

상대생장법에 의한 남한강 유역 삼림의 생산량 및 생산성 비교¹

강상준² · 콧애경³

Comparisons of Phytomass and Productivity of Watershed Forest by Allometry in South Han River¹

Kang, Sang-Joon² and Ae-Kyung Kwak³

요 약

남한강 유역의 소나무, 리기다소나무, 상수리나무, 굴참나무 및 신갈나무 군락을 대상으로 상대생장법에 의하여 현존량을 추정하였으며, 각 군락에 있어서 D^2H 와 줄기(W_s), 가지(W_b) 및 잎(W_l)의 상대생장식은 다음과 같다.

소나무 군락	:	$\log W_s = 0.58482 D^2H - 0.42417$ $\log W_b = 0.6234 D^2H - 1.2321$ $\log W_l = 0.2247 D^2H - 0.09359$
리기다소나무 군락	:	$\log W_s = 0.9218 D^2H - 1.4692$ $\log W_b = 1.0064 D^2H - 2.2278$ $\log W_l = 0.6275 D^2H - 1.1715$
상수리나무 군락	:	$\log W_s = 0.96659 D^2H - 1.56975$ $\log W_b = 0.86315 D^2H - 2.17944$ $\log W_l = 0.79876 D^2H - 1.97137$
굴참나무 군락	:	$\log W_s = 0.4753 D^2H + 0.20026$ $\log W_b = 0.5725 D^2H - 0.92006$ $\log W_l = 0.61649 D^2H - 1.4288$
신갈나무 군락	:	$\log W_s = 0.5526 D^2H - 0.1228$ $\log W_b = 0.5188 D^2H - 0.9787$ $\log W_l = 0.7754 D^2H - 2.6273$

상대생장식으로 추정된 현존량은 리기다소나무림 약 61만ton, 소나무림 약 120만ton, 상수리나무림 약 289ton, 굴참나무림 약 2,800ton 그리고 신갈나무림 약 57만ton으로서 소나무 군락이 전 지역의 약 43.9%를 점유하고 있다. 녹지자연도 등급별 현존량은 수령 20년 이상인 8등급에 속하는 삼림 군락의 현존량 약 7만4천ton, 7등급에 속하는 삼림 약 200만ton으로서 7등급 군락이 전체의 75%를 차지하였으며, 식재림인 리기다소나무림은 약 61만 ton으로 추정되었다. 따라서 남한강 유역의 대표적인 자연림은 7등급에 속하는 소나무림과 신갈나무 군락이었다.

¹ 접수 1998년 9월 25일 Received on September 25, 1998.

² 충북대학교 과학교육학부 School of Science Education, Chungbuk Natl. Univ., Cheongju 361-763, Korea

³ 한국과학기술원 인공지능연구센터 Center for Artificial Intelligence Research, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305-701, Korea

ABSTRACT

The phytomass and productivity of the evergreen needle pines(*Pinus densiflora* and *Pinus rigida*) and of the deciduous broad-leaved oaks(*Quercus acutissima*, *Quercus variabilis* and *Quercus mongolica*) in the watershed forests of South Han River, central part of Korea was estimated by the allometry. The allometric relations between D^2H and dry weight of stem(W_s), branches(W_b) and leaves(W_l) of these forests were as follows:

- Pinus densiflora* community : $\log W_s = 0.58482D^2H - 0.42417$
 $\log W_b = 0.6234D^2H - 1.2321$
 $\log W_l = 0.2247D^2H - 0.09359$
- Pinus rigida* community : $\log W_s = 0.9218D^2H - 1.4692$
 $\log W_b = 1.0064D^2H - 2.2278$
 $\log W_l = 0.6275D^2H - 1.1715$
- Quercus acutissima* community : $\log W_s = 0.96659D^2H - 1.56975$
 $\log W_b = 0.86315D^2H - 2.17944$
 $\log W_l = 0.79876D^2H - 1.97137$
- Quercus variabilis* community : $\log W_s = 0.4753D^2H + 0.20026$
 $\log W_b = 0.5725D^2H - 0.92006$
 $\log W_l = 0.61649D^2H - 1.4288$
- Quercus mongolica* community : $\log W_s = 0.5526D^2H - 0.1228$
 $\log W_b = 0.5188D^2H - 0.9787$
 $\log W_l = 0.7754D^2H - 2.6273$

From the above formulae, the phytomass of *Pinus densiflora* was estimated to be much as 1,200,000 ton, *Pinus rigida* 610,000 ton, *Quercus acutissima* 289 ton, *Quercus variabilis* 2,800 ton and *Quercus mongolica* 570,000 ton in the surveyed area, respectively. Accordingly, the phytomass of *Pinus densiflora* forest was occupied about 43.9 % in toto and was higher than those of other forests. The phytomass of watershed forests belonging to Degree 8 and Degree 7 divided by degree of green naturality(DGN) was 74,000 ton and 2,000,000 ton, respectively. Accordingly, the watershed forests in South Han River were mainly composed of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* forests belonging to Degree 7.

Key words : watershed forest, phytomass, allometry, allometric relation, degree of green naturality

서 론

육상 생태계의 식물의 생산력 연구는 생물량의 정확한 추정에서 비롯되지만, 넓은 면적에 있는 식물을 전부 베어서 현존량을 측정한다는 것은 불합리하며 또 불가능한 일이다. Kit-

tredge(1944)에 의하여 처음으로 수목의 흉고 직경(DBH)과 연량사이에 상대성장관계(allometric relation)가 있다는 것이 발견된 이래 식물생태학자 또는 임학자들에 의하여 DBH와 임목의 각 부분양 사이의 관계를 삼림의 현존량 추정에 이용하여 왔고(Hozumi, 1963; Kitazawa et al, 1959; Nomoto, 1964; Tadaki,

1965), 또한 초본 및 저목의 현존량 추정에 상대성장식을 이용하고 있다(Sato, 1963; Yoda et al, 1957; 金, 1970).

즉 생물체의 임의의 2부분의 양 W 및 X 사이에 상대성장(allometry, relative growth)의 관계가 성립하며 그 식은

$$W = AXh \dots\dots\dots (1)$$

로 이루어진다. 여기에서 A 및 h는 부분의 조합에 고유한 상수이며 특히 h를 상대성장계수(relative growth coefficient)라고 한다(Kira et al, 1967; Kira, 1960). 식(1)은 다시

$$\log W = h \cdot \log X + \log A \dots\dots\dots (2)$$

로 변형할 수 있으므로 측정치의 적합도는 $\log W \sim \log X$ 의 직선성에 의하여 쉽게 확인할 수 있고 또 이 직선 관계에서 A나 h를 구할 수 있다. 식 (2)는 대수직선관계이므로 W 및 X는 무게나 부피와 같은 3차의 양뿐 아니라 면적이 나 길이 등과 같은 1~2차의 양에서도 성립된다.

상대성장법을 이용한 삼림의 1차 생산력에 관한 한국에서의 연구는 김(1969, 1971, 1976, 1977), 강(1979) 및 Kwak & Kim(1992)에 의한 보고가 있다. 삼림 군락은 수고, 흉고 직경 및 수령 등의 구조에 따라 녹지자연도(degree of green naturality, DGN)에도 차이를 나타낸다. 녹지자연도란 녹지 공간의 자연성을 나타내는 하나의 지표로서(정 등, 1984), 인간에 의한 육지의 자연에 대한 인위적인 개변 현상과 잔존 자연의 분량을 식물 군락의 종조성을 기준으로 삼아 그 변화의 정도를 10개의 등급으로 나누어 표시한다(환경처, 1990).

따라서 본 연구에서는 팔당호 자연보호권역의 일부인 남한강과 섬강 유역의 대표적인 삼림 군락을 대상으로 상대성장법에 의하여 삼림의 현존량을 추정하고, 아울러 녹지자연도에 따른 현존량의 총량을 추정 비교하였다.

재료 및 방법

2.1 조사지

본 연구는 팔당호 자연보호권역의 대부분을

점유하고 있는 남한강과 섬강 유역(총면적 292.4136km²)에서 1995년 6월부터 12월 사이에 실시하였다(Fig. 1).

남한강과 섬강을 중심으로 한 충청북도 음성군과 증원군 및 강원도 원주군에서 대표적인 삼림인 소나무, 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무의 자연림과 리기다소나무림인 인위적 식재림에 대하여 매목조사를 실시하였고 녹지자연도는 이들 지역과 함께 경기도 안성군, 이천군 및 여주군에서 행하였다.

2.2 조사방법

해당 군락의 조사지소에 20×40m의 방형구를 설치한 후 지상 1.3m 높이의 나무 줄기에 백묵 또는 marking tape으로 흉고 직경 4.5cm 이상 되는 나무에 표시, 수목 번호를 기입하였

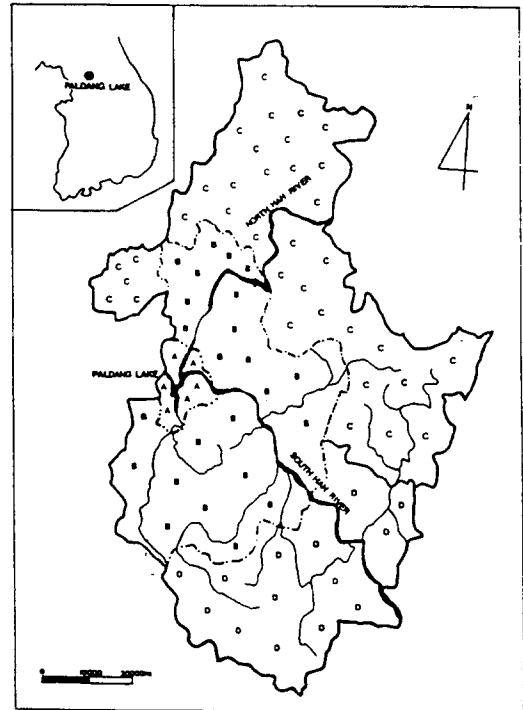


Fig. 1. Map of the surveyed area

- AAA Conservation area for water supply
- BBB Specific counterplan area for water conservation
- CCC Detailed surveyed area by other investigators
- DDD Detailed survey area by the authors in the present paper

다. 조사지에 출현하는 수목의 번호에 따라 차례로 흉고직경(DBH)과 수고를 측정, 기록하였다.

조사지 내에서 흉고 직경이 최소에서 최대의 수목이 포함되도록 공시목을 직경 계급별로 고르게 5~10본을 선정하여 벌목하는 방법이 가장 좋은 방법이지만, 벌채 또는 벌목하는데 문제가 있으므로 벌목을 하더라도 큰 문제가 없는 인접 지역 또는 입지가 비슷한 지역에서 조사지 수목의 직경 계급과 비슷한 수목을 벌목하여 공시목으로 하였다.

벌목한 공시목은 수고를 측정한 후 수간 해석법(stem analysis)에 따라서 줄기는 1m 간격마다 절단하고, 이들을 줄기, 가지 및 잎으로 분리하여 각각의 생체량을 현장에서 측정하였다.

한편 줄기를 절단한 나무에 대해서는 그 하단에서 약 3-5cm 두께의 원판(disc)을 톱으로 끊어낸 뒤, 원판과 함께 가지, 잎의 일부를 무작위로 얻어서 각각 생체량을 측정한 후 이들 sub-sample을 실험실로 옮겨, 건조기에서 건조시킨 뒤 각 기관에 대한 전체 건중량 환산의 지수를 얻었다. 한편 결과의 정리는 Kira & Shidei(1967)의 방법에 따라서 흉고직경(D)과 수고(H)에서 D^2H 를 산출하고 D^2H 를 변수로 하여 Ws , Wb 및 Wl 을 양대수 방안에 표기하였다. D^2H , Ws , Wb 및 Wl 의 모든 값을 대수치로 변형시켜 최소자승법(least square method)에 의해서 회귀직선(regression line)을 구하였다.

양대수 방안에 위의 직선과 최소자승법에 의한 회귀직선을 부합시켜 $\log D^2H$ - $\log Ws$, $\log D^2H$ - $\log Wb$ 및 $\log D^2H$ - $\log Wl$ 의 관계식을 상대성장식(allometric equation)으로 유도하였다.

조사지소에서 각 군락 별로 조사한 각 수목의 D^2H 를 군락 별로 유도한 상대성장식에 직접 대입하여 각 군락의 현존량을 추정하였다. 군락 별로 단위 면적당(km^2)의 현존량으로 환산하고 다시 조사 지역 전체에 대하여 군락별로 총 현존량을 추정하였다.

결 과

3.1 상대성장

3.1.1 소나무 군락

소나무 군락의 공시목에서 얻은 D^2H 와 줄기 건중량(Ws), 가지 건중량(Wb) 및 잎 건중량(Wl)과의 관계는 Table 1과 Fig. 2, 3, 4에서 보는 바와 같으며, D^2H 와 줄기 건중량(Ws)사이의 상대성장식은 다음과 같다.

$$\log Ws = 0.58482 \log D^2H - 0.42417 \dots\dots\dots (3)$$

D^2H 와 가지의 건중량(Wb) 및 D^2H 와 잎의 건중량(Wl) 사이의 상대성장식은 다음과 같다.

$$\log Wb = 0.6234 \log D^2H - 1.2321 \dots\dots\dots (4)$$

$$\log Wl = 0.22478 \log D^2H - 0.09359 \dots\dots\dots (5)$$

줄기, 가지 및 잎 건중량의 상대성장계수는 각각 0.58482, 0.6234 및 0.22478이었다.

Table 1. Diameter at breast height(D), square of diameter(D^2), tree height(H), D^2H and dry weight of terrestrial organs(Ws , Wb and Wl) of standard trees of *Pinus densiflora*

D(cm)	D^2	H(m)	D^2H	Weight of stem Ws (kg)	Weight of branches Wb (kg)	Weight of branches Wl (kg)	Total (kg)
10	100	6.9	690	18.2	5.6	2.87	26.67
11.1	123.21	7.8	961.038	24.31	2.7	5	32.01
12.3	151.29	7.8	1180.062	28.3	4.6	4	36.90
13	169	8.7	1470.3	25.4	5.2	3.9	34.50
14	196	9.8	1920.8	31.4	5.95	4.2	41.55
15.7	246.49	11.2	2760.688	34.5	7.9	6	48.40
17.2	295.84	10.9	3224.656	53.9	10	4	67.90
19.9	396.01	13.7	5425.337	56.55	11.6	4.6	72.75
20.7	428.49	12.8	5484.672	73.7	14.9	6.8	95.40

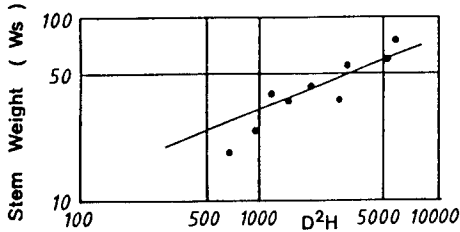


Fig. 2 Allometric relation between weight of stem (Ws) and D²H per tree in *Pinus densiflora*. This relation is approximated by Eq. (3)

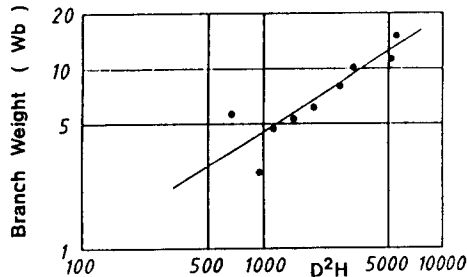


Fig. 3 Allometric relation between weight of branches (Wb) and D²H per tree in *Pinus densiflora*. This relation is approximated by Eq. (4)

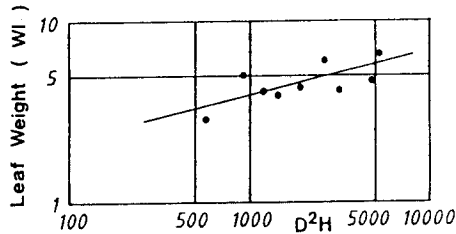


Fig. 4. Allometric relation between weight of leaves (Wl) and D²H per tree in *Pinus densiflora*. This relation is approximated by Eq. (5)

3.1.2 리기다소나무 군락

리기다소나무 군락의 공시목에서 얻은 임의의 두 부분의 양 D²H와 줄기의 건중량(Ws), 가지의 건중량(Wb) 및 잎의 건중량(Wl)과의 관계는 Table 2와 Fig. 5, 6, 7에서 보는 바와 같다. Fig. 2.에서 보면 리기다 소나무의 D²H와 Ws 관계는 직선성이 매우 좋으며 최소자승법으로 계산한 상대생장식은 다음과 같다.

$$\log Ws = 0.9218 \log D^2H - 1.4692 \dots\dots\dots (6)$$

여기에서 1.4692는 리기다소나무의 D²H-Ws 관계에서 고유한 상수이며 0.9218은 상대생장계수로서 변수 D²H에 따라 변화하는 계수이다.

D²H와 가지의 총량(Wb) 사이의 관계도 직선성이 매우 양호하며 계산된 상대생장식은

$$\log Wb = 1.0064 \log D^2H - 2.2278 \dots\dots\dots (7)$$

이다. 그리고 D²H와 잎의 중량(Wl)의 관계는

$$\log Wl = 0.6275 \log D^2H - 1.1715 \dots\dots\dots (8)$$

이다.

줄기의 건중량, 가지의 건중량 및 잎의 건중량의 상대생장계수는 각각 0.9218, 1.0064 및 0.6275 로서 가지의 건중량이 가장 컸고 잎 건중량이 가장 적었다.

이것은 변수 D²H의 증가에 따라서 가지 건중량의 증가가 가장 크고 잎 건중량의 증가가 가장 적다는 것을 의미한다. 잎의 상대생장계수가 줄기와 가지의 그것에 비하여 적은 이유는 잎은 일정한 수명을 갖고 갱신되는 기관이며 밀도의 영향을 받기 때문이다.

Table 2. Diameter at breast height(D), square of diameter(D²), tree height(H), D²H and dry weight of terrestrial organs(Ws, Wb and Wl) of standard trees of *Pinus rigida*

D(cm)	D ²	H(m)	D ² H	Weight of stem Ws(kg)	Weight of branches Wb(kg)	Weight of leaves Wl(kg)	Total (kg)
7.9	62.41	4.6	287.086	6	1.9	2.4	10.3
8.8	77.44	4.9	379.456	7.8	3	3	13.8
10	100	5.5	550	13	3.3	4.7	21.0
10.8	116.64	5.5	641.52	11.7	3	2.4	17.1
12	144	5.5	792	15.5	4.1	4.3	23.9
14	196	8	1568	36.5	12	9	57.5
15.9	252.81	8.5	2148.885	41	9	9.4	56.4
17.5	306.25	8.5	2603.125	50	20	11	81.0
20	400	8.5	3400	53.1	23.2	10	86.3
21.1	445.21	9	4006.89	68.7	26	13.1	107.8

Table 3. Diameter at breast height(D), square of diameter(D²), tree height(H), D²H and dry weight of terrestrial organs(Ws, Wb and Wl) of standard trees of *Quercus acutissima*

D(cm)	D ²	H(m)	D ² H	Weight of stem Ws(kg)	Weight of branches Wb(kg)	Weight of leaves Wl(kg)	Total (kg)
10.3	106.09	11.1	1177.599	24	3.5	2.6	30.1
11.5	132.25	11	1454.75	28.3	3.5	3	34.8
13.6	184.96	11.5	2127.04	7.8	3.8	6.3	57.9
15	225	11.8	2655	60.2	5	7.2	72.4
17.2	295.84	12.3	3638.832	79.4	11	8.8	99.2
20.2	408.04	13.4	5467.736	1110.2	10.4	8	128.6
21	441	13.8	6085.8	110.5	12.4	10.7	133.6

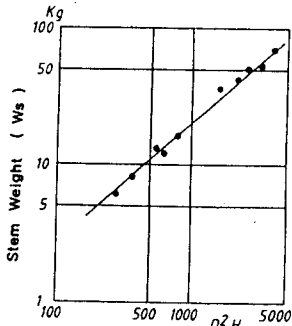


Fig. 5. Allometric relation between weight of stem (Ws) and D²H per tree in *Pinus rigida*. This relation is approximated by Eq. (6)

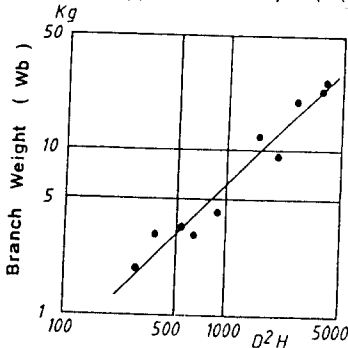


Fig. 6. Allometric relation between weight of branches (Wb) and D²H per tree in *Pinus rigida*. This relation is approximated by Eq. (7)

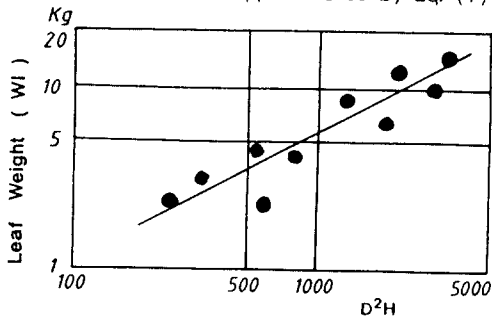


Fig. 7. Allometric relation between weight of leaves (Wl) and D²H per tree in *Pinus rigida*. This relation is approximated by Eq. (8)

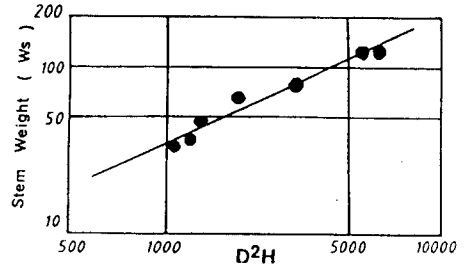


Fig. 8. Allometric relation between weight of stem (Ws) and D²H per tree in *Quercus acutissima*. This relation is approximated by Eq. (9)

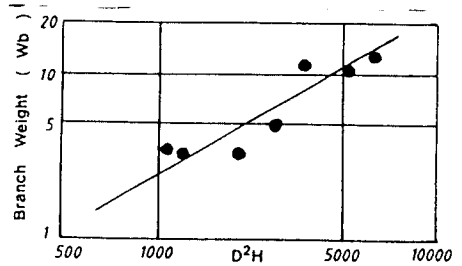


Fig. 9. Allometric relation between weight of branches (Wb) and D²H per tree in *Quercus acutissima*. This relation is approximated by Eq. (10)

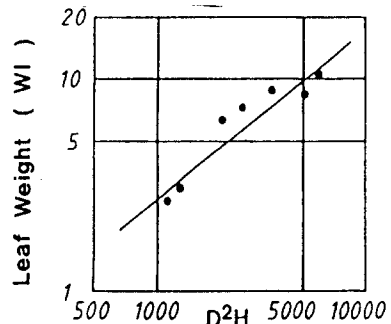


Fig. 10. Allometric relation between weight of leaves (Wl) and D²H per tree in *Quercus acutissima*. This relation is approximated by Eq. (11)

3.1.3 상수리나무 군락

상수리나무의 공식목에서 얻은 D^2H 와 줄기 건중량(W_s), 가지 건중량(W_b) 및 잎 건중량(W_l)의 관계는 Table 3과 Fig. 8, 9, 10에 나타내었다.

D^2H 와 W_s , W_b 및 W_l 과의 상대생장 관계에서 유도한 상대생장식은 다음과 같다.

$$\log W_s = 0.96659 \log D^2H - 1.56975 \dots (9)$$

$$\log W_b = 0.86315 \log D^2H - 2.17944 \dots (10)$$

$$\log W_l = 0.79876 \log D^2H - 1.97137 \dots (11)$$

D^2H 와 줄기 건중량(W_s) 사이의 직선성은 매우 양호하며, D^2H 와 가지 건중량(W_b) 및 잎 건중량(W_l) 사이의 직선성도 비교적 좋은 편이다.

3.1.4 굴참나무 군락

굴참나무 표준목에서 얻은 D^2H 와 W_s , W_b 및 W_l 의 관계는 Table 4와 Fig. 11, 12, 13에서 보는 바와 같이 직선성은 비교적 좋은 편이나 실측치의 분산이 다소 있었다. D^2H 와 W_s , W_b 및 W_l 사이의 상대생장식은 다음과 같다.

$$\log W_s = 0.4753 \log D^2H + 0.20026 \dots (12)$$

$$\log W_b = 0.5725 \log D^2H - 0.92006 \dots (13)$$

$$\log W_l = 0.61649 \log D^2H - 1.4288 \dots (14)$$

3.1.5 신갈나무 군락

신갈나무의 D^2H 와 W_s , W_b 및 W_l 과의 관계는 Table 5와 Fig. 14, 15, 16에서 보는 바와 같으며, 상대생장식은 다음과 같다.

$$\log W_s = 0.5526 \log D^2H - 0.1228 \dots (15)$$

$$\log W_b = 0.5188 \log D^2H - 0.9787 \dots (16)$$

$$\log W_l = 0.7754 \log D^2H - 2.6273 \dots (17)$$

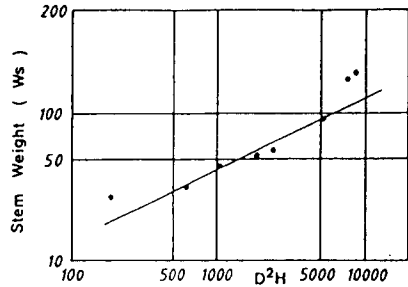


Fig. 11. Allometric relation between weight of stem (W_s) and D^2H per tree in *Quercus variabilis*. This relation is approximated by Eq. (12)

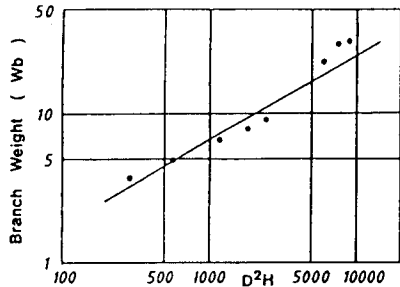


Fig. 12. Allometric relation between weight of branches (W_b) and D^2H per tree in *Quercus variabilis*. This relation is approximated by Eq. (13)

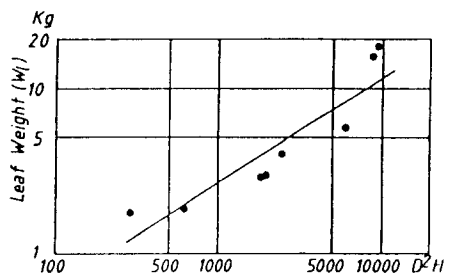


Fig. 13. Allometric relation between weight of leaves (W_l) and D^2H per tree in *Quercus variabilis*. This relation is approximated by Eq. (14)

Table 4. Diameter at breast height(D), square of diameter(D^2), tree height(H), D^2H and dry weight of terrestrial organs(W_s , W_b and W_l) of standard trees of *Quercus variabilis*

D(cm)	D^2	H(m)	D^2H	Weight of stem W_s (kg)	Weight of branches W_b (kg)	Weight of leaves W_l (kg)	Total (kg)
6.8	46.24	6.4	295.936	28.3	3.7	1.7	33.7
8.8	77.44	7.8	604.032	31.85	4.9	1.8	38.55
10.4	108.16	10.9	1178.944	43.05	6.6	2.8	52.45
12.5	156.25	12	1875	50.6	7.6	2.9	61.1
14.4	207.36	11.9	2467.584	57.31	8.9	3.9	70.11
20.7	428.49	14.2	6084.558	92	11.9	5.8	109.7
24.4	595.36	12.8	7620.608	129.8	27.8	11.4	169
27.2	739.84	13.4	9913.856	138.5	29.5	15.6	183.6

Table 5. Diameter at breast height(D), square of diameter(D²), tree height(H), D²H and dry weight of terrestrial organs(Ws, Wb and Wl) of standard trees of *Quercus mongolica*

D(cm)	D ²	H(m)	D ² H	Weight of stem Ws(kg)	Weight of branches Wb(kg)	Weight of stem Wl(kg)	Total (kg)
8.1	65.61	10.8	708.588	34	3.08	0.78	37.86
9.9	98.01	10.7	1048.707	42.83	4.2	0.44	47.47
11.2	125.44	12.8	1605.632	42.69	7.39	0.17	50.25
12.2	148.84	10.7	1592.588	41.6	4.06	1.32	46.98
13.2	174.24	13.8	2404.512	41.01	5.1	1.26	47.37
14.3	204.49	9.9	2024.451	42.18	3.07	0.45	45.70
15.8	249.64	9.8	2446.472	56.79	8.27	1.03	66.09
17.5	306.25	10.4	3185	57.54	6.34	1.68	65.56
18.6	345.96	11.9	4116.924	82.27	10.01	2.1	93.38
21	441	12.7	5600	86.93	9.72	1.91	98.56
22.5	506.25	15.5	7846.875	140.23	9.98	2.5	152.71

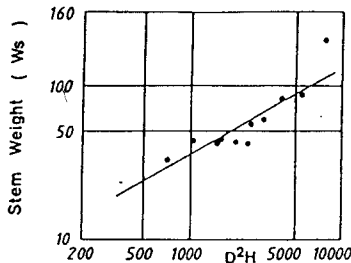


Fig. 14. Allometric relation between weight of stem (Ws) and D²H per tree in *Quercus mongolica*. This relation is approximated by Eq. (15)

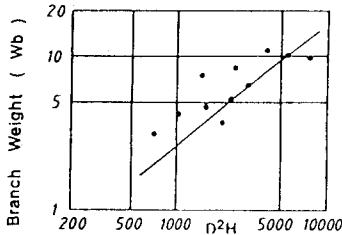


Fig. 15. Allometric relation between weight of branches (Wb) and D²H per tree in *Quercus mongolica*. This relation is approximated by Eq. (16)

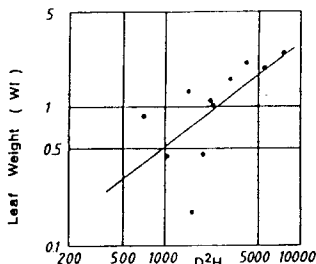


Fig. 16. Allometric relation between weight of leaves (Wl) and D²H per tree in *Quercus mongolica*. This relation is approximated by Eq. (17)

줄기 건중량(Ws), 가지 건중량(Wb) 및 잎 건중량(Wl)의 생장계수는 각각 0.5526, 0.5188 및 0.7754로서 잎의 생장계수가 가장 컸다.

3.2 군락별 현존량

각 군락별로 현존량을 추정하기 위해서는 각 군락에서 직경 계급별로 고르게 벌목하여 줄기, 가지 및 잎의 무게를 측정하는 것이 이상적인 방법이나 훌륭한 군락을 벌목하는데 문제가 있으므로 벌목하여도 별 문제가 없는 인접 지역 또는 입지가 비슷한 지역에서 각 군락 조사의 직경급과 비슷한 수목을 벌목하여 기본 자료로 하였다.

즉 리기다소나무 군락에서 10개체, 소나무 군락에서 9개체, 상수리나무 군락에서 7개체, 굴참나무 군락에서 8개체 그리고 신갈나무 군락에서 11개체를 벌목하여 각각 줄기, 가지 및 잎의 무게를 측정한 후(Table 1~5), 이들 자료로부터 전술한 상대생장식(식 3~17)을 유도 하였다.

Fig. 17, 18 및 19는 각각 소나무 군락, 굴참나무 군락 및 신갈나무 군락의 분포도를 나타낸 것으로서, 소나무의 경우 밀도는 ha당 2,400개체, km²당 240,000개체가 분포하고 있다. 굴참나무의 밀도는 ha당 2,300개체, km²당 230,000개체가 역시 분포하고 있으며, 신갈나무의 밀도는 ha당 750개체, km²당 75,000개체로서 다른 수종에 비하여 밀도는 낮았다.

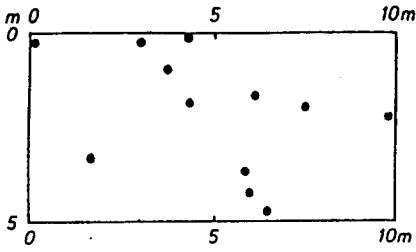


Fig. 17. Distribution of *Pinus densiflora* community(5m x 10m).

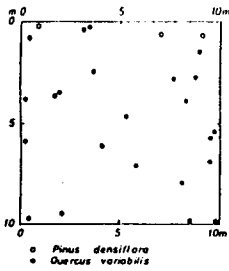


Fig. 18. Distribution of *Quercus variabilis* community(10m x 10m).

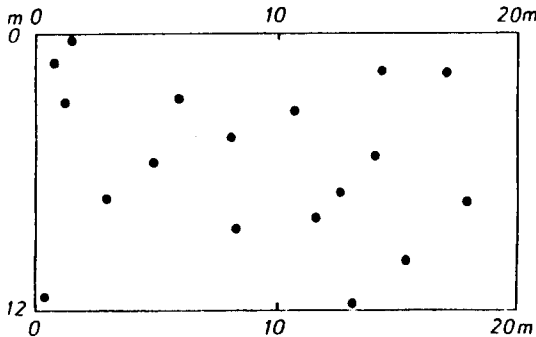


Fig. 19. Distribution of *Quercus mongolica* community(12m x 20m).

각각 7등급과 8등급 소나무 군락(5m x 5m)에서 매목 조사를 행하고 이를 다시 상대생장식 (3), (4), (5)에 대입하여 구한 현존량, 리기다소 나무 군락(10m x 10m)에서 매목 조사를 행한 후 상대생장식 (6), (7), (8)을 사용하여 구한

현존량, 7등급 상수리나무 군락(10m x 10m)에서 역시 매목 조사를 행한 후 상대생장식 (9), (10), (11)를 이용하여 구한 현존량, 7등급 굴참나무 군락(10m x 10m)의 매목 조사 결과와 상대생장식 (12), (13), (14)를 적용하여 구한 현존량, 각각 7등급과 8등급 신갈나무 군락(5m x 5m)에서 매목 조사한 결과와 상대생장식 (15), (16), (17)을 이용하여 구한 현존량으로부터 단위 면적당(km²)의 현존량을 계산하여 그 추정값을 Table 6에 표시하였고, 이 Table 6에 나타난 현존량을 곧바로 등급별 각 군락의 면적에 곱하여 군락별 면적과 현존량을 Table 7에 나타내었다.

3.2.1 소나무 군락

조사 지역에서 가장 넓은 면적에 걸쳐 분포하고 있는 소나무 군락은 7등급에서 8등급에 걸쳐 분포하고 있다. 7등급 소나무 군락의 평균 흉고직경은 11.08cm, 평균수고 4.6m, 평균수령 11년이었고, 8등급에 속하는 소나무 군락의 평균 흉고직경은 25.9cm, 평균수고 14m, 평균수령 22년이였다.

7등급에 속하는 소나무 군락에서 현존량은 9140tons/km²(91.4tons/ha), 8등급에 속하는 군락의 현존량은 30711.6tons/km²(307.12tons/ha)로 추정되었다.

Table 6. Phytomass(tons) per unit area(km²)

Community type	Degree 8	Degree 7	Degree 6
<i>Pinus densiflora</i>	30711.6	9140.0	-
<i>Pinus rigida</i>	-	-	9411.3
<i>Quercus acusstima</i>	-	28869.8	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	12513.4	-
<i>Quercus mongolica</i>	11164.8	6514.8	-
Total	41876.4	57038.0	9411.3

Table 7. Area of each community(km²) and phytomass(tons)

Community	Area	Phytomass
<i>Pinus densiflora</i>	130.979(44.8%)	1204327.70(43.9%)
<i>Pinus rigida</i>	64.995(22.2%)	611687.44(22.3%)
<i>Quercus acutissima</i>	12.227(4.2%)	352991.05(12.9%)
<i>Quercus variabilis</i>	0.224(0.08%)	2803.00(0.1%)
<i>Quercus mongolica</i>	83.987(28.7%)	573550.99(20.9%)
Total	292.414	2745360.20

따라서 조사 대상 지역에서 소나무 군락이 점유하는 면적은 130.9786km²(44.8%)이고 현존량은 1204327.7tons, 즉 약 120만tons으로 추정되었다.

3.2.2 리기다소나무 군락

조사 대상 지역에서 리기다소나무가 식재된 면적은 64.995km²(22.2%)이고 현존량의 총량은 611687.44tons, 즉 약 61만tons이었다. 6등급인 리기다소나무 군락은 식재년도에 따라 그 양에 차이가 있음을 고려할 때, 6~15%/년의 증가율이 있으므로 앞으로 더욱 현존량이 증가될 것으로 기대된다(김, 1971).

3.2.3 상수리나무 군락

상수리나무군락은 조사면적의 4.2%인 12.227 km²에 분포하고 있으며 현존량은 352991.05 tons, 즉 약 35만tons로 추정된다. 충청북도 음성군 삼성면의 우등산(263.9m) 사면에서 매목 조사를 실시한 직경계급별에 따라 상대생장식을 이용, 계산한 결과 km²당 현존량은 28869.8 tons, ha당 현존량은 288.698tons이었다.

3.2.4 굴참나무 군락

굴참나무 군락은 전 조사 지역에서 0.08%인 가장 좁은 면적(0.224km²)에 분포하고 있었으며, 추정한 현존량은 2803.002tons으로서 전체 현존량 가운데 0.1%만을 차지할 뿐이었다.

분포하고 있는 굴참나무는 대부분이 2차림(secondary forest)이었고, 직경이나 수고 역시 낮은 편이었다.

3.2.5 신갈나무 군락

조사 지역에서 소나무 군락 다음으로 가장

넓은 면적에 걸쳐 분포하고 있는 군락으로서 전체 면적의 28.7%인 83.987km²에 분포하고 있다. 주로 7등급에 해당하는 군락이 많았는데 평균 흉고 직경은 7.6cm이고 10cm이하로서 녹의 양은 6514.8tons/km²이었다.

전체 조사 지역에서 추정한 신갈나무의 현존량은 전체 지역 현존량 총량의 20.9%에 해당되는 547112.90tons, 즉 55만tons이었다.

따라서 조사 지역의 총면적은 292.4136km²이었고, 현존량의 총량은 2745360.21tons, 즉 275만tons으로 추정되었다.

3.3 등급별 군락의 현존량

Table 8에 전체 조사 지역의 군락별, 등급별 현존량을 종합하였으며, 조사 지역에서 신갈나무 군락과 소나무 군락이 8등급에 해당하는 군락이었다. 우선 점유 면적을 보면, 8등급 소나무 군락의 분포 면적은 0.333km², 8등급 신갈나무 군락의 분포 면적은 5.673km²로 전체 조사 지역의 2.05%에 해당되는 6.006km²이었다. 녹의 양을 보면 8등급의 소나무 군락은 10226.963tons, 신갈나무 군락은 63337.91tons으로 총 73564.873tons이었다. 이 양은 총 현존량 가운데 불과 2.68%에 해당된다.

한편 7등급에 속하는 군락은 소나무 군락, 상수리나무 군락, 굴참나무 군락 및 신갈나무 군락으로서 면적은 각각 130.6456km², 12.227 km², 0.224km²와 78.316km²이었다.

추정한 현존량은 소나무군락에서 1194100.8 tons, 상수리나무군락에서 352991.05tons, 굴참나무군락에서 2803.002tons, 그리고 신갈나무군락에서 510213.08tons였다. 따라서 7등급에 속

Table 8. Area and phytomass of each community according to degree of green naturality

	Degree 8		Degree 7		Degree 6		Total	
	Area (km ²)	Phytomass (tons)	Area (km ²)	Phytomass (tons)	Area (km ²)	Phytomass (tons)	Area (km ²)	Phytomass (tons)
<i>Pinus densiflora</i>	0.333	10226.963	130.6456	1194100.8	-	-	130.9786	1204327.763
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	-	64.995	611687.44	64.995	611687.44
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	12.227	352991.05	-	-	12.227	352991.05
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	0.224	2803.002	-	-	0.224	2803.002
<i>Quercus mongolica</i>	5.673	63337.91	78.316	510213.08	-	-	83.989	573550.99
Total	6.006	73564.873	221.4126	2060107.932	64.995	611687.44	292.4136	2745360.245

하는 군락의 현존량 총량은 2060107.9tons으로 전체의 75.04%를 7등급 군락이 점유하고 있다.

식재림인 리기다소나무가 점유하고 있는 면적은 64.995km²이었고 현존량은 611687.44tons이었다.

이상의 결과를 요약하면 8등급의 현존량 73564.873tons(약 7만4천tons), 7등급의 현존량 2060107.9tons(약 200만tons), 그리고 6등급의 현존량 611687.44tons(약 60만tons)으로서 총 현존량은 2745360.2tons(약 275만tons)으로 추정되었다.

고 찰

이상에서 군락별 및 등급별의 점유 면적과 현존량에 대한 추정을 상대생장법으로 시도하였다. 삼림에 있어서 DBH~Ws 사이의 상대생장식은 동일한 입지, 즉 환경이라면 서로 다른 종의 식물이라 하더라도 차이가 없다는 것이 알려졌다(Shidei 등, 1960; Tadaki, 1965; Tadaki 등, 1967; Kira와 Shidei, 1967; 김, 1970; 김과 윤, 1972; 김, 1976; 강, 1991).

온대 지방의 침엽수종의 현존량을 보면, 사구에 조림한 *Pinus nigra*는 68tons/ha(6800ton/km², Wright와 Will, 1958)으로 적은 경우도 있으나, 적지에서는 165tons/ha(16500tons/km², Ovington, 1957)이었고 우리 나라의 경우 충청남도 지역의 리기다소나무 조림지(13~15년)에서의 현존량은 77tons/ha~88ton/ha, 즉 7674.0tons/km²~8818.0tons/km²임을 보고한 바 있으며(김, 1971), 7~8년생 리기다소나무림은 25.00tons/ha(2500.0tons/km²)~34.35tons/ha(3435.0tons/km²)이라 하였다.

본 조사지역에서는 94.11tons/ha로서 현존량이 비교적 많음을 알 수 있는데 이것은 리기다소나무가 해마다 6~15% 정도 생산이 증가한다는 것을 고려하면(김, 1971), 그렇게 높은 값은 아니라고 생각된다.

한편 *P. sylvestris*는 92~158ton/ha(Ovington, 1957; 1965; Ovington과 Madgwick, 1959)이고, *P. radiata*는 166~304tons/ha(Will, 1964) 등 많은 변화를 보이고 있다.

우리 나라의 경우 춘천 지방에서 얻은 결과(김과 윤, 1972)에 의하면 38.83tons/ha, 즉

3883.0tons/km²로 보고되었고 대청호 유역에서의 소나무 군락 현존량은 90.37tons/ha, 즉 9037.0tons/km²라고 추정된 바 있다(강, 1991).

본 조사 지역에서 7등급 소나무 군락의 경우에는 91.40tons/ha, 즉 9140.0tons/km²이었고, 8등급 소나무 군락의 경우에는 307.116tons/ha, 즉 30711.6tons/km²로 심한 차이가 있었다. 이러한 차이는 첫째, 7등급 소나무 군락의 경우 대부분 2차림으로서 흉고직경과 수고 등이 8등급에 비하여 매우 낮은 때문일 것이고 둘째, 조사지소의 수목 밀도가 현존량을 좌우하는 큰 변수이므로 어떤 지역을 조사하느냐에 따라서 현존량의 변화 폭이 큰 때문으로 판단된다.

따라서 이미 발표된 결과와 본 조사지역에서 얻은 소나무 군락의 현존량을 종합하여 보면, 최소 3883.0tons/km²에서 최대 30711.6tons/km²의 현존량이 축적되어 있는 것으로 추정이 되고, 소나무 군락의 현존량은 전체 현존량의 44.9%인 120여만tons으로서 팔당댐 자연보전권역인 남한강 유역에서 중요한 수자원 함양을 위한 삼림으로 생각된다.

한편 낙엽활엽수림으로는 상수리나무 군락, 굴참나무 군락 및 신갈나무 군락이 본 조사지역에 분포하고 있다. 온대 지방의 상록 활엽수림인 *Castanopsis*, *Quercus-Rapanaca* 또는 *Camellia*림에서는 112~265tons/ha, 즉 11200.0~26500.0tons/km² 정도의 현존량을 보이며, 밤나무(*Castanopsis cuspidata*) 유령림에서는 58.8ton/ha, 즉 5880.0tons/km²의 현존량을 가지고 있다(Tadaki, 1965).

우리 나라에서 조사된 보고를 보면, 강원도 춘천시 신동면의 신갈나무림에서 48.11tons/ha, 즉 4811.0tons/km²(김과 윤, 1972), 대청호 유역에서 63.96tons/ha, 즉 6396.0tons/km²임을 보고한 바 있다(강, 1991). 그리고 강원도 평창군의 남병산에선 150.0tons/ha~188.0tons/ha, 즉 15000.0tons/km²~18800.0tons/km²로 현존량을 추정하였다.

상수리나무 군락은 마을 주변이나 교란이 심한 지역에서 넓게 분포하고 있는 군락인데 안양시 서울대 수목원의 수령 12~14년인 상수리나무 군락에서 58.67tons/ha~69.43tons/ha, 즉 5867.0tons/km²~6943.0tons/km²의 현존량을 추정된 바 있다(채와 김, 1977).

인접한 지역의 물오리나무(*Alnus sibirica*) 군락의 현존량은 41.20tons/ha~45.60tons/ha, 즉 4120.0tons/km²~4560tons/km²로 보고하면서 이러한 차이는 임목 밀도의 차이 때문으로 해석하였다.

본 조사지역에서 추정된 신갈나무 군락의 현존량을 보면, 7등급의 군락에서 65.148tons/ha, 즉 6514.8tons/km², 8등급의 군락에서 111.648 tons/ha, 즉 11164.8tons/km²로 추정되었는데 이 값은 이미 보고된 4811.0tons/km²~18000.0tons/km²의 중간치를 나타내고 있다. 즉 극상림에 가까운 신갈나무 군락에서는 평균 10000.0tons/km² 이상이고, 2차림의 신갈나무 군락에서는 5000.0tons/km²~7000.0tons/km²의 현존량을 보유하고 있음을 알 수 있다.

본 조사 지역에서 신갈나무 군락의 현존량은 총 현존량의 20.9%인 약 57만tons으로서 소나무 군락 다음으로 중요한 수원함양 삼림임을 알 수 있다.

한편, 상수리나무 군락의 현존량은 288.698 tons/ha, 즉 28869.8tons/km²로서 다른 보고서의 결과보다도 현존량이 거의 5배가 됨을 알 수 있는데, 이것은 본 조사지역의 평균 흉고직경(25cm), 수고(18m) 및 수령(>20년)이 훨씬 크고 높기 때문으로 생각된다.

이상과 같이 어떤 군락 또는 삼림의 현존량은 흉고직경, 수고 및 임목밀도에 따라 변화량이 심하다는 것을 알 수 있고, 또한 삼림의 수령이 커질수록 현존량 역시 증가한다는 것을 알 수 있다.

그러나 임령과 삼림의 엽량(WI)과의 관계는 임령이 높아짐에 따라 엽량이 많아지지만 소나무의 경우 20년, Abies의 경우 30년에 peak에 달한 후, 엽량이 감소되는데 그 이후에는 장기간에 걸쳐서 일정한 엽량을 유지하는 것으로 알려졌다(Ovington, 1957).

인용문헌

- 강상준. 1979. 삼림의 생산력에 관한 연구. -상대생장법에 의한 소나무림과 신갈나무림의 생산력 추정-. 충북대학교 논문집 17: 59-66.
- 강상준. 1991. 대청호 유역의 식생. 대청호 호소생태계 조사 연구 보고서. 충청북도, 127-163.
- 김준호. 1969. 충남지방의 주요 뽕나무품종의 생산력 비교 연구. I. 상대생장법에 의한 뽕나무 품종간의 생산력 추정에 대한 연구. 공주사대 과학교육연구 2: 1-10.
- 김준호. 1970. 육상식물의 생산력 추정을 위한 상대생장법의 이용에 대하여. 한국식물학회지 13: 47-55.
- 김준호. 1971. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구. I. 리기다소나무 조림지에 대하여. 한국식물학회지 14: 155-162.
- 김준호. 1976. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구. III. 리기다소나무와 리기테다소나무의 비교. 한국식물학회지 19(3):85-91.
- 김준호. 윤성모. 1972. 삼림의 생산구조와 생산력에 관한 연구. II. 춘천지방의 소나무림과 신갈나무림의 비교. 한국식물학회지 15: 71-78.
- 정영호, 임양재, 김태욱, 이은복. 1984. 충청남도 녹지자연도 사정에 관한 연구. 자연보존 연구보고서 6: 5-180
- 채명인, 김준호. 1977. 물오리나무와 상수리나무숲의 생산력 비교 연구. 한국생태학회지 1: 57-65.
- 환경처. 1990. 녹지자연도. '90 자연생태계 전국조사지침, pp.31-40.
- Hozumi, K. 1963. Allometry in higher plants with special reference to the relations concerned with DBH. Seicho 2: 1-18.
- Nomoto, N. 1964. Primary productivity of beech forest in Japan. Jap. Jour Bot. 18: 385-421.
- Kan, M., H. Saito & T. Shidei. 1965. Studies on the productivity of evergreen broad-leaved forests. Bull. Kyoto Univ. Forests 37: 55-75.
- Kira, T., H. Ogawa and K. Ogino, 1967. Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand IV. Dry matter production, with special reference to the Khao Chong rain forest. Nature and life southeast Asia 5:

- 149-174.
15. Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. Jap.J. Ecol. 17(2): 70-87.
 16. Kittredge, J. 1944. Estimation of amount of foliage of trees and stands. Jour. Forestry 42: 905-912.
 17. Kwak, Y. S and J. H. Kim. 1972. Secular changes of density, litterfall, phytomass and primary productivity in mongolian oak (*Quercus mongolica*) forest Korean J.Ecol. 15(1): 19-33.
 18. Ovington, J. D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris*. Ann. Bot. 21: 289-214.
 19. Ovington, J. D. 1965. Organic production, turnover and mineral cycling in wood lands. Biol. Rev. 40: 295-336.
 20. Ovington, J. D. & H. A. I. Madgwick. 1959. Distribution of Scot pine. For. Sci., 5: 344-355.
 21. Sato, H. 1963. Dry matter production by *Abies sachaliensis* forest in Hokkaido, Thesis, Inst. Polytech. Osaka City Univ.
 22. Tadaki, Y. 1965. Studies on production structure of forest. VIII. The production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. Jap. J. Ecol. 15(4): 142-147.
 23. Tadaki, Y. N. Ogata and Y. Nagatomo. 1967. Studies on production structure of forest XI. Primary productivities of 28 year-old plantations of *Cryptomeria* of cuttings and of seedlings origin. Bull. Gov. For. Exp. Sta. 199: 47-65.
 24. Will, G. M. 1964. Dry matter production and nutrient uptake by *Pinus radiata* in New Zealand. Commonwealth For. Res. 43: 57-70.
 25. Wright, T. W. & G. M. Will. 1958. The nutrient content of Scot and Coriscan pines growing on sand dunes. Forestry. 31: 13-25.
 26. Yoda, K., T. Kira and K. Hozumi. 1957. Intraspecific competition among higher plants. IX. Further analysis of the competitive interaction between adjacent individuals, Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ., D8: 153-170.

APPENDIX

Table 1. Log conversion of *Pinus densiflora*

	X	Y1	Y2	Y3	X2	X×Y1	X×Y2	X×Y3
	2.838849091	1.260071	0.748188027	0.457882	8.059064	3.577153	2.123993	1.299858
	2.98274056	1.385785	0.431363764	0.69897	8.896741	4.133437	1.286646	2.084846
	3.071904826	1.451786	0.662757832	0.60206	9.436599	4.45975	2.035929	1.849471
	3.167405957	1.404834	0.716003344	0.591065	10.03246	4.449679	2.267873	1.872142
	3.283482147	1.49693	0.774516966	0.623249	10.78126	4.915142	2.543113	2.046428
	3.441017327	1.537819	0.897627091	0.778151	11.8406	5.291662	3.08875	2.677632
	3.508483392	1.731589	1.000000000	0.60206	12.30946	6.07525	3.508483	2.112317
	3.73442672	1.752433	1.064457989	0.662758	13.94594	6.544331	3.97514	2.475021
	3.739150661	1.867467	1.173186268	0.832509	13.98125	6.982742	4.38672	3.112876
SUM	29.76746068	13.88871	7.468101281	5.848704	99.28337	46.42915	25.21665	19.53059
AVG	3.307495631	1.54319	0.829789031	0.649856	11.03149	5.158794	2.80185	2.170066
Coefficient						0.594819	0.623397	0.224775
Constant						-0.42417	-1.23209285	-0.09359

Table 2. Log conversion of *Pinus rigida*

	X	Y1	Y2	Y3	X2	X×Y1	X×Y2	X×Y3
	2.458012014	0.778151	0.278753601	0.380211	6.041823	1.912705	0.68518	0.934564
	2.579161424	0.892095	0.477121255	0.477121	6.652074	2.300856	1.230573	1.230573
	2.740362689	1.113943	0.51851394	0.672098	7.509588	3.052609	1.420916	1.841792
	2.8072102	1.068186	0.477121255	0.380211	7.880429	2.998622	1.33938	1.067333
	2.898725182	1.190332	0.612783857	0.633468	8.402608	3.450444	1.776292	1.836251
	3.195346058	1.562293	1.079181246	0.954243	10.21024	4.992066	3.448358	3.049135
	3.332213174	1.612784	0.954242509	0.80618	11.10364	5.37414	3.179739	2.686364
	3.415495023	1.69897	1.301029996	1.041393	11.66561	5.802824	4.443661	3.556872
	3.531478917	1.72509	1.365487985	1.000000	12.47134	6.092135	4.822192	3.531479
	3.60280742	1.836957	1.414973348	1.117271	12.98022	6.618201	5.097876	4.025313
SUM	30.5608121	13.4788	8.479208991	7.462197	94.91757	42.5946	27.44417	23.75967
AVG	3.05608121	1.34788	0.847920899	0.74622	9.491757	4.25946	2.744417	2.375967
Coefficient						0.921795	1.00642	0.627508
Constant						-1.4692	-2.2277806	-1.1715

Table 3. Log conversion of *Quercus acutissima*

	X	Y1	Y2	Y3	X ²	X×Y1	X×Y2	X×Y3
	3.070997428	1.380211	0.544068044	0.414973	9.431025	4.238625	1.670832	1.274382
	3.162788366	1.451786	0.544068044	0.477121	10.00323	4.591693	1.720772	1.509034
	3.327775657	1.679428	0.579783597	0.799341	11.07409	5.588759	1.92939	2.660026
	3.424064525	1.779596	0.698970004	0.857332	11.72422	6.093453	2.393318	2.935562
	3.560962005	1.899821	1.041392685	0.944483	12.68045	6.765189	3.70836	3.363267
	3.737807537	2.042182	1.017033339	0.90309	13.97121	7.633282	3.801475	3.375577
	3.784317676	2.043362	1.093421685	1.029384	14.32106	7.732732	4.137855	3.895515
SUM	24.06871319	12.27639	5.518737399	5.425724	83.20528	42.64373	19.362	19.01336
AVG	3.438387599	1.753769	0.788391057	0.775103	11.88647	6.091962	2.766	2.716195
Coefficient						0.966593	0.863146	0.798766
Constant						-1.56975	-2.17943778	-1.97137

Table 4. Log conversion of *Quercus variabilis*

	X	Y1	Y2	Y3	X2	X×Y1	X×Y2	X×Y3
	2.471197799	1.451786	0.568201724	0.230449	6.106819	3.587651	1.404139	0.569485
	2.781059947	1.503109	0.69019608	0.255273	7.734294	4.180237	1.919477	0.709928
	3.071493177	1.633973	0.819543936	0.447158	9.43407	5.018737	2.517224	1.373443
	3.273001272	1.704151	0.880813592	0.462398	10.71254	5.577687	2.882904	1.513429
	3.392271946	1.75823	0.949390007	0.591065	11.50751	5.964396	3.220589	2.005052
	3.784229035	1.963788	1.075546961	0.763428	14.32039	7.431423	4.070116	2.888986
	3.881989622	2.113275	1.444044796	1.056905	15.06984	8.20371	5.605767	4.102894
	3.996242606	2.14145	1.469822016	1.193125	15.96995	8.557753	5.873765	4.768015
SUM	26.6514854	14.26976	7.897559112	4.9998	90.85542	48.52159	27.49398	17.93123
AVG	3.331435676	1.78372	0.987194889	0.624975	11.35693	6.065199	3.436748	2.241404
Coefficient						0.475309	0.572504	0.61649
Constant						0.200259	-0.92006407	-1.42882

Table 5. Log conversion of *Quercus mongolica*

	X	Y1	Y2	Y3	X ²	X×Y1	X×Y2	X×Y3
	2.852393793	1.531479	0.488550717	-0.10791	8.124745	4.365318	1.392562	-0.30757
	3.020654167	1.631748	0.62324929	-0.35655	9.124352	4.928947	1.882621	-1.07701
	3.205646015	1.630326	0.868644438	-0.76955	10.27617	5.226249	2.784567	-2.46691
	3.202103439	1.619093	0.60856034	0.120574	10.25347	5.184504	1.948563	0.38609
	3.381026949	1.61289	0.707570176	0.100371	11.43134	5.453224	2.392314	0.339356
	3.30630727	1.625107	0.487138375	-0.34679	10.93167	5.373102	1.610629	-1.14659
	3.8854025	1.7542721	0.91750551	0.012837	11.48221	5.944421	3.109004	0.043499
	3.503109437	1.75997	0.802089258	0.225309	12.27178	6.165367	2.809806	0.789283
	3.61457285	1.90993	1.000434077	0.322219	13.06514	6.903582	3.616142	1.164685
	3.74824231	1.93917	0.987666265	0.281033	14.04932	7.26847	3.702012	1.053381
	3.894696734	2.146841	0.999130541	0.39794	15.16866	8.361294	3.89131	1.549856
SUM	37.11529321	19.16083	8.490504682	19.74767	126.1788	65.17449	29.13953	0.328077
AVG	3.374117565	1.741893	0.771864062	1.795242	11.4708	5.924953	2.649048	0.029825
Coefficient						0.552633	0.518819	0.77541
Constant						-1.12275	-0.978693	-2.62728