

## 방크스소나무 人工林 林分の 材積生長 推定에 關한 研究<sup>1</sup>

李 鍾 樂<sup>2</sup>

### Studies on the Estimation of Stand Volume Increment in the Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.) in Artificial Forest<sup>1</sup>

Jong-Lak Lee<sup>2</sup>

#### 要 約

本 研究은 경기도 포천군 소흘면에 소재한 23年生의 방크스소나무 人工林 林分을 대상으로 連年 材積生長量과 材積生長率을 究明하고 現實 林分蓄積을 把握함과 동시에 連年 材積生長量을 究明하므로서 년간 伐採量의 調節을 合理的으로 策定할 수 있으므로 適正 林木蓄積의 達成 및 維持를 위한 基礎資料를 提示코져 하였다.

本 研究에서는 材積生長量을 合理的으로 算出하기 위하여 標準地別로 胸高直徑, 樹高, 樹皮厚와 最近 10년동안의 core의 길이를 측정하였다. 이들의 測定值을 이용하여 直徑階別로 連年 直徑生長量 및 95%信賴幅의 材積生長量을 算出하고 아울러 樹高曲線式을 誘導한 후 本 式을 利用하여 樹高값을 算出하였다. 材積表를 이용한 材積算出은 本 樹高값을 適用하였다.

本 樹種의 材積生長關係를 究明한 結果 連年 材積生長率은 7.7%이고 이의 推定誤差率은 6.1%이었다. 材積은 ha당 79.58m<sup>3</sup>이었고 連年 材積生長量은 6.13m<sup>3</sup>이었으며 이를 95%의 信賴幅으로 본다면 5.77~6.51m<sup>3</sup>이었다.

#### ABSTRACT

This study was carried out for the artificial forest stand of 23 years old jack pine(*Pinus banksiana* Lamb.) in Soheul-myun, Pochun-kun, Kyunggi province of Korea.

The objectives of this study were to investigate the stand volume increment and the rate of stand volume, and were to investigate present stand volume to determine annual cutting volume for keeping stand volume to an ideal level for investigated jack pine stand.

For a reasonable calculation of stand volume increment, diameter of breast height(DBH), tree height, bark width, and core length for the last 10 years for respective sampling plots were measured.

By using these measurements annual diameter increment in DBH class, stand volume increment of 95% confidence interval and tree height curve equation were calculated. The tree height value was derived from the tree height curve equation. Calculation of tree volume by using the tree volume table was made by conferring the tree height value.

The summarized results for investigated jack pine trees were having 7.7% annual stand volume increment with 6.1% estimated error.

The total stand volume per ha was 79.58m<sup>3</sup>, accordingly the annual stand volume increment was 6.13 m<sup>3</sup> per ha, and the 95% confidence intervals range from 5.77 to 6.51m<sup>3</sup>.

*Key words* : Estimation of stand volume increment, Annual diameter increment, Artificial forest, Confidence intervals

<sup>1</sup> 接受 2000年 6月 17日 Received on June 17, 2000.

<sup>2</sup> 慶熙大學校 産業大學 林學科 Dept. of Forestry, College of Industry, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea.

**緒 論**

이상적인 林業經營을 피하기 위해서는 적절한 林木資源을 보유하고 있어야 한다. 즉 現實林分의 適正蓄積을 항시 염두에 두고 이를 기준으로 벌채량을 조절 통제하지 않으면 안된다. 換言하면 現實林分의 蓄積이 適正蓄積에 미달될 때에는 연간 벌채량은 연간 材積生長量보다 적게 책정하여야 할 것이고 반대로 現實林分의 蓄積이 適正蓄積보다 많을 때에는 연간 伐採량은 연간 재적성장량보다 많게 책정하므로써 適正蓄積을 항시 유지시키는 일이 중요하다.

따라서 연간 伐採량을 合理的으로 책정하기 위해서는 먼저 現實林分의 蓄積을 면밀하게 파악함과 동시에 年間 生長량을 명확히 추정할 연후에 相互關係를 신중히 分析檢討하여야 한다.

따라서 本 研究에서는 경기도 포천군 소흘면 소재 방크스소나무 임분을 대상으로 그 直徑生長 및 樹高生長에 바탕을 둔 材積生長을 토대로 하여 現實林木蓄積과 年間材積生長關係를 究明하여 合理的인 林業經營의 기초자료를 제시하고자 하였다.

藥袋次郎(1956)는 生長錐를 사용하여 年輪幅으로 林分直徑生長량을 推定한 바 있고 Meyer(1955)는 core를 抽出하여 生長량을 推定하는 方法을 開發하고 直徑에 대한 直徑生長量과의 關係는 回歸關係가 있다고 하였고, 이러한 方法에 의하여 Kinash(1958) 등과 西澤正久(1959)도 材積生長率에 의한 林分材積生長량을 推定하였다. 田村朋厚(1960)는 材積生長량을 推定하는데 있어서 斷面積生長率이 直徑生長率보다 過大值를 준다고 하였다. Belyea(1959)는 幾何學的生長率 및 有機的生長率이 良好하다고 하였으며, Grosenbaugh(1959) 및 Albert(1960)는 木片으로 10년간의 材積生長을 算出하기 위하여 斷面積生長을 計算하고 acre當 斷面積生長率 計算公式을 誘導하였다. Bobko(1968)는 자작나무 林分에서 林齡, 林分密度, 地位級別로 生長量式을 誘導하였으며, 金甲德(1962; 1969)은 소나무와 리기다소나무에 대한 徑級別直徑生長率을 구하였다. 李麗夏(1973)는 리기다소나무에 대하여 Meyer의 生長錐法으로 調査하였는데 材積生長率式은  $Y = a + bx$ 가 適合하다고 하였으며, 鄭性鎬(1983; 1985)는 中部地方의 主要 針葉樹 및 闊葉樹에 대한 直徑生長량을 구한 바 있다. 後藤亮(1964)는 樹幹析解에 의한 單木生長曲線式을 구한 결과,  $\log V = B_0 + B_1 \cdot \log A + B_2 \cdot (\log A)^2$  식이

適合하며 本式에 의하여 林齡別 生長率을 구하였다.

尹鍾和(1972)는 立地環境과 林木生長과의 關係를 究明하였다. 李鍾樂(1980)은 소나무林的 core를 採取하여 直徑生長 및 材積生長을 究明한 바 있다.

**材料 및 方法**

**1. 調査地의 山林概況**

本 研究의 調査地域은 경기도 포천군 소흘면에 所在하는 방크스소나무 人工林 林分을 대상으로 하였다. 방크스소나무는 대서양 연안에서 미국 중부지방과 캐나다에 걸쳐 分布하는 常綠喬木이다. 우리나라에서는 造林地域의 適應試驗을 위하여 導入되어 전국 곳곳에 식재되어 있다. 調査對象 林分은 23年生의 單純人工林으로서 林分密度는 그다지 密한 편은 아니며 生育狀態가 比較的 正常的으로 生育하고 있는 곳이었다. 本 樹種이 生育하고 있는 곳은 地勢가 보편적으로 완만하고 토양은 砂質壤土로서 林木生育에는 良好한 편이고 東南向에 위치한 林分이었다.

**2. 標準地의 選定 및 크기 設定**

本 調査地域은 방크스소나무의 人工單純林으로서 林分의 株數分布는 비교적 고르게 分布되어 있었고, 병충해의 피해 및 기타 災害도 없이 양호한 生長狀態를 나타내고 있다고 判斷되어서 標準地의 選定은 東西南北의 四方位別로 각각 2個所씩 택하여 모두 8個所(0.08ha)의 標準地를 選定하였으며, 標準地 1個所의 크기는 木梨謙吉(1951)가 日本 人工林中에서 標準點 크기에 대하여 가장 理想的이라고 제시한 0.01ha(10m×10m)의 正方形의 것을 本 研究의 方法에서도 同一하게 實施하였다.

**3. 標準木의 調査 및 測定**

8개소의 標準地 內에서 每木調査를 실시한 결과 標準木의 總 本數는 59本이었다. 목편은 生長錐를 사용하여 胸高部位의 것을 採取하여 最近 10年間에 대한 生長량을 mm 단위까지 測定하였으며, 樹皮厚는 胸高部位에서 목편 採取時의 樹皮의 두께를 Swedish barkgauge에 의하여 mm 單位까지 측정하였다. 또한 樹高는 Dendrometer를 사용하여 10單位의 cm까지 測定하였다. 總 標準木59本の 每木調査時 樹高測定은 1本씩 띄워서 實施한 결과 總 30本이 되었는데 이를 利用하여 調査地域 林分의 樹高曲線式을 誘導하기 위한 材料로 하였다.

4. 材積算出을 위한 材積表의 利用 및 樹高값의 調製

材積을 合理的으로 算出하기 위하여 全國의 으로 通用되는 立木幹材積表를 이용한 바, 本 방크스소나무 樹種은 別途의 재적표가 없으므로 準용 원칙에 따라 수형이 유사한 중부지방 소나무 수종의 간재적표를 이용하였다.

理想的인 樹高값의 算出을 爲할 目的으로 標準地 每木調査時 30本の 樹高測定値를 利用하여 Kramer 및 Akça(1996)의 9가지 模型의 樹高曲線式을 適用한 바 이 中 가장 적합한 樹高曲線式을 모색하였다. 즉, Table 1과 같이 9가지 模型의 樹高曲線式을 놓고 이들 中, 각 模型의 回歸係數는 먼저 각 模型을 直線化하여 單純 또는 多重回歸式으로 變換한 후 最小自乘法에 의해 推定하였고, 樹高曲線式의 最適模型을 選定하기 爲하여 決定係數(R<sup>2</sup>), 分散分析(ANOVA)의 F-檢定, 平均自乘誤差의 根(√MSE)과 推定係數의 t-檢定 등의 統計的 方法을 통해 檢證하였다. 檢證結果 最適의 樹高曲線式을 選定한 후 本 樹高曲線式에 依하여 直徑階別로 樹高값을 算出한 후 이를 材積表 利用時에 適用하였다.

結果 및 考察

1. Core 測定 및 連年 直徑生長量의 算出

방크스소나무의 總 標準木 59本에 대하여 平均 連年 直徑生長量을 算出한 結果는 Table 2와 같았다.

여기에서 K는 다음과 같이 산출되었다. 即 樹皮厚를 포함한 直徑 D와 樹皮를 包含하지 않은 직경 d와의 관계는 原點을 通過하는 直線으로 表示되어 D=Kd로 成立될 수 있다. 따라서 定數 K는 比推定의 形態로서  $K = \sum D / \sum d$ 로 구하였는데, 그 결과 本 방크스소나무 林分은  $K=904.6/845.0 = 1.07053$ 으로 算出되었다.

2. 直徑生長量의 推定式 및 連年 直徑生長量의 算出

1) 直徑生長量의 推定式 算出

Table 2에서의 수치를 利用하여 各 直徑階別로 平均直徑 및 平均 連年直徑生長量을 구하고, 이를 토대로 하여 本 수와의 상승적 또는 本 수와의 자승적 등을 계산하고 이를 각각 합계한 수치를 利用하여 直徑生長量推定式을 算出하였다.

Table 1. The height-diameter equations used in this study

Model No.	Model Name	No. of Coefficients	Model Form
1	Parabolic	3	$h_i = a + b \cdot dbh_i + c \cdot dbh_i^2$
2	Prodan	3	$h_i = 1.2 + \frac{dbh_i^2}{a + b \cdot dbh_i + c \cdot dbh_i^2}$
3	Petterson	2	$h_i = \left( \frac{dbh_i}{a + b \cdot dbh_i} \right)^3$
4	Korsun	3	$h_i = e^{a + b \cdot \ln dbh_i + c \cdot (\ln dbh_i)^2}$
5	Log	2	$h_i = a + b \cdot \ln dbh_i$
6	Freese	3	$h_i = e^{a + b \cdot \ln dbh_i + c \cdot dbh_i}$
7	Kennel	2	$h_i = 1.2 + \frac{1}{\left( a + \frac{b}{dbh_i} \right)^3}$
8	Michailow	2	$h_i = 1.2 + a \cdot e^{-\frac{b}{dbh_i}}$
9	Staffels and V. Soest	2	$h_i = a \cdot dbh_i^b$

Table 2. Calculation of average annual increment for diameter of breast height(DBH)

Sample trees	Outside bark (D) (cm)	Bark (B) (cm)	Inside bark (d) (D-2B) (cm)	DBH increment for 10years (L) (cm)	2L (cm)	(i) (2L/10) (cm)	Average annual increment of DBH (I) (K×i) (cm)
59	15.33±2.50	0.51±0.13	11.90±0.93	2.72±0.38	5.43±0.76	0.54±0.08	0.58±0.08
Total	904.6		845.0				

**Table 3.** Annual increment of DBH for different DBH classes by the regression equation (unit : cm)

DBH class	Annual increment of DBH	DBH class	Annual increment of DBH
6	0.6273	20	0.5587
8	0.6175	22	0.5489
10	0.6077	24	0.5391
12	0.5979	26	0.5293
14	0.5881	28	0.5195
16	0.5783	30	0.5097
18	0.5685	32	0.4999

즉, 直徑과 直徑生長量과의 回歸式은  $\hat{I}=0.65673-0.0049D$ 로 算出되었다.

**2) 連年 直徑生長量の 算出**

앞에서 算出된 直徑生長量 推定式에 의하여 各 直徑階別로 連年直徑生長量を 구한 結果는 Table 3과 같았다.

**3. 直徑生長量の 信賴幅推定式 및 信賴幅算出**

**1) 直徑生長量の 信賴幅推定式 算出**

앞에서 直徑生長量推定式을 算出하였을 때의 各 直徑階別로 平均直徑 및 平均連年直徑生長량과 本數와의 相乘積, 本數와의 自乘積을 각각 合計한 數值 등을 利用하여 直徑生長量에 대한 信賴幅推定式을 算出하였다.

즉, 방크스소나무에 대한 信賴幅의 推定式은

$$\begin{aligned}
 S^2\hat{I} &= S^2ID\left\{\frac{1}{N} - \frac{\sum(D-D)^2}{\sum W(D-D)^2}\right\} \\
 &= S^2ID\left\{\frac{\sum WX^2 - (2\sum WX)X + NX^2}{N\sum WD^2 - (\sum WD)^2}\right\} \\
 &= S^2ID(Caa + 2CabX + CbbX^2) \\
 &= 0.00981(0.68074 - 0.08660D + 0.00282D^2)
 \end{aligned}$$

으로 算出되었다.

**Table 4.** Confidence interval by the estimated equation for the annual DBH increment

X(D) (1) (cm)	X <sup>2</sup> (2)	Caa (3)	-2CabX (4)	CbbX <sup>2</sup> (5)	(3)+(4)+(5)	S <sup>2</sup> $\hat{I}$ (cm)	S $\hat{I}$ (cm)	2 S $\hat{I}$ (cm)
6	36	0.68074	-0.51960	0.10152	0.26266	0.002577	0.0508	0.102
8	64	0.68074	-0.69280	0.18048	0.16842	0.001652	0.0406	0.081
10	100	0.68074	-0.86600	0.28200	0.09674	0.000949	0.0308	0.062
12	144	0.68074	-1.03920	0.40608	0.04762	0.000467	0.0216	0.043
14	196	0.68074	-1.21240	0.55272	0.02106	0.000207	0.0144	0.029
16	256	0.68074	-1.38560	0.72192	0.01672	0.000164	0.0128	0.026
18	324	0.680740	-1.55880	0.91368	0.03562	0.000349	0.0187	0.037
20	400	0.68074	-1.73200	1.12800	0.07674	0.000753	0.0274	0.055
22	484	0.68074	-1.90520	1.36488	0.14042	0.001378	0.0371	0.074

**Table 5.** Annual increment of DBH and confidence interval on 95 percentage by DBH class (unit : cm)

DBH class	Annual increment of DBH	Confidence interval on 95%	
		Maximum	Minimum
6	0.627	0.729	0.525
8	0.618	0.699	0.537
10	0.608	0.670	0.546
12	0.598	0.641	0.555
14	0.588	0.617	0.559
16	0.578	0.604	0.552
18	0.569	0.606	0.532
20	0.559	0.614	0.504
22	0.549	0.623	0.475

**2) 直徑生長量の 信賴幅算出**

앞에서 算出된 信賴幅의 推定式을 利用하여 直徑生長量の 信賴幅을 計算한 結果는 Table 4와 같았다.

Table 4에서 보는 바와 같이 信賴幅을 2S $\hat{I}$  卽, 2倍의 S $\hat{I}$ 로 나타낸 것은 95%의 信賴值를 意味하는 것이다. (但 d.f =  $\infty$ , t<sub>0.05</sub>=1.96)

**3) 信賴幅에 의한 直徑階別 連年 直徑生長量の 上限線 및 下限線**

Table 4에서 算出된 2S $\hat{I}$  즉 95%의 信賴值를 利用하여 直徑階別로 連年 直徑生長量の 上限線 및 下限線을 밝히면 Table 5와 같았다.

**4. 材積算出을 위한 基礎資料의 調製 및 利用**

**1) 樹高값의 調製**

(1) 樹高曲線式 算出을 위한 樹高測定

合理的인 材積算出을 피하기 위하여 樹高값을 調製하여 利用하였다. 즉 每木調査時 胸高直徑과 함께 測定하였던 樹高의 標準木總本數는 30本 이었는데 本 標準木들의 樹高測定值는 Table 6과 같았다.

**Table 6.** Data of DBH-height(H) for calculation of height curve equation

Sample tree No.	DBH (cm)	Tree height (H) (m)	Sample tree No.	DBH (cm)	Tree height (H) (m)
1	10.1	10.0	16	17.4	12.6
2	17.6	12.9	17	16.6	11.6
3	15.8	12.0	18	20.3	13.2
4	18.6	12.5	19	17.2	13.0
5	14.0	11.7	20	13.9	11.4
6	16.2	12.4	21	12.4	11.1
7	12.0	11.0	22	15.4	12.8
8	18.8	12.8	23	20.2	13.1
9	16.4	11.8	24	16.8	11.4
10	10.4	10.2	25	13.7	11.9
11	14.2	11.5	26	19.0	12.4
12	15.6	12.6	27	15.2	13.0
13	20.1	13.0	28	12.2	10.7
14	12.6	10.8	29	14.5	11.3
15	14.3	11.8	30	10.1	10.1

(2) 最適樹高曲線式の 檢證 및 選定

이상적인 樹高曲線式을 推定 摸索하기 위하여 9가지의 樹高曲線式에 앞의 樹高測定値를 이용하여 決定係數(R<sup>2</sup>), 分散分析(ANOVA)의 F-檢定, 平均自乘誤差의 根(√MSE)과 推定係數의 t-檢定을

한 結果는 Table 7과 같았다.

Table 7에서와 같이 樹高曲線式 中에서 Prodan式이 R<sup>2</sup>가 0.8425로 比較的 높고 √MSE가 0.00362로 가장 적은 數值를 나타내어서 最適樹高曲線式으로 選定되었다. 卽, Prodan式의 樹高曲線式은

$$h_i = 1.2 + \frac{dbh_i^2}{2.40167 + 0.2196 \cdot dbh_i + 0.06808 \cdot dbh_i^2}$$

로 算出되었다. 樹高測定値 및 本 樹高曲線式에 의 한 추정치를 胸高直徑에 대하여 나타내면 Fig. 1과 같았다.

Fig. 1에서와 같이 胸高直徑이 10~14cm까지는 樹高가 비교적 急上昇하는 傾向을 나타냈으나 胸高直徑이 14~22cm의 範圍에서는 다소 緩慢한 樹高生長을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

(3) 樹高값의 調製

앞에서 算出된 Prodan의 樹高曲線式에 의하여 胸高直徑階別 樹高값을 나타내면 Table 8과 같았다.

2) 材積表의 利用

방크스소나무는 別途 利用의 材積表가 없으므로 이와 유사한 樹種의 材積表를 準用토록 되어 있는 규정에 따라 本 樹種은 全國의 通用되고 있는

**Table 7.** Parameter estimates and their statistical test of height function 1-9 in Table 1

No.	Function Name	Parameter	Estimate	Prob >  T  <sup>1)</sup>	Prob > F <sup>2)</sup>	R <sup>2</sup>	√MSE(C. V.)
1.	Parabolic	a	3.351824	0.1008	0.0001	0.8078	0.4322 (3.64)
		b	0.850417	**			
		c	-0.018562	*			
2.	Prodan	a	2.401674	0.4378	0.0001	0.8425	0.00362 (3.84)
		b	0.219620	0.6288			
		c	0.068076	**			
3.	Pettersson	a	0.899109	**	0.0001	0.8301	0.00585 (1.29)
		b	0.394071	**			
4.	Korsun	a	-0.129634	0.9046	0.0001	0.8241	0.03552 (1.44)
		b	1.575215	0.0609			
		c	-0.226022	0.1451			
5.	Log	a	0.319308	0.7723	0.0001	0.8009	0.43194 (3.63)
		b	4.260831	**			
6.	Freese	a	0.717222	0.1740	0.0001	0.8240	0.03553 (1.44)
		b	0.821945	*			
		c	-0.030963	0.1466			
7.	Kennel	a	0.394071	**	0.0001	0.8301	0.00585 (1.29)
		b	0.899109	**			
8.	Michailow	a	2.761260	**	0.0001	0.8251	0.03881 (1.64)
		b	-5.866134	**			
9.	Staffels and V. Soest	a	4.36240	**	0.0001	0.8094	0.03631 (3.64)
		b	0.36806	**			

1) significance level (α) for  $t_{n-k-1; 1-\frac{\alpha}{2}} > t_{n-k-1}$ , k : number of independent variable

2) significance level (α) for  $F_{1-\alpha; 2, n-2} > F_{2, n-2}$

\*\* : significant at the 0.01 significance level, \* : significant at the 0.05 significance level

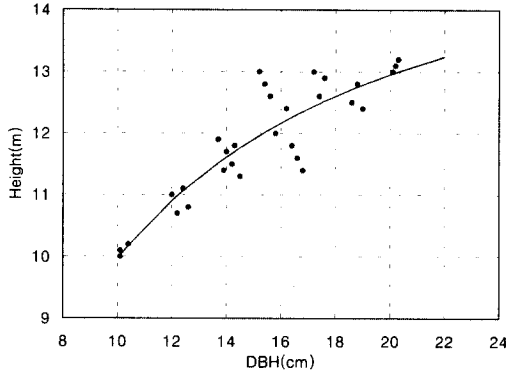


Fig. 1. Height-diameter curve of Prodan's model for *Pinus banksiana*

Table 8. Tree height(H) calculated by DBH class using the height curve equation

DBH class (cm)	H (m)	DBH class (cm)	H (m)
6	7.0	16	12.2
8	8.7	18	12.6
10	10.0	20	12.9
12	10.9	22	13.3
14	11.7	24	13.6

中部地方 소나무의 立木幹材積表를 利用하였다. 本 材積表 이용시 앞에서 算出된 樹高값(Table 8)을 適用하였다.

5. 材積 및 材積生長率의 算出

本調査地域의 標準地總面積 (0.08ha)內的 標準木 59本에 대한 直徑階別 連年 直徑生長量 및 本 直徑生長量의 上限線, 下限線(95%의 信賴幅)을 나타낸 Table 5를 利用하여 連年 材積生長量을 算出한후 單木材積을 基礎로 한 單位面積 當 本數別 全林材積을 算出한 結果는 Table 9와 같았다.

Table 9. Calculation table of volume increment

DBH class (cm)	Tree height (H) (m)	Volume of single tree (m <sup>3</sup> )	Difference of volume (m <sup>3</sup> )	Difference of corrected volume (m <sup>3</sup> )	Annual DBH increment of per tree (cm)			Annual volume increment of per tree (m <sup>3</sup> )			Number of trees	Total annual volume increment (m <sup>3</sup> )			Total volume (m <sup>3</sup> )
					Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum		Maximum	Average	Minimum	
10	10	0.0420	0.021	0.0185	0.670	0.608	0.546	0.0062	0.0056	0.0051	3	0.0186	0.0168	0.0153	0.1260
12	11	0.0630	0.027	0.0240	0.641	0.598	0.555	0.0077	0.0072	0.0067	9	0.0693	0.0648	0.0603	0.5670
14	12	0.0900	0.024	0.0255	0.617	0.588	0.559	0.0079	0.0075	0.0071	14	0.1106	0.1050	0.0994	1.2600
16	12	0.1140	0.037	0.0305	0.604	0.578	0.552	0.0092	0.0088	0.0084	18	0.1656	0.1584	0.1512	2.0520
18	13	0.1510	0.032	0.0345	0.606	0.569	0.532	0.0105	0.0098	0.0092	12	0.1260	0.1176	0.1104	1.8120
20	13	0.1830	0.035	0.0335	0.614	0.559	0.504	0.0102	0.0094	0.0084	3	0.0306	0.0282	0.0252	0.5490
22	13	0.2180													
Total (0.08ha)											59	0.5207	0.4908	0.4618	6.366
per ha											737	6.5088	6.1350	5.7725	79.575

Table 9에서 보는 바와 같이 다음과 같은 材積生長 관계 即 標準地內的 連年材積生長量 및 材積生長率, ha당 材積 및 이의 連年材積生長量 등을 分析 檢討할 수 있었다.

1) 連年 材積生長量 및 材積生長率

標準地總面積 0.08ha에 대한 總 標準木 59本の 連年材積生長量은 0.4908m<sup>3</sup>이고 이의 信賴限界는 0.4618~0.5207m<sup>3</sup>이며 本 59本の 材積은 6.366m<sup>3</sup>이었다. 따라서 이를 利用하여 本樹種의 連年材積生長率(P) 및 이의 推定誤差率(P<sub>E</sub>)을 算出한 結果는 다음과 같았다.

$$P = \frac{\sum VG}{\sum V} \times 100 = \frac{0.4908}{6.366} \times 100 = 7.7(\%)$$

$$P_E = \frac{\sum VG - \sum VG}{\sum VG} \times 100 = \frac{0.5207 - 0.4908}{0.4908} \times 100 = 6.1(\%)$$

井上<sup>11)</sup>는 日本 福岡縣 甘木地方에 대한 赤松林의 林分收穫表를 調製한 바 林齡이 20-25年の 境遇, 平均地位에서 連年 材積生長率이 10.1%라고 보고하였다. 本 수종은 連年材積生長率이 7.7%로서 井上의 赤松林의 連年材積生長率보다 다소 낮은 값을 나타냈다.

2) ha當 材積 및 連年材積生長量

單位面積當 材積關係를 算出한 結果 ha當 材積은 79.58m<sup>3</sup>이고 이의 連年 材積生長量은 6.14m<sup>3</sup>이며 이를 95%의 信賴幅인 上限線 및 下限線의 範圍로 본다면 그 信賴限界는 5.77~6.51m<sup>3</sup>이었다.

3) 此後 材積生長의 展望

앞의 Table 9에서 방크소나무 23년생의 調査當時 材積生長量 및 材積生長率을 밝힌 것을 根據로 하여 此後의 胸高直徑生長 增大와 材積生長量과

의 關係 또는 此後의 樹高生長 增加와 材積生長量과의 關係 등을 그림으로 나타내어 展望해 본다면 각각 Fig. 2와 3과 같았다.

Fig. 2에서와 같이 調查當時 本 樹種의 胸高直徑 範圍는 10~20cm이었는데 胸高直徑이 점차로 增大할수록(22~26cm) 材積生長量의 曲線이 더욱 急上昇하는 것으로 나타났다.

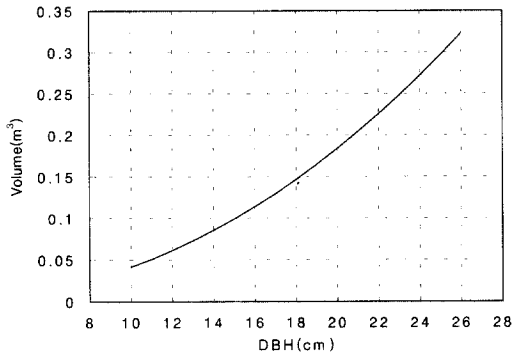


Fig. 2. Volume-DBH relationship of *Pinus banksiana*

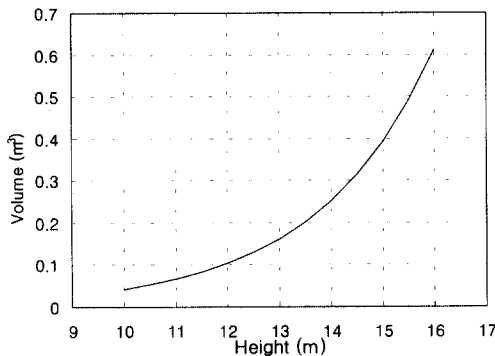


Fig. 3. Volume-Height relationship of *Pinus banksiana*

Fig. 3에서와 같이 調查當時 本 樹種의 樹高의 範圍는 10~13m이었는데 樹高가 점차로 높아질수록(14~16m) 材積生長量의 曲線이 더욱 急上昇하는 것으로 나타났다.

따라서 이와 같은 結果로 미루어 볼 때 23年生의 방크스소나무림은 此後에 다소 材積이 높아져서, 좀더 胸高直徑이 커지고 樹高가 높아진다면 어느 時期를 限界點으로 한 一定期間 동안은 그 材積生長量이 현저히 增加할 뿐만 아니라 材積生長率도 더욱 높아질 것으로 推定 展望되었다.

## 結 論

本 研究는 경기도 포천군 소흘면에 소재하는 23년생의 방크스소나무 單純人工林을 대상으로 그 直徑生長, 樹高生長, 材積生長 등을 究明한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 直徑(D)과 直徑生長量과의 回歸式(1)은  $\hat{I} = 0.65673 - 0.0049D$  이었다.
2. 直徑生長量에 대한 信賴幅의 推定式( $S^2\hat{I}$ )은  $S^2\hat{I} = 0.00981(0.68074 - 0.08660D + 0.00282D^2)$  이었다.
3. 樹高曲線式( $h_i$ )은 
$$h_i = 1.2 + \frac{dbh_i^2}{2.40167 + 0.2196 \cdot dbh_i + 0.06808 \cdot dbh_i^2}$$
 으로 算出되었으며 本式의 決定係數 ( $R^2$ )는 0.8425이었고 平均自乘誤差의 根( $\sqrt{MSE}$ )값은 0.0036이었다.
4. 連年材積生長率(P)은  $P=7.7\%$ 이며 이의 推定 誤差率( $P_E$ )은  $P_E=6.1\%$ 이었다.
5. ha當 材積은 79.58m<sup>3</sup>이었다.
6. ha當 連年材積生長量은 6.13m<sup>3</sup>이었다.
7. ha當 連年材積生長量의 信賴限界는 5.77~6.51 m<sup>3</sup>이었다.

## 引 用 文 獻

1. 金甲德. 1962. 直徑生長率에 對하여. 林業과 林學 2: 41-43.
2. 金甲德. 1969. 林木生長의 豫測에 關한 研究. 韓林誌 9: 55-60.
3. 李麗夏. 1973. 리기다소나무林의 直徑 連年 成長量 推定. 韓林誌 17: 23-28.
4. 李麗夏. 1973. 林分生長量 推定에 關한 研究. 韓林誌 18: 9-18.
5. 尹鍾和. 1972. 多變量 解析에 依한 林木生長 量에 關한 研究. 江原大 演習林研報 1: 1-55.
6. 李鍾樂. 1980. 林分 生長量의 推定에 關한 研究(第1報)-系統的 抽出法을 中心으로-慶熙 大學校 論文集 10: 641-655.
7. 鄭性鎬. 1985. 中部地方 主要針葉樹의 直徑 生長 推定에 關한 研究. 韓林誌 68: 52-59.
8. 鄭性鎬·崔文吉·李根洙. 1983. 中部地方 主要針葉樹의 直徑生長에 關한 調查研究. 韓林誌 60: 24-29.

9. 田村朋厚. 1960. 材積生長量推定における回歸式について. 日林講演集 70 : 89-93.
10. 後藤亮. 1964. ヒノキの樹幹解析による林分材積生長率の推定. 日本林學會 講演集 75 : 73-75.
11. 井上由扶. 1960. アカマツ林の中林作業法に関する研究. 九大演習林報告 32 : 150-160.
12. 薬袋次郎. 1956. 林分成長量の直接測定法(II). 日林誌 38 : 14-19.
13. 西澤正久. 1959. 材積生長率における林分材積生長量測定. 日林誌 41 : 19-24.
14. 木梨謙吉. 1951. 標本抽出法による森林調査の研究(第3報). 日林講演集 59 : 44-47.
15. Albert, R.S. 1960. Computing growth from increment cores with point sampling. Jour. For. 58 : 531-533.
16. Belyea, H.C. 1959. Two new formulae predicting growth percent. Jour. For. 57 : 100-104.
17. Bobko, A.N. 1968. Study of the current volume increment of birch stands in the Kurgan region. Lesn. Holz 9 : 32-35.
18. Grosenbaugh, L.R. 1959. Comments on new growth percent formulae. Jour. For. 57 : 501-515.
19. Kinashi, K. and M. Cho. 1958. The report of the forests inventory by sampling methods in the mount-Sampoo national forests. Bull. of the Kyushu univ. For. 10 : 41-54.
20. Kramer, H. and A. Akça. 1996. Leitfaden zur Waldmeßlehre. Frankfurt am Main J.D. Sauerländer's Verlag. pp.266.
21. Meyer, M.A. and F.B. Nelson. 1955. Accuracy of forest growth determination based on the measurement of increment cores. For. Ser. U.S.D.A. 872 : 19-20.