

입지환경인자를 바탕으로 한 편백의 지위지수 추정에 관한 연구

김대현 · 김의경* · 이성기 · 정영교 · 정진현
국립산림과학원 난대산림연구소, *경상대학교 환경산림과학부
(2008년 5월 27일 접수; 2008년 7월 7일 채택)

The Effects of Site Environmental Factors on Estimation of Site Index Function for *Chamaecyparis obtusa* Endlicher Stands

Dae-Hyun Kim, Eui-Gyeong Kim*, Sung-Gi Lee,
Young Gyo Chung and Jin Hyun Jeong

Warm Temperate Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Seouguipo 679-050, Korea
*Division of Environmental Forest Science, College of Agriculture and Life Sciences,
Geyongsang National University, Jinju 660-701, Korea

(Manuscript received 27 May, 2008; accepted 7 July, 2008)

Abstract

This study was conducted to develop the effects of site environmental factors on estimation of site index function for *Chamaecyparis obtusa* Endlicher stands. We derived nonlinear growth equation and the draw site index curves by applying this estimated equation. This study with Chapman-Richards function showed significant P-value which was less than 0.0001 and R^2 value 0.5947. This study was conducted to develop the feasible site index equation of *Chamaecyparis obtusa* Endlicher. For the table, the data of 82 sample areas that were thought to be without errors among the data of *Chamaecyparis obtusa* Endlicher sample area located on the value-oriented forest location chart were used and estimated. After analyzing the quantification method I based on 13 environmental factors to develop the score table for the site-index estimation of *Chamaecyparis obtusa* Endlicher, R^2 value of the model was 0.7555. It has been analyzed that the scope value of Soil moisture in horizon A was 7.5045, that of total soil depth was 6.3896, that of topography was 5.3471, that of slope was 4.7000 and that of aspect was 3.2038. After analyzing the partial correlation to examine the factors that affected most the site-index of *Chamaecyparis obtusa* Endlicher, it has been noted that the partial correlation of climatic zone was 0.4987, which was highest, and it was followed by Soil moisture in horizon A (0.4592), slope (0.4537), topography (0.3299) and total soil depth (0.1035). As a result of conducting the significance test for partial correlation, it has been found that topography, climatic zone, parent rock, slope, altitude, aspect, Soil moisture in horizon A, soil hardness in horizon A and total soil depth were recognized significant with 1% of significance level and sedimentary type and soil texture in horizon A were recognized significant with 5% of significance level.

Key Words : Site index, *Chamaecyparis obtusa* stands, Nonlinear growth equation, Site index curves, Quantification method I

1. 서 론

입지환경이 수종의 생장에 미치는 영향을 입지생산력 혹은 비옥도로 나타낼 수 있는데, 이는 임분을 구성하는 우세목의 평균 수고를 지수화한 지위지수(site index)로 표현할 수 있다. 즉 입지 입지환경인 기후, 국소지형, 지형적 식물지표 등을 이용하여 지위지수를 추정하는 간접적인 방법과 어떤 수종으로 구성된 임분의 나이와 우세목의 평균 수고를 조사하여 지위지수곡선(site index curve)에 적용하는 직접적인 방법이 있다^{1~3)}. 그러나 수종별로 다양한 입지적 특성을 반영한 지위지수곡선이나 입지환경인자를 고려한 지위지수 추정점수표를 만드는 일은 방대한 산림면적에 대해 정확한 자료수집 및 분석을 요구하므로 많은 비용과 시간이 소요되어 현실적으로 쉽지 않은 일이다. Coile(1935)이 입지환경인자로부터 중회귀분석으로 지위지수를 추정하기 시작한 이후, 임목 생장은 토양, 수분, 지형적 입지인자, 유전적 특성 등 여러 인자들 상호 관계에 의해 결정된다고 알려져 있다. 만약 입지환경인자로부터 지위지수를 추정할 수 있다면 지위지수곡선에 의한 방법보다 효과적인 방안이 될 수도 있다^{4~6)}.

국내에서는 입지환경인자를 바탕으로 한 수량화 이론을 적용하여 강원지방소나무^{7,8)}, 낙엽송^{7~10)}, 굴참나무¹¹⁾, 중부지방소나무¹²⁾, 상수리나무¹²⁾, 곰솔^{12~14)}, 잣나무^{8,9,15)} 등의 지위지수 추정에 대한 연구를 하였다. 정¹⁶⁾은 토양의 이화학적 성질 및 환경인자가 편백의 흉고직경생장 및 재적생장량에 미치는 영향을 수량화이론을 적용하여 연구 하였다. 입지환경인자와 지위지수간의 관계를 연구한 논문들은 중부지방의 주요 조림수종을 중심으로 많이 이루어졌지만, 남부지방의 주요 조림수종 중의 하나인 편백의 지위지수와 관련한 연구는 없는 실정이다.

지위지수나 성장량 추정에 이용된 입지환경인자를 과거에는 직접 현지조사를 통해 확보하여 사용하였지만, 1995년부터 2004년에 걸쳐 산림청이 주

관하여 조사·구축된 산림입지조사 자료를 활용할 경우에는 지위지수 추정에 사용할 수 있는 입지환경인자를 보다 손쉽게 얻을 수 있게 되었다.

따라서, 본 연구의 목적은 입지환경인자가 편백의 지위지수에 미치는 영향을 분석하고 이를 바탕으로 지위지수 추정식을 만드는데 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

산림입지조사 자료는 산림청이 전국 임지를 최소 3 ha이상의 면적으로 구획을 한 후에 해당 지역의 표준지에 대한 입지조건, 토양의 성질, 임목의 생육상태, 지리조건 등과 관련된 제반 내용을 망라하고 있다¹⁷⁾. 산림입지조사 자료에는 표준지내에서 주 분포 수종을 대상으로 우세목 5본에 대한 수령, 수고 값과 산림입지환경 현실임분의 주요수종의 우세목 5본에 대한 임령 및 수고, 입지·토양환경 등을 포함하여 총 28개 입지환경인자에 대한 조사 결과가 들어 있다.

이 연구를 수행하기 위하여 편백 임분에 대한 산림입지조사 자료 중에서 데이터의 누락이 없는 86개소의 표준지를 선택하였으며, 이들 표준지에서 표고, 경사, 전토심 등 13개 입지환경인자와 우세목의 수령과 수고를 추출하여 SAS 9.1에서 비선형 분석이 가능한 데이터로 가공하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 86개 표준지의 우세목 개체 수는 430 본으로 평균 수령은 28.6년, 평균수고는 12.7 m로 나타났다.

2.2. 지위지수함수식 추정

먼저 우세목의 임령 및 수고를 이용하여 지위지수 추정을 Chapman-Richards의 성장함수식 $H=a(1-\exp(-bT))^c$ 을 사용하여 추정하였다. 이식을 이용하여 도출된 지위지수함수식을 이용하여 지위지수 분류곡선을 작성하였으며, 기준임령(base age)을 별 기령으로 하는 것이 이상적이나 자료가 평균임령을

Table 1. Descriptive statistics of *Chamaecyparis obtusa* stands data sets

Stand variables	N	Mean	Sta. Dev.	Min.	Max.
Age	430	28.6	11.3	12	67
Height	430	12.7	3.6	4.0	21.1

중심으로 분포하는 것으로 나타나 기준임령을 30년으로 하는 동형(anamorphic)의 지위지수분류곡선을 작성하였다.

남부지방을 중심으로 많이 식재되고 있는 편백은 입지환경인자를 이용한 지위지수함수식이 개발되어 있지 않아 산림입지조사 자료상의 편백 표준지의 데이터를 활용하여 입지환경인자에 의한 지위지수함수식을 개발하였다. 편백의 지위지수에 영향을 미치리라 예상되는 전토심, 표고 등 13개 입지환경인자를 독립변수로 하고, 지위지수를 종속변수로 하여 수량화 I 류 방법을 적용하여 개발하였다.

편백의 지위지수함수식 개발에 사용된 카테고리 구분은 기존 연구^{10,18)}를 참고하여 분류하였으며, 표고, 경사 등 13개 입지환경인자를 3~8개의 카테고리로 구분하였다. 카테고리 분류 현황은 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지위지수분류곡선 조제

Chapman-Richards생장함수의 모수 추정결과가 Table 3에 제시되었다. 이 Table에 의하면 생장함수 추정식의 R²는 0.5947로 나타났다. 이것은 산림입지조사의 수고 및 임령 자료가 고정된 표준지에서 장

Table 2. Site-environmental factors for estimation of site index of *C. obtusa* stands

Factors	Category							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X01 Topography	Gentle hill	Foot of mountain	Middle of mountain	Top of mountain				
X02 Climatic zone	The middle temperate zone	The south temperate zone	The warm temperate zone					
X03 Parent rock	Igneous rock	Sedimentary rock	Metamorphic rock					
X04 Slope	Less than 15°	15~20°	20~25°	25~30°	More than 30°			
X05 Altitude(m)	Lower than 100 m	100~200 m	200~300 m	300~400 m	400~500 m	500~600 m	600~700 m	
X06 Sedimentary type	Residual deposit	Creeping	Colluvial					
X07 Relief	Convex	Flat	Concave					
X08 Aspect	East	West	South	North	Northeast	Northwest	Southeast	Southwest
X09 Organic matters in horizon A	0~4%	4~6%	more than 6%					
X10 Soil texture in horizon A	SiCL, SCL, CL	Si, SiL	SL, LS	L				
X11 Soil moisture in horizon A	Dry	Slight dry	Moderate	Slight humid	Humid			
X12 Soil hardness in horizon A	Less than 0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.5				
X13 Total soil depth(cm)	Less than 50 cm	50~70	70~90	More than 90 cm				

Table 3. Parameter values and fit statistics for the Chapman-Richards function for height and age relationship

Parameters	Estimated values	Asymptotic standard error	95% Confidence interval		R ²
			Lower bound	Upper bound	
a	16.4997	0.3821	15.7484	17.2510	0.5947
b	0.1020	0.0119	0.0786	0.1255	
c	3.1549	0.6693	1.8390	4.4708	

기간 일관되게 조사된 것이 아니라 여러 조사자에 의해서 임시 표준지에서 조사됨으로써 측정에 있어서 오차가 발생한 것으로 판단된다.

추정된 모수를 적용한 최종적인 편백 성장함수식은 Eq. (1)과 같으며, 이 성장함수식을 이용한 기준 임령에 대한 지위지수곡선식은 비례식에 의해서 Eq. (2)와 같이 정리할 수 있다.

$$H = 16.4997(1 - \exp(-0.1020T))^{3.1549} \quad (1)$$

여기서, H = height of dominant tree, T = age

$$SI_0 = H \left(\frac{1 - \exp(-0.1020T_0)}{1 - \exp(-0.1020T)} \right)^{3.1549} \quad (2)$$

여기서, SI_0 = site index for index age, T_0 = index age

마지막으로 Eq. (2)에 기준임령 30년을 적용하여 각 지위지수별 분류곡선식을 Eq. (3)과 같이 최종 정리할 수 있다.

$$H = SI_{30} \left(\frac{1 - \exp(-0.1020T)}{1 - \exp(-0.1020T_{30})} \right)^{3.1549} \quad (3)$$

여기서, SI_{30} = site index for index age of 30 years

Eq. (3)을 이용한 결과 편백 임분의 지위지수는 6~20까지 분포하는 것으로 나타났으며, 최종적인 지위지수분류곡선은 Fig. 1과 같다.

Eq. (3)을 현재 통용되고 있는 김과 유¹⁸⁾가 제시한 지위지수분류곡선식인

$$\log(SI) = \frac{\log H(1.0361 + 0.1221 \log 20 - 3.0506/20)}{(1.0361 + 0.1221 \log T - 3.0506/T)}$$

과 직접적인 비교는 기준임령의 차이로 어려움이 있어 도식화하여 곡선형태로 Fig. 2와 같이 비교하였다. 기존 지위지수 분류곡선과 이 연구에서 개발된 곡선 간에는 자료수집의 문제, 즉 기존 자료는 주로 장령림 이하에서 수집된 자료이며 현 자료는 곡선의 추정을 외삽할 수 있는 자료가 수집된 결과로 직선화된 곡선이 아니라 40년 이후 점차 점근화되는 결과를 보여준다고 볼 수 있다.

3.2. 입지환경인자에 의한 지위지수 추정

현재 남부지방에 많이 식재되고 있는 편백의 지위지수 함수식을 개발하기 위하여 수량화 I 류를 활용하여 분석하였다. 또한 입지환경인자가 편백의

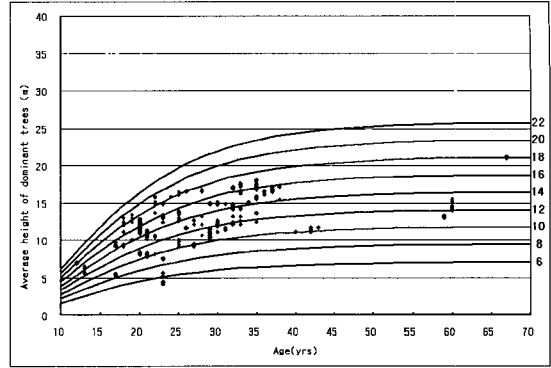


Fig. 1. Site index curves(index age 30yrs) for *Chamaecyparis obtusa* stands.

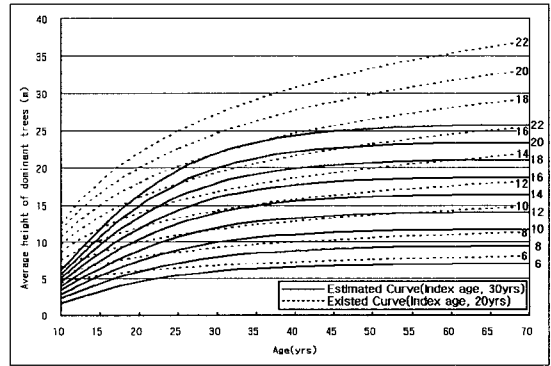


Fig. 2. Comparison of two site index curves for *Chamaecyparis obtusa* stands.

지위지수에 미치는 우선순위를 파악하기 위하여 편상관분석을 실시하였다. 계산된 카테고리별 점수는 입지환경인자를 바탕으로 편백임분의 지위지수 계산에서 가중치로 적용되었다.

편백임분의 지위지수 계산을 위한 점수표를 수량화 I 류를 통하여 카테고리별 점수를 계산한 결과는 Table 4와 같다.

입지환경인자가 편백의 지위지수에 미치는 영향을 분석한 결과, 경사형태, A층 유기물 함량, A층 토성이 다른 입지환경인자에 비해 범위가 낮아 편백의 지위지수에 미치는 기여도가 낮은 것으로 분석되었다. 그리고 A층 건습도, 전토심, 지형은 다른 입지환경인자에 비해 범위가 크게 나타나 편백의 지위지수에 미치는 기여도가 큰 것으로 분석되었다. A층 건습도가 적윤하고, 전토심이 90 cm이면서, 지

Table 4. Score table by Site-environmental factors of *C. obtusa* stands

Factors		Category	Weight	Mean score	Range	Deviation
X01	Topography	Gentle hill	2.4741	3.7471	5.3471	-1.2729
		Foot of mountain	2.9223			-0.8248
		Middle of mountain	5.3471			1.6001
		Top of mountain	0.0000			-3.7471
X02	Climate	The middle temperate zone	0.6462	1.3545	3.3429	-0.7083
		The south temperate zone	3.3429			1.9883
		The warm temperate zone	0.0000			-1.3545
X03	Parent rock	Igneous rock	2.0352	1.1998	2.0352	0.8354
		Sedimentary rock	0.7721			-0.4277
		Metamorphic rock	0.0000			-1.1998
X04	Slope	Less than 15°	3.2853	2.5286	4.7000	0.7567
		15~20°	1.6987			-0.8298
		20~25°	4.7000			2.1714
		25~30°	0.7868			-1.7417
		More than 30°	0.0000			-2.5286
X05	Altitude	Lower than 100 m	-1.3940	-1.2274	2.6488	-0.1667
		100~200 m	-1.0893			0.1380
		200~300 m	-1.8348			-0.6074
		300~400 m	0.8140			2.0413
		400~500 m	-1.4713			-0.2440
		Higher than 500 m	0.0000			1.2274
X06	Sedimentary type	Residual eposit	1.1511	-1.7586	2.6827	2.9098
		Creeping	-2.6827			-0.9241
		Colluvial	0.0000			1.7586
X07	Relief	Convex	0.0000	0.5423	0.8423	-0.5423
		Flat	0.8423			0.3000
		Concave	0.0000			-0.5423
X08	Aspect	East	1.8003	0.3599	3.2083	1.4404
		West	0.5548			0.1950
		South	1.1598			0.8000
		North	-1.4081			-1.7679
		Northeast	0.4602			0.1004
		Northwest	0.0488			-0.3111
		Southeast	0.8240			0.4642
		Southwest	0.0000			-0.3599
X09	Organic matters in horizon A	0~4%	-0.1041	0.4249	1.0915	-0.5290
		4~6%	0.9874			0.5625
		More than 6%	0.0000			-0.4249
X10	Soil texture in horizon A	SiCL,SCL,CL,	1.2817	0.0158	1.7139	1.2659
		SiL	-0.4322			-0.4480
		SL,LS	-0.0012			-0.0169
		L	0.0000			-0.0158
X11	Soil moisture in horizon A	Dry	-7.5045	-2.4781	7.5045	-5.0264
		Slight dry	-2.6860			-0.2078
		Moderate	0.0000			2.4781
X12	Soil hardness in horizon A	~0.5	3.1605	3.1860	4.2657	-0.0255
		0.5~1.0	3.0981			-0.0879
		1.0~1.5	4.2657			1.0797
		1.5~2.5	0.0000			-3.1860
X13	Total soil depth	Less than 50 cm	-3.8358	-4.6835	6.3896	0.8477
		50~70 cm	-4.9041			-0.2206
		70~90 cm	-6.3896			-1.7061
		More than 90 cm	0.0000			4.6835

note) $R^2=0.7555$, F Value=2.61, Prob>F=0.0029, Intercept=5.12

형이 산복인 지역의 편백이 지위지수가 좋을 것으로 분석되었다.

3.3. 편상관분석

13개 입지환경인자는 편백의 지위지수에 모두 기여하고 있지만, 이들 입지환경인자간에는 내부상관이 발생하고 있어 편백의 지위지수에 실질적으로 영향을 미치는 입지환경인자를 규명하는데 어려움이 있다. 따라서 입지환경인자들 사이의 영향을 배제시켜 편백의 지위지수에 영향을 미치는 두 변량 사이의 선형적 관계를 알아보기 위하여 편상관분석을 실시하였다. 분석 결과는 Fig. 3과 같다.

편백의 지위지수에 영향을 미치는 입지환경인자

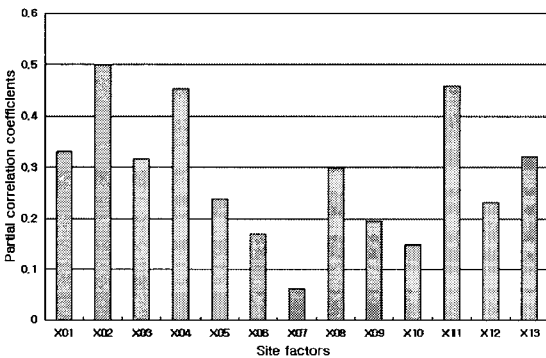


Fig. 3. Partial correlation coefficients between site index and site environmental factors.

로는 기후대(X02), A층 건습도(X11), 경사(X04), 지형(X01), 전토심(X13), 모암(X03), 방위(X08), 표고(X05), A층 견밀도(X12), A층 유기물함량(X09), 퇴적양식(X06), A층 토성(X10), 경사형태(X07) 순으로 나타났다. 특히 기후대(X02), A층 건습도(X11), 경사(X04) 등은 편백의 지위지수에 크게 기여하는 반면, 경사형태(X07), A층 토성(X10), 퇴적 양식(X06)은 상대적으로 기여도가 낮게 나타났다.

이러한 결과는 眞下¹⁹⁾의 편백생장에 관여하는 인자는 표고, 퇴적양식, 토양형, 방위, 경사도라는 보고와, 정¹⁶⁾의 편백 재적생장에 영향이 많은 입지환경인자는 모암, 경사형태, 석력함량, 방위 등이라고 한 것과 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만, 김등²⁰⁾이 편백 임분의 적지라고 보고한 연평균기온이 12℃이상, 300 m 이하의 산복부, 경사가 30°미만, 평행하면, 토양습도가 적운한 지역이라고 보고한 것과는 유사한 경향을 보이고 있다.

또한, 강²¹⁾이 붉가시나무의 생장에 영향을 미치는 입지환경인자로 토양건습도, 표고, 토양견밀도, 방위, 토심이라고 보고한 것과 유사한 경향을 보이고 있다.

입지환경인자가 지위지수에 관여하는 정도의 척도가 되는 편상관계수의 유의성을 검정한 결과는 Table 5와 같다.

편상관계수의 유의성을 검정한 결과, 지형, 기후

Table 5. Partial correlation coefficients for site index in *C. obtusa* stands

Factors	Partial corr ²	Partial coefficient	t-value	Pr > t
X02 Climate	0.2487	0.4987	6.38	<0.01
X11 Soil moisture in horizon A	0.2109	0.4592	6.80	<0.01
X04 Slope	0.2058	0.4537	5.71	<0.01
X01 Topography	0.1089	0.3299	3.88	<0.01
X13 Total soil depth	0.1035	0.3217	3.90	<0.01
X03 Parent rock	0.1010	0.3178	3.76	<0.01
X08 Aspect	0.0894	0.2990	3.25	<0.01
X05 Altitude	0.0574	0.2395	2.52	0.01
X12 Soil hardness in horizon A	0.0537	0.2316	2.86	0.01
X09 Organic matters in horizon A	0.0384	0.1960	-1.79	0.08
X06 Sedimentary type	0.0294	0.1716	2.20	0.03
X10 Soil texture in horizon A	0.0224	0.1497	2.02	0.05
X07 Relief	0.0036	0.0604	0.58	0.56

대, 모암, 경사, 표고, 방위, A층 건습도, A층 견밀도, 전토심은 유의수준 1%에서, 퇴적 양식, A층 토성은 유의수준 5%수준에서 차이가 있는 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 입지환경인자가 편백의 수고생장에 미치는 영향을 파악하기 위하는데 있다. 이를 검증하기 위하여 산림입지조사 자료 중에서 편백 표준지의 데이터들 중에서 오류가 없다고 판단되는 82개 표준지의 데이터를 활용하여 입지환경인자를 바탕으로 한 편백의 지위지수추정함수식을 개발한 결과는 다음과 같다.

산림입지조사 자료 중에서 13개 입지환경인자와 지위지수를 바탕으로 수량화 I 류를 활용하여 편백의 지위지수함수식을 추정한 결과 모형의 R²값은 0.7555로 나타났다. A층 건습도의 범위값은 7.5045, 전토심의 범위값은 6.3896, 지형의 범위값은 5.3471, 경사의 범위값은 4.7000, 방위의 범위값은 3.2038인 것으로 분석되었다. 편백의 지위지수에 가장 많은 영향을 미치는 입지환경인자를 파악하기 위하여 편상관분석을 실시한 결과 기후대의 편상관계수가 0.4987로 가장 높게 분석되었으며, 그 다음으로는 A층 건습도가 0.4592, 경사가 0.4537, 지형이 0.3299, 전토심은 0.1035로 분석되었다. 편상관계수를 유의성 검정한 결과 지형, 기후대, 모암, 경사, 표고, 방위, A층 건습도, A층 견밀도, 전토심은 유의 수준 1% 수준에서 유의성이 인정되었으며, 퇴적 양식, A층 토성은 유의수준 5% 수준에서 유의성이 인정되었다.

현재 입지환경인자 수목의 수고생장에 미치는 영향을 가장 잘 나타내는 지위지수 함수식이 없는 수종의 경우에는 산림입지조사 자료를 바탕으로 지위지수 추정함수식을 개발할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 산림입지조사 자료는 비교적 단기간에 많은 조사항목을 전국단위로 조사하여 측정치의 변이가 클 것으로 예상된다. 향후 산림입지조사 자료의 현지적용성 검토 및 수정 과정에서 정밀도가 향상된다면 더욱 좋은 결과가 유도될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의한 연구결과물의 일부임.

참 고 문 헌

- 1) Vanclay J. K., 1994, Modelling Forest Growth and Yield : Applications to Mixed Tropical Forests, 1st ed., CABI, 336pp.
- 2) Woollons R. C., Snowdon P., Mitchell N. D., 1997, Augmenting empirical stand projection equations with edaphic and climatic variables, For. Ecol. and Manage, 98, 267-275.
- 3) Nigh G., 1998, Prediction intervals for estimates of site index based on ecosystem type, Environmental Management, 22(2), 197-202.
- 4) Bruce B. A., Schumacher B. S., 1950, Forest Mensuration, 1st ed., McGrawHill Inc., 432pp.
- 5) Kozlowski T. T., 1962, Tree Growth, 1st ed., The Ronald Press Co, 442pp.
- 6) Wang G. G., 2000, Use of understory vegetation in classifying soil moisture and nutrient regime, For. Ecol. and Manage, 129, 93-100.
- 7) 마상규, 1974, 국내주요수종의 수고생장에 대하여, 임업시험장연구보고, 21, 39-45.
- 8) 김규현, 이진성, 김태훈, 안병영, 이홍섭, 임용호, 강창호, 이재호, 원형규, 류정환, 김정환, 김철수, 강영호, 이대섭, 정창기, 윤은용, 강병서, 장경한, 1987, 입지환경인자에 의한 지위지수에 관한 연구, 임업연구원연구보고, 34, 48-64.
- 9) 정인구, 1981, 수량화에 의한 우리나라 삼림토양의 형태학적 및 이화학적 성질과 잣나무 및 낙엽송의 성장 상관분석, 한국임학회지, 53, 1-26.
- 10) 김형호, 정주상, 정세경, 손영모, 김의경, 2005, 경기도 낙엽송 임분의 지위지수 함수식 추정, 한국산림측정학회지, 8, 136-144.
- 11) 이동섭, 정영관, 1986, 산림환경인자에 의한 굴참나무 임분의 생산력추정, 한국임학회지, 75(1), 1-18.
- 12) 김규현, 이진성, 김태훈, 안병영, 이홍섭, 김병수, 강영호, 이대섭, 정창기, 윤은용, 임용호, 강창호, 원형규, 김정환, 류정환, 이재호, 강병서, 장경한, 김종호, 1988, 입지환경인자에 의한 지위지수에 관한 연구, 임업연구원연구보고, 36, 22-43.
- 13) 정영관, 박남창, 손영모, 1993, 임목(해송)의 적지선정에 관한 연구, 한국임학회지, 82(4), 420-430.
- 14) 손영모, 정영관, 1994, 지형, 토양 및 기상인자가 해송의 수고 생장에 미치는 영향, 한국임학회지, 83(3), 380-390.
- 15) 마상규, 1974, 환경인자의 수량화에 의한 잣나무림 수확량추정과 임목생장에 관한 연구, 임업시험장

- 연구보고, 21, 46-116.
- 16) 정영관, 1980, 토양의 이화학적 성질 및 환경인자가 편백 생장에 미치는 영향, 경상대학교농연보, 14, 1-29.
 - 17) 정진현, 2004, 전국산림입지조사 및 수치산림입지도 구축현황, 수치산림입지도의 효율적 활용 방안 국제세미나, 국립산림과학원, 2-26.
 - 18) 김동춘, 유진우, 1977, 삼나무, 편백림의 생장과 수확연구, 임업연구원연구보고, 24, 5-30.
 - 19) 眞下育久, 1969, 林木の成長に關與する環境因子の重要度, 森林立地, 10, 29-32.
 - 20) 김석권, 배상원, 이광수, 이경제, 2004, 편백(삼나무) 인공림 사업체계화를 위한 추진 전략, 2004 한국임학회 학술발표논문집, 489-494.
 - 21) 강진택, 2000, GIS를 이용한 주요 난대수종의 적지 선정 및 Mapping 프로그램에 관한 연구, 박사학위논문, 임학과, 경상대학교, 진주.