

太魯閣國家公園氣象觀測站維護 及資料庫建置

太魯閣國家公園管理處委託報告

中華民國 100 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見

太魯閣國家公園氣象觀測站維護 及資料庫建置

受委託機構：國立東華大學自然資源與環境學系
計畫主持人：夏禹九 教授
研究助理：林佩蓉

太魯閣國家公園管理處委託報告

中華民國 100 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第二章 研究背景	5
第一節 立霧溪流域植群概述	5
第二節 山地氣候的特性	6
第三章 工作項目與結果	9
第一節 定期檢核碧綠神木、蓮花池固定式氣象站之觀測與資料	9
第二節 維護碧綠神木、蓮花池固定式氣象站及小奇萊、南湖二移動式氣象站 之觀測設施	12
第三節 建立即時連線之氣象資料庫，提供定期之氣象統計資料	14
第四節 立霧溪的氣候分析	17
第五節 配合雲霧帶及合歡山長期生態研究，提供局部地區之氣象因子	27
第六節 協助太管處長期生態相關研究之資料庫詮釋資料之建立	31
第四章 結論與建議	33
附錄 1 立霧溪集水區各氣候測站之氣候圖	35
附錄 2 各氣象站 2010 年 1 月至 2011 年 10 月各月份氣象資料摘要	40
附錄 3 期中與期末審查簡報會議記錄	48
參考書目	53

表次

表 1 立霧溪流域內現有之氣象站及雨量站.....	8
表 2 氣候測站觀測項目及儀器.....	11
表 3 各氣象站設站起始迄 2011 年 10 月逐日資料檔缺失之數目.....	16
表 4 立霧溪流域內現有氣象站及中央氣象局花蓮市測站之氣溫統計.....	20
表 5 立霧溪流域內現有雨量站之月雨量統計.....	22
表 6 立霧溪流域不同海拔高的月均溫垂直遞減率.....	28

圖次

圖 1 太魯閣國家公園地形圖.....	2
圖 2 太魯閣國家公園岩性分布圖.....	3
圖 3 立霧河流域區域植被圖.....	3
圖 4 微氣候 (M)、小氣候 (L)、中氣候 (S)、大氣候 (A) 之層級概念.....	7
圖 5 氣候測站位置圖。蓮花池與碧綠神木氣候測站及小奇萊、南湖園谷移動測站	10
圖 6 小奇萊移動式氣象站.....	13
圖 7 南湖園谷移動式氣象站.....	13
圖 8 太魯閣國家公園氣象即時查詢系統網頁	15
圖 9 水汽壓隨海拔高與季節的變化.....	24
圖 10 飽和水汽壓差的季節變化.....	24
圖 11 日輻射量的季節變化.....	25
圖 12 土壤溫度的季節變化.....	26
圖 13 碧綠測站平均起霧時數.....	29
圖 14 立霧河流域內各測站月平均氣溫 (2010/05~2011/05) 隨海拔高度遞減的趨勢	29
圖 15 立霧河流域年平均氣溫垂直遞減率隨高度的變化.....	30
圖 16 立霧河流域不同海拔高氣溫垂直遞減率的季節變化.....	30

摘 要

關鍵詞：局部氣候、山地氣候、溫度遞減率、雲霧帶

一、研究緣起

為因應全球暖化及環境變遷等趨勢，暨爭取太魯閣國家公園加入世界襲產，提升國家國際地位等目的，藉由長期生態研究及群體整合型研究，調查釐清衝擊對象與程度，以連結國際保護區網路及強化國際研究伙伴關係，期共同保護台灣珍貴稀有物種襲產等，爰辦理「代表性生態系經營管理」計畫。氣象因子是影響生態系許多生態過程的重要因子。太魯閣國家公園內的立霧河流域涵蓋峽谷、雲霧帶及合歡山高海拔等地區，為了進一步了解生態系的過程與機制，亟需完整的氣候資料以供參考。此外，氣象資料亦是區內遊憩規劃、災害警示等重要之依據。可是本區的山地地形複雜，局部氣候變化甚大，對於某些特定地區的生態研究，則需以移動式氣象站，針對特殊之氣象參數，進行較短時期之研究，以輔助局部氣候資料的不足

二、研究方法及過程

- 1) 維護及定期檢核碧綠神木、蓮花池固定式氣象站及小奇萊、南湖二移動式氣象站之觀測設施。
- 2) 建立即時聯線之氣象資料庫，提供定期之氣象統計資料。
- 3) 配合雲霧帶及合歡山長期生態研究，提供局部地區之氣象因子。
- 4) 立霧河流域的氣候分析

三、重要發現

沿著立霧溪年平均氣溫由海拔 100 公尺的 23°C，海拔 500 公尺的 20°C，海拔 1,000 公尺的 15°C，海拔 2,000 公尺的 12°C，海拔 3,000 公尺的 10°C，海拔 3,000 公尺的 7°C，到南湖圈谷 3,500 公尺以上之高山地區，其年平均溫降為 4°C。3,500 公尺之高山地區冬季 12~2 月間，有 3 個月月均溫都在 0°C 以下，而

3,000 公尺左右也有 1 個月（1 月）的月均溫在 0°C 以下。由低海拔往高海拔的極端溫度差漸增，在冬季這個趨勢更明顯，生物的生長條件更為嚴苛。依 Koppen-Geiger 氣候分類法，在低海拔小於 750m 屬於 Cfa 溫溼亞熱帶氣候 (humid subtropical climate)，全年無旱季，夏季炎熱 (hot summer)。海拔 750m~3100m 則屬於 Cfb 暖溼溫帶氣候 (warm temperate climate, fully humid)。而到了樹線 (tree line) 以上，則屬於亞熱帶高地氣候 (highland)。

台灣山地雲霧帶大致和常綠闊葉櫟林、針闊葉混生林帶吻合。碧綠神木測站 (2200m) 的能見度記錄顯示全年平均每日有 3.77 小時的霧 (能見度 $<1000\text{m}$)，冬季約 5~6 小時，夏季則有 2~3 小時。蘇鴻傑 (1984a) 的分析顯示氣溫與海拔高呈現相當好的線性關係，7 月均溫垂直遞減率為 $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，而 1 月均溫遞減率為 $-0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。本計畫分析目前的資料顯示氣溫隨海拔高遞減的趨勢，在蓮花池測站 (1050m) 與碧綠神木測站 (2212m) 之間有一很明顯的轉折。溫度遞減率亦明顯的隨海拔高而不同。氣溫垂直遞減率在低海拔地區較大 ($-0.6\sim-0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)，中海拔 1000m~2200m 間最低 ($-0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)，反應了立霧河流域常年均有一深厚的雲霧帶存在。雲霧帶以上之高海拔空氣較乾燥，氣溫垂直遞減率則再增加為 $-0.54^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $-0.58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。氣溫垂直遞減率的季節性差異亦存在，不過在 1000~2200m 間其季節性變化不大，仍表示此一潮溼的雲霧帶全年均存在。因此在台灣山地的生態學研究中，若僅以一簡單的隨海拔高而線性遞減關係來推估立霧河流域的山地氣溫分布，將容易忽略掉在立霧河流域 1000~2000m 之間常年存在一層深厚的雲霧帶。由於過去本區並無足夠的氣象測站，以往台灣山地氣候分析並不能確認此一雲霧帶對本區櫟林帶雲霧林的植群分布，本計畫所建立與維護的氣象資料補足了不太確定的空白，有著重要的意義。

四、主要建議事項

立即可行之建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

1. 建議請太魯閣國家公園管理處巡山人員可以順便取換南湖測站之備份資料卡。高山地區的無線電話通訊信號易受不良天候之干擾，定時之資料傳

- 輸偶會中斷。此一問題雖曾更改過資料傳輸程式，已大幅改善，但在節省電源考量之限制下，仍偶有訊號失聯期間之資料闕漏，仍需依賴人為取換備份資料記憶卡。南湖測站由於距離較遠，需要太管處巡山人員之協助。
2. 所設置自動測站，儀器及電池均有其耐用期限，維護及更新工作仍需持續進行以維持各測站之運作。
 3. 蓮花池與碧綠神木自動測站均於地面設置竹田雨量筒，周圍需要定期除草以防止春夏季芒草生長高於雨量筒、影響雨量資料準確度。

長期性建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦單位：中央氣象局花蓮氣象站

1. 本計畫所累積的偏遠山區自動測站經驗應可增加太魯閣國家公園管理處擴增山地氣象監測網的可行性。未來管理處若人力與經費增加，或者可與花蓮氣象站合作在花東地區發展條例的經費支持下，可以增設一些標準測站在立霧溪南、北岸的主要支流尚無測站的地區。
2. 就長遠的國家公園經營管理而言，山區的通訊改善是必要之措施。國家公園管理處或可與氣象局花蓮測站及電信業者協調，藉由已通過之花東發展條例，提出設置山區雨量、氣象之設置專案計畫。

ABSTRACT

Keywords: local climate, mountain climate, lapse rate, cloud belt

Two permanent climate stations, Lienhuachi (1050m a.s.l.) and Pilu (2110m), and two light structured movable climate stations, Chilai (3100m) and Nanhu (3560m), have been deployed in the LiWu watershed in TLK National Park. With these four automatic climate stations, a more detailed description on the mountain climate in the Liwu watershed could be made. Daily, hourly and 10-minute climate data files then can be downloaded from the datalogger by public wireless cellphone network which could significantly reduce the working load of maintenance.

Along the altitude, annual mean air temperature decreased from 23°C (100m), 20°C (500m), 15°C (1000m), 12°C (2000m), 7°C (3000m) to 4°C (3500m). At 3500m, the monthly mean air temperature was below 0°C from December to next February. At 3000m, the mean air temperature of January is also lower than 0°C. Following the climate classification scheme of Koppen-Geiger, mountain area below the elevation of 750m is classified as humid subtropical climate (Cfa). The climate in-between 750m to 3100m altitude is fully humid warm temperate (Cfb). For mountain ridge above the treeline, the climate can be described as subtropical highland climate similar to the tundra climate which occurred at the high latitude zone.

Linear regression relationship could also be found between the elevation and mean monthly air temperature in this watershed, however, the actual lapse rate is less than $-0.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ within the cloud belt, which would be easily overlooked. Both the air temperature lapse rate and the foggy period (averaged 3.77 hours/day, monitored with a visibility meter) indicated there is a persistent heavy moist cloud belt between the elevation of 1000 ~ 2000m. It matches very well with the cloud forest of Quercus forest formation in the Liwu watershed. The four newly established climate stations, therefore, fills the long missing climatic data gap in the mountain area of Liwu watershed.

第一章 緒論

近年來，全球暖化、環境變遷、生物多樣性喪失等議題已經成為政治、社經與環境上的熱門議題，這些議題亦給台灣未來永續發展帶來極大的不確定性。以台灣而言，過去幾十年來的經濟發展已使得原本未遭人為嚴重破壞的自然區域日益減少，如此棲地的減少可能是台灣生物多樣性面臨的最大危機。在這個發展趨勢下，國家公園所管理的相對自然、未遭人為干擾的區域，在台灣永續發展的功能上日形重要。近年來國家公園與自然資源的經營管理認識到生態系統的複雜特性，亦與社會價值、經濟發展及人為活動的變動是息息相關的，因此逐漸由以往的「指令—控制」式的經營，轉而著重生態系服務（ecosystem services）的彈性（resilience），以因應不可預期的意外造成的衝擊。長期生態系統結構與過程的研究，一方面可作為評估台灣環境變遷的基線資料，另一方面則提供了對生態系過程或機制的理解。這兩項資訊與知識提供了建構各項生態過程模式及模擬（simulate）不同經營策略選項的結果，以降低未來不確定性的風險（Kendall 2001）。

太魯閣國家公園內立霧溪流域涵蓋峽谷、雲霧帶及合歡山高海拔等地區，國家公園過去亦推動了許多相關的生態研究，為這個地區的生態系建立了重要的基礎資料。為了進一步瞭解生態系的過程與機制，太魯閣國家公園亦開始在有限的資源中，嘗試推動系統性的生態研究。氣象因子是影響生態系許多生態過程的重要因子，完整的氣候資料則是許多生態系研究急需的基本資料。此外對國家公園的經營管理而言，氣象資料亦是區內遊憩規劃、災害警示等之重要依據。

本案將利用太魯閣國家公園於 2009 年建置的兩個固定氣象站（碧綠神木、蓮花池），建立長期延續且可即時查詢的資料庫。不過由於本區的山地地形複雜，局部氣候變化甚大，對於某些特定地區的生態研究，則需以移動式氣象站，針對特殊之氣象參數，進行較短時期之研究，以輔助局部氣候資料的不足（夏禹九等，1989）。本計畫將利用設於海拔三千公尺以上的移動式氣象站（小奇萊、南湖站），配合合歡山長期生態研究，對高海拔之山地氣象進行調查。

立霧溪流域為太魯閣國家公園內的主要河川系統（圖 1、2），流域面積達 621 平方公里，約佔太魯閣國家公園範圍的三分之二。其中下游河段（天祥以下）流經變質石灰岩（大理石）區（圖 2），形成谷壁矗立高達千餘公尺聞名的太魯閣峽谷景觀。本流域西高東低，上游呈扇形，在天祥附近匯流後，湍急奔流東下於新城附近注入太平洋。主流全長 58 公里，在這極短的距離中，高程卻從河口的海平面急速拔升至 3000 餘公尺的合歡山與奇萊北峰之間，河川坡度陡峻為其特色。立霧溪流域之植被隨海拔由高山草本植群、針闊葉灌叢、亞高山針葉林、上部山地針葉林、山地針葉林、山地常綠至下部常綠闊葉林（圖 3），變化相當大。

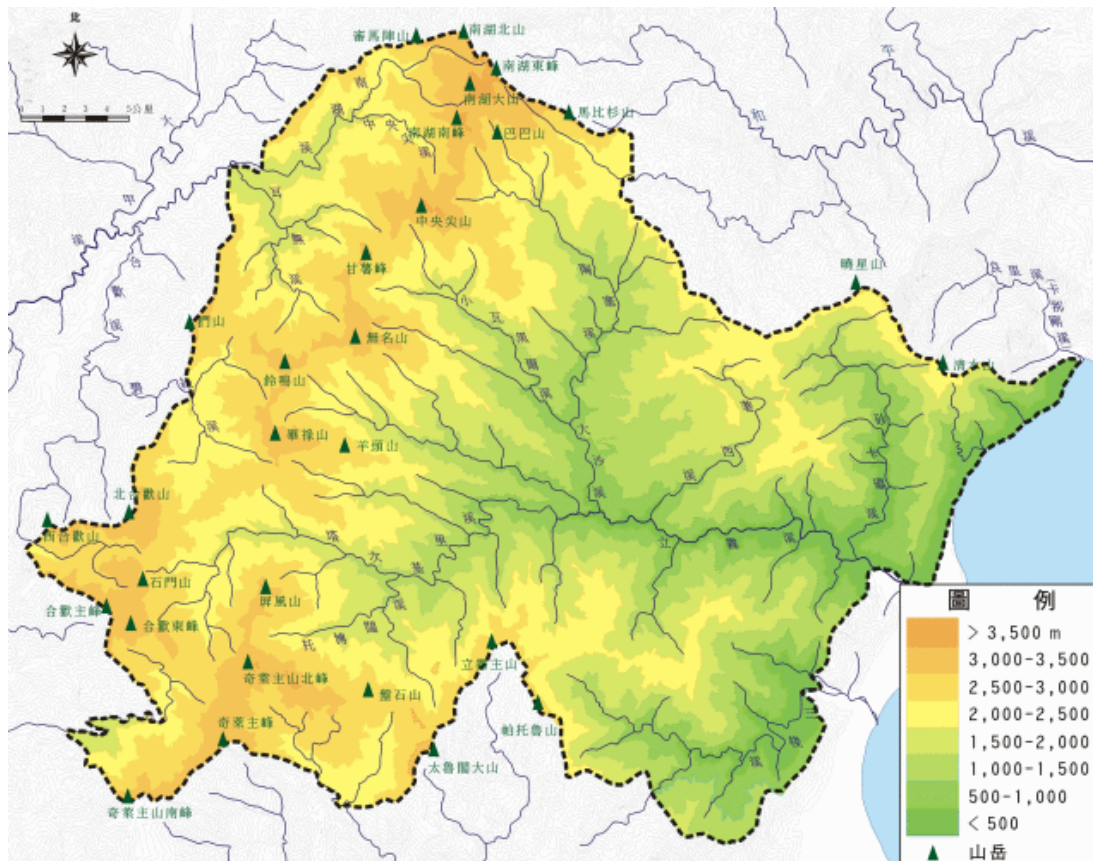


圖 1 太魯閣國家公園地形圖
(資料來源：太魯閣國家公園網站)

第二章 研究背景

第一節 立霧河流域植群概述

立霧河流域於天祥附近形成近似盆地（或漏斗）的地形，可能因海洋氣流受峽谷及兩側山脈阻隔，加上石灰岩地區土壤淺薄及水分容易流失的特性，造成天祥附近不若台灣其他溪谷地形般潮濕，再加上峽谷內多為陡峭的岩壁，崩塌頻繁，適合大型喬木生長的生育地有限。稜線及陡坡處受地形及土壤條件所限制多以青剛櫟、太魯閣櫟及阿里山千金榆為優勢的耐旱性植群，亦有檫木、白雞油、黃連木及樟葉槭等落葉樹伴生。陡峭岩壁上則為落葉灌木所構成的低地岩壁及碎石坡植群，以台灣蘆竹為優勢的大面積草本植群為主，車桑子、雙花金絲桃、青桐及黃連木等灌木或小喬木，常零星分布於岩隙上。崩塌地上的次生林以血桐、構樹、山黃麻等先驅植物為常見。

海拔約 900 m 以上常綠闊葉林才陸續出現，櫟林帶為常綠闊葉樹林，常混入各類針葉樹，其上部亦常與針葉林之海拔分布重疊，代表台灣盛行雲霧帶的大略範圍(Su 1984)。櫟林帶常綠闊葉林的樹冠層植物，以樟科(青葉楠、假長葉楠及長葉木薑子)及殼斗科(赤柯、大葉柯、錐果櫟及狹葉櫟)的植物為優勢，林下常見早田氏冬青、台灣灰木、細枝柃木及西施花等耐陰性的物種。櫟林帶亦常雜有台灣鐵杉、台灣雲杉及台灣黃杉等針葉樹，與闊葉樹形成具明顯上、下兩層樹冠的針闊葉混淆林。次生林以台灣赤楊為最常見，多分布在開闊的溪床及兩側的崩塌處，常形成純林，或與假長葉楠、青葉楠、長葉木薑子、尖葉槭等形成過渡類型的常綠、落葉闊葉混淆林；較高海拔處則常與台灣二葉松及台灣紅榨槭混生。立霧河流域櫟林帶植群的特殊之處，在組成物種上無常見於東部其他流域的長尾尖葉槭、星刺栲及台灣杉等大喬木，大量出現於其他流域的檜木林亦僅分布於少數地區（屏風山、研海林道及清水山區），然而卻有大面積的雲杉林和為數不少的台灣黃杉、南洋紅豆杉及台灣粗榧等珍稀植物。另外，本區常見的水絲梨優勢林分，亦少見於其他流域。櫟林帶以上的森林以針葉林為主，

合歡山區幾乎可見台灣所有主要的針葉樹林型（台灣雲杉、台灣鐵杉及台灣冷杉林），從暖溫帶的針闊葉混淆林到亞寒帶的高山針闊葉灌叢，尚有大面積的台灣二葉松林、高山針闊葉灌叢及高山草本植群，可做為台灣高山生態系的代表。

不過如果由較小的尺度來檢視立霧溪的植被分布（圖 3），複雜鑲嵌的不同植群則並不能完全依據海拔高度來區分。當然土壤性質、日輻射、氣溫、溼度、干擾等及其他的生物因子（種間競爭、動物的取食與種子播遷等）都會使其變異很難解釋。然而日輻射、氣溫、溼度等比較容易有系統量測的氣象因子，可能是進一步生態過程研究較容易及必需的參考依據。

第二節 山地氣候的特性

氣候可依其所涵蓋的水平尺度分為大($10^5\sim 10^7\text{m}$)、中($10^3\sim 2\times 10^5\text{m}$)、小($10^1\sim 10^4\text{m}$)、微($10^2\sim 10^2\text{m}$)四個不同尺度（吉野正敏，1986）（圖 4）。當然此一層級的分析，蘊含由大至小的控制及由小影響上層特性的概念，由圖 4 可以清楚的呈現。不過不同學者因其研究的方向又有各種不同的分級，例如中氣候又稱局部氣候（local climate, Yoshino, 1975）或地形氣候（topoclimate, Barry, 2008）。微及小氣候則通常又合併稱為微氣候或近地氣候（Geiger, 1965）。而山地氣象受到地形的影響，其氣候又與一般中尺度氣候不完全相同，Barry（2008）更認為應將山地氣候單獨分開。山地特殊的局部氣候主要的控制因素是緯度、高度與屬於大陸性或海洋性氣候，在這三個控制因子下，局部的坡度、坡向及山脈的走向則會造成不同的變化（Barry, 2008）。

目前對台灣山地氣候有過系統性描述的是蘇鴻傑（Su, 1984a, b），其分析將台灣的山區依集水區為單元，處理水系如何影響台灣氣候最主要的東北季風與西南氣流，從而建立氣溫與海拔高的線性迴歸式，他認為在山區沒有氣象資料的地方使用這些線性迴歸式，不失為研究植群與氣候因子關係的一個依據。此方法也一直為後來植群研究沿用迄今。立霧河流域的年平均溫度隨海拔高度的遞減率（lapse rate）為 $0.36^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，夏季（7

月) 為 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，而冬季 (1 月) 則為 $0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Su, 1984a, Table 2)，季節性的差異反應了夏、冬二季不同的氣團特性。特別值得一提的是蘇鴻傑 (Su, 1984b) 提到若以個別測站氣溫與海拔高度對應，則在西部許多淺山地區 (foothill) 會有一逆溫出現，其海拔高約為 300~500m，而東部立霧溪並無此現象。他又特別提到溫度隨海拔高度的遞減率在此區 1000~2600m 之間是較低的，可能是與此區常見有深厚的雲海有關。不過蘇鴻傑特別提到中央山脈以東氣象測站不多，所以分析時是包含了立霧溪以外的花蓮北區的一些測站。不論如何，以立霧溪集水區陡峻的地形與複雜的水系走向，局部氣候的變化 (如氣溫) 對陸地生態系的影響應該很難只以一個與海拔高度完全一致的關係來闡釋。

立霧河流域內國家公園以外現存之氣象站與雨量站大多在低海拔區域。本計畫新設的測站加入後，由最低海拔的新城氣象站沿著立霧溪主流到合歡山附近的小奇萊氣象站與南湖園谷氣象站共有 8 個氣象站 (表 1)，大致上沿著海拔梯度至少每 1000m 有一測候站，將有助於對立霧溪不同海拔高的局部氣候的了解。

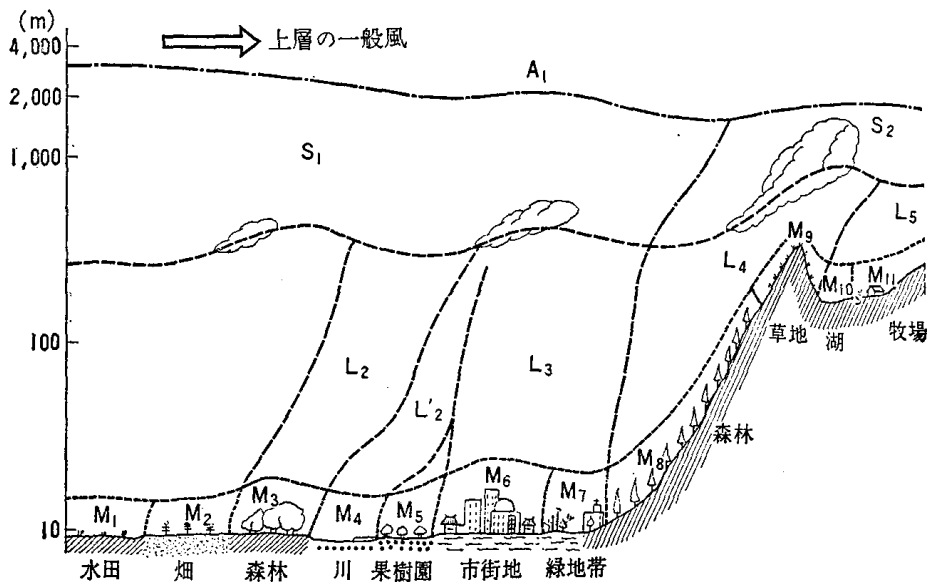


圖 4 微氣候 (M)、小氣候 (L)、中氣候 (S)、大氣候 (A) 之層級概念 (取自吉野正敏, 1986)

表 1 立霧溪流域內現有之氣象站及雨量站

站名	經度	緯度	海拔高
新城氣象站(C0T840)	E 121°35'51"	N 24°00'02"	32 m
富世氣象站(C0T9C0)	E 121°37'19"	N 24°08'59"	109 m
布洛灣雨量站(C1T830)	E 121°34'47"	N 24°10'25"	200 m
天祥氣象站(C0T820)	E 121°29'15"	N 24°10'53"	550 m
蓮花池氣象站	E 121°29'44"	N 24°13'04"	1050 m
洛韶雨量站(C1T800)	E 121°26'45"	N 24°12'23"	1260 m
慈恩雨量站(C1T810)	E 121°22'49"	N 24°11'38"	2049 m
碧綠氣象站	E 121°24'20"	N 24°10'39"	2212 m
大禹嶺氣象站(C0T790)	E 121°18'29"	N 24°11'16"	2565 m
小奇萊氣象站	E 121°17'50"	N 24°07'54"	3100 m
南湖氣象站	E 121°26'41"	N 24°21'34"	3562 m

第三章 工作項目與結果

第一節 定期檢核碧綠神木、蓮花池固定式氣象站之觀測與資料

太魯閣國家公園已於 2009 年 12 月於碧綠神木附近及蓮華池二處設置了固定式的氣候站（圖 5）。站址的選擇最先是因碧綠神木附近有太魯閣國家公園過去設置之植被永久樣區，蓮華池則是未來擬設置之中低海拔生態試驗地。這些氣候站起初是以提供中尺度局部氣候資訊為目的來規劃的。山地因地形複雜，不可能尋到理想的中尺度氣候觀測位置，這是 Barry (2008) 認為山地氣候應與中尺度局部氣候分開的原因之一。Barry 建議對於山地氣候的描述需基於兩種考慮：目的及能使用的技術、資源（包括已有的知識）。固定測站將需要長期維護，所以可及性與無線傳輸訊號的可能性均是考慮的重點。目前太魯閣國家公園已設置的蓮花池與碧綠神木固定氣候站在選定站址時已考慮這兩個因素，盡量避免受鄰近障礙物的遮蔽效應，但是山區局部地形的效應，仍不可避免（夏禹九、王文賢，1985）。各項觀測儀器的定期檢測是非常重要的工作（DeFelic, T.P.,1998），儀器裝設承包商亦訂有保固合約。本計畫每兩個月均依據各項觀測儀器之特性（Brock and Richardson, 2001）至蓮花池與碧綠神木兩固定測站進行檢測工作，以確保觀測儀器的正常運作。

台灣屬高溼度地區，以往在無 AC 電源地區所設置之溫溼度計，因無法使用具風扇之通風筒，均使用自然通風設計之外罩。此類外罩，在恆常高溼度之區域，常常導致此需藉由吸溼來改變電容之相對溼度感應器無法正常反應溼度之變化。Vaisala 公司新設計之 HMP-155 溼度計在相對溼度超過 95% 時，會啟動一增溫器，以避免水汽凝結於溼度計上，從而免於送出錯誤的高溼度訊號（一直是 100% 的讀值）。蓮花池、碧綠神木、小奇萊及南湖測站均使用了 HMP-155 溫溼度計，是台灣地區首次試用此一型式的儀器。HMP-155 溼度計的設計相當複雜，偶有不正常的反應，其原因尚不明瞭，尚有待儀器公司與原廠檢討其原因。不過因為各站均已裝置了可量測氣溫的 WXT520 綜合觀測儀（表 2），所以氣溫資料並不受影響。

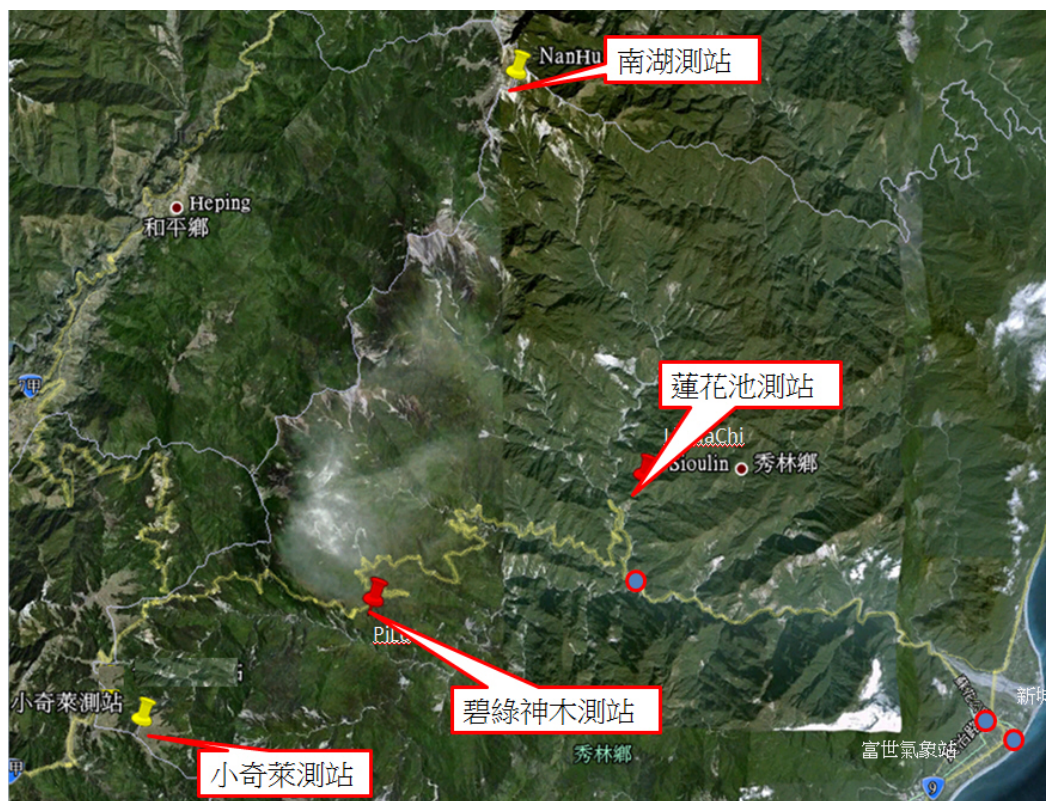


圖 5 氣候測站位置圖。蓮花池與碧綠神木氣候測站（紅色標示）及小奇萊、南湖
圈谷移動測站（黃色標示）（底圖取自 Google Earth）

表 2 氣候測站觀測項目及儀器

碧綠神木觀測站			蓮華池觀測站		
中文項目名稱	儀器	型號	中文項目名稱	儀器	型號
1 氣壓	Vaisala	*WXT520	1 氣壓	Vaisala	WXT520
2 氣溫	Vaisala	WXT520	2 氣溫	Vaisala	WXT520
3 風速	Vaisala	WXT520	3 風速	Vaisala	WXT520
4 風向	Vaisala	WXT520	4 風向	Vaisala	WXT520
5 雨量	Vaisala	WXT520	5 雨量	Vaisala	WXT520
6 氣溫	Vaisala	HMP155	6 氣溫	Vaisala	HMP155
7 濕度	Vaisala	HMP155	7 濕度	Vaisala	HMP155
8 風速	Young	05103-45	8 地表溫度	Vaisala	QMT103
9 風向	Young	05103-45	9 地下 30cm 溫度	Vaisala	QMT103
10 雨量**	竹田	TK-1	10 地下 50cm 溫度	Vaisala	QMT103
11 地表溫度	Vaisala	QMT103	11 全天日輻射	Middleton	SK-08
12 地下 30cm 溫度	Vaisala	QMT103	(小奇萊、南湖圈谷)		
13 地下 50cm 溫度	Vaisala	QMT103	移動試驗站		
14 全天日輻射	Middleton	SK-08	1 氣壓	Vaisala	WXT520
15 光合作用有效輻射	LiCor	190	2 氣溫	Vaisala	WXT520
16 能見度	Optical sensors	MiniOFS	3 風速	Vaisala	WXT520
			4 風向	Vaisala	WXT520
			5 雨量	Vaisala	WXT520
			6 氣溫	Vaisala	HMP155
			7 濕度	Vaisala	HMP155
			8 全天日輻射	Middleton	SK-08

*WXT520 為一複合式氣象儀，內含氣壓、溫度、二維風速及感應式雨量計

**倒杯式雨量筒

第二節 維護碧綠神木、蓮花池固定式氣象站及小奇萊、南湖二移動式氣象站之觀測設施

山地氣候的描述受到局部地形的影響甚大，為探究立霧溪集水區內北向坡之局部氣候，2010年4月中旬，本計畫於小奇萊山附近設置一移動式氣象站（圖5、6）。此一站架設之後，由蓮花池（1050m）、碧綠神木（2210m）至小奇萊（3100m），大致上沿著海拔梯度每1000m間隔有一測候站，有助於了解立霧溪不同海拔高的局部氣候。2010年10月初則在南湖大山主峰與北峰間之鞍部（3562m）架設另一移動式氣象站（圖5、7），位於和平南溪與陶塞溪之分水嶺，除了可提供即時高山（Alpine）氣象資料外，此站為立霧溪集水區北坡唯一的一個氣候站。此二測站中，南湖圈谷測站路程相當長，為了減輕搬運負重，儀器支架全部重新以鋁材自行製作，而小奇萊測站則是由東華大學購置之國外原廠所製重量更輕之支架。缺點則是若下雨時無法於現場打開 data logger 以取回儲存資料之記憶卡或其他操作。小奇萊測站由奇萊登山口步行約一小時可達，維護上尚稱便利，目前至少兩個月維護一次。南湖測站則僅能一年進行一次測站維護，本年度已於六月中前完成維護的工作。



圖 6 小奇萊移動式氣象站



圖 7 南湖圈谷移動式氣象站

第三節 建立即時連線之氣象資料庫，提供定期之氣象統計資料

太魯閣國家公園之氣象測站網(<http://210.241.8.189:8080/taroko/>)規劃是以電信訊號傳輸回管理處電腦主機，自動建檔，且提供網頁介面具有即時查詢、線上資料補整及提供氣候資料檔等操作功能（圖 8）。原先儀器公司設計各測候站資料檔分為每 1、10、60 分鐘及每日 4 個資料檔。每 10 分鐘以 GPRS modem 無線傳輸回太管處之主機 10、60 分鐘及逐日 3 個資料檔案，此 3 個資料檔加上 1 分鐘資料檔亦儲存於測站資料處理機上之 CF 記錄卡備份。此一設想開始運作後發現無線傳輸訊號受山區地形及雨霧的影響，回傳資料並不順利，管理處電腦主機中之資料檔缺失資料甚多，必須經由人工取回儲存於 CF 記錄卡上之原始檔案，經過檔案轉換後，再透過網頁進行資料的補整。資料的補整程式運作緩慢，且常發生問題，對資料的整理造成困擾。經與翰昇公司的技術人員討論多次後，目前已修改其原先的設計，刪除 1 分鐘資料檔，以節省資料回傳的時間。且目前的設計是在信號可即時傳輸完當時的氣候資料檔後，會回溯未傳輸的資料檔。考慮到節省電源（傳輸時才打開 modem 之電源）與測站之訊號狀況，每 10 分鐘時僅傳輸一分鐘。這樣的設計已大幅改善資料的缺失，資料缺失的比例很低（表 3）。同時本計畫仍會於測站維護時讀取 CF 記錄卡上之原始檔案，進行資料的整理。大致上經由 CF 卡取得的資料檔相當完整。缺失資料主要原因來自原先測站之取樣程式設計上有些問題，替換修改後之程式時遺失記錄資料。

線上管理及資料查詢是計畫的目標，目前所回傳之氣象資料並無線上檢核之功能，未來太管處若規劃提供即時旅遊氣象時，則需要訂定各項氣象參數之檢核標準。山地氣候的地形影響，局部變異很大，此一特性對資料的檢核工作特別困難，通常需要較長時間的統計資料才能訂定檢核標準。此外雨量資料不像氣溫有連續性，且非常態分布，通常需專業人員以鄰近之雨量站比較及以長期的記錄來檢查確認，開放網上雨量即時資料的查詢是相當困難的。



圖 8 太魯閣國家公園氣象即時查詢系統網頁。

於首頁將滑鼠指標點在站名上即可查看即時氣象資訊。或進入資料查詢，可依不同站名、時段分別查詢所需要的氣象項目。

表 3 各氣象站設站起始迄 2011 年 10 月逐日資料檔缺失之數目

測站	資料缺失天數			
	蓮花池	碧綠神木*	小奇萊	南湖圈谷
Jan-10	1	0	-	-
Feb-10	0	0	-	-
Mar-10	0	0	-	-
Apr-10	0	0	0	-
May-10	0	0	0	-
Jun-10	0	0	0	-
Jul-10	0	0	0	-
Aug-10	0	0	0	-
Sep-10	0	0	0	-
Oct-10	0	0	0	0
Nov-10	0	0	0	0
Dec-10	0	0	0	0
Jan-11	0	0	1	0
Feb-11	0	0	0	0
Mar-11	0	0	0	0
Apr-11	0	1	5	0
May-11	8	0	3	0
Jun-11	4	2	5	5
Jul-11	1	0	1	4
Aug-11	1	1	2	7
Sep-11	1	0	0	4
Oct-11	3	2	1	1

*碧綠神木站因安裝時，未考慮電源限制，將霧水取樣器與氣象站共用電源，導致電源失效，至 2 月中始修改原設計。

第四節 立霧溪的氣候分析

一、 氣溫及氣候分區

氣溫隨高度而遞減，乾燥空氣每 100 公尺減低 1°C；空氣中水汽含量愈高則垂直遞減愈緩。園區內沿著立霧溪年平均氣溫由海拔 100 公尺的 23°C（富世測站），海拔 500 公尺的 20°C（天祥測站），海拔 1,000 公尺的 15°C（蓮花池測站），海拔 2,000 公尺的 12°C（碧綠神木測站），海拔 3,000 公尺的 10°C（大禹嶺測站），海拔 3,000 公尺的 7°C（合歡山測站），到南湖園谷 3,500 公尺以上之高山地區，其年平均溫降為 4°C。3,500 公尺之高山地區冬季 12~2 月間，有 3 個月月均溫都在 0°C 以下，而 3,000 公尺左右也有 1 個月（1 月）的月均溫在 0°C 以下。極端最低溫在海拔 2,000 公尺處 12~2 月間的 3 個月曾出現 0°C 以下的最低氣溫；海拔 3,000 公尺以上 11~4 月間的 6 個月亦曾出現 0°C 以下的最低氣溫；3,500 公尺以上之高山地區，最低氣溫更會低至 -10°C 以下。綜合而言，由低海拔往高海拔的極端溫度差漸增，在冬季這個趨勢更明顯，生物的生長條件更為嚴苛。

本研究整理了本區各測站氣溫（表 4），立霧溪的氣候隨海拔高依 Köppen-Geiger 氣候分類法（Kottek et al., 2006; Peel et al., 2007），在低海拔小於 750m（富世、綠水、天祥測站）屬於 Cfa 溫溼亞熱帶氣候(humid subtropical climate)，全年無旱季，夏季炎熱(hot summer)。海拔 750m~3100m（蓮華池、碧綠神木、小奇萊測站）則屬於 Cfb 暖溼溫帶氣候(warm temperate climate, fully humid)。而到了樹木生長界線(tree line)以上（南湖測站），則屬於 ET 極地凍原氣候(Polar Tundra)，因為緯度上並非極地，亦有特別稱為亞熱帶高地氣候（highland）。分述各區如下：

I) 750 公尺以下河谷（溫溼亞熱帶氣候 Cfa）

Cfa 氣候分區是台灣平地主要的氣候型，以綠水（海拔 413 公尺）、天祥（海拔 550 公尺）觀測資料為本區氣候分析之依據。天祥年平均氣溫在 20°C 左右，最冷月（1 月）之平均氣溫 14°C，最熱月（7 月）平均氣溫 28°C（> 22°C，Cfa 氣候之門檻值）。夏季白天最高溫度超過 30°C（8 月

還曾出現 38°C 的極端高溫)，而夜晚之最低溫仍高於 15°C。12~3 月，白天最高溫可達攝氏 25°C，但夜晚卻曾出現 5°C 以下之低溫。綠水海拔僅低了 100 公尺，年平均氣溫為 21.7°C，較天祥高了 2.2°C。綠水最低溫仍高於 10°C，最高溫則未曾超過 33°C。天祥的特殊河谷台階地形可能是造成這種極端氣溫出現的原因之一。

II) 750 公尺至 1500 公尺之山區 (暖溼溫帶氣候 Cfb)

以蓮華池測站 (海拔 1,050 公尺) 觀測資料為本區氣候分析之依據。本區年平均氣溫在 16°C，最冷月 (1 月) 之平均氣溫接近 10°C，最熱月 (7 月) 平均則不超過 22°C (Cfb 氣候之門檻值之一)。因海拔較高，夏季白天最高溫度超過 30°C，而夜晚之最低溫則會降至 12 到 13°C。12~3 月，白天最高溫可達攝氏 20 到 24 度，但夜晚則會出現 5°C 以下，甚至低於 0°C 之極端最低溫，有降霜之可能。

III) 1500 公尺至 2,500 公尺之山區 (暖溼溫帶氣候 Cfb)

依碧綠神木測站 (海拔 2,210 公尺) 之資料，本區年平均氣溫 12°C，最冷月 (1 月) 之平均氣溫 6°C，最熱月 (7 月) 平均 17.5°C，一年有 5 個月平均氣溫高於 15°C，夏季最高溫亦僅在 25°C 左右，屬於涼爽舒適的地區。冬季之 12、1、2 月均有出現 0°C 以下的記錄，偶有降霜或甚至降雪之可能，如今年三月。

IV) 2,500~3200 公尺以上山區 (樹木生長界線以下，Cfb)

依小奇萊測站 (海拔 3,100 公尺) 之資料，本區年平均氣溫 7°C，最冷月 (1 月) 之平均氣溫已低於 0°C (-0.3°C)，最熱月 (7 月) 平均 12°C，全年僅有 4 個月平均氣溫高於 10°C。夏季最高溫亦僅在 20°C 左右，11 月~4 月半年均有出現 0°C 以下的低溫，在 Köppen 氣候分類中雖得屬於 Cfb 暖溼溫帶氣候，但其上緣應已為山地暖溼溫帶樹木分布之樹木生長界線。

V) 3200~3500 公尺（樹木生長界線以上，極地凍原氣候 ET）

台灣 3500 公尺以上之測站甚少，南湖圈谷測站（海拔 3,562 公尺）亦僅設置剛滿一年，依其記錄，本區屬於 ET 極地凍原氣候(Polar Tundra)，或稱為亞熱帶高地氣候。本區年平均氣溫不到 5°C，全年各月平均氣溫均在 10°C 以下，冬季 3 個月（12、1、2 月）平均氣溫亦都在 0°C 以下。夏季最高氣溫不超過 15°C，而 11~3 月均曾出現低於-5°C 的低溫，冬天積雪，霧氣凝重，風力較強，雨量雖多，但已不適於樹木生長。

表 4 立霧溪流域內現有氣象站及中央氣象局花蓮市測站之氣溫統計

測站	海拔高 (m)	氣候 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年 資料年分	
花蓮	17.6	月平均 溫度	18.4	19.3	20.0	22.5	25.3	27.2	28.7	28.2	27.2	25.3	22.7	19.6	23.7	2000~2010
		最高溫	26.1	27.5	28.2	30.8	32.4	33.2	34.2	34.0	33.1	32.3	29	27.0	34.2	
		最低溫	10.5	12.5	13.0	15.8	19.1	21.7	24.2	24.0	22.6	20.4	15.3	12.0	10.5	
新城	32	月平均 溫度	17.3	19.2	19.4	21.3	24.6	26.7	28.2	28.5	26.8	24.8	21.7	18.5	23.1	2009/11~ 2011/09
		最高溫	27.5	30.0	30.1	29.8	31.5	33.6	33.9	35.7	32.8	31.7	27.7	27.2	35.7	
		最低溫	8.8	11.9	10.6	16.2	15.9	19.7	23.5	23.7	22.0	16.8	14.3	9.4	8.8	
富世	109	月平均 溫度	17.5	18.7	19.1	21.6	24.4	25.9	27.8	27.6	26.3	24.1	21.6	18.7	22.8	2004/06~ 2011/07
		最高溫	22.7	24.3	25.3	26.9	28.4	29.0	30.8	30.0	29.1	28.2	26.1	23.7	30.8	
		最低溫	10.5	11.8	11.1	15.6	20.0	20.3	24.5	24.9	23.2	20.2	15.7	12.6	4.9	
綠水	413	月平均 溫度	14.2	15.6	18.2	21.4	24.5	26.8	27.6	27.6	25.7	23.5	20	14.7	21.7	2005~2010
		最高溫	20.0	20.8	23.5	26.3	29.1	31.1	32.8	32.8	30.7	28.6	25.4	20.6	32.8	
		最低溫	10.5	11.7	13.4	16.1	18.3	20.0	20.1	20.0	19.5	16	15.4	11.1	10.5	
天祥	550	月平均 溫度	13.6	15.1	16.2	18.9	21.8	23.3	24.7	24.4	23.0	20.5	17.8	14.5	19.5	2001/01~ 2011/09
		最高溫	25.5	28.2	30.0	33.5	34.6	33.7	36.1	38.0	33.5	30.4	29.6	26.7	38.0	
		最低溫	3.8	6.3	6.4	10.4	10.6	13.2	15.4	15.1	14.3	10.3	7.1	4.7	2.5	
蓮華池	1050	月平均 溫度	8.4	11.0	10.2	14.7	18.7	20.2	21.2	21.1	20.0	17.8	14.0	10.5	15.6	2010/01~ 2011/10
		最高溫	20.1	23.7	24.0	30.9	28.2	30.9	30.7	33.0	29.3	27.6	22.2	22.8	33.0	
		最低溫	2.1	3.4	5.0	4.8	6.8	12.0	13.0	11.7	10.4	7.9	4.3	-0.3	-0.3	
碧綠	2212	月平均 溫度	5.9	8.7	8.6	11.8	15.0	16.5	17.5	17.2	15.7	13.1	9.5	6.7	12.2	2010/01~ 2011/10
		最高溫	15.5	21.2	21.7	22.7	24.0	25.7	25.6	25.2	22.5	20.5	18.1	23.1	25.7	
		最低溫	-3.6	-0.8	0.0	2.6	4.6	10.1	12.6	13.1	10.7	4.7	1.8	-1.8	-3.6	
大禹嶺	2565	月平均 溫度	4.3	5.4	7.7	9.6	11.7	12.8	13.9	13.4	12.4	10.7	8.5	5.6	9.7	1996~ 2011/07
		最高溫	12.1	13.0	14.6	15.5	16.0	16.6	23.6	16.8	15.4	14.4	15.9	12.0	23.6	
		最低溫	-2.6	-0.4	-4.0	1.8	7.3	9.5	9.5	9.7	9.2	6.7	2.1	-2.2	-4.0	
小奇萊	3100	月平均 溫度	-0.3	1.8	3.4	7.4	9.3	10.8	11.9	11.7	10.9	9.1	5.4	2.2	7.0	2010/04~ 2011/10
		最高溫	9.6	15.8	14.2	27.6	20.0	20.7	20.5	21.3	20.3	17.9	16.2	14.8	27.6	
		最低溫	-6.7	-3.8	-1.9	0.0	1.5	4.7	0.6	6.6	5.9	2.7	-2.0	-6.7	-6.7	
南湖	3562	月平均 溫度	-2.3	-0.5	0.9	3.1	6.6	8.2	8.9	8.3	8.2	6.6	3.0	-0.1	4.2	2010/10~ 2011/10
		最高溫	11.4	9.6	8.2	10.4	13.6	13.6	14.0	13.9	14.2	12.6	11.7	9.9	14.2	
		最低溫	-9.8	-5.2	-9.2	-4.2	0.3	3.7	4.3	3.7	3.5	-1.0	-6.1	-10.3	-10.3	

二、降雨量

山地的雨量觀測受到局部及微地形的影響，空間變異極大。在鄰近並無其它雨量站可比較的情況下，短期的自動觀測雨量記錄常常無法依水文分析的慣用方法(如雙累積曲線法)來確認。目前本區內的雨量站不多，新設的四個氣象站觀測記錄不長，都限制了雨量統計的可信度。在這種限制下，本文僅能夠以記錄較長的雨量資料做一概略性的描述。

本區全區年雨量均在 2,000mm 以上，雨量集中於 5~10 月的對流性陣雨及颱風所帶來之豪雨，冬季略乾但月累積雨量低於 50mm 的月份除在 3500 公尺以上的高山區外的各站都只有一個月，並無明顯的旱季。低海拔的太魯閣峽谷區年雨量在 2000~2500mm 之間，降雨日數與中、高海拔較開闊的山區(洛韶以上降雨日超過 150 天)比起來都較少。500~1,000 公尺左右的區域年累積雨量較低，約在 2,000mm 左右，降雨日數卻較多。2,000 公尺左右之山區，雨量較高(慈恩年累積雨量達 2750mm)，全年月平均雨量均高於 100mm。2,500~3500 公尺以上山區，冬季已有降雪；合歡山區冬季積雪，降雪受地形影響極大，年雨量地區變異可能很大。3500 公尺樹木生長界線以上因冬季的東北季風潮溼空氣層較低，冬季月雨量低於 50mm 的月份應該較長，年降雨量可能會減少到 2000mm 以下。不過南湖測站設置僅一年，尚無法下一定論。

表 5 立霧溪流域內現有雨量站之月雨量統計

測站	海拔 (m)	項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	資料年分
花蓮 ¹	17.6	雨量	66	77	98	67	179	220	308	374	412	405	154	94	2453	2005~2010
新城* ¹	32	雨量	39	70	52	85	134	99	77	203	214	495	44	30	1541	2009/11~2011/09
富世 ¹	109	雨量	55	83	85	83	193	217	315	324	478	400	118	97	2447	2004/06~2011/07
溪畔 ²	169	雨量	39	87	72	84	148	382	179	198	517	211	753	322	2991	2005~2010
		雨日	8	11	11	11	12	13	8	9	12	8	8	6	117	
布洛灣 ¹	200	雨量	46	88	74	81	177	257	378	467	435	391	125	121	2639	1996~2011/07
綠水 ²	413	雨量	45	118	110	104	147	352	374	200	576	210	49	31	2316	2005~2010
		雨日	10	12	13	12	14	13	9	11	13	8	8	7	130	
天祥 ¹	550	雨量	44	62	75	67	138	145	361	401	435	238	70	125	2162	2001/1~2011/09
洛韶 ¹	1117	雨量	78	125	117	111	169	175	269	299	309	304	98	95	2150	1996~2011/07
		雨日	13	15	16	15	15	14	8	11	15	11	12	10	155	
蓮華池	1050	雨量	19	14	29	28	43	71	75	219	250	196	34	19	996	2010~2011/10
		雨日	17	11	5	13	14	17	15	15	14	16	15	7	157	
碧綠	2210	雨量	52	38	63	73	174	135	121	233	220	361	85	73	1627	2010~2011/10
		雨日	12	8	9	13	13	18	13	13	11	20	17	8	152	
慈恩 ¹	2049	雨量	112	193	166	167	245	256	298	414	353	312	133	110	2759	1996~2011/07
大禹嶺 ¹	2565	雨量	95	164	175	163	249	239	209	231	217	137	68	71	2017	1996~2011/07
小奇萊	3100	雨量	84	183	177	214	671	547	420	306	335	247	58	108	3351	2010/04~2011/10
		雨日	16	11	15	13	22	21	22	22	18	18	8	10	194	
南湖	3562	雨量	21	19	28	72	251	171	107	316	52	497	56	54	1646	2010/10~2011/10
		雨日	17	11	15	8	20	14	17	17	10	15	16	17	177	

*記錄年數不足僅能供參考。⁺2011/4~2011/6 蓮華池之雨量計故障或資料缺失，雨量記錄有問題。

資料來源：¹ 中央氣象局花蓮氣象站、台灣颱風洪水研究中心 大氣研究資料庫。² 太魯閣國家公園第三次通盤檢討計畫報告

三、溼度

在氣候上水汽壓 (e_a) 有三個作用：1)水汽吸收近紅外輻射及一部分日輻射；2)會影響飽和水汽壓差 (saturation vapor pressure, $vpd = e_s - e_a$)；飽和水汽壓差亦稱為乾燥能力 (drying power)，是生物氣候上一個重要的指標；3)水汽壓與空氣密度成反比，與生物生理上對高海拔缺氧所造成的組織缺氧效應 (hypoxic effect) 有關係。與自由大氣相較，山區大氣中的水汽壓較高，因此若其他因子不變，較高的水汽壓會降低大氣中的凝結高度 (condensation level)，高山地區因此常常籠罩雲霧。因為近地的水汽高，吸收近紅外輻射較多，山區地面氣溫會較相同高度的自由大氣為高。

空氣中的水汽含量(以水汽壓力表示)隨海拔高的大氣壓力減低而遞減，1000 公尺處為 10~20 hPa，2200 公尺降到 5~12 hPa，超過 3200 公尺之上則降到 8 hPa 而以下(圖 9)。反應乾燥能力的飽和水汽壓差亦在 1000~2200 公尺左右最大，空氣較乾燥，蒸發散量之需求量亦隨之增加。在冬季東北季風較強烈的 11、12 月，立霧溪流域全區空氣都在飽和的狀態。隨著海拔高增加，飽和水汽壓差的季節性變化很明顯(圖 10)。小奇萊站的飽和水汽壓差在夏季亦不超過 2 hPa，在冬、春兩季(11~5 月) 南湖圈谷空氣中的水汽幾乎達到飽和，非常的溼冷。

四、全天日輻射

1000~2200 公尺的中海拔地區全年的日輻射量總量約為 4,800 MJ/m²/year，較平地的花蓮市測站(2000~2010 平均 3,800 MJ/m²/year)還高出一些，到了高海拔 3500 公尺的南湖則僅有 3,600 MJ/m²/year。不過在冬季蓮華池的日輻射量卻較低，這種現象應該是由於蓮華池測站的位置處於谷地，受到鄰近山嶺遮蔽的影響。

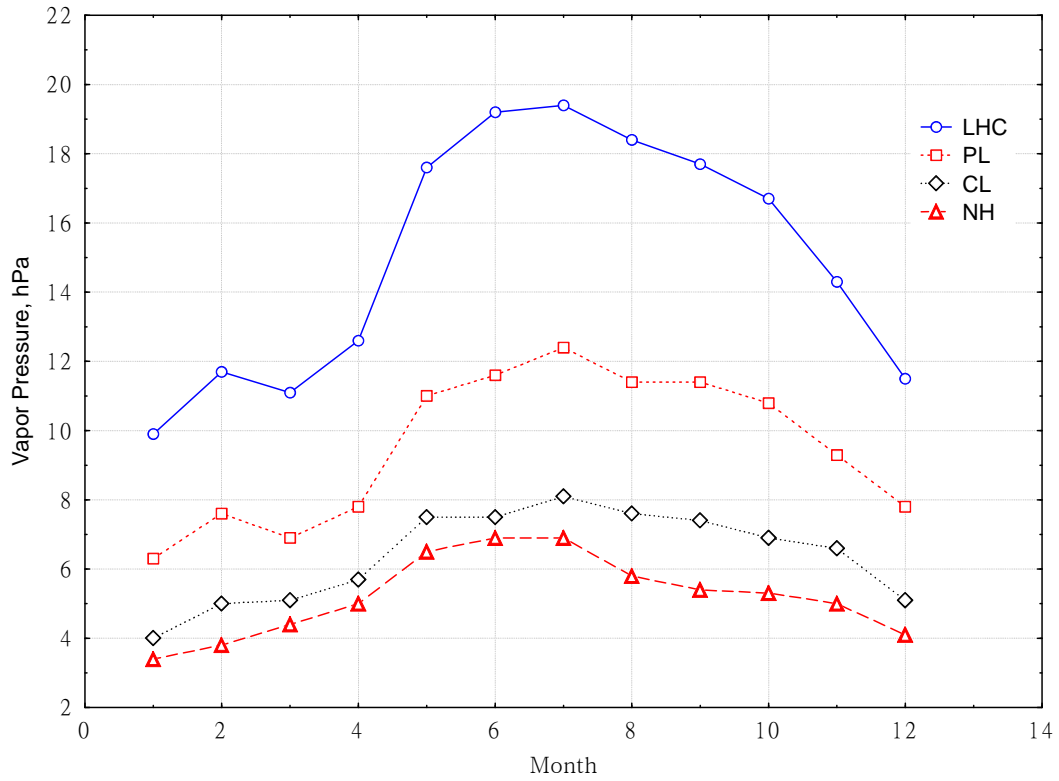


圖 9 水汽壓隨海拔高與季節的變化

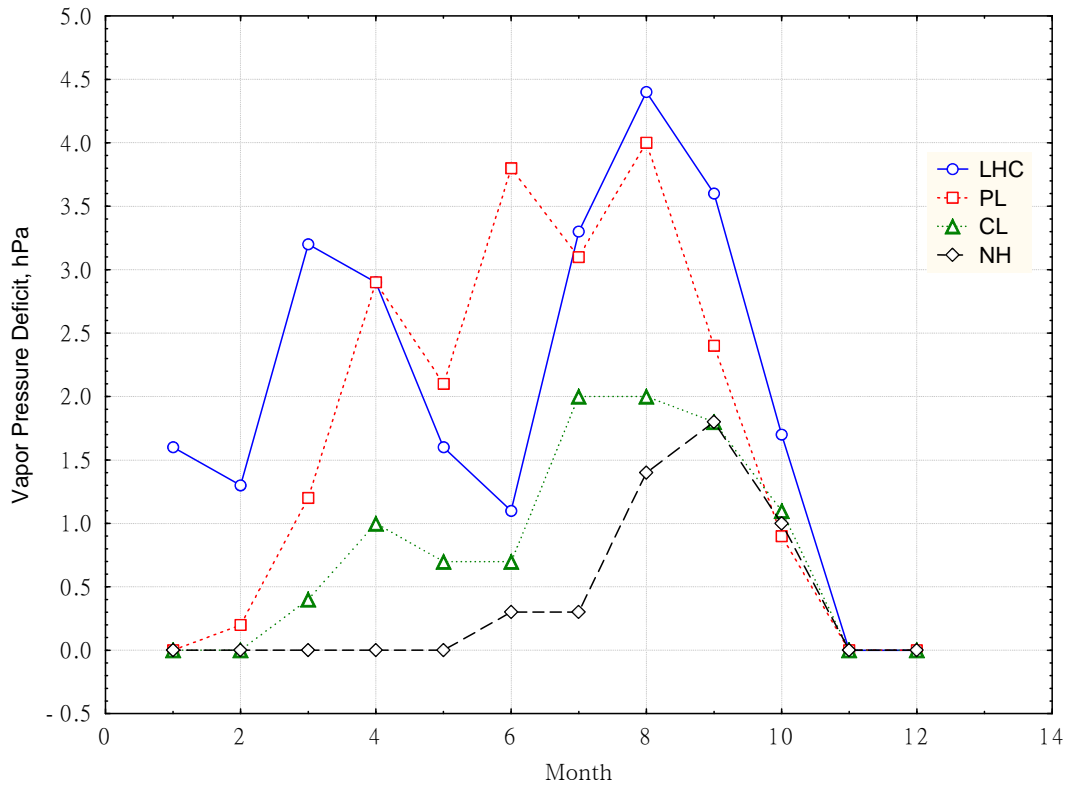


圖 10 飽和水汽壓差的季節變化

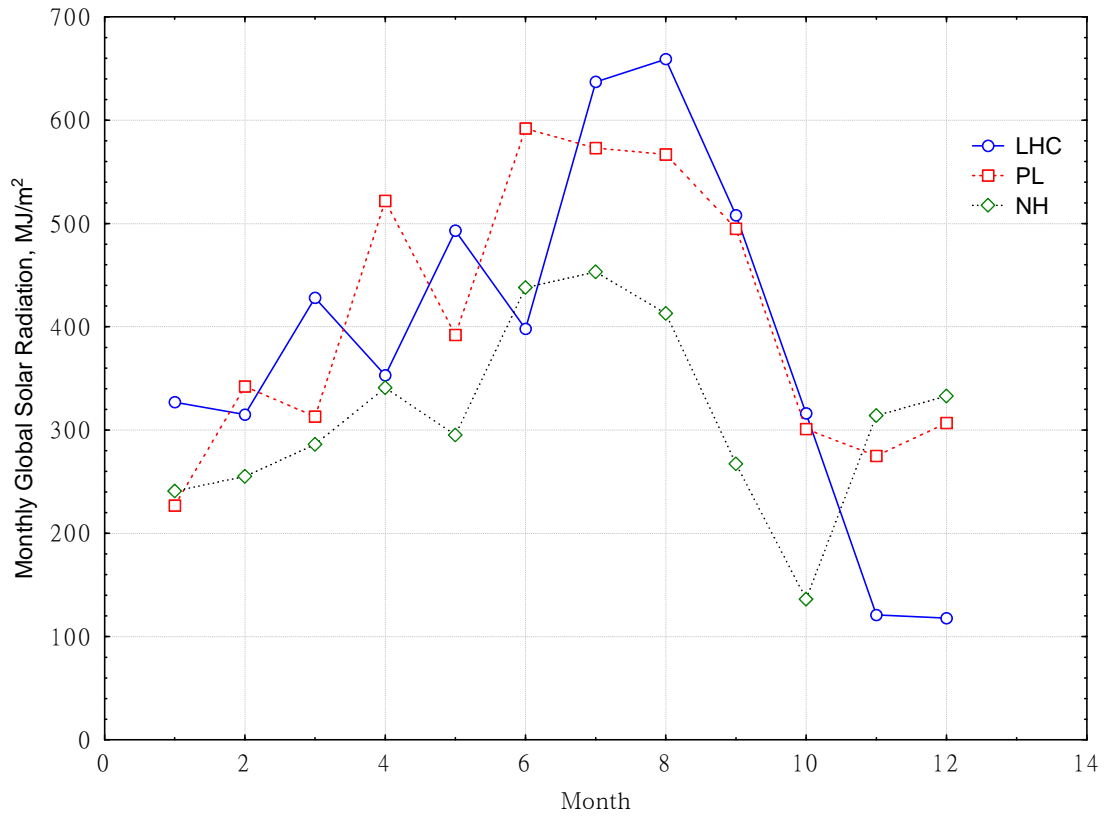


圖 11 日輻射量的季節變化

五、土壤溫度

蓮華池、碧綠神木及南湖圈谷三個測站的土壤溫度平均較氣溫高約 2~4°C。土壤溫度由地表(約在 3~5 cm 處)往深處降低，代表熱量由地表往地中輸送；反之則為熱量由地中向上輸送。在海拔較低的蓮華池，地表與土壤 30cm 的溫度差在 2~9 月間都很小，5~8 月間氣溫亦與土溫差異不大，表示熱量由地表往地中輸送的量亦不高；入冬之後的 11~1 月則有 3 個月熱量是由地中往地表輸送。在 2200 公尺的碧綠神木站，熱量由地表往地中輸送的月數增加至 8 個月；而在樹木生長界線之上的南湖大山隘口，已無地被，熱量由地表往地中輸送的月數減少為 6 個月。

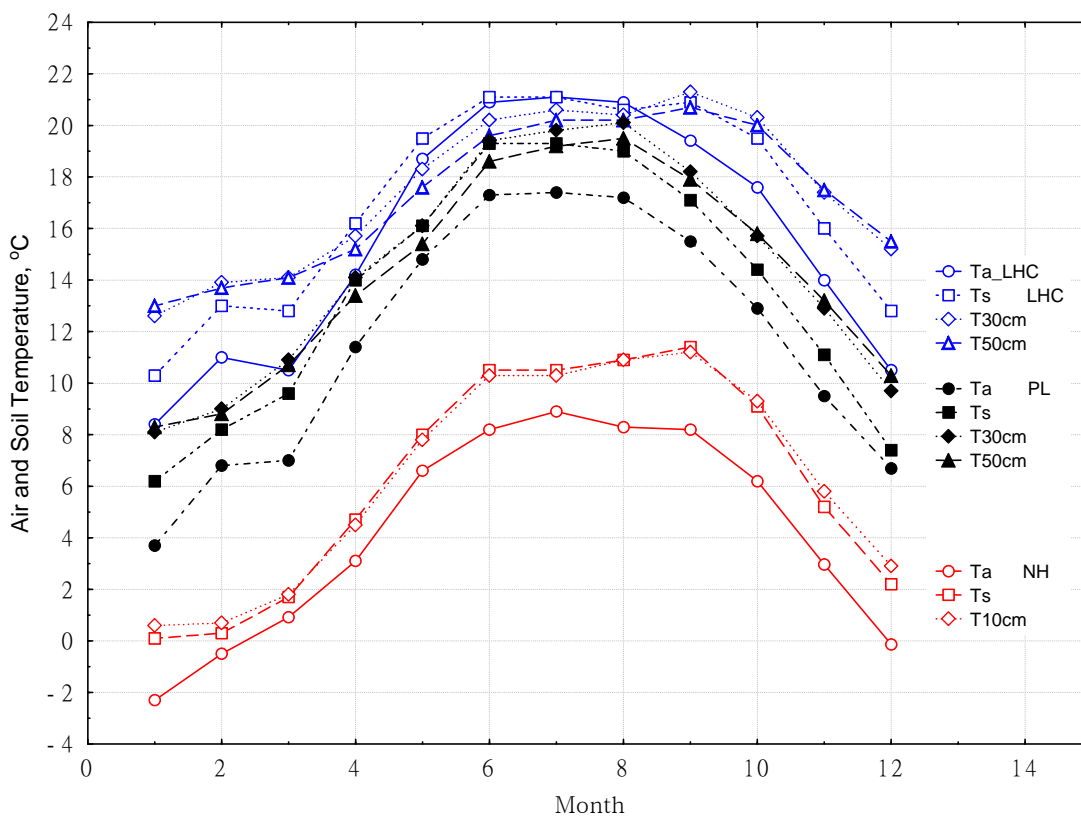


圖 12 土壤溫度的季節變化

第五節 配合雲霧帶及合歡山長期生態研究，提供局部地區之氣象因子

台灣山地雲霧帶大致和常綠闊葉櫟林、針闊葉混生林帶吻合 (Su 1984)。碧綠神木測站 (2200m) 的能見度記錄顯示全年平均每日有 3.77 小時的霧 (能見度 $<1000\text{m}$)，冬季約 5~6 小時，夏季則有 2~3 小時 (圖 12)。蘇鴻傑 (1984a) 的分析顯示氣溫與海拔高呈現相當好的線性關係，7 月均溫垂直遞減率為 $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，而 1 月均溫遞減率為 $-0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。空氣中的氣溫垂直遞減率反應了空氣層中的溼度，氣溫垂直遞減率愈緩，表示空氣中的溼度愈高。本計畫分析目前的資料顯示氣溫隨海拔高遞減的趨勢，在蓮花池測站 (1050m) 與碧綠神木測站 (2212m) 之間有一很明顯的轉折 (圖 13)。溫度遞減率亦明顯的隨海拔高而不同。氣溫垂直遞減率在低海拔地區較大 ($-0.6\sim-0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)，中海拔 1000m~2200m 間最低 ($-0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) (圖 14)，反應了立霧河流域常年均有一深厚的雲霧帶存在。雲霧帶以上之高海拔空氣較乾燥，氣溫垂直遞減率則再增加為 $-0.54^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $-0.58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (表 4)。氣溫垂直遞減率的季節性差異亦存在，不過在 1000~2200m 間其季節性變化不大，仍表示此一潮溼的雲霧帶全年均存在 (圖 15)。因此在台灣山地的生態學研究中，若僅以一簡單的隨海拔高而線性遞減關係來推估立霧河流域的山地氣溫分布，將容易忽略掉雲霧帶的特性。

蘇鴻傑 (1984b) 亦提到台灣西部許多淺山地區 (300~500m) 有一逆溫出現，而立霧溪並無此逆溫層。本研究參考富世測站 (109m) 到天祥測站 (550m) 的資料顯示立霧溪在此一海拔範圍內在冬季反而有一乾燥的空氣層存在 (氣溫垂直遞減率高)，不但沒有逆溫層，氣溫隨高度增加而急劇下降。可能的原因是天祥位於立霧溪的河谷，冬季冷空氣沿河谷下沉，造成天祥的氣溫較低，並不一定是有一乾燥的空氣層存在。這種局部氣候的變異，亦反應山地氣候的複雜性。

表 6 立霧河流域不同海拔高的月均溫垂直遞減率 (2010 年 1 月~2011 年 9 月)

年/月份	海拔高					
	30~100m	100~550m	550m~1000m	1000~2200m	2200~3100m	3100~3600m
2010/01	-0.91	-0.92	-0.68	-0.20		
02	-0.98	-0.86	-0.66	-0.14		
03	-1.20*	-0.74	-0.67	-0.29		
04	-0.30	-0.67	-0.58	-0.26	-0.40	
05	-0.17	-0.59	-0.66	-0.28	-0.67	
06	-0.37	-0.68	-0.58	-0.32	-0.62	
07	-0.40	-0.67	-0.72	-0.31	-0.66	
08	-0.76	-0.66	-0.73	-0.35	-0.61	
09	-0.81	-0.68	-0.59	-0.40	-0.56	
10	-0.77	-0.73	-0.61	-0.40	-0.45	-0.52
11	-0.71	-0.85	-0.65	-0.39	-0.47	-0.52
12	-0.22	-0.97	-0.70	-0.33	-0.51	-0.51
2011/01	-0.39	-0.89	-0.72	-0.40	-0.46	-0.44
02	-0.31	-0.80	-0.70	-0.37	-0.55	-0.49
03	-0.51	-0.72	-0.74	-0.27	-0.43	-0.54
04		-0.81	-0.68	-0.24	-0.60	-0.65
05		-0.57	-0.54	-0.34	-0.62	-0.58
06	-1.05	-0.66	-0.60	-0.31	-0.68	-0.65
07	-0.84	-0.68	-0.70	-0.32	-0.60	-0.69
08	-0.80	-0.83	-0.68	-0.32	-0.63	-0.71
09	-0.73	-0.73	-0.68	-0.34	-0.53	-0.56
Average	-0.64	-0.75	-0.66	-0.31	-0.56	-0.57

*乾空氣的垂直遞減率為-1.0°C/100m，此值可能資料有誤。

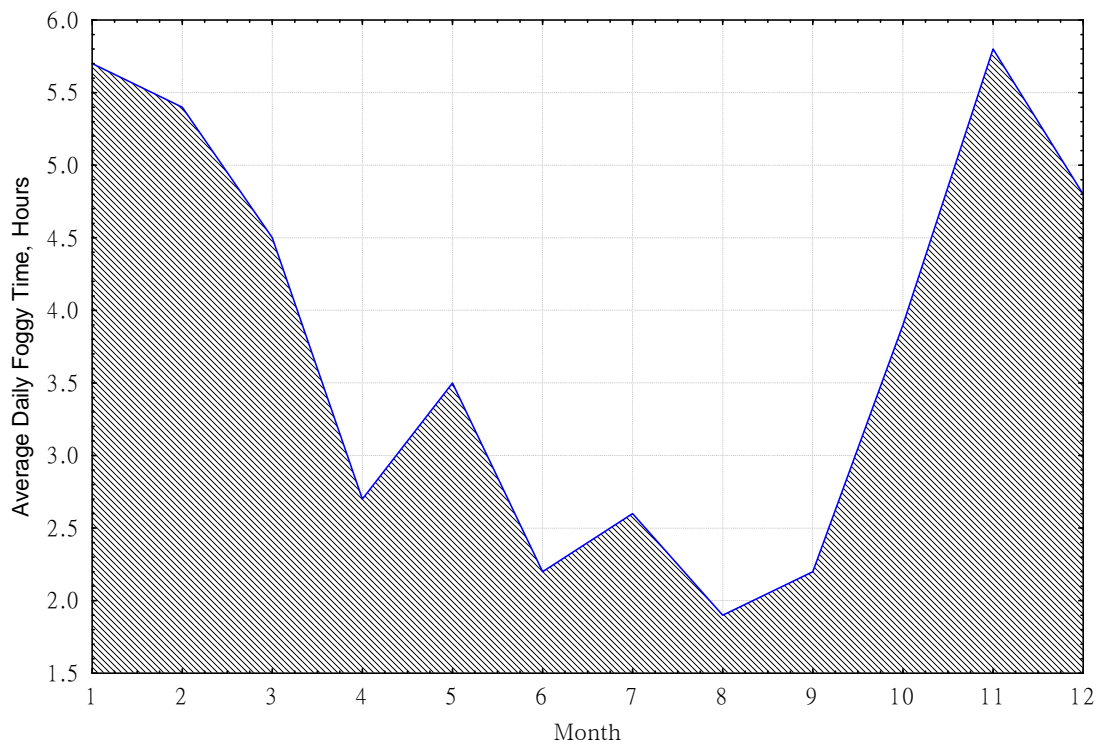


圖 13 碧綠測站平均起霧時數

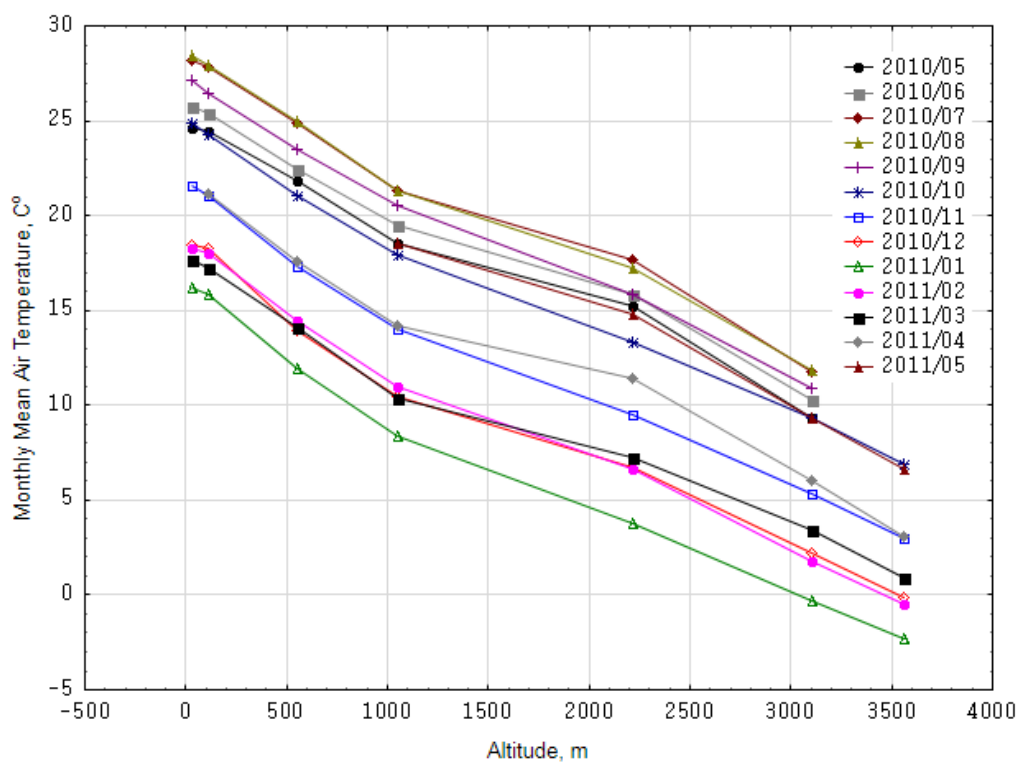


圖 14 立霧河流域內各測站月平均氣溫 (2010/05~2011/05) 隨海拔高度遞減的趨勢

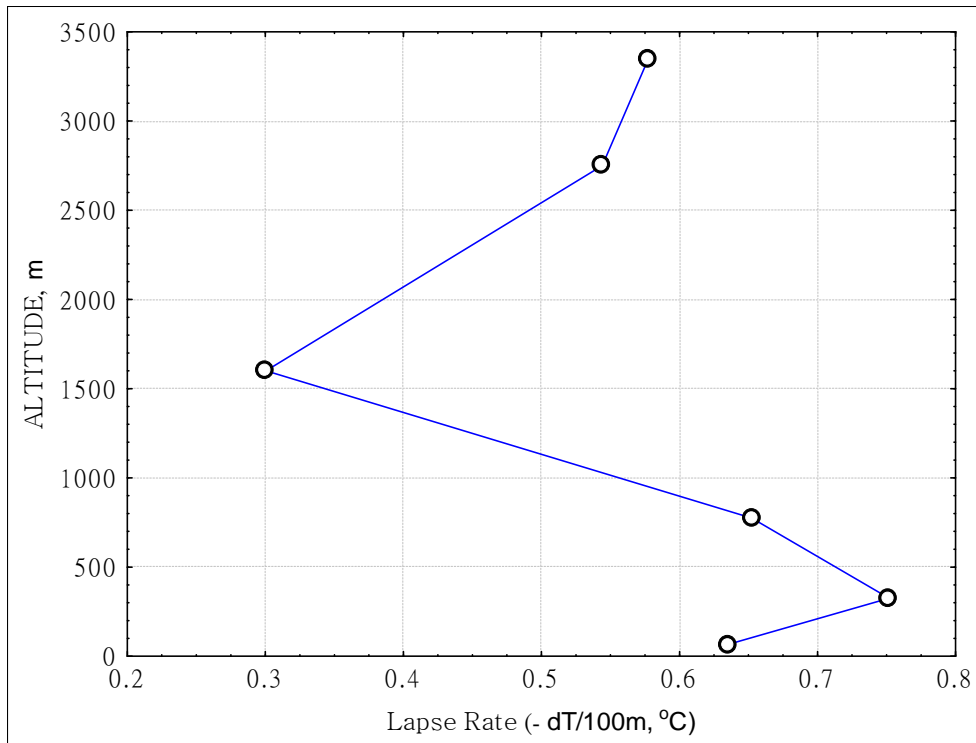


圖 15 立霧河流域年平均氣溫垂直遞減率隨高度的變化
在 1000~2200m 間有一很明顯的轉折，對應的是全年均有的潮溼雲霧帶

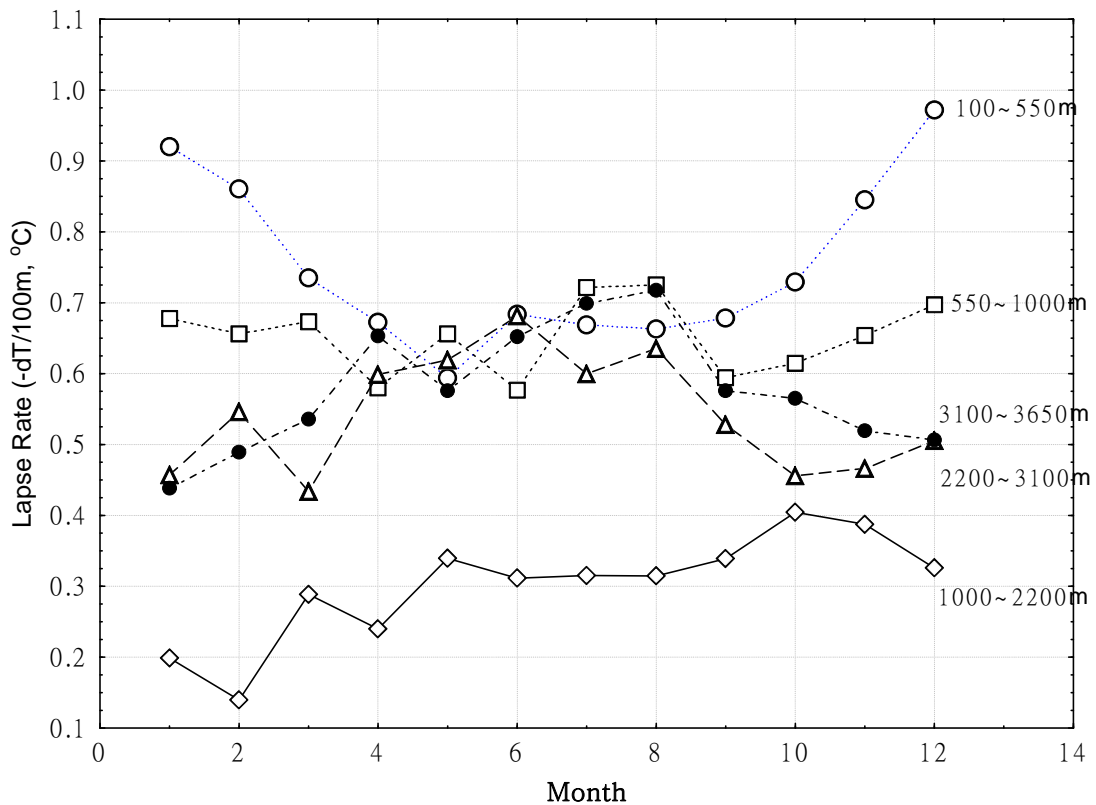


圖 16 立霧河流域不同海拔高氣溫垂直遞減率的季節變化

第六節 協助太管處長期生態相關研究之資料庫詮釋資料之建立

太魯閣國家公園與生態相關的研究計畫所收集的資料，均將依太魯閣國家公園的規範建立原始資料之詮釋資料，以達到資料共享之基礎。本計畫本年度仍將依往例，協助各計畫使用 Morpho 軟體

(<http://knb.ecoinformatics.org/morphoportal.jsp>) 建立原始資料之詮釋資料。

第四章 結論與建議

氣象因子是影響生態系許多生態過程的重要因子。太魯閣國家公園內的立霧溪流域涵蓋峽谷、雲霧帶及合歡山高海拔等地區地形複雜，局部氣候變化甚大。本案利用太魯閣國家公園 2009 年建置的兩個固定氣象站(碧綠神木站、蓮花池站)，建立長期可即時查詢的資料庫。此外亦利用兩個移動式的氣象站，於合歡山區的小奇萊及南湖園谷兩處高山地區之氣象因子進行較短時期之研究，以輔助局部氣候資料的不足。此 4 個新增的氣象站加上區內中央氣象局原有 500m 以下低海拔的新城、富世及天祥氣象站的資料，可以建立立霧溪流域由平地至高山較完整的氣象監測系統。

初步分析今年 9 個月各測站氣溫資料顯示本區 1000~2000m 之間的氣溫遞減率較緩，此一遞減率的改變反應了立霧溪流域全年均持續存在的雲霧帶，也對應了本區櫟林帶雲霧林的植群分布。這四個新增的氣象站若能維持較長的時期將可補足過去台灣山地氣候分析 (Su, 1984a,b) 中不確定的一個空白，有著很重要的意義。對太魯閣國家公園而言，目前新設置的氣象站不僅可提供正在進行與未來可能進行的生態研究重要的氣象資料，且因其設計皆可利用電信無線傳輸即時的山地氣象資訊，在國家公園的經營管理上也因能充分掌握天候的變化，有助於作出即時的應變措施。

本計畫所累積的偏遠山區自動測站經驗應可增加太魯閣國家公園管理處擴增山地氣象監測網的可行性。未來管理處若人力與經費增加，或許可以在立霧溪南、北岸的主要支流以往均無測站的地區建立測站。自動氣象測站的建立仰賴電信網絡無線的傳輸，因此偏遠山區的電信信號可及性可以藉由巡山工作順路測試並記錄確切的位置，以供未來建立自動測站之參考。

主要建議事項

立即可行之建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

1. 建議請太魯閣國家公園管理處巡山人員可以順便取換南湖測站之備份資料卡。高山地區的無線電話通訊信號易受不良天候之干擾，定時之資料傳

輸偶會中斷。此一問題雖曾更改過資料傳輸程式，已大幅改善，但在節省電源考量之限制下，仍偶有訊號失聯期間之資料闕漏，仍需依賴人為取換備份資料記憶卡。南湖測站由於距離較遠，需要太管處巡山人員之協助。

2. 所設置自動測站，儀器及電池均有其耐用期限，維護及更新工作仍需持續進行以維持各測站之運作。
3. 蓮花池與碧綠神木自動測站均於地面設置竹田雨量筒，周圍需要定期除草以防止春夏季芒草生長高於雨量筒、影響雨量資料準確度。

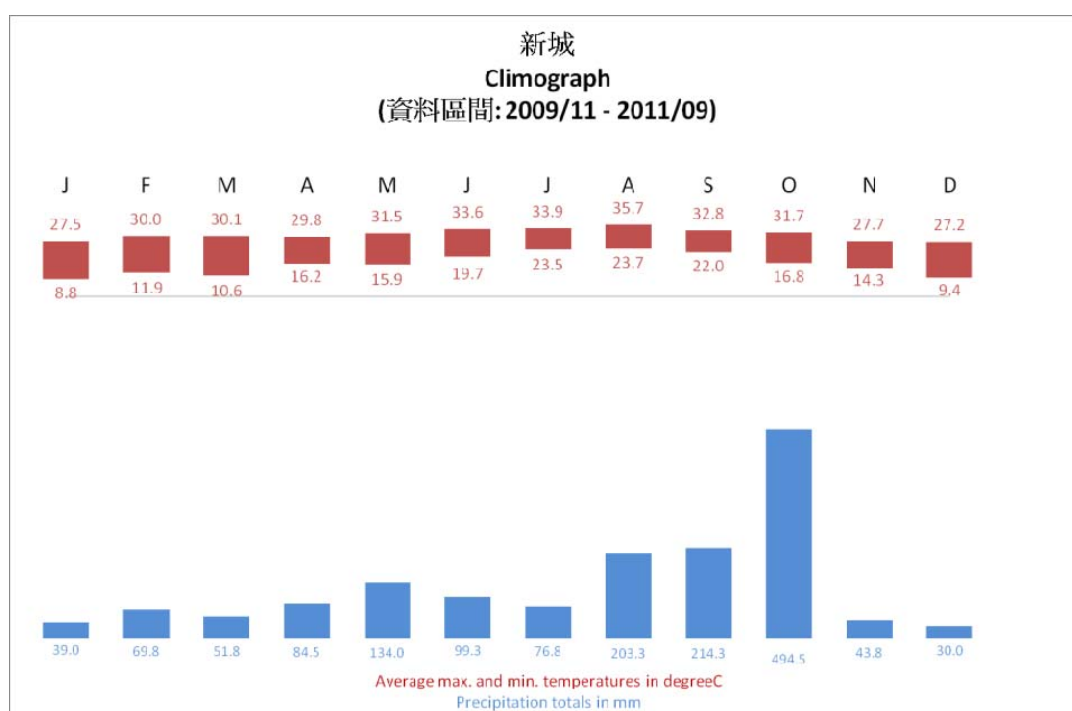
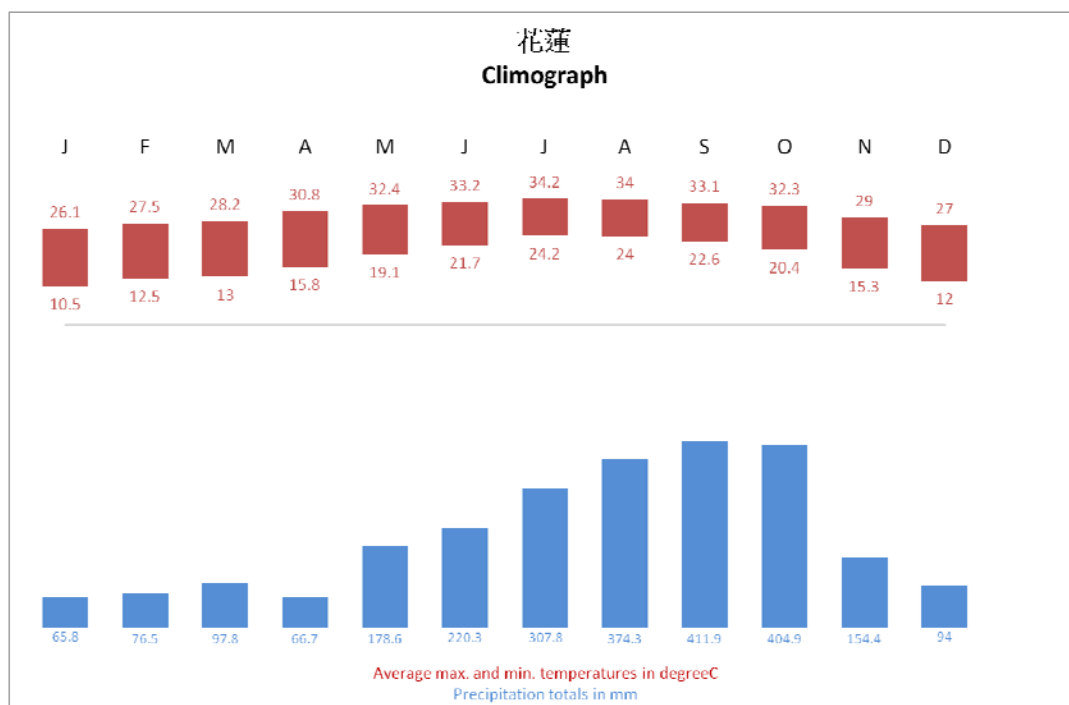
長期性建議

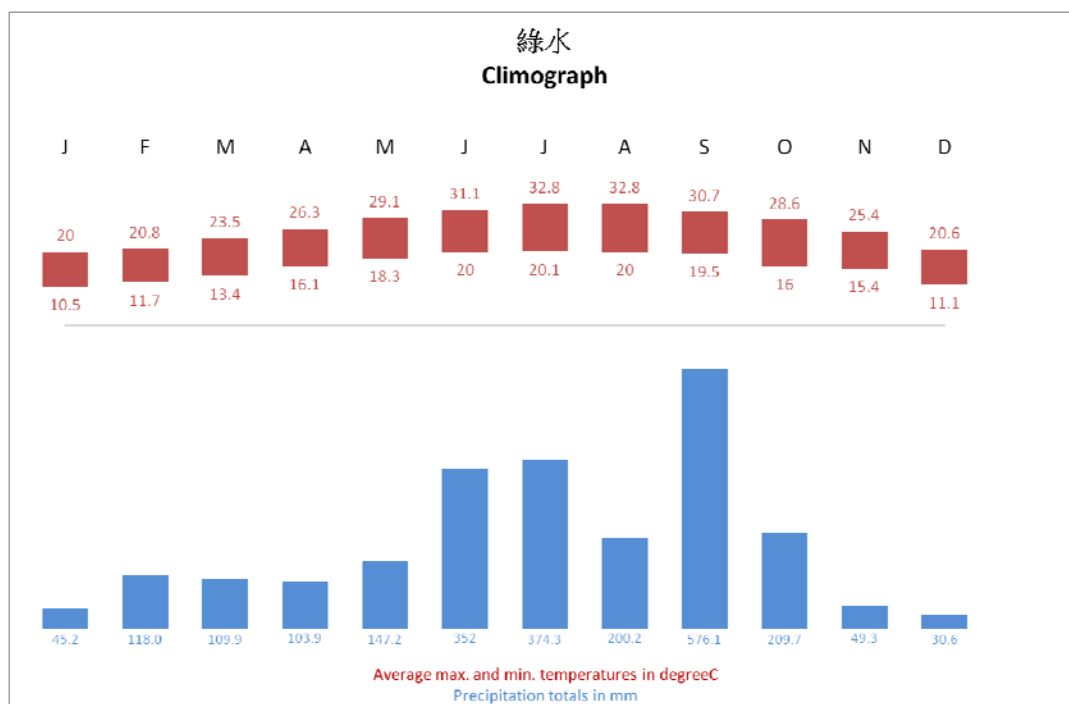
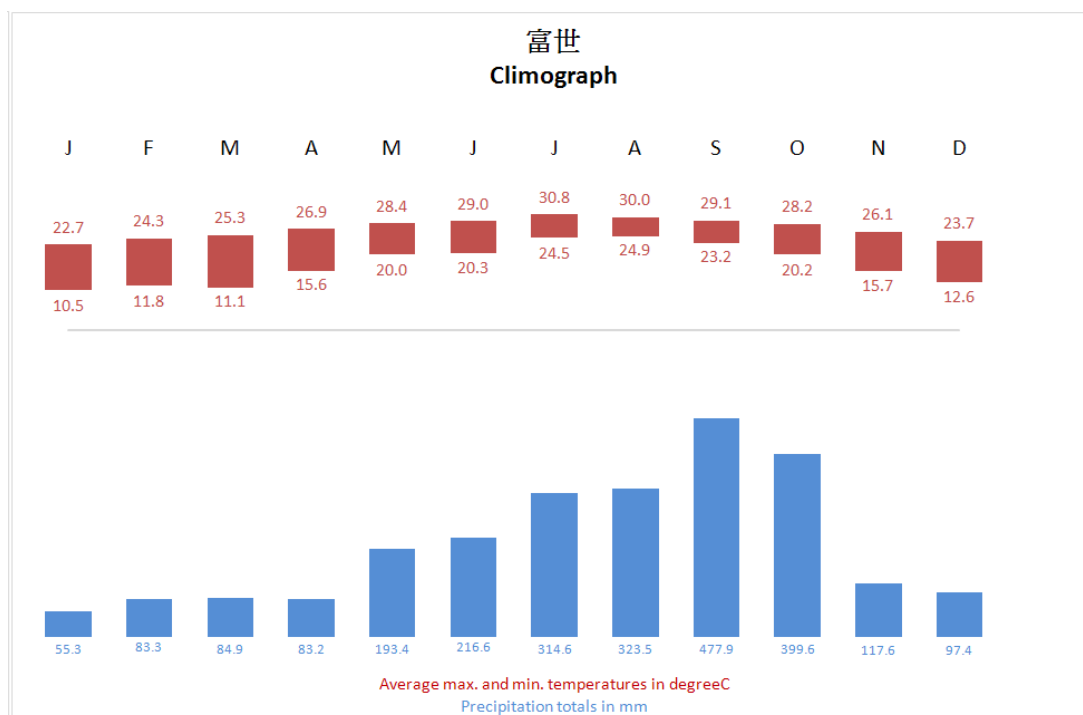
主辦機關：太魯閣國家公園管理處

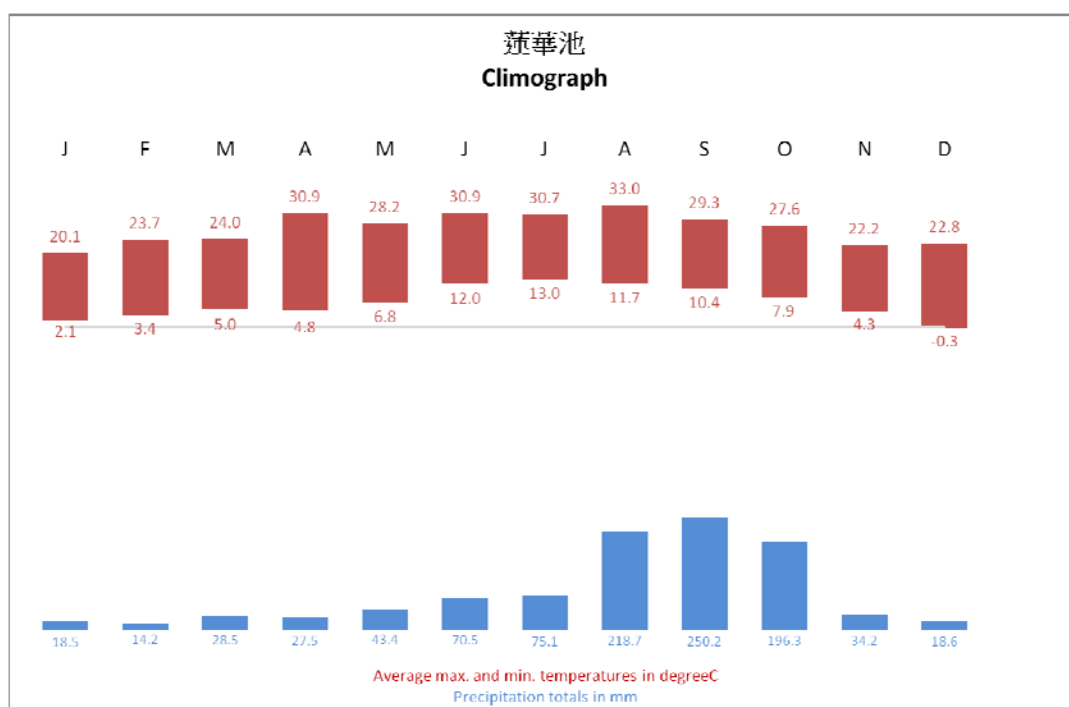
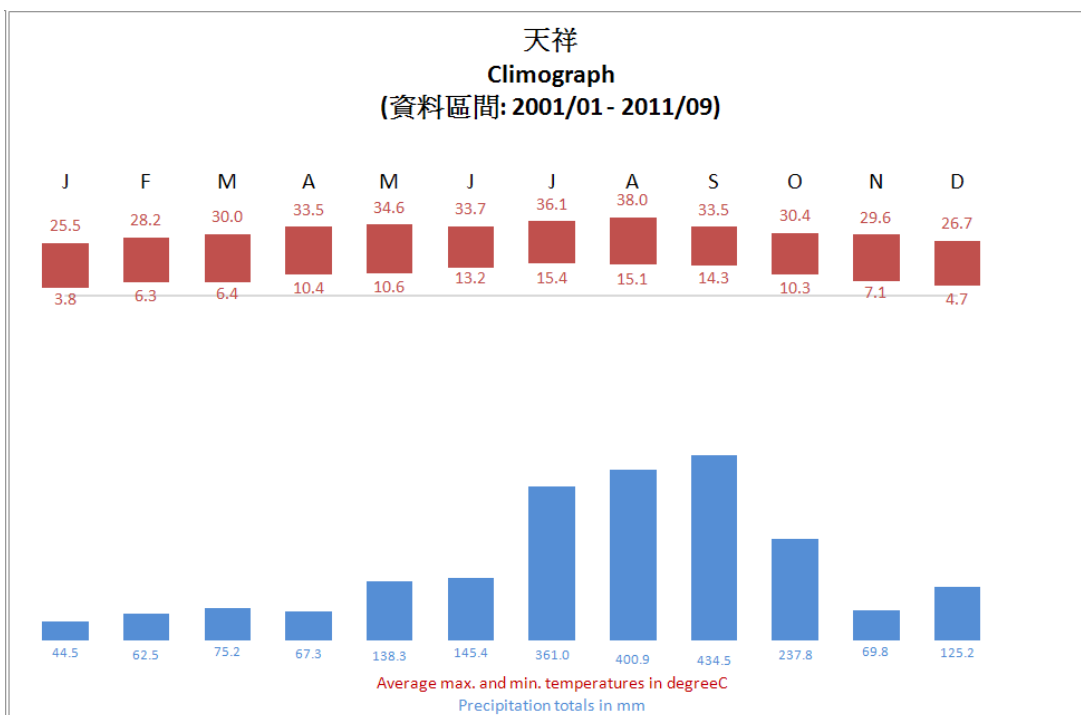
協辦單位：中央氣象局花蓮氣象站

3. 本計畫所累積的偏遠山區自動測站經驗應可增加太魯閣國家公園管理處擴增山地氣象監測網的可行性。未來管理處若人力與經費增加，或者可與花蓮氣象站合作在花東地區發展條例的經費支持下，可以增設一些標準測站在立霧溪南、北岸的主要支流尚無測站的地區。
4. 就長遠的國家公園經營管理而言，山區的通訊改善是必要之措施。國家公園管理處或可與氣象局花蓮測站及電信業者協調，藉由已通過之花東發展條例，提出設置山區雨量、氣象之設置專案計畫。

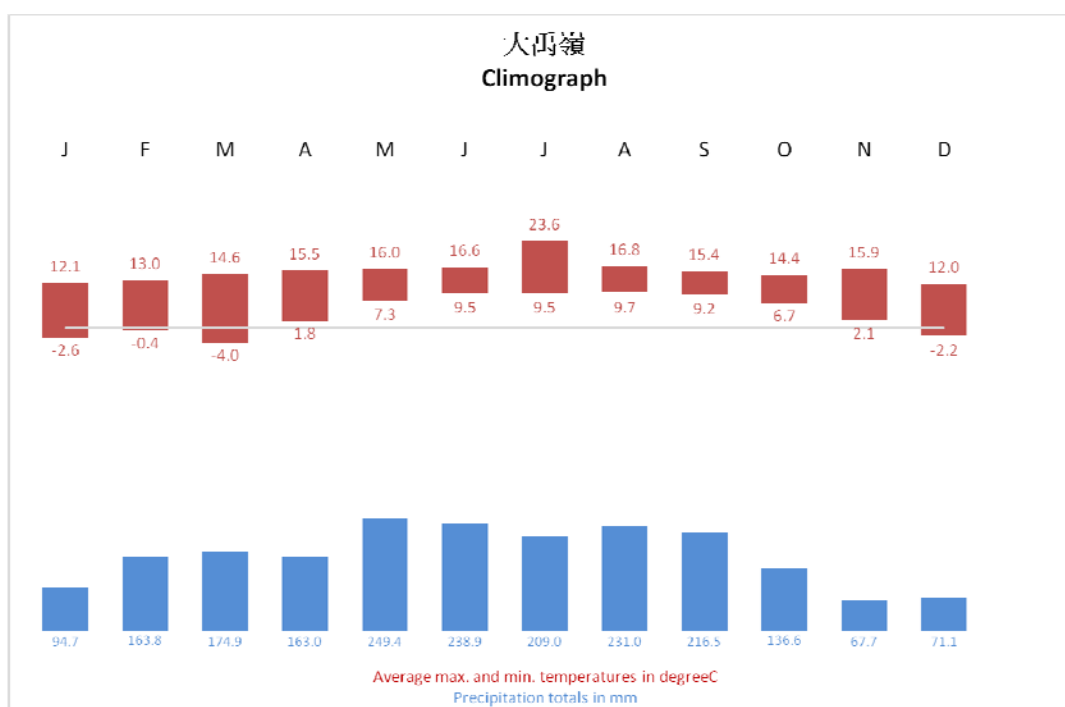
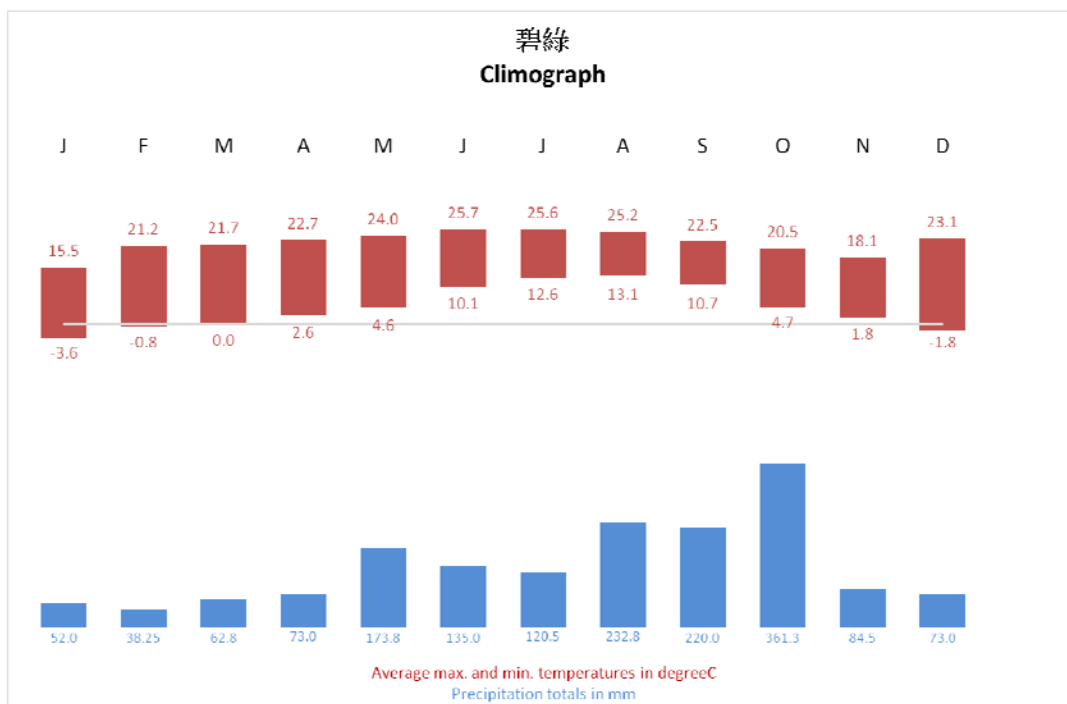
附錄 1 立霧溪集水區各氣候測站之氣候圖

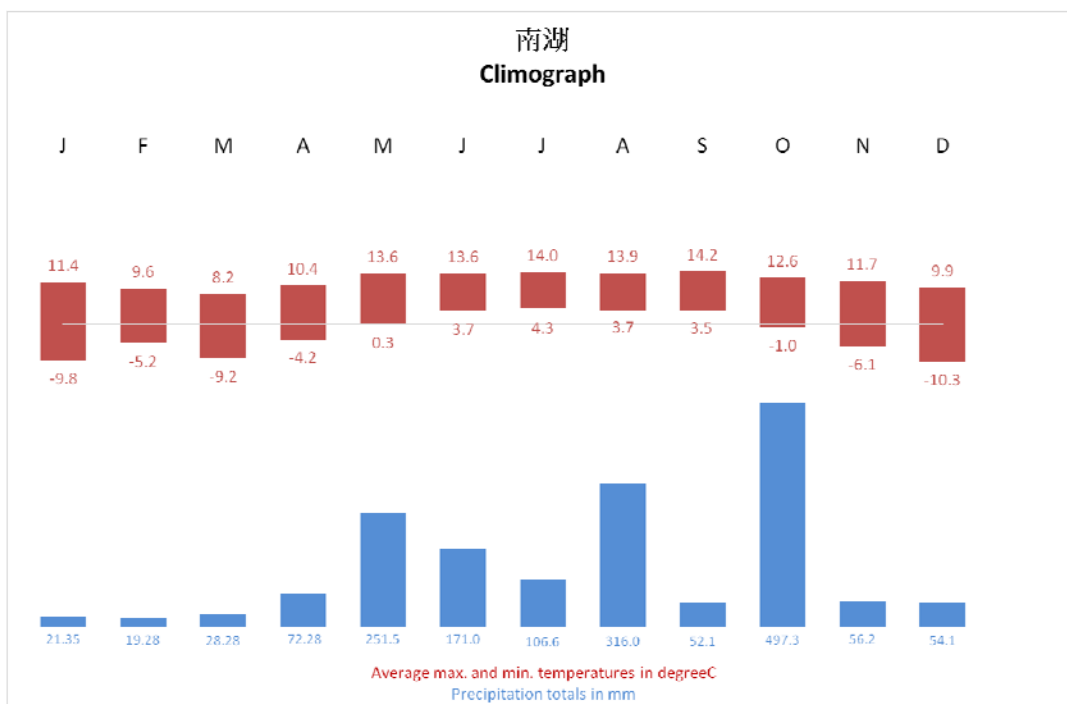
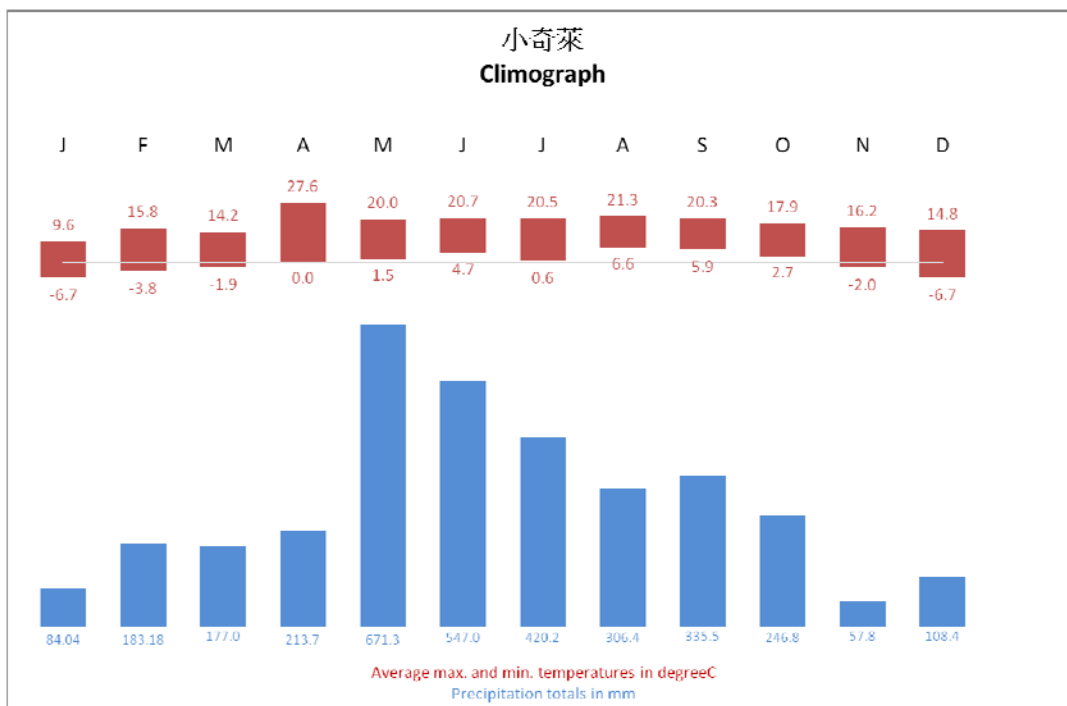






太魯閣國家公園氣象站
維護及資料庫建置





附錄 2 各氣象站 2010 年 1 月至 2011 年 10 月各月份氣象資料摘要

蓮花池

station	Month	月均溫	最高溫	最低溫	月累積雨量	降雨天數	資料天數
H1	201001	10.3	22.5	-0.1	25.6	9	30
H1	201002	12.3	27.8	3.4	129.5	11	28
H1	201003	13.6	25.2	2.5	12.8	4	31
H1	201004	15.2	30.9	7.0	49.5	18	30
H1	201005	18.6	27.3	6.8	29.3	14	31
H1	201006	19.5	28.8	12.0	129.5	22	30
H1	201007	21.3	30.7	13.6	79.8	14	31
H1	201008	21.3	30.2	14.0	73.4	15	31
H1	201009	20.5	29.3	11.0	450.4	17	30
H1	201010	18.0	27.6	7.9	205.8	19	31
H1	201011	14.0	22.2	4.3	34.2	15	30
H1	201012	10.5	22.8	-0.3	18.6	7	31
H1	201101	8.4	20.1	2.1	18.5	17	31
H1	201102	11.0	23.7	3.4	14.2	11	28
H1	201103	10.2	24.0	5.0	28.5	5	19
H1	201104	14.2	27.2	4.8	5.5*	8	30
H1	201105	18.7	28.2	12.1	57.4*	13	23
H1	201106	20.9	30.9	13.4	11.6*	12	26
H1	201107	21.1	29.3	13.0	70.4	15	30
H1	201108	20.9	33.0	11.7	363.9	14	30
H1	201109	19.4	28.4	10.4	50.0	10	29
H1	201110	17.6	25.5	10.1	186.7	13	28
		16.2	27.1	7.6			

碧綠神木

station	Month	月均溫	最高溫	最低溫	月累積雨量	降雨天數	資料天數
H2	1(3 日起)	8.0	15.5	0.5	2.5	4	29
H2	201002	10.6	21.2	3.3	19.0	4	28
H2	201003	10.3	21.7	0.7	33.5	4	31
H2	201004	12.2	22.7	3.9	113.0	17	30
H2	201005	15.3	24.0	4.6	96.0	6	31
H2	201006	15.8	24.7	10.1	191.0	20	30
H2	201007	17.6	25.6	12.6	131.0	14	31
H2	201008	17.2	23.7	13.1	61.5	14	31
H2	201009	15.9	22.5	11.9	386.5	10	30
H2	201010	13.4	20.5	4.7	251.0	22	31
H2	201011	9.5	18.1	1.8	84.5	17	30
H2	201012	6.7	23.1	-1.8	73.0	8	31
H2	201101	3.7	13.3	-3.6	101.5	20	31
H2	201102	6.8	17.7	-0.8	57.5	11	28
H2	201103	7.0	21.3	0	92.0	13	31
H2	201104	11.4	22.1	2.6	33.0	8	29
H2	201105	14.8	23.0	8.8	251.5	19	31
H2	201106	17.3	25.7	12.7	79.0	15	28
H2	201107	17.4	24.7	13	110.0	12	31
H2	201108	17.2	25.2	13.1	404.0	11	30
H2	201109	15.5	22.3	10.7	53.5	11	30
H2	201110	12.9	20.0	7.4	471.5	18	29
		11.5	25.6	-3.6			

*雨量計故障, 或資料缺失。

太魯閣國家公園氣象站
維護及資料庫建置

小奇萊

station	Month	月均溫	最高溫	最低溫	降雨量	下雨天數	資料天數
H5 (4/13 起)		8.7	27.6	3.4	306.8	14	17
H5	201005	9.4	20.0	1.5	535.9	20	31
H5	201006	10.3	20.5	4.7	904.6	26	30
H5	201007	11.8	20.3	7.5	595.1	22	31
H5	201008	11.9	21.3	7.5	233.4	22	31
H5	201009	10.9	19.2	6.0	633.8	26	30
H5	201010	9.4	17.9	4.2	138.6	21	31
H5	201011	5.4	16.2	-2.0	57.8	13	30
H5	201012	2.2	14.8	-6.7	108.4	10	31
H5	201101	-0.3	9.6	-6.7	84.0	16	28
H5	201102	1.8	15.8	-3.8	183.2	11	28
H5	201103	3.4	14.2	-1.9	177.0	15	31
H5	201104	6.1	15.7	0.0	120.6	11	25
H5	201105	9.3	19.3	4.8	806.6	24	28
H5	201106	11.2	20.7	6	189.4	16	25
H5	201107	12.1	20.5	0.6	245.2	21	30
H5	201108	11.6	19.8	6.6	379.4	21	29
H5	201109	10.8	20.3	5.9	37.2	10	30
H5	201110	8.9	17.6	2.7	354.9	14	30
		8.1	27.6	-6.7			

南湖圈谷

station	Month	月均溫	最高溫	最低溫	降雨量	下雨天數	資料天數
H4 10(10/9起)		6.94	12.62	0.70	273.6	16	23
H4	201011	2.97	11.73	-6.10	61.2	17	30
H4	201012	-0.13	9.91	-10.30	54.1	17	31
H4	201101	-2.34	11.44	-9.80	21.4	18	31
H4	201102	-0.48	9.64	-5.20	19.3	11	28
H4	201103	0.92	8.20	-9.20	28.3	15	29
H4	201104	3.06	10.37	-4.20	72.3	8	27
H4	201105	6.64	13.59	0.30	251.5	20	30
H4	201106	8.2	13.6	3.7	171.0	14	25
H4	201107	8.9	14.0	4.3	106.6	17	27
H4	201108	8.3	13.9	3.7	316.0	17	24
H4	201109	8.2	14.2	3.5	52.1	10	26
H4	201110	6.2	12.3	-1.0	721.1	14	30
		3.23	27.61	-10.30			

太魯閣國家公園氣象站

維護及資料庫建置

蓮花池站

月份-年度	平均氣壓	累積全天 日輻射量	地表 溫度	30cm 地溫	50cm 地溫	平均露 點溫度	平均水 氣壓	平均飽和 水氣壓
	hPa	MJ/m ²	°C	°C	°C	°C	hPa	hPa
Jan-10	893	327	11.5	14.1	14.7	9.3	10.5	11.5
Feb-10	890	315	13.4	14.8	15.1	11.0	11.7	13.0
Mar-10	892	428	14.9	16.0	16.1	12.1	12.7	14.3
Apr-10	890	353	17.3	17.3	17.3	14.0	14.2	15.5
May-10	886	493	20.1	19.9	19.3	17.4	17.5	19.2
Jun-10	886	398	20.5	20.6	20.2	18.6	18.8	20.3
Jul-10	887	637	23.0	23.2	22.0	18.9	21.3	22.7
Aug-10	887	659	23.2	23.4	22.2	19.0	22.8	22.8
Sep-10	887	508	21.7	21.8	21.1	18.7	21.3	21.3
Oct-10	889	316	19.7	20.4	20.2	16.7	18.4	18.4
Nov-10	892	121	16.0	17.4	17.5	12.9	14.3	14.3
Dec-10	889	118	12.8	15.2	15.5	9.0	11.5	11.5
Jan-11	892	50	10.3	12.6	13.0	7.6	9.9	9.9
Feb-11	890	126	13.0	13.9	13.7	9.6	11.7	11.7
Mar-11	892	90	12.8	14.1	14.1	9.5	11.1	11.2
Apr-11	889	190	16.2	15.7	15.2	12.0	12.6	14.6
May-11	887	195	19.5	18.3	17.6	17.5	17.6	19.2
Jun-11	886	346	21.1	20.2	19.6	18.9	19.2	22.1
Jul-11	885	422	21.1	20.6	20.2	19.1	19.4	22.3
Aug-11	885	426	20.6	20.4	20.2	18.2	18.4	22.2
Sep-11	887	405	20.9	21.3	20.7	17.6	17.7	20.2
Oct-11	891	302	19.5	20.3	20.0	16.6	16.7	17.9

碧綠神木

月份-年度	平均氣壓 hPa	累積全天 日輻射量 MJ/m ²	地表 溫度 °C	30cm 地溫 °C	50cm 地溫 °C	平均露 點溫度 °C	平均水 氣壓 hPa	平均飽和 水氣壓 hPa	日平均 能見度 hrs
Oct-10	786.1	318	15.8	17.1	17	12.2	12.1	12.1	3.7
Nov-10	787.1	275	11.1	12.9	13.2	7.3	9.3	9.3	5.8
Dec-10	783.6	307	7.4	9.7	10.3	1.8	7.8	7.8	4.8
Jan-11	785.3	227	6.2	8.1	8.3	3.1	6.3	6.3	5.7
Feb-11	784.2	342	8.2	9	8.8	3.3	7.6	7.8	5.4
Mar-11	785.9	313	9.6	10.9	10.7	4.9	6.9	8.1	4.5
Apr-11	785.2	522	14	14.1	13.4	6.6	7.8	10.7	2.7
May-11	784.4	392	16.1	16.1	15.4	12	11	13.1	3.5
Jun-11	784.1	592	19.3	19.4	18.6	12.7	11.6	15.4	2.2
Jul-11	783.5	573	19.3	19.8	19.2	13.9	12.4	15.5	2.6
Aug-11	783.8	567	19	20.1	19.5	12.4	11.4	15.4	1.9
Sep-11	784.9	495	17.1	18.2	17.9	12.5	11.4	13.8	2.2
Oct-11	787.4	301	14.4	15.7	15.8	11.8	10.8	11.7	3.9

太魯閣國家公園氣象站
維護及資料庫建置

小奇萊

日期時間	平均氣壓	累積全天 日輻射量	地表 溫度	30cm 地溫	50cm 地溫	平均露 點溫度	平均水 氣壓	平均飽和 水氣壓	平均 風速
	hPa	MJ/m ²	°C	°C	°C	°C	hPa	hPa	m/s
Aug-10	707	-	-	-	-	9.3	9.8	9.8	2.1
Sep-10	706	-	-	-	-	8.4	9.2	9.2	2.3
Oct-10	706	-	-	-	-	6.8	8.4	8.4	2.0
Nov-10	706	-	-	-	-	-0.6	6.6	6.6	1.7
Dec-10	702	-	-	-	-	-5.6	5.1	5.1	2.6
Jan-11	703	-	-	-	-	-1.0	4.0	3.9	3.2
Feb-11	702	-	-	-	-	-2.5	5.0	4.9	2.8
Mar-11	704	-	-	-	-	1.5	5.1	5.5	2.5
Apr-11	705	-	-	-	-	2.3	5.7	6.7	2.1
May-11	705	-	-	-	-	7.8	7.5	8.2	2.4
Jun-11	705	-	-	-	-	7.8	7.5	8.2	2.4
Jul-11	705	-	-	-	-	8.9	8.1	10.1	2.4
Aug-11	705	-	-	-	-	8.0	7.6	9.6	2.4
Sep-11	706	-	-	-	-	7.5	7.4	9.2	2.1
Oct-11	707	-	-	-	-	6.6	6.9	8.0	1.8

南湖圈谷

日期時間	平均氣壓	累積全天 日輻射量	地表 溫度	30cm 地溫	50cm 地溫	平均露 點溫度	平均水 氣壓	平均飽和 水氣壓	平均 風速
	hPa	MJ/m ²	°C	°C	°C	°C	hPa	hPa	m/s
Oct-10	681	356	9.0	9.2	-	2.9	6.6	6.6	3.3
Nov-10	666	314	5.2	5.8	-	-4.2	5.0	5.0	3.4
Dec-10	662	333	2.2	2.9	-	-10.3	4.1	4.1	4.5
Jan-11	662	241	0.1	0.6	-	-3.8	3.4	3.4	5.0
Feb-11	662	255	0.3	0.7	-	-5.8	3.8	3.8	5.4
Mar-11	664	286	1.7	1.8	-	-1.7	4.4	4.4	4.5
Apr-11	665	341	4.7	4.5	-	-2.0	5.0	5.0	3.4
May-11	666	295	8.0	7.8	-	3.6	6.5	6.5	3.5
Jun-11	666	438	10.5	10.3	-	5.0	6.9	7.2	4.5
Jul-11	666	453	10.5	10.3	-	5.0	6.9	7.2	4.5
Aug-11	666	413	10.9	10.9	-	4.8	5.8	7.2	3.4
Sep-11	667	267	11.4	11.2	-	3.4	5.4	7.2	3.0
Oct-11	668	136	9.1	9.3	-	3.1	5.3	6.3	2.9

參考書目

- 林務局 (2009) 台灣現生天然植群圖集，台灣生物多樣性保育學會編印。
- 夏禹九、王文賢 (1985) 坡地日輻射潛能的計算，台灣省林業試驗所試驗簡報，No.1
- 夏禹九、黃正良、王立志 (1989) 太魯閣國家公園氣候調查及移動試測站規劃，內政部營建署太魯閣國家公園管理處
- 吉野正敏 (1986) 小氣候，地人書館，日本。
- Barry, R. G. (2008) *Mountain Weather and Climate*. 3rd ed. Cambridge Univ Press, U.K.
- Brock, F. V. and Richardson, S. J. (2001) *Meteorological Measurement Systems*. Oxford Univ Press, U.K.
- Christensen, N.L., A.M. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J.F. Franklin, J.A. MacMahon, R.F. Noss, D.J. Parsons, C.H. Peterson, M.G. Turner, and R.G. Woodmansee. (1996) The report of the Ecological Society of America committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications*, 6: 665-691.
- DeFelic, T.P. (1998) *An Introduction to Meteorological Instrumentation and Measurement*. Printice Hall, USA.
- Geiger, R. (1965) *The Climate Near the Ground*. Cambridge, U.K.
- Kebdall, W. (2001) Using models to facilitate complex decisions. Ch.10 In: T.M. Shenk and A.B. Franklin eds., *Modeling in Natural Resource Management*, pp. 147-170, Island Press, Washington D.C., U.S.
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf and F. Rube. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15: 259-263.
- Peel, M.C., B. L. Finlayson and T. A. McMahon. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4, 439-473.
- Su, H. J. (1984a). Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(I) Analysis of the variations in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(3) : 1-14.
- Su, H. J. (1984b). Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4) : 57-73
- Yoshino, M.M. (1975) *Climate in a Small Area: An Introduction to Local Climate*, Univ. of Tokyo Press, Japan.