

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列100-01-5-03

國有林地營造複層林之生態造林作業方式之研究(一)

Study on The Ecological Planting Practices as

Multi-storied Stand in National Forest (一)



委託機關：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處

執行期間：100年06月01日至100年12月31日

執行機關：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

計畫主持人：林世宗 教授

共同計畫主持人：毛俊傑 助理教授

中華民國 一 百 年 十 二 月

摘要

為評估營造複層林之成效，2011 年 7 月於羅東事業區 66 林班進行原有林分組成結構調查，2011 年 11 月採逐步更新方式，以行列疏伐後栽植原生樹種營造複層林，並將持續調查 1 年間栽植苗木、留存林木及地棲動物多樣性。試驗地約 1.8 ha，1996 年曾栽植烏心石造林，該林分現存每公頃僅 617.9 株，生立木佔 70%，其餘林木為受害及叢生及枯立木，受害情形包括頂折及傾斜。對胸徑 6 cm 以上林木進行每木調查，上層林木為相思樹及樟樹，但分布零星且稀少，株數百分比約佔 4%，其次為烏心石，株數百分比約佔 45%，下層樹種包括白匏子、江某、山刈葉等。林分徑級林木分布呈反 J 形，顯現該造林地逐漸由其它闊葉樹種所取代，在冠層空間分布上，樣區北側有大小不一的孔隙出現，南側則相對較為開闊孔隙，地被多為芒草。於 2011 年 11 月實施行列疏伐，包括保留帶及疏伐帶 20 m，以及保留帶 10 m 疏伐帶 8 m 兩種，疏伐帶亦保留正常之上木，栽植樹種為烏心石、肖楠及無患子。栽植前對栽植苗木進行形質檢測，RS 率在 0.6 以上，但苗高僅在 25~30 cm。該試驗地 2011 年 7~9 月地棲動物多樣性，隨著時間總隻次數下降，物種歧異度有上升之趨勢。未來將持續調查林分生長變化、苗木生長適應性及地棲動物多樣性變化情形。

關鍵詞：行列疏伐、複層林、林相更新、經濟林、生物多樣性

Summary

For study the effectiveness of creating storied forest, the composition and structure of the plantation in 66 compartment, Luodong working circle were surveyed on July 2011 before thinning and gradually regeneration as storied stand study area(1.8ha) on November 2011. The plantation that had planted *Michelia formosana* in 1996, but standing density was only 617.9 stems ha⁻¹ and 70% were living trees, 10% were dead tree, the most others were break and grow tickly. The upper canopy trees were *Acacia confusa* and *Cinnamomum camphora*, but only scattered and scarce distribution, the percent of the number of trees were about 4%, followed by the *M. formosana*, the percent of trees about 45%, other species included *Mallotus paniculatus*, *Melicope semecarpifolia* and *Schefflera octophylla* etc. Diameter class distribution was inverse J-shaped that show the plantation gradually replaced by other broad-leaved species. the spatial distribution of stand canopy displayed diverse gap size on the north side of stand, and relatively more open on the south side that dominated understory were *miscanthus* grass. Two strip thinning including the width of retention zone and thinning zone 20 m respectively, and the other kind were thinning 8 m and retention 10 m. On the thinning sites, some upper trees were retain and planted *M. formosana*, *Calocedrus formosana* and *Sapindus saponaria*, survey native seedlings on November 2011 for reforestation. Seedlings quality were measured and scanned before planting, RS ratio is above 0.6, but the height is only 25 ~ 30 cm. The ground-living animal diversity also surveyed on July to September 2011 before thinning that the number of animal only decline to small content during the time, but species diversity were light upward. Seedling's growth adaptability and animal diversity will further to investigate for assessing the effects of stand regeneration methods.

Keywords: forest regeneration, storied stand, economic plantation, biodiversity

目錄

摘要	I
SUMMARY	II
圖目錄	IV
表目錄	V
貳、本年度目標	2
一、 原有林分組成結構分析.....	2
二、 疏伐及栽植方法設計.....	2
三、 栽植苗木檢測及篩選.....	2
四、 小型動物及昆蟲之初步調查。.....	2
參、材料與方法	2
一、 試驗地概況.....	2
二、 樣區設置.....	2
三、 林分調查.....	4
四、 行列疏伐處理與苗木栽植.....	4
五、 試驗林區地棲動物取樣與多樣性調查.....	5
六、 不同營林處理條件下地棲動物多樣性之資料分析與比較.....	6
肆、結果與討論	7
一、 林分結構.....	7
二、 冠層鬱閉度.....	8
三、 樹種組成.....	9
四、 栽植苗木品質檢測.....	10
五、 地棲動物多樣性分析與比較.....	10
伍、討論及結論	13
陸、未來持續進行項目	14
一、 繼續調查營造複層林作業方式下，小型動物及昆蟲生物之多樣性變化情形。.....	14
二、 評估不同冠層結構下各樹種苗木之適應性。.....	14
三、 累積多年調查資料建立營造複層林技術之評估指標。.....	14
參考文獻	14
附錄	15

圖目錄

圖 1. 試驗地位置圖	-2-
圖 2. 原樣區設置，A、B、C 樣區疏伐帶分別為 10、6、8 m，保留帶均為 10 m，紅線表示導板集井式陷阱取樣位置；藍色圓點表示下凹式陷阱所在位置。	-3-
圖 3. 經調整後之調查樣區配置圖，A 區疏伐帶及保留帶均為 20 m，B 區保留帶 10 m，疏伐帶 8 m，紅線表示導板集井式陷阱取樣位置；藍色圓點表示下凹式陷阱所在位置。	-3-
圖 4. 栽植苗木配置圖，箭頭為量測鬱閉度方向，疏伐後每季調查一次	-5-
圖 5. 經由選木後模擬疏伐前後徑級分布，11 月底實施作業後會有所調整(1.8ha)	-7-
圖 6. A、B 區(上、下)冠層鬱閉度分布情形，圖中暖色系表示鬱閉度越高，冷色系表示鬱閉度越低。	-8-
圖 7. A、B 區疏伐前後之空間分布	-15-
圖 8. 原有林相情形	-16-
圖 9. 現場調查作業情形	-17-
圖 10. 地棲動物調查所使用之導板集井式陷阱及下凹式陷阱架設	-17-
圖 11. 導板集井式陷阱及下凹式陷阱	-17-
圖 12. 苗木品質檢定	-18-
圖 13. 現場整地作業	-18-

表目錄

表 1. 經調整後（9 月份起）地棲動物多樣性各樣點特徵.....	-6-
表 2. 疏伐前試驗區林分主要樹種之株數、斷面積及材積百分比.....	-9-
表 3. 疏伐前試驗區林分主要樹種胸徑、樹高及枝下高	-9-
表 4. 栽植樹種苗木性狀值	-10-
表 5. 2011 年 7~9 月擬保留帶與擬疏伐帶出現之兩棲爬行動物物種及其隻次數	-11-
表 6. 20117~9 月年擬保留帶與擬疏伐帶出現各目動物、隻次數及其多樣性指數	-12-

壹、前言

近幾年來部分租地造林回收及林木經營區造林地，造林樹種由於適應性不佳或遭受颱風干擾等因素，逐漸由其它闊葉樹林木所取代，致使林分生產力降低，必須藉由造林撫育作業恢復林分完整性。森林造林撫育作業方法視經營目標而定，森林經營區以生產木材為主，此外需兼顧水土資源保育、生物多樣性保育、遊憩及教育等功能，因此作業技術需有所調整，而如何就林分條件及生育地特性進行樹種選擇、作業方法及實際運用，尋求最佳之生態造林作業方式，為目前所必須克服的。複層林通常指具二段冠層之喬林，又稱雙齡級林，使用複層林營造方法具有降低土壤沖蝕、風害及蟲害等功能，常用的營造方法包括下層疏伐、塊狀疏伐及行列疏伐等，需視林分狀況而定。原有林分經由疏伐作業調整後，苗木之更新建造方法及樹種選擇亦為營造複層林重要的一環，更新建造方法包括天然下種、播種及苗木栽植等，樹種選擇則需考量適地適種、經營目標、生育地特性及建造方法。複層林營造後之管理作業亦直接影響到造林成效，包括留存林木撫育作業方式，栽植林木是否進行空間調整，何時進行第二次保留林帶更新作業，以及營造複層林對生態環境的影響等，均為必須探討之課題。

本計畫擬於羅東事業區第 66 林班之人工林進行複層林營造更新，該林分於 1996 年曾進行烏心石造林，但林相已呈次生林化，林分組成結構雜亂，林木亦多生長不良，林分有大小不等的孔隙出現，形成灌草叢，造林木多有受害的情形，致林分生產力低。該林分為林木經營區，為提高林分生產力，採逐步更新方式，以行列疏伐後栽植原生樹種營造複層林，經由試驗設計，調查不同行列疏伐寬度栽植樹種生長適應性、留存林木生長表現及生物多樣性，分析複層林營造之成效，以作為後續複層林營造作業之參考。

貳、本年度目標

- 一、原有林分組成結構分析
- 二、疏伐及栽植方法設計
- 三、栽植苗木檢測及篩選
- 四、小型動物及昆蟲之初步調查。

參、材料與方法

一、 試驗地概況

研究試驗地位於林務局羅東事業區第 66 林班，約在 1960 年左右曾有樟樹、烏心石造林，造林地在 1993 年於縣政府回收，1996 年進行烏心石造林，每公頃栽植 1666 株，經現場勘查有部分麻竹散布於試驗地中。海拔 200~230 公尺，坡向為東南向，坡度為 10~25 度。依據中央氣象局宜蘭氣象站 1981 年至 2010 年的資料，平均溫度 22.3℃，平均相對溼度 84.2%，平均年雨量 2827.7mm。月降雨量方面，呈現兩個高峰，分別為 4 月的 222.7mm 及 9 月的 442.3mm。

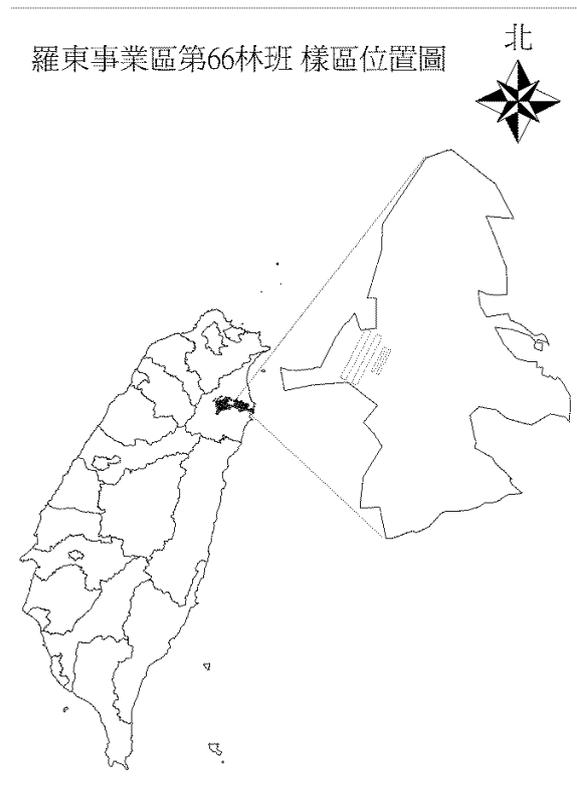


圖 1. 試驗地位置圖

二、 樣區設置

以航照圖判釋，依林分地形規畫設置橫坡行列疏伐之試區。原定保留帶均為 10 m，疏伐帶寬分別為 A 樣區 10 m、B 樣區 6 m 及 C 樣區 8 m，長度為 90m (圖 2)，經期中審查決議將 A、B 區帶寬根據烏心石平均樹高之 2.5 倍，即疏伐帶及保留帶均為 20 m，各 2 條。另外 C 區則根據烏心石樹高之 1 倍，疏伐帶為 8 m，

保留帶為 10 m，維持原樣區設置(圖 3)。經合併後，以下 A 區疏伐帶及保留帶寬度均為 20 m，長度 190 m；B 區則疏伐帶及保留帶寬度為 8 m、10 m，長度 90 m。

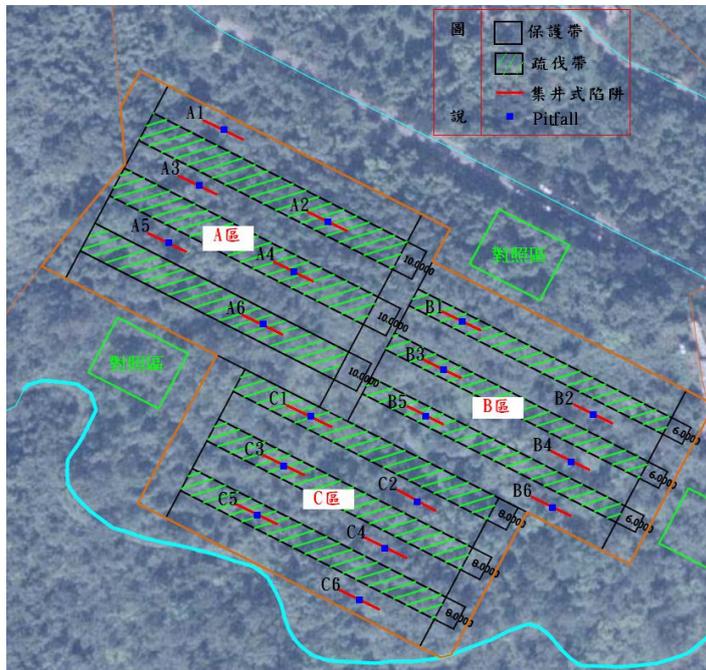


圖 2. 原樣區設置，A、B、C 樣區疏伐帶分別為 10、6、8 m，保留帶均為 10 m，紅線表示導板集井式陷阱取樣位置；藍色圓點表示下凹式陷阱所在位置。

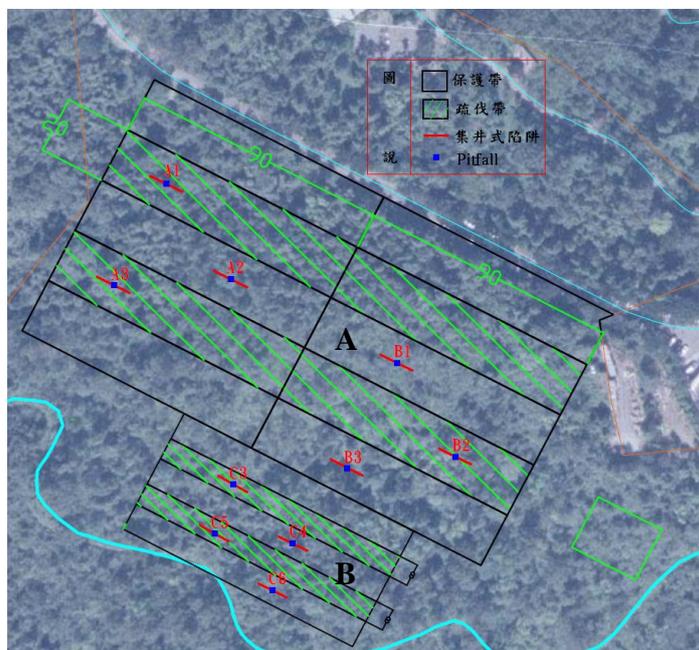


圖 3. 經調整後之調查樣區配置圖，A 區疏伐帶及保留帶均為 20 m，B 區保留帶 10 m，疏伐帶 8 m，紅線表示導板集井式陷阱取樣位置；藍色圓點表示下凹式陷阱所在位置。

三、 林分調查

自 2011 年 7 月起每季調查各樣區調查胸徑 6 cm 以上之林木，調查項目包括胸徑、樹高、枝下高、林木冠幅、形質及位置，其中形質區分為生立木、枯立木、受害木、傾斜木及叢生五種，除量測每木位置外，並記註竹類分布位置，以了解林分結構。為監測林分疏伐前後之冠層環境之變化，分別以鬱閉度計及魚眼拍攝計算冠層鬱閉度，自 2011 年 7 月起每季調查一次。鬱閉度計調查採用凹球面反射鏡(spherical densiometer)量測林冠投影面積比例，魚眼拍攝則採用 NIKON D90 10 mm 魚眼鏡頭。平行於各樣區之中心線每 10m 為測點，測點高度為胸高處，調整水平後進行量測。

四、 行列疏伐處理與苗木栽植

經調整後 A、B 區合併，保留帶及疏伐帶寬均為 20 m，長度為 180 m。C 區保留帶寬 10 m，疏伐帶寬 8 m，長度為 90 m。2011 年 11 月進行整地及疏伐，作業時保留帶維持原狀，不進行撫育；疏伐帶保留烏心石、樟樹及江某之形質良好林木，每季進行 1 次除草、切蔓等撫育作業。

2011 年 12 月進行苗木栽植，樹種為烏心石、肖楠及無患子，於栽植前各樹種選取 5 株苗木進行品質檢定，檢定項目包括苗高、基徑、根長及 RS 率等。採塊狀混植，以完全逢機區集設計配置樹種(圖 4)，栽植行距 2 m、株距 2.5 m，A 區每栽植小樣區為 $20 \times 30 \text{ m}^2$ ，約 120 株；B 區每栽植小樣區為 $8 \times 30 \text{ m}^2$ ，約 48 株，造林後每月調查 1 次存活率，每季調查 1 次苗高、基徑、節間距及形質表現等。

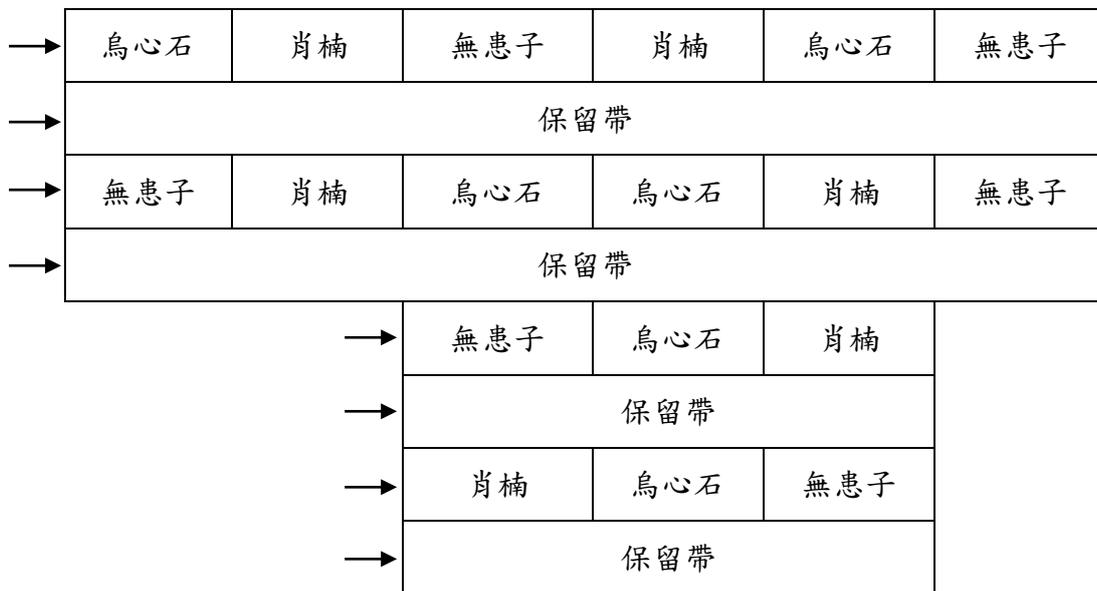


圖4. 栽植苗木配置圖，箭頭為量測鬱閉度方向，疏伐後每季調查一次。

五、 試驗林區地棲動物取樣與多樣性調查

為了解不同複層林的營造過程中，是否對於施行營造區域之林下動物狀況造成影響，自2011年7月起，以系統取樣方式進行樣點設置，A區設置6組調查取樣點，保護帶及疏伐帶各3組，B區則設置4組取樣點，保護帶及疏伐帶各2組，進行不同疏伐帶寬度狀況下，地棲動物物種數量（species richness）及各種類相對豐富度（relative abundance）之調查及比較。

每一調查樣點設置一組3公尺長的導板集井式陷阱（Drift-fence funnel trap）及一組掉落式陷阱（Pitfall trap）進行地棲（Terrestrial）動物相的調查，調查頻度以每個月進行一次，每次連續調查一周。調查陷阱設置位置為每處理區樣帶長度的1/3處（30 m）及2/3處（60 m），各陷阱均記錄所在地點之坡度、坡向及冠層覆蓋度等環境相關因子（表1），以利後續比較環境與多樣性之關聯性。

表1. 經調整後（9月份起）地棲動物多樣性各樣點特徵

樣點編號	坡向	坡度	海拔(M)	GPS97(X)	GPS97(Y)
A1	320	15	-	323721	2725050
A2	196	10	240	323734	2725022
A3	128	15	245	323761	2725047
B1	120	14	241	323754	2725112
B2	120	16.5	239	323788	2725140
B3	102	11	215	323792	2725097
C3	324	5	226	323831	2725074
C4	120	7	225	323813	2725048
C5	348	11	228	323843	2725063
C6	85	3	222	323833	2725034

六、 不同營林處理條件下地棲動物多樣性之資料分析與比較

將不同營林處理方式的調查樣點，所調查到的物種利用 Ecological Methodology version 6.1.1 for Windows 軟體進行多樣性分析，用以代表不同營林處理方式下的各調查樣點間，地棲動物多樣性之差異，計算的項目包括：異質性（Heterogeneity；Shannon-(Wiener) Function）及均勻度（Evenness；Simpson's Measure of Evenness）。不同處理方式林地之多樣性差異比較，則採用單因子變異係數分析（one-way ANOVA），進行比較。並利用 Sørensen 相似度指數，比較各調查樣區間之物種種類組成之相近程度，其公式如下：

$$\text{Sørensen 相似性係數：} C_s = 2j / (a + b)$$

上述公式的 a=樣區 A 的物種數，b=樣區 B 中的物種數，j=樣區共有的物種數。CS 最大值 1 時表示在這兩個樣區間物種的組成式相似的；CS 最小值為 0 時表示樣區間物種無相同種類出現。

肆、結果與討論

一、 林分結構

於7月中旬完成初步調查，經調整後A、B合併為A區，C區改為B區，林分株數密度為617.9株 ha^{-1} ，其中生立木佔70%，枯立木佔10%，其餘林木為受害及叢生，受害木以風折、頂折及傾斜為主，顯示該試驗地常遭受風害所影響。冠層以相思樹及樟樹為優勢種，但分布零星且稀少，其次為烏心石，其他樹種包括白袍子、江某、山刈葉等，徑級分布呈反J形，以中小徑木為主，顯現該造林地逐漸由其它闊葉樹種所取代，經由疏伐作業過後，徑及分布趨勢不變，中小徑木數量降低(圖5)。在冠層空間分布上，A區北側有大小不一的孔隙出現，南側及B區則相對較為完整，孔隙均以芒草為主，未來將持續調查疏伐作業後，冠層環境之變化。

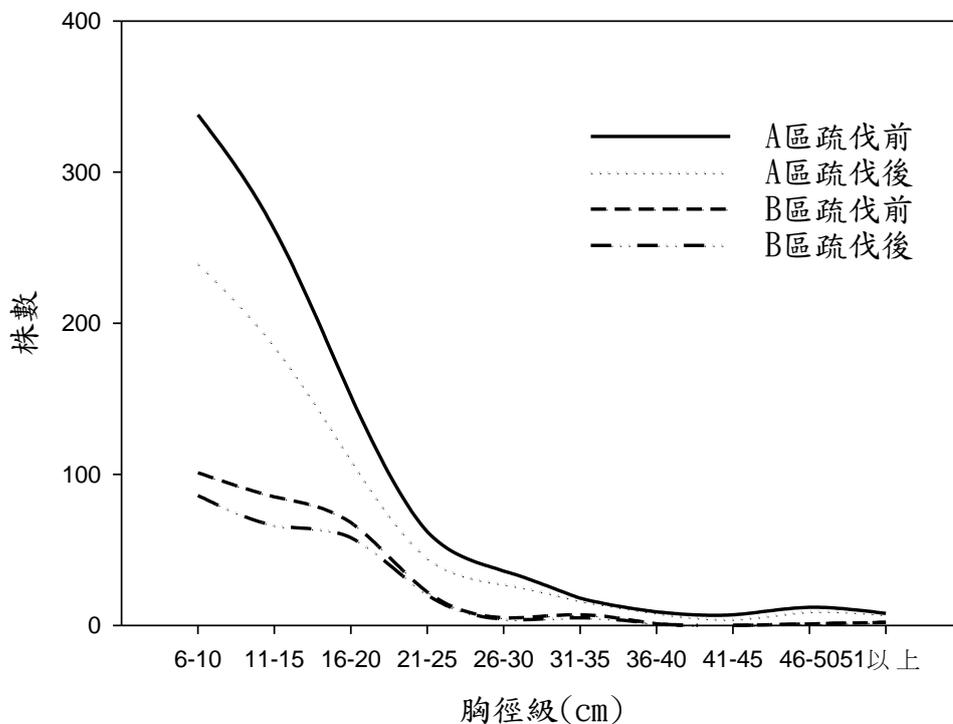


圖 5. 經由選木後模擬疏伐前後徑級分布，11 月底實施作業後會有所調整(1.8ha)

二、冠層鬱閉度

分別以鬱閉度計及魚眼拍攝進行鬱閉度判釋，以 Pearson 績差相關(Pearson's Correlation)分析判釋結果達顯著之正相關($p < 0.01$, $r = 0.91$)，以魚眼拍攝配合 CID Plant Canopy Analysis System 軟體可作為快速簡便判釋冠層鬱閉度的方法，此後以魚眼拍攝進行鬱閉度判釋。於 2011 年 7 月進行冠層鬱閉度測定，判釋結果顯現出 A 區已有大小不等之孔隙出現，B 區則相對較為完整，與每木位置所得資料相符，未來將持續調查疏伐後冠層空間變化情形及對於幼苗存活與生長之影響。

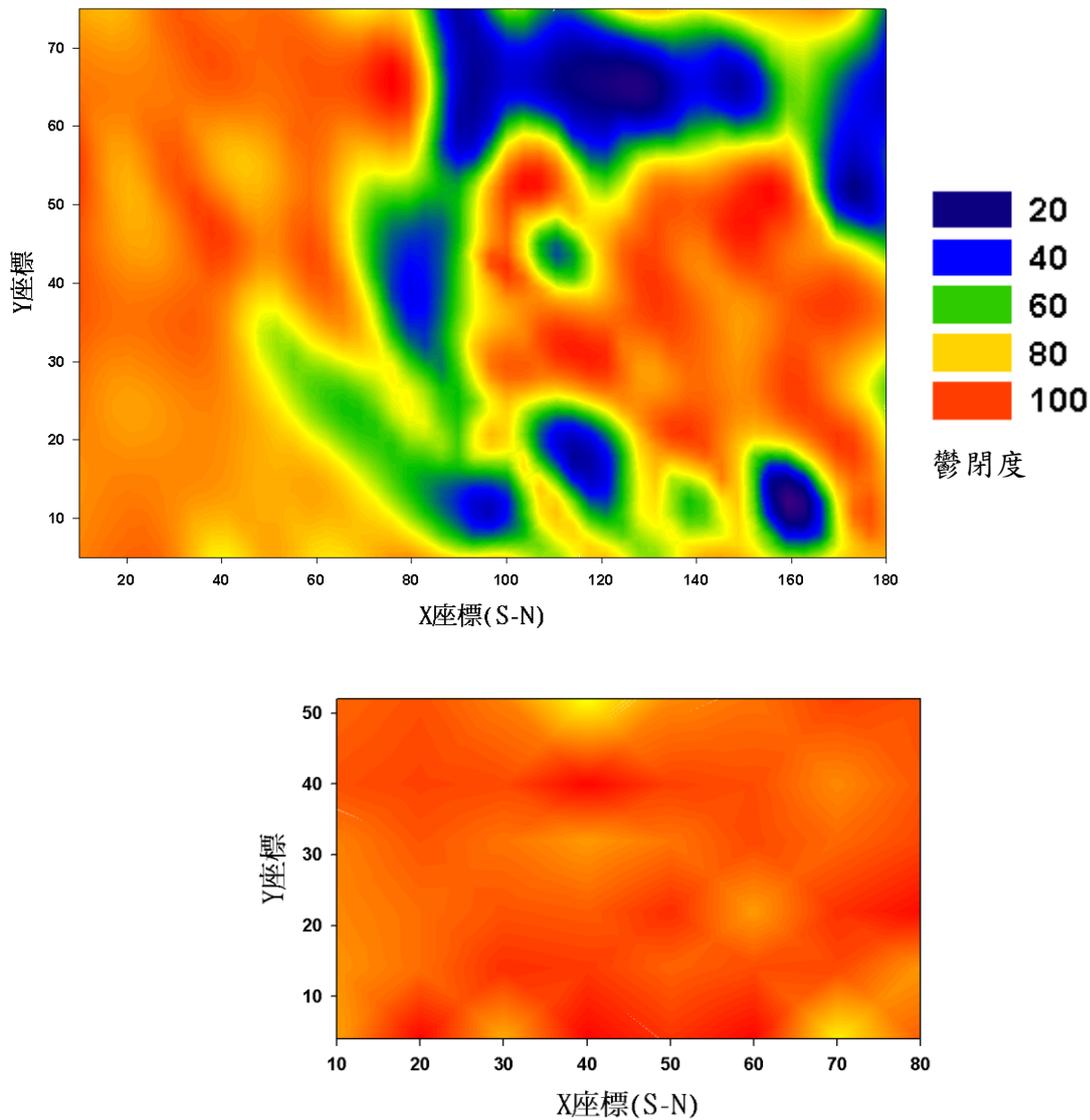


圖 6. A、B 區(上、下)冠層鬱閉度分布情形，圖中暖色系表示鬱閉度越高，冷色系表示鬱閉度越低。

三、 樹種組成

A、B 區烏心石株數百分比分別為 42.9% 及 51.2%，斷面積及材積百分比均低於株數百分比，顯現出烏心石在該林分仍為主要樹種，但在直徑較為細小。其他主要樹種包括樟樹、相思樹及江某，株數百分比均未達 10%，但斷面積及材積百分比均高於株數百分比，為該林分之大徑木。調查林分各樹種生長情形，烏心石平均胸徑及樹高分別為 15 cm 及 8 m，樟樹及相思樹平均胸徑及樹高在 30 cm 及 10m 以上，江某平均胸徑及樹高為 15cm 及 7 m，其它闊葉樹種主要包括白匏仔、山刈葉及豬母乳等平均胸徑在 9~15 cm 間，平均樹高在 4~8 m 間。

表 2. 疏伐前試驗區林分主要樹種之株數、斷面積及材積百分比

樹種	A 區			B 區		
	株數%	斷面積%	材積%	株數%	斷面積%	材積%
烏心石	42.9	37.14	37.1	51.2	47.9	49.3
樟樹	2.8	12.6	17.8	2.1	13.3	20.9
相思樹	2.2	11.2	13.8	1.0	3.7	4.0
江某	6.0	9.2	9.3	4.5	4.1	4.1
其它	46.1	29.6	22.0	41.2	31.0	21.6

表 3. 疏伐前試驗區林分主要樹種胸徑、樹高及枝下高

樹種	A 區			B 區		
	胸徑(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	胸徑(cm)	樹高(m)	枝下高(m)
烏心石	15.0±7.1	8.1±2.4	2.7±1.3	15.1±5.2	8.5±2.3	2.4±1.3
樟樹	35.3±13.6	10.4±4.3	3.4±1.6	39.7±13.2	12.7±2.9	3.0±2.2
相思樹	38.3±11.3	10.8±2.4	3.4±1.4	31.3±2.4	9.2±1.8	3.6±1.7
江某	18.7±11.7	7.4±2.4	2.5±1.1	12.7±9.4	7.3±2.4	2.2±1.1
白匏仔	9.9±3.1	5.9±1.3	2.2±1.0	11.3±4.1	6.1±1.4	1.8±1.1
山刈葉	14.4±6.0	6.3±1.7	2.5±1.0	14.3±5.4	6.7±1.6	3.0±1.3
豬母乳	9.6±2.2	5.4±1.2	2.0±0.8	10.1±3.0	4.6±1.2	2.0±0.8

四、 栽植苗木品質檢測

栽植樹種包括烏心石、肖楠及無患子，來自羅東林管處長嶺苗圃之1年生苗木，於2011年11月選取均質且健壯苗木進行品質檢測，此批苗木3樹種平均苗高在23~30 cm間，平均根長烏心石及無患子約為15 cm，肖楠達 31.5 ± 5.9 cm。3樹種基徑在3~5 mm間，細長比以肖楠最高達 70.4 ± 5.7 ，無患子最低為 53.4 ± 3.7 ，以地上部乾重除以地下部乾重計算RS率，烏心石為 1.2 ± 0.3 ，肖楠、無患子則平均在0.6~0.7間。

表 4. 栽植樹種苗木性狀值

樹種	苗高(cm)	根長(cm)	基徑(mm)	細長比	根梢比(RS率)
烏心石	29.3 ± 1.8	15.8 ± 4.6	4.6 ± 0.4	63.4 ± 7.0	1.2 ± 0.3
肖楠	23.7 ± 2.4	31.5 ± 5.9	3.4 ± 0.1	70.4 ± 5.7	0.6 ± 0.1
無患子	25.5 ± 2.9	16.0 ± 3.5	4.8 ± 0.4	53.4 ± 3.7	0.7 ± 0.3

五、 地棲動物多樣性分析與比較

自2011年7月起至9月底止，以每月連續進行一周的調查頻度，共計調查到地棲動物27目6,313隻，以無脊椎動物占大宗，但這些無脊椎動物，除了少數能順利鑑定出種類外，多數種類僅能分類至目(Order)或是科(Family)的分類層級，因此本研究之多樣性指數計算及比較，以所有動物所能分出的最小一致分類位階一目(Order)，做為計算之階層。脊椎動物共計4目6科8種以上，分別為：至少一種以上待確認的哺乳類食蟲目鼯鼠，爬行類龜鱉目地澤龜科(Geoemydidae)的食蛇龜(*Cuora flavomarginata*)、有鱗目黃領蛇科(Colubridae)的白梅花蛇(*Lycodon ruhstrati ruhstrati*)及遊蛇科(Natricidae)梭德氏遊蛇(*Amphiesma sauteri*)、兩棲類無尾目蟾蜍科(Bufonidae)的盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)及黑眶蟾蜍(*Duttaphrynus melanostictus*)，赤蛙科(Ranidae)的貢德氏赤蛙(*Rana guentheri*)、長腳赤蛙(*Rana longicrus*)、梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)

等脊椎動物（表 5）。

各月份各目的種類及數量變化無論是擬疏伐帶或擬保留帶均有隨著季節進入秋季而降低的趨勢，由於無脊椎動物及脊椎動物中的兩棲爬行類動物均屬於外溫動物，環境溫度的高低會明顯影響此類動物的活動狀況，因此在調查區域中數量隨月份減少的趨勢應與溫度及濕度有關。由於目前疏伐帶的整理作業才剛開始進行，當地相關的動物多樣性資料均為林地未經過疏伐整地干擾之物種狀況，考量不同動物出現的季節變化狀況，以目前的資料內容，可做為來年相同時期複層林營造後之林地內動物多樣性比較之參考依據（表 6）。

表5. 2011年7~9月擬保留帶與擬疏伐帶出現之兩棲爬行動物物種及其隻次數

物種名	擬疏伐帶	擬保留帶
有鱗目 (Squamata)		
黃領蛇科 (Colubridae)		
白梅花蛇 (<i>Lycodon ruhstrati ruhstrati</i>)		1
游蛇亞科 (Natricidae)		
梭德氏遊蛇 (<i>Amphiesma sauteri</i>)	2	
龜鱉目 (Chelonia)		
地澤龜科 (Geoemydidae)		
食蛇龜 (<i>Cuora flavomarginata</i>)	1	1
無尾目 (Anura)		
蟾蜍科 (Bufonidae)		
盤古蟾蜍 (<i>Bufo bankorensis</i>)	1	
黑眶蟾蜍 (<i>Duttaphrynus melanostictus</i>)	1	
赤蛙科 (Ranidae)		
貢德氏赤蛙 (<i>Rana guentheri</i>)	1	1
長腳赤蛙 (<i>Rana longicrus</i>)	1	
梭德氏赤蛙 (<i>Rana sauteri</i>)	1	
Total	8	3

表6. 20117~9月年擬保留帶與擬疏伐帶出現各目動物、隻次數及其多樣性指數

綱	目	擬疏伐帶			擬保留帶			
		七月	八月	九月	七月	八月	九月	
哺乳綱 (Mammalia)	食蟲目 (Insectivora)	1	2	2				
爬行綱 (Reptilia)	龜鱉目 (Chelonia)		1			1		
	有鱗目 (Squamata)		2	1			1	
兩棲綱 (Amphibia)	無尾目 (Anura)	1	1	3		2	1	
昆蟲綱 (Insecta)	半翅目 (Hemiptera)	20	3	4	53	8	8	
	直翅目 (Orthoptera)	241	266	93	398	302	102	
	長翅目 (Mecoptera)	1					1	
	革翅目 (Dermaptera)	12	6	2	9		2	
	蜚蠊目 (Blattaria)	5	12	7	5	14	16	
	膜翅目 (Hymenoptera)	643	232	82	1429	522	74	
	脈翅目 (Neuroptera)				1			
	鞘翅目 (Coleoptera)	131	62	47	140	82	65	
	螳螂目 (Mantodea)						1	
	雙翅目 (Diptera)	73	18	2	17	7	2	
	鱗翅目 (Lepidoptera)	2	62	2	6	3	3	
	軟甲綱 (Malacostraca)	等足目 (Isopoda)	101	27	4	133	31	13
		端足目 (Amphipoda)	6	1		47		
	倍足綱 (Diplopoda)	條馬陸目 (Polydesmida)			1	1		2
	唇足綱 (Chilopoda)	蚰蜒目 (Scutigromorpha)	14	9	7	24	4	6
蜈蚣目 (Scolopendromorpha)		7	3		21	2		
蛛形綱 (Arachnida)	蜘蛛目 (Araneae)	82	44	7	130	41	9	
	擬蠍目 (Pseudoscorpionida)	1		7	1		3	
	蟬蟎目 (Acarina)	5	1		5	2		
	盲蛛目 (Opiliones)	18	13	22	10	22	35	
內口綱 (Entognatha)	彈尾目 (Collembola)	8	2		32	2		
腹足綱 (Gastropoda)	柄眼目 (Stylommatophora)	1		3	2	1	2	
環帶綱 (Clitellata)	單向蚓目 (Haplotaxida)	3	3		2	13		
	目 (Order)	22	21	18	21	18	19	
	總隻次數	1376	770	296	2466	1059	346	
	Shannon index	2.563	2.701	2.802	2.199	2.155	2.918	
	Simpson index	0.730	0.772	0.793	0.628	0.667	0.819	
	Evenness	0.168	0.208	0.266	0.128	0.167	0.287	

伍、討論及結論

為進行林木生長空間之調整，以複層林營造方式調整生長情況不佳林分，羅卓振南等(1997)研究柳杉不同行列疏伐強度對苗木的影響，建議孔隙相對光度在 56% 以上，也就是孔隙大小需大於相鄰木之樹高。林謙佑等(2008)調查不同孔隙下，7 種闊葉樹種苗木生長情形及影響因子，結果顯示苗木生長顯著受光量影響，其它因子不顯著，影響情形會因樹種特性而有所不同。本試驗地經調查後，在未進行疏伐前，已有大小不一的孔隙出現，雖以行列式疏伐進行林相調整，但光環境會因孔隙之大小而有所變化，進而可能影響栽植或天然更新苗木之生長及存活表現。本研究行列疏伐寬度分別為 8 m 或 20 m，也就是相鄰木平均樹高之 1 或 2.5 倍，行列疏伐條帶為南北向，具有邊緣效應的情形，栽植苗木之光環境會受與保留帶距離及樹高影響。苗木生長及存活表現除上述環境影響因子外，本身樹種特性及苗木品質亦會影響到造林成效。本研究試驗樹種包括烏心石、肖楠及無患子，其苗木光適應能力烏心石在相對光量 40~60% 間可生長適應良好(李安翔，2010)，肖楠在則在 20~40% 間(邱陸陽，1990)，均屬於中-耐陰性樹種，應可作為中、低海拔複層林營造之選擇樹種，無患子則缺相關試驗研究。於 11 月份進行苗木篩選及檢定，3 樹種根梢比在 0.6~1.2 間，一般而言，根梢比在 0.3 以上為理想之出栽規格，苗高則在 25~35 cm 間，於隔年春、夏之際應加強刈草作業管理。本年度已完成原林分之組成與結構調查，依行列疏伐規畫設置試驗區及栽植苗木篩選調查，於 2011 年 11 月起進行疏伐區整治及栽植。待作業後則需定期調查栽植苗木存活與生長，保留帶林木調查及不同林帶之地棲動物多樣性調查，評估複層林營造之成效。

陸、未來持續進行項目

- 一、繼續調查營造複層林作業方式下，小型動物及昆蟲生物之多樣性變化情形。
- 二、評估不同冠層結構下各樹種苗木之適應性。
- 三、累積多年調查資料建立營造複層林技術之評估指標。

參考文獻

- 李安翔 (2010) 三種闊葉樹種苗木在不同光環境之形態及生理調適。中興大學森林所碩士論文
- 邱陸陽 (1990) 不同光度對於五種針葉樹苗生長之影響。中興大學森林所碩士論文
- 林謙佑、郭幸榮、劉興旺、楊正釧、沈介文 (2008) 天然闊葉林冠層孔隙內微環境的變化與苗木生長。中華林學季刊 41(4):465-481
- 羅卓振南、鐘旭和、邱志明、黃進睦 (1997) 棲蘭山林區柳杉人工林行列疏伐營造複層林之研究。台灣林業科學 12(4):459-465

附錄

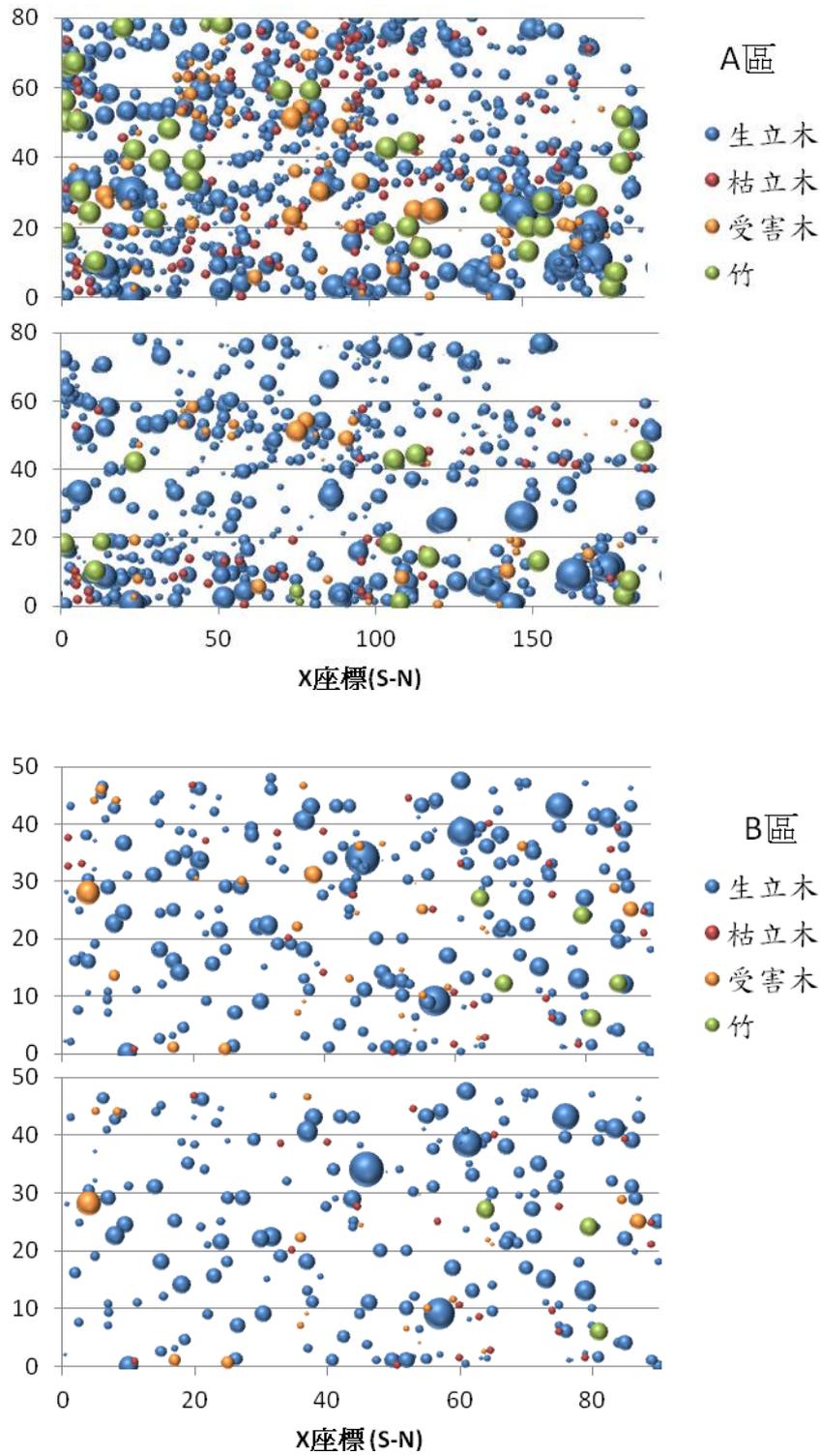


圖 7. A、B 區疏伐前後之空間分布



圖 8.原有林相情形



圖 9. 現場調查作業情形



圖 10. 地棲動物調查所使用之導板集井式陷阱及下凹式陷阱架設



圖 11. 導板集井式陷阱及下凹式陷阱。

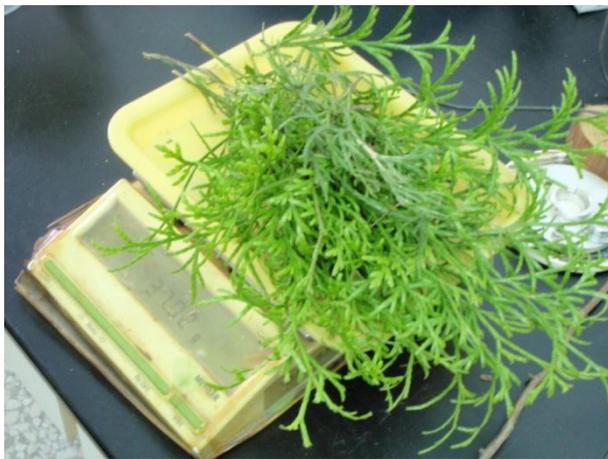


圖 12. 苗木品質檢定



圖 13. 現場整地作業