

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列97-08-5-01

不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木
之影響研究計畫

The Study on the Economic Benefits of Different Thinning
Operations and Their Effects on the Remaining Forest

計畫主持人：林國慶

委託機關：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處

執行機關：國立臺灣大學農業經濟學系

中華民國 98 年 6 月

摘要

林務局目前推動國有林地分區管理，積極推動林木經營區的中後期撫育工作，以達成行政院農業委員會提高木材自給率的政策目標。為鞏固民生木材來源，國有林林木經營區的疏伐撫育是迫切而且必要。人工林如果不進行疏伐，其用途與價值將大大降低，因此林務局督促各林區管理處，依據該林區管理處之林區森林經營計畫實施疏伐撫育。花蓮林區管理處轄內柳杉造林地之林齡皆已超過 30 年，而林分鬱閉擁擠，生長參差不齊，有必要施行中後期之疏伐撫育，以利留存木林分之生長。花蓮林區管理處於 2008 年在玉里事業區 27 林班，瑞穗林道兩旁之柳杉造林地，辦理中後期疏伐撫育作業。林道上方採取單株下層疏伐，林道下方採取行列疏伐，下層疏伐之株數疏伐率為 28.6%，行列疏伐則為 40%。本研究以此疏伐案為例，進行經濟效益以及對留存木影響之分析。根據本研究推估結果，整理結論如下：(1) 假設疏伐前兩塊林地可疏伐之林分密度皆為每公頃 1400 株，以徑級大於 8 公分之柳杉計算，林道上方柳杉造林地之柳杉株數約為 19,420 株、林道下方柳杉造林地柳杉株數約為 12,898 株，胸高斷面積為 47.97 平方公尺，每公頃平均材積為 354.48 立方公尺，而平均胸徑為 19.9 公分，平均樹高為 15.16 公尺。在下層疏伐後，上方林地之密度每公頃為 953 株，平均胸高斷面積為 39.69 平方公尺，每公頃平均材積為 307.63 立方公尺，而平均胸徑增為 22.38 公分，平均樹高也增為 17.54 公尺。行列疏伐造林地則是每公頃約剩 840 株，胸高斷面積為 28.02 平方公尺。本研究假設該疏伐將徑級小於 10 公分的林木伐除，則平均胸徑增為 21.1 公分，平均樹高增為 16.47 公尺。(2) 下層疏伐費用為 641,582 元，管理成本為 280,686 元，推估出來的疏伐收益為 466,048 元，淨收益為-456,218 元。若不考慮管理成本，淨收益為-175,532 元。而行列疏伐部分，疏伐費用為 2,418,613 元，疏伐管理成本為 271,874 元，推估出的疏伐收益為-1,211,752 元，淨收益為-1,478,735 元。若不考慮管理成本，行列疏伐的淨收益為-1,206,861 元。(3) 假設主伐柳杉每立方公尺為 3960 元，收穫率為 87.36%，材積率為 70%，折現率為 1.25% 下，根據本研究之推估，在單一輪伐期內，不疏伐方案之林分淨收益會大於下層疏伐方案之林分淨收益，下層疏伐方案之林分淨收益會大於行列疏伐方案之林分淨收益，而 20 年後主伐方案之林分淨收益會大於 10 年後主伐方案之林分淨收益。本研究僅就花蓮林

管處所指定的兩塊疏伐地做經濟效益評估，評估結果是不符經濟效益。本研究認為若疏伐的目的是提升林木經營區之整體經濟效益，則未來不宜以目前的方式進行疏伐。政府應針對整體疏伐政策進一步作檢討分析，若林務局要林區管理處進行小規模疏伐，其目的應該明確，並且加以評估。因小規模疏伐大多不具經濟效益，應將這些小規模疏伐定位為研究性質。在做疏伐計畫時即將疏伐定位清楚，並做詳細的資料收集，以及整體疏伐作業的規劃，以利研究之進行。其目的是協助整體疏伐計畫之擬定，並進一步評估全面與長期進行疏伐之可行性。唯有在較明確的整體疏伐政策下，才有可能產生具有經濟效益的疏伐政策，否則所做的疏伐只能是小規模，對整體林木經營區經濟效益之提昇並無顯著幫助，當然對提昇木材自給率也不會有顯著的效果。

關鍵字：柳杉、疏伐、森林經營評估

目次

	頁碼
目次.....	I
表次.....	V
圖次.....	VII
第一章 緒論.....	1-1
第一節 研究背景.....	1-1
第二節 研究目的.....	1-2
第三節 研究地點.....	1-2
第四節 研究方法與步驟.....	1-4
一、文獻回顧.....	1-4
二、造林地現勘與問題分析.....	1-4
三、分析台灣森林經營概況與花蓮林管處之疏伐措施.....	1-5
四、疏伐前後林分資料蒐集與推估.....	1-5
五、模式建構與分析.....	1-5
六、結論與政策建議.....	1-5
第五節 研究架構.....	1-5
第二章 文獻回顧.....	2-1
第一節 疏伐理論.....	2-1
一、疏伐之定義.....	2-1
二、疏伐效應.....	2-2
三、疏伐目的與應用.....	2-5
第二節 疏伐方法、時間與強度之關係.....	2-7
一、疏伐方法.....	2-7
二、疏伐時間與疏伐強度.....	2-12
第三節 疏伐的影響.....	2-14
一、疏伐對留存木與林分的影響.....	2-14
二、疏伐對林相與景觀的影響.....	2-15
三、疏伐對生態與生物多樣性的影響.....	2-15
四、疏伐對土壤、微氣候與碳吸存之影響.....	2-16
五、疏伐對輪伐期的影響.....	2-18
六、疏伐的經濟評估.....	2-20
第三章 疏伐決策.....	3-1
第一節 疏伐規畫應考慮的因子.....	3-1
第二節 疏伐之執行.....	3-2
一、計畫擬定與調查.....	3-3
二、疏伐作業執行.....	3-4

三、評估	3-11
第四章 我國森林經營概況與花蓮林區管理處之疏伐作業.....	4-1
第一節 我國國有林地概況	4-1
一、我國的林地概況.....	4-1
二、我國林地分區管理概況.....	4-3
第二節 花蓮林管處與花蓮林管處林區經營計畫書	4-8
第五章 不同疏伐作業對留存林分之影響.....	5-1
第一節 疏伐木分析	5-1
第二節 推估疏伐前與不同疏伐作業後之留存林分	5-4
一、林分徑級分配推估.....	5-4
二、實際疏伐面積.....	5-9
三、樹高與材積之推估.....	5-10
四、不同疏伐作業對留存木林分環境屬性之影響.....	5-12
第三節 推估不同疏伐作業下留存林分材積之生長量	5-13
一、生長模型.....	5-13
二、模擬不同疏伐作業下留存林分材積之生長.....	5-16
三、實證結果.....	5-19
第四節 未來研究建議與監測建議	5-21
一、未來研究建議.....	5-21
二、監測建議.....	5-24
第六章 施行不同疏伐作業方式之經濟效益分析.....	6-1
第一節 效益評估方法介紹	6-1
一、評估指標.....	6-2
二、效益之價值.....	6-2
三、效益評估之方法.....	6-4
第二節 效益評估模型	6-5
第三節 實證分析之資料與假設前提	6-7
一、假設情境.....	6-7
二、木材價格與折現率.....	6-8
第四節 疏伐收益與疏伐成本之推估	6-8
一、疏伐收益.....	6-8
二、疏伐成本.....	6-9
第五節 主伐收益與主伐成本之推估	6-10
一、主伐材積.....	6-10
二、主伐收益.....	6-11
三、主伐成本.....	6-11
第六節 實證分析	6-13
第七節 不同疏伐作業下之經濟效益分析	6-16

第八節 政策建議與後續研究建議	6-17
第七章 結論與建議	7-1
第一節 實證結論	7-2
一、施行下層疏伐與行列疏伐作業對其留存木之影響.....	7-2
二、疏伐收益與疏伐成本.....	7-2
三、施行下層疏伐與行列疏伐作業之經濟效益.....	7-3
四、政策建議.....	7-3
第二節 後續評估與監測建議	7-5
第三節 未來研究方向	7-6
參考文獻	A-1
附錄一 標價計算明細表	B-1
附錄二 林道現勘相片紀錄.....	C-1
附錄三 「97 年度柳杉造林地疏伐計畫」會議紀錄.....	D-1
附錄四 「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」訪談記錄-1-.....	E-1
附錄五 「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」訪談記錄-2-.....	F-1
附錄六 「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」討論會記錄.....	G-1
附錄七 97 年度國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林區管理處中後期撫育疏伐作業概況.....	H-1
附錄八 期中審查意見回應及說明表.....	I-1
附錄九 期末審查意見回應及說明表.....	J-1

表次

	頁碼
表 3-1 疏伐木造材規格表	3-7
表 3-2 不同機械的作業條件	3-8
表 4-1 各林區管理處之國有林概況	4-2
表 4-2 各林區管理處轄內國有林之蓄積量	4-3
表 4-3 各分區經營目標與分設標準	4-6
表 4-4 分區森林蓄積量與森林面積	4-7
表 4-5 全國國有林地與花蓮林區管理處林地森林蓄積量與面積之比較	4-9
表 4-6 全國國有林地與花蓮林區管理處林地各分區面積	4-9
表 4-7 全國國有林地與花蓮林區管理處林地各分區平均蓄積	4-10
表 4-8 花蓮林區管理處 90-96 年度轄屬造林地疏伐情形表	4-12
表 5-1 20.5 公頃柳杉造林地下層擇伐疏伐木調查統計	5-2
表 5-2 30 公頃柳杉造林地行列疏伐之疏伐木調查統計	5-3
表 5-3 推估林道下方 30.5 公頃柳杉造林地行列疏伐情形	5-6
表 5-4 推估林道上方 20.5 公頃柳杉造林地下層疏伐情形	5-9
表 5-5 花蓮林管處 27 林班柳杉永久樣區之樣木	5-10
表 5-6 樣區柳杉樹高曲線式模擬結果	5-11
表 5-7 推估行列疏伐柳杉造林地疏伐前林分狀況	5-11
表 5-8 下層疏伐林分概況	5-12
表 5-9 推估行列疏伐林分概況	5-13
表 5-10 高強 1980 所推估之參數	5-16
表 5-11 本研究估計之起始值	5-18
表 5-12 未疏伐林分參數	5-18
表 5-13 下層疏伐參數	5-19
表 5-14 行列疏伐參數	5-19
表 5-15 推估未疏伐林分生長	5-20
表 5-16 推估下層疏伐留存林分生長	5-20
表 5-17 推估行列疏伐留存林分生長	5-21
表 6-1 推估疏伐管理費用	6-10
表 6-2 推估主伐收穫之可利用材積	6-10
表 6-3 推估主伐收益 (已折現)	6-11
表 6-4 推估行列疏伐各項工作之單位平均費用	6-12
表 6-5 推估主伐費用 (已折現)	6-13
表 6-6 推估主伐管理成本 (已折現)	6-13
表 6-7 疏伐之成本收益分析	6-14
表 6-8 各方案之總淨收益 (已折現)	6-14

表 6-9 推估單位實際疏伐面積之淨收益	6-15
表 6-10 單位材積之淨收益	6-15
表 6-11 本研究與陳重銘（2002）研究結果比較表	6-17

圖次

	頁碼
圖 1-1 花蓮林區管理處轄區概況	1-3
圖 2-1 早期文獻對人工林中後期撫育之分類	2-2
圖 2-2 未疏伐林與疏伐林分之生長關係	2-5
圖 4-1 臺灣人工林之分佈	4-4
圖 4-2 國有林區劃分	4-5
圖 5-1 推估林道下方 30.5 公頃柳杉造林地疏伐前之母體次數	5-7
圖 5-2 推估林道下方行列疏伐前後之各徑級次數差異	5-7
圖 5-3 推估林道上方下層擇伐前後各徑級次數	5-8
圖 5-4 臺大實驗林柳杉材積生長	5-17

第一章 緒論

第一節 研究背景

第一屆地球高峰會議通過「氣候變化綱要公約」、「環境與發展宣言」、「生物多樣性公約」與「森林原則」，其中「森林原則」的主要內涵為維持森林資源永續發展與利用，呼籲人類兼顧世代發展，重視經濟與環境之間的平衡，這開啟林木資源維護與環境保護運動之重要里程碑（U.N.，1992）；而 2002 年於南非舉行之約翰尼斯堡地球高峰會議後，各木材生產國對林木砍伐的管制更趨嚴格，尤其是我國長期依賴的熱帶原木¹（行政院國家永續發展委員會，2004）。熱帶林木之不當利用已造成人類在不同層面上的損失，包括物種流失、生物多樣性減弱與氣候環境的不穩定（Angelo，2005），這是身為熱帶原木消費國的我國，值得關注的問題。

由另一方面來看，我國森林面積為 2,102,400 公頃，其中國有林地面積為 1,539,578 公頃，蓄積量為 277,193,052 立方公尺，若以 2002 至 2007 年我國之木材消費量而言，每年平均約 5 百萬至 6 百萬立方公尺，但 2007 年我國自行生產之木材量僅 67,218 立方公尺，木材自給率約百分之一（行政院農業委員會林務局，2008）。若此情況持續，可能會受到國際保育輿論之壓力（行政院國家永續發展委員會，2004）。

林務局目前推動國有林地分區管理，積極推動林木經營區的中後期撫育工作，以達成行政院農業委員會提高木材自給率的政策目標。然而林務局各林區管理處在預算限制與部分保育團體關切等因素影響下，施行疏伐撫育受到阻礙（林哲茂，2008）。就林務局而言，為鞏固民生木材來源，國有林林木經營區的疏伐撫育是迫切而且必要。人工林如果不進行疏伐，其用途與價值將大大降低，因此林務局督促各林區管理處，依據該林區管理處之林區森林經營計畫實施疏伐撫育（何學哲，2008）。

¹ 2006 年我國進口來自馬來西亞、印尼、越南、泰國、菲律賓的木材為 1,922,427.12 公噸，約占木材進口的一半左右，主要提供木材加工業與家具業使用（中華民國統計資料資訊網，2008）。

如果林務局要施行疏伐作業，則要如何疏伐，要施行何種疏伐，使其施業後之疏伐空間對留存木與林分產生最大的效益，是一個值得探討的問題。過去我國採取的疏伐方式大多為下層疏伐，其他的疏伐方式較少施作，也較少在文獻中探討。我國關於疏伐的相關實證研究皆以探討疏伐強度為主題(高強，1980；羅卓振南等，1987；羅卓振南、鐘旭和、邱志明，1992；顏添明，1993；羅卓振南等，1997；紀儀芝，2004；李久先，2006；顏添明，2006)，並沒有針對各種不同疏伐方式對於林分之影響作完整比較分析。有關不同疏伐方式對林分影響的比較分析目前僅止於理論上的探討(王子定，1964；王子定與劉嘉昌，1964；郭寶章，1964a；楊榮啟、陳昭明與林文亮，1976；行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006)，缺乏實證分析或是以數理預測模式評估在經濟效益層面上的差異，故本研究藉由花蓮林管處之柳杉疏伐計畫，比較分析施作下層疏伐與行列疏伐之經濟效益，以及兩種疏伐方法對於柳杉留存木林分生長之影響。

花蓮林區管理處轄內柳杉造林地之林齡皆已超過 30 年，而林分鬱閉擁擠，生長參差不齊，有必要施行中後期之疏伐撫育，以利留存木林分之生長。花蓮林區管理處於 2008 年在玉里事業區 27 林班，瑞穗林道兩旁之柳杉造林地，辦理中後期疏伐撫育作業。林道上方採取單株下層疏伐，林道下方採取行列疏伐，下層疏伐之株數疏伐率為 28.6%，行列疏伐則為 40%。本研究以此疏伐案為例，進行經濟效益以及對留存木影響之分析。

第二節 研究目的

本研究之目的如下：

- 一、施行下層疏伐與行列疏伐作業之經濟效益分析。
- 二、施行下層疏伐與行列疏伐作業對其留存林分影響之評估。

第三節 研究地點

本研究之評估地點在東部花蓮（如圖 1-1），位於北迴歸線上下，屬於林務局花蓮林區管理處玉里事業區，該事業區包括瑞穗鄉、玉里鎮全區與萬隆鄉、卓溪鄉、豐濱鄉之部分，總面積為 57,818.06 公頃，其中林木經

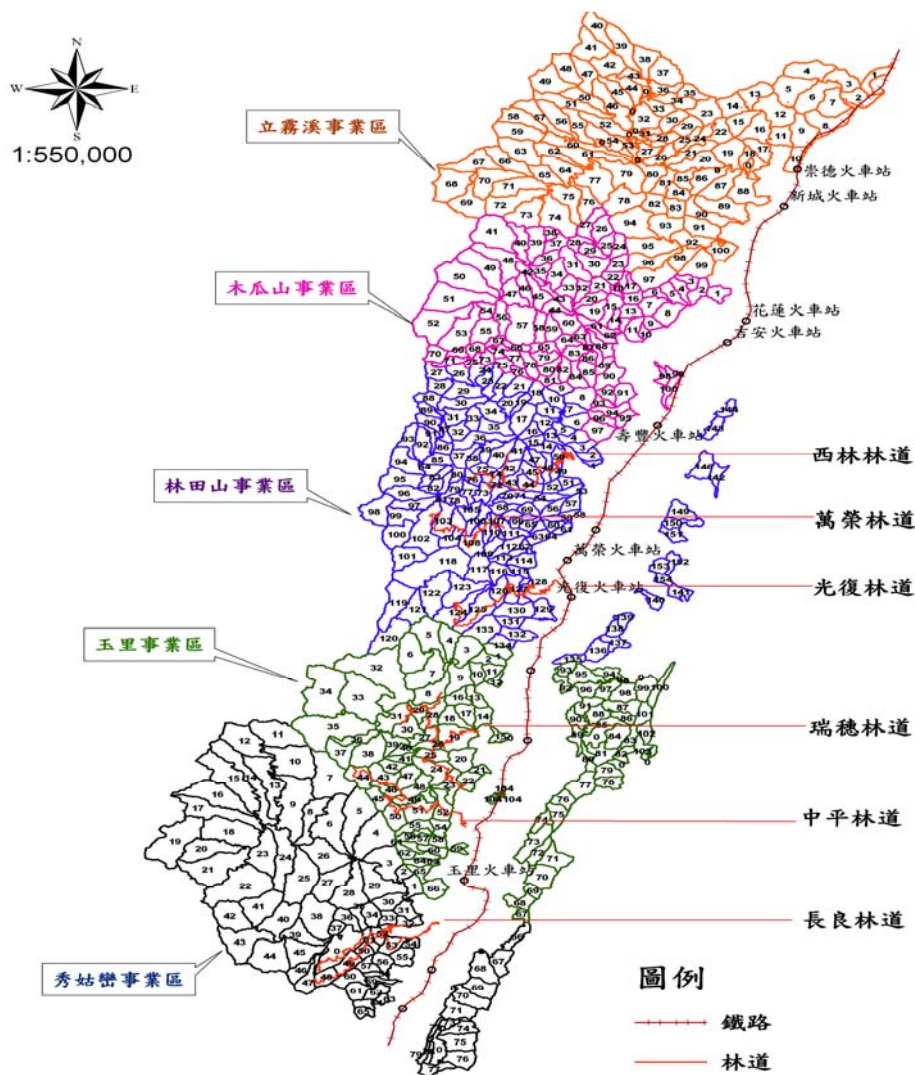


圖 1-1 花蓮林區管理處轄區概況

資料來源：行政院農業委員會林務局花蓮林管處，2001。

營區占 13,113.28 公頃，而玉里事業區內共有 103 個林班；全區多高山溪谷，海拔從 100 公尺至 3,400 公尺，高度差達 3,300 公尺，垂直溫差與氣候變化大，中央山脈高海拔地區冬季平均溫度在 5 度左右，而低海拔地區冬季均溫為 20 度左右，所以該區林型多變，具雲杉林型、鐵杉林型、檜木林型、松類林型、闊葉樹林型（行政院農業委員會林務局花蓮林管處，2001）。

本研究地點有二，皆位於第 27 林班內，為瑞穗林道 13.5 公里至 14.1 公里上下兩塊柳杉造林地。此造林地位於原瑞穗造林中心區內，分區屬林木經營區。上方林地面積為 20.5 公頃，海拔高度約為 1,300 公尺至 1,500 公尺，坡度為 20 至 30 度，為東南坡向。該林分於民國 61 年度開始栽植，造林密度為每公頃 2,500 株，株距兩公尺，並於 2008 年進行樣區調查，林分密度約為每公頃 1,400 株，於調查之後進行疏伐。由於林道上方離嶺線衝風帶較近，不適合進行行列疏伐，故以下層疏伐為之，株數疏伐率為 28.6 %。疏伐後預計搬出疏伐木材積 250 立方公尺，不搬出之疏伐木，則截成 1 公尺長棄置於現場。下方林地面積為 30 公頃，海拔高度為 1,100 公尺至 1,300 公尺，坡度為 20 至 30 度，坡向同為東南向。其林分同於民國 61 年度開始植栽，採順坡造林，造林方式與前林分相同，採砍四行留六行之行列疏伐，疏伐方向為順坡疏伐，並在留存六行內進行下層弱度疏伐。預計搬出疏伐木材積 650 立方公尺，不搬出之疏伐木，同樣截成 1 公尺棄置於現場。另外，疏伐後將於當年或次年於砍除之四行進行牛樟或烏心石之栽植，並採用橫坡造林，其植栽株距為 2 公尺，行距為 5 公尺，新植造林密度為每公頃 1,000 株。

第四節 研究方法與步驟

本計畫主要的實施方法與步驟如下：

一、文獻回顧

搜集國內外有關疏伐文獻，包括疏伐理論、疏伐對留存木生長影響之實證研究、疏伐與林相的關係、疏伐與生態系和水土之影響，瞭解疏伐定義、疏伐方式、疏伐之目的與應用，彙整在分析疏伐作業時應考量之相關問題，並回顧不同疏伐方式之成本效益分析與過去評估森林經營之分析工具，以選擇適宜的分析工具。

二、造林地現勘與問題分析

由林地現勘比較疏伐前、疏伐進行時與疏伐後之林分狀況，了解疏伐作業之流程、工作項目與規範，並由此對照過去之文獻，彙整出相關問題，並瞭解我國疏伐作業之制度面因子。

三、分析台灣森林經營概況與花蓮林管處之疏伐措施

介紹我國之林地分區準則與各分區之目的，蒐集我國林務機關管轄下之國有林分區資料，比較花蓮林區管理處與全國平均以及其他林區管理處各分區面積與蓄積量之差異，最後由花蓮林區管理處之森林經營計畫書與該處 1991 年至今之造林地疏伐資料，了解花蓮林區管理處過去疏伐之經濟收益情形。

四、疏伐前後林分資料蒐集與推估

花蓮林區管理處提供本疏伐案之疏伐木調查資料與工程標價表，然而該處在疏伐前後並沒有進行樣區的劃定與調查，所以缺乏疏伐前後之林分資料，因此本研究利用行列疏伐造林地之疏伐木資料，利用徑級分配模式推估下層疏伐與行列疏伐前後之林分資料，並以生長函數模擬兩地留存林分之生長狀況。

五、模式建構與分析

由評估不同疏伐作業模式所投入之成本及產生的經濟效益，及其對留存木之影響，進行分析研究，借用過去文獻中使用過的模型，建構不同疏伐作業的分析模式，進行實證模擬分析疏伐效益，以了解下層疏伐與行列疏伐混合下層疏伐兩者間產生的效益，找出較為適宜的疏伐方式。

六、結論與政策建議

綜合以上之分析結果，針對花蓮林區管理處未來之疏伐計畫提出建議，並對整體疏伐政策提出政策建議。

第五節 研究架構

本報告包括七個章節，第一章為緒論，第二章為文獻回顧，第三章為疏伐決策，第四章為我國森林經營概況與花蓮林區管理處之疏伐作業，第五章為不同疏伐作業對留存林分之影響，第六章為施行不同疏伐作業方式之經濟效益分析，第七章為結論與建議。

第二章 文獻回顧

第一節 疏伐理論

一、疏伐之定義

早期的文獻（王子定與劉嘉昌，1964）認為疏伐屬於人工林中後期撫育的一種間伐（Inter-mediate cutting）。間伐、除草、除蔓是人工林撫育三個主要的工作，間伐包括整理伐（Improvement Cutting）、除害伐（Salvage Cutting 又稱搶救伐）、衛生伐（Sanitation Cutting）¹、除伐（Cleaning）、自由伐（Liberation Felling）²、疏伐（Thinning）、修枝（Pruning）等（王子定與劉嘉昌，1964）。然而，日文之間伐為 Thinning，也中文所稱之疏伐，所以目前林學界將疏伐一詞等同於間伐；疏伐主要之目的為減少非目標林木、形質不良木等限制或壓抑，使林分早日成林、促進林木生長、改善林木品質並產生大型材（郭寶章，2002；行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），如圖 2-1 所示。而人工林的撫育工作又分成初期撫育（或稱前期撫育）與中後期撫育³。期初撫育的目的在於避免苗木被雜草藤蔓凌壓，使林分早日成林，主要的工作有刈草、切蔓、施肥、中耕與灌溉，而中後期撫育則包括施肥、灌溉、除伐、疏伐、修枝，其中除伐和疏伐與調整林分內的植栽密度有關詳如圖 2-1（邱志明等，2005；郭寶章，2002）。

過去的文獻中，對疏伐有許多論述，如王子定（1964；1966）認為，疏伐是對已成林之未成熟林分施行連續多次之伐採，促進選留木生長，增加林分總收穫，疏伐為控制林分疏密度的一種基本方法，林分在各發育階段的疏密度不同，所適宜的疏密度也不同，所以在各階段要施行適宜的疏伐。疏伐能疏開樹冠鬱閉，降低林分密度，擴展留存木的生長空間，舒展

¹ 除害伐與衛生伐用以促進林木健康、防止或除去危害，如防止林火蔓延、除去林木病蟲害等。

² 除伐與自由伐實施於造林初期，兩者泛稱為解放伐（Release cutting），用以減少老樹與無用木對於幼林之凌壓。

³ 初期撫育與中後期撫育的時間分界在過去有不同的說法，初期撫育的時間點有學者認為是六年生以前（王子定與劉嘉昌，1964），也有學者認為大概在 10 年生以前（郭寶章，2002），但基本上初期撫育實施在林分鬱閉（canopy closing）之前，中後期撫育施行在幼齡林終期與壯年齡以後，為我國過去所定輪伐期的後三分之二。

的樹冠能有較強的光合作用，增加幹材的累積量（楊榮啟、陳昭明與林文亮，1976）。而顏添明（1993）認為疏伐採部分未成熟木或被壓木，將林分加以疏開，以促進留存木的生長與發育，增加材積、促進林木之優良形質，使林地維持適當蓄積，並使林分能夠抵抗各種危害。郭寶章（2002）認為疏伐調節生長密度以緩和種內競爭，提升林木利用價值、維持地力並增進森林各項功能。行政院農業委員會林務局羅東林區管理處（2006）則提到，疏伐降低林分密度，改善森林的組成與結構，對留存木的發展產生裨益。這些論述之共通點在疏伐對林分密度的調整，並對林分的生長產生好處，所以疏伐撫育的理論基礎來自於林分密度與林分結構對林木生長之影響。

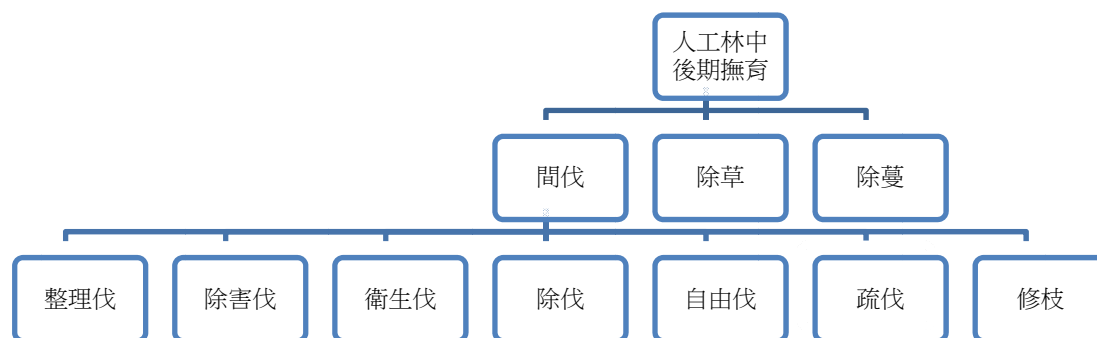


圖 2-1 早期文獻對人工林中後期撫育之分類

綜合以上，疏伐屬於森林經營中後期撫育作業，其方法是伐除林分中部分的林木，以疏開鬱閉的樹冠，降低林分密度，減緩林木競爭所衍生的問題。然疏伐之目的隨著時間與疏伐方法而有所不同，以下分述探討之。

二、疏伐效應

十七至十八世紀的歐洲林業界普遍認為，林地內的林木數量越多，所產生的材積就越多，所以其經營偏好不干擾林分，而疏伐被視為非正規的或不合理的砍伐，直到十九世紀初，丹麥的地主 Reventlow 認為存在最適的疏伐，應該採取高頻度的弱度疏伐，提高總材積與可利用材積，然而該研究之結論引起相當大的爭議。隨著十九世紀末、二十世紀初的一些觀察

與試驗，研究發現雖然疏伐可能會降低總材積，但適當的疏伐卻能提高可利用材積，促進林木直徑生長，進而增加林分的整體收益（Zeide, 2001），而疏伐為何增加林木直徑？

人工林在造林成功後，隨林齡增加，樹冠會越來越大，進而逐漸鬱閉，林木開始競爭，由於樹株間的生長不一致，逐漸分化成不同之等級，高於冠層的林木壓迫周遭的樹木，奪取光照，而被壓迫的樹株則生長遲緩，如果被壓迫的情形沒有被解除，這些林木最後可能會枯亡。過去的研究指出，劣勢木、被壓木、樹冠不完整、過大或過小的優勢木⁴，由於生長效率較低，建議將其伐除，使養分與空間供給生長效率較高之林木，增進其生長量（楊榮啟、陳昭明、林文亮，1976）。

以單株林木的生長而言，樹高與林齡的關係最大，與疏伐度、林分密度關係不大⁵；樹冠大小則是受到樹高與枝條枯死量的影響，而枝條枯死量決定於林分密度和林木根系的發展，樹幹的直徑受到樹冠大小、水分及養分的限制，而樹冠受到林地生長空間、遺傳因子影響，所以疏伐是否能促進直徑生長，取決於留存木對於疏開空間的利用能力及樹冠的再生能力，另外疏伐對直徑的促進效果隨林齡增加而降低，柳杉在 30~40 年生，其直徑生長就會逐漸減緩，尤其是較為矮小之林木⁶（王子定、劉嘉昌，1964；楊榮啟、陳昭明、林文亮，1976）。

如林木形質的考量，良好之「製材原木」，樹幹通直，髓心正中，幹形完滿，尖削度小，枝條細、枝節少，這樣的原木製材的利用率高，而質地密實堅硬、年輪均勻則品質較好，邱志明等（2005）將製材品與原木品質之指標歸納如下：

- （一）樹幹較為完滿者
- （二）樹冠較小，枝條較細者
- （三）樹幹上每單位之材長的枝節數（枝節特性）較少者
- （四）根張較小，根曲偏小者

⁴ 引自楊榮啟、陳昭明、林文亮（1976），41 頁倒數第 5 行。

⁵ 除非林分密度極大或極小，林分距離極大或極小常會造成樹高之生長停滯或停止，如果不是這種特殊情形，則樹高與林分密度關係無顯著影響，然仍森林界仍有部分說法，認為林分密度低，樹高會較低，但其差距並不明顯（Mäkinen and Isomäki, 2004）。

⁶ 引自楊榮啟、陳昭明、林文亮（1976），44 頁倒數第 1 行。

(五) 枝條小且容易枯死者 (自然修枝)

(六) 比重偏大者 (或稱最適當比重值)

關於幹形與枝節的問題，林分密度密，樹幹則呈圓柱型，而林分密度越疏，樹幹則越為尖削；另外，林木如有較大之生長空間，則林木冠幅較大，枝節數量會較多，而也因為生長空間變大，阻止了自然修枝的現象，所以疏伐會造成枝節數目變多 (王子定、劉嘉昌，1964；邱志明等，2005)。

而在年輪與木材強度的部分，以針葉林而言，年輪越寬，比重越小，強度也較小，林分密度較高或未疏伐林分，因林木生長受限，年輪寬度較窄，所以強度可能會較高，而具生長優勢的林木，則常會有木材密度偏低的現象⁷，所以一般的育林目標希望林木能夠成長快速，但在木材形質的考量下，林分仍保持一定的密度水準⁸。另外，突然的以高強度疏伐疏開，生長空間變大，木材直徑肥大過快，年輪太寬，木材密度會變小，強度也隨之減弱 (楊榮啟等，1976；邱志明等，2005)。

部分學者認為，如果將單木層級擴大至林分層級觀察，不同密度之林分，如林型、地位、林齡一定，則其林分材積總生長量常為一定 (楊榮啟，1975；周楨、王德春，1967)，過去台大實驗林做過不同強度的柳杉疏伐實驗，其結果顯示，疏伐林分之疏伐木與主伐材積總合與未疏伐林木之材積總和概略相等⁹，如圖 2-2 (楊榮啟等，1976。竹內公男，1980；引自紀儀芝，2004。Clutter et al.，1983；引自陳重銘，2002)。

在圖 2-2 中，各時間點的疏伐量 a、b、c 與疏伐方案的主伐量 d 的加總，會大致等於未疏伐林分之生長量 e，這表示疏伐作業並不能改變總收穫量。然而此結論，並非所有學者都認同，過去實證研究的結果，依不同地點、不同樹種各有不同。

⁷ 然而若是林木太密集，會使林木的生長勢衰弱，木材的密度值反而會變小。

⁸ 闊葉林環孔類密度之效應則相反。

⁹ 該情況屬於弱度疏伐。

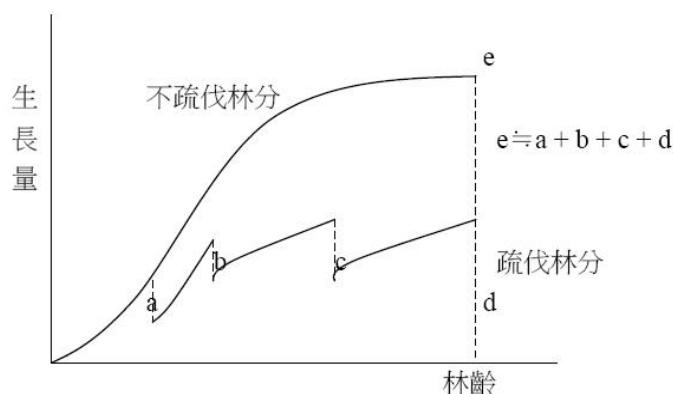


圖 2-2 未疏伐林與疏伐林分之生長關係

資料來源：陳重銘，2002，引自 Clutter et al., 1983。

三、疏伐目的與應用

早期對疏伐撫育的看法集中在疏伐的對於林分形質與可利用材積量的改進，進而增加經濟價值（陳重銘，2002），如王子定（1966）所稱，疏伐為：「新林於建造以後，或成熟林分間隔若干年，施行多次之伐採，藉以促進選留木之生長及林分之總收穫者。」

而楊榮啟等（1976）認為，由理論所推演出的疏伐目的有三點，第一點，以疏伐重新配置林分的生長潛力，這是站在「林分密度低，林木直徑生長快，林分密度高，直徑生長緩慢」與「林型、地位、林齡一定之林分材積總生長量常為一定」的基礎上，不同疏伐強度之疏伐木材積與其主伐木材積的加總大致相等，總生長量不變，所以重新配置林分生長潛力意涵在於，將未來潛在的固定材積分配給少量的大樹或是多量的小樹。第二點，藉由疏伐使多數林木成為可利用之木材，並且使「可使用材積」增加，疏伐能夠採收即將枯死或未來可能枯死而尚未腐朽的「可利用林木」，老齡林分以疏伐重新配置生長潛力的機會較少，因此能利用此原理來減少枯死木損失材積；另外大樹的材積利用率較高，換句話說，大樹可利用材積占總材積之比率大於小樹，所以即使是生長之總材積一樣，疏伐將無利用價值的林木提早伐去，保留木長成大樹的機會變高，可利用材積也會增加。第三點，為增加經濟收益，除了以上兩點能夠增加經濟收益，另外，疏伐能夠在主伐前提早得到疏伐木之收益，使得輪伐期內的淨收益終值高於未

疏伐林分。

改變木材品質也是疏伐目的的一種，在這方面，如果以高品質木材為目的，都建議保持一定林分材積密度，多次疏伐，來達到木材樹輪、強度的穩定，維持樹幹尖削度，並增加直徑的增長（楊榮啟等，1976；邱志明等，2005）；而由於疏伐能改變單株「保留木」在主伐時成熟材的比率，提高外圍的材積，進而相對增加主伐木材的價值，邱志明等（2005）引用加拿大 Madison's 1995 年 1 月材價報告，其指出老齡原木在髓心與外圍材的單位價格差距，可達 6 倍至 11 倍，其價差甚是可觀。

另外藉由疏伐調整輪伐期，調節伐採量與齡級分佈與森林組成，改變空間配置，或利用疏伐控制多層林的層次與優勢木樹冠的混淆度，使樹冠長度能達正常標準，營造天然更新之有利條件（郭寶章，1964a；楊榮啟等，1976）。

然而，近年在森林多目標利用、森林永續經營、維護生物多樣性等理念的主導之下，疏伐不侷限在經濟收穫上的助益，郭寶章（2002）認為，疏伐能夠改進林分密度與林分結構，使林內光量增加，促進地表的分解作用與地被植物的繁殖，提高林地的生產力與生物多樣性，並使之抵抗危害，增加水土保持之功能。新的疏伐概念除了重視林木生長收穫，更考慮到林分組成與林分結構等，重視森林健康，疏伐的影響不僅只有林木，而是對整體森林生態系的影響，包括物種組成與野生動物等，所以適當的疏伐能改變地被植物之組成、增加野生動物族群量，除此之外，疏伐還能改善森林景緻、提供山區居民之就業（陳重銘，2002），行政院農業委員會林務局羅東林區管理處（2006）也認為：「疏伐雖可視為人為之干擾作業，然在生態系經營的理念下，其目的並非僅以林木生長空間調整為唯一目標，亦可藉由疏伐調整林分結構，使冠層呈現水平與垂直的變化，增加林分與地景結構的層次，由棲地多樣性，進而孕育物種與基因多樣性，達到提昇人工林物種多樣性之目標。」；另外，疏伐增加木材收穫，森林保育功能，減少森林遭受蟲害和火災危害（Matthews, 1989）；而王子定與劉嘉昌（1964）指出，適宜的疏伐能產生良好的樹冠與粗壯的端直樹幹，增強林分對風、雪、水等抵抗力，並且減少樹冠的截流雨水與雪水，短時間的增加水資源。

因此，綜合上述可知疏伐主要目標為增進林木收穫的品質與數量，使

林木長成業主之目標規格，調節伐採量與輪伐期，增加木材的經濟收益，其他目標為增進森林健康與森林、生物的保育功能，改善地被植物組成，提高生物多樣性，並美化森林景緻，提供就業機會，最後，疏伐可以減少森林遭受蟲害與火、風、雪、水災的危害與經營風險。

第二節 疏伐方法、時間與強度之關係

一、疏伐方法

如以森林成長過程為分類依據，造林初期的疏伐木未達經濟利用價值，通常會將其留置林地上，以供分解回歸使用，此為非商業性疏伐，如果疏伐木之徑級與品質已達值得搬出商業利用的，稱為商業性疏伐（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006）。

一般而言，疏伐方法指是疏伐在施業上的方法，隨著 19 世紀育林學與森林經營管理研究的興起，疏伐的類型非常多樣，德國、美國、丹麥、日本等地，各時期都有學者針對不同種類的林分與經營方式提出不同的疏伐方法，另外，有些地方長期使用固定的疏伐方法，如瑞士，過去長期使用選擇疏伐法。而目前國內的疏伐的方法主要是以 20 世紀初日本寺崎渡氏疏伐法與美國 Hewley 所發表之理論為基礎，將疏伐方法主要分成定性疏伐與定量疏伐兩類。定性疏伐的意義就是先決定伐除林木之幹級或樹冠級，再決定伐除量（紀儀芝，2004），或是直接決定空間結構進行伐除，其分為以下數種。

（一）下層疏伐（Thinning from Below）

下層疏伐源於德國（王子定與劉嘉昌，1964），又稱為低層疏伐（Low Thinning）或是普通疏伐（Ordinary Thinning）。由樹冠級數最低、最不良之林木的開始伐採，直到達到要求的疏伐強度（王子定，1964），依行政院農業委員會林務局羅東林區管理處（2006）其選木的次序如下：

1. 枯死木、瀕死木。
2. 受害木（包括風折為害木、鼠害木等）。
3. 不良傾倒木、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。

而下層疏伐的疏伐強度，可分為 A、B、C、D、E 數種，然各學者的主張不同，但大致如下：

疏伐度 A 為最弱度疏伐，伐採的範圍為被壓木以下冠層的林木；而 B 為弱度疏伐，伐採範圍為被壓木與部份或全部之中庸木（或稱中勢木），依學者主張，伐採材積常少於 15%，由於並無伐採至次優勢木，留存木根群之競爭仍非常激烈，另外，因為無法形成足夠之孔隙透光，所以促進留存木之生長不顯著；疏伐度 C 為中度疏伐，其伐採範圍包括全部的被壓木與中庸木，而是否要伐採少數的次優勢木則依學者主張，其伐採材積大約為 25%至 35%；D 度疏伐則為強度疏伐，除了伐採被壓木、中庸木以外，部分或大部份之次優勢木也一併伐除，伐採材積常大於 40%；而疏伐度 E 則是比疏伐度 D 強的疏伐，又稱促進成長伐或受光伐，其目的為加速優勢木的生長，但因伐採量大，林冠裂隙往後可能無法密合，林地空間可能長期未被充分利用，使材積的生長減少，所以必須保證，生產出大材的價值足夠彌補材積損失的價值（王子定，1964）。

下層疏伐之疏伐木通常都是小樹，對於保留木水分、營養增加與樹冠發展空間的拓展有限，強度較小的下層疏伐對於留存木促進效果之主要因素為減少根羣競爭，而疏伐下的小樹常常無法銷售或有效利用，所以如果是在輪伐期的後半期實施，則疏伐之小樹利用價值較高，下層疏伐其選擇疏伐木的技術較少，通常只留下優勢木及次優勢木之類，因此，在疏伐木的選擇上，發生錯誤的機會較小。另外，採行下層疏伐時，如果想增加冠層的縫隙，採用較強的疏伐度較佳（王子定，1964）；而陳重銘（2002）引用學者郭幸榮與關秉宗（2001）稱：「強度疏伐通常以主伐時收獲的株樹為依據而留存林木，故只有在不再進行後續疏伐作業時才實施，或為進行林下增植耐陰樹種、建立複層混生林，以增加生物多樣性時實施。」

(二) 上層疏伐 (Thinning from Above)

上層疏伐源於闊葉樹多行自然更新之法國(王子定與劉嘉昌, 1964), 又稱為冠層疏伐 (Crown Thinning) 或優勢木疏伐 (Thinning in the Dominant), 上層疏伐主要針對上層之次優勢木伐採, 而如果優勢木與中庸木對目標之選留木生長不利, 也一併伐除, 通常選留木為幹形完滿通直、富成長潛力之優勢木、次優勢木與中庸木。上層疏伐需要較高的技術水平來決定疏伐木的選擇, 疏伐度也不易區別, 所以, 上層疏伐的疏伐度通常以底面積或其他林分密度指數來決定。由於上層疏伐伐除的都是上層較大之林木, 所以其疏伐的經濟收益較下層疏伐來得大。通常連續實行上層疏伐後, 會形成明顯之兩層林, 即上層之選留木與下層木, 而通常下層林木會產生一些效應, 如填充林下孔隙, 阻止其他植物群發育; 與下層疏伐相比, 上層疏伐後之下層林木之樹冠, 能夠加速留存木的天然修枝, 防止萌發擴張枝, 並且庇護林地, 減少發生乾燥的情形, 另外, 林分呈現垂直鬱閉 (vertical closure), 相較之下, 能避免如下層疏伐較強之風害, 所以如果中庸木與被壓木不能成為理想之下層林木, 則上層疏伐難以施行 (王子定, 1964)。

(三) 選擇疏伐 (Selection Thinning)

選擇疏伐是由德國森林學家 Borggreve 所發展之疏伐方法, 他認為壯齡與老齡之優勢木多為多枝、彎曲之林木, 不適合製材, 但仍有高度價值, 如果適當伐採優勢木, 則能刺激次優勢木之成長 (郭寶章, 1964a), 而選留之次優勢木、中庸木與小型之優勢木, 通常能發育成通直無節、枝條較少之林木, 在發展旺盛之優勢木伐去後, 次優勢木或被壓木會取代優勢木。通常下層木如果為陰性樹種, 上層木伐除之反應能力較好, 所以成為選留木之機率較大, 而陽性樹林分在植栽初期, 材積蓄積常稀疏不規則, 容易成為粗劣的優勢木, 較適合以選擇疏伐伐除; 另外如美國東部之白松, 因為受到白松象鼻蟲的影響, 優勢木形狀越變越不佳, 所以應在樹幹還是通直狀態, 趁早伐除利用為宜 (王子定, 1964)。

選擇疏伐之收益常常會高於上層疏伐與下層疏伐, 而整體林分木材的利用率也高於他者, 下層林木效應與上層疏伐相似, 但選擇疏伐可能會讓林分生產減退, 而且上層林木疏開, 留存木若直徑肥大之反應較緩, 樹幹仍細長, 易遭風害, 而以遺傳觀點, 長期施行選擇疏伐, 使生長旺盛的樹

種移除，剩下的留存木成為母樹，使次代皆非生長旺盛之品系（王子定，1964），對森林長期之經營有不好的影響。

（四）機械疏伐（Mechanical Thinning）

機械疏伐是以間隔與距離來選留與伐採林木，而不管冠層層級，其適用於未施行過疏伐之擁擠幼林，擁擠的幼林太密集，無法有效使用傳統疏伐方式，如強制進行疏伐，則其成本高昂，另外，機械疏伐也用在尚未明顯分化冠層之林木，或是林分中優勢木數量充沛之林分，由於其施業特性，故不需高技術來選擇疏伐木；機械疏伐分為兩種，第一種為間隔疏伐（Spacing Thinning），或稱空間疏伐，其對象為過度擁擠之幼年林分，樹高約在 2 至 3 公尺時施行，先決定一固定距離，選擇保留木，其餘則伐除，但間隔疏伐也有彈性，能決定較優良之留存木，再將選取範圍內之其他林木伐除。由於適用於幼齡林分，故疏伐下之林木利用價值不高，而大多也建議，間隔疏伐只適用於第一次的疏伐，不該再行施用（王子定，1964）。

第二種機械疏伐為行列疏伐（Row Thinning, Line Thinning），施行方法為依規定距離或是林木株數，施行行狀或帶狀的伐採，如砍一留二或砍四留六。雖然行列疏伐常會引起不整齊樹冠的現象，但也不致會讓樹幹變成橢圓形，其唯一缺點就是無法選留較優良之留存木。由於人工林之栽植大多為直行，施行行列疏伐快速方便，再加上疏伐帶可作為運材使用（王子定，1964），降低疏伐成本。

另外，也因為行列疏伐之疏伐帶能夠成為運材通道，所以學者王子定（1964）建議其與其他疏伐合併施行，在留存帶施行他種疏伐方法。

（五）自由疏伐（Free Thinning）

由德國森林學家 Herk 提出自由疏伐方法，目的為改變林相，使林分能夠生產良好樹形且高價值之林木，並將輪伐期變短，且能夠連續生產；他主張疏伐的要旨在於價值生產而非材積生產，並且認為以樹冠級作為根據並不能充分說明林木適應環境所呈現之反應，疏伐之施行不應該被方法所侷限，反對不自由疏伐法（郭寶章，1964a）。

定量疏伐則與定性疏伐有所不同，以森林測量學為基礎，依據疏密度預定表（疏伐指針，thinning regime or thinning prescription）或各種計算式，

調節立木株數（林分密度），而這些疏伐參考式或參考表，通常是以林分密度管理圖、疏伐試驗、林分調查之資料分析、育林學（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006；王子定、劉嘉昌，1964；陳重銘，2002）、經驗法則所產生，常見的疏伐依據如下：

1. 疏伐指針表與林分密度管理圖

由林分密度管理圖所編製而成，林分密度管理圖為日本育林者安滕貴在 1968 年所提出，其參考林分發育，將平均樹高、株數密度、各胸高直徑與材積之間的關係，繪製在圖上，縱軸為材積、橫軸為株數密度，圖內有數種線，較基本的線為以下所列：最大密度線，表示各種株數密度下之最大材積；等樹高線，在同樣樹高下，株數密度與材積的關係；等胸高直徑線，也就是在相同胸高直徑下，株數密度與胸高直徑的關係；而其他線則依目的與精細程度而不一。

2. 根據平均直徑推算之單位株數

$$\text{如： } N = \frac{9000}{D(D+2)}$$

N 為每公頃留存之株數，D 為平均直徑階，以 10cm 為單位。

3. 依據株間距離與直徑決定留存木距離

此類疏伐決定法，較有名的為 D + 6 規則，美國森林學家 Mitchell 在指導林農疏伐時制定的規則，留存木之距離為平均直徑(D)加上常數(X)，而適當之距離為 D+6 到 D+3.3 之間，以 D+6 為例，當平均胸高直徑為 8 英吋時則株間距離定為 14 英呎。

4. 由樹高決定留存株數

$$\text{如： } N = \frac{10000}{\left(\frac{H}{5}\right)^2}$$

N 為每公頃保留木適當株數，H 為林木平均樹高；另外如森林學者 Wilson 提出的式子，N 為每公頃保留木適當株數， δ 為密度指數，hd 為優勢木平均樹高。

$$N = \frac{1000\delta}{(hd)^2}$$

5. 其他尚有以當前株數與地位指數決定留存木株數、某樹高所需齡數、樹冠投影面積、樹冠寬度、樹幹形成層面積、胸高斷面積...等決定疏伐量。

然而，我國疏伐施行的方法，通常是採用定性與定量混合的方式（陳重銘，2002），通常是同時決定疏伐量與疏伐方式，再依據擇木標準選取疏伐木，而我國採行的疏伐方法大多為下層疏伐。

二、疏伐時間與疏伐強度

疏伐開始的時間為林分之樹冠開始接觸，而疏伐對林木生長又確實有促進效果的時候（郭寶章，1964a），換句話說，若林木已經處於成熟至老齡，疏伐對生長無幫助，施行疏伐就無必要。美國林分首次疏伐的標準在於生活樹冠率（Live crown ratio），若該能夠維持一定比率，則不需疏伐，除非合於經濟疏伐原則，而當生活樹冠率降至一危險程度，就必須施行疏伐（王子定，1964）。影響首次疏伐時期的因子如下（王子定，1964）：

（一）氣候

土壤優良、氣候溫暖，林木生長較速，也就是該地位指數較高，則首次施行疏伐的時間宜早；而部分有風折、風倒或雪壓疑慮的林地，也應該早行疏伐，以使林木生長強健，形成適當的尖削度，抵禦風、雪之害，所以最好能施行多次弱度疏伐，保持林分鬱閉但仍有生長空間。

（二）植物生理

生長勢越強越能抵抗病蟲害，因生長競爭而衰弱的密林則較易受到感染，疏伐能將遭受病蟲害之林株移除，所以有病蟲害疑慮之林分，宜早行疏伐；陽性樹種不耐蔭，應比陰性樹種早施行疏伐；闊樹冠之樹種應比狹窄樹冠之樹種早進行疏伐。

（三）林分密度

密林應比疏生林較早施行疏伐。

（四）森林經理目標因素

美國的林業經營，通常會等到疏伐木之收益能夠抵償疏伐成本而能獲取中間利潤時再行疏伐，然也因為如此，多數林分未能合理疏伐，使整個森林經營陷入失敗。幼齡林分之疏伐，由於疏伐木價值甚低，疏伐視作一

個投資，被稱為前商業性疏伐（預先投資之商業疏伐），然而該疏伐之目的在於提高最終收穫之價值，王子定（1964）引 Zasada 觀察 20 年生白楊林分，如果進行前商業性疏伐，最終之收益為原立木價格之三倍，在整個輪伐期中獲得較大的收益；而部分採行工藝輪伐期概念之林分，由於目標之木材形質與特性不同，影響其疏伐的時期，如以桿材為目標者，重點在於樹形通直，樹幹呈圓柱狀，所以不需要太早施行疏伐，太早疏伐反而會使樹幹呈尖削狀。

首次疏伐的資料，能供下一次疏伐施行之參考，兩次疏伐之時間間隔應該視林分組成狀態而定，不應該墨守固定的計畫，當林分再度鬱閉就應該要進行疏伐，以保持森林合適的密度，但是疏伐對林分之影響，有時候是經過數年才具體反應，所以疏伐間隔不宜過短（郭寶章，1964a）。另一種觀點認為，首次疏伐後，如果林分沒有陷入生長停滯或其他因競爭產生之危害，則不需進行疏伐，除非因為疏伐採取之疏伐木，能獲得較大之經濟利潤，所以如果疏伐木價值小，則會延遲二次疏伐之時間間隔（王子定，1964）。

疏伐強度隨著地位級、樹種與林分生長情形和目標木材之規格不同而不同，但以經濟與技術的觀點來看，通常強度疏伐會是較為適宜的疏伐強度（郭寶章，1964a）。強度疏伐之疏伐木多，可獲得收益較多，而砍伐時，由於留存木較疏，較不用擔心倒木支架的問題；但也有學者認為，強度疏伐之留存木，通常都會是主伐收穫木，所以只有在往後不再進行疏伐時才實施，或是為建立複層混生林、增加生物多樣性等目標下實施（郭幸榮、關秉宗，2001）。

疏伐方法的抉擇與林分生長時期的關係密切，王子定（1964）認為任何一種疏伐方法都僅適合林分的某一時期，疏伐方法必須要隨林齡與空間而有所不同，建議的疏伐順序為機械疏伐、選擇疏伐、上層疏伐、下層疏伐，順序中任何一種方法皆可抽離，但不該顛倒施行，除非下層樹冠級有大量儲備，才能將最後之下層疏伐改成上層或選擇疏伐，機械疏伐用來減低幼林之林分密度，消除生長停滯的現象，再由選擇疏伐伐去上層劣質的優勢木，並且由上層疏伐將良好之優勢木與次優勢木留住，使其占優勢地位，藉由下層效應自然修枝，最後再以下層疏伐增加直徑之生長速度。

第三節 疏伐的影響

一、疏伐對留存木與林分的影響

實證文獻中，學者公認的疏伐對留存林分之效益只有平均值淨肥大、促進生長率與減少林木自然死亡率等作用，至於疏伐是否會增加總收穫材積、可利用材積並減少林木高度，則依各地環境、不同樹種而有所不同，並無普遍性的說法，以史考特松生長的研究為例，Mäkinen et al. (2005)、Mäkinen 與 Isomäki (2004)、Eriksson 與 Karlsson (1997) 指出下層疏伐會同時減少總材積與可利用材積，而疏伐的密度增加會使樹高增緩，但 Bucht (1985) 認為疏伐後會使樹高增加，Kramer and Ju"nemann (1984) 則指出輕度疏伐有助於材積的增加。

國內在這方面的實證文獻主要分成兩類，第一類是以統計檢定疏伐效應是否具顯著性，如羅卓振南等 (1987) 以六龜地區 22 年生的紅檜人工林為對象，進行下層疏伐試驗，其以每公頃胸高斷面積保留量作為疏伐基準，分成弱度疏伐 (保留 34 m²/ha)、中度疏伐 (保留 29 m²/ha)、強度疏伐 (保留 24 m²/ha) 與未疏伐之對照組，在七年後調查發現，以生長率與胸高直徑生長量而言，強度疏伐最具效果，樹高則是中度疏伐較具效果，但以整體林分的質量而言，中度疏伐最佳，另外，由於對照組樹冠鬱閉，部份中庸木與被壓木缺乏生長空間，每公頃的枯死林木達 157 株，經疏伐過的林分則無此現象，故疏伐撫育作業有其必要性；而羅卓振南等 (1992)，在六龜地區林齡 14 年的台灣杉人工林為對象，做自由疏伐與修枝工作，並將不良幹形之林木伐除，改善林分結構，其成果與 1987 年同樣為六龜地區的紅檜人工林疏伐類似，疏伐對胸徑、樹高、斷面積與材積、斷面積生長率與材積生長率，都具有顯著性影響，而強度疏伐又比中度疏伐效果更佳。比較特別的研究如羅卓振南等 (1997) 的研究，該疏伐的目的在於變更林相，其以棲蘭山區的柳杉人工林為材料，進行砍二留六至砍五留六之行列疏伐，並在疏伐帶植種台灣杉、香杉、台灣扁柏、紅檜營造複層林，結果顯示砍三留六至砍五留六的行列疏伐之植栽生長較好，六年後造林木存活率約 90%，而香杉與台灣杉雖然生長較快，但卻有風折或風倒的現象，31% 的香杉更出現松鼠啃食為害，故作者認為棲蘭地區固有之扁柏、紅檜樹種是較好的造林樹種。

第二類文獻則以建立模式模擬分析疏伐對生長影響，以李久先、顏添明、陳朝圳等人做的最多，相關論文如李久先和陳朝圳（1985）、羅紹麟和馮豐隆（1985）、李久先等（1997）以 Weibull 機率密度函數模擬疏伐對紅檜人工林直徑分布之影響，而李久先和顏添明（1998a）與李久先和顏添明（1995），採用 Richards 生長模式建立單木生長模型，並以此模型探討不同疏伐強度對林木胸高斷面積、樹高變化之影響，其結果顯示疏伐對樹高未有顯著影響，但能促進胸高斷面積和材積生長；另外李久先和顏添明（2000），以不同疏伐度和齡級做為因子，將 Richards 型態做為基礎，建立紅檜人工林的地位指數曲線，藉以評估其生產力，做為林業經營依據；除了 Richards 生長模式以外，李久先和顏添明（1994、1998b）也將其他模式如 Mitscherlich、Logistic、Gompertz 和 Richards 生長模式比較，其結果表示，Richards 生長模式不論在模擬胸徑、樹高或材積生長皆為較好之模式，雖然有較多的文獻探討 Richards 生長模式和 Weibull 機率密度，但魯先智（1982）、高強（1982）則以 Bertalanffy's 模式為基礎，加上生物定律以符合生物學上之意義，處理柳杉的疏伐與未疏伐林分，另外，楊文琪（1992）則使用植物學上的管束模式理論來探討大雪山 16 年生之紅檜，經過不同疏伐處理後，光合作用組織量與非光合作用組織量的關係，並由此來看疏伐對立木品質的影響。

二、疏伐對林相與景觀的影響

江菊美（1996）歸納影響森林景致之因子，包括樹種、林齡、林分密度、樹幹與冠層、位置因子、植被...等，以美質評估法為基礎，認為傳統檜木人工林的植栽密度太高，造成林內光度不足，應施行強度疏伐、修枝，提高林內光度，增加空間的開放性與明暗對比，並讓視線得以深入，進而提高遊客滿意度。而 Silvenoinen et al.（2002）由七種人工林伐採形態的相片做問卷調查，研究發現除了皆伐與更新伐對森林美質影響是負值，各種不同類型之疏伐都對森林美質有正面的影響。

三、疏伐對生態與生物多樣性的影響

植物方面，郭幸榮、翁世豪與徐新武（2001）以竹東林區管理處竹東事業區第 29、34 林班為對象，觀察疏伐後產生的微環境與植群變化，結果顯示強度疏伐增加木本植物的物種數，但因為集中度偏高，計算出的歧

異度指數反而減少，弱度疏伐木本植物之歧異度反而較高，而中度疏伐則是有較高的草本植物覆蓋，木本小苗之種類與數量皆次於強度與弱度疏伐，其推測可能與抽樣地區之地形有關，而張勝傑（2003）調查中興大學新化林場 24 年生大葉桃花心木人工林林下小花蔓澤蘭之生長，該林於三年前曾施以不同強度之疏伐，由於小花蔓澤蘭偏好高溫高濕之環境，林分鬱閉度在 50% 以下時，人工林受小花蔓澤蘭危害的情形嚴重，然在林分鬱閉度 80% 以上，幾乎無小花蔓澤蘭的生長；另外，林齡越小，枝下高與覆蓋率就越低，有利於小花蔓澤蘭會被小花蔓澤蘭所威脅。

在動物方面，Baker 與 Lacki（1997）調查肯德基州丹尼爾布恩國家公園的鳥類群集發現，森林經過伐採後的兩年內，鳥類族群結構出現改變，一種邊緣鳥類（edge species）減少、三種灌叢鳥類（shrub-scrub species）增加，然而其影響並沒有持續。蔡錦文（2000）觀察台大實驗林茅埔營林區杉木造林地，輕度疏伐前後鳥類的組成差異不大，但短期間內，鳥類密度與刺鼠族群急遽減少，雖然疏伐 10 個月後，鳥類密度回復成原來之水準，不過由於此研究只有探討輕度疏伐與未疏伐的差異，無法看出不同疏伐強度所造成的差異。Yuan、Ding 與 Hsieh（2005）進一步以觀霧地區的柳杉造林地為例，考慮不同疏伐強度的因子，其指出中度疏伐的鳥類與小型哺乳類的歧異度最高，因為中度疏伐的濕度與土壤水勢較其他處理來得高，促使林下植被生長，提供冠叢鳥類與哺乳類動物食物來源與躲避天敵之掩蔽，增加兩者之歧異度，而強度疏伐因為使林地蒸發量增加、濕度降低，所以下層植被之生長反不如中度疏伐，另外，疏伐可能會造成少數棲地改變，容忍度低的物種消失，使容忍度高的物種存留而成為優勢種，改變物種之組成結構；洪美珠（2004）則以林試所六龜分所之臺灣杉人工林為對象，觀察疏伐對底棲甲蟲的影響，結果顯示疏伐臺灣杉人工林之甲蟲組成不同於未疏伐林分，其中前者林分中以碎屑食性之甲蟲的數量明顯高於後者，而這也增加了疏伐林內之養分循環，促成地被草本、木本植物的增加。

四、疏伐對土壤、微氣候與碳吸存之影響

在森林微氣候方面，疏伐會提高林地的溫度、溫度變動範圍，並改變土壤水潛勢（soil water potential），然而實證研究上，疏伐對水蒸氣壓虧值

(water vapor pressure deficit) 的影響則有不同的結論 (S. Weng 等, 2007; Meyer 等 2001)。

由於疏伐減少林地立木株樹，增加了土壤死亡根，使得根呼吸減少，留存木卻因為增加的生長空間與陽光，促進根系呼吸量，而微生物分解死亡根與伐下之枯枝落葉，增加了土壤呼吸，另外，疏伐後使林分溫度增高，增加微生物活性，也導致土壤呼吸的增加，增加大氣中之二氧化碳濃度，游偉青 (2006) 測量惠蓀林場杉木疏伐與未疏伐林分之土壤呼吸，其結論為疏伐作業會增加土壤呼吸，而土壤呼吸量與溫度呈現正相關，與理論一致。

因為疏伐會影響林地內的立木密度，所以不同的疏伐方法會改變林地的碳吸存量，Hoover 與 Stout (2007) 以賓州西北 1922、1923 年建立的 Allegheny 硬木林分實驗，其於 1975 與 1990 年在實驗地進行兩次上層商業性、中層商業性、下層非商業性疏伐，各種疏伐方法採行相同之強度，約 30% 至 40%，比較未疏伐之對照組，結果顯示，下層疏伐能夠促進碳吸存，優於對照組，而對照組又優於其餘疏伐方法，這顯示適當的疏伐能有助於林分內的碳吸存。

另外，國內的研究顯示不同疏伐強度作業下之林下透光率有明顯差異，強度越高的疏伐，疏伐的透光率越高、不同時間透光率的變異越大、R/FR 值也越高，氣溫與土壤溫度方面，除了強度疏伐使 4-9 月溫度較高，其他強度間的差異不大，但這些效果都會隨冠層逐漸鬱閉而減少，另外中度疏伐的相對濕度與土壤水勢較高，弱度疏伐與不疏伐次之，強度疏伐則最低 (翁世豪, 2004)，換句話說，疏伐使林下光量與溫度增加，而這兩種效果能夠刺激微生物活動，林下枯枝落葉得以分解腐朽，增進地力，如果存在大量積具沒有分解，則林木不能有效利用有機物 (郭寶章, 1964a; 王子定與劉嘉昌, 1964)。

然疏伐對土壤影響方面的實證研究，國內一直到近年才開始重視；其中，氮素是影響植物生長之重要因子之一，莊舜堯等 (2005) 以竹東柳杉疏伐林為例，比較未疏伐林分與各強度之疏伐林分中，土壤內氮的礦化與硝化作用之速率，其結果顯示，隨著疏伐度的上升，淨礦化速率、硝化速率、土壤礦化氮累積量皆隨之提高，但土壤無機氮之含量在各疏伐處理下，

並無顯著性差異，其認為疏伐降低了林分密度，增加地上的光照、溫度與水分，溫度與水分的提高有助於土壤氮的礦化，但疏伐強度的提高則會增加無機氮的淋失；疏伐對於林地其他土壤養分之影響方面，張瑀芳(2006)研究和平事業區 61 林班之柳杉人工林，其認為由於疏伐能促進有機物分解與礦化作用，釋出鹽基離子，使土壤 PH 值提高，但因林分孔隙的增加，使降雨淋洗速率增加，使氯離子和硫酸根離子之含量明顯提高，另外，疏伐引起的土壤溶液化學成分的改變隨土壤深度而遞減，類似的結果也出現在 Baumlner 和 Zech (1998)，其以巴伐利亞阿爾卑斯山脈上的試驗，但在該實驗結果中，PH 值會因疏伐而減少。

疏伐對水土保持影響方面的研究，如陳明杰(2007)，其認為疏伐作業施行之過程，如伐木與木材搬出會使土壤擾動並且壓密，使土壤大孔隙量減少、小孔隙量增加，通氣度與滲透的能力不良，增加地表逕流，而高強度的疏伐會使地表裸露，增加蒸發作用，使土粒鬆散，土壤沖蝕量增加；但是在進行適當的疏伐作業後，能增加林下光照，使氣溫與土溫增加，促進地被植物之生長與微生物對枯枝落葉的分解，改善土壤 PH 值與團粒構造，良好的團粒構造有助於水分滲透與儲存，而鬱閉的林分由於下層缺乏光照，相對使腐植質供應減少，降低團粒作用，使土壤孔隙結構不良，下雨時因為滲透不良而增加地表逕流，增加地表沖蝕，而疏伐遺留的殘枝和落葉，增加土壤水分的保留能力。

五、疏伐對輪伐期的影響

由於疏伐會改變直徑與材積生長的分佈，進而影響同林齡之林分收穫價值，並且，還要考慮到疏伐作業中，伐木造材與集運的疏伐成本，提早販賣疏伐木得到的疏伐木收益等，使疏伐作業與其所造成的效應可能會影響到輪伐期的決策，也就是會影響同一塊林地上兩次伐採時間距離的長短，然而，輪伐期分成許多種，每種輪伐期時間長短不一，疏伐對其影響大小也都不一樣，根據劉浚明(1996)，輪伐期分成兩大類，第一類是不考慮木材價格因素的輪伐期，另一類是考慮木材價格因素的輪伐期，常見的輪伐期有六種，詳列於下，其中的一到三種為不考慮木材價格因素的輪伐期，四到六為考慮木材價格因素之輪伐期：

(一) 自然輪伐期

自然輪伐期指的是到林木生長到有充分能力可以自然更新、已到衰老期或者是心材形成的時期，然而如果沒有長期的造林經驗與記錄，不容易預估。

(二) 工藝輪伐期

工藝輪伐期則根據工業用材之規格和形質決定輪伐期，如紙漿用材就比製材用材的輪伐期來得短，通常工藝輪伐期可以用以下公式來決定， T 為輪伐期， a 表示達到要求胸高之林齡， D 代表木材之直徑規格， b 表是年輪之寬度。

$$T = a + \frac{D}{2b}$$

(三) 材積收穫最大輪伐期

材積收穫最大輪伐期指一定面積的林分上，產生材積最多的年齡或平均年成長最大的時期，後者的決定式為平均年生長量等於連年生長量。

(四) 金錢淨收益最大輪伐期

金錢淨收益最大輪伐期指一定面積的林分，伐採林木能得到最大淨收益的時期，又稱為林地租最大輪伐期。(推導略)

(五) 淨現值之輪伐期

淨現值之輪伐期指一定面積林分，其木材收益、造林成本、伐採成本，能產生淨現值最多的時期。(推導略)

(六) 林地期望值最大之輪伐期

林地期望值最大之輪伐期又稱為最大財政輪伐期，最大林地期望值下，以林地永續經營當前提，不斷在林地上造林與伐採，計算此林分伐採之現值與每年之管理費用。(推導略)

根據劉浚明(1996)之研究指出，材積收穫量最大輪伐期最短，適合紙漿用材，林地期望值最大輪伐期則次之，適合紙漿用材與角材，淨現值最大之輪伐期較長，適合板材類，而金錢淨收益最大之期望值則最長，用來製材類最合宜，而疏伐對各種輪伐期影響不一；因為疏伐能夠提早形成

心材¹⁰並到達目標規格使輪伐期減短，所以疏伐會讓自然輪伐期與工藝輪伐期減短，然而因為其對連年生長量的促進，疏伐使其他輪伐期延長，另外，疏伐讓金錢淨收益最大輪伐期、淨現值最大輪伐期與林地期望值輪伐期各衡量標準的價值減少，作者認為，這是因為價格函數沒有對品質作區分所造成的，無法反映疏伐木在木材品質方面的改進。

林子玉（1976a；1976b）則以當時日本各地的林業作為例子，說明各種營林型態的疏伐次數，其大部分採用的輪伐期形式為工藝輪伐期，如食天肥林業，以生產造船大材為目標，故採用疏植長伐，輪伐期 55 年，於 20~30 年與 30~40 年實施兩次低強度的疏伐，伐期的株樹為每公頃 400 至 500 株，胸高直徑約 45cm；而欲生產柱材與小角材為目標的青梅林業，則是多植短伐，以 35 年為輪伐期，其於 20 年生實施一次弱度疏伐，伐期之立木株樹每公頃為 2,200 至 2,300 株，平均胸高直徑在 15cm 至 17cm 之間；另外，值得一提的，以酒桶和建築用材為目標的吉野林業採取的是密植長伐期，以 100 年作為輪伐期，植栽密度每公頃達萬株以上，不過在林齡 15 年即開始實施疏伐，前後達 13 次之多，然最後伐期優勢木之平均胸徑，只有 7.4cm 左右。

六、疏伐的經濟評估

一般林業經營文獻探討的部分僅止於主產物的經營，少部分國外文獻如 Pilz、Molina 與 Mayo（2006）探討酒杯蘑菇（Chanterelle Mushroom）等森林副產品。而林業經營在疏伐方面的經濟評估，國內的研究不多，大多僅就疏伐作業成本做比較，早期的文獻如蔡鐘鎰（1977），以棲蘭山區的柳杉 14 到 18 年生的幼林為對象，對 207.3 公頃之林地連續施行三次弱度下層疏伐，每次間隔五年，首次疏伐平均疏伐斷面積為 16.07%，株數疏伐量為 22.65%，一旦末徑在 4.5 公分以上即行造材，造材率達到 80%，由於造林成本牽涉太廣，先以省略，再利用會計法計算疏伐費用，得到平均作業成本為每立方公尺 1,528 元，而平均盈餘為每立方公尺 584 元，疏伐木銷售價值足以抵償作業成本，並有 38.19%之盈餘。

另外，疏伐成本與疏伐效率的文獻，如鄭欽龍等（2006）以林務局在 2001 年進行的 45 件疏伐計畫，依據環境與作業方式，做疏伐成本的計量

¹⁰ 引自劉浚明（1996），81 頁表一。

分析，以作業標案的得標價格當作應變數，其結果顯示每公頃疏伐株數、是否搬出疏伐木、搬出林地的疏伐木數、是否在花東地區等解釋變數，在統計上有顯著性的影響，而花東地區虛擬變數有顯著性影響的理由為，花東從事農林漁牧業的人口偏高、失業率高、平均工資也較低，使疏伐成本較低。任憶安與陳宛君（1996）則以六龜地區在 1996 年的人工試驗林疏伐個案，以會計成本計算方法分析疏伐作業成本與採運成本，並比較林務局直營作業與發包作業，何者的疏伐效率較高，其結論為在不包含運費下平均每才成本約為 30 元，並且發包作業工作效率較高，發包作業每小時效率約為直營作業的 1.6 倍。湯適謙（2004）整理了森林採運作業成本的計算方式，並且指出 Kellogg 等人在美國 Oregon 州國有林，針對西部鐵杉、司特卡雲杉及花旗松進行疏伐，以三種疏伐方式：寬式作業、窄式作業、鯡魚骨狀疏伐方式為之，其將整個作業分成伐木、造材、集材、裝材四部分的成本，計算後發現鯡魚骨式疏伐的作業成本最低，而疏伐作業可能有利不及費的問題。然吳學平（2001），以民國 88 年 12 月 5 日與 12 月 6 日之新竹林管處竹東事業區第 7 林班 25 年生柳杉疏伐採用進行研究，研究方法為集中抽查-直接時間研究法，以各作業工作標準之平均工時推算出直接工資，再加上其他附屬作業費用與運費，並比照當時之柳杉中下材平均市價，其認為該柳杉之疏伐，仍有 18.1% 之利潤。

國內完整疏伐經濟評估的研究皆為事前評估性質，也就是計畫在特定何時採取何種疏伐強度會產生較高的利潤，而這類文獻分為兩種，一種為使用 Faustmann 模型的文獻，Faustmann 模型為傳統林業經營的決策工具，以永續林業經營為前提，極大化林地期望值為基礎，高強（1980）即利用極大化林地期望值與三度空間動態規畫，來處理疏伐經濟分析，探討如何適度的運用早期非經濟疏伐、經濟疏伐、施肥與更新伐，值得一提的是，其模型內有對不同疏伐方式調整的變數，由疏伐前後之不同平均直徑來表示機械疏伐、選擇疏伐、下層疏伐。

在我國文獻中，考慮單一輪伐期之淨現值法之研究比 Faustmann 模型來的研究來得普遍。同時使用單一輪伐期之淨現值法與林地期望值的文獻有楊榮啟（1976），其以電腦程式模擬不同設定下的淨現值與林地期望值，而考慮單一輪伐期內之淨現值的如紀儀芝（2004），該文獻為評估東勢林區大安溪管理處的各林班的針葉人工林疏伐，使用簡單加權法將疏伐功能

分為經濟性與公益性，其中的經濟性評估使用的為淨現值法，分析各種人工林合適的疏伐強度，其結果顯示紅檜、扁柏、台灣杉適合不處理，杉木與柳杉依各林班不同最適疏伐強度亦不同，但由於並無使用數理模型求出最適化的疏伐時間，主伐時間也被固定住，所以仍有所侷限；將疏伐時間最適化的文獻有高強（1982），以台灣大學實驗林柳杉疏伐的資料，結合Schmacher、Clutter、Von Bertalanffy的生長理論建立生長模式，再由成本收益法（淨現值）分析台大實驗林與林務局北部造林地，應用動態規畫正向求解，得出一般化的林業最佳經營模式，同樣在楊秋震（1983），並同樣使用動態規劃求解方法，而疏伐時間為五年評估一次，比較最大材積收穫與最大經濟收益兩種目標，經濟收益的部分依然使用淨現值法；但前述使用淨現值法的研究並無考慮到不確定性因素；陳重銘（2002）以單一輪伐期之淨現值為評估依據，考慮 16 種已設定的柳杉疏伐方案，包含兩種疏伐時間、四種疏伐強度與疏伐木搬出與否等決策，使用蒙地卡羅模型處理計畫不確定因素，其結論為疏伐後 15 年主伐、強度疏伐、疏伐木搬出為淨現值最高的方案。

而 Cao et. (2006) 認為最適林分管理的關鍵包括輪伐期長短、時間、頻率、密度和疏伐方式，而最適疏伐則牽涉林分生長模式和數量的最適，故其分析芬蘭南部同齡林挪威雲杉的最適疏伐制度與輪伐期長短，其結論為最適疏伐制度和輪伐期長短端賴地點的生育條件和原始林分的狀態，首次疏伐的形式應視原始林分密度而定；然文獻之中，專注於最適疏伐的研究是較少的，相對之下，討論較多的是最適林分經營研究或是育林措施施行最適時期的主題，由於疏伐為撫育措施中的一項，所以這類研究中，常會牽涉到疏伐決策，但大多都將疏伐決策予以簡化，單純的考慮林分經營期間的材積取出，並在生長模式微調，而「最適」通常是以經濟評估來當作依據，如高強（1980；1982）、李國忠等（2000），以單一輪伐期內淨現值最大或是林地期望值最大來當作評估標準。在德國、芬蘭、挪威、美國，這類的森林經營決策常藉助於森林經營支援系統，模擬收穫與地景的變化以輔助決策，如 SILVA、CORKFITS、BWINPro 等。另外，本研究並沒有找到評估不同疏伐方法經濟收益與經濟成本的國內文獻，與不同疏伐方法造成林分經濟價值影響之文獻，而這是本研究欲探討的兩個主題。

我國和森林經營與收穫計畫相關之文獻不多，可能與我國的林業界普遍不以林業收益來作撫育的參考依據有關。過去日本的林業經營，常以工藝輪伐期的概念作為撫育依據，營林目的為製造目標規格之木材，而並不以該林分產生最大收益的經營方法來施行撫育（郭寶章，1964b），然我國也不以這種概念當作森林經營依據。

另外，在當前森林多目標利用、森林永續經營、維護生物多樣性等理念之下，人工林的經營目標通常為多樣化的，在經理層面，如果加入許多森林非市場價值的考量，就很難得知其所謂的「最適」，因此在森林生態系經營中，不以全面掌控森林出發，取而代之的為適應性經營，由經驗的不斷累積，逐漸改進森林經營的方法，但即使如此，經濟林為林木收穫而存在，為提供民生所用，因而更周密、更細膩的考量森林各項效益是當前所必須重視的。

第三章 疏伐決策

在文獻回顧後，本章進一步探討林業經營者之疏伐決策，包括是否疏伐與進行何種方式之疏伐，檢視疏伐流程、疏伐木處置方法與每個環節之工作項目與規範，並由這些項目與規範，瞭解欲進行經濟分析之制度面因子。

第一節 疏伐規畫應考慮的因子

人工林成林後，林業經營者在每個決策時點都會碰到一連串的問題，包括是否需要疏伐？是否進行疏伐？誰來疏伐？要如何疏伐？疏伐的方式與強度為何？疏伐木是否要搬出？要搬出多少？要選用何種集運方式？疏伐木要賣給誰？

是否需要疏伐是一個目的性的問題，需要考量到營林目標與林分當前的狀況，如果要做某種程度的生長調整、林相改良或營造生物多樣性與其他森林資源多功能價值，則經濟收益可能就不是考量的重點，但本研究材料為林木經營區，故以經濟營林為主要觀點。

然而需要疏伐並不意味著一定會進行疏伐，或是進行疏伐會較有利，以商業營林的角度下思考，疏伐進行與否的決策，決定在營林期間整體的收益和成本，本研究在此大致分成三個情況，第一個情況下，疏伐木標售或販賣收益大於疏伐的作業費用，雖然不一定會使主伐時的收益增加，但會使伐期內的總淨收益增加、淨現值增加或提高其林地期望值，在此情形下，林業經營者能夠提早收回造林投資，減輕經營壓力，因此林業經營者有誘因做出進行疏伐的決策，然而收益得提高不代表淨現值為正值，因為在營林之初已投下造林與幼齡林之撫育投資，往後可能因為經濟環境的變化而使投資失敗，如果在林地用途或買賣受限下，業主可能會以減少損失來做為經營目標，由疏伐作業產生的利潤，彌補投入之造林與幼齡撫育之費用，使林業經營者願意進行疏伐。

第二種情形下，疏伐木的標售收益小於疏伐的作業費用，但因為疏伐促成保留木形質之改進，使主伐時的淨益增加，整體的收益、淨現值或林地期望值增加，林業經營有誘因決定疏伐，但誘因不如前者大，在疏伐作業後，主伐時淨收益會增加，但疏伐必須付出額外的支出，尤其經濟營林的時間很長，要等到收獲伐之實施往往需要數十年，而且經營過程中存在不確定因子，可能使林業經營者卻步做出不進行疏伐之決策，如果在決策點上，因為經濟環境變化，重新評估後發現淨現值非正值，疏伐作業之費用往往會增加心理層面的壓力。

最後一種情況為疏伐作業的淨收益可能非正值，但疏伐過的林分營造林副產品生長之有利環境，使林副產品的淨收益增加，或是疏伐使林分在視覺上有者較為爽朗的感覺，營造良好優適之景緻，進而使林分經營之總收益增加，而也由於林副產品和遊客來訪數增加使收益增加的時間，要比等待主伐收益的時間來得短，無形中也增加林業經營者疏伐的誘因。

疏伐木收益、疏伐成本與主伐收益與主伐成本，決定於幾個主要的因子，林分現況與預期生長狀況、木材價格與預期價格、工資、利率等。而林分現況與預期生長狀況中最重要內涵為疏伐時期與主伐時期的收穫材積與狀態，也就是林分總材積與林木的胸徑大小，而後者又關係到不同徑級之林木價格不同，因而在此牽涉到森林經營者遇上的另外一個決策，也就是「如何進行疏伐」。如果說疏伐是控制林分密度、分配未來材積至目標林木的手段，那疏伐方法則存在著決定局部密度分配與材積配給目標林木的意涵，也就是選擇那些地點、哪些特性的林木將被賦予未來林分生長材積的潛能，所以疏伐方法為疏伐決策底下更細部的決策。

第二節 疏伐之執行

本節檢視整個疏伐的程序，內容為參照林區管理處工作手冊上疏伐作業程序之工作項目規範流程，而疏伐作業的產生，最先由林區管理處的林區經營計畫書而來，並於林務局的造林生產組會議指示各林管處，由各林管處提報疏伐施作，經作業課會同工作站進行前置作業調查，作業課編列預定案報請林務局核定，依核定之預定案編製相關招標文件，然後進行招標，由得標廠商依合約施作；所以一個完整的疏伐案包括疏伐計畫之擬

定、前置作業調查、疏伐作業招標與簽訂合約、疏伐施業、監工、檢尺與疏伐木木材標售，廠商主要負責疏伐施業這個部分，而疏伐計畫擬訂、疏伐作業招標、合約書擬定、疏伐木之木材標售由林管處作業課辦理，作業監工的部分由工作站負責，前置作業調查調查與檢尺則是林管處作業課會同工作站執行。

一、計畫擬定與調查

疏伐計畫之擬定，由林管處參考各林管處林區經營計畫書之規畫，並確定年度疏伐木需求規格與數量，辦理疏伐作業前置調查，對疏伐對象註記，最後編訂年度造林預定案之疏伐作業。由於疏伐計畫之擬訂，為林業經營政策與經營目標等較大之框架所指導，故須參考分屬性、林區之分區與經營目標，在生態價值與經濟營林間作一明確界定，由完整的經營規畫下，進行疏伐計畫的擬定，釐清疏伐目的。

疏伐編案有幾個主要工作，包含擇定疏伐預定地、基本資料收集、確定年度疏伐木需求規格、疏伐預定地勘查、疏伐區域樣區調查、疏伐方式與疏伐率決定、選擇疏伐木與註記（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006）；疏伐預定地的擇定與劃定，通常有幾個主要的考量，如該林地之林木樹種與林齡是否達到疏伐時期、林分生長狀況與過去年度之疏伐作業是否有連貫性，另外一個主要的因子在於交通狀況，我國每年夏季颱風豪雨常造成土石坍塌，甚至林道路基掏空，因此高可及之疏伐地與風險較低的林道就成為一個關鍵考量，如果疏伐作業進行一半發生林道不通、工作效率降低的現象，使得廠商需要工數增加，提高疏伐之成本，因此會降低廠商投標意願。另外，部分林管處轄內之疏伐木為集材後進行標售，運材為乙方之責任，如果在得標廠商尚未完成運材，林道發生損害，產生修築林道之責任歸屬問題，就會增加交易成本，如果要求乙方負責，也會影響投標意願與投標價格。因此林管處的疏伐地點會選擇疏伐邊際成本最低而疏伐邊際收益又較高的地區，其中林道長短、路況險易都會是考量之一。

基本資料收集包括該林區經營管理之計畫、航照基本圖、造林台帳、預定地交通狀況與工寮設備等，而且能夠提供林分經營目標、樹種、輪伐期、林道狀況等資訊，以作為預定位置、範圍、面積之決策基礎，並在疏

伐預定地，就林木之生長情形、冠層鬱閉程度、林下植被生長狀況、林道現狀等進行觀察，設立界木並測量實際施業面積，其界木設置依國有林林產物處分規則第 25 條：

「管理經營機關標售林產物前，應在處分作業區境界，設置界木或境界標識，註記於實測面積位置圖上，並於訂約後，派員會同採取人實地指明界址…」

為建立林分基本資料，疏伐地如超過 1 公頃，則須劃定樣區，並依樣區之基本資料，換算成疏伐地林分的基本資料，一般而言，樣區採用系統取樣或是採取代表性林分，面積以水平面積 0.05 至 0.1 公頃為當，理想總樣區面積為疏伐區面積之 5% 至 10%，而調查項目樣區內樣木之樹種、樹高、胸徑與樹冠級，以了解每公頃株數、平均胸徑、平均徑級分佈、林木各樹冠級之分配，並且測量各徑級林木數 10 株，全徑級至少 50 株，建立樹高曲線以計算材積，提供作業之估量（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006）。

而關於經營計劃與伐採計劃的規定，見於森林法第 14、15 條，國有林各事業經營計畫由其管理經營機關編擬，層報中央主管機關核定，而國有林年度伐採計畫，則依事業經營計畫編訂，其林產物伐採由該年度伐採計畫、國有林林產物處分規則辦理，中央主管機關則定訂林產物種類、處分方式與條件、林產物採取、搬運及其他應遵事項之規則；而國有林林產物處分規則第 5 條：

「管理經營機關依各事業區之經營計畫，每年編具年度採伐計畫，層轉中央主管機關核定後公告施行；調整、變更時亦同。前項年度採伐計畫，應包括採伐位置、面積、樹種、作業方式等。林地難於復舊造林或採伐有妨礙水土保持之虞者，其竹木不得予以處分。處分林產物時，其林道、作業道密度及作業方式，應予限制。處分面積過大者，並應以保護林帶區隔之。」

二、疏伐作業執行

疏伐作業之執行，包括招標、擬定合約、疏伐木伐採、造材、集材、搬運與疏伐木標售，相關規定於林產物法採查驗規則、國有林林產物處分

規則和各林管處之工作手冊中，但國有林林產物處分規則所訂之規範內，將伐採、搬運和標售等程序混合，將伐採人與搬運人視而為一，或標售與採取之業者混同，此與實際作業之複雜性不符，應加改進。然本研究仍就現有之規範做介紹，以得到疏伐作業之制度性因素。

（一）招標與簽訂合約

國有林之經營管理機關在預定案核准後，上網公告招標，在得標廠商簽訂合約後，廠商成為伐採人，進入林地內依據合約內容施行砍伐、造材與集材。而由森林法第 18 條規定，伐木業者應置林業技師或林業技術人員。

（二）伐採、造材與集材

依據林產物伐採查驗規則第 4 條，林產物之伐採須經許可，公有林與私有林要經過直轄市、縣（市）主管機關許可，根據該規則第 8 條，公、私有林林產之採伐者，應該要具備採運申請書、採伐區域位置圖、林產物權利證明文件、道路及水土保持計畫書、伐採跡地造林計畫（疏伐不用），向主管機關申請採運許可證，公私有林之林產物伐採，由林產物伐採查驗規則 13 條規定，主管機關得派員監督，採取人不能拒絕；而國有林之林產物許可，在林產物伐採查驗規則規定，其依照國有林林產物處分規則辦理，但該規則僅就直營與專案核准兩項規定，規範並不完備，國有林林產物處分規則第 27 條規定，國有林之林產物伐採，經營管理機關應當派員監督，而採取人不得拒絕。

林產物伐採查驗規則之 12 條規定，伐採人不得有破壞水土保持、損害工作物與他人林木、毀損界木與其他標記、擅伐或誤伐林產物，其中擅伐與誤伐由第 3 條所定義，

「本規則所稱誤伐及擅伐定義如左：

一、誤伐：對於未經准許砍伐之林木，由於誤認為可以砍伐而予以砍伐，尚無意圖為自己不法之所有者。

二、擅伐：明知依法令規定應申請核准砍伐之林木，未經辦理申請或已申請尚未經核准而予以砍伐，砍後堆置現場，尚無意圖為自己不法之所有者。」

主管機關在受理申請時，須依照該法第 9 條，

「主管機關受理前條申請時，應派員實地勘查左列事項，並作成勘查報告書：

- 一、有無本法第十條各款及保安林經營準則之限制規定。
- 二、採運申請書所填列各事項與實地是否符合。
- 三、地況：地質基岩、土壤表土之深度、土質肥瘠及山向傾斜度。
- 四、林況：面積、樹種、林齡、平均樹高、胸高直徑及每公頃株數材積。
- 五、伐採跡地利用計畫可否實施。
- 六、可否准予伐採及其理由。」

一般來說，疏伐木伐採之作業順序，由林分下方往嶺線方向進行，若以相反方向，上方之疏伐木恐危及到下方作業之安全，另外，若疏伐木集材困難，需要集材線將木材搬出利用，可能每隔一段距離砍伐二至三列，如留 20 列砍伐 2 列。

業者在砍伐完疏伐木後會進行造材與集材工作，這部分規定依據當時之招標公告與合約書。

管理經營機關訂定造材規格與集材方式，以花蓮林管處所規定之造材規格為例，在貼出招標公告前，林管處會以電話訪問木材業者，統計市面上較需要何種規格的木材，當中並沒有任何價值面的評估，直接以業者之間接需求建議為標準，而訪問之木材業者為過去曾經與花蓮林管處有連絡之業者，一般來說，生產材長 3.6 公尺的原木占最多，其次如 1.8 公尺、3 公尺、4.2 公尺，而另外尚有電線桿等特殊用途之長度，要求在 6 公尺以上，而疏伐木之末徑在 4.5 公分以上即可造材銷售，但材積依照木材檢尺規程，要依 5 公分來計算；我國採用的造材作業，通常分為短材、長幹材與全幹材，而這些作業方式通常與疏伐木目標規格和集材的限制有關係，如果目標木材規格非特殊之長材，也可能在集材系統與林況允許下，進行長幹材、全幹材的集材，增加集材與運材之效率，並在集材地、裝卸材場進一步造材成較短之規格（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，

2006)。

疏伐木造材規格與市價的關係會隨木材長短與末徑而有所不同，目前管理經營機構是以市價指數表來評定木材價格（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），但實際上，國有林疏伐木材是採取標售方式進行，此市價反應在林產物價金的部分，而這是底標的依據之一，實際得標之價格還是與競標廠商對於木材規格與木材品質的評價有關。

表 3-1 疏伐木造材規格表

區分	主要規格			次要規格			配合規格		
材長	4.8	4.2	3.6	3.0	2.4	2.1	1.8	1.3	0.9
末徑	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上	5 以上

資料來源：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006。

而集材方式的決定，管理經營機構會考慮林地面積大小、疏伐率、坡度、林道狀況與林分離林道之距離，如果是疏伐面積大、疏伐量大，則使用大規模系統，反之，則使用簡易系統，大徑木用大型集材系統，小徑木使用小型集材系統（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），如以最普及之下層疏伐來說，只有較高之疏伐度，才有可能採取到大徑木，疏伐度與疏伐方式也決定集材系統之選擇。另外，我國之人工林大多在山地，集材機械、集材系統與坡度、地表狀況有關，在較陡之林地，集材作業可能就要採取架線的方式進行。

目前的經營管理機構大都希望盡量不要傷害到林分，林道兩旁的疏伐木可以用重型機具如怪手集材，但是重型機具不應開入林分內破壞林地，所以用此種方式之集材下，離林道較遠之疏伐木將會棄置現場，另外，最好也不要用地面拖曳的方式集材以傷害土壤，如果想採取離林道較遠之疏伐木，必須要實行其他集材方式。

（三）林產處分

在作業流程中比較特別的是在標售與運材的順序，一般國有林林木經營區人工林之疏伐，通常是由管理經營機關自行搬運木材，再進行標售，而這樣的林道維修權責較為清楚，檢查站之查驗交易成本也較低，但管理

表 3-2 不同機械的作業條件

機械種類	距離 (m)	緩斜地	中斜地 (15~24 度)		急斜地 (25~40 度)	
		14 度以下	下坡集材	上坡集材	下坡集材	上坡集材
遙控式集材機	100	●	○	●		
簡易架空索		●	●	●	●	○
自走式架線 搬運機	300 以下	●	●	●	●	○
跨騎式單軌 運材車		●	●			
懸吊式單軌 運材車		●	●	●	●	△
單索循環式架線 (從來式)	500 以下鋼索 長度 1000 以內	●	●	●		
單索循環式架線 (川口式)		●	●	●	●	●
單索循環式架線 (宮脇式)		●	●	●	●	●
鋁合金製滑槽	500 以下				●	
塑膠製製滑槽					●	
小型運材車	500 以下	●	●	○		

說明：○適合 ●作業要注意 △作業量及成本要檢討

資料來源：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處（2006）。

經營機關因運材付出的成本卻大幅提高，部分林區管理處採行先進行標售，再由業者自行搬出，當然這樣一來管理經營機關在搬運所花的人力與物力減少，但相對得標價格將對較低，搬運對林道傷害之維修權責必須在招標公告進一步的述明。

採取人應當依據森林法 44 條規定，林產物採取人應當設置帳簿，記載林產物種類、數量、出處與銷路，而且伐採之林產物，由該法第 45 條：

「凡伐採林產物，應經主管機關許可並經查驗，始得運銷；其伐採之許可條件、申請程序、伐採時應遵行事項及伐採查驗之規則，由中央主管

機關定之。主管機關，應在林產物搬運道路重要地點，設林產物檢查站，檢查林產物。前項主管機關或有偵查犯罪職權之公務員，因執行職務認為必要時，得檢查林產物採取人之伐採許可證、帳簿及器具材料。」

國有林林產物之處分依森林法第 15 條第 3 項，由國有林林產物處分規則規定，林產物處分方式據其第 4 條：

「管理經營機關處分林產物之方式如下：

- 一、直營：依照國有林各事業區經營計畫，直接採取。
- 二、標售：依照國有林各事業區經營計畫，指定區域公告標售採取。
- 三、專案核准：不適於標售者，得專案核准採取。」

如果是直營採取，依照國有林林產物處分規則第九條，管理經營機關將事業區經營計畫與年度伐採計畫，交由中央主管機關，也就是林務局，核定後實施直營之採取。

為提供市場上穩定的木材來源，中央主管機關與管理經營機關一般會希望採用標售的方式，這部份由國有林林產物處分規則第 10 條規定其招標公告，

「標售林產物，應由管理經營機關先期公告。前項公告，應載明下列事項：

- 一、標售林產物之位置、面積、材積、樹種、材種、作業方式、採運期限。
- 二、投標及開標之日期、地點。
- 三、其他與標售有關之事項。」

然在國有林林產物處分規則第 11 條規定，主管機關能在標售林產物之公告宣告附帶條件，能責令承採人將核定之規格、價格、數量等，售予指定之買主，這項規則大幅增加公告之效力。

另外在國有林林產物處分規則第 12 條，對利用材積超過一百立方公尺之林產物之投標人資格作限制，

「林產物之標售，除利用材積未滿一百立方公尺、竹類及其他不屬處分林木者外，其投標人應具下列各款條件者，始得參加投標：一、公司、行號證照載有經營伐木業務。二、資本額在新台幣三百萬元以上。三、負責人未經宣告破產或受禁治產宣告。四、負責人具備下列資格之一，或聘用具備第一日至第三目資格之一人員擔任技術工作。(一)具林業(森林)技師資格或高等考試林業科考試及格者。(二)具大專森林科系畢業或普通考試林業科考試及格，有二年以上從事林產業務經驗者。(三)具高農森林科畢業，有四年以上從事林產業務經驗者。(四)有六年以上從事林產業務經驗者。(五)曾經經營伐木業務，其採運搬出材積達四千立方公尺以上者。五、未因違反森林法令或林產物採運契約，經管理經營機關停止或取消林產物投標資格者。前項第四款第二日至第四目所稱林產業務經驗，係指具有主管機關林業技術人員服務證明或曾任伐木公司、行號之現場主任以上人員報經主管機關核定有案者而言。」

而其標售底價，由國有林林產物處分規則第 18、19 條規定，為林產物查定總價金或單位材積價金，由管理經營機關以公式計算：

$$\text{林產物價金} = \frac{\text{林產物總市價}}{1 + \text{利潤率} + \text{資金利率}} - \text{生產費}$$

林產物市價與生產費參酌當時之市價，利潤率則定在 10% 至 15%，資金利率則是銀行牌告利率，但如果前疏伐木為公共工程之障礙木，則不計入利潤率與資金利率。

而採運契約與採取許可證則由國有林林產物處分規則第 22 條規定，

「管理經營機關應自收到價款之日起七日內與採取人簽訂林產物採運契約，並發給採取許可證，其無需伐採者，發給搬運許可證。採取人於領到許可證後，始得進行採運作業，並將開工日期報管理經營機關備查。前項林產物採運契約範本、採取許可證及搬運許可證之格式，由中央主管機關定之。無償採取者，由管理經營機關於核准時發給採取許可證。」

並在第 28 條規定，如果採取與採運人非管理經營機關，則其對搬運與採取林木之風險免責，

「經處分之林產物，自發給林產物採取或搬運許可證時起，其利益及危險，由採取人承受、負擔。」

依照國有林產物處分規則第 29、30 條，採運人如果無法如期依照林產物採運契約完成工作，其必須在期限屆滿之一個月內，書面申請展延採運期限，並繳納延期金，其計算公式如下：

$$\text{延期金} = \text{原核定價金總價} \times \frac{\text{廢餘利用材積}}{\text{准許利用材積}} \times \frac{1}{100} \times \text{延期日數}$$

但如果在期限屆滿，但在屆滿期限一個月前，發生不可抗力災害，採運人必須在災害發生後申請展延，延期金由屆滿之次日開始計算，經營管理機關在查明後，因災害所致之停工日數免繳延期金；但展延之日期不能超過契約所訂期間之二分之一，延期金應在核准通日後 10 日內於指定金融機構一次繳清，如逾期不繳，則視同放棄。

三、評估

基本上，我國疏伐的標準程序中，並無所謂的疏伐作業的績效評估，不過，林區管理處會以合約內容來評估執行績效，作業之執行是否符合合約之規定，而其也僅就合約內容，並無進一步的考管機制，但在程序上，會進行疏伐作業的查核，疏伐作業之稽查一般指疏伐作業的作業查核與損害查核，包含作業跡地查核、疏伐木查核、林分傷害查核（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），而查核方式則包括林產物放行查驗、搬運查驗與跡地查驗，這部分的規定見於森林法與林產物伐採查驗規則。所謂的林產物查驗，如同林產物伐採查驗規則第 5 條所定義：

「本規則所稱林產物之查驗，包括左列各項：

- 一、林產物放行查驗。
- 二、林產物搬運查驗。
- 三、伐採跡地查驗。」

查驗機關由林產物伐採查驗規則第 6 條所訂：

「林產物查驗之機關如左：

一、放行及伐採跡地之查驗，由原許可伐採林產物之主管機關為之。

二、林產物搬運之查驗，由林產物檢查站為之，主管機關並得組查驗隊實施流動查驗。」

在集材完畢後，先實施林產物放行查驗，方能進行木材之搬運，並在搬運之中進行搬運查驗，最後在伐採跡地上查驗。而查驗主管機關與業者之權責於森林法第 45 條規定：

「凡伐採林產物，應經主管機關許可並經查驗，始得運銷；其伐採之許可條件、申請程序、伐採時應遵行事項及伐採查驗之規則，由中央主管機關定之。主管機關，應在林產物搬運道路重要地點，設林產物檢查站，檢查林產物。前項主管機關或有偵查犯罪職權之公務員，因執行職務認為必要時，得檢查林產物採取人之伐採許可證、帳簿及器具材料。」

整個查驗流程中，先進行放行查驗與搬運查驗，最後進行跡地查驗，放行查驗在檢查已造材疏伐木的數目與規格，並在較有價值的木材上烙打放行印。放行查驗的規定如林產物伐採查驗規則第 15 條

「林產物經造材集中於伐採區域或土場後，採取人應向該管主管機關申請放行查驗，經烙打放行印後，始得搬運。」

第 16 條：

「林產物之放行查驗，依左列規定辦理：

一、國有林：

(一) 放行查驗應在許可伐採區域或指定土場為之；採取人得分次申請放行查驗。

(二) 主產物末端口徑二十公分以上或闊葉樹貴重木、針葉樹末端口徑十二公分以上者，採取人應每支編號，使用已登記之印章，並經查驗人員烙打放行印。

(三) 經查驗放行完竣之林產物，主管機關應填造林產物明細表，分別發交林產物檢查站及採取人。

二、公、私有林：

(一) 採取人應填具搬運申請書，送請查驗機關於伐採區域或指定土

場為放行查驗。

(二) 查驗人員應在木材上加蓋放行印，並在採運許可證背面填明查驗放行數量及加蓋查驗人員印章後，交由採取人持作搬運憑證…。」

與第 17 條：

「林產物放行查驗之木材材種規格區分標準，由中央、直轄市主管機關訂定之。」

林產物搬運查驗，在搬運前須依造林產物伐採查驗規則第 18 條，採取人備妥林產物搬運單，通過林產物檢查站時，供其檢查，林產物檢查站對照搬運單，與放行查驗所造之林產物明細表相符後蓋章放行，而如果林產物搬運為林業管理經營機關直營採取，則依林產物伐採查驗規則第 18 條：

「…林業管理經營機關直營採取之林產物，應作搬運記號，並填造直營林產物搬運單隨車受檢，於出售時烙打放行印。」

跡地查驗是對作業範圍，與遺留跡地上之未搬出疏伐木、枝條進行查核，檢查作業是否依照相關規定，截成短材堆置林分之中（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），這部分的法規載於林產物伐採查驗規則第 19 條：

「國、公有林林產物採運完畢後十日後內，採取人應向該管主管機關申請跡地查驗，其查驗事項規定如左：

- 一、皆伐採取之跡地，應查驗境界木是否完整及有無越界伐採情事。
- 二、擇伐採取之跡地，應查驗有無砍伐未經許可之林木。
- 三、查驗採取人有無違約事項。

前項查驗人員應派未經參與原調查之技術人員擔任領隊。

伐採跡地查驗結果，如確無越界、盜伐等違反法令或契約情事，該管理經營機關應發給作業完畢證明書。」

另外，林分傷害查核是跡地查驗的重要工作之一，檢查疏伐作業進行期間疏伐作業對林地與留存木之傷害，地表的傷害評估以林地受害率為指標，由破壞面積比率與程度為指標，破壞形式通常為土壤破裂與土壤壓

實，土壤破裂較易產生土壤流失，而壓實之土壤則會降低地表滲透能力，增加逕流強度，土壤密度增大，對林木根部生長不利，土壤水分與養分傳輸受阻，並妨礙種子庫中種子的發芽與生長，而留存木傷害以留存木傷害的株數來作為指標，而傷害形式則包含間接傷害與直接傷害，間接傷害如地表傷害所述，直接傷害為設備對留存林木的擦傷、刮傷、折傷等，會影響保留林木未來之生長，降低林木之生長勢，減低其對於病蟲害之抵抗能力（行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006），但我國並沒有統一的評斷標準，這部分的內容，通常需要於合約書內規定。

當然，在查驗的步驟中，其中一個重要的任務，就是檢核疏伐作業是否有誤伐、擅伐與漏伐的情形，如果發生這些現象，查驗機關會蓋上查封印，並由林業主管機關處置。

第四章 我國森林經營概況與花蓮林區管理處之疏伐作業

第一節 我國國有林地概況

森林經營管理為對所經營的森林整體制定空間與時間之準則，以空間與時間兩個軸線做出經營的規畫，以期達到預期的經濟目標（周楨，1968）。而森林經營管理受到植物的自然特性與國家森林政策所制約，但若將森林經營管理擴展至國家的層面上，將國家當作是森林的經營管理者，所謂的林業政策或是森林教育系統，就是國家森林經營管理的手段，林業主管機關（行政院農業委員會林務局、各縣市政府等）與其下的地區管理經營機關（如各林區管理處）也僅是此國家森林經營管理者的有機組成之一，所以在作出森林經營規劃之前必須對我國的森林現狀與經營概況作相當程度的瞭解。

一、我國的林地概況

根據民國 84 年底完成的第三次臺灣森林資源及土地利用調查，臺灣本島土地面積為 3,591,500 公頃，林地面積為 2,102,400 公頃，約佔總土地面積之 58.5%，林木總蓄積達 3 億 6 千萬立方公尺，平均每公頃林地林木蓄積約為 170 立方公尺，由於臺灣地處熱帶與亞熱帶交界，又於板塊交界，山川陡峻地形多變，孕育出各種不同的生態環境，因氣候與地形條件不同，產生熱帶、亞熱帶、暖溫帶、溫帶、涼溫帶、冷溫帶、亞寒帶等相當氣候帶，所以植群與林型非常豐富。我國森林以闊葉林分布最廣，面積約占 1,120,400 公頃，占林地面積的 53.2%，而針葉樹林面積為 438,500 公頃，占約 20.9%，若將林木區分為天然林與人工林，我國人工林造林地面積約占林地面積之 20%，天然林約占 72%，其餘為竹林林相。

我國之國有林占總林地面積絕大部分，而中央之林業主管機關為林務局，地方管理經營機關為林區管理處。2006 年底，我國國有林事業區森林總面積為 1,539,578 公頃，其中天然林為 1,089,175 公頃，人工林 329,334 公頃以及無林木地 121,068 公頃，國內八個林區管理處轄內之國

有林林地面積，羅東林區管理處為 176,511 公頃，新竹林區管理處為 149,726 公頃，東勢林區管理處為 138,726 公頃，南投林區管理處為 198,765 公頃，嘉義林區管理處為 133,401 公頃，屏東林區管理處為 195,744 公頃，臺東林區管理處為 226,788 公頃，花蓮林區管理處為 319,508 公頃，而其中以花蓮林區管理處與臺東林區管理處轄內之國有林地面積最大，各占我國國有林總面積約 20.8%與 14.7%，而占我國國有林總面積最少的國有林地在嘉義林區管理處，為 133,401 公頃，約占國有林總面積之 8.7%，詳情如表 4-1。

表 4-1 各林區管理處之國有林概況

單位：公頃

林區管理處	合計	天然林	人工林	無林木地
總計	1,539,169	952,196	467,088	119,886
羅東林區管理處	176,511	124,850	41,359	10,302
新竹林區管理處	149,726	103,751	41,161	4,814
東勢林區管理處	138,726	102,170	26,739	9,817
南投林區管理處	198,765	133,290	42,163	23,312
嘉義林區管理處	133,401	67,557	43,761	22,083
屏東林區管理處	195,744	116,742	64,702	14,300
臺東林區管理處	226,788	185,803	32,631	8,353
花蓮林區管理處	319,508	118,033	174,572	26,904

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008）。

然林地面積中有一部分如草生地、岩石、裸露地、道路或溪流等無林木地，有林木地則分成天然林與人工林，我國國有林地天然林為 1,089,175 公頃，人工林 329,334 公頃，而無林木地 121,068 公頃，天然林林地面積最多的林區管理處是臺東林區管理處與南投林區管理處，人工林之面積則是在花蓮林區管理處轄內最多，約占國有林人工林面積的三分之一。

表 4-2 表示各林區管理處木材蓄積量的多寡，2006 年底我國國有林地森林總蓄積量為 279,702,289 立方公尺，國有林每公頃平均蓄積為 180 立方公尺，其中，天然林為 211,582,218 立方公尺，約占 75.6%，人工林

為 68,120,071 立方公尺，約占 24.4%，而花蓮林區管理處與臺東林區管理處轄內之林木總蓄積量最多，各為 50,820,089 立方公尺與 50,609,865 立方公尺，占總蓄積量的 18.2%與 18.1%，但是臺東林區管理處之自然林占轄內國有林蓄積的 91.1%，人工林為 8.9%，而花蓮林區管理處之自然林占轄內國有林蓄積僅 40.7%，人工林為 59.3%，兩者間的結構迥然不同，而轄內林木蓄積量最少的林區管理處同樣為嘉義林管處，僅為 13,335,306 立方公尺，僅占國內國有林之 4.8%，而其轄內之天然林與人工林的林木蓄積也最少，分別為 10,125,879 及 3,209,427 立方公尺。

表 4-2 各林區管理處轄內國有林之蓄積量

單位：立方公尺

林區管理處	合計	天然林	人工林
總計	279,702,289	211,582,218	68,120,071
羅東林區管理處	31,634,983	24,546,385	7,088,598
新竹林區管理處	39,662,329	30,061,366	9,600,963
東勢林區管理處	30,203,171	26,940,226	3,262,945
南投林區管理處	38,316,927	33,312,451	5,004,476
嘉義林區管理處	13,335,306	10,125,879	3,209,427
屏東林區管理處	25,119,619	19,823,199	5,296,420
臺東林區管理處	50,609,865	46,080,450	4,529,415
花蓮林區管理處	50,820,089	20,692,262	30,127,827

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008）。

二、我國林地分區管理概況

為掌握林地生長的屬性與生長潛力，做出森林資源在空間上與功能上有利的配置，使林地使用與森林資源管理方式合宜，林務局使用第三次臺灣森林資源及土地利用調查資料，將我國之林地分區，而此林地分區之依據，為林地分級標準、氣候、植生、土地利用現狀，並配合交通狀況、海拔高度、野生動植物、國有林事業區經營目標與經營計畫，將國有林地分區管理（管立豪，2003）。

· 台灣的人工林分布 ·

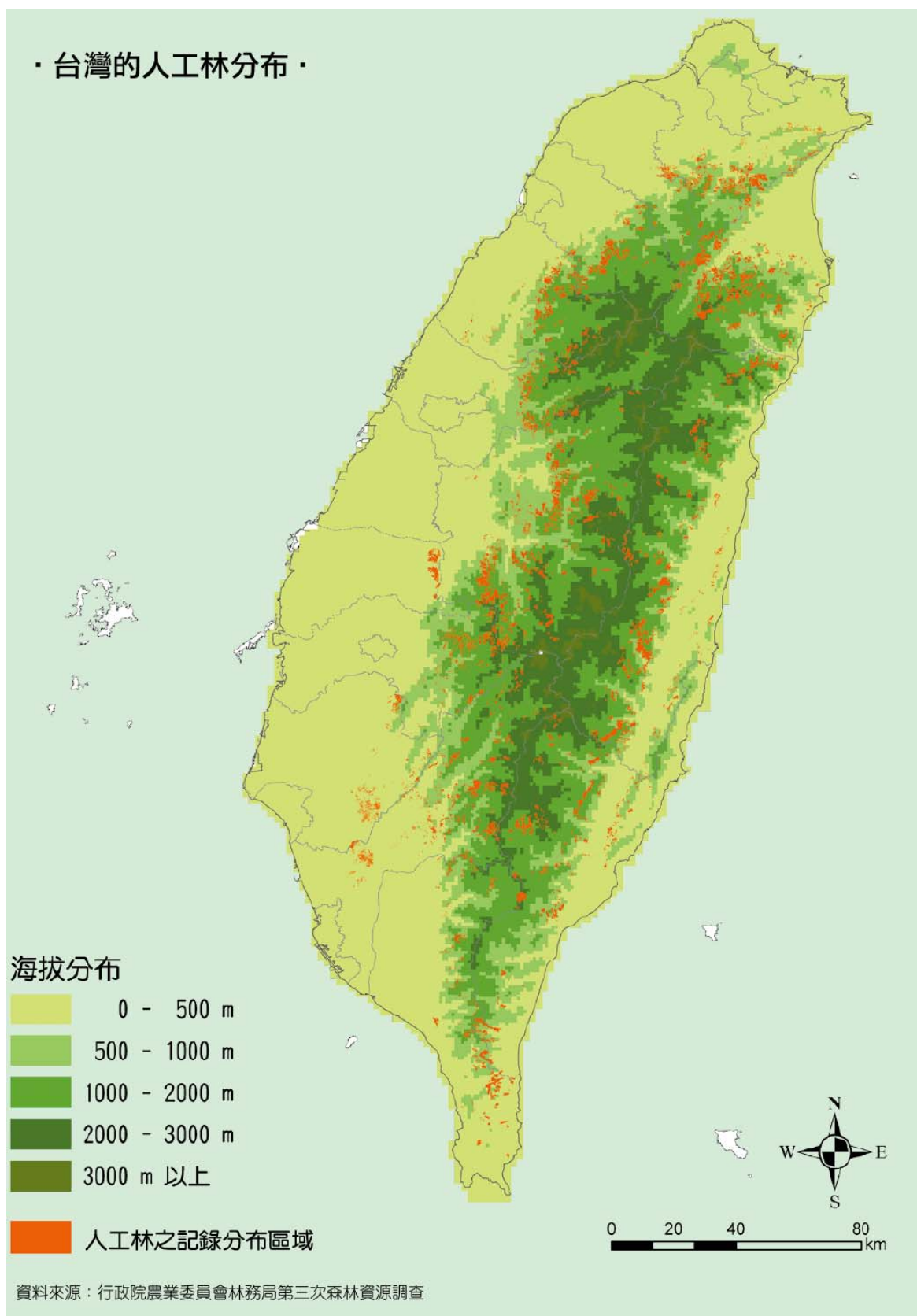


圖 4-1 臺灣人工林之分佈

資料來源：行政院農業委員會，臺灣的自然資源與生態資料庫－農林漁牧（2003）。

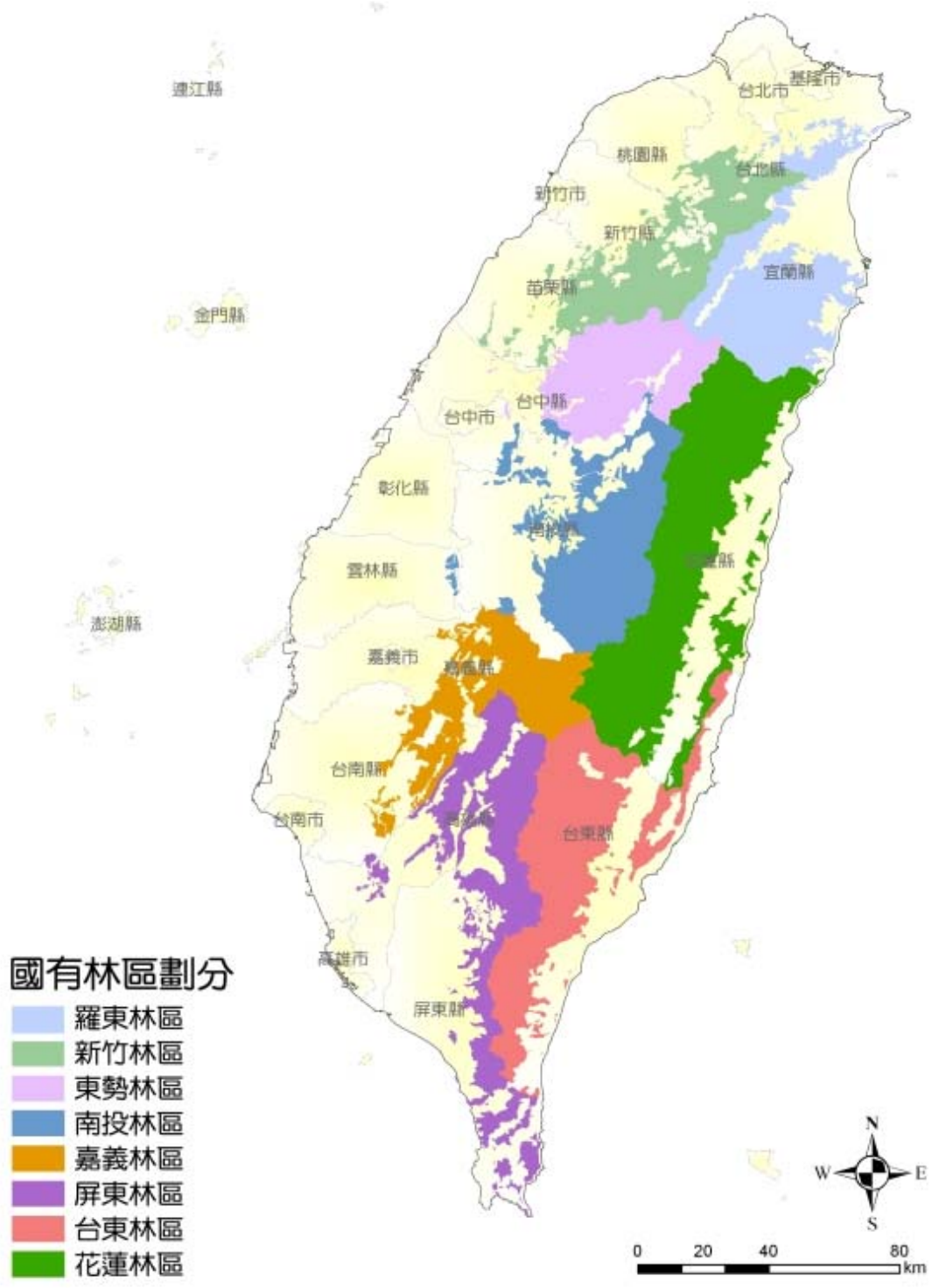


圖 4-2 國有林區劃分

資料來源：行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫（2008）。

表 4-3 各分區經營目標與分設標準

分區	經營目標	分區標準
自然保護區	以生物多樣性保育為主，保水固土為輔。依據相關計畫及指導法規，維護天然林之完整演替及棲息地內野生動植物資源之繁衍，以達成自然維生系統永久完整保護。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天然原生林分佈區域。 2. 文化資產保存法劃設之自然保留區。 3. 森林法劃設之自然保護區。 4. 野生動物保育法劃設之野生動物保護區、野生動物重要棲息環境。 5. 國家公園法劃設之生態保護區、特別景觀區、史蹟保存區。
國土保安區	以國土保安之公益效能為重，輔以適當之復育撫育措施及生態工法，確保森林之公益效能，保全森林健康及水源涵養。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海拔高大於 2,500 公尺或坡度大於 35 度之區域。 2. 林地分級屬於 IV、V 級之區域。 3. 河流及其兩岸濱水保護區。 4. 森林法劃設之保安林。(22 與 23 條) 5. 國家公園法劃設之一般管制區。 6. 水土保持法及特定水土保持區劃定與廢止準則劃設之特定水土保持區。 7. 飲用水管理條例劃設之水源水質保護區。
森林育樂區	配合國民生態旅遊需要，以森林資源為導向，並以環境教育為主，著重景觀及生態之維護。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 森林法劃設之國家森林遊樂區。 2. 國家公園法劃設之遊憩區。 3. 發展觀光條例劃設之風景特定區。
林木經營區	以育林、林木蓄積、副產物培育利用為主要目標之經濟林。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海拔高低於 2,500 公尺且坡度小於 35 度之區域。 2. 林地分級屬於 I、II、III 之區域。 3. 人工造林地區，地勢平坦，土層深厚之林地。 4. 鄰近林道，施業經濟的地區。 5. 國家公園法劃設之部分一般管制區，符合上述 1、2、3 條件。

資料來源：整理自管立豪 (2003)。

其中，林地分級以林地特性與林地利用需求考量，分級依據為林地之土壤與坡度兩項因素。土壤因子之分級標準，則根據土壤肥沃度、含水狀態與生長潛力分成五個等級，並參考其土壤深度、堆疊方式等上下調整；坡度分級則參考林業之經常標準，分為六級，最後以加權乘積為林地分級依據，林地分級總共 5 級（管立豪，2003）

根據國有林分區，我國國有林地共分為四個分區，分別為森林經營區、國土保安區、自然保護區與森林育樂區，自然保護區主要由天然之原生林分、野生動物保護區、野生動物重要棲地、自然保留區、生態保護區、特別景觀區與森林法畫設之自然保護區所構成，其經營目標在於自然保育，維護天然林與棲息於內之野生動物；而國土保安區之依據為海拔高度大於 2,500 公尺或平均坡度大於 35 度之林地、分級屬 IV、V 級之林地、保安林與其他受限制使用之區域，國土保安區重視的是森林的公益效能，如涵養水源與防止風害、水害、潮害等；森林育樂區則是如國家森林遊樂區、風景特定區等屬之，森林育樂區以旅遊需求與環境教育為主要之目標，所以重視的是景觀效益與生態保育；林木經營區則是海拔高度小於 2,500 公尺且平均坡度小於 35 度之林地，而其林地分級屬於 I、II、III，靠近林道、施業較為經濟之地，而林木經營區的經營趨向在於林產物與其副產物之利用，以經濟林為主，詳細分區標準與各分區經營目標如表 4-3。

表 4-4 分區森林蓄積量與森林面積

區域	全國國有林森林蓄積量 (立方公尺)			全國國有林森林面積 (公頃)		
	總計	天然林	人工林	總計	天然林	人工林
合計	279,702,289	211,582,218	68,120,071	1,539,169	952,196	467,088
林木經營區	40,741,578	24,610,291	16,131,287	284,175	128,133	133,329
國土保安區	86,373,519	68,232,865	18,140,654	552,203	344,748	163,794
自然保護區	144,119,306	114,236,024	29,883,282	661,717	458,882	151,610
森林育樂區	8,467,886	4,503,038	3,964,848	41,074	20,433	18,355

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008）。

表 4-4 顯示各分區所占之面積分別為：林木經營區 277,456 公頃，占約 18%，國土保安區 557,537 公頃占約 36.2%，自然保護區 663,525 公頃占約 43.1%，與森林育樂區 41,060 公頃占約 2.7%，而如果以林木伐採利用的角度考量，在目前的制度下，只有林木經營區中的人工林准許被開採，而這部分之林地面積為 120,952 公頃，僅為全國國有林面積之 5.7%，其材積蓄積量為 16,131,291 立方公尺，每公頃平均蓄積約為 133 立方公尺，為全國國有林地平均蓄積每公頃 182 立方公尺的 73.4%。

第二節 花蓮林管處與花蓮林管處林區經營計畫書

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處為民國 78 年以前的木瓜林區管理處與玉里林區管理處合併改組而成，全轄區總面積為 319,624.08 公頃，其分成五個事業區，為立霧溪事業區、木瓜山事業區、林田山事業區、玉里事業區與秀姑巒事業區，在處本部底下，有四個工作站，新城站、南華站、萬榮站、玉里站，處本部之人力約 150 人，而各工作站之人力約 50 人左右，因此該林區人力總和在 350 人上下，以 81 年至 89 年的資料，行政院農業委員會林務局花蓮林管處一年之業務預算大致為 5 億元至 6 億元；轄內林地海拔高度懸殊、地勢陡峭，峰巒溪流交織其內，景觀特殊，垂直分布之森林植帶有寒帶林、溫帶林、亞熱帶林、熱帶林，生態資源與景觀資源相當豐富。

由表 4-5 顯示，2006 年底，行政院農業委員會林務局花蓮林管處轄區內之國有林森林總面積為 319,508 公頃，其中天然林為 118,033 公頃，人工林 174,572 公頃以及無林木地 26,904 公頃，其中人工林占了 54.6%，高於全國平均的 24.35%，也就是說花蓮林管處轄內人工林面積大於天然林的面積。

2006 年底，全國國有林人工林的平均每公頃森林蓄積量為 145.84 立方公尺，花蓮林管處轄區內人工林之平均每公頃森林蓄積量為 172.581 立方公尺，為全國平均之 118.3%，因此以國有林事業區為範圍，花蓮林管處轄區內人工林之平均每公頃森林蓄積量比全國人工林每公頃蓄積量之平均數高 18.3%，然而，花蓮林管處之天然林每公頃蓄積量卻較全國人工林每公頃蓄積量來得低；花蓮林區管理處轄區內之人工林面積為 174,572

公頃，分別分佈於森林經營區 23,771 公頃、國土保安區 42,433 公頃、自然保護區 106,671 公頃與森林育樂區 1,697 公頃。

2006 年底我國國有林森林蓄積總量為 279,702,289 立方公尺，其中天然林之森林蓄積量為 211,582,218 立方公尺，人工林為 68,120,071 立方公尺。花蓮林區管理處轄區內森林蓄積總量為 50,820,089 立方公尺，其中天然林之森林蓄積量為 20,692,262 立方公尺，人工林為 30,127,827 立方公尺；而花蓮林管處轄內林木經營區之人工林之蓄積為 1,649,282 立方公尺，為轄內人工林蓄積之 5.47%，轄內總蓄積之 3.24%。

表 4-5 全國國有林地與花蓮林區管理處林地森林蓄積量與面積之比較

	森林蓄積量 (立方公尺)	森林面積 (公頃)	每公頃平均蓄積量 ¹ (立方公尺/公頃)
全國國有林	279,702,289	1,539,169	181.72
全國天然林	211,582,218	952,196	222.204
全國人工林	68,120,071	467,088	145.84
花蓮林管處國有林	50,820,089	319,508	159.057
花蓮林管處天然林	20,692,262	118,033	175.309
花蓮林管處人工林	30,127,827	174,572	172.581

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008），本研究整理。

註 1：由森林蓄積量除以森林面積算出。

表 4-6 全國國有林地與花蓮林區管理處林地各分區面積

單位：公頃

區域	全國國有林地			花蓮林管處		
	總計	天然林	人工林	總計	天然林	人工林
總計	1,539,169	952,196	467,088	319,508	118,033	174,572
林木經營區	284,175	128,133	133,329	49,973	20,431	23,771
國土保安區	552,203	344,748	163,794	98,415	52,278	42,433
自然保護區	661,717	458,882	151,610	169,017	44,919	106,671
森林育樂區	41,074	20,433	18,355	2,104	405	1,697

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008）。

行政院農業委員會林務局花蓮林管處轄區內各分區之平均每公頃森林蓄積量與全國平均每公頃森林蓄積量有明顯之差異，詳如表 4-7，雖然行政院農業委員會林務局花蓮林管處轄區內人工林之平均每公頃森林蓄積量比全國之平均數高 18.3%，但以林木經營區而言，全國林木經營區人工林之平均每公頃森林蓄積量為 120.99 立方公尺，行政院農業委員會林務局花蓮林管處森林經營區人工林之平均每公頃森林蓄積量僅為 69.38 立方公尺，是全國林木經營區人工林平均之 57.35%。行政院農業委員會林務局花蓮林管處國土保安區人工林之平均每公頃森林蓄積量為全國的 102.54%，自然保護區為 111.74%、森林育樂區為 45.21%。

表 4-7 全國國有林地與花蓮林區管理處林地各分區平均蓄積

單位：立方公尺/公頃

區域	全國			花蓮林管處		
	總計	天然林	人工林	總計	天然林	人工林
林木經營區	143.37	192.07	120.99	95.17	152.06	69.38
國土保安區	156.42	197.92	110.75	145.29	181.33	113.56
自然保護區	217.80	248.94	197.11	186.83	179.96	220.25
森林育樂區	206.16	220.38	216.01	89.33	54.90	97.65

資料來源：行政院農業委員會林務局（2008），本研究整理。

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處經營計畫書是該處依據森林法、第四次全國農業會議林業組議題結論與行政院長程公共建設計畫中「加強造林與森林永續經營計畫」之計畫，主要是對民國 90 年 1 月 1 日至 99 年 12 月 31 日轄內國有林木的經營規劃，該處計畫目標在於確保森林多元資源之永續發展，並承襲中央所編定之計畫目標，其細項包括：「加強生物多樣性保育、發揮森林公益功能、發展森林育樂、加強水資源改善與溪流生態系的維護、充分發揮林地生產力、加強森林健康之維護、加強社區林業發展、維護林道系統暢通、加強林地管理、加強社會服務功能...」（行政院農業委員會林務局花蓮林管處，2002），這些目標細項與林業經營當前之新思維：「森林生態系經營、森林資源多目標利用、永續經營」相符。然該處經營計畫目標與計畫內容常常無法互相呼應，預算仍偏重在傳統營林項目，另外，實質計畫內容承襲中央之計畫，不

能確切落實地方分權的觀念，忽略適地經營與計畫修正的彈性，而民眾參與止於座談會與公聽會，並無確切的協商機制，民眾意見的效力並沒有增加，所謂的生態系經營，在實行上也不見完全符合該觀念的做法（周龍達，2002）。

在花蓮處的林區經營計畫書中，與疏伐直接相關的實行項目為促進碳吸存之森林經營與林木資源經營管理，前者之原理在於適當擇伐已生長緩慢之達伐齡木，由木材的利用來達到固碳的效果，並於林間隙造林，能帶動森林活化，使其吸收更多二氧化碳；而後者目的在於人工林林分結構改造，於疏開之空隙地再造原生樹種，營造複層林，促進造林木質量之生長。

由表 4-8 可以發現，行政院農業委員會林務局花蓮林管處從 2001 年開始對轄內人工林地進行之疏伐作業集中在 90、91、94、96 四個年度，疏伐方式皆為下層疏伐，而疏伐施業之地點大多分布於玉里事業區第 8、27、28 林班，疏伐之樹種針對紅檜與柳杉，而 92、93 年度沒有進行疏伐是由於環保團體抗爭，95 年度的疏伐案則是作業處理不及，以致於無法進行疏伐。紅檜疏伐集中在 90 年度，由於紅檜的成熟期較長，當時轄內紅檜約 20 至 30 年生，未達成熟齡，疏伐木樹徑太小，皆棄置於林分內而未搬出，所以也沒有進行標售；而轄內柳杉大多已達伐齡，疏伐木有經濟價值，所以可以搬出利用，以過去的資料來看，柳杉疏伐有進行標售的是 94-20 號、96-27 號兩個標案，後者疏伐面積相對較小，為 20 公頃，疏伐率也較低，是 37.5%，搬出材積為 988.394 立方公尺，標售金額為 2,426,000 元，施行經費為 1,960,000 元，也就是說，該處在此標案中，得到之淨收益為 46.6 萬，但是，前者的疏伐面積為 48.92 公頃，疏伐率為 43.82%，搬出材積為 1,625.2 立方公尺，標售金額僅為 1,926,866 元，施行經費為 3,130,880 元，也就是說該處損失了 120 萬元，這表示以疏伐作業本身，還是有可能出現利不及費的現象。

表4-8 花蓮林區管理處90-96年度轄屬造林地疏伐情形表

施行 年度	造林地點		預定案 號碼	造林 年度	樹種	實行 面積 (公頃)	施行經費 (元)	株數	疏伐株數 (株數/公頃)	留存株數 (株數/公 頃)	疏伐率 (%)	搬出材積 (立方公尺)	標售金額 (元)	備註
	事業區	林班												
90	玉里	8	90-擴 1 號	66.03	紅檜	34.87	1,097,359	1,198	398	800	33.22	無	無	下層疏伐
90	玉里	8	90-擴 2 號	71.01	紅檜	20.10	635,190	1,144	344	800	30.06	無	無	下層疏伐
90	玉里	8	90-擴 3 號	71.01	紅檜	22.00	690,118	1,148	348	800	30.31	無	無	下層疏伐
90	玉里	8	90-擴 4 號	68.01	紅檜	24.97	789,178	1,186	386	800	32.54	無	無	下層疏伐
90	玉里	8	90-擴 5 號	64.01	紅檜	41.30	1,309,210	1,080	280	800	25.93	無	無	下層疏伐
90	玉里	8	90-擴 6 號	71.01	紅檜	23.36	732,733	1,204	404	800	33.55	無	無	下層疏伐
90	玉里	27	90-擴 7 號	60.01	柳杉	20.00	582,140	1,394	418	800	29.98	無	無	下層疏伐
90	玉里	28	90-擴 8 號	60.01	柳杉	20.00	577,860	1,394	418	800	29.98	無	無	下層疏伐
91	玉里	27,28	91-變 54 號	60.01	柳杉	50.00	3,815,000	1,318	418	800	31.71	600	自用	下層疏伐
94	秀姑巒	49	94-20 號	65.03	柳杉	48.92	3,130,880	1,780	780	1,000	43.82	1,625.20	1,926,866	下層疏伐
96	秀姑巒	49	96-27 號	65.03	柳杉	20	1,960,000	1,600	600	1,000	37.50	988.394	2,426,000	下層疏伐
96	林田山	126	96-28 號	67.01	柳杉	20	418,000	1,600	600	1,000	37.50	無	無	下層疏伐

資料來源：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處（2008）。

第五章 不同疏伐作業對留存林分之影響

花蓮林區管理處對於瑞穗林道 13.5 至 14.1 公里之林道兩旁的柳杉造林地進行疏伐，林道上方之疏伐地採用株數疏伐率為 28.6% 之單株下層疏伐，林道下方之疏伐地採用砍四留六，株數疏伐率為 40% 之行列疏伐。另外，在行列疏伐部分再進行非常弱度之下層疏伐，移除留存木中的劣勢木。

本研究主要研究目的之一為分析不同疏伐作業對留存林分之影響，由於花蓮林區管理處在疏伐前僅調查疏伐木之資訊，缺乏留存林分之資訊，因此本章之主要內涵為推估下層疏伐與行列疏伐後之林地環境屬性資料與留存木林分材積生長。本章先利用徑級分配模式求算行列疏伐疏伐木之徑級分配，在假設行列疏伐疏伐帶之林分分配與未疏伐前整個林地之林分分配一致下，以疏伐帶之徑級分配推估疏伐前之林分分配，並估計疏伐後留存林分之徑級分配。由胸徑樹高模式推估出疏伐前後平均樹高的變化，最後以生長模式模擬不同疏伐作業下留存木材積之生長。

本章之第一節為疏伐木分析，第二節為推估疏伐前與不同疏伐作業後之留存林分，第三節為推估不同疏伐作業下留存林分材積之生長量，第四節為未來研究建議與監測建議。

第一節 疏伐木分析

本節資料取自花蓮林區管理處作業課，為疏伐前對欲進行下層擇伐林與行列疏伐林分進行疏伐木調查資料，本研究由該資料統計各徑級之疏伐木數量得到表 5-1、表 5-2。

花蓮林區管理處於 27 林班進行柳杉造林地之疏伐，林道上方柳杉造林地面積為 20.5 公頃的部分進行 28.6% 之下層擇伐，然而該林地並不精整，20.5 公頃為造林地面積而非實際疏伐面積。該疏伐取出靠近林道並且有利用價值之疏伐木 1,588 株，不搬出的疏伐木 4,234 株，合計疏伐 5,822 株，該地疏伐木狀況如表 5-1：

表 5-1 20.5 公頃柳杉造林地下層擇伐疏伐木調查統計

單位：株

徑級 (cm)	搬出	不搬出	各徑級總合
4	0	2	2
6	0	42	42
8	0	284	284
10	2	531	533
12	37	878	915
14	145	938	1,083
16	327	664	991
18	366	303	669
20	310	238	548
22	185	142	327
24	102	61	163
26	48	62	110
28	22	30	52
30	15	34	49
32	16	9	25
34	3	3	6
36	4	4	8
38	3	4	7
40	1	1	2
42	1	2	3
44	1	2	3
總計	1,588	4,234	5,822

資料來源：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課，2008。

註：本資料由花蓮林管處作業課會同工作站實測。

林道下方之造林地面積為 30 公頃，進行砍四行留六行之行列疏伐，並在保留帶伐去劣勢木，其疏伐率約為 40%，由於行列疏伐之疏伐林地呈帶狀，較下層擇伐容易集材，因此該林地取出之疏伐木比例較多。在此疏伐地總共疏伐樹徑大於 8 公分之疏伐木為 5,160 株，其中搬出林地若為 4,010 株，棄置林地為 1,150 株。該調查僅紀錄樹徑大於 8 公分之疏伐木，樹徑小於 8 公分之疏伐木則不予登計。該地疏伐木狀況如表 5-2：

表 5-2 30 公頃柳杉造林地行列疏伐之疏伐木調查統計

單位：株

徑級 (cm)	搬出	不搬出	各徑級總合
8	5	164	169
10	85	196	281
12	182	238	420
14	351	228	579
16	543	132	675
18	549	86	635
20	670	52	722
22	470	29	499
24	365	9	374
26	250	3	253
28	201	7	208
30	148	4	152
32	57	0	57
34	45	0	45
36	44	0	44
38	30	0	30
40	15	2	17
總計	4,010	1,150	5,160

資料來源：行政院農委會林務局花蓮林區管理處作業課，2008。

註：本資料由花蓮林管處作業課會同工作站實測。

一般而言，若單位面積之總株樹一樣，則疏伐率高，疏伐之株數會較多，由表 5-1 與表 5-2 顯示，20.5 公頃下層疏伐之疏伐率為 28.6%，但其疏伐木株數大於 30 公頃之行列疏伐疏伐率為 40%之疏伐木株數，由於不確定確切造成此現象的原因，僅能以現勘之經驗推測，詳細資料還必須由花蓮林管處進行測量。經由實際進行林地現勘後發現，雖然兩疏伐地畫定面積各為 20.5 公頃與 30 公頃，但該面積其實為造林面積而非疏伐面積，林地之間常因為崩塌或是其他環境因素而自然更新為次生林，另外部分林地因為地形地勢關係成為保留帶，不能進行伐採或疏伐，因此我們推測林道下方 30 公頃不能進行疏伐之林地面積大於林道上方 20.5 公頃不能進行疏伐之林地面積，所以行列疏伐地造林地面積較大，但疏伐面積較小。本

研究推測實際上實際疏伐的林地面積有限，30 公頃之可疏伐林地面積小於 20.5 公頃之實際疏伐林地面積。由於花蓮林管處並沒有實際疏伐面積的資料，實際疏伐面積的部分本研究將在 5-3 節進行推估。

第二節 推估疏伐前與不同疏伐作業後之留存林分

為了解疏伐對林分之影響，須對疏伐前造林地之林分狀況與疏伐後林分狀況有所了解，才能進一步比較疏伐前後之差異，然而本疏伐案能用以推估林分現況的資料不多，花蓮林管處並沒有在疏伐前紀錄全體林分之資料，其所有的林分資料僅為疏伐木調查資料與造材完畢後疏伐材積。如果本研究要了解疏伐後之林地現況，就必須以疏伐木調查資料推估疏伐前母體情形，再由疏伐前母體推估出疏伐後林地現況。所幸林道下方之疏伐方法為行列疏伐，本研究能以行列疏伐之疏伐木調查資料推估母體概況。

一、林分徑級分配推估

利用行列疏伐前之疏伐木調查資料，得到該疏伐帶之徑級分布，假設該行列疏伐之疏伐帶與造林地之母體分配一致，而保留帶之分配又與造林地之母體分配一致下，本研究可推測疏伐後林地概況。

過去我國文獻常使用韋伯分配 (Weibull Distribution) 來配適林木徑級分布，然而在 Palahi 等 (2007) 文中認為，如果在進行林分調查時，如果忽略一定徑級以下之林木情形存在，則使用截斷韋伯分配 (Truncated Weibull Distribution) 進行配適較為理想，由於本行列疏伐之疏伐木調查不記錄胸徑小於 8 公分之林木，缺少徑級分配之左尾資料，因此採用截斷韋伯分配會比未考慮截斷之韋伯分配合適。

韋伯分配之機率密度函數 (Probability Density Function, PDF) 為式 5-1：

$$f(x|\alpha, \beta) = \beta \alpha x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta} \quad (5-1)$$

而累計分布函數(Cumulative Distribution Function, CDF)為式 5-2：

$$p = F(x|\alpha, \beta) = \int_0^x \beta \alpha t^{\beta-1} e^{-\alpha t^\beta} dt = 1 - e^{-\alpha x^\beta} \quad (5-2)$$

在截斷左尾下，變成截斷韋伯分配，假設截斷在 T 點以左，其 PDF 為式 5-3 (Dallas R. Wingo, 1989)：

$$f(x|\alpha, \beta, T) = \beta \alpha x^{\beta-1} e^{-\alpha(x^\beta - T^\beta)} \quad (5-3)$$

使用最大概似法推估參數 α 、 β ，由截斷韋伯分配得出其概似函數為式 5-4：

$$L(\alpha, \beta) = n \log \alpha + n \log \log \beta + (\beta - 1) \sum \log \log x_i - \sum \alpha [x_i^\beta - T^\beta] \quad (5-4)$$

式 5-5、5-6 表示在一階條件為零下，可以得到最大的聯合機率密度

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha} = \frac{n}{\alpha} - \sum [x_i^\beta - T^\beta] = 0 \quad (5-5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} = \frac{n}{\beta} + \sum \log \log x_i - \alpha \sum [x_i^\beta \log \log x_i - T^\beta \log \log T] = 0 \quad (5-6)$$

砍四行留六行之行列疏伐共伐除 5,160 棵胸徑大於 8 公分之疏伐木，由此 5,160 棵林木資訊求解，得到 $\alpha=7.70834E-05$ 、 $\beta=3.0848$ 。由韋伯分配之 CDF 推得忽略掉之左尾數量，並回推母體株數，得出該行列疏伐地之母體株數 13,522 株，再由該分配推測保留帶之情形。本研究以式 5-2 之 CDF 推估各徑級之累計機率，並將該機率乘以 13,522 株，推得各徑級情形如表 5-3 (小數點以下四捨五入)，由於胸徑小於 8 公分之林木不予登記，因此該表由 8 公分以上開始計算，而推估行列疏伐留存林分各徑級狀況的部分，則是因該行列疏伐之保留帶有進行一極弱度之下層疏伐，砍去劣勢木，由於該疏伐的實際情況不明，所以本研究假設該下層疏伐僅伐去胸高直徑徑級少於 10 公分之林木，10 公分以下之徑級株數為 0。

表 5-3 推估林道下方 30.5 公頃柳杉造林地行列疏伐情形

單位：株

徑級 (cm)	推估疏伐前 林分各徑級狀況	推估行列疏伐 留存林分各徑級狀況
8	587	0
10	841	0
12	1094	656
14	1309	785
16	1456	874
18	1506	904
20	1454	872
22	1302	781
24	1084	651
26	833	500
28	592	355
30	385	231
32	229	137
34	124	75
36	59	36
38	27	16
40	11	6
42	4	2
44	1	1
總計	12,898	6,882

資料來源：本研究推估整理。

圖 5-1 的部分，長條圖表示 30 公頃柳杉造林地行列疏伐前疏伐木調查紀錄之各徑級疏伐木情況，而曲線則是以截斷韋伯分配推估出的行列疏伐疏伐帶之疏伐木分配。由本研究推估之分配可以推測行列疏伐後之林分狀況，將表 5-2 的資料繪成圖 5-2，黑色的部分是利用該韋伯分配 CDF 積分推估而得的疏伐前各徑級株數，而灰色部分則是同樣以該分配推估而得知疏伐後各徑級株數。

由於本研究內容之行列疏伐前後林分的情況皆為推估，如欲了解推估部分與實際之差異，則必須進一步對該林分取樣區，並對樣區做測量。

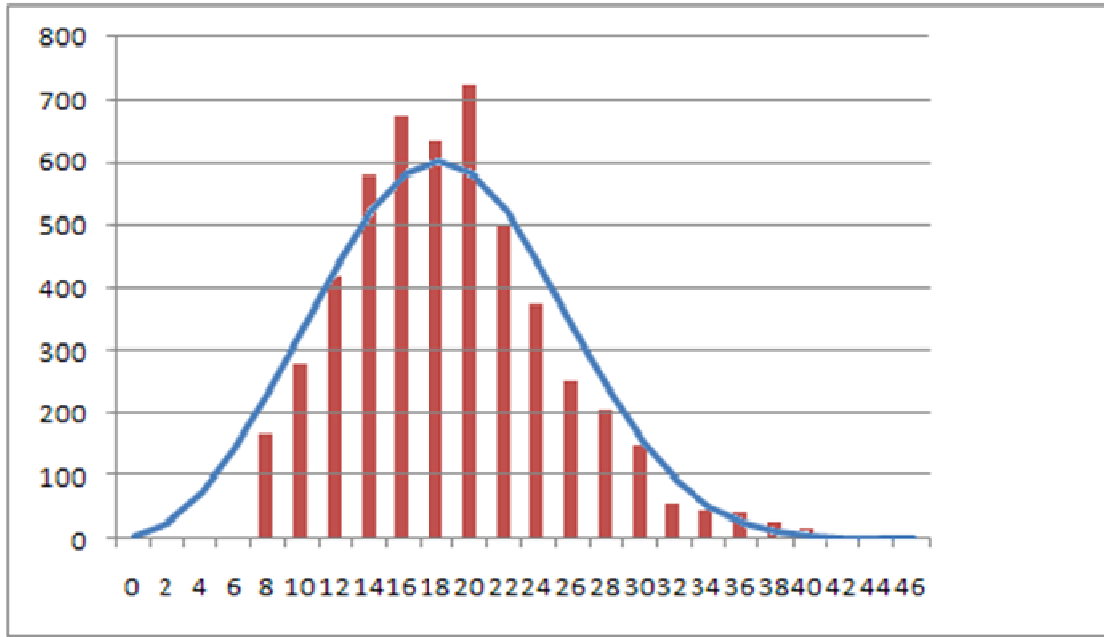


圖 5-1 推估林道下方 30.5 公頃柳杉造林地疏伐前之母體次數

資料來源：本研究推估整理。

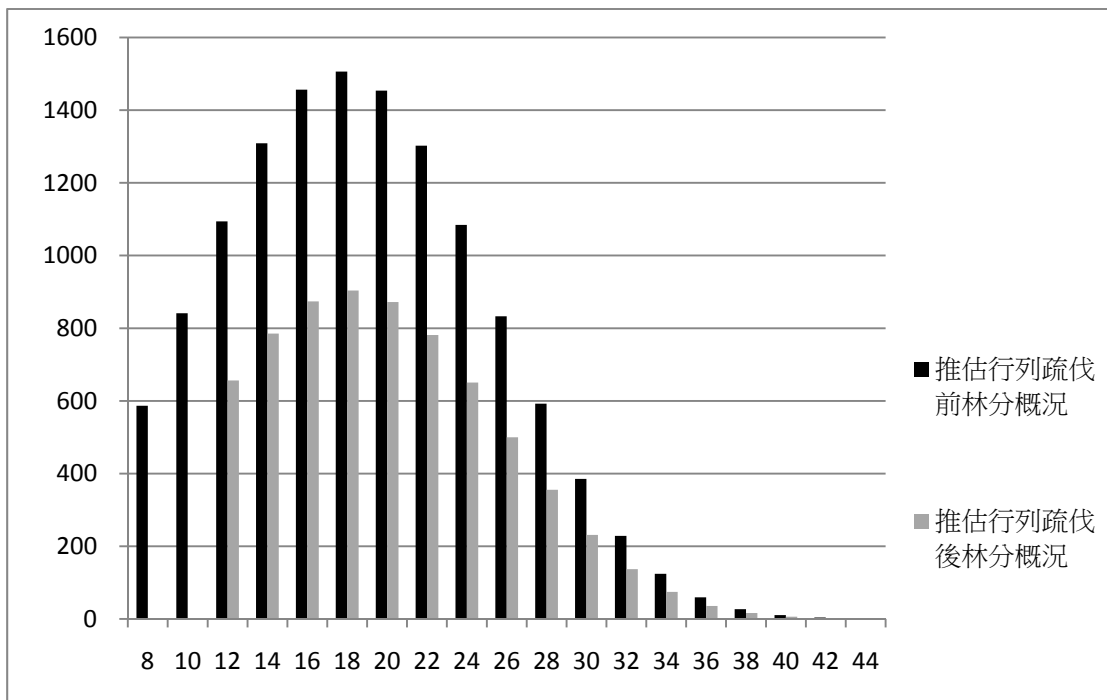


圖 5-2 推估林道下方行列疏伐前後之各徑級次數差異

資料來源：本研究推估整理。

林道下方 20.5 公頃柳杉造林地下層擇伐的部分，由於缺少能推估母體之資料，本研究假設該造林地之母體分配與林道上方造林地母體分配一致，株數疏伐度 28.5%，疏伐木株數為 5,822 株，也就是疏伐前母體約為 21,324 株，本研究將 21,324 株林木乘以估得韋伯分配各徑級之累計機率，估得下層擇伐前各徑級之狀態，依照過去的慣例將小於 8 公分之林木略去，根據推估結果，胸徑大於 8 公分之柳杉約為 19,420 棵。而疏伐後留存林分之情況的推估，為疏伐前母體狀況減去疏伐木得到疏伐後留存林分各徑級之狀況，然而推估至此發生兩個問題，¹第一個問題是下層擇伐後的林分胸徑一般不會出現低於 12 公分的留存木，第二個問題為部分徑級出現負數，因此為解決這兩個問題，在第一個問題的處理上為刪去低於 12 公分之留存木，差不多會刪去 611 株左右的小徑木，但由於該徑級小，對林分整體材積的影響非常小，本研究將其忽略不計。次一個問題的解決方式則是以鄰近之徑級株數做調整，其推估狀況如表 5-4。而表 5-4 之資料將其繪成直條圖則如圖 5-3，黑色的部分是本研究推估下層疏伐前各徑級之狀況，灰色則是下層疏伐後留存木各徑級之狀況。

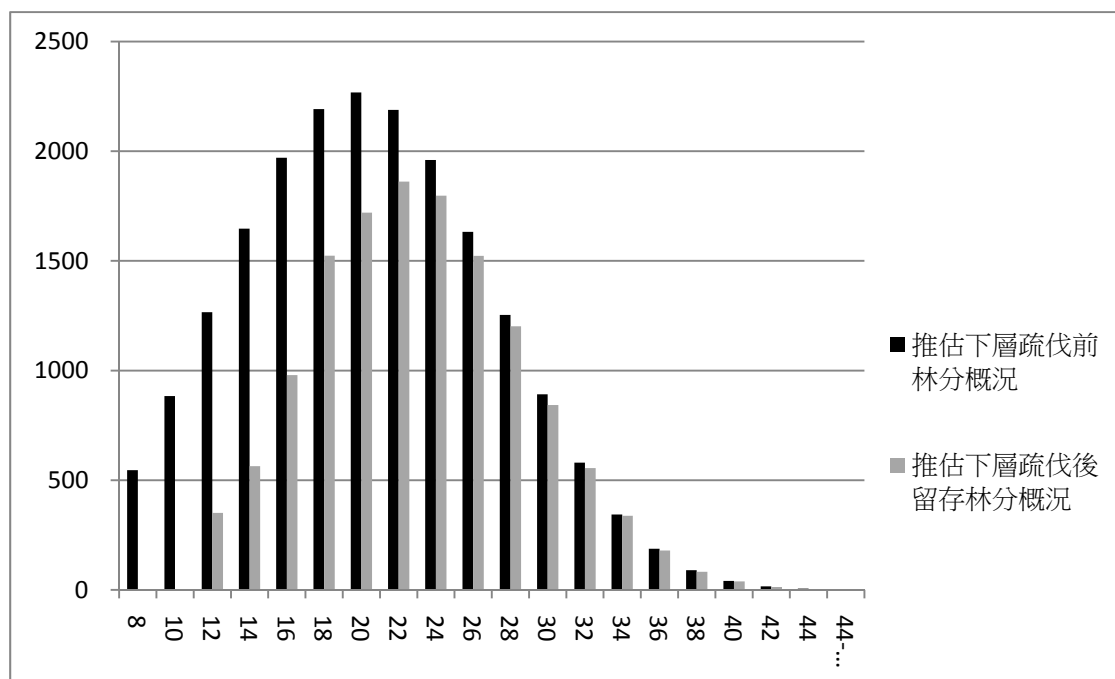


圖 5-3 推估林道上方下層擇伐前後各徑級次數

資料來源：本研究整理。

¹ 依照期末審查委員之意見修改。

表 5-4 推估林道上方 20.5 公頃柳杉造林地下層疏伐情形

單位：株

徑級 (cm)	疏伐木次數	推估疏伐前 林分各徑級狀況	推估下層疏伐 留存林分各徑級狀況
8	533	883	0
10	915	1,266	0
12	1,083	1,647	564
14	991	1,971	980
16	669	2,192	1,523
18	548	2,268	1,720
20	327	2,188	1,861
22	163	1,960	1,797
24	110	1,633	1,523
26	52	1,254	1,202
28	49	892	843
30	25	580	555
32	6	344	338
34	8	187	179
36	7	90	83
38	2	41	39
40	3	16	13
42	3	6	3
44	0	2	2
總計		19,420	13,225

資料來源：本研究推估整理。

二、實際疏伐面積

由現勘經驗發現，實際疏伐的時候，經常碰到地形崎嶇需要設置保護帶，或是部分林地已自然更新成次生林而不予以採伐，而本次疏伐規畫的疏伐面積並非確切的疏伐面積，而是造林地面積，因此本研究必須使用現有之資料推估出有效的疏伐面積，以花蓮林管處作業課提供的資料，認定一公頃的柳杉株數為 1,400 株，由 1,400 株回推實際的疏伐面積，並由推估出之母體株數除以每公頃平均株數，估得 20.5 公頃之下層疏伐柳杉造林地實際的疏伐面積（實際疏伐面積）為 13.87 公頃，而 30 公頃的行列疏伐

柳杉造林地實際疏伐面積為 9.21 公頃。

三、樹高與材積之推估

花蓮林管處並沒有樹高與優勢木平均樹高的資料，本研究假設花蓮林管處 27 林班柳杉造林地之柳杉樹高與胸徑之關係類同，故以該林分旁之 2007 年 37 年生柳杉永久樣區資料建立胸徑樹高模式。該樣區之樣木生長情形如表 5-5，總共 32 株 37 年生之柳杉，由表 5-5 可以觀察到編號為 18、23、29 的柳杉胸徑大約在 30 至 35 公分之間，而其樹高皆已達 27 公尺以上，編號 17 與 20 雖然胸徑僅有 24.7 與 25 公分，但樹高已達 25 公尺與 28 公尺：

表 5-5 花蓮林管處 27 林班柳杉永久樣區之樣木

編號	胸徑 (cm)	樹高 (m)	編號	胸徑 (cm)	樹高 (m)
1	30	25	17	24.7	25
2	23.3	19	18	33.5	27
3	18	21	19	25	28
4	22.2	12	20	16.9	13
5	24	20	21	30	25
6	33.5	24	22	32	26
7	26.5	23	23	34	27
8	33	23	24	12.2	10
9	29.7	25	25	15.3	13
10	20.4	19	26	32.1	28
11	23.2	14	27	40.1	20
12	30.6	22	28	15.6	8
13	23.1	21	29	35.5	27
14	17.6	12	30	13.9	8
15	15	13	31	14.8	15
16	16.6	18	32	22.5	11

資料來源：花蓮林管處作業課，2008，本研究整理。

註：該資料為永久樣區實測資料。

本研究將該樣區資料以三種模式個別回歸，研究上通常會以判定系數決定最合適之胸徑、樹高曲線式。

表 5-6 樣區柳杉樹高曲線式模擬結果

模式	數學式	參數		R ²
		A	b	
模式一	$H = a + b \ln D$	-30.4266	15.8292	0.6600
模式二	$\ln H = a + b \ln D$	-0.0148	0.9268	0.6425
模式三	$H = \left(\frac{D}{a + bD}\right)^2$	2.5141	0.1247	0.6388

資料來源：本研究整理估計。

表 5-7 推估行列疏伐柳杉造林地疏伐前林分狀況

徑級 (cm)	組中點 (cm)	平均樹高 (m)	平均材積 (m ³)	次數 (株)	各徑級材積 (m ³)
8	9	2.49	0.00	587	0.00
10	11	6.02	0.03	841	25.23
12	13	8.91	0.06	1,094	65.64
14	15	11.35	0.09	1,309	117.81
16	17	13.46	0.13	1,456	189.28
18	19	15.33	0.18	1,506	271.08
20	21	16.99	0.24	1,454	348.96
22	23	18.50	0.32	1,302	416.64
24	25	19.88	0.39	1,084	422.76
26	27	21.15	0.48	833	399.84
28	29	22.32	0.57	592	337.44
30	31	23.41	0.67	385	257.95
32	33	24.43	0.79	229	180.91
34	35	25.39	0.92	124	114.08
36	37	26.30	1.06	59	62.54
38	39	27.15	1.21	27	32.67
40	41	27.97	1.37	11	15.07
42	43	28.74	1.55	4	6.20
44	45	29.47	1.70	1	1.70
46	47	2.49	1.96	0	0.00
合計				12,898	3,265.80

資料來源：本研究推估整理。

該結果為表 5-7，基本上三者的判定係數都差不多，其中以半對數之模式一的判定係數最高，因此本研究採模式一做為胸徑樹高曲線式。

而本研究由此胸徑樹高模式推估各徑級平均樹高，再由胸高直徑與各徑級樹高，參照台灣林產處分調查用立木材積表，估計行列疏伐柳杉造林地母體林分各徑級之材積、總材積、每公頃平均材積。

由推估之總材積與實際疏伐面積可推得，行列疏伐柳杉造林地疏伐前總蓄積為 3265.8 立方公尺，而每公頃平均材積為 354.48 立方公尺。

四、不同疏伐作業對留存木林分環境屬性之影響

造林地在行列疏伐之後，由於理論分配一致，所以平均樹高本應不會移動，但是由於在保留帶進行極弱度的下層疏伐，所以樹高略為增加。疏伐後蓄積的部分，利用林務局所出版之立木材積表估得，詳見表 5-8。而進行下層疏伐的部分，徑級大於 8 公分之柳杉平均樹高由 15.16 公尺移至 17.54 公尺，另外，在樹高與立木材積表的推測下，求得下層疏伐後每公頃平均材積為 307.63 立方公尺、行列疏伐後每公頃平均材積為 211.05 立方公尺，詳見表 5-9。

表 5-8 下層疏伐林分概況

假設疏伐前每公頃株數	1,400.00株	疏伐前平均胸徑	19.91cm
疏伐前 30 公頃株數	19,420.00株	疏伐後平均胸徑	22.38cm
可疏伐林地面積	13.87ha		
疏伐後株數	13,225.00株	疏伐前平均樹高	15.16m
疏伐後每公頃株數	953.40株	疏伐後平均樹高	17.54m
疏伐前斷面積	665.56m ²	疏伐前材積	4,918.97m ³
疏伐前每公頃斷面積	47.97m ²	疏伐前每公頃平均材積	354.61m ³
疏伐後斷面積	550.60m ²	疏伐後材積	4,267.33m ³
疏伐後每公頃斷面積	39.69m ²	疏伐後每公頃平均材積	307.63m ³

資料來源：本研究整理。

表 5-9 推估行列疏伐林分概況

假設疏伐前每公頃株數	1,400.00株	疏伐前平均胸徑	19.90cm
疏伐前 30 公頃株數	12,898.00株	疏伐後平均胸徑	21.12cm
可疏伐林地面積	9.21ha		
疏伐後株數	6,882.00株	疏伐前平均樹高	15.16m
疏伐後每公頃株數	747.00株	疏伐後平均樹高	16.47m
疏伐前斷面積	441.93m ²	疏伐前材積	3,265.80m ³
疏伐前每公頃斷面積	47.97m ²	疏伐前每公頃平均材積	354.48m ³
疏伐後斷面積	258.12m ²	疏伐後材積	1,944.33m ³
疏伐後每公頃斷面積	28.02m ²	疏伐後每公頃平均材積	211.05m ³

資料來源：本研究推估整理。

第三節 推估不同疏伐作業下留存林分材積之生長量

在推估疏伐完林分現況後，如欲討論不同疏伐作業對留存林分生長之影響，必須使用生長模式進行模擬，比較不同疏伐作業下留存林分之生長，但由於實測資料的缺乏，因此材積生長部分會以過去文獻所建立的模式進行調整與模擬。

一、生長模型

在林木生長的模式部分，花蓮林管處並沒有已推估好的生長模式可以使用，所以本研究參考高強（1980）、高強（1982）、陳重銘（2003）、李國忠等（2000），該研究以台灣大學實驗林管理處之 800 筆柳杉樣區資料推估之生長模式，本研究就以其估得之生長函數為基礎進行模擬。

高強（1980）以 Schumacher（1939）為基礎，假設單位面積之材積為林齡之函數：

$$\ln V = a \left(\frac{1}{A} \right) + K \quad (5-8)$$

由上式可得連年生長模式：

$$\frac{dV}{dA} = -aVA^{-2} \quad (5-9)$$

將連年生長模式積分可得總生長模式：

$$\ln V = \ln V_0 + a(A^{-1} - A_0^{-1}) \quad (5-10)$$

然除林齡外還有如密度、地位級等因素決定林木之生長，因此參考 Clutter (1963) 之收穫模式：

$$\ln V = a_0 + a_2A^{-1} + a_3(\ln H_d) + a_4(\ln B) + a_5(\ln N) \quad (5-11)$$

將期初之優勢木與次優勢木樹高（地位級之代理變數）、單位面積胸高斷面積、單位面積林木株數等加入該模型中，其修改後之生長模式如下：
（高強 1982）

材積式

$$\ln V = a_0 + a_1A_0^{-1} - a_2A^{-1} + a_3(\ln H_{d0}) + a_4(\ln B_0) + a_5(\ln N_0) \quad (5-12)$$

胸高斷面積式

$$\ln B = b_0 + b_1A_0^{-1} - b_2A^{-1} + b_3(\ln H_{d0}) + b_4(\ln B_0) + b_5(\ln N_0) \quad (5-13)$$

單位面積株數式

$$\ln N = c_0 - c_1A_0^{-1} + c_2A^{-1} - c_3(\ln H_{d0}) + c_4(\ln B_0) + c_5(\ln N_0) \quad (5-14)$$

優勢木胸高斷面積式

$$\ln H_d = d_0 + d_1A_0^{-1} - d_2A^{-1} + d_3(\ln H_{d0}) \quad (5-15)$$

a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 c_0 、 c_1 、 c_2 、 c_3 、 c_4 、 c_5 、 d_0 、 d_1 、 d_2 、 d_3 為參數

A_0 ：基期林齡

A ：目標期林齡

H_{d0} ：基期之優勢木與次優木平均樹高

H_d ：目標期之優勢木與次優木平均樹高

B_0 ：基期之胸高斷面積（單位面積）

B ：目標期胸高斷面積

V ：材積

高強（1980）利用台大實驗實驗林管理處 17 個柳杉試驗、35 個樣區之資料推估之生長函數，柳杉起始林齡為 9 年生至 56 年生不等，最終之實測林齡為 11 至 70 年生，因此對本研究而言，此生長模式非常具有參考價值。其估計模式如下：

材積式

$$\begin{aligned} \ln V = & 0.86647096 + 16.428966A_0^{-1} - 21.910455A^{-1} + 1.0866724(\ln H_{d0}) + \\ & 0.46472197(\ln B_0) + 0.050231886(\ln N_0) \end{aligned} \quad (5-16)$$

$$R_B^2 = 0.981923$$

$$d.f. = 797$$

胸高斷面積式

$$\begin{aligned} \ln B = & 0.20247527 + 9.2303231A_0^{-1} - 12.621150A^{-1} + 0.45736821(\ln H_{d0}) \\ & + 0.366904(\ln B_0) + 0.14900362(\ln N_0) \end{aligned} \quad (5-17)$$

$$R_B^2 = 0.949308$$

$$d.f. = 797$$

單位面積株數式

$$\ln N = 0.27646817 - 0.19320167A_0^{-1} + 0.44948447A^{-1} - 0.015551266(\ln H_{d0}) + 0.0019106986(\ln B_0) + 0.96391624(\ln N_0) \quad (5-18)$$

$$R_B^2 = 0.996586$$

$$d.f. = 797$$

優勢木樹高估計式

$$\ln H_d = 1.3251045 + 5.8437691A_0^{-1} - 10.610497A^{-1} + 0.64106667(\ln H_{d0}) \quad (5-19)$$

$$R_B^2 = 0.986606$$

$$d.f. = 799$$

表 5-10 高強 1980 所推估之參數

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0.86647096	16.428966	-21.910455	1.0866724	0.46472197	0.050231886
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
0.20247527	9.2303231	-12.62115	0.45736821	0.36696504	0.14900362
d_0	d_1	d_2	d_3		
1.3251045	5.8437691	-10.610497	0.64106667		

資料來源：高強，1980。

二、模擬不同疏伐作業下留存林分材積之生長

然而本研究地點於花蓮林管處玉里事業區，轄內柳杉之生長與台灣大學實驗林管理處柳杉之生長可能存在差異，無法直接套用該估得之模式，因此本研究以模擬的方式，對該生長函數之參數做調整。

由材積式之函數形式可以發現，在其他條件不變下，固定兩年之材積、胸高斷面積、優勢木樹高生長百分比為定值，本研究帶入台大實驗林管理處數個密度較相近之柳杉樣區資料，三叉崙為每公頃 841 株 45-197 樣區則是每公頃 1586 株，49-1 樣區柳杉每公頃 1863 株，39-173 樣區為每公頃 1085 株，樣區柳杉生長模式推估如圖 5-4。以此生長模式模擬，得到各柳杉造林地 36 年至 38 年間，材積成長 3.26%，胸高斷面積生長 1.86%，優勢木樹高生長 1.56%。

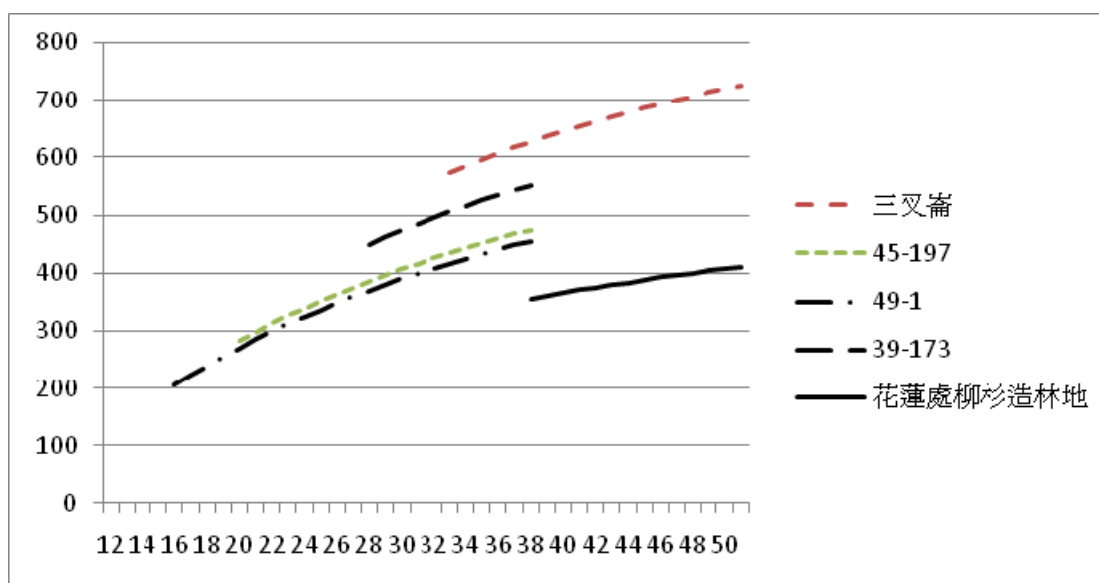


圖 5-4 臺大實驗林柳杉材積生長

資料來源：高強，1980。

本研究假設本案造林地過去年度至 38 年生時所生長之比率如同模式所設定，先由 38 年生之資料以固定比率回推 36 年生之狀況，再由該狀況帶入模式，得到模式推估之 38 年資料，比較此推估與原 38 年生柳杉造林地之概況，再由調整截距項參數來使推估與 38 年生造林地概況一致。

而平均樹高的部分，由平均樹高-優勢木樹高實驗式得出優勢木平均樹高，該式為：

$$\text{優勢木平均樹高} = 2.0621 + 0.9949 \times \text{平均樹高} \quad (5-20)$$

將平均樹高帶入上式，本研究所得到的優勢木平均樹高為 17.14 公尺。

表 5-11 本研究估計之起始值

地點	每公頃株數	起始值		
		Age (林齡)	BA (m ²)	Hd (m)
未疏伐	1400	38	47.98	17.14
下層疏伐	954	38	39.69	17.14
行列疏伐	747	38	28.02	17.14

資料來源：本研究整理。

在材積式的部分， a_0 為截距項， a_3 、 a_4 、 a_5 代表的是每公頃立木株數增減之百分比對材積百分比所造成的影響，然而本研究為疏伐後評估，38 年之胸高斷面積、優勢木平均樹高、每公頃立木株數都已固定，故調整 a_0 與調整 a_3 、 a_4 、 a_5 變動的皆為截距項，為求簡化，本研究僅調整 a_0 截距項。樹高式與胸高斷面積式之推估方式依此類推。未疏伐林分、下層疏伐與行列疏伐林分之參數調整如表 5-12、表 5-13 與表 5-14。

然而該生長模式有一個嚴重的問題，即為前述之固定兩年間生長比率固定，這使得疏伐對留存林木生長之效益無法被有效的衡量，本研究由於資料的限制，無法對此部分做假設，還有待後續監測資料補上，再對其他參數調整。

表 5-12 未疏伐林分參數

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0.766	16.429	-21.910	1.087	0.465	0.050
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
0.142	9.230	-12.621	0.457	0.367	0.149
d_0	d_1	d_2	d_3		
1.147	5.844	-10.610	0.641		

資料來源：本研究整理。

表 5-13 下層疏伐參數

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0.732	16.429	-21.910	1.087	0.465	0.050
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
0.111	9.230	-12.621	0.457	0.367	0.149
d_0	d_1	d_2	d_3		
1.155	5.844	-10.610	0.641		

資料來源：本研究整理。

表 5-14 行列疏伐參數

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0.529	16.429	-21.910	1.087	0.465	0.050
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
-0.086	9.230	-12.621	0.457	0.367	0.149
d_0	d_1	d_2	d_3		
1.147	5.844	-10.610	0.641		

資料來源：本研究整理。

三、實證結果

由本研究調整之生長模式，可推得未疏伐林分、下層擇伐林分、行列疏伐林分每公頃林木材積生長概況，行列疏伐每公頃的林地蓄積最少，下層疏伐次之，而未疏伐林分每公頃的林地蓄積最多，詳見表 5-15、5-16、5-17。

該生長模式所推估之結果，疏伐後之留存林分材積並不會超過未疏伐林分材積，這部分與過去文獻所述如一，然而因為模式的限制，使得疏伐林分無法展現出材積生長促進的效果，等比例放大下將不同疏伐作業下每公頃的林地蓄積差異拉大，在林齡為 59 年時，未疏伐林分每公頃蓄積為 435.85 立方公尺，下層疏伐林分為 378.24 立方公尺，行列疏伐為 257.28

立方公尺。

表 5-15 推估未疏伐林分生長

林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)	林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)
38	354.48	47.09	49	404.04	50.76
39	360.27	47.51	50	407.67	51.02
40	365.37	47.90	51	411.19	51.27
41	370.28	48.27	52	414.60	51.52
42	375.02	48.62	53	417.91	51.75
43	379.60	48.97	54	421.12	51.98
44	384.02	49.29	55	424.24	52.20
45	388.29	49.61	56	427.26	52.42
46	392.43	49.91	57	430.21	52.63
47	396.42	50.20	58	433.07	52.83
48	400.29	50.49	59	435.85	53.02

資料來源：本研究推估整理。

表 5-16 推估下層疏伐留存林分生長

林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)	林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)
38	307.63	40.20	49	350.63	43.33
39	312.65	40.56	50	353.78	43.55
40	317.07	40.89	51	356.83	43.77
41	321.34	41.21	52	359.79	43.98
42	325.45	41.51	53	362.67	44.18
43	329.42	41.80	54	365.45	44.38
44	333.26	42.08	55	368.16	44.56
45	336.97	42.35	56	370.79	44.75
46	340.55	42.61	57	373.34	44.93
47	344.02	42.86	58	375.82	45.10
48	347.38	43.10	59	378.24	45.26

資料來源：本研究推估整理。

表 5-17 推估行列疏伐留存林分生長

林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)	林齡 (年)	材積 (m ³ /公頃)	BA (m ² /公頃)
38	211.05	28.02	49	238.50	30.00
39	212.66	28.08	50	240.64	30.15
40	215.67	28.31	51	242.72	30.30
41	218.57	28.53	52	244.73	30.45
42	221.37	28.74	53	246.69	30.59
43	224.07	28.94	54	248.58	30.72
44	226.68	29.13	55	250.42	30.85
45	229.21	29.32	56	252.21	30.98
46	231.65	29.50	57	253.95	31.10
47	234.00	29.67	58	255.64	31.22
48	236.29	29.84	59	257.28	31.34

資料來源：本研究推估整理。

第四節 未來研究建議與監測建議

一、未來研究建議

林地蓄積與取出材積為影響收益與成本的主要因素之一，而決定最終林木蓄積的因素為期初的林木蓄積與主伐前每年的材積生長量，選擇合適的森林發展模式(Forest Development Model)是推估材積生長量的必要條件。森林發展模式分為數個層級，其分別為：區域收穫模式(Regional Yield Models)、林分生長模式(Stand Growth Models)、徑級模式(Size-Class Model)、單株林木模式(Individual Tree Models)，而層級越細的模式所需要的資訊愈多、要求的精細程度也越高；如果資訊不足的情形下使用層級較細的模式，會產生背離現實的情形(Gadow and Hui,1999)。

基本上所有層級的林木發展模式都能推測疏伐對林分的影響，但所考量的精細程度是不一的，區域收穫模式僅能考量疏伐強度對收穫材積的影響，林木生長模式能考量不同的擇伐方式對於林木收穫的影響，而如果要得知疏伐對不同徑級分配之影響，就必須使用到徑級模式，但研究主題一旦考慮到非擇伐與空間性的問題，就要用到單株林木模式中的空間成長模

式 (Spatial Growth Models)。

如欲有效回答本案之不同疏伐方法對留存林分生長之影響，就必須使用考慮疏伐因子的單株林木模式推估，而該模式必須得到每株林木之間距等空間資訊，因此在疏伐前必須先畫定樣區，對樣區內之林木進行較細部的調查，由樣本資訊推估母體資訊，再由過去所建立單株林木模式推估未疏伐林分與不同疏伐林分未來之生長。

本研究在許多方面有所限制，第一個限制是我們並沒有發現我國有考慮疏伐因子之柳杉單株林木實證模式，無法直接進行套用或模擬，再者，本研究無法取得足夠筆數與足夠資訊的柳杉生長資料，因而無法估計單株林木模式與其他生長模式，僅能從現有的林分生長模式套用或模擬。花蓮林管處過去未有柳杉生長的林分生長模式，因此本研究使用高強 (1980) 之生長模式，然而使用該函式推估疏伐分生長並不是非常妥當，但卻是目前最好的選擇，詳後再述。

國內在林木發展模式上的研究，大多不將疏伐撫育包含在內，而應用於疏伐的生長模式(李久先和陳朝圳，1985；李久先等，1997；顏添明和李久先，1998a；李久先和顏添明，1995)，也僅就疏伐前後發展模式的參數做比較，並沒有繼續往後討論到不同疏伐強度對發展模式參數的影響、對模式參數本身做計量分析，我國缺乏疏伐推論模式上的研究。過去我國考慮到森林間伐或疏伐的經濟評估文獻，如高強 (1980)、高強(1982)、李國忠等(2000)、陳重銘(2002)、紀儀芝(2004)等所使用之生長模式在設計上，都沒有考慮到這類森林撫育對林木本身造成的效應，其中紀儀芝(2004)採用的柳杉材積式為張森等(1987)所估計之材積式：

$$V = \exp\left(5.5151 - \frac{22.5799}{t}\right)$$

模式之自變數僅有林齡，而該文對主伐材積的推斷其實並不清楚，而前四份文獻所使用的生長模式為同一個模式，其層級屬於林分生長模式，而這也是本研究採取的模型，該模型的形式如下：

$$\ln V = a_0 + a_1 A_0^{-1} - a_2 A^{-1} + a_3 (\ln H_{d0}) + a_4 (\ln B_0) + a_5 (\ln N_0)$$

細究該函式形式能發現，在給定其他自變數下，任兩年所生長的材積

比率為固定，也就是說疏伐效應在本函式中僅能造成截距項的改變而無法影響生長的百分比，此顯然與疏伐之實證文獻結果相背，但在無其他樣區生長資料以估計合適的生長模式的情形下，本研究只能使用該函式。基本上國外文獻中與疏伐相關之生長函數推估為徑級模式、單株林木生長模式與生長模擬器，然而本研究所取得的資料尚不足以供此三類生長推估模式使用。

未來研究疏伐的相關學者如欲探討疏伐對留存木影響之效益，在取得多筆數的疏伐樣區與永久樣區資料後，如只考慮評估疏伐強度的情形，建議能將 Garcia(1994，引用自 Gadow & Hui 1999)的生長模式進行修改，並且推估，該式如下：

$$\frac{dH}{dt} = \alpha H [\beta - \ln(H)]^2$$

$$\frac{dG}{dt} = \alpha H [\beta - \ln(H)] [\gamma - \ln(G)]$$

H ：優勢木樹高

G ：每公頃的胸高斷面積

式中每年胸高斷面積會隨著樹高的增加而減少增幅，由於優勢木樹高與立地品位和林齡關係最大，林木密度對樹高較無影響，所以胸高斷面積生長式能以樹高來代替林齡這項因子，因此樹高越高代表林齡越高，胸高斷面積的生長量也就越慢。該式中第二個部分有胸高斷面積存量之變數，其對生長量的效應為負值，也就是說林地會隨著因為種植時的密度低或是因疏伐所造成斷面積減少，而使胸高斷面積增量增加，這符合過去的實驗結果，本研究認為這個生長函數考慮了疏伐，是未來研究疏伐對林分影響在建立模式一個好的出發點。

但如果要評估不同疏伐方式對林分造成之影響，就必須使用如 FOREST、MOSES、SILVA 等生長模擬器。

二、監測建議

由於本研究之林分狀態是以行列疏伐造林地推估出生長函數是以模擬的方式推估出、胸徑樹高模式是參考附近之永久樣區資料推估出這使得本研究部分資料可能與事實有所差距，因此花蓮林管處未來如欲充分掌握此兩柳杉疏伐地之情形，本研究建議在該柳杉疏伐區建立數個樣區，收集數年的樣區生長資料，以對林分結構與生長函數的部分做參數的矯正。

由於該林分的環境使實際施行疏伐之柳杉造林地有限，所以樣區建立的標準上，在兩塊造林地內各挑選 4 至 6 個具代表性之樣區，而此樣區必須於可疏伐或疏伐處理過之林地上，每塊樣區 0.1 至 0.05 公頃，並於附近之未疏伐柳杉造林地建立樣區當作對照組。

樣區生長調查的內容包括胸高直徑、樹高、林木樹冠級，並配合全球定位系統(Global Positioning System, GPS)與地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)繪製林木位置圖，測量真正能夠疏伐的林地面積，並由調查資料算出平均每公頃株數、樹種組成、徑級分布、平均胸徑等，以供未來建立模型時，提供較完整之資訊。

另外，林道上方林地為 20.5 公頃林地，林道下方為 30 公頃公頃，但因為地形地況的因素，必須扣掉保留帶與無目標林木生長的地點，本研究由行列疏伐木數量與每公頃林木數量推估出實際可疏伐之林地面積，而推估的結果為上方下層疏伐實際疏伐林地面積為 13.87 公頃，行列疏伐為 9.21 公頃，該結果是以行列疏伐砍四留六理論疏伐率 40%為依據，實際調查的時候，這個數字可能會高估或低估，因為該林地新植造林為順坡種植，林地多位於山坡上，在坡面的影響下，可能會有疏伐帶相交或是林地上方的行數小於林地下方的行數的現象，無法掌握的實際的疏伐率，這部分需要未來由測量、航照圖或衛星照片進行判釋，並做一個校正的動作。

第六章 施行不同疏伐作業方式之經濟效益分析

花蓮林區管理處對位於瑞穗林道 13.5 至 14.1 公里之林道兩旁的柳杉造林地進行疏伐，林道上方之疏伐地採用株數疏伐率為 28.6% 之單株下層疏伐，林道下方之疏伐地採用砍四留六，株數疏伐率為 40% 之行列疏伐。另外，在行列疏伐部分再進行非常弱度之下層疏伐，移除留存木中的劣勢木。本章的重點在於分析不同疏伐作業方式之經濟效益，首先介紹經濟學之效益評估方法，並述明本研究為進行效益評估所設定之評估假設條件，最後以花蓮林管處所提供之施作疏伐各項費用與疏伐管理成本等資料以及第五章所推估之主伐材積，估算疏伐成本、疏伐收益、主伐成本及主伐收益，最後進行不同疏伐作業方式的經濟效益分析。本章的第一節為效益評估方法介紹，第二節為效益評估模型，第三節為實證分析之資料與假設前提，第四節為疏伐收益與疏伐成本之推估，第五節為主伐收益與主伐成本之推估，第六節為實證分析，第七節為不同疏伐作業下之經濟效益分析，第八節為政策建議與後續研究建議。

第一節 效益評估方法介紹

經濟學效益評估的準則為柏拉圖準則 (Pareto Criterion) 與 Hicks-Kaldor 補償原則 (Compensation Principle)，而此柏拉圖準則即判斷社會是否達到經濟效率 (Economic Efficiency) 或是柏拉圖最適境界 (Pareto Optimum)，一旦社會達到柏拉圖最適境界，就不可能不損及其他人滿足水準下，增加另一些人的滿足水準，也就是說必須要犧牲某些人來使另外一些人的滿足水準提升，在此時生產、消費兩者能同時達到均衡，也就是達到生產效率、消費效率與配置效率。

當部分人受益而另外部分人受損的情形下，柏拉圖準則無法判別該變動對社會而言是否為一改進，因而產生另外一個準則來評判柏拉圖準則無法判的變動情形，這也就是 Hicks-Kaldor 補償原則，該原則說明，如果獲利的一方能給與受損方補償，使社會整體得到改進，然該補償不一定會實現，如果補償實現，則為柏拉圖改善，也就是該變動不會使任何人受損，

但萬一補償未實現，則為潛在柏拉圖改善（potential Pareto improvement），其僅能表示受益者受益之總和大於受損者損失之總和，故使用補償原則通常會較為謹慎（蕭代基等，2002）。

一、評估指標

常用的效益評估指標為消費者剩餘與生產者剩餘、補償變量、對等變量、補償剩餘、對等剩餘。

1. 消費者剩餘

為消費 1 單位財貨的實際支付金額與消費此單位帶來的效益之差，加總後的總和。

2. 補償變量

當價格改變時，為維持原效用水準，所願支付或接受之金額。

3. 對等變量

當價格改變時，消費者願意支付或接受某一金額，使其維持新的水準。

4. 補償剩餘

當數量與品質發生改變時，為維持原效用水準，所願支付或接受之金額。

5. 對等剩餘

當數量與品質發生改變時，消費者願意支付或接受某一金額，使其維持新的水準。

然由於在效用衡量上的困難，若非使用特殊的評估方法，實證上通常會採用消費者剩餘與生產者剩餘當作效益評估標準。

二、效益之價值

大致可將環境與資源的市場效益上分成使用價值（use value）、非使用價值（non-use value）兩大類，使用價值使消費者能在使用過程中可產生效益，而使用價值中細分成以下數項：（蕭代基等，2002）

1. 直接使用價值

直接使用價值為消費者當下消費所獲得的效益，而其中又分成消耗性與非消耗性兩種，前者如採取林地之木材與其他動植物資源，後者如至森林遊樂區從事賞鳥、健行、享受寧適環境等休閒所產生的價值。

2. 間接使用價值

間接使用價值所產生的效益為當下所獲得，但不會只存在於資源所處的所在地，例如森林涵養水源、淨化空氣、吸收二氧化碳減少溫室效應等，所產生的效益並非來自「直接消費」森林，而是間接消費森林所產生的效益。

3. 選擇價值

選擇價值則著眼於未來財貨供給面與需求面之不確定，消費者願意付出一些代價，以確保消費者本身在未來能夠得到資源的充分供應或是環境品質的維持，如林務局推動的中後期疏伐撫育作業，對目前而言，該作業可能是利不及費，然而其能確保我國未來大徑木的充分供給，而其中所多花費的部分就是當局所認為的選擇價值。

4. 準選擇價值

為謹慎評估一些不可逆或是回復成本相當高的工程或政策，延後時間決定所形成的價值，如農地申請地目變更，作為住宅與工業使用，一旦變更使用後，就很難將住宅與工業使用的土地變回農地。

而部分人認為，某些資源或是環境狀態不依附人類之使用，本身即內含價值，而這個部分通常稱為非使用價值，其可細分成

1. 狹義的存在價值

人們可能不曾接觸也不曾由此存在而受益，但仍認為其存在本身即具價值，而這種存在價值的背後可能是起源於保護環境與生物之道德感、同理心與憐憫之情感。

2. 遺贈價值

遺贈價值源自利他動機，如保存與改善森林資源、環境品質，使未來世代的人們因此擁有更好的生活環境，或世代間資源使用的公平機會，而

此「遺贈」所具有價值稱為遺贈價值。

三、效益評估之方法

而在另一個層面上，可以將環境與資源的效益，依據效益是否能透過市場，改變生產者或消費者所交易之財貨、勞務的價格與數量，該財貨是否為市場財（marketed goods），將效益分成市場效益（market benefits）與非市場效益（non-market benefits），而當進行評估的時候，也應依據這些效益的特性使用不同的評估方法。如該效益直接反映在市場財的價格、數量上，則利用市場價值評估方法，如該效益間接依附於某市場財，或該效益為非市場效益，在評估方法上，會使用替代市場價值評估法或是假設市場評估法，然而評估過程往往有預算或時間的限制，而在這種限制之下，可能就必須使用效益移轉法（陳明健等，2003）。

1. 市場價值評估法（Market Valuation Method）

當計畫或其所造成的環境品質使市場財貨的供給或是需求改變，進而使供給與需求數量改變，經由市場之資訊可以觀察到生產者與消費者福利之改變，為求簡便，會假設該變動不足以影響價格，由變動數量乘以價格推出。市場評估法中，效益或成本通常由產值變化、所得變化、維護成本、預防性支出所觀察。

2. 替代市場價值評估法（Surrogate Market Valuation Method）

當關注之非市場財貨或稱為效益，依附於與其相關之市場財貨，就能藉由相關市場財貨中的變動，推估非市場財貨的價值，常見的推估方法如下三種：

(1) 旅行成本法（Travel Cost Method，TCM）

通常用在遊憩所依附的環境效益評估，人們於該環境遊憩，並由體驗自然資源之特徵得到滿足，所以能藉由人們遊憩活動的支出，包含交通、食宿、使用遊樂設備等，推算旅遊需求函數，以此了解品質變化對人們帶來的經濟效益。

(2) 特徵價格法 (Hedonic Price Method, HPM)

特徵價格理論指出各種商品之價值來自於其所包含之特徵，所以如果環境財貨所提供之效益為某市場財貨的特徵之一，則經由此環境財貨與市場財貨的關係，與市場財貨的價格變化，推估出環境財貨改變對福利的變化。例如房價和附近噪音、空氣品質與其他環境品質有關係，所以如果能觀察到這些環境財貨之品質、數量對房價之影響，就能了解這些環境財貨的效益。

(3) 特徵工資法 (Hedonic Wage Method, HWM)

特徵工資法假設勞工會選擇工作環境較佳的工作，這導致環境較佳工作的勞動供給較多，工資因此相對低廉，通常用在評估改善工作環境以減少死亡、傷殘、罹病的效益，或了解各地區環境、文化上的價值差異。

3. 假設市場評估法 (Contingent Valuation Method, CVM)

然有許多自然資源並不存在市場交易，無法直接、間接的由市場資訊推估其價值，因此在推估效益的時候，會先建立假設市場，並使用問卷獲取詢價資料，由資料估計平均願付價值與出價函數，最後評估研究結果，而這種方法稱為假設市場評估法，而這也是評估效益方法中應用最廣、爭議最大的方法，常見於國內評估空氣、水質、景觀等效益的文獻中。

4. 效益移轉法 (Benefit Transfer)

若是因調查的資源不足或是時間有限，則會使用議題相關、對象相似的文獻所分析之實證數據，而該移轉可能是效益值的全部或某一個比例。

由於本研究僅討論木材之直接使用效益，所以分析部分使用市場價值評估法，未來後續研究若要考慮其他無直接市場之環境效益，就必須使用替代市場評估法或假設市場評估法，因此後兩者本研究在此列上，做為往後研究之參考。

第二節 效益評估模型

疏伐後，林道下方之柳杉造林地將會營造成異質林，而花蓮林區管理處對兩林地未來的經營管理策略未定，難以估計長期之下的林地期望值，

所以本研究只考慮單一輪伐期，而定義林分在單一輪伐期內之淨現值如式 (6-1)

$$\begin{aligned}
 NPV &= \frac{f(t)p(t)}{e^{rt}} - \left(\frac{s}{e^r} + \frac{s}{e^{2r}} + \dots + \frac{s}{e^{rt}} \right) - \frac{C(t)}{e^{rt}} \\
 &= \frac{f(t)p(t)}{e^{rt}} - s \left[\frac{e^r - 1}{(e^r - 1) e^r} \right] - \frac{C(t)}{e^{rt}} \\
 &= \frac{f(t)p(t) - C(t)}{e^{rt}} - s \left[\frac{e^r - 1}{(e^r - 1) e^r} \right] \tag{6-1}
 \end{aligned}$$

t : 主伐時間 (年) ;

$f(t)$: 在第 t 時點之主伐材積 ;

$p(t)$: 在第 t 時點之單位材積價格 ;

r : 折現率 ;

s : 管理成本 ;

然而，本研究屬於疏伐之評估，林業管理單位在初始時點上進行疏伐決策，過去之支出與收益將不列入評估之考量，而且以我國國有林當前之經營方式，疏伐後至主伐前並沒有對國有林地做其他管理撫育的措施，故假設期間管理成本約等於零。另外，由第四章可知，花蓮林區管理處經濟營林區林地總面積與每年疏伐面積差異極大，以目前預算編列的情況，在單一輪伐期內平均做不到一次疏伐，故本研究僅考慮單一輪伐期內一次性疏伐後之決策。假設主伐只考慮材積收穫，並在疏伐後之第 t 年進行主伐，其淨收益如式 6-2 :

$$\begin{aligned}
 NPV &= \pi_{thinning|m} + \pi_{final|m} \\
 &= [f(0|m)p(0) - C(0|m)] + \left[\frac{f(t|m)p(t) - C(t|m)}{e^{rt}} \right] \tag{6-2}
 \end{aligned}$$

$\pi_{\text{thinning}|m}$ ：疏伐利潤

$\pi_{\text{final}|m}$ ：主伐利潤

t ：疏伐後至主伐之期間， $t > 0$

$f(0|m)$ ：施行 m 疏伐方法下之可利用材積。

$p(0)$ ：疏伐木可利用材積之單位價格。

$C(0|m)$ ：施行 m 疏伐方法之疏伐成本。

$f(t|m)$ ：施行 m 疏伐方法下之主伐材積。

$p(t)$ ：在第 t 時點主伐木可利用材積之單位價格。

$C(t|m)$ ：施行 m 疏伐方法下之主伐成本。

第一個部分為疏伐之淨現值，第二個部分為主伐之淨現值，兩者相加即為以疏伐時點為基期下，輪伐期內之林分淨現值。

第三節 實證分析之資料與假設前提

一、假設情境

本研究之主題為探討不同疏伐方式下經濟效益及其對留存木之影響，而前者有兩個主要的面向，第一個面向是比較疏伐林地與未疏伐林地，第二個面向在於評估不同疏伐方法對經濟效益之影響，故本研究除了比較兩塊造林地因為疏伐所造成的差異，也想了解造林地在疏伐與未疏伐下在經濟收益上的不同。

然而花蓮林管處在本案中並沒有畫定不進行疏伐之對照組，對於兩個尚未疏伐柳杉造林地也沒有確切的全林分調查資料，因此本研究僅能以資料盡量還原尚未進行疏伐之造林地，假定該造林地未進行疏伐之情境，設法模擬。

本研究將林道上方 20.5 公頃與林道下方 30 公頃兩塊柳杉造林地分開討論，比較 20.5 公頃柳杉造林地在選擇不疏伐與選擇本案之下層疏伐下，不同的收益情形，同理，林道下方 30 公頃柳杉造林地的部分，比較選擇

不進行疏伐與進行行列疏伐下兩者的收益情形，而不進行疏伐的部分將當作本研究之對照組。另外，為方便於比較，本研究假設在本疏伐案結束後，設定時點主伐，並藉由比較主伐後之輪伐期內之淨現值來探討各方案之優劣。

故由前所述，本研究分成 A、B、C、D 四種情境，A 情境為假設 20.5 公頃柳杉造林地下層疏伐林地未進行疏伐，B 情境為假設 30 公頃柳杉造林地行列疏伐林地未進行疏伐，C 情境為 20.5 公頃柳杉造林地進行下層疏伐，D 情境為 30 公頃柳杉造林地進行行列疏伐林地，而各情境下，分成 10 年主伐方案與 20 年主伐方案。

二、木材價格與折現率

疏伐木材材積價格與主伐收穫之價格，參考林務局木材價格資料，花蓮林區管理處之柳杉價格 10 年沒有改變，末徑大於 15 公分之中材每單位材積為 3,960 元，末徑 7 至 15 公分之中材每單位材積為 3,600 元。主伐收穫的部分，採取之木材徑級大多大於 16 公分，所以本研究以每單位材積 3,960 元為標準。

另外，折現率的部分，參考 98 年度之造林貸款優惠利率 1.25%，假設長期通貨膨脹率為 1.5%，風險貼水為 1.5%，因此實質折現率為 1.25%。

第四節 疏伐收益與疏伐成本之推估

一、疏伐收益

由於在本研究建議林管處將兩地疏伐木材分開放置前，疏伐木材已混同，故無法分出上下方林地疏伐下之各規格木材之數量，本研究假設兩柳杉疏伐地材積之比率，等於每木調查時推估搬出疏伐木材積之比率，將總疏伐材積 885.83 立方公尺分成兩個部分，下層疏伐搬出木材材積為 246.06 立方公尺，行列疏伐搬出木材材積為 639.77 立方公尺。

由花蓮林管處提供的柳杉疏伐木標售價格為 1,677,800 元，本研究將收益以材積比例分割得到，下層疏伐標售材積 246.06 立方公尺，獲得標售收益為 466,048 元；而行列疏伐標售材積 639.77 立方公尺，獲得標售收益為 1,211,752 元。

二、疏伐成本

本研究將疏伐成本分為疏伐管理費用與疏伐工程發包費用，疏伐工程費用為工程之得標價，而疏伐管理費用則是林業經營管理單位在工程前後，疏伐木調查、監工、檢尺、驗收與基地查驗使用公務員與其他雇工所支出之機會成本。

根據花蓮林管處作業課所提供標價資料（如附件一），下層疏伐柳杉造林地工程費用為 846,680 元，行列疏伐柳杉造林地工程費用為 2,788,613 元，但為了要將刈草、除蔓排除在疏伐作業費用之外，必須減去此工作項目之費用，因此下層疏伐費用為 641,582 元，行列疏伐費用為 2,418,613 元。

而管理成本的部分，由每木調查、監工、疏伐木檢尺、驗收與基地查驗四個主要的部分所組成，由於林管處提供之資料為兩疏伐地之混合資料，估計的時候必須加以分離，花蓮林管處所提供之資料如下：

- (一) 每木調查雇工：共 130.5 工，經費 250,560 元
- (二) 每木調查人員：經費約 240,000 元（約 200 人次，每人每次約 1,200 元）
- (三) 監工：80 工作日，經費約 40,000 元
- (四) 檢尺：人次約 12 人，經費約 12,000 元
- (五) 驗收及跡地檢查人員：人次約 10 人，經費約 10,000 元

其中每木調查雇工、每木調查人員與疏伐木數量有關，檢尺與搬出材積數量有關，驗收與基地檢查與疏伐面積有關，因此前三項由兩者疏伐木數量之比率分離，檢尺費用以兩者搬出數量比率分離，驗收及基地檢查費用以兩者面積之比率拆解，在監工費用方面，由於缺少兩者之疏伐時間，一般而言，在同樣疏伐度與搬出材積下，行列疏伐較為省時，因此兩者缺乏一樣的衡量基礎，本研究依照疏伐標價中刈草切蔓、疏伐整治、造材費、集材費、貯木整理費用之比率，將監工費用分離。分離以後，本研究推得下層疏伐柳杉造林地疏伐管理費用為 280,686 元，而行列疏伐柳杉造林地的疏伐管理費用為 271,874 元，詳見表 6-1。

表 6-1 推估疏伐管理費用

單位:元

工 作 項 目	總管理費用	下層疏伐 管理費用	行列疏伐 管理費用
1 每木調查雇工	250,560	132,831.94	117,728.06
2 每木調查人員	240,000	127,233.66	112,766.34
3 監工	40,000	13,156.65	26,843.35
4 檢尺	12,000	3,404.07	8,595.93
5 驗收與基地檢查	10,000	4,059.41	5,940.59
合計	552,560	280,685.72	271,874.29

資料來源：本研究推估整理。

第五節 主伐收益與主伐成本之推估

一、主伐材積

假設主伐之材積搬出利用的比率與本年度所進行之行列疏伐相同，該行列疏伐疏伐材積為 1,071.3 立方公尺，搬出林地材積為 935.87 立方公尺，木材收穫率為 87.36%，另外，疏伐木造材時還需考慮到材積率的問題，主伐收穫的材積率參考林產處分生產費用查定表，假設可利用材積為伐採材積的 70%，因此各方案之主伐收穫材積如表 6-2。

表 6-2 推估主伐收穫之可利用材積

方案	林木數量 (棵)	疏伐後 10 年 主伐材積 (m ³)	疏伐後 20 年 主伐材積 (m ³)
A (林道上方未疏伐)	19420.00	3,395.52	3,697.17
B (林道下方未疏伐)	12898.00	2,255.17	2,455.51
C (林道上方下層疏伐)	13225.00	2,946.71	3,208.48
D (林道上方行列疏伐)	6882.00	1,331.22	1,449.48
每公頃平均	(棵/公頃)	(m ³ /公頃)	(m ³ /公頃)
A、B	1,400	244.79	266.53
C	953.40	212.43	231.30
D	747.00	144.50	157.33

資料來源：本研究推估整理。

二、主伐收益

主伐收益的部分，將主伐材積乘以單位材積價格 3,960 元，得到主伐收益，並加以折現得到表 6-3。其中以 A 情境之 10 年主伐方案 11,866,290 元為最大，D 情境 20 年主伐方案 4,470,258 元最小。

表 6-3 推估主伐收益（已折現）

單位：元

方案	10 年主伐收益	20 年主伐收益
A	11,866,290	11,402,248
B	7,881,123	7,572,924
C	10,297,814	9,895,116
D	4,652,204	4,470,258
每公頃平均		
A、B	855,448	821,995
C	742,376	713,345
D	504,969	485,220

資料來源：本研究推估整理。

備註：該資料尚未折現。

三、主伐成本

在主伐成本方面，分成主伐工程發包費用（主伐費用）與主伐管理費用，主伐費用參考行列疏伐的資料，將各工作之費用加總，並算出單位平均費用，最後參考在前一個部分估得各方案之主伐收穫之可利用材積，換算成各方案之主伐費用，如表 6-4。

其中集材柱架設的費用，在標價時有編列，但實際施行疏伐作業時，改採怪手在林道兩旁疏伐，但如果進行主伐，而且要將所有可利用材積取出，就必須使用架線集材，因此在這個部分，本研究仍以架線集材計算集材柱架設費用，該計算標準是以每公頃之集材柱架設費用計算，行列疏伐造林地之疏伐面積為 30 公頃的 40%，12 公頃，因此 D 方案之集材柱架設費用 30 公頃的 60%，為 18 公頃，而未疏伐與下層疏伐造林地在主伐時，

表 6-4 推估行列疏伐各項工作之單位平均費用

單位：元

工 作 項 目	單位平均費用
疏伐整治（截斷）（每株）	31.36
造材費（每立方公尺）	310.84
集材費（不含集材柱架設）（每立方公尺）	1,243.35
集材柱架設（每公頃）	91178.83
貯木整理（每立方公尺）	103.61
解說牌一塊	5,181.00
測量助理工（每公頃）	366.00
工寮新設	31,861.00

資料來源：花蓮林區管理處作業課提供，本研究推估整理。

該費用以總林地面積計算。另外，由於本疏伐案之疏伐木在林地標售，因此並未考慮運費問題，但該成本會反映於標售價格之中，本研究假設主伐時在平地標售，因此主伐費用要進一步加入運費與裝車費用。依據吳學平（2001）的資料，平均每工裝車材積 6.42 立方公尺，工資依據花蓮林管處預定案的編列標準每工 1,207 元，因此可利用材積除以每工裝車材積，再乘以每工工資可以得到各方案之裝車費用，另外，吳學平（2001）在運材距離為 30 公里下，運材單價設為每立方公尺 360 元，而本研究假設運材目的地為花蓮林管處，運材距離約 70 公里，故運材單價設為每立方公尺 840 元。最後本研究將未含集材柱架設之集材費與集材柱架設費用加總，各項主伐費用如表 6-5。

主伐管理費用如表 6-6，同樣參考疏伐之單位平均管理費用，算出主伐時每木調查雇工、每木調查人員與檢尺的部分，主伐驗收與基地檢查成本則同疏伐之驗收與基地檢查成本，監工費用則是參照行列疏伐之監工成本，等比例放大成保留帶主伐之監工成本與未疏伐林地主伐監工成本，而下層疏伐的部分則是以未疏伐林地監工主伐成本依照林地大小等比例縮小。

表 6-5 推估主伐費用(已折現)

單位：元

工作項目	A, t=10	A, t=20	B, t=10	B, t=20	C, t=10	C, t=20	D, t=10	D, t=20
截斷	610,587	538,841	405,529	357,878	415,810	366,951	216,379	190,953
造材費	931,434	895,011	618,622	594,430	808,320	776,709	365,170	350,890
集材費	5,375,274	5,035,757	4,888,441	4,508,027	4,882,817	4,562,548	2,040,032	1,914,835
貯木整理	310,478	298,337	206,207	198,143	269,440	258,903	121,724	116,963
測量助理工	6,787	5,990	9,933	8,765	6,787	5,990	9,933	8,765
工寮新設	41,146	36,312	41,146	36,312	41,146	36,312	41,146	36,312
解說牌一塊	4,572	4,035	4,572	4,035	4,572	4,035	4,572	4,035
裝材與運材	3,080,460	2,959,995	2,045,920	1,965,913	2,673,287	2,568,747	1,207,701	1,160,468
總計	10,360,739	9,774,278	8,220,369	7,673,502	9,102,178	8,580,194	4,006,656	3,783,222

資料來源：本研究推估整理。

表 6-6 推估主伐管理成本(已折現)

單位：元

項目	A, t=10	A, t=20	B, t=10	B, t=20	C, t=10	C, t=20	D, t=10	D, t=20
1 每木調查雇工	391,014	345,069	259,696	229,181	266,280	234,992	138,566	122,284
2 每木調查人員	374,535	330,526	248,751	219,522	255,058	225,088	132,727	117,131
3 監工	39,628	38,078	26,319	25,290	34,390	33,045	15,536	14,929
4 檢尺	36,738	32,421	24,400	21,533	25,018	22,079	13,019	11,489
5 驗收與基地檢查	3,582	3,161	5,243	4,627	3,582	3,161	5,243	4,627
主伐之總管理成本	845,497	749,255	564,409	500,153	584,329	518,364	305,091	270,459

資料來源：本研究推估整理。

第六節 實證分析

由表 6-7 顯示，單就疏伐而言，本案並非為經濟性疏伐，也就是疏伐之淨收益為負值，下層疏伐為 -456,218 元，行列疏伐之淨收益為 -1,478,735 元。

式 6-2 計算可得到表 6-8 之結果，並由此得知，進行下層疏伐之柳杉造林地疏伐後 10 年主伐之總淨收益為 155,089 元、20 年主伐之總淨收益為 340,339 元。

表 6-7 疏伐之成本收益分析

單位：元

	C	D
疏伐收益	466,048	1,211,752
疏伐費用	641,580	2,418,613
疏伐管理成本	280,686	271,874
合計	-456,218	-1,478,735

資料來源：本研究推估整理。

然而如該林地未疏伐，未來進行主伐時淨現值更高，10 年後主伐之總淨收益為 660,055 元、20 年後主伐之總淨收益為 340,339 元，然而如該林地未疏伐，未來進行主伐時淨現值更高，10 年後主伐之總淨收益為 660,055 元、20 年後主伐方案為 878,715 元；而在行列疏伐柳杉造林地的部分，10 年後主伐方案為-1,138,278 元、20 年後主伐方案為-1,062,158 元，然該林地如果未經疏伐，10 年後主伐方案總收益為-903,654 元，20 年後主伐之總淨收益為-600,731 元。

表 6-8 各方案之總淨收益（已折現）

單位：元

	A, t=10	A, t=20	B, t=10	B, t=20	C, t=10	C, t=20	D, t=10	D, t=20
疏伐收益	0	0	0	0	466,048	466,048	1,211,752	1,211,752
疏伐費用	0	0	0	0	641,580	641,580	2,418,613	2,418,613
疏伐管理成本	0	0	0	0	280,686	280,686	271,874	271,874
主伐收益	11,866,290	11,402,248	7,881,123	7,572,924	10,297,814	9,895,116	4,652,204	4,470,258
主伐費用	10,360,739	9,774,278	8,220,369	7,673,502	9,102,178	8,580,194	4,006,656	3,783,222
主伐管理成本	845,497	749,255	564,409	500,153	584,329	518,364	305,091	270,459
合計（已折現）	660,055	878,715	-903,654	-600,731	155,089	340,339	-1,138,278	-1,062,158

資料來源：本研究推估整理。

由表 6-8，推估出輪伐期內單位實際疏伐面積之淨收益，如表 6-9。由表 6-9 可以發現林道上方之柳杉造林地，單位疏伐面積之淨收益以不疏伐 20 年後主伐為最大，10 年後主伐淨收益次之，再者為下層疏伐 20 年後主伐

方案，最後是下層疏伐 10 年主伐方案，而林道下方之柳杉造林地之淨收益皆為負值，其一樣以不疏伐 20 年主伐方案淨收益較高，而行列疏伐後 10 年主伐方案淨收益最低。

表 6-9 推估單位實際疏伐面積之淨收益

單位：元

	A, t=10	A, t=20	B, t=10	B, t=20	C, t=10	C, t=20	D, t=10	D, t=20
疏伐收益	0	0	0	0	33,598	33,598	131,528	131,528
疏伐費用	0	0	0	0	46,252	46,252	262,526	262,526
疏伐管理成本	0	0	0	0	20,235	20,235	29,510	29,510
主伐收益	855,448	821,995	855,448	821,995	742,376	713,345	504,969	485,220
主伐費用	746,912	704,634	892,271	832,912	656,182	618,552	434,898	410,646
主伐管理成本	60,952	54,014	61,263	54,289	42,125	37,369	33,116	29,357
合計（已折現）	47,584	63,347	-98,086	-65,206	11,180	24,535	-123,553	-115,291

資料來源：本研究推估整理。

本研究再將表 6-8 之結果整理成單位材積之淨收益，表 6-10 可以發現單位材積之淨收益由 238 元至-578 元不等，本案疏伐使每立方公尺之材積淨收益減少，而加長輪伐期則會使收益增加，在輪伐期 48 年下，下層疏伐使每立方公尺減少 145 元，行列疏伐使每立方公尺減少 177 元，而在輪伐期為 58 年下，下層疏伐使每立方公尺減少 139 元，行列疏伐使每立方公尺減少 265 元。

表 6-10 單位材積之淨收益

單位：元

	A, t=10	A, t=20	B, t=10	B, t=20	C, t=10	C, t=20	D, t=10	D, t=20
單位材積之淨收益	194	238	-401	-245	49	99	-578	-508

資料來源：本研究推估整理。

第七節 不同疏伐作業下之經濟效益分析

計算結果可以發現，A 方案比相對之 C 方案總淨現值來得大，B 方案比 D 方案總淨現值更大，不過 A、B 方案相比，A 方案之總淨現值明顯高於 B 方案，這表示不疏伐方案優於本案執行之下層疏伐與行列疏伐，而林道上方 20.5 公頃之柳杉造林地的生產力高於林道下方 30 公頃柳杉造林地。所有方案中僅有 A 方案與 20 年主伐之 C 方案淨現值為正，其餘方案之淨現值皆為負值。

在本案的例子中，不疏伐之林地未來直接進行主伐，會比進行過疏伐之林地之淨現值更高，本研究認為這是因為在疏伐作業中，取出材積僅為部份材積，尚有許多可利用材積棄置在林地之中，而該可利用材積如不進行砍伐，未來仍會繼續成長，然會將這些材積棄置在林地的原因為取用不便、利不及費，而會造成利不及費的一個主要的原因可能在於疏伐所伐取之林木尚未到達經濟規模，用重機械（怪手）在林道兩旁集材，林地內的疏伐木未能取得，但如果採取架線集材，成本可能過於高昂。

同樣的理由發現在下層疏伐與行列疏伐方法，該兩柳杉造林地進行下層疏伐與行列疏伐時皆得到負的淨收益，而影響利潤的關鍵點在於主伐收益與進行主伐時是否能達成經濟規模。在主伐收益方面，疏伐前欲下層疏伐之柳杉造林地可利用的林木蓄積較多、欲進行行列疏伐之柳杉造林地可利用的林木蓄積較少，而在疏伐後，兩者蓄積之差距拉大，之後隨著林齡增加，差距進一步擴大，並造成行列疏伐方案林分之總淨收益明顯偏低。在經濟規模方面，表現在集材柱架設、工寮新設兩個工作項目之中，林分蓄積密度較大，單位材積之集材柱架設費用相對較低。

另外，本研究發現 20 年主伐方案之淨現值會比 10 年主伐方案之淨現值要高，也就是長輪伐期之淨現值會大於短輪伐期之淨現值，這與陳重銘（2002）的研究結果相異，此部分有兩個主要因素造成這種差異，第一個因素是本研究採用的折現率為現今之造林貸款利率 1.25%，遠低於陳重銘所採用的 3.5%，另外本研究所計算主伐之單位可利用材積之利潤為正值，故林分材積生長越多利潤越多，而一旦其生長率高於折現率，將會使長輪伐期之林分總收益大於短輪伐期林分總收益，但也可能是方案設定所造成的差別，這有待進一步之研究。

表 6-11 本研究與陳重銘（2002）研究結果比較表

	陳重銘（2002）	本研究
樹種	柳杉	柳杉
起始林齡	25 年生	38 年生
折現率	3.5%	1.25%
方案設定	未疏伐、弱、中、強度三種疏伐後 15 年主伐與 30 年主伐	未疏伐、下層疏伐與行列疏伐 10 年主伐與 20 年主伐
輪伐期	40 年生與 55 年生	48 年生與 58 年生
結果	15 年主伐方案之淨現值大於 30 年主伐方案	20 年主伐方案之淨現值大於 10 年主伐方案

資料來源:本研究整理

第八節 政策建議與後續研究建議

由本研究之計算結果發現，如果僅考慮木材標售之收益，花蓮林管處之兩疏伐地目前並不適合進行疏伐，疏伐會造成單一輪伐期內的淨現值變低，而且砍四留六的行列疏伐比弱度的下層疏伐淨現值還更低。

另外，林業管理機關在進行疏伐的時候通常不會考慮到管理成本的問題，公務人員在疏伐前、疏伐中、疏伐後所進行的各項公務，都會排擠到其他的公務，依據本研究的計算，管理成本占總成本的 7.5% 至 10.2%，影響各方案的利潤甚巨。

過去花蓮林區管理處在進行疏伐決策的時候，會做簡單的成本收益估算，然而即使在估算後發現不符合經濟效益，仍然依計畫進行疏伐。疏伐的適切與否與疏伐時點之經濟環境息息相關，若是疏伐時點之折現率低、疏伐木價格低，就不該貿然進行疏伐，除非有其他環境效益存在，並且該效益使得施行疏伐作業之淨效益為正值。目前林區管理處的林區森林經營計畫為每十年更新一次，但計畫往往無法與大環境所配合，本研究建議林區經營管理單位，應當修改森林經營計畫，使其更具彈性，並將經濟效益評估列為疏伐決策考量因素之一。

本研究對花蓮林管處所指定的兩塊疏伐地做經濟效益之評估，研究之結果是不符經濟效益，若疏伐的目的是提升林木經營區之整體經濟效益，

則未來不宜以目前的方式進行疏伐。由於此兩塊疏伐地的面積小，本研究不認為根據此兩塊疏伐地的評估結果，足以對整體疏伐政策做出政策建議。疏伐的面積小，集運的範圍小，疏伐作業者無法使用固定成本較為高昂的現代化的疏伐作業方式，使得平均疏伐效率偏低，平均疏伐成本偏高，每次疏伐取得的可利用材積數量不大，另外，由於區域供給材積少，無法有效形成疏伐木材之使用市場，提升疏伐木之使用效率，以及提高疏伐木材之價值。

目前我國尚未形成整體的疏伐政策，各林區管理處所進行的疏伐作業都以小規模進行，若僅以經濟效益評估，由於規模都很小，應該都不具經濟效益。由學理來看，林木經營區確實要在適當的時候做適當的疏伐，才能使得林地產生具有經濟價值高的大徑材，但大徑材的產生不一定會使整體林地的淨現值增加，如果單木價值增加，但因為木材數量減少而不能增加淨現值，則僅就市場經濟效益而言，則無進行疏伐的必要。如果一塊林地無論進行疏伐或不進行疏伐，其淨現值都為負，則表示這一塊林地並無市場經濟價值，則除非有其他特殊理由，則不考慮做疏伐。至於是否作主伐，則需考慮主伐後，是否經由改種其他樹種增加此林地之淨現值，並使淨現值成為正數，同時在此過程中，不會使得林地之非市場財價值減少。

在未來研究建議的部分，本研究認為可以考慮三個方向，第一個方向是考量森林的環境價值，也就是立木在林地中所產生的效益，目前較容易計算的環境效益為碳吸存效益與水源涵養的價值，這需要將模型改成

$$NPV = [f(0|m)p(0) - C(0|m)] + \left[\frac{f(t|m)p(t) - C(t|m)}{e^{rt}} \right] + \int_0^t \frac{B(n|m)}{e^{rt}} dn$$

其中 $B(n|m)$ 為環境效益，所以最後一項為從疏伐至伐期齡的環境效益折現值。

第二個方向，後續研究能將單一伐期延伸為永續經營模式，使用 Faustmann 模式，然前提為未來經營模式必須明確。在本案之中，行列疏

伐之疏伐帶中未來計畫栽植烏心石與牛樟，但保留帶林分未來會如何經營，是否會再次疏伐以改變林相，花蓮林管處目前並沒有規畫，而本研究必須要有這些資訊才能對未來進行推估。

第三個方向，在未來充分收集未疏伐與已疏伐之樣區後，就能使用較為精密的生長模式，推測各徑級林木數量之變化，並比較不同疏伐方式對木材形質改變，以推估因胸高直徑增大所帶來經濟收益之影響。

最後，本研究以施行行列疏伐與下層疏伐之柳杉造林地進行比較，雖然得知兩造林地的面積，但由於林地的地形與環境，實際施行疏伐作業的面積各異，造成比較上的困難，再者，本研究有許多資料為兩疏伐地之總和而非個別的數據，如疏伐木材積、疏伐管理成本等，因此建議未來的相關研究，比較不同疏伐方法所使用的林地狀況應該要盡量相似，而且最好將每個疏伐作業分開招標，疏伐木集運至林道旁時，能將不同疏伐方法所採取之疏伐木分開放置，疏伐木標售時也能分開標售。

第七章 結論與建議

疏伐為人工林經營管理中重要的一環，然而，長期以來林務局並沒有積極推動疏伐，民國 91 年以後林務局與各林區管理處對於國有林林木經營區的疏伐撫育轉趨積極。根據花蓮林管處林區森林計畫書，施作疏伐的目的為增加不同規格之木材資源存量、培育大徑木、促進林地碳吸存以及林相改良等。森林成長是一個持續而長久的過程，而森林科學的發展必須依賴試驗地與樣區所提供的長期監測資料與實證分析結果。到目前為止，我國在疏伐方面所作的相關研究仍然很少，更缺乏疏伐經濟效益評估之相關研究。因此，若政府要形成更積極的疏伐政策，則應該在疏伐方面作更多的研究。由於疏伐方面研究不多，若根據現有的文獻尚不足以作為形成新疏伐政策之依據。

本研究的主要貢獻分為三個部分，第一個部分為本研究建立疏伐前與疏伐後之林地環境屬性的推估過程。由於花蓮林區管理處在疏伐前並無建立造林地在未疏伐前之林地環境屬性，在疏伐作業完畢後也無立即設定樣區，測量造林地在疏伐後的林地環境屬性，故本研究利用行列疏伐之調查資料求出疏伐木徑級分配，並利用胸徑樹高模式推估造林地在疏伐前後之林地環境屬性，這一個推估過程將可減少昂貴的森林調查成本，在森林調查成本昂貴的我國，應具有實用價值。

第二部分，過去的相關疏伐研究並沒有考慮疏伐之管理成本，此將低估疏伐成本，高估疏伐之淨收益，本研究將疏伐與主伐之管理成本納入疏伐之經濟效益分析模型，以較正確的反應疏伐成本。

第三個部分，過去的研究大多針對疏伐地之整體面積做分析，並沒有考慮林地的實際狀況，可能會高估疏伐效益。本研究考量林地的實際情況，推算可疏伐林地的面積以及其經濟收益與疏伐成本。本研究所得結論與過去以理想狀態為基礎的文獻之結論不同(高強,1982;陳重銘,2002)，過去文獻認為疏伐或間伐會提高林地的經濟價值，短伐期的收益會比長伐期來得高，然本研究認為，以花蓮林區管理處之疏伐案而言，疏伐會降低林地的價值，而長伐期會增加林地的淨收益。

第一節 實證結論

本研究實證結論如下：

一、施行下層疏伐與行列疏伐作業對其留存木之影響

根據本研究推估結果，假設疏伐前兩塊林地可疏伐之林分密度皆為每公頃 1400 株，由徑級大於 8 公分之柳杉開始計算，林道上方柳杉造林地之柳杉株數約為 19,420 株、林道下方柳杉造林地柳杉株數約為 12,898 株，的胸高斷面積為 47.97 平方公尺，每公頃平均材積為 354.48 立方公尺，而平均胸徑為 19.9 公分，平均樹高為 15.16 公尺。在下層疏伐後，上方林地之密度每公頃為 953 株，平均胸高斷面積為 39.69 平方公尺，每公頃平均材積為 307.63 立方公尺，而平均胸徑增為 22.38 公分，平均樹高也增為 17.54 公尺。行列疏伐造林地則是每公頃約剩 840 株，胸高斷面積為 28.02 平方公尺。一般而言，行列疏伐不會改變平均樹高與平均胸徑，但本案之行列疏伐尚包括去除留存木中之劣勢木，也就是在留存林分中進行弱度下層疏伐。在沒有該疏伐之實際疏伐資料下，本研究假設該疏伐將徑級小於 10 公分的林木伐除，則平均胸徑將增為 21.1 公分，平均樹高增為 16.47 公尺。

下層疏伐將樹高較低的林木伐除，使林分的平均胸徑與平均樹高提高。理論上而言，行列疏伐伐除固定空間配置之林木，平均胸徑與平均樹高並不會有所提高，但本案之行列疏伐在保留帶進行極弱度之下層疏伐，所以微幅的提高平均胸徑與平均樹高。

二、疏伐收益與疏伐成本

本藉由比較疏伐收益與疏伐成本，了解該疏伐是否屬於經濟性疏伐，疏伐作業與疏伐木標售是否能產生淨益。若以本研究之花蓮林區管理處兩塊柳杉造林地為例，下層疏伐的部分，疏伐費用為 641,582 元，管理成本為 280,686 元，推估出來的疏伐收益為 466,048 元，淨收益為-456,218 元。若不考慮管理成本，淨收益為-175,532 元。而行列疏伐部分，疏伐費用為 2,418,613 元，疏伐管理成本為 271,874 元，推估出的疏伐收益為-1,211,752 元，淨收益為-1,478,735 元。若不考慮管理成本，行列疏伐的淨收益為-1,206,861 元。因此本疏伐案之兩疏伐皆非經濟性疏伐，疏伐木標售之收益低於疏伐成本。而本案之行列疏伐之淨收益會低於下層疏伐淨收益的主

要原因在於林地原始條件的不同，嚴格來說本案採行的兩種疏伐方式並無法直接進行比較。

三、施行下層疏伐與行列疏伐作業之經濟效益

假設主伐柳杉每立方公尺為 3960 元，收穫率為 87.36%，根據本研究之推估，林道上方柳杉造林地部分，經下層疏伐 10 年後進行主伐之收穫材積為 2,946.71 立方公尺，總淨收益為 155,089 元；疏伐 20 年後進行主伐之收穫材積為 3,208.48 立方公尺，總淨收益為 340,339 元，但如果該林地未疏伐，未來進行主伐時淨現值更高。假設該地未進行疏伐，10 年後主伐之收穫材積為 3,395.52 立方公尺，總淨收益為 660,055 元；20 年後進行主伐之收穫材積為 3,697.17 立方公尺，淨收益為 878,715 元。而在林道下方柳杉造林地部分，行列疏伐 10 年後進行主伐之收穫材積為 1,331.22 立方公尺，總淨收益為-1,138,27 元；20 年後進行主伐之收穫材積為 1,449.48 立方公尺，總淨收益為-1,062,15 元。若該林地未經疏伐，10 年後進行主伐之收穫材積為 2,255.17 立方公尺，總淨收益為-903,654 元，20 年後進行主伐之收穫材積為 2,455.51 立方公尺，總淨收益為-600,731 元。根據推估結果得知，本疏伐案之下層疏伐與行列疏伐皆不符合經濟效益，選擇不疏伐並在 10 年或 20 年後主伐所得到的收益大於經過疏伐的方案。

本研究假設主伐採用架線集材，而收益大小的主要關鍵在於主伐時採取一單位材積所花費的集材柱架設費用。本研究假設集材柱之架設費用與林地大小有關，同樣的林木蓄積分布於較大的林地，則集材柱架設費用就越大。所以單位面積蓄積較高的林地，在主伐時能形成規模經濟，能使平均成本降低。另外，在折現率為 1.25% 的情況下，各方案疏伐後 20 年主伐的淨現值比疏伐後 10 年進行主伐的淨現值高，因此，若在現行經濟環境的基礎上作評估，與疏伐 10 年後進行主伐相比，疏伐 20 年才進行主伐是比較好的經營策略。

四、政策建議

本研究總結評估分析之結果建議花蓮林區管理處，若以當前經濟環境而言，並不適合進行疏伐，尤其是高強度的行列疏伐。如果是以培育肥大直徑為目的進行疏伐，也應該採取弱度的下層疏伐。

目前林區管理處本身在進行疏伐前，內部會做簡單的成本收益的估算，但即使在估算後發現收益遠低於成本，該疏伐計畫仍然依每年編定之預算進行。以經濟學的觀點而言，疏伐的成本收益與經濟環境息息相關，如果疏伐效益不能高於未進行疏伐的效益，就不該進行疏伐，除非有其它非市場效益存在。林區管理處的林區森林經營計畫為每十年更新一次，但是計畫內容往往無法與大環境所配合，本研究建議林區經營管理機關，應修改林區森林經營計畫，使其更具彈性，並將經濟效益評估列為疏伐決策的考量因素之一。

本研究建議花蓮林區管理處未來進行疏伐時，應先量測實際的疏伐面積，並以實際的疏伐面積發包，而非以造林面積當作疏伐面積進行發包。在缺乏實際疏伐面積下之經濟評估將造成估測上的誤差。另外，本研究建議花蓮林區管理處在做疏伐前應先做疏伐地樣區劃定與測量，並蒐集樣區之林分資料。林分資料之累積將有助於往後花蓮林區管理處針對疏伐經濟效益之評估，以及未來疏伐計畫之擬定。

本研究僅就花蓮林管處所指定的兩塊疏伐地做經濟效益評估，評估結果是不符經濟效益，本研究認為若疏伐的目的是提升林木經營區之整體經濟效益，則未來不宜以目前的方式進行疏伐。由於此兩塊疏伐地的面積很小，本研究不認為根據此兩塊疏伐地的評估結果，足以對整體疏伐政策做出政策建議。疏伐面積小將使得疏伐作業者無法使用現代化的疏伐作業方式，使得疏伐效率偏低，疏伐成本偏高。另外，由於疏伐面積小，所取得的有用材積不大，加上區域性伐採之材積亦不大，無法有效形成木材使用市場，提升木材使用效率，以及提高疏伐木材之價值。

目前我國尚未形成整體的疏伐政策，各林區管理處所進行的疏伐作業都以小規模進行，若僅以經濟效益評估，由於規模都很小，應該都不具經濟效益。由學理來看，林木經營區確實要在適當的時候做適當的疏伐，才能使得林地產生具有經濟價值的高徑木木材。問題是在適當的時候作適當的疏伐是否會使得林地的淨現值增加則是未知數，如果不能增加淨現值，則僅就市場經濟效益而言，則無進行疏伐的必要。如果一塊林地無論進行疏伐或不進行疏伐，其淨現值都為負，則表示這一塊林地並無市場經濟價值，則除非有其他特殊理由，則不考慮做疏伐。至於是否作主伐，則需考

慮主伐後，是否經由改種其他樹種可以增加此林地之淨現值，並使淨現值成為正數，同時在此過程中，不會使得林地之非市場財價值減少。

政府應針對整體疏伐政策進一步作檢討分析，若林務局要林區管理處進行小規模疏伐，其目的應該明確，並且加以評估。因小規模疏伐大多不具經濟效益，應將這些小規模疏伐定位為研究性質。在做疏伐計畫時即將疏伐定位清楚，並做詳細的資料收集，以及整體疏伐作業的規劃，以利研究之進行。其目的是協助整體疏伐計畫之擬定，並進一步評估全面與長期進行疏伐之可行性。唯有在較明確的整體疏伐政策下，才有可能產生具有經濟效益的疏伐政策，否則所做的疏伐只能是小規模，對整體林木經營區經濟效益之提昇並無顯著幫助，當然對提昇木材自給率也不會有顯著的效果。

第二節 後續評估與監測建議

未來花蓮林區管理處如果想進一步掌握林分的狀況，進行後續的評估，建議在兩柳杉造林地內各挑選 4 至 6 個具代表性之樣區，每塊樣區 0.1 至 0.05 公頃，並於附近之未疏伐柳杉造林地建立對照樣區。由於花蓮林區管理處之永久樣區皆未施行疏伐，因此缺乏實際疏伐資料可以推估考慮疏伐因子之生長模式，這是未來必須要解決的問題。

樣區調查的內容包括胸高直徑、樹高、林木樹冠級，由以上資料算出平均每公頃株數、樹種組成、徑級分布、平均胸徑等資訊，藉由林分結構資訊與生長模式參數之調整，得到較佳的預測。

另外，根據本研究收集之文獻，除了魯先智（1983），過去國內使用之林分生長模式皆未考慮疏伐因子。一旦林分進行疏伐，就必須經由疏伐後之林分資料重新對參數進行估計，因此建議花蓮林管處整合轄內所有的永久樣區資料，以該樣區資料配合第五章所述 Garcia(1994)或其他考慮疏伐因子之生長模式，重新估計參數。

最後，本研究期待未來能配合 GPS 與 GIS，充分了解實際可疏伐林地的面積，並將樣區之資料繪製整理成林木位置圖。一旦具備空間資訊，就能使用單株林木模式或各種生長模擬器，準確的比較不同疏伐作業下柳杉

的生長情形。

第三節 未來研究方向

本研究認為在未來可以考慮從三個方向進一步研究，第一個方向是考量森林的環境價值，將立木在林地中所產生的效益包含在總效益內。根據本研究所搜尋之中外文獻，森林經濟性評估的文獻中，曾納入考慮的環境效益為碳吸存效益與水源涵養效益。碳吸存價值能以連年材積生長量來進行估算，而水源涵養價值能由水庫價格估算，或是直接使用花蓮縣玉里地區水資源使用效益來進行估算，然水源涵養價值就必須了解該林地土壤性質與其蓄水量，估算上較為不便。第二個方向，如果未來該林地之經營計畫確定，例如疏伐帶重新補植柳杉或是牛樟、烏心石，並且在固定時間後將留存木再行疏伐，就能以 Faustmann 模型進行永續經營為基礎的評估。

參考文獻

- 王子定，1964。「美國之疏伐」，『台灣林業季刊』。1 卷 1 期，63-77。
- 王子定，1966。應用育林學。臺北：國立編譯館。
- 王子定、劉嘉昌，1964。「疏伐之實行與價值」，『台灣林業季刊』。1 卷 1 期，2-21。
- 行政院國家永續發展委員會，2004。「行政院國家永續發展委員會國土與交通工作分組第九次分組會議」取自
http://tpweb.cpami.gov.tw/all%20files/p_2/10.Sustainable%20conference10.pdf。
- 行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2006。人工林疏伐實務手冊。羅東：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處。
- 行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處，2001。花蓮林區森林經營計畫草案。行政院農委會林務局花蓮林區管理處。
- 行政院農業委員會林務局，2008。『林業統計電子書』。台北市：行政院農業委員會林務局。取自
<http://subject.forest.gov.tw/web/publication/statistic/ebook.htm>。
- 行政院農業委員會林務局，1997。台灣林產處分調查用立木材積表。台灣省林務局。
- 任憶安、陳宛君，1996。「六龜試驗林疏伐作業個案採運成本及疏伐效率分析」，『臺灣林業科學』。11 卷 4 期，475-480。
- 江菊美，1996。「景觀美質評估法在大雪山森林遊樂區紅檜人工林之研究」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 竹內公男，1980。「間伐後林分的蓄積生長模式」，『日林誌』。62 卷 8 期，294-300。紀儀芝，引用於「大安溪事業區林木經營區針葉樹人工林疏伐計畫之評估」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 李久先、陳朝圳，1985。「大雪山地區紅檜人工林之疏伐—疏伐對直徑分布之影響」，『中華林學季刊』。18 卷 1 期，20-28。
- 李久先、顏添明，1994。「人工林林分生長之探討—疏伐對林分結構及生長之影響」，『國立中興大學實驗林研究報告』。16 卷 1 期，103-113。
- 李久先、顏添明，1994。「紅檜人工林單木生長之研究(一)未疏伐林分及疏伐林分單木生長模式模擬效果分析」，『國立中興大學實驗林研究報告』。16 卷 2 期，129-141。

- 李久先、顏添明，1995。「紅檜人工林單木生長之研究(二)-Chapman-Richards 生長模式在疏伐林分之應用」，『國立中興大學實驗林研究報告』。17 卷 1 期，125-136。
- 李久先、顏添明、鍾昇興、江菊美、羅義嵩，1997。「紅檜人工林林分密度管理之研究-疏伐林分之基礎分析」，『國立中興大學實驗林研究彙刊』。19 卷 1 期，101-112。
- 李久先、顏添明，1998。「七種生長模式模擬紅檜人工林疏伐林分單木胸高斷面積生長適用性之比較」，『中華林學季刊』。31 卷 1 期，13-24。
- 李久先、顏添明，1998。「應用 RICHARDS 生長模式分析疏伐林分之單木生長」，『中華林學季刊』。31 卷 2 期，165-176。
- 李久先、顏添明，2000。「紅檜人工林生產潛能之評估--地位指數曲線式之研究」，『林業研究季刊』。22 卷 2 期，51-60。
- 李國忠、陳毓華、魏名聰，2000。「台灣杉人工林最適林分經營之研究」，『國立台灣大學農學院實驗林研究報告』。14 卷 4 期，245-258。
- 李久先，2006。「疏伐示範區監測計畫」，行政院農業委員會林務局東勢林區管理處委託研究計畫。95-03-05-03。國立中興大學。
- 邱志明、林振榮、王松永，2005。「從優良材質生產觀念的台灣育林施業技術及發展」，『中華林學季刊』。38 卷 1 期，127-138。
- 何學哲，2008。行政院農業委員會林務局。訪問，10 月 16 日。
- 林子玉，1976a。「疏伐之實施」，『台灣林業』。1 卷 15 期，22-30。
- 林子玉，1976b。「疏伐之實施(續)」，『台灣林業』。2 卷 1 期，27-31。
- 林哲茂，2008。行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處。訪問，7 月 22 日。
- 吳學平，2001。「新竹林區柳杉人工林疏伐之工作研究」。碩士論文，國立台灣大學森林學系。
- 周楨、王德春，1967。「溪頭紅檜人工林之生長與疏伐」，『台灣實驗林林業叢刊』。第 37 號，1-13。
- 周楨，1968。「森林經理學」。臺北：國立編譯館。
- 周龍達，2002。「森林經營觀念的轉變與落實--台灣林務局國有林經營計畫之探討」。碩士論文，國立台灣大學森林學系。
- 洪美珠，2004。「疏伐對台灣杉人工林底棲甲蟲群聚的影響」。碩士論文，國立中山大學生物科學系。

- 紀儀芝,2004。「大安溪事業區林木經營區針葉樹人工林疏伐計畫之評估」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 高強,1980。「台灣柳杉最佳疏伐與輪伐期之經濟分析」。行政院國家科學委員會委託研究計畫。NSC71-0409-B0061-01。國立成功大學工業管理科學系。
- 高強,1982。「台灣柳杉最佳疏伐與輪伐期之經濟分析」,『中華林學季刊』。13卷4期,25-50。
- 翁世豪,2004。「觀霧地區柳杉人工林不同強度疏伐後微環境及植群之比較」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 游偉青,2006。「疏伐對惠蓀林場杉木人工林土壤呼吸之影響」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 莊舜堯、陳岳民、王明光、郭幸榮、黃正良、金恒鏞,2005。「森林疏伐對土壤氮素礦化及硝化作用之影響」,『臺灣林業科學』。20卷2期,167-177。
- 陳重銘,2002。「柳杉人工林疏伐之成本效益分析」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 陳明健,2003。「自然資源與環境經濟學-理論基礎與本土案例分析」。臺北：雙葉書廊有限公司。
- 陳明杰,2007。「疏伐作業對人工林林地水土保持影響」,『林業研究專訊』。14卷2期,10-13。
- 張森、陳麗琴、任憶安,1987。「林務局普通施業地人工林生長與收穫之分析」,『林試所研究報告季刊』。2卷1期,17-29。
- 張勝傑,2003。「人工林不同疏伐強度後對小花蔓澤蘭生長之影響」,『台灣林業』。29卷3期,41-43。
- 張瑀芳,2006。「太平山區柳杉人工林下土壤的種類與疏伐處理對土壤養分之影響」。碩士論文，國立宜蘭大學自然資源學系。
- 郭幸榮、關秉宗,2001。整合型林分疏伐研究計畫之建構。刊載於人工林疏伐的社會經濟效益及公益功能之整合評估。行政院農委會林務局補助計畫成果報告。1-9。陳重銘，引用於「柳杉人工林疏伐之成本效益分析」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 郭幸榮、翁世豪、徐新武,2001。「疏伐林分冠層結構及林內光環境之變化。人工林疏伐的社會經濟效益及公益功能之整合評估」,『行政院農委會林務局補助計畫成果報告』。34-49。

- 郭寶章，1964。「德國之疏伐」，『台灣林業季刊』。1卷1期，22-38。
- 郭寶章，1964。「日本之疏伐」，『台灣林業季刊』。1卷1期，78-95。
- 郭寶章，2002。「造林木實施疏伐之理論基礎」，『台灣林業季刊』。28卷1期，22-29。
- 湯適謙，2004。「森林作業成本之計算與評估規劃」，『林業研究專訊』。11卷5期，16-19。
- 楊榮啟，1975。「台灣大學實驗林產柳杉之生長與收穫的研究」，『台大實驗林研究報告』。116號。
- 楊榮啟，1976。「美國哈佛大學實驗林內紅松人工林生長之研究(英)」，『台大實驗林研究報告』。55。
- 楊榮啟、陳昭明、林文亮，1976。「柳杉人工林之經濟疏伐」，『台大實驗林研究報告』。118號，39-94。
- 楊秋震，1983。「應用動態規劃決定台灣柳杉人工林之最佳疏伐方案與輪伐期之研究」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 楊文琪，1992。「管束模式理論應用於大雪山地區紅檜人工林疏伐作業之研究」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 管立豪，2003。「國有林地分區及經營規範建立」，『農政與農情』。135期，41-48。
- 蔡鐘鎰，1977。「柳杉人工林幼齡林之疏伐」，『台灣林業』。4卷9期，16-22。
- 蔡錦文，2000。「杉木造林地疏伐對鳥類群聚及刺鼠族群之影響」，碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 魯先智，1982。「柳杉疏伐林林分之生長模式」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。
- 蕭代基、鄭蕙燕、吳珮瑛、錢玉蘭、溫麗琪，2002。「環境保護之成本效益分析：理論、方法與應用」。臺北：俊傑書局股份有限公司。
- 鄭欽龍、陳重銘、陳瑩達，2006。「台灣人工林疏伐成本計量分析」，『中華林學季刊』。39卷1期，57-66。
- 劉浚明，1996。「台灣杉人工林疏伐作業對林分結構與林分生長之效應」，『中華林學季刊』。29期3卷，111-122。
- 顏添明，1993。「不同間伐強度對紅檜人工林生長之影響」。碩士論文，國立中興大學森林學系。
- 顏添明，2006。「人工林疏伐示範區監測計畫」，行政院農業委員會林務局

委託研究計畫。國立中興大學。

羅紹麟、馮豐榮，1985。「林相變更之柳杉造林地的林分構造與收穫」，『國立中興大學農學院實驗林研究報告』。6號，73-91。

羅卓振南、鍾旭和、羅新興、周朝富，1987。「六龜地區紅檜人工林疏伐效果之研究」，『林業試驗所研究報告季刊』。2卷3期，187-198。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明，1992。「六龜地區台灣杉人工林疏伐修枝效果之研究」，『林業試驗所研究報告季刊』。7卷4期，291-304。

羅卓振南、鍾旭和、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」，『臺灣林業科學』。12卷4期，459-465。

Angelo, Claudio, 2005。「失衡的亞馬遜雨林」，『科學人』。2005年3月號。取自 <http://sa.ylib.com/news/newsshow.asp?FDocNo=639&CL=15>。

Baker, M., and M. J. Lacki. 1997. "Short-term changes in bird communities in response to silvicultural prescriptions", *Forest Ecology and Management*. 96 (1-2):27-36. 蔡錦文，2000。引用於「杉木造林地疏伐對鳥類群聚及刺鼠族群之影響」，碩士論文，國立臺灣大學森林學系。

Baumler R, Zech W., 1998. "Soil Solution Chemistry and Impact of Forest Thinning in Mountain Forests in the Bavarian Alps", *Forest Ecology and Manage.* 108: 231-238.

Clutter, J. L., 1963. "Compatible Growth and Yield Models for Loblolly Pine", *Forest Science*. 9(3): 354-371. 高強，1980。引用於「育林措施施行之最適時期與集約度」。『中華林學季刊』。13卷4期，25-50。

Clutter, J. L., J. C. Fortson, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R.L. Bailey, 1983. "Timber Management: A Quality Approach", New York: Wiley. 333. 陳重銘，引用於「柳杉人工林疏伐之成本效益分析」。碩士論文，國立臺灣大學森林學系。

Cao et al., 2006. "Effects of Initial Stand States on Optimal Thinning Regime and Rotation of Picea Abies Stands CAO Tianjian", *Scandinavian Journal of Forest Research*. 21(5): 388-398.

Dallas R. Wingo, 1989. "The Left-Truncated Weibull Distribution: Theory and Computation", *Statistical Paper*. 30(1): 39-48.

Pilz, D., R. Molina, and J. Mayo, 2006. "Effects of Thinning Young Forests on Chanterelle Mushroom Production", *Journal of Forestry*. 104(1): 9-14.

Eriksson, H. and Karlsson, K., 1997. "Effects of Different Thinning and Fertilization Regimes on the Development of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* (L.)) and Norway Spruce (*Picea Abies* (L.) Karst.) Stands in Long-Term Silvicultural Trials in Sweden", Department of Forest Yield Research,

- Swedish University of Agricultural Sciences. Report. 42 [in Swedish with English summary]. cited by Mäkinen, H. and Isomäki, A. 2004. "Thinning Intensity and Growth of Norway Spruce Stands in Finland", *Forestry*. 77(4): 349–364.
- Garcia, O., 1994. "The State Space Approach in Growth Modeling", *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 1894-1903.
- Hoover, C., and S. Stout. 2007. "The Carbon Consequences of Thinning Techniques: Stand Structure Makes a Difference", *Journal of Forestry*. 105(5): 266-270.
- John D. Bailey et al., 1998. "Understory Vegetation in Old and Young Douglas-Fir Forests of Western Oregon", *Forest Ecology and Management*. 112: 289-302.
- Klaus von Gaadow and Gangying Hui, 1999. "Tabu Search and Its Application in Sustainable Forest Management", *Forest Research*. 1: 26-31.
- Kramer, H. and Jünemann, D, 1984. "The Influence of Heavy Individual and Schematic Thinning on the Growth of Young Spruce Stands", *Forstarchiv*. 56: 253–258. [in German with English summary]. cited by Mäkinen, H. and Isomäki, A. 2004. "Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland", *Forestry*. 77(4): 349–364.
- Mäkinen, H. and Isomäki, A. 2004. "Thinning Intensity and Growth of Norway Spruce Stands in Finland", *Forestry*. 77(4): 349–364.
- Bucht, S. 1981. "The influence of some different thinning pattern on the development of Scots pine stands". Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report No. 4. 276 p. cited by Mäkinen, H., A. Isomäki, and T. Hongisto, 2006. "Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland", *Forestry*. 79(1): 103–121.
- Matthews, J., 1989. "Silvicultural Systems". *Oxford University Press*. 284. 鄭欽龍、陳重銘、陳瑩達，2006，引用於「台灣人工林疏伐成本計量分析」，『中華林學季刊』。39 卷 1 期，57-66。
- Meyer, Cecilia L., Sisk, Thomas D., Covington, W. Wallace, 2001. "Microclimatic Changes Induced by Ecological Restoration of Ponderosa Pine Forests in Northern Arizona", *Restoration Ecology*. 9(4): 443-452.
- Mäkinen et al., 2005. "Auditory Event-Related Responses are Generated Independently of Ongoing Brain Activity", *NeuroImage*. 24: 961-968.
- Palahí, M., Pukkala, T., Trasobares, A. 2007. "Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain)", *European*

Journal of Forest Research. 126 (4): 563-571.

- Schumacher, F.X., 1939. "A New Growth Curve and Its Application to Timber-Yield Studies", *Journal of Forestry*. 37: 819-820. 李國忠、陳毓華、魏名聰，引用於「台灣杉人工林最適林分經營之研究」，『國立台灣大學農學院實驗林研究報告』。14卷，4期，245-258。
- Shih-Hao Weng et al., 2007. "Microclimatic Responses to Different Thinning Intensities in a Japanese Cedar Plantation of Northern Taiwan", *Forest Ecology and Management*. 241(1-3): 91-100.
- Silvennoinen, H., T. Pukkala and L. Tahvanainen, 2002. "Comparison of Beta, Johnson's SB, Weibull and Truncated Weibull Functions for Modeling the Diameter Distribution of Forest Stands in Catalonia (north-east of Spain)", *European Journal of Forest Research*. 126: 563-571.
- Yuan, H.-W., T.-S. Ding, and H.-I. Hsieh, 2005. "Short-Term Response of Animal Communities to Thinning in Cryptomeria (*Cryptomeria japonica*) Plantation", *Zoological Studies*. 44(3): 393-402.
- U. N., 1992. Report of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 3-14 June 1992), U.N. Doc. A/CONF.151/26 (12 August 1992), 取自
<http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-3annex3.htm>.
- Zeide, B., 2001. "Natural Thinning and Environmental Change: An Ecological Process Model", *Forest Ecology and Management*. 154 (1-2): 165-177.

【附錄一】標價計算明細表

案號：97H37

地點：玉里事業區第 27 林班

面積：20.5 公頃

樹種：柳杉

花蓮林區管理處 97 年度造林預定案第 19 號造林工作標價計算明細表

工作項目	數 量	單價費用 元/公頃	其他費用 15% 元/公頃	稅 金 5% 元/公頃	合 計 元/公頃	總費用
刈草、切蔓	20.5 公頃	8,286	1,243	476	10,005	205,098
疏伐整治	5,822 株	7,376	1,107	424	8,907	182,588
造材費	250m ³	3,139	471	181	3,791	77,709
集材費	250m ³	12,557	1,884	722	15,163	310,837
貯木整理	250m ³	1,046	157	60	1,263	25,903
解說牌	1 塊	209	31	12	252	5,181
測量助理工	20.5 公頃	303	46	17	366	7,503
工寮新設	1 棟	1,287	193	74	1,554	31,861
總 計	20.5 公頃	34,203	5,132	1,966	41,301	846,680

每公頃平均基本單價費用：肆萬壹仟參佰零壹元整

案號：97H37

地點：玉里事業區第 27 林班

面積：30 公頃

樹種：柳杉

花蓮林區管理處 97 年度造林預定案第 20 號造林工作標價計算明細表

工作項目	數量	單價費用 元/公頃	其他費用 15% 元/公頃	稅金 5% 元/公頃	合計 元/公頃	總費用
刈草、切蔓	30 公頃	10,357	1,553	595	12,505	375,180
疏伐整治	5,160 株	5,075	761	292	6,128	183,838
造材費	650m ³	5,577	837	321	6,735	202,044
集材費	650m ³	22,310	3,346	1,283	26,939	808,177
貯木整理	650m ³	1,859	279	107	2,245	67,348
測量助理工	30 公頃	311	47	18	376	11,255
工寮新設	1 棟	1,287	193	74	1,554	46,625
集材柱架設		30,204	4,531	1,737	36,472	1,094,146
總計	30 公頃	76,980	11,547	4,427	92,954	2,788,613

每公頃平均基本單價費用：玖萬貳仟玖佰伍拾肆元整

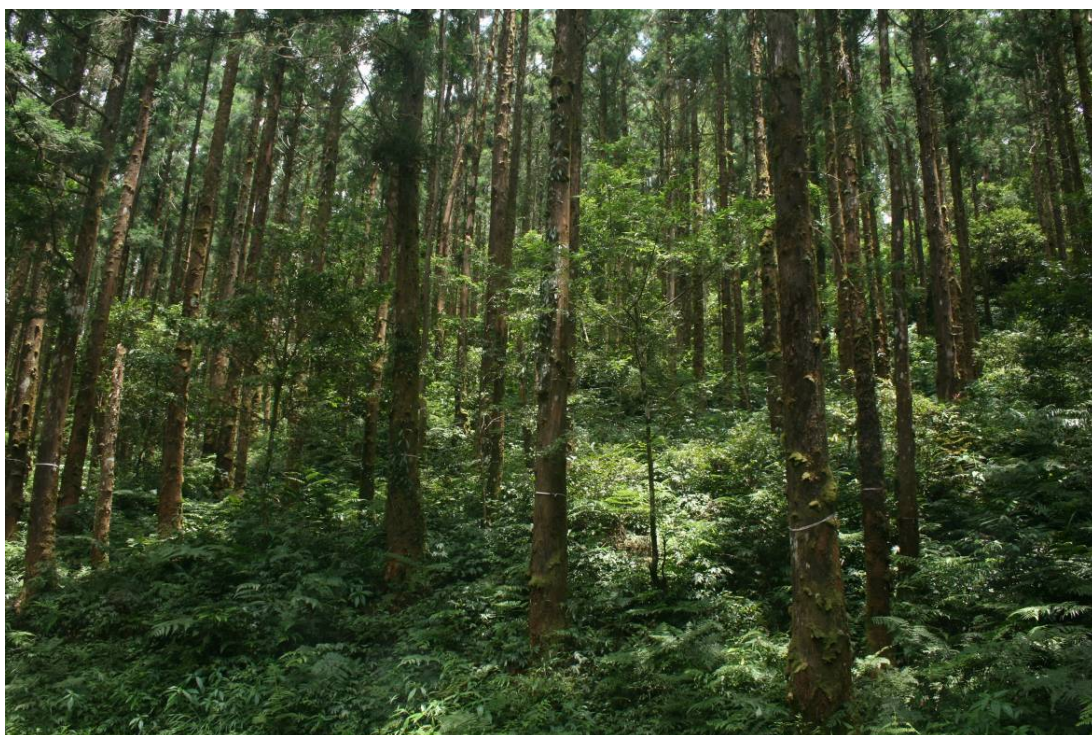
【附錄二】林道現勘相片記錄

本研究共進行三次的林地現勘，現勘目的在於比較疏伐前後與不同疏伐間對林相做造成的改變，了解現場實際作業與理想推估間之差距，並有此現勘所見對實證研究進行調整。

一、疏伐前林地現勘

現勘時間：97年7月2日

現勘人員：國立臺灣大學農業經濟學系林教授國慶、行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處周技正源樹、行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處林技士鴻鵬、行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處玉里工作站林武郎先生、國立臺灣大學農業經濟學系林信維



林道上方 20.5 公頃柳杉造林地，預計採行下層疏伐，綁紅線的林木是砍伐不搬出的部分。



林道下方 30 公頃柳杉造林地，預計進行行列疏伐，此為未疏伐林分之狀況。



林道下方 30 公頃柳杉造林地，預計進行行列疏伐，此為未疏伐林分之狀況。



行列疏伐砍四留六，兩道兩旁於疏伐帶之林木會刻上調查刻印。



林道上方較靠近嶺線，在本案柳杉造林地附近，出現遭受過颱風危害的風折台灣杉。



附近之柳杉林分曾在 91 年進行過下層疏伐，這是疏伐後 6 年後的狀況。

二、疏伐前林地現勘

現勘時間：97 年 10 月 23 日

現勘人員：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處周技正源樹、行政院
農業委員會林務局花蓮林區管理處林技士鴻鵬、國立臺灣大學
農業經濟學系林信維



林道下方行列疏伐，疏伐木集材。



林道上方下層疏伐，疏伐木集材。



林道下方行列疏伐之疏伐木造材。



林道下方行列疏伐，木材堆置林道兩旁。



林道下方行列疏伐，林道兩旁的疏伐木。



疏伐木徑級差異。



林道下方行列疏伐之疏伐帶。



部分林地會因為崩塌而自然更新成非柳杉樹種、另外在敏感地形上會設立保護帶，不予開採。



林道上方，疏伐情形。

三、疏伐後林地現勘

現勘時間：98年2月13日

現勘人員：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處周技正源樹、行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處林技士鴻鵬、行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處玉里工作站林武郎先生、國立臺灣大學農業經濟學系林信維



疏伐後堆置在林道林旁的疏伐木。



下層疏伐後之柳杉造林地。



疏伐後林相較為整齊。



行列疏伐之柳杉造林地。



林地並非是平整的，因此行列疏伐之疏伐帶或保留帶可能會交會，砍四留六之實際疏伐率可能並非接近 40%。



行列疏伐後，疏伐帶兩旁之林木可以獲得充分之日照。

【附錄三】「97 年度柳杉造林地疏伐計畫」會議紀錄

時間：97 年 6 月 26 日（星期四）上午 10 時整

地點：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處三樓會議室

主持人：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處楊處長宏志

與會人員：宜蘭大學自然資源學系林教授世宗

國立臺灣大學森林環境暨資源學系郭教授幸榮

行政院農業委員會林業試驗所森林經營組邱組長志明

行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處李總技師炎壽

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處徐副處長政競

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課莊課長明順

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課周技正源樹

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課李技正名轉

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課林技士宏鵬

國立臺灣大學農業經濟所研究生林信維

紀錄人：林信維

會議實錄：

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們先請主辦機關進行簡報，再請老師發表意見。

周技正源樹（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

處長、副處長、各位老師、森保處的長官與各位同仁大家早，我是作業課周源樹，由我說明九十七年度行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課的預定施作的疏伐作業計畫，簡報的部分主要是疏伐作業計畫之內容和預期達到的效益。簡報內容如下：

花蓮地區柳杉造林地的面積很大，地點主要集中在瑞穗、玉里、林田山造林中心區內，林齡都在三十年以上，從造林到現在都尚未整理過，目前林地內呈現擁擠狀態，林木生長情形參差不齊，因此我們想借由疏伐撫育作業，促進林木正常生長，並增加林分之歧異度。

於九十七年，擇定玉里試驗區內兩塊造林地，位於 27 林班內，主要以兩種疏伐方式為之，因為兩塊造林地位處瑞穗林道兩旁，交通非常方便，且林地分區屬於林木經營區。目前兩塊造林地的現況，海拔高度為 1,100 公尺到 1,500 公尺，坡度為 20 度至 30 度，坡向為東南向，當初進行造林時，密度為每公頃造林 2,500 株林木，經初步調查，目前之密度為每公頃 1,400 株左右。以往造林方式皆是採用順坡造林，而這個林地也是採用順坡造林。今年預計施作的兩種疏伐方式，一是機械的空間疏伐，另一是行

列疏伐。

在空間疏伐的部分，施行面積預計為 20.5 公頃，位於瑞穗林道上方。預計每公頃留存 1,000 株，砍伐 400 株，株數疏伐率為 28.6%，伐除對象為劣勢木、次優勢木與少部分的優勢木。預計的疏伐材積共計 650 立方公尺，搬出利用材積為 250 立方公尺，而搬出利用的都是較為接近林道的部分，集材較為方便，至於比較不方便搬出的部分，截斷後棄置於現場。圖片顯示的是造林地的現況，經調查後，判定為不搬出的木頭會噴上紅色的漆，直接棄置在現場，打算搬出的部分會進行削皮、打印、樹幹上會綁上紅色的繩子以示區別。

第二個部分預計是採用行列疏伐，面積共計 30 公頃，在於瑞穗林道的下方。以疏伐四行留存六行的方式進行處理，面積疏伐率為 40%，留存的六行會再實行弱度疏伐，伐除劣勢木，預計之疏伐材積為 1,000 立方公尺，搬出利用材積為 650 立方公尺，疏伐後之空隙將於適當的年度進行栽植臺灣杉、烏心石等樹種。圖片為行列疏伐的狀況，被噴上紅漆的林木都要進行砍除的，這部分我們也會逐一打印、標記，劣勢木不搬出的部分，我們一樣也會作標示，標示後棄置於現場。

此次執行疏伐作業，預期能達到四項目的：(1) 促進留存木新枝生長，增林分層次；(2) 改善林分結構與林地環境，營造野生動物適宜之棲息環境；(3) 促進林分更新，增加生物多樣性，形成複層林相，促進森林的健康；(4) 加強疏伐木的利用，可以減少二氧化碳，減緩溫室效應。

以上為簡報內容，希望各位長官可以多多指導，謝謝！

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們謝謝周技正，課長是否要做補充說明？

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

處長、副處長和各位老師，剛剛周技正所介紹行列疏伐的部分，我想做一個補充，砍下四行的部分會在適當的時機進行栽植。大概在 10 年前，花蓮處這邊曾經做了一個面積 10 公頃的試驗，進行牛樟無性繁殖之研究，在柳杉造林地疏伐的基地上種植牛樟，十幾年來，成果良好，林試所的同仁也曾經來這邊參觀過，現在牛樟已經長一二十公尺，這樣的結果引發我們的想法：第一為持續進行對無性繁殖牛樟的觀察，第二利用牛樟營造複層林，第三除了牛樟以外，希望也能對其他樹種進行試驗，例如十行變換一個樹種，如烏心石等可以適應的樹種。以上是一個補充報告，謝謝。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

謝謝莊課長，請老師針對周技正與莊課長報告不清楚的地方與整個疏伐過程，是否提出一些意見？

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

這個試驗地我曾經去參訪過，我認為，目前林務局要求每個管理處都要進行疏伐，而且要求疏伐木不要只是棄置於林地，要搬出利用，剛好也能符合農委會對疏伐自給率提升的要求，推動造林的撫育工作。此外，現階段山上的造林幾乎全部轉向中後期撫育這方面的工作，這個有關工作，各管理處都有在實施，例如南投處已經做了兩三次，例如羅東處有做疏伐但木材並無標售，而南投處在疏伐後將疏伐木搬出，部分疏伐木進行標售、部分疏伐木進行自用，所以在疏伐木的利用上，南投處比羅東處更具變化，且有關合約之訂定有一些細節可以作為參考，若是你們打算要把疏伐木搬出利用，如有需要進行招標的話，有關合約之訂定與價金之查訂等，可以請南投處予以協助，參考他們的合約書，目前業務主辦人是盧先生，可以請盧先生提供關於合約與價金查訂這方面資料。

第二，有關疏伐作業之方式，你們打算採行的疏伐方式是比較偏向單株疏伐的方式，空間疏伐是比較偏向群狀或行列疏伐，在此建議疏伐方式的名稱應該說明清楚，要寫下層單株疏伐。另外，有關疏伐量，每公頃 1,400 株中，預計留存 1,000 株、砍掉 400 株，疏伐率為 30% 左右，在剛剛報告時是沒有錯，但在書面資料裡有個地方弄錯了，書面資料裡提到要砍 400 株，每行約 4 到 5 公尺留存一株，如果是這樣的話，每公頃砍 400 株到 600 株，這樣的話，差異會很大，一公頃是一萬平方公尺，每 4 公尺的話則留存 600 株，每五公尺的話則留存 400 株，所以選木時要注意，不要砍錯、砍成 800 株，而且我認為報告時所提到的疏伐率還是稍為低了一點。

再者，你們現在打算要做的行列疏伐，我們和森林保育處合作 20 年前曾做過，根據我們的研究結果，我們發現砍四留六是不錯的，但要注意的是，那個地方的颱風災害還蠻劇烈的，所以才會採行砍四留六。我建議隔帶可以稍微放寬，否則的話，疏伐完後保留帶的災害會蠻嚴重的，這個建議是我們和森保處那邊十幾年來的觀察心得，保留帶太窄的話，會產生一些問題，以上是我簡單的幾點建議。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

剛剛邱組長講的三個問題，第一個就是有關合約書中搬出標售自用的部分，請莊課長說明，第二個有關作業方式，請周技正說明，第三個關於保留帶的處理，也請莊課長說明。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

謝謝邱組長的指導！第一個部分是關於搬出標售或自用部分，南投處已經做了兩次，羅東處的話，我有跟一些同仁去現場看過了，羅東處對保留帶的處理，疏伐保留帶和疏伐帶的界線並不是很明顯，我們有將這個結果列做參考，關於木材的使用，他們木材沒有拿來標售，而是機關自用。從配合林務局的政策，提高木材自給率的角度來看，我們花蓮處連續兩年都有標售木材，在此向在座各位報告，花蓮處這邊的標售過程很順利、價錢也不差，事後還有南投、高雄縣、新竹縣與臺北縣的人在問什麼時候還會有木材的標售，這表示大家知道政府有這個政策與方向，希望能提高木材自給率，這個概念也在慢慢形成中。有關南投處的作法，我們會另外向他們請教。謝謝邱老師在疏伐度部分的指正與建議，我們會馬上更正詳細數據，另外，疏伐林地接近秀姑巒溪出海口，歷年都有颱風經過東部、從那裏來，那個地方會有一個衝鋒帶，面向衝鋒帶的保護林的部分，我們會加強處理，謝謝。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

兩次木材標售的材積與得標價格，之後要弄出來。

剛才邱組長也有報告，這次在局務會議裡有提到，羅東處砍了以後木材留做自用，自用以後，依照森林法之規定要繳回饋金，可是他們沒有繳回饋金，造林組認為這樣有些不妥，假設今年的年度經費是 10 塊錢，透過疏伐又多拿了 2 塊錢，所以今年的投入變成是 12 塊錢，從財政的角度來考量，標售所得 2 塊錢應該是要繳庫，然後再編成為下一年的經費？或是按照剛才李總技師說的，按照程序，但預算多一些。

請問副座有沒有意見？

徐副處長政競（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

關於兩塊疏伐地的處理，其實我是有些疑問的，第一個疑問是，既然我們有在標售疏伐木，為什麼不全部搬出，而不搬出的部分，要截成一公尺留置在現場，既然可以利用，為什麼不全部搬出呢？擺在哪裡很浪費，這些疏伐木是有市場的。

第二部分，空間疏伐是比較沒有問題，但是在行列疏伐方面，沒有寫要伐去多少株，砍了 40% 後，後續還要補植 1,000 株，本來就是要進行疏伐，再補植回那麼密，是否是有需要的？需要再把密度補回來嗎？在保護林帶的話，為了避免颱風災害才種那麼密，但如果已經有保護林帶，為何每公頃還要再補植 1,000 株？此外，台灣杉和烏心石是不是適合種在海拔高度 1,500 公尺的地方，我有這兩點疑問要請教？

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

謝謝副座所提出的問題，棄置在現場不搬出的這個問題，我們有兩種作業方式，不搬出的部分，剛剛邱老師有給我們建議，名稱不是空間疏伐，而是單株疏伐，單株的作業方式就是讓整個林分均勻，我們預先設定 1,000 株，伐去 400 株，不要的 400 株，我們做均勻的畫分，並且有次序選擇，劣勢木、病木、有其他缺點的，當然，如果整個區域都生長很好，那就可能砍去一些長得很好的樹木，相反的，有些區域生長得都不太好，但為了保持均勻，有些較差的樹木也會留下，這是第一點。

第二點，在簡報與資料中有提到，為何有些會棄置在現場，我們的作業方式大多是用怪手等機械式的方式去集材，不像行列疏伐可以架線取材，所以集材受到限制，怪手沒辦法伸到裏面去，所以集材距離就會有差，這個部分的作業方式，難度比較高，而且疏伐木的品質不一定與預期相符，也可能不是我們預期搬出的材積，而目前木材不像過去會滯銷，為什麼要留一公尺長，有其時空背景，當時市場還沒有那麼搶手，有很多東西我們認為是力不及費，在避免林政案件的考量下，就截成一公尺，棄置在現場，我們做這種設計的原因就在這裏。

第二個，為何伐木跡地每公頃再補植 1,000 株，我們希望整個林分能做一個更新，營造複層林，假設中後期撫育能夠持續，雖然我們本來僅是對牛樟進行試驗觀察，後來發現這個方法可行，這樣的話，若干年後，現在的留存木可以保護下層的牛樟，而烏心石我們也打算依照牛樟的方法來參考。

周技正源樹（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

我補充說明，因為那片林地有原生種的烏心石，所以我們才會把烏心石考慮進去。

李總技師炎壽（行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處）

烏心石在中部地區到 2,000 公尺都還有分布，但要用原生種的，不能買台東產的闊葉的那種。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

林試所之前有調查過，全省的烏心石和牛樟的分布的調查，之前是純林，我們現在進行混植，如果可以的話，我們的收益會更多。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們等一下可以開放討論，尤其是在這個難得的機會，學者專家來，我們要聽取他們的經驗。我認為剛剛副座剛才談到的部分是一個很好的題

目，行列疏伐完後，又要去補植，並且要多樣化，明明這是一個造林地，將來要成為一個林產源源不絕的林地，現在如果將它多樣化經營，將來如何提供給市場使用，我倒是覺得剛才林老師說的，要種就要種牛樟純林，從經費的角度來說，也是副產的角度。老師是否有其他意見？

林教授世宗（宜蘭大學自然資源學系）

就剛才提出的問題部分討論，再做一些建議。這次有兩種疏伐方式，第一種是所謂的下層疏伐，而下層疏伐的目的為何？在這裏的疏伐率是28.6%，以38年生來說，疏伐率偏低，可能兩年就回到原來的狀態。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

一般的情形大概是多少？

林教授世宗（宜蘭大學自然資源學系）

一般而言，在這種情況下，可以調高到40%以上，因為你們是用株數疏伐率，你們的作業上可以調整嗎？

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

應該是可以，我們既然把他當成是一個試驗的性質。

林教授世宗（宜蘭大學自然資源學系）

所以要釐清疏伐的目的為何？這裏是一個造林中心區，需要的是一個經濟林，不管是栽植方法或是樹種，應該往這方面建構，如果二三十年後，後人不能瞭解這塊造林地的目的，就會有問題發生，這個地方要講清楚。第二個就是，疏伐是要有原則性，不能只是做一次疏伐，疏伐只是主伐期中間的一次疏伐撫育作業，後續會有配套的東西，例如砍四行留六行，也就是說，砍四行完能夠將空間釋放出來，種一些經濟的林木，如臺灣杉、烏心石或牛樟，也就是說要改變我們經濟林的經營方式，不同以往，而是採用複層林或混合林的經營方式，但是目的還是經濟林。所以如果你們打算疏伐後就讓林地自然演替，造成生物多樣性，這比較不適合造林中心去做，這些事情應該是要在一些造林失敗地，林地條件非常差的地方，把不良的林地自然化，但經濟林區就不應該做這樣的事，可以是建立複層林、混合林，但不應該讓它自然演替。

這是原則上的問題，所以第一點，疏伐要有計畫書載明其目的，之前跟森保處討論，過去實行砍三留六的行列疏伐，距今已十七八年，下一步要做什麼，是否還要再砍三分之一，然後將砍下的三分之二再植新植栽，過去砍下的植株已經經過了十幾年了，早就被兩旁的林木蓋住，所以要計劃階段三分之一而一的循環，以後再做三分之一疏伐，把原來的林份改

過來，而這不是單純的砍三留六。

現在的疏伐變成展示性質，砍過就算了，這樣非常不好，疏伐應該要有疏伐性，要對整個林份做管理，不是只有單一林相，所以疏伐要有目的，也要有疏伐性。

根據油棕樹的經驗來看，他們在疏伐的時候，我們就不贊成用過去的方式砍，要以現有的疏伐解決一部分木材的問題，我們不可能再用皆伐的方式去生產木材，而且就目前來說，我們的木材都已經到成熟期了，應該要漸漸的將它拿出來供應市場的需求，以前我們一直在談，以現有造林林班疏伐，一年應該可以提供多少疏伐廠運作，然後提供市場實際的利用，讓市場活絡起來，如果是林務局自己砍伐，過幾年又不砍了，那就沒有計畫性，我建議要持續性以合約式的方式做木材的標售。

另外，還有一個問題，疏伐的方法不同，木材的性質就不一樣，而算的材積量往往和實際上的量有落差，因為現在大部分都用下層疏伐，1,000株樹砍掉400株並不是十分之四的木材，這400株砍掉的大多是下層木與不良木，所以利用材積會偏低，普通疏伐的利用率大概是65%~70%，而下層疏伐皆在50%以下，就像剛才所講的，有一些木材是要棄置林地的，我認為疏伐不要全部搬，有利用價值才搬出來，沒有利用價值的就留著維持林份的調整，具有經濟性價值的疏伐就是所謂的經濟性疏伐，我們現在傾向將可以使用的拿出來使用，不能使用的就留在那邊。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我把林教授講的歸結一下，然後再提出新的問題，聽聽大家的意見。林老師剛才說，如果下層疏伐沒有計畫性和配套措施，我們的疏伐由28%調整成40%，接下來留存的60%要做什麼，也就是下一階段我們應該要怎麼做，而林老師剛才也提到，這些樹都已經壯年了，未來可能衰老的現象都漸漸發生，那我們下一期應該要做什麼？如果是收穫，那不就等於是皆伐。

第二個問題，我贊成林老師剛才講的，既然我們是經濟林區，不能一天到晚說要生物多樣性，將來再過五六年後，到了收穫期，保育人士說這些都是生物多樣性，你們怎麼可以砍，這就糟糕了。反而如剛才老師講的，如果這次疏伐砍四留六，把這四行種牛樟，然後再進行下一次有階段性與延續性的疏伐，並且，在砍的時候，不要說一次要種兩三種，如果變成每一次都種不同的一種，其實也是可以達到剛剛莊課長所講的目的，這是我的想法。而我們也會如剛才林老師所建議的，持續做木材的取出、販售。我不知道針對這個議題，有沒有老師要再給我們一些意見。

郭教授幸榮（國立臺灣大學森林環境暨資源學系）

事實上，在台灣，疏伐作業是有點變形，不太符合現在所謂森林永續經營的規範，不過沒關係，這是學校老師的責任。以經濟林而言，這是 38 年生的柳杉林，事實上已達到輪伐期，那為什麼達到輪伐期的林份，沒有去做收穫伐，而去做撫育伐，疏伐就是一個撫育伐，這就是一個變形。以撫育伐來說，撫育的目的是什麼？根據日本人的想法，現在的疏伐應該要進行下層疏伐，撫育的目的是生產大徑木，為了生產大徑木，輪伐期就要延長，現在延長輪伐期這個議題在林務局內都迴避不談，事實上，如果沒有把輪伐期延長，要做什麼疏伐啊？已經達到輪伐期的人造林為什麼不做收穫伐，還來做疏伐，這是騙人的。

在這個題目之下，若要做撫育伐當然要做日本的方式，以生產大徑木為目的，並且應該做小輪伐，而且走序列性的兩、三次疏伐，以配合森林經營的目的與森林經理的目標。

以第一個林份的例子來講，沒有這種疏伐方式的，疏伐株樹、疏伐斷面積、疏伐材積，三個要同時編列出來，才看得懂到底是什麼疏伐方式，如果是行列疏伐，疏伐株樹、疏伐斷面積、疏伐材積三者都相同，如果疏伐株樹最多、疏伐斷面積其次、疏伐材積最少，那就是下層疏伐，所以應該列出來疏伐的株樹、斷面積與材積，這樣才看的懂到底要做什麼疏伐，報告提到疏伐的株樹是 28%，但沒有提到斷面積和材積，原來主講人說的 250 立方公尺材積，我以為是疏伐材積，結果是搬出材積，疏伐材積是 650 立方公尺，由於不知道整個林份的材積，所以不知道材積疏伐率，也不知道疏伐比率為多少。

以第二個林分來講，採行列帶狀疏伐 40%，但現在已經到了 38 年生，林分分層已經非常的清楚，在大中小分層很清楚的情況下，不要把行列疏伐加下層疏伐，如果要進行，下層疏伐的百分比也應該也要列出來，疏伐率有多少，這樣子我們才能夠知道疏伐 40% 加上留存的 60% 進行下層疏伐總共疏伐了多少，疏伐比率多少；而 40% 的帶狀疏伐之後，下一次呢，下一次要進行什麼，如果說剩下的 60%，分成兩次疏伐，每次 30%，那這是「連續帶狀皆伐」，因為現在疏伐帶已經實施基地造林了，所以這是連續帶狀皆伐，分成三帶，連續帶狀皆伐，這是更新伐，而不是撫育伐，是收穫伐，而不是撫育伐。如果以撫育伐來講的話，其目的就是要生產大徑木，現在這樣子執行疏伐會混淆。不過如果要一面實施更新，一面生產大徑木，我們也是可以這樣做。所以整體而言，如果目的不清楚，接下來疏伐的作業方式就會混淆，我建議要把疏伐的對象、疏伐的強度，配合疏伐的名稱寫清楚，不同的疏伐目的，就會有不同的疏伐名稱，也就會有不同的疏伐對象和強度，對應林分的情況，這些必定要列出來，而在這之前，因

為要知道疏伐的程度，所以事前要對林份的現況做更詳細的描述，如株數、斷面積、材積有多少，孔隙內其他的闊葉樹種再生的情形，剛才報告中裏面提到的大概都是草本植物，但是沒有寫出是否有其他闊葉樹存在。

剛剛提到疏伐木 650 立方公尺是立木材積，250 立方公尺是造材後可以搬出的材積，從立木材積到造材材積通常會折損，而這時候通常會有個規範，如 70%，即總林分材積占到 70%，若 70% 來看，造材後搬出材積理論上大概有 460 多立方公尺，但現在只有搬出 250 立方公尺，就差了將近一半，等於是將一半留存在林地，通常留存在林地的一個延例，就是太少了，搬出來沒有市場價值，第二個就是這些木材是已腐朽、變形等下層材，如果沒有這些延例的話，為什麼不搬出的材積占到一半。

這個東西都要交代清楚，為什麼有這個差距，如果你不交代清楚，別人會說，這麼多木材都留在那裡，是不是準備給人家盜搬、偷搬，這會造成嚴重問題的，所以一定是要寫清楚，而且剛才林老師提到造材規範，因為規範不清楚或是說承包商作業不嚴謹，產生部分亂造材亂搬運的現象，以我們的想法，如果有木材有一段瑕疵，其他部分很好，而且是大徑木，我們會考慮將那段瑕疵的剪掉放在土地，但此時承包商有可能會亂搬運，造成兩端都不能用，如果發生這種情形可以依規範處分。

另外，有沒有交通地形、地分的限制伐採帶，這個非常重要，林地是不是虛編、地層容易崩塌、太陡或是有些部份太陡、靠近馬路等，由此考慮要不要設保護帶，如果設保護帶，保護帶要留多少，要寫清楚的，因為將來警方與同仁要監察，如果一下雨小徑木流出來，就會產生問題，如果留下保護帶，這個小徑木就會被攔截在林地裡面。這些都要有詳細的規範及詳細的說明，至於要怎麼造材、運材等，也應該要詳細說明。但你們現在林地已經選完了，怎樣修正都已經很難了，而疏伐率之類的都無從得知，以上我做這些建議。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

謝謝郭老師，向郭老師報告，當時我們在做的時候，有一些原理、原則並沒有像今天開會這樣清楚的概念，當時周技正就帶隊上去勘查，我想這個計畫，是一種行動研究，try and error。在聽了幾位老師的意見後，我們把目標訂得更明確，好比說本來 28% 調整為 40% 等，這些其實都可以做加強的，雖然說周技正的工作量會增加，但可以在這裡面，我們能學到更多有意義的事情，以一個行政單位來說，這都沒有關係。

但是郭老師剛才提到一個很重要的問題，現在林分都已壯年了，到底此次疏伐是要當成撫育伐還是當成收穫伐。第二個問題，我們到底要幾個循環，老師剛才講說三輪，40%、30%、30%，還沒有人改成兩個循環，

所以至少三輪。另外還有一個問題就是伐木不搬出的原因，那我們可不可能將那條不搬出的界線畫出來，那不搬的理由是什麼，老師剛才才講那三點的理由，這也許要將它弄清楚，未來我們得出的結果，農經系幫我們做說明的時候，也更有學理性。

林技士宏鵬（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

跟處長和各位老師我做一個補充，現場調查的時候，我是負責數據的部分。第一個部份就是所謂下層疏伐，我們調查的總材積為 650 立方公尺，胸徑 12 公分以下的不良木大概佔了 300 立方左右，而 12 公分以上可以利用的材積大概是 350 立方左右，在可利用材積中，我們預計可搬出的部份大概是 6 成多至 7 成，所以我們定為 250 立方；這個地已經到嶺線附近了，那林地離嶺線大概是一百多公尺的地方，有一些受到風害的部份，柳杉造林木受損情況比較嚴重，有部分已經折斷的，而胸徑比較大柳杉部分可能有腐朽的狀況，這些都是我們是沒有搬出的，所以在這個部份上面，不良木的材積比較大，以棄置現場為主，這占了 300 立方左右，這個部分我們報告時沒有說明清楚。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

所以說樹徑大小也是選擇的項目之一。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

其實也要依照距離選擇，不過，這塊地因為不良木將近有 300 立方公尺，以至於其利用率沒有很高，當初我們調查的材積數量是 650 立方公尺，可以利用的大概只有 350 立方，扣掉造材率的話那大概只有剩下 250 立方。

郭教授幸榮（國立臺灣大學森林環境暨資源學系）

所以在這裏小徑木都把它算在材積裏面，事實上，10 公分以下的，全部就是不搬運的情形，不用算在材積中。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

因為我們在疏伐計畫的話，要提列廠商的投資。

郭教授幸榮（國立臺灣大學森林環境暨資源學系）

所以要把它放在作業裡面，但在算材積與疏伐比率的時候，10 公分以下的部分不要算在現有的林份狀況裡面。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

郭老師的意思是說，算單價的時候，因為這是要給業者做疏伐參考

的，可以把這個部份算進去，可是我們在寫報告、寫論文的時候，沒有達到徑級的部分，這樣的處理，總材積與搬出的材積數量就較少。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

這部分我們會再修正過，謝謝。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

我稍微補充一下，其實一般我們都是用下層疏伐，第一次疏伐能夠搬出的材積，最多差不多是一半，這樣是合理的，而第二次疏伐以後，又是另外一種狀況，因為這個林份以前都沒有做過疏伐，所以搬出量比一半更低，是可以接受的。剛剛老師提到的是在算伐木的價金的時候，材積多少很重要，因為承包商要負責處置，所以一定要把每一株的材積算出來，可能有一部份有訂最低徑級，徑級超過多少才開始調查，當然，林務局林產處分有規定搬出木的最小徑級，這部分要依照林產處分的規則規定。另外，離林道很遠的地方，如果用怪手進去挖，會把林地整個破壞掉，如果用別的方法，太遠的木材雖然已達到徑級，但是力不及費，就只能放在林內。

以前我們在林試所六龜與南投所做的疏伐，第一次疏伐的搬出材積，最多只有 50% 左右，有些問題較大的林地可能就會有這樣的一個情形。

剛剛郭老師講的，造林要有嚴格的規定，並不是疏伐材積多少，就要給承包商多少材積，疏伐材積是伐木的計價，而搬出集運到某個地方做處分，這是另一個計價，不要把它混在一起，而且集運材積要規定造材要造長材，不能隨便讓承包商亂造材，而且有一點很重要的，就是造材長度要多留一點點，否則的話，剛好作到 4 米 5 的，那可能就會降一級變成 3 米 6，材積的差額就浪費掉了，這個很重要，要給廠商一個提醒。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

謝謝林老師，我來報告一下，目前我們已經完成的兩個園區，疏伐有限定集材地點，而木材也必須按造市場需要的尺寸造材，造材完畢以後會在現場標售，伐木造材集材一個動作完成。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

謝謝各位老師，我想剛剛經過我們同仁報告的統計數據，與我補充報告以後，相信各位老師，對這個 250 立方公尺這個數字，已經有個概念了，今天這份報告有些疏漏的地方，與沒有列出來的細節，我們會改進。我們不懂的一定會去問，有一些我們不懂的，我們是求諸於專家的著作，剛才老師跟我們講的疏伐名稱，也就是我們所說的空間疏伐，是林務局頒佈的

疏伐手冊裡面所載。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們要加入剛剛郭老師和邱老師對於 250 立方公尺的論證，將來如果別人有疑問，就可以說明。至於剛才邱老師說的計價方式，我們兩年前的疏伐計畫是以疏伐的立方數為單價呢，還是以造材的材積當計價單位？

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

預定案編列的時候，伐木造材集材，就是一個單元，我們做一個標，等到木材產生了以後，就依照我們指定的規格、尺寸造材，這個我們都有要求，如果變成次等材就浪費大了，所以在疏伐木的部分我們是無私的去撿取，然後把它堆放起來，等到作業完畢了以後，我們再做發包。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

第一標的單價是用什麼當底價？是不是用造材的立方數乘上單價得出來的？

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

不是的，是以伐木的材積當底價。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

課長你會錯意了，我們現在分兩標案，第一次是疏伐，也就是調查 650 立方公尺那次，而伐木的工資，也就是那 650 立方公尺的工資，但是集材的時候，要看集材的數量，如果是 250 立方公尺上下，範圍在 300 到 200 之間，那在這個範圍之內就以標準計價，但超過這個範圍，就以實際的集材數量來當作價金計算標準，所以要分成兩個部分計算，不然可能會產生誤解，因為後面集運的部分是主要的費用。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們今天運氣很好，老師給我們一些意見，因為標案還沒有出去，我們將來在做標案的時候，可以把各位老師意見融入，另外老師說南投處的標案寫得很好，我們也許會後能向他們拿規範書，再將我們今天討論內容放進去。

郭教授幸榮（國立臺灣大學森林環境暨資源學系）

第一個林分，並沒有講疏伐對象，而第二個林分是機械疏伐加下層疏伐，這是一個複合式的疏伐。剛才說的空間的疏伐，那是用來調整空間，但是保存的林木是哪一種輪徑，並沒有寫出來，保存的林木在空間調整以

後，希望能將優勢木保留，才有疏伐的作用，就像延長輪伐期。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

回到這點，幾位老師一直提醒我們，這些林分都已經是壯年期了，不管是做 40% 的疏伐，還是其他強度的疏伐，假設以 40%、30%、30%，這期做了疏伐以後，假設我們也種了牛樟，那我們第二期我們該種什麼，應隔幾年種？

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

其實我們轄內的林區都應該做疏伐，憑良心講，大部分的林地還沒有做第一次的疏伐。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

這裡還有問題要請教老師，花蓮處過去兩年的疏伐計畫，在價金查定的部份，碰到一個問題，今天我們給各位老師做的簡報的疏伐的是在瑞穗林場，而之前轄內的疏伐案是在玉里林道，地點大概在玉里林道 20 公里到 25 公里左右，作業方式也如剛才所報告的，標案也完成了，但在我們的招標公告、投標須知裡面，少列了林道維修，我們後來被長官質疑，整批的木材賣出去，如果林道維修的費用全歸為甲方，例如木材賣了 500 萬，林道維修卻修了 400 萬，甚至於更多，但又不能不修。

我們後來就想規定得標廠商維修林道，公務人員把條文列下去很簡單，但內容符不符合公平原則是需要考量的，這個時代不一樣了，我們必須要多方面的去考慮，不能光是以公務人員為重，招標公告或投標須知裡面如果規定林道維護蓋由得標廠商負責，那有一些生意人，得標以後才知道成本計算錯了，事前並沒有仔細的去審核，到時候才在跳腳。林道 20 公里，颱風以後，柔腸寸斷，有時候整個路段都流失了，要等恢復以後，木材才能載出來，但林道要自己維修，結果載出來也不是，不載也不是，了不起廠商就將保證金給甲方沒收，這樣一來又將問題丟還給我們，所以我想聽聽老師的意見，在招標公告把林道維修費用列進去，這是否合理，這是第一個問題；第二個問題是假設可以把林道維修費用列進去，價金查定的部份，應該要多少，也就是林道維修成本大概要預估多少。因為這是不可防範的問題，而這也是預測的問題，我想，是不是能夠在這邊聽取老師給我們一些建議，謝謝。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

吳珮瑛老師就曾經說過，你搞了老半天，最後利潤是負的，而政府做了這麼多，木頭也拿去賣了，最後政府還要拿錢來修路，那乾脆就不要做好了。

徐副處長政競（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我的看法是不一樣的，修路的目的不一定是運疏伐木材，我們有可能有其他用途如遊樂等。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們現在遇到問題就是，路面本來是好好的，但是疏伐木的重車會把路壓壞。

徐副處長政競（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

我們是在做撫育疏伐，目的為提高以後的林木價值，並非單看疏伐之利潤，我的觀點是不一樣的。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

已經造成的事實，我們要去面對，木材已經發包，現在碰到災害，對方要不要來搬，如果合約裡面規定的是限期搬運，如果廠商沒有辦法上來搬運的話，每回千分之三的罰金，並且一直加下去。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

疏伐是要規劃的，現在很多單位為什麼沒有去疏伐，就是遇到林道這個問題，南投處也是一樣，所以這要處長做一個整個森林經營管理的規劃，林道規畫要考量的，除了該林道離造林地的距離，配合整體森林經營管理來做，才不會課長剛剛講的這些問題，而且林道的目標是多功能的，並不是只有提供疏伐撫育而已，但如果是除伐的話，也許就能把林道維修的費用，放在價金裡面。

如果標案裏面包含這 20 公里的林道維護，那價金就變得很低，若是沒有包含的話，價金就相對較高，當然在合約上可以訂，並且去做限制，但是訂價金的方式絕對會不一樣，包括維護林道和不包括維護林道之中的價金會差非常非常多，所以在訂價金的時候，就必須考量到這種狀況。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

在颱風還沒來以前，一切都沒問題，但是如果颱風會來，應該要視其災害程度預留一些損失，並且估計其生產成本，我想這都是要考慮到的。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

有些部份沒辦法的處理，責任就應該歸於甲方，將來如果要作一系列的林道，那必須負責林道某一個層度的暢通，林道的損害不全是天然災害，也有可能是一般的災害。

莊明順課長（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

我們花蓮處疏伐的是民國七十八年以前玉里林區管理處的轄地，也就是玉里事業區、秀姑巒事業區兩個事業區，而原來木瓜山事業區跟這個立霧溪的部份，都沒有做疏伐，大部分造林地都沒有變，這是因為礙於現況，早期政府的經費就剛好是造林的部份，政府要求所有的伐木跡地即刻造林，而這些錢都是剛剛好而已，而沒有考慮到後期撫育的部份，我想，不只有花蓮處，全省的林管處都是這樣的。

李總技師炎壽（行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處）

剛剛談到林道，我們森保處是這樣做的，先運到存木場之後才進行標售，所以林道維修的部分還是在林區經營範圍內，由公部門自行執行，我個人認為林道維護交給私人廠商來維護管理是不宜的，因為對方只是臨時性的，他只是為了本身的目的而修林道，目的達到以後，反而發生的災害會更大，有時候會造成不可收拾的場面。今天有談到，森保處跟林試所在疏伐部份的經驗，尤其是行列疏伐的部份，我們從 1989 年開始，更早以前是邱博士他們做的試驗，實際作業是從 1989 年到 1995 年這段時間，這些部份能提供給各位做參考。

第一項我談的是，站在林業政策的角度上，不管疏伐如何，木材可以利用的部份，應該就要搬出來，最好是要標售，不要像我們最近碰到的問題，為了要希望疏伐跟標售木材不要力不及費，我還盡量去做全桿材、長材的集廠，弄 10 米、8 米的長材，甚至是電線桿材料，都將它準備好。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

有關造材廠部分？

李總技師炎壽（行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處）

造材廠由我們自己維護，過去的那個案子，我們呈報林業主管機關，也就是林務局，他們要求我們自用，實際上「自用」，這是一個名詞，用了多少，我很懷疑，以柳杉來說三年、四年就回歸土壤，那為了要能夠損益平衡，我覺得要盡量造長材。最近對疏伐有利的消息，就是目前市面的木材價格在三級跳，尤其是特殊的樹種，如柚木、原木等，近五年漲了將近五六倍，連最近的裝潢材料，一吋和一吋二的角料…等，已經漲很多了，所以這對疏伐是有利的。

有關第一塊林地的機械空間疏伐，我的建議是這樣，因為現在疏伐地是在路旁邊，是交通可及的部分，所以可以考慮用拖曳方式集材，或用吊車、怪手去集材，因為是試驗性的，那就沒話講，但剛才課長有談到，未來有很多林地要疏伐，而有些是道路不可及或是比較偏遠的地方，抑或是

離道路比較遠的地方，因此我們儘量能夠以適應所有地方的集材方式作業，在我們招標作業的時候就把作業方式限定。花蓮地區民間地區這些技術應該還在，如果公部門不推動，未來五年、十年後，民間因為沒有誘因，技術就隨年歲消失了，隨著年歲而消失，沒有人願意傳承，所以這關係到林業的技術傳承，最近這二十年來實在有很多感慨，這是第一部份。投標須知的部分，公部門本身就要內行，要把它定的非常好，才能夠推動下去，實際上其他單位實施疏伐的時候，大家可能也知道，直接就開怪手進去，由於政策上林道是不能重開，結果行列疏伐 10 行就是 10 條林道，當然這是我有感而發，請大家原諒。我希望能夠往這個方面走，技術傳承部份，如果沒辦法留在公部門，最少民間部份會傳承下來。

另外，以台灣的地形而言，不太容易達到歐美那種使用收穫機器進入林區的收穫方式，全部自動化、半自動化處理，尤其像剛剛報告中的那種林地，坡度三十度，這大概很難進行。

第三，我們 1989 年在做柳杉行列疏伐的時候，希望回歸原生樹種，因為棲蘭山地區的原生樹種大多為一級木，在這個觀念影響下，我們的疏伐帶都有種一些樹種進去，而貴處的報告裏面也有計畫在疏伐帶種台灣杉和烏心石，烏心石在這個海拔高是很適合的，我們到海拔約 1,800 的中部地區，只要不是太乾旱的地方都能長得很好，烏心石唯一缺點就是不耐旱，即使到 2,000 公尺左右，都生長的非常好，而嘉南地區的烏心石也都長的很不錯；而台灣杉當然也可以，如果貴處考慮到堆放性的部份，牛樟也是可行的，像赤皮、長尾尖葉儲都可以考慮，讓林地回歸到原來狀態；接著，另一個建議就是造林地的疏伐方向，剛報告裡面用的是順坡造林，所以行列疏伐在伐採的時候是用順坡來伐採，如果這個是試驗性的疏伐，順坡伐採當然是可行的，但未來，如果有要再推動的時候，可以考慮用水平帶狀伐採，其方向盡量調成東西向，東西向有一個好處，由於我們的行列疏伐帶不是很寬，會受留存木的擠壓，光照不良，因此能夠以東西向配合以提高光照，不用再贅述了，這部分我不再贅述，而水平帶狀的疏伐帶，最好能夠有適當的寬度，我們以前做的為砍三行留六行，後來那就覺得三行太窄了，所以我們現在跟邱組長討論，未來的行列疏伐可能會採取砍 5 行留 10 行、砍 5 行留 15 行的方式，而保留帶為什麼要用 10 與 15 而不用 6，主要是考慮到第二次的疏伐，盡量讓作業空間比較充份，過去我們留下來的疏伐地，除了怕風害之外，就是怕作業空間不足，因此我們未來要往這方面在走。那我們有配合幾個集材方式在做疏伐，如落入式、泰勒式、標準式，都做了一些，湯博士做了一些效益部分、工時部份的分析。

因為我們是自己辦理疏伐作業，原則上盡量以長材方式集材，並且以順坡的方式的集材，如果以剛才所報告的方式，使用吊車與怪手，那對於林地部分的破壞，大概是不可避免的，雖然路邊的森林還很多，但盡量能

夠往這方面去做，使用架線集材的方式，以因應未來的需要，並同時傳承集材技術。

我們這邊做的行列疏伐方式，大部分就先選定集材線，集材線最重要，即使是單株擇伐也可以使用集材線，20 公頃大概兩條集材線就可以應付了，但是架集材線本身可能就要做一個疏伐，也就是架線本身就先做整條的行列疏伐，然後以側方來集材，集材線一旦選定，就要選定左右兩邊的行列，如果坡度太大，集材線就不要跟林道呈垂直，呈個 45 度或 30 度，然後由集材線左右兩側呈魚骨圖的方式來作業。

第五個要報告的，由於我們那裡是一貫作業，當年度作業完成、木材吊離以後，我們就將苗木帶進去種植了，在集材線還沒拆卸之前到現場作業，當年或第二年進行種植，因為在疏伐完成後馬上進行造林的工作，可以省掉很多費用，同時帶苗進入就省掉搬運的費用，籃子裝著苗木，如果時間趕不及，就先放在那裡，第二年馬上就做，如果是第一年，一般都是在 10 月 11 月，如果是第二年，那就是 1、2 月，這樣可以省很多，同時適當的整地，在第二年、第三年撫育的費用很低，處理過後不會生雜草，存活率又很好，這樣一來，撫育費省，又容易進行撫育，這大概是我們跟貴處有點不一樣的地方，我將它做這樣簡單的陳述，給貴處做參考，謝謝。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

謝謝總技師，這就是所謂的一貫作業，作業課跟人簽約的當年或者是次年，其實應該是一貫作業，誠如邱老師剛才也講的，之所以能把單價壓低，就是有點像我們在都市裡面埋那個瓦斯管、電力線與水管，必須在同一段時間裏，同時做完這些事情才有可能壓低單價。現在的國土復育策略方案暨行動計畫，一直在建議，不要用的路通通把它廢掉，所以林道越來越少，而且我們林政單位也怕路修得越好，山老鼠越多，路最好都不要修。所以最後變成只有作業在使用林道，除非這是一個森林遊樂區的聯外道路。如果在作業上需要林道修復，這是要付出的，而且又把那個好好的人造林砍掉，這真的是要考量清楚。我想問一下作業課的同仁，針對剛才老師建議的，在撰寫方面，是不是有一些東西要向老師請教。今天機會難得，老師們有這方面的專業，我們可以請教一下報告與投標書的撰寫，這對將來真正要開始實施疏伐的時候能有所幫助。

林技士宏鵬（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

在集材的部份，我們的行列疏伐有設計集材線，但是另外一塊疏伐的，比較不適合這種作業，這部分我們是參考一些其他管理處的作業與合約的編訂，可能在實務上比較沒有經驗，在合約編訂上的作業規範要如何？

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

這個題目太大了，你事後再找南投處或是森保處請教，看過他們的規範書以後，再問問題，這樣比較好問。

周技正源樹（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

針對剛剛李總技師提到一貫作業，其實我們在規劃的時候有很大的問題，因為作業都是發包出去的，疏伐完後所產生的基地面積並不清楚，我們要測量行列疏伐後的基地面積後才能做發包的工作，沒有辦法事先得知其面積，也就無法規畫。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

你們是直營的嗎？

李總技師炎壽（行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處）

我們是直營的。要作疏伐作業的地點現在就要作界了，界木要標定，標定完畢後疏伐的各行也要挑出來，這些在紙上作業就好了。最重要的還是在，在廠商得標以後，怎樣規範它做架線作業，如果你沒有規範，疏伐木還是一樣在地上拖行。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

原則上，造林要有規範，行列疏伐的架線規範和技術要傳承下去，另外，絕對不能用怪手，怪手會破壞整個林地，怪手只能用在林道的兩側。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

跟邱組長報告，今天早上做的簡報與剛才討論到的怪手，這是第一個作業方式，就像剛才所談的，至於行列疏伐的話，在我們的規劃之中，會避免使用拖拉的方式，畢竟我們是在第一線的，這些我們都有經驗，一旦使用拖拉的方式，如果是逆勢順坡，就會造成逕流的現象，這些我們都會考慮到。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

我們會很堅持用架線的方式施行集材，而那些會架線老師傅，如果花蓮找不到，就到羅東或附近的地方去找，這是第一點說明。第二點我想請教總技師，很高興聽到長材的價格三級跳這樣的訊息，我想這能夠給我們一個參考。另外就是材長規範的問題，你們棲蘭山那裏的林道的狀況很好，而我們要考慮很多問題，尤其是卡車載運轉彎的時候，我們的同仁對林道的狀況都很熟，哪種樹要用哪種卡車載，假設他們堅持要造長材，用其他方式集材會勉強，怪手與接駁的方式的成本太高，而且我們也不樂

見，與其這樣，倒不如以現在比較搶手的尺寸來造材，我的想法是這樣的。

李總技師炎壽（行政院國軍退除役官兵輔導委員會森林保育處）

我剛剛也報告過，還是要試這個市場，所以我做了一些長材的規劃。結果沒有拿去賣，因為林務局不同意我們賣，他叫我要自用或者是學術使用，那真的很可惜，我們錢也花了，最後的結果沒有，就是一個報告。再來第二個林份的曲率半徑，那因為曲率半徑的關係，會限制長材，那剛剛課長所報告的接駁或幹什麼的，那當然一級木的東西才有可能，那我們疏伐木根本不用去考量，還是以自己的林道狀況，可以允許的狀況，卡車運下來，盡量取長材，因為我是加工業出身的，你把它弄成這麼短的，絕對受到限制，它弄了一個長材，一定有他的好處，而且他也樂意來標，同樣這個價格，他一定搶手，這是最簡單的。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

李技師剛剛所講的，疏伐作業的限制因子就是聯外道路，如果聯外道路沒辦法提供某特定服務，但仍刻意要這樣做，那就很難施行；所以我們在連外道路允許的情況下會盡量取長材，這樣業者的選擇機會比較多，我不知道各位老師有沒有其他需要補充說明的。

林教授世宗（宜蘭大學自然資源學系）

現在木材的取出只能靠疏伐這個方式，所以我們說集材的這個作業一定要尋求改善，我們現在做的這個疏伐集材方式，在技術上的傳承的這個部份，我們不希望以只有在林道兩側可以施行的作業方式來做，像是吊車集材線，只能在林道林側 100m 集材，但是現在如果以這種方式到，到第二波疏伐的時候還是要做那些林間疏伐集材，我認為林間疏伐集材的這個部分，台灣絕對可以發展，也勢必要去發展，希望在我們農業公部門上可以開始。在技術傳承的部分，事實上原本可以把一些技術可以傳承下來，但是我們一直讓它消失掉，而我們剛好可以藉由這次以及後續的疏伐，把這部份的技術抓住，甚至能夠發展出來台灣在疏伐技術上的條件，以上是我的建議。

郭教授幸榮（國立臺灣大學森林環境暨資源學系）

剛剛講的，靠近溪流與道路的林地，一定要設置保護帶，雖然疏伐作業的疏伐木雖然都是小徑木，但還是很重的，集運的時候難免會對地表有所破壞，所以在實務上地面要如何去保護，集材路線如何減少破壞都必須再研究，這曾經在別的地方發生問題，當時認為沒有問題，集運後發現地面被破壞，結果變成啞巴吃黃蓮，因為沒有規範去降低地面上的破話，如果姑息，認為地面被破壞是不可避免的，到最後就變成都難免，木材會斷

也是難免，所以實務上，怎樣去規範以減少地面破壞是一個很大的問題。

邱組長志明（行政院農業委員會林業試驗所森林經營組）

我記得以前在林務局國有林科的時候，我們有做一個疏伐示範地，以循環式索道集材，從 1983 年到 1988 年推動了幾年後，最後沒有繼續下去，以前的一些老同事或是課長說不定還有點印象，如果能夠施行，將來可以大面積去做，我們以前在新竹林管處，也做了一個 Demo 給大家看，所以我認為可以再開始做，因為疏伐斷了十幾年都沒有在做，現在既然要開始做，就要用這種方式，所以我認為這是可以思考的一個方向。

第二點，剛才在講棄置林地的方式，現在對這個生態多樣性的理念非常重視，認為林地留存林木是好的，不應該全部搬出來，留存這些林木，能夠創造動物之棲地，增加生物多樣性，如果以此為出發點，這是一個很好的措施。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

最後，我要請教莊課長，開完會以後，如果把專家的意見融入計畫裏面，我們是否有作業的時間壓力？應該可以跟局裏溝通，我們把這件事情做好，希望他們寬延一下，我來跟他們溝通，這應該是可以的。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

我想，在造林組的立場上，會盡力做到最好，但會計的部份可能有些意見。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

經費是可以調整的，我認為要把這件事情做好，計畫本身能有一些原理原則，讓接下來要做疏伐的人有一個參考，那我們把這些學者專家的意見，融入在計畫書裡面，如為什麼要拿 250 立方公尺，其目的為何，一些原理原則列出來了以後，按照這些原理原則擬訂作業規範書。邱老師剛才講的循環式索道，我還記得當時，如果有興建循環式索道，人工林裏所有的木頭都可以拿的出來，我印象很深。原理原則作出來了，再做規範書，當然，規範書要依照森保處還有南投處的意見，將它融入在其中，這一系列的工作做完了以後，再請學者專家們，針對我們的規範書，給我們一點意見。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

我們會把今天的會議內容與老師所提到的，融入作業規範書，然後請各位老師再來指教。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

其實在規範書上面，還有另外一個尚未完成的計畫，也就是剛才講的，行列疏伐之砍 5 行留 6 行，後來有老師提到，可以考慮砍 5 行留 10 行、砍 5 行留 15 行的作法，這種方式我們先前沒有考慮過，但就計畫而言，施行砍 4 行留 6 行。接下來的問題是第二年要如何進行，前置作業跟規範書的內容比較沒有相關，但跟作業內容是有相關先擬定架構，再設定規範。本次會議結束以後，先按照老師們的建議，先進行這兩個部分的研擬，再召開下一次的會議。

莊課長明順（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

第一點，處長的指示，我們一定遵照辦理，第二點，作業的規範書，有些資料還不齊全的，我們會請教一些有經驗的單位，或向學者請教討論。這些階段完成了以後，再請各位學者老師們給我們一些意見，謝謝。

楊處長宏志（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

今天會議到此結束，謝謝各位老師。

六、學者意見重點摘要（依據姓名筆劃排列）

李總技師炎壽的意見

1. 以烏心石進行造林的話，烏心石很適合此次疏伐地的海拔高度，只要不是太乾早的地方，烏心石都能長得很好，但要用原生種，不能買臺東闊葉的烏心石，另外台灣杉、牛樟、赤皮、長尾尖葉儲等也都可以列入考慮。
2. 森保處的木材會運到存木場之後，才進行標售，所以林道是由公部門負責維護，不贊成交給私人廠商維護，林道如果沒有維護好，發生的災害可能會更大。
3. 森保處和林試所早從 1989 年至 1995 年這段期間，就有在進行行列疏伐作業，而試驗性的疏伐，邱志明組長在更早以前就曾經做過。
4. 就林業政策之立場，木材可以利用之部分就要搬出予以使用，最好能標售。目前市面的木材價格呈現三級跳趨勢，尤其是特殊樹種，如柚木、原木等，近五年漲了將近五、六倍之多，而裝潢用的木材價格也漲了很多，對疏伐木之輸出標售是一件利多消息。
5. 我們儘量以能夠適應所有地方的集材方式進行作業，在進行招標作業的時候，就要限定作業方式，而這將影響到林業技術的傳承，如果現在公部門不推動，五年、十年後，未來民間因為沒有誘因，技術很容

易就隨之消失。

6. 造林地的疏伐方向，可以考慮用水平帶狀伐採，盡量把疏伐方向調成東西向，由於行列疏伐帶不是很寬，會受留存木的擠壓，導致光照不良，施行東西向的帶狀疏伐可以提高光照。未來若考慮作業空間，建議可以增大疏伐帶。
7. 以順坡的方式的集材，如果是採用報告中的方式，利用吊車與怪手集材，對林地的破壞，應該是不可避免，或多或少會有影響，雖然林道邊的森林還有很多，但若能盡量使用架線集材的方式，以因應未來的需要，還能有助集材技術之傳承。
8. 行列疏伐的話，首先選定集材線的位置，即使是單株擇伐也可以使用集材線，20 公頃的話，大概兩條集材線就足夠了，但架線本身就要先做整條的行列疏伐，然後以側方進行集材，一旦集材線選定後，就要選擇左右兩邊的行列，如果坡度太大，避免集材線與林道呈垂直角度，呈個 45 度或 30 度，然後由集材線左右兩側以魚骨圖的方式進行疏伐作業。
9. 建議採行一貫作業的方式，也就是在當年度作業完成、木材吊離以後，就將苗木帶進去種植，在集材線還沒拆卸之前到現場作業，在當年或第二年進行種植苗木，若能在疏伐完成後馬上進行造林的工作，可以省掉很多費用，且第二年、第三年撫育費用相對較低，處理過後不會生雜草，苗木存活率又好，又容易進行撫育。
10. 疏伐作業的地點現在就要作界，界木要標定，界木標定完畢後，疏伐的各行也要標示出來，這些流程在紙上作業即可；最重要是，廠商得標以後，要對他們的架線作業作規範。
11. 在林道狀況允許的前提下，使用卡車將木材運下來，盡量選取長材，長材的好處在於用途較不受限制。

林教授世宗的意見

1. 第一塊林分下層疏伐的疏伐率是 28.6%，以 38 年生柳杉來說，疏伐率偏低，可能疏伐兩年後就回復成原來的狀態，建議疏伐之疏伐率能在 40% 以上。
2. 要釐清疏伐的目的和原則，造林中心區需要的是經濟林，應該在這方面凸顯，使後人能瞭解林分之目的。疏伐的目的之一在於期待林地能自然演替，故造林中心較不適合施行疏伐作業，可以建立複層林經濟林，但不該任其自然演替。

3. 另外，疏伐計畫要有目的性和整體性，並於計畫書中載明，第一次疏伐結束之後，下一個階段要作些什麼？
4. 整體的林分要如何規劃與管理？本次疏伐作業不應只是被當作是展示性質之用，不能疏伐作業完畢後就不再管理。
5. 雖然大多的林分都已達成熟期，應該要漸漸將木材取出，但現階段，我們不能再以皆伐作為木材生產的方式，應改採疏伐方式提供木材，如果要能有穩定的木材產出提供市場，就必須要有計劃性的規劃，建議以持續性、合約方式標售。
6. 林道的維護應該要由公部門負責，而疏伐作業當然應由可及性高、容易施業的地方做起。
7. 木材的集材作業方式不應採行只在林道兩側可施作的方式進行，如吊車集材，應該做林間集材，讓林間集材的技術可以傳承而不會消失，我們可以藉由此疏伐達成保留這些技術的目的。

邱組長志明的意見

1. 目前林務局要求每個管理處都要進行疏伐，而且疏伐木不要只是棄置於林地現場，要能搬出來用，以符合農委會提升疏伐自給率的要求，所以現在撫育重點都轉到中後期撫育，而各管理處都在實施疏伐，羅東處和南投處的合約書可以用作參考。
2. 在作業方式方面，本次疏伐方式是比較偏向單株疏伐的方式，空間疏伐是比較偏向群狀或行列疏伐，建議疏伐作業的名稱應該要改成下層單株疏伐。
3. 另外，空間疏伐之疏伐率的部分，書面上寫砍 400 株，每行約 4 到 5 公尺留存一株，如果這樣的話，每公頃是砍 400 株到 600 株，差異很大，另外，疏伐率似乎稍微低了些。
4. 行列疏伐的疏伐帶要看颱風的狀況，在颱風災害較為劇烈的地方，建議隔帶可以稍微放寬，否則疏伐完後，保留帶的災害會較嚴重。
5. 一般進行下層疏伐，第一次的搬出材積只有疏伐總材積的一半，是合理的。而離林道很遠的地方，如果用怪手進去挖，會把林地整個破壞掉，如果用別的方法，太遠的木材雖然可達對徑級的要求，但可能力不及費，結果就只能將疏伐木留置於林內。
6. 疏伐材積是伐木的計價，而搬出集運到某個地方做處分，這是另一個計價，也就是說伐木和集材的材積要分兩部分計算，不要將它混在一起。

7. 造材長度要多留一點點，否則，剛好預計作到 4 米 5 的木材，可能會降一級變成 3 米 6，材積的差額就浪費掉了。
8. 目前很多單位都因為林道問題而無法疏伐，所以林管處必須事先考慮，考慮林道因子對森林經營管理之影響與規畫。
9. 倘若標案裏面包含對林道之維護，那價金就會變得很低，若是沒有包含林道維護，價金相對較高，是否包括對林道維護，可以在合約中訂定清楚，並且做出限制，但兩者價金會差非常多。
10. 集材絕對不能使用怪手，怪手只能在林道的兩側，其實可以考慮使用循環式索道的集材方式。

郭教授幸榮的意見

1. 38 年生的柳杉已達輪伐期，應該要採用收穫伐而非撫育之疏伐，除非是以生產大徑木為主要目的，再進行下層疏伐，並配合延長輪伐期，如果沒有計畫延長輪伐期，就應該施行收穫伐。
2. 要同時把整體林分的蓄積材積、疏伐株數、疏伐斷面積、疏伐材積與材積疏伐率列出，這樣才能看出林分到底是採行何種方式之疏伐作業。
3. 行列帶狀疏伐通常是用於營造複合層林與發育變慢的林分，38 年生的林分分層已經很清楚，不建議採用行列疏伐加下層疏伐，如果一定要進行，也要將下層疏伐的百分比寫清楚，這樣才能知道總共疏伐了多少林木。
4. 林分行列疏伐完後，要進行的下一步是什麼，如果剩下的 60% 分成兩次疏伐，每次 30%，這就是連續帶狀皆伐，是更新伐、收穫伐而非撫育伐，主要目的則不是生產大徑木。當然如果要一面施行更新，一面生產大徑木也行，但要寫清楚目的，以目前這樣的表示方法會造成混淆，因此建議要把疏伐的對象、疏伐的強度，配合疏伐的名稱寫清楚，不同的疏伐目的，就會有不同的疏伐名稱，也就會有不同的疏伐對象和強度，林分現況如株數、斷面積、材積有多少，孔隙內其他的闊葉樹種再生的情形，也要充分掌握。
5. 為何疏伐材積和搬出材積的差距如此大，要說明清楚，另外，限制伐採區保護帶的範圍與面積、造材與運材的規範，都要詳細的描述。
6. 10cm 以下的小徑木全部都不搬運，作業中要寫出，但不用算在材積與疏伐比率中。
7. 要研究怎樣的集運路線最能減少對林地地面的破壞與木材破壞，並加以具體規範。

【附錄四】「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」訪談記錄-1-

時間：97年7月22日（星期五）

地點：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處處長室

與會人員：國立臺灣大學農業經濟學系林教授國慶

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處林處長哲茂

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處周技正源樹

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處林技士鴻鵬

國立臺灣大學農業經濟學系林信維

紀錄人：林信維

訪談內容：

林處長哲茂（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處）

1. 當前分區管理的理念與實際狀況有些落差。
2. 自 10 多年前，起初有做一些零星的疏伐作業，但遭到環保團體反對，即使是將倒木、枯立木取出，環保團體也反對。環保團體要求參加相關會議，一開始時，林務局同意也讓他們參加開會，但幾次下來，由於局內與環保人士在某些議題上立場與看法不同，不容易取得共識。後來，在舉行林務局的內部會議時，沒有繼續邀請環保團體參與內部會議。
3. 有時候難免產生誤解，部分環保人士偶會斷章取義，例如，產業道路與農路維之修被指責成開闢林道，有時候是地方政府修築產業道路（修築產業道路為地方政府之職掌範圍），但卻被認為是林務局處理的。
4. 就林務局的立場而言，目前是鼓勵進行疏伐，早期因為經費少，例行性撫育工作沒有包括疏伐，所以在早期時，造林地之密度為每公頃 3,300 株左右，到現在為止，留存木每公頃還有 2,000 株左右。曾經有森林系的老師建議伐除三分之二，但林區管理處的同仁認為在伐除比例上還可以再討論。
5. 東勢林區管理處有許多疏伐林地與未疏伐林地的監測資料，過去也有很多研究是在那裏進行的。
6. 在租地造林之收回林地方面，目前由於沒有同意私人申請砍伐林木，所以部分林地由政府買回變成公有林地。

林教授國慶（國立臺灣大學農業經濟學系）

1. 有關山坡地造林有三點問題需要特別注意，第一點為山坡地違規使用與山坡地超限利用，再者為造林地卻沒有造林，最後是環境敏感地區收回

公有之處理。

2. 日本在林業經營方面，例如地區性的林業經營是以山村社區營造的方式在經營，活用山村森林與文化資源以振興山村。我曾經去日本參訪過，一個人口六千人的山村，就有六個木材生產合作社，且經營狀況良好，這樣的經營模式值得我國參考。
3. 林務局過去曾受到一些質疑，例如林務局擁有那麼多的林木，卻不提供木材作為使用。林務局必須對自己之功能有所定位，並對外解釋說明。

【附錄五】「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」訪談記錄-2-

時間：97年10月16日上午10點40分

地點：行政院農業委員會林務局造林科辦公室

訪談對象：行政院農業委員會林務局造林科何技正學哲

紀錄人：林信維

訪談內容：

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

以目前台灣的森林概況，疏伐是否是很重要的措施？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

疏伐是撫育的其中一種，撫育內容包括初期的割草、刈草，到除蔓、修枝、疏伐。就人工林的經營而言，疏伐是一個重要的工作。我國有相當多的國有林地人工林，早期開始是以林木生產為目標，投入相當多的經費，因時空背景變動，後期的經營目標改以分區經營管理，經營區內的林木，仍是希望能朝向生產高價值且大徑木的方向予以經營，另外為能配合二氧化碳減量之相關措施，在林木利用上希望能增加林木碳吸存量。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

疏伐作業始於何時？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

詳細的情形，可以向林試所的邱組長請教。從民國 70 幾年開始，就有在進行疏伐。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

當時所進行的疏伐作業是試驗，還是經營管理業務的一部分？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

是經營管理的一部分，林試所的邱組長當時人在林務局服務，就是由他負責處理。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

所以在 80 年政府禁伐林木政策施行之前，就已經開始做疏伐工作。請問 90 年代也有進行疏伐作業嗎？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

有，可是比較零星，且林務局比較少對外宣傳，但因疏伐作業是林木撫育的其中一環，所以各林管處雖然沒有實施大規模的疏伐作業，但在進行森林撫育時還是會進行疏伐。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

疏伐作業主要是針對人工林嗎？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

重點的確是放在人工林。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

疏伐作業在林業政策上的定位為何？就我所知，花蓮林管處在 2001 年以後才有大面積的疏伐作業，請問為什麼在 2001 年後開始進行大規模疏伐作業。

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

疏伐是森林撫育的一環，本來就應該要做。由於禁伐林木政策的影響，有些人並不清楚疏伐和普通砍伐有什麼不一樣，雖然林務局頒布天然林禁伐，但有些民眾不清楚天然林跟人工林的區別，且當時的風氣較為保守。事實上，林務局自 80 年代開始就有進行疏伐作業，疏伐作業本就是林業經營之一環。就林務局的立場，應該要強化疏伐在林業經營的定位，人工林若沒有進行疏伐處理，會造成林木密集，對人工林本生的生長來看，也是不健康的，疏伐能增加透光性，疏伐後的林木也可以加以利用，疏伐後棄置於林地現場的木頭也能增加生物多樣性的繁衍，從菌類的繁殖開始，形成一連串的食物鏈，建構一個健康森林的概念。

有時候受限於經費，在有限的預算下，沒有辦法進行大規模的疏伐作業。目前我國的木材供給，以進口為主，在考量國際環境日趨變化的前提下，必須考慮各種可能性，尤其在全球暖化、熱帶雨林之處理等問題的前提下，木材出口國會以更嚴禁的態度考量木材出口政策，木材出口國也會隨時調整其林業經營策略，萬一未來木材進口發生變化，或民眾要求國內應該要提供一些木材時，若平時就有做疏伐的工作，國內方面也才能提供品質較好、木徑較大的木材供作使用。同時促進木材使用有助於固碳，對於碳吸存也有一定程度的助益。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

林務局對於提高木材自給率的看法為何？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

我認為提高我國木材自給率是林務局應該要走的一個方向，目前木材自給率是很低，但木材自給率是由市場所決定，從價格的角度來看，現階段從外國進口木材還是比較便宜，未來還是有可能國際木材價格飆高，當木材進口價格高於國內木材供給價格價格，國內木材自給率就會提高，這是有可能會發生的。當前國際紙漿價格呈現上漲趨勢，如果將來價格上漲趨勢不變，國內木材自給率就會提高。

至目前為止，環保團體認為國外木材相對便宜，國內不需要提供木材，但就林務局的立場而言，國家政策需要宏觀、長遠的考量，還是需要考慮木材進口發生短缺的可能性，還是必須隨時做好人工林的經營管理，將來如果需要由國內提供木材，就能由人工林進行提供。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

林務局或各林管處在執行疏伐作業時，對於樹種和林齡的條件或限制為何？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

樹種的選取並沒有刻意限制，目前而言，林木經營還是要因地制宜，以羅東處為例，除了林木本身的經營以外，同時考慮到森林遊樂的效益，他們就投入相當多的心力在太平山森林遊樂區之經營。

有關樹種的選擇，因為早期在進行人工林之造林時，由於柳杉生長速度快，所以當時種了很多的柳杉，柳杉面積相對較大，當時種得柳杉生長情形也不錯，例如新竹觀霧地區的柳杉就生長得很好，在進行撫育工作時，很容易就選到柳杉。也有針對紅檜進行撫育，由於伐期齡會影響各種森林施業，例如紅檜伐期齡大概是 80 年，如果沒有在這段時間內進行疏伐，紅檜的生長情形就會受到影響，所以紅檜在栽種後，要在 80 年內進行疏伐。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

從政府的觀點來看，森林經營是否有可能回歸經濟營林的路線？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

我想應該是不會，現在林務局所推動的林地分級分區管理就是一種折衷式的辦法，外界也比較能接受。透過分級分區管理制度，把某些地方規劃為林木經營區，某些地方規劃為保護區，這種經營方式也比較符合國人的期待。由於土石流災害的發生，民眾開始意識到森林對國土保安的重要性，一般民眾也不太能接受大面積的林木伐採，透過林地分級分區的概

念，如有需要砍伐森林，就從被劃分為林木經營區的地方伐採林木，國人也較能接受這樣的作法。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

林務局與林管處對於林地是否要進行疏伐的觀點是否相同？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

因為外界對疏伐的觀點與林務局對疏伐的觀點不一定相同，部分環保人士反對疏伐，導致林管處在疏伐業務處理上較為消極。但從林業經營的角度來看，林業經營不可偏廢，要做好撫育工作，就一定要做疏伐，林務局會進行疏伐之督導。尤其目前推動分級分區管理，應該依據分級分區規畫，做好林木經營區的管理工作，當然這個工作並不容易，要花費許多人力，是比較辛苦的。

疏伐作業的採行、林地的選取、樹種的選取，由各林管處自行統籌、逕自規劃，林管處會編列林區經營計畫書，林管處必須清楚自己的經營目標，林管處會針對本身的實際狀況規劃預定案，計畫書中就會包括工作內容，有時候受限於預算的編列，若林管處沒有進行疏伐規劃，林務局這邊會進行協調。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

我參加過花蓮的疏伐會議¹，與會人士包括森保處的李總技師，台大、宜大的幾位教授以及邱志明組長，他們有提到，台灣目前已經沒有也無法施行大規模皆伐，現在花蓮處打算進行的行列疏伐，其實應該算是連續帶狀皆伐，因為那塊林地上的柳杉已經種 38 年了，已可收穫，但由於沒辦法進行大規模皆伐，目前打算進行的疏伐其實已經不是撫育伐而是收穫伐，所以變成是要進行連續帶狀皆伐，請問你覺得呢？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

這點要看林分的實際狀況，柳杉其實也是可以長很久，例如台大試驗林內存有已經種了 80 幾年的柳杉，直徑非常粗，當然這必須視實際條件因地制宜。林木長得越密的話，樹徑就會越細，若有疏開，樹徑就能長得比較大，所以要看經營目標和用途，進行不同的經營方式。

例如剛才提到的太平山，針對太平山遊樂區的經營，當林木經營分區內設有遊樂區時，結合森林景觀與遊憩效益，如能有較為高大的林木，民眾的旅遊意願會較高，滿意程度也會較高此時林木經營的規劃，應進行能培育木徑較大林木的措施。例如在早期時，柳杉被規劃為作電線桿使用，

¹ 「97 年度柳杉造林地疏伐計畫」會議（2008 年 6 月 26 日）

例如台電在山區使用柳杉電線桿相會比較方便，所以當時柳杉的種植採行密植方式，柳杉形質就是直直長長的。

就剛才的問題而言，除非柳杉已經開始老化，因為這批柳杉是同時種的，如果同時死亡，對那個地區的影響就很大，如果柳杉長得不好，可能就要考慮汰換樹種，如果是部分帶狀疏伐，再種一些原生樹種，也是一種方式，但必須進行小面積的疏伐，必須至現場評估才能做更多建議。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

林管處和林務局，當時的柳杉造林是否有預期輪伐期？目前的輪伐期是否符合之前的規劃？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

當時有進行相關的規劃，但由於時空背景改變，以台電所需的電線桿為例，當時用作電線桿使用的木材，價格非常好，利潤頗豐，做成電線桿的柳杉 40、50 年就夠了，而我們的柳杉大概都是 60 年代種的。但現在的需求不一樣，輪伐期規劃就不一樣，我們必須就針對現在的需求做一些規劃。

且輪伐期不代表老化，大面積砍伐是不妥的，會有災害的問題，需要加以限制，林務局這邊就有規定林木不得連續砍伐五公頃，且林務局將疏伐定位為森林撫育，不是替代皆伐，而是為了促進留存木生長，因此以下層疏伐較為理想。當然還牽涉到木材搬出的問題，郭幸榮老師曾經在觀霧地區規劃砍二留九的帶狀疏伐，考慮了木材運出的問題，砍二的那兩行是要做為運輸之用，但留九的九行裡還有做下層疏伐，考慮現場與現實環境，砍二的那兩行將來會再補種林木。

如果考慮木材要輸出利用的話，就要有帶狀的輸送帶，如果是進行非常弱度的疏伐，木頭可以留在現場，則不需要進行帶狀疏伐。另外還要配合實際的需求，如果市場對柳杉有需求，也是可以進行一些砍伐，事實上，目前市場是有需求的，剛好我們在過去種了很多的柳杉，如果砍掉一些，再補種原生樹種，也是可以考慮的方案。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

因為當時柳杉的輪伐期規劃為 35 年，大部分 60 年代種植的柳杉已經達到當時規劃的輪伐期，目前是否已經有針對柳杉進行輪伐期之重新規劃？或是延長多久？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

我認為還是應該回歸市場需求的觀點，由市場需求決定。當時對柳杉

的需求量很大，但現在並沒有那麼大需求，勉強砍伐，利不及費，如果將柳杉留在林地上還能展現水土保持的功用，如果勉強砍伐投入市場，也會影響市場。從安全性的角度來看，當外國無法提供足夠的木材時，這些柳就能即時供應，當原料價格高漲時，考慮的就不是疏伐的問題，而是收獲伐的問題，林木的留存比例與處理應該同時搭配安全性的考量。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

請問林務局和林管處透過什麼方式，了解台灣林木生長的狀況，除了永久樣區調查的資料，還有哪些資料？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

管理處會利用航照判釋圖配合現場觀察瞭解林木的生長現況。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

就我本身與花蓮林管處詢問的結果，花蓮林管處方面有關林木生長狀況的資料好像不是很多，或是這些資料還需要再整理，目前無法提供較完整的資料。

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

你可以向森林企劃組詢問這方面的資訊，他們應該更清楚這方面的資訊。而相關部門的連結更能展現全貌，例如森林土壤調查資料。

林信維（國立臺灣大學農業經濟學系）

從過去相關研究、期刊文獻中，我們發現疏伐作業有進行過上層疏伐、下層疏伐，試驗性的疏伐有進行過行列疏伐。其他的疏伐方式，例如間隔疏伐或是選擇疏伐，有進行過嗎？

何技正學哲（行政院農業委員會林務局造林科）

你可以委請邱志明組長代為聯繫，參考由金恒鑣統籌，林試所、林務局與臺灣大學、東海大學、屏科大等多個研究單位共同合作，在南投丹大林道所進行的試驗，他們是以生態系經營的概念進行研究，以生態系經營的角度進行疏伐工作，目前已經做了兩三年。他們花很多時間觀察一些生物的生長狀況，疏伐的方式也不太一樣，研究成果頗為豐碩，有架設網站，部分研究成果與資料上網就能看到，資料有定期更新，建議你可以向他們請教。

【附錄六】「不同疏伐作業下之經濟效益分析及其對留存木之影響研究計畫」討論會記錄

時間：97 年 7 月 22 日(星期五)

地點：行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處

與會人員：國立臺灣大學農業經濟學系林教授國慶

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處周技正源樹

行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處林技士鴻鵬

國立臺灣大學農業經濟學系林信維

紀錄人：林信維

會議內容：

周技正源樹（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

1. 有關 97 年度花蓮林管處疏伐計畫的兩塊柳杉造林地之擇定的流程標準，首先是依據交通的便利性，選擇在瑞穗林道內，決定程序為組務會議決定後會同玉里工作站決定地點，順序原則是林道由內而外。
2. 林務局規定的標準疏伐，限定於林木經營區內。
3. 目前花蓮林管處疏伐作業較為可行的林道有二條，分別為瑞穗林道和長良林道，而瑞穗林道的狀況又較佳。
4. 柳杉的伐期林為 35 年至 40 年，因此花蓮林管處之柳杉幾乎皆已達伐期齡，超過適宜疏伐的時點，除了 1993 年的實驗，2001 年以前，花蓮林管處並沒有進行過疏伐，如過去郭幸榮教授所說，38 年生的柳杉要增大胸徑其實有限，不過，本疏伐案之目的不只是增大胸徑，林相改良也是這次疏伐案的目的之一。
5. 花蓮林管處一年的造林地從 50 至 100 公頃都有，前兩年甚至到達 300 公頃。

林技士鴻鵬（行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處作業課）

1. 花蓮林管處對生長狀況或 GIS 等相關轄內林分資料，掌握得並不確實，資料可能存在，但是缺乏整理，因為可施行疏伐的範圍和經費都有限，可利用的範圍不多，這些資料使用的機會就比較少。
2. 由於過去我國疏伐的研究做了很多，花蓮林管處並沒有對疏伐完的造林基地做定期的監測，所以無法比較疏伐與未疏伐林分之差異。有固定在進行監測的地點在林務局的永久樣區調查區域，這部分是五至十年做一次，永久樣區調查為林務局本部指派之工作。

3. 作業課的業務是看季節，業務量大的季節在9月份到隔年2、3月，要出外執行業務，也要處理文書業務，而3至9月大都只是處理文書業務，業務量相對較輕。

【附錄七】97 年度國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林區管理處中後期撫育疏伐作業概況¹

97 年度國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林區管理處（簡稱台大實驗林管理處）施行疏伐作業之面積總共約 13 公頃，取出材積共計 1,832.34 立方公尺，地點分布於內茅埔、對高岳、和社、溪頭四個營林區，疏伐的樹種為杉木、柳杉、台灣杉三種，值得注意的是該林區管理處疏伐之施作方式不只有下層疏伐，還有上層疏伐、機械疏伐與塊狀疏伐。每塊林地施作面積皆不到 3 公頃，是少量多樣化的疏伐作業，詳見表 1。

表 1 97 年度台大實驗林管理處疏伐作業明細

營林區	作業地	樹種	每公頃株數	總材積	面積 (ha)	作業方式	株數疏伐率	疏伐材積
內茅埔	24 林班 69-5 號	杉木	610	602.64	2.23	下層疏伐	40%	102.81
			610	408.06	1.61	下層疏伐	60%	196.13
			850	900.06	2.47	行列疏伐	50%	309.51
對高岳	28 林班 更 436-11 號	柳杉	900	915.43	2.04	上層疏伐	10%	89.48
			900	910.94	2.03	下層疏伐	30%	204.53
和社	27 林班 78-1 號	台灣杉	1,995	1041.17	2.5	下層疏伐	30%	80.811
		杉木	1,995	807.94	1.94	下層疏伐	50%	117.976
溪頭	2 林班 58-1 號	柳杉	1,217	1189.47	2.332	下層疏伐	分成六區固	143.76
							定留存株數	
	3 林班 190 號	柳杉			0.55	塊狀疏伐		239.99
總計					13.002			

資料來源：國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林區管理處，2008。

疏伐成本方面，以內茅埔營林區 24 林班 69-5 號杉木造林地為例，該造林地分成 2.23 公頃下層疏伐 40%、1.61 公頃下層疏伐 60%、2.47 公頃行列疏伐 50%，總共截斷材積 608.45 立方公尺、造材集運 461 立方公尺，總共花費 1,473,348 元，疏伐成本平均每公頃為 233,494 元。由此觀之，台大實驗林管理處和花蓮林區管理處 97 年度所辦理的疏伐在規模上有明顯的差異。

¹ 本附錄乃依據期中審查委員廖主任拯民之要求而整理。

基本上目前台大實驗林管理處之疏伐作業為例行性的疏伐作業，疏伐目的與花蓮林管處大同小異，但由於該處為實驗林，因此常因研究用途而施行不同的作業方式。

【附錄八】 期中審查意見回應及說明表

審查意見	回應及處理情形
郭委員 幸榮	
<p>1. 實際的株數、疏伐材積、疏伐率、搬出材積都要有明確的資料，比較疏伐前後的平均直徑、疏伐前後的平均樹高，這樣可以評估原來預定的疏伐對象跟實際施行的對象有沒有吻合，並了解落差可能出現在哪裡，要把這個林分變動的相關資料建立起來。</p>	<p>1. 已向花蓮林管處取得實際的疏伐材積、搬出材積的數據。然因缺乏疏伐前林分資料，所以實際疏伐率、疏伐前後的平均直徑與平均樹高皆由推估所得，在期末報告中的第五章已經予以加入。</p>
<p>2. 過去生長模式的參數，在疏伐前後會有些落差，但在這個報告裡面沒有提到將來要用什麼去修正，將來要提供一個模式給花蓮林管處，讓他們然後根據調查資料帶入這個模式裡面，推測十年後、五年後的生長。</p>	<p>2. 模式參數的部分，本研究採用模擬的方式處理，對截距項作調整。國外的文獻有試著將疏伐強度放入模型之中，我們將這部分放入最後一章，提供未來的研究做參考。</p>
<p>3. 比較老的林分去疏伐，所以生長反應沒有幼年林分那麼好，所以將來疏伐總材積跟輪伐期總材積會比不上沒有疏伐的林分總材積。</p>	<p>3. 這部分意見會留至花蓮林管處，提供以後的疏伐作業做為參考。</p>
<p>4. 未來可能會產生困擾的地方，在價值生產的問題，大徑木和小徑木混在一起木材的價值可能會比較複雜，看可不可以用疏伐木去推估，大徑木除了利用率高以外，單價也有可能比較高，這部分影響經濟的因素蠻大的，這部分如果有資料，貢獻會更大。</p>	<p>4. 由於缺乏相關的自然科學文獻，所以無法使用徑級模型模擬主伐時的徑級分布狀況，因此本研究在推估木材價值的時候是使用單位材積的平均價格去推估，郭老師的建議有待未來的研究完成。</p>

<p>5. 林下陽光越強，小花蔓澤蘭侵入就越大，如果要避免，在靠近路邊之處設保留帶，不要進行疏伐，用沒有疏伐的林帶來避免小花蔓澤蘭的侵入，同時也可以保護坡面，比較不會發生崩塌。</p>	<p>5. 這部分意見會留至花蓮林管處，提供以後的疏伐作業做為參考。</p>
<p>6. 用已經發表的期刊文獻比用論文文獻好，雖然碩士論文本身就是一個公開的文獻，但是以價值來說，已經發表的期刊文獻比較好。</p>	<p>6. 感謝郭委員的意見。本研究已遵照辦理。</p>
<p>7. 以後期中報告要列出調查分析的項目、現在已經收集到的項目、沒有收集到的項目，而後者就是期末報告要繼續收集和分析的地方。在結案的時候，要寫出目前完成項目、目前進度與未來的進度，使查核者易於了解。</p>	<p>7. 雖然在期中報告中沒有這個部份，但本研究在審查時有提供部分資訊，期末報告的最後一章有列出。</p>
<p>8. 試著把環境效益或其他的效益量化、貨幣化。</p>	<p>8. 在環境效益的部分，目前能夠貨幣化的僅有碳吸存，其他部分缺乏資料與評估經驗。</p>
<p>9. 要請林管處提供林分疏伐前後的變動資料。</p>	<p>9. 待疏伐檢尺與標售進行後，要求提供資料。</p>
<p>10. 在經濟分析上，如果將來疏伐木沒有標售，要想辦法進行評估。</p>	<p>10. 目前疏伐木並沒有順利的標售，因此疏伐木標售收益是以疏伐材積乘以林務局木材價格資料進行推估。</p>
<p>廖委員 拯民</p>	
<p>1. 行列疏伐是否考慮行列方向，東西向的受光率會比較強。</p>	<p>1. 受光率的問題有賴自然科學研究解決。</p>
<p>2. 台大試驗林最近是否有辦理疏伐作業，那是以什麼樣的目的辦理疏伐。</p>	<p>2. 已於台大實驗林取得相關資料，本研究將資料放入附錄七中做參考。</p>

3. 柳杉不是本土樹種，而且其狀況也不如預期，是否有留存的必要，或是直接就進行收穫伐。	3. 柳杉的存續有待後續研究評估。
陳委員 添枝	
1. 期望能夠在這個不同疏伐作業方式研討之下，探討木材的經濟效益或者生態系經營。	1. 評估生態系經營必須要同時存在自然科學研究團隊，本研究僅能探討疏伐的經濟效益。
2. 希望未來期末報告能夠做出準則，讓花蓮林區管理處未來疏伐作業時能夠遵行。	2. 本研究之後並無法形成準則，準則的形成必須要有非常多的研究支持，包括自然科學研究與社會科學研究兩方面。
吳委員 耀楠	
1. 目次、章節與頁次不太一致。	1. 感謝吳委員的意見。本研究已遵照辦理。
2. 第 7 頁的部份，建議要有流程或研究架構。	2. 期末報告第一章內有文字敘述，在第四節與第五節的部分。
3. 第 19 頁的地方「強行疏業的成本高昂」，強行疏業是不是講得是強制疏伐，看不太懂這四個字？	3. 已更正成強行疏伐。
4. 林班應該用阿拉伯數字表示，小班是國字，小班序是阿拉伯數字，這是統一的用法。	4. 感謝吳委員的意見。本研究已遵照辦理。

【附錄九】期末審查意見回應及說明表

期末審查意見	意見回覆
<p>1. 文獻回顧部分，在引用文獻的疏伐定義方面可能有些誤解，在過去文獻中的間伐與疏伐的意涵不大一樣，但現在兩者的意義相當，日文的間伐即為疏伐。另外，在定量疏伐部分，依據株間距離與直徑決定留存木距離的部分建議以實例解說。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p>
<p>2. 一般對胸徑小於 8 公分之柳杉不會進行登記，且在疏伐時，一定徑級以下之林木幾乎全被伐除。在推估的時候如果沒有注意到這個狀況，可能會使推估結果失真，並影響後續林分生長之推估，建議使用實際的徑級分布推估。</p>	<p>2. 遵照辦理。</p>
<p>3. 胸高部分的推估結果可能與實際狀況有些差距，而且推論部分的說明並不清楚，建議加以闡明。另外，不同地區柳杉的生長曲線、幹形、胸高形數皆會不同，應以實際伐木狀況之資料作推估。</p>	<p>3. 本研究依審查意見，以花蓮處疏伐地旁之柳杉永久樣區資料重新估計胸徑樹高之函數式之參數，並且加以闡釋清楚。本研究團隊為社會科學研究團隊，如果要對現地、疏伐木進行量測，還有賴自然科學團隊之合作，本研究團隊僅能從現有之資料盡可能的進行推測。</p>
<p>4. 台灣人工林之林齡太短，所估計的生長模式在使用上有限制，往往超過一個範圍後就不適用，因此使用文獻中之生長模式要注意其適用的林齡。</p>	<p>4. 本研究使用的生長模式承襲高強(1980)，高強(1980)使用的樣本起始柳杉林齡從 9 年生至 56 年生不等，而本研究柳杉林分為 38 年生，10 年方案與 20 年方案分別在柳杉林分 48 與 58 年生時進行主伐，不會相差太大。</p>
<p>5. 在經濟評估部分，刈草、切蔓費用不應算是疏伐成本，而架</p>	<p>5. 遵照辦理。</p>

<p>線集材的費用應該算入伐運費用中，不用獨立寫出。</p>	
<p>6. 在經濟效益評估部分，如果加上以平均材積單位為基準的分析，對林業管理人員較有參考價值。</p>	<p>6. 遵照辦理。</p>
<p>7. 本次疏伐的經濟效益評估應該要包含行列疏伐 40%之疏伐帶的新植造林費用與效益。</p>	<p>7. 本研究並無討論新植造林的部分，花蓮林管處在該林分新植造林部分的計畫尚未擬定。</p>
<p>8. 由於本疏伐沒有實測面積，林分不均整，因此造成許多問題，如弱度的下層疏伐面積 20.5 公頃，但疏伐株數卻大於 30 公頃疏伐率 40%的行列疏伐。在經濟評估方面，沒有實測面積會造成估測上的不正確，也可能有圖利廠商的疑慮，建議未來不能以造林面積直接發包。</p>	<p>8. 已納入建議，留予花蓮林管處參考。</p>
<p>9. 在疏伐的經濟評估主要分成量與質的評估，本研究僅就量的部分直接推估，並沒有考慮到質方面的改進所造成的效益。而單株林木在質方面的改進所產生的林木價值才是疏伐經濟評估的重點。</p>	<p>9. 如果要測量單株林木形質的改進，必須使用單株林木模型與生長模擬器，目前資料缺乏，無法對此進行推估。本研究期待未來樣區資料能夠完整的建立起來，使用生長模擬器對單株林木形質完整的進行推估。</p>
<p>10. 本研究為一個案研究，且缺乏此個案之重要資料，因此有其研究上的限制。例如缺乏疏伐的確定範圍以及在疏伐前之樣區調查資料。</p>	<p>10. 已納入建議，留予花蓮林管處參考。</p>