

太魯閣國家公園高山植物群落之調查研究－高地草原

主持人：陳玉峰

委託單位：內政部營建署太魯閣國家公園管理處

執行單位：中華民國國家公園學會

中 華 民 國 八 十 三 年 六 月

目 次

壹、前言	1
貳、研究地區概述	2
參、調查及分析方法	5
一、合歡高地植物及植物社會之基本調查	5
二、玉山箭竹之生長及體型變異研究	5
三、玉山箭竹社會之研究及小樣區刈除試驗	8
四、台灣冷杉之生態研究	10
五、水溼窪地演替之長期觀測與模式解說	11
肆、結果	12
一、合歡高地植物及其社會	12
二、玉山箭竹之生長與體型變異	12
三、玉山箭竹社會及小樣區刈除試驗	32
四、台灣冷杉之生態專論	36
五、綜合性結果	37
六、水溼窪地形成機制的假說及演替觀察之專論	46
伍、結論、建議及解說	60
一、結論	60
二、建議	61
三、解說	64
陸、引用文獻	78
柒、附錄幻燈片輯	

壹、前言

高山(alpine)及高地(high-mountain area)植物之辨正，在日治時代即已臻完整，代表性報告如正宗嚴敬(1938a；1938b)、佐佐木舜一(1929)等；國府治台之後，初期大抵循日人研究成果而立論。七〇年代以降，由於部分著作引證偏差，加上國人用字不察，導致高山植物再度廣義化，如伊藤武夫(1929)、應紹舜(1975；1979)等。而陳玉峰(1988)試作回溯高山植物文獻，另對玉山箭竹暨高地草原歷來研究作檢討，歸結出玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)三大類研究，即：習性及生育地研究、生態特性研究及植被生態之研究，且就其下十三個子題剖析之，分別為：形態與生長現象、體形變異或矮化機制之研究、生育地、高山植物與否、不耐蔭植物與否、冷杉林與玉山箭竹之關係、玉山箭竹與高山芒之關係、生理現象、玉山箭竹群落是否為高山草原、社會單位之分類、命名問題、高地草原之演替及生產量等，其認為如高地草原、玉山箭竹的基礎研究依然多所欠缺，因而在理論發展方面有所缺陷(陳玉峰，1989)。

而一項針對合歡高地作長期調查的研究(陳玉峰，1993)則詳實敘述高地草原的演替及其部分機制的探討，本研究即承續此系列的研究成果，繼續對合歡高地水窪植群的演替，以及冷杉林緣的永久樣區作進一步的研究。換言之，本報告即濃縮此一多年研究成果，加上水溼窪地的專論所構成。

這些研究結果，提供太魯閣國家公園在合歡高地的經營管理，以及整合性的植物生態解說之完整的背景資料。本報告之最後一節則就此研究學理及現象，轉化為解說語言，直接作為解說教育用途。

貳、研究地區概述

本研究之調查地區，即自中橫公路大禹嶺站，沿台14甲的支線，西南方向上溯合歡高地，以松雪樓為研究據點，調查合歡東峰、松雪樓至昆陽、合歡主峰附近、松雪樓左側坡地、松雪樓往黑水塘路徑等；合歡東峰東北坡面及小奇萊坡面則為最主要的研究範圍。松雪樓地當東經121° 17'、北緯24° 08'附近，圖1標示研究範圍及調查路線。

就地形而言，合歡東峰具有地層面與地形面相互平行的斜坡，土層化育較為淺薄。此坡向亦即面臨溯蘭陽溪谷而上的氣流，夥同沿立霧溪谷上升的太平洋水氣，形成豐沛的夏雨冬雪；更因中橫支線縱貫山區，形成台灣高地賞雪最熱門地段。

此等山區之年降水量為2791.1公釐，較之玉山為少。以標高3160公尺的降水測站，參考玉山、阿里山的月均氣溫，求取平均值作為估量研究地區之溫度曲線，估計松雪樓地區年均氣溫約 7.2°C；作出生態氣候圖 (ecological climate diagram; Walter, 1979) 如圖 2。

由圖 2 判斷，每年約十一月至隔年二月份殆為最乾燥季節，十月份則為乾季起始。依據降水與月均溫曲線，推論該區理論上全年不缺水，生長季之限制因子落於水分的概率偏低。然而，考慮地形及盛行風，夥同次級（對植物則為初級）因子如土壤化育程度、火災頻度等作用，稜線以降之上坡段、陡坡、衝風地段，配合植被不同類型，產生各種程度性差異的乾旱。對照實地觀察三年，得知每年十至十一月間為明顯溼乾轉換期，但隨閏年與否，有月餘前後的推移；至於由乾轉溼的過渡期，亦視降水時段與數量而定，惟植物之生長似與之無顯著或立即性反應；反之，通常在五、六月左右，呈現穩定的外觀生長起點，因而年度生長期約不及半年。

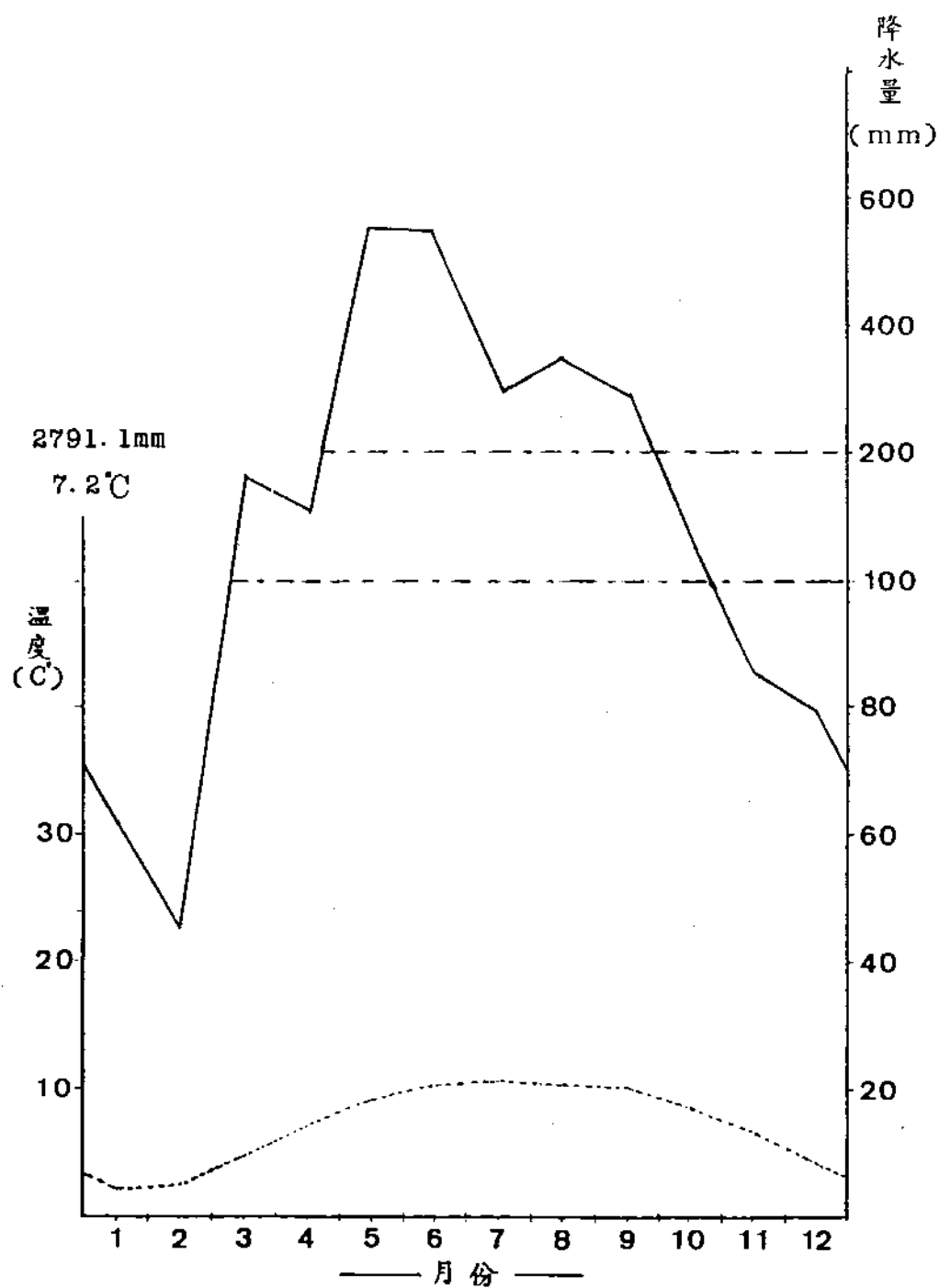


圖 2. 合歡山生態氣候圖；民國56-70年，測站標高3160公尺

參、調查及分析方法

一、合歡高地植物及植物社會之基本調查

沿調查線（圖1）作樣區調查，方法為改良式Braun-Blanquet樣區法（陳玉峰、黃增泉，1986）。依據樣區作社會單位的分類，命名方式則採用優勢型(dominance-type)，樣區計有80個；另依此結果及沿線記錄，簡化繪成植被概要剖面（圖3）。

對研究地區之維管束植物作登錄，更依每月份的不同生長狀況作描述，舉凡抽芽、長葉、發枝、花苞、盛花、結實、傳播、黃紅葉、落葉及枯萎等，觀察超過連續一年，且進行三年餘之校註；對各物種生態特性的觀察，對照植物社會單位作記錄。結果以表格化表示，並依不同生育地，統計物候方面的現象。除少數物種因記錄不完整之外，儘可能將之臚列於表中。

這部份是謂物候學的登錄，最早係由著者參與太魯閣委託計劃（林俊義、林良恭，1989）時建立大部分物種，今則將之補足全年，並經將近四年的校驗。

二、玉山箭竹之生長及體型變異研究

二-1 玉山箭竹形態之觀察

一般形態記敘見於植物誌等分類書籍(Li et al., 1978)，本研究側重地下莖之描述，故取高草原之箭竹叢以鏟子挖掘地下莖、根，另沿山徑旁坡面撥剝土壤顆粒，用以拍照及繪圖；選繪圖有16幀，選擇8幀用以解釋。

二-2 生長測度

1988年8月對各類生育地之箭竹選取該年生之新竹稈82株，量取高度、側枝數目及葉片片數，以塑膠牌標示編號繫之。以後逐月測量

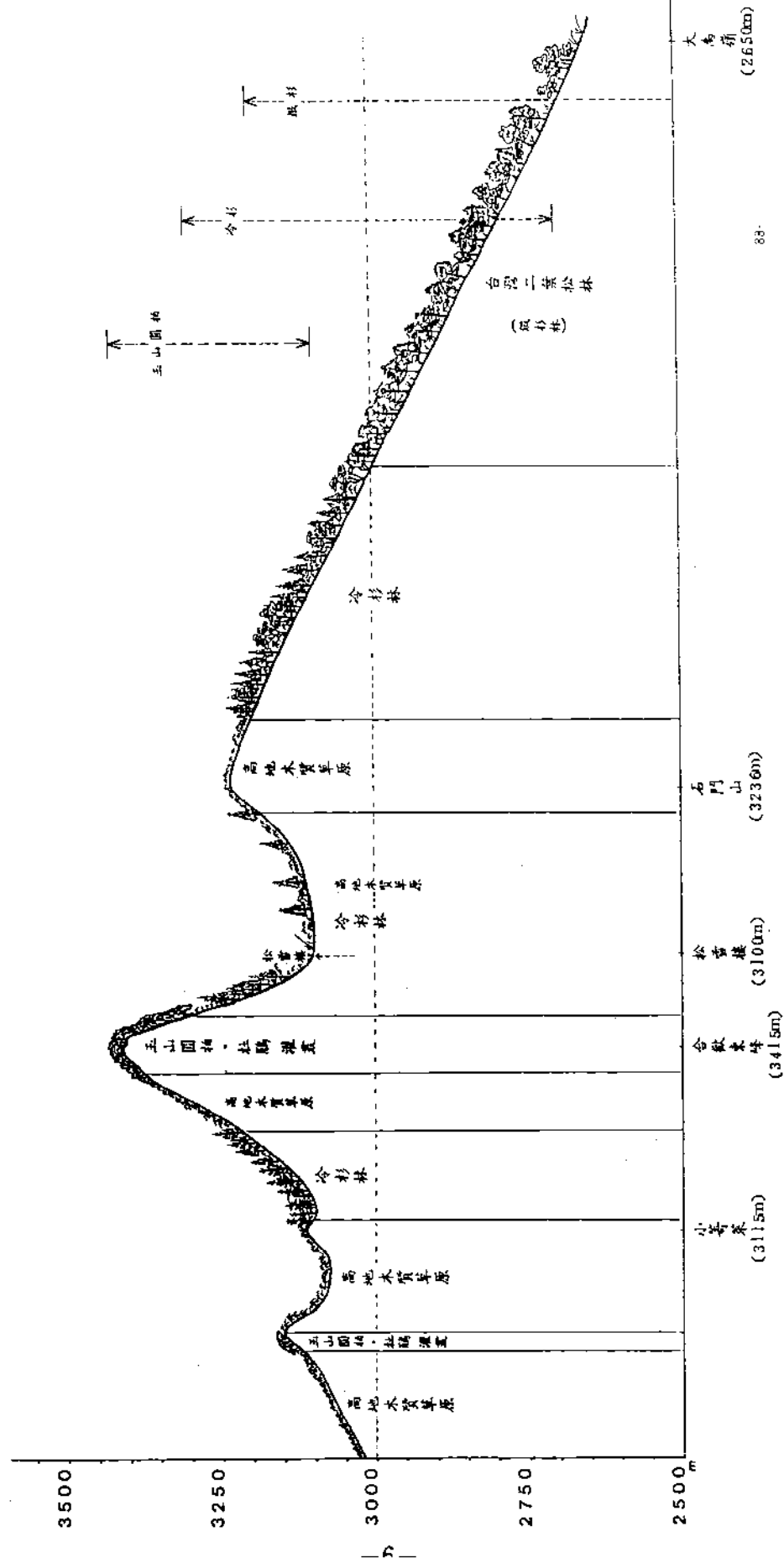


圖 3. 合歡山區植被概要剖面

同樣3個介量，至1989年8及10月爲止；隔一及二年後，亦即1990年11月及1991年5及9月再度量取。

由於8月份之際，每年新筍皆已屆停止高生長，因而在1989年5月起，另量取初生新筍60稈，依同樣方式作測度，以迄1989年8及10月爲止；1990年11月及1991年5及9月則作隔年之記錄；至於每竹稈究竟存活若干年，則持續觀察之。

筍的選取受制於有無發筍，且新筍易受動物吃食，測量時亦會有所傷害甚至死亡，標示牌亦時而丟失或遭破壞，因而以1988年樣品爲例，至1990年11月只剩28稈完整者，三年保持率約三成；以1989年樣品至1990年11月之存有稈數爲21，二年保持率與三年者相當。

二-3 玉山箭竹小樣區刈除試驗及體型變異之探討

每個月份刈除8個1平方公尺的箭竹草原，分成兩個實施地點，分別代表草原的不同演替階段，一爲松雪樓左側坡面，代表火災超過8年或以上的生育地；一爲小奇萊草原，代表火災後3或4年的生育地。自1988年5月以迄1989年4月，卻除1989年1月由於降雪深厚，致使小奇萊草原的4個小樣區無法刈除之外，合計取得92個小樣區。

在這小樣區主要探討箭竹草原初級生產量、取樣及演替問題，將在下一章節「玉山箭竹社會及小樣區刈除試驗」討論；本章節與小樣區有關者，係爲探討玉山箭竹自森林下高大灌木層的生態地位，演變至矮竹草原生活型，究竟其矮化的機制是何？或矮化現象根本不具顯著的生態意義？箭竹在單位面積的稈數，與其稈之高度、直徑有無關係或更切確的檢討其有無意義？

因而本節之取樣，先考量不同生育地或箭竹在不同生態體系中不同的生態地位，自冷杉林下逢機取5個1m²，計算箭竹稈數（枯死者不計）。取其中1個樣區內，將地上部分所有竹稈刈除並分別計算活竹稈、新筍竹及枯死者，並量取每竹稈的高度及基部節間的直徑（以游標尺量之），該樣區標爲A1；再對滑雪道下坡段上側較少受干擾處，取1m²區，刈除之計算稈數、高度與直徑（測高度及直徑之樣品爲263

稈)，標示為A2樣區；A3則取冷杉林緣附近，約4年前發生地表火的地區，作同樣的刈除及計算，測量高度及直徑的樣品數為200株。其次考慮一般常見的高地草原，即本節第一段提及之松雪樓左側及小奇萊草原的小樣區，計算38個小樣區。其中24個小樣區計算該區所有刈下的竹稈數，無論是主軸或冒出地面之側枝，刈除只考量平行地表的方式行之，分別標示為七一3、4、5、6、7、8；八一1、2、3、4、5、6、7、8；九一1、2、3、4、5、6、7、8；十一4、8。前面數字表示月份，後面阿拉伯數字表示小樣區編號。每月份的1—4即位於松雪樓左側；5-6則位於小奇萊草原。

七~九月的22個小樣區中，各逢機取200稈箭竹量取高度及直徑（七一3、4缺高度）；十月份之後，樣品減為100稈。

二-4 其他

在小奇萊草原與冷杉火災後林緣附近，存有一略凹陷微地形處，該地土層雖無挖掘，推測較之山坡面的土層為深且濕。在小奇萊4或5年前（1988年、1989年觀察）的地表火期間，該凹地之箭竹族群亦遭火焚，惟因潮濕或其他原因，地上竹稈並無火化而形成枯竹稈。量取此枯乾竹稈23株之高度，新生稈（至少有2或3年生）量19株；1990年及1991年再度觀察。以後則長期監測。

1991年9月2-3日，為檢驗箭竹體型矮化現象，再測量61稈箭竹之節數、各節間長度及稈高。

三、玉山箭竹社會之研究及小樣區刈除試驗

三-1 玉山箭竹高地草原取樣問題

由於箭竹草原可視為相對均質社會，故可依傳統種數與面積關係檢視所謂最小面積的問題。依 0.1×0.1 、 0.2×0.2 、 0.3×0.3 、 0.4×0.4 、 0.5×0.5 、 0.6×0.6 、 0.7×0.7 、 0.8×0.8 、 1×1 、 2×2 、 3

×3、4×4、5×5、10×10、20×20及30×30m²調查出分類群分別為3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、19個維管束植物，調查時為1988年6月，準此討論之。

另一方面，季節對取樣之影響必須考慮。配合小樣區刈除試驗，自1988年5月以迄1989年4月，每月份小樣區刈除前，調查植物種數及其介量，方法採用陳玉峰、黃增泉(1986)；除1989年1月份因降雪僅取4個小樣區之外，每月份取8樣區，計得92個，就種數計算之。

三-2 玉山箭竹社會之組成與短期演替傾向

統計小樣區存在物種及其頻度，分別就近期火災區（小奇萊草原，地表火之3年後）及較遠期火災區（松雪樓左側，至少8~10年以上）比較之。

三-3 玉山箭竹高地草原地上部生物量及月份變化

配合小樣區刈除下之所有地面植物體，打包攜回烤箱處理，以70℃連續烘烤72小時之後秤其乾重。

三-4 玉山箭竹小樣區刈除試驗及其觀察

三-4-1 稈數的變異

1988年5月~1989年4月於松雪樓及小奇萊草原之每月份各取4個小樣區刈除地上部之後，每月登記其變化，計算新長出之竹筍及側芽枝數，亦即相當於刈除地上部分之標準，算計地面稈數。如果火災一地力一箭竹之矮化機制正確(二-3節)，可以預期在刈除後新長之稈數將大（多）於原來刈除前，此乃因側芽通常多於原有者。

1988年5月份之8樣區自8月以後計算新長出竹稈，算至第17個月(1989年10月)，1988年6~12月及1989年1~4月之樣區，亦計算至1989年10月為止。這些數據包括了不同月份刈除對新長出者之影響可供討論。

三-4-2 刈除後小樣區定性與定量之觀察與計算

測度變化的介量包括小樣區內總覆蓋度，以目測估計百分率，由同一人執行12個月份樣區之判定；物種之出現與否則為定性特徵，物種之介量則以覆蓋度及株數之劃分+、1~5級判識之。各樣區的調查，登錄至1989年8月，另於1990年11月登錄第3年之數據；1991年5及9月再度作年度觀測記錄。1992年之後，列入長期監測。

各小樣區每月份皆予拍攝幻燈片存證。

四、台灣冷杉之生態研究

關於台灣冷杉的形態與生態之觀察與敘述，並非僅限於合歡高地之族群，實基於筆者多年來高地經驗之整理，由於若干測度或調查僅依據合歡高地部分，故以題目之名稱狹限之。

四-1 台灣冷杉形態之觀察

本節基於可以用來作生態解釋的角度敘述之。

根：觀察自岩隙、母岩與淺土或苔蘚、腐質層，乃至深土層（玉山箭竹之存在與否可作指標）之冷杉族群高度；玉山下之風倒木根系之記錄，寄生植物之觀察。

幹與枝桠：除了直立幹外，有無變型，另如旗型樹存在何種生育地？討論枝桠與降雪之關係。

葉：排列與降雪有無意義相牽？

雌雄花穗與結子：有無週期性之觀察，自西元1981年以來的觀察與標本館標本之核對；開花至毬果成熟之記錄。

其他：病、獸害等。

四-2 台灣冷杉林緣效應之觀察與測度

取石門山下及小奇萊草原之火災後森林界線林緣拓殖效應之樣區，作剖面圖示，說明其推演。

合歡山至小奇萊區段存有許多火災後子遺母樹，測度一母樹週遭二代或三代樹苗之胸徑、樹高，另作剖面圖說。

四-3 開花、結實植株在族群領域的分布狀態

1989年為合歡高地台灣冷杉花果之盛年，故在該年度計算結實株數之比例。經觀察後初步判定林緣為結實株數最多之處，故而設定沿草原邊往森林內二棵樹的深度為林緣族群，林緣之內為林內。計算各自開花結實比例。

四-4 火災林緣永久樣區之設立

選定小奇萊草原附近一林緣設置永久樣區長期觀察。該區在1985年發生草原地表火，將台灣冷杉林緣之幼樹大都燒死，對該區設標竿，平面登錄每一株枯死或半死木之相對位置、樹高及胸周；另以一剖面表示其立體結構。1993年8月另作一永久樣區，方法同前。

以上各項之現地調查或記錄，凡能予以影像化者，皆以幻燈片存證之。

五、水溼窪地演替之長期觀測與模式解說

選定小奇萊草原的水窪地作長期登錄植群變化，此一結果配合綜合探討，推理出水窪地的演變史。

本研究所用植物中文名稱及學名，以台灣植物誌 (Li, H.L., T. S. Liu, T.C. Huang, T. Koyama and C.E. Devol, 1975-1979)為準。

肆、結 果

本章節係節錄自陳玉峰(1993)之摘要性大綱及結果，細部說詳見前述文獻，今則增錄水溼窪地的演替，為本年度研究重點成果。

一、合歡高地植物及其社會

一-1 自大禹嶺以上之合歡高地之原生植群為鐵杉林、冷杉林及玉山圓柏灌叢，其分界約在標高3000及3300公尺；針葉林遭受多次火災之後形成目前之植群。

一-2 標高3000公尺以上之合歡高地，蕨類以上之維管束植物登錄有186個分類群，絕大多數物種皆以詳細之物候記錄（表1）；其月份開花數量及比例見表2。

一-3 此等植物之組合，經樣區調查及社會分類計得台灣冷杉—玉山箭竹優勢社會等11個單位；各植物社會的演替相關如圖4；其解釋見陳玉峰(1993)。

二、玉山箭竹之生長與體型變異

二-1 玉山箭竹地中部分的生長與形態

二-1-1 玉山箭竹的走出莖合稈叢生型之地下莖，其生長方式大抵依線性生長、向上生長、向側生長與叢生化生長的順序，架構地下莖的空間配置（圖5）。

二-1-2 每一竹稈通常具有一向下深竄之主根，可達B、C土壤層乃至母岩不等。據此且配合其他物種的根系分佈，作地下部根系的垂直或土壤中的空間分化，形成高地草原生態系裡，土壤中有機社會的基本架構，甚且其與高地鼠類冬季的食物、地下洞穴棲地有關。

表 1 · 合歡高地維管束植物年週期記錄

物 種	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	記錄社會之編號：數量	生態特性
藤蕨植物														
<i>Acrostopteris japonica</i>					生長 新葉	孢子 初生	孢子	孢子	孢子	正常	葉漸 枯黃	枯	4；量不多，散見於冷杉林下	F2
<i>Asplenium trichomanes</i>	脫水或 乾度	正常或 脫水	正常 孢子		正常 孢子	正常 孢子	正常 孢子	孢子	孢子	孢子	葉 黃化	葉脫水 和乾	1, 12；量少	H
<i>Athyrium rigidipes</i>					葉芽； 新葉	新葉； 孢子	孢子 未熟	孢子	孢子	正常	葉枯		4；量中等	F2
<i>Athyrium oppositifolium</i>					葉芽； 新葉	新葉； 孢子初生	孢子	孢子	葉漸 枯	枯黃 孢子	葉黃， 孢子	枯	4；量中等	F2
<i>Athyrium reflexipinnum</i>					新葉； 孢子初生	孢子 初生	孢子	孢子	正常	正常	葉黃， 孢子	枯	4；量中等	F2
<i>Athyrium vidalii</i>					新葉	孢子 初生	孢子	孢子	孢子	孢子	枯	枯	4；量少	F2
<i>Botrychium lunaria</i>					新芽； 孢子	正常 孢子初生	孢子	孢子	？	？	？		3；量稀	H
<i>Coniogramme intermedia</i>						新葉	孢子 漸成	孢子	孢子	漸枯	枯	枯	4；量少	F2
<i>Crypsinus caudovirgatus</i>					芽	新葉； 孢子初生	孢子	孢子	孢子	漸枯	枯			G2·H
<i>Cryptogramma brunonianum</i>					新葉	孢子 未熟	孢子	孢子	孢子	孢子	枯			H
<i>Ctenitis transmorrissonensis</i>					芽	新葉	孢子	孢子	正常	正常	孢子	漸枯	1, 2；量少	F2
<i>Cystopteris aculeata</i>					新葉； 孢子初生	初生 孢子	孢子	孢子	正常	漸枯	枯		4；量少至中等	F2
<i>Debaria allardii</i>					芽	新葉； 孢子初生	孢子	孢子	孢子	正常	漸枯		4；量少	F2
<i>Dryopteris acutidentata</i>					芽	新葉； 孢子初生	孢子	孢子	孢子	漸枯	枯		1, 12；量少	H
<i>Dryopteris alpestris</i>					芽	新葉； 孢子初生	孢子	孢子	孢子	漸枯	枯		1, 12；量少	H
<i>Dryopteris expansa</i>					新葉	新葉	孢子 漸成	孢子 漸成	孢子 漸成	半成 全枯	枯或 殘葉		4；量中等	F2
<i>Dryopteris sinoflorilosa</i>	枯	殘葉	殘葉	殘葉	芽 新葉	新葉	正常 孢子	正常 孢子	孢子	正常	漸枯	枯	4, 12；量中等	F2

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	群居社會之總數：數量	生態群
<i>Gymnocarpium rematipinnatum</i>	細裂羽節蕨				芽生： 孢子初生	孢子生散	孢子生散	孢子	孢子	葉略黃	漸枯	枯蘗		12；量少	F2
<i>Lapisorus norrisensis</i>	玉山瓦蕨				芽： 新葉	孢子切或	孢子切或	正常	正常	正常	葉略黃	枯落		12；量稀	H
<i>Lapisorus pseudo-ussuriensis</i>	麗島蘇里瓦蕨	略脫水 孢子	略脫水	正常	正常	孢子	孢子	正常	正常	正常	正常	正常	漸枯 葉	4；附生冷杉樹幹上，量少	F2
<i>Lycopodium juniperoides</i>	玉柏	豐潤， 正常	正常	正常	正常	孢子囊 器抽出	孢子囊經 抽出正常	正常	正常	正常	子囊 未裂或裂	子 裂散	葉略 黃	5；6；量中等	G1, H
<i>Lycopodium multispicatum</i>	多鞭石松	豐： 正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	孢子囊 體成熟	孢子 裂散	正常	10；6；量少	G2
<i>Lycopodium pseudoclaivatum</i>	假石松	正： ；豐	正常	正常	正常	正常	孢子囊 體	正常	正常	正常	孢子 裂散	孢子 裂散	正常	5；6；；量多	G1
<i>Lycopodium quasi-polytrichoides</i>	反卷葉石松	豐： 正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	孢子	子	正常	子略 失水	略失水 正常	4；量少；集生排水地	F2
<i>Lycopodium veitchii</i>	高山石松	豐： 正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	孢子	正常	孢子 裂散	孢子 裂散	正常	5；6；量少至中等	H
<i>Diplazium austroasiaticum</i>	滿地短爾小草					芽	新葉	孢子 囊	正常	正常	葉 黃	枯		5；6；量稀	G1
<i>Onoclea calytonioides</i>	台灣鐵線蕨					芽： 生處	新葉， 孢子	正常	正常	略枯	枯落			5；6；量少至中等	G1
<i>Polystichum lachense</i>	高山耳蕨	枯乾	枯乾				新葉	生長	孢子	正常	正常	枯	枯	1；2；量少	H
<i>Polystichum norii</i>	玉山耳蕨	脫水	正常	正常	正常； 孢子	孢子	正常	孢子	孢子	正常	正常	漸失 水	枯	12；量稀至少	H
<i>Polystichum strophylum</i>	芽胞耳蕨	正常	正常	正常	正常； 新芽	孢子	正常	正常	孢子	正常	孢子	孢子	正常	4；量中等至少	F2

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	群衆社會之認識：散生	生態詳
樟子植物															
<i>Adios kawakamii</i>	台灣冷杉	雪：正常	正常：芽	正常	吐枝，葉芽	新葉開花	新葉生長，苞葉生長	正常發芽，葉生長	正常	正常	葉完全成熟	正常	正常	4：多，純林	F2
<i>Juniperus formosana</i>	台灣刺柏	雪：正常	雪：正常	雪：新葉生長	種子：正常	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	種子	正常	正常	種子	正常	5, 6, 10：量中等，散生	F1
<i>Juniperus squamata morrissonicola</i>	玉山圓柏	雪：深藍色	雪：深藍色	雪：深藍色	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	3, 5, 6：量中等，聚生山頂	H, F1
<i>Pinus taiwanensis</i>	台灣二葉松	雪：正常	雪：正常	雪：正常	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	5, 6, 7：量少，散生	F1
<i>Tsuga chinensis formosana</i>	台灣鐵杉	雪：正常	雪：正常	雪：正常	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	4：量少，伴生於冷杉林	F2
雙子葉植物															
<i>Adaphne morrissonensis</i>	玉山沙參				基葉初生	初葉	生長	花苞：開花	花	盛花	果	枯	枯死	6, 7, 10：量少	G2
<i>Adaphne uetata</i>	高山沙參	雪：枯立	枯立	枯立	基葉初生	基葉	基葉	花苞：開花	盛花，果	果多，花少	果熟，殘花	果熟，全株枯	枯死	1, 6, 12：量中等	H
<i>Ainsliea reflexa nimborum</i>	玉山鬼節草	雪：正常	雪：正常	雪：正常	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	正常發芽，花苞	4：量多	F2
<i>Anaphalis margaritacea morrissonicola</i>	玉山假亞麻	雪：乾：雪埋	乾：雪埋	枯立	芽正生長	新葉	新葉	花苞	盛花	盛花	花，果	果熟，全株枯	枯死	6, 7, 12：量中等	H
<i>Anaphalis nepalensis</i>	尼泊尔假麻	雪埋：乾枯	乾枯	正發：乾	芽出	新葉	新葉	花苞	盛花	果	種子落盡	葉漸失水	乾	1, 3, 6：量少	H
<i>Angelica morrissonicola</i>	玉山當歸					新葉	？	？	？	？	？	？	？	3：量稀	H, F1
<i>Arabis morrissonensis</i>	玉山枝子芥			基葉已長出	基葉	葉已發成生長	花，果	果，花	果	果落，枯化	種子落盡	枯死	殘葉	1, 12：量少	H
<i>Artemisia campestris</i>	細葉山艾	雪埋：枯	殘葉	枯立	芽	生長	正常發芽，花苞	花	盛花	花，果	花，果	果，枯	枯死	2, 10：量中等	G2
<i>Artemisia kawakamii</i>	川上氏艾			枯立		芽	花苞	花	花，果	果熟	種子果散	枯		10, 12：量少	H
<i>Artemisia nittkayensis</i>	玉山艾			葉芽	葉芽正生長	成長	生長	花	花，果	果熟	種子果散	葉漸枯	枯	2, 9：量少至	G2
<i>Artemisia princeps orientalis</i>	艾	雪埋：枯	殘葉	基葉已長出	基葉	成長	花苞	花苞	花苞	盛花	花，果	種子：葉漸枯	枯死	9：量少聚	G2
<i>Astilbe macroflora</i>	阿道山落新婦			？	芽	花	盛花	果	果落	果正落	漸枯	？		2：量稀	H

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	結實社會之觀察：數量	生態條件
<i>Barbarea taiwaniana</i>	台灣山芥		殘葉	殘葉； 新葉	生長	葉落	開花	花， 果	果， 花	果， 葉落	果裂	葉黃 化	枯	8, 9 : 量中等；果生一處	G2
<i>Barbarea kawakamii</i>	川上氏小蘇	雪； 正常	正常	花苞， 開花	花苞， 開花	花	殘花	果	果	果未 熟	果熟	葉正黃， 葉紅	正常	5, 10 : 量中等	F1
<i>Barbarea morrissonensis</i>	玉山小蘇	雪埋； 枝立	枝幹	枝幹	枝幹	芽	開花	開花	果未 熟	果熟	果紅熟， 葉變紅	紅葉	紅葉 漸落	3 : 量中等	H: F1
<i>Cerastium suppilaeum</i>	亞毛卷耳						初葉	花	花， 果	果	?	?	?	4 : 量少	F2
<i>Cerastium trigynum morrissonense</i>	玉山卷耳	雪埋； 殘葉	新葉	新葉	新葉	花	花	花	花， 果	果， 花	漸枯 果	枯	枯化	1, 2, 12 : 量少	H
<i>Oxalis corniculata</i>	水晶蘭					生長 出	花	花	?	?				4 : 量稀	F2
<i>Oryzopsis planifolium</i>	大武嶺兒眼草	雪埋	正常	正常	開花	花果	正常	果	正常	正常	正常	正常	正常	4 : 量中等	F2
<i>Citrea alpina laticola</i>	高地露珠草					花苞	開花	盛花	盛花	花， 果	果落	葉， 漸枯	枯	4, 10 : 量中等	F2
<i>Citrus kaianii</i>	玉山柑					芽， 生長	芽出	花苞	盛花	花， 果	果落	果生 葉	枯	12 : 量中等	G2
<i>Clematis montana</i>	繡球藤					芽	芽	果	果	果落	葉落 枯	枯		4, 10 : 量少	F1
<i>Clinopodium laxiflorum</i>	茄花杜松	雪； 乾立	乾立	枯立	芽	葉長 出	生長	花苞	花	花落	果	枯化	乾枯	10, 12 : 量中等	G2
<i>Codonopsis kawakamii</i>	玉山女仙草				?	芽出	芽	開花	果	果熟	枯			9, 10 : 量少	G2
<i>Contoselinum morrissonense</i>	玉山蘭桂			?	芽	新葉	生長	開花	花	果	果落	枯	枯	5, 10	G2
<i>Corydalis optiocarpa</i>	雙果黃堇			新葉 葉出	新葉	生長 期	開花	果， 花	果	種子落 葉漸枯	枯， 殘葉			8, 9, 10 : 量不多	G2
<i>Cotoneaster morrissonensis</i>	玉山鋪地蜈蚣	雪埋； 發色	葉多 漸枯	葉落	葉落， 綠	正常	正常	花	果	果紅			葉落， 乾	10, 12 : 量少	H
<i>Oxoballus baccifer</i>	利防草						正常	花	果	果黑 熟	果黑熟， 果落			9, 8 : 量少	G2
<i>Daphne arisanensis</i>	阿里山瑞香	正常， 花芽	花苞	開花	盛花	正常	正常	正常	正常	葉芽	新芽 芽	新芽	新芽	4 : 量少	F2
<i>Olanthus pygmaeus</i>	玉山石竹		開花 (2800m)	正常	花 (2800m)	花	花	花	花	花	花， 果	枯		7, 12 : 量稀	G2
<i>Epilobium amurense</i>	黑龍江柳葉菜				芽	生長	花	花	花， 果	花， 果	果裂	果裂 漸枯	乾枯	7, 8, 12 : 量中等	G2
<i>Epilobium rotundifolium</i>	合歡柳葉菜			葉落 長出	生長 期	花苞	花	花	花， 果	花， 果	果裂， 花	果花 漸枯	乾枯	2, 12 : 量中等	G2

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	該種社會之編號：數量	生態特性	
<i>Epilobium platystigmatosum</i> 闊柱柳葉菜		雪埋	基新 葉綠	基葉	基葉	生長	葉莖 生長	花苞	花	花、果實 略變紅	果裂 葉紅	果裂， 漸枯	乾枯	7, 8, 10	：量中等	G2
<i>Erigeron morrissonensis</i> 玉山飛蓬		雪： 枯立	枯立	基葉新長 或殘存	基葉	基葉 生長	生長	生長	盛花	花、果	果	果裂， 葉漸枯	果裂， 全株枯	1, 3, 6, 7, 8, 9, 10	：量中等	G2
<i>Eupatorium formosanum</i> 台灣海桐		雪： 枯立	枯立			芽出	芽	生長	花苞， 開花	盛花	花、果	果落， 漸失水	枯蘆	7, 8, 9, 10	：量少	G2
<i>Euphrasia transmorrissonensis</i> 玉山小米草								生長	花苞， 開花	盛花	葉漸凋萎， 果落	枯		1, 2, 3	：量少	G1
<i>Filipendula kiraitiensis</i> 奇萊合瓣子		？	？	？	基葉	生長	花	花	果	果	漸枯	枯		2	：量少	H
<i>Fragaria hayatai</i> 旱田草莓		雪埋： 枯化	殘葉或 正常	正常， 殘葉	正常	正常	花	花	果	葉正 常	葉變 色	葉變色， 枯化	正常， 枯化	6, 8, 12	：量少	G2
<i>Gallium echinocarpum</i> 刺果豬殃殃		雪， 略枯	正常	正常	？	新葉	花苞	花	花果	果	正常	正常	枯	4, 5, 10	：量少	F2
<i>Gallium formosense</i> 圓葉豬殃殃		雪埋或 略枯	正常	正常	？	新葉	花苞	花	果	果	果落	正常	枯	4, 10	：量少	F2
<i>Gaultheria itoana</i> 高山白珠樹		雪埋： 葉紅	葉紅或 正常	正常	正常	正常	花(苞)	花	果	果少	果少， 葉正常	葉正 常， 變紅	葉正 常， 變紅	1, 3, 5, 6, 7, 10	：量中等	H, G1
<i>Gentiana arisanensis</i> 阿里山龍膽		雪埋 葉綠白或化	恢復 正常	正常	正常	花	盛花	花	花、果	果、花	果、 殘花	果略 褪色	果落失水 葉綠白或化	1, 3, 5, 6	：量中等	G1
<i>Gentiana atkinsii</i> 台灣龍膽		？	？	正常	？	？	生長	生長	花	花	花	葉正 常	葉正 常	5, 6	：量中等	G1
<i>Gentiana scabra</i> 玉山龍膽					芽	生長	花	花、果	果、花	果	枯			7, 8, 10, 12	：量少	G2
<i>Geranium hayatanum</i> 旱田香茅草				？	正常	正常	花苞	盛花	花	花、果	果	枯		1, 3, 5	：量中等	H
<i>Geranium repalense</i> 彪牛兒苗		雪埋： 正常	葉正 常	正常	？	正常	正常	生長	花	花	果落	葉正 常	枯	4	：量少	F1
<i>Hemiphragma heterophyllum</i> 廣只花草		雪埋： 正常	正常	正常	正常	正常	正常	開花	花	果	正常	葉正 常	葉正 常	4, 5	：量少	F1
<i>Hieracium morii</i> 森氏山柳菊				葉芽出	初葉	生長	生長	花苞	花	花、果	果落	葉變 紫紅	枯蘆	5, 6	：量不多	G1
<i>Hydrocotyle setulosa</i> 阿里山天胡荽		雪埋	正常	正常	正常	正常	生長	花	花	果	正常	葉正 常	正常	4	：量少	F2
<i>Hypericum negasawai</i> 玉山金絲桃		雪： 枯	枯	枯		生長	花	花	花少	果、花	果、 殘花	葉變紅， 枯	枯	1, 2, 3, 5, 6, 10, 12	：量中等	H, G1, G2
<i>Ilex bilotensis</i> 苗葉冬青		正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	3, 4	：量稀	F1
<i>Leontopodium microphyllum</i> 玉山雪草		雪			芽出	開花	花； 附屬	種子	種子 開花	種子 落蘆	枯化	枯		1, 2, 3	：量少	H
<i>Lonicera acuminata</i> 阿里山忍冬		葉落或 正常	葉落或 正常	正常， 長新葉	正常	正常	花苞	開花	花果	果	果黑 紫	葉落或 正常	葉落或 正常	10	：量少	F1
<i>Mitella formosana</i> 台灣明神草		雪埋	正常	正常	？	正常	正常	？	？	？	？	？	？	4	：量少	F2

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	變態社會之編號：數量	生態特性
<i>Myriactis humilis</i>	矮 菊	豐滿：正常	葉正常	正常		生長	正常	花	花	果、花	果落	葉正常	漸枯	4 ：量少	F2
<i>Oreomyza involucreta</i>	山 蕒 香					芽	生長	花		果		葉正常	枯	3, 10 ：量少	F1
<i>Origanum vulgare formosense</i>	台灣野薄荷			枯立	初葉	莖葉	莖葉	花苞	盛花	果、花		枯，殘葉	枯	7, 8, 9, 10 ：量少	G2
<i>Osmorhiza aristata</i>	臭 根			?	莖葉芽	莖葉	生長：花	果		果，枯化	全株枯			4, 10 ：量少	F1
<i>Oxalis acetosella formosana</i>	山酢醬草	豐滿：正常	正常	正常	正常	花	果	正常	正常	正常	葉正常：略黃	葉正常，黃	葉略失水	4 ：量中等	F2
<i>Parnassia palustris</i>	梅 花 草			?	芽	生長	莖長成	花	盛花	盛花		枯		2 ：量中等	F, G2
<i>Pedicularis verticillata</i>	玉山蘭草	豐滿	葉生長	?	芽	葉	花	果	果枯	全株枯		枯枝下長無性芽	小新株	8, 9 ：量少	G2
<i>Pellionia trilobulata</i>	裂葉箭葉使者	豐滿：正常	正常	正常	正常	正常	花	花、正常		葉盛	正常	正常	略有失水現象	4 ：量多	F2
<i>Pteris hieracifolios morrissonensis</i>	玉山毛蕨菜			小苗正生長	莖葉	莖葉	莖葉：花苞	盛花	果花	全株漸枯	枯盛，殘花	枯盛，殘花		7, 8 ：量多	G2
<i>Plapimelia nitakayamensis</i>	玉山蘭片			?	莖葉	莖葉	生長	花	果	果熟	全株枯			4, 10 ：量少	F2
<i>Polygala japonica</i>	瓜子金	豐滿：葉色減正常	葉正常	?	芽	莖葉	花	花、果	果				葉變色	5, 6 ：量少至中等	G1
<i>Polygonum cuspidatum</i>	虎 杖	豐滿	枯	早葉芽新出	芽	莖葉	生長	花	盛花果	花，果	果，漸枯	枯化	枯	9, 9 ：量多	G2
<i>Polygonum nepalense</i>	野 薔 薇					芽	生長	花	花					4 ：量稀	G2
<i>Polygonum nuncinatum</i>	散 血 丹					芽	生長：花	花	花果，略枯	漸枯化	葉落大半，葉紅	殘枯		8, 9 ：量少	F1
<i>Potentilla leucantha morrissonicola</i>	玉山金梅			?	新生葉	葉已完成生長	花	花、果	果	果，葉略黃	果枯落，葉黃	葉黃白，枯		1, 2, 10 ：量少	H
<i>Primula nitybasa</i>	玉山櫻草	豐滿	莖葉或部分正常	莖葉正常	葉新出	正常	花、花苞	花	果、殘花	果未熟	果熟裂	葉黃，轉枯	殘葉，枯	4, 10 ：量少	F1
<i>Ranunculus natsuda</i>	類花毛茛			?	莖葉形成	正常	花	花	花、果	果	葉正常	葉枯		8, 9 ：量中等	G2
<i>Rhododendron morii</i>	森氏杜鵑	豐滿：正常 花色	花苞，葉芽起	花苞(2800m開花)	開花	盛花	花謝	果	果	果，新花苞	果熟裂	果熟，新花苞	果熟，新花苞	4 ：量多	F1
<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	玉山杜鵑	豐滿：正常 花色	花苞，葉芽起	花苞	花苞、開花	盛花	花謝	果	果	果，新花苞	果熟裂	果熟，新花苞	果熟，新花苞	3, 5, 6 ：量多	F1
<i>Rhododendron nutripilosum</i>	紅毛杜鵑	豐滿：正常	正常	正常	花苞	盛花	花	果	果大熟	果裂	果裂	果裂	果裂	7 ：量少至中等	F1

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	該種社會之編號：數量	生態特性
<i>Ribes formosum</i>	台灣赤蘘子	枝 極	葉芽苞	新葉	花	花謝，果 1/2大小	果	果	果轉紅	果紅熟	落果	落葉	落葉	10 量不多	F1
<i>Rosa sericea morrissonensis</i>	玉山野薔薇	雪埋：枝 極	枝 極	枝 極	新葉	花	花、果	果、果	果轉紅	果熟，葉 略枯	葉轉紅	落葉	落葉	量中等	F1
<i>Rosa transmorrissonensis</i>	高山薔薇	枝 極	枝 極	芽不明顯	芽	葉	盛花	盛花	果	果紅	果紅熟	落葉	果乾，枯 枝	8,9,10 量中等	F1
<i>Rubia akane</i>	紅藤子草	雪埋：正 常	正常	正常	?	葉芽	果花	果花	果	果熟	?	?	?	10 量少	F1
<i>Rubia linit</i>	林氏茜草	雪埋：正 常	正常	正常	?	葉芽	花	花	?	?	?	?	?	4 量少	F1
<i>Rubus calycynoides</i>	玉山鈴杓子	雪埋：枯	枯乾	正常：殘 葉	新葉	新葉	花	花	果	果落，葉 盛	葉正常	葉轉黃	葉乾渴	8,9,12 量少	G2
<i>Rubus hirsuticarpus</i>	毛刺鈴杓子	雪埋：黃 葉	殘葉	新葉	芽，新葉	花	初果	初果	果	果	葉正常	葉紅渴	葉乾渴	4,10 量少至中等	F2
<i>Rubus pectinellus</i>	刺藤子草	雪埋：正 常	正常	正常	正常	花	花	花	果	果、正常	果落盛	葉正常	正常	4 量少	F2
<i>Rumex crispus</i>	酸漿酸漿	枯：雪埋 常	殘葉	殘葉(基) 正常	基葉	基葉	花色	花	果、花	果熟	果落，枯 化	上落枯	枯，殘葉	8,9 量少，葉生一處	G2
<i>Salix fulvopubescent</i>	楊 毛 柳	枝 極	新芽	新芽	開花：芽	花	盛葉	葉	果	果	果	果、葉黃 化	葉落盛	7 量稀	F1
<i>Scabiosa lacerifolia</i>	玉山山蘿蔔	雪埋：枯	殘葉：枯	?	芽	基葉	葉生長	生長 花	盛花	盛花，果	果落盛	枯	枯	1 量中等，葉生更略	H
<i>Sedum morrissonense</i>	玉山佛甲草	雪埋：渴	枯葉	枯立？	葉正常	正常	正常	花	花	果、花	果落	葉紅渴	枯	1,2,3,9,12 量少	H
<i>Sedum subcapitatum</i>	棉花佛甲草	雪埋	枯	?	芽	生長	生長	花	果	果熟	葉轉渴	枯	枯	1 量稀	H
<i>Senecio nemorosus</i>	黃 菀	雪埋	枯立	枯	芽	基葉	花苞，早 花	花苞，早 花	花、花苞	果、花略 枯	枯，殘花	枯盛殘花	枯乾	8,9 量中等，葉生	G2
<i>Silene morrissonmontana</i>	玉山繡子草	枯	枯	?	?	葉長	花	花	果	?	?	?	枯	1,2 量稀	H
<i>Solidago virga-aurea</i>	一枝黃花	枯：雪埋	枯	新葉芽出	新葉	生長	新出葉	花苞	花、果	果、花	果、嫩枯	枯化	枯盛	5,6,7,9,10 量中等至多	G1
<i>Sonchus asper</i>	苦 苣 菜	枯	枯	枯	基葉	生長	花苞	花	花	花	果、花	果、花	枯	8,9 量少	G2
<i>Sorbus randaicensis</i>	磨大花楸	枝 極	枝 極	枝 極	葉芽正展	芽，花苞	果	果	果	果	果落黃 葉變色	葉紅渴	葉落盛	4,10 量少	F1
<i>Spiraea formosana</i>	台灣繡線菊	枯	枯	枯	新葉展	生長	花	花	果	果熟	果裂	枯	枯盛	7,9,10 量少	G2
<i>Spiraea morrissonicola</i>	玉山繡線菊	枯立	枯	新芽	新芽出	生長	花	果、花	果	果	果裂	全株枯	枯	1,5 量稀	H

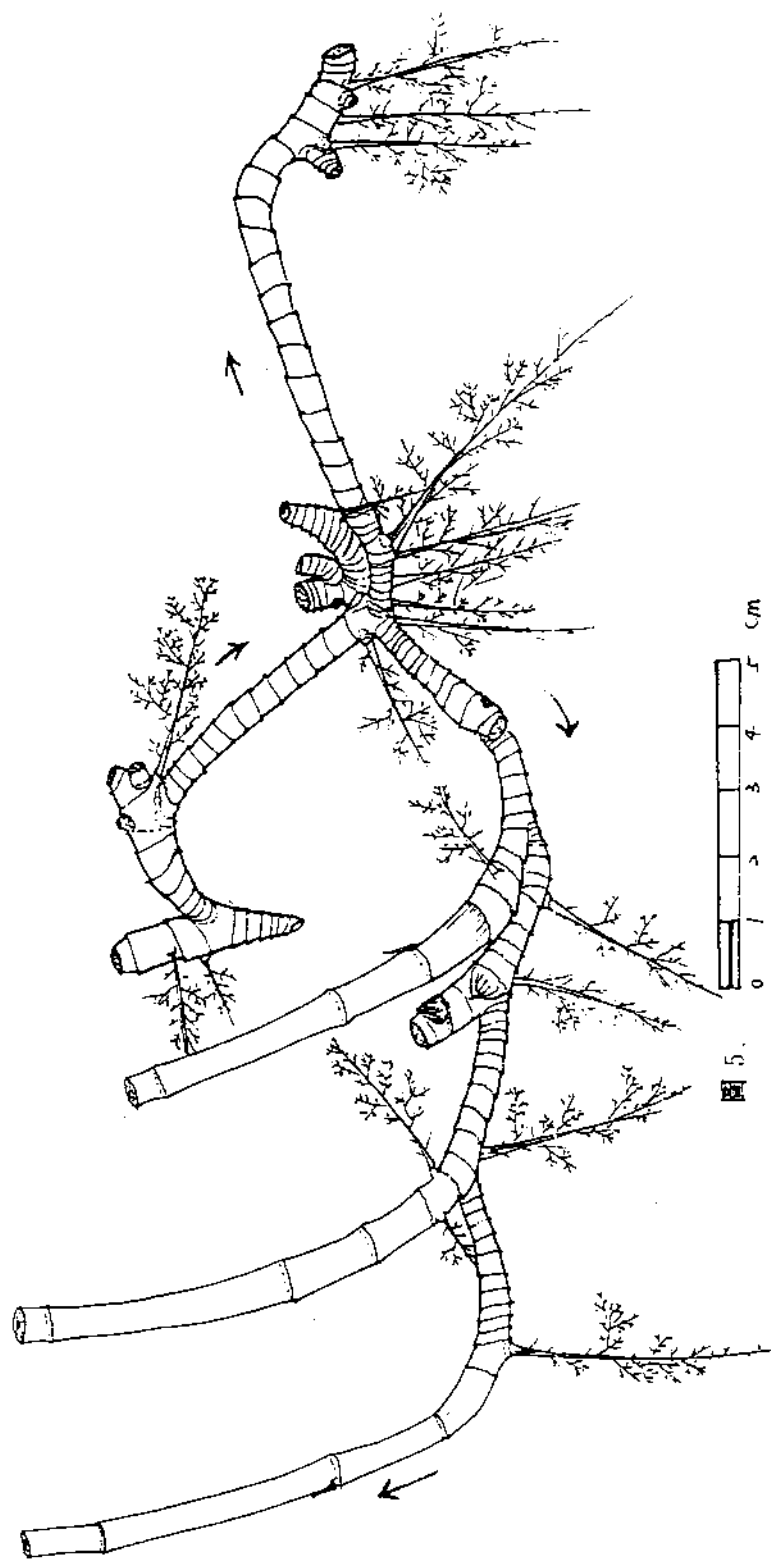
物種	月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	該種社會之盛衰、數量	生態特性
<i>Stellaria vestita</i>	疏花繁縷	雪埋	新葉	正常	花	花	花	花	果	果、落枯	枯			7, 9 ; 量少	G2
<i>Suaeda randiata</i>	鹽大藜	雪埋； 小苗	小苗	基葉	基葉	基葉	基葉	新葉	花苞、花	花、果、 枯花	各株枯、 小苗	小苗生長	小苗生長	5, 6 ; 量中等 ；至多	G1
<i>Thalictrum fauriei</i>	台灣唐松草					芽	花	花、果、落	枯					2, 12 ; 量少	H
<i>Trifolium repens</i>	白花苜蓿	雪埋	殘葉	正常	正常	正常	開花	花	花	花、凋	花	花	落枯	8, 9 ; 量稀適二部	G2
<i>Triplotegia glandulifera</i>	三葉花草				基葉	正常	正常	花	花	果	果落盡	枯		10 ; 量少至稀	G2
<i>Tripterospermum lanceolatum</i>	玉山肺形草	雪埋	正常	正常	正常	正常	正常	正常	花	花	果熟	果正常	枯	4, 10 ; 量少	F1
<i>Urtica thunbergiana</i>	咬人貓	雪埋	新葉	基葉	基葉	基葉	生長	花	果、花	果、葉半落	果、葉半落	枯、殘	殘、枯	8, 9 ; 量少至中等；葉生	G2
<i>Valeriana flaccidissima</i>	蛇盤草				基葉	生長	花(苞)	花盛	果落盡	枯	基葉正常	落枯		4, 10 ; 量少至中等	F1
<i>Veronica morrisonicola</i>	玉山水苦蕒	雪埋	黃褐葉	葉黃褐	殘葉、枯	花葉生長	花	花果	果	果裂	果裂、乾	葉黃色	葉落枯	1, 2, 3, 6, 9, 10, 12 ; 量中等	H
<i>Viburnum morrisonense</i>	玉山黃連	枝	葉芽	葉芽膨大	新葉(小)	花苞	花	花果	果略紅	果紅熟、 葉略變	果紅熟、 葉略紅	殘、 落	葉落盡	10 ; 量中等；葉生	F1
<i>Viola tsugitakaensis</i>	雪山堇菜		葉正常				花	花	花	花	果實	果裂、葉 正常	正常	5, 6	G1
單子葉植物															
<i>Agropyron Formosanum</i>	台灣鵝觀草				芽	生長	?	花	花、果	花、果	果、花	殘、 全株枯	枯	5, 6, 7, 9 ; 量中等	G1
<i>Agropyron mayebarianum</i>	刺頭鵝觀草					?	花	花果	果	果落盡	枯、新生葉	枯		9 ; 量少	G1
<i>Agrostis clavata matsumurae</i>	鵝觀草	枯立	枯立	枯立		生長	生長	花	花果	果、花	枯	枯	枯	5, 6, 7, 8, 9, 12 ; 量少	G1
<i>Agrostis fukuyamae</i>	伯明頓鵝觀草	枯立	枯立	枯立		生長	生長	花	花、果	果	果、花	乾	枯	5, 6, 7, 8, 9, 12 ; 量少	G1
<i>Agrostis morrisonensis</i>	玉山鵝觀草	枯立		枯立	新葉芽	新葉	花	花	果、花	上部枯	上部枯乾	全株枯		1, 5, 6, 7, 8, 9, 12 ; 量多	G1
<i>Aletris formosana</i>	台灣粉條兒			芽	新葉漸出	抽花序	花	果	果	果落	枯化	枯	枯	5, 6 ; 量多	G1
<i>Anthoxanthum formosanum</i>	台灣花茅				新葉	花	花	花	花、果	果落、 花、枯	枯	枯		5, 6, 7 ; 量中等	G1
<i>Aulacolepis agrostoides formosana</i> 小銀葉草				新葉多	新葉	生長	花	花	花、果	果	枯	枯		4 ; 量少至中等	F2

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	課題社會之編號；數量	生態詳詳
<i>Aulacolepis theurleri</i>	溝浮草			新葉出	新葉	基葉	生長	生長	花	果	漸枯	枯		4 ; 量稀	F2
<i>Bacotryon subcapitatum</i>	玉山針蘭	豐埋	殘葉基緣	殘葉； 新芽	新葉漸出	生長	開花	花	花	果落，上 部枯黃	上部枯黃	枯，葉基 緣	枯	1,2,5 ; 量少	G1
<i>Brachypodium kawakami</i>	川上氏短兩草			?			基葉	花	果	落果	落果	殘果，枯	殘葉，枯	1,5,12 ; 量少	G2
<i>Brachypodium sylvaticum luzoniense</i>	呂宋日本蘆			新葉芽	新葉	基葉	基葉	花	花	果	果	枯化	枯蘗	3,6,7,9, 10 ; 量中等	G2
<i>Carex alopecuroides subtransversaria</i>	高山日本蘆	豐埋			漸長出	生長	花	花	果	果	枯	枯	枯	8,9 ; 量少	G2
<i>Carex brevicaulis</i>	短葉宿柱蘆	豐埋	正常	正常	正常	生長	花、果	果	果	正常	正常	葉略黃	葉半黃	5,6 ; 量多	G1
<i>Carex chrysolepis</i>	黃花蘆	豐埋	正常	正常	正常	花	花、果	花、果	果	果熟落	果熟落	葉略黃	枯	5,6,8,9 ; 量中等	G1
<i>Carex finitima</i>	長柱蘆	豐埋	半枯	半枯	漸生出	生長	花	果	果	正常	漸枯	枯		7,8,9 ; 量少	G2
<i>Carex lufi</i>	劉氏蘆			?	?	生長	花	果、花	果	正常	漸枯	枯	枯蘗	1,3,8 ; 量稀	G2
<i>Carex rubiginea pseudo-arenicola</i>	發生細序蘆	枯立	枯立	枯立	新生葉	葉正常	花	花、果	果	果	漸枯	枯		5,6 ; 量中等， 葉生型生	G1
<i>Carex satsumensis</i>	油蘆				?	生長	花	花、果	花、果	果	果落	漸枯		1,3,8 ; 量稀	G2
<i>Deschampsia caespitosa festucaeifolia</i>	雙草	豐埋； 殘葉	殘葉基緣	新葉	新葉	花序	花	花	果落	果落	上部枯	上部枯，基 葉緣	枯蘗，基 葉緣	8,9 ; 量多 ；葉生	G2
<i>Deschampsia flexuosa</i>	曲芒雙草	豐埋； 半枯	殘葉	新葉出	新葉出	抽花序	盛花	果	果落	果落	上部枯	上部枯 葉基緣	漸全枯	1,2,3,5,12 7,8,9,10 ; 量多	G1
<i>Deylexia arundinacea</i>	類蘆野青茅			?	?	基葉	生長	花	果	漸枯	枯			9 ; 量少	G2
<i>Deylexia formosana</i>	台灣野青茅			?	?	基葉	生長	花	花	果	果、枯	刺狀， 枯	枯	5,5,8,9 ; 量少	G1
<i>Festuca ovina</i>	羊茅	豐埋； 枯	枯立	新葉出	新葉	新芽；花 苞	花	花、果	果落，漸 枯	果落， 漸枯	枯	上部枯 葉基緣	枯	1,3,5,6 8,12 ; 量多	H. G1
<i>Festuca ovina duriuscula</i>	闊葉羊茅	豐埋； 枯	枯立	新葉出	新葉	新芽；花 苞	花	花、果	花、果	果落， 漸枯	枯	上部枯 葉基緣	枯	1,3,12 ; 量少	G1
<i>Festuca rubra nitidissima</i>	玉山常羊茅	豐埋； 枯	枯立	新葉出	新葉	新芽；花 苞	花	花、果	花、果	果落	果落	漸枯	枯	1,3,12 ; 量稀	
<i>Festuca takusagoensis</i>	高砂羊茅			新葉出	新葉	新芽；花 苞	花	花、果	花	果落	果落	漸枯	漸枯	1,8 ; 量稀	
<i>Goodyera nankaiensis</i>	南嶺兜蘭	豐埋； 正常	正常	正常	正常	葉長	正常	花苞，花	花	花	果	果	葉正常	4,5 ; 量少至 ；中等	G1

物 種	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	群居社會之編號：數量	生態條件
<i>Juncus triflorus</i>	玉山烟心草			?	?	生長	花	花、果	果	果莖	漸枯			2 ; 量稀	H
<i>Lilium formosanum</i>	台灣百合						花苞	花	果未熟	果熟	果熟枯	枯		5, 5 ; 量多	G1
<i>Liriope minor</i>	小麥門冬	豐潤：正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	葉正常	葉正常	4 ; 量中等	F2
<i>Luzula plumosa</i>	台灣穗星草	豐潤：正常	正常	正常	正常	抽花序	花	花、果	果	果莖	葉正常	葉正常	枯	4 ; 量少至中	F2
<i>Luzula taiwaniana</i>	台灣地蘭	豐潤：枯	枯	基殘葉	正常：殘葉	生長	花、果	花、果	果	果熟，葉漸枯	漸枯	果熟，葉漸枯	枯	5, 5, 9, 12 ; 量多	G1
<i>Miscanthus transmoriosensis</i> 崙山芒		豐潤：綠	枯立	殘葉，新葉	殘葉，新芽	新芽	新葉	成長	開花	盛花	果	果熟，葉漸枯	枯	5, 6, 7, 8, 9, 10 ; 量甚多	G1G2
<i>Pennis polypthylla</i>	七葉一枝花				芽	花	花	花	果、花	果未熟	葉變黃	果熟，葉黃		4 ; 量少	G1G2
<i>Phleum alpinum</i>	高山綠牧草			?	芽	花苞	花	花、果	果	果落	漸枯			2, 8, 12 ; 量少	F2
<i>Platanthera brevicallanata</i> 短距粉蝶蘭				?	芽	生長，花苞	花	盛花	花	果	果	枯		4, 5, 6 ; 量中等	H
<i>Platanthera nendianorum</i> 厚唇粉蝶蘭				?	?	正常	花苞	花	花	果	枯	枯		5, 6 ; 量中等	G1
<i>Platanthera sachalinensis</i> 高地粉蝶蘭				?	?	正常	花苞	花	花、果	果	果	枯		6 ; 量中等	F2
<i>Poa acroloa</i>	白頂早熟禾	豐潤：正常	正常	正常	開花	花	花、果	花、果	果、花	果、花	果、花	果、花	正常，漸枯	11 F 量少，葉生一處	G1
<i>Poa tenuicula</i>	細葉早熟禾			?	?	生長	花	花、果	果	果	漸枯	枯		7, 8 ; 量稀	G2
<i>Saillacia formosana</i>	台灣庭藤				新葉，花苞	花苞，早花	花、果	花、果	果漸紅	果熟，葉變色	果枯黃			4, 10 ; 量中等	F2
<i>Saillax menispermoides</i> 華大庭藤		枝 梗	枝 梗綠	枝 梗，芽	芽	新葉，花苞	花	花、果	果	果	果熟	果熟，葉枯黑	葉枯黃或褐色	4, 10 ; 量中等	F2
<i>Trisetum spicatum</i> 台灣三毛草				?	?	基葉	花	花、果	果	果落，漸枯	枯化			5, 7, 8, 9, 12 ; 量中等	G1, G2
<i>Veratrum formosanum</i>	台灣藜蘆			芽出	芽出	生長	花苞生長	盛花	花、果	果、花	果熟，漸枯	枯		5, 6 ; 量多	G1
<i>Yushania nittakayamensis</i> 玉山箭竹		豐潤：半枯	枯，綠正常	新葉芽，正常	新葉芽，正常	新葉芽，長成	生長	生長旺季	正常	正常	正常	葉黃	葉鮮黃	4, 5, 6 ; 數量頗大	G1

表2. 各生態歸群各月開花數目及其比例；H表示高地初生草本社會類型；G1為玉山箭竹或高山芒之高地草原；G2為裸地、路邊荒地植物或植群類；F1表示灌叢或次生林；F2為冷杉林下。

月份 生態歸群	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
H(27種)					5	15	22	11	8	2		
H(%)					19%	56%	81%	41%	30%	7%		
G1(35種)					3	18	24	20	14	4		
G1(%)					9%	51%	69%	57%	40%	11%		
G2(48種)				1	3	23	38	31	21	10	4	
G2(%)				2%	6%	48%	79%	65%	44%	21%	8%	
F1(24種)			1	3	8	15	12	7	2			
F1(%)			4%	13%	33%	63%	50%	29%	8%			
F2(23種)			1	2	6	13	17	9	2			
F2(%)			4%	9%	26%	57%	74%	39%	9%			
合計 375			2	6	25	84	113	78	47	16	4	
%			0.5	1.6	6.7	22.4	30.1	20.8	12.5	4.3	1.1	



二-1-3 高地草原土壤中根系的分布如下。A層約0~15±5公分之棕黑色黏土，根系分佈A層的植物，大抵是高地草原社會的伴生種，如高山芒、一枝黃花、短莖宿柱臺、台灣黎蘆、阿里山龍膽、櫟大當藥....等；A層下部即玉山箭竹地下莖的平面結構分布區；E層約18~28公分深，黃橘色黏土，主要的根系屬於玉山箭竹；Bw1層為黃棕色黏質壤土，根系則包括玉山箭竹、高山芒、玉山剪股穎等禾本科分佈區；Bw2約28~45公分深，及至II BC剖面層，其根系推測仍屬玉山箭竹所有。

二-1-4 本研究認為合歡高地土壤化育過程中，各土層演化的推衍，必須考慮長期性再生的火災週期，及其所造成土壤的沖蝕與堆聚現象。

二-2 玉山箭竹地上部分的生長與形相

二-2-1 在形相 (physiognomy) 的年週期變化方面，也就是枯落葉及新葉更替的黃化、綠化現象，每年約在11月進入顯著乾季，葉片轉趨黃褐，而枯化的程度視微環境條件而定。降雪時期並無明顯變化。12月以迄隔年4月即高地草原全面性枯黃時段。此等大量的枯化葉片，約集中於5~6月間落盡，恰為新葉所取代，6、7月間全面綠化完成。

二-2-2 筍生長

二-2-2-1 依據筍的高生長曲線顯示，玉山箭竹自林下高大體型族群，經灌叢體型乃至矮竹的高地草原族群，其生長曲線呈現夏生型、春生型及至秋生型的變異(圖6)。除了說明玉山箭竹超闊的適應能力之外，亦暗示此等曲線研究的生態意義過於籠統，尚須進一步釐清。

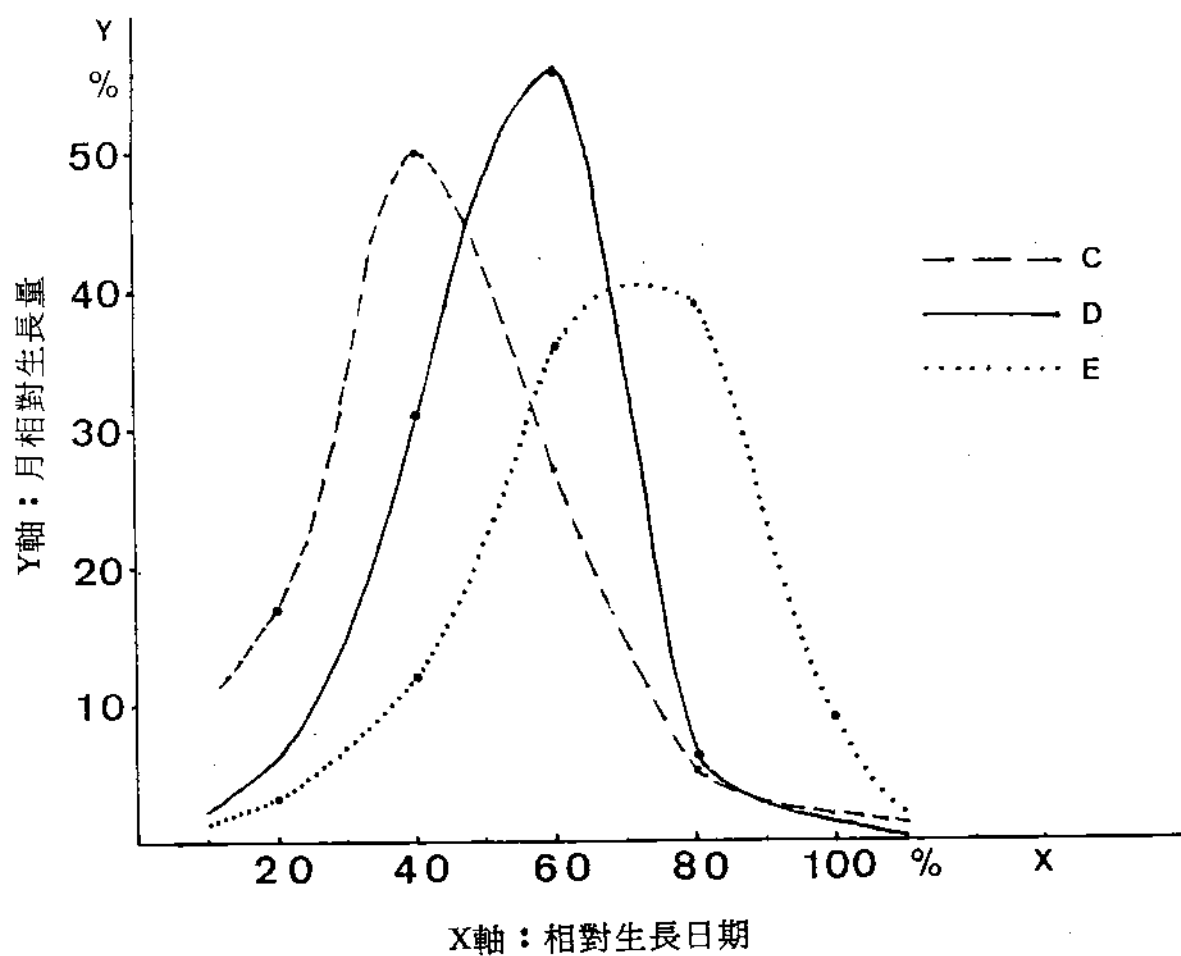


圖 6. 玉山箭竹筍高生長曲線：生長量誇大2倍

二-2-2-2 合歡高地標高3000~3200公尺間之玉山箭竹，每年約於5月份發筍，9至10月完成高生長。而筍的高生長通常於第一生長年度完成，此後但有折損與有限再生，基本上維持穩定；又，全年內皆有零星生長之新筍或側枝。

二-2-2-3 不同生育地、不同體型的筍及成竹，節數約略相當，但作高度之比例的調整；生長的時間亦一致，推測地溫係發筍的限制因子。

二-2-2-4 每竹稈的維持時間，高地草原的族群至少在4或5年以上；冷杉林下的竹稈推測生幅可長達6~8年以上。

二-2-3 側枝及葉片的生長

二-2-3-1 玉山箭竹的側枝生長發軔於筍高生長大抵完成之後。林下高大箭竹族群大約每節產生3個主要側枝，從而再生出第二、三...側枝。側枝生長約於第二生長年的七月間達最高生長量；高地草原的矮化型族群則呈現相對穩定的跨年生長。要言之，側枝之生長與枯損亦受外界環境壓力所左右；平均而言，第一生長年度（不分體型）每竹稈產生約20側枝（也就是7節左右），第二生長年度則增加45~26%，第三年度亦略有增加，及至第四年度趨向持平。

二-2-3-2 玉山箭竹的葉片，在新筍成竹的第一生長年度內，不分體型平均每竹稈約產生44(30~60)片，通常發生於高生長、側枝生長之後。爾後，每年更換新葉。第二年度葉片的增加率約336~309%，第三年度開始，高地草原的族群之葉片生長勢，有轉弱的傾向，但林下的族群則依然旺盛成長。

二-2-3-3 就生育地及體型論之，森林下玉山箭竹族群之葉片，於第二年度達最大生長勢，且可繼續增加至第四年或以上；灌叢體型的族群，其葉片亦在第二年達成生長之頂盛，第三年的增加率漸降

，第四年則停滯或平衡；高地草原矮竹族群則於第三年度維持穩定數目，或有衰退現象。端視環境壓力或立地條件而定。

二-2-3-4 配合生態氣候圖可印證玉山箭竹地上部分的年度生長季為5~9月的特濕時期，且朝森林下的族群系列，可將生長期順延至11月。

二-3 玉山箭竹體型變異假說

二-3-1 台灣針葉林帶各林型乃至高地草原的共同特徵物種的玉山箭竹，在巨幅空間分布上，跨越檜木、鐵杉及亞高山冷杉林等不同生態帶；在微幅空間分布上，橫越林下乃至開闊草原生育地；在演替時間分布上，縱貫草原、灌叢、森林等數十年乃至數千年以上的範疇，展現出驚人寬闊的時空生態幅度。此等高度適應能力，實乃長期演化的結果，造成今日玉山箭竹在台灣中、高海拔地區，無以倫比的生態地位。

二-3-2 玉山箭竹的高度適應能力更表達在無性繁殖的特徵上，推測有性繁殖的比例，就時空考慮微乎其微。

二-3-3 此等適應能力除了植物體對環境因子的耐力之外，透由體型變異策略來達成。本研究認為森林下高大體型的族群為玉山箭竹之“原型”，隨林火、山崩等環境鉅變，由生理機制作逐步的調適，乃至20~30公分之矮小體型，是為存在之極限。

二-3-4 玉山箭竹在各生態帶中可以展現不同的生長勢，但存活與否的限制因子為土壤的化育，亦即無性繁殖體之地下莖能否發展為關鍵。換言之，高地草原之土壤層厚度殆為生長之極限。

二-3-5 玉山箭竹體型變異的本質，實乃依特定比例之“縮小”或“放大”的現象，配合對光量、光週、風力、霜雪、火災等等環境壓力之適應而來，但矮化的外來原因肇始於森林火災所引起的生態系

鉅變。一旦第一次森林大火發生，視立地坡向等因子影響，向陽地、中及上坡段易於淪為反覆週期或不定性火災輪迴現象。多次火災的影響，引致土壤、濕度及其他因子之劇烈轉變，且其與玉山箭竹之生理營養、生長勢等息息相關。

二-3-6 玉山箭竹體型變異綜合說明

二-3-6-1 玉山箭竹體型變異之摘要解說如圖7及8。

二-3-6-2 玉山箭竹稈基平均直徑(Y)與平均稈高(X),可以 $Y=10-3.375 \cdot X0.598$ 表示之。

二-3-6-3 矮化現象即單位面積竹稈數目增加、直徑變細而稈高變矮。

二-3-6-4 約在三次以上火災之後的玉山箭竹草原，若已形成低矮體型，則單位面積竹稈數目大抵高達每平方公尺有 500稈、平均稈高約30公分上下，平均直徑約在0.3公分以下。

二-3-6-5 上一項高密度的竹稈，係由新筍的主稈及火災後枯死稈基所萌發之側芽長出者，甚或側枝本身所組成。

二-3-7 玉山箭竹之可觀察之變異包括體型、生長時間、生長速率、生長模式、生幅之對環境條件之適應或調節。此等幅度或能力，在已知台灣維管束四千餘種植物之中，似乎無有出其右，故而形成時下台灣高地裡，生態幅度最寬闊、生物量甚龐大的高歧異度生物群聚。

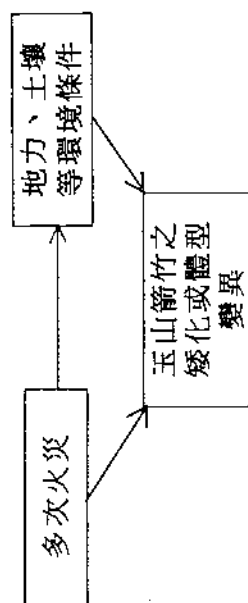


圖 7. 環境因子與玉山箭竹體型之關係

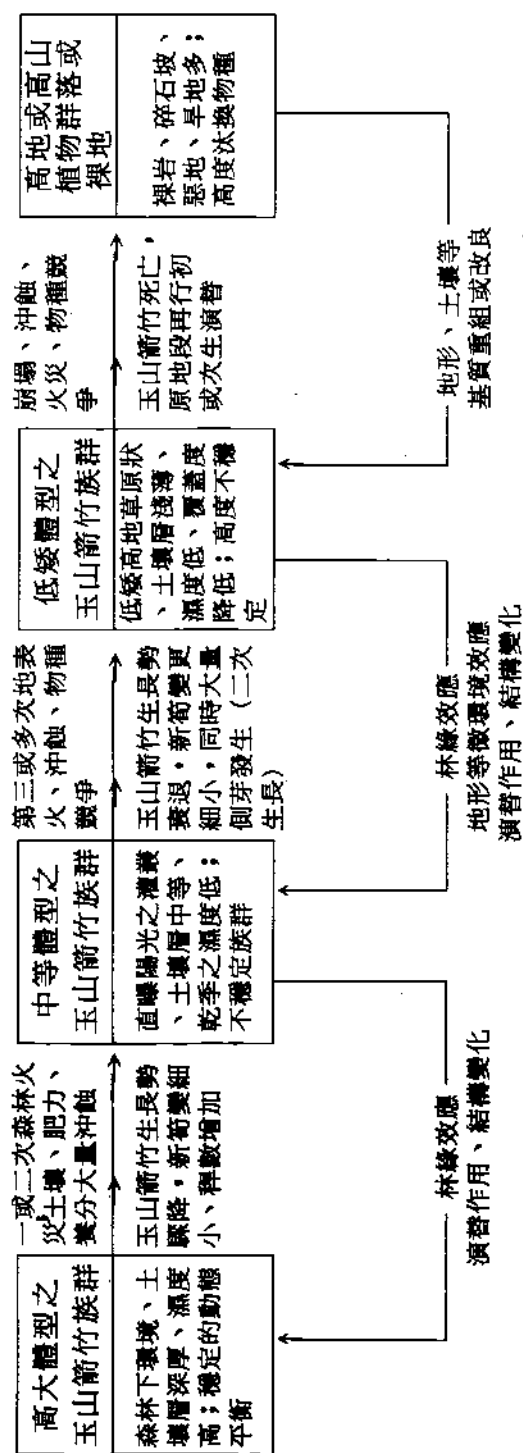


圖 8. 玉山箭竹體型變異之解釋或模式；此等體型變異只是比例的現象

三、玉山箭竹社會及小樣區刈除試驗

三-1 關於玉山箭竹高地草原社會研究的取樣方面，其最小面積至少應取16平方公尺；若均質度(homogeneity)足夠，則傳統10×10平方公尺的取樣更佳。

三-2 高地草原取樣的季節顯著影響物種組成的調查結果，以合歡高地為例，單位面積(1m²)種數由2月之6.6以迄7月之10.3，且禾本、莎草科之須藉花鑑定之物種亦多，故而社會調查最佳季節落於7、8月；或須作補充調查始得掌握高地草原成分。

三-3 以松雪樓附近及小奇萊草原分別代表火災之後較長與較近(短)階段的演替時間，則分別有指標物種代表。火災之後3~5年間發生的典型植物如高山芒、台灣藜蘆、玉山翦股穎、雪山堇菜、台灣黃花茅、高山石松及森氏山柳菊等，一般指標種如曲芒髮草、台灣地楊梅等；距離上次火災7~10年間或其後，上述物種逐將移轉給台灣粉條兒菜、阿里山龍膽、高山白珠樹、玉山針蘭、玉山金絲桃等成分，或如假石松、一枝黃花、巒大當藥、短距粉蝶蘭等物種。但如山崩、侵蝕等干擾，亦可造成相似的演替發生；另一方面，無機環境條件自是影響的重大因素。

三-4 高地草原地上部分生物量，以乾重計，年度最高量在8月間，每公頃約7.683(小奇萊區)~9.810(松雪樓區)公噸；設若分別代表不同演替階段，則合歡高地草原年復原生物量約在303~425公斤/公頃乾重。

三-5 對玉山箭竹高地草原逐月刈除8小樣區的觀察可得下列結論：

三-5-1 相擬於地表火干擾的刈除地上部試驗，其所引發的更新或復原現象受到年週期氣候模式及刈除月份(對該社會的不等傷害程度)的影響。

三-5-2 刈除干擾之後，更新能力取決於原植物社會潛存地中的有機物資（活體）而定；但其能否萌長或萌長時期端視氣候條件而有顯著差異。

三-5-3 合歡高地玉山箭竹生長或更新的起動氣溫推測約在 7.1℃，生長停滯氣溫約發生於6.8℃；生長季發生於每年5~11月間，復原或更新時期亦然。非生長季的12~隔年4月，可能因降水量較低而引發植物體受損。

三-5-4 刈除效應於8月間達最大，其與地上部分生物量有直接相關，刈除效應及玉山箭竹復原能力理想模式如圖9。

三-5-5 玉山箭竹高地草原最易發生火災的季節，正是儲存最大生命物質於地中的乾冷季。火災消滅大多數地表物種，間接清除其他物種的競爭壓力；而玉山箭竹之「生理的地中植物」之生活型，更加印證其驚人的適應能力。玉山箭竹不同體型族群受刈除干擾之後，其復原能力、復原所須時間等，與生長的模式近似。

三-7 火災之後的10年間，雖則物種歧異度並無明顯變化，伴生物種的定性特徵可作指標。此等小演替的主控因子，推測來自優勢種的玉山箭竹的生物量變遷。而高地草原逐年累聚有機物質、改善社會結構，引發伴生物種之更替，其步驟或模式如圖10。

三-8 玉山箭竹高地草原長期朝較高大體型及較大生物量的社會發展，卻與火災形成週期循環的亞極相狀況。而台灣冷杉林的林緣效應，可以顯著改變玉山箭竹族群的復原效應，也是耐火或天然防火線（陳明義、呂金誠，1987）的底護體，但其拓殖速率未必可預測，故而玉山箭竹高地草原之長存是為必然。

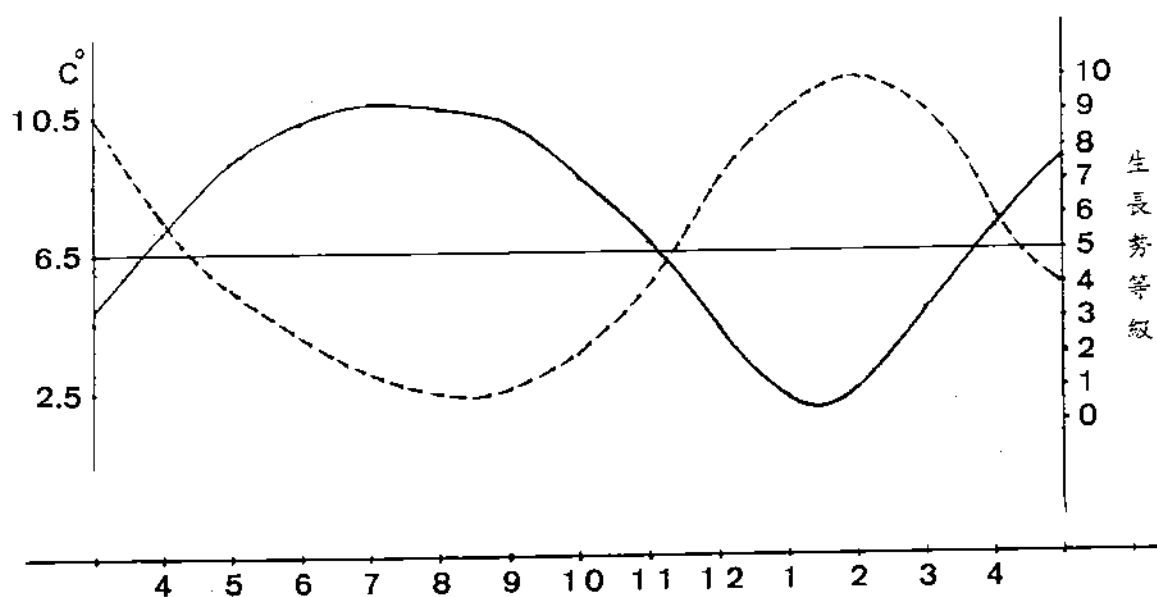
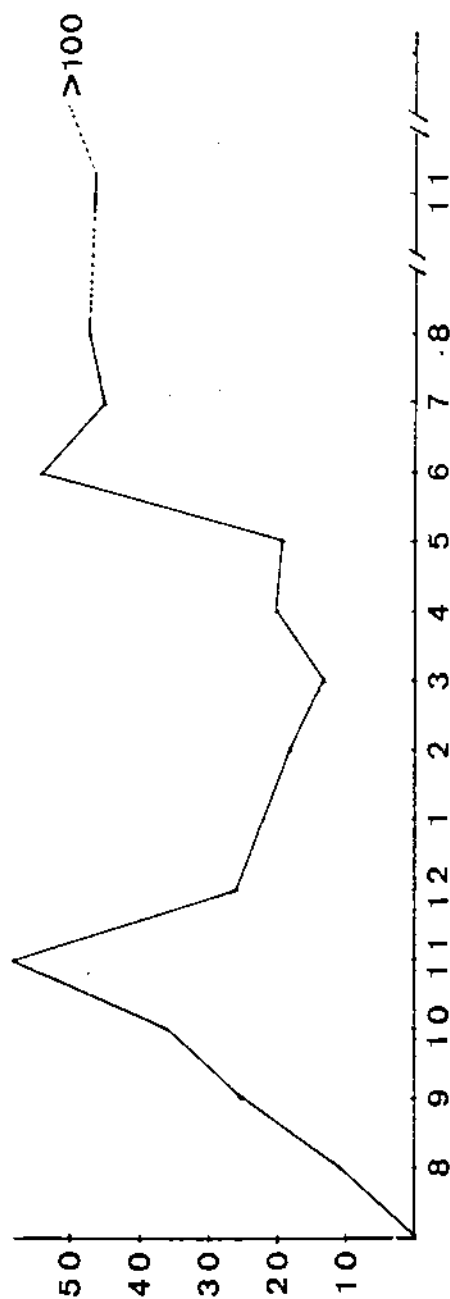


圖 9. 玉山箭竹社會刈除效應模式圖



灌叢體型樣區刈除後的再生稈曲線，橫軸自1988年7月開始，
至1989年8月止；另11月示1990年數據；>100示釋數

刈除、干擾 → 種源、傳播 → 拓植第一步：萌發 → 拓植第二步：天擇作用 → 物種更替
破空效應 → 鄰近地區為主 → 存有各類物種 → 朝向小奇萊指標種發展 → 由玉山箭竹
優勢度控制

圖 10. 刈除後伴生物種變化的各步驟

四、台灣冷杉之生態專論

四-1 台灣冷杉根系之適應力自岩隙以迄深厚壤土層皆得生存，惟其夥同地形效應等，基質化育程度或可由樹高反映；另一方面，冷杉林之三大類型亦與基質類型互為指標，但皆為複雜之交互相關。

四-2 台灣冷杉之樹葉及排列、枝極、樹形等形相，較之台灣其他針葉樹，實具備有適應降雪壓力的先天條件，考慮台灣冷杉與鐵杉的強烈對比，推測冷杉分布區即為台灣典型降雪區。

四-3 絕大多數台灣冷杉為直立幹，其變型多發生於極端惡地，且台灣冷杉為目前所知最典型之旗型或半邊樹。

四-4 台灣冷杉開花結實週期目前所知似有間隔4年現象，但不足斷言有何規律，若有開花年份，受粉至種子成熟約為半年。

四-5 台灣冷杉林之上界為台灣最明顯之森林界限。但亦有由森林火災所形成之「森林界線」，且可不斷進行族群拓殖作用；在向陽坡面，冷杉林緣常與「火災維持線」有關。

四-6 開花結實的冷杉植株發生於林緣者顯著大於林內者，通常植株胸徑大於20公分（或至少樹齡大於35年）始得開花，但陽光充足或立地條件惡劣處，有提前開花之現象。

四-7 台灣冷杉林分之藉林緣拓展領域，呈現時、空方面的跳躍現象(陳玉峰、黃增泉，1986)，並非連續漸次發生者；更因隨時受到高地草原火災傷害苗木，導致族群拓展之變數太多，實難以預期推進速率。本研究特建立一永久觀察區，長期追跡此林緣之演替現象。

五、綜合性結果

五-1 本研究界定標高 2,500公尺以上為台灣之高地。包括合歡高地的高地植被帶存有高山植被帶、台灣冷杉及台灣鐵杉林帶，本文認為在最後一次冰期以降，植被帶進行上遷、壓縮與再分化諸現象，並將之歸因於地殼持續上昇、大氣候主導之氣溫回暖，以及下部植被帶向上拓展之所致。而植被帶之向上退縮及其境遇，隨山的海拔、面積或腹地、該山島與鄰近山島之距離、地質地形與基質之化育程度、干擾與演替階段等，有複雜之相關與歧異之結局。

五-2 中央高地各河流向源侵蝕所形成的大崩塌，構成植被帶最大的隔離機制，以思源埡口、無明山至合歡山、能高山至丹大山、塔達山區及大小鬼湖地段為最重要的隔離區，並對高地三個植被帶產生程度不一之影響；此等隔離區也正是所謂高山湖泊的誘發區，此乃因山崩、火災、沖蝕、堵塞、淤積、溼地演替的交錯作用之結果，而高地植群實乃數十年至數千年火的循環史。

五-3 合歡高地植群史

目前合歡高地處於奇萊與南湖之間的初期凹陷區，全區地形較平緩(圖11)，且海拔大抵皆在三千五百公尺以下，就高山植被帶而言，已脫離適存地區，故其存在是為退縮型的孑遺狀態，殆自海拔三千三百公尺以上的局部裸岩地，玉山圓柏與玉山杜鵑之灌叢以零散塊斑狀的方式存在。而合歡東峰山頂部位，僅以狹促的玉山圓柏—玉山杜鵑優勢社會約略形成密閉狀存在，頂下殆以玉山箭竹及其衰退地寄存的少量高山植物並存焉。

依據地質推論，合歡高地附近的地理位置，假設其在中生代末期之南澳造山運動即已生成古台灣山脈，卻因長期風化侵蝕，復逐漸下沉而深埋海底。其後，則長期沉積新生代的泥質岩層於其上。此等古地質岩層在西方逐漸被更年青的砂岩、頁岩層取代，而部分頁岩再經變質而形成板岩。這些後來的沉積岩終在二百萬年前的蓬萊運動下，

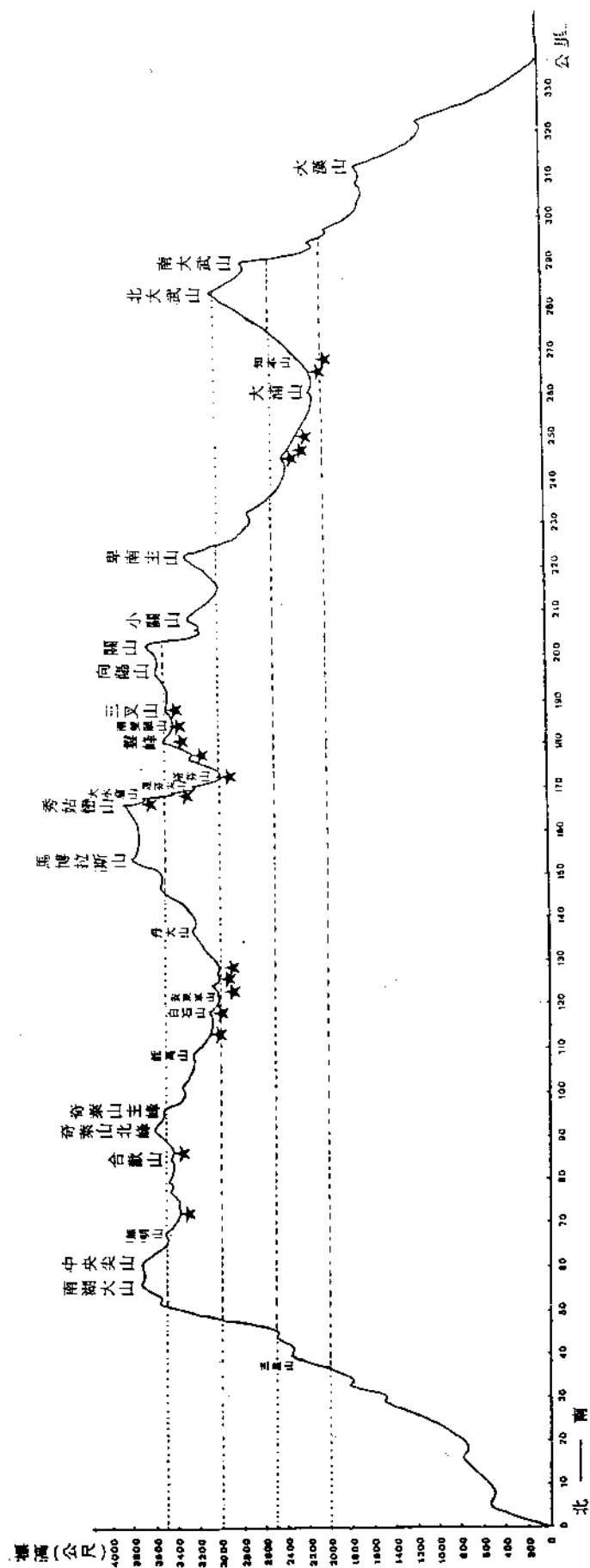


圖 11. 中央山脈主稜剖面圖，縱坐標誇大 25 倍；星號表示高山湖泊

抬升成與當今地形相似的山脈(仿王鑫, 1984a; 註, 但二百萬年來的抬升速率尚存爭議)。

然而, 由於中央山脈迄今尚以每年超過 5 公釐的速度向上拔升, 河川的侵蝕或山崩, 平均亦以近似 5 公釐的深度移走地表風化岩屑、土層。平均言之, 約八十萬年時間即足以把海平面的地殼移至今之合歡高地的高度。因此, 我們可以推測, 二百萬年以來的某個時段, 種源來自東喜馬拉雅山系的原始植群即已(或局部)登陸台灣西部, 當時為冷溫氣候, 以杉科、殼斗科為優勢(更新世早期)。在二百萬至一百二十萬年前期間, 氣候轉寒冷, 台灣西部以松科植物為頂盛, 在高海拔地區則由冷溫植群朝寒冷植群演化, 如玉山圓柏、玉山薄雪草、尼泊爾竊簫等高山植物漸次發展為特定高山植物帶。爾後雖亦經杉科、松科等隨大氣候之改變(期間植群尚難細部推衍其變化), 在最嚴重的鄧陽冰期之後, 也就是六十萬年前到目前的變化, 係以氣候溫暖回升, 植被帶緩慢分化, 殼斗科植物轉最變為繁盛。七萬年前則西部丘陵曾有杉科全盛社會, 五至六萬年前松樹極盛, 五萬至一萬二千年前的西部植群為麻櫟屬(改寫自王鑫, 1984b)。

自西部丘陵上推山地, 此時間變化亦可推衍為空間分化, 換言之, 當今植被帶實乃數萬年來的分化而得, 顯然的, 近萬年來樟科、桑科發揮了強大的上推壓力。而合歡高地長期以來皆維持冷溫或寒冷的植群, 但在新近數萬年來應已大部完成冷杉森林之演化。卻因山塊隆升、崩落、火災等造成局部地區、山頭、稜線, 保存部分高山植物, 而鐵杉林帶亦向冷杉林帶不斷入侵。

另一方面, 數萬年來之植被帶向上或向下遷移端視冰河而定。諸如合歡群峰, 依目前氣候條件考量, 實應隸屬於亞高山冷杉林帶及下部之鐵杉林帶。而之所以認定目前的植被帶仍持續向上移動的依據之一, 係由調查樣區實證而得。茲以冷杉、鐵杉的推移帶來解釋此一上移現象。圖 3 之合歡東峰—石門山連線的剖面顯示, 玉山圓柏個體的極端分布大抵在標高 3,100 公尺至 3,420 公尺之間, 但典型族群或社會僅見於山頭約 3,400 公尺以上; 台灣冷杉的一般分布, 見於 2,700 至

3,350公尺之間，但分布中心落在 3,000至3,300公尺之間；台灣鐵杉則見於 3,300公尺以下地域。也就是說三個植被帶重疊、鑲嵌的情形嚴重，在石門山右側的山坡地，東向坡、坡度約30度，標高約 3,050至3,020公尺之間的冷杉、鐵杉過渡帶，由冷杉優勢轉變為鐵杉優勢。

圖12即標高 3,020公尺的樣區剖面，檢視圖示與說明，筆者宣稱該樣區正是鐵杉向上遷移的驗證地。

同理，冷杉亦伸入原先高山植群的領域，夥同岩石愈風化，土壤層愈發育而地形漸趨平緩，而森林之發展亦與林下玉山箭竹相輔相成（劉業經等人，1984），終於形成合歡群峰在標高3,100公尺以上地區，盡為冷杉森林的天下，僅在山頂、稜線及局部坡地之母岩裸露、碎石坡、淺土石礫或最重要者，基質不穩定地區，隨著山塊隆升而不斷製造崩塌與新的初生基質，提供原本已脫離最佳適存帶的高山植物零散或塊斑落腳。

再依據氣候條件論之。合歡高地在罕有干擾的情況下，植群與土壤同步發育，則合歡群峰大抵在三千一百公尺以上，盡為台灣冷杉純林的景致，祇因山塊隆升，山頭、脊稜等因不斷崩落或不穩定蝕解處，零散存在高山植物。原已屆消退的玉山圓柏植群，孑遺於各山峰化育不完全地區（通常為山頂）。只要露頭存在，高山植物便逢機寄存。如果高山植物因台灣冷杉等演替壓力消滅至小於最小可存活族群，或難以拓殖的困境，則遭遇全盤滅絕的命運。此後，新的裸地形成，高山植物能否再度重新拓殖該裸地，則端視鄰近地區有無種源，能否到達及拓殖而定，再者，亦得由侷促之孑遺高山植物小島再行拓展。

在每年季節週期更替中，約十一月至隔年三月之間為乾季，也是降雪期，但雪量並不穩定。台灣冷杉雖為耐火樹種（劉業經等人，1984；陳明義、呂金誠，1987），在長年冬乾季亦有遭野火機會（人類活動之後火劫機率大大提高），且因坡向差異，陽坡受火的機率、頻度及強度皆大。一旦由森林大火啟動，火劫後之林地再經新年的重雨沖蝕，土層流失甚或引發崩落自屬可能。而森林雖被毀，樹幹未必遭火燒盡，在焦炭樹皮剝落後，形成所謂「白木林」的臨時性景觀。又，合歡主峰之一半森林，一半草原，正是火災與坡向的問題。



台灣冷杉、台灣鐵杉過渡帶，
 樣區位於石門山下東向坡，坡度約30度；
 社會結構分四層，第一層高10~20公尺，覆
 蓋度約85%。第二層高在3~10公尺之間，覆蓋度約
 30%。第三層為高約3公尺的玉山箭竹族群。第四層即地被
 ，0.1公尺以下，覆蓋度約25%。該樣區約20×25平方公尺。橫座標約
 5公尺處以上即台灣冷杉純林，而坐標約5.2公尺處的台灣鐵杉(冷杉的樹
 幹通直，兩者判然可分)為該地之最高分佈鐵杉個體。橫坐標5.2~23公尺
 之間，凡是冷杉的幼齡木皆呈枯死狀態，而鐵杉的苗木則欣欣向榮。在
 四個層次裡，即令是地被，鐵杉植株皆存在，代表強勢的拓殖波次；反
 之，冷杉則不見有苗木，在灌木層與第二喬木層的植株則完全枯死，說
 明其出生率等於死亡率之邊界特徵。

圖12. 台灣冷杉與台灣鐵杉過渡帶樣區剖面

白木林地的玉山箭竹以「生理的地中植物」之故，在火劫之際雖喪失了地上部的生物量，其生長勢以蟄存地中的養分再度逢春長出（生長啓動氣溫約 7.1°C ），但高度及直徑皆較森林下的原型爲小，以合歡高地爲例，第一次火災後玉山箭竹的高度可復原至約1.5公尺（但視微地形及沖蝕等損害程度而定）。白木林及實質的玉山箭竹社會大約在二～三年內完成，此後再進行生物量之增加及藉新筍長出新稈而壯大體型。但因失卻森林之庇蔭，在冬乾強風季，枯黃葉的數量龐大，在隔春五～六月間造成大量落葉，再經沖失與腐蝕，進入草原土壤中。多年之後，林地累聚有機質或可燃物質，易於在冬乾季再度引發地表火。同樣的，再度的火災仍然無法令玉山箭竹消滅，但生長勢、生物量、體型、生長時間、生長速率、生長模式、生幅、形相等皆有所調整，依循同樣模式而形成高地草原。

然而，火災的次數增加，林地受損愈甚，終致玉山箭竹退化至難以生存的狀況，亦即土壤厚度爲根本限制因子，導致其他次生類植物入侵，如高山芒、玉山翦股穎、曲芒髮草等等之藉空飄種子入拓，形成玉山箭竹／高山芒社會，甚或高山芒或其他社會。若導致山崩、母岩裸露，高山植物再度入據，如小奇萊小山頭（圖3）。二次或三次火災之後，白木林亦將消失，若無火災再侵襲，白木林的存在時間，冷杉及鐵杉至少可持續百年（陳玉峰，1990），玉山圓柏則估計長達二、三百年。

多次火災後，在地形較平坦，土壤層較穩定坡地，形成玉山箭竹矮小體型的高地草原；在上次火災之後三至五年，其地上部乾重約每公頃 7.683公噸，伴生植物如高山芒、台灣藜蘆、玉山翦股穎、雪山堇菜、台灣黃花茅、高山石松、森氏山柳菊等初期次生類，在繼續累聚土壤、有機物質，至距上次火災約7～10年時期，玉山箭竹社會較爲茁壯，每公頃地上部乾重約 9.810公噸，估計每年復原或增加的淨乾重約每公頃303～425公斤。此時期，原先的伴生指標物種已更替爲台灣粉條兒菜、阿里山龍膽、高山白珠、玉山針蘭、玉山金絲桃等物種。同時，如台灣刺柏、蠻大花楸、玉山英迷的種苗偶亦可發生。此

後可朝灌叢或冷杉林發展。然而，由於冷杉林的拓展係採取母樹或林緣效應，更常形成火災維持線(劉業經等，1984；陳玉峰，1990)，再加上陽坡火災頻度高，或因土壤沖蝕及累聚約達平衡，致令玉山箭竹長期滯留於矮竹或灌叢體型，是謂高地草原亞極相。

就土壤條件而言，此等高地草原土壤層迭遭沖蝕、堆聚與地下根莖系統之更新與腐朽，加上多處山坡地並非堅實母岩，甚或因大型地殼崩場所形成的崖下堆聚坡，土壤層因大小石塊沉積不一，形成多孔或洞穴現象，引致許多小型哺乳類賴以為生育地(林俊義、林良恭，1989)。再者，在地形低矮或山麓、低窪、下陷地區，容易受到沖蝕下來的水土淤積或堵塞，且土層下方若形成不透水層的灰化土作用(蔣先覺、程煒兒，1984)，則水窪地即應運而生，例如小奇萊山腰存有許多黑水塘，以累聚火災後炭未及有機物質而色澤烏黑。另一方面，所謂高山草原的土壤也因反覆火災與降水沖刷，乃至再演替現象頻繁，呈現欠缺明顯的成土作用而表現年青的特性(金恆鑣等人，1990)。

換言之，筆者認為在小奇萊山坡地下坡段或谷地地段，其土壤基質，至少在局部地區，並非原先存在該地區者，而是由崩落而堆聚，因而經過雨水來回浸泡、沉澱，形成平坦如水面的凹陷地。此乃高地常見的小地景。這種地段的植物社會即圖4中的玉山薊股類社會及聚生穗序薹社會，或兩者交會，端視水溼地排水狀況而定，以筆者在小奇萊的永久樣區為例，原先火災燒毀地上植物之後，第三年開始長出聚生穗序薹，第四年則族群漸增，第五年玉山薊股類拓展，第六年則覆蓋度大增，第七年(1992)已屆百分之百覆蓋度。爾後，視水溼狀況，朝不耐泡水的玉山箭竹高竹型發展。此一觀察系列至第九年(1994)之細部說明述於下節。

其次，論及玉山箭竹優勢社會亦藉地下莖的伸竄，自高地草原或冷杉森林內向高地拓展，而合歡東峰頂(標高3422公尺)雖由玉山圓柏—玉山杜鵑社會及羊茅—玉山水苦蕒—玉山山蘿蔔社會鑲嵌佔據，以風化堆聚的土層可形成土層條通道，玉山箭竹地下莖乘之而侵入，故

圖4中此方向的演替或入侵標示為IC。

至於小奇萊東向坡(近頂部)的玉山圓柏—玉山杜鵑社會，由於其生育地屬於脆弱崩解地，即令與玉山箭竹高地草原為鄰，亦存在演替或入侵壓力，但高山植物仍拜此不穩定基質而續存。當然，其維持的時間有限，畢竟其僅為孑遺或暫時寄存。

上述大抵論及森林火災之後的變遷；反之，由高地草原之朝台灣冷杉林演替為先天傾向，但冷杉族群之拓展往往採取林緣效應方式，因而有人據之而估算冷杉的拓殖速率，平均為每年18.8公分（劉業經等人，1984）。然而，此林緣拓殖的苗木容易受到反覆再三的高地草原地表火所傷害，以1985年的火災為例，也就是永久樣區設置地段，正足以說明此所謂火災維持線地域，此度火災的受害木包括有4代冷杉個體，而林緣老樹呈現半死或致死現象。

再由冷杉母樹效應考慮，母樹所下種的種苗，以及母樹幹上的炭末顯示此地曾受多次火災，母樹的拓殖亦有多波次。而冷杉林的林緣效應即由多株母樹效應所構成。對冷杉林內及林緣植株的開花、結實率調查，亦證實林緣植株的拓殖能力。只是拓展的實際速率委實難以推測，在許多高地山區，形成森林與高地草原之間，楚河漢界的「火災式森林界限」，而可維持相對長時期。

圖4之其餘演替、干擾僅為狹隘小地區之小演替，而台灣二葉松等火災週期，則為另一經過松樹次生林的途徑（劉棠瑞、蘇鴻傑，1987），八通關地區更有詳盡的火生序列敘述（陳玉峰，未發表b）。

最後，綜合詮釋演替的若干機制或族群專論，尤其關於玉山箭竹。

玉山箭竹以其廣闊的生態幅度，分布跨越四個植被帶（檜木林以迄高山植被帶），不僅為原生針葉林下之絕對優勢植物，在鐵杉林帶、冷杉林帶的次生植群擔任高地草原的主體，更在山地草原透由週期火災形成火生或土壤亞極相，不僅生物量龐大，左右全台高地演替與演化關鍵，其適應性之寬廣，全台植物四千餘種，難有出其右者（陳玉峰，1989）。因而本論文即檢驗其適應性，同時探討社會生態特性

，明揭其在演替的各項適應機制，以下擇其要簡述。

玉山箭竹的原居地殆為針葉純林林下，耐陰且在林下之生長與衰老呈現平衡狀態，單一竹稈可存活約6~8年以上，新筍約於每年五月發出，出土之前，其地中部分已完成一深入C層的主根生長。約在該年九月完成全程高度生長。而此筍生長的生長曲線自森林下族群的“夏生型”，經灌叢體型的“春生型”，至高地草原矮竹的“秋生型”，呈現出驚人高度適應與變異。換言之，筍生長即因應不同體型、不同生育地、不同環境壓力而呈現高度變異；推測火災為改變的啟動導因，且高地玉山箭竹草原的火災直接影響筍生長，可以造成在新筍形成之後，因營養不繼或其他原因，使筍生長停頓達一個月以上時間，這等影響將隨時間(年度)進行而降低，大約火災的10年後，才完全恢復正常。

而玉山箭竹社會在遭逢火災的季節，往往是養分聚集地中的時期，此由每年約二至四月，地下莖的含氮量達到最高存儲量，三~四月之地上部分生長之前，地下莖的含氮量開始上運，四月以後氮往葉輸送，七月而地下莖之氮含量最低。九~十月以後則氮回運地下莖（郭寶章、張明洵，1984），如此而達成對避免冬乾季火災傷害的最佳策略，因而筆者稱之為「生理的地中植物」。

至於玉山箭竹之從林下高大體型，經多次火災而逐漸矮化的適應機制，可依圖7與8來解釋，也就是火災、土壤等林地條件，對玉山箭竹的壓力，以及玉山箭竹對兩者的適應機制，係採取依特定比例，作體型、生長模式、速率、生幅....等調整，而所謂矮化過程包括單位面積竹稈數增加，直徑變細且稈高變矮，雖則節數大抵未變；反之，高化過程或依據其植物社會之累聚生物量，朝向灌木體型發展的過程中，玉山箭竹仍然主控伴生植物的物種與數量。

上述矮化過程可促令玉山箭竹從每平方公尺百稈上下，激增至每平方公尺1610稈，但超過 500稈以上很可能是由側芽所萌發者，並非原主稈，這等側芽正顯示多次地表火之後，火災的強度與火燒的時間亦隨可燃物之銳減而大大降低。

玉山箭竹其他在適應方面的能力與表現，如文中所詳述；而台灣冷杉的適應性可由其葉、樹枝、樹幹等特殊形態或造形來考量，推測台灣冷杉係降雪地區適應力甚佳之樹木，據此而檢驗冷杉與鐵杉的分布，恰為恆常性(冬季)降雪區的分界。然而，台灣降雪的不穩定，且海拔不足以達到恆雪線，氣溫偏高等環境條件，促使台灣冷杉的適應能力較難發揮，在遭遇來自台灣鐵杉的入侵壓力之際，形成鐵杉上侵的演化趨勢。

六、水溼窪地形成機制的假說及演替觀察之專論

六-1 台灣高地水溼窪地形成機制假說

依據筆者先前對全台高地水溼窪地的研究（陳玉峰，1993），其鉅視的解釋大抵如下：

台灣高地散見水溼窪地、小型池塘等，推測係崩塌、火災沖蝕與淤積的結果，配合高地演替而溼地物種暫時寄存的現象。海拔2,000公尺以上的最大型水體（最深）首推大鬼湖，其次殆為七彩湖，而鴛鴦湖、小鬼湖等，係進入老齡期者。至於嘉明湖、大水窟、萬里池、白石池等，水淺而溼地植物並不顯著。俗稱這等水窟為「高山湖泊」乃為言過其實。

以圖11剖面所示之星號即為水窪地所在。合歡東峰往奇萊方向散見袖珍型水窪；白石山附近為白石池；至七星岡附近則七彩湖等多個池塘存焉；大水窟山附近除了大水窟之外，尚有面積稍小的水塘；達芬尖山獨立山峰之下有一橢圓池；塔芬山下則為快要消失之塔芬池，池內形成演替數階段的草本植物；雲峰、南雙頭山等山腳皆出現大小不等水窪，兀自進行不等階段的溼地演替；三叉山下為嘉明湖；南部段之全台最大凹陷區，存有大、小鬼湖等多個水池、窪地。

換言之，水溼窪地頻見於中央脊稜之高度崩塌或向源侵蝕地區，此所以認定這些水體實乃崩塌、阻塞而來之依據。而如玉山山塊等年

青岩頭區，水窪無有見得。是以所謂「高山湖泊」實乃千萬年地形變遷後的淤塞地區，存在的時期端視無機環境諸多條件、火災後的沖蝕淤積及植被演替速率而定。

而台灣實無典型的水生高等植物，僅如高地多年生之大金髮苔、聚生穗序蕁等中海拔物種最為優勢。此等溼地亦為另一類隔離嚴重的生物島嶼，但恆不穩定。

除了地質、地形等基質先天之大崩塌易於形成排水不良的水溼窪地以外，某地區之完整森林植群若遭逢森林大火，接下來的土壤沖蝕亦容易引發崩塌及大量淤塞狀況。換言之，火災亦是造成水溼窪地的助因。例如，七彩湖旁的小湖已屆沖蝕堆積的老齡期，猶見先前鐵杉枯幹及當年火災炭末。

火災之後之森林地沖蝕尤為激烈，高地草原頻繁的火災則加速水窪地的淤積，促令溼地演替加速完成，雖然亦有許多例子說明夏季積水亦可造成水伐作用(water-logging)，首致演替遲滯現象。

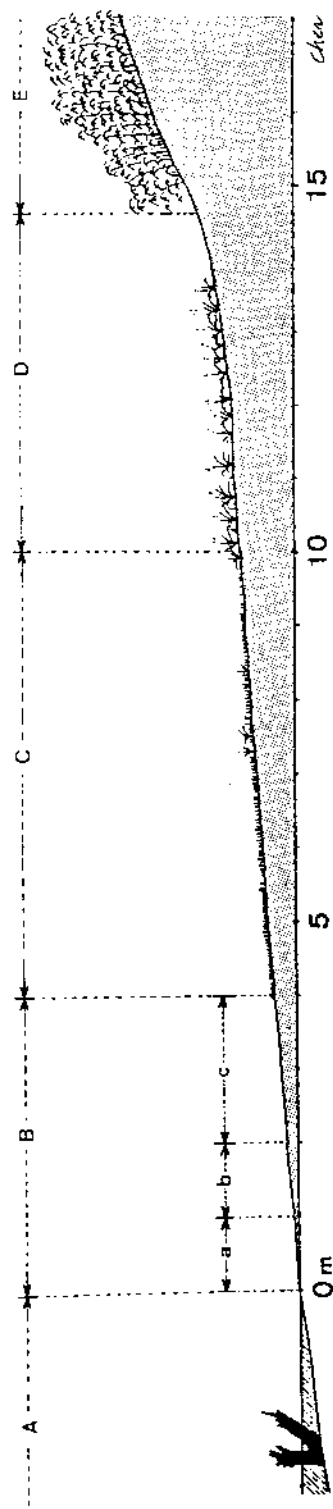
圖13表示七彩湖小湖之湖畔，作為水窪沖淤及植物演替與水位關係之說明，這等演替的實例，係台灣高地溼地的標準模式。

大規模崩場地或頻繁火災地區，如圖11之白石、丹大山之間，水窪地經過長時期的週期火災，地形因沖蝕而更加平坦化，但地面卻不如湖池邊直接受水流的淤滯者平滑，推測此為湖池消失後再度淤塞或反覆拉鋸於火災與溼地演替的例子，如圖14所示的植群。

特定地區在相對短期內，在大氣候及其他環境因子的條件下，進行植物社會的取代或轉變謂之演替；包括大氣候之變化（例如冰河），代表相對長遠的植群變遷或改變的傾向，在此稱為植群之演化。演化可由繁雜的演替來完成，或透過演替的步驟，遂行演化的方向或趨勢（註：在此，演替、演化只指植群變化之方向或階段發展，也包括其分化）。

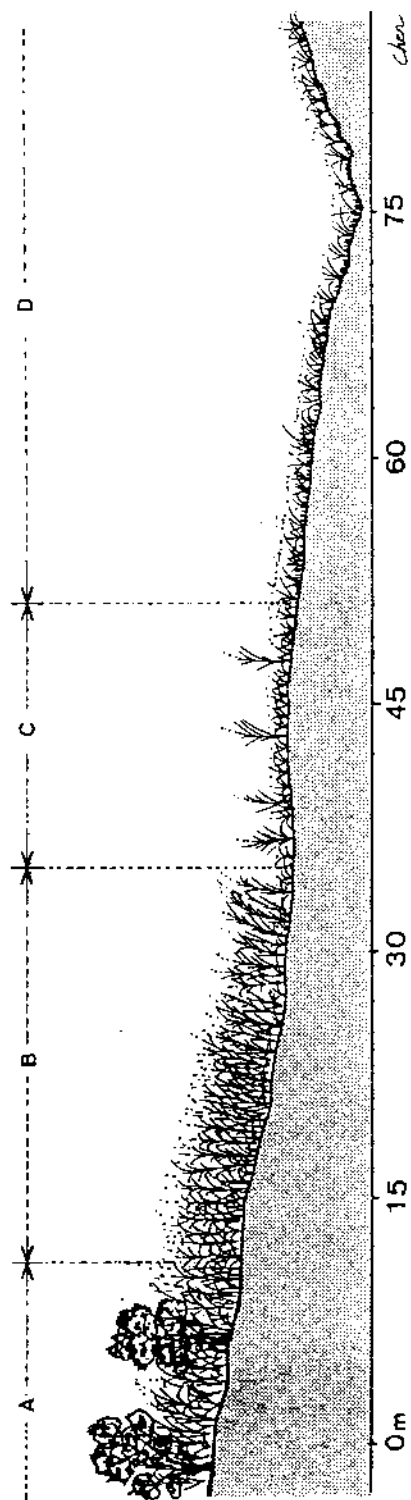
配合隆起、山崩、演化、火災、成湖作用、淤積與演替之綜合考慮，以七彩湖為例，推測長期以降的植群變遷如圖15。

圖15之剖面1代表早期形成的原始植群，多屬高山植物類。經由



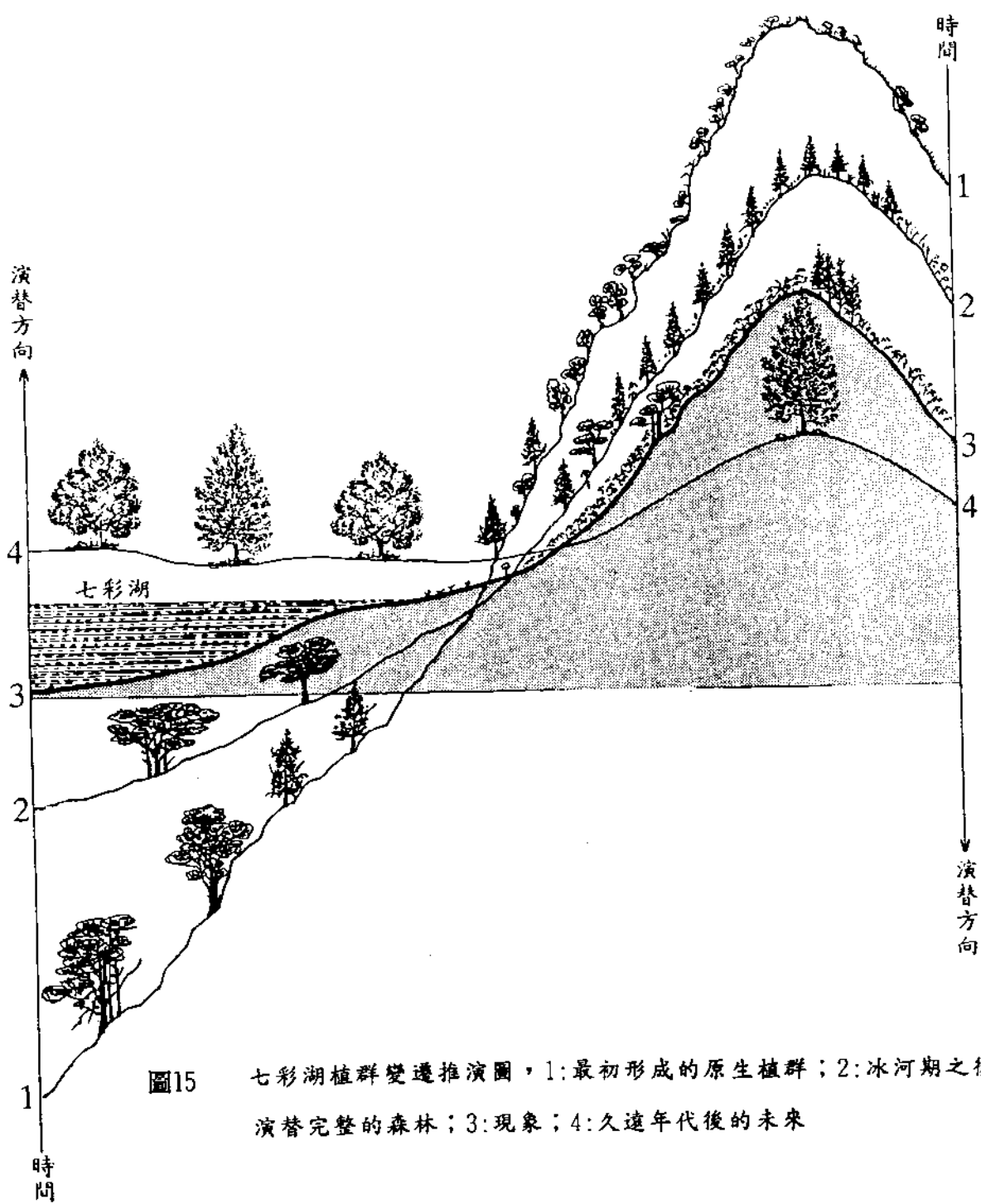
七彩湖之小湖邊，A示冬水區，浸水的鐵杉枯幹及炭末指示先前的火災與快速的淤積、掩埋；B區為夏季水位區，可再分a、b、c等季節或月份水位消長區；C區為暴雨水位區，有時可暴漲至E區，但通常會迅速退離E區；C區為較恆定的溼地，以大金髮苔為優勢社會；D為相對溼地，以髮草為社會；E區則為玉山箭竹高地草原，在一些地區或以高山芒取代玉山箭竹。又，由C、D、E植物社會的空間變化，正是該池沼的演替方向，水窪地終將消失，再朝森林發展；此湖海拔標高約2850公尺。

圖13 七彩湖小湖剖面



前往七星岡的高地草原剖面，海拔約2680公尺，玉山箭竹的地位改由高山芒取代；A區為台灣刺柏—高山芒的灌木體型社會；B區即高山芒優勢社會；C區為髮草—大金髮苔優勢社會；D區與C區同，但大金髮苔數量增多，示其為溼地。此植群之B~D或為先前湖泊消失後，再經反覆火災與局部演替的例子，混雜演替不均質的現象，但整體而言，仍朝向台灣二葉松或鐵杉林發展。

圖14 往七星岡的高地草原剖面



長期演化，高山植群伴隨冰河北退、氣候回暖的過程中，承受冷杉強勢推展的壓力而漸次消失，終至形成剖面 2 的狀況，大抵為森林所覆蓋，僅少部分裸岩區保存有高山植群；後因發生劇烈的森林大火，林地受強烈沖蝕，或再經多次林火（或地表火），引發山崩，沖積而下土石流恰巧封住排水澗，形成高地湖泊，地形亦漸趨平緩。而土壤層雖經再三流失，由於地形趨緩，也易於堆聚，終而玉山箭竹得以據遍大部分林地。此時期即為剖面 3，後來再經多次火災、反覆演替，即目前所見七彩湖畔的植群。往後，將因火災、崩塌、水土流失、淤積而湖泊漸次老化，且隨氣候長期轉暖，鐵杉甚至檜木或闊葉林樹種不斷上遷，有可能發展為剖面 4 的平緩地形植群。此時，冷杉或鐵杉已消失或僅以殘存姿態存在。

上述即筆者詮釋相對大型高地湖泊或水溼窪地的形成及演替機制之假說。總而言之，由地理位置、氣候、演替及極相理論與其他條件衡量，台灣較成熟且穩定的植物群系型但森林而已，水溼生態系通常祇是局部地區、地形或基質異質性、暫時性、火災或山崩之後的存在現象，且以次生演替系列為多。

台灣海拔 2500 公尺以上的高地，水溼池沼地的分布以中央山脈為主，如玉山山塊等較年青的山系則罕見之。此等塊斑狀植群，經樣區調查與社會分類處理後，得出依水分梯度分布的大金髮苔、聚生穗序臺、髮草—大金髮苔、髮草、高山芒—髮草、高山芒、玉山箭竹等數個社會單位。這些空間系列亦正是演替系列在時間軸上的各階段，兩者或可相互印證。

六-2 小奇萊水溼窪地火災之後九年的演替觀察

本研究所稱小奇萊地區，係合歡東峰與奇萊北峰之間的山稜連線及其坡地，其間有兩座小山頭，一在西北側，標高 3115 公尺；另一在東南側，標高 3150 公尺，即筆者所稱小奇萊（圖 1）。而本研究進行長期永久水溼窪地觀察的所在地，座落於西北側小山頭下方，標高約 3000 公尺，東北向山坡的一凹陷平台。

該山坡係高地草原植被。係據本系列研究，最先前穩定的植物社會是台灣冷杉林，後來至少經過四或五次以上的森林火、地表火災，形成如今低矮的高地草原，以玉山箭竹及高山芒所組成的社會為大宗。最近一次地表火發生在1985年年底，1988年筆者開始設置永久樣區調查。以下，依據景觀不同層級，描述6年來的記錄，從而推演此等溼地的細部演替。

六-2-1 小奇萊水溼窪地的景緻變遷

此一研究對象殆為數百年前以上的大崩陷再經長時間堆積沈積沙土而來，外觀圓形，直徑約25公尺，深度約2~2.5公尺。凹陷地中央另有一小型凹陷區，即夏季積水區，以下依據幻燈片編號敘述。

S1：俯視此一水窪凹地，時間為1988.5.7，景觀上尚未完全綠化。

S2：近看此一永久樣區(1988.6.10攝)，上方之圓形區為主樣區，下方為附帶檢驗區；上方排水較迅速，下方凹地易積水。圖中玉山箭竹已長出該年度的新葉，故翠綠非常。中間枯乾地係先前為箭竹叢，但在1985年之火災中焚毀後，尚未恢復綠色植被。此圖透露凹陷溼地在火災之後的恢復速率，遠慢於周遭的玉山箭竹高地草原。也就是說1985年火焚之後，高地草原在三年的生長季完成山坡上的草原景觀之生成。另一方面，此一凹陷地顯然是該次火災最嚴重的地區，摧毀了玉山箭竹的地下莖系，導致沒有能力如同周遭的族群，在三年內恢復相當程度的生機。

換言之，燒死的玉山箭竹由於其地下莖根系統仍然盤據，其他植物不易入侵拓殖，相當於袖珍型「白木林」的作用，此為原因之一；由於該生育地處於淤積區，夏季積水的水伐作用亦令其他植物難以進

入，只挑選特定溼地植物生存。至於何者是主因，必須細論且作實驗驗證。

扼要說明，本系列觀察代表玉山箭竹草坡地在遭受火災破壞後，形成分割塊斑狀的小演替，卻又因此一塊斑地位居積水、沈淤區，因而由溼地植物進行次生溼地演替，原有散碎存活的玉山箭竹小塊體亦兀自拓展，另有從周圍活體玉山箭竹族群延展新的竹鞭、竹稈入侵，但積水時期擔任阻礙演替速率的角色，形成拉鋸遲緩的生長變化。

S3：1988.7.19，年度高地草原的生長季，筆者在水窪地旁的小樣區伐採亦進行中。整體景觀甚為翠綠。

S4：1988.8.21，台灣藜蘆等高地草原植物開花，為草原增添紅紫色系。水窪地無植物的旱象仍甚明顯。

S5：1988.10.15，試驗的小樣區刈除持續進行，高山芒已自草原中抽出花稈，故景緻上略有變動。

S6：1988.11.26，高地草原玉山箭竹及高山芒漸次黃枯化，黃枯外力主要為霜降。

S7：1988.12.22，及至年底，高地草原景致全盤改觀。

S8：1989.1.29，年度降雪期，年積雪自數天至二或三個月。

S9：1989.2.23，仍然處於年度旱季，該年度降雪甚少。

S10：1989.5.13，及至新年度生長季開始，景致上除了新葉翠綠度尚不足以外，無太大變化。

S11：1989.6.9，更新綠化完成，水溼窪地則有些微綠化現象，試驗小樣區亦有一些新的生長，但外觀並不顯著。

S12：1989.7.7，無明顯變化。

S13：1989.8.11，年度生長將近完成，即將於10~11月份進入年度旱季。此殆為年度週期變化。

1990年的觀察雷同，但刈除小樣區的玉山箭竹恢復生長中。

S14：1990.11.4，水溼窪地已將近長滿新植生，雖則局部箭竹枯立稈部位仍然阻礙物種入侵，整體而言，已經有初步拓殖；

週邊刈除小樣區尚可看出刈除干擾痕跡，但此一現象至1991年底益趨不明顯。

S15：1993.5.31，外觀上水溼窪地僅剩中央凹陷小圈尚未完成植群入侵，大抵全面「癒合」；此一年度5月份降雨水甚多，形成淹水現象，但至6月份前往觀察，則水已洩去。

S16：1994.6.2，水溼中央凹地已出現聚生穗序薹，但外觀上難以察覺。此系列即火災後第九年之演替外觀呈現。

六-2-2 水溼窪地植物拓殖或社會單位之變遷

近觀水溼窪地，依週期成長變遷登錄之。

S17：1988.10.15，火災後完成三年（三個生成季）之生長，可見得聚生穗序薹點狀入侵原玉山箭竹盤據地。

S18：1988.12.22，年度乾季，近全數植物體枯黃。

S19：水池中凹底，可見其排水迅速且係從中凹部下方滲透者。

S20：1989.1.29，年度雪季，相當於生理旱季。

S21：1989.2.23，年度旱季末期，雖有積水，但月均氣溫尚未回升至生長萌發點以上，且實質上仍為乾季。

S22：1989.3.25，新年度春雨，奠定成長所需供水。

S23：1989.4.15，春雨滋潤下，聚生穗序薹長出新葉，且原1988年的小芽體也略見加大。

S24：1989.5.13，新生長年度正式展開，植株據點比1988年增多。

S25：1989.6.9，新生長年度植株點膨脹加大體積。

S26：1989.7.7，生長旺季，為本年度之高峰。

S27：1990年度則覆蓋度續增，除了一小部分殘存枯竹稈處以外，大抵已完成面的生長；1991年則陸續由植株作側面生長，拓展佔地空隙。

S28：1991.5.13以及S29：1991.9.2顯示破空處即小塊狀玉山箭竹

枯立稈處。S29另顯示只在夏、秋出現的玉山薊股穎，呈現紅暈的花序。

S30：1993.5.31，由於驟雨連日下，該凹窪排水不及，形成暫時水池，該塊斑狀枯立稈處仍未「癒合」。

S31：及至1994.6.2，該塊斑狀箭竹枯立稈完全倒塌，聚生穗序臺漸以小芽體入侵，預測1996~1997年可完成全面封閉之植生。

S32：1994.6.2，不僅如此，中央貯水凹窪中也已出現聚生穗序臺的小個體，也就是在近乎週期性浸水、枯竭的條件下，火災之後第9年完成第一波次的拓殖作用。

六-2-3 玉山箭竹高地草原火燒之後枯稈的腐毀速率

針對上述火災後復原的系列中，一小塊斑地之所以延緩發展，初步認定為玉山箭竹枯立稈及其地下莖系阻礙其他植物拓殖之所致，以下依據此叢枯稈及其週圍相關者，先作枯稈腐毀速率之估計。

S33：1987.5，火災後箭竹燒死的2年後，枯立稈挺立依然。由後來2~4年的觀察得知，這叢箭竹的地下莖系生機亦遭焚毀致死，故不能作再度萌發，形成真正的「袖珍白木林」，可能有阻礙其他植物入侵的作用。一般而言，如圖中所示，尚存側枝的地表火，其火勢及燒火時間應不大，但卻造成此竹叢地下部位之致死，顯然較屬特例。

S34：1988.7.19，火後第3年，一些枯立稈可能受雪壓折而密度減少。

S35：對照旁側無有枯立稈或叢立竹稈(被焚毀上半)處可知，無箭竹枯立稈部位，約3年後可陸續生成薹類植物，反之不然。

S36：至1992年，該叢立枯稈經風吹、雨打、日曬，以及最重要的摧毀力量——雪壓，大抵枯立稈全都仆倒在地，進行真正分解作用。

S37：1993年，枯倒竹稈漸次釋出有機分解物質，旁邊土壤也累聚有機物。苔蘚植物則族群有增長的趨勢。

S38：1994年，枯竹稈已分解至相當程度，由苔蘚(藻菌)及有機腐植土混合的床墊已形成，提供聚生穗序薹可以落腳的生育地。

S39：推估1995～1996年該枯稈地上聚生穗序薹的族群模樣。

S40：推估1996～1997年該枯稈地之植生覆蓋。

本小節即討論枯立稈之阻礙時間效應，以此水窪地最頑強的枯立稈(致死叢)為例的實證。

六-2-4 玉山箭竹火焚致死叢部位的演替速率解析

上述水溼窪地在火災之後各層級變化之記錄或描述，準此而總結高地草原在水溼窪地初期次生演替的速率分析。

一般玉山箭竹叢若遭地表火之後，若無致死則約在3年後完成復原（就披覆而言，高度則降低）；若致死，則視有無叢生枯立稈而定，竹稈大抵焚毀者，演替速率較快；竹稈挺立叢則可長達9～10年的延緩期，也就是說，在溼地或周期性溼地上，玉山箭竹遭火災之後，第一波次的聚生穗序薹入侵，至形成該植物的社會，其時間在十年上下。以下，依據上述觀察，圖例說明玉山箭竹致死叢於水窪地旁的演替初階。

S41：1988年底及1989.1.29攝得之玉山箭竹致死叢，形成一圓弧，圓弧內側的竹稈已焚盡，但仍剩基部。

S42：1989.1.28，近觀該叢立枯死稈。

S43：1989.2.23，枯立稈略見腐毀，但無植物入侵，直至1990年才見聚生穗序薹進入。

S44：1991.5.13，枯立稈漸衰退，薹類已局部入侵，說明火焚後

第5~6年出現拓殖著。

S45：1992.6，聚生穗序臺拓展族群，火焚後第6~7年為演替第一波拓殖最盛時期。

S46：大約火焚後第7~8年，可完成次生演替社會。

S47：火焚後第8~10年，完成次生演替第一波次社會之最頂盛。

六-2-5 玉山箭竹火焚後活株的復原生長

在水窪地的玉山箭竹在火焚後的生長速率仍然慢於一般山坡地，推測與水溼有關。以下記敘復原生長年度：

S48：火燒後第3年。

S49：火燒後第4年之生長。

S50：火後第5年。

S51：火後第6~7年。

S52：火後第8年大抵完成覆蓋度之復原。

因此，總結合歡小奇萊標高約3000公尺的山坡地中，高地草原在地表火之後大約3年可以完成覆蓋度的復原，惟植株高度變矮，能否長高視土壤肥力而定；在這等坡地上的水溼凹窪，則火焚玉山箭竹的活株盤踞地，大約可在6~8年後恢復原先覆蓋度；在水溼凹窪的致死性玉山箭竹叢，其次生演替速率最慢，大約8~10年後才完成次生第一期植物社會，也就是聚生穗序臺的族群，至於要演變為原來的玉山箭竹需費時多久，尚待進一步精確記錄。

此外，另檢證火焚後玉山箭竹活株及其自側芽作二次生長的證物如S-53及S-54。

六-2-6 小奇萊水溼窪地的植被剖面與演替解說

在火災後第4年所作的剖面調查如圖16。該貯水體離植物體平地深約25~30公分，筆者觀察的7年來，並無顯著改變，但在火災後第8至第9年間產生初步拓殖。植生平鋪連續植群自水體邊緣起，2公尺範圍為聚生穗序薹社會(*Carex nubigena pseudo-arenicola* Dominance-type)，2~4公尺為由聚生穗序薹混生一年生草本或多年生草本的玉山翦股穎(*Agrostis morrisonensis*)、前原鵝觀草(*Agropyron mayebaratum*)、曲芒髮草(*Deschampsia caespitosa festucae-folia*)、台灣黃花茅(*Anthoxanthum formosanum*)或高山芒(*Miscanthus transmorrisonensis*)等，這些草本在各坡地皆可見及，惟與水溼地較有相關者為玉山翦股穎，但因其為夏、秋物種，且春冬皆不能見及的季節性物種，故不視為另一實體社會單位，真正足以代表聚生穗序薹之後的社會仍應以玉山箭竹為妥當。

因此，此一溼地演替大抵即由聚生穗序薹擔任第一波次植物社會，以及火生亞極相的玉山箭竹社會，夥同中間過渡的次生草類混雜的過渡區；而達成第一波次社會演替的時間端視是否夏季泡水、有無玉山箭竹火焚致死竹桿而定。泡水區大約10年後才逐漸拓殖，多久完成覆蓋度完整尚待更長年觀察；玉山箭竹火燒致死叢須費時8~10年才完成第一期社會，至於恢復為亞極相則有二途徑，一為靠玉山箭竹地下走莖之蔓延，則時間尚難推估；另一為靠山坡地上玉山箭竹叢的活體崩塌或位移，但此非演替，相當於天然移植。另因水溼窪地有積水問題，亦將阻礙演替，加上高地草原長短不一的火災，組成阻礙的水、火因素，形成演替為拉鋸之間的攔盪，因而高地草原恆常存有水溼窪地，分別進行各類小演替。

A1: Agrostis morrisonensis Hay. 玉山剪股穎

A3: Agropyron mayebararum Honda 前原鵝觀草

C : Carex nubigena D. Don subsp. pseudo-arenicola (Hay.) T. Koyama 聚生穗序薹

D : Deschampsia caespitosa (L.) Beauv. var. festucaeifolia Honda 曲芒髮草

M : Miscanthus transmorrisonensis Hay. 高山芒

Y : Yushania niitakayamensis (Hay.) Keng f. (after-burned culums) 玉山箭竹枯立桿

A2: Anthoxanthum formosanum Honda 台灣黃花茅

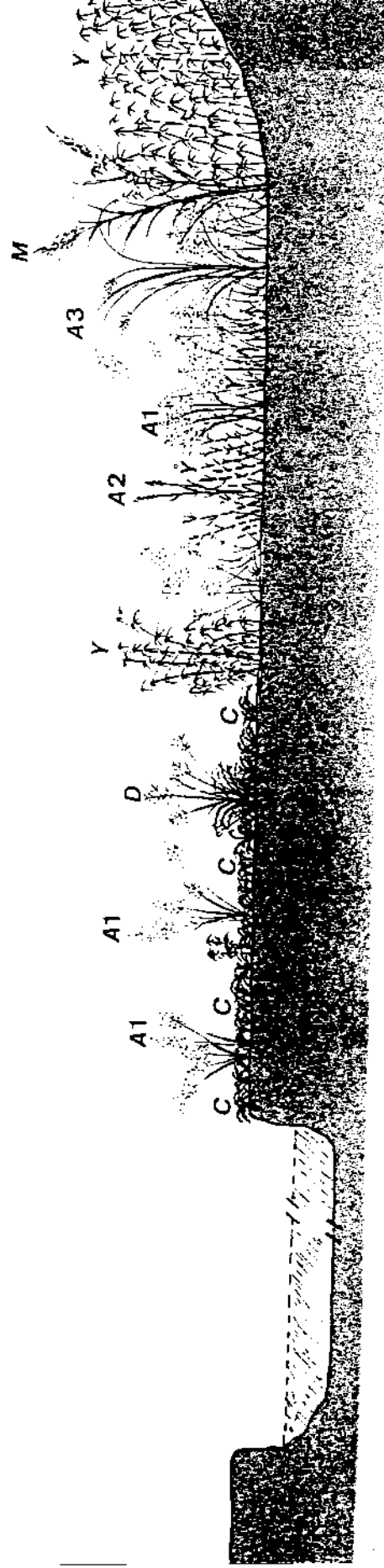


圖 16. 水澤窪地植被剖面

伍、結論、建議及解說

一、結論

合歡高地約有186個維管束植物分類群，經由生態氣候分析，該186植物分類群分佈於森林—灌叢—草原的形相類別，它們的盛花月發生在六、七、八月期間。這些物種依環境條件及演替階段之差異，分別以優勢型的分類法，可區分為“羊茅—玉山水苦蕒—玉山山蘿蔔”等12個單位，這些單位的演替關係則以模式解釋之。另針對大禹嶺—合歡東峰—小奇萊連線的研究，主以沿步道列舉實測植被剖面，並標明植群大要。此連線主以台灣冷杉林為主體，迭經多次林火，形成高地草原後，各種演替或環境退化諸現象仍持續進行。

經由土壤剖面、地下莖及根系之觀察，本研究對玉山箭竹竹鞭之線性、向上、向側及叢生化生長、建構地中空間之配置等做了詳細的說明。依據筍生長連續四年的測值、生育地及體型之類別分析及個體生長之詳細記錄，提出了玉山箭竹年週期形相顯著之黃化（非生長季）與綠化（生長季）之變化說明。從筍生長曲線的分析，玉山箭竹同時具備夏生型、春生型及秋生型，分別代表森林下、灌叢及草原矮竹體型及生育地之差異。玉山箭竹稈則至少可存活7～9年以上。多年記錄筍高生長之後的側枝及葉片資料，所得到的各種生長基本模式，印證了玉山箭竹對各類環境因子的高度適應能力；同時在體型、生長時間、生長速率、生長模式、生幅等的變異，表現出對環境壓力的適應性。

玉山箭竹的適應，以無性繁殖方式為特徵，體型之變異有由林下高大的原型，轉變至草原矮竹的生長型，實依特定比例、生理營養之調整，相應於環境梯度之變遷。而矮化作用由森林大火來啟動，經多次火劫後，逐漸形成矮竹草原；隨矮化的過程，單位面積竹稈量隨著增加、稈徑變細及稈高縮小。此等寬闊的生態幅度，正是玉山箭竹在台灣長期演化脫穎而出的原因。合歡高地屬週期性火災區，火災之後時間的長短，與演替現象的定量與定性變化成相關。定量指領導優勢

種的玉山箭竹，每年以每公頃約303~425公斤的地上部乾重量累聚有機成分，朝向更大體型、更複雜社會結構的發展。由此而引發伴生物種在定性方面的變化，大抵在3~5年內的指標物種為高山芒等；在7~10年內遞變為台灣粉條兒、玉山針蘭等特定植物群。再者，地上部生物量年週期的消長，亦印證玉山箭竹實以「生理的地下植物」，避開乾冷季頻繁的火災侵襲。此等生理、形態的高度變異，恰與氣候週期配合得天衣無縫，推測其年週期生長啟動之平均氣溫約在7.1℃，其生長停滯則約在6.8℃；同時，其干擾與更新的模式亦經詳細分析。

研究地區之台灣冷杉林，經再三不等強度火災的影響，形成低矮草原之後，仍由玉山箭竹主控，其演替諸步驟如圖4。如此經長滯反覆與火劫之交替，形成亞極相之植群。另一方面，台灣冷杉之各項形態特徵，或與台灣降雪區有關；就族群及社會觀點言之，林緣效應或母樹效應固為建立更新之有效方式，以高地草原之火災及其他變數，林緣之拓展已建立二個永久樣區繼續追蹤調查。

再則從台灣高地湖泊長期演化模式之探討，配合小奇萊火災後9年的登錄或推估，確立次生溼地演替以3~10年建立第一期次生社會，並闡釋其可能拉鋸演替諸狀況。

二、建議

先就全台高地原則性議題論之。

台灣高地就營林的經濟效益而言，以可及性低、材質不良及造林困難而被視為不宜經營區。然而，其所承受的環境壓力，在往昔以為狩獵而縱火的情形最嚴重。日據時期的執政當局曾投注相當大的宣導工作與嚇阻作用，漸次禁止了先住民對高地的火獵；光復以來台灣的森林火災依然層出不窮，此等起因於營火、吸煙等人為疏忽所導致的鉅大災變，目前乃至未來，依然是高地不定性或突發的最大壓力。而高地素為登山活動的主要標的，隨著人口、戶外遊憩之成長而壓力亦日益增強。假日集中式的密集使用，其對高地的衝擊有若洪峰，對營

地或定點宿處（由於水源限制營地的分布）造成「針尖衝擊」，其影響卻為一般評估所忽略。又如玉山北峰氣象測候站、排雲山莊等，長期砍伐周圍林木以作薪材，各山屋附近伐取生木取火、垃圾的棄置、電池等有毒物質的丟棄、食物及排泄物之有機污染源、踐踏壓力等等，在在構成脆弱地區的強力殺傷力，五、六十年前玉山山頂面積約為目前之二或三倍大，植物包括玉山杜鵑等十餘種，如今已消失。

關於法令及管理單位的政策及行政辦法，就過往二、三十年來，殆以山地管制入山申請方式行之，係管理人之進入山區，而非對山區資源的管理。玉山、太魯閣及雪霸三座高山型國家公園相繼成立之後，始漸對局部地區企欲管理。然而，就長遠考量，此經營管理若能落實在資源保育，則必然有助於高地珍稀生態系之保全，即令經營早期措施往往是破壞多於保護，例如塔塔加鞍部、鹿林山區的砍代二葉松及人工設施引發的水土流失。不幸的是，原先國家公園計畫中的規劃不甚合理，管理單位成立之後亦避重就輕，避開實質對環境造成衝擊的因素，更因廣為宣傳而引來更大量的遊憩壓力。而生態保護區內存有遊憩區，對既有登山步道穿越生態保護區的矛盾，不僅法理未明，執事者多年亦不願處理，事實上就實質影響而言，國家公園之有無成立，差別處僅在於法令之適用而已。對高地未來之經營，更寓含遊憩陷阱的危機；另一方面，登山嚮導制度亦因本位主義作祟，多單位以及民間團體未有共識，因而懸案多年未能落實。

對此等環境衝擊之評估，由於對高地的生態資訊所知有限，所謂的專家亦擺脫不了經驗預設的偏差，何況對台灣高地相對地缺乏實驗經驗。是以評估僅能作點的停留及類比式的判斷，難作變遷性的預估。而環境監測方面更是遙遙無期。此外，林務單位推廣森林遊樂區，如向陽山區等規劃，亦為事權不統一的弊病之一例，尤為爭執多年的管理權宜問題，如台灣大學實驗林、林務局與國家公園當局，不僅適法性存有諸多困難，人事紛爭更是關鍵（陳玉峰，1990）。

次就合歡高地特定範圍試作經營管理的一些建議。

二-1 由於多年在合歡山區的調查經驗得知高地的脆弱，尤其合歡

群峰更是中央山脈中北部最嚴重的向源侵蝕虎口區；同時，基於現實問題，輪替式登山路線的規劃應予考慮；生態承載量的評估及管制辦法，可依季節分配或採行人員嚴格之限制。對於登山步道之活動限制範圍，或可援用林緣效應為參考，即以步道旁族群的高度為上限，例如玉山圓柏灌叢的高度為 2 公尺，則此間的步道及其活動最大寬度，應限於 2 公尺之內。對於玉山箭竹等高地草原，其破壞處的邊坡處理甚為重要，亟須防止傷口之擴大。

二-2 長期以來台灣高地實以極端不穩定的基質構成生物小島，提供演化研究甚珍異的環境與無可替代的基因庫。就保育言之，任何一座山島皆為子遺寶庫，不宜輕易放棄保育之任何可能性。而合歡東峰等長年賞雪遊憩所帶來的踐踏壓力，造成此等山區玉山箭竹有衰退現象，同時，對合歡東峰的殘存高山植物相，亦有相當程度的干擾，建議管理處應進行每年度的追蹤監測，以便即時變更管理措施，避免傷及保育要鵠。

二-3 數十萬年來台灣高地的植群演替，火災誠然有週期性發生的可能，有人類活動以來，卻造成其發生頻度之提高，且演替恢復森林的時間不足，加上草原漸次衰退，對高地未來之安定性有莫大的威脅，建議保育機關宜早日研究全盤性台灣高地“火的經營”(fire management)，更且，無論以少量經費委託學術單位作長期監測研究，或更適宜由管理處研究人員進行例行登錄調查工作，總之，應自即年起逐步建檔探討。

二-4 透過台灣高地演替之鑰的玉山箭竹之專論研究，得知其為適應性最強、生態幅度最廣的最龐大族群，是高地水土保持的根本關鍵。然而，合歡高地的公路切割，及其所造成玉山箭竹族群的衰退，透露保護層易由公路等人為破壞處連鎖潰爛。其係由破壞處之土壤反覆結冰與融落的機制所造成。由此推知，台灣高地的公路工程最好得以發展出解決如何讓玉山箭竹邊坡穩定的技術。

二-5 台14甲公路在山地兩側，殆由濁水溪向源侵蝕區遞轉為塔次基里溪向源侵蝕面，其屬人為工程加速天然崩塌之實證區。自松雪樓往奇萊山、黑水塘沿線，也就是在3115公尺山頭前，一處向源侵蝕區係塔次基里溪正在搶濁水溪集水區，恰好座落於登山路徑，自1992~1994年筆者之記錄大約移動了2公尺，目前登山路已崩落，此處宜規劃為侵蝕實證觀測區，並盡早思考登山路徑之規劃籌設。

三、解說教育

本章節依單元主題作解說文稿及幻燈片配合之撰寫，管理處課室及解說人員可直接引用為文稿或解說牌面。

三-1 合歡山的前世與今生

開天闢地以來，台灣是個道地的海產兒，海陸兩大地體板塊的擠壓，硬是把台灣的脊梁山脈推舉向天數公里。

山塊一旦出世，環境壓力的雕鑿便永無止境，因而山的容顏隨之而不斷變遷。

合歡山區座落於中央山脈的北段，南湖龍頭大山的西南、奇萊山的西北。很可能在洪荒的年代，東西部的分水嶺比較接近南湖及奇萊連線附近，由於此一部位的地質較軟弱，立霧溪的上游支流之塔次基里溪，發揮了迅速驚人的侵蝕能力，由東向西挖侵了半徑約達五公里的半圓扇，造就出今日自大禹嶺、石門山、合歡山及東峰以迄奇萊的半圓侵蝕區，同時，高度也遞降為三千四百公尺以下，脫離了當前氣候條件下的狹義高山帶(alpine zone)，合歡山區沒有顯著原生的森林界線。

因此，合歡山區並非典型或狹義的高山，但是，合歡山區還是擁有一些高山植物，盤據在合歡東峰山頂巉岩，以及一些局部的崩塌地。

舉目望合歡山系全景，可以確定的是，在數百年或數千年前，大部分的山坡地曾為台灣冷杉森林所佔據，也不知森林大火前後巡禮了多少度，合歡山區必然曾經存有白木林的景觀，而且，玉山箭竹原來生長在台灣冷杉林下，只緣它具有地下莖，林火撲殺不了它，初春之際便自地中重新萌發，但新長出者體型不如先前林下環境那般高大，火災次數愈多則箭竹愈長愈矮、愈細，稈數愈多，形成今之所謂「高山草原」。

嚴謹的學術用語不贊成用「高山草原」，因為玉山箭竹不是典型的高山植物(alpine plant)，而且它也不是一般的「草」，它至少具有灌叢的本質與外觀，為從俗起見，也為兼顧生態意義，我們建議用「高地草原(high-mountain grassland)」為宜。

合歡山區的綠色景觀主要便是由筆直挺立的台灣冷杉純林，以及茵茵如碧卻富饒多變的玉山箭竹「高地草原」所組成。此外，一些局部性植物社會，例如東峰頂的玉山圓柏與玉山杜鵑社會、松雪樓旁的虎杖與黃菀所組成的社會等。

可是，您可能不知道，目前整個山區植被正在進行上遷運動，那是因為氣候持續增溫的變遷使然。

S55：本報告圖1所示，中央山脈走到南湖與畢祿山以南，以迄奇萊北峰之間，脊樑分水嶺嚴重地向西移動了半徑達5公里左右的大崩陷，形成今之合歡群峰為目前的東、西分山嶺。

S56：正因此一大崩落，形成了東北向的虎口地形，活像隻大畚箕，捕捉收集了沿立霧溪上溯的東北季風冷氣團，及其所帶來的豐沛降雪，年度的霜雪以及河流向源侵蝕的崩塌，硬是把早已脫離高山植被帶的合歡山區，張羅出模擬高山寒原的局部性環境，因而保存了一些早該羽化登仙的部落之子遺子嗣，例如玉山薄雪草、高山山蘿蔔、佛焰草、高山莎參、玉山圓柏等等，也提供奇萊等近鄰高山植物偶而過境的植物之客居。

- S57：武嶺正是合歡東峰與主峰之間的鞍部，也是濁水溪集水區系與立霧溪集水區系的臨界大關卡，台14甲正切過此一隘口，道路停車場旁，板岩的露頭，其上的台灣冷杉，配合上藍天流雲，在晨曦中敘述莊嚴寧靜的山鄉的故事。附帶一提，在1991～1994年間，這些台灣冷杉的生機已有衰退或死亡現象。
- S58：由合歡山區的剖面(圖3)及中央山脈大剖面(圖11)可知，合歡山區是典型的亞高山帶(3000～3500公尺)，也就是台灣第一純林台灣冷杉的原鄉。
- S59：台灣冷杉純林正是合歡山區最具代表性的原生植群。
- S60：台灣冷杉林遭遇多次火災之後，形成高地草原，也就是玉山箭竹的低矮灌叢，但外觀上宛若綠草茵茵。
- S61～S63：膾炙人口的合歡景緻，包括雲海、日出、夕照、冬雪乃至生物萬象。

三-2 往上遷徙、步步高陞——合歡生界的見證

台灣生界的血緣大抵來自東喜馬拉雅山系，但由於地殼變動，台灣海峽時斷時連，分隔時進行異域演化(allopatric speciation)作用，形成許許多多台灣特產種。最近一次形成台灣海峽的時間，約在一萬五千年前，且最近一次冰河北退之後，理論上生態帶或植被帶將隨氣候，特別是氣溫，作上下的遷徙。當氣候變溫暖，冷地植物只好上遷；當氣候變冷，高地植物則大舉下山。而目前正屬於往上遷徙、步步高陞的年代。

換句話說，位居下部的植被帶或植物族群會帶給其緊鄰上方的植被帶或族群壓力，合歡山區就可找到這種實例。

位於石門山下的東向坡，標高約3020公尺處，正是下部的台灣鐵杉與上部的台灣冷杉交會的過渡區，圖12顯示其剖面結構，由圖中可知台灣冷杉(樹形筆直者)的小樹不斷枯死，台灣鐵杉則苗木、幼樹健康生成，反映此地的鐵杉正施壓力於冷杉族群，恰好見證了上遷的現象。

S64：台灣冷杉與台灣鐵杉交會帶剖面圖(圖12)。

S65：台灣冷杉與台灣鐵杉交會帶的現地景觀。

三-3 氣候回暖如何讓鐵杉推擠冷杉？

經由全台的調查與氣候之分析，另在合歡山作了超過九年的觀察，我們發現合歡山區降雪時，常有一界限，該界限落於標高約3000公尺上下，也就是台灣冷杉與台灣鐵杉族群的交會處。

從另一角度審視，台灣冷杉與台灣鐵杉在樹形及生態意義上有甚大的差異，我們建立一假說，台灣冷杉是雪地植物、台灣鐵杉不是，頻常降雪地區將抑制鐵杉發展；雪較少的地區鐵杉將取代冷杉。

為什麼？「雪壓」的機制是何？

原來，台灣冷杉的樹形是上尖的等邊三角體，株樑在雪壓條件下，具備讓雪下滑的「設備」，不會形成過度壓折；反觀鐵杉，它的樹形就好似撐起的把把綠傘，降雪時候，勢將承接厚重的冰雪，若降雪甚多地區，鐵杉將難以承受；此外，對溫度的適應，冷杉比鐵杉適合溫寒地區；冷杉的生活周期較鐵杉短，冷杉的更新較快，鐵杉的壽命較長，在競爭地區觀察得知，鐵杉較佔優勢。

因此，我們認定，冰河北退、氣候轉暖，台灣的降雪區逐漸上移，因而台灣鐵杉向上拓展，台灣冷杉向上退縮。

S66：台灣鐵杉的傘蓋樹形，不利於降雪地區的競爭能力。

S67：台灣冷杉是標準的雪地樹形，具備許多適應降雪的設計。

S68：合歡山降雪的界線經常落在冷杉及鐵杉交界處。

三-4 節氣的輪迴與靈山容顏的變貌

地球與太陽之間周期性的能量傳遞，導致了地球生命的誕生，也是左右地球生界的最終因素，因而地球公轉形成四季、自轉為日夜，加上月球成潮汐，形成生命樣相與分佈模式的基本主導。生態學上將這等星球的影響，以具體的、可解析的、數量化的特徵或因子來表示

，謂之氣候以及其他的环境條件，例如氣溫、降水、日照、風力與風向或氣流、濕度等氣候因子，與生命現象具有嚴密的相關。

通常，由赤道向兩極移動，則氣溫遞降，年度吸收的能量減少，呈現熱、暖、溫、寒的轉變，相對的生物相由歧異非常的熱帶雨林，經暖帶闊葉、針闊葉混合林、溫帶林，轉變為寒帶林以迄凍原。

在某一定點或區域，隨海拔的升高，氣溫亦依特定規則下降，例如粗估海拔每上升100公尺，氣溫下降 0.5°C ，則海拔挺升所帶來的生物相變化，幾乎與緯度的變化如出一轍，因而相互可比擬，當然，兩者還是不全等。

因此，當我們從平地直上合歡山，無論你是自中橫經大禹嶺轉上松雪樓、合歡東峰，或取道埔里、霧社、翠峰、武嶺、松雪樓的台14甲省道，大抵沿海拔升高而歷經亞熱帶疏林、亞熱帶雨林、暖溫帶樟科及殼斗科的闊葉林、雲霧帶的檜木林（山地的特徵，也是針闊葉混生林）、溫帶下部的鐵杉林、溫帶上部的冷杉林。冷杉林之上，台灣一般在標高3500公尺處，將出現森林界限（線），也就是超過此線以上，則喬木的體型將不復存在，充其量只有灌木。然而，合歡山系並無顯著原生的森林界線，原因是海拔太低，整個山系全都屬於台灣冷杉森林的管轄區，至於我們所看見的冷杉與玉山箭竹草原的「森林界線」，是火災所造成，台灣冷杉的族群正緩慢的作復原的努力，通常平均一年可拓展十餘公分，估計需要二千年以上才可能把合歡山系長滿冷杉林。然而，每每再度發生火災，則復原亦遙遙無期。

上述係空間的變化，其次，談及時間的變軸。

先舉一般溫帶國家或民族習用的四季觀念及刻板的影像說明。

S69：小奇萊之春。

S70：小奇萊之夏。

S71：小奇萊之秋。

S72：小奇萊之冬。

事實上，台灣的植群景觀並非依據上述的四季遞換，上述四張幻燈片係自一年不同月份中，抽取較可表示明顯差異者，故其時間並非

4 月、7 月、10 月及 1 月等典型四季的中值，更不能說是春、夏、秋、冬的景像，我們毋寧用生長季與非生長季來代替四季的區分方式。

S73:表示合歡山生態氣候圖(圖 2)，特別是降水曲線可反映植物的變化。

茲舉小奇萊山頭自1988年以來的月份景觀作對照解說之。

S74:1988.5.7，小奇萊高地草原正在綠化中，也就是地被的主體——玉山箭竹，正在發長1988年的新葉，枯黃葉片也在5月份剝落。小奇萊自山頂往中坡部位有崩塌現象，因為此一崩塌，導致岩屑裸露，推測玉山箭竹因而死亡或剝落，形成裸地，再由奇萊北峰等近鄰高山植物種源區，傳來如玉山杜鵑、玉山圓柏夥同其他的高山植物入據該地。至於旁邊的台灣冷杉樹叢顯示，最先前的植被應是冷杉林。

S75:1988.7.19，經新葉之成長大抵完成之後，山坡全面綠化，一些其他草花也吐露芳華。

S76:1988.8.21，7~8月份為台灣藜蘆盛花的月份，將山坡點綴為紅紫條紋。

S77:1988.10.15，9月起高山芒抽花穗，至10月份則展花。

S78:1988.11.26，10~11月份為節氣轉變的時段，高地草原的高山芒已經結實而隨風傳播。

S79:1988.12.22，年度大換季，乾旱導致玉山箭竹及高山芒之枯褐。本月份之霜降甚多。

S80:1989.1.28，從12月底進入隔年1月為降雪季的開始，圖為初降雪景觀。

S81:1989.1.29，1天降雪量即可將高地草原舖上銀白景緻。

S82:1989.2.23，該年的降雪甚少，2~3月間仍為年度旱季，易於引起火災。

S83:1989.5.13，經由4~5月份的春雨滋潤，且年度月均氣溫高於生長點之後，新的綠化展開。

S84:1989.6.9, 至 6 月完成全面新綠化。

S85:1989.8.11, 依據年周期生長變化, 7及8月份應該長滿台灣
藜蘆的紅紫花, 但1989年卻是完全闕如, 究竟是何原因?

S86:1988.8.20, 再對照去年的7及8月, 明明紅紫花滿山坡。

S87及S88:1988.7, 這就是導致山坡紅紫色線條的台灣藜蘆的
花梗及花朵近照。

S89:1988.8.21, 8月底之後, 台灣藜蘆紛紛結果。

S90:1988.10.15, 9~10月份, 台灣藜蘆不僅果實已成熟、枯
黃且可釋落種子。

S91:1988.10.15, 且全株枯黃, 將營養物質大都輸送至地底下
組織, 準備過冬。

S92:1989.1.28, 冬雪季中的台灣藜蘆枯立果釋。

S93:1989.5.12, 新的生長季展開, 台灣藜蘆長出新葉。

S94:1989.5.15, 只不幸, 1989年春, 一大族群的蜂類幼蟲繁
衍, 將滿山遍地的台灣藜蘆啃食一乾二淨, 至令1989年的
7~8月份, 完全沒有台灣藜蘆為山坡補添紅顏。

此一系列月份變貌說明植物隨氣候因子的年週期作遞變, 但動物
族群卻可造成循環性的干擾, 形成另一種小周期, 例如此一蟲害或許
也存有四~五年一循環的周期也未可知, 總之, 生態周期即為抽離出
某種時間順序的規則性, 卻恆常出現一些複合性變動因素, 包括閏年
、有機生物性的干擾等等。台灣藜蘆與高地草原昆蟲族群的關係, 尚
待進一步長期研究。

三-5 台灣第一針葉純林的故事

三-5-1 台灣冷杉的基本資料

學名: Abies kawakamii(Hay.) Ito

冷杉屬植物為北溫帶樹種, 可分佈至阿拉斯加。台灣冷杉在1909
年被確立為台灣固有的特產。其為全台亞高山第一優美林型, 更形成

4 月、7 月、10 月及 1 月等典型四季的中值，更不能說是春、夏、秋、冬的景像，我們毋寧用生長季與非生長季來代替四季的區分方式。

S73: 表示合歡山生態氣候圖(圖 2)，特別是降水曲線可反映植物的變化。

茲舉小奇萊山頭自 1988 年以來的月份景觀作對照解說之。

S74: 1988.5.7，小奇萊高地草原正在綠化中，也就是地被的主體——玉山箭竹，正在發長 1988 年的新葉，枯黃葉片也在 5 月份剝落。小奇萊自山頂往中坡部位有崩塌現象，因為此一崩塌，導致岩屑裸露，推測玉山箭竹因而死亡或剝落，形成裸地，再由奇萊北峰等近鄰高山植物種源區，傳來如玉山杜鵑、玉山圓柏夥同其他的高山植物入據該地。至於旁邊的台灣冷杉樹叢顯示，最先前的植被應是冷杉林。

S75: 1988.7.19，經新葉之成長大抵完成之後，山坡全面綠化，一些其他草花也吐露芳華。

S76: 1988.8.21，7~8 月份為台灣藜蘆盛花的月份，將山坡點綴為紅紫條紋。

S77: 1988.10.15，9 月起高山芒抽花穗，至 10 月份則展花。

S78: 1988.11.26，10~11 月份為節氣轉變的時段，高地草原的高山芒已經結實而隨風傳播。

S79: 1988.12.22，年度大換季，乾旱導致玉山箭竹及高山芒之枯褐。本月份之霜降甚多。

S80: 1989.1.28，從 12 月底進入隔年 1 月為降雪季的開始，圖為初降雪景觀。

S81: 1989.1.29，1 天降雪量即可將高地草原鋪上銀白景緻。

S82: 1989.2.23，該年的降雪甚少，2~3 月間仍為年度旱季，易於引起火災。

S83: 1989.5.13，經由 4~5 月份的春雨滋潤，且年度月均氣溫高於生長點之後，新的綠化展開。

S84:1989.6.9, 至6月完成全面新綠化。

S85:1989.8.11, 依據年周期生長變化, 7及8月份應該長滿台灣
藜蘆的紅紫花, 但1989年卻是完全闕如, 究竟是何原因?

S86:1988.8.20, 再對照去年的7及8月, 明明紅紫花滿山坡。

S87及S88:1988.7, 這就是導致山坡紅紫色線條的台灣藜蘆的
花梗及花朵近照。

S89:1988.8.21, 8月底之後, 台灣藜蘆紛紛結果。

S90:1988.10.15, 9~10月份, 台灣藜蘆不僅果實已成熟、枯
黃且可釋落種子。

S91:1988.10.15, 且全株枯黃, 將營養物質大都輸送至地底下
組織, 準備過冬。

S92:1989.1.28, 冬雪季中的台灣藜蘆枯立果釋。

S93:1989.5.12, 新的生長季展開, 台灣藜蘆長出新葉。

S94:1989.5.15, 只不幸, 1989年春, 一大族群的蜂類幼蟲繁
衍, 將滿山遍地的台灣藜蘆啃食一乾二淨, 至令1989年的
7~8月份, 完全沒有台灣藜蘆為山坡補添紅顏。

此一系列月份變貌說明植物隨氣候因子的年週期作遞變, 但動物
族群卻可造成循環性的干擾, 形成另一種小周期, 例如此一蟲害或許
也存有四~五年一循環的周期也未可知, 總之, 生態周期即為抽離出
某種時間順序的規則性, 卻恆常出現一些複合性變動因素, 包括閏年
、有機生物性的干擾等等。台灣藜蘆與高地草原昆蟲族群的關係, 尚
待進一步長期研究。

三-5 台灣第一針葉純林的故事

三-5-1 台灣冷杉的基本資料

學名: Abies kawakamii(Hay.) Ito

冷杉屬植物為北溫帶樹種, 可分佈至阿拉斯加。台灣冷杉在1909
年被確立為台灣固有的特產。其為全台亞高山第一優美林型, 更形成

了森林界線。此線如係位於高山地區的次生玉山箭竹草生地林緣（也就是火災所形成的森林界線），其森林邊際效應每年約達18公分；但在玉山圓柏矮盤灌叢鄰接處的天然森林界線，則速率將甚遲緩；其純林樹齡通常不大，以玉山東峰下，老濃溪右岸東北向之林分顯示，平均每公頃（ 100×100 公尺）約有987株胸徑大於10公分的冷杉，每單木距離約3公尺，林分的平均年齡約380歲。以一株350歲冷杉為例，其高約19公尺，胸徑約50公分；台灣冷杉純林大致有三種類型，一為較乾生岩塊型，以林下多玉山圓柏及高山植物為特色；一為中生土壤型，以林下完全為玉山箭竹所覆蓋為特徵；另一為潤濕岩塊型，以林下全為苔蘚植物密覆為特點；台灣冷杉罕見有分幹現象，其遺傳的特性便是筆直，即令在懸崖、風口，被風力削成台灣最顯著的旗形樹之際，主幹仍是昂然屹立。其樹皮灰褐若鱗片狀，木材淡黃而輕軟。初生枝條為直線斜上，由於生長環境每年均有雪封期，在雪壓及每年枝梢的生長現象，老枝條殆為平展或下垂再上翹。

三-5-2 台灣冷杉的「母雞效應」

台灣冷杉小苗木的萌發，通常只發生在母樹下，以母樹樹高為半徑的圓形範圍內，狀似母雞羽翼小雞，故而筆者將此獨特的萌發範圍稱做「母雞效應」。

S95及S96：松雪樓附近可見台灣冷杉的母雞效應，一株母樹的庇蔭下，圍生了一圈新生代。

S97：母雞效應如何拓展呢？係靠第二代再產生種子的特定範圍拓展之，例如本圖中已含有二代的拓殖效應，見下圖剖面可知。

S98：剖面解析三代冷杉個體。最下方大樹為第一代冷杉母雞，其產生圖中編號4、5、6、9、11的第二代冷杉植株；編號1、2、3的第三代小苗很可能是編號4、5的第二代所產生

，編號7、8、10、12的小苗則有可能源自第一或第二代。
如此的代代波次，逐漸將冷杉的範圍拓展開來。

S99：以冷杉林緣為例，有小苗木的範圍正是林緣大樹的高度半徑範圍內，說明冷杉的特徵，也顯示為何冷杉林要攻克草原，是何其緩慢的過程。

三-6 冷杉林下草花的年度巡迴演出——以台灣鹿藥為例

合歡高地最主要的兩種類型的形相(physiognomy)為森林與草原。森林即為冷杉林，草原即以玉山箭竹及高山芒為著稱。台灣冷杉林內大約計有23種植物，開花的月份較早，自3月以迄9月為止物種開花的比例依序為：4%、9%、26%、57%、74%、39%、9%，也就是說冷杉林下較早開花，3月有1種開花，4月有2種，5月份有6種，6月份有13種，7月份有17種，8月份有9種，9月份有2種在開花。10月則完全消失。

草原上的花季則較晚，以玉山箭竹及高山芒的高地草原為例，合歡高地上具有大約48種植物，各月份開花種數及比例依序如下：4月1種(2%)、5月3種(6%)、6月23種(48%)、7月38種(79%)、8月31種(65%)、9月21種(44%)、10月10種(21%)及11月4種(8%)。

顯然的，草原的花季較晚，且可延遲至11月，推測此一開花現象與光周期有關，森林內光照、光週較少、較短，刺激較早開花，草原則反之。

茲以台灣鹿藥(Smilacina formosana)代表台灣冷杉林下植物說明之。

S100:1988.5.7,台灣鹿藥在每年約4月自地中抽出新葉及花莖，4月底已可見花苞，至5月為普遍花苞並開始開花。

S101:1988.5.17，正開花中的台灣鹿藥。

S102:1988.5.30，盛花，且至6月以後陸續產生果實。

S103:1988.7.20, 殘花, 普遍性果實季節為 7 月。

S104:1988.7.23, 果實轉趨成熟過程。

S105:1988.8.20, 至 8 月則果實紅熟, 且葉片已經黃化, 養分輸入地下系統。

S106:1988.10.15, 10月中旬之後, 地上部大抵已枯黃萎退, 果實早已散落, 11月再也看不見台灣鹿藥的蹤跡。

因此, 台灣鹿藥地上的生活期只有 4 ~ 10月, 也就是半年的時段。

三-7 高地草原或高山植物的生活史——以高山沙參為例

如台灣鹿藥一節所述, 草原的花開較晚, 最主要係受到光周的影響, 茲以高山沙參為例解說之。

高山沙參(Adenophora uehatae)為桔梗科植物, 多年生。

S107:1988.10, 高山沙參在 1 ~ 3 月中, 去年的枯立花梗依然挺立, 直到 4 月中旬才長出幾片基葉, 至 5 月以迄 6 月則為緩慢成長期。

S108:1989.6.9, 6 月下旬之後, 營養葉的成長大抵完成。

S109:1989.8.11, 進入 7 月以後, 花苞開展仍至盛花, 盛花期在 7 月底、8 月間, 8 月底則可見花果。

S110:1988.10.15, 9 月以後受霜凍開始黃化, 果實成熟多, 略有殘花。至 10 月分則果熟裂, 全株枯黃。

S111:1989.1.29, 11 月分則全株不復有綠葉。12 月枯盡或斷裂。

沙參類植物之補充: 台灣產沙參屬植物有三種, 甚易區分之。葉子 3 ~ 4 片輪生, 花較小型, 海拔約分佈於 2500 公尺以下, 目前較少見的即為輪葉沙參; 見於森林界線之上的高山植物, 矮小型, 通常只有一朵花者, 即為高山沙參; 分佈於海拔 1500 ~ 3300 公尺, 尤其集中

於2500~3000公尺的草生地，數量多，總狀花序花朵甚多者即玉山沙參；玉山沙參為典型次生草本，有群生現象，尤多見於林緣、路旁，伴生於玉山箭竹、高山芒之草生地中，如塔塔如鞍部至玉山前峰下地區，在岩石山坡可下降至海拔約1500公尺，如觀高至東埔溫泉地段，高山沙參體型矮小，在合歡高地草原的岩隙少量散布。

又，合歡高地絕大多數植物的生長周期記錄於表1。

三-8 高地生態之鑰——九命怪貓的玉山箭竹

瞭解玉山箭竹的生態特徵相當於窺得台灣高地的天機。

三-8-1 玉山箭竹的基本資料

Yushania niitakayamensis(Hay.) Keng f.

台灣的自生植物當中，以玉山作為命名依據者將近有150個，以玉山為屬名暨種小名的命名方式者即玉山箭竹。係西元1957年耿伯介先生所創之新屬，然而，學名之後的命名者以「耿以禮的兒子」為書寫方式，拉丁文filius即為兒子之意，反映科學的倫理觀；這是台灣存量最豐的原生竹類植物，遍存暖溫帶以迄高山植被帶，正宗嚴敬氏稱其應為亞高山針葉林下的組成之一；由於其係以地下莖，或俗稱竹鞭，為無性繁殖的拓展方式，凡土壤層淺薄或石礫地則無法延展，河床等亦構成其蔓衍的阻絕機制，故而吾人在林野偶可發現在溪谷兩側，形成有絕然不同的林下景觀，亦即一邊完全由玉山箭竹所覆蓋，另一邊卻由苔蘚為地被，例如荖濃溪源頭；地下莖也是潛伏的生命體，可提供生存的具體保障，在森林火災發生之際，地表的植物體悉數全毀的情況下，玉山箭竹的地下活動仍得倖免，故林火後旋即可再抽新芽，形成所謂玉山箭竹的高山草生地。此新稈的形成，通常由地下莖的頂芽伸出土面，再由稈基上方的側芽另生新稈；新稈形成的出土季節約在每年的4~6月間，亦即所謂的發筍期，長久以來常為人採摘為佳肴或裝成罐頭，是謂雲筍。或也因為地下莖的活躍，對於族群拓

展的目的而言，開花、結實、傳播的有性繁衍方式，似益顯得不重要，歷來罕有人見及玉山箭竹開花。依紀錄顯示，公元1918年有開花的記載；1969年2月，合歡山有採得竹花標本；筆者於1986年8月，在排雲山莊附近亦採攝得其花，唯周遭僅只一株開花，對於其花期乃至機制若何，尚待進一步研究；不同的生育地裡，玉山箭竹的高度、單位面積稈數等，具有顯著差異。在沒有森林庇護的高山草生地，其高度通常僅約0.2~0.5公尺，經由森林邊緣一窄帶，其高度明顯增加，進入林內，則最高可達5公尺或以上。其每稈可存活約8~10年或以上，枯死與新稈產生的數量約達平衡；除卻食用外，原住民最善於利用玉山箭竹，由狩獵使用的箭竹陣（日據時期謂之竹釘，即將箭竹稈兩端削尖，斜插於獸徑，促獸驚奔下衝，矢穿頸而亡），乃至弓箭素材、住家、戶外種種求生工具之利用，不一而足；玉山箭竹之生態意義乃至對中、高海拔的水保、演替，佔盡重要角色，亦構成造林之障礙。然而，只有昧於無知、私利與陋習的人，才一直試圖以偏差的經營觀念，去“改良”原本已甚完整且符合天然演替的植被。

三-8-2 玉山箭竹是浴火鳳凰，更是九命怪貓

S112：玉山箭竹的本居地是針葉林下，可形成高大的灌木體型，有高達5公尺的記錄。

S113：圖7與圖8說明玉山箭竹如何多次浴火仍可重生，但在相貌方面有所改變。

S114：冷杉林下，玉山箭竹的密度約在每平方公尺百稈上下。

S115：第一次森林大火之後，或許可形成白木林，但真正的植物社會是重新萌發的玉山箭竹族群。此時，竹稈高度通度不可能超過2公尺，每平方公尺稈數則約加倍。

S116：第二次或第三次火災已屬灌叢火，仍將箭竹燒成更矮、更多稈、更細。

S117：第三或第四次火災之後，再萌長之玉山箭竹已不及人高。

此時每平方公尺的竹釋約在300~400釋。

S118：多次火災將玉山箭竹燒煉出低矮的高地草原，竹釋也由竹筍變更爲許許多多的側芽，每平方公尺曾測得1610釋。

S119：玉山箭竹仍可逆向再度長高，但必須靠不同年份的新筍，例如圖中新筍足足是去年高度的2倍。事實上，每釋竹的節數大抵一定，只不過作節間的放大或縮小而已。

S120：玉山箭竹的地下莖系。

S121：玉山箭竹筍。

三-9 水溼窪地的傳奇

所謂「高山湖泊」，其實祇是火災、山崩、降水、沖刷與綠色植物交互纏綿的過程與結局，美麗但短暫。

就小奇萊的水溼窪地而言，不記是否數百年前發生冷杉林大火，焚燒十餘晝夜，摧毀了純林，隨後的暴雨沖蝕也鬆動了陡峭的地體，終於引發山崩，將山的坡度作了較平緩的修飾，卻也造成一些谷地的排水隘道受阻，形成多個小型短暫性貯水池。長時期以降，形成高地草原，火災也反覆發生，水土的流失更形嚴重，漸次填充先前各個凹陷地，形成平坦的凹窪，較周遭的土壤潮溼，也產生一些溼地植物社會，例如大金髮苔、聚生穗序薹等。

不知經過多少年歲，玉山箭竹憑藉地下莖的伸竄，入據此等窪地，形成社會。大約十年前，再度發生草原火災，燒死了窪地的局部玉山箭竹叢，十年來總算長成聚生穗序薹的溼地社會，且仍朝向玉山箭竹作復舊發展；若無燒死的玉山箭竹叢，大約3年可恢復部分外觀。

S45~S49及六-2節內文，敘述此一過程之解說。

三-10 向源侵蝕、山的老化與人的行為

多年來研究人員在合歡高地研究的經驗指出，合歡東峰以迄小奇萊的山坡地，其玉山箭竹族群除了少數部位之外，大多呈現出衰退現象，也就是箭竹愈趨弱小、土壤沖蝕劇烈，竹鞭漸次裸露或致死，形

成崩塌岩屑地，局部高山植物再度從事初生演替(primary succession)。

以高約35公分的箭竹叢坡地言之，一個人每月走一次，不到三年將可形成一條新路，可見玉山箭竹社會的脆弱。

以松雪樓往黑水塘、小奇萊的登山步道言之，在接近第一座山頭高地附近，塔次基里溪最上游的向源侵蝕，在新近3年來，實測移動約2.5公尺，平均每年以1公尺左右的速率襲奪濁水溪的集水區系。

再以台14甲為例，公路穿越高地草原，玉山箭竹的完整性受到破壞，由於春、冬季土壤的凍拔作用，致令高地草原的傷口不斷坐大，顯見此一高地最後防線的玉山箭竹叢，因工程或人為踐踏壓力的影響，甚易持續潰決，是以符合台灣高地所需的保育措施，包括水土保持之特定植生工程亟須研究發展，登山者前來賞玩自然資源之際，更須遵守野地倫理規範。

S122：塔次基里溪向源侵蝕的新崩陷路口，將原有登山步道吞噬。

S123：塔次基里溪向源侵蝕致令原登山步道旁的玉山箭竹叢及登山指示布條皆陷落下方。

S124：土壤流失後，玉山箭竹的竹鞭裸露，顯示即將死亡。

S125～S127：台14甲公路切過武嶺附近的高地草原，造成玉山箭竹叢的斷裂，並因土壤凍拔而持續惡化中。

S128：新的土地、自然認知正待喚起，新的野地倫理尚待這代人及時建立。

陸、引用文獻

1. 王子定、高毓斌. 1986. 竹類之生長與發育. 現代育林2(1): 27-66.
2. 王忠魁. 1974. 台灣高山草原之由來及其演進與亞極群落之商榷. 中研院生物研究中心, 生物與環境專討會講稿集. pp. 6.
3. 王 鑫. 1984a. 太魯閣國家公園地理、地形及地質景觀. 內政部營建署印行, 台北. pp. 124.
4. 王 鑫. 1984b. 台灣的古植物與地史. 大自然5: 88-91.
5. 中國科學院. 1983. 中國自然地理植物地理(上冊). 科學出版社, 北京. pp. 129.
6. 林俊義、林良恭. 1989. 太魯閣國家公園高山草原生態體系調查. 太魯閣國家公園管理處, 花蓮. pp. 120.
7. 金恆鑣、唐凱軍、黃正良、李聖餘. 1990. 合歡山玉山箭竹草原土壤之發育與分類. 太魯閣國家公園管理處, 花蓮. pp. 50.
8. 洪良斌. 1951. 台灣冷杉生長之查定. 台灣省林業試驗所通訊64: 447-481.
9. 徐國士、林則桐、陳玉峰、呂勝由. 1983. 太魯閣國家公園預定地域植物生態調查報告. 內政部營建署, 台北. pp. 152.
10. 徐國士、林則桐、陳慶福、高進義. 1986. 陽明山國家公園台灣矢竹生態之調查研究. 陽明山國家公園管理處, 台北. pp. 74.
11. 柳 楷. 1971. 台灣植物群落分類之研究. IV 台灣植物群落之起源發育及地域性之分化. 中華農學會報新67: 39-62.
12. 陳玉峰. 1987. 台灣植被特色之綜論. 中華民國自然生態保育協會主辦「植物資源與自然景觀保育研討會」台灣植物資源與保育論文集. pp. 123-127.
13. 陳玉峰. 1988. 論台灣高山植物. 大自然18: 25-32.
14. 陳玉峰. 1989. 玉山箭竹暨高地草原歷來研究之檢討. 玉山生物學報6(2): 1-28.
15. 陳玉峰. 1990. 台灣高地植被的保育與經營. 私立東海大學主辦, 第二屆現代科技及應用研討會論文集. pp. 235-267.

16. 陳玉峰. 1991. 綠色傳奇, 在「台灣瑰寶」pp. 68-90. 錦繡出版社, 台北. pp. 219.
17. 陳玉峰. 1992. 由台灣高地植群生態談國土之保育規劃——以合歡高地為例, 台灣教授協會主辦, 國土規劃學術研討會論文集.
18. 陳玉峰. 1993. 合歡高地植群的演替. 東海大學博士論文.
19. 陳玉峰. 未發表a. 台灣植被誌.
20. 陳玉峰. 未發表b. 八通關山至東埔溫泉之植被.
21. 陳玉峰、黃增泉. 1986. 南仁山之植被分析. 台灣省立博物館年刊29: 189-258.
22. 陳明達. 1959. 橫貫公路兩側荒廢林地概況. 台灣森林4(2): 30-33.
23. 陳明義、呂金誠. 1987. 森林火災對森林生態系之影響. 中華民國自然生態保育協會主辦「植物資源與自然景觀保育研討會」台灣植物資源與保育論文集. pp. 59-76.
24. 雲南植被編寫組. 1987. 雲南植被. 科學出版社, 北京. pp. 1024.
25. 郭寶章、張明洵. 1984. 玉山箭竹之生態及防除. 中華林學季刊17(1): 33-52.
26. 蔣先覺、程煒兒. 1984. 台灣若干森林土壤之描述 I. 灰化土. 台灣省林業試驗所報告4 26: 1-12.
27. 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之研究. 國立台灣大學實驗林研究報告121: 207-239.
28. 劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥. 1984. 台灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制. 中華林學季刊17(1): 1-32.
29. 應紹舜. 1975. 台灣高山植物彩色圖鑑(第一卷). 應紹舜私人發行, 台北. pp. 125.
30. 應紹舜. 1979. 台灣高山植物彩色圖鑑(第二卷). 應紹舜私人發行, 台北. pp. 464.
31. 蘇鴻傑. 1978. 中部橫貫公路沿線植被、景觀之調查與分析. 國立台灣大學森林系生態研究室, 台北. pp. 77.
32. 伊藤武夫. 1929. 台灣高山植物圖說, 台灣植物圖說發行所, 三重

縣. pp. 179.

33. 邱欽堂. 1931. 新高山に於けるタカトドコツの林分調査・ツルビア2(1): 9-23.
34. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Wien. PP. 385.
35. Leak, W.B and R.E. Graber. 1974. A method for detecting migration of forest vegetation. Ecology 55:1425-1427.
36. Li, H. L., T. S. Liu, T. C. Huang, T. Koyama and C. E. Devol. 1975-1978. Flora of Taiwan, vol I-V. Epoch Publ., Taipei.
37. Walter, H. 1979. Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere (Translated from the third, revised German edition by Joy Wieser). Springer-Verlag, New York. PP. 274.