

韓國產 4個 地域型 소나무天然林의 物質 現存量 推定式에 關한 研究^{1*}

朴仁協² · 金俊選²

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

In Hyeop Park² and Joon Seon Kim²

要 約

韓國產 소나무天然林의 효과적인 現存量 推定式을 파악하기 위하여 4個 地域型別 전형적인 수형을 가지는 林分을 대상으로 林分別 10株씩 총 40株의 標本木을 選定 伐木하여 林分別, 部位別 現存量 推定式을 3個 相對成長式($\log Wt = A + B \log D$, $\log Wt = A + B \log D^2 H$, $\log Wt = A + B \log D + C \log H$)에 의하여 유도한 결과 전반적으로 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식의 適合度가 높았다. 그러나 枯死枝와 毬果의 경우 胸高直徑과 樹高 즉, 個體木의 크기 인자와의 關係가 적은 것으로 나타났다. 實用性を 고려하여 4個 林分 전체의 標本木 40株에 대한 一括相對成長式을 유도하고 林分別 回歸式間의 分散, 기울기, 截片의 차이 유무를 검정한 결과 胸高直徑만을 獨立變數로 하는 경우 보다 胸高直徑과 樹高를 獨立變數로 할 경우 地域型間의 차이를 어느정도 배제할 수 있었으나, 林分別 回歸式間의 分散과 截片에서 有意의인 차이를 보임으로써 4個 林分에 대한 一括相對成長式의 적용은 적합하지 않은 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Pinus densiflora natural forests of four local forms in Korea were studied to investigate effective biomass estimation method. Dimension analysis was used and three allometric regression models, such as $\log Wt = A + B \log D$, $\log Wt = A + B \log D^2 H$ and $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ were applied to estimate biomass. The most accurate estimation was made by the regression model of $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ where Wt is dry weight, D is diameter at breast height, and H is tree height. However, dry weights of cones and dead branches were remotely related to tree size factor, such as D and H . In the interest of practical use, generalized allometric regressions for all samples trees of four stands were computed and analysis of covariance was used to compare the allometric regressions among the four stands. Based on the test criteria applied in this study, significant differences were found in terms of error variance and regression intercept, not in terms of regression slope. These trends suggest a generalized biomass regression is not valid for accurate estimation over a range of four local form stands.

Key words : *Pinus densiflora* ; local forms ; biomass regressions.

¹ 接受 1989年 7月 20日 Received on July 20, 1989.

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

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

緒 論

森林生態系에 대한 物質生産의 측면의 연구는 비교적 근래에 진행되어 왔으나 木材需要의 증가와 再生産이 가능한 대체에너지원으로서의 활용 가능성 및 生態系의 여러가지 속성을 파악할 수 있는 綜合的인 情報를 제공할 수 있다는 점에서 급속한 전진을 보이고 있다. 최근에 이루어지고 있는 森林生態系의 物質生産에 대한 研究動向을 종합하면 complete tree utilization을 위한 森林資源의 再評價, 森林生態系의 屬性分析, 森林資源의 經營관리 등에 필요한 정보를 파악하는 데 그 의의가 있으며, 정확성, 용이성, 실용성 등을 고려한 物質生産 推定方法에 관한 연구가 지속되고 있다.

物質生産 推定方法으로서 喬木類의 現存量은 標準木法, 胸高斷面積法, 相對成長式法 등에 의하여 推定할 수 있으며, 相對成長式에 의한 方法이 適合性이 높으며 일반적으로 사용되고 있다(Satoo, 1970). 成長特性을 가지는 두 變量 (x =胸高直徑(D) 또는 胸高直徑과 樹高(D²H) 등, y =林木 전체 또는 部位別 乾重量) 사이에는 $y=ax^b$ 의 相對成長關係가 있으며, $\log y = A + b \log x$ 로 변형시킴으로써 直線關係로 나타낼 수 있다. 截片 A와 기울기 b는 調査地內에서 獨立變數(x)의 계급이 다른 적당한 수의 標本木을 선정 범목함으로써 구할 수 있으며, 回歸式이 성립되면 調査地內의 總量은 고든 個體木의 獨立變數의 값을 測定하여 回歸式을 적용함으로써 결정된다. 獨立變數로는 측정이 용이한 胸高直徑(D) 또는 胸高直徑과 樹高(D²H)가 일반적으로 사용되고 있으며 (Whittaker와 Marks, 1975), Alban등(1978)은 $\log y = A + B \log D + C \log H$ 식에 의하여 推定誤差를 줄일 수 있다고 하였다.

한편, 林分別로 相對成長式을 유도하여 現存量을 추정하는 것이 바람직하지만, 伐探가 금지된 지역, 지속적인 研究를 위하여 保存이 요구되는 지역, 分布 범위가 넓은 樹種 등의 경우 他 地域에서 유도된 相對成長式을 적용할 필요성이 있다. 이러한 관점에서 實用性을 고려하여 成長型이 類似한 樹種들 또는 立地가 서로 다른 同一 樹種에 대한 相對成長式間의 차이 유무 검정 및 一括相對成長式에 關한 研究도 최근에 진행되고 있다 (Pastor 등, 1984; Tritton과 Hornbeck, 1981).

韓國產 소나무는 地域에 따라 수형의 形質變異가 심하기 때문에 남한의 경우 江原, 慶北 일대에 분포하고 있는 금강형, 西南部 低地帶의 중남부평지형, 慶北 東南部 一帶의 안강형, 中南部 內陸에 분포하는 중남부고지형의 4個 地域型으로 구분하고 있다. 소나무天然林의 物質生産에 關한 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.

本 研究은 國內의 대표적인 임상인 소나무天然林의 4個 地域型別 전형적인 수형을 보이는 林分을 대상으로 효과적인 林分 現存量 推定式을 유도하고, 現存量 推定式의 林分間 차이 유무를 검정함으로써 一括相對成長式의 가능성을 타진하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 調査地 概況

소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(任과 金, 1975; 任과 權, 1976; 任등, 1977; 任과 李, 1978, 1979)와 본인이 가지고 있는 기존 지식 등을 토대로 예비답사를 한 후 4個 地域型別 전형적인 樹形을 보이는 林分을 表1과 같이 選定하였다. 안강형(林分 1)은 경북 칠성군 안강읍 하곡리, 중

Table 1. Location of *Pinus densiflora* stands studied

Stand	Location	Latitude (north)	Longitude (east)
1	Hagokri, Angangeup, Wolseonggun, Kyongbuk	36°29'	129°13'
2	Cheongsori, Seomyon, Seungjugun, Chonnam	35°03'	127°30'
3	Chusaengmyon, Namwongun, Chonbuk	35°24'	127°16'
4	Daegiri, Wangsanmyon, Myongjugun, Kangwon	37°34'	128°44'

Table 2. Site and stand description of *Pinus densiflora* stands studied

	Stand			
	1	2	3	4
Altitude(m)	190	110	300	720
Aspect	SE	S	NW	SE
Slope(°)	10	15	10	20
Age(yr.)	$\frac{42}{30-55}$	$\frac{33}{29-36}$	$\frac{31}{23-37}$	$\frac{35}{29-41}$
Mean DBH(cm)	$\frac{7.1}{1.2-16.8}$	$\frac{16.6}{6.4-33.7}$	$\frac{17.1}{6.7-34.1}$	$\frac{26.8}{12.4-42.9}$
Mean height(m)	3.8	11.9	12.1	18.2
Mean clear length(m)	1.7	6.6	6.4	10.2
Density (trees/ha)	2520	1030	1150	723
Basal area(m ² /ha)	3.8	25.2	32.6	43.1

남부평지형(林分 2)은 전남 승주군 서면 청소리, 중남 부고지형(林分 3)은 전북 남원군 주생면 내동리, 금강형(林分 4)은 강원도 명주군 왕산면 대기리의 林分을 選定하였다.

表2에서 보이듯이 안강형인 林分 1과 중남부평지형인 林分 2는 海拔 200m 이하의 비교적 低地帶에 위치하고 있으며 중남부고지형인 林分 3과 금강형인 林分 4는 각각 海拔 300, 720m로서 高地帶에 위치하고 있다. 上層木의 樹齡은 林分 1, 2, 3, 4에서 각각 30~55, 29~36, 23~37, 29~41년생이었으며 平均 樹齡은 林分 1이 42년생으로 비교적 많았으며, 林分 2, 3, 4는 각각 33, 31, 35년생이었다. 胸高直徑은 林分 1, 2, 3, 4가 각각 1.2~16.8, 6.4~33.7, 6.7~34.1, 12.4~42.9cm에 걸쳐 분포하며, 個體木의 크기 즉, 平均胸高直徑과 平均樹高는 林分 1, 2, 3, 4로 감에 따라 增加하였으며 林木密度는 대체로 減少하는 경향을 보였다. 個體木의 크기와 林木密度의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 胸高斷面積은 林分 1, 2, 3, 4에서 각각 3.8, 25.2, 32.6, 43.1 m²/ha이었다.

이상을 종합하면 林分 1은 個體木의 크기가 왜소하고 밀도가 높은 안강형, 林分 4는 개체목의 크기가 크고 밀도가 낮은 금강형, 그리고 林分 2, 3은 안강형과 금강형의 중간 정도인 중남부평지형, 중남부고지형의 典型的인 特性을 보이는 林分이라고 할 수 있다. 林地內에 생육하고 있는 下層植生으로는 4個 林分 모두 공통적으로 신갈나무, 갈참나무 등의 참나무류 稚樹, 싸리류, 옻나무류, 청미래덩굴 등이 주로 分布하고 있었다.

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 조사구 10개씩을 설치하여 每木 調査를 한 후 林分別 10株씩 총 40株의 標本木을 選定하였다. 標本木은 各 林分의 胸高直徑 범위內에서 胸高直徑級別로 고르게 분포하도록 하였다.

2) 標本木 및 試料測定

선정된 林分別 10株씩 40株의 標本木을 伐木하여 줄기, 가지, 잎, 구과로 구분하고 뿌리를 굴취한 후 다음의 각 항목을 조사하였다. 줄기는 地上 0.2m 높이에서 2m 간격으로 절단하여 生重量을 측정후 0.2m 부위와 2m 길이로 절단한 각 통나무의 中央部에서 5~10cm 두께의 圓板을 채취하였다. 圓板은 生重量을 측정후 樹皮內直徑, 樹皮外直徑, 樹皮材積 등을 측정하였다. 그리고 85℃에서 恒量이 될 때까지 건조시켜 乾重量을 측정후 樹皮를 분리하여 樹皮의 乾重量을 측정하였다. 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. 가지는 生枝와 枯死枝로 구분하여 生重量을 측정하였으며, 잎과 구과는 標本木別 林木全體의 生重量을 각각 측정하였다. 뿌리는 地下根株 및 直徑 3cm 이상의 主根과 側根의 生重量을 측정하였다. 한편 林分別 3株씩 生枝, 枯死枝, 잎, 구과, 뿌리에서 각각 1000g 정도의 試料를 취하여 乾重量 對 生重量比를 구하였다.

3) 部位別 乾重量

單木當 줄기의 乾重量은 2m 길이의 통나무 生重量과 中央部 圓板의 乾重量 對 生重量比에 의하

여 산출된 각 통나무 乾重量的 總으로 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 각 통나무의 樹反乾重量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, 잎, 구과, 뿌리의 乾重量은 각각의 生重量과 試料의 乾重量 對 生重量比에 의하여 환산하였다.

4) 現存量 推定式

林分別 10株씩의 標本木 測定值에 의하여 適合度가 높은 것으로 인정되고 있는 胸高直徑(D) 또는 胸高直徑과 樹高(H)를 獨立變數로 하고 部位別 乾重量(Wt)을 從屬變數로 하는 3個의 相對成長式($\log Wt = A + B \log D$, $\log Wt = A + B \log D^2 H$, $\log Wt = A + B \log D - C \log H$)을 林分別, 部位別로 유도한 후 適合度を 檢定하였다.

또한, 4個 林分 전체를 대상으로 하는 一括相對成長式의 가능성을 타진하기 위하여 D와 D²H에 의한 相對成長式의 경우 林分別 回歸式의 分散($\sigma^2_{y,x}$), 기울기(B), 截片(A)의 차이를 χ^2 -검정과 共分散分析에 의하여 檢定하였다(Snedecor와 Cochran, 1967).

結果 및 考察

林分別 10株씩의 標本木 측정치에 의하여 유도된 3個 相對成長式의 林分別, 部位別 現存量 對數 回歸式과 適合度 檢정결과를 表3, 4, 5에 나타냈다.

Whittaker와 Woodwell(1968)은 對數回歸式의 適合度 檢정에 있어서 相關係數는 標本木의 胸高直徑 또는 樹高의 범위에 영향을 받기 때문에, 回歸式에 대한 測定值의 散布度는 相對誤差推定值(estimate of relative error, E)에 의하여 효과적으로 나타낼 수 있다고 하였다. 相對誤差推定值는 推定值의 標本誤差(SEE)에 의하여 산정되는데, 對數回歸式의 경우 推定值의 標本誤差는 logy에서 加減된 對數值이기 때문에 相對誤差推定值는 推定值의 標本誤差의 逆對數值가 된다. 이때 相對誤差推定值가 1.10이라는 것은 기대오차의 범위가 1.10y~y/1.10라는 것을 의미하게 된다. Whittaker 등(1974)은 變量間에 밀접한 관계가 있을 때 相對誤差推定值는 1.0~1.2, 관계가 비교적 적을 때 1.5~2.0의 값을 보인다고 하였으며, Parker

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

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	2.611	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	1.825	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	0.330	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	1.205
Tree total	2.523	1.990	0.996	1.100	1.908	2.411	0.999	1.094

Table 4. Allometric regressions for sample trees of *Pinus densiflora* by stands. Regression model : $\log Wt = A + B \log D^2 H$, where Wt is dry weight in g, D is DBH in cm, and H is height in m. E is the estimate of relative error.

Tree component	Stand 1				Stand 2			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	1.940	0.727	0.976	1.237	1.622	0.884	0.995	1.106
Stem bark	1.375	0.731	0.947	1.387	0.659	0.883	0.989	1.167
Live branches	1.736	0.726	0.918	1.510	0.231	1.117	0.986	1.229
Dead branches	2.030	0.168	0.594	1.349	1.899	0.290	0.554	1.599
Needles	1.847	0.513	0.855	1.504	0.100	1.009	0.999	1.063
Cones	1.783	-0.150	-0.112	5.717	-7.689	2.780	0.857	7.086
Aboveground total	2.414	0.679	0.966	1.271	1.693	0.914	0.999	1.053
Root	1.608	0.737	0.974	1.250	1.326	0.786	0.981	1.244
Tree total	2.478	0.689	0.971	1.249	1.802	0.902	0.998	1.100

Tree component	Stand 3				Stand 4			
	A	B	r	E	A	B	r	E
Stem wood	1.627	0.879	0.996	1.100	1.002	1.001	0.987	1.108
Stem bark	1.027	0.798	0.982	1.231	0.049	0.978	0.954	1.253
Live branches	0.741	0.967	0.958	1.295	-1.111	1.365	0.985	1.171
Dead branches	0.951	0.694	0.790	1.500	-0.771	1.131	0.774	1.511
Needles	0.927	0.810	0.939	1.397	-0.471	1.083	0.976	1.204
Cones	-6.897	3.010	0.847	7.943	-7.134	2.792	0.535	8.111
Aboveground total	1.840	0.875	0.992	1.141	0.608	1.145	0.991	1.113
Root	2.258	0.510	0.977	1.240	0.684	0.897	0.965	1.221
Tree total	2.127	0.809	0.992	1.141	0.760	1.119	0.998	1.095

Table 5. Allometric regressions for sample trees of *Pinus densiflora* by stands. Regression model : $\log Wt = A + B \log D - C \log H$, where Wt , D , H , and E are the same as Table 4.

Tree component	Stand 1					Stand 2				
	A	B	C	R	E	A	B	C	R	E
Stem wood	1.976	1.513	0.568	0.966	1.235	2.420	2.147	-0.299	0.995	1.093
Stem bark	1.204	1.181	1.495	0.928	1.373	1.234	2.040	0.032	0.985	1.163
Live branches	1.497	1.059	1.792	0.891	1.488	-0.141	2.033	1.693	0.979	1.227
Dead branches	2.170	0.567	-0.457	0.365	1.341	2.509	0.907	-0.654	0.172	1.595
Needles	1.721	0.817	1.078	0.794	1.498	0.752	2.365	0.002	0.999	1.033
Cones	-0.398	-3.889	9.589	0.234	4.218	-16.881	-0.143	17.951	0.762	5.987
Aboveground total	2.301	1.172	1.186	0.954	1.264	1.990	1.993	0.444	0.998	1.050
Root	1.536	1.354	1.059	0.969	1.248	3.460	3.750	-3.500	0.971	1.243
Tree total	2.370	1.200	1.169	0.966	1.242	2.256	2.055	0.188	0.999	1.041

Tree component	Stand 3					Stand 4				
	A	B	C	R	E	A	B	C	R	E
Stem wood	2.543	2.589	-0.961	0.999	1.063	-0.080	1.594	2.370	0.995	1.106
Stem bark	-0.441	0.265	3.745	0.986	1.200	-0.281	1.879	1.332	0.973	1.231
Live branches	4.838	5.650	-7.259	0.998	1.064	-0.810	2.946	0.875	0.986	1.174
Dead branches	3.488	3.690	-4.399	0.729	1.512	-0.938	2.256	1.274	0.775	1.505
Needles	5.222	5.516	-7.815	0.998	1.065	-0.811	2.139	1.268	0.980	1.183
Cones	-10.441	1.134	10.487	0.772	5.990	-15.244	0.111	16.479	0.711	6.798
Aboveground total	3.391	3.156	-2.238	0.999	1.016	0.152	1.880	1.983	0.998	1.065
Root	4.114	2.128	-2.606	0.977	1.232	-0.371	1.097	2.540	0.973	1.200
Tree total	3.751	3.931	-2.097	0.999	1.016	0.212	1.779	2.086	0.999	1.091

와 Schneider(1975)는 관계가 극히 적은 변량간에는 2.0이상이라고 하였다. 本 調査에 있어서 4個 林分의 林木 全體에 대한 相對成長式의 相對誤差 推定值의 범위는 $\log Wt = A + B \log D$ 식이 1.093~1.280, $\log Wt = A + B \log D^2 H$ 식 1.095~1.249, $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식 1.016~1.242 로써 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식이 適合度가 다소 높은 것으로 나타났으며, 部位別 相對成長式이 있어서도 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식의 適合度가 전반적으로 높은 경향을 보였다. 그러나 D와 H에 의한 相對成長式의 경우 適合度에 있어서 D만의 相對成長式에 비하여 큰 차이를 보이지 않으며 林分 現存量 推定을 위한 每木 調査時 發生하는 樹高 測定誤차를 고려할 때 D와 D, H에 의한 相對成長式을 적용한 林分 現存量의 推定誤差 間에는 큰 차이가 없을 것이라고 思料된다. 林分別 林木 全體에 대한 3個 相對成長式의 相對誤差 推定值의 범위는 林分 1이 1.242~1.280, 林分 2가 1.041~1.100, 林分 3이 1.016~1.141, 林分 4가 1.091~1.095로써 林分 2, 3, 4는 適合度가 높은 반면 林分 1은 適合度가 비교적 낮은 것으로 나타났다. 이것은 안강형인 林分 1의 경우 胸高直徑 또는 胸高直徑과 樹高에 따른 個體木 乾重量의 變異가 심하기 때문이라고 할 수 있다.

3個 相對成長式중 가장 適合度가 높았던 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식(表5)에 있어서 4個

林分의 部位別 回歸式의 相對誤差推定值은 대체로 줄기의 木質部, 뿌리, 樹被, 生枝 또는 잎, 枯死枝, 毬果의 順으로 낮은 값을 보였다. 이것은 他 研究(Larcher, 1975; Pastor와 Bockheim, 1981; Tadaki 등, 1965)를 종합할 때의 결과와 유사한 경향이였다. 枯死枝는 4個 林分의 相對誤差 推定值이 1.341~1.595로 비교적 높게 나타남으로써 胸高直徑과 樹高 즉, 個體木의 크기 인자와의 관계가 비교적 밀접하지 않은 것을 알 수 있으며, 毬果의 경우 相對誤差推定值이 4個 林分 모두 4.0 이상으로써 個體木의 크기와 毬果의 乾重量間에는 관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

表6에서는 實用性を 고려하여 林分別 10株씩 總 40株의 標本木에 의하여 유도된 相對成長式別, 部位別 現存量 一括回歸式을 나타냈다. 林分別 相對成長式에 있어서 適合度가 낮은 것으로 나타난 枯死枝와 毬果는 제외하였다. 胸高直徑만을 獨立變數로 하는 $\log Wt = A + B \log D$ 식에 의한 部位別 一括回歸式의 相對誤差推定值은 모두 1.2 이상으로써 비교적 적합도가 낮았으나, 胸高直徑과 樹高에 의한 相對成長式 $\log Wt = A + B \log D^2 H$ 식과 $\log Wt = A + B \log D + C \log H$ 식의 경우 줄기의 木質部, 地上部 全體, 林木 全體에 대한 一括回歸式의 相對誤差推定值은 1.2 이하로써 地域型間의 차이를 어느 정도 배제할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 두 變量의 對數值에 의하여 回歸直線式이

Table 6. Generalized allometric regressions for all sample trees of four *Pinus densiflora* stands. Wt, D, H, and E are the same as Table 4.

	Stem wood	Stem bark	Live branches	Needles	Aboveground total	Root	Tree total
$\log Wt = A + B \log D$							
A	1.398	1.415	0.907	0.904	1.784	1.777	1.971
B	2.622	1.896	2.592	2.230	2.483	1.842	2.386
r	0.951	0.973	0.978	0.967	0.977	0.972	0.979
E	1.514	1.238	1.304	1.398	1.298	1.344	1.287
$\log Wt = A + B \log D^2 H$							
A	1.474	1.588	1.262	1.116	1.934	1.928	2.124
B	0.911	0.624	0.819	0.732	0.840	0.611	0.804
r	0.989	0.960	0.926	0.951	0.990	0.967	0.989
E	1.195	1.296	1.613	1.450	1.191	1.336	1.192
$\log Wt = A + B \log D + C \log H$							
A	1.552	1.884	0.843	0.922	1.869	1.559	2.046
B	1.563	1.757	3.032	2.109	1.896	1.619	1.867
C	1.151	-0.298	-0.478	0.131	0.638	0.242	0.564
R	0.989	0.823	0.982	0.595	0.989	0.970	0.989
E	1.191	1.345	1.242	1.320	1.176	1.383	1.170

Table 7. Results from chi-square test of homogeneity of variance and covariance analysis to test for significant differences among allometric regressions from the four *Pinus densiflora* stands

	logWt=A + BlogD			log Wt=A + BlogD ² H		
	χ^2 -value	F-value		χ^2 -value	F-value	
	Variance	Slope	Intercept	Variance	Slope	Intercept
Stem wood	1.368(NS)	2.879(NS)	106.149(S)	8.823(S)	1.957(NS)	6.372(S)
Stem bark	22.384(S)	0.609(NS)	2.039(NS)	29.757(S)	0.821(NS)	5.588(S)
Live branches	19.233(S)	1.640(NS)	7.480(S)	35.179(S)	1.257(NS)	27.237(S)
Needles	24.513(S)	0.567(NS)	18.652(S)	50.810(S)	0.567(NS)	24.823(S)
Aboveground total	7.419(NS)	7.507(S)	58.104(S)	11.220(S)	4.388(S)	13.534(S)
Root	7.877(S)	2.779(NS)	11.477(S)	8.204(S)	1.873(NS)	5.478(S)
Tree total	8.927(S)	7.148(S)	59.110(S)	13.147(S)	4.487(S)	11.346(S)

* All tests were decided at the 95% confidence level; NS=not significantly different; S=significantly different, i.e., $P < 0.05$.

되는 相對成長式 $\log Wt = A + BlogD$ 식과 $\log Wt = A + BlogD^2H$ 식에 있어서 각각에 대한 林分別 回歸式間의 차이 유무를 검정한 결과 分散, 기울기 또는 切片에 있어서 有意의인 차이를 보였다(表 7). 立地 또는 樹形이 서로 다른 同一 樹種의 林分들에 대한 現存量 回歸式間의 차이 유무를 검정한 他 研究들로서 Tritton과 Hornbeck(1981)는 특수한 立地를 제외할 때 대부분의 立地別 回歸式間에는 차이가 없다고 하였다. Bickelhaupt 등(1973)은 실탄단풍나무의 경우 林分에 따라 줄기의 分岐 및 樹冠 형태의 變異가 심하지만 林分別 地上部 全體에 대한 現存量 回歸式間에는 차이가 없다고 보고하였다. Schmitt와 Grigal(1981)은 한 林分에서 유도된 現存量 回歸式을 立地가 다른 林分에 적용하더라도 適合度가 높았다고 하였다. 그러나 Koerper와 Richardson(1980)은 양호한 立地와 불량한 立地의 回歸式間에는 有意의인 차이가 있음을 지적함으로써, 同一 樹種의 경우 立地別 現存量 回歸式間에 차이가 있는 것이 예외적인 경우는 아니라는 것을 알 수 있다. 本 調査 結果 4 個 地域型 林分の 部位別 現存量 回歸式에 있어서 대체로 기울기의 有意의인 차이는 없었으나, 分散과 切片에 있어서 有意의인 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이것은 同一한 胸高直徑 또는 樹高級 일지라도 林分間에 뚜렷한 個體木 乾重量의 분리 현상을 보이는 것이라고 시사할 수 있다.

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. Bickelhaupt, D.H., A.L. Leaf and N.A. Richards. 1973. Effect of branching habit on aboveground dry weight estimates of *Acer saccharum* stands. Pages 221-230 in H.E. Young (ed.) IUFRO biomass studies. University of Maine, Orono, MN.

3. 김준호·윤성모. 1972. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구(II). 춘천지방의 소나무림과 신갈나무림의 비교. *한식지* 15 : 1-8.

4. Koerper, G.J. and C.J. Richardson. 1980. Biomass and net annual primary production regressions for *Populus grandidentata* on three sites in northern lower Michigan. *Can. J. For. Res.* 10 : 92-101.

5. Larcher, W. 1975. *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag, New York. 252pp.

6. 이수욱. 1985. 강원도산 소나무 천연림 생태계의 Biomass 및 Net primary production에 관한 연구. *한국임학회지* 71 : 74-81.

7. Parker, G.R. and G. Schneider. 1975. Biomass and productivity of an alder swamp in northern Michigan. *Can. J. For. Res.* 5 : 403-409.

8. Pastor, J. and J.G. Bockheim. 1981. Biomass and production of an aspen-mixed hardwood-spodosol ecosystem in northern Wisconsin. *Can. J. For. Res.* 11 : 132-138.

9. Pastor, J., J.D. Aber and J.M. Melillo. 1984. Biomass prediction using generalized allometric regressions for some northeast tree species. *For. Ecol. Manage.* 7 : 265-274.
10. 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.
11. Schmitt, M.D.C. and D.F. Grigal. 1981. Generalized biomass estimation equation for *Betula papyrifera* marsh. *Can. J. For. Res.* 11 : 837-840.
12. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1967. *Statistical methods*. Iowa State University Press, Iowa. 593pp.
13. Tadaki, Y., N. Ogata and Y. Nagatomo. 1965. The dry matter productivity in several stands of *Cryptomeria japonica* in Kyushu. *Bull. Gov. For. Exp. Sta.* 173 : 45-66.
14. Tritton, L.M. and J.M. Hornbeck. 1981. Biomass equations for major tree species of the northeast. USDA For. Serv., Northeast For. Exp. Stn., Gen. Tech. Rep. NE-69. 46 pp.
15. Whittaker, R.H., F.H. Bormann, G.E. Likens and T.G. Siccama. 1974. The Hubbard Brook ecosystem study : Forest biomass and production. *Ecol. Monogr.* 44 : 233-252.
16. Whittaker, R.H. G.M. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. *J. Ecol.* 56 : 1-25.
17. 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.
18. 임경빈·김진수. 1975. 소나무천연집단의 변이에 관한 연구(I)-주왕산, 안면도, 오대산 집단의 침엽 및 재질형질. *한국임학회지* 28 : 1-20.
19. 임경빈, 권기원. 1976. 소나무천연집단의 변이에 관한 연구(II)-명주, 울진, 수원집단의 침엽 및 재질형질. *한국임학회지* 31 : 8-20.
20. 임경빈·권기원·이경재. 1977. 소나무천연집단의 변이에 관한 연구(V)-인제, 정선, 삼척 집단의 침엽 및 재질형질. *한국임학회지* 36 : 9-25.
21. 임경빈·이경재. 1978. 소나무천연집단의 변이에 관한 연구(VII)-왕산, 봉화, 양주집단의 침엽 및 재질형질. *한국임학회지* 40 : 1-18.
22. 임경빈·이경재. 1979. 소나무천연집단의 변이에 관한 연구(IX)-광주, 제천, 보은, 무주, 구례, 제주집단의 침엽 및 재질형질. *한국임학회지* 44 : 1-25.