

10608

雪霸地區長期氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗

雪霸國家公園委託辦理報告

雪霸地區氣象資料分析
與雲霧露水捕集試驗

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 106 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)

雪霸地區氣象資料分析 與雲霧露水捕集試驗

受委託者：國立臺灣大學大氣資源與災害研究中心

研究主持人：林博雄

協同主持人：魏聰輝

研究助理：江秀真

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 106 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

目次.....	i
表次.....	ii
圖次.....	iii
摘要.....	1
Abstract	2
第一章 緒論.....	3
第一節 研究緣起與背景	3
第二節 計畫目標	4
第三節 前人研究	6
第四節 研究地區與方法	8
第二章 成果.....	27
第一節 管理處轄區之氣象資料之彙整分析	27
第二節 三六九山莊雲霧水-露水收集成效評估.....	30
第三節 三六九山莊重建設計之雲霧水-露水收集建議.....	31
第三章 建議事項.....	45
參考文獻	46
附件一 「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」期中審查會議紀錄.....	48
附件二 「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」期末審查會議紀錄.....	55
附件三 雪山圈谷氣象站 2009~2017 年氣象觀測逐月平均(或累積)統計值.....	62
附件四 三六九山莊氣象站 2009~2017 年氣象觀測逐月平均(或累積)統計值.....	72

表次

表 1 雪山主東峰高山氣象站.....	11
表 2 雪山主東峰高山氣象站觀測項目與設備。.....	11
表 3 雪山逐月逐時平均氣象檔案代稱對照表。.....	12
表 4 本計畫收錄整理之雪霸國家公園雪見氣象站與國家公園周遭之中央氣象局自動氣象站(C0*) 與自動雨量站(C1*)資訊(空間位置參見圖 8)。.....	13
表 5 玉山北峰和雪山圈谷兩地各年度雪季期間的單季總降雪量(單位：CM).....	32
表 6 2016 年 12 月~2017 年 3 月三六九山莊雲霧水露水攔截紀錄個案一覽.....	32

圖次

圖 1	雪山山區氣象站位置(2009~2012 年)及 30M 數位地形與水文流域。.....	14
圖 2	雪山圈谷氣象站(SP1)不同季節的現場照片。.....	15
圖 3	三六九山莊氣象站(SP3)2011~2012 年不同季節的現場照片。.....	16
圖 4	(上)由桃山山頂東往西側看三六九山莊以及雪山圈谷地形與植被(下)由雪山東峰山頂往西北側看三六九山莊以及雪山圈谷地形與植被。.....	17
圖 5	三六九山莊遠眺與近觀、山莊屋舍前後與後方斜坡地形和雲霧飄景象。.....	18
圖 6	中央氣象雪山東峰(上)雪山圈谷(下)自動氣象站。.....	19
圖 7	三六九山莊前方雲霧攔截網與 WXT520 氣象站遠觀(上)與近觀(下)。.....	20
圖 8	雪霸國家公園周遭之中央氣象局高山氣象站網。.....	21
圖 9	中央氣象局網頁即時呈現的雪山圈谷過去 24 小時逐時氣象資訊(以 2017 年 6 月 11 日 11:00 為例)。.....	22
圖 10	三六九山莊前方雲霧攔截網與其下方雲霧水紀錄設施。.....	23
圖 11	露水蒐集器尺寸概要與其在三六九山莊實景。.....	24
圖 12	摩洛哥測試的露水蒐集器外觀 (摘自 HTTP://INSPIRINGFUTURE.ORG/WORDPRESS/2014/05/21/DEW-HARVESTING-AS-A-MEANS-TO-GET-CLEAN-DRINKING-WATER/ 。).....	25
圖 13	(上)三六九山莊主建物、廚房、平台以及階梯斜坡等地形(現況)3D 圖面。(下)上圖植入 CRADLE STREAM 工程流體計算力學軟體，與離地 10 公尺風速 5 M/S (風速隨高度向地表為零向上指數遞增)上坡風(東風)輸入軟體來進行氣流通過三六九山莊立體圖面進行模擬水氣通過主建物的縱剖面。.....	26
圖 14	(上)BOX-PLOT(盒鬚圖)涵義，從上而下分別是最大值、上四分位數(75%)、中位數、下四分位數(25%)及最小值。(下)三六九山莊 WXT520 氣象站一月份 00:00~23:00 為例，其一月份 12:00 氣溫的最大值、上四分位數(75%)、中位數、下四分位數(25%)及最小值分別是 12.59°C、10.04°C、7.07°C、4.05°C、0.41°C(數據參見光碟片/WXT520 目錄夾內檔案)。.....	33
圖 15	三六九山莊 2016 年 4 月~2017 年 3 月期間 WXT520 氣象站風花圖。.....	34
圖 16	SP1 與 SP3 氣象站拆卸後的設備、支架、電瓶、太陽能充電板等，左上角照片是攜回臺灣大學加以報廢，其餘照片內容物均轉移給三六九山莊志工繼續使用。.....	35
圖 17	SP3 雲霧攔截網(左)與露水攔截平板(右)現地設施和新儲水桶。.....	35
圖 18	氣象局雪山圈谷測站(C0F0A0)和 SP1 測站在 2016 年 8 月~2017 年 8 月期間六種氣象參數(T: 氣溫、RH: 相對溼度、WS: 風速、WD: 風向、P: 氣壓、PP: 小時降雨)的比較。.....	36
圖 19	氣象局雪山東峰測站(C0F9Z0)和 SP3 測站在 2016 年 8 月~2017 年 8 月期間五種氣象參數(T: 氣溫、RH: 相對溼度、WS: 風速、WD: 風向、PP: 小時降雨)的比較。.....	37
圖 20	2011~2017 年雪季(12 月~4 月)雪山圈谷(上)降雪量(下)積雪量時間序列圖。(單位: CM).....	38

圖 21	2012~2013 年、2013~2014 年、2015~2016 年、2016~2017 年等四年雪季(12 月~4 月)雪山圈谷與玉山北峰逐月積雪量(單位：CM)的比較。.....	39
圖 22	翰昇公司於合歡山山頂氣象局測站測試之攝影機拍攝雪尺樣本(2017 年 3 月 8 日)。	40
圖 23	新建三六九山莊 3D 圖樣之面東向-南向-西向-北向(由上而下)四種方位視覺示意圖(吳夏雄建築事務所提供)。	41
圖 24	(上)新建三六九山莊 3D 圖樣與枯木山坡疊合的景觀假想圖 (吳夏雄建築事務所提供) (下)增設避雷針、發電風車、氣象站位址示意圖。.....	42
圖 25	新建三六九山莊不同方位的雲霧水攔截網可行位址。.....	43
圖 26	新建三六九山莊不同方位的雨水露水蒐集之可行位址。.....	44

摘要

雪山地區為臺灣高山生態系研究重要區域之一，然而該地區因運輸可及性較困難、高山天氣變化劇烈等因素，相關氣候等研究資料相較其他地區較零散，完整之高山生態系氣象蒐集將有助於雪霸國家公園進行高山生態系經營管理與棲地復育之參考。經過跨部會數年協商努力，中央氣象局於 2016 年夏季正式啟用雪山東峰、雪山圈谷以及桃山等三處自動氣象站。本計畫延續 105 年度雪霸國家公園「雪山地區長期氣象資料收集與雲霧水捕集成效評估」計畫，完成過去數年雪山主東峰線雪山圈谷(SP1)以及三六九山莊(SP3)實驗性質氣象站資料彙整工作，於 2017 年 8 月 15 日撤回圈谷以及三六九山莊氣象站設備，彙整更新 SP1 和 SP3 歷年所有氣象觀測資料，以提供雪山東線生態氣象環境背景資訊、環境管理維護研究調查和環境教育之所需。SP1 與 SP3 兩地測站與中央氣象局新建雪山圈谷測站(C0F0A0)以及雪山東峰測站(C0F9Z0)資料重疊一年(2016 年 7 月 20 日~2017 年 8 月 15 日)，這期間的資料比較顯示圈谷的氣壓、氣溫、濕度等參數的線性相關非常良好，風速風向相關性其次，雨量稍差，原因是觀測硬體的設計原理有所不同；雪山東峰自動氣象站位在直升機停機坪斜坡，後者則在三六九山莊斜坡下方，因此濕度和風場會有顯著差異，氣溫因海拔高度接近而較有顯著相關，這也凸顯山地複雜地形之下的氣象觀測的空間代表範圍十分有限。雪山圈谷因緯度與地形特徵，單日降雪量和雪季累積未融化的雪深都遠大於玉山氣象站，兩地各年單季積雪量的年際之間變化量很大。雪霸國家公園雪見氣象站納入中央氣象局自動站網部分，也完成資料遠端連線，預計於 2017 年 12 月上線氣象局官網。此外，本計畫完成了三六九山莊前方乾季期間(1~4 月)的雲霧水攔截與露水蒐集測試實驗，12 組個案數據提供我們評估單位面積單位時間的水量可蒐集率，我們再根據山莊新建工程 3D 圖樣與尺寸，建議雲霧攔截網和露水蒐集的位址與水量。

關鍵字： 雪霸國家公園、自動氣象站、雲霧水、露水

Abstract

Shei-San region is one of the mountain ecosystems researching sites in Taiwan. Due to the difficulty of transportation and mountain weather challenge, the long-term climate information is rare. The continuous meteorological data collection could provide useful reference message for ecosystem management and habitat recovery plan. Also, Central Weather Bureau (CWB) starts three auto weather stations at Shei-San Eastern Peak (Code C0F9Z0)、Cirque (Code C0F0A0) and Tao-San peak from summer of 2016. This project extends the previous project “evaluation on long-term Shei-San meteorological data and cloud-fog water harvest experiment” to summarize the several-year meteorological database. At first, all available meteorological data sheet are collected and updated for references on ecosystem investigation, management and education material along Shei-San Eastern trail. We have withdrawn all research staff at SP1 and SP3 sites on August 15, 2017 and give updated meteorological data for the past few years. Secondly, the one-year (July 20, 2016~Aug. 15, 2017) inter-comparison to CWB stations show that air pressure, air temperature and relative humidity between SP1 and C0F0A0 have good linear correlation to each other. The correlation on wind speed, wind direction and precipitation are not good enough due to the hardware difference. The geolocation of SP3 and C0F9Z0 is quite different on aspect and slope, so it makes the intercomparison of meteorological measurements is worst, except air temperature by similar altitude. It means the complicated terrain will give small footprint on meteorological measurement. We also found the snow accumulation at Cirque is larger than Yushan weather station, and the inter-annual variation of snowfall is significant, too. For the joint progress of Shei-San weather data into CWB network, the data link has been tested well and is supposed to start its regular function after August of 2017. Meanwhile, cloud-fog water and dew water harvest experiment in front of 369 mountain cabin during dry season (January to April) has been done. 12 cases help us to estimate the possible collect rate. Following the 3-dimensional architecture diagram of 369 new Cabin, we also provide suggestion on the location of cloud-fog net and dew collector, and their possible water amount.

Key words : Shei-Pa National Park, auto weather station, cloud-fog water, dew water

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

本計畫定義的雪山地區是指雪霸國家公園境內之雪山主東峰步道沿線，自武陵雪山登山口起(海拔 2,140 m)至雪山主峰(海拔 3,886 m)，以三六九山莊(海拔 3,100 m)之玉山箭竹草生地、雪山東峰、雪山圈谷至雪山主峰等為重點調查區域。

1990 年代台灣生態研究啟動「臺灣生態研究網計畫 Long-Term Ecological Research, LTER」，陸續設置了五個森林生態系試驗區(福山、關刀溪、塔塔加、南仁山及鴛鴦湖)。以收集氣候、土壤和生物等三大類型的生態環境因子，其中的水氣(降水和雲霧)、溫度、太陽輻射等因子都是生態棲地氣候背景資訊，需要穩定蒐集並結合其他生態資訊併入資料庫，以便讓國家公園管理和生態研究目的加以應用和分析。雪霸國家公園於 2005 年推動「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」整合型計畫，以武陵地區溪流為研究地點，建構國內第一個「溪流生態系」模式。雪山山區由於交通可及性困難、高山氣候環境變化大等因素，相關氣候等研究資料相較其他地區較零散，無法建立較完整之「高山生態系」氣象站及資料庫以滿足經營管理所需之資訊；雪霸國家公園管理處自 2009 年起於雪山地區進行整合研究，以該區域「高山生態系」為研究主軸各項子計畫在指定樣區蒐集動植物生態資訊，並在部分樣區設立 4 站高山氣象站(SP1：圈谷、SP2：黑森林、SP3：三六九山莊、SP4：哭坡)進行氣象環境背景監測。

2013 年起這 4 處高山氣象站維護與資料下載逐漸轉移給雪山志工執行，2014 年再減至 2 座氣象站(保留 SP1 與 SP3)；2015~2016 年再推動這兩處實驗性質高山氣象站加入中央氣象局規範的全台自動觀測站網，並啟動三六九山莊進行雲霧水攔截的評估，以及圈谷雪深紀錄的整理。三六九山莊雲霧水攔截評估部分，2016 年 10 月個案資料顯示雙層攔截網的兩霧水蒐集率可達 28.7 L/m²/day，一場大霧則可有 0.31 L/m²/hour，顯示三六九山莊的雲霧水攔截效率是全球各地霧水蒐集率(3~10 L/m²/day)的中上數值。在圈谷雪量部分，我們分析 2012~2016 年四年期間雪季(12 月~隔年 4 月)圈谷雪深紀錄並與同時期玉山氣象站進行比較分析，發現 2012~2013 年該年雪季兩地降雪累積量大約相等(71cm：70cm)，2013~2014 年雪山圈谷略大(81cm：72cm)，2014~2015 年則是 4.5 倍(118cm：26cm)，2015~2016 年是 3.4 倍(251cm：74cm)，圈谷雪量有逐年上升現象(71cm 到 251cm)。

第二節 計畫目標

雪霸國家公園管理處公告的「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」四項工作內容包括：

- (1)現有雪山（圈谷站及三六九山莊站）及雪見研究用高山氣象站之維護及資料收集整理分析。
- (2)配合現有之高山氣象觀測儀器，配合105年中央氣象局已建置完成之雪山地區氣象站（圈谷站、雪山東峰站、桃山站及樂山站），評估雪管處研究用圈谷氣象站及三六九氣象站撤除之可能性及時機。
- (3)於三六九山莊觀測站進行雲霧以及露水攔截評估，辦理實際攔截網建置以及雲霧露水量蒐集評估。
- (4)相關試驗結果配合三六九山莊改建工程，提供雨水收集與雲霧水-露水捕集可及性之意見。

根據以上工作項目，本計畫以三方案來執行計畫，並在第四節「研究方法」具體說明細節：

1. 管理處轄區之氣象資料之彙整分析（對應第一、第二工作項目）

- (a) 持續收集與補正2016年8月至2017年8月前的雪山圈谷(SP1)與三六九山莊氣象站(SP3)資料，並於2017年秋季之前完成觀測與儀器回收、現地復原。
- (b) 完成一年度(至2016年4月~2017年4月)三六九山莊前方廁所舊址的雲霧攔截網一旁的(臺灣大學)臨時氣象站資料，並於2017年秋季之前完成觀測與儀器回收、現地復原。
- (c) 蒐集2016年7月至2017年7月中央氣象局雪山東峰站、雪山圈谷站、桃山站以及樂山站之年度資料，分析雪霸國家公園轄區各區山巔之氣象因子特徵。
- (d) 整理與分析雪見氣象站之歷年氣象資料，並持續協助雪管處與中央氣象局溝通，提早將雪見氣象站納入其常規之自動站網。

2. 三六九山莊雲霧水-露水捕集可及性試驗（對應第三工作項目）

- (a) 2016年4月上旬本計畫已於三六九山莊前方廁所舊址進行雲霧攔截網水量紀錄與氣象紀錄，山莊後方斜坡也架設一套間時(time lapse)數位相機記錄白晝期間接近山莊之天氣影像；本計畫將持續上述觀測直到2017年秋季撤站之前，完成全年度不同月份的三六九山莊雲霧水量和攔截成效之試驗結果。
- (b) 本計畫在2016年年底裝設三六九山莊1m²壓克力冷凝板露水蒐集器安裝與啟用，並於2017年秋季撤站之前完成觀測與儀器回收、現地復原。這一成果將可提供未來三六九山莊規畫設計及改建時，有關雨雲霧水和露水蒐集之參考。

3. 三六九山莊重建設計之雲霧水-露水收集建議 (對應第四工作項目)

本計畫蒐集建築師所設計的三六九山莊重建 3D 圖樣，透過日本 Cradle 公司(工程流體計算力學，CFD) Stream Model 評估潮濕氣流通過三六九山莊建築本體的流向，以及雲霧攔截網設置融入現有建物的可行方式。

第三節 前人研究

根據世界氣象組織(World Meteorological Organization)要求的氣象站，是以其能代表其周遭環境特質，所能代表的空間範圍(foot print)是以氣象觀測坪或雨量筒的儀器顯露度(exposure)來反映該地的空曠程度，這一顯露度是依據該地雨量筒上空周遭地形地物的水平視仰角平均值(Θ ，單位： $^{\circ}$)來定量分為 (1) 顯露良好(exposed site)， $\Theta < 6^{\circ}$ (2) 大致顯露(mainly exposed site)， $6^{\circ} < \Theta < 12^{\circ}$ (3) 大致遮蔽 (mainly protected site)， $12^{\circ} < \Theta < 19^{\circ}$ (4) 嚴重遮蔽 (protected site)， $\Theta > 19^{\circ}$ 四項等級(WMO，2008)。

然而，高山氣象站會受到森林樹冠和山脈峽谷地形遮蔽而降低其空間代表性。氣象資料的時間尺度上最常見的包括(1)年平均(annual mean)、(2)四季季節平均(seasonal mean)、(3)逐月平均(monthly mean)、(4)逐日平均(daily mean)與(5)小時平均(hour mean)。每當某地氣象資料長期累積時間長度超過 10 年以上，才可以開始討論當地氣候；氣候背景值通常以某時段的氣象資料平均值、變化振幅(標準差)以及週期性特徵等統計參數最被廣為接受。

台灣高山氣象站觀測首以中央氣象局阿里山測站(1933 年設站)，其次是玉山北峰氣象站(1943 年設站)，後者位於北峰山巔、視野遼闊，是日據時代末期日軍為了南洋戰爭高空氣象需求而設立。中央氣象局(2010)針對台灣地區進行 1897~2009 年近百年觀測要素(最高氣溫、最低氣溫、瞬間最大風速、日累積雨量)進行排序整理，做為中央與地方政府防災應用參考使用。至於台灣高山地區更進階的氣象要素(比如水文與熱量收支)，以農委會林試所福山研究中心為開端，夏(1999)研究指出該地多雨潮溼，蒸發散量較台灣其他的中、低海拔地區低，颱風所帶來的雨量大部分均立即反應在溪流水的暴雨流出之研究成果。陳與魏(2005)則是探討塔塔加地區雲杉林、鐵杉林、草原區玉山箭竹等樣區深度 5cm 與 10cm 土壤溫度以及表層土壤熱通量，比較不同海拔、不同坡向、不同植被之差異；該研究結果顯示土壤熱通量平均年收支淨值和振幅都是中海拔地區小於中高海拔地區，北坡不同坡向間之差異，平均年收支淨值之分佈情形為北向坡大於南向坡；不同地表植被的差異結果，也顯示森林樹冠相對於短草植被有氣溫緩慢升降的保溫功能。

除了氣溫熱力效應之外，高山水文也是生態與遊憩重要的一環，比如雪山曾在冬季缺水乾旱期間於三六九山莊發生發生森林火災(2008 年 12 月 18 日與 2014 年 1 月 20 日兩天)，除了造成登山旅遊不便之外，也衝擊周遭生態。高山雲霧帶之「水平降水」(相對於氣象局觀測的降雨則可被稱作「垂直降水」)，早在 1994 年起已在南美洲智利和全球各乾旱地區進行，透過攔截網進行集水實驗所獲得的攔截水量約 $3\sim 10 \text{ L/m}^2/\text{day}$ (Klemm *et al.*, 2012)。林等(2014)在台灣三義山丘慈濟茶園進行~3 個月集水實驗，發現當地水平移動的雨霧被攔截而進入雨量筒的總累積量，是傳統雨量筒觀測累積雨量的 177 倍；最有效的雨霧水攔截量發生在 $2\sim 5\text{ms}^{-1}$

¹強度的東北風期間，雨霧發生當時的相對溼度都高達 95~100%，氣溫則在 20°C 以下、能見度小於 1 km，甚至大部分時間都低於 500m。經過評估(林等, 2014)，三義地區實驗期間(77 天)的雲霧水攔截率約網初估每 1m² 有 106 公升水量，最佳的攔截效率(2014 年 2 月 8 日清晨)可達 1.69 L/m²/hour。林等(2016)2016 年 4 月~10 月期間於三六九山莊前方雲霧水攔截網測試過程，發現攔截網對於”雨水和霧水”蒐集率可達 28.7 L/m²/day，一場大霧(無降水)也可有 0.31 L/m²/hour，其效率是全球各地霧水蒐集率(3~10 L/m²/day)的中上程度。此外，他們也整理 2015 年 8 月到 2016 年 8 月一年期間三六九山莊兩部不同拍攝角度數位相機之影像(每日 5:00am~5:00pm 30 分鐘間距)，進行有無「雲霧發生」發生之次數整理，發現該地在 05:00am、08:00am、11:00am、2:00pm、5:00pm 這些時段的雲霧發生的頻率分別是 6%、52%、62%、74%、100%，並且一年之中分別以 5 月和 10 月分別是雲霧發生頻率最高(73.3%)與最低(8.9%)的月份。

張等(2013)與陳等(2103)曾比較雪山合歡山和玉山冬季降雪量，發現雪山圈谷積雪厚度顯著多於玉山北峰之紀錄，並且鄰近雪山圈谷的黑森林區域，該處的陽光遮蔽造成輻射收支和積雪深度不及圈谷的二分之一，地表積雪融化總能量因此比雪山圈谷低，但是森林的保溫作用則使得融雪過程則較圈谷顯著與持續。此外，圈谷氣象站單日積雪深度可達 70cm 厚度 (2010 年 2 月 19 日)，降雪達一定厚度並隔一段時間未融，將由鮮雪(Fresh Snow)轉變為熟雪(Ripe Snow)，積雪變為密實而容易登山客滑倒。

林等(2016)整理玉山氣象站 1960~2010 年降雪量，並比較 2012~2016 年雪山圈谷降雪量，顯示 2012~2013 年該年雪季兩地(雪山圈谷與玉山氣象站)降雪累積量大約相等(71cm:70cm)，2013~2014 年雪山圈谷略大(81cm:72cm)，2014~2015 年則是 4.5 倍(118cm:26cm)，2015~2016 年是 3.4 倍(251cm:74cm)，圈谷的雪量有逐年上升現象(71cm 到 251cm)。換言之，雪山山脈以及中央山脈北段兩地的降雪量明顯大於中央山脈南段和玉山山脈。林等(2016)假設臺灣高山 3500m 高度以上雪季降雪累積量以 100cm 估算，則這些山巔降雪量相當於一座石門水庫的有效蓄水量。

露水方面，OPUR (International Organization For Dew Utilization)曾在北非摩洛哥測試露水捕及實驗(Muselli *et al.*, 2011)，當地計有 178 天露水發生日並得到 0.1 L/m²/day 的結果。

綜合以上資訊，三六九山莊的集水來源應能同時考量雨水、雲霧水和露水等不同來源的被動式蒐集，達成環境友善的山屋集水效果。

第四節 研究地區與方法

本計畫所針對的雪山圈谷氣象站(簡稱 SP1 站,海拔 3,554 m)以及三六九山莊氣象站(簡稱 SP3 站,海拔 3,142 m),位於雪山主東峰登山步道附近,氣象測站的詳細背景資訊和現有氣象觀測設備如表 1 和表 2。圖 1 展示雪山主東線地形與水文流域特徵和氣象站空間位置,SP1 和 SP3 兩地氣象站的季節情景如圖 2~圖 3 所示。圖 4 是從桃山以及雪山東峰眺望三六九山莊以及雪山主峰的地貌,圖 5 則是三六九山莊屋舍前後,周遭地形以及雲霧飄移等情景。研究方法歸納為以下三類別加以說明:

4-1 管理處轄區之氣象資料之彙整分析

A. 持續收集與補正 2016 年 8 月至 2017 年 8 月前的雪山圈谷(SP1)與三六九山莊氣象站(SP3)資料,並於 2017 年秋季撤站之前完成觀測與儀器回收、現地復原。

SP1 氣象站與 SP3 氣象站自 2009 年 9 月設立迄今已有 7 年時間長度,期間經歷溫度濕度感測器晶片更新、風向計尾舵、太陽輻射計以及太陽能充電之汽車用電瓶汰新,本年度也出現資料記錄器記憶卡片和可抽取式記憶體接觸不良現象;本計畫評估這兩套氣象站硬體效能逐年下降,因此建議應於 2017 年秋季前全面停用與撤離,恢復氣象站原始地貌,並針對氣溫、濕度、風速、風向、雨量等參數,與同地或鄰近的中央氣象局高山氣象站(2016 年夏季新建置芬蘭 Vaisala 公司之氣象系統,如圖 6)進行過去資料品質檢查與闕漏補正。SP1 和 SP3 資料內涵仍按照中央研究院生物多樣性中心為「雪山地區高山生態系整合調查」計畫所設計的資料庫格式(CSV format)加以整理,一併燒錄成光碟繳交給委託單位存查。這些氣象資料時間解析度有小時平均、日平均以及月平均等 3 種時間解析度。本年度氣象資料也比照往例統計整理各年度 1~12 月 00:00~23:00 LST 逐時的極大值、平均值、極小值以及標準差之 CSV 數據表單。表 3 是 29 種氣象參數與代稱在 csv 檔案內的名稱對照表,所有參數 CSV 表格將更新到 2017 年氣象站撤離之當月份,並以資料光碟提供委託單位使用。

B. 完成一年度(至 2016 年 4 月~2017 年 4 月) 三六九山莊前方廁所舊址的雲霧攔截網一旁的(臺灣大學)臨時氣象站資料,並於 2017 年秋季之前完成觀測與儀器回收、現地復原。

為充分反映雲霧攔截網所處高度與現地的風速與氣溫濕度 本計畫特於 2016

年4月架設一套 Vaisala 公司出產的 WXT520 整合型氣象感測器於攔截網正後方(圖 7)與山莊屋舍十分靠近，WXT520 氣象感測器結合在(朝南)攔截網支架之上，以正確量測抵達攔截網的風速風向數據，雨量撞擊感測器也和風速風向感測器相同高度，以確認雲霧發生時間是否伴隨降雨現象。太陽輻射感測器、氣象資料紀錄器(及充電電池)與太陽能充電板等均在攔截網後方的三腳支架。這組氣象資料將能代替現有的 SP3 氣象站(配合生態樣區調查之所需)，提供三六九山莊一組全年度(2016 年 4 月~2017 年 4 月)高時間解析度的風速、風向、溫度、濕度和太陽輻射量資料，做為三六九山莊為未來土木重建所需的環境背景資訊。

- C. 蒐集 2016 年 7 月至 2017 年 7 月中央氣象局雪山東峰站、雪山圈谷站、桃山站以及樂山站之年度資料，以其雪霸國家公園範圍內中央氣象局既有自動氣象站資訊，分析雪霸國家公園轄區各區山巔之氣象因子特徵。

中央氣象局與雪霸國家公園管理處合作的高山氣象網(圖 8)涵蓋了雪霸國家公園多處知名登山遊憩景點，目前民眾均能透過中央氣象局網站即時獲知這些山巔景點的天氣現況(圖 9)，本計畫將一併整理雪霸國家公園內外周遭的中央氣象站和雨量站(表 4)多年度各月份的氣象統計特徵(平均值以及最高、最低極值)，做為環境教育與生態調查之參考。

- D. 整理與分析雪見氣象站歷年之氣象原始資料，並協助雪管處與中央氣象局溝通，提早將雪見氣象站納入其常規之自動站網。

雪霸國家公園管理處於 2015 年 3 月邀請中央氣象局測政組，現地參訪雪見氣象站環境設施與硬體設備，並於當年 7 月獲得氣象局正式回應將適時納入其常規之自動站網。計畫主持人數度了解進度停滯之原因(氣象局委託廠商契約問題)，這一困境在 2017 年 2 月已解決行政瓶頸，5 月確認遠端資料下載軟體，預計 8 月上架來達成預期規劃目標。同時，本計畫將協助管理處將雪見氣象站過去原始資料，加以檢查資料品質和進行統計分析，以便該測站能和雪山東峰站、雪山圈谷站、桃山站以及樂山站，共同架構出雪霸國家公園管理處轄區範圍內各重點角落的氣候背景資訊。

4-2 三六九山莊雲霧水-露水收集試驗

- A. 2016 年 4 月上旬本計畫已於三六九山莊前方廁所舊址進行雲霧攔截網水量紀錄與氣象紀錄，山莊後方斜坡也架設一套 Reconyx 間時(time lapse)數位相機記錄白晝期間接近山莊之天氣影像

本計畫將持續上述觀測直到 2017 年秋季之前撤站，完成全年度不同月份的三

六九山莊雲霧水量和攔截成效之試驗結果。

圖 10 是本計畫於三六九山莊前方廁所舊址進行雲霧攔截網水量紀錄系統，其以 L 型排列朝東與朝南的攔截網。攔截網(長*寬)截面積是 180cm *120cm，其下有水槽漏斗傾斗式雨量筒(tipping bucket)和數位計數器(counter)；每一傾斗裝水倒水動作代表 4.28ml 水量，並由計數器紀錄倒水當下的日期與時間。兩套攔截網下方集水槽的水流經由水管進入 DAVIS RGC-M002 雨量筒傾斗量杯計數，傾倒次數與發生時間則由英國 Lascar 公司出品的 EL-USB5 紀錄器(內含電池)自動記載。

B. 本計畫將在 2016 年年底降雪前完成三六九山莊 1m² 壓克力冷凝板露水蒐集器安裝與啟用

圖 11 是本計畫所設計之露水蒐集器(參考 Muselli *et al.*, 2011, 圖 12)，壓克力冷凝板面積是 100cm *100cm，並以 40° 角度傾斜收集清晨之露水。這套設備將在低溫高濕度(1~4 月)期間臨時安置在三六九山莊周遭適當地點。透過實際觀測數據來定量評估露水和雲霧水的相對比例，也能進一步提供未來三六九山莊斜屋頂集水(雨水雲霧水和露水)的儲水量估計。

4-3 三六九山莊重建設計之雲霧水-露水收集建議

本計畫上年度已針對現有三六九山莊建築物尺寸和斜坡地形，植入建築物評估專用軟體(如 EcoTect、Airflow)或是工程流體計算力學(CFD)軟體(如 Cradle Stream)，以當地風速風向資料和潮濕水氣輸入軟體來進行氣流通過建築物之模擬(圖 13)。本年度將進一步取得建築師設計的三六九山莊建築物規劃資料與 3D 圖樣，透過 Stream Model 來評估潮濕氣流通過三六九山莊建築本體，雲霧攔截網設置如何能融入現有建物景觀以及達到較佳效果。

表 1 雪山主東峰高山氣象站

地點	圈谷(SP1)	三六九山莊(SP3)
X 座標 (TWD 97)	273961	275879
Y 座標 (TWD 97)	2698080	2698536
海拔高度	3,584 m	3,142 m
坡向	NE	NEE
植被	玉山杜鵑 玉山圓柏	林火跡地
地表狀態	礫石	土壤
表面層礫石比率	90%	30%
出露土壤剖面	無	60 cm
土壤層礫石比率	未知	10%
土壤層礫石粒徑	未知	0-30 cm
備註		

表 2 雪山主東峰高山氣象站觀測項目與設備。

項目	廠牌	型號
資料紀錄器	Vaisala Co.	QML210
氣壓	Vaisala Co.	PTB100
氣溫	Vaisala Co.	HMP45
相對溼度	Vaisala Co.	HMP45
太陽輻射量	Licor Co.	200sz
光合作用輻射量	Licor Co.	190
風速/風向	Vaisala Co.	2D Ultra Sonic Windcap
降雨	Vaisala Co.	RainCap
草溫	Vaisala Co.	QMT 103
土壤溫度(地下 5,10,20,30,50 cm)	Vaisala Co.	QMT 103
土壤濕度(地下 10,20,30,40,50 cm)	Delta T Co.	Thelta

表 3 雪山逐月逐時平均氣象檔案代稱對照表。

氣象參數	代稱符號	圈谷	三六九山莊
平均氣溫	MAT	○	○
最高氣溫	XAT	○	○
最低氣溫	NAT	○	○
平均相對濕度	MRH	○	○
最高相對濕度	XRH	○	○
最低相對濕度	NRH	○	○
降雨量	PREP	○	○
平均風速	MWV	○	○
最大風速	XWV	○	○
最大風速發生時間	XWVT	○	○
風向	WD	○	○
太陽短波日射量	SR	○	○
可見光日射量	PAR	○	○
平均氣壓	MAP	○	
最高氣壓	XAP	○	
最低氣壓	NAP	○	
平均草溫	MGT	○	○
最高草溫	XGT	○	○
最低草溫	NGT	○	○
地溫-5	ST05	○	○
地溫-10	ST10	○	○
地溫-20	ST20	○	○
地溫-30	ST30	○	○
地溫-50	ST50	○	○
土壤熱流量	SHF	○	○
土壤含水率-10	SMV10	○	○
土壤含水率-20	SMV20	○	○
土壤含水率-30	SMV30	○	
葉濕	LW	○	○

表 4 本計畫收錄整理之雪霸國家公園雪見氣象站與國家公園周遭之中央氣象局自動氣象站(C0*)與自動雨量站(C1*)資訊(空間位置參見圖 8)。

站號	站名	高度 (m)	經度	緯度	地址(建站年月)
A0E70	雪見	1925	121.0135	24.4258	雪霸國家公園雪見工作站電信塔 2013/05
C0D550	雪霸	1956	121.1161	24.5270	新竹五峰桃山村民石 380 號(雪霸農場) 2007/10
C0E430	南庄	258	121.0002	24.6018	苗栗南庄東村文化路 3 號(南庄國小) 1987/06
C0E520	大湖	320	120.8709	24.4149	苗栗大湖鄉大寮村 5 鄰竹高屋 34-1 號附近 2011/11
C0E610	馬都安	850	120.9302	24.4513	苗栗泰安錦水村 1990/07
C0E860	樂山	2616	121.1132	24.5060	苗栗縣南庄鄉 2016/01
C0F860	梨山	2215	121.2437	24.2475	台中和平區梨山里福壽山農場 2004/07
C0F0A0	雪山圈谷	3587	121.2363	24.3886	雪東線 9.8 公里 2016/07
C0F9Z0	雪山東峰	3193	121.2687	24.3888	雪東線 5.0 公里雪山東峰停機坪 2016/07
C0F9Y0	桃山	3313	121.3038	24.4327	桃山山屋叉路解說牌旁 2016/07
C0H9C0	合歡山	3402	121.2725	24.1434	南投仁愛鄉(近合歡山主峰) 2008/02
C0U730	思源	1984	121.3567	24.3972	宜蘭大同鄉思源啞口旁 1996/01
C1E451	象鼻	950	120.9402	24.3686	苗栗泰安象鼻村 2011/11
C1E461	松安	1325	120.9860	24.3980	苗栗泰安雪霸國家公園二本松解說站旁 2011/11
C1E711	馬拉邦山	990	120.9017	24.3673	苗栗大湖馬拉邦山登山口 2011/11
C1E720	泰安	1409	120.9680	24.4890	苗栗泰安橫龍古道大湖事業區 18 林班地 2011/11
C1F941	雪嶺	2620	121.0266	24.2806	台中和平雪嶺八仙山雪山莊 2011/11

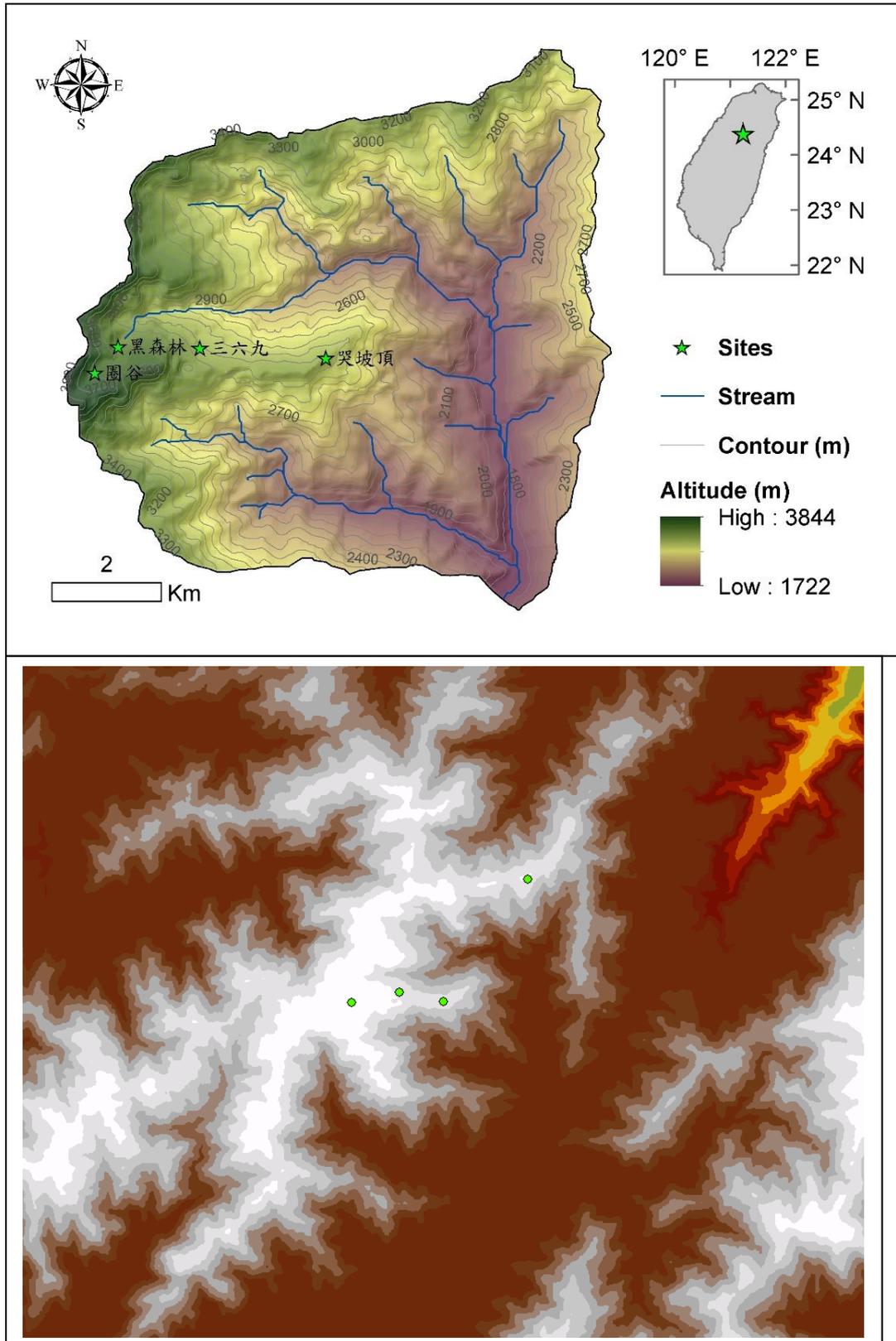


圖 1 雪山山區氣象站位置(2009~2012 年)及 30m 數位地形與水文流域。



圖 2 雪山圈谷氣象站(SP1)不同季節的現場照片。



圖 3 三六九山莊氣象站(SP3)2011~2012 年不同季節的現場照片。

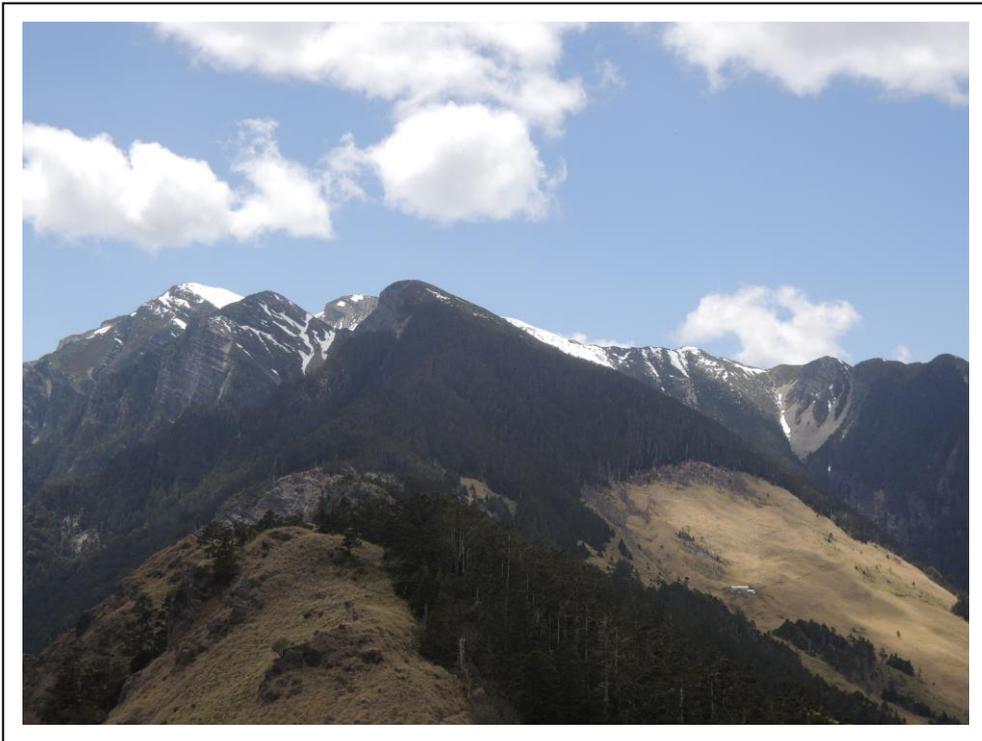
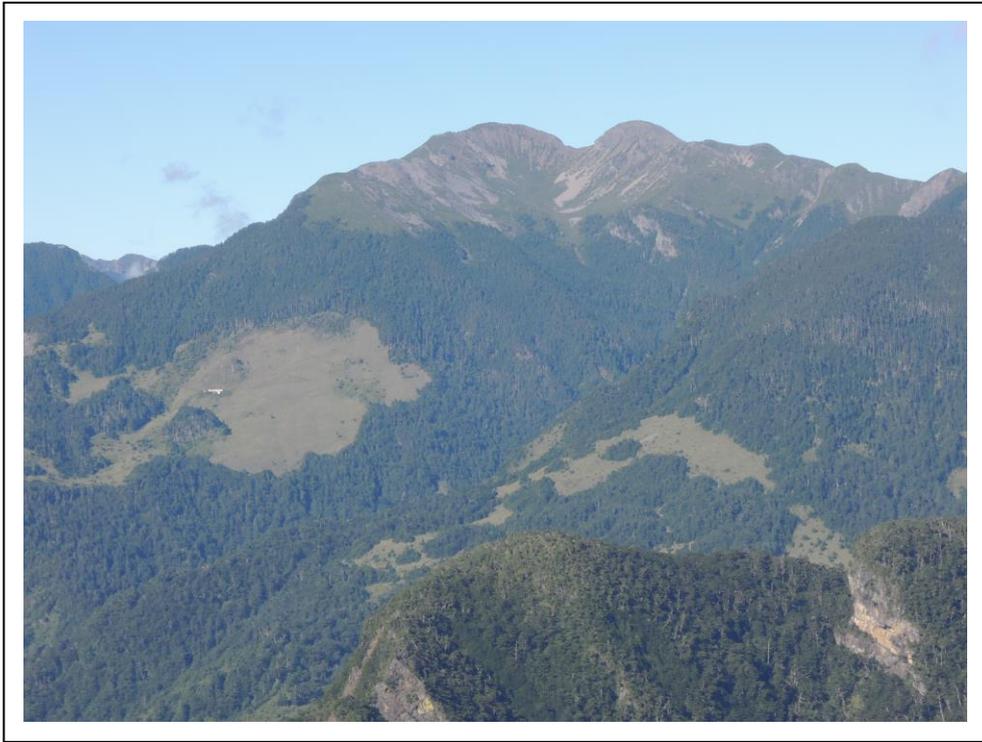


圖 4 (上)由桃山山頂東往西側看三六九山莊以及雪山圈谷地形與植被(下)由雪山東峰山頂往西北側看三六九山莊以及雪山圈谷地形與植被。

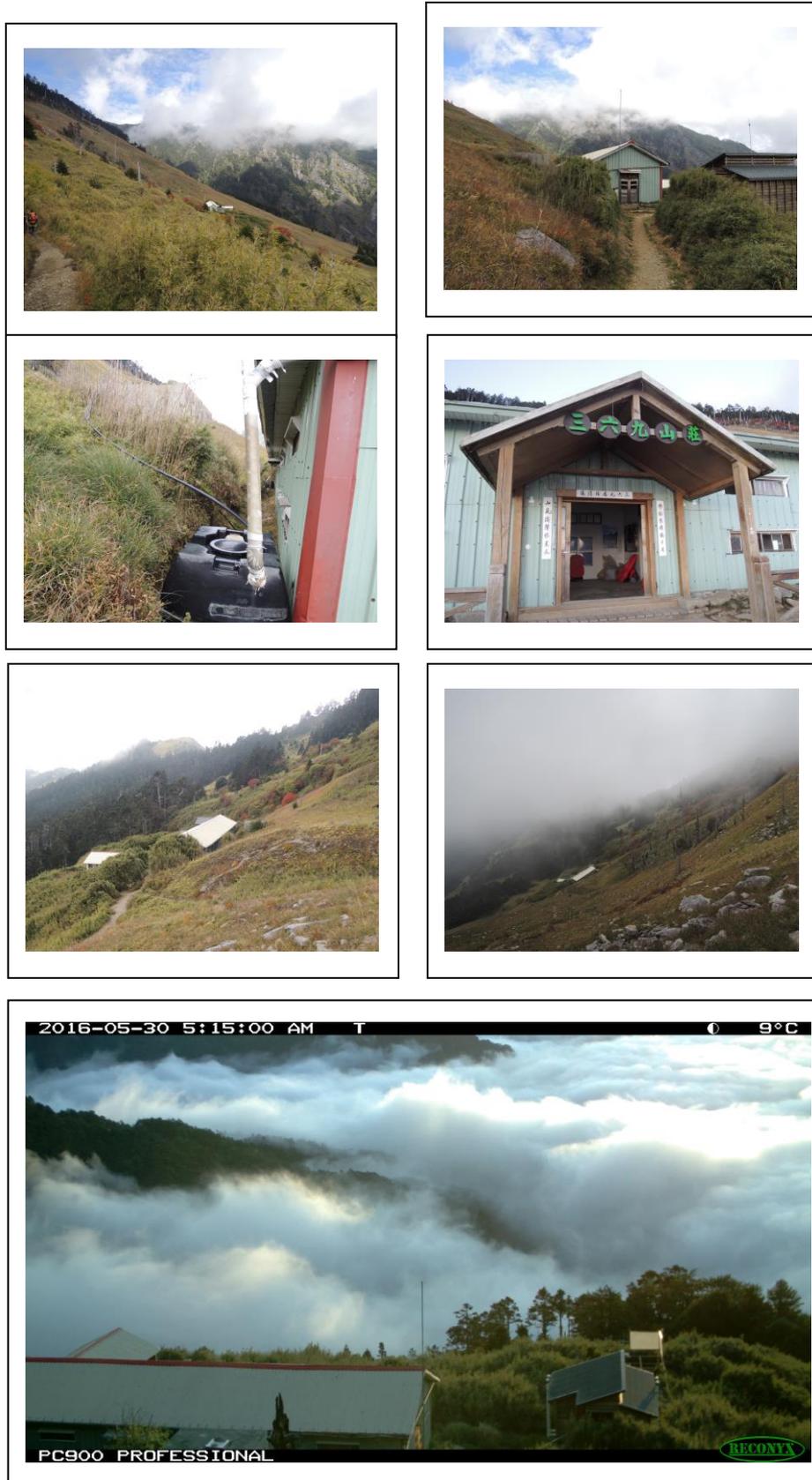


圖 5 三六九山莊遠眺與近觀、山莊屋舍前後與後方斜坡地形和雲霧飄景象。



圖 6 中央氣象雪山東峰(上)雪山圈谷(下)自動氣象站。



圖 7 三六九山莊前方雲霧攔截網與 WXT520 氣象站遠觀(上)與近觀(下)。

首頁 > 觀測 > 目前天氣

北部 中部 南部 東部 外島

臺中市 | 彰化縣 | 南投縣 | 雲林縣 | 嘉義市 | 嘉義縣

測站	觀測時間	溫度		天氣	風向	風力 (m/s)	風力 (級)	陣風 (m/s)	陣風 (級)	能見度 (公里)	相對溼度 (%)	海平面氣壓 (百帕)	當日累積雨量(毫米)
		°C	°F										
臺中	06/11 11:15	32.5		陰	南	2.3	2	-	-	15.0	67	1008.5	0.0
梧棲	06/11 11:15	31.3		晴	西	3.8	3	-	-	20.0	78	1008.8	0.0
大肚	06/11 11:00	32.1		-	西南西	1.5	1	-	-	-	66	-	0.0
雪山圈谷	06/11 11:00	11.1		-	東北	2.2	2	-	-	-	86	-	0.0
五股	06/11 11:00	31.3		-	西南西	2.1	2	-	-	-	65	-	0.0
東勢	06/11 11:00	31.9		-	西南	2.0	2	-	-	-	60	-	0.0
梨山	06/11 11:00	22.0		-	西南	0.7	1	-	-	-	62	-	0.0
大甲	06/11 11:00	31.6		-	西北西	1.2	1	-	-	-	81	-	0.0
大坑	06/11 11:00	32.5		-	西南西	1.6	2	-	-	-	59	-	0.0
中竹林	06/11 11:00	31.0		-	東南東	0.9	1	-	-	-	67	-	0.0

首頁 > 觀測 > 目前天氣 > 觀測資料 > 臺中市 > 雪山圈谷

雪山圈谷過去24小時資料 雪山圈谷過去24小時變化圖 雪山圈谷觀測站位置圖

觀測時間	溫度 (°C>°F)	天氣	風向	風力 (m/s) (級)	陣風 (m/s) (級)	能見度 (公里)	相對溼度 (%)	海平面氣壓 (百帕)	當日累積雨量(毫米)
06/11 11:00	11.1	-	東北	2.2 2	-	-	86	-	0.0
06/11 10:00	11.4	-	東北	2.7 2	-	-	78	-	0.0
06/11 09:00	13.1	-	東	2.4 2	-	-	57	-	0.0
06/11 08:00	12.1	-	東北	3.5 3	-	-	57	-	0.0
06/11 07:00	12.4	-	西	1.6 2	-	-	41	-	0.0
06/11 06:00	10.6	-	西南西	5.9 4	-	-	45	-	0.0
06/11 05:00	9.7	-	西	4.6 3	-	-	45	-	0.0
06/11 04:00	10.2	-	西	3.6 3	-	-	30	-	0.0

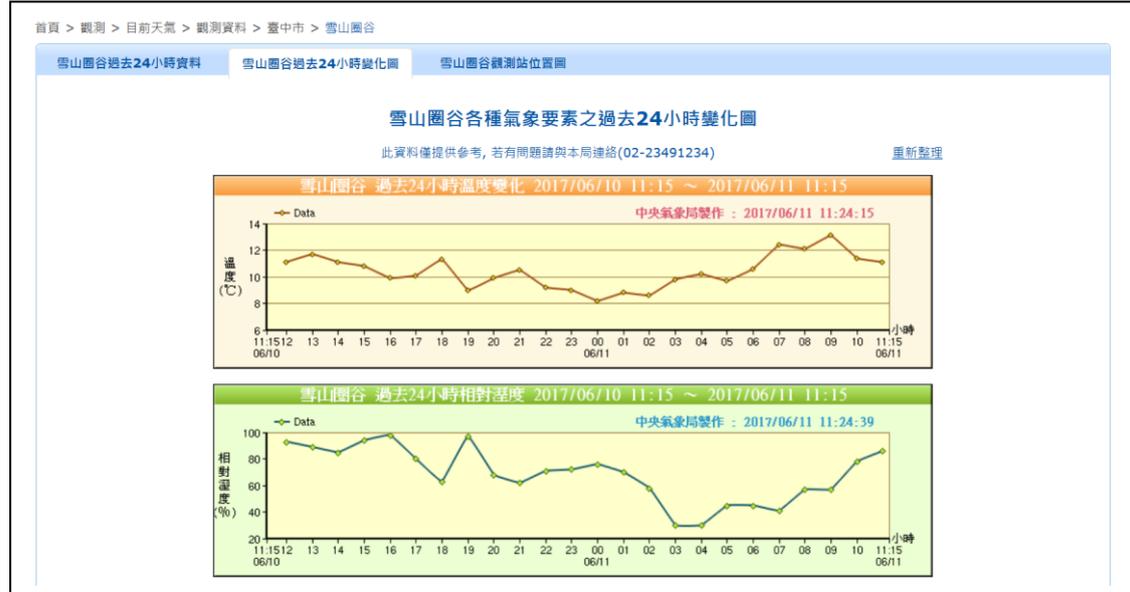


圖 9 中央氣象局網頁即時呈現的雪山圈谷過去 24 小時逐時氣象資訊(以 2017 年 6 月 11 日 11:00 為例)。



圖 10 三六九山莊前方雲霧攔截網與其下方雲霧水紀錄設施。

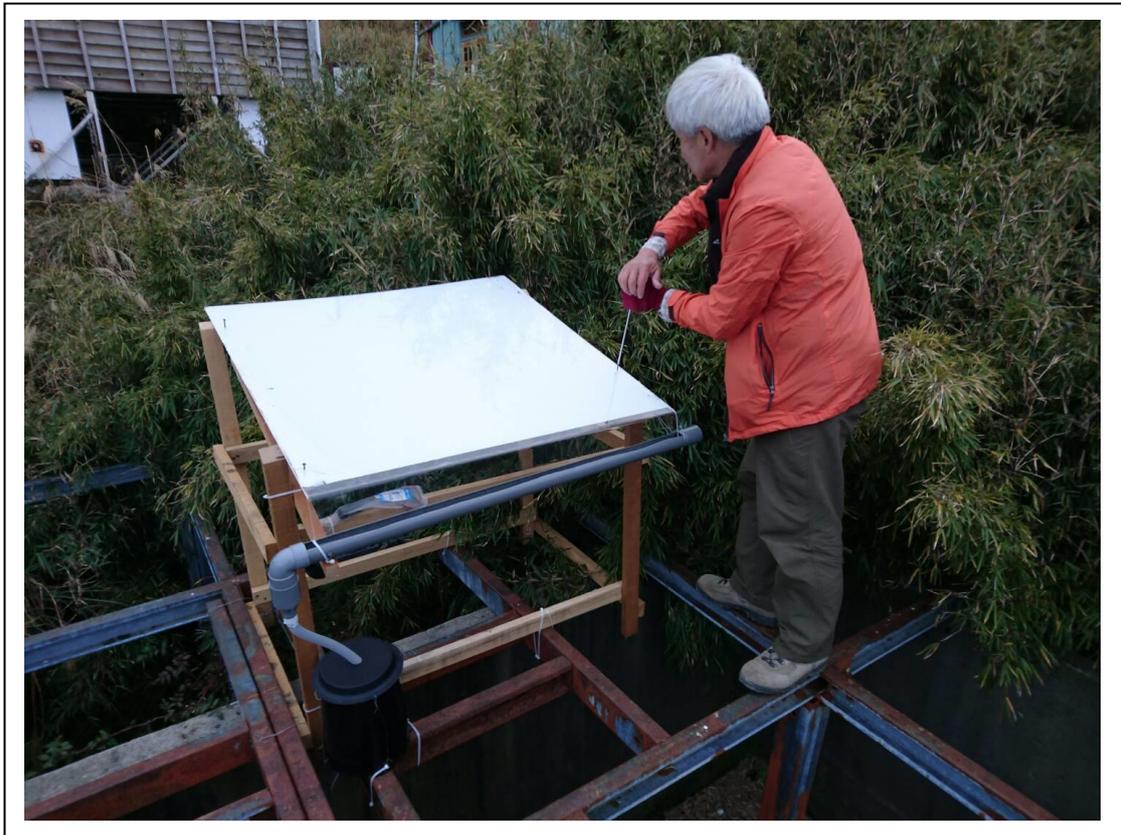
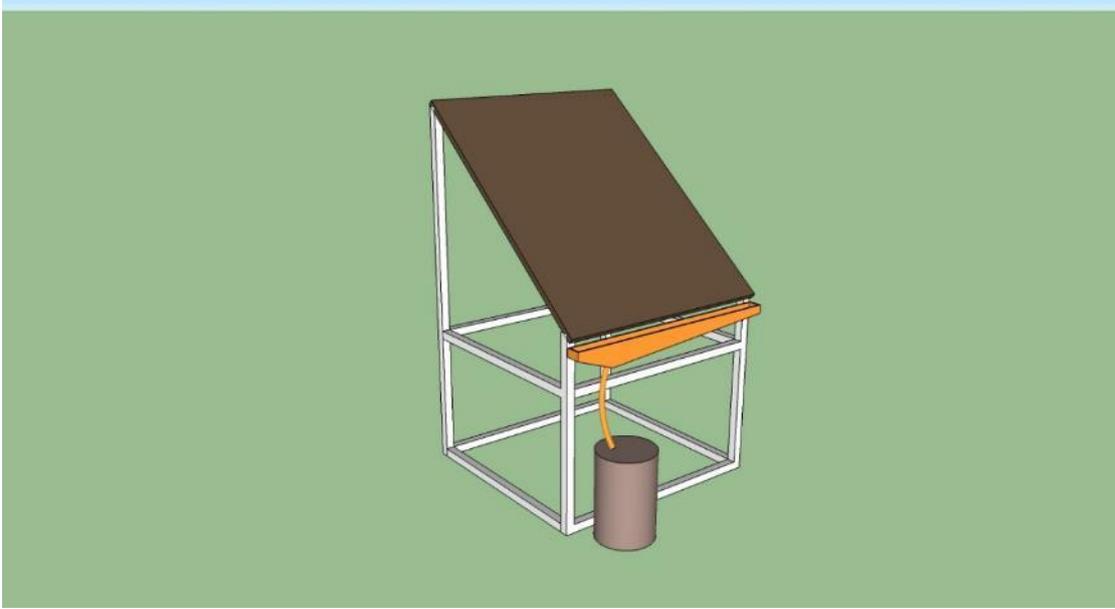


圖 11 露水蒐集器尺寸概要與其在三六九山莊實景。

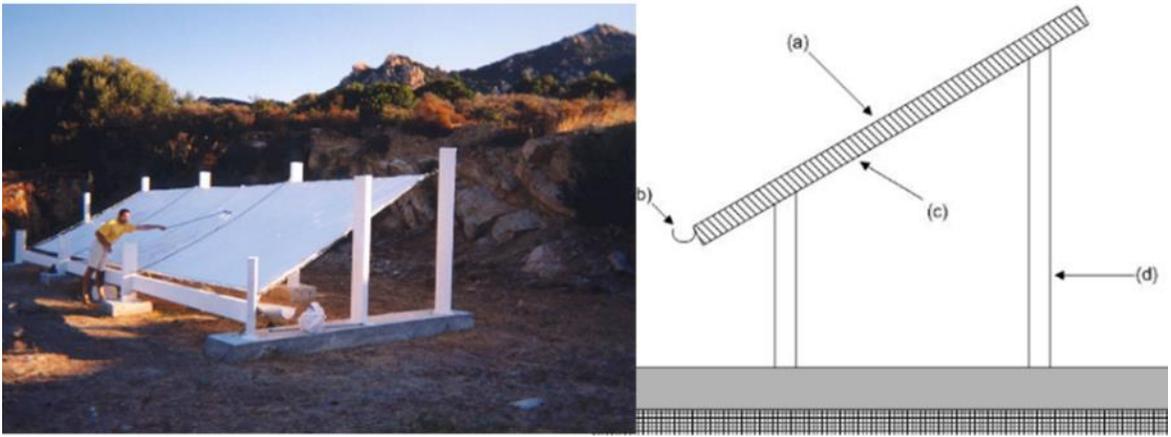


圖 12 摩洛哥測試的露水蒐集器外觀 (摘自 <http://inspiringfuture.org/wordpress/2014/05/21/dew-harvesting-as-a-means-to-get-clean-drinking-water/>。)

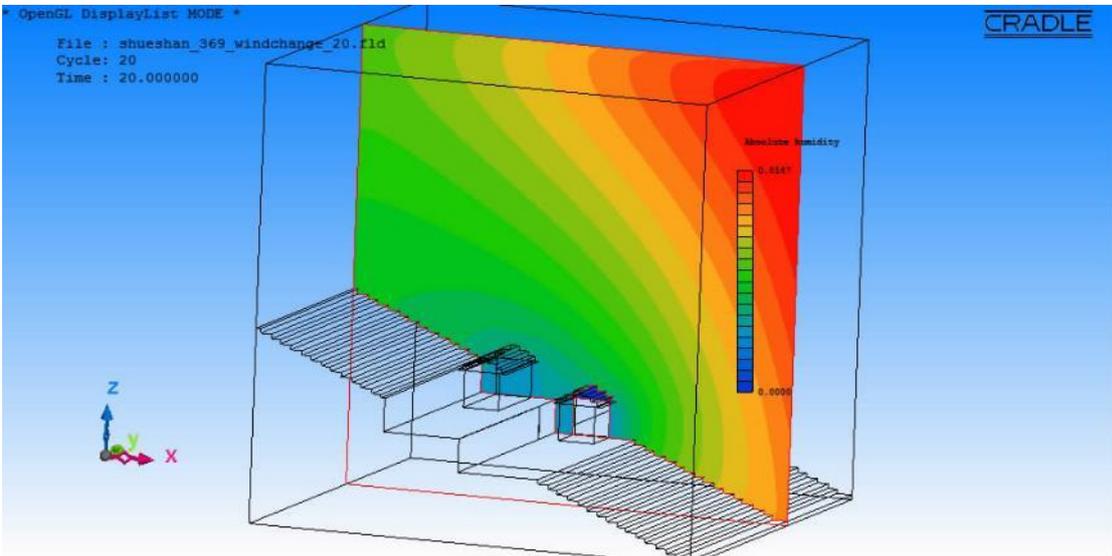
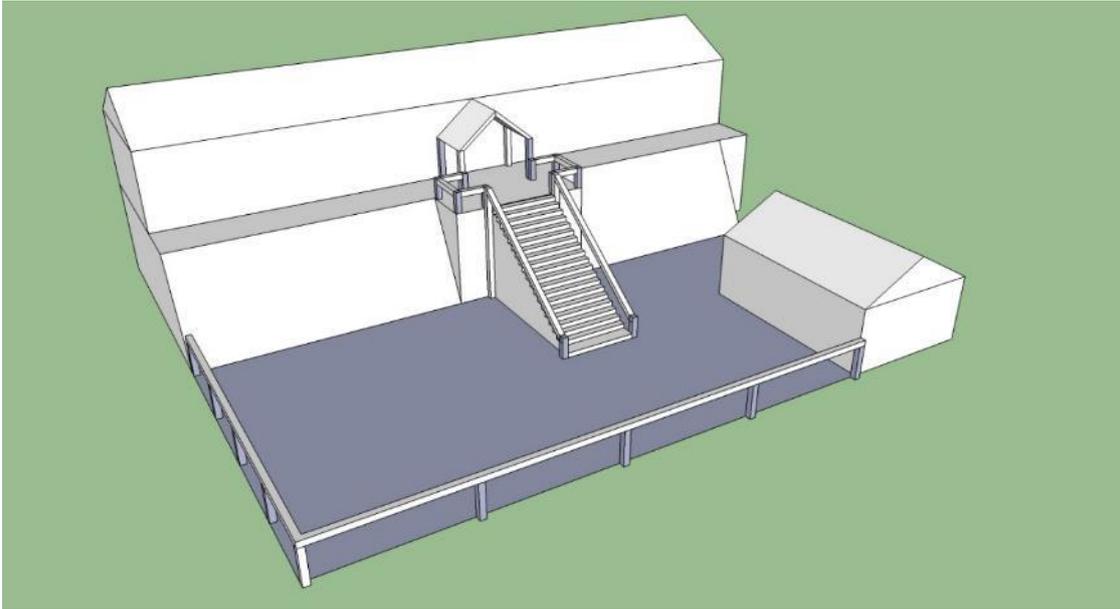


圖 13 (上)三六九山莊主建物、廚房、平台以及階梯斜坡等地形(現況)3D 圖面。
(下) 上圖植入 Cradle Stream 工程流體計算力學軟體，與離地 10 公尺風速 5 m/s
(風速隨高度向地表為零向上指數遞增)上坡風(東風)輸入軟體來進行氣流通過三
六九山莊立體圖面進行模擬水氣通過主建物的縱剖面。

第二章 成果

第一節 管理處轄區之氣象資料之彙整分析

A. SP1(雪山圈谷)& SP3(三六九山莊)歷年資料

本計畫於 2016 年 12 月 10~12 日、2017 年 2 月 8~10 日、2017 年 4 月 27 日~5 月 1 日、6 月 25~27 日以及 8 月 14~16 日，以 1~2 個月間距循入山申請程序進入雪東線，完成雪山圈谷(SP1)以及三六九山莊(SP3)兩處氣象站的常態維護(包括乾燥劑更換、雨量筒筒口雜物排除、電池電力檢查、鎖頭除鏽與潤滑等)，氣象資料下載以及相機記憶卡更換。

氣象檔案處理方式持續上年度「雪山主東峰線氣象資料分析與應用」計畫的處理模式，首先以中央研究院生物多樣性中心「雪山地區高山生態系整合調查」資料庫格式加以整理，這些氣象資料時間解析度有小時平均、日平均以及月平均等 3 種時間解析度；資料屬性又分為兩大類，一是直接量測的「基本參數」，包括氣溫、相對溼度、風速、風向、雨量、氣壓、太陽短波與可見光輻射量、土壤溫度、土壤含水率與葉濕，表 3 即是各種氣象參數與 csv 表單內的欄位名稱對照表。附件 1 與附件 2 分別呈現 SP1 和 SP3 其中 18 種氣象參數自 2009~2017 年期間各月平均值(或累積值)的總覽，以方便雪霸管理處公務與研發使用。本年度(2017 年)表單資料均也加以重新補正處理，資料完整數據參見光碟片內的 SP1*.xlsx 和 SP3*.xlsx。

B. 三六九山莊攔截網 WXT520 氣象站年度觀測資料

SP3 氣象站位於三六九山莊廚房下方平台約 20m 處，避免人為干擾和景觀遮蔽；本計畫配合雲霧水和露水攔截測試需求，自 2016 年 3 月下旬在舊廁所鋼架架設一套 WXT520 整合式氣象站，以每 2 分鐘頻率紀錄氣壓氣溫濕度風速風向雨量以及太陽輻射量。一年度(2016 年 3 月~2017 年 4 月)資料表單資料經過統計盒鬚圖(box plot)與其「極大-75%-中位數-25%-極小值」五項數據格式(參見圖 14)加以整理後放進光碟片(光碟片目錄 WXT520)，1~12 月每個月風花圖(windrose，圖 15)顯示三六九山莊 1~2 月有強烈北風和西風(山坡往下的西風)和微弱山谷上坡的東風，3~4 月北風消失，東風逐漸增強，5~12 月以谷風(東風)和山風(西風)為盛行風場。這一風場氣候條件除了用來決定雲霧水攔截網架設方位之外，也有助於未來山屋改建在主體建築與門窗方位設計之參考使用。

C. 中央氣象局自動氣象站和雨量站氣候特徵

中央氣象局於 2016 年 7 月 15 日啟用開始傳輸觀測數據的圈谷自動氣象站、雪山東峰氣象站(圖 6)以及桃山氣象站兼通訊中繼站，本計畫也自科技部支持的氣

氣水文資料庫取得氣象局各地自動測站(氣象站和雨量站)逐時資料。中央氣象局這些新增雪東線自動氣象站觀測項目包括風速、風向、氣溫、濕度(各2套)以及雨量(1套)。本計畫於2017年8月15日停止SP1以及SP3觀測,並拆卸現地所有設施恢復舊觀,校方採購設備均攜回臺灣大學辦理報廢,支架、太陽能充電板以及汽車電瓶則移交給三六九山莊志工運用(如圖16);三六九山莊的雲霧攔截網以及露水攔截設施,則留置原地但更新儲水桶,以做為山友緊急用水使用(圖17);SP1氣象站3m支架、相機保護箱以及雪尺也留置原地做為後續冬季雪深紀錄使用。

圈谷自動氣象站(C0F0A0)與本計畫現有SP1氣象站比鄰設置,圖18顯示氣溫、濕度和氣壓等三種氣象參數的線性相關性非常好(R^2 值 >0.99),風速和風向線性相關性稍低(R^2 值分別是0.73和0.64),最差是雨量(R^2 值分別是 ~ 0.5),主要原因是風速風向和雨量均來自芬蘭 Vaisala WXT520 感測器,其和中央氣象局採用的螺旋槳風速風向計以及傾斗式雨量筒的硬體原理不同。雪山東峰自動氣象站(C0F9Z0)高度接近SP3測站,但是前者在直升機停機坪斜坡,後者在三六九山莊斜坡下方,因此濕度和風場會有顯著差異,氣溫應較為接近。圖19確實顯示氣溫線性相關 R^2 仍有 ~ 0.90 ,濕度 R^2 下降到 ~ 0.80 ,風速和風向 R^2 分別是0.28和0.001,雨量 R^2 值是 ~ 0.32 ,原因是兩處氣象觀測的地形條件有顯著差異,這也凸顯山地複雜地形之下的氣象觀測的空間代表範圍十分有限。

關於雪霸國家公園範圍內外周遭的中央氣象局自動氣象站以及自動雨量站(圖8和表4)資料的逐月逐年的變化特徵,每一測站的圖表特徵與文字說明全部受納在光碟片「氣象局測站」資料夾。其中,武陵農場測站屬於國軍退輔會之合作測站,資料是由氣象局測政組轉介在11月下旬才提供,並非從科技部大氣水文資料庫下載,其數據疑點重重,我們認為儀器保養與資料品質需要進一步檢定修正,因此暫不列入圖表整理與文字描述。

此外,本計畫也針對雪山圈谷以及三六九山莊間時照相機所紀錄的5分鐘時間間距(05:05am~05:55pm)雪尺影像資料加以整理,將2011年12月到2017年4月雪季期間(每年12月~4月)雪山圈谷的逐日降雪量和累積雪深兩項資料(單位:cm,圖20),其中四年雪季再與中央氣象局玉山北峰測站的逐月降雪量加以比較(圖21);以上降雪的資料紀錄調查,首先顯示了雪山圈谷和中央氣象局玉山北峰南北兩大高峰的降雪特徵,呈現出雪山圈谷因緯度與地形特徵,單日降雪量和雪季累積未融化的雪深都遠大於玉山北峰,表5陳列兩地各年雪季的降雪量。其次,台灣降雪現象的年際之間變化量很大,比如2016年和2017年雪山圈谷和玉山北峰前後兩年兩地雪季總降雪量(cm)各有3.3倍和4.9倍差異。

高山積雪具有降水延遲之特色,對於高山生態與水文有顯著貢獻,因此值得持續記錄這一現象。本計畫和中央氣象局高山氣象站網建置廠商持續連繫,了解其可能如何協助雪管處,降低雪尺影像解析度並將影像每日少量但能即時回傳雪管處加以公告與進階應用。該廠商自2017年1月起在合歡山山頂中央氣象局測站,測試網路攝影機拍攝雪尺的影像即時回傳伺服器和手機LINE群組,圖22即

為3月8日清晨山頂雪景樣本。然而雪山圈谷地形遮蔽嚴重，無線電通訊必須經由桃山做為中繼轉發，並且耗電量仍然是短期難以克服的因素，該公司提供的規畫書在工程技術上影像傳輸已測試同系列產品和外罩加熱除冰問題，目前嘗試製作護鏡前方的溫控裝置，細節請參見光碟片中的「雪山影像系統 1128F.pdf」，做為委託單位進行雪山圈谷雪季近即時影像的可行方案參考。

D. 雪管處雪見氣象站歷年資料與合作測站推展

雪管處雪見氣象站自2013年5月啟用迄今，是經由雪管處自然保育科以LogNet軟體連結雪管處雪見氣象站的資料紀錄器，加以下載回存雪管處電腦硬碟。本計畫已將2013年~2017年所有資料，比照SP1、SP3歷年格式(4-1節)加以整理和分年存檔(參見光碟片內容SJ目錄夾)。此外，我們也將每一種氣象要素的2014~2017年四年期間逐月每小時的統計特徵值(平均值、極大值、極小值)加以整理成csv格式(參見光碟片內容SJ_2014-2016 hourly summary目錄)。統計盒鬚圖(box plot)與其”極大-75%-中位數-25%-極小值”五項數據(如圖14)也加以整理完成(參見光碟片內容SJ/sj_box目錄夾)，逐月的風花圖則參見光碟片內容SJ/sj_WR目錄夾。

關於雪見氣象站納入中央氣象局合作測站網的進度，本計畫於5月中旬會同中央氣象局委託廠商(勤睿公司)代表，抵達雪管處瞭解遠端下載雪見氣象資料之現有程序和軟硬體設施。隨後由本計畫提供勤睿公司LogNet軟體，由該公司確認可以比照雪管處方式，自中央氣象局遠端即時下載雪見氣象站資料。6月15日~7月31日期間進行資料存取之穩定性測試；其中發現6月下旬起無法遠端連結雪見氣象站，經過9月下旬由本計畫共同指持人抵達現場檢測設備，發現應是紀錄器網路卡或是網路線有異狀，經過11月23日更換紀錄器網路卡後，恢復遠端資料連結功能；這一測站已經由雪管處於7月向中央氣象局遞出合作測站申請，測站代表被核定為A0E70(見表4)，預計12月氣象局官網正式上線雪見氣象資料。

第二節 三六九山莊雲霧水-露水收集成效評估

本計畫於去年(2016年)4月1日~7日進駐三六九山莊，選定山莊廁所舊址鋼架之上安裝 WXT520 氣象站以及雲霧攔截網。兩組攔截網(截面積 1.8m*1.2m)排列成 L 型，一面朝東一面朝南，以便攔截由東面斜坡下方谷地的升坡霧，以及伴隨西風翻越雪山東峰山脊而衝下到山莊的雲霧(參見圖 5 與圖 10)。隨後在同年 12 月 11 日在雲霧水攔截網後方再安裝露水蒐集器(參見圖 11)；表 6 整理了 12 次不同時間長度、有無下雨(各 6 次)情境下的傾斗計數次數(每斗 4.28 ml)，來加以評估雲霧水和露水的單位面積(1 平方米)每小時的攔截水量(單位，ml/小時/m²)。

綜合言之，在冬季「有降水」(毛細雨)的情境下，雲霧水的每小時單位面積(m²)攔截水量是介於 45 ml (項次 1)~431 ml (項次 4)，露水斜板(宛若斜屋頂)每小時單位面積(m²)攔截水量是介於 387 ml (項次 1)~915 ml (項次 4)。在冬季「無降水」的情境下，雲霧水的每小時單位面積(m²)攔截水量是介於 17 ml (項次 6)~431 ml (項次 4)，露水斜板(宛若斜屋頂)每小時單位面積(m²)攔截水量是 192 ml (項次 6)，2017 年 1 月 30 日清晨 04:30~08:00 之間，這些數據將能提供下一節三六九山莊重建後的旱季(12 月~4 月)水量蒐集方案的參考。

第三節 三六九山莊重建設計之雲霧水-露水收集建議

本計畫於 5 月 31 日自「吳夏雄建築師事務所」取得三六九山莊興建工程的立體圖樣檔案，透過 SketchUp 軟體開啟並旋轉東、西、南、北四種方位的視覺平面(圖 23)，以及擷取一張山莊與枯木斜坡的疊合景觀假想圖(圖 24)。根據上節 WXT520 全年度的風花圖(圖 15)資訊，山莊除了 1~2 月有強烈北風，其他 3~12 月大都呈現微弱上坡的東風以及稍強下坡的西風這般的山谷風型態。其面東的觀景露台的欄杆尺度是高度(1.1m)、寬度(26.25m)，形成一片面積約 28.9m^2 的雲霧水攔截面積；面南的廚房(高度 3.6m、寬度 7.45m)截面積則是約 26.82m^2 ；面西枯木斜坡的山莊入口，在廁所牆面約有一片約高度 1.4m、寬度 7m(截面積則約 9.8m^2)，假設豐沛雲霧由東向斜坡湧升潮濕氣流觸及觀景露臺，或是豐沛雲霧由潮濕西風氣流翻越雪山東峰山稜線下沖觸及山莊廁所和廚房(圖 25)，則能攔截到 $342\text{ml}/\text{m}^2/\text{hr}$ (無雨)~ $915\text{ml}/\text{m}^2/\text{hr}$ (有雨)的水量，經由”導水槽”到水桶約有 $9.4\text{L}/\text{hr}$ (無雨)~ $25.2\text{L}/\text{hr}$ (有雨)的水量。此外，起居室以及廁所屋頂向東與向西雙斜面各有 303m^2 和 29m^2 面積(圖 26)，因此旱季期間(12~4 月)可用來蒐集露水約 $5.6\text{L}/\text{hr}$ (廁所)~ $58.2\text{L}/\text{hr}$ (起居室)的水量(以 $192\text{ml}/\text{m}^2/\text{hr}$ 估計)。以上有關雲霧水露水攔截網和位置，是考量保持山莊原有景觀、不另外增設土木設施為前提。

向東向南的屋頂空間除了考量太陽光電板設施之外，也建議考量”導水槽”設計以及移動爬梯，做為日常屋頂和導水槽清潔維護。此外，建議雪管處能在廚房的電池室外側，安置避雷針與氣象觀測竿，以及小型風力發電機機組(圖 24 下圖)，同步建立環境友善的電力和水資源設施並兼具環境教育意義。

表 5 玉山北峰和雪山圈谷兩地各年度雪季期間的單季總降雪量(單位：cm)

年代/月份	玉山北峰	雪山圈谷
2012/12~2013/04	70	71
2013/12~2014/04	72	84
2014/12~2015/04	26	118
2015/12~2016/04	74	251
2016/12~2017/04	15	75

表 6 2016 年 12 月~2017 年 3 月三六九山莊雲霧水露水攔截紀錄個案一覽

項次	日期 (年/月/日/時間)	有無降雨	露水凝結 (斗數, 水量/小時)	雲霧攔截 (斗數, 水量/小時)
1	2016/12/22 04 : 30~19 : 00 (14.5 hr)	Yes	1319, 389ml	152, 44.9ml
2	2016/12/27 23 : 30~12/29 06 : 30 (31 hr)	Yes	5410, 771.8ml	1224, 174.6 ml
3	2017/01/12 19 : 00~23 : 00 (4hr)	No	0	114, 121.9ml
4	2017/01/13 12 : 30~01/14 14 : 00 (25.5hr)	Yes	5451, 914.9ml	2569, 431.2ml
5	2017/01/15 09 : 30~18 : 30 (9.5hr)	Yes	883, 397.8ml	366, 164.9ml
6	2017/01/30 04 : 30~08 : 00 (3.5hr)	No	157, 192 ml	14, 17.1 ml
7	2017/02/01 02 : 30~18 : 30 (13.5hr)	No	0	387, 122.7 ml
8	2017/02/22 11 : 00~20 : 00 (9 hr)	Yes	堵塞	1790, 851.2 ml
9	2017/02/24 16 : 00~02/25 20 : 00 (28hr)	Yes	堵塞	1110, 169.7 ml
10	2017/02/25 20 : 00~02/27 01 : 30 (29.5 hr)	No	堵塞	2357, 342 ml
11	2017/03/01 05 : 30~03/02 04 : 00 (22.5hr)	No	堵塞	205, 39 ml
12	2017/03/06 02 : 00~11 : 00 (9hr)	No	堵塞	695, 330.5 ml

備註：一斗水 = 4.28 ml

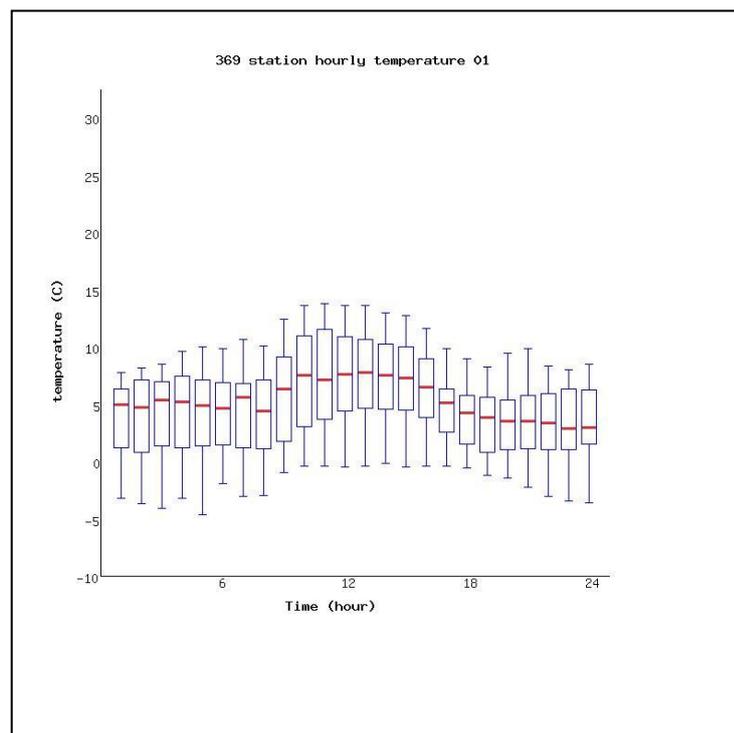
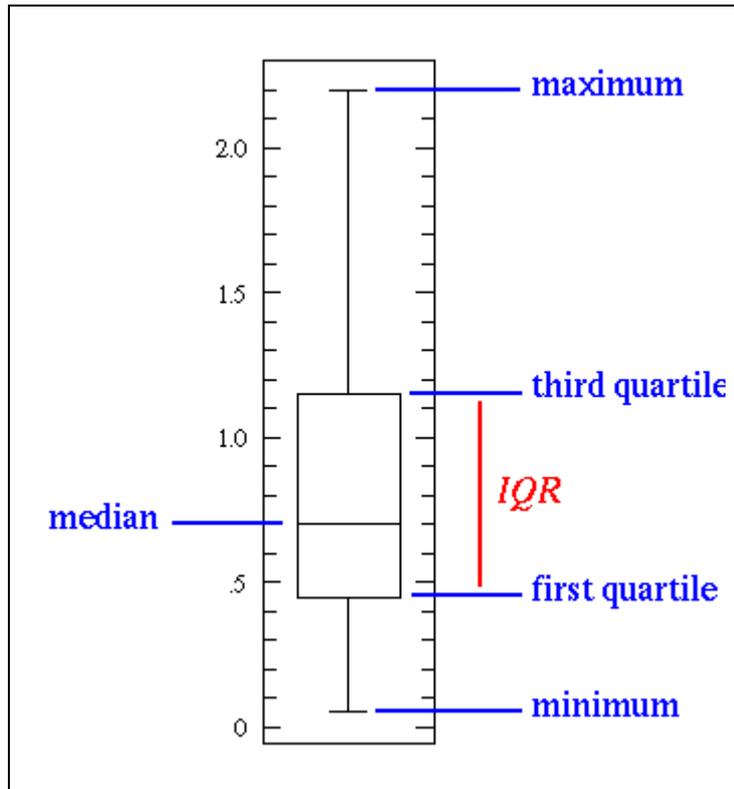


圖 14 (上)Box-plot(盒鬚圖)涵義，從上而下分別是最最大值、上四分位數(75%)、中位數、下四分位數(25%)及最小值。(下)三六九山莊 WXT520 氣象站一月份 00:00~23:00 為例，其一月份 12:00 氣溫的最大值、上四分位數(75%)、中位數、下四分位數(25%)及最小值分別是 12.59°C、10.04°C、7.07°C、4.05°C、0.41°C(數據參見光碟片/wxt520 目錄夾內檔案)。

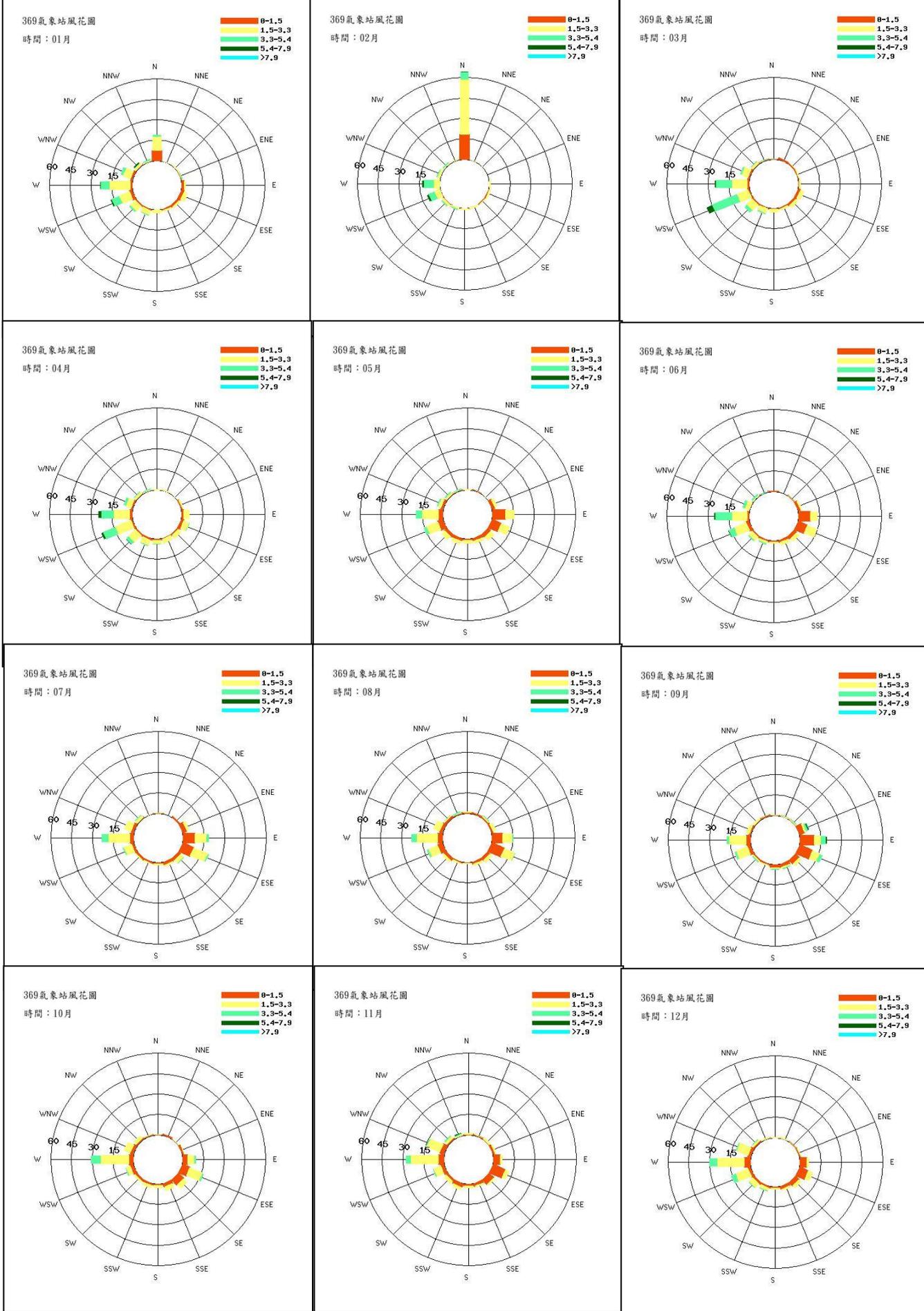


圖 15 三六九山莊 2016 年 4 月~2017 年 3 月期間 WXT520 氣象站風花圖。



圖 16 SP1 與 SP3 氣象站拆卸後的設備、支架、電瓶、太陽能充電板等，左上角照片是攜回臺灣大學加以報廢，其餘照片內容物均轉移給三六九山莊志工繼續使用。

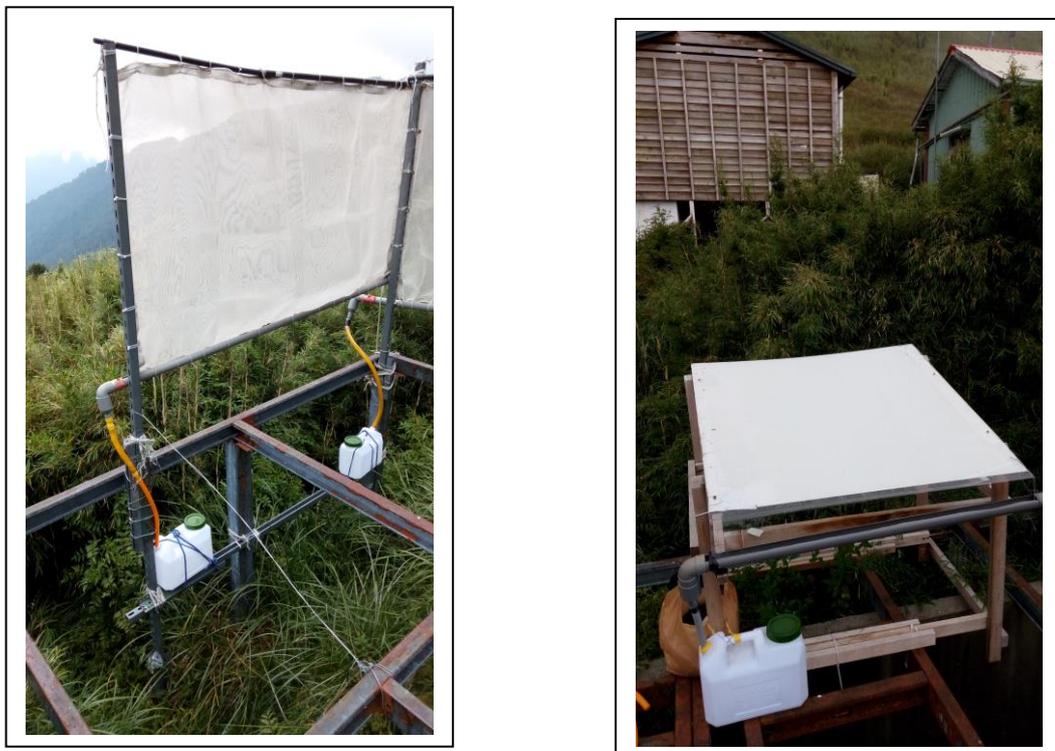


圖 17 SP3 雲霧攔截網(左)與露水攔截平板(右)現地設施和新儲水桶。

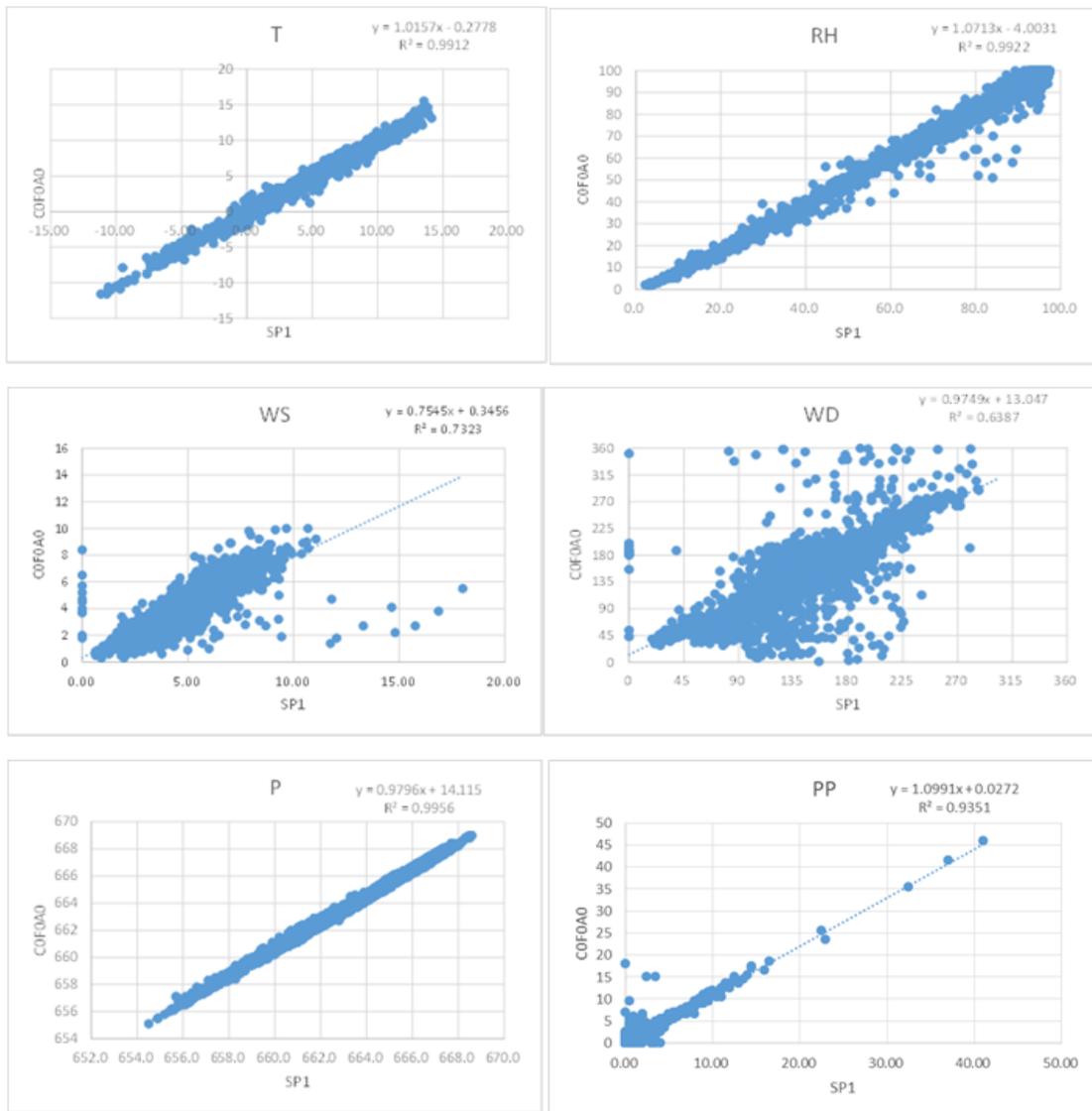


圖 18 氣象局雪山圈谷測站(COF0A0)和 SP1 測站在 2016 年 8 月~2017 年 8 月期間六種氣象參數(T：氣溫、RH：相對溼度、WS：風速、WD：風向、P：氣壓、PP：小時降雨)的比較。

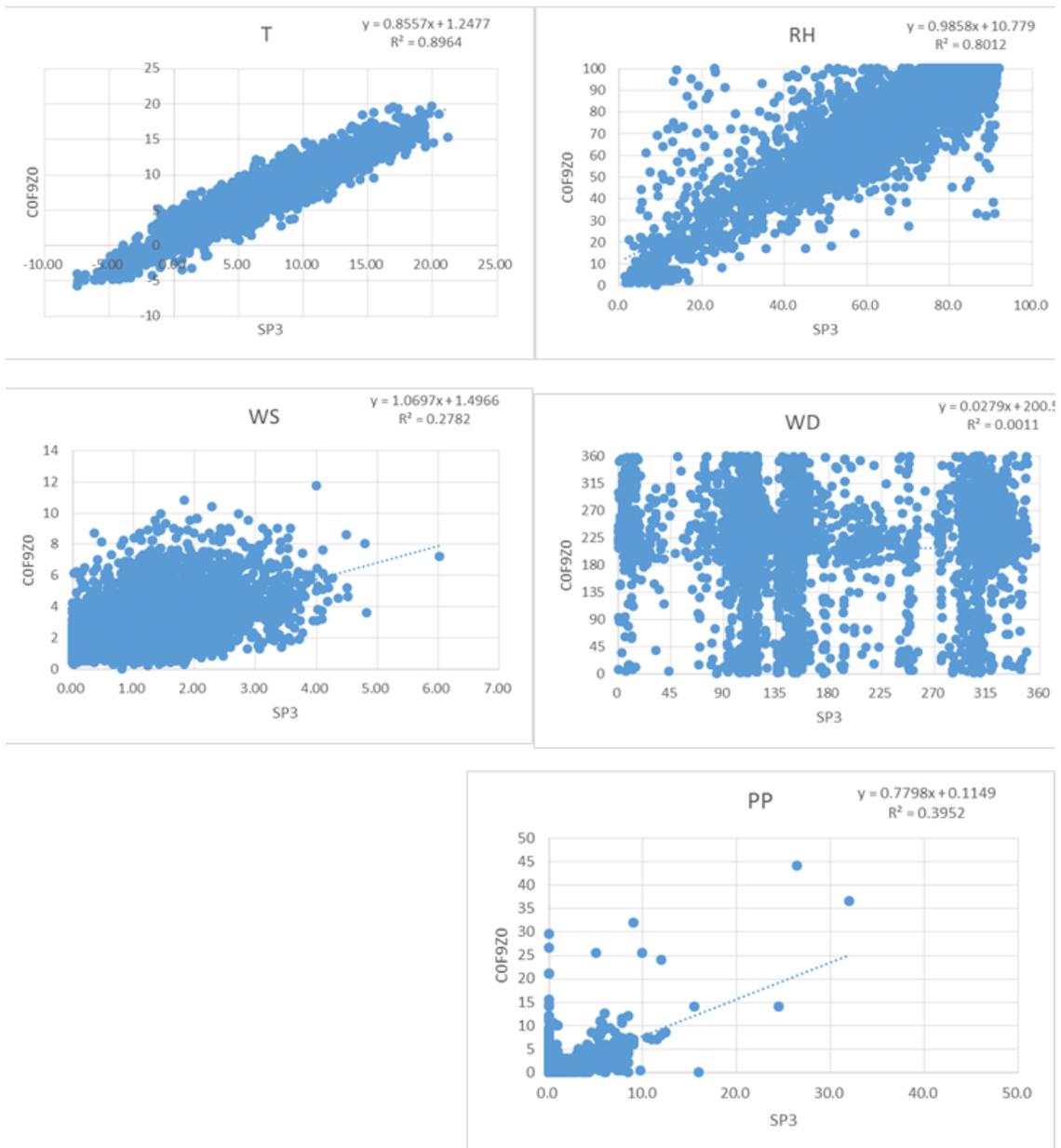


圖 19 氣象局雪山東峰測站(COF9Z0)和 SP3 測站在 2016 年 8 月~2017 年 8 月期間五種氣象參數(T：氣溫、RH：相對溼度、WS：風速、WD：風向、PP：小時降雨)的比較。

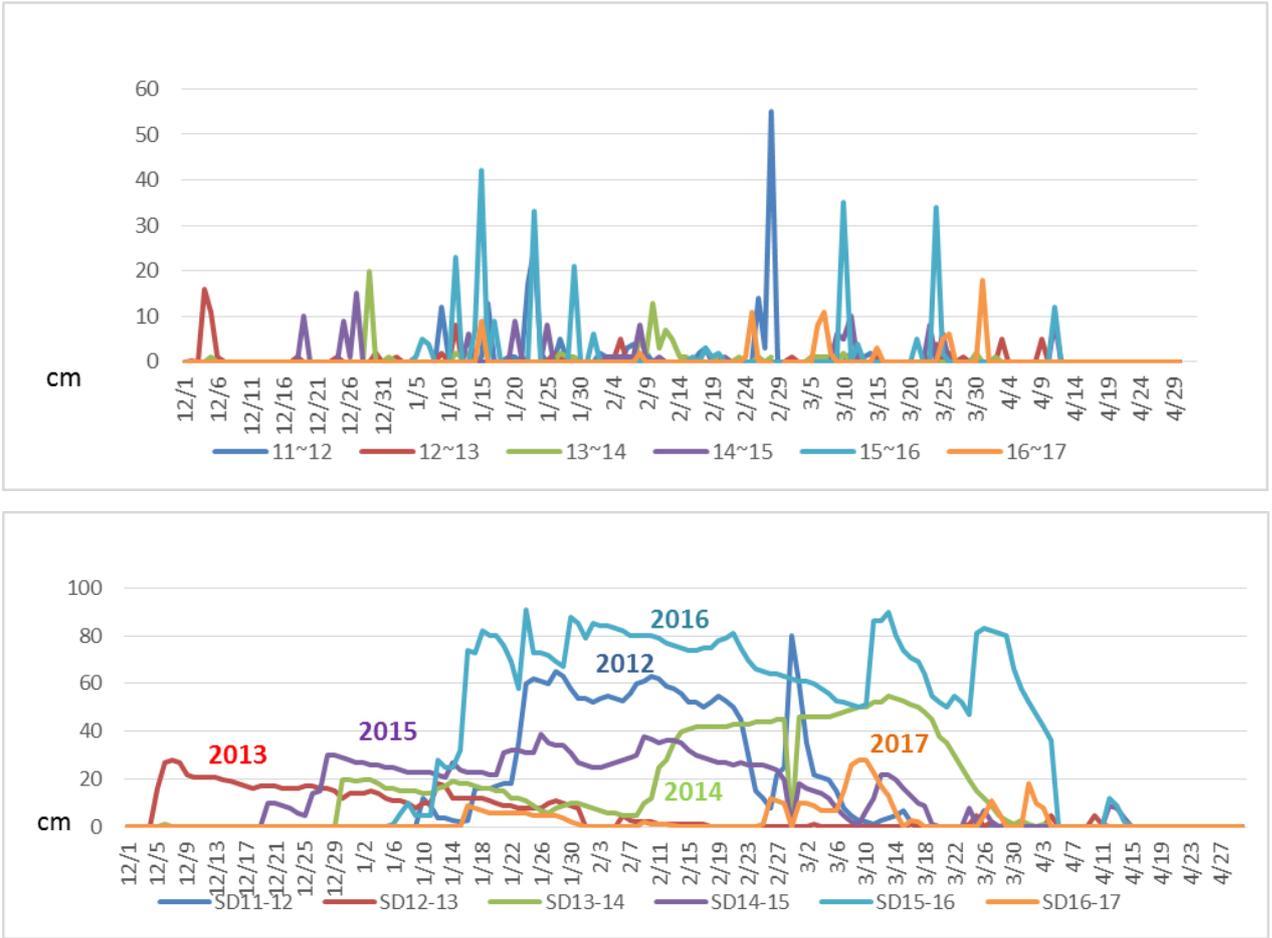


圖 20 2011~2017 年雪季(12 月~4 月)雪山圈谷(上)降雪量(下)積雪量時間序列圖。(單位：cm)

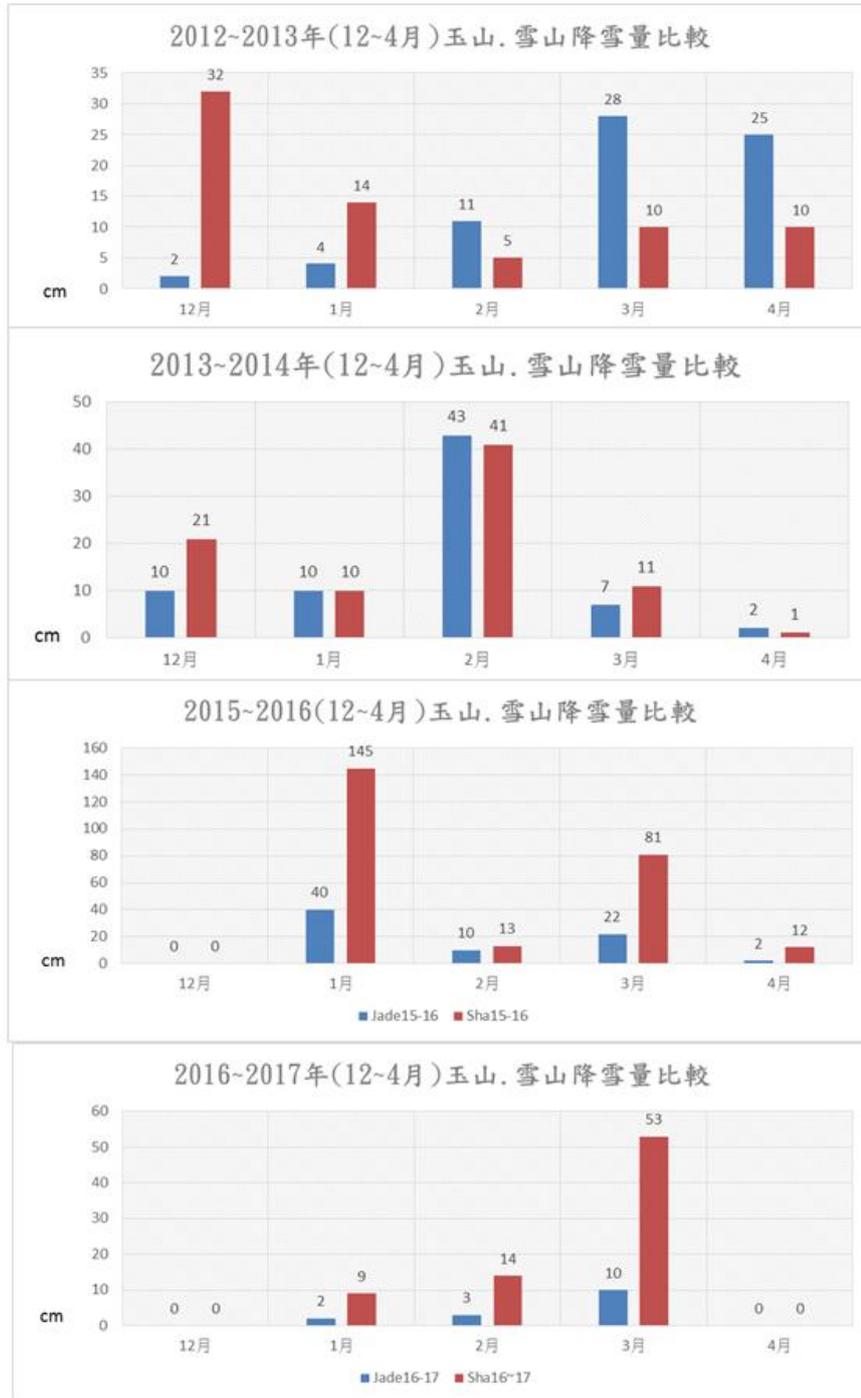


圖 21 2012~2013 年、2013~2014 年、2015~2016 年、2016~2017 年等四年雪季 (12 月~4 月)雪山圈谷與玉山北峰逐月積雪量(單位：cm)的比較。



圖 22 翰昇公司於合歡山山頂氣象局測站測試之攝影機拍攝雪尺樣本(2017 年 3 月 8 日)。

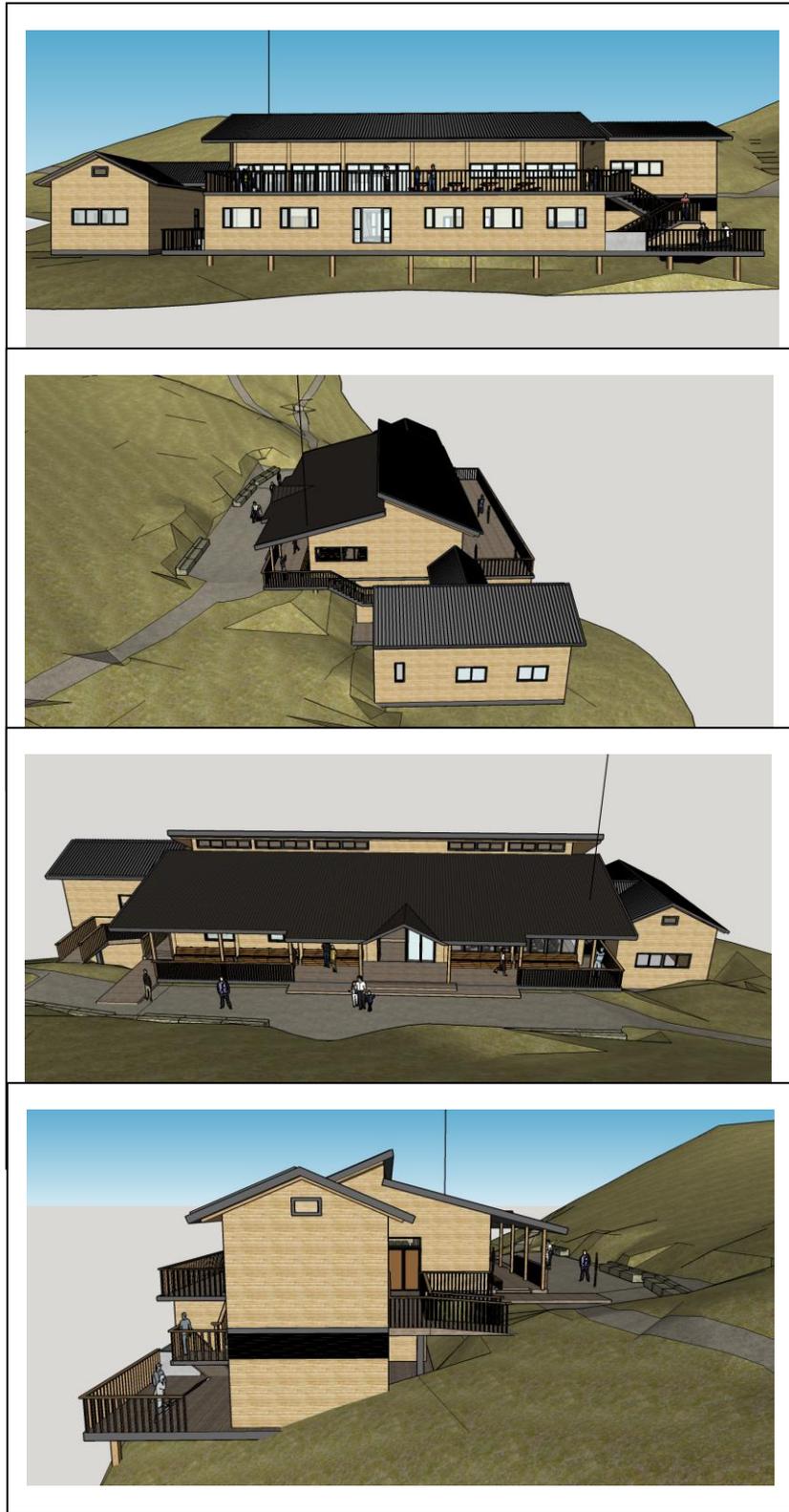


圖 23 新建三六九山莊 3D 圖樣之面東向-南向-西向-北向(由上而下)四種方位視覺示意圖(吳夏雄建築事務所提供)。

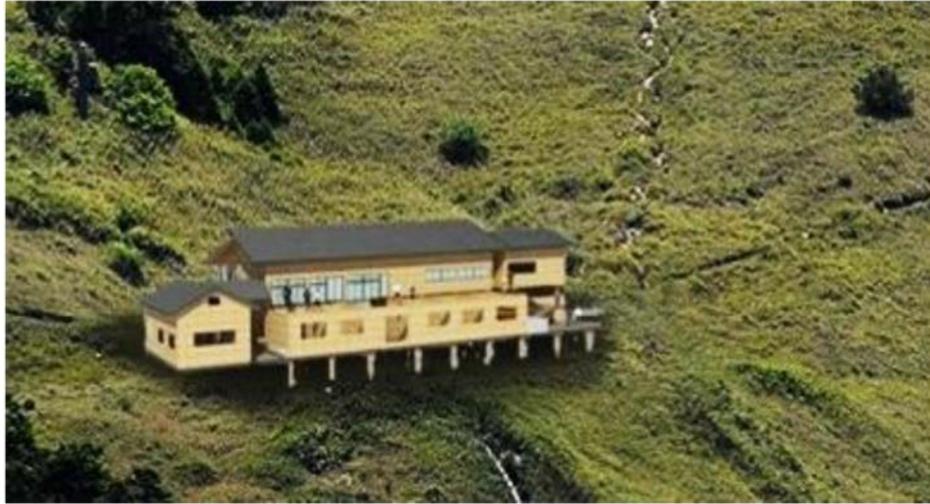


圖 24 (上)新建三六九山莊 3D 圖樣與枯木山坡疊合的景觀假想圖 (吳夏雄建築事務所提供)(下)增設避雷針、發電風車、氣象站位址示意圖。

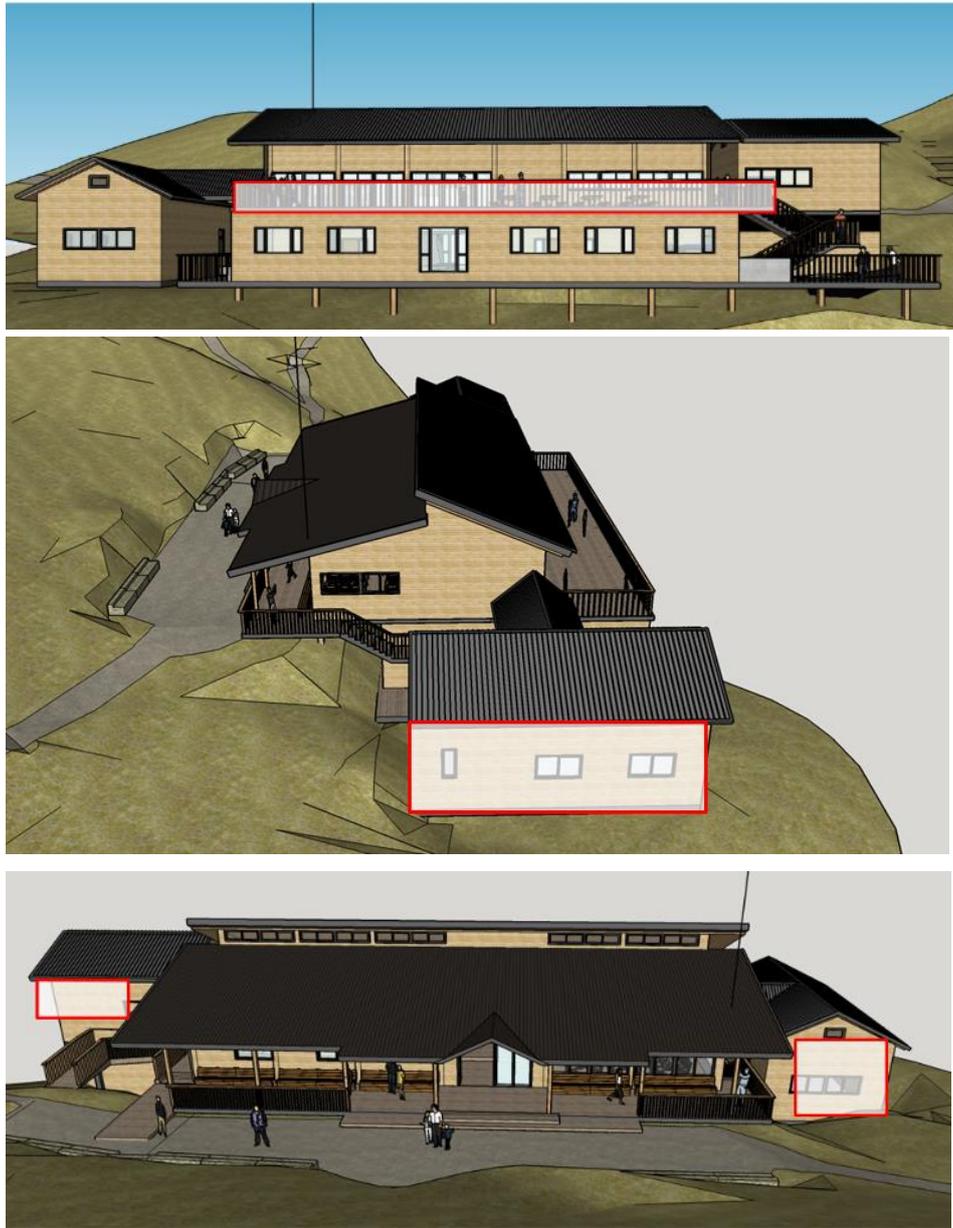


圖 25 新建三六九山莊不同方位的雲霧水攔截網可行位址。

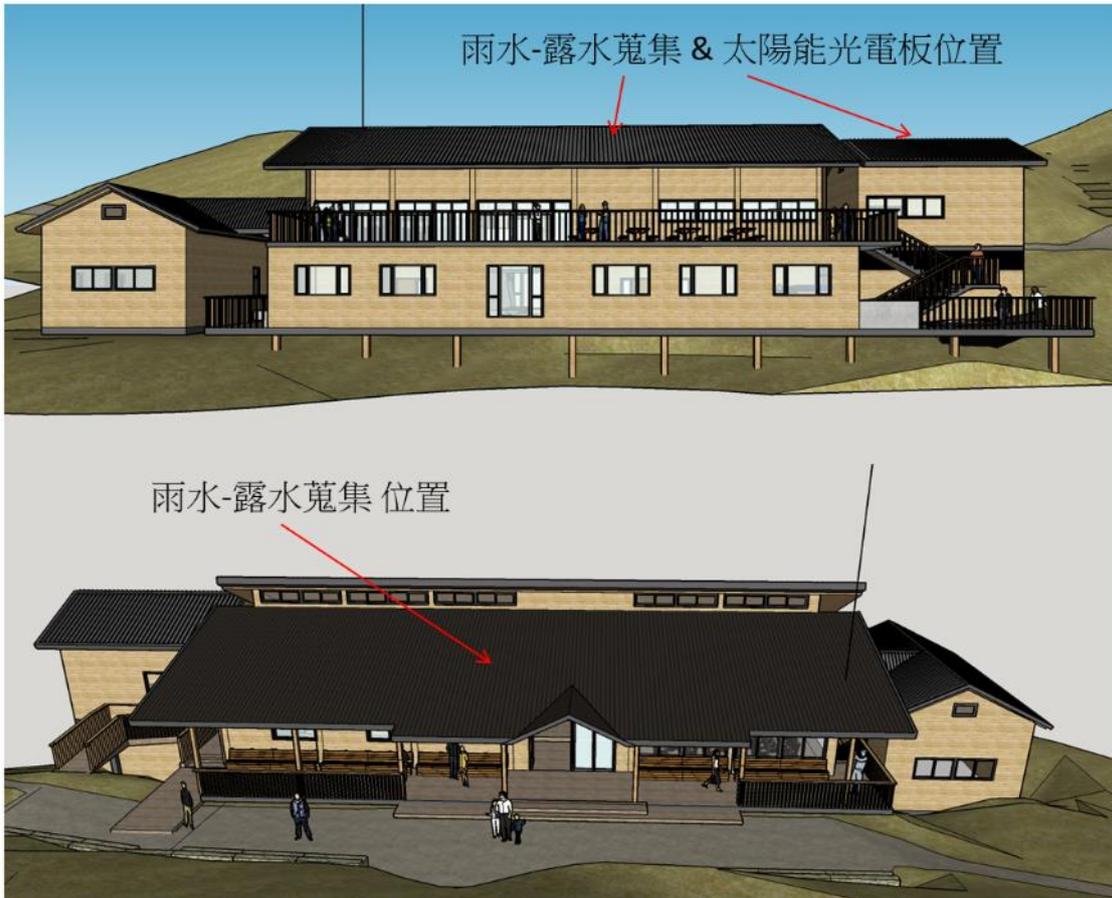


圖 26 新建三六九山莊不同方位的雨水露水蒐集之可行位址。

第三章 建議事項

1. 立即可行建議

(1)中央氣象局雪東線三處高山氣象站(桃山、雪山東峰、雪山圈谷)逐時資料已經呈現在氣象局官方網站(觀測-目前天氣-觀測-中部-台中市)，但民眾難以查閱其位址。建議雪管處將這一資訊加以拉出放置在雪管處入口網頁首頁或有顯著連結圖案。

(2)上述氣象即時資料雖然也以 LED 跑馬燈看板呈現在武陵農場雪東登山檢查站門口斜上方牆壁，但登山客難以察覺留意，建議雪霸管理處加以更換更顯著位置。

(3)中央氣象局也在玉山國家公園玉山主峰風口、太魯閣國家公園的南湖大山以及奇萊山增設 6 套同款氣象站設備。建議由營建署統一辦理高山志工氣象維護教育訓練課程，讓氣象觀測資料品質持續保持。

(4)科普文章「高山上的水資源存摺---雪山地區霧雨雪三種水象因子之季節特色」初稿完成(光碟片內容之一)，可以進一步修潤使用。

建議主辦機關：營建署、雪霸國家公園管理處

建議協辦機關：國立臺灣大學大氣科學系、中央氣象局

2. 中長期建議事項

雪山圈谷冬季降雪量影像紀錄已隨本計畫結案後中止觀測，然而雪尺以及觀測架仍在原處。中央氣象局協力廠商(翰昇公司)持續測試較可行的戶外相機(自動拍照、加溫與影像定時傳輸)性能。建議管理處持續追蹤其可用性效能，適時安裝在雪山圈谷氣象站，藉由中央氣象局現有支架與太陽能光電電力設備，將冬季圈谷雪深影像傳送到桃山中繼站，再轉送到管理處加以(準)即時監測與發佈雪況資訊。

建議主辦機關：雪霸國家公園管理處

建議協辦機關：中央氣象局、翰昇環境科技公司

參考文獻

- 邱清安，林博雄，謝旻耕， 2005: 台灣地區氣象測站之詮釋資料與日氣溫、日降水量之資料檢定。 *氣象學報*，**45**，33-46。
- 張譯心、林博雄、 魏聰輝、 謝新添，2012：雪山冬季降雪之微氣象觀測。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，台北。
- 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**，249-265。
- 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。
- 國家公園季刊，2011: 捕風捉雲感受生息 探索雲霧帶裡的秘密。三月號，30~37。
- Egger, A. and A. Carpi, 2008: Data Analysis and Interpretation. *Vision Learning*, 1, 2008.
- Guan, B.T., H.W. Hsu, T.H. Wey and L.S. Tsao, 2009: Modeling monthly mean temperatures for the mountain regions of Taiwan by generalized additive models. *Agr. For Meteorol.* **149**，281-290.
- 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. **Soil Physics**, Chap.5:159-195. John Willey & Sons Inc. New York. USA.
- Klemm, O., R. S. Schemenauer, A. Lummerich, P. Cereceda, V. Marzol, D. Corell, J. Heerden, D. Reinhard, T. Gherezghiher, J. Olivier, P. Osses, J. Sarsour, E. Frost, M. J. Estrela, J. A. Valiente and G. M. Fessehaye, 2012: Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives. *AMBIO*, *41*，221–234 (DOI 10.1007/s13280-012-0247-8.)
- Lai, Y. J., C. F. Li, P. H. Lin, T. H. Wey and C. S. Chang, 2012: Comparison of MODIS land surface temperature and ground-based observed air temperature on complex topography. *International Journal of Remote Sensing*, **33**(24):7685-7702. doi:10.1080/01431161.2012.700422.
- Rosenberg, B.V., 1983. Soil heat flux and soil temperature. **Microclimate-The Biological environment**, chap.2:94-115. John Willey & Sons Inc., New York, USA.
- Schemenauer, R.S., and P. Cereceda. 1994a: A proposed standard fog collector for use

in high elevation regions. *Journal of Applied Meteorology* **33**, 1313–1322.

WMO, 2008: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation.

附件一 「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」期中審查會議紀錄

「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」 期中審查會議紀錄

壹、會議時間：106年6月28日（星期三）下午14時整

貳、會議地點：本處第1會議室

參、主席：鍾處長銘山（鄭副處長瑞昌代） 記錄：傅國銘

肆、出(列)席單位及人員：詳如簽到簿

伍、討論事項

一、李委員育棋：

- (一) 本研究團隊蒐集的雪山氣象資料確實相當珍貴，氣象站一旦設立完成就必須維持維運，目前雪山圈谷及雪山東峰氣象站已有中央氣象局氣象站設立完成約1年了，更須透過與管理處共同辦理志工訓練，藉由志工的協助來維持未來的維護。
- (二) 臺大團隊的試驗研究用氣象站已功成身退，8月預計要撤除時麻煩告知中央氣象局，以便取得試驗測站氣象資料進行目前儀器的校正。
- (三) 氣象資料蒐集後都必須經過品管，本研究所累積多年的氣象資料如果能提供中央氣象局做為背景資料。
- (四) 雪見氣象站納入中央氣象局測站部分，會給予固定編號及進行儀器校驗，確定沒問題後再納入。
- (五) 報告書最後一頁有關地表可感熱通量累積表，2013年五月份的資料不太合理，請檢測是否有誤，其餘部分亦有類似狀況。

受託單位回應：

- (一) 協助氣象資料蒐集維護的志工訓練與服勤可以規劃SOP，透過保育志工上山服勤時順便協助氣象站的簡易維護，如拍照、清

潔雨量筒及回覆狀況等工作，雪管處也可以適時給予志工們獎勵。

(二) 有關本研究原先設置之圈谷氣象站及 369 氣象站將於 8 月中旬拆除，會通知雪管處及中央氣象局配合共同上山勘驗，原則拆除後的儀器全部帶回(臺灣大學財產)，但支架及太陽能板等可以留下提供後續有效利用。

(三) 熱通量資料會再檢查後予以修正。

二、本處意見：

(一) 試驗用氣象站太陽能電池蓄電容量多大?是否可提供管理處未來做無線電中繼站使用?

(二) 報告書中提到合歡山利用自動相機拍攝雪尺標，來獲得即時雪深資料，是否採用無線電波傳輸?

(三) 可否提供 369 山莊主動式雲霧收集評估?另土溫資料與植物物候息息相關，亦可提供中興大學團隊研究雪山線物候調查使用。

(四) 建議可將氣象站蒐集的資料即時提供予登山遊憩使用。

受託單位回應：

(一) 氣象站所蒐集的資料量都很小，所以氣象站蓄電池容量不大(12V 汽車電瓶)，目前雪山圈谷站及雪山東峰站都透過桃山中繼站將氣象資料傳送出去，未來是否足以提供無線電中繼站使用還要雪管處評估看看。

(二) 合歡山雪深尺標自動照相機是利用市電來傳輸，非採無線電波方式。

(三) 369 山莊主動式雲霧水攔截網可列入評估參考，另土溫也會提供中興大學研究團隊參考。

(四) 目前雪山圈谷氣象站及雪山東峰氣象站即時氣象資料，有透過

回傳至中央氣象局的資料，再經由網路即時顯示於雪山登山口服務站跑馬燈上，登山遊客可於此知道最新的氣象訊息。

(五) 其餘報告書建議事項遵照修改。

陸、結論

一、本次審查會議原則通過，請受託單位依各與會人員之建議修正，並將修正意見列表回覆本處。

二、依合約規定辦理撥付第 2 期款相關事宜。

柒、散會：下午 16 時 10 分

雪霸國家公園管理處

106 年度委託研究計畫期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱	雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗	
計畫編號	SP10608	
計畫主持人	林博雄	
執行單位	國立臺灣大學	
審查委員姓名	審查意見	執行單位處理說明
李委員育棋	<p>(一) 本研究團隊蒐集的雪山氣象資料確實相當珍貴，氣象站一旦設立完成就必須維持維護，目前雪山圈谷及雪山東峰氣象站已有中央氣象局氣象站設立完成約 1 年了，更須透過與管理處共同辦理志工訓練，藉由志工的協助來維持未來的維護。</p> <p>(二) 臺大團隊的試驗研究用氣象站已功成身退，8 月預計要撤除時麻煩告知中央氣象局，以便取得試驗測站氣象資料進行目前儀器的校正。</p> <p>(三) 氣象資料蒐集後都</p>	<p>(一) 協助氣象資料蒐集維護的志工訓練與服勤可以規劃 SOP，透過保育志工上山服勤時順便協助氣象站的簡易維護，如拍照、清潔雨量筒及回覆狀況等工作，雪管處也可以適時給予志工們獎勵。</p> <p>(二) 有關本研究原先設置之圈谷氣象站及 369 氣象站將於 8 月中旬拆除，會通知雪管處及中央氣象局配合共同上山勘驗，原則拆除後的儀器全部帶回(臺灣大學財產)，但支架及太陽能板等可以留下提供後</p>

	<p>必須經過品管，本研究 所累積多年的氣象資 料如果能提供中央氣 象局做為背景資料。</p> <p>(四) 雪見氣象站納入中 央氣象局測站部分，會 給予固定編號及進行 儀器校驗，確定沒問題 後再納入。</p> <p>(五) 報告書最後一頁有 關地表可感熱通量累 積表，2013 年五月份的 資料不太合理，請檢測 是否有誤，其餘部分亦 有類似狀況。</p>	<p>續有效利用。</p> <p>(三) 謝謝指教。</p> <p>(四) 會後進一步與氣 象局測政組聯繫合作 測站所需備齊之文 件。</p> <p>(五) 熱通量資料會 再與共同主持人重新 驗算後予以修正。</p>
<p>本處意見</p>	<p>(一) 試驗用氣象站太陽 能電池蓄電容量多 大?是否可提供管 理處未來做無線電 中繼站使用?</p> <p>(二) 報告書中提到合歡 山利用自動相機拍 攝雪尺標，來獲得 即時雪深資料，是 否採用無線電波傳 輸?</p> <p>(三) 可否提供 369 山莊</p>	<p>(一) 氣象站所蒐集的 資料量都很小，所 以氣象站蓄電池容 量不大(12V 汽車電 瓶)，目前雪山圈谷 站及雪山東峰站都 透過桃山中繼站將 氣象資料傳送出去 ，未來是否足以提 供無線電中繼站使 用尚須與雪管處共 同評估。</p> <p>(二) 合歡山雪深尺</p>

	<p>主動式雲霧收集評估?另土溫資料與植物物候息息相關，亦可提供中興大學團隊研究雪山線物候調查使用。</p> <p>(四) 建議可將氣象站蒐集的資料即時提供予登山遊憩使用。</p>	<p>標自動照相機是利用市電來傳輸，非採無線電波方式。目前合作廠商也在陽明山區進行測試，對方將在11月提供雪管處具體建議書。</p> <p>(三) 本計畫曾使用中央研究院主動式雲霧蒐集器，但抽風扇用電與噪音可能不適合369山莊使用，但會再期末報告加入評估參考；另土溫也會提供中興大學研究團隊參考。</p> <p>(四) 目前雪山圈谷氣象站及雪山東峰氣象站即時氣象資料，有透過回傳至中央氣象局的資料，再經由網路即時顯示於雪山登山口服務站跑馬燈上，登山遊客可於此知道最新的氣象訊息。雪見氣象資訊上網公開進度也會持續</p>
--	--	---

		督促中央氣象局委託廠商的進度如期完成之。
--	--	----------------------

附件二 「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」期末審查會議紀錄

「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」

期末審查會議紀錄

壹、會議時間：106年12月8日（星期五）上午10時整

貳、會議地點：本處第1會議室

參、主席：鍾處長銘山

記錄：陳家鴻

肆、出(列)席單位及人員：詳如簽到簿

六、討論事項

一、許委員皓淳：

- (一) 10/27-29 個人前往雪山時有注意到 369 山莊廁所前的雲霧攔截網已傾斜破損，建議能予以撤除，維護環境整體景觀。
- (二) 建議修飾期末報告部分內容用字，例如第二節計畫目標之第 1 方案 (d) ...並持續協助雪管處『督促』中央氣象局...；第四節研究的區域方法之 4-1 彙整分析之 D 項...協助雪管處『督促』中央氣象局...。
- (三) 氣象局雖已完成雪山東峰、雪山圈谷與桃山的高山自動氣象站，惟經研究計畫主持人分析結果，顯示 369 山莊的天候狀況與雪山東峰的自動氣象站仍有差異。建議雪管處在規劃 369 山莊新建案的氣象觀測站時，能有自動發報系統，且自動發報格式能與氣象局相同，以利後續納入氣象局資料系統網路。
- (四) 中央氣象局的高山氣象觀測計畫將於 109 年完成，369 山莊若於期程內興建完成即可配合。若以使用者之需求如溫度、降雨或風向等簡單數值，可先做簡易的資料收集設施，直接於 369 山莊內顯示供山友瞭解。
- (五) 計畫主持人在第三章建議之短、中長期事項應屬可行，建議委

託單位可考慮採納。

受託單位回應：

- (一) 有關文章內容「督促」用詞會加以修訂改進。
- (二) 破損之雲霧攔截網可再安排撤網事宜(或更換網面)。
- (三) 當初於雪山東峰設置氣象站是考量到山難救助供直昇機起降所需之當地氣候參考，369 山莊之氣象站未來雪管處在改建工程中可以再行規劃。

主席裁示：

- (一) 未來 369 山莊改建時，雲霧收集之設計部分會再與建築師討論列入工項之一，屆時會再請教林老師與許委員。
- (二) 破損之雲霧攔截網若容易更換網面則可以保留使用。請保育課、遊憩課與受託單位評估請志工協助換網，繼續運作與觀測，請遊憩課列入志工服勤的工作項目之一。

二、本處意見：

(一) 企劃經理課：

受託單位建議將氣象資料放在網站上，未來會考慮將氣象資訊放入本處全球資訊網之登山資訊頁面中。

(二) 遊憩服務課：

1. 目前會把觀測資料分享至雪霸國家公園登山資訊分享站臉書粉絲頁。

2. 在雪尺的問題上，未來雪季服勤期間（1 至 3 月），369 山莊志工每日均會來回圈谷，可請志工協助拍攝照片作為資料累積與比對參考。

3. 氣象局網站中的武陵站地址在武陵，但從地圖資料上卻位於思源，是否該站顯示即為思源之測站資料？

4.報告書圖 20 中去年 1 至 2 月之雪量是指何種？例如：251 公分。

(三) 環境維護課：

- 1.感謝受託單位提供 369 山莊整年的氣象資料，雲霧水亦可提供未來山莊改建工程時之水源之一。
- 2.攔截網是否因材質而對其收集水之效果有限制？
- 3.雲霧露水攔截網亦可考慮設置在本處其他水源缺乏之登山路線，對山友有所幫助。

(四) 保育研究課：

- 1.報告書中缺頁碼。
- 2.表 6 的斗數是否可改以毫升 (ml) 表示？總收集數可否多一欄顯示平均每小時多少毫升？
- 3.可否提供建議之表格資料，顯示於 369 山莊雲霧水之收集位置、時間與季節何時能達到最好效果，供未來設置時之參考。

(五) 陳秘書俊山：

- 1.在經營管理方面，測站資料是否可預測某處的降雨(雪)情形？是否可與衛星資料比對得知降雨(雪)範圍？
- 2.未來 369 氣象站最大的問題應是維護，氣象局所屬的測站一般有 2 至 3 套設備做更換，並進行定期校正，可獲得精密資料，假如是由管理處自己來做，若是收集簡易的資料應是可行。

受託單位回應：

(一) 思源與武陵皆有測站，武陵測站從 2000 年之後就有，為退輔會請中央氣象局建置，但未納入中央氣象局之氣象站中。惟其資料呈現似乎有問題，目前尚在討論中。

(二) 圖 20 中之數值為累積降雪量。

(三) 表 6 的水量單位將加以更新，這些雲霧水和露水蒐集的水量估

計是針對 2016 年 12~4 月期間所估計，山區雨量年總雨量可達 3300mm，因此只要雨季期間有儲水設施應可應付。

- (四) 在經營管理上，高山降雨以及應用在防災議題上已在進行中；由衛星來看降雪地區在台灣山區測試的結果不理想，精確的定位結果有其侷限。

主席裁示：

- (一) 請保育研究課了解氣象站維護管理事宜。
- (二) 雲霧攔截網設備續留於 369 山莊，請遊憩課志工協助更新網面。
- (三) 圈谷若有必要裝設照相記錄之設備，後續請保育課評估是否以專案簽辦。
- (四) 未來 369 山莊改建時，請環境維護課可參考本案成果報告，除了雲霧水收集設施，再增加簡易氣象收集設施，併入同一工項中。

陸、結論

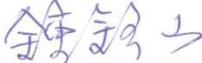
- 一、本次審查會議原則通過，請受託單位依各與會人員之建議修正，並將修正意見列表回覆本處。
- 二、依合約規定繳交相關資料辦理驗收結案並撥付第 3 期款相關事宜。

柒、散會：上午 12 時 20 分

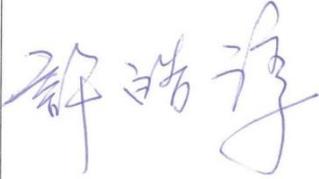
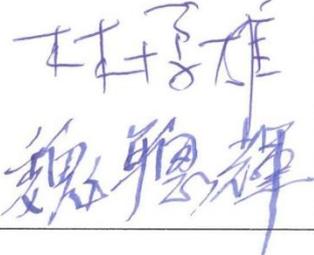
「雪霸地區氣象資料分析與雲霧露水捕集試驗」
 期末審查會議簽到表

壹、會議時間：106年12月8日(星期五)上午10時整

貳、會議地點：本處第一會議室

參、主席：鍾處長銘山  記錄：陳家鴻

肆、出(列)席單位及人員：

出 席 單 位	職 稱	姓 名
中 央 氣 象 局 許 皓 淳 簡 任 技 正 (審 查 委 員)	簡任 技正	
國 立 臺 灣 大 學 大 氣 資 源 與 災 害 研 究 中 心	副教授 	

單位	姓名
副處長	
秘書	陳俊山
企劃經理課	楊國華
環境維護課	許多祺
解說教育課	
遊憩服務課	潘振南
保育研究課	于麗芬 陳景明
武陵管理站	
觀霧管理站	
雪見管理站	
人事室	
行政室	
主計室	

附件三 雪山圈谷氣象站 2009~2017 年氣象
觀測逐月平均(或累積)統計值

氣溫 (單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		-0.11	-2.28	-0.47	-0.62	-1.26	0.29	-0.32	1.4	-0.42
Feb		0.38	-1.12	0.5	2.74	0.25	-1.51	-0.97	-0.01	0.03
Mar		3.18	0.98	2.94	2.39	2.76	2.49	0.46	1.05	2.03
Apr		4.72	3.14	4.03	3.68	4.63	4.37	4.91	4.17	4.21
May		6.92	6.54	6.78	6.54	6.2	7.41	7.59	6.58	6.82
Jun		8.23	8.94	7.29	8.49	9.26	9.88	8.88	8.19	8.65
Jul		9.02	8.75	7.38	8.23	9.64	8.48	9.18		8.67
Aug		8.55	8.12	6.93	8.57	8.5	7.94	8.92		8.22
Sep	8.02	7.52	7.8	7.3	7.55	8.33	8.15	8.3		7.87
Oct	6.77	6.65	5.99	6.4	6.24	6.02	6.79	7.6		6.56
Nov	4.12	3.01	4.59	3.1	2.93	3.36	4.57	4.51		3.77
Dec	-0.66	0.04	1.81	-0.21	-0.18	0.54	2.11	3.14		0.82
Mean	4.56	4.84	4.44	4.33	4.71	4.85	5.08	5.18	3.56	4.62
Max	8.02	9.02	8.94	7.38	8.57	9.64	9.88	9.18	8.19	8.76
Min	-0.66	-0.11	-2.28	-0.47	-0.62	-1.26	-1.51	-0.97	-0.01	-0.88

相對溼度(單位%)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		66	82.9	70.5	66.4	76.1	58.3	81.7	61	70.4
Feb		77.9	73.7	82.3	64.7	84.7	73.2	77.3	64.6	74.8
Mar		63.3	81.8	70.9	65.1	85.8	79.2	75.3	83.9	75.7
Apr		79.4	70.5	87.7	87.8	84.3	69.7	76.3	75.7	78.9
May		79.6	82	81.7	88.4	92.8	78.8	77	79.9	82.5
Jun		85.1	73.5	76.7	79.2	83.2	63	79	85.8	78.2
Jul		76.2	80.5	74.6	76	74.3	80.1	73.9		76.5
Aug		79.9	79.7	77.3	81.3	79.4	82.4	80.6		80.1
Sep	78.3	84.3	73.4	73.7	75.9	77.2	76.2	85		78
Oct	70.4	78.8	77.9	54.9	58.8	52.2	73.7	81.1		68.5
Nov	65.5	66	74.4	79.6	74.9	69.8	68.2	74.3		71.6
Dec	65.5	51.8	73.7	81.5	82.8	69.6	73.5	65.1		70.4
Mean	69.9	74	77	76	75.1	77.5	73	77.2	75.2	75
Max	78.3	85.1	82.9	87.7	88.4	92.8	82.4	85	85.8	85.4
Min	65.5	51.8	70.5	54.9	58.8	52.2	58.3	73.9	61	60.8

累積雨量(單位 mm)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		49.5	66	134	67.5	19.2	30.5	415	43.5	103.2
Feb		148	69.5	191	9.5	67.7	48	156	76	95.7
Mar		90	102.5	194	121	88.4	201	527.5	247	196.4
Apr		320.5	74.5	403.5	585.5	45.2	138	246.5	329.5	267.9
May		222	445	450.6	533.5	650	473.5	171.5	295	405.1
Jun		466.5	297	832.2	188	333.5	47	452.5	1006.5	452.9
Jul		333	294	821.9	767.5	319.5	285	121.5		420.3
Aug		136	277	170.8	544.5	267.5	548.5	204.5		307
Sep	43.8	156	89	58.7	176	182	336.5	486.5		191.1
Oct	117	174.5	270.5	48	151.5	12.5	62	164		125
Nov	21.5	114	463	393.5	233.2	67.5	51	169.5		189.2
Dec	31.5	74.5	185	216	880.2	166.5	128.5	14.5		212.1
Sum	213.8	2,284.5	2,633.0	3,914.2	4,257.9	2,219.5	2,349.5	3,129.5	1,997.5	2555.5
Max	117	466.5	463	832.2	880.2	650	548.5	527.5	1006.5	610.2
Min	21.5	49.5	66	48	9.5	12.5	30.5	14.5	43.5	32.8

累積雪量(單位 cm)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	Mean
Jan		10.5	24.7	66.0	17.0	23.0	27.0	145.0	44.7
Feb		72.2	38.1	12.0	0.0	3.0	23.0	13.0	23.0
Mar		2.6	27.3	23.0	15.0	67.0	40.0	81.0	36.6
Apr		2.5	0.1	0.0	22.0	19.0	20.0	12.0	10.8
May		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jun		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jul		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aug		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oct	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nov	0.0	0.0	0.0	8.0	17.0	0.0	0.0	0.0	3.1
Dec	14.1	19.9	2.0	40.0	23.0	39.0	0.0	0.0	17.3
Sum	14.1	107.7	92.2	149.0	94.0	151.0	110.0	251.0	135.5
Max	14.1	72.2	38.1	66.0	23.0	67.0	40.0	145.0	44.7

大氣壓力(單位 hPa)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		662.2	659.3	660.2	661.1	660.3	661.8	661.6	663	661.2
Feb		661.1	659.4	660.5	663.5	659.3	660.7	661.5	661.6	661
Mar		663.4	661.4	662.5	662.3	662.1	663.4	661.4	661	662.2
Apr		663.5	662	662.4	661.5	662.7	663.5	663.4	662.2	662.7
May		662.8	662.9	662.3	663	663.4	663.6	664.5	663.4	663.2
Jun		663.4	663.6	660.9	663.6	662.4	665.2	665	663.2	663.4
Jul		665.5	663.4	663.2	664.7	663.9	662.6	664.9		664
Aug		665.1	663.4	660.4	663.5	664.4	662.3	662.3		663.1
Sep	664.8	664.6	664	664.2	664.2	665.2	664.3	662.7		664.3
Oct	664.1	664.2	665.3	664.7	663.7	665.3	665.9	665.8		664.9
Nov	664.3	663.5	665.2	663.1	664.1	664.2	666.4	665.5		664.5
Dec	660.7	659.2	662.5	661.3	659.8	662.1	664.1	665		661.8
Mean	663.5	663.2	662.7	662.1	662.9	662.9	663.7	663.6	662.4	663
Max	664.8	665.5	665.3	664.7	664.7	665.3	666.4	665.8	663.4	665.1
Min	660.7	659.2	659.3	660.2	659.8	659.3	660.7	661.4	661	660.2

10 分鐘平均風速(單位 ms^{-1})

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		3.87	2.24	3.85	3.8	4.69	3.83	4.53	3.61	3.8
Feb		4.85	3.74	4.34	4.24	5.29	4.1	3.73	3.55	4.23
Mar		4.52	3.77	4.2	4.65	5.49	4.49	4.46	3.75	4.42
Apr		4.54	4.26	4.56	4.74	4.89	4.29	4.41	4.53	4.53
May		4.19	3.89	4.28	3.68	4.67	4.02	3.36	3.6	3.96
Jun		3.54	3.94	3.78	3.46	3.7	3.33	3.7	4.58	3.75
Jul		3.3	3.16	3.77	3.31	3.41	3.52	3.47		3.42
Aug		3.18	3.79	3.77	3.27	3.19	4.3	3.49		3.57
Sep	3.32	3.83	3.42	3.77	3.62	3	3.8	4.09		3.61
Oct	3.62	3.31	3.62	3.21	3.25	3.1	3.25	3.26		3.33
Nov	3.91	3.65	3.33	4.44	3.52	3.44	2.97	3.11		3.55
Dec	3.1	4.39	3.97	2.89	4.75	3.85	4.35	3.21		3.81
Mean	3.49	3.93	3.59	3.91	3.86	4.06	3.85	3.74	3.94	3.82
Max	3.91	4.85	4.26	4.56	4.75	5.49	4.49	4.53	4.58	4.6
Min	3.1	3.18	2.24	2.89	3.25	3	2.97	3.11	3.55	3.03

10 分鐘最大陣風風速(單位 ms^{-1})

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		41.2	59.4	24.7	40.1	14.2	29.1	23.1	26.7	32.3
Feb		31.3	31	34.2	31.3	15.4	18.9	34.2	32.6	28.6
Mar		24.4	34.2	29.6	29.2	14.9	38.4	50.5	31.4	31.6
Apr		21.7	29.7	27.8	29.5	20	28.9	20.4	31.6	26.2
May		20.6	24.9	19.3	19.3	16.6	21	20.9	17.3	20
Jun		21.5	23.1	10.4	27	20.1	18.2	18	19.4	19.7
Jul		23	23.6	11.1	23.5	25.6	17.3	24.8		21.3
Aug		20.4	36.3	11.2	18.9	20.4	33.4	17.7		22.6
Sep	16.3	28.9	18	25	30.1	20.5	27	30.7		24.6
Oct	17.8	21.8	31.1	22.2	19.5	16.2	20.9	19.7		21.2
Nov	25	26.7	28.7	33.1	24.9	18.2	24.9	18.7		25
Dec	29.4	26	37.8	72.5	14.5	72	29.5	13.3		36.9
Mean	22.1	25.6	31.5	26.8	25.7	22.9	25.6	24.3	26.5	25.7
Max	29.4	41.2	59.4	72.5	40.1	72	38.4	50.5	32.6	48.5
Min	16.3	20.4	18	10.4	14.5	14.2	17.3	17.7	17.3	16.2

10 分鐘最大陣風風向(單位 $^{\circ}$)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017
Jan		82	32	25	79	79	29	23	26.7
Feb		31	79	20	161	161	19	34	16.5
Mar		24	4	14	165	165	38	51	31.4
Apr		22	30	13	156	156	29	20	31.6
May		21	25	188	159	159	21	21	17.3
Jun		22	23	165	27	27	14	18	19.4
Jul		23	24	150	24	24	17	15	
Aug		20	20	160	19	19	33	18	
Sep	25	29	11	102	30	21	27	31	
Oct	194	20	17	169	20	16	21	20	
Nov	150	27	13	170	25	18	25	19	
Dec	29	26	13	13		72	30	13	

10 分鐘平均風速之 16 方位風向發生頻率(單位 %)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
N	11.05%	6.24%	10.89%	12.43%	3.25%	4.40%	3.81%	6.34%	8.48%	7.43%
NNE	9.47%	7.77%	8.31%	4.00%	10.68%	9.24%	7.97%	8.57%	4.74%	7.86%
NE	10.62%	8.63%	9.68%	5.00%	10.58%	8.85%	8.21%	8.96%	5.39%	8.44%
NEE	3.90%	3.53%	3.65%	3.14%	3.66%	3.82%	3.84%	4.66%	3.55%	3.75%
E	2.60%	2.74%	2.37%	3.00%	3.10%	4.21%	4.04%	4.60%	4.68%	3.48%
SEE	2.63%	3.38%	2.38%	3.29%	3.15%	5.19%	4.98%	4.93%	5.71%	3.96%
SE	3.89%	5.15%	3.48%	5.00%	4.43%	6.59%	6.65%	6.09%	8.17%	5.49%
SSE	4.98%	7.79%	5.21%	8.71%	7.00%	8.36%	9.68%	8.94%	13.10%	8.20%
S	7.76%	14.04%	10.56%	20.29%	14.93%	13.26%	17.32%	13.90%	19.55%	14.62%
SSW	11.39%	15.53%	14.51%	19.71%	15.06%	13.14%	14.07%	11.99%	12.27%	14.19%
SW	13.25%	10.81%	12.29%	7.86%	10.54%	10.99%	9.46%	9.87%	6.74%	10.20%
SWW	5.05%	4.12%	4.74%	2.57%	4.09%	3.97%	3.39%	3.51%	2.60%	3.78%
W	3.54%	2.79%	3.31%	1.43%	2.84%	2.45%	2.01%	2.13%	1.39%	2.43%
NWW	3.03%	2.17%	2.53%	1.29%	2.05%	1.62%	1.30%	1.45%	0.92%	1.82%
NW	3.02%	2.26%	2.61%	1.29%	1.86%	1.47%	1.22%	1.48%	0.87%	1.79%
NNW	3.85%	2.77%	3.10%	1.29%	2.42%	1.99%	1.68%	2.08%	1.09%	2.25%

太陽短波日射累積量(單位 MJm⁻²)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		389.07	317.74	310.1	330.15	269.55	409.84	409.84	345.48	347.72
Feb		310.27	353.88	300.86	419.11	208.03	310.31	310.31	331.19	318
Mar		532.19	407.66	425.44	420.57	241.4	347.25	347.25	295.11	377.11
Apr		397.46	457.32	221.44	209.91	291.07	465.98	405.45	387.57	354.53
May		417.35	322.79	334.06	293.56	167.48	376.8	483.01	385.89	347.62
Jun		365.43	508.11	359.71	450.92	405.25	630.74	455.55	187.78	420.44
Jul		510.16	421.61	404.7	485.13	522.78	418.52	520.34		469.03
Aug		479.12	405.19	383.97	397.36	431	390.49	438.52		417.95
Sep	83.94	352.58	460.86	418.5	444.13	407.07	453.6	333.91		369.32
Oct	435	350.97	343.47	550.15	528.73	543.02	380.54	339.78		433.96
Nov	391.8	334.14	272.54	247.13	268.42	367.06	329.49	307.85		314.8
Dec	360.4	363.19	287.14	250.38	171.67	298.08	272.32	121.51		265.59
Sum	1271.12	4,801.93	4,558.31	4,206.44	4,419.66	4,151.77	4,785.88	4,473.32	1,933.02	3844.61
Max	435	532.19	508.11	550.15	528.73	543.02	630.74	520.34	387.57	515.09
Min	83.94	310.27	272.54	221.44	171.67	167.48	272.32	121.51	187.78	200.99

可見光波段日射累積量(單位($\mu\text{mol m}^{-2}$))

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		800.22	668.59	649.77	631.22	535.69	863.46	863.46	709.36	715.22
Feb		639.53	735.18	627.65	803.35	413.67	650.45	650.45	676.22	649.56
Mar		1,050.94	838.01	853.48	789.92	479.94	721.87	721.87	587.76	755.47
Apr		785.38	927.64	439.18	392.57	578.81	962.26	814.91	765.49	708.28
May		822.31	669.61	653.16	553.02	332.97	792.67	964.32	750.1	692.27
Jun		728.45	1,043.52	703.3	857.23	801.34	1,311.33	933.68	363.63	842.81
Jul		1,019.34	872.53	791.25	920.61	1,004.66	873.44	1,057.11		934.13
Aug		975.11	839.58	750.73	760.96	779.52	818.01	900.68		832.08
Sep	186.57	724.11	955.65	816.7	830.53	717.06	950.31	680.71		732.71
Oct	865.18	721.73	716.12	1,085.29	1,020.19	1,011.76	799.92	675.53		861.97
Nov	788.17	684.45	571.35	474.01	513.49	773.22	692.47	628.19		640.67
Dec	724.57	742.98	596.1	483.49	341.84	637.42	572.7	224.43		540.44
Sum	2,564.49	9,694.55	9,433.88	8,328.01	8,414.93	8,066.07	10,008.89	8,718.25	3,852.56	7675.74
Max	865.18	1,050.94	1,043.52	1,085.29	1,020.19	1,011.76	1,311.33	1,057.85	765.49	1023.51
Min	186.57	639.53	571.35	439.18	341.84	332.97	572.7	224.43	363.63	408.02

地表溫度(單位 $^{\circ}\text{C}$)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		0.19	-1.01	-0.29	-0.6	-1.15	-0.21	0.4	1.3	-0.17
Feb		0.13	-1.15	0.57	3.23	0.12	-0.52	-0.09	1.06	0.42
Mar		3.41	1.11	3.69	3.32	2.48	2.34	0.02	1.59	2.25
Apr		5.8	4.65	4.94	4.09	4.15	5.67	5.62	5.42	5.04
May		8.04	7.63	8.53	7.88	5.36	8.83	9.94	8.54	8.09
Jun		9.81	10.76	10.53	10.24	11.23	12.63	11.14	9.46	10.73
Jul		11.37	10.73	10.52	10.62	12.17	10.95	12.11		11.21
Aug		11.19	10.13	9.88	10.67	10.75	10.03	11.56		10.6
Sep	9.81	9.54	10.61	9.45	9.69	10.23	10.78	10.43		10.07
Oct	8.13	8.14	7.79	8.83	8.44	7.79	8.51	9.22		8.36
Nov	5.22	3.81	5.28	3.77	3.47	4.38	5.13	5.71		4.6
Dec	0.34	-0.09	2	0.04	0.22	0.92	2.16	3.7		1.16
Mean	5.88	5.95	5.71	5.87	5.94	5.7	6.36	6.65	4.56	5.85
Max	9.81	11.37	10.76	10.53	10.67	12.17	12.63	12.11	9.46	11.06
Min	0.34	-0.09	-1.15	-0.29	-0.6	-1.15	-0.52	-0.09	1.06	-0.28

地下 5 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		-0.1	-0.31	0.12	-0.04	-1.03	0.2	0.7	1.25	0.1
Feb		-0.11	-0.56	0.25	1.52	-0.03	-0.06	0.35	0.67	0.25
Mar		1.96	0.2	2.82	2.66	2.21	1.22	0.22	1.35	1.58
Apr		5.75	3.97	4.8	3.85	3.54	5.11	4.54	4.94	4.56
May		8.3	7.9	8.59	7.65	2.47	8.72	9.27	8.27	7.65
Jun		10.48	11.83	10.73	10.3	11.33	12.68	10.77	9.47	10.95
Jul		11.81	11.33	11.01	10.61	12.35	10.93	11.62		11.38
Aug		10.95	10.2	10.09	10.5	10.58	10.06	11.01		10.48
Sep	9.25	8.9	9.78	8.86	9.38	9.69	10.4	10.1		9.55
Oct	7.47	7.8	7.87	7.88	8.41	7.7	8.29	9.06		8.06
Nov	4.33	3.76	5.46	4.01	3.91	4.54	5.13	5.66		4.6
Dec	-0.03	0.64	2.41	0.56	0.61	1.29	2.41	3.92		1.48
Mean	5.26	5.85	5.84	5.81	5.78	5.39	6.26	6.43	4.33	5.66
Max	9.25	11.81	11.83	11.01	10.61	12.35	12.68	11.62	9.47	11.18
Min	-0.03	-0.11	-0.56	0.12	-0.04	-1.03	-0.06	0.22	0.67	-0.09

地下 10 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		-0.07	-0.27	0.18	0.02	-0.92	0.22	0.69	1.28	0.14
Feb		0.02	-0.49	0.28	1.3	-0.18	0.12	0.33	0.64	0.25
Mar		1.97	0.07	2.71	2.62	1.93	1.11	0.2	1.28	1.49
Apr		5.65	3.78	4.69	3.8	3.27	4.99	4.39	4.8	4.42
May		8.02	7.62	8.41	7.53	1.86	8.49	8.96	8.05	7.37
Jun		10.25	11.38	10.92	10.19	11.09	12.29	10.55	9.34	10.75
Jul		11.58	11.06	11.5	10.52	12.13	10.84	11.45		11.3
Aug		10.83	10.06	10.29	10.48	10.58	9.97	10.98		10.46
Sep	9.46	8.93	9.72	8.87	9.37	9.67	10.31	10.05		9.55
Oct	7.61	7.81	7.85	7.83	8.33	7.65	8.3	8.98		8.05
Nov	4.52	3.81	5.48	4.06	4.32	4.54	5.2	5.68		4.7
Dec	0.25	0.82	2.45	0.65	1.01	1.35	2.45	3.93		1.61
Mean	5.46	5.8	5.73	5.87	5.79	5.25	6.19	6.35	4.23	5.63
Max	9.46	11.58	11.38	11.5	10.52	12.13	12.29	11.45	9.34	11.07
Min	0.25	-0.07	-0.49	0.18	0.02	-0.92	0.12	0.2	0.64	-0.01

地下 20 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		0.18	-0.2	0.34	0.11	-0.8	0.24	0.79	1.45	0.26
Feb		0.19	-0.31	0.44	1.11	-0.32	0.12	0.26	0.67	0.27
Mar		1.87	0.01	2.64	2.61	1.64	1.14	0.24	1.28	1.43
Apr		5.66	3.74	4.69	3.82	3.21	4.91	4.27	4.72	4.38
May		7.86	7.47	8.25	7.46	2.46	8.38	8.79	7.95	7.33
Jun		10.18	11.23	10.51	10.17	10.94	12.15	10.55	9.39	10.64
Jul		11.65	11.04	11.29	10.61	12.14	10.93	11.51		11.31
Aug		10.97	10.17	10.15	10.59	10.72	10.03	11.04		10.52
Sep	9.73	9.09	9.84	9.01	9.4	9.72	10.27	10.05		9.64
Oct	7.85	7.9	7.93	7.77	8.23	7.64	8.4	8.99		8.09
Nov	4.81	4.06	5.61	4.24	4.72	4.67	5.39	5.85		4.92
Dec	0.63	1.07	2.67	0.89	1.4	1.58	2.65	4.11		1.88
Mean	5.76	5.89	5.77	5.85	5.85	5.3	6.22	6.37	4.24	5.69
Max	9.73	11.65	11.23	11.29	10.61	12.14	12.15	11.51	9.39	11.08
Min	0.63	0.18	-0.31	0.34	0.11	-0.8	0.12	0.24	0.67	0.13

地下 30 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		0.36	-0.06	0.51	0.29	-0.68	0.4	1	1.56	0.42
Feb		0.31	-0.09	0.41	0.95	-0.47	0.25	0.26	0.63	0.28
Mar		1.74	-0.01	2.49	2.52	1.36	1.01	0.24	1.17	1.32
Apr		5.52	3.47	4.55	3.71	2.91	4.67	3.92	4.45	4.15
May		7.5	7.1	7.94	7.2	1.81	8.04	8.31	7.61	6.94
Jun		9.94	10.76	10.19	9.93	10.53	11.69	10.28	9.28	10.33
Jul		11.45	10.78	10.87	10.49	11.85	10.88	11.32		11.09
Aug		10.91	10.08	9.88	10.55	10.73	9.98	10.94		10.44
Sep	9.93	9.18	9.78	9.09	9.41	9.67	10.15	9.98		9.65
Oct	8.04	7.95	8	7.78	8.18	7.6	8.49	8.95		8.12
Nov	5.05	4.27	5.7	4.45	5.1	4.82	5.61	6.02		5.13
Dec	1.05	1.37	2.85	1.18	1.79	1.83	2.82	4.26		2.14
Mean	6.02	5.88	5.7	5.78	5.84	5.16	6.17	6.29	4.12	5.66
Max	9.93	11.45	10.78	10.87	10.55	11.85	11.69	11.32	9.28	10.86
Min	1.05	0.31	-0.09	0.41	0.29	-0.68	0.25	0.24	0.63	0.27

地下 50 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		0.69	0.43	0.93	0.61	-0.45	0.82	1.47	2.03	0.82
Feb		0.55	0.21	0.68	0.78	-0.77	0.28	0.63	0.79	0.39
Mar		1.59	0.18	2.26	2.38	0.78	0.83	0.37	1	1.17
Apr		5.3	3.11	4.35	3.55	2.81	4.26	3.36	3.99	3.84
May		7.06	6.6	7.45	6.8	2.57	7.45	7.49	7.07	6.56
Jun		9.6	10.16	9.53	9.51	9.86	10.87	9.84	9.08	9.81
Jul		11.24	10.48	10.02	10.37	11.44	10.78	11.04		10.77
Aug		10.91	10.09	9.31	10.44	10.77	9.86	10.71		10.3
Sep	10.24	9.33	9.73	9.13	9.44	9.64	9.99	9.82		9.67
Oct	8.4	8.12	8.14	7.8	8.13	7.68	8.66	8.8		8.22
Nov	5.5	4.77	5.92	4.85	5.74	5.1	6	6.31		5.52
Dec	1.79	1.92	3.22	1.77	2.55	2.34	3.24	4.5		2.67
Mean	6.48	5.92	5.69	5.67	5.86	5.15	6.09	6.19	3.99	5.67
Max	10.24	11.24	10.48	10.02	10.44	11.44	10.87	11.04	9.08	10.54
Min	1.79	0.55	0.18	0.68	0.61	-0.77	0.28	0.37	0.79	0.5

地表可感熱通量累積(單位 MJm⁻²)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		-747.86	-4,404.66	-5,788.90	-10,225.02	-10,036.68	-5,025.24	-6,846.47	-7,503.43	-6,322.28
Feb		-866.11	-7,540.58	110.52	25,407.36	29,164.61	-7,656.60	-3,395.74	810.88	4,504.29
Mar		6,077.12	12,766.05	4,696.30	4,660.88	57,076.11	11,095.12	-2,143.96	2,346.93	12,071.82
Apr		1,932.30	4,821.75	1,943.70	3,813.15	62,562.12	3,231.04	9,445.68	7,815.09	11,945.60
May		14,237.81	9,861.76	7,393.62	7,337.42	57,303.61	5,314.25	9,633.21	8,116.16	14,899.73
Jun		7,755.76	6,780.25	-6,910.88	2,382.05	9,801.21	4,460.45	-856.91	-731.05	2,835.11
Jul		607.03	2,221.23	-17,706.10	507.16	5,082.25	-7,957.39	-5,202.20		-3,206.86
Aug		-4,808.06	-2,830.27	-7,532.55	-1,776.73	-5,964.51	-3,145.55	-4,349.61		-4,343.90
Sep	-1,978.96	-9,708.48	-5,421.70	-6,264.36	746.88	-261.45	783.55	-746.37		-2,856.36
Oct	-3,626.63	-2,522.52	-356.87	7,845.80	11,161.60	7,827.79	-8,544.47	-605.55		1,397.39
Nov	-2,831.77	-4,903.45	827.32	-4,029.39	-9,338.67	-5,611.39	-10,448.31	-6,463.31		-5,349.87
Dec	-10,053.18	-12,292.20	-3,983.42	-9,587.00	-8,066.08	-9,997.26	-6,350.77	-2289.14		-7,827.38
Sum	-18,490.54	-5,238.66	12,740.86	-35,829.24	26,610.00	196,946.41	-24,243.92	-13,291.06	10,854.58	16,673.16
Max	-1,978.96	14,237.81	12,766.05	7,845.80	25,407.36	62,562.12	11,095.12	9,798.90	8,116.16	16,650.04
Min	-10,053.18	-12,292.20	-7,540.58	-17,706.10	-10,225.02	-10,036.68	-10,448.31	-6,846.75	-7,503.43	-10,294.69

附件四 三六九山莊氣象站 2009~2017 年氣
象觀測逐月平均(或累積)統計值

氣溫 (單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		2.15	-0.1	2.1	1.62	0.47	2.61	2.24	3.61	1.84
Feb		3.51	1.91	3.34	5.38	1.9	1.72	1.8	2.3	2.73
Mar		6.39	3.78	5.86	5.65	4.72	5.45	3.58	4.1	4.94
Apr		7.56	6.06	6.99	6.53	7.87	7.38	8.2	7.27	7.23
May		9.53	9.03	9.52	8.57	8.64	10.08	10.09	9.09	9.32
Jun		10.22	11.16	11.03	10.96	11.36	11.92	11.27	11.17	11.14
Jul		11.25	11.49	11.22	10.86	11.82	9.93	11.74	11.52	11.23
Aug		11.29	10.79	10.37	11.34	10.99	9.77	11.42		10.85
Sep	10.56	10.34	10.51	9.96	10.52	11.02	10.32	10.59		10.48
Oct	8.68	8.69	7.96	8.95	8.49	8.51	9.04	9.7		8.75
Nov	5.81	5.37	6.82	5.74	5.39	5.73	6.72	5.19		5.85
Dec	1.53	2.79	3.45	2.48	1.22	2.93	4.53			2.7
Mean	6.65	7.42	6.91	7.3	7.21	7.16	7.46	7.8	7.01	7.21
Max	10.56	11.29	11.49	11.22	11.34	11.82	11.92	11.74	11.52	11.43
Min	1.53	2.15	-0.1	2.1	1.22	0.47	1.72	1.8	2.3	1.47

相對溼度(單位%)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		58.6	77.7	64	62.6	45.3	49.5	64.4	54.9	59.6
Feb		60.3	63.7	72.6	61.9	70.5	55.1	62.6	58.7	63.2
Mar		50.4	72.4	63.1	55.3	73.7	62.9	62.7	67.4	63.5
Apr		66.7	62	76.7	77.9	70.2	57.4	61.7	60.2	66.6
May		69.1	76	78.3	86.2	93.3	67.1	70	71	76.4
Jun		79.5	71.3	84	78.5	88.9	60.9	71	71.6	75.7
Jul		73.2	74.1	74.1	76.5	77.7	74.1	67.6	68.1	73.2
Aug		74	74.3	80.8	80.1	84.5	74.8	72.5		77.3
Sep	68.6	76.6	70	74.9	74.2	79.9	69.5	79.4		74.1
Oct	67.6	76.8	79	53.8	61.4	54.7	66.1	73.4		66.6
Nov	65.7	62.9	72.2	73.2	71.7	62.2	62.6	68.7		67.4
Dec	57.4	46.3	73.9	72.8	76.5	59.4	58			63.5
Mean	64.8	66.2	72.2	72.4	71.9	71.7	63.2	68.6	64.6	68.4
Max	68.6	79.5	79	84	86.2	93.3	74.8	79.4	71.6	79.6
Min	57.4	46.3	62	53.8	55.3	45.3	49.5	61.7	54.9	54

累積雨量(單位 mm)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		81.5	114	200.5	78.6	4	44.5	323.5	49.5	112
Feb		356	73	206	4.7	190.5	59	189.7	91.5	146.3
Mar		77.5	143	124	115.2	338	1,053.50	689.5	282.5	352.9
Apr		300.5	62.5	413.3	401.6	101.5	154	239.7	290	245.4
May		185	374.5	352.8	387.2	579.5	411.5	117.3	236.3	330.5
Jun		388	290.3	547.7	177.6	301.4	40.5	418	618.1	347.7
Jul		275	217.9	283.1	706	173	322.8	143	253	296.7
Aug		130	12	61.4	606.2	220	553.8	184.2		252.5
Sep	56	235	4.5	56.4	234.4	146.7	523.7	643.6		237.5
Oct	154.5	195	9.5	43.5	142.5	35.3	36	168.3		98.1
Nov	42	124.5	15	230.3	167.5	77.5	52.5	211.7		115.1
Dec	103.5	84	36	39.5	234.5	245	127.7			124.3
Sum	356	2,432.00	1,352.20	2,558.50	3,256.00	2,412.40	3,379.50	3,328.50	260.13	2148.4
Max	154.5	388	374.5	547.7	706	579.5	1,053.50	689.5	618.1	567.9
Min	42	77.5	4.5	39.5	4.7	4	36	117.3	49.5	98.1

累積雪量(單位 cm)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	Mean
Jan		0.0	6.5	38.0	4.0	2.0	3.0		8.9
Feb		0.0	28.7	10.0	0.0	40.0	7.0		14.3
Mar		0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0		0.3
Apr		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
May		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Jun		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Jul		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Aug		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Oct	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Nov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
Dec	8.8	7.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0		2.6
Sum	8.8	7.1	35.2	50.0	4.0	44.0	10.0	0.0	26.1
Max	8.8	7.1	28.7	38.0	4.0	40.0	7.0	0.0	14.3

10 分鐘平均風速(單位 ms^{-1})

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		1.21	1.05	1.53	0.97	0.96	0.94	1.38	1.21	1.16
Feb		1.91	1.25	1.56	0.87	1.5	1.4	1.56	1.31	1.42
Mar		1.37	1.22	1.37	1.16	1.68	1.41	1.45	1.7	1.42
Apr		1.45	1.09	1.41	1.34	1.14	1.18	1.31	1.29	1.28
May		1.13	0.93	0.91	0.76	0.94	0.91	0.81	0.78	0.9
Jun		0.87	0.91	0.79	0.79	0.79	0.75	1.02	1.02	0.87
Jul		0.76	0.82	0.82	0.96	0.9	0.76	0.81	0.91	0.84
Aug		0.71	0.9	0.82	0.78	0.79	0.8	0.81		0.8
Sep	0.73	0.87	0.63	0.72	0.87	0.79	1.08	0.89		0.82
Oct	0.59	0.55	0.59	0.67	0.89	0.89	0.74	0.69		0.7
Nov	0.52	0.6	0.71	1.01	0.92	0.93	0.73	0.69		0.76
Dec	1.13	1.16	0.9	1.08	1.01	1.15	1.22	0.69		1.04
Mean	0.74	1.05	0.92	1.06	0.94	1.04	0.99	1.04	1.17	0.99
Max	1.13	1.91	1.25	1.56	1.34	1.68	1.41	1.56	1.7	1.5
Min	0.52	0.55	0.59	0.67	0.76	0.79	0.73	0.69	0.78	98.1

10 分鐘最大陣風風速(單位 ms^{-1})

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		11.9	7.8	9.3	9.2	8.2	7.2	8.8	8.36	8.8
Feb		9.3	8.8	9	6.9	9.3	8.2	9.6	9.57	8.8
Mar		10.1	8.6	11.1	10.3	8.8	10	10.2	10.11	9.9
Apr		9.1	7.9	8.8	9.4	10.4	8.7	8	8.3	8.8
May		11	7.1	7.2	7.3	7.9	6.7	7.7	6.86	7.7
Jun		8.3	6	8.6	7	7.1	4.6	8.7	7.89	7.3
Jul		5.9	3.3	5.1	13.1	7.8	1.9	7.2	10.53	6.9
Aug		5.2	7.1	2.8	9.3	5.2	6.6	5.9		6
Sep	6.9	12.9	5.9	9.5	8.3	5.5	14.4	12.5		9.5
Oct	7.2	5.4	5.5	15.3	8.4	7.1	6.2	6.2		7.7
Nov	6.6	5.2	7.5	7.9	7	8.3	5.8	3.1		6.4
Dec	10.2	9.1	7.4	9.4	8.5	7.9	8.5	3.06		8
Mean	7.7	8.6	6.9	8.7	8.7	7.8	7.4	8	8.80	8.1
Max	10.2	12.9	8.8	15.3	13.1	10.4	14.4	12.5	10.53	12
Min	6.6	5.2	3.3	2.8	6.9	5.2	1.9	3.1	6.86	98.1

10 分鐘最大陣風風向(單位°)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017
Jan		115	165	235	208	286	124	129	124
Feb		137	121	244	228	138	131	295	131
Mar		92	145	134	111	116	346	351	346
Apr		92	127	137	194	291	320	157	320
May		120	193	312	151	213	321	87	321
Jun		161	287	2	320	347	317	183	317
Jul		110		283	149	211	211	64	211.2
Aug		322	297	234	293	312	319	124	
Sep	249	326	299	300	96	314	289	130	
Oct	210	96	255	236	292	242	134	206	
Nov	192	23	307	344	265	275	323	339	
Dec	208	329	177	290	109	313	112	340	

10 分鐘平均風速之 16 方位風向發生頻率(單位 %)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	Mean
N	8.00%	4.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.23%	6.03%
NNE	2.00%	2.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	3.69%	3.46%
NE	1.00%	3.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	7.00%	3.35%	3.79%
NEE	1.00%	17.00%	5.00%	5.00%	5.00%	6.00%	11.00%	4.61%	6.83%
E	2.00%	33.00%	7.00%	7.00%	7.00%	8.00%	8.00%	6.90%	9.86%
SEE	5.00%	7.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	9.77%	8.97%
SE	3.00%	5.00%	9.00%	10.00%	9.00%	9.00%	8.00%	9.57%	7.82%
SSE	3.00%	3.00%	6.00%	7.00%	6.00%	6.00%	5.00%	6.46%	5.31%
S	6.00%	4.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	6.00%	6.54%	6.32%
SSW	15.00%	7.00%	12.00%	11.00%	10.00%	12.00%	8.00%	10.92%	10.74%
SW	17.00%	4.00%	8.00%	7.00%	6.00%	5.00%	4.00%	6.59%	7.20%
SWW	11.00%	1.00%	3.00%	3.00%	3.00%	2.00%	2.00%	2.67%	3.46%
W	8.00%	2.00%	4.00%	5.00%	5.00%	5.00%	4.00%	4.59%	4.70%
NWW	4.00%	3.00%	6.00%	6.00%	6.00%	5.00%	5.00%	6.10%	5.14%
NW	7.00%	4.00%	6.00%	6.00%	7.00%	6.00%	6.00%	6.43%	6.05%
NNW	5.00%	3.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.58%	4.82%

太陽短波日射累積量(單位 MJm⁻²)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		378.8	289.07	332.86	337.91	457.26	236.14	139.63	231.74	300.43
Feb		334.26	358.21	325.65	339.49	346.96	223.58	190.21	204.9	290.41
Mar		552.02	434.94	468.85	458.11	404.74	240.78	213.17	223.39	374.5
Apr		426.58	460.24	318.96	288.68	491.01	282.46	257.68	264.58	348.77
May		479.89	362.6	434.34	321.44	275.25	259.78	255.39	227.33	327
Jun		366.42	473.07	351.87	450.41	367.5	302.03	264.88	210.84	348.38
Jul		495.58	481.46	490.01	522.33	501.75	185.64	307.99	314.81	412.45
Aug		522.5	462.87	373.81	442.89	417.42	210.45	256.45		383.77
Sep	87.33	421.79	482.99	453.45	491.9	409.64	248.77	217.05		351.62
Oct	357.85	345.53	319.25	583.3	535.09	485.27	239.41	200.78		383.31
Nov	372.17	349.66	290.85	285.37	328.94	223.08	194.24	188.3		279.08
Dec	364.22	378.66	276.95	290.74	274.43	189.41	158.34	73.31		250.76
Sum	1,181.57	5,051.69	4,692.50	4,709.21	4,791.62	4,569.29	2,781.62	2,564.84	1812.01	3572.71
Max	372.17	552.02	482.99	583.3	535.09	501.75	302.03	307.99	314.81	439.13
Min	87.33	334.26	276.95	285.37	274.43	189.41	158.34	73.31	204.9	209.37

可見光波段日射累積量(單位(μ mol m⁻²))

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		799.27	599.42	666.5	644.51	830.93	485.16	297.26	483.5	600.82
Feb		722.4	704.3	650.92	637.12	651.55	460.11	402.27	428.12	582.1
Mar		1,108.73	862.65	898.38	857.21	762.02	496.42	450.34	466.45	737.78
Apr		888.46	895.93	648.51	579.6	917.36	581	543.93	553.5	701.04
May		1,004.80	739.74	854.83	639.51	574.77	534.91	535.32	475.96	669.98
Jun		790.61	900.96	714.49	870.95	723.63	625.46	554.32	441.74	702.77
Jul		1,026.10	915.36	942.08	989.79	952.66	386.55	645.06	658.97	814.57
Aug		1,073.35	900.95	708.46	854.36	817.49	210.66	537.6		728.98
Sep	169.83	874.9	924.72	872.85	923.05	768.13	106.87	454.73		636.89
Oct	708.16	721.64	635.82	1,078.49	999.45	885.6	498.86	419.77		743.47
Nov	770.79	693.32	589.07	562.06	619.54	389.51	405.25	394.44		553
Dec	756.91	743.45	566.39	571.61	535.06	329.97	336.44	153.63		499.18
Sum	2,405.69	10,447.03	9,235.31	9,169.18	9,150.15	8,603.62	5,127.69	5,235.04	3789.81	7018.17
Max	770.79	1,108.73	924.72	1,078.49	999.45	952.66	625.46	645.06	658.97	862.7
Min	169.83	693.32	566.39	562.06	535.06	329.97	106.87	153.63	428.12	393.92

地表溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		1.94	0.97	2.2	1.23	-0.23	2.33	3.99	3.54	2
Feb		2.66	1.8	3.21	3.74	1.02	2.04	1.8	2.55	2.35
Mar		6.77	5.33	5.35	4.45	3.11	4.97	2.8	4.03	4.6
Apr		8.91	7.03	6.87	6.15	5.49	6.86	6.87	6.92	6.89
May		11.03	9.99	9.69	8.2	6.41	9.52	9.47	8.87	9.15
Jun		12.37	11.72	11.43	10.33	8.1	11.14	10.76	10.46	10.79
Jul		13.55	12.08	11.3	10.53	10.99	7.09	11.59	11.54	11.08
Aug		13.84	11.85	10.31	11.17	10.37	9.23	10.78		11.08
Sep	12.28	12.65	11.22	10.04	10.36	9	10.28	10.2		10.75
Oct	9.9	10.4	9.33	7.52	8.77	5.97	9.64	9.87		8.93
Nov	7.18	6.33	7.5	5.64	7.09	6.54	6.91	7.29		6.81
Dec	2.23	2.36	4.53	2.47	2.34	3.84	5.47			3.32
Mean	7.9	8.57	7.78	7.17	7.03	5.88	7.12	7.77	6.84	7.34
Max	12.28	13.84	12.08	11.43	11.17	10.99	11.14	11.59	11.54	11.78
Min	2.23	1.94	0.97	2.2	1.23	-0.23	2.04	1.8	2.55	1.64

地下 5 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		2.47	1.62	2.74	1.77	0.43	2.71	2.8	3.47	2.25
Feb		3.1	2.21	3.43	3.74	1.27	2.38	2.06	2.8	2.62
Mar		6.48	5.46	5.47	4.52	3.15	5.07	3.01	3.95	4.64
Apr		8.83	7.02	6.93	6.32	5.48	7.04	6.87	6.57	6.88
May		10.84	9.93	9.75	8.39	6.51	9.64	9.48	8.69	9.15
Jun		12.43	11.6	11.55	10.48	8.24	11.32	10.9	9.75	10.78
Jul		13.63	12	11.47	10.75	11.14	7.72	11.81	11.56	11.26
Aug		13.88	12.02	10.26	11.38	10.6	9.61	11.06		11.26
Sep	13.38	12.78	11.38	10.35	10.63	9.11	10.53	10.34		11.06
Oct	10.94	10.89	9.73	8.02	9.1	6.35	9.97	10		9.38
Nov	8.09	7.14	7.92	6.15	7.12	6.98	7.32	7.3		7.25
Dec	3.43	3.41	5.08	3.01	2.89	4.38	4.95			3.88
Mean	8.96	8.82	8	7.43	7.26	6.14	7.36	7.78	6.68	7.6
Max	13.38	13.88	12.02	11.55	11.38	11.14	11.32	11.81	11.56	12
Min	3.43	2.47	1.62	2.74	1.77	0.43	2.38	2.06	2.8	2.19

地下 10 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		2.6	1.78	2.77	1.78	0.65	2.81	2.63	3.3	2.29
Feb		3.19	2.18	3.17	3.59	1.12	2.39	1.71	2.55	2.49
Mar		6.18	5.23	5.1	4.43	2.8	4.83	2.3	3.41	4.29
Apr		8.7	6.69	6.56	5.94	5.11	6.77	6.28	6.13	6.52
May		10.54	9.54	9.38	8.2	6.13	9.03	9.03	8.44	8.79
Jun		12.22	11.4	11.27	10.2	8.19	10.99	10.56	9.63	10.56
Jul		13.4	11.84	11.35	10.57	11	8.34	11.59	11.39	11.19
Aug		13.64	11.81	10.2	11.23	10.38	9.68	10.99		11.13
Sep	13.54	12.58	11.12	10.27	10.49	8.98	10.4	10.3		10.96
Oct	11.12	10.83	9.63	8.12	9.15	6.43	9.77	9.87		9.37
Nov	8.4	7.36	7.81	6.15	7.07	7.12	7.3	7.31		7.32
Dec	3.99	3.79	5.11	2.98	3.08	4.58	4.95			4.07
Mean	9.26	8.75	7.85	7.28	7.14	6.04	7.27	7.51	6.41	7.5
Max	13.54	13.64	11.84	11.35	11.23	11	10.99	11.59	11.39	11.84
Min	3.99	2.6	1.78	2.77	1.78	0.65	2.39	1.71	2.55	2.25

地下 20 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		2.94	2.13	3.18	2.37	1.17	3.17	2.89	3.69	2.69
Feb		3.27	2.41	3.09	3.9	1.48	2.86	2.43	2.94	2.8
Mar		6.09	5.27	5.02	4.84	2.97	5.03	3.22	3.91	4.54
Apr		8.68	6.79	6.61	6.24	5.26	6.86	6.72	6.65	6.73
May		10.57	9.65	9.49	8.71	6.34	9.43	9.18	8.74	9.01
Jun		12.23	11.62	11.53	10.38	8.44	11.41	10.94	9.86	10.8
Jul		13.45	12.21	11.5	10.6	11.2	8.95	11.66	11.84	11.43
Aug		13.68	11.97	10.13	10.46	10.81	10.19	11.37		11.23
Sep	13.87	12.69	11.36	10.39	10.91	9.18	10.75	10.47		11.2
Oct	11.47	11.01	9.87	8.45	9.35	6.78	10.31	10.19		9.68
Nov	8.82	7.52	7.94	6.6	6.98	7.48	7.56	7.31		7.53
Dec	4.59	4.2	5.36	3.61	3.4	4.95	4.94			4.44
Mean	9.69	8.86	8.05	7.47	7.35	6.34	7.62	7.85	6.8	7.78
Max	13.87	13.68	12.21	11.53	10.91	11.2	11.41	11.66	11.84	12.03
Min	4.59	2.94	2.13	3.09	2.37	1.17	2.86	2.43	2.94	2.72

地下 30 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		3.2	2.42	3.57	2.6	1.55	3.33	2.88	4.05	2.95
Feb		3.66	2.56	3.57	3.39	1.55	2.94	2.35	3.23	2.91
Mar		5.96	5.24	5.18	4.71	2.9	4.9	3.11	3.93	4.49
Apr		8.66	6.58	6.67	6.26	5.03	6.84	6.4	6.32	6.6
May		10.24	9.36	9.35	8.6	6.29	9.23	8.95	8.46	8.81
Jun		12.07	11.62	11.36	10.29	8.4	11.08	10.74	9.7	10.66
Jul		13.24	12.03	11.44	10.82	11.02	9.56	11.77	11.65	11.44
Aug		13.46	11.9	10.06	11.43	10.67	10.41	11.43		11.34
Sep	13.86	12.58	11.28	10.53	10.93	9.09	10.79	10.49		11.19
Oct	11.65	11.13	10.05	8.67	9.68	6.85	10.37	10.15		9.82
Nov	9.17	8.02	8.35	6.76	7.05	7.6	7.99	7.32		7.78
Dec	5.22	4.78	5.83	3.81	3.87	5.2	4.94			4.81
Mean	9.98	8.92	8.1	7.58	7.47	6.35	7.7	7.78	6.76	7.85
Max	13.86	13.46	12.03	11.44	11.43	11.02	11.08	11.77	11.65	11.97
Min	5.22	3.2	2.42	3.57	2.6	1.55	2.94	2.35	3.23	3.01

地下 50 公分土壤溫度(單位°C)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		3.32	2.57	3.69	2.75	1.75	3.39	2.9	4.07	3.06
Feb		3.69	2.61	3.53	3.1	1.52	2.93	2.31	3.27	2.87
Mar		5.73	5.08	5.03	4.51	2.68	4.72	3.01	3.78	4.32
Apr		8.45	6.39	6.48	6.15	4.69	6.61	6.08	6.08	6.37
May		9.98	9.1	9.1	8.5	5.99	8.97	8.61	8.22	8.56
Jun		11.85	11.62	11.17	10.08	8.44	10.8	10.47	9.97	10.55
Jul		13.01	12	11.29	10.66	10.81	10.76	11.52	11.41	11.43
Aug		13.24	11.73	9.91	11.28	10.48	10.82	11.45		11.27
Sep	13.75	12.43	11.13	10.39	10.84	9.6	10.75	10.48		11.17
Oct	11.68	11.07	10.01	8.71	9.66	6.79	10.24	10.19		9.79
Nov	9.3	8.13	8.32	6.82	6.84	7.6	8.02	9.47		8.06
Dec	5.53	5.02	5.9	3.94	3.99	5.28	4.94			4.94
Mean	10.07	8.83	8.04	7.51	7.36	6.3	7.75	7.86	6.69	7.82
Max	13.75	13.24	12	11.29	11.28	10.81	10.82	11.52	11.41	11.79
Min	5.53	3.32	2.57	3.53	2.75	1.52	2.93	2.31	3.27	3.08

地表可感熱通量累積(單位 MJm⁻²)

	2009	2010	2011	2012	2013	2104	2015	2016	2017	Mean
Jan		-189.46	-246.67	-255.8	-225.85	-309.11	-129.8	-176.33	-81.04	-201.76
Feb		-119.56	-104.97	6.16	81.66	-8.13	-118.37	-77.91	-53.89	-49.38
Mar		150.5	49.89	141.1	19.91	167.72	118.52	17.63	113.57	97.36
Apr		31.7	141.49	141.8	59.2	195.64	95.84	207.88	195.87	133.68
May		159.35	193.53	167.74	-47	108.94	146.49	198.88	178	138.24
Jun		41.74	85.22	78.48	84.33	93.33	99.25	59.91	140.37	85.33
Jul		54.69	28.65	2.96	-8.28	17.63	-42.07	-1.45	36.75	11.11
Aug		60.17	28.1	67.39	-2.72	-51.29	-17.28	-24.18		8.6
Sep	-1,552.43	-5.85	23.16	-66.01	-82.87	-74.02	-20.79	-63.88		-230.34
Oct	-6,490.24	-161.35	-122	-173.95	-167.19	-152.91	-152.18	-63.23		-935.38
Nov	-11,024.20	-349.94	-146.06	-173.83	-306.87	-168.88	-253.64	-94.13		-1564.69
Dec	-16,049.70	-480.05	-242.79	-245.97	-294.45	-260.52	-198.33			-2538.83
Sum	-35,116.57	-808.06	-312.45	-309.93	-890.13	-441.6	-472.36	-16.81	75.66	-4254.69
Max	-1,552.43	159.35	193.53	167.74	84.33	195.64	146.49	207.88	195.87	-22.4
Min	-16,049.70	-480.05	-246.67	-255.8	-306.87	-309.11	-253.64	-176.33	-81.04	-2017.69