

韓國의 森林構造에 따른 物質生産力에 관한 分析  
—一年輪生長 分析에 의한 森林 樹木의 最高生産力期 및 最適伐採期 推定모델—

張楠基 · 金姬伯\* · 吳仁惠\*\* · 張明愛

서울대학교 사범대학 생물교육과 · 원광대학교 생물교육과\* · 배재대학 생물학과\*\*

Studies of the Forest Structure and Productivity in Korea

—Models of Maximum Productivity and Optimum Cutting Time of  
the Forests by Annual Ring Growth Analyses—

Chang, Nam-Kee, Heui-Baek Kim\*, In-Hye Oh\*\* and Myung-Ae Chang

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National Univ.

Dept. of Biology, College of Education, Won-Kwang Univ. \*

Dept. of Biology, College of Natural Science, Pai-Chai Univ. \*\*

ABSTRACT

For the maximum yield of the forest trees in the forest management, the growth of annual ring area of the major forest trees was analysed in the four areas in South Korea. The time to the maximum productivity and the optimum cutting time for the maximum yield were estimated.

The growth curve of annual ring area showed sigmoid like that of other organisms. Only the growth coefficient among the areas between *Fraxinus rhynchophylla* and *Pinus koraiensis* represented significance (5% level). The growth coefficient among forest trees between *Pinus densiflora* and *Abies holophylla*, *Larix kaempferi* and *Carpinus laxiflora*, *Larix kaempferi* and *Quercus mongolica*, *Larix kaempferi* and *Quercus serrata*, *Larix kaempferi* and *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* and *Abies holophylla* represented significance (5% level).

Among eight forest trees, the time to the maximum productivity (tm) of *Larix kaempferi* was the earliest (21.4 year), and *Abies holophylla* was the latest (91.9 year). The optimum cutting time for the maximum yield (tc) of *L. kaempferi* was the earliest (29.4 year) and that of *A. holophylla* was the latest (122.2 year) of all communities.

The optimum cutting time for the maximum yield was 1.33 times as late as the time to the maximum productivity.

If the growth of annual ring area as the forest tree for wood is regarded, *L. kaempferi* and *P. densiflora* are thought to be more economical than *A. holophylla* and *P. koraiensis*.

본 연구는 학술진흥재단의 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

## 緒 論

전 세계적으로 산지의 분포는 30%이며, 우리나라는 국토의 67%가 산지이므로 森林資源의 효율적 活用이 무엇보다 중요하다. 그러므로 많은 학자들에 의해 삼림의 현존량과 生産力에 관한 연구가 진행되어 왔다(Ogawa *et al.*, 1961; 依田, 1971; 장, 1974, 1976; 장 등, 1973; 金 等, 1982; Burdon and Harper, 1983; Rhyu and Kim, 1985; Dale, 1985; Lee and Kim, 1987). 삼림 수목을 펄프나 목재로 사용할 목적으로 할 경우에는 總生産量과 體積增加를 알아야하며 제한된 공간과 시간내에 最大 木材 生産이 이루어져야 될 것이다.

본 연구에서는 남한 전지역을 4개 지구로 나누어 소나무(*Pinus densiflora*), 신갈나무(*Quercus mongolica*), 서나무(*Carpinus laxiflora*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 및 전나무(*Abies holophylla*) 등 8개의 주요 수종의 연륜 면적을 조사하여 지역간과 수종의 年輪 生長量을 지구간과 수종간에 비교 분석하였다. 이 결과에 따라 장(1974)의 일반식과 최고생산력기와 삼림의 최적벌채기를 추정함으로써 삼림 경영의 경제성과 효율성의 증대를 기하고자 하였다.

## 材料 및 方法

### 年輪面積의 生長에 의한 最高 生産力期 및 最適伐採期の 推定理論의 定立

Huxley(1932)의 상대성장식을 적용한 삼림수목의 흉고직경을 독립변수로 한 現存量 추정식을 검토하고, 장 등(1973)과 장(1974a)의 흉고면적에 의한 현존량 추정식을 이용하여 연륜면적의 성장에 착안하였다. 이러한 점을 감안하여 연륜면적의 성장과 성장속도에 대한 物質生産量과의 相對生長關係를 도출하여 최고생산력기와 최적벌채기를 Chang and Yoshida(1973)의 총생산수량식에 적용하여 구하는 이론식을 정립하고, 이 식을 적용하여 삼림의 최고생산력기와 최적벌채기를 추정하였다.

### 調査地域의 選定

전 남한에 생육하는 주요 삼림수종의 年輪面積과 그 生長速度를 조사하기 위해 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전 지역을 4개 지구(임, 1968)로 나누어 제1지구에서는 설악산, 오대산, 한계령, 대관령, 홍천, DMZ, 태백산, 소백산 등에 생육하는 주요 삼림 군락을 조사하였으며, 제2지구에서는 태릉, 경기도 광릉, 속리산, 덕유산으로 나누어 조사하였고, 제3지구에서는 전주, 팔공산, 가야산, 지리산 등을, 제4지구에서는 영치산과 대둔산을 기점으로 조사하였다.

18개 지소에서 조사한 삼림 수종은 소나무(*Pinus densiflora*, 21-307년생), 신갈나무(*Quercus mongolica*, 17-72년생), 서나무(*Carpinus laxiflora*, 31-95년생), 졸참나무(*Quercus serrata*, 36-116년생), 잣나무(*Pinus koraiensis*, 38-206년생), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophyllus*, 20-64년생), 낙엽송(*Larix kaempferi*, 15-50년생), 전나무(*Abies holophylla*, 42-292년생)등이다(Table 1).

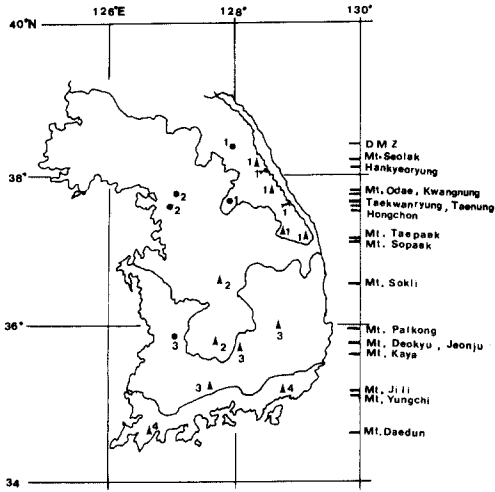


Fig. 1. Map of area studied.

Table 1. Forest communities and study areas in Korea

forest	Study area																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R				
<i>P. densiflora</i>	+						+	+	+	+	+		+				+	+	+	+	+	
<i>Q. mongorica</i>		+	+	+			+															
<i>C. laxiflora</i>										+										+	+	+
<i>Q. serrata</i>											+										+	+
<i>P. koraiensis</i>										+	+										+	+
<i>F. rhyncophyllus</i>																					+	+
<i>L. kaempferi</i>																					+	+
<i>A. holophylla</i>																					+	+

A: Mt. Seolak      G: Hongchon      M: Mt. Kaya  
 B: Mt. Odae      H: Kwangnung      N: Mt. Jili  
 C: Mt. Taepaek      I: Taenung      O: Mt. Palkong  
 D: Mt. Sopaek      J: D M Z      P: Jeonju  
 E: Taekwanryung      K: Mt. Sokli      Q: Mt. Daedun  
 F: Hankyeoryung      L: Mt. Deokyu      R: Mt. Yungchi

年輪面積의 分析方法

삼림 수목을 벌채하여 지면으로부터 20 cm 이상으로부터 가슴 높이 아래의 부위에서 정상적으로 성장한 나무 그루터기를 찾아, 가장 지면에 가까운 부위를 잘라 연륜이 잘 나타나도록 대패로 밀고 곱게 갈아 연륜 분석의 재료로 사용하였다. 이 재료의 연륜 사진을 찍고 트레이싱 페이퍼 (tracing paper)로 연륜에 따라 선을 그어 연륜도를 작성하였다 (Fig. 2). 연륜 면적을 측정할 경우 간격은 편의에 따라 정하나 본 연구에서는 3-5년 간격을 사용하였다. 연륜도가 작성되면 연륜 면적을 planimeter로 정확히 측정하였다.

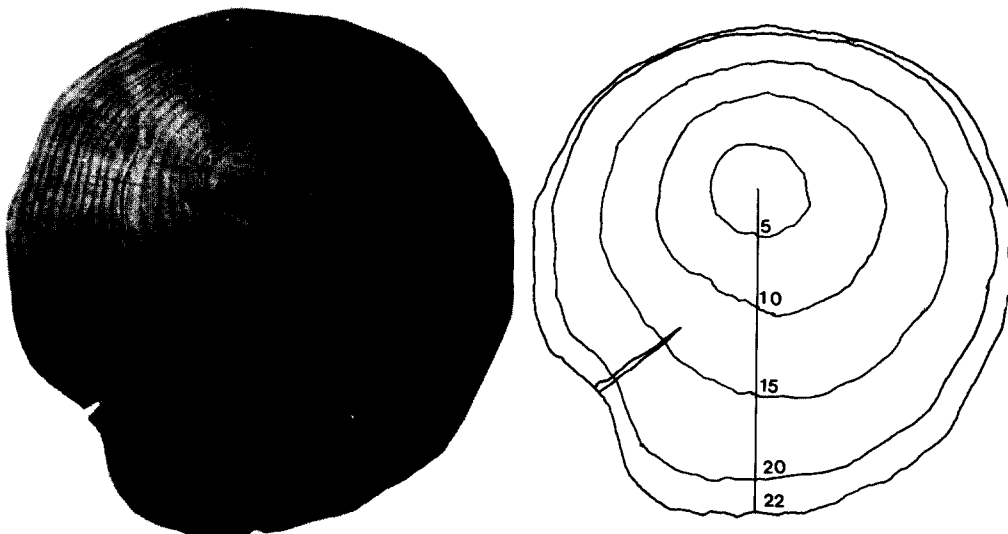


Fig. 2. The photograph and figure of cross section of woody stem (*P. densiflora*).

結果 및 考察

森林樹木의 最高生産力期 및 最適伐採期の 推定理論

森林의 物質生産에 따라 이룩된 現存量은 다른 食物군락에 비하여 대단히 크나 수 십년 내지는 수 백년에 이르러 최고에 달한다. 그러므로 삼림의 現存량을 구하려면 生産력을 조사하기 위한 수학모델이 필요하다.

相對生長法에 의한 森林의 現存量 推定

每木 調査에 의하여 정확히 실측할 수 있는 것은 胸고직경(D)과 胸고면적(B)이며 나무에 올라가지 않는 한 樹高는 立木狀態에서 測定할 수 없다. 따라서 삼각법을 이용하여 간접적으로 조사하는 것이 합리적이다. 삼림수목의  $D^2H$ 와 타부분의 양과의 상대生長關係를 적용하여 現存량을 추정할 수 있다(Ogawa *et al.*, 1965; 依田, 1971).

森林樹木의 現存量( $W_I$ ) 추정은 다음과 같다.

樹葉의 現存량( $W_L$ )의 추정은

$W_L = A_L (D^2H)^h$  혹은  $W_L = A_L (D^2)^h$  ..... (1)

樹枝의 現存량( $W_B$ )의 추정은

$W_B = A_B (D^2H)^h$  혹은  $W_B = A_B (D^2)^h$  ..... (2)

樹幹의 現存량( $W_S$ )의 추정은

$W_S = A_S (D^2H)^h$  혹은  $W_S = A_S (D^2)^h$  ..... (3)

樹根의 現存량( $W_R$ )의 추정은

$W_R = A_R (D^2H)^h$  혹은  $W_R = A_R (D^2)^h$  ..... (4)

그러므로 삼림의 지상부의 現存량(W)은

$W = W_L + W_B + W_S$  ..... (5)

로 추정할 수도 있으나  $D^2H$  혹은  $D^2$ 은 삼림수목의 지상부의 物質生産量과 相對生長關係가 있다고 보면

$W = A (D^2H)^h$  혹은  $W = A (D^2)^h$  ..... (6)

전 現存량( $W_I$ )의 추정은 잎, 가지, 줄기, 뿌리의 합으로 계산할 수 있다.

$= W_L + W_B + W_S + W_R$

$W_I = W + W_R$  ..... (7)

(6)식 과 같은 이치로

$W_I = A_I (D^2H)^h$  혹은  $W_I = A_I (D^2)^h$  ..... (8)

이상의 식에서는 h는 相對生長係數이고  $A_L, A_B, A_S, A_R, A, A_I$ 는 각각의 積分常數이다. (1)-(8)식에서 삼림수종의 상대生長계수와 적분상수가 결정되면 D와 H를 측정함으로써 삼림수목의 現存량을 조사할 수 있다.

장(1974b), 김과 장(1973)은  $D^2$ 이라는 胸고직경의 정사각형의 면적대신에 胸고면적(basal area)을 적용하여 삼림의 現存량을 추정할 것을 제안하였다.

삼림수목의 胸고면적(B)을 現存량의 추정에 적용하면

잎의 경우는

$W_L = A_L (BH)^h$  혹은  $W_L = A_L B^h$  ..... (9)

출기의 경우는

$$W_s = A_s(BH)^h \text{ 혹은 } W_s = A_s B^h \dots\dots\dots(10)$$

가지의 경우는

$$W_B = A_B(BH)^h \text{ 혹은 } W_B = A_B B^h \dots\dots\dots(11)$$

뿌리의 경우는

$$W_R = A_R(BH)^h \text{ 혹은 } W_R = A_R B^h \dots\dots\dots(12)$$

지상부의 경우는

$$W = A(BH)^h \text{ 혹은 } W = AB^h \dots\dots\dots(13)$$

전현존량의 경우는

$$W_I = A_I(BH)^h \text{ 혹은 } W_I = A_I B^h \dots\dots\dots(14)$$

이상의 (9)-(14)식을 이용하여 삼림의 현존량을 추정할 수 있다. 현존량을 조사하는 데는 (1)-(8) 식을 적용하여 계산하거나, (9)-(14)을 적용하여 계산하거나 별차이가 없다. 그러나, 삼림의 물질생산력을 추정하려면 (9)-(14)에 적용하는 것이 편리하다.

相對生長法에 의한 森林의 物質生産力의 推定

삼림수목의 현존량의 추정은 D<sup>2</sup>H와의 상대생장관계에 의하여 조사할 수 있으나 생산력의 추정은 정확치 않다. 이유는 흉고직경의 年生長速度의 정확한 측정이 어렵고 측정 오차가 크기 때문이다. 또한, 3-5년을 기다려야 한다는 단점이 있다. 흉고면적으로 추정하는 장(1974)의 model을 이용하면 (9)-(14)로부터 정확히 물질생산력을 추정할 수 있다. 흉고 연륜면적의 연생장속도를 적용하면, t<sub>1</sub>년으로부터 t<sub>2</sub>년간의 삼림생산력은

$$dW/dt = W_{t_2} - W_{t_1} = A(B_{t_2}H)^h - A(B_{t_1}H)^h$$

$$\text{혹은 } dW/dt = W_{t_2} - W_{t_1} = A(B_{t_2})^h - A(B_{t_1})^h \dots\dots\dots(15)$$

(15)식을 적용하면 삼림수목의 생산력을 용이하게 추정할 수 있으며, 최고생산력은 물론 최고생산력의 시기를 추정할 수 있는 장점이 있다.

森林의 最高生産力期와 最適伐採期の 推定

장(1974)에 의해 제안된 森林의 現存量과 生産力을 추정하는 식 (9)-(15)에서 독립변수는 胸高年輪面積이다. 본 연구에서는 이점을 착안하여 수목의 연륜면적의 연변화율을 분석하여 삼림의 물질의 최고생산력기의 추정과 제한된 면적에서 한정된 시간내에 2회이상 벌채하였을 때 임산물의 생산을 극대화하는 최적벌채기(optimum cutting time)를 추정하는 model을 정립하였다.

상대생장의 원리에 의하면 삼림에서 물질의 최고생산력기는 그 지역에 생육하고 있는 수목의 연륜면적의 최고생장속도기와 일치하고 삼림에서 물질의 최고생산량을 위한 벌채 시기는 어떤 지역의 제한된 면적에서 한정된 시간내에 2회이상 벌채하였을 때의 수목의 연륜면적의 성장합이 극대에 달하는 시기에 벌채하는 것과 일치한다는 이론에 귀착한다. 그러므로 삼림을 벌채한 수목의 年輪生長을 분석하면 그 장소에 재식하여 조성한 삼림이나 이미 형성 발달된 삼림군락에 있어서 물질의 최고생산력기와 최고생산 벌채기인 최적벌채기를 예측할 수 있다.

樹木의 年輪面積 生長式

森林 樹木의 年輪面積을 生長량으로 보고 Blackman(1919)의 生長식에 적용하면

$$k=1/r \cdot dr/dt \dots\dots\dots (16)$$

(16)식에서 k는 生長계수이고, r은 연륜면적이다.

식 (16)을 적분하면

$$r=r_0 \cdot e^{kt} \dots\dots\dots (17)$$

(17)식에서 t는 시간, r<sub>0</sub>는 t=0에서의 연륜면적이다.

Chang and Yoshida(1973)가 주장한 바와 같이 生長계수 k가 시간 t 이외에도 기후 cl, 토양 s, 지세 r, 생물 o등의 여러 환경 요인의 함수라고 보면 아래의 식(18)을 얻을 수 있으며, 이를 적분하여 식(19)를 구할 수 있다.

$$1/r \cdot dr/dt=k(cl, s, r, o, t) \dots\dots\dots (18)$$

$$r=r_0 \cdot \exp\left[\int_0^t k(cl, s, r, o, t) dt\right] \dots\dots\dots (19)$$

年輪面積의 生長速度

삼림수목의 연륜면적을 r이라고 할 때, 연륜 면적의 生長은 Robertson의 生長식을 적용하여

$$r=R/(1+ae^{-kt}) \dots\dots\dots (20)$$

(20)식에서 R은 연륜生長의 상한치, r은 시간 t에서의 연륜면적, a는 적분상수, k는 生長계수이다.

연륜 면적의 生長 속도 즉, 生産력은 (20)식을 t로 미분하여

$$dr/dt=Rake^{-kt}/(1+ae^{-kt})^2 \dots\dots\dots (21)$$

구할 수 있다.

그러므로 t<sub>1</sub> 시간부터 t<sub>2</sub> 시간까지 경과하였을 때의 연륜 면적의 生長속도는

$$r_2 - r_1 = \int_{t_1}^{t_2} Rake^{-kt}/(1+ae^{-kt})^2 dt = \left| R/(1+ae^{-kt}) \right|_{t_1}^{t_2} \\ = R/(1+ae^{-kt_2}) - R/(1+ae^{-kt_1}) \dots\dots\dots (22)$$

로 구할 수 있으며, (22)식으로부터 삼림수목의 年輪 面積의 年間 生長量과 生産力을 구할 수 있다.

最大年輪生産力期

어떤 정하여진 임지 조건하에서, 어떤 삼림 수종이 보다 유익한가는 수종간의 최고 生産력과 그 시기를 비교해 봄으로써 알 수 있다(Table 1).

최고 生産력기, t<sub>m</sub>은 식(20)를 2차 미분한 값을 0으로 놓고 계산해낼 수 있다.

$$d^2r/dt^2=Rak^2e^{-kt}(ae^{-kt}-1)/(1+ae^{-kt}) \dots\dots\dots (23)$$

$$\therefore t_m = (1/k) \ln a \dots\dots\dots (24)$$

最適伐採期

삼림에서 임산물의 총생산량을 최대로하는 최적벌채기는 Chang and Yoshida(1973)의 총 生産량식

$$Y=(T/t) \int_0^t G'(t) dt = (T/t) [G(t)]_0^t \dots\dots\dots (25)$$

에 연륜면적의 성장식을 적용하여 풀면

$$Y = T/t [R/(1+ae^{-kt})]_0^t = TR [1/t(1+ae^{-kt}) - 1/t(a+1)] \dots\dots\dots (26)$$

(26)와 같고 이식을 미분하여 0으로 놓고, t에 대해 풀면 삼림의 최적벌채기  $t_c$ 의 식을 구할 수 있다. 제한된 시기 T와 연륜면적의 상한치 R에 관계없이 식 (27)은 성립한다.

$$Y = T/t [R/(1+ae^{-kt})]_0^t = TR [1/t(1+ae^{-kt}) - 1/t(a+1)]$$

$$Y' = [-\{(1-ae^{-kt}) - akte^{-kt}\}/t^2(1+ae^{-kt})^2 + 1/t^2(a+1)] = 0$$

$$\{1+a(1-kt)e^{-kt}\}/(1+ae^{-kt})^2 = 1/(a+1)$$

$$(a+1)\{1+a(1-kt)e^{-kt}\} = (1+ae^{-kt})^2 \dots\dots\dots (27)$$

여기에서  $x=kt$ 로 놓고 풀면,

$$(a+1)\{1+a(1-x)e^{-x}\} = (1+ae^{-x})^2$$

$$ae^{-2x} - (a-1)e^{-x} + (a+1) \times e^{-x} - 1 = 0$$

이다.

위식을 컴퓨터를 이용해서 수치해석을 한다.

$x=0, x=7$ ( $x$ 값은  $a$ 의 값에 따라 조금씩 다르다.  $x$ 의 범위는  $6.324 \leq x \leq 8.410$ )

$$\therefore x \approx 7 \approx kt$$

$$\Rightarrow t \approx 7/k$$

$$t_c \approx 7/k \dots\dots\dots (28)$$

식(24)의  $t_m$ 과 식(28)과의 관계식은 아래와 같다.

$$t_c \approx (7/\ln a)t_m$$

$$\approx 1.33t_m \dots\dots\dots (29)$$

**年輪面積의 生長分析에 의한 森林樹木의 最高生産力期 및 最適伐採期の 推定**

우리나라 4개 지구의 18개 지소에서 현존하고 있는 소나무림, 졸참나무림, 잣나무림, 낙엽송림, 전나무림 등에서 벌채하고 남은 그루터기를 이용하여 연륜면적의 성장과 성장 속도를 측정 한 결과는 Fig. 4—Fig. 11에서 보는 바와 같다.

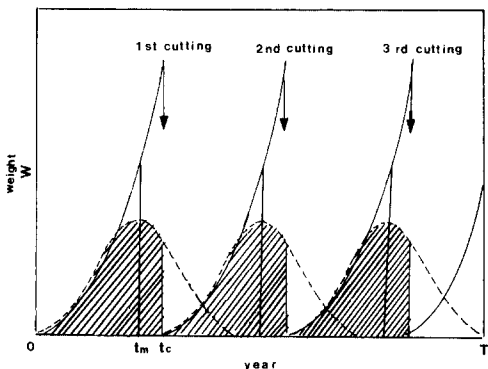


Fig. 3. The graphical expression of cutting schedul for the maximum yield of the forest trees.

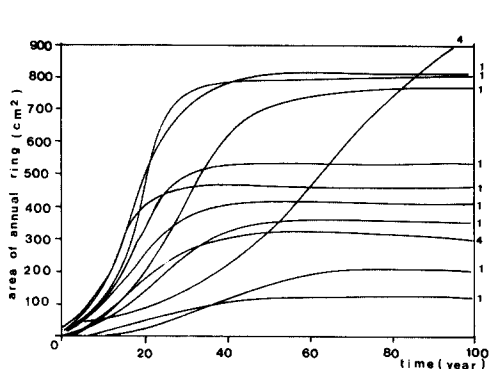


Fig. 4. The groth curve of anual ring of *P. densiflora* 1, 4 area.

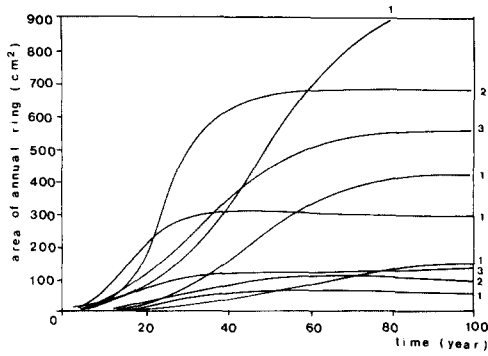


Fig. 5. The Growth curve of annual ring of *Q. mongolica* 1, 2, 3 area.

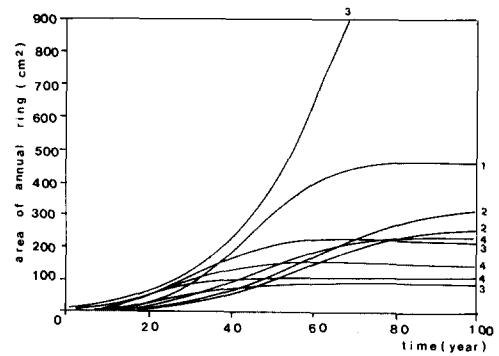


Fig. 6. The growth curve of annual ring of *P. densiflora* 1, 2, 3, 4 area.

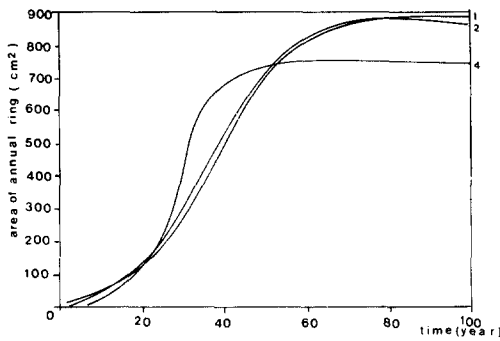


Fig. 7. The growth curve of annual ring of *Q. ser-rata* 1, 2, 4 area.

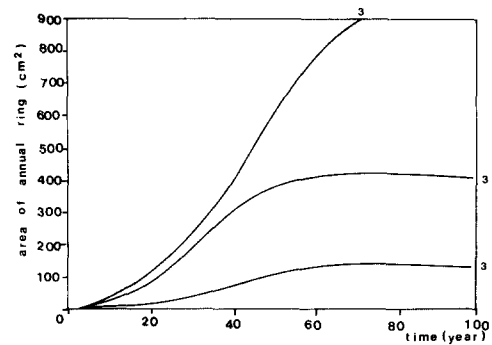


Fig. 8. The growth curve of annual ring of *P. koraiensis* 3 area.

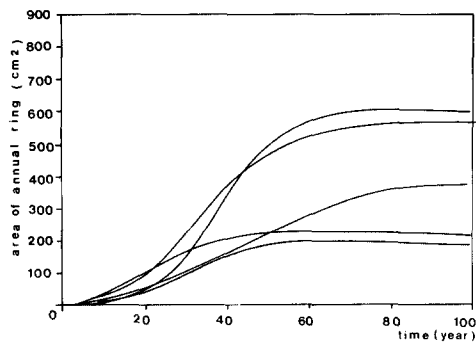


Fig. 9. The growth curve of annual ring of *F. rhyn-chophylla* 1, 2, 3 area.

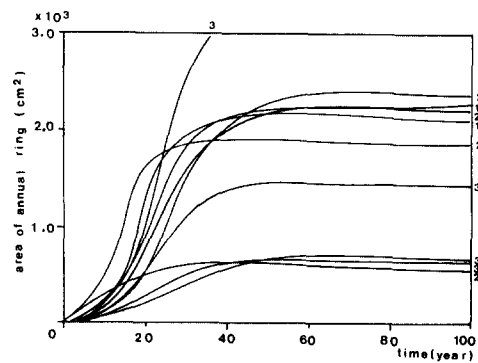
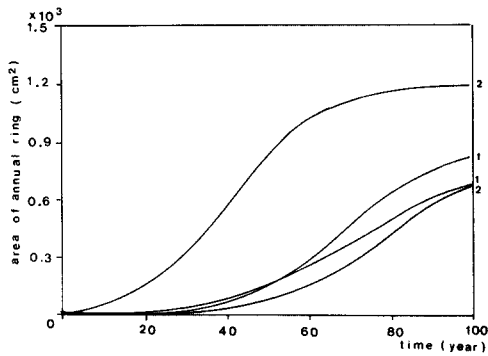


Fig. 10. The growth curve of annual ring of *L. kaempferi* 1, 2, 3 area.





삼림에 따라서는 어린 나무도 있으나, 최고 성장 속도기를 훨씬 넘은 수종도 있어 한개의 연륜면적을 Table 2와 같이 추정하였다. 이 결과는 장(1974)과 장(1976)의 결과와 잘 일치한다. 그러므로 삼림 수목의 적지 재식과 벌채적기의 추정식은 삼림의 경영상 필요한 귀중한 model로 생각된다.

Fig. 11. The growth curve of annual ring of *A. holophylla* 1, 2 area.

Table 2. Growth coefficient (k), time of the maximum productivity ( $t_m$ ), annual ring area at  $t_m$  ( $R_m$ ), optimum cutting time ( $t_c$ ) and annual ring area at  $t_c$  ( $R_c$ ) of the forest trees

Forest	Area studied	k	$t_m$ (year)	$R_m$ (cm <sup>2</sup> )	$t_c$ (year)	$R_c$ (cm <sup>2</sup> )
<i>Pinus densiflora</i>		0.118	41.5	105.3	55.2	140.0
		0.245	17.2	198.8	22.9	264.4
		0.441	15.3	228.9	20.3	304.4
		0.206	20.8	399.3	27.7	531.1
	1	0.251	18.7	396.9	24.9	527.9
		0.176	30.5	62.9	40.6	83.7
		0.274	16.1	268.4	21.4	357.0
		0.298	16.7	229.3	22.2	305.0
	4	0.180	22.4	179.5	29.8	238.7
		0.241	16.6	155.8	22.1	207.2
		0.053	64.1	535.3	85.3	711.9
		0.077	61.8	83.5	82.2	111.1
<i>Quercus mongolica</i>	1	0.080	47.8	487.8	63.6	648.8
		0.224	25.0	27.2	33.3	36.2
		0.294	14.6	145.7	19.4	193.8
	2	0.104	43.7	212.7	58.1	282.9
		0.242	24.7	329.9	32.9	438.8
		0.140	26.6	48.4	35.4	64.4
<i>Carpinus laxiflora</i>	3	0.456	14.9	59.7	19.8	79.4
		0.100	36.1	280.8	48.0	373.5
	1	0.122	42.5	230.0	56.5	305.9
0.066		58.5	166.9	77.8	222.0	
	2	0.080	55.4	134.0	73.7	178.2

Table 2. Continued

Forest	Area studied	k	t <sub>m</sub> (year)	R <sub>m</sub> (cm <sup>2</sup> )	t <sub>c</sub> (year)	R <sub>c</sub> (cm <sup>2</sup> )
<i>Carpinus laxiflora</i>	3	0.074	62.2	760.3	82.7	1011.2
		0.152	30.2	114.5	40.2	152.3
		0.283	17.8	45.7	23.7	60.8
	4	0.209	25.0	78.5	33.3	104.4
		0.086	44.7	119.6	59.5	159.1
		0.171	20.7	48.1	27.5	64.0
<i>Quercus serrata</i>	1	0.106	35.0	439.7	46.6	584.8
	2	0.118	34.2	438.8	45.5	583.6
	4	0.215	27.6	368.9	36.7	490.6
<i>Pinus koraiensis</i>	3	0.152	31.1	201.3	41.4	267.7
		0.169	41.1	70.8	54.7	94.2
		0.084	45.3	502.3	60.2	668.1
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1	0.069	45.5	191.7	60.5	255.0
		0.138	37.0	300.1	49.2	399.1
	2	0.111	33.4	279.9	44.4	372.3
	3	0.176	20.9	107.8	27.8	143.4
		0.215	31.4	96.6	41.8	128.5
<i>Larix kaempferi</i>	1	0.316	20.0	1040.3	26.6	1383.6
		0.225	21.1	1098.3	28.1	1460.9
	2	0.268	13.9	281.3	18.5	374.1
		0.182	23.2	1055.6	30.9	1404.0
		0.162	27.0	1165.1	36.0	1549.6
	3	0.377	13.9	912.4	18.5	1213.5
		0.134	26.3	318.5	35.0	423.6
		0.226	20.3	308.2	27.0	409.9
<i>Abies holophylla</i>	1	0.226	24.4	1618.8	32.5	2153.0
		0.178	24.0	737.8	31.9	981.3
	2	0.098	67.5	443.3	89.8	589.6
		0.063	72.2	409.1	96.0	544.1
		0.086	74.9	367.9	99.6	489.3
		0.093	39.8	605.6	52.9	805.4

### 最高生産力期の 推定

삼림 수목의 연륜면적의 성장도 다른 生物體의 부위와 마찬가지로 S자형 성장 곡선을 나타낸다. 삼림의 생산성은 이들의 성장계수  $k$ 값을 구해 그 평균값으로 비교하였다. 성장계수의 크기는 낙엽송 > 소나무 > 신갈나무 > 서나무 > 물푸레나무 > 졸참나무 > 잣나무 > 전나무 순으로 나타났다. 낙엽송이 0.223으로 가장크고, 전나무는 0.072로 낙엽송에 비해 3 배 이상 늦게 성장한다. 生長 係數는 동일 수종내에서도 또 같은 地區에서도 상당히 큰 차이를 나타낸다. 이는 나무의 생장은 종의 특성이라기 보다는 주위 환경에 큰 영향을 받으며 성장함을 의미한다.

地區間 有意差는 물푸레나무와 잣나무에서만 나타났다. 물푸레나무는 2지구(0.087)와 3지구(0.196)간에서, 잣나무는 1지구(0.040)와 3지구(0.135)간에서 유의차(5% 수준)를 나타내는 것으로 보아 이 두종은 재식지에 따라 성장속도가 달라짐을 알 수 있다. 기타 영향을 받지 않고 어느 지역에서나 같은 양상으로 성장한다고 생각된다.

수종간의 성장계수는 낙엽송과 신갈나무, 낙엽송과 서나무, 낙엽송과 졸참나무, 낙엽송과 잣나무, 낙엽송과 전나무, 소나무와 전나무에서 유의차(5% 수준)를 나타냈다.

최고 생산력기  $t_m$ 은 낙엽송이 21.1년으로 가장 빨랐고, 전나무가 91.9년으로 가장 느렸으며, 그때의 단면적은 각각 924.0  $cm^2$ 와 1915.6  $cm^2$ 였다. 낙엽송은 성장속도는 빠르나, 체적이 크게 자라지는 않으므로, 일정 크기 이상의 목재를 얻고자할 때는 단면적의 크기가 고려되어야 할 것이다. 낙엽송, 서나무, 소나무 등이 비교적 빨리 최고 생산력기에 도달하고 잣나무, 전나무 등은 최고 생산력기에 도달하는 시간이 늦으며, 각각의 최고 생산력기는 22.1년, 39.7년, 41.1년, 81.9년, 91.9년이다.

### 森林의 最適伐採期の 推定

식(28)을 이용하여 최고 생산 벌채기( $t_c$ )를 구한 후, 최고생산성기( $t_m$ )와의 비례관계를 구하면  $t_c/t_m = 1.33$ 이다. 즉 최고 생산성기의 1.33배 되는 시기에 벌채하면 연륜면적의 최고 생산량을 얻을 수 있다. 낙엽송은 재식 후 29.4년 되는 시기에 벌채하면 최고 생산을 기할 수 있으나, 전나무나 잣나무는 100년 이상을 길러야만 최고 생산 벌채기에 도달하게 된다. 따라서 樹形, 材質, 부가적 林産物을 고려하지 않고 목재용 수목을 재배하고자 할 경우에는 낙엽송, 소나무 등을 심는 것이 경제적이라고 할 수 있다.

## 要 約

삼림경영에 있어 목재의 최고생산을 위해 남한 전 지역을 크게 4개 지구로 나누어 주요 삼림수종의 연륜면적을 분석하여 최고생산력기와 최적벌채기를 추정된 결과는 다음과 같다.

나무의 연륜면적 생장은 다른 생물체와 마찬가지로 S자형 성장곡선을 나타내었다.

성장계수는 물푸레나무(*F. rhynchophylla*)와 잣나무(*P. koraiensis*)에서만 지구간에 유의차(5%수준)를 보였으며 수종간에는 소나무(*P. densiflora*)와 전나무(*A. holophylla*), 낙엽송(*L. kaempferi*)과 서나무(*C. laxiflora*), 낙엽송(*L. kaempferi*)과 신갈나무(*Q. mongolica*), 낙엽송(*L. kaempferi*)과 졸참나무(*Q. serrata*), 낙엽송(*L. kaempferi*)과 잣나무(*P. koraiensis*), 낙엽송(*L. kaempferi*)과 전나무(*A. holophylla*)에서만 유의차(5% 수준)를 나타냈다.

분석된 8개의 삼림수종중에서 최고생산력기에 도달하는 시간은 낙엽송이 21.1년으로 가장 빠르고, 전나무는 91.9년으로 가장 느린 경향을 보였으며, 최적 벌채기는 낙엽송에서 29.4년으로 가장 빠르고, 전나무에서 가장 늦은 122.2년을 나타냈다.

최적벌채기는 최고생산력기의 약 1.33배로 늦다.

나무의 재질, 수형, 부가적임산물의 생산을 고려하지 않고 목재용 수목으로써 단면적 증가에만 초점을 둔다면, 전나무와 잣나무보다는 낙엽송과 소나무가 경제적인 수종으로 판단된다.

## 인 용 문 헌

- Blackman, V. H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33: 353-360.
- Burdon, J. J. and J. L. Harper. 1983. Relative growth rates of individual members of a plant population. *J. Ecol.* 68: 953-957
- 장남기. 1974a. 연륜의 생장에 의한 삼림의 현존량 및 생산성의 추정. 서울대학교 논문집(생농계) 24 : 96-110.
- 장남기. 1974b. 초지의 질적 향상과 최고 생산량을 위한 수확 시기의 결정에 관한 연구. 연구논업. 서울대학교육회 169-179.
- 장남기. 1976. 한국에 있어서 삼림식물의 분포와 물질생산력에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 8-9: 35-48.
- 장남기, 목창수, 김준민. 1973. 숲의 최대 생산 수량을 위한 채질수의 결정 방법에 관한 연구. 김준민 박사 회갑기념 논문집. pp. 165-172.
- Chang, N. K. and S. Yoshida. 1973. Studies on the gross metabolism in a *Sasa paniculata* type grassland I. The theoretical analysis applied to the estimation of the gross assimilation. *J. Japan Grassl. Sci.* 19: 10-134.
- Dale, V. H. 1985. A comparison of tree growth models. *Ecological Modeling* 29: 145-169.
- Huxley, J. S. 1932. Problems of relative growth. London. Dial.
- 김준민, 장남기. 1932. 한국에 있어서 식물 군집의 분포 양상과 생산능에 관하여. 1. 환경요인의 구배에 따른 식물 군락의 정규분포. 김준민 박사 회갑 기념 논문집. pp. 60-72.
- 김준호, 임영득, 조도순, 고성덕, 민병미. 1982. 지리산 피아골 극상림의 군락구조, 식물량 및 일차생산성에 관한 연구. 한국 자연보존 협회 조사 21: 53-73.
- Lee, C. S. and J. H. Kim. 1987. Relationships between soil factors and growth of annual ring in *Pinus densiflora* an stony mountain. *Korean J. Ecol.* 10: 151-159.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. *Nature & Life in SE Asia.* 1: 21-157.
- Rhyu, B. T. and J. H. Kim. 1985. Comparison of estimation methods for primary net production of herbaceous coastal marsh vegetation. *Korean J. Ecol.* 8: 133-140.
- 임경빈. 1968. 조림학원론. 향문사, 서울.
- 依田恭二. 1971. 森林の生態學. 築地書館. 東京. pp. 22-37.

(1990年 4月 26日 接受)