

# 間伐對大雪山地區紅檜人工林直徑分布的影響

李久先<sup>1)</sup> 顏添明<sup>2)</sup>

## 【摘要】

本研究以大雪山地區紅檜人工幼齡林為材料，探討 Weibull 機率密度函數應用於人工林不同間伐度之直徑分布模擬，以及間伐之效果。經由 K-S 適合度測驗，顯示其配置效果良好。其結果如下：

- 一、三個參數之 Weibull 機率密度函數可有效的描述各樣區之直徑分布。
- 二、中度間伐宜在林齡 14~17 年生時實施二次間伐。
- 三、弱度間伐宜在林齡 9~14 年生時實施二次間伐。

中興大學實驗林研究報告 第十四卷，第二期：89~101 (民國81年9月)

## 【關鍵詞】

Weibull 機率密度函數、間伐作業。

## Study on Thinning Effect of *Chamaecyparis formosensis* By Diameter Distribution in Ta-Hsueh-Shan Area

Joou-Shian Lee<sup>1)</sup> Tain-Ming Yen<sup>2)</sup>

1) 國立中興大學教授 National Chung Hsing University  
Professor, Department of Forestry, NCHU.

2) 國立中興大學研究生  
Graduate student, Research Institute of Forestry, NCHU.

## 【Abstract】

Weibull probability function was used in this study to simulate the diameter distribution of young plantations of *Chamaecyparis formosensis* received different degrees of thinning system in Ta-Hsueh-Shan areas. We also discussed the effect of different thinning intensity for the diameter distribution.

After checking the goodness of fit by the K-S test it was found that Weibull distribution function could well to the diameter distribution of the thinned stand on the experimental plots.

The results as follows:

1. The three-parameter Weibull distribution function could describe the diameter distribution of the thinned trees on the experimental plots.
2. Second thinning period should be operated at 14-17 years old in middle thinning stand.
3. Second thinning period should be operated at 9-14 years old in light thinning stand.

## 【Keyword】

Weibull probability function, thinning system.

## 一、前言

間伐作業為森林撫育的重要措施之一，間伐不但可以增加保留木的生長空間，促進其生長，且可增加營林者中間的收入。

人工林由於栽植均勻，在生長過程中受林分密度的影響大，在高林分密度之人工林，林木彼此間的競爭現象發生得早，而低林分密度之人工林則反之。間伐可控制林分密度，調節林木之生長，延緩競爭現象，促進單木之平均生長量，故實施間伐作業於人工林有其必要性。

本研究係探討七年生紅檜人工幼齡林於間伐前、後及間伐後一年、二年、六年、九年的林分之直徑分布情形，配合Weibull 機率密度函數來模擬之，並探討不同間伐度對直徑分布的影響。

## 二、材料及方法：

### (一)材料：

本研究之試驗地位於本省中部，屬林務局東勢林區管理處大安溪及八仙山事業區，東經120° 北緯24° 15' 海拔1500~2500公尺，為中央山脈之一部分，係經第三紀始新世之造山運動及漸新世之褶曲運動而形成，主要母岩為粘板岩、頁岩、砂岩副之，或為粘板岩與砂岩之互層，結構不堅，岩石排列鬆弱，易受風化崩離，降水易滲入岩層中，抗侵蝕力弱，土壤雖灰壤，地表混有腐質，表土層頗深厚，排水良好。試區年平均溫度12.5°C，年平均雨量3174.1mm，多集中於5月至8月。試驗地位置如圖一；試驗林分樣區劃分如圖二。間伐試驗設定樣區之林分概如次：

大雪山林場 210林道距35k管制站2公里路旁，海拔1800~2000公尺，坡度20~25°，為16年生之紅檜人工林，屬於大安溪事業區，於7年生時該林分不曾間伐及修枝，樹冠已鬱閉。

其間伐試區之間伐度、試區排列、間伐木之排列、間伐木之選定及生長調查分述如下：

#### 1.間伐度

本研究係以不同間伐度為處理因子，各試驗林分之間伐後平均每公頃胸高斷面積保留量如表一。強度間伐之間伐度為45%，中度間伐之間伐度為30%，弱度間伐之間伐度為15%。

表一：各試驗林分間伐後平均每公頃胸高斷面積保量 (m<sup>2</sup>/ha)

試驗林分	處理			
	強度間伐	中間度間伐	弱度間伐	對照區
16年生林分於 7年生時之胸高斷面積保留量	4.08	4.84	5.82	6.34



圖一：試驗地位置概況



圖二：試驗林分樣區劃分圖

## 2. 試區排列

各試驗林分係採用逢機完全區集設計，四種不同處理（三個不同間伐強度及一個對照區）三個區集，每一個試驗林分共十二個試區，每一試區0.05公頃，總試區面積為0.6公頃。有關逢機完全區集設計之排列方式及樣區代號如表二所示。

表二：不同間伐度及區集之試驗林分代號

試驗林分		處 理			
		強度間伐	中度間伐	弱度間伐	對照區
16年生林分	I 區集	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
	II 區集	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>
	III 區集	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>

## 3. 間伐木的選定

間伐木的選定係依照下層間伐的原則實施間伐作業，間伐時間伐木之選定順序為：

- (1) 枯死木、頹死木。
- (2) 被害木、傷害木。
- (3) 形質不良木。
- (4) 樹冠過度擴張，壓迫鄰接優勢木之生長者。
- (5) 過密之中庸或優勢木。

## 4. 生長調查

分別對各樣區間伐前、後、間伐後一年、二年、六年、九年的林木進行每木胸高直徑調查。

## (二) 方法：

Weibull 機率密度函數的模擬

### 1. Weibull 機率密度函數的定義

Weibull 機率密度函數的定義如(1)式所示：

$$f(x) = \frac{c}{b} \left[ \left( \frac{x-a}{b} \right) \right]^{c-1} \exp \left[ - \left( \frac{x-a}{b} \right)^c \right], \dots \dots (1)$$

其中 $\infty > x \geq a$ ,  $b > 0$ ,  $c > 0$ ,  $x$ 為林木之胸高直徑值,  $a$ 參數決定曲線開始的位置, 稱之為位置參數 (Location parameter),  $b$ 值為決定曲線尺度大小, 稱之為尺度參數 (Scale parameter),  $c$ 值決定曲線的形狀, 稱之為形狀參數 (Shape parameter)。

Weibull 機率密度函數的累積機率分布函數如(2)式所示

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right] \dots \dots \dots (2)$$

其中 $\infty > x \geq a$ ,  $b > 0$ ,  $c > 0$

## 2. Weibull 機率密度函數參數的求解

本研究係以最大概似法 (Maximun likelihood estimators) 求解 Weibull 機率密度函數的三個參數值, 此法是求概似函數 (Likelihood function)  $L(\theta)$  的  $dL(\theta)/d(\theta)$ , 令其為 0, 可解得其最大的估計量。首先定義概似函數的定義 [以 Weibull 函數為例] 如(3)式所示:

$$L(X_1, X_2, \dots, X_n; a, b, c) = \prod_{i=1}^n f(X_i; a, b, c) \dots \dots \dots (3)$$

(3)式中  $X = (X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n)$

$X_1, X_2, \dots, X_n$  為隨機變數。

$x_i$  為第  $i$  株林木之胸高直徑。

為求解最大概似函數之最大值必須分別對  $a$ 、 $b$ 、 $c$  偏微分, 如(4)、(5)、(6)式所示

$$\frac{\partial \ln L}{\partial a} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial b} = 0 \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial c} = 0 \dots \dots \dots (6)$$



再將(4)、(5)、(6)之聯立方程式以牛頓疊代法 (Newton-Raphson iterations) 解出 a、b、c 參數。本研究所使用之程式，係利用上述之原理，以Basic所撰寫之程式，求解 a、b、c 參數。

### 3. 適合度測驗

以 Kolmogorov-Smirnov 統計值測驗分布之適合度測驗，其方法為：

擬說( $H_0$ )：若樣區之株數分布和經由模擬所得之株數分布間差異不顯著，則擬說成立。

對立擬說( $H_1$ )：當  $D_n > D_n(\alpha)$  則推翻  $H_0$ 。

$D_n$  = 所有 x 之  $|F_n(x) - F(x)|$  之最大值除以樣區株數。

$F(x)$  = 觀測值之累積分布頻度

$F_n(x)$  = 由 Weibull 機率密函數所模擬之累積分布函數

$D_n(\alpha)$  的定義如(7)式所示

$$D_n(\alpha) = \frac{-\ln(1/2\alpha)}{2n} \dots\dots\dots(7)$$

n 為樣區株數

### 4. 資料分析

本研究係對七年生紅檜人工林，四種不同處理（強、中、弱間伐及對照區），以 Weibull 機率密度函數分別模擬其間伐前、後，及間伐後一年、二年、六年及九年的直徑分布情形。

## 三、結果與討論

### (一) 適合度測驗

以 Komogorov-Smirnov 統計值測驗 Weibull 分布之適合度測驗，21 組資料經 K-S 適合度測驗，結果如表三所示。

表三：以 K-S 適合度測驗樣區 Weibull 分布之配置情形

	樣 本 數			樣 本 數	
	最小值	平均值	最大值	ACCEPTATIONS AT 0.95 LEVEL	PREJECTIONS AT 0.05 LEVEL
K-S STATISTIC	0.010	0.0682	0.3246		
P-LEVEL	0.074	0.1642	0.3842	21	0

由表三可知21組資料經K-S適合度測驗結果顯示其配置情形良好。

## (二) Weibull 機率密度函數應用於間伐林分之間伐效果

以Weibull 機率密度函數模擬紅檜人工林不同間伐強度處理，間伐前、後，及間伐後一年、二年、六年、九年之直徑分布情形，其結果如圖三、表四。

本研究係採用下層間伐，於七年生林分，樹冠將近形成鬱閉，其林木之胸徑生長尚未受到林分鬱閉的影響，探討林分之直徑分布情形，有助於了解林分結構，而Weibull 機率密度函數可有效的描述林分之直徑分布，其參數並可用以解釋直徑分布曲線之形態，a 參數代表林分可能存在之最小直徑階林木，本試驗各種間伐強度尚無法完全將最小直徑階林木伐除，故於間伐前後之a 參數幾乎不變，但隨著時間的推移，最小直徑階林木之胸高直徑亦會往上推移。因林分於間伐後六年弱度間伐樣區之樹冠已鬱閉，中度間伐樣區於九年時達樹冠鬱閉狀態，而強度間伐樣區樹冠尚未鬱閉，故間伐後六年，弱度間伐樣區及對照區之最小直徑階林木小於強度及中度間伐樣區，而間伐後九年由於中度間伐樣區之樹冠剛鬱閉不久，對最小直徑階的林木尚未發生重大影響，故和強度間伐樣區之最小林木差異不大。

b參數為尺度參數，由圖四可知b參數在不同的間伐強度有隨時間的增加而增加，不同的間伐強度b參數的上升程度亦有所不同，在強度間伐和對照區之間其b參數有明顯的差異，一般而言當a、c參數值固定，b值由小而大，代表平均胸徑亦由小而大，但本研究因a、c參數值皆因時間而產生變化，故宜整體加以討論，但由圖三可明顯的看出林分間伐九年後，強度間伐的平均胸徑有明顯大於對照區的趨勢。

而c參數決定曲線分布的型態，隨著不同間伐度及不同期間的林分結構，c參數呈現不同的值，由圖五可知，c參數於間伐後至間伐後九年，不同間伐強度之c參數值大致呈現先上升後下降的情形，由圖五可知在強度間伐及中度間伐在間伐後6-9年時c參數值的下降趨勢較小，變化不大，而弱度間伐和對照區則下降的弧度較大，此可能因為林分鬱閉而影響林分的直徑分布，有關c參數的特性如下：c參數小於1時為倒J字型分布，一般天然林的直徑分布為此種形態，而大部分同齡之人工林c參數將大於1，而c參數在1~3.6之間為左偏分布，此時平均數大於眾數，而C參數等於3.6為常態分布，c參數大於3.6時為右偏分布，此時眾數將大於平均數。由a、b、c三參數可以決定Weibull機率密度函數之曲線分布，而由此分布可探討不同間伐強度對紅檜人工林直徑分布的影響。

由圖三可知間伐六年後，Weibull 分布的曲線形態，強度間伐和中度間伐較為相似，因此時此二種處理之林冠尚未完全鬱閉，故其直徑分布受生長空間的影響較小，而弱度間伐及對照區林冠已產生鬱閉，故其胸徑的生長受阻。比較強度間伐、中度間伐、弱度間伐和對照區間伐後六年之直徑分布情形，頻度最高之直徑階，強度間伐約為13~14cm，中度間伐約為13cm，弱



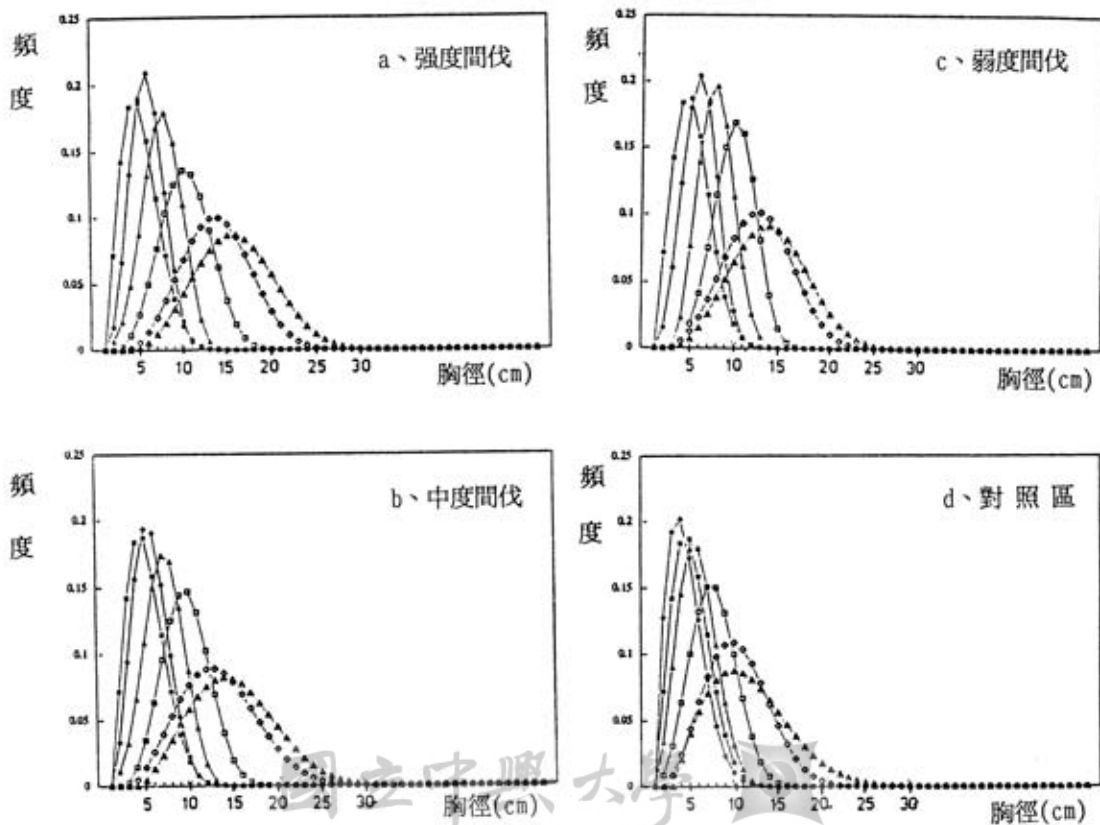
表四：以 Weibull 機率密度函數分別模擬各採間伐前、後，及間伐後一年、二年、六年及九年的直徑分布情形

試驗林分	間伐前	處理間伐後	間伐後一年	間伐後二年	間伐後六年	間伐後九年													
a	b	c	a	b	c	a	b	c											
強度間伐	1	5.598	2.985	0	8.842	3.975	2	9.273	3.265	3	12.06	3.096	4	13.33	2.945				
中度間伐	1	5.317	2.614	0	8.018	3.676	2	8.544	3.257	3	11.59	2.568	4	12.38	2.511				
7年生林分	1	4.767	2.162	弱度間伐	1	5.762	3.000	3	5.565	2.778	2	8.855	3.925	2	12.08	3.146	3	12.48	2.882
對照區	1	4.040	1.873	1	5.527	2.517	1	7.485	2.902	2	9.425	2.548	3	9.820	2.001				

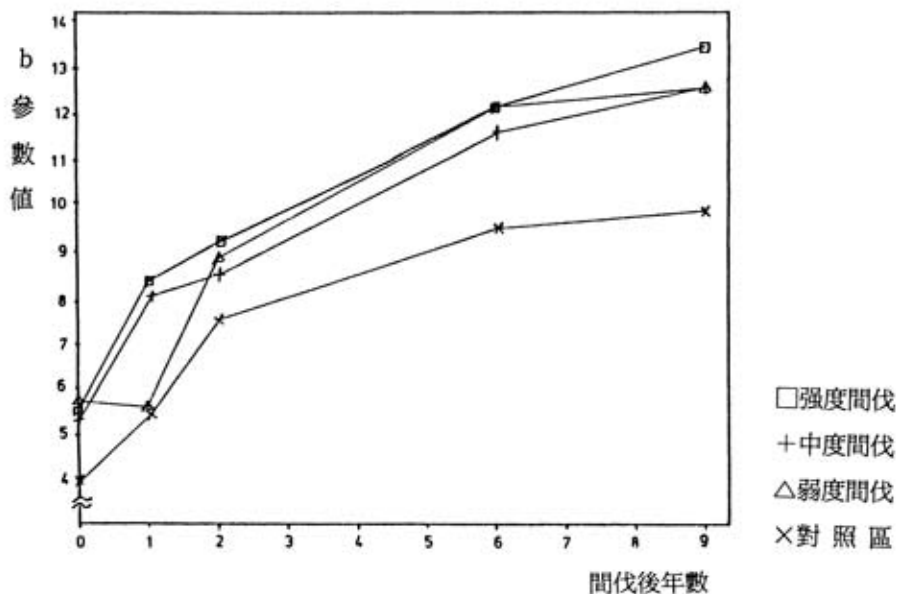
度間伐則約為12~13cm，而對照區則為10cm，由此亦可大略的看出間伐後六年各處理最大頻度之胸徑階有隨間伐強度之增加而增加。

而間伐後九年中度間伐樣區已鬱閉，生長雖稍受影響，但尚不明顯，今由圖四、五之 b、c 參數的差異，配合圖三之各處理間伐後九年之直徑分布情形。可知間伐後九年之直徑分布，強度間伐之最大頻度直徑階約為16cm，中度間伐約為15~16cm，弱度間伐約為14~15，而對照區則為10~11cm，但就整個直徑階的分布情形而言，間伐後九年強度間伐的林分直徑階不論從平均胸徑或最大頻度之胸徑均較其它處理為佳，而中度間伐在間伐後九年生長已稍受到林冠鬱閉的影響，但就平均胸徑或最大頻度之胸徑而言，均較弱度間伐和對照為佳。

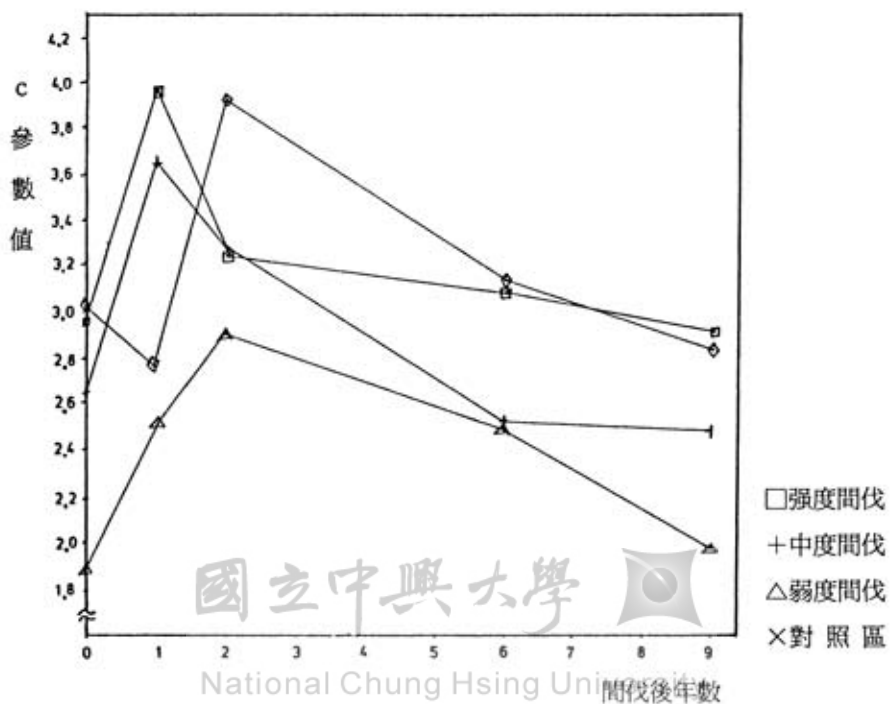
故由不同間伐度之間伐後年數之直徑分布情形，可提供二次間伐之參考，弱度間伐林分應於間伐後二至六年實施二次間伐，而中度間伐林分則宜在間伐後六至九年實施二次間伐。



圖三：以 Weibull 機率密度函數模擬 7 年生林分間伐前後直徑之變化情形  
 間伐前 ■ 間伐後二年 □  
 間伐後一年 ▲ 間伐後六年 ◆  
 間伐後三年 ▲ 間伐後九年 ◇  
 a、強度間伐 b、中度間伐 c、弱度間伐 d、對照區



圖四：Weibull 機率密度函數  $b$  參數於不同間伐強度間伐後之變化情形



圖五：Weibull 機率密度函數  $c$  參數於不同間伐強度間伐後之變化情形

## 四、結 論

Weibull 機率密度函數應用於大雪山地區紅檜人工林間伐後之直徑分布模擬其效果良好。三個參數的Weibull 分布可有效的描述本研究樣區間伐前、後，間伐後一年、二年、六年、九年之直徑分布情形，並可以由不同的參數，合理的解釋其直徑分布的狀況。

中度間伐宜在間伐後六至九年實施二次間伐，因此時樹冠已鬱閉，妨礙林木之直徑生長，故須實施二次間伐，而弱度間伐之樹冠鬱閉則於間伐後二至六年發生，於此時實行二次間伐可促進林木之直徑生長，故由 Weibull 機率密度函數的直徑分布模擬，有助於了解不同間伐度樹冠鬱閉妨礙直徑生長之時間，以利於二次間伐的實施。

## 五、參考文獻

1. 李久先 1985 紅檜人工林疏伐之研究 (第三年總報告) 國立中興大學森林學系研究報告第 202 號：1~50。
2. 李久先 陳朝圳 1985 大雪山地區紅檜幼齡人工林之疏伐—疏伐對直徑分布之影響 中華林學季刊 18(1):19~28。
3. 李久先 陳朝圳 1988 大雪山地區紅檜人工幼齡林單木生長模式之研究 中華林學季刊 21(2)：25~24。
4. 李久先 陳朝圳 1990 Weibull 機率函數應用於人工林疏伐作業之研究 中華林學季刊 23(2):9~15。
5. 周 禎 王德春 1967 溪頭紅檜人工林之生長與疏伐 臺大實驗林林業叢刊第 37號：1~13。
6. 陳朝圳 1985 大雪山地區紅檜人工幼齡林生長模式之研究 國立中興大學森林學研究所碩士論文 125頁。
7. 黃崑崗 1977 紅檜人工林生長之調查研究 中華林學季刊 10(2)：95~109。
8. 顏月珠 1989 應用數理統計學 三民書局 185~193頁。
9. 羅卓振南 鍾旭和 羅新興 周朝富 1985 紅檜人工林疏伐效果之研究林試所研究報告第 448號 9頁。
10. 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(3)：187~198。
11. Baily, R.L. and T.R. Deff. 1973. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. For.Sci., 19: 97-104.
12. Clutter, J.L., J.C. Fortson, L.V. Pienaar, G.H. Brister, and R.L. Bailey. 1983. Timber ma-

- agement A quantitative approach. John & Sons, p.63—105.
13. Kakiyama, M. and K. Kinashi. 1984 Distribution of diameters in Japanese artificial forests. IUFRO Symposium on Forest Management Planning, Tokyo Japan p.376-383.
  14. Nelson, T.C. 1964 diameter distribution and growth of Loblolly pine. For.Sci., 10: 105—114.
  15. Sokal, R.R., and Rohlf, F.J. 1981. Biometry. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco. p.691—778.
  16. Zarnoch, S.J., and T.R. Dell. 1985. An evaluation of percentile and maximum likelihood estimators of Weibull parameter. For.Sci., 31: 260—268.

國立中興大學 

National Chung Hsing University