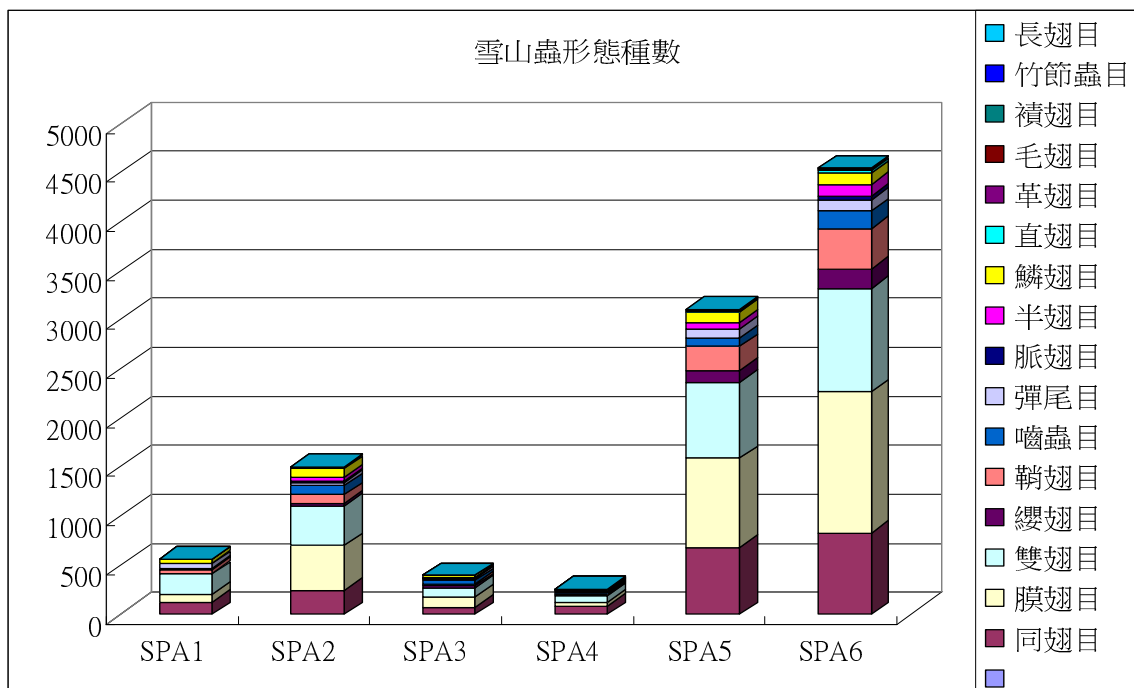


圖 6-2 高海拔各樣區植物上掃網所得昆蟲形態種數變化立體直條圖。

(資料來源：本研究資料)

## 2. 高海拔各樣區不同植物來源之昆蟲組成(科級)

樣區SPA-1圓柏上優勢者為同翅目>雙翅目>鞘翅目>彈尾目的昆蟲；以2009整年度來看，六月到十月是圈谷蟲數最多的旺季。就同翅目而言，圓柏上的多為木蝨，而杜鵑上主要以蚜蟲為最多(圖6-3)。如圖6-4雙翅目昆蟲多以黃潛蠅、搖蚊、蚤蠅及擬花蠅為主要昆蟲；如圖6-5圈谷上出現的鞘翅目種類不多，但鞘翅目數量多的原因是因為八月份在圈谷的杜鵑花器上採到大量的隱翅蟲(371隻)所致。如圖6-6所示，圓柏6~10月出現較多的圓跳蟲。



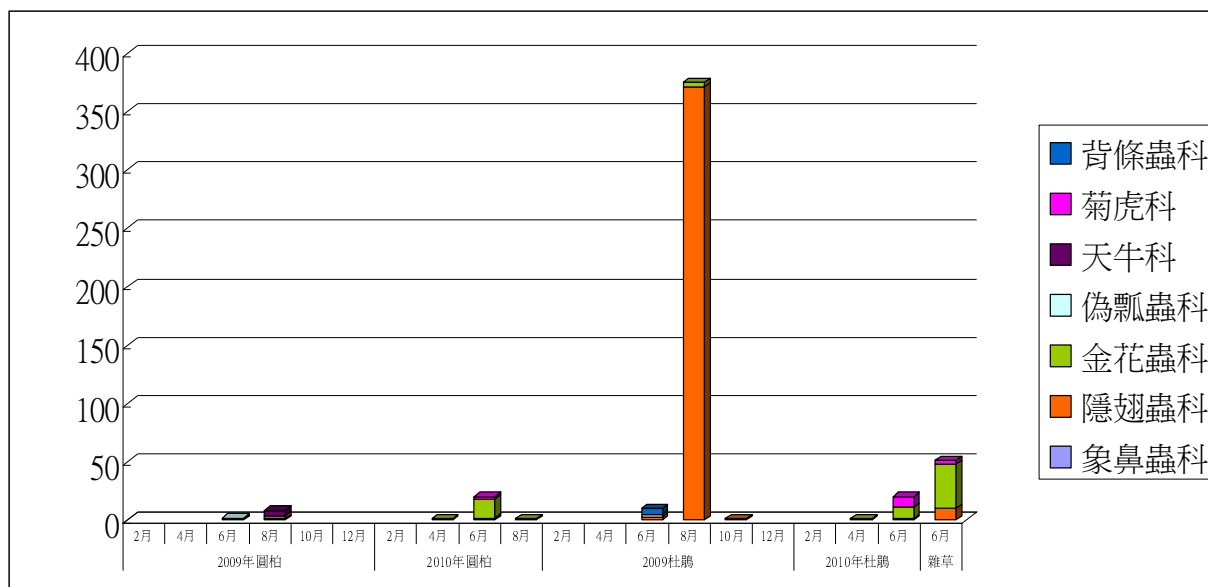


圖 6-5 圈谷(SPA-1)樣區鞘翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。  
(資料來源：本研究資料)

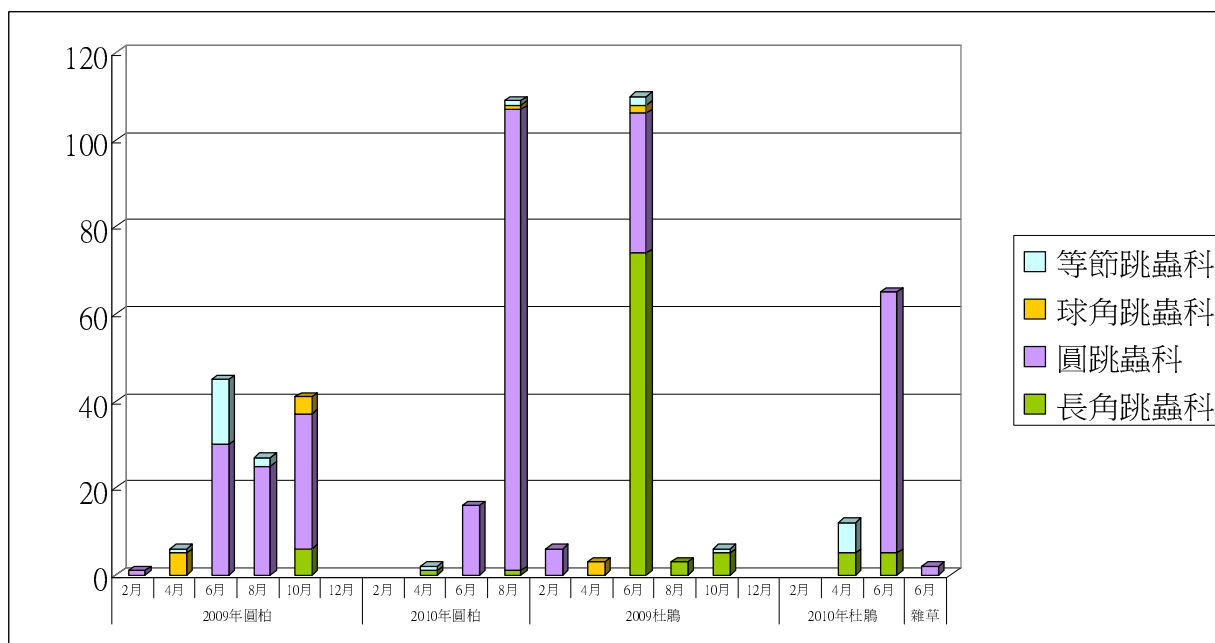


圖 6-6 圈谷(SPA-1)樣區彈尾目在不同植物之掃網昆蟲組成。  
(資料來源：本研究資料)

調查樣區SPA-2的冷杉、箭竹及雜草後發現，優勢者為同翅目>雙翅目>膜翅目>鞘翅目的昆蟲以6~10月昆蟲最多。就同翅目而言，六月的冷杉及箭竹有許多癭綿蚜，六到八月的黑森林冷杉上有較多的木蝨(圖6-7)，箭竹上尚有飛蝨族群存在，冷杉則無；雙翅目科級數量不少，以黑翅蕈蚋、搖蚊、舞虻與蕈蚋出現為主(圖6-8)。膜翅目是黑森林箭竹出現數目第三高者，8月及10月份出現數量反而比6月多，主要是姬蜂、錘角細蜂、繭蜂、釉小蜂、廣腹細蜂(圖6-9)為主。黑森林雜草上的鞘翅目昆蟲在2009年八月份出



現大量(260隻)隱翅蟲，特別的是同年八月SPA-1的杜鵑上也爆發大量隱翅蟲(371隻)，但是此後各月份各植物上卻無特別多的情況。整理後發現，SPA-2雜草上的鞘翅目、膜翅目、雙翅目昆蟲數量可比冷杉及箭竹上的，不容小覷。

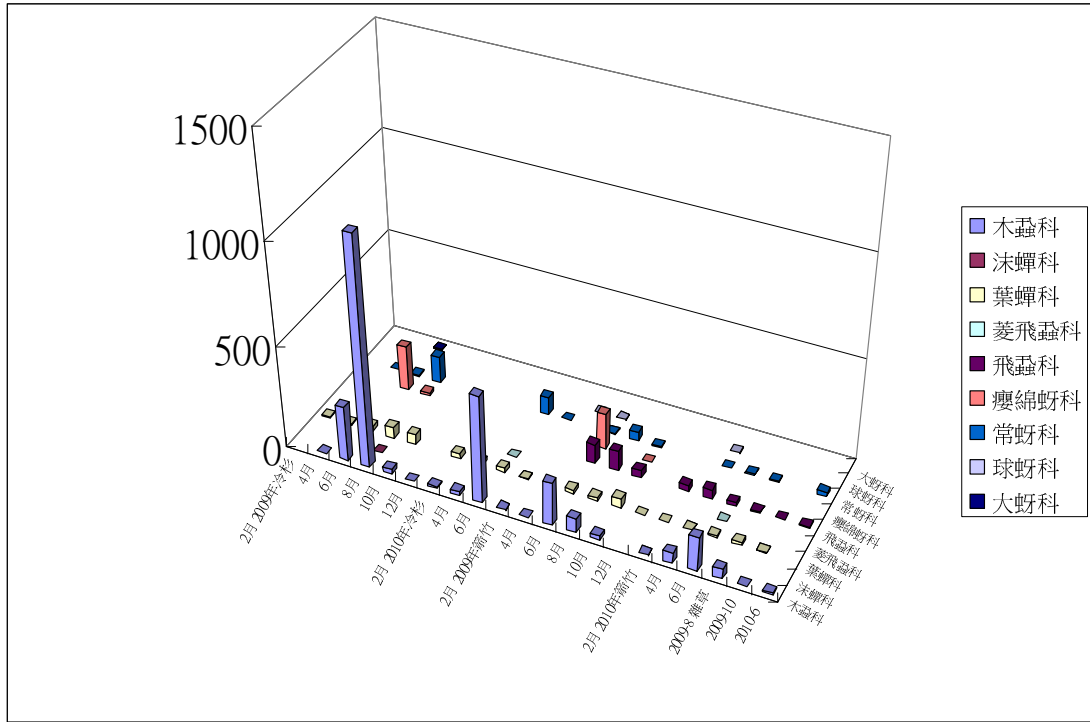


圖6-7 黑森林(SPA-2)樣區同翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

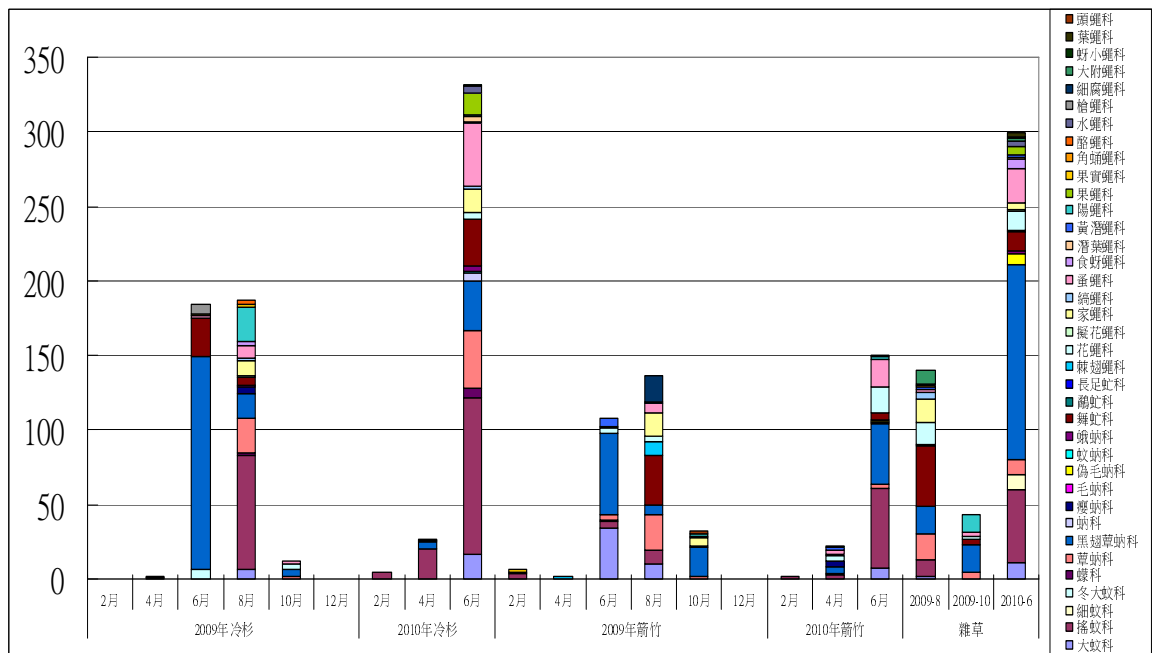


圖 6-8 黑森林(SPA-2)樣區雙翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

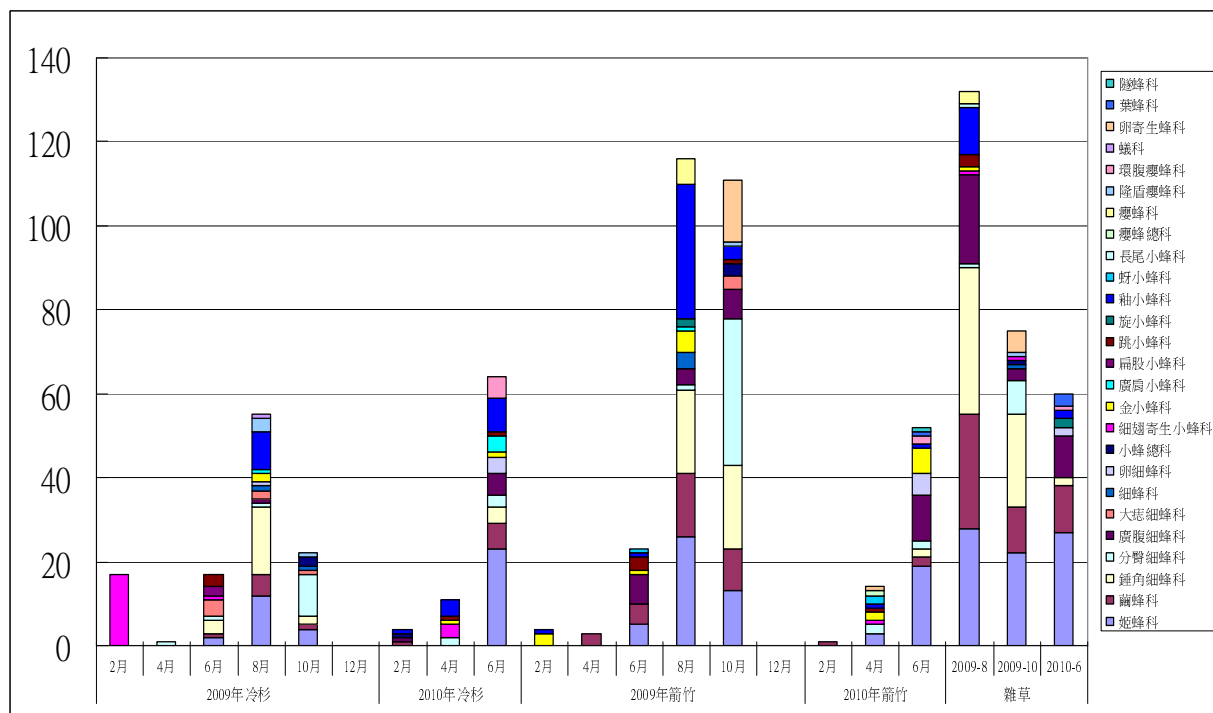


圖 6-9 黑森林(SPA-2)樣區膜翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

樣區 SPA-3(黑森林邊緣)的資料是從 2009 年 8 月收集至 2010 年 8 月為止，冬天蟲子的數量較少；同翅目多以木蝨、葉蟬、常蚜為主(圖 6-10)，雙翅目主要是出現搖蚊、黑翅葦蚋與癭蚋(圖 6-11)為多。

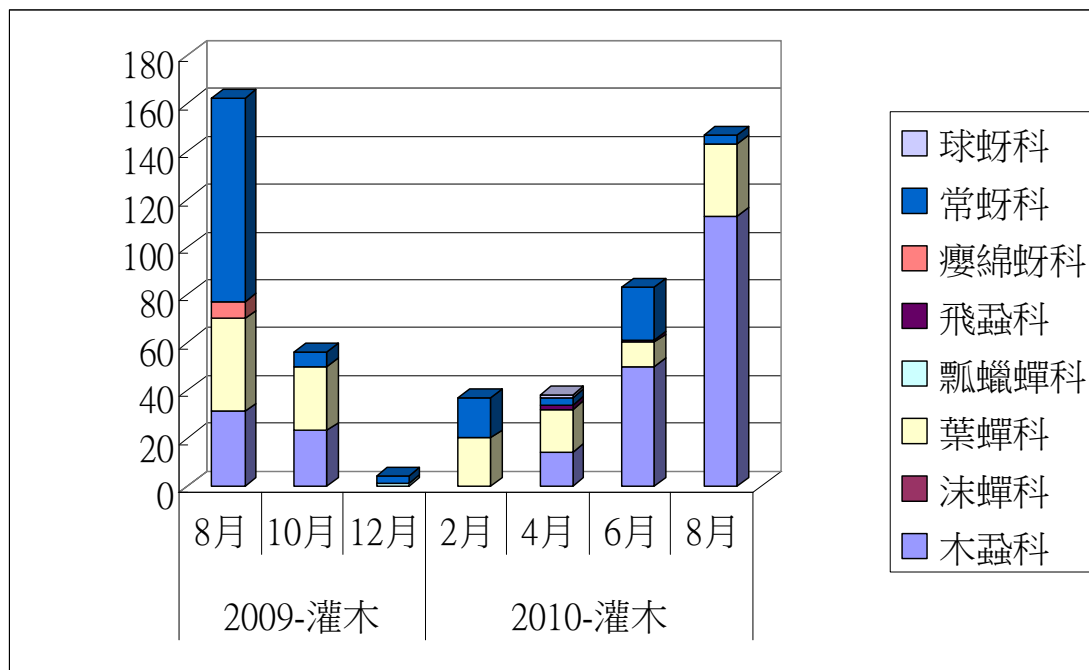


圖 6-10 黑森林林緣(SPA-3)樣區同翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

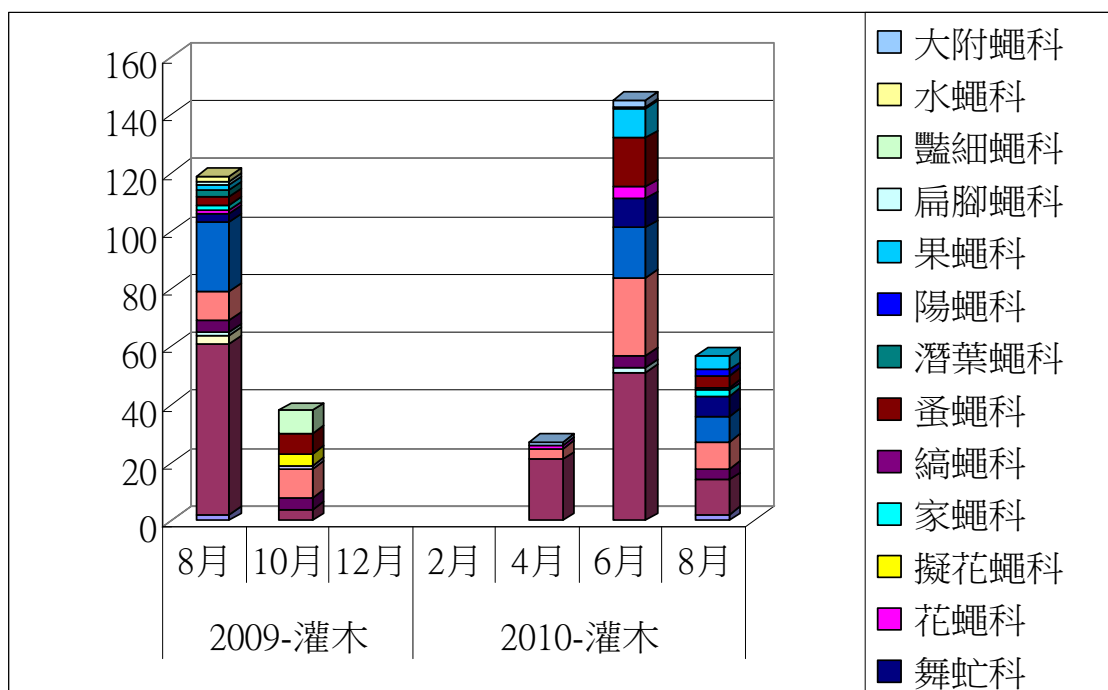


圖 6-11 黑森林林緣(SPA-3)樣區雙翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

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，從去年累積至今年六月的火燒地蟲數目前不過1,002隻，只佔了總蟲數的1.5%。其中較優勢者為同翅目>雙翅目>膜翅目的昆蟲，偶有2009年4月4A上的葉蟬及飛蝨(圖6-12)數量較多，總體來看火燒地昆蟲尚未有像其他樣區般的數量上的固定波動，顯見棲群在火燒地生態上尚不穩定。

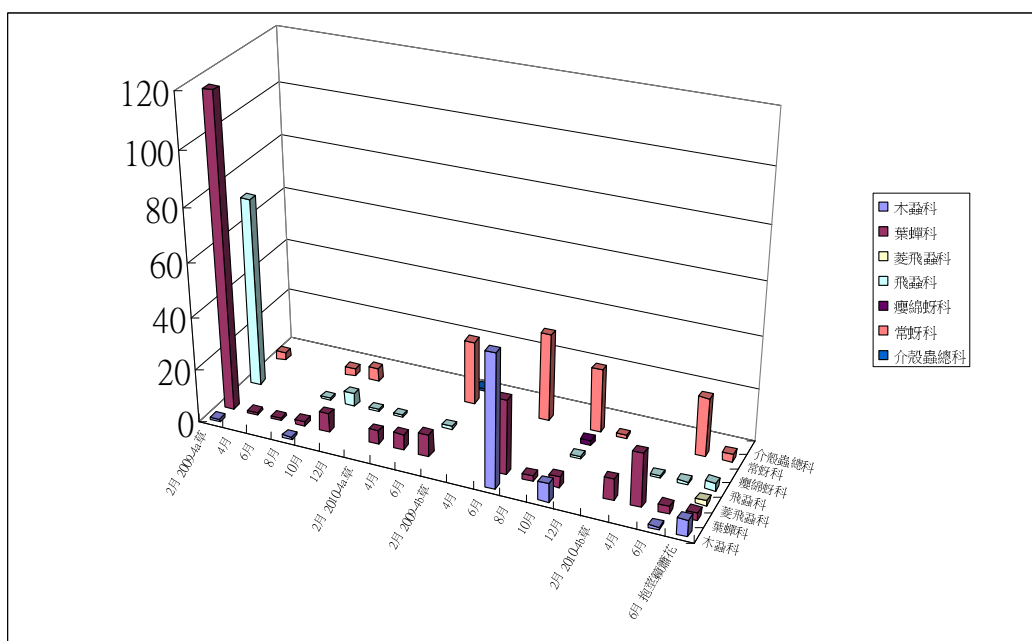


圖 6-12 火燒地(SPA-4)樣區同翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

今年從抱莖籜簫花上的蟲相可知，其上有較其他同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；鞘翅目的金龜子、菊虎、隱翅蟲多及中聚集在花器上；膜翅目(圖6-13)及雙翅目(圖6-14)的昆蟲在花上的蟲數及科數目都是較豐富的，或許開花植物會有帶來豐富蟲相的可能性。

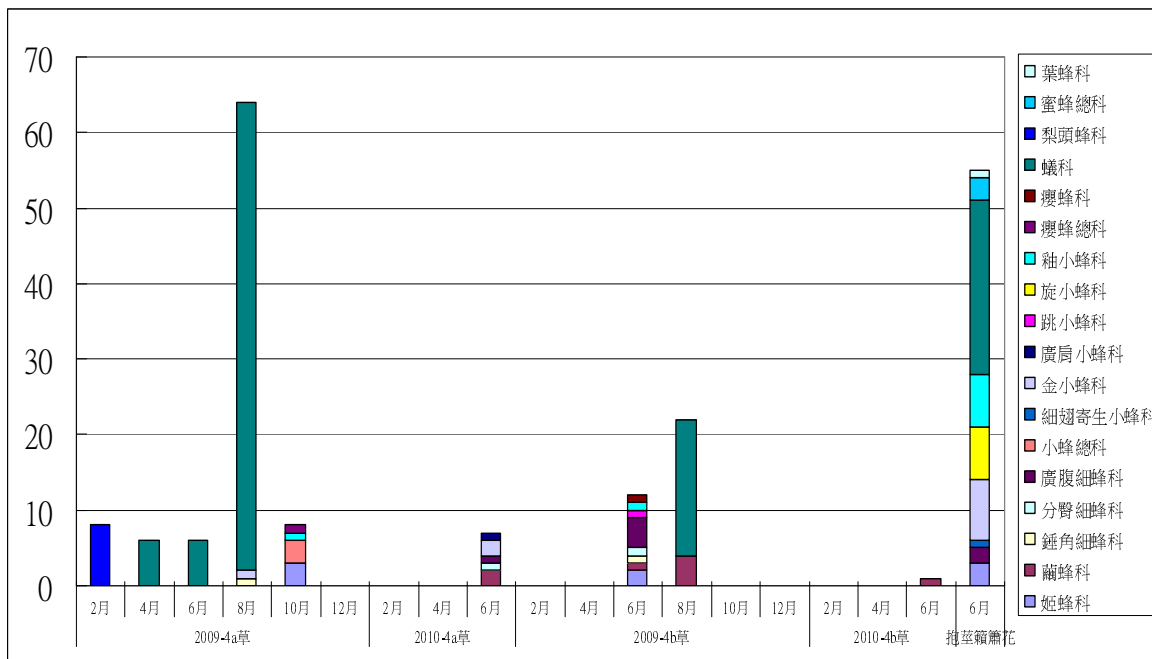


圖 6-13 火燒地(SPA-4)樣區膜翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

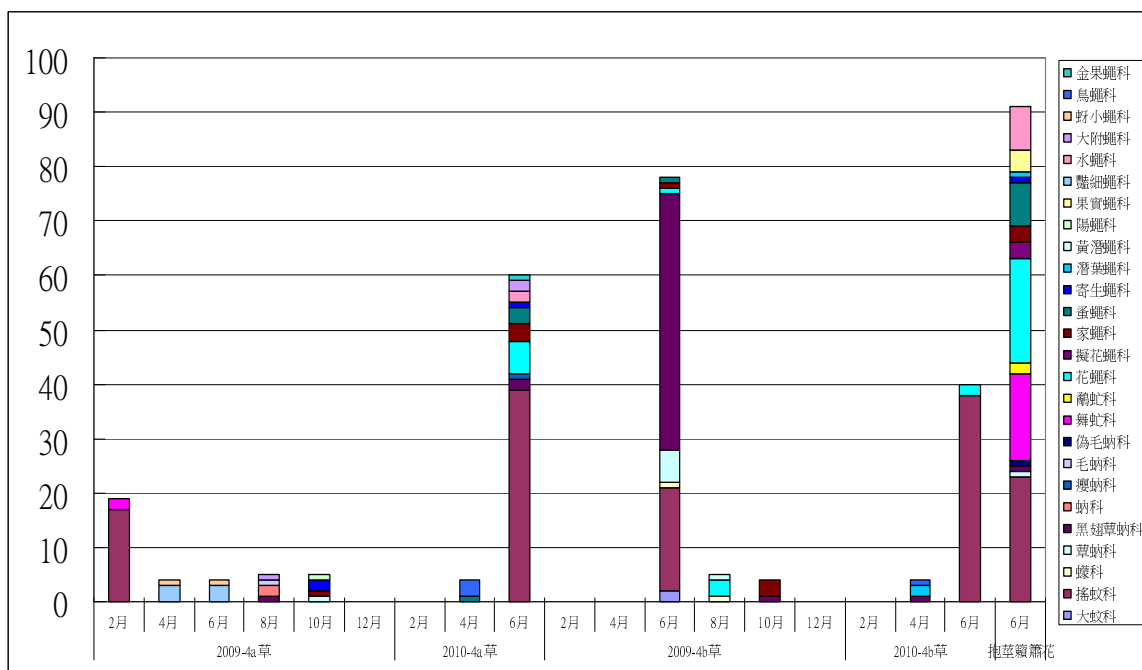


圖 6-14 火燒地(SPA-4)樣區雙翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

調查樣區SPA-5上的灌木、芒草、箭竹及杜鵑等植物發現，優勢者為同翅目>雙翅目>彈尾目的昆蟲。如圖6-15同翅目有集中出現在草原箭竹上的現象，尤其是葉蟬科多在2月、4月及6月大量出現，2010年大量出現的時間更及至8月(387~975隻)，次優勢昆蟲為飛蝨，其他植物上也有同翅目昆蟲，但各月份總計都不超過兩百隻。

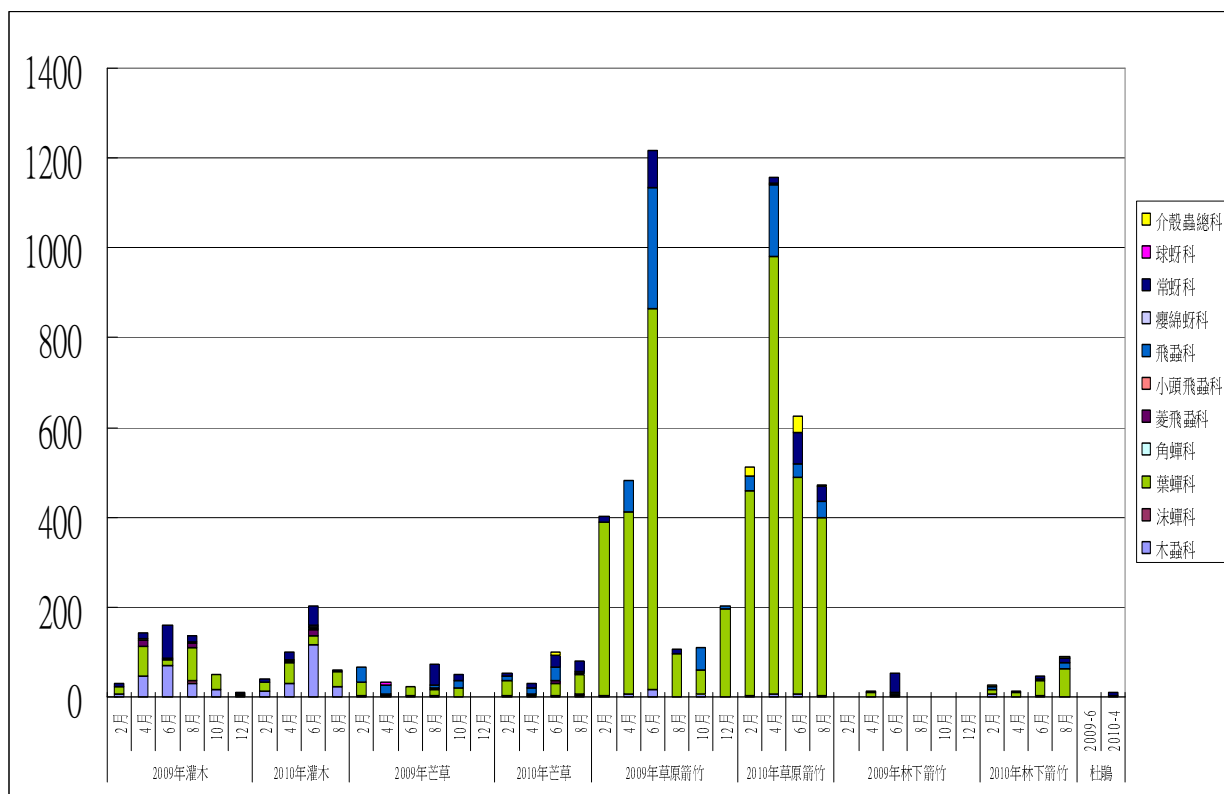


圖 6-15 雲山東峰(SPA-5)樣區同翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

雙翅目(圖6-16)優勢者為搖蚊(73%)>擬花蠅(17%)>果蠅(7%)>蚤蠅(3%)出現以4月到8月為主，在各植物上都有不少搖蚊的出現。特別的是，彈尾目的出現在各種植物上都顯示在10月~12月極少出現(圖6-17)，其他月份主要出現長角跳蟲(71%)及圓跳蟲(26%)，除了常出現的時間外，稜線箭竹上的跳蟲會比灌木及芒草上多。



樣區SPA-6的昆蟲數量是各樣區中最多的(30,232隻，佔所有昆蟲的44%)，同翅目就佔了53%(15,885隻)(圖6-18)，其中(草原)箭竹的葉蟬科就有10,659隻(佔同翅目的67%)，依數量變化可見一年有兩個數量高峰期，現象特殊值得探討，經分析後發現(圖6-19)，數量高峰期是因為葉蟬若蟲的增加以至於葉蟬數量暴增，暴增後隨著若蟲數量減少，葉蟬成蟲數則變多。

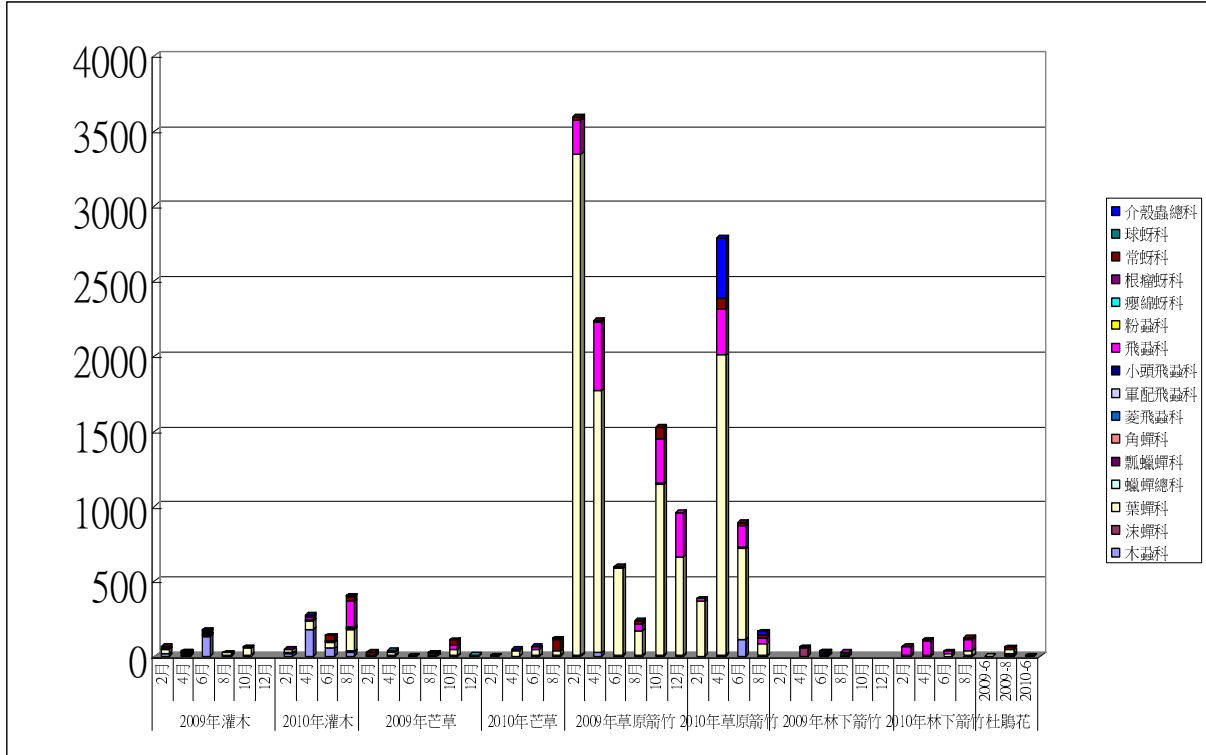


圖 6-18 七卡哭坡(SPA-6)樣區同翅目在不同植物之掃網昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

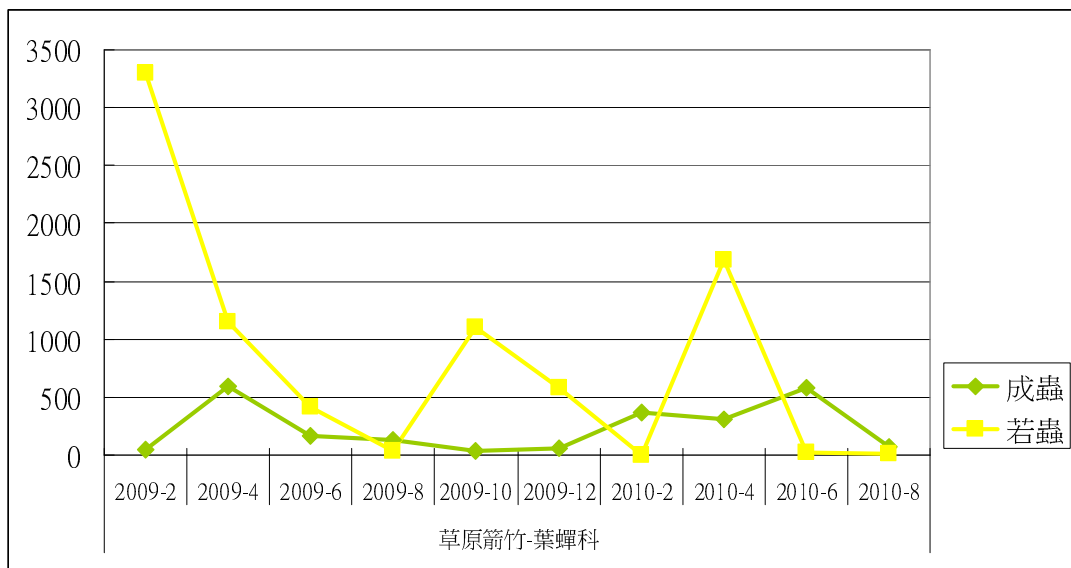


圖 6-19 七卡哭坡(SPA-6)樣區同翅目葉蟬在不同時間成蟲及若蟲的數量。

(資料來源：本研究資料)

雙翅目方面(圖6-20)七卡哭坡沿線共採得6,914隻，草原箭竹(2月)與林下箭竹(4月)的搖蚊數量具優勢(共917隻)；膜翅目數量不同於同翅目的數量遞減趨勢，膜翅目呈現的是遞增的態勢，其中多數為行寄生之絨小蜂與廣腹細蜂等(圖6-21)。彈尾目昆蟲均以長角跳蟲為主要優勢族群(佔所有同翅目的83%) (圖6-22)。

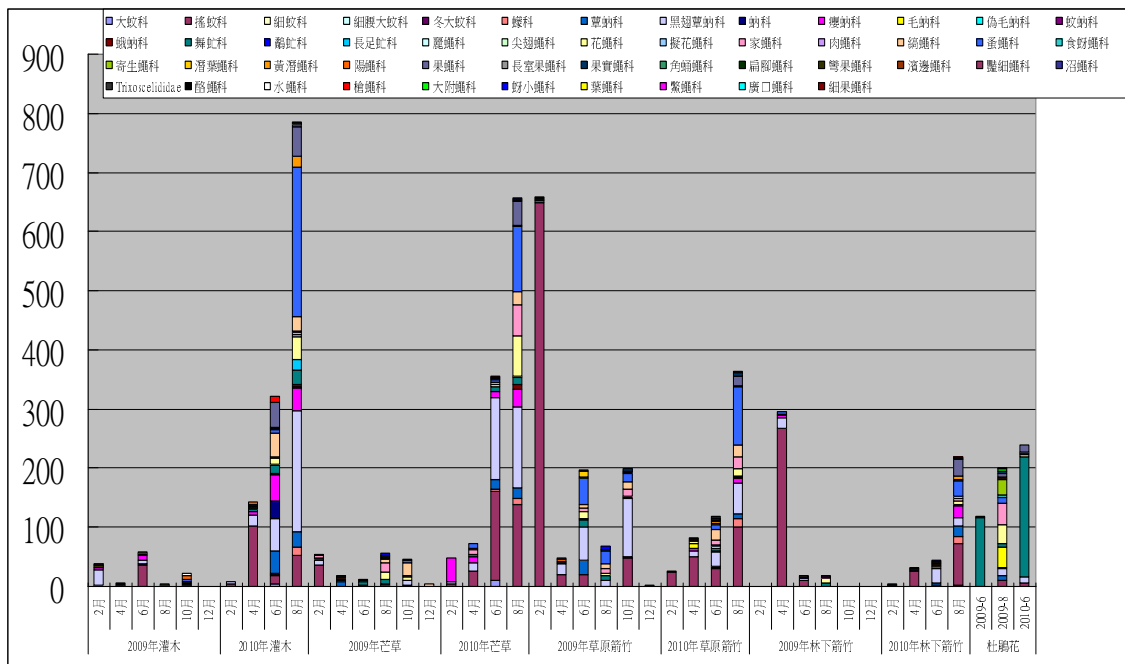


圖 6-20 七卡哭坡(SPA-6)樣區雙翅目在不同植物之掃網昆組成。

(資料來源：本研究資料)

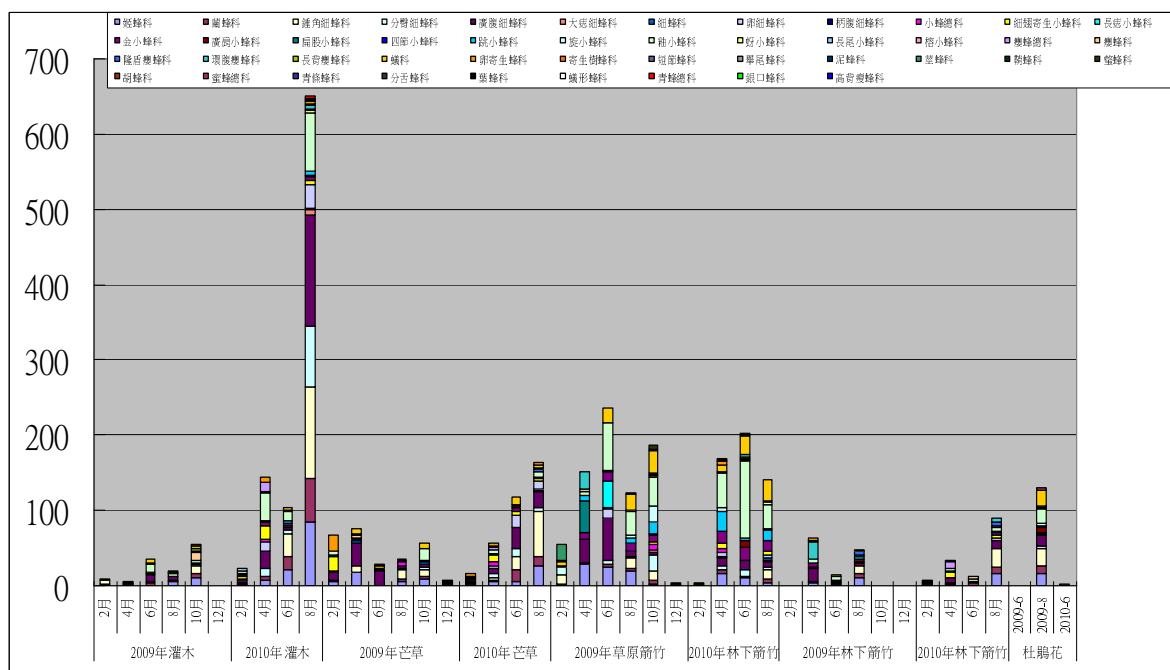


圖 6-21 七卡哭坡(SPA-6)樣區膜翅目在不同植物之掃網昆組成。

(資料來源：本研究資料)



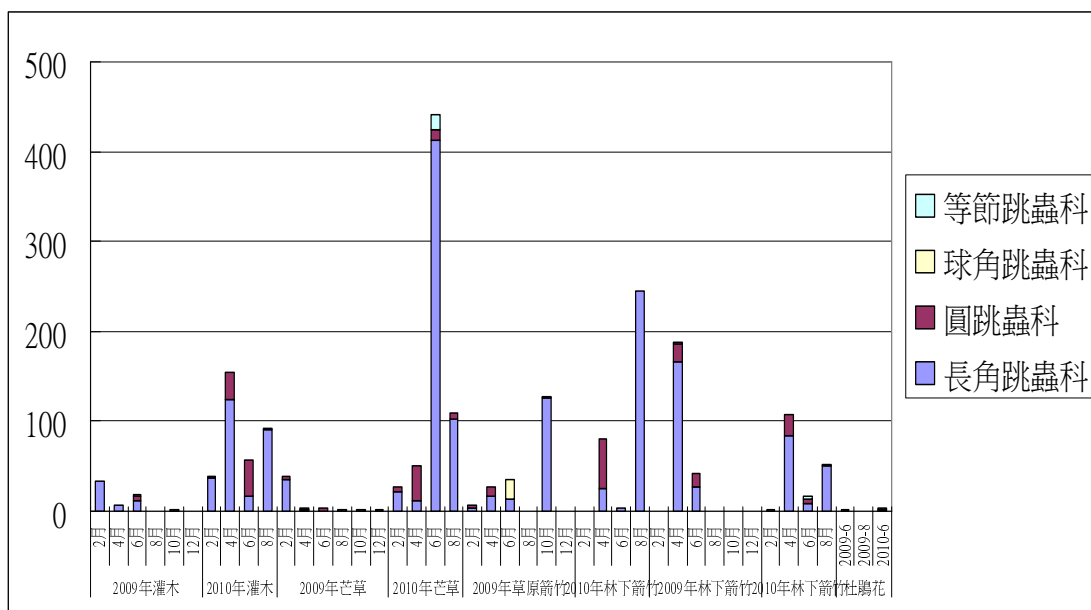


圖 6-22 七卡哭坡(SPA-6)樣區彈尾目在不同植物之掃網昆組成。

(資料來源：本研究資料)

### 3. 不同海拔樣區間同型植物之昆蟲組成比較(科級)

灌木(SPA-1、SPA-2、SPA-3、SPA-5、SPA-6)所採得昆蟲中(23,613隻)，優勢度為同翅目>雙翅目>膜翅目>鞘翅目>彈尾目，同翅目佔了50%共11,849隻(圖6-23)，其中的多數是六到十月圈谷圓柏上的木蝨及杜鵑上的常蚜族群；不同海拔各樣區在各月份的雙翅目優勢類群不一，但海拔越低，雙翅目數量越多(圖6-24)，二到四月蟲數都不多。

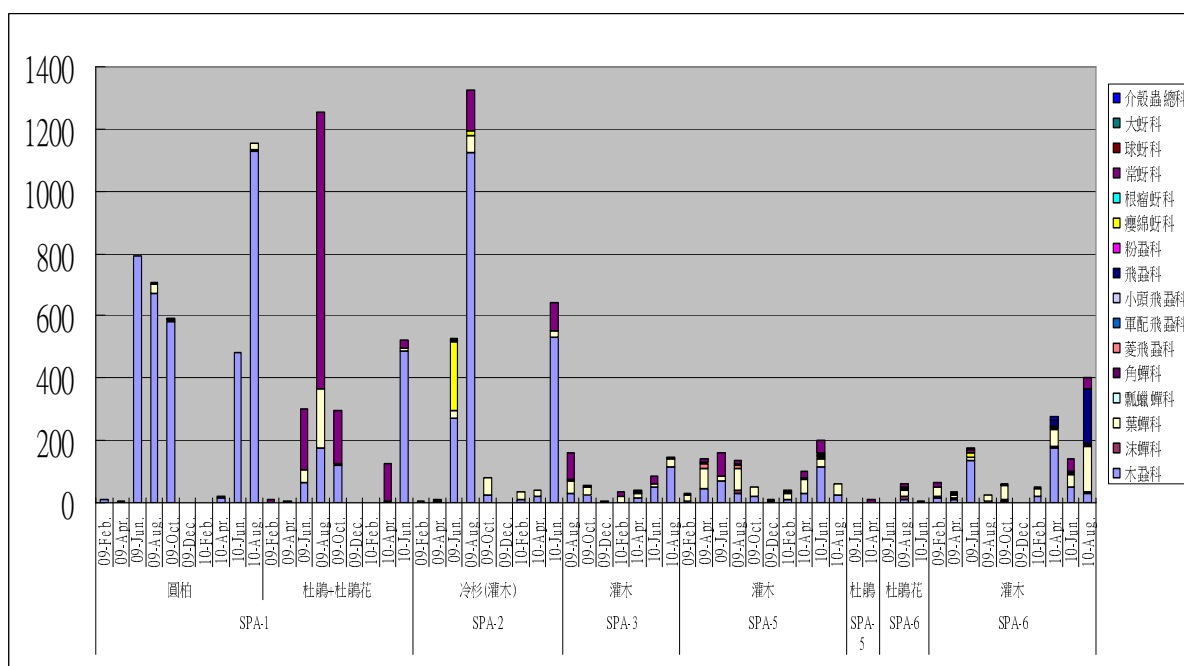


圖 6-23 不同海拔間灌木上掃網之同翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

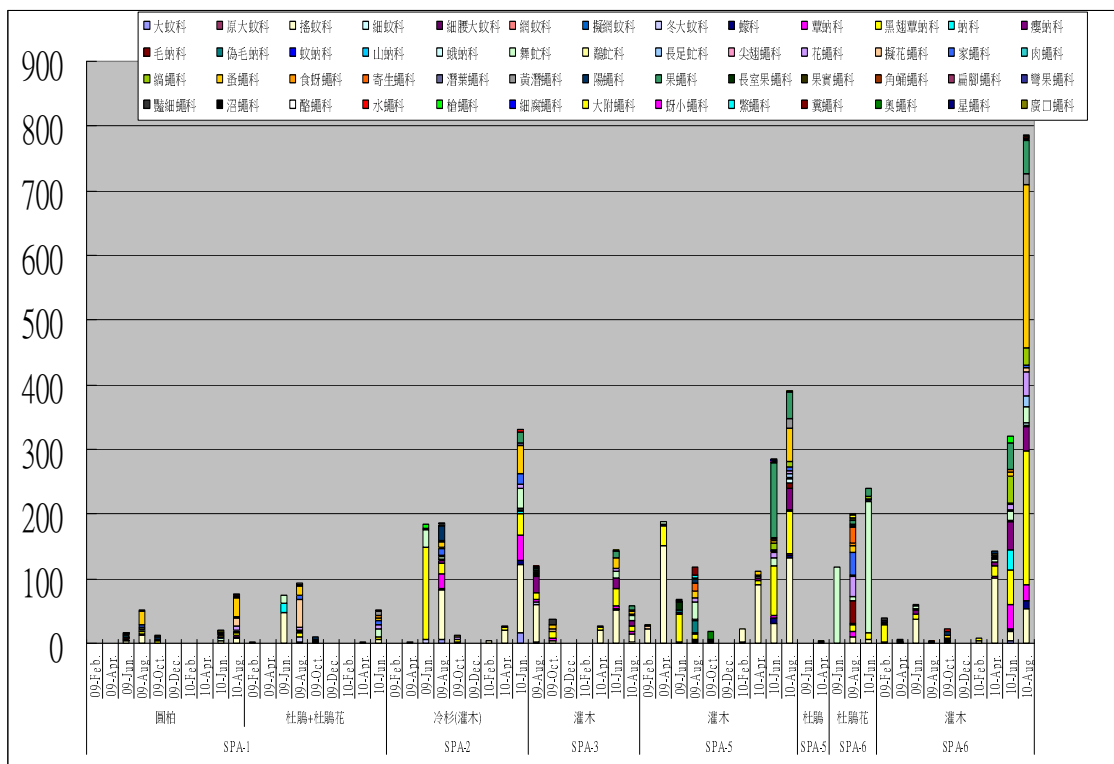


圖 6-24 不同海拔間灌木上掃網之雙翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

芒草(SPA-5、SPA-6)優勢的雙翅目>彈尾目>同翅目>膜翅目；同翅目(圖6-25)、雙翅目、膜翅目。SPA-5芒草上的葉蟬、飛蟲與常蚜算常出現。黑翅蕈蚋、搖蚊在2010年四月到八月蟲量有漸增的趨勢(圖6-26)。SPA-6的膜翅目各月份都比雪山東峰多(圖6-27)；掃網所得的芒草上的彈尾目昆蟲多數為長角跳蟲(佔84%) (圖6-28)。

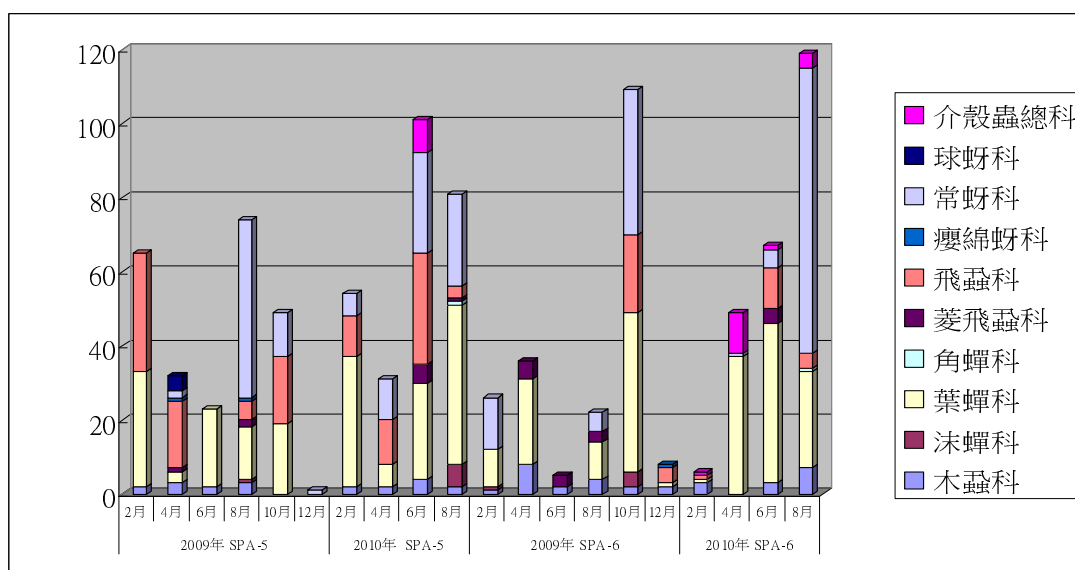


圖 6-25 不同海拔間芒草上掃網之同翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

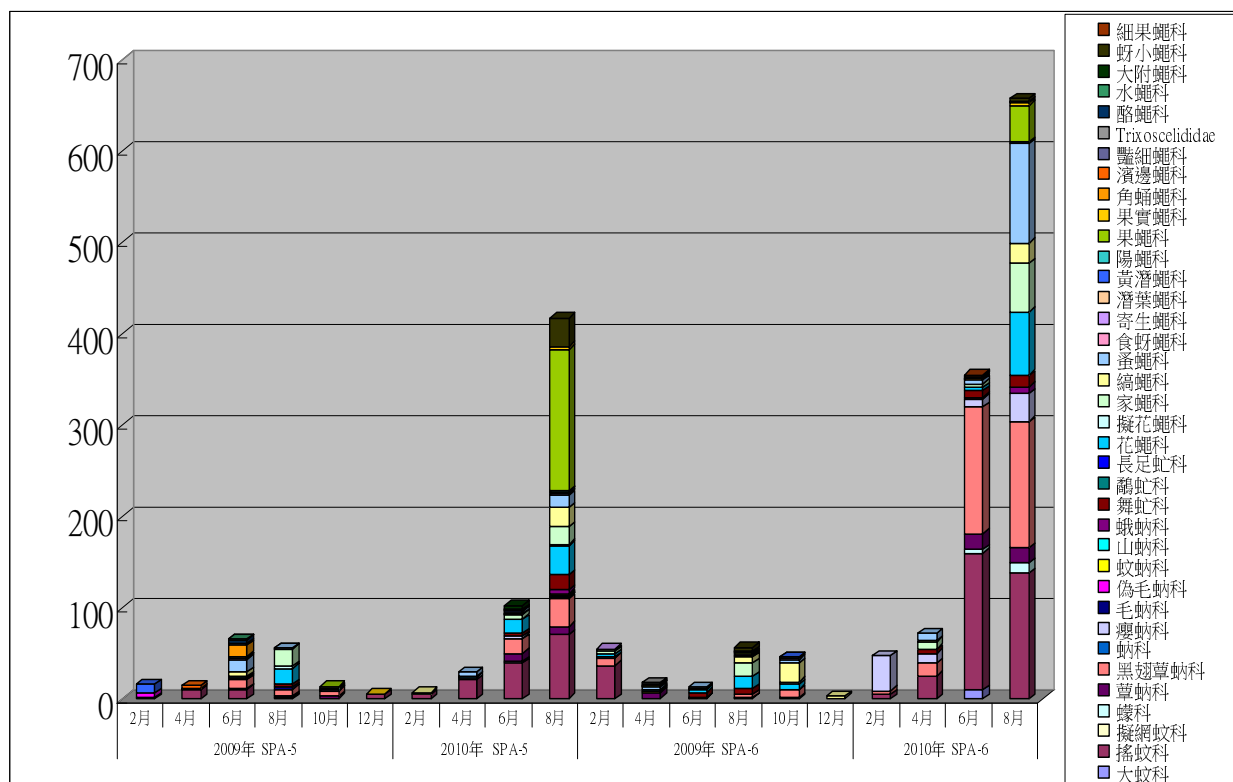


圖 6-26 不同海拔間芒草上掃網之雙翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

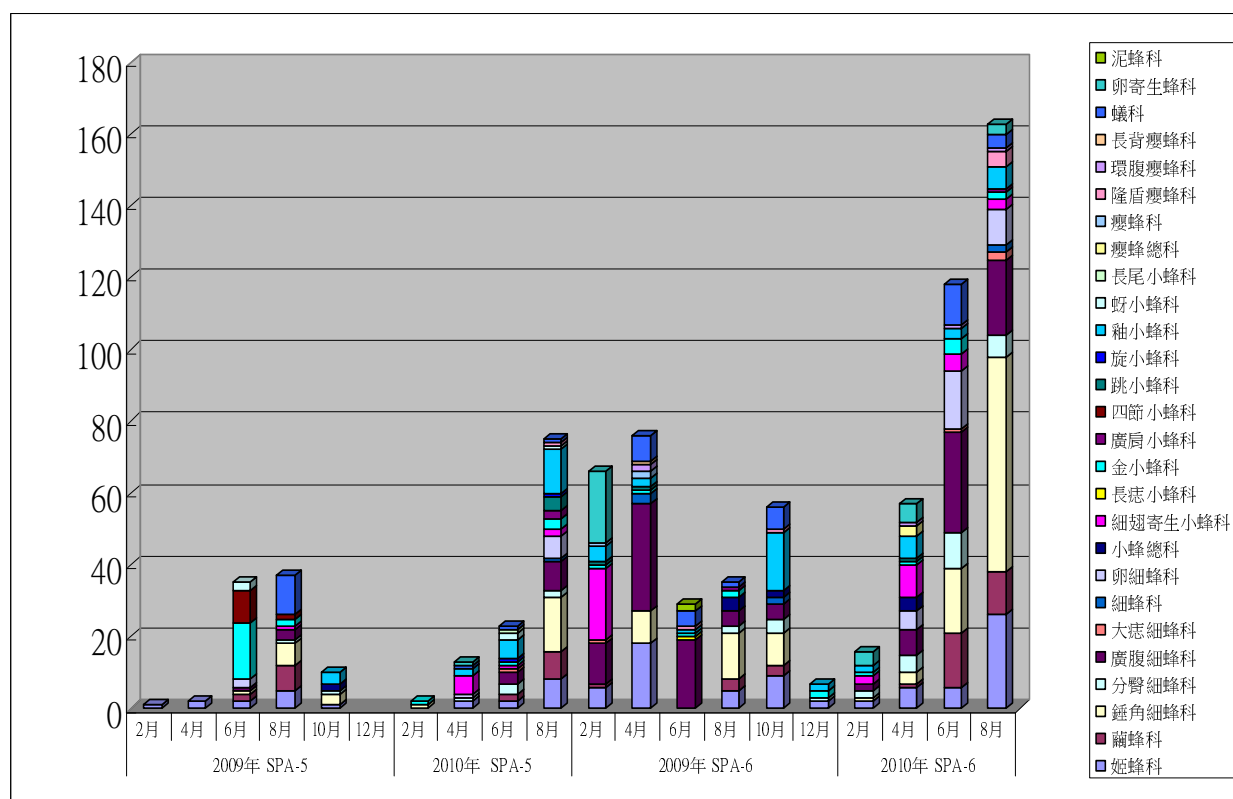


圖 6-27 不同海拔間芒草上掃網之膜翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

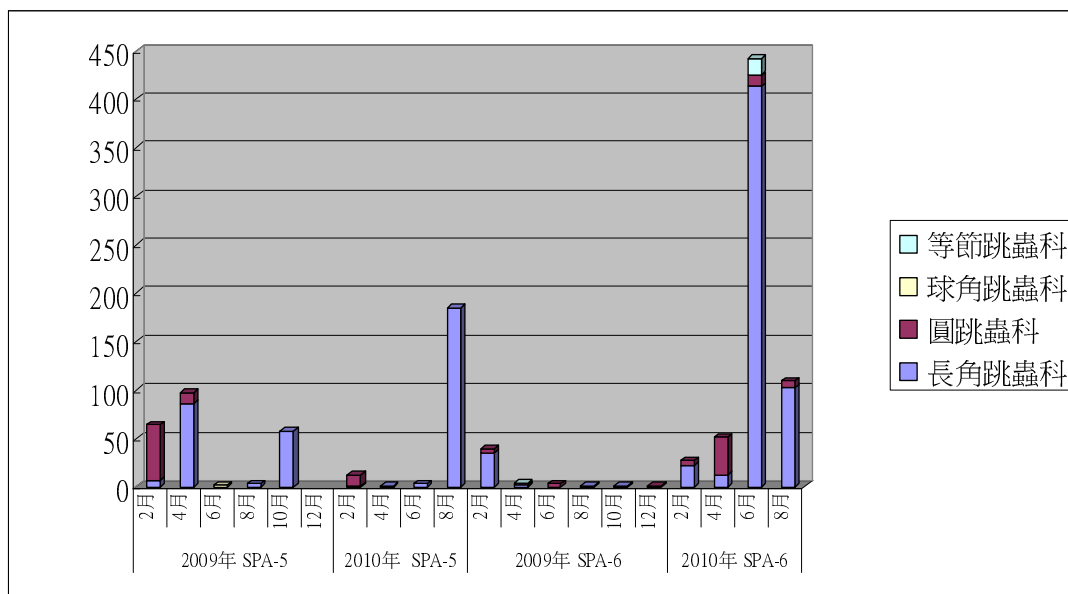


圖 6-28 不同海拔間芒草上掃網之彈尾目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

雪山箭竹(SPA-2、SPA-5、SPA-6)上是所有植物中昆蟲數量最多的，所採得的昆蟲約55%都來自箭竹；優勢昆蟲依序為同翅目(55%)>雙翅目(15%)>彈尾目(11%)；同翅目不管是在SPA-5或SPA-6都以葉蟬蟲數最多(圖6-29)，葉蟬在SPA-5、SPA-6有兩個數量高峰期；箭竹上的雙翅目以搖蚊最常見(圖6-30)，以三個海拔高度相比，較低海拔的搖蚊數量越多。如圖6-31彈尾目主要出現時間在2~6月，在SPA-5主要為長角跳蟲及圓跳蟲，稜線箭竹上的跳蟲數量比黑森林及七卡箭竹上的還多。

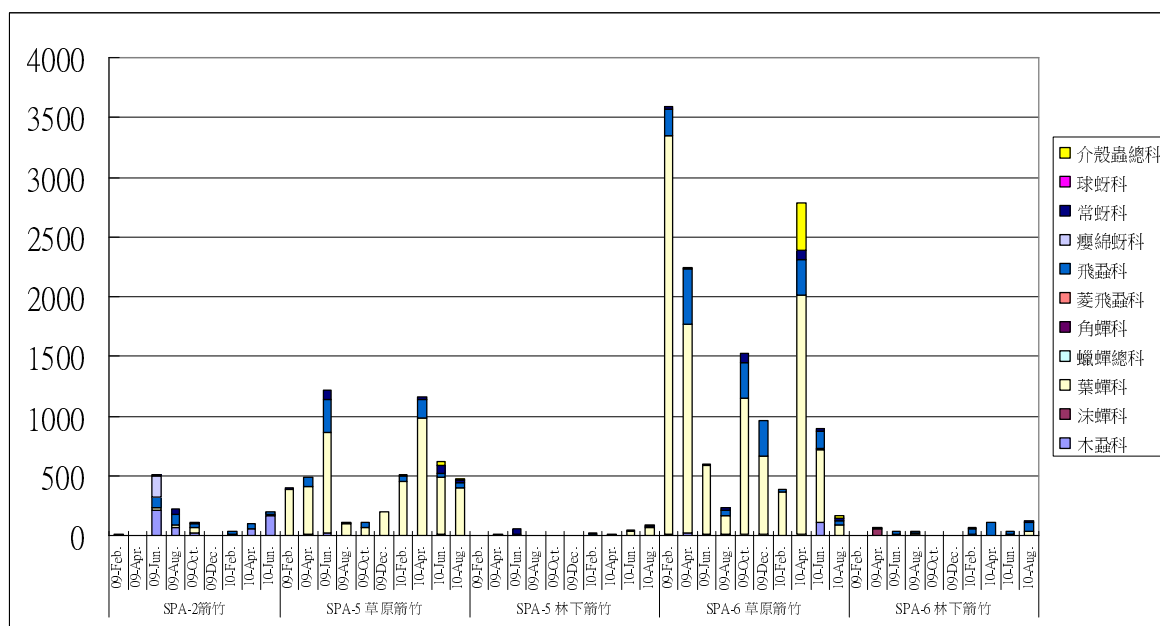


圖 6-29 不同海拔間箭竹上掃網之同翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

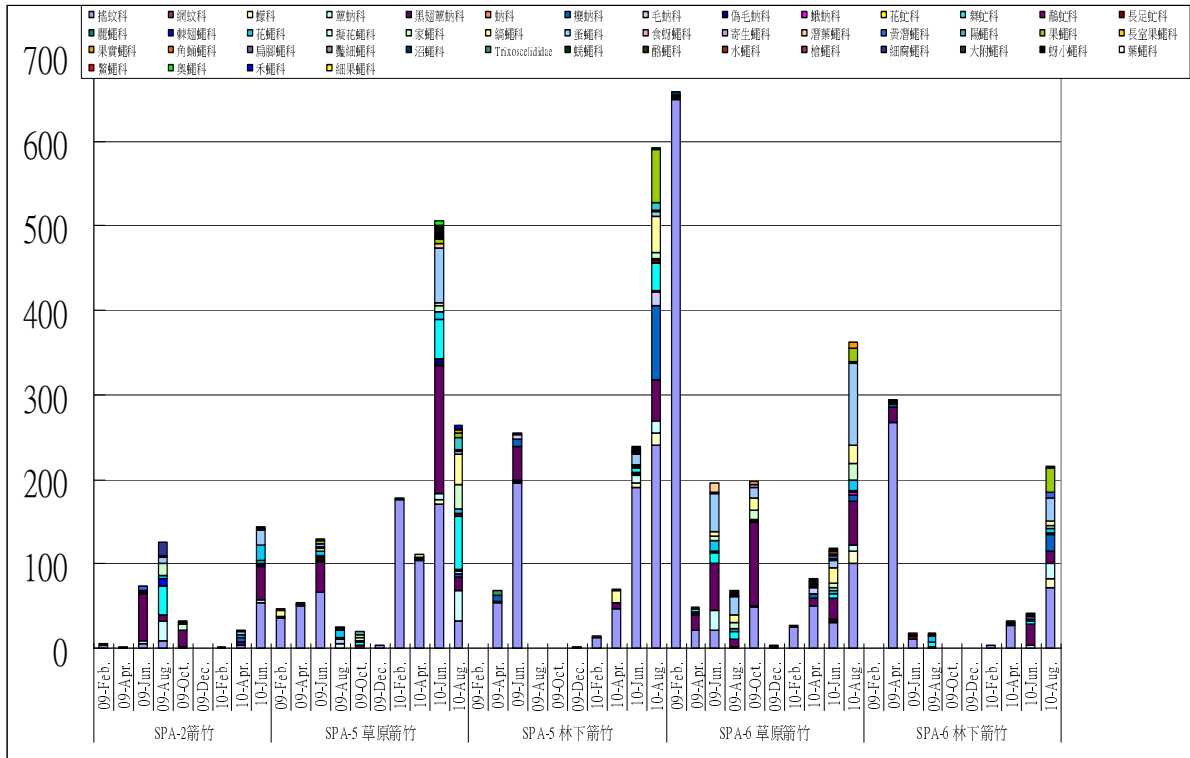


圖 6-30 不同海拔間箭竹上掃網之雙翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

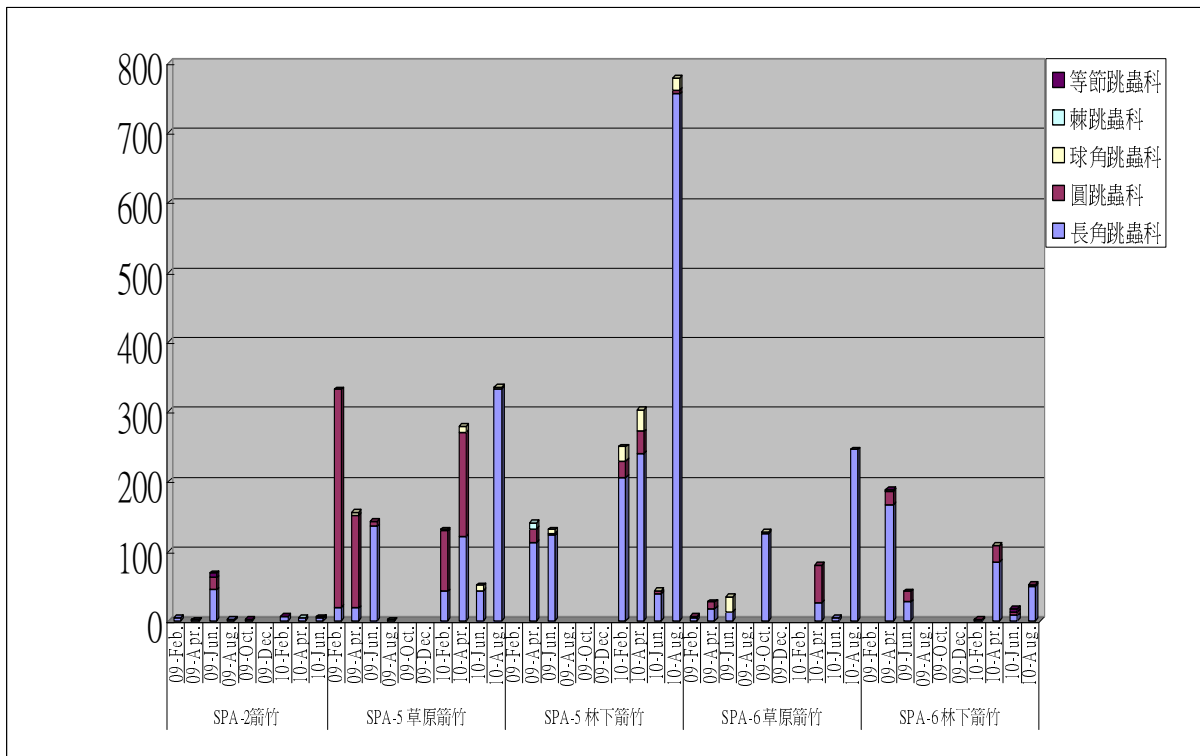


圖 6-31 不同海拔間箭竹上掃網之彈尾目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)



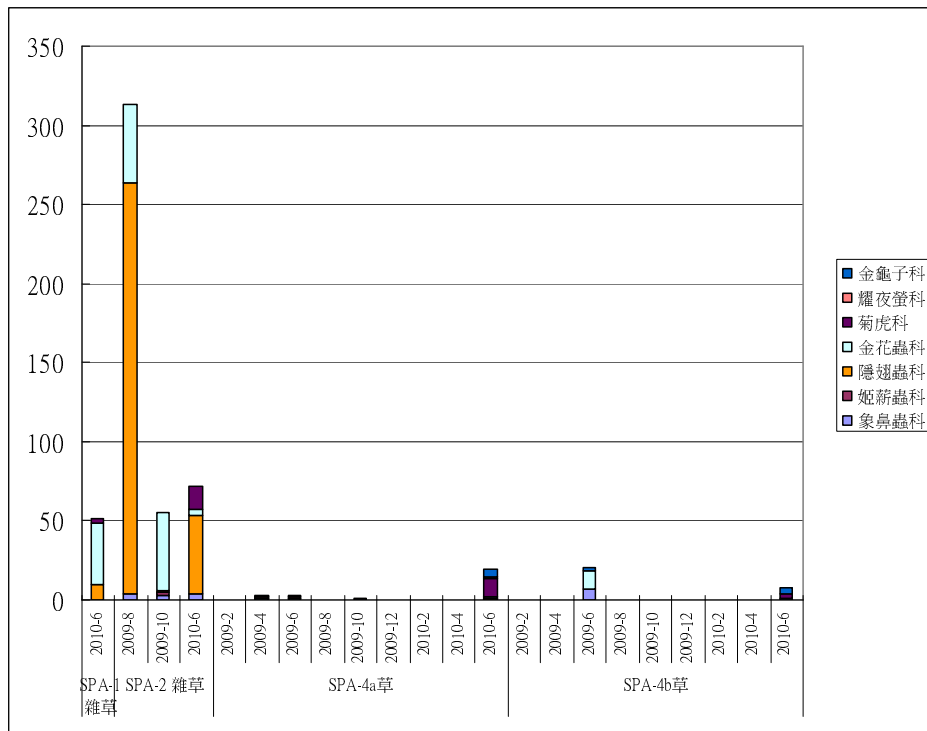


圖 6-34 不同海拔間雜草上掃網之鞘翅目昆蟲組成。

(資料來源：本研究資料)

## (二) 雪山高海拔地區枯枝落葉之昆蟲組成

### 1. 各月份昆蟲種類及數量

累計 2009 年至 2010 年八月枯枝落物中昆蟲個體數結果，如表 6-2 所示，共計已鑑定 14,146 隻，分為 12 目，其中不包含多達 21,071 隻的蟎蟬、蜘蛛等其他非昆蟲的節肢生物。計算昆蟲的目級組成，彈尾目、鞘翅目及雙翅目為優勢昆蟲個體數分別有 10,405(73%)、1,540(10.8%)及 1,483(10.4%)隻，估計佔枯枝落物中昆蟲總蟲數的 97%，遠多於其他目，除此之外，膜翅目有 328 隻個體數，其次的同翅目、嚙目及鱗翅目數量僅有幾十隻，加上其餘各目，佔總蟲數的 3% 不到，其中較特別的是，枯落物中幼蟲及若蟲所佔的比例不少，鞘翅目、雙翅目、嚙目、鱗翅目及半翅目皆有；由形態數來看較具豐富度的優勢族群則為鞘翅目、彈尾目、雙翅目及膜翅目。

各個月份期間的蟲量也有明顯的差別，但是枯落物中的昆蟲並沒有明顯的規律性(圖 6-35，圖 6-36)，從各月的總量來看，去年十二月開始，枯枝落物中的昆蟲個體數急遽向上攀升，各月皆有數以千計的蟲量；以優勢目來看，彈尾目在各月皆有一顯著的個體數量，且今年數量有明顯的增長，蟲量變化範圍很廣；今年鞘翅目數量很穩定，各月皆有兩百隻左右的數量；雙翅目在今年各月尚未見急遽增加或減少的情形，數量皆有一百多隻；枯

落物中其他各目昆蟲依舊佔少數量，唯獨在今年四月份出現 173 隻膜翅目的個體，相當可觀；從形態數的數據上看來，可發現今年枯落物內的昆蟲豐富度要比去年來的多，且形態數隨著月份的增加漸漸攀升。

表 6-2 高海拔各樣區植物上枯枝落葉所得昆蟲之形態種數與數量變化表

中文目名	SPA-1		SPA-2		SPA-3		SPA-4		SPA-5		SPA-6		TOTAL		百分比%
	形態種數	數量	形態種數	數量	形態種數	數量	形態種數	數量	形態種數	數量	形態種數	數量	形態種數	數量	
蜚蠊目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	3	0.021
鞘翅目	149	416	53	154	35	122	15	32	143	296	264	520	659	1,540	10.886
彈尾目	203	3,391	67	1,248	27	1,392	34	196	109	1,706	212	2,472	652	10,405	73.554
革翅目	13	19	0	0	1	5	0	0	2	15	1	1	17	40	0.283
雙翅目	128	544	42	98	12	26	11	22	106	424	130	369	429	1,483	10.484
半翅目	7	8	0	0	0	0	10	13	9	10	17	27	43	58	0.410
同翅目	9	14	2	5	1	1	2	2	13	21	24	53	51	96	0.679
膜翅目	23	28	1	1	7	10	9	16	27	198	52	75	119	328	2.319
鱗翅目	30	33	6	7	3	4	0	0	15	22	10	11	64	77	0.544
嚙目	14	20	2	2	3	3	2	4	11	16	17	30	49	75	0.530
纓翅目	8	10	0	0	0	0	1	1	0	0	7	7	16	18	0.127
毛翅目	1	1	1	1	1	1	0	0	2	7	1	1	6	11	0.078
未分科	2	2	2	2	0	0	1	1	1	3	4	4	10	12	12.000
總量	587	4,486	176	1,518	90	1,564	85	287	438	2,718	741	3,573	2,117	14,146	

(資料來源：本研究資料)

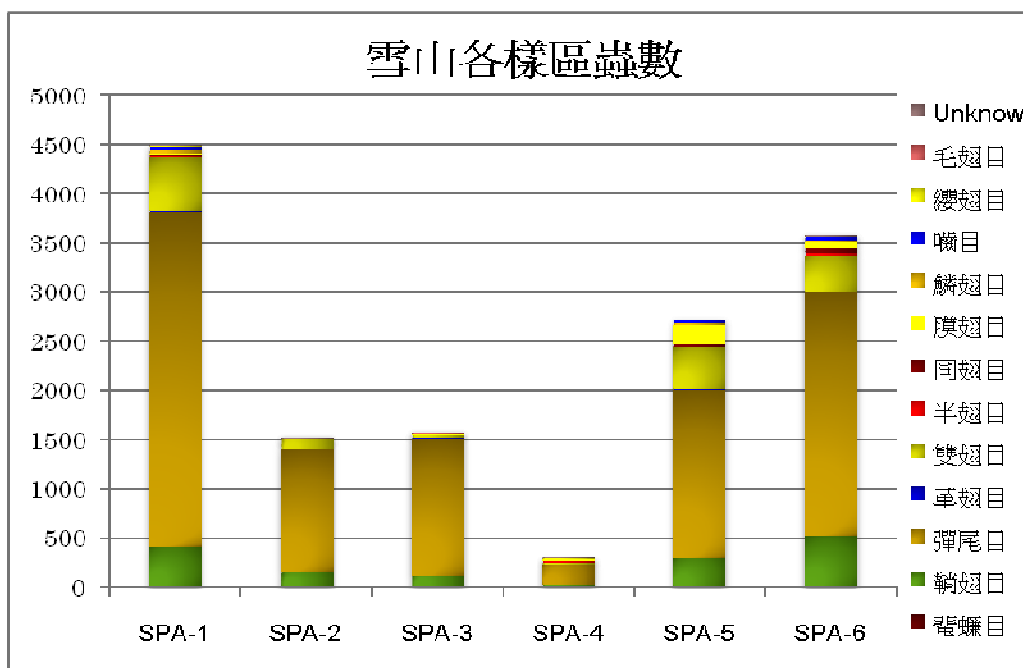


圖 6-35 2009-2010 年 8 月各樣區之枯落物內各目昆蟲個體數量。

(資料來源：本研究資料)



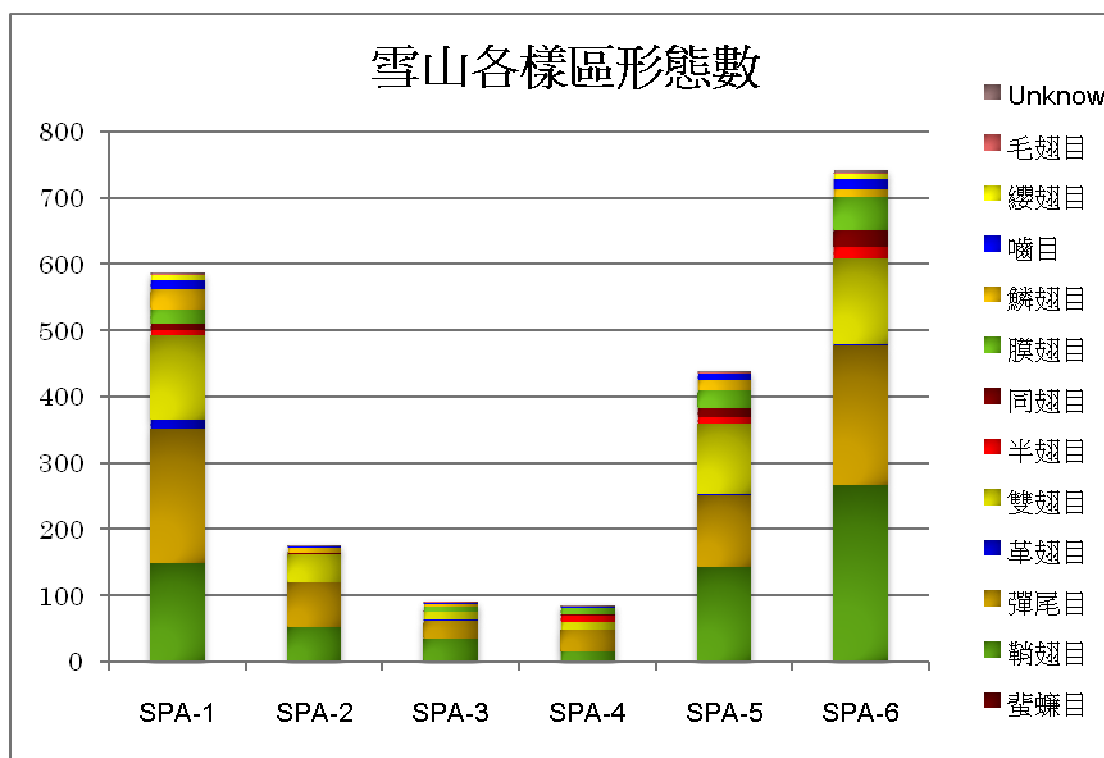


圖 6-36 2009-2010 年 8 月各樣區之枯落物內各目昆蟲形態數量。

(資料來源：本研究資料)

## 2. 各樣區間昆蟲的種類及個體數組成變化

2009 年至 2010 年十月各樣區之昆蟲個體數及種數分別表示於圖 6-37 和圖 6-38。以各樣區而言，彈尾目、雙翅目及鞘翅目可說是枯落物中的基本組成，在各測站經常觀測到且皆有一穩定的數量出現，扣除火燒地此特殊樣區外，昆蟲的個體數依海拔高度越低其數量越多，特別的是最高海拔獨特的圈谷地形，其枯落葉中的昆蟲個體數是六個樣區中最多，昆蟲形態數從 SPA-1 至 SPA-4 是依海拔降低而減少，而 SPA-5 及 SPA-6 則是海拔越低形態豐富度驟增，值得注意的是圈谷的形態數僅次於七卡樣區。

另外，SPA-1 有高比例的彈尾目(Collembola)(3,370 隻)及雙翅目(Diptera)(537 隻)個體出現，且革翅目昆蟲僅在此樣區有採集到大量個體；在 SPA-1 及 SPA-5 有高數量的雙翅目(Diptera)；SPA-1 及 SPA-6 有較多的鞘翅目；SPA-2 除了彈尾目之外，很少有其他目的昆蟲，甚至是沒有；相較於其它樣區，今年 SPA-4 火燒地的昆蟲數量及種類依然是不多。在物種的豐富度方面，SPA-1 及 SPA-5 與 SPA-6 樣區其各目種類的豐富度很多。

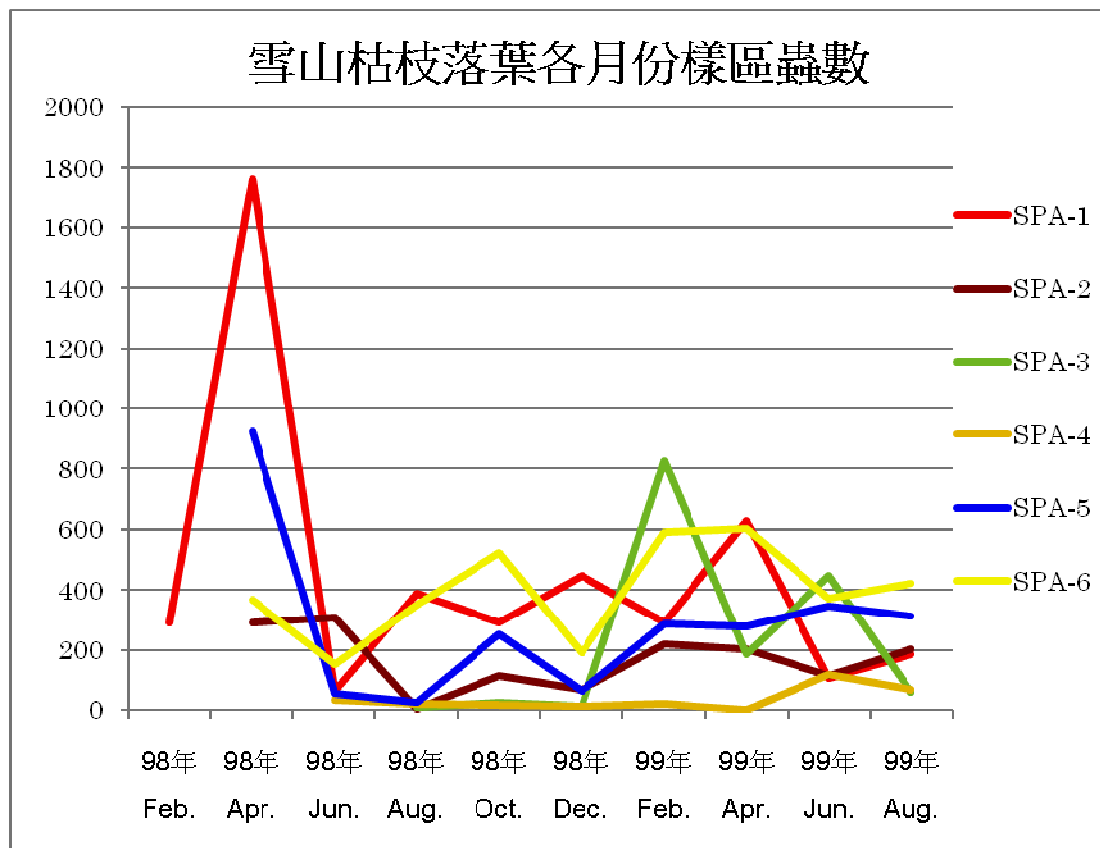


圖 6-37 2009-2010 年 8 月各樣區之枯落物於各月的昆蟲數量變化。  
(資料來源：本研究資料)

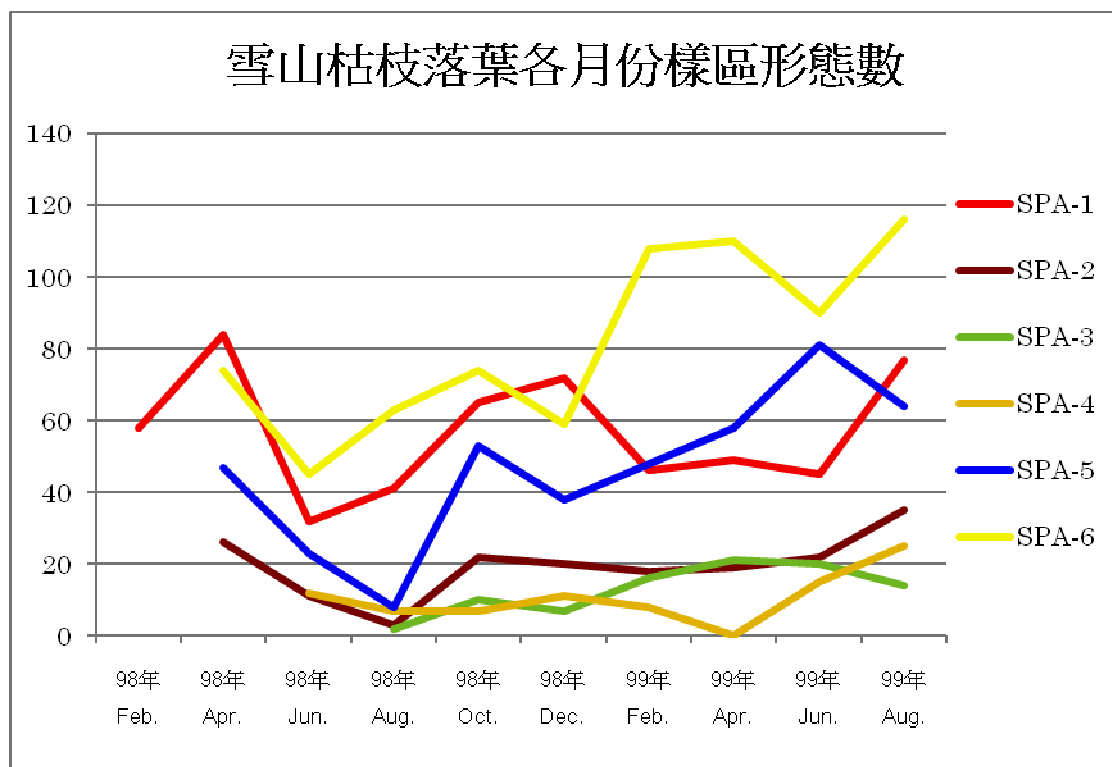


圖 6-38 2009-2010 年 8 月各樣區之枯落物於各月的昆蟲形態數量變化。  
(資料來源：本研究資料)

(1) SPA-1(圈谷)樣區:在優勢植物圓柏杜鵑之下共採集到 4,486 隻昆蟲，以彈尾目(4 科/3,391 隻)(圖 6-39)占最多數，其次為雙翅目(13 科/544 隻)(圖 6-40)及鞘翅目(6 科/149 隻)(圖 6-41)，另外亦有些許鱗翅目(30 隻)、膜翅目(23 隻)、嚙目(14 隻)、革翅目(13 隻)、同翅目(9 隻)及半翅目(7 隻)昆蟲的出現。

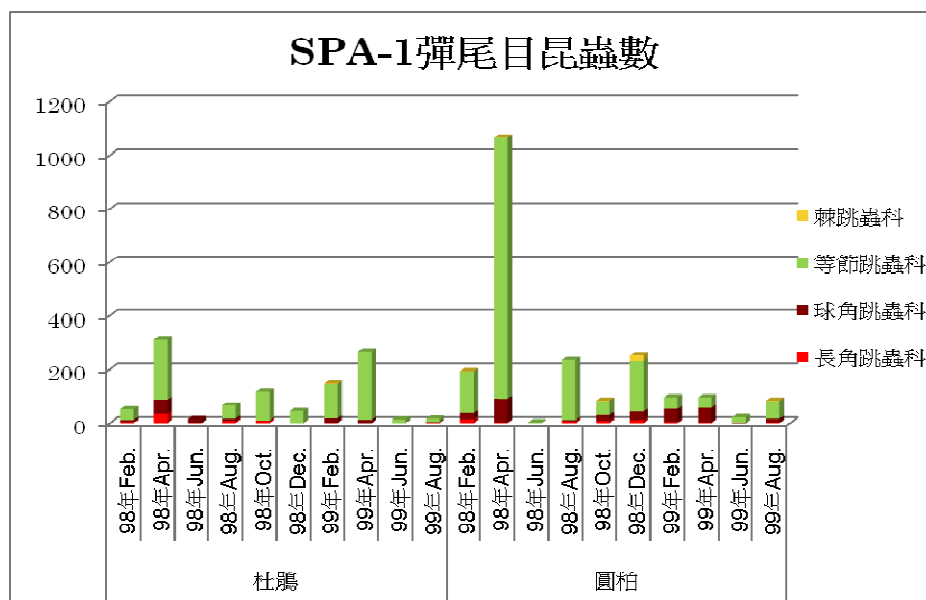


圖 6-39 2009-2010 年 8 月 SPA-1 樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

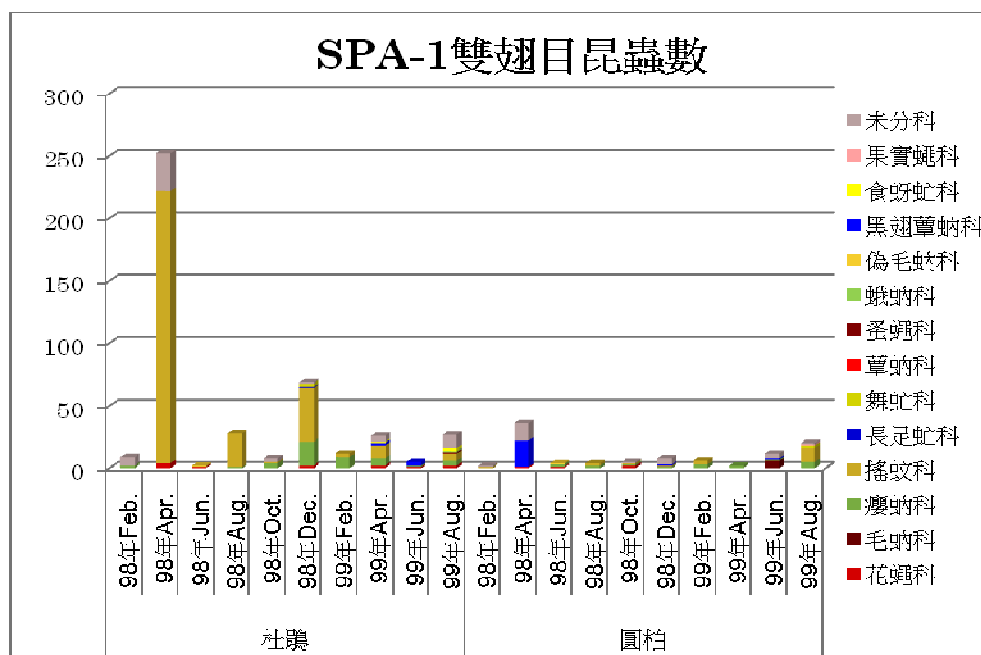


圖 6-40 2009-2010 年 8 月 SPA-1 樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

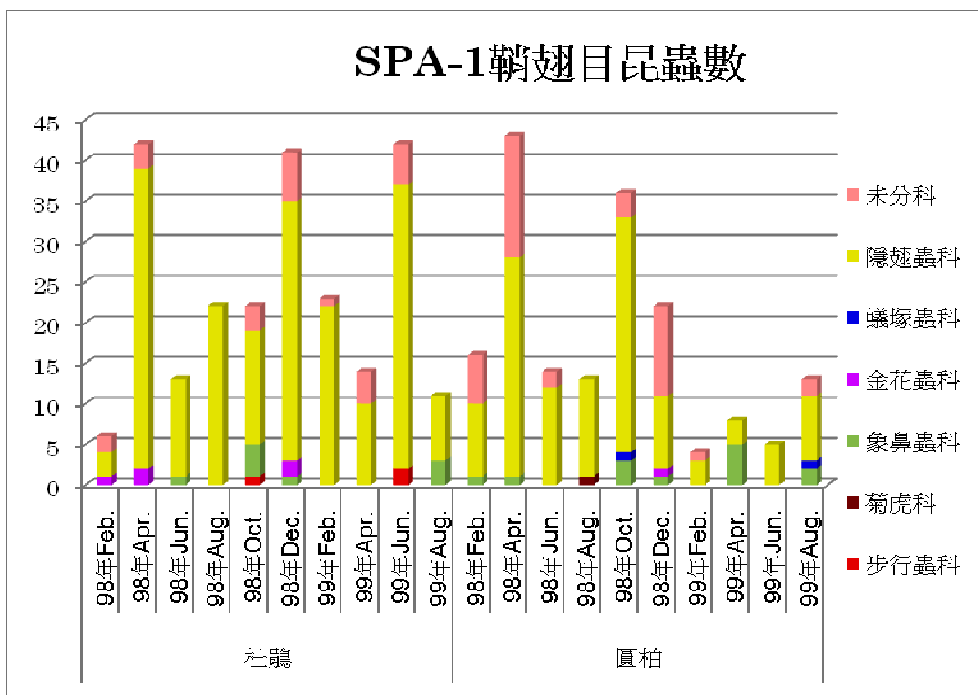


圖 6-41 2009-2010 年 8 月 SPA-1 樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

(2) SPA-2(黑森林)樣區:優勢植物冷杉箭竹之下採集到 1,518 隻昆蟲，以彈尾目(4 科/1,248 隻)(圖 6-42)最多，其次為雙翅目(11 科/544 隻)(圖 6-43)及鞘翅目(7 科/416 隻)(圖 6-44)，其他目僅有鱗翅目、同翅目、毛翅目、嘴目及膜翅目有零星幾個個體出現。

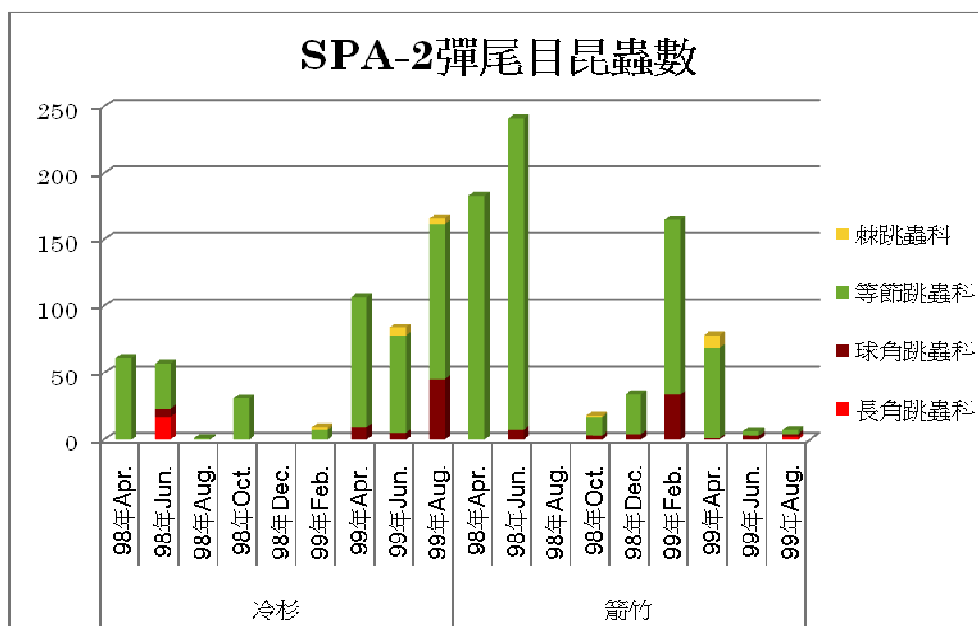


圖 6-42 2009-2010 年 8 月 SPA-2 樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

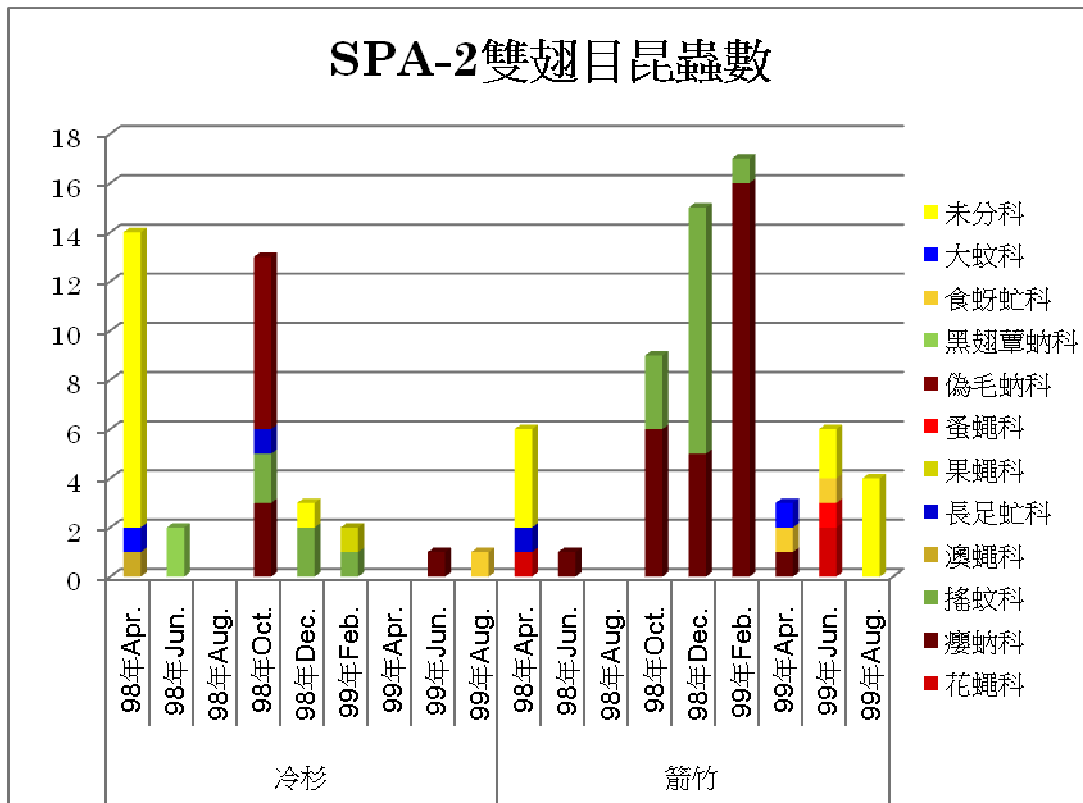


圖 6-43 2009-2010 年 8 月 SPA-2 樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

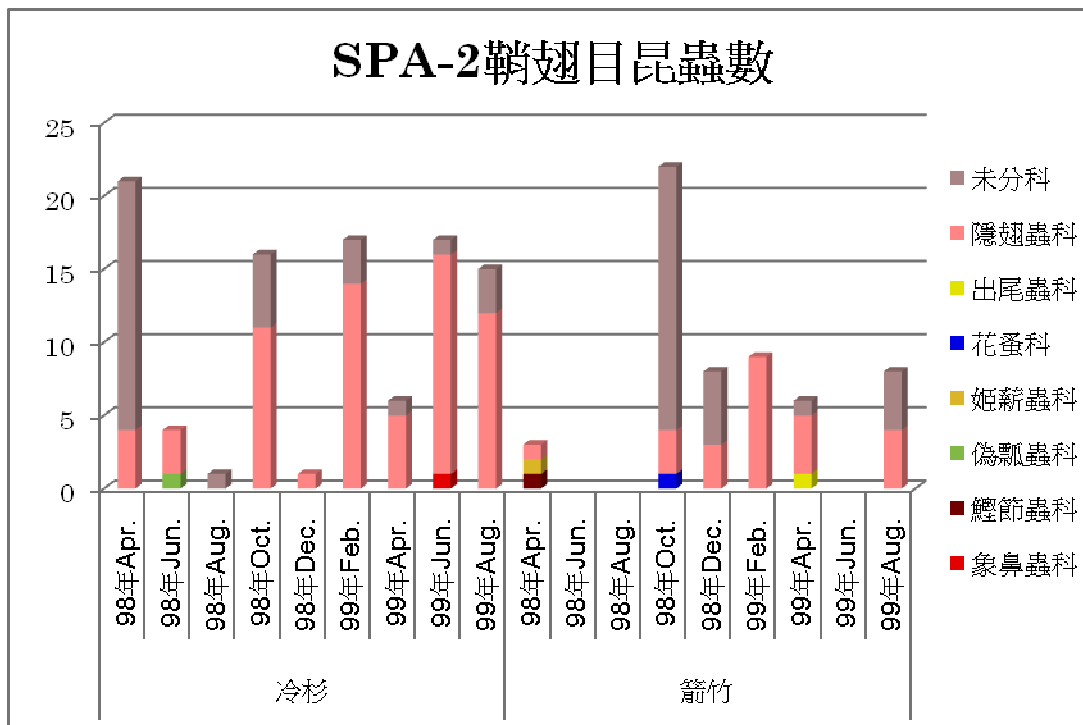


圖 6-44 2009-2010 年 8 月 SPA-2 樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

(3) SPA-3(黑森林)樣區:優勢植物冷杉箭竹之下，從 98 年十月開始納入樣點，至今年八月累計採集到 1,564 隻昆蟲個體，以彈尾目(科/1,392 隻)(圖 6-45)為主，其次為鞘翅目(6 科/122 隻)及雙翅目(6 科/26 隻)。

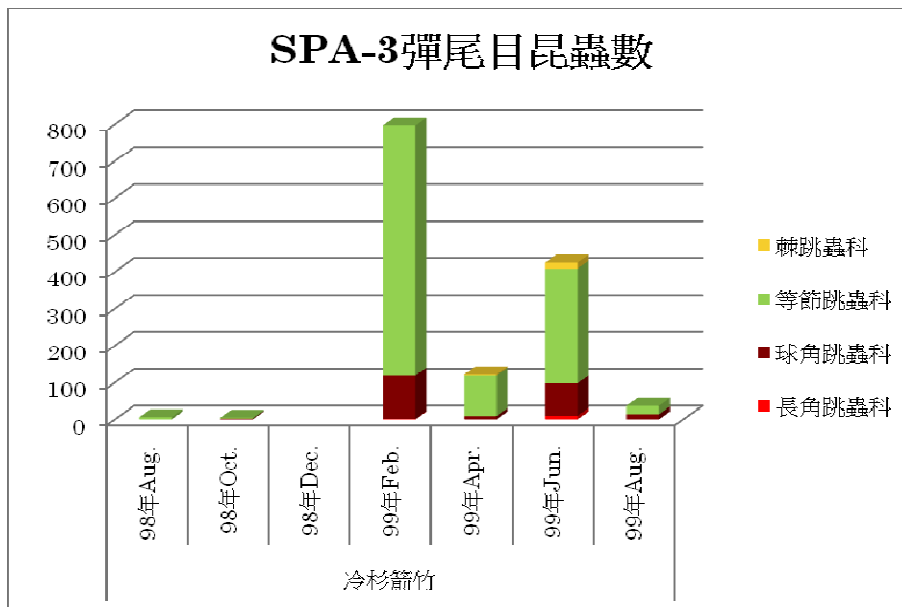


圖 6-45 2009-2010 年 8 月 SPA-3 樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

(4) SPA-4(火燒地)樣區: 總計 287 隻昆蟲個體(圖 6-46)，以彈尾目(5 科/196 隻)最多，其次為鞘翅目(5 科/32 隻)、雙翅目(4 科/22 隻)、膜翅目(2 科/16 隻)及半翅目(13 隻)。

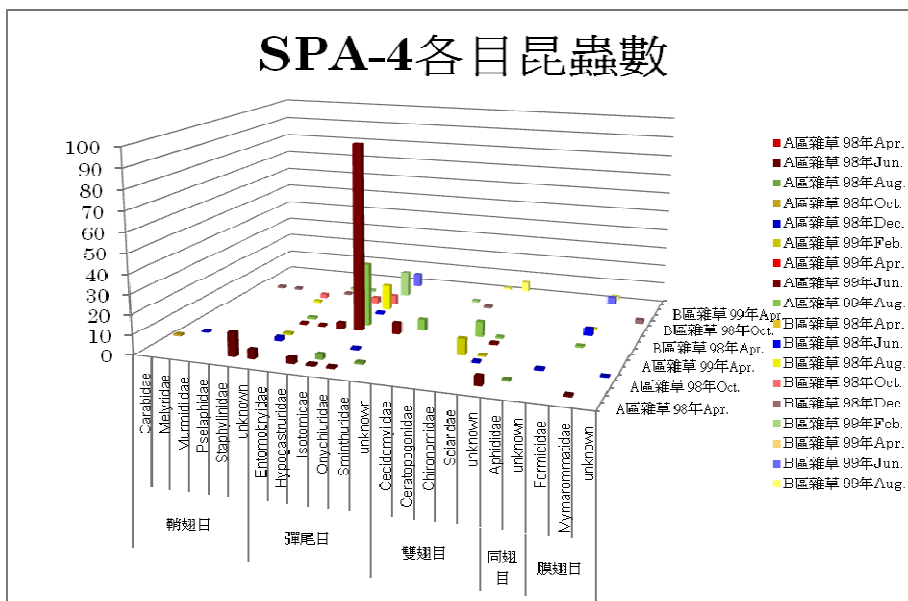


圖 6-46 2009-2010 年 8 月 SPA-4 樣區優勢植物枯落物內各目昆蟲內科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

(5) SPA-5(東峰稜線)樣區: 以優勢植物芒草、箭竹、灌木之下, 累計採集到 2,718 隻個體, 彈尾目(4 科/1,706 隻)(圖 6-47)最多, 雙翅目(12 科/424 隻)(圖 6-48)、鞘翅目(14 科/296 隻)(圖 6-49)和膜翅目(9 科/198 隻)也有不少, 其它也有少數的鱗翅目(22 隻)、同翅目(21 隻)、革翅目(15 隻)和半翅目(10 隻)。

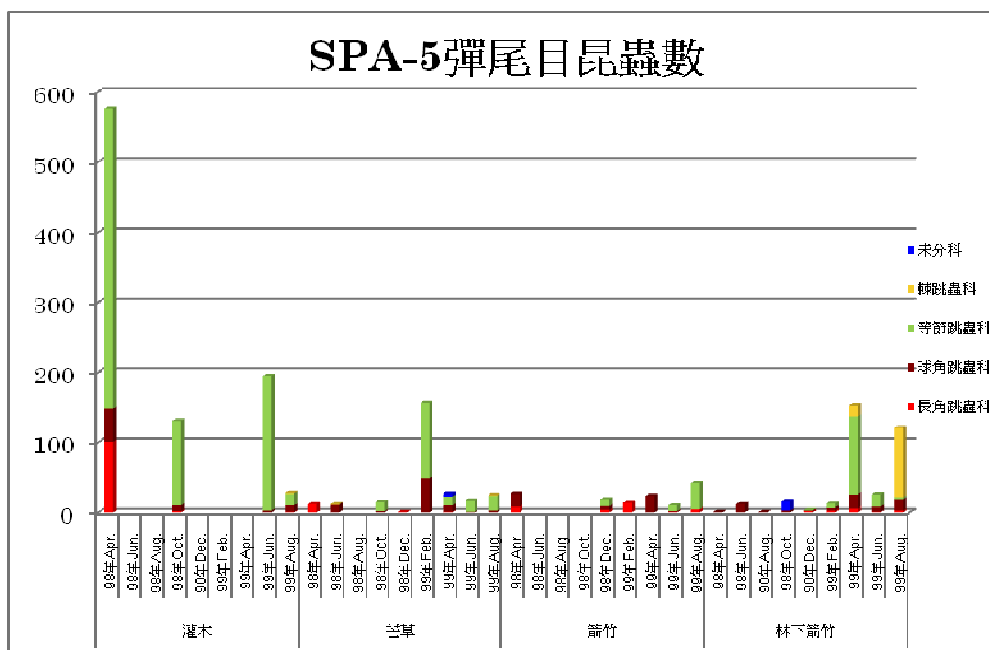


圖 6-47 2009-2010 年 8 月 SPA-5 樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

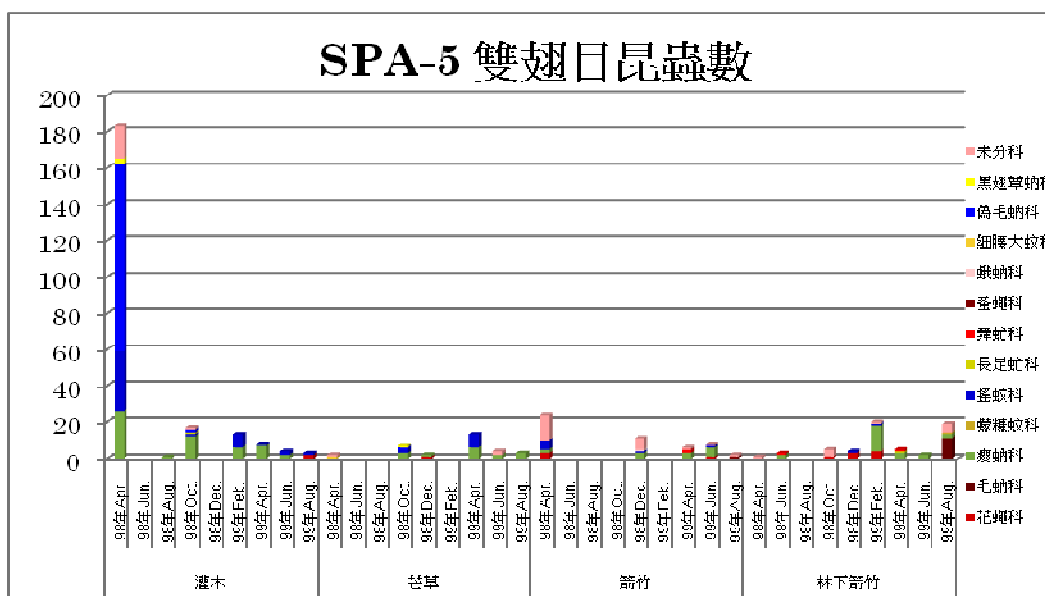


圖 6-48 2009-2010 年 8 月 SPA-5 樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

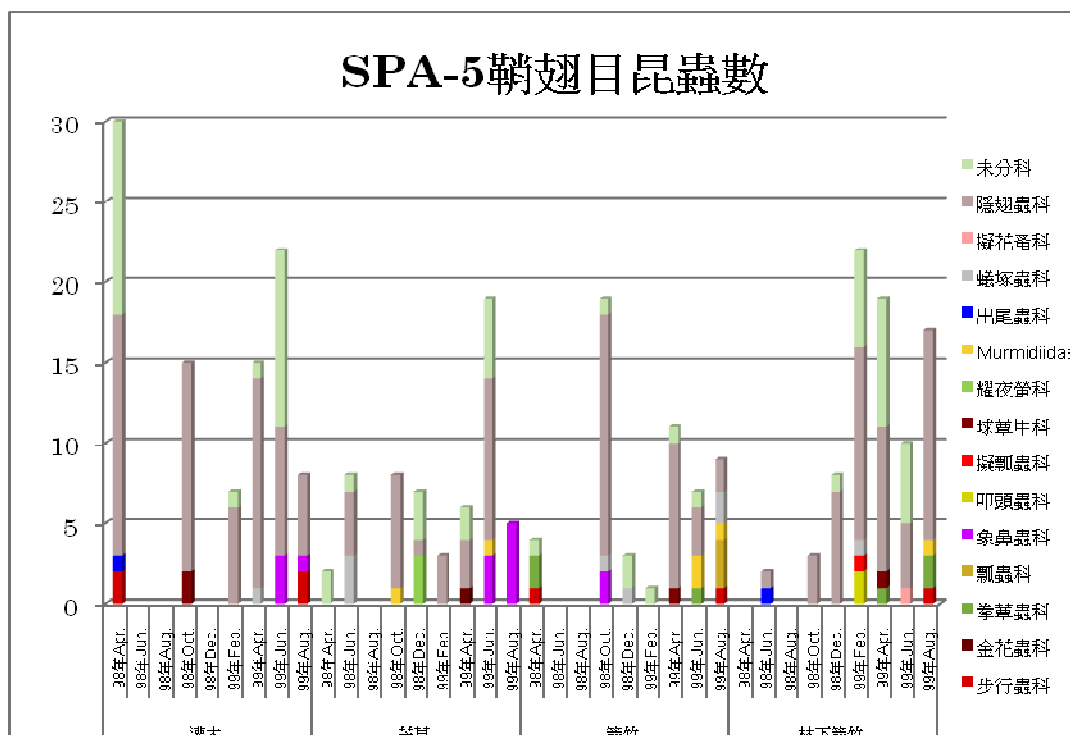


圖 6-49 2009-2010 年 8 月 SPA-5 樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

(6) SPA-6(七卡山莊)樣區: 在優勢植物芒草、箭竹、灌木中，共採集到 3,573 隻昆蟲個體，其中彈尾目(5 科/2,472 隻)(圖 6-50)最多，其次為鞘翅目(22 科/520 隻)(圖 6-51)及雙翅目(14 科/369 隻)(圖 6-52)，另外還有膜翅目(75 隻)、同翅目(53 隻)、嚙目(30 隻)及半翅目(27 隻)。

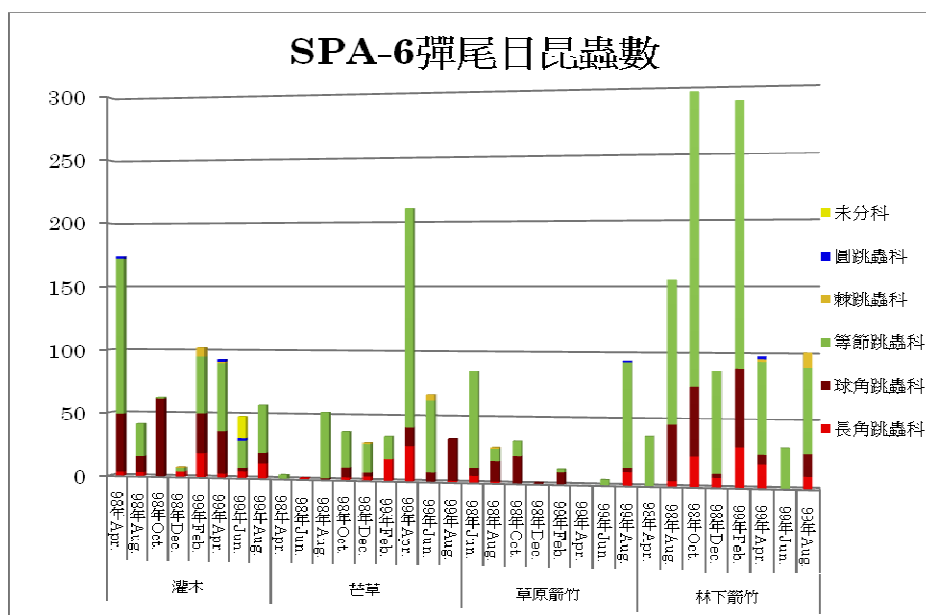


圖 6-50 2009-2010 年 8 月 SPA-6 樣區優勢植物枯落物內彈尾目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)



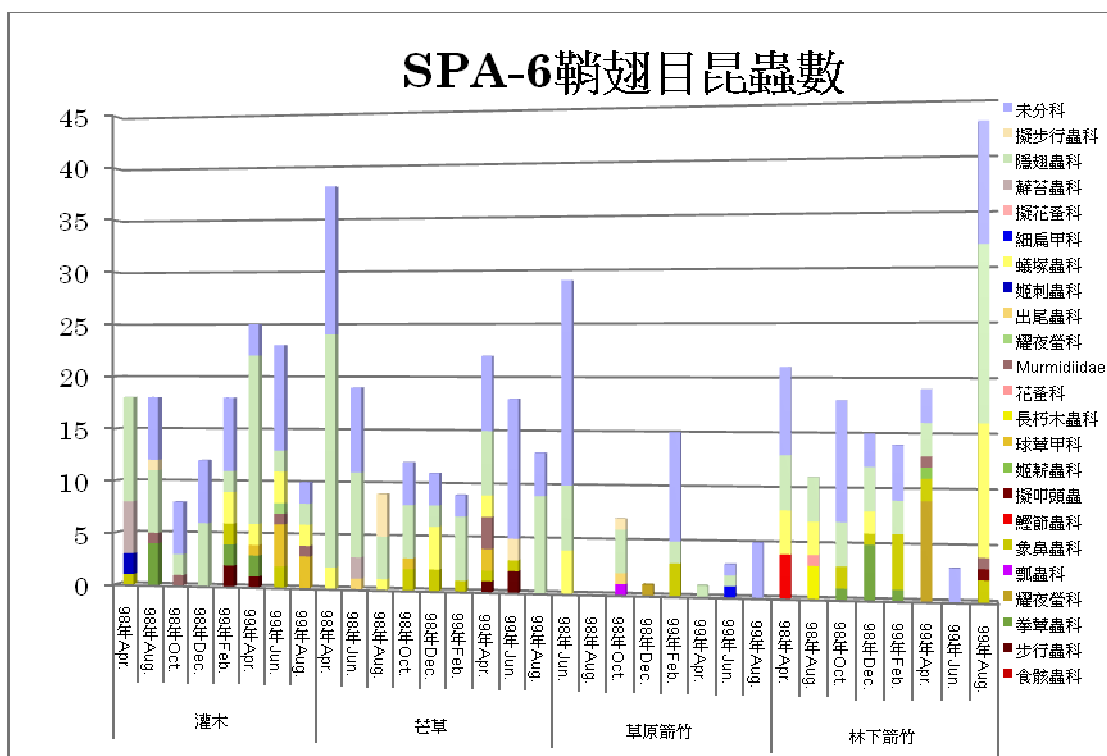


圖 6-51 2009-2010 年 8 月 SPA-6 樣區優勢植物枯落物內鞘翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

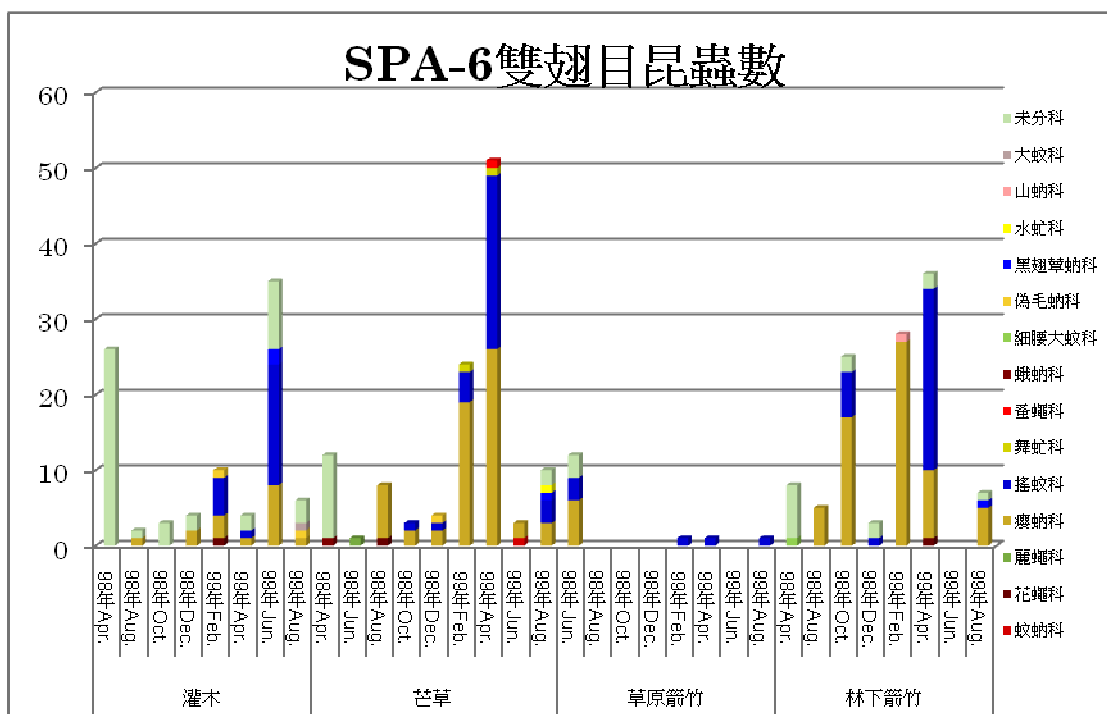


圖 6-52 2009-2010 年 8 月 SPA-6 樣區優勢植物枯落物內雙翅目昆蟲各科之個體數量。

(資料來源：本研究資料)

### 3. 各樣區不同植物來源內枯落物之昆蟲組成

(1) SPA-1 (圈谷)樣區:今年於圓柏杜鵑枯落物中皆有為數相當地等節跳蟲、象鼻蟲、癭蚧、搖蚊及黑翅蕈蚧且增加了去年未發現零星的小蜂個體，圓柏枯落物所採集到的長角跳蟲、球角跳蟲及棘跳蟲較多，杜鵑枯落物中則有較多隱翅蟲；另外在圓柏有出現毛蚧是杜鵑所沒出現的昆蟲；杜鵑上則有步行蟲及食蚜虻，圓柏則沒有。

(2) SPA-2 (黑森林)樣區:此樣區今年的冷杉枯落物除了二月之外，皆有一百隻左右的等節跳蟲，另外還有隱翅蟲、球角跳蟲、棘跳蟲及零星的蚊蠅；而箭竹枯落物中的等節跳蟲數量多集中在二月及四月達 199 隻，尚有隱翅蟲、球角跳蟲、極少量的長角跳蟲及棘跳蟲，另外在箭竹枯落葉的蚊蠅豐度較冷杉枯落物高(6 科/30 隻)；今年在此樣區中除了隱翅蟲外的鞘翅目昆蟲非常少，僅有冷杉一隻象鼻蟲及箭竹的一個出尾蟲個體，其他目的昆蟲更少到幾乎沒有。

(3) SPA-3(黑森林)樣區:今年冷杉箭竹枯落物下有多達 1,122 隻的等節跳蟲、229 隻的球角跳蟲 69 隻的隱翅蟲，另外還有些長角跳蟲、棘跳蟲、搖蚊、癭蚧、食蚜虻、癭蜂、小蜂及細蜂的個體，個體數及形態種數遠遠多於去年的數量。

(4) SPA-4 (火燒地)樣區:在此樣區的枯落物中，A 區雜草的蟲量要比 B 區雜草多，但是總量依然是比其他樣區少很多，僅發現少數幾隻膜翅目的蟻、雙翅目的蚊蚧及甲蟲，跳蟲的數量稍稍多些，其中以等節跳蟲(147 隻)數量為最多，尚有發現圓跳蟲個體；四月則是完全沒採集到昆蟲個體。

(5) SPA-5 (東峰稜線)樣區:稜線樣段的芒草、灌木及箭竹枯落物中有較多的鞘翅目及雙翅目，除了草原箭竹其他植物的枯落物中皆有數量不少跳蟲及蚊蚧幼蟲存在，其中以林下箭竹的 363 隻等節跳蟲最多，林下箭竹的跳蟲數(518 隻)亦是最多，芒草外的植物枯落物內皆有發現圓跳蟲個體，蚊蚧的部分除了有大量個搖蚊及癭蚧外，其他還有花蠅、蚤蠅、舞虻、偽毛蚧及黑翅蕈蚧等個體；樣區內常觀測到蟻塚蟲、隱翅蟲及象鼻蟲；灌木及芒草有步行蟲及球蕈甲蟲的發現，芒草的膜翅目是形態數最少但卻有最多個體數，是因為今年四月採集到的 10 隻緣腹細蜂，將數量拉高；此樣區草原箭竹枯落物內的昆蟲量及豐富度比其他植物少很多，唯一較其他植物內優勢的物種就是蟻了。

(6) SPA-6 (七卡枯坡)樣區:七卡樣段的芒草、灌木及箭竹枯落物中有較多的鞘翅目、彈尾目及膜翅目，今年在芒草及林下箭竹枯落物中有較多數量的等節跳蟲，球角跳蟲則是在灌木及林下箭竹枯落物中出現；灌木、芒草及林下箭竹內皆有不少種類的甲蟲諸如象鼻蟲、蟻塚蟲及隱翅蟲，以及蚊蚋如癭蚋、搖蚊等；芒草有一些步行蟲、拳萼蟲、球萼甲蟲及蠅蚋，隱翅蟲數量最多，尚有其他植物上所沒有的介殼蟲及一些蜂類芒草的膜翅目是形態數最少但卻有最多個體數，是因為今年四月採集到的 10 隻緣腹細蜂，將數量拉高；除跳蟲外，此樣區四種植物的枯落物中皆可發現搖蚊、象鼻蟲及隱翅蟲；而草原箭竹枯落物內的昆蟲量比其他植物少很多，僅幾隻跳蟲、甲蟲及蚊蚋。

#### 4. 不同樣區各植物枯落物內之昆蟲組成

從資料中可得知，在不同海拔的相同植被枯落物也顯示出不同的昆蟲組成。

(1) SPA-5 與 SPA-6 樣區芒草枯枝落物中的昆蟲組成:兩個樣區皆以癭蚋、隱翅蟲、象鼻蟲、介殼蟲、球角跳蟲及等節跳蟲為主；SPA-6 七卡樣區另有優勢種以彈尾目的長角跳蟲、鞘翅目的甲蟲、雙翅目的搖蚊及膜翅目小蜂為主，數量及豐富度也較稜線多；而 SPA-5 雪山東峰上芒草枯落物中的昆蟲組成雖然和七卡地區的相類似，但是數量及科數則少了一些，仍以跳蟲為多數種，另有膜翅目的蟻科為主。

(2) SPA-2、SPA-5 與 SPA-6 樣區草原箭竹枯枝落物中的昆蟲組成:SPA-2 黑森林、SPA-5 東峰稜線及 SPA-6 七卡哭坡以彈尾目為主要組成，其中以 SPA-2 的數量(256 隻)最多，其他目的昆蟲為數皆不多，僅有零星個體出現，甚至於枯落物中常見昆蟲隱翅蟲的數量也不多。

(3) SPA-3、SPA-5 與 SPA-6 樣區林下箭竹枯枝落物中的昆蟲組成: SPA-3 黑森林、SPA-5 東峰稜線及 SPA-6 七卡哭坡以跳蟲、癭蚋及隱翅蟲為主，黑森林及七卡在數量及物種數皆遠遠多於東峰稜線，東峰稜線林下箭竹的枯落物裡不僅物種、蟲量少，就連跳蟲數量也不多，黑森林多達 1,381 隻、七卡也有 518 隻，而稜線僅有 312 隻跳蟲；七卡樣區除了有大量的彈尾目外，其他目如鞘翅目、雙翅目及膜翅目雖然數量沒有特別突出，但由科級的組成即可看出其物種的豐富度。

(4) SPA-2、SPA-5 與 SPA-6 樣區灌木枯枝落物中的昆蟲組成:今年黑森

林、稜線、七卡三個樣區內的灌木枯落物其最主要昆蟲彈尾目的跳蟲及鞘翅目的隱翅蟲，黑森林及稜線皆有大量等節跳蟲，而七卡則是有較豐富的跳蟲結構(5科/300隻)；七卡、黑森林及稜線幾乎無同翅目的昆蟲，但七卡有些許膜翅目的小蜂個體出現；雙翅目及鞘翅目昆蟲的數量隨著海拔的增加而漸減。

### (三) 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：植食性消費者((Phytophagous, Ph))、捕食性消費者(Predaceous, Pr)及寄生性消費者(Parasites, Pa)、植物性分解者(Decomposer, De)及動物性分解者(Saprophagous, Sa)，以此為劃分以了解各樣區食物鏈中的生物相。

#### 1. 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組成，從科級、形態種及個體數三個方面看(表6-3，圖6-53)。在科級的層次，各樣區植物上的昆蟲科別與形態種多寡主要還是為植食性>捕食性>分解者的情況；數量上則為植食性(41,508隻)>分解者(16,672隻)>捕食性(8,424隻)的情況，植食性昆蟲處於科別上(44%)、形態種數量上(44%)與數量(62%)上明顯的優勢地位；植食性昆蟲可為捕食性昆蟲、哺乳類或鳥類等提供食物來源。

表 6-3 雪山地區高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈相組成

	植食性			捕食性			分解者		
	科	形	個體	科	形	個體	科	形	個體
SPA1	53	232	6710	39	133	280	43	140	1157
SPA2	64	622	5416	51	512	1249	42	305	1836
SPA5	138	1387	9874	108	1095	2596	70	575	7167
SPA6	180	1940	19508	127	1699	4299	85	833	6512
Total	435	4181	41508	325	3439	8424	240	1853	16672

(資料來源：本研究資料)

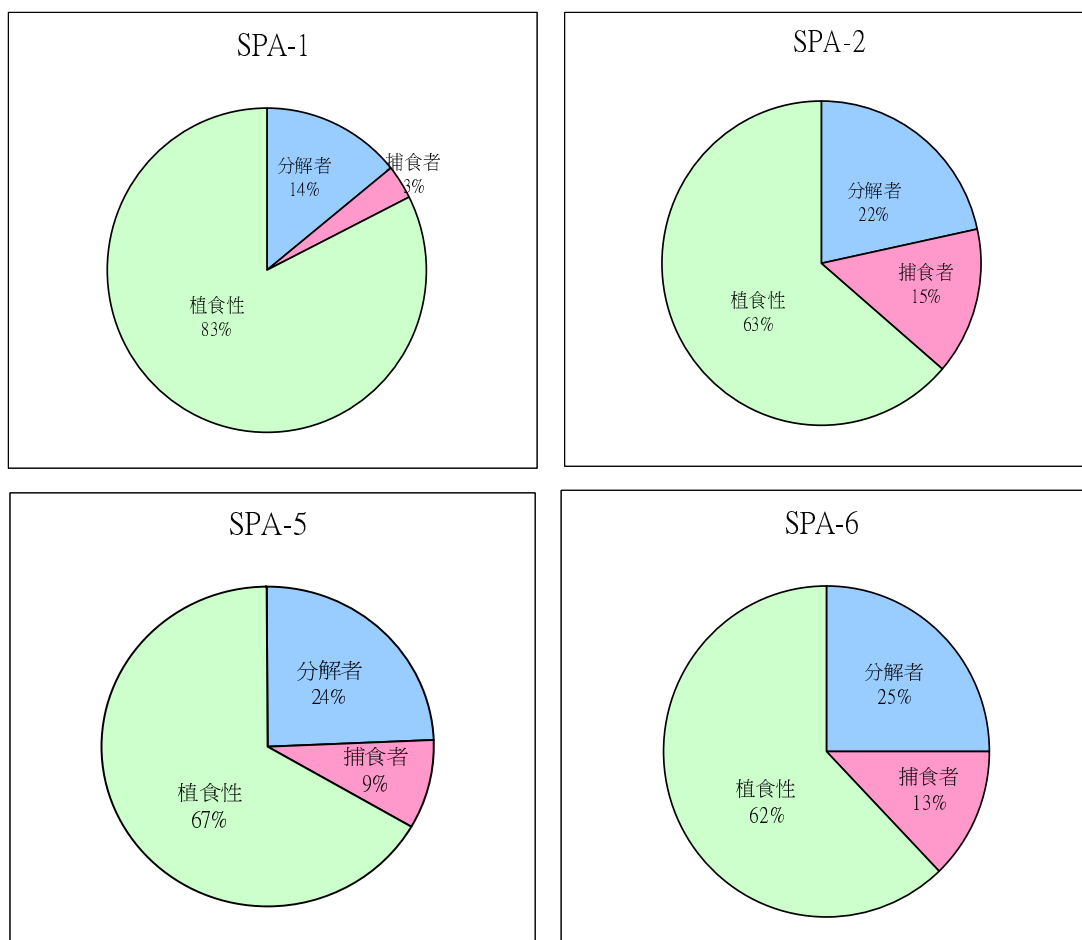


圖 6-53 高海拔各樣區植物上昆蟲食物鏈相組成，各樣區植物上的食物鏈相之昆蟲個體數組成比例比較圖。

(資料來源：本研究資料)

## 2. 高海拔各樣區枯落葉內昆蟲食物鏈相組成

枯落葉內的昆蟲(圖6-54)，不管是動物性亦或是植物性者，分解者所占比例高達90.7%，其次是占7%的植食性昆蟲，捕食性的昆蟲所占的比例極小，在這樣的環境內，不難想像，扮演分解者的昆蟲其所占的重要性。

枯落葉內昆蟲其各類功能群所占比例

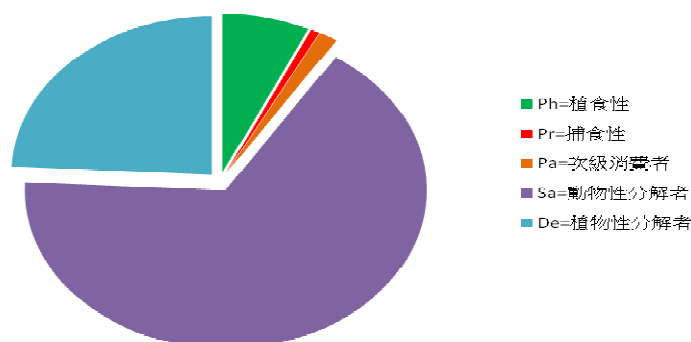


圖 6-54 2010 年 2 月-8 月枯落物內各功能群所占比例。

(資料來源：本研究資料)

SPA-1圈谷內植食性昆蟲以雙翅目及鞘翅目的癭蚧及象鼻蟲科組成；而隱翅蟲、細蜂、姬蜂則是主要的消費者昆蟲；彈尾目的跳蟲則為主要的分解者，另外還有少量的嚙蟲及蠅蚧擔任分解者的工作。

SPA-2黑森林樣區的食性組成則較簡單，雙翅目的癭蚧為主要植食性昆蟲；隱翅蟲為主要的捕食者；分解者則由彈尾目的跳蟲組成。

SPA-4火燒地樣區目前為止，除了螞蟬、蜘蛛等非昆蟲的物種外，有蚜蟲1科植食性昆蟲，捕食性昆蟲有隱翅蟲、蟻2科，寄生性昆蟲小蜂1科。

SPA-5雪山東峰及SPA-6七卡兩個樣區的蟲相數量及種量都較多元化，其所構成的食物鏈關係也較複雜一些。SPA-5雪山東峰內的植食性昆蟲除了鞘翅目、雙翅目及鱗翅目外，還有同翅目的介殼蟲；次級消費者的昆蟲除了鞘翅目的隱翅蟲及步行蟲外，另外還有屬於寄生性次級消費者的膜翅目小蜂，及捕食性的舞虻；擔綱分解者工作的則有跳蟲、嚙蟲及出尾蟲。在SPA-6七卡樣區內，植食性初級消費者中有雙翅目、鱗翅目幼蟲、同翅目的葉蟬木蝨及鞘翅目的象鼻蟲。次級消費者則有屬捕食性消費者的蟻塚蟲、隱翅蟲及蟻與屬於寄生性的小蜂。除了跳蟲及嚙蟲為主的分解者，其他尚有雙翅目一些腐食性蠅蚧。

#### (四) 各樣區各科優勢昆蟲特性

1. 雪山高海拔地區植物上最常見的昆蟲有五個目的一些科別，分別為：

同翅目：50%葉蟬科(Cicadellidae)、25%木蝨(Psyllidae)、10%飛蝨科(Delphacidae)、9%常蚜科(Aphididae)。

雙翅目：33%搖蚊科(Chironomidae)、16%黑翅蕈蚧科(Sciaridae)、8%蚤蠅科(Phoridae)、7%舞虻科(Empididae)。

膜翅目：17%絨小蜂科(Eulophidae)、13%姬蜂科(Ichneumonidae)、11%廣腹細蜂科(Platygasteridae)、11%錘角系蜂科(Diapriidae)、7%蟻科(Formicidae)。

彈尾目：70%長角跳蟲科(Entomobryidae)、25%圓跳蟲科(Sminthuridae)。

鞘翅目昆蟲：35%隱翅蟲科(Staphylinidae)、15%金花蟲科(Chrysomelidae)、13%菊虎科(Cantharidae)、12%象鼻蟲科(Curculionidae)。

2. 雪山高海拔地區枯枝落葉上最常見的昆蟲是彈尾目的等節跳蟲(Isotomidae)。

這些科別的習性已書寫於98年期末報告中，為節省篇幅，於此不再重



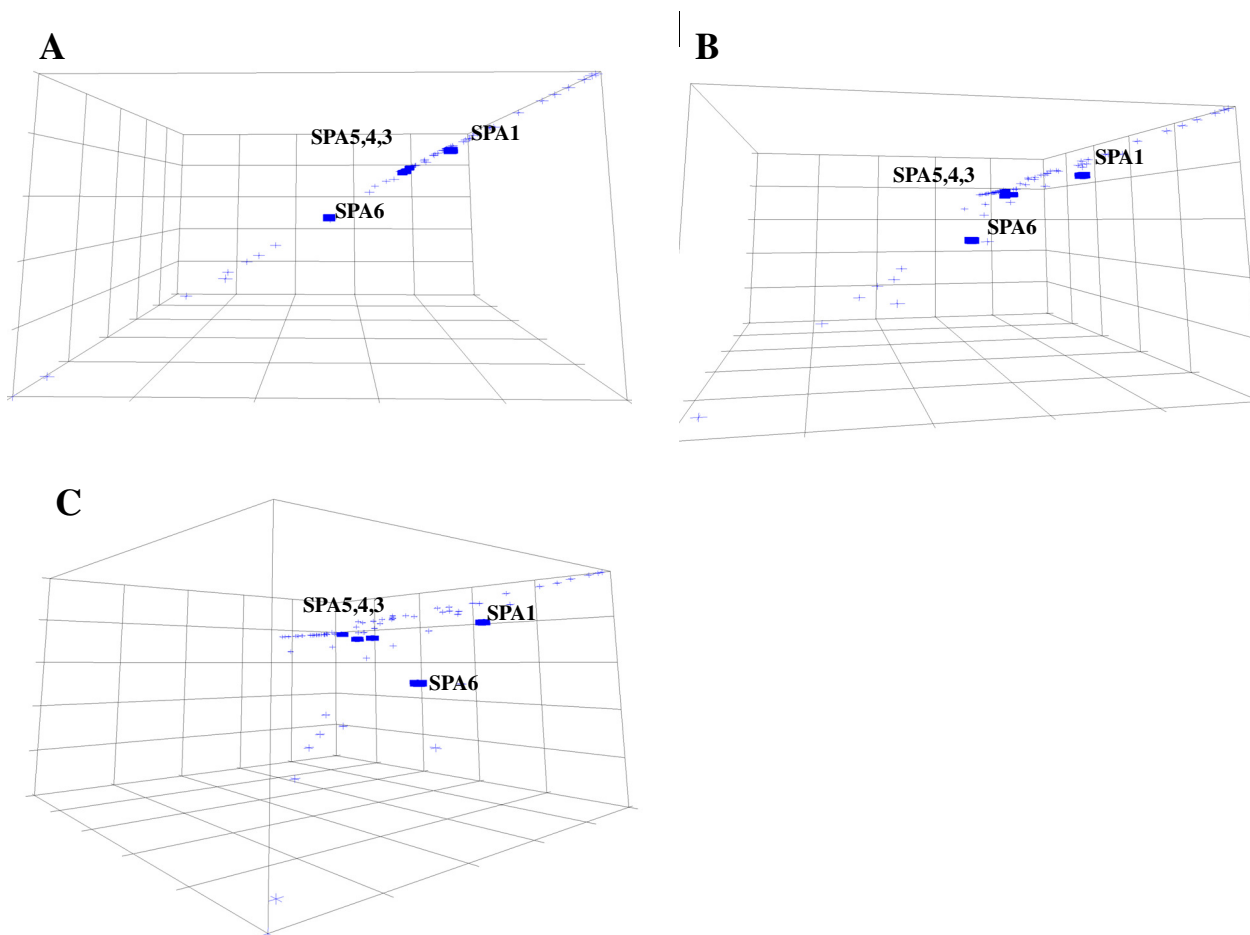


圖 6-56 各科昆蟲相對數量及其在各個樣區 3 度空間的相對分佈組成特性；A、B 及 C 分別是從不同的角度看。

(資料來源：本研究資料)

### (六) 昆蟲體長的生物量轉換生物量

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 6-4) (Gruner, 2003)，藉由此昆蟲體長的訊息將可轉換成生物量，以進一步說出小型昆蟲及大型昆蟲在生物功能群的意義，小型昆蟲數量雖然很多，但是它的生物量並不會比隻數少的大型昆蟲還要大。

以下將去年一整年的昆蟲生物量做統計，比較各海拔各月份的結果：

#### 1. 掃網昆蟲生物量：

植物上掃網所得昆蟲部分整年累積的生物量是 SPA-6(5710) > SPA-5(2559) > SPA-2(1759) > SPA-1(1142) > SPA-4(395) > SPA-3(275)(表 6-5)，可知雪山地區以 SPA-6 樣區的生物量是幾乎相當於其他樣區一整年相起來的生物量，SPA-6 又以 2009 年的 2 月、4 月及 8 月生物量最多，仔細分



析2月及4月生物量高的原因乃是同翅目葉蟬數量爆增上千隻的結果，8月則是因為在SPA-6有採到如竹節蟲、尺蠖蛾幼蟲、脈翅目蝎蛉、革翅目蠓虻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全年以6月份生物量最多，主要由於葉蟬數量的增加，其中同翅目、鞘翅目、雙翅目相加的生物量占了大部分此區六月份的生物量來源；SPA-1與SPA-2全年以8月份生物量最多，但SPA-1生物量八月份來源主要以雙翅目(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。

表 6-4 高海拔昆蟲各目體長資料的生物量轉換

Taxon \ Parumoters	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
Tricoptera	0.0179	2.318
Thysanoptera	0.0139	2.383

\* Weight = a × Length<sup>b</sup> ; W = mg , L : mm 。

(資料來源：本研究資料)

表 6-5 掃網昆蟲 2009 年生物量

總生物量	SPA-1	SPA-2	SPA-3	SPA-4	SPA-5	SPA-6
2009 年 2 月	2.216	19.403		90.54	244.89	1125.9
2009 年 4 月	3.178	48.686			379.83	1151.2
2009 年 6 月	306.8	297.53		174.64	955.79	836.94
2009 年 8 月	729.9	1112.1	139.51	80.6906	534.651	1574.24
2009 年 10 月	100.1	281.9	127.93	49.874	356.46	756.04
2009 年 12 月		0.0831	7.7353	0.0848	87.71	266.26

(資料來源：本研究資料)

2. 枯枝落葉昆蟲生物量: (表6-6)

依照此公式換算去年一整年於各海拔樣點枯落物中的生物量，SPA-1圈谷的生物量為450.63 mg，探討其內的昆蟲組，圈谷枯落物蟲數是所有樣區總數中最盛，其中跳蟲占極大多數，還有不少的隱翅蟲及蚊蚋，此組成致使圈谷縱然含有不少生物量，卻不是最多的，僅次於SPA-6；而其他樣點SPA-2、SPA-3、SPA-4、SPA-5以及SPA-6的生物量依序為168.38mg、22.04 mg、22.52 mg、213.85 mg、593.71 mg，SPA-6七卡枯落物內的生物量為六個樣點中最多者，主要是因為七卡有較豐富的鞘翅目、雙翅目、同翅目及膜翅目的昆蟲，在枯落物中為體型較大的昆蟲，是枯落物內生物量較具影響力的昆蟲。

**表 6-6 枯枝落葉昆蟲 2009 年生物量**

總生物量	SPA-1	SPA-2	SPA-3	SPA-4	SPA-5	SPA-6
2009年2月	19.67179					
2009年4月	146.2326	133.0708			134.9298	408.8171
2009年6月	81.10744	2.985427		6.723784	6.182123	31.47673
2009年8月	37.9788	0.755906		1.34649	0.092376	71.38205
2009年10月	67.44836	21.28303	12.97516	2.880609	59.39916	56.45884
2009年12月	98.19558	10.28613	9.066254	11.56936	13.24307	25.57193

(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一) 各樣區之間昆蟲數量及昆蟲組成變異

不同海拔樣區植物上捕獲的昆蟲數量，很明顯的有極大的變異；相較於 2,500~3,000 公尺雪山東峰(SPA-5)及七卡樣區(SPA-6)的 18,600 及 30,200 隻昆蟲的數量來講，在 2-4 月黑森林及圈谷內尚有積雪，昆蟲數量較少，但 6-8 月回暖後蟲數大增，累計仍可達 8,300 隻。在枯落葉內的昆蟲組成卻有不同的特性存在；反而是 SPA-1 (圈谷) 的枯落葉物內有著最多數量的昆蟲，SPA-2 (黑森林) 內最少，此一現象或許與某些特定物種已適應高海拔低溫環境有關，此從等節跳蟲、搖蚊及螞蟬的少形態種高個體數的資料可以得到證實。

各樣區植物捕獲的昆蟲組成上，SPA-1(圈谷)的杜鵑多有常蚧科及隱翅蟲科，圓柏則為木蝨科；SPA-2(黑森林)樣區則以木蝨科、癭棉蚧科及黑翅蕈蚧科最多；SPA-3(黑森林邊緣)則以常蚧科及蕈蚧科最多；SPA-4(火燒地)則是葉蟬及螞蟻最多；在 SPA-5(雪山東峰)及 SPA-6(七卡山莊)樣區明顯看出均以同翅目、雙翅目及彈尾目為主要組成，但是進一步可以發現此三目在不同植物上有著不同的組成偏好性。同翅目在 SPA-5 及 SPA-6 均以草原箭竹的葉蟬科及飛蝨科為主，可見此兩科的昆蟲已高度適應風大的開闊地形箭竹叢；雙翅目部份，在 SPA-5 及 SPA-6 以箭竹的搖蚊為主，在 SPA-5 的灌木上搖蚊也很多，此一現象與搖蚊的特性及植物特性有關，灌木或箭竹提供了搖蚊很好的遮蔽場所，在風很大的高海拔地區，從枯落葉羽化的搖蚊，以容易攀附的箭竹、冷杉及鐵杉為休息場所，但七卡樣區的灌木以闊葉林為主，其葉片大小較不適合搖蚊攀附；彈尾目在 SPA-5 及 SPA-6 樣區以箭竹的長角跳蟲為主，但圓跳蟲在 SPA-5 的草原箭竹上數量也很多，此或許與圓跳蟲在草原箭竹的適應有關；膜翅目科級的數量也很多，但僅袖小蜂有較多的豐度。

### (二) 同海拔樣區內不同植物上之昆蟲組成

同樣海拔高度的樣區當中，不同植物上所捕獲的昆蟲組成並不一定有很大的差別，以目級的層級來看無法區辨出各類昆蟲的適應特性；但若以科級來看，則可看出不少因植物適應而來的昆蟲組成。以七卡樣區(SPA-6)而言，為數眾多的葉蟬及飛蝨在草原箭竹上達 12,000 隻，其它如粉蝨、蚧蟲、沫蟬等較無專食性；膜翅目在灌木上的捕獲率較少，顯見其寄主昆蟲

數量較少的重要訊息；雙翅目在 2009 年而言，在灌木上少有蠅類捕獲，多為蚊及蚋，但 2010 年的蠅類則變多；彈尾目以長角跳蟲及圓跳蟲為主，但球跳蟲偶出現在草原箭竹上；以上可知，灌木上的昆蟲組成的確迥異於芒草及箭竹上的多樣性。在雪山東峰(SPA-5)樣區中，除草原箭竹上的葉蟬外，同翅目及彈尾目在各植物上的分佈多無偏愛，但在灌木及芒草上，雙翅目及膜翅目則有截然不同的分佈特性；灌木上的蜂類，均為小蜂及細蜂總科的物種，而芒草上 2-4 月則幾乎無蜂的存在，可能是芒草區此時因低溫或少有蜂的寄主所致，但 2010 年的蜂則數量較多且較早出現；在雙翅目的科級組成更出現環境適應的訊息，尤以草原箭竹及林下箭竹差別尤大，搖蚊及黑翅蕈蚋外，草原箭竹以蠅類為主，少見蚋，但林下箭竹恰好相反，以蚋為主，少見蠅類；但 2010 年在各類植物上，則出現數量很多的果蠅、蚤蠅、舞蠅等。在黑森林 (SPA-2) 中，除飛蟲在箭竹上，其它科在箭竹及冷杉上均可見，但 2010 年木蝨少很多；膜翅目的細翅寄生小蜂幾僅見於冷杉；雙翅目除黑翅蕈蚋、舞虻及搖蚊外，多數分佈於箭竹；彈尾目的長角跳蟲未出現於冷杉。圈谷(SPA-1)樣區的圓柏上有大量的木蝨，未見常蚧科昆蟲，但在杜鵑上則反過來，具蚧蟲未見木蝨，顯示出特定昆蟲與植物間共同適應的現象，但 2010 年的蚧蟲少很多；而其枯落物內的昆蟲也有一些獨特性，杜鵑下的搖蚊為數眾多，少見於圓柏，而黑翅蕈蚋則反過來，多在圓柏下可見。在七卡樣區(SPA-6)、雪山東峰樣區(SPA-5)、SPA-2 及 SPA-1 的枯落物下，以跳蟲的適應特化最明顯，其中長角跳蟲及球角跳蟲，幾乎僅出現在灌木的枯落葉中，而等節跳蟲也有偏愛灌木枯落葉的現象。

### **(三) 不同樣區間同植物特性的昆蟲組成**

枯落物的昆蟲組成部份，在各個海拔樣區多數無特殊的適應特性，但各樣點都會有一些時間點某一科的昆蟲數量特別多，而蕈蚋及搖蚊在 SPA-5 的灌木枯落物中的豐度則遠高於其在 SPA-6 之中；鞘翅目在各樣點間的數量變化較少，SPA5 及 SPA6 的蟲量無論是 2009 或 2010 都以 2 及 4 月最多，但在 SPA1 及 SPA2 則是 6 月最多。在植物掃網捕獲的昆蟲中，芒草及箭竹在不同海拔高度樣區有截然不同的組成。芒草而言，除常蚧科外，同翅目的蚧蟲在 SPA-6 幾乎未見，而在 SPA-5 則頗常見，2009 及 2010 兩年均顯示 SPA5 上的蟲子較多；而膜翅目於 SPA-6 遠多於 SPA-5，其科

級也較多樣性；雙翅目在 SPA-5 及 SPA-6 組成類似，但 2010 年則有明顯較多，尤其是有大量的果蠅及蚤蠅。兩年灌木上的昆蟲均顯示，在各海拔樣區間有一些特殊適應的科群，像 SPA-1 圈谷同翅目的常蚜科，而木蝨科則在 SPA1 及 SPA2 優勢；黑森林的黑翅蕈蚋、稜線的搖蚊。就箭竹上的昆蟲而言，不同樣區組成差異很大，同翅目均以葉蟬、飛蝨及木蝨為主；SPA1 及 SPA-2 以姬蜂、小蜂及細蜂為主，而較低海拔的 SPA-5 稜線及 SPA-6 七卡則上有不少的瘿蜂及植食性蜂類，尤其是 SPA6 數量在 2010 年 8 月達 700 隻，遠多於其他各點各月份的 100。

#### (四) 火燒地昆蟲組成

火燒地昆蟲組成在兩個受測樣區間有很大的差異，步道附近樣區 SPA4A 在 2 月有很多的葉蟬及飛蝨，在 369 山莊後方(SP4B)的 6 月有不少常蚜科及木蝨科，其餘月份，兩樣區同翅目昆蟲均很少，其餘在 2009 及 2010 間差異不大，但 SP4B 有較多的蟲量；膜翅目 2009 年在 SP4 很單純，各月份以蟻科為主，但在 SP4B 則多樣性很高，有姬蜂等 10 個科，2010 年蟲更少；雙翅目在兩區數量均不多，2009 年在 SP4B 的 6 月有大量黑翅蕈蚋昆蟲，但在 2010 年也僅 6 月有較多的蟲；彈尾目僅見圓跳蟲一科，B 區數量較多。

#### (五) 各樣區昆蟲食物鏈之變化

生物量相關的食物鏈相，雖可自科、形態種及個體數看出不同海拔樣區的組成，但因昆蟲種類多，體型大小及重量特性差異大，將進一步按公式把調查的昆蟲組成及體長適當轉換為生物重量，並進一步與其他子計畫資料做連結。

6~10 月是昆蟲生物量最多的月份，而各個樣區主要生物量來源稍有不同，以公式換算來推估，體長較長的昆蟲生物量也越高，但在某些季節某些樣區其上優勢的昆蟲因為數量上的優勢，而成為生物量的主要來源。

## 五、結論與建議

### (一) 結論

1. 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 3,500 公尺以上的 SPA-1 及 SPA-2，6-8 月為主要出現時間，有些彈尾目、及蜂則於 10 月數量仍不少；海拔低的 SPA-6 則多數昆蟲僅在晚冬較少，但同翅目則是 8 月最少。
2. 科級昆蟲數量及組成的空間分析顯示，有隨海拔越高度變異的趨勢；SPA-1 圈谷及 SPA-6 七卡樣區最為特別，SPA-3、SPA-4 及 SPA-5 彼此相似。
3. 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不少差別很大，以目級的層級來看無法區辨出各類昆蟲的適應特性；但若以科級來看，則可看出不少因植物適應而來的昆蟲組成，像 SPA-1 的圓柏有大量木蝨及杜鵑有大量常蚜科，SPA5 及 SPA6 的草原箭竹有大量的葉蟬，顯示出獨特的適應特性。
4. 枯落物的昆蟲食性組成部份，在各個海拔樣區多為分解者及捕食者，少量的植食性昆蟲。捕食者以鞘翅目的隱翅蟲及膜翅類的小蜂為主，分解者以跳蟲及搖蚊為主。
5. 在不同海拔樣區的昆蟲食性組成在植物上有極大變化，雖植食性昆蟲佔最大比例，但愈高海拔捕食者所佔的比例愈少。
6. 總蟲數及生物量大致上一致；體型較大的昆蟲數量雖不很多，但對於生物量的影響大。海拔越高蟲數及生物量越少，枯落葉內彈尾目量雖多但轉換生物量後數值小。
7. 兩年的調查已可約略可知部分昆蟲一年四季的變動特性，像 SPA1 的大量的木蝨及蚜蟲均在 6-8 月最多，其他月分不可見，可知其為一年一代；而 SPA5 的葉蟬在 2 月及 10 月若蟲特多且成蟲幾乎未見，可能為一年兩代。但有不少偶發性的大量昆蟲，目前尚無法掌握其變動特性，像今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。
8. 各子計畫共同分析顯示，SPA1 的木蝨及蚜蟲與灌木有關聯，SPA2 的蚜蟲與冷杉有關聯，SPA5 的葉蟬飛蟲與箭竹有關聯，昆蟲與其其它子計畫的相關性，則需進一步分析。

## (二) 建議

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：國立中興大學昆蟲學系

建議事項：

1. 應長期規律性的調查，以釐清前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。
2. 建立各海拔代表性昆蟲圖鑑及說明。

### 2. 長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

建議事項：

1. 雪山地區的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及季節變化外，也可了解各國家公園間的昆蟲資源的差異。
2. 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分化機制。

## 六、參考文獻

- 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。
- 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。
- 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)。
- 何健鎔、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。
- 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。
- 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。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。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。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。
- 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。
- 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。
- 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.
- Lin, C .S. 1991. Vertical distribution and pollinating plants of bumblebees in Taiwan. *Ann. Taiwan Museum* 34: 33-47.
- 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.

## 第七章 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、全球暖化、繫放、遊客活動

#### 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，以後續研究鳥類食性組成、繁殖率和存活率之季節間與年變化。

#### 三、重要發現

本研究於 2010 年 1 月至 11 月在雪山地區共記錄到 27 科 60 種鳥類，包含台灣特有種 10 種、特有亞種 29 種，及保育類鳥類 19 種，自 2009 年至 2010 年 11 月累計在雪山地區記錄到 29 科 75 種鳥類。2009 年火災地跡鳥類相的密度及鳥種豐度均高於 2010 年。進行優勢種的比較後發現，2009 年地面覓食的栗背林鴿密度較高，而灌層覓食活動的褐頭花翼則在 2010 年時密度較高。3 至 6 月高海拔鳥類已陸續進入繁殖狀態，包含鷓鴣、岩鷓、深山鶯、褐頭花翼、煤山雀等，酒紅朱雀則遲至 7-11 月間方進入繁殖狀態。和鹿野忠雄於 1925-1933 年的研究比較，53 種鳥類中海拔分布提升的有 36 種(占 67.9%)，高於沒有提升的比例(占 32.1%) ( $p=0.013$ )；和 1989 年比較，65 種中提升的共有 50 種(占 76.9%)，高於沒有提升的比例(占 23.1%) ( $p<0.001$ )；和 1996 年比較，51 種中提升的共有

38 種(占 74.5%)，高於沒有提升的比例(占 25.5%) ( $p=0.001$ )。

#### 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：雪霸國家公園觀光維護課

協辦機關：武陵管理站

建議在三六九和七卡山莊製作禁止傾倒廚餘以及禁止餵食的告示牌。

##### (二) 長期性建議：

主辦機關：雪霸國家公園觀光維護課

協辦機關：解說課、武陵管理站

建議參考各生態系之優勢鳥種架設解說告示牌。

## 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 60 bird species of 25 families were found at Sheshan area during Jan.-Nov. this year. Bird density and species richness of 2009 burned site was higher than that of 2010, while the density of Brown-headed Nun Babbler (*Alcippe cinereiceps*) increased by 2010. Vinaceous Rosefinch (*Carpodacus vinaceus*) started to breed latest in this year, July, as compared to other insectivorous bird species, March-April. Of 49 bird species both recorded by Tadao Kano in 1925-1933 and this study in 2009-2010, 32(65.3%) showed increases with their upper-limit elevations ( $p=0.046$ ); among 56 species both recorded in 1989 and our study, 41(73.2%) showed it( $p=0.001$ ); among 46 species in common in 1996 and this study, 35(76.1%) had a uphill shift in elevation( $p=0.001$ ). Vinaceous Rosefinch appeared to forage on leftover more often during fall and winter.

We suggested that signs saying “feeding wildlife or littering is not allowed and will be fined” could be set up at 369 and Chika Cottage. In addition to this, panels and labels with information on the common bird species can be established for each ecosystem along the hiking trail.

## 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 3000 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 2004；歐辰雄 2008)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 nitakayamensis*)、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。

袁孝維(1995)於 8、9、11 月調查雪山東峰至翠池沿線鳥相，總共發現 32 種鳥類，其中以煤山雀(*Parus ater*)的紀錄最多，其次是火冠戴菊鳥(*Regulus goodfellowi*)。羅宏仁和周大慶(1996)以 11 個月的時間調查雪山步道沿線鳥相，總計發現 62 種鳥類，其中哭坡至黑森林出現 34 種，黑森林至翠池只剩下 15 種。周大慶(2001)調查 2001 年 2 月雪山東峰地高山芒和箭竹灌叢遭地表火焚燒後一年間鳥相的變化，發現 3 月起鳥種增多，12 月下降，32 種鳥類中有 19 種出現在火燒跡地，其中以褐頭花翼(*Alcippe cinereiceps*)數量最多。在玉山的高山生態系繁殖季鳥相研究中，丁宗蘇(1993)指出，鳥類多樣性隨海拔遞增而遞減。鐵杉林與冷杉林鳥相之相似度最高。

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(White and Burnham 1999; Ralph et al. 2004; Nott et al. 2008)，並研究其食性組成。

鳥類海拔變化的研究方面，由於全球年均溫逐漸上升，台灣百年來的年均溫增加超過攝氏一度，暖化現象明顯，且氣候變化極端，降雨量變化幅度增加(汪中和 2007)。過去，日本學者鹿野忠雄在 1940 年東京所發表的台灣雪山山脈動物地理研究之博士論文中，自 1925 年至 1933 年間進入雪山地區進行動物相調查數月，其中囊括繁殖季及非繁殖季各有數月，撰寫出雪山地區各鳥種的海拔分布及繁殖及覓食所利用的植被類型(Kano 1940)。1989 年內政部營建署在規劃雪霸國家公園範圍期間，委託林曜松等人進行雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究，該資料亦將鳥類相海拔分布調查結果與鹿野忠雄的結果兩者間進行比較，當時發現海拔上限提升的鳥種有 45 種、不變的 22 種、下降的有 30 種(林曜松 1989)。此外，1996 年台灣省野鳥協會進行雪東線鳥類相調查，設置數個 GPS 位置點及海拔資料，紀錄調查到的鳥類位置及海拔高度(羅宏仁 1996)。

Sala et al. (2000)在 2100 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。因為環境條件嚴苛，此地的生物本來就處於最低條件的生存條件上，只要微小的氣溫或雨量變化就可能會對這些脆弱生態系中的生物多樣性與物種組成帶來劇烈的衝擊。全球暖化對生態系造成的衝擊，在高山生態系特別明顯 (Root et al. 2003; Hilbert et al. 2004)，可能加速高山生態系物種滅絕(Hilbert et al. 2004; Sekercioglu et al. 2008)，因此瞭解全球暖化的影響相當重要。研究報告指出，在全球暖化的影響下，鳥類海拔分布上限會向上提升(Able and Noon 1976; Peh 2007; Sekercioglu et al. 2008)。目前也有許多保護區透過釐清全球暖化影響，進而修改其保護區保育手段(Scott et al. 2002)。因此本研究希望能夠透過瞭解全球暖化對雪山鳥類分布影響，進而提出保育建議。

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(林永發 2000)。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，2010 年 3 月起在哭坡增設樣區。除了針闊葉混合林樣區僅 1 個樣站、哭坡樣區僅 2 個樣站之外，其餘生態系中設置 4-7 個樣站，全區總計共有 29 個定點調查樣站，其中 2009 年進行 GPS 定位時點位資料誤差過大，因此於 2010 年使用 GPS 重新定位(圖 7-1; 附錄 7-1)，各樣站間距至少 200 m，以避免重複記錄。

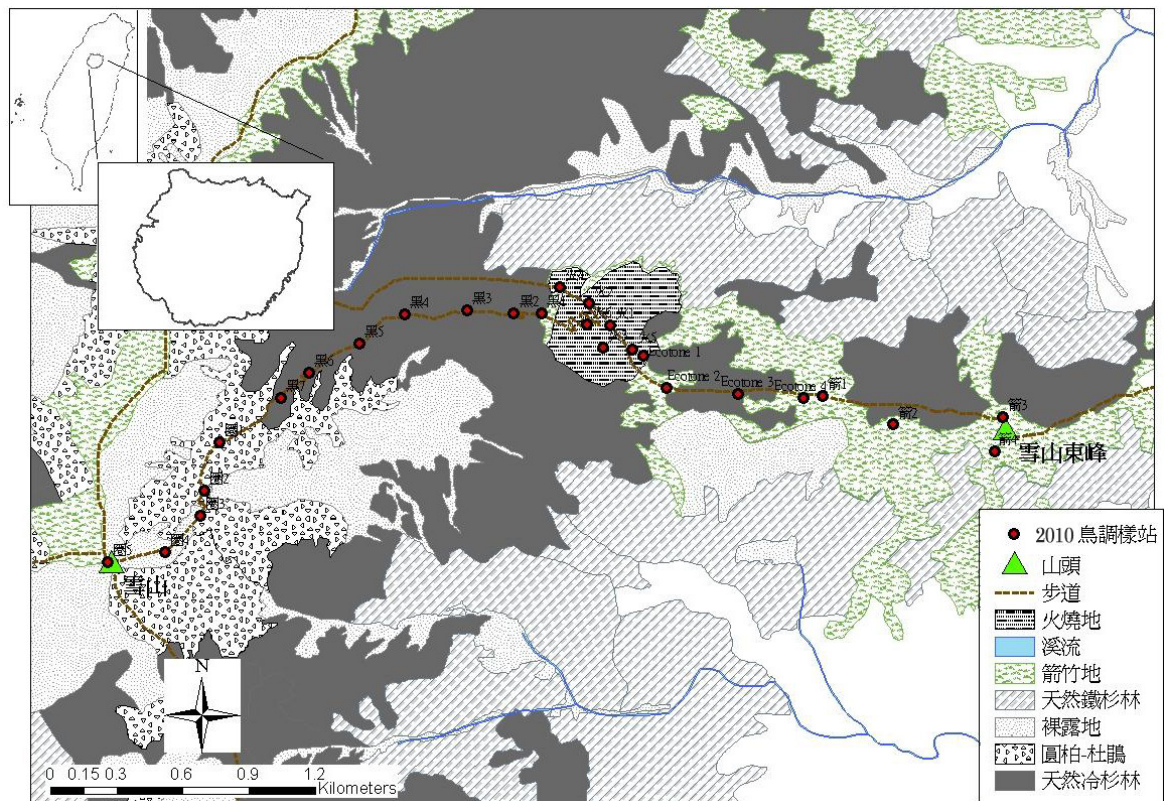


圖 7-1 樣區植被和鳥相調查樣站位置。

(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。調查採不定半徑圓圈法(variable circular-plot method) (Reynolds et al. 1980)，記錄停留期目擊和聽聞的鳥種、數量及鳥隻與研究者的水平距，對於持續於空中飛行的種類(如燕科[Hirundinidae]、雨燕科[Apodidae]、鷺鷹科[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，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一次，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，係將本研究截至目前為止(2009 年 1 月、2010 年 10 月-11 月)非繁殖季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，目前參考丁宗蘇(1993)及廖煥彰(2006)的研究，俟本研究後續蒐集充足的資料後，再計算當地的特定基礎半徑，以供日後計算族群密度使用，在此之前族群趨勢的監測尚可為之。

此外，為了比較 2008 年 12 月火災後的對鳥類相的影響，利用 2009 及 2010 年兩年均有調查的相同月份資料進行鳥種及密度比較，採用月份為 3 月、6 月、8 月，參考丁宗蘇(1997)的鳥類生態同功群分類，將火災地跡的鳥類進行分類後比較生態同功群之群聚消長。

## (二) 鳥類繫放

鳥類繫放部分，在 2009 年 5 月至 6 月分在黑森林、圈谷、火災地跡(369 山莊周邊)、箭竹等 4 個生態系各架設 5 面鳥網(附錄 7-2)，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災地跡及箭竹生態系各架設 1-2 張網，而自 2010 年 4 月開始僅在火災地跡進行 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 之間，



但避免在下雨以及強風的天候下張網。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。鳥網捕獲率日後也將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)，之後將與氣象和食物因子進行相關分析。此外，繫放亦可作為族群變動之監測工具(Ralph and Dunn 2004)。

### (三) 食性觀察

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一筆資料，視天候狀況每月觀察5-10小時。

### (四) 海拔分布研究

為釐清雪山高山生態系是否有因為全球暖化而導致鳥類海拔分布改變，本研究整理表列日本學者鹿野忠雄於1925-1933年間在本區進行調查，於1940年發表的台灣雪山山脈動物地理研究論文各鳥種海拔分布上限資料(Kano 1940)，另參考1989年林曜松等人在雪山、大霸尖山所調查的鳥類資料、羅宏仁1996年在雪東線進行的鳥類海拔分布上限資料，將本研究所獲得各鳥種的海拔上限資料資料比較，資料分析時僅使用本研究有調查到的鳥種進行比較(如僅有本研究調查到的新增鳥種則不列入分析)，繪製各文獻及本研究鳥類海拔上限曲線圖進行比較。

在海拔分布研究的調查區域方面，由於鹿野忠雄論文中涵蓋雪山調查地區相當大，包含志佳陽線、雪山西陵線、聖陵線、武陵四秀線、雪劍線(Kano 1940)；1989年林曜松等人研究中調查涵蓋範圍則除了雪東線外，還包含雪山主峰至翠池、志佳陽線、西陵線、聖陵線、武陵四秀線、720林道、210林道、230林道、200林道、大鹿林道、大湖溪林道(林曜

松 1989)。1996 年羅宏仁等進行雪東線、雪山主峰至翠池的調查(羅宏仁 1996)，本研究除了雪東線調查外，2010 年 8 月進行雪山地區雪劍線的調查、2010 年 11 月進行雪山主峰至翠池的調查，以減少調查涵蓋範圍不足而造成結果誤差的可能性。

### 三、結果

#### (一) 鳥相結構

2010年1月至11月間，除了2月下雪及5月梅雨季節受天候影響未進行調查外，其餘各月均進行調查，共計9次，每次上山6天，每次3-4人，總計180人天。本年度共計記錄到27科60種鳥類，包含台灣特有种10種、特有亞種29種，及保育類鳥類19種，自2009年至2010年11月在本區總計記錄到29科75種鳥類(附錄7-3)。本年度新增鳥種包括：深山竹雞、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、赤腹鷹、野鴿、灰林鴿、鵲鴝、灰林鴉、針尾雨燕、小啄木、大赤啄木、黃尾鴿、紋翼畫眉、樹鸚、普通朱雀等15種(表7-1)。

表 7-1 2010 年 1 至 11 月新增紀錄鳥種

鳥種名	生息狀況	保育等級	發現地點
深山竹雞	留、不普	第三級	七卡、9.5K、7.0K、4.75K、3.1K
大冠鷲	留、普	第二級	東峰頂
鳳頭蒼鷹	留、普	第二級	369 山莊前
赤腹鷹	過、普	第二級	5.9K
野鴿	引進種、普		369 山莊前
灰林鴿	留、不普		369 山莊前
鵲鴝	留、不普	第二級	哭坡前 4.0K、2.6K
灰林鴉	留、稀	第二級	1.8K、七卡
針尾雨燕			哭坡前 4.0K
小啄木	留、普		2.4K
大赤啄木	留、不普	第二級	七卡、黑森林、7.55K、5.9K
黃尾鴿	冬、不普		2.6K
紋翼畫眉	留、普	第三級	6.55K、5.3K
樹鸚	冬、普		369 山莊後方 50m
普通朱雀	冬、稀		5.7K

(資料來源：本研究資料)

在候鳥組成上，2010 年所發現的夏候鳥或夏季過境鳥共有 3 種，包括中杜鵑、家燕、紅尾鶉；而冬季短暫過境或度冬的鳥種則有 5 種，包括大鵝、普通朱雀、黃尾鶉、赤腹鷹、樹鵲。

在鳥相結構方面，利用 29 個定點調查資料扣除在基礎半徑以外的紀錄，本區 7 種生態系的鳥種數依次為針闊葉混合林(23 種)、哭坡(12 種)、玉山箭竹-高山芒(16 種)、推移帶(17 種)、火燒跡地(15 種)、冷杉林(17 種)、玉山杜鵑-圓柏灌叢(14 種)。各個生態系均有紀錄的鳥種分別為火冠戴菊鳥、金翼白眉、栗背林鵯、深山鶯、褐頭花翼。各生態系間以針闊葉混合林生態系的鳥類相組成差異最大，除了定點計數法記錄到的鳥種數共有 23 種居冠，其中有 12 種鳥種，僅有在該生態系中出現，而在其他生態系中未有紀錄。2010 年 1 至 11 月針闊葉混合林生態系的前三優勢鳥種依序為火冠戴菊鳥(22.11 隻/ha)，冠羽畫眉(16.10 隻/ha)，褐頭花翼(10.11 隻/ha)；火燒跡地的優勢鳥種則依序為酒紅朱雀(4.35 隻/ha)，深山鶯(3.81 隻/ha)，褐頭花翼(3.46 隻/ha)；玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系為火冠戴菊鳥(3.87 隻/ha)，鷓鴣(3.19 隻/ha)、金翼白眉(2.10 隻/ha)；推移帶生態系為火冠戴菊鳥(25.05 隻/ha)，褐頭花翼(11.00 隻/ha)，深山鶯(5.25 隻/ha)；冷杉林生態系為火冠戴菊鳥(36.41 隻/ha)，鷓鴣(3.68 隻/ha)，煤山雀(2.05 隻/ha)；玉山箭竹-高山芒生態系為火冠戴菊鳥(29.87 隻/ha)，褐頭花翼(6.94/ha)，深山鶯(4.86 隻/ha)；哭坡樣區為火冠戴菊鳥火冠戴菊鳥(14.42 隻/ha)，褐頭花翼(3.09/ha)，深山鶯(2.27 隻/ha)(表 7-2~7-8)(圖 7-2~7-8)。

表 7-2 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
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
鷓鴣	0	5.09	1.02	5.94	4.58	2.55	2.55	1.78	5.09	3.06	0
褐頭花翼	7.07	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
深山鶯	0	1.33	3.18	1.33	0	1.59	1.19	3.98	4.77	1.59	0
酒紅朱雀	0	3.98	0	0	0	0	0.40	2.39	0	1.75	0
栗背林鵯	0	4.24	1.53	0.85	2.55	0.51	1.02	0	2.29	1.95	0
金翼白眉	1.77	1.77	2.83	1.18	0.88	0.71	1.24	3.01	2.12	5.14	2.55
岩鵲	0	1.18	1.41	0	0	0	1.41	0	0.71	0.71	0
灰鶯	0	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鵯	0	2.36	0	4.72	0	0	0	4.24	0	0	0
巨嘴鴉	0.64	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
火冠戴菊鳥	0	10.61	6.37	0	0	0	0	12.73	3.18	0	15.03
星鴉	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

**表 7-3 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
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
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
褐頭花翼	0	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	3.03	0
煤山雀	1.02	2.33	2.18	0.36	2.18	1.09	0.36	3.46	0.73	2.55	2.47	5.30
深山鶯	0.80	0.66	0	0	2.84	1.14	0.57	1.14	2.27	0.57	0	0
酒紅朱雀	0	1.33	1.14	0	0	0	0	0	3.41	0	0.97	0
茶腹鵝	1.41	0	0	0.84	0.51	0	0	0	0	0.51	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	0.91	0.61
紅尾鴿	0	0	1.01	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
青背山雀	0	0	3.41	0	0	0.28	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	1.22	1.85
岩鷓	0	0	1.01	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
白眉林鴿	0	0	5.05	0	2.02	1.01	3.03	0	5.05	1.01	0	0
巨嘴鴉	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	6.37	25.20	6.82	10.74	36.38	29.56	55.71	26.15	68.21	50.02	29.43	21.47
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.18	0

(資料來源：本研究資料)

**表 7-4 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
樣點數	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
褐頭花翼	7.07	0	0	3.54	3.54	0	0	10.61
綠啄木	0	0	0	0	1.77	0	0	0
煤山雀	3.82	1.27	0	1.27	1.27	1.27	4.95	4.31
深山鶯	3.98	3.98	3.98	1.99	0	1.99	0	0
酒紅朱雀	0	0	0	2.98	0		0	0
栗背林鴿	0	0	0	3.82	0	1.27	0	1.06
青背山雀	0	0	0	0	1.99		0	0
金翼白眉	0	0	0	0.44	0.88	1.77	0	0
灰鶯	0	0	0	9.55	0	1.27	0	0
台灣叢樹鶯	0.88	3.54	0.88	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	7.96	23.87	0	55.71	0	15.92	3.98	7.96

(資料來源：本研究資料)

表 7-5 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
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
鷓鴣	2.55	0	0	0.42	0	0	0.85	0.85	0	1.70	1.70	0
褐頭花翼	5.89	0	11.79	12.97	0	9.43	4.72	0	7.07	2.36	18.86	7.07
煤山雀	0	0	1.70	0	6.79	0	0	0	1.70	4.24	3.30	8.63
黃羽鸚嘴	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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
酒紅朱雀	1.33	2.65	2.65	0	0	0	0	0	0	0	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	1.42	1.42
冠羽畫眉	0	2.12	0.85	0	0.85	0	0	0	2.55	0	0	0
青背山雀	0	0	2.65	0	0	0	0	0.66	0	0	0	0
金翼白眉	2.95	4.13	2.36	0.85	1.18	1.18	0.59	1.77	0	0	0.85	0
灰鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	1.70	0.85	0	0
白眉林鴿	0	0	0	0	0	4.72	2.36	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	1.18	0	0	0	0	1.18	0	0.59	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	52.76	25.05
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0	0
小翼鸚	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 7-6 推移帶生態系(Ecotone)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
樣點數	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
褐頭花翼	0	10.61	12.38	5.31	10.61	28.30	1.77	17.68	12.38	0
煤山雀	1.27	0.64	3.18	1.91	0	1.91	0.64	2.55	4.31	6.79
深山鶯	5.97	0	8.95	3.98	5.97	6.96	7.46	9.95	2.98	0.99
酒紅朱雀	2.98	0	0	0.99	0.99	3.48	1.99	0	3.88	3.38
栗背林鴿	1.27	0	0	1.27	1.27	1.27	2.55	0	1.59	0
紅尾鸚	7.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0.25	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0
冠羽畫眉	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	2.21	0.86	0.88	0.88	0.88	1.33	3.32	0	2.57	0.64
灰鶯	1.91	0	0	0	0	0	0.64	0	0.32	0
台灣叢樹鶯	0.44	0	0.44	1.55	0	0.88	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	60.35	0
白眉林鴿	0	0	0	0	5.31	0	0	0	0	0
深山竹雞	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0	0.32	0.32	0	0
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 7-7 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
樣點數	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1
鱗胸鷓鴣	2.55	0	0	2.55	0	0	0	0	0	1.27
藪鳥	5.09	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0
繡眼畫眉	0	0	7.96	9.95	0	0	0	7.96	0	0
褐鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
褐頭花翼	0	14.15	0	0	0	0	35.37	14.15	21.22	0
煤山雀	2.55	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0
黃胸青鶉	0	0	0	0	7.96	0	0	0	0	0
黃腹琉璃	0	2.55	0	0	0	0	0	0	1.27	0
棕面鶯	0	0	0	0	3.98	0	0	0	0	0
深山鶯	11.94	7.96	0	7.96	3.98	0	7.96	0	0	0
栗背林鶉	0	2.55	2.55	0	2.55	0	0	1.27	3.40	0
紅胸啄花鳥	3.98	3.98	7.96	0	0	7.96	0	0	0	0
紅尾鵲	0	0	7.07	0	0	0	0	0	3.54	0
星鴉	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0
冠羽畫眉	2.55	12.73	2.55	3.82	7.64	45.84	25.47	5.09	0	24.83
青背山雀	3.98	7.96	7.96	0	3.98	7.96	0	0	0	0
金翼白眉	1.77	1.77	3.54	0	0	0	3.54	3.54	2.55	5.08
松鴉	2.55	0	7.64	0	0	0	2.55	0	0	0
白尾鵲	0	3.98	1.99	0	0	3.98	1.99	0	0	0
白耳畫眉	0	3.54	0	0	1.77	1.77	7.07	0	1.77	0
火冠戴菊鳥	0	0	0	31.83	0	0	47.75	0	0	75.16
山紅頭	0	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0
小翼鵲	1.77	1.77	0	0	0	0	0	0	1.77	0

(資料來源：本研究資料)

表 7-8 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
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
鷓鴣	2.55	1.70	0	0.85	0	0.85	1.27	0.42	1.27	0.64	1.70
褐頭花翼	0	2.36	5.66	0	0	2.36	2.95	12.97	2.36	7.07	0
煤山雀	0	1.70	0	0	0	0	0.42	0.42	0	0	2.88
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
酒紅朱雀	11.94	0	2.39	2.32	0.66	7.96	0.99	5.31	5.97	7.16	4.44
栗背林鴿	5.09	8.49	3.57	2.12	1.27	0.85	2.76	2.97	1.70	1.49	1.06
紅尾鶉	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0.20	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	2.54	0.72
灰鶯	0	0.85	1.02	0	0	0	0.64	0.42	0.85	0.21	0
巨嘴鴉	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0
台灣叢樹鶯	1.77	1.18	0.35	0	0.59	0	0.59	0	0	0.15	0
火冠戴菊鳥	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中杜鵑	0	0.21	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

(資料來源：本研究資料)

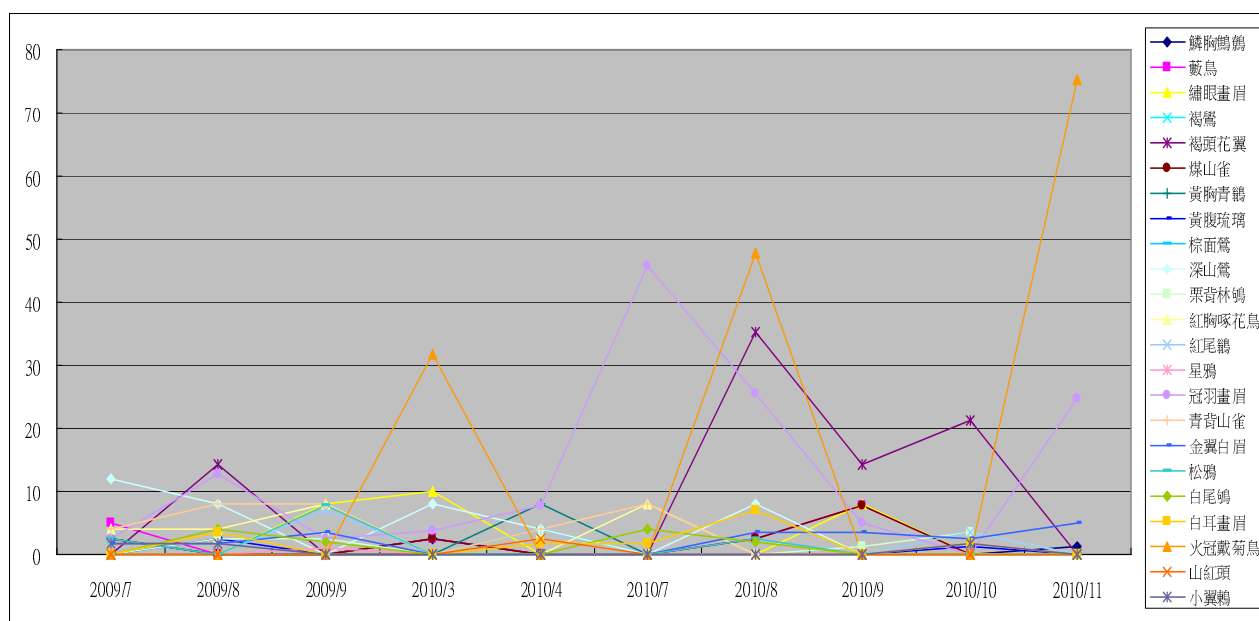


圖 7-2 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(園谷)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。

(資料來源：本研究資料)



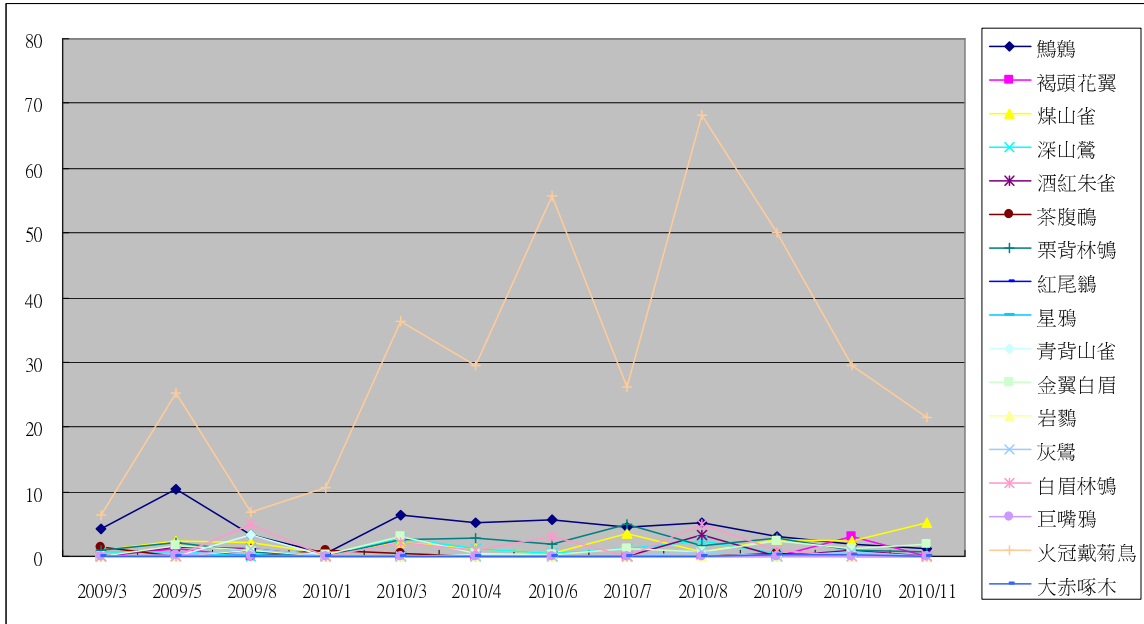


圖 7-3 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

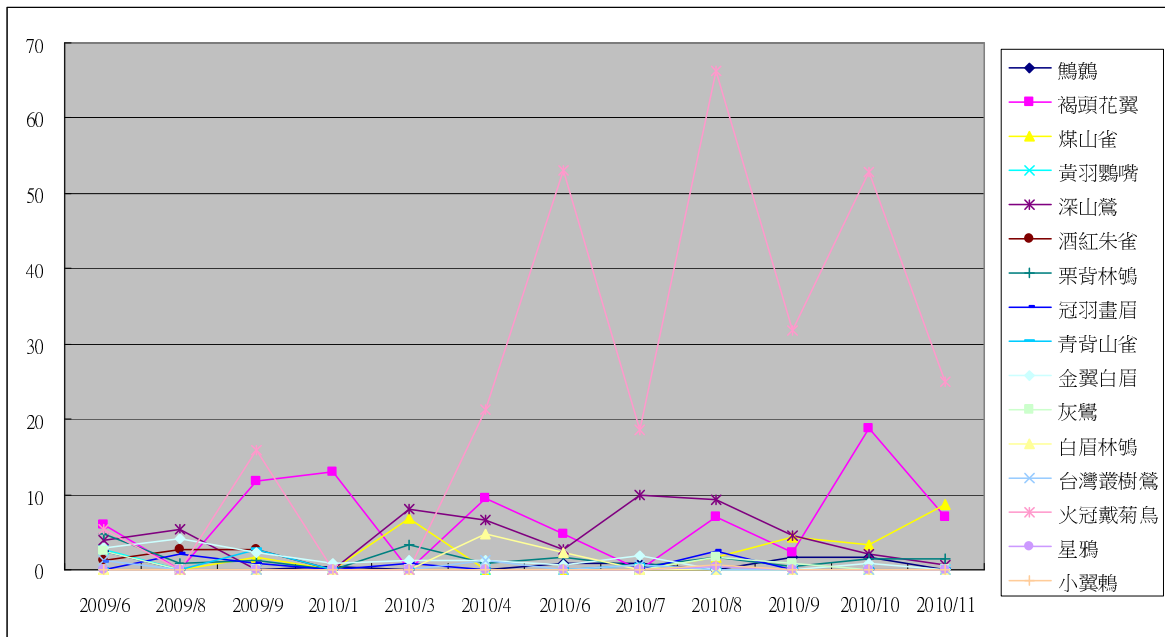


圖 7-4 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

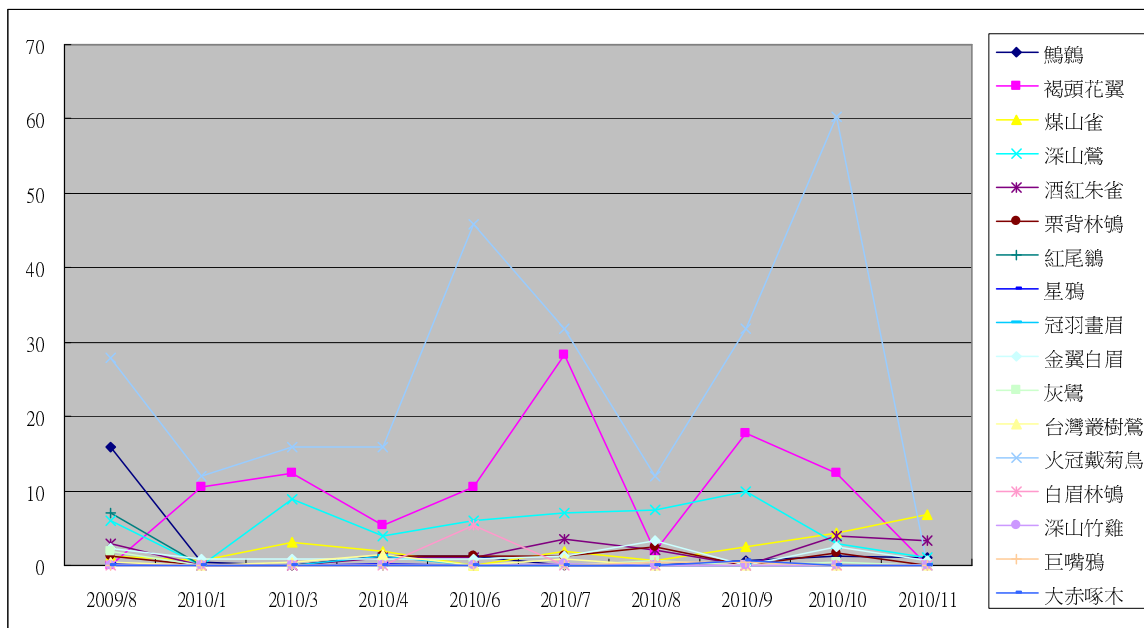


圖 7-5 推移帶生態系(Ecotone)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

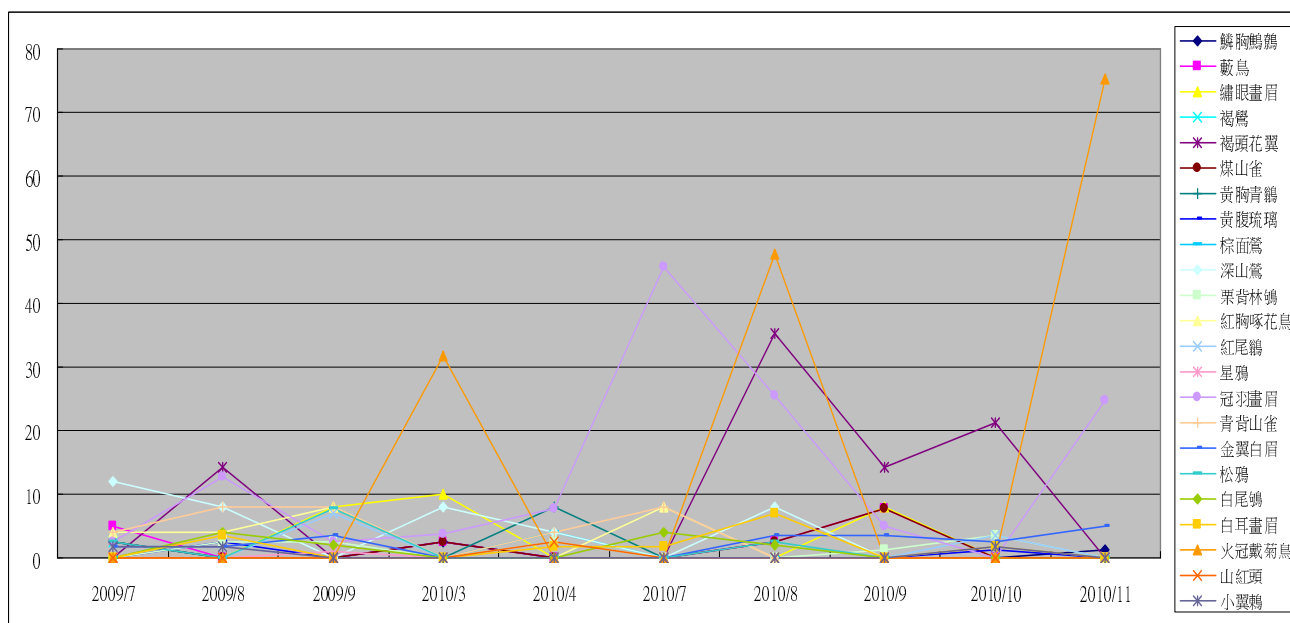


圖 7-6 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

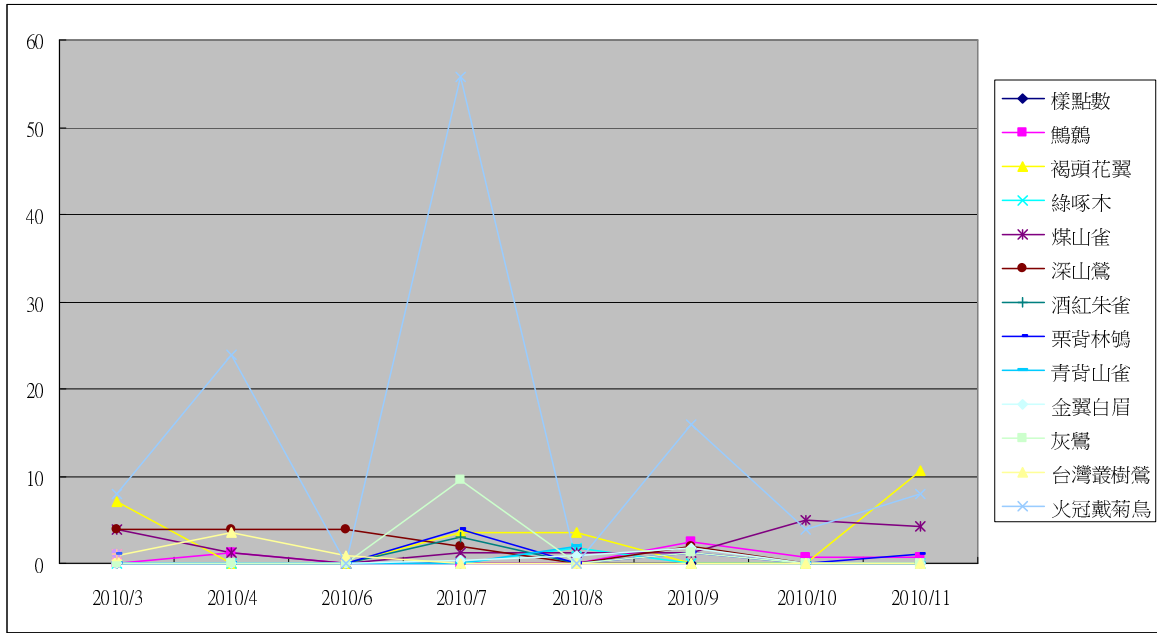


圖 7-7 箭竹-高山芒生態系(哭坡樣區)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

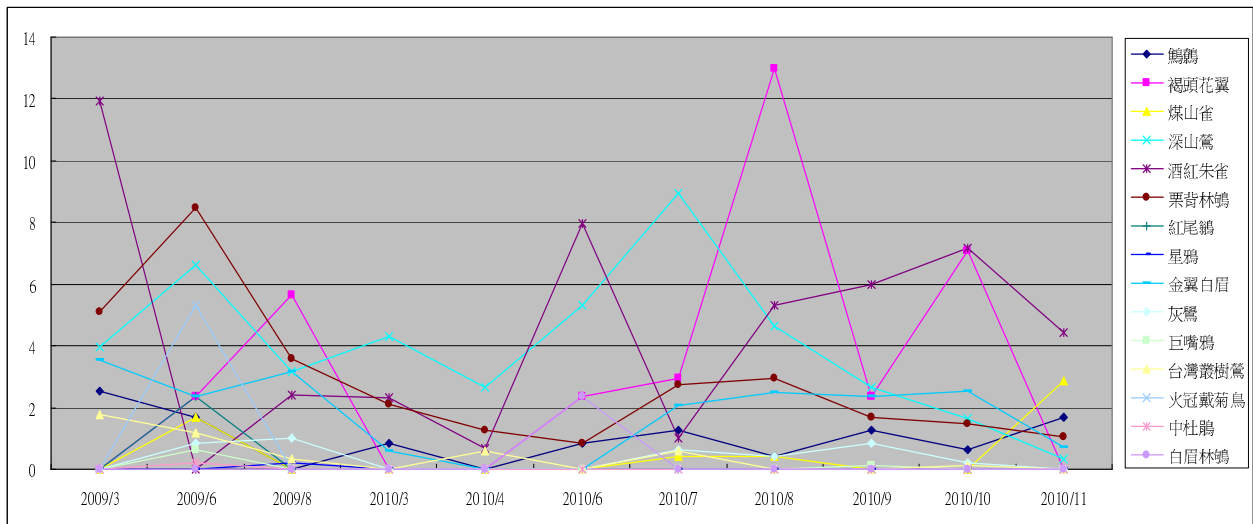


圖 7-8 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)。  
(資料來源：本研究資料)

就 2008 年 12 月火災對鳥相結構的影響而言，為避免季節或月份間造成的鳥相結構變化，僅採用 2009 及 2010 年兩年均有調查的相同月份資料進行比較，採用月份為 3、6、8 月，利用符號檢定將相同月份的鳥種資料進行兩年間的檢定，結果顯示 2009 年火災地跡的鳥類相密度高於 2010 年( $P=0.024$ )，此外，在鳥種比較上，2009 年鳥種數較多，2009 年較 2010 年多了紅尾鵯、星鴉、巨嘴鴉、台灣叢樹鶯、火冠戴菊鳥、中杜鵑，而 2010 年則較 2009 年多了白眉林鴿(表 7-9)。火災地跡較為優勢鳥種共有 4 種，分別為褐頭花翼(灌層蟲食)、深山鶯(灌層蟲食)、酒紅朱雀(地面雜食)、栗背林鴿(地面蟲食)，進行兩個年度的優勢種的比較，在地面覓食活動的栗背林鴿在 2009 年時密度較 2010 年高，而在灌層覓食活動的褐頭花翼則在 2010 年時密度較高，在酒紅朱雀和深山鶯的變化則不明顯(圖 7-9)。

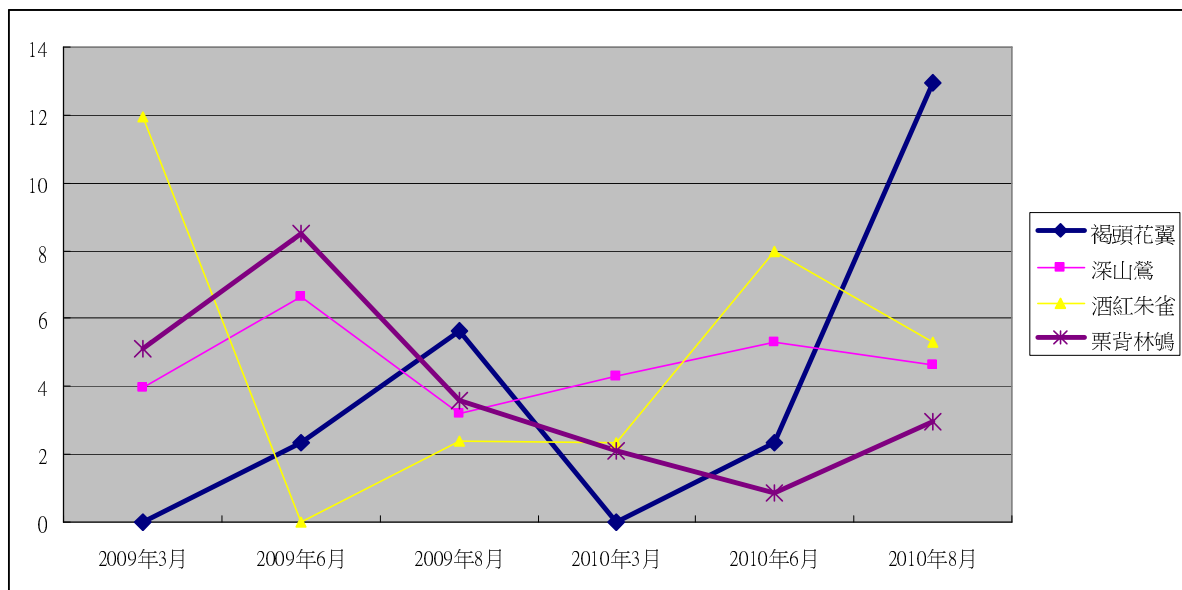


圖 7-9 2009 及 2010 年火燒跡地生態系四種優勢鳥種之密度(隻/ha)變化。  
(資料來源：本研究資料)

**表 7-9 火燒跡地生態系 2009、2010 年相同月份之鳥種和密度比較(隻/ha)**

鳥種	同功群	2009 年			2010 年		
		2009/3	2009/6	2009/8	2010/3	2010/6	2010/8
樣點數		n=1	n=3	n=5	n=6	n=6	n=6
鷓鴣	地面蟲食	2.55	1.70	0	0.85	0.85	0.42
褐頭花翼	灌層蟲食	0	2.36	5.66	0	2.36	12.97
煤山雀	樹層蟲食	0	1.70	0	0	0	0.42
深山鶯	灌層蟲食	3.98	6.63	3.18	4.31	5.31	4.64
酒紅朱雀	地面雜食	11.94	0	2.39	2.32	7.96	5.31
栗背林鴿	地面蟲食	5.09	8.49	3.57	2.12	0.85	2.97
紅尾鶇	空中蟲食	0	2.36	0	0	0	0
星鴉	樹層雜食	0	0	0.20	0	0	0
金翼白眉	灌層雜食	3.54	2.36	3.18	0.59	0	2.51
灰鶯	樹層植食	0	0.85	1.02	0	0	0.42
巨嘴鴉	地面雜食	0	0.64	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	灌層蟲食	1.77	1.18	0.35	0	0	0
火冠戴菊鳥	樹層蟲食	0	5.31	0	0	0	0
中杜鵑	樹層蟲食	0	0.21	0	0	0	0
白眉林鴿	地面蟲食	0	0	0	0	2.36	0

(資料來源：本研究資料)

## (二) 繁殖習性

2010 年 3 月份下旬研究者在黑森林觀察到鷓鴣求偶鳴唱的行為，並在步道 7.9-8.0k 之間尋獲 1 個鷓鴣巢，巢位周遭為冷杉純林，巢位在枯立木的樹洞中，離地高約 1.5 m，巢樹洞高為 15 cm，寬 10 cm，深 15-20 cm，巢樹洞底部墊有冷杉葉子，巢內尚無蛋或雛鳥，但研究人員接近時，親鳥會在離巢 5 m 之外警戒鳴叫。同時，白眉林鴿也出現繁殖季求偶鳴唱的行為。

2010 年 4 月，除了觀察到鷓鴣持續配對鳴唱外，亦觀察到岩鷓求偶行為，包括搖尾羽、抖翅、發出疑似乞食聲及雄鳥亦步亦趨地跟隨母鳥之動作。步道 5.9 k 附近目擊到 1 隻啣著蟲同時警戒的煤山雀成鳥。2010 年 4-6 月間觀察到栗背林鴿鳥巢共 6 個，發現地點均在登山步道路徑旁土壁凹槽中，利用土壁上的箭竹或其他植物作掩飾，巢呈碗狀。由於在登山步道旁的鳥巢人為干擾較大，其中一個鳥巢明顯遭到破壞，鳥蛋破碎。在栗背林鴿繁殖期間，登山步道可以發現親鳥出入育雛及巢中幼鳥。

繫放個體的生理方面，在 2010 年 3 月開始藉由鳥類繫放來觀察母鳥的孵卵斑，惟捕捉到的栗背林鴿、酒紅朱雀，以及深山鶯都尚未出現該特徵。在 4 月發現褐頭花翼、岩鷓及栗背林鴿都已經有部分或完整的孵卵斑，其中 1 隻褐頭花翼腹中有卵，有求偶行為的岩鷓配對，公母鳥洩殖腔均脹大，母鳥體型較大且具有孵卵斑。另外，在 1 次繫放時發現 1 隻栗背林鴿母鳥腹中似乎有蛋，因此迅速進行簡單測量及上環後釋放，40 分鐘後同一隻個體再度中網，該母鳥腹中卵已消失，研究人員在霧網下面發現了一顆藍色的鳥蛋，推測可能是霧網剛好架設在母鳥返巢的路徑，因此釋放該母鳥並且收網，在霧網附近，步道 7.0-7.1K 通往 369 山屋的路徑旁土壁上，找到栗背林鴿的鳥巢，將霧網下撿拾到的鳥蛋放回該巢。

透過繫放來觀察母鳥的生理狀況改變，僅先針對 2010 年捕捉數量較高的酒紅朱雀繁殖生理進行說明，根據 2010 年 3-11 月資料顯示，1-6 月間捕捉的 23 隻個體均無孵卵斑，7 月酒紅朱雀有 2 隻個體具初期孵卵斑，可能尚在築巢階段，在 8-9 月共捕捉到 7 隻個體擁有發育良好的孵卵斑，可能已經進入下蛋、育雛期，而在 10 月、11 月則各有 1 隻擁有發育良好的孵卵斑。此外 9-11 月間共有 9 隻個體的孵卵斑正在換羽中(圖 7-10)。

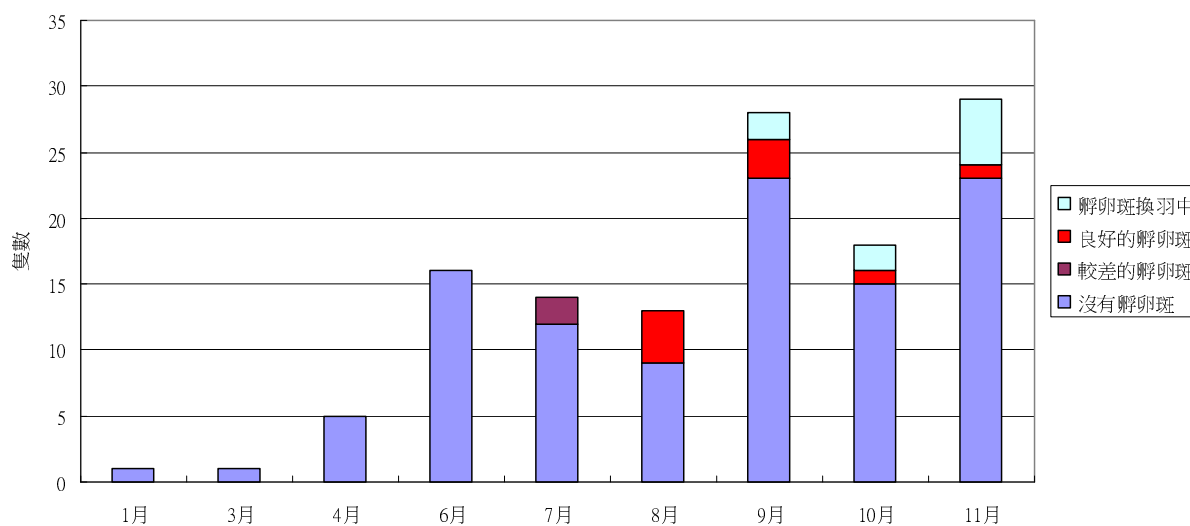


圖 7-10 2010 年 3-11 月酒紅朱雀孵卵斑變化。

(資料來源：本研究資料)

### (三) 繫放研究

2010 年 1-11 月分別在三六九山莊進行 143.75 個網-小時、以及箭竹高山芒 10 個網-小時的繫放工作，總共捕捉繫放到 9 種 159 隻次，包含 108

隻不同個體及 51 隻重複回收個體，總計自 2009 年 5 月至 2010 年 11 月間，繫放了 10 種 261 隻次，包含 207 隻不同個體(圖 7-11)。其中 2010 年 4 月繫放到 1 隻保育類(煤山雀)，該個體按照規定並未進行任何操作隨即原地釋放，其餘 206 隻非保育類個體，則均進行孵卵斑觀察、形值測量、上環以進行個體辨識，實驗初期並未每隻個體均上色環，因此截至目前為止尚有 42 隻並未戴上可目視辨識的色環。2010 年 1 月至 11 月繫放到 108 隻不同個體中，以酒紅朱雀數量最多(81 隻，74%)，其次是栗背林鴿(11 隻，10%)，再其次是褐頭花翼(5 隻，5%)(圖 7-12)。在繫放回收方面，2010 年開始重複捕捉的數量有逐漸上升趨勢(圖 7-13)，回收的 51 隻個體中，包含酒紅朱雀 44 隻(86%)、褐頭花翼 4 隻(8%)、栗背林鴿 2 隻(4%)、金翼白眉 1 隻(2%)。

在繫放捕捉率的比較方面，計算 2010 年各月份火災地跡的捕捉率(表 7-10)，由於 2009 年及 2010 年相同的捕捉月份僅有 6、8、9、10 月，因此僅就此 4 個月份進行比較，結果顯示 2010 年火災地跡的平均捕獲率較 2009 年高(表 7-11)，在繫放到的鳥種組成上，較容易捕獲的鳥種同樣為酒紅朱雀及栗背林鴿。

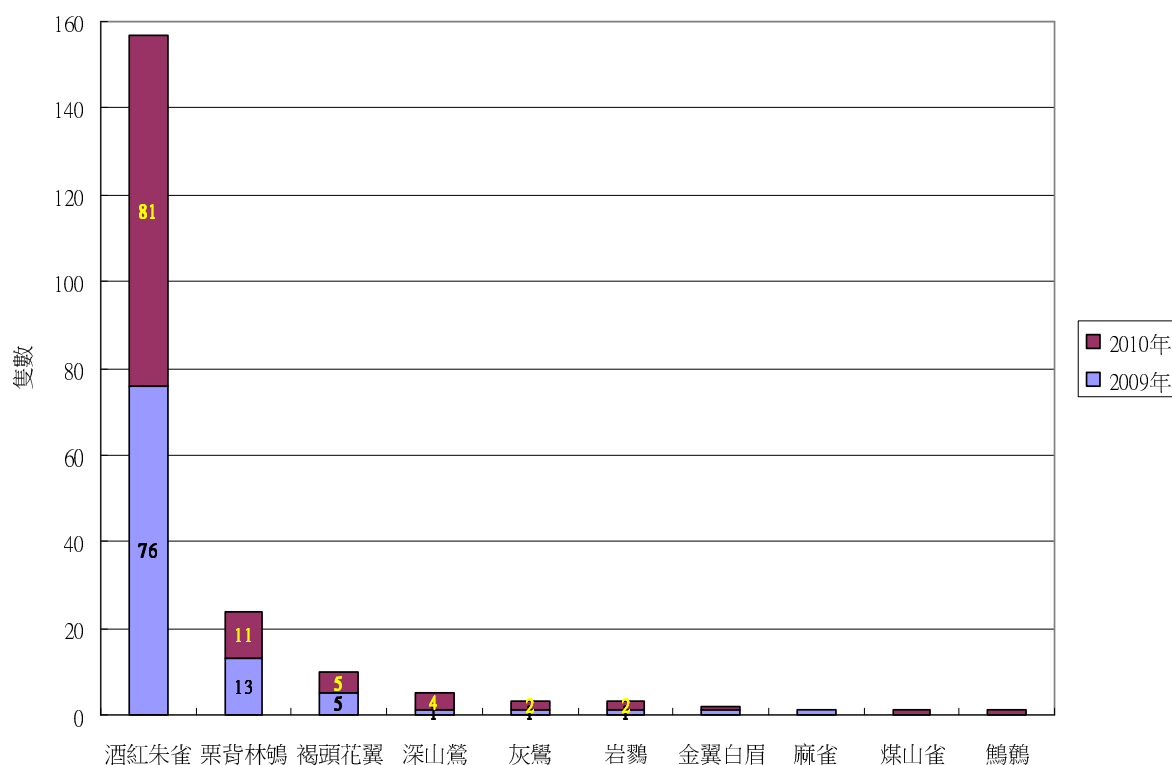


圖 7-11 2009 及 2010 年繫放捕捉到的鳥種及隻數。

(資料來源：本研究資料)

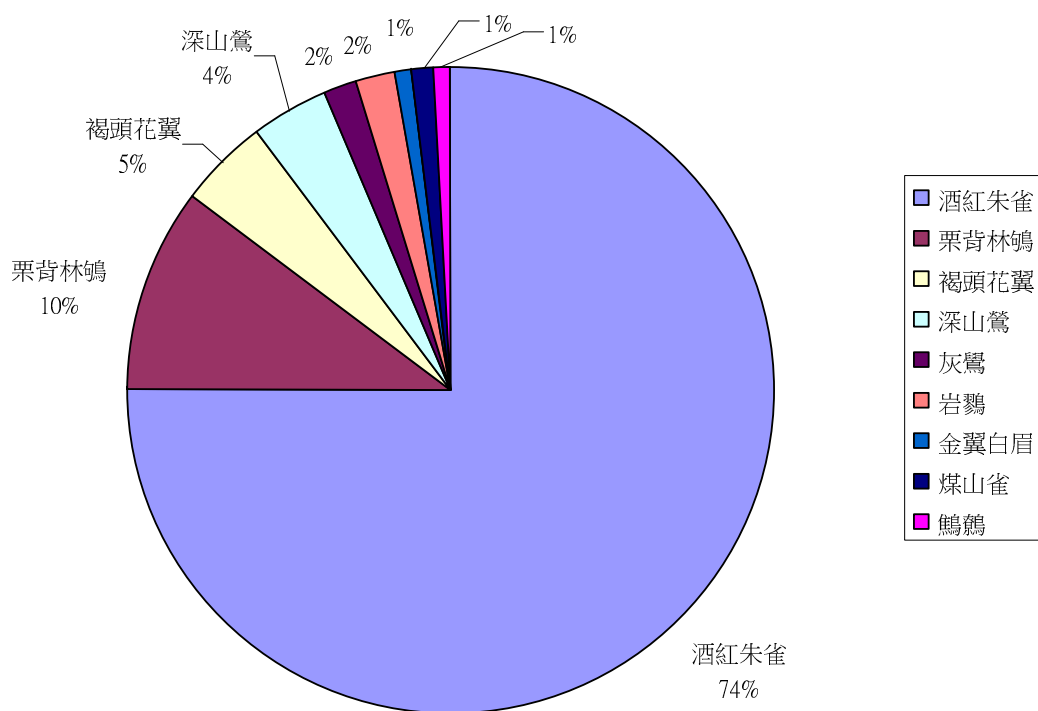


圖 7-12 2010 年繫放捕捉到的鳥種百分比。  
(資料來源：本研究資料)

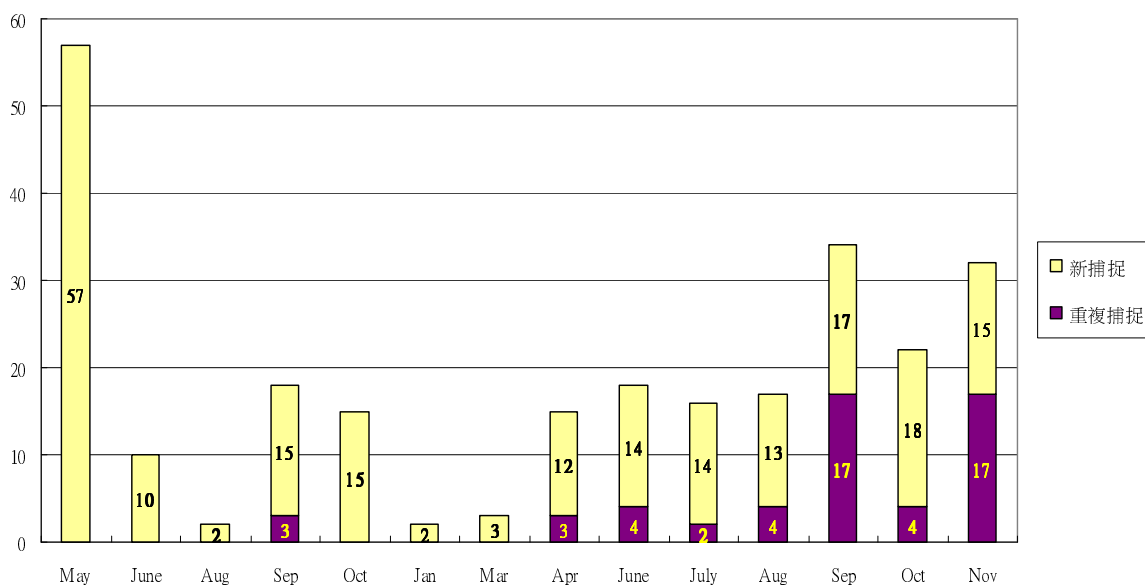


圖 7-13 2009-2010 年繫放回收趨勢長條圖。  
(資料來源：本研究資料)



**表 7-10 2010 年各月份火災地跡生態系繫放的鳥種與隻數及努力量**

鳥種	月份別	Jan-10	Mar-10	Apr-10	Jun-10	Jul-10	Aug-10	Sep-10	Oct-10	Nov-10	總量
酒紅朱雀	數量	1	1	5	16	14	13	28	18	29	125
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率 <sup>a</sup>	20.00	16.00	17.86	188.24	59.57	68.42	147.37	144.00	131.82	86.96
栗背林鴿	數量	0	1	4	2	1	2	1	1	1	86.96
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	16.00	14.29	23.53	4.26	10.53	5.26	8.00	4.55	60.49
褐頭花翼	數量	1	0	3	0	0	0	3	0	2	9.00
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	20.00	0.00	10.71	0.00	0.00	0.00	15.79	0.00	9.09	6.26
深山鶯	數量	0	1	0	0	0	1	1	1	0	4
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	5.26	5.26	8.00	0.00	2.78
灰鶯	數量	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	1.39
岩鸚	數量	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39
金翼白眉	數量	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	5.26	0.00	0.00	0.00	1.39
煤山雀	數量	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
鷓鴣	數量	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	網-小時	5	6.25	28	8.5	23.5	19	19	12.5	22	143.75
	捕捉率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	0.70

<sup>a</sup> 捕捉率=隻/網-小時×100

(資料來源：本研究資料)

**表 7-11 2009、2010 年相同月份火災地跡生態系繫放的鳥種與隻數及努力量**

鳥種	2009 年				2010 年			
	6 月	8 月	9 月	10 月	6 月	8 月	9 月	10 月
酒紅朱雀	110.98	12.50	66.67	139.13	188.24	68.42	147.37	144.00
栗背林鴿	13.87	43.75	0.00	0.00	23.53	10.53	5.26	8.00
褐頭花翼	4.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.79	0.00
深山鶯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	5.26	8.00
灰鶯	0.00	0.00	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	16.00
岩鸚	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金翼白眉	0.00	0.00	0.00	8.70	0.00	5.26	0.00	0.00
麻雀	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鷓鴣	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	0.00

單位：捕捉率=隻/網-小時×100

(資料來源：本研究資料)

#### (四) 食性研究

2009年3-6月間觀察到酒紅朱雀覓食廚餘的行為，然而在2009年8-10月間並未觀察到覓食廚餘的現象，卻見其食用包括早熟禾(*Poa pratensis*)、莎草科、黃菀(*Senecio nemorensis*)、假繡線菊(*Spiraea hayata*)的種子。然而在2010年1、3、4月均可見到酒紅朱雀覓食廚餘的現象，並在4月時記錄到取食台灣茶藨子的果實，而至6月時同時目擊到14隻酒紅朱雀聚集成群食用早熟禾，但並未食用廚餘。為了釐清廚餘及植物性食物的取食比例，自2010年7月起量化酒紅朱雀食用廚餘及植物性食物的種類及筆數，結果顯示7-8月間的19筆資料中並未記錄到任何酒紅朱雀食用廚餘，以食用早熟禾為主，而9-10月間的92筆取食資料中，食用廚餘44筆所占比例高達42%。今年度在酒紅朱雀的植物性食物取食方面，記錄到的取食物種除了台灣茶藨子之外，還包括早熟禾、聚生穗序藎(*Carex nubigena*)、玉山箭竹、黃菀、毛刺懸鉤子(*Rubus hirsutopungens*)、台灣繡線菊(*Spiraea formosana*)、高山芒、川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii*)(圖7-14)。

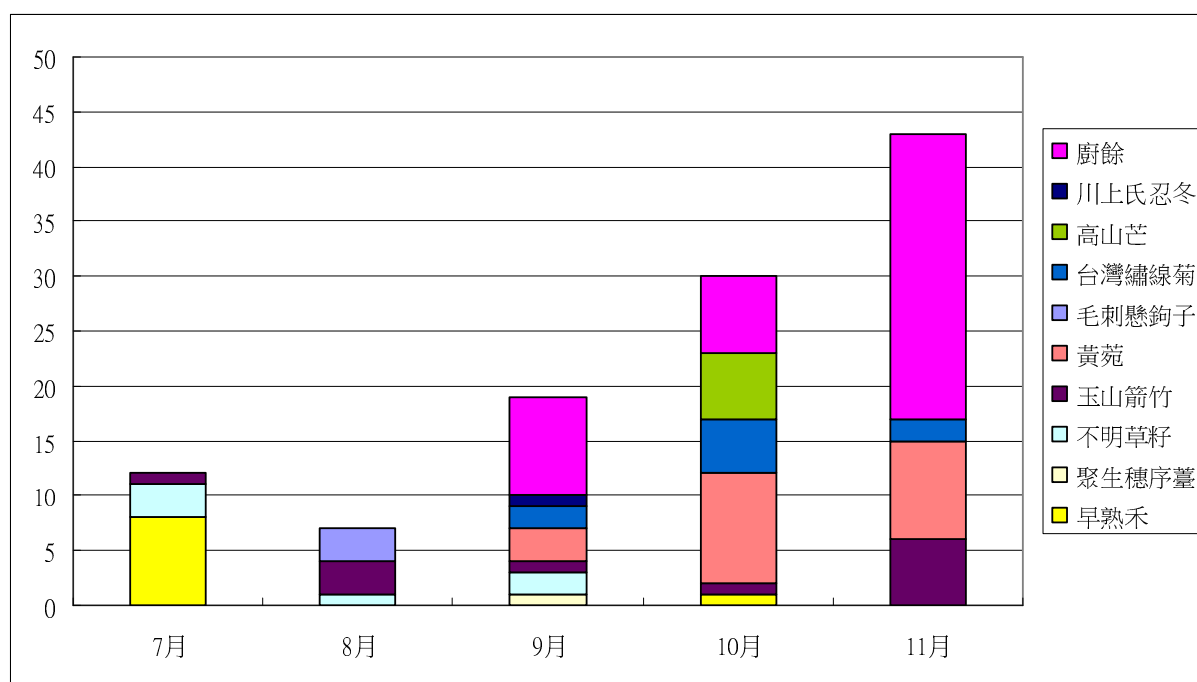


圖 7-14 2010 年 7-11 月酒紅朱雀覓食植物及廚餘次數分配圖。

(資料來源：本研究資料)

### (五) 海拔分布研究

總計 69 種鳥類進行比較的結果顯示，本研究的鳥種海拔分布上限，明顯高於上述三份文獻資料海拔分布上限結果(表 7-12)。本研究與鹿野忠雄研究共有的 53 種鳥類中，海拔上升的有 36 種(67.9%)，比例高於沒有上升的比例(32.1%)(Binomial test,  $p=0.013$ )，其中海拔分布沒有變化的鳥種共有 13 種(占 24.5%)，下降的有 4 種(占 7.6%)。本研究與 1989 年林曜松的調查共有 65 種鳥類，海拔上升的有 50 種(76.9%)，比例高於沒有上升的比例(23.1%)(Binomial test,  $p=0.013$ )，其中海拔分布沒有變化的有 9 種(占 13.8%)，下降有 6 種(占 9.3%)(Binomial test,  $p<0.001$ )。本研究與 1996 年羅宏仁的調查有 51 種，海拔上升的有 38 種(74.5%)，比例高於沒有上升的比例(25.5%)(Binomial test,  $p=0.013$ )，其中海拔分布沒有變化的有 5 種(占 9.8%)，下降有 8 種(占 15.7%)(Binomial test,  $p=0.001$ )。

分析 1940 至 2010 年間，四個時期調查結果中，海拔分布上限均呈現逐漸上升的鳥種共計 34 種，而海拔分布上限儘管 1940 和本研究相較海拔分布上限呈現上升，然而在 1989 年或 1996 年間海拔分布上限呈現先下降、後上升或先上升、後下降之擺盪情況的待觀察鳥種共計 26 種，海拔分布上限呈現下降趨勢的鳥種共計 3 種，包含：林鵰、藍腹鵰、竹鳥 (表 7-12)。

表 7-12 本研究(2009-2010 年)與歷次調查結果的各鳥種海拔上限(公尺)之比較

鳥種	本研究	鹿野忠雄 (1925- 1933 年)	與 1925- 1933 年比較	林曜松 (1989 年)	與 1989 年 比較	羅宏仁 (1996 年)	與 1996 年 比較
鳳頭蒼鷹	3146			2000	▲	2355	▲
台灣松雀鷹	3222			1800	▲		
赤腹鷹	3178	1500-1800	▲				
赫氏角鷹	3186	1800-2100	▲	2300	▲		
大冠鷲	3188	1200-1500	▲	2100	▲	2355	▲
林鵟	1625			2300	▼		
帝雉	3506	2700-3000	▲	3300	▲	3570	▼
藍腹鵟	1620	2100-2300	▼	2200	▼		
深山竹雞	3537	2400-2700	▲	2500	▲	2355	▲
竹雞	2712	900-1200	▲	2100	▲	2355	▲
灰林鴿	3222	2400-2700	▲	2400	▲		
金背鳩	1543	1200-1500	▲	1800	▼		
中杜鵑	3301					3145	▲
鵲鴝	3024	2100-2400	▲	2600	▲	2515	▲
針尾雨燕	3024			2800	▲	3146	▼
叉尾雨燕	3175			2500	▲		
小雨燕	3886			2400	▲		
五色鳥	2500	1800-2100	▲	2400	▲		
小啄木	2607	2100-2300	▲	2200	▲	2510	▲
綠啄木	3222	2400-2700	▲	2800	▲	3446	▼
大赤啄木	3449	2100-2300	▲	2400	▲	3446	▲
毛腳燕	3886	3300-3600	▲	3300	▲	3815	▲
家燕	3201			100	▲	3886	▼
樹鵲	3186					2355	▲
灰喉山椒鳥	2500	1500-1800	▲	2000	▲	2785	▲
紅嘴黑鵯	2500	900-1200	▲	2000	▲		
星鴉	3602	3300-3600	▲	3600	▲	3446	▲
松鴉	3350	3300-3600	=	3000	▲	2835	▲
巨嘴鴉	3725	900-1200	▲	>3600	=	3886	▼
鷓鴣	3886	>3600	=	>3600	=	3886	=
岩鷓	3886	>3600	=	>3600	=	3886	=
小翼鷓	3187			2700	▲	2785	▲
白眉林鴿	3833	>3600	=	3200	▲	3570	▲
栗背林鴿	3886	>3600	=	>3600	=	3886	=
鉛色水鷓	1595	1500-1800	=	2500	▼		
白尾鷓	2570	1500-1800	▲	2100	▲	2515	▲
台灣紫嘯鷓	2130	1200-1500	▲	1800	▲		
小鶯	2918	1800-2100	▲	2100	▲	2515	▲

雪山地區高山生態系整合調查

鳥種	本研究	鹿野忠雄 (1925- 1933 年)	與 1925- 1933 年比較	林曜松 (1989 年)	與 1989 年 比較	羅宏仁 (1996 年)	與 1996 年 比較
深山鶯	3833	2700-3000	▲	3500	▲	3446	▲
台灣叢樹鶯	3725			3000	▲	3275	▲
火冠戴菊鳥	3750	>3600	=	>3600	=	3565	▲
棕面鶯	2918			2100	▲	2785	▲
黃胸青鶺	2527			2200	▲	2355	▲
黃腹琉璃	2791	2400-2700	▲	2400	▲	2515	▲
紅尾鶺	3494	2100-2400	▲	3000	▲	3275	▲
鱗胸鶺鶯	2607	2100-2400	▲	3000	▼	2510	▲
山紅頭	2918	2400-2700	▲	2400	▲	2785	▲
竹鳥	1620	1800-2100	▼	2200	▼		
金翼白眉	3886	>3600	=	>3600	=	3565	▲
藪鳥	2701	2100-2400	▲	2600	▲	3275	▼
紋翼畫眉	3190	2400-2700	▲	2700	▲	3187	▲
褐頭花翼	3750	>3600	=	3600	▲	3199	▲
頭烏線	1620			700	▲		
繡眼畫眉	2584	2400-2700	=	2500	▲	3130	▼
白耳畫眉	2712	2100-2400	▲	2500	▲	2515	▲
冠羽畫眉	3262	2100-2400	▲	3000	▲	3180	▲
綠畫眉	1516	1800-2100	▼	1500	▲		
黃羽鸚嘴	3725	3000-3300	▲	3300	▲	3199	▲
青背山雀	3602	2100-2400	▲	2500	▲	3446	▲
煤山雀	3725	>3600	=	>3600	=	3640	▲
黃山雀	3574			2100	▲	2835	▲
紅頭山雀	2840	2100-2400	▲	2800	▲	2515	▲
茶腹鴨	3449	2400-2700	▲	2400	▲	3352	▲
紅胸啄花鳥	2527	1200-1500	▲	2200	▲	2785	▼
綠繡眼	1543	900-1200	▲	1500	▲		
酒紅朱雀	3886	>3600	=	>3600	=	3886	=
褐鶯	2687	>3600	▼	2300	▲	2170	▲
灰鶯	3873	2400-2700	=	>3600	=	3886	=

※將羅宏仁 1996 年於雪山主峰海拔 3884 公尺，修改為 3886 公尺，以利比較。  
 空格：未有調查資料    =：海拔上限不變    ▲：海拔上限向上提升    ▼：海拔上限下降

(資料來源：本研究資料)

## 四、討論

### (一) 鳥相結構

在候鳥組成上，2010 年僅發現 8 種遷移性鳥類，包含夏候鳥 3 種及過境或冬候鳥 5 種。相較於在玉山塔塔加地區，由於遷移中的候鳥在山區會透過路燈進行方向找尋，並沿著稜線往南遷徙，因此在玉山的自忠一帶曾有繫放研究進行高海拔山區的候鳥遷移情況調查(謝錦煌 1995；陳炤杰 2009)，所發現的候鳥種類也較雪山地區多。

在新增記錄的鳥種中，新紀錄到的候鳥，包含樹鵲、黃尾鷓、普通朱雀、赤腹鷹，其中普通朱雀是相當稀有的過境鳥類，本紀錄是雪山地區的第一筆，係由研究人員在 2010 年 1 月於 5.7K 北面坡所目擊到。過去，本島僅有不到 30 筆普通朱雀目擊資料，多半是在離島或海岸所觀察到，山區觀察中僅 6 處曾有出現紀錄(吳建龍 2009)。赤腹鷹係由研究人員在 9 月目擊到一隻飛過，而赤腹鷹在過去高山紀錄中，於玉山塔塔加可以觀察到數量超過千隻的赤腹鷹過境(陳惠玲，私人通訊)，然而雪山地區卻少有赤腹鷹通過紀錄，可見雪山地區並非赤腹鷹過境之主要路徑。

在新增鳥種紀錄中，記錄到野鴿一隻飛過 369 山莊前，儘管過去並未有文獻記載雪山地區的野鴿，然而有兩名山友表示：雪山雪劍線曾是賽鴿擄鴿勒贖的架網地點，十年前曾目擊到鞍部架設有數張鳥網，且有見到賽鴿通過(山友訪談資料)，然而目前賽鴿是否仍會通過雪山地區則不得而知了。在 2010 年 3 月時於 369 山莊前發現鳳頭蒼鷹公鳥飛過，在 2010 年 8 月於東峰頂發現一隻大冠鷲飛過，過去也曾在周大慶(2001)的雪山東峰研究報告中有過鳳頭蒼鷹出現紀錄，儘管一般而言鳳頭蒼鷹和大冠鷲屬於中低海拔鳥種，出現在高海拔係屬於相當偶然，但調查時大冠鷲剛好就出現在東峰頂大冠鷲圖示告示牌之正上方。

為了釐清 2008 年 12 月火災對鳥相結構的影響，比較 2009 年及 2010 年火災地鳥類相結構的變化，2009 年的鳥類相密度及鳥種數均高於 2010 年同月份，可能是由於大火過後，對植被增加了擾動，中度干擾假說中提到，干擾使得優勢種對其他物種的競爭排除作用削弱(Connell 1978)，使得一個地區的生物多樣性上升，而本研究的火災地跡樣區在大火過後，可能由於昆蟲量或食物量增加，所以導致食蟲性和雜食性鳥類種數和密度增加，也因此 2009 年和 2010 年相較可以發現多記錄到紅尾鷓、

星鴉、巨嘴鴉、台灣叢樹鶯、火冠戴菊鳥、中杜鵑等食蟲性或雜食性的鳥類。

火災地跡在經過一年的恢復後，箭竹高度略升，地表已不見裸露光景，火災地跡中的優勢鳥種分別為褐頭花翼(灌層蟲食)、深山鶯(灌層蟲食)、酒紅朱雀(地面雜食)、栗背林鴿(地面蟲食)，2009年時在地面覓食活動的栗背林鴿密度較2010年時高，可能是其屬開闊地鳥種之故，而在2010年時，褐頭花翼的密度上升，可能跟灌層逐漸成形有關係。

## (二) 繁殖調查

以今年繁殖紀錄來看，雪山地區高海拔鳥類開始繁殖時間，最早大約在3月。觀察到的鷓鴣及白眉林鴿的求偶展示、鳴唱及築巢，都是繁殖初期的行為，但透過繫放時個體孵卵斑及泄殖腔的判讀顯示，仍有部分鳥種及個體尚未達到繁殖狀態。經由發現鷓鴣的巢位，使我們知道鷓鴣在雪山地區冷杉純林的繁殖需求之一，為具有樹洞的枯立木。

4月份，經由行為觀察及繫放時個體生理徵兆，可以發現該月份已經進入高山鳥類的繁殖期。研究人員觀察到1隻岩鸚的守衛配偶(mate-guarding)行為，這種行為暗示著母鳥仍處於生育期(fertile stage)，雄鳥需藉此行為來預防配偶外交配(extra-pair copulation)的情形發生(Evans et al. 2008)，且這也反映在繫放時個體的生理狀況(同一對岩鸚)，母鳥孵卵斑明顯、泄殖腔腫脹，腹鼓脹有卵，而公鳥泄殖腔腫脹。煤山雀啣著蟲警戒行為表示，附近有煤山雀的巢，而且很可能正要啣著食物回巢育雛，或是給孵蛋的配偶。

在3-6月間，本研究透過目擊觀察及繫放已觀察到包含岩鸚、栗背林鴿、煤山雀、鷓鴣等鳥種均已進行繁殖活動，然而在酒紅朱雀的繁殖表現上，在3-6月間均未曾捕捉到具有孵卵斑的個體，直到7月-11月間陸續捕捉到具有孵卵斑的個體，其中孵卵斑發育良好的月份在8-9月間，從孵卵斑資料顯示雪山地區的酒紅朱雀繁殖月份明顯較晚，可能酒紅朱雀大多食用果實和種子，在高海拔地區果實及種子成熟時期有關，明年將結何植物物候的觀測結果進行關聯性分析。

## (三) 繫放研究

在繫放研究中，由於2009年上半年度各生態系各架設5面霧網，試

圖比較各生態系鳥種的存活率及返回率，然而，受限於調查人天，又加上捕捉時最容易中網的時間為剛日出光線薄弱時，和鳥類相調查時間重疊，而在捕捉效率較差的生態系投資報酬率低。因此，自 2010 年 4 月開始固定在 369 前架設兩張網，並搭配色環以提高回收率。本研究架設的霧網高度約 3 m，因此可捕捉到的鳥類以偏向灌叢、地面性的雀形目鳥類為主，可以捕捉到較多的酒紅朱雀、栗背林鴿、深山鶯等灌叢或地面性覓食的鳥類。在色環目擊回收方面，由於灌叢或地面性覓食鳥類，大多活動在較開闊或在灌叢間跳動，因此目擊回收比起樹層鳥類容易，是相當理想的目標鳥種。

由於繫放回收了解物種的存活率及返回率，往往需要 3-4 年以上的資料(White and Burnham 1999; Nott et al. 2008)，目前僅能知道 2009 年第一次進行繫放時在 5 月捕捉到的個體，已於最近一次進行的 2010 年 11 月繫放中回收。過去台灣有許多鳥類存活的相關研究，可以透過長期繫放瞭解雀形目鳥類的存活年限，然而大部分存活研究著重在候鳥的繫放(McClure 1974)，或針對特定鳥種的研究型繫放。在棲地品質上，國外已有許多研究在探討同一地點以固定張網努力量研究族群存活率的相關研究(Ralph et al. 2004; Ralph and Dunn 2004)，而且透過繫放研究，能夠補足定點計數法和穿越線法所無法知悉的鳥類生態面向(Wunderle 1994)，更能夠進一步的透過血液生化分析研究受覓食及棲地而影響的生理變化(Villegas et al. 2002; Ishigame et al. 2006)。

在繫放捕捉率的分析比較，結果顯示 2010 年火災地跡的平均捕獲率較 2009 年高，然而在 2009 年火災地跡的鳥種密度是較高的，可能和酒紅朱雀在兩年間密度波動並不明顯，但是卻是最容易捕獲的鳥種有關，此外，也可能和 2009 年在火災地架網點為 369 山莊前及 369 山莊廁所旁，其中 369 山莊廁所旁由於較容易受到山友干擾所影響。自 2010 年後，架設網道除了 369 山莊前外，另一架設點在 369 山莊廚房右後方，較不容易受到人為干擾所導致。

#### (四) 食性研究

儘管本研究在定點調查及沿途記錄均針對目擊到的各鳥種覓食行為進行記錄，但由於定點調查樣點密集，且受限於時間分配，因此無法針對特定結果植物進行長時間觀察其取食鳥種，又因大多數森林性鳥類位



於森林上層覓食觀察不易，且昆蟲性食物常常由於距離過遠而無法判斷類型，因此本研究蒐集到的取食樣本數有限，無法針對多種鳥種之食性進行探討，只能在持續累積野外目擊樣本，才能進行更多種鳥類的食性分析。

在食性觀察上觀察到酒紅朱雀取食植物性食物及廚餘的行為，在2009年的資料中8-10月間未觀察到鳥類覓食廚餘的現象，而在2010年的調查中，8月也未記錄到食用廚餘的情形，但是在9-10月92筆取食資料中，食用廚餘的比例卻高達42%，和2009年差異甚大，在觀察到仍有黃菟種子、台灣繡線菊種子及高山芒種子等天然資源可取食的情況下，覓食廚餘的比例仍高。此外，在調查時記錄到多筆酒紅朱雀啄玉山箭竹稈枝的現象，但無法判定是否真的有取食箭竹的任何一部位或者是否稈枝內藏有昆蟲，抑或僅是摩喙行為，但為了瞭解酒紅朱雀利用箭竹的季節是否有變化，因此將啄玉山箭竹稈枝的行為進行也列入記錄中。

由於369山莊前接近廚房，所以火災跡地繫放站上有許多登山客傾倒的廚餘，也吸引了鳥類前來覓食，因此有較高的繫放量。調查人員曾在繫放樣區中目擊酒紅朱雀吃飯粒、麵條；金翼白眉及岩鷲都曾在369山莊前吃餅乾碎屑或泡麵碎屑，而屬於蟲食者的栗背林鴿和深山鶯是否會因廚餘地擁有較多的昆蟲，而在附近覓食則不得而知。此外，食用人為廚餘是否對鳥類形成天然食物缺乏時的補給，是否有助於生存或繁殖表現(Townsend et al. 1999)，抑或是否為影響鳥類族群健康或疾病來源的潛在殺手，以及是否可能會因此增加掠食者的風險(Kohlmann and Risenhoover 1996)。國外研究顯示，澳洲喜鵲(*Gymnorhina tibicen*)在取食人工食物後，非酯化性脂肪酸(Non-esterified fatty acids)減少、而膽固醇(Plasma cholesterol)在血液中的含量增加，代表可能因為取食人工食物後，導致個體健康狀況較差但膽固醇高的情況(Ishigame et al. 2006)。本研究目前已經在酒紅朱雀繁殖期間(6-10月)進行血液採集，待血液生化結果分析後，方能瞭解6-8月未食用廚餘的月份及9-10月有食用廚餘的月份，在血液表現上是否有差異。此外，之後的調查需針對鳥類取食食物豐度及廚餘量進行量化，以釐清鳥類對廚餘的依賴程度。

##### (五) 海拔分布研究

在全球暖化影響下，許多研究指出，動物會有活動範圍移動的情形，

諸如蝴蝶向上遷移、候鳥返回繁殖地的緯度邊界向緯度較高的地區移動 (Parmesan et al. 1999; Parmesan and Yohe 2003)。亦有研究指出，極圈物種或者是高海拔物種，倘若可棲息之地受限，無法適應棲地減少及氣溫提升，則可能遭受到極大的威脅 (Parmesan 2006)。因此，監測高山地區各鳥種在個生態系及不同棲地類型的分布狀況，相當重要。

由於鹿野忠雄調查年代在 1925-1933 年間，迄今超過 70 年，因此兩者進行海拔比較時由於相隔年代較長，更能顯示各鳥種在海拔分布的變化，在鹿野忠雄(1940)的論文中提及，雪山主峰的海拔高度當時訂為 3,931 公尺，和目前所訂定的主峰標高 3,884 公尺，略高 47 公尺，因此兩者間海拔上限向上提升幅度只有可能低估，而不會有高估的問題。比較當時 1940 年鹿野忠雄的發表論文和本研究後，已經有 36 種鳥種海拔分布上限向上提升，而海拔分布上限反而下降的鳥類只有 4 種。海拔分布下降的鳥種中藍腹鷓、竹鳥、綠畫眉屬於中海拔鳥種，可能是由於中海拔鳥種僅有在 8 月份進行雪劍線調查時有記錄到，可能和中海拔調查頻度僅有一次較為不足有關，其中藍腹鷓在雪東線 1996 年的調查中也未調查到(羅宏仁，1996)，是否和各路線植被分布的海拔不同及開發情況不同，導致可能在雪劍線發現藍腹鷓的機會比雪東線來的高。另一種海拔分布上限下降的高海拔鳥種為褐鷲，本研究共計記錄到 5 筆褐鷲，海拔介於 2389-2687 公尺，而鹿野忠雄文中提及的海拔 3000-3600 公尺以上均有分布，兩者海拔分布情況相差甚遠。根據許皓捷(2003)研究顯示，無論是西部或北部山區灰鷲的海拔分布上限均較褐鷲為高，但在鹿野忠雄記載的灰鷲(1500-2700 公尺)和褐鷲(海拔 3600 公尺以上)兩種鳥類的海拔分布卻恰好相反，但值得注意的是在 1935 年時仍有灰鷲和褐鷲兩種鳥種混淆的問題產生(林文宏 1997)，因此反倒懷疑是否有可能兩者紀錄相反，在 1989 年的林曜松調查報告中，也有進行 1898 年及 1940 年時的資料比較，該調查報告直接將當時鹿野忠雄中的褐鷲和灰鷲兩者的紀錄資料互換，但未說明。

分析比較 1940 至 2010 年間鹿野忠雄、林曜松、羅宏仁及本研究的鳥類相調查結果顯示，海拔分布上限逐期遞升的鳥種占有最高比例。有學者分析了東南亞 485 種留鳥後發現，受溫室效應影響，在 28 年間有相當高比例的留鳥產生海拔分布上限向上的趨勢或者是海拔分布幅度變大

(Peh 2007)，和本研究結果相似。然而本研究結果儘管指出高比例的鳥類有海拔分布上限提升的現象，但究竟是不是因為溫室效應的影響，仍需依時走完鹿野忠雄當年的所有路線，才能下定論，主要是由於鳥類會產生海拔變化的原因有很多，除了可能是由於全球暖化所造成的影響之外，和植被環境變化、開發程度的影響、調查月份的差異也可能有關係。儘管鹿野忠雄調查期間大多集中 5-10 月間，尤以暑期 7 月最常進行調查，是屬於氣候較暖，鳥類分布相對較高的月份，但是未來欲進行進行鹿野忠雄曾經走過的調查路線時，應該要選擇同一條路線在相同的月份進行調查，以避免因調查月份的差異而造成的誤差。

由於本研究的鳥類相調查乃自雪山登山口(海拔 2,140 公尺)開始，儘管於本年度 8 月加入雪劍線鳥類相調查資料，但是在海拔下限方面仍無法進行討論，未來可針對海拔幅度較高及較窄的鳥類嘗試分析其海拔垂直分布幅度是否有變化。

## 五、結論與建議

### (一) 研究成果

1. 本研究於 2010 年 1 月至 2010 年 11 月在雪山地區共記錄到 27 科 60 種鳥類，包含台灣特有種 10 種、特有亞種 29 種，及保育類鳥類 19 種，其中普通朱雀(*Carpodacus erythrinus*)的出現，為雪山地區首次紀錄，自 2009 年至 2010 年 11 月本研究累計在雪山地區記錄到 29 科 75 種鳥類。
2. 2009 年火災地跡的鳥類相的密度及鳥種數均高於 2010 年。進行優勢種的比較後發現，2009 年地面覓食的栗背林鴿密度較高，而灌層覓食活動的褐頭花翼則在 2010 年時密度較高。火災地的鳥類相變化可能是 2009 年火災剛發生後，干擾削弱競爭排除作用，因此鳥種多樣性及密度較高。而在 2010 年隨著植被恢復優勢種間的優勢度由地面覓食轉為灌層覓食。
3. 3 月至 6 月高海拔鳥類以陸續進入繁殖狀態，包含鷓鴣、岩鷓、深山鶯、褐頭花翼、煤山雀等，植食性的酒紅朱雀則在 7 月至 11 月間進入繁殖狀態，相較於其他食蟲性鳥類時間來的晚，可能和植物物候有關。
4. 1940 至 2010 年間，四個時期調查結果中，海拔分布上限均呈現逐漸上升的鳥種計 34 種，而海拔分布狀況呈現擺盪情況的待觀察鳥種計 26 種，海拔分布上限呈現下降趨勢的鳥種計 3 種，顯示大多數的鳥類呈現海拔上限分布向上提升的趨勢，除了跟全球暖化導致的鳥種海拔上限提升的現象，也有可能和棲地環境變遷、開發程度影響、調查月份別存在差異有關係。

### (二) 建議

#### 建議一

主辦機關：雪霸國家公園觀光維護課

協辦機關：武陵管理站

在三六九和七卡山莊製作禁止傾倒廚餘及禁止餵食的告示牌：立即可行建議

為了避免人類活動影響到野生動物的安全與健康，因此針對 369 山莊前廚餘問題提出建議：透過告示牌或解說牌來教育登山民眾將剩餘食物瀝乾後帶下山，此外，可以在登山口的教育宣導短片播放時，將廚餘帶下山的觀念帶入影片中，或張貼告示在登山口提醒登山民眾，相信假以時

日，369 山莊前的廚餘問題會減少許多。

## 建議二

主辦機關：雪霸國家公園觀光維護課

協辦機關：雪霸國家公園解說課、武陵管理站

建議參考各生態系之優勢鳥種架設解說告示牌：立即可行建議

增加鳥類介紹看板或海報：目前在雪東線有鳥類照片的看板共有兩個，均在東峰頂，其中一個看板鳥種圖案為大冠鷲，儘管數次調查中，僅有出現一次大冠鷲紀錄，但剛好就在東峰頂，因此本看板設立的位置並無不妥。然而，在東峰頂的另一個看板為青背山雀圖案，不過，該地區少有青背山雀分布，主要優勢鳥種為煤山雀，雪東線全線中青背山雀亦非優勢鳥種，因此在東峰頂的青背山雀圖片教育意義不大。建議，可配合本研究中各生態系的優勢鳥種進行介紹看板設立，例如：在 369 山莊前增加優勢鳥種酒紅朱雀的介紹海報或看板，也可以在冷杉林中介紹容易見到的鷓鴣看板，透過常見優勢種的介紹看板設立對大眾教育應有相當大的幫助。

## 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。
- 吳建龍，2009。一筆普通朱雀在中海拔山區的冬季發現紀錄。自然保育季刊 66: 24。
- 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。
- 汪中和，2007。氣候變化對台灣地下水文環境的衝擊：回顧與前瞻。經濟部中央地質調查所特刊18: 239-255。
- 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。
- 林文宏，1997。台灣鳥類發現史。玉山社出版事業股份有限公司，台北。
- 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。
- 邱清安，2002。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自行研究報告。
- 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。
- 陳炤杰，2009。玉山國家公園鳥類之資源清查與族群監測系統規劃及資料庫建置。內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究報告。
- 謝錦煌，1995。自忠秋季夜間過境候鳥調查。野鳥 4: 47-53。
- 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。
- Able, K.P., B.R. Noon. 1976. Avian community structure along elevational gradients in the northeastern United States. *Oecologia* 26(3): 275-294.
- Connell J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.

- Evans, M.L., B.J.M. Stutchbury, and B.E Woolfenden. 2008. Off-territory forays and genetic mating system of the wood thrush (*Hylocichla mustelina*). *Auk* 125(1): 67-75.
- Hilbert, D.W., M. Bradford, T. Parker, and D.A. Westcott. 2004. Golden bowerbird (*Prionodura newtonia*) habitat in past, present and future climates: predicted extinction of a vertebrate in tropical highlands due to global warming. *Biological Conservation* 116(3): 367-377.
- Ishigame, G., G.S. Baxter, and A.T. Lisle. 2006. Effects of artificial foods on the blood chemistry of the Australian magpie. *Austral Ecology* 31(2): 199-207.
- Kano, T. 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shibusawa Institute for Ethnographical Researches.
- Kohlmann, S.G. and K.L. Risenhoover. 1996. Using artificial food patches to evaluate habitat quality for granivorous birds: an application of foraging theory. *Condor* 98(4): 854-857.
- McClure, H.E. 1974. Migration and survival of the birds of Asia. Bangkok, Thailand: U. S. Army Medical component, South East Asia Treaty Organization Medical Project.
- Nott, P., P. Pyle, and D. Kaschube. 2008. The 2007 Report of the Monitoring Avian Productivity and Survivorship (MAPS) Program on Fort Bragg. Point Reyes Station, CA: The Institute for Bird Populations.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637-669.
- Parmesan, C. and G. Yohe 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421(6918): 37-42.
- Parmesan, C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, and H. Descimon H. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399(6736): 579-583.
- Peh, K.S-H. 2007. Potential effects of climate change on elevational distributions of tropical birds in Southeast Asia. *Condor* 109(2): 437-441.
- Ralph, C.J. and E.H. Dunn. 2004. Monitoring bird populations using mist nets. Pennsylvania, USA: The Cooper Ornithological Society.



- Ralph, C.J., K. Hollinger, and S. Miller. 2004. Monitoring productivity with multiple mist-net stations. *Studies in Avian Biology* 29: 12-20.
- Ralph, C.J., S. Droege, and J.R. Sauer. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: Standards and applications. In: *Monitoring bird populations by point counts*, (Ralph CJ, Sauer JR, Droege S, eds). Albany, CA, USA: USDA Forest Service Publication, Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149, 161-168.
- Reynolds, R.T., J.M. Scott., and R.A. Nussbaum. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82(3): 309-313.
- Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig, and J.A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421(6918): 57-60.
- Sala O.E., F.S. Chapin., III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, and R. Dirzo. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459): 1770-1774.
- Scott, D., J.R. Malcolm., and C. Lemieux. 2002. Climate change and modelled biome representation in Canada's national park system: implications for system planning and park mandates. *Global Ecology & Biogeography* 11(6): 475-484.
- Sekercioglu, C.H., S.H. Schneider, J.P. Fay, and S.R. Loarie. 2008. Climate change, evational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology* 22(1): 140-150.
- Svensson, L. 1992. Identification guide to European passerines. 3 ed. Sweden: Stockholm.
- Townsend, D.E., II, R.L. Lochmiller., S.J. DeMaso, D.M. Leslie, Jr., A.D. Peoples, and S.A. Cox. 1999. Using supplemental food and its influence on survival of northern bobwhite (*Colinus virginianus*). *Wildlife Society Bulletin* 27(4): 1074-1081.
- Villegas, A., J.M. Sánchez, E. Costillo, and C. Corbacho. 2002. Blood chemistry and haematocrit of the black vulture (*Aegypius monachus*). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative*

Physiology 132(2): 489-497.

White, G.C., and K.P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.

Wunderle, J.M. 1994. *Census methods for Caribbean land birds*. Washington, DC:Forest Service, United States Department of Agriculture. General Technical Report SO-98.

**附錄 7-1 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
2K	七卡	121.2862	24.3834	278207	2697715	2527
4.3K	哭 1	121.2783	24.3908	277395	2698534	3116
4.5K	哭 2	121.2767	24.3901	277238	2698461	3141
7.8K 黑森林	黑 1	121.2510	24.3936	274631	2698839	3301
8.1K 黑森林	黑 2	121.2481	24.3937	274335	2698849	3345
8.4K 黑森林	黑 3	121.2456	24.3944	274079	2698930	3350
8.7K 黑森林	黑 4	121.2431	24.3934	273824	2698818	3343
9.0K 黑森林	黑 5	121.2403	24.3912	273542	2698578	3449
9.3K 黑森林	黑 6	121.2390	24.3901	273415	2698455	3506
9.6K 黑森林	黑 7	121.2377	24.3891	273281	2698341	3545
9.8K 圈谷	圈 1	121.2363	24.3884	273140	2698270	3602
10.1K 往主峰	圈 2	121.2356	24.3864	273071	2698046	3654
10.4K 缺口	圈 3	121.2357	24.3850	273078	2697892	3725
10.7K 往主峰	圈 4	121.2332	24.3835	272829	2697723	3833
10.9K 主峰頂	圈 5	121.2317	24.3834	272676	2697710	3886
火 7.2K	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 50m	火 3	121.2537	24.3924	274901	2698713	3186
火往水源地 150m	火 4	121.2521	24.3943	274737	2698920	3222
火 369 山莊前	火 5	121.2546	24.3923	274999	2698701	3146
火 7.6K	火 6	121.2522	24.3930	274753	2698780	3265
東峰 7.0K	Ecotone 1	121.2548	24.3915	275016	2698610	3176
東峰 6.7K	Ecotone 2	121.2568	24.3898	275218	2698424	3202
東峰 6.4K	Ecotone 3	121.2596	24.3898	275506	2698421	3187
東峰 6.1K	Ecotone 4	121.2626	24.3897	275809	2698409	3167
東峰 5.9K	箭 1	121.2644	24.3894	275987	2698378	3178
東峰 5.7K	箭 2	121.2662	24.3890	276174	2698339	3189
東峰 5.2K 北面坡	箭 3	121.2707	24.3889	276631	2698332	3187
東峰 5.2K 南面坡	箭 4	121.2707	24.3886	276633	2698291	3188
東峰 5.7K-4.4K	穿越線					

(資料來源：本研究資料)

附錄 7-2 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 7-3 2009 年 3 月至 2010 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
雉科	深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	留、不普	特有種	第三級		*
	竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	留、普	特有亞種		*	*
	帝雉	<i>Syrnaticus mikado</i>	留、稀	特有種	第二級	*	
鷹科	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	留、普	特有亞種	第二級		*
	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	留、普	特有亞種	第二級		*
	赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	過、普		第二級		*
	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	留、不普	特有亞種	第二級	*	*
	蒼鷹	<i>Accipiter gentilis</i>	冬、稀		第二級	*	
	大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	冬、稀		第二級	*	*
	赫氏角鷹	<i>Spizaetus nipalensis</i>	留、稀		第一級	*	*
鳩鴿科	野鴿	<i>Columba livia</i>	引進種、普				*
	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	留、不普				*
	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	留、普	特有亞種		*	
杜鵑科	鷹鵑	<i>Cuculus sparverioides</i>	夏、普			*	
	中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>	夏、普			*	*
鴟鵂科	鴟鵂	<i>Glaucidium brodiei</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*
	灰林鴟	<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>					*
	叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>	留、不普/ 過、不普			*	*
	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	留、普	特有亞種		*	*
鬚鴛科	五色鳥	<i>Megalaima oorti nuchalis</i>	留、普	特有種		*	
啄木鳥科	小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	留、普				*
	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*
	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		*	*
	星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	留、普	特有亞種		*	*
	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>	留、普			*	*
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	夏、普/ 冬、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
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	留、普			*	
	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	留、普			*	
	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	*	*
	青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	留、普	特有亞種	第三級	*	*
	黃山雀	<i>Parus holsti</i>	留、稀	特有種	第二級	*	*
樹鶯科	小鶯	<i>Cettia fortipes</i>	留、普/ 過、稀	特有亞種		*	
	深山鶯	<i>Cettia acanthizoides</i>	留、普	特有亞種		*	*
	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	特有種	第三級	*	*
大尾鶯科	台灣叢樹鶯	<i>Bradypterus alishanensis</i>	留、普	特有種		*	*
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			*	*
	黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>	留、普	特有亞種		*	*
	黃腹琉璃	<i>Niltava vivida</i>	留、不普	特有亞種	第三級	*	*
	白眉林鶇	<i>Luscinia indica</i>	留、稀	特有亞種	第三級	*	*
	栗背林鶇	<i>Luscinia johnstoniae</i>	留、普	特有種		*	*
	黃尾鶇	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	冬、不普				*
	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	*	*
	台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	留、普	特有種		*	
	白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	冬、普			*	*
	赤腹鶇	<i>Turdus chrysolais</i>	冬、普			*	
畫眉科	小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	留、普	特有亞種		*	*
	金翼白眉	<i>Garrulax morrisonianus</i>	留、普	特有種		*	*
	藪鳥	<i>Liocichla steerii</i>	留、普	特有種		*	*
	鱗胸鶇鶇	<i>Pnoepyga albiventer</i>	留、普	特有亞種		*	*
	山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	留、普	特有亞種		*	*
	紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	留、普	特有種	第三級		*
畫眉科	褐頭花翼	<i>Alcippe cinereiceps</i>	留、普	特有亞種		*	*

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
畫眉科	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	留、普	特有亞種		*	*
	白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	留、普	特有種		*	*
	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	留、普	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	樹鷓	<i>Anthus hodgsoni</i>	冬、普				*
雀科	普通朱雀	<i>Carpodacus erythrinus</i>	冬、稀				*
	酒紅朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>	留、普	特有亞種		*	*
	褐鷺	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	留、不普	特有亞種		*	*
	灰鷺	<i>Pyrrhula erythaca</i>	留、不普	特有亞種		*	*
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	留、普			*	

<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：台灣特有亞種。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(\*)表示該年度有紀錄到的鳥種。

(資料來源：本研究資料)

## 第八章 哺乳類

林良恭、吳榮笙

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，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 8 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，目前調查時間由 2009 年 3 月至 2010 年 12 月。

#### 三、重要發現

2009 年至 2010 年調查，一共捕獲 9 種哺乳類動物，森鼠(*Apodmus semotus*)總共捕捉 263 隻、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)總共捕捉 38 隻、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)總共捕捉 45 隻、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)總共捕捉 14 隻、條紋松鼠(*Tamipos formosanus*)總共捕捉 1 隻、短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)總共捕捉 2 隻、長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)總共捕捉 6 隻、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)總共捕捉 2 隻、與台灣小黃鼠狼(*Mustela formosanus*)總共捕捉 1 隻。

紅外線自動相機所拍攝到的有效照片中，總共拍到 12 種哺乳類動物，分別是山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、台灣獼猴(*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 culturatus*)、黃鼠狼 (*Mustela sibirica taivana*)、鼬獾 (*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心 (*Paguma larvata taivana*) 與台灣野豬 (*Sus scrofa taivanus*)。

#### 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，提出下列兩點具體建議。

##### 建議一

主辦機關：雪霸國家公園管理處

立即可行建議：設立哺乳類動物解說牌

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。

##### 建議二

主辦機關：雪霸國家公園管理處

中長期建議：雪山山區垃圾與廚餘處理

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，清除七卡山莊前方森林裡的垃圾，甚至以強硬手段開罰都有助於改善目前對於自然環境干擾的情形。

## Abstract

【Key words】 mammal, infra-red auto-camera, different altitudes

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 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 December 2010, there were eight plots set along path of Mt. Sheisan. Sherman live trap, infrared auto-camera and Harp trap were used to investigate mammals in Mt. Sheisan. There were total 9 kinds of mammals captured. Total 263 individuals of *Apodemus semotus* were captured; 14 individuals of *Niviventer cultratus* were captured; 38 individuals of *Microtus kikuchii* were captured; 45 individuals of *Eothenomys melanogaster* were captured; 6 individuals of *Episoriculus fumidus* were captured; 2 individuals *Anourosorex aquamipes* were captured; 2 individuals of *Mustela sibirica taivana* were captured; 1 individual of *Tamias formosanus* was captured; 1 individual of *Mustela formosanus* was captured.

There were total 12 kinds of mammals captured, including *Melogale moschata subaurantiaca*, *Macaca cyclopis*, *Muntiacus reevesi micrurus*, *Capricornis swinhoci*, *Petaurista alborufus lena*, *Callosciurus erythraeus*, *Dremomys pernyi owstoni*, *Niviventer cultratus*, *Mustela sibirica taivana*, *Paguma larvata taivana*, *Sus scrofa taivanus*, and *Cervus unicolor swinhoei*.

According to this research, in order to promote management of mammals, there are two suggestions:

1. Set exposition billboards for mammals.
2. Consideration of trash and kitchen waste.

## 一、研究緣起與背景

近世紀以來因人類的活動所造成的環境污染及氣候變遷的衝擊，許多的生態系統已呈現退化或不穩定，其中又以高山生態系統的反應最為劇烈。高山生態系的環境較為貧瘠且單一，生物所需的各種生存資源來源較少，所以往往高山生態系是最能顯現人為干擾環境變動的指標生態系。台灣雖處亞熱帶區域，但島內高山林立，超過三千公尺以上達百座以上。

雪霸國家公園所處範圍涵蓋了雪山山脈，區內3000公尺以上的高山林立，豁壑深谷密布，形成典型的高山島嶼生態系。雪山山脈為橫跨台灣北部之主要山脊，其中雪山（3886公尺）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。當今面臨氣候溫暖化，高山地區生態系與生物多樣性的衝擊如何，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。當氣候變化或棲地干擾時，愈高海拔族群受到影響愈大。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。

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。雪山地區的哺乳動物調查則較著重於武陵地區，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、研究設計

### (一) 研究地點

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止，海拔 1700 至 3607 公尺，全長約 9.8 公里，配合本高山生態系整合研究計畫所劃定的樣區，本調查依海拔高度分別設置圈谷 (SPA-1)、黑森林 (SPA-2)、369 山莊 (SPA-4)、七卡山莊 (SPA-6) 4 個樣區，另外還加設登山口、3.6K、雪山主峰與翠池樣區。今年度調查時間為 2010 年 1 月至 2010 年 12 月，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 2238-2324 m)、七卡山莊(海拔 2530 m)及 3.6K 處(海拔 2858 m)，共 3 個樣區，369 山莊線則包含：369 山莊(海拔 3222 m)、黑森林(海拔 3393 m)、圈谷(海拔 3607 m)、雪山山頂(海拔 3886 m) 與翠池 (海拔 3375-3468 m)，共 8 個樣區 (圖 8-1)。研究成果的資料除了分析今年的調查資料之外，還會與去年度的調查資料一起彙整分析。

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、與下翠池，棲地類型為玉山杜鵑叢、玉山箭竹草叢與圓柏林。

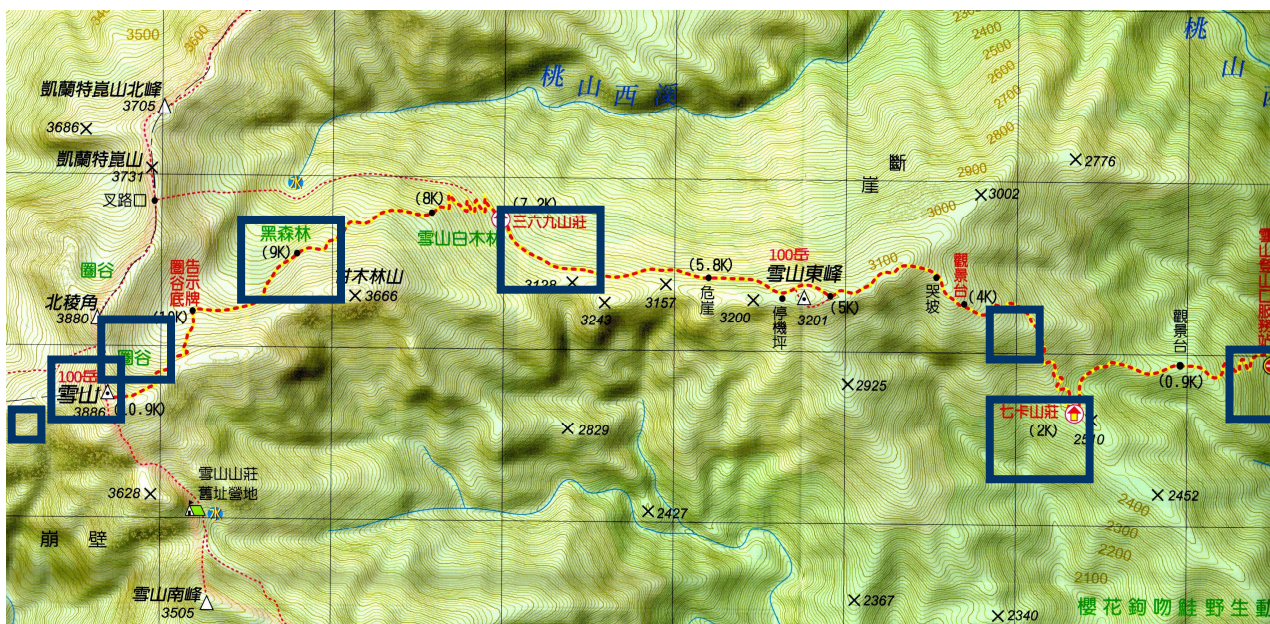


圖 8-1 哺乳動物調查樣區位置。  
(雪霸國家公園提供)

## (二) 研究方法

各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。本報告將本年度調查 2010 年結果與 2009 年調查的結果合併，一齊進行分析討論。

### (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 公尺間隔樣點總長 100 公尺的穿越線調查。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 2-1）。

各樣區設置固定樣點(plot)放置 2 台自動相機（#1 & #2，相機各 GPS 定位點請見附錄一），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另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，指數計算公式如下：

$$OI = \left( \frac{\text{半小時內有效照片張數}}{\text{相機有效工作時數}} \right) \times 1000$$



(3) 夜間調查

每次調查於樣區周遭選擇適合地點，架一座豎琴網（Harp trap）進行調查，次日檢視有無蝙蝠，記錄辨識物種種別、性別、計算數量並以翼環編號後原地釋回，此外也記錄動物叫聲。此實驗選定 2 個樣區，分別是七卡山莊與黑森林。





### 三、結果

#### (一) 小型哺乳類採集結果

2009年3月至2010年12月以來，一共捕獲9種的哺乳動物；5種啮齒目分別為森鼠(*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(*Tamias formosanus*)；2種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anurosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)；2種食肉目為黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與台灣小黃鼠狼(*Mustela formosanus*)，其中短尾鼯以及台灣小黃鼠狼為今年的新捕獲增加物種(表8-1)。

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29隻個體，七卡山莊捕捉到66隻個體，3.6K捕捉到35隻個體，369山莊捕捉到56隻個體，黑森林捕捉到24隻個體，圈谷捕捉到13隻個體，雪山主峰捕捉到7隻個體，翠池捕捉到33隻個體；高山田鼠僅止於369山莊海拔以上的樣區才有所捕獲，分別於369山莊捕捉到7隻個體，黑森林捕捉到15隻個體，圈谷捕捉到10隻個體，雪山主峰捕捉到5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33隻個體，七卡山莊捕捉到2隻個體，3.6K捕捉到10隻個體；高山白腹鼠與條紋松鼠都只於七卡山莊捕獲，分別為14和1隻；長尾鼯於登山口、七卡山莊、3.6K與翠池都有捕捉紀錄，為2、1、1和2隻；短尾鼯於登山口和3.6K都只捕獲1隻；3.6K與圈谷都有捕獲黃鼠狼的紀錄，為1和2隻；小黃鼠狼則僅止於翠池捕獲1隻個體(表8-1)。已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、圈谷與3.6k樣區，Shannon's diversity index和Simpson's diversity index的最低值出現在369山莊(表8-1)。

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)：

$$100 \text{ Trap Night} = \left( \frac{\text{每月每物種捕捉個體數}}{\text{每月總共設置老鼠籠數}} \right) \times 100$$

表 8-1 小型哺乳動物各樣區捕捉資料 (隻)

	登山口 (11)*	七卡山莊 (11)	3.6K (11)	369 山莊 (9)	黑森林 (9)	圈谷 (9)	雪山主峰 (7)	翠池 (7)	總計
森鼠	29	66	35	56	24	13	7	33	263
高山田鼠	0	0	0	7	15	10	5	1	38
黑腹絨鼠	33	2	10	0	0	0	0	0	45
高山白腹鼠	0	14	0	0	0	0	0	0	14
條紋松鼠	0	1	0	0	0	0	0	0	1
長尾鼯	2	1	1	0	0	0	0	2	6
短尾鼯	1	0	1	0	0	0	0	0	2
黃鼠狼	0	0	1	0	0	2	0	0	3
台灣小黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	1	1
總計	62	80	46	54	32	24	11	36	373
Shannon's index	0.88	0.68	0.80	0.35	0.67	0.91	0.68	0.45	
Simpson's index	0.55	0.36	0.43	0.20	0.49	0.59	0.53	0.21	

\*為 2009~2010 年單一樣區調查次數

(資料來源：本研究資料)

將資料標準化來看各樣區物種的豐富程度。森鼠在 369 山莊的數量最高，100TN 值為 13.02，其次為翠池和七卡山莊，為 11.04 和 10.15，數量最低的樣區為雪山主峰，100TN 值只有 2.66；高山田鼠與黑腹絨鼠則以黑森林與登山口數量最多，100TN 值分別為 3.09 與 3.93；高山白腹在七卡山莊的 100TN 值為 2.15。以各樣區來說，七卡山莊與 3.6K 所捕捉到的物種數量最多，都為 5 種，雪山主峰、黑森林與 369 山莊最少，為 2 種(表 8-2)。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圈谷樣區，最低點出現在 369 山莊(表 8-2)。

從上述多樣性指數來看，三六九樣區之指數最低，七卡亦不高，此或顯示人為活動頻度高造成動物物種減少，且易形成數量集中放大。

表 8-2 小型哺乳動物各樣區捕捉資料 (100 Trap Night)

	登山口 (840)*	七卡山莊 (650)	3.6K (820)	369 山莊 (430)	黑森林 (485)	圈谷 (475)	雪山主峰 (263)	翠池 (299)
森鼠	3.45	10.15	4.27	13.02	4.95	2.74	2.66	11.04
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	1.63	3.09	2.11	1.90	0.33
黑腹絨鼠	3.93	0.31	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高山白腹鼠	0.00	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
條紋松鼠	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
長尾鼯	0.24	0.15	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
短尾鼯	0.12	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黃鼠狼	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00
台灣小黃鼠狼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
Shannon's index	0.88	0.68	0.80	0.35	0.67	0.91	0.68	0.45
Simpson's index	0.62	0.38	0.51	0.21	0.54	0.70	0.62	0.22

\*為 2009~2010 年單一樣區老鼠籠數總和

(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。取優勢物種（森鼠、高山田鼠、黑腹絨鼠與高山白腹鼠）來進行分析，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 月份無補或記錄之外，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），數值高峰出現在 2010 年 5-6 月份；黑腹絨鼠則和森鼠相同，每月皆有捕捉到個體，數量高峰出現在 2009 年 11 月份，最低則為 2010 年 3-4 月份；高山白腹鼠除了冬季之外（11-12 與 1-2 月份），其他月份都有捕獲，其數量高點出現在 2009 年 3-4 月份（圖 8-2）。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 年來的好。

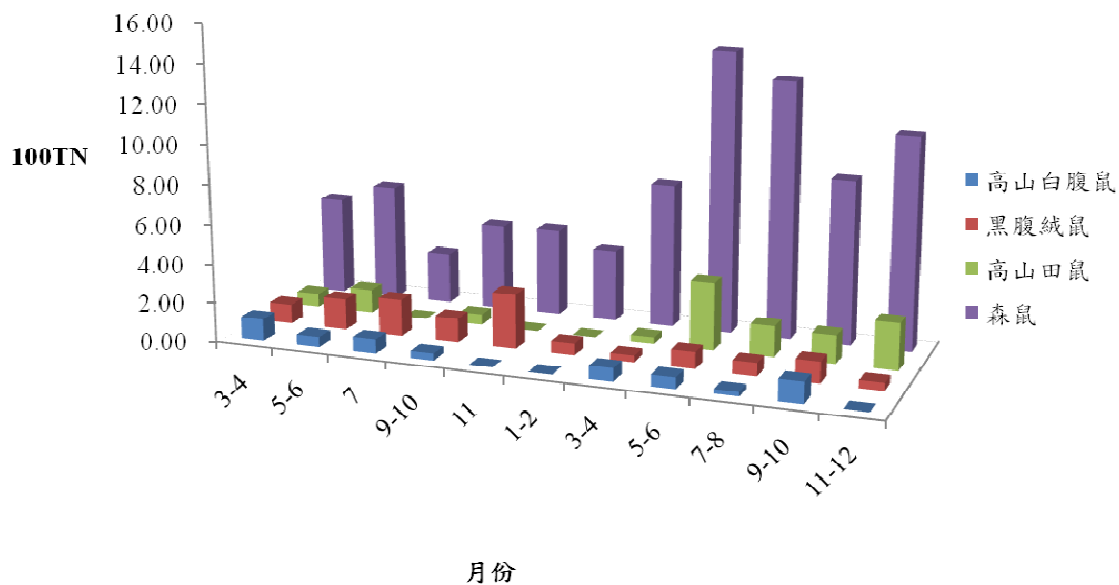


圖 8-2 小型哺乳動物各月份捕捉資料 (100 Trap Night)。

(資料來源：本研究資料)

## (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 swinhoei*)、台灣獼猴 (*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 culturatus*)、黃鼠狼 (*Mustela sibirica taivana*) 與鼬獾 (*Melogale moschata subaurantiaca*)；今年度的相機資料中，延續去年的發現並新發現了 3 種哺乳動物，分別為水鹿 (*Cervus unicolor swinhoei*)、白鼻心 (*Paguma larvata taivana*) 與台灣野豬 (*Sus scrofa taivanus*)，所以由 2009 年至 2010 年，一共拍到 12 種哺乳動物的有效照片。各樣區紅外線自動照相機工作時數請見表 8-3。

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 8-3）。未來陸續將傳統式紅外線自動相機置換成數位式紅外線自動相機，以增加工作效率及資料完整度，避免因底片拍完或是連續拍攝而造成工作時數過短與遺失拍到珍稀動物的機會，更可減少人為的干擾。



表 8-3 各月份各樣區紅外線自動相機工作時數 (hr)

年份	月份	登山口 #1	登山口 #2	七卡山莊 #1	七卡山莊 #2	3.6K #1	3.6K #2	369 山莊 #1	369 山莊 #2	黑森林 #1	黑森林 #2	圈谷 #1	圈谷 #2	翠池 #1	翠池 #2	總計
2009	3-4	1986	-	-	1671	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3657
	4-5	-	275	1038	69	-	-	-	-	1029	-	-	921	NA	NA	3331
	5-6	-	1044	136	626	1899	-	-	720	2068	690	-	737	NA	NA	7921
	6-7	2137	372	285	223	-	-	-	-	2763	1737	1024	981	-	-	9522
	7-8	824	232	634	530	181	430	-	-	1557	255	181	1377	-	-	6201
	8-9	2093	675	207	326	-	-	-	-	2898	2335	2067	1553	-	-	12156
	9-10	4478	475	1201	666	1317	387	1733	+	5035	3938	2355	3533	-	-	25119
	10-11	795	4039	-	559	912	901	+	1009	3434	2737	2808	-	3817	2858	23869
2010	12-1	940	470	159	1053	-	-	3537	1599	2689	2646	-	-	2195	3633	18920
	2-3	679	-	-	144	-	-	+	+	2252	1505	-	-	1018	3605	9202
	3-4	792	792	1445	439	4564	3511	+	+	2097	2092	-	957	2890	2903	22481
	4-5	242	983	1719	222	2084	1141	1295	-	2145	2379	-	627	-	2309	15146
	5-6	915	129	233	64	1180	520	777	-	4805	3449	-	1364	-	2401	15837
	6-7	77	546	973	43	215	312	2213	+	2161	2313	1398	1497	3300	1433	16482
	7-8	+	+	+	+	+	+	+	+	1728	1651	1047	1047	1289	972	7734
	8-9	141	1657	-	639	161	295	760	+	2584	-	1427	-	-	2109	9773
	9-10	-	1700	208	-	988	693	906	+	4038	-	2031	-	-	2861	13425
	10-11	1647	189	595	-	1085	1196	-	+	2083	694	1389	1389	1487	1486	13242
總計	17745	13576	8834	7274	14587	9386	11220	3328	45366	28422	15726	15984	15997	26570	234015	

- 為未記錄時間或故障  
 + 為沒有拍到任何哺乳動物  
 NA 為未進行調查

(資料來源：本研究資料)

在各物種之中，以山羌、長鬃山羊與台灣獼猴數量最多（表 8-4），其中又以山羌最為優勢（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 369 山莊（OI=4.47），最高為 3.6K 樣區（OI=74.6）。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 369 山莊（OI=0.64），最高為翠池（OI=33.65）。台灣獼猴與山羌相同，從登山口至翠池都有拍攝紀錄，台灣獼猴 OI 值最低 3.6K 樣區（OI=0.28），最高為黑森林樣區（OI=14.90），而且台灣獼猴。在各樣區中，又以 3.6K 樣區所拍攝到的物種數為最多，共 10 種（山羌、長鬃山羊、台灣獼猴、白面鼯鼠、赤腹松鼠、長吻松鼠、高山白腹鼠、黃鼠狼、鼬獾與台灣野豬），而拍攝物種數最少的樣區為圈谷，僅只 3 種（山羌、長鬃山羊與台灣獼猴）。

**表 8-4 各樣區紅外線自動相機照片資料 (OI 值)**

	登山口	七卡山莊	3.6K	369 山莊	黑森林	圈谷	翠池	總計
山羌	56.67	74.14	74.60	4.47	23.80	4.90	6.10	244.68
水鹿	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94
長鬃山羊	0.00	0.98	2.85	0.64	11.67	8.80	33.65	58.59
臺灣野豬	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.17	0.38
臺灣獼猴	0.70	2.53	0.28	3.73	14.90	3.37	3.99	29.51
白面鼯鼠	0.13	0.00	3.28	0.00	0.15	0.00	0.17	3.73
赤腹松鼠	3.40	0.00	0.99	1.07	0.07	0.00	0.00	5.53
長吻松鼠	0.40	1.01	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97
高山白腹鼠	0.15	0.00	1.09	0.43	0.07	0.00	0.00	1.74
黃鼠狼	1.12	0.86	3.19	2.38	0.07	0.00	0.17	7.79
鼬獾	1.64	0.29	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02
白鼻心	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07
總計	64.23	79.82	88.13	12.72	50.80	17.07	45.17	357.95

(資料來源：本研究資料)

將 2009~2010 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、長鬃山羊與台灣獼猴全年都有相片紀錄，且山羌與台灣獼猴於 2009 年和 2010 年的最高 OI 值都出現在 9-11 月份，以季節來看，拍到物種數最豐富的為 2010 年的 3-5 月份與 9-10 月份（圖 8-3）。

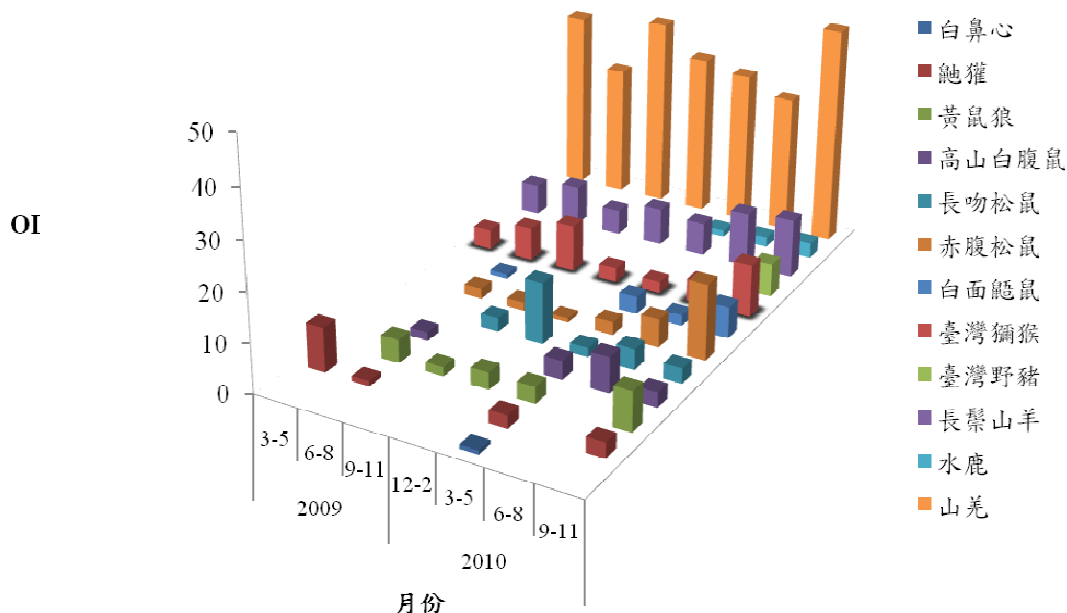


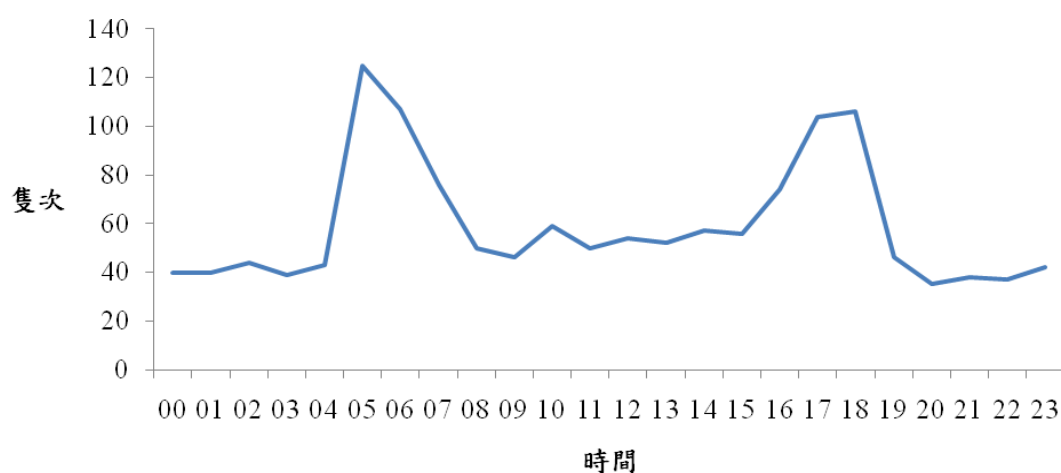
圖 8-3 各季節紅外線自動相機資料 (OI 值)。

(資料來源：本研究資料)

將較優勢的物種，山羌、長鬃山羊與台灣獼猴的有效照片，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 05:00 至 08:00 與 16:00 至 18:00(圖 3-4a);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 08:00 (圖 8-5a);台灣獼猴在晚上則不活動，其活動主要是從 06:00-17:00，而活動高峰期為 09:00-12:00 (圖 8-6a)。在將其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 8-4b);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 (圖 8-5b);台灣獼猴的活動模式在假日與非假日間也無不同，都在早上活動 (圖 8-6b)，令人特別注意的是，不論在山羌或是長鬃山羊，亦或者是台灣獼猴，在假日時，中午左右 (10:00-14:00)，其活動頻率會突然增加，甚至高於非假日同時段的比例，此原因尚未獲得解答，更待之後

的監測與其他子計畫的合作來進一步的研究。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過多人類活動而受到衝擊，其活動模式在假日與非假日上大致相同，這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。未來將以登山遊客人數作為干擾因子，以動物出沒時間變化，來瞭解實際動物活動模式的影響。

(a)



(b)

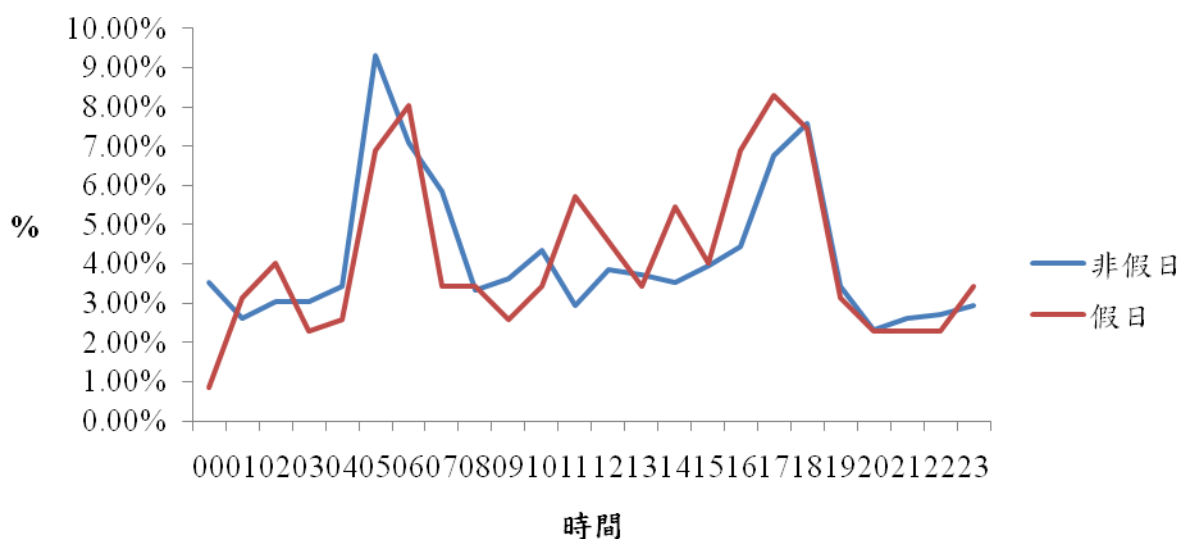


圖 8-4 (a)山羌 1 日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。

(資料來源：本研究資料)



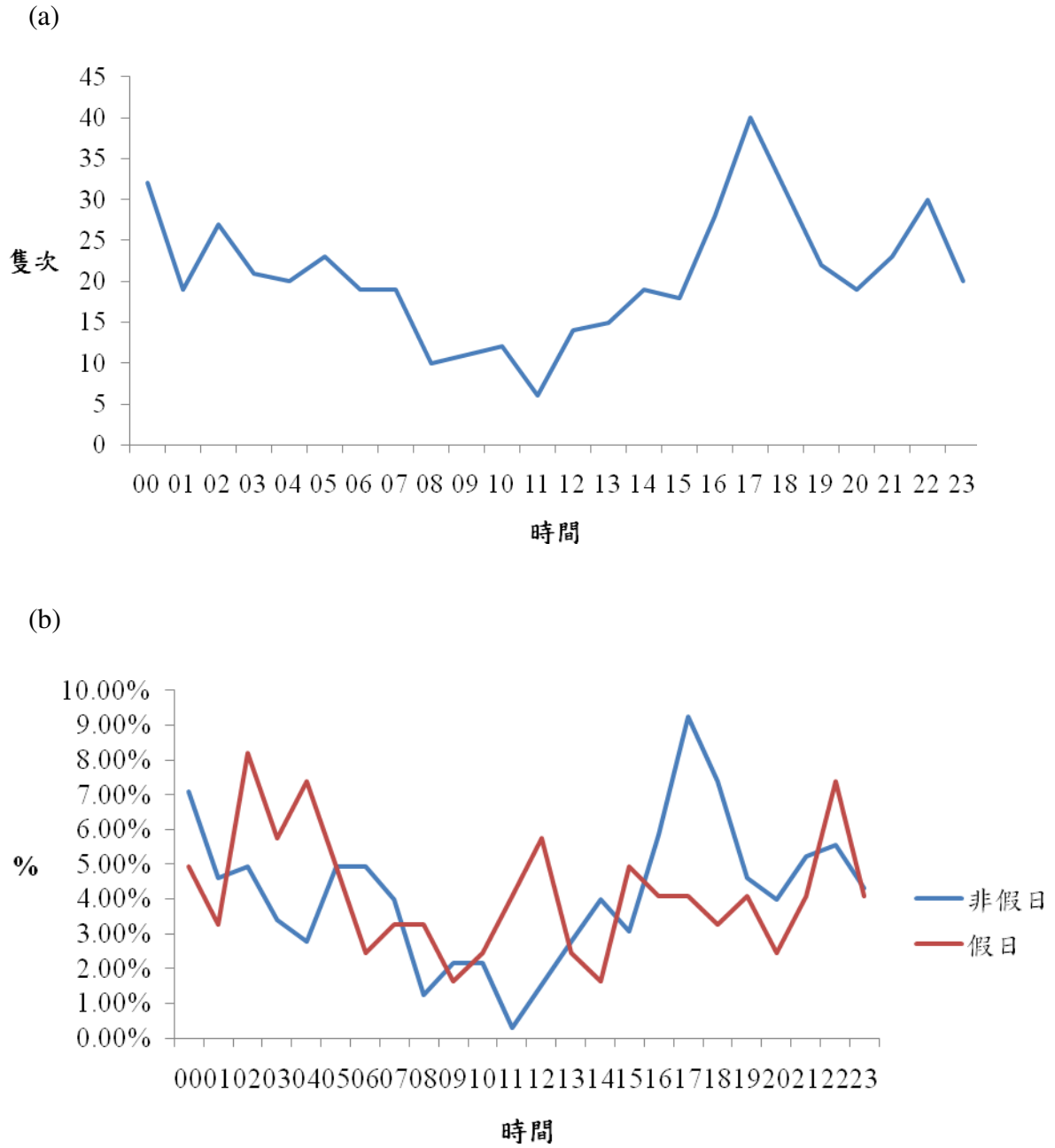


圖 8-5 (a)長鬃山羊 1 日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。  
(資料來源：本研究資料)

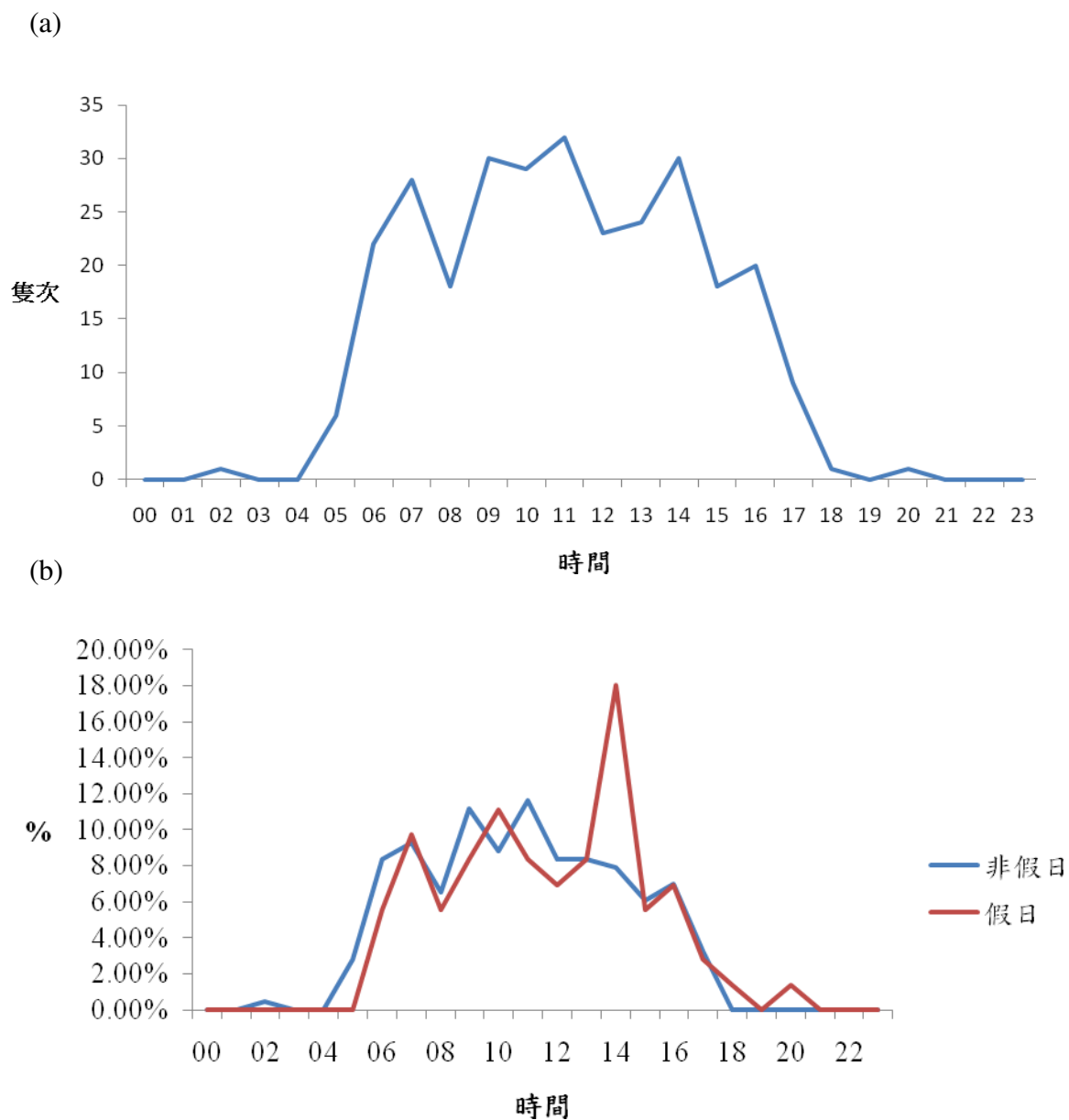


圖 8-6 (a)台灣獼猴 1 日間活動模式值資料；(b)假日與非假日活動模式資料。  
(資料來源：本研究資料)

將最優勢物種山羌於各樣區的 OI 值，以單一樣區內 2 台紅外線自動相機各為獨立的假設下，以每台相機 2009~2010 年全部資料的 OI 值為一筆資料，進行 one-way ANOVA 的分析，其結果顯示樣區間有顯著差異 ( $P < 0.0001$ )，且進行 Duncan 分析 (表 8-5)，登山口至翠池 7 個樣區分成兩群，一群為登山口、七卡山莊與 3.6K 樣區，另一群則為 369 山莊、黑森林、圈谷和翠池。此結果間接說明海拔落差明顯對於山羌的垂直分佈影響，山羌偏好低海拔至中海拔山區。

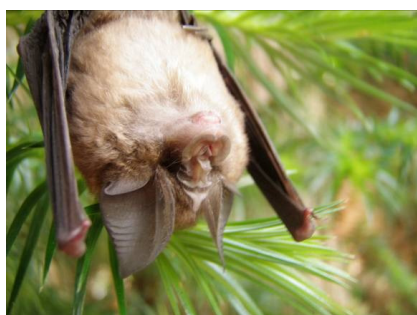
**表 8-5 山羌 OI 值 one-way ANOVA (Duncan) 分析結果**

Duncan Grouping	Mean	N	樣區
A	37.30	2	七卡山莊
A	37.07	2	3.6K
B	28.34	2	登山口
B	11.90	2	黑森林
	3.05	2	翠池
	2.45	2	369 山莊
	2.24	2	圈谷

(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 隻小蹄鼻蝠 (其型值未測量), 9 月 7 日在七卡山莊 (GPS : 279115 2697498, 海拔 : 2397 m) 捕獲 2 隻小蹄鼻蝠與 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 隻小蹄鼻蝠 (表 8-6)。



小蹄鼻蝠



姬管鼻蝠



寬吻鼠耳蝠

**表 8-6 蝙蝠個體資料**

日期	樣點	物種	體重(g)	性別	FA*	Thumb*	Tail*	Tibia*	HF*
20090321	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.3	F	35.15	4.3	36.67	14.41	6.14
20090721	七卡山莊	小蹄鼻蝠	4.4	F	NA	NA	NA	NA	NA
20090907	七卡山莊	小蹄鼻蝠	4	F	40.05	3.29	15.49	16.94	7.91
20090907	七卡山莊	小蹄鼻蝠	3.5	M	38.24	3.51	17.28	16.12	7.46
20090907	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M	27.55	6.59	28.43	13.27	7.04
20100703	黑森林	姬管鼻蝠	NA	M	29.55	5.86	NA	14.41	6.47
20101130	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.1	M	33.52	4.10	NA	13.94	7.06
20101201	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M	29.81	7.38	NA	14.14	8.35
20101203	七卡山莊	小蹄鼻蝠	5.4	F	40.66	4.55	NA	17.35	6.86

\*單位為毫米(mm)

NA 為未測量

(資料來源：本研究資料)

#### 四、結論與建議事項

##### (一) 結論

2009~2010 年，森鼠總共捕捉 263 隻，高山田鼠總共捕捉 38 隻，黑腹絨鼠總共捕捉 45 隻，高山白腹鼠總共捕捉 14 隻，條紋松鼠總共捕獲 1 隻，長尾鼬總共捕獲 6 隻，短尾鼬總共捕捉 2 隻，黃鼠狼共捕獲 2 隻，台灣小黃鼠狼總共捕獲 1 隻（表 3-1），其中以森鼠的捕獲數量最高，顯示森鼠是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 3-2），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、黑腹絨鼠和短尾鼬則都只侷限在登山口與七卡山莊樣區捕獲，已知黑腹絨鼠與短尾鼬主要分布在中海拔，高山白腹鼠屬分布由中海拔至高海拔森林性物種，但是去年度及本年度的調查並未在超過 3000 公尺以上的海拔捕獲這種物種，僅經由紅外線自動相機在黑森林樣區拍到高山白腹鼠的照片（圖 3-4）。高山田鼠是在 369 山莊、黑森林、圈谷與雪山山頂高海拔樣區才有所捕獲，至於中海拔地區（登山口、七卡山莊和 3.6K 處）則無發現，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 3000 m。

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，這同時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至翠池皆有相片紀錄，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 3-4），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 2700 m 應為物種的海拔垂直分布上界，與鹿野（1940）資料相比（0~900 m），海拔分布上升近 1800 m 之高。台灣獼猴在登山口、七卡山莊、369 山莊、黑森林、圈谷和翠池都有相片紀錄（圖 3-4），尤其是圈谷海拔高達 3600 m，是目前已知台灣獼猴最上限，鹿野的資料指出台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，本調查明確證實台灣獼猴可分布至此，可以知道台灣獼猴的海拔分布也極廣，也是高山生態系中優勢物種之一。長鬃山羊在七卡山

莊、3.6K、黑森林、圈谷與翠池樣區都有相片紀錄（圖 3-4），但在七卡山莊與 3.6K 樣區的 OI 值僅有 0.56~1.28，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，今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。

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，尚待未來更長期調查資料收集，方能更進一步說明。

## （二）建議事項

建議一：

立即可行建議：設立哺乳類動物解說牌

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（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。

建議二：

中長期建議：雪山山區垃圾與廚餘處理

由於雪山是非常受歡迎的大眾化遊憩登山路線，上山人數絡繹不絕，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 山莊目擊好幾次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兩次台灣獼猴結群進入七卡山莊廚房打劫人類食物的情形。

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，清除七卡山莊前方森林裡的垃圾，甚至以強硬手段開罰都有助於改善目前對於自然環境干擾的情形。

建議三：

中長期建議：雪山山區生物自動監測系統架設

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。

## 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。台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。
- 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。
- 林俊義、林良恭。1983。台灣哺乳類的動物地理初探。台灣省立博物館年刊。53 頁。
- Kano, T. 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shobusawa Institute for Ethnographical Researches, Tokyo.



附錄 8-1 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)

## 第九章 高山生態系火燒與植群動態研究

曾喜育、蔡尚惠、賴國祥、王偉、呂金誠

國立中興大學森林學系、環球技術學院環境資源管理系

### 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 3×3 m<sup>2</sup> 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。此外，為了解不同年度火燒對高山草原生態系之影響，在雪山主峰線步道 5k 處草生地(雪山東峰, 2001 年 2 月火燒)、步道 6k 處草生地(1963 年火燒)進行調查，調查方法同系統調查。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，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燒 2 年，火後出現之植物種類清單共記錄 47 種，種子植物以菊科種類最多(8 種)，禾本科(4 種)、薔薇科(4 種)和百合科(4 種)次之。依植物生活史分類，多年植物(含木本與草本)有 45 種，1 年生植物僅伊澤山龍膽 1 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，至 2010 年 6 月共調查 47 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 月調查時總覆蓋度下降至 29.1%，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

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、微生物地環境等影響，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

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

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(曾喜育和蔡尚惠, 2009), 3,000 m 以上主要由 3 種形相鮮明的植物社會組成, 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; 其二是在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; 曾喜育和蔡尚惠, 2009)。其中玉山箭竹、高山芒之灌叢草生地和臺灣冷杉林間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。Jonathan et al.(2010)指出, 火燒為高海拔與高緯度地區森林非常重要的生態過程。

火燒對生態系的影響依其強度有不同結果, 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

柳樞(1963)針對小雪山高山草原生態的研究中, 推論火燒為臺灣高山草原形成之主要因素。劉業經等(1984)研究指出, 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(柳樞, 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，皆為具地下部萌蘖能力之物種。

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發迅速，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)。



## 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25m設立一樣桿，並以樣桿為該樣帶最上部的頂點，下拉70~100m不等之長度，每間隔10m設立一 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 樣區(如圖9-1所示)，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。

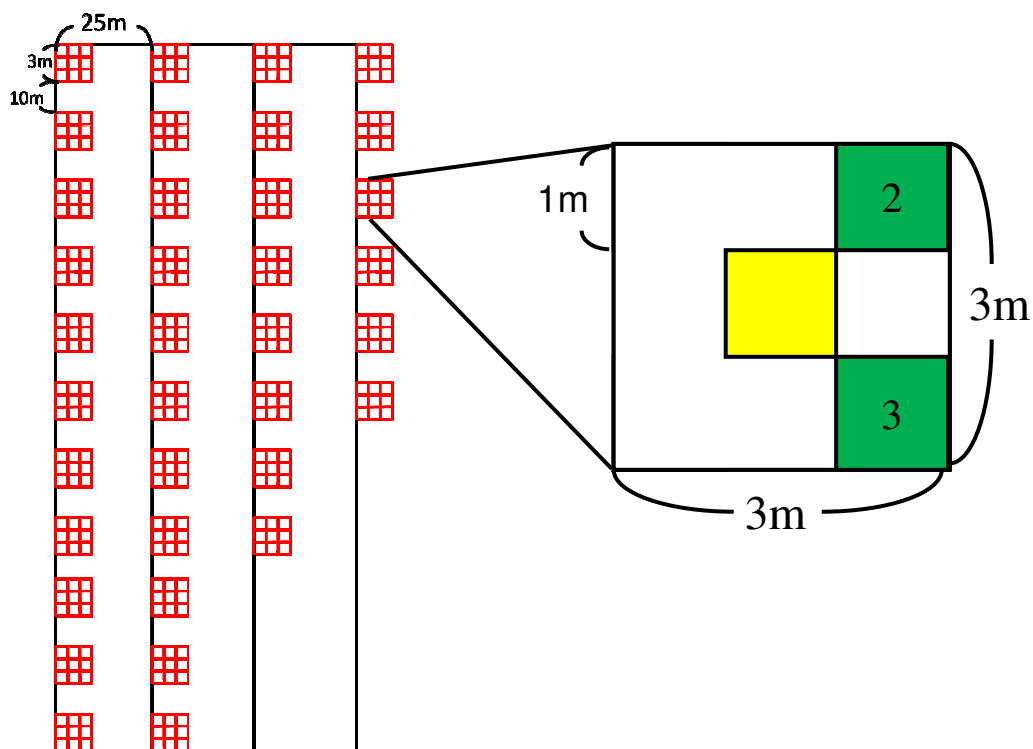


圖 9-1 系統樣區設置示意圖，樣區中角落4個綠色區塊之 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 小區為調查區域。

(資料來源：本研究資料)

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。

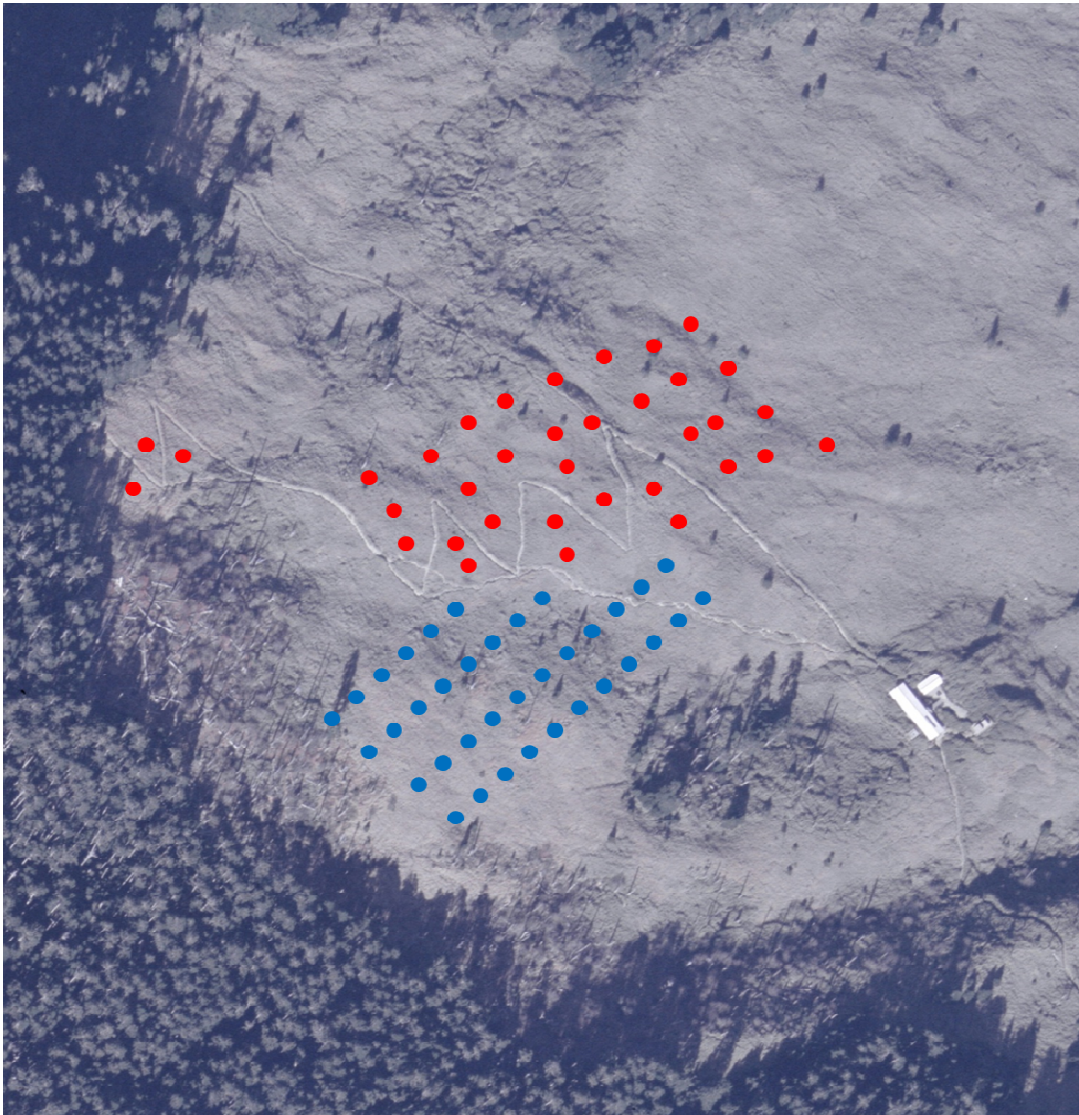


圖 9-2 雪山三六九山莊草生地火燒隨機樣區及系統樣區設置示意圖。紅點為隨機樣區，藍點為系統樣區。

(資料來源：本研究資料)

### 3. 木本火燒萌蘖性調查

為了解木本植物對於火燒之反應為何，本研究於三六九山莊火燒基地設置 20 條  $4 \text{ m} \times 25 \text{ m}$  的穿越樣帶進行木本植物火後存活調查。調查樣區內木本植物的種類、相對位置、地徑與枝幹高度。

## (二) 不同火燒時期之高山灌叢草生地調查

### 1. 雪山東峰灌叢草生地(5k)

雪山東峰於 2001 年 2 月發生火燒，火後時間約 10 年，本研究針對雪山東峰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調查，共調查 12 個樣區，調查方法同系統樣區。

### 2. 雪山主峰線步道 6k 處(6k)

雪山主峰線步道 6k 處火燒時間約在 1963 年(施纓煜，1998)，草生地火後時間約 57 年。本研究針對雪山東峰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調查，共調查 9 個樣區，調查方法同系統樣區。

## (三) 環境因子調查

於設置樣區時，針對樣區地表石塊佔樣區百分比、樣區所在坡面位置、樣區所在坡度、樣區原有優勢植物種類、樣區內之原有喬木種類與大小、土壤性質分析等環境因子進行觀測與調查。

## (四) 資料分析

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(importance value, IV)表示，其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和 / 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(IV) = 相對頻度 + 相對優勢度

同一時期所有樣區所有物種重要值和為 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。

$$H = -\sum (n_i/N) \times \log(n_i/N) = -\sum p_i \times \log p_i$$

$$J = H / \log S$$

火後不同時期物種的變化為時序物種拓殖與競爭後反應的結果，本研究利用 Sørensen 相似性指數計算火後各時期調查植物種類的相似度；並利用 Cody 指數了解各時期物種新增(拓殖)與消失(死亡)變化，以了解火後演替時序的物種轉換率(species turn over rate)。

Sørensen similarity index

$$SI = 2c / (a+b)$$

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

Cody index

$$\beta_c = [g(H) + l(H)] / 2$$

g(H) 為沿環境梯度 H 增加的物種數，l(H) 為沿環境梯度 H 失去的物種數，此部份環境梯度視為火後時序變化。

為了解火後不同時序之物種變化趨勢，本研究利用對應分析 (correspondence analysis, CA) 進行各次調查之物種排序變化；並利用降趨對應分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 分析，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)。

#### 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 36 個隨機樣區之火燒樣區，共 72 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)與 2010 年 7 月(火後約 19 個月)進行調查，共進行 5 次火後植生調查。此外，在三六九山莊未火燒區域之草生地進行取樣，取樣與調查方式同火燒樣區，共設置 9 個對照樣區，於 2010 年 8 月調查完成進行調查。為調查火後木本植物致死與萌蘖情形，設置 20 條 4 m×25 m 之帶狀樣區進行調查木本植物種類、地徑、火後反應，以及植株相對位置，植物學名依 Flora of Taiwan VI (Editorial committee of the Flora of Taiwan, second Edition, 2003)。

##### (一) 火後植物種類清單

雪山三六九山莊火後草生地共調查到 60 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 4 科 4 屬 6 種，分別為玉山石松、地刷子(*Lycopodium complanatum*)、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*)等 6 種蕨類植物；裸子植物有 2 科 3 屬 3 種，包括臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、臺灣二葉松及玉山圓柏(*Juniperus morrisonicola*)；被子植物共 21 科 44 屬 51 種，雙子植物有 16 科 29 屬 35 種，單子葉植物有 5 科 15 屬 16 種(表 9-1)。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; Jonathan et al., 2010)。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。

三六九山莊草生地的維管束植物以禾本科(Poaceae)最多(7 種)，其次是菊科(Asteraceae, 6 種)與薔薇科(Rosaceae, 6 種)、百合科(Liliaceae, 4 種)。禾本科與菊科屬熱帶植物區系，而薔薇科與百合科屬溫帶植物區系，反映本區植物來源多樣(曾彥學等，2010)。依植物生活史(life-history)分類，多年植物(含木本與草本)有 56 種，僅 1 種 1 年生植物(伊澤山龍膽 *Gentiana*

*itzershanensis*)；多年生植物中，木本植物佔 13 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。

將三六九山莊草生地火後出現之 60 種種子植物依 Rankia 生活型(life-form)可劃分(表 9-1；圖 9-3)：7 種挺空植物植物(16.28%)、6 種地表植物(13.95%)、24 種半地中植物(55.81%)、5 種地中植物(11.63%)，以及 1 種 1 年生植物(2.33%)，與王偉等(2010)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。此外，三六九山莊草生地火後蕨類商數為 2.63，與曾彥學等(2010)研究冷杉林帶的蕨類商數 2.57 相近，然本區僅就三六九山莊草生地火後反應之維管束植物進行分析。

表 9-1 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
臺灣小檗	<i>Berberis kawakamii</i>	Bek 小檗科	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
玉山懸鈎子	<i>Rubus calycinoides</i>	Ruc 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 核果	動物
毛刺懸鈎子	<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 hayatatum</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 adenostrix</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 9-1 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
雪山水苦賣	<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
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
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
玉山抱莖籜簾	<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>Alettris 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
油荳	<i>Carex satsumensis</i>	Cas 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
抱鱗宿柱荳	<i>Carex tristachya</i> var. <i>poicilliformis</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
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 brevicealcarata</i>	Plb 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)



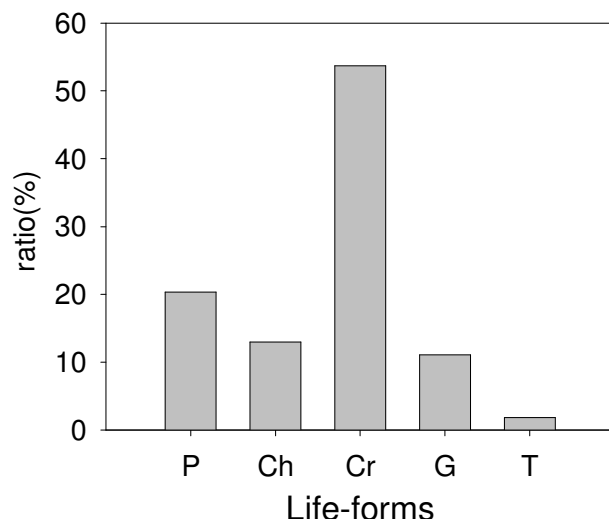


圖 9-3 三六九山莊草生地火後植物社會維管束植物生活型譜。

(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 9-2、9-4)。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，以及 2010 年 6 月調查到 47 種(表 9-2)，5 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 9-4)，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，一為再萌藥者(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 9-4，圖 9-4)，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)、玉山抱莖籜簫(*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 9-2)。

5 次調查中出現頻度大於 4 次，反應其對火燒的適應，幾乎為萌藥型者。火後 5 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 9-2，圖 9-4)。5 次樣區調查出現 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。

**表 9-2 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	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	Control <sup>1</sup>	5K <sup>2</sup>	6K <sup>3</sup>	Frequency <sup>4</sup>	7K <sup>5</sup>	Unburn <sup>6</sup>	Total <sup>7</sup>
地刷子	Resprouter	1	0	0	0	1	0	1	1	2	2	3	4
玉山石松	Resprouter	1	1	1	1	1	1	0	1	5	6	3	7
高山瓶爾小草	Recruiter	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
玉山瓦葎	Recruiter	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	3	3
臺灣絨假紫萁	Resprouter	0	1	1	1	1	0	0	0	4	4	1	4
腺鱗毛蕨	Recruiter	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2
瓦氏鱗毛蕨	Recruiter	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2
高山珠蕨	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	2
臺灣二葉松	Recruiter	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
臺灣冷杉	Recruiter	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	2
刺柏	Recruiter	—	—	—	—	—	0	0	1	0	0	1	1
圓柏	Recruiter	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
褐毛柳	Resprouter	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
玉山石竹	Resprouter	0	0	1	1	1	0	1	1	3	3	3	5
玉山卷耳	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
鹿場毛茛	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	2
臺灣小蘗	Resprouter	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	3
玉山金絲桃	Resprouter	0	1	1	1	1	0	0	1	4	4	2	5
高山藤繡球	Resprouter	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	1	3
臺灣茶藨子	Resprouter	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
玉山佛甲草	Recruiter	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
高山薔薇	Resprouter	1	0	1	1	1	0	0	1	4	4	2	5
玉山薔薇	Resprouter	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
玉山懸鉤子	Resprouter	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	3
毛刺懸鉤子	Resprouter	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	1	3
巒大花楸	Resprouter	—	—	—	—	—	1	0	0	0	1	1	1
假繡線菊	Resprouter	0	1	1	1	1	1	0	1	4	5	3	6
大霸尖山酢醬草	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
早田氏香葉草	Recruiter	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
瓜子金	Recruiter	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	2
雪山堇菜	Recruiter	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
尖山堇菜	Resprouter	0	0	1	1	1	0	1	1	3	3	3	5
森氏當歸	Recruiter	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
玉山當歸	Resprouter	0	1	1	1	1	1	0	1	4	5	3	6
玉山茴芹	Recruiter	0	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2
玉山鹿蹄草	Recruiter	0	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2
高山白珠樹	Resprouter	1	0	1	1	1	1	1	1	4	5	4	7
玉山杜鵑	Resprouter	1	0	1	1	1	0	0	1	4	4	2	5
臺灣高山杜鵑	Resprouter	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	3
阿里山龍膽	Resprouter	1	1	0	1	1	0	1	0	4	4	2	5
伊澤山龍膽	Recruiter	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	3
臺灣龍膽	Resprouter	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
巒大當藥	Recruiter	0	0	1	1	1	1	1	1	3	4	4	6
海螺菊	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1

(資料來源：本研究資料)

表 9-2 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	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	Control <sup>1</sup>	5K <sup>2</sup>	6K <sup>3</sup>	Frequency <sup>4</sup>	7K <sup>5</sup>	Unburn <sup>6</sup>	Total <sup>7</sup>
玉山小米草	Recruiter	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
雪山水苦蕒	Recruiter	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
阿里山忍冬	Recruiter	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
川上氏忍冬	Recruiter	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
高山沙參	Recruiter	0	0	1	0	1	0	0	1	2	2	2	3
玉山山奶草	Recruiter	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
玉山鬼督郵	Recruiter	1	0	0	0	1	1	1	0	2	3	3	4
玉山抱莖籜簾	Recruiter	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	1	3
玉山薊	Recruiter	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
玉山飛蓬	Recruiter	0	0	0	1	1	1	0	1	2	3	3	4
玉山毛蓮菜	Resprouter	1	1	1	1	1	0	1	1	5	5	3	7
黃苑	Recruiter	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	1	2
一枝黃花	Resprouter	1	1	1	1	1	0	1	1	5	5	3	7
臺灣粉條兒菜	Resprouter	1	1	1	1	1	0	1	0	5	5	2	6
臺灣百合	Resprouter	0	1	1	1	1	0	0	0	4	4	1	4
臺灣鹿藥	Resprouter	0	1	1	1	1	1	0	0	4	5	2	5
臺灣藜蘆	Resprouter	0	1	1	1	1	1	1	1	4	5	4	7
雪山藜蘆	Resprouter	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
臺灣地楊梅	Resprouter	0	0	1	1	1	0	1	1	3	3	3	5
油薹	Resprouter	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
抱鱗宿柱薹	Recruiter	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	4	4
玉山針蘭	Resprouter	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
臺灣鵝觀草	Recruiter	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	4	5
玉山翦股穎	Recruiter	0	0	0	1	1	0	1	1	2	2	3	4
曲芒髮草	Recruiter	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	4	5
羊茅	Recruiter	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	4	4
高山芒	Resprouter	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	4	8
臺灣三毛草	Resprouter	0	0	0	1	1	0	1	0	2	2	2	3
玉山箭竹	Resprouter	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	4	8
短距粉蝶蘭	Resprouter	0	0	1	1	1	0	1	1	3	3	3	5

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。

註<sup>4</sup>：Frequency 為三六九山莊草生地火燒後不同時期物種出現頻度總和。

註<sup>5</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>6</sup>：Unburn 為 Control、5k 和 6k 未火燒草生地之物種出現頻度總和。

註<sup>7</sup>：Total 為所有草生地調查樣區之物種出現頻度總和。

—：為木本植物萌藥性調查物種，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)

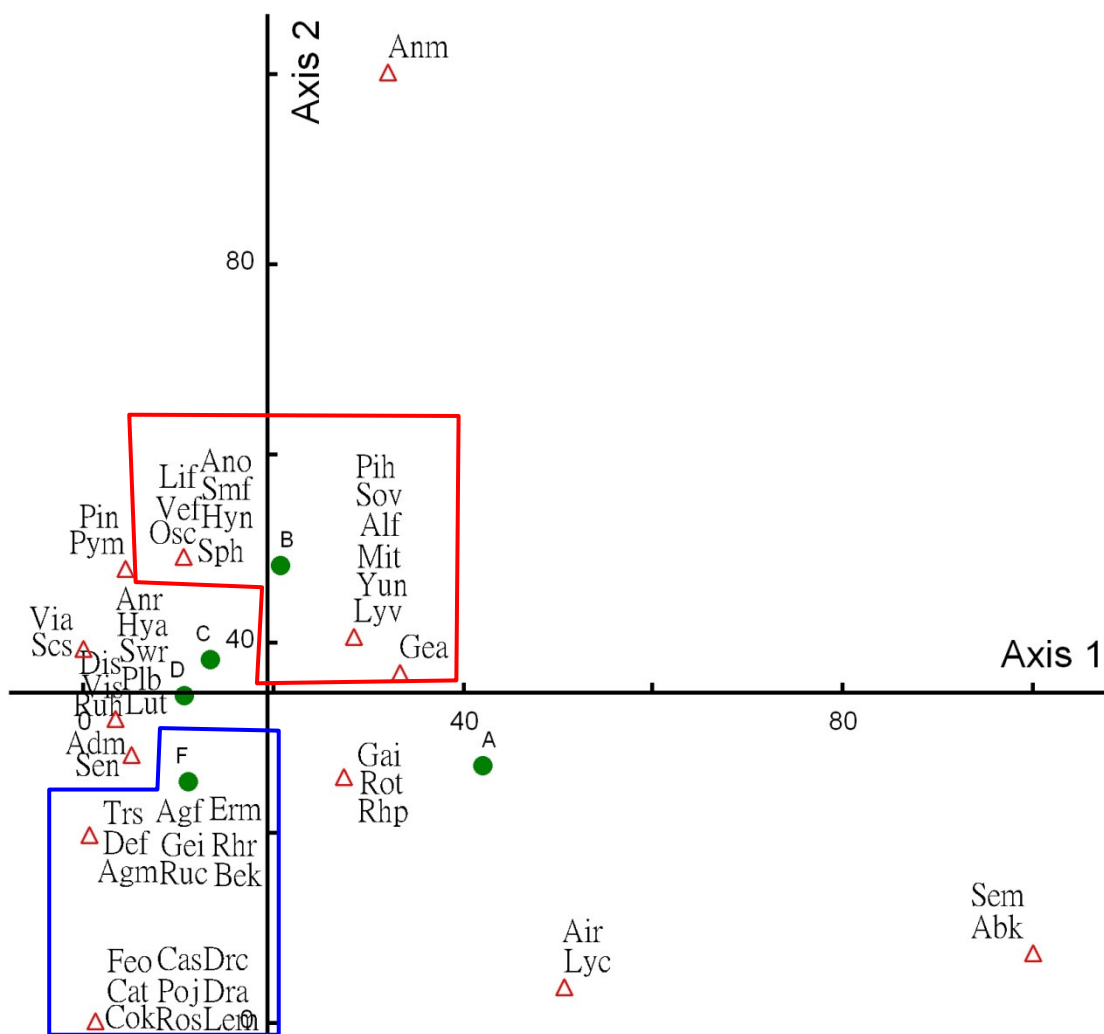


圖 9-4 三六九山莊草生地火後各時期之物種 CA 雙序圖。A-F 為火後調查時期；A：2009 年 2 月；B：2009 年 4 月；C：2009 年 9 月；D：2010 年 4 月；F：2010 年 6 月。粉紅色框為出現頻度  $\geq 4$ ，藍色框為出現頻度  $\leq 2$ ，且在後期出現者。

(資料來源：本研究資料)

表 9-3 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

	軸 1	軸 2	軸 3
特徵值(eigenvalue)	0.314	0.227	0.151
變異解釋率(%)	39.6	28.7	19.1
累積變異解釋率(%)	39.7	68.3	87.4

(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，三六九山莊草生地在 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 9-4 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	Control	5k	6k
調查樣區數	69	39	71	71	71	12	9	12
種數	14	15	28	38	47	26	26	37
平均種密度(spp./4 m <sup>2</sup> )	1.3	3.7	8.7	8.3	12.0	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	3.40	3.21	3.10
覆蓋百分比(%)	2.2	1.4	35.6	29.1	53.4	84.9	80.3	77.6
常綠 v.s. 落葉(冬枯)	75.0	15.4	16.7	19.4	31.4	73.3	23.8	48.0
多年生 resprouters (%)	78.6	93.3	85.7	76.3	63.8	34.6	61.5	54.1
多年生 recruiters (%)	21.4	6.7	14.3	23.7	36.2	65.4	38.5	45.9
1-2 年生草本(%)	0.0	0.0	0.0	2.6	2.1	0.0	0.0	2.7
多年生木本(%)	35.7	20.0	28.6	28.9	25.5	19.2	7.7	27.0
多年生草本(%)	50.0	66.7	71.4	63.2	59.6	61.6	88.5	56.8
蕨類植物(%)	14.3	13.3	7.1	5.3	12.8	19.2	3.8	13.5
挺空植物(%)	16.7	0.0	7.69	11.1	9.76	14.3	0.0	12.5
地表植物(%)	16.7	15.4	19.2	16.7	17.1	9.5	4.0	15.6
半地中植物(%)	58.3	53.8	53.8	55.6	56.1	57.1	76.0	59.4
地中植物(%)	8.33	30.8	19.2	13.9	14.6	19.0	20.0	9.4
1 年生植物(%)	0.0	0.0	0.0	2.78	2.44	0	0.0	3.1
蕨類商數	3.57	3.33	1.79	1.32	3.19	4.81	0.96	3.38
Diversity H	0.451	0.684	1.002	0.975	1.153	1.023	1.165	1.208
Evenness J	0.393	0.581	0.692	0.626	0.689	0.714	0.823	0.770

(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 9-4)；此時因 2009 年 2 月調查時常綠植物尚未全枯死所致，而其他物種萌蘗或發芽較少。在 4 月之後，隨著火後時間增加，常綠植物的比例亦增加。多年生萌蘗型的物種在 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，萌蘗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蘗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 9-5)，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，少數物種以萌蘗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。

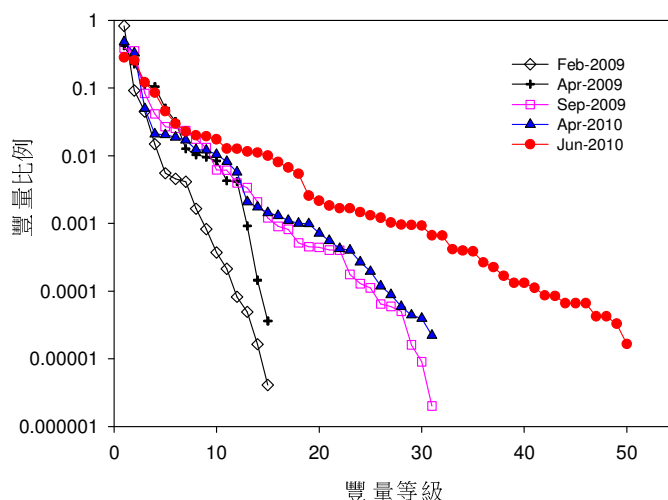


圖 9-5 雪山三六九山莊草生地火後植物組成恢復序列物種多度格局變化。  
(資料來源：本研究資料)

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 9-6)，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，植物透過萌蘗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蘗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生地。

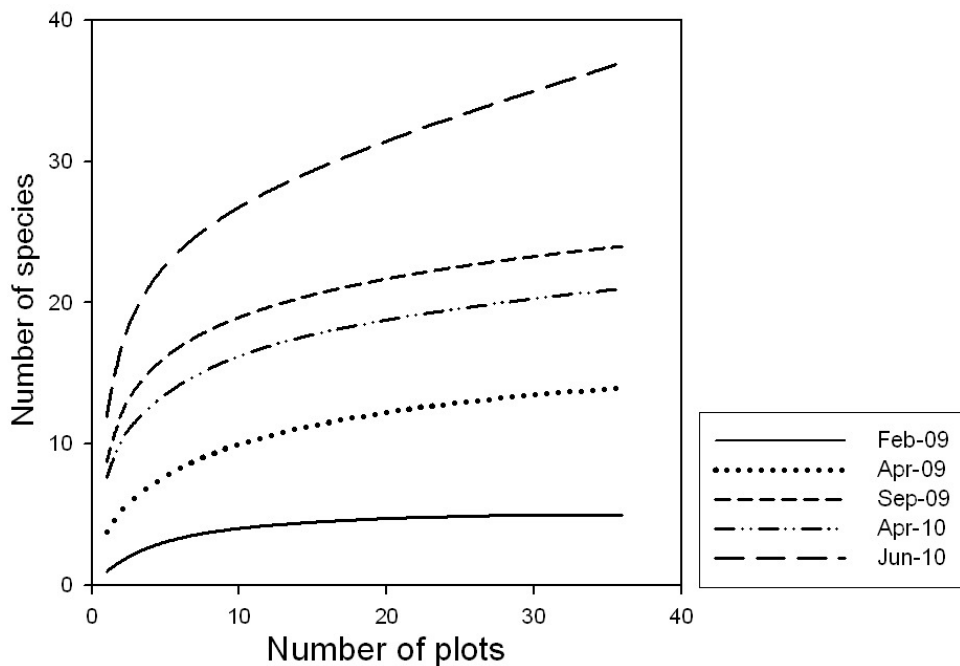


圖 9-6 雪山三六九山莊草生地系統樣區火後不同時期之物種-面積曲線變化趨勢。  
(資料來源：本研究資料)

#### (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% (表 9-2)。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，促進萌蘖生長及種子發芽。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 9-1)，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。總覆蓋度在 2 年內調查發現形成波動現象，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 9-1，圖 9-8)。

草生地的優勢物種對火燒通常有較大的適應性(Collins and Glenn, 1991; Collins et al., 1995)。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、假繡線菊及臺灣藜蘆等，亦會隨時間而重要值或覆蓋度改變而顯現季節優勢(表 9-5、9-6、圖 9-7、9-8)。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 9-5、9-6)；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 9-5 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**

Feb-2009	IVI	Apr-2009	IVI	Sep-2009	IVI	Apr-2010	IVI	Jun-2010	IVI
玉山箭竹	139.12	玉山箭竹	77.37	高山芒	55.11	玉山箭竹	63.50	高山芒	41.08
玉山石松	30.16	臺灣粉條兒菜	33.44	玉山箭竹	47.88	高山芒	49.93	玉山箭竹	38.02
高山白珠樹	6.55	高山芒	26.83	臺灣藜蘆	20.38	臺灣藜蘆	12.43	臺灣藜蘆	22.13
臺灣粉條兒菜	2.12	一枝黃花	25.48	一枝黃花	11.52	假繡線菊	11.23	假繡線菊	10.67
玉山杜鵑	2.01	臺灣藜蘆	7.85	假繡線菊	10.46	一枝黃花	10.58	玉山金絲桃	6.81

(資料來源：本研究資料)

表 9-6 三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前 5 名物種

Feb-2009	Cover (%)	Apr-2009	Cover (%)	Sep-2009	Cover (%)	Apr-2010	Cover (%)	Jun-2010	Cover (%)
玉山箭竹	1.75	玉山箭竹	0.30	高山芒	13.35	玉山箭竹	6.89	高山芒	15.10
玉山石松	0.19	高山芒	0.16	玉山箭竹	12.19	高山芒	4.69	玉山箭竹	13.67
高山白珠樹	0.09	一枝黃花	0.08	臺灣藜蘆	2.87	假繡線菊	0.71	臺灣藜蘆	6.45
玉山杜鵑	0.03	臺灣粉條兒菜	0.08	假繡線菊	1.43	高山白珠樹	0.30	假繡線菊	2.42
臺灣粉條兒菜	0.01	臺灣藜蘆	0.04	玉山金絲桃	0.93	臺灣藜蘆	0.29	玉山金絲桃	1.59

(資料來源：本研究資料)

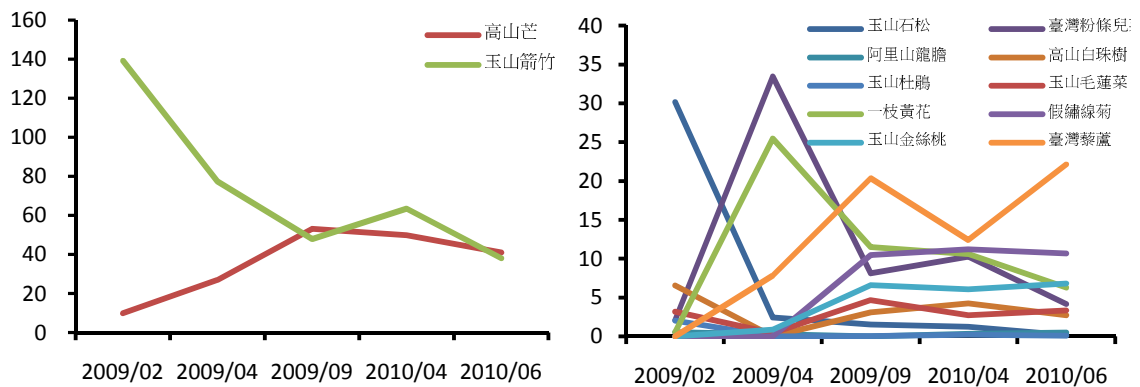


圖 9-7 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)變化情形。

(資料來源：本研究資料)

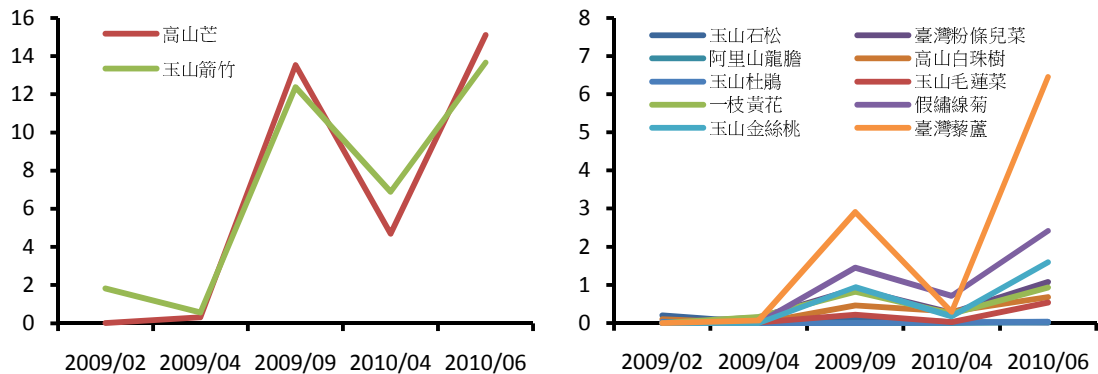


圖 9-8 三六九山莊草生地火後各時期樣區之主要組成覆蓋度變化情形。

(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蘗速度不若禾本科、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蘗快速回復一樣。臺灣粉條兒菜為早春萌芽的物種，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，因火燒強度不大而幸存，但後續萌蘗速度不若玉山箭竹和其他多年生草本。

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；但在 2010 年 6 月時，因高山芒的生長較優勢，因此，重要值與覆蓋度均略較玉山箭竹大。

雪山地區 3,000 m 以上之草生地多以玉山箭竹、高山芒為優勢組成，此 2 種植物對於其他物種勢必造成競爭，影響植物社會之物種豐富度與多樣性。本研究以三六九山莊草生地火後 18 個月(2010 年 6 月)之植群組成結構，分析不同拓殖方式的玉山箭竹(地下莖)與高山芒(叢生)在恢復過程中，個體優勢對物種豐富度與多樣性之關係(表 9-7、圖 9-9)。具地下莖的玉山箭竹與叢生狀之高山芒沒有顯著負相關，玉山箭竹的覆蓋度對物種豐富度負相關不顯著，對物種多樣性呈顯著負相關(表 9-7)。高山芒的覆蓋度對物種數與多樣性有顯著正相關(表 9-7)。

**表 9-7 三六九山莊 2010 年 6 月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種豐富度、多樣性之相關分析**

	玉山箭竹	高山芒	物種數	夏農歧異度指數
玉山箭竹		r=-0.035 ρ>0.05	r=-0.148 ρ>0.05	r=-0.261 ρ<0.05
高山芒	r=-0.035 ρ>0.05		r=0.300 ρ<0.01	r=0.274 ρ<0.05

(資料來源：本研究資料)

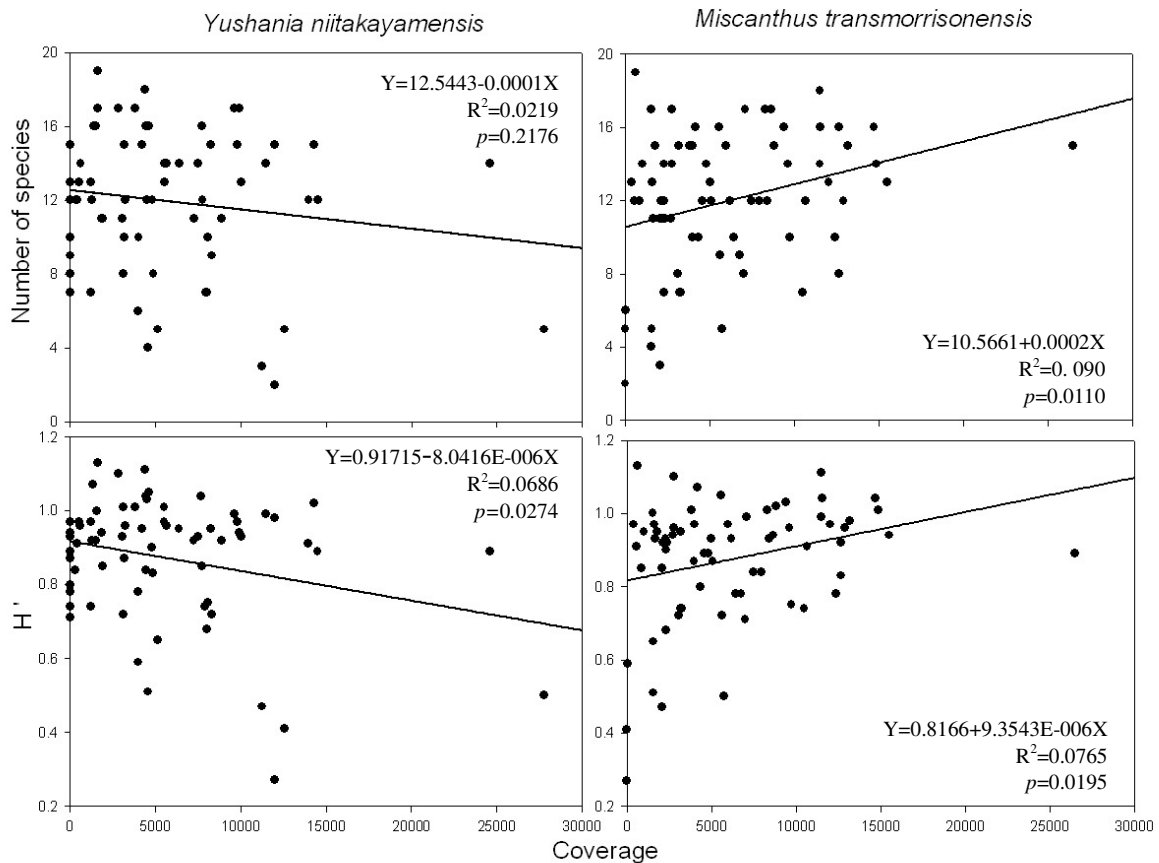


圖 9-9 三六九山莊草生地 2010 年 6 月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種數、多樣性指數之關係。

(資料來源：本研究資料)

雖然火燒對優勢物種有抑制作用，使生育地可以提供空間，使其他種類之散殖體得以有較大的機會進入；而在恢復過程中，不同生活型之優勢物種對物種豐富度與多樣性之影響不同。具地下莖的玉山箭竹對物種豐富度及多樣性有負相關，顯示玉山箭竹地上部生物量雖然被火燒抑制，但地下出綿密的地下莖仍受土壤保護，對地表空間仍具有高度佔據能力，在植群恢復過程中其他物種難以侵入。歐辰雄、曾喜育(2008)研究發現，在有玉山箭竹的冷杉林的地被物種多樣性較苔蘚地被來低。此現象與王永健等(2007)、李媛良等(2009)、楊懷等(2010)的研究結果一致。叢生狀的高山芒在火後，因地上部生物量幾燃燒殆盡，加上在土壤佔據空間較小，相較於玉山箭竹更有利其他散殖體入侵。再者，玉山箭竹對於臺灣冷杉等木本植物具毒他作用，降低木本植物之多樣性(賴國祥，1992)。

本研究綜合不同火燒時期演替過程之草生地進行分析結果顯示，玉山箭竹的覆蓋度對物種豐富度與多樣性呈顯著負相關，而高山芒覆蓋度則對物種豐富呈顯著正相關，對物種多樣性相關不顯著(表 9-8、圖 9-10)。此結果反映出隨火後時間演替，玉山箭竹優勢程度益增，對其他物物競爭亦增加，植群之物種豐富度與多樣性亦隨之降低。叢生狀的高山芒可能因缺乏綿密的地下根莖與冬枯特性，因此隨火後恢復之演替時間增加，高山芒對物種豐富度與多樣性的影響不若玉山箭竹。

表 9-8 雪山主峰沿線 3,000 m 以上草生地之玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種豐富度、多樣性之相關分析

	玉山箭竹	高山芒	物種數	夏農歧異度指數
玉山箭竹		$r=-0.200$ $p<0.05$	$r=-0.351$ $p<0.001$	$r=-0.361$ $p<0.001$
高山芒	$r=-0.200$ $p<0.05$		$r=0.242$ $p<0.05$	$r=0.156$ $p>0.05$

(資料來源：本研究資料)

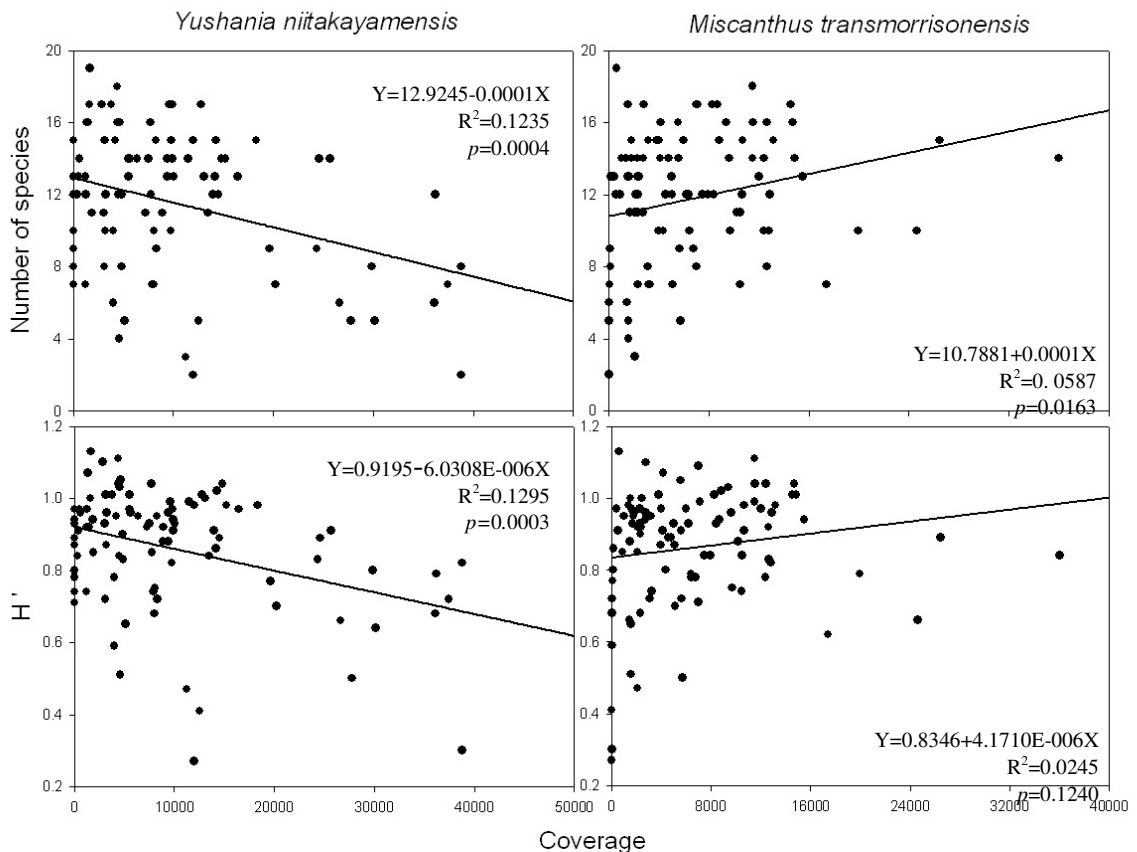


圖 9-10 三六九山莊草生地 2010 年 6 月玉山箭竹、高山芒覆蓋度與物種數、多樣性指數之關係。

(資料來源：本研究資料)

**(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 9-9)，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(*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 9-9)。木本植物果實傳播方式以動物、風為主。

**表 9-9 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	萌蘖率	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
毛刺懸鉤子	<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
臺灣小蘗	<i>Berberis kawakamii</i>	小蘗科	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 9-10)，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，至中後期才会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 9-10)，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 9-11)。

**表 9-10 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
Feb-09		7.5			
Apr-09	0.483		8.5		
Sep-09	0.429	0.605		7.0	
Apr-10	0.385	0.528	0.788		8.0
Jun-10	0.393	0.452	0.693	0.800	

(資料來源：本研究資料)

**表 9-11 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
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	

(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狀態的適應。

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 9-11)，大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符(表 9-10)。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 19.4%)由左至右顯示火後 2 個月至火後 4 個月至 16 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 9-12)。DCA 第 2 軸(變異解釋率為 8.0%)由下往上顯示火後 4 個月至 2010 年 4 月調查過程中的變化趨勢，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蘗速度較慢的物種開始建立。

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 2010 年 4 月部份種類冬枯尚未萌發所致。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；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。



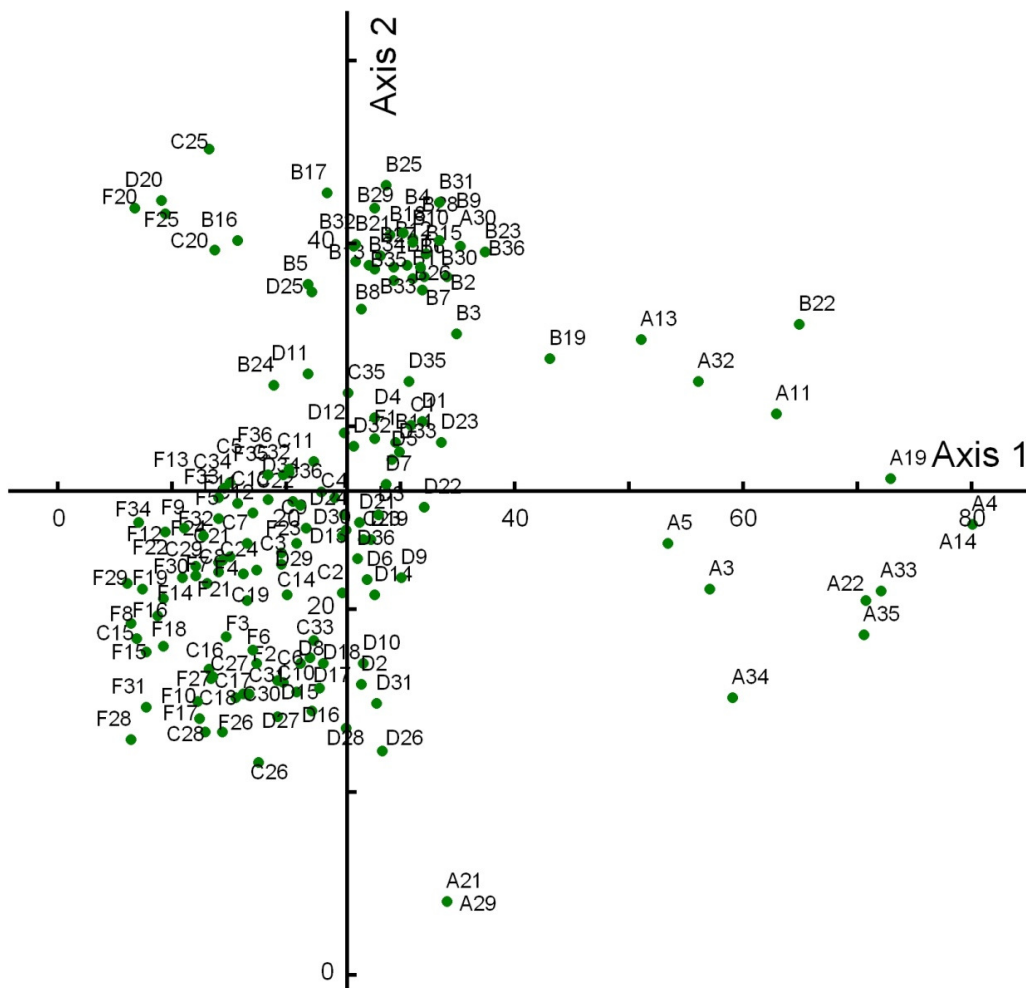


圖 9-11 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區 DCA 雙序圖。A-F 為火後調查時期；A：2009 年 2 月；B：2009 年 4 月；C：2009 年 9 月；D：2010 年 4 月；F：2010 年 6 月。

(資料來源：本研究資料)

表 9-12 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

	軸 1	軸 2	軸 3
特徵值(eigenvalue)	0.683	0.284	0.220
變異解釋率(%)	19.4	8.0	6.2
累積變異解釋率(%)	19.4	27.4	33.6

(資料來源：本研究資料)

### (七) 雪山各時期草生地物種與植物社會變化

火後物種之更新模式受到地形變化，包括位置、坡度與海拔等環境因素影響(Janathan et al., 2010)，亦受到生育地恢復演替過程的時序影響。為了解不同火燒時期之物種組成與植群結構特性，除了進行 2008 年三六九山莊草生地火燒調查外，並針對雪山 3,000 m 以上之不同年代火燒之草生地進行調查分析，以了解亞高山地區草生地之物種組成變化與演替趨勢。本研究針對三六九山莊於 2008 年未火燒區域(對照樣區)、雪山主峰線步道 5k 處(雪山東峰，2001 年 2 月火燒)、雪山主峰線步道 6k 處(1963 年火燒)。

在三六九山莊草生地對照組樣區(12 個)之維管束植物組成有 26 種(表 9-2)，蕨類植物 4 科 4 屬 5 種，分別為玉山石松、玉山瓦葦、腺鱗毛蕨、瓦氏鱗毛蕨、高山珠蕨(*Cryptogramma brunoniana*)等 5 種蕨類植物；裸子植物有 1 科 1 屬 1 種臺灣冷杉；被子植物共 13 科 20 屬 20 種，雙子植物有 10 科 12 屬 12 種，單子葉植物有 3 科 8 屬 8 種(表 9-2)。

雪山東峰(5k)為 2001 年 2 月火燒後之植物社會，本研究調查位置位雪山東峰北側，共調查 9 個樣區，植物組成主要以玉山箭竹、高山芒為優勢，木本植物較缺乏(表 9-2)；維管束植物組成有 26 種，蕨類植物 1 科 1 屬 1 種(地刷子)，樣區內無裸子植物；被子植物共 12 科 23 屬 25 種，雙子植物有 7 科 10 屬 12 種，單子葉植物有 5 科 12 屬 13 種(表 9-2)。

雪山主峰線步道 6k 約為 1963 年火燒之植物社會，主要以玉山箭竹、高山芒為優勢，與刺柏、臺灣高山杜鵑、玉山杜鵑及高山薔薇等木本植物形成灌叢草生地；共調查 12 樣區，維管束組成有 37 種(表 9-2)，蕨類蕨類植物 4 科 5 屬 5 種，包括地刷子、玉山石松、玉山瓦葦、高山瓶爾小草(*Ophioglossum austro-asiaticum*)、高山珠蕨等 5 種蕨類植物，裸子植物 1 科 1 屬 1 種的刺柏；被子植物共 19 科 30 屬 31 種，雙子植物有 14 科 20 屬 21 種，單子葉植物有 5 科 10 屬 10 種(表 9-2)。

以 CA 分析不同時期火燒草生地發現，2 個軸大致顯示火後生育地與物種更新的時序差異(圖 9-12)；第 1 軸(變異解釋率為 38.7%)三六九山莊草生地未火燒區與火燒區域之物種組成差異，最右端為未火燒區域(表 9-12)，第 2 軸(變異解釋率為 24.1%)大致顯示雪山東峰(5k)與其他區域之物種組成差異。

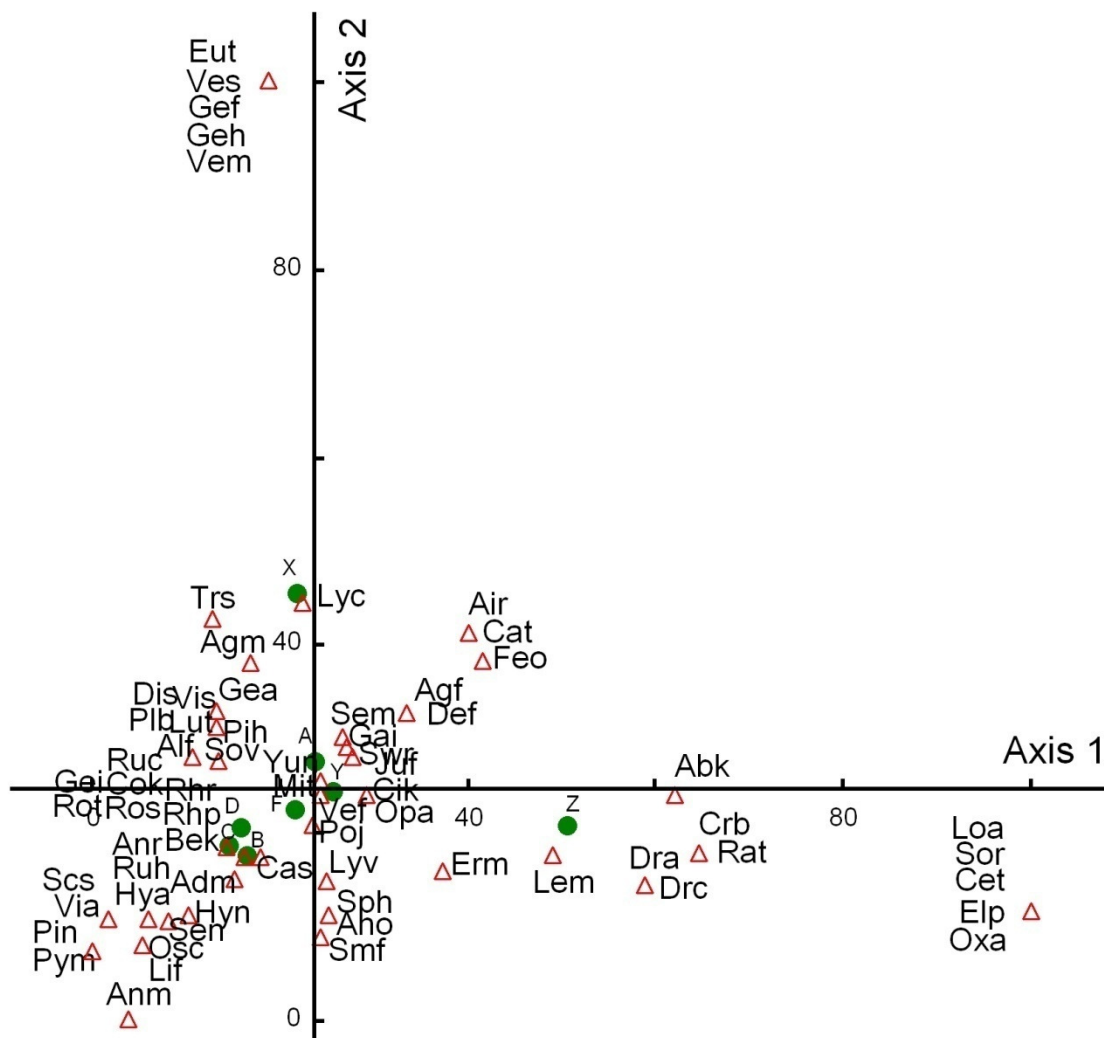


圖 9-12 三六九山莊草生地火後各時期之物種 CA 雙序圖。A-F 為火後調查時期；A：2009 年 2 月；B：2009 年 4 月；C：2009 年 9 月；D：2010 年 4 月；F：2010 年 6 月；X：步道 5k(雪山東峰)；Y：步道 6k；Z：為三六九山莊未火燒區。

(資料來源：本研究資料)

表 9-13 雪山 3,000 m 以上不同火燒時期之草生地物種出現對應分析前 3 軸之特徵值與各軸變異性

	軸 1	軸 2	軸 3
特徵值(eigenvalue)	0.426	0.265	0.189
變異解釋率(%)	38.7	24.1	17.2
累積變異解釋率(%)	38.7	62.8	80.0

(資料來源：本研究資料)

三六九山莊未火燒區域出現的物種如高山珠蕨(Crb)、玉山卷耳(*Cerastium trigynum* var. *morrisonense*, Eet)、鹿場毛茛(*Ranunculus taisanensis*, Rat)、大霸尖山酢醬草(*Oxalis acetocella* ssp. *taimoni*, Oxa)、海螺菊(*Ellisiophyllum pinnatum*, Elp)、阿里山忍冬(*Lonicera acuminata*, Loa)、巒大花楸(Sor)、臺灣冷杉(Abk)等物種，主要為草生地演替後期，或耐陰性或陰性植物，且多為臺灣冷杉林下常見植物。比較未火燒前的照片與研究報告發現(許俊凱等，1999)，草生地火燒區域之玉山箭竹高度多在60 cm以內，環境多較乾燥；而現場調查發現，三六九山莊草生地未火燒對照樣區內之玉山箭竹高度都超過100 cm，且多分布在凹地或較濕潤環境，而只出現在對照樣區的種類大都需要較濕生環境的物種，此反映出三六九山莊草生地因微環境(地形與生育地濕潤程度等)差異，致使部份物種組成差異不同。

綜合不同雪山亞高山不同火後恢復時期之草生地進行DCA分析結果顯示(圖9-13)，第1軸呈現大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符(表9-14)。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10.6%)由左至右顯示火後2個月至火後4個月至16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9-14)。DCA第2軸(變異解釋率為4.9%)。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。

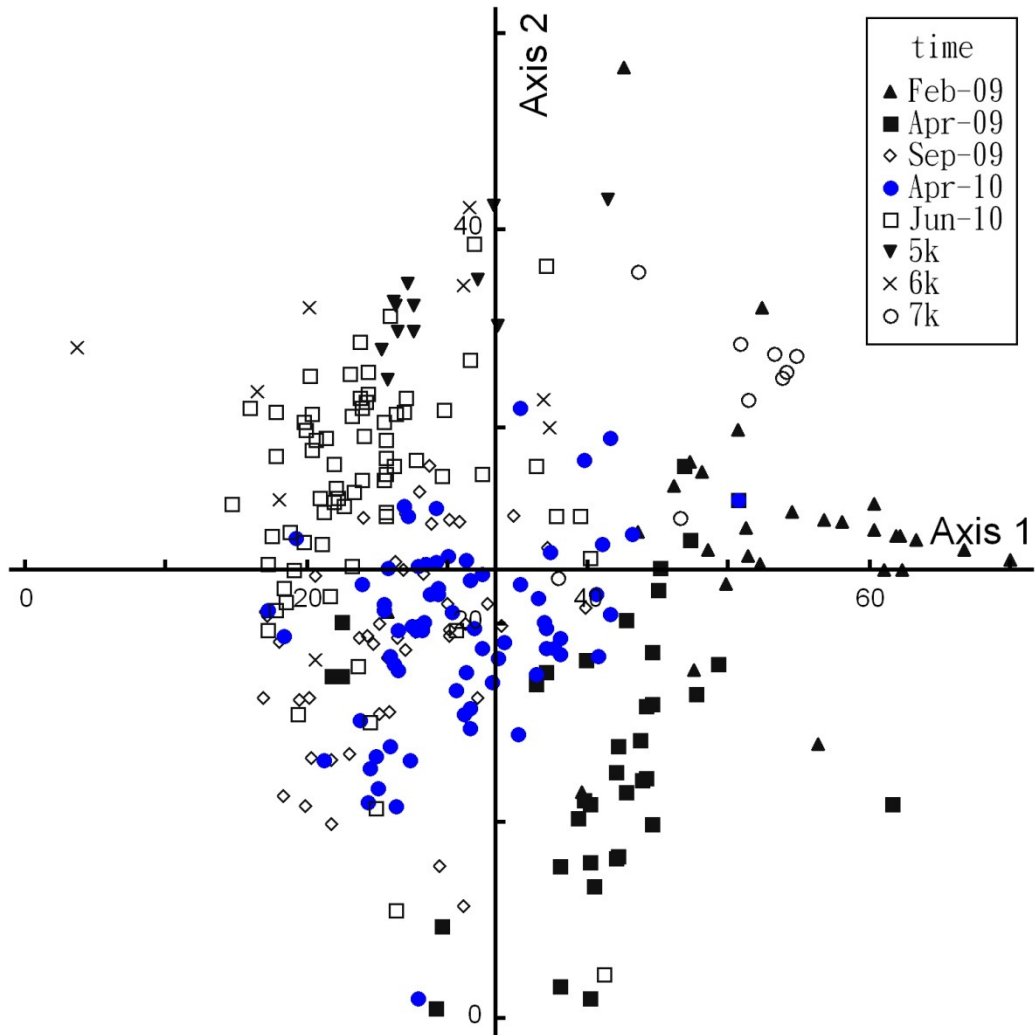


圖 9-13 東峰、步道 6k 及三六九山莊草地所有樣區火後各時期樣區 DCA 排序圖。

(資料來源：本研究資料)

表 9-14 雪山 3,000 m 以上不同火燒時期之草地樣區降趨對應分析前 3 軸之特徵值與各軸變異性

	軸 1	軸 2	軸 3
特徵值(eigenvalue)	0.575	0.268	0.214
變異解釋率(%)	10.6	4.9	3.9
累積變異解釋率(%)	10.6	15.5	19.4
軸長(length of gradient)	4.028	2.598	2.656

(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 16 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；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 53.5%。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，皆為具地下部萌蘗能力之物種。
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。
3. 雪山地區亞高山草原生態系主要組成多年生植物，在火後初期，萌蘗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蘗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，少數物種以萌蘗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. 三六九山莊草生地火後植被恢復呈季節性變化，主要在本區優勢組

成的葉候為冬枯特性；總覆蓋度由 2009 年 2 月的 3.4% 增至 2009 年 9 月 34.9%，2010 年 4 月調查時降總覆蓋度至 14.3%，2010 年 6 月總覆蓋度升到 53.4%。

6. 三六九山莊草生地火後 18 個月之優勢種對種多樣性之影響，具地下莖的玉山箭竹與叢生狀之高山芒沒有顯著負相關，玉山箭竹的覆蓋度對物種豐富度負相關不顯著，對物種多樣性呈顯著負相關；高山芒的覆蓋度對物種數與多樣性有顯著正相關。
7. 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。
8. 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。

## (二) 建議

### 建議一

登山用火安全：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系

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。

### 建議二

不同時期火燒動態研究：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系

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。

### 建議三

火燒作用對雪山亞高山生態系之經營管理：中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球技術學院環境資源管理系

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

- 王永健、陶建平、李媛、余小紅、席一 (2007) 華西箭竹對臥龍山亞高山森林不同演替階段物種多樣性與喬木更新的影響。林業科學43(2): 1-7。
- 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(已接受)。
- 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。
- 李媛良、汪思龍、宿秀江、張傳東、顏紹旭 (2009) 天然林重建過程中單優箬葉竹灌叢對樹木更新的影響。生態學報29(12): 6615-6621。
- 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。
- 柳楮 (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。
- 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。
- 楊懷、李培學、戴慧堂、劉丹、姚賢勝 (2010) 雞公山毛竹擴張對植物多樣性的影響及空制措施。信陽師範學院學報23(4): 553-557。

- 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。
- 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. () Ecological response syndromes in the flora of southwestern Western Australia: fire reproters versus reseeders. *The Botanical Review* 67(4): 417-440.
- Buhk, C., Gómez P. S. and Hensen I. (2005) Plant regeneration mechanisms during early post-fire succession in south-eastern Spain. *Feddes Repertorium* 116(5-6): 392-404.
- 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 Touffet J. (1990) Plant strategies and secondary succession on Brittany heathlands after severe fire. *J. Vegetation Science* 1: 195-202.
- Engle D. M. Palmer M. W. Crockett J. S. Mitchell R. L. and Stevens R. (2000) Influence of late season fire on early successional vegetation of an Oklahoma prairie. *Journal 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., Smith W. K. and Resor A. C. (2002) Conifer seedling distribution and survival in an alpine-treeline ecotone. *Vegetatio* 162(2): 157-168.
- Guo, Q. (2001) Early post-fire succession in California chaparral: Changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecological Research* 16: 471-485.
- Janathan D. C. Robert T. M. and Anna W. S. (2010) Subalpine vegetation pattern three decades after stand-replacing fire: effects of landscape context and topography on plant community composition, tree regeneration, and diversity. *Journal of Vegetation Science* 21: 472-487.
- 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.
- 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.
- Kennedy L. M. and Horn S. P. (2008) Postfire vegetation recovery in highland pine forests of the Dominican Republic. *Biotropica* 40(4): 412-421.
- Luciana, G., Nadia G. and Donaldo B. (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Vegetation Science* 15: 67-76.
- Peterson, D. W. and Reich P. B. (2008) Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone. *Plant Ecol.* 194: 5-16.
- Sousa, W.P. (1984) The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15:323-391.
- Safford H. D. (2001) Brailian Páramos. III. Patterns and rates of postfire regeneration in the Campos de Altitude. *Biotropica* 33(2): 282-302.
- Vesk P. A. and Westoby M. (2004) Sprouting ability across diverse

- disturbances and vegetation types worldwide. *Journal of Ecology* 92: 310-320.
- Wahren, C-H. A., Papst W. A. and Williams R. J. (2001) Early post-fire regeneration in subalpine heathland and grassland in the Victorian Alpine National Park, south-eastern Australia. *Austral Ecology* 26: 670-679.
- Walsh N. G. and McDougall K. L. (2004) Progress in the recovery of the flora of treeless subalpine vegetation in Kosciuszko National Park after the 2003 fires. *Cunninghamia* 8(4): 439-452
- 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.
- Zalmen, H., No'am G. S., Imanuel N-M. and Uzi K. (1999) Secondary succession after fire in a Mediterranean dwarf-shrub community. *J. Vegetation Science*. 10: 503-513.

## 附錄

### 「雪山高山生態系整合研究」期中工作會議紀錄

一、時間：99年6月1日(星期二)下午2時00分

二、地點：國立中興大學森林學系202教室

三、主持人：歐教授辰雄 呂教授金誠

四、參加人員：詳如簽到表

五、報告事項：

(一) 有關期中報告事宜

1. 本計畫期中報告訂於99年6月23日(星期三)假雪霸國家公園管理處第二視聽室舉行，各子計畫簡報時間為20分鐘，報告順序詳如附件一。
2. 因報告書需於99年6月16日(星期三)前完成彙整、裝訂、寄達雪霸處，請各子計畫於99年6月10日(星期四)前將電子檔(.doc格式)送至曾喜育老師電子信箱：[erecta@dragon.nchu.edu.tw](mailto:erecta@dragon.nchu.edu.tw)。
3. 請各子計畫團隊能全程出席期中報告，參與討論。

(二) 計畫報行過執中，若各子計畫遇到任何問題以及需要協助部份，請踴躍提出。

六、各子計畫目前執行初步成果報告：洽悉。

七、綜合討論：洽悉

八、提案討論：

提案一(提案人：曾喜育)

主旨：有關本整合型計畫所需之各項圖說之比例尺、等高線等資訊，詳如說明。

說明：

- (一) 因本計畫屬整合型計畫，各子計畫報告之基本圖資應儘可能在相同界面呈現以方便比較討論。
- (二) 經與林昭遠老師商議，惠蒙同意提供相關圖層資訊。
- (三) 唯此等圖層資訊之比例尺及所需附加之相關資訊希能予以討論。

辦法：依會議決議辦理。

決議：請曾喜育老師、林工程師與林昭遠老師討論，適合全區所需圖資內容。

九、臨時動議

十、散會

## 「雪山地區高山生態系整合研究」期末工作會議

- 一、時間：99 年 11 月 26 日（星期五）下午 2 時 00 分
- 二、地點：國立中興大學森林學系 201 教室
- 三、主持人：歐教授辰雄 呂教授金誠
- 四、參加人員：詳如簽到表
- 五、報告事項

- (一) 本計畫期末報告訂於 99 年 12 月 22 日（星期三）舉行，報告順序及簡報時間如附件一，請各子計畫團隊能全程出席期末報告，參與討論；若期末報告順序需要調整，敬請各位老師請提出更動。
- (二) 報告書需於 99 年 12 月 13 日（星期一）前完成彙整、裝訂、寄達雪霸處，請各子計畫於 99 年 12 月 6 日（星期一）前將電子檔 (.doc 格式) 送至曾喜育老師電子信箱：[erecta@dragon.nchu.edu.tw](mailto:erecta@dragon.nchu.edu.tw)。
- (三) 請各子計畫報告目前成果。
- (四) 整合分析部分，擬結合永久樣區第 5-1、5-2 及第 4 區之植群、昆蟲、哺乳類及鳥類等資料進行分析，探討草原植物社會火燒後不同時序推演的差異所反映之趨勢，請各子計畫提供此區域原始資料，以供整合工作的完成。

- 六、提案討論
- 七、臨時動議
- 八、散會