

## 江原道産 소나무天然林生態系의 Biomass 및 Net Primary Production에 관한 研究<sup>1</sup>

李 壽 煜<sup>2</sup>

### Biomass and Net Primary Productivity of *Pinus densiflora* Natural Ecosystem in Kangwondo, Korea<sup>1</sup>

Soo Wook Lee<sup>2</sup>

#### 要 約

江原道産 소나무天然林의 生産性을 把握하기 위하여 10本の 標本木을 伐倒하고 各部位別 및 總 biomass와 primary production을 回歸式에 의하여 計算한 結果 다음과 같은 結果를 얻었다. 1) 江原道産 소나무의 biomass 推定方程式 모형으로는  $Wt = aD^bH^c$ 가 가장 適合하였다. 2) 林分 biomass 推定量은 地上部 總量이 198.82 t/ha였으며 部位別로는 樹幹木部가 136.82 t/ha, 生枝部가 32.81 t/ha, 樹皮部가 10.72 t/ha, 葉量이 9.07 t/ha 죽은가지가 7.30 t/ha였다. 3) 純生産量은 地上部總量이 15.87 t/ha/yr였으며 部位別로는 樹幹木部가 7.04 t/ha/yr., 生枝部가 4.91 t/ha/yr, 葉量이 2.21 t/ha/yr., 小枝가 1.13 t/ha/yr., 樹皮가 0.52 t/ha/yr였다. 4) Leaf efficiency는 1.876으로서 年間地上部 總生産量 15.87 t/ha/yr와 比較적 잘 連관되어 있다.

#### ABSTRACT

Dimension analysis was used to estimate biomass and net primary production(NPP) in a 36-year-old Japanese red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) natural forest in Kangwondo. Best estimation was made by the equation model of  $Wt = aD^bH^c$  where  $Wt$  is weight in kg,  $D$  is DBH in cm, and  $H$  is total tree height in m. Total above-ground biomass was estimated at 198.82 t/ha. Organic matter was distributed in the Japanese red pine stand as follows; bolewood 68.8%, live branches 16.5%, bolebark 5.4%, foliage 4.6%, dead branches 3.7%, and cones 0.6%. Net primary production was estimated at 15.87 t/ha/yr and was distributed; bolewood 44.5%, live branches 30.9%, foliage 14.1%, current twig 7.1%, and bolebark 3.3%. Leaf efficiency was estimated at 1.876. The power equation for biomass and NPP yielded similar results as the results for *Pinus densiflora* in Japan.

*Key words:* *Pinus densiflora*; biomass; net primary production; leaf efficiency.

#### 緒 論

1950年代부터 全世界的으로 활발히 研究되어온

森林生態系의 biomass에 관한 研究들은 최근 木材 需要의 증가와 energy 供給 부족 現象등으로 더욱 촉진되고 있다. 地球上에서 單位面積當 純光合成量이 가장 높다고 알려진 森林生態系의 物質生産性研究

<sup>1</sup> 接受 10月 31日 Received October 31, 1985.

<sup>2</sup> 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon, Korea.

는 대략 다음 몇가지 現實의 要求에 의해서 그 重要性이 높아지고 있다.

첫째로 人口가 急증함에 따라 地球上에서 植物로부터 生産되는 光合成物質과 光合成 energy의 供給限界가 있음을 認識하게 되었다. 따라서 單位面積當 光合成物質 生産效率이 큰 植物生態系의 構造 및 機能의 把握과 生産性 유지 및 提高를 위한 經營管理 技術의 開發을 위해 森林生態系에 관한 物質生産性이 一般植物學分野에서도 여러가지 樹種別로 調査分析되어 왔다.

둘째는, 최근 증가하는 木材需要에 대처하기 위하여 現存林分의 利用率을 極大化시키려는 노력이 경주되고 있다. "whole tree harvest" 技術은 과거에 主要利用對象이었던 樹幹部 외에도 가지, 뿌리, 잎, 樹皮 등 cellulose 및 기타 물질이 포함된 利用可能한 모든 부분의 物質生産量 推定을 필요로 하고 있다. 樹幹部利用時에는 측정단위를 材積(m<sup>3</sup>)으로 나타내어도 무방하였지만 뿌리, 가지, 잎, 樹皮 등 여타부분은 體積單位가 부적합할 뿐아니라 樹幹部자체의 精確한 利用率 파악을 위해서도 (比重이 다르기 때문) 重量單位가 더욱 合理的임이 인정됨에 따라 최근 立木材積表를 대신하는 biomass table 調製를 위한 조사연구가 진행되고 있다.

세째로 1970년대초 oil shock 이후 매장량에 한계가 있는 fossil fuel energy 資源을 대체한 소위 "renewable energy resources"에 대한 개발연구가 절박해 졌다. 따라서 林木의 연료적 가치와 林木으로부터 alcohol 生産의 타당성이 재평가되면서 林木의 各部位別 熱量 및 alcohol 生産量 推定이 시도되어 왔다. 동시에 單位面積當 木纖維 및 energy 生産량을 극대화시키기 위한 短伐期造林技術이 시도되면서 生重量 또는 乾重量을 단위로 하는 物質生産性 研究가 發展되어 왔다.

네째로 森林生態系는 林분이 壯令化할수록 단위면적당 純光合成量이 증가하는데 그것은 現存 biomass에 比例하며 그 生態系의 生産성에 비례한다. 生産性의 指標가 되는 森林生態系의 養料分布 및 循環率은 作業種에 따라 輪伐期를 週기로 크게 변하게 된다. 伐採利用되는 부분에 의하여 잃게되는 養料를 보충하고 樹種, 林令 및 立地條件에 따른 養料分布 및 循環량을 파악키 위하여 biomass 및 net productivity에 관한 연구가 많이 실시되어 왔다.

최근 韓國에서는 제한된 樹種에 대하여 주로 幼令林을 대상으로 物質生産性 研究가 실시되어 왔다. 특

히 net productivity가 높은 壯令林에 대한 生産性 研究와 韓國森林의 主種을 이루는 소나무(*Pinus densiflora*)에 대한 研究가 거의 없는 실정이다. 近來에 와서 生産性이 높다고 思料되는 天然林에 대해서는 그 研究가 全無한 상태이다.

本 研究는 韓國森林의 主種을 이루고 있는 소나무를 대상으로 壯令天然林生態系의 biomass 및 net primary productivity를 推定함으로써 國內에서 大量한 生産성을 파악함과 동시에 國內森林內에 저장되어 있는 熱 energy 量과 alcohol energy 量 推定을 위한 基本研究로서 韓國科學財團의 지원으로 실시되었다.

### 材料 및 方法

#### 1. 立地條件

본 소나무 天然林은 東經 128°29'00" ~ 128°29'30" 사이와 北緯 37°47'30" ~ 37°48'00" 사이에 있는 江原道 洪川郡 內面 廣院里 乙水洞에 위치하고 있으며 標高는 640 m ~ 700m, 方位는 西北西였고 林令은 33年 ~ 42年으로 平均林令이 36年이었다. 1984年 8月 1日부터 7日까지 사이에 現地調査 및 試料採取가 이루어 졌다. 本 調査地의 每木調査에 의한 林分構造를 보면 表 1과 같다.

Table 1. Natural stand structure per ha of *Pinus densiflora* S. et Z. in Kangwondo

DBH (cm)	Average height(m)	Volume of single tree(m <sup>3</sup> )	Number of trees	Sum of volume (m <sup>3</sup> )
18	15.9	0.1906	14	2.658
20	16.5	0.2357	41	9.664
22	17.0	0.3017	55	16.594
24	17.5	0.3760	79	29.704
26	18.0	0.4371	70	30.597
28	18.5	0.5024	91	45.718
30	18.9	0.6073	82	49.799
32	19.3	0.6864	65	44.616
34	19.7	0.7990	73	58.327
35	20.1	0.8924	48	42.835
38	20.5	1.0274	33	33.904
40	20.9	1.1347	31	35.176
Total			682	399.602

表 1을 보면 胸高直徑은 18cm에서 40cm, 樹高는 16m에서 21m에 걸쳐 분포하며 直徑級別 林木本數를 보면 正規分布하고 있음을 볼 때 이 天然

林은 同令林의 林分構造를 갖고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 天然林은 直徑級이 증가하면서 林木本數가 감소하는 異令林構造를 갖는 것이 보통이나 本林分의 林令이 33~42年임을 볼 때 약 10年間に 걸쳐 天然更新이 이루어진 平均林令 36年의 同令級林이라 하겠다.

본 조사지의 ha 당 立木材積을 보면 약 400m<sup>3</sup>으로서 江原道 소나무 林地중 材積蓄積이 많은 편에 속한다고 보겠다. 林地內에 生育하고 있는 下層植生으로는 蕨나무, 고로쇠 나무, 단풍나무, 신갈나무, 조릿대 등이었다. 以上과 같은 林分을 유지시켜 주는 土壤條件을 보면 表 2와 같다.

Table 2. Soil characteristics of *Pinus densiflora* natural stand in Kangwondo

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Color	PH 1:5	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)		
									K	Ca	Mg
0	5-0										
A 1	0-15	SL	Granular	7.5 YR 3/3	5.5	3.0	24.0	5.9	0.30	2.01	0.30
B 2	15-50	SL	Angular blocky	7.5 YR 3/4	5.3	1.2	9.0	3.3	0.10	1.20	0.21
C	50-80	CoSL	Structure-less	7.5 YR 5/8	5.3	0.2	8.9	3.2	0.09	1.19	0.20
R	80-										

2. 標本採取 및 分析方法

가. 供試木의 選定

林分의 biomass 및 net primary production을 回歸方程式을 이용 推定하기 위해서 林分內에서 每木調査를 실시한 후 胸高直徑의 전체 범위內에서 10株를 選定하였으며, 各直徑級 간격을 各급적 갈게하여 各본 분포를 갖게 하였고 우세목과 준우세목 中에서 選拔하였다.

나. 供試木의 測定 및 標本採取

선정된 10本의 林木은 地上部 20cm의 위치에서 伐倒하였으며 樹幹部는 2m 간격으로 析胸하고 용수철 저울을 사용하여 各 통나무의 生重량을 측정하였다. 乾重量의 推定을 위하여 各 통나무에서 두께 10cm 정도의 圓板標本을 採取하고 그 生重량을 現地에서 秤量하였다. 樹令은 伐倒木根株部의 나이테를 조사 推定하였다. 各 林木別로 樹幹部에 붙어 있는 모든 가지를 잘라 그 生重량을 秤量하였고 그 中에서 크기에 따라 골고루 5개의 가지를 標本으로 선정하였으며 標本의 生重量도 측정하였다. 가지標本의 抽出率은 약 20~25% 정도였으며 樹幹部 標本인 圓板과 함께 포장하여 건조를 위하여 實驗室로 운반되었다. 뿌리部分은 調査하지 않았다. 各 林木別로 죽은가지와 毬果도 모두 生重량을 測定한 후 20% 정도의 標本을 採取 운반하였다.

다. 土壤調査 및 試料採取

調査林地內에서 가장 대표적인 立地를 골라 試抗을 1m 깊이로 파고 土壤層別로 斷面調査를 실시

한 후 土壤別 分析用 試料를 採取하고 表 2와 같이 分析을 하였다.

라. 部位別 乾重量

林木別로 採取한 標本들 中 圓板은 樹皮部(bole-bark)를 樹幹木部(bolewood)에서 分離시키고 生枝部(live branches)에서는 1年生 잎과 2년이상된 잎을 區分해서 採取하였고 1年生枝(current twig)도 分離하였다. 죽은가지(dead branches)와 毬果(cone) 標本과 分離된 모든 標本을 따로 포장하여 dry oven에서 75~80°C로 恒量(equilibrium)에 도달될 때까지 乾燥시켰다.

마. 純生産量(net primary production : NPP)

純生産량을 測定키 위하여 잎은 1年生 葉量으로 推定하였고 生枝部에서는 單木別로 採取된 5개의 가지 밑동(trunk)에서 가지年令(branch age)을 測定한 후 Whittaker 公式<sup>17)</sup>을 利用하여 얻은 값에 小枝(current twig)의 量을 合하여 推定하였다.

<Whittaker formula>

$$\Delta W = BW/A \dots\dots\dots (1)$$

ΔW; 生枝의 1年間 生長量

W; 가지의 木質部와 樹皮의 乾重量(kg)

A; 가지年令(branch age)

B; 가지年令에 대한 가지 乾重量의 對數回歸方程式에서 얻은 常數(slope constant).

樹幹木部(bolewood)의 net production은 최근 5年間の 材積生長量을 Smalian 公式을 使用하여 求하고 이를 다시 5로 나누어 1年間の 平均材積生長量

을求한다음全體材積에 대한比率을이용乾重量을 계산하였다.樹皮部(bolebark)에 대한net production은樹幹木部の年間生長率을適用算定하였다.

바.林分Biomass 및NPP

10株의供試木에 대해서部位別로分離測定된乾重量에公式(2)와 같은模型의回歸式을利用biomass 및NPP方程式을 유도하였다.

$$Wt = aD^b H^c \dots\dots\dots(2)$$

Wt : 乾重量 (kg)

D : DBH (cm)

H : 樹高 (m)

a, b, c : 常數

이상과 같은模型의公式에 매목조사에서 얻어진表 1의DBH와樹高 및直徑級別林木本數를代入하여林分biomass와NPP를推定하였다.

사.下層植生のbiomass

下層植生에 대한物質生産量은部位別로區分하지 않고總量을推定하였는데調査方法은2×2m正方型區를標準이 되는곳에設定하고모든植生の地上部生重量만을 완전히切取秤量하였고약20%의標本을採取 운반하였다.實驗室에서林木標本과 같은方法으로乾燥시켜秤量한후ha當物質生産量을推定하였다.

結果 및 考察

1. 單木 Biomass 推定方程式

單位面積當物質生産量을推定하는方法으로과거에는標準木法을 사용하였다.sample plot를 설정하고每木調査를하거나全林每木調査法을 사용하거나 조사된林木의平均直徑 또는平均胸高斷面積을 갖는林木을標準木으로決定하고3~5本の標準

木을伐採調査하여單木別,部位別,乾重量을ha當物質生産量으로換算하는方法이었다.이方法에 있어서의문제점은平均直徑 또는平均胸高斷面積을 갖는林木의乾重量이全林分을 대표하는平均乾重量을 갖는다는假說이眞實로成立되느냐하는데있었다.이方法은여러學者들에 의하여不合理하다고 인정되어최근에는allometric equation에 의한回歸方程式의利用이보편화하고있다.여기에서는公式(3)과 같은胸高直徑만을獨立變數로 사용하는power curve公式을 사용하고 있다.

$$Wt = aD^b \dots\dots\dots(3)$$

Wt : 乾重量 (kg)

D : DBH (cm)

a, b : 常數

최근Alban *et al* (1983)에 의하면胸高直徑 외에公式(4)와 같이樹高를獨立變數로 첨가하면推定誤差(standard error of the estimate)를 더욱 줄일수 있다고 하였다.

$$Wt = aD^b H^c \dots\dots\dots(4)$$

H : 樹高 (m)

李(1983)에 의하면公式(4)를 이용하여木材의比重(specific gravity)과形數(form factor)가biomass推定에 미치는 영향을究明하고 있다.反面胸高直徑과樹高를獨立變數로利用하되公式(4)와는 다른公式(5)와 같은模型이 사용되기도 한다.

$$Wt = a(D^2 H)^b \dots\dots\dots(5)$$

본 연구에서는 보다正確한biomass의推定을 위해서 사용될 수 있는公式을 선정하기 위하여公式(4)와(5)의推定誤차를比較하여本결과表 3, 4와 같았다.

地上部總量推定の正確度(Sy.x/Ȳ)는公式(4)가0.077로公式(5)의0.176보다 훨씬 정확하다.

**Table 3.** Individual tree biomass equation. Equation form :  $Wt = aD^b H^c$  where Wt is weight in kg, D is DBH in cm, and H is total tree height in m.

Tree component	a	b	c	R <sup>2</sup>	Sy. x*	Ȳ	Sy.x/Ȳ
Cone	3.6477x10 <sup>-26</sup>	5.2792	13.6911	0.72	0.466	0.743	0.628
Foliage	7.7810x10 <sup>-5</sup>	2.2095	1.4269	0.96	1.588	10.934	0.145
Live branches	7.7810x10 <sup>-5</sup>	3.0169	1.0346	0.97	7.725	38.124	0.203
Dead branches	5.7730x10 <sup>-5</sup>	2.3264	1.4336	0.63	4.210	9.571	0.440
Bolebark	2.6266x10 <sup>-4</sup>	1.9495	1.4914	0.95	2.084	13.122	0.159
Bolewood	4.1668x10 <sup>-4</sup>	1.6649	2.5292	0.99	12.449	165.400	0.075
Total above ground	7.1072x10 <sup>-4</sup>	1.9507	2.1420	0.99	18.338	237.670	0.077

\* Standard error of the estimate.

**Table 4.** Individual tree biomass equation. Equation form :  $Wt = a(D^2H)^b$  where  $Wt$  is weight in kg,  $D$  is DBH in cm, and  $H$  is total tree height in m.

Tree component	a	b	R <sup>2</sup>	Sy.x *	$\bar{Y}$	Sy.x/ $\bar{Y}$
Cone	$4.6634 \times 10^{-14}$	3.1114	0.61	0.639	0.743	0.861
Foliage	$1.6932 \times 10^{-4}$	1.1575	0.96	1.518	10.934	0.139
Live branches	$4.1058 \times 10^{-5}$	1.4308	0.97	8.135	38.124	0.213
Dead branches	$8.3176 \times 10^{-5}$	1.2074	0.63	4.155	9.571	0.434
Bolebark	$1.2184 \times 10^{-3}$	0.9644	0.91	2.424	13.122	0.185
Bolewood	$4.0888 \times 10^{-3}$	1.1110	0.96	26.521	165.400	0.160
Total above ground	$3.4229 \times 10^{-3}$	1.1667	0.98	41.868	237.670	0.176

\* Standard error of the estimate.

그의 樹幹木部, 樹皮, 生枝 및 毬果의 推定에 있어서는 모두 公式(4)의 標準推定誤差(Sy,x)가 公式(5)보다 작게 나타났다. 그러나 잎과 죽은가지에 있어서는 公式(5)가 더 작은 推定誤差를 보이고 있으나 그 差異는 근소하기 때문에 公式(5)가 公式(4)보다 더욱 正確히 推定하는 模型이라고 단정하기는 어렵다고 思料된다. 따라서 본 연구에서는 林分 biomass의 보다 正確한 推定을 위해서 公式(4)를 사용하였다.

## 2. 林分 Biomass

表 3에서 各部位別 推定方程式의 正確度を 비교해 보면 樹幹木部の 方程式이 가장 精確한 推定을 하고 있으며 다음 이 地上部總量, 葉, 樹皮 및 生枝였으며 죽은가지와 毬果의 方程式들이 가장 덜 精確한 推定을 하고 있음이 관찰된다. 表 3의 方程式으로 推定된 部位別 林分 biomass는 表 5와 같다.

表 5에 의하면 地上部總 biomass는  $198.8 \text{ t/ha}$ 로 매우 높은 값을 보이고 있다. 金 및 尹(1977)이

보고한 春川地方의 소나무林은  $26.17 \sim 38.83 \text{ t/ha}$ 로 매우 낮은 값을 보였다. 李等(1985)이 보고한 光州地方의 리기테다소나무 22年生의 경우  $142.32 \text{ t/ha}$ 는 樹種은 다를지라도 매우 높은 값을 보여주고 있다. 李(1984)가 보고한 55年生 *Pinus koraiensis*의 경우  $151.83 \text{ t/ha}$ 로서 본 연구와 유사한 값을 보여준다. 日本의 *Pinus densiflora* 造林地의 物質生産量에 관한 Ovington(1962)의 보고를 보면 16年生이  $59.2 \text{ t/ha}$ ,  $104.7 \text{ t/ha}$ 였으며 소나무 天然林에 관한 Satoo(1967)의 보고를 보면 15年生의 경우  $63.96 \text{ t/ha}$ 였다. Ovington(1956)은 *Pinus nigra* 46年生 造林地의 biomass가  $242.2 \text{ t/ha}$ 라고 보고하였고 日本의 *Pinus strobus* 41年生이  $204.2 \text{ t/ha}$ 였다고 했다. 따라서 韓國의 江原道産 소나무가 天然林의 경우 外國樹種과 비교해서 그 生産性이 매우 높음을 알 수 있다.

$200 \text{ t/ha}$ 에 가까운 地上部 biomass 중 대부분을 차지하는 것은 역시 樹幹部로서  $74.2\%$ 였으며 生枝部가  $16.5\%$ 로서 李(1983)가 보고한 *Pinus resinosa*의 生枝部 biomass 비율과 유사하였다. 그러나 葉量은  $9.07 \text{ t/ha}$ 로서  $4.6\%$ 에 지나지 않아 他樹種과 비교할 때 적은 비율이나 Satoo(1969)가 보고한 日本赤松의 平均葉量  $6.3 \text{ t/ha}$  ( $4 \sim 10 \text{ t/ha}$ )에 비교하면 매우 적절한 것임을 알 수 있다. 地被植生이 약  $2.7 \text{ t/ha}$ 를 차지하고 있어 전체가  $200 \text{ t/ha}$  이상되는 것으로 미루어 보아 本 調査地域의 生産力이 매우 높음을 알 수 있다.

**Table 5.** Biomass of *Pinus densiflora* natural stand in Kangwondo

Tree component	Stand biomass	
	t/ha	%
Cone	1.19	0.6
Foliage	9.07	4.6
Live branches	32.81	16.5
Dead branches	7.30	3.7
Bolebark	10.72	5.4
Bolewood	136.82	68.8
Total above ground	198.82	100.0
Ground vegetation	2.72	
Total biomass	201.55	

## 3. Net Primary Production (NPP)

林木의 部位別 年間 生産量을 推定한 값을 公式(4)를 利用하여 回歸方程式을 求한 결과는 表 6과 같다. 表 6에서 보면 樹皮部 NPP 方程式이 가장 精確

**Table 6.** Individual tree Net Primary Production equation. Equation form :  $Wt = aD^bH^c$   
where  $Wt$  is weight in kg,  $D$  is DBH in cm, and  $H$  is total tree height in m.

Tree component	a	b	c	R <sup>2</sup>	Sy. x *	$\bar{Y}$	Sy. x / $\bar{Y}$
Foliage	$3.1495 \times 10^{-5}$	1.9919	1.6265	0.93	0.4463	2.7213	0.1640
Current twig	$7.1980 \times 10^{-6}$	2.4623	1.3492	0.87	0.2666	1.3722	0.1943
Live branches	$2.3686 \times 10^{-4}$	2.0964	1.0913	0.94	1.0268	6.0755	0.1690
Bolebark	$1.0055 \times 10^{-4}$	1.7488	1.0233	0.98	0.0558	0.6502	0.0858
Bolewood	$1.9382 \times 10^{-4}$	1.5971	1.8625	0.96	0.9518	8.7792	0.1084
Total above ground	$4.7018 \times 10^{-4}$	1.8681	1.5222	0.96	2.1368	19.5985	0.1090

\* Standard error of the estimate.

한 추정을 하고 있으며 地上部 總量과 樹幹木部の NPP 方程式은 精度가 비슷하며 生枝部와 葉의 方程式이 다음이며 1年生枝의 方程式 精度가 가장 낮다. 결정계수(R<sup>2</sup>)의 값을 보면 1年生枝 0.87 외에는 모두 0.93 이상으로 매우 상관관계가 높음을 알 수 있다. biomass에 비하여 상관계수의 값이 낮은 것이 통례이며 대부분 상관계수의 有意性이 없음을 나타내는 경우가 많은데 본 연구의 경우 고도의 有意性을 보여 주고 있다. 더욱이 天然林의 경우 人工林보다 매우 不規則한 樹冠을 갖는 경우가 많아 樹冠部の biomass나 NPP의 推定에 있어 標準誤差가 큰데 본 연구에서는 標準誤差가 매우 작은 것이 특징이라 하겠다. 表 6의 方程式을 이용하여 林分의 NPP를 구한 결과는 表 7과 같다.

**Table 7.** Net Primary Production of *Pinus densiflora* natural stand in Kangwondo

Tree component	Net Primary Production	
	t/ha/year %	
Foliage	2.21	14.1
Current twig	1.13	7.1
Live branches	4.91	30.9
Bolebark	0.52	3.3
Bolewood	7.04	44.5
Total above ground	15.87	100.0

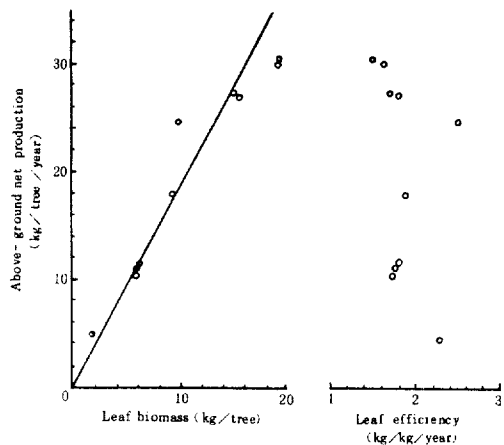
表 7에서 地上部 年間生産量은 15.87 t/ha/yr 이다. 地上部 總 biomass의 약 8%에 해당하는 값이다. 비교적 낮은 값으로 사료되나 Satoo (1966)에 의하면 日本의 소나무 造林地에서는 12.2 t/ha/yr, 12.54 t/ha/yr, 15.03 t/ha/yr였다. 天然林에서는 15.78 t/ha/yr, 14.86 t/ha/yr였다. 본 연구의 NPP는 日本 赤松天然林 NPP와 매우 근사한 값을 보여 주고 있다.

部位別 比率를 보면 biomass의 경우와는 대조적

이다. 우선 葉 NPP를 보면 전체의 14.1%였고 biomass는 4.6%에 불과하다. 이것은 年間 葉生産量은 많으나 落葉量 또한 많음을 나타내고 있다고 思料된다. 生枝部 또한 NPP는 약 31%를 보이거나 biomass는 16.5%에 지나지 않는다. 生枝部도 天然林內에서 落枝量이 많음을 보여 주며 表 5에서 죽은가지 3.7%가 이를 立證하고 있는 것이다. 反面 樹幹部の 生産量이 44.5%로서 biomass의 68.8%에 훨씬 못미친다. 이것은 樹幹木部에는 生産物質의 蓄積만 存在함을 보여 주는 것이다. 每年 生産量중에서 많은 部分이 落葉과 落枝를 통해서 다시 土壤으로 환원됨으로서 森林生態系內에서 상당량의 養料循環이 이루어지고 있음을 암시해 주고 있다.

**4. 葉効率 (leaf efficiency)**

表 7에서 나타난 地上部 總 NPP는 실제로 現存



**Fig. 1.** The relationship between net annual production by individual trees within a 36-year-old natural forest of *Pinus densiflora* and both leaf biomass and leaf efficiency.

葉 biomass에 의하여 1年동안에 生産된 量인 것이다. 따라서 總乾物生産量을 葉 biomass로 나눈값을 單木別로 計算하고 이들 관계를 圖表 1과 같이 나타내었다.

본 연구의 소나무 leaf efficiency의 平均値는 1.876으로서 日本赤松의 平均値 2.261(1.313 ~ 3.197)보다는 낮은 값을 보이고 있다. 그러나 日本의 leaf efficiency의 범위내에는 들어가 있다. 이것은 江原道 소나무의 年令이 平均 36年으로 비교적 壯年後期에 있기 때문으로 思料된다. leaf efficiency는 地位에 따라 서로 變하기 때문에 同一한 地位의 生態系라야 비교가 가능하다고 본다.

Hatiya *et al* (1966)은 地位에 따른 leaf efficiency와 NPP의 變化를 圖表 2에서와 같이 나타내었다. 圖表 2를 사용해서 江原道 赤松의 leaf efficiency에 의하여 生産될 수 있는 地上部 總純生産量을 추정하여 보면 우선 葉效率 1.876에 해당하는 地位(relative height)를 보면 下部曲線에 의해서 약 0.58 정도가 됨을 알 수 있다. 다시 地位 0.58의 立地에서 生産되는 net production을 알기 위하여 上部曲線을 사용 地上部 總純生産量을 보면 약 15.6 t/ha/yr 정도임을 알 수 있다. 이 값은 본 연구의 地上部 總純生産量 15.87 t/ha/yr와 매우 흡사한 값으로 본 연구의 結果가 매우 타당한 것임을 立證해 주고 있는 것이다.

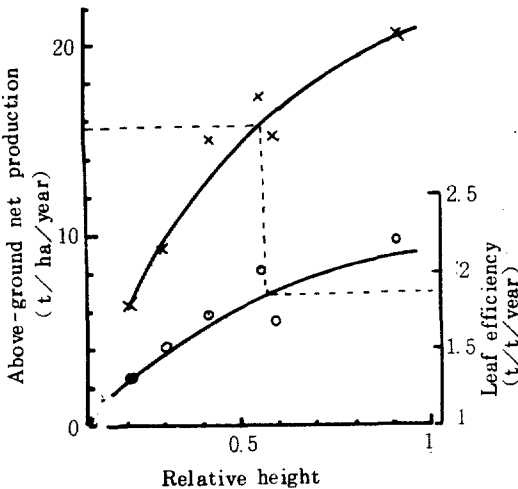


Fig. 2. Factors affecting the above-ground net production of 20- to 21-year-old forests of *Pinus densiflora* of different site index (Hatiya *et al.* 1966)

以上과 같은 結果의 考察로서 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

가. 江原道 소나무의 biomass 推定方程式 模型으로는  $Wt = aD^b H^c$ 가 가장 適合하였다.

나. 林分 biomass 推定量은 地上部 總量이 198.82 t/ha 였으며 部位別로는 樹幹木部가 136.82 t/ha, 生枝部가 32.81 t/ha, 樹皮가 10.72 t/ha, 葉量이 9.07 t/ha, 죽은가지가 7.30 t/ha 였다. 1年間 純生産量은 地上部 總量은 15.87 t/ha/yr 였으며 部位別로는 樹幹木部가 7.04 t/ha/yr, 生枝部가 4.91 t/ha/yr, 葉量이 2.21 t/ha/yr, 小枝가 1.13 t/ha/yr, 樹皮가 0.52 t/ha/yr 였다.

라. leaf efficiency는 1.876으로서 年間地上部 總生産量 15.87 t/ha/yr 값과 비교적 잘 연관되어 있었다.

### 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. Alban, D. H. and R. P. Laidly. 1983. Generalized equations for jack and red pine in the Lake States. *Can. J. For. Res.* 12:913-921.
3. Art, H. W. and P. L. Marks. 1971. A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. Pages 3-34 in H. E. Young, ed. *Forest Biomass Studies*. Univ. of Maine Orono, ME.
4. Bockheim, J. G., S. W. Lee and J. E. Leide. 1983. Distribution and cycling of elements in a *Pinus resinosa* plantation ecosystem, Wisconsin. *Can. J. For. Res.* 13:609-619.
5. Green, D. C. and D. F. Grigal. 1978. Generalized biomass estimation equations for jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). *Minn. For. Res. Note* No. 268. 4pp.
6. Ker, M. F. 1980. Tree biomass equations for ten major species in Cumberland County, Nova Scotia. *Can. For. Serv. Marit. For. Res. Cent. Fredericton, New Brunswick. Inf. Rep. M-X-108.*
7. 李景宰, 金甲德, 金在生, 朴仁協. 1985. 光州地

- 方の 리기다소나무 및 리기테다소나무 造林地の  
物質生長量에 關한 研究. 韓國林學會誌 69 : 28  
-35.
8. Lee, S. W., J. G. Bockheim and D. H. Alban.  
1982. Biomass and net primary production in a  
*Pinus resinosa* plantation ecosystem, Wisconsin.  
Agron. Abstr. 74:266.
  9. Madgwick, H. A. I. and R. E. Kreh. 1980.  
Biomass estimation for Virginia pine trees and  
stands. For. Sci. 26:107-111.
  10. Newbould, P. J. 1967. Methods for estimating  
the primary production of forests. IBP Hand-  
book 2. Blackwell Scientific Publications.
  11. Satoo, T. 1969. Primary production relations  
of coniferous forests in Japan. Pages 191-205  
in P. Duvigneaud, ed. Productivity of Forest  
Ecosystems. UNESCO, Paris.
  12. Satoo, T. and H. A. I. Madgwick. 1982. Forest  
Biomass. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publi-  
shers, The Hague.
  13. Tritton, L. M. and J. W. Hornbeck. 1982.  
Biomass equations for major tree species of the  
Northeast Broomall, PA: Northeast For. Exp.  
Stn.: USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-69.  
46p.
  14. Whittaker, R. H. 1965. Branch dimensions and  
estimation of branch production. Ecology  
46:365-370.
  15. Whittaker, R. H., F. H. Bormann, G. E. Likens  
and T. G. Siccama. 1974. The Hubbard Brook  
ecosystem study; forest biomass and produc-  
tion. Ecol. Monogr. 44:233-252.
  16. Whittaker, R. H. and G. M. Woodwell. 1969.  
Measurement of net primary production of  
forests. Pages 191-205 in P. Duvigneaud, ed.  
Productivity of Forest Ecosystems. UNESCO,  
Paris.
  17. Whittaker, R. H. and P. L. Marks. 1975. Me-  
thods of assessing terrestrial productivity in  
primary productivity of the biosphere. Edited  
by H. Lieth and R. H. Whittaker. Springer-  
Verlag. New York, N. Y. pp. 55-118.