

## 지리산 세석지역 구상나무 임분의 생태적 특성

조민기\* · 정재민\*\* · 김태운\*\*\* · 김충열\*\*\* · 노 일\* · 문현식\*\*\*†

\*국립공원연구원, \*\*국립수목원, \*\*\*경상대학교 산림환경자원학과(농업생명과학연구소)

### Ecological Characteristics of *Abies koreana* Forest on Seseok in Mt. Jiri

Cho, Min-Gi\*, Chung, Jae-Min\*\*, Kim, Tae-Woon\*\*\*, Kim, Chung-Yeol\*\*\*, Noh, Il\* and Moon, Hyun-Shik\*\*\*†

\*Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea

\*\*Korea National Arboretum, Pocheon, Korea

\*\*\*Dept. of Forest Environment Resources, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

#### ABSTRACT

The purpose of the this study was to provide basic data on reasonable management for *Abies koreana* in Mt. Jiri through analysis the ecological characteristics of *Abies koreana* forests on Seseok. Due to low soil pH (4.26), high organic matter (10.5%) and total N (0.32%), the soil properties of *A. koreana* forest on Seseok are different from those of other forest soil in Korea. According to the result of importance value analysis, *A. koreana* (70.5) for tree layer, *A. koreana* (37.6) and *Rhododendron schlippenbachii* (20.8) for subtree layer and *A. koreana* (12.6), *Sasa borealis* (11.5) and *Acer pseudosieboldianum* (11.2) for shrub layer were high, respectively. The species diversity of Shannon was 0.425 for tree layer, 0.869 for subtree layer and 1.320 for shrub layer. Evenness and dominance for all layers ranged from 0.365 to 0.894 and 0.187 to 0.635, respectively. Height growth according to DBH of *A. koreana* on Seseok was relative high. Annual mean tree ring growth of *A. koreana* showed up 1.372, 1.557 and 1.483 mm/yr for small, middle and large diameter tree, respectively. Considering the importance value, distribution of seedling, height growth and ring growth, *A. koreana* forest on Seseok in Mt. Jiri will be maintained as the major population from now on.

Key words: Annual Ring Growth, Height Growth, Soil Properties, Species Diversity, Vegetation Structure.

#### 1. 서 론

아고산 생태계는 물의 가용성과 식물종의 적은 이주 가능성으로 인해 기후변화에 취약한 지역으로 인식되고 있다(IPCC, 2014). 아고산은 전체 식생 중 적은 부분을 차지함에도 식생이 섬과 같이 고립되어 있기 때문에 기후변화의 영향을 크게 받는다. 이론적으로는 기온이 따뜻해지면 식물의 서식지는 고도가 높은 지역으로 이동하지만(Malason *et al.*, 2004), 기후변화로 식생이 정상 쪽으로 이동하는 경우 고도제한 및 면적의 감소로 인해 식물이 정착하기 힘든 환경일 가능성이 높다(Tony and Dan, 2007). 식물종의 이동은 따뜻한 기후와 이동 가능한 생태지역이 존재할 때 가능하지만, 유전적으로 환경적

응을 못하거나, 번식이 늦거나, 격리된 지역에 특화된 식물의 경우 이동이 제한되어 기후변화 취약성이 높다.

구상나무(*Abies koreana* Wilson)는 전 세계적으로 52종이 있는 *Abies*속 식물의 하나로 우리나라의 아고산지대에 분포하는 특산식물이며, 우리나라에는 전나무(*A. holophylla* Maxim.), 구상나무, 분비나무(*A. nephrolepis* Maxim.) 3수종이 분포하고 있다. 아고산대는 바람이 강하고 기온이 낮아, 생육일수가 짧은 등 식물이 생육하기에는 불리한 환경이다. 구상나무를 비롯한 아고산대에 자생하는 식물은 기후와의 연관성이 아주 높기 때문에 온난화 등의 환경변화 속도가 빨라짐에 따라 생장량 감소, 고사목의 발생 빈도 증가 그리고 활엽수종의 침입 등으로 인하여 분포지가 급격하게 줄어들고 있는 실정이다. Kim

† Corresponding author : hsmoon@gnu.ac.kr

Received December 4, 2015 / Revised December 14, 2015 / Accepted December 24, 2015

and Lee(2013)는 기후변화 등 다양한 요인으로 지리산 구상나무림의 분포면적이 1981년 이후 실제 18%가 감소했다고 보고한 바 있다. 또한 급진적이거나 지속적으로 진행되는 환경조건 변화는 특정 환경에 분포하는 산림군락의 생육에 제한요소로 작용하여 임목생장을 변화시키는 등 다양한 반응을 초래한다. 이러한 이유로 Binkley *et al.*(1994)와 Shin *et al.*(2008)은 이들 아고산 수종의 개체유지와 보존이 아주 중요하기 때문에 자생지에 대한 효율적인 관리의 필요성을 제안하였다.

구상나무의 주된 분포지인 한라산과 덕유산 지역에서 구상나무림의 생태적 특성(Kim and Choo, 2000; Kim *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2014), 지리산 구상나무림의 식생 및 군집구조 분석 등에 대해서도 많은 연구(Kim *et al.*, 2000; Oh *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2012; Kim and Lee, 2013)가 이루어졌다. Kim *et al.*(2012)의 세석지역 구상나무는 고도 1,500 m에서 구상나무의 중요치가 가장 높게 나타났고, 2000년 이후 구상나무의 연륜생장량은 1,300 m에서 가장 높았다는 보고 외에는 세석지역에 분포하는 구상나무임분의 생태적 특성을 분석한 연구는 많이 부족한 실정이다.

본 연구는 지리산 세석평전에 분포하는 구상나무 임분의 생태적 특성을 파악하여 구상나무 개체군의 보존과 효율적인 관리방안을 제시하기 위한 목적으로 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 조사지 개황

지리산은 자연생태계가 잘 보존되어 있어 1967년 우리나라 최초로 국립공원으로 지정된 곳으로 노고단(1,507 m)에서

천왕봉(1,915 m)에 이르는 동~서 방향의 주능선을 이루고 있으며, 이를 중심으로 북동~남서의 방향이 나타나는 곳이다. 약 483,000 km<sup>2</sup>의 방대한 면적과 해발 110~1,915 m의 표고차로 인해 자연환경의 편차가 큰 지리산은 다양한 생태적 특성을 가지며, 고도 및 지형적인 영향 등으로 생물다양성이 크고, 식생 또한 다양하게 나타나 식물상 등 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 지리산은 2007년 IUCN(세계자연보전연맹)에 의해 자연생태계가 잘 관리되고 있어 이용보다는 보전에 해당하는 'IUCN 카테고리 2등급'으로 지정받기도 하였다.

조사지의 해발고는 1,450~1,550m, 평균 경사 12°, 남향 또는 남서향이었으며, 구상나무의 평균 DBH는 13 cm(6~36 cm), 평균 수고 10 m(2~17 m)였다. 본 조사지의 기상자료는 산청군 기상관측소의 지난 30년간(1981~2010)의 기상자료에서 온도체감율(0.56°C/100 m)을 계산하여 분석한 자료와 2012년부터 3년간 HOBO(U23-001)를 이용하여 실측한 자료를 비교하였고, 강수량은 기상관측소의 자료를 이용하였다. 본 조사지의 지난 3년간의 연평균기온은 5.8°C로 나타나, 지난 30년간의 연평균기온(5.3°C)보다 약 0.5°C 상승한 것으로 나타났으며, 연강수량은 약 1,530 mm로 나타났(Fig. 1).

### 2.2 조사방법

#### 2.2.1 토양분석

산림식생의 지지기반이며 임목의 생장에 깊은 관계가 있는 토양환경을 파악하기 위하여 토양분석을 실시하였다. 토양시료는 각 조사지점에서 낙엽층을 제거한 후 A층의 토양을 채취하였으며, 채취한 40개의 토양시료는 실험실에서 음건한 후 2 mm(1,250 mesh) 규격체로 쳐서 분석에 사용하였다. 토양

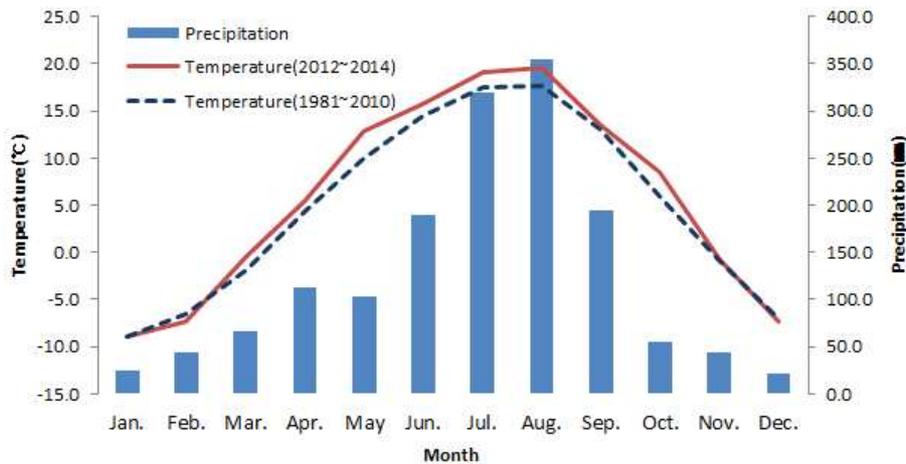


Fig. 1. Meteorological data of the study area.

pH는 pH meter법, 유기물 함량은 Tyurin법, 전질소는 macro-Kjeldahl증류법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ )은 유도결합 플라즈마 분광계(ICP, Atomscan, USA)에 의해 측정하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다.

### 2.2.2 식생조사

식생조사는 2012년 4월부터 2013년 10월까지 조사를 실시하였으며, 식생조사를 위한 조사구는 임분의 수고를 고려하여 최소 10 m × 10 m, 최대 20 m × 20 m 크기의 조사구를 30개 설치하였다. 조사구 내 출현종은 수고를 기준으로 교목층, 아교목층, 관목층 그리고 초본층으로 층위를 구분하였으며, 흉고직경 2 cm 이상의 목본을 대상으로 매목조사를 실시하였다. 매목조사에서 얻어진 자료를 이용하여 Curtis and McIntosh (1951)의 방법에 따라 중요치를 산출하였으며, 초본층은 피도계급으로 분석한 자료를 이용하여 출현종수와 대표적인 종만을 표시하였다. 군락구조의 안정도와 성숙도의 정도를 파악하기 위하여 Shannon(Brower and Zar, 1977)의 다양도지수( $H'$ ), 최대종다양도( $H'_{\max}$ ), 균재도( $J'$ )와 우점도지수( $D'$ )를 분석하였다.

본 조사지인 세석지역의 구상나무의 수고생장 패턴을 파악하기 위하여 매목조사에서 얻어진 자료를 이용하여 흉고직경과 수고생장의 관계를 분석하여 지리산 전체 구상나무 및 가문비나무의 수고생장과 비교하였다. 그리고 조사지 내의 구상나무를 소경목(직경 18 cm 이하), 중경목(18~30 cm), 대경목(30 cm 이상)으로 구분하였고, 경급별 연륜생장량을 측정하기 위한 표준목은 대상지 임분의 우세목 중에서 외관상 아무런 피해가 없는 임목을 대상으로 하였다. 시료는 흉고위치에서 경급별로 5개를 채취하였으며, 연륜폭 측정은 연륜분석측정기(WinDENDRO Ver 6.3)를 이용하여 정확도 1/100 mm까지 측

정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 토양특성

산림토양은 산림생태계를 구성하는 다양한 환경인자 중의 하나로서 임목의 분포, 성장 및 갱신에 많은 영향을 미친다(Park and Lee, 1990). 세석지역 구상나무 임분의 토양화학성을 분석한 결과(Table 1), 토양 pH는 4.26, 유기물 10.5%, 전질소 0.32%, 유효인산 20.1 ppm, 염기치환용량(CEC)은 18.15  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 으로 분석되었다. 20여 년 전의 토양(Lee, 1996), 반야봉 구상나무림의 토양(Park, 2011), 지리산 구상나무림의 토양(Cho, 2014)과 비교하면 pH는 조금 낮은 값이지만, 그 외 유기물, 전질소, 유효인산 함량 등은 큰 차이가 나타나지 않았다. 다른 아교산성 수종인 주목군락의 pH 4.26, 4.31(Kim *et al.*, 2010), 가문비나무군락의 pH 4.27, 4.60(Han *et al.*, 2012)와도 큰 차이가 나타나지 않았다. 우리나라 산림토양의 pH 평균값 5.48(Jeong *et al.*, 2002)보다는 아주 낮은 것으로 나타났는데, 한랭습윤한 기후 하에서 식물유체의 분해속도가 느려져 축적된 유기산에 의한 것으로 판단된다. 유기물(10.5%)과 전질소(0.32%)는 우리나라 산림토양의 평균 함량(각각 4.49%, 0.19%)보다 높은 것으로 나타났는데, 구상나무 임분은 해발고도가 높아 기온이 낮고, 유기물 분해속도가 더디며, 운무 일수가 많은 곳에 분포하기 때문에 유기물함량, 전질소 함량이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 유효인산은 우리나라 산림토양 평균값 25.6 ppm과 큰 차이가 나타나지 않았으며, 토양 비옥도의 척도인 양이온치환용량(CEC)은 20년 전에 비하면 조금 상승하였으나, 반야봉 구상나무림에 비해서는 아주 낮은 값을 보였다. 치환성 양이온은  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$  순으로 나타났으며, 일반적인 산림토양과 유사한 경향이였다.

Table 1. Soil chemical properties of *Abies koreana* forest on Seseok

Remark	pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	O.M (%)	T-N (%)	$\text{P}_2\text{O}_5$ (ppm)	C.E.C ( $\text{cmol}^+/\text{kg}$ )	Ex. cation( $\text{cmol}^+/\text{kg}$ )			
						$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$
This study	4.26 (0.18)	10.5 (0.38)	0.32 (0.04)	20.1 (3.29)	18.15 (1.79)	1.24 (0.23)	0.48 (0.12)	0.33 (0.14)	0.19 (0.04)
Lee (1996)	4.50	8.0	0.46	17.2	17.50	0.75	0.62	0.20	0.29
Park (2011)	4.60 (0.10)	19.0 (0.72)	0.63 (0.06)	19.1 (5.53)	43.40 (3.44)	9.02 (3.23)	2.48 (0.14)	1.54 (0.22)	0.50 (0.16)
Cho (2014)	4.57 (0.05)	10.6 (2.06)	0.27 (0.08)	18.6 (3.86)	18.70 (2.21)	2.65 (0.65)	0.42 (0.05)	0.27 (0.04)	0.12 (0.03)

### 3.2 식생구조

세석지역 구상나무 임분의 층위별 중요치를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 교목층에서는 총 15종이 출현하였으며, 구상나무(*Abies koreana*)의 중요치가 70.5로 가장 높게 나타났으며, 이어 잣나무(*Pinus koraiensis*)(7.0), 사스래나무(*Betula ermanii*)(5.3), 물오리나무(*Alnus sibirica*)(4.8)의 순으로 높게 나타났다. 아교목층에서는 29종이 출현하였으며, 구상나무와 철쭉(*Rhododendron schlippenbachii*)의 중요치가 각각 37.6, 20.8로 가장 높은 값을 나타내었으며, 이어 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum*), 고채목(*Betula ermanii* var. *subcordata*), 진달래(*Rhododendron mucronulatum*)의 순으로 나타났다. 아교목층에 출현하는 수종들은 향후 임분을 구성하게 될 수종들로, 해당 임분의 아교목층을 분석하면 교목층을 형성하게 될 수종을 예측할 수 있다. 세석지역에서의 아교목층에서는 구상나무와 철쭉이 혼재하고 있는 것으로 나타났으나, 철쭉의 생육특성이 구상나무와 다르기 때문에 구상나무에 직접적인 영

향은 없을 것으로 판단된다. 관목층에서는 총 42종이 출현하였으며, 구상나무의 중요치가 12.6으로 가장 높게 나타났으며, 이어 조릿대(*Sasa borealis*)11.5, 당단풍나무 11.2, 철쭉 9.6, 진달래 7.6의 순으로 높게 나타났다. 관목층에서는 당단풍나무와의 경쟁이 예상된다. 구상나무의 중요치는 교목층 70.5, 아교목층 37.6, 관목층 15.0으로 약 20여 년 전의 결과(Lee, 1996)와 비교하면 전 층에서 구상나무의 중요치가 약간 증가한 것으로 나타났다. 하지만 Cho(2014)의 지리산 증봉, 하봉, 제석봉, 토끼봉, 반야봉, 임결령 구상나무림의 식생구조를 분석한 연구에서 모든 지역에서 구상나무의 중요치가 20여 년 전보다 줄어들어 쇠퇴기미가 나타난다는 보고와는 다른 경향이였다. 지리산의 다른 구상나무 분포지와 달리 세석지역 구상나무 임분이 쇠퇴하지 않는 것은 세석지역은 구상나무 분포지와 인접한 지역에 계곡과 습지가 있어 상대적으로 수분공급이 원활한 것도 하나의 원인일 것으로 생각된다. Lim *et al.*(2006)은 봄철에 지상부는 적당한 온도로 광합성이 시작되지만, 수

Table 2. Importance values of woody species in *Abies koreana* forest on Seseok

Layer	Scientific name	Korean name	Importance value
Tree	<i>Abies koreana</i>	구상나무	70.5
	<i>Pinus koraiensis</i>	잣나무	7.0
	<i>Betula ermanii</i>	사스래나무	5.3
	<i>Alnus sibirica</i>	물오리나무	4.8
	<i>Picea jezoensis</i>	가문비나무	2.9
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	2.2
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무	1.7
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	당단풍나무	1.6
	<i>Acer komarovii</i>	시닥나무	0.7
	<i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i>	털야광나무	0.7
	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	0.6
	<i>Tilia taquetii</i>	뽕잎피나무	0.6
	<i>Cornus controversa</i>	층층나무	0.6
	<i>Salix hallaisanensis</i>	버드나무	0.6
	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	노각나무	0.2
Sub-tree	<i>Abies koreana</i>	구상나무	37.6
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉	20.8
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	당단풍나무	6.7
	<i>Betula ermanii</i> var. <i>subcordata</i>	고채목	6.7

Table 2. Continued

Layer	Scientific name	Korean name	Importance value
Sub-tree	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	5.3
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무	3.1
	<i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i>	털야광나무	2.0
	<i>Acer komarovii</i>	시닥나무	1.9
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	1.9
	<i>Sorbus commixta</i>	마가목	1.6
	<i>Euonymus macropterus</i>	나래회나무	1.6
	<i>Alnus sibirica</i>	물오리나무	1.4
	<i>Symplocos tanakana</i>	검노린재나무	1.3
	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	1.1
	<i>Pinus koraiensis</i>	잣나무	1.1
	<i>Salix hallaisanensis</i>	떡버들	1.1
	<i>Tilia taquetii</i>	뽕잎피나무	0.7
	<i>Acer ukurunduense</i>	부계꽃나무	0.7
	<i>Picea jezoensis</i>	가문비나무	0.7
	<i>Acer barbinerve</i>	청시닥나무	0.6
	<i>Magnolia sieboldii</i>	함박꽃나무	0.4
	<i>Tripterygium regelii</i>	미역줄나무	0.3
	<i>Abies holophylla</i>	전나무	0.3
	<i>Aralia elata</i>	두릅나무	0.2
	<i>Taxus cuspidata</i>	주목	0.2
	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	개회나무	0.2
	<i>Maackia amurensis</i>	다릅나무	0.2
	<i>Weigela subsessilis</i>	병꽃나무	0.2
	<i>Deutzia parviflora</i>	말발도리	0.1
	Shrub	<i>Abies koreana</i>	구상나무
<i>Sasa borealis</i>		조릿대	11.5
<i>Acer pseudosieboldianum</i>		당단풍나무	11.2
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		철쭉	9.6
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		진달래	7.6
<i>Tripterygium regelii</i>		미역줄나무	6.1
<i>Pinus koraiensis</i>		잣나무	5.3
<i>Deutzia parviflora</i>		말발도리	3.9

Table 2. Continued

Layer	Scientific name	Korean name	Importance value
	<i>Euonymus macropterus</i>	나래회나무	3.4
	<i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i>	산앵도나무	3.0
	<i>Acer komarovii</i>	시닥나무	2.9
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무	2.7
	<i>Betula ermanii</i>	고채목	2.1
	<i>Sorbus commixta</i>	마가목	1.6
	<i>Acer barbinerve</i>	청시닥나무	1.6
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	1.5
	<i>Euonymus pauciflorus</i>	회목나무	1.3
	<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>	딱총나무	1.3
	<i>Clematis chiisanensis</i>	세잎종덩굴	1.3
	<i>Weigela subsessilis</i>	병꽃나무	1.1
	<i>Actinidia polygama</i>	개다래	1.1
	<i>Picea jezoensis</i>	가문비나무	1.0
	<i>Symplocos tanakana</i>	검노린재나무	1.0
	<i>Aralia elata</i>	두릅나무	0.8
Shrub	<i>Prunus padus</i>	귀룽나무	0.6
	<i>Lonicera maackii</i>	괴불나무	0.5
	<i>Ribes maximowiczianum</i>	명자순	0.4
	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	개회나무	0.3
	<i>Magnolia sieboldii</i>	함박꽃나무	0.3
	<i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chirisanensis</i>	지리산오갈피	0.2
	<i>Clematis apiifolia</i>	사위질빵	0.2
	<i>Taxus cuspidata</i>	주목	0.2
	<i>Cornus controversa</i>	층층나무	0.2
	<i>Prunus verecunda</i>	개벚나무	0.2
	<i>Tilia taquetii</i>	뽕잎피나무	0.2
	<i>Salix hallaisanensis</i>	떡버들	0.2
	<i>Rhododendron brachycarpum</i>	만병초	0.2
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	0.2
	<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기	0.2
	<i>Schisandra chinensis</i>	오미자	0.2
	<i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i>	털야광나무	0.2

분공급이 되지 않으면 구상나무가 스트레스를 받아 생장이 감소하여 쇠퇴할 수도 있을 것이라고 보고한 바 있다. 또한 구상나무가 수분스트레스에 민감한 수종이라는 연구 결과(Koo *et al.*, 2001)를 고려하면 세석지역은 지형적인 특성으로 인해 지리산 구상나무 분포지와 다른 패턴을 보이는 것으로 추정된다. 한편, 분비나무군락(Chun *et al.*, 2010; Chun *et al.*, 2011), 가문비나무군락(An *et al.*, 2010), 주목군락(Cho *et al.*, 2012) 등 아교산성 수종의 군락구조 연구결과와 비교하면 수종별 중요치에 있어서는 지역에 따라 약간의 차이가 있었으나, 수종 구성 등은 아주 유사한 것으로 나타났다. 초본층에서는 총 92종이 출현하였으며, 실새풀(*Calamagrostis arundinacea*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 비비추(*Hosta longipes*), 그늘사초(*Carex lanceolata*) 등의 중요치가 높게 나타났다.

지리산 세석지역 구상나무 임분의 안정성과 성숙도를 판단하기 위하여 각 층위별 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도 등을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 식물군집의 생물학적 구조 차이를 해석하거나 정량화하기 위하여 종다양도 지수를 이용할 수 있는데, 세석지역 구상나무 임분의 종다양도는 교목층에서 0.429, 아교목층 0.869, 관목층 1.320으로 나타났다. 지리산 가문비나무림의 1.000~1.329(An *et al.*, 2010), 덕유산 주목군락 1.032(Kim and Choo, 2004), 지리산 반야봉 구상나무림의 0.993~1.208(Park, 2011)과는 유사한 것으로 나타났으나, 한라산 구상나무림의 0.499~0.771(Song, 2011)보다는 높은 것으로 분석되었다. 또한 지리산 구상나무 분포지의 출현종수와 개체수(Cho, 2014)에 비해 세석지역 구상나무 임분의 출현종수와 개체수가 많은 것으로 나타났는데, 세석지역이 수분 등 환경조건이 다른 지역에 비해 양호하여 수종유입이나 생육에 유리하기 때문인 것으로 판단된다. 출현종수는 입지환경의 차이에 의해서도 달라질 수 있는데, 일반적으로 양분, 수분, 온도 등 환경조건이 양호할수록 식물종의 정착과 생육에 유리하기 때문이다. 균재도는 그 값이 1에 가까울수록 군집이 안정상태에 도달되었다고 할 수 있는데, 본 연구에서는 균재도가 교목층 0.365, 아교목층 0.594, 관목층 0.813으로 지리산

구상나무림(Cho, 2014)과 비교하면 전층에서 균재도 값이 낮은 것으로 분석되었다. 교목층과 아교목층의 경우, 다른 구상나무림에 비해 출현종수와 개체수는 많은데, 균재도가 낮다는 것은 구상나무의 쇠퇴 및 고사경향이 나타나지 않기 때문일 것으로 판단된다. 즉, 구상나무가 쇠퇴하거나 고사하게 되면 그 공간에 다른 수종이 이입·정착함으로 인해 전체적으로 균재도가 높아질 것으로 예상되기 때문이다. 우점도는 교목층 0.635, 아교목층 0.406, 관목층 0.187로 교목층에서는 구상나무에 의해 우점되고 있다는 것을 알 수 있다.

산림의 천이에 따른 군락의 계층구조의 발달과정은 수고생장 패턴과 최대수고에 의해 결정되며(Ishii *et al.*, 2004), 수고생장은 다양한 환경요인의 영향을 받는다. 본 연구에서는 구상나무의 흉고직경에 따른 수고생장 패턴을 파악하기 위하여 세석지역의 구상나무와 지리산 전체의 구상나무 그리고 구상나무와 생태적 지위가 거의 동일한 가문비나무를 대상으로 흉고직경에 따른 수고생장 관계를 분석하였다(Fig. 2). 전체적으로 본 조사지의 구상나무가 지리산 다른 분포지의 구상나무와 가문비나무보다 수고생장이 양호하다는 것을 알 수 있었다. 수목의 경우, 수고생장은 빛을 둘러싼 자원획득경쟁에서의 우열이 결정되기 때문에 경쟁이 심한 상황에서는 비대성장보다 수고성장을 우선시한다(King, 1981; Kohyama, 1991). 하지만 식물은 수고가 증가함에 따라 수관부로의 수분수송이 어려워져, 결국에는 수분스트레스가 발생하여 광합성이 제한되는 수분통도제한 때문에 수고생장에 한계가 나타난다(Ryan and Yoder, 1997; Nabeshima and Ishii, 2008). 본 연구팀이 지리산 가문비나무림과 반야봉 구상나무림을 대상으로 각각 건전지와 쇠퇴지로 구분하여 토양환경을 분석한 결과, 두 임분 모두 쇠퇴지에 비해 건전지에서의 토양수분이 유의적으로 높게 나타난 바 있다.

본 조사지 구상나무를 경급별로 구분하여 연륜생장값을 분석한 결과(Table 4), 소경목은 평균 1.372 mm/yr, 중경목은 평균 1.557 mm/yr, 대경목은 평균 1.483 mm/yr로 나타나, 중경목의 연륜생장량이 높은 것으로 분석되었다. Cho(2014)의 지

Table 3. Species diversity of *Abies koreana* forest on Seseok

Layer*	No. of species	No. of individual	Species diversity(H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
Tr.	15	440	0.429	1.176	0.365	0.635
Su.	29	2,065	0.869	1.462	0.594	0.406
Sh.	42	1,398	1.320	1.623	0.813	0.187

\* Tr: Tree layer, Su: Subtree layer, Sh: Shrub layer.

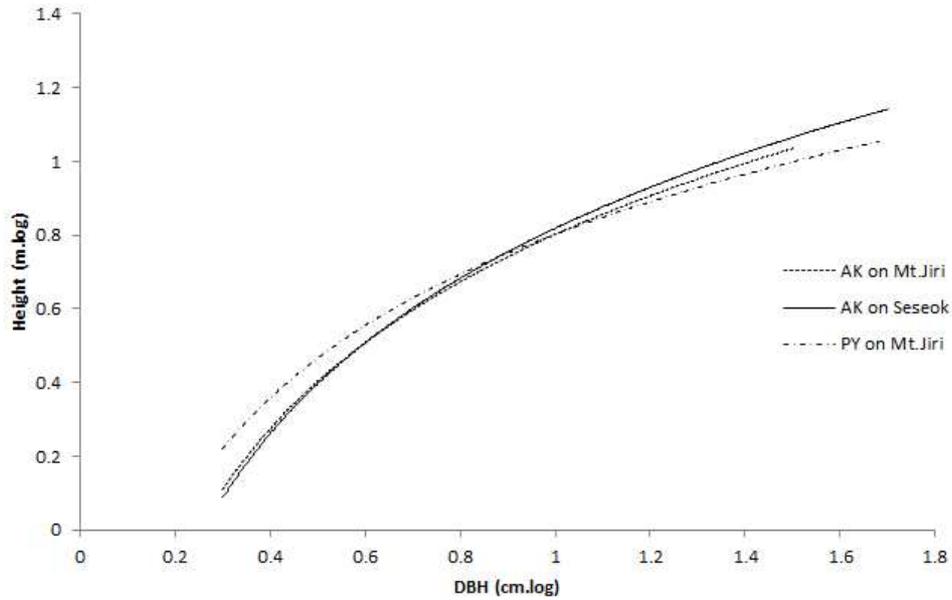


Fig. 2. Pattern of height growth according to DBH of *Abies koreana*. AK: *Abies koreana*, PY: *Picea yezoensis*.

Table 4. Annual mean tree ring growth by DBH class of *Abies koreana*

DBH class	Mean DBH (cm)	Mean height (m)	Mean age (yr)	Annual mean tree ring growth (mm)
Small (n=5)	16.5	7.2	42	1.372
Middle (n=5)	24.3	11.7	57	1.557
Large (n=5)	32.8	16.3	71	1.483

리산 구상나무의 경급별 연륜생장량(소경목 1.012 mm/yr, 중경목 1.118 mm/yr, 대경목 1.323 mm/yr)과 설악산, 덕유산, 한라산 주목의 연륜생장량 0.8~1.27 mm/yr(Chun *et al.*, 2012)에 비해 세석지역 구상나무의 연륜생장량이 높은 것으로 나타났다. 한편, 전 경급에서 2000년대 이후의 연륜생장량이 그 이전의 연륜생장량보다 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 각 경급별 연륜생장은 전 경급과 각 개체에서 변이가 큰 것으로 나타났고, 또한 시료수가 적고, 측정연수가 길지 않아 신뢰 정도는 높지 않을 것으로 판단된다. 앞으로 보다 많은 자료와 장기간의 모니터링을 통해 연륜생장에 관한 자료가 축적된다면 기후변화와 연계한 구상나무의 성장변화 및 쇠퇴에 대한 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

지리산 세석지역 구상나무 임분의 생태적 특성을 분석한 결과, 전 층위에서 구상나무의 중요치가 증가하였고, 출현종수도 다른 지역에 비해 많은 것으로 나타났다. 또한 흉고직경에 따른 수고생장 패턴에서도 다른 지역의 구상나무와 가문비나무에 비해 수고생장이 양호한 것으로 나타났으며, 연륜생

장량도 높은 것으로 분석되었다. 이러한 현상을 고려하면 지리산 세석지역은 구상나무가 우점수종으로 계속 유지될 것으로 예상된다. 하지만, 아고산지역에 자생하는 구상나무의 생존과 생장이 지구온난화로 인한 기온상승으로 불리해지거나, 다른 수종과의 경쟁에서 밀릴 가능성이 있다. 따라서 세석지역 구상나무 임분의 토양수분 환경 등에 대한 지속적인 모니터링 등 보다 구체적인 연구가 이루어지면 추후 기온상승에 따른 구상나무 임분에 대한 효과적인 관리방안을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 지리산 구상나무 임분을 효율적으로 관리하기 위한 기초정보를 제공하기 위해 세석지역 구상나무 임분의 생태적 특성을 분석하였다. 세석지역 구상나무 임분은 토양 pH가 4.26으로 낮고, 토양유기물과 전질소 함량은 각각 10.5%, 0.32%로 높게 나타나, 우리나라 산림토양에 비해 비교적 양호한 환

경이었다. 층위별 중요치 분석 결과, 교목층에서는 구상나무, 아교목층에서는 구상나무와 철쭉, 관목층에서는 구상나무와 조릿대, 당단풍의 중요치가 가장 높은 것으로 분석되었다. 종다양도 지수는 교목층 0.425, 아교목층 0.869, 관목층 1.320으로 분석되었으며, 전층에서 균재도와 우점도는 각각 0.365~0.813, 0.187~0.635의 범위였다. 흉고직경에 따른 구상나무의 수고생장이 비교적 높은 것으로 나타났다. 구상나무의 연륜생장량은 소경목 1.372 mm/yr, 중경목 1.557 mm/yr, 대경목 1.483 mm/yr로 분석되었다. 중요치 분석, 치수 발생, 수고생장, 연륜 분석 결과 등을 고려하면, 지리산 세석지역 구상나무 임분은 앞으로도 구상나무가 우점하는 군락으로 계속 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- An HC, Kim GT, Choo GC, Um TW, Park SB, Park EH. 2010. A study on the structure of forest community of *Picea jezoensis* stands at Cheonwangbong area, Jirisan (Mt). Jour Korean For Soc 99:590-596.
- Binkley D, Son YW, Kim ZS. 1994. Impacts of air pollution on forests: A summary of current situations. Jour Korean For Soc 83:229-238.
- Brower JE, Zar JH. 1977. Field and laboratory methods for general ecology, Wm C Brown Co Pub, Iowa. p. 325.
- Cho MG. 2014. Changes of vegetation structure and pattern of annual ring growth of *Abies koreana* E. H. Wilson forest in Mt. Jirisan. Dissertation, Gyeongsang National University.
- Cho MG, Chung JM, Jung HR, Kang MY, Moon HS. 2012. Vegetation structure of *Taxus cuspidata* communities in subalpine zone. J Agric Life Sci 46:1-10.
- Chun YM, Ahn JK, Hong MP, Shin JT, HJ Won, Lee S. 2011. Structure and dynamics of *Abies nephrolepis* community in Odaesan National Park. The Geographic J Korea 45:337- 348.
- Chun YM, Kwon JH, Hong MP, Lee JS, Choung HL, Lee S. 2010. Habitat environment and succession of *Abies nephrolepis* forest in Mt. Seorak. The Geographic J Korea 44:93-102.
- Chun YM, Hong MP, Lee NY, Seo EK Lee SH. 2012. Structure and dynamics of *Taxus cuspidata* populations. Korean J Plant Res 25:123-131.
- Curtis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 35:476-496.
- Han SH, Kim DH, Kim GN, Yoon CW. 2012. Needle life span, photosynthetic pigment and nitrogen allocation of *Picea jezoensis* in Korea. Jour Korean For Soc 101:62-68.
- IPCC. 2014. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability: summary for polymakers. pp. 27-30.
- Ishii H, Tanabe S, Hiura T. 2004. Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems. Forest Sci 50:342-355.
- Jeong JH, Koo KS, Lee CH, Kim CS. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour Korean For Soc 91: 694-700.
- Kim CH, Cho MG, Kim JK, Choi MS, Chung JM, Kim JH, Moon HS. 2012. Vegetation change and growing characteristics of *Abies koreana* population by altitude in Georim valley of Mt. Jiri. J Agric Life Sci 46:1-8.
- Kim HS, Lee SM, Song HK. 2010. An analysis of the vegetation on the southern and northern slopes in the Deogyusan National Park. Kor J Env Eco 24:601-610.
- Kim GT, Choo GC. 2004. Forest structure of subalpine region from Hyangjeukbong to 2nd Deogyusan in Deogyusan National Park. Kor J Env Eco 18:142-149.
- Kim GT, Choo GC, Baek GJ. 2000. Studies on the structure of forest community at Myungsunbong, Tokp'yongbong area in Chirisan National Park. Kor J Env Eco 13:299-308.
- Kim GT, Choo GC, Um TW. 2007. Studies on the structure of *Abies koreana* community at subalpine zone in Hallasan. Kor J Env Eco 21:161-167.
- Kim NS, Lee HC. 2013. A study on changes and distributions of Korean Fir in sub-alpine zone. J Korean Env Res Tech 16:49-57.
- King D. 1981. Tree dimensions: Maximizing the rate of height growth in dense stands. Oecologia 51:351-356.
- Kohyama T. 1991. A functional model describing sapling growth under a tropical forest canopy. Func Ecol 5:82-90.
- Koo KA, Park WK, Kong WS. 2001. Dendrochronological

- analysis of *Abies koreana* W. at Mt. Halla, Korea: Effects of climate change on the growths. Korean J Ecol 24:281-288.
- Lim JH, Woo SY, Kwon MJ, Chun JH, Shin JH. 2006. Photosynthetic capacity and water use efficiency under different temperature regimes on healthy and declining Korean Fir in Mt. Halla. Jour Korean For Soc 95:705-710.
- Malason GP, Bulter DR, Walsh SJ. 2004. Ecological response to global climate changes. World mind. Kluwar Academy Pub., Netherland, pp. 469-473.
- Nabeshima E, Ishii H. 2008. Limitation and mechanisms of height growth in trees. J Jpn For Soc 90:420-430.
- Oh KK, Lee YK, Park SG. 2000. Dynamic patterns of *Abies koreana* population in Chirisan National Park-Central of east area in Chirisan National Park-. Kor J Env Eco 13: 330-339.
- Park CG. 2011. Soil characteristics and community structure of *Abies koreana* forests in Banyabong. Mt. Jiri. MA Thesis, Sunchon Nat'l Univ.
- Park HC, Lee JH, Lee GG, Um GJ. 2015. Environmental features of the distribution areas and climate sensitivity assessment of the Korean Fir and Khinghan Fir. J Environ Impact Assess 24:260-277.
- Ryan MG, Yoder BJ. 1997. Hydraulic limits to tree height and tree growth. Bio Sci 47:235-242.
- Shin MY, Chung SY, Han WS, Lee DK. 2008. Effects of microclimatic of different site types on three growth in natural deciduous forests. Kor J Agric For Meteorol 10: 9-16.
- Song KM. 2011. Vegetation structure and dynamics of *Abies koreana* forests on Mt. Halla. Dissertation, Jeju National Univ.
- Song KM, Kang YJ, Hyeon HJ. 2014. Vegetation structure at the slope direction and characteristics of seedling of *Abies koreana* in Hallasan Mountain. J Environ Sci Inter 23:39-46.
- Song KM, Kim CS, Koh JG, Kang CH, Kim MH. 2010. Vegetation structure and distributional characteristics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla. J Environ Sci 19: 415-425.
- Tony P, Dan F. 2007. Sustaining Rocky Mountain landscapes: science, policy and management for the crown of the continent ecosystem. An RFF Press Book, Washington DC, pp. 85-95.