

壹、 前言

近年來因生態環境保護和自然資源保育漸受社會大眾重視，疏伐作業對生育地環境可能造成之影響成為森林經營者必須瞭解的事項。因此如何在人工林中，利用適當的撫育作業增進林木的可利用材積生產並提高材質，又能兼顧環境保育，維持生態系穩定及林地永續的生產力，則為當前人工林永續經營面對之重要課題。

烏心石為台灣固有樹種，混生於中低海拔之闊葉林內，海拔分布介於100~2200 m之間(劉崇瑞、廖日京，1980)，是目前台灣重要的闊葉樹造林樹種之一，列臺灣闊葉五木之一，為台灣主要用材與景觀造林樹種，近年亦大量推廣造林。然對建造成林之烏心石仍缺乏適當中後期撫育管理，營造健康林分與優質林木生產，同時改善碳儲存與環境保護能力。在生態環境問題日益重視下，以環境友善方式調整林分結構及提高林木生產的機會，是目前林業政策的重要施政方針。

本計畫擬在羅東林區管理處 47 林班之天送埤地區，海拔約 200-300 公尺，20 年生烏心石人工林，建造時亦留存部分前生樹，期間未實施中後期撫育措施，且受其他留存樹種之上木壓抑，目前林分已鬱閉，林木形質多細長，環境抗性較差，烏心石密林時爾發生病蟲為害，亟需實施釋放伐及整理伐，改善烏心石人工林林分健康與景觀結構及林木形質與生產。

擬由現存林分組成結構調查及林分生長與形質解析後，以經不同處理之整理伐後檢定對林分結構、林木之生長效益程度與時間效益，同時由林冠覆蓋度、光環境與地被植生變動監測，評估整理作業對環境之效應，提供烏心石人工林長經營期育林作業模式參考。

貳、計畫目標

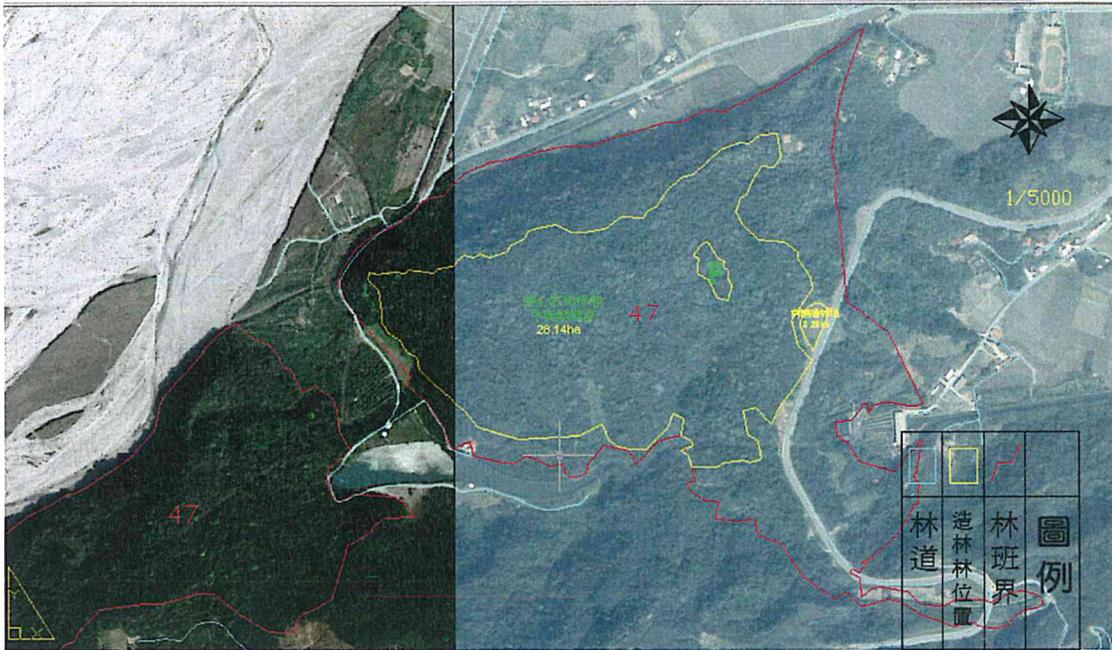
本計畫期間預定二年，擬採用長經營期烏心石人工林方式，配合上木之釋放伐，及烏心石被壓木、劣質木之整理伐，釋放伐及整理伐對象與程度依選木規畫，設置弱度、中度處理及對照組之觀測試驗區，評估不同整理伐對烏心石人工林景觀結構、林木生長性態與品質之效應。計畫第一年由林分基本性態調查分析，包括林分組成結構、林冠結構、林木及地表植群性態，並依不同整理伐擬定選木對象與規範作業程序；第二年作業施作後調查觀測試區林分組成與景觀結構變化，林木性態及定期調查林冠環境與地表植群變動，評估整理作業對環境之效應。

重要工作項目：

1. 該烏心石造林背景資料蒐集與現場踏勘設樣。
2. 林分組成結構與林木生長形質調查解析，並就徑級林木取樣解析生長趨勢。
3. 規畫整理伐處理之觀測試驗區。
4. 上木釋放伐及整理伐木選擇與標定。
5. 擬定作業程序提供作業準則
6. 調查作業對留存林木與林地傷害度，檢核作業方式之友善性。
7. 比較整理伐處理之林分結構及林木生長性態。
8. 整理伐前後林冠環境與地被植群動態定期監測。

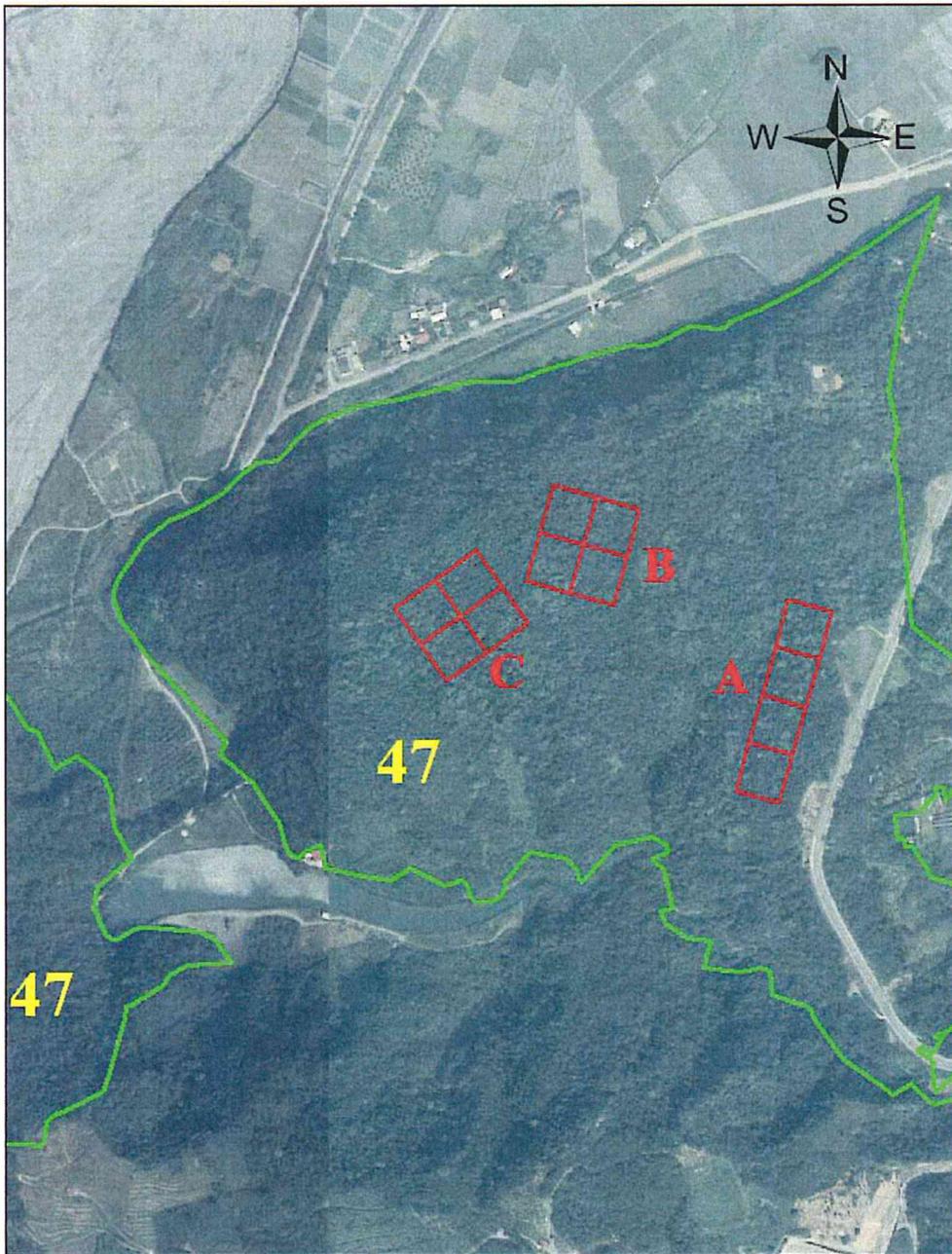
參、計畫施作地點

本計畫擬在羅東林區管理處 47 林班之天送埤地區，海拔約 200-300 公尺，樹種以烏心石為主及少量肖楠，於民國 84 年栽植，期間未實施撫育作業，造林面積約 22.94 公頃(圖一)。烏心石栽植距離為 4×2.5 m，民國 92 年調查株數密度為 1051/ha，胸徑約為 17.6 cm。



圖一、47 林班烏心石造林地位置圖

設置調查區於羅東事業區第 47 林班之烏心石造林地(如圖二)，早於 2003 年時即選擇林木生長狀況較佳、地勢較平坦且範圍較大的區塊，設立面積各 11,520 m² 之 A、B、C 三大區，一大區各含 4 個樣區，每一樣區範圍為 48m×60 m(0.288 ha)，因為受地形的影響，所以各處 4 個樣區排列情形不相同。A 區位道路旁，坡度約為 12 度，為很容易作業的區段；但是受限於該區段林班界彎曲，且西北側緊鄰一條山溝，故可設樣區的縱深較短，因此 A 區 4 個樣區排列為長條形狀；B 區位臺灣肖楠林的上方，北臨林班界，坡度約為 17 度，4 個樣區排列為田字型；B 區與 C 區中間偏下，被一條小溝隔開。C 區為最遠的區集，較不易到達，坡度約為 19 度，4 個樣區排列為田字型(王兆桓、林世宗，2004)。



0 87.5 175 350 525 700 Meters

圖二、調查樣區地理位置圖

(一) 環境調查

1. 林冠環境調查：

於 2014 年 7 月於 A、B、C 樣區中各小樣區中系統許樣 5 點做為林冠環境調查依據。調查項目包括

- (1) 光度：以 Licor-250 於正午測量開闊地光度做為對照組，並同時於樣區林下測量光度進行分析比較。
- (2) 鬱閉度：於林下樣區內樣點以單眼相機搭配魚眼鏡頭進行鬱閉度分析比較。
- (3) 林下光質分析：於林下各樣點以光譜測量儀測量林下光譜分布圖並分析比較。

2. 地被植物調查：

地被樣區建構，於 A、B、C 樣區內同上述環境調查之 5 樣點下取 3 個 1x1m 之小樣區，共 3 樣區x5 樣點x3 重複共 45 個小樣區。調查內容包括：地被植物種類、地被植物復蓋度。

(二) 林分結構調查資料

1. 每木調查與方法

於本計畫設置之樣區內每木調查，包括樹種、林木胸高直徑、樹高、枝下高等生長性狀，每株林木進行掛牌編號標註並調查紀錄立木現存性狀(正常木、風折木、枯死木及砍伐木)，以供未來長期監測和進行比對。

- (1) 胸高直徑(DBH)：利用直徑尺測量樣區內林木之胸高直徑，測量標準以林木 1.3 m 處作為測量胸高直徑之位置。為求胸高直徑連續測量之精確度的提升，故於進行胸徑測量時同時於量測處釘掛編號鋁牌(釘於樹幹面向上坡處且將鋁釘釘入約三分之一)，以便後續調查時能量測同一位置之胸高直徑，進而獲得較精確之林木生長變化資料，了解林木橫向生長狀況。
- (2) 樹高(H)：使用測高桿測定立木地面沿幹軸生長方向往樹梢頂端量測高度。
- (3) 枝下高(HCB)：枝下高指樣木由地面至活性樹冠幅最低點部位之高度，可由其推求樹冠比，其公式為(樹高-枝下高)/樹高。

2. 性態值分析、胸徑分級及計算材積蓄積量

迨樣區調查完竣，取得林木基本性態值資料，將所測之樣區林木株數、斷面積、材積、胸徑、樹高、樹冠比等性態值變化，再將胸徑以 2 cm 區分為一階級距，進行直徑級分布分析，藉以瞭解直徑階與株數分布之林分結構。

同時記錄立木性狀及株數，其定義如下：

- (1) 正常木：無被害情形且正常生長、樹冠完整之林木。
- (2) 風折木：遭受風害折斷主要枝幹，樹冠不完整僅殘存枝葉者。
- (3) 枯死木：林木經過一定期間自然死亡、衰老、競爭、病蟲害、風、水害而致已完全病枯死且無綠葉樹冠之枯立或枯倒木。
- (4) 傾斜木：林木主幹傾斜之樹木。
- (5) 叢生木：主幹於基部分岔超過三岔以上。

以樣區之每木調查資料，進行以小樣區為基礎之林分性態值如立木株數(N)、平均胸徑(cm)、平均樹高(m)、材積(m^3/ha)、每公頃株數(N/ha)、每公頃胸高斷面積(m^2/ha)，並以樹高、胸徑資料，參考第三次臺灣森林資源及土地利用調查工作手冊所使用之各樹種材積式(林務局，1995)，計算每小樣區之每公頃材積(m^3/ha)。

3. 樹高曲線

由樣木測定其胸徑與樹高，建立直徑與樹高之函數關係，其所繪出之曲線稱為樹高曲線。所選之樹高曲線為 $H=a+b \times \log D$ (H 為樹高，D 為胸徑，a 與 b 為常數)，並提供後續全林分推估林木樹高與材積之參考。

4. 林分結構之分析

本計畫採用實證林分表推測法(empirical stand table projection)來分析林分結構，林分表法是將林木按直徑級分類，分別預測各直徑級之材積生長量，再將林分表轉成蓄積表求出林分之現在材積及將來材積，二者之差就是林分將來之材積定期生長量(楊榮啟、林文亮，2003)。本計畫根據前後兩期複查樣區結果將資料作成直徑級別株數分布表現之林分表。

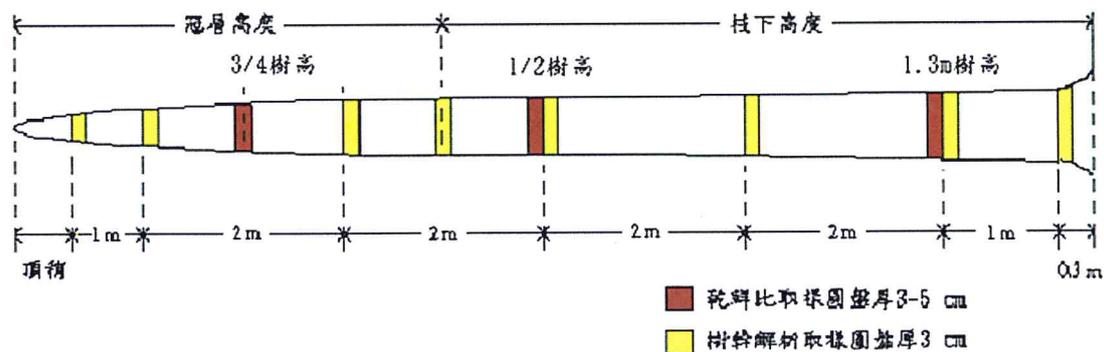
(三) 林木解析及生物量調查

1. 樣木調查：

依林木徑級分布於選擇 40 株樣木，以 5 株為平均胸徑加 1 個標準差，5 株為平均胸徑加 2 個標準差，5 株為平均胸徑減 1 個標準差為原則，5 株為平均胸徑減 2 個標準差為原則。立木生物量調查分析：就立木生物量調查可分為樹幹部、冠層部兩部分

(1) 樹幹生物量調查與流程：

由選定樣木伐倒前量測胸徑以確認伐倒目標。伐倒後，並量測樹高、枝下高、樹冠長。分段秤鮮重：配合樹幹解析方式分段，即 0.3 m(第 I 段)，1.3 m(第 II 段)及 3.3 m(第 III 段)以上均以 2 m 為長度，經量測並標示分段處即可造材分段秤鮮重並記錄。主幹頂端至褐色枝端處，綠枝部份則歸屬枝葉層部分。待分段秤鮮重後，除取供樹幹解析用之圓盤外，並再取 3 個圓盤次樣本量鮮重，再分離樹皮量樹皮鮮重後，攜回烘絕乾重。圓盤取自 1.3 m 處、樹幹高度 1/2 處，及樹幹高度 3/4 處，各取約 3-5 cm 厚之圓盤次樣本。求各圓盤之乾鮮比，並依此推算樣木樹幹乾重量。



(2) 冠層調查流程：

依樹冠高度平均區分為上、中、下層。各層進行樹葉及枝條生物量估算。將各層所著生之枝條與葉子各別分離秤其鮮重，再取其混合大小枝條樣本 500-300g、混合葉子樣本約 200 g，經實際秤鮮重後裝袋編號攜回以 100-105 °C 烘至絕乾重，求得樣本乾鮮比。由各層枝、葉樣本乾鮮比取其平均值，供推估該樣木枝與葉之總乾重。

2. 林木形數與林分生物量推估

由伐倒樣木依樹幹解析之分段直徑，以 $smalim$ 公式計算林木實際材積並依此估算烏心石林木之形數及計算林分材積，並與參用材積式所推估之材積相比較。

由各樣木枝生物量及其胸徑、樹高生長參數建構烏心石相對生長式，由此推估烏心石林分生物量。提供烏心石林分生物量生產分析之基準。進而推估林分碳貯存量。

伍、 目前執行情形

1. 樣區基本資料

(1) 環境監測

於 103 年 8 月進行樣區基本林冠環境調查，以魚眼鏡頭拍攝林冠環境，另以 LI-250 於正午進行光環境調查，資料尚在整理分析。

(2) 樣區林分結構調查

於 8 月完成樣區之每木調查，並與 93 年資料進行比較，由樣區調查資料顯示，各樣區之胸高斷面積、材積皆增加，但株數均下降，其中以 B 區下降之數量最多，可能因 B 區為單位面積中株數較多所導致(表一)，由斷面積與材積成長率調查資料顯示，B 區之材積與斷面積成長率皆為最低，可能受因高密度所影響。材積增加比例明顯較斷面積增加為多，推測因平均樹高亦增加所致。10 年間烏心石生長量大幅增長，亦顯示烏心石在 10 至 20 年生間為快速生長期。

表一、烏心石林分樣區調查資料比較(烏心石林木)

樣區 (年分)	株數	胸徑	株數 /ha	胸高斷 面積/ha	材積 /ha	斷面積 增加(%)	材積增加 (%)
總數(93)	3100	-	897.0	9.4	40.0	-	-
(103)	2977	16.2±5.7	861.4	19.7	118.9	109.1	197.3
A區(93)	993	-	862.0	9.6	38.9	-	-
(103)	991	16.3±5.2	860.2	19.8	124.4	107.0	220.1
B區(93)	1093	-	948.8	8.9	39.2	-	-
(103)	1018	15.0±5.0	883.7	17.1	95.6	91.6	143.3
C區(93)	1014	-	880.2	9.8	41.8	-	-
(103)	968	17.9±5.4	840.3	22.3	136.7	127.0	226.8

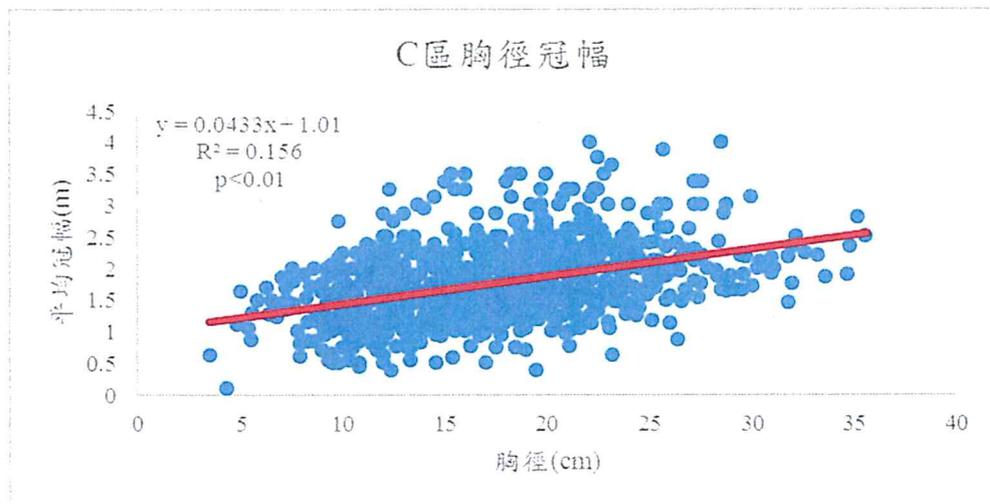
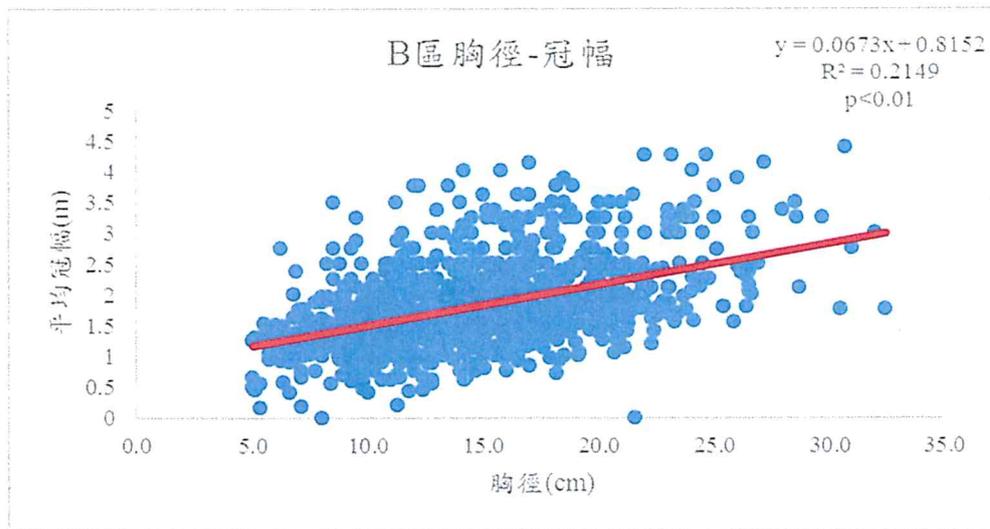
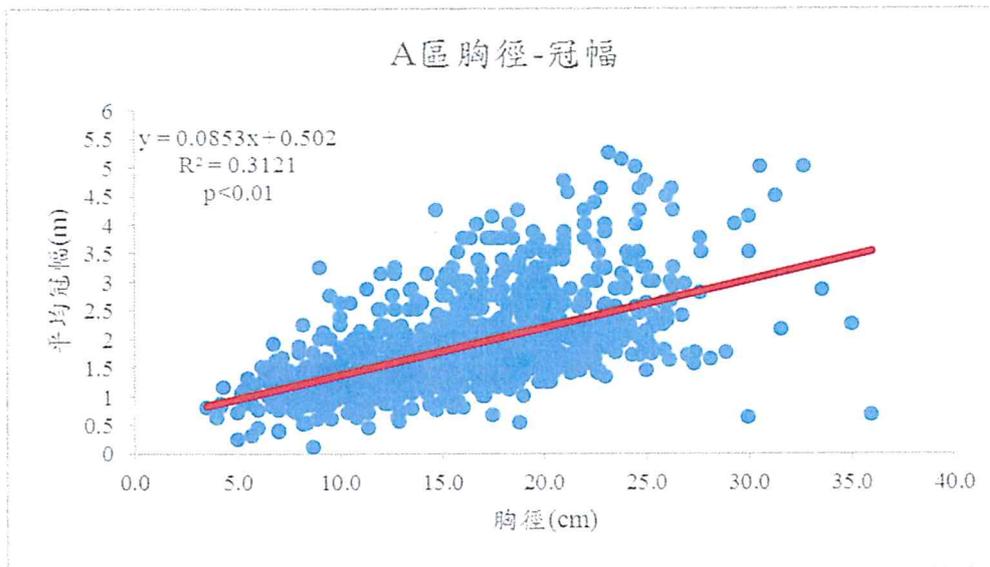
在表二中顯示，三個樣區在 93 到 103 年間烏心石比例皆增加，但 A 區增加了 5% 而 B 僅增加 1.2%，推測可能為 B 區在其他樹種部分數量最多，整體密度也最高，因此導致樣區內林木競爭激烈。從烏心石斷面積比例來看，在 93 年及 103 年斷面積比例皆較株數比例還低，顯示其他樹種之林木多為斷面積較大之上層林木。顯示烏心石林分受到上層林木競爭的不良影響，尤其在 C 區段面積下降 14.3%，上木對烏心石之生長影響確有調整之需要。

表二、樣區樹種組成比例

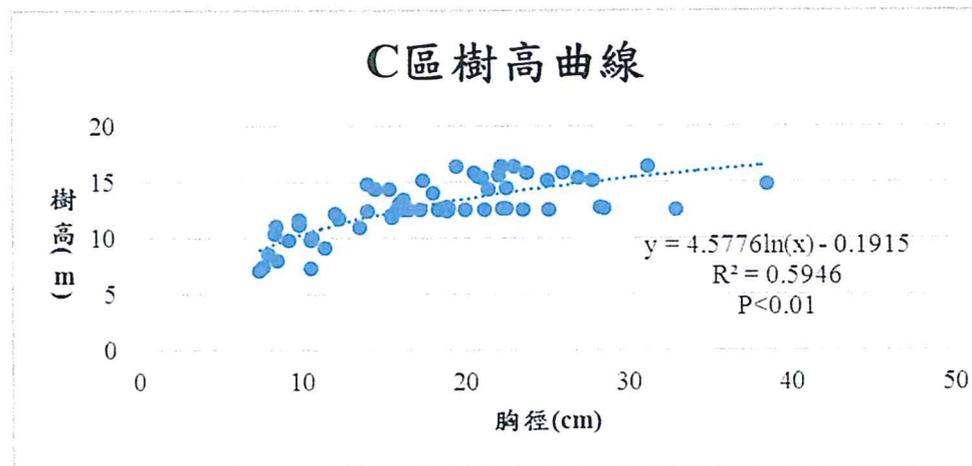
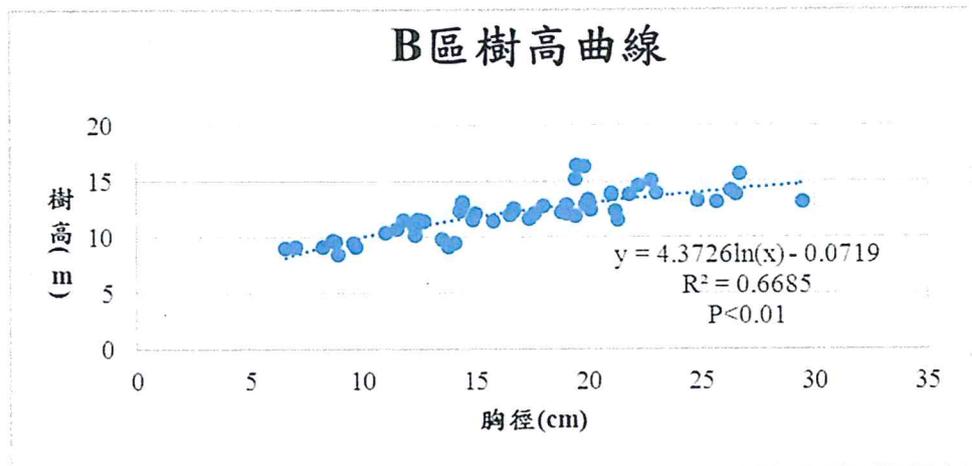
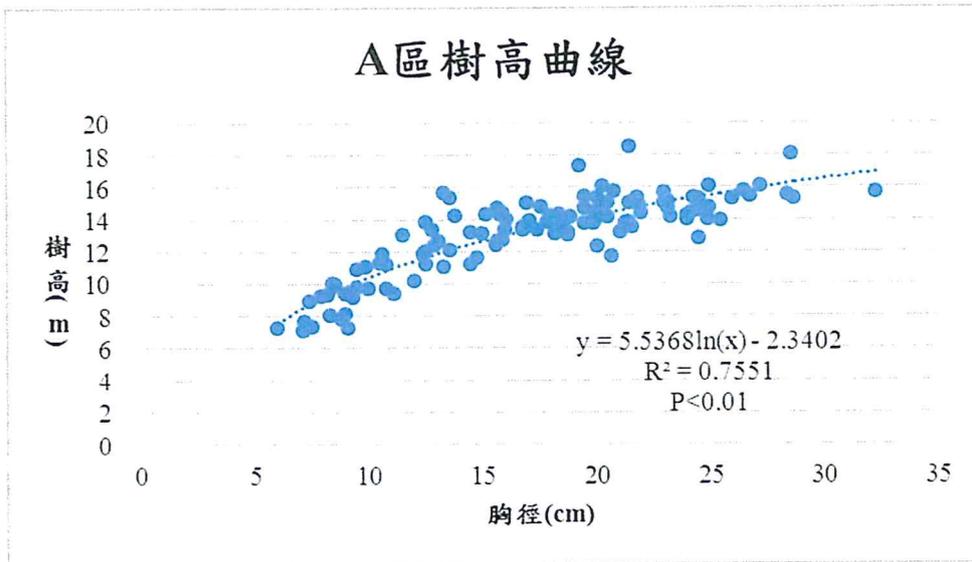
樣區	年分	總數	烏心石	其他樹種	烏心石株數 比例(%)	烏心石 斷面積比例(%)
A 區	93	1158	993	165	85.6	56.3
	103	1098	991	107	90.3	54.7
B 區	93	1283	1093	190	85.2	56.4
	103	1178	1018	160	86.4	53.8
C 區	93	1127	1014	113	90.0	64.6
	103	1047	968	79	92.5	50.3

2. 樹高曲線與冠幅

由圖四顯示，三個樣區之胸徑與樹冠幅皆有顯著相關，但 R 值均偏低，可能原因為林分密度過大因此影響冠幅之拓展，在三個樣區之中 R 值以 C 區最小，在前次調查中有顯示，C 區樣區地位環境較差，可能因此影響 C 區烏心石生長而使林木間差異增加。同樣的情形亦發生在樹高曲線中，由圖五顯示，C 區樹高曲線 R 值最低，可能亦為生長地位較差而使差異增加。而 A 區生長環境最佳，可能為 R 值最高之原因。



圖四、三樣區烏心石林木胸徑與冠幅相關性

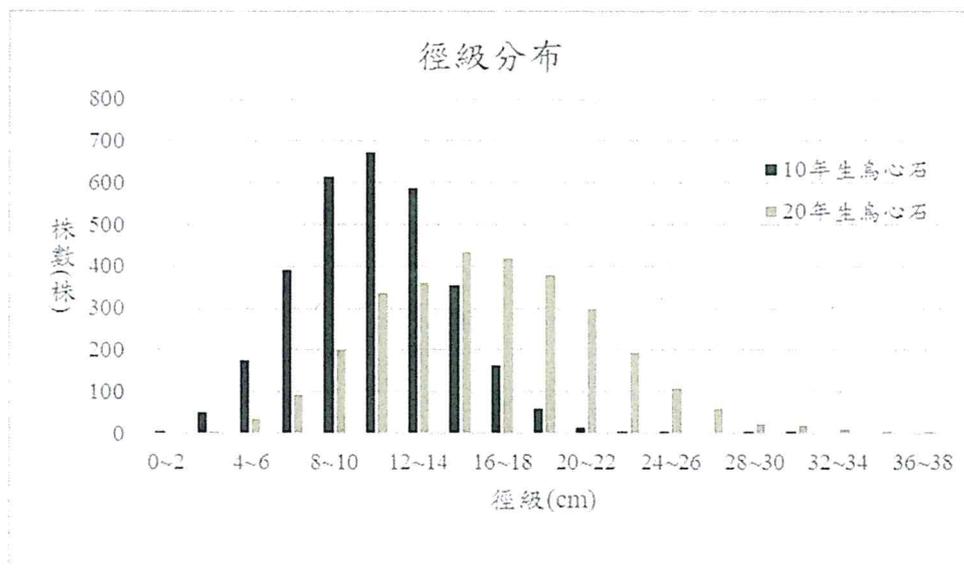


圖五、各樣區烏心石胸徑-樹高曲線關係式

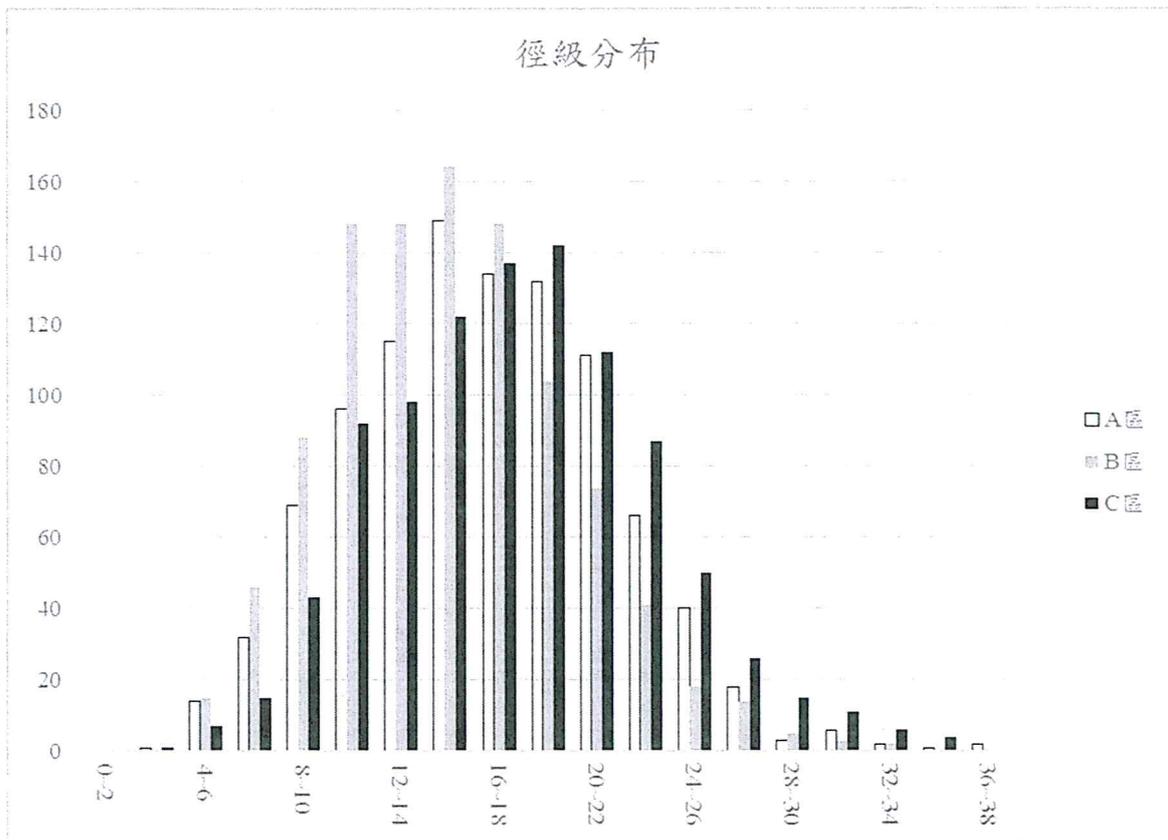
3. 徑級分布

由圖六顯示，93 年徑級分布較集中於 8~14cm 徑級，而最大為 20~22cm 徑級；103 年最大徑級為 32~34cm，分布集中在 12 到 22cm 之間，顯示其徑級增長，但徑級分布差異增加，林木徑級差異較大。

圖七種三樣區的徑級分布可看出，B 區在 16~18cm 徑級以下數量較 A 區與 B 區為多，可能為 B 區株數最多，導致競爭激烈而使徑級分布偏左，相反的 C 區則是在 16~18cm 徑級以下數量皆為最少而 20~22cm 徑級以上皆數量皆為三區最高，可能為 C 區生長環境較差，使小徑木無法生存而死亡所導致徑級分布右偏。

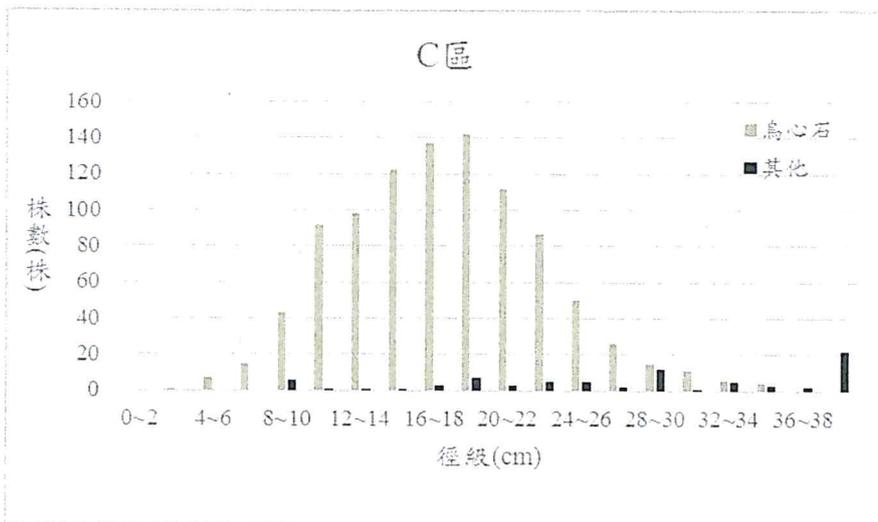
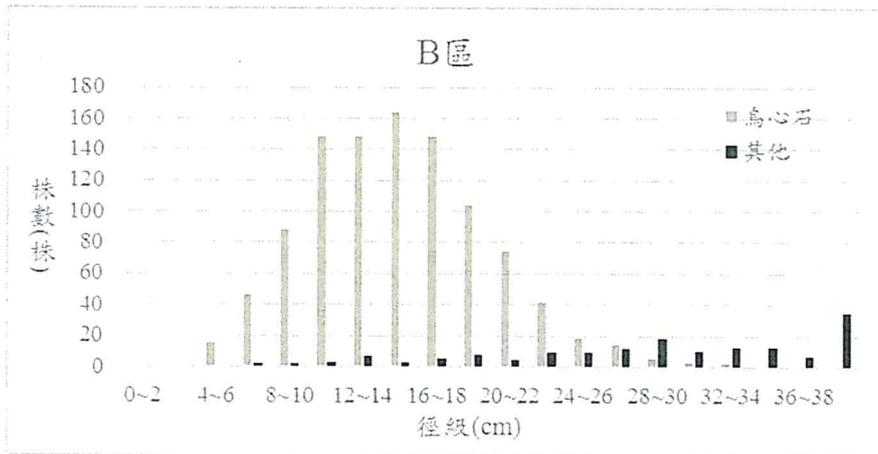
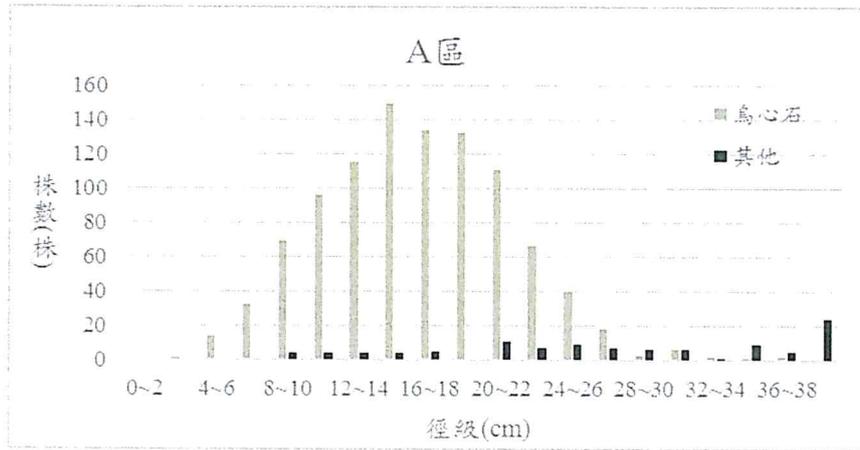


圖六、910 年生與 20 年生年徑級分布比較



圖七、103年各樣區徑級分布

各樣區烏心石與其他樹種徑級分布顯示，在各樣區中，最大徑級樹種皆為其他樹種如相思樹、樟樹，各樣區中大於30cm以上之其他樹種亦都有30株以上，從表一及表二結果顯示，B區材積增加與斷面積增加皆為最低，可能是大徑級之其他林木所導致。



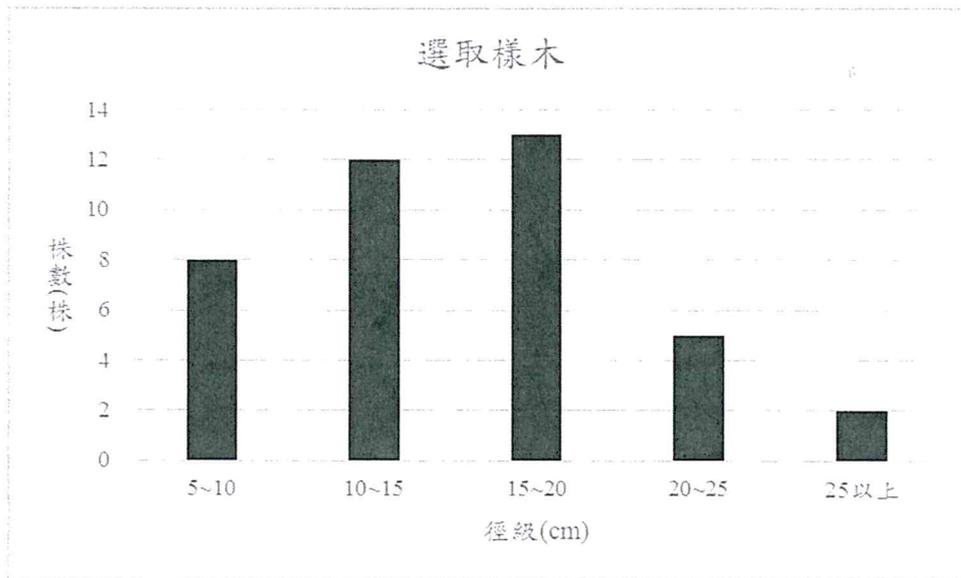
圖八、各樣區烏心石與其他樹種徑級分布

4. 烏心石林木生物量調查及樹幹解析

至民國 103 年 10 月已進行 37 株樣木調查(表四)，資料尚在整理分析。

表三、烏心石樣木資料

編號	胸徑	樹高	編號	胸徑	樹高
1	13.2	12.6	21	8.0	8.5
2	17.8	15.6	22	16.5	12.7
3	32.7	15.1	23	18.0	13.2
4	21.0	12.5	24	17.5	12.5
5	12.8	12.2	25	12.4	16.0
6	24.7	14.7	26	24.5	15.0
7	29.1	14.8	27	8.0	10.5
8	11.7	12.2	28	14.0	13.2
9	20.7	15.2	29	11.8	14.0
10	19.1	15.2	30	17.5	14.2
11	13.7	13.2	31	25.7	15.6
12	23.0	14.1	32	19.7	14.2
13	7.9	9.9	33	14.4	13.7
14	8.8	9.6	34	13.2	15.1
15	20.3	12.9	35	14.8	12.6
16	7.8	6.3	36	8.2	9.7
17	20.3	15.0	37	12.7	14.2
18	13.5	14.0	38	9.2	11.6
19	9.7	9.9	39	20.8	15.3
20	16.7	12.2	40	18.6	14.7



圖九、疏伐木徑級分布

5. 烏心石林木性態及整理伐選定對象之擬訂

由樣區林分樹種之株數比例及斷面積比例，均顯示各樣區均尚有留存其他樹種之上木，其中以C區較為多。就10年間之烏心石徑級分布呈現已由10年生之常態分布至20年生時已呈現右偏分布。及小徑級林木較多，雖然10年間烏心石快速生長，顯示有密度競爭現象。但由烏心石林木性態調查亦有分叉木及風折木情形，顯示烏心石林分發育期間缺乏適時的修枝或保健伐等撫育措施，在改善烏心石林分生產力與品質，除部份上木需行釋放伐，如生長不佳的或樹冠過分過張而影響烏心石林木生長者；烏心石劣質林木或小徑林木等列為整理伐對象。目前整理各樣區的林木性態後進一步就上述選木對象整理伐強度與標準。