

京畿道 廣州地方 22年生 잣나무 및 신갈나무林의 物質生産量과 無機營養物分布¹

李景宰² · 朴仁協³

Primary Production and Nutrients Distribution in 22-year-old *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* Stands in Kwangju District¹

Kyong Jae Lee² · In Hyeop Park³

要約

잣나무림과 신갈나무림의 物質生産量과 營養物質의 現存量을 推定하기 위하여 京畿道 廣州郡 都尺面에 위치하는 22년생 林地에 10×10m 調査區 10개씩을 설치하여 直徑級을 안배한 標本木 10柱씩을 伐木, 幹(Ws), 枝(Wb), 葉(Wl)部位로 나누어 乾重量을 측정, D·H와 乾重量과의 相對生長式에 의해 物質生産量을 推定하였다. 生産構造面에서 光合成部가 잣나무는 地上4.2m, 신갈나무는 地上6.2m에서 시작되었고, 樹冠의 最大光合成層은 각각 7.2m, 9.2m에서 出現하였다. 잎, 가지, 줄기의 乾重量과 D·H와의 相對生長式에서 두 수종 모두 有意性이 인정되었다. 現存量은 잣나무림이 152.07t/ha(地上部 124.92t/ha, 地下部 27.15t/ha), 신갈나무림이 156.02t/ha(地上部 120.65t/ha, 地下部 35.37 t/ha)이었고, 年間純生産量은 각각 24.66t/ha·yr, 20.35t/ha·yr이었다. 잎의 純同化率은 잣나무림 1.90kg/kg·yr, 신갈나무림은 3.42kg/kg·yr이었고, 幹材生産能率은 각각 0.62kg/kg·yr, 1.10kg/kg·yr이었다. 營養物質의 現存量은 잣나무림에서는 질소, 칼슘, 마그네슘은 대부분이 鑛物質土壤層(0~30cm)에, 인과 카리는 喬木層에 대부분이 함유되어 있었으며, 신갈나무림에서는 질소, 인, 카리, 마그네슘은 대부분이 鑛物質土壤層에, 칼슘은 대부분이 喬木層에 분포하였다. 8개월간(3~11월)에 채취된 落葉量은 잣나무림에서 4.013t/ha, 신갈나무림에서 3.490t/ha이었다.

ABSTRACT

To estimate the biomass, net production and nutrient distribution of *Pinus Koraiensis* and *Quercus mongolica* stand, experimental plots located in Kwangju of Kyonggi-do were selected. Ten sample trees selecte account of DBH distribution were felled and the diagram of oven-dry weight distribution of leaves, branches and stems

1. 接受 2月23日 Received February 23, 1987

2. 서울市立大學 Seoul City University, Seoul, Korea.

3. 順天大學 Suncheon National University, Suncheon, Korea.

※ 본 研究는 韓國科學財團의 學術研究費에 의해 이루어진 것임.

for each 1m segment was constructed. The logarithmic regression equations between dry weight of each component and the variable of $(DBH)^2 \cdot H$ obtained. The standing crops were estimated to be as much as 152.07 and 156.02 tons of dry matter per hectare in *P. koraiensis* and *Q. mongolica* stand respectively. The net production was estimated as 24.66 and 20.35t/ha·yr and the net assimilation rate was 1.90 and 3.42kg/kg·yr in same order. Particular large proportions of nitrogen, calcium and magnesium were found in soil of *P. koraiensis* stand, phosphorus and potassium in overstory of it. At *Q. mongolica* stand, large proportions of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium were found in soil and calcium in overstory. The amounts of litter fall was 4.013t/ha·8 months in *P. koraiensis* stand and 3.490t/ha·8 months in *Q. mongolica* stand.

緒論

樹木の生育은 同化器管인 앞에서 받아들인 太陽 에너지를 이용한 同化物質의 生産의 결과로서, 森林에서의 이러한 生長現象은 그 森林의 物質生産과 分配를 파악함으로써 규명할 수 있는 것으로 森林의 物質生産研究는 이런 측면에서 큰 의의를 갖게 된다.

한편 이러한 物質生産側面의 生態學的研究가 더욱 발전되어 基礎的인 生態系內의 養分循環을 계측함으로써 實用的인 地力維持의 방향을 제공하게 되었다.

이러한 養分循環關係는 國內에서는 연구가 축적되지 않았으나, 外國에서는 삼나무와 편백나무림¹⁾, 방크스소나무와 레지노사소나무림²⁾, 테에다소나무림³⁾, 미송림⁴⁾ 등에 대한 養分循環을 계측한 것이 보고된 바 있다.

본 연구에서는 우리나라의 주요 經濟樹種인 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.) 림과 신갈나무(*Quercus mongolica* Fischer)의 物質生産力과 營養物質의 現存량을 밝힘으로써 실용적인 地力維持에 대한 기초적인 資料를 제공하는 데 그 目的이 있으며, 본 연구가 이루어 지도록 研究費를 지원하여 준 韓國科學財團에 깊은 感謝를 드린다.

材料 및 方法

1. 現存量 推定

본 연구는 京畿道 廣州郡 都尺面에 위치한 서울 大學校 中部演習林의 잣나무人工林(22年生)과 신갈나무二次林(平均林齡 22年生)에서 실시하였다. 各樹種林分의 면적이 5ha이상인 林地에 1985년 9월에

10×10m 調査區 10개씩을 설치하였다.

喬木層의 現存量推定을 위하여 喬木인 두 수종의 胸高直徑과 樹高를 측정 한 후, 흉고직徑의 크기에 따라 10개의 徑級으로 나눈 다음 매경급당 1株씩을 標本木으로 選定, 伐採하였다. 現存量을 推定하기 위하여 層別切取法(stratified clip method)에 의해 各層位別로 줄기, 가지, 잎을 분리채취하여 生重量을 측정하였다. 各 標本木에서 生葉과 生枝를 각각 0.5kg, 1.0kg씩, 幹에서는 2m간격으로 3~5cm 정도의 두께를 가진 圓板을 試料로 채취하여 現地에서 生重量을 측정 한 후, 80℃에서 7일간 乾燥시켜 乾重量을 측정하여 이것으로 單木當 乾重量을 구하였다. 그리고 標本木의 胸高直徑(D) 및 樹高(H)로 $D^2 \cdot H$ 를 계산하고, $D^2 \cdot H$ 와 W_s (幹乾重量), W_b (枝乾重量), W_l (葉乾重量)과의 各의 關係를 對數回歸式으로 나타내어 相對生長式을 구하였다. 標準地內의 現存量推定은 해당되는 相對生長式에 標準地內의 全林木의 $D^2 \cdot H$ 를 代入한 후에 地上部現存量인 W_t 를 $W_t = W_s + W_b + W_l$ 에 의하여 구하였다.

灌木層(樹高 2.0m以下)의 조사지 크기는 5×5m로 하고, 5개의 조사지를 설정하였다. 조사지내의 全灌木만을 모두 벌채하여 줄기, 가지, 잎으로 분리하여 各의 生重量을 측정 한 후, 喬木層에서와 동일한 방법으로 乾燥重量을 구하였다.

草本類層의 조사지 크기는 1×1m로 하고, 5개의 조사지를 설정하였다. 조사지내의 全草本類를 모두 베어 生重量을 측정 한 후 乾重量으로 환산하였다.

地下部의 現存量은 喬木層에서 平均胸高直徑을 갖는 標本木 3주를 선정, 根乾重量을 구한 후, 다음 식에 의하여 추정하였다.

$$y = y' \times G/G'$$

단, y: 調査區(10×10m)內의 地下部現存量

y: 標本木 3주의 地下部 現存量
 G: 調査區內의 全林木의 胸高斷面積 合計
 G: 標本木 3주의 胸高斷面積 合計

2. 純生産量 推定

地上部 木本層의 純生産量推定은 樹幹析解의 결과에 의거 최근 5년간의 年平均胸高直徑生長量과 年平均樹高生長量으로 부터 前年の 胸高直徑(d)과 樹高(h)를 구하여 前年の d^h를 前述한 地上部相對生長式에 대입, 前年の 現存量을 추정한 후, 前年과 今年的 現存量의 차를 年間純生産量으로 하였다. 그러나 闊葉樹의 葉部位와 草本類는 當年 現存量을 純生産量으로 하였다.

地下部의 純生産量은 일반적으로 T/R率을 이용하여 구하므로^{7,13,16,21} 본 연구에서도 동일한 방법으로 前年과 今年의 現存量의 差를 年間純生産量으로 하였다.

3. 營養物質含量 分析

喬木層(잎, 가지, 줄기, 뿌리), 灌木層(잎, 木質部), 草本層, 土壤層(落葉 및 腐植層, 0~30cm 礦物質土壤)에서 試料 0.5kg씩을 채취하여 실험실에서 風乾한 후 全窒素含量은 Kjeldahl法,¹⁸⁾ 磷含量은 Bray法⁶⁾, 나머지 카리, 칼슘, 마그네슘은 原子吸光分析器²⁰⁾로 분석하였다.

4. 落葉量 調査

樹種別로 調査地에 10개씩의 落葉蒐集箱子(1.0×1.0×0.2m)를 系統的抽出法에 의해 1985년 3월에 설치하였다. 그후 5월부터 2개월마다 상자안의 落葉量을 측정하여 11월까지 8개월간의 양을 측정하였으나, 1986년 1월에 20개의 상자중 12개가 破損 또는 遺失되었고, 또한 降水가 상자안에서 凍結되어 11~3월까지의 측정이 불가능하여 본 조사에서는 8개월동안의 양을 나타내었다.

結果 및 考察

1. 調査地 概況

갓나무림은 標高가 160m, 平均傾斜도가 10°로서

西北斜面에 位置하고, 土深은 中程度이며, 土性은 砂質壤土로서 平均樹齡은 22年生이었다. 林冠下部에 *Quercus aliena*, *Rhus japonica*, *Rhus trichocarpa*, *Elaeagnus umbellata*, *Lindera obtusiloba*, *Lespedeza maximowiczii*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Stephanandra incisa*, *Smilax china* 등이 자라고 있었다. 한편 신갈나무림은 標高가 260m, 平均傾斜도가 15°로서 東北斜面에 위치하고 土深은 中程度이며, 土性은 砂質壤土로서 平均樹齡은 22年生이었다. 林冠下部에 발달된 樹種은 *Rhododendron mucronulatum*, *Rhododendron schlippenbachii*, *Betula costata*, *Rhus japonica*, *Rhus trichocarpa*, *Lindera obtusiloba*, *Lespedeza maximowiczii*, *Stephanandra incisa* 등이었다.

氣象資料는 본 조사지에서 12km 떨어진 利川測候所에서 측정한 最近 10년간 (1974~1983)자료로서, 年平均氣溫은 10.7°C로 水平的 森林帶에 의하면 溫帶中部林에 속하며, 年平均最高氣溫은 16.4°C, 年平均最低氣溫은 5.1°C, 溫量指數는 91.8°C, 寒冷指數는 -23.9°C이고 年降水量은 1314.3mm이었다.

2. 生産構造

표1에 의하면 갓나무림의 平均直徑과 樹高는 각각 15.0cm, 10.0m이고, 신갈나무는 각각 12.4cm,

Table 1. General description of experimented stands.

	<i>P. koraiensis</i>	<i>Q. mongolica</i>
Aspect	NW	NE
Slope(degrees)	10	15
Altitude (m)	160	260
Stand age	22	22
DBH(cm)(mean/range)	15.0	12.4
	9.3-24.9	5.4-19.4
Height(m)(mean/range)	10.0	10.2
	8.7-11.3	5.7-13.0
Tree density (trees/ha)	1850	1600
Basal area (m ² /ha)	33.95	21.08

10.2m이며, 林木密度는 갓나무림이 1,850주, 신갈나무림이 1,600주이고, 胸高斷面積은 갓나무림이 ha당 33.95m², 신갈나무림이 21.08m²로서 같은

22년생의 林分이나 人工林인 잣나무림의 單位面積 當 林木密度가 天然林인 신갈나무림의 것보다 높았다.

그림1은 두林分에서 平均胸高直徑을 갖는 標本木을 1m간격의 層別로 切, 가지, 줄기의 乾重量을 표시한 것이다. 光合成部位인 若い 잣나무가 地上

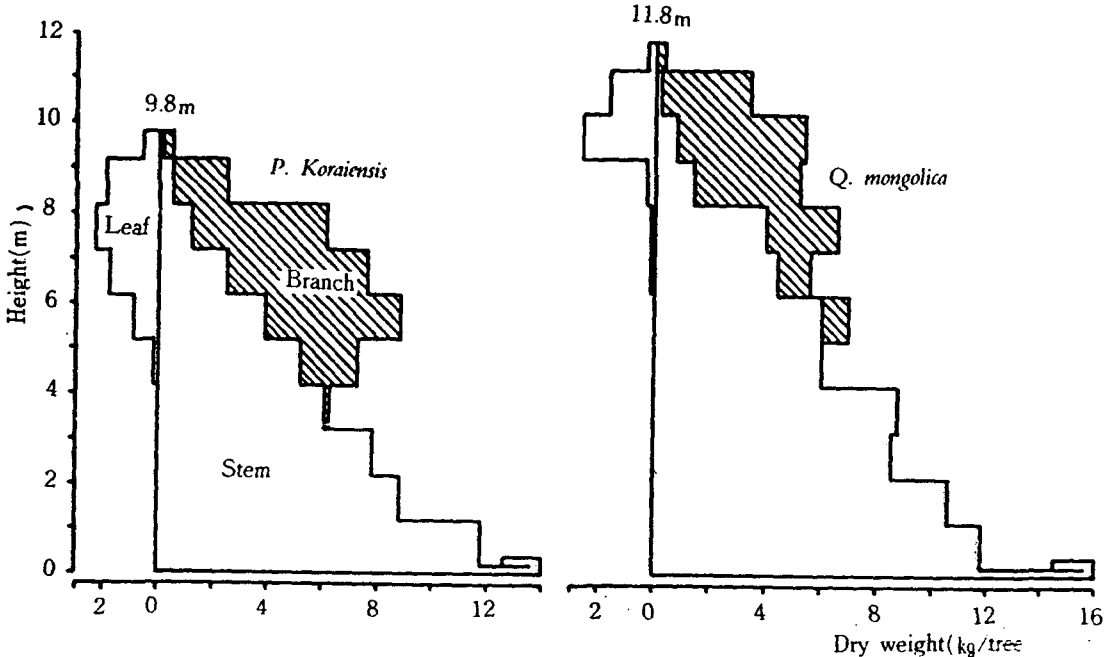


Figure 1. Vertical biomass distribution of various parts per tree of experimented stands.

4.2m部位, 신갈나무는 6.2m部位에서, 最大光合成部位는 잣나무가 7.2m部位, 신갈나무는 9.2m部位에 나타났다. 單位面積當 林木密度는 잣나무림이 신갈나무림보다 큰 수치이나 光合成部 出現位置는 잣나무가 신갈나무보다 낮게 나타나 잣나무가 陰樹

임을 알 수 있다.

3. 現存量推定

伐採한 標本木에서 얻은 測定值로 표2.3을 얻었다. D²H의 크기에 따라 줄기 및 가지의 乾重量은 신

Table 2. Dry weight of stem(Ws), branch(Wb) and leaves (Wl) of sample trees allocated due to diameter of Pinus koraiensis stand.

Diameter (D)	Height (H)	D ² ·H	Dry weight (kg)		
			Ws	Wb	Wl
9.3cm	8.7m	752.463 cm ² ·m	14.03	3.37	1.68
10.6	8.9	1000.004	17.51	3.20	1.40
11.4	10.1	1312.596	25.66	5.88	3.01
12.2	10.2	1518.168	27.07	5.03	2.63
13.1	9.9	1698.939	30.66	9.77	5.19
14.2	10.5	2117.220	37.94	10.10	5.35
14.9	9.9	2197.899	39.08	17.88	7.93
15.7	10.2	2514.198	47.89	18.69	7.58
16.5	10.0	2722.500	51.31	19.98	8.16
20.8	10.5	4542.720	67.51	28.27	12.58

Table 3. Dry weight of stem(Ws), branch(Wb) and leaves (Wl) of sample tress allocated due to diameter of *Quercus mongolica* stand.

Diameter (D)	Height (H)	D ² ·H	Dry weight (kg)		
			Ws	Wb	Wl
cm	m	cm ² ·m			
6.9	6.7	318.987	8.85	3.65	0.63
7.4	9.7	531.172	14.19	1.99	0.88
8.0	7.7	492.800	13.72	5.72	0.72
8.4	9.9	698.544	19.00	4.19	0.99
10.0	10.7	1070.000	26.67	5.54	1.51
11.6	11.4	1533.984	51.75	8.80	2.23
12.9	9.7	1614.177	40.02	14.94	3.25
15.5	11.9	2858.975	64.39	16.40	5.46
15.7	11.7	2883.933	73.16	37.50	5.42
18.6	13.0	4497.480	86.48	67.89	5.56

Table 4. Coefficients calculated from logarithmic regression, log Y=a+blog X, of *P. koraiensis* and *Q. mongolica* stand.

X	Y	<i>P. koraiensis</i>				<i>Q. mongolica</i>			
		a	b	s. d. of b	R ²	a	b	s. d. of b	R ²
D ² ·H	Stem dry weight (Ws)	-1.5179	0.9297	0.0618	0.984	-1.2854	0.9013	0.0361	0.978
D ² ·H	Branch dry weight (Wb)	-3.6767	1.4286	0.1673	0.901	-2.5270	1.1377	0.1781	0.828
D ² ·H	Leaf dry weight (Wl)	-3.7241	-1.3427	0.1544	0.904	-2.7254	0.9788	0.0601	0.962
D ² ·H	d ² ·h*	0.1376	0.9496	0.0138	0.998	0.1211	0.9519	0.0243	0.995
Ws	Wb	-1.3592	1.5464	0.1529	0.928	-0.8310	1.2130	0.2264	0.782
Wb	Wl	-0.2591	0.9306	0.0421	0.984	-0.4119	0.7169	0.1243	0.806
Ws	Wl	-1.5407	1.4501	0.1443	0.926	-1.1580	0.9708	0.1792	0.942

* d and h indicate dbh and height one year before cutting.

갈나무가 잣나무보다 높은 값을 보여 잣나무가 soft wood임을 알 수 있었다. 그러나 잎의 乾重量은 신갈나무가 잣나무보다 낮은 값을 나타냈다. D²H를 사용하여 각 器管別 乾重量과의 相對生長關係를 나타낸 것이 표4인데, 모든 관계에서 回歸係數의 有意性이 認定되었다. 본 조사에서 얻은 잣나무의 D²H~Ws, D²H~Wb, D²H~Wl 사이의 相對生長係數는 각각 0.9297, 1.4286, 1.3427이고, 신갈나무는 각각 0.9013, 1.1377, 0.9788로서 잣나무의 계수가

신갈나무의 그것보다 높게 나타났다. 이것은 人工林인 잣나무림이 신갈나무림보다 D²H의 증가에 따른 각기관 乾重量의 증가가 더 有意의임을 보여주는 것이다. 權¹⁵⁾이 발표한 18년생 잣나무의 D²H~Ws, D²H~Wb, D²H~Wl사이의 相對生長係數는 각각 0.9288, 1.1306, 1.0102이고, 李¹⁶⁾가 발표한 55년생 잣나무의 값은 각각 0.9672, 1.1343, 1.0471로서 본 조사지의 잣나무는 D²H~Ws에서는 다소 낮았으나 다른 두 계수에서는 더 높았다.

Table 5. Biomass distribution of experimented stands by components.

	<i>P. koraiensis</i>		<i>Q. monglica</i>	
	(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)
Total	152.07	100.0	156.02	100.0
Aboveground	124.92	82.1	120.65	77.3
Canopy	122.86	80.7	112.64	72.2
Leaves	12.53	8.2	5.40	3.5
Branches	27.70	18.2	28.91	18.5
Stems	82.63	54.3	78.33	50.2
Understory	2.06	1.4	8.01	5.1
Leaves	0.21	0.1	0.72	0.5
Woods	1.60	1.1	7.20	4.6
Herbs	0.25	0.2	0.09	0.0
Roots	27.15	17.9	35.37	22.7
Biomass density(kg/m ³)	1.24		1.20	
Stem biomass/height(t/ha.m)	8.24		7.53	

잣나무림의 $W_s \sim W_b$, $W_b \sim W_l$, $W_s \sim W_l$ 사이의 相對生長係數는 1.5464, 0.9306, 1.4501로서 $W_s \sim W_b$ 의 값이 가장 크게 나타나, 줄기량의 증가와 가지량증가와의 관계는 다른 器管들 關係보다 더 有意的임을 알수 있었다. 신갈나무림에서의 係數는 각각 1.2130, 0.7169, 1.1081로서 잣나무림보다 모두 낮은 값을 보여, 이는 二次林과 植栽林의 차이에 기인되는 것으로 생각되었다.

相對生長式에 標準地에서 측정한 全林木의 D^2H 를 대입시켜 계산한 결과로 표5를 작성하였다. 잣나무림은 喬木層이 122.86t/ha으로 이중 葉部位 12.53t/ha, 枝部位 27.70t/ha, 幹部位 82.63t/ha이고, 灌木層은 2.06t/ha으로 地上部가 124.92t/ha이었고 地下部 27.15t/ha까지 합친 全體現存量은 152.07t/ha이었다. 신갈나무림은 喬木層이 112.64t/ha으로 이중 葉部位 5.40t/ha, 枝部位 28.91t/ha, 幹部位 78.33t/ha이고, 灌木層은 8.01t/ha으로 地上部가 120.65t/ha이었고, 地下部 8.01t/ha까지 합친 全體現存量은 156.02t/ha이었다. 신갈나무림은 잣나무림에 비해 喬木層의 葉部位의 現存量이 적었고, 灌木層 및 뿌리部位의 값은 커서 全體的인 값은 신갈나무림이 약간 큰 값을 보였다. 이러한 현상은 신갈나무림이 自然林이기 때문에 各 林木이 차지하는 空間이 넓어 가지의 량은 잣나무림보다 컸으나 陽樹인 關係로 樹冠下端部에 위치하는 잎이 적어 葉량이

적은 반면, 잣나무림은 人工林으로 植栽初期에 실시한 下刈作業으로 灌木層의 現存量이 적었고, 또한 陰樹인 關係로 樹冠下端部까지 잎이 붙어 있어 葉량이 크게 나타난 것으로 설명될 수 있겠다.

權¹⁵⁾에 의하면 18年生 잣나무림에서의 現存量은 103.65t/ha(잎부위 11.22t/ha, 가지 22.17t/ha, 줄기 48.01, 뿌리 22.25t/ha), 李¹⁶⁾는 55年生 잣나무림은 137.10t/ha(잎 5.68t/ha, 가지 21.94t/ha, 줄기 85.56t/ha, 뿌리 23.92t/ha)이라고 보고하였는데, 잣나무림의 現存量은 대개 20~30년생에서 일정하여져, Satoo²¹⁾의 現存量 一定의 法則과 같은 결과를 얻었다.

우리나라에서 보고된 다른 針葉樹의 경우 리기다 소나무림은 23.88~54.09t/ha²²⁾, 돌솔림은 61.08t/ha²³⁾, 낙엽송림은 63.66t/ha²⁴⁾인데 본 조사의 잣나무림은 이들보다는 높은 값이었다. 闊葉樹의 경우는 아카시나무림 20년생이 135.44t/ha²⁵⁾, 상수리나무림이 69.43t/ha²⁶⁾, 6년생 오통나무림이 39.47t/ha²⁷⁾으로서 본 조사수종인 신갈나무림이 이들보다 높게 나타났다. 외국의 경우 구주소나무가 22.93t/ha¹⁹⁾, 방크스소나무림이 60.89~116.39t/ha²⁸⁾, 캐나다의 포플러림은 77.11t/ha²⁹⁾, 일본 자작나무림은 40.0~46.0t/ha³⁰⁾으로 본 조사수종들의 現存量은 대체로 높은 水準이었다.

現存量密度(kg/m³)는 現存量(kg/m²)을 優勢木의

Table 6. Net production distribution of experimented stands by components.

	<i>P. koraiensis</i>		<i>Q. mongolica</i>	
	(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)
Total	24.66	100.0	20.35	100.0
Aboveground	20.35	82.5	15.94	78.3
Canopy	19.52	79.1	14.05	69.0
Leaves	7.56	30.6	5.40	26.5
Branches	4.17	16.9	2.72	13.4
Stems	7.79	31.6	5.93	29.1
Understory	0.83	3.4	1.89	9.3
Leaves	0.21	0.9	0.72	3.5
Woods	0.37	1.5	1.08	5.3
Herbs	0.25	1.0	0.09	0.5
Roots	4.31	17.5	4.41	21.7

平均樹高(m)로 나눈 값으로 표에 의하면 그 값은 잣나무림 1.22kg/m³, 신갈나무림 1.12kg/m³로서, 삼림의 경우 평균적인 地力을 가졌다면 現存量의 密度는 1.0~1.5kg/m³ 인데¹⁴⁾, 본 조사에서 산출된 값은 모두 이 범위안에 들었다.

4. 純生産量推定

樹種別 純生産量의 추정식은 다음과 같다. (표4)

잣나무림 : $\log d^2h = 0.1376 + 0.9469 \log D^2H$ ($R^2 = 0.998$)

신갈나무림 : $\log d^2h = 0.1211 + 0.9519 \log D^2H$ ($R^2 = 0.995$)

위식에 의하여 계산한 年間純生産量은 표6과 같다.

잣나무림이 24.66t/ha·yr(地上部의 喬木層과 灌木層이 각각 19.52t/ha·yr 0.83t/ha·yr, 地下部 4.31t/ha·yr), 신갈나무림이 20.35t/ha·yr(地上部의 喬木層과 灌木層이 각각 14.05t/ha·yr, 1.89t/ha·yr, 地下部 4.41t/ha·yr)로서 잣나무림이 신갈나무림보다 큰 값을 나타냈다. 국내의 잣나무림은 18년생과 55년생이 각각 25.42t/ha·yr¹⁵⁾, 5.82t/ha·yr¹⁶⁾로서 본 조사의 잣나무림은 樹齡上으로 보아 純生産量의 極大點이 지났다고 생각된다. 국내의 타수종은 리기다소나무림 2.33~6.37t/ha·yr^{17,18)}, 낙엽송림 12.36t/ha·yr¹⁹⁾, 20년생 아카시나무림 16.78t/ha·yr²⁰⁾, 天然潤葉樹林은 4.41t/ha·yr²¹⁾, 10.62~12.80t/ha·yr²²⁾이었다. Kira와 Shidei²³⁾는 東南아시아의 森林生態系에서 소나무류造林地가 10~15t/ha·yr, 針葉

樹林이 10~15t/ha·yr, 落葉潤葉樹林이 5~10t/ha·yr 이라고 보고하였다. 본조사 수종은 위의 값보다 높게 나타났는데 이는 土地의 生産力이 良好한 것과 撫育등의 管理에 철저한 것에 기인되는 것으로 생각된다.

Kira와 Shidei²⁴⁾는 溫量指數(Warmth Index)와 純生産量(Pn)의 관계를 다음 식으로 나타냈다.

$$Pn = 0.08591WI + 8.40 \quad (r = 0.44)$$

본 조사지의 기상자료에서 溫量指數는 91.8℃로서 위식에 대입하면 純生産量은 16.29t/ha·yr인데 본 조사에서의 값은 이 수치보다 높아 土地의 生産力이 높음을 알 수 있다.

5. 잎의 生産能率

표7은 잎의 純同化率(net assimilation rate:NAR)과 잎의 幹材生産能率을 산출한 것이다. 純同化率은 잣나무림 1.90kg/kg·yr, 신갈나무림 3.42kg/kg·yr로서 후자가 더 높은 값을 보였다. 잎의 純同化率은 수종에 따라 많은 차이가 있는데 잣나무림의 경우 13년생과 18년생이 각각 2.06kg/kg·yr, 2.27kg/kg·yr¹⁵⁾, 55년생이 1.02kg/kg·yr¹⁶⁾, 오동나무림이 4.73kg/kg·yr¹²⁾, 리기다소나무림이 1.65~1.95kg/kg·yr²⁵⁾, 낙엽송림이 3.2kg/kg·yr²⁷⁾, 아카시나무림이 2.50~4.13kg/kg·yr¹⁰⁾로서 이들 수종에 비하여 본 조사수종의 잎의 生産能率은 크게 뒤떨어지지 않음을 알 수 있었다.

標本木의 年間純生産量(P_{kg})과 落葉(L_{kg})간에

Table 7. The production efficiency of leaf of experimented stands.

	<i>P. koraiensis</i>	<i>Q. mongolica</i>
Leaf mass (t/ha)	12.53	5.40
Total production (t/ha/yr)	23.83	18.46
Stem production (t/ha/yr)	7.79	5.93
Net assimilation rate (kg/kg/yr)	1.90	3.42
Efficiency of leaf to produce stem (kg/kg/yr)	0.62	1.10

는 回歸關係가 성립되어 다음 식으로 나타낼 수 있었다.

잣나무림 : $P = 1.990L - 1.052 (R^2 = 0.857)$

신갈나무림 : $p = 2.938L - 0.325 (R^2 = 0.923)$

표 7에는 잎의 幹材生産能率도 함께 나타냈는데, 잣나무림이 0.62kg/kg·yr 신갈나무림이 1.10kg/kg·yr로서 잎의 純同化率과 마찬가지로 신갈나무림이 잣나무림보다 더 높았다. 지금까지 보고된 他樹種의 경우, 잣나무림은 13년생과 18년생이 각각 0.81kg/kg·yr, 0.78kg/kg·yr¹⁵⁾, 55년생이 0.57kg/kg·yr¹⁶⁾로서 잣나무림의 잎의 幹材生産能率의 最

大點은 13~18년사이임을 推論할 수 있겠다. 그 외의 수종으로는 오동나무림의 잎의 幹材生産能率은 2.99kg/kg·yr²⁰⁾, 리기다소나무림은 0.99~1.30kg/kg·yr²¹⁾, 낙엽송림은 1.57kg/kg·yr²²⁾, 아카시나무림이 0.96~2.10kg/kg·yr²³⁾인 바, 본 조사수종의 값은 이들 값보다 낮은 水準이었다.

標本木의 줄기의 年間純生産量(P_s kg)과 葉量(L kg)간에는 回歸關係가 성립되어 다음 식으로 나타낼 수가 있었다.

잣나무림 : $P_s = 0.777L - 0.420 (R^2 = 0.696)$

신갈나무림 : $P_s = 1.331L - 0.664 (R^2 = 0.813)$

Table 8. Mean nutrient concentrations for experimented stands.

(unit: %)

Components	Overstory vegetation				Understory vegetation			Soil	
	Foliage	Branches	Stem	Roots	Shrubs foliage	Woods	Herbs	Forest floor	Mineral soil (0-30cm)
Nitrogen									
A	0.821	0.260	0.109	0.574	1.914	0.438	2.078	0.320	0.230
B	1.422	0.281	0.112	1.366	0.823	0.309	2.106	0.187	0.119
Phosphorus									
A	0.107	0.026	0.009	0.035	0.114	0.039	0.092	0.002	0.0007
B	0.038	0.028	0.006	0.030	0.102	0.039	0.123	0.027	0.0029
Potassium									
A	0.338	0.065	0.026	0.100	0.461	0.075	1.038	0.014	0.003
B	1.220	0.240	0.160	0.290	1.150	0.370	0.926	0.730	0.320
Calcium									
A	0.458	0.254	0.141	0.265	1.258	0.579	1.273	0.081	0.035
B	0.360	0.840	0.180	0.330	1.450	0.500	1.146	0.003	0.002
Magnesium									
A	0.196	0.112	0.080	0.169	0.446	0.187	0.537	0.016	0.008
B	0.210	0.060	0.020	0.060	0.440	0.030	0.574	0.490	0.040

A: *Pinus koraiensis*

B: *Quercus mongolica*

6. 營養物質의 現存量

표8은 조사수종의 層位別 營養物質의 含有率이

다. 전질소의 경우 잣나무림은 灌木層 및 喬木層의 戬부에 각각 1.914%, 0.821%가 含有되어 있으

나 신갈나무림은 각각 0.823%, 1.422%가 함유되어 있었다. 인의 경우 잣나무림은 주로 灌木層 上位(0.114%)와 喬木層 上位(0.107%)에 포함되어 있으나 신갈나무림은 주로 草本層(0.123%)과 灌木層 上位(0.102%)에 많이 분포되어 있었다. 칼리의 경우 잣나무림에서는 草本層에 1.038%의 높은 比率로 들어 있으나 신갈나무림은 喬木層 上位(1.220%)와 灌木層 上位(1.150%)에서 칼리의 含有比率가 높았다. 칼슘은 두 수종 모두 灌木層 上位에 가장 많이 함유되어 있었고, 마그네슘은 두 수종 모두 草本層에 가장 많이 포함하고 있었다.

國內에서는 營養物質現存量에 관한 연구는 全無한 실정이고, 外國의 경우를 살펴보면 *Pinus taeda*²²⁾에 함유된 영양물질은 질소 0.08~1.29%, 인 0.01~0.10%, 칼리 0.04~0.40%, 칼슘 0.08~0.29%, 마그네슘 0.03~0.12%이라고 보고하였고, 日本의

*Chamaecyparis obtusa*림²³⁾에서는 질소 0.06~1.19%, 인 0.03~0.18%, 칼리 0.08~0.82%, 칼슘 0.84~1.74%, 마그네슘 0.02~0.32%이었고, *Pseudotsuga menziesii*림²⁶⁾의 경우는 질소 0.13~1.25%, 인 0.01~0.15%, 칼리 0.01~1.38, 칼슘 0.14~0.91, 마그네슘 0.03~0.21%라고 보고되었다. 본 조사수종의 값들과 이들의 값을 비교할 때 대체로 본 조사수종의 칼슘과 마그네슘이 다른 수종들 보다 낮은 함량을 보였다.

그림2는 조사임분에서 層別로 乾重量에 營養物質의 含量을 곱하여 層別의 營養物質의 양을 hectare當으로 표시한것이다. 잣나무림에서 질소는 총 5314.88kg/ha으로서 다른 營養物質들에 비해 많이 함유되어 있으나 91.43%가 0~30cm의 礦物質土壤에 들어 있고, 喬木層에는 7.92%인 420.80kg/ha가 분포되어 있었다. 인은 총 53.57kg/ha으로 70.09%

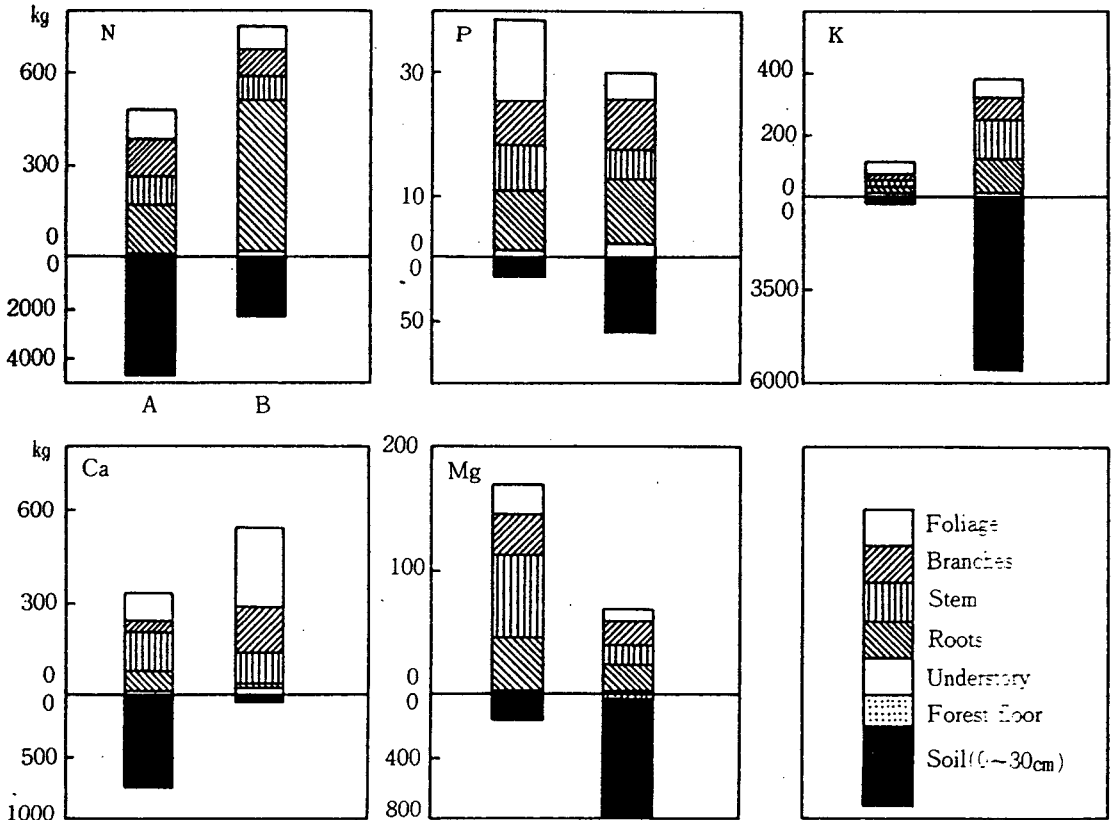


Figure 2. Nutreint distribution in vegetation and soils. A; *Pinus koraiensis* B; *Quercus mongolica* (unit: kg/ha)

인 37.55kg/ha 이 喬木層에 포함되어 있었는데, 특히 잣나무 上位에 전체의 25.03%가 함유되어 있었다. 카리는 총 130.61kg/ha로서 60.34%인 108.99kg/ha가 喬木層에 분포하였고, 또한 喬木層 上位에 전체의 23.45%인 42.35kg/ha이 들어 있었다. 칼슘은 총 1080.26kg/ha로서 鑛物質土壤속에 68.86%가 들어 있었으며, 마그네슘은 총 336.10kg/ha가 上層喬木, 48.28%인 162.28kg/ha가 0~30cm의 鑛物質土壤속에 함유되어 있었다.

Alban등¹⁾에 의하면 *Pinus resinosa*림에 함유된 질소, 인, 카리, 칼슘, 마그네슘의 양은 각각 3735kg/ha, 172kg/ha, 600kg/ha, 4942kg/ha, 469kg/ha이었고, *Pinus banksiana*림은 함유량이 각각 3314kg/ha, 154kg/ha, 477kg/ha, 4840kg/ha, 451kg/ha이었다. *Pseudotsuga menziesii*²⁾림에 함유된 양은 각각 3578kg/ha, 71kg/ha, 238kg/ha, 1178kg/ha, 101kg/ha이라고 보고된 바 본 조사수종인 잣나무림은 이들에 비하여 질소이외의 營養物質의 含量은 현저하게 뒤떨어지며, 특히 카리와 칼슘의 양은 매우 낮은 水準이었다. 외국의 경우는 營養물질의 50%정도가 土壤에 含有된 바 이를 우리나라와 비교할 때 우리나라의 土壤에 포함된 量料가 절대적으로 부족함을 알

수 있겠다.

신갈나무림에서는 질소, 인, 카리, 칼슘, 마그네슘의 총량은 각각 3132.70kg/ha, 89.61kg/ha, 6812.08kg/ha, 587.87kg/ha, 897.21kg/ha으로서 질소와 칼슘이 含量이 잣나무림보다 적고, 다른 養料들은 더 많이 含有되어 있는데, 특히 카리와 마그네슘의 양이 많았다. 그러나 카리와 마그네슘의 土壤에서의 含量이 각각 93.72%, 88.94%로서 잣나무림의 36.51%와 48.28%보다 상당히 높아 토양에 의한 差異도 원인이 될 수 있겠다. 신갈나무림에서 칼슘의 含量은 총 587.87kg/ha인데 이중 喬木層에 88.43%인 519.99kg/ha가 들어 있었다.

Alban등¹⁾에 의하면 aspen의 경우 질소, 인, 카리, 칼슘, 마그네슘의 총합량은 각각 3197kg/ha, 214kg/ha, 748kg/ha, 4821kg/ha, 435kg/ha인 바 본 調査樹種인 신갈나무림의 값과 비교하면 질소합량은 거의 비슷하였고, 카리의 양은 신갈나무림이 매우 높았다.

7. 落葉量의 測定

落葉蒐集箱子 10개씩에서 수집한 落葉量을 ha當의 量으로 환산하여 나타낸 것이 표9이다. 8개월간

Table 9. Seasonal variations of the amount of litter fall.

(unit: t/ha)

	Month				Total (8 months)
	3 - 5	5 - 7	7 - 9	9 - 11	
<i>P. koraiensis</i>	0.217	0.082	0.914	2.800	4.013
<i>Q. mongolica</i>			1.230	2.260	3.490

의 양(1985.3~11)으로서 잣나무림은 3~5월까지의 낙엽양이 0.217t/ha이던 것이 5~7월에는 감소하다가 다시 증가하여 9~11월에는 2.800t/ha에 이르고 8개월간의 전체량은 4.013t/ha이었다. 신갈나무림에서는 3~7월까지의 落葉이 없었고 7월 이후부터 落葉이 출현하여 8개월간 전체량은 3.490t/ha으로 잣나무림의 양보다 적었다.

Kawara³⁾는 편백림의 1년간 落葉量이 2.51~7.76t/ha, 常綠闊葉樹林은 7.52t/ha, 신갈나무림은 4.51t/ha으로 보고하였는데, 본 조사수종의 값은 이들

보다 적었으나, 4개월간의 양을 더 고려한다면 크게 뒤지는 값은 아닐 것으로 생각된다.

引用文獻

1. Alban, D.H., D.A.Perala and B.E. Schlaegel. 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine and spruce stands on the same soil type in Minnesota. Can.J.For.Res. 8:290-299.
2. 蔡明人, 金俊鎬. 1977. 물오리나무와 상수리나무숲의

生産力比較. 韓國生態學會誌 1 : 57-65.

3. Doucet, R., J. V. Berglund and C.E.Farnsworth. 1976. Dry matter production in 40-year-old *Pinus banksiana* stands in Quebec. Can. J. For. Res. 6:357-367.
4. Hadara, H., H. Satoo, I. Hotta and Y. Tadaki. 1969. On the amount of nutrient contained in 28-year-old *Cryptomeria* forest and *Chamaecyparis* Forest. J. Jap. For. Res. 51(5) : 125-133.
5. Iwagawa, O., K.Yoshida and K. Inoue. 1980. On the nutrient contents of nature *Chamaecyparis obtusa* forest. Bull. For.& For. Prod. Res. Inst. 309:67-76.
6. 作物分析法委員會. 1983 栽培作物分析測定法. 養賢堂. 63-69.
7. Johnson, F. L. and P.G.Risser. 1974. Biomass, annual net primary production, and dynamic of six mineral elements in a post oak-black jack oak forest. Ecology 55:1246-1258.
8. Kawara, T. 1971. The return of nutrients with litter fall in the forest ecosystems(II). The amount of organic matter and nutrients. J. Jap. For. Soc. 53(8) : 231-238.
9. 金甲德, 金在生, 李景宰, 朴仁協, 權台鎬. 1982. 白雲山地城 天然林의 物質生産에 관한 研究. 서울大學校演習林研究報告 18 : 1-11.
10. 金甲德, 金泰旭, 李景宰, 金俊選. 1985. 아카시나무造林地의 物質生産量에 관한 研究. 韓林誌 69 : 60-68.
11. 金泰旭, 李景宰, 朴仁協. 1982. 工團地域의 綠地造成 및 回復에 관한 研究. 國立環境研究所. 64pp.
12. 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 영향에 관한 研究. 韓林誌. 58 : 8-16.
13. 金泰旭, 李景宰, 李惟美. 1986. 아카시나무의 造林學的 性質에 관한 研究. 韓國養蜂學會誌. 1(2) : 97-108.
14. Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystem of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17(2) : 70-87.
15. 權台鎬. 1982. 京畿道地方 잣나무人工林의 物質生産量에 관한 研究. 서울大學校大學院 碩士學位論文. 58pp.
16. 李景宰. 1984. 잣나무人工林에서 密度調節에 따른 生長 및 物質生産의 比較研究. 서울大學校大學院 博士學位論文. 42pp.
17. 李景宰, 金甲德, 金在生, 朴仁協. 1985. 光州地方의 리기다소나무 및 리기다소테다소나무造林地의 物質生産量의 관한 研究. 韓林誌 69 : 28-35.
18. 農業技術研究所. 1978. 土壤化學分析法. 農業振興廳. 27-160.
19. Ovington, J.D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N.S. 21:287-314.
20. Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. ASA and SSSA. 225-262.
21. 朴仁協. 1985. 白雲山地城 天然林生態系의 森林構造 및 物質生産에 관한 研究. 서울大學校大學院 博士學位論文 48pp.
22. Pehl, C.E., C.L. Tuttle, J.N. Houser and D.M.Moehring. 1984. Total biomass and nutrients of 25-year-old loblolly pines(*Pinus taeda* L.). For. Ecol. & Manage. 9:155-160.
23. Peterson, E. B., Y.B. Chan and J.B. Cragg. 1970. Aboveground standing crop, leaf area and carolic value in an aspen near Calgary, Albert. Can. J. Botany. 48:1459-1469.
24. Satoo, T. 1968. Primary production relations in woodlands of *Pinus densiflora*. Symposium Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystem. N.Y. 52-79.
25. Tadaki, Y.T., T. Shidei, T. Sakasegawa and K. Ogino. 1961. Studies on productive structure of forest(II). Estimation of standing crop and some analysis on productivity of young birch stand (*Betula platyphylla*). J.Jap. For. Soc. 43:19-26.
26. Webber, B.D. 1977. Biomass and nutrient distribution patterns in a young *Pseudotsuga menziesii* ecosystem. Can. J. For. Res. 7:326-334.
27. 任慶彬, 金甲德, 李景宰, 權台鎬. 1981. 蓬萊松造林地의 生産構造에 관한 研究. 서울大學校演習林研究報告 17 : 31-37.
28. 任慶彬, 李景宰, 權台鎬, 朴仁協. 1982. 리기다소나무 人工造林地의 物質生産에 관한 研究. 韓國林産에너지學會誌. 2(2) : 1-12.