

臺灣冷杉林植物群落之動態研究—
以合歡山臺灣冷杉林永久樣區為例

研究生：王瑞君

指導教授：張惠珠

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中華民國 99 年 12 月

目次

表次.....	-III-
圖次.....	-IV-
照片次	-V-
摘要.....	-VI-
第一章 緒論	-1-
第一節 研究緣起與背景.....	-1-
第二節 研究目的	-3-
第三節 研究流程	-4-
第二章 前人研究	-5-
第一節 植物群落態演替概念形成	-5-
第二節 環境變遷對生物族群分佈影響研究	-7-
第三節 相關冷杉植物群落研究文獻.....	-9-
第三章 研究樣區設置規模與環境概況	-11-
第一節 永久樣區設置概況	-11-
第二節 永久樣區內植物群落畫設分佈概述	-13-
第三節 永久樣區周圍環境特性概況.....	-15-
第四章、研究調查方法	-17-
第一節 永久樣區內植物調查與分析方式	-17-
第二節 永久樣區內植物群落動態分析方式	-18-
第三節 永久樣區內棲地環境因子調查方式.....	-21-
第五章 結果與討論	-22-
第一節 永久樣區內臺灣冷杉群落的動態	-22-
第二節 永久樣區內微棲地環境分析結果	-29-
第六章 結論與建議	-38-
第一節 結論	-38-
第二節 建議.....	-39-

附錄一、「99 年度研究生計畫案」期中簡報會議紀錄與意見回覆說明對照表	-40-
附錄二、研究樣區歷次每木調查記錄資料	-46-
附錄三、研究樣區內土壤特性分析結果資料.....	-59-
參考文獻與書目	-62-

表 目 次

表 3-1 合歡山區域平均月累積降雨量與氣溫變化	-15-
表 5-1 永久樣區內各樹種之重要指標表	-23-
表 5-2 永久樣區內臺灣冷杉族群動態分析表.....	-25-
表 5-3 對象木之胸高直徑分佈情形.....	-27-
表 5-4 永久樣區內臺灣冷杉之種內間競爭強度分佈情形	-28-
表 5-5 永久樣區內之平均土壤特性.....	-29-
表 5-6 永久樣區環境區域內歷年降雨量與氣溫變化.....	-36-

圖 目 次

圖 1-1 研究流程	4-
圖 3-1 研究樣區之位置示意圖	-11-
圖 3-2 研究樣區之區塊編號與植物物種位置標示圖	-11-
圖 3-3 合歡山區域之平均月累積降雨量變化	-16-
圖 3-4 合歡山區域之平均月氣溫變化	-16-
圖 5-1 歷次調查樣區內臺灣冷杉族群株數與徑級結構分布	-26-
圖 5-2 歷次調查樣區內臺灣冷杉族群株數百分比與徑級結構分布	-26-
圖 5-3 歷次調查樣區內臺灣冷杉平均樹高與徑級結構分布	-27-
圖 5-4 臺灣冷杉個體胸高直徑與競爭強度關係	-28-
圖 5-5 永久樣區內土壤溫度分佈(單位：°C)	-30-
圖 5-6 永久樣區內土壤有機碳(TOC)分佈(單位：%)	-31-
圖 5-7 永久樣區內土壤有機質(OM)分佈(單位：%)	-32-
圖 5-8 永久樣區內質地-砂粒含量(sand)分佈(單位：%)	-33-
圖 5-9 永久樣區內質地-粉粒含量(silt)分佈(單位：%)	-34-
圖 5-10 永久樣區內質地-黏粒含量(clay)分佈(單位：%)	-35-
圖 5-11 1990~2008 年期間合歡山區域之年累積降雨量變化	-36-
圖 5-12 1990~2008 年期間合歡山區域之年平均氣溫變化	-37-

照片 目次

照片 3-1 研究樣區之臺灣冷杉與玉山箭竹草原地間推移帶.....	-13-
照片 3-2 研究樣區之玉箭竹草原地.....	-13-
照片 3-3 研究樣區之臺灣冷杉與箭竹交雜林.....	-14-
照片 3-4 研究樣區之冷杉果實與葉.....	-14-

摘要

關鍵詞：臺灣冷杉、永久樣區、植物動態、合歡山

一、研究源起

永久樣區(permanent plot，或稱長期觀測樣區)，是提供研究森林生態於探討環境與生物間動態變化關係上，不可或缺的觀察複測之研究樣本區塊。

太魯閣國家公園管理處為了瞭解管轄區域內之不同林帶生態植被變化，在楊遠波、張惠珠兩位學者促進下，在 1992 年於不同海拔高度生態植被帶，分別設置：高海拔地帶之合歡山臺灣冷杉林永久樣區(海拔高度為 3,200m，樣區面積為 2000m²)、中海拔地帶之臺灣雲杉林永久樣區(海拔高度約為 2,000m，樣區面積為 1000m²)，與低海拔地帶闊葉林永久樣區(海拔高度約為 320m，樣區面積約為 500m²)等共計三處，以作為太魯閣國家公園長期監測轄區內不同生態林帶之植物群落變動情形，提供國家公園永續經營管理依據。

目前針對這三處永久樣區曾經施作複查，以進行討論樣區內植物族群動態變化情形較完整資料，則以合歡山臺灣冷杉永久樣區資料為居多。除了 1992 年楊遠波、張惠珠建立其樣區第一次基本資料以外，張惠珠、古心蘭更是在 1998 年進行第二次合歡山臺灣冷杉永久樣區每木複查量測工作，以瞭解在相隔六年之久時間下，其樣區內各種植物族群變化情形。然而引起植物群落進行動態變化，除了隨時間歷程促進植物群落進行自我組成結構變動之外，亦會受到棲地環境條件因素影響，如當地區域之氣候變遷、與棲地植被土壤環境等因子而施作自我調整，以維持植物群落物種結構趨向穩定性發展。

因此，本研究目的，係擬以延伸前述 1992 年與 1998 年之研究調查監測記錄資料報告內容，進行 2009~2010 年間之樣區植物物種調查與樣區現場土壤採樣，以瞭解樣區植物群落在歷經近 17~18 年時程之植物動態演替變化，並研析臺灣冷杉林之植物群落動態演替現象，與氣候變遷、棲地土壤環境間影響之相關性，以瞭解氣候變遷與棲地環境特色對於樣區植物群落演替特性，作為國家公園對於高海拔植物生態之永續經營管理的參考。

二、研究方法及過程

為達此目的，本計畫主要針對「樣區內植物群落動態調查分析」、「樣區微棲地環境分析」之兩大項目進行探究。

對於樣區內植物群落動態調查分析，主要研究方法，除了蒐集歷次於樣區調查每木資料作匯整以外，並於現地作現場複測量測記錄工作，以比對資料內容正確性以及了解每木生長狀況，並再進一步透過數化過程，將每木於樣區內相對位置點作座標標記，以建立每木歷次調查資料數據建檔，並進一步研析資料。

對於樣區微棲地環境分析，主要係分析樣區表土 10cm 處之特性，以及合歡山山區之氣候變化，其中土壤主要調查項目，包括：土壤溫度、土壤有機質、土壤有機碳、與土壤砂粒、粉粒、黏粒含量之質地成份，並瞭解其各含量在樣區內

分佈的變化。而氣候資料則是透過中央氣象局提供 1992~2009 年間氣象資料內容，包括雨量、氣溫等資料作匯整，進一步分析歷年氣候變遷情形，以初步瞭解合歡山山區氣候變遷情況。

三、重要發現

1. 合歡山臺灣冷杉永久樣區在經歷長年時間變遷之下，其植物群落分佈仍以臺灣冷杉族群為最優勢，其次為臺灣鐵杉。
2. 樣區內木本植物株數量，從 1992 年計有 428 株，至 2009 年複測結果僅有 316 株，顯示有 112 株呈死亡情形，其中死亡植株之胸高直徑均低於 10cm 以下，這意味著樣區內植物族群會隨著時間作自我調適變化，以維持自我生存需求。
3. 從樣區內臺灣冷杉之徑級結構分佈來看，其各徑級內株數百分比，均維持在 50% 以內，並且從 S1 至 S11 徑級(即 $DBH \leq 3$ 至 $DBH > 75$ cm)均有臺灣冷杉個體存在。然而若以各徑級與個體數量變化動態來看，則 S1 徑級有呈現衰退現象，而在 S8(即 $21 < DBH \leq 39$ cm)徑級則呈增長現象。
4. 以研究樣區之徑級結構動態指數來看，顯示出整個研究樣區之臺灣冷杉族群動態表現，為穩定型植物群落特徵。
5. 對於樣區內臺灣冷杉種內競爭強度變化，會隨著冷杉個體增大時，而漸減少，顯示出臺灣冷杉會自行施作自我疏闊工作，以使樣區內臺灣冷杉群落逐漸趨於均勻化與穩定現象。
6. 從樣區之臺灣冷杉種內間競爭作用分析結果可知，在臺灣冷杉群落裡，尤其是其胸高直徑為 < 10 cm 時，其種內間競爭甚為激烈，然漸至 30cm 以上時，則種內間競爭行為漸呈趨緩。
7. 可利用臺灣冷杉胸高直徑與競爭指數之乘冪函數關係，來預測臺灣冷杉個體之種間競爭強度變化，以作為人工管理林地參考。
8. 在樣區表土特徵上，經分析結果，其土質為砂質黏壤土特性，並土壤有機質含量高達 14.06%。
9. 對於合歡山區氣候變化，從 1990~2008 年之 18 年期間，其年累積降雨量與年平均氣溫有逐漸增加趨勢，尤其是每年有平均逐漸增加 95.5 公釐降雨量趨勢，以及氣溫每年平均上升 0.018°C 之現象。

四、主要建議事項

1. 持續進行合歡山臺灣冷杉林永久樣區各項環境因子監測工作—立即可行建議。
2. 合歡山山區之臺灣冷杉林遷移與氣候變遷監測研析—立即可行建議。
3. 舉辦國際型式冷杉植物棲地保育與氣候變遷影響學術研討會舉辦—立即可行建議。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

永久樣區(permanent plot，或稱長期觀測樣區)，是提供研究森林生態於探討環境與生物間動態變化關係上，不可或缺的觀察複測之研究樣本區塊。

太魯閣國家公園管理處為了瞭解管轄區域內之不同林帶生態植被變化，在楊遠波、張惠珠兩位學者促進下，在 1992 年於不同海拔高度生態植被帶，分別設置：高海拔地帶之合歡山臺灣冷杉林永久樣區(海拔高度為 3,200m，樣區面積為 2000m²)、中海拔地帶之臺灣雲杉林永久樣區(海拔高度約為 2,000m，樣區面積為 1000m²)，與低海拔地帶闊葉林永久樣區(海拔高度約為 320m，樣區面積約為 500m²)等共計三處，以作為太魯閣國家公園長期監測轄區內不同生態林帶之植物群落變動情形，提供國家公園永續經營管理依據。

目前針對這三處永久樣區曾經施作複查，以進行討論樣區內植物族群動態變化情形較完整資料，則以合歡山臺灣冷杉永久樣區資料為居多。除了 1992 年楊遠波、張惠珠建立其樣區第一次基本資料以外，張惠珠、古心蘭更是在 1998 年進行第二次合歡山臺灣冷杉永久樣區每木複查量測工作，以瞭解在相隔六年之久時間下，其樣區內各種植物族群變化情形。

屬於松科(Pinaceae)冷杉屬(*Abies*)的裸子植物—臺灣冷杉(*Abies kawakamii* (Hay.)Ito)，為臺灣高山地區特有物種，因其分佈主要是在海拔約 2400~3900m 間之高山植被生態帶，形成臺灣地區高海拔純林帶—冷杉林帶(*Abies Zone*)特色。

由於臺灣冷杉林生長環境相當嚴苛，因此臺灣冷杉林群落組成就顯得相當單純，尤其是冷杉林帶植物群落之樹冠層部，幾乎由臺灣冷杉林所組成，但在灌木層則因受植被棲地環境因子影響關係，形成不同植被型態特色。以合歡山臺灣冷杉林永久樣區畫設為例，則涵蓋臺灣冷杉純林、玉山箭竹草地，及臺灣冷杉林與玉山箭竹草地間推移帶分佈，因此，成為最佳探討高海拔地帶植物群落動態變遷分析對象。

依據張惠珠、古心蘭於 1998 年施作複測調查，並與楊遠波、張惠珠二位學者於 1992 年調查記錄比較研析結果，發現在樣區內臺灣冷杉族群具有自我疏伐現象與一次階段性長距離向高海拔推移情形。

然而引起植物群落進行動態變化，除了隨時間歷程促進植物群落進行自我組成結構變動之外，亦會受到棲地環境條件因素影響，如當地區

域之氣候變遷、與棲地植被土壤環境等因子而施作自我調整，以維持植物群落物種結構趨向穩定性發展(Steward、Mary，2005)。

第二節 研究目的

本研究目的，係依據 1992 年與 1998 年所登錄合歡山臺灣冷杉永久樣區，每木調查及林下草本植物記錄資料，進行 2009 年其樣區植物物種第三次複察工作，並同時施作樣區內微棲地環境－土壤特性與氣候變化條件分析，以瞭解研究樣區內植物群落動態變化，研析臺灣冷杉林植物群落動態現象，與外在棲地環境間影響相關性，以作為國家公園對於高海拔植物生態永續經營管理參考。

第三節 研究流程

為了能夠順利完成本研究探討，則規劃成四個主要階段進行之，分別是預備階段、資料蒐集階段、調查研析階段，與報告撰寫階段。而各階段安排工作項目內容與進程序，則如圖 1-1 所示之研究流程。

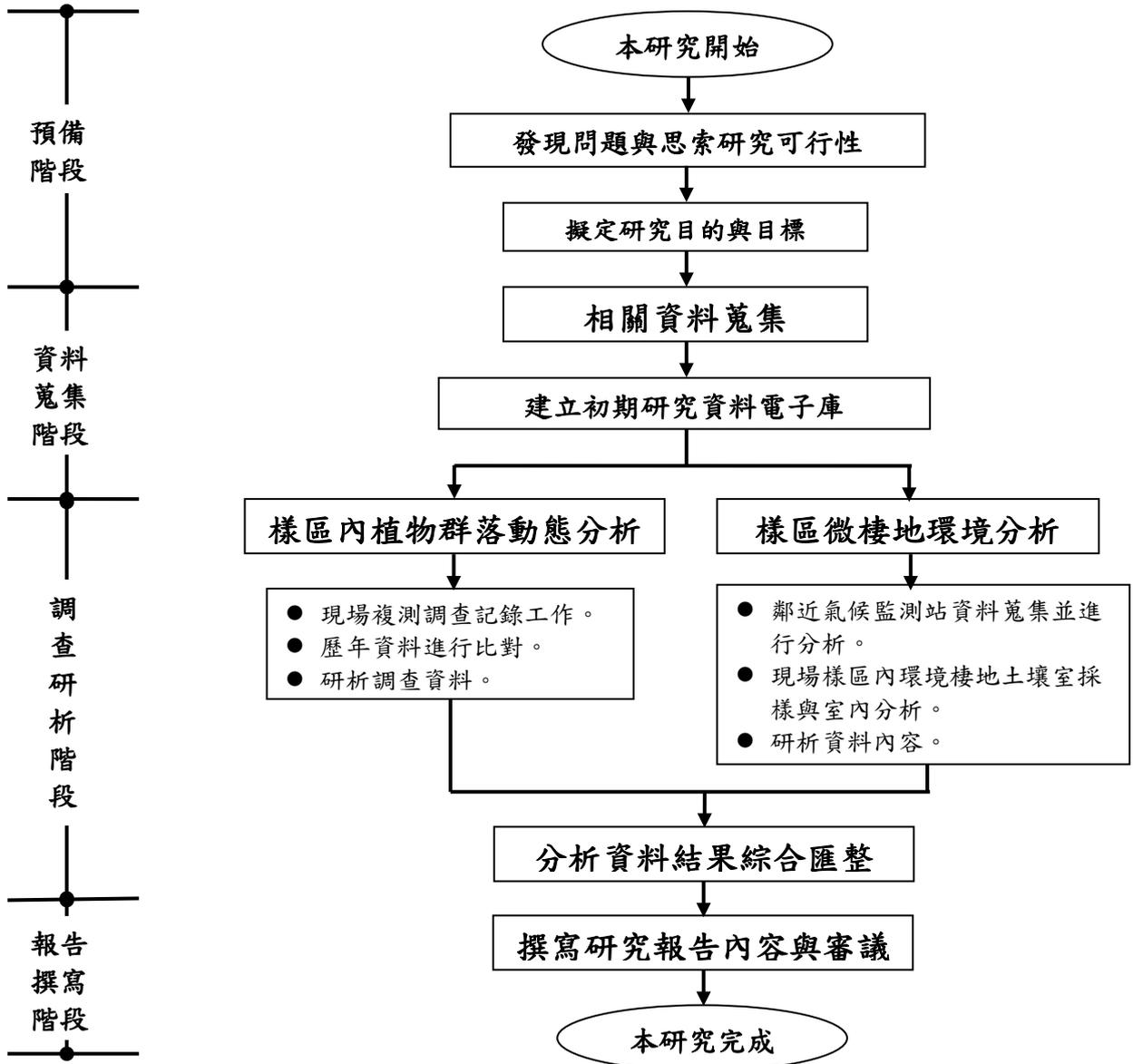


圖 1-1 研究流程

第二章 前人研究

第一節 植物群落動態演替概念形成

在中古世紀的植物學家群，一直在尋找三個問題的答案：為什麼植物會成長？這些植物的生長是在哪裡發生的？為什麼植物群落會隨著時間而改變，以及造成群落會改變成什麼樣的形式。直到 1901 年美國植物先驅專家—亨利·考爾思(Henry Chandler Cowels, 1869~1939)，藉由觀察美國密西根湖(Lake Michigan)之沙丘(sand dunes)環境植物群落變化，發現其群落會隨著時間進行其結構組成變化現象，提出植物動態之演替(succession)觀念，解開當時植物學家群疑惑的問題(Cassidy, Victor M., 2007)。

最早提出植物群落演替(plant succession)模式概念，是由 Clements, F. E.(1916)建立。Clements 認為植物演替在植被形態改變上，是具有一種方向性，因此，植物演替形態都可加以評估，尤其是植物群落為了能夠適應棲地有利環境條件，則會促使植物群落進行演替，以達到最終一個頂極群落的形態。然而，在 Clements 之演替模式概念裡，還是無法說明植物群落施作自我維持穩定性機制。故在 1969 年，Odum 則提出植物群落在演替過程會隨時間歷程，決定植群與生態系統特性間變化之簡單概念模式。Odum 認為，決定植物群落能夠自行維持穩定演替變化，主要有三個面向，即：(1).植物群落演替發展是有順序性產生，並且具有具體方向性與可預測性；(2).植物群落演替會隨著物理環境而改變；(3).在一個穩定生態系統下，植物族群演替可達到頂極群落，亦即具有最大的生物量，生物間可以達到共棲作用，並維持著每單位能量流情形。這促使植物群落演替觀念結合生態系統(ecosystem)，進一步發展出「生態演替(ecology succession)」概念。

其實，無論是植物演替或生態演替概念，在生態學觀點裡，其是一個基本概念，因為它能夠反應出植物群落在群落結構間，隨著時間經過與棲地環境變化而更迭情形，亦即在時空過程裡，能夠清楚瞭解植物群落之植物動態特性。也因此，藉由植物永久樣區的設立與長期監測調查記錄之下，更是有效提供瞭解植物群落與環境因子間互動關係，並有效建立植物群落演替過程之經營與管理。

臺灣最早以永久樣區進行森林生態研究觀察，起於 1987 年陳玉峰學者在玉山國家公園楠溪林道 12.4 公里處(海拔約 1800m)，設置一處 0.16 公頃之永久樣區，以進行中海拔森林帶樣區內植群動態變化(陳玉峰，1989)。而針對臺灣低海拔地區永久樣區設置調查，則是在 1989 年由孫義方、謝長富兩位學者促進之下，於南仁山生態保護區設立臺灣第一個低

海拔永久樣區，以進行觀察低海拔森林帶之結構、組成、分布變化(楊國禎、李根政，2007)。並也促使臺灣在森林生態之動態研究上，對於永久樣區設置數如雨後春筍般紛紛建置(楊國禎，2003)，提供臺灣本土森林生態之植物動態研究上第一手觀測資料庫。

第二節 環境變遷對生物族群分佈影響研究

環境變遷對於生物族群分布影響，在近年以來，受到全球氣候變遷之衝擊下，成為現今熱門研究課題，尤其是全球氣候變遷對於生態系統與生物棲習環境的影響程度，更是促進國內外學者紛紛投入相關全球氣候變遷課題的研究，以進一步瞭解生物族群間，對於環境變遷之適應能力行為改變程度，與推估生態系統的變化現象。

一、國外研究方面

氣候變遷對生物族群影響，在國外學者們研究紛紛以提出氣候變遷預測模式機制，來分析在區域尺度上生態系統與生物族群變化情形。

在歐洲地區，Benito Garzón, Marta 等三人(2008)利用自行研發出來(Benito Garzón 等人，2006)的氣候變遷預測模式(Bioclimate Envelope model)，並配合 GIS(地理資訊系統)，來了解在 2080 年時期，西班牙伊比利亞半島上樹物種可能分布情形。從預測分析結果發現，在氣候變遷持續影響之下，未來將會使該半島上針葉樹物種，有呈逐漸減少現象，尤其是 *Pinus sylvestris*，*P. uncinata* 與 *Abies alba*。

二、國內研究方面

對於全球氣候變遷促進臺灣生物族群變化影響，在國內亦有多位學者們提出其研究成果。

邱祁榮等人(2008)針對臺灣檜木林於氣候變遷衝擊之模擬結果，認為當氣溫上升(尤其是增加至 5°C)，在檜木林高潛在分布會大幅減少，尤其是由 9.91% 降至 2.31%，約減少 77% 區域。而在不同情境模擬長期時間變化下，檜木林高潛在分佈區域，將會有大幅減少現象，尤其是從 9.91% 降至 5.24%，約減少 47% 區域。

周昌弘等 4 人(2008)則針對氣候變遷對臺灣植物多樣性影響與評析進行探究，發現隨著氣候逐漸暖化、氣溫逐漸上升下，預測將有許多植物生長環境會因此改變，其中會有幾種植物將向上遷移分佈至更高海拔處；並且比較在小風口(2995m)、石門山(3145m)之遺傳歧異度，瞭解在低海拔(氣溫較高地區)處之植物，受到氣候變遷衝擊影響較高海拔地區(氣溫較低地區)為高。

李培芬等 5 人(2008)則針對氣候變遷對臺灣生物多樣性分布的影響，尤其是利用生物分布預測模式探討繁殖鳥多樣性在二氧化碳濃度倍增之下，發現鳥類多樣性熱點原在中高海拔區域，未來會向高海拔移動；即在低海拔區域的鳥種數下降，高海拔區域的鳥種數有上升情形。並且也利用監測玉山鳥類調查結果(1992 年、2006 年-玉山國家公園境內,海拔

3100~3700m)，亦發現臺灣高山鳥類分布正朝向更高海拔移動，同時增加高山地區鳥類多樣性，而對於昆蟲海拔分布也可能受到暖化影響上移，造成鳥類食物資源變化。

因此，從國內外研究資料顯示，環境變遷對生物族群分佈有著密不可分關係影響。

第三節 相關冷杉植物群落研究文獻

對於冷杉群落變遷研究，在亞洲地區則以中國大陸研究發表報告為最多，其中以廣西地區之元寶山冷杉(*Abies yuanbaoshanensis*)群落研究為最，主要是因為，元寶山冷杉是屬於中國大陸之特有古老孑遺植物，亦屬於一級保護瀕危物種，並也是國際自然保護聯盟(IUCN)列入「國際針葉樹保護行動計劃」的保護對象，使得其成果可提供臺灣地區在研究臺灣冷杉群落變遷方面的參考。

黃仕訓等三人在 1996 年首先發表元寶山冷杉群落特徵調查成果資料，初步認為元寶山冷杉群落是屬於間歇形構造種群，主要以老樹為主，使得元寶山冷杉種群在年齡結構不完整下，將有可能會被常綠闊葉樹所取代。而潘百明等二人(1998)，則再針對元寶山冷杉種群結構和動態研究調查，提出初步成果，驗證元寶山冷杉種群在整個森林群落中，是具有增長型的繁殖潛力，但種群整體上卻是表現衰退型演替趨勢。並也認為其種群分布情形上，則由集群分布漸演變成均勻分布變化，這顯示出，元寶山冷杉種群動態變化受到環境變遷影響甚為明顯。

李先琨等六人(2002)，則利用 Hegyi(1974)所提出單木競爭公式，來分析元寶山冷杉群落之種間、種內競爭強度關係。其結果發現，Hegyi之單木競爭公式可以適用預測元寶山冷杉群落，在種內和種間競爭強度變化情形，並從結果顯示出，在元寶山冷杉群落在種內競爭強度較其種間競爭劇烈，顯示出元寶山冷杉種群動態變化，其自疏作用是大於他疏作用。但隨著對象木個體逐漸增大其競爭強度反呈減少，尤其是當元寶山冷杉胸高直徑達到 35~40cm 後，其競爭強度變化較不明顯。

在臺灣地區最早針對臺灣冷杉群落研究，是在 1984 年由劉業經等人首先提出研究成果，尤其是針對臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制，進行臺灣北、中、南部高山區分析探究。結果發現臺灣冷杉林族群之下部灌木層處，除玉山箭竹單叢外，其他植物稀少。而臺灣冷杉幼苗生長，大部多發生在林緣處，其入侵玉山箭竹草生地速率從 0.36m/yr 到 0.05m/yr，平均為 0.188m/yr。也因此劉業經等人更進一步探討認為，若依此速率，則臺灣高山箭竹草生地過渡群叢，如長期不受干擾之下，將逐漸會演替成臺灣冷杉單叢，而達極相植群社會。

而陳玉峰(1991)則針對大禹嶺、武嶺以上合歡高地地區，進行植群演替研究，瞭解大禹嶺—合歡東峰—小奇萊連線之路徑，主要是以臺灣冷杉林為主體，但在經過多次不等強度之火災影響，雖形成高地草原型態，但其區域內植物族群卻依然持續進行各種演替，尤其是對於玉山箭竹適應棲地條件大幅生長情形，或其微棲地環境退化等現象。顯示植物

群落變化不是只在一個「點」上一時間點上一的改變，乃是持續不斷進行中。

林旭宏(2000)則是依據合歡山臺灣冷杉林永久樣區內，臺灣冷杉林的徑級組成與更新情形，提出讓樣區內臺灣冷杉種子萌芽與幼苗存活的可能機制。

第三章 研究樣區設置規模與環境概況

第一節 永久樣區設置概況

一、設置規模

永久樣區的設置，除考慮人員可及性外，也應至少具備環境條件均質且坡度較平穩、植群穩定、人為干擾較少等之選擇條件，以便利研究人員前往進行複查使用，使其樣區數據資料能夠具有代表性與正確性價值。

本研究之合歡山臺灣冷杉林永久樣區，經 1992 年楊遠波、張惠珠二位學者之踏勘評估後，則選擇在台 14 甲 35.5k 處附近，鄰近太魯閣國家公園之合歡山區小風口停車場上方處，石門山北峰正下方，約東經 121°16'27"，北緯 24°09'50"附近(如圖 3-1 所示)。海拔高度為 3080m，坡向為東向坡，平均坡度為 35°。

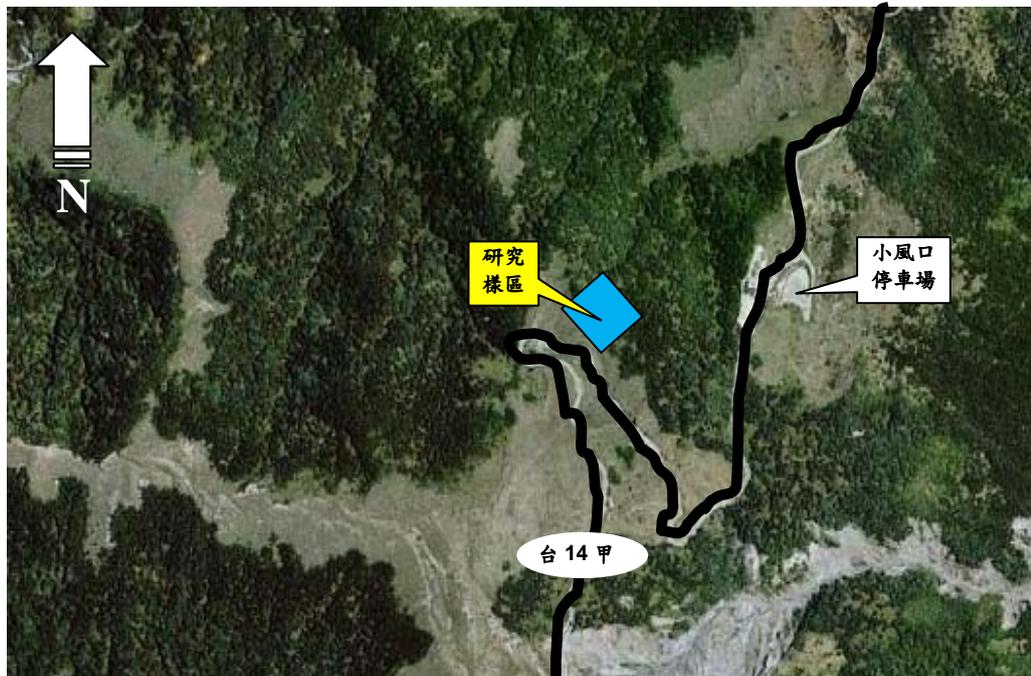


圖 3-1 研究樣區之位置示意圖

(資料來源：google 地圖網站截取)

合歡山臺灣冷杉林永久樣區之設置面積規模，是由 80 個 $5 \times 5 \text{m}^2$ 矩形小區塊，組合而成一長 \times 寬為 $40\text{m} \times 50\text{m}$ 之 2000m^2 面積尺寸(如圖 3-2 所示)，其中 40m 之界線分成 A~H 區編號，共計 8 欄，而 50m 界線則分成 1~10 區編號，共計 10 列。

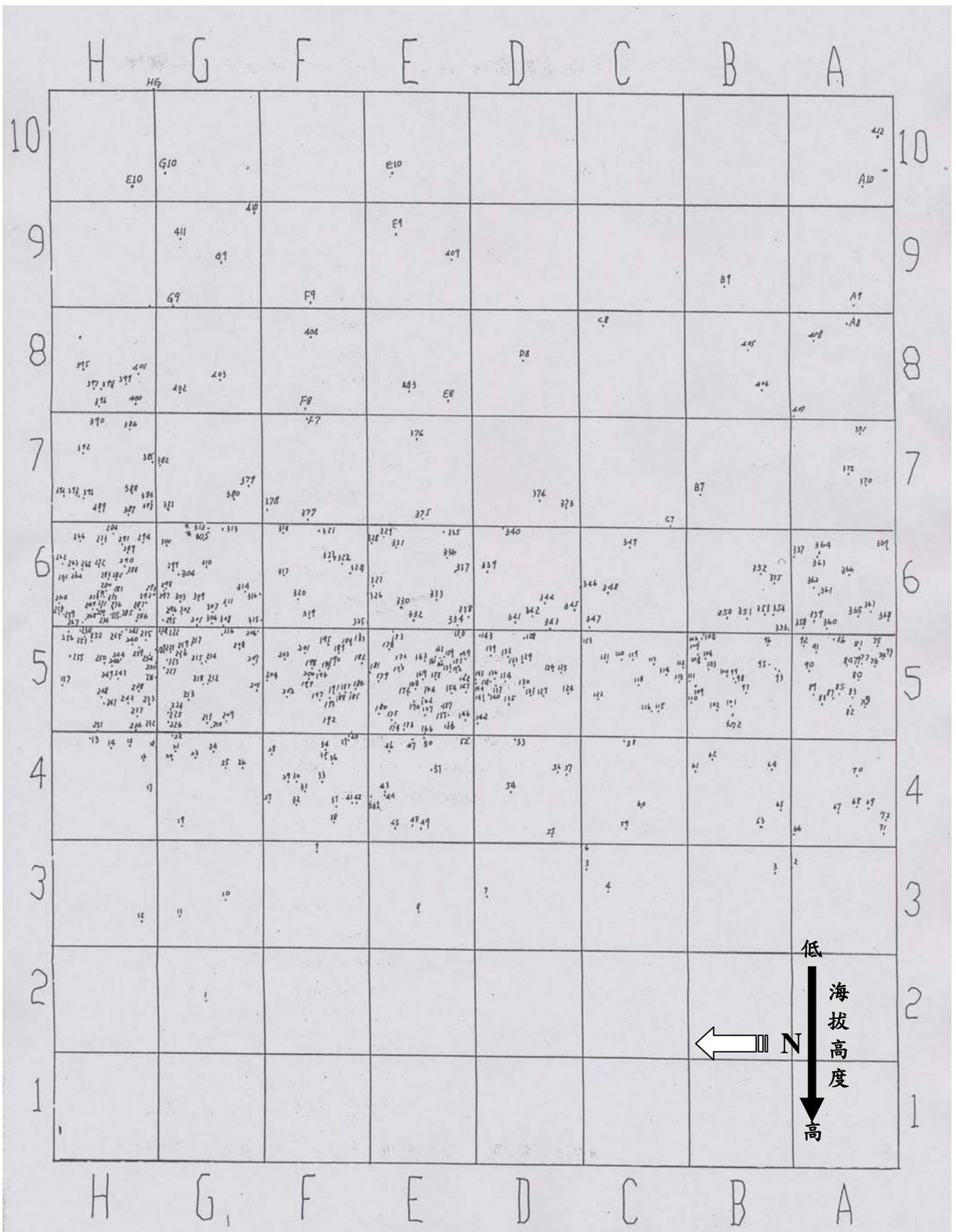


圖 3-2 研究樣區之區塊編號與植物物種位置標示圖
(資料來源：古心蘭、1999)

第二節 永久樣區內植物群落畫設分佈概述

樣區內植物群落畫設分布，依據 1992 年楊遠波、張惠珠二位學者之畫設範圍資料報告指出，主要有兩個群落分佈，分別是臺灣冷杉與玉山箭竹交雜林、玉山箭竹草原地，並以冷杉與箭竹草原地間推移帶為劃分界分。

在樣區內的植物種類，依據楊遠波等人於 1992 年調查結果，主要物種有臺灣冷杉、臺灣鐵杉、臺灣刺柏、玉山箭竹、玉山杜鵑、巒大花楸，其中在喬木類以臺灣冷杉物種為最大宗。



照片 3-1 研究樣區之臺灣冷杉與玉山箭竹草原地間推移帶
(本研究拍攝 2009/04)



照片 3-2 研究樣區之玉山箭竹草原地(本研究拍攝 2008/07)



照片 3-3 研究樣區之臺灣冷杉與箭竹交雜林(本研究拍攝 2008/07)



照片 3-4 研究樣區之冷杉果實與葉(本研究拍攝 2008/07)

第三節 永久樣區周圍環境特性概況

一、合歡山區域氣候概況

依據中央氣象局提供鄰近研究樣區之氣候自記站-合歡山站，於1990年至2008年期間之氣溫、降雨量資料整理顯示，合歡山區域平均降雨量達3787mm，平均全年降水日數可達155天(古心蘭，1999)，其中降雨天數有主要雨量係集中在5~6月份，平均月累積降雨量約在554.8~625.8mm之間，而降雨量較少月份則是在11~12月期間，其平均月累積降雨量僅有84.5~87.7mm，顯示在合歡山區域在夏季時期是屬於雨量豐沛時期，在冬季時則為雨量枯歇時期。

而合歡山區域之年平均氣溫則為5.5°C，其中平均最高溫度主要分佈在7~8月份期間，氣溫達9.5~9.2°C左右，而平均最低氣溫是在1~2月份期間，氣溫僅約有-0.3~0.4°C，並且晝夜溫差大，濕度在80%左右(古心蘭，1999)。

表 3-1 合歡山區域平均月累積降雨量與氣溫變化

月份	平均月 累積降雨量 (mm)	平均月 氣溫(°C)	月份	平均月 累積降雨量 (mm)	平均 月氣溫 (°C)
一月	117.8	-0.3	七月	368.3	9.2
二月	282.8	0.4	八月	420.8	9.5
三月	330.7	2.7	九月	248.9	8.7
四月	396.7	4.9	十月	155.9	7.3
五月	554.9	6.9	十一月	84.5	4.9
六月	625.8	8.3	十二月	87.7	1.6

(備註：1.資料來源：中央氣象提供，以合歡山氣候自記站為主，本研究整理之。

2.記錄資料：係以1990~2008年期間記錄為主。)

二、合歡山區域土壤狀況

依據金恆鏞等人(1990)針對合歡山玉山箭竹草原土壤之發育與分類研究結果指出，在合歡山之玉山箭竹草原區域之植被土壤環境，係由崩積頁岩屑及頁岩母質發育而成，並且深度越深，則質地越粗糙，尤其是在表層處(0~40cm間)為粉質黏土，至低層處(70~110cm)為砂質壤土。其土壤大致是呈現酸性土壤，尤其是表土層之酸鹼值(pH值)為4.34，且隨土壤深度越深，漸呈弱酸性(其pH約為5.52)。此外，有機物堆積層主要分佈在表土區帶，約有18cm厚度，並有明顯的有機物堆積發育成暗表層，而依據美國土壤質地三角分類系統，金恆鏞等人(1990)認為合歡山臺灣冷杉林土壤性質為

細黏質性，為寒冷的(土壤溫度低於 8~7.7°C 左右)典型薄層暗始成土。

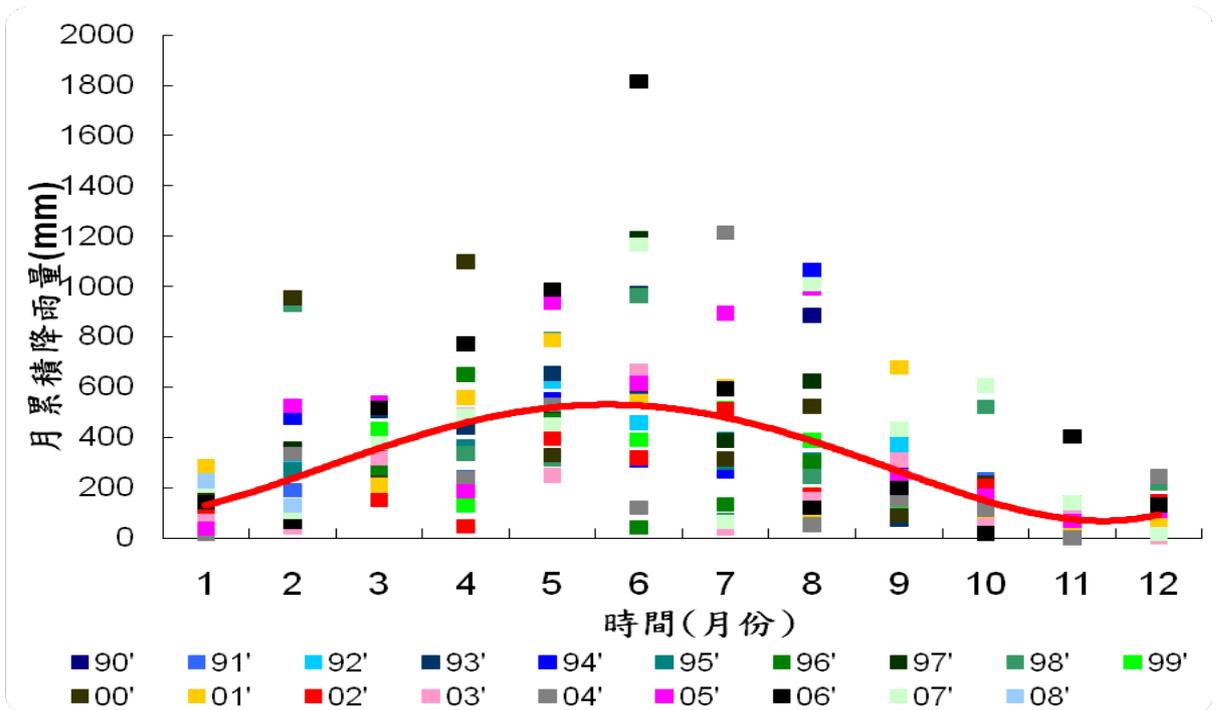


圖 3-3 合歡山區域之平均月累積降雨量變化

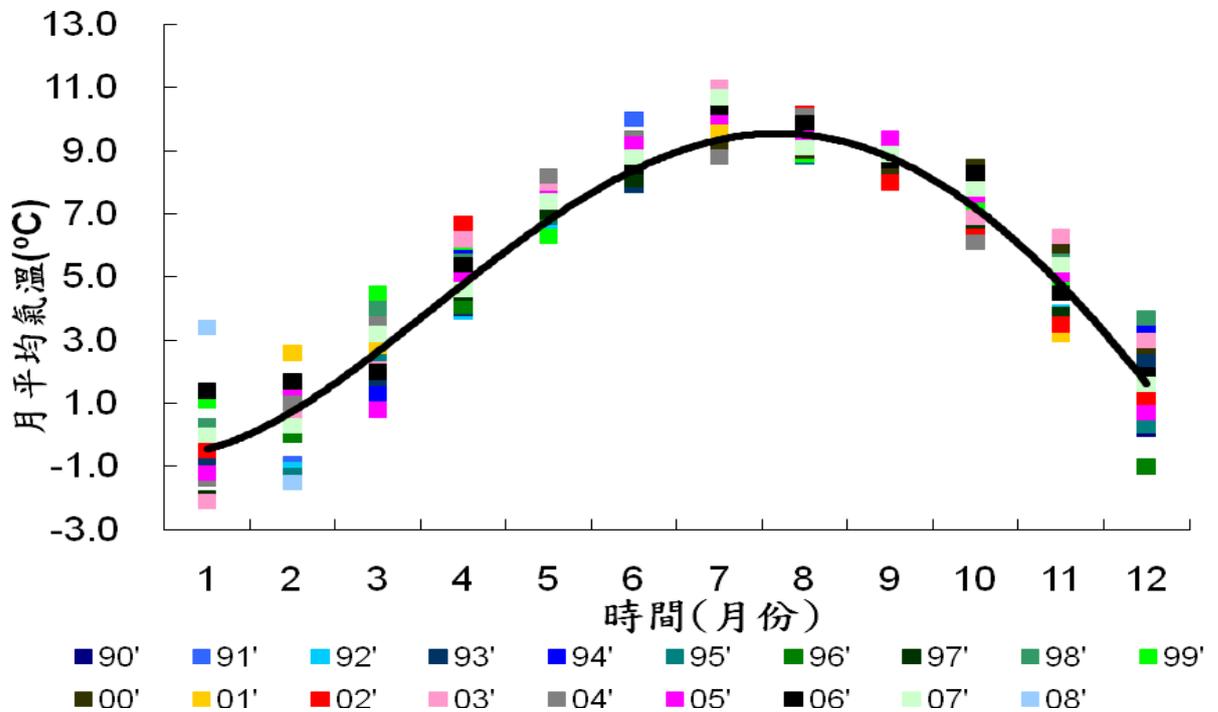


圖 3-4 合歡山區域之平均月氣溫變化

第四章 研究調查方法

第一節 永久樣區內植物調查與分析方式

一、資料取得來源

本研究樣區之過往每木調查記錄資料取得，主要來自以下出處：

- (一)、1992 年：楊遠波、張惠珠－太魯閣國家公園植物永久樣區之規劃，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
- (二)、1998 年：張惠珠、古心蘭－合歡山臺灣冷杉永久樣區之植群分析，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。

二、現場每木調查量測方法

為了瞭解歷經 18 年時間過程之樣區內每木生長變化，則在 2009 年四月進行樣區現場每木調查與採樣工作。其主要量測方法，乃是針對樣區內每一小樣區，分別量測高於 1 公尺個體之各個木本植物的胸高直徑(DBH)，記錄其種類、植株高度、胸高直徑、分枝數或分蘗數，並同時核對每木所懸掛號碼鋁牌標記內容，以確實記錄數據資料。

第二節 永久樣區內植物群落動態分析方式

所蒐集與現場調查的資料，則以每一小樣區(即 5x5m)分析為基準，並分別計算以下項目：

一、植物群落狀況分析

(一)、相對密度，為：

$$\text{(某一物種株數)} / \text{(所有小樣區內全部物種總株數)} \times 100\%$$

(二)、相對頻度，為：

$$\text{(某一物種出現在小樣區內頻度數)} / \text{(全部物種出現在小樣區內總頻度數)} \times 100\%$$

(三)、相對優勢度，為：

$$\text{(某一物種的胸高斷面積和)} / \text{(全部物種之總胸高斷面積)} \times 100\%$$

(四)、重要指數(Importance value index, IVI)：

$$\text{相對密度} + \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = \text{重要指數}$$

二、植物群落結構特徵分析

(一)、徑級劃分方式

在探討植物群落結構動態變化上，其每木年齡結構分佈情形，是植物群落變化重要特徵。然而往往在調查每木過程時，必需判讀每木年輪以計量其年齡，造成耗時又耗力，尤其是當樣區之每木數量過多時。

因此，有許多學者紛紛採用以徑級結構劃分方式，代替每木年齡結構來探討之(李先琨等人，2006)。也因此，本研究為了進一步探討樣區內臺灣冷杉植物群落結構與動態變化，亦採用徑級結構劃分方式，來分析樣區內植物群落動態結構特徵性。

而對於樣區內每木徑級大小劃分標準，係依據張惠珠、古心蘭(1998)曾在本樣區內建議施作徑級劃分方式，以及參考臺灣冷杉生活史特點，將本樣區植物群落劃分為 11 個徑級大小，即：

1. 徑級 S_1 ，為：每木胸高直徑(DBH) $\leq 3\text{cm}$ ；
2. 徑級 S_2 ，為： $3\text{cm} < \text{每木胸高直徑(DBH)} \leq 6\text{cm}$ ；
3. 徑級 S_3 ，為： $6\text{cm} < \text{每木胸高直徑(DBH)} \leq 9\text{cm}$ ；
4. 徑級 S_4 ，為： $9\text{cm} < \text{每木胸高直徑(DBH)} \leq 12\text{cm}$ ；
5. 徑級 S_5 ，為： $12\text{cm} < \text{每木胸高直徑(DBH)} \leq 15\text{cm}$ ；
6. 徑級 S_6 ，為： $15\text{cm} < \text{每木胸高直徑(DBH)} \leq 18\text{cm}$ ；

- 7.徑級 S_7 ，為：18cm < 每木胸高直徑(DBH) ≤ 21cm；
- 8.徑級 S_8 ，為：21cm < 每木胸高直徑(DBH) ≤ 39cm；
- 9.徑級 S_9 ，為：39cm < 每木胸高直徑(DBH) ≤ 57cm；
- 10.徑級 S_{10} ，為：57cm < 每木胸高直徑(DBH) ≤ 75cm；
- 11.徑級 S_{11} ，為：75cm < 每木胸高直徑(DBH)。

(二)、植物群落結構特徵分析

對於植物群落結構動態特徵分析計算，則採用李天琨等人(2006)所提出植物群落動態公式計算之。其計算公式如下：

$$V_n = \frac{S_n - S_{n+1}}{\max(S_n, S_{n+1})} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

.1)

$$V_{pi} = \frac{1}{\sum_{n=1}^{k-1} S_n} \times \sum_{n=1}^{k-1} (S_n \cdot V_n) \dots\dots\dots(4)$$

.2)

其中， V_n 為植物群落從 n 到 $n+1$ 級之個體數量變化動態；

V_{pi} 為整個植物群落結構數量變化動態指數；

S_n 為第 n 徑級之植物群落每木個體數；

S_{n+1} 為第 $n+1$ 徑級之植物群落每木個體數。

若考量植物群落受到外部干擾時，則可以使用以下公式計算之。

$$V_{pi}' = \frac{\sum_{n=1}^{k-1} (S_n \cdot V_n)}{K \cdot \min(S_1, S_2, \dots, S_k) \cdot \sum_{n=1}^{k-1} S_n} \dots\dots\dots(4.3)$$

4.3)

其中， K 為植物群落徑級劃分數量。

因此，當 V_{pi} 與 V_n 為正值、負值、零時，則反應出該植物群落或鄰近徑級個體數量，呈增長、衰退、穩定狀特徵之動態關係。

三、植物群落間競爭指數分析

生物競爭作用，係指兩個有機體在所需環境資源或能量不足情況下，或受限某種必需環境限制，或是受限空間不足情況下，而發生彼此相互關係，促使一個有機體阻礙到另一個有機體有正常生長發展。(李天琨等人，2006)。

為了瞭解樣區內臺灣冷杉群落物種間是否有彼此競爭行為，本研究依據李天琨等人(2006)利用 Hegyi(1974)所提出單木競爭指數公式，應用在元寶山冷杉植物群落之探討，以作為進一步探究樣區內臺灣冷杉群落物種間競爭關係參考。

關於 Hegyi 之單木競爭指數公式(李天琨等人，2006)，為：

$$CI = \sum_{j=1}^N (D_j / D_i) \cdot \frac{1}{L_{ij}} \dots\dots\dots$$

(4.4)

其中，CI 為競爭指數，其值越大，則表示彼此間競爭越強。

D_j 為競爭木之胸高直徑(單位：cm)。

D_i 為對象木之胸高直徑(單位：cm)。

L_{ij} 為對象木與競爭木之間距離(單位：cm)。

N 為競爭木的株數。

在樣區內之對象木選擇，則以臺灣冷杉之胸高直徑(DBH) ≥ 5 cm 者選擇為對象，並以所選擇對象木為中心，在 10m \times 10m 之樣區區塊範圍內所有喬木或立木，視為該區塊之競爭木對象之下，進行分析之。

第三節 永久樣區內棲地環境因子調查方式

一、氣象資料蒐集

係以距離樣區較近之氣象站—合歡山氣象站(東經 121°15'52", 北緯 24°08'43")為主, 並且其歷年資料, 係截取中央氣象局所提供 1990~2009 年間歷年之日平均氣溫、日累積降雨量資料累積降雨量資料, 進行氣候變遷探討。

二、樣區土壤調查

係進行樣區內之每小樣區土壤採集(共計 80 個), 以瞭解每小樣區土壤特性, 作為植被棲地環境分析依據。

現場土壤採樣方式係先刮除表土殘株, 進行採集 10~15cm 之表土層土壤, 並於現場量測土溫。而在室內則進行土壤質地分類、有機質(%), 等分析, 其分析方法如下說明:

- (1)、土壤質地(粒徑分析)判讀: 以鮑式比重計法測定, 並以美國土壤質地三角分類系統進行判讀土壤質地。
- (2)、土壤有機質含量: 以重鉻酸鉀氧化法測定分析。

三、資料分析方法

本研究有關資料分析與統計處理過程, 係透過前述樣區土壤調查分析結果, 建立數據資料庫, 利用 SURFER for Windows 軟體繪製分佈趨勢, 加以探討合歡山臺灣冷杉林永久樣區之微棲地環境特性, 進而瞭解樣區內植物群落之動態變化相關性影響。

第五章 結果與討論

第一節 永久樣區內臺灣冷杉群落的動態

一、樣區植物群落狀況分佈

經 1992 年與 1998 年樣區調查資料蒐集，及 2009 年至現場調查結果，對於歷次研究樣區之每木植物量測數據記錄整理情形，則置於附錄一中。而樣區內歷次複測調查之植物群落狀況分布變化，尤其是樣區內植物族群之株數量、相對密度、相對頻度、相對優勢度變化情形，經計算結果列如表 5-1 所示。

從表 5-1 結果顯示，在研究樣區內主要植物種類，有臺灣冷杉、臺灣鐵杉、臺灣刺柏、臺灣箭竹、玉山杜鵑、厚葉柃木，及巒大花楸等植物族群為主，其中從重要指標(IVI)計算結果可知，樣區內植物族群是以臺灣冷杉族群為最優勢(其 IVI 指標分別介於在 257.4~252.6 之間)，其次為臺灣鐵杉，其 IVI 指標介於在 19.8~22.5 之間。

從 1992 年調查記錄可知，在研究樣區內木本植物總計有 428 株，但經 1998 年與 2009 年之歷次複測調查記錄結果發現，研究樣區內木本植物株數有遞減現象，尤其是在 1998 年記錄總株數計 379 株，至 2009 年則僅有 316 株，其中在臺灣冷杉植物族群從 1992 年所記錄總計有 401 株，至 2009 年則僅有 294 株，銳減 107 株，雖然在 1998 年曾記錄有四株臺灣冷杉新生，但依 2009 年現場觀察，大部份係已呈現死亡特徵，顯示在研究樣區內臺灣冷杉族群於 1992~2009 年期間死亡率約 26.6%，而其這些死亡植株，其胸高直徑全部均低於 10cm 以下之幼齡木，這也顯示出在樣區內植物群落會隨著時間作自我調適工作，並對於胸高直徑較小的植株具有生長發展上的威脅。

然而在經過十年以上時間，卻無在樣區中發現有臺灣冷杉新苗生長，其原因，李天琨等人(2006)認為苗期生長緩慢，或是受到鼠與虫危害較嚴重等影響，使得在樣區內很少有見到幼木。

比較 1992 年、1998 年與 2009 年樣區內各植物族群相對密度、相對頻度與相對優勢度變化情形，發現較無明顯性變化。

表 5-1 永久樣區內各樹種之重要指標表

項目 年代 (西元年)	樣區株數 (株數)			相對密度 (%)			相對頻度 (%)			相對優勢度 (%)			重要指標 (IVI)		
	1992	1998	2009	1992	1998	2009	1992	1998	2009	1992	1998	2009	1992	1998	2009
臺灣冷杉	401	354	294	93.7	93.4	93.0	65.0	66.3	63.8	98.7	97.9	95.8	257.4	257.6	252.6
臺灣鐵杉	16	16	15	3.7	4.2	4.7	15.0	15.0	15.0	1.1	1.8	2.7	19.8	21.0	22.5
臺灣刺柏	1	1	1	0.2	0.3	0.3	1.3	1.3	1.3	<0.01	<0.01	<0.01	1.5	1.5	1.6
玉山杜鵑	5	4	2	1.2	1.1	0.6	5.0	5.0	3.8	0.1	0.2	0.1	6.3	6.2	4.5
厚葉柃木	2	2	2	0.5	0.5	0.6	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	1.2	3.0	3.0	4.3
巒大花楸	3	2	2	0.7	0.5	0.6	3.8	2.5	1.3	0.1	0.2	0.2	4.5	3.2	2.0
總計	428	379	316	100	100	100	—	—	—	100	100	100	—	—	—

(備註：本研究調查整理)

二、臺灣冷杉族群徑級結構動態變化

為了瞭解樣區內優勢物種—臺灣冷杉物種之生長時間變化，則進行其樣區內樹徑級、株數量與樹高之資料整理分析，其分析結果則列如表 5-2 所列，並同時繪製如圖 5-1~5-3 之徑級大小與株數、百分比，以及徑級大小與樹高變化趨勢，以瞭解臺灣冷杉在時間過程中徑級結構變化情形。

從圖 5-1 顯示，1992 年臺灣冷杉徑級結構之株數分佈，則以 S2 徑級之 124 株數為居多，其次為 S1 徑級，而在 S9 徑級以上則變化性較不顯著。比較 1998 年與 2009 年其徑級結構分佈變化，發現在 1998 年之臺灣冷杉徑級株數在 S1~S2 間僅有 123 株，較 1992 年分佈減少近 116 株，但在徑級 S3~S5 間，卻達到 94 株，較 1992 年增至 37 株分佈現象；而在 2009 年其徑級彼此間變化較為平緩，比較 1992 年與 1998 年之 S4-S6 徑級間，發現 2009 年其株數量 71 株較 1992 年(總株數為 31 株)與 1998 年(總株數為 53 株)分佈為多，但在 S1 徑級間，2009 年分佈卻較 1992 年與 1998 年為少。

其次，從圖 5-2 顯示出，在研究樣區內臺灣冷杉各徑級結構上，其株數百分比均在 50% 以內，並且從 S1~S11 徑級間均有臺灣冷杉存在。

對於樣區內臺灣冷杉族群之動態分析計算結果，從表 5-2 中每次調查年代對各徑級與 V_n 值(個體數量變化動態)變化可知，S1 徑級有呈現衰退現象，而 S8 徑級呈增長現象，這顯示出研究樣區內臺灣冷杉族群，漸從幼木趨向成木型態。

而從表 5-2 之整個研究樣區之徑級結構動態指數來看，在 1992 年、1998 年與 2009 年間，分別有 29.04%、16.14%與 19.85%之變化，其中以 1998 年較 1992 年之臺灣冷杉族群有增長較慢現象。若假設植物族群有外部干擾下，則其指數分別為 1.32%、0.37%與 0.60%，均大於 0，顯示出整個研究樣區之臺灣冷杉族群動態表現，為穩定型植物群落特徵。

表 5-2 永久樣區內臺灣冷杉族群動態分析表

徑級編號	徑級大小 (DBH,cm)	1992 年				1998 年				2009 年			
		株數	株數百分比(%)	V_n (%)	平均樹高(m)	株數	株數百分比(%)	V_n (%)	平均樹高(m)	株數	株數百分比(%)	V_n (%)	平均樹高(m)
S1	DBH≤3	115	28.61	-7.3	1.8	43	12.32	-46.3	1.7	9	3.10	-83.3	2.4
S2	3<DBH≤6	124	30.85	48.4	3.1	80	22.92	20.0	3.1	54	18.62	9.3	3.0
S3	6<DBH≤9	64	15.92	42.2	4.0	64	18.34	10.9	4.3	49	16.90	22.4	3.8
S4	9<DBH≤12	37	9.20	45.9	4.5	57	16.33	35.1	5.5	38	13.10	-9.5	4.6
S5	12<DBH≤15	20	4.98	45.0	5.5	37	10.60	56.8	5.9	42	14.48	31.0	5.3
S6	15<DBH≤18	11	2.74	54.5	5.7	16	4.58	-11.1	6.4	29	10.00	48.3	10.5
S7	18<DBH≤21	5	1.24	-50.0	6.0	18	5.16	16.7	6.7	15	5.17	-59.5	6.9
S8	21<DBH≤39	10	2.49	30.0	12.8	15	4.30	33.3	8.9	37	12.76	78.4	8.6
S9	39<DBH≤57	7	1.74	0.0	16.6	10	2.87	60.0	18.1	8	2.76	25.0	14.2
S10	57<DBH≤75	7	1.74	71.4	18.7	4	1.15	-20.0	20.1	6	2.07	50.0	19.0
S11	75<DBH	2	0.50	-	22.5	5	1.43	-	22.4	3	1.03	-	27.0
植物群落動態指數	V_{pi}	29.04%				16.14%				19.85%			
	V_{pi}' (當受外部干擾)	1.32%				0.37%				0.60%			

(備註:1. V_n 為植物群落從 n 到 n+1 級之個體數量變化動態，計算公式如(4.1)式。)

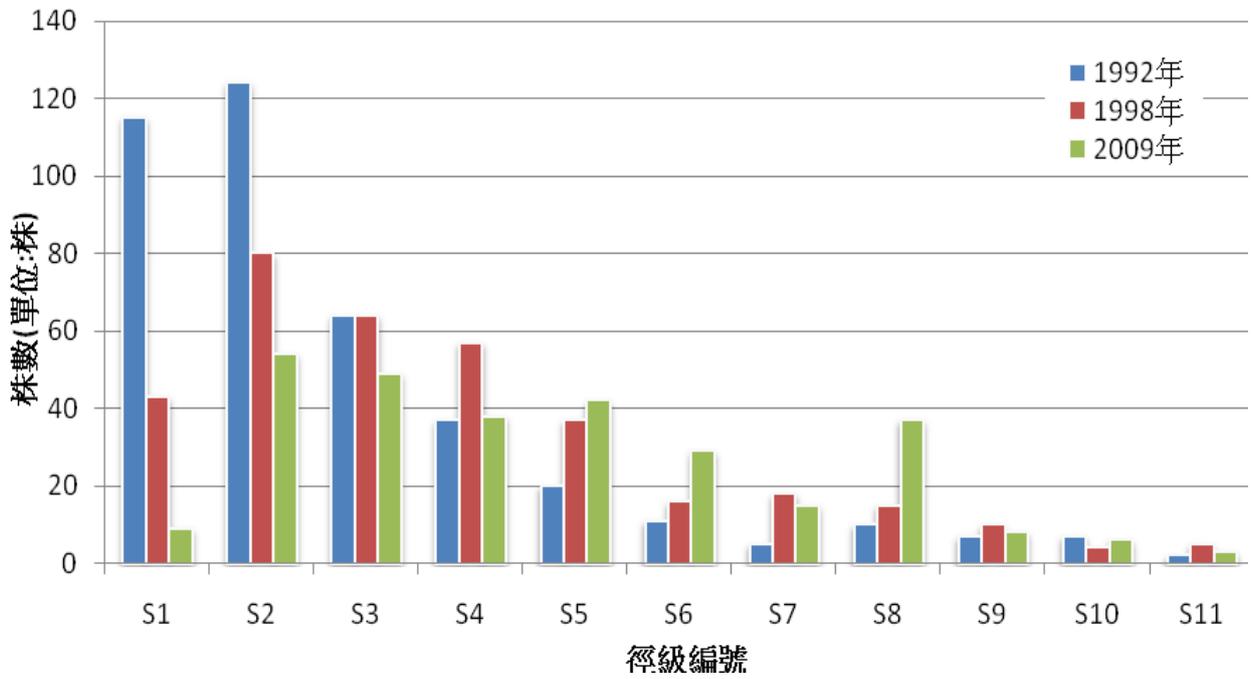


圖 5-1 歷次調查樣區內臺灣冷杉族群株數與徑級結構分布

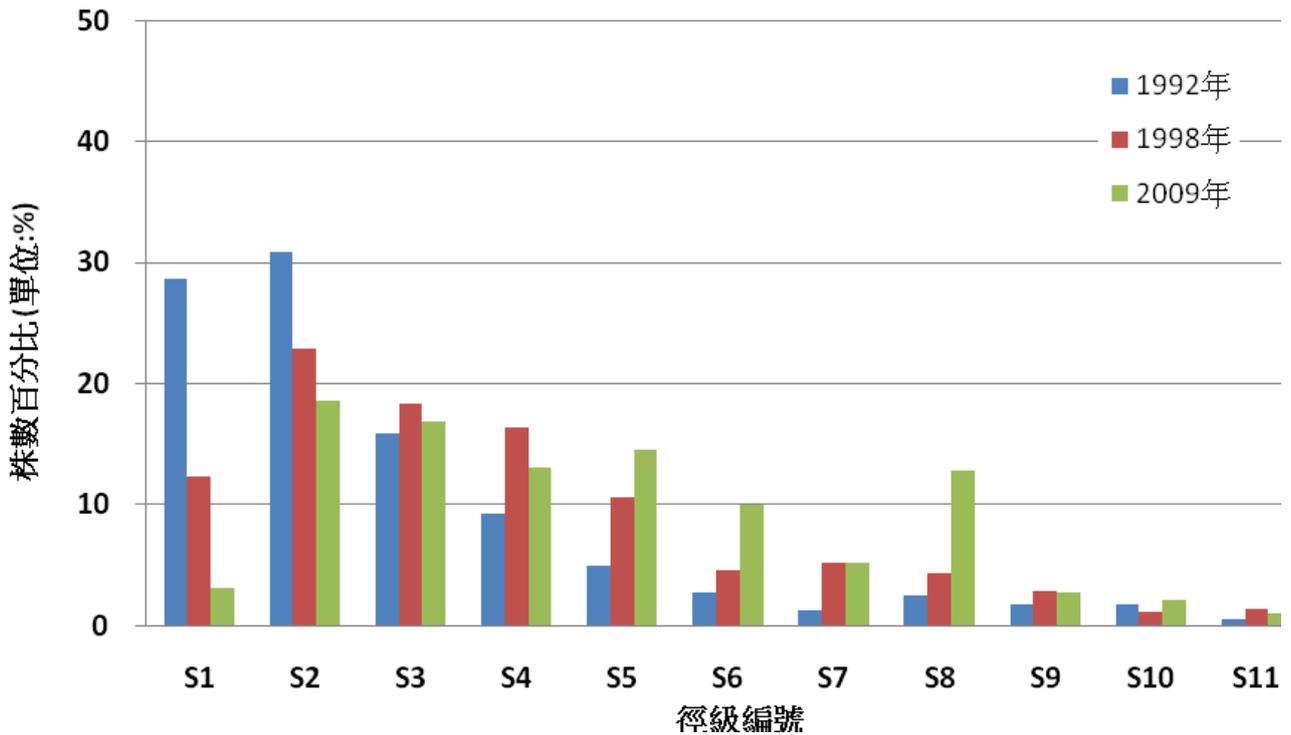


圖 5-2 歷次調查樣區內臺灣冷杉族群株數百分比與徑級結構分布

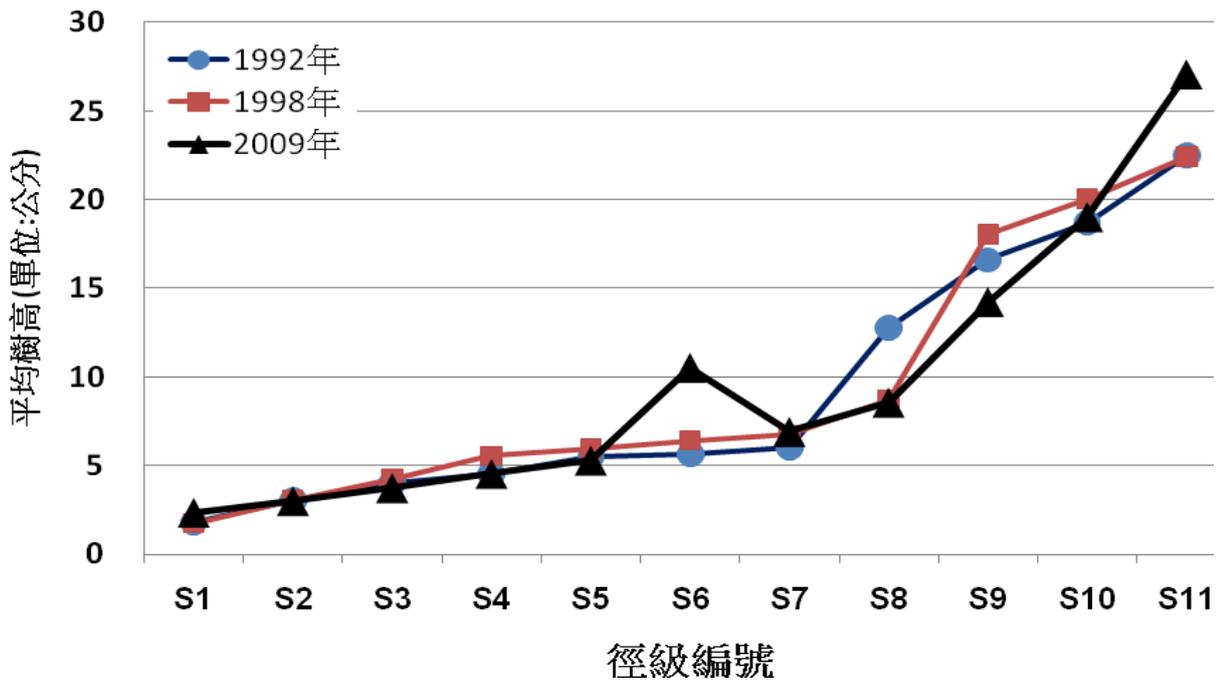


圖 5-3 歷次調查樣區內臺灣冷杉平均樹高與徑級結構分布

三、臺灣冷杉群落種間競爭作用變化

為了計算植物群落間競爭作用變化，則將研究樣區劃分成 20 個 10m×10m 區塊，共有 13 株對象木，平均胸高直徑為 22.6cm，其中最大胸高直徑達 54.7cm，最小胸高直徑僅有 5.4cm。從表 5-3 顯示可知，對象木之胸高直徑大小有呈雙峰分佈，其中以 10~30cm 徑級處為主要分佈區間，其次在 40~60cm 徑級處。

表 5-3 對象木之胸高直徑分佈情形

年代	徑級 (cm)	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~55	合計
1992	株數	4	6	0	2	0	1	13
	百分比 (%)	30.8	46.2	0	15.4	0	7.7	100.0
1998	株數	0	8	2	0	1	2	13
	百分比 (%)	0	61.5	15.4	0	7.7	15.4	100.0
2010	株數	0	7	3	0	1	2	13
	百分比 (%)	0	53.8	23.1	0	7.7	15.4	100.0

在研究樣區內，臺灣冷杉生長過程，隨著生長環境空間有限情況下，則發生彼此間個體競爭行為，促進臺灣冷杉群落產生自我疏伐現象(李天琨等人，2006)。

從表 5.4 顯示，在樣區內的臺灣冷杉之種內競爭強度，會隨著個體增大而減少，這與李天琨等人(2006)針對元寶山冷杉研究結果，有相同的現象，顯示出，臺灣冷杉會施作自我疏伐行為來增長彼此間距離，促進臺灣冷杉間呈相對獨立性，也使得植物群落可以在自我調節之下，讓個體間對環境資源需求，如陽光、水、土壤等之競爭利用性漸漸減弱，促使樣區內臺灣冷杉群落逐漸趨於均勻化與穩定現象。

表 5-4 永久樣區內臺灣冷杉之種內間競爭強度分佈情形

平均競爭指數 年代	徑級(cm)					
	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60
1992	0.128	0.051	0	0.010	0	0.002
1998	0	0.058	0.031	0	0.012	0.002
2010	0	0.054	0.039	0	0.013	0.001
整體平均競爭指數	0.128	0.054	0.035	0.010	0.0125	0.004

將歷次調查分析對象木胸高直徑與競爭指數結果，則繪製出如圖 5-4 所示，顯示出臺灣冷杉個體胸高直徑與競爭強度關係呈乘冪函數，可提供作為臺灣冷杉個體生長在種間競爭強度之預測。

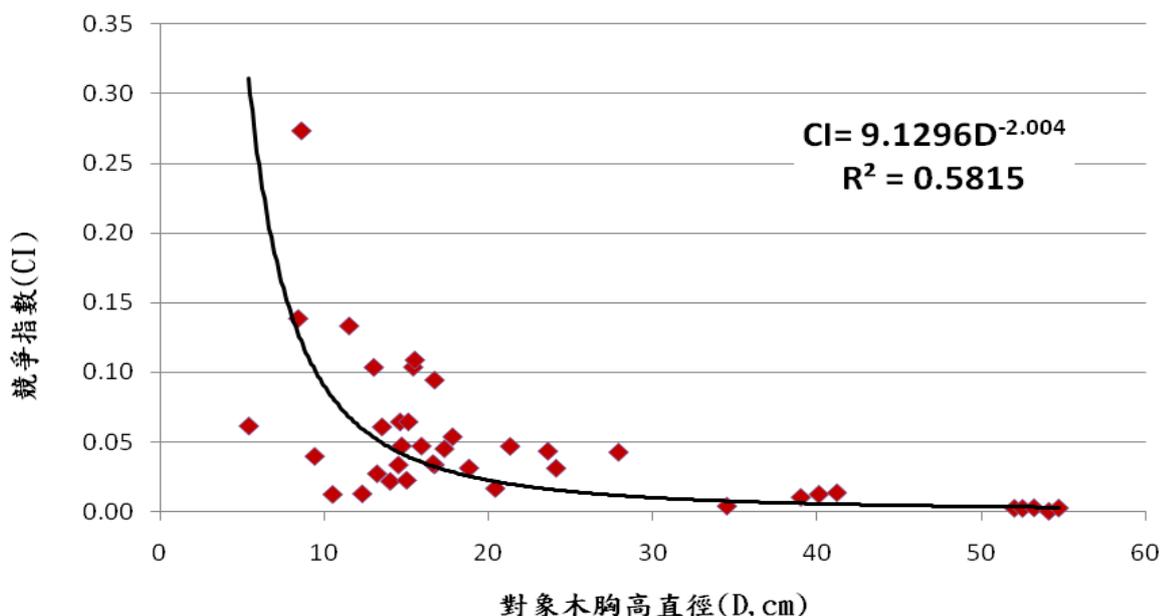


圖 5-4 臺灣冷杉個體胸高直徑與競爭強度關係

第二節 永久樣區內微棲地環境分析結果

一、樣區土壤特性分析結果

為了瞭解樣區內棲地微環境因子特性，對植物群落動態變化影響，本研究於 2009 年進行每木調查時，同時施作小樣區內土壤採樣，除了於現場量測土壤溫度以外，並於室內實驗室進行土壤特性各項目分析。

針對已完成實驗分析項目—土壤有機質、有機碳、土壤質地判讀分析結果，整理如附錄三所示。而表 5-5 係針對所分析 80 個小樣區之土壤特性在土溫、有機碳、有機質、土壤質地進行平均值計算。

表 5-5 永久樣區內之平均土壤特性

分析項目	平均值	標準偏差值	範圍值
土溫 (°C)	5.85	1.5	1.00~9.00
有機碳(TOC) (單位:%)	8.16	3.1	3.68~22.09
有機質(OM) (單位:%)	14.06	5.4	6.35~38.08
砂粒 (單位:%)	45.6	12.4	22.05~76.07
粉粒 (單位:%)	27.1	9.4	7.83~51.38
黏粒 (單位:%)	27.3	6.6	12.83~42.08
土壤質地	砂質黏壤土	—	—

備註：共計 80 個小樣區之平均值。

從表 5-5 之對於樣區土壤特性分析結果可知，樣區內土壤溫度最高達到 9°C，最低達到 1°C，其平均溫度在 5.85°C，而其土壤有機碳與有機質，分別平均有 8.16%與 14.06%，其中有機質最高含量達 38.08%，顯示出樣區內土壤有機質含量較高，且其土壤溫度有較低溫現象。

其次，對於研究樣區之土壤質地特性分析結果，瞭解樣區之平均土質為砂質黏壤土特性，其中平均含砂粒有 45.6%，粉粒為 27.1%，與黏粒 27.3%。

二、樣區土壤特性分佈結果

為了瞭解樣區內土壤之溫度、土壤有機質、有機碳，及土壤質地組成—砂粒、粉粒與黏粒特性之各項分佈變化，本研究將前述樣區土壤調查分析結果，建立數據資料庫，進一步利用 SURFER for Windows 軟體繪製如圖 5-5~圖 5-10 所示。

(一)、土壤溫度特性分佈

從圖 5-5 可知，土壤溫度最高分佈主要在玉山箭竹草原區域，如 1A 至第 4H 樣區塊，以及在臺灣冷杉林木區域內之 7D 至 10D 樣區塊內，其中以在 7C 樣區塊土壤溫度分佈變化最高。而土壤溫度分佈最低的區域，主要係在 5E 至 8H 樣區塊中，有可能係臺灣冷杉林木分佈較密(如圖 5-5 中點繪之每木分佈)關係，使得陽光不易照入，造成在該區域內土壤溫度有較低現象。

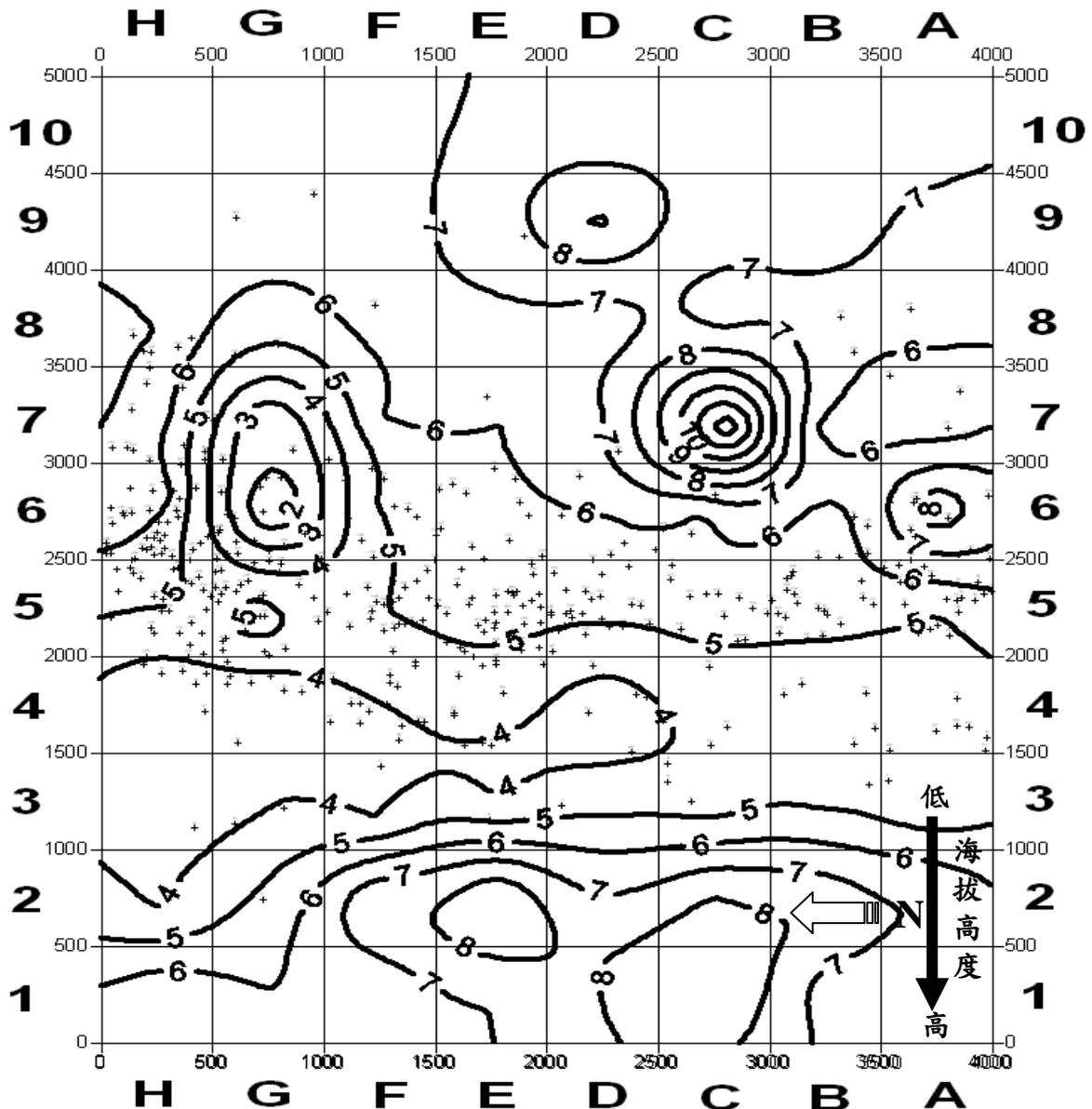


圖 5-5 永久樣區內土壤溫度分佈(單位： $^{\circ}\text{C}$)

(二)、土壤有機碳與有機質特性分佈

從圖 5-6 與圖 5-7 可知，土壤有機碳含量與土壤有機質含量分佈最高的區域，主要均在 5A 至 10E 樣區塊內，其次係在玉山箭竹草原區域內，其中以 1A 至 2H 區域內。

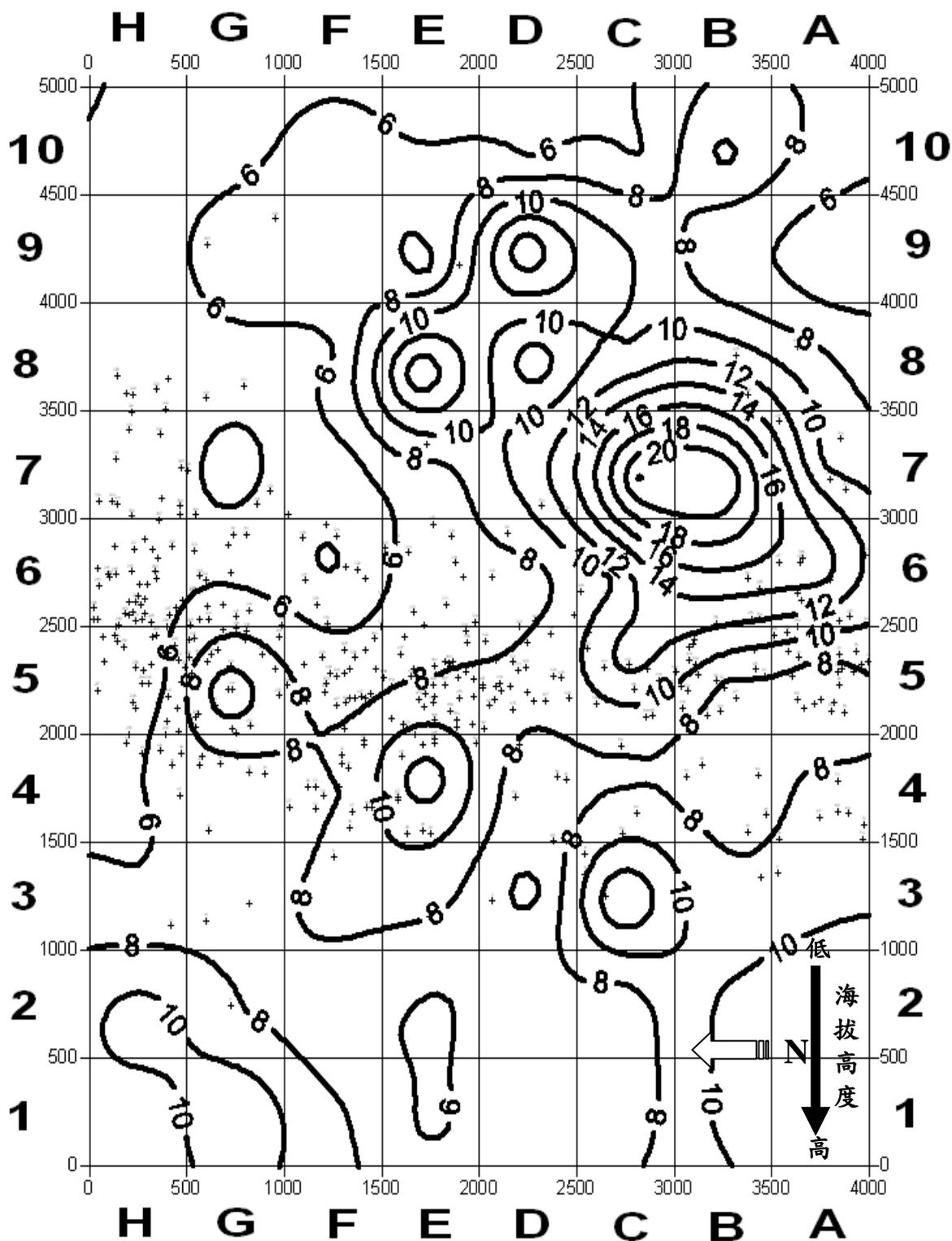


圖 5-6 永久樣區內土壤有機碳(TOC)分佈(單位：%)

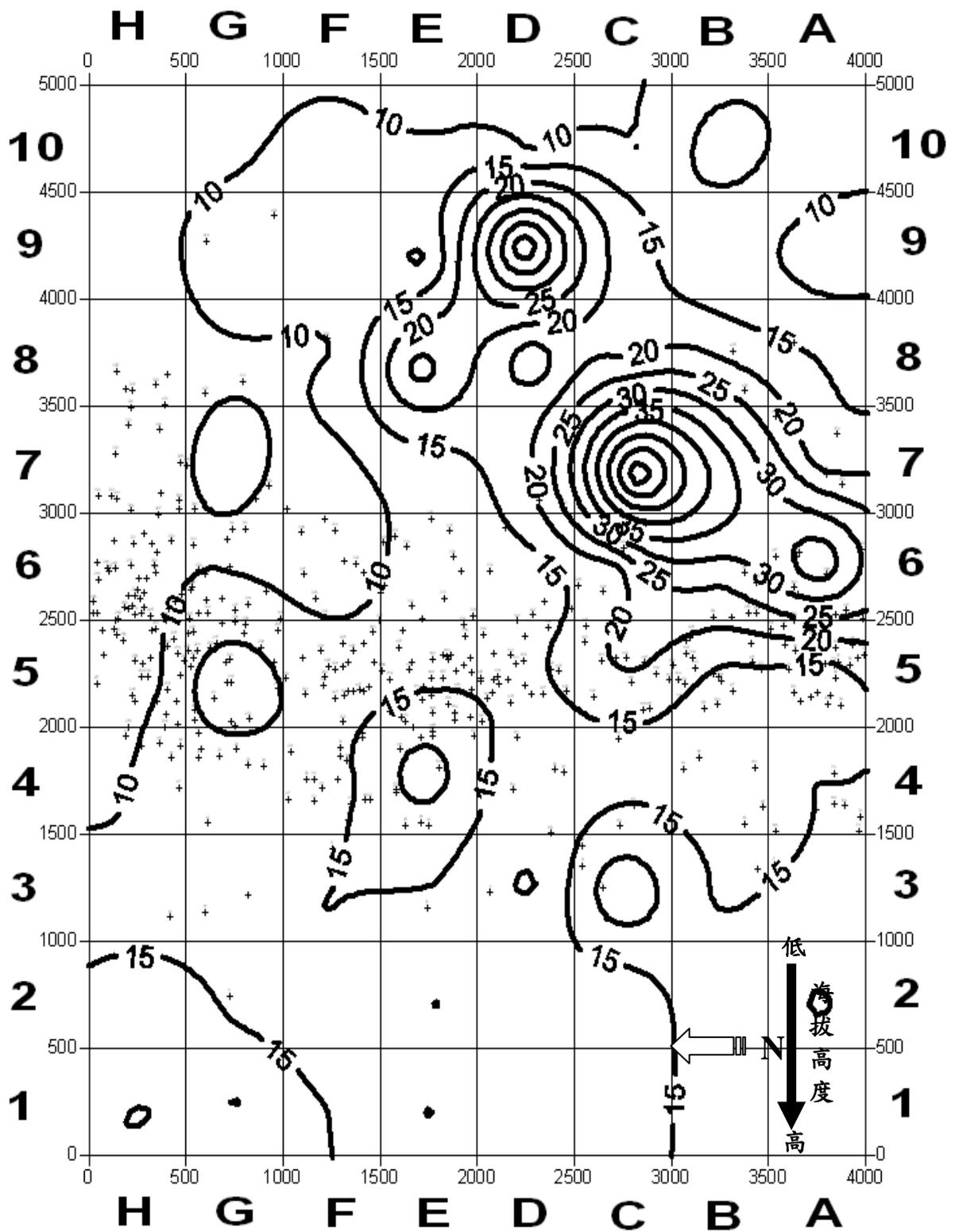


圖 5-7 永久樣區內土壤有機質(OM)分佈(單位：%)

(三)、質地組成—砂粒、粉粒與黏粒特性分佈

在樣區地表 10 公分以下土壤質地組成分佈，從圖 5-8~圖 5-10 可知，在砂粒含量以分佈以 5G 至 8H 樣區塊為最少，在粉粒與黏粒含量分佈，則以 7A 至 10D 樣區塊為最少，可能是表土土壤風化程度與臺灣冷杉植株分佈疏密有關。

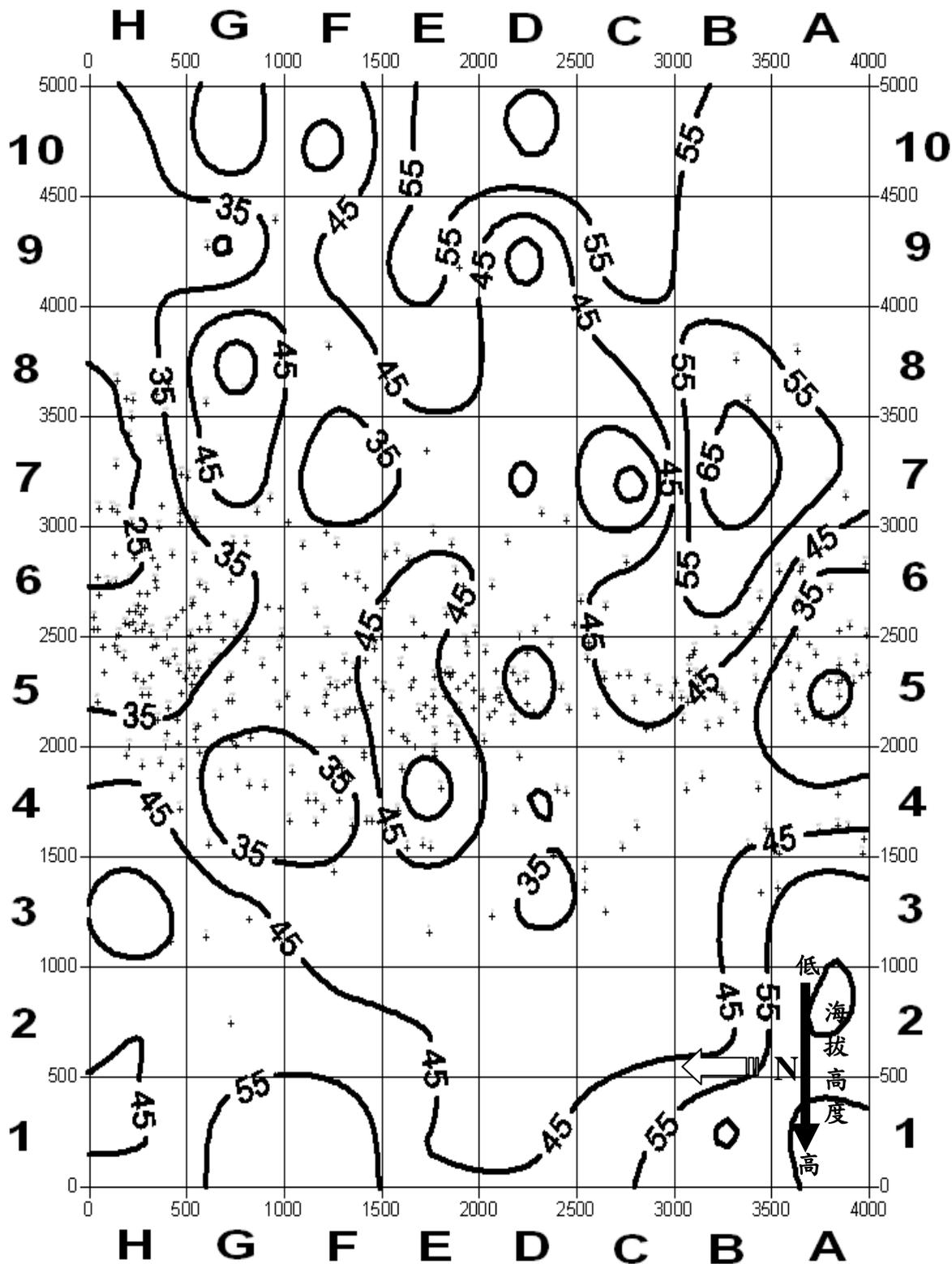


圖 5-8 永久樣區內質地 - 砂粒含量(sand)分佈(單位：%)

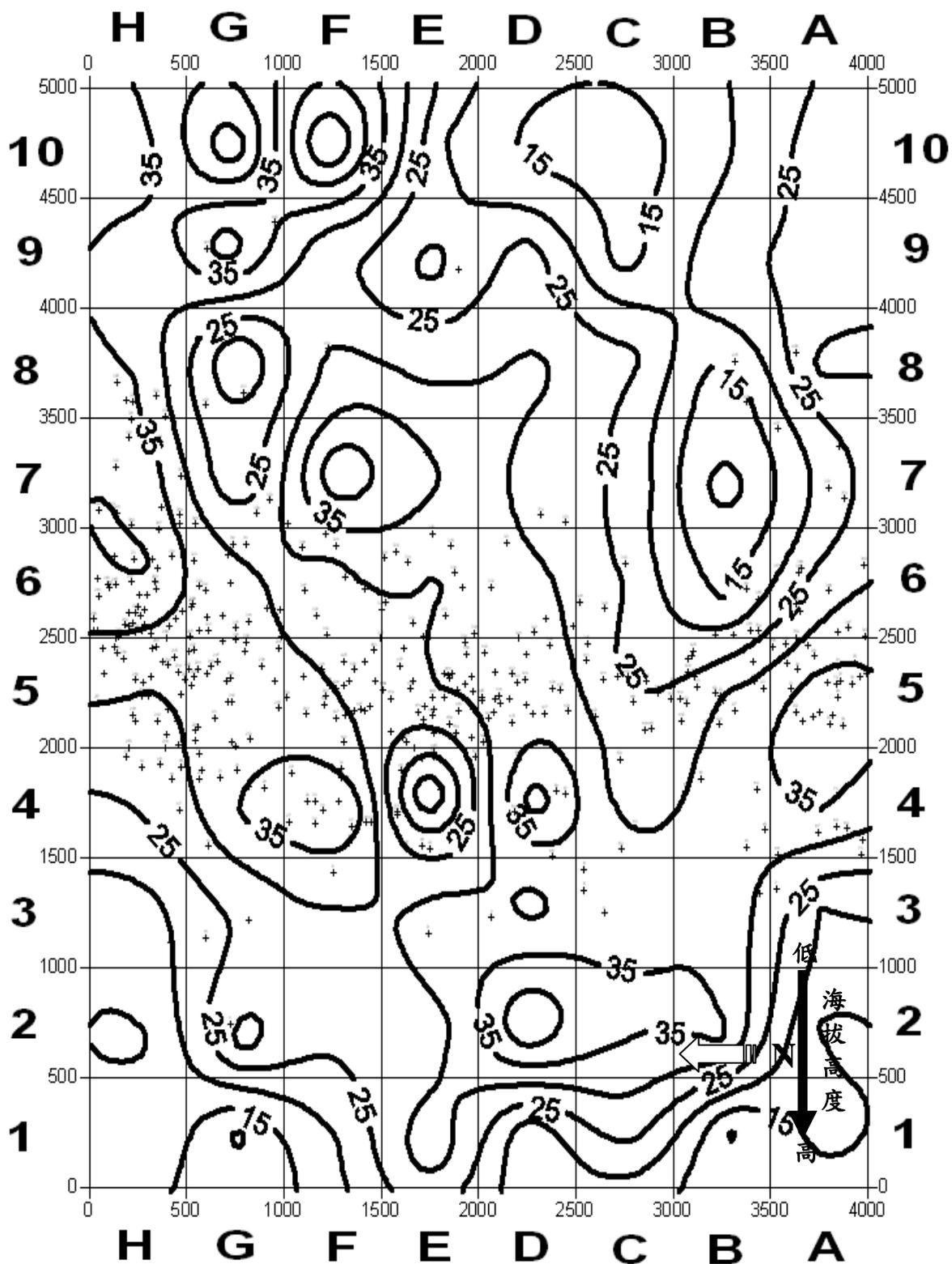


圖 5-9 永久樣區內質地 - 粉粒含量(silt)分佈(單位：%)

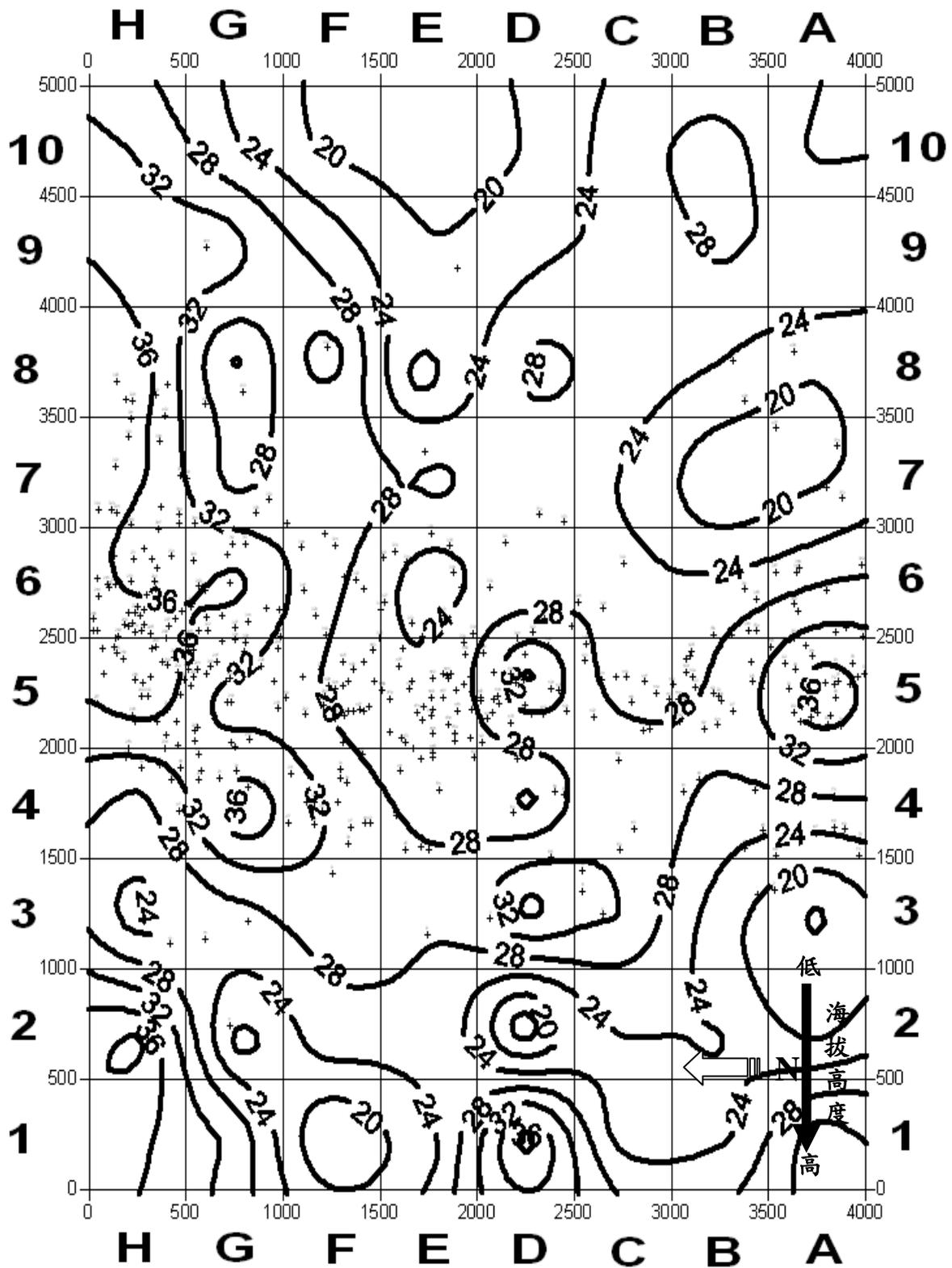


圖 5-10 永久樣區內質地 - 黏粒含量(clay)分佈(單位：%)

三、樣區之氣候變遷分析結果

對於樣區之氣候變遷分析結果，從中央氣象局提供 1990~2008 年間之降雨量與氣溫資料，經數據整理結果如表 5-6 所示，並繪製其歷年年累積降雨量與年平均氣溫變化趨勢如圖 5-11 與圖 5-12 所示。

表 5-6 永久樣區環境區域內歷年降雨量與氣溫變化

西元年	年累積降雨量(mm)	年平均氣溫(°C)	西元年	年累積降雨量(mm)	年平均氣溫(°C)
1991	2773.5	5.47	2000	4771.0	5.82
1992	4129.0	5.03	2001	4046.0	5.63
1993	3034.5	5.25	2002	2393.5	5.52
1994	3647.5	5.62	2003	2470.5	5.83
1995	3272.5	5.13	2004	3391.5	5.61
1996	2454.5	5.15	2005	5308.0	5.42
1997	4078.0	5.01	2006	5765.0	5.84
1998	4435.0	6.12	2007	5059.0	5.65
1999	3364.0	5.71			

備註：資料來源由中央氣象局提供，研究團隊自行整理。

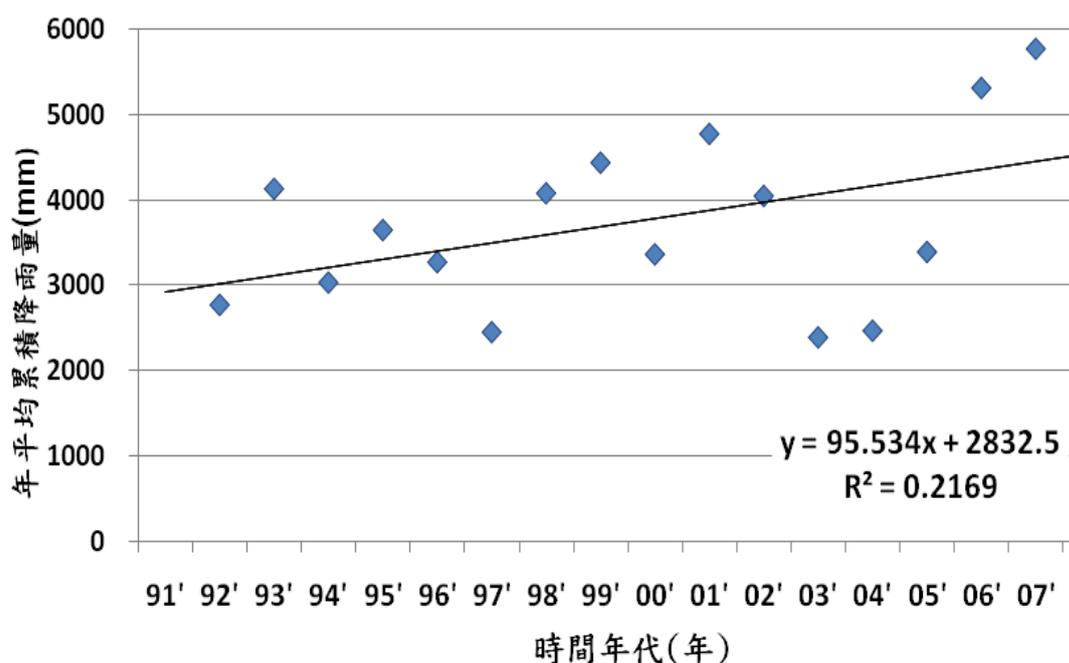


圖 5-11 1990~2008 年期間合歡山區域之年累積降雨量變化

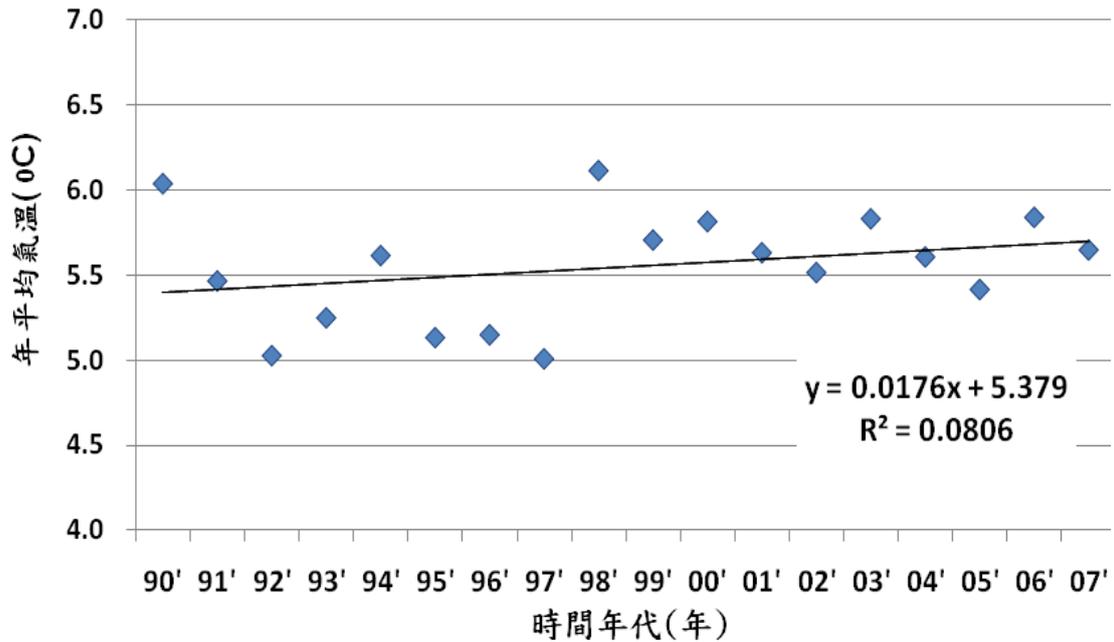


圖 5-12 1990~2008 年期間合歡山區域之年平均氣溫變化

從表 5.6 與圖 5-11~圖 5-12 顯示，合歡山山區在 1990~2008 年之 18 年期間，其年累積降雨量與年平均氣溫有逐漸增加趨勢，尤其是年累積降雨量在 18 年期間增加 1624.1 公釐，相當每年平均逐漸增加 95.5 公釐降雨量趨勢。而在年平均氣溫變化上，則在這 18 年期間共計上升 0.32°C，相當每年平均上升 0.018°C 現象。由於樣區面積尺度較小，僅有 2000m² 範圍，不易探究樣區內臺灣冷杉林植株在 1992~2009 年期間之死亡變化，是否有受到氣候變遷影響，需要進一步透過大尺度區域範圍(如合歡山區)來分析之。

第六章 結論與建議

第一節 結論

經由以上分析結果與討論，本研究有以下幾點結論：

- 1.合歡山臺灣冷杉永久樣區在經歷長年時間變遷之下，其植物群落分佈仍以臺灣冷杉族群為最優勢，其次為臺灣鐵杉。
- 2.樣區內木本植物株數量，從 1992 年計有 428 株，至 2009 年複測結果僅有 316 株，顯示有 112 株呈死亡情形，其中死亡植株之胸高直徑均低於 10cm 以下，這意味著樣區內植物族群會隨著時間作自我調適變化，以維持自我生存需求。
- 3.從樣區內臺灣冷杉之徑級結構分佈來看，其各徑級內株數百分比，均維持在 50% 以內，並且從 S1 至 S11 徑級(即 $DBH \leq 3$ 至 $DBH > 75$ cm)均有臺灣冷杉個體存在。然而若以各徑級與個體數量變化動態來看，則 S1 徑級有呈現衰退現象，而在 S8(即 $21 < DBH \leq 39$ cm)徑級則呈增長現象。
- 4.以研究樣區之徑級結構動態指數來看，顯示出整個研究樣區之臺灣冷杉族群動態表現，為穩定型植物群落特徵。
- 5.對於樣區內臺灣冷杉種內競爭強度變化，會隨著冷杉個體增大時，而漸減少，顯示出臺灣冷杉會自行施作自我疏闊工作，以使樣區內臺灣冷杉群落逐漸趨於均勻化與穩定現象。
- 6.從樣區之臺灣冷杉種內間競爭作用分析結果可知，在臺灣冷杉群落裡，尤其是其胸高直徑為 < 10 CM 時，其種內間競爭甚為激烈，然漸至 30CM 以上時，則種內間競爭行為漸呈趨緩。
- 7.可利用臺灣冷杉胸高直徑與競爭指數之乘冪函數關係，來預測臺灣冷杉個體之種間競爭強度變化，以作為人工管理林地參考。
- 8.在樣區表土特徵上，經分析結果，其土質為砂質黏壤土特性，並土壤有機質含量高達 14.06%。
- 9.對於合歡山區域氣候變化，從 1990~2008 年之 18 年期間，其年累積降雨量與年平均氣溫有逐漸增加趨勢，尤其是每年有平均逐漸增加 95.5 公釐降雨量趨勢，以及氣溫每年平均上升 0.018°C 之現象。

第二節 建議

- 1.持續進行合歡山臺灣冷杉林永久樣區各項環境因子監測工作—立即可行建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

包含：監測樣區內草本植物與木本植物種類記錄、臺灣冷杉植株生長生命史記錄、深層土壤特性及其他環境因子等，透過現場樣區設置調查、現地檢測與長期觀察紀錄，以及實驗室分析等方式進行研究分析，以掌握棲地環境之最新訊息，此外，建議導入地理資訊系統（GIS）之應用，以建立完整的棲地環境資料庫，俾利後續棲地改善及維護管理工作之進行。

- 2.合歡山山區之臺灣冷杉林遷移與氣候變遷監測研析—立即可行建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

包含：合歡山山區歷年植物遙測資料與氣象資料建立，尤其是對於臺灣冷杉植物之遙測資料建立，並進一步比對研析合歡山山區臺灣冷杉林遷移與氣象變遷關係，以瞭解在氣候變遷之下，高山植物遷移與調適特性，俾利未來擬定保育高山植物對策。

- 3.舉辦國際型式冷杉植物棲地保育與氣候變遷影響學術研討會舉辦—立即可行建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

雖然臺灣冷杉為臺灣特有種植物，然在全球屬於冷杉屬類的植物亦約有 50 種，若可以透過一交流平台，如研討會機制，則將會有機會增廣見聞各地學者對於冷杉屬相關研究與保育內容程度。

附錄一、「99年度研究生計畫案」期中簡報會議紀錄與意見回覆說明對照表

正本

檔 號：

保存年限：

太魯閣國家公園管理處 函

機關地址：97253花蓮縣秀林鄉富世村富世291號
聯絡人：蔡佩芳
聯絡電話：03-8621100分機701
電子郵件：fang@taroko.gov.tw
傳真：03-8621435

受文者：王瑞君

發文日期：中華民國99年8月9日

發文字號：太保字第0990012896號

速別：最速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議紀錄乙份

主旨：檢送本處99年度研究生研究計畫案期中簡報會議紀錄乙份，請 查照。

說明：本案期中簡報已審查通過，惠請依合約書第三條於99年8月9日前將第二期原始支出憑證和領據逕送本處，俾利撥款。

正本：李翎、詹偉平、王培欣、蔡雯嘉、王瑞君、吳佳純、陳雅慧、陳松漢、本處各課室站

副本：張原謀教授、袁孝維教授、楊懿如教授、張惠珠教授、許義忠教授、宋秉明教授、本處保育研究課

處長 游堂良

99 年度研究生研究計畫案中簡報會議紀錄

一、 時間：99 年 7 月 29 日 9 時正

二、 地點：本處會議室

三、 主持人：陳課長俊山

記錄：蔡佩芳

四、 出席人員：詳簽到單（略）。

五、 主辦課室報告：

本案各研究生已依合約第二條規定(99 年 7 月 30 日前)提出期中報告書，並出席本處排定今日之期中審查會議。

六、 討論與建議：

(一)吳佳純：

1. 355 份問卷樣本數是否會太少，請再考量。
2. 本研究問卷於 3-4 月進行一個月，該問卷是否會受氣候及假日(如寒暑假及連續期)的影響？而問卷調查期間扣除掉下雨的天數，如此是否會遺漏因受假期限制遠地而來的遊客群之意見，請參考。
3. 若計畫期程允許，可否增加暑假期間的問卷調查，以求本計畫之完整性。
4. 有關問卷內容問項，建議可參考本處 98 年度「代表性生態系經營管理－農業用地回收後生態復育計畫第一期」之遊客訪查問卷。

(二)陳雅慧：

1. 教堂對西寶居民是否仍具有重要意義，建議可訪談。
2. 報告書第 5 頁「公有土地」一詞與研究者泛指為國家公園範圍內之意義實有所不同(實包括私人土地)，易讓人誤以為為公家機關(如國家公園)之國有土地，建議修正。
3. 訪談中居民若有誤解之意見，建議適時給予持平回應。

(三)陳松漢：

1. 建議先分析目前在非高山之自然生態地區(如關渡自然公園)已執行收費制度之原因、背景和現況，做為後續本研究之參考。
2. 合理的收費可能會影響到遊客付費的意願，建議問卷中納入此問項。
3. 一般民眾對於同樣是公部門的森林遊樂區之收費接受度較高，而對於

國家公園的施行收費制似乎較有意見，建議可藉由問卷方式來探討。

4. 專家學者訪談對象建議增加生態方面的人選。
5. 法規部分建議納入「觀光發展條例」、「原住民基本法」及「高山嚮導制度」等三個面向併同於研究中討論。

(四)王瑞君：

1. 樹徑級的分組(21公分以上)依據為何，建議於論文論述。
2. 有關年平均氣候變化分析圖(P16頁)建議加上 R^2 值。
3. 建議可建立適合本樣區的 modal 來分析三個年份的資料，可提供管理處做長期監測使用。
4. 冷杉的死亡是否與該區域的動(生)物有關，建議可觀察紀錄。
5. 國內是否有類似海拔的冷杉老齡林可以用來做比較，亦可做推估本區冷杉演替成老齡林時程之依據。
6. 本計畫是否會受極端氣候(極端降雨或枯水)因素之影響，建議加以分析。
7. 建議可納入各次調查總材積之分析，以瞭解其間差異。

(五)蔡雯嘉：

1. 有關數量與當日調查溫度關係圖建議可試試二次曲線做分析。
2. 各調查樣點環境是否易受人為活動(如除草、環境清理)干擾影響其結果，建議觀察紀錄。
3. 鳴叫聲是否納入隻數的紀錄？應判別其鳴叫聲與目視是否為同一隻，以避免重複紀錄。

(六)李翎：

1. 建議可參考台大大氣系陳正平老師關於微量元素相關研究的成果報告。
2. 雨水收集揮發速率為何，是否會影響濃度及結果，建議可於論文中論述。
3. 採樣點多設置在公路旁，應注意汽車排放廢氣等人為因素干擾。
4. 本研究目前只做一次樣本分析，請注意相關進度並如期於計畫期程內完成。

(七)詹偉平：

1. 本研究以步行蟲為對象，是否針對特定單一種類或全部都分析，請再詳述。

2. 本研究欲探討之問題多樣而複雜，工作量頗大，請注意進度並在研究期程內完成所有內容。

3. 本研究的效益(應用價值)為何，請於期末報告內論述。

(八)王培欣

1. SLA 值、植物體的氮含量等是否受季節變化影響，不同季節分析之數據將如何分析，建議於論文中論述。

2. 局部氣候(氣流、降雨等)會不會影響實驗設計進而影響其結果，建議於論文中論述。

七、 結論：

(一) 各研究生研究計畫之期中簡報符合本處要求，同意備查。有關各與會人員相關意見和建議，請各研究生參酌辦理，納入後續研究計畫。

(二) 有關研究計畫之期程、計畫內容和經費核銷，請務必依相關規定和合約書執行。

八、 散會：14 時正。

太魯閣國家公園管理處 99 年度受理之研究生研究計畫案期中簡報
會議紀錄

時間：99 年 7 月 29 日(星期四)上午 9 時	
地點：本處大會議室	
主席：陳俊山課長 <i>陳俊山</i> 記錄：蔡佩芳	
報告人員： <i>王培欣, 詹偉平, 傅雅慧, 李翎, 吳佳佳, 蔡麗嘉, 王瑞君, 傅松漢</i>	
機關(單位)	簽到處
處長室	
企劃經理課	<i>蔡佩芳</i>
環境維護課	<i>王瑞君</i>
遊憩服務課	
保育研究課	<i>柯東高, 高欣, 蔡佩芳, 林麗卿</i>
解說教育課	<i>黃志強</i>
蘇花管理站	
布洛灣管理站	
天祥管理站	
合歡山管理站	
	<i>陳儒碩, 李韻香, 蔡佳穎, 黃珮雯</i>
	<i>呂芳婷</i>

(研究生王瑞君)期中簡報會議意見回覆說明對照表

審查意見	意見回覆說明
1.樹徑級的分組(21公分以上)依據為何，建議於論文論述。	謝謝指教，針對樣區之徑級劃分方式，已說明如本期末報告內容中，如第14頁所示。
2.有關年平均氣候變化分析圖(p16頁)建議加上R ² 值。	謝謝指教，已作修正，如本期末報告內容之第26~27頁所示。
3.建議可建立適合本樣區的modal來分析三個年份的資料，可提供管理處作長期監測使用。	謝謝指教，本研究目前以樣區內冷杉個體胸高直徑與其競爭指數之乘冪函數關係公式，作為冷杉生長與競爭行為之預測，以提供未來臺灣冷杉管理與監測使用。
4.冷杉的死亡是否與該區域的動(生)物有關，建議可觀察紀錄。	謝謝指教，依據本研究以植群動態角度來看，對於冷杉的死亡初步，認為應是樣區內植群進行自我疏伐行為的結果。然而能夠導致臺灣冷杉死亡的可能因素甚多，如陽光不足、土壤營養鹽不足、水資源供應不足、病毒傳媒感染、天災、其他等原因，其次對於死亡採集標本化驗，因受限本研究使用實驗室設備不足，再加上本計畫執行時間與人力有限，故未能在本研究報告中作進一步
5.國內是否有類似海拔的冷杉老齡林可以用來作比較，亦可推估本區冷杉演替成老齡林時程之依據。	謝謝指教，本研究目前以樣區內冷杉個體胸高直徑與其競爭指數之乘冪函數關係公式(如第24頁)，作為冷杉生長與競爭行為之預測，以提供未來臺灣冷杉管理預測與監測使用。
6.本計畫是否會受極端氣候(極端降雨或枯水)因素之影響，建議加以分析。	謝謝指教，由於目前向中央氣象局購買的氣候資料係以月累積雨量形式為主，其報表所呈現最小時間單位為日累積雨量，尚需進一步購買小時單位為主之雨量資料，且本研究樣區很小，故無法作進一步研析極端降雨強度分析，因此未納入本研究報告內容中。
7.建議可納入各次調查總材積之分析，以瞭解其間差異。	謝謝指教，因本研究計畫執行時間與人力有限之下，故未能納入本研究報告內容中。

附錄二、研究樣區歷次每木調查記錄資料

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
G2	1	台灣冷杉	1.1	0	1.8	4.8	5.2	13.2
A3	2	台灣冷杉	4.5	13.1	6.1	21.7	9.9	30.9
B3	3	台灣冷杉	2.8	5.6	4.1	8.6	4.5	10.3
C3	4	台灣冷杉	4.6	17.2	5.9	25.8	11.8	38.0
C3	5	台灣冷杉	4	8	5.1	11.5	5.7	15.0
D3	6	台灣冷杉	4.3	9.4	5.2	16.7	6.4	17.3
E3	7	台灣冷杉	4.5	14.5	5	19	9.2	28.2
F3	8	台灣冷杉	2.3	11.9	3.3	17.8	8.7	26.3
F3	9	台灣冷杉	1.5	0	2.5	6.1	4.6	10.7
G3	10	台灣冷杉	0.5	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G3	11	台灣鐵杉	4	10.3	4.3	14.3	6.7	18.8
H3	12	台灣鐵杉	3.8	8.1	5.2	17.2	8.2	24.2
H4	13	台灣冷杉	3.4	6	5.2	13.4	7.9	23.4
H4	14	台灣冷杉	3.3	5	6.2	7.6	3.8	7.7
H5	15	台灣冷杉	3.5	4.5	6	10.2	5.6	14.6
H4	16	台灣冷杉	3.8	6.1	2.1	7	2.5	3.0
H4	17	台灣冷杉	3.3	5.4	4.3	14.5	6.1	16.6
H4	18	台灣冷杉	1.8	1.4	4.1	6.4	3.5	6.4
G4	19	台灣冷杉	1.3	0	2.3	3.8	3.3	6.0
G4	20	台灣冷杉	5.3	11.9	6.8	16.4	7.1	20.1
G4	21	台灣冷杉	4.5	9.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G4	22	台灣冷杉	3.6	8	6.5	10.5	4.6	10.8
G4	23	台灣冷杉	2.5	2.6	6.1	9.7	5.1	12.5
G4	24	台灣冷杉	4.3	12	7.2	16.9	7.4	21.2
G4	25	台灣冷杉	3.8	8	5.4	11.5	5.3	13.3
G4	26	台灣冷杉	3.5	9	5	12.7	5.8	15.4
F4	27	台灣冷杉	1.7	1.2	2.4	3.8	2.9	4.5
F4	28	台灣冷杉	2.4	3.5	3.9	8.6	4.6	10.6
F4	29	台灣冷杉	4	5.5	5	8.3	4.4	10.0
F4	30	台灣冷杉	4.4	7.8	5.6	10.5	5.3	13.5
F4	31	台灣冷杉	4.4	7.2	5.1	9.9	4.5	10.5
F4	32	台灣冷杉	4.5	11.8	5.5	15	7.2	20.6
F4	33	台灣冷杉	1.9	2.8	2.2	3.2	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
F4	34	台灣冷杉	3	5	3.6	7	7.6	22.0
F4	35	台灣冷杉	5	14.2	7.1	19.1	3.7	7.5
F4	36	台灣冷杉	4	5.5	4.3	8.3	4.0	8.4
F4	37	台灣冷杉	5.4	15.4	6.6	19.4	7.7	22.6
F4	38	台灣冷杉	2.5	6.6	2.7	8.6	5.0	12.3
F4	39	台灣冷杉	1.8	1.1	2.3	3.2	2.7	3.4
F4	40	台灣冷杉	1.4	0.8	1.8	3.2	2.8	4.0
F4	41	台灣鐵杉	1.8	1.8	2.7	2.4	2.5	3.0
F4	42	台灣冷杉	5.2	5.2	6.5	17.5	7.2	20.6
E4	43	台灣冷杉	3.1	3.5	3.3	4.8	3.2	5.5
E4	44	台灣冷杉	5.8	13.9	6.6	16.9	6.5	18.0
E4	45	台灣冷杉	6.5	14.7	7.7	21.3	9.2	27.9
E4	46	台灣冷杉	3.3	7.5	5.6	10	4.8	11.4
E4	47	台灣冷杉	2	2.9	2.2	3	(死亡)	(死亡)
E4	48	台灣冷杉	5.2	13.5	6.7	18	7.6	22.1
E4	49	台灣冷杉	3.8	5.1	3.8	8	4.5	10.2
E4	50	台灣冷杉	2.7	4.6	4.1	5.1	3.2	5.4
E4	51	台灣冷杉	6.5	21.6	8	25.8	10.2	31.8
E4	52	台灣冷杉	2.8	4.5	4	6.6	3.5	6.4
D4	53	台灣冷杉	1.2	0	1.7	3	2.8	4.0
D4	54	台灣冷杉	3.5	5.5	5.8	11.5	6.4	17.3
D4	55	台灣冷杉	5.3	10.3	6.3	14.5	6.9	19.6
D4	56	台灣冷杉	1.3	3.1	4	7.6	4.9	11.8
D4	57	台灣冷杉	2.3	4.1	4.2	9.1	5.1	12.7
D4	58	台灣刺柏	0.7	0.7	1.4	1.4	2.3	2.2
C4	59	台灣冷杉	4.5	15	6.1	19.1	8.3	24.5
C4	60	台灣冷杉	3.3	6.1	4.8	10.8	6.3	17.2
B4	61	台灣冷杉	1.6	1.1	2.3	4.5	3.0	4.8
B4	62	台灣冷杉	4	14.1	6.3	20.4	9.0	27.4
B4	63	台灣冷杉	5.6	15	6.8	20.4	8.3	24.7
B4	64	台灣冷杉	1.2	1.2	2.1	2.9	3.1	5.0
B4	65	台灣冷杉	5.3	13.2	5.9	18.8	8.1	24.1
A4	66	台灣冷杉	3.2	4.8	4.4	8	4.1	8.9
A4	67	台灣冷杉	3.7	6.8	4.5	10.5	4.9	11.9

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
A4	68	台灣冷杉	6.7	14.3	8.2	21.7	9.8	30.4
A4	69	台灣冷杉	4	4	5.9	18.8	7.7	22.4
A4	70	台灣冷杉	1.2	0	1.2	0	2.3	2.1
A4	71	台灣冷杉	2.4	4.2	3.6	9.2	5.1	12.7
A4	72	台灣冷杉	2.3	2.2	4	5.4	3.3	5.9
A5	73	台灣冷杉	1.8	1.5	2.4	3.2	2.9	4.5
A5	74	台灣冷杉	2	2.5	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
A5	75	台灣冷杉	4.8	8.8	1.8	12.1	2.1	1.4
A5	76	台灣冷杉	1.6	0.8	2	1.9	5.9	15.8
A5	77	台灣冷杉	3.9	4.8	4.3	6.1	3.2	5.6
A5	78	台灣冷杉	4.5	7.9	5.6	11.1	5.1	12.7
A5	79	台灣冷杉	3.2	5.2	4.1	6.4	3.4	6.1
A5	80	台灣冷杉	3.5	5.5	4.8	8	3.8	7.6
A5	81	台灣冷杉	1.9	1.7	2.1	2.5	2.3	2.2
A5	82	台灣冷杉	3.9	7.3	6	10.8	5.6	14.6
A5	83	台灣冷杉	1.7	1.5	2	2.5	(死亡)	(死亡)
A5	84	台灣冷杉	2	2.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
A5	85	台灣冷杉	1.1	0	1.7	2.9	(死亡)	(死亡)
A5	86	台灣冷杉	4.3	5.4	5.1	8	4.6	10.8
A5	87	台灣冷杉	1.6	1.3	1.8	2.5	(死亡)	(死亡)
A5	88	台灣冷杉	1.5	1.3	1.9	2.5	(死亡)	(死亡)
A5	89	台灣冷杉	3.8	5.9	5.4	9.9	5.7	14.8
A5	90	台灣冷杉	3.3	4.8	3.8	6.4	3.5	6.5
A5	91	台灣冷杉	4.2	11.3	6.5	15.1	6.6	18.3
A5	92	台灣冷杉	4.1	8.6	6.5	11.1	5.2	13.0
B5	93	台灣冷杉	2.7	4.4	4.5	6.1	3.4	6.4
B5	94	台灣冷杉	2.4	3.3	3	4.6	2.9	4.5
B5	95	台灣冷杉	2.7	4	4.2	6.4	3.9	8.0
B5	96	台灣冷杉	1	0	1	0	(死亡)	(死亡)
B5	97	台灣冷杉	1.8	2.3	2.9	5.4	3.6	6.9
B5	98	台灣冷杉	3.2	6	4.3	11	6.0	16.1
B5	99	台灣冷杉	1.6	1	2	2.5	2.6	3.3
B5	100	台灣冷杉	2.2	2.4	3.8	5.1	3.3	5.9
B5	101	台灣冷杉	2.8	3.5	4.3	9.1	5.5	14.2

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
B5	102	台灣冷杉	2.8	4.5	4.3	11.5	4.7	11.3
B5	103	台灣冷杉	2.3	4.9	4	7.6	3.8	7.6
B5	104	台灣冷杉	3.2	5.5	4.5	5.9	4.6	10.7
B5	105	台灣冷杉	1.9	2	2.6	4.8	3.1	5.0
B5	106	台灣冷杉	1.1	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
B5	107	台灣冷杉	1.5	0.9	1.7	2.9	(死亡)	(死亡)
B5	108	台灣冷杉	1.6	1.8	1.9	2.9	2.7	3.7
B5	109	台灣冷杉	2.1	3.7	2.9	6.4	3.5	6.7
B5	110	台灣冷杉	1.7	1.8	2.6	5.1	3.2	5.3
B5	111	台灣冷杉	3.4	5.7	5.1	9.2	5.1	12.7
C5	112	台灣冷杉	3.6	6.5	5.1	9.9	5.3	13.4
C5	113	台灣冷杉	3.2	5.2	4.6	7.8	3.9	8.0
C5	114	台灣冷杉	3	5.5	4.1	7.6	3.8	7.8
C5	115	台灣冷杉	3.2	4.6	5	12.1	5.3	13.6
C5	116	台灣冷杉	3.2	5.4	4.2	12.1	4.4	10.1
C5	117	台灣冷杉	1.6	2.6	2.1	3.2	2.6	3.2
C5	118	台灣冷杉	3.1	6.2	4.5	9.6	5.1	12.6
C5	119	台灣冷杉	2.2	3.1	2.8	3.8	2.8	4.1
C5	120	台灣冷杉	1.1	0	1.1	0	(死亡)	(死亡)
C5	121	台灣冷杉	2	3.1	2.3	4.1	2.9	4.5
C5	122	台灣冷杉	4.5	11.5	6.9	16.9	7.5	21.6
C5	123	台灣冷杉	4.5	15.9	6.3	17.8	8.0	23.6
D5	124	台灣冷杉	3.5	4.9	4.5	7	3.8	7.6
D5	125	台灣冷杉	4.4	8	5.9	10.8	5.5	14.3
D5	126	台灣冷杉	3.4	5.5	4.4	7.3	3.7	7.5
D5	127	台灣鐵杉	3.7	10.7	4.4	14.3	6.6	18.4
D5	128	台灣冷杉	2.4	3.3	3	4.6	(死亡)	(死亡)
D5	129	台灣冷杉	2.3	2.8	2.5	3.2	2.5	3.0
D5	130	台灣鐵杉	2.5	2.8	3	3.5	(死亡)	(死亡)
D5	131	台灣冷杉	1.3	0	1.4	0	(死亡)	(死亡)
D5	132	台灣冷杉	3.2	5.6	4.4	7.6	3.9	8.1
D5	133	台灣冷杉	3.1	4.8	4.3	7.3	3.9	8.2
D5	134	台灣冷杉	1.8	2	1.7	2.1	(死亡)	(死亡)
D5	135	台灣冷杉	4.5	9.3	6.4	14.3	7.0	19.8

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
D5	136	台灣冷杉	3.4	6.2	3.5	8	3.9	7.9
D5	137	台灣冷杉	1.3	0	1.3	0	(死亡)	(死亡)
D5	138	台灣冷杉	1.8	1.9	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
D5	139	台灣冷杉	3	3.1	3.2	4.1	(死亡)	(死亡)
D5	140	台灣冷杉	1.9	2.1	1.8	2.2	(死亡)	(死亡)
D5	141	台灣鐵杉	3.3	6.6	5.7	10.2	5.5	14.2
D5	142	台灣冷杉	2	2.5	2.4	4.6	3.0	4.7
D5	143	台灣冷杉	3.2	7.6	3.8	8.8	4.1	8.7
D5	144	台灣冷杉	1.9	2.1	2.1	2.1	(死亡)	(死亡)
D5	145	台灣冷杉	5.2	9	5.6	11.3	5.3	13.3
E5	146	台灣冷杉	1.4	0.6	1.5	1.4	(死亡)	(死亡)
E5	147	台灣冷杉	2.1	2.2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E5	148	台灣冷杉	2.1	2.3	2.5	2.7	(死亡)	(死亡)
E5	149	台灣冷杉	2	2.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E5	150	台灣冷杉	3.5	8.5	4.1	9.6	4.1	9.0
E5	151	台灣冷杉	0.5	0	(死亡)	(死亡)	5.4	13.7
E5	152	台灣冷杉	4.5	7.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E5	153	台灣冷杉	4.3	9	6	13.1	6.1	16.5
E5	154	台灣冷杉	4.4	7.8	5.5	9.4	4.8	11.6
E5	155	台灣鐵杉	3.2	4.5	4.6	7.3	5.1	12.6
E5	156	台灣冷杉	3.2	5.3	3.8	5.7	3.3	5.7
E5	157	台灣冷杉	4.2	9.1	6	11.1	4.9	12.0
E5	158	台灣冷杉	2.8	3.1	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E5	159	台灣冷杉	2.1	3	2.4	4.1	(死亡)	(死亡)
E5	160	台灣冷杉	2.2	2.5	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E5	161	台灣冷杉	3.8	5.6	5.9	7.3	4.0	8.4
E5	162	台灣冷杉	2.4	4	2.6	4.5	3.1	5.0
E5	163	台灣冷杉	2.8	4.9	3	5.4	(死亡)	(死亡)
E5	164	台灣冷杉	3	4.4	3.5	4.5	2.9	4.5
E5	165	台灣冷杉	3.1	4.4	3.8	4.8	3.6	7.0
E5	166	台灣冷杉	6.5	15.9	8.1	19.7	7.8	22.8
E5	167	台灣冷杉	1.3	0	1.3	0	(死亡)	(死亡)
E5	168	台灣冷杉	4.5	9.9	6.6	13.4	6.1	16.2
E5	169	台灣冷杉	2.2	2.6	3.2	2.9	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
E5	170	台灣冷杉	1.8	1.9	1.8	2.5	(死亡)	(死亡)
E5	171	台灣冷杉	4.5	9.3	6.4	12.7	8.1	23.9
E5	172	台灣冷杉	3.3	3.6	3.3	3.8	(死亡)	(死亡)
E5	173	台灣冷杉	4.5	13.2	7.2	17.5	7.5	21.6
E5	174	台灣冷杉	1.5	0.6	1.3	1.6	(死亡)	(死亡)
E5	175	台灣冷杉	1.4	0.5	1.5	14	(死亡)	(死亡)
E5	176	台灣冷杉	4.5	11.2	7.3	13.7	5.9	15.6
E5	177	台灣冷杉	4.5	9.7	7.7	12.4	6.1	16.4
E5	178	台灣冷杉	4	9.5	5.6	11	4.8	11.6
E5	179	台灣冷杉	4.8	11.4	7.2	14.2	6.1	16.5
E5	180	台灣冷杉	1.3	0	1.3	0	(死亡)	(死亡)
E5	181	台灣冷杉	3.3	5.4	3.6	6.1	3.4	6.1
F5	182	台灣冷杉	1.7	1.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F5	183	台灣鐵杉	3.4	5	4.2	5.6	3.2	5.5
F5	184	台灣冷杉	2.4	3	3.1	3.5	(死亡)	(死亡)
F5	185	台灣冷杉	1.6	1.5	2.9	2.9	(死亡)	(死亡)
F5	186	台灣冷杉	2.1	2.1	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F5	187	台灣冷杉	4.1	8.5	5.8	11.2	5.2	13.0
F5	188	台灣冷杉	1.8	2.7	2.2	3.5	(死亡)	(死亡)
F5	189	台灣冷杉	2.9	5.4	4.2	6.7	3.5	6.7
F5	190	台灣冷杉	2.5	2.9	2.7	3.2	(死亡)	(死亡)
F5	191	台灣冷杉	1.5	0.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F5	192	台灣冷杉	2.3	4.4	2.2	3.8	2.9	4.2
F5	193	台灣冷杉	3	4	3.9	6.1	3.6	7.0
F5	194	台灣冷杉	2	2.6	2.3	2.9	(死亡)	(死亡)
F5	195	台灣冷杉	2.5	4	2.9	5.1	3.2	5.4
F5	196	台灣冷杉	4.5	10	6.3	13.7	6.3	17.3
F5	197	台灣冷杉	1.8	2	2.1	2.5	2.5	2.7
F5	198	台灣冷杉	2.8	5.6	3.9	7.3	3.6	6.9
F5	199	台灣冷杉	2.5	3.5	3	4.5	3.1	5.0
F5	200	台灣冷杉	3.1	5	3.6	5.7	3.3	6.0
F5	201	台灣鐵杉	1.2	0	4.9	9.9	5.4	13.8
F5	202	台灣冷杉	3.5	10.5	5.5	15.6	6.8	18.9
F5	203	台灣冷杉	3.5	6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
F5	204	台灣冷杉	2.9	5.5	3.7	7.6	4.3	9.6
G5	205	台灣冷杉	2.4	3.7	3.6	5.7	3.6	7.1
G5	206	台灣冷杉	2.3	4.2	5	5.1	3.1	4.9
G5	207	台灣冷杉	1.3	0	1.4	0	(死亡)	(死亡)
G5	208	台灣冷杉	3.5	10.2	5.8	13.4	6.0	15.9
G5	209	台灣冷杉	4.4	9.8	5.4	13.2	6.2	16.9
G5	210	台灣冷杉	1.9	1.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	211	台灣冷杉	2.5	2.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	212	台灣冷杉	1.8	2.5	3.1	5.7	3.3	5.9
G5	213	台灣冷杉	5.2	15.1	7.4	20.1	8.8	26.7
G5	214	台灣冷杉	2.8	4.9	3.6	6.4	3.7	7.5
G5	215	台灣冷杉	1.4	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	216	台灣冷杉	1.5	1.1	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	217	台灣冷杉	2.5	4.9	3.1	6.1	3.4	6.4
G5	218	台灣冷杉	2.3	3.9	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	219	台灣冷杉	4	7.4	5.8	9.2	5.1	12.6
G5	220	台灣冷杉	1.5	1.3	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	221	台灣冷杉	3.1	4.2	3.8	5.1	3.1	5.1
G5	222	台灣冷杉	2.7	3.9	3.1	4.1	4.1	8.8
G5	223	台灣冷杉	2.3	2.4	2.7	2.9	(死亡)	(死亡)
G5	224	台灣冷杉	2.9	3.4	3.1	3.8	(死亡)	(死亡)
G5	225	台灣冷杉	3.1	4.4	3.6	8.3	3.0	4.8
G5	226	台灣冷杉	1.9	2.4	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	227	台灣冷杉	1.7	1.5	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G5	228	台灣冷杉	3.3	5	4.8	8	4.1	8.9
H5	229	台灣冷杉	4.3	7.5	6	9.9	4.8	11.5
H5	230	台灣冷杉	6.5	16.2	7.9	18.2	7.5	21.5
H5	231	台灣冷杉	1.8	1.2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	232	台灣冷杉	3.1	3.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	233	台灣冷杉	3.4	4.5	4.4	5.1	(死亡)	(死亡)
H5	234	台灣冷杉	4.1	8.6	6.5	10.5	5.0	12.3
H5	235	台灣冷杉	3.6	8	4.8	9.9	4.7	11.1
H5	236	台灣冷杉	4.7	9.9	6.6	14.3	7.1	20.3
H5	237	台灣冷杉	2.4	2.4	2.7	3.8	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
H5	238	台灣冷杉	4.4	9.4	7	11.9	5.3	13.2
H5	239	台灣冷杉	4.6	10.5	7.2	14.6	6.6	18.3
H5	240	台灣冷杉	3.1	7.5	3.5	7.6	(死亡)	(死亡)
H5	241	台灣冷杉	3.5	6	5.6	8	4.0	8.5
H5	242	台灣冷杉	2.5	3.6	3	4.5	3.0	4.6
H5	243	台灣冷杉	1.9	2.7	7.6	14	6.2	16.9
H5	244	台灣冷杉	3.4	3.9	3.8	4.5	(死亡)	(死亡)
H5	245	台灣冷杉	1.8	2.2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	246	台灣冷杉	5	5	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	247	台灣冷杉	3.9	4.9	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	248	台灣冷杉	4.4	7.3	6.5	11.1	5.9	15.6
H5	249	台灣冷杉	6	13.2	7.6	18.2	7.6	22.0
H5	250	台灣冷杉	4.1	10	7.6	11.5	5.0	12.4
H5	251	台灣冷杉	3	4.2	3.6	7.3	4.2	9.1
H5	252	台灣冷杉	4.3	10.6	6.9	13.1	5.8	15.4
H5	253	台灣冷杉	4	6	5.7	3.8	4.3	9.6
H5	254	台灣冷杉	2.3	3.7	2.7	3.8	(死亡)	(死亡)
H5	255	台灣冷杉	2.9	3.9	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H5	256	台灣冷杉	1.9	3.6	2.5	4.5	(死亡)	(死亡)
H5	257	台灣冷杉	3.1	6.5	5.2	10.8	5.3	13.4
H6	258	台灣冷杉	2.3	1.9	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	259	台灣冷杉	2.9	2.9	3.2	3.7	(死亡)	(死亡)
H6	260	台灣冷杉	3.8	6.3	5.6	8.6	4.5	10.5
H6	261	台灣冷杉	4	5.6	5.6	7	3.9	8.0
H6	262	台灣冷杉	1.7	1.7	1.9	2.2	(死亡)	(死亡)
H6	263	台灣冷杉	4	9	5.1	12.7	5.7	14.8
H6	264	台灣冷杉	3.7	5.9	4.9	6.4	4.1	9.0
H6	265	台灣冷杉	3.8	4.8	4.6	7	3.9	8.2
H6	266	台灣冷杉	1.1	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	267	台灣冷杉	3	4.2	3.9	4.5	(死亡)	(死亡)
H6	268	台灣冷杉	4.3	8.1	5.4	9.9	4.5	10.2
H6	269	台灣冷杉	4	7.6	4.8	8.9	4.1	8.8
H6	270	台灣冷杉	3.7	3.4	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	271	台灣冷杉	1.8	1.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
H6	272	台灣冷杉	3.1	6.2	4.5	8.6	4.2	9.4
H6	273	台灣冷杉	3.2	5.4	5.5	8.3	4.4	10.0
H6	274	台灣冷杉	4.6	8.3	7.1	12.7	6.1	16.6
H6	275	台灣冷杉	3	4.7	3.2	4.8	(死亡)	(死亡)
H6	276	台灣冷杉	3.5	4.1	3.9	3.8	(死亡)	(死亡)
H6	277	台灣冷杉	2.5	2.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	278	台灣冷杉	4.4	11.4	6.1	14.6	6.4	17.4
H6	279	台灣冷杉	2.3	2.6	2.2	2.5	(死亡)	(死亡)
H6	280	台灣冷杉	2.4	3	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	281	台灣冷杉	1.5	1.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	282	台灣冷杉	2	2.3	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	283	台灣冷杉	1.7	1.7	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	284	台灣冷杉	1.3	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	285	台灣冷杉	4.3	7.2	5.8	9.2	4.5	10.3
H6	286	台灣冷杉	3.5	5.4	5	5.7	3.3	6.0
H6	287	台灣冷杉	3.8	7.9	5.7	10.8	5.3	13.2
H6	288	台灣冷杉	4.4	5.5	6.3	8	4.7	11.3
H6	289	台灣冷杉	1.3	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	290	台灣冷杉	4.4	8	4.8	11.8	5.7	14.9
H6	291	台灣冷杉	1.2	0	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	292	台灣冷杉	2.3	3.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H6	293	台灣冷杉	2.6	2.9	3.1	4	(死亡)	(死亡)
H6	294	台灣冷杉	2.8	4	3.1	5.1	3.1	5.2
G6	295	台灣冷杉	2.9	4.5	3.5	5.1	3.1	5.0
G6	296	台灣冷杉	1.9	2.4	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G6	297	台灣冷杉	4.4	8	4.4	9.1	4.2	9.1
G6	298	台灣冷杉	4.4	8	6.6	10.4	4.9	11.7
G6	299	台灣冷杉	1.9	2.5	2	3.2	2.7	3.5
G6	300	台灣冷杉	4.4	9	5.7	12.7	5.8	15.4
G6	301	台灣冷杉	1.7	2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G6	302	台灣冷杉	4.3	7	5.6	10	5.0	12.4
G6	303	台灣冷杉	2.4	3.4	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G6	304	台灣冷杉	5	10.4	6.8	13.9	6.8	19.2
G6	305	台灣冷杉	1.2	0	1.2	0	(死亡)	(死亡)

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
G6	306	台灣冷杉	3.6	5.3	5.3	7	4.4	10.0
G6	307	台灣鐵杉	3.5	11.1	5.1	15.4	6.7	18.5
G6	308	台灣冷杉	3.1	3.7	3.4	4.1	2.8	3.9
G6	309	台灣冷杉	2.4	2.4	2.4	2.9	(死亡)	(死亡)
G6	310	台灣冷杉	1.8	1.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G6	311-1	玉山杜鵑	3.2	6.4	3.9	8.3	4.7	11.1
G6	311-4	玉山杜鵑	3.2	2.9	3.9	5.1	1.7	0.0
G6	312	台灣冷杉	4.5	8.9	6.7	11.8	5.3	13.4
G6	313	台灣冷杉	5.2	10.5	6.2	12.7	5.7	14.8
G6	314	台灣冷杉	3	2.9	3.9	3.5	(死亡)	(死亡)
G6	315	台灣冷杉	4.4	7	5.3	4.8	5.1	12.8
G6	316	台灣鐵杉	3.1	4	3.1	4.8	(死亡)	(死亡)
F6	317-1	台灣鐵杉	4.5	9	5.3	11.5	5.1	12.6
F6	318	台灣冷杉	5.5	18.2	6.8	20.1	7.6	22.0
F6	319	台灣冷杉	4.3	7.3	4.7	8.6	4.3	9.5
F6	320	台灣冷杉	5	18.1	8.6	22	8.5	25.3
F6	321	台灣冷杉	3.1	5.1	3.1	5.4	3.4	6.0
F6	322	台灣冷杉	5	16.9	7.7	19.7	7.7	22.4
F6	323	玉山杜鵑	1.5	1	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F6	324	玉山杜鵑	2.1	3	2.2	4.5	(死亡)	(死亡)
E6	325	台灣冷杉	4.5	13	6.6	15.4	6.2	16.7
E6	326	台灣冷杉	4	9.2	4.3	10.5	4.5	10.5
E6	327	台灣冷杉	5.2	11	6.5	13.4	5.9	15.7
E6	328	台灣冷杉	3.4	5.4	3.5	7	3.7	7.4
E6	329	台灣冷杉	2.5	3.9	2.7	4.5	2.9	4.5
E6	330	台灣鐵杉	4.4	6.7	5.3	10.8	5.4	13.8
E6	331	台灣冷杉	2.5	5.4	3.2	6.7	3.5	6.4
E6	332	台灣冷杉	2.3	2.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
E6	333	台灣冷杉	5.7	12.4	6.7	15	6.6	18.2
E6	334	台灣冷杉	4.4	6.7	4.8	7.6	3.7	7.2
E6	335	台灣冷杉	3.5	10	4.9	11.1	4.9	11.9
E6	336	台灣冷杉	1.8	2.1	2.2	3.5	3.1	5.0
E6	337	台灣冷杉	3.3	5.6	(死亡)	(死亡)	3.3	6.0
E6	338	台灣冷杉	5.8	13.6	7.3	16.2	7.2	20.4

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
D6	339	台灣冷杉	2.7	6.9	3.6	6.9	3.6	7.1
D6	340	台灣冷杉	11.5	32	9.4	32	10.8	34.0
D6	341	台灣冷杉	3.4	8	4.9	10.3	5.1	12.6
D6	342	台灣冷杉	2.3	3.9	3.1	4.8	3.0	4.8
D6	343	台灣冷杉	3.4	6.5	4.2	7.6	4.0	8.4
D6	344	台灣冷杉	1.7	2.3	1.6	2.9	(死亡)	(死亡)
D6	345	台灣冷杉	2	3	2.2	3.3	(死亡)	(死亡)
D6	346	台灣冷杉	2.7	4.3	2.5	3.8	3.2	5.4
C6	347	台灣冷杉	2.1	3.1	1.8	3.3	3.1	5.3
C6	348	台灣冷杉	4.7	16.1	5.3	19.7	6.9	19.6
C6	349	台灣冷杉	14	36	15	39.5	12.9	42.2
B6	350	台灣冷杉	2.1	3.5	2.7	6.1	3.4	6.2
B6	351	台灣冷杉	1.6	1.5	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
B6	352	台灣冷杉	4.8	10	7.4	10.8	5.0	12.1
B6	353	台灣冷杉	3.2	4.5	3.3	4.8	3.0	4.6
B6	354	台灣冷杉	4	8	6	10.2	5.2	13.1
B6	355	台灣冷杉	4.9	11.5	7.6	17.5	7.1	20.1
B6	356	台灣冷杉	3.4	4.8	3.6	5.1	3.1	5.1
A6	357	台灣冷杉	2.8	7	7.4	10	3.6	7.0
A6	358	台灣冷杉	4.8	8.4	6.7	11.5	5.9	15.5
A6	359	台灣冷杉	3.7	6.4	4.7	8	3.9	8.0
A6	360	台灣冷杉	2.1	2.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
A6	361	台灣冷杉	2.5	2.7	3	3.3	(死亡)	(死亡)
A6	362	台灣冷杉	5.4	9.8	7.4	12.4	5.9	15.5
A6	363	台灣冷杉	5.3	8	5.9	10.2	4.8	11.5
A6	364	台灣冷杉	5.8	11.3	6.9	14.3	6.1	16.2
A6	365	台灣冷杉	2.1	3.3	2.6	4.1	(死亡)	(死亡)
A6	366	台灣冷杉	5	7.7	6.5	10.1	5.1	12.6
A6	367	台灣冷杉	4.5	7.8	4.5	9.9	4.4	10.0
A6	368	台灣冷杉	6	19.8	8	21.7	8.5	25.3
A6	369	台灣冷杉	3.3	4.9	4.2	6.4	3.5	6.7
A7	370	台灣冷杉	4.4	4.4	4.9	12.1	5.0	12.3
A7	371	台灣冷杉	12	26.5	14.8	40.4	12.8	41.5
A7	372	玉山杜鵑	2.4	2.1	2.9	3.7	2.9	4.5

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
D7	373	台灣冷杉	7.5	14	5.8	20.4	5.7	15.0
D7	374	台灣冷杉	13.5	40.5	16	45.1	13.7	45.0
E7	375	台灣冷杉	1.9	2.4	2.4	3.5	2.9	4.3
E7	376	台灣冷杉	18.5	73.5	21	76.4	(死亡)	(死亡)
F7	377	台灣冷杉	1.6	2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F7	378	台灣冷杉	2.2	3.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G7	379	台灣冷杉	6	16	6.3	17.2	6.5	17.9
G7	380	台灣冷杉	6	16	6.3	18.5	6.6	18.1
G7	381	台灣冷杉	2.2	3	2.6	3.6	2.6	3.3
H7	382	台灣冷杉	6.2	13.5	6.3	14.6	5.8	15.1
H7	383	台灣冷杉	2.8	3.5	2.9	3.8	(死亡)	(死亡)
H7	384	台灣冷杉	8	17	8.7	21.8	9.0	27.3
H7	385	台灣冷杉	5.5	7.2	5	7.3	3.9	8.0
H7	386	台灣冷杉	7.5	26.7	10.1	28.2	9.8	30.2
H7	387	台灣冷杉	3	4.4	3.2	5.7	3.3	5.7
H7	388	台灣冷杉	1.7	1.9	1.8	2.6	(死亡)	(死亡)
H7	389	台灣冷杉	4.3	8	5	11.1	4.7	11.0
H7	390	台灣鐵杉	4.4	3.3	3.7	3.5	2.7	3.5
H7	391	台灣冷杉	4.5	7.5	5.4	8.6	4.2	9.2
H7	392	台灣冷杉	6.8	11	7.4	14	5.7	14.9
H7	393	台灣冷杉	3.1	4	3.6	4.5	3.0	4.6
H7	394	台灣冷杉	6.4	13	8.6	18.8	8.2	24.2
H8	395	台灣鐵杉	6	15.9	6.3	19.7	8.0	23.6
H8	396	台灣冷杉	5.5	12.5	5.3	13.4	5.3	13.4
H8	397	台灣冷杉	1.9	2.8	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
H8	398	台灣冷杉	7	19.2	10.5	23.6	8.7	26.2
H8	399	玉山杜鵑	3.8	7.5	3.9	8.9	4.2	9.4
H8	400	台灣冷杉	3.3	5.2	3.2	5.3	3.1	5.1
H8	401	台灣冷杉	2.5	3.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G8	402	台灣冷杉	6.5	20.5	7.3	22.9	8.5	25.5
G8	403	台灣鐵杉	4.5	10.2	5.5	13.1	5.7	15.0
F8	404	台灣冷杉	18	52	20.8	52.5	16.1	54.1
B8	405	巒大花楸	3.4	5.6	4.5	11.8	5.5	14.2
B8	406	台灣冷杉	19	43	20	49.7	17.8	60.6

樣區 編號	編號	植物 物種名稱	1992 年		1998 年		2009 年	
			樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直 徑(DBH, cm)	樹高 (m)	胸高直徑 (DBH, cm)
A8	407	台灣冷杉	18	39	19	40.1	12.7	41.2
A8	408	台灣冷杉	18	29.5	10	31.8	10.2	32.0
E9	409	台灣冷杉	1.1	0	1.4	0	(死亡)	(死亡)
G9	410	台灣冷杉	15	48.3	21.8	50.2	14.5	48.2
G9	411	台灣冷杉	17.5	34.5	20.8	53.2	16.3	54.7
A10	412	台灣冷杉	10	21.5	9.4	23.9	8.4	25.1
A10	A10	台灣冷杉	13	62	23.4	64.6	19.8	68.0
A8	A8	台灣冷杉	22	59	20	64	20.3	69.9
A9	A9	厚葉柃木	1.8	0.3	1.9	2.2	12.0	38.5
B7	B7	台灣冷杉	15	56.6	18	64.1	18.1	61.6
B9	B9	台灣冷杉	20	99	20.3	99	18.0	61.1
C7	C7	台灣冷杉	14	44.8	15.3	46.8	14.8	49.3
C8	C8	厚葉柃木	2.4	2.7	3	3	4.2	9.3
D8	D8	台灣冷杉	25	72	25	75.2	(死亡)	(死亡)
E10	E10	巒大花楸	4	7.9	5.5	6.4	(死亡)	(死亡)
E8	E8	台灣冷杉	12	28	12.3	31.2	(死亡)	(死亡)
E9	E9	台灣冷杉	25	100	25	100	34.9	125.1
F7	F7	台灣冷杉	17.5	68.2	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
F8	F8	台灣冷杉	17	67	20.8	75.8	23.9	83.4
F9	F9	台灣冷杉	17	52	17	52	22.7	79.1
G6	G6	巒大花楸	2.1	0.6	(死亡)	(死亡)	(死亡)	(死亡)
G9	G9	台灣冷杉	18	64	18.8	64	20.1	69.1
E4	幼 1	台灣冷杉	—	—	1.2	0	(死亡)	(死亡)
B5	幼 2	台灣冷杉	—	—	1.7	1.9	2.4	2.4
E8	幼 3	台灣冷杉	—	—	0.2	0	2.6	3.1
C8	幼 4	台灣冷杉	—	—	0.2	0	2.0	1.1

備註：1.幼 1~幼 4 為 1998 年調查發現之新幼苗，故標記為幼 1~幼 4。

2.2009 年樹高記錄係以 1992 年樹高與胸高直徑作線性迴歸而得之估記值，僅供參考使用。

3.資料來源：

- (1).1992 年：楊遠波、張惠珠－太魯閣國家公園植物永久樣區之規劃，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
- (2).1998 年：張惠珠、古心蘭－合歡山臺灣冷杉永久樣區之植群分析，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
- (3).2009 年：本研究團隊現場調查。

附錄三、研究樣區內土壤特性分析結果資料

樣區編號	土壤特性						土壤質地
	土溫(°C)	有機碳(TOC) (單位:%)	有機質(OM) (單位:%)	砂粒 (單位:%)	粉粒 (單位:%)	黏粒 (單位:%)	
A1	6	10.69	18.42	49.1	16.3	34.6	砂質黏壤土
A2	7	11.75	20.26	67.3	14.6	18.2	砂質壤土
A3	4	9.32	16.07	64.9	19.7	15.4	砂質壤土
A4	4.5	8.75	15.08	37.1	35.9	27.1	黏質壤土
A5	5	6.19	10.67	22.1	38.4	39.6	黏質壤土
A6	5	8.76	15.10	39.6	33.4	27.1	黏質壤土
A7	5	9.42	16.23	58.7	22.3	19.1	砂質壤土
A8	6.5	8.77	15.12	48.7	31.0	20.3	壤土
A9	6.5	4.23	7.29	46.2	26.0	27.8	砂質黏壤土
A10	7.5	7.54	13.00	49.6	27.1	23.3	砂質黏壤土
B1	6.5	10.71	18.46	67.3	9.6	23.2	砂質黏壤土
B2	8	10.21	17.61	39.4	36.2	24.4	壤土
B3	5	8.30	14.32	44.9	33.5	21.6	壤土
B4	4	6.31	10.87	41.2	32.3	26.6	壤土
B5	5.5	7.61	13.11	39.9	31.0	29.1	黏質壤土
B6	5.5	14.78	25.48	59.4	14.5	26.1	砂質黏壤土
B7	5.7	22.09	38.08	76.1	7.8	16.1	砂質壤土
B8	6.5	12.63	21.78	64.8	12.1	23.2	砂質黏壤土
B9	7.5	6.15	10.60	47.3	24.6	28.2	砂質黏壤土
B10	7.5	10.58	18.23	51.1	19.5	29.4	砂質黏壤土
C1	9	6.77	11.66	51.2	27.3	21.6	砂質黏壤土
C2	8	6.90	11.89	39.6	35.9	24.6	壤土
C3	4.5	14.42	24.86	37.1	30.9	32.1	黏質壤土
C4	4.5	7.66	13.21	41.2	27.3	31.6	黏質壤土
C5	6	13.11	22.60	52.1	23.4	24.6	砂質黏壤土
C6	5.9	9.82	16.94	47.1	25.9	27.1	砂質黏壤土
C7	5.8	12.85	22.15	59.6	18.4	22.1	砂質黏壤土
C8	6.5	10.10	17.41	47.1	25.9	27.1	砂質黏壤土
C9	7.5	10.65	18.36	62.1	13.4	24.6	砂質黏壤土
C10	7.5	5.79	9.99	59.6	13.4	27.1	砂質黏壤土
D1	8	7.33	12.63	42.4	15.5	42.1	黏土
D2	7	7.48	12.89	42.1	45.1	12.8	壤土

樣區編號	土壤特性						
	土溫(°C)	有機碳(TOC) (單位:%)	有機質(OM) (單位:%)	砂粒 (單位:%)	粉粒 (單位:%)	黏粒 (單位:%)	土壤質地
D3	4.5	5.29	9.12	33.7	28.5	37.8	黏質壤土
D4	3.5	6.41	11.05	34.6	42.6	22.8	黏質壤土
D5	5.5	8.39	14.47	29.6	33.4	37.1	黏質壤土
D6	6	7.21	12.43	43.7	31.0	25.3	壤土
D7	7	11.15	19.22	46.5	28.0	25.4	壤土
D8	6.5	6.50	11.20	39.6	30.9	29.6	黏質壤土
D9	6.4	9.18	15.82	44.6	28.4	27.1	黏質壤土
D10	7.5	5.65	9.74	66.2	13.5	20.3	砂質黏壤土
E1	7	5.73	9.88	44.6	33.4	22.1	壤土
E2	9	5.76	9.92	44.6	28.4	27.1	黏質壤土
E3	4	8.55	14.74	39.6	32.1	28.3	黏質壤土
E4	4.5	13.43	23.16	63.7	9.8	26.6	砂質黏壤土
E5	5.5	8.13	14.02	46.2	29.8	24.1	壤土
E6	5.8	7.51	12.95	48.7	29.8	21.6	壤土
E7	6	7.34	12.66	36.2	34.8	29.1	黏質壤土
E8	6.5	15.96	27.52	52.3	29.6	18.2	砂質壤土
E9	7.5	5.29	9.13	61.2	18.5	20.3	砂質黏壤土
E10	7.3	5.97	10.30	62.3	19.6	18.2	砂質壤土
F1	6	8.58	14.80	64.8	19.6	15.7	砂質壤土
F2	8	6.10	10.52	47.1	25.9	27.1	砂質黏壤土
F3	4	8.80	15.17	42.1	28.4	29.6	黏質壤土
F4	4	8.06	13.89	29.6	39.6	30.8	黏質壤土
F5	5	6.81	11.74	43.7	29.8	26.6	壤土
F6	5	3.68	6.35	42.1	28.4	29.6	黏質壤土
F7	6	4.69	8.09	24.6	44.6	30.8	黏質壤土
F8	6.5	5.59	9.65	34.6	30.9	34.6	黏質壤土
F9	6.5	7.50	12.93	47.4	26.0	26.6	砂質黏壤土
F10	6.5	6.83	11.77	29.6	51.4	19.1	黏質壤土
G1	6	11.81	20.36	59.6	9.1	31.3	砂質黏壤土
G2	5.5	8.15	14.05	49.6	32.1	18.3	壤土
G3	4	7.05	12.15	47.1	25.9	27.1	砂質黏壤土
G4	3	6.16	10.62	24.6	35.9	39.6	黏質壤土
G5	5.5	11.60	20.00	38.7	31.0	30.3	黏質壤土

樣區編號	土壤特性						土壤質地
	土溫(°C)	有機碳(TOC) (單位:%)	有機質(OM) (單位:%)	砂粒 (單位:%)	粉粒 (單位:%)	黏粒 (單位:%)	
G6	1	5.58	9.62	32.1	30.9	37.1	黏質壤土
G7	2	6.84	11.78	52.4	21.0	26.6	砂質黏壤土
G8	5.5	5.68	9.80	62.3	14.6	23.2	砂質黏壤土
G9	6.5	7.04	12.14	22.1	43.4	34.6	黏質壤土
G10	6.5	5.01	8.64	54.6	20.9	24.6	砂質黏壤土
H1	7	8.53	14.71	44.6	19.1	36.3	砂質黏壤土
H2	4	11.22	19.34	44.6	14.1	41.3	黏土
H3	3.5	6.16	10.61	61.2	17.3	21.6	砂質黏壤土
H4	3	5.94	10.23	47.1	25.9	27.1	砂質黏壤土
H5	5	4.56	7.87	31.2	29.8	39.1	黏質壤土
H6	6.5	4.75	8.19	24.6	40.9	34.6	黏質壤土
H7	6.5	4.57	7.87	24.6	38.4	37.1	黏質壤土
H8	7	4.91	8.46	27.1	34.6	38.3	黏質壤土
H9	6.5	4.85	8.36	34.6	30.9	34.6	黏質壤土
H10	6.5	4.31	7.44	29.6	38.4	32.1	黏質壤土

參考文獻與書目

1. 古心蘭，1999，合歡山臺灣冷杉永久樣區之植群分析，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
2. 吳永華，2006，台灣特有植物發現史，晨星出版有限公司。
3. 李先琨、向悟生、蘇宗明、歐祖蘭、黃玉清、宁世江、唐潤琴、李瑞棠、陸樹華、何成新、唐紹清、李鳳英、王燕、莫權輝、趙天林、葉文培，2006，瀕危植物元寶山冷杉與南方紅豆杉種群生態學研究，科學出版社(中國大陸)。
4. 李先琨、蘇宗明、向悟生、宁世江、唐潤琴、李瑞棠、歐祖蘭，2002，瀕危植物元寶山冷杉種群結構與分布格局.，生態學報(中國大陸)，Vol.22，No.12，pp.2246-2253。
5. 李先琨、蘇宗明、歐祖蘭、宁世江、唐潤琴、李瑞棠，2002，元寶山冷杉群落種內與種間競的數量關係.，植物資源與環境學報(中國大陸)，Vol.11，No.1，pp.20-24。
6. 李培芬、白梅玲、丁宗蘇、柯智仁、柯佳吟，2009，氣候變遷對台灣生物多樣性分布的影響，全球暖化·永續生態研討會大會手冊—專題報告 02 摘要，pp14-15.
7. 周昌弘、黃琮竣、李彥屏、陳志遠，2008，氣候變遷對臺灣植物多樣性之影響與評析，全球暖化·永續生態研討會大會手冊—專題報告 01 摘要，pp11-13.
8. 林旭宏，2000，合歡山臺灣冷杉林的徑級組成與更新，自然保育季刊，Vol.29，pp.61-67.
9. 林旭宏、賴國祥，2000，合歡山地區臺灣冷杉更新特性之探討，太魯閣 2000 高山生態多樣性研討會論文集，pp.47-52.
10. 邱祈榮、黃愷茹，2008，臺灣檜木林於氣候變遷衝擊之模擬，林業研究專訊，Vol.15，No.2，pp.8-12.
11. 金恆鑣、唐凱軍、黃正良、李聖餘，1990，合歡山玉山箭竹草原土壤之發育與分類，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
12. 張惠珠、古心蘭，1999，合歡山臺灣冷杉永久樣區之植群分析，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
13. 張惠珠、古心蘭，2000，從合歡山臺灣冷杉永久樣區之調查研究談起，太魯閣 2000 高山生態多樣性研討會論文集，pp53-64.

14. 陳玉峰，1989，楠溪林道永久樣區植被調查報告(一)，內政部營建署玉山國家公園管理處委託計畫成果報告。
15. 陳玉峰，1991，合歡高地植群的演替，私立東海大學生物學研究所博士論文。
16. 陳玉峰，1995，臺灣植被誌(第一卷)：總論及植被帶概論，晨星出版有限公司。
17. 陳玉峰，1997，臺灣植被誌(第二卷)：高山植被帶與高山植物(下)，晨星出版社。
18. 黃仕訓、王才明、王燕，1996，元寶山冷杉群落特徵的初步研究，廣西植物(中國大陸)，Vol.16，No.3，pp.239-246。
19. 楊國禎，2003，玉山國家公園楠溪流域上游地區闊葉林永久樣區設置及調查計畫，內政部營建署玉山國家公園管理處委託計畫成果報告。
20. 楊遠波、張惠珠，1992，太魯閣國家公園植物永久樣區之規劃，太魯閣國家公園管理處委託計畫成果報告。
21. 劉業經、呂福原、歐辰維、賴國祥，1984，臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制，中華林學季刊，Vol.17，No.1，pp.1-32。
22. 潘百明、覃千超，1998，元寶山冷杉種群結構和動態的初步研究，廣西師範大學學報(自然科學版，中國大陸)，No.02，pp.88-93。
23. 鄭武燦，2000，台灣植物圖鑑(上冊)—NO.0540 臺灣冷杉、NO.552 臺灣鐵杉，國立編譯館，第 270 頁、第 276 頁。
24. 楊國禎、李根政，2007，長期生態研究—楠溪永久樣區，<http://ecology.pu.edu.tw/nancy/album/longterm.htm>。
25. Benito Garzón, Marta、Sánchez de Dios, Rut、Sainz Ollero, Helios，2008，Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species.，Applied Vegetation Science，Vol.11，pp.169-178.
26. Benito Garzón, M.,、Blazek, R.,、Neteler, M.,、Sánchez de Dios, R.,、Sainz Ollero, H.,、Furlanello, C.，2006，Machine learning models for predicting species habitat suitability: an example with *Pinus sylvestris* L. for the Iberian Peninsula.，Ecological Modelling，Vol.197，pp.383-393.
27. Steward T. A.,、Mary L. Cadenasso.，2005，CH6:Vegetation dynamics. *Vegetation ecology*，pp172-198。
28. Odum E.P.,，1969，An interesting attempt to produce a model of succession based on changes expected in ecosystem properties.，Science，Vol.164，

pp.262-270.

29. Clements F.E., 1928, *Plant Succession and Indicators*, Wilson, New York.