

柳杉密植幼林使用鏈鋸除伐 工作效率之研究

羅紹麟*

馮豐隆*

Studies on the cleaning Operation by Using
Light Chainsaw in the Crptomeria Young Stands

S.L. Lo* F.L. Feng*

The purposes of this study have aimed:

1. to search the possibility of using light chainsaw in cleaning operation of the young stand.
2. to analyze those factors affecting cleaning operations through time study method.

6 sample plots with 7-year-old crptomeria plantation are located at Pu-li Forest District nearby Wu-se area of central part of Taiwan. The observation of cleaning operation was carried out from March to April, 1982.

After a procedure of stand cruising , time study as well as cost analysis, it provides some results as follows:

1. The light chainsaw used in cleaning operation of young plantation is generally acceptable, especially when the felling is concerned.
2. According to the data analysis, the operation efficiency by using chainsaw and labor combination could be reach only one third of the normal thinning operation
3. High correlation between operation time consumed and timber volume per tree is more evidently than that between the operation time and timber diameter.

*Professor, Dept of Forestry

**Assistant, Dept of Forestry

一、前言

鏈鋸應用於伐木，造材作業上已有數十年之歷史，但使用在除伐工作則仍屬少見。近年來由於工商業發達，工資上漲迅速，使得林業經營不得不也走上機械、省工、省力和節省成本的途徑上，而伐木，育林作業便是重要的一環。

本省自光復以來，造林樹種中，除松樹造林以外，概以杉木、柳杉之栽植面積最大，而且造林成績優異，故終為被推廣之樹種，唯此等樹種，幼年生長迅速，栽植數年以後即可形成鬱閉，在鬱閉後若不施以林木撫育，則將影響其生長，故幼年期間，如能提早間伐，不僅可獲生長加速之效，另外也可提高林木品質，甚或提供目前木材工業短缺之原料材等。本研究鑒於以上理由乃試行試驗，姑不論成敗如何，其結果誠可提供初步理論上與經驗上實証之參考。

在研究期間內，承林務局埔里林區管理處提供試驗場地和調派車輛人員，另外伐木、造林業者也提供調查上許多便利，統計工作上更因研究助理陳麗麗小姐之廢寢忘食，且中興大學森林系學生王鴻濱、張長松、李錦育、李振華等四位同學不辭辛勞，擔任野外調查記錄工作，最後，在統計上台灣植物保護中心更提供其Model 10 Calculator Hewlett Packard 小型電腦及程式，凡此種種，皆使本研究工作得以順利完成，銘感之餘，僅一併致謝。茲因成文倉促，謬誤必多，其不適之處，尚祈林業先進不吝指正是盼。

二、研究目的

本研究之目的主要在：

- (一) 調查小型鏈鋸應用在育林除伐作業上之時間及其工作效率。
- (二) 研究小型鏈鋸在森林撫育上之可行性。

三、研究方法及步驟

(一) 樣區之設置

本研究之供試地點位於埔里林區管理處所轄濁水溪事業區第11林班七年生柳杉造林地，全區於民國64年12月完成造林，面積計有49公頃。茲因經費限制，僅從該林分中利用逢機設置六個長寬各25公尺和20公尺，面積為0.05公頃的矩形樣區，其中兩個樣區為30%除伐區，二個樣區為10%除伐區，其餘二個樣區為對照區，（有關樣區位置如附圖一所示）。在此所謂30%或10%除伐區，乃指某樣區中伐除其斷面積之30%或10%之意。其伐除之對象包括病木、被壓木、鼠害木、分叉木和畸型木等劣質之木，經測量樣區境界分別立定標樁，然後依次實測各樣區內各株立木之胸徑、樹高並記錄樹型特徵、坡度、方位和地床植物之分佈等以供分析之用，在測定時並予每樹編號。設置樣區時使用之儀器工具、材料計有羅盤儀、測繩、測徑尺、測高器、標牌、皮尺、木樁、鐮刀、油漆等。

(二) 除伐作業

除伐工作人員，除記錄員以外，共有四人參加，作業人員共分為兩組，每組2人，包括一名鏈鋸工和一名助手，兩組同時進行於不同樣區上，該鏈鋸工與助手之年齡最大在50歲，平均在30歲左右，體格健壯，係當地伐木業者之熟練工人。在本試驗中使用之鏈鋸為兩部全新德製stihl 041型鏈鋸，其導板長度為45.72 cm，使用40^{cc}機油和25 = 1混合汽油為其燃料。在工作範圍上，鏈鋸工主要擔任伐倒、去枝、造材和搬運原木之工作，助手之主要工作係去枝條、檢尺、推倒、懸架處理和搬運原木等。

三、時間研究

- 1 設計時間研究表格：依實地觀察作業，調分為一連串不同的活動要素，並將其先後排列於表上，（如附表一）。其中由株間移動至立木伐倒為止視為第一作業階段。去枝、檢尺、截斷等為第二主要作業階段，機具保養、休息、討論等活動為附屬作業階段。
- 2 利用碼錶測讀各項活動要素時間，並將其一一分別記錄在表格之適當位置上，且記錄至 $1/10$ 秒為止，以上工作係由二位觀測員擔任，為避免發生危險及觀測錯誤，觀測員分別站立在作業地點兩側之對角線位置上以收廣視之效，又為配合記錄時間之正確性，在記錄時也以手錶作為核對工具。
- 3 資料整理及統計分析：將野外調查記錄所獲原始資料攜回室內加以系統整理。首先計算各樣區內單株胸徑、樹高、材積等，然後求算該林分之中央木，由中央木所獲之圓盤區分求出樣區之平均形數和樣區之總立木材積。準此，再決定砍伐之材積總數、株數和樹號。在時間記錄表上之原始數據經換算為秒單位後，再予進行統計，最後利用上述各種資料分別輸入小型電腦中試算各變數間迴歸曲線與相關性，並計算各活動因素時間比率和推算實際之工作效率。

四、結果與討論

一、試驗地概況

1 樣木與形數

利用各樣區初步調查資料分別計算並決定其中央木，復依 Huber 氏區分求積方法求算各中央木之胸高形數值。但為求提高單株立木材積之精確性，本研究乃採取從採伐點 0.3 公尺處開始每隔一公尺處截取木盤一片以供計算分析之用。

今由四個除伐樣區中各取一株中央木予以樹幹解析，所求得之中央木胸高形數值有如下表所示：

表一 施行除伐樣區中央木之胸高形數

樣區	樹號	樹高 (m)	胸徑 (cm)	胸高形數	平均胸高形數
I	17	7.9	10.4	0.497	0.498
III	56	7.2	10.1	0.573	
VI	93	7.5	9.0	0.444	
V	44	6.9	9.2	0.478	

由於各樣區之基本條件不同乃造成胸高形數值上之差異，唯經過計算後該 8 年生柳杉幼林平均之胸高形數值為 0.498。

2 樣區材積計算

利用調查之單株立木資料加以整理和統計，便得以下結果：

表二 各樣區立木組成及材積數量之比較

樣區	株數	胸徑變域 (cm)	胸徑平均值 (cm)	樹高變域 (m)	樹高平均值 (m)	材積合計 (m ³)	平均坡度 (度)	地表狀況
I	102	3.5-17.5	10.0	3.3-10.2	7.4	3.3393	26	有厚地被物
II	84	5.2-14.0	9.8	4.8-8.4	7.1	2.5207	20	有其他灌木侵入
III	139	3.0-17.0	9.7	2.8-10.1	7.2	4.3199	20	稍貧瘠並有草
III	115	4.0-15.5	8.5	3.5-9.3	6.7	2.4543	40	
V	109	4.2-14.6	8.9	2.8-9.0	6.8	2.8014	25	
VI	110	4.5-14.8	9.0	3.5-9.5	6.8	2.7717	22	

今由表二之六個樣區材積資料可推算得現有每公頃之立木材積為 $60.69 m^3$ ，即 8 年間之年平均生長量為 $7.58 m^3/公頃$ 。

3 伐造作業之樣區處理

在已設置之六個樣區中，除 II、VI 樣區分別為對照組外，I、III 樣區擬伐除其合計斷面積 10% 之立木，其餘 III、V 樣區則伐除其合計斷面積 30% 之立木，茲將處理前與實際伐除有關資料比較如下：

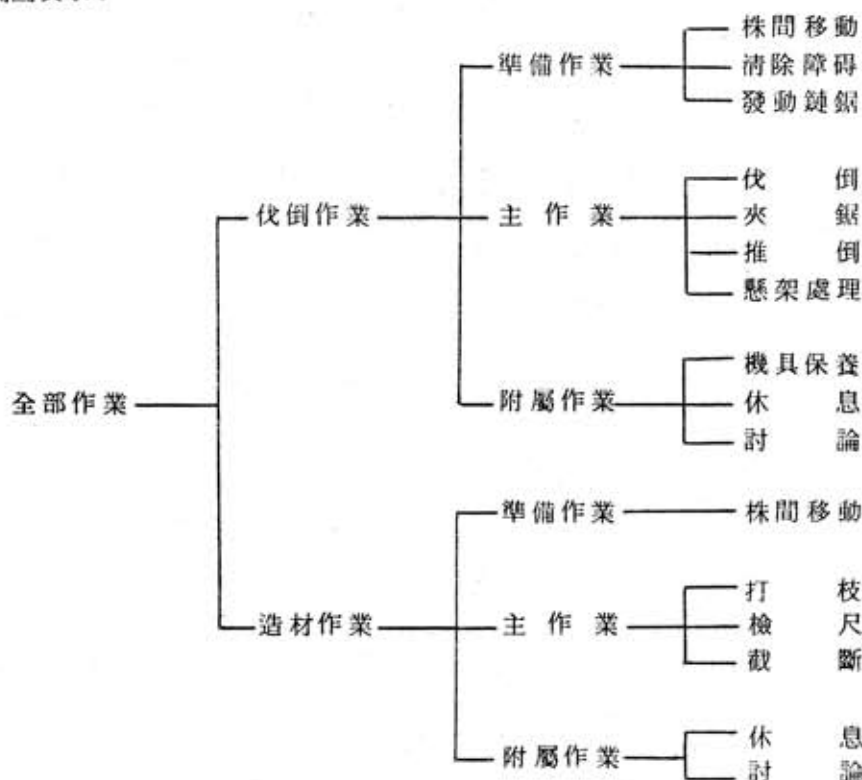
表三處理樣區伐除立木斷面積與株數之比較

樣區	胸高斷面積			材積			株數		
	伐前 (m^2)	伐除 (m^2)	伐除%	伐前 (m^3)	伐除 (m^3)	伐除%	伐前	伐除	伐除%
I	0.8597	0.0822	9.56	3.3393	0.2864	8.58	102	17	17
III	0.7037	0.0724	10.29	2.4543	0.2641	10.76	115	24	21
III	1.1271	0.3381	30.00	4.3199	1.0352	23.96	139	51	37
V	0.7388	0.2216	29.99	2.8014	0.8512	30.39	109	41	38

(二) 工時研究 (時間研究)

1 作業單元

根據研究中伐木造材動作加以分析，其單元種類至少有 15 個以上，而各作業或分作業間或內容關係可由下列簡圖表示：



如依作業程序加以區分時，較重要之作業單元程序可繪出如下網圖。



〔造材作業〕

株間移動 → 打枝、檢尺 → 截斷

註：虛綫部分代表可有可無。

2 作業單元時間

由砍伐 133 株立木時間記錄資料統計得知每株平均作業單元時間和所佔時間比率有如下表所示：

表四全部作業與部分作業單元所耗時間之比較

伐倒作業			造材作業		
操作單元	時間 (sec)	佔全部作業時間 (%)	操作單元	時間 (sec)	佔全部作業時間 (%)
清除障礙	7.5293	7.24	株間移動	0.8143	0.78
株間移動	2.7113	2.61	打 枝	47.4361	45.60
發動鏈鋸	1.1962	1.15	檢 尺	11.8752	11.42
伐 倒	8.4349	8.11	截 斷	6.3211	6.08
夾 鋸	0.1128	0.11	休 息	1.5263	1.47
推 倒	0.2857	0.27			
懸架處理	0.6857	0.66			
機具保養	6.3533	6.11			
休 息	8.7218	8.38			
討 論	0.0150	0.01			
小 計	31.1592	34.65		67.9730	65.35

茲依表四資料討論與分析如下：

(1) 伐倒作業

比較表四資料後得知，在伐倒作業之各單元中以清除障礙、伐倒、機具保養和休息之時間佔最大部份，四者合計約為全部除伐作業時間之 $\frac{1}{2}$ 左右，而其他株間移動和附屬之各單元則屬次要。

附屬作業中之休息單元，在一般伐木作業中為最不可缺少單元之一，其時間之長短決定於作業性質艱易、體力條件以及當時氣候之影響等，例如在本次調查時，伐木當天天氣燥熱，且幼林株數多，冠密閉，空氣缺乏流通，故造成工人之極大不適。據事後與工人討論結果得知，一般伐木工人寧可在較空闊之天然林中作業。唯工人常利用機具保養時順便達到增加休息和恢復體力的目的。

在伐倒單元方面，因柳杉幼林直徑尚小，除局部地區有稍密外，大部份均尚未構成鬱閉現象，故伐倒操作簡便，倒向容易控制，夾鋸推倒，懸架亦少發生，此與一般中徑木以上伐木截然不同。

準備作業中以清除障礙所佔時間最大，主要係因八年生柳杉幼林早已停止除草切蔓等撫育工作，故林內空隙處，植被生長繁茂，少部份甚至發現灌木叢生，影響作業之進行。另外，伐木跡地在造林前未能及時將殘材處理乾淨也提高了株間移動之時間。

由實測資料計算後得如下結果：

表五各樣區伐倒作業時間統計表

樣區	除伐 %	伐倒總材積 m^3	耗費總時間每 組合計 (sec)	平均每 m^3 材積 所需伐倒秒數	平均伐倒 $1m^3$ 材 積所需時間(分)
I	10	0.2864	430.1	1,599	53 分
III	10	0.2640	450.0		
小計	—	0.5505	880.1	—	—
III	30	1.0352	1,616.3	2,070	1 小時 9 分
V	30	0.8512	2,287.8		
小計	—	1.8864	3,904.1	—	—
合計	—	2.4369	4,784.2	1,963	1 小時 5 分

(2) 造材作業

造材作業之各操作單元，以打枝所佔時間比率最鉅，推其原因不外以柳杉幼齡木在尚未鬱閉之前，側枝叢生，枝下高很低，故樹冠量大，另外，則因幼木側枝枝條直徑不大，無需使用鏈鋸而改以柴刀進行，故影響整個打枝之時間。

由於本研究之構想，除考慮伐倒後小徑木未來能供應部份工業原料利用，茲為配合市面之上之需要，乃儘量造材 4.2 公尺以上為標準，因此在檢尺工作上便延長所佔時間比率。

由實測資料計算後得如下結果：

表六各樣區造材作業時間統計表

樣區	除伐 %	造材總材積 m^3	耗費時間每組 合計 (sec)	平均每 m^3 倒木 所需造材秒數	平均造材 $1m^3$ 倒 木所需時間(分)
I	10	0.2864	573.6	3,921	2 小時 10 分
III	10	0.2640	1,585.0		
小計	—	0.5505	2,158.6	—	—
III	30	1.0352	2,989.0	3,648	2 小時 1 分
V	30	0.8512	3,893.0		
小計	—	1.8864	6,882.0	—	—
合計	—	2.4368	9,040.6	3,710	2 小時 4 分

(3) 搬材作業

依照一般育林原則，除非有特殊利用目的，除伐之幼林樹桿皆棄置於林內，但近來木材纖維原料之普遍不足，如能將此細小桿材加以合理利用，則將提高森林之利益。而目前令人擔心者似在成本問題。今為配合試驗多種目的，乃在全部造材完成以後試行搬材，在搬運堆材時，每位工人有時能同時肩扛二枝或三枝行走，其搬運地點則儘量集中，即在樣區上下方面向卡車路之處。

由實測資料計算後得如下結果：

表七各樣區倒木搬運時間統計表

樣區	除伐 %	搬運總材積 m^3	耗費總時間每組合計 (sec)	平均每 m^3 材積所需搬運秒數 (組)	平均搬運 m^3 倒木所需時間 (入)
I	10	0.2864	1.325	7.965	4 小時 25 分
II	10	0.2640	3.060		
小計	—	0.5505	4.385	—	—
III	30	1.0352	5.563	7.152	3 小時 58 分
V	30	0.8512	7.938		
小計	—	1.8864	13.491	—	—
合計	—	2.4369	17.886	7.339	4 小時 5 分

(4)標準工作量之推定

經比較表五表六表七之數字得知，每完成 $1 m^3$ 所需之各種作業時間，以伐倒作業為最少，搬材為最多，茲以每天作業 6 小時計算，則一天工作量在伐倒為 $5.54 m^3$ ，造材 $2.90 m^3$ ，搬材 $1.47 m^3$ 。假設鏈鋸工每日工資為 900 元，集材工每日工資為 700 元，則除伐木之各種直接成本應為 $162.45/m^3$ (伐倒)， $310.34/m^3$ (造材)， $476.19/m^3$ (搬材) 或每生產 $1 m^3$ 之除伐木，由伐倒至搬材完成為止之直接成本等於 948.98 元。

(b)胸徑、樹高、材積與單元時間及總作業時間之關係

為進一步瞭解單株立木胸徑、材積與伐倒及造材作業單元之關係，特利用小型電腦及現成之電腦程式求算可能之數式，結果共獲得 20 個可能之迴歸式，其模式包括有直線、拋物線、指數和乘器等，在觀察比較下，大部份之相關係數偏低，其中材積與各作業時間之相關性要比胸徑與各作業時間為高。茲列式如下以供參考：

1 胸徑與各種作業時間之關係

下列各式中 x 為自變數，表示單株胸徑，以公分為單位。

y 為隨變數，表示單株作業時間，以秒為單位。

(1)集材

(30 % 除伐區) $y = x^{-1.8111}$, $r = 0.4321$

(10 % 除伐區) $y = 80.3977 - 5.7026x$, $r = 0.3579$

(2)造材

(10 % 除伐區) $y = 72.8637 - 8.1755x + 0.9481x^2$, $r = 0.3678$

(3)伐倒作業

(10 % 除伐區) $y = 13.7793 + 0.0686x$, $r = 0.3888$

(4)伐倒操作單元

(10 % 除伐區) $y = 1.7545e^{0.1818x}$, $r = 0.5294$

(30 % 除伐區) $y = 2.3281 + 0.1545x + 0.0893x^2$, $r = 0.5005$

2 材積與各種作業時間之關係

(1)全部除伐作業

(10 % 除伐區) $y = 151.4231 - 0.2449x + 0.0015x^2$, $r = 0.3839$

(2)伐倒作業

(10 % 除伐區) $y = 27609x^{0.4047}$, $r = 0.3999$

(3)伐倒操作單元

(10 % 除伐區) $y = 3.1000 + 0.0337x$, $r = 0.5397$

(30 %除伐區)	$y=0.5957x^{0.5036}$	$r=0.534$
(4)造材		
(10 %除伐區)	$y=53.9606-0.0407x+0.0008x^2$	$r=0.5447$
(5)集材		
(10 %除伐區)	$y=69.3734-0.3985x+0.0012x^2$	$r=0.8185$

五、結 論

經以上分析和討論獲得如下結論：

- (一)鏈鋸用於森林撫育中之除伐作業簡明易行，其中較能發揮效率者，係在伐倒作業階段，推其原因乃係樹冠尚未郁閉，倒向容易控制所致不似一般之疏伐容易有懸架之現象。唯作業施行上常因株數密佈，空氣不流通、光線不足而造成操作工人倦怠乃加長休息單元時間。
- (二)除伐中平均工作量，遠低於林務局規定之伐木工作量標準，效率僅為其 $\frac{1}{2}$ 左右，其主要原因是單株材積太小。預定除伐量與工作效率並無明顯之關係，然在考慮經濟批量和作業方便之前提下，似可考慮增加一次除伐量為宜。
- (三)除伐中各操作單元所耗時間與胸徑之相關程度不若與材積之相關程度為高。

六參考文獻

- 1 吳順昭、李金福 (1968) : 伐木造材作業之工作研究，台大實驗林研究報告第 57 號。
- 2 吳順昭、李金福、曹志毅 (1970) : 集材作業之工作研究，台大實驗林研究報告第 75 號。
- 3 吳順昭、李金福、曹志毅 (1974) : 人工林疏伐作業標準工作量之研究，台大實驗林研究報告第 113 號。
- 4 楊榮啓 (1975) : 台灣大學實驗林產柳杉之生長量收穫之研究，台大實驗林研究報告第 116 號。
- 5 吳順昭、曹志毅 (1976) : 使用小型鏈鋸砍伐造林竹木之試驗研究(一)竹林之砍伐作業，台大實驗林研究報告第 118 號。
- 6 羅紹麟、盧影五、吳文中 (1977) : 索道運輸竹林之經濟分析，中興大學實驗林研究報告第 158 號。
- 7 羅紹麟、林喻東 (1980) : 本省海岸防風林經濟利用之研究(一)木麻黃之更新及木材利用，中興大學實驗林研究報告第 2 號。
- 8 楊榮啓 (1980) : 森林測計學，國立編譯館主編 P85-86, P354-P371。



圖一：

埔里林區濁水溪事業區第11林
班柳杉造林地。8年生。

民國64年12月造林。

林道下方為第Ⅱ樣區

民國71年3月攝



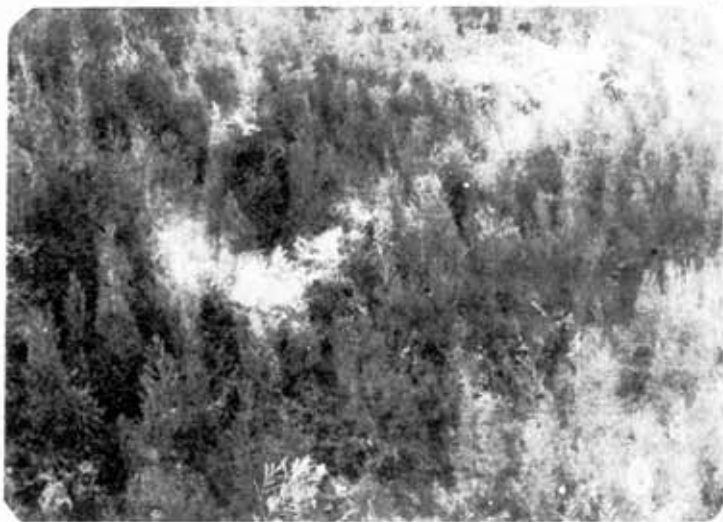
圖二：

由第Ⅲ樣區向東眺望之林相
民國71年3月攝。

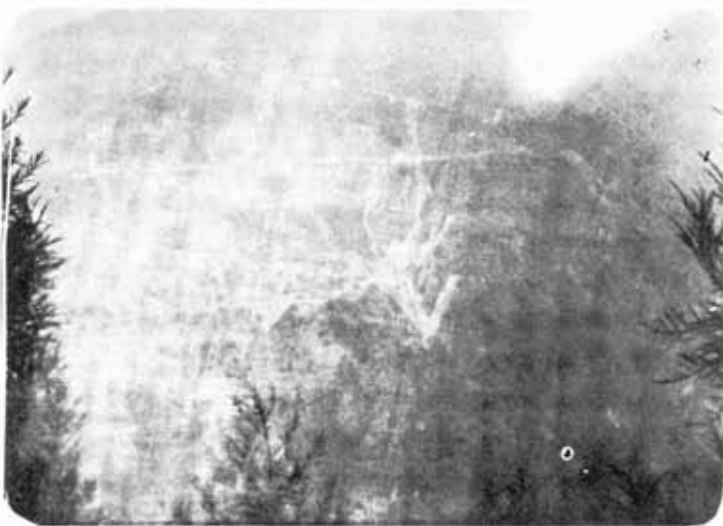


圖三：

舊工寮上方之林相



圖四：
第V樣區附近之林相
民國71年3月攝



圖五：
由第30號測點向北眺望之新造林地（橫坡步道造林）
民國71年3月攝



圖六：
第V樣區經疏開蔓藤雜草後之立木情形。分叉與不定根。
民國71年3月攝



圖七：
樣區設置之一角。
於第V樣區
民國70
民國
民國70
民國71年3月攝



圖八：
第VI樣區內有不少散生九芎之前
生樹。
民國71年3月攝