

棲山 160 線檜木天然永久樣區動態監測 ...

森保處委託國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

一、計畫摘要

保育經營森林是求其永續性，為使檜木資源保育與利用更能落實在經營上，行政院退輔會森林保育處於棲蘭山檜木天然林區域以集水區為單元進行森林生態系經營之基本生態資料調查與評估。民國 87 年和 88 年於 160 線林道和 170 線林道所夾的集水區進行調查，結果顯示該區域檜木資源相當豐富。為瞭解檜木天然林組成的動態變化，民國 87 年亦於 94 林班內設立永久樣區，以便進行長期監測；本計畫的研究目的為瞭解該 1 公頃永久樣區樹種組成結構與空間分布的變動情形，進行現存林木生長複查，分析探討該檜木天然林之生長與更新；並於臨近經枯立倒木整理的檜木保育更新區，設置 6 個樣區調查下種更新情形。

天然檜木林 1ha 永久樣區，1998 年樣木為 1481 株，其後 12 年期間內死亡株數為 401 株，新增林木為 2757 株，至 2010 年樣木為 3837 株。蓄積量由 1199.18 m³，增加至 1260.39 m³，檜木所佔比例由 86%降為 84%，主要因此 12 年間有台灣扁柏的大徑木死亡，闊葉樹種增加的比率大於針葉樹種，但台灣扁柏的淨生長量仍為正值。中、下層林木的平均樹冠比由 0.60±0.17、0.59±0.16 下移至 0.43±0.15、0.41±0.15，顯示中下層林木競爭已逐漸增加。

在物種組成與結構變化上，整體而言上層以台灣扁柏最為優勢，其次為薯豆，下層則以厚皮香最為優勢其次為山胡椒。資料顯示相對密度大多集中在下層物種，但相對斷面積不高，下層物種多為密度高的小徑木；相對斷面積大多集中在上層物種，但相對密度不高，上層物種多為密度低的大徑木。在林木空間結構上，本文採用最近鄰體分析法分析。結果顯示，1998 年與 2010 年台灣扁柏之中、小徑木於空間分布上皆呈聚集分布，大徑木於空間分布上呈隨機分布。薯豆之中、小徑木於空間分布上皆呈聚集分布。

160 線檜木林於 1987 年間經枯立倒木整理作業後部分地區進行保育更新作業，其中整理作業之集材線區形成大孔隙與非集材線地區部分林地有中耕整地與栽植檜木，部分林地則未進行整地及栽植造林。經 20 年後台灣扁柏已逐步下種更新成長至幼木階段，因林分冠層之異質性與不同更新作業方式，漸構成本檜木林組成與結構之多樣性。然由更新林木之生長形質與林分徑級分布等表現亦顯現壓抑現象，建議須進行撫育管理，如間伐修枝等，以改善林木生長形質及林分健康性。

整體而言該區域檜木資源相當豐富，株數密度呈現大量的增長，材積密度呈現緩慢的增長；該地區闊葉樹天然更新數量遠大於檜木，故檜木所佔的比率下降中，但目前仍

維持正成長。此期間的大徑扁柏倒木處之大孔隙並未促使檜木下種更新，而闊葉樹死亡處之小孔隙反而有較多的下種更新。其原因可能由於扁柏倒木仍佔住孔隙，而闊葉樹死亡後較易於腐爛。此外，該永久樣區位於較上坡的位置，溼度較低些，故區內只有扁柏而沒有紅檜。光度與溼度可能會影響扁柏的下種更新，未來可追蹤闊葉樹在此天然檜木林裡所扮演的生態角色。

二、背景分析

(一) 前言

保育經營森林是求其永續性，為使檜木資源保育與利用更能落實在經營上，行政院退輔會森林保育處於棲蘭山檜木天然林區域以集水區為單元進行森林生態系經營之基本生態資料調查與評估。民國 87 年和 88 年於 160 線林道和 170 線林道所夾的集水區進行調查，並在大溪事業區 94 林班(160 線林道)中取一林分面積為 41.2ha 和 95 林班(170 線林道)中取一林分面積為 40ha 進行取樣，以其樣區資料經由統計上重複取樣(Bootstrapping)方法估算立木材積，平均每公頃蓄積量可達 1100 m³，其中檜木蓄積量平均為 840m³(包括約 10%的枯立倒木)，佔林分蓄積量的比例約為 70%，此結果說明 160 線林道和 170 線林道所夾的集水區應為檜木林型區，其檜木資源相當豐富。

為瞭解檜木天然林組成的動態變化，民國 87 年亦於 94 林班內設立 1 公頃永久樣區，以便進行長期監測。依據當年調查的林木樹種、大小、位置分布等，顯示該區以台灣扁柏為主要優勢樹種，且經空間聚集檢測，台灣扁柏小徑木為聚集分布，而中、大徑木屬逢機分布。以 TWINSpan 分析將林木之更新階段分為孔隙期、建造期(中徑木期)和成熟期(大徑木期)。本計畫的研究目的為瞭解該 1 公頃永久樣區樹種組成結構與空間分布的變動以及林木競爭適應情形進行現存林木生長複查，分析探討該檜木天然林之更新型式與生長量，並就其幼木更新與臨近經枯立倒木整理的檜木保育更新區下種更情形做比較。

(二) 計畫目標

1. 監測天然檜木林之樹種組成的消長與蓄積量的動態變化。
2. 監測天然檜木林之樹種與大小在空間分布上的動態變化。
3. 比較天然檜木林與枯立倒木整理檜木保育更新區的檜木更新。

(三) 環境概述

1. 試驗地林分概況

- (1) 天然檜木林 1ha 永久樣區位於大溪事業區 94 林班，160 線林道 4.5k 處上方，坡向為西南向。
- (2) 檜木林枯立倒木整理區位於大溪事業區第 94 林班，160 線林道 1.5k 處，雪山山脈之東北側，海拔高度約 1800m，坡向為西北向，坡度較平坦，約在 10° ~ 40° 之間，位於 35° 以上者約占 15%。本林分於 76 年經枯立倒木整理後保育更新作業，面積:26.22 公頃，保育更新作業方法包括 a. 天然自生苗(前生樹)更新，b. 天然下種更新及 c. 人工栽植造林(紅檜苗)。

2. 氣候概況：

棲蘭山林區地勢西南高東北低，山脈多成東北走向，東北季風常得以順谷長驅直入，故氣候濕潤。本區氣候 7、8 月氣溫最高平均 27°C 左右，最低 1 至 2 月平均在 13°C 左右，年雨量在 1,700-2,500 mm，全年各月份的相對濕度在 90% 以上，屬重濕型氣候，常年雲霧瀰漫（森林保育處，2003）。過午後即見雲霧瀰漫，霧滴受樹冠攔截而增加局部降水量，大氣中相對濕度極高，林區內樹幹上常見蘚苔類植物著生，依台灣地理氣候區之劃分本研究區域屬於東北以及西北內陸區，以山地植群帶的區分本研究區域屬於櫟林帶上，亦是一般所稱之盛行雲霧帶(prevalent cloudzone)，氣候屬恆濕型氣候，濕度大，全年無乾季(蘇鴻傑，1984；1992)。

3. 地質與土壤：

棲蘭山檜木林地質大部分是經過變硬或變質的第三紀巨厚泥質沈積岩所組成，包括深灰或灰黑色劈理良好的硬頁岩(argillite)、板岩(slate)以及千枚岩(phyllite)等(王鑫，2000)；63% 之表土層深度在 20-50 cm，餘皆在 20 cm 以下，表土富鬆脆腐質層(邱志明等，1993)。以腐質壤土分布最廣，土壤成灰暗色或黃褐色，團粒構造疏鬆通氣良好，適宜林木生長，其次為砂質壤土、石礫土、腐質土等，土壤多呈偏酸性的反應，pH 值常在 3.5~4.5。而在急斜地及山陵線上之表土，因土壤淺薄易使林木不易生長，多為箭竹地、草生地或岩石地等。

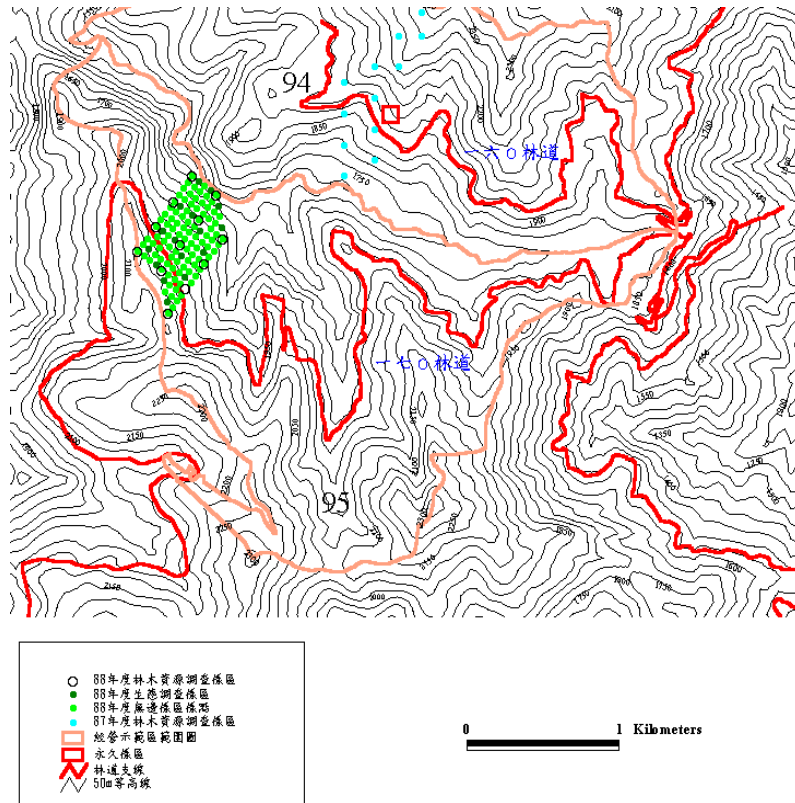


圖 1：永久樣區相關位置

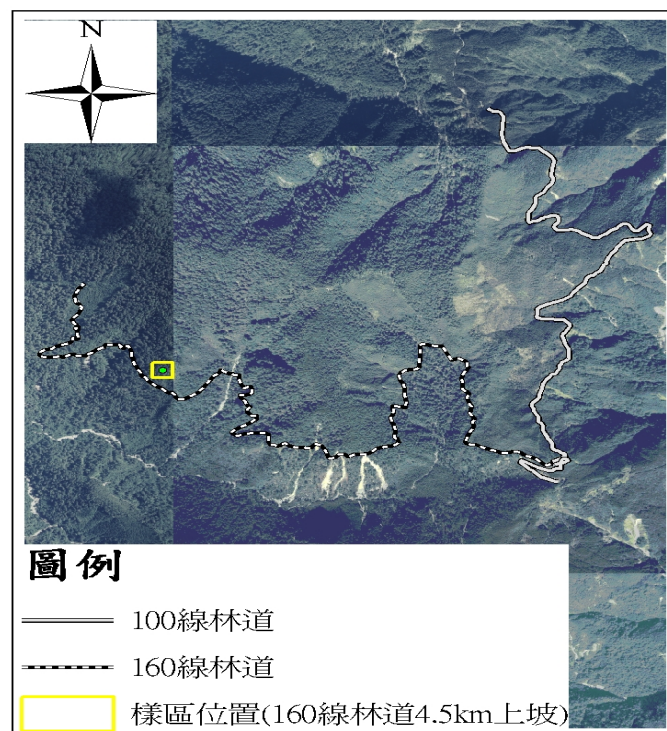


圖 2：94 林班天然檜木林 1 公頃永久樣區之影像位置圖
 樣區中心點 GPS 座標(288759, 2714351)

三、研究方法與步驟

(一) 天然檜木林永久樣區調查

1. 對象：對民國 87 年設置於大溪事業區 94 林班(160 線林道 4.5km 上坡)的檜木天然林 1ha 永久樣區進行複測。
2. 調查方式：
 - (3) 於 1 公頃永久樣區內之 25 個(20m×20m)方格次樣區複測原標定之林木，調查林木生長與枯死。
 - (4) 並標定與調查新增生立木胸高直徑 2.5cm 以上之林木。
3. 調查項目：樹種、樹高、胸徑、枝下高、林木的存亡狀態、林木位置。
4. 分析項目：
 - (1) 天然檜木林永久樣區林木徑級結構與空間分布分析。
 - (2) 天然檜木林永久樣區林木生長量與枯死分析。

(二) 天然檜木林永久樣區之樹種與大小在空間分布上的動態變化

由前述的永久樣區調查資料進行分析：

1. 優勢度

木本之優勢度以重要值 (Importance Value, IV) 表示，重要值可以顯示該種植物於當地植群所佔之優勢程度，其值越大則重要程度愈高，並以優勢度最大之特徵種類，來決定該地區之植群類型 (劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。重要值之計算公式為：

$$\text{重要值} = \frac{(\text{相對密度} + \text{相對底面積}) \times 100}{2}$$

$$\text{相對密度} = (\text{某一種之密度} / \text{樣區總密度}) \times 100\%$$

$$\text{相對底面積} = (\text{某一種之底面積} / \text{樣區總底面積}) \times 100\%$$

2. 死亡率與新增率

死亡率與新增率乃使用第一次長期動態樣區調查之資料與本次複查之資料兩者整合一同進行分析。

在死亡植株的判定上，為依據第一次調查到的物種資料，在複查期間比對位置資料與鄰近植株後，並無找到植株或有尋獲死亡遺跡者，即

判定為死亡植株；而新增植株則為依據第一次調查到的物種資料，在複查期間比對位置資料與鄰近植株後，發現無此植株之資料即判定為新增植株。其計算公式為：

$$\text{死亡率} = (\text{某物種死亡之株數} / \text{某物種第一次調查之株數}) \times 100\%$$

$$\text{新增率} = (\text{某物種增加之株數} / \text{某物種第一次調查的株數}) \times 100\%$$

3. 林木空間結構

林木空間結構是森林中樹木及其屬性在空間的分布，此定義說明森林空間結構賴於樹木空間位置，而研究林木空間格局有助理解森林建造、生長、死亡和更新等動態，及族群與環境間之關係。

林木空間分布類型描述樹木的空間分布形式，一般可分為聚集分布（Aggregated distribution）、隨機分布（Random distribution）和均勻分布（Regular distribution）（湯孟平，2010；劉崇瑞、蘇鴻傑，1983），聚集分布之個體分布極不均勻，常在一植群中形成許多小集團，每一集團密度差異可能極大；隨機分布為一族群之任何個體在空間分布有獨立性，不受其他各體影響，即在任何地點，有同等之出現機會；均勻分布之個體分布成規則狀，個體間距離一定（劉崇瑞、蘇鴻傑，1983；宋永昌，2001）。

為了了解棲蘭山 1ha 樣區內上層樹種各徑級在空間分布上是否有聚集性，故本文採用 Clark 和 Evans 於 1954 年所提出之最近鄰體分析法（Nearest-neighbour distance）分析各徑級範圍於樣區之空間分布類型，其適用於不規則形狀之樣區（趙偉村，1997），此方法採用聚集指數 R 來衡量樣品間的離散程度，為最近鄰單株距離的平均值與隨機分布下的期望平均距離之比（湯孟平，2010；Clark and Evans, 1954），其公式為：

$$R_0 = \frac{\sum r_i}{N} \qquad R_E = \frac{1}{2\sqrt{d}}$$

式中 R_0 為各植株間之平均最近距離， R_E 為植株呈隨機分布時理論上的最近距離，

r_i = 每一植株和最近植株間的距離 (m^2)

N = 所有植株個體數，

F = 樣區面積 (m^2)，

$d=N/F$ =植株密度，

$$R = \frac{R_0}{R_E}$$

式中 R 為聚集指數，介於 (0~2.1491) 之間，

若 $R>1$ 為均勻分布， $R=1$ 為隨機分布， $R<1$ 為聚集分布。

並將結果採用如下公式統計檢定呈隨機分布之顯著性，首先算出期望距離之平均偏差 S ：

$$S = \frac{0.26136}{\sqrt{Nd}}$$

之後利用 Z 檢定來測驗預測值與實際值之顯著差異：

$$Z = \frac{|R_0 - R_E|}{S}$$

如果 $Z < 1.96$ (95%信賴區間)，預期值與實際值之間沒有顯著差異，為隨機分布；

如果 $Z > 1.96$ ，預期值與實際值之間差異顯著，後根據 R 值的大小，判定為均勻分布 ($R>1$) 或為聚集分布 ($R<1$)。

但是這種方法只有在研究區域邊界以外有一長帶狀的緩衝邊界 (boundary strip) 時才是可行的。若無另外調查此邊界帶，則許多位於邊界的植株可能因為最近的植株在邊界外而非樣區內得到不正確的 R 值。對此問題 Donnelly (1978) 提出修正的公式：

$$R_c = R_E + (0.051 + (0.041/\sqrt{N})) \times (L/N)$$

$$S_r = \frac{\sqrt{0.07F/0.037L \times \sqrt{F/N}}}{N}$$

其中 L =樣區周長 (m)，

之後將 R_c 取代原本計算 R 值的 R_E ，將修正的 S_r 取代原本的 S 便完成，此修正公式適用於邊緣平滑的樣區如圓形或方形樣區。因植株數過少算出的 R 值會有誤差，故本研究採用各物種植株多於 15 株以上的徑級來計算空間分布類型。

(三) 檜木保育更新區檜木更新調查

1. 對象：大溪事業區 94 林班 1987 年枯倒木整理後於 1989 年實施檜木保育更新作業區面積 26.22 公頃。以地圖判釋與現場勘查及收集預定區的生育地與作業範圍面積等相關資訊，由地形及林相狀況，配合現場踏勘進行樣區設置規畫與調查林分組成結構。
2. 調查項目：
 - (1) 上木部分：調查包括樹種、樹高、胸徑、冠幅、林木形質與株數。
 - (2) 更新苗部分：調查樹種、樹高、胸徑或基徑 ($H \leq 2$ m 者)、林木(分枯死木與生立木)與林木形質。
3. 分析項目：
 - (1) 由檜木林樣區調查反應林冠環境
 - (2) 由各檜木林樣區更新苗密度與徑級分布分析更新式樣
 - (3) 由各檜木林樣區更新苗密度與枯死率、林木形質關係
 - (4) 比較各檜木林樣區之苗木更新潛力

(四) 重要工作項目與實施步驟

1. 過去相關資料之蒐集與整理。
2. 於永久樣區之 25 個 20m×20m 方格次樣區檢測原標定之林木，調查林木留存與生長，並標定與調查新增之徑級大於 2.5cm 之林木。
3. 於臨近枯立倒木整理檜木保育更新區依區塊與地形設置 3-5 個 20m×20m 樣區下種更新幼木數量與生長。
4. 檜木天然林樣區林木徑級結構與空間分布分析。
5. 檜木天然林樣區林木生長量分析。
6. 二林分樣區幼木更新消長與形質分析
7. 撰寫報告。

四、預定進度

重要工作項目	工作比重%及 查核項目	預 定 進 度			
		年 度			
		1-3 月	3-6 月	7-9 月	10-12 月
基本資料之蒐集	25%	30%	60%	100%	100%
	查核項目	文獻收集	資料收集	資料收集	文獻及 資料收集
樣區調查	25%	10%	20%	80%	100%
	查核項目	地圖收集	野外調查	野外調查	野外調查
資料分析	25%	10%	20%	60%	100%
	查核項目	資料建檔	分析資料	分析資料	分析資料
撰寫報告	25%	10%	20%	60%	100%
	查核項目	資料建檔	資料建檔	撰寫報告	撰寫報告
合 計	累計 百分比	15%	30%	75%	100%

五、研究成果

(一) 天然檜木林 1 ha 永久樣區調查結果

1. 依據 1998 年和 2010 年調查資料進行樹種分群

整理 1998 年與 2010 年於天然檜木林 1ha 永久樣區調查資料，依據各樹種在該樣區合併兩次最大樹高而排序，結果顯示(如表 1-1)只有針葉樹種的最大樹高可達 30m 以上，而在數量上，以台灣扁柏的株數最多。在闊葉樹種方面，其最大樹高在 15~16m 處有跳點，可作為此林分結構與樹種分群的參考。因此，將該林分樹種分為檜木、其他針葉樹種、中層闊葉樹種以及下層闊葉樹種等四群，以利於後續統計分析。

此永久樣區中的檜木僅有台灣扁柏；其他針葉樹種包括台灣杉、巒大杉、台灣鐵杉；中層闊葉樹種包括：赤柯、早田氏冬青、假長葉楠、薯豆、高山新木薑子、烏皮茶、忍冬葉冬青、白花八角、香桂、毬子櫟、薄葉虎皮楠等，其最大樹高可達 16m 以上；下層闊葉樹種包括：薄葉灰木、毛柱楊桐、深山野牡丹、玉山灰木、烏心石、台灣楊桐、霧社木薑子、狹葉櫟、水絲梨、台灣樹參、銳葉柃木、厚皮香、錐果櫟、長葉木薑子、豬腳楠、香楠、松田氏冬青、巒大越橘、深紅茵芋、山胡椒、月桂葉灰木、西施花、細枝柃木、擬日本灰木、台灣杜鵑、杜英、異葉木犀、台灣擦樹、石楠、小花鼠刺、太平紅淡比、裡白椴木、雪梨冬青、圓葉冬青、墨點櫻桃、白新木薑子、厚葉柃木、阿里山榆、平遮那灰木、雪山冬青、台灣灰木、阿里山灰木、台灣紅榨槭、紅淡比、鞍馬山越橘、木荷、佩羅特木、台灣掌葉槭、南燭、假繡球、福建賽衛矛、壺花莢迷、尖葉槭、尾葉灰木、賊仔樹、米飯花、太平山冬青、通條樹、假柃木。

本年度(民國 99 年)調查時， $DBH \geq 2.5\text{cm}$ 的生立中，針葉樹的樹種和第一次調查時的樹種完全一樣，雖然在樣區中有看到台灣粗榧幼苗，但尚未達到 2.5cm 樣木標準，在闊葉樹種方面則有增加。包含原有樹種、針闊葉樹共有 73 種。詳細植物名錄，如附錄 1 所示。

表 1-1：1998 年與 2010 年調查樹種分群(依兩次調查的最大樹高值)

序號	樹種	1998株數	2010株數	最高樹高	樹種分群	序號	樹種	1998株數	2010株數	最高樹高	樹種分群	序號	樹種	1998株數	2010株數	最高樹高	樹種分群
1	台灣杉	12	14	43.26	其他針	26	細枝柃木	40	148	12.09	下層闊	51	厚葉柃木		59	7.87	下層闊
2	台灣扁柏	178	327	42.50	檜木	27	厚皮香	22	32	11.88	下層闊	52	阿里山榆		2	7.36	下層闊
3	巒大杉	20	40	40.17	其他針	28	錐果櫟	3	3	11.87	下層闊	53	平遮那灰木	1	15	7.34	下層闊
4	台灣鐵杉	4	16	31.77	其他針	29	長葉木薑子	2	27	11.26	下層闊	54	雪山冬青	2	34	7.32	下層闊
5	赤柯	45	63	28.09	中層闊	30	豬腳楠	4	59	10.68	下層闊	55	台灣灰木		3	7.12	下層闊
6	早田氏冬青	16	19	23.34	中層闊	31	香楠	1	1	10.65	下層闊	56	阿里山灰木		7	7.11	下層闊
7	薯豆	172	383	21.15	中層闊	32	松田氏冬青	1	1	10.53	下層闊	57	台灣紅榨槭	1	7	6.79	下層闊
8	假長葉楠	42	45	20.35	中層闊	33	巒大越橘	4	5	10.36	下層闊	58	紅淡比	1	15	6.41	下層闊
9	香桂	6	8	19.08	中層闊	34	深紅茴苧	4	3	10.34	下層闊	59	鞍馬山越橘		5	6.18	下層闊
10	烏皮茶	25	29	18.82	中層闊	35	山胡椒	212	296	10.25	下層闊	60	木荷	1	6	6.12	下層闊
11	高山新木薑子	30	519	18.74	中層闊	36	月桂葉灰木	5	60	10.16	下層闊	61	佩羅特木		4	5.75	下層闊
12	白花八角	97	247	18.04	中層闊	37	西施花	137	306	9.75	下層闊	62	台灣掌葉槭		2	5.56	下層闊
13	忍冬葉冬青	14	13	16.70	中層闊	38	擬日本灰木	4	10	9.67	下層闊	63	南燭	3	2	5.40	下層闊
14	毬子櫟	3	36	16.27	中層闊	39	台灣杜鵑	4	12	9.56	下層闊	64	假繡球	2	6	5.14	下層闊
15	薄葉虎皮楠	3	6	16.15	中層闊	40	杜英	1	1	9.52	下層闊	65	福建賽衛矛	1	3	4.96	下層闊
16	薄葉灰木	12	16	14.96	下層闊	41	異葉木犀	1	1	9.38	下層闊	66	壺花莢迷		2	4.95	下層闊
17	毛柱楊桐	31	328	14.77	下層闊	42	台灣檫樹	1	1	9.36	下層闊	67	尖葉槭	1	4	4.86	下層闊
18	深山野牡丹	37	31	14.74	下層闊	43	石楠	2	2	9.30	下層闊	68	尾葉灰木	1	1	4.70	下層闊
19	玉山灰木	110	228	14.62	下層闊	44	小花鼠刺	1	2	9.26	下層闊	69	賊仔樹		1	4.65	下層闊
20	烏心石	3	4	14.28	下層闊	45	太平紅淡比	1	25	9.14	下層闊	70	米飯花		2	3.50	下層闊
21	台灣楊桐	65	57	14.06	下層闊	46	裡白椴木	11	7	8.55	下層闊	71	太平山冬青		2	3.46	下層闊
22	霧社木薑子	11	61	13.28	下層闊	47	雪梨冬青	2	2	8.30	下層闊	72	通條樹		3	3.28	下層闊
23	狹葉櫟	7	17	13.26	下層闊	48	圓葉冬青	2	17	8.24	下層闊	73	假柃木		2	1.97	下層闊
24	水絲梨	27	62	12.97	下層闊	49	墨點櫻桃	1	1	8.14	下層闊						
25	台灣樹參	31	44	12.73	下層闊	50	白新木薑子		15	8.06	下層闊						

註：1. 其他針：代表其他針葉樹種。2. 中層闊：代表中層闊葉樹種。3. 下層闊：代表下層闊葉樹種。

2. 永久樣區 1998 年與 2010 年兩次調查樹高統計

1998 年調查時樣木有 1481 株，而 2010 年調查時 $DBH \geq 2.5\text{cm}$ 的樣木有 3837 株，第 2 次調查時株數為第 1 次調查時株數的 2.59 倍。闊葉樹株數增加的比率大於針葉樹株數增加的比率(如表 1-2a、1-2b)。顯示該林分幼木發生狀況良好，後續的發展值得繼續追蹤。

其中最高的樣木為台灣杉，樹高達 43.26m；其次為台灣扁柏，樹高 42.50m。由樣木樹高之株數分布圖顯示(如圖 1-1)，該林分結構在垂直分布上受影響最多的是樹高 10m 以下，而上層的變化較小。由樣木樹高之株數百分率分布圖顯示(如圖 1-2a 和圖 1-2b)，新生幼木中，針葉樹種的高生長較慢，故在樹高級 $< 5\text{m}$ 的比率較高於樹高級在 5~10m 的比率。

表 1-2a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹高統計

樹種分群	株數	平均樹高 (m)	最小值 (m)	最大值 (m)	標準差 (m)
檜木	178	19.17	2.74	41.90	11.82
其他針葉樹種	36	14.67	2.58	41.56	10.69
中層闊葉樹種	453	7.07	2.60	28.09	3.73
下層闊葉樹種	814	5.57	1.61	14.62	2.06

表 1-2b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹高統計

樹種分群	株數	平均樹高 (m)	最小值 (m)	最大值 (m)	標準差 (m)
檜木	327	12.03	1.80	42.50	12.00
其他針葉樹種	70	9.90	2.76	43.26	9.56
中層闊葉樹種	1368	6.00	2.41	25.82	2.78
下層闊葉樹種	2072	5.12	1.61	14.96	1.75

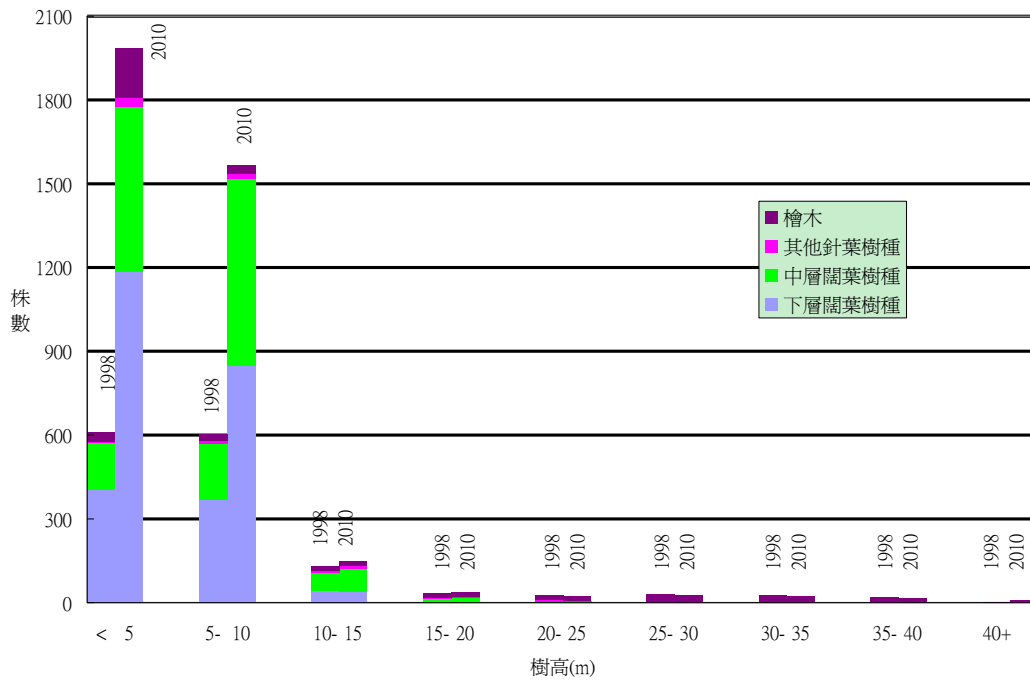


圖 1-1：1998 年與 2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹高之株數分布

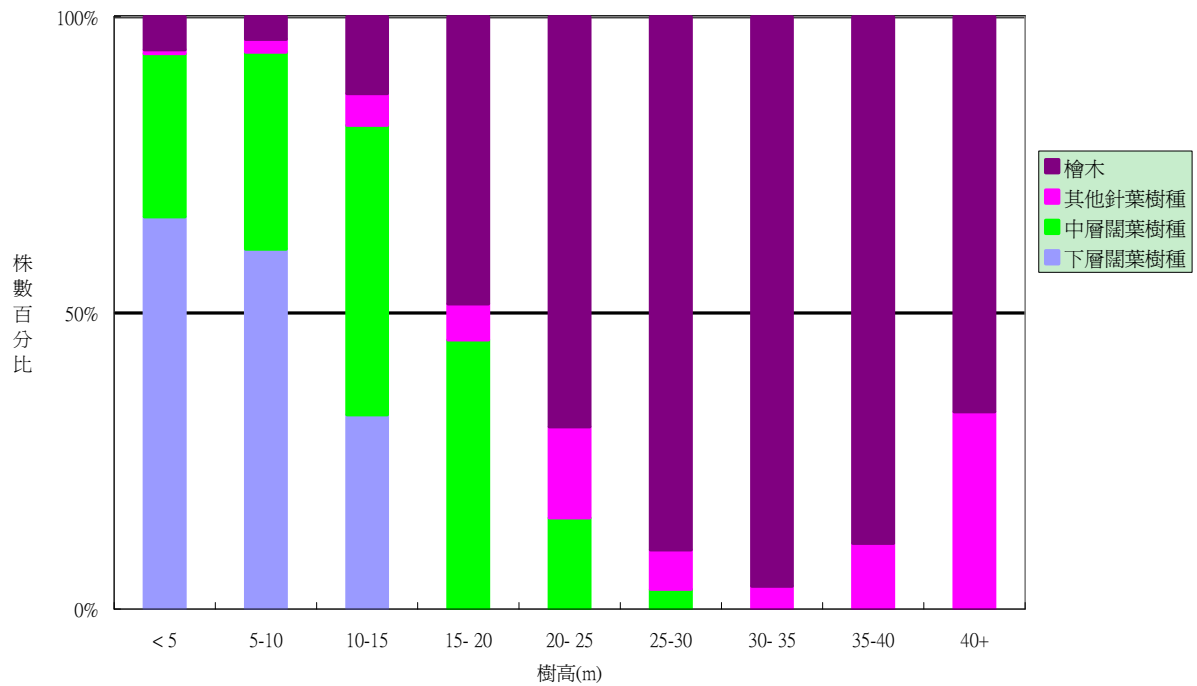


圖 1-2a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹高之株數百分率

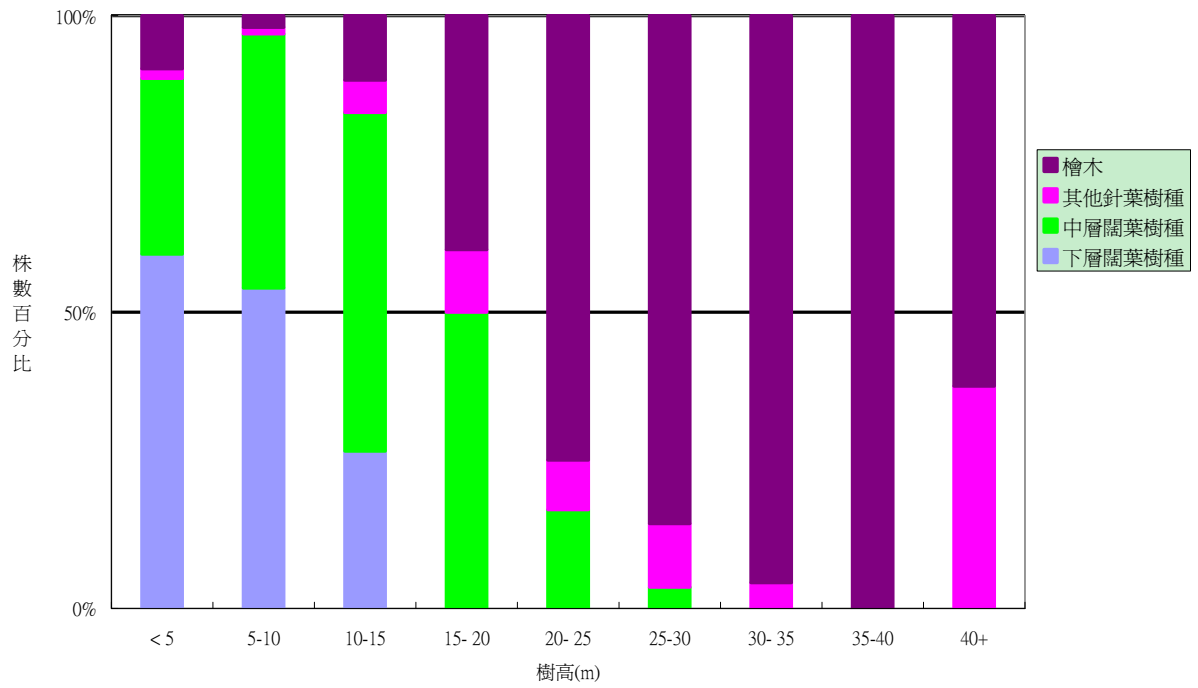


圖 1-2b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹高之株數百分率

3. 永久樣區 1998 年與 2010 年兩次調查胸徑統計

永久樣區裡 1998 年調查時，胸徑最大的樣木為巒大杉，達 215cm；其次為台灣扁柏的胸徑為 191.7cm(表 1-3a)。2010 年調查時，各樹種分群中 DBH 最大的樣木皆還存活，故 2010 年調查的 DBH 全距較寬於 1998 年調查的 DBH 全距(表 1-3a 與表 1-3b)。

兩次調查中，20 公分以下的樣木數變化最大，20~40cm 的闊葉樹種林木株數亦有增加(如圖 1-3a)。表 1-3b 顯示台灣扁柏胸徑大於 20cm 以上的各徑級株數穩定。另外，在各直徑級中，各樹種分群所佔的比率僅有稍微的變化(如圖 1-4a 與圖 1-4b)。

表 1-3a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木胸徑統計

樹種分群	株數	平均胸徑 (cm)	最小值 (cm)	最大值 (cm)	標準差 (cm)
檜木	178	53.60	2.80	191.70	47.92
其他針葉樹種	36	30.51	3.40	215.00	42.95
中層闊葉樹種	453	9.77	2.50	67.40	8.55
下層闊葉樹種	814	6.24	2.50	31.60	3.89

表 1-3b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木胸徑統計

樹種分群	株數	平均胸徑 (cm)	最小值 (cm)	最大值 (cm)	標準差 (cm)
檜木	327	30.52	2.50	194.10	43.26
其他針葉樹種	70	18.53	2.70	215.00	33.86
中層闊葉樹種	1368	6.88	2.50	69.70	6.37
下層闊葉樹種	2072	5.13	2.50	31.70	3.10

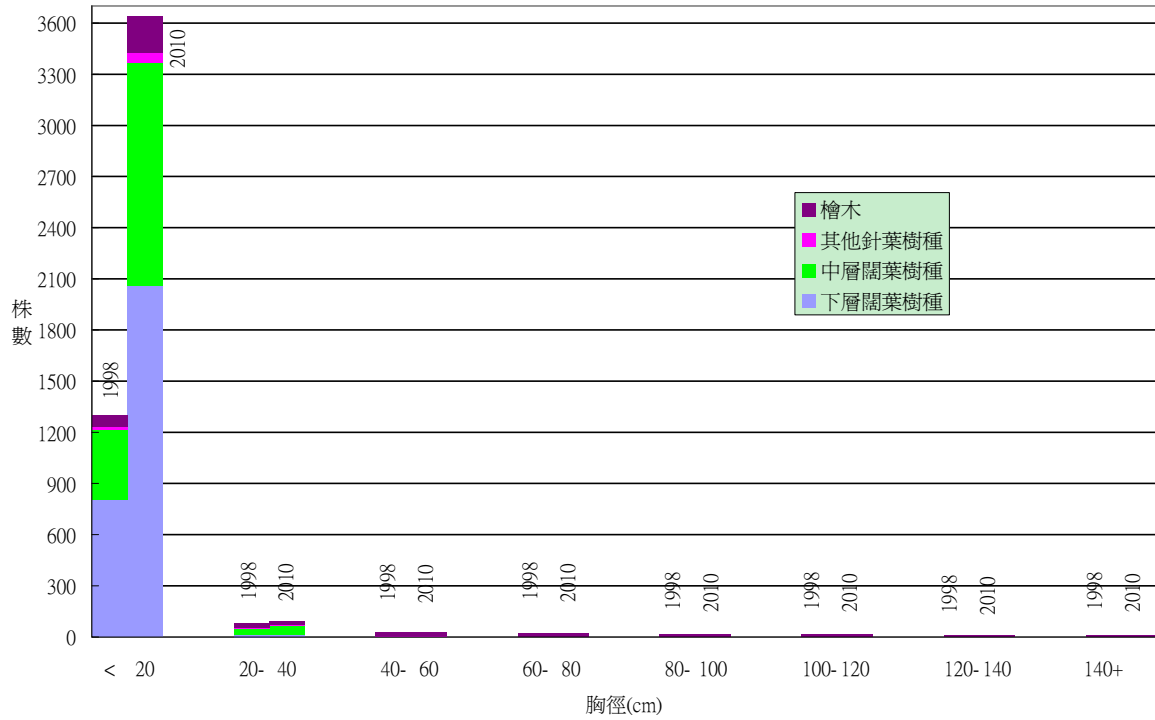


圖 1-3a：1998 年與 2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木胸徑之株數分布

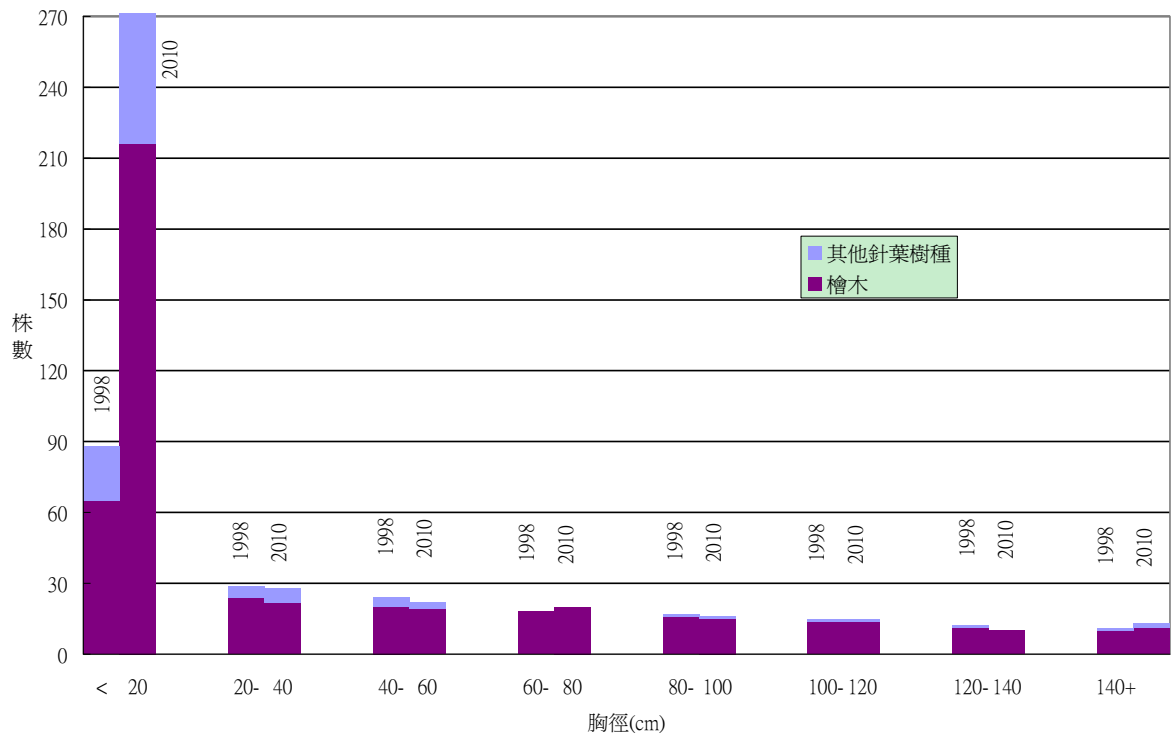


圖 1-3b：1998 年與 2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃永久樣區調查_針葉樹胸徑之株數分布

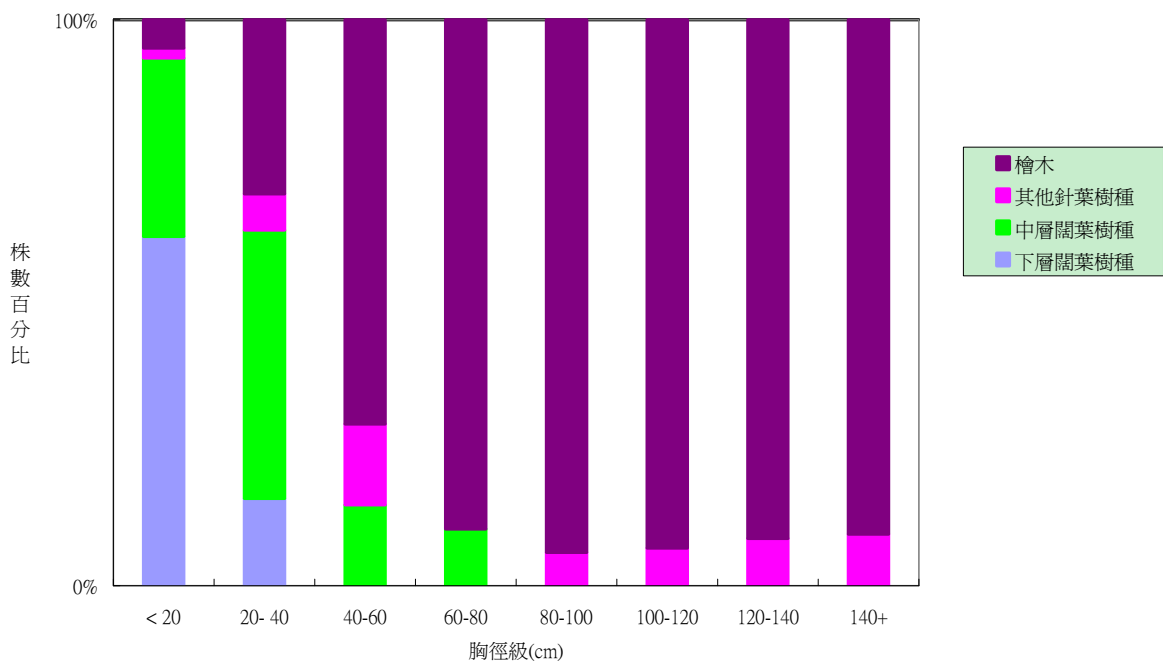


圖 1-4a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木胸徑之株數百分率

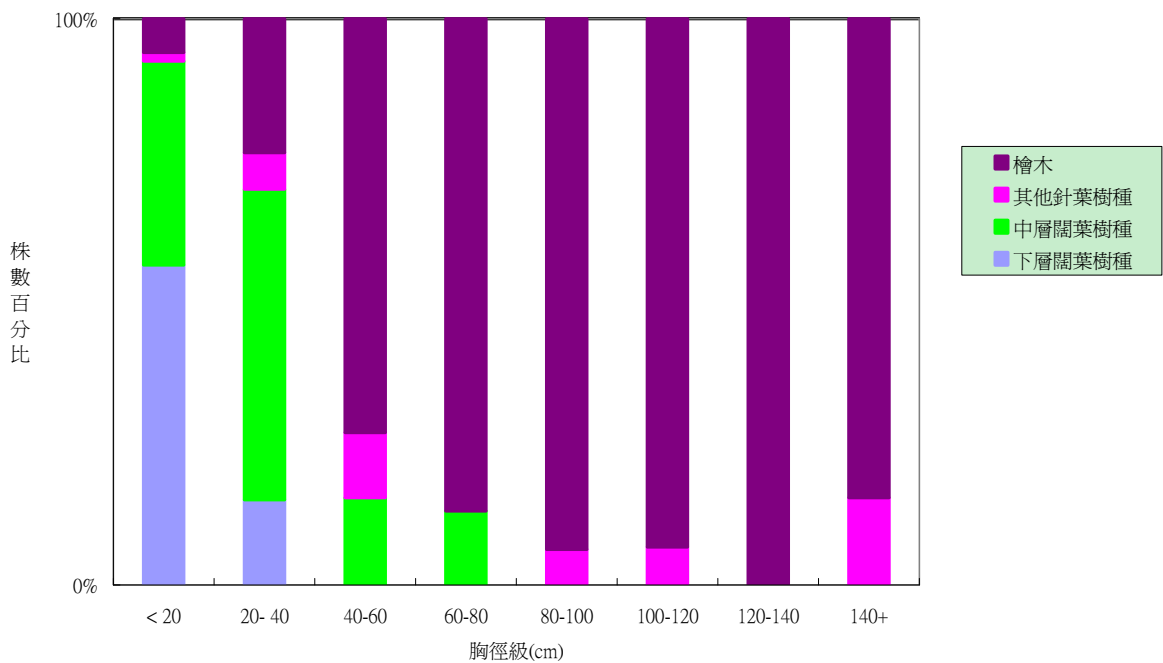


圖 1-4b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木胸徑之株數百分率

4. 永久樣區 1998 年與 2010 年兩次調查樹冠比統計

針葉樹的平均樹冠比在兩次調查中變化很小，但是闊葉樹的 2010 年平均樹冠比較小於 1998 年平均樹冠比(表 1-4a 與表 1-4b)。在 1998 年時針葉樹和闊葉樹種樹冠比的主要分布是在 0.4~0.8(如圖 1-5a)；在 2010 時針葉樹樹冠比的主要分布還在 0.4~0.7，但是闊葉樹種樹冠比的主要分布已下移至 0.3~0.6(如圖 1-5b)。顯示下層林木競爭已逐漸增加。

表 1-4a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樹冠比統計

樹種分群	株數	平均	最小值	最大值	標準差
檜木	178	0.58	0.18	0.90	0.16
其他針葉樹種	36	0.49	0.23	0.76	0.15
中層闊葉樹種	453	0.60	0.13	1.00	0.17
下層闊葉樹種	814	0.59	0.00	0.98	0.16

表 1-4b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樹冠比統計

樹種分群	株數	平均	最小值	最大值	標準差
檜木	327	0.55	0.11	0.95	0.15
其他針葉樹種	70	0.50	0.15	0.95	0.18
中層闊葉樹種	1368	0.43	0.03	0.95	0.15
下層闊葉樹種	2072	0.41	0.02	0.93	0.15

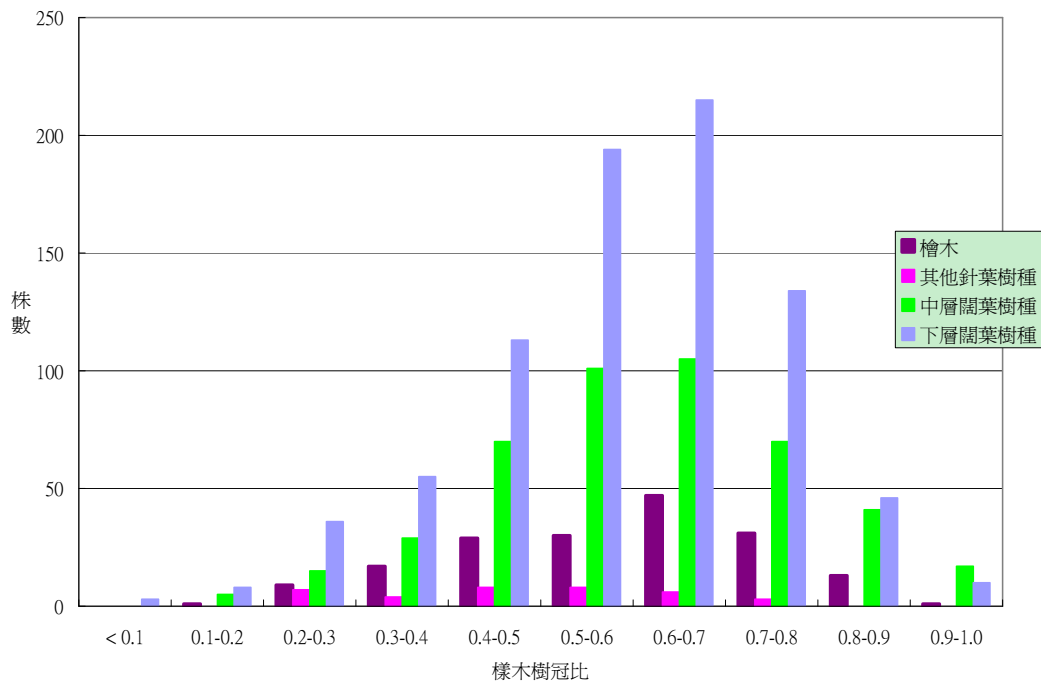


圖 1-5a：1998 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹冠比分布

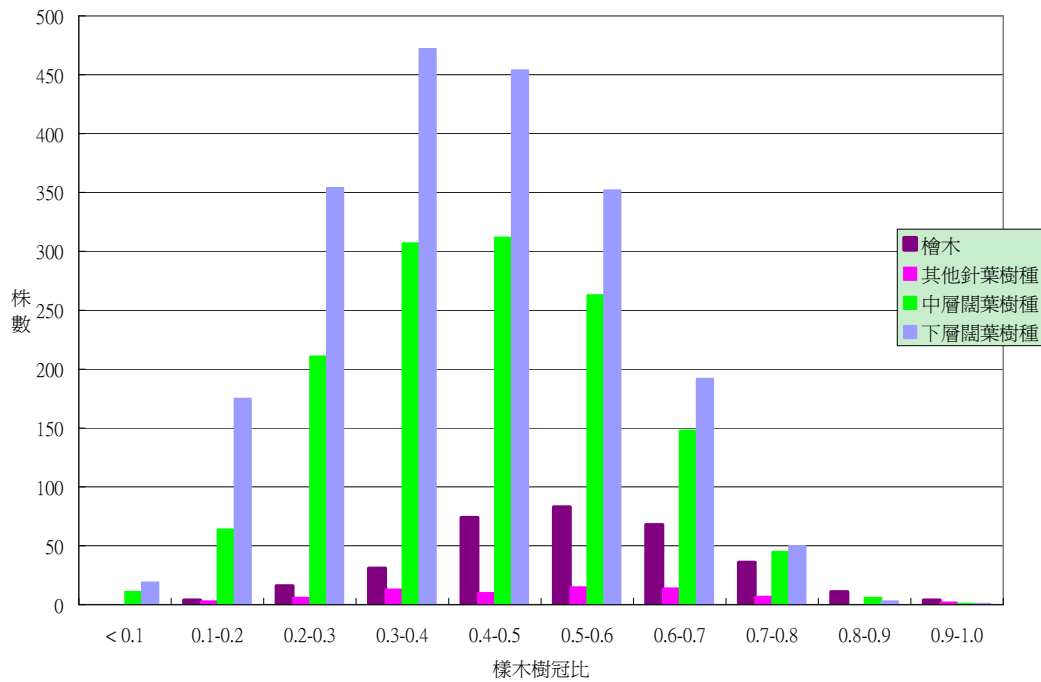


圖 1-5b：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區調查_樣木樹冠比分布

5. 永久樣區 2010 年調查枯死木與新樣木統計

2010 調查時為枯死木的株數共 401 株，其中以山胡椒的 193 株為最多，其次為玉山灰木 28 株，薯豆 23 株，深山野牡丹 20 株；顯示下層闊葉樹種的枯死株數佔大部份(如表 1-5)。不過由圖 1-6 顯示台灣扁柏的枯死株數有發生在大徑木，經現場觀察其主要原因為受上方大直徑的倒木壓倒或風折所造成。圖 1-8 顯示大徑木的倒木較偏在樣區的上坡位置，新增的樣木也以樣區的上坡位置較多。

2010 調查時為新樣木的株數共 2757 株(如表 1-6)，其中以高山新木薑子、毛柱楊桐、山胡椒、薯豆等 4 種較多，幾乎佔新樣木數的一半；而西施花常為倒木後，由側枝長出許多分叉的新樣木。1998 年調查時為山胡椒的區域，較容易於其死亡後產生其他新樣木。

表 1-5：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區樣木枯死統計

樹種	株數	樹種	株數
山胡椒	193	烏皮茶	3
玉山灰木	28	薄葉灰木	3
薯豆	23	霧社木薑子	3
深山野牡丹	20	巒大杉	3
白花八角	17	早田氏冬青	2
西施花	17	忍冬葉冬青	2
台灣楊桐	16	月桂葉灰木	1
台灣扁柏	12	木荷	1
假長葉楠	8	水絲梨	1
裡白櫨木	7	尖葉槭	1
台灣樹參	6	南燭	1
厚皮香	6	香桂	1
高山新木薑子	6	狹葉櫟	1
細枝柃木	5	深紅茵芋	1
赤柯	4	毬子櫟	1
毛柱楊桐	3	擬日本灰木	1
台灣杉	3	薄葉虎皮楠	1
合 計		401	

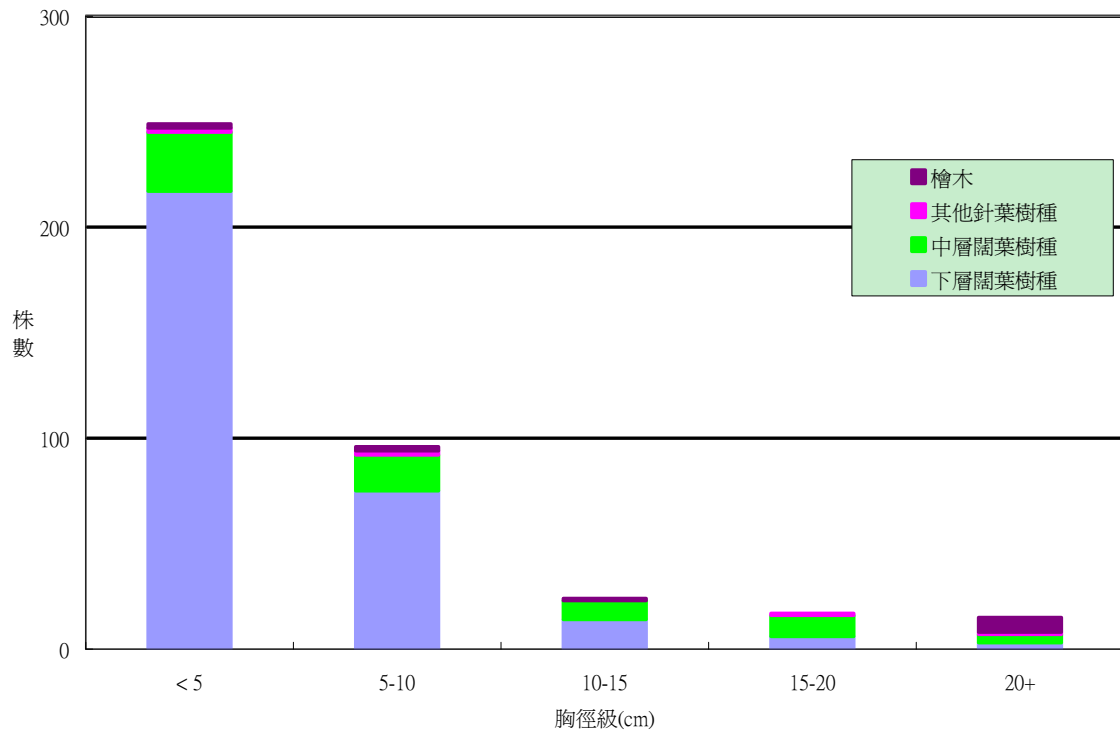


圖 1-6：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區枯死樣木胸徑之株數分布

表 1-6：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區新樣木統計

樹種	株數	樹種	株數	樹種	株數
高山新木薑子	495	厚皮香	16	佩羅特木	4
毛柱楊桐	300	白新木薑子	15	假繡球	4
山胡椒	277	圓葉冬青	15	薄葉虎皮楠	4
薯豆	234	平遮那灰木	14	台灣灰木	3
西施花	186	紅淡比	14	香桂	3
白花八角	167	深山野牡丹	14	通條樹	3
台灣扁柏	161	台灣鐵杉	12	裡白櫟木	3
玉山灰木	146	狹葉櫟	11	太平山冬青	2
細枝柃木	113	假長葉楠	11	台灣掌葉槭	2
厚葉柃木	59	台灣杜鵑	8	米飯花	2
月桂葉灰木	56	台灣楊桐	8	阿里山榆	2
豬腳楠	55	阿里山灰木	7	假柃木	2
霧社木薑子	53	烏皮茶	7	壺花莢迷	2
水絲梨	36	擬日本灰木	7	福建賽衛矛	2
毬子櫟	34	薄葉灰木	7	小花鼠刺	1
雪山冬青	32	木荷	6	忍冬葉冬青	1
長葉木薑子	25	台灣紅榨槭	6	烏心石	1
太平紅淡比	24	台灣杉	5	賊仔樹	1
巒大杉	23	早田氏冬青	5	巒大越橘	1
赤柯	22	鞍馬山越橘	5		
台灣樹參	19	尖葉槭	4		
合 計					2,757

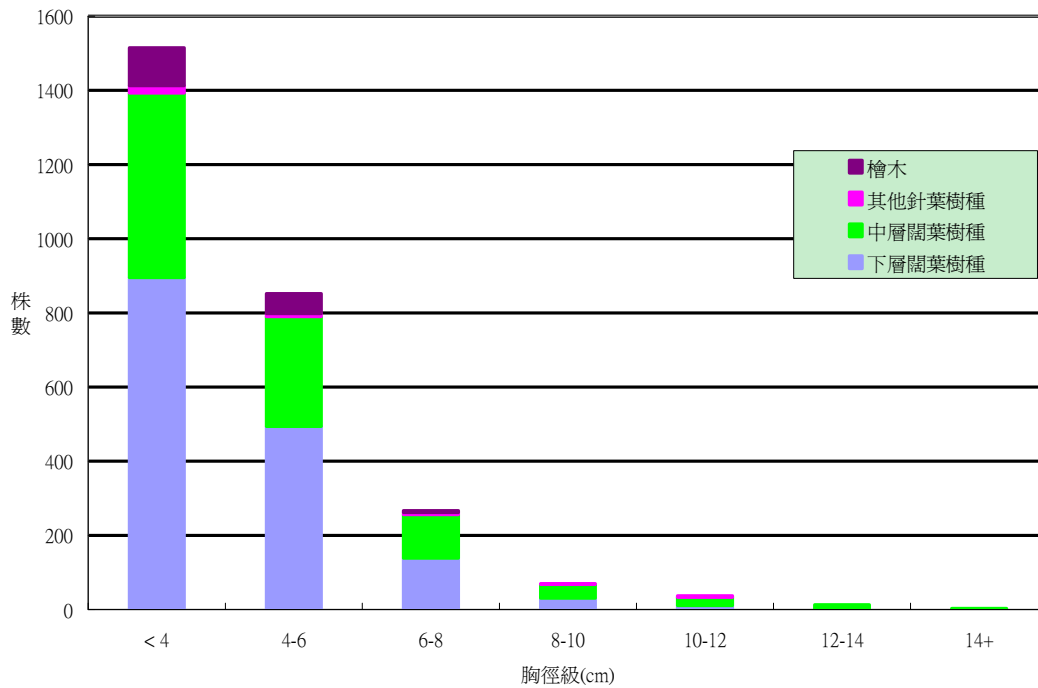


圖 1-7：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區新增樣木胸徑之株數分布

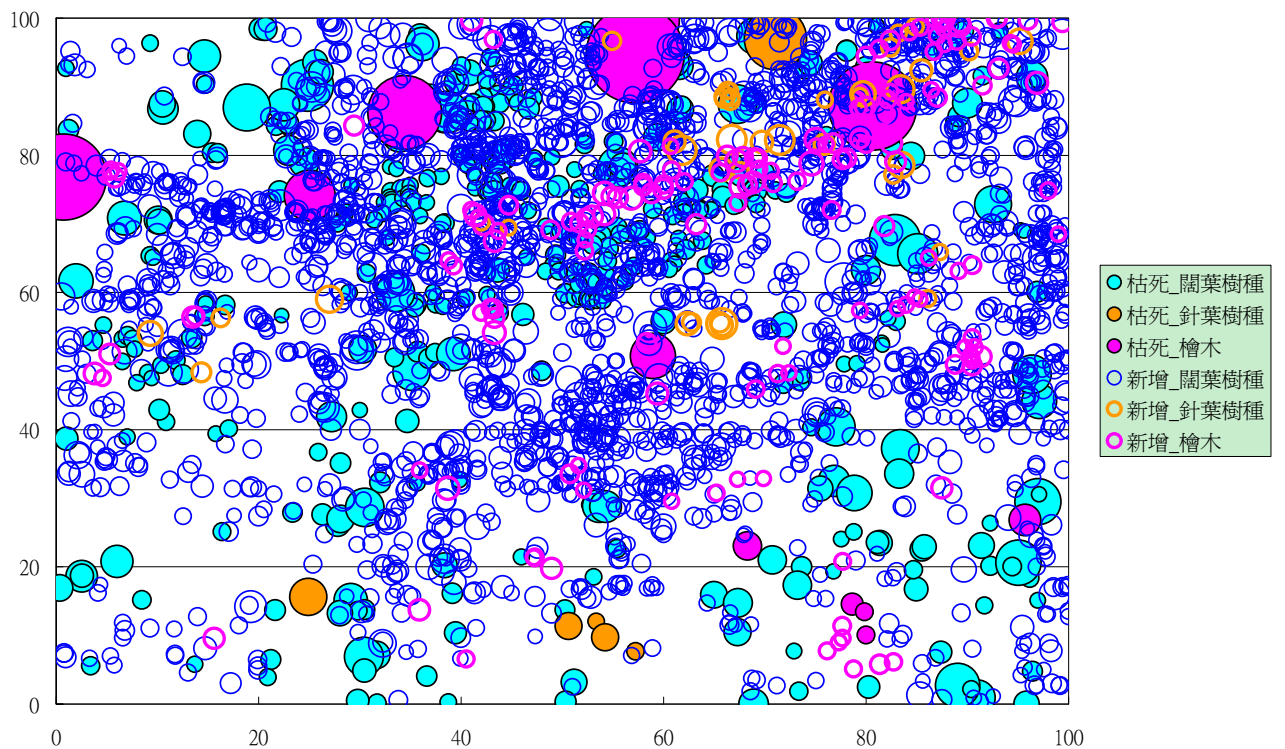


圖 1-8：2010 年棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區枯死樣木與新增樣木位置圖

6. 永久樣區 1998 年與 2010 年蓄積量的動態變化

1998 年每公頃蓄積量約 1,199m³，其中檜木蓄積量約 1031 m³，佔永久樣區蓄積量的比例為 86%(如表 1-7)。從 1998 年至 2010 年期間，死亡株數為 401 株，枯死量為 49.51m³，其中檜木死亡株數雖只有 12 株，但枯死量為 41 m³，佔全體枯死量的 82.8%。新增樣木 2,757 株，其所增加的材積僅約 11 m³。

2010 年每公頃蓄積量約 1,260 m³，其中檜木蓄積量為 1,059 m³，佔永久樣區蓄積量的比例為 84%；此比例較 1998 年的比例為低的原因是此 12 年期間台灣扁柏的枯死量較大，不過其淨生長量仍為正值。

此 12 年間永久樣區的淨生長量約 61m³，平均年生長量為 5.1 m³/年，年生長率 = $(\sqrt[12]{1260.39/1199.18} - 1) * 100\% = 0.42\%$ ，顯示此永久樣區蓄積量仍然緩慢地增加。

表 1-7：棲蘭山 160 線 1 公頃檜木林永久樣區蓄積量動態變化

樹種分群		檜木	其他 針葉樹種	中層 闊葉樹種	下層 闊葉樹種	合計
1998 蓄積量	株數	178	36	453	814	1,481
	斷面積(m ²)	72.08	7.70	5.99	3.46	89.23
	材積(m ³)	1,031.39	118.90	36.61	12.28	1,199.18
枯死量	株數	12	6	68	315	401
	斷面積(m ²)	3.10	0.21	0.65	0.98	4.94
	材積(m ³)	41.01	2.19	2.92	3.39	49.51
新樣木	株數	161	40	983	1,573	2,757
	斷面積(m ²)	0.19	0.10	1.97	2.39	4.65
	材積(m ³)	0.32	0.25	5.19	5.59	11.35
2010 蓄積量	株數	327	70	1,368	2,072	3,837
	斷面積(m ²)	71.85	8.10	9.44	5.85	95.24
	材積(m ³)	1,059.00	130.33	52.50	18.56	1,260.39
淨生長量	株數	149	34	915	1,258	2,356
	斷面積(m ²)	-0.23	0.40	3.45	2.39	6.01
	材積(m ³)	27.61	11.43	15.89	6.28	61.21

註：1. 材積以斷面積×樹高×0.45 計算。

2. 大徑木生長測量誤差較大者，以相關調查的生長錐資料估算。

(二) 天然檜木林永久樣區之樹種與大小在空間分布上的森林動態變化

1. 物種組成與結構變化

複查之 1ha 長期動態樣區內其林分組成，整體而言上層以台灣扁柏最為優勢（1998 年：IV=46.40%，株數=178 株；2010 年：IV=41.98%，株數=327 株），其次則為薯豆（1998 年：IV=6.57%，株數=172 株；2010 年：IV=6.67%，株數=383 株）、白花八角（1998 年：IV=4.11%，株數=97 株；2010 年：IV=4.03%，株數=247 株）、巒大杉（1998 年：IV=3.55%，株數=20 株；2010 年：IV=3.43%，株數=40 株）、赤柯（1998 年：IV=2.45%，株數=45 株；2010 年：IV=1.91%，株數=63 株）、台灣杉（1998 年：IV=1.12%，株數=12 株；2010 年：IV=0.88%，株數=14 株）及台灣鐵杉（1998 年：IV=0.86%，株數=4 株；2010 年：IV=0.86%，株數=16 株）（表 2-1）。

下層則以高山新木薑子最為優勢（1998 年：IV=1.09%，株數=30 株；2010 年：IV=7.29%，株數=519 株），其次依序為毛柱楊桐（1998 年：IV=1.16%，株數=31 株；2010 年：IV=4.66%，株數=328 株）、西施花（1998 年：IV=4.94%，株數=137 株；2010 年：IV=4.44%，株數=306 株）、山胡椒（1998 年：IV=7.30%，株數=212；2010 年：IV=4.12%，株數=296 株）及玉山灰木（1998 年：IV=4.00%，株數=110 株；2010 年：IV=3.32%，株數=228 株）（表 2-1）。

從上層組成來看，台灣扁柏在長期動態樣區內具有絕對的優勢，雖然相對密度較小，但相對斷面積卻為長期動態樣區內最大（表 2-1）。下層組成以高山新木薑子、毛柱楊桐、西施花、山胡椒、及玉山灰木最具優勢，1998 年 5 個物種相對密度總和為 35.11%，2010 年為 43.71%；1998 年 5 個物種相對斷面積總和為 1.88%，2010 年為 3.97%（表 2-1）。資料顯示相對密度大多集中於下層物種，但相對斷面積不高，下層物種多為密度高的小徑木；相對斷面積大多集中在上層物種上，但相對密度不高，上層物種多為密度低的大徑木。將 1998 年與 2010 年複查資料相互比對，發現上層物種台灣扁柏之 IV 值下降 4.42%，下層物種之高山新木薑子 IV 值上升 6.20%，此在整體樣區來看差異很大。2010 年各物種整體株數均較 1998 年高，以上層的台灣扁柏、薯豆、白花八角，及下層的西施花、玉山灰木、毛柱楊桐、高山新木薑子及細枝柃木之株數差異較大。

表 2-1：1998 年及 2010 年長期動態樣區各層次樹種之 IV 值一覽表

層次	樹種	株樹(棵)		相對密度(%)		斷面積(cm ²)		相對斷面積(%)		IV值	
		1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年
上層	台灣扁柏	178	327	12.02	8.52	720805.58	718474.79	80.78	75.43	46.40	41.98
	薯豆	172	383	11.61	9.98	13558.20	31951.36	1.52	3.35	6.57	6.67
	白花八角	97	247	6.55	6.44	14849.84	15439.18	1.66	1.62	4.11	4.03
	巒大杉	20	40	1.35	1.04	51394.37	55348.19	5.76	5.81	3.55	3.43
	赤柯	45	63	3.04	1.64	16681.29	20752.80	1.87	2.18	2.45	1.91
	台灣杉	12	14	0.81	0.36	12683.47	13198.42	1.42	1.39	1.12	0.88
	台灣鐵杉	4	16	0.27	0.42	12942.51	12466.65	1.45	1.31	0.86	0.86
下層	高山新木薑子	30	519	2.03	13.53	1438.06	10095.98	0.16	1.06	1.09	7.29
	毛柱楊桐	31	328	2.09	8.55	2084.31	7254.70	0.23	0.76	1.16	4.66
	西施花	137	306	9.25	7.97	5543.62	8702.93	0.62	0.91	4.94	4.44
	山胡椒	212	296	14.31	7.71	2492.46	5024.80	0.28	0.53	7.30	4.12
	玉山灰木	110	228	7.43	5.94	5179.50	6731.84	0.58	0.71	4.00	3.32
	細枝柃木	40	148	2.70	3.86	1110.51	1967.69	0.12	0.21	1.41	2.03
	水絲梨	27	62	1.82	1.62	4345.57	5359.38	0.49	0.56	1.16	1.09
	台灣楊桐	65	57	4.39	1.49	3697.62	2839.44	0.41	0.30	2.40	0.89
	霧社木薑子	11	61	0.74	1.59	711.73	1615.52	0.08	0.17	0.41	0.88
	假長葉楠	42	45	2.84	1.17	5078.80	5414.26	0.57	0.57	1.70	0.87
	豬腳楠	4	59	0.27	1.54	165.90	1784.72	0.02	0.19	0.14	0.86
	月桂葉灰木	5	60	0.34	1.56	397.78	1382.06	0.04	0.15	0.19	0.85
	厚葉柃木	0	59	0	1.54	0	705.48	0	0.07	0	0.81
	台灣樹參	31	44	2.09	1.15	1119.73	1531.03	0.13	0.16	1.11	0.65
	烏皮茶	25	29	1.69	0.76	1815.40	3373.99	0.20	0.35	0.95	0.56
	毬子櫟	3	36	0.20	0.94	690.07	1085.78	0.08	0.11	0.14	0.53
	厚皮香	22	32	1.49	0.83	2004.82	2018.76	0.22	0.21	0.86	0.52
	雪山冬青	2	34	0.14	0.89	33.65	548.91	0.00	0.06	0.07	0.47

續表 2-1：1998 年及 2010 年長期動態樣區各層次樹種之 IV 值一覽表

層次	樹種	株樹(棵)		相對密度(%)		斷面積(cm ²)		相對斷面積(%)		IV值	
		1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年
下層	深山野牡丹	37	31	2.50	0.81	925.01	774.88	0.10	0.08	1.30	0.44
	長葉木薑子	2	27	0.14	0.70	483.33	1100.02	0.05	0.12	0.09	0.41
	早田氏冬青	16	19	1.08	0.50	2716.94	2875.66	0.30	0.30	0.69	0.40
	太平紅淡比	1	25	0.07	0.65	30.19	333.72	0.00	0.04	0.04	0.34
	薄葉灰木	12	16	0.81	0.42	1041.45	1223.41	0.12	0.13	0.46	0.27
	狹葉櫟	7	17	0.47	0.44	272.35	693.26	0.03	0.07	0.25	0.26
	圓葉冬青	2	17	0.14	0.44	17.12	310.05	0.00	0.03	0.07	0.24
	香桂	6	8	0.41	0.21	1645.94	2320.22	0.18	0.24	0.29	0.23
	平遮那灰木	1	15	0.07	0.39	17.35	211.53	0.00	0.02	0.03	0.21
	白新木薑子	0	15	0	0.39	0	173.64	0	0.02	0	0.20
	紅淡比	1	15	0.07	0.39	12.57	150.81	0.00	0.02	0.03	0.20
	忍冬葉冬青	14	13	0.95	0.34	1106.36	435.24	0.12	0.05	0.53	0.19
	台灣杜鵑	4	12	0.27	0.31	204.87	452.61	0.02	0.05	0.15	0.18
	擬日本灰木	4	10	0.27	0.26	174.15	438.80	0.02	0.05	0.14	0.15
	薄葉虎皮楠	3	6	0.20	0.16	325.74	681.40	0.04	0.07	0.12	0.11
	台灣紅榨槭	1	7	0.07	0.18	14.52	397.39	0.00	0.04	0.03	0.11
	阿里山灰木	0	7	0	0.18	0	261.55	0	0.03	0	0.10
	裡白椴木	11	7	0.74	0.18	159.54	244.18	0.02	0.03	0.38	0.10
	烏心石	3	4	0.20	0.10	718.49	986.45	0.08	0.10	0.14	0.10
	巒大越橘	4	5	0.27	0.13	497.04	696.77	0.06	0.07	0.16	0.10
	木荷	1	6	0.07	0.16	9.62	299.69	0.00	0.03	0.03	0.09
	假繡球	2	6	0.14	0.16	42.47	83.06	0.00	0.01	0.07	0.08
	鞍馬山越橘	0	5	0	0.13	0	49.38	0	0.01	0	0.07
	錐果櫟	3	3	0.20	0.08	380.95	431.25	0.04	0.05	0.12	0.06
	佩羅特木	0	4	0	0.10	0	80.53	0	0.01	0	0.06

續表2-1：1998年及2010年長期動態樣區各層次樹種之IV值一覽表

層次	樹種	株樹(棵)		相對密度(%)		斷面積(cm ²)		相對斷面積(%)		IV值	
		1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年	1998年	2010年
	尖葉槭	1	4	0.07	0.10	12.57	31.32	0.00	0.00	0.03	0.05
	深紅茵芋	4	3	0.27	0.08	130.89	157.90	0.01	0.02	0.14	0.05
	通條樹	0	3	0	0.08	0	33.54	0	0.00	0	0.04
	福建賽衛矛	1	3	0.07	0.08	16.62	33.15	0.00	0.00	0.03	0.04
	台灣灰木	0	3	0	0.08	0	29.23	0	0.00	0	0.04
	石楠	2	2	0.14	0.05	13.35	137.33	0.00	0.01	0.07	0.03
	小花鼠刺	1	2	0.07	0.05	51.53	101.87	0.01	0.01	0.04	0.03
	阿里山榆	0	2	0	0.05	0	96.99	0	0.01	0	0.03
	雪梨冬青	2	2	0.14	0.05	28.56	67.43	0.00	0.01	0.07	0.03
	台灣掌葉槭	0	2	0	0.05	0	56.55	0	0.01	0	0.03
	太平山冬青	0	2	0	0.05	0	53.20	0	0.01	0	0.03
下層	南燭	3	2	0.20	0.05	36.25	40.25	0.00	0.00	0.10	0.03
	壺花莢迷	0	2	0	0.05	0	23.95	0	0.00	0	0.03
	米飯花	0	2	0	0.05	0	13.77	0	0.00	0	0.03
	假柃木	0	2	0	0.05	0	10.22	0	0.00	0	0.03
	松田氏冬青	1	1	0.07	0.03	105.68	186.27	0.01	0.02	0.04	0.02
	台灣擦樹	1	1	0.07	0.03	22.06	162.86	0.00	0.02	0.03	0.02
	香楠	1	1	0.07	0.03	126.68	162.86	0.01	0.02	0.04	0.02
	異葉木犀	1	1	0.07	0.03	70.88	84.95	0.01	0.01	0.04	0.02
	賊仔樹	0	1	0	0.03	0	58.09	0	0.01	0	0.02
	墨點櫻桃	1	1	0.07	0.03	30.19	56.75	0.00	0.01	0.04	0.02
	杜英	1	1	0.07	0.03	24.63	50.27	0.00	0.01	0.04	0.02
	尾葉灰木	1	1	0.07	0.03	56.75	20.43	0.01	0.00	0.04	0.01

2. 新增與死亡

長期動態樣區在 1998 年至 2010 年之間總計死亡 401 株，新增 2757 株，整體死亡率為 27.08%，新增率為 186.16%，從整體新增率>死亡率的狀態可以看出台灣扁柏林的長期動態樣區目前處於植群結構正成長的現象，然實際仍需把各層次的優勢物種區分開，才能真正知曉樣區內族群結構變化(表 2-2a)。

長期動態樣區之上層優勢種台灣扁柏、白花八角及台灣杉新增率雖高於死亡率，但死亡的卻大多為大徑木(DBH>30cm)，故死亡斷面積極大於新增斷面積；而從薯豆、巒大杉、赤柯及台灣鐵杉之資料來看，新增率和新增斷面積皆大於死亡率和死亡斷面積，顯現這些物種主要變動在小徑木(DBH<5cm)上；總體而言上層物種呈現族群正成長之狀態(表 2-2a、表 2-2b)。

下層物種大體上死亡率與新增率有顯著差異(雙尾檢定， $t=3.16>$ 關鍵值=2.06， $P<0.05$)，其族群呈明顯正成長狀態，下層優勢物種如山胡椒、西施花、細枝伶木及玉山灰木之新增率和新增株數皆大於死亡率和死亡株數，其中山胡椒、西施花和玉山灰木中小徑級樣木(DBH<30cm)之新增株數大於死亡株數不少，故新增斷面積大於死亡斷面積；而台灣楊桐、深山野牡丹之中徑木新增株數偏低於死亡株數，而小徑級(DBH<5cm)之新增株數並沒有高出死亡株數許多，故新增斷面積低於死亡斷面積(表 2-2a、表 2-2b)。

表 2-2a：長期動態樣區物種新增與死亡一覽表

層次	樹種名稱	新增株樹 (棵)	死亡株樹 (棵)	新增率 (%)	死亡率 (%)	新增斷面積 (cm ²)	死亡斷面積 (cm ²)
上層	台灣扁柏	161	12	90.45	6.74	1917.75	31031.00
	白花八角	167	17	172.16	17.53	2169.45	2997.98
	台灣杉	5	3	41.67	25.00	176.82	1976.86
	薯豆	234	23	136.05	13.37	7739.26	675.14
	巒大杉	23	3	115.00	15.00	726.30	82.04
	赤柯	22	4	48.89	8.89	456.25	59.30
	台灣鐵杉	12	0	300.00	0.00	117.96	0.00
下層	山胡椒	277	193	130.66	91.04	4202.78	2270.39
	玉山灰木	146	28	132.73	25.45	1630.93	1404.13
	台灣楊桐	8	16	12.31	24.62	84.08	1054.79
	假長葉楠	11	8	26.19	19.05	193.48	999.01
	西施花	186	17	135.77	12.41	2287.61	888.74
	忍冬葉冬青	1	2	7.14	14.29	8.04	838.13
	水絲梨	36	1	133.33	3.70	665.15	784.27
	細枝柃木	113	5	282.50	12.50	1131.02	603.20
	厚皮香	16	6	72.73	27.27	320.71	591.15
	槲子櫟	34	1	1133.33	33.33	757.22	510.71
	霧社木薑子	53	3	481.82	27.27	991.99	458.47
	深山野牡丹	14	20	37.84	54.05	146.68	418.37
	毛柱楊桐	300	3	967.74	9.68	4750.96	380.62
	台灣樹參	19	6	61.29	19.35	433.41	300.08
	薄葉灰木	7	3	58.33	25.00	107.54	240.56
	月桂葉灰木	56	1	1120.00	20.00	922.75	203.58
	烏皮茶	7	3	28.00	12.00	86.46	160.49
	早田氏冬青	5	2	31.25	12.50	48.21	152.01
	高山新木薑子	495	6	1650.00	20.00	7988.25	121.93
	裡白櫟木	3	7	27.27	63.64	92.52	114.13
	擬日本灰木	7	1	175.00	25.00	98.06	52.81
	狹葉櫟	11	1	157.14	14.29	283.60	20.43
	薄葉虎皮楠	4	1	133.33	33.33	184.89	18.86
香桂	3	1	50.00	16.67	34.57	14.52	
尖葉槭	4	1	400.00	100.00	31.32	12.57	

續表 2-2a：長期動態樣區物種新增與死亡一覽表

層次	樹種名稱	新增株樹 (棵)	死亡株樹 (棵)	新增率 (%)	死亡率 (%)	新增斷面積 (cm ²)	死亡斷面積 (cm ²)
	木荷	6	1	600.00	100.00	299.69	9.62
	南燭	0	1	0.00	33.33	0.00	7.07
	深紅茵芋	0	1	0.00	25.00	0.00	7.07
	小花鼠刺	1	0	100.00	0.00	11.95	0.00
	太平山冬青	2	0	-	0.00	53.20	0.00
	太平紅淡比	24	0	2400.00	0.00	297.40	0.00
	台灣灰木	3	0	-	0.00	29.23	0.00
	台灣杜鵑	8	0	200.00	0.00	94.80	0.00
	台灣紅榨槭	6	0	600.00	0.00	258.46	0.00
	台灣掌葉槭	2	0	-	0.00	56.55	0.00
	平遮那灰木	14	0	1400.00	0.00	191.10	0.00
	白新木薑子	15	0	-	0.00	173.64	0.00
	米飯花	2	0	-	0.00	13.77	0.00
	佩羅特木	4	0	-	0.00	80.53	0.00
	長葉木薑子	25	0	1250.00	0.00	365.11	0.00
下層	阿里山灰木	7	0	-	0.00	261.55	0.00
	阿里山榆	2	0	-	0.00	96.99	0.00
	厚葉柃木	59	0	-	0.00	705.48	0.00
	紅淡比	14	0	1400.00	0.00	138.25	0.00
	烏心石	1	0	33.33	0.00	65.04	0.00
	假柃木	2	0	-	0.00	10.22	0.00
	假繡球	4	0	200.00	0.00	37.19	0.00
	通條樹	3	0	-	0.00	33.54	0.00
	雪山冬青	32	0	1600.00	0.00	475.17	0.00
	壺花莢迷	2	0	-	0.00	23.95	0.00
	圓葉冬青	15	0	750.00	0.00	273.10	0.00
	賊仔樹	1	0	-	0.00	58.09	0.00
	福建賽衛矛	2	0	200.00	0.00	11.91	0.00
	豬腳楠	55	0	1375.00	0.00	1498.56	0.00
	鞍馬山越橘	5	0	-	0.00	49.38	0.00
	巒大越橘	1	0	25.00	0.00	14.52	0.00
	總計	2757	401	186.16	27.08	46464.34	49460.03

表 2-2b：1ha 長期動態樣區各物種各徑級死亡株數與新增株數

層次	樹種名稱	死亡株數			新增株數		
		DBH <5 cm	5<DBH<30 cm	DBH >30 cm	DBH <5 cm	5<DBH<30 cm	DBH >30 cm
上層	台灣扁柏	2	4	6	134	27	0
	白花八角	3	14	0	148	19	0
	台灣杉	0	2	1	2	3	0
	薯豆	12	11	0	106	128	0
	巒大杉	2	1	0	9	14	0
	赤柯	3	1	0	15	7	0
	台灣鐵杉	0	0	0	12	0	0
下層	山胡椒	176	17	1	203	74	0
	玉山灰木	7	21	0	134	12	0
	台灣楊桐	4	12	0	8	0	0
	假長葉楠	3	5	0	9	2	0
	西施花	7	10	0	157	29	0
	忍冬葉冬青	1	0	1	1	0	0
	水絲梨	0	0	0	23	13	0
	細枝柃木	4	1	0	106	7	0
	厚皮香	0	6	0	11	5	0
	毬子櫟	0	1	0	22	12	0
	霧社木薑子	0	3	0	33	20	0
	深山野牡丹	8	12	0	13	1	0
	毛柱楊桐	0	3	0	227	73	0
	台灣樹參	2	4	0	12	7	0
	薄葉灰木	0	3	0	5	2	0
	月桂葉灰木	0	1	0	39	17	0
	烏皮茶	1	2	0	6	1	0
	早田氏冬青	0	2	0	5	0	0
	高山新木薑子	3	3	0	381	114	0
	裡白蔥木	5	2	0	1	2	0
	擬日本灰木	0	1	0	5	2	0
	狹葉櫟	0	1	0	8	3	0
	薄葉虎皮楠	1	0	0	1	3	0
香桂	1	0	0	3	0	0	
尖葉槭	1	0	0	4	0	0	

續表 2-2b：1ha 長期動態樣區各物種各徑級死亡株數與新增株數

層次	樹種名稱	死亡株數			新增株數		
		DBH <5 cm	5<DBH<30 cm	DBH >30 cm	DBH <5 cm	5<DBH<30 cm	DBH >30 cm
下層	木荷	1	0	0	1	5	0
	南燭	1	0	0	0	0	0
	深紅茵芋	1	0	0	0	0	0
	小花鼠刺	0	0	0	1	0	0
	太平山冬青	0	0	0	1	1	0
	太平紅淡比	0	0	0	19	5	0
	台灣灰木	0	0	0	3	0	0
	台灣杜鵑	0	0	0	6	2	0
	台灣紅榨槭	0	0	0	1	5	0
	台灣掌葉槭	0	0	0	0	2	0
	平遮那灰木	0	0	0	13	1	0
	白新木薑子	0	0	0	14	1	0
	米飯花	0	0	0	2	0	0
	佩羅特木	0	0	0	3	1	0
	長葉木薑子	0	0	0	18	7	0
	阿里山灰木	0	0	0	5	2	0
	阿里山榆	0	0	0	1	1	0
	厚葉柃木	0	0	0	50	9	0
	紅淡比	0	0	0	14	0	0
	烏心石	0	0	0	0	1	0
	假柃木	0	0	0	2	0	0
	假繡球	0	0	0	4	0	0
	通條樹	0	0	0	3	0	0
	雪山冬青	0	0	0	26	6	0
	壺花莢迷	0	0	0	2	0	0
	圓葉冬青	0	0	0	12	3	0
	賊仔樹	0	0	0	0	1	0
	福建賽衛矛	0	0	0	2	0	0
	豬腳楠	0	0	0	28	27	0
	鞍馬山越橘	0	0	0	5	0	0
	巒大越橘	0	0	0	1	0	0
	總計		249	143	9	2080	677

3. 林木空間結構

為了了解上層物種各徑級樣木在空間分布上是否有聚集性，以利未來進一步研究上層物種各徑級分布與環境之相關性，故本文採用 Clark 和 Evans 於 1954 年所提出之最近鄰體分析法 (Nearest-neighbour distance) 分析上層物種各徑級範圍於樣區之空間分布類型，將上層物種各徑級依空間分布類型最近鄰體法之結果列於表 2-3a 和表 2-3b，並將各徑級之樣木位置示意圖表示於圖 2-1 至圖 2-7。

1998 年與 2010 年台灣扁柏之小徑木 ($DBH < 5\text{cm}$) 於空間分布上皆呈聚集分布，且樣本數於兩年內增多，1998 年大多集中於橫座標 (70~80)、縱座標 (5~15) 處，2010 年大多集中於橫座標 (40~100)、縱座標 (60~100) 處；中徑木 ($5\text{cm} < DBH < 30\text{cm}$) 於空間分布上呈聚集分布，大多集中於橫座標 (40~80)、縱座標 (0~20) 處；大徑木 ($30\text{cm} > DBH$) 於空間分布上呈隨機分布，平均分散於樣區內(圖 2-1)。

1998 年與 2010 年薯豆之小徑木 ($DBH < 5\text{cm}$) 於空間分布上皆呈聚集分布，且樣本數於兩年內增多，兩年於圖上呈現的集中趨勢不明顯 (圖 2-2)；中徑木 ($5\text{cm} < DBH < 30\text{cm}$) 於空間分布上呈聚集分布，於樣木位置圖上有多處聚集之處 (圖 2-2)。

白花八角之小徑木 ($DBH < 5\text{cm}$) 於 1998 年之空間分布上呈隨機分布，但於 2010 年呈聚集分布，可能是 1998 年之樣本數不足才會導致此差異 (1998 年 19 株，2010 年 158 株)，2010 年約聚集在橫坐標 (30~60)、縱坐標 (60~80) 處 (圖 2-3)；中徑木 ($5\text{cm} < DBH < 30\text{cm}$) 於空間分布上呈聚集分布，於樣木位置圖上聚集在橫座標 (20~50)、縱座標 (38~57) 處和橫座標 (78~85)、縱座標 (28~40) 處 (圖 2-3)。

赤柯之小徑木 ($DBH < 5\text{cm}$) 於兩年之空間分布上皆呈聚集分布，但聚集之不明顯 (圖 2-7)；中徑木 ($5\text{cm} < DBH < 30\text{cm}$) 於 1998 年呈隨機分布，於 2010 年呈聚集分布，於樣木位置圖上聚集處不明顯(圖 2-7)。

表 2-3a：1998 年上層物種各徑級之空間分布類型

樹種	台灣扁柏			薯豆			白花八角			巒大杉			赤柯			台灣杉			台灣鐵杉		
	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30
DBH (cm)	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30
樣本數	31	44	103	77	92	3	19	78	0	4	14	2	19	20	6	1	6	5	0	1	3
植株平均最近距離(m)	4.34	5.89	4.99	4.19	3.72	-	10.53	4.78	-	-	-	-	8.95	9.46	-	-	-	-	-	-	-
R值	0.48	0.78	1.01	0.74	0.71	-	0.92	0.84	-	-	-	-	0.78	0.85	-	-	-	-	-	-	-
Z檢定	5.50*	2.78*	0.25	4.43*	5.24*	-	0.68	2.63*	-	-	-	-	1.83	1.32	-	-	-	-	-	-	-
修正之R值	0.45	0.73	0.97	0.70	0.68	-	0.83	0.80	-	-	-	-	0.70	0.76	-	-	-	-	-	-	-
修正Z-test	5.38*	3.14*	0.53	4.69*	5.44*	-	1.30	3.09*	-	-	-	-	2.24*	1.82	-	-	-	-	-	-	-
分布類型	聚集	聚集	隨機	聚集	聚集	-	隨機	聚集	-	-	-	-	聚集	隨機	-	-	-	-	-	-	-

註：表中樣本數小於15株之徑級皆不計算空間分布類型

表 2-3b：2010 年上層物種各徑級之空間分布類型

樹種	台灣扁柏			薯豆			白花八角			巒大杉			赤柯			台灣杉			台灣鐵杉		
	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30
DBH (cm)	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30	<5	5~30	>30
樣本數	141	86	100	115	264	4	158	89	0	11	27	2	18	39	6	3	5	6	12	1	3
植株平均最近距離(m)	2.22	4.71	4.92	3.44	2.19	-	2.57	4.60	-	-	5.70	-	4.77	5.32	-	-	-	-	-	-	-
R值	0.53	0.87	0.98	0.74	0.71	-	0.65	0.87	-	-	0.59	-	0.40	0.66	-	-	-	-	-	-	-
Z檢定	10.73*	2.23*	0.31	5.37*	9.00*	-	8.52*	2.38*	-	-	4.05*	-	4.83*	4.01*	-	-	-	-	-	-	-
修正之R值	0.51	0.83	0.94	0.71	0.69	-	0.62	0.83	-	-	0.54	-	0.36	0.62	-	-	-	-	-	-	-
修正Z-test	10.53*	2.75*	1.04	5.61*	9.13*	-	8.55*	2.89*	-	-	4.12*	-	4.65*	4.18*	-	-	-	-	-	-	-
分布類型	聚集	聚集	隨機	聚集	聚集	-	聚集	聚集	-	-	聚集	-	聚集	聚集	-	-	-	-	-	-	-

註：表中樣本數小於15株之徑級皆不計算空間分布類型

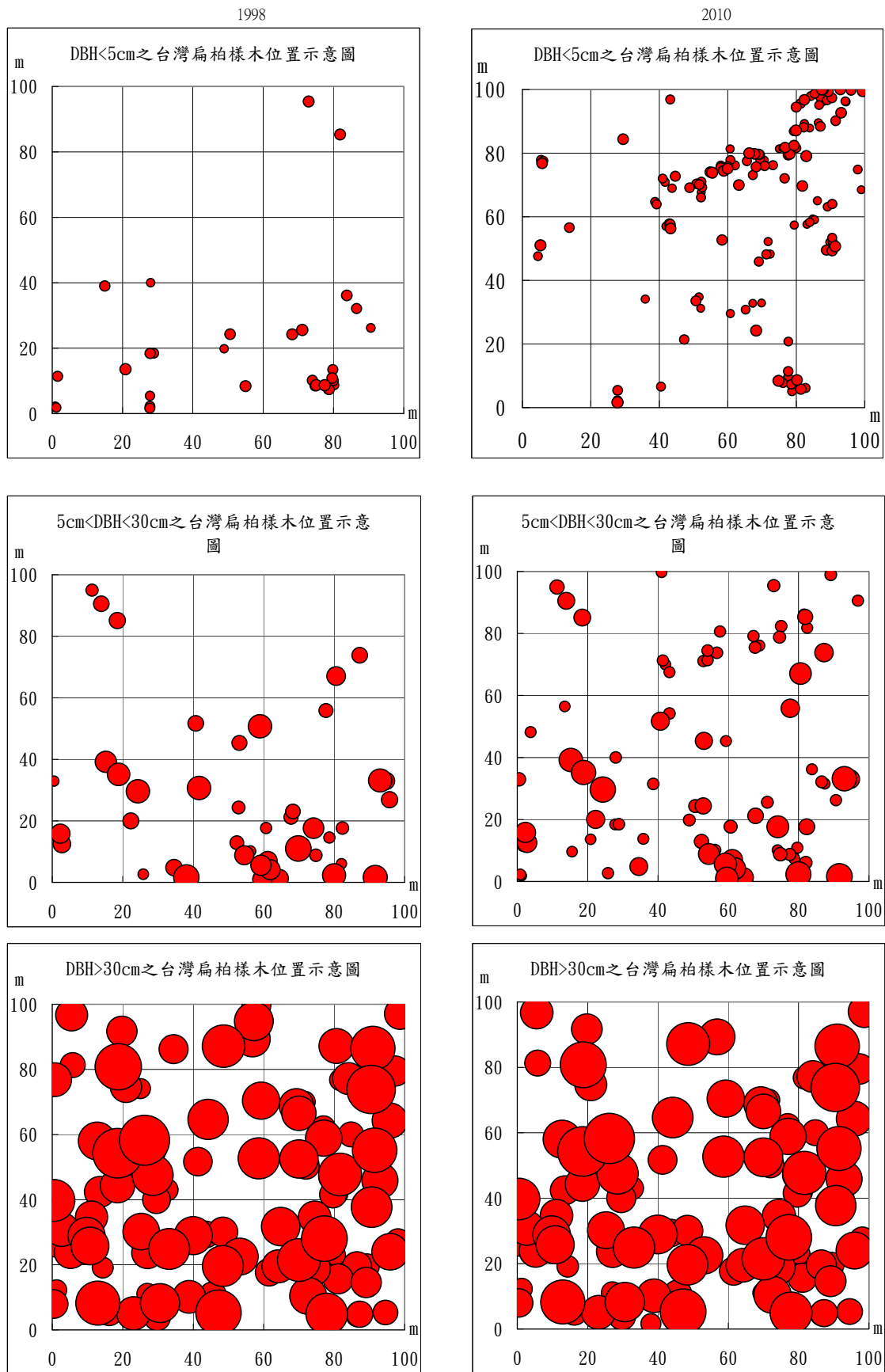


圖 2-1：台灣扁柏各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

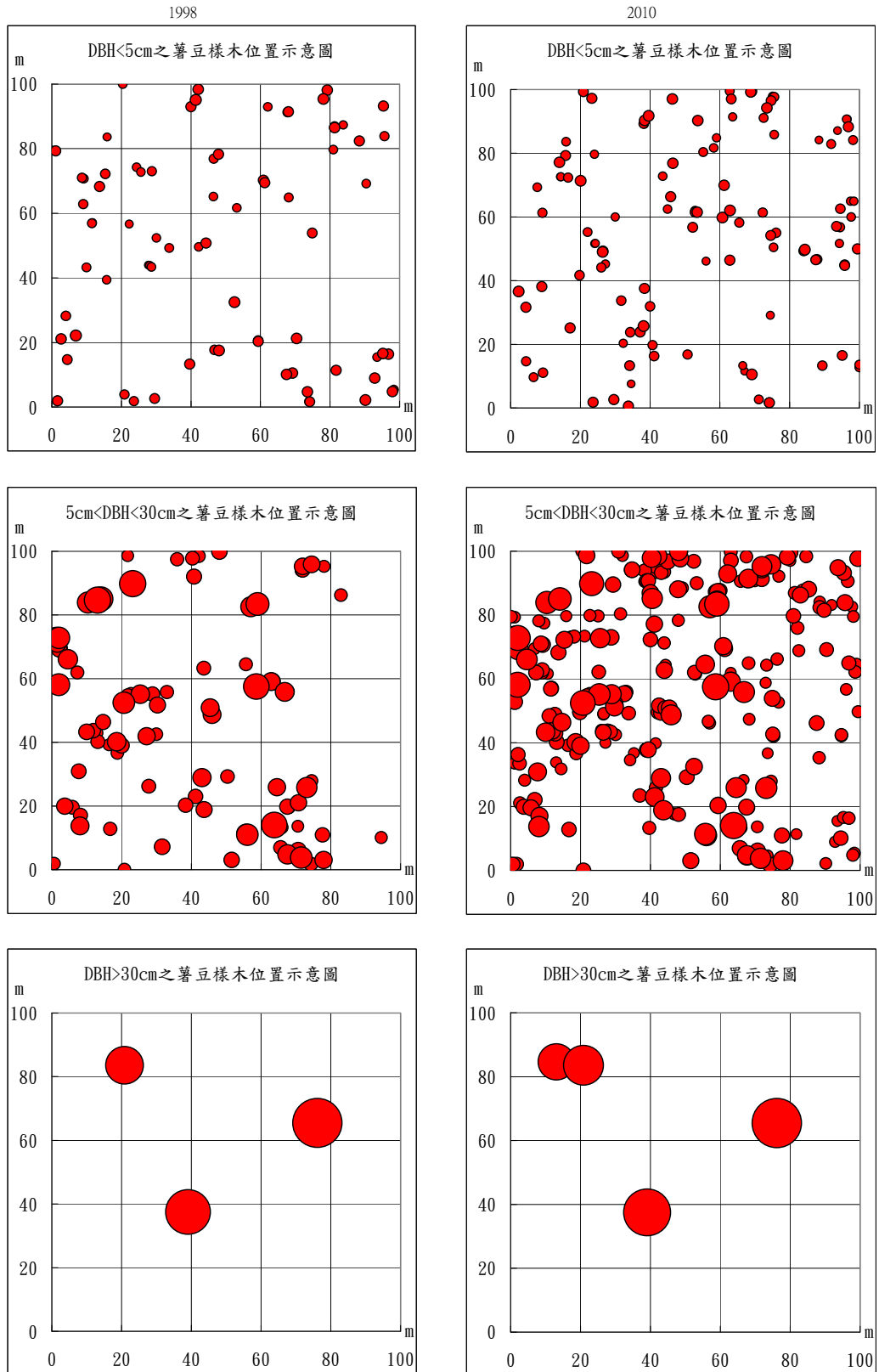


圖 2-2：薯豆各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

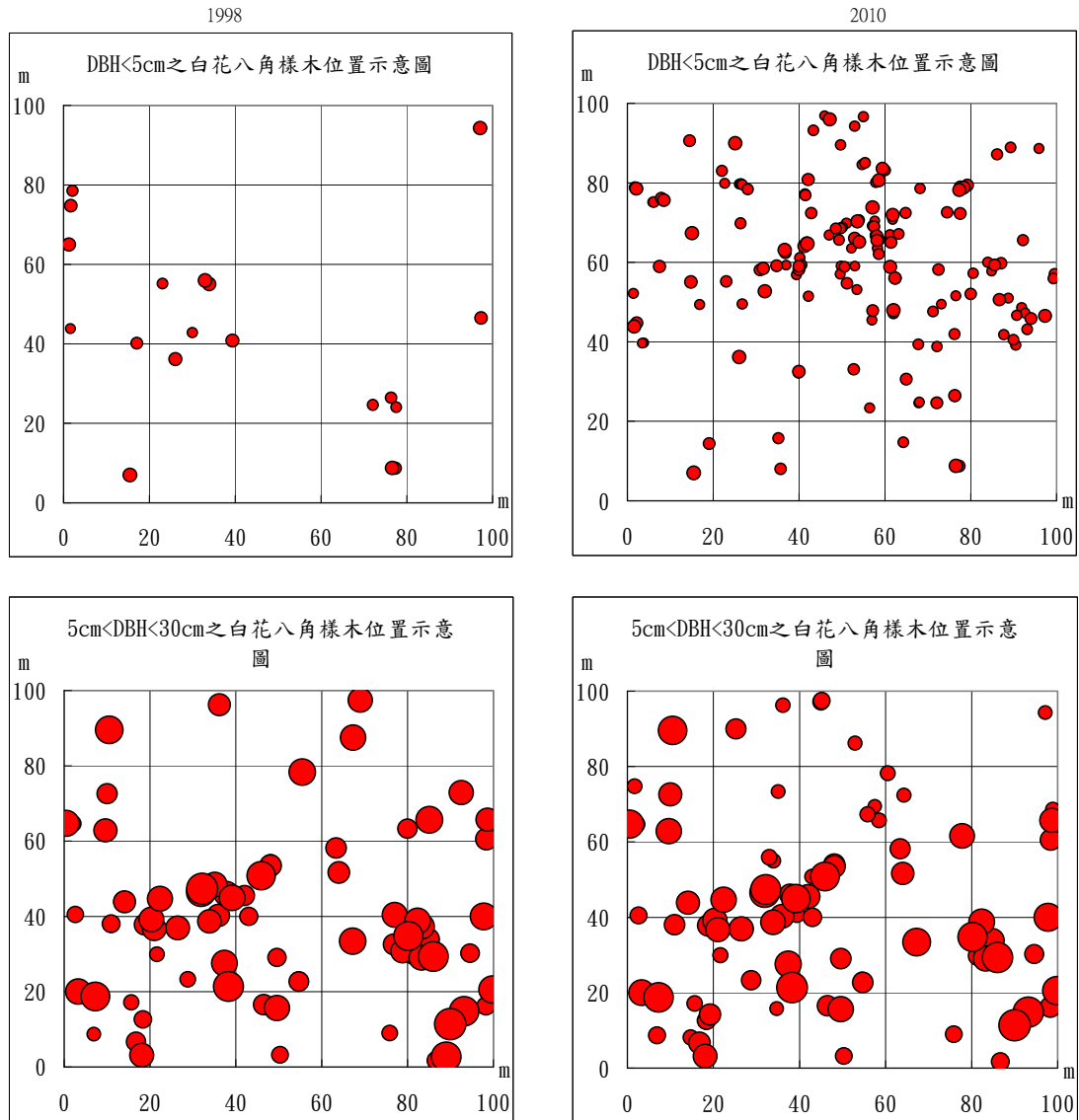


圖 2-3：白花八角各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

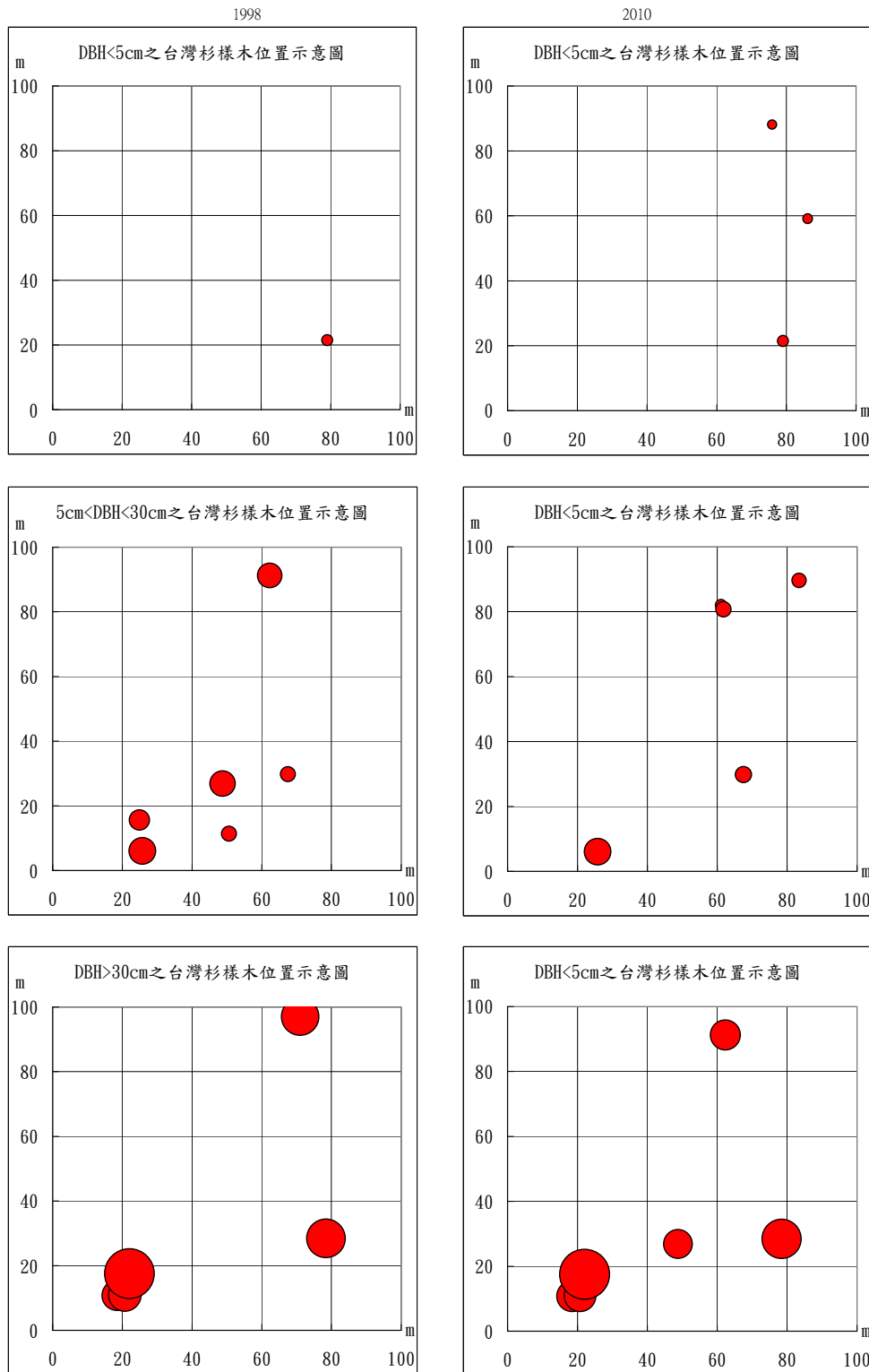


圖 2-4：台灣杉各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

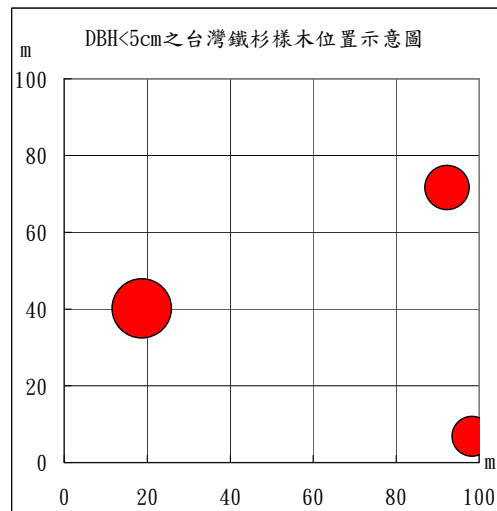
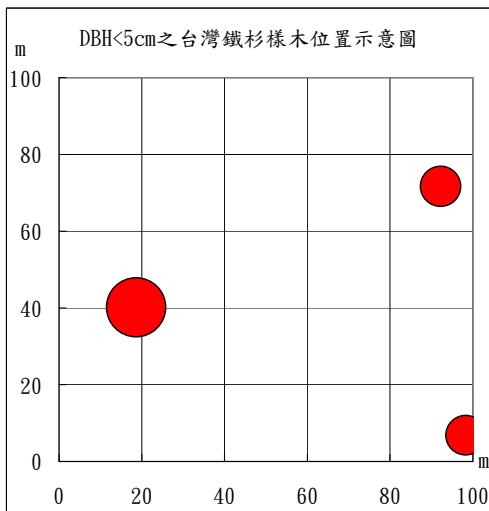
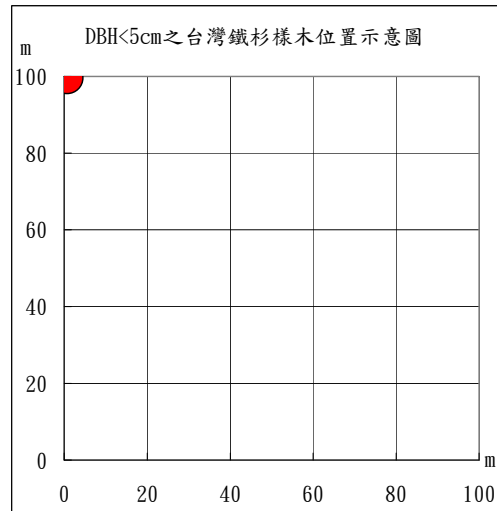
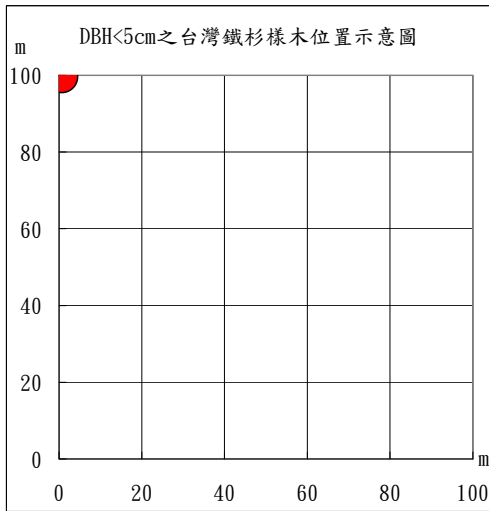
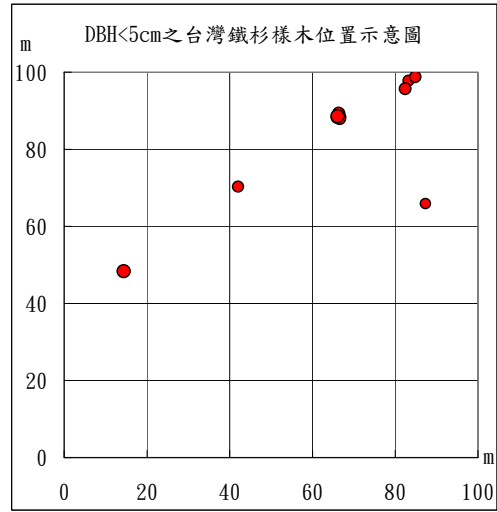


圖 2-5：台灣鐵杉各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

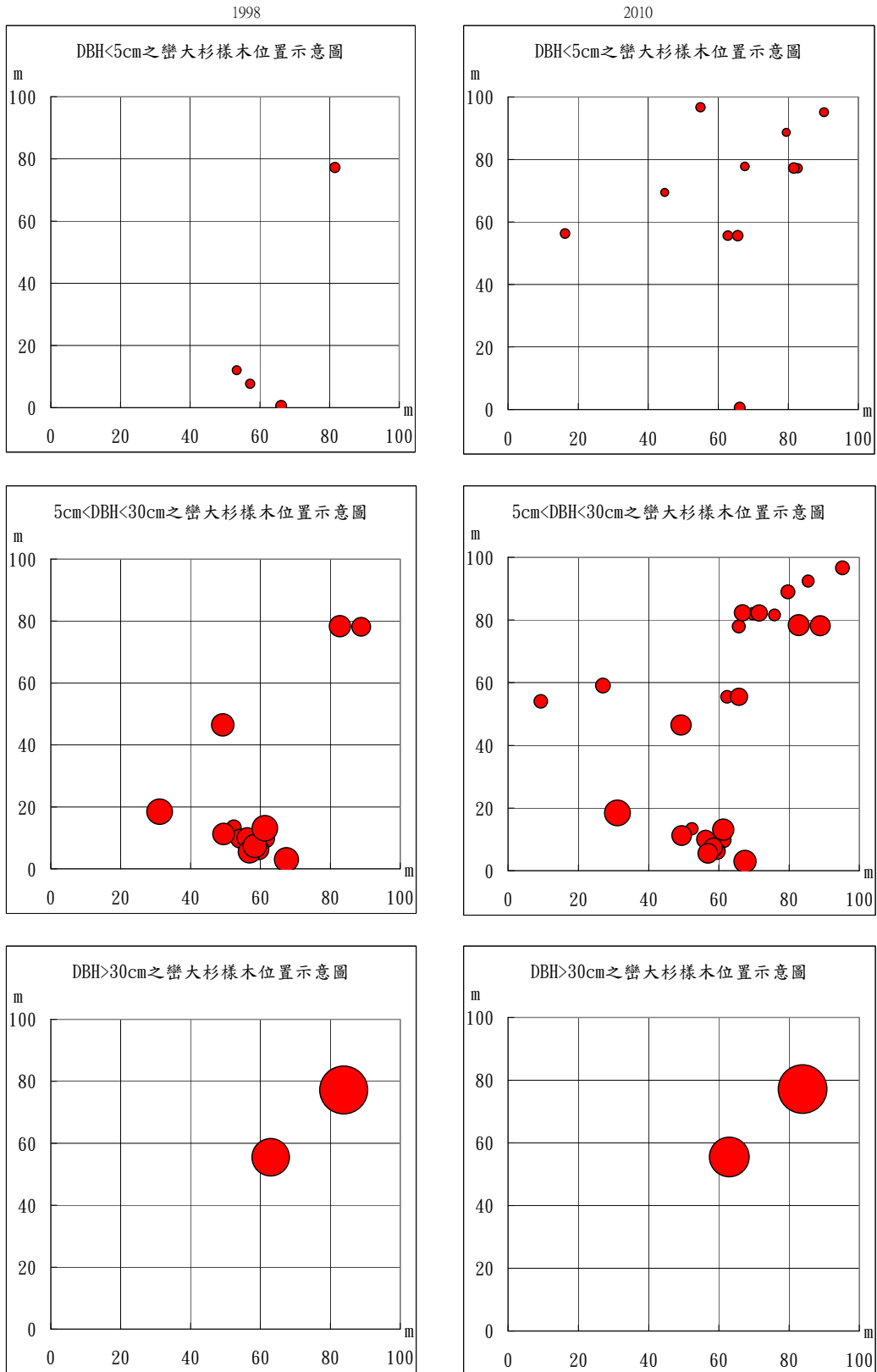


圖 2-6：巒大杉各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

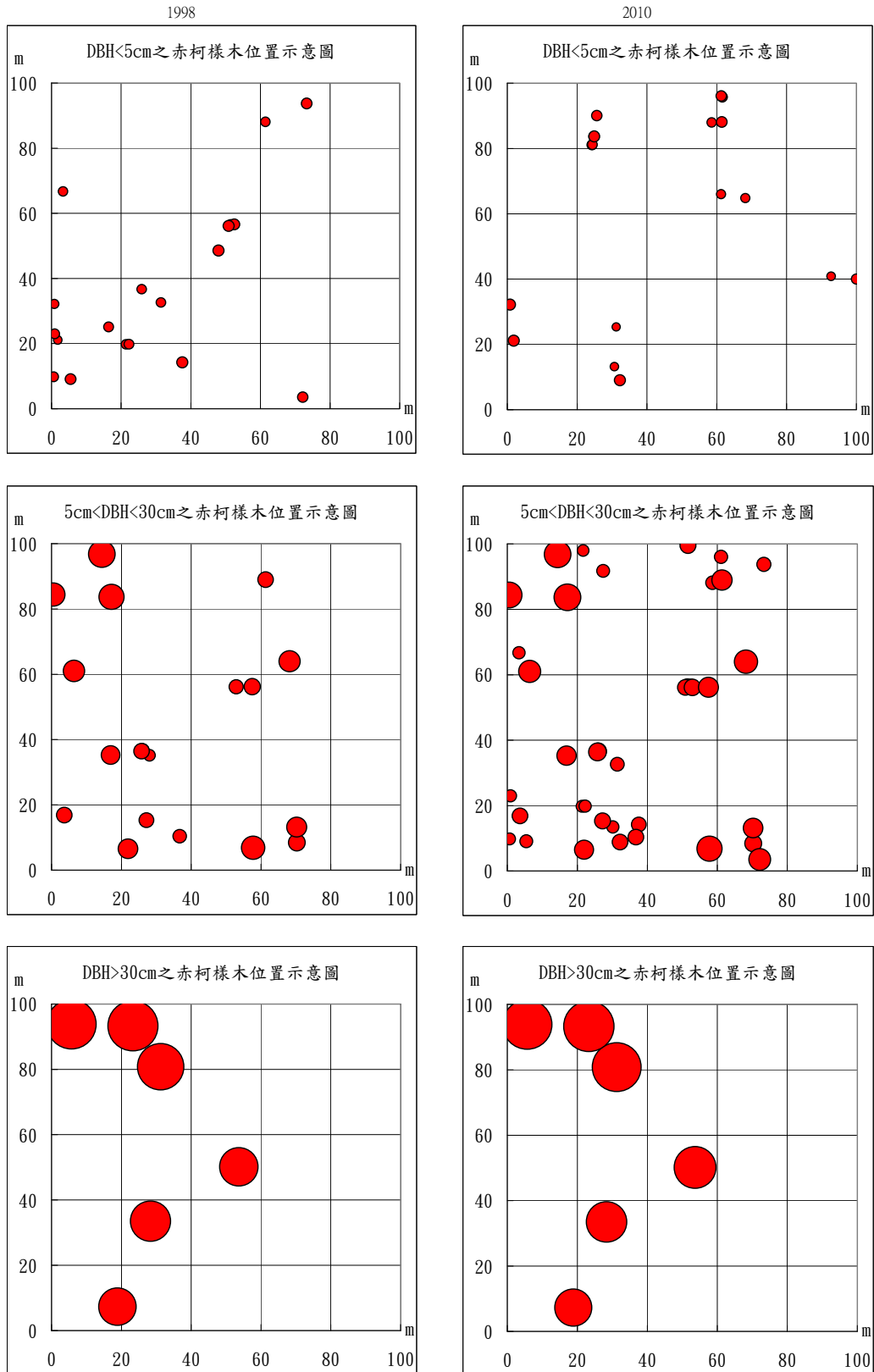


圖 2-7：赤柯各徑級樣木於 1ha 長期動態樣區之樣木位置示意圖

註：左圖為 1998 年之樣木位置圖，右圖為 2010 年之樣木位置圖。

(三) 檜木保育更新區檜木更新調查結果

調查林分位於該檜木枯立倒木整理區內依林分屬性，分別於實施中耕整地栽植造林地之集材線區(A、B 樣區)與非集材線區 (C、D 樣區)及未施整地栽植造林地(E、F 樣區)，共完成六個 20×20 m²樣區設置，樣區相關位置如圖 3-1。

每樣區再區分兩個次 5×5 m²樣區及兩個 1×1 m²小樣區(圖 3-2)。20×20 m²大樣區為調查胸徑 10 cm 以上林木為上木，次樣區調查胸徑 1~10 cm 林木為幼木，小樣區調查胸徑 1cm 以下及未達胸徑者(均量測基徑)為幼苗，調查項目包括樹高、胸/基徑、枝下高、最低枝條高度、冠幅、形質及枯稍率，其中枯稍率以等級區分(0：0%、1：1~25%、2：26~50%、3：51~75%、4：76~100)。



圖 3-1：各樣區相關位置

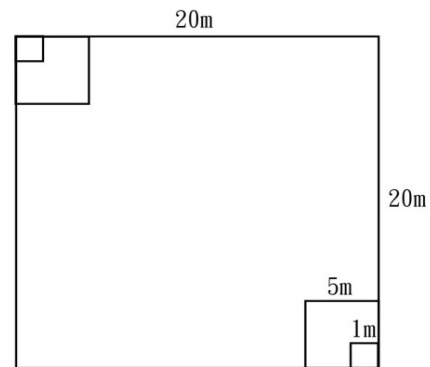


圖 3-2：樣區設置

表 3-1：各樣區位置

樣區編號	座標 X	座標 Y	海拔	坡向	坡度
A	290290	2714055	1886	WS	20
B	290313	2714136	1937	S	30
C	290099	2714487	1966	S	28
D	290271	2714358	1944	S	35
E	289833	2714017	1927	W	33
F	289878	2713904	1939	W	30

TWD97 二度分帶

1. 160 線 1987 年枯倒木整理保育更新林樹種組成與生長

160 線檜木枯立倒木整理保育更新林，胸徑 10 cm 以上林木出現較多的樣區為集材線的 A 樣區、非集材線的 C、D 區，分別為 1705、1650 及 1475 株/ha，上木冠層較密。B 樣區及未行保育更新作業地的 E、F 樣區則上木株數較少，上木冠層較稀疏(如表 3-2)。

胸徑 1~10 cm 幼木則以林冠較稀疏之集材線的 B 樣區最高，高達 28,200 株/ha，但上木冠層較密的 A 樣區及未行保育更新之林地(E、F 樣區)次之，分別為 6400、7200 及 8600 株/ha，以非集材線林地(C、D 區)幼木數量最低，約 2600 株/ha。而各樣區胸徑 1 cm 以下之幼苗均在 5 株/m² 以下(如表 3-2)。

表 3-2：160 線 1987 年枯倒木整理保育更新林各樣區各類級林木總株數

樣區編號	A	B	C	D	E	F
大樣區(20×20 m ²)	43	9	66	59	10	18
株數/ha	1075	225	1650	1475	250	450
次樣區(5×5 m ²)	16±1	70.5±21.5	6.5±0.5	6.5±1.5	18±2	21.5±7.5
株數/ha	6,400	28,200	2,600	2,600	7,200	8,600
小樣區(1×1 m ²)	0	5±5	0.5±0.5	0	3.5±0.5	0

胸徑 10 cm 以上林木中以檜木為主，由 A 樣區至 F 樣區分別佔 97.7%、100%、90.9%、61%、70%及 88.9%，平均胸徑分別為 17.0±11.9cm、11.4±2.5cm、17.0±6.7cm、19.3±5.5cm、40.8±43.6cm 及 27.6±34.7 cm。平均樹高分別為 9.4±4.3m、7.7±1.6m、10.6±2.7m、15.7±2.9m、18.7±14.7m 及 10.4±8.7 m，有些樣區檜木徑級差異大，標準差較大者為該樣區內具有各種徑級較大之前生樹(如表 3-3)。胸徑 1~10 cm 林木在 A、B 樣區以檜木居多，非集材線之保育更新作業區 C、D 區及未行保育更新作業之 E、F 樣區林地則為針葉樹與闊葉樹混生。其它針葉樹包括鐵杉、巒大杉、台灣杉及台灣二葉松，闊葉樹則包括山胡椒、白花八角、厚葉柃木、台灣杜鵑、玉山灰木、高山新木薑子、柏拉木等。

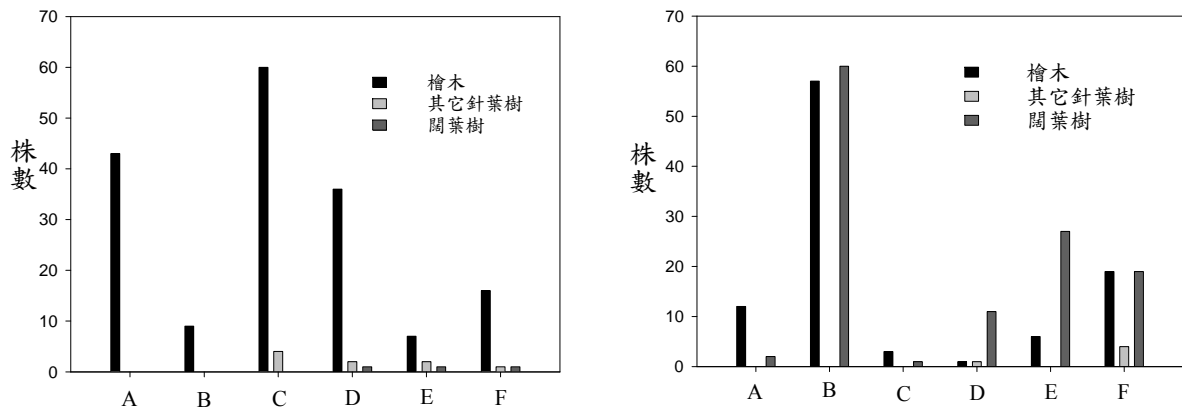


圖 3-3：各樣區樹種組成圖

註：左圖為大樣區(20×20 m²)上木株數；右圖為次樣區(2×5×5 m²)之幼樹(胸徑 1~10 cm)株數

表 3-3：樹種組成與生長

樣區編號(樣區面積)	樹種	株數	%	平均樹高 m(SD)	平均胸徑 cm(SD)
A 大樣區(20×20 m ²)	扁柏	43	97.7	9.36(4.31)	17.04(11.87)
	枯立木	1	2.3	2.00	22.20
A 次樣區(2×5×5 m ²)	扁柏	12	37.5	5.68(1.06)	7.13(1.91)
	枯立木	18	56.3	2.78(1.24)	2.93(1.35)
	山胡椒	1	3.1	4.70	4.50
	毛桂楊桐	1	3.1	2.80	1.10
B 大樣區(20×20 m ²)	扁柏	9	100.0	7.68(1.61)	11.40(2.52)
B 次樣區(2×5×5 m ²)	扁柏	57	40.4	4.63(1.33)	3.67(2.11)
	枯立木	24	17.0	2.61(1.33)	2.05(0.94)
	厚葉柃木	22	15.6	3.41(0.69)	1.52(0.36)
	白花八角	14	9.9	3.39(0.75)	1.82(0.74)
	山胡椒	8	5.7	4.91(0.80)	4.23(1.14)
	紅淡比	4	2.8	3.85(0.68)	1.63(0.22)
	玉山灰木	3	2.1	2.67(0.55)	1.53(0.51)
	月桂葉灰木	2	1.4	2.20(0.71)	1.75(0.49)
	高山新木薑子	2	1.4	4.65(0.78)	2.50(0.99)
	台灣二葉松	1	0.7	5.40	4.40
	台灣樹參	1	0.7	4.50	2.60
	早田氏冬青	1	0.7	4.20	1.80
	頓齒魏李	1	0.7	3.50	1.70
	霧社木薑子	1	0.7	4.70	1.90
	B 小樣區(2×1×1 m ²)	厚葉柃木	4	40.0	1.38(0.50)
台灣杜鵑		2	20.0	1.35(0.35)	1.53(0.51)
月桂葉灰木		1	10.0	1.70	1.91
扁柏		1	10.0	2.00	1.62
柏拉木		1	10.0	0.60	4.10
C 大樣區(20×20 m ²)	高山新木薑子	1	10.0	0.70	0.50
	紅檜	60	90.9	10.56(2.73)	17.01(6.73)
	香杉	3	4.5	9.10(1.87)	13.87(3.81)
	枯立木	2	3.0	4.40(1.70)	5.00(3.96)
	台灣杉	1	1.5	8.50	18.50
C 次樣區(2×5×5m ²)	紅檜	3	50.0	8.00(0.20)	5.57(0.55)
	枯立木	2	33.3	4.35(1.20)	4.60(1.41)
	白花八角	1	16.7	2.10	1.20
C 小樣區(2×1×1m ²)	壺花莢蓮	3	42.9	1.11(0.15)	0.60(0.16)
	柏拉木	3	42.9	0.63(0.45)	0.65(0.45)
	玉山杜鵑	1	14.3	0.56	6.30
D 大樣區(20×20 m ²)	紅檜	36	61.0	15.66(2.89)	19.26(5.50)
	台灣杉	19	32.2	17.05(3.86)	19.03(5.90)
	枯立木	2	3.4	12.80(0.28)	10.65(1.91)
	山胡椒	1	1.7	14.60	16.66
	香杉	1	1.7	7.30	11.50
D 次樣區(2×5×5m ²)	厚葉柃木	4	30.8	3.20(0.41)	2.00(0.42)
	毛桂楊桐	3	23.1	3.37(2.32)	2.47(1.61)
	台灣杉	1	7.7	10.60	7.50
	白花八角	1	7.7	3.20	2.50
	柏拉木	1	7.7	2.50	1.90
	紅淡比	1	7.7	4.50	4.00
	紅檜	1	7.7	10.00	9.50
	高山新木薑子	1	7.7	4.20	3.10

續表 3-3：樹種組成與生長

樣區編號(樣區面積)	樹種	株數	%	平均樹高 m(SD)	平均胸徑 cm(SD)	
E 大樣區(20×20 m ²)	扁柏	7	70.0	18.66(14.72)	40.84(43.58)	
	鐵杉	2	20.0	27.50(7.78)	56.75(12.37)	
	薯豆	1	10.0	9.65	36.60	
E 次樣區(2×5×5m ²)	玉山灰木	10	28.6	2.87(0.14)	1.87(0.64)	
	扁柏	6	17.1	4.00(1.74)	4.24(2.07)	
	山胡椒	5	14.3	3.53(2.04)	3.36(1.46)	
	高山新木薑子	4	11.4	3.39(0.59)	3.19(1.44)	
	台灣杜鵑	2	5.7	2.49(0.21)	1.98(0.30)	
	白花八角	2	5.7	2.45(0.30)	1.34(0.08)	
	阿里山灰木	2	5.7	3.23(0.30)	1.78(0.74)	
	紅淡比	2	5.7	3.50(0.70)	2.12(0.03)	
	厚葉柃木	1	2.9	2.31	1.24	
	枯立木	1	2.9	1.32	2.00	
	E 小樣區(2×1×1m ²)	紅淡比	3	37.5	1.30(0.36)	1.13(0.16)
假柃木		1	12.5	2.40	1.30	
白花八角		1	12.5	0.60	0.62	
厚葉柃木		1	12.5	0.70	0.52	
高山新木薑子		1	12.5	2.10	1.27	
霧社木薑子		1	12.5	0.13	0.28	
F 大樣區(20×20 m ²)	扁柏	16	88.9	10.43 (8.71)	27.62 (34.68)	
	鐵杉	1	5.6	25.00	135.00	
	厚皮香	1	5.6	8.50	17.50	
F 次樣區(2×5×5m ²)	扁柏	18	41.9	2.94 (0.77)	2.30 (1.20)	
	山胡椒	5	11.6	3.74 (0.90)	2.26 (1.12)	
	厚葉柃木	5	11.6	2.70 (0.77)	2.22 (0.25)	
	鐵杉	4	9.3	3.18 (0.39)	2.35 (0.60)	
	台灣杜鵑	3	7.0	2.17 (0.06)	1.37 (0.21)	
	毛桂楊桐	2	4.7	2.80 (0.28)	2.31 (0.72)	
	玉山灰木	2	4.7	3.80 (1.41)	5.25 (4.31)	
	台灣鴨腳木	1	2.3	3.10	2.10	
	紅檜	1	2.3	2.30	3.70	
	高山新木薑子	1	2.3	3.30	3.10	
	枯立木	1	2.3	2.90	1.80	
	F 小樣區(2×1×1m ²)	厚葉柃木	2	66.7	1.25 (0.64)	1.80 (0.14)
		假柃木	1	33.3	0.80	0.60

各樣區檜木組成中，A、B 樣區的檜木主要為下種更新形成之幼木，株數亦較多，然枯死比例亦高於其它樣區，分別為 26.0%、26.4%，枯死木多為幼木層級，A 樣區可能是上木冠層較密所致，B 樣區則可能因幼木密度高，競爭枯死所致。非集材線之保育更新地 C、D 樣區之幼木以栽植苗最多，亦已有天然更新苗出現，分別占檜木總數之 30.3%及 10.3%(如表 3-4)。未行保育更新作業之 E、F 樣區上木冠層較疏，檜木幼木量多，主要是下種更新形成。在各樣區更新之檜木均有枯死，而前生樹數量零星且分散，樹種除台灣扁柏外尚有鐵杉等針葉樹種與闊葉樹種，其中最大胸徑達 135 cm。

表 3-4：94 林班 1987 年度枯倒木整理保育更新樣區檜木組成比例

樣區	栽植%	天然更新%	枯立木%	前生樹%
A	-	72.6	26.0	1.4
B	-	73.6	26.4	-
C	65.7	30.3	4.0	-
D	84.6	10.3	5.1	-
E	-	71.4	7.1	21.4
F	-	91.7	2.8	5.6

註：A、B 樣區為集材線區之保育更新林，C、D 樣區為集材線區之保育更新林，E、F 樣區為未行保育更新之林。

2. 檜木形質生長表現

樹冠枯梢率為乾枯枝條在冠層中所佔的比例，台灣扁柏樹冠枯梢率以集材線區最高，A、B 樣區上木以及幼木枯梢率都在 45%以上，顯現出該林分無論是上層林木或幼木，生長空間都呈現擁擠的狀態或林木老化現象；非集材線之保育更新林上層林木枯梢率約 40%，亦有密度競爭出現；未行保育更新林林分枯梢率亦較低，而闊葉樹枯梢率在各樣區則在 20%以下(如表 3-5)。

枝下高與樹高的比值可表現冠層在樹高中的比例，越趨近於 1 表示林木樹冠短，枝下高長。未行保育更新地之上木及幼木，其比值較小(0.4-0.3 間)，顯示未行保育更新林之林木樹冠較長，而保育更新林上木及幼木平均比值較大，在 0.59 ~ 0.7 之間，呈現樹冠較短而枝下高較高，上木與幼木之比值差異不明顯(如表 3-5)。

表 3-5：各樣區檜木形質表現

形質表現	樹種分群	A 樣區	B 樣區	C 樣區	D 樣區	E 樣區	F 樣區
樹冠枯梢率%	檜木(大樣區)	57.7±19.3	48.6±13.2	42.7±30.8	39.2±21.6	7.1±6.7	18.8±18.3
	檜木(次樣區)	59.4±32.9	45.6±29.6	27.5±13.2	*0	20.0±24.4	13.8±16.1
	其它針葉樹(大樣區)	-	-	25.0±42.1	38.8±19.5	0	0
	其它針葉樹(次樣區)	-	-	-	37.5	-	6.3±7.2
	闊葉樹(大樣區)	-	-	-	0	0	0
	闊葉樹(次樣區)	6.3±8.8	13.6±13.0	0	1.1±3.8	17.7±24.0	2.6±8.9
	枝下高/樹高	檜木(大樣區)	0.60±0.13	0.59±0.16	0.63±0.21	0.74±0.14	0.42±0.26
檜木(次樣區)		0.66±0.17	0.60±0.23	0.66±0.13	0.65	0.28±0.13	0.36±0.16
其它針葉樹(大樣區)		-	-	0.55±0.18	0.64±0.20	0.53±0.02	44
其它針葉樹(次樣區)		-	-	-	79.3	-	0.54±0.14
闊葉樹(大樣區)		-	-	-	68.5	0.29	62.4
闊葉樹(次樣區)		0.44±0.28	0.68±0.21	0.81	0.5±0.31	0.49±0.19	0.56±0.30

註：*僅一株且無枯梢

3. 徑級分布

各樣區檜木上木分布呈反 J 型，顯示隨著徑級的增加檜木數量有減少趨勢，集材線區之保育更新林之徑級分布集中於 10~14 cm 位置，非集材線之保育更新林在各徑級均有分布，未行保育更新之 C 樣區亦以 10~14 cm 徑級數量最多，D 樣區則在 15~18 cm 徑級數量最多(如圖 3-4)。

檜木幼木分布略呈 L 型，幼木隨著徑級增加而數量遽減，幼木死亡情形亦明顯增加；以高密度幼木之集材線區為明顯。非集材線之保育更新林，其下降趨勢則減緩，未行保育更新林之幼木分布亦有相似減緩情形。

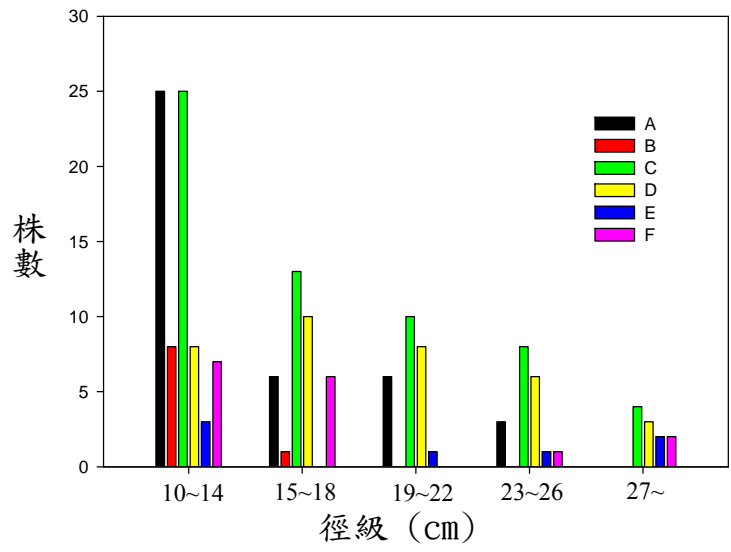


圖 3-4：各樣區胸徑 10 cm 以上檜木在大樣區(20×20 m²)的徑級分布圖

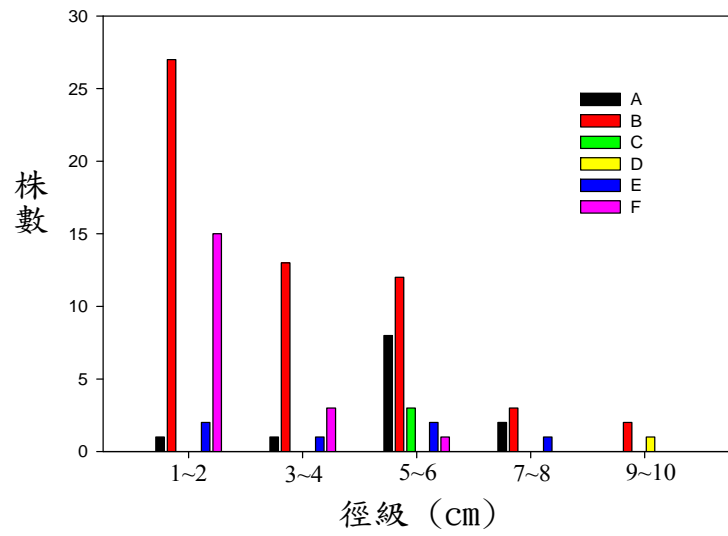


圖 3-5：各樣區胸徑 1~10 cm 檜木在次樣區(2×5×5 m²)的徑級分布圖

(四) 結論

天然檜木林 1ha 永久樣區，1998 年樣木為 1481 株，其後 12 年期間內死亡株數為 401 株，新增林木為 2757 株，至 2010 年樣木為 3837 株。蓄積量由 1199.18 m³，增加至 1260.39 m³，定期平均年生長量為 5.1 m³/年，年生長率為 0.42%；檜木所佔比例由 86%降為 84%，主要因此 12 年間有大徑木台灣扁柏死亡，但台灣扁柏的淨生長量仍為正值。中、下層林木的平均樹冠比由 0.60±0.17、0.59±0.16 下移至 0.43±0.15、0.41±0.15，顯示中下層林木競爭已逐漸增加。

在物種組成與結構變化上，整體而言上層以台灣扁柏最為優勢(1998 年：IV=46.40%，178 株；2010 年：IV=41.98%，327 株)，其次為薯豆(1998 年：IV=6.57%，172 株；2010 年：IV=6.67%，383 株)，下層則以厚皮香最為優勢其次為山胡椒。資料顯示相對密度大多集中在下層物種，但相對斷面積不高，下層物種多為密度高的小徑木；相對斷面積大多集中在上層物種，但相對密度不高，上層物種多為密度低的大徑木。

在林木空間結構上，本文採用 Clark 和 Evans 於 1954 年所提出之最近鄰體分析法 (Nearest-neighbour distance) 分析。結果顯示，1998 年與 2010 年台灣扁柏之小徑木 (DBH<5 cm) 於空間分布上皆呈聚集分布，且樣本數於此期間內增多；中徑木 (5 cm<DBH<30 cm) 於空間分布上呈聚集分布，大徑木 (30 cm>DBH) 於空間分布上呈隨機分布，平均分散於樣區內。1998 年與 2010 年薯豆之小徑木 (DBH<5 cm) 於空間分布上皆呈聚集分布，且樣本數於此期間內增多，兩年度於圖上呈現的集中趨勢不明顯；中徑木 (5 cm<DBH<30 cm) 於空間分布上呈聚集分布，於樣木位置圖上有多處聚集之處。

本檜木林於 1987 年間經枯立倒木整理作業後部分地區進行保育更新作業，其中整理作業之集材線區形成大孔隙與非集材線地區部分林地有中耕整地與栽植檜木，部分林地則未進行整地及栽植造林，於 2010 年依此三種林地屬性分別取二樣區調查林分組成結構。

集材線區上層林木徑級以 10~14 cm 為主，A、B 樣區平均樹高分別為 9.36±4.31、7.68±1.61m；A 樣區上層林木較多，而 B 樣區林木則多為幼木，幼木密度甚高，樣區間株數呈顯著差異，徑級分布亦有別，說明林分冠層之異質性與不同更新作業方式，建構成本檜木林組成與結構之多樣性。

經 20 餘年各樣區檜木均已超過 4000 株/ha，就檜木株數密度而言顯然已太密集，已有密度競爭致林木枯死，以超高幼木密度之集材線區的保育更新林為甚。由更新林木之生長形質與林分徑級分布等表現亦顯現壓抑現象，建議須進行撫育管理，如間伐修枝等，以改善林木生長形質及林分健康性。

檜木林枯倒木整理後經 20 年已陸續有下種更新苗木出現，受檜木母樹、其結實週期性、下種時間與林地環境等影響而有不同的更新苗量與分布，因此如有足夠之檜木母樹情況下，建議檜木林枯倒木整理後勿需栽植而以地表整治方式促進下種著床更新即可。

(五) 建議事項

該地區闊葉樹天然更新數量遠大於檜木，致使檜木所佔的比率下降中，應持續以十年為一期，追蹤該天然檜木林之樹種組成的消長與蓄積量的動態變化，並追蹤扁柏的更新苗與闊葉樹的更新苗間的競爭情形。

此期間的大徑扁柏倒木處之大孔隙並未促使檜木下種更新，而闊葉樹死亡處之小孔隙反而有較多的下種更新。其原因可能由於扁柏倒木仍佔住孔隙，而闊葉樹死亡後較易於腐爛。此外，該永久樣區位於較上坡的位置，溼度較低些，故區內只有扁柏而沒有紅檜。光度與溼度可能會影響扁柏的下種更新，未來可追蹤闊葉樹在此天然檜木林裡所扮演的生態角色。

160 線檜木林於 1987 年枯倒木整理後實施保育更新作業，經 20 年已陸續有下種更新苗木出現，受檜木母樹、其結實週期性、下種時間與林地環境等影響而有不同的更新苗量與分布，因此如有足夠之檜木母樹情況下，建議檜木林枯倒木整理後勿需栽植而以地表整治方式促進下種著床更新即可。

本檜木保育更新林之台灣扁柏均已超過 4000 株/ha，株數密度已密集化，致密度競爭而枯死，以超高幼木密度之集材線區的保育更新林為甚。由更新林木之生長形質與林分徑級分布等表現亦顯現壓抑現象，建議須進行撫育管理，如間伐修枝等，以改善林木生長形質及林分健康性。

六、相關參考文獻

- 王兆桓 (2001) 雙重變動面積樣區取樣法在天然檜木林調查之應用。中華林學季刊 34(2):185-194。
- 王鑫(2000)棲蘭山檜木林區地質資源調查研究。國立台灣師範大學生物系。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託。73 頁。
- 宋永昌 (2001) 植被生態學。華東師範大學出版社。上海。673 頁。
- 林進龍 (2006) 棲蘭山檜木林冠層下檜木栽植苗之生長表現。國立宜蘭大學碩士論文。
- 邱志明、羅卓振南、鐘旭和 (1993) 棲蘭山檜木天然更新林地林分構造之研究。林業試驗所研究報告季刊 8(4) : 389-402
- 陳子英、毛俊傑、許秀英 (2007) 棲蘭山檜木林整理區與未整理區之植物、動物相調查評估。森林保育事業管理處研究系列960518-2。行政院退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處 63pp.。
- 湯孟平 (2010) 森林空間結構研究現狀與發展趨勢。林業科學 46 (1): 117-122。
- 趙偉村 (1997) 南仁山亞熱帶雨林樹種分佈類型之研究。國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。101 頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。台北。台灣。462頁。
- 蘇鴻傑(1984)臺灣天然林氣候與植群型之研究(II)山地植群帶與溫度梯度之關係。中華林學季刊17(4): 57-73 頁。
- Clark, P. J. and Evans, F. C. (1954) Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. Ecology 35 : 445-453.
- Donnelly,K. (1978) Simulations to determine the variance and edge-effect of total nearest-neighbor distance. p.91-95 in Simulation Methods in Archaeology. Hodder, I. (eds) Cambridge University Press, London.

七、研究人力配置

<u>序號</u>	<u>機關名稱</u>	<u>單位名稱</u>	<u>研究人員</u>	<u>職稱</u>
1.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	林世宗	教授
2.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳子英	教授
3.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	王兆桓	教授
4.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	許秀英	講師
5.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳小玲	研究助理
6.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	黃鶯	研究助理
7.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	楊銘鑫	研究生
8.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳鈺惠	研究生
9.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	賴珮茶	研究生
10.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳品邑	研究生
11.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	蘇健民	研究生
12.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	利孟勳	研究生
13.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	紀易志	研究生
14.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	劉福龍	大學生
15.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	邱義筑	大學生
16.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	古健良	大學生
17.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	楊宗儒	大學生
18.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	黃耀緯	大學生
19.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	吳冠賢	大學生
20.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	王序之	大學生
21.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	紀柔安	大學生
22.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	王文妘	大學生
23.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	林世曉	大學生
24.	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	蘇皓	大學生

八、計畫主持人學經歷

計畫執行機關 單位名稱 主持人 職稱
 國立宜蘭大學 森林暨自然資源學系 林世宗 教授

姓名	林世宗
性別	男
身分證 統一編號	M100744759
住址	宜蘭市神農路一段一號
最高學歷 及肄業科系	國立台灣大學森林所博士
經歷	國立宜蘭大學森林暨自然資源學系教授 2009.08-迄今 國立宜蘭大學自然資源學系教授 2003.08-2009.07 國立宜蘭技術學院森林系教授 1998.08-2003.07 國立宜蘭農工專校森林系副教授 1993.08-1998.07
備註	

九、研究經費

機關名稱：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系 單位：千元

預算科目	經費	說明
工資	330	樣區清查、設置與調查、資料整理與分析 1200元×275工
材料費	82.6	測量調查等野外所需器材
雜支	55	紙張碳粉油料及野外調查耗材
行政管理費	32.4	總計劃金額之6%
旅運費	40	野外調查、資料蒐集、參加會議等差旅費
合計	540	

附錄 1、植物名錄

GYMNOSPERMAE 裸子植物門

CUPRESSACEAE 柏科

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

PINACEAE 松科

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

TAXODIACEAE 杉科

Cunninghamia konishii Hayata 巒大杉

Taiwania cryptomerioides Hayata 台灣杉

DICOTYLEDON 雙子葉植物亞門

ACERACEAE 槭樹科

Acer kawakamii Koidzumi 尖葉槭

Acer morrisonense Hayata 台灣紅榨槭

Acer palmatum Thunb. var. *pubescens* Li 台灣掌葉槭

AQUIFOLIACEAE 冬青科

Ilex goshiensis Hayata 圓葉冬青

Ilex hayataiana Loes. 早田氏冬青

Ilex lonicerifolia Hayata 忍冬葉冬青

Ilex sugerokii Maxim. var. *brevipedunculata* (Maxim.) S. Y. Hu 太平山冬青

Ilex tugitakayamensis Sasaki 雪山冬青

ARALIACEAE 五加科

Aralia bipinnata Blanco 裡白椴木

Dendropanax dentiger (Harms ex Diels) Merr. 台灣樹參

CAPRIFOLIACEAE 忍冬科

Viburnum formosanum Hayata 紅子英迷

Viburnum sympodiale Graebner 假繡球

Viburnum urceolatum Sieb. et Zucc. 壺花英迷

CELASTRACEAE 衛矛科

Microtropis fokienensis Dunn 福建賽衛矛

Perrottetia arisanensis Hayata 佩羅特木

DAPHNIPHYLLACEAE 虎皮楠科

Daphniphyllum himalaense (Benth.) Muell.-Arg. subsp. *macropodum* (Miq.) Huang 薄葉
虎皮楠

ELAEOCARPACEAE 杜英科

Elaeocarpus japonicus Sieb. & Zucc. 薯豆

Elaeocarpus sylvestris (Lour.) Poir. 杜英

ERICACEAE 杜鵑花科

Lyonia ovalifolia (Wall.) Drude 南燭

Rhododendron formosanum Hemsl. 台灣杜鵑

Rhododendron leptosantherum Hayata 西施花

Vaccinium bracteatum Thunb. 米飯花

Vaccinium randaiense Hayata 巒大越橘

Vaccinium kengii C. E. Chang 鞍馬山越橘

FAGACEAE 殼斗科

Cyclobalanopsis longinux (Hayata) Schottky 錐果櫟

Cyclobalanopsis morii (Hayata) Schottky 赤柯

Cyclobalanopsis sessilifolia (Bl.) Schottky 毬子櫟

Cyclobalanopsis stenophylloides (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo 狹葉櫟

HAMAMELIDACEAE 金縷梅科

Sycopsis sinensis Oliver 水絲梨

ILLICACEAE 八角科

Illicium anisatum L. 白花八角

LAURACEAE 樟科

Cinnamomum subavenium Miq. 香桂

Litsea acuminata (Bl.) Kurata 長葉木薑子

Litsea cubeba (Lour.) Persoon 山胡椒

Litsea elongata (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. *mushaensis* (Hayata) J. C. Liao 霧

社木薑子

Machilus japonica Sieb. & Zucc. 假長葉楠

Machilus thunbergii Sieb. & Zucc. 豬腳楠

Machilus zuihoensis Hayata 香楠

Neolitsea acuminatissima (Hayata) Kanehira & Sasaki 高山新木薑子

Neolitsea sericea (Bl.) Koidz. 白新木薑子

Sassafras randaiense (Hayata) Rehder 台灣擦樹

MAGNOLIACEAE 木蘭科

Michelia compressa (Maxim.) Sargent 烏心石

MELASTOMATACEAE 野牡丹科

Barthea barthei (Hance) Krass 深山野牡丹

OLEACEAE 木犀科

Osmanthus heterophyllus (G. Don) P. S. Green 異葉木犀

ROSACEAE 薔薇科

Photinia serratifolia (Desf.) Kalkman 石楠

Prunus phaeosticta (Hance) Maxim. 墨點櫻桃

RUTACEAE 芸香科

Skimmia reevesiana Fortune 深紅茵芋

Tetradium glabrifolium (Champ. ex Benth.) T. Hartley 賊仔樹

SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

Itea parviflora Hemsl. 小花鼠刺

STACHYURACEAE 旌節花科

Stachyurus himalaicus Hook. f. & Thomson ex Benth. 通條樹

SYMPLOCACEAE 灰木科

Symplocos heishanensis Hayata 平遮那灰木

Symplocos wikstroemiifolia Hayata 月桂葉灰木

Symplocos arisanensis Hayata 阿里山灰木

Symplocos caudata Wall. 尾葉灰木

Symplocos eriostroma Hayata 薄葉灰木

Symplocos formosana Brand 台灣灰木

Symplocos migoi Nagam. 擬日本灰木
Symplocos morrisonicola Hayata 玉山灰木

THEACEAE 茶科

Adinandra formosana Hayata 台灣楊桐
Adinandra lasiostyla Hayata 毛柱楊桐
Cleyera japonica Thunb. 紅淡比
Cleyera japonica Thunb. var. *taipinensis* Keng 太平紅淡比
Eurya acuminata DC. 銳葉柃木
Eurya crenatifolia (Yamamoto) Kobuski 假柃木
Eurya glaberrima Hayata 厚葉柃木
Eurya loquaiana Dunn 細枝柃木
Eurya strigillosa Hayata 粗毛柃木
Pyrenaria shinkoensis (Hayata) Keng 烏皮茶
Schima superba Gard. & Champ. 木荷
Ternstroemia gymnanthera (Wight & Arn.) Sprague 厚皮香

ULMACEAE 榆科

Ulmus uyematsui Hayata 阿里山榆

附錄 2、樣區調查照片



林相



樣區42
樣木62號(中)
63號(左一)



林相



測量胸徑
(樣區21)



測量樹高
(樣區35)



樣區55的倒木



樣區35的倒木



生長椎鑽取
半徑生長



生長椎鑽取
半徑生長



集材線區之保育
更新林(一)



集材線區之保育
更新林(二)



非集材線之保育
更新林



未行保育更新
作業之林(一)



未行保育更新作業
之林(二)



檜木幼苗

