

## A Multimedia Wildlife Database Presentation System for Taiwan's National Parks

Pei-Fen Lee<sup>(1)</sup>

(Manuscript received 1 August 1997; accepted 9 October 1997)

**ABSTRACT:** This paper describes a multimedia wildlife database of the national parks of Taiwan. The system is an electronic book including reorganized data of wildlife research conducted in the 5 national parks (Kenting, Yushan, Yangmingshan, Taroko, and Shei-Pa). Microsoft's Multimedia Viewer Publishing Toolkit was used to compile the text (introduction, tables), graphics (photos of wildlife, plants and landscapes, geographic maps, biodiversity maps produced from a geographic information system), and sounds (music, animal calls and narration). The data were grouped into a hierarchical structure for display. The information can be viewed in a systematic format from one national park to the other or can be seen from linked themes. Since multimedia is the current and future trend of the computer industry, it is expected that systems like this (multimedia CD title) will find their way to the market and penetrate to every level of our daily life and will eventually have a great impact on the way people obtain information. The system can be used as a tool in conservation education in Taiwan.

**KEYWORDS:** Wildlife Database, Multimedia, National Parks

## 台灣冷杉生態研究系列(II): 生態觀察與天然更新

陳玉峰<sup>(1)</sup>

(收稿日期:1997年8月1日; 接受日期:1997年9月30日)

### 摘 要

本研究指出, 冷杉從樹形、小樹枝極與葉片排列等, 與降雪之適應有關, 且冷杉與鐵杉交會地帶大抵亦是常態年降雪的終止線, 台灣大氣候變遷可能即透過降雪的直接的環境壓力, 導引鐵杉自上次冰河期之後上侵而冷杉往上退縮。冷杉可著根於岩隙地以迄壤土層, 但包括冷杉森林界限、冷杉樹木高度乃至冷杉林的三大類型, 莫不與立地基質相關, 但冷杉體型及其變型亦與風力有關。冷杉林緣植株開花結實比例顯著大於鬱閉林內植株, 本研究據此推演, 配合天然更新林分實證檢驗, 提出天然更新的假說, 宣稱冷杉林內的更新係經由老木自然死亡之後, 由於枝葉漸次蝕解, 形成林冠破空, 刺激原先相鄰植株提高開花結實與下種率, 且林下空間亦伴隨蝕解而漸次讓出生態區位, 因而種苗漸次拓殖, 終至老樹傾毀而苗木大抵已長成小樹, 且傾毀時之刈那破空再度引發新區位, 新苗木再度獲得空間發展之, 自傾毀以迄林下枯木完全蝕解即復形成新拓殖時段。而自老木死亡引發效應至傾倒、蝕解這一系列時期, 即形成更新的一階段, 此一階段時間估計長達數十年, 若一短時期內「同時」有一批老木族群衰亡, 也就是說, 提供成片的更新, 則可形成狀似同齡整齊的新林相; 若非短期同時大量發生, 則更新的一階段可延長至二百多年甚至五、六百年的長期連續更新現象。

關鍵字: 台灣冷杉, 更新。

### 一、前 言

對百年來台灣冷杉研究成果的檢討, 釐析出關於台灣冷杉研究的十大議題(陳玉峰, 1995 b) 之後, 本研究擬針對「冷杉的形態、物候或生長週期之觀察」、「形態與環境之相關」、「冷杉林的天然更新」等問題, 進行觀察、永久樣區設置及文獻解析之討論, 期能提供冷杉(林)生態研究進一步的一些基礎資料。

### 二、調查、研究材料與方法

#### (一) 觀察法

1. 形態及物候之記錄, 基於可以用來作生態解釋的角度敘述之。

- (1) 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; 玉山下之風倒木根系之記錄; 寄生植物之觀察。
- (2) 樹幹與枝極: 除了直立幹以外, 有無變形, 另如旗形樹存在何種生育地? 討論枝極與降雪之關係。

1. 靜宜大學通識教育中心, 台中縣 43301 沙鹿鎮中棲路 200 號。

1. Department of Zoology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, Republic of China.

(3)葉：排列與降雪有無意義相牽？

(4)雌雄花穗與結子：有無週期性之觀察，自1981年以來筆者的觀察與標本館標本之核對；開花至毬果成熟之記錄。

(5)其他：病、蟲、獸害等。

## 2. 台灣冷杉林緣效應之觀察與測度

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

## 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豐年，故在該年度計算結實株數之例，1991年5月亦調查之。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，各自計算開花結實比例。

此外，其他地區之觀察一併進行。

## (二) 樣區法

### 1. 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。

以上各項之現地調查或記錄，凡能予以影像化者，皆拍攝存證。

### 2. 精密樣區之調查

為探討台灣冷杉林族群更新，特擇定連理山至新仙山之間，全台目前較少見的，正在進行天然更新林分，進行地氈式登錄調查；對冷杉、鐵杉林分內胸徑、樹高、平面位置及生長狀況一一記錄或標示之。

## 三、結果與討論

### (一) 前人形態研究

台灣冷杉一般分類形態敘述，除了日治時代命名發表之外，可以Li與Keng (1954) 為代表。而Liu (1971) 包括解剖葉、枝、種子等資料可資援引，更且其敘述冷杉屬植物的側枝大多為4~6為一輪的輪生型。而從側枝與樹幹的角度與枝梢形，可細分為1.下垂型，2.內曲型，3.平展型，4.平展上揚型，5.上揚型，6.直立平展型，7.筆直型等。此等形態自與側枝本身生長、重量、外在環境壓力及內在基因有關。筆者在後述則認為與降雪雪壓與年度再生有關。

至於木材的解剖，除了Liu (1971) 之外，尚有多篇報告提及，例如李春序(1958)、汪淮(1965)等。可參考陳玉峰(1995)；楊武俊(1984)則提供台灣冷杉種子發芽的過程繪圖。

### (二) 台灣冷杉形態與物候之觀察

本報告之觀察係累積自1981年至1994年斷續在全台各高地之植群調查；物候及生長則以合歡山區為依據，亦即1988~1994年間的實施。

### 1. 根

台灣冷杉之生育地可跨越岩隙，例如玉山西峰至排雲之山稜，以迄一般深土層，其根系之發展似亦有所相關。以玉山下之族群而言，生育地屬碎石坡下堆積地形，土壤層化育不佳，而依據風倒木的根系顯示，主根僅作盤旋而離地面不及50公分，呈現出受基質條件限制的現象，該地族群之樹高亦多在10公尺以下；另如排雲山莊左側之岩壁隙，族群多呈灌木體型。另一方面，台灣冷杉林之三大類型，即林下箭竹密布型、林下苔蘚密布型及鑲嵌高山植物型，正以土壤之厚薄為其重要限制因子之一。箭竹型之冷杉族群的樹高皆較高大，配合北向坡或下坡段乃至谷底處，成熟木之樹高有達將近40公尺者。經挖掘一處，見其主幹以下之主根直貫土壤層，支根較均勻分布。

台灣冷杉的根皮剝刮後呈現血紅顏色，亦即其內皮的顏色，其上偶見腐生或寄生植物之水晶蘭(*Cheilotheca humilis*)，祇在每年六、七月間冒出地面開花、結實。然而，水晶蘭亦見從玉山箭竹叢中冒出，其寄生的銜接處充滿菌絲團，由於野外僅憑肉眼無法辨識究竟其與冷杉或箭竹根系如何接通，或觀察有誤，尚待解剖才能確定。

由根系觀察，亦可推測台灣的初生森林界限與立地基質存有某程度以上之相關。

### 2. 葉

闊線形葉均勻而密布於圓形的小枝極，形成有若硬毛刷般的結構。降雪時期形成包圍在枝葉外的冰殼層，裡面除了葉片以外尚存很大空間，足供其正常呼吸或光合作用之氣體交換，推測裡面的溫度亦比外界為高(陳玉峰, 1997)，此或許可作為對冰雪適應的方式之一。

就每年新葉之生長而言，約五、六月葉芽開展，黃綠柔軟之新葉突破苞片成叢簇而出，連同小枝極延長而漸深綠化與硬革化，至七月而完成生長；偶見有新生葉叢展現後，全數轉枯褐而死。

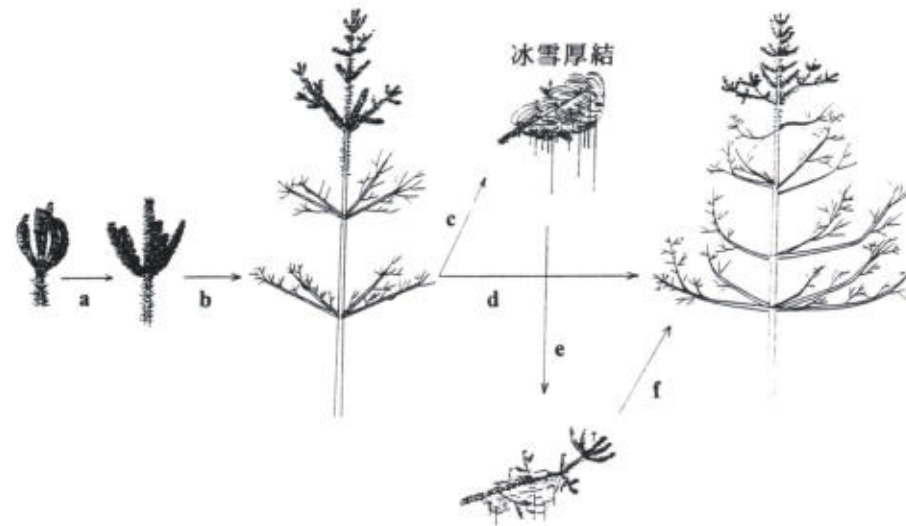
### 3. 樹皮、樹幹、枝極與樹型及其變異

台灣冷杉隨樹齡增長而樹皮漸呈不規則縱裂、橫裂，以縱裂溝較為顯著。

新枝極的產生時間與新葉約同步。頂芽之生長每年約長一節、輪生枝條一圈，初則新枝條末稍向主軸尖呈聚合狀，再向外平展，枝條最後約和主軸形成約40°交角隨樹齡增大，枝條茁壯，每年作新的生長而加長且加粗，以井然有序，故全樹外形為等邊三角錐狀。

其主幹通常通直。第一側枝，亦即上述從主幹所長出的輪生枝條，隨年齡漸增而粗壯且再多次分枝，愈老的側枝(位置愈下面)與主幹的角度愈趨水平，乃至略有下垂。而老側枝通常呈現下垂而未梢再上翹的形態，似乎並非因自身重量所造成的狀況。經比較觀察每年雪季期間，老枝累聚數量較龐大冰雪，重量相當可觀，全枝條作向下壓垂，隔年雪融，自有若干程度之無法恢復原來枝條角度。而新生長的芽梢向上，因此老枝條通常下垂而後上揚，蓋與長年雪壓有關。茲將此環境壓力與枝極關係表達如圖一。

台灣冷杉幼或小樹的冬雪時期，由於小枝及枝極大抵形成同一平面，且雪壓之後呈現下垂宛若滑板，可將部分降雪滑落。配合樹葉造形、小枝、粗枝及樹形，可視為有降低聚雪重壓的效應，相對於海拔分布緊接於其下的台灣鐵杉的枝葉形，實有天壤之別。筆者認為森林界限誠然為植群中最顯著的景致斷裂現象，一反一般自然界中漸次的變化方式，但自台灣冷杉過渡至台灣鐵杉的形相差異，實為台灣植群第二大的驟變差異現象，或可臆測台灣冷、鐵杉的交界，正是降雪與否的邊界處。



圖一、台灣冷杉樹梢及枝椏的發展，受每年降雪壓垂且新枝芽往上生長之效應，老樹側枝往往形成下垂之後枝梢再往上翹的現象。a:新輪生側枝伸直，與主幹形成約45°；b:連年生長仍可見第一側枝挺直；c:多年生第一側枝冬受雪壓；d:老樹側枝殆皆下垂再上翹；e:雪壓下垂，但隔年新芽仍挺直斜上；f:老樹側枝頂芽仍維持挺直斜上。

在1988~1990年的合歡高地調查期間，筆者曾兩次觀察降雪之分布，再循石門山而下，降雪界線正位於台灣冷杉與台灣鐵杉族群上下交會處。由是而筆者推測較恆定降雪處，正是冷、鐵杉的分野，設若此為常態，則吾人可宣稱冷杉之形態與降雪之環境壓力可互為指標。

其次，論及主幹及其變型。絕大多數台灣冷杉的樹幹筆直乃無庸置疑。然而，在一些生長較困難的惡劣環境，例如衝風山稜處，會出現有駢體幹、叢生幹，以及緣於頂芽受損，側芽再衍生成團簇的形狀。筆者所見樹幹型扭曲得最激烈者，如八通關大山多次火災跡地的山稜上，有冷杉在外形上幾與鐵杉無法分辨。

亦有台灣冷杉樹幹原本筆直的特性，卻在衝風山稜，形成台灣罕見的旗形樹景觀，例如玉山風口至玉山北峰途中。

#### 4. 花穗與毬果

依據筆者長年的採集及植被調查的記錄，台灣冷杉結實的盛年曾發生於1981、1985與1989，或許僅止於記錄不完整，甚或巧合而已，此盛年恰好間隔四年。是以筆者萌發統計標本館中台灣冷杉結毬果、具花穗的標本，檢視其是否可觀察出與年代或地點的關係。然而，就台灣大學植物系、森林系及林試所標本館的標本查驗的結果，卻無任何傾向可歸結，或許此等包括時、空變數太多，且標本必然不足，例如林業試驗所僅有7張冷杉標本，且皆為1920年以前日本人所採。夥同取樣偏差，故難有生態意義可釐出。無論如何，配合某地區物候之觀測，長年記錄或將突顯出台灣冷杉與草原間演替關係更直接、顯著的機制或傾向。

一般而言，台灣冷杉在開花結實的年份，在二月份即可見明顯花苞，五月底、六月中旬前盛花，雄花穗與雌花穗可同株或異株。雄花穗呈現鮮黃色，花粉藥室迸裂而有翅花粉可飄甚遠；雌花穗的大孢子葉(果鱗前身)為暗紫色，隨著授粉(風媒)後，鱗片漸次硬革化。大約經過一個月，小毬果形成，樹脂結晶在毬果上。六至七月為毬果生長最大、最迅速的時期，至七月底毬果在外觀上似已成熟狀，直到冬乾季節，即十一月至隔年三月間，毬果果鱗隨天氣狀況而掉落，通常在乾燥期隨風剝落，遇雨水則又

略膨脹緊閉，如同松果之開閉，但其掉落常成團降落，風力無法將其遠送。至隔年春後，毬果通常已脫落掉所有的鱗片而祇剩主軸。

而賴國祥(1992)的觀察及調查則指出，種子的下種量每公頃林緣地，可由5千至126萬粒的變異，與豐年、歉年、地域、環境因子有關。下種量由結實母株向外銳減，99.5%的種子掉在離林緣8公尺範圍內。

#### 5. 其他觀察

台灣冷杉除了葉芽偶見有病變之外，似乎罕有天然危害之顯著例證。然而，近年來飛鼠類的啃食幼樹樹皮似乎有增加之趨勢，其自樹梢以下作環狀剝皮式的啃食，導致全株死亡；常見的葉芽病變即年度新葉長出後，旋死亡而呈黃褐色，一段時期後剝落。而陳振威(1967)指稱松鼠啃食毬果嚴重，但到底是那些種的松鼠或飛鼠待查證。

### (三) 冷杉林緣的觀察、測繪或驗證

#### 1. 台灣森林界限的類型(亞高山與高山範圍)

台灣亞高山上限的森林界限由兩種林木所形成，一為玉山圓柏(*Juniperus squamata morrisonicola*)，例如大水窟山的森林界限；另一為台灣冷杉，普通見於台灣各大高山。而南湖大山圈谷的玉山圓柏森林界限，甚至呈現沿山谷縱向分布，而非一般依沿海拔高度的水平分布，足以證明氣溫或溫度效應並非台灣森林界限的最重要或直接限制因子之一。

台灣冷杉的森林界限又可分為兩類(陳玉峰，1991)。一類為發生於高山碎石坡下的堆積地形，經由初生演替(primary succession)而來的森林界限，例如玉山主峰至圓峰西向坡面的森林界限；另一類係因火災所造成玉山箭竹高地草原，台灣冷杉透由次生演替(secondary succession)之林緣效應，逐次拓展族群的「森林界限」，後者實非典型界限，例如合歡山區乃至自北到南的中央山脈各地，後者筆者特稱之為「森林界線」或冷杉林緣。但有人界定「林木界線(timber line)」係森林界線及樹木界線(tree line)之間的推移帶，而樹木界線即一般喬木遞變為灌木、草本的邊界線，或森林界線(forest line)即連續鬱閉森林之終止界限(劉榮瑞、蘇鴻傑，1983)。

台灣的森林界限問題目前為止，僅見有現象敘述及成因之猜測，例如佐佐木舜一之認為由立地質基質所引起，斯煒(1948)認為是風力的關係(轉引陳玉峰，未發表)。這方面的生態議題有待專論。

#### 2. 台灣冷杉林緣與母樹效應

台灣冷杉林的拓殖，大抵取決於林緣母樹結實而有限距離的下種，遠離冷杉林分的隔離式孤立苗木甚少見(賴國祥，1992)，此下種的限制，大致已解釋母樹效應為關鍵。因此，在此檢驗母樹及其旁苗木建立的實例如圖二。該圖為松雪樓往小奇萊方向之坡面上，一火災子遺台灣冷杉老齡木(編號13)的拓殖族群。該老齡木樹幹有火災焚傷記錄，顯示至少有一次或以上之森林火災。本剖面所有植株皆量取樹高、胸周換算胸徑、記錄有無開花，同時附註其編號，列於表1。

圖及表中顯示，這些更新木有明顯「代溝」，絕非同一時段新生者。例如編號4、5、6、11等，可能是最早發生者，其餘幼樹可能為後來一或二波次種苗的建立而來。圖二中靠近子遺母樹的稚樹，實無從判定種源是否來自老母樹，或由第一代更新木而來？無論如何，其顯示台灣冷杉種苗的建立的確為分隔的若干波次，而非連續的萌發型。究竟是起因於種子的產生有所限制？或環境因子的影響？或交互作用乃至無法由外在形相去判釋。



圖二、台灣冷杉林火災後子遺木及其所建立的母樹效應

表1. 圖二中各台灣冷杉植株數據(1989年調查)

編號	高度(m)	胸周(cm)	胸徑(cm)	有無開花
1	2.2	37	12	×
2	2.4	25	8	×
3	2.4	15	5	×
4	5.5	91	29	○
5	5.2	70	22	×
6	5.0	84	27	○
7	2.4	26	8	×
8	2.0	30	10	
9	3.5	42	13	×
10	2.1	20	6	×
11	5.2	59	19	×
12	2.7	28	9	×
13	15.0	329	105	○
14	1.5	12	4	×

而冷杉的種子在野外或現地的存活率，究竟是否僅限於下種當年，或可延存若干年尚待實驗，而陳振威(1967)的試驗似乎預測其種子存活率可跨年，但在野地尚待實驗(陳玉峰，未發表)。再則，由母樹效應推展至冷杉林緣，那些因素將須調整或抵銷、加成？賴國祥(1992)的大作誠然由林緣整體現象歸結模式的解釋，則由單株母樹的現象亦可整合為林緣的解釋。因此，如圖二、表1的例證，或可彌補林緣拓殖解釋的若干旁註，也就是說，原母樹的落子下種固然有主要範圍，但若每隔4或5年即有再度機會下種，且一次次下種總有機會超過8至9公尺的狹限，因而筆者先前認定之林

緣，殆依與母樹等高為距離的圓周範圍為常態。另一方面，單株母樹孤立於草原中亦然。在雪季積雪於枝椏的景像，頗似白羽護翼，筆者遂將此母樹多代下種拓殖的階段性景觀，稱之為「母雞效應」，意即母樹羽翼下方得群聚繁衍。然而，第一子代究竟須要幾年始得開花、結實、下種且下種可萌發拓殖？又，相較於林緣，林內的更新是否可以林緣或母樹效應來解釋？如果母樹或林緣效應仍然適用於林內、林下，則林內的種子數量可能量稀？或量稀且種子萌發與成長環境不如林緣？則冷杉林花、實是否如一般森林樹木一樣，林緣或破空陽光充足處才是產量豐富之處？下小節即作此等探討。

### 3. 台灣冷杉林分內外開花、結實植株的分布

就一般野外植群調查的經驗，林緣喬木植株通常結實率最高、數量最豐，推測其與受光量有關。針對冷杉林分設定以森林邊界顯著母樹，與林內相似者向內2株樹為範圍稱之為「林緣範圍」，1989年計算4處林緣、2處林內的株數與開花株數及其比例，該年為冷杉開花結實的豐年；另於1991年5月11日，為冷杉開花、結實的常年，計算2處林緣、1處林內，計算如表2。表中顯示，林緣的開花率達72%以上，但1989年第四組係幼木，故林緣母樹開花比例當在72%以上；林內的開花率僅約21.2%，差異甚顯著。然而，外觀印象1989年為豐年，但卻比1991年的開花率低，推測係取樣不足，或1991亦應為豐年。

表2. 合歡東峰至小奇萊各冷杉族群組開花株數及比例

調查年度	計量類別 數據	計算株數	開花株數	百分率(%)	備註
1989	冷杉位置組				
	林緣(一)	34	19	55.9	火災草原林緣
	林緣(二)	23	19	82.6	
	林緣(三)	9	9	100	
1991	林緣(四)	10	0	0	幼樹
	林緣(五)	24	22	91.7	
	林緣(六)	25	21	84.0	
林緣組小計		125	90	72.0	
1989	林內(一)	22	1	4.5	
	林內(二)	17	3	17.6	
1991	林內(三)	13	7	53.8	
林內組小計		52	11	21.2	
總計		177	101	57.1	
1989年合計		115	51	44.3	
1991年合計		62	50	80.6	

由於開花率並不全等於結實率，且結實率不等於下種率，亦不等同於有效種子比例，因而試圖從簡單的開花率尋求上述問題的解釋，實在過於簡化，雖然如此，我們仍可宣稱，林緣的開花或結實率具有顯著高於林內的傾向。

### 4. 台灣冷杉植株開花結實的始齡問題

如此，吾人可再追問究竟冷杉需要若干年齡始有開花、結實能力？經量取20株開花植株，大都胸徑超過30公分者；為求其下限且理論上環境條件允許開花結實的林緣地帶，測度植株高度、胸周及胸徑、記錄有無開花，量二處，得表3及表4。此二組之冷杉予以個體標記編號，以便將來再追蹤開花情形。

此31株標記小樹，直徑大於20公分者有2株，其中1株(20.1公分)開花，另1株(25.5公分)卻無。假設胸徑20公分左右為冷杉開花、結實的下限(常態分布尚待調查)，則依洪良斌(1951)及邱欽堂(1931)的計量，估計冷杉樹齡須在35年生以上，至130年生左右，才能開花結實。故如賴國祥(1992；1994)之估計幼木約30~50年生，可以產生有效種子自屬合理。然而，1991年筆者再度檢驗開花植株，在武嶺附近的向陽山稜族群，冷杉開花植株顯然不受20公分以上胸徑的限制，且數量不少的小徑小樹多已著花。然而，該年度並無作全面調查，今後當擇訂盛花年度，詳實測計且鑽取樹齡統計之為宜。

表3. 合歡東峰至小奇萊冷杉林緣幼木族群開花胸徑調查組(一)1989年數據

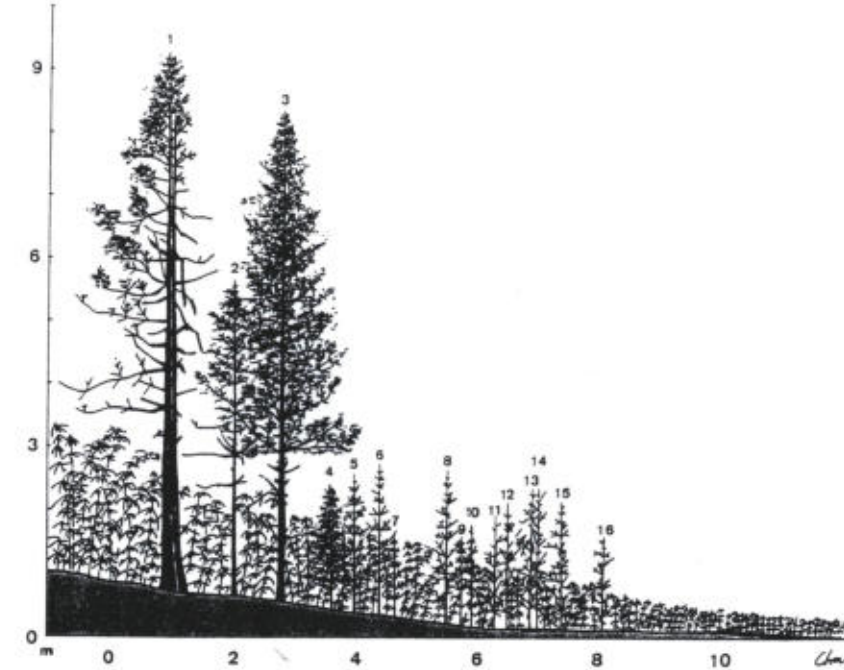
編號	高度(m)	胸周(cm)	胸徑(cm)	有無開花
1	3.0	20	6.37	×
2	4.0	26	8.3	×
3	2.5	18	5.7	×
4	2.5	18	5.7	×
5	4.2	38	12.1	×
6	1.8	14	4.5	×
7	7.0	63	20.1	○
8	6.0	57	18.2	×
9	5.0	48	15.3	×
10	2.0	19	6.1	×
11	3.0	17	5.4	×
12	3.2	15	4.8	×
13	5.0	18	5.7	×
14	5.0	21	6.7	×
15	4.8	45	14.3	×
16	4.0	20	6.4	×
17	3.8	21	6.7	×
18	3.9	20	6.4	×
19	4.0	26	8.3	×
20	4.5	33	10.5	×
21	1.0	11	3.5	×

表4. 合歡東峰至小奇萊冷杉林緣幼木族群開花胸徑調查組(二)1989年數據

編號	高度(m)	胸周(cm)	胸徑(cm)	有無開花
1	3.5	27	8.6	×
2	4.0	36	11.5	×
3	4.3	42	13.4	×
4	2.5	21	6.7	×
5	2.4	16	5.1	×
6	3.5	24	7.6	×
7	3.2	18	5.7	×
8	3.2	23	7.3	×
9	3.5	24	7.6	×
10	7.0	80	25.5	×

### 5. 火災維持線永久樣區之觀測

圖三即火燒後林緣永久小樣區之剖面，係1989年2月所調查。坡向E140°S，斜率約5°，標高3,085公尺，樣區面積7×10平方公尺。由此剖面可看出標出1號半死之老齡木(胸徑57公分)，其所受火害必然不止一次，因為其右側編號3(胸徑37公分)的不同代少壯木並無明顯火害現象。而此2樹的年齡差距在胸徑20公分左右，恰如上節所述，可以是相差一代以上。編號5以後的小樹無一存活，全遭高地草原火所焚死。林下的玉山箭竹自高度140公分朝林緣外矮化，至草原地區轉變為35公分高。



圖三、小奇萊山附近火災林緣永久樣區之剖面

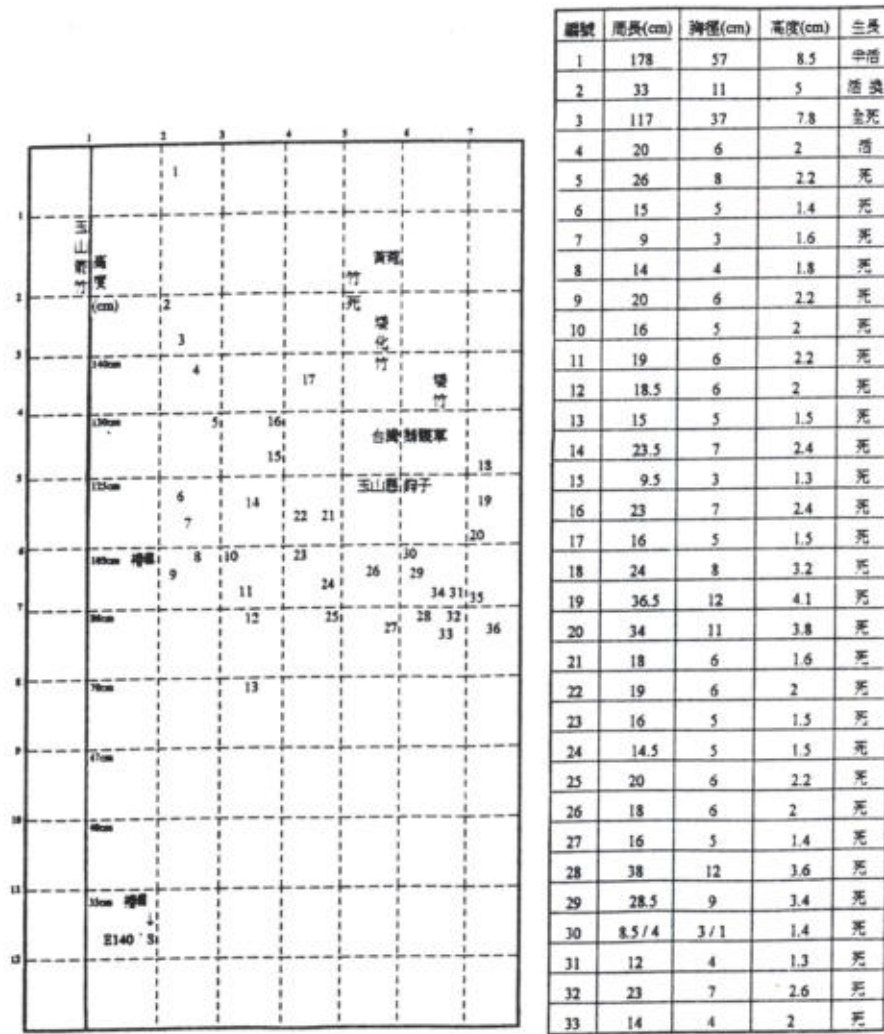
將此剖面各植株以平面投影方式表示即如圖四，檢附各植株胸徑、樹高等資料，此70平方公尺有冷杉36株39個主幹，將其胸徑及個體數摘要如表5。

此表概略可看出大約有四代存在於此樣區，所謂「代」在此即僅指種苗發生的中心期，每一次集中萌發者謂之一代，則胸徑57公分者為第一代；37公分者為第二代；11~12公分者為第三代，有2株；1~9公分者為第四代，有32株，平均胸徑在5~6公分級。

然而，在1985年的火災中，這些苗木悉數死亡，林緣效應之再度建立苗木需時若干尚待未來長期觀察，屆時萌長之小苗也未必見得是1989年的毬果所下種子，因而必須再檢討台灣冷杉種子的存活期，此等資料建立完整時，用以推測林緣拓殖效應才能更趨紮實。即令如此，亦無法預測推進的精確速率，畢竟其只是理想值。

表5. 永久樣區台灣冷杉胸徑及個體數

胸徑 (cm)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	37	57
幹數	1	5	4	8	8	3	2	1	0	3	2	1	1



圖四、圖三之平面及數據

(四) 台灣冷杉林的天然更新

關於台灣冷杉林的天然更新問題，擬就幾個層次探討之。其一，最大、最高層次即台灣冷杉總體族群，其在台灣當前是否呈現健全更新、持續發展的現象？對此議題本研究運用1959~1973年台省農林航測隊全面調查冷杉林型的數據剖析之；其二，依據筆者先前經驗，宜從冷杉林三大類型分別調查之，檢驗各類型在現地的更新狀況，本研究即就此層次亦作局部地區的地氈調查分析之；其三，應進行各山系、地區冷杉種子、種苗、成長中幼木至壯、老木的生理生態研究，尋求其生理機制，作為解釋的基礎。本報告僅就野外調查中，關於前二層次的若干實證或解析討論之。

依據筆者長年在玉山山塊、中央山脈等高地的植物社會調查與勘查過程中，沿登山路徑兩側之冷杉林少見有正進行天然更新的林分，具備較大面積的老木敗亡林分尤其罕見。找尋多年、多地後，終於在中央山脈東延主稜，也就是從向陽山往東台首嶽新康山途中，位於連理山及新仙山稜線上覓得，且該山區的更新階段，正處老枯木倒地後未完全腐蝕或倒塌後不久的狀況。其林型恰從鐵杉、雲杉交會及冷杉下限地開始，經冷杉、鐵杉交會帶，至鐵杉上限的冷杉帶中。合計調查5個精密樣區，試析如下。

1. 更新中林分的解析

(1) 冷杉分布下限的樣區

第1樣區海拔約2,790公尺，微地形大致處於山稜之凹鞍，位居凹稜正下方，北30°東坡向，緩坡、坡度約10°。樣區面積21×26平方公尺。屬於台灣鐵杉林型，樣區內具有22株、24幹的台灣鐵杉，伴生有4株台灣冷杉、1株雲杉老巨木（高40公尺、直徑153公分）。林下幾近於百分之百覆蓋的玉山箭竹灌叢，高度約1~1.2公尺。其餘灌木有台灣馬醉木10株、台灣鵝掌柴灌木8株（另有苗木多株）、刺楸5株、高山新木薑子小樹2株、厚葉柃木3株、薄葉柃木1株、川上氏小蘗、玉山英迷、毛刺縣鉤子等各1株；攀延性灌木有大枝掛繡球、台灣常春藤、阿里山忍冬等3種；地被及附生植物以玉山鬼督郵、南湖斑葉蘭、(?) 臺等較多，餘如擬水龍骨、擬烏蘇里瓦葦、玉山肺形草、阿里山蹄蓋蕨、厚葉鱗毛蕨、山桔梗、三裂葉赤車使者、尖葉耳蕨、森丑氏耳蕨、寬葉冷蕨、金劍草等。本樣區往下漸進入雲杉林分。

此一鐵杉優勢族群當中，1株胸徑達207公分、樹齡超過500年的巨木為最古老的一代；1株胸徑161公分視同第二代。這2株假設為親本母樹。接下來的胸徑組級卻驟降至65至61公分，顯見此間存有數百年差距，或說曾發生摧毀性災難。往下則呈連續波次。茲以每3公分為一組級，其個體數如下表（表6）。

表6. 第1樣區內喬木胸徑組級及株數，3公分為間隔

株 直徑級 數 (cm)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	153	162	210	
鐵杉					1	1		1	1	2	2	1	3	1		1	1	3				1	1		1	1
冷杉		1		1							1						1									
雲杉																								1		

假設48~66公分組級為現存族群第3代，計有7株；24~42公分組級為第4代，計有11株；18公分級以下僅2株，或亦可劃歸第4代。也就是說，此族群至少有4代且以非連續的更新方式存在。若以10公分為組級間隔則如表7。

表7. 第1樣區內喬木胸徑組級及株數，以10公分為間隔

株 直徑級 數 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	160	170	210
鐵杉		2	4	6	2	4	2		1	1
冷杉	2			1	1					
雲杉								1		

則所區分之代數仍約為4代鐵杉。準此，吾人可推測鐵杉族群雖非以連續更新方式續存，至少鐵杉仍可在於此地域長存。

而冷杉雖僅4株，且面臨鐵杉強勢競爭壓力下，仍可視為偶而入侵，且可少量存活，或可視為3代波次；雲杉則僅老木一株，其族群最合宜處應在下方東北坡地。

據此或可推測冷杉在其分布下界，仍可利用鐵杉更新代溝間距不斷嘗試繁衍，且其可能遠程傳播或利用母樹效應，偶可斷續圖存，形成下界混生林的機會。此外，其更新條件很可能係在玉山箭竹叢下進行者。

## (2)鐵杉、冷杉、混生林分的樣區

第3、4及5樣區屬於鐵杉與冷杉混生林型，其中，第3及5樣區為「鐵杉—冷杉社會」，第4樣區為「冷杉—鐵杉社會」。其海拔分別為3,090公尺、3,080公尺及3,020公尺；坡向分為東100°南、北60°東及北60°東；樣區面積為20×30、20×30及35×30平方公尺。

第3樣區可謂岩石立地，玉山箭竹完全闕如。編號的鐵杉多達115號，其中13個號碼含2~4個樹幹，26株枯死、倒腐，2株半死；冷杉族群有27株，其中7株枯死或倒腐，1株瀕死；地表約有25%林下草本覆蓋度，加上多枝株、斷幹，較多個體的植物為斑紋鹿蹄草及玉山鬼督郵，其餘有愛冬葉、蕨蕨、密鱗鱗毛蕨、川上氏小蘗、約6種苔蘚、約3種地衣等。

枯死或半枯死的樹木不計，其直徑組級如表8。

表8. 第3樣區內喬木胸徑組級及株數，以3公分為間隔

株 直徑級 數 (cm) 樹種	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	159	174
鐵杉	1	2	12	14	13	11	7	10	8	6	3	2	1	1			1	1
冷杉	1	5	1	4		3	1	1	1									

鐵杉族群似亦至少有3代斷代波次或以上；冷杉族群亦然，但冷杉可能係利用鐵杉代溝之間入侵者，唯亦可斷續長存。

若依每10公分一組級，則可列為表9。

表9. 第3樣區內喬木胸徑組級及株數，以10公分為間隔

株 直徑級 數 (cm) 樹種	10	20	30	40	50	110	130	160	180
鐵杉	15	38	31	5	2			1	1
冷杉	8	7	2	1					
鐵杉枯死幹	20	8	1	2	1				
冷杉枯死幹	4		1	1	1	1	1		

表9.中另亦計入枯死、倒腐樹幹。準此，配合樣區平面植物詳實位置登錄圖，可作下述推演。

① 在本林分中鐵杉與冷杉族群皆可持續長存，但其年齡結構尚未能如典型極相族群，從小徑木至老齡木連續存在，構成完全連續性的間距，且呈現平滑反J型。其原因可能有五：a.調查面積不足；b.此二針葉樹種並非年年下種，下種有時差分隔；c.種苗之繁衍更新，取決於枯死立木造成的破空效應；d.環境因子干擾等，包括火災等因素；e.合宜的組級結構間隔等技術性問題。a項理由可透過(三)-2小節再檢析，b及c項最有可能。

② 冷杉族群有3株巨大倒腐木及枯立幹，胸徑各為127及108公分(另1株枯腐，無法測量)，可謂壽終正寢而終其天年。最大的活木僅36公分胸徑，距離枯死立幹7公尺及5公尺，很可能就是其中之一死木的子嗣；次一級的活木，徑為23及26公分2株，距離最大活木為17及26公尺距離最近枯死木則為5及10公尺，因而推定亦是巨大枯死木的後代。雖然，次大的枯死木胸徑為43公分，而次大活木與之距離為11及18公尺，也有些微可能性是其後代，但遠不如是最大枯死木的後代恰當。

胸徑10~20公分的少壯樹分別為18、20、11、11、17、17、11公分，其中4株及3株各集中一處，前4株距離最近大枯死木為0.5、2.5、3.5、7公尺，距離最大活木為15.5、16、19、21公尺，距離次大死木為11、12、15、17公尺，筆者認為這4株少壯木仍很可能是最大枯死木的後代；另外3株少壯木雖然距離最大活木、次大枯死木，比距離最大枯死木近，但相差不大，皆在下種範圍，難以區別。因此，這些少壯木仍然很可能是最大枯死木的最後一波子代。至於10公分以下的苗木，較集中於次大死木及最大活木附近，才有可能其子嗣。

換句話說，20~40公分胸徑的冷杉壯木，皆是目前枯腐木不同時段的後代，只有10公分以下的苗木才可能是最大活樹的種苗。

據此，幾可斷言，冷杉在現地的天然更新是毫無疑問，只是同株母樹下種成功的間隔年數較長。若以10公分徑級間隔看冷杉族群的年齡結構，從活木到枯死木足以形成典型的反J型，因而似可宣稱，冷杉林在此「鐵杉—冷杉社會」中，達到所謂極相的條件。

③ 就胸徑10公分以下的冷杉苗木視之，活木有8株、死木有4株，除3株活木在冷杉枯幹下，處於疏遠距離以外，其餘11株死活木皆集中在直徑8公尺的圓圈中，且此位置大抵在最大腐倒的鐵杉下。可以說由老死鐵杉所讓出的生態區位，冷杉與鐵杉的小苗皆前來搶地盤，且受母樹位置及最大下種處所決定。推測混生林型的天然更新即是這等模式，即冷杉與鐵杉隔代互調位置的空間交錯模式。此乃因母樹的下種少在自己樹幹下育苗，而傳送種苗到近旁的其他樹木者多之故。

以死活的位置言之，在枯腐崩落的鐵杉旁，距離該死鐵杉幹基5公尺範圍內，冷杉苗木3株已死、1株半死，活苗木有3株，但不保證可繼續生長或存活；5公尺以外則3株皆為活苗木。很可能死枯幹附近對苗木成長存有若干負面影響。據此推論，老死枯幹存留相當時期，其可阻礙苗木建立及存活，加重間隔下種的效應，形成冷杉、鐵杉的年齡結構存有所謂「代溝」現象，直到腐解殆盡，才能漸次讓位給新生代。

④ 在此鐵杉族群佔據較大優勢度的林分，其最巨大的鐵杉活木胸徑達173及159公分，可視為當地之母樹。其所下種長出的第一子代，也就是現存壯木徑級33-45公分範圍者計有7株，但其間間隔了110公分左右(表8)，間隔枯死木亦然(表9)。依據在阿里山海拔2300公尺所測300年樹齡的胸徑59.8公分之標準木估計，平均年增加直徑0.192公分，(冷杉約0.143公分)，則此最巨大2株鐵杉樹齡約在800~900年；現存第一子代則樹齡約在170~230年間，以200年計，則至少有600年期間的斷代，或說200年前至800年前期間，該地除了該2株巨木存活下來以外，全無其他樹木留存。究竟這600年空檔是否遭受火災、山崩或其他災難，將也許存在過的樹木摧毀也未可知。但在200多年以來，鐵杉漸次拓殖，冷杉亦伴隨發展。若將20~30公分視同第2波子代，也就是今之100~150年生者，計有31株；將10-20公分視同第3波子代，亦即50-100年生者，計有46株；50年生以下者有21株，呈現下坡現象，且其範圍內的死立小苗、喬木達20株。或許可以說，第3波子代時，該林地可以拓殖的生態棲地或區位(niche)已將近被填滿，因而其後的小苗即令可萌發，其猝死亡率亦甚高。在本林分林木之死亡率，隨林木年齡遞減而增高。

以此林分為例，鐵杉族群更新茁壯的連續波次，其時間可綿長約200年。則先前留白的600年是否曾有1~3次更新或被火災摧毀是皆未知，但有此可能性。

凡林木密集處死木較多，可推測其競爭較激烈所致，也符合自我疏薄(self-thinning)現象。此枯死作用將隨時間進行而持續之，但致死機制，包括光度、最低空間需求量或其他條件如枯倒木之影響等等，尚待生理生態之研究。

如同冷杉之更新木多趨向非其母樹下，鐵杉更新木亦多見位於冷杉旁或非母樹旁。

第5樣區亦是「鐵杉—冷杉社會」之林分，但林下土壤化育較佳，惟並非良好的深土層，因而本樣區與第3樣區岩石立地的最大差異，即存有林下塊斑狀、高約1公尺的玉山箭竹族群。樣區內灌木有厚葉柃木、大枝掛繡球、紅毛杜鵑等；地被植物則苔蘚佔總面積之50~60%，餘如玉山鬼督郵量稍多，斑紋鹿蹄草偶見。

本樣區之鐵杉有43株，包括3株枯死幹，1株胸徑65公分者有火燒炭末痕跡；冷杉有20株，全活。其胸徑級與株數如表10及11。

表10. 第5樣區內喬木胸徑組級及株數，以3公分為間隔

株直徑級數 (cm)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	
樹種																							
鐵杉			1	2	3	6	2	6	4		2	4	2	1									1
鐵杉枯死木					1																		
冷杉	6	1				1			1			1	1		2		1	1	1		1	3	

表10(續)

株直徑級數 (cm)	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	
樹種																						
鐵杉	1						1	1							1	1						1
鐵杉枯死木															1							1
冷杉																						

表11. 第5樣區內喬木胸徑組級及株數，以10公分為間隔

株直徑級數 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
樹種													
鐵杉	2	12	10	9			2		2	1		1	1
鐵杉枯死木		1										1	1
冷杉	7	1	1	2	2	3	4						

據此，假設本林分之最巨大鐵杉約為660年樹齡，其次約600年、575年、460年、350年、205年、140年、130年以降至60年生。約在200~350年前之間存有較大間隔之外，殆為可接受的「連續」更新下種者；冷杉亦為「連續」下種拓殖，但本林分所受人為干擾較大，且先前有火災痕跡。配合第3樣區，似乎可推測此地區在200多年前曾有大火災發生。

本樣區兩優勢木推測亦可長存，玉山箭竹之存在似乎對更新無顯著影響。而自然生態系之運作存有諸多概率、意外，所謂模式的單純化往往只是方便某些狀況的解釋罷了，因而樣區5固與樣區3大抵依循冷杉、鐵杉並存且更新良好，欲求模式化的一致性恐非事實。

第4樣區為「冷杉—鐵杉社會」，因冷杉略佔優勢，但老木枯死多。冷杉雖有39株編號，死木卻佔9株；鐵杉編有33株，死木只有3株，故兩族群約平分秋色，但緊鄰樣區外半枯死大鐵杉下，存有22株高約5公尺，胸徑在30-15公分的冷杉小樹，故將冷杉列為社會領導優勢種。

第4樣區的枯倒木甚多，縱橫雜陳，林地土壤化育亦不佳，但局部地區玉山箭竹約有3~4叢聚存在。林下種組成除玉山箭竹之外，三裂葉冷清草及玉山鬼督郵的個體數甚多，唯生物量低。其餘物種只登錄有厚葉柃木及川上氏小蘗。苔蘚類約有7種，佔林床覆蓋度約40%；地衣約3種、菌類見有約3種。

優勢木的胸徑組級如表12及13。

表12. 第4樣區內喬木胸徑組級及株數，以3公分為間隔(邊緣植株亦計入)

株直徑級數 (cm)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	
樹種																							
冷杉	1	2	1	5	2	2	1		2	2	2	1	2				1		1			1	1
冷杉枯死木	4	1					1			1	1												
鐵杉		1	1		3	3	2	2	7	3	4	3	3	1			1						1
鐵杉枯死木									1				1										

表12. (續)

株直徑級數 (cm)	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	
樹種																						
冷杉		1		1			1	1														
冷杉枯死木					1				1			1			1							
鐵杉																						1
鐵杉枯死木				1				1														

表13. 第4樣區內喬木胸徑組級及株數，以10公分為間隔

株直徑級數 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
樹種													
冷杉	5	8	5	5	1	1	2	2	2				
冷杉枯死木	5	1	1	1			1		1	1	1		
鐵杉	4	16	15	11	1	1							1
鐵杉枯死木		1	1				1	1					

本林分的老冷杉皆可謂終天年而死，從冷杉枯倒木位置旁檢視存活物種係以鐵杉為主，與先前所稱天然更新互換位置如出一轍，最主要的原因可能係受制於下種的位置之所致。而樣區邊緣一株半死的老鐵杉旁，合計存有約22株冷杉的苗木及小樹。其餘樣區中冷杉、鐵杉個體相間，大抵依循下種模式而更新。

從表12及13可知，冷杉族群若將死活木連同計算，70公分胸徑級以下自成反J型結構；鐵杉在60~10公分間者亦然，雖然兩種皆呈現明顯「代溝」，此乃因針葉樹非年年下種、年年長苗，且樹齡較長或火災等干擾之所致，與先前樣區一樣？

此一立地顯示，冷杉與鐵杉在此東北坡向平緩地形之上，更新良好，無論在玉山箭竹叢中或土壤化育不佳之處皆然。本樣區內大規模倒木交錯，景觀甚為奇特，其為純自然老死仆倒或枯立腐毀，在台灣高地提供吾人可資直接觀測的實例殊為難得。

### (3)鐵杉分布上限的冷杉林樣區

第2樣區海拔約為3,122公尺，位於由連理山往新康山途中的高聳獨立山稜平鞍，調查面積21×21平方公尺。整個林分正處於冷杉老齡木傾毀，新生代茁壯的階段。登錄的冷杉植株高達132(計量者118)個編號151幹，其中死亡者有26個編號30幹；鐵杉僅有7株11幹，包括枯死者1。而無胸徑記錄的冷杉小苗，另有12株。

此樣區代表進入純冷杉林分邊緣，鐵杉上限地域，而或因多破空的更新階段且位居寬闊稜的部位，物種歧異度較高，玉山箭竹僅在樣區下方土壤層較厚地區存在，餘大抵為化育不良生育地。個體數較多的林下植物有山酢醬草、三裂葉赤車使者、玉山鬼督郵，正是典型冷杉林下的指標種，但本樣區混合有部分鐵杉林下種成分，故除上述3種之外，另有腰只花、愛冬葉、高山露珠草、中國地楊梅、冷杉異燕麥、台灣鹿



藥、虎杖、密鱗鱗毛蕨、矮菊、擬烏蘇里瓦葦、寬葉冷蕨、小穎溝稈草等；灌木則有台灣馬醉木、川上氏小蘗、高山薔薇、台灣茶藨子、玉山箭竹等。苔蘚植物約披覆林床50~60%，大約有5種，地衣約有3種。

樣區內喬木胸徑組級如表14及表15。

表14. 第2樣區內喬木胸徑組級及株數，以3公分為間隔

株直徑級數 (cm)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	55	61	76	80	86	90	100	126	
冷杉	13	12	13	17	6	11	9	8	8	7	8	2	2	2										
冷杉枯死木	3	10	1		4			1								1	1	1	4	1	1	1	1	
鐵杉		1	1		1	1	2	2	1					1										
鐵杉枯死木																1								

表15. 第2樣區內喬木胸徑組級及株數，以10公分為間隔

株直徑級數 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	130
冷杉	35	36	30	12	2						
冷杉枯死木	14	4	1			1	1	5	2	1	1
鐵杉	2	3	4	1							
鐵杉枯死木					1						

本林分可謂「典型」的冷杉更新林，因為其反映最基層層次的更新現象，也就是由老死枯腐木讓出空間或生態區位，直接給予苗木拓殖的現象，到老一波林木全部自然死亡（55-126公分胸徑），讓位給50公分以下徑級的新反J型旺盛發展的年青族群的代表性林分。而少量的鐵杉顯然亦利用枯死冷杉的區位，趁機與冷杉種苗一齊介入拓殖者，但至20公分級以下亦呈現衰退現象，雖則其仍可藉助下一波枯腐木的空隙圖存。

換句話說，在苔蘚林下型或至少部分玉山箭竹型，台灣冷杉隨時因應老死木讓出生態區位的更新不斷發生，但不像闊葉苗木之高度耐蔭性，因而冷杉及鐵杉的更新存有無規則性的「代溝」現象。

而超過55公分以上大樹全部死亡，亦可推測係200多年前的一場大火所引起，問題是，其焚毀木不可能延續迄今，此所以斷定為自然老死而兀自更新的理由之一。目前10~50公分的冷杉族群，推測係由老死木所下種者，但10~20公分以下者，應係今之壯木所下種，惟高密度則高死亡率，目前以降，苗木將維持一段長時期的高死亡率，因而筆者推論，冷、鐵杉苗木的生長之與需光度的生理生態研究可解決部分更新的關鍵問題。

#### (4)更新中林分的假設性結論

綜合上述5個樣區之解析，可推得下列假設性結論：

① 冷杉在其分布下限區之更新，係俟林木老死或生育地受干擾後之破空，逢機萌長而適存，所謂逢機即種源及有無其他物種之競爭等不定性。在此區域通常難有連續更新之發生。

② 冷杉與鐵杉混生林區，也就是兩者過渡帶（調查區約在2,800~3,100公尺）範圍內，兩者約略形成交互替代方式更新，或更精確的說，若為冷杉或鐵杉純林分，則活躍式的更新發生於老木腐倒，讓出空間或生態區位之際；若為混生林分，則往往冷杉苗木進佔鐵杉枯腐木的生態區位，鐵杉苗木則進據冷杉老木讓出之空間。

③ 冷杉純林帶範圍中，其天然更新健全穩定的進行，無論土壤玉山箭型、苔蘚型或交會型皆然。然而，冷杉的苗木並非年年拓殖者，其端視環境之有無鬱閉破空（或老木讓位）、下種時機種源、其他競爭而定，從而推論苗木成長需光度為可能性最重要的限制因子之一，宜作生理生態研究。

④ 上述健全穩定的天然更新與之闊葉林不同，必須以較寬闊的年齡組級（例如10公分）計算，始得所謂反J型結構，其若以較大面積統計，例如邱欽堂(1931)之0.299公頃，則自成反J型之長存態勢呈現；若以較小面積統計，例如本研究之樣區，則出現許多斷代，此乃因許多老木一齊（或一段時期）崩解，引發較大規模的更新，再進行自我疏薄，因而長成壯齡木之際，好似林業界人士所稱「同齊型」、整齊得好似「人工林」，但事實上冷杉並非如低海拔山黃麻等之單代波次（陳玉峰，1987），而且其在高地更新時期甚長。

⑤ 上述更新時期，設以3公分間隔且其最長連續者，如表6、8、10、12、14為例，鐵杉為18公分(42-24)、27公分(30-3)、15公分(27-12)、27公分(42-15)、12公分(27-15)，換算得各約94年、114年、78年、141年、63年的更新時間；冷杉為9公分、17公分(表12)、39公分(表14)，換算得63年、119年、273年。設以10公分為間隔，其最長連續更新時間，如表7、9、11、13、15、為例，鐵杉為50公分(70-20)、40公分(50-10)、30公分(40-10)、50公分(60-10)、30公分(40-10)，換算得各約260年、208年、156年、260年、208年；冷杉為10公分(50-40)、30公分(40-10)、60公分(70-10)、80公分(90-10)、40公分(50-10)，換算得70年、210年、420年、560年、280年。也就是說，冷杉的連續更新時期比鐵杉長，且可超越其一般樹齡，因而在同一局部小區域內，冷杉的天然更新殆無疑問。

⑥ 至少，可以確定者，本調查之樣區，冷杉、鐵杉的確自天然老腐木旁更新而出，是為實證不疑。

冷杉林、鐵杉林常以少數老木夥同壯幼木族群並存，且其間往往有數百年長時期欠缺林木，推測其與高地森林火災及山崩有關。

#### 2. 航測全台性統計的解釋

檢查1959~1973年第一次航測及地面調查數據，將針葉林相關者列出如引用文獻，其中，可作業林地列有冷杉者大致有12個事業區，足以代表全台冷杉林的概觀全貌。茲將其直徑級及株數轉引製成表16。

雖然筆者無法評估此一調查落至各事業區之多少株冷杉乃至各胸徑組級株數的準確度若干，但至少可得相對性數據。全台大約有464萬株冷杉，其中，胸徑在10~25公分者最多，計有42.51%；胸徑40公分以下者佔80.49%，也就是說8成以上的冷杉，其樹齡約在280年以下；胸徑50公分以下佔88.99%，亦即大約9成的冷杉，樹齡在350年以下，換句話說，邱欽堂(1931)所調查的玉山東峰下的族群甚具代表性；胸徑60公分以下佔94.28%；胸徑70公分以下佔98.04%；1,000株冷杉中，約有2.4株胸徑大於1公尺，但此等大徑木似只見於木瓜山、楠梓仙溪、大雪山、大甲溪及南澳事業區等地。

若以10公分組級計算，得表17，即上述之敘述。

表16. 台灣冷杉在各事業區直徑級及株數統計(轉引自臺灣省農林航測隊, 1959-1973)

事業區	老濃事業區		大雪山		大甲溪		玉里		木瓜山		秀姑巒	
	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%
直徑級(cm)	05	93336 19.03	24288		97730		6.1	4998 1.11	152807	13.50		
	10	35075 7.15	60328		120555		12.3	16369 3.64	138662	12.25		
	15	62542 12.75	183335		277780		29.8	45392 10.10	163988	14.49		
	20	78914 16.09	164314		188906		35	38466 8.56	120671	10.66		
	25	82630 16.85	196306		208124		6.5	68513 15.25	128672	11.37		
	30	39396 8.03	86038		86057		4.5	51201 11.40	81619	7.21		
	36	25219 5.14	63708		56791		3.5	27567 6.14	51082	4.51		
	40	24083 4.91	54605		41955		1	29820 6.64	66382	5.86		
	45	20447 4.17	33106		34758		0.8	32013 7.13	44764	3.95		
	50	13165 2.69	25271		19285		0.2	27514 6.12	47826	4.23		
	55	7698 1.53	15576		21374		0.3	31580 7.03	29584	2.61		
	60	4116 0.84	7389		17843			26765 5.90	27346	2.42		
	65	780 0.16	9591		16765			14172 3.15	19457	1.72		
	70	1501 0.31	148746		10227			16908 3.76	17712	1.56		
	80	1090 0.22	5069		6847			8221 1.83	19495	1.72		
	90	410 0.09	2421		4092			6647 1.48	10945	0.90		
	100		607		2264			217 0.05	6662	0.59		
	110		731		651			1036 0.23	3298	0.29		
	120							1882 0.42	1019	0.09		
	130											
合計		490402	947557	1207004				733308	1589991			

表16. (續)

事業區	大濁水溪右岸		楠梓仙溪		林田山		南澳		巒大		八仙山	
	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%
直徑級(cm)	05	—	28610 5.63		813 1.12		21591	—	—	13200 10.71		
	10	—	57874 11.39		507 0.70		19131	—	—	18480 15.00		
	15	1840 7.57	70186 13.81		10416 14.41		7300	—	—	7040 5.71		
	20	1840 7.57	65799 12.95		8026 11.10		8323	693 3.68		14080 11.43		
	25	368 1.51	66914 13.16		11079 15.33		15346	4853 25.81		19360 15.72		
	30	744 3.06	50208 9.88		7520 10.40		11566	4160 22.12		10560 8.57		
	36	2584 10.63	37380 7.35		4723 6.54		10347	2999 15.95		10560 8.57		
	40	3320 13.65	25738 5.06		10766 14.90		13153	2305 12.26		11440 9.29		
	45	1840 7.57	29850 5.87		4823 6.67		9892	1959 10.42		10560 8.57		
	50	2216 9.11	16316 3.21		6293 8.71		12874	693 3.68		3520 2.86		
	55	1104 4.54	13678 2.69		407 0.56		8411	—	—	1760 1.43		
	60	3312 13.62	12038 2.37		1977 2.74		11443	—	—	1760 1.43		
	65	1840 7.57	9366 1.84		50 0.07		9925	—	—	—		
	70	1472 6.05	15414 3.03		1827 2.53		11212	—	—	880 0.71		
	80	1472 6.05	4882 0.96		1320 1.83		4359	1144 6.08		—		
	90	368 1.51	1584 0.31		401 0.56		669	—	—	—		
	100	—	1253 0.25		1320 1.83		223	—	—	—		
	110	—	725 0.14				446	—	—	—		
	120	—	264 0.05				446	—	—	—		
	130	—	264 0.05				223	—	—	—		
合計		24320	508343	72268	158960	18806	123200					

表17. 全台冷杉胸徑組級及株數百分率表

直徑級 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
株數所佔%	16.3	24.8	26.8	12.4	8.5	5.29	3.76	1.16	0.59	0.27	0.15	0.08	0.08
	9	2	4	4									

然而, 該調查並無明確之苗木記載, 或說對小苗忽略, 因而10公分或5公分以下徑級必然較事實偏低甚多, 無論如何卻仍可顯示冷杉族群並不符合反J型年齡結構, 雖然吾人可以反駁此等統計意義已非極相所稱反J型年齡結構的意涵, 但多少可看出此一存在台灣超過數十萬年或百萬年以上的樹種, 其在近世的持久更新雖無疑問, 卻應依據前述「表面上存有代溝」的更新方式行之。

任何研究台灣植被生態者大概不致於懷疑冷杉正趨向衰退, 但易對冷杉林是否符合極相抱以懷疑, 從全台數據仍然可查覺此等問題。其原因筆者認為可從本文上小節所述思考。

遺憾的是, 筆者無法從全台數據中得出精確的敘述或關於天然更新的啟發; 再從各事業區考量, 則仍會加重「代溝」現象的印象, 或某組級突然從上下緊鄰兩組級間突降或突升。

以下則依據各事業區關於冷杉林型之天然更新之敘述舉例摘錄之。

八仙山事業區: 冷杉林型分布於2,600~3,200公尺, 地表多係玉山箭竹, 天然更新以冷杉為主; 冷杉更新苗發生率為0.1% (僅一個小樣區)。

南澳事業區: 純林的冷杉林型為主, 亦與鐵杉混生, 分布2,700~3,300公尺, 更新苗以冷杉、鐵杉為主。

大雪山林區: 冷杉林型林下草以玉山箭竹為最多, 達96%; 天然更新百分率為1.5。設每公頃內有2,500株幼苗稱為100%幼苗發生密度, 則冷杉林有90.3%在25%以下的發生率、25~38%發生率者有3.2%、62~88%發生率者有6.5%。

丹大事業區: 冷杉林型2,700~3,400公尺, 地表以箭竹為主, 更新苗主為杉、次為松類; 冷杉、雲杉林型更新機率為4.6%。

木瓜山事業區: 冷杉林型2,700~3,400公尺, 地被以箭竹為主, 常有松樹之天然更新幼苗侵入, 但優勢苗木仍為冷杉、鐵杉; 更新機率0.51%。

關山事業區: 冷杉林型2,900~3,400公尺, 以箭竹地被為主, 更新苗為冷杉、鐵杉。

秀姑巒事業區: 冷杉林型2,800公尺以上, 地被多箭竹, 天然更新幼苗多為冷杉。更新機率為0.59%。

大濁水右岸事業區: 2,500~3,600公尺冷杉林型, 地表以箭竹為主, 更新苗為冷杉, 次為鐵杉、松類。

事實上所謂「更新機率」對冷杉林之更新並無意義, 因其數據係由冷杉林分之有新苗樣區數, 除以全部調查樣區數 (含所有林型) 而得, 並非冷杉林中有更新苗之比例。但大雪山林區的后段數據則顯示大多數冷杉—箭竹林型, 每公頃的更新苗在1,125株以下; 6.5%的林分, 每公頃苗木在1,550~2,200株。

依據此等資料可得冷杉林地以玉山箭竹為絕大部分的類型, 且更新苗皆以冷杉為主, 乍看之下, 似乎說明玉山箭竹之下, 冷杉苗足以充分更新。

#### 四、結 論

本調查係針對冷杉形態、物候生長及與環境之相關觀察敘述，初步認定冷杉的形態與台灣常態降雪有關，其適應機制包括樹形、枝椏、小樹的滑落降雪等等，並且，冷杉與鐵杉交會區即一般降雪的終止線，從而推論台灣大氣候變遷中，左右冷杉及鐵杉上遷或下移，降雪應為直接限制因子或環境壓力之一（陳玉峰，1993；1995）。一般形態及物候結論見於結果所述。

從冷杉根系與立地的檢查，得知其生態幅度寬廣，跨越各坡向、坡度等地形及土壤不等化育程度效應，但樹高或可反映森林界限附近，基質係限制因子之一。另一方面，冷杉林三大類型亦與基質類別互為指標，但皆複雜之相關，宜進一步作全台冷杉林之分類調查。

冷杉之直立幹為正常型，其變型多發生於極端惡地或災難頻繁地區。在玉山至玉山北峰稜線上之駢幹、多分直立小枝幹、旗形樹，以風力為主要致因；冷杉之開花、結實雖有類似間隔4年的循環，但尚不足論斷其為規律。而開花、結實的植株，在冷杉林緣顯著大於林內，且一般植株必須大於胸徑20公分或樹齡35年生以上的始得開花，但陽光充足或立地條件惡劣處，有提前開花現象，或可進行r-，K-selection的研究，或進一步大規模統計林內、林外、林緣、獨立小叢、單株之豐年至兇年的開花結實比例，且種子可維持多長時期的發芽、萌長率，亦待夥同需光量之研究一併進行。

此一林緣開花結實率的差異，提供鬱閉森林內下種更新的機率遠較林緣為低的思考，可衍伸森林內部之更新，必須等到老木枯毀，刺激近旁其他植株，使之產生大量花芽、毬果，引導種源之大量產生，提供種源因而進行天然更新之迅速進展之推測，是以本研究三、結果與討論(三)-1.節中，進行老枯腐木雜陳的階段得以發生旺盛的更新波次，此即本研究重點推論式結論之一。當然，另一面向的思考，亦即種苗成長條件的生理現象亦必須進行研究，始得較完整提供解釋。

冷杉林緣永久小樣區的設置則將持續觀察拓展之實證，用以檢驗種苗發生、成長之與開花結實率之有無必然相關，以及其他拓殖數據。

本研究在冷杉林的天然更新議題上，取得更新甚佳實證樣區，直接證明冷杉林在苔蘚型、玉山箭竹型林地皆得健全直接作現地更新。冷杉在其分布下限區的更新，傾向逢機發生，較難有持續性一地長存之更新型態發生；冷杉與鐵杉混生林帶範圍以及往上冷杉純林中，兩者皆可進行一階段、一階段長時期連續天然更新，但此類「階段性」發生期大抵由一波波老木天然死亡、腐倒所讓出的空間或生態區位，好讓苗木可資發生、拓殖，且在一階段（數十年至二百多年）尾端，則苗木的死亡率增高，代表可用空間、區位耗盡，隨後僅零星少量發生，因而時而形成整齊之「同齡階」純林。而此現象之細部機制，可透由冷杉等之植株開花、結實、下種之隨老木或森林鬱閉程度之階段變化，加以檢驗本推導結論是否原則大抵正確。本現象隨進入冷杉純林分中益加顯著。至於冷杉與鐵杉在混生林地中，個體植株將因此現象，產生兩者交互替代的空間互換更新方式。然而，此一假說，尚待進一步生理生態及野外更多實證數據之佐證及檢驗、修訂。除了冷杉、鐵杉生物族群特性之外，環境逢機性變動，包括火災及山崩等等因素，可以極短時間內改變長期之規則、順序或模式，而出現諸多例外現象。

全台航測及地面林業方面的調查數據，雖不能直接產生明確細部之引證，仍可指出此等針葉林之更新異於闊葉林所謂極相之連綿波次，而對玉山箭竹型的冷杉林，亦粗略提供更新無阻的印象。

#### 五、引用文獻

- 台灣省林產管理局、台灣省農林航空測量隊，1959a。玉井事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第1號，共17頁。
- 台灣省林產管理局、台灣省農林航空測量隊，1959b。恆春事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第2號，共27頁。
- 台灣省林產管理局、台灣省農林航空測量隊，1959c。荖濃溪事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第3號，共47頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1959d。大雪山林區森林資源調查報告，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第4號，共48頁。
- 台灣省林務局、台灣省農林航空測量隊，1960a。太平山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第6號，共32頁。
- 台灣省林務局、台灣省農林航空測量隊，1960b。大甲溪事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第7號，共32頁。
- 台灣省林務局、台灣省農林航空測量隊，1960c。玉里事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第8號，共27頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1961a。竹東事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第9號，共36頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1961b。丹大事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第10號，共48頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1961c。研海事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第11號，共35頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1962。里瓏事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第13號，共57頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1963a。木瓜山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第14號，共57頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1963b。台東事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第15號，共47頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1964a。關山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第17號，共44頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1964b。文山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第18號，共59頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1964c。台灣省立中興大學實驗林能高林場土地利用及森林資源調查報告，台灣省農林航空測量隊調查報告第19號，共103頁。
- 台灣省農林航空測量隊，1964d。秀姑巒事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森

- 林調查報告第20號，共53頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1964e。大濁水右岸事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第21號，共62頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1965a。楠梓仙溪事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第22號，共69頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1965b。濁水溪事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第23號，共62頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1966a。林田山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第24號，共57頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1966b。阿里山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第25號，共56頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1967a。大武事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第26號，共55頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1967b。大溪事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第27號，共56頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1967c。大湖事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第28號，共54頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1968a。南澳事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第29號，共48頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1968b。巒大事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第30號，共63頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1969a。台灣省林業試驗所六龜試驗林森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第31號，共90頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1969b。潮州事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第33號，共59頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1970。太巴壠事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第36號，共73頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1971a。羅東事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第41號，共80頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1971b。宜蘭事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第42號，共75頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1972a。旗山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第44號，共89頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1972b。竹山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第45號，共76頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1973a。屏東事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第46號，共107頁。  
 台灣省農林航空測量隊，1973b。八仙山事業區森林資源，台灣省農林航空測量隊森林調查報告第47號，共117頁。  
 汪淮，1965。台灣經濟樹材解剖性質之研究(I)。台灣省立博物館科學年刊，8: 17-35。

- 李春序，1958。台灣產松柏部植物(Coniferales)之木材解剖。台灣省立博物館科學年刊，1: 55-76。  
 洪良斌，1951。臺灣冷杉生長之查定。林業試驗所通訊，64: 477-481。  
 斯煒，1948。玉山之植物社會。玉山科學調查附刊，48頁。  
 楊武俊，1984。台灣經濟樹種開花結實及種子發芽形態之研究，林試所試驗報告第413號，共80頁。  
 陳玉峰，1987。植生綠化試驗，游以德編，台北市內湖掩埋場土地再使用之研究，63-99頁，台北市政府研考會印行。  
 陳玉峰，1991。台灣高地植群的保育與經管，第二屆現代科技及應用研討會論文集235-267頁，東海大學印行。  
 陳玉峰，1993。合歡高地植群的演替，東海大學生物學研究所博士論文，共173頁。  
 陳玉峰，1995a。臺灣植被誌(第一卷): 總論及植被帶概論，玉山社，共303頁。  
 陳玉峰，1995b。台灣冷杉生態研究系列(I)——歷來研究之檢討，台灣省立博物館年刊，38: 23-53。  
 陳玉峰，1997。台灣自然史系列——台灣植被誌第二卷(上)，晨星出版社，台中市，共275頁。  
 陳振威，1967。台灣冷杉種子採集期及貯藏影響發芽率之研究，林業試驗所報告第143號，共25頁。  
 劉棠瑞、蘇鴻傑，1983。森林植物生態學，台灣商務印書館出版，台北，共462頁。  
 賴國祥，1992。台灣亞高山針葉樹林與草生地間推移帶動態結構之探討，中興大學植物學研究所博士論文，共172頁。  
 賴國祥，1994。關於台灣冷杉。自然保育季刊8: 51-55。  
 邱欽堂，1931。新高山に於けるニヒツカト"アツク"の林分調査。シユビク(1): 9-23。  
 Li, H. L. and H. Keng. 1954. Icones gymnospermum Formosanarum. *Taiwania* 5: 25-84.  
 Liu, T. S. 1971. A monograph of the genus *Abies*. *Natl. Tai. Univ. For. Dept.*, 608 pp.

## A Series of Ecological Studies on *Abies kawakamii* (II): Ecological Observations and Natural Regeneration

Yueh-Fong Chen<sup>(1)</sup>

(Manuscript received August 1997; accepted 30 September 1997)

**ABSTRACT:** This study has revealed that there are close associations between tree shapes, branch forms, and leaf arrangement of *Abies kawakamii* and its adaptation to snowfall. It has also been observed that the ecotone of *Tsuga formosana* and *Abies kawakamii* coincided with the snow line. The atmospheric climate changes in Taiwan may have provided direct environmental pressure on forest communities through snowfall so that *Tsuga* invaded and *Abies* retreated upward after the glacial epoch. *Abies* can root in rock cracks as well as in loamy soils. Tree height and classification of three major stand types of *Abies*, including those at timber line, are all related closely to soil quality. However, tree shapes are associated with local wind velocity. Rates of flowering and seed maturation of edge trees are significantly greater than those of trees in closed stands. In this context, and combined with natural stand regeneration experimental results, the study proposes a hypothesis that natural regeneration occurs after the death of an old mature tree. Its leaves and twigs deteriorate and decompose gradually to form a break in the crown. The resulting opening enhances the flowering and seeding rates of neighboring trees. Subsequently, the crown opening enlarges as the decaying process progresses to provide a new ecological niche for the seedlings. By the time the old tree falls, the seedlings has grown to sapling size. Furthermore, after the tree falls a new growth niche will be created again. Again new seedlings appear and seek growing space to survive. From the time a dead tree falls to the ground until the time it is completely decomposed forms a new colonization phase. A series of events such as tree death, tree fall and decomposition will synchronize a regeneration processes that may take several tens of years. If many trees die simultaneously within a short period of time, a large opening will be generated and consequently, unless a large amount of mortality happens within a short period, the length of the regeneration period of *Abies kawakamii* will extend over 200 years, or even longer than 500 or 600 years.

**KEYWORDS:** *Abies kawakamii*, Regeneration.

## 國家公園內休閒農園發展型態之研究— 以陽明山國家公園竹子湖地區為例

林晏州<sup>(1、3)</sup>、陳惠美<sup>(1)</sup>、黃文卿<sup>(2)</sup>

(收稿日期:1997年10月03日; 接受日期:1997年10月24日)

### 摘 要

本研究主要目的為探討休閒農園於國家公園發展之可行性，並針對竹子湖地區炒青菜餐廳所造成之環境衝擊提出具體改善方案。藉由與現地遊客、竹子湖地區炒青菜業者與陽明山國家公園經營管理者訪談，對本區遊憩供需與經營管理三方面做整體考量後，本研究提出兩種國家公園發展休閒農園可行方案，並建議在餐廳業者自備停車場、污水處理系統等設施並接受管理處對於垃圾處理、建築外觀與招牌設計的監督輔導之下，陽明山國家公園管理處應設法修改一般管制區土地使用分區管制要點，考慮在位於一般管制區第三類使用之竹子湖地區容許適度的提供餐飲設施。

**關鍵字:** 陽明山國家公園、竹子湖地區、休閒農園、炒青菜餐廳

### 一、前 言

休閒農業基本上是農業遊憩 (Agri-recreation) 或農業觀光 (Agricultural Tourism) 概念下的一種方式，為一項近年來發展以結合農業生產與休閒遊憩之新興農業經營事業。此種農業發展係基於多目標功能的政策，而具有經濟、社會、教育、環保、遊憩、醫療和文化傳承等功能 (陳昭郎、段兆麟、李謀監、方威尊, 1996)，因此不僅將農業由一級產業晉升為三級產業，提高農民收益、富麗農村，更可增加國人遊憩機會、體驗農村生活。

政府自民國七十九年開始計畫發展休閒農業以來，觀光果園、觀光茶園、休閒漁場、休閒林場、觀光花園等各式休閒農園如雨後春筍般於全省各處陸續設立，民國八十一年進一步制定「休閒農業區設置管理辦法」對於休閒農業區與休閒農場之設置面積、土地使用、使用項目與設施等加以規範，民國八十五年重新檢討將之修訂為「休閒農業輔導辦法」。此辦法適用範圍為經由省(市)或縣(市)之地方政府核准劃設的休閒農業區，並未考慮國家公園內土地。然而對於以保育、遊憩、研究為主要目的而設立之國家公園，在不違反國家公園經營管理與保育策略而能滿足國人遊憩需求並兼顧區內居民生存發展權益下，國家公園是否適宜發展休閒農園，而其開發方式與設置標準是否應有別於一般都市或非都市土地，則是本研究主要探討的範疇。

1. 國立台灣大學園藝系暨研究所造園組，台北市 106 羅斯福路四段一號。  
2. 內政部營建署國家公園組，台北市 105 敦化南路二段 333 號 14 樓。  
3. 通信連絡員。

1. The Providence University, 200 Chungchi Road, Shalu, Taichung Hsien 43301, Taiwan, Republic of China.