

雪山探山雪

文/圖 陳彩鸞 ■ 林務局南投林區管理處竹山工作站技士
魏聰輝 ■ 國立台灣大學實驗林管理處助理研究員(通訊作者)
林博雄 ■ 國立台灣大學大氣科學系副教授
張譚心 ■ 國立台灣大學大氣科學系研究助理

一、前言

歲暮風動地，夜寒雪連天。

這是中國詩人白居易在「風雪中作」唐詩中，關於降雪的描述；短短的兩句詩詞，不但勾勒冬季的風，足使天搖地動，更說明歲末雪、天相連的寒縮景象。

雪，同時具有正面和負面的經濟價值，經常降雪的地區，它是詩人詠詩的靈感來源、耶誕節時分，宗教上不可缺少的獨特象徵、冬季裝飾的基礎、水利和農業工程上水源供給的重要來源。另一方面，雪確實幾乎攪亂了所有人的正常作息，必須因而調整，公路安全維護上的障礙，洪水預報上一個難以預期的因素，結構工程體、森林經營、家庭、財產、動物生命的額外負擔。

由於台灣位處亞熱帶，只有3,000公尺以上高海拔地區，在冬季期間的適合條件，才有發

生降雪的概率，再加上地形因素，積雪甚至可以達到相當可觀的深度；其中以合歡山主峰的雪季最為眾所周知，國人因難得窺見降雪的景觀，故而每當媒體發布雪訊之際，上山賞雪的遊客絡繹如織。

雪，對於植物生長及為害存有重要關係，故生態系之降、積雪日數，降、積雪之深度，初次降雪及終止降雪日期，均有明瞭的必要(張中和，1967)。雪山圈谷地區為蘭陽溪上游集水區，以大尺度觀點，屬於面對太平洋迎風面，當季節更迭台灣地區轉換為東北季風，來自大陸冷氣團侵襲期間，如果水氣條件充足，即可為本地區帶來降雪。但是，降雪量所換算的液態水量，佔年雨量的比率只介於5-10%，因此長久以來，一直未受到重視，直到雪霸國家公園管理處委託國立中興大學組成雪山高山生態系整合調查團隊，才讓吾人得以一窺雪山的山雪。

二、雪山量雪

(一)量測降雪的裝置

一般對於降雨的觀測，通常是使用雨量計，以雨量深度來表達；雪，則是一種固態的降水，雖然也可藉由雨量計之觀測來達成，但是觀測降雪卻又比液態降水困難許多，原因在於雪本身的低密度、較高表面積，在下降過程中，易於受到風的影響，即使雪片由雨量計的承雨筒所承接，在融解成液態之前，將以固態形成跨橋(Bridge)或遮罩(Cap)，阻止其他雪片進入雨量計感應元件(照片1)，即使是氣溫上升而使積雪融解，已經是幾天後的事，所量測到的，並不是降雪當時的雪量；降雪後持續低溫，若是連著好幾場降雪，雪片不斷累積，當降雪量高於承雨筒，雪片持續堆置於雨量筒上方，以其低密度特性，很容易受風吹拂而移往他處，或由他處移至雨量計上方，而產生數量上的觀測誤差。

雪片抵達地表後，將在地面停留一段時日，此時，可使用量測積雪深度(Snow Depth)

變化，取代量測降水的模式。早期使用木材或金屬材料製成有刻度的「雪尺(Snow Stick)」，依賴人工定期進行觀測紀錄，近幾年則發展出紅外線型或超音波型雪深感應器(照片2)，後者藉著感應器輸出端輸出超音波訊號至目的點(通常為一個參考表面或降雪表層)，超音波觸及目的點後傳回接收端，依據反應時間而感知感測點的高度變化。由於音波在空氣中傳送速度，受到溫度影響，通常必須伴隨氣溫觀測，作為推算深度變化之依據。

國際上使用超音波型雪深感應器，目前可見於接近法國Grenoble的Col de Porte Experimental Site，以「METEO-FRANCE」計畫應用於預報雪崩。台灣地區則是首度使用；因感應器受到降雨、降雪、霧之影響，導致與對照組的傳統觀測產生誤差。為了改善觀測精確性，調查團隊將測量作業所使用的箱尺改裝成雪尺，豎立於氣象站側方，再以自動照相機朝著雪尺，定時拍攝正面影像(照片3)，如此便可獲得大量降雪累積和融化的影像資料；所攝取影像檔案儲



a. 黑森林氣象站



b. 哭坡頂氣象站

照片1 黑森林氣象站及哭坡頂氣象站雨量筒遭雪片堆滿景象，是造成觀測誤差原因之一。

攝影日期：2011年2月14日 攝影：張譚心

存於記憶卡，於上山讀取氣象資料時抽換，返回實驗室後，由人工判讀降雪、積雪深度。相較於音波雪深計的雜訊干擾，這些影像紀錄較為穩定。

(二)雪山地區的降雪量

雪山高山生態系自2009年設站後，共經歷了三年降雪季節，分別為2010年(2009年12月至2010年4月)，計34場降雪、由圈谷氣象站雪深



a. 紅外線型雪深感應器(箭頭指示)
地點：玉山氣象站
攝影日期：2011年11月26日
攝影：魏聰輝



b. 超音波型雪深感應器(箭頭指示)
地點：雪山圈谷氣象站
攝影日期：2011年2月14日
攝影：張譚心

照片2 紅外線型與超音波型雪深感應器



a. 圈谷氣象站



b. 黑森林氣象站



c. 三六九氣象站



d. 哭坡頂氣象站

照片3 雪山高山生態系四處氣象站雪尺安裝情形

計所觀測得到總降雪深度為100.6cm；2011年(2010年12月至2011年4月)計37場降雪、所觀測總積雪深度為110cm。2012年分別在不同海拔的氣象站裝設雪尺後，觀測得8(哭坡頂)-13(圈谷)場(以日為統計值)降雪事件、累計降雪深度介於29(哭坡頂)-101cm(圈谷)。表1列示了四處氣象站，在2012年降雪的相關資訊。

表1 雪山高山生態系2012年降雪相關資訊

測站 站碼	圈谷 SP1	黑森林 SP2	三六九 SP3	哭坡頂 SP4
海拔高 (m)	3,584	3,405	3,142	3,050
累計降雪深度 (cm)	101	65	50	29
事件數 (日)	13	9	9	8
最大積雪深度 (cm)	63	38	20	11
積雪日數 (日)	66	50	18	13
初雪日	2011/12/30	2012/1/16	2012/1/16	2012/1/16
終雪日	2012/3/15	2012/3/13	2012/3/13	2012/3/13

(三)降雪對於生態系的影響

相較於低海拔地區，高山地區的生物社會所存在的棲地，相對的嚴苛；高山地區的生物社會受到迥異於低海拔地區而不適於生長與發育之環境因素的綜合影響；這些環境因素有溫度(包括氣溫、土溫)、太陽輻射(包括光合作用有效輻射量、光週期、紫外輻射)、積雪、強風等(增沢，1997)。

雪對於植物生長及為害存有重要關係(張中和，1967)；位處亞熱帶的台灣島，只有3,000公尺以上高海拔地區，在冬季期間的適合條件，才有發生降雪的機率，此種海拔高度之森林多屬天然林，因此多年並未針對降、積雪為害實施調查(王定，1974)，於此暫不予探討；就有利之效應而言，積雲覆蓋於地面期間，由於雪為熱量的不良導體，故積雪下層地溫不致急遽變化(圖1)，致成雪毯(Snow Blanket)，可以延

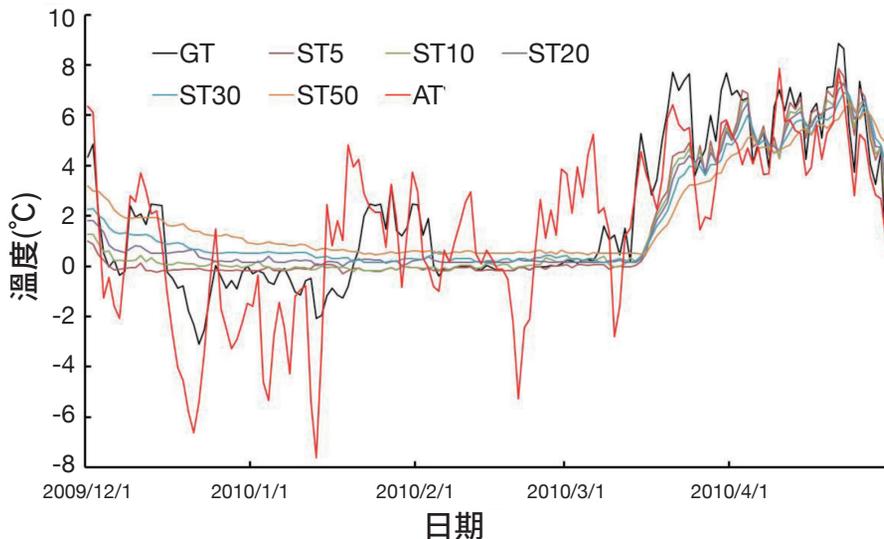


圖1 圈谷氣象站2010年冬季(2009年12月1日-2010年4月30日)之氣溫、草溫及各層次地溫逐日變化圖

註1：AT：氣溫、GT：草溫、ST5：5cm深度地溫、ST10：10cm深度地溫、ST20：20cm深度地溫、ST30：30cm深度地溫、ST50：50cm深度地溫

註2：雪為熱量不良導體，降、積雪期間形成雪毯，致使地表面下各層次仍維持在0°C以上，生長於土壤中的植物根系不致遭受凍害。

緩或防止土壤向更下層凍結，低矮木本冠層或地表草本植物可因之而受保護避免遭受凍害(王子定，1974)。

在冬季通常由積雪所覆蓋的日本中部以北海拔1500-2,500m左右的山岳，為亞高山或高山帶，在有積雪的地方，植物由於受到積雪覆蓋的保護，可越過嚴寒的冬天。一般而言，生長在地表面的多年生草本植物，越冬芽通常是生長在地面表層甚至是地表下方土層，種子也埋在地面表層甚至是地表層岩石的間隙來度過嚴寒的冬季。受積雪保護者不只是生長在地表層的草本植物，廣泛地被覆在森林限界附近的這松(*Pinus pumila*)也有同樣的情形；這松從高山上的上風一直分布到下風位置，由於雪會在下風處集中堆置，形成雪毯保護這松度過嚴寒的冬季(增沢，1997)。

高山生態系的動植物已經演化出一套適應低溫的生存模式，然而自工業革命以降，因人類所導入的溫室氣體倍增，使全球變遷速率加劇，導致異常氣象事件頻傳；以2010年雪季(2009年12月-2010年4月)為例，2010年4月29日終雪與前一場積雪完全融解日期(3月24日)，共間隔達36日(圖2)；眾所周知，4月下旬之時序已進入植物發芽期，該場降雪事件發生得極為特殊，極有可能產生凍害，進而影響該年分之營養生長或繁殖生長。潘振彰(2011)曾於雪山以定時自動拍攝照相機為工具，針對3,000m以上植物進行物候調查，由相機所記錄的玉山杜鵑花期，由於初夏時降雪事件，發現許多植株在開花過程中正遇到霜凍害，致使花朵迅速凋萎，相對在當年度的結實情形欠佳。潘氏指出，這未必對於該植株全然是不利的影響，因

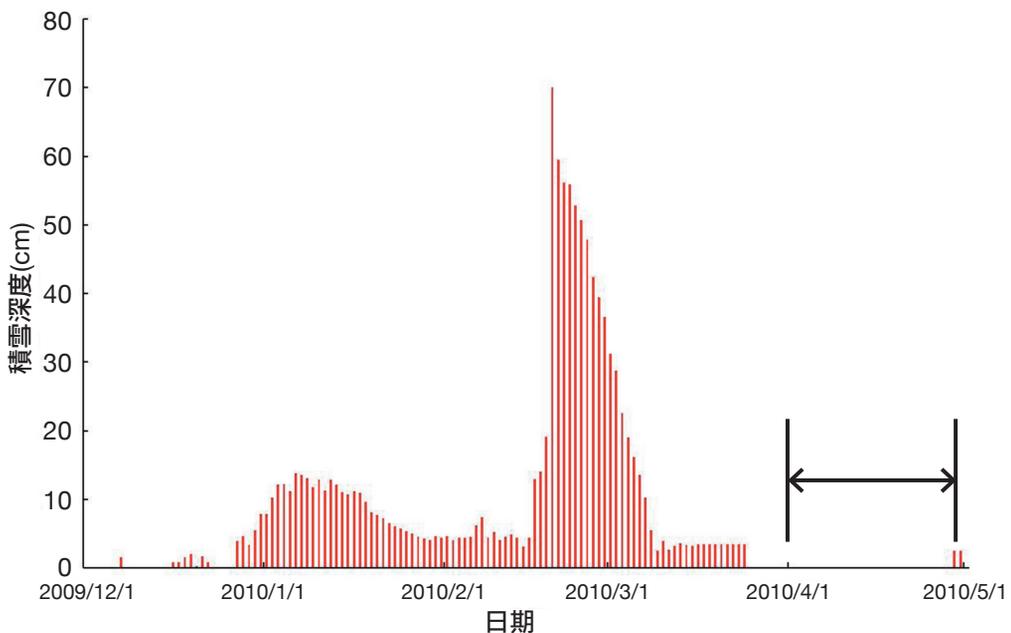


圖2 2010年雪季(2009年12月1日-2010年4月30日)圈谷氣象站積雪深度逐日變化圖

註：黑色箭頭顯示3月24日積雪完全融解，時隔36日，在4月28日突然再次降雪，時序已進入植物發芽期，可能因此產生凍害，影響該年度的營養或繁殖生長。

花芽或花苞未完全開放，且無法結實的植株，可能保有較多的養份仍貯存在植物體內，而在下一年度再形成較多的花芽(潘振彰，2011)。

三、結語

雪山地區已是國內知名的登山景點，「賞雪」尤為吸引遊客上山的元素之一；根據圈谷氣象站3年雪季的觀測資料顯示，最大積雪深度可達70cm(2010年2月19日)，這種深度一旦過夜後，將由「鮮雪(Fresh Snow)」轉變為「熟雪(Ripe Snow)」；愛好登山者或上山賞雪的遊

客，往往是在降雪過後的天晴之日上山，此際，積雪的物理型態已經轉變為密實而容易打滑，此外，積雪深度過高，許多登山步道路跡將被掩埋而容易造成迷路；登山者除應配合管理當局的管制措施，切勿冒險勉強上山，即使惡劣天氣已經好轉而開放上山，亦應備妥冰爪、冰斧及安全帽，以避免使本身陷入無法預期的危難狀態。⚠

參考文獻(請逕洽作者)

