韓國林學會誌 81(1) : 1-10. 1992
Jour. Korean For. Soc. 81(1) : 1-10. 1992

신갈나무 壯齡林分의 物質生産 構造에 關한 硏究[1]

韓相燮[2] · 金道永[2] · 沈朱錫[2]

A Study on the Structure of Biomass Production in Thrifty-Mature *Quercus mongolica* Stand[1]

Sang Sup Han[2], Do Young Kim[2] and Joo Suk Sim[2]

要 約

本 硏究는 신갈나무 壯齡林分의 物質生産 構造의 特性을 밝히기 위한 일련의 硏究로 특히, 줄기의 邊材斷面積의 變化에 따른 葉重과 葉面積의 變化를 究明하고자 하였다. 아울러 줄기, 가지, 잎의 분배비율, 줄기에 있어 心材, 邊材, 樹皮의 분배비율, 수고에 따른 줄기량과 葉量의 분포구조 등을 밝히고자 하였다. 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 줄기, 가지, 잎의 物質生産量의 평균 분배비율은 乾重量을 기준할 때 줄기량이 70-84%로 가장 많고, 가지는 11-25%, 엽량이 3-6%로 가장 적었다.
2. 줄기에 있어 心材, 邊材, 樹皮의 분배비율은 乾重量을 기준으로 할 때 心材가 37-43%, 邊材가 38-46%, 樹皮가 16-19%이었다.
3. 優勢木과 中間木에서는 邊材量이 心材量보다 많았으나, 劣勢木에서는 心材量이 더 많았다.
4. 줄기의 邊材斷面積과 葉重 또는 葉面積과의 관계는 높은 直線相關(r=0.9 이상, 1%有意)을 나타냈다.
5. 樹高에 따른 葉面積(m^2)/邊材面積(cm^2)의 比인 k값은 0.24-2.05까지 변화하였다.
6. 가지의 基部直徑 또는 基部斷面積과 葉重 또는 葉面積과는 높은 相關(r=0.9 이상, 1%有意)을 갖는 直線式을 나타냈다.
7. 樹高에 따른 優勢木, 中間木, 劣勢木의 葉量은 正規分布를 나타냈고, 累積 幹材積量은 심한 尖型分布를 나타냈다.

ABSTRACTS

This study was conducted to explain the characters of the structure of biomass production in the thrifty-mature *Quercus mongolica* stands and investigate the relationships between the leaf weight or leaf area and the sapwood area in the bole. Also we intended to identify the allocation ratio of stem, branches, and leaves or heartwood, sapwood and bark in trees and the characters of productive structure of stem and leaf biomass by the tree height. The results obtained were as follows :

1. The allocation ratio of biomass based on dry weight was 70-84% in stem, 11-25% in branches, and 3-6% in leaves.
2. In the bole, the ratios of composition of heartwood, sapwood, and bark were showed 37-43%, 38-46%, and 16-19%, respectively.

[1] 接受 1991年 12月 11日 Received on December 11, 1991.
[2] 江原大學校 林學科 Department of Forestry, Kangweon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

3. The volume of sapwood was exceeded more than that of heartwood in dominant and intermediate trees, while it was reversely appeared in suppressed trees.
4. The weight and area of leaves significantly correlated with the sectional area of sapwood in bole ($r>0.9$, 1% significant level).
5. The ratio of leaf area (m^2) to sapwood area (cm^2), k varied 0.35 to 2.05.
6. The basal diameter and the cross sectional area of a branch significantly correlated with the leaf weight ($r>0.9$, 1% significant level).
7. The leaf weight in a tree is showed a normal distribution curve and the accumulative volume of bole is showed a tapering type.

Key words : *Biomass production structure*, *thrifty-mature stand*, Quercus mongolica.

緖 論

신갈나무는 우리나라 冷溫帶에 가장 많이 분포하는 落葉闊葉樹林의 代表的인 수종으로 韓半島, 日本, 中國의 滿州, 蘇聯의 우수리(Ussuri)지방과 사할린(Sachalin)등지에 분포하며(中井, 1976), 乾燥土壤을 좋아하나 中濕性 土壤에서도 잘 자란다. 우리나라에서는 설악산이나 지리산의 1,200m 이상에서 간혹 원시림으로 喬木限界를 이루고 있는 것이 특징이다. 또 신갈나무는 密度管理만 잘하면 通直하게 자라며, 木材의 比重도 높고 生長과 材質도 뛰어나 가구재, 펄프재, 버섯재배용으로 널리 사용되고 있다.

이러한 신갈나무에 대하여 物質生産力과 生産構造를 자세히 밝힌다는 것은 매우 흥미로운 일이며, 특히 物質生産 活動에 가장 관계가 깊은 邊材面積에 대한 葉量의 관계를 밝힌다는 것은 樹木의 組織構造를 단위 pipe構造로 解析하는 理論(Shinozaki et al., 1964 a, b)의 입장에서 뿐만 아니라 通導組織의 生理活動을 究明한다는 입장에서 매우 중요하다(Long et al., 1981; Waring et al., 1982). 邊材는 주로 水分通導機能을 담당하는 조직으로 뿌리와 줄기에 存在하며, Jaccard(1912)의 水分通導說에 따르면 줄기에 있어 根元部의 通導組織의 斷面積(邊材面積)과 樹冠基部의 通導組織의 斷面積은 같아야 하며, 그 比率에 의해 樹幹型이 梢殺型 또는 完滿型으로 發達된다고 한다(任 등, 1985). Shinozaki 등(1964 a, b)의 파이프理論에서도 줄기의 邊材組織의 斷面積과 살아있는 가지의 斷面積은 같다고 한다.

따라서, 줄기, 가지, 잎, 수피 등의 物質分配量의 구성비율, 줄기의 生長에 따른 邊材斷面積의 변화, 邊材의 斷面積의 크기에 따른 葉重과 葉面積의 변화, 總 材積에 대한 邊材와 心材의 구성비율 등을 밝힌다는 것은 物質生産의 生理的 構造와 水分通導組織의 量的 解析을 究明하는데 매우 중요하고, 최근 이에 대한 邊材組織의 量과 葉量과의 關係에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Long *et al.*, 1981; Grier *et al.*, 1974; Waring *et al.*, 1982; Rogers and Hinckley, 1979; Kaufmann and Troendle, 1981; Waring *et al.*, 1977; Ryan, 1989). 그러나 우리나라에서는 아직 신갈나무林의 物質生産構造에 관한 연구가 매우 미흡한 실정이며(林業硏究院, 1988), 특히 通導組織의 生産構造와 生理機能에 대한 연구가 거의 없다. 生理機能을 알기 위해서는 心材, 邊材, 樹皮의 構成 比率과 葉量과의 관계를 調査할 필요가 있다.

본 연구에서는 신갈나무林의 物質生産構造의 特性에 관한 일련의 연구 중 신갈나무 壯齡林分에 있어서 優勢木, 中間木, 劣勢木에 대하여 주로 邊材面積에 대한 葉重과 葉面積과의 관계를 究明하였으며, 아울러 수간의 생장에 따른 邊材, 心材, 樹皮의 구성비율, 그리고 줄기, 가지, 잎의 분배비율 등에 관하여 測定 考察하였다.

材料 및 方法

1. 調査區의 槪況

본 연구의 조사지는 江原道 洪川郡 北方面에 위치한 江原大學校 林科大學 附屬演習林 6林班라, 마小班에 위치한 35~50年生 신갈나무 壯齡

Table 1. The description of investigated stands of *Quercus mongolica* forest located in the Experimental Forest, Kangweon National University.

Plot	DBH(cm)			Height(m)			Mean crown width (m)	Density trees /ha	Slope (o)	Direc-tion	Alti-tude (m)
	Mean	Mini-mum	Maxi-mum	Mean	Mini-mum	Maxi-mum					
A	10.87	2.23	40.45	12.5	4.9	15.2	3.57	2350	30	S75E	440
B	15.05	7.01	23.57	14.0	11.8	18.0	5.16	1800	22	S35W	450
C	10.13	3.20	26.70	12.4	10.1	16.3	3.35	1325	23	N34E	330

林分으로 20m×20m 크기의 調査區를 3개 설정하고 全立木에 대하여 胸高直徑(DBH), 樹高(H), 樹冠幅, 密度, 傾斜度, 方位, 標高 등을 조사하였다. 調査區別 概況을 표 1에 나타냈다.

2. 物質生產構造의 測定 方法

調査區 A, B, C(표 1)에서 優勢木, 中間木, 劣勢木으로 구분하고, 優勢木을 調査區別로 1본씩 총 3본, 중간목을 5본, 열세목을 5본 선정하여 地上 20cm에서 伐採한 후, 각각의 벌채목에 대하여 1.2m, 3.2m, 5.2m, 7.2m… 간격으로 切斷, 層別切取法에 의하여 잎, 가지, 줄기의 物質生產量을 측정하였다. 野外에서 伐採 및 測定은 1990년 8월 1일 부터 8월 16일 사이에 행하였다. 그리고 줄기의 邊材面積, 材積, 重量, 生長 등을 측정하기 위하여 각 切斷位置別로 圓板을 채취하여 실험실에서 정밀측정 하였다. 특히 줄기의 邊材와 心材面積의 測定은 투명지를 원판위에 놓고 변재부와 심재부를 연필로 그린 후 planimeter로 면적을 계산하였다.

한편, 줄기, 가지, 잎의 生重은 조사지에서 직접 측정하였고, 乾重은 일부 샘플의 生重을 측정한 후 실험실로 옮겨, 건조기에 넣어 80℃에서 3~5일간 건조시킨 후 측정하였다. 또 葉面積의 測定은 일부 샘플의 생중을 측정 한 후 葉面積測定機를 사용하여 cm^2 단위로 측정하였다.

結果 및 考察

層別切斷法에 의해 측정한 신갈나무의 優勢木, 中間木, 劣勢木에 대한 生重, 乾重, 幹材積의 各器官 分配比를 표 2에 나타냈다. 여기서 줄기 : 가지 : 잎의 평균구성비율을 볼 때 優勢木은 生重을 기준으로 할 때 66 : 30 : 4이고 乾重을 기준으로 할 때 72 : 25 : 3이었다. 中間木은 生重을 기준으로 할 때 70 : 24 : 6이고, 乾重을 기준할 때 75 : 21 : 4이었다. 劣勢木은 生重을 기준 할때 84 : 12 : 4이고 乾重을 기준할 때 86 : 10 : 4이었다. 이와 같은 결과에서 볼 때 신갈나무의 物質生產構造는 줄기의 양이 절대적으로 많고 엽량이 가지량보다도 적은 수종임을 알 수 있었다. 只木과 蜂屋(1968)의 보고에 의하면 너도밤나무를 제외한 상록침엽수와 활엽수에서는 葉量이 가지의 量보다 많은 것이 특징이다. 특히 신갈나무는 우세목에서 가지량의 분배율이 크고 열세목에서 극히 작았다. 또한 표 2에서 줄기의 心材 : 邊材 : 樹皮의 平均分配比率을 보면, 優勢木은 生重基準으로 40 : 44 : 16이고 乾重基準으로 41 : 43 : 16이었다. 中間木은 生重基準으로 37 : 46 : 17이고 乾重基準으로 37 : 46 : 17이었다. 劣勢木은 生重基準으로 43 : 38 : 19이고 乾重基準으로 43 : 38 : 19이었다. 이와같은 결과에서 평균값으로 볼 때 35-50년생 신갈나무 壯齡林의 優勢木과 中間木에서는 邊材量이 心材量보다 많고, 열세목에서는 心材量이 邊材量보다 많다고 할 수 있다. 그리고 樹皮量은 優勢木, 中間木, 劣勢木에서 줄기의 16~19%로 상당히 많은 구성비를 차지한다고 할 수 있다.

心材와 邊材의 분배구성을 수고에 따라 단면적으로 나타내 볼때 그림 1과 같다. 心材와 邊材의 분배구성비율은 개체목과 우세목, 열세목에 따라 현저히 다르게 나타난다. 우세목은 대체로 邊材量이 많으나 개체에 따라서는 心材量이 더 많은 값을 나타내는 경우도 있다. 열세목은 일반적으로 心材斷面積이 邊材斷面積보다 많으나 개체에 따라서는 心材보다 邊材斷面積이 많은 경우도 있다. 이와같이 개체에 따라 心材와 邊材의 斷面積 차이가 있는 개체는 비교적 엽량과 가지량이 다른 개체에 비해 많은 경우에 일어난다. 일반적으로 엽량이 많은 개체는 邊材斷面積도 크다.

Table 2. The fresh and dry weight of each organs in sampled trees.

Sample tree		Age (year)	Fresh weight (kg)							Dry weight (kg)							Stem volume
			Stem				Branch	Leaf	Total	Stem				Branch	Leaf	Total	
			Heart-wood	Sap-wood	Bark	Total				Heart-wood	Sap-wood	Bark	Total				(m^3)
Dominant	1	41	35.36	117.30	29.04	181.70	38.33	12.57	232.60	20.17	66.94	16.54	103.65	18.84	5.70	128.19	0.1789
	2	49	181.56	200.05	74.91	456.52	189.59	20.41	666.52	114.78	126.47	47.36	288.61	92.91	8.98	390.50	0.4253
	3	49	198.03	129.23	60.00	387.26	231.40	28.43	647.09	123.23	80.42	37.33	240.98	113.79	12.80	367.17	0.3691
	Mean	-	138.31	148.86	54.65	341.83	153.11	20.47	515.40	86.06	91.28	33.74	211.08	75.18	9.16	295.29	0.3244
	SD	-	89.54	44.73	23.40	142.93	101.57	7.93	245.10	57.21	31.21	15.72	96.04	49.90	3.55	145.18	0.1291
Intermediate	1	42	21.25	42.94	14.55	78.74	10.77	5.00	94.51	11.88	24.00	7.88	44.01	5.18	2.25	51.44	0.0776
	2	50	56.85	75.95	19.65	152.45	25.54	7.05	185.04	33.59	44.87	11.61	90.07	12.52	3.18	101.09	0.1566
	3	48	74.67	74.88	29.31	178.86	88.99	13.33	281.18	43.60	43.72	17.11	104.43	43.61	5.98	154.02	0.1734
	4	50	46.59	43.17	23.73	113.49	65.10	13.20	191.79	30.29	28.07	15.43	73.79	31.90	5.94	111.63	0.1106
	5	47	38.36	62.07	25.19	125.62	32.55	10.85	169.02	26.09	42.21	17.13	85.43	15.95	4.90	106.28	0.1226
	Mean	-	47.54	59.80	22.49	129.83	44.59	9.89	184.31	29.09	36.57	13.83	79.55	21.83	4.45	104.89	0.1282
	SD		20.00	29.54	5.62	38.11	31.80	3.73	66.59	11.59	9.77	4.02	22.70	15.61	1.67	36.51	0.0379
Suppressed	1	36	4.96	5.32	2.86	13.14	5.66	1.07	19.87	2.63	2.82	1.51	6.96	2.82	0.48	10.26	0.0157
	2	37	6.88	5.83	3.42	16.13	1.55	1.14	18.82	3.92	3.32	1.95	9.19	0.77	0.51	10.47	0.0188
	3	37	7.54	3.95	2.55	14.04	1.33	1.03	16.40	4.07	2.13	1.38	7.58	0.66	0.92	9.16	0.0139
	4	45	29.14	18.47	11.16	58.77	13.17	3.03	74.97	15.42	9.77	5.90	31.09	6.44	1. 37	38.90	0.0533
	5	47	12.43	20.41	7.18	40.02	4.41	2.24	46.67	7.20	11.84	4.18	23.22	1.01	1.01	25.24	0.0376
	Mean	-	12.19	10.80	5.43	28.42	5.22	1.70	35.35	6.65	5.98	2.98	15.61	2.34	0.86	18.81	0.0279
	SD	-	9.87	7.95	3.70	20.29	4.81	0.90	25.35	5.18	4.49	1.98	10.93	2.45	0.37	13.05	0.0171

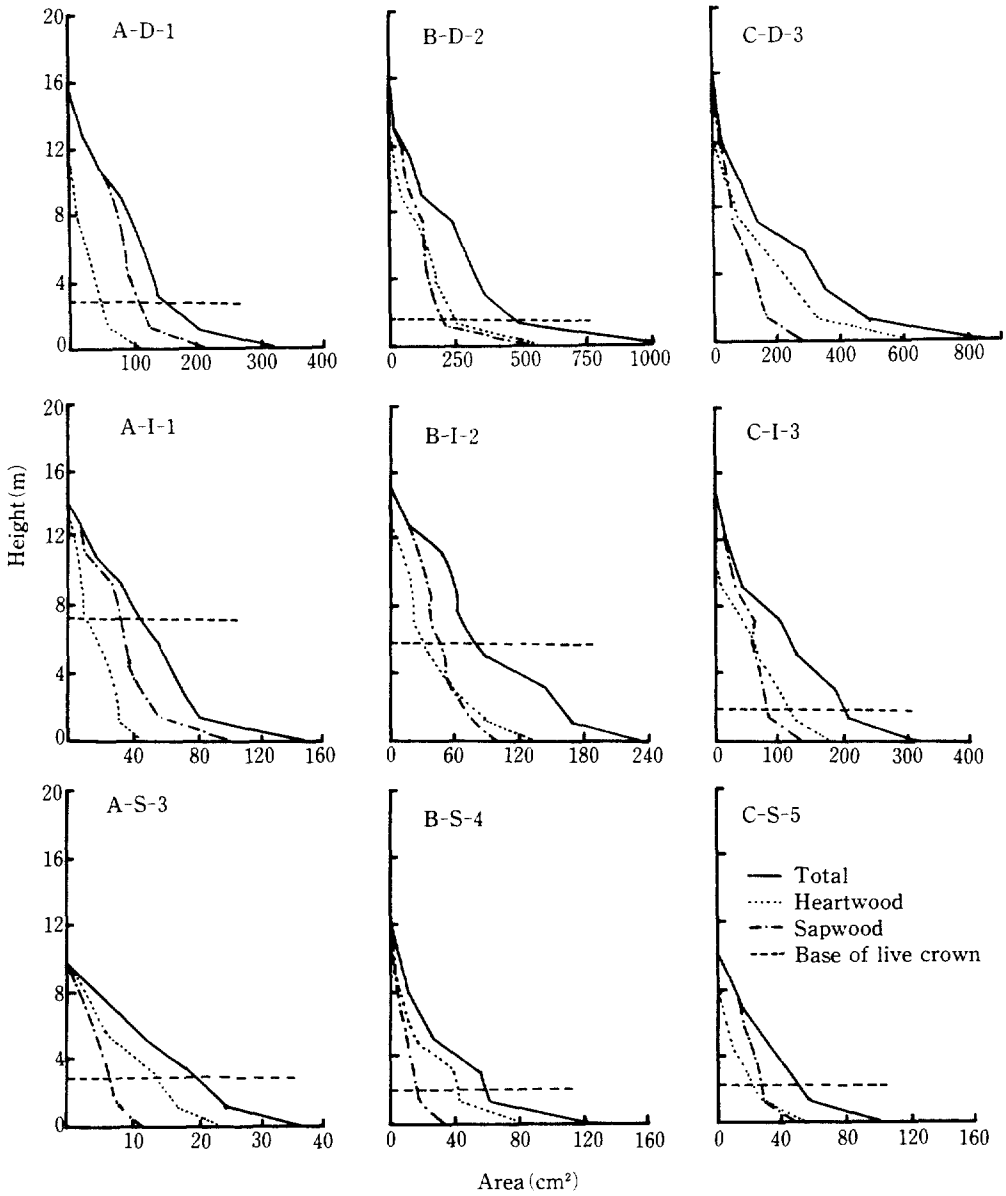

Fig. 1. Profiles of vertical distributions of heartwood, sapwood, and total cross sectional area of stem in *Quercus mongolica* trees. A, B, and C are the plot numbers as shown Table 1. D, I, and S indicate the dominant, intermediate, and suppressed trees, respectively. 1, 2, 3, 4, and 5 are the individual numbers as shown in Table 2.

표 2에서 알 수 있듯이 약간의 개체차이는 있으나, 平均値로 볼 때 優勢木과 中間木에서는 邊材量이 心材量보다 많았으나, 劣勢木에서는 心材量이 더 많았다. 이와같은 결과에 대해 표 2의 자료를 갖고 有意性을 檢定한 결과 5% 수준에서 有意差가 인정되었다. 따라서 優勢木과 中間木에서는 邊材量이 많고, 劣勢木에서는 心材量이 더 많다고 할 수 있다.

한편, 邊材面積의 크기에 대한 葉重 및 葉面積과의 관계를 그림 2에 나타냈다. 優勢木, 中間木, 劣勢木 모두에서 邊材의 斷面積이 증가함에 따라 잎의 生重, 乾重, 面積은 모두 높은 正의

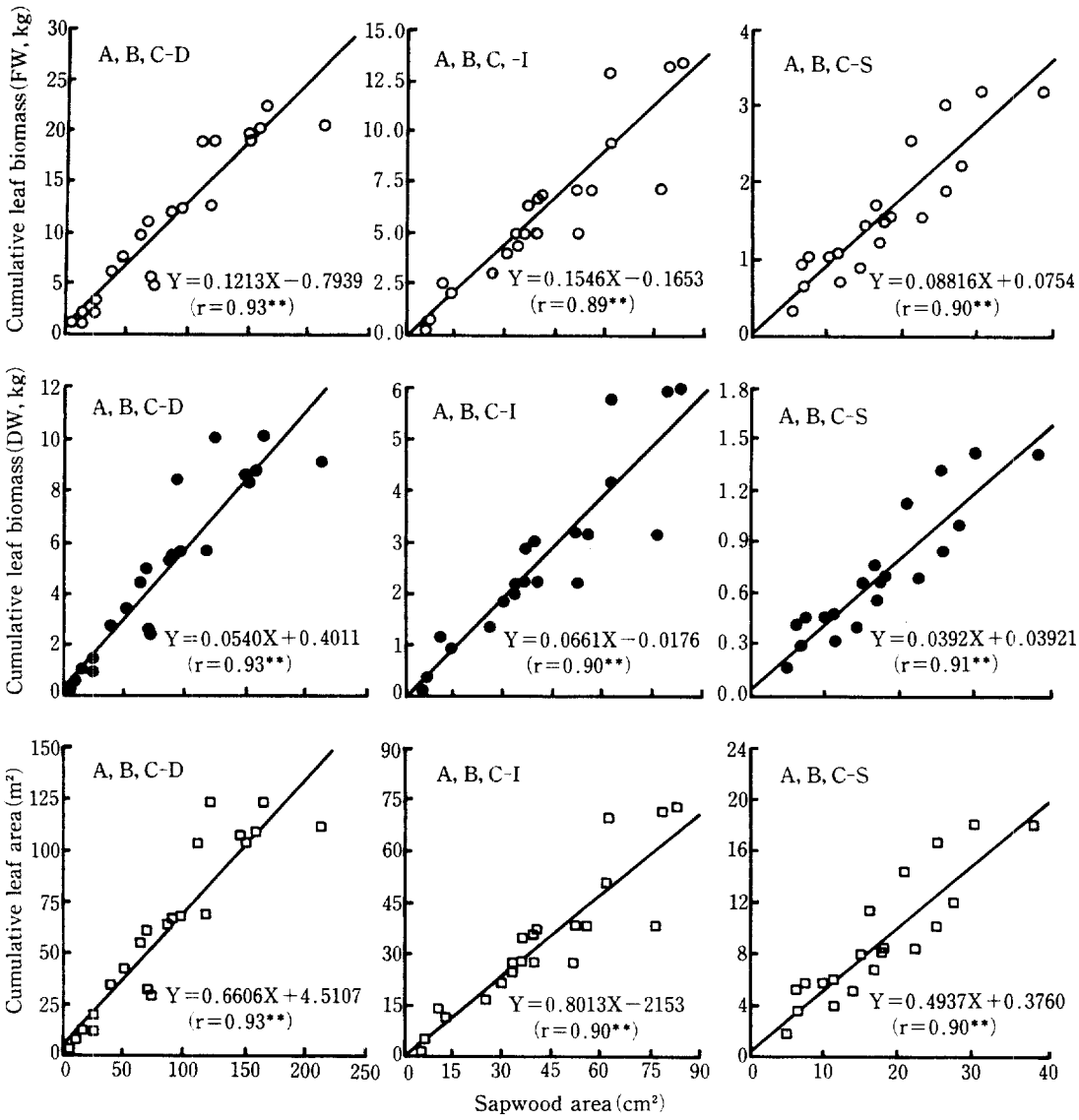

Fig. 2 Relationship between sapwood area and cumulative leaf biomass and cumulative leaf area for *Quercus mongolica* trees. A, B, C, D, I, and S are the same symbol as shown in Fig. 1.

相關(1% 有意)을 나타냈다. 이와같은 현상은 pipe理論을 잘 설명해 주는 증거이며(Waring et al., 1982), 水分通導組織의 量과 葉量과는 매우 관계가 크다는 것을 설명해 주고 있다(Long *et al.*, 1981 ; Waring *et al.*, 1982 ; Waring *et al.*, 1977 ; Kaufmann and Troendle, 1981 ; Rogers and Hinckley, 1979). 신갈나무의 경우는 줄기의 邊材面積에 대해 잎의 重量으로 나타내나 面積으로 나타내나 모두 직선식으로 사용할 수 있으며, 잎이 없는 상태에서도 우세목, 중간목, 열세목의 변재면적을 측정하면 그림 2에 나타낸 직선식을 사용하여 葉量을 간단히 추정할 수 있다. Kaufmann and Troendle(1981)과 Waring(1982)에 의하면 邊材의 斷面積(cm²)과 葉面積(m²)과의 직선관계식은 樹種별로 다르다고 한다.

또 胸高에 있어서 邊材의 斷面積과 葉量과의 관계를 그림 3에 나타냈다. 흉고높이에 있어서도 邊材의 斷面積과 잎의 生重, 乾重, 面積과는 높은 正의 相關(r=0.9이상, 1%有意)을 갖는 직선

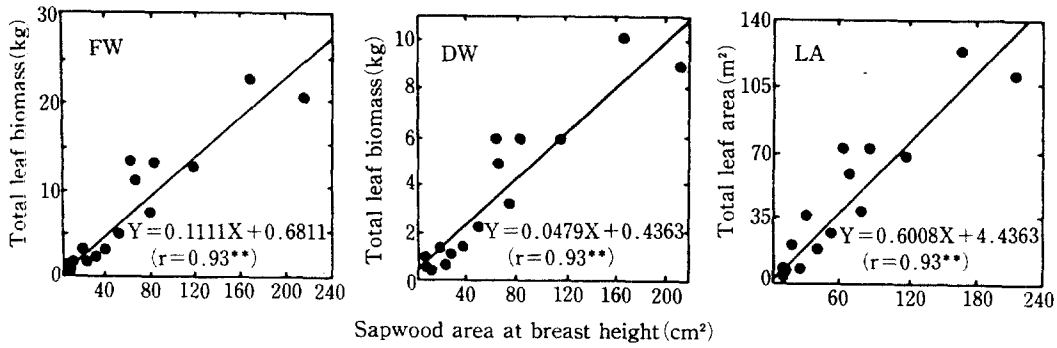

Fig 3. Relationship between sapwood area at breast height(DBH) and total leaf biomass for *Quercus mongolica* trees. FW is the fresh weight, DW is the dry weight, and LA is the leaf area.

Table 3. Coefficents of leaf area(m^2) : sapwood area(cm^2) when sapwoods are sampled at 1.2(k_1), 3.2(k_2), 5.2(k_3), 7.2(k_4), 9.2(k_5), 11.2(k_6), 13.2(k_7), 15.2(k_8), 17.2(k_9) in height.

Sample tree		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	Age
Dominant	1	0.582	0.712	0.760	0.757	0.895	0.886	0.863	-	-	41
	2	0.522	0.696	0.731	0.689	0.452	0.433	0.500	0.549	1.046	49
	3	0.738	1.001	0.925	0.875	0.840	0.770	0.712	-	-	49
Intermediate	1	0.525	0.693	0.761	0.810	0.735	1.346	0.240	-	-	41
	2	0.503	0.698	0.747	0.928	0.927	0.945	0.854	-	-	50
	3	0.875	0.911	1.137	0.825	0.732	0.646	0.661	-	-	48
	4	1.153	1.476	1.196	1.376	0.764	-	-	-	-	50
	5	0.886	1.028	1.041	1.151	0.735	0.996	-	-	-	47
Suppressed	1	0.525	0.578	-	-	-	-	-	-	-	36
	2	0.621	0.739	1.547	-	-	-	-	-	-	37
	3	0.768	0.805	0.360	-	-	-	-	-	-	37
	4	1.152	1.232	2.052	1.443	2.032	0.545	-	-	-	45
	5	0.445	0.406	0.404	0.337	-	-	-	-	-	47

식을 나타내고 있다. 마찬가지로 胸高部位의 邊材面積과 葉面積과의 관계식도 樹種에 따라 다르게 나타났다고 한다(Waring *et al.*, 1982).

신갈나무의 경우에 있어 우세목, 중간목, 열세목으로 나누어 葉面積(m^2)/邊材斷面積(cm^2)의 비율을 k로 하여 줄기의 部位別 값을 표 3에 나타냈다. k는 수고에 따라 동일 개체에서도 약간씩 변화하며, 우세목, 중간목, 열세목간에도 다소 차이가 있으나 일반적으로 k=0.24~2.05의 값을 나타내고 있다.

Waring 등(1982)에 따르면 DBH에 있어 k값은 樹種別로 一定値를 나타내며, *Abies amabilis*가 0.63, *Abies grands*가 0.51, *Picea engelmannii*가 0.34, *Pinus ponderosa*가 0.19, *Tusga heterophylla*가 0.41이며 樹冠基部에서의 *k*값도 이와 거의 비슷한 값을 나타낸다고 한다. 본 연구에서는 優勢木, 中間木, 劣勢木별로 *K*값이 약간 다르게 나타났다(표 3).

가지의 基部直徑과 基部斷面積에 대한 葉量 및 葉面積과의 관계를 그림 4에 나타냈다. 가지의 基部直徑과 葉重(生重 및 乾重)과는 높은 正의 相關(1% 有意)을 나타냈으며, 마찬가지로 가지의 基部斷面積과 葉重과도 높은 正의 相關(1% 有意)을 나타냈다. 그림 4에 나타난 式을 사용하여, 가지의 직경만 측정하면 신갈나무의 葉量을 추정할 수 있다. 가지의 斷面積은 매우 큰가지를 제외하고는 모두 邊材라고 가정할 수 있으며, 가지의 경우도 줄기와 마찬가지로 邊材面積(cm^2)과 葉面積(m^2) 또는 葉重(kg)과는 직선관계로 解析할 수 있다.

한편 신갈나무의 物質生産構造를 나타낸 그림 5에서 알 수 있듯이 樹高에 따른 樹冠의 葉量 分

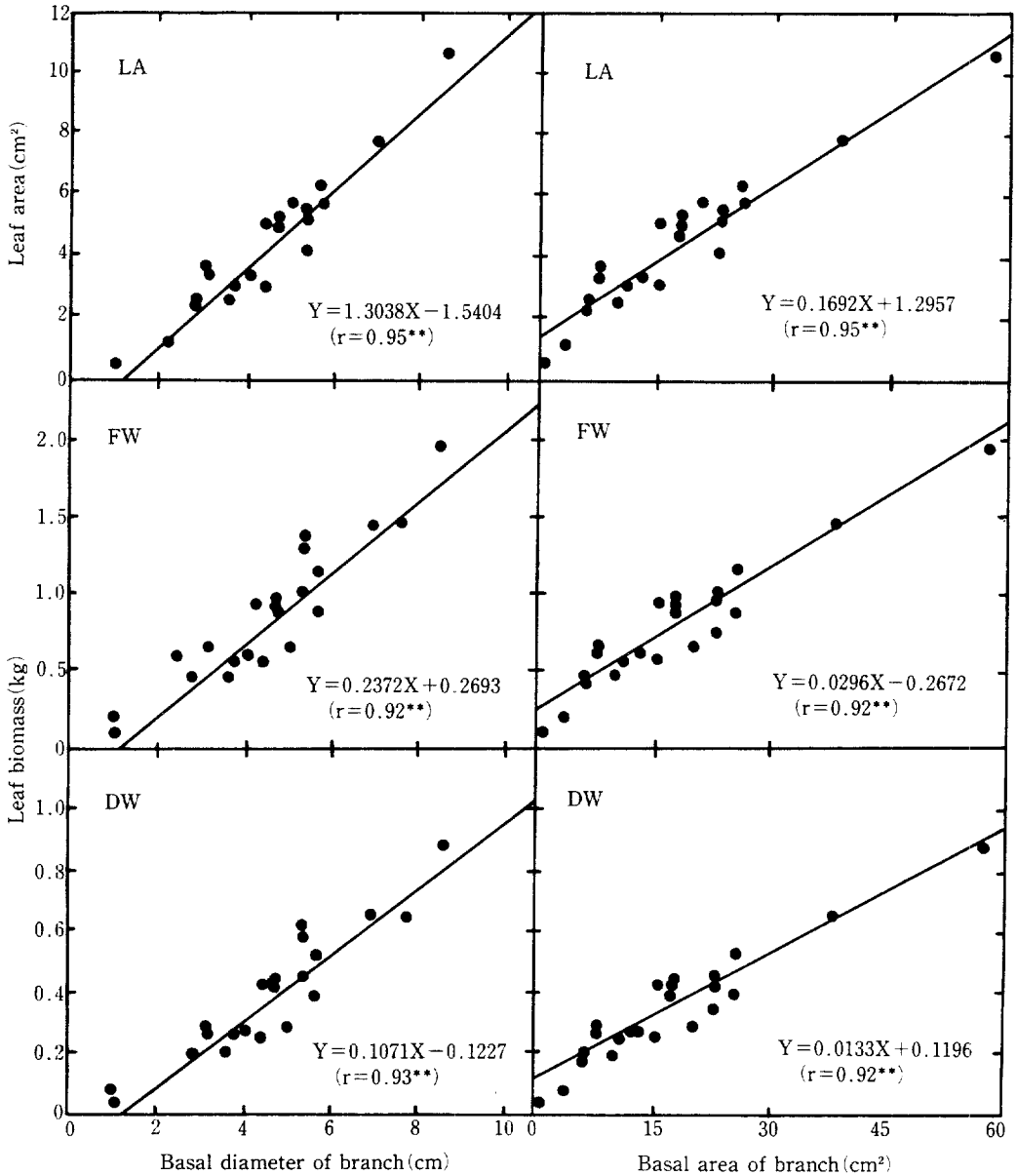

Fig. 4. Relationship between leaf area and leaf biomass and basal diameter and area of branch. LA is the leaf area, FW is the fresh weight, and DW is the dry weight.

布는 優勢木에서는 下部에서 급격히 葉量이 減少하는 경향이고, 中間木에서는 上·下部가 거의 같은 고른 葉量分布를 나타내나, 劣勢木에서는 葉量分布가 不規則하고, 上部, 中部, 下部의 葉量差가 크지 않았으며, 극히 일부 개체(C-D-3와 A-S-3)를 제외하고는 上部 또는 下部로 약간 치우친 正規分布를 나타내는 것이 특징적이다. 이와같이 樹高에 따라 葉量의 正規分布에 가까운 葉量分布를 나타내는 현상은 Douglas-fir에서도 나타나고 있다(Long *et al.*, 1981). 그리고 줄기의 累積 材積量의 형태는 수고에 따라 下部가 매우 큰 尖型을 이루고 있다. 특히 줄기의 형태가 우세목, 중간목, 열세목에서 비슷하나, 葉量은 열세목의 경우 줄기의 下部와 上部의 量이 고르

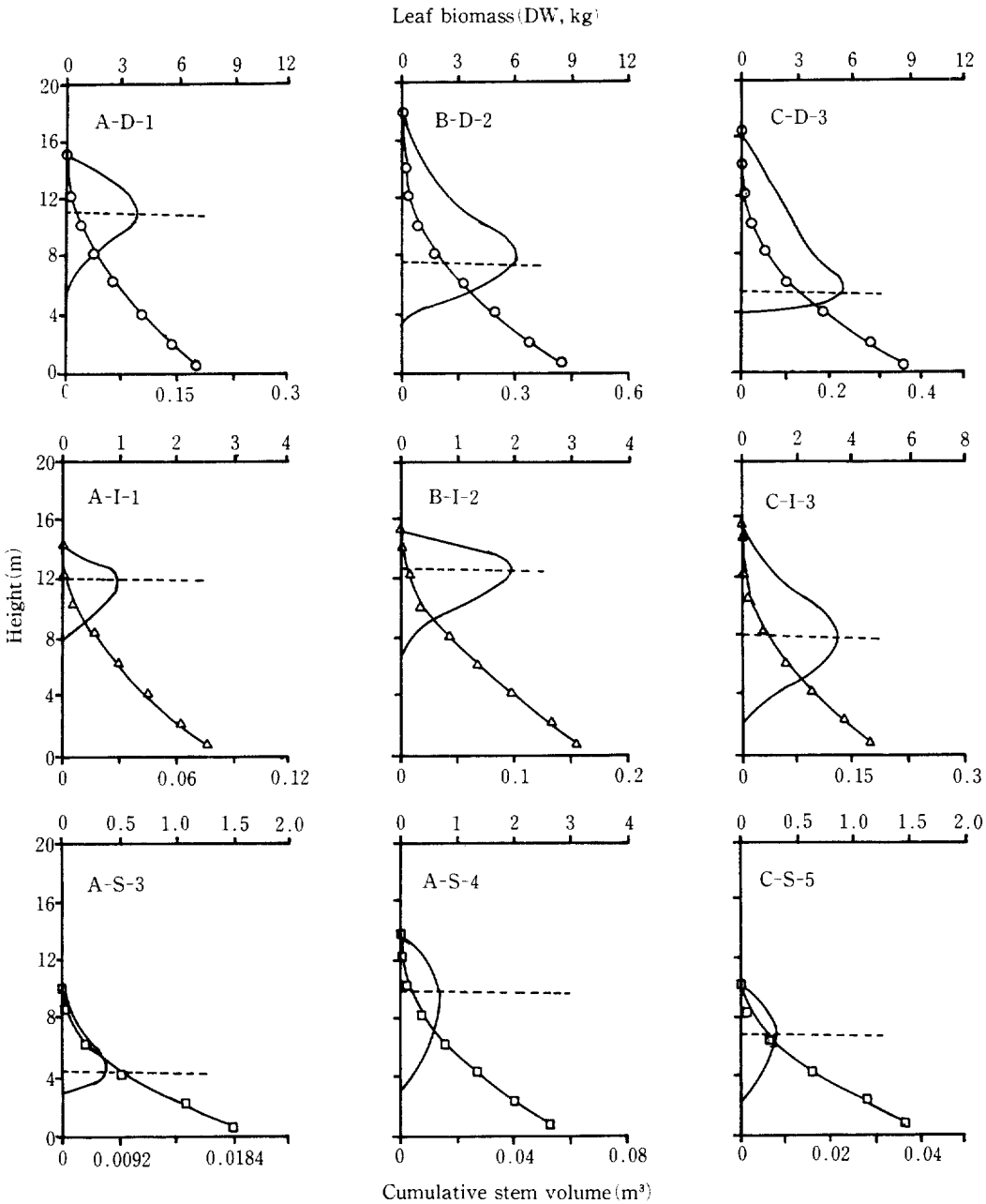

Fig. 5. Profiles of cumulative stem volume and leaf biomass to tree height for dominant, intermediate, and suppressed trees of *Quercus mongolica*. A, B, C, D, I, and S are the same simbols as shown in Fig. 1.

게 분포하고 있는 것이 특징이다.

結 論

신갈나무 壯齡林分에 있어 줄기, 가지, 잎의 物質生産量의 平均 分配比率은 乾重基準으로 줄기량이 70-84%, 가지량이 11-25%, 엽량이 3-6%였다. 줄기에 있어 心材, 邊材, 樹皮의 平均 分配比率은 優勢木, 中間木, 劣勢木별로 다소 차이는 있으나 乾重을 基準으로 할 때 心材가

37-43%, 邊材가 38-46%, 樹皮가 16-19%로 心材量과 邊材量이 거의 비슷한 分配比率을 나타내며, 樹皮量도 무시할 수 없을 정도로 많은 量을 차지하고 있었다. 또 優勢木과 中間木에서는 邊材量이 心材量 보다 많았으나 劣勢木에서는 心材量이 더 많았다.

줄기의 邊材斷面積(cm^2)과 葉面積(m^2) 또는 葉量(kg)과의 관계는 正의 直線關係 式을 보여, 邊材斷面積이 증가하면 葉面積과 葉重은 증가함을 알 수 있다. 葉面積(m^2)/邊材面積(cm^2)의 比인 k값은 樹高에 따라 0.24-2.05까지 변화하였다.

가지의 基部直徑 또는 基部斷面積과 葉重 또는 葉面積과는 높은 正의 相關($r=0.9$ 이상, 1% 有意)을 갖는 直線式을 나타내, 가지의 基部直徑만 측정하면 葉量을 쉽게 추정할 수 있었다. 또 樹高에 따른 優勢木, 中間木, 劣勢木의 葉量은 正規分布를 나타냈고, 累積 幹材積量의 형태는 下部가 매우 큰 尖型分布 構造를 나타냈다.

引 用 文 獻

1. Grier, C.C. and R.H. Waring. 1974. Conifer foliage mass related to sapwood area. For. Sci. 20 : 205-206.
2. Kaufmann, M.R., C.A. Troendle. 1981. The relationship of leaf area and foliage biomass to sapwood conducting area in four subalpine forest tree species. For. Sci. 27 : 477-482.
3. Long, J.N., F.W. Smith, and D.R.M. Scott. 1981. The role of Douglas-fir stem sapwood and heartwood in the mechanical and physiological support of crowns and development of stem form. Can. J. For. Res.11 : 459-464.
4. 林業硏究院. 1988. 참나무 資源의 綜合利用 開發에 관한 硏究. 林業硏究院 : 1-226.
5. 中井猛之進. 1976. 朝鮮森林植物編. 國書刊行會. 1(3) : 25.
6. Rogers, R. and T.M. Hinckley. 1979. Foliar weight and area related to current sapwood area in oak. For. Sci. 25 : 298-303.
7. Ryan, M.G. 1989. Sapwood volume for three subalpine conifers : predictive equations and ecological implications. Can. J. For. Res. 19 : 1397-1401.
8. Shinozaki, K., K. Yoda, K. Hozumi, and T. Kira. 1964a. A quantitative analysis of plant form-the pipe model theory, I. Basic analyses, Jap. J. Ecol, 14 : 97-105.
9. Shinozaki, K., K. Yoda, K. Hozumi, and T. Kira. 1964b. A quantitative analysis of plant form-the pipe model theory, II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology, Jap. J. Ecol, 14 : 133-139.
10. 只木良也, 蜂屋欣二. 1968. 森林生態とその物質生産. わかりやすい林業解說シリーズ 29, 林業科學技術振興所. 66pp.
11. Waring, R.H., P.E. Schroeder, and R. Oren. 1982. Application of the pipe model theory to predict canopy leaf area. Can. J. For. Res. 12 : 556-560.
12. Waring, R.H., H.L. Gholz, C.C. Grier and M.L. Plummer. 1977. Evaluating stem conducting tissue as an estimator of leaf area in four woody angiosperms. Can. J. Bot. 55 : 1474-1477.
13. 任慶彬·高大植·權琦遠·金癸煥·金守仁·金在生·金眞水·金昌浩·金洪殷·朴烽宇·孫斗植·吳光仁·李康寧·李景宰·李敦求·李在善·任行鎭·全尙根·鄭玧洙·鄭鎭澈·韓相燮·洪盛千·黃在禹. 1985. 新稿 造林學原論. 鄕文社. 31-32.