

현실임분 성장특성에 의한 편백 임분수확표 개발

정수영^{1*} · 이광수¹ · 이호상¹ · 배은지² · 박준형³ · 고치웅⁴

¹국립산림과학원 난대·아열대산림연구소, ²국립산림과학원 산림바이오소재연구소,

³국립산림과학원 산림기술경영연구소, ⁴국립산림과학원 산림산업연구과

Development of Stand Yield Table Based on Current Growth Characteristics of *Chamaecyparis obtusa* Stands

Su Young Jung^{1*}, Kwang Soo Lee¹, Ho Sang Lee¹, Eun Ji Bae²,
Jun Hyung Park³ and Chi-Ung Ko⁴

¹Warm Temperate and Subtropical Forest Research Center, National Institute of Forest Science, Seogwipo 63582, Korea

²Forest Biomaterials Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea

³Forest Technology and Management Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Korea


⁴Division of Forest Industry Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

요약: 본 연구는 남부지방 대표수종인 편백 현실임분의 성장 특성을 반영한 수확표를 작성하기 위하여 수행되었다. 200개소 이상의 편백의 표준지 성장조사 자료를 분석에 이용하였다. 기존의 임분수확표 작성 절차인 직경분포의 추정, 적합, 예측의 단계를 거쳤으며, 직경분포모델은 Weibull 함수를 이용하였다. 임지생산력을 평가하기 위한 기준인 지위지수(기준임령 30년)는 Chapman-Richards식을 이용하여 추정하였다. 임분수확표 작성을 위한 평균직경 등 여러 추정식은 적합도를 고려하여 최적의 식을 선정하고 이용한 결과, 조사된 편백 현실임분의 지위지수는 10~18 범위에 있음이 밝혀졌다. 추정된 임분재적 모델은 편백림의 임분재적에 대해 62%의 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 실제적과 추정재적 간의 잔차도분석 결과 '0'을 중심으로 모두 고른 잔차를 보여 본 추정 결과를 이용함은 문제가 없을 것으로 판단되었다. 이번 남부지방을 대표하는 침엽수인 편백에 대한 임분수확표 작성 결과가 현실의 산림경영에 폭넓게 사용되기를 바라며, 향후 편백 임분 생장이 더욱 안정화되고 생육 발달로 장벌기 대경재 생산자가 많이 확보되면 더욱 개선된 수확표의 작성도 가능할 것으로 기대된다.

Abstract: We constructed a stand yield table for *Chamaecyparis obtusa* based on data from an actual forest. The previous stand yield table had a number of disadvantages because it was based on actual forest information. In the present study we used data from more than 200 sampling plots in a stand of *Chamaecyparis obtusa*. The analysis included the estimation, recovery and prediction of the distribution of values for diameter at breast height (DBH), and the result is a valuable process for the preparation of stand yield tables. The DBH distribution model uses a Weibull function, and the site index (base age: 30 years), the standard for assessing forest productivity, was derived using the Chapman-Richards formula. Several estimation formulas for the preparation of the stand yield table were considered for the fitness index, and the optimal formula was chosen. The analysis shows that the site index is in the range of 10 to 18 in the *Chamaecyparis obtusa* stand. The estimated stand volume of each sample plot was found to have an accuracy of 62%. According to the residuals analysis, the stands showed even distribution around zero, which indicates that the results are useful in the field. Comparing the table constructed in this study to the existing stand yield table, we found that our table yielded comparatively higher values for growth. This is probably because the existing analysis data used a small amount of research data that did not properly reflect. We hope that the stand yield table of *Chamaecyparis obtusa*, a representative species of southern regions, will be widely used for forest management. As these forests stabilize and growth progresses, we plan to construct an additional yield table applicable to the production of developed stands.

Key words: *Chamaecyparis obtusa*, estimation formula, real forest, stand yield table, site index

* Corresponding author
E-mail: suyong.jung@korea.kr

ORCID
Su Young Jung  https://orcid.org/0000-0002-4372-0417

서론

산림 경영 의사결정 단계에 있어서 조림 시 적지적수, 육성 시 임분밀도 관리, 수확 시 최적 수확시기 선정 등은 반드시 고려되어야 할 사항이다. 우리나라는 1970년대 이후 최단기간에 성공적인 녹화사업을 완수하였는데, 그 당시 용재생산, 탄소상쇄, 산림기능 증진 등 목표지향적인 조림에 대한 고찰보다는 치산녹화, 산지복원에 주안점을 더욱 두고 조림이 이루어졌었다.

이러한 이유로 성공조림 이후 장령림에 도달한 현재 임분의 수확과 이용적인 측면을 고려해 볼 때, 임목 형질이나 성장 특성에 따른 그 자원가치의 개선 여지가 여전히 남아 있다. 공익적, 환경적 측면에서 요즘 각광받고 있는 산림복지분야 등의 측면에서 자원 가치 및 활용도는 상당한 반면, 산림자원의 선순환적 경영적인 측면에서 접근해 볼 때 조림, 육림, 수확 및 이용 그리고 재조림에 관한 새로운 세부 기준과 목표가 설정되어야 하며, 이로부터 산지의 미래 효용성 및 자원 가치를 더욱 향상 시킬 수 있을 것이다(Korea Rural Economic Institute, 2019). 산림자원의 선순환체계는 자연고사로 인한 이산화탄소 방출원으로 방치되는 등의 산지 임목의 형질을 개선시켜 에너지 자원 등으로 재활용하거나 기존보다 더 나은 부가 가치를 창출할 수 있게 해 준다. 특히 사유림에 대한 소득 창출뿐만 아니라 재투자자의 기회를 제공함으로써 실질적인 현실임분에 대한 산림경영 기반을 마련할 수 있을 것이다.

우리나라는 국토에 비해 기후대별로 다양한 수종이 생육하고 있으며, 남부지방에서는 조림을 통해 자원화 가능한 주요 목표 침엽수종으로 편백과 삼나무를 들 수 있다. 기후변화에 따라 이들 수종의 생육분포대가 서해, 남해 도서 및 서남해 해안내륙을 따라 점차 내륙으로 확산되고 있다. 이를 반영하듯 생육분포대의 확산에 따른 난대수종인 편백의 묘목생산량이 2018년 현재 32,216천본 규모로 증가하였으며, 조림면적 또한 50,972ha로 증대되는 등(Korea Forest Service, 2019) 여타 수종에 비해 산주 및 국민의 편백에 대한 조림 요구도가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 사회적 요구도의 증가와 함께 산지의 임지생산력이 과거에 비해 증가함에 따라 적지적수, 지위, 현실임분의 목표림형과 임분단위별 수확목표를 재구명이 필요

한 시점이다. 그리고 이미 장령림에 달한 임분에 대해서는 수확량, 임목의 형질 및 자원가치에 대한 재조명이 필요하다. 이러한 현실임분의 특성을 반영하여 적정 수확목표를 달성하기 위해서는 편백 조림지의 생육단계별 적정 시업법 구명 및 임분밀도관리 기준 마련 또한 필요한 실정이다. 현실임분의 성장특성을 반영함으로써 목표생산재의 생산을 위한 가지치기, 솎아베기에 대한 적정한 시업 기준, 횃수 등에 관한 의 적정 시업체계에 의하여 생육단계별 적정 임분밀도에 관한 새로운 체계가 최근 구체화되고 있어 향후 목표생산재의 수확목표를 적기에 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

편백은 과거 일본으로부터 들여왔는데, 남부지방 대표 수종 중의 하나인 삼나무와 같은 시기에 국내로 들어 온 것으로 알려져 있다(Yim et al., 1997). 현재 전남지역에 조림 성공지가 많으며 경남 일부에도 조림되어 있다. 임업통계(Korea Forest Service, 2019)에 의하면 현재 5.2만ha 정도가 분포되어 있다고 하며, 편백은 요즘 힐링, 치유 숲의 대명사로 자리매김하고 있다.

편백은 조림 역사가 다소 오래되었고, 나름대로 경영림으로 관리되었으나, 현실림에 대한 임지생산력을 알 수 있는 지위지수와 수확량을 예측할 수 있는 임분수확표가 제대로 마련되지 못하였으며, 그간의 정보들은 임분관리를 위해 간이로 활용할 수 있을 정도의 정보라고 볼 수 있다(Lee et al., 2009).

본 연구의 목적은 편백의 임분관리를 위한 시업체계 개발 연구를 통하여 자체적으로 수집한 매목조사 자료와 국가산림자원조사 자료 등을 통합하여, 편백 현실임분 경영에 활용이 가능한 임분수확표 개발에 있다.

재료 및 방법

1. 표준지 조사 자료

편백림의 시업체계 구축을 위하여 이 수종이 생육하는 지역에서의 매목조사와 국가산림자원조사에서의 산림조사 자료 229 plots (0.04 ha)를 확보하였다. 구축된 자료의 개요는 Table 1과 같으며, 이들 자료 중 본수, 흉고직경 및 단면적 등이 평균값을 심하게 벗어나는 이상치를 제거하여 최종 분석단계에서는 168 plots를 대상으로 실시하였다.

Table 1. Characteristics of the surveyed data.

Species	Growth factor		Age (yr)	DBH (cm)	Height (m)	Density (no./ha)
	No. of plots					
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	229		27	17.0	12.7	1,466
			8-63	6.0-30.7	5.4-23.8	125-5,600

(note) $\frac{Mean}{Minimum - Maximum}$

2. 분석방법

1) 개체목 수간곡선식 모수 활용

편백에 대한 임분단위 수확량을 예측하기 위해서는 직경, 수고급별 개체목 재적을 알아야 하므로, 이를 알 수 있는 수간곡선식(Kozak식 이용 -식 1)을 도출하고, 이들 모수(parameters)를 임분 수확량 추정에 활용하고자 하였다. 수간곡선식의 모수는 산림청과 국립산림과학원에서 제시하는 ‘재적표’의 산정 기준과 일치하여야 하므로 국립산림과학원(National Institute of Forest Science, 2020)에서 분석한 내부 자료를 그대로 인용하였다.

$$d = a_0 DBH^{a_1} a_2^{DBH} X^{b_1 Z^2 + b_2 \ln(Z+0.001) + b_3 \sqrt{Z} + b_4 e^Z + b_5 \left(\frac{DBH}{H}\right)} \quad (1)$$

(여기서, d = 단면고별 직경, DBH = 흉고직경, h = 단면고, H = 전체수고, Z = 상대수고(h/H),

$$X = \frac{1 - \sqrt{\frac{h}{H}}}{1 - \sqrt{p}}, p = \text{변곡점}, ai, bi = \text{모수})$$

2) 지위지수곡선 도출

임지생산력을 제시할 수 있는 지위지수는 매목조사 자료에서 임령과 우세목 수고 간의 관계를 Chapman-Richards식(식 2)으로 해석하였으며, 다른 식도 적용이 가능하였으나, 타 식에 비해 식의 유연성과 정도를 고려하여 이식을 채택하였다(Clutter et al., 1983; Gadow et al., 1992; Laar and Akça, 1997). 또한 지위지수의 기준연도는 30년으로 설정하였으며, 30년을 설정한 것은 지위지수의 중요 변수가 수고를 포함하는 관계로 30년이 보통 수고생장의 극점에 다다르며, 이후는 점근상태(asympmtotic)로 성장하기 때문에 이를 기준연도를 잡은 것이다(Lee et al., 2018). 1980년대 이전의 우리나라 산림의 지위지수 추정은 보통 20년을 기준연도로 삼아 계산하였으며, 당시는 대규모 조립 이후 경과가 얼마 되지 않아 정상적인 수고생장이 이루어지지 않은 임분을 대상으로 하였기 때문에 그러한 것 같다(National Institute of Forest Science, 1987).

또한 식 2는 기준연도 ‘30’ 자리에 ‘20’을 삽입하여 계산하면 기준연도 20의 지위지수가 도출되는 융통성을 가지고 있는 식이다.

$$SI = H_D \left[\frac{1 - e^{-bt_i}}{1 - e^{-bt_j}} \right]^c \quad (2)$$

(SI = 지위지수, H_D = 우세목수고, t_i = 임령, t_j = 기준연도(30), b, c = 모수)

3) 임분수확표 작성

임분수확표 작성의 근간은 직경급별 분수, 수고 분포 및 재적분포를 알 수 있도록 Weibull 직경분포확률함수를 이용하였다(Cao, 1997; Garcia, 1981; Shiver, 1988). 이를 활용한 것은 적정 임령에 따른 숲아베기 수행 시 어느 시점에 몇본의 임목이 벌목되고, 따라서 이들 물량은 얼마나 되는 지, 또한 숲아베기 후 임분의 직경분포를 쉽게 알 수 있고, 향후 직경분포의 변화 예측이 가능하기 때문이다. 기본적으로 임분수확표는 직경, 흉고단면적, 수고, 임분밀도, 최소직경 및 최대직경 등의 성장식을 도출하여 지위 및 임령에 따른 각종 성장량을 제시하며, 이는 정적인(static) 모델 형태로 구성이 된다.

결과 및 고찰

1. 개체목 수간곡선 추정 모수 활용

임분에 대한 재적(수확량)을 추정하기 위해서는 각 개체목의 재적을 알아야 하며, 단위면적 당 각 개체목 재적을 합한 것이 ha당 재적이 된다. 1990년대 이전까지 개체목에 대한 재적은 직경과 수고의 지수함수식에 의한 추정식을 이용하였으나, 2000년대 들어서 국립산림과학원에서는 새로운 기법인 수간곡선식(stem taper equation)을 도입하여 재적을 추정하고 있다. 수간곡선식을 이용함에 따른 장점은 말구직경을 어느 정도 이용하느냐를 자유롭게 정하여 이용재적을 유연하게 도출할 수 있다는 점이다. 이는 개체목을 장재(long log) 또는 단재(short log) 형태로 최대 몇 개를 잘라내는 것이 중요하기 때문에 필요한 부분이며, 이전의 지수식은 이런 정보를 제공할 수가 없었다.

편백의 임분수확량을 산출하기 위하여 이용한 수간곡선식의 모수는 다음과 같다. 본 자료는 국립산림과학원(National Institute of Forest Science, 2020)에서 편백 1,000 여본을 벌채하여 여기에서 얻어진 수간곡선식의 모수가

Table 2. Parameters of stem taper equation(Kozak’s model) by species.

Species	a_0	a_1	a_2	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	Bias	FI
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1.0991	0.9526	0.9983	1.3793	-0.3024	1.5788	-0.8786	0.1159	-0.0237	0.9865

(Note) FI : Fitness index (Index indicating accuracy of equation)

며, 이에 대한 자세한 연구결과는 다른 논문에서 제시될 예정이다. 수간곡선식의 적합도(FI)는 98% 이상으로 아주 높으며, 식의 잔차분포 편의(Bias) 역시 '0' 기준선을 거의 벗어나지 않아 본 식의 모수를 편백의 재적을 계산할 때 식의 사용이 무리가 없음을 알 수 있었다.

2. 지위지수 추정

1) 편백 임분

편백 임분의 임지생산력을 예측할 수 있는 지위지수는 Chapman-Rechards 모델을 이용하여 도출하였으며, 그 결과는 식 3과 같다.

$$SI = 17.536492 \left[\frac{1 - e^{-0.046141 \times 30}}{1 - e^{-0.046142 \times age}} \right]^{0.837027} \quad (3)$$

편백 임분의 지위지수 추정 결과, 평균과 표준편차가 '13.8±2.8'로 나타나 우리나라 편백림 지위지수 범위는 10, 12, 14, 16, 18 선에 있을 것으로 판단된다.

식 3에 의하면, 어떤 지역 삼나무 45년생 임분의 우세목 수고가 15.5 m라고 한다면, 계산 결과는 13.8로 나타나 지위지수는 '14'라고 볼 수 있다.

국립산림과학원 내부자료(National Institute of Forest Science, 2019)와 본 연구 결과를 서로 비교해 보면, 30년 기준으로 삼나무의 우세목 성장(18.7 m)이 편백(17.5 m)보다 더 좋을 수 있음을 알 수 있었으며, 특히 우리나라에 분포하는 두 임분의 우세목 평균값이 약 2 m 정도 삼나무가 우세한 것(15.8 m > 13.8 m)으로 나타났다. 이는 기존의 편백 임분 수확표에 삼나무 임분을 적용시켜 지위를 판단하고, 성장량을 예측함이 잘못 되었음을 반증해 주는 결과라 볼 수 있다. 또한 동일한 임령이라 할지라도 수고생장에 있어서는 삼나무가 편백보다 더 우세함을 알 수 있는 결과이다.

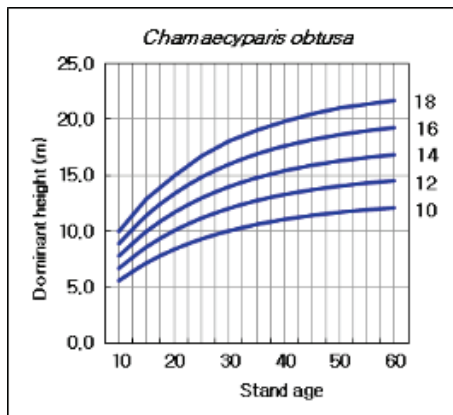


Figure 1. Distribution of site index curve in *Chamaecyparis obtusa* stand.

Figure 1은 추정식에 의해 도출된 편백림의 지위지수 분류 곡선을 도식화 한 것이다. 이 그림으로도 해당임분의 임령(가로축)과 우세목 수고(세로축)만 알면 지위지수 추정이 가능하다. 따라서 이를 산림조사 현장용으로 포켓북 또는 조사용 앱으로 제작 보급함이 타당할 것으로 판단된다.

3. 임분수확표 작성

1) 임분수확량 추정모델 적용

임분수확표를 도출하는 과정은 먼저 임분단위의 흉고직경, 흉고단면적, 수고, 임분밀도, 최소흉고직경, 최대흉고직경, 흉고단면적 표준편차 등을 추정할 수 있는 각종 식을 도출하게 되며, 이를 엮어 Weibull확률분포함수를 적용하게 되며, 함수의 모수 추정(estimation), 적합(recovery), 예측(prediction) 단계를 거치게 된다(Son et al., 2004). 그리고 최종적으로 이를 지위지수별 임령별로 수확량을 도출하게 되며(임분수확표), 이런 프로세스를 거치면서 나타나는 직경급별 분수, 재적분포 등을 숙야베기 시 적정량의 기준으로 이용할 수 있고, 또한 이를 숙야베기 이후의 성장 예측 등에 활용할 수 있게 된다.

(1) 편백 임분의 생장식 도출

편백 임분의 각종 생장인자에 대한 식의 형태 및 모수 추정 결과는 Table 3과 같으며, 추정식의 적합도는 0.31 ~ 0.86 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 여기에서 임분 흉고단면적을 추정할 수 있는 식의 적합도(FI: 0.31)가 다른 식보다 다소 떨어지는 것은 2차원인 흉고단면적(m²)이 1차원인 다른 인자들 보다 산포도가 더 넓게 확장되어 있어 그러한 원인이 된다고 볼 수 있다. 그리고 수고 추정식이 다소 생소한 모양인데, 이는 우세목 수고를 기준으로 해당경급까지의 직경누적밀도와 임령을 이용하여 보정하는 형태의 식으로, 이론적으로 설명력을 높이는 구조를 가지고 있으며, 누적된 직경분포는 수고곡선의 전형적인 형태인 sigmoid 모양을 가져 모델의 신뢰성을 높여 준다고 볼 수 있다(Son et al., 2014). Table 3에서 흉고단면적과 흉고직경 추정식은 지수식의 형태인데, 실제로는 Schumacher식(1939), Weibull식(1951), Chapman-Richards 식 등을 모두 적용시켜 가장 적합도가 높은 식을 선택한 것이다. 그리고 최소직경, 최대직경 및 단면적 표준편차를 도출하는 식을 만든 것은 직경분포에 따른 직경의 범위를 정하고, 분수분포를 구하고자 한 것이다.

2) 임분수확량 추정 및 기존 수확표와의 비교

(1) 편백 임분재적 추정

편백 임분에 대한 각 조사구별 임령별 실제 재적과 예측된 재적량 간을 서로 비교한 바 Figure 2와 같으며, 예측값

Table 3. Parameters and fitness index (FI) of non-linear growth equations fitted mean for growth factors in *Chamaecyparis obtusa* stand.

Growth factors	Model form and parameters	FI
Basal area	$BA = (1.3399 + 0.2934SI)(age^{0.5090})$	0.3129
Mean DBH	$DBH = (1.3633 + 0.0410SI)(age^{0.6543})$	0.5581
Mean height	$H = D_h(0.6251 + \frac{0.0308}{D_h}age + 0.4300 \times \ln(fxad + 1) - \frac{0.0409}{age} \times D_h \times \ln(fxad))$	0.8607
Min.DBH	$D_{min} = -1.6819 + 0.6621 \times \bar{D} + \frac{3.2736}{D_h}$	0.6413
Max. DBH	$D_{max} = -0.0443 + 0.8911 \times \bar{D} + 0.7082 \times D_h$	0.7551
Standard error for basal area	$BA_{std} = 1.9009 + 0.1848 \times (D_{max}^2 - D_{min}^2)$	0.6108

(Note) SI: Site index, fxad: accumulated dbh density(in SAS analysis procedure)

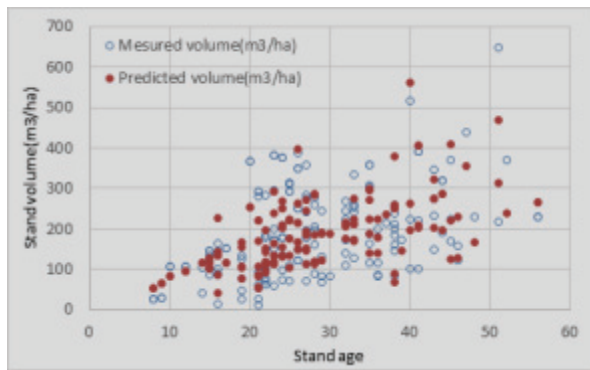


Figure 2. Comparison between measured volume and predicted volume in *Chamaecyparis obtusa* stand.

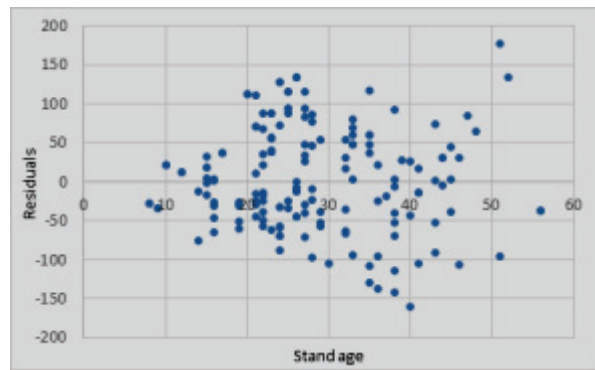


Figure 3. Residual scattergram for predicted volume in *Chamaecyparis obtusa* stand.

에 대한 설명력은 약 62%로 설명력이 그다지 높게 나타나지는 않았다. 그러나 이들에 대한 잔차도는 Figure 3과 같이 '0'을 중심으로 고르게 분포하고 있어, 편백 임분의 성장인자 추정식 조합으로 임분 재적을 예측하는 데는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

(2) 편백림의 임령별 임분수확량 비교

편백에 대한 기존 수확표 상 성장량(Lee et al., 2009)과 급번 예측된 수확량 간을 '지위지수 14'를 기준으로 비교해보았다. Figure 4에 의하면 당초 법정림 개념으로 작성되었으리라 생각되는 이전의 수확표의 성장량이 오히려 현실림을 반영한 수확표보다 낮게 나타났다. 과거 우리나라 편백림은 장령림에 진입되지 못한 미성숙임분이 대부분이었으며 장령림 이상의 임분이 한정되어 있어, 영급별, 지위별, 임분밀도별 다양한 임분 조사자료의 획득이 어려운 상황에서 수확표 작성하는데 현재보다는 불리한 여건이었다 (National Institute of Forest Science, 1987). 특히 편백림의

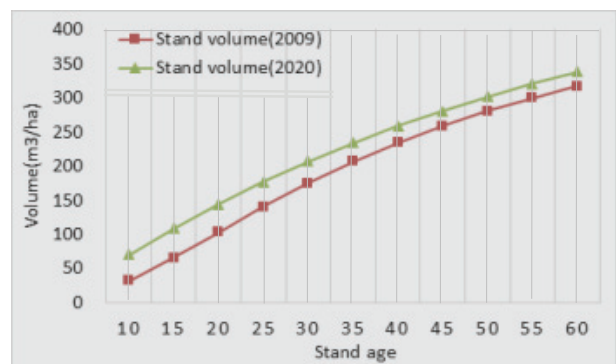


Figure 4. Growth comparison between previous and estimate yield table in *Chamaecyparis obtusa* stand.

경우 남부지역에 국한되고, 조림 연도가 다양하지 못하여 유령림에서 노령림까지의 임령별 성장량 예측에도 어려움이 있었다.

이번에 추정된 편백 임분수확량 정보는 보다 다양한 성장특성이 반영된 현실 임분과 임목의 성장 조사자료로부

Table 4. Stand yield and growth table of *Chamaecyparis obtusa* stand (Site index; 14).

Stand age	Mean DBH (cm)	Mean height (m)	Dominant height (m)	Basal area (m ² /ha)	No. of stand trees	Stand volume (m ³ /ha)	Periodic annual increment (m ³ /ha)	Periodic increment ratio (%)	Mean annual increment (m ³ /ha)
10	8.74	6.59	7.75	17.59	2,982	71.0			7.10
15	11.39	8.51	9.97	21.62	2,181	109.1	7.62	8.46	7.27
20	13.75	10.02	11.66	25.03	1,744	144.7	7.13	5.61	7.24
25	15.91	11.22	12.98	28.04	1,469	177.4	6.53	4.05	7.10
30	17.93	12.19	14.00	30.76	1,278	207.1	5.94	3.09	6.90
35	19.83	12.98	14.80	33.27	1,137	234.1	5.41	2.45	6.69
40	21.64	13.64	15.43	35.61	1,027	258.7	4.91	1.99	6.47
45	23.38	14.19	15.93	37.81	941	281.1	4.49	1.66	6.25
50	25.04	14.66	16.32	39.90	870	301.7	4.12	1.41	6.04
55	26.66	15.06	16.63	41.88	800	320.7	3.80	1.22	5.83
60	28.22	15.41	16.88	43.78	751	338.3	3.53	1.07	5.64

터 획득되었다. 그리고 편백림의 정밀한 성장예측은 보다 더 많은 성숙림의 형성과 현재까지의 조림에 따른 유령림 성장 자료가 구축되는 10~20년 정도 후면 완성될 것으로 예상해 본다.

3) 임분수확표 작성

편백 임분의 현재 생산 가능량 및 미래 임분에 대한 수확량을 예측할 수 있는 임분수확표는 지위지수가 10, 12, 14, 16, 18 까지 분포되고 있어, 여기에서는 지위 중인 '14'의 결과만 제시하도록 하겠다. 전체 지위별 임령별 자료는 국립산림과학원에서 금년 내 책자로 발간하여 현장에 보급할 계획이므로 이를 참고하시기 바란다.

편백 임분수확표에서 가장 중요한 정보라 할 수 있는 연평균재적성장량(Mean annual increment, MAI)은 15년 생일 때 최고점에 달해 7.27 m³/ha이 되는데, 이렇게 MAI가 빠르게 나타나는 수종은 직경이 굵지 못하여 용재로서 활용도가 떨어지는데, 이를 타개하기 위해서 주변 산림환경 또는 원목 매매가 등을 고려하여 산주가 10~20년 내에서 유연한 벌기 계획을 세울 수 있음을 전문가들은 언급하고 있다(Park et al., 1992). 연평균성장량(MAI)과 연년성장량(Current annual increment, CAI) 만나는 지점이 재적수확최대벌기령으로 알려져 있는데, 이 지점 즉, 임령이 뒤로 늦춰질수록 용재로 사용되는 원목생산량 또한 많게 될 가능성이 높다.

결 론

본 연구는 남부권역 대표적 수종인 편백에 대해 현실림

성장 기반으로 임분수확표를 새롭게 작성한 결과를 제시한 것이다. 현재까지는 편백 임분수확표를 삼나무와 함께 사용하는 공용 수확표를 사용하여 왔으나, 두 수종간 성장 형태 및 생육정도가 달라 산림현장 적용에 애로사항이 자주 발생하였는데, 최근 국립산림과학원에서 이들 두 수종의 현실임분의 시업관리를 위하여 성장량을 조사하게 되어 본 연구가 이루어지게 된 것이다. 삼나무에 대한 연구 결과는 다른 논문에 게재될 예정이니 참고하시기 바란다.

임령에 따른 우세목수고로 지위지수를 산정한 결과, 현재 우리나라 편백의 지위지수는 10~18 범위에 있는 것으로 나타났으며, 지위지수 14가 지위 "중"으로 보통의 임지 생산력을 갖음을 추정할 수 있으며, 이 지위지수는 기준임령 30년일 때의 우세목 수고 성장량이라 볼 수 있다.

임분수확을 예측하기 위하여 두 임분의 흉고직경, 흉고 단면적, 수고 등의 성장식을 도출하고, 이를 Weibull분포 함수에 적용하여 먼저 재적을 산출한 결과 적합도는 62%로 설명력은 약간 떨어지나 잔차분포도를 그려 본 바, '0'을 중심으로 고르게 분포하고 있어 한쪽으로 치우치지 않으므로 임분재적 예측은 별다른 문제가 없는 체계임을 알 수 있었다. 이를 근거로 편백의 수확표를 작성하였으며, 이 자료가 남부권역 편백림 산림현장에서 산림경영의 의사결정하는데 유용하게 사용되기를 기대해 본다.

한편 편백의 현실림 성장자료를 수집하여 임분수확표를 작성하였으나, 아직 이들 두 임분이 70~80년 이상의 제대로 형성된 노령림이 없고, 유령림 자료 또한 찾기가 어려워 장별기로의 대경재 수확으로 경영방향을 잡을 때, 이에 대한 미래 성장 및 수확량의 정보를 제공하기는 어려운 실정이다. 따라서 현재의 임분이 안정화되고 노령화되는

지금으로부터 20년 정도가 지난 후, 미래연구에서 더욱 성숙된 편백림을 대상으로 정도 높은 성장정보가 제시될 것으로 기대해 본다.

References

- Cao, Q.V. 1997. A method to distribute mortality in diameter distribution models. *Forest Science* 43(3): 435-442.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Brister, G. H. and Bailey, R.L. 1983. *Timber management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons. pp. 333.
- Gadow, K.V. and Bredenkamp, B. 1992. *Forest management*. Academia. pp. 151.
- Garcia, O. 1981. Simplified method-of-moments estimation for the Weibull distribution. *New Zealand Journal of Forest Science* 11(3): 304-306.
- Korea Forest Service. 2019. *Statistical yearbook of forestry*. vol. 49. pp. 444.
- Korea Rural Economic Institute. 2019. A study on the realization of forest resource recycling type forestry for a sustainable low-carbon society. PCAFRP (Presidential committee on agriculture, fisheries and rural policy). pp. 52.
- Laar, A.V. and Akça, A. 1997. *Forest mensuration*. Cuvillier Verlag Göttingen. pp. 418.
- Lee, K.H., Son, Y.M. and Bae, S.W. 2009. Tree volume, weight and stand yield table. National Institute of Forest Science. pp. 271.
- Lee, K.H., Son, Y.M., Yim, J.S., Kim, R.H., Lee, S.J. and Koo, C.U. 2018. *Guideline of forest measurement and survey*. National Institute of Forest Science, Research Book, No. 113. pp. 191.
- National Institute of Forest Science. 1987. Yield tables and site index tables. pp. 49.
- National Institute of Forest Science. 2019. Development of treatment regime for forest management in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* stands. Program II, Research Report. pp. 301-334.
- National Institute of Forest Science. 2020. Analysis data of stem taper in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* stand. Inner data (without printed).
- Park, T.S., Kim, D.C., Kwon, O.B., Lee, M.W., Lee, S.S., Lee, R.H., Cho, Y.H., Kang, S.Y., Chung, Y.K., Byun, W.H. and Woo, J.C. 1992. *Forest Management*. Hwangmunsa. pp. 426.
- Schumacher, F.X. 1939. A new growth curve and its application to timber yield studies. *Journal of Forestry* 37: 819-820.
- Son, Y.M., Kim, S.W., Lee, S.J. and Lim, J.S. 2014. Estimation of stand yield and carbon stock for *Robinia pseudoacacia* stands in Korea. *Journal of Korean Forest Society* 103(2): 264-269.
- Son, Y.M., Lee, K.H., Chung, S.K., Kim, S.H. and Lee, W.K. 2004. Analysis of forest resources. National Institute of Forest Science, Research Book, No. 4. pp. 128.
- Shiver, B.D. 1988. Sample sizes and estimation methods for the Weibull distribution for unthinned slash pine plantation diameter distributions. *Forest Science* 34(3): 809-814.
- Weibull, W. 1951. *Applied Linear Regression*, 2nd. ed. Wiley, N.Y., pp. 324.
- Yim, K.B. et al.. 1997. *Silviculture*. Hwangmunsa. pp. 349.

Manuscript Received : August 25, 2020

First Revision : November 3, 2020

Second Revision : November 12, 2020

Accepted : November 13, 2020