

## 一、前言

近年來農委會林務局對國有林加強人工林中後期撫育疏伐及修枝作業，林木生長及林木健康度已有顯著改善成效；但對於需要進行撫育之大面積人工林而言，調整林分在時間及空間配置排列，使森林經營達成各項效益及目標則為森林作業上重要的手段。

疏伐可改善林木生長及形質，提高林分植群及動物多樣性的發展機會，改善林分景觀美質，以及提升森林經營整體經濟效益等，但是，在許多與疏伐有關的研究中，對於林分疏伐木選伐的基準與程序以及疏伐對林分景觀美質的改變效益評估則闕如。

本計畫擬以 58 年生之柳杉、紅檜未疏伐之人工林，進行疏伐規劃設計，以林分組成結構及空間資訊分析技術，規劃遊樂區遊客動線視野的林分立木之空間配置，建立疏伐規劃作業之流程；同時藉由所營造的不同林分景觀，評估公眾對森林視覺美質的喜好反應。

## 二、計畫目標

本計畫擬以嘉義林區管理處阿里山事業區 20 林班 58 年生之柳杉、紅檜造林地，面積 1.8 公頃為研究區；調查林分組成結構及空間資訊，分析林分樹冠競爭指數及林木空間分佈，繪製疏伐前及不同疏伐強度之樹冠投影圖及林分結構透視圖，用以規劃設計林地空間上不同林分密度配置情形，瞭解留存林木於不同林分密度生長的表現及林分組成結構的改變。並由本計畫規劃設計之不同林分密度配置，營造之林分結構景觀變化，評估社會大眾對不同林分密度之森林視覺品質的反應，提供森林經營管理者訂定疏伐策略之參考。林木調查測量及位置圖製作。

(一) 建立林分經營疏伐規劃作業流程。

(二) 瞭解公眾對不同密度林分結構森林視覺美質的喜好。

### 三、重要工作項目及實施方法

主要工作項目包含：1 林木調查測量及位置圖製作；2 林分結構及空間資訊分析；3 疏伐規劃及選伐木標記；4 疏伐前後林分景觀模擬及以問卷進行林分景觀美質評估調查。

#### (一) 疏伐地區概述

疏伐地區為於阿里山事業區 20 林班，阿里山森林鐵路眠月線 2.5K-3.5K 上坡處，海拔 2350-2380 公尺，實施疏伐地區為柳杉、紅檜 58 年生之未疏伐林分，面積 1.8 公頃(如圖 1)。原栽植距離依據初步調查可能為  $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，林分密度 3300N/ha。

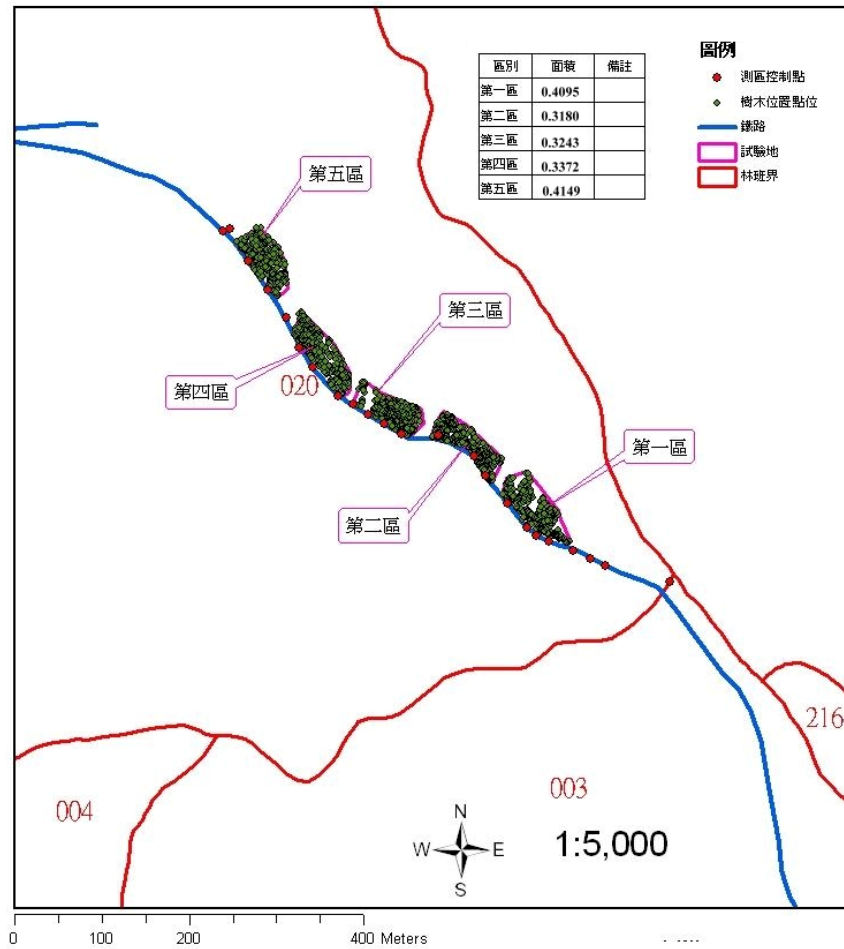


圖 1：阿里山事業區 20 林班疏伐區圖

## (二) 實施方法

### 1. 林木與林地資訊調查

#### (1) 林木資訊調查

疏伐規劃區林木資訊調查實施方法，於疏伐區設置5個20m x30m之標準地（如圖1），調查項目包括胸徑、樹高、枝下高及樹冠4個半徑方向冠幅長度。全林立木進行標號測定胸高直徑，全林之樹高、樹冠幅及樹冠比，以標準地調查之胸高直徑與樹高資料建立樹高曲線(圖2A)；以胸高斷面積與樹冠面積建立樹冠面積曲線建立樹冠半徑長度(圖2B)；以胸高直徑與樹冠比建立樹冠長度。估算式如下

$$HI = y_0 + a_1DB + a_2DB^2 \dots\dots\dots \text{公式一}$$

$$CPA = a_1 + a_2BA \dots\dots\dots \text{公式二}$$

$$CR = \frac{HI - BL}{HI} \dots\dots\dots \text{公式三}$$

HI=樹高(m)

DB=胸高直徑(cm)

CPA=樹冠投影面積 (m<sup>2</sup>)

BA=胸高直徑斷面積 (m<sup>2</sup>)

CR=樹冠比

BL=枝下高(m)

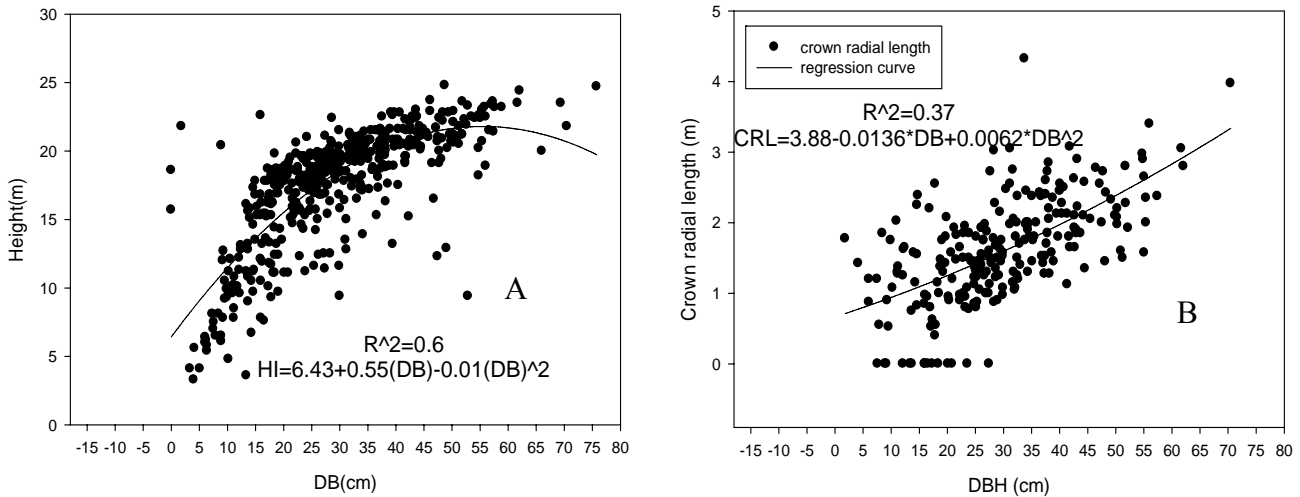


圖2：標準地樣區擬合樹高曲線圖A及樹冠幅曲線圖B

## (2) 林地資訊及每木位置圖

所有立木不管生立木或枯立木，皆予編號、以LICA電子經緯儀測定每木位置，且繪製各編號林木位置圖層。記錄各個林木量測資料的屬性表，亦以立木編號關連，其量測步驟為各單株立木以蘭花牌寫上編號，固定在樹幹胸高直徑位置，便於作為胸高直徑量測時之依據。

## (3) 建立單株林木資料表

單株立木資料調查表以Nobori (2005)Forest windows 2.21應用軟體之資料表格式建置（如表1）資料表內包括林地及林木資訊，林地資訊為立木的二度分帶座標位置（X,Y）及高程位置（Z）；林木資訊包括樹種別、胸高直徑、樹高、枝下高等資料。胸高直徑以直徑尺量測，單位以cm計至小數點一位。樹高係利用tangent三角原理的牛氏測高器量測之，單位以m計至小數點一位，樹冠幅以雷射測距儀及羅盤儀輔助測量，單位以m計至小數點一位。

表 1：單株林木資料表

Tree&ID	立木位置的座標			樹種	樹高 HI	枝下高 BL	胸高直徑 DB	樹冠福(0.1m)			
	(0.1m)				(0.1m)	(0.1m)	(0.1cm)	+ Y(N)	+X(E)	-Y(S)	-X(W)
	X	Y	Z								
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

## 2. 林分結構及蓄積

### (1) 林分結構、密度

林分密度表示方法有 6 種，每公頃株數 (N/ha)、二次平均直徑 (QMD, Quadratic Mean Diameter)、每公頃胸高斷面積 (BA m<sup>2</sup>/ha)、每公頃材積 (V m<sup>3</sup>/ha)、林分密度 (SDI%)、樹冠競爭指數 (CCF%)。林分疏伐規劃需對林分結構及密度進行計算分析，作為疏伐率、疏伐選木量化參考依據。

$$QMD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n DB_i^2}{n_i}} \dots\dots\dots \text{公式四}$$

$$BA(\text{Basal Area}) = \sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{QMD}{2} \right)^2 \div 10000 \times \pi \times EFi \right\} \dots\dots\dots \text{公式五}$$

$$SDI\%(\text{Stand Density Index}) = N (25.4 / QMD)^{-1.605} \quad N:(N/ha) \dots\dots \text{公式六}$$

### (2) 林分蓄積

求林分蓄積最有效的方法應用直徑分佈法 (Diameter Distribution Approach)，係指利用有效描述胸高直徑分佈的機率密度函數的母數，配合樹高曲線式、材積式，以求算出各直徑階

材積的分佈情形，進而累計成每單位或總材積之方法。

$$Y_{ij} = N_t \times \int g(x) \times f(x, \theta) \dots \dots \dots \text{公式七}$$

式中， $Y_{ij}$ ：單位面積內某一直徑階的材積

$N_t$ ：單位面積內的林木株數

$g(x)$ ：以胸高直徑的函數，如樹高曲線式和材積式

$f(x, \theta)$ ：可適當描述直徑分佈的機率密度函數

本式中機率密度函數以 Weibull 機率密度函數 (Probability Density Function, Pdf) 之所以廣於使用於直徑分佈法中；而直徑分佈法可以有效的推測蓄積、收穫量。此因應用於林分疏伐前疏伐後林地蓄積量的預測及規劃上。

### 3. 疏伐規劃設計

#### (1) 疏伐率規劃

疏伐率依據調查林分結構，包括單位面積株數、胸高斷面積、材積、林分密度指數決定。並應用 ArcGIS 進行空間配置規劃，標定疏伐木位置。

#### (2) 疏伐木選定準則流程實施方法

疏伐木選定準則以下層疏伐，考量3項林木特徵值優先順序，分別為胸高直徑、競爭指數、樹幹形狀比；先選擇胸高直徑級最小及枯立、病死蟲害及不健全林木為優先，其次第二項排序以競爭指數高者為優先選取伐採對象，第三為樹幹形狀比，形狀比高者表示競爭指數亦高，列為疏伐選木對象。各項詳細說明如下

##### 1. 以胸高直徑為準則之下層疏伐

先將枯立、病死木伐除，再從 DBH 最小的開始砍伐，並應用 Mattheck and Breloer (1993) 目視樹木評估法 (Visual Tree

Assessment ,VTA)對立木進行健康度及危險度評估，可以客觀將病害木、枯死木或健康狀況不佳之立木，以本評估分法快速的進行篩選為疏伐木。

## 2. 競爭指數法

運用環形影響帶(Circular Zone of Influence)的觀念，分別以柳杉的各單株立木間距離作為環形影響帶的基礎，利用Hegyi (1973)提出的競爭指數式計算每木之競爭指數，來推算各株林木之競爭指數。競爭指數愈大，則受競爭力壓力愈大，宜為下層疏伐的選擇木。選木時，先將枯立、病死木伐除，再從競爭指數最大的林木開始疏伐，直到達到預定之疏伐量。

$$CI_{ij} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{D_i}{D_j} \times \frac{1}{L_{ij}} \right| \dots\dots\dots \text{公式八}$$

CI<sub>j</sub>：第j 株林木的競爭指數

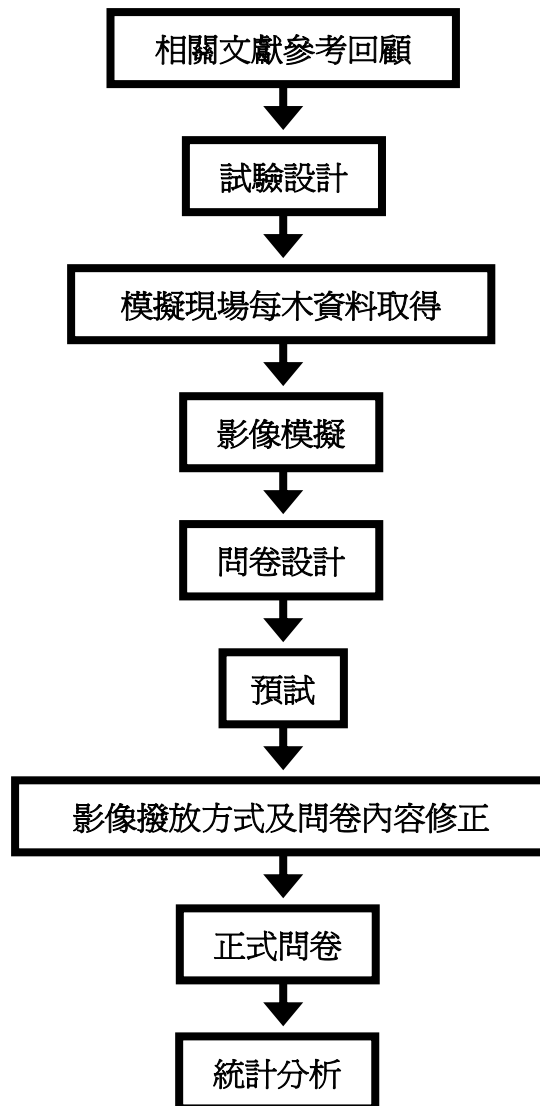
D<sub>i</sub> , D<sub>j</sub>：競爭林木i 與所測林木j 的胸徑

L<sub>ij</sub>：競爭林木i 與所測林木j 間的距離

## 3. 樹幹形狀比

樹幹形狀比為樹高（HI）與胸高直徑（DB）之比值，可以表示林木在不同林分密度狀況下生長的反應，林分密度、競爭指數與樹幹形狀比有一定正相關性，樹幹形狀比越大表示林分密度高單株立木越處於高競爭狀況；換言之劣勢木樹幹形狀比高於優勢木。

#### 4.森林視覺美質評估



##### (1) 模擬樣區選定

模擬樣區以第5疏伐區為模擬區域，全長約130公尺，深度約35公尺，選擇中間區段50公尺距離處作為影像模擬之對象，模擬樣區面積共1750平方公尺，含207株柳杉生立木。依現場進行之每木調查資料，包括樹高、胸高直徑、冠幅、每木座標位置等進行林地以及林木模型設計。

##### (2) 疏伐木選取原則

疏伐木的選取依據疏伐強度、疏伐方式以及保留木的配置方



式三個原則進行複因子試驗設計，各原則之設計內容如下說明。

## 1.疏伐強度

疏伐分為定性以及定量疏伐，前者指的是疏伐的方式，例如上層疏伐（thinning from above）、下層疏伐（low thinning）、選擇性疏伐（selective thinning）、以及機械疏伐（mechanical thinning），而疏伐強度即是屬於定量之疏伐，而疏伐林木的數量可以依照區內之株數、胸高直徑與樹間距離、胸高斷面積以及樹高等決定。疏伐強度為相對的強度，參考國內多篇研究報告發現其範圍由 10%至 75%皆有。疏伐主要目的在提供林分內保留林木之生長空間，進而促成優型木之生成，但在景觀的角度看來，疏伐的強度同時影響林下的透光度與透視度，使得遊客在森林中得到不一樣的視覺感受。所謂透光度指的是陽光透過冠層達到地面的比例，而透視度則是定義為遊客往林內方向看去可以看見天際的比例。本試驗中以樣區面積扣除樹冠幅面積代表透光度，以照片中冠層下可以見到天際的比例表示透視度；在疏伐強度的決定以林木株數作為疏伐數量之依據，採用 30%、40%與 50%等三種疏伐強度。

## 2.疏伐方式

前提及疏伐方式屬於定性之疏伐，不同的疏伐方式有其個別的伐除對象，李久先（2006）報告中將四種疏伐方式定義如下：

### （1）下層疏伐

由樹冠級之最低者優先伐除，例如枯死木、瀕死木、被壓木與傷害木等，再繼續伐其較高者，直至需要之強度為止。

### （2）上層疏伐

係採伐中部以及上部樹冠級與直徑級之林木，疏開其樹冠以

促進生長健全之被壓木及大部分中庸木之生長。

### (3) 選擇疏伐

乃伐除生長旺盛之優勢木及至下次疏伐可能枯死之瀕死木，以促進較低樹冠級林木之發育。

### (4) 機械疏伐

此法係基於預定之樹間距離，而選擇被伐採或保留之樹木，以每隔一列或一定間隔伐除全部林木之辦法。

疏伐的方式亦影響林下透光度與透視度，上層疏伐移除生長屬於優良之林木，疏開林冠使得透光度增加；下層疏伐由於伐除林下生長不良之立木，提高林下視野的深度以及開闊度，而選擇性疏伐的對象則包括了優勢木以及瀕死木，在景觀的設計上或許可以同時兼顧透光度與透視度的提升。將模擬樣區內之柳杉以樹高作為冠級劃分之依據分成四個等級，做為疏伐方式設計上選木之依據。進行上層疏伐的選木作業時，以樹冠面積大，且下層覆蓋株數多的林木為首先伐除的對象，接著再以其與周圍立木間擁擠的狀況做選擇，直至伐除株數達到數量為止；下層疏伐選木時，則以其與周圍立木擁擠的狀況為首要伐除的原則，接著再以樹冠被覆蓋的程度做挑選；進行選擇性疏伐選木時，由於選木的對象包括上層生長良好的優勢木以及下層生長不良的被壓木等，所以選木的原則是分別依上層疏伐與下層疏伐的選木原則為依據。

為了解林分在垂直空間上的變化是否影響景觀的喜好程度，選擇上層疏伐、下層疏伐以及選擇疏伐的方式進行設計。

## 3.保留木配置方式

景觀具有垂直與水平空間上之特色，林木不同的樹高、林地

的坡度變化造成林分垂直空間上的變化，而立木的位置則影響森林景觀在水平空間分佈的協調感覺，在本模擬設計中將疏伐後之保留木以集中以及分散的配置方式進行設計。本次模擬的試驗設計以及疏伐選木設計如表 2 與表 3 所示，實際選木的狀況與設計之景觀照片如附錄 4、5 所示。

表 2：景觀美質之雙重因子試驗設計

疏伐強度	疏伐方式	配置方式	代號	透光度(%)	透視度(%)
	原始		Control	36.92	4.89
30%	上層疏伐	集中	30%AT-AR	41.46	8.67
		分散	30%AT-DR	41.04	6.68
	下層疏伐	集中	30%LT-AR	51.96	5.16
		分散	30%LT-DR	57.45	4.64
	選擇疏伐	集中	30%ST-AR	43.09	4.74
		分散	30%ST-DR	51.67	5.32
40%	上層疏伐	集中	40%AT-AR	43.07	9.05
		分散	40%AT-DR	43.66	8.14
	下層疏伐	集中	40%LT-AR	63.46	4.28
		分散	40%LT-DR	68.73	3.95
	選擇疏伐	集中	40%ST-AR	48.17	7.33
		分散	40%ST-DR	56.38	5.32
50%	上層疏伐	集中	50%AT-AR	47.08	10.84
		分散	50%AT-DR	48.52	15.01
	下層疏伐	集中	50%LT-AR	82.38	13.55
		分散	50%LT-DR	79.26	6.24
	選擇疏伐	集中	50%ST-AR	53.63	5.81
		分散	50%ST-DR	58.86	8.18

表 3：不同疏伐處理之疏伐對象及株數

處理	伐除對象及株數				合計	剩餘株數
	下木 <sup>1</sup>	下中 <sup>2</sup>	上中 <sup>3</sup>	上木 <sup>4</sup>		
Control	0	0	0	0	0	207
30%AT-AR	0	0	32	32	68	139
30%AT-DR	0	0	32	32	68	
30%LT-AR	32	32	0	0	68	
30%LT-DR	32	32	0	0	68	
30%ST-AR	16	16	16	16	68	
30%ST-DR	16	16	16	16	68	
40%AT-AR	0	0	41	41	82	125
40%AT-DR	0	0	41	41	82	
40%LT-AR	41	41	0	0	82	
40%LT-DR	41	41	0	0	82	
40%ST-AR	20	21	20	21	82	
40%ST-DR	20	21	20	21	82	
50%AT-AR	0	0	52	52	104	103
50%AT-DR	0	0	52	52	104	
50%LT-AR	52	52	0	0	104	
50%LT-DR	52	52	0	0	104	
50%ST-AR	26	26	26	26	104	
50%ST-DR	26	26	26	26	104	

註：1 下木表樹高<15.0m；2 表樹高介於 15.0~17.2m；3 表樹高介於 17.2~19.5m；4 表樹高<19.5m。

### (3) 影像模擬

將野外調查之每木資料，包括樹高、胸徑、冠幅、每木位置、海拔高等匯入電腦，以 3Ds MAX 軟體進行現場之影像模擬。

### (4) 問卷設計及進行

問卷設計內容分為「景觀偏好程度調查」、「認知程度調查」、以及「受訪者背景調查」等三個部份。設計此三個部分的原因在了解什麼樣的疏伐設計所模擬之景觀最為人所喜好、在認知與偏

好上是否具有關聯性、以及個人背景是否為影響景觀偏好的原因。在第一部分「景觀元素與偏好程度調查」當中調查受訪者對於 19 張模擬之影像之喜好程度。第二部份的「認知程度調查」又包含四個部份，「對於疏伐的認知」、「對於疏伐強度造成影響的認知」、「疏伐支持度」以及「森林功能認知」等問題。而最後的「受訪者背景調查」則是選定性別、婚姻、年齡、職業、教育程度、居住地、平均收入、旅遊的次數等進行調查。在景觀美質評估問卷設計上首先須確定評估模式，在確定評估之方法，茲說明如下：

### 1. 選擇評估模式

景觀 (landscape)，為透過生物視覺所觀賞的景色、地貌。景觀的美感則是透過人類受到視覺上的刺激後，經過生理及心理的判斷後，所給予的評價。景觀品質的評估緣起於資源經營管理者，有鑑於景觀資源所具有之珍貴美學價值，有必要妥善評估及規劃，於是 Zube 等人 (1982) 回顧由 1965 年至 1980 年間近 160 篇關於景觀知覺的研究，將景觀評估模式歸納為專家模式 (Expert Paradigm)、心理物理模式 (Psychophysical Paradigm)、認知模式 (Cognitive Paradigm) 以及經驗模式 (Experiential Paradigm) 四種。其中心理物理模式是利用「刺激、反應」的心理學理論為基礎，將景觀視為刺激的來源，在不經過思考以及本身認知的過程，直接給予景觀的反應或評價。在這當中可以將景觀裡面的各個元素區分出來，給予分類或分級，亦即將針對的景觀品質以及特徵，依不同的分類或分級方法予以比較分析，再由調查之結果得知觀賞者偏好的元素種類以及程度，藉此可以作為經營者對於景觀資源經營管理之參考。心理物理模式的優點在於可以由景觀

中篩選出真正影響偏好的元素，且在調查的使用方法上也較為便捷，也因此適合於大樣本族群的調查，可以得到多數人客觀的評估結果。

翁玉慧（1992）認為，專家模式與心理物理模式著重於景觀屬性與特質的掌握，且可運用在規劃設計及經營管理上：就信度與敏感性，效度與實用性來比較優缺點，顯示心理物理模式為較適合用在景觀美質評估上。但由於本次試驗當中選取的調查當中並不以專家學者為主要對象，且期望擴大樣本數量，選用方便又客觀的角度為考量，選擇心理物理模式為本次研究的評估模式。

## 2. 選擇評估方法

在心理物理模式當中，以比較判斷法（Law of Comparison Judgment / LCJ）與景觀美質評估法（Scenic Beauty Estimation / SBE）較常被拿來使用。LCJ 乃 Thurstone（1927）首先發展出來的量度方法，為一套在單向度的心理連續體上排定刺激順序的方法。能以定量方式得到心理的變化者，屬於一般的心理物理度量法，但也有些變化是難以量化以及定義的。其調查方法上多以排序（rank order）或是配對比對（pair comparison）方式進行。此法在國外多應用在病蟲害測試、火燒對森林景觀之視覺衝擊，而國內則偏向景觀元素與偏好之間關係的探討。

SBE 法是由 Daniel 與 Boster（1976）發展出來的辦法，他們認為人對景觀的知覺反應，取決於觀賞者對景觀之美感經驗與觀賞者之美感判斷標準，美感經驗受景觀的美質所影響，而判斷標準受個人以往經驗及環境背景所影響，為了消除觀賞者之間不同的判斷標準所發生的誤差，於是將人類對於景觀的美感數量化，並經過一個標準化程序，消除不同觀賞者之間內心尺度不同所造

成的誤差，做出客觀的評估。

國內外關於 SBE 的研究不勝枚舉，且可將 SBE 所得到之結果與個別的景觀元素做相關分析（廖育揚，2006；章瑾瑜、辛珮甄，2007；Kalidindi, et. al., 1997）；有與作業方式比較者（郭寶章等，1991；Holgen, et. al., 2000；Robert, G. R., 2005）；也有與觀賞者背景做相關比較者（廖育揚，2006）。

而 SBE 法在使用的設計方法上，通常以照片（李彥希、歐聖榮，2005；李美芬、歐聖榮，2005）或是模擬（陳君青 2008；Robert, G. R., 2005）方式呈現給觀賞者，在使用上以照片呈現者居多，原因在於材料容易取得，且在測驗時可以照片直接呈現，或是以投影方式呈現；後者目的在於將景觀元素經過不同程度的設計以及組合，經過偏好調查，篩選出影響偏好之元素為何，呈現方式可以相片或是影片，前者優點同拍攝相片一般，方便容易處理，而後者可以利用不同景觀在順序上的變化做調查，取得連續性變化之偏好結果。

問卷調查對象包含學生、公職人員以及一般民眾，在學生方面選定國立嘉義大學之景觀學系、森林學系、應用物理學系、應用經濟學系、生物資源管理學系以及教育學系學生做為訪問對象。在部分的研究中（Brown and Daniel, 1986；Vodak, 1985）證實雖然每個人之間的評價是有差異的，但各種不同的測試群體就整體性而言，對景觀之評估並沒有顯著之差異。章錦瑜（1997）提及學生團體對景觀美質之偏好可做為一般民眾之代表。

### 3. 問卷調查

問卷進行之初，為避免受訪者在填答時受環境干擾影響作答方向，並使其放鬆心情，將受訪者集中於安靜的空間內，以投影

方式播放相片。在開始填寫問卷之前，為避免受訪者受第二部分內容影響結果，將問卷分兩次發放，接著說明此一調查之目的、內容、進行順序以及填答方式，並針對問卷中有疑問處進行解答，消除填答時的疑慮。待第一部分問卷回答完畢，回收後再發給第二部分問卷。相片的播放順序採用亂數決定，先以每張相片 2 秒鐘時間快速播放，使受訪者瀏覽一次，休息一分鐘後正式播放。每張相片播放及填答的時間為 30 秒鐘，所有相片撥放完畢後，收回問卷。

#### (5) 數據分析

將資料建立成 SPSS 檔案，進行簡單描述性統計、單因子變異數分析、單變量分析等，以求得各試驗處理之景觀在偏好程度上之差異。

### 四、結果與討論

#### (一) 林分結構

本計畫疏伐區由 5 個設置之長方形(20m ×30m)合計面積 0.3ha 之標準地樣區，調查統計柳杉林分結構，單位面積株數為 1122N/ha，過去林分未曾疏伐，因此林分密度指數平均約為 631.92，代表全林之林分二次平均直徑為 33.5cm，代表林分地位指數之平均樹高為 17.5m，胸高斷面積 87.3m<sup>2</sup>/ha。林分樹幹形狀比平均值為 70 (表 4)。

由林分結構分析得知原栽植林分密度為 3300N/ha，栽植距離(1m ×1m)，林分林齡為 58 年生，本林分自然疏伐枯死得到現實林分密度之立木距離為 3m ×3m，對一成熟之人工柳杉林之林分密度仍過高，整體林分密度指數超過 500，林分結構之各項性態指標值而言，實為亟待疏伐之柳杉人工林分。



表4：林分結構摘要表

疏伐區	面積 (ha)	株數 (N)	單位面積株數 (N/ha)	二次平均直徑 (cm)	平均樹高 (m)	胸高斷面積總和 (m <sup>2</sup> )	Reineke's 林分密度指數 Stand Density Index	Hegyis's 競爭指數 Competition Index	樹幹形狀比 樹高/胸高直徑 H/D
1	0.41	425	1037	33.9	18.3	38.26	648.00	2.82	67
2	0.32	430	1344	32.4	17.3	25.21	610.00	0.88	72
3	0.32	369	1153	33.2	16.6	24.14	630.70	0.95	70
4	0.34	343	1009	36.3	18.1	34.54	697.18	1.73	66
5	0.42	448	1067	31.9	17.0	35.05	573.72	2.08	74
合計/平均	1.8	2015	1122	33.5	17.5	157.2	631.92	1.69	70

## (二) 疏伐規劃設計

疏伐為森林經營上提升林木形質、促進留存木生長、強化森林健康的經營策略，疏伐的種類與方法一般分為定性與定量 2 種方式

### 1. 定性疏伐

所謂定性疏伐乃先決定應伐除何種型態之林木，再決定除伐量，主要是依據樹冠級或幹級而實行之疏伐法。依被疏伐木選定方法之不同而區分為以下四種。

#### (1) 下層疏伐(Low thinning)

亦稱高層疏伐或優勢木疏伐。係由伐採中上部樹冠級與直徑級之林木，疏開其樹冠以促進生長健全之被壓木及大部分中庸木之生長，(在執行上，被壓木應與伐除)

#### (2) 上層疏伐(Thinning from above)

亦稱高層疏伐或優勢木疏伐。伐採中部及上部樹冠級與直徑級之林木疏開其樹冠以促進生長健全之被壓木及大部分中庸木之生長。(在執行上，被壓木亦應予伐除)

### (3) 選擇疏伐(Selective thinning)

乃伐除生長旺盛之優勢木及至下次疏伐可能枯死之瀕死木，以促進較低樹冠級林木之發育。

### (4) 機械疏伐(Mechanical thinning)

此法係基於預定之樹間距離，而選擇被伐採或保留之樹木，以每隔一列或一定間隔疏伐全部林木之方法。

## 2. 定量疏伐

定量疏伐為配合定性疏伐而決定疏伐之量與質而實施疏伐，而疏伐林木之數量可以依照株數、胸高直徑及樹間距離、樹高斷面積決定現存林木之數量

本計畫疏伐之規劃以疏伐地選定之標準地樣區調查資訊，進行林分結構性態資料分析，作為定量疏伐法決定疏伐率及疏伐木選定之規劃依據，疏伐木選定配合定性疏伐法應用 Mattheck and Breloer (1993) 目視樹木評估法(Visual Tree Assessment ,VTA)對立木進行健康度及危險度評估，可以客觀將病害木、枯死木或健康狀況不佳之立木，以本評估分法快速的進行篩選為疏伐木。

本計畫依據定量及定性疏伐法，對疏伐區進行疏伐方案規劃，依據林分結構現況，參考不同疏伐法提出三個疏伐方案，再提由經營管理單位充分討論後，依據經管理單位之經營目標及需求，決定林分疏伐方案。

### (1) 疏伐方案一

依據林務局人工林中後期撫育規範以景觀施業為營林目的言而定，柳杉、杉木的景觀林，在中等地位級林分密度株數，15年生以下人工林，每公頃不宜超過 1,000 株，20~30 年生不宜超過 700 株，30 年生以上則最好不超過 500 株。本計畫考量林分

過去未曾疏伐及屬於景觀林地，規劃之林分密度株數以每公頃 600-800 株為規劃之第一方案（如表 5），採行固定單位面積留存立木株數及立木距離，訂定各疏伐小區疏伐率，林分密度 815 株/ha 各小區之疏伐率因現存立木株數不同，疏伐率由 14-38%，各區平均疏伐率 23%（如表 6），屬於中度疏伐率。林分密度 625 株/ha 各小區之疏伐率因現存立木株數不同，疏伐率由 34-52%，各區平均疏伐率 41%（如表 7）屬於中強度疏伐率。

表 5：固定單位面積留存立木株數及立木距離，調整各區疏伐率

單位面積株數 (N/ha)	林分密度		疏伐木選擇準則		
	立木距離 (m)	胸高斷面 積(m <sup>2</sup> /ha)	DBH	競爭指數 (CI)	樹幹形狀比 (H/D)
815	3.5 × 3.5	65	5<DBH<50	1.7<CI<3.0	80<H/D<120
625	4.0 × 4.0	55	5<DBH<60	1.5<CI<3.0	70<H/D<120

經林分結構分析及性態值分析後疏伐木選擇標準，雖採下層疏伐，但考量競爭指數及樹幹形狀比 2 因素，因此伐採之疏伐木胸高直徑範圍 5<DBH<50，競爭指數範圍 1.7<CI<3.0，樹幹形狀比 70<H/D<120，列為疏伐木選擇伐採對象。

表 6：立木距離 3.5m×3.5m 各疏伐區疏伐率摘要表

疏伐區	單位面積株數 (N/ha)	疏伐率(%)	疏伐後林分密度留存株 數 (N/ha)
1	1037	21	815
2	1344	39	815
3	1153	29	815
4	1009	19	815
5	1067	24	815
平均	1122	27	815

表 7：立木距離 4.0m×4.0m 各疏伐區疏伐率摘要表

疏伐區	單位面積株數 (N/ha)	疏伐率(%)	疏伐後林分密度留 存株數 (N/ha)
1	1037	40	625
2	1344	53	625
3	1153	46	625
4	1009	38	625
5	1067	41	625
平均	1122	44	625

## (2) 疏伐方案二

本方案為林分結構性態值各疏伐小區間林分株數均質性高，各區林分密度株數相當時，可採用固定相同疏伐率，以本疏伐區而言單位面積立木株數各區間存有差異，由本方案規劃之 3 種疏伐率分別為 10、20、30%疏伐率，並由表 9、10、11 之疏伐後單位面積留存株數與立木距離得知，原疏伐小區林分密度越高，此固定疏伐率後，各小區單位面各小區留存株數仍越高，乃採各區固定疏伐率之故。

本疏伐規劃通常應用於森林景觀施業上營造不同林分透視度，給予林分空間上不同林下光度明暗的層次(郭寶章、李玉琴，1991)，一般人工經濟林以木材生產及經濟收入為經營目標，主要採用本計畫方案一，各樹種林分密度控制管理，達成經濟上之收益。

表8：固定各區疏伐率，調整單位面積留存立木株數及立木距離

留存立木林分密度		疏伐木選擇標準			
單位面積 株數 (N/ha)	立木距離 (m)	疏伐率(%)	DBH	競爭指數 (CI)	樹幹形狀比 (H/D)
999	3.2 × 3.2	10	5<DBH<20	2.0<CI<3.0	91<H/D<120
897	3.4 × 3.4	20	5<DBH<35	1.7<CI<3.0	83<H/D<120
785	3.6 × 3.6	30	5<DBH<50	1.6<CI<3.0	70<H/D<120

表9：固定各區疏伐率(10%)，調整單位面積留存立木株數及立木距離

疏伐區	單位面積株 數(N/ha)	立木距離(m)	疏伐率(%)	疏伐後單位 面積留存株 數 (N/ha)	留存立木距 離(m)
1	1037	3.1 × 3.1	10	933	3.3 × 3.3
2	1344	2.7 × 2.7	10	1209	2.9 × 2.9
3	1153	3.0 × 3.0	10	999	3.2 × 3.2
4	1009	3.1 × 3.1	10	908	3.3 × 3.3
5	1067	3.1 × 3.1	10	960	3.2 × 3.2
平均	1122		10	1002	

表 10：固定各區疏伐率(20%)，調整單位面積留存立木株數及立木距離

疏伐區	單位面積株數(N/ha)	立木距離(m)	疏伐率(%)	疏伐後單位面積留存株數 (N/ha)	留存立木距離(m)
1	1037	3.1 × 3.1	20	830	3.5 × 3.5
2	1344	2.7 × 2.7	20	1075	3.0 × 3.0
3	1153	3.0 × 3.0	20	922	3.3 × 3.3
4	1009	3.1 × 3.1	20	807	3.5 × 3.5
5	1067	3.1 × 3.1	20	854	3.4 × 3.4
平均	1122		20	898	

表 11：固定各區疏伐率(20%)，調整單位面積留存立木株數及立木距離

疏伐區	單位面積株數(N/ha)	立木距離(m)	疏伐率(%)	疏伐後單位面積留存株數 (N/ha)	留存立木距離(m)
1	1037	3.1 × 3.1	30	726	3.7 × 3.7
2	1344	2.7 × 2.7	30	941	3.3 × 3.3
3	1153	3.0 × 3.0	30	807	3.5 × 3.5
4	1009	3.1 × 3.1	30	706	3.8 × 3.8
5	1067	3.1 × 3.1	30	747	3.7 × 3.7
平均	1122		30	785	

### (3) 疏伐方案三

本疏伐之設計方案為採方案一與方案二之綜合規劃版，可採方案二之各區固定疏伐率，單位面積上留存木之株數會有變動；亦可採取方案一，固定單位面積留存株數，而各區疏伐率採浮動方式調整，具備依施業目標調整全林各區塊之疏伐規劃法，並可以依據森林經營計畫設定之森林經營目標，進行各疏伐小區林分密度控制，調整單位面積留存株數及留存木的種類；本方案通常應用於人工經濟林接近主輪伐期前之第 2 次或第 3 次疏伐，一般以促進其留存上木進行下種更新伐。

本方案應用於景觀林施業上一般以促進林分之林下光度，提高人工純林植被之多樣性，進而營造森林多樣性之目標，改進人工純林多樣性不足，促進人工林生態系健全之一施業手法；以表 12 疏伐小區第 2、5 區為例，採相同疏伐率 30%，留存立木距離則相差 50cm 左右，林內光度則有很大差異，林分後續之更新或動態發展亦有所不同，因此掌握疏伐率與林內光度調整為林分動態更新之一重要關鍵。

表 12：依林分施業目標需要採浮動調整單位面積留存立木株數及立木距離之變動疏伐率

疏伐區	單位面積株數(N/ha)	立木距離(m)	疏伐率(%)	疏伐後單位面積留存株數 (N/ha)	留存立木距離(m)
1	1037	3.1 × 3.1	20	830	3.5 × 3.5
2	1344	2.7 × 2.7	30	941	3.3 × 3.3
3	1153	3.0 × 3.0	10	1038	3.1 × 3.1
4	1009	3.1 × 3.1	20	807	3.5 × 3.5
5	1067	3.1 × 3.1	30	747	3.7 × 3.7
平均	1122			872	

### (三) 疏伐決策之訂定

#### 1. 景觀林施業考量

本計畫所提之 3 疏伐方案，依據本疏伐區之經營目標主要以森林景觀施業為目的，疏伐後之景觀林提供遊客至阿里山眠月線鐵路之景觀林，目前所規劃之各疏伐小區沿鐵路上坡，整體而言小火車之行進速度對遊客的視覺景觀上，疏伐小區距離過短，火車行進速度約 20-30km/hr，遊客視覺聚焦於小疏伐區上無法辨識各疏伐區之不同林分密度及透視度；就景觀的考量上，整個疏伐區沿鐵路上坡 600m，宜採用固定林分密度株數之帶狀疏伐法，

遊客對疏伐效應有整體之感受並可與下坡對照區有所區別。

## 2.疏伐決策訂定

疏伐率之決定採用方案三之各疏伐小區採浮動之疏伐率，調整各疏伐小區林分留存株數約相同，但考量林分留存木現實林木健康狀況，有些小區林分病害木、枯立木及不健全木較多，因此留存株數有不同，但整體而言 5 個疏伐小區之平均疏伐率為 28-30%(表 13)，若以單位面積之立木留存株數而言為 800N/ha，依據人工經濟林林分樹齡之林分密度管理，齡級 58 年生之柳杉造林木林分密度株數為 500-600N/ha(楊榮啟，1982)；本疏伐規劃所留存立木株數較人工經濟林之林分密度高，主要考量為森林遊樂區、水土保持及當地居民對大量疏伐觀感，將疏伐率訂定為 30%上下左右。

## 3.疏伐後林分性態值變動

本疏伐規劃選木以下層疏伐為主以胸高直徑級小之被壓木、枯立為優先對象，其次為應用 VTA 方法評估健康度差、病蟲害木、鼠害木等，疏伐率為 28-30%，材積之疏伐率僅為 13%，約為立木株數疏伐率之一半，留存立木株數 803N/ha，立木距離 3.5m×3.5m，為一中弱度疏伐。

表 13：疏伐前、疏伐、疏伐後林分株數、材積及疏伐率統計摘要表

PLOT	疏伐前			疏伐木			疏伐後		
	AREA (ha)	STAND_N	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUT_N	RATIO (%)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	STAND_N	RATIO (%)	VOLUME (m <sup>3</sup> )
1	0.41	425	307.39	98	23	29.60	327	77	277.79
2	0.32	430	266.42	173	40	59.39	257	60	207.04
3	0.32	369	240.04	101	27	28.57	268	73	211.47
4	0.34	343	267.46	79	23	24.71	264	77	242.76
5	0.42	448	270.29	119	27	23.90	329	73	246.39
TOTAL	1.8	2015	1351.61	570	28	166.17	1445	72	1185.44
單位面積(ha)	1.0	1122	750.89	317		92.3	803		658.58



#### (四) 疏伐林分徑級分佈

本計畫疏伐區採下層之定量與定性疏伐方法，疏伐木選定之準則以胸高直徑階小，及目視樹木評估方法將健康度不佳、病蟲害、鼠害木等列為優先疏伐對象；其次篩選林分林木競爭指數及樹幹形狀比值大者列為疏伐對象，疏伐木選擇透過3項選木量化標準，將可以重新對林分空間及直徑級重新分配。

疏伐前柳杉人工林林分結構之各直徑階分配，屬於常態鐘型分配（圖3），經過下層疏伐後林木之徑級分配以偏右之分配（圖4），由直徑分佈法可以有效預估林分蓄積變動，掌握各胸高直徑階伐採林木株數及材積。

疏伐雖然採下層疏伐，胸高直徑階小者應列為優先伐採對象，但選則疏伐木時考量樹種、空間均勻分配及競爭指數，因此例如紅檜、立木分佈空間稀疏或競爭指數小之胸高直徑階立木則不列入疏伐選擇對象，所以胸高直徑階分佈尚有5-10cm小徑木未被列入伐採對象。

(1)疏伐前及疏伐木林分徑級分佈

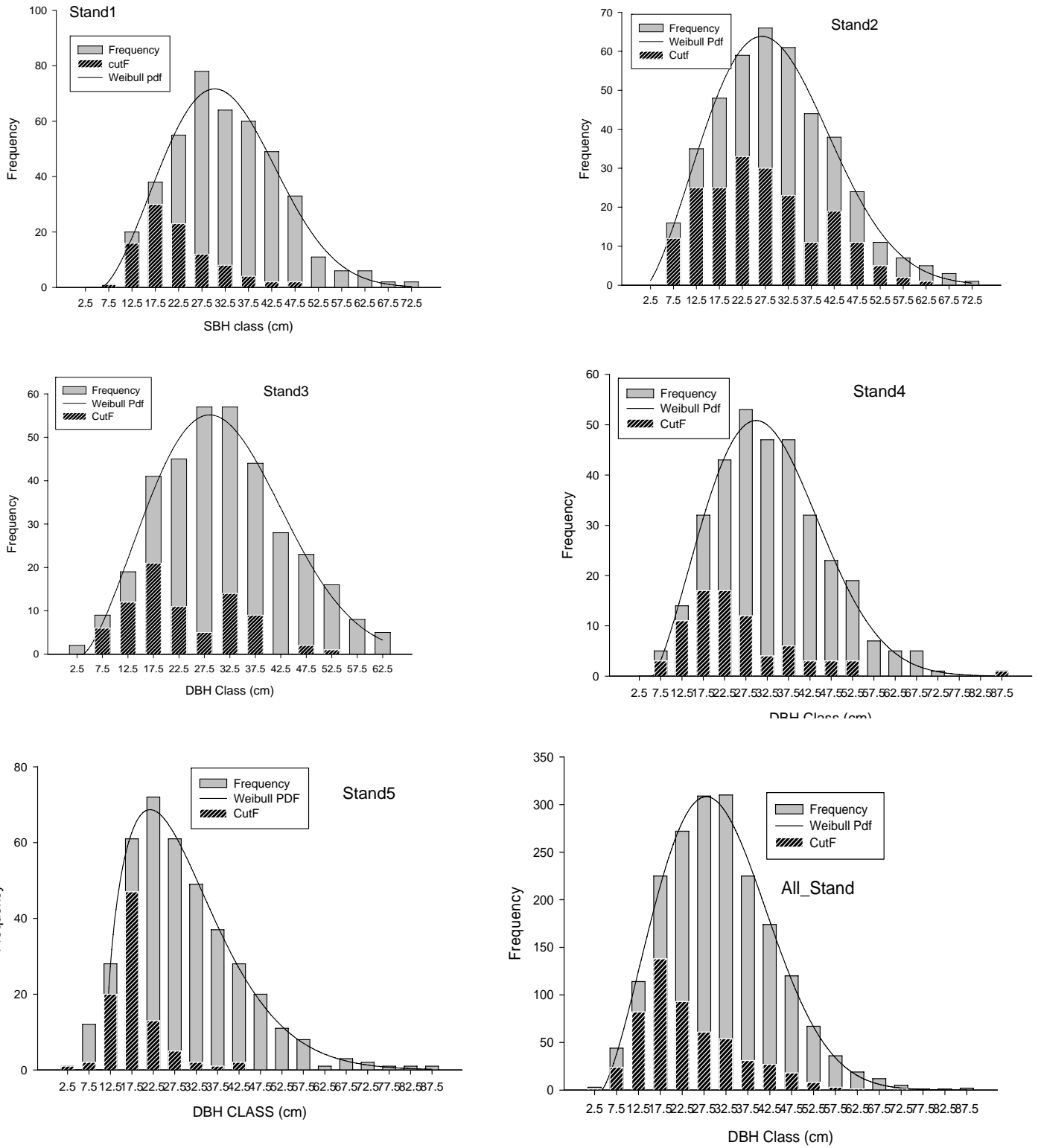


圖 3：各疏伐區疏伐前胸高直徑階分佈及疏伐木胸高直徑階分佈圖

## (2).疏伐後留存木林分徑級分佈

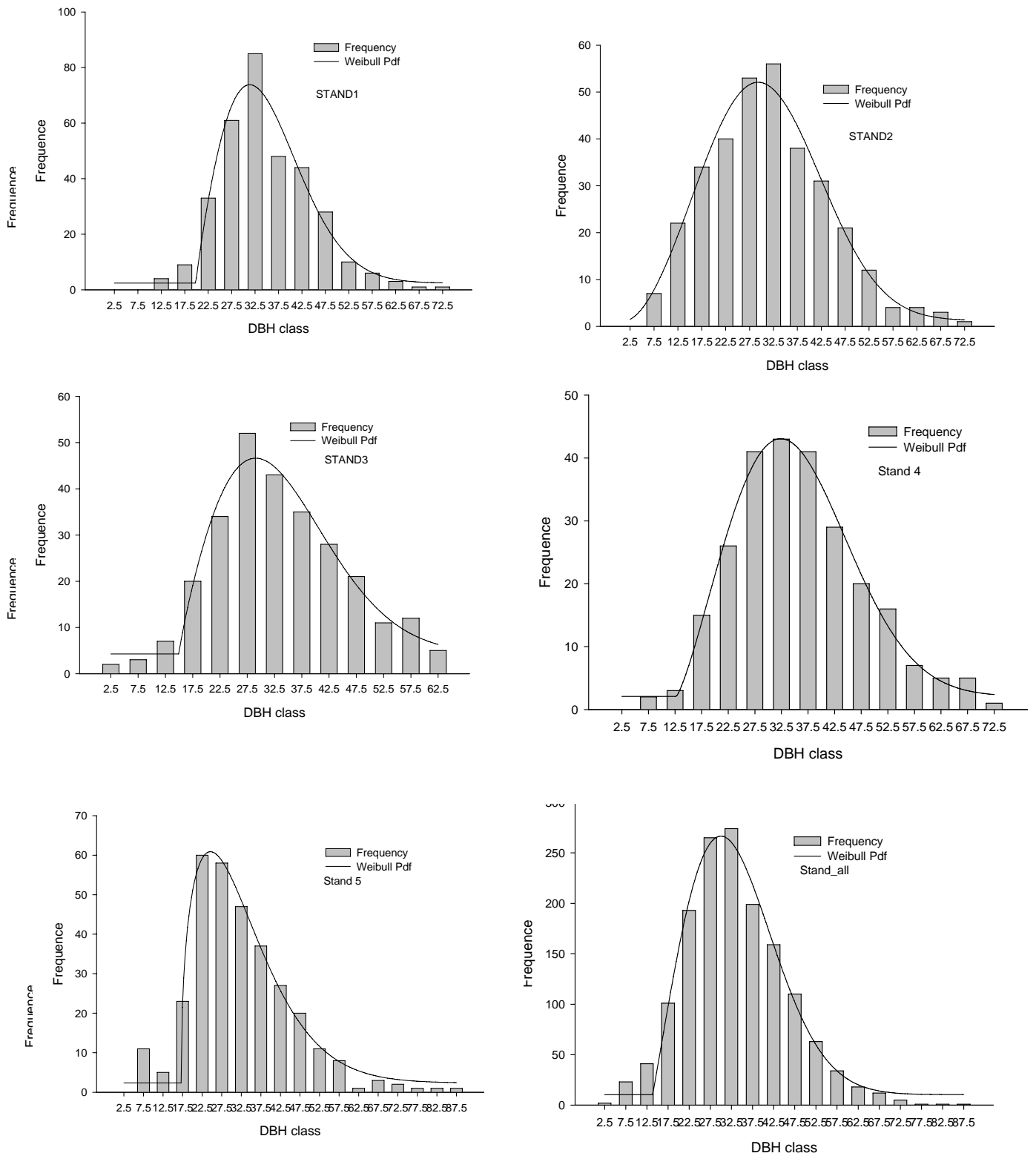


圖 4：各疏伐區疏伐後留存木胸高直徑階分佈圖

## (五) 林分經營疏伐規劃作業流程—Q&A

Q1 外業-取樣調查?

A1

- (1)取樣方法：航空照片系統或逢機取樣
- (2)取樣密度：疏伐地區全林面積 5%
- (3)樣區形狀大小：圓形，半徑 12.62m，面積 500m<sup>2</sup>
- (4)調查項目：胸高直徑、樹高、枝下高、4 方向冠幅

Q2 內業-林分結構?

A2

- (1)擬合樹高曲線（胸高直徑-樹高）
- (2)計算樣區林分結構性態值：二次林分平均直徑、平均樹高、N/ha, V/ha, BA/ha, 林分密度, 競爭指數, 胸高直徑/樹高比。
- (3)疏伐率訂定  
林分密度、林分株數、林分胸高斷面積、樹冠競爭指數
- (4)疏伐選木準則  
胸高直徑範圍、競爭指數範圍、樹幹形狀比範圍（胸高直徑/樹高比）

Q3 外業-選木準則?

A3

- (1)疏伐選木準則之胸高直徑級範圍、立木間距、樹幹形狀比
- (2)以 VTA 樹木評估法對立木進行健康度及危險度評估分級
- (3)打印

Q4 內業-疏伐木資料整理?

A4

- (1)疏伐率檢核
- (2)疏伐材積計算-應用直徑分佈法

## (六) 景觀美質評估

### I. 受訪者背景資料概述

本次調查主要受訪對象為國立嘉義大學學生，包含景觀學系、森林學系、應用物理學系、應用經濟學系、生物資源管理學系、教育學系等，另外有公職人員以及一般民眾，共 8 個受訪族群，每個受訪族群人數上無太大差距，共計 406 份有效問卷。其中男女性比接近 1 比 1，以 30 歲以下人數為最多，職業除了學生與公職人員外，一般民眾工作分佈在服務業與自由業居多，擁有大學學歷者亦佔多數，扣除無收入或是低收入的打工學生之外，薪資以 2~4 萬元居多，但在一年當中離開居住縣市外出遊玩超過 7 次的人數僅左右 27% 左右，有接近 5 成受訪者選擇自然環境做為休閒目標場所低於三次（圖 5）。

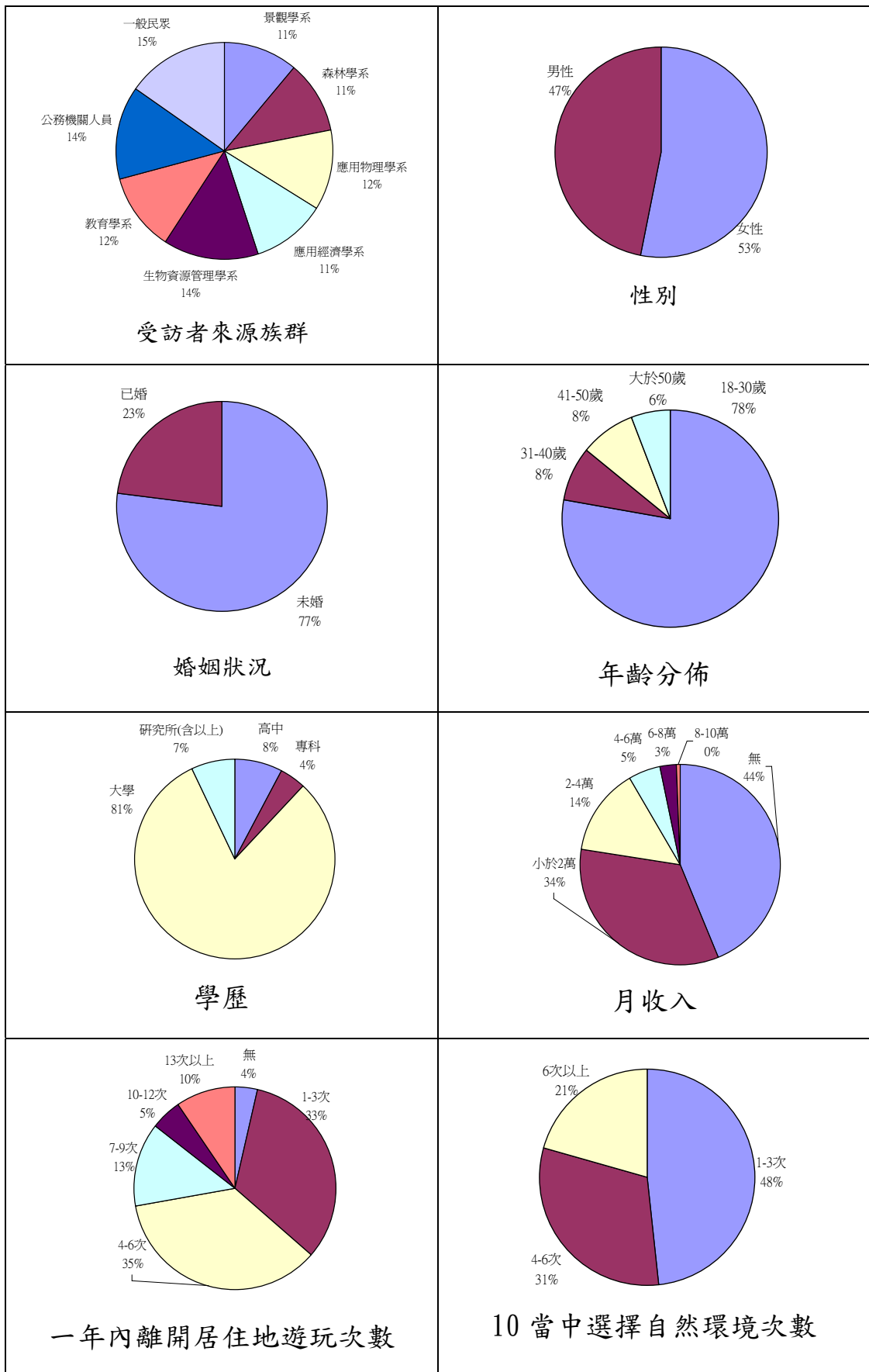


圖 5：受訪者背景資料

## II. 認知調查

受訪者對於疏伐內容之認知程度的五道題目回答大部分是正確的，也就是說非專門領域的人對於疏伐的認知上是有一定程度的了解，但仍有一部分的受訪者對於問題的內容持中立的回答（圖 6）。題號 1 至 5 分別代表以下題目：

1. 疏伐對森林環境內的生物有正面的影響。
2. 疏伐目的是否在於收穫。
3. 疏伐的方式只有一種。
4. 疏伐在任何時間點都可以進行。
5. 疏伐的對象只有在山上或是國有的森林。

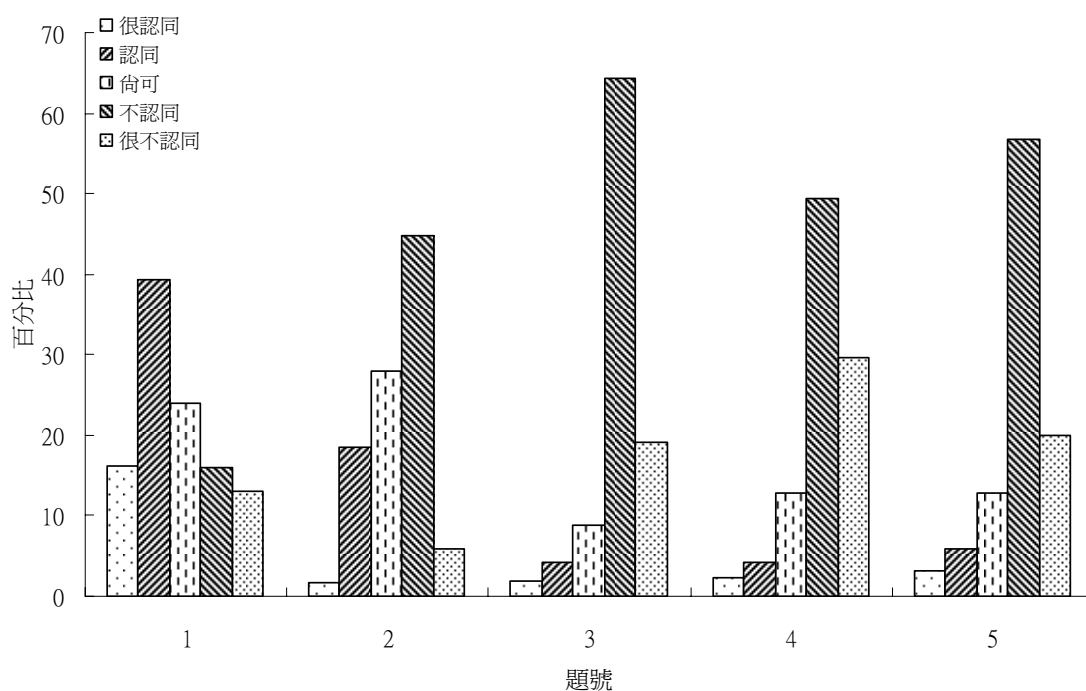


圖 6：受訪者對於疏伐內容之認知程度調查

接著再觀察受訪者對於不同強度的疏伐對於林木以及環境上的影響程度（圖 7），絕大多數的人都表示認同，就疏伐的功效率上來說雖可以提高保留木的健康狀況、減少林木相對死亡率、提高區域內的生物多樣性、也可以改善景觀美質，但在施業過程

當中仍會對於林地以及周圍林木造成傷害，且當林分過度疏開後容易造成病蟲害的入侵。這部分的題目內容如下：

1. 適度的疏伐會提高保留樹木的健康狀況。
2. 過度疏伐可能造成病蟲的危害。
3. 適度的疏伐可以減少林木相對死亡率。
4. 疏伐的過程中可能會破壞地表，使土壤裸露。
5. 適度的疏伐可以讓景觀看起來更好。
6. 不管哪種程度的疏伐都會傷害周圍的樹木。
7. 適當的疏伐提高生物多樣性的形成。
8. 過度疏伐在大雨時可能提高土石流發生機會。

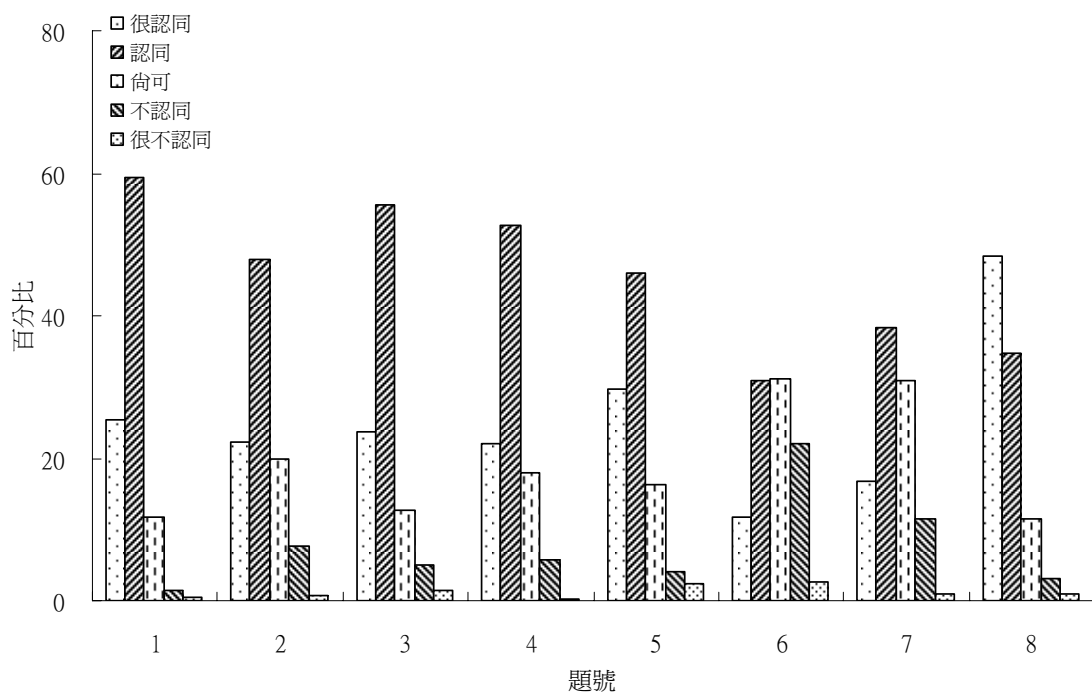


圖 7：受訪者對於疏伐強度對林木影響之認知調查

9 成以上的受訪者對於所設定的森林功能題目表示認同，可能是一般民眾或許在日常生活當中有接觸到相關的宣導，例如新聞媒體的報導或是有關單位的宣導活動等。另外，有接近 8 成的



受訪者同意利用疏伐作業來改善森林景觀，即使在施業的過程當中可能對周圍林木或是林地造成傷害，但這類的傷害是可以透過適當的方式避免的（圖 8）。森林功能認知的 7 道題目內容如下：

1. 森林可以提供木材及副產物的生產。
2. 森林環境提供國人戶外休閒遊憩的場所。
3. 做為昆蟲及野生動物生存的環境。
4. 具有學術、遊客研究以及學習之價值。
5. 森林提供防風定砂、涵養水源等國土保安之效用。
6. 可以淨化空氣、降低局部地區的平均溫度。
7. 固定空氣中的二氧化碳，減緩地球暖化。

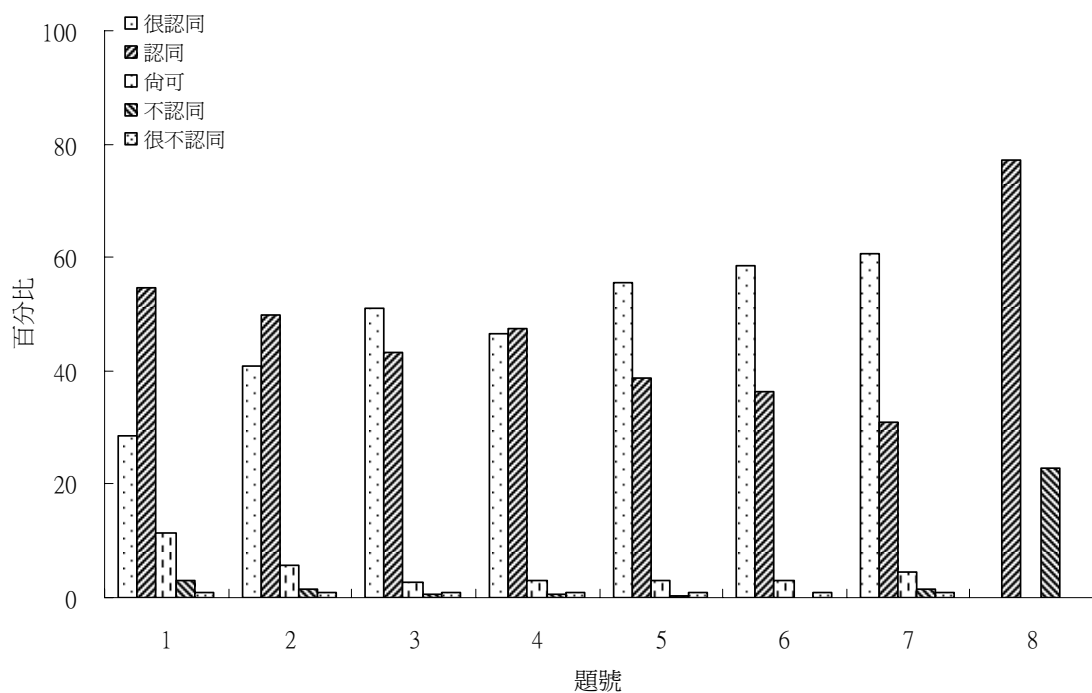


圖 8：受訪者對於森林功能的認知調查

### III. 各處理之景觀偏好同質性檢定

觀察各處理組合方式產生之景觀偏好程度上，經過同質性檢定結果顯示（表 14），在不同受訪者族群之間對於景觀偏好程度上具有顯著的差異。另外，不論是單一因子處理或是複因子處理所產生之景觀，在偏好程度上也都達顯著差異。

表 14：各處理之景觀偏好同質性檢定

處理	自由度	平方和	F 檢定	顯著性
族群	7	21.539**	6.314	0.000
疏伐強度	2	1079.521**	316.433	0.000
疏伐方式	2	385.064**	112.871	0.000
保留方式	1	84.107**	24.654	0.000
疏伐強度*疏伐方式	4	94.546**	27.714	0.000
疏伐強度*保留木保留方式	2	183.352**	53.745	0.000
疏伐方式*保留木保留方式	2	89.418**	26.210	0.000
疏伐強度*疏伐方式*保留木保留方式	4	245.762**	72.039	0.000

\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

### IV. 不同受訪族群對於景觀偏好之差異

由表 15 結果發現，在不同受訪族群當中，以應用物理學系學生所給予的評值較高，其次是森林學系，而一般民眾與公職人員的平均評值最低，這或許是因為年紀以及生活環境上的不同造成的結果，本次受訪的公職人員包括部分嘉義大學教職員、嘉義農業試驗所職員以及嘉義林業試驗所職員，在回答的過程中或許考慮到疏伐對於環境之影響，評分上較為嚴謹。

表 15：不同受訪族群對於景觀偏好程度之差異性檢定

受訪者來源	平均數*	標準差
景觀學系	5.680 <sup>abc</sup>	0.069
森林學系	5.818 <sup>ab</sup>	0.070
應用物理學系	5.861 <sup>a</sup>	0.067
應用經濟學系	5.788 <sup>abc</sup>	0.068
生物資源管理學系	5.617 <sup>bc</sup>	0.061
教育學系	5.730 <sup>6abc</sup>	0.067
公職人員	5.410 <sup>d</sup>	0.061
一般民眾	5.591 <sup>cd</sup>	0.059

\*相同之英文字母表示彼此差異不顯著

#### V. 單一因子處理之景觀偏好差異

觀察單一因子處理各變級間之景觀偏好差異（表 16）在疏伐強度部分，以 30%弱度疏伐得到較高的偏好值，50%強度疏伐的結果最低，原因可能是弱度疏伐在透光度及透視程度上達到一個較恰當的水準，而強度疏伐則是林分或是冠層過於疏開，造成景觀上過於空曠，較不被接受。而疏伐方式的偏好程度上，下層疏伐偏好值最高，接著依序是上層疏伐、選擇疏伐以及原始未經過疏伐的景觀。最後在保留木配置的方式，則以集中保留的配置優於分散配置。

接著兩兩比較單因子不同變級之間之差異，在疏伐強度處理部份（表 17）發現，僅原始未經過疏伐與 50%強度疏伐的景觀之間沒有顯著差異。而在選擇疏伐方式與原始的景觀均值比較上也未達顯著差異（表 18），該是因為經選擇疏伐處理後之景觀與原始未經過疏伐者差異不大。在保留木的配置景觀部分的比較則都是有顯著差異的（表 19）。

表 16：單一因子處理之景觀偏好差異性檢定

處理		平均數*	標準差
疏伐強度	原始	5.1084 <sup>c</sup>	0.092
	30%疏伐	6.4142 <sup>a</sup>	0.038
	40%疏伐	5.6100 <sup>b</sup>	0.038
	50%疏伐	5.0932 <sup>c</sup>	0.038
疏伐方式	原始	5.1084 <sup>d</sup>	0.092
	上層疏伐	5.6507 <sup>b</sup>	0.038
	下層疏伐	6.1281 <sup>a</sup>	0.038
	選擇疏伐	5.3387 <sup>c</sup>	0.038
保留方式	原始	5.1084 <sup>c</sup>	0.092
	集中保留	5.8131 <sup>a</sup>	0.031
	分散保留	5.5985 <sup>b</sup>	0.031

\*相同之英文字母表示彼此差異不顯著

表 17：不同疏伐強度間景觀喜好程度之均值差異比較

疏伐強度		平均數差異	標準差	顯著性
變級 1	變級 2			
原始	30%疏伐	-1.3058**	0.10269	0.000
	40%疏伐	-0.5016**	0.10269	0.000
	50%疏伐	0.0152	0.10269	0.999
30%疏伐	40%疏伐	0.8042**	0.05489	0.000
	50%疏伐	1.3210**	0.05489	0.000
40%疏伐	50%疏伐	0.5168**	0.05489	0.000

註：\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

表 18：不同疏伐方式間景觀喜好程度之均值差異比較

疏伐強度		平均數差異	標準差	顯著性
變級 1	變級 2			
原始	上層疏伐	-0.5423**	0.10269	0.000
	下層疏伐	-1.0197**	0.10269	0.000
	選擇疏伐	-0.2303	0.10269	0.170
上層疏伐	下層疏伐	-0.4774**	0.05489	0.000
	選擇疏伐	0.3120**	0.05489	0.000
下層疏伐	選擇疏伐	0.7894**	0.05489	0.000

註：\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

表 19：不同保留保留方式間景觀喜好程度之均值差異比較

疏伐強度		平均數差異	標準差	顯著性
變級 1	變級 2			
原始	集中保留	-0.7047**	0.10022	0.000
	分散保留	-0.4901**	0.10022	0.000
集中保留	分散保留	0.2146**	0.04482	0.000

註：\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

## VI. 雙重處理之景觀偏好差異

端看單一因子之景觀偏好結果，30%弱度疏伐，採用下層疏伐方式以及保留木集中配置等三個處理造成的景觀，為各處理中可以達到最高偏好程度的個別處理，但在實際的疏伐作業進行時疏伐強度以及疏伐方式是一起考慮的，因此，觀察複因子處理模擬出的景觀，在三種組合上，經 ANOVA 檢定結果顯示(表 20)，組內的處理間具有顯著差異，觀察個別景觀均值的結果(表 21)，在疏伐強度與疏伐方式的複因子處理結果中，以 30%的上層疏伐最佳，50%的上層疏伐與選擇疏伐，以及原始未經疏伐的景觀則偏好值較低的。疏伐強度與保留方式部分，30%的弱度疏伐搭配

保留木集中與分散配置的景觀較被接受，在這個處理當中，疏伐強度似乎為影響偏好的主要原因。最後，疏伐方式與保留木配置方式處理的景觀當中，採用下層疏伐並將保留木分散配置者，擁有最高的偏好，下層疏伐將林下生長不良的劣木伐除，加上分散配置的結果，或許造成整個視野的透視深度以及開闊程度都提升，進而提高其偏好程度。比較單一因子處理的景觀與兩因子處理所營造之景觀在偏好程度的結果，雖然在單一因子處理的景觀中發現，30%弱度疏伐，採用下層疏伐方式以及保留木配置採用集中處理等三個結果均得到較高的偏好程度，但由於單一因子處理的景觀彼此間並無交感效應存在，如此搭配出來的結果似乎較不值得參考，因此雙重處理模擬出的景觀所得到的結果，較可以做為利用疏伐設計營造優質景觀的參考。

表 20：複因子處理之景觀偏好 ANOVA 檢定

處理	自由度	平方和	F 檢定	顯著性
疏伐強度與疏伐方式	9	382.738**	105.340	0.000
疏伐強度與保留方式	6	457.856**	122.999	0.000
疏伐方式與保留方式	6	195.059**	49.671	0.000

註：\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

表 21：複因子處理之景觀偏好差異性檢定

處理		平均數	標準差
疏伐強度 與 疏伐方式	原始	5.1084 <sup>g</sup>	2.21623
	30%上層疏伐	6.8042 <sup>a</sup>	2.01409
	30%下層疏伐	6.5936 <sup>b</sup>	1.83401
	30%選擇疏伐	5.8448 <sup>d</sup>	1.71540
	40%上層疏伐	5.3966 <sup>f</sup>	1.59001
	40%下層疏伐	6.1613 <sup>c</sup>	1.74936
	40%選擇疏伐	5.2722 <sup>fg</sup>	1.84707
	50%上層疏伐	4.7512 <sup>h</sup>	2.20238
	50%下層疏伐	5.6293 <sup>e</sup>	1.66764
	50%選擇疏伐	4.8990 <sup>h</sup>	2.25110
疏伐強度 與 保留方式	原始	5.1084 <sup>d</sup>	2.21623
	30%疏伐集中保留	6.4360 <sup>a</sup>	1.84206
	30%疏伐分散保留	6.3924 <sup>a</sup>	1.96234
	40%疏伐集中保留	5.4959 <sup>c</sup>	1.80123
	40%疏伐分散保留	5.7241 <sup>b</sup>	1.74253
	50%疏伐集中保留	5.5074 <sup>c</sup>	1.86311
50%疏伐分散保留	4.6790 <sup>e</sup>	2.22326	
疏伐方式 與 保留方式	原始	5.1084 <sup>d</sup>	2.21623
	上層疏伐集中保留	5.8949 <sup>b</sup>	1.90630
	上層疏伐分散保留	5.4064 <sup>c</sup>	2.31032
	下層疏伐集中保留	6.0164 <sup>b</sup>	1.77300
	下層疏伐分散保留	6.2397 <sup>a</sup>	1.81022
	選擇疏伐集中保留	5.5279 <sup>c</sup>	1.94534
選擇疏伐分散保留	5.1494 <sup>d</sup>	2.01449	

\*相同之英文字母表示彼此差異不顯著

### VII. 三層處理之景觀偏好差異

首先經過ANOVA檢定得到疏伐強度與疏伐方式及保留木配置方式的複因子處理所得之各個景觀之偏好程度上具有顯著的差異(表 22)，再以鄧肯法進行同質檢定得到表 23 的結果，其中偏好程度最高的前五個景觀處理組合依序為 30%上層疏伐分散保留、30%下層疏伐分散保留、30%下層疏伐集中保留、30%

上層疏伐集中保留與 30%選擇疏伐集中保留，因此疏伐強度仍為影響景觀美質的最主要因素，接著分散的保留配置優於集中的方式，上層疏伐與下層疏伐的差別在這邊似乎較不明顯，對照其個別的透光度以及透視度（表 2）發現其透光度的範圍介於 41.0%至 57.5%，透視程度介於 4.64%至 8.67%。

表 22：複因子處理之景觀偏好 ANOVA 檢定

處理	自由度	平方和	F 檢定	顯著性
疏伐強度*疏伐方式 *配置方式	18	280.963**	81.961	0.000

註：\*\*表示顯著機率  $P < 0.01$  者為極顯著。

表 21：複因子處理之景觀偏好差異性檢定

代號	平均數	標準差
原始	5.1084 <sup>gh</sup>	2.21623
30%上層疏伐集中保留	6.4680 <sup>bc</sup>	2.14251
30%上層疏伐分散保留	7.1404 <sup>a</sup>	1.81829
30%下層疏伐集中保留	6.5517 <sup>bc</sup>	1.73306
30%下層疏伐分散保留	6.6355 <sup>b</sup>	1.93094
30%選擇疏伐集中保留	6.2882 <sup>cd</sup>	1.60191
30%選擇疏伐分散保留	5.4015 <sup>f</sup>	1.71238
40%上層疏伐集中保留	5.3054 <sup>fg</sup>	1.62399
40%上層疏伐分散保留	5.4877 <sup>f</sup>	1.55193
40%下層疏伐集中保留	6.1773 <sup>de</sup>	1.68745
40%下層疏伐分散保留	6.1453 <sup>de</sup>	1.81109
40%選擇疏伐集中保留	5.0049 <sup>h</sup>	1.87642
40%選擇疏伐分散保留	5.5394 <sup>f</sup>	1.77977
50%上層疏伐集中保留	5.9113 <sup>ee</sup>	1.73619
50%上層疏伐分散保留	3.5911 <sup>j</sup>	2.00008
50%下層疏伐集中保留	5.3202 <sup>fg</sup>	1.67212
50%下層疏伐分散保留	5.9384 <sup>e</sup>	1.60667
50%選擇疏伐集中保留	5.2906 <sup>fg</sup>	2.09155
50%選擇疏伐分散保留	4.5074 <sup>i</sup>	2.33781

\*相同之英文字母表示彼此差異不顯著



## 五、結論

利用電腦模擬的優點除了可以規劃多個不同規劃之景觀之外，尚具有預測以及節省人資物力之優點，並可以藉由問卷過程所得到之結果，提供實際疏伐規劃之參考，經由疏伐強度、疏伐方式以及保留木配置方式處理得到的景觀當中，林分密度為影響森林景觀美質的最主要因素，其影響的除了林木空間配置之外，尚影響林分的透光度以及透視度甚鉅，其中以弱度疏伐且保留木採分散配置的景觀最受喜好，以現存林分狀況而言，中、強度的疏伐對於林分景觀來說似乎較不適當。國內尚有需要進行撫育的大面積人工林，本研究針對林分經營疏伐規劃的作業流程當中常發現的疑問進行建議，並規劃出人工林疏伐作業之標準作業流程(SOP)概念與實務，期能提供各界疏伐規劃之參考。

## 六、參考文獻

- 李美芬、歐聖榮 (1999) 植栽空間對情緒體驗影響之研究。興大園藝。21：151-167。
- 李美芬、歐聖榮 (2005) 辨析自然環境中景觀美質與偏好的評估。第七屆休閒、遊憩、觀光學術研討會論文集—景觀體驗與偏好篇。P.104-115。
- 李彥希、歐聖榮 (2005) 景觀審美客體因素分析—以台灣國家公園為例。第七屆休閒、遊憩、觀光學術研討會論文集—景觀體驗與偏好篇。P.64-78。
- 林晏州 (2000) 影響安全島行道樹景觀美質之因素研究。中國園藝。46(3)：313-330。
- 林振春 (1998) 社會調查。五南出版社。378 頁。
- 翁玉慧 (1992) 景觀美質評估法與比較判斷法之比較研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文。109 頁。
- 陳君青 (2008) 國小學童與家長對於校園植栽景觀偏好之研究～以南投縣竹山鎮國民小學為例。國立嘉義大學農學院農學研究所林學組碩士論文。81 頁。
- 章錦瑜 (1997) 台中市道路景觀美質評估模式之研究。東海學報。38(6)：25~36。
- 章瑾瑜、辛珮甄 (2007)。景觀元素影響景觀偏好與複雜度認知之研究—以集集鐵道沿線景觀為例。東海學報。48：163-172。
- 楊榮啟、林文亮 (2004) 森林測計學 國立編譯館
- 郭寶章 (2002) 造林木實施疏代之理論基礎。台灣林業。28(1)：22-29。
- 郭寶章 (2005) 森林的功能與保育。科學發展。338：6-13。

- 郭寶章、嚴玉鈴、周瑞龍 (1991) 景觀造林地疏伐之實施與植被變化。  
國立台灣大學農學院實驗林研究報告。5 (3) : 17-26。
- 楊榮啟、林文亮 (2003) 從森林功能論台灣之森林經營管理。台  
灣林業。28(3) : 9-12。
- 廖育揚 (2006) 影響行道樹景觀偏好及美質效益因素之研究。國立中  
興大學森林學研究所碩士論文。68 頁。
- Brown, T. C. and T. C. Daniel (1990) Scaling of Rating : Concepts and  
Methods. USDA Forest Service Research Paper RM-293.
- Daniel, T. C. and R. S. Boster (1976) Scenic beauty estimation model :  
Predicting perceived beauty of forest landscape. Natl. Conf. Applied  
Techniques for Analysis of the Visual Resource, USDA, Nevada.
- Hegy, F. (1993) A simulation model for management Jack-pine stand.  
Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll.  
Res.NO.30:74-87.
- Holgen, P., L. Mattsson, C. Z. Li, (2000) Recreation values of boreal  
forest stand types and landscapes resulting from different  
silvicultural systems : An economic analysis. Journal of  
Environmental Management. 60 : 173-180.
- Mattheck C., H. Breloer 1993. The body language of trees. A handbook  
for failure analysis. London: Office of the Deputy Prime Minister,  
Stationery Office. pp.203
- Robert, G. R. (2005) Aesthetic perceptions of green-tree retention harvests  
in vista views-the interaction of cut level, pattern and harvest shape.  
Landscape and Urban Planning. 73 : 277-293.
- Zube, E. H., J. L. Sell and J. G. Taylor (1982) Landscape perception :  
research, application and theory. Landscape Planning. 9(2):88-97.

附錄 1 疏伐林分直徑分佈法材積計算表

全林直徑分布法材積計算表

直徑		理論	理論	累計	平均	平均	單株	林分材積		
最低限	最高限	頻度	機率	頻度	頻度	直徑	樹高	材積	直徑階材積	累積材積
(cm)	(cm)	Pi	N*Pi	N	Di(cm)	H(m)	Vi(m3)	V (m3)	CV (m3)	
0	5	5	0.0007	1.3582	1.3582	3.6428	8.7644	0.0037	0.0183	0.0183
5	10	45	0.0223	44.8569	46.2151	8.1002	9.1999	0.0190	0.8529	0.8712
10	15	145	0.0733	147.5907	193.8059	12.7981	11.5595	0.0595	8.6204	9.4916
15	20	245	0.1185	238.5646	432.3705	17.4926	14.4898	0.1392	34.1088	43.6004
20	25	289	0.1471	296.1587	728.5292	22.3643	16.2697	0.2555	73.8446	117.4451
25	30	318	0.1545	311.1724	1039.7016	27.3723	17.8593	0.4202	133.6121	251.0571
30	35	281	0.1425	287.0210	1326.7226	32.4749	18.9718	0.6283	176.5392	427.5963
35	40	235	0.1174	236.4671	1563.1897	37.1917	19.8746	0.8632	202.8559	630.4522
40	45	180	0.0872	175.6549	1738.8446	42.4264	20.7195	1.1711	210.7918	841.2440
45	50	124	0.0588	118.3442	1857.1888	47.3116	21.0902	1.4823	183.8086	1025.0526
50	55	68	0.0361	72.6590	1929.8479	51.9685	21.3518	1.8107	123.1269	1148.1795
55	60	36	0.0203	40.8879	1970.7358	56.8963	21.5550	2.1910	78.8765	1227.0560
60	65	21	0.0106	21.3128	1992.0486	62.4229	21.5204	2.6331	55.2953	1282.3513
65	70	13	0.0052	10.5344	2002.5831	66.2377	21.0715	2.9029	37.7379	1320.0892
70	75	5	0.0026	5.2029	2007.7859	71.8971	20.3945	3.3103	16.5514	1336.6406
75	80	1	0.0014	2.8258	2010.6117	75.7600	24.7000	4.4515	4.4515	1341.0921
80	85	1	0.0009	1.8685	2012.4802	81.0417	18.1642	3.7459	3.7459	1344.8381
85	90	2	0.0008	1.5198	2014	85.7331	16.8320	3.8848	7.7695	1352.6076

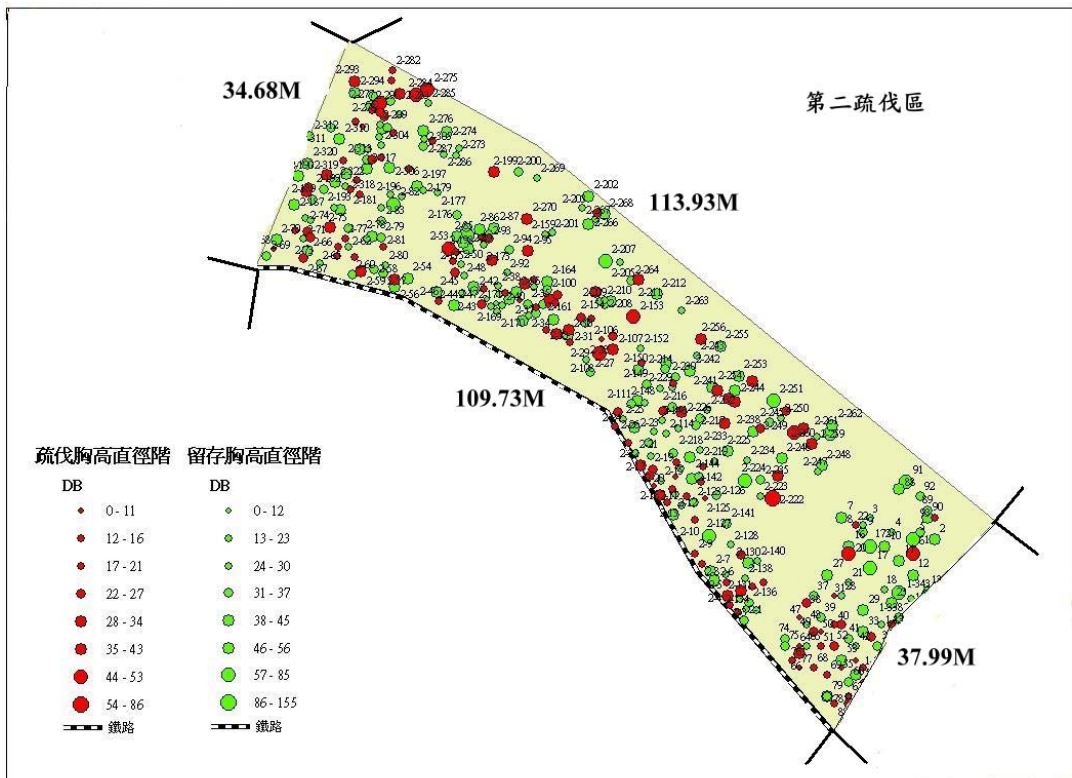
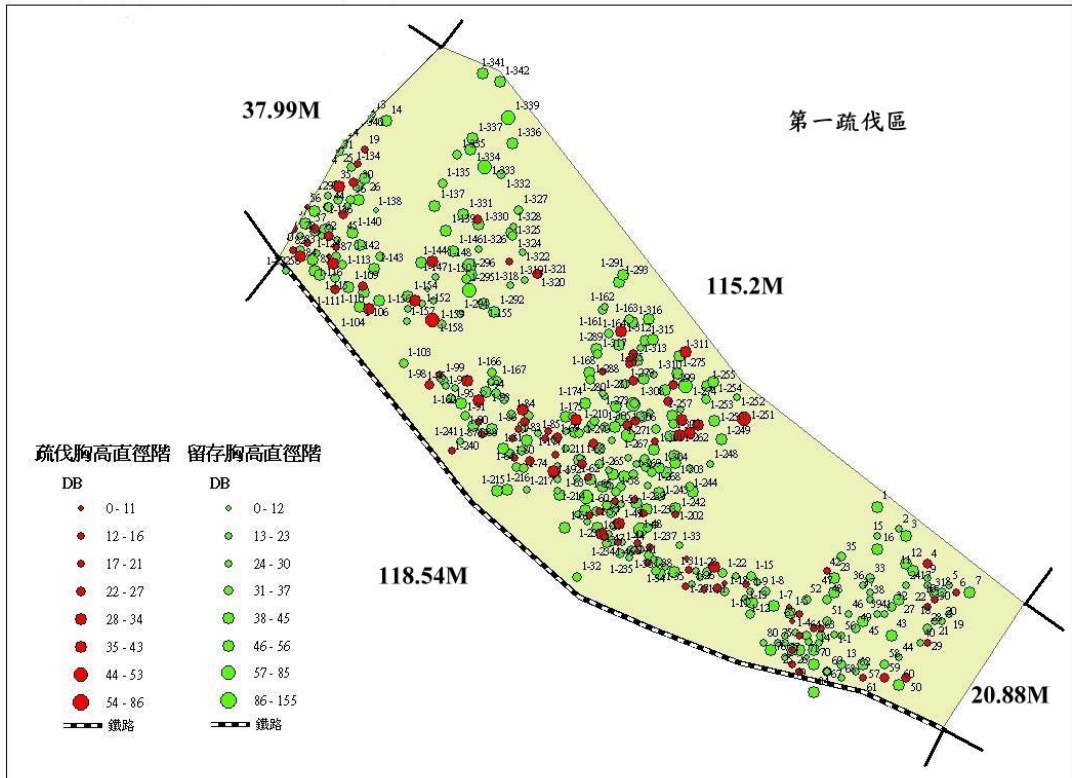
2015

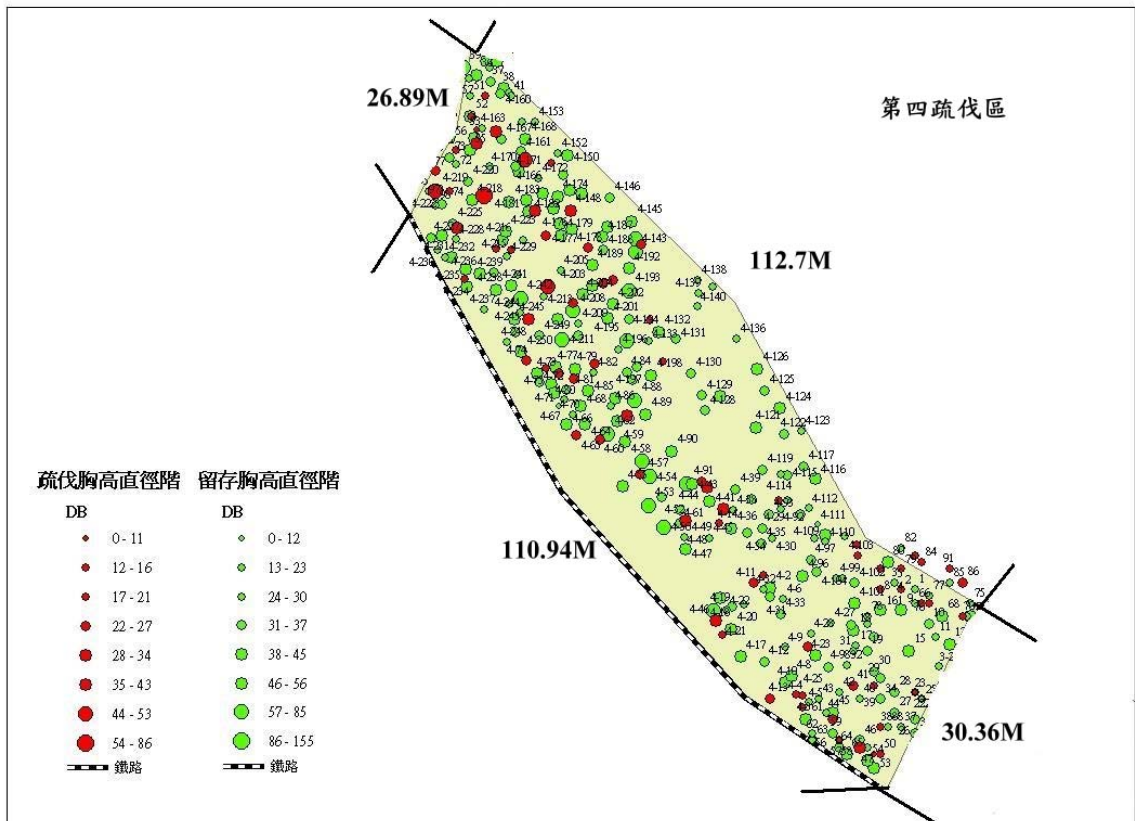
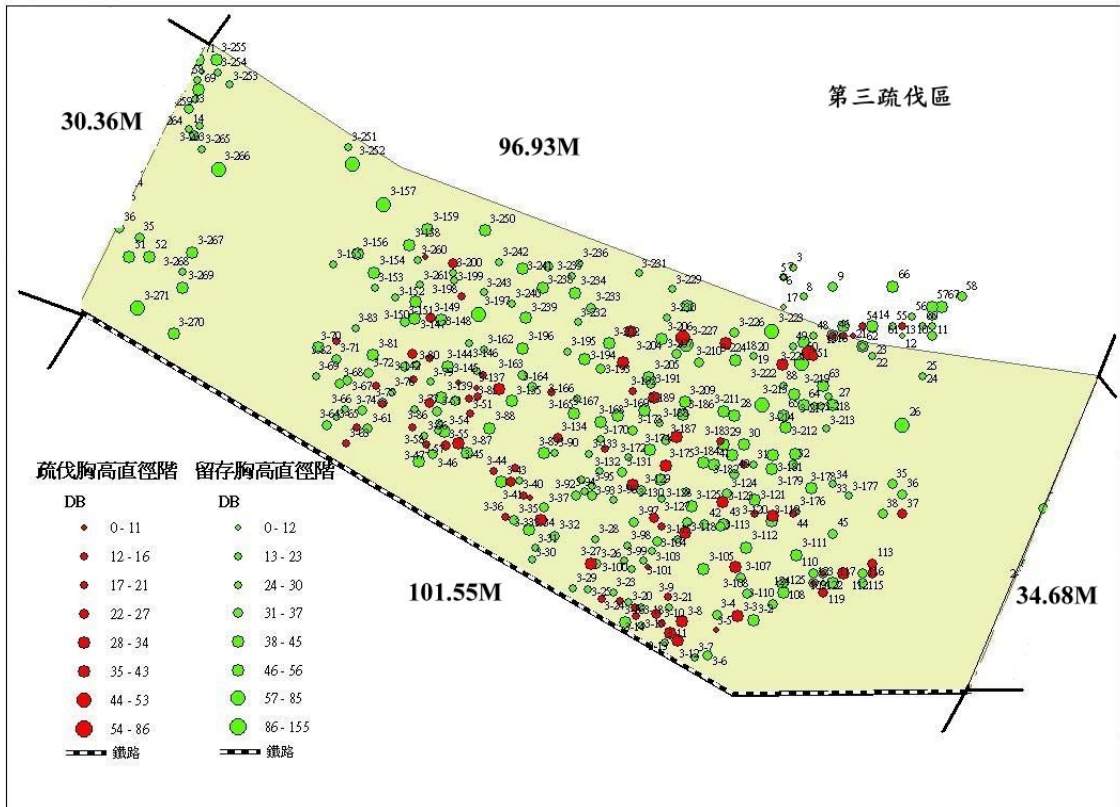
疏伐木直徑分布法材積計算表

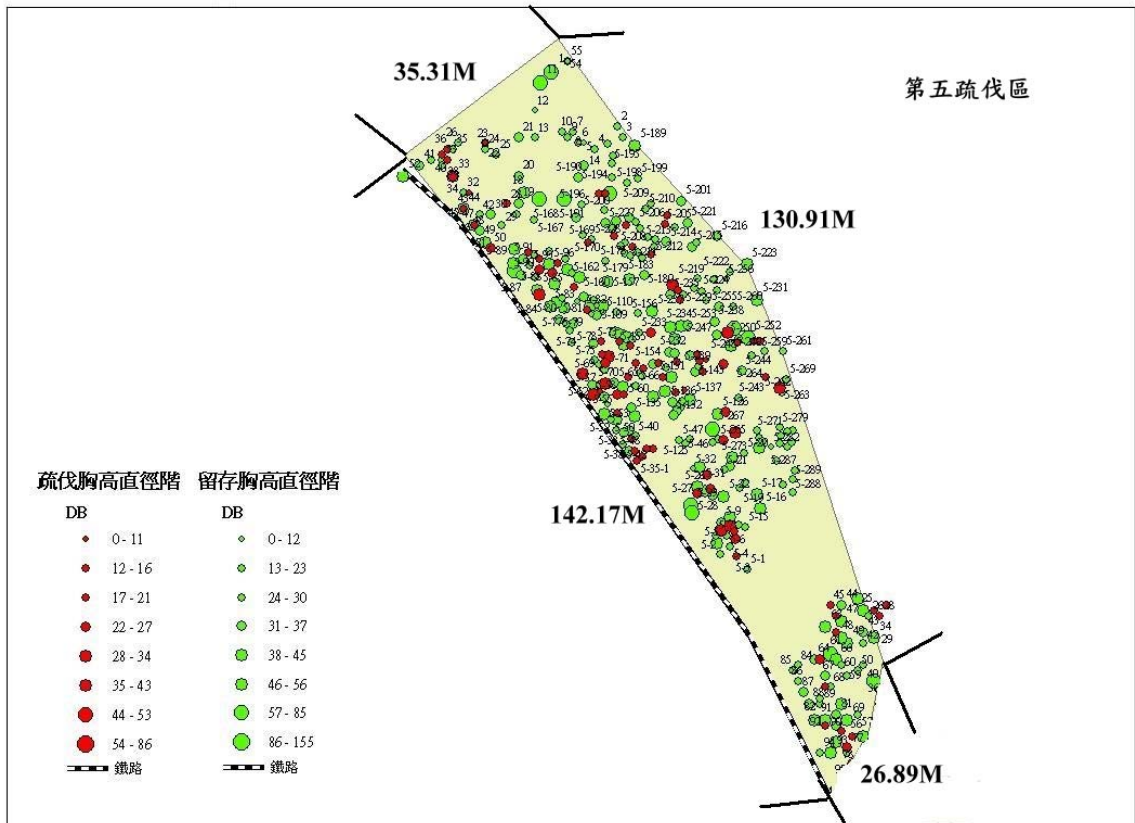
直徑			理論	理論	累計	平均	平均	單株	林分材積	
最低限	最高限	頻度	機率	頻度	頻度	直徑	樹高	材積	直徑階材積	累積材積
(cm)	(cm)		Pi	N*Pi	N	Di(cm)	H(m)	Vi(m3)	V (m3)	CV (m3)
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	29	0.0490	27.8894	27.8894	8.0065	8.5220	0.0172	0.4975	0.4975
10	15	120	0.2233	127.0588	154.9482	12.7039	11.3239	0.0574	6.8862	7.3837
15	20	157	0.2538	144.4284	299.3766	17.3122	13.9720	0.1315	20.6440	28.0276
20	25	110	0.2012	114.4726	413.8492	22.0835	15.9741	0.2446	26.9075	54.9351
25	30	61	0.1259	71.6298	485.4790	27.0786	17.7285	0.4082	24.8991	79.8342
30	35	42	0.0651	37.0527	522.5317	32.1583	18.9236	0.6145	25.8089	105.6431
35	40	21	0.0285	16.2239	538.7556	37.0237	19.7486	0.8500	17.8503	123.4934
40	45	14	0.0107	6.1007	544.8562	42.3797	19.8971	1.1221	15.7095	139.2029
45	50	8	0.0035	1.9896	546.8459	47.7613	21.1382	1.5141	12.1126	151.3156
50	55	5	0.0010	0.5669	547.4127	52.0908	19.0843	1.6260	8.1301	159.4457
55	60	1	0.0002	0.1419	547.5546	64.6100	21.0932	2.7649	2.7649	162.2106
60	65	1	0.0001	0.0313	547.5860	86	16.7500	3.8899	3.8899	166.1005

570

# 附錄 2









## 附錄 3

# 人工林疏伐作業 SOP 概念與實務

人工林疏伐一般作業程序依據森林經營目標的不同大致上可劃分為 7 個作業期程，作業之類別以內業及外業交互進行，作業程序如圖 1

1. 疏伐施業計畫釐定
2. 疏伐施業準備程序
3. 疏伐地勘查及調查
4. 疏伐率及材積計算
5. 選木作業
6. 編制疏伐木材積表及工程經費表
7. 疏伐地跡地檢查

### 1. 疏伐施業計畫釐定

所有權者或經營者依據其意願配合森林經營目標決定撫育形式或撫育策略，然後依撫育形式決定疏伐方法。

#### 1-1 何時開始疏伐：

##### 1-1-1. 原則

- ( a ) 栽植密度：密植者，疏伐開始林齡較早。
- ( b ) 生長速率：快者，疏伐開始林齡較早。
- ( c ) 生育地：生育地佳者，疏伐開始較早。
- ( d ) 樹種：樹冠擴張大之樹種或陽性樹種，開始早。
- ( e ) 林分徑級結構：各徑級之株數分布呈倒 J 形，則需進行。

##### 1-1-2. 依林分現況判斷：需疏伐之林分為

- ( a ) 林木樹冠已鬱閉而彼此競爭，鄰接木樹冠交叉之林分。
- ( b ) 樹冠下側枝條枯死，甚至開始脫落，形成自然修枝之林分。
- ( c ) 被壓木已枯死之林分。
- ( d ) 林地光度減弱，地被植群減少，甚至地表光禿之林分。

##### 1-1-3. 配合市場需求

以林分內林木達到市場上具有交易價值木材大小的數量達到最多時，定為疏伐開始時期。

### 1-2 疏伐強度及疏伐間隔之決定

#### 1-2-1. 經營目標

- ( a ) 林木生產：重視林木品質及幹形，則疏伐度宜弱，兩次疏

伐間隔宜短。

(b) 生物多樣性：期望維持林分之動、植物有多樣性或林分的垂直結構複雜，則疏伐度宜強，疏伐間隔宜長。

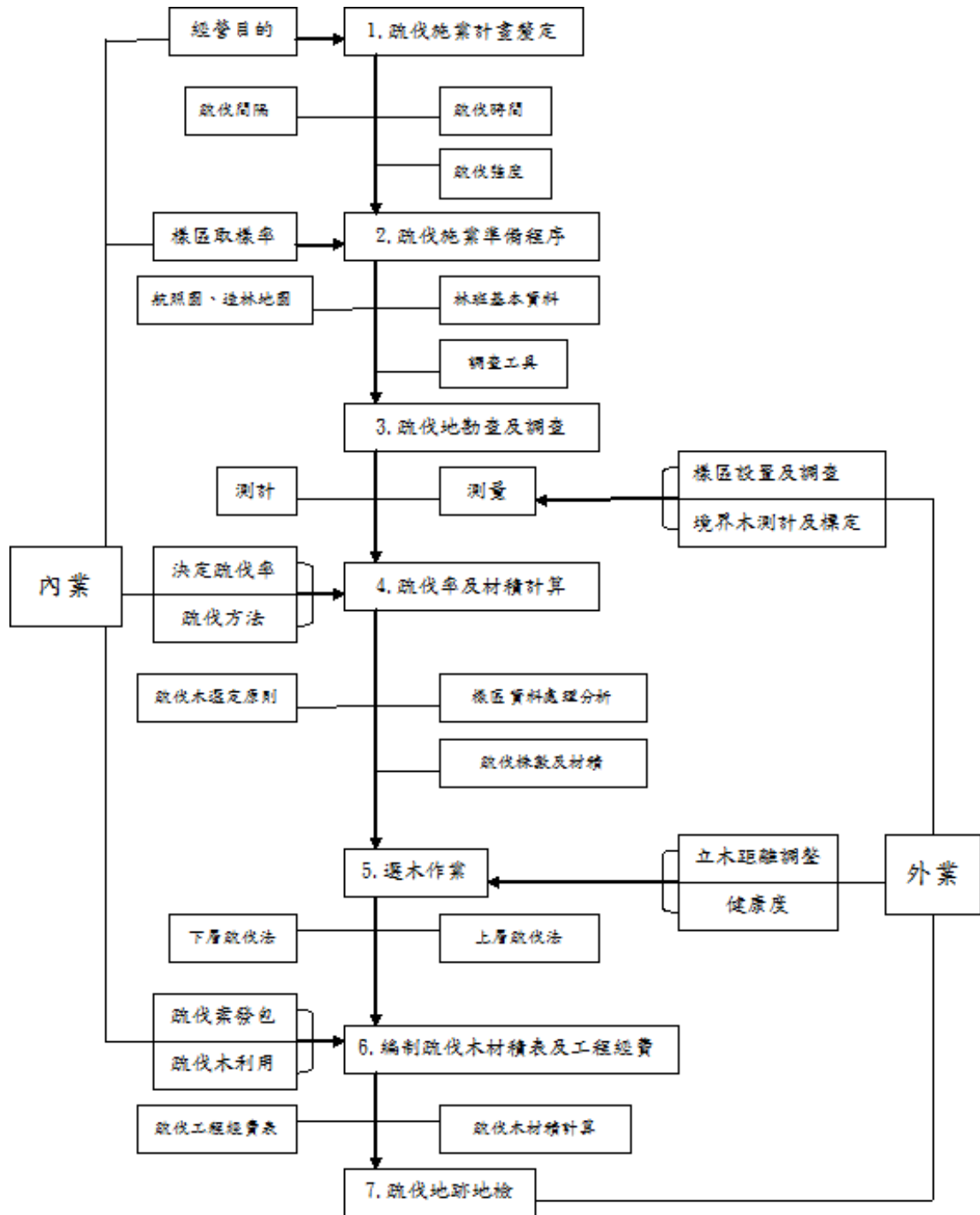


圖 1：人工林疏伐作業 SOP 流程圖

### 1-2-2. 生長速率或生育地條件

( a ) 生育地之地位佳或林木生長速率快者，疏伐度可較強。

( b ) 生育地不佳或林木生長緩慢者，疏伐度宜較弱。

### 1-2-3. 樹種耐陰性

( a ) 耐陰性強樹種或樹冠較窄，如臺灣杉、柳杉，疏伐度宜較弱，保留木留存之空間之直徑約為樹高的  $1/6$ 。如樹高 18 公尺，單株間距為 3 公尺，每公頃則留存 1,111 株。

( b ) 陽性樹種或樹冠擴張之樹種疏伐度宜較強，保留木留存空間之直徑約為樹高的  $1/4$ 。如樹高 18 公尺，單株間距為 4.5 公尺，每公頃則留存 494 株。惟若需抑制枝條之擴張，以免產生較大枝節，則疏伐度宜弱。

### 1-2-4. 風害

( a ) 主幹纖細，形狀比 ( 樹高 / 直徑 ) 之比值超過 100，強度疏伐易受風害。

( b ) 形狀比小於 70，即樹幹較尖削者，耐風力較強，可行較強度之疏伐。

### 1-2-5. 疏伐間隔

( a ) 林木冠層是否再度鬱閉。

( b ) 平均樹高是否達到預期高度。

### 1-2-6. 林齡

( a ) 幼齡林生長較速，故幼齡期兩次疏伐間隔宜短。

( b ) 老齡林，生長減緩，兩次疏伐間隔宜長。

## 2. 疏伐施業準備程序

### 2-1. 疏伐前或編案時基本資料之蒐集

( 1 ) 事業區、林班、造林臺帳、年度、樹種、面積等。

( 2 ) 疏伐林分之生育地條件、造林方法、每公頃栽植株數、撫育情形及災害情形等。

( 3 ) 森林經營目標及主伐期。

( 4 ) 是否搬出利用，搬出時集運作業方式。

( 5 ) 交通狀況、調查人員住宿地點及工寮設備。

( 6 ) 氣候變化情形、毒蜂、毒蛇之有無及種類。

### 2-2. 攜往現場之資料及用具

( 1 ) 資料：A. 疏伐地點五分之一造林地實測圖。B. 或一萬分之一航空照片基本圖。C. 材積計算表。D. 水平距離

換算表。

- (2) 用具：視需要準備下述用具 A. 每木調查野帳簿。B. 樣區調查野帳簿。C. 全套面積測量用具。D. 測高器。E. 光度計。F. 鏈鋸。G. 手鋸。H. 輪尺。I. 「查」字鋼印。J. 黑色印泥。K. 小型計算機。L. 白漆。M. 油性筆。N. 原子筆。O. 方格紙。P. 腰刀。Q. 鐮刀。R. 卷尺。S. 塑膠繩。T. 筆記用紙或筆記簿。U. 急救藥品。V. 衛星定位儀。

### 3. 疏伐地勘查及調查

#### 3-1. 疏伐地之勘察

- (1) 觀察地形及林相之變化，注意其疏生、密生部分及各種被害情況。
- (2) 調查林地上覆蓋植物（雜草、灌木、雜木）之種類苔之生長情形。
- (3) 觀測林木枝下高之高度及林分鬱閉之程度。
- (4) 觀察林道及作業道路之分布情形。

#### 3-2. 疏伐區面積之測量及界木之設置。

- (1) 測量疏伐區面積。
- (2) 設置界木：依照國有林林產物處分規則之規定辦理。

#### 3-3. 樣區之設置

- (1) 樣區位置：以系統取樣方式或選取具有代表性林分或標準地。
- (2) 樣區面積：每樣區面積 0.05 ~ 0.1 公頃（如為 0.05 公頃，長方形樣區：25 公尺 x 20 公尺，沿等高線 25 公尺，順坡 20 公尺水平距離較妥當；或圓形樣區：半徑 12.63 公尺）。
- (3) 樣區數量：樣區面積約佔實際面積 5 ~ 10%，樣區之相隔距離以 100 公尺以上為原則。林分生長若均勻，數目可酌減，若不均勻，數目宜增加。
- (4) 樣區應以衛星定位儀定位，以利查考。

#### 3-4. 樣區之調查

##### 3-4-1 工作人員之編組：每組 3 - 4 人

- (a) 記帳 1 人（由職員或技術士擔任）。
- (b) 樣木胸徑量測及樹高量測各 1 ~ 2 人（由技術士或臨時工擔任）。

### 3-4-2 調查項目

- ( a )胸徑。
- ( b )株數 (扣除枯損木)，再換算單位面積株數 (如樣區 0.1 公頃，樣區株數 140 株，則每公頃為 1,400 株)。
- ( c )實測樣區內各徑級之樹高及數株，以繪製樹高曲線圖以求出各直徑級之樹高，作為計算材積之依據。
- ( d )必要時，亦可使用光度計，同時量測林內光度及林外光度，計算相對光度 (林內/林外  $\times 100\%$ ) 而推測林分鬱閉狀況。
- ( e )其他：如地表冠層覆蓋情形及天然更新狀況。

### 3-4-3 調查方法：

- ( a )自上坡段向下坡段調查。
- ( b )測定胸高 (130 公分處) 直徑，測定人員務必站於樹幹之上坡量測之。

## 4. 疏伐率及材積計算

### 4-1. 疏伐率之計算

- ( 1 )株數疏 [ 伐率 (林分現存株數 - 保留木株數) / 林分現存株數 ]  $\times 100\%$ 。
- ( 2 )斷面積疏伐率 [ (林分現存斷面積 - 保留木斷面積) / 林分現存斷面積 ]  $\times 100\%$ 。
- ( 3 )材積疏伐率 [ (林分現存材積 - 保留木材積) / 林分現存材積 ]  $\times 100\%$
- ( 4 )求出樣區之株數疏伐率及斷面積疏伐率。
- ( 5 )大面積作業時，僅求出株數疏伐率，配合下層選木即可。即將斷面積疏伐率換算為對應之株數疏伐率。例如，斷面積疏伐率為 20%，則相當株數疏伐率 35%，即每 3 株需砍 1 株。

## 5. 選木作業

### 5-1. 選木方法

將林木樹冠分級，加以簡化：

- ( 1 )優良木：形質及成長狀況良好，且高度位於平均林冠之上。
- ( 2 )中庸木：形質及成長狀況無顯著缺點之林木。
- ( 3 )惡劣木：被壓木、彎曲木、傾斜木、病木、衰弱木、斷頂木、分叉木等形質及生長均有顯著缺點之林木。

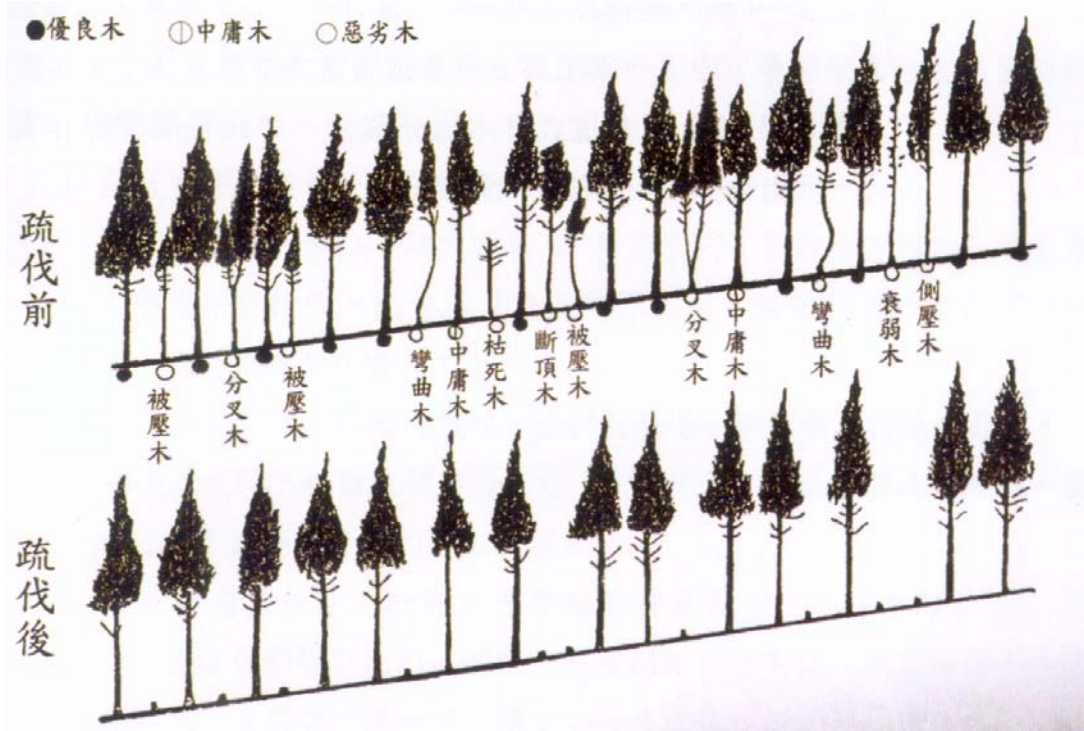


圖 14 - 4 簡化之樹幹級分級及選木疏伐後林分配置狀況圖。

#### 5-2. 選木之順序

疏伐率確定後，除特殊目的外，一般以下層疏伐方式進行選木，其順序如次：

- ( 1 ) 枯死木、瀕死木。
- ( 2 ) 受害木 ( 包括風折為害木、鼠害木等 )
- ( 3 ) 傾斜木、彎曲木。
- ( 4 ) 被壓木。
- ( 5 ) 分叉木。
- ( 6 ) 擁擠之中庸木。
- ( 7 ) 次優勢木。
- ( 8 ) 優勢木。

惟在實際選木作業時，除依據上述選木標準外，尚須依林冠之鬱閉度及鄰接木之相關位置等作適當之調整。疏伐後其林木之行株距相隔距離以在 3~5 公尺之間為宜，而行株距若超逾 5 ~ 6 公尺，縱使其鄰接木雖為彎曲木，分叉木或中庸木等，仍應予以保留，以免林冠過度疏開，產生諸如林分生長量減低、側枝徑增大等不良影響。因此在疏伐作業前可將諸如 9 株林木選為一小集組，並選伐其中之 3 ~ 4 株，然後再以同一形式進行下一集組作業，二集組之間須部分交疊，即下一集組與上一集組間應共用部分林木 ( 如圖 5 虛線交疊之 3 株 ) 以免造成林木過分疏開。如此現場實際作業較易進行，而對行株間距亦較易於控制。

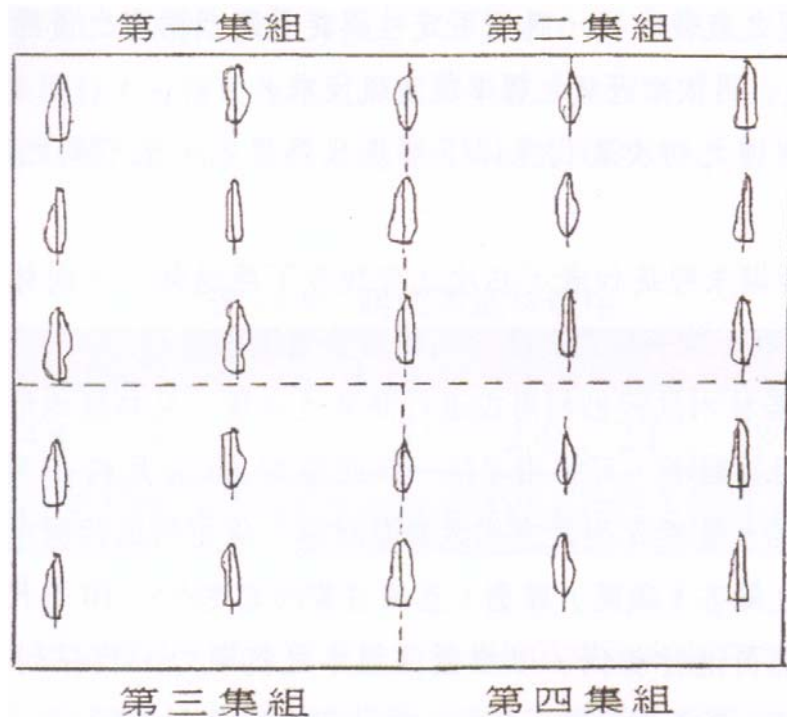


圖 14 - 5 株林木為一小集組，田字形選木方式。

完成選木後，保留木之空間能均勻配置，同時將選取株數換算疏伐率與疏伐預定之疏伐率相比較，以二者之差距作為修正之依據。

### 5-3 疏伐木調查與記錄

#### 5-3-1 工作人員之編組：每組 3 - 4 人

- ( a ) 選擇疏伐木 1 人 ( 由職員或技術士擔任 )
- ( b ) 記帳 1 人 ( 由職員或技術士擔任 )
- ( c ) 疏伐木胸徑量測及疏伐木削樹皮 ( 或綁塑膠繩 ) 及烙印做標記 1 ~ 2 人 ( 由技術士或臨時工擔任 )
- ( d ) 注意事項：

實際作業時，由參加疏伐調查之全體人員共同討論選擇疏伐木，以求選木有統一標準及作業熟練，然後再分組進行選木。

#### 3-4-2 調查項目

- ( a ) 胸徑調查以 2 公分為胸徑級調查與紀錄，未滿 2 公分之偶數時以下一徑級紀錄，例如胸徑 19.5 公分則紀錄為 18 公分，胸徑為 18.6 公分則記錄為 18 公分。
- ( b ) 實測疏伐區內各徑級之樹高，樹高量測以 1 公尺為單位，例如 19.7 公尺則記錄為 19 公尺。

#### 3-4-3 調查方法：

- ( a ) 自上坡段向下坡段調查。
- ( b ) 測定胸高 ( 130 公分處 ) 直徑，測定人員務必站於樹幹

之上坡量測之。

(c) 測定後於林木根株下坡方向 30 公分以下處削皮烙印。

(d) 疏伐木樹幹兩側削皮或綁塑膠繩為記。

## 6. 編制疏伐木材積表及疏伐工程承包

### 6-1 疏伐木材積表：

疏伐木材積表編制以 2 公分為胸徑級，樹高以每公尺為單位編制，材積計算可以查林務局出版之各樹種材積表，另外也可以透過一般材積式計算單株立木材積，但是不同齡級之胸高形數有所差異應該注意，一般柳杉伐倒後之胸高形數以 0.45-0.5 計算。

單株立木材積表胸徑級最小者排列至最大者，並計算所有疏伐木總材積，以便於疏伐工程發包計價之計算。

### 6-2 疏伐工程承包作業方式：

#### 6-2-1 工資單價承包作業方式：

疏伐木經林務人員調查烙印後，其砍伐、造材、集材工作以工資單價方式公開招標，疏伐木經集運至林道路邊或林外土場交由林管處另行標售。本方式可避免承包人為了木材收益而盜伐或誤伐優良木，且可免遭外界譏評為假疏伐之名而行伐木之實。

#### 6-2-2 造林承包作業方式：

急需疏伐之林分，因交通不便或搬出利不及費者；或為減少燃料之堆積及森林火災，可將部分疏伐木截成小段就地利用，作為截水、簡易檔土牆之材料或棄置林地待腐爛後作為腐植質者或提供生態用途；可以一般造林作業承包方式辦理。

## 7. 疏伐地跡地檢查

疏伐作業完工後，應即派員實施疏伐後林地之檢查，以明責任。

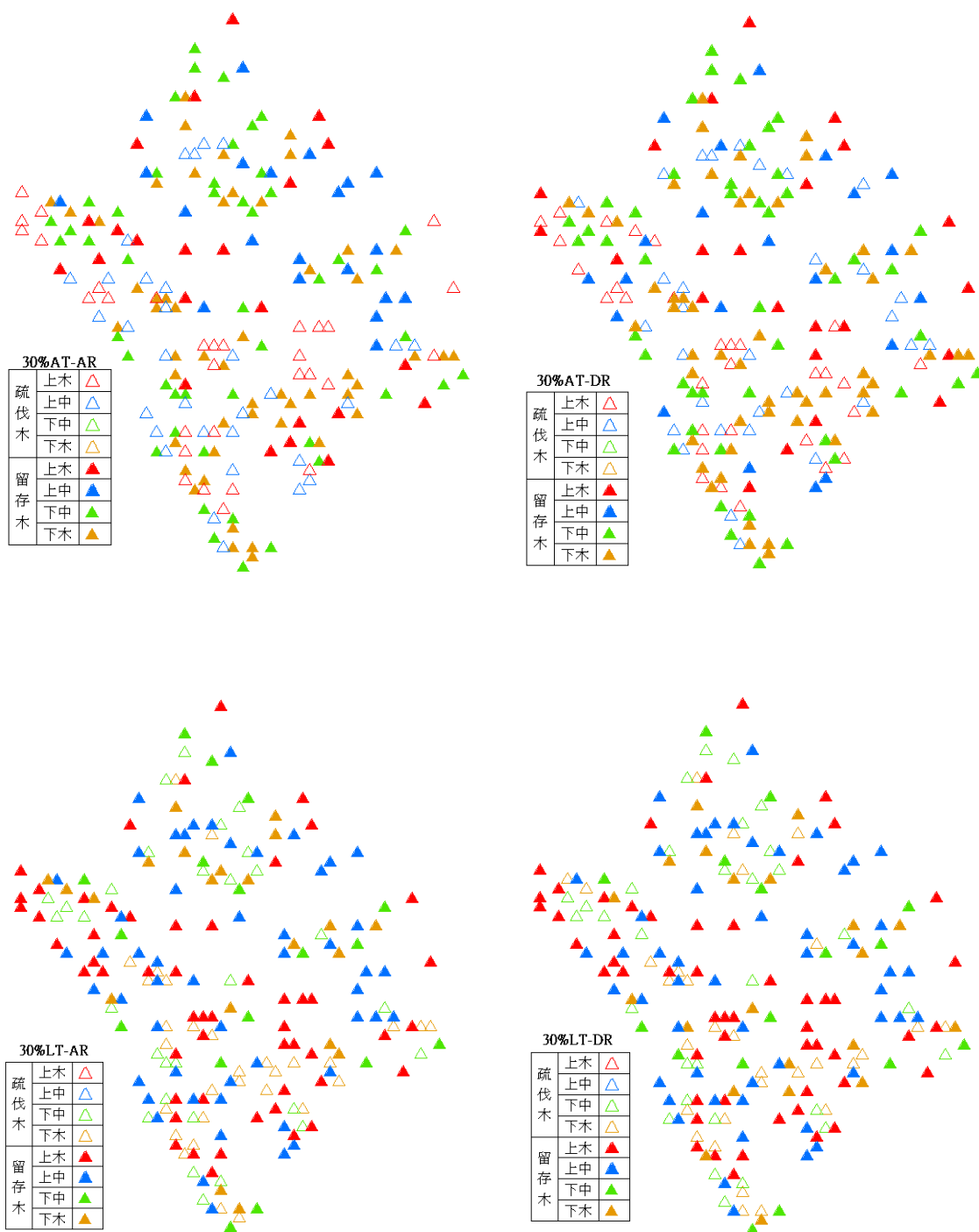
本疏伐研究課程內容，

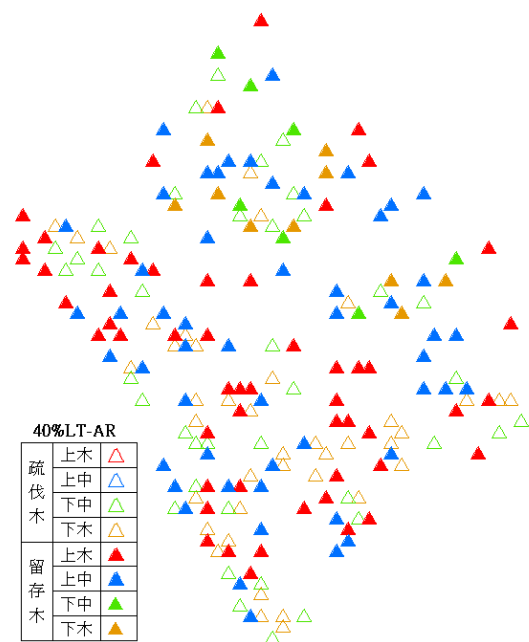
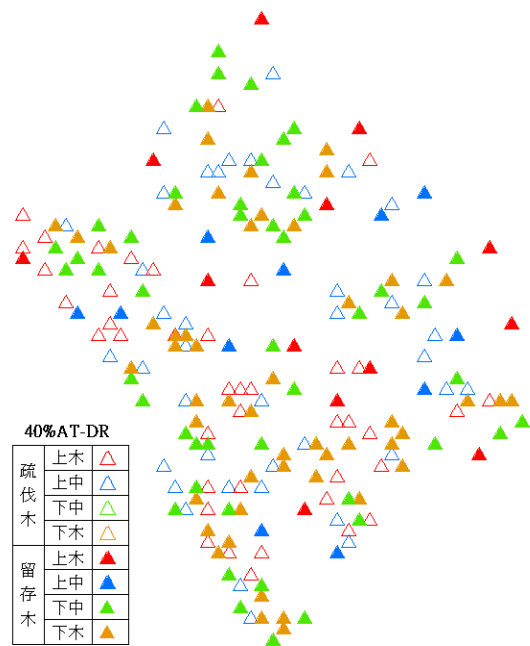
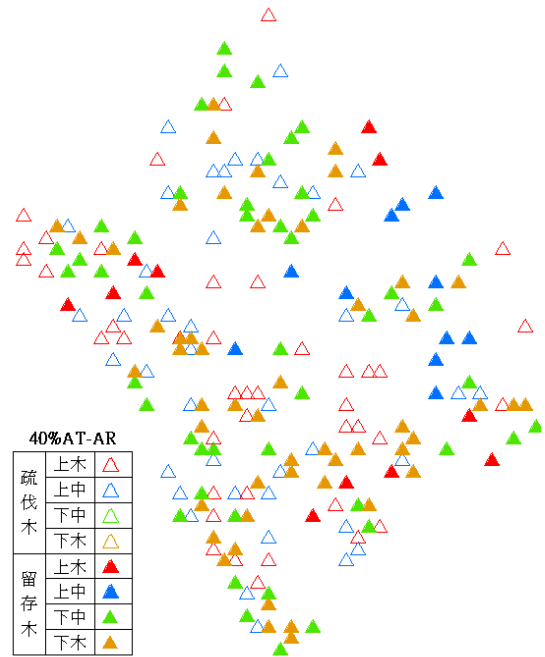
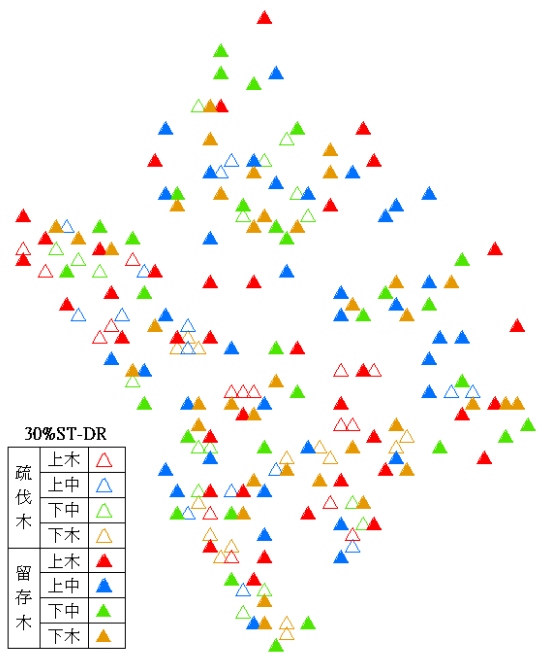
郭幸榮 教授及邱志明研究員截錄相關著作撰寫，

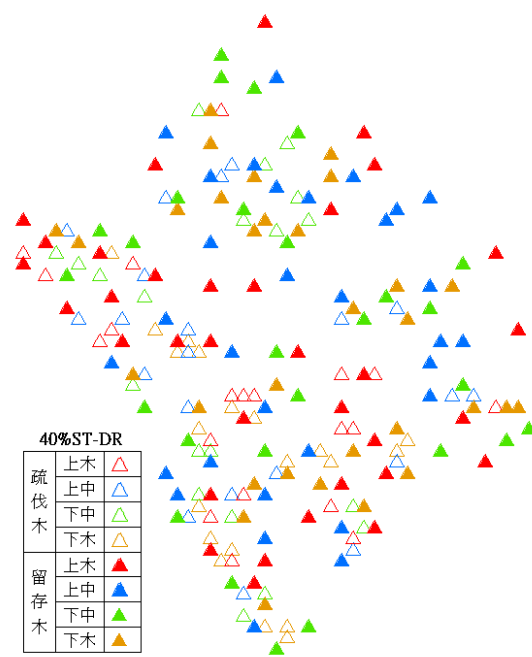
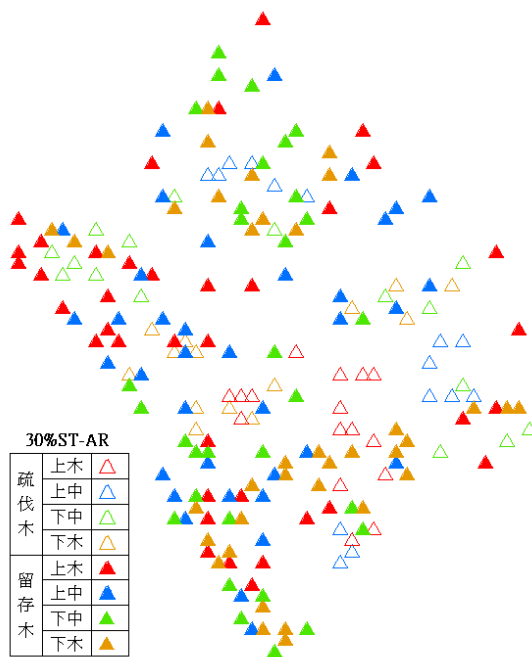
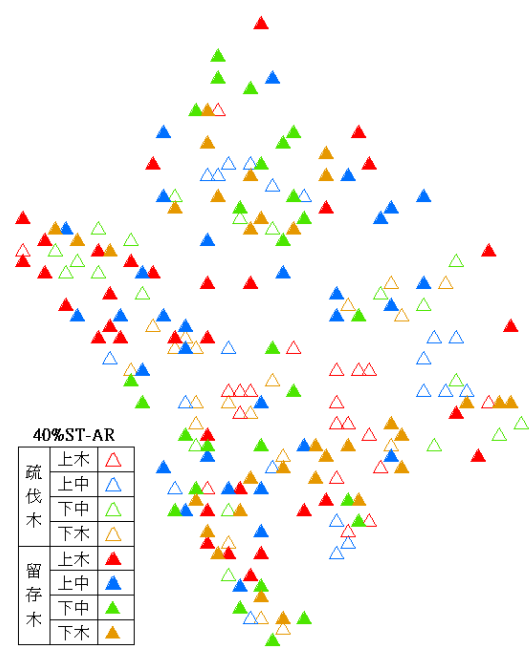
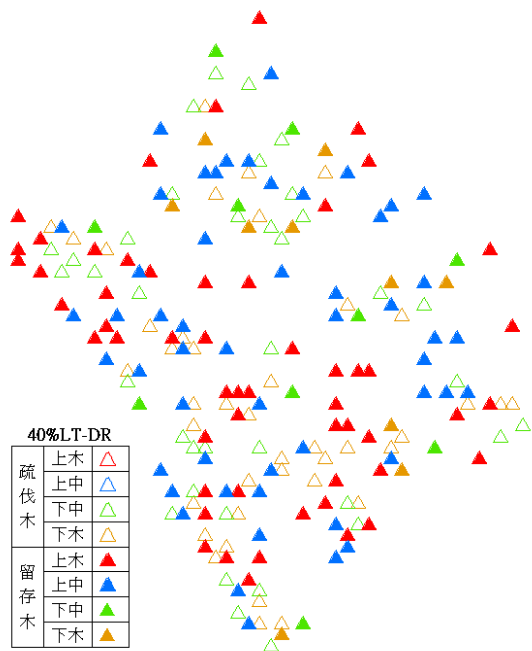
謹表感謝！

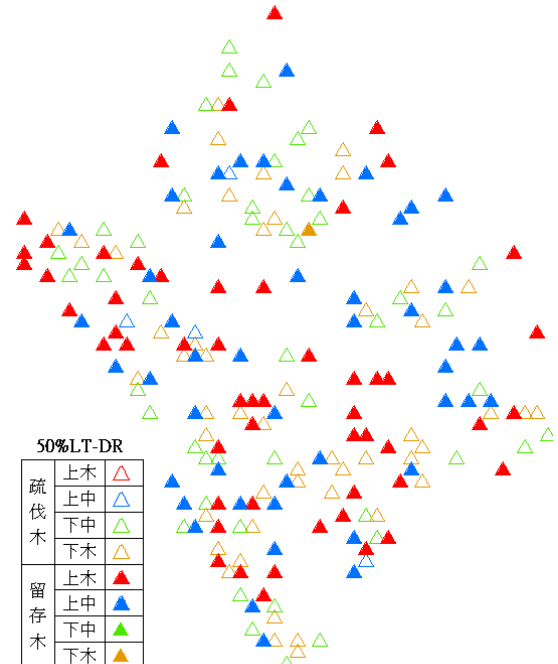
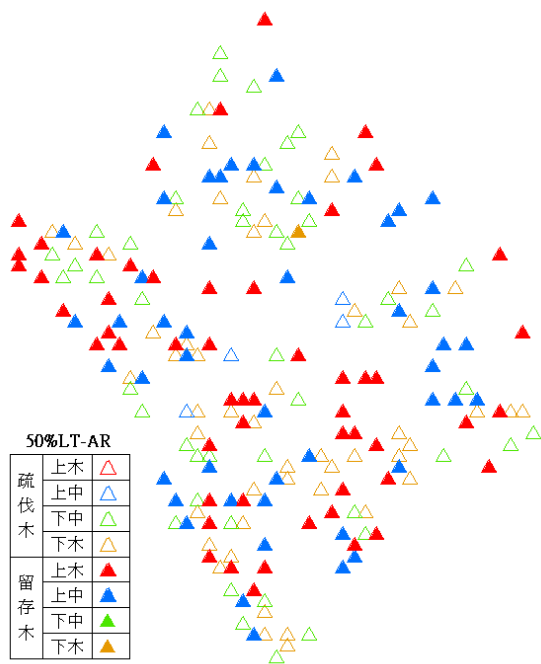
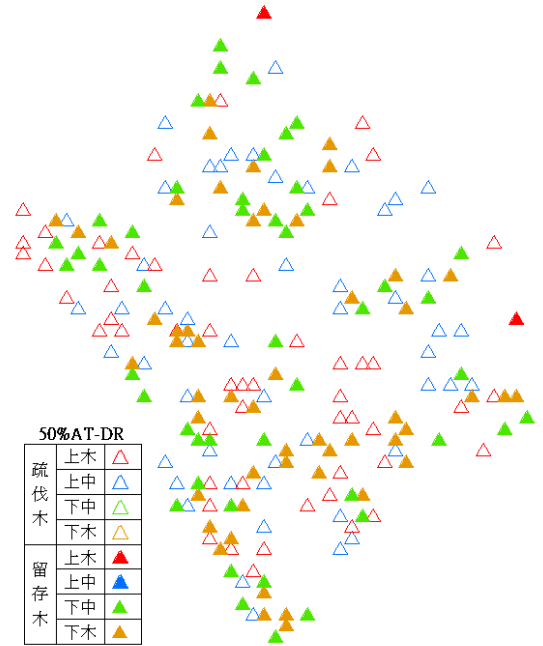
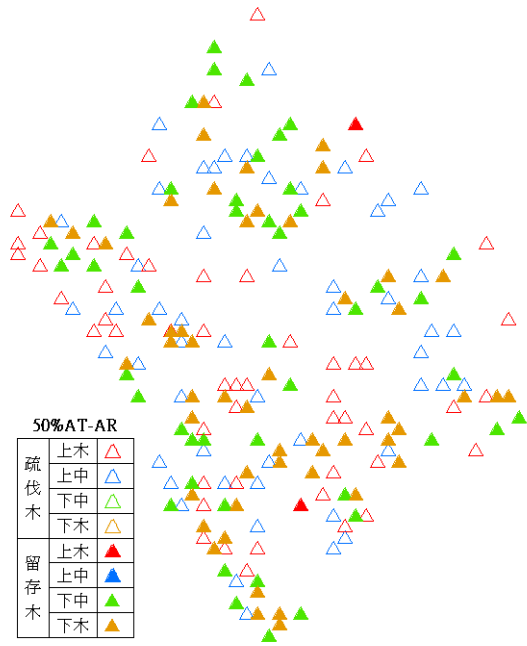


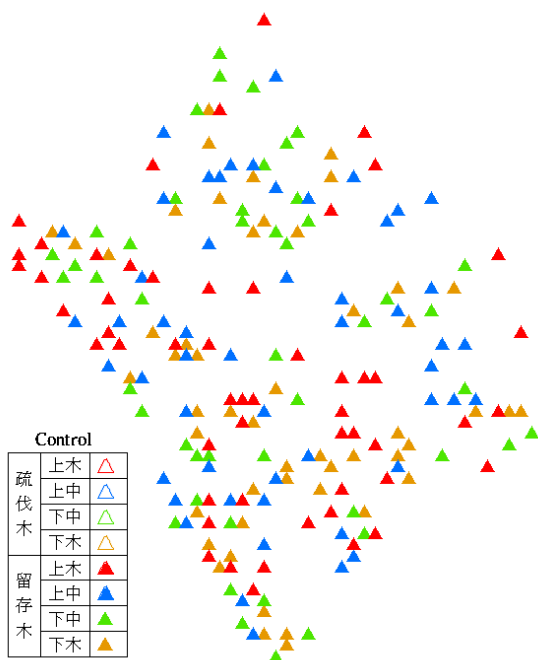
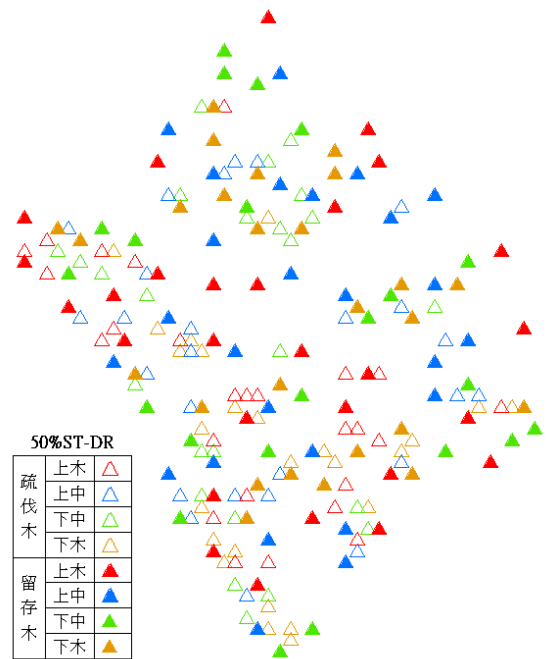
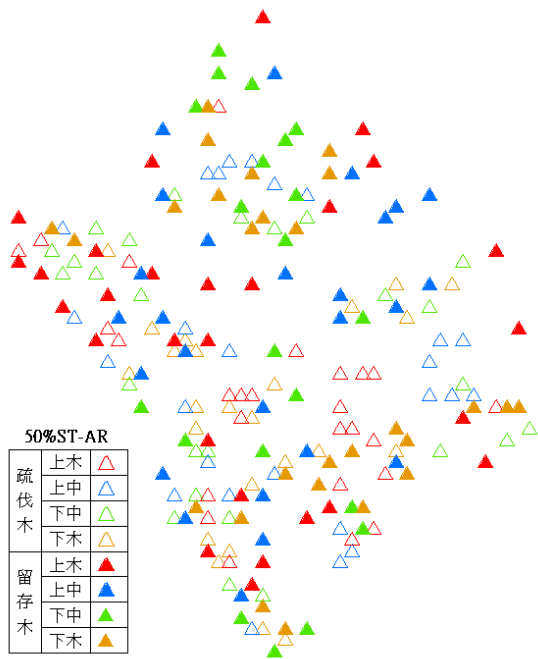
### 附錄 4：不同疏伐強度、疏伐方式及保留木配置方式進行選木結果











附錄 5：以 3Ds MAX 軟體模擬不同設計之林分景觀

原始



30%AT-AR



40%AT-AR



50%AT-AR



30%AT-DR



40%AT-DR





50%AT-DR



30%LT-AR



40%LT-AR



50%LT-AR





30%LT-DR



40%LT-DR

50%LT-DR



30%ST-AR



40%ST-AR



50%ST-AR



30%ST-DR



40%ST-DR



50%ST-DR



## 附錄六：期末報告審查會議記錄

### 阿里山地區柳杉、紅檜人工林疏伐規劃設計及森林視覺美質

#### 評估

#### 期末報告審查會議紀錄

一、時間：98年12月16日（星期三）上午10時

二、地點：本處205會議室

三、主持人：謝主持人尚達

四、出席單位及人員：（如後附簽到表）

五、與會人員意見：

#### 屏東科技大學

##### 鍾委員玉龍：

- （一）目錄項次應為阿拉伯數字1、(1)，而非羅馬數字，項次縮排不正確。
- （二）圖目次文字的打字、排版應齊頭。
- （三）前言之前應有羅馬字編排。
- （四）中文摘要第二段部分，疏伐區由6個設置之長方形(20m×30m)合計面積0.3ha之標準地樣區，請修正。
- （五）中文摘要第三段部分，參考不同疏伐法提出三個疏伐方案，其3個疏伐方案應扼要說明。
- （六）第3頁，估算式應為 $a_1DB$ ，方程式請加註上公式一、公式二……，方便檢索參考。
- （七）專有名詞註記QMD，quadratic mean diameter 單字首字母應大寫為QMD，Quadratic Mean Diameter，並全文統一。
- （八）第15頁，胸高斷面積 $157.2m^2/1.8ha$ ，字母1.8的意義為何？請修正，分母應標準化為每公頃。
- （九）錯別字請再加以檢索。如第24頁，鍾型分配請修正為鐘型分配。



- (十) 簡報中的流程圖希望能適當的放入報告中。
- (十一) 希望能增加結論，扼要節錄結果成第五項。

### **嘉義林區管理處**

#### **賴課長金輝：**

- (一) 第 33 頁，應用物理學系學生所給予的評價比森林學系的高，原因為何？其差異性為何？
- (二) 森林視覺美學評估為何學生比例佔 70%？學生對森林美學的要求常較一般大眾成人為低，以學生為主訂定疏伐度應為 30%，是否會有反效果？認知上會有落差？

#### **許課長碧如：**

- (一) 中文摘要部分請加上關鍵字、簡單的英文摘要、並加上結論。
- (二) 遊客分析上，問卷當初是希望針對遊樂區的遊客為主，以實際疏伐後的照片作問卷調查，因風災而未能實現，故本計畫針對一般民眾是否有另外結論，以避免學生因素干擾，日後較難參考。

#### **康技正素菁：**

SOP 實務操作之準則請將經驗提供予本處及工作站。

#### **謝主席尚達：**

阿里山地區柳杉密度高、透光度不夠，希望經由本計畫增加其景觀美學，問卷調查結果微弱度疏伐 30%，但以前實行弱度疏伐，感覺疏伐強度不夠，歷經一段時間後即恢復，尤其上層疏伐約 1-2 年後就會恢復，30%疏伐可能不太夠，應為 50%左右，增加其透視度。

### **國立嘉義大學**

#### **林金樹主任：**

- (一) 格式編排上會改進。
- (二) 疏伐度計算上應分 2 層面，因老林分會自然演替，目前株數與當初造林株數相差很大，故疏伐 30%數量是指現在林分現存株數，此數量對當初造林株數而言已相當高，約 50%，若一開始設太高，以造林數量 2,500 株密度來算可能被伐盡。
- (三) 美質評估部分應等權重，不因個人背景而有不同權重，此

份問卷即是在個人等權重情形下分析出來的結果。因受風災結果，此份問卷若針對遊客調查，時間上會來不及，學生每個月出門約 1-2 次，在某種程度上相當具有遊客特性。

- (四) 應用物理學系學生所給予的評價比森林學系的高，可能為應用物理學系學生具理工學背景，較森林系為不保守，反而可以反映出一般遊客心態，結案後會針對一般遊客作更詳細比對調查及補充。

### 詹老師明勳：

- (一) SOP 會再作細部整理，尤其流程圖會再置入，會增加結論部分，專業術語錯字會改正。
- (二) 過去疏伐少，當時 58 年生之林分 3,300 株，到現在剩 1,100 株，此三分之二為自然疏伐、死亡或天然災害，若不把握疏伐時間，對生長地位指數狀況、樹高、樹冠而言皆有影響，若錯過時機，對林分生長之影響，在施行疏伐也無法恢復，故需把握適當林分密度之時間，例如 15-20 年，以反應林木之生長。

### 六、決議

- (一) 本次期末報告決議通過。
- (二) 有關需修正及改善部分，請嘉義大學依據本次會議紀錄及契約規定辦理。

### 七、散會