

台灣國有林自然保護區植群生態之調查研究 雪山香柏保護區植群生態之研究

主辦機關：台灣省農林廳林務局

執行機關：國立台灣大學森林研究所

研究工作人員

計劃主持人：蘇 鴻 傑 教授

計劃擬定及推動、調查區勘察、資料分析研判
、電腦程式設計、研究報告撰寫及校閱

研究助理：徐 自 恒

野外採集及樣區調查、植物社會樣區資料統計
、資料整理、研究報告撰寫、資料分析、繪圖

台灣國有林自然保護區植群生態之調查研究

序

人類之科技發展至今，已顯著改變了生育環境及天然資源之自然秩序，雖大福提升了多數人之物質生活，然人口之持續成長，使人類對天然資源之需求漫無止境。基於對天然資源利用方式之關切，以及對資源長期供應人類利用之期望，生態學者及有識之士乃憂心忡忡，而大力急呼生態保育。

依國際自然保育聯盟（IUCN）所發表之「世界自然保育方略」所載，自然資源之保育，係對人類使用生物圈（biosphere）之行爲加以經營管理，使其能對現今人口產生最大且持續之利益，同時保留其潛能，以滿足後代子孫之需求與期望。因此，保育係積極的行爲，包括對自然環境之保存、維護、永續性利用、復原及改良。保育之意義並非絕對保留不用，而是合理的利用，係人類繼續生存之另一種替代方案。天然資源之保育策略雖多，然在現今人類超量及不合理使用資源之情況下，保育學者均認爲有必要保留部份天然生育地及物種，以符合研究、經營及遊憩需求，自然保護區之觀念即應運而生，在此種保護區內，一切生物及環境皆保持自然狀況，而不受人類之利用或干擾，俾使生態系（ecosystem）之功能得以正常運作。在此觀念及潮流影響之下，世界各國均制定了不同之保護區及經營目標，惟所用之名稱略有不同，國際自然保育聯盟對此等性質之地區，概以保育區（conservation area）稱之，以下又劃分爲十類，包括國家公園、嚴格自然保留區及其他各類，一般保育學者亦常將此種區域稱爲自然地

區 (natural area) 或自然保留區 (natural reserve)，另一同義字則為生態保留區 (ecological reserve)，名稱雖有差異，然其主旨則大同小異，蓋保留區之設置乃土地及資源經營之必要手段，亦可視為土地利用方式之一。

自然保留區之功能，可歸納為下列五點：(1)保留地球各種生態系之代表例證；(2)供為生態演替現象、生物及物理環境之長期研究材料；(3)提供基準及對照值，以檢定因人類活動引起自然作用及生態系改變之參考依據；(4)保存複雜之物種歧異度及基因庫；(5)供為稀有及臨絕物種之庇護區。上述各種用途，有作為基本的科學研究及教育者，有提供自然資源之經營範例者，亦有保留未來之潛在用途者。由於各地之環境因子及生物群聚並非一致，故宜依生態系變異之特性，選擇不同地點作為代表，成立保育區，構成保育區之系統，以保存自然界之多樣性。

保育思潮影響所及，本省林業經營已由木材等林產物之收穫，轉趨多目標利用。本省森林資源之保育觀念，近年來深受有關機構及學者之重視，對於森林資源之保存，早期即有自然保護區之雜議及規劃，故保存自然之觀念，實肇始於林業，在提議之初，僅以「自然保護區」通稱，然對其特性未加以分類，亦未有明確之法令依據，待至民國七十一年以後，文化資產保存法及國家公園法之相繼頒布，本省保護區才有各種規劃、區分及法律地位。台灣之天然生物資源十分豐富，而蘊藏量最多且既有留存者，概以森林為代表，故保育觀念源起於林業自屬必然。目前之四處國家公園成立後，雖均有生態保護區之設置，然以台灣各種林型及生態系之歧異性觀之，國家公園之幾處生態保護區實無法涵蓋所有應保護之自然地區，故國有林地中之成立保護區仍為不可或缺之保育工作。

自從民國六十五年「台灣林業經營改革方案」頒布實施以來，自然資源之保育已成為林業經營之重心。台灣林地佔全省面積之 52%，為本省陸地上主要之自然資源，其中某些林型、生態系及動植物種類，或具有代表性，或具有稀有性，均急待加以維護。林務局有鑑於此，早於民國五十四年即著手規劃野生動植物及自然資源之保育措施，歷年來從事各種調查，並協助學者參與研究甚多。民國六十五年曾進行全省自然保護區之調查與設置，選出預定地點三十餘處，除在本省北、中、南成立三處大型生態保護區外，並於民國七十五年完成 35 處自然保護區之初步勘察報告。

綜觀林務局已擬定之 35 處自然保護區，有以保護特殊生態系或林型者，有以保持特殊地形景觀者，而以保護特殊或稀有動植物為主要目標者亦為數甚多。這些保護區雖已列入林業經營計劃，然目前僅有少數地區得以依文化資產保存法正式公告，取得保育地位。按保護區系統之建立，應力求週詳而完整，不宜遺漏任何特殊之資源類型，故其地位評估及優先等級之決定，有賴保護區基本生態資料及特性之收集，而未來之經營目標及管理原則之參考依據，亦非基礎資料庫莫屬。反觀現已擬設之多數保護區，大多僅經初步踏勘，尙未有文獻紀錄者仍不在少數，故在保育工作之初步階段，調查其基本之生態資源特性、分析主要保育重點，並評估保護區在整個保育系統中之地位，乃成為急待加強之一環。林務局有鑑於此，乃分年擬定研究計劃，邀約有關學術單位參與，期能早日建立自然保護區之初步生態資料庫，而利於百年大計之進行。

台灣大學森林研究所師生，此次受命就若干保護區進行生態調查研究而得以參與保育盛事，感誌之餘自當全力以赴。然生態系之內容包羅萬象，非有各界專家共同參預，無法得致完整之研究結果，本研

究以植群生態爲主要調查重點，因書成於倉卒，誤謬之處，尚祈海內外先進，不吝賜正，此外，尚有諸多生態資料，仍待各方專家之關切與參預，願本書能收拋磚引玉之效，期有各界共襄盛舉。

國立台灣大學教授 蘇鴻傑謹誌

中華民國七十七年四月

目 錄

中文摘要	1
英文摘要	2
壹、緒 言	3
貳、香柏之生態環境及分布	8
一、香柏分布地點	8
二、生育地氣候	12
參、雪山香柏保護區之位置及環境	16
肆、研究項目及方法	20
一、香柏林分布範圍之調查	20
二、植群調查取樣方法	20
三、香柏族群構造調查方法	21
四、原始資料之統計	23
五、環境因子計量與評估	24
六、資料分析方法	27
伍、研究區內林型分布概況	30
一、高山植群型	32
二、香柏林型	32
三、冷杉林型	34
四、鐵杉林型	35
五、檜木林型	36
六、針闊葉樹混淆林型	37
七、高山草原型	37

八、二葉松林型	38
陸、香柏林在翠池之分布	40
一、翠池之環境	40
二、香柏林之分布範圍	42
三、翠池香柏林與其他地區香柏林之比較	44
柒、香柏保護區之植群分析	46
一、植群樣區之降趨對應分析	46
二、植群型之分類	50
三、植群型概述	54
捌、香柏植群及林木界線	57
一、香柏樣區之降趨對應分析	57
二、香柏植群組成及構造變化梯度	59
三、林木界線影響因子之探討	64
玖、香柏林之生長與族群構造	73
一、直徑生長	73
二、香柏喬木直徑級密度之主成分分析	74
三、族群構造及天然更新	77
拾、結論及建議	83
一、一般評論	83
二、保護區系統評估	85
三、永久樣區之設置	89
四、保育措施建議	90
拾壹、參考文獻	95
附錄	
一、植群樣區出現之植物編號代碼及學名對照表	100

二、香柏保護區植群樣區原始資料表	104
三、香柏保護區植群樣區環境因子矩陣	106
四、雪山香柏保護區之植物名錄	107
五、攝影解說	116

圖 目 錄

圖一、香柏 (<i>Juniperus squamata</i> var. <i>morrisonicola</i>) 之形態 特徵	6
圖二、香柏在台灣高山地區之分布地點	9
圖三、雪山香柏保護區及附近地形略圖	17
圖四、大霸尖山至雪山附近地形及樣區設置位置圖	22
圖五、台灣中部山地主要植群帶及林型在海拔高度及水分梯度 上之分布	31
圖六、大霸尖山至雪山西側主要林型分布圖	33
圖七、翠池附近地形及香柏林之分布範圍	41
圖八、保護區植物種類在分布序列前二軸上之散布圖	47
圖九、保護區植群樣區在分布序列前二軸上之散布圖	49
圖十、植群樣區矩陣群團分析之樹型圖	51
圖十一、香柏樣區在分布序列前二軸之散布圖	58
圖十二、香柏植群在林木界線上之形相構造變化梯度剖面	62
圖十三、香柏喬木林中香柏胸高直徑與年齡之關係	73
圖十四、香柏喬木直徑在主成分分析前二軸之分布位置	76
圖十五、香柏喬木樣區在主成分分析前二軸之分布位置	76
圖十六、三種香柏林林分之族群構造 (直徑級分布結構)	82

表 目 錄

表一、台灣中部山地植群帶之海拔高度與溫度幅度	13
表二、台灣高山植群帶氣候資料(玉山北峯測候站)	15
表三、Gauch 八分級制數據轉化表.....	24
表四、植群樣區三個序列軸與環境因子之相關矩陣	48
表五、雪山香柏保護區植群型分類綜合表	53
表六、香柏樣區三個序列軸與環境因子之相關矩陣	59
表七、翠池附近香柏植群型主要組成植物統計表	60
表八、21個香柏樣區中各直徑級所出現株數統計表	75
表九、台灣自然保護區及其氣候區與林帶相關評估矩陣	87

雪山香柏保護區植群生態之研究

摘 要

香柏又名香青或玉山圓柏，為台灣高山地區常見之樹木，在林木界線附近具有喬木與低矮灌叢之變異習性，頗能適應高山之極端環境，規模較大而林相完整之香柏喬木林僅見於雪山之翠池。雪山香柏保護區位於大安溪之源頭，即大霸尖山至雪山一帶的高山頂部，總面積約 3000 公頃，涵蓋了本省山地 2000 公尺以上的各種林型，具有高度的生態系統異性。區內之保育重點為翠池四周之香柏林，分布於群山圍繞的圈谷底部，海拔高度在 3350 至 3600 公尺之間，香柏純林的面積約有 90 公頃，樹木呈直立之大喬木狀，高可達 20 公尺，胸徑大多在 20 ~ 60 公分之間，老齡木則超過 1 公尺之直徑，估計其樹齡在 2000 年以上。成熟之香柏林下方，更新幼苗及小樹不多，然在林中樹冠鬱閉破裂之小形孔隙內，則有大量之更新苗木出現，可見其採取孔隙更新的生存策略，因各種齡級之林分呈鑲嵌狀配列，全林達極盛相之安定階段而可持續不衰。經由環境因子的評估及植群樣區之多變數分析，初步顯示高山的低溫不足以限制香柏的生存，然香柏之直立喬木林則受到地形坡度、土壤發育程度及風的限制，故在林木界線以上的推移帶中，香柏仍可存活，惟演變為樹形低伏之矮盤灌叢，至高山絕頂，終呈散生之地墊狀灌叢，而與高山草本植物混生，此一系的生態變化，代表台灣高山的環境變異與植物生長極限。本研究除分析植群型變異及組成構造與環境因子之相關外，另探討香柏林之生長與族群結構，並針對保護區之干擾因素，提供保育措施之初步建議。

STUDIES ON THE VEGETATION ECOLOGY OF HSUEHSHAN JUNIPER NATURE RESERVE

SUMMARY

Mountain Juniper (*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) is a common woody plant bordering the timberline in the alpine region of Taiwan. The timberline is usually reached by fir forest (*Abies kawakamii*) above which scrubs and krummholz of juniper predominate in the ecotone extending into alpine herbaceous vegetations. Juniper is capable of changing its growth form from upright tree to krummholz and to cushion-like scrub. In a few sheltered upper valleys closed juniper forests are occasionally found above fir forest forming timberline. A large stand of juniper forest with closed canopy is located at Tsui-chih (Green pool) near Hsuehshan (Mt. Snow, the second highest peak of Taiwan). A nature reserve including this habitat has been proposed near the upper valley of Ta-an-chi at central Taiwan. The area extends from Mt. Snow northward to Mt. Tapachien, with elevations ranging from 2000 to 3880 meters. This reserve represented many vegetation zones and forest types, covering an total area of about 3000 ha. In addition to the diversified ecosystems, the focus of conservation is placed on the juniper forest around Green pool. This forest occurs at the bottom of a cirque enclosed by many lofty mountains. Pure stand of juniper covers an area of 90 ha., composing of trees about 20 meters high and 20-60 cm in diameters. Old trunks with diameter over 1 meter are not uncommon. Their ages are higher than 2000 years. Closed and mature stands show little reproduction, while gaps in the forest induce large quantity of seedlings and saplings. Gap regeneration is evidenced by the mosaic of stands with different age structures. Through the evaluation of habitat factors and multivariate analysis of sample stands, it is suggestive that low temperature does not inhibit the survival of juniper. However, high stoniness and poor development of soil, together with steep slope and severe wind limit the upward extension of timberline. These factors induce the growth form of stunted krummholz and mat scrub in the ecotone. In this preliminary survey an attempt has been made to investigate the vegetation types of this reserve, and to elucidate the relationship between vegetation and environment, with special references to the growth and population structure of juniper forest. Major disturbance is discussed, and tentative proposals for conservation operation are given.

壹、緒 言

台灣為亞熱帶海洋中的山岳島嶼，全島南北縱幅雖未超越緯度 4 度，但境內高山羅列，海拔高差將近 4,000 m，由於地理位置在亞洲大陸之東南邊緣，受貿易風及亞洲季風交替之影響，山地雨量極為充沛，森林得以大量繁生。雨量為森林發育之主要條件，但森林之組成、構造及形相又受到氣溫之影響，由台灣平地，直到最高峯之玉山峯頂，可發現熱帶、亞熱帶、溫暖帶、冷溫帶及接近亞寒帶之氣候，森林之類型，乃隨著海拔之升高而逐漸轉變。在中低海拔，有種類繁多之闊葉樹林，而在中海拔以上，針葉樹漸多，組成及構造極為複雜，在接近山頂之高海拔地區，針葉林之組成及構造則趨於單純，及至某一海拔高度，由於環境因子之限制，樹木已無法生長，或無法形成鬱閉之森林，此一森林生長之界線，稱之為林木界線 (timberline) 或森林界線 (forest line)。超越此界線，木本植物多為灌木狀，呈塊狀叢生或散生，而草本植物或形成大面積草原，或點綴於灌叢之間，此種在林木界線以上之植物群落，即一般所謂之高山植群 (alpine vegetation)。

林木界線上下兩側之植群，在形相及構造上有極大之差別，但此種轉變並無明顯之界限，由森林至灌叢或草原之間，通常有一逐漸轉換之過渡帶或推移帶 (ecotone)，推移帶之寬度，視環境梯度之緩急而定，多者數百公尺，少則僅數十公尺。在南半球之紐西蘭，其林木界線上之南方山毛櫸 (*Nothofagus*) 森林，急速轉變為高山植群，幾無推移帶可言；一般而言，北半球之森林界線多由針葉樹組成，位於森林界線下之森林有冷杉 (*Abies*)、鐵杉 (*Tsuga*)、雲杉 (*Picea*)

、落葉松 (*Larix*)、松樹 (*Pinus*)、或圓柏 (*Juniperus*) 等樹木組成之純林，在少數地區亦有由闊葉樹形成林木界線者，如中歐及南歐之山毛櫸 (*Fagus*)、槭 (*Acer*)、楊 (*Populus*) 及櫟 (*Quercus*) 等樹種 (Wardle 1974)。而林木界線為寬度不等之推移帶，其中出現之灌木，可能為下方森林中之同一樹種，但產生變形而成灌木狀，如鬱閉森林中之樹種不具有變形為灌木之習性，則由另一種針葉樹或闊葉樹灌木取代，形成低矮盤纏之灌叢，稱之為矮盤灌叢 (*krummholz*) (Kimmins 1987)。

台灣之高山地區，海拔在 3,000 m 以上者，可望出現林木界線，最高之森林，通常由冷杉 (*Abies kawakamii*) 組成，冷杉在接近林木界線時，通常樹高減低，密度亦較稀疏，但不具有變為低矮灌木之習性，故在推移帶中，另有一種針葉樹灌木出現，形成矮盤灌叢，並延伸至上方之高山植群帶中，此即為香柏 (蘇鴻傑 1975)。

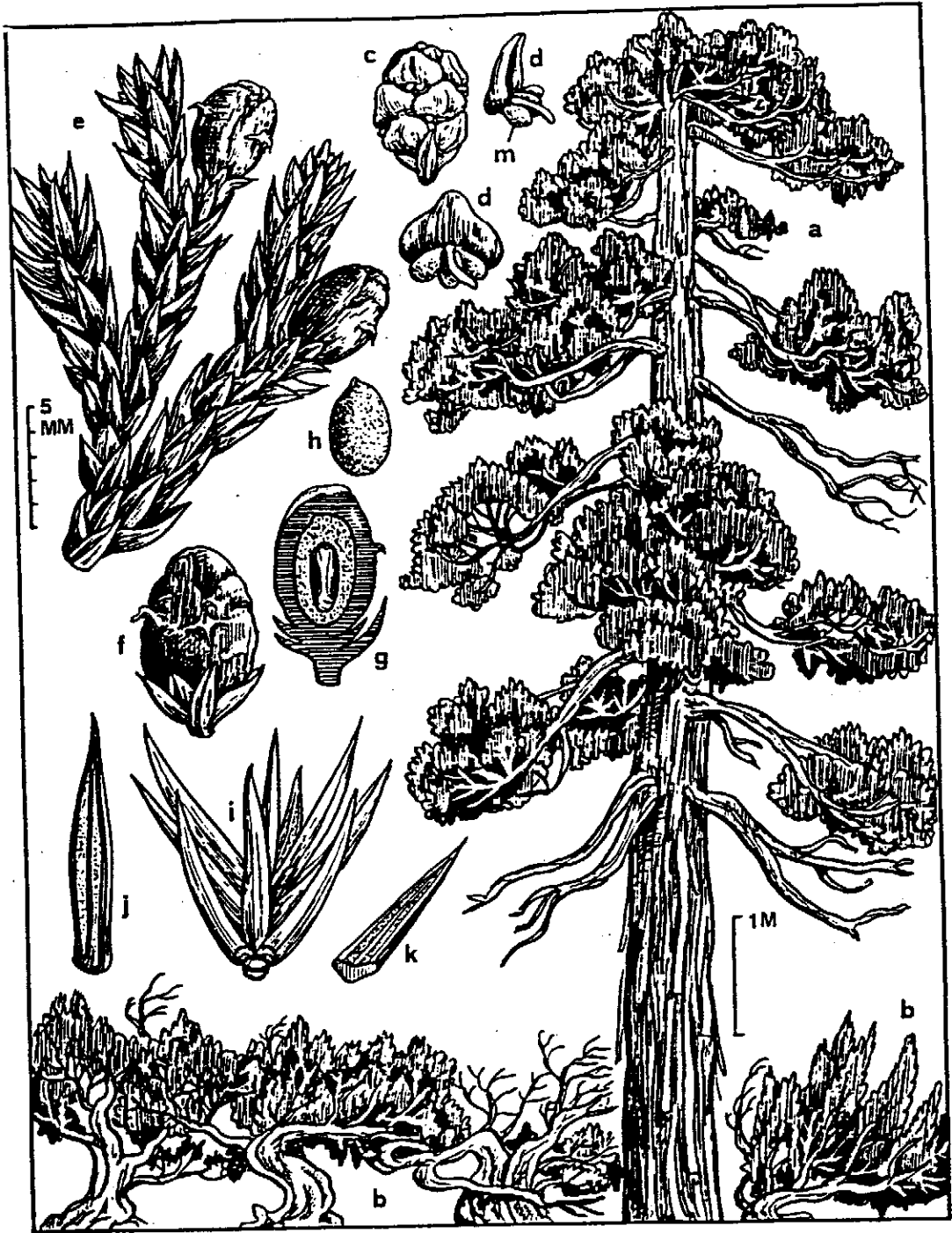
香柏之海拔分布較冷杉為高，通常已接近台灣高山之主稜脊，由於生育地屬極端環境，其形態多呈粗壯而低矮之灌木，枝條或主幹常伏地而生，高度不超過 2 公尺，但如在局部高山地形較為優良之地，則發育為直立之大喬木，形成高大之針葉林，由於這種地形在台灣高山非常難見，故香柏林應列為台灣珍貴之針葉林。

香柏又名玉山圓柏、香青、柏槓或山柏，學名為 *Juniperus squamata* var. *morrisonicola*，屬柏科 (*Cupressaceae*) 之常綠喬木或灌木，樹高可達 18 公尺，胸徑可達 220 公分；樹皮呈棕色或紅棕色，光滑，常以縱裂薄片狀脫落；葉為線形，三枚輪生而密集，內側略帶粉白，外側深綠色，先端尖銳，長 3~5 公厘，寬約 1 公厘；雄花近於球形，長約 4 公厘，寬約 2 公厘；肉質毬果呈橢圓形，長 6~8 公厘，初時紅褐色，成熟呈紫褐色，上有數尖突，基部有苞片數枚；種子

單一，帶褐色，長約 5 公厘，寬約 4 公厘。香柏之形態特徵如圖一所示。

香柏爲本省高山地區常見之樹種，自海拔 3,000 m 至將近 4,000 m 之玉山峯頂均有其踪跡，事實上，香柏分布之範圍，亦即台灣高山稜脊之範圍。在高山稜脊上生長之香柏，多以灌木形態爲主，且常與玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum*)、玉山小蘗 (*Berberis morrisonensis*)、川上氏忍冬 (*Lonicera kawakamii*)、高山柳 (*Salix taiwanalpina*)、玉山野薔薇 (*Rosa sericea* var. *morrisonensis*) 等高山性灌木混生，呈開放式或閉鎖式植群，盤據於石礫地或岩屑地上，形成本省高山植群帶中之針闊葉樹混合灌叢 (conifer-hardwood mixed scrub)。然而，在少數幾處條件較佳之生育地，香柏可受到良好的庇護，並得到充足之水源，故得以發育爲高大之喬木，甚而鬱閉成林。綜觀本省之山地植群帶，分布海拔最高之森林植群多爲冷杉林，因此一般森林學者及植物學者論及林木界線時，總是以台灣冷杉爲其代表性樹種。香柏林雖位於冷杉林分布範圍之上，但其分布地點過於零星，且面積狹小，因此一般學者並未將其列入台灣主要之森林植群帶，而視爲一種珍貴而特殊之林型，主張善加保護，以維持這種寶貴之天然資源。

台灣過去的林業經營，著重於天然林木之收穫及人工林之建造，已砍伐之林地，由低海拔之闊葉林至高海拔之鐵杉及雲杉林均包括在內，唯一未受波及者爲林木界線之冷杉林，香柏林已在高山植群之列，亦得以完全保存至今。唯目前國人之旅遊活動日增，許多登山者踏遍台灣各處高山，香柏林也受到少許人爲的干擾，在提倡自然資源保育的今日，台灣各種森林及植群，均宜擇地設置保護區，尤其是數量稀少的林型或生態系，其保護區更應妥爲規劃。



圖一、香柏 (*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) 之形態特徵

- a: 直立大喬木
- b: 矮盤灌叢中之小灌木
- c: 雄球
- d: 雄球鱗
- e: 帶球果之小枝
- f: 雌球
- g: 球果縱切面
- h: 種子
- i: 三枚輪生葉
- j: 葉形
- k: 葉之切面
- m: 花藥

台灣省林務局有鑒於此，在民國75年規劃全國自然生態保護區時，即特別將雪山翠池附近之香柏林劃為雪山香柏林保護區，成為本省海拔位置最高之自然生態保護區，希望藉著保護區之設置，能對此地區採取更完善之維護措施，以防止珍貴之自然資源被破壞或濫用，進而保持其特殊植群之完整及生態系之平衡，以發揮涵養水源，庇護野生動植物之功能，並提供學術研究之材料及環境。

對於分布或產量稀少之特殊動植物，設立保護區或立法指定保護，是世界各國因應資源保育而致力之目標，在各保育先進國家，此方式已行之有年，且獲致相當良好之成果；如美國加州之世界爺國家公園（*Sequoia national park*），即為專責保護世界爺巨木而設。台灣在自然資源保護方面雖起步較晚，亦先後設立多處自然保護區及四座國家公園，其中亦不乏針對某種特殊珍貴之動植物而設置者，例如位於台東縣紅葉村之台灣蘇鐵保護區，就是為了保護被譽為「活化石」之台灣蘇鐵（*Cycas taiwaniana*）而設置。香柏之灌木，分布遍及全省高山絕頂，然香柏之喬木林則為數不多，其生育地代表本省最高的針葉林生態系，而其樹齡高達數千年，其樹體可謂保存了數千年來台灣的環境變遷資料，頗富學術研究價值。

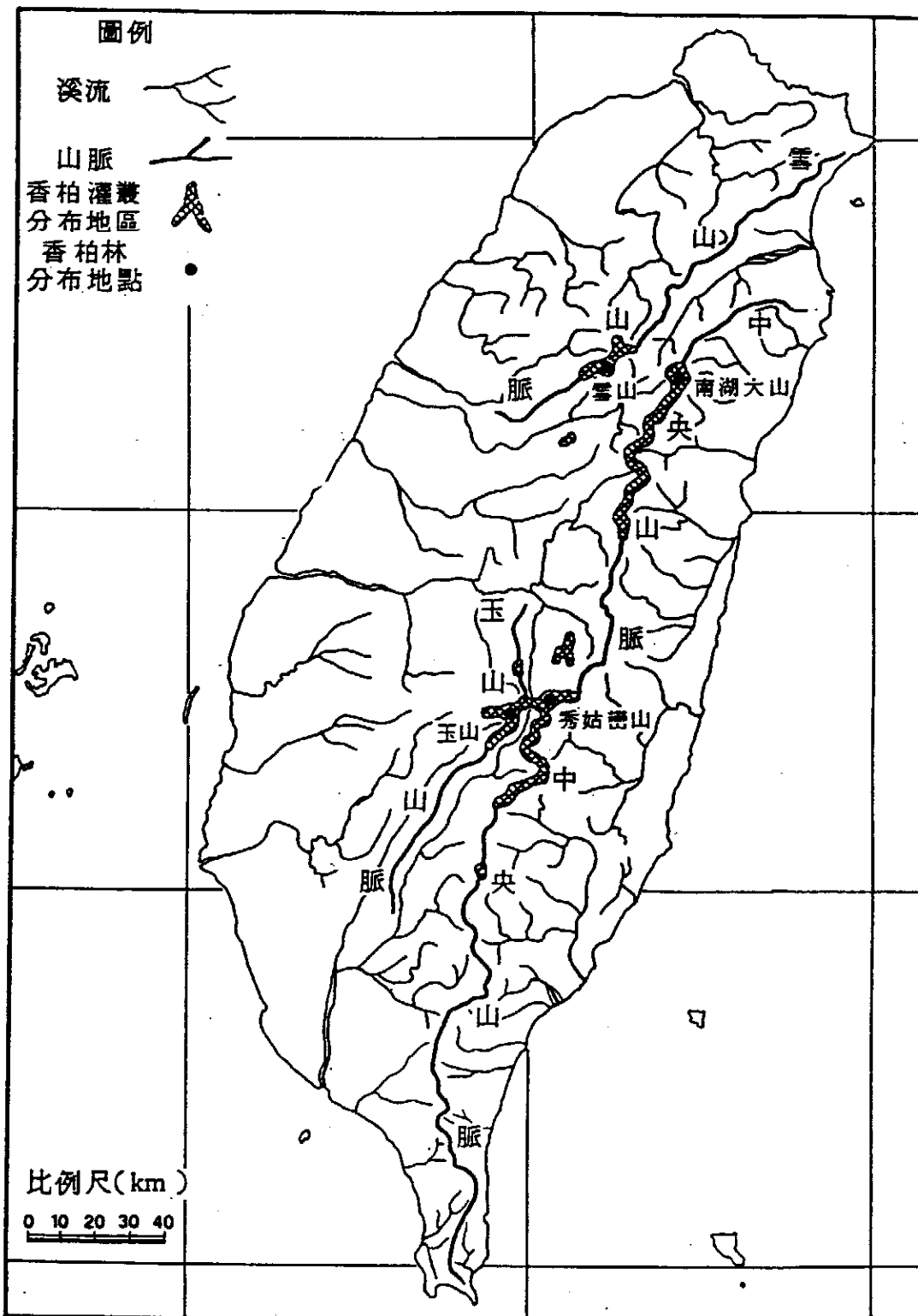
本研究之目的，乃在雪山翠池設置保護區之初，調查其生態環境及森林組成之基本資料，探討其生育地特性及植群型之分化，並對其族群動態及森林更新作初步之研究，以供保護區經營管理之參考，此等資料亦為動物學或其他後續性研究之基礎。

貳、香柏之生態環境及分布

一、香柏分布地點

台灣山地之植群帶，若依代表性樹種加以劃分，可區別為六大林帶 (Su 1984b)，其名稱、海拔高度範圍、溫度幅度及相當之氣候帶列於表一。香柏之生育地應屬高山植群帶，在台灣中部之玉山附近，其灌木之大量出現約在 3600 m 以上，在玉山排雲山莊附近 (海拔 3500 m) 尚是冷杉林之分布範圍，過了山莊後面之冷杉林，林中即出現少數之香柏喬木，不久，已至林木界線，香柏灌木以矮盤灌叢之姿態，成群覆蓋在主峯下之陡峭山坡上。在其他香柏之生育地，其海拔下限可能稍微降低，凡高山稜脊，環境趨於極端而不利森林發育之處，則有香柏之灌木出現。

香柏之灌木群落，分布較為普遍，大致在本省中央山系之雪山山脈、中央山脈及玉山山脈均可見之 (圖二)。一般而言，海拔在 3000 m 以上之山脊，即可看到香柏灌木零星出現或成塊狀叢生，出現在冷杉林之上方或林緣，或點綴在淺短之高山箭竹之中，至 3500 m 以上，則可見到大面積之香柏灌叢，或與玉山杜鵑混生，形成較為典型之灌木社會。雪山山脈北起台北縣之三貂角，起初均為不滿 1000 m 之小山，至台北縣南方之塔曼山山頂 (2103 m)，尚只有鐵杉林出現，至新竹縣南方之塔克金溪上游源頭，才出現 3000 m 以上之山峯，山頭上除鐵杉林及冷杉林外，已可看到少量之香柏灌木，如耶巴奧山 (3196 m)、伊澤山 (3296 m)、大霸尖山 (3505 m) 及東霸尖山 (3381 m) 等山，由大霸尖山至雪山 (3884 m) 之高聳山脊，則為雪止



圖二、香柏在台灣高山地區之分布地點

山脈香柏灌叢分布最多之處，除此之外，品田山（3529 m）至桃山（3324 m）之支稜，以及雪山至大劍山（3593 m）之支稜，亦有少量之香柏灌叢出現。

中央山脈北起宜蘭之蘇澳附近，至太平山一帶僅有兩千公尺左右之山峯，太平山以南，山勢逐漸升高，至南湖大山之北山（3536 m）及北峯（3580 m）已有大量之香柏灌叢出現，而在更低之審馬陣山（3139 m）稜脊，也有不少香柏灌叢出現在箭竹草坡，南湖大山之圈谷及稜脊上，香柏大量出現，自北向南，沿中央山脈之分水嶺上，凡在3,000 m以上之山脊大多有香柏灌木散生，在特殊之風口地形，香柏灌木更形密集，如合歡山附近之克難關，可見到香柏灌木糾結成團，其主幹低伏地面，甚或彎曲成環，顯示在強風下之特殊景觀。中央山脈最高峯之秀姑巒山（3860 m）及馬勃拉斯山（3805 m）附近，是另一香柏密集之處，在其鞍部或寬平之山肩上，甚至有喬木林出現。中央山脈南端，海拔逐漸降低，較高之關山（3666 m）頂上全為淺短箭竹，僅有少數香柏灌木散生，至更南方之卑南主山（3293 m）香柏灌木已極稀少，在最南端之高峯如大武山（3090 m），頂上只有鐵杉林及箭竹，已無香柏之分布。

在玉山山脈附近，香柏分布在主峯（3997 m）以及附近3500 m以上之山頭及稜脊，如北峯（3920 m）、東峯（3940 m）、南峯（3900 m）、小南峯（3615 m）、東小南山（3709 m）等地，均有密集之灌叢，局部地點亦有香柏林之形成，在更低海拔之冷杉林中，香柏亦在林中出現，形成推移帶。

綜觀香柏在全省之分布海拔，似乎以玉山山脈最高，香柏灌叢出現之最下限，約在3400～3500 m之間，在雪山山脈及中央山脈北端，其下限可降至3000～3200 m左右，中央山脈南端，香柏之海拔下

限亦稍降低，例如在關山嶺山（3174m）尚可見到香柏之灌叢。至於香柏之喬木林，其形成之條件較為特殊，故被植物學者發現之機會亦較少。

有關香柏林在台灣地區之分布，最早提到的是日本地理學者鹿野忠雄和吉村信吉（1934），彼等在雪山附近研究高山池沼之物理及化學性質時，曾提到翠池周圍被台灣冷杉及香柏林所圍繞，惟該文並未進一步描述香柏林之組成及構造。迨至植物生態學者鈴木時夫（1935）從事秀姑巒山及馬勃拉斯山植群調查時，才對此林型有了較詳細之觀察及描述，鈴木氏共劃分出四種香柏群落，其中包括秀姑巒山北鞍之香柏林。其後在鈴木氏與福山伯明、島田秀太郎（1939）等人所作之南湖大山高山植物群落研究中，對於香柏林之分布、生育環境、形相、樹高及胸徑、下層灌木及草本之種類及高度、覆蓋等，均有詳細描述及列舉。本國植物地理學者柳楮（1961）經由實地踏勘及航空照片研判，指出台灣共有四處高山地區具有香柏林，這四座高山分別是雪山、玉山、秀姑巒山及南湖大山，後來在論述台灣植物群落時，亦將香柏林劃入針葉樹林群系之中（柳楮 1971）。香柏在台灣高山之群落，依組成及形相可分為七型（蘇鴻傑 1975），即香柏喬木型、香柏—冷杉喬木型、閉鎖式香柏灌木型、開放式灌木型、香柏—箭竹灌木型、閉鎖式香柏—玉山杜鵑灌木型及開放式香柏—玉山杜鵑灌木型，各種植群型之出現地點視生育地情況而定，其中第一型即香柏喬木林型，僅發現於雪山北峯（3702m）東南角、雪山翠池谷地、南湖大山東南稜（南湖池畔）、玉山北峯鞍部東側及秀姑巒山東南鞍部等地區。應紹舜（1976）亦提及雪山翠池附近及秀姑巒山、馬勃拉斯山之間鞍部有生長良好之香柏林。

綜上所述，大致可以描繪出香柏林在本省高山地區之分布狀況，

由北而南，分別出現於雪山北峯東南鞍部、雪山西側翠池谷地、南湖大山東南稜南湖池畔、秀姑巒山至馬勃拉斯山之間鞍部、秀姑巒山東南鞍部、玉山北峯鞍部東側等處（圖二）。若檢視這些生育地，則不難發現，它們具有一些共同條件，而適合香柏林之生存，例如均位於高聳而龐大山塊之腹側、避風之冰斗狀谷地或平坦鞍部，其生育地坡度平緩，土壤保力水大，翠池及南湖池之香柏林中央甚且積水成池，其分布之海拔相當固定，均在 3400 至 3700 m 之間，在此海拔高度以下，則過渡至冷杉林，向上則轉為高山植群之草本及灌木群落。類似上述條件之地點在台灣並不多見，因此造成香柏林之零星分布，無法形成廣大而連續之森林帶。

二、生育地氣候

香柏之生育地不論為喬木或灌木，均屬高山植群帶之範圍（表一），其海拔高度雖在台灣南北端之間稍有變化，但溫度之幅度則較固定（Su 1984a b, 1985），以年平均溫度而言，已在 5°C 以下。生態學者常以全年中每月平均溫度大於 5°C 之度數累加，成為溫量指數（warmth index, WI），則台灣高山植群帶之溫量指數不超過 12°C，顯示植物之生長期不多，此亦為高山植群之通性。

台灣山地氣候之變異，除了海拔高度之變化而影響氣溫以外，各地之地理位置則影響到雨量之多寡及季節性分布，故山地氣候應以三度空間之變化表示，除了以氣溫劃分氣候帶之外，亦宜以地理位置劃分氣候區（Su 1984~1985），然氣候區之間的變異，在低海拔及平地較為明顯，至高海拔地區，則各種氣候因子之變化趨於一致，而氣候區之差異已不明顯（Su 1985b），故香柏之生育地宜列為台灣之高山氣候區，即圖二中所標示之生育地點，氣候已相當一致，在此地

表一、台灣中部山地植群帶之海拔高度與溫度幅度

Altitude zone 高度帶	Vegetation zone 植群帶	Altitude (m) 海拔高度(公尺)	T _m °C 年平均溫度 °C	W _T °C 溫度指數	Equivalent Climate 相當氣候帶
alpine 高山帶	alpine vegetation 高山植群帶	> 3600	< 5	< 12	subarctic 亞寒帶
subalpine 亞高山帶	Abies zone 冷杉林帶	3100 - 3600	5 - 8	12 - 36	Cold-temperate 冷溫帶
upper montane 山地上層帶	Tsuga-picea zone 鐵杉雲杉林帶	2500 - 3100	8 - 11	36 - 72	Cool-temperate 涼溫帶
montane 山地帶	Quercus (upper) zone 櫟林帶(上層)	2000 - 2500	11 - 14	72 - 108	temperate 溫帶
	Quercus (lower) zone 櫟林帶(下層)	1500 - 2000	14 - 17	108 - 144	warm-temperate 暖溫帶
submontane 山地下層帶	Machilus-Castanopsis zone 楠櫟林帶	500 - 1500	17 - 23	144 - 216	subtropical 亞熱帶
foothill 山麓帶	Ficus-Machilus zone 榕楠林帶	< 500	> 23	> 216	tropical 熱帶

資料來源：Su 1984b

帶中，目前僅有之測候站爲玉山北峯，茲附其氣候觀測資料列爲表二。

玉山之年平均溫度爲 3.9°C ，由此推測香柏生育地之年平均溫度當在 $3.5^{\circ}\sim 6^{\circ}\text{C}$ 間，約與緯度 50° 至 60° 之地區相當。夏季之平均最高溫度出現於七至十月，約在 $10^{\circ}\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，冬季之一、二月，平均最高氣溫只有 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ；以平均最低氣溫而言，冬季可低至零下 $4^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，夏季亦僅有 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。台灣之高山氣候屬夏雨型，全年降雨以五至九月最多，十月以後雨量驟減，可見東北季風之水汽已影響未及，全年雨量約在 3000 mm 左右，然蒸發量僅有 1200 mm 左右，水分不致短缺，全年相對濕度平均爲 77% ，各月份多在 60% 以上。本省高山十一月至四月爲降雪期，其積雪至六月尙可見於少數隱蔽地點，全年之有霜日數，除五至九月較少見外，其餘月份均有霜日出現，總計無霜之生長季，大約共有四至五個月。台灣高山絕頂，一般風速較低海拔山區爲大，以玉山而言，年平均風速達每秒 4.7 公尺，冬季之風速較夏季爲大，七至九月多東南風，其餘各月則西風盛行（陳正祥 1961，戚啓勳 1969），然山地之風向變化極大，視地理位置及地形而定，測候站之資料並無代表性，一般而言，在沒有遮蔽之山頂，海拔較高之處多西風，在群山環繞之谷地則風速較小，風向由地形決定，而在風掠過之山口，風速極強，植物生長亦受限制。

綜合言之，香柏之生育地爲本省氣溫最低之山地，其夏季雨量頗多，然冬季以降雪爲主，有半年之積雪期，積雪較深之月份則有三個月（一至三月），其無霜之月份只有夏季之四到五個月，生長季約有 120 天左右。

表二、台灣高山植群帶氣候資料（玉山北峯測候站）

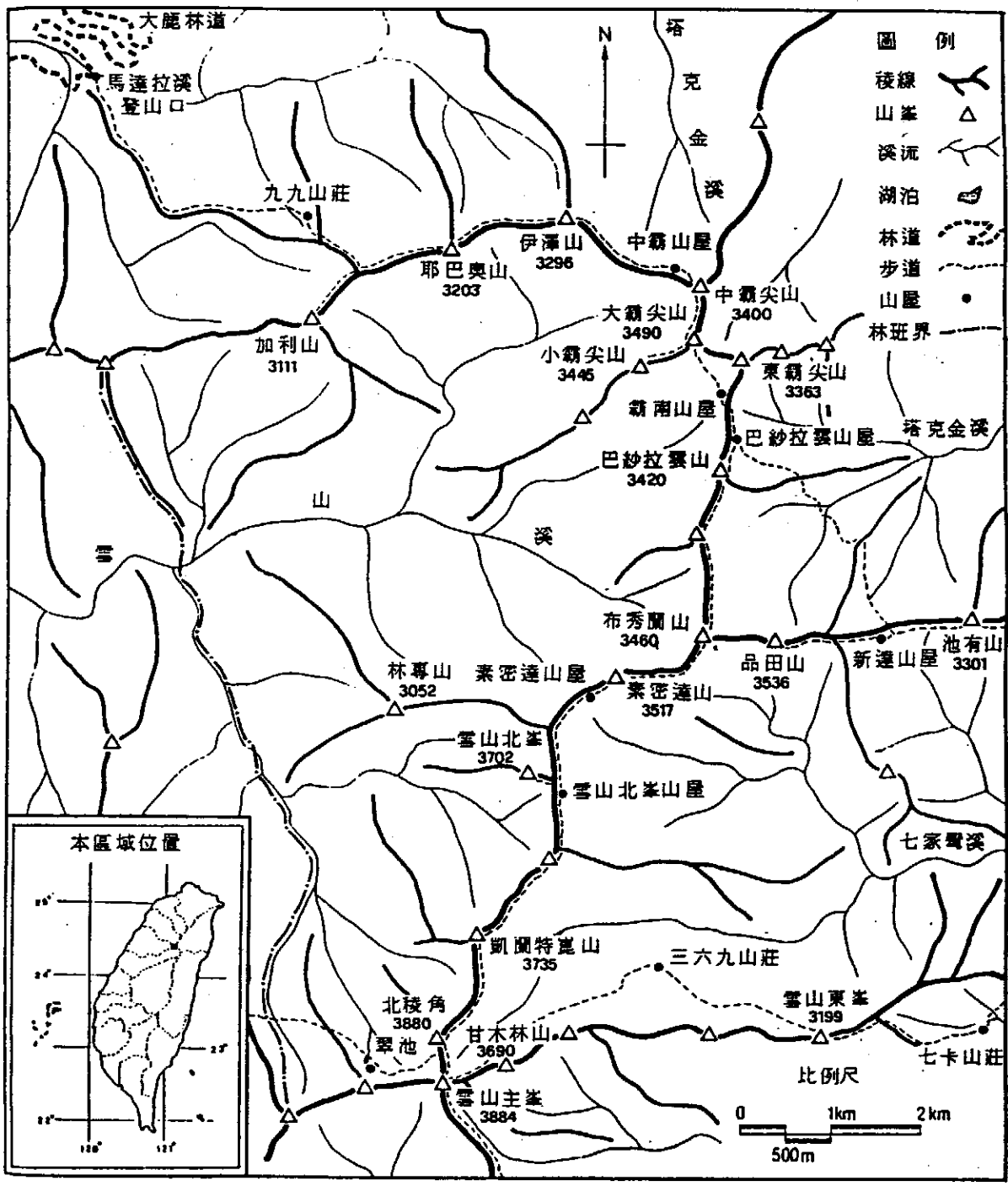
項 目 \ 月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均氣溫(°C)	-0.7	-1.1	0.5	2.4	5.5	6.3	6.8	6.9	6.7	6.8	4.7	2.2	3.9
平均最高氣溫(°C)	4.7	3.2	4.9	6.4	10.6	10.1	11.9	12.6	12.5	13.9	10.4	6.5	9.0
平均最低氣溫(°C)	-4.4	-4.5	-2.8	-0.3	2.5	3.9	3.8	3.7	3.4	2.6	0.9	-0.9	0.7
平均相對濕度(%)	64	79	79	86	83	90	82	83	78	59	63	74	77
平均風速(m/sec)	6.0	5.4	5.5	5.2	4.0	4.4	4.7	3.2	3.8	3.2	5.0	5.6	4.7
降水量(mm)	23.7	76.1	234.5	364.8	347.6	535.6	634.2	238.5	332.8	30.2	47.9	173.1	3021.0
蒸發量(mm)	129.5	79.9	86.7	64.7	94.7	50.7	99.4	91.2	106.5	155.5	115.5	105.3	1179.5
有霜天數(天)	9.8	4.5	3.0	5.3	1.5	-	0.3	-	1.8	5.0	13.8	9.5	54.5
降雪日數(天)	4.5	5.0	7.0	3.3	0.3	-	-	-	-	-	0.8	1.5	22.4

統計年份：1944～1952

叁、雪山香柏保護區之位置及環境

按林務局之初步規劃，雪山香柏保護區之位置設定為國有林大安溪事業區第 61 林班，面積共有 2992 公頃，行政區域屬於苗栗縣泰安鄉梅園村，林政上屬於大甲林區管理處（見圖二及圖三）。本林班位於雪山山脈主脊西側，為大安溪上游雪山溪之完整集水區，開口向西，全區海拔最低處為西側開口之 1900m，最高點在林班東南角上之雪山主峯，將近 3900m，在同一林班內，海拔高差幾達 2000m。雪山山脈以雪山主峯為中心，向周圍以放射狀分出五條山稜，其中以向北延伸之雪山一大霸稜線高度最高、綿延最廣，構成桃、竹、苗三縣之脊樑，這段山脊由南向北依次羅列著雪山主峯、北稜角（3882m）、凱特蘭崑山（3735m）、雪山北峯、穆特勒布山（3620m）、素密達山（3517m）、布秀蘭山（3460m）、巴紗拉雲山（3420m）、大霸尖山等高峯，由於整個山塊的上升作用正在進行，從這些山峯發源之溪流，縱橫全區，切割作用相當劇烈，因此只有在溪流源頭附近才出現較為平緩的地形，其餘部分均為陡峭深峻之高山峽谷，在雪山主峯之北、東北、西北三面都各存在著冰河遺跡之圈谷地形，其西北面圈谷底部，有一小積水池，即翠池（圖三）。按 61 林班之劃分範圍，東邊以雪山至大霸尖山之山脊為界，北面之界線由大霸尖山西伸，經伊澤山、耶巴奧山到加利山，西界以雪山溪之兩支流為線，南方之境界線則以翠池南側之山脊為準，在全區內，香柏林僅出現在雪山北峯及翠池四周，而以翠池附近最為發達。

翠池海拔約在 3530m，其所在之谷地，因東側有雪山主峯至北峯高達 3800m 之龐大山脊屏障，南方有高約 3650m 之稜線庇護，西側山



圖三、雪山香柏保護區及附近地形略圖

脊海拔亦達 3600 m，因此谷地之地勢十分封閉，有利於植群生長。翠池位於雪山溪源頭，周圍地勢平緩，除幾條小支稜使地表略呈起伏之外，整個谷地呈現向北緩緩傾斜的地勢，坡度約在 5° 至 30° 之間，由於地勢緩和，土壤容易積聚，周圍有高山屏障，強風不易吹襲，香柏遂在此有利條件下，生長良好且蔚為純林。

雪山山脈的地質組成主要由自始新世至中新世之板岩及石英岩為主，並有頁岩、硬頁岩、砂岩及石英質砂岩等岩層夾雜。稜線上經常可見塊壘狀之突起山頭，山頂平坦或呈圓頂，但四周卻以陡峭而近乎垂直之勢形成懸崖或岩壁，崖壁下方則堆積著由母岩風化碎裂之石礫及岩屑，構成所謂之「崖錐」，大霸尖山及小霸尖山即為最典型的例子。雪山主峯西側及南側，以及北稜角東、西、南三側亦有此現象。經由此類崖錐所形成之碎石坡，在雪山至大霸尖山路途上更是隨處可見；翠池上方亦有一處由碎裂岩塊堆積而成之斜坡，其上寸草不生，與周圍幾成鬱閉之香柏林構成十分強烈之對比。由於高山岩石之強烈風化作用，稜線上及碎石坡上土壤發育不良，成分以岩屑及石礫為主，間有裸岩露出地面或孤立成峯，無法孕育森林，於是山脊附近形成以開放式灌木及草本為主之高山植群；但在少數谷地或坡度較緩之山坡上，土壤積聚，保水力提高，有利植群生長，更由於植群之作用，使土壤發育完全，形成土層深厚而潤濕之生育地，且積聚大量腐植質，故得以發展為生長良好之森林。

雪山地區由於沒有測候站之設置，故當地確實氣候資料無從得知，綜觀台灣高山地區，僅玉山北峯設有測候站，雪山主峯之海拔較玉山北峯略低而緯度較高，氣候條件十分類似，因此上文所列之玉山北峯氣象資料（表二），尚可提供參考，惟玉山之氣候資料僅能代表高山植群帶，在預定之保護區範圍內，海拔高度可下降至 1900 m 左右，

若依表一之列舉，在高山植群帶以下尚有各種氣候帶及林型，此將於後文再略加記述之。

由於在預定之範圍內，面積雖將近3000公頃，但實際上香柏林之分布僅見於翠池附近及雪山北峯一帶，北峯附近之香柏林面積很小，且已在林班界之外，屬七家灣溪流域，故大規模之香柏林只有翠池一地而已。本研究調查時間有限，在研究期間內，對於整個預定地範圍內之植群型，僅作大略勘察，對各種林型之生育地點稍加描述，而將調查重點集中在翠池四周之香柏林，然爲了瞭解高山植群帶（含香柏林及香柏灌叢）內各種植群型之分化及生育地差異，取樣之範圍乃擴大至冷杉林之林木界線以上的地區，在北方之伊澤山及大霸尖山附近，以及由雪山主峯至雪山北峯之稜脊均設置樣區，而以雪山主峯西側之翠池谷地取樣最多。

肆、研究項目及方法

一、香柏林分布範圍之調查

本研究主要之調查對象為雪山翠池之香柏林，故進行取樣工作之首要項目為確定香柏林所在之實際範圍，若由航照圖研判，可清晰看出香柏林上方與灌木交接之林木界線，但其下限與台灣冷杉混生而形成推移帶，在此帶中，兩樹種交混並存，其外觀甚為類似，實不易由航照圖判識。因此本研究係選擇眺望良好之山峯，如雪山主峯及北稜角等地，在峯頂以羅盤儀，觀測香柏林分布之邊界，由樹冠之形狀及顏色區別冷杉林及香柏林，而繪製香柏林之分布範圍。

二、植群調查取樣方法

由於香柏林是位於冷杉林帶及高山植群帶之間的特殊位置，因此在設置樣區時，為了觀察冷杉林、香柏林及高山植群間之推移變化，乃設計沿著兩條縱軸設立樣區，並調查其中之植群組成，其中之一位於翠池西側小稜線上，另一條則沿著翠池東側之溪谷而設，樣區如此安排，其目的在於比較香柏林在稜線與溪谷之分布是否有所差異。樣區調查方式是採用 $10 \times 10 m^2$ 之單一様區，由於樹種單純，大多為香柏純林，少數幾個位於推移帶內之樣區有冷杉出現，因此除記錄樹種名稱及胸高直徑外，並描述其外觀形相、層次構造及每層之高度；灌木層及草本層則採多樣區法調查，共取 10 個 $1 \times 1 m^2$ 之小區；分別記錄出現之灌木及草本名稱，其數量以覆蓋度測計，如此合成一個森林樣區之植群原始資料。同時並在現場調查樣區之海拔、坡度、方位

、地形及含石率等環境因子資料，與上述植群原始資料合成完整之原始資料。這一類森林樣區共設置21個，其中包括17個香柏林樣區及4個香柏—冷杉推移帶樣區。

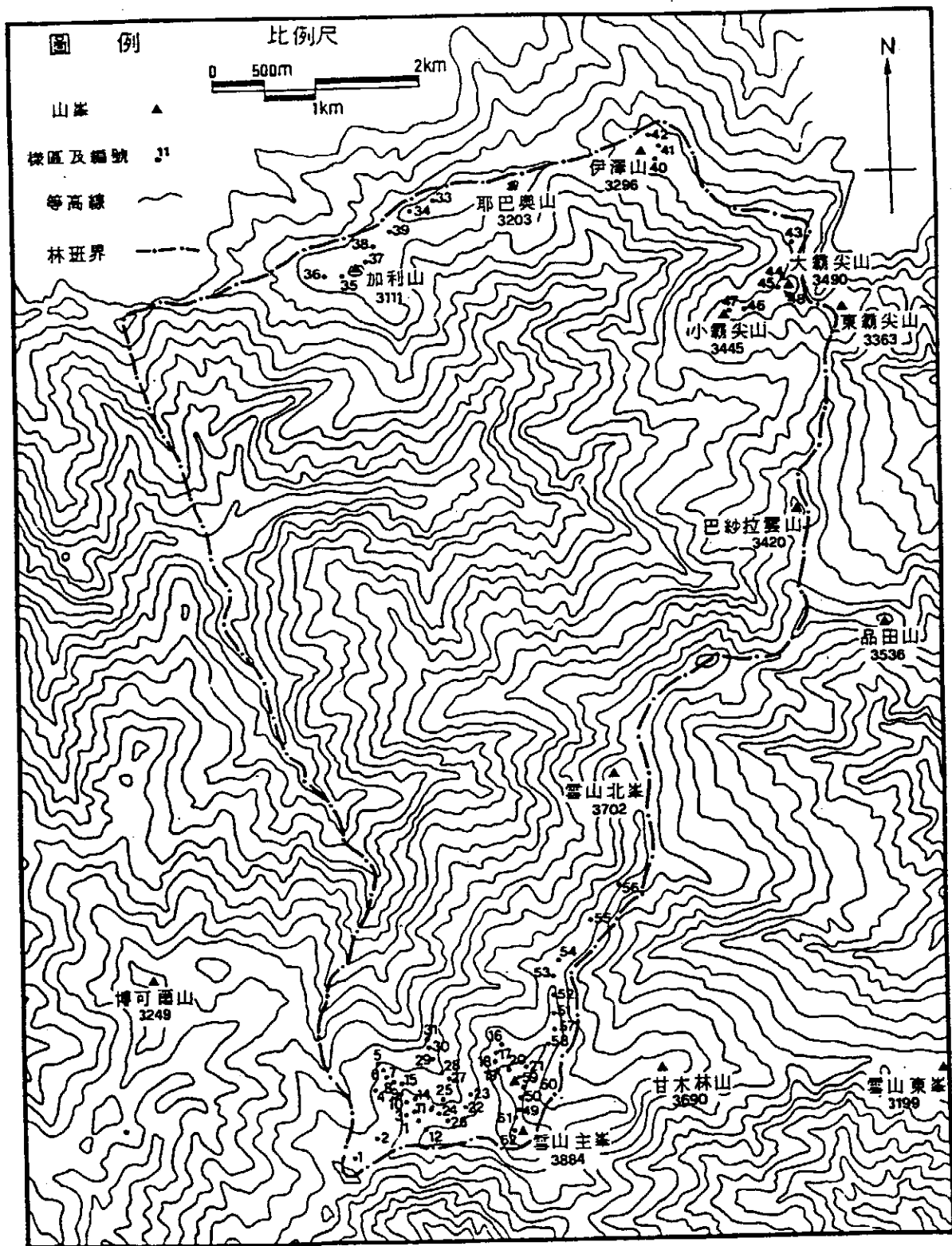
此外，在翠池香柏林上方及北稜角北面又分別設置4個及6個灌叢植群之樣區，每一樣區為 $10 \times 10 m^2$ 或由4個 $5 \times 5 m^2$ 之小樣區合成，分別記錄灌叢之種類、高度及覆蓋度；至於草本層之取樣方式及觀測項目同於森林樣區，環境因子亦一併觀測。為配合上述木本植群樣區之分析，以求得完整之高山植群組成，本研究並在加利山至大霸尖山途中及雪山主峯至北峯稜脊上，再設置30個草本植群樣區，每一樣區由10個 $1 \times 1 m^2$ 之小區所合成，同樣調查每一小區內出現植物之種類及覆蓋度，以及每一樣區之環境因子。以上總計共設置62個樣區，所有樣區所在位置參見圖四。

為了便於長期觀察香柏林木之生長及更新，本研究並設置一處永久樣區（見後文說明及圖），位於翠池西側小稜線上之成熟林分內，面積為 $30 \times 30 m^2$ ，海拔約在3540m左右，坡度 20° ，方位為東北向，平均樹高約11m，多為成熟之林木，胸高直徑在40至70cm之間。調查項目除比照前述森林樣區之外，並選擇4株不同直徑級之香柏喬木，以生長錐鑽取年輪木條，以便計算年齡及分析香柏之齡級分布。

三、香柏族群構造調查方法

由於香柏林位居台灣高山植群帶，組成單純，優勢種僅香柏而已，不若本省中低海拔森林之構造複雜，樹種繁多，因此適合以香柏單一樹種作族群結構之研究。

一般植物學者咸信，雪山翠池地區之香柏林生長已達平衡狀態，若無外力干擾，目前形勢當可長久維持。此說之信念乃建基於香柏林



圖四、大霸尖山至雪山附近地形及樣區設置位置圖

所佔據之生態位置極為特殊，位於冷杉林帶上方之高山植群帶中，其他林木難以侵入，更遑論取代，在缺乏競爭之情況下，其現況之維持自不受威脅。本研究即希望能調查香柏林之族群結構，求得其齡級分布及生存曲線（survival curve），藉以瞭解香柏林在本區域之生育情形及更新狀況，以驗證上述說法之正確性。

為獲得族群構造調查之基本資料，除引用前述植群調查之香柏直徑，再另外設立 $10 \times 10 m^2$ 之香柏林樣區，調查樣區中樹高 $1.5 m$ 以上香柏之胸高直徑，共計取得 35 個樣區。此外，為求得香柏直徑級與齡級間之關係，再以生長錐鑽取部分香柏林之年輪木條，直徑較小之香柏幼樹則直接鋸取一段樹幹圓盤，如此取得之香柏年齡資料共 18 組，直徑級分布由 4.5 至 $25 cm$ ，年齡分布由 63 至 367 年。

四、原始資料之統計

本研究取樣之植群型大略可區分為喬木型、灌木型及草本型，各型植物介量之觀測標準如前述，但在進行植群分析之前，必須先將不同標準之植物介量單一化，以便利比較。以下分別針對各植群型之處理方式作一說明：

(1) 喬木型：本型植群可大致區分為兩層，上層為香柏及台灣冷杉喬木，取樣時乃量取每一單株之胸高直徑，統計方式為計算樣區內同一樹種之總胸高斷面積，除以該樣區內所有樹種胸高斷面積之和，便得到該樹種之胸高斷面積百分率，然後再依八分級制（octave scale）（Gauch 1982），將百分率轉化為對應之級值（表三）。下層為灌木及草本層，取樣時每一樣區設 10 個 $1 \times 1 m^2$ 之小區，小區內記錄每一種出現植物之覆蓋度（%），將十個小區合併計算所得之平均覆蓋度，可以同樣方式轉化為八分級值，但為了避免草本層之級值接近或高

於喬木層之級值，因此將草本層之級值除以 3，令草本層之級值不超過 3，以使上下層之優勢度分配與現況相符。

(2) 灌木型：本型亦可劃分為兩層，上層為木本之玉山杜鵑、香柏、高山柳等灌木，取樣時每一樣區面積為 $10 \times 10 m^2$ 或由 4 個 $5 \times 5 m^2$ 之小區合成，記錄樣區內出現樹種之覆蓋度，因此，整理時直接將覆蓋度化為八分級制之級值即可。而下層草本之取樣及轉化級值方式與喬木型相同。

(3) 草本型：本型取樣時是以 10 個 $1 \times 1 m^2$ 之小區合成一個樣區，整理時計算每一出現植物之平均覆蓋度，再將之轉化為八分級值。

表三、Gaussh 八分級制 (octave scale) 數據轉化表

級	植物介量 (%)	級	植物介量 (%)
0	0	5	$4 \leq X < 8$
1	$0 < X < 0.5$	6	$8 \leq X < 16$
2	$0.5 \leq X < 1$	7	$16 \leq X < 32$
3	$1 \leq X < 2$	8	$32 \leq X < 64$
4	$2 \leq X < 4$	9	$64 \leq X < 100$

五、環境因子計量與評估

各生育地間之環境差異，可用於解釋其植群分布、形相分化及生長狀況之變異，因此環境因子必須加以觀測，或作數量化之間接評估，以作為植群分析結果之解釋或研判基礎。由於時間或儀器上之限制，某些長期累積效應之環境因子，不宜採用短期或瞬間之測計方法（蘇鴻傑 1987），因此宜另謀簡易之長期效應評估方法，或間接之評估方式，而以指數表示出實際環境影響之相對程度。本研究測計之環

境因子有海拔高、方位、坡度、含石率、太陽輻射及風的效應等項。以下分別針對各項因子可能造成之影響提出說明，並簡介其觀測或評估的方法（參見蘇鴻傑 1987）：

(1) 海拔高

海拔高直接影響溫度梯度及大氣壓力之變化，而間接控制植群之大幅度變異。海拔高度可利用氣壓高度計在樣區中央位置加以測定，然儀器之精密度及氣候之短期變化，常左右測定值之正確性。另一方法是將樣區位置正確標示於等高線圖上，再由圖上讀出海拔高，此法比較不受外在因素影響，常可得到較為正確之數值，惟必須確知樣區所在位置。本研究採用第二方式，在等高線圖上標示出樣區之海拔。

(2) 方位

方位係指生育地最大坡度所面臨之方向，在一個均勻之坡面上，就是與等高線垂直的線向下坡所指之方向，不同方位導致溫度、日照、濕度與土壤水分之差異。其測定方式可以用羅盤儀在現場讀取方位角，或於地形圖上得之。惟方位角數值與其產生之效應並無直接關係，因此為探討與植群之關係，宜將方位角轉化為效應之相對指數。常用之方式係以一圓表示 360° 之方位，通過圓心將其劃分為 8、12 或 16 等分，代表不同之方位，每一方位賦予一簡單的整數以示其影響程度。方位之影響常以水分機制表示，以北半球而言，西南向最乾燥而東北向最潮濕，故可賦予一系列相對值。本研究由東北至西南分別給予 4~10 之值，稱為水分梯度級 (moisture gradient class)，以顯示方位所影響之水分機制 (Whittaker 1960)，各方位之指數如下：北、北北東及東北：4；北北西及東北東：5；西北及東：6；西北西及東南東：7；西及東南：8；西南西及南南東：9；西南、南南西及南：10。

(3) 坡度

坡度是指生育地地面之傾斜度，通常以角度或百分率表示，坡度主要可影響土壤之發育、堆積及排水性，並可控制太陽輻射之入射角，而影響日照強度及局部氣候。樣區之坡度可利用傾斜儀在現場直接測出，亦可由地形圖上樣區所在位置換算得知。

(4) 含石率

含石率可以指示生育地土壤之發育程度。高山地區土壤發育不良，供植物生長之基質可能大部分或完全由岩石、碎屑或石礫所組成，因此含石率便經常成為決定植物社會組成之重要因子，尤其在高山林木界線附近影響力更大。一般測定含石率常採用現場估計方式，大略評定樣區內土壤所含岩石之百分率，再轉化為若干級值，本研究採用5級制來評估含石率：1級：0～5%；2級：5～35%；3級：35～65%；4級：65～95%；5級：95～100% (Franklin et al. 1979)。

(5) 太陽輻射

太陽輻射不僅為一切生物能量之來源，且控制生育地之大氣候及局部氣候，影響植群生長之太陽輻射，以長期累積之效應為主，若在現場以測光表讀出光度，僅代表瞬間之太陽輻射量，深受當時天氣之影響，無法顯示該生育地長期之輻射效應。因此，太陽輻射之估計，宜由間接方式評估得之。一般而言，可視樣區周圍山脊或地形變化處，測定其方位角及高度角，以製圖方式，用一圓代表未受遮蔽之天空範圍，繪出各樣區空域受地形遮蔽之情形，估計剩餘未受遮蔽之比例，以全天光空域 (WLS) 及直射光空域 (DLS) 表示 (蘇鴻傑 1987)，全天光空域指樣區所在地整個天空未受遮蔽之範圍，直射光空域指夏至與冬至間太陽在天空運行軌跡面未受遮蔽之範圍。

(6) 風之效應

對於高山地區之植物而言，強風或季節性之盛行風向，常對其形相及生長具有顯著之影響，如樹冠偏向風下之一側，植株矮小匍伏地面，主幹扭曲無法直立等變形，謂之風雕效應（wind-trained effect）。此效應亦為因子長期作用累積之結果，宜採用間接評估之方式，以地形遮蔽率為根據，由一般測候站得知強風盛行之方向（例如東北季風），則評估此方向範圍內之地形遮蔽率，即可代表該生育地受強風影響之程度；至於遮蔽率之計算，可參考前述 WLS 之估計法，但觀測角度僅限於盛行風向之範圍（東北向及東南向）。

六、資料分析方法

本研究採用降趨對應分析法（Detrended Correspondence Analysis, DCA）、列表比較法（tabular arrangement）及矩陣群團分析（Matrix Cluster Analysis, MCA）來處理現有62個樣區之植群資料。因樣區及樹種（102種）之資料龐大，必須借助多變數分析法之數學運算，以期能夠察覺出肉眼或一般經驗所無法辨識之微量變化。以下分別就三種方法作一簡要說明：

降趨對應分析法為分布序列法（ordination）之一種，分布序列法最初為Wisconsin大學之Curtis所研究與提倡，此法之目的是要將樣區或樹種沿著某一梯度排列，其原理十分類似統計學上之主成分分析（Principle Component Analysis, PCA）。當樣區及樹種的分布序列值依序排列出來後，再檢驗此梯度與所觀測之環境因子是否有相關，因此，分布序列法又稱為間接梯度分析。降趨對應分析法是分布序列法的一種，係由Hill（1979）為改良交互平均法（Reciprocal Averaging, RA）所發展。交互平均法的基本原理為樣區序列值乃樹種值之加權平均，而樹種序列值又為樣區值之加權平均，其計算公式如下

$$X_j = \frac{\sum A_{ij} \times W_i}{\sum A_{ij}} \quad , \quad Y_i = \frac{\sum A_{ij} \times X_j}{\sum A_{ij}}$$

X_j : 樣區 j 之分布序列值

A_{ij} : 第 i 樹種在第 j 樣區之量

W_i : 第 i 樹種之加權值

Y_i : 第 i 樹種之分布序列值

首先可任意設定樹種之加權值，計算樣區之分布序列值，然後再以樣區之分布序列值為其加權值，計算樹種之分布序列值，如此反覆交互計算，則樣區及樹種之分布序列值均趨向穩定，因而每一樣區或樹種最後均可得到一個分布序列值。然而此法會產生軸端壓縮 (end compression) 之缺點，即在梯度兩端之樣區或樹種，其間之距離被壓縮而產生偏差，故在計算第二軸時，此法會修正該缺陷，將被壓縮之樹種或樣區在第二軸予以伸長，然而如此又產生另一弊病，即拱形效應 (arch effect)，就是原來為單一梯度之分布序列值，因改善軸端壓縮而在第二軸變為弧形。降趨對應分析法為改進這兩項缺點，先將每一軸分為若干段，而予以重新刻劃 (rescaling)，使各段之標準偏差相等，以消除軸端壓縮；再採用降趨 (detrending) 的方式修正第二軸的分布序列值，以減少拱形效應，本研究係採用個人電腦之 BASIC 程式進行 DCA 之運算 (詳見 Hill 1979, Gauch 1982, 蘇鴻傑 1987: DCARA 程式)。

列表比較法為歐洲大陸學派之基本植群分析法 (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974)，使用列表比較法時，事先不須決定任何樣區所屬之社會單位，然先將樹種之次序重新排列，使出現樣區位置相似的樹種靠在一起，其次再將樣區之次序重新排列，使組成相似的樣區排列在一起，如此相似的樣區便可合併為植群型，而達到植群分類

之目的，從而選擇各型之特徵種 (character species) 加以命名。本研究係參考樹種及樣區在 DCA 分析前二軸之座標，而達成重新排列之目的，同時另參考矩陣群團分析的結果，進行分類的工作。

矩陣群團分析法為數示分類法 (numerical taxonomy) 的一種 (Sokal & Sneath 1963)，在任何兩樣區之間，皆可經由數學運算而得到一個相似性係數 (index of similarity, IS)，此等數值可排列成矩陣，然後依相似性之高低，將林分先後合併，聯結成群。本研究所採用之相似性計算方式如下 (Motyka et al 1950)：

$$IS = \frac{2M_w}{MA + MB} \times 100$$

MA : A 林分中所有植物介量之總和

MB : B 林分中所有植物介量之總和

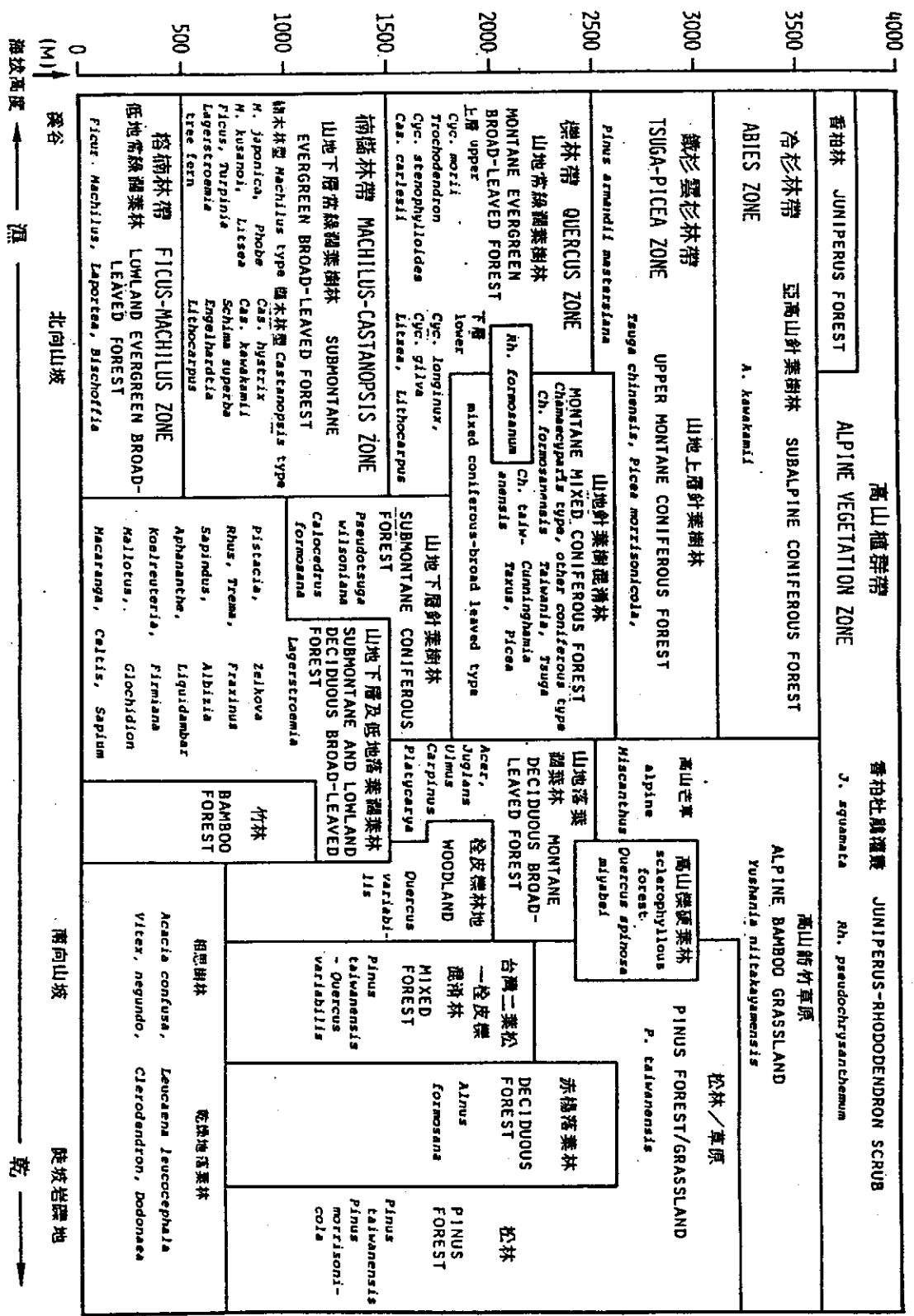
M_w : 共同出現植物較小介量之總和

聯結之方法相當多，本研究採用的為平均聯結法 (Average linkage) 中的加權配對群法 (weighted pair-group method)，每次將相似性最高的兩樣區或兩合成樣區，合併為新的合成樣區，再進行下一次的聯結，直到所有樣區完成聯結為止。樣區聯結完成之後，便可導出樹枝圖 (dendrogram)，顯示樣區之層級系統關係，而據以進行分類的工作。

伍、研究區內林型分布概況

山地植群分布常隨著海拔高度而呈現明顯之垂直帶狀分化 (Dabbenmire 1943, Tansley 1939, Pearsall 1950, Poore and McVean 1957, Wilton 1964)，以本省之天然林植群為例 (參見表一)，由低至高海拔可依次區分為榕楠林帶 (500 *m* 以下)、楠櫨林帶 (500 至 1500 *m*)、櫟林帶 (1500 至 2500 *m*)、鐵杉雲杉林帶 (2500 至 3100 *m*)、冷杉帶 (3100 至 3600 *m*) 及高山植群帶 (3600 *m* 以上) (Su 1984)。本研究區海拔範圍自 1900 至 3880 *m*，已跨越了櫟林帶、鐵杉雲杉林帶、冷杉帶及高山植群帶，其中所包含之林型及植群型十分複雜，一般言之，在上述四個基本植群帶中，由於生育地因子之差異，或處於演替之不同階段，因此各種植群之分布或呈不規則之帶狀分布，或呈現大小不同之鑲嵌構造，然主要之變化梯度則有兩個方向，一為海拔高度之影響而導致植群之分化，二為在同一海拔幅度內，由於地形、方位或土壤基質之差異而引起水分機制之分化，兩者交互作用，遂產生變化多端之林型。

試以台灣中部山地為例，由平地至高山頂上，所形成之一系列植群帶及林型之變化如圖五 (Su 1984b) 所示，圖中縱軸表示海拔高度，橫軸則代表水分梯度之變化，在梯度上不同之位置可出現各種植群型，其面積或大或小，有些代表該氣候下之盛行植群，有些則為特殊地形局部出現之植群。反觀本研究區內，海拔高度在 1900 *m* 以上，理論上應可看到圖五縱軸在 2000 *m* 以上之各種植群型，事實上由於研究時間有限，林木界線以下之林型在此次調查中無法取樣，僅由航照圖上研判，或由高山稜脊上以望遠鏡在現場核對，其大致分布位置如圖



圖五、台灣中部山地主要植群帶及林型在海拔高度及水分梯度上之分布

六所示，茲將主要之植群型及分布地點略述如下。

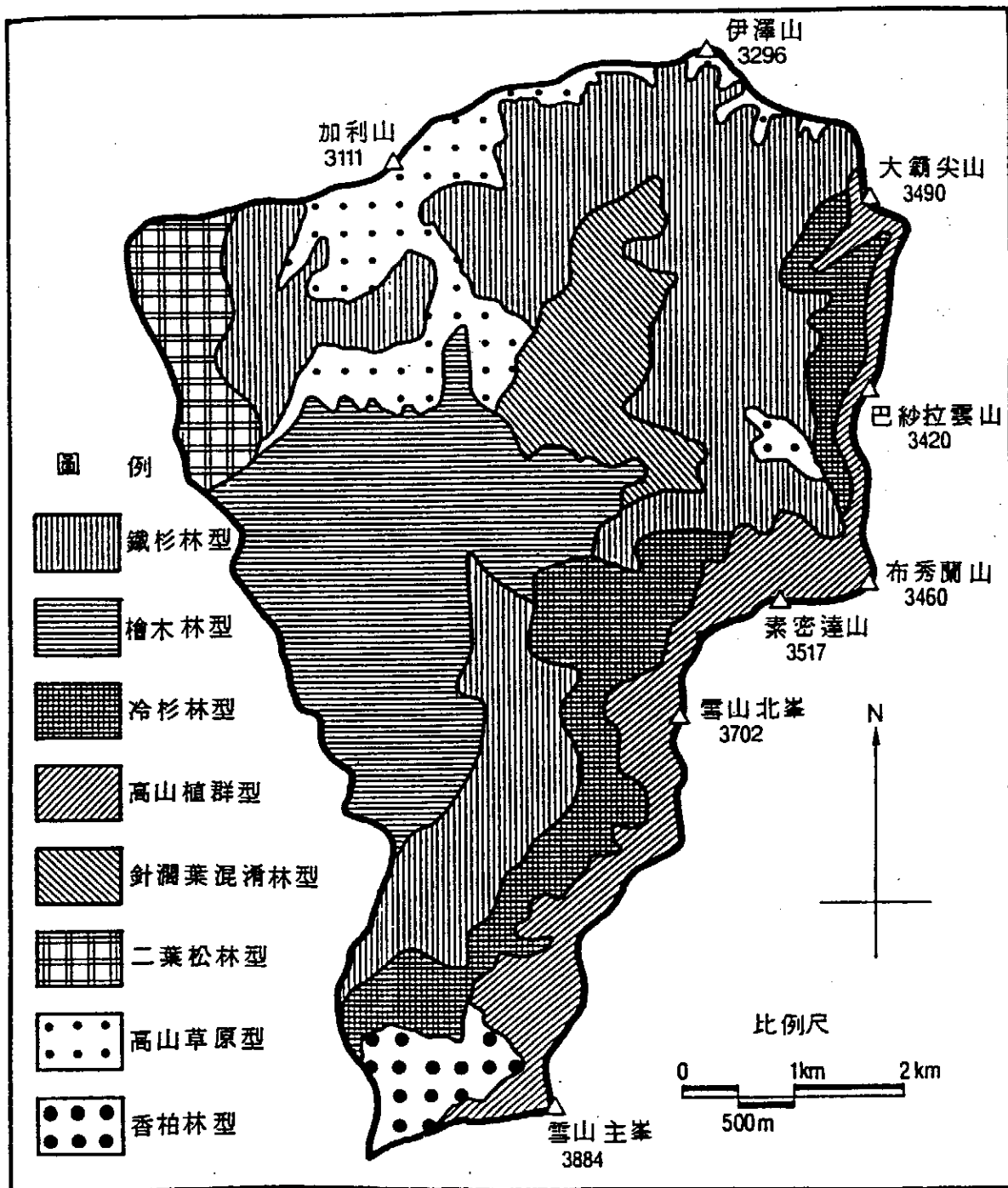
一、高山植群型

台灣的高山植群為亞熱帶地區高山林木界線以上之植物群落，其形成原因乃是由於地形及氣候共同作用之結果，本省高山地形陡峭，又因四周環海，氣候潮濕、雨量極高，山峯或稜線頂端表土被豪雨冲刷而至岩石裸露，劇烈的風化使岩石碎屑及土壤大量流失，沒有足夠的基質可供建立森林，只有某些灌木或草本植物可適應這種極端環境，成為本省高山植群帶的主要組成份子。本省典型的高山植群主要分布於玉山、雪山、秀姑巒山、馬勃拉斯山、南湖大山、中央尖山及關山等聳峙的高峯附近，組成份子主要為灌木狀之香柏及玉山杜鵑，此外在岩屑地及石礫還有羊茅 (*Festuca ovina*)、曲芒髮草 (*Deschampsia flexuosa*)、尼泊爾簕簋 (*Anaphalis nepalensis*)、玉山艾 (*Artemisia niitakayamensis*)、玉山薄雪草 (*Leontopodium microphyllum*) 等禾本科及菊科植物之分布。

本研究區之高山寒原位於雪山至布秀蘭山間之稜脊，由雪山主峯至北峯之稜脊，主要由開放式的香柏及玉山杜鵑群落所組成，但是由穆特勒布山至布秀蘭山之間，主要是由閉鎖式香柏群落所構成。

二、香柏林型

如前所述，香柏林在本省是以散落狀分布於幾座高山的腹地，各處的香柏林面積都不大，是處於高山植群帶與冷杉林帶之間的一種特殊林型。本研究區的香柏林分布於雪山主峯西側的翠池附近，其優勢樹種即為香柏，林下常見之伴生植物有玉山小蘗、玉山杜鵑、曲芒髮草、台灣鹿藥 (*Smilacina formosana*) 等，此林型為保護區之保護對



圖六、大霸尖山至雪山西側主要林型分布圖

象，其組成及構造將於後文詳述。

三、冷杉林型

台灣冷杉爲本省高海拔山區分布極爲普遍的樹種，廣泛生育於海拔 3100 至 3600 m 之山地，北始於大霸尖山，南至卑南主山，均有其分布，但更南之北大武山雖高達 3090 m，卻沒有冷杉林分布。冷杉林之特性喜好排水良好之坡地，對土壤及地形之選擇並不嚴苛，適應力極強，常可見其群落竝立於懸崖峭壁或大片生長於含石率極高之山坡或稜線上，因此得以分布廣泛，成爲本省海拔最高之森林植群帶。本省林木界線亦多爲此樹種所形成。本研究區之冷杉林分布於高山植群及香柏林之下方，海拔大約 3100 ~ 3400 m 的範圍。

本區之冷杉林優勢樹種以台灣冷杉爲主，只有在上下側推移帶會分別出現香柏及鐵杉 (*Tsuga chinensis*)、雲杉 (*Picea morrisonicola*) 等樹種，純粹之冷杉林林相十分整齊，樹幹正直，下層僅有少數灌木，如玉山杜鵑、玉山小蘗、台灣茶藨子 (*Ribes formosanum*)、樹大花楸 (*Sorbus randaiensis*) 等，以及地被草本，如玉山水苦買 (*Veronica morrionicola*)、山酢醬草 (*Oxalis acetosella*)、曲芒髮草、鋸齒葉鱗毛蕨 (*Dryopteris serrato-dentata*) 等，此外在土壤發育較好，土層較深厚之林下，則玉山箭竹 (*Yushania niitakamensis*) 大量出現而形成聚落，其他植物難以競爭。事實上冷杉林與玉山箭竹植群之間經常會發生交互演替之現象，生長於向陽坡面之冷杉林常有週期性之火災發生，火災後上層林木均被燒死，只餘下殘立之樹幹，形成所謂的白木林，但玉山箭竹之地下莖深埋土中，不易被燒死，災後生育地陽光、養分充足，玉山箭竹可迅速佔據所有空間，形成高山地區常見之箭竹草原。火災未曾波及之鄰近冷杉林仍可對火

災跡地下種，逐漸侵入被玉山箭竹所佔據之生育地，而造成冷杉之二次演替，但玉山箭竹之持續力很強，冷杉林之恢復不易，故箭竹草原常長期存在，而面積亦相當大（見圖五）。

四、鐵杉林型

鐵杉適生之海拔高度在 2500 至 3100 m 之間，但其下限可繼續延伸至 2000m 左右之櫟林帶，此一海拔範圍之山地在台灣地區佔有相當廣大的面積，因此鐵杉林在本省之分布相當普遍，其分布之海拔高度下限，約與台灣山地盛行雲霧帶之上側相當，在雲霧帶範圍內，為喜好陰濕的針葉樹及闊葉樹所生長（見下一型），超過雲霧帶以上，則為喜好直射陽光之針葉樹林，鐵杉便是典型之例，常形成純林，或與華山松（*Pinus armandii* var. *masteriana*）、二葉松（*Pinus taiwanensis*）及台灣扁柏（*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*）混生。由於各地雲霧帶海拔高度略有不同，鐵杉林之分布海拔亦隨著變化，在台灣中部，大約在 2500m 以上，台灣北部之拉拉山及塔曼山，則在 1900m 以上便可發現。

鐵杉樹型較似闊葉樹，樹冠開展，枝條分叉較多，不像冷杉只有單一而直立之主幹，成熟的鐵杉枝葉較稀疏，故林下光線較多，許多闊葉樹種及鐵杉幼苗可以生長，而形成第二層樹冠，這類闊葉樹種有森氏杜鵑（*Rhododendron morii*）、巒大花楸、小葉莢蒾（*Viburnum pavifolium*）、台灣莢蒾（*Viburnum taiwanianum*）、川上氏小蘗（*Berberis kawakamii*）、玉山灰木（*Symplocos anomala*）、日本柃木（*Eurya japonica*）、銳葉柃木（*Eurya acuminata*）等。此外亦可能如冷杉林般，有玉山箭竹密布其下，但在較低海拔之生育地，玉山箭竹則被高山芒（*Miscanthus transmorrisonensis*）所取代。鐵杉

林與冷杉林同樣可能遭遇火災，而在其分布區域內形成大面積之玉山箭竹或高山芒草生地。本研究區內，鐵杉林所佔面積十分廣泛，位於冷杉林的下方，如大霸尖山至巴紗拉雲山之間，以及加利山南面山坡。

五、檜木林型

檜木林係山地盛行雲霧帶中最常見的林型，故常被喻為台灣山地的霧林，在表一及圖五中，此林型劃歸櫟林帶。櫟林帶在亞洲大陸東南部之分布極為廣泛，由喜馬拉雅山之南坡，經中國大陸西南部、華南、華中到日本之山地均有之，但檜木因性喜潮濕之海洋性氣候，故只見於台灣及日本，在亞洲大陸則未發現，為海島特有之霧林型。論其生育地之氣候，仍與櫟林帶相當，且當檜木林發展至某一程度，林下第二層樹冠即出現櫟林帶之常綠闊葉樹，故檜木林與櫟林帶之常綠闊葉林實為演替之先後階段，當檜木老朽後，下層之闊葉林已歷經幾代之更新而成為極盛相森林，不過檜木之年齡極長，經常長期持續於台灣山地，故一般仍以林型視之，而櫟林型之闊葉樹林反而較少見。

針葉樹之檜木包括紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*) 及台灣扁柏兩種，一般而言，台灣扁柏喜好生長在山坡或稜線上土壤深厚，但較為乾燥之生育地，其分布上限常伸入鐵杉林帶；而紅檜之生育地較為潮濕，或土壤稍為貧瘠亦可順利生長，因此紅檜純林時可見之，而扁柏經常以混生的狀態與紅檜或鐵杉共同存在。此林型之下限在北部可達 1200 m 左右，但中南部則要 1700 m 以上才會出現，其上限北部約在 2200 m 左右，而中南部可分布至 2600 m。此林型之主要組成除紅檜、扁柏外，尚有鐵杉、華山松等，有些闊葉樹種如紅楠 (*Persea thunbergii*)、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus*)、錐果櫟 (*Cyclobalanopsis longinux*)、昆欄樹 (*Trochodendron aralioides*)、台灣杜

鵝 (*Rhododendron formosanum*) 可形成第二層樹冠，及由圓葉冬青 (*Ilex goshiensis*)、墨點櫻桃 (*Prunus phaeosticta*)、小葉赤楠 (*Syzygium buxifolium*)、紅花八角 (*Illicium arborescens*)、銳葉柃木、日本女貞 (*Ligustrum japonicum*) 等所形成之第三層樹冠。此林型在本研究區內之分布，集中於西側海拔 2300 m 以下之山區。

六、針闊葉樹混淆林型

此林型在本省亦為廣泛分布之主要林型，事實上本林型與檜木林型乃圖五中相當於櫟林帶之山地針葉樹混淆林，但第二層樹冠含有大量闊葉樹，且第一層之針葉樹不限於檜木，而有其他多種針葉樹，有些闊葉樹並且發展至第一層樹冠。本林型分布範圍約在 1900 至 2500 m 之間，許多針、闊葉樹種均適生於此範圍，激烈競爭之結果，乃形成針、闊葉樹種混生之局面，而不易列舉其優勢種。在此林型中常出現之針葉樹有鐵杉、紅檜、扁柏、台灣杉 (*Taiwania cryptomerioides*)、櫟大杉 (*Cunninghamia konishii*) 等，可能形成第一層樹冠之闊葉樹有森氏櫟 (*Cyclobalanopsis morii*)、狹葉櫟 (*Cyclobalanopsis stenophylla*)、昆欄樹等，而第二層樹冠則出現西施花 (*Rhododendron ellipticum*)、白花八角 (*Illicium philippinense*)、銳葉柃木、短柱山茶 (*Camellia brevistyla*)、楊桐 (*Cleyera japonica*)、福建賽衛矛 (*Microtropis fokiensis*) 等，因組成樹種繁多，使其外觀極富變化。本研究區之針闊葉樹混淆林分布於鐵杉林型之下，海拔 2000 至 2500 m 之範圍。

七、高山草原型

草原在本省高山地區分布極為普遍，據推測，高山草原之所以會

有大面積存在乃是由於週期性火災之故，如前所述，高山草原發生之地點均位於冷杉林帶及鐵杉林帶之海拔（見圖五），在許多地區兩者更呈鑲嵌式（mosaic）的分布。高山草原外觀十分單純，禾本科植物佔絕對之優勢，造成連綿的草原景觀，只有少數灌木如二葉松、台灣馬醉木（*Pieris taiwanensis*）、玉山杜鵑、刺柏（*Juniperus formosana*）、香柏等點綴其間，主要組成之禾本科植物有兩種，3000m以上地區以玉山箭竹為主，隱藏在箭竹叢之間的伴生種類有台灣藜蘆（*Veratrum formosanum*）、石松（*Lycopodium clavatum*）、曲芒髮草、阿里山龍膽（*Gentiana arisanensis*）、玉山石竹（*Dianthus pygmaeus*）、羊茅、台灣鵝觀草（*Agropyron formosanum*）等，而3000m以下則以高山芒為主體，伴隨著台灣藜蘆、台灣粉條兒菜（*Aletris formosana*）、玉山金絲桃（*Hypericum nagasawai*）、一枝黃花（*Solidago virga-aurea* var. *leiocarpa*）、阿里山龍膽、台灣龍膽（*Gentiana atkinsonii* var. *formosana*）、石松等。本研究區之高山草原分布於伊澤山至加利山之間，並由加利山向南延伸至2200m左右之南方山坡。

八、二葉松林型

松林亦為本省主要林型之一，尤以台灣二葉松之分布面積最廣，遍布全省山區，常發生於南向山坡，海拔自700至3200m，均可見其踪跡，為火災過後，二次演替之先驅樹種，常形成大片疏林，如前述之高山芒生育地，接下來即可能演替為台灣二葉松之疏林，若火災頻繁，此林型即有形成次極盛相之可能。由於台灣二葉松之幼苗常可在火災跡地或其他疏林底下大量發生，因而此林型可說是屬於火災適存植群（fire-adapted vegetation）（劉崇瑞、蘇鴻傑 1978）。

構成此林型之上層喬木，在 2800 m 以下的地區以台灣二葉松、華山松及高山櫟 (*Quercus spinosa* var. *Miyabei*) 爲主，地面則覆蓋高山芒、密大蕨 (*Pteridium aquilinum* subsp. *wightianum*)、石松、台灣藜蘆等草本，灌木主要爲二葉松幼苗、台灣馬醉木、紅毛杜鵑 (*Rhododendron rubropilosum*)、志佳陽杜鵑 (*Rhododendron sikayotaizanense*) 等。在 2800 m 以上之地區，構成上層樹冠之主要樹種有台灣二葉松、雲杉、鐵杉、冷杉等，灌木則以台灣高山杜鵑 (*Rhododendron taiwanalpinum*) 及紅毛杜鵑爲主，地被有玉山箭竹、高山芒等優勢草本，以及阿里山龍膽、台灣藜蘆、石松、玉山龍膽 (*Gentiana scabrida*)、玉山水苦買、玉山石竹、曲芒髮草等，此種林型實爲鐵杉林及冷杉林火災後之演替早期林型，因火災持續而有週期性地發生，故二葉松林長期存在，無法恢復爲鐵杉或冷杉之森林。在本研究區內出現之二葉松林位於加利山西側之南向坡面，海拔 1900 至 3000 m。

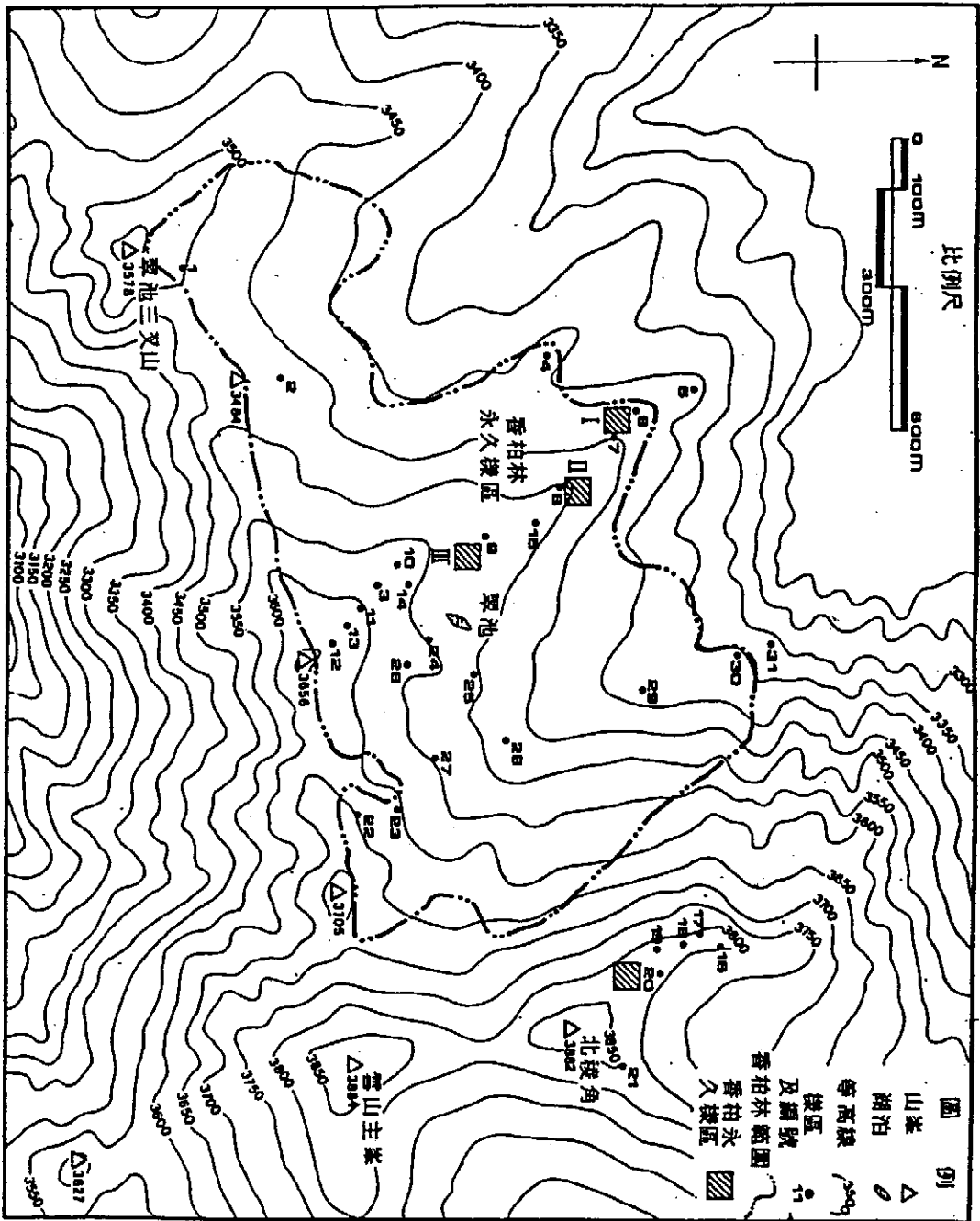
陸、香柏林在翠池之分布

一、翠池之環境

翠池位於雪山與北稜角間鞍部正西方，平面距離大約 900 m，隱藏於山谷及香柏林之中，海拔大約 3530 m，為台灣最高之湖泊，形狀呈長橢圓形，滿水時長約 30 m，寬約 10 m，呈東北—西南走向（見圖七），為本省罕有之冰河遺跡—圈谷湖（鹿野忠雄 1934）。

有別於一般台灣高山地區習見之湖泊，翠池是位於山谷之森林內。而前者大多位於寬廣之稜線草原上，因地形凹陷及下方有不透水層，累積雨水而成池，這一類水池並無廣大之集水區域，即使有亦不十分明顯，僅呈一小型封閉區域，翠池位於群山環繞之谷地，其四周有明顯之集水區域，並且下側北方溪谷是湖水的出口，成為雪山溪的上游，據多次觀察，其水量十分穩定，只有在十分乾旱的季節才會出現水位降低之現象。此外，大多數高山湖泊位於稜線草原上，其湖底或為堆積之細砂，或為草類之腐植質，而翠池之湖底及四周均為大塊扁平的黏板岩，湖旁的植群並未分布到湖中，湖底也沒有堆積腐植質，在翠池上坡方向，尚有一大片碎石坡，全由類似之板岩所構成，坡上一片光禿，不長一樹。由此觀之，翠池實為四周山坡岩石風化崩解之堆積處，由於特殊之低窪地形，及地下之岩石構造，而積水成湖，湖底並無明顯之土壤堆積，亦無水生植物之生長或演替現象，湖邊之山坡與湖面有很大之交角，在土壤堆積及發育良好之地，即為草原或香柏林。

翠池之湖水最深處約達 1 m，除非極度乾旱，否則水量十分穩定



圖七、翠池附近地形及香柏林之分布範圍

，池水清澈，白晝水溫盛夏時可達 20℃ 以上，晚秋則為 14℃ 左右，pH 值 6.1 至 6.6 之間，溶氧量為 6.4 cc/l (鹿野忠雄、吉村信吉 1934)。根據現場觀察所得，湖邊出現之動物有酒紅朱雀及金翼白眉兩種鳥類，湖邊之石堆中有黃鼠狼及老鼠出沒，香柏林中有山胞設置之捕獸器，其旁有長鬚山羊之骸骨，稜線上山羊糞便隨處可見，湖水中毛翅目的幼蟲及瓢龍蟲等少量浮游動物。

前往翠池之交通路線，一般採用的有兩條，第一是由武陵農場出發，經七卡山莊、雪山東峯至雪山，再由雪山北鞍下碎石坡，循林務局所闢建之林業調查小徑抵翠池，全段行程約需兩日，第二路線是由環山村經由志佳陽大山到雪山，再下抵翠池，同樣需要兩天時間，但後者可經過另一高山湖泊—瓢箪池(見圖三)。在翠池出水口附近，另有一小徑可通往大雪山，連接大雪山林道，惟此路線需費時多日，故翠池之交通十分不便，沒有直達之車道，目前除林務人員之巡視外，只有少數登山隊到達。

二、香柏林之分布範圍

翠池附近的地形，如圖七所示，其東方為雪山主峯及北稜角之高大山峯，高度均達 3800 m 以上，雪山主峯西側稍微下降其高度後，便以一狹銳之稜脊向西延伸，直至翠池西南方之 3578 公尺山峯，此稜線之南側，為陡峻之峭壁，岩石裸露極多，不適香柏林之發育，而在此稜線以北，則為坡度較緩之谷地，東有北稜角之屏障，西側為數條較為低矮之山脊自南方之山頭分出，向西北方傾斜而下，並有溪谷交錯其間，由於地形較緩和，且有群山環繞及隱蔽之溪谷，形成適於森林發育之地形，由較高處之香柏林，向下延伸進入冷杉林之分布境界。

香柏林及冷杉林之間為一推移帶，冷杉與香柏分布之境界線，在

黑白攝製之航照圖上不易判別，然在雪山主峯及北稜角之某些位置，則可以清楚地眺望而加以判斷，來確定香柏林的範圍。由歷次在不同角度觀察所得，香柏林與冷杉林在外觀形相上有幾點差異可資區別，第一，香柏林之立木度較疏，遠望可看見香柏一株株矗立之姿態，而冷杉之生長較為鬱閉，樹冠密度較大，無法看到單株之生長情形；第二，香柏之樹冠較狹窄，側枝較短，而冷杉側枝較延伸，樹冠顯得比較開展；第三，香柏林之樹冠顏色較淡，由遠處看呈翠綠色，不似冷杉樹冠之墨綠色。憑藉上述三點，可在地圖上標示出香柏林在翠池周圍之範圍（圖七）。由圖七可看出，香柏林之範圍約由雪山主峯西側之3705峯開始，沿此稜線向西分布至3578峯為止，其下限大約在3300至3400m之高度，若位於溪谷則其界限可向下延伸，在稜線位置則向上退却，翠池正位於這片香柏林之中央部位，此分布現象正可說明香柏林對於土壤水分之較大需求。

綜觀圖七之翠池地形，香柏林生育地之特徵是：(一)位於雪山主峯至北稜角高聳稜線之西側腹地，(二)位於北向山坡及谷地，(三)坡度平緩，本研究所有香柏林樣區之坡度均不超過 30° ，(四)土壤深厚，水分充足，含石率甚低，(五)分布海拔十分固定，其下限大約沿3350m之等高分布。

事實上，雪山地區之香柏林分布，並不僅限於翠池一處，其他如雪山北峯南側鞍部，雪山主峯南側3627峯東側之東南向谷地，以及雪山主峯東北側冰斗海拔約3600m處，均有小面積香柏林或香柏—冷杉林散布，然這些地區均在研究範圍之外，故未詳加調查。值得一提的是雪山主峯東北側冰斗谷地，為七家灣溪上游（圖三），其海拔高度約與翠池谷地相當，谷底面積廣大而平坦，海拔3550m以下的地區為冷杉林，以上有一段狹窄區域為香柏與冷杉混生之森林，到了3600m

以上地區，急速轉變為矮生之香柏及玉山杜鵑灌叢，而沒有香柏林出現。一般推論位於稜線上之香柏灌叢，主幹及枝條匍匐地面，是由於強風吹襲之故，這可由它生長方向朝順風方向而得到證明，在此冰斗谷地中之香柏灌叢可能因強風影響而無法直立，因其開口正好面向東北，與西側之翠池谷地不同，東北側沒有高大的稜脊作為屏障，冬季強勁之東北季風得以進入，因此，這個地區無法建立類似翠池谷地之香柏林，風的效應可能是最重要的限制因子。此外，雪山南側山谷中之香柏林生育地，由於坡度較陡，適合香柏林生長之地點不多，因此，地形及坡度成為影響其分布範圍之重要因子。

三、翠池香柏林與其他地區香柏林之比較

南湖地區之香柏林共有兩處，生長情形良好的僅南湖東南稜之南湖池畔香柏林，但該香柏林範圍狹小，且與冷杉混生，其下方且急速地轉變為冷杉林（蘇鴻傑 1975），因此嚴格說起來，這一片仍屬於香柏與冷杉兩林型之推移帶，因南湖東南稜大部分稜脊由岩塊堆積所成，風化土壤非常少，缺乏可供大喬木生長之基質，因此無法向上發展出香柏林，大部分地區僅能形成玉山杜鵑與香柏之混合灌叢，小部分則形成裸露之岩屑地或僅有少數草本植物，因此，可說是土壤因子限制此地香柏林之發展。本區另一處香柏林位於南湖東峯至東北峯稜線西側山坡，但生長情況不良，上層樹冠稀疏，傾倒及死亡之香柏數量很多，可能是由於此地坡度太陡，以及土壤含石率太高，不適宜香柏林之發展。

位於秀姑巒山東南鞍及秀姑巒山與馬勃拉斯山之間鞍部之香柏林，由於曾經遭遇火災，因此生育地上枯立木及傾倒木相當多，且部分地區已被玉山箭竹所侵入，秀姑巒山與馬勃拉斯山之間鞍部的香柏林

組成，以小喬木爲主（鈴木時夫 1936），樹高約在 3~4 m，但林中偶有大徑木散生，胸徑常達 1 m 以上，可能爲歷經火災而遺留下來者，由當地之地形及土壤發育程度研判，本地區應爲香柏林適宜之生育地，但因遭遇火災，至今仍爲二次演替之中間階段，尙未恢復最後香柏林之極盛相階段。

玉山北峯鞍部之香柏群落，多爲閉鎖式灌叢，其東側山坡因位於稜脊下方，較爲蔽風，並且土壤堆積較稜脊上深厚，因此可發展出喬木型之香柏林，但此林中香柏多爲小喬木，且有冷杉混生，並非單純之香柏林，且因坡度稍陡，適合香柏生長的地點不多，因此其範圍較小，並非典型之香柏林。

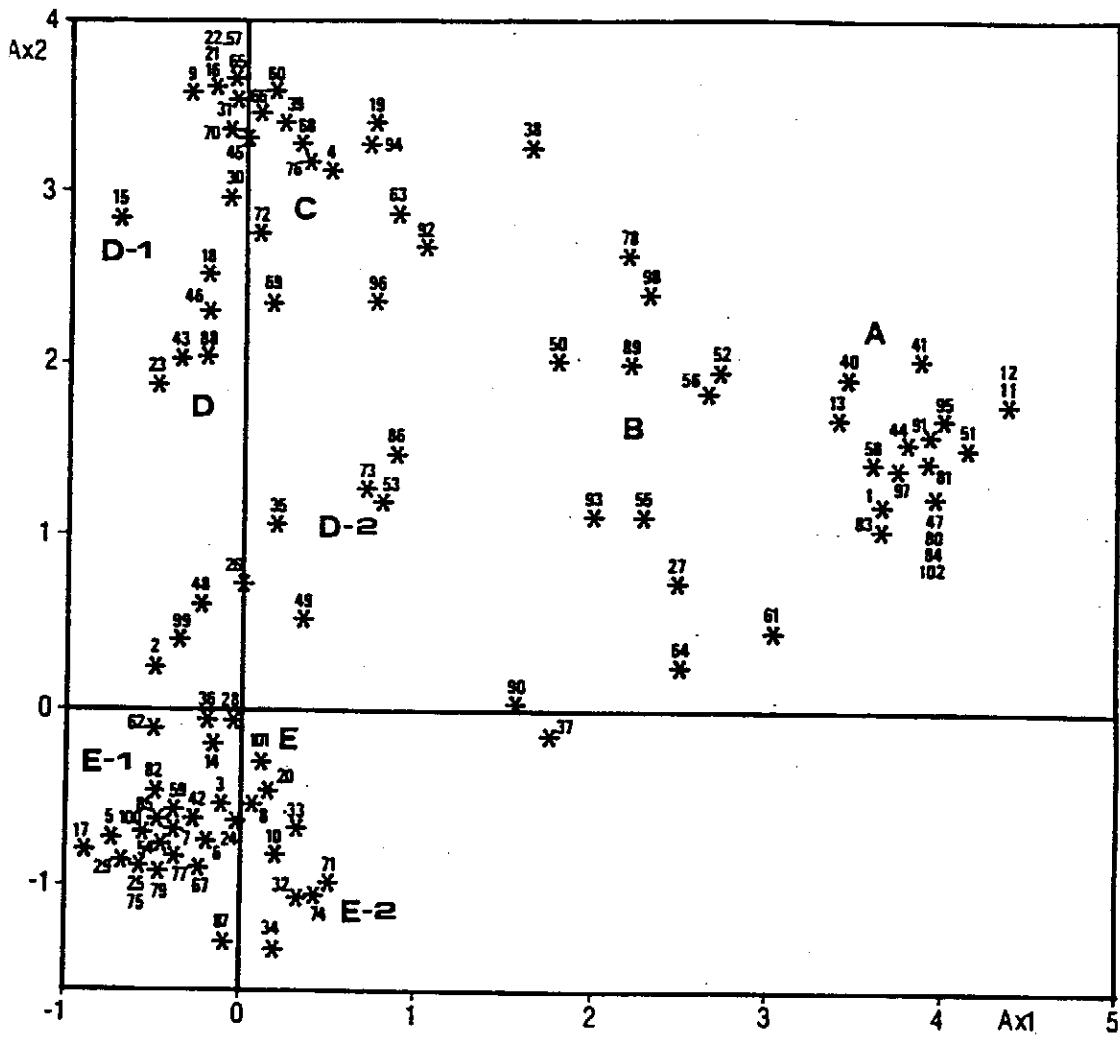
綜合上述觀點，在全省之香柏林當中，若論範圍最大，當推秀姑巒山及馬勃拉斯山附近者，但該處曾經歷火災，至今尙在演替中期，香柏林構造並不完整，其次便屬翠池香柏林，則餘則面積均甚狹小。比較之下，翠池香柏林有下述幾個特點：第一，它是幾處香柏林中唯一之純林，其他地區或多或少均會雜有冷杉；第二，它的範圍相當廣大，僅次於秀姑巒山及馬勃拉斯山附近者；第三，它的生長情形良好，以中大徑木居多，且形成良好之鬱閉；第四，該生育地爲最適合香柏林生育之地點，其他地區則多少有其限制因子存在，而無法使香柏林充分發育。此外，翠池本身爲冰河地形之遺留，且有保育及學術研究上之意義，其香柏林更是台灣唯一具有代表性者，故選擇翠池地區作爲香柏林之保護區，可謂十分適宜。

柒、香柏保護區之植群分析

一、植群樣區之降趨對應分析

本研究經野外取樣，調查林木界線（含香柏林）以上之植群，共設置62個樣區，記錄到102種植物（編號及名稱見附錄一），整理成原始資料表（附錄二），並將測得之海拔高、方位、坡度、含石率、全天光空域及直射光空域等六項環境因子，配合樣區資料整理成環境資料矩陣（附錄三）。在全區內所採到的植物，經整理為名錄，列於附錄四。原始資料經DCA分析之後，共計算出三個變異軸，即樹種及樣區之三組分布序列值，由這三組分布序列值所導出之序列軸即代表植群之三個主要變異方向，各軸的長度依次為3.365、2.817、2.984（SD），序列軸長度愈大，表示它所涵蓋之植物社會梯度變異愈大，亦即表示該軸為代表植群變異之主要方向。

DCA三個軸所代表之植群變異，可能因生育地環境因子之差異所造成，為了探討序列軸與環境因子間之關係，可將測得之環境因子評估值與樣區之分布序列值進行相關測驗（correlation test），其結果整理成相關性矩陣，列於表四，由表四可知，與第一軸呈顯著相關之環境因子為海拔高，其負相關代表由高海拔至低海拔之一系列變化梯度；與第二軸顯著相關的是含石率，其正相關顯示土壤之堆積與化育程度；而第三軸與現有觀測之環境因子並無明顯相關，故環境因子與植群分化之關係可用前二軸表示。圖八及圖九分別為根據樹種及樣區第一、二軸分布序列值所作成之平面散布圖。



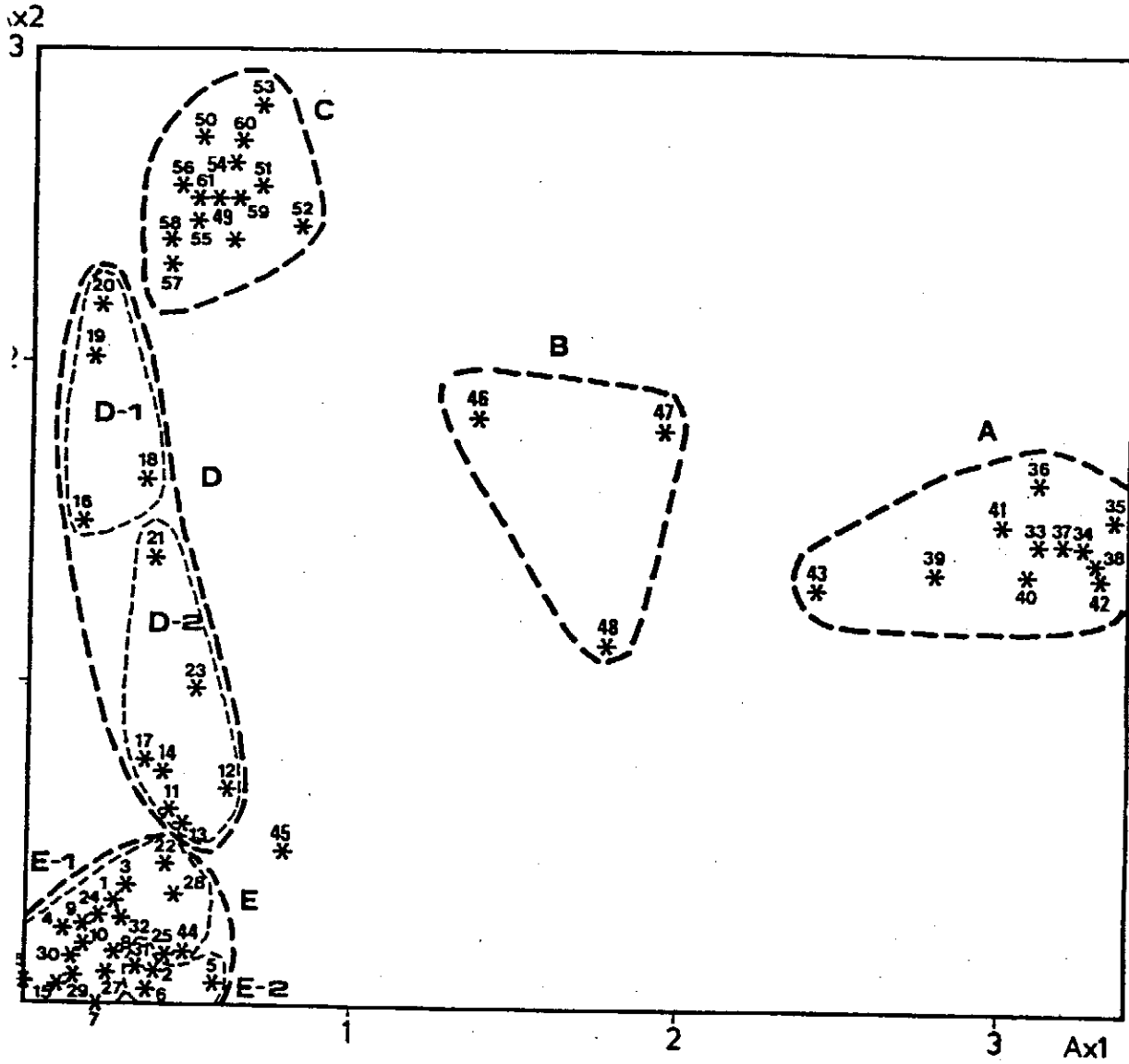
圖八、保護區植物種類在分布序列前二軸上之散布圖

表四、植群樣區三個序列軸與環境因子之相關矩陣

環境 軸 \ 因子	海拔高	坡 向	坡 度	全 天 空 域	直 射 空 域	含 石 率
1	-0.654	0.170	-0.188	-0.087	-0.089	-0.050
2	0.305	0.300	0.288	0.202	0.235	0.644
3	-0.131	0.148	0.121	-0.297	-0.266	0.037

由圖九之樣區分布位置，可看出樣區在平面上之分布密度不均，而有分群之現象，茲以 A—E 代表其所形成之群團，其中除 B 群外，群集之現象均極明顯。圖八之植物種類分布，亦有類似的群集趨勢，惟不若圖九之明顯，考其原因，蓋樣區為植物種類之集合，其組成決定樣區間之關係及其在圖九之位置，而植物種類在樣區內之出現情形，則有重複之現象，生態幅度較大之植物，可能出現在多數樣區，亦可能跨越兩個或三個樣區群，故在圖八之中，其分布位置即不限於某一群團，而使植物分群之趨勢趨於不明，惟參考圖九之樣區群團，亦可將圖八之植物分群（亦以 A—E 字母表示），其中亦可看出位於圖八中央之 B 群，散布範圍較大，且無強烈的集中現象。觀圖九之 B 群樣區，數目較少，其生育地為高山草本植群、箭竹草原或石礫地之鑷嵌體，此種生育地在高山稜線極為常見，乃因土壤發育不良，而呈異質之生長基質，其出現之植物在生態習性上也有極大之差異，故圖八之 B 群植物實際上廣泛介於其他植物群之間，而沒有典型之集中現象。此種生態環境，原為高山植群之特性，但因本研究時間有限，而研究目的亦非高山植群之構造及組成，故取樣太少，而無法看出其主要之群落現象。

如將 B 群樣區及植物撇開不提，則樣區及植物之分群趨於一致，



圖九、保護區植群樣區在分布序列前二軸上之散布圖

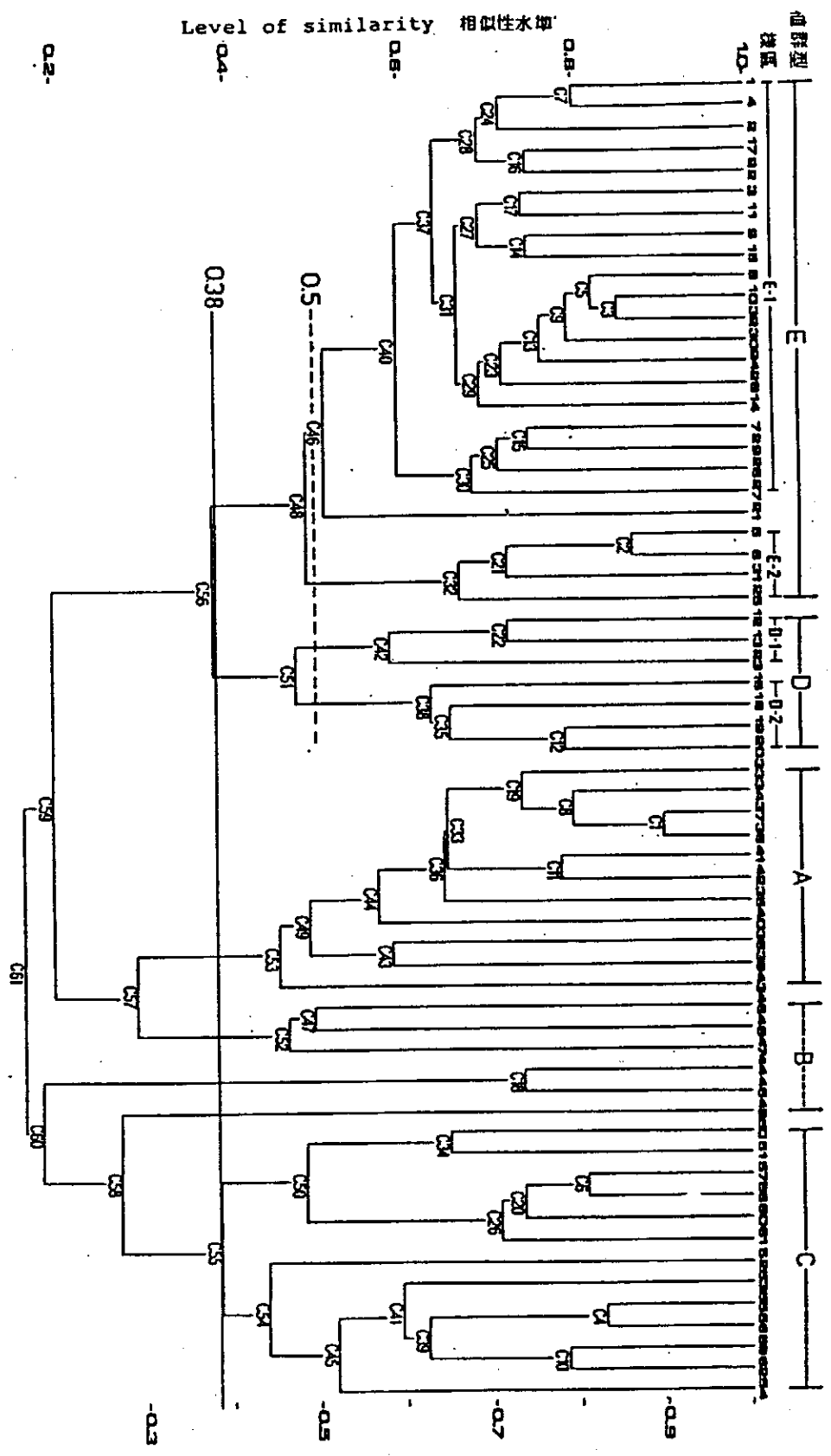
圖八右側之 A 群樣區，位於加利山至大霸尖山之間的稜線上，海拔大約在 3050 至 3290 m 之間，其出現之植物以玉山箭竹爲主，另有台灣馬醉木、高山芒、雪山堇菜 (*Viola tsugitakaensis*)、華山松及二葉松等（圖八中植物種類之編號與附錄一相同），此等植物社會爲本區較低海拔所出現之箭竹草原，其在第二軸趨於中間位置，顯示發生在含石率中等之生育地，土壤已有某種程度之發育。

除了 A 群植物及樣區外，其餘各群大多集中在圖八及圖九之左側，顯示發生在海拔較高之生育地（第一軸與海拔高度具有負相關），而分群之趨勢則由第二軸決定，第二軸與含石率具有正相關，故在圖九左上角之樣區（C 群）爲含石率較高之生育地，其出現之植物如羊茅、玉山石竹、尼泊爾籟簫、玉山薄雪草及五蕊莓 (*Sibbaldia procumbens*) 等，則爲典型之高山植物。在圖九左下角之一群樣區（E 群），含石率較低，土壤發育較正常，適於森林之生長，故香柏（圖八編號 14）及冷杉（編號 10）均出現於此，其他植物則爲林下之草本，均密集在 E 群之內。

至於在 C 及 E 兩群間之樣區，即圖九之 D 群，實際上位於森林與高山稜脊之間，爲林木界線推移帶中之生育地，其主要的植物以玉山杜鵑（編號 53）爲代表，而香柏出現亦頗豐富，但已呈灌木或矮盤灌叢之姿態，由於此群中香柏數量之評估較在 E 群中爲低，故香柏在圖八之位置乃偏向 E 群。

二、植群型之分類

經由降趨對應分析結果之研判，本區植群型之分化已趨明顯，若參考矩陣群團分析之結果，亦可使樣區所有之植群型更加明確。茲將矩陣群團分析之結果以樹形圖表示，見於圖十。圖中若將相似性之臨



圖十、植群樣區矩陣群團分析之樹型圖

界值定於 0.38 (38%) 之處，則可分出五型，亦以 A - E 字母代表，與圖九之分群趨勢相當，惟 B 型亦如圖九一樣，無法有單一成型之趨勢，其中樣區 46、47、48 之間相似性較高，在圖十之合成樣區群 (C 52) 自己聯結在一起，此合成樣區在較低之相似性水準又與 A 群聯結 (C 57)，其餘之 44、45、49 三樣區，與其他型之相似性水準甚低，44 及 45 兩樣區尚有較高之相似性 (C 18)，樣區 49 則為異質性極高之界外樣區 (outlier)，此三樣區分別在更低之相似水準 (C 58、C 60) 才與 C 型聯結合併，此結果與前文之研判相同，顯示 B 型乃介於 A 型與 C 型之間的異質性生育地，即典型高山植群與箭竹草原之植群鑲嵌體，然 A 型之代表植物玉山箭竹並未出現，僅為箭竹草原伴生種及高山植群伴生種之集合，由於取樣太少，且樣區環境未趨均質，故呈現上述之分析結果，雖然如此，此種環境在高山地區極為普遍，位於主要植群型之交界處，或可在另一盛行植群中發現小面積之鑲嵌體，故在本文中仍予保留，可視為一推移帶或鑲嵌構造。

植群為連續體 (continuum) 之觀念已獲生態學者之認同，而分布序列之研究可顯示此種變化，然植群型之分類亦有其簡單明瞭之參考價值，因屬連續變化之趨勢，有時分類工作必須主觀判斷，惟並非完全沒有客觀之依據，參考方法之一即為特徵種 (character species) 之判識，此亦為歐洲大陸學派植群分類之基礎，其所用之列表比較法 (tabular comparison) 或稱列表重排法 (table rearrangement)，原由人工操作之方式，將原始資料矩陣之植物及樣區加以重新排列，使產生一梯度之結構，並由表中根據特徵種之選擇而將樣區分型與命名。本研究採用分布序列方法實已揭露植群之變化梯度，植物及樣區在梯度中之位置亦有序列值可考，故綜合圖八、九之位置，及圖十之群團分析結果，即可產生列表重排之結果，茲將植群型分類之綜合表

示於表五，並採用特徵種或兼有優勢種之植物加以命名，各植群型之組成及生育環境則於下文加以描述。

三、植群型概述

A. 石松—玉山箭竹型 (*Lycopodium clavatum*-*Yushania nittakayamensis* type)

本型生育地之範圍在海拔 3050 至 3400 m 之間，含石率 1 至 3 級，坡度平緩，全天光及直射光空域相當高，較不受附近地形遮蔽之影響，分布地點在加利山至中霸尖山間稜線中上側，外觀形相為玉山箭竹所構成之草原，間有台灣馬醉木或高山芒之小群落夾雜其中，其他常見的植物有尖山堇菜 (*Viola senzanensis*)、台灣黎蘆、阿里山龍膽、石松、高山當藥 (*Swertia tozanensis*)、刺柏、台灣二葉松等。

B. 玉山金絲桃—密葉唐松草型 (*Hypericum nagasawai*-*Thalictrum myriophyllum* type)

本型包括前述之 44、45、46、47、48、49 等樣區，樣區之海拔高度約在 3350 至 3460 m 間，含石率均為 5 級，坡度非常大 (29°至 43°)，全天光及直射光空域受地形遮蔽影響甚大。此型分布於大霸尖山崖基及小霸尖山頂端和底部，有些生育地十分潮濕，但也有裸岩及石礫地夾雜其間，出現較多之植物有岩蕨 (*Woodsia polystichoides*)、伯明剪股穎 (*Agrostis fukuyamae*)、玉山薊 (*Cirsium kawakamii*)、梅花草 (*Parnassia palustris*)、密葉唐松草 (*Thalictrum myriophyllum*)、玉山蠅子草 (*Silene morrisonmontana*)、阿里山落新婦 (*Astilbe macroflora*)、台灣龍膽、單花牻牛兒苗 (*Geranium hayatatum*)、玉山小蘗、川上氏忍冬、玉山茴芹 (*Pimpinella nittakayamensis*)、玉山金絲桃等。如前所述，本型之生育地及植物種

類歧異度較高，故特徵種亦不十分明顯，應視為 A 型及 C 型之推移帶或鑲嵌體，此種構造普遍見於高山稜脊。

C. 玉山艾—羊茅型 (*Artemisia niitakayamensis*-*Festuca ovina* type)

本型生育地海拔高度在 3690 至 3880 m 之間，含石率均為 4 級或 5 級，坡度較大，全天光及直射光空域受到的遮蔽非常少，乃因這些樣區均位於雪山北峯至主峯間之高聳山脊上之故。此型之植物以羊茅、玉山佛甲草 (*Sedum morrisonensis*)、五蕊莓及玉山艾為主，此外玉山水苦買、玉山石竹、尼泊爾籜簾、川上氏艾 (*Artemisia niitakayamensis*)、玉山薄雪草、玉山山蘿蔔 (*Scabiosa lacerifolia*)、高山沙參 (*Adenophora uehatae*)、雪山堇菜、玉山卷耳 (*Cerastium trigynum*)、玉山薊等也經常出現，此種植群可謂台灣典型之高山植物。

D. 玉山杜鵑—香柏灌木型 (*Rhododendron pseudochrysanthum*-*Juniperus squamata* scrub type)

本型生育地海拔高度在 3560 至 3840 m 之間，含石率由 1 至 4 級不等，樣區坡度自 12° 至 46°，全天光及直射光空域，一般而言受到的遮蔽不大。本型樣區設置於雪山主峯附近，然在全區之山脊上亦多所見之，因該生育地大多位於稜脊或山峯附近，易遭強風吹襲，故植群低矮，常無法形成連續植被，而以開放式之矮盤灌叢或地墊式灌叢存在。本型之植物以灌木狀之香柏及玉山杜鵑為主，經常有玉山小蘗混生，地被草本有玉山佛甲草、曲芒髮草、羊茅、石松、玉山薄雪草、玉山艾、玉山薊、玉山水苦買、鋸齒葉鱗毛蕨 (*Dryopteris serrato-dentata*)、山酢醬草等。在某些樣區中，有高山柳之優勢型，故可依高山柳是否出現，將本型劃分為二亞型：

D-1 羊茅—高山柳亞型 (*Festuca ovina*-*Salix taiwanalpina* subtype)

D-2 鋸齒葉鱗毛蕨—香柏亞型 (*Dryopteris serrato-dentata*-*Juniperus squamata* subtype)

E. 玉山鬼督郵—香柏喬木型 (*Ainsliaea reflexa*-*Juniperus squamata* type)

本型爲典型之香柏林，生育地海拔高度在 3310 至 3580m 之間，坡度均十分平緩，平均僅約 5° 至 6°，含石率 1 至 2 級，全天光及直射光空域遮蔽較大。此類型樣區均位於翠池谷地之北向坡面上，土壤深厚，水分充足，植群外觀爲高大之喬木，優勢種爲香柏及冷杉，林下有玉山杜鵑、玉山小蘗及香柏灌木散生，地被草本以玉山薊、玉山鬼督郵 (*Ainsliaea reflexa* var. *nimborum*)、曲芒髮草、台灣鹿藥、山薰香 (*Oreomyrrhis involucrata*)、山酢醬草、鋸齒葉鱗毛蕨、冷蕨、刺果豬殃殃 (*Galium echinocarpum*)、逆葉蹄蓋蕨 (*Athyrium reflexipinnum*)、矮菊 (*Myriactis humilis*)、短距粉蝶蘭 (*Platanthera brevicarata*) 等種類爲主。本型因部分樣區位於香柏—冷杉林型之推移帶，這類樣區中亦出現冷杉喬木，因此可依冷杉之出現與否，再區分本型爲二亞型，其中，第二亞型並非典型之冷杉林，而是推移帶。

E-1 刺果豬殃殃—香柏亞型 (*Galium echinocarpum*-*Juniperus squamata* subtype)

E-2 玉山水苦買—台灣冷杉亞型 (*Veronica morrisonicola*-*Abies kawakamii* subtype)

捌、香柏植群及林木界線

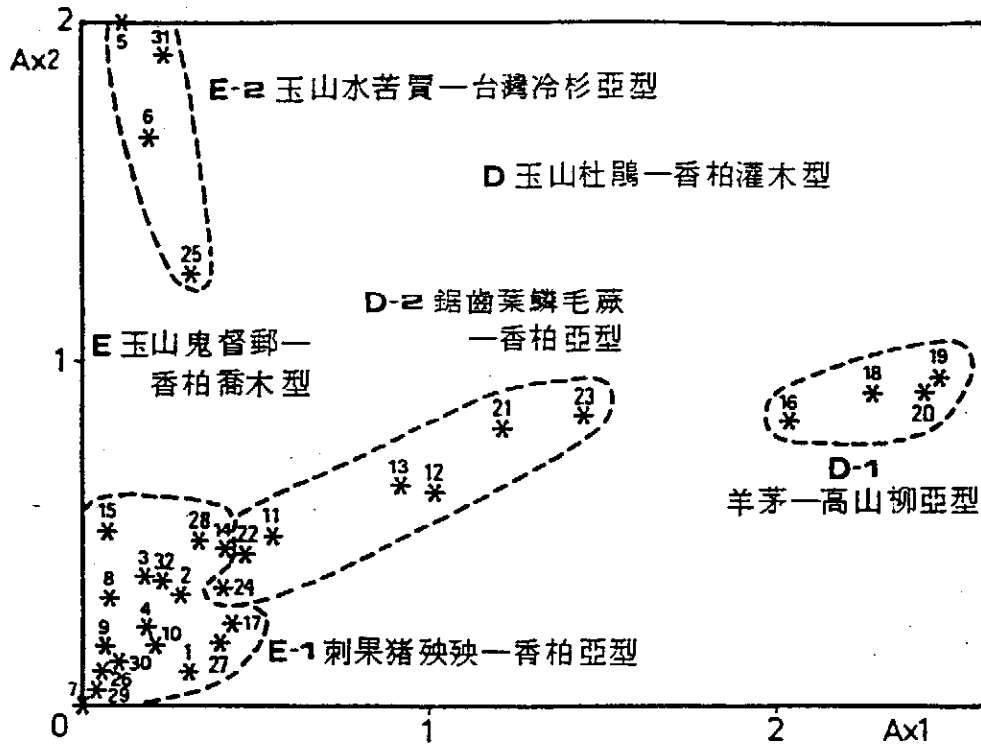
一、香柏樣區之降趨對應分析

保護區內林木界線以上之植物群落，在上文曾作植群型之分析，主要類型已列於表五，香柏主要出現於表中之D、E兩型，即灌木型與香柏喬木型。實際上此二型代表香柏在高山環境中，植群組成與形相構造之極端變化，亦即高山林木界線之變化梯度。

本研究之探討重點在於香柏植群之組成及構造，在調查期間，計取得香柏之樣區32個，為進一步研判香柏植群在林木界線上之變化，特再將此32個樣區（含植物64種）組成另一原始資料檔案，並進行另一次降趨對應分析。配合此次分析，環境因子之資料亦同時重組，除原有環境因子（見附錄三）以外，又加入兩項新的因子，此乃為評估風的因子對林木界線之影響，然無法直接測計風速及風向，僅以附近地形之遮蔽程度，間接評估風之效應，地形遮蔽度之評估方式，與前文所述之全天光空域相同，惟帶有方向性，分成東北向空域（方位角 $0 \sim 90^\circ$ ）及東南向空域（ $90^\circ \sim 180^\circ$ ）兩項，考慮這兩個方位，乃因翠池附近具有屏蔽風力之山脊，僅位於東側之山嶺，即雪山主峯至北峯間之高山。

香柏樣區降趨對應分析之結果，亦計算出三個變異軸，其長度依次為2.45、2.00及1.57（SD），茲將樣區在前二軸變異平面上之位置標示如圖十一，三個軸與環境因子之相關係數則列於表六。

由圖十一觀之，香柏樣區之配列位置及分群趨勢，大致與所有樣區分析結果（圖八）相似，惟軸之長度已縮小，乃因除去其他植群型



圖十一、香柏樣區在分布序列前二軸之散布圖

而降低資料異質性之故。圖中分群之代號亦沿用上文，即主要有 D、E 兩群，在第一軸已呈明顯分化，代表由香柏喬木林型（左下角 E 型）演變為香柏灌叢（D1 和 D2 兩亞型）之趨勢，亦即林木界線之變化梯度。第二軸雖有 2 SD 之長度，但僅分出 E1 及 E2 兩亞型，而 D 型並沒有太大之變化，故此軸乃將含有冷杉（圖左上角 E2 亞型）之樣區分出而已，上文提及，E2 亞型是香柏與冷杉之推移帶，並非典型之冷杉林，故實際上第二軸之變化僅顯示香柏林中亦混有冷杉，而香柏林木界線之變化梯度，主要可由第一軸代表之。

再看表六所顯示的環境因子相關性，與第一軸具有顯著相關之環境因子計測得五項，全為正相關，其相關係數依次排列為土壤含石率（0.769）、海拔高度（0.593）、東南向空域（0.502）、坡度（0.500）

及東北向空域 (0.466)。第二軸之相關因子僅有含石率 (0.413) 一項，且相關係數不高，而第三軸則未發現其與環境因子之關係。由此可見，與林木界線之變異有關之環境因子，在本調查所評估之因子中，大致已在第一軸上顯示出來，此等因子可作為研判林木界線影響因子之基礎。

表六、香柏樣區三個序列軸與環境因子之相關矩陣

環境 軸	海拔高	坡 向	坡 度	全天光 空 域	直射光 空 域	含石率	東北向 空 域	東南向 空 域
1	0.593	-0.074	0.500	0.419	0.417	0.769	0.466	0.502
2	-0.060	-0.119	0.119	0.329	0.267	0.413	0.353	0.313
3	-0.364	0.035	0.233	0.111	0.096	-0.124	0.175	0.109

二、香柏植群組成及構造變化梯度

林木界線是一種高山植物社會之推移帶，翠池之林木界線是由香柏喬木林，經過香柏灌叢之轉變，而進入高山植群帶，在林木界線以上，香柏之灌木並未完全消失，而以矮盤灌叢之型態出現，散落在高山草本群落之間。在林木界線以下之香柏林，翠池附近之分布海拔大約由3350公尺向上伸延至3600公尺左右，在3400公尺以下之地區，則經由冷杉之推移帶而轉變為冷杉林。翠池附近香柏植群型之主要組成植物，如分層統計，則如表七所示，各植群型在林木界線上之變化梯度剖面，可以圖十二示之。

表七之台灣冷杉—香柏林型是冷杉與香柏林型之推移帶，即前述之玉山水苦蕒—台灣冷杉典型 (E2亞型)，一般而言，此種推移帶之寬度僅有50公尺 (蘇鴻傑 1975)，經過此狹窄地帶後，香柏已極為稀少，而變成冷杉之純林。在此推移帶內，冷杉與香柏並存，不僅有

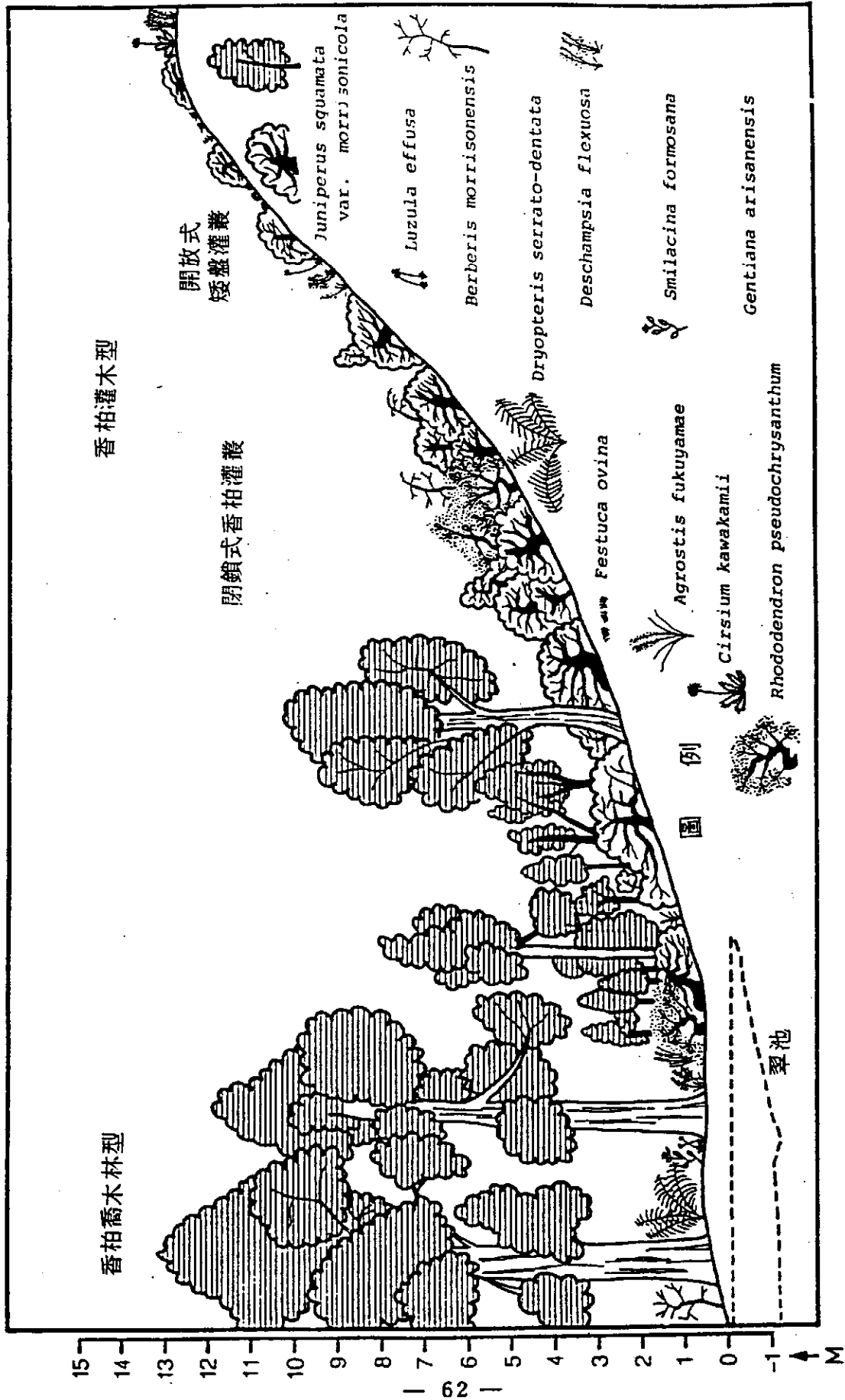
表七、翠池附近香柏植群型主要組成植物統計表

中名	學名	台灣冷杉— 香柏林型	香 喬 木 林 型	香 柏 灌 木 型
喬木(高度直徑密度平均値):				
台灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	高度(m) 20.5 直徑(cm) 14.5 密度(株/100 m ²)		
香 柏	<i>Juniperus squamata</i>	高度(m) 35.97 直徑(cm) 8.75 密度(株/100 m ²)	11 48.84 4.11	
灌木(覆蓋度%):				
台灣冷杉(小苗)		3.5		
玉山小蘗	<i>Berberis morrisonensis</i>	1.3	15.5	2.8
川上氏忍冬	<i>Lonicera kawakamii</i>			1.2
玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	9	8.5	15.2
香 柏	<i>Juniperus squamata</i>	4.4		67.5
草本(覆蓋度%)				
鋸齒葉鱗毛蕨	<i>Dryopteris serrato-dentata</i>	0.5	8	0.7
曲芒髮草	<i>Deschampsia flexuosa</i>	18.4	18	28.7
中國地楊梅	<i>Luzula effusa</i>	0.1	4	
冷 蕨	<i>Cystopteris fragilis</i>		0.9	
山酢醬草	<i>Oxalis acetosella</i> subsp. <i>japonica</i>	0.1	1.2	0.3
玉山鬼檮郵	<i>Ainsliaea reflexa</i> var. <i>nimborum</i>	8.6	4.1	0.1
山 蕪 香	<i>Oreomyrrhis involucrata</i>	0.3	2.2	
玉山薊	<i>Cirsium kawakamii</i>	1	6.5	1.7
刺果豬殃殃	<i>Galium echinocarpum</i>		4.1	0.2
台灣鹿藥	<i>Smilacina formosana</i>	0.2	6.9	
雪山翻白草	<i>Potentilla tugitakensis</i>	0.7	4.3	2.6
伯明剪股穎	<i>Agrostis fukuyamae</i>		7.3	
短距粉蝶蘭	<i>Platanthera brevicarata</i>	0.1	0.2	
玉山蕊草	<i>Pedicularis verticillata</i>		0.1	1.1
逆葉蹄蓋蕨	<i>Athyrium reflexipinnum</i>	1	0.4	
台灣三毛草	<i>Trisetum spicatum</i> var. <i>formosana</i>		0.1	0.4
黃花薹	<i>Carex chrysolepis</i>	0.7	0.1	0.5
短柄柳葉菜	<i>Epilobium brevifolium</i> subsp. <i>trichoneurum</i>		0.1	
高山白珠樹	<i>Gaultheria itoana</i>	2.3		
矮 菊	<i>Myriactis humilis</i>	1		
玉山箭竹	<i>Yushania niitakayamensis</i>	3		
玉山水苦蕒	<i>Veronica morrisonicola</i>	3.7		1.1
台灣地楊梅	<i>Luzula taiwaniana</i>	0.1		0.1
阿里山龍胆	<i>Gentiana arisanensis</i>	0.1		
五蕊莓	<i>Sibbaldia procumbens</i>			0.1
紅子佛甲草	<i>Sedum erythrospermum</i>	1.3		
岩 蕨	<i>Woodsia polistioides</i>			4.4
玉山薄雪草	<i>Leontopodium microphyllum</i>			0.4
南湖扁果薹	<i>Carex atrata</i> subsp. <i>apodostachya</i>			0.1
玉山佛甲草	<i>Sedum morrisonensis</i>			1.6
奇萊紅蘭	<i>Orchis kiraihiensis</i>			0.1
刺花懸鈎子	<i>Rubus aculeatiflorus</i>			1.3
羊 茅	<i>Festuca ovina</i>			1.4
單花牻牛兒苗	<i>Geranium hayatanum</i>			1.4
台灣雀麥	<i>Bromus formosanus</i>			0.4
雪山馬蘭	<i>Aster takasugomontanus</i>			1
尼泊爾籜蕨	<i>Anaphalis nepalensis</i>			0.1
玉山艾	<i>Artemisia niitakayamensis</i>			0.6

成熟之大樹，兩者之更新幼苗及小樹亦可發現。林下之灌木以玉山小蘗及玉山杜鵑爲主，數量不多。林地草本之組成，與典型之香柏林比較，頗爲類似，以曲芒髮草、玉山鬼督郵爲代表，所不同者，在冷杉之推移帶中另出現玉山水苦蕒、高山白珠樹及紅子佛甲草（*Sedum erythrospermum*）等種，並有若干玉山箭竹分布其中，在一般之冷杉林中，箭竹極普遍。

典型之香柏林屬玉山鬼督郵—香柏喬木型，表七中此林型組成之統計資料，來自預備設立之永久樣區（位置見圖七）。香柏林之樹高可達15公尺以上，成熟林中之最大胸徑有達2公尺者。森林之構造可分三層，樹冠層由香柏單一樹種組成，成熟的香柏林中，樹冠層並未完全鬱閉，經常露出大小不等之空隙（gap），香柏之幼苗或稚樹遂大量出現於隙地中，甚密度高者可達每平方公尺15株以上，反之，在鬱閉之香柏林中，香柏樹木之平均距離爲2~3公尺（圖十二）。林下之灌木層，亦以玉山小蘗及玉山杜鵑爲主要組成，香柏之幼樹亦可發現，然在成熟而鬱閉之林中，數量不多，在此種林下，玉山杜鵑灌木之形態亦呈現若干差異，與林外之植物比較，其枝條細長而通直，葉柔軟而薄，不易開花，玉山小蘗亦有類似之反應，顯示此二灌木之主要生育地是在林外之林木界線推移帶中。香柏林下之地面，草本層之生長十分茂盛，組成種類相當多，除與冷杉推移帶相同之曲芒髮草及玉山鬼督郵外，另有鋸齒葉鱗毛蕨、中國地楊梅、山薰香、玉山薊、刺果豬殃殃、台灣鹿藥、雪山翻白草（*Potentilla tugitakensis*）、伯明剪股穎等種大量出現，此等植物在香柏林下方之冷杉推移帶中，或出現較少，或完全絕跡，顯示其爲香柏林中典型之地被植物。

在香柏林之上側山坡，香柏灌叢逐漸取代喬木林之型態，此即前文所分出之玉山杜鵑—香柏灌木型（D型），由於環境因子之限制作



圖十二、香柏植群在林木界線上之形相構造變化梯度剖面

用已很強烈，香柏無法長成高大之喬木，而形成低矮之灌叢，常與玉山杜鵑之灌木混生，亦有形成單純之香柏灌叢者。此種灌叢之高度，多者可達 2 公尺，低者僅數十公分，灌木之組成除香柏及玉山杜鵑外，另夾雜少數玉山小蘗及川上氏忍冬，灌木下方仍有地被草本植物，在喬木林下之曲芒髮草，於此大量出現，其他如玉山薊、雪山翻白草亦有零星分布，此外，另有些草本植物未見於喬木林下，如岩蕨、玉山薄雪草、玉山佛甲草、刺花懸鈎子、羊茅、單花牻牛兒苗、台灣雀麥、雪山馬藍及玉山艾等，均為高山植群常見之草本，因此香柏灌叢是香柏林與高山植群之推移帶。

香柏在推移帶中之變化，除組成之差異外，最明顯者當推其形相及構造，而林木界線之轉移，亦與此息息相關。在本區林木界線上方之山側腹地，香柏灌叢常綿延分布為大面積之連續覆蓋，即閉鎖式之灌叢，其枝幹糾結盤纏，貼伏地面，幾乎沒有可供穿越之空隙。在此種連續之閉鎖灌叢上方，可見到香柏及玉山杜鵑灌叢之另一種形相，即開放式之矮盤灌叢，植群之覆蓋已無法呈連續狀，僅形成塊狀散生之低矮群落（圖十二右側），其間夾有高山植群帶之草本。連續覆蓋之閉鎖式灌叢，高度可達 2 公尺以上，其分布面積可衍生數公頃，灌叢中時可見到突出而枯死之枝條，其側枝生長方向與盛行風向有關，成為旗幟狀矮盤灌叢（flagged krummholz）（Clausen 1965, Wardle 1968, Hardley & Smith 1986）。隨著海拔高度之增加，地形遮蔽漸趨降件，環境因子亦趨於極端惡劣，香柏灌叢在山脊頂端岩礫地之群落，高度可降至 30 公分左右，塊狀群落之面積，多者數平方公尺，少者僅約 1 平方公尺。形成地墊狀矮盤灌叢（cushion-like krummholz）。

由於高度及密度之不同，閉鎖式香柏灌叢及地墊狀灌叢之灌木組

成雖然相同，但下面之草本植物則有相當之分化，位於閉鎖灌叢底下之草本，較偏向濕生（hydric）或陰性植物，如曲芒髮草、山酢醬草及山薰香等種；位於地墊狀灌叢下之草本，則趨向旱生型（xeric），如玉山艾、玉山薄雪草、石松、羊茅等，已接近高山草本植群之組成。

三、林木界線影響因子之探討

山地森林（montane forest）與沒有樹木生長之高山植群帶，是高山頂部兩種截然不同的植物社會，兩者之間的推移帶即所謂的林木界線（timberline）或森林界線（forest line），樹木界線（tree line）有時常指相同之意義，但嚴格說來，樹木界線應有不同的含意（Kimmins 1987）。林木界線係指商用木材（commercial timber）生長之最高海拔極限，亦即鬱閉森林可到達之最高界線，在此線以上之推移帶中，樹木（木本植物）仍可出現，然常不可能達到商用材之品質，即無法呈直立之喬木狀，即使偶有直立者，亦僅在局部地點形成小叢之樹島（tree island），故不能視為林木（timber），由於在推移帶中，樹木呈灌叢（scrub）或矮盤灌叢（krummholz）狀，若以木本植物之生長極限而言，樹木界線常超越在林木界線之上數十公尺或數百公尺，視高山環境變化之緩急而定，至於木本植物完全消失時，即位於樹木界線以上之地區，才是典型的高山植群帶（alpine vegetation zone）。

高山的林木界線，如以推移帶視之，則應指森林界線與樹木界線間之過渡地帶，此種生育地廣泛存在於溫帶、亞熱帶與熱帶之高山頂部，其形成之原因非常複雜，是由許多環境因子共同作用之結果，限制了鬱閉森林的向上伸延。在不同的地理位置或生育地，可能有不同的限制因子，而因子的影響也有程度之差別，綜合國外之研究實例，

可能的限制因子當有以下數項。

(1)溫度 (temperature)：有許多現象顯示低溫限制了森林之生長，例如由北極向赤道之緯度梯度上，高山林木界線常逐漸升高，而在北緯 30° 附近達到最高之海拔；又如在一條大山脈中，外圍高山之林木界線常較中央之高山為低，此乃大山塊加熱效應 (massenerhebung) 所引起，亦與溫度有關；此外，在北半球之高山，南向坡面之森林界線常較北坡為高，蓋因南坡較為溫暖之故。凡此種種現象，顯示溫度對林木界線具有決定性作用，故早期之研究常發現林木界線與某一條山地之等溫線相符 (Daubenmire 1954)，高山之夏季若無法提供足夠的溫度或生長期，則樹木在冬季之低溫及乾旱期即無法成活 (Walter 1979, Hardley & Smith 1986)。同一樹種在林木界線之推移帶中，其高度亦逐漸降低，由喬木變成灌木，最後形成低矮之地墊狀灌叢，此種變化亦與溫度有關，因夏季高山之地面附近溫度，常高出氣溫若干度，故樹木之枝葉發育高度亦受限制，在地面附近之高度，有足夠之溫度可供生長，而冬季亦受到積雪之保護 (Wardle 1974)，得以存活，果真如此，則地面溫度與積雪深度，可能與地墊狀矮盤灌叢之高度有密切之關係。

(2)碳素平衡 (carbon balance)：生長在樹木界線以上之木本植物，常無法維持體內之碳素平衡，在某一海拔高度，夏季之光合作用量太少，太陽能之固定及二氧化碳之碳素轉換無法彌補冬季之損耗，故木本植物之連年碳素平衡呈現負值 (Bliss 1966)。一般高山林木界線上之灌叢以常綠之針葉樹居多，落葉樹在冬季沒有任何光合作用，但木質化之部份仍有呼吸作用之消耗，因而不適合此種環境，此現象當可支持碳素平衡之理論。雖然亦有若干學者對此觀點持反對之看法，但在樹木界線以上，僅有草本植物可以生存，因其植物體沒有木

質化之莖幹，冬季地上部份枯萎，呼吸損耗量極低，碳素平衡仍可維持，故高山植群以草本群落為主要組成，此點殆無疑義。

(3)風之效應：除熱帶地區以外，高山林木界線推移帶中之樹木多呈低矮之風雕效應 (wind-trained effect)，且無法形成鬱閉之森林，故生態學者常將風設定為樹木界線之限制因子 (Wardle 1968, Hardley & Smith 1986)。突出於矮盤灌叢之孤立枝條，常因強風吹襲而導致脫水枯乾，針葉之角質層 (cuticle)，在冬季常受強風挾帶冰雪結晶之磨損，導致蒸散過度而枯死，迎風面及地墊矮盤灌叢表面之針葉，受損尤其嚴重，估計在未受遮蔽之山脊上，針葉之死亡率超過 75% 以上 (Hardley & Smith 1986)，因此之故，在背風坡之林木界線，常可升高數百公尺 (Schroter 1926)。風不僅阻止森林之向上伸延，即使已發育完成之森林，如受人為干擾而破壞，則風亦延緩林木界線上森林之恢復，故森林一旦破壞，常無法還原至原來之海拔高度 (Pears 1968)。風速率隨海拔高度之上升而急速增強，其變化梯度遠較溫度為大，故林木界線上推移帶之急速轉變，常與風之效應有關 (Daubenmire 1954)。風之效應，常與積雪深度 (snowpack depth) 相互補償，冬季若有盛行風出現，在雪堆中之灌叢可受到雪之保護而免於受害。由於在海拔較低之風隙谷地，樹木雖有風雕效應，但仍可生存，故一般研判風並非唯一之限制因子，風與其他限制因子之交互作用，方足以限制樹木界線之向上延伸。

(4)雪期 (snow duration)：雪期之長短控制了生長季之長短及樹木之發育，在高山地區雪期隨海拔高度之上升而增長，在某一臨界高度以上，無雪期太短而不足以提供樹木之正常生長，故高山植群帶之溫量指數頗低。雪期長短影響林木界線之位置，而矮盤灌叢受到雪的庇護，故樹木界線可超越林木界線之高度。如上文所述，雪期影響植

物之碳素平衡，同時又與樹木之硬化生理 (hardening) 有關；積雪融化之時間亦影響林木界線之位置，在北半球南向山坡，積雪之融化時間較早，生長季可增長，故林木界線較高；在上方之推移帶中，樹島之形成實與雪期有關，在此地帶內，雪期之差異係因零星分布之樹木所引起，早期倖存之孤立樹木，在雪期之末，因樹體吸熱，故四周之積雪先行融化，形成無雪之地帶，樹木幼苗得以建立，久而久之，則形成塊狀之樹島 (Brooke et al. 1970)。

(5)其他因素：限制森林在高山地區發育之其他因子，包括天然或人為之火災、動物或家畜之放牧 (grazing)、灌木與草本植物之強烈競爭作用，以及高山地區林木病原 (pathogen) 之影響 (Wardle 1974)。

綜合上述國外研究結果，可知高山林木界線之形成，實乃溫度、碳素同化週期、風及雪之效應交互作用所致，而各因子之間亦有相關及補償反應。反觀本研究區之翠池附近，具有典型之香柏喬木林至灌叢之推移帶，應可視為高山林木界線之範例，然因研究時間有限，無法以直接的環境因子觀測、樹木形態解剖或生理實驗，來判斷台灣高山林木界線之成因，僅以可能具有影響之環境因子間接評估，作為解說之基礎。

翠池地區香柏樣區之降趨對應分析，顯示變異之第一軸即為香柏喬木林至香柏灌叢之推移帶，亦即林木界線之變化梯度 (見圖十一)。與此變化相關之環境因子則有土壤含石率、海拔高度、坡度、東北向與東南向空域範圍 (見表六)。

若將林木界線視為森林界線與樹木界線之間的推移帶，則由上文國外研究實例之結果，可知影響之環境因子，在此兩線之間略有不同，即使同一具有影響力之因子，對於此二線之影響程度亦不盡相同。

溫度之影響效應，遍及鬱閉森林之終止界線（森林界限），亦影響到樹木界線附近矮盤灌叢之植群高度，故一般常將林木界線與溫度相提並論，在溫帶地區此理至為明顯，但在熱帶及亞熱帶地區，高山之林木界線並未比溫帶地區為高，溫度之效應因而受到質疑。綜觀台灣之山地林木界線，包括翠池地區在內，可見一值得注意之事實，即在高山某一海拔高度，確有森林界線之存在，鬱閉之森林無法延伸至高山絕頂，然在鬱閉森林之上方，香柏之灌叢（包括閉鎖式或開放式之矮盤灌叢）却可分布至山巔，即在最高峯之玉山亦不例外，僅植群密度及高度略受限制。可見在亞熱帶之台灣，高山地區之樹木界線並未實際出現，高山頂部之山脊仍在木本植物可以生長之極限內，台灣的所謂高山植群，實際上尚屬林木界線之推移帶，當香柏灌叢極為稀疏時，草本植群才出現景觀上的優勢。台灣高山之低溫（溫量指數 12°C 以下，見表一）及降雪，自當對林木之生長有所限制，高山香柏之生長量極低（見後文說明），故溫度對於香柏之喬木林或有影響，然對灌木之生長，則未構成限制之條件。由表六之數據，亦可看出海拔高度（溫度之間接評估）與林木界線之梯度具有相關性，然相關程度較另一因子含石率為低。

含石率一項，為本研究特別強調評估之環境因子，在國外林木界線之生態研究中，多未見提及。台灣山地造山運動劇烈，地形尚屬發育中之幼年期，高山峯頂與溪谷之間，落差極大，地形陡峭亦在意料之中，加以山地雨量充沛，降雨強度又大，故高山地區山頂岩石之物理風化遠較化學風化為烈，由於坡度大，崩解之石礫或岩屑亦不易堆積，即使能暫時堆積在較緩坡面，夏季之強度降雨亦導致碎石坡之滑動，令香柏灌木無法生長，而冬季岩隙中水分之凍結，可能產生凍拔（frost-heaving）之為害，影響樹木苗之生長，因此在某些高山斜坡

上，常見有寸草不生而灌木亦完全絕跡之裸露地帶，與溫帶高山或極地之 Solifluction 現象相似（蘇鴻傑 1975, Hanson 1950）。另在高山絕頂岩石風化崩落之處，長期形成裸岩，土壤無法發育，除非岩石表面有裂隙出現，否則草本及灌木均不易立足。顯而易見，在研究台灣高山林木界線時，土壤之發育程度及植物生長基質之含石率應為極重要之因子，在本研究中，土壤之含石率與 DCA 之第一軸具有最高之相關性，香柏林之生育地土壤發育較為優良，含石率多在最低級，而香柏灌叢之生育地，含石率多達 4~5 級，生長在石隙或岩壁裂縫中之香柏灌木亦時可見之，故土壤之含石率與山坡之坡度有關，均為限制香柏喬木林及局部地點香柏灌叢生長之因子。土壤含石率之評估，如僅以目測或現場挖掘之觀察，本來準確度不高，在中低海拔土壤發育較好之地尤然，但在高海拔之山頂附近，由於土壤發育不良，石礫極多，石礫大小亦判然可別，因此以分級評估的方式，其結果應具有代表性。

前文提到國外林木界線之研究，並未重視土壤之含石率，考其原因，這些文獻均來自溫帶地區，當地山區之林木界線海拔高度均較台灣為低，然山之實際高度則與台灣之高山相近，甚或比台灣還高。換言之，台灣高山之林木界線與溫帶地區比較，有一相當大的差別，即台灣之林木界線已接近高山之峯頂，與最高絕頂山脊之距離，頂多只有 400~500 公尺，在此種環境下，由於地形、坡度及激烈物理性風化之結果，自無法形成適合森林發育之土壤。溫帶地區之林木界線，離山頂尚有一段相當距離，位於山之中坡或山腹，此地之土壤發育環境較為理想，自不成為限制因子，在森林界線推移帶以上，含石率仍不構成限制條件，故雖因溫度偏低，木本植物無法成活，但草本植物却可連續覆蓋地面，形成典型之高山草原 (alpine meadow)，其分

布可向上伸展至永久之雪線 (snow line) 爲止。

本研究所評估之東北向及東南向空域範圍，乃針對風之效應而設，兩者與林木界線之梯度亦有相關，且相關程度亦較不涉及方位之全天光空域爲高，東北向及東南向之地形遮蔽，來自翠池東側之雪山主峯及北稜角，此二山頭已超過3800公尺，高出翠池數百公尺，當可提供庇護，使香柏發育爲喬木林，但在此二峯頂上，不論任何方向皆不可能有地形遮庇，樣區四周可見之空域範圍，接近100%，故此種生育地之溫度雖不足以限制木本植物之生長，但風之效應，却影響香柏之直立生長，促其形成矮盤灌叢之形相，某些地墊狀矮盤灌叢之高度，亦可能與積雪之一般高度有關，惜因無雪深之紀錄，自不能斷言。翠池地區沒有測候站之資料可考，風速及盛行風向自難以推測，且由於高山之風受地形影響，玉山測站之資料亦無法直接引用，故本區影響林木界線之風速及風向尚未能有效推定，若假定持續之強風發生在冬季之東北季風期間，而此種盛行風對於香柏之喬木構成限制因子，亦影響灌叢之高度，則翠池東邊之山脊當可降低風之限制作用，本研究之結果似乎與此推論相符，惟其證實則有待未來之微環境研究，或香柏生理與形態學之詳細觀察。

目前尙值得推敲的是比較雪山四周之森林界線高度。翠池圈谷之香柏喬木林，可漫延至3600公尺之高度，在北稜角及雪山主峯之下側約250公尺，在此界限以上，坡度及含石率顯著增加，至山脊頂部，石礫及裸岩更多，而地形上毫無庇護，故香柏之發育，由3600公尺以下之喬木，經山坡此線以上之閉鎖式矮盤灌叢，演變爲山稜頂端之地墊狀灌叢（圖十二）。在翠池南部之北向山坡，地形尙較平緩，香柏林可覆蓋至接近山脊的高度，這一山稜大致呈東西走向，在靠近翠池三叉山（3578公尺）之處，海拔大多已降低至3600公尺以下（圖七）

，理論上喬木林應可覆蓋至山頂部位，然實際觀察結果，至山脊上之狹窄地段，香柏喬木迅即轉變為矮盤灌叢，可見土壤因子（含石率）及風之效應立竿見影，限制了喬木之發育。在主峯至翠池三叉山之山脊以南，地形急轉直下，形成坡度極大之岩石坡（詳見圖七），其大部份坡面光禿一片，僅有香柏灌木及若干草本散生，由雪山南方（如梨山或環山部落）眺望，似乎寸草不生，然其中有一小片冷杉林，發育在峻峭之岩坡上，其上限可達3500公尺以上，可見森林界線可發展至此高度，惟坡度太大，含石率偏高，出現之喬木不是香柏，而是冷杉，冷杉似乎比香柏更能適應石礫地及岩石地形，故本省之森林界線以冷杉林居多，但因冷杉不具有變形為矮盤灌叢之能力，在森林界線上方之推移帶中，矮盤灌叢則由香柏取而代之，總之，這一片冷杉林之形成，顯示南向坡面雖含石率太大，不適於香柏林之發育，但也不受東北強風之影響，故有冷杉之森林出現。同理，在雪山主峯向東南下延之山脊，即通往志佳陽大山之稜線，靠近主峯之上坡仍為高山植群之稀疏草本及灌木，但在3700公尺以下，即出現冷杉之森林，其中亦有少數香柏混生，但數量太少而不能稱為香柏林，此處森林界線之所以能升到3700公尺，除了南坡較為溫暖之原因外，東北風吹襲所不及可能有密切之關係。

在雪山附近，風之最明顯影響，見之於主峯東北側之圈谷，此圈谷位於北稜角與甘木林山兩山脊之間（見圖四），坡度相當緩和，應為適於香柏林發育之地形及土壤，然實際上未見香柏喬木林形成，在由三六九山莊前往雪山主峯途中，首先經過山腹之冷杉林，至將近3500公尺之前，偶可看到少數香柏喬木之散生，但尚在冷杉林型之內，至3500公尺以上，冷杉林突然消失，代之而起的即是香柏的矮盤灌叢，在此圈谷之上半部處處可見，其高度遠較北稜角西側之灌叢為低

，地墊狀之灌叢亦可發現，由灌木之枝幹傾斜方向，可見盛行風來自東北向，此一現象與本研究在翠池四周之分析結果，大致符合。

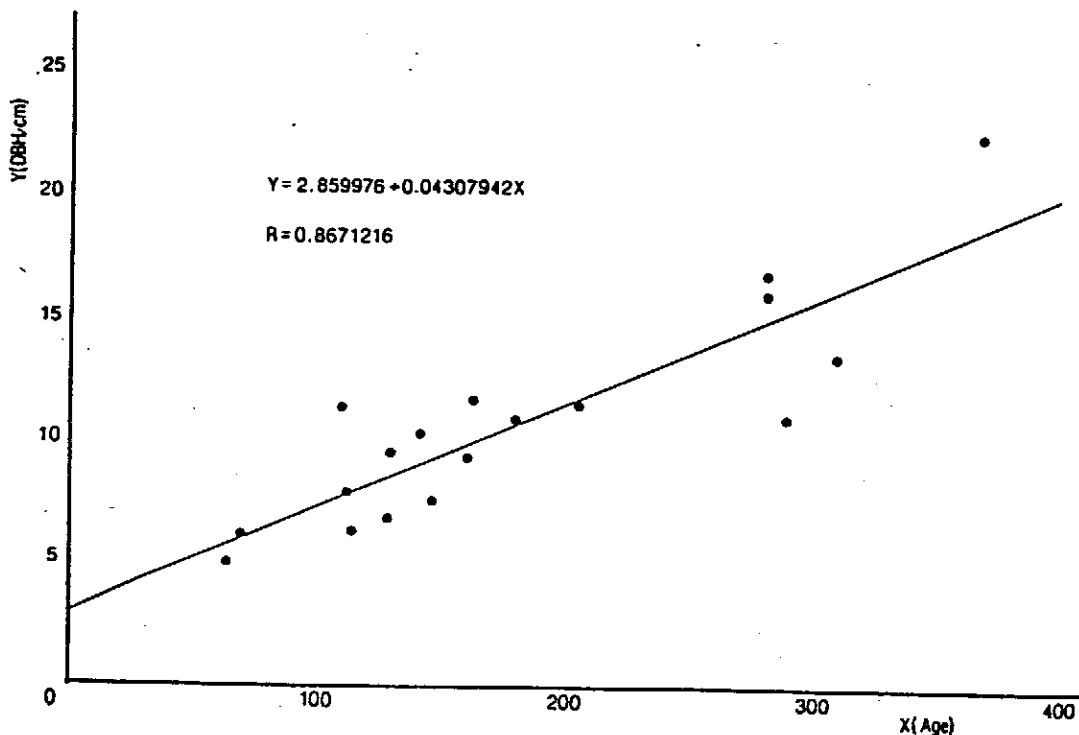
綜合以上之推測，可得如下之結論，以翠池為例，香柏之森林界線影響因子為地形坡度及土壤含石率，限制其喬木無法向上伸延之因子則為風之效應，溫度及海拔高度並未直接影響木本植物之生存，但因高山頂端沒有地形之遮蔽，風乃促使樹木形成矮盤灌叢之姿態。本省最高之山頂，仍在林木界線之推移帶內，亦即樹木界線之上限，可能要超過本省最高峯之上，此一結論，當可引用至翠池以外的台灣高山地區，惟須一提者，本文之立論係將林木界線劃分為森林界線及樹木界線兩線，以其間之推移帶視之，若其他學者設定之意義不同，則應另當別論。此外，台灣高山之森林界線，並非完全由生育地之物理環境所限制，有多處之森林界線，係由火災所導致，火災若發生於高山之頂端，常造成明顯之森林界線，但沒有矮盤灌叢之推移帶可言，火災跡地常有箭竹之大面積草原出現；若火災發生於山頂下側，則常有森林與草原上下易位之現象，極易辨識，例如雪山南方之志佳陽大山草原，與東峯下側之大草原，是為時已久的火災跡地，草原之上部反有冷杉林存在。

玖、香柏林之生長與族群構造

一、直徑生長

香柏林之生育位置係在本省之高山植群帶內，此種生育地之溫度指數在 12°C 以下（見前文說明），生長季可能不超過五個月，故生長量極小乃可以預料。本研究由於時間及人力有限，對於香柏喬木之生長，僅選取若干中小直徑級之樹，測定胸高直徑與年輪數，所測之樹木計 18 株，其胸高直徑與年齡之關係如圖十三所示。

胸高直徑與年齡之直線迴歸已達顯著水準（ $r=0.867$ ），可見香柏之中小徑木，其直徑與年齡可以直線關係視之，迴歸係數為 0.0438



圖十三、香柏喬木林中香柏胸高直徑與年齡之關係

，顯示每年平均之胸高直徑生長僅有 0.0438 公分，換言之，增加 1 公分之直徑約需 22.8 年，而 1 公分之半徑生長則約需 45 年才能達成。如以此關係推算，則直徑 1 公尺之樹木，大約有 2200 年之長齡，但直線關係實際上不能推測老齡木，國外研究顯示，針葉樹老木年齡與胸高直徑之間，常呈現冪函數 (power function) 之迴歸關係 (Stewart 1986)，即直徑生長在晚年成爲逐漸下降之曲線，因此，香柏直徑 1 公尺之樹木，實際年齡當超過 2200 年，若選擇台灣高山最大之香柏喬木測定其年齡，極可能發現本省最古老之生物。

二、香柏喬木直徑級密度之主成分分析

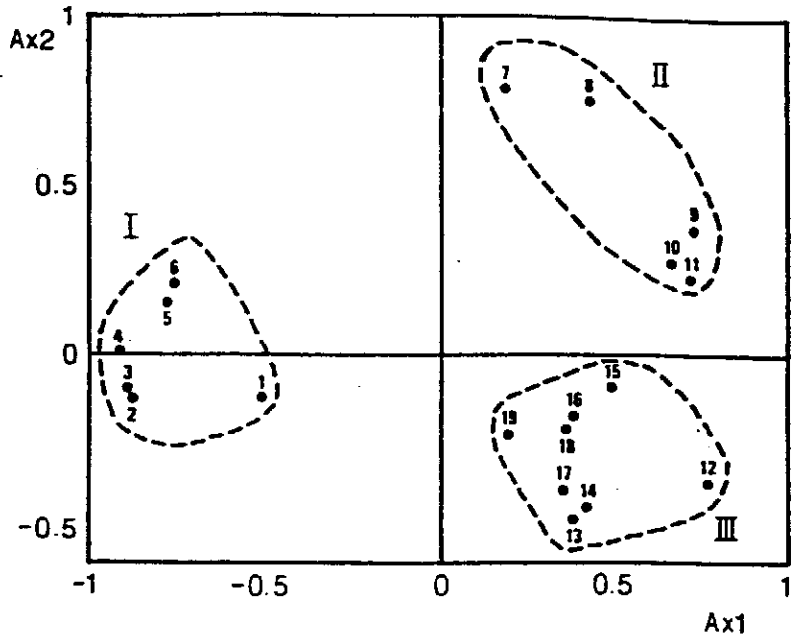
本研究調查期間，發現香柏林之上層樹冠僅有香柏一種，組成極爲單純，但其樣區之間，樹木之大小 (直徑) 却有相當之差異，換言之，在同一樣區之中，極少發現各種直徑級之樹木同時出現，有些樣區以老齡木居多，另有些樣區則以苗木及小樹爲主，可見各種直徑級樹木之分布，並非呈均質狀態，此種現象或與香柏之更新方式有關。爲進一步探討族群構造及更新機制，特將含有香柏喬木之 21 個樣區，對直徑大小加以分級，統計各級在樣區出現之株數，如表八所示。表中樣區已重新編號，直徑級可視爲變數，株數即爲該變數在樣區中之觀測值，爲瞭解各直徑級之間在樣區之分布關係，乃將表八之資料以主成分分析 (principle component analysis) 處理，以抽出該資料之主要變異趨勢。分析結果，各直徑級 (變數) 在主成分前二軸所構成平面上之分布位置標示於圖十四，直徑級在此變異面上顯然呈現分群 (grouping) 之趨勢，圖左之一群 (1~6 級)，相當於直徑 15 公分以下之樹木 (I 群)，形成特殊之群團，圖之右上側有較爲分散之一群 (7~11 級)，相當於直徑 16~40 公分之樹木 (II 群)，另在右

表八、21個香柏樣區中各直徑級所出現株數統計表

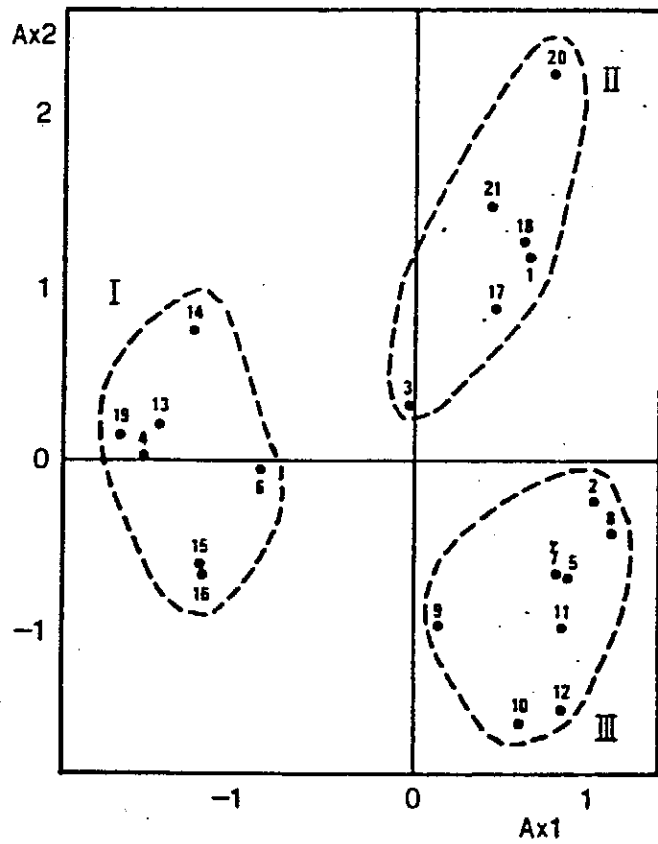
香柏樣區		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
直徑級cm																							
1	J/1-2	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	8	0	0	0	0	0	
2	J/3-4	1	0	4	7	0	11	0	0	0	0	0	0	9	3	12	14	0	0	15	0	0	
3	J/5-6	0	0	1	11	0	7	0	0	0	0	0	0	8	7	19	9	0	0	17	0	0	
4	J/7-8	0	0	0	13	0	7	0	0	0	0	0	0	13	11	8	4	0	0	18	0	0	
5	J/9-10	0	0	0	11	0	4	0	0	0	0	0	0	10	14	3	2	3	1	5	0	1	
6	J/11-15	1	0	0	14	1	4	0	0	0	0	0	0	11	11	3	0	0	4	8	1	2	
7	J/16-20	4	3	0	5	0	0	0	1	0	1	0	2	0	4	0	0	7	5	2	14	8	
8	J/21-25	5	4	6	0	5	1	1	1	0	3	1	1	3	3	0	0	10	8	0	9	9	
9	J/26-30	7	10	1	0	10	2	7	3	1	2	5	1	0	1	0	0	4	8	0	9	6	
10	J/31-35	9	5	5	0	1	2	6	6	1	2	4	2	1	0	1	0	2	7	0	3	3	
11	J/36-40	9	4	1	0	2	0	5	13	1	1	5	8	0	0	1	1	2	6	0	8	7	
12	J/41-50	5	8	2	1	17	0	5	8	6	8	8	14	0	0	1	0	3	4	0	6	4	
13	J/51-60	1	1	1	3	5	0	7	0	2	12	3	3	0	0	0	0	2	1	0	1	1	
14	J/61-70	0	0	0	1	3	0	2	1	3	3	1	2	0	0	1	0	3	2	0	0	0	
15	J/71-80	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	J/81-90	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	J/91-100	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	J/101-110	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	J/111-120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

下側亦有密集之一群（12級以上），即直徑在41公分以上之大樹（Ⅲ群），如Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ群分別以小、中、大徑木稱之，則小徑木（含幼苗）與中、大徑木之間呈兩極化之分布，即小徑木出現較多之地點，中大徑木較為罕見，反之，在中老齡木之森林底下，小樹及幼苗則為數不多，可見香柏之幼苗及稚樹之耐陰性不高，無法在成熟之林分下大量出現。

根據主成分分析之結果，表八之各樣區亦可在前二軸之平面上標示其位置（見圖十五），樣區亦呈分群配置，雖不若直徑級群團之明顯，然尚可看出與圖十四相當之Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三群，代表組成幼、中、老林分之樣區群。由此可印證野外之觀察，即翠池四周香柏林之林分發育，隨地而異，其主要齡級（以直徑級代表）各處不同，各齡級出現之株數有集落現象，並非呈隨機分布。若要分析香柏林之族群構造，有必要將樣區分群，分別調查幼、中、老林分之直徑級分布頻度。



圖十四、香柏喬木直徑在主成分分析前二軸之分布位置



圖十五、香柏喬木樣區在主成分分析前二軸之分布位置

在此尚須一提者，圖十五之樣區雖可分群，但屬於同一群之樣區，在現場並非相鄰緊密排在一起，而是分散在翠池四周，與其他群之樣區交錯並列，屬於第 I 型之幼林分，外觀上最易區別，其出現在中老林分之間，面積小者數十平方公尺，大者可超過一百平方公尺，形成宛若樹冠鬱閉破裂之孔隙（gap），前文曾提及，由雪山主峯或北稜角向翠池眺望，香柏林之樹冠頗不整齊，大樹之密度亦有疏密不等之分別，其理在此。

三、族群構造及天然更新

族群構造（population structure）係指樹木各齡級（age class）分布頻度之結構比例，乃探討森林安定性或更新方式之有力工具，亦為研究族群生長（population growth）之分析方式。理論上，生物學者常用生命表（life table）評估生物族群之生長模式，乃針對某一段時間內出現之群體（cohort），追蹤調查其中個體自出生至死亡之全部過程，分期統計族群之數目（Silvertown 1982），此種追蹤過程所得之列表，是為動態生命表（dynamic life table），然對於壽命極長之生物（例如樹木），此種追蹤較不實際，殆無真正進行之可能，故一般採用某一特定時間之年齡構造（age structure）調查，評估各年齡階段之死亡率及生存率，如此產生之列表，即為靜態生命表（static life table）。

一年生或多年生植物，以及草本或樹木之間，其死亡率之分布型態各不相同。即使同一植物，在不同生育地亦受各地生育環境之影響，而有不同類型之死亡率，族群本身之密度，亦常決定植物之死亡率。在同一生育地內，某一族群之死亡率，其高低則與年齡之大小有關。

森林中主要林木之族群構造，可推測該林分之來龍去脈，在研究

森林之演替 (succession) 及更新 (regeneration) 時極為重要，林木之齡級構造，除少數例外，如短時間之幼苗可採用動態方式外 (Hett & Loucks 1971)，大多採用靜態之調查方式，即在某一年代調查林分中各齡級出現之株數，統計各齡級所佔之百分率，由於林木之株數係由某年之出生率及死亡率，以及在往後年代中之死亡率所決定，故此種齡級分析實際上即生存率之調查，各齡級株數或百分率所形成之曲線，可稱為生存曲線 (survivorship curve)。樹木之一生中，個體之死亡率常隨年齡而異，不同齡級有其特定之死亡率 (age-specific mortality)，故其生存曲線之斜率亦隨年齡而變化，動物學者 Deevey (1947) 曾將生存曲線分為三型，分別以 Deevey I、II、III 型稱之，屬於第 I 型者，其族群生長之早期及中期死亡率極低，至後期則急速升高，第 II 型之族群，在各期維持固定之死亡率，第 III 型之幼齡級有偏高之死亡率，至中齡及老齡時，死亡率逐漸降低。第 II、III 兩型，在樹木極為常見，其齡級分布所構成之生存曲線呈反 J 字形，如生存個體數採用對數座標，則第 II 型可化為直線，第四型仍呈反 J 形。

反 J 字形 (reverse J shape) 之齡級構造，常被林學者喻為安定森林之象徵，蓋因在老齡之優勢木下，其族群之補充成員 (recruitment)，如小樹及幼苗均大量出現，且可長久維持，故將來老木枯朽後，樹冠層仍由同一族群之樹木取代，而森林之組成可維持不變，以齡級構造而言，此種森林為全齡林分 (all-aged stand)。林業上所稱之耐陰性樹種 (shade tolerant species)，多具有反 J 字形之齡級分布，其更新幼苗及稚樹可在林下充分出現，反之，陽性樹種 (intolerant species) 之幼苗未能在林下更新，其齡級分布曲線常呈與上述曲線呈不同之方向，即 J 字形，而介於兩型中間之樹種亦有之，其生存曲線之高峯出現在中間，而呈鈴形分布 (Spurr & Barnes 1980)。

樹木年齡之測定，遠較直徑之測量為難，如齡級與直徑級之間有某種關係存在，則採用直徑級之分析，亦可推測森林之年齡構造（Harcombe & Marks 1978, Lovimer 1980, Knowles & Grant 1983），然有時直徑級之分布則無法有效反應年齡之構造（Parker & Peet 1986, Stewart 1986），此時直徑分析即無法推測森林之更新機制，惟不論如何，反J字形之直徑分布顯示優勢木或老齡木之補充來源充足，仍可反映森林之相對安定性。

翠池附近之香柏林，其齡級分布如以直徑級表示，則樣區之間主要直徑級之結構顯有差異，可區分為幼齡林、中齡林及老齡林三型（圖十五），茲將此三種林分之直徑級分布示於圖十六。圖中三種林分均呈峯度不等之鈴形（bell shape），在幼齡林中，高峯偏向低直徑級之一側，如將最小之一級忽略不計，或將小徑木各級合併（直徑10公分以下合併為一級），則可呈現反丁形，此外，如不計樣區間之差異，而將分屬於三種成分之株數合併，如此所得之分布曲線亦為鈴形。因此，不論強調局部地點之差異，或將此種差異視為香柏林中同一樹種之族群鑲嵌體，香柏林之直徑分布最高之一級為中齡之樹木，出現在過去某一年代，而最近之新成立幼苗或稚樹已顯著減少。

以幼齡林分而言，有60%之株數，集中在3~8公分之直徑級，另有大約30%之株數分布在9~25公分之間，而大徑木極為罕見，此種趨勢顯示幼齡林之中，幼苗及稚樹之補充仍很旺盛，更新之情況尚可持續。中齡林內，直徑分布之高峯出現在21~25公分之一級（18%），直徑在16~50公分之中徑木，高達80%，10公分以下之幼樹，僅佔5%，可見近年來更新已不顯著。老齡林中最高之直徑級為40~50公分（25%），但直徑在30至60公分間之樹木佔了65%，而15公分以下之小徑木及幼苗則未發現，顯示在鬱閉之大樹下，更新之幼苗

及小樹已無法發育。以上之分析，可見較成熟之中齡林或老齡林，並非全齡林，直徑級之統計本來就無法完全顯示年齡之構造，若同一年齡之樹木直徑有某種程度之變異範圍，則香柏林之齡級構造有偏向同齡林 (even-aged stand) 之趨勢。

發育成熟之極盛相森林 (climax forest)，其主要林木之齡級或直徑級分布常呈反丁形，但呈現鈴形分布之樹種亦可發現 (Leak 1975, White 1979, Stewart 1986)，即使在從未受過干擾之原始森林，亦有主要優勢木呈現此種情形 (Runkle 1981)。故反丁形之齡級分布雖可反映林木之極盛相特性，但極盛相之樹種則未必有反丁形之分布，主要係因更新機制及老幼林木取代地點不一定相同所致。

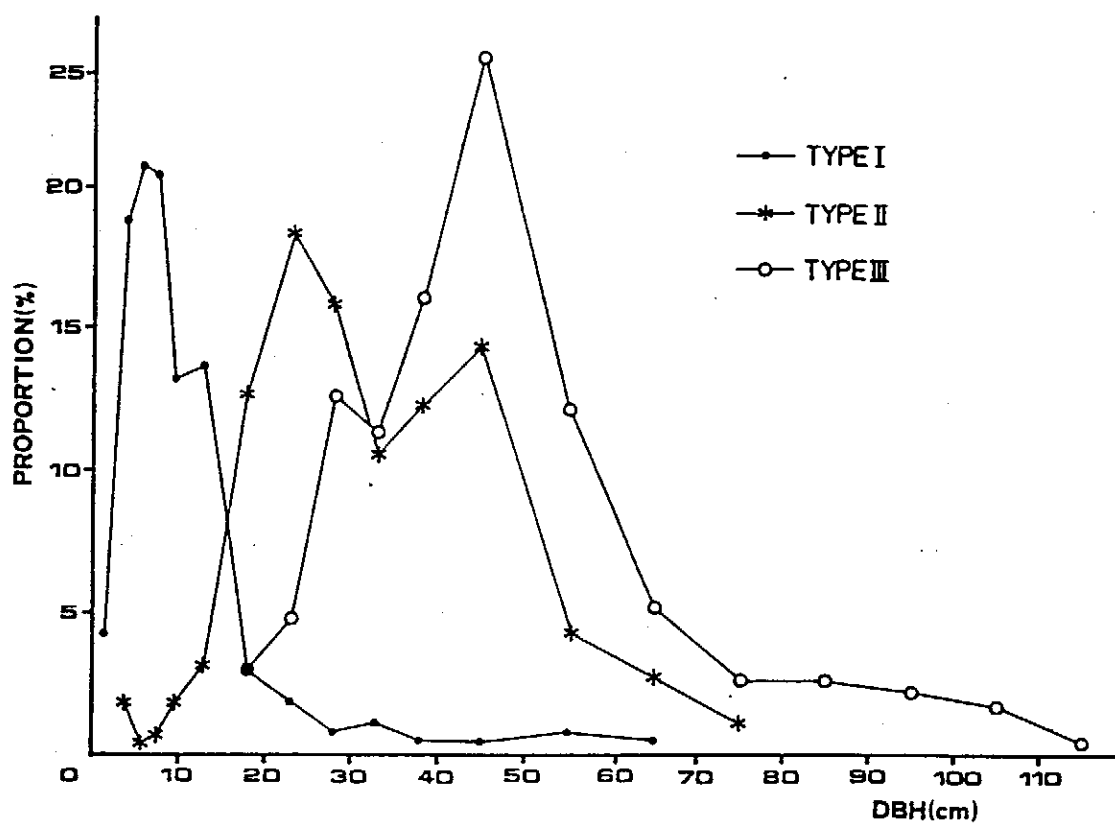
不論是否為極盛相階段，林木之齡級或直徑分布呈鈴形者，可能有若干成因：(1)極盛相森林中之次優勢可能出現鈴形之齡級構造，此種樹種之全盛時期為演替中期，在晚期之極盛相中，更新已逐漸減退 (蘇鴻傑 1979)。(2)演替中之林分，主要林木之齡級或直徑級常呈鈴形分布，其更新或幼樹之補充起初非常旺盛，待至某一階段，更新苗木即受阻於本身族群所建立之樹冠層，因此之故，林相趨於同齡林 (Nelson 1964, Day 1972, Oliver 1981, Peet 1981, Parker & Peet 1984, 蘇鴻傑 1988)。(3)過去森林之局部干擾，可導致某些樹種之齡級或直徑形成鈴形分布，干擾過後，有小規模之樹冠破裂，在空隙上樹木幼苗大量出現，並持續成長，至直空隙復合為止，苗木又受抑制而減少 (Marks 1974, Auclair & Cottam 1971)。(4)某些樹種具有較大之耐陰性，直徑分析可能出現大量幼苗及小樹，實際上這些小樹是被壓木 (suppressed tree)，年齡分析之結果則會移至中齡木，而呈現鈴形分布 (Stewart 1986)。(5)具有孔隙更新方式 (gap regeneration) 之樹木，其中齡林分或老齡林分可能出現鈴形之齡級分布 (

Runkle 1981)，即至某一林齡以後，林下不易產生幼苗，小樹亦無法持續成長，類似陽性樹種之特性，然這並不意味該樹種無法形成極盛相森林，在林中之孔隙內，小苗仍可出現，而孔隙之形成對此種森林之更新極為重要，亦為極盛相普遍存在的現象，自然界之因子如火災、雷擊、風倒等，或老齡木之老朽，均可促使空隙之一再出現，在空隙內之輪番更新，即可導致全林分之更新而持續不衰。

綜合上述研判，香柏林之族群構造與更新方式，應可作一合理的推測。香柏是林中唯一的樹種，翠池之香柏林存在已數千年，過去大致沒有大規模之人為干擾，若說此香柏林尚在演替之中，而未達成熟之安定階段，則非事實。然其直徑級分布呈鈴形，老齡木之下方出現之更新族群不多，顯示其林分類似陽性樹種之同齡林，而非中低海拔之極盛相闊葉樹林所可比擬。事實上，陽性樹種及耐陰性樹種之區分，只是一種相對的觀念，主要由環境因子及樹木間之競爭能力來決定，若處於極端環境，能適應之樹種不多，則用耐陰性之觀念來反映極盛相即不適宜。香柏林之生育地範圍內，已無其他樹種可與之競爭，故形成純林，若有干擾出現而引發演替，亦無其他陽性樹種可構成早期或中間期之演替序列，故其鈴形之族群構造，並非森林即將退化或組成將發生改變之跡象，藉由林中自然形成之孔隙，仍有苗木發生而持續成長，故屬於上述孔隙更新方式，不同地點輪番更新的結果，整個森林可維持長久，此種現象在溫帶之高山地帶，可謂相當普遍(White 1979)。

香柏林之更新及維持，顯然要依賴林中之孔隙，即樹冠破裂之開口(opening)，上文提及，實際調查可發現此種孔隙呈零星散布，並未集中而大面積出現，可見翠池附近過去沒有大規模之干擾，亦無顯著之火災痕跡，林中孔隙面積不大，推測當由少數老樹之枯死、風倒

或雷擊所引起，此乃自然之現象。本文雖將香柏林分為幼、中、老三
種林齡，實際僅代表分析上的觀念，是由不同地點之樣區組合而成，
由於各種林齡之樣區交互配列，整個香柏林乃由此等小單位之鑲嵌體
組合而成。



圖十六、三種香柏林林分之族群構造（直徑級分布結構）

拾、結論及建議

一、一般評論

雪山香柏保護區位於台灣中部大安河流域之源頭，其最高之山脊為大霸尖山至雪山主峯之稜脈。在全區將近三千公頃之面積中，涵蓋了本省山地之主要森林帶，出現之林型則有檜木林、針闊葉樹混淆林、松林、鐵杉林、冷杉林及香柏林，並有高山箭竹草原夾雜其間，在林木界線以上地區則有典型之高山植群帶，可見區內具有多種生態系之類型，足可代表台灣山地植群帶與生育地之變異，頗富保存及研究價值。

本區之保育重點為翠池附近之香柏純林，分布於翠池圈谷之底部，海拔在 3350~3600 公尺間，純林之面積大約有90公頃，樹木呈直立之大喬木狀，樹高可達18公尺，胸高直徑大多在 20 ~ 60 公分之間，少數老齡木則超過 1 公尺之胸徑，估計其年齡在2000年以上。成熟之香柏林下方，更新之幼苗及稚樹不多，顯示其更新苗不耐老樹鬱閉之遮蔭，然林中樹冠破裂之孔隙內，則有大量幼苗及小樹出現，可見其生存策略係採用孔隙更新 (gap regeneration) 之方式，而老齡林、中齡林及幼齡林呈交錯並列於整個林分內，全林亦達極盛相之安定階段，惟林中帶有小形的齡級鑲嵌構造。

香柏林為本省海拔最高之針葉樹林，分布之地點及面積極為稀少。台灣之高山林木界線一般由冷杉林構成，林木界線以上之推移帶中，香柏取代冷杉而生，但多形成密集之矮盤灌叢，至高山絕頂，香柏僅呈散生之地墊狀灌叢，點綴於稀疏之高山草本植群帶內，此一系

變化，代表高山環境之轉變及生物之適應，為高山生態系中極為敏感之研究課題，可顯示植物生存之極限。香柏林僅出現在台灣高山地形隱蔽、土壤發育較為優良之山谷或山腹，在此種生育地上，香柏喬木取代冷杉林而形成林木界線，在鬱閉森林之終止界線以上，香柏之喬木漸轉變為矮盤灌叢，終至成為地墊狀之散生灌木，同一樹種呈現一系列形相上之轉化，此種由香柏喬木以至矮盤灌叢之林木界線推移帶，在台灣高山相當罕見，最典型之例子即見於雪山之翠池。

翠池林木界線之推移帶中，不論喬木林或矮盤灌叢，均由香柏同一樹種組成，此種個案在高山林木界線之生態研究上，極為有利，可消除不同樹種間相互競爭之影響，而使環境限制因子之推測趨於單純。台灣高山林木界線之成因或限制因子，尚無定論，本文初步研究結果顯示，低溫尚不構成香柏生存的限制，香柏可生長到最高之山頂。然在林木界線上方，香柏之樹形產生劇烈之變化，主要係受地形坡度、風及土壤含石率之影響，故香柏雖可生存，但發育不良，無法形成直立之大樹，而鬱閉之香柏喬木林，僅發現於坡度平緩而含石率較低之蔽風谷地，由於土壤發育較好，土中有效之水分亦多，香柏之生長量遠較林木界線以上者為高，故可形成高大森林。簡要言之，如將林木界線視為鬱閉森林終止線（森林界線）與木本植物完全消失線（樹木界線）之間的推移帶，則台灣最高的山頂，仍在樹木界線以下，而限制森林界線向上延伸之因子，並非溫度，而是土壤發育及風之效應（包括機械性傷害及風乾致死效應）。

以上結論係由環境因子的評估及植群資料之多變數分析所導出，屬於間接梯度分析的研判，其證實有賴於微環境之觀測及樹木形態或生理之實驗，此等研究須有精密之儀器、試驗設計及長時間觀察，已非本文所及，但未來之研究則可預期。雪山翠池的香柏林環境，是本

省研究林木界線生態之最佳地點，此外，香柏之長壽達幾千年，其林木之生長量變化，保存了台灣過去幾千年來之環境及氣候變遷資料，為研究古生態不可多得的材料。由於高山地形陡峭，土壤侵蝕劇烈，位於本省主要河川發源地之香柏林，在水土保持上亦有其重要性，不論香柏林或香柏灌叢，均應注意其維護，不可破壞或開採。香柏林之出現，須有特殊之地形，此種地形在台灣高山並不多見，故在雪山翠池設置香柏之保護區，自有其適切性及必要性。

二、保護區系統評估

自然保護區之設置，是為保存各種生態系之活樣品，以供科學研究或教育之用。保育之原則並非保留資源不用，合理的利用乃是開採（exploitation）與保存（preservation）並重，在何處利用或在何處保留，自應有妥善之規劃。本省地狹人稠，山地之森林資源不可能完全不用，故要在何處設置保護區？或設立那一種、多少處保護區？當為資源保育之主要研究課題，宜視本省生態系之歧異性、分布面積及開發程度，早日作週詳之安排。初步擬訂保護區之設立計劃後，宜將既有之預定地，與台灣生態環境、生育地分類及植群型分析之資料，作一比較，進行系統性之評估，以便決定保護區之等級及優先設置次序，同時確定各種生態系類型之保存，有無遺漏或已充分擇地設立。

本省生態系類型，尚無週詳而完整之資料可考，惟早期之植群型與森林帶分類研究，已有初步之基礎，可作為生態系分類之雛形。生態系之大致區分，可參考生育地之氣候變異及植群形相之特性（Walter 1979）。筆者曾嘗試由台灣各地測候所之資料，分析主要氣候因子之變異趨勢（Su 1984a），發現氣候特性呈三度空間的立體變化，根據山地之溫度變化梯度及林相之相應變異，可將山地劃分為六個主

要林帶 (Su 1984b, 見表一), 再根據雨量在不同地理位置之差異及分布週期, 亦可將全省分爲七個地理氣候區 (Su 1985), 即東北區、西北區、東部區、中西區、西南區、東南區及蘭嶼區 (表九), 其中東北區尚可細分爲臨海區 (NEC) 及內陸區 (NEI) 兩亞區, 東部區亦區分爲北段及南段, 故台灣植群型之分類, 可由垂直之林帶及水平之氣候區交錯並列而形成主要架構, 目前各種林帶及氣候區內之植群變異, 並未充分調查研究, 故此種分類架構宜視爲初步之擬議, 將來有必要調整或修訂, 其分區境界線亦屬暫定性質, 有賴植物學者共同努力而訂正之 (Su 1985)。其體系雖未完善, 然可視爲初步之架構, 與目前急待進行的保護系統作一比較評估, 以瞭解保護區之完整性與代表性, 提供保育作業之參考。

台灣陸地之保護區系統, 應包括國家公園之生態保護區及國有林預備設立之自然保護區 (35處), 其中有少數國有林之自然保護區, 並已依文化資產保存法正式公告爲自然保留區, 總計已有 9 處, 此外, 生態學者提議設置之保護區尚不計其數 (行政院文建會 1985), 這些保護區大小不等, 大者數千公頃, 涵蓋了幾種生態系, 小者僅數十公頃, 以保護某一特殊生物或地形景觀爲目的。爲早日作一初步的系統性及代表性評估, 茲將所有的保護區, 按其所在位置及涵蓋的植群型, 嘗試列入上述的林帶及氣候區矩陣架構, 如表九所示。

香柏林屬高山植群帶, 然因出現地點不多, 數量亦少, 並非盛行植群。高山植群帶以香柏及玉山杜鵑之灌叢爲主, 並有大面積之高山草本植物社會 (見圖五), 香柏之喬木林生育地爲此帶中特別優良之地形, 需具備平坦、蔽風及土質良好之條件, 在表九中, 僅有西北區、東部區及中西區之少數局部地點可見之, 這些地區之高山植群帶, 已有玉山國家公園及太魯閣國家公園之生態保護區, 面積相當廣大,

表九、台灣自然保護區及其氣候區與林帶相關評估矩陣

氣候區	闊葉林帶		櫟林帶		冷杉林帶	高山櫟群帶
	拍楠林帶	楠櫟林帶	下層	上層		
東北區 NEC	坪林臺灣油杉保護區 哈盆自然保護區		陽明山國家公園 鹿角坑溪生態保護區	北港天台山毛櫟保護區 獨立山野生動物保護區 翠峰湖野生動物保護區		
西北區 NEI		淡水紅樹林保護區 關渡自然保護區	臺灣北部自然保護區 龍巖溪酒廠樹木保護區 龍巖湖自然保護區 武陵櫻花動物區保護區		大湖尖山茶桐冷杉保護區	雲山香拍保護區
東部區北段 EN	鼻石鼻海岸保護區 海岸山脈低海拔闊葉樹保護區		南澳闊葉樹保護區	太魯閣國家公園生態保護區 屏風山至戴石山		
東部區南段 ES	關山臺灣海狸保護區 海岸山脈臺灣蘇鐵保護區 茶東茶桐類保護區		玉山野生動物保護區 關山臺灣胡蝶保護區	玉山國家公園生態保護區		
中西部區 CW	火炭山自然保護區 水尾山鸞尾山保護區 普興野生動物保護區 二水臺灣獺保護區		阿里山針葉櫟林保護區(II) 阿里山茶桐一葉樹保護區	八通關自然保護區		
西南部 SW	恆春熱帶海岸林保護區 墾丁國家公園		出雲山自然保護區 博頭山自然保護區	北大武山針葉櫟林保護區 天池槍谷生態保護區		
東南區 SE	南仁山生態保護區	大武壠油杉保護區				
蘭嶼區	(蘭嶼國家公園)					

附註 國家公園生態保護區 [---] 文化資產保存法之自然保護區 □ 國有林自然保護區 □

足可保存台灣典型的高山植群及特殊稀有高山植物，在此二座國家公園之保護區中，亦有香柏喬木林之散生，對於本省已知的香柏林，除翠池外，均羅致在內。

前文提及，位於南湖大山（太魯閣國家公園）的香柏林，規模及數量不大，雖然地形稍為平緩，保水力亦不錯（有南湖池形成），但遮蔽度及土壤之發育幅度則不及翠池，面積亦較小，且林中冷杉出現不少，並非典型的香柏純林。南湖大山保護區之價值，在於其特殊的地理位置（台灣高山之極端東北角）及地形發育特性，當地已無其他高山之屏障，氣候因子之極端恐為本省高山之冠，冬季雪期及降雪量可能超越其他高山地區，岩層之高度物理風化產生了無數碎石坡及岩屑高原，除南湖池畔之香柏林及圈谷有少數散生的樹島外，樹木極為稀少，而典型之高山草本則大量出現，成為本省高山植物最發達之地帶。當地的高山植物有若干種類與日本相同，但未見於台灣其他高山，同時亦有若干種固有的高山植物（如南湖柳葉菜），可列入稀有植物之名單，以植物之保育而言，南湖大山的生態保護區，其重點應在高山草本植物及稀有植物之保存，翠池及雪山附近的高山植物種類，若與南湖大山相比，便顯得遜色不少，而兩山僅有一大甲溪之隔。

玉山附近的香柏林面積也不大，北峯鞍部地形狹窄，土壤發育的幅度更小，其香柏林林已有大量冷杉，顯示為冷杉林之推移帶，至稜線頂端，香柏林未及發育便轉變為灌叢。玉山南峯附近稜線上有小面積之平坦坡面，可能會形成香柏喬木，但當地有火災遺跡，未見香柏林，由於地形毫無遮蔽，土壤亦未充分發育，其將來發展為香柏喬木林之潛力不大。

秀姑巒山至馬勃拉斯山一帶，海拔高度甚高，也有平坦之山腹地形及附近山脊之屏障，故香柏林之分布面積最大，但在久遠以前即有

火災發生，目前香柏林相並不完整，時有大面積之草原出現，草原上可見香柏之枯立木及倒樹，火災後之演替正在進行，香柏之小樹可呈直立狀，顯示將來有成林之潛力，然不知須費時幾千年，現在能看到的香柏林僅呈塊狀叢生，林中樹木胸徑甚大，恐有本省最老之香柏在此殘存。高山火災之發生，與當地之坡向及乾旱程度有關，國外學者常視火災為自然環境因子，在某些生育地，火災常呈惡性循環而有週期現象可察，故火災跡地將來仍有火災之潛在危險。

綜合上述比較評估，翠池之香柏林極為難得，其地形、土壤及坡向配合得宜，香柏林之規模及完整性，在台灣乃無其他地點可以取代。雖然本省高山植群帶已有相當大的保護區面積，若論香柏林之代表性，則非雪山翠池莫屬。

雪山主峯至大霸尖山一帶之高山地區，地形景觀及林型變化交頗富特色，過去曾有關建國家公園之擬議，將來不論是否納入國家公園之體系，翠池之香柏林均應列為保護重點，若無法成立國家公園，亦宜正式公告為自然保留區，提供高層次之法律保護依據。本區與東側之武陵櫻花鉤吻鮭保護區相鄰，如能先後依文化資產保存法予以公告，則本省第二高峯之雪山地區，包括大安溪上游、大甲溪上游，以及國寶魚之七家灣溪流產地，均可納入保護系統。

三、永久樣區之設置

雪山香柏保護區之面積雖達3000公頃，但若以香柏林與保護重點，則其分布僅在翠池附近，對於香柏林生態之後續研究，以及香柏灌木在林木界線推移帶中之生理及形態觀察，自應以翠池為中心。本文建議設置之永久觀察樣區，計有兩處，其位置標示於圖七，茲將永久樣區之地點、研究重點等項目分述如下。

1 香柏林永久樣區：本區預定設於翠池西側之小山稜上，該地形為寬平之稜頂，山稜為東南至西北走向，坡度平緩。由於香柏林中具有不同齡級之鑲嵌體，永久樣區自應包括這些變異，故擬議在此設立三個小區，每區各為 30×30 平方公尺，分別為 I 區（幼齡林）、II 區（中齡林）及 III 區（老齡林）（詳見圖七位置之標示）。香柏林樣區可供族群構造及生長量之研究，族群構造宜以年齡之分析進行，直徑生長量與年齡之關係，應包括老齡木及中齡木之樹幹年輪測計，以彌補本研究之不足。

2 香柏灌叢永久樣區：翠池附近之林木界線，是由香柏之喬木林，演變為香柏之灌叢，並伸入高山草本植群之中，故限制鬱閉森林發育之環境因子，可由香柏灌叢之生態、形態或生理因素，以實驗的方法加以研究。林木界線的轉移情況，由翠池東側沿北稜角向上坡的方向，最為清楚，提議的永久樣區即設在北稜角之西側下坡處（圖七右側），面積約為 10×10 平方公尺。未來研究的項目可包括灌木之樹形轉變、頂芽的生長及枯死情形、針葉的解剖及形態觀察、針葉枯死之方位及方位轉變實驗等，以確定限制因子，同時對於灌木的生長量亦可採用年輪的測計加以分析，以瞭解喬木與灌木之生長差異。為配合上述研究，宜加入微環境之觀測，以確定地面溫度與氣溫之差異、局部地點風向與風速的變異、積雪之深度等環境因子。

四、保育措施建議

自然保護區的經營，與傳統林業的林木開採或造林有很大的不同，其主旨是要維持保護區之原始及自然狀態，使生態系的功能得以正常運作，而提供研究與教育之需。在此前提下，如何防止人為之干擾或局部環境之破壞乃成為主要的經營原則。雪山香柏保護區之位置在

偏遠之高山地區，主要山嶺均在3000公尺以上，由區外有交通可達之地點，翻山越嶺進入區內，至少要花兩天的時間，故平時保護區內人跡罕至，也沒有山區居民在此從事產業活動，因此，維護保護區內之環境及生物資源完整性應不成問題。保護區已列入林業經營計劃，將來不論是否取得自然保留區之地位，林業之生產及造林作業自不宜擴及保護區之內，由於大部份保護區之林地已在海拔2500公尺以上，在新的林業政策目標下，此等地區已不適用於伐木或人工更新作業，故雪山香柏保護區的設置，與傳統的林業措施並無衝突之處。

值得注意的是，區內的人為干擾來自登山隊的活動。大霸尖山及雪山名列本省登山界的五岳三尖之內。為一般登山者的熱門路線，除兩山個別攀登之外，兩山之間尚有無數有名的高峯，形成一道高聳雲霄的山脊，即登山界所稱之聖稜線，登山隊採全線縱走者不在少數。林務局對於登山活動，一向採取鼓勵與輔助的態度，除整修步道、設立指標外，並闢建登山避難小屋，以維護登山安全，目前保護區內的登山步道已相當明顯，區外的公路及林道也相當方便，加以避難小屋的普遍設立，攀登雪山、大霸尖山或縱走聖稜線已較十年前輕鬆，有逐漸成為大眾化路線的趨勢，每逢假日，登山客絡繹於途，山莊小屋亦告爆滿，若本區設立保護區，對於進入保護區的登山者或遊客，自應有所約束或管制。

登山隊對於山區環境及植物之衝擊，來自多方面的影響。大隊人馬的踐踏，導致步道加深與變寬，路旁之植物亦遭破壞，目前攀登雪山路線上，由三六九山莊到主峯之冷杉林中，已可看到嚴重之情形，惟此種衝擊僅限於步道兩側，影響幅度不大，而登山活動亦無法禁絕。登山活動對保護區內植物之最大威脅，乃露營與營火薪材之伐取，露營地之污染，因登山人口之增加而日趨嚴重，而營火薪材之利用，

香柏受到的傷害最大，在翠池及整條稜線上，均有登山者露營之痕跡，往昔登山人數尚少，僅撿拾倒木與枯枝即足供營火所需，近幾年來，露營隊伍及人次激增，薪材供不應求，在幾處營地及山屋附近，不少香柏小樹遭砍伐取火，樹枝砍斷之跡屢見不鮮，蓋因香柏可燃性高，即使新砍之生材亦可立即生火之故。此種樹木受損情形，勢必隨登山活動之頻繁而日趨嚴重，大樹樹枝之摘取對林木影響較小，小樹或幼苗之砍伐，則影響甚大，據觀察所得，香柏之根株並無萌蘖之能力，一旦砍除，即無法復活，長此以往，苗木及稚樹之減少勢必影響全林分之族群結構，對未來之更新有不利之結果，同時露營活動極易引起火災，波及大面積之林分，將來應慎為防患。

綜上所述，雪山保護區之經營要務，應是登山活動的管制，要維持區內的自然生態原貌，宜將登山之衝擊減至最低。一般嚴格的自然保護區，通常除學術研究外，不允許有其他活動，然雪山為本省第二高峯，大霸尖山更被中外登山界喻為世紀奇峯，登山已形成熱潮，全面禁止登山當然不宜，惟進行數量的管制措施則為可行之道，要維護登山遊樂的品質，管制仍有必要。目前假日期間，山莊及小屋人滿為患，在床位難求的情況下，露營人數更形增加，在營地及山屋附近，環境髒亂不堪，水源污染亦是一大問題，許多登山客搖頭嘆息，大感假日登山有如夢魘一場，可見登山者本身亦無法忍受此種品質低落的體驗，然而為何仍有大批登山者湧入山中？台灣地小人多，遊樂需求量太大固然是原因之一，但登山者無法事先取得協調及登山人數資訊則是主要原因，尤其在沒有人管理的山莊，以及無主管單位可供協調及預約的情況下，登山者只有先入為主，捷足搶佔床位及營地，因而隊伍間的衝突時有所聞，而在擠得水洩不通的山莊內坐立而眠更是常事，遊客也許並不關心生態環境的衝擊，但此種登山夢魘的體驗絕非

多數人所樂於接受，只是出於無奈。

限制登山活動的數量或使用方式，不僅可以減低高山環境的衝擊，亦能提升登山遊樂的品質，然本省尚無此種措施之先例，實際進行必有困難，亦可能招致登山界的反感。問題的癥結在於登山界並無統一協調的組織，高山林地主管機構的林務局，亦無限制登山的權責及執行此項措施所需的編制人力，而警政單位所核發的入山證，則與管制生態衝擊及遊樂品質完全無關。目前觀光局對於風景區的環境及遊樂品質極為關切，已有管制遊客容納量及減低衝擊的研究計劃正在進行，而國家公園之生態保護區，亦有評估登山人數的研究，或已採行遊樂人數限制的措施，然而這些問題牽涉甚廣，須有高層次的研究計劃深入探討，非本文研究範圍所及。

本研究之主旨在研究雪山香柏保護區之植群生態，對上述問題自無法提供具體可行的解決方案，然基於生態學的原則以及自然保護區或保留區的設置宗旨，對於雪山保護區的經營管理，僅提出下列原則性的建議，至於其可行性、執行技術、或主管單位與權責等問題，則應另行研議。(1)在假日或登山尖峯時間，設法管制登山路線上的人數，宜採事先預約登記的方式，分配路線及名額。(2)名額的多少，在沒有研究數據可考之前，可先參考山莊之容納量及營地大小或水源水量而定。(3)在山區活動地點設置解說牌，或在登山入口登記處（入山檢查哨）發行解說摺頁，提供生態保育解說，勸告登山者降低環境之衝擊。(4)限制露營地點，禁止取用活樹當柴火，翠池附近之香柏林中宜禁止露營。(5)邀集登山團體及政府有關單位，舉行聽證會或說明會，介紹自然保護區之宗旨，以及高山地區已設立之保護區位置，強調環境衝擊對自然保育之影響，以及對登山品質惡化之效應，以便取得登山界之共識，使管制活動得以順利實施。(6)高山自然保護區宜有專職

管理人員，最好聘用體健之人士，且有登山興趣及能力者，以便定期巡山，取締或告發違反保護區規定之活動。(7)雪山香柏保護區宜及早公告為自然保留區，與武陵之鱒魚保護區，將本省第二高峯附近的高山生態環境，納入保護系統。

拾壹、參考文獻

- 台灣省林務局 1986 國有林自然保育推廣計劃 44pp.
- 行政院文建會 1985 台灣地區具有被指定為自然文化景觀之調查研究報告 行政院文建會與中華民國自然生態保育協會合作報告 114pp.
- 柳楮 1961 本省最新發現之一種寒帶林—香柏林 林試所通訊 109：859～862.
- 柳楮 1971 台灣植物群落之分類Ⅱ、高山寒原及針葉樹林群系 林試所報告 203：1～24.
- 陳正祥 1961 台灣山地之氣候 台灣銀行季刊 12(4)：96～108.
- 戚啓勳 1969 台灣之山地氣候 台灣銀行季刊 20(4)：155～207.
- 鹿野忠雄 1934 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究 地理學評論 10：7～11.
- 鹿野忠雄、吉村信吉 1934 台灣次高山附近の高山池 陸水學會雜誌 4：54～65.
- 鈴木時夫 1935 秀姑巒山、マボラス山、植物相概觀(I) KUDOA 3(4)：150～161.
- 鈴木時夫 1936 秀姑巒山、マボラス山、植物相概觀(Ⅱ) KUDOA 4(1)：1～6.
- 鈴木時夫、福山伯明、島田秀太郎 1939 台灣の高山植物群落に就て 日本生物地理學會會報 9(6)：99～131.
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 1978 大甲溪上游台灣二葉松天然林之群落組成及相關環境因子之研究 台大實驗林研究報告 121：207～239.

- 應紹舜 1976 雪山地區高山植群的研究 中華林學季刊 9(3):119~135.
- 蘇鴻傑 1975 台灣高山地區之香柏群落 台大實驗林研究報告 113 :101~110.
- 蘇鴻傑 1979 台灣北部烏來一小集水區潤葉樹林群落生態之研究(四) 分析取樣法中植物社會介量之研究 台大實驗林研究報告 123 :173~196.
- 蘇鴻傑 1986 植群生態多變數分析方法之研究 I. 原始資料檔案之編製 中華林學季刊 19(4):87~103.
- 蘇鴻傑 1987a 森林生育地因子及其定量評估 中華林學季刊 20 (1):1~14.
- 蘇鴻傑 1987b 植群生態多變數分析方法之研究 II. 降趨對應分析法及相關分布序列法 中華林學季刊 20(3):45~68.
- 蘇鴻傑 1987c 自然保護區之保育管理 發展森林遊樂與加強自然保育研討會。
- 蘇鴻傑 1988 台灣國有林自然保護區植群生態之調查研究—南澳潤葉樹保護區植群生態之研究 台灣省農林廳林務局保育研究系列 118pp.
- AUCLAIR, A. N. & COTTAM, G. 1979 Dynamics of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh) in southern Wisconsin oak forests. Ecol. Monogr. 41: 153-177.
- BLISS, L. C. 1966 Plant productivity in alpine microenvironments on Mount Washington, New Hampshire. Ecol. Monogr. 36: 125-155.
- BROOKE, R. C., PETERSON, E. B. and KRAJINA, V. J. 1970 The subalpine mountain hemlock zone. Ecol. Western N. Amer. 2: 148-439.
- CLAUSEN, J. 1965 Population studies of alpine and subalpine races of conifers and willows in the California high Sierra Nevada. Evolution 19: 56-68.
- DAUBENMIRE, R. F. 1943 Vegetational zonation in the Rocky Mountains. Bot. Rev. 9: 325-394.

- DAUBENMIRE, R. F. 1954 Alpine timberlines in the Americas and their interpretation. *Butler Univ. Bot. Stud.* 11: 119-136.
- DAY, R. J. 1972 Stand structure, succession and use of southern Alberta's Rocky Mountain forest. *Ecology* 53: 472-478.
- DEEVEY, E. S. 1947 Life tables for natural populations of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22: 283-314.
- FRANKLIN, J. F. et al. 1979 Subalpine coniferous forests of Central Honshu, Japan. *Ecol. Mon.* 49(3): 311-334.
- GAUCH, H. G. 1982 *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 298 pp.
- GRACE, J. 1977 *Plant Response to Wind*. London 200 pp.
- HADLEY, J. L. & SMITH, W. K. 1986 Wind effects on needles of timberline conifers: seasonal influence on mortality. *Ecology* 67(1): 12-19.
- HANSON, H. C. 1950 Vegetation and soil profiles in some solifluction and mound areas in Alaska. *Ecology* 31: 606-630.
- HARCOMBE, P. A. & MARKS, P. L. 1978 Tree diameter distributions and replacement processes in southern Texas forests. *Forest. sci.* 24: 153-166.
- HETT, J. M. 1971 A dynamics of age as Sugar maple seedling. *Ecology* 52(6): 1071-1074.
- HETT, J. M. & LOUCKS, O. L. 1971 Sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) seedling mortality. *J. Ecol.* 59: 507-520.
- HETT, J. M. & LUCKS, O. L. 1976 Age structure models of Balsam fir and eastern hemlock. *J.* 64: 1029-1044.
- HILL, M. O. 1979 DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N. Y.: Cornell University.
- JOHN, Y. 1981 Forest fire cycles and life tables: a case study from interior Alaska. *Can. J. For. Res.* 11: 554-562.
- KIMMINS, J. P. 1987 *Forest Ecology*. MacMillan. Pub. Co. New York 531 pp.
- KLIKOFF, L. G. 1965 Microenvironmental influence on vegetational pattern near timberline in the central Sierra Nevada. *Ecol. Mon.* 35: 187-221.
- KNOWLES, P. & GRANT, M. C. 1983 Age and size structure analysis of engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limber pine in Colorado. *Ecology* 64(1): 1-9.
- LEAK, W. B. 1975 Age distribution in virgin red spruce and northern hardwoods. *Ecology* 56: 1451-1454.
- LORIMER, C. G. 1980 Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecology* 61: 1169-1184.

- MARKS, F. L. 1974 The role of pin cherry (*Prunus pennsylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwoods ecosystems. *Ecol. Monogr.* 44: 73-88.
- MARR, J. W. 1977 The development and movement of tree islands near the upper limit of tree growth in the southern Rocky Mountains. *Ecology* 58: 1159-1164.
- MASAHIKO, O. 1981 A basic unit in forest community dynamics: A case study in the subalpine forest of Japan. *Forest regeneration in southeast Asia*. Bogor, Indonesia.
- MULLER-DOMOBIS, D. & ELLENBERG, H. 1974 *Aims and Methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New York. 547 pp.
- NELSON, T. C. 1964 Diameter distribution and growth of Coblolly pine. *For. Sci.* 10: 105-115.
- OLIVER, C. D. 1981 Forest development in North America following major disturbance. *Forest Ecology and management* 3: 169-182.
- PARKER, A. J. & PEET, R. K. 1984 Size and age structure of conifer forests. *Ecology* 65(5): 1685-1689.
- PEARS, N. V. 1968 The natural altitudinal limit of forest in the Scottish Grampians. *Oikos* 19: 71-80.
- PEARSALL, W. H. 1950 *Mountains and Moorlands*. Collins, London.
- PEET, R. K. 1987 Forest vegetation of the Colorado Front Range: composition and dynamics. *Vegetatio* 45: 3-75.
- POORE, M. E. and MCVEAN, D. N. 1957 A new approach to Scottish mountain vegetation. *J. Ecol.* 45: 401-439.
- RUNKLE, J. R. 1981 Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology* 62(4): 1041-1051.
- SCHROTER, C. 1926 *Das Pflanzenleben der Alpen*. Raustein, Zürich. 1288 pp.
- SILVERTOWN, J. W. 1982 *Introduction to plant population ecology*. Lonyman, Inc., New York. 209 pp.
- SPURR, S. H. & BARNES, B. V. 1970 *Forest Ecology*. 2nd ed. J. Wiley & Sons. New York.
- STEWART, G. H. 1986 Population dynamics of a montane conifer forest, Western Cascade Range, Oregon, USA. *Ecology* 67(2): 534-544.
- SU, H. J. 1984a Studies on the climate and vegetation types of the natural forest in Taiwan. I. Analysis of the variations in climatic factors. *Quart. Journ. Chin. For.* 17(3): 1-14.
- SU, H. J. 1984b Studies on the climate and vegetation types of the natural forest in Taiwan. II. Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quart. Journ. Chin. For.* 17(4): 57-73.

- SU, H. J. 1985 Studies on the climate and vegetation types of the natural forest in Taiwan. III. A scheme of geographical climatic regions. *Quart. Journ. Chin. For.* 18(3): 33-44.
- TANSLEY, A. G. 1939 *The British Islands and their vegetation*. Cambridge University press.
- Threatened Plants Committee Secretariat, IUCN. 1980 *How to use the IUCN Red Data Book categories*. Royal Botanical Garden, Kew.
- WARDLE, P. 1974 Alpine timberlines. Chap. 7. In J. D. Ives and R. G. Barry (eds.) *Arctic and Alpine Environments*. Methuen, London.
- WHITE, P. S. 1979 Pattern, Process and natural disturbance in vegetation. *Bot. Re* 45: 229-299.
- WHITTAKER, R. H. 1956 *Vegetation of the Great Smoky Mountains*. *Ecol. Monog.* 26: 1-80.
- WHITTAKER, R. H. 1960 *Vegetation of the Siakiyou Mountains, Oregon and California*. *Ecol. Monog.* 30: 279-338.
- WILTON, W. C. 1964 *The Forests of Labrador*. Canada Dept. of Forestry, publication No: 1066.

附錄一、植群樣區出現之植物編號代碼及學名對照表

- | | | | |
|-----|-----------|--------|--|
| 1. | LYCO CLAV | 石 松 | <i>Lycopodium clavatum</i> L. |
| 2. | CRYP BRUN | 高山珠蕨 | <i>Cryptogramma brunoniana</i> Wall. |
| 3. | DRYO SERR | 鋸齒葉鱗毛蕨 | <i>Dryopteris serrato-dentata</i> (Beddome) Hay. |
| 4. | POLY PRES | 南湖耳蕨 | <i>Polystichum prescottianum</i> (Wall.) Moore |
| 5. | POLY WILS | 福山氏耳蕨 | <i>Polystichum wilsoni</i> Christ |
| 6. | ATHY REFL | 逆葉蹄蓋蕨 | <i>Athyrium reflexipinnum</i> Hay. |
| 7. | CYST FRAG | 冷 蕨 | <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. |
| 8. | WOOD POLY | 岩 蕨 | <i>Woodsia polystichoides</i> Eaton |
| 9. | ASPL SEPT | 線葉鐵角蕨 | <i>Asplenium septentrionale</i> (L.) Hoffm. |
| 10. | ABIE KAWA | 台灣冷杉 | <i>Abies kawakamii</i> (Hay.) Ito |
| 11. | PINU ARMA | 台灣華山松 | <i>Pinus armandii</i> Franch. var. <i>masteriana</i> Hay. |
| 12. | PINU TAIW | 台灣二葉松 | <i>Pinus taiwanensis</i> Hay. |
| 13. | JUNI FORM | 刺 柏 | <i>Juniperus formosana</i> Hay. |
| 14. | JUNI SQUA | 玉山圓柏 | <i>Juniperus squamata</i> Lamb. var. <i>morrisonicola</i>
(Hay.) Li & Keng |
| 15. | SALI TAIW | 高山柳 | <i>Salix taiwanalpina</i> Kimura |
| 16. | POLY CUSP | 虎 杖 | <i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. & Zucc. |
| 17. | POLY FILI | 高山蓼 | <i>Polygonum filicaule</i> Wall. ex Meisn. |
| 18. | CERA TRIG | 玉山卷耳 | <i>Cerastium trigynum</i> Vill. var. <i>morrisonense</i> Hay. |
| 19. | DIAN PYGM | 玉山石竹 | <i>Dianthus pygmaeus</i> Hay. |
| 20. | SILE MORR | 玉山蠅子草 | <i>Silene morrisonmontana</i> (Hay.) Ohwi & Ohashi |
| 21. | ACON BART | 奇萊烏頭 | <i>Aconitum bartletii</i> Yamamoto var. <i>fukutomei</i>
(Hay.) Liu & Hsieh |
| 22. | CLEM TSUG | 高山鐵線蓮 | <i>Clematis tsugetorum</i> Ohwi |
| 23. | RANU MATS | 疏花毛茛 | <i>Ranunculus matsudai</i> Hay. |
| 24. | THAL MYRI | 密葉唐松草 | <i>Thalictrum myriophyllum</i> Ohwi |
| 25. | THAL OSHI | 大唐松草 | <i>Thalictrum oshimae</i> Masamune |
| 26. | BARB MORR | 玉山小蘗 | <i>Berberis morrisonensis</i> Hay. |
| 27. | HYPE NAGA | 玉山金絲桃 | <i>Hypericum nagasawai</i> Hay. |
| 28. | ARAB MORR | 玉山筷子芥 | <i>Arabis morrisonensis</i> Hay. |
| 29. | SEDU ERYT | 紅子佛甲草 | <i>Sedum erythrospermum</i> Hay. |

30. SEDU MORR 玉山佛甲草 *Sedum morrisonensis* Hay.
31. SEDU SUBC 穗花佛甲草 *Sedum subcapitatum* Hay.
32. ASTI MACR 阿里山落新婦 *Astilbe macroflora* Hay.
33. PARN PALU 梅花草 *Parnassia palustris* L.
34. RIBE FORM 台灣茶藨子 *Ribes formosanum* Hay.
35. POTE TUGI 雪山翻白草 *Potentilla tugitakensis* Masamune
36. ROSA SERI 玉山野薔薇 *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hay.)
Masamune
37. RUBU ACUL 刺花懸鈎子 *Rubus aculeatiflorus* Hay.
38. RUBU CALY 玉山懸鈎子 *Rubus calycinoides* Hay.
39. SIBB PROC 五蕊莓 *Sibbaldia procumbens* L.
40. SPIR MORR 玉山繡線菊 *Spiraea morrisonicola* Hay.
41. ASTR NANK 南湖大山黃芪 *Astragalus nankotaizanensis* Sasaki
42. OXAL ACET 山酢醬草 *Oxalis acetosella* L. subsp. *japonica* (Fr. & Sav.)
Hara
43. GERA HAYA 單花牻牛兒苗 *Geranium hayatanum* Ohwi
44. VIOL SENZ 尖山堇菜 *Viola senzanensis* Hay.
45. VIOL TSUG 雪山堇菜 *Viola tsugitakaensis* Masamune
46. EPIL BREV 短葉柳葉菜 *Epilobium brevifolium* Don subsp. *trichoneurum*
(Hauskn.) Raven
47. ANGE MORR 玉山當歸 *Angelica morrisonicola* Hay.
48. OREO INVO 山薰香 *Oreomyrrhis involucrata* Hay.
49. PIMP NIIT 玉山茴芹 *Pimpinella niitakayamensis* Hay.
50. GAUL ITOA 高山白珠樹 *Gaultheria itoana* Hay.
51. PIER TAIW 台灣馬醉木 *Pieris taiwanensis* Hay.
52. RHOD NORI 南湖大山杜鵑 *Rhododendron noriakianum* T. Suzuki
53. RHOD PSEU 玉山杜鵑 *Rhododendron pseudochrysanthum* Hay.
54. PRIM MIYA 玉山櫻草 *Primula miyabeana* Ito & Kawakami
55. GENT ARIS 阿里山龍胆 *Gentiana arisanensis* Hay.
56. GENT ATKI 台灣龍胆 *Gentiana atkinsonii* Burk. var. *formosana* (Hay.)
Yamamoto
57. GENT SCAR 玉山龍胆 *Gentiana scabrida* Hay.
58. SWER TOZA 高山當藥 *Swertia tozanensis* Hay.
59. GALI ECHI 刺果豬殃殃 *Galium echinocarpum* Hay.

60. EUPH NANK 南湖碎雪草 *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto
61. EUPH TRAN 玉山小米草 *Euphrasia transmorrisonensis* Hay.
62. PEDI VERT 玉山蒿草 *Pedicularis verticillata* L.
63. VERO MORR 玉山水苦買 *Veronica morrisonicola* Hay.
64. VERO OLIG 貧子水苦買 *Veronica oligosperma* Hay.
65. SCAB LACE 玉山山蘿蔔 *Scabiosa lacerifolia* Hay.
66. ADEN UEHA 高山沙參 *Adenophor uehatae* Yamamoto
67. AINS REFL 玉山鬼督郵 *Ainsliaea reflexa* Merr. var. *nimborum* Hand.
Mazz.
68. ANAP NEPA 尼泊爾籜簫 *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz.
69. ARTE KAWA 山 艾 *Artemisia kawakamii* Hay.
70. ARTE NIIT 玉山艾 *Artemisia niitakayamensis* Hay.
71. ASTE SPP. 馬 蘭 屬 *Aster* sp.
72. ASTE TAKA 雪山馬蘭 *Aster takasagomontanus* Sasaki
73. CIRS KAWA 玉山薊 *Cirsium kawakamii* Hay.
74. DRIG MORR 玉山飛蓬 *Erigeron morrisonensis* Hay.
75. FARF JAPO 山 菊 *Farfugium japonicum* (L.) Kitamura
76. LEON MICR 玉山薄雪草 *Leontopodium microphyllum* Hay.
77. MYRI HUMI 矮 菊 *Myriactis humilis* Merr.
78. PICR HIER 玉山毛蓮菜 *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hay.)
Kitamura
79. SENE NEMO 黃 菀 *Senecio nemorensis* L.
80. SOLI VIRG 一枝黃花 *Solidago virga-aurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.)
A. Gray
81. ALET FORM 台灣粉條兒菜 *Aletris formosana* (Hay.) Sasaki
82. SMIL FORM 台灣鹿藥 *Smilacina formosana* Hay.
83. VERA FORM 台灣藜蘆 *Veratrum formosanum* Loesen. f.
84. SMIL VAGI 玉山拔薹 *Smilax vaginata* Decne.
85. LUZU EFFU 中國地楊梅 *Luzula effusa* Buchen.
86. LUZU TAIW 台灣地楊梅 *Luzula taiwaniana* Satake
87. BAEO SUBC 玉山針蘭 *Baeothryon subcapitatum* (Thwaites) T. Koyama
88. CARE ATRA 南湖扁果薹 *Carex atrata* L. subsp. *apodostachya* (Ohsw) T.
Koyama
89. CARE CHRY 黃 花 薹 *Carex chrysolepis* Franch. & Sav.

90. AGRO FUKU 伯明剪股穎 *Agrostis fukuyamae* Ohwi
91. AULA AGRO 小穎溝稈草 *Aulacolepis agrostoides* Ohwi var. *formosana*
Ohwi
92. BROM FORM 台灣雀麥 *Bromus formosanus* Honda
93. DESC FLEX 曲芒髮草 *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.
94. FEST OVIN 羊茅 *Festuca ovina* L.
95. MISC TRAN 高山芒 *Miscanthus transmorrisonensis* Hay.
96. TRIS SPIC 台灣三毛草 *Trisetum spicatum* (L.) Rich. var. *formosanum*
(Honda) Ohwi
97. YUSH NIIT 玉山箭竹 *Yushania niitakayamensis* (Hay.) Keng. f.
98. COEL VIRI 綠花凹舌蘭 *Coeloglossum viride* (L.) Hartm.
99. ORCH KIRA 奇萊紅蘭 *Orchis kiraishiensis* Hay.
100. PLAT BREV 短距粉蝶蘭 *Platanthera brevicarata* Hay.
101. LONI KAWA 川上氏忍冬 *Lonicera kawakamii* (Hay.) Masamune
102. ROSA TRAN 高山薔薇 *Rosa transmorrisonensis* Hayata

樣區	0000000001111111111122222222223333333333344444444445555555555666
植物	12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
63 VERO MORR	---11-----1-1111-1-----3--111-----1--1533---123243-
64 VERO OLIG	-----1-----1-----1--11-----1-----
65 SCAB LACE	-----62-----77188-
66 ADEN UEHA	-----1-----11-21-----
67 AINS REFL	---11111---1-1-----1-12-111131-----
68 ANAP NEPA	-----11-----1-231---111213
69 ARTE KAWA	-----44---5-1-----41
70 ARTE NIIT	1--1-----11-1-----65-2-67454145
71 ASTE SPF.	-----23-----
72 ASTE TAKA	-----2-----11-----
73 CIR5 KAWA	111-1---112-1-1-1-----1-11111-12-----3--54--4-----31-231
74 ERIG MORR	-----11-----
75 FARF JAPO	-----1-----
76 LEON MICR	-----11-----1111-----7--3-577782-5-35
77 MYRI HUMI	1-1111-11-----1-----1-----
78 PICR HIER	-----12132-----1--21--1---11112-
79 SENE NEMO	---1--2-----
80 SOLI VIRG	-----1-----
81 ALET FORM	-----1-----
82 SMIL FORM	--1---111---11-----11---1-1-----
83 VERA FORM	-1-----1-----13134433-1-----
84 SMIL VAGI	-----1-----
85 LUZU EFFU	--1---111---11-----1-1111111-----
86 LUZU TAIW	---11---1-1111---11--1-11-----11-----11---11
87 BAE0 SUBC	-----1-----
88 CARE ATRA	-----11-1-----1-----131-----
89 CARE CHRY	111--111--111---1-11---111111115435555254464-4---33-55311343
90 AGRO FUKU	---1111111-1-1-----111-1-----6--661---4-----1
91 AULA AGRO	-----33-----
92 BROM FORM	--1---1---1-1-----11-----3-----3114---23-22-
93 DESC FLEX	332222233333333132113333233232344464553655-6657344-2422124234
94 FEST OVIN	-----2-111-----2-----35-35655633557535
95 MISC TRAN	-----13383425-----
96 TRIS SPIC	1-11---1111111-11--1---1-1---1-1-----1-135-214-1-113223-4
97 YUSH NIIT	---2-----98578888878-----
98 COEL VIRI	-----1-----1-----
99 ORCH KIRA	-----11-1---1-----
100 FLAT BREV	--1-111-11---1-----1-11-1-----
101 LONI KAWA	-----1---2-----1-----34-----
102 ROSA TRAN	-----1-----

附錄三、香柏保護區租群樣區環境因子矩陣

樣區		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
環境因子																	
1	海拔高	355	358	356	399	341	343	345	350	354	357	358	364	361	358	353	380
2	坡向	8	8	5	8	5	8	7	8	4	8	7	4	5	4	4	5
3	坡度	10	5	10	11	15	28	30	24	20	8	29	20	28	25	2	40
4	全天光空域	-	-	83	-	81	80	77	73	63	82	81	81	81	54	62	77
5	直射光空域	-	-	83	-	79	83	82	83	66	86	86	85	85	61	70	76
6	土壤含石率	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	3	3	1	1	4

樣區		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
環境因子																	
1	海拔高	380	380	382	380	384	365	360	355	351	357	354	348	339	335	331	354
2	坡向	10	8	5	4	7	5	5	4	4	4	5	4	8	4	4	4
3	坡度	27	23	40	12	46	15	43	15	6	28	19	24	4	7	8	20
4	全天光空域	89	84	89	84	90	65	55	61	64	80	60	62	55	57	67	83
5	直射光空域	82	88	94	90	86	68	59	66	65	66	59	63	53	62	64	66
6	土壤含石率	3	3	4	3	3	3	4	1	2	1	1	1	1	1	2	2

樣區		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
環境因子																	
1	海拔高	305	305	311	305	311	307	305	310	329	329	340	335	335	343	346	346
2	坡向	6	9	9	4	9	7	5	10	6	6	4	7	7	4	7	4
3	坡度	14	9	8	19	5	8	4	41	5	5	5	29	29	39	41	43
4	全天光空域	79	82	88	84	88	83	78	63	-	-	-	-	-	-	-	-
5	直射光空域	85	84	89	82	90	87	84	78	-	-	-	-	-	-	-	-
6	土壤含石率	2	2	3	1	1	1	1	3	1	1	2	5	5	5	5	5

樣區		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
環境因子															
1	海拔高	340	382	382	375	375	371	369	369	378	378	388	382	382	388
2	坡向	10	9	9	5	5	5	7	7	10	10	9	7	7	7
3	坡度	36	25	25	10	10	36	45	45	31	31	10	21	21	18
4	全天光空域	-	81	81	93	93	75	84	84	71	71	99	67	67	99
5	直射光空域	-	87	87	93	93	80	88	88	88	88	102	78	78	100
6	土壤含石率	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4

附錄四、雪山香柏保護區之植物名錄

I. PTERIDOPHYTA 蕨類植物門

1. LYCOPODIACEAE 石松科
 - Lycopodium clavatum* L. 石松
 - Lycopodium selago* L. var. *appressum* Desv. 小杉葉石松
 - Lycopodium somai* Hay. 相馬氏石松
 - Lycopodium veitchii* Christ 玉山石松

9. OPHIOGLOSSACEAE 瓶爾小草科
 - Botrychium lunaria* (L.) Sw. 扇羽陰地蕨
 - Ophioglossum vulgatum* L. 瓶爾小草

23. POLYPODIACEAE 水龍骨科
 - Crypsinus quasidivaricatus* (Hay.) Copel. 玉山弗蕨
 - Lepisorus clathratus* (Clarke) Ching 網眼瓦葦
 - Lepisorus* sp. 瓦葦屬
 - Pyrosia shearerii* (Bak.) Ching 廬山石葦

29. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科
 - Cryptogramma brunoniana* Wall. 高山珠蕨

30. ADIANTACEAE 鐵線蕨科
 - Adiantum edentulum* Christ 月芽鐵線蕨
 - Adiantum roboeowskii* Maxim. var. *taiwanianum* (Tagawa) Shieh 台灣高山鐵線蕨

34. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科
 - Dryopteris austriaca* (Jacq.) Woyнар ex Schinz & Thell. 潤葉鱗毛蕨
 - Dryopteris serrato-dentata* (Beddome) Hay. 鋸齒葉鱗毛蕨
 - Dryopteris* sp. 鱗毛蕨屬
 - Polystichum lachenense* (Hook.) Beedome 高山耳蕨
 - Polystichum morii* Hay. 玉山耳蕨
 - Polystichum prescottianum* (Wall.) Moore 南湖耳蕨
 - Polystichum wilsoni* Christ 福山氏耳蕨
 - Polystichum* sp. 耳蕨屬

36. ATHYRIACEAE 蹄蓋蕨科
 - Athyrium reflexipinnum* Hay. 逆葉蹄蓋蕨
 - Athyrium* sp. 蹄蓋蕨屬

Cystopteris fragilis (L.) Bernh. 冷蕨

Cystopteris moupinensis Franch. 寬葉冷蕨

Woodsia polystichoides Eaton 岩蕨

37. ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

Asplenium ruta-muraria L. 銀杏葉鐵角蕨

Asplenium septentrionale (L.) Hoffm. 線葉鐵角蕨

Asplenium trichomanes L. 鐵角蕨

II. SPERMATOPHYTA 種子植物門

IIA. GYMNOSPERMAE 裸子植物亞門

6. PINACEAE 松科

Abies kawakamii (Hay.) Ito 台灣冷杉

Pinus armandii Franch. var. *masteriana* Hay. 台灣華山松

Pinus taiwanensis Hay. 台灣二葉松

Tsuga chinensis (Franch.) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hay.) Li & Keng 台灣鐵杉

8. CUPRESSACEAE 柏科

Chamaecyparis formosensis Matsum. 紅檜

Chamaecyparis obtusa Sieb. & Zucc. var. *formosana* (Hay.) Rehder 台灣扁柏

Juniperus formosana Hay. 刺柏

Juniperus squamata Lamb. var. *morrisonicola* (Hay.) Li & Keng 香柏

IIB. ANGIOSPERMAE 被子植物亞門

a. DICOTYLEDONEAE 雙子葉植物綱

3. SALICACEAE 楊柳科

Salix fulvopubescens Hay. 褐毛柳

Salix taiwanalpina Kimura 高山柳

5. FAGACEAE 殼斗科

Quercus spinosa A. David var. *miyabei* Hay. 高山櫟

8. URTICACEAE 蕁麻科

Urtica thunbergiana Sieb. & Zucc. 蕁麻(咬人貓)

13. POLYGONACEAE 蓼科

Polygonum cuspidatum Sieb. & Zucc. 虎杖

Polygonum filicaule Wall. ex Meisn. 高山蓼

Polygonum runcinatum Buch. -Ham. ex Don 散血丹

19. CARYOPHYLLACEAE 石竹科

Cerastium subpilosum Hay. 細葉卷耳

Cerastium takasagomontanum Masamune 高山卷耳

Cerastium trigynum Vill. var. *morrisonense* Hay. 玉山卷耳

Dianthus pygmaeus Hay. 玉山石竹

Dianthus superbus L. var. *taiwanensis* (Masamune) Liu & Ying 台灣瞿麥

Silene fortunei Vis. 蠅子草

Silene morrisonmontana (Hay.) Ohwi & Ohashi 玉山蠅子草

Stellaria media (L.) vill. var. *micrantha* (Hay.) Liu & Ying 小花繁縷

30. RANUNCULACEAE 毛茛科

Aconitum bartletii Yamamoto var. *formosanum* (Tamura) Liu & Hsieh 蔓烏頭

Aconitum bartletii Yamamoto var. *fukutomei* (Hay.) Liu & Hsieh 奇萊烏頭

Clematis montana Buch. -Ham. 繡球藤

Clematis tsugetorum Ohwi 高山鐵線蓮

Clematis spp. 鐵線蓮屬

Ranunculus junipericolus Ohwi 高山毛茛

Ranunculus matsudai Hay. 疏花毛茛

Ranunculus morii (Yamamoto) Ohwi 長柄毛茛

Thalictrum fauriei Hay. 台灣唐松草

Thalictrum myriophyllum Ohwi 密葉唐松草

Thalictrum oshimae Masamune 大唐松草

Thalictrum rubescens Ohwi 南湖唐松草

Thalictrum sessile Hay. 玉山唐松草

Trollius asiaticus L. 金梅草

31. BERBERIDACEAE 小蘗科

Berberis morrisonensis Hay. 玉山小蘗

46. GUTTIFERAE 金絲桃科

Hypericum nagasawai Hay. 玉山金絲桃

50. CRUCIFERAE 十字花科

- Arabis formosana* (Masamune) Liu & Ying 台灣筷子芥
Arabis morrisonensis Hay. 玉山筷子芥
Arabis sp. 筷子芥屬
Barbarea othocera Ledeb. var. *formosana* Kitamura 山芥菜
Barbarea taiwaniana Ohwi 台灣山芥
Cardamine arisanensis Hay. 高山碎米薺
52. CRASSULACEAE 景天科
Sedum erythrospermum Hay. 紅子佛甲草
Sedum morrisonensis Hay. 玉山佛甲草
Sedum subcapitatum Hay. 穗花佛甲草
53. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科
Astilbe macroflora Hay. 阿里山落新婦
Chrysosplenium hebetatum Ohwi 大武貓兒眼睛草
Mitella formosana (Hay.) Masamune 台灣噴噴草
Parnassia palustris L. 梅花草
Ribes formosanum Hay. 台灣茶藨子
55. ROSACEAE 薔薇科
Cotoneaster morrisonensis Hay. 玉山鋪地蜈蚣
Filipendula kiraishiensis Hay. 台灣蚊子草
Fragaria hayatai Makino 台灣草莓
Potentilla leuconota Don var. *morrisonicola* Hay. 玉山金梅
Potentilla matsumurae Wolf. var. *pilosa* Koidz. 高山翻白草
Potentilla tugitakensis Masamune 雪山翻白草
Rosa sericea Lindl. var. *morrisonensis* (Hay.) Masamune 玉山野薔薇
Rosa transmorrisonensis Hay. 高山薔薇
Rubus aculeatiflorus Hay. 刺花懸鈎子
Rubus calycinoides Hay. 玉山懸鈎子
Rubus pungens Camb. 刺懸鈎子
Sibbaldia procumbens L. 五蕊莓
Sorbus randaiensis (Hay.) Koidz. 懋大花楸
Spiraea formosana Hay. 台灣繡線菊

- Spiraea morrisonicola* Hay. 玉山繡線菊
Stranvaesia nitakayamensis (Hay.) Hay. 玉山假沙梨
57. LEGUMINOSAE 豆科
Astragalus nankotaizanensis Sasaki 南湖大山黃芪
58. OXALIDACEAE 酢醬草科
Oxalis acetosella L. subsp. *japonica* (Fr. & Sav.) Hara 山酢醬草
59. GERANIACEAE 牻牛兒苗科
Geranium hayatanum Ohwi 單花牻牛兒苗
90. VIOLACEAE 堇菜科
Viola biflora L. 雙黃花堇菜
Viola senzanensis Hay. 尖山堇菜
Viola tsugitakaensis Masamune 雪山堇菜
101. ONAGRACEAE 柳葉菜科
Circaea alpina L. subsp. *imaicola* (Asch. & Mag.) Kitamura 高山露珠草
Epilobium amurense Hausskn. 黑龍江柳葉菜
Epilobium brevifolium Don subsp. *trichoneurum* (Hausskn.) Raven 短葉柳葉菜
107. UMBELLIFERAE 繖形科
Angelica morrisonicola Hay. 玉山當歸
Conioselinum morrisonense Hay. 玉山彎柱芎
Oreomyrrhis involucrata Hay. 山蕪香
Pimpinella nitakayamensis Hay. 玉山茴芹
Torilis japonica (Houtt.) DC. 竊衣
108. DIAPENSIACEAE 岩梅科
Shortia exappendiculata Hay. 裂緣花
109. PYROLACEAE 鹿蹄草科
Pyrola morrisonensis (Hay.) Hay. 玉山鹿蹄草
110. ERICACEAE 杜鵑花科
Gaultheria itoana Hay. 高山白珠樹
Gaultheria leucocarpa Blume forma *cumingiana* (Vidal) Sleumer 白珠樹
Pieris taiwanensis Hay. 台灣馬醉木
Rhododendron noriakianum T. Suzuki 南湖大山杜鵑

- Rhododendron pseudochrysanthum* Hay. 玉山杜鵑
Rhododendron rubropilosum Hay. 紅毛杜鵑
Rhododendron sikayotaizanense Masamune 志佳陽杜鵑
Rhododendron sp. 杜鵑屬
112. PRIMULACEAE 報春花科
- Lysimachia ardisioides* Masamune 台灣排香
Primula miyabeana Ito & Kawakami 玉山櫻草
120. GENTIANACEAE 龍胆科
- Gentiana arisanensis* Hay. 阿里山龍胆
Gentiana atkinsonii Burk. var. *formosana* (Hay.) Yamamoto 台灣龍胆
Gentiana itzershanensis Liu & Kuo 伊澤山龍胆
Gentiana parvifolia Hay. 細莖龍胆
Gentiana scabrida Hay. 玉山龍胆
Swertia tozanensis Hay. 高山當藥
Tripterospermum lanceolatum (Hay.) Hara ex Satake 玉山肺形草
123. RUBIACEAE 茜草科
- Galium echinocarpum* Hay. 刺果豬殃殃
Galium morii Hay. 森氏豬殃殃
Galium nankotaizanum Ohwi 南湖大山豬殃殃
126. BORAGINACEAE 紫草科
- Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺
Cynoglossum zeylanicum (Vahl) Thunb. ex Lehmann 琉璃草
Trigonotis nankotaizanensis (Sasaki) Masamune & Ohwi ex Masamune 南湖附地草
129. LABIATAE 唇形科
- Clinopodium kudoii* (Hosokawa) Nemoto 工藤氏塔花
Clinopodium laxiflorum (Hay.) Matsum. 疏花塔花
Origanum vulgare L. var. *formosanum* Hay. 台灣野薄荷
Prunella vulgaris L. 夏枯草
131. SCROPHULARIACEAE 玄參科
- Euphrasia durietziana* Ohwi 台灣碎雪草
Euphrasia nankotaizanensis Yamamoto 南湖碎雪草

- Euphrasia transmorrisonensis* Hay. 玉山小米草
- Hemiphragma heterophyllum* Wall. var. *dentatum* (Elmer) Yamazaki 腰只花草
- Pedicularis ikomai* Sasaki 馬先蒿草
- Pedicularis verticillata* L. 玉山蒿草
- Veronica morrisonicola* Hay. 玉山水苦買
- Veronica oligosperma* Hay. 貧子水苦買
139. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科
- Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬
- Lonicera kawakamii* (Hay.) Masamune 川上氏忍冬
- Viburnum luzonium* var. *formosanum* (Hance) Rehder 長橢圓葉莢蒾
- Viburnum parvifolium* Hay. 小葉莢蒾
140. VALERIANACEAE 敗醬科
- Valeriana fauriei* Briquet 纈草
141. DIPSACACEAE 續斷科
- Scabiosa lacerifolia* Hay. 玉山山蘿蔔
142. CAMPANULACEAE 桔梗科
- Adenophora morrisonensis* Hay. 玉山沙參
- Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC. 輪葉沙參
- Adenophora uehatae* Yamamoto 高山沙參
- Codonopsis kawakamii* Hay. 玉山山奶草
144. COMPOSITAE 菊科
- Ainsliaea reflexa* Merr. var. *nimborum* Hand. -Mazz. 玉山鬼督郵
- Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. & Hook. f. 抱莖簕簕
- Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. & Hook. f. subsp. *morrisonicola* (Hay.) Kitamura
玉山抱莖簕簕
- Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand. -Mazz. 尼泊爾簕簕
- Artemisia campestris* L. 細葉山艾
- Artemisia kawakamii* Hay. 山艾
- Artemisia niitakayamensis* Hay. 玉山艾
- Artemisia oligocarpa* Hay. 高山艾
- Aster* sp. 馬蘭屬

Aster takasagomontanus Sasaki 雪山馬蘭
Cirsium kawakamii Hay. 玉山薊
Erigeron morrisonensis Hay. 玉山飛蓬
Farfugium japonicum (L.) Kitamura 山菊
Gnaphalium involucratum Forst. var. *simplex* DC. 細葉鼠麴草
Hieracium spp. 山柳菊屬
Leibnitzia anandria (L.) Nakai 大丁草
Leontopodium microphyllum Hay. 玉山薄雪草
Ligularia stenocephala (Maxim.) Matsum. & Koidz. 戟葉橐吾
Myriactis humilis Merr. 矮菊
Picris hieracioides L. subsp. *morrisonensis* (Hay.) Kitamura 玉山毛蓮菜
Picris hieracioides L. subsp. *ohwiana* (Kitamura) Kitamura 高山毛蓮菜
Saussurea glandulosa Kitamura 高山青木香
Saussurea sp. 青木香屬
Senecio morrisonensis Hay. 玉山黃菀
Senecio nemorensis L. 黃菀
Solidago virga-aurea L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花

b. MONOCOTYLEDONEAE 單子葉植物綱

9. LILIACEAE 百合科

Alettris formosana (Hay.) Sasaki 台灣粉條兒菜
Smilacina formosana Hay. 台灣鹿藥
Veratrum formosanum Loesen. f. 台灣藜蘆

15. SMILACACEAE 菝葜科

Smilax menispermoidea A. DC. subsp. *randaiensis* (Hay.) T. Koyama 檉大菝葜
Smilax vaginata Decne. 玉山菝葜

20. JUNCACEAE 燈心草科

Luzula effusa Buchen. 中國地楊梅
Luzula plumosa E. Meyer 台灣糠星草
Luzula taiwaniana Satake 台灣地楊梅

25. CYPERACEAE 莎草科

Baeothryon subcapitatum (Thwaites) T. Koyama 玉山針藷

Carex alopecuroides D. Don. subsp. *subtransversa* (C. B. Clarke) T. Koyama 高山穗序臺

Carex atrata L. subsp. *apodostachya* (Ohwi) T. Koyama 南湖扁果臺

Carex brachyathera Ohwi 垂穗臺

Carex breviculmis R. Br. 短莖宿柱臺

Carex chrysolepis Franch. & Sav. 黃花臺

Carex tristachya Thunb. subsp. *pocilliformis* (Boott) T. Koyama 抱鱗宿柱臺

26. GRAMINEAE 禾本科

Agropyron formosanum Honda 台灣鵝觀草

Agrostis fukuyamae Ohwi 伯明剪股穎

Agrostis morrisonensis Hay. 玉山剪股穎

Anthoxanthum formosanum Honda 台灣黃花茅

Aulacolepis agrostoides Ohwi var. *formosana* Ohwi 小穎溝稈草

Brachypodium kawakamii Hay. 川上短柄草

Brachypodium sylvaticum (Huds.) Beauv. var. *luzoniense* (Hack.) Hara 呂宋短柄草

Bromus formosanus Honda 台灣雀麥

Bromus morrisonensis Honda 玉山雀麥

Deschampsia caespitosa (L.) Beauv. var. *festucaefolia* Honda 髮草

Deschampsia flexuosa (L.) Trin. 曲芒髮草

Festuca ovina L. 羊茅

Helictotrichon abietetorum (Ohwi) Ohwi 冷杉異燕麥

Miscanthus transmorrisonensis Hay. 高山芒

Phleum alpinum L. 高山梯牧草

Poa taiwanicola Ohwi 高山早熟禾

Trisetum spicatum (L.) Rich. var. *formosanum* (Honda) Ohwi 台灣三毛草

Yushania niitakayamensis (Hay.) Keng f. 玉山箭竹

38. ORCHIDACEAE 蘭科

Coeloglossum viride (L.) Hartm. 綠花凹舌蘭

Orchis kiraishiensis Hay. 奇萊紅蘭

Platanthera brevicarata Hay. 短距粉蝶蘭



附錄五、攝影解說

1	2
3	4

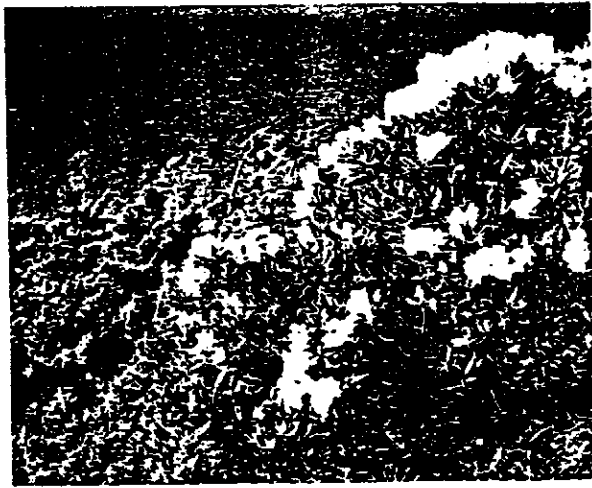
雪山香柏保護區位於國有林大安溪事業區第 61 林班，面積約三千公頃，海拔在 2000 至 3884 公尺之間，為台灣中部大安溪的源頭，其東界乃雪山山脈之主要稜脊，北起大霸尖山（照片 1），南至雪山主峯附近（2）。區內包括本省高海拔之多種主要林型，在海拔 2500 公尺以下有檜木林及針闊葉混淆林（3），上側則有鐵杉林（4）。



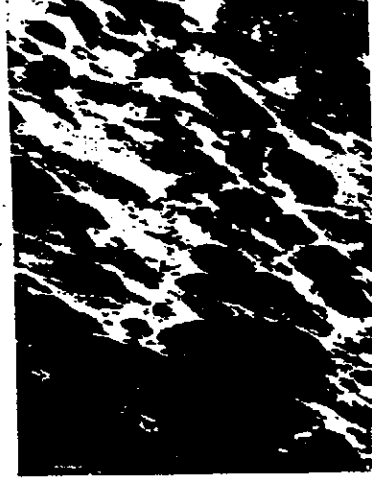
5	8
6	7
6	9



台灣高山上之林木界線常由冷杉林組成（5），在林木界線附近，冷杉樹形較低（6），但仍呈直立狀，其上側則由低矮之香柏灌木取代。鐵杉林及冷杉林常有火災發生，火災後出現大面積之草原（7），並可發育為二葉松之疏林（8），故真正的林木界線乃在冷杉林之上側，生育地環境趨於極端，已無法發展為鬱閉之森林（9）。



10 | 11
12



在林木界線以上，香柏以低矮之灌木出現，常與玉山杜鵑混生（10），至高山絕頂，並形成地墊狀之矮盤灌叢（11），冬季受到積雪之保護。香柏之喬木林極為少見，僅出現在蔽風之山谷，且有土壤發育之平緩坡地，雪山主峯西側之圈谷為典型的香柏林生育地（12），香柏純林面積約有 90 公頃，中央之水池即為翠池（箭頭所指）。



13 | 14
15



雪山主峯及北稜角之高度均達 3880 公尺，由於地形毫無遮蔽，香柏受強風之影響，形成散生的地墊狀矮盤灌叢（13），反之，位於翠池四周之香柏，東側有高大之山嶺屏障，土壤發育及保水力亦佳，故能發育為稀有之香柏純林（14），翠池乃一圈谷湖，池水終年不涸，池底舖滿由上方碎石坡崩解之岩塊，湖邊香柏林環繞而生（15）。



16 | 18
17 | 19



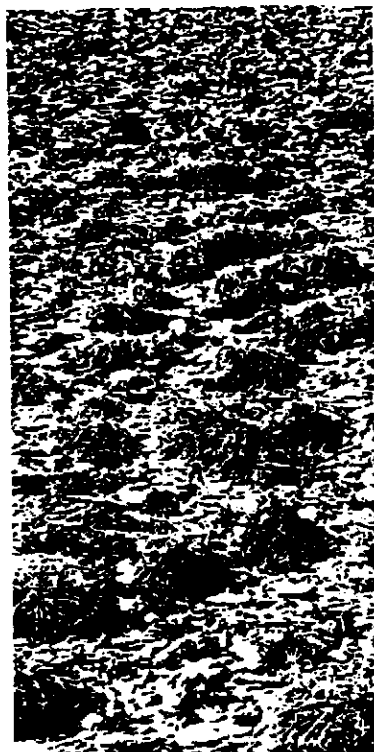
香柏林之組成十分單純，林中香柏獨佔優勢，樹高可達 20 公尺，胸徑大者超過 180 公分，樹齡估計在兩三千年以上，老齡林（ 16 ）及中齡林（ 17 ）林下空曠，僅有少數地被草本，香柏之幼苗及小樹頗為少見，然林中樹冠並未十分鬱閉（ 18 ），在樹冠開裂之孔隙內，常見香柏之幼苗及小樹繁生（ 19 ），顯示其孔隙更新之方式。



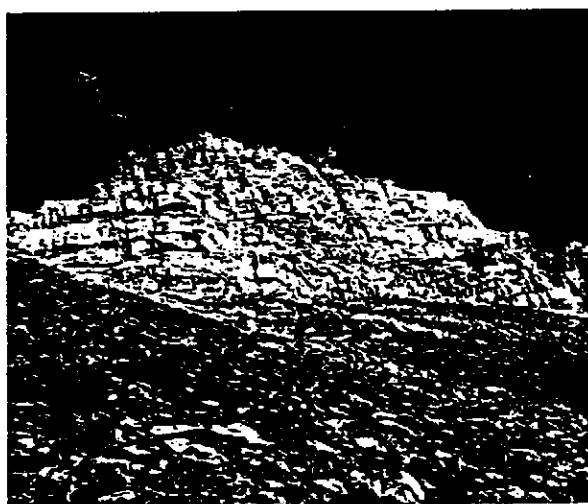
20	22
21	—
23	24



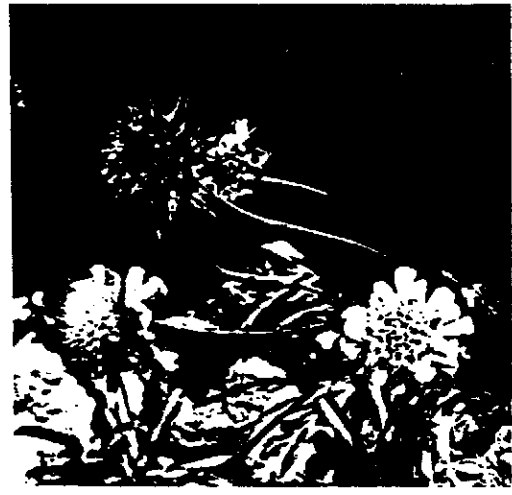
香柏林上方之林木界線推移帶中，可見到林相由鬱閉轉為稀疏（20），再變成閉鎖式之矮盤灌叢（21,22），灌叢中偶有若干突出之枯幹（22），在更高的山頂附近則常見大量之枯死枝條（23），顯示強風之影響效應及限制喬木林之發育情形，在接近峯頂時，更由於土壤發育不良，香柏灌木亦無法鬱閉，僅呈地墊狀矮盤灌叢（24）。



25	28
26	27



香柏灌叢之生育地，代表台灣高山頂部最惡劣的植物生存環境，冬季之低溫、積雪及強風限制了森林之發育（25），香柏灌叢僅能生長到 30 公分的高度（26），若環境再趨惡劣，如山壁崩裂之裸岩及崖錐下之碎石坡（27），便只有高山性草本植物可以生存，但僅呈點狀散生，且只出現在夏季生長期，羊茅（28）即其中典型之例。



31	33
32	29
	30



高山植群為林木界線推移帶上側之植物社會，灌木類以香柏及玉山杜鵑為主，另有少數玉山野薔薇（29）零星出現，在雪山北稜角附近，可見到高山柳（30）之灌叢。高山草本種類繁多，如高山沙參（31）喜生於潮濕且土壤有堆積之處，雪山馬蘭（32）及玉山山蘿蔔（33）則出現在乾燥之岩礫地，均為典型之高山植物。

勘 誤 表

頁	行	誤	正
封 面	7	JUNIFER	JUNIPER
12	7	以下下	以下
29	12	Averagf	Average
35	10	masteriana	<u>masteriana</u>
38	9	Diamthus	Dianthus
50	23	樣區所有	樣區所屬
52	1	52)自己聯結	52)中已聯結
61	12	甚	其
78	15	第四型	第 III 型
79	13	反丁形	反 J 形
80	6	反丁形	反 J 形
80	8	反丁形	反 J 形
80	9	反丁形	反 J 形
80	20	至頁	頁至
88	19	香柏林林	香柏林內
102	13	SPP.	SP.