

韓國產 4個 地域型 소나무 天然林의 物質生産에 關한 研究^{1*}

朴仁協² · 李錫勉²

Biomass and Net Production of *Pinus densiflora* Natural Forests of Four Local Forms in Korea^{1*}

In Hyeop Park² and Seok Myon Lee²

要 約

韓國產 4個 地域型 소나무 天然林의 物質生産量 및 物質生産構造를 파악하기 위하여 地域型別 전형적인 수형을 보이는 30~40年生 4個 林分을 대상으로 現存量, 純生産量, 生産能率을 조사비교한 결과 林分 전체의 現存量은 안강형 29.87t/ha, 중남부평지형 110.89t/ha, 중남부고지형 133.53t/ha, 금강형 205.42t/ha으로 큰 차이를 보였다. 部位別 現存量 構成比는 안강형에서 금강형으로 갈수록 줄기의 木質部 構成比는 증가하는 反面, 樹皮, 生枝, 잎, 뿌리의 構成比는 감소하는 경향을 보였다. 林分 전체의 純生産量은 안강형 3.716t/ha/yr., 중남부평지형 10.796t/ha/yr., 중남부고지형 13.097t/ha/yr., 금강형 16.500t/ha/yr.의 순으로 증가하였다. 部位別 純生産量 構成比는 안강형에서 금강형으로 감에 따라 줄기의 木質部, 生枝의 構成比는 증가하는 반면, 잎의 構成比는 감소하였다. 生枝의 경우 現存量 構成比와 相反된 경향을 보이는 것은 금강형으로 갈수록 自然落枝率이 높기 때문인 것으로 推定되었다. 生産能率에 있어서 純同化率은 안강형, 중남부평지형, 중남부고지형, 금강형에서 각각 1.406, 1.920, 1.487, 1.677이었으며, 잎의 줄기 生産能率은 각각 0.239, 0.714, 0.572, 0.771이었다. 중남부평지형 調査時期의 차이를 고려할 때 純同化率과 줄기 生産能率은 안강형에서 금강형으로 감에 따라 증가하는 경향을 보이는 것으로 推定되었다.

ABSTRACT

Pinus densiflora is not only widely distributed but also one of the most economically important timber species in Korea. In Korea, this species is classified into four local forms according to tree forms, as it has widely geographical variations. Trees of Ankang form are dwarfish nearly like shrubs, and those of Keumkang form are very tall and straight. Those of flatland and highland forms are exhibited in-between Ankang and Keumkang forms. This study was carried out to examine biomass, net production and production efficiency among four local forms of *Pinus densiflora* forests growing in Korea. For the study, dimension analysis was used for trees and harvest method for shrubs and herbs in four 30-40 year-old stands showing the typical tree forms. Stand biomass of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms were 29.87, 110.89, 133.53 and 205.42 t/ha, respectively. As going in order of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms, the proportions of stem woods to total tree biomass increased while the proportions of stem barks, live branches, needles and roots showed a tendency to decrease. Stand net productions of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms were 3.716, 10.796, 13.097 and 16.500 t/

1. 接受 1990年 3月 30日 Received on March 30, 1990.

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

* 본 연구는 1987년도 韓國科學財團의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

ha yr., respectively. As going in order of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms, the proportions of stem woods and live branches to total tree net production increased while the proportion of needles decreased. In case of live branches, the opposite trend of biomass and net production proportion may be resulted from the differences in the ratio of self-pruning. Net assimilation ratios of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms were 1.406, 1.920, 1.487 and 1.677, respectively. Efficiency of needles to produce stems in those forms were 0.239, 0.714, 0.572 and 0.771, respectively. Considering the difference in measuring time, net assimilation ratio and efficiency of needles to produce stems may increase as going in order of Ankang, flatland, highland and Keumkang forms.

Key words : Pinus densiflora ; local forms ; biomass ; net production.

緒 論

材料 및 方法

1950年代 이후 특히, 1964年 IBP (International Biological Program)의 추진에 의하여 地球上 生物圈의 효과적인 利用과 管理方案의 필요성이 강조된 후 植物에 의한 태양에너지의 固定 즉, 모든 生物의 生存의 원천인 物質生産에 관한 研究가 세계적으로 활발히 進行되고 있다. 특히 森林生態系는 面積이 광대하고 單位面積當 現存量 및 純生産量이 많으며, 비교적 自然生態系를 유지하고 있기 때문에 開發 利用 및 學術的 研究에 있어서 큰 비중을 차지하고 있다.

韓國產 소나무는 地域에 따라 수형의 形質變異가 심하기 때문에 南韓의 경우 慶北 東南部 일대의 안강형, 西南部 低地帶의 중남부평지형, 中南部 內陸의 중남부고지형, 江原, 慶北 일대에 分布하는 금강형의 4個 地域型으로 區分하고 있다 (Uyeki, 1928). 소나무 天然林의 物質生産에 관한 研究로는 金과 尹(1972), 李(1985)가 수행하였으나 江原道 地方 單一 林分에 국한되어 있기 때문에 종합적인 정보를 파악하지 못하고 있다. 朴과 金(1989)은 本 調査와 同一한 林分을 대상으로 現存量 推定式에 관한 研究를 보고한 바 있다.

本 研究는 國內의 대표적인 林相인 소나무天然林의 4個 地域型別 전형적인 수형을 보이는 林分을 대상으로 現存量, 純生産量, 生産能率을 조사 분석함으로써 地域型間 物質生産量 및 物質生産構造의 차이 등에 관한 생태학적 정보를 파악하는 데 目的이 있다.

1. 調査地 概況

朴과 金(1989)이 보고한 韓國產 4個 地域型 소나무天然林의 現存量 推定式에 관한 研究의 調査地와 동일한 지역으로써 안강형은 경북 월성군 안강읍 하곡리, 중남부평지형은 전남 승주군 서면 청소리, 중남부고지형은 전북 남원군 주생면 내동리, 금강형은 강원도 명주군 왕산면 대기리의 林分을 대상으로 실시 하였다.

그림 1에서 보이듯이 上層木의 胸高直徑은 안강형인 林分 1에서 0~20cm, 중남부평지형인 林分 2와 중남부고지형인 林分 3에서 5~35cm, 금강형인 林分 4에서 10~45cm에 걸쳐 분포하고 있으며, 胸高直徑級別 빈도가 4個 林分 모두 正規分布에 가까운 分布를 하고 있는 것을 고려할 때 同齡林의 林分構造를 가지고 있는 것을 알 수 있다. 上層木의 平均 樹齡은 林分 1, 2, 3, 4, 에서 各各 42, 33, 30, 35年, 平均樹高는 各各 3.8, 11.9, 12.1, 18.2, 林木密度는 各各 2,520, 1,030, 1,150, 723 本/ha이었다(朴과 金, 1989). 以上을 종합하면 4個 林分의 林齡은 대체로 30~40年이며, 林分 1은 個體木의 크기가 왜소하고 林木密度가 높은 안강형, 林分 4는 個體木의 크기가 크고 林木密度가 낮은 금강형, 林分 2, 3은 안강형과 금강형의 중간 정도인 중남부평지형, 중남부고지형의 전형적인 특성을 보이는 林分이라고 할 수 있다. 林地內에 生育하고 있는 下層植生으로는 4個 林分 모두 공통적으로 신갈나무, 갈참나무 등의 참나무類 雜樹, 싸리류, 옷나무류, 청미래덩굴 등이 主로 分布하고 있었다.

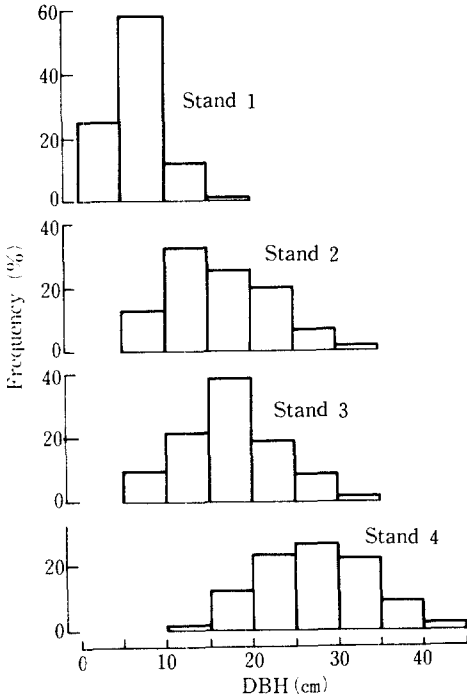


Fig. 1. DBH class distributions of the canopy trees in *Pinus densiflora* stands.

2. 調査方法

1) 標本木 選定

任意標本抽出法에 의하여 林分別 10m×10m 調査區 10거씩을 설치하여 每木調査를 한 후 林分別 10株씩 총 40株의 標本木을 선정하였다. 標本木은 各 林分의 胸高直徑 범위내에서 胸高直徑이 고르게 分布하도록 하였다.

2) 標本木 및 試料測定

선정된 林分別 10株씩 총 40株의 標本木을 伐木하여 줄기, 가지, 잎, 구과로 구분하고 뿌리를 굴취한 후 다음의 각 항목을 조사하였다. 줄기는 지상 0.2m 높이에서 2m 길이로 절단하여 生重量을 측정한 후 0.2m 부위와 2m 길이로 절단한 各 통나무의 中央部에서 5~10cm 두께의 圓板을 채취하였다. 圓板은 生重量을 測定한 후 樹皮內直徑, 樹皮外直徑 最近 5年間 樹皮內直徑成長量, 樹皮材積, 年輪數 등을 측정하였다. 그리고 85℃에서 恒量이 될 때까지 건조시켜 乾重量을 測定한 후 樹皮를 분리하여 樹皮의 乾重量을 測定하였다. 測定值에 의하여 各 圓板의 乾重量 對 生重量比, 樹皮乾重量 對 樹皮材積比 등을 算定하였다. 또한

Huber식에 의하여 標本木別 2m 간격으로 절단한 各 통나무 및 줄기 전체의 木質部材積, 樹皮材積, 最近 5年間 木質部材積成長量 등을 算定하였다.

가지는 生枝, 枯死枝, 1年生 小枝로 區分하여 生重量을 測定하고 林分別 3株씩 各各 1,000g 정도의 試料를 취하여 生重量과 乾重量을 측정한 후 乾重量 對 生重量比를 산정하였다. 또한 標本木別 크기에 따라 고르게 선정된 5個 生枝의 生重量, 乾重量, 基部의 연륜수 등을 측정하였다. 잎은 1年生과 2年生 이상으로 區分하여 生重量을 측정한 후 林分別 3株씩 各各 1,000g 정도의 試料를 취하여 乾重量換算用으로 하였다. 구과는 標本木別 전체 구과의 生重量을 측정한 후 乾重量換算用으로 試料를 채취하였다. 뿌리는 地下根株 및 直徑 3cm 이상의 主根과 側根을 취하여 生重量을 측정한 후 乾重量換算用 試料를 채취하였다.

3) 部位別 乾重量

標本木別 줄기의 乾重量은 0.2m 部位와 2m 길이의 통나무 生重量과 圓板의 乾重量 對 生産量比에 의하여 산출된 各 통나무 乾重量의 總和로 하였다. 樹皮의 乾重量은 통나무 樹皮材積과 圓板의 樹皮乾重量 對 樹皮材積比에 의하여 산출된 各 통나무의 樹皮乾重量을 합산함으로써 구하였다. 木質部 乾重量은 줄기의 乾重量에서 樹皮 乾重量을 감한 값으로 하였다. 生枝, 枯死枝, 1年生 小枝, 1年生 잎, 2年生이상 잎, 구과, 뿌리의 乾重量은 各各의 生重量과 試料의 乾重量 對 生重量比에 의하여 환산하였다.

4) 部位別 純生産量

줄기는 木質部의 경우 木質部 乾重量에 最近 5年間 木質部材積成長量 對 木質部材積比를 곱한 후 5로 나눈 값을 純生産量으로 하였다. 樹皮는 樹皮乾重量에 木質部 純生産量 對 木質部乾重量比를 곱하여 산출하였다. 生枝는 標本木別 5個 生枝의 측정치에 의하여 Whittaker 식 (Whittaker, 1965)을 적용하여 구하였다. 1年生 小枝는 乾重量을 純生産量으로 하였고, 잎은 1年生 잎의 乾重量을 純生産量으로 하였다. 뿌리는 뿌리의 乾重量에 줄기의 純生産量 對 乾重量比를 곱하여 산출하였다. 구과의 경우 純生産量 測定에서 제외하였다.

5) 林分 現存量 및 純生産量

現存量 및 純生産量 推定式으로는 標本木의 胸

高直徑(D)을 獨立變數로 하고 各 部位別 乾重量 및 純生産량을 從屬變數 (Wt)로 하는 相對成長式, $\log Wt = A + B \log D$ 를 적용하여 林分別로 유도하였다.朴과 金(1989)은 소나무 天然林의 現存量 推定式에 관한 연구에서 同一 林分の 경우 胸高直徑과 樹高(H)를 독립變수로 하는 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 와 $\log Wt = A - B \log D^2 H$ 式이 胸高直徑만을 독립變수로 하는 $\log Wt = A - B \log D$ 式에 비하여 適合度가 다소 높았으나 큰 차이를 보이지 않았다고 하였으며, Whittaker와 Marks(1975)는 胸高直徑과 樹高에 의한 相對成長式의 경우 林分 現存量 및 順生産量 推定時 每木の 精確한 樹高 測定이 어렵기 때문에 胸高直徑만에 의한 相對成長式보다 推定 誤差가 크다고 하였다.

林分 現存量과 純生産량은 林分別, 部位別 유도된 相對成長式과 每木調査에서 얻어진 胸高直徑 測定値에 의하여 算出하였다. 現存量 推定式의 경우 生枝는 1年生 小枝를 합한 값으로 하였으며, 純生産量 推定式에서는 生枝와 1年生 小枝를 區分해서 유도하였다.

6) 下層植生 現存量 및 純生産量

下層植生の 現存量은 每木調査時 설치한 林分別 10m×10m 調査區 10個中 任意로 선정된 3個 調査區內에 5m×5m 小調査區를 설치한 후 種區分 없이 harvest method (Satoo, 1970)에 의하여 측정하였다. 純生産量은 木本類의 줄기, 가지, 뿌리의 경우 斷面積法 (Satoo, 1970)을 적용 하였으며, 木本類의 잎과 草本類는 現存量을 純生産量으로 하였다.

結果 및 考察

1. 現存量

表 1에서는 林分別 10株씩의 標本木 測定値에 의하여 유도된 林分別, 部位別 現存量 對數回歸式과 適合度 검정결과를 나타냈다. Whittaker와 Woodwell(1968)은 對數回歸式의 適合度 검정에 있어서 相關係數는 標本木의 胸高直徑 범위에 영향을 받기 때문에 回歸式에 대한 測定値의 散布度 즉, 適合度는 相對誤差推定值(estimate of relative error, E)에 의하여 효과적으로 나타낼 수

Table 1. Allometric biomass regressions for sample trees of *Pinus densiflora* by stands. Regression model, $\log Wt = A + B \log D$, where Wt, D, E are dry weight in g, and DBH in cm, and the estimates of relative error, respectively.

Tree component	Stand 1				Stand 2			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	2.111	1.714	0.974	1.246	2.218	2.052	0.996	1.097
Stem bark	1.556	1.712	0.938	1.421	1.255	2.050	0.990	1.163
Live branches	1.923	1.694	0.907	1.547	0.962	2.612	0.984	1.246
Dead branches	2.062	0.405	0.605	1.344	2.087	0.684	0.557	1.600
Needles	1.976	1.199	0.847	1.498	0.753	2.365	0.999	1.033
Cones	1.874	-0.489	-0.155	5.661	-5.740	6.403	0.851	7.435
Aboveground total	2.582	1.592	0.959	1.300	2.272	2.149	0.999	1.047
Root	1.787	1.730	0.969	1.247	1.717	1.972	0.971	1.243
Tree total	2.647	1.615	0.964	1.280	2.374	2.121	0.999	1.093
Tree component	Stand 3				Stand 4			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	2.062	2.157	0.998	1.065	1.815	2.328	0.990	1.110
Stem bark	1.437	1.945	0.977	1.239	0.843	2.254	0.954	1.254
Live branches	1.200	2.392	0.967	1.231	-0.030	3.163	0.986	1.170
Dead branches	1.335	1.675	0.790	1.502	0.462	2.613	0.764	1.601
Needles	1.305	2.008	0.950	1.333	0.333	2.504	0.958	1.231
Cones	-4.242	5.999	0.861	7.448	-5.771	6.472	0.624	7.927
Aboveground total	2.269	2.152	0.996	1.099	1.775	2.471	0.998	1.094
Root	2.553	1.210	0.984	1.253	1.367	2.099	0.971	1.250
Tree total	2.523	1.990	0.996	1.100	1.908	2.411	0.999	1.094

Table 2. Biomass of four *Pinus densiflora* stands.

(unit : t/ha)

	Stand			
	1	2	3	4
Stem wood	10.41 (37.1)	61.66 (56.6)	76.86 (58.4)	123.96 (61.0)
Stem bark	2.90 (10.3)	6.68 (6.1)	8.82 (6.7)	10.77 (5.3)
Live branches	6.45 (23.0)	18.28 (16.8)	20.93 (15.9)	30.48 (15.0)
Dead branches	0.62 (2.2)	0.84 (0.8)	0.66 (0.5)	5.89 (2.9)
Needles	2.52 (9.0)	5.42 (5.0)	8.55 (6.5)	9.55 (4.7)
Cones	0.07 (0.2)	0.67 (0.6)	0.79 (0.6)	1.22 (0.6)
Aboveground total	22.97 (81.8)	93.55 (85.9)	116.61 (88.6)	181.87 (89.5)
Root	5.11 (18.2)	15.35 (14.1)	15.00 (11.4)	21.34 (10.5)
Tree total	28.08 (100.0%)	108.90 (100.0%)	131.61 (100.0%)	203.21 (100.0%)
Shrubs and herbs	1.79	1.99	1.92	2.21
Community total	29.87	110.89	133.53	205.42

있다고 하였으며, 變量間에 밀접한 관계가 있을 때 相對誤差推定値는 1.0~1.2, 관계가 비교적 적을 때 1.5~2.0의 값을 보인다고 하였다. 본 조사에서 구과를 제외한 他 部位의 경우 1.033~1.601의 범위를 보임으로써 비교적 適合度가 높은 것으로 나타났다.

表 2에서는 現存量 對數回歸式에 의하여 推定한 林分別, 部位別 現存量을 나타냈다. 林分 全體의 現存量은 안강형인 林分 1이 29.87 t/ha, 중남부 평지형인 林分 2가 110.89 t/ha, 중남부고지형인 林分 3이 133.53 t/ha, 금강형인 林分 4가 205.42 t/ha 으로서 큰 차이를 보였다. 上層木인 소나무의 地上部 現存量은 林分 1, 2, 3, 4에서 各各 22.97, 93.55, 116.61, 181.87 t/ha 이었다. 소나무 天然林의 地上部 現存量에 대한 他研究들을 보면 강원도 홍천군의 36年生 林分은 198.82 t/ha (李, 1985) 으로서 본 조사의 금강형인 林分 4와 비슷한 수준이었다. Satoo(1967)는 15年生 林分の 경우 63.96 t/ha 이라고 하였으며, Ovington (1962)은 일본의 16年生 人工林에서 59.2 t/ha 이라고 보고 하였다.

他 樹種에 대한 연구 결과들과 본調査 結果를 비교하면 안강형 소나무 林分은 11年生 스트로부스 잣나무林 25.1t/ha(Akai 등, 1971), 16年生 리기다소나무 人工林 23.9~54.1 t/ha (任 등, 1982) 과 비슷한 수준이었으며, 白雲山地域 능선부 45年生 신갈나무林 52.6 t/ha (朴, 1986) 보다는 낮은 수준이었다. 중남부평지형과 중남부고지형 林分은 10年生 방크스소나무 密植造林地 119 t/ha(Zavitkovski, 1976), 22年生 잣나무 人工林 124.9 t/

ha(李와 朴, 1987)과 비슷한 수준이었으며, 29~57年生 방크스소나무林 60~100 t/ha (Doucet, 1976; McLean과 Wein, 1976), 18年生 잣나무 人工林 81.4 t/ha(權, 1982) 보다는 높은 수준이었다. 금강형인 林分 4는 34年生 테에다 소나무林 190 t/ha(Akai 등, 1972)과 비슷하였으며, 55年生 잣나무 人工林 151.8t/ha(李, 1984), 63年生 낙엽송 人工林 173.1 t/ha(金과 李, 1983)보다 높은 것으로 나타났다. 본 調査 林分の 林齡이 대체로 30~40年인 것을 고려할 때 안강형 林分은 생산성이 매우 낮은 反面 금강형 林分の 경우 他 樹種에 비하여 生産性이 매우 높을 것을 알 수 있다.

部位別 現存量 構成比는 林分 1, 2, 3, 4 즉, 안강형에 금강형으로 감에 따라 줄기의 木質部 構成比는 증가하는 반면 樹皮, 生枝, 잎, 뿌리의 構成比는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 이유는 同一 樹種의 경우 土壤條件이 불량할수록 生産, 保護와 관련된 部位의 構成比는 증가하는 반면 蓄積과 관련된 部位의 構成比는 감소한다는 Zavitkovski (1976)의 보고와 韓國產 소나무의 수형에 따른 地域型 區分은 土壤條件과 관계가 있다는 Uyeki (1928)의 보고를 고려할 때 土壤條件에 대한 적응 결과라고 생각된다. 權(1982), 李(1984)가 보고한 잣나무 人工林과 비교하면 줄기의 木質部와 樹皮 즉, 줄기의 構成比는 안강형의 경우 13年生 잣나무 人工林 47.7%, 중남부평지형과 중남부고지형은 55年生 잣나무 人工林 57.7~65.6%와 비슷한 수준이었다. Kira와 Shidei(1967)는 동남아시아 소나무에서 잎의 現存量은 2~10t/ha 이라고 하

였는데, 本 調査에서 林分 1, 2, 3, 4의 立 現存量은 各各 2.52, 5.42, 8.55, 9.55 t/ha으로 2.52~9.55 t/ha의 범위를 보임으로써 안강형과 금강형은 동남아시아 소나무林的 양 극단에 가까운 값을 보였다. 立의 構成比는 權(1982), 李(1984)가 보고한 잣나무 人工林과 비교할 때 안강형은 18年生 잣나무 人工林 10.8%, 금강형은 55年生 잣나무 人工林 3.2~5.1%와 비슷한 수준이었다.

2. 純生産量

表3에서는 林分別 10株씩의 標本木 測定値에 의하여 유도된 林分別, 部位別 純生産量 對數回歸式과 適合産 檢정결과를 나타냈다. 各 對數回歸式의 相對誤差推定値는 1.5 以下로서 비교적 적합도가 높은 것으로 나타났다. 안강형인 林分 1의 경우 他 林分에 비하여 相對誤差推定値가 높은 것으로 나타났는데 이것은 안강형 林分內 個體木의 胸高直徑에 따른 純生産量의 變化에 있어서 同一 胸高直徑級內의 個體木間 純生産量의 變異가 상대적으로 크다는 것을 示唆한다고 할 수 있다.

純生産量 對數回歸式에 의하여 推定한 林分別, 部位別 純生産量은 表 4와 같다. 林分 전체의 純生産量은 안강형인 林分 1이 3.716 t/ha/yr., 중

남부평지형인 林分 2가 10.796t/ha/yr., 중남부 고지형인 林分 3이 13.097t/ha/yr., 금강형인 林分 4가 16.500t/ha/yr.의 순으로 증가하였다. 上層木인 소나무의 地上部 純生産量은 林分 1, 2, 3, 4에서 各各 3.312, 9.521, 11.467, 14.684t/ha/yr.이었다. 他 研究들을 종합하여 本 調査 結果와 비교하면 안강형은 14年生 리기다소나무 人工林 5t/ha/yr.(金, 1971), 7~9年生 잣나무 人工林 3.26~6.03t/ha/yr.(權, 1982), 능선부 신갈나무林 3.6t/ha/yr.(朴, 1986)과 비슷한 수준이었다. 중남부평지형과 중남부고지형은 13年生 잣나무 人工林 13.74t/ha/yr.(權, 1982), 50~80年生 서어나무林 11.1t/ha/yr.(朴, 1986)과 비슷한 수준이었다. 금강형은 日本의 소나무林 14.86, 15.78t/ha/yr.(Satoo, 1967), 45年生 편백나무林 15.4t/ha/yr.(Tadaki 等, 1966)과 비슷한 수준이었다. 한편, Satoo(1966)는 日本의 소나무 人工林의 純生産量은 12.5~15.0t/ha/yr.이라고 하였다. 이상을 종합하면 안강형은 잣나무 幼齡林, 입지조건이 나쁜 능선부 신갈나무林 등과 비슷한 수준으로서 상당히 낮은 값을 보이는 반면 금강형은 日本의 소나무 및 他 樹種과 비교할때 生産性이 매우 높은 것을 알 수 있다. 部位別 純生産量 構成比는 林分

Table 3. Allometric net production regressions for sample trees of *Pinus densiflora* by stands. Regression model, $\log Wt = A + B \log D$, where Wt, D, E are dry weight in g, DBH in cm, and the estimates of relative error, respectively.

Tree component	Stand 1				Stand 2			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	0.194	2.291	0.975	1.249	1.101	1.951	0.986	1.188
Stem bark	0.149	1.802	0.915	1.393	0.142	1.946	0.984	1.200
Live branches	-0.487	2.726	0.964	1.349	0.088	2.401	0.986	1.223
Current twigs	1.132	1.197	0.846	1.151	-0.192	2.367	0.999	1.039
Needles	1.892	1.199	0.847	1.520	0.586	2.366	0.999	1.039
Aboveground total	1.207	2.089	0.965	1.213	1.312	2.128	0.998	1.057
Root	0.009	2.169	0.964	1.339	0.773	1.738	0.967	1.334
Tree total	1.234	2.095	0.968	1.212	1.398	2.092	0.998	1.054

Tree component	Stand 1				Stand 2			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	1.023	2.208	0.993	1.087	0.945	2.179	0.990	1.093
Stem bark	0.287	1.978	0.988	1.117	0.069	1.994	0.986	1.140
Live branches	0.070	2.490	0.967	1.274	0.435	2.323	0.978	1.200
Current twigs	0.568	2.017	0.986	1.134	-0.054	2.314	0.987	1.137
Needles	1.219	2.015	0.987	1.129	0.087	2.510	0.974	1.214
Aboveground total	1.348	2.247	0.989	1.110	1.036	2.346	0.988	1.109
Root	1.614	1.204	0.991	1.120	0.410	2.054	0.973	1.127
Tree total	1.538	2.126	0.988	1.116	1.256	2.218	0.986	1.142

Table 4. Net production of four *Pinus densiflora* stands.

(unit: t ha yr.)

	Stand			
	1	2	3	4
Stem wood	0.464 (13.1)	3.496 (33.6)	4.462 (35.1)	6.870 (42.9)
Stem bark	0.138 (3.9)	0.375 (3.6)	0.458 (3.6)	0.496 (3.1)
Live branches	0.269 (7.6)	1.311 (12.6)	1.894 (14.9)	3.411 (21.3)
Current twigs	0.361 (10.2)	0.624 (6.0)	0.801 (6.3)	1.073 (6.7)
Needles	2.080 (58.7)	3.715 (35.5)	3.852 (30.3)	2.834 (17.7)
Aboveground total	3.312 (93.5)	9.521 (91.5)	11.467 (90.2)	14.648 (91.7)
Root	0.230 (6.5)	0.884 (8.5)	1.246 (9.8)	1.329 (8.3)
Tree total	3.542 (100.0%)	10.405 (100.0%)	12.713 (100.0%)	16.013 (100.0%)
Shrubs and herbs	0.174	0.391	0.384	0.487
Community total	3.716	10.796	13.097	16.500

1, 2, 3, 4 즉, 안강형에서 금강형으로 갈수록 줄기의 木質部, 生枝의 構成比는 증가하는 反面 잎의 構成比는 감소 하였다. 生枝의 경우 現存量과 相反되는 傾向을 보이는 것은 금강형으로 갈수록 自然落枝率이 높아지기 때문이라고 생각된다.

3. 生産能率

表5에서는 林分別 上層木인 소나무잎의 現存量에 대한 전체 純生産量과 줄기 純生産量 즉, 純同化率과 줄기 生産能率을 나타냈다. 純同化率은 林分 1, 2, 3, 4에서 各各 1.406, 1.920, 1.487, 1.677 이었으며, 줄기 生産能率은 各各 0.239, 0.714, 0.575, 0.771 이었다. 林分 2의 경우 純同化率과 줄기 生産能率이 높은 값을 보이는 것은 林分 1, 3, 4의 調査 時期가 8월인데 비하여 林分 2의 경우 2월에 조사됨으로써 2年生 이상 잎의 落葉量이 비교적 많았기 때문이라고 생각된다. 이러한 조사시기의 차이에 의한 誤差는 林分 2가 林分 3에 비하여 잎의 純生産量 構成比(表4)는 높은 반면 現存量 構成比(表2)가 낮은 결과에서 확인될 수 있었다. 따라서, 調査 時期의 차이에 의한 오차를 고려한다면 純同化率과 줄기 生産能率은 안강형에서 금강형으로 갈수록 증가하는 傾向을 보인다고 할 수 있다. Zavitkovski와 Stevens(1972)는 同一

樹種의 경우 純同化率은 林他 生産力의 指標가 된다고 하였다.

純同化率은 樹種에 따라 차이가 있는데 21年生 낙엽송林에서 3.2(Satoo, 1974), 45~47年生 독일가문비나무林에서 0.59(Satoo, 1971), 23~31年生 나한백나무林에서 0.36~0.44(Satoo 等, 1974)와 비교할 때 木 調査의 소나무林 1.406~1.920의 값은 침엽수에서는 낙엽침엽수, 소나무類, 상록침엽수의 순으로 純同化率이 높다는 Satoo(1979)의 보고와 일치하는 傾向이었다. 權(1982), 李(1984)는 소나무類에 속하는 잣나무 人工林의 純同化率은 7~18年生 林分에서 1.86~2.27, 55年生 林分에서 0.91~1.28이라고 보고하였다. 林業에서의 주된 목적이 줄기 생산이라면 잎의 줄기 生産能率도 중요한 의미를 가지는데 李(1984)가 보고한 55年生 잣나무 人工林의 0.48~0.81과 비교할 때 중남부평지형, 중남부고지형, 금강형은 이와 비슷한 수준이었으나 안강형은 0.239로서 상당히 낮은 값을 보였다.

以上の 결과 및 고찰을 綜合하면 韓國產 소나무 天然林은 物質生産量 및 物質生産構造에 있어서 地域型間 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 안강형, 중남부평지형, 중남부고지형, 금강형으로 갈수록 現存量, 純生産量, 純同化率, 줄기 生

Table 5. Production efficiency of needles in four *Pinus densiflora* stands.

	Stands			
	1	2	3	4
Net assimilation ratio*	1.406	1.920	1.487	1.677
Efficiency of needles to produce stem**	0.239	0.714	0.575	0.771

* Total net production/needle biomass

** Stem net production/needle biomass

産能率은 모두 증가하는 경향을 보였다. 最大値를 보이는 금강형은 最小値를 보이는 안강형에 비하여 現存量이 7.2배, 純生産量이 4.5배 정도 많았다. 금강형의 現存量은 林齡이 더 많은 國內의 잣나무 人工林, 낙엽송 人工林보다 높은 수준이었으며, 林齡이 비슷한 日本의 테에다소나무林과 비슷한 값을 보임으로써 生産性이 상당히 높은 것으로 나타났다. 部位別 現存量 構成比는 안강형에서 금강형으로 감에 따라 줄기의 木質部 構成比는 증가하는 反面, 樹皮, 生枝, 잎, 뿌리의 構成比는 감소하는 경향을 보였으며, 純生産量 構成比는 줄기의 木質部, 生枝는 증가하는 반면 잎은 감소 하였다. 이러한 경향은 土壤條件에 대한 적응결과로 해석되었으며, 生枝의 경우 現存量과 純生産量 構成比에 있어서 相反된 경향을 보이는 것은 금강형으로 갈수록 自然落枝率이 높아지기 때문이라고 推定되었다.

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 Univ Forests 42 : 143-162.
2. Akai, T., S. Ueda, T. Furuno and H. Saito. 1972. Mechanisms related to matter production in a thrifty loblolly pine forest. Bull. Kyoto Univ. Forests 43 : 85-105.
3. Doucet, R., J. B. 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. 김갑덕, 이경재. 1983. 63년생 낙엽송 임분의 물질생산량에 관한 연구. 서울대 농대 연습림 연구 보고 19 : 30-36.
5. Kim, J. H. 1971. Studies on productivity and the production structure of the forests (I) On the productivity of *Pinus rigida* plantation. Kor. J. Bot. 14 : 19-26.
6. Kim, J. H. and S. M. Yoon. 1972. Studies on the productivity and the production structure of forests (II) Comparison between the productivity of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* stands located near Choon-Chun city. Kor. J. Bot. 15 : 1-8.
7. Kira, T. and T. Shidi. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17 : 70-87.
8. 권태호. 1982. 경기도지방 잣나무 인공림의 물질생산량에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문. 58pp.
9. 이경재. 1984. 잣나무 인공림에서 밀도조절에 따른 성장 및 물질생산의 비교 연구. 서울대학교 박사 학위 논문. 42pp.
10. 이경재, 박이협. 1987. 경기도 광주지방 22년생 잣나무림의 물질생산량과 무기영양물분포. 임산에너지 7(1) : 11-21.
11. 이수옥. 1985. 강원도산 소나무 천연림 생태계의 Biomass 및 Net primary production에 관한 연구. 한국 임학회지 71 : 74-81.
12. McLean, D.A., and R.W. Wein 1976. Biomass of jack pine and mixed hardwood stands in northeastern New Brunswick. Can. J. For. Res. 6 : 441-447.
13. Ovington, J. D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. Adv. Ecol. Res. 1 : 103-192.
14. 박이협. 1986. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위 논문. 48pp.
15. 박이협, 김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 78(3) : 323-330.
16. Satoo, T. 1966. Production and distribution of dry matter in forest ecosystems. Misc. Info. Tok. U. For. 16 : 1-15.
17. Satoo, T. 1967. Primary production relations in woodlands of *Pinus densiflora*. Pages 52-80 in symposium of primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems. AAAS.
18. Satoo, T. 1970. A synthesis of studies by the harvest method : Primary production relations in the temperate deciduous forests of Japan. Pages 55-72 in D.E. Reichle, ed. Analysis of temperate forest ecosystems. Springer-Verlag, New York.

19. Satoo, T. 1971. Primary production relations in plantation of norway spruce in Japan : Materials for the studies of growth in stands. Bull. Tokyo Univ. Forest. 66 : 125-145.
20. Satoo, T. 1972. Primary production relations in plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido : Materials for the studies of growth in stands. Bull. Tokyo Univ. Forests 66 : 125-142.
21. Satoo, T. 1979. Accumulation of energy in forests. Pages 82-98 in S.G. Boyce, ed. Biological and sociological basis for rational use of forest resources for energy organics. USDA For. Ser. SE For. Exp. Stn., North Carolina.
22. Tadaki, Y., N. Ogata, Y. Nagatomo and T. Yoshida. 1966. Studies on the production structure of forests(X). Primary productivity of an unthinned 45-year-old stand of *Chamaecyparis obtusa*. J. Jap. For. Soc. 48 : 387-393.
23. Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Corea and silvicultural treatment for its improvement. Bull. Agr. For. College, Suigen, Chosen. 3 : 1-263.
24. Whittaker, R. H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. Ecology 45(3) : 365-370.
25. Whittaker, R. H. and G. M. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest. New York. J. Ecol. 56 : 1-25.
26. Whittaker, R. H. and P. L. Marks 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. Pages 55-118. in H. Lieth, and R. H. Whittaker, ed. Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, New York.
27. Zavitkovski, J. 1976. Ground vegetation biomass, production, and efficiency of energy utilization in some northern Wisconsin forest ecosystems. Ecology 57(4) : 694-706.
28. Zavitkovski, J. and R.D. Stevens. 1972. Primary productivity of red alder ecosystems. Ecology 53(2) : 235-242.