

## 굴참나무天然林의 生産構造 및 物質生産力에 關한 研究<sup>1</sup>

金 是 環<sup>2</sup> · 鄭 佐 容<sup>3</sup>

### A Study on the Production Structure and Biomass Productivity of *Quercus variabilis* Natural Forest<sup>1</sup>

Si Kyung Kim<sup>2</sup> · Jwa Yong Jeong<sup>3</sup>

#### 要 約

굴참나무林的 密度 差異에 따른 生長 및 物質生産을 比較分析하여 天然林의 撫育施業資料를 얻고자 慶南山 淸地域의 海拔 900 m (A林分 : 6,600本/ha, 15.84 m<sup>2</sup>/ha,  $\frac{19}{17\sim 20}$  年生)와 800 m (B林分 : 4,300本/ha, 16.65 m<sup>2</sup>/ha,  $\frac{20}{17\sim 21}$  年生)의 位置에 20 m × 20 m 標本點을 各各 設置하여 調査한 바를 다음과 같이 要約할 수 있었다. 調査區內林木을 每木調査하고 徑級別 平均木을 12本씩 伐採하여 W<sub>S</sub>, W<sub>B</sub>, W<sub>L</sub>, W<sub>Ba</sub> 등의 乾重量을 測定, D<sup>2</sup>H와의 相對生長式에 依해 現存量과 物質生産량을 推定하였다. 生産構造面에서 光合成部位는 A林分이 地上 2.2 m, B林分이 地上 1.2 m 높에서 始作되었고, 最大光合成部位는 A, B林分에서 各各 4.2 m, 6.2 m 높이였으며 葉面積指數는 各各 4.25ha/ha, 3.89ha/ha로 나타났다.

地上部現存量은 A, B林分에서 各各 49.51 ton/ha, 59.20 ton/ha 이고, 純生産량은 各各 6.75 ton/ha/yr, 8.99 ton/ha/yr.로 B林分이 더 컸으나, 現存量에 對한 純生産량의 構成비에 있어서는 A, B林分이 各各 17.5%, 16.7%로 A林分이 더 컸다. 以上の 純同化率, 幹材生産能率 및 樹皮生産能率을 A, B林分으로 推定한바 NAR은 2.75 kg/kg/yr., 3.58 kg/kg/yr. 이고, 幹材生産能率은 1.46 kg/kg/yr., 2.09 kg/kg/yr.로 B林分이 크게 나타나 効果的인 空間利用을 하고 있음을 示唆하고 있으나, 樹皮生産能率은 0.60 kg/kg/yr., 0.34 kg/kg/yr.로 A林分이 크게 推定되었다. 以上の 結果로서 林分の 密度調節을 通하여 生産性を 높일 수 있는 굴참나무天然林撫育施業의 資料와 生産物 目標에 따른 經營의 指針을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

#### ABSTRACT

Growth and biomass production of natural stands of *Quercus variabilis* in relation to tree density were studied to obtain basic guide lines for future tending operation. Two natural stands of *Quercus variabilis* located at 900m (A stand: 6,600trees/ha, 15.84m<sup>2</sup>/ha,  $\frac{19}{17-20}$ ) and 800m (B stand: 4,300trees/ha, 16.65m<sup>2</sup>/ha,  $\frac{20}{17-21}$ ) elevation in Sancheong, Kyongnam Province were selected for the comparative study and following results were obtained through a sample plot method. After diameter of individual trees in the sample plots was measured, twelve average trees from each diameter class were cut felled to measure dry weight of W<sub>S</sub>, W<sub>B</sub>, W<sub>L</sub>, W<sub>Ba</sub>, and standing biomass and biomass production rates by a allometric regressions related to D<sup>2</sup>H. Vertical distribu-

<sup>1</sup> 接受 8月5日 Received August 5, 1985.

<sup>2</sup> 晉州農林專門大學 Jinju Agr. and For. Junior Technical College, Jinju, Korea.

<sup>3</sup> 慶尙大學校農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju, Korea.

tion of leaves along the stems indicated that photosynthesis was carried out 2.2m above the ground in Stand A and 1.2m in Stand B. Maximum photosynthesis was located 4.2m and 6.2m above the ground in Stand A and B, respectively. Leaf area index was 4.25ha/ha for Stand A, and 3.89ha/ha for Stand B. Above-ground standing biomass was 49.51 ton/ha for Stand A and 59.20 ton/ha and net annual production was 6.75 ton/ha/yr. for Stand A and 8.99 ton/ha/yr. for Stand B. The ratio of net annual production to standing biomass was 17.5% for Stand A and 16.7% for Stand B. Net assimilation rate was 2.75kg/kg/yr. for Stand A and 3.58kg/kg/yr. for Stand B. Stem wood production rate was 1.46kg/kg/yr. for Stand A and 2.09kg/kg/yr. for Stand B. Bark production rate was 0.60 kg/kg/yr. for Stand A and 0.34kg/kg/yr. for Stand B. Above data indicated that Stand B utilized growing spaces and sites more efficiently than Stand A. It is concluded that productivity of natural stands of *Quercus variabilis* can be enhanced through optimization of basal areas and number of tree per hectare and that sound management of natural oak stands should be based on systematic sampling of the area for periodic productivity estimation.

*Key words:* *Quercus variabilis*; growth; biomass; diameter.

緒 論

林木의 生産力은 單位面積當 一生育期間中에 걸쳐 太陽 energy 의 流入과 遺傳的 素質에 環境과의 相互作用에 依한 有機物의 蓄積量으로 表示된다. 이러한 森林의 生長現象은 그 森林의 物質生産과 分配를 把握함으로써 究明될 수 있을 것이므로 이에 關한 研究는 큰 意義가 있을 것으로 생각된다.

森林의 質의 및 量의 利用이 多樣化되면서 森林生態系에 對한 物質生産과 物質循環의 機構를 把握하는 研究가 여러 學者들에 依하여 遂行됨으로써 森林에 對한 物質生産과 森林成長의 解析에 많은 進歩를 보게되었고, <sup>1, 5, 8, 10, 15, 16)</sup> 따라서 森林取扱技術의 改善과 開發에 寄與를 하고있다.

우리나라 溫帶林의 落葉闊葉樹帶中 참나무類가 代表樹種이라 할 수 있으므로, 이들 中 木材, 樹皮 및 種實等 經濟性이 높은 굴참나무에 對한 生長 및 物質生産에 關한 研究는 重要한 課題라 할 수 있다.

따라서, 本 研究는 智異山地域의 闊葉樹林을 中心으로 한 森林의 生産力에 關한 研究의 第1報에 이어 굴참나무天然林에 對한 物質生産의 機作을 把握하여 林分間의 生産力을 比較分析함으로써 適切한 天然林

撫育施業을 爲한 資料를 얻고자 하는데 目的을 두고 本 研究가 試圖되었다.

材料 및 方法

1. 調査地의 概況

本 調査地域은 慶南 山淸郡 今西面(127°45'E~127°50'E, 35°22'N~35°25'N)의 水鐵里(A區)와 五峰里(B區)에 位置한 卍州農林專門大學演習林에서 密度가 다른 굴참나무林分을 擇하여 實施되었는데, 1960年代 中半期에 萌芽로 更新된 以後 一切 撫育이 實施된바 없는 20年生 前後의 天然林이다.

調査地의 一般的인 概況, 土性 및 山淸에서 測定된 氣象資料는 表 1, 2, 3과 같고 下層植生으로는 산죽, 고추나무, 산초나무, 병꽃나무, 작살나무, 싸리類 등이 分布하고 있다.

2. 調査方法

對象林分에서 上層植生의 境遇 20 m × 20 m, 下層植生에서는 2 m × 2 m 크기의 方形區를 定하고 上層植生의 境遇, A區는 1983年 7月 25日~8月 2日에, B區는 1984年 7月 28日~8月 2日에 걸쳐 每木調査를 實施한 後 標本木을 徑級別로 고르게 分布

Table 1. The general description of stands studied

Element Distriot	Aspect	Slop	Altitude	Age	Stand density (trees/ha)	Stand height	Mean C. B. L	Mean D. B. H	Basal area
Sucheul (A)	SE	20°-30°	900 m	19	6,600	4.83~9.10 m	2.7 m	5.10 cm	15.84 m <sup>2</sup> /ha
Obong (B)	NE	20°-30°	800 m	20	4,300	5.9~10.2 m	3.5 m	9.17 cm	17.85 m <sup>2</sup> /ha

**Table 2.** Soil properties of experimental plots

Element	Soil texture	PH (H <sub>2</sub> O 1:5)	Organic Matter (%)	Total N (%)	Avail P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C.E.C me/100g	Exchangeable (me/100g)				Total base (me/100g)	Base saturation(%)
							K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>		
Sucheul(A)	silt loam	5.3	6.1	0.53	26	10.8	0.22	0.09	3.2	1.1	4.61	42.7
Obong(B)	silt loam	5.4	8.7	0.47	26	8.6	0.14	0.13	0.6	0.6	1.47	17.1

**Table 3.** Climatic data of Sancheong area during the period 1972 ~ 1983

Element	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Aver. temp.(°C)	-0.01	1.41	6.47	12.95	17.37	21.51	24.70	24.98	19.32	13.96	7.35	1.68	12.69
Aver. Max. temp.(°C)	5.57	7.13	12.00	19.18	24.14	27.55	29.56	30.25	26.30	21.51	13.88	7.96	18.75
Aver. Min. temp.(°C)	-4.58	-3.40	0.63	6.30	10.73	16.23	21.03	21.09	15.06	8.17	2.18	-3.08	7.53
Total Precip.(mm)	27.69	41.35	109.75	140.23	98.78	157.00	273.03	292.18	136.01	59.88	51.17	22.14	1409.21
Relat. Hum.(%)	63.3	62.4	61.3	62.3	63.1	71.6	78.5	78.1	76.2	72.3	69.1	66.7	68.7
Warmth Index(°C)	104.21												
Cold Index(°C)	-11.92												

하도록 12 본을 伐木하여 胸高直徑과 樹高를 測定하고, 樹體各部位(幹, 枝, 葉, 樹皮)의 乾物重量을 測定하기 爲하여 0.0 m, 0.2 m, 1.2 m, 2.2 m……의 層으로 切斷後, 層別 幹, 枝, 葉의 生重量을 計測하는 한편, 樹幹析解의 圓板을 採取하여 그 圓板과 함께 各層別 枝, 葉의 一部를 無作爲로 抽出하여 生重量을 測定하였다.

試料를 實驗室로 옮겨 乾燥器內에서 80 °C로 1 週日間 乾燥시켜 얻은 水分含量으로 各部位에 對한 絶對乾燥重量 換算의 指數를 求하여 이것으로써 各部位의 乾燥重量을 計算하였고, 또한 樹皮重量을 求하기 爲하여 層別樹皮材積을 求하고 層別單位材積에 對한 樹皮重量比를 計算하여 層別樹皮重量을 換算하였다.

下層植生은 調査區內의 全植物을 줄기+가지 및 잎으로 區分하여 重量을 測定하고 乾燥用試料의 乾燥率에 依하여 現存量을 推定하였으며 純生産量은 考慮하지 않았다.

그러므로 本研究 data는 모두가 80 °C의 乾燥重量으로 表示된 것이다. 한편 葉面積指數를 求하기 爲하여 各 個體標本葉(100 gr.)을 Planimeter로 葉面積을 求하여 個體木葉面積을 重量比例計算하여 L. A. I 를 求하였으며, 直徑, 樹高 및 材積은 樹幹析解

用圓板을 利用하여 測定하였다. 現存量의 推定을 爲하여 各 標本木의 胸高直徑(D) 및 樹高(H)에서 D<sup>2</sup>, D<sup>2</sup>H를 計算하고 D<sup>2</sup> 및 D<sup>2</sup>H와 幹乾重量(W<sub>s</sub>), 枝乾燥重量(W<sub>b</sub>), 葉乾重量(W<sub>L</sub>) 및 樹皮乾重量(W<sub>ba</sub>)과의 對數關係를 相對生長式으로 導出하였다.

地上部現存量(W<sub>T</sub>)의 推定은  $Y = \Sigma G / \Sigma g \times y$  (Y : 調査區內現存量,  $\Sigma G$  : 調査區內全林木胸高斷面積合計,  $\Sigma g$  : 標本木胸高斷面積合計, y : 標本木現存量合計)의 式에 依해 調査區內의 現存量을 求하여 ha 當現存量을 換算하였다.

年純生産量의 推定은 樹幹析解에서 얻은 最近 5 個年間の 年平均直徑生長과 年平均樹高生長에서 前年の D<sup>2</sup>H를 計算하고 이를 相對生長式에 代入시켜 前年の 現存量을 推定한 다음 前年度와 現年度와의 差를 年純生産量으로 하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 胸高斷面積分布

標本區內(20 m × 20 m)林木의 胸高斷面積頻度分布는 그림 1 과 같다. 分布範圍가 A 區는 0~140 cm, B 區는 0~330 cm로 最頻度는 最小徑級에서 各各

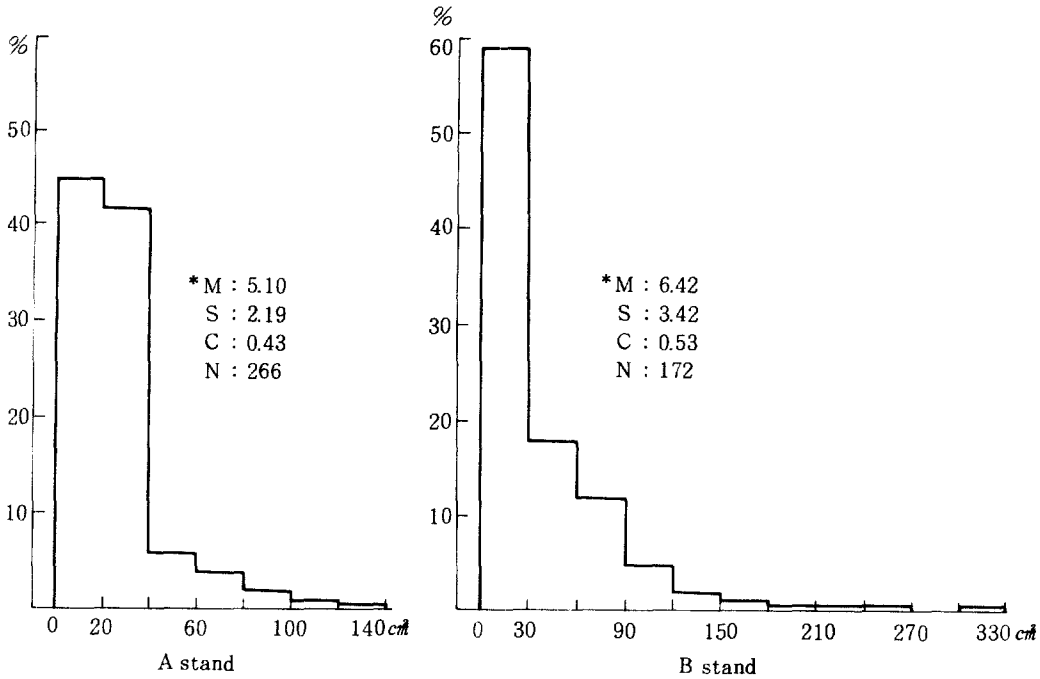


Fig. 1. Frequency distribution of basal area

\* M: Mean DBH(cm), S: Standard deviation,  
 C: Coefficient of variation, N: Number of trees per plot.

45%, 59%로 個體의 差가 큰 典型的인 L型의 分布를 나타내고 있다. 調査林分은 天然更新에 依해 成立된 同齡林이면서 異齡林分型을 보이고 있는데 이와 같은 現象은 適正立木密度를 維持하지 못한 때문이라 생각된다. 그리고 水鐵地域이 ha 當 立木密度가 높으면서도 胸高斷面積은 작게 나타났는데 이는 過密로 인한 直徑生長에 障礙를 받은 結果라고 생각되며, 立木密度가 林木의 直徑生長에 크게 影響을 미친다는 一般的理論에 符合하고 있다.

2. 生産構造의 分析

標本點內에서 徑級別로 伐木한 標本木을 層別로 計測한 全現存量을 平均해서 얻은 값으로 林分의 生産構造圖를 그림 2에 나타내었다. 水鐵地域은 樹高가 9.5 m이며, 光合成部位는 地上 2.2 m以上 부터 始作하여 最大部位는 4.2 m에서 5.2 m였고, 五峰地域은 樹高가 10.2 m로 光合成部位는 地上 1.2 m以上에서 부터 始作하여 最大部位는 6.2 m에서 7.2 m에 나타난다. 葉量의 分布는 두 地域모두가 枝量의 分布와 一致하고 있으나, 五峰이 水鐵보다 그 幅이 길고 1 m나 낮게 나타나기 始作한 것은 立木密度가 낮으

로 林內光透過量이 많은 것에 起因되는 것이라 생각되며, 水鐵地域의 것은 光合成部位가 五峰보다 1 m 높게 나타났는데 이것은 過密로 인한 光量不足으로 着葉部位가 上昇된 結果로 解析되며 이와같은 現象은 葉量이 枝量에 비해 上方이 下方보다 높다는 事實로서 說明된다.

3. 現存量의 推定

表 4는 두 地域에서 調査한 標本木의 胸高直徑 및 樹高를 利用하여 各 部位別 乾重量과의 相對生長關係를 回歸式으로 나타낸 것이다. 表에서 보는 바와같이 回歸係數는 모두 有意性이 認定되었으나, D<sup>2</sup>를 利用한 各 部位別 相對生長關係 回歸式에서 決定係數의 값이 D<sup>2</sup>H를 利用한것 보다 낮게 나타났으므로 適合度를 考慮하여 D<sup>2</sup>H를 利用하여 各 部位別 相對生長關係를 考察키로 한다.

W<sub>s</sub>와 D<sup>2</sup>H 및 W<sub>b</sub>와 D<sup>2</sup>H의 境遇 두 地域 모두 決定係數가 0.9 以上の 높은 값으로 나타나 매우 効率的인 推定이 可能할 것이나, W<sub>b</sub>와 D<sup>2</sup>H 및 W<sub>L</sub>와 D<sup>2</sup>H의 境遇에서는 0.84 以下로 낮게 나타났다. 한편 참나무 林分에 對하여 Wiant (1977), Kinerson 과

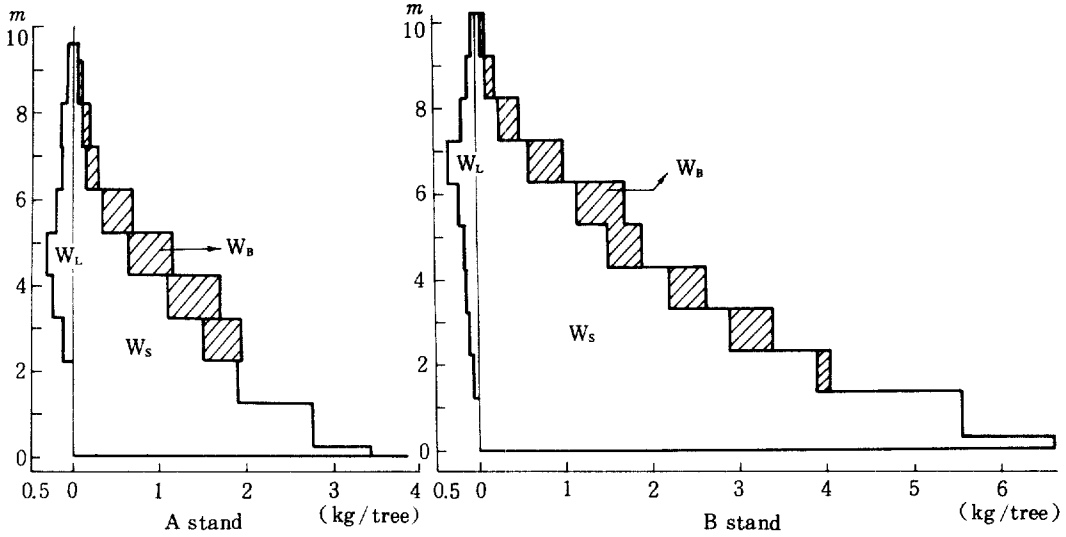


Fig. 2. Profile of structural diagram in the sample tree

Table 4. Coefficient calculated from logarithmic regression,  $\log Y = \log x + a$ , for each stand

X	Y	Stand	a	b	R <sup>2</sup>
D <sup>2</sup>	W <sub>s</sub>	A	1.9117	1.1286	0.9180
		B	2.0219	1.1304	0.9738
D <sup>2</sup>	W <sub>b</sub>	A	0.5037	1.4802	0.8035
		B	0.9578	1.2348	0.6772
D <sup>2</sup>	W <sub>l</sub>	A	1.3032	0.8682	0.7338
		B	0.4942	1.3469	0.7790
D <sup>2</sup>	W <sub>ba</sub>	A	0.8869	1.3466	0.9522
		B	1.4787	1.0514	0.9580
D <sup>2</sup>	V <sub>s</sub>	A	2.1422	1.1951	0.9606
		B	2.3651	1.0952	0.9868
D <sup>2</sup> H	W <sub>s</sub>	A	1.6056	0.8676	0.9518
		B	0.9999	1.1237	0.9845
D <sup>2</sup> H	W <sub>b</sub>	A	0.1124	1.1439	0.8367
		B	1.2268	0.7263	0.6786
D <sup>2</sup> H	W <sub>l</sub>	A	1.0962	0.6620	0.7746
		B	-0.8421	1.3818	0.7751
D <sup>2</sup> H	W <sub>ba</sub>	A	-1.3137	1.7725	0.9285
		B	0.5234	1.0469	0.9696
D <sup>2</sup> H	V <sub>s</sub>	A	1.8579	0.9110	0.9698
		B	1.4756	1.0523	0.9930
W <sub>s</sub>	W <sub>b</sub>	A	-2.2375	1.3799	0.9260
		B	-1.2301	1.0873	0.9169
W <sub>s</sub>	W <sub>l</sub>	A	-0.2235	0.7880	0.8737
		B	-2.2223	1.2664	0.8244
W <sub>s</sub>	W <sub>ba</sub>	A	-1.0071	1.0972	0.8316
		B	1.7452	0.4072	0.9835
W <sub>b</sub>	W <sub>l</sub>	A	1.1132	0.5513	0.9536
		B	-0.6896	1.1338	0.9249

Bartholomew(1977) 및 Monteith(1979) 등은 W<sub>s</sub>, W<sub>b</sub>와 D사이의 對數值에 의한 相對生長式의 決定係數가 모두 0.9以上으로 매우 効率的인 推定을 할 수 있다고 報告한바 있는데, 本 研究에서는 W<sub>s</sub>, W<sub>ba</sub>와 D<sup>2</sup>H사이의 決定係數는 0.92以上으로 이와 비슷하나 W<sub>b</sub>, W<sub>l</sub>와 D<sup>2</sup>H사이의 決定係數가 0.84以下로 다소 낮게 나타났는데, 이것은 畧級이 낮은 林分으로써 個體間的 競爭이 熾烈하기 때문에 樹冠이 直徑과 樹高의 生育보다 密度의 影響을 더 많이 받은 結果라고 생각된다.

그림 3은 D<sup>2</sup>H와 W<sub>s</sub>, W<sub>b</sub>, W<sub>l</sub> 및 W<sub>ba</sub>와의 相對生長關係를 나타낸 것이다. 두 林分 모두가 良好한 直線關係를 나타내었지만 相對生長係數의 變化는 林分 密度에 따른 一定한 傾向을 보이지 않고 林分分離現象을 보이고 있다. D<sup>2</sup>H와 W<sub>s</sub>와의 關係를 보면 두 林分이 同舍이나 相對生長係數의 값은 密度가 낮은 B區가 1.1239로 密度가 높은 A區의 0.8676보다 크게 나타났는데, 이는 密度에 따라 林分內의 林木間的 胸高直徑 및 材積의 差에 따른 乾重量의 差가 크다는 것을 意味하며, 生育領域이 狹小한 高密度林分이 幹量增加에 나쁜 影響을 미친다는 것을 示唆한다. D<sup>2</sup>H와 W<sub>b</sub>와의 關係에서는 A林分이 變異의 範圍가 넓고 相對生長係數의 값이 1.1439로 B林分の 0.7263보다 크게 나타났는데 이것은 密度關係로 甚한 競爭의 結果 樹冠級이 고르지 못한 때문이라 생각된다. D<sup>2</sup>H와 W<sub>l</sub>와의 關係를 보면 낮은 同化器官으로서 蓄積이

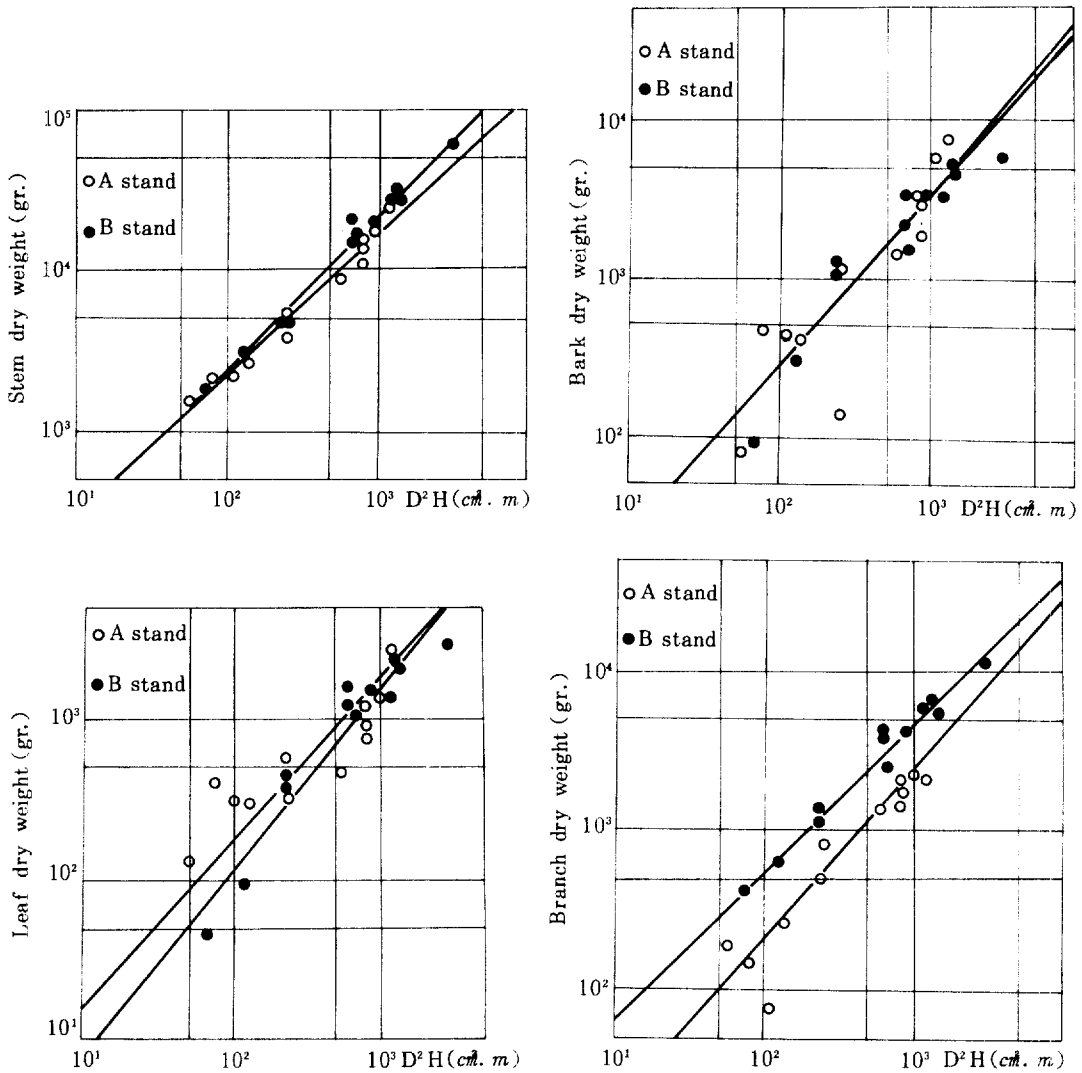


Fig. 3. Allometric relations between stem, branch, leaf and bark dry weight and D²H

이루어지지 않고 每年 更新되는 器官으로 가지와 함께 樹冠의 構成因子로 密度의 影響을 많이 받기 때문에 密度가 낮은 B林分의 相對生長係數가 1.3818로 A林分의 0.6620보다 크게 나타났다. 그리고 굴참나무의 特性이라고 할 수 있는 樹皮와 D²H와의 關係를 보면 密度가 높은 A林分의 係數가 1.7725로 B林分의 1.0469보다 크게 나타났는데 이 問題에 對해서도 繼續 研究가 있어야 겠다.

稠葉樹에 對한 다른 研究에서 蔡等(1977)은 물오리나무林分의  $D^2H \sim W_s$ ,  $D^2H \sim W_b$  및  $D^2H \sim W_L$ 의 相對生長係數가 0.8877, 1.083, 0.7480 이고, 상수

리나무林分에서는 각각 0.8891, 1.1686, 0.9221 였으며, 金等(1982)이 調査한 오동나무林分에서는 星州의 것이 1.3829, 1.1479, 0.9586, 蔚山의 것이 1.0792, 1.0473, 0.5450, 金等(1985)은 8年生, 13年生, 20年生의 아까시나무 造林地에서  $D^2H \sim W_s$ 와의 相對生長係數가 各各 0.9345, 1.0048, 0.9407라 하였으며, Peterson等(1970)은 *Populus tremuloides* 林分에서 0.9061 이라 報告하였는데, 本 研究의 굴참나무와 比較할 때 林分間에 差異가 있기는 하나 大體로 비슷하며, 特히 林分密度가 높은 A林分에서  $D^2H \sim W_L$  와의 사이가 매우 낮은 것에 注目된다. 또

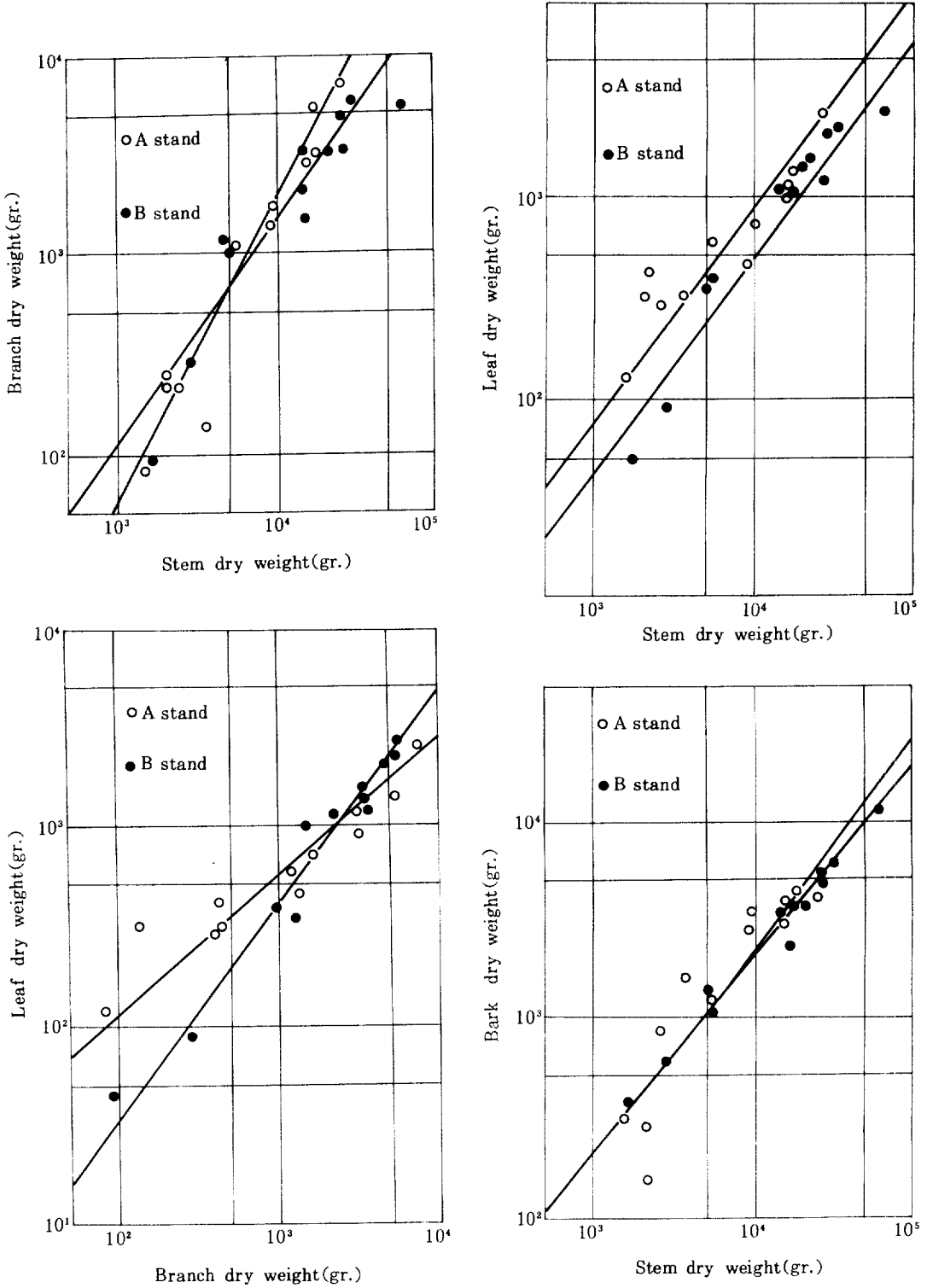


Fig. 4. Allometric relations the growth variables

한  $W_s \sim W_L$ ,  $W_s \sim W_B$ ,  $W_B \sim W_L$  및  $W_s \sim W_B$  사이의 關係를 그림 4 로 나타내고 回歸式을 求한바 表4와 같다. 두 林分의 各部位別과의 關係에 있어서 決定係數의 값이 높게 計算되어 모두 良好한 直線關係가 成立되었으나 相對生長係數의 變化는 林分間에 一定한 傾向을 보이지 않았다. 特히  $W_s \sim W_B$  와의 關係에서 B 林分의 生長係數가 0.4072 로서 작은데 注目된다. 地上部現存量의 推定은  $Y = \Sigma G / \Sigma g \times y$  式에 依하여 標本區內의 現存量을 求하고 ha 當 現存量을 換算해서 얻은 結果는 表 5 와 같다. 表 5 에서와 같이 林分 A, B 의 地上部現存量이 各各 49.51 ton/ha, 59.20 ton/ha 로 密度가 높은 A 林分이 작은 값을 보여주고 있다. 이것은 過密로 인한 生育領域의 狹小로 物質蓄積이 적은데서 오는 結果라고 생각된다. 現存量에 關한 우리나라에서 報告된 潤葉樹의 境遇와 比較하면, 金等(1972)은 春川地方의 新갈나무林에서 39.37 ton/ha ~ 48.11 ton/ha, 蔡等(1977)은 安養地方의 물오리나무林에서 45.60 ton/ha, 상수리나무林에서 69.43 ton/ha, 鄭等(1982)은 智異山地域의 潤葉樹林에서 62.49 ton/ha, 金等(1982)은 白雲山地域의 天然潤雜林에서 45.48 ton/ha, 金等(1982)은

星州와 蔚山의 6年生 오동나무林에서 各各 47.49 ton/ha, 19.05 ton/ha, 金等(1982)은 蔚山의 11年生 아까시林에서 39.47 ton/ha 였으며, 外國의 境遇에 있어 Peterson 等(1970)은 Canada Albert의 aspen 林에서 77.11 ton/ha, Tadaki 等(1961)은 日本의 자작나무林에서 40.0 ~ 46.0 ton/ha 로서 樹種과 연령 및 立地條件의 差異에 따라 現存量에 差가 있음을 報告하였는데, 本 研究의 굴참나무의 경우는 이들의 中位圈에 屬한다. 葉은 同化器官으로서 物質生産에 關與하는 主要한 器官으로, 그 量은 A 林分이 2.53 ton/ha, B 林分이 2.79 ton/ha 로 林分이 같기 때문에 林分密度에 따른 差가 별로 없었는데, 이것은 Monsi 와 Saeki (1953)의 葉量一定의 傾向 및 Kira 等(1967)의 報告와 類似한 傾向을 나타낸다 하겠다.

Kira 等(1967)은 東南亞의 森林生態系에 있어서 林型別로 葉量을 調査한바 單位面積當葉量은 密度에 關係없이 거의 一定하다고 하였으며, 落葉潤葉樹林에서는 大部分 3 ~ 4 ton/ha, 常綠潤葉樹林은 7 ~ 8 ton/ha, 熱帶多雨林의 境遇는 7 ~ 8 ton/ha 의 葉量을 갖는다고 하였다.

Table 5. Biomass and increment of stands studied

District	Sucheul (A)	%	Obong (B)	%
Trees biomass	ton/ha		ton/ha	
Aboveground	38.53	100	53.93	100
Leaf	2.53	66	2.79	5.2
Branch	6.59	17.1	6.19	11.5
Bark	7.40	19.2	8.77	16.2
Woody	22.01	57.1	36.18	67.1
Stem	29.41	76.3	44.95	83.3
Shrubs biomass				
Aboveground	10.98	100	5.27	100
Stem + Branch	9.48	86.3	4.62	87.8
Leaf	1.50	13.7	0.65	12.2
Total biomass	49.51		59.20	
Increment				
Biomass	ton/ha. yr.	%	ton/ha. yr.	%
Aboveground	6.74	100	8.99	100
Leaf	2.53	37.5	2.79	31.1
Branch	0.51	7.6	0.33	3.7
Bark	1.54	22.8	0.96	10.7
Woody	2.16	32.1	4.91	54.5
Stem	3.70	54.9	5.87	65.2
Volume	m <sup>3</sup> /ha			
Stem	4.95		5.27	
Leaf area index	ha/ha		3.89	
Biomass density	kg/m <sup>2</sup>		0.64	
Stem biomass height	ton/ha. m		5.31	



우리나라에서 報告된 바로는 落葉闊葉樹가 大部分 2~3 ton/ha 인데, 金 等(1985)은 아까시나무林中에서는 3~7 ton/ha 로 他樹種보다 높은 水準을 보였다 고 하였다.

한편 本 研究의 굴참나무의 境遇는 우리나라 闊葉 樹林의 葉量範圍內에 있는 普通水準이었다. 그리고 樹皮量의 境遇 乾重量( $W_{ba}$ )과 부피( $V_{ba}$ )를 現存量과 幹材積에 對한 構成比를 보면 A林分이 各各  $W_{ba} = 19.2\%$ ,  $V_{ba} = 37.8\%$ 였고, B林分이  $W_{ba} = 16.2\%$ ,  $V_{ba} = 35.6\%$ 로 나타났는데, 一般的으로 幹材積에 對한 樹皮率이 10~20%라는 理論과 比較할 때 월등히 높았는데 이것은 굴참나무의 特性이라 하겠다. 表 5에서와 같이 純物質密度는 A林分이  $0.54\text{kg}/\text{m}^3$ , B林分이  $0.64\text{kg}/\text{m}^3$ 이었다. Kira(1967)의  $Y/F(\text{kg}/\text{m}^2)$ 의 값은 森林의 平均樹高와 關係없이 거의 一定하며 普通  $1.0\sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2$ 로 그 平均值가  $1.3\text{kg}/\text{m}^2$ 라 報告한바<sup>9)</sup> 있는데, 이에 비해 本 樹種은 아주 낮은 편이다. 이것은 樹高에 비해 現存量이 낮으면서 오는 結果라고 생각되며 密度가 낮은 B林分이 Kira 等(1967)의 값에 接近하지마는 두 林分의 差는 別로 없었다.

4. 純生産量推定

表 5에서와 같이 年純生産量은 A林分이  $6.74\text{ton}/\text{ha.yr.}$ , B林分이  $8.99\text{ton}/\text{ha.yr.}$ 로 推定되었다. 이와같이 密度가 낮은 B林分이 年純生産量은 많았으나 現存量에 對한 純生産量의 構成比率는 林分別로 各各 17.5%, 16.7%로서 僅少한 차이기는 하나 低密度인 B林分이 낮은 傾向을 보였다. 이와같은 現象은 超過密林分의 個體木當 現存量이 根本的으로 작은데서 오는 原因과 超過密林分보다 低密度林分이 成長의 極大期가 早期에 나타나 지나가고 있음을 示唆하는 것이라 생각된다. 따라서 超過密林分에 對한 早期에 生長率을 높이는 하나의 方法으로서 密度調節을 爲한 適切한 天然林撫育間伐이 試圖되어야 하겠다. Kira와 Shidei(1967)가 東南亞의 森林生態系에서 純生産量을 調査한 것을 보면 常綠闊葉樹林이  $20\text{ton}/\text{ha.yr.}$ , 溫帶의 落葉闊葉樹林이  $5\sim 10\text{ton}/\text{ha.yr.}$ 로 報告하였고, 우리나라에서 報告된 바로는 闊葉樹의 境遇  $1\sim 15\text{ton}/\text{ha.yr.}$ 로서  $5\sim 10\text{ton}/\text{ha.yr.}$ 이 제일 많이 나타난다고 하였다. 本 調査의 굴참나무의 경우 東南亞와 우리나라에서 가장 많이 나타나는 中位圈水準에 屬하였다.

한편, Kira(1976)는 Warmth index(WI)와 Net

production ( $P_n$ )와의 關係式을  $P_n = 0.08591\text{ WI} + 8.40$  ( $r = 0.44$ )로 表示했는데, 山淸地域의 WI는 表 3에서와 같이  $104.21^\circ\text{C}$ 로서 이 값을 前記式에 代入하여 計算하면 純生産量은  $17.35\text{ton}/\text{ha.yr.}$ , 調査地의 海拔高를 考慮하여 推定하면  $14.62\text{ton}/\text{ha.yr.}$ 로 本 調査地의 推定值보다 훨씬 높았다.

5. 잎의 生産能率

植物生長의 複利法則을 適用한 生長解析法에 依해 生長率(R.G.R), 純同化率(N.A.R) 및 葉重量比(L.W.R)를 求한바 表 6과 같다. 表 6에서와같이 A, B林分의 N.A.R은 各各  $2.75\text{kg}/\text{kg.yr.}$  및  $3.58$

Table 6. The production efficiency of leaf to stands studied

District	Sucheul Obong	
	(A)	(B)
Leaf mass(ton/ha)	2.53	2.79
Total production(ton/ha.yr.)	6.75	8.99
Stem production(ton/ha.yr.)	3.70	5.86
Stem woody production(ton/ha.yr.)	2.16	4.90
Bark production(ton/ha.yr.)	1.54	0.96
Net assimilation rate(kg/kg.yr.)	2.75	3.58
Efficiency of leaf to produce stem(kg/kg.yr.)	1.46	2.09
Efficiency of leaf to produce stem woody(kg/kg.yr.)	0.85	1.75
Efficiency of leaf to produce bark(kg/kg.yr.)	0.60	0.34
Relative growth rate(kg/kg.yr.)	0.19	0.18
Leaf weight ratio(kg/kg)	0.07	0.05

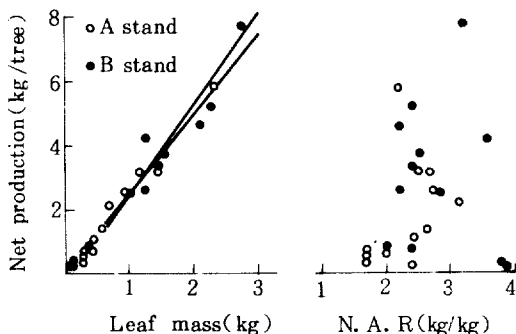


Fig. 5. The relationships between net production and leaf mass or net assimilation rate  
 A stand :  $P_n = 2.2789 W_L + 0.0314$  ( $r = 0.9863^{**}$ )  
 B stand :  $P_n = 2.5003 W_L - 0.0446$  ( $r = 0.9588^{**}$ )

kg/kg.yr.로 密度가 높은 A林分이 B林分에 比하여 單位葉量에 對한 效率이 낮게 나타났는데 이는 林分 密度의 差에서 생기는 林內照度和 關係가 있는 것으로, 林分內庇蔭이 높으면 N.A.R.은 낮아지고 葉面積比가 增加하는 傾向이 있다는 Kawanabe(1971) 등의 理論에 부합된다. N.A.R.은 樹種, 樹令 및 立地環境에 따라 差가 있는데, 金等(1982)은 오동나무 林에서 N.A.R.이 2.29~4.73kg/kg.yr.이라 보고하였고, 金等(1985)은 아카시나무林的 8年生, 13年生 및 20年生에서 各各 3.66kg/kg.yr., 4.13kg/kg.yr., 2.50kg/kg.yr.로 13年生이 가장 큰 값을 나타내어 物質生産效率이 13年生 前後가 가장 높다고 하였다. 本調査地의 過密林分이 物質生産의 效率이 낮음을 돌이켜 볼 때 適切한 撫育間伐의 基準을 마련할 수 있는 研究가 繼續되어야 하겠다. 그림 5는 標本木의 純生産量( $P_n$ )과 葉量( $W_L$ )과 純同化率(N.A.R)과의 關係를 나타낸 것이다. A, B 두 林分에 있어서  $P_n$ 과  $W_L$ 間的 關係를 直線式으로 表示하면 各各  $P_n = 2.2789 W_L + 0.0314$  ( $r = 0.9863^{**}$ ) 및  $P_n = 2.5003 W_L - 0.0446$  ( $r = 0.9588^{**}$ )로 두 變量間的 相關은 高度의 有意성을 나타내어 두 林分 共히 良好한 直線關係가 成立됨을 보여 주었고, 純生産係數가 B林分이 若干 큰으로써 N.A.R.의 값이 크다는 事實을 뒷받침하고 있으나 그림 5에서와 같이 純同化率과는 獨立의인 關係에 있음을 나타내고 있다.

그리고 잎의 幹材生産能率은 表 6과 같이 A林分이 1.46 kg/kg.yr., B林分이 2.09 kg/kg.yr.로 B林分の 것이 높았는데 우리나라의 다른 闊葉樹와 比較하면, 金等(1982)의 오동나무 林에서 0.83~2.99kg/kg.yr., 金等(1985)이 아카시나무林的 8, 13, 20年生에서 各各 1.69, 2.10, 0.96kg/kg.yr.로 本調査도 亦是 이들과 비슷한 傾向이었으나, 굴참나무는 一般樹種과는 달리 두터운 Cork 層을 가지는 特性이 있으므로 表 6에서와 같이 잎의 木質幹材生産能率과 樹皮生産能率을 求했을 때 木質幹材生産能率은 A林分이 0.85 kg/kg.yr., B林分이 1.75 kg/kg.yr.로 B林分이 A林分の 2배에 達했고, 反面에 樹皮生産能率面에 있어서는 A林分이 0.61 kg/kg.yr., B林分은 0.34 kg/kg.yr.로 A林分이 B林分보다 1.8倍 程度가 높는데에 매우 注目된다. 그림 6, 7은 葉量( $W_L$ )이 木質幹材生産量( $P_{sw}$ )과 樹皮生産量( $P_{ba}$ )과의 關係를 나타낸 것이다. B林分이 若干 變異의 範圍가 넓기는 하나 A, B 두 林分 모두가 直線關係가 成立되었으며, 이를 回歸式으로 表示하면 A林分の 것이 各

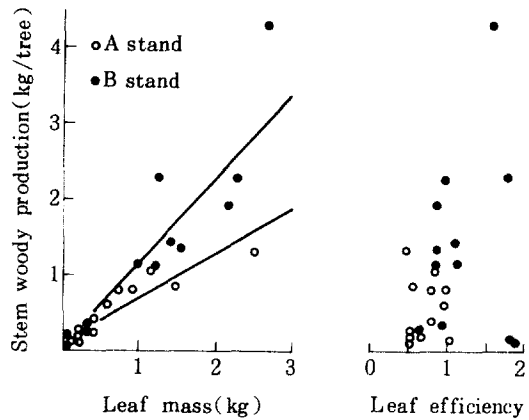


Fig. 6. The relationships between stem woody production and leaf mass or leaf efficiency.

A stand :  $P_{sw} = 0.5073 W_L + 0.1557$   
 ( $r = 0.9123^{**}$ )  
 B stand :  $P_{sw} = 1.2424 W_L - 0.1147$   
 ( $r = 0.9087^{**}$ )

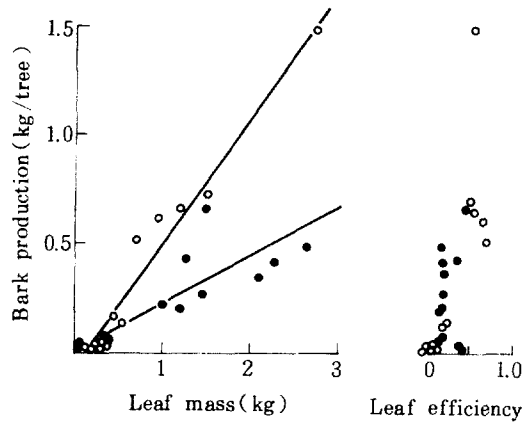


Fig. 7. The relationships between bark production per tree and leaf mass or leaf efficiency.

A stand :  $P_{ba} = 0.6224 W_L - 0.1303$   
 ( $r = 0.9768^{**}$ )  
 B stand :  $P_{ba} = 0.1901 W_L + 0.0419$   
 ( $r = 0.8055^{**}$ )

各  $P_{sw} = 0.5073 W_L + 0.1557$  ( $r = 0.9123^{**}$ ),  $P_{ba} = 0.6224 W_L - 0.1303$  ( $r = 0.9768^{**}$ ), B林分の 것이 各各  $P_{sw} = 1.2424 W_L - 0.1147$  ( $r = 0.9087^{**}$ ),  $P_{ba} = 0.1901 W_L + 0.0419$  ( $r = 0.8055^{**}$ )로 두 變量間에는 高度의 有意성을 나타냈다. 이처럼 過密한 A林分은  $W_L$ 이  $P_{ba}$ 에 크게, 低密度인 B林分에는  $P_{sw}$ 에 크게

作用한 것으로 調査되어 關心을 갖게하는 部分이라 하겠다.

### 結 論

慶南山清地域의 굴참나무天然林에서 密度가 다른 두 林分을 對象으로하여 生産性增進을 爲한 撫育施業資料를 얻고자 林分의 成長量과 物質生産量을 調査한바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 調査地域의 本數密度는 A 林分(6,600本/ha)이 B 林分(4,300本/ha)보다 높고, 胸高斷面積分布範圍는 A 林분이 0~140cm<sup>2</sup>, B 林분이 0~330cm<sup>2</sup>로 林分密度에 따라 顯著한 差異가 있었으며, 胸高斷面積과 本數密度間에는 두 林分 모두가 與型的인 L型的 林分으로 나타났다.

2. 生産構造面에서 優勢木의 平均樹高는 別差異가 없었으나 光合成의 始作部位는 高密度인 A 林分(地上 2.2m)이 低密度인 B 林分(地上 1.2m)보다 높게 나타났다.

3. 胸高直徑(D)과 줄기, 가지, 잎, 樹皮, 幹材積 등의 相對生長式 및 直徑自乘×樹高(D<sup>2</sup>H)와 各部位別 相對生長式에서는 D<sup>2</sup>H를 利用하는 것이 適合度가 높았다.

4. ha當의 現存量은 A 林分의 境遇 下層植生을 포함한 地上部全體와 幹, 枝, 葉 및 樹皮 등이 各各 49.51, 29.41, 6.59, 2.53 및 7.40ton/ha였고, B 林분이 各各 59.20, 44.95, 6.19, 2.79 및 8.77ton/ha로 B 林분이 대체로 크게 調査되었다.

5. 幹材에 對한 樹皮率에 있어서 重量比로는 A와 B 林분이 各各 19.2, 16.2%, 材積比는 37.8, 35.6%로 調査되어 굴참나무의 特性이 잘 나타났다.

6. 年純生産量은 A와 B 林分에서 各各 6.74, 8.99ton/ha로 B 林분이 크지만 現存量에 對한 純生産量의 構成比는 各各 17.5, 16.7%로 B 林분이 작게 나타났음을 볼 때 高密度인 A 林分의 現存量의 蓄積이 작다는 것을 意味한다.

7. 잎의 生産能率(N.A.R)과 幹材生産能率에 있어서 A, B 林분이 各各 2.75, 3.58kg/kg.yr. 및 1.46, 2.09kg/kg.yr.로 B 林분이 높았는데, 이는 低密度인 B 林分의 林木이 效果的인 空間利用을 하고 있음을 나타냈다.

以上の 結果를 綜合해 보면 高密度인 A 林분이 胸高斷面積, 現存量, 純生産量, 純同化率 및 잎의 幹材生産能率 등이 B 林분에 比하여 모두 작았으나, 現存

量에 對한 純生産量의 構成比가 B 林분보다 높은 것을 볼 때 根本적으로 保有하고 있는 現存量이 작다는 것을 示唆하는 것이다. 이를 미루어 볼 때 密度調節을 通하여 生産性を 增進시킬 수 있는 天然林撫育施業의 資料를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### 引 用 文 獻

1. Akai, T., S. Ueda and T. Furuno. 1971. Mechanisms related to matter production in a young white pine forest. Bull. Kyoto Uni. For. 42 : 143-162.
2. 蔡命仁, 金俊鎬. 1977. 물오리나무와 상수리나무의 生産力比較. 韓植誌. 15(3) : 71-78.
3. 鄭在容, 金是環, 鄭永觀. 1982. 森林의 生産力에 關한 研究(I). 智異山의 濶葉樹林을 中心으로. 慶尙大農資研報 16 : 39-45.
4. Kawanabe, S. and T. Shidei. 1971. Some investigations on the growth of Sugi(*Cryptomeria japonica* D. Don) underplanted in deciduous broadleaved stands. Bull. Kyoto Uni. For. 42 : 117-127.
5. 金俊鎬, 尹成模. 1972. 森林의 生産構造와 生産力에 對한 研究(II). 春川地方의 소나무林과 신갈나무林의 比較. 韓植誌. 15(3) : 71-78.
6. 金甲德, 金在生, 李景在, 朴仁協, 權台鎬. 1982. 白雲山地域天然林의 物質生産에 關한 研究. 서울大 演習林報告 18 : 1-11.
7. 金泰旭, 李景宰, 朴仁協. 1982. 環境汚染이 오동나무人工林의 物質生産에 미치는 影響에 關한 研究. 韓林誌. 58 : 8-16.
8. 金甲德, 金泰旭, 李景宰, 金俊選. 1985. 아까시나무造林地의 物質生産量에 關한 研究. 韓林誌. 68 : 60-68.
9. Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary Production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. Jour. Ecol. 17(2) : 70-87.
10. 宮地重遠, 林田吉男. 1980. 光合成と物質生産. 理工學社. pp. 511-528.
11. Monsi, M. und T. Saeki. 1963. Über den lichtfactor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14:22-52.

12. 門司正三, 野木宣夫. 1982. 植物生産. 東海大學出版會. pp.32-111.
13. Peterson, E.B., Y.B. Chan and J. B. Cragg. 1970. Aboveground standing crop, leaf area, and caloric value in an aspen clone near Calgary, Alberta. Can. J. Bot. 48 : 1459-1469.
14. Tadaki, T., T. Shidei, T. Sakasegawa and K. Ogino. 1961. Studies on productive structure of forest(III). Estimation of standing crop and some analyses on productivity of young birch stand (*Betula platyphylla*). J. Jap. For. Soc. 43 : 19-26.
15. 只木良地. 1971. 森の生態. 共立出版社. pp. 65-118.
16. 依田恭二. 1971. 森林の生態. 築地書館. p.331.