

森林의 生産構造와 生産力에 대한 研究

I. 리기다소나무 造林地에 대하여

金 俊 鎬

(서울대학교 教養課程部)

Studies on the Productivity and the Production Structure of the Forests

I. On the Productivity of *Pinus rigida* Plantation

Kim, Joon Ho

(College of General Studies, Seoul National University)

(1971, 11. 19. 접수)

ABSTRACT

The sample stand of *Pinus rigida* plantation was chosen from those at the Choongnam Forest Experiment Station, Choongnam. The diameter at breast height (D) and the height of tree (H) of each tree in the sample plot of 200m² were measured yearly a from 1967 through 1969. The stand was 12.7 - 13.4 cm in mean diameter and had a stand density of 2,150 trees per ha. The trunk, branches and leaves of each sample tree were separately weighed according to the stratified clip technique. The allometric relation between D^2H and dry weight of trunk (W_s), branches (W_b) and leaves (W_l) were approximated by

$$W_s = 0.05917 (D^2H)^{0.837}$$

$$W_b = 0.00655 (D^2H)^{0.589}$$

$$W_l = 0.04466 (D^2H)^{0.690}$$

From the above, the standing crops in the sample stand was estimated to be as much as 76.7, 81.7 and 88.2 tons of dry matter, above ground, per ha in 1967, 1968 and 1969, respectively.

Annual net production, as the sum of the biomass newly produced during one year, was estimated at 4.97 - 5.47 tons per ha per year. The respiratory and the photosynthetic rate deduced from theoretical calculations were 0.045 and 0.74kg of dry matter per kg per year. Tentative estimate of annual respiratory loss was made and annual gross production was roughly estimated at 4.4 - 4.7 and 10.7 - 12.9 tons of dry matter per ha per year. The ratio of respiratory loss to gross production was approximately 36 - 41 : 1.

緒 論

近來에 陸上植物 生態系의 物質生産機構에 대한 研究

가 활발히 이루어져 왔고, 木材 需要量이 增加됨에 따라 森林의 生産力을 파악하고 그것을 向上시키려는 要望도 漸高되어 왔다. 우리나라에서는 森林의 物質生産에 대한 研究로서 過去에는 利用面을 重要視하여 用

材의 蓄積量을 對象으로 다루어 왔을뿐 單位面積當의 純生産量 또는 總生産量을 把握하려는 試圖은 아직 이루어지지 않았다.

이 研究는 森林生態系로서 比較的 單純한 리기다소나무(*Pinus rigida*) 植林地를 對象으로 그 物質生産機構를 把握하고, 生産力을 推定하는데 目的이 있다. 리기다소나무는 1907年 北美洲에서 韓國에 導入된 以來 많은 面積에 造林하였으나 物質生産의 立場에서 그 生産力이 測定되지 않았다.

綠色植物에 있어서 物質生産의 原理는 葉의 光合成 産物중의 一部가 呼吸에 의하여 消費되고, 나머지는 現存量으로서 幹·枝·葉에 貯藏될 것이다. 一定期間의 現存量의 増分이 純生産量이며, 純生産量과 呼吸量의 合計가 總生産量이다.

本研究에서 林分の 現存量은 Kittredge (1944)에 의하여 樹木의 現存量 推定에 應用된 후 여러 學者들에 의하여 開發된 相對生長法을 導入하였다. 즉 單木의 2部分의 量 X, W 사이에는 다음과 같은 近似式이 成立된다.

$$W = AX^h \quad (1)$$

여기에서 A, h 는 W, X 의 組合 및 그밖의 要因에 의하여 決定되는 常數이며 특히 h 를 相對生長係數라 한다(Shidei, 1960; Hozumi, 1963). 실제로 W 는 各器官의 重量을, X 는 胸高直徑(D)과 樹高(H)에서 얻은 D^2H 로서 代置할 수 있다. 相對生長法은 近來에 森林의 現存量推定에 많이 利用되어 왔고(Kan *et al.*, 1965; Kira and Shidei, 1967; Nomoto, 1964; Shidei, 1960; Tadaki, 1965, 1966; Tadaki *et al.*, 1967, 1970), 筭

者는 灌木의 現存量推定에 適用하여 좋은 結果를 얻은 바 있다(金, 1969, 1970).

이 研究가 이루어지는 過程에서 樹幹析解에 助力하여 주신 李種泰·李龍弼兩君, 結果의 整理에 있어서 電子計算의 프로그램을 맡아주신 尹權相先生 및 調查地의 提供과 調查에 協力하여 주신 忠南林業試驗場 宋在烈場長님에게 깊은 謝意를 표하는 바입니다.

調查地

忠南林業試驗場(忠南大德郡儒城面所在)內의 약 4ha. 넓이의 리기다소나무(*Pinus rigida*) 植林地에서 이 調査가 이루어졌다. 이 調査地는 原來 약 5°의 南傾斜地 이었는데 試驗場 建物을 짓기 위하여 平坦하게 整地하였으나 豫定을 바꾸어 植林하였던 곳이다. 1955년 4월에 1.8×0.6m 거리로 苗木을 심은 후, 1966년 가을에 間伐 및 打枝하였으므로 調査期間중에는 Fig. 1에 표시하는 林分密度이었다. 立木密度는 標準地內에서 43本/200m²이므로 調査地에서는 2,150本/ha이었으며 林況은 거의 均一하였다. 秋期의 落葉은 農家에서 거의 收去하였고, 春季에 떨어지는 雄花단 地面에 남아있을 정도로 有機物의 積가량은 적었다. 調査가 끝날 무렵에는 樹冠이 密閉하여 地面에서의 相對照度는 5~8%이었다. 林床植物은 거의 없고, 蘚類만 地表面을 덮고 있었다.

調查方法

이 調査는 IBP methodology leaflet (Ovington and

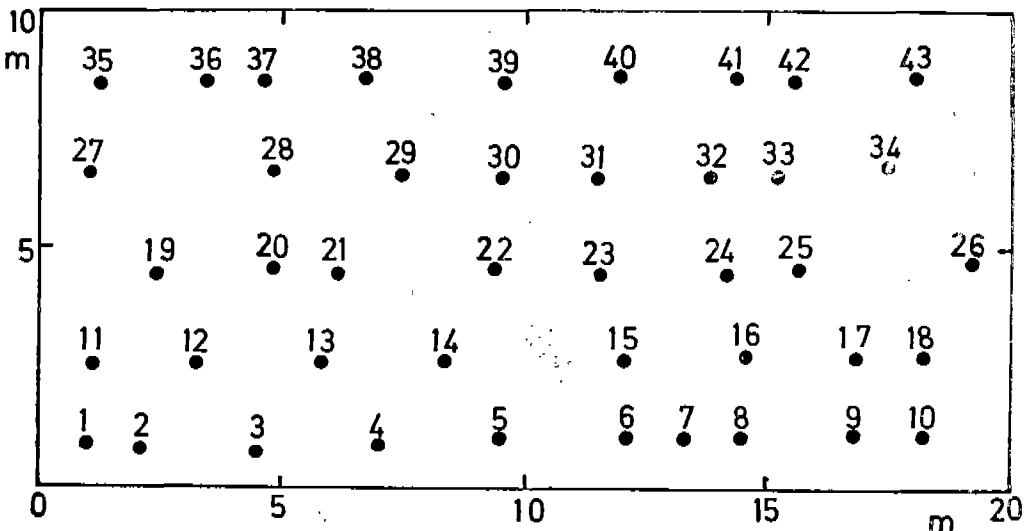


Fig. 1. Map of sample plot showing the position of stem bases and sample plant numbers.

Newbold, 1965; Kira, 1966)에 따라서 이루어 졌다. 그 要點을 간추리던 다음과 같다. 10×20m 標準地내의 全立木에 1.3m 높이와 樹木番號를 페인트로 기입한 후 1967~1969년에 每年 1회씩 胸高直徑을 測定하는 每木 調査를 하였다. 1967~1969년에 測定한 胸高直徑의 範圍에 걸쳐서 全直徑階가 크게 分散하도록 하여, 標準地 또는 그 隣接地에서 14本の 標準木을 選定하여 1969년 10월 中순에 伐木하였다. 伐木한 標準木은 0(地面), 0.3, 1.3, 2.3m...의 層으로 切斷한 후 各層을 幹·枝·葉으로 分離하고, 現場에서 各器官別 生重量을 記錄하였다. 한편 各層의 幹 下端에서 베어낸 円板과, 枝 및 葉의 1部에 대하여 生重量을 測定한 후 이들을 實驗室로 운반하여 80°C의 乾燥器에서 恒量이 될 때까지 말려서 實質率을 求하고, 各器官의 絕對乾燥量換算의 指數로 사용하였다. 그래서 이 論文의 data는 모두 80°C의 乾燥重量으로 표시하였다. 한편 標準木과 그밖의 林木에서 胸高直徑-樹高關係圖를 作成하여 標準地內 全林木의 樹高를 推定하였다. 円板은 樹皮를 除去하고 80°C에서 다시 말린후 木材의 比重을 測定하였다.

生産構造

標準木의 光合成部(葉)와 非光合成部(幹·枝)를 1m 간격의 層으로 分離하여 重量으로 나타낸 生産構造를 Fig. 2에 표시한다(Monsi and Saeki, 1953). Fig. 2의 生産構造圖는 標準木중에서 胸高直徑이 平均値에 가까운 것을 선택한 것이다. 光合成層의 分布는 頂端에서 2/3 보다 위층에 分布하고, 樹冠의 最大光合成層은 樹高의 1/2정도의 위치에 分布하였다. 이들의 特徵은 幼木으로서 旺盛한 生長을 할 수 있는 構造이다. 光合成層이 두꺼운 관계로 地面까지 透過되는 相對照度(5~8%)는 다른 소나무林에 비하여 적은 것으로 생각된다.

現存量

標準地내에서 測定한 胸高直徑의 年令 經過에 따르는 變化를 Table 1에 표시한다. 胸高直徑은 0.3~0.4cm

Table 1. Annual changes in DBH (cm) of *P. rigida*

plant number	DBH			plant number	DBH		
	1967	1968	1969		1967	1968	1969
1	12.1	12.3	12.5	23	13.4	14.0	14.6
2	11.8	12.3	12.5	24	11.1	11.1	11.3
3	11.3	11.7	12.1	25	10.5	10.7	10.9
4	13.2	13.4	13.7	26	15.0	15.3	15.8
5	14.8	15.0	15.1	27	14.3	14.8	15.4
6	15.8	16.1	16.3	28	13.4	13.9	14.5
7	16.1	16.6	17.2	29	10.5	10.8	11.1
8	10.4	10.4	11.1	30	11.0	11.4	11.9
9	12.7	13.9	15.0	31	12.6	12.7	13.1
10	11.5	11.8	12.0	32	11.9	12.1	12.8
11	9.2	9.7	9.9	33	9.9	10.1	10.4
12	12.1	12.7	12.9	34	15.3	15.5	16.0
13	12.6	13.0	13.5	35	19.3	20.0	20.7
14	11.0	11.3	11.3	36	14.6	15.0	15.4
15	9.7	9.7	9.8	37	11.9	12.3	12.7
16	14.0	14.3	14.6	38	12.9	13.2	13.5
17	11.5	11.7	11.6	39	14.0	14.5	15.0
18	10.8	11.1	11.3	40	16.1	16.5	17.2
19	12.1	12.4	12.7	41	10.8	11.0	11.3
20	14.6	14.7	15.1	42	12.7	12.9	13.6
21	13.0	13.4	14.0	43	11.9	12.3	12.9
22	10.2	10.2	10.5	mean	12.7	13.0	13.4

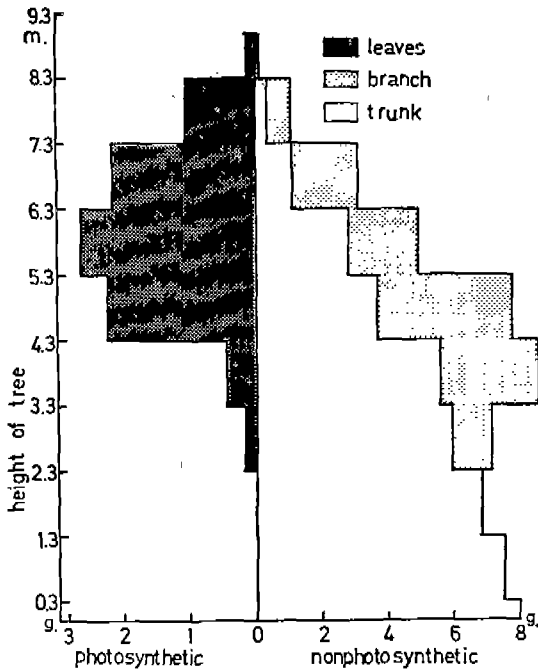


Fig. 2. Production structure of the representative single tree in *P. rigida* afforestation. Left side of diagram indicates photosynthetic system (F), and right side, non-photosynthetic one (C).

1년의 生長速度를 갖었다. 한편 伐木한 標準木에서 얻은 相對生長式을 유도하기 위한 計數를 Table 2에 添補하였다. 이들 數値를 이용하여 D^2H 를 變數로 한 幹重(W_s), 枝重(W_b) 및 葉重(W_l)의 相對生長關係를 兩對數方眼紙에 plot한 것이 Fig. 3, 4 및 5이다. $D^2H \sim W_s$, $\sim W_b$ 및 $\sim W_l$ 關係는, $D^2H \sim W_l$ 關係를 제외하고 比較的 直線性이 良好하였다. Table 2의 數値를 log로 變形한 후, 最少自乘法에 의하여 回歸直線을 求하

고, (1)式에 適用하여 係數 A 와 h 를 求한 結果는 다음과 같다.

$$W_s = 0.05917 (D^2H)^{0.877} \quad (2)$$

$$W_b = 0.00655 (D^2H)^{0.989} \quad (3)$$

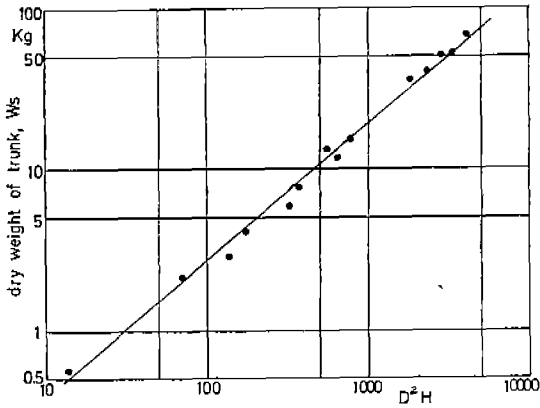


Fig. 3. Allometric relation between trunk weight (W_s) and D^2H per tree. This relation is approximated by Eq. (2).

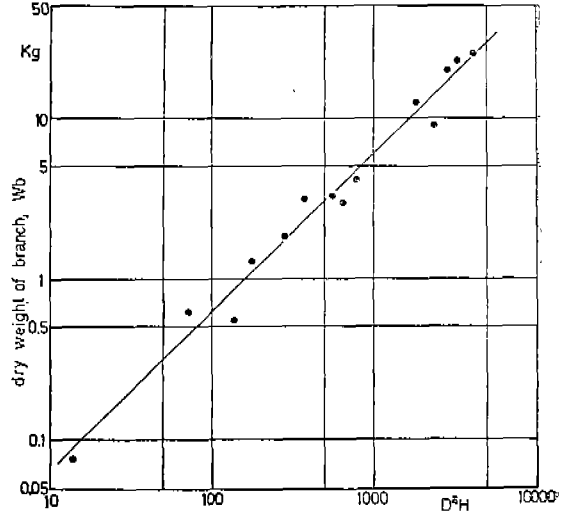


Fig. 4. Allometric relation between branch weight (W_b) and D^2H per tree. This relation is approximated by Eq.(3).

Table 2. Diameter of breast height (D), sq. of diameter (D^2), height of tree (H), D^2H and dry weight of terrestrial organs (W_s , W_b and W_l) of sample trees.

diameter (D)	sq. of diameter (D^2)	height of tree (H)	D^2H	weight of stem (W_s)	weight of branches (W_b)	weight of leaves (W_l)
cm		m	$\text{cm}^2 \cdot \text{m}$	kg	kg	kg
21.1	445.2	9.25	4,110.7	68.72	25.70	13.15
19.6	383.8	8.60	3,300.7	53.22	23.20	9.84
17.5	307.0	9.17	2,815.2	51.26	20.10	11.35
15.9	253.4	9.16	2,321.1	41.78	9.10	6.38
14.2	200.8	9.00	1,807.2	36.50	12.90	9.29
11.9	141.8	5.47	775.6	15.54	4.10	4.43
10.8	117.3	5.48	642.8	11.65	2.98	2.34
10.0	99.4	5.54	550.7	13.04	3.32	4.68
8.8	76.7	4.92	377.4	7.78	3.07	3.04
7.9	61.9	4.62	280.0	5.97	1.85	2.42
6.7	44.8	3.94	176.5	4.07	1.31	2.20
5.8	34.0	4.03	137.0	2.89	0.55	1.23
4.7	22.2	3.19	70.8	2.16	0.62	1.01
2.6	6.8	2.14	13.9	0.56	0.08	0.28

$$Wl = 0.04466 (D^2H)^{0.690} \quad (4)$$

여기에서 相對生長係數 h 값은 枝에서 가장 크고 葉에서 작았다. *Abies sacchalinensis*에서 $D^2H \sim W_s$, $\sim W_b$ 및 $\sim Wl$ 의 h 값은 각각 0.919, 0.928 및 0.851 이었고(Shidei, 1960), *Cryptomeria japonica*의 그것들은 각각 0.95~0.97, 0.96~1.18 및 1.03~1.21(Tadaki et al., 1967)로서 리기다소나무의 h 값에 비하여 큰 편이었다.

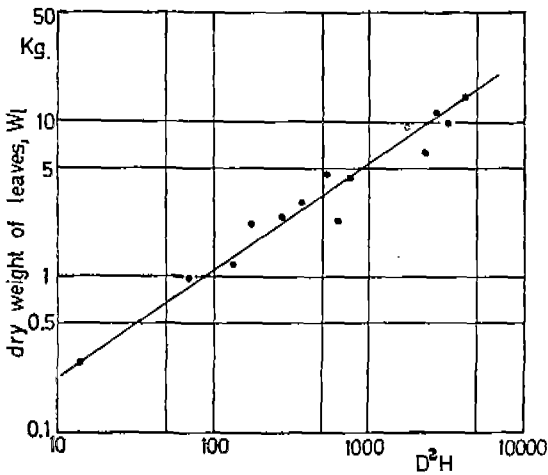


Fig. 5. Allometric relation between leaf weight (Wl) and D^2H per tree. This relation is approximated by Eq. (4).

標準地內의 林木의 現存量은 單木의 D^2H 를 (2), (3) 및 (4)式에 代入하여 W_s , W_b 및 Wl 를 計算한 후, 標準地內 全林木의 W_s , W_b 및 Wl 를 合計하고 다음에 各 器官別 現存量을 ha當으로 換算하였다. 地上部의 現存量(W_t)은 $W_t = W_s + W_b + Wl$ 로 計算 하였고, 이들의 結果를 Table 3에 종합하였다. Table 3에서 W_s 의 現存量은 48~55ton/ha로서 年 6~8%의, W_b 는 7~9%의, Wl 는 5~6%의 增加率을 나타냈다. 地上部의 現存量은 1967, 1968 및 1969년에 各 76.7, 81.7 및 83.2 ton/ha (100 : 106 : 115)로 增加하였다. 한편 幹材積 V_s 를 얻기 위해서는 林木의 比重이 0.4838이었으므로 다음에 의하여 求할 수 있다.

$$V_s = \frac{1}{0.4838} W_s$$

溫帶地方의 소나무種의 現存量을 보면 砂丘에 造林한 *Pinus nigra*는 68ton/ha (Wright and Will, 1958) 만지 적은 경우도 있었지만, 適地에서는 165 ton/ha

(Ovington, 1957)이었고, *P.sylvestris*는 92-158ton/ha (Ovington, 1957, 1965; Ovington and Madgwick, 1959; Westlake, 1963)이었고, *P.radiata*는 166-304 ton/ha (Will, 1964)등 實한 變化가 있었다. 이에 비하여 本研究의 *P.rigida*의 結果는 적은 現存量을 보이고 있다. 그러나 6~15%/年의 增加率이 있으므로 앞으로 더욱 現存量이 增加할 것으로 기대된다.

純 生 產 量

여기에서 純生産量이라 함은 1年間의 生物量의 增加를 말한다. 落葉·落枝量을 無視한다면 前年과 當年의 現存量差를 純生産量으로 간주할 수 있다(Table 3). 地上部의 純生産量은 Table 3의 下欄에 종합한 바와 같이 1967~1968년에 4.97 ton/ha/年, 1968~1969년에 6.47 ton/ha/年이었다.

Table 3. The standing crops and the net productions of *P.rigida* (ton/ha)

	year	Trunk (W_s)	Branches (W_b)	Leaves (W_l)	Terrestrial (W_t)
standing crop (ton/ha)	1967	48.14	15.93	12.67	76.74
	1968	51.23	17.14	13.34	81.71
	1969	55.25	18.74	14.19	88.18
net production (ton/ha·year)	1967~1968	3.09	1.21	0.67	4.97
	1968~1969	4.02	1.60	0.85	6.47

소나무類의 純生産量을 調査한 結果를 보면, 여러가지 소나무에 있어서 5-30ton/ha/年의 純生産量 頻度 分布를 보이고, 그 最高頻度는 10-15 ton/ha/年이었다으며(Kira and Shidei, 1967), *P.sylvestris*의 경우는 3.3-16 ton/ha/年 (Ovington, 1965; Westlake, 1963)이며, 不適地에 植林한 *P.nigra*에 있어서는 5.3 ton/ha/年 (Ovington, 1965)이었다. 筆者의 未發表 資料에 의하면 本調査의 標準地에 隣接한 6, 7 및 8年生의 *P.rigida* 同令林中에서 얻은 純生産量은 7.95~9.37 ton/ha/年이었고, 또 春川地方의 *P.densiflora* 異令林中에서는 11.5 ton/ha/年을 얻었다. Westlake(1963)는 異令林의 純生産量이 同令林의 그것보다 적다고 하였으나, 前述한 春川의 異令林과 本調査地의 純生産量을 比較하는 일은 立地의 差異 때문에 無理이지만, 그 結果는 異令林이 오히려 많았다.

本 研究結果와 前述한 隣接地의 *P.rigida*林과의 差

異는, 前者의 경우 林齡이 12, 13 및 14년생이었고, 林分密度 2,150本/ha, 純生産量 4.97~6.47ton/ha/년인데 比하여, 後者の 경우 6, 7 및 8년생, 密度 2,418本/ha, 純生産量 7.95~9.37 ton/ha/년이었다. 後者の 純生産量이 前者의 그것보다 45~55%만치 많은 까닭은 林齡, 高密度등에 原因이 있는 것으로 생각되었다. 대체로 이 研究의 結果는 다른 立地와 다른 소나무類의 純生産量보다 적었으며 不適地의 *P.nigra* (Ovington, 1965)와 비슷한 값은, 그리고 Kira and Shidei(1967)의 소나무類 純生産量結果의 낮은 頻度에 屬하였다.

Fig. 6은 標準地內 單木의 重量에 대한 頻度分布를

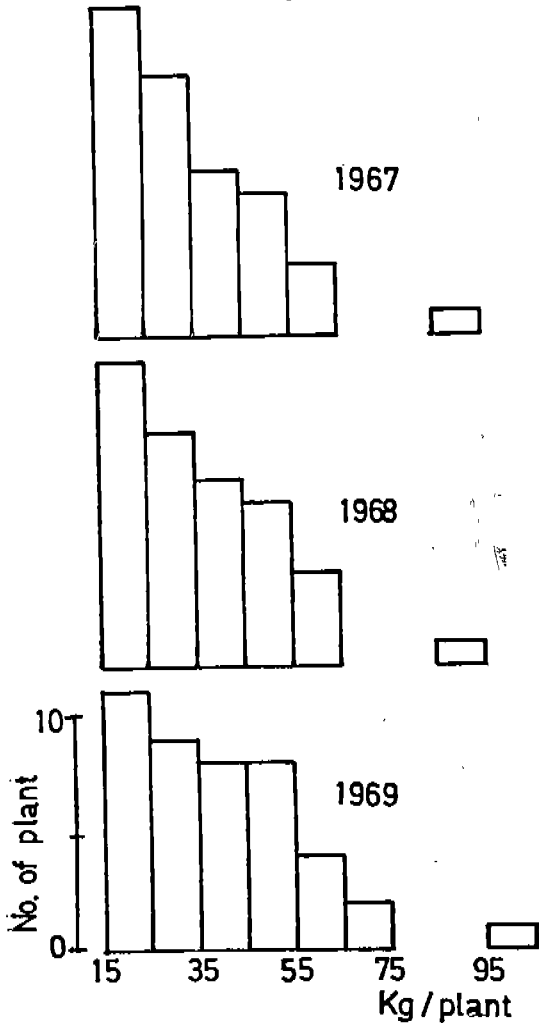


Fig. 6. Changes of frequency in weight of terrestrial organ per plant with age trends in *P.rigida* plantation.

林齡에 따라서 표시한 結果인데, 그 分布의 變化가 거의 없는 것으로 보아 生長速度가 느리고, 全林分이 均一하게 生長하고 있음을 알 수 있다.

呼吸率의 推定

Yoda et al. (1965)은 *P.densiflora*와 *P.Thunbergii*의 器官別 呼吸率을 測定하여 單位面積內의 呼吸消失量을 推定하였다. 여기서는 Boysen Jensen(1932) 및 Shidei(ed) (1960)의 方法에 따라서 *P.rigida*의 呼吸消失量과 光合成率을 다음과 같이 理論的으로 推定하였다.

*P.sylvestris*는 地上部 現存量에 대한 根의 現存量이 25~30%이었다(Ovington, 1957; Ovington and Madgwick, 1959). 本研究에서는 *P.rigida*의 根의 現存量을 實測하지 않았으므로 *P.sylvestris*의 根重比의 平均値 27.5%를 引用하여 *P.rigida*의 根의 現存量을 推定하였다(Table 4).

따라서 全個體重 W 는

$$W=1,275 (W_s+W_b+W_l) \tag{5}$$

다음에 非光合成器官의 全重量 W_c 는

$$W_c=1,275 (W_s+W_b+W_l)-W_l \tag{6}$$

이제 1年間의 葉의 單位 重量에 대한 純光合成率을 a , 非光合成器官의 呼吸率을 R , 純生産量을 ΔW 로 하고, 毬果·落葉·落枝量을 無視한다면

$$\Delta W=a \cdot W_l-R \cdot W_c \tag{7}$$

또는

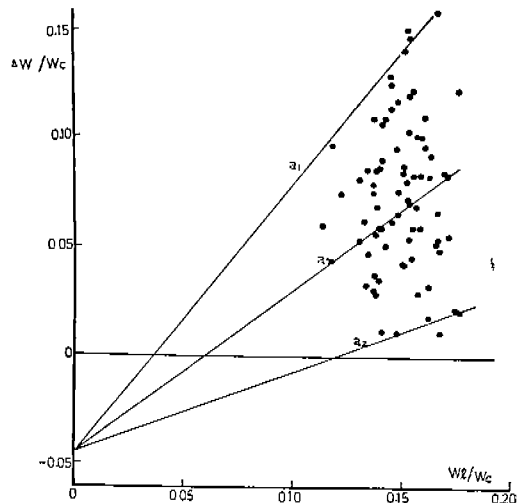


Fig. 7. Relation between $\Delta W/W_c$ and W_l/W_c per tree, which is approximated as $\Delta W/W_c=0.74 W_l/W_c-0.045$.

$$\frac{\Delta W}{Wc} = a \cdot \frac{Wl}{Wc} - R \quad (8)$$

$\Delta W/Wc$ 및 Wl/Wc 를 각각 標準地內의 實測值 또는 推定值에서 計算하고, 두값을 縱橫軸에 따라서 plot 하던 (8)式에 의하여 直線이 예상되며, 直線의 勾配 a 와 $\Delta W/Wc$ 軸을 지나는 點 R 를 찾을 수 있을 것이다.

Fig. 7은 標準地의 林木에서 얻은 값을 plot한 것인데 Wl/Wc 값은 대체로 0.15를 中心으로 分散하고, $\Delta W/Wc$ 값은 상당히 넓은 幅으로 分散하였다. 이 事實은 分散이 比較的 均一한 同令林인 까닭에 Wl/Wc 의 差가 적었다고 생각된다. 따라서 $\Delta W/Wc$ 에 의하여 光合成率 a 가 決定될 것이다. 실제로 Fig. 7에서 上·下限 및 中央으로 보이는 點들을 $\Delta W/Wc$ 軸 위에 收斂하도록 線으로 延長하였던 바,

$$a_1 = 1.24 \text{ kg/kg/년}$$

$$a_m = 0.74 \text{ kg/kg/년}$$

$$a_2 = 0.34 \text{ kg/kg/년}$$

$$R = 0.045 \text{ kg/kg/년}$$

이었다. (8)式에 a_m 과 $-R$ 를 代入하면

$$\frac{\Delta W}{Wc} = 0.74 \frac{Wl}{Wc} - 0.045$$

로 된다. 이와 비슷한 方法으로 計算한 *Abies sachalinensis*의 a 는 1.92~0.61, R 는 0.04이었고, *Picea jezoensis*의 a 는 0.95~0.59 kg/kg/년 R 는 0.015 (Shidei, 1960)이었고, *Abies veitchii*의 a 는 1.4, R 는 0.04 (Tadaki et al, 1970)이었다. 이들의 結果로 보아 *P.rigida*의 光合成率 a 는 다른 植物보다 적었고, 呼吸率 R 는 거이 비슷한 값을 나타내었다.

Table 4. Estimation of gross production(ton/ha·year)

	1967~1968	1968~1969
Production of terrestrial organ	4.97	6.47
Production of root*	1.37	1.78
Net production	6.34	8.25
Respiration loss	4.40	4.69
Gross production	10.74	12.94

*Root dry weight was estimated as 27.5% of terrestrial organ.

以上에서 얻은 R 값과 現存量에서 推定된 單位面積內의 呼吸에 의한 消失량은 4.4~4.7 ton/ha/년이었다 (Table 4).

總 生 產 量

여기에서 總生産량이라 함은 落葉·落枝量을 無視하

고, 年純生産량과 年呼吸消失量의 合計를 말한다. 地上部의 純生産量으로부터 (5)式에 의하여 全個體의 純生産량을 (8)式에 의하여 呼吸消失량을 求하여 合計한 總生産량을 Table 4에 종합하여 표시한다. Table에서 總生産량은 10.7~12.9 ton/ha/년이며, 呼吸量/總生産量比는 약 36~41%이었다. 여기에서 推定된 總生産량은, *Abies sachalinensis* 및 *Picea jezoensis*의 19.0~23.8ton/ha/년 (Shidei, 1960), *Abies veitchii*의 16~52 ton/ha/년 (Tadaki et al, 1970), *Cryptomeria japonica*의 52.6~54.4 ton/ha/년 (Tadaki et al., 1967)등에 비하여 대단히 낮은 값이었다.

摘 要

忠南林業試驗場內의 리기다소나무(*P.rigida*) 植林地의 生産力を 調査하였다. 1967~1969 사이에 胸高直徑(D)과 樹高(H)를 連年測定하였다. 胸高直徑의 生長速度는 0.3~0.4cm/年이며 立木密度는 2,150本/ha이었다. 14本の 標準木을 伐木하고 各單木을 層別刈取 및 樹幹析解하여 重量을 測定하고 生産構造圖를 作成하였다. 各器官의 重量과 D^2H 에서 相對生長式을 유도하여 全林分의 現存量을 推定하였다. 地上部 現存量은 1967, 1968 및 1969년에 各各 76.7, 81.7 및 88.2 ton/ha이었다. 現存量의 年間 増分인 年純生産량은 4.97~5.47 ton/ha로서 다른 場所의 소나무류에 비하여 적었다. 呼吸과 光合成의 收支式에서 計算한 呼吸率은 0.045 kg/kg/년, 光合成率은 0.74 kg/kg/년이었다고, 年呼吸消失量은 4.4~4.7 ton/ha/년이며, 年呼吸消失量과 年純生産量에서 推定한 年總生産량은 10.7~12.9 ton/ha/년이며, 呼吸量/總生産量比는 약 36~41%이었다.

參 考 文 獻

1. Boysen Jensen, P., 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. p. 108. Jena.
2. Hozumi, K., 1963. Allometry in higher plants with spetial reference to the relations concerned with D.B.H., Seicho 2 : 1-18.
3. Kan, M., H. Saito and T. Shidei, 1965. Studies of the productivity of evergreen broad leaved forests. Bul. Kyoto Univ. Forests, 37 : 55-75.
4. 金俊鎬, 1969. 忠南地方의 主要 枞나무 品種의 生

- 産力 比較研究 I. 相對生長法에 의한 뽕나무 品種
間의 生産力推定에 대한 研究. 과학교육연구, 2 :
1—10.
5. _____, 1970. 陸上植物의 生産力推定을 위한 相
對生長法の 利用에 대하여. 韓·식·지. 13 : 47—55.
 6. Kira, T. (ed), 1966. Studies on the methods of
determining primary production in forest comm-
unities. Interm Rep. for 1966. pp. 20—25.
 7. _____, and T. Shidei, 1967. Primary pro-
duction and turnover of organic matter in different
forest ecosystems of the Western Pacific. Jap.
Jour. Ecol., 17 : 70—87.
 8. Kittredge, J., 1944. Estimation of amount of
foliage of trees and stands. Jour. Forestry, 42 :
905—912.
 9. Monsi, M. and T. Saeki, 1953. Über den Licht-
factor in den Pflanzen Gesellschaften und seine
Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. Jour.
Bot., 14 : 22—52.
 10. Nomoto, N., 1964. Primary productivity of beech
forest in Japan. Jap. Jour. Bot., 18 : 385—421.
 11. Ovington, J. D., 1957. Dry-matter production by
Pinus sylvestris L. Ann. Bot. N.S., 21 : 287—314.
 12. _____, and H. A. I. Madgwick, 1959. Distrib-
ution of organic matter and plant nutrients in a
plantation of Scots pine. For. Sci., 5 : 344—355.
 13. _____, and P.J. Newbold, 1965. General proced-
ures for determining the organic production of
woodlands. I.B.P. Methodology leaflet, p.6.
 14. _____, 1965. Organic production, turnover
and mineral cycling in woodlands. Biol. Rev.,
40 : 295—336
 15. Shidei, T. (ed), 1960. Studies on the productivity
of the forests I. Essential needle-leaved forests
of Hokkaido. Kokusaku pulp Ind.Co. p.100. Tokyo.
 16. Tadaki, Y., 1965. Studies on production structure
of forest VII. The primary production of a young
stand of *Castanopsis cuspidata*. Jap. Jour. Ecol.,
15 : 142—17.
 17. _____, 1966. Some discussions on the leaf
biomass of forest stands and trees. Bull. Gov't
For. Exp. Sta., 184 : 135—161.
 18. _____, N. Ogata and Y. Nagatomo, 1967.
Studies on production structure of forest IX. Prim-
ary productivities of 28—year old plantations of
Cryptomeria of cuttings and of seedlings organ.
Bull. Gov't For. Exp. Sta., 199 : 47—65.
 19. _____, K. Hatiya, K. Tochiki, H. Miyauchi
and U.Matsuda, 1970. Primary productivity of
Abies veitchii forest in the subalpine zone of Mt.
Fuji. *ibid.*, 229 : 1—22.
 20. Westlake, D. F., 1963. Comparisons of plant
productivity. Biol. Rev., 38 : 385—425.
 21. Will, G. M., 1964. Dry matter production and
nutrient uptake by *Pinus radiata* in New Zeal-
and. Commonwealth For. Rev., 43 : 57—70.
 22. Wright, T. W., and G. M. Will, 1958. The nut-
rient content of Scots and Corsican pines growing
on sand dunes. Forestry, 31 : 13—25.
 23. Yoda, K., K. Shinozaki, H. Ogawa, K. Hozumi and
T. Kira, 1965. Estimation of the total amount
of respiration in woody organs of trees and forest
communities. Jour. Biol. Osaka City Univ., 16 :
15—26.