

## 경기·충청지역의 수치 산림입지도를 이용한 주요 수종의 산림생산력 추정에 관한 연구

구교상<sup>1</sup>·김인호<sup>2</sup>·정진현<sup>1</sup>·원형규<sup>1</sup>·신만용<sup>3</sup>

<sup>1</sup>임업연구원 임지보전과, <sup>2</sup>산림청 입업정책과, <sup>3</sup>국민대학교 산림자원학과

(2003년 10월 16일 접수; 2003년 12월 5일 수락)

## Estimation of Site Index by Species in Gyungi and Chungcheong Provinces Using a Digital Forest Site Map

Kyo-Sang Koo<sup>1</sup>, In-Ho Kim<sup>2</sup>, Jin-Heon Jeong<sup>1</sup>, Hyung-Kyu Won<sup>1</sup> and Man Yong Shin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Division of Forest Soil Conservation, KFRI, Seoul, 130-012, Korea

<sup>2</sup>Department of Forest Policy, Korea Forest Service, DaeJeon, 302-701, Korea

<sup>3</sup>Department of Forest Resources, Kookmin University, Seoul, 136-702, Korea

(Received October 16, 2003; Accepted December 5, 2003)

### ABSTRACT

This study was conducted to develop site index equations by main species grown in Gyunggi and Chungcheong provinces using environmental factors obtained from a digital forest site map. For this, 28 environmental factors were regressed on site index by species. Four to five environmental factors by species were selected as independent variables in the best site index equations (coefficients of determination greater than 0.91). For these site index equations, three evaluation statistics, mean difference, standard deviation of difference, and standard error of difference, were applied to the data set. Site index equations by species relationships developed in this study effectively estimate forest productivity in the study area. However, the site index equation of *Larix leptolepis* showed a larger than expected bias between the estimated and the measured site index. The reason is not clear in this situation, but might be because of the small sample set. It will be necessary, therefore, to conduct more studies to determine the exact reason. It is also expected that the site index equations with a few environmental factors as independent variables could provide valuable information about species well suited to given site conditions. Site index equations for other species should be developed to establish a rational policy about the selection of best species for site conditions.

**Key words** : site index, environmental factors, digital forest site map, stepwise regression, evaluation statistics

### I. 서 론

우리나라 산지의 지형은 매우 복잡하여 지역과 해발고에 따라 산림 생산력이 서로 다르다. 또한 복잡한 기후는 하층식생 뿐만 아니라 임목의 생육에 다양한 영향을 주고 있다. 동일한 산림대와 인접된 지역이라

하더라도 입지적 조건과 토양조건은 임목의 생육에 관여한다. 그러므로 식물생태계는 주변 입지환경에 적응하여 최적의 수종으로 천이되어 간다(강영호 등, 1996, 1997). 임업에서 임지생산력은 대부분 자연적인 입지조건과 토양환경 조건에 따라 결정된다. 그러므로 산림내의 환경을 파악하여 최적의 수종을 선택하고 조

림을 하는 것이 유리하다.

임목의 수확량 예측은 임지생산력을 추정함으로써 예측 가능한 방법이다. 특히 주요 조림 권장수종에 대한 임지생산력 추정은 매우 의미가 있으며, 그 동안 임지의 생산력 추정 방법은 매우 다양한 형태로 수행되어 왔다(윤종화, 1972; 김규현 등, 1988; 김태훈 등, 1991). 지금까지 임지의 생산력을 추정하는 가장 보편적이면서도 오차를 줄일 수 있는 방법은 지위지수를 이용하는 것이다. 지위지수는 임지의 지력뿐만 아니라 수종별 임목 성장량도 함께 추정할 수 있어 연구자를 비롯한 산림 종사자에게 매우 유용한 정보이다(김동춘, 1966; 김동춘과 이흥균, 1967; 김동춘 외, 1968; 김동춘, 1973; 김동춘과 이진규, 1974.; 김태훈 등, 1991). 현재 우리나라에서 사용되고 있는 지위지수 추정방법은 임업연구원에서 조제한 추정식을 통해 수종별 지위지수 분류곡선을 적용하는 것이다(산림청, 2001).

임목의 성장에 영향을 미치는 여러 가지 요인들 중에서 지형 및 토양인자를 포함하는 입지환경인자는 임목생장에 결정적으로 영향을 주는 것으로 알려져 있어(김태훈 등, 1991), 이들 인자들이 상호간에 어떻게 작용하는지 분석하는 것은 매우 중요하다. 또한, 수령과 수고의 관계로 구명된 기존의 지위지수는 다양한 입지환경 인자들을 충분히 반영하지 못하고 있을 뿐 아니라 생육하고 있는 임목에 수고와 수령을 측정해야만 그 지위지수를 알 수 있기 때문에 무림목지나 산불피해지, 수종갱신지와 같은 곳에서는 활용할 수 없다. 따라서 입지환경에 의한 지위지수 추정이 기존의 방법을 대체할 수 있는 합리적인 방법으로 판단된다.

이와 더불어 다양한 입지환경 인자를 계량화한 지위지수 추정식에 대하여는 이미 개발하여 국유림에서 시범운영 중인 산림지리정보시스템(FGIS; Forest Geographic Information System)을 이용한 적지적수도 작성프로그램(산림청, 2001)의 알고리즘에 반영할 경우 원활한 작업과 함께 보다 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

그동안 우리나라에서 입지환경 인자를 사용하여 임지생산력을 추정한 연구는 윤종화 등(1972)과 김동춘(1973)에 의해 수행되었다. 또한 마상규(1974)는 잣나무에 대해 이 이론을 적용하여 지형인자, 토양인자, 지형과 토양인자에 의해 별채수확량과 지위지수를 산정하는 방안을 제시하였으며, 토양분석식, 토양형, 식생표본법과 식생형에 의한 임지생산력 추정방법도 연구하였다.

일본의 경우는 국소지형, 표고, 방위, 기온지수, 경사도, 토양형, 유기물, 토심과 토성 등이 주요인자로 취급되며, 우리나라의 경우에는 잣나무, 소나무, 낙엽송 등에는 토양형, 유기물, 경사위치 및 형태, 토성, 토심 등이 중요한 인자로 보고되었다. 또한 정인구(1981)는 잣나무와 낙엽송에 대하여 이화학적 성질과 성장과의 관계를 다변량해석 기법과 중회귀분석을 통하여 분석한바 있다. 임업연구원에서는 성립지에 대한 지위지수 산정방법은 있으나 무림목지, 나대지, 수종갱신대상지 등에 대한 지위지수 산정방법이 없어 입지환경인자의 수량화에 의한 다변량해석으로 지위지수를 산정할 수 있는 방법을 연구하여 중부지방 소나무, 상수리, 곰솔에 대한 입지환경이 영향을 미치는 순서를 연구하였다(김규현 등, 1988).

본 연구는 현지조사를 최소화할 수 있도록 전국의 산지를 대상으로 구축된 수치 산림입지도를 토대로 경기·충청지역을 대상으로 주요 조림수종에 대한 지위지수를 추정하여 실무에 활용할 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

본 연구에서 경기·충청지역에 분포하는 주요 수종의 지위지수 추정식을 개발하기 위한 절차는 그림 1과 같다.

### 2.1. 연구 대상지

본 연구는 우리나라 산지를 대상으로 1995년부터 조사한 산림입지 조사 결과를 중심으로 분석하였다. 우선 산림입지도를 산림기후대에 맞추어 5개 대권역으로 구분하였다. 우리나라의 산림대를 지역별로 구분하면, 온대북부지역은 강원도와 경북 및 지리산 등 백두대간에 분포되며, 온대중부지역은 경기도, 충남, 충북과 전북 및 경북일부가 해당된다. 그리고 온대남부지역은 충남과 전북의 서해안과 전남 경남의 내륙지역이다. 또한 난대림지역은 전남과 경남의 남해안과 경북의 동해안변 및 제주도에 분포되어 있다. 본 연구 대상지역인 경기도와 충청도 지역은 온대중부와 온대남부에 속하나 입지조건 차이가 그다지 크지 않은 것으로 판단되어 하나의 대권역으로 구분하였다(그림 2).

### 2.2. 분석자료

지난 2000년부터 2002년까지 3년 동안 구축된 경

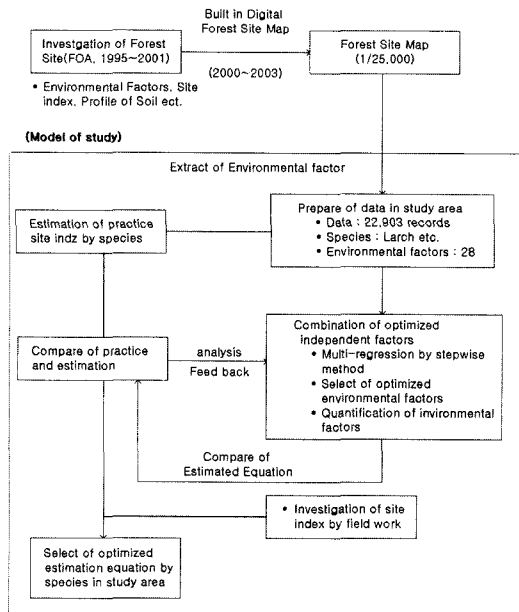


Fig. 1. Flow chart of study procedure.

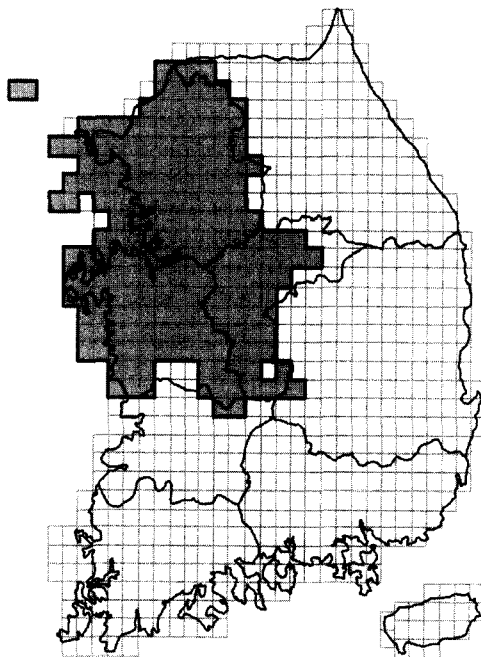


Fig. 2. Map of study area.

기·충청지역의 산림입지도로부터 모두 22,903개의 표준 조사를 추출하였고, 각 표준지에 속한 지형, 토양 등 28개의 속성정보(표 1)를 정리하여 데이터베이스를 구축하였다. 입지환경과 관련된 속성정보는 유효

토심( $X_{11}$ )과 능선 대 계곡비( $X_{13}$ )처럼 실측치로 조사된 변수를 제외하고는 모두 코드화하여 정리하였다.

지위지수 추정식 개발을 위한 대상수종은 수확표 조제시 필요한 최소 표준지수인 200개 이상(Meyer, 1947)에 분포하고 있는 낙엽송, 잣나무, 중부지방소나무, 상수리, 그리고 해송의 5개 수종으로 하였으며 이들 수종을 대상으로 지위지수를 추정하였다. 지위지수는 입엽연구원의 입지조사 요령에 따라 산림입지조사에서 각 표준지의 조사구별로 우세목 5본을 선정하여 수고, 흉고직경, 그리고 수령을 각각 실측한 자료를 활용하여 추정하였다.

연구 대상지의 수종별 수령은 I영급에서 VII영급까지 골고루 분포되어 있으며, 수종별 개체수와 평균수령은 표 2와 같다. 중부지방 소나무의 개체수가 가장 많으며, 잣나무는 54개로 가장 적었다. 수종별 평균수령은 잣나무만이 25년이고 나머지는 모두 30년의 평균 수령을 보이고 있다.

### 2.3. 분석방법

입지환경요인에 의한 수종별 최적 지위지수 추정식을 도출하기 위해 먼저 표 1의 28개 입지환경요인에 대한 상관분석을 실시하였다. 이는 일차적으로 수종별로 지위와 상관이 높은 변수를 선별하여 회귀분석에 사용하기 위한 것이다.

이상과 같이 수종별 지위지수와 상관이 비교적 높은 입지환경 인자를 먼저 선택한 후, 이들 변수 중에서 중회귀분석의 단계별 회귀기법(stepwise regression)의 no intercept option에 의하여 지위지수 추정에 필요한 최적 변수의 조합을 선택하였다. 이 과정에서 선택된 변수간의 내부상관이 있는지를 다양한 방법에 의하여 검증함으로써(Belsley et al., 1980; Myers, 1986; Judge et al., 1988), 내부상관의 문제를 제거하면서 최적 변수의 조합에 의하여 결정계수가 높은 지위지수 추정식이 조제되도록 하였다.

최종적으로 얻어진 수종별 지위지수 추정식의 적합성을 판정하기 위해서 연구 대상지인 경기·충청지역을 대상으로 독립된 검증자료(test data)를 수집하였다. 본 논문에서 사용한 검증 통계량은 모형의 추정편의(model's estimation bias), 모형의 정도(model's precision), 그리고 이 두 가지를 고려한 측정치에 대한 오차의 평균평방화(mean square error type of measure)에 의한 모형의 표준오차 등의 3가지 검증

**Table 1.** Environmental variables and its code description used in this study to estimate site index by species.

Variables	Variable Name	Code Description
X <sub>1</sub>	Topography	1: flatness 2: gentle hill 3: foot of mountain 4: middle of mountain 5: top of mountain
X <sub>2</sub>	Climatic Zone	1: the north temperate zone 2: the middle temperate zone 3: the south temperate zone 4: warm temperate zone
X <sub>3</sub>	Parent Rock	1: igneous rock 2: sedimentary rock 3: metamorphic rock
X <sub>4</sub>	Soil Drainage	1: poor 2: common 3: good 4: very good
X <sub>5</sub>	Slope	1: less than 15° 2: 15~20° 3: 20~25° 4: 25~30° 5: more than 30°
X <sub>6</sub>	Altitude	1: lower than 100 m 2: 100~200 m 3: 200~300 m 4: 300~400 m 5: 400~500 m 6: 500~600 m 7: higher than 600 m
X <sub>7</sub>	Sedimentary Type	1: residual deposit 2: creeping 3: colluvial
X <sub>8</sub>	Erosion State	1: not exist 2: exist 3: severe
X <sub>9</sub>	Relief	1: concave 2: flat 3: convex
X <sub>10</sub>	Aspect	1: east 2: west 3: south 4: north 5: northeast 6: northwest 7: southeast 8: southwest
X <sub>11</sub>	Available Soil Depth	real measured values
X <sub>12</sub>	Rock Exposure	1: less than 10% 2: 10~30% 3: 30~50% 4: 50~70%
X <sub>13</sub>	Ratio of Valley to Hill	real measured values
X <sub>14</sub>	Wind Exposure	1: exposure 2: medium 3: protected
X <sub>15</sub>	Weathering Degree	1: high 2: medium 3: low
X <sub>16</sub>	Soil Type	coded from 1(B <sub>1</sub> ) to 29(Va-4)
X <sub>17</sub>	Soil Depth in Horizon A	1. less than 50 cm 2: 50~70 cm 3: 70~90 cm 4: more than 90 cm
X <sub>18</sub>	Soil Depth in Horizon B	1. less than 50 cm 2: 50~70 cm 3: 70~90 cm 4: more than 90 cm
X <sub>19</sub>	Soil Color in Horizon A	coded with 98 different numbers from 101 to 421
X <sub>20</sub>	Soil Color in Horizon B	coded with 98 different numbers from 101 to 421
X <sub>21</sub>	Organic Matters in Horizon A	1: 0~2% 2: 2~4% 3: 4~6% 4: more than 6%
X <sub>22</sub>	Organic Matters in Horizon B	1: 0~2% 2: 2~4% 3: 4~6% 4: more than 6%
X <sub>23</sub>	Soil Texture in Horizon A	1: sandy loam 2: loam 3: silt loam 4: silt clay loam 5: sandy clay loam 6: silt clay 7: clay loam 8: clay 9: loamy sand 10: sand
X <sub>24</sub>	Soil Texture in Horizon B	1: sandy loam 2: loam 3: silt loam 4: silt clay loam 5: sandy clay loam 6: silt clay 7: clay loam 8: clay 9: loamy sand 10: sand
X <sub>25</sub>	Soil Moisture in Horizon A	1: moderate 2: slight dry 3: slight humid 3: humid 5: dry
X <sub>26</sub>	Soil Moisture in Horizon B	1: moderate 2: slight dry 3: slight humid 3: humid 5: dry
X <sub>27</sub>	Soil Consistency in Horizon A	1: very crumbly 2: crumbly 3: soft 4: hard 5: very hard
X <sub>28</sub>	Soil Consistency in Horizon B	1: very crumbly 2: crumbly 3: soft 4: hard 5: very hard

통계량을 사용하였다(Arabatzis and Burkhardt, 1992; 신만용 등, 1996; Shin, 1990). 이 3가지 검증 통계량의 계산 방법은 다음과 같다.

① 모형의 평균편의(MD; Mean Difference)

이 통계량은 최적 지위지수식에 의하여 계산된 지위지수 추정치와 실측 지위지수간의 차이에 대한 평균으로, 각 모형에 의하여 추정된 추정치가 평균적으로 얼마만큼의 편(bias)을 갖는가를 나타내는 통계량으로 계산방법은 다음과 같다

$$MD = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{n}$$

여기서 MD = 모형의 추정 편, e<sub>i</sub> = 실측치와 모형에 의한 추정치와의 차, n = 조사된 임목의 분수를 나타낸다.

② 모형의 정도(SDD; Standard Deviation of Difference)

이 통계량은 최종적으로 얻어진 최적 지위지수 추정식이 얼마만큼의 정도(精度)를 가지고 있는지에 대하여

**Table 2.** Number of plots and mean age by species in study area.

Tree Species	Number of Plots	Mean Age
<i>Larix leptolepis</i>	2,980	30
<i>Pinus koraiensis</i>	547	25
<i>Pinus densiflora</i>	7,659	30
<i>Quercus acutissima</i>	5,680	30
<i>Pinus thunbergii</i>	1,585	30

평가할 수 있는 통계량으로 실측치와 추정치와의 차이인 편의에 대한 표준편차에 의해서 계산된다. 다시 말하면 사용된 지위지수식의 평균편의를 중심으로 편이가 어느 정도의 산포도를 갖는가의 관정에 의하여 모형의 정도를 계산하며, 그 식은 다음과 같다.

$$SDD = \sqrt{V_e}$$

여기에서,  $V_e = \frac{\sum e_i^2 - \frac{(\sum e_i)^2}{n}}{n-1}$  즉 모형의 분산이다.

③ 모형의 표준오차(SED; Standard Error of Difference) 모형의 표준오차는 일반적으로 모형의 적합성을 나타내는 지표로 사용되며(Avery and Burkhart, 1983), 지위지수의 측정치와 추정치 간의 오차에 대한 평균평방화(MSE)는 사용된 자료에 적용한 지위지수 추정식의 편의와 정도의 두 통계량을 함께 고려하여 계산한다. 즉, 편의의 분산인  $V_e$ 와 모형의 추정 편의를 나타내는 MD의 제곱과의 합을 나타내며(Neter et al., 1985; Myers, 1986), 이 평균평방화에 제곱근을 취한 값이 모형의 표준오차(SED)로 계산식은 아래와 같다.

$$SED = \sqrt{V_e + MD^2}$$

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 수종별 산림생산력 추정

경기와 충청지역의 산림생산력을 추정할 수 있는 수종별 최적 지위지수 추정식은 표 3과 같다. 수종별로 약간 차이는 있지만 대체적으로 4~5개의 입지환경 인자에 의하여 지위지수가 잘 추정되는 것으로 나타났다. 수종별 지위지수식의 결정계수는 모두 0.91 이상으로 매우 높아, 지위는 비교적 적은 입지환경 인자만으로도 정도가 높게 추정이 가능한 것으로 나타났다(김태훈 등, 1991).

특히 본 연구의 결과에서 수종별 지위지수식의 결정계수가 높은 이유는 회귀분석을 실시하기 전에 먼저 중상관분석을 통하여 내부상관이 높은 입지환경 인자를 제거하고, 회귀분석 방법에서는 결정계수가 높은 변수의 조합에 의하여 추정식을 조제하기 위하여 단계별 회귀기법을 적용하였기 때문이다.

수종별로 보면 낙엽송, 잣나무, 중부지방소나무, 상수리나무는 4가지 그리고 해송은 5가지 입지환경 인자에 의하여 지위지수가 잘 추정되는 것으로 나타났다. 낙엽송과 잣나무는 경사형태, B층 토심, B층 견밀도, B층 견습도의 순으로 지위에 영향을 미치고, 중부지방소나무는 풍노출도, B층 토심, 지형, A층 견습도의 순으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 한편 상수리나무는 경사형태, B층 토심, 지형, 그리고 A층 견습도가 영향을 미치며, 해송은 퇴적양식, B층 토심, B층 토성, A층 견밀도의 순으로 지위지수에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 특히 중부지방 소나무의 경우에 풍노출도가 지위에 가장 영향이 큰 것으로 나타났다. 박남창 등(2001)은 구실잣밤나무의 경우 풍노출도가 생장에 미치는 영향은 낮은 것으로 보고하였다. 하지만 구실잣밤나무가 온대 남부와 난대지역에서 생육하는 수종으로 중부지방 소나무와는 생장패턴이 다르기 때문에 이러한 결과를 보인 것으로 판단된다.

수종별로 지위에 영향을 미치는 주요한 인자를 살펴보면 낙엽송, 잣나무, 중부지방소나무는 경사형태, 상수리나무는 지형인자가 가장 큰 영향을 미치고 있으며, 해송은 다른 변수보다는 퇴적양식의 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 반면에 낙엽송, 잣나무, 중부지방소나무는 B층의 견밀도, 상수리나무는 A층의 견습도, 해송은 A층 견밀도가 선정인자 중에서 지위지수에 가장 낮은 영향을 주는 것으로 나타났다(김태훈 등, 1991; 정진현 등, 1994).

김규현 등(1988)은 입지환경 인자가 지위지수에 미치는 영향에 관한 연구에서 중부지방 소나무는 지형, 견습도, 토심, 표고, 토성 견밀도, 기후대, 경사형태, 경사, 방위, 퇴적양식, 모암, 그리고 유기물의 순으로 지위에 영향을 주는 것으로 보고하여, 본 연구결과와 유사하였지만 풍노출도는 독립변수에서 제외하고 분석하였다. 본 연구의 결과와 마찬가지로 풍노출도는 지위지수 산정에 영향을 주는 인자이기 때문에 중부지방 소나무림에서는 산림생산력을 효율적으로 유지하기 위해서는 간벌 등 산림사업에 의해 인위적으로 임분 내 풍토

**Table 3.** Regression coefficients of site parameters to environmental variables by species.

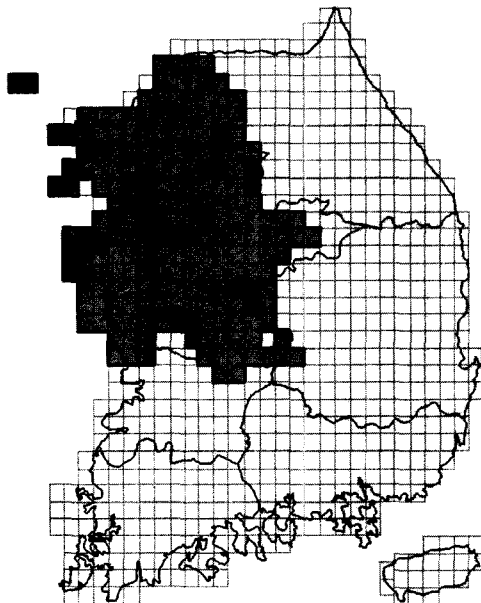
Tree Species	Models of Equation	R <sup>2</sup>
<i>Larix leptolepis</i>	$SI = 2.37 * X_9 + 2.08 * X_{18} + 0.81 * X_{26} + 1.03 * X_{28}$	0.97
<i>Pinus koraiensis</i>	$SI = 3.26 * X_9 + 1.77 * X_{18} + 0.72 * X_{26} + 0.53 * X_{28}$	0.97
<i>Pinus densiflora</i>	$SI = 0.36 * X_1 + 2.57 * X_{14} + 1.49 * X_{18} + 0.19 * X_{25}$	0.92
<i>Quercus acutissima</i>	$SI = 1.00 * X_1 + 3.67 * X_9 + 1.79 * X_{18} + 0.35 * X_{25}$	0.91
<i>Pinus thunbergii</i>	$SI = 1.99 * X_3 + 1.63 * X_7 + 0.81 * X_{18} + 0.64 * X_{24} + 0.14 * X_{27}$	0.93

출도를 적당히 유지하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

또한 위의 연구에서 상수리나무는 지형, 토심, 전밀도, 건습도, 경사, 방위, 경사형태, 토성, 퇴적양식, 유기물, 기후대, 모암, 그리고 표고의 순으로, 해송의 경우에는 토심, 건습도, 지형, 전밀도, 경사형태, 경사, 토성, 모암, 방위, 퇴적양식, 유기물, 표고, 기후대의 순서로 지위에 영향을 미치는 것으로 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

### 3.2. 조제된 수종별 지위지수 추정식의 검증

이상과 같이 조제된 수종별 지위지수 추정식의 현실 적합성을 검증하기 위하여 연구 대상지인 경기 및 충청지역에서 독립된 자료를 수집하였다. 이를 위해 경기·충청지역의 208개 수치지위지수 도면 중에서 무작위로 도면을 선정하여 현지 조사를 실시하였다. 그림 3은 지위지수 추정식의 검증을 위해 자료가 수집된 지역을 나타낸 지도이다.

**Fig. 3.** Map of test data distribution.

검증을 위한 독립자료는 낙엽송은 197개, 잣나무 128개, 중부지방 소나무 113개, 그리고 상수리나무는 167개로 총 605개 임분에서 각 수종별 지위지수 추정식에 포함된 입지환경 인자를 측정하고 또한 해당 임분의 지위지수를 측정하였다. 한편 해송의 경우에는 그림 3에서 보는 바와 같이 검증 자료를 수집할 지역이 대부분 내륙지방이기 때문에 자료를 수집할 수 없어 검증에서 제외하였다.

표 4는 수종별 지위지수 추정식의 현지 적응성을 검증하기 위하여 수집한 자료를 기초로 평가 통계량인 모형의 평균편의(MD), 모형의 정도(SDD), 그리고 모형의 표준오차(SED)에 근거하여 분석한 결과이다. 현지 검증을 위한 조사지역은 B층 토양단면의 상태와 토양의 수분함량 등을 대표할 수 있는 토양형에 따라 분류하였으며, 각 토양형별 조사개체에 평균편의를 곱하고 이를 더한 값의 총 평균값을 최종 분석결과로 하였다.

본 연구에서 도출한 수종별 지위지수 추정식은 몇 가지 입지환경 인자에 의하여 현지에서 간단하게 임지의 생산력을 추정하기 위함이다. 이 추정식을 현장에서 활용하기 위해서는 실측 자료에 근거한 통계적 검증과정이 필요하다. 표 4에서 보면 대부분의 수종에 대한 지위지수 추정식은 사용하는데 큰 문제가 없어 실용성이 높은 것으로 평가되었다.

낙엽송의 경우 실측 지위지수와 추정식에 의하여 산출된 지위지수의 차이에 대한 평균을 나타내는 모형의 평균편의가 1.82 m로 다소 높고, 중부지방 소나무는 약 1 m 정도의 편의를 보이고 있지만 잣나무와 상수리나무는 0.5 m 미만으로 매우 정도가 높은 것으로 분석되었다. 다른 평가 통계량인 모형의 정도와 표준오차의 경우에는 수종 간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 추정치와 실측치의 편차인 평균편의가 가장 큰 낙엽송의 경우에는 추정식의 조제에 사용된 자료와 검증을 위해 사용된 자료 간에 차이가 영향을 미친 것으로 보이며, 이와 함께 검증에 사용된 표본자료의

**Table 4.** Evaluation results for the prediction ability of site index equations by species.

Species	Soil Type	n	MD	SDD	SED
<i>L. leptolepis</i>	B <sub>1</sub>	27	1.39	1.97	2.41
	B <sub>2</sub>	44	1.80	2.92	3.43
	B <sub>3</sub>	126	1.92	2.41	3.09
	Combined	197	1.82	2.48	3.08
<i>P. koraiensis</i>	B <sub>1</sub>	3	0.42	1.73	1.78
	B <sub>2</sub>	15	-1.13	0.66	1.31
	B <sub>3</sub>	110	-0.33	2.67	2.70
	Combined	128	-0.41	2.51	2.55
<i>P. densiflora</i>	B <sub>1</sub>	9	-3.91	1.78	4.29
	B <sub>2</sub>	63	-1.25	3.48	3.70
	B <sub>3</sub>	41	-0.23	1.96	1.97
	Combined	113	-1.09	3.03	3.23
<i>Q. acutissima</i>	B <sub>1</sub>	31	-0.14	2.76	2.77
	B <sub>2</sub>	73	0.48	2.81	2.85
	B <sub>3</sub>	63	0.10	2.54	2.55
	Combined	167	0.22	2.70	2.71

부족으로 인한 결과로 판단된다. 따라서 앞으로 이에 대한 추가적인 조사와 연구가 필요한 것으로 생각된다.

#### IV. 적 요

본 연구는 수치 산림입지도에서 추출한 28개 입지 환경 인자를 사용하여 경기·충청지역의 몇 가지 주요 수종에 대한 지위지수 추정식을 개발하였다. 수종별로 4~5개의 변수에 의하여 개발된 수종별 최적 지위지수 추정식은 결정계수가 0.91 이상으로 높은 설명력을 보였다. 이상과 같이 개발된 수종별 지위지수 추정식에 대하여 연구 대상지에서 수집한 수종별 독립자료에 근거하여 모형의 평균 편의, 정도, 표준오차 등의 3가지 평가통계량을 계산한 후 그 실용성을 검증하였다.

수종별 지위지수 추정식으로부터 얻어진 추정치와 실제 지위지수의 평균편의는 낙엽송의 경우 1.82 m로 상대적으로 큰 차이를 보였으나, 전반적으로 본 연구에서 개발된 수종별 지위지수 추정식의 평가통계량은 낮은 것으로 판명되어 실제 사용하는데 문제가 없는 것으로 평가되었다.

결과적으로 본 연구에서 개발한 경기·충청지역의 지위지수 추정식은 사용된 변수가 적음에도 불구하고 결정계수는 상당히 높았으며, 조사된 실측치와 비교하여 검증한 결과 그 정도(精度)가 비교적 높았다. 따라서 몇 가지의 환경인자 만으로도 지역별 특성을 고려한 수종별 지위지수를 추정할 수 있어 활용가치가 높

은 것으로 판단된다. 특히 이러한 정보는 앞으로 입지 조건에 따른 적지적수 선정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 앞으로 입지조건에 따른 적지적수 문제를 해결하기 위해서는 본 연구에서 사용된 수종 외에 다른 주요 수종에 대한 지위지수 추정식을 개발하는 작업도 필요할 것으로 판단된다.

#### 인용문헌

- 강영호, 정진현, 김영걸, 이원규, 1996: 수치지형해석에 의한 온대북부림의 적지적수도 작성. 산림과학논문집, 54, 94-103.
- 강영호, 정진현, 김영걸, 박재욱, 1997: 수치지형해석에 의한 온대중부림의 적지적수도 작성. 한국임학회지, 86(2), 241-250.
- 김규현 등 19인, 1988: 입지환경인자에 의한 지위지수에 관한 연구. 임업연구원 연구보고, 36, 22-43.
- 김동춘, 1966: 일본잎갈나무임분의 수확과 생장에 관한 연구. 임업시험연구보서, No.13.
- 김동춘, 이홍균, 1967: 잣나무 임분의 수확과 생장에 관한 연구. 임업시험장 연구보고서, 12, 1-12.
- 김동춘, 이진규, 정석근, 1968: 중요수종에 대한 임목간제적표 조제. 임업시험장 시험연구보고서, 99-129.
- 김동춘, 1973: 다변량해석법을 이용한 임분제적표조제. 한국 임학회지 제19호. 시험연구보고서, 248-255.
- 김동춘, 이진규, 1974: 다변량 해석법에 의한 임분제적표 조제. 임업시험장 시험연구보고서, 12-29.
- 김태훈, 이충화, 구교상, 정진현, 1991: 토양형별 주요수종의 생장. 임업연구원 연구보고, 42, 91-106.
- 마상규, 1974: 환경인자의 계량화에 의한 잣나무림수확량추정과 임목생장에 관한연구. 임업시험장 연구보고서, 21호 별책.
- 박남창, 정창기, 최재채, 신현철, 권영한, 조병훈, 강진택,

- 정영관, 김철수, 2001: 구실잣밤나무의 생장패턴 및 입지 환경인자에 관한 연구. 산림과학논문집, **64**, 1-13.
- 산림청, 2001: 산림입지조사요령. 91pp.
- 신만용, 윤종화, 차두승, 1996: 평균비 추정량에 의한 낙엽송 입목 재적식의 지역 보정. 한국임학회지, **85**(1), 56-65.
- 윤종화, 윤주형, 마상규, 강대현, 박재순, 1974: 입지생산력 계량화연구. 임업시험장.
- 정인구, 1981: 수량화에 의한 우리나라 삼림토양의 형태학적 및 이화학적 성질과 잣나무 및 낙엽송의 생장관계 분석. 한국임학회지, **53**, 1-26.
- 鄭鎮炫, 具教常, 李忠和, 1994: 韓國의森林土壤分類および褐色森林土壤群の性質と林木生長. 日本土壤肥科學會誌, **5**, 483-492.
- Arbatzis, A.A., and H.E. Burkhardt, 1992: An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations. *Forest Science*, **38**(1), 192-198.
- Avery, T. E., and H. E. Burkhaet, 1983: Forest measurements. McGraw-Hill Book Co. 331pp.
- Belsley, D.A., E. Kuh, and R.E. Welsch, 1980: Regression diagnostics. John Wiley & Sons, New York, 292pp.
- Judge, G.G., R.C. Hill, W.E. Griffiths, H. Lutkepohl, and T. Lee, 1988: Introduction to the theory and practice of econometrics. John Wiley & Sons, New York, 1024pp.
- Meyer H.A., 1947: The structure and growth of virgin beech-birch maple hemlock forest in Northern Pennsylvania. *J. Agr Res*, 12p.
- Myers, R.H., 1986: Classical and modern regression with applications. Duxbury Press, 359pp.
- Neter, J., W. Wassermann, and M.H. Kutner, 1985: Applied linear statistical models. IRWIN, 1127pp.
- Shin, M.Y., 1990: The Use of Ridge Regression for Yield Prediction Models with Multicollinearity. *J. of Korean Forest Society*, **79**(3), 260-268.