

## 지리산 기후변화 취약수종 분포지의 산림식생 유형 및 희귀-특산식물 분포 특성

김지동<sup>1</sup> · 박고은<sup>2</sup> · 임종환<sup>2</sup> · 윤충원<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 산림자원학과, <sup>2</sup>국립산림과학원 기후변화생태연구과

## Vegetation Type Classification and Endemic-Rare Plants Investigation in Forest Vegetation Area Distributed by Vulnerable Species to Climate Change, Mt. Jiri

Ji Dong Kim<sup>1</sup>, Go Eun Park<sup>2</sup>, Jong-Hwan Lim<sup>2</sup> and Chung Weon Yun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resources, Kongju National University, Kongju 32588, Korea


<sup>2</sup>Forest Ecology and Climate Change Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

**요약:** 우리나라의 아고산대는 기후변화에 지역적 취약성을 띠는 지역으로, 아고산대의 산림식생은 기후변화에 따른 영향을 관찰할 수 있는 중요한 기초지표 중 하나이다. 본 연구는 지리산 아고산대의 기후변화 취약수종 분포지의 산림식생을 대상으로 하여 식물사회학적 식생 유형 및 희귀-특산식물 분포 특성에 대해 구명하였다. 2015년 3월부터 10월까지 37개소에서 식생조사를 실시하였고, 식물사회학적 식생유형 분류를 통해 종조성을 파악하고, 종의 우점도를 파악하기 위해 중요치를 이용하여 식생유형별 층위구조를 분석하였다. 그 결과 식생유형분류체계는 8개 중군유형과 5개의 식생단위로 구분되었다. 산림청 지정 특산식물은 9분류군, 희귀식물은 17분류군이 출현하였고, 북방계식물의 비율은 41.2%이며, 식생단위별 해발고도가 증가함에 따라 희귀-특산식물도 함께 증가하는 것으로 나타났다. 중요치 분석 결과, 구상나무는 모든 식생단위에서 평균상대우점치가 높게 나타났다. 또한 층위별로 보았을 때 식생단위 1을 제외한 단위들에서는 신갈나무, 당단풍나무 등의 수종과 경쟁관계에 놓여 있는 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과는 기후변화로 인한 아고산대 산림식생의 변화를 이해하기 위한 기초 자료 뿐만 아니라 식생학적 접근을 통한 장기 모니터링의 기초지표로 활용될 것으로 판단되었다.

**Abstract:** Subalpine zone is geographically vulnerable to climate change. Forest vegetation in this zone is one of the important basic indicator to observe the influence of climate change. This study was conducting phytosociological community classification and endemic-rare plants investigation based on vulnerable species to climate change at the subalpine zone, Mt. Jiri. Vegetation data were collected by 37 quadrat plots from March to October, 2015. In order to understand the species composition of plant sociological vegetation types and the ecological impacts of species, we analyzed the layer structure of vegetation type using important values. Vegetation type was classified into eight species groups and five vegetation units. The vegetation types can be suggested as an indicator on the change of species composition according to the future climate change. There were 9 taxa endemic plants and 17 taxa rare plants designated by KFS(Korea Forest Service) where 41.2% of them were the northern plant. Endemic-rare plants increased as the altitude of vegetation unit increase. Importance value analysis showed that the mean importance value of *Abies koreana* was highest of all vegetation units. Based on analysis of each layer, all units except vegetation unit 1 were considered to be in competition with the species such as *Quercus mongolica* and *Acer pseudosieboldianum*. The results of this study can be a basic data to understand the new patterns caused by climate change. In addition, it can be a basic indicator of long-term monitoring through vegetation science approach.

**Key words:** altitudinal gradient, coniferous forest, northern plant, subalpine zone

\* Corresponding author  
E-mail: cwyun@kongju.ac.kr

ORCID  
Chung-Weon Yun  <https://orcid.org/0000-0001-7048-6980>

## 서론

기후변화(climate change)는 기후의 상태 변화를 말하며 그 속성의 평균 및 변동성의 변화에 의해 식별 될 수 있고, 일반적으로 수십 년 또는 그 이상으로 장기간 지속된다(Hegerl et al., 2007). 최근 IPCC 5차 보고서에서 ‘기후변화는 점차 심화되고 있을 뿐만 아니라 지구상 전 대륙과 해양에 걸쳐 관측되고 있음’을 재차 확인하였다(IPCC, 2014). Bellard et al.(2012)은 이러한 기후변화가 종과 생태계에 미치는 영향이 점차적으로 커질 수 있으며, 가까운 미래에 생물다양성 감소를 야기할 것이라고 했다.

여러 과학자들의 다양한 기후변화 시나리오는 기후변화로 인한 생물다양성 감소를 예측하고 있는 가운데 예측의 다양성은 전체를 대변할 수 있는 기초자료의 부족과 그에 따른 명확한 결과의 제시에 있어서 많은 어려움이 따르고 있다(Pereira et al., 2010). 따라서 기후변화로 인해 유발되는 종(species)에서부터 생태계(ecosystem)에 이르기까지 변화되는 패턴(pattern)이나 기초지표를 알기 위해서는 장기적인 모니터링 및 지속적인 기초데이터의 축적이 이루어져야 한다(Lindner et al., 2010; Pereira et al., 2010).

육상생태계에서 생물다양성 감소의 주요 원인은 토지 이용 변화에 따른 인위적인 서식지 손실이 가장 큰 영향을 주는 것으로 밝혀졌다(Sala et al., 2005). 하지만 툰드라, 사막, 북부 침엽수림과 한대림을 포함하는 일부 생물군계 수준에서는 기후변화가 주된 원인인 것으로 확인되고 있다(Sala et al., 2005).

그러나 아직까지 기후변화에 지역적 취약성을 띄고 있는 산림에 대한 이해가 부족하며, 그에 따른 다방면의 접근과 해석이 요구되고 있다(Lindner et al., 2010). 생태구배(ecocline)의 극단지역에 해당하는 아고산대 및 고산대는 동시에 지역적 취약성을 가지고 있는 한대성 북방계 식물의 서식지이다(Kimmins, 2004; Tsuyama et al., 2015; Mathys et al., 2017). 최근 연구에 따르면 고산 빙하의 급속한 후퇴 및 고도상승은 수십 년 동안 잘 기록되어 왔으며 가속 속도의 뚜렷한 증거들이 나타나고 있다(Thompson et al., 2011; Cullen et al., 2013; Juvik et al., 2014). 하지만 지역적 취약성과 생물다양성 보전에 대한 중요성에도 불구하고 아직까지 연구가 미진한 생태계 중 하나이다.

아고산대 식생은 제한적인 패치(patch)로 발달하고 있으며, 기후변화에 취약한 지역으로 분류되어 지고 있다(Tsuyama et al., 2015; Mathys et al., 2017). 또한 산정부나 일부지역에 고립하여 독립 분포하는 아고산대 식생은 다른 분류군과 유전적 분화를 통해 높은 유전적다양성을 초래하게 되었다(Hamrick et al., 1994; Ricketts et al.,

1999). 이러한 결과로 아고산대에 정착하여 출현하는 희귀-특산식물은 중요한 자원이며, 향후 기후변화로 말미암아 희귀-특산식물이 사라진다면 소개체군에서 나타나는 유전다양성 손실을 야기하게 될 것이다(Frankham et al., 2013).

우리나라 아고산대에 해당하는 지리산은 가문비나무, 잣나무, 구상나무 등의 빙하기유존식물들이 분포하고 있는 지역이다(Kong, 2006). 지리산 아고산대 침엽수림의 주요 수종인 가문비나무림(An et al., 2010; Do et al., 2012; Han et al., 2012; Han, 2013), 구상나무림(Oh et al., 2000; Kim et al., 2012; Kim and Lee, 2013; Cho et al., 2016)에 대한 다양한 연구가 최근까지 이루어졌으나, 기후변화 취약수종 군집에 대해 식물사회학적 연구를 통한 종합적인 해석은 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 기후변화 취약수종 분포지의 산림식생에 대하여 식생학적 접근을 통한 보전과 관리방안 마련에 기여하기 위해, 1) 종군과 식생단위의 유형분류를 하고, 2) 식생유형에 따라 구분된 희귀-특산식물의 분포 특성을 구명하였으며, 3) 층위별로 종의 생태적 우점도를 파악하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 위치

지리산은 주봉은 천왕봉(1,915m)이고 북위 35° 13' ~ 35° 27', 동경 127° 27' ~ 125° 49'의 범위이며, 총 면적 약 440.4 km<sup>2</sup>으로 행정구역상 전라북도, 전라남도, 경상남도 에 포함된다. 본 조사지의 생태권역은 산악권역에 속하며(Shin and Kim, 1996), 식물구계는 남부아구이다(Lee and Yim, 2002).

### 2. 식생조사 및 분석 방법

기후변화 취약수종인 구상나무 및 가문비나무군집을 대상으로 천왕봉일대, 세석-거림일대, 노고단-반야봉일대를 2015년 3월부터 2015년 10월까지 종면적 곡선을 고려한 최대 400 m<sup>2</sup>, 총 37개소의 방형구를 설치하였다(Figure 1). 식생조사법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 입지환경, 군집구조 특성, 구성종 목록과 군도계급 및 우점도를 측정하였다. 입지환경은 Garmin Montana 650GPS 장비를 사용하여 좌표, 사면방위, 해발고도를 측정하였고, 경사도, 노암율 등을 기록하였다. 상관임분(physiognomic stand)을 하나의 조사단위로 두고 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층 4개의 층위로 구분하였다. 방형구 내 출현하는 모든 구성종은 식물동정을 거친 뒤 종명을 기록하였으며, 양으로 출현하는 각 종의 피도

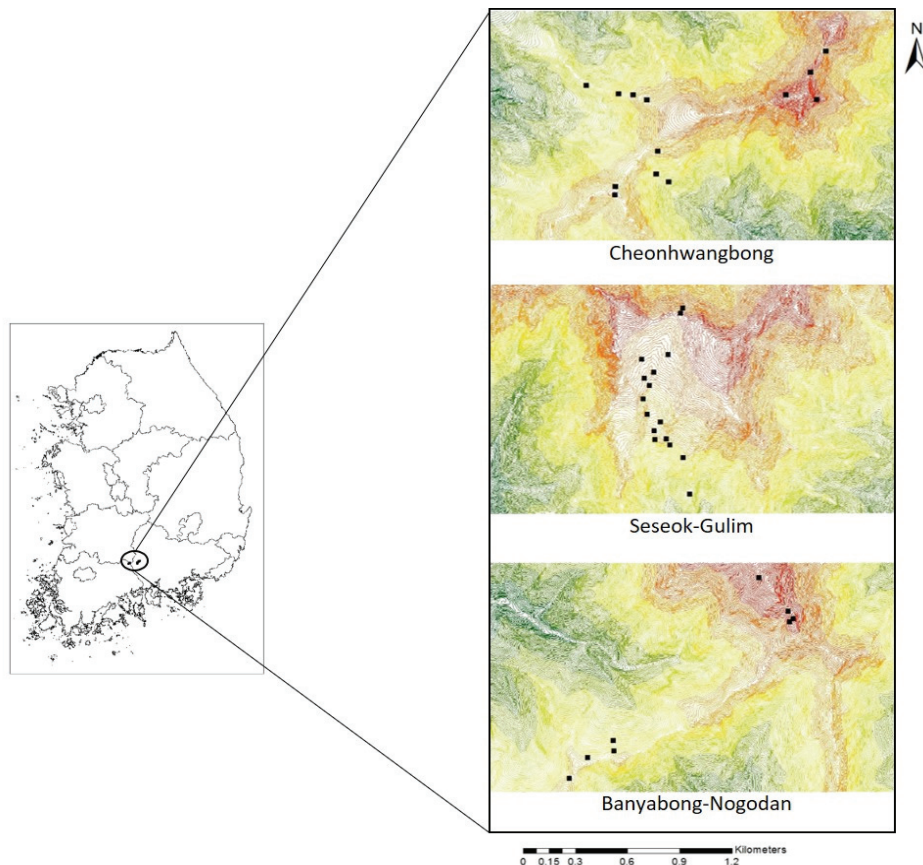


Figure 1. Location of the investigated 37 plots in Mt. Jiri.

(coverage)와 개체수를 조합시킨 우점도(dominance) 계급을 판정 기록하였으며, 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(sociability) 계급 등을 측정하였다.

원색한국수목도감(Hong et al., 1987), 원색식물도감(Lee, 2003), 나무생태도감(Yun, 2016)을 이용하여 구성종의 식물분류와 동정을 실시하였다. 한국 희귀식물 목록집(KNA, 2008)을 기준으로 희귀-특산식물을 분류하였으며, 북방계식물의 구분은 한반도 기후변화 적응대상 식물 300(KNA, 2010)을 이용하였다. 종명의 학명과 국명은 국가생물종지식정보시스템(KFS, 2010a)과 국가표준식물목록(KFS, 2010b)을 참고하였다.

식생유형분류는 대별중군과 식별중군의 용이한 파악을 위하여 PC-ORD 5.1 프로그램을 이용하여 Hill(1979)의 TWINSpan(Two-Way Indicator Species Analysis)분석을 실시한 뒤, Ellenberg(1956)가 고안한 표조작법(tabulation method)에 따라 상재도로 나타낸 식별표를 작성하여 군락유형과 식생단위를 결정하여 최종적으로 식생유형분류를 실시하였다(Müller-Dombois and Ellenberg, 2002).

식생유형에 따라 층위별 주요 구성종의 상대적인 중요도를 파악하기 위해 Curtis and McIntosh(1951)가 고안한

중요치(Importance value, IV)는 산림 군집을 이루는 구성종 간에 생태적 중요도 또는 영향력을 평가하기 위한 정량적인 방법이다(Brower and Zar, 1977). 중요치는 [상대피도(Relative coverage, RC)+상대빈도(Relative frequency, RF)]/2로 산출하였다. 또한, 각 층위에 생육하고 있는 수종들의 개체크기를 고려하여 교목층 3, 아교목층 2, 관목층 1의 가중치를 부여하고(Yim et al., 1980), 추가로 초본층에 0.5의 가중치를 부여하여 평균상대우점치(Mean Importance Value, MIV)를 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 식생유형분류

지리산 기후변화 취약수종 분포지의 식생유형분류체계는 구상나무군락군으로 크게 분류되었다. 구상나무군락군은 사스래나무군락, 구상나무전형군락의 2개 군락, 털진달래군, 사스래나무전형군의 2개 군, 가문비나무소군, 회목나무소군, 참취소군의 3개 소군으로 분류되어 총 5개의 유형이 분류되었다(Table 1). 종군유형은 종군 8의 수반종을 포함하여 총 8개의 종군유형으로 분류되었다. 대

**Table 1. Constancy table of forest vegetation in Mt. Jiri.**

Community group	I				
	A			B	
	a		b		
	i	ii	iii		c
Vegetation Unit	1	2	3	4	5
Altitude (m)	1,662.3±145.7	1,563.5±52.7	1,416.8±80.5	1,429.0±71	1,332.4±56.9
Slope degree (°)	15.4±13.6	12.5±7.9	11.0±5.8	8.0±2.4	7.0±2.4
Bare rock (%)	31.4±30.5	23.6±11.2	20.0±12.7	31.0±15.6	32.4±14.7
Coverage (%)					
tree layer	60.7±13.1	63.8±26.3	77.0±6.0	58.0±16.3	68.0±11.2
subtree layer	35.0±15.8	30.7±10.5	51.3±23.0	46.3±7.4	31.0±17.4
shrub layer	43.2±17.5	45.0±12.2	34.0±12.8	29.0±8.6	42.0±22.3
herb layer	63.9±26.7	83.1±7.5	57.0±22.9	84.0±11.6	90.0±10.0
Height (m)					
tree layer	10.3±3.3	12.1±2.1	13.1±2.1	12.6±1.6	11.8±2.3
subtree layer	5.8±1.5	8.1±1.3	7.4±1.1	7.8±0.8	7.2±0.7
shrub layer	2.1±0.6	2.4±0.5	2.4±0.4	2.6±0.4	2.4±0.4
herb layer	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.9±0.3	1.1±0.2
DBH (cm)					
tree layer	25.2±6.6	23.1±5.6	23.7±7.7	21.8±3.5	24.6±5.4
subtree layer	9.6±3.9	11.7±1.6	11.3±1.3	12.5±2.2	10.6±2.7
shrub layer	2.3±1.0	2.1±0.7	1.6±0.4	3.0±1.1	1.9±1.2
N. present species	29±7.3	27±4.3	34±3.2	20±6.0	12±3.0
Relevé	14	8	5	5	5

**1. Character species and differential species of *Abies koreana* community group;**

<i>Abies koreana</i>	V 14	V 25	V 34	V 34	V 34	구상나무
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	V 14	V 13	V 13	V 23	V 14	철쭉
<i>Pinus koraiensis</i>	IV+3	III+3	IV+1	II 12	IV11	잣나무
<i>Quercus mongolica</i>	I 22	IV+3	V 14	V 13	IV23	신갈나무
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	III+2	V 13	V+2	V 12	V 13	당단풍나무
<i>Tilia amurensis</i>	I 22	II+2	IV12	IV12	III12	피나무
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	III+2	V+2	IV12	IV13	IV12	쇠물푸레나무
<i>Dryopteris expansa</i>	IV+3	II+1	III11	III++	I ++	퍼진고사리
<i>Euonymus macropterus</i>	IV+1	II+1	I 11	II++	III++	나래회나무

**2. Character species and differential species of *Betula ermanii* community;**

<i>Betula ermanii</i>	IV+3	IV+2	IV11	II 12	I 22	사스래나무
<i>Acer komarovii</i>	IV+4	V+3	IV+1	III+1		시달나무
<i>Tripterygium regelii</i>	V+4	IV13	V+1	IV+1	II++	미역줄나무
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	V+2	V+2	IV+1	IV++		미역취
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	V 15	V 35	IV14	III12		실새풀
<i>Athyrium niponicum</i>	IV+2	IV+1	III+1	I ++		개고사리
<i>Thelypteris phegopteris</i>	III+1	IV+1	I ++	I ++		가래고사리
<i>Asarum sieboldii</i>	III++	I ++	III++	I ++		족도리풀
<i>Carex siderosticta</i>	III+2	IV+2	III+3	I 11		대사초
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	III+2	III+2	IV+1	I ++	I 11	가는잎그늘사초
<i>Maianthemum bifolium</i>	III+2	II++	II+3	I ++		두루미꽃
<i>Astilbe rubra</i>	II+1	II++	III++	II++		노루오줌
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	III+4	II 11	IV+1	II++		단풍취

Table 1. Continued.

Community group	I					
	A			B		
	a		b			
	i	ii	iii	4	5	
Vegetation Unit	1	2	3	4	5	
<b>3. Differential species of <i>Rhododendron mucronulatum</i> group;</b>						
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	IV+3	IV+3	III 13			털진달래
<i>Sorbus commixta</i>	V+3	II+1	II 11	II 11		마가목
<i>Weigela florida</i>	III+1	III+1	III++			붉은병꽃나무
<i>Ligularia fischeri</i>	II+2	IV+1	II+1			곰취
<b>4. Differential species of <i>Picea jezoensis</i> sub-group;</b>						
<i>Picea jezoensis</i>	IV+5					가문비나무
<i>Acer ukurunduense</i>	II 12					부계꽃나무
<i>Carex hakonensis</i>	IV+1					애기바늘사초
<i>Oplopanax elatus</i>	II+1					맛두릅나무
<i>Salix caprea</i>	II+1					호랑버들
<b>5. Differential species of <i>Euonymus pauciflorus</i> sub-group;</b>						
<i>Euonymus pauciflorus</i>	I ++	II ++				회목나무
<i>Heloniopsis koreana</i>		II+1	I 11			치녀치마
<i>Saussurea gracilis</i>		II+1				은분취
<i>Rubus crataegifolius</i>		II ++				산딸기
<i>Thalictrum actaeofolium</i> var. <i>brevistylum</i>		II ++				은평의다리
<b>6. Differential species of <i>Euonymus pauciflorus</i> sub-group;</b>						
<i>Aster scaber</i>	I +1		IV ++	I ++		참취
<i>Isodon excisus</i>			III ++	I ++		오리방풀
<i>Filipendula koreana</i>	I 11		III ++			붉은터리풀
<i>Carex okamotoi</i>	I ++		II ++			지리대사초
<i>Streptopus ovalis</i>			III ++			금강애기나리
<i>Galium kamschaticum</i>			II ++			털둥근갈퀴
<b>7. <i>Sasa borealis</i> differential group;</b>						
<i>Sasa borealis</i>			II 13	V 35	V 45	조릿대
<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>		I ++	III+2	V+1	I ++	노린재나무
<i>Carpinus cordata</i>			III 11	I 22	I ++	까치박달
<b>8. Companion species group;</b>						
<i>Magnolia sieboldii</i>	III+3	II ++		I 11	III+2	함박꽃나무
<i>Alnus sibirica</i>	I 22	II+2		I 22	I 22	물오리나무
<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>	II+1	II ++	I ++		I ++	막총나무
<i>Deparia conilii</i>	I ++	I ++	I ++	I ++		좀진고사리
<i>Parasenecio auriculatus</i> var. <i>kamtschatica</i>	II+1	II ++	I ++	I ++		나래박쥐나물
<i>Saussurea grandifolia</i>	II+1	II ++	I 11	I ++		서덜취
<i>Hydrangea serrata</i> f. <i>acuminata</i>	I 11	I 11	II+1	II 11		산수국
<i>Adenophora remotiflora</i>	II+1	II ++	II ++			모시대
<i>Prunus padus</i>	I ++	I ++	I ++			귀룽나무
<i>Veratrum oxysepalum</i>	II+1	I ++	II+2			박새
<i>Aconitum jaluense</i>	I ++	II ++	III ++			투구꽃

\* The other 105 companion species among total of 116 species omitted.

별종군은 가문비나무소군(종군 4)과 조릿대식별종군(종군 7), 회목나무소군(종군 5)과 조릿대식별종군(종군 7)로 2개 유형이 나타났다.

종군 1의 구상나무군락군에 표징종과 식별종은 구상나무, 철쭉, 잣나무 등으로 총 9종의 구성종에 의해 구분되었다. 종군 2의 사스래나무군락군에 표징종과 식별종은 사스래나무, 시닥나무, 미역줄나무 등으로 총 13종의 구성종에 의해 구분되었다. 종군 3의 털진달래군의 식별종은 털진달래, 마가목, 붉은병꽃나무, 곰취 등으로 총 4종의 구성종에 의해 구분되었다. 종군 7의 조릿대식별종군은 조릿대, 노린재나무, 까치박달 등으로 총 3종의 구성종에 의해 구분되었다.

#### 1) 사스래나무군락-털진달래군-가문비나무소군 (식생단위 1)

가문비나무소군은 14개의 방형구이며, 구상나무군락군의 최상위 단위에서부터 그 하위단위인 종군 4의 가문비나무, 부계꽃나무, 애기바늘사초, 땃두릅나무, 호랑버들의 식별종 출현에 의해 가문비나무소군으로 구분되었다. 본 단위는 종군 1, 종군 2, 종군 3, 종군 4의 식별종이 출현하고 있는 반면, 종군 5, 종군 6, 종군 7의 식별종은 출현하지 않았다.

본 단위에서 출현한 식물종의 우점도가 3이상인 종은 구상나무, 철쭉, 잣나무, 퍼진고사리, 사스래나무, 가문비나무 등으로 총 15종이 나타났고, 상재도가 IV 이상의 광역분포특징을 보이는 종은 구상나무, 철쭉, 잣나무, 가문비나무, 애기바늘사초 등으로 총 15종이 나타났다. 이 중 가문비나무는 구상나무에 비해 수직 및 수평적으로 분포역이 좁기 때문에(Kong, 2004; Lee et al., 2014; Yun, 2016), 가문비나무를 포함한 종조성적인 면에서 해당 군락의 보존이 필요할 것으로 판단되었다.

특징적인 환경인자는 반야봉과 천왕봉을 포함하는 조사구가 위치하기 때문에 평균 해발고도가 높게 나타났으며, 평균경사도, 평균노암을 또한 가장 높게 나타냈다. 지리산에서 가문비나무는 1,500 m 이상에서 자생하며, 흉고직경이 대부분이 큰 것으로 보고가 되고 있다(KNA, 2010). 또한 아한대 침엽수림 또는 북부침엽수림에서 가문비나무속은 긴 수명으로 인해 흉고직경이 가장 크게 발달하는 수종 중 하나이다(Miyadokoro et al., 2003; Nishimura et al., 2009). 따라서 본 단위에서 평균 DBH가 가장 크게 나타나는 것은 가문비나무 등의 대형으로 성장하는 수종에 의한 것으로 사료되었다.

#### 2) 사스래나무군락-털진달래군-회목나무소군(식생단위 2) 회목나무소군은 8개의 방형구이며, 구상나무군락군의

최상위 단위에서부터 그 하위단위인 종군 5의 회목나무, 처녀치마, 은분취, 산딸기, 은평의다리의 식별종 출현에 의해 회목나무소군으로 구분되었다. 본 단위는 종군 1, 종군 2, 종군 3, 종군 5의 식별종이 출현하고 있는 반면, 종군 4, 종군 6, 종군 7의 식별종은 출현하지 않았다.

본 단위에서 출현한 식물종의 우점도가 3이상인 종은 구상나무, 철쭉, 잣나무 등으로 총 9종이 나타났고, 상재도가 IV 이상의 광역분포특징을 보이는 종은 구상나무, 철쭉, 신갈나무 등으로 총 15종이 나타났다. 특히 IV이상의 고상재도 종인 쇠물푸레나무, 개고사리, 가래고사리, 곰취 등의 출현은 본 단위가 다른 단위에 비해 상대적으로 습한 지역인 것을 알 수 있다(Yun et al., 2011). 향후 본 단위의 종조성 변화에 따라 기후변화에 따른 영향도 함께 판단할 수 있는 주요 핵심종이 될 것으로 판단되었다.

본 단위는 평균 초본층식피율이 83.1±7.5%로 높게 나타났으며, 식생단위 4와 식생단위 5와는 대별되는 종조성에 의해 분류될 수 있다. 초본층 식피율 80%이상으로 높게 나타난 것은 상대적으로 교목층-아교목층 식피율이 낮아 그에 따른 유입광량 및 수관열림도에 의한 하층 식생의 양호한 생육환경이 조성된 것으로 판단되었다. Bartemucci et al.(2006)은 상층을 통한 빛의 전달이 하층 식생의 구조와 기능에 많은 영향을 미치고, 숲의 유형에 상관없이 상부에서부터 이루어지는 빛의 균질화가 하층의 생육에 영향을 끼치는 것으로 보았다. 따라서 기후변화에 의한 교란과 빛의 영향에 의해 생육환경이 변화함에 따라 하층식생의 종조성 변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다.

#### 3) 사스래나무군락-털진달래군-참취소군(식생단위 3)

참취소군은 5개의 방형구이며, 구상나무군락군의 최상위 단위에서부터 그 하위단위인 종군 6의 참취, 오리방풀, 붉은터리풀, 지리대사초, 금강애기나리, 털둥근갈퀴의 식별종 출현에 의해 참취소군으로 구분되었다. 이어서 조릿대식별종군(종군 7)을 하나의 단위로 하였을 경우 참취소군의 상위 단위로 볼 수 있다. 본 단위는 종군 1, 종군 2, 종군 3, 종군 6, 종군 7의 식별종이 출현하고 있는 반면, 종군 4, 종군 5, 종군 7의 식별종은 출현하지 않았다.

본 단위에서 출현한 식물종의 우점도가 3이상인 종은 구상나무, 철쭉, 신갈나무 등으로 총 8종이 나타났고, 상재도가 IV 이상의 광역분포특징을 보이는 종은 구상나무, 철쭉, 잣나무 등으로 총 15종이 나타났다.

식생단위 3은 다른 단위와 비교 하였을 때 평균 교목층-아교목층 식피율, 교목층 수고, 출현종수가 높게 나타났다. 상층을 이루는 교목성 수종인 구상나무, 잣나무, 신갈



나무, 피나무 등과 아교목성 수종인 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무, 시닥나무 등이 IV이상의 고상재도 종으로 나타나고 있다. 본 단위는 침엽수종과 낙엽활엽수종간의 상층 지위경쟁이 이루어 질 것으로 판단되었다.

해당 단위는 분류된 식생유형 중에서 중간고도에 위치하며, 평균 출현종수가 가장 높게 나타났다. 참취소군의 경우 초본층 식생에 의해 이루어진 중군유형이며, 아고산대를 대상으로 한 식물사회학적 식생유형 분류 중 초본층 식생의 종조성에 의해 종 풍부도가 높게 나타나는 경향과 유사하였다(Kim et al., 2017). 향후 본 단위와 더불어 우리나라의 고도구배에 따른 종 풍부도에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

#### 4) 사스래나무군락-사스래나무전형군(식생단위 4)

사스래나무전형군은 5개의 방형구이며, 구상나무군락군의 최상위 단위에서부터 그 하위단위인 중군 2의 사스래나무, 시닥나무, 미역줄나무, 미역취, 실새풀, 개고사리, 가래고사리, 죽도리풀, 대사초, 가는잎그늘사초, 두루미꽃, 노루오줌, 단풍취의 식별종 출현에 의해 사스래나무전형군으로 구분되었다. 이어서 조릿대식별종군(중군 7)을 하나의 단위로 하였을 경우 사스래나무전형군의 상위단위로 볼 수 있다. 본 단위는 중군 1, 중군 2, 중군 7의 식별종이 출현하고 있는 반면, 중군 3, 중군 4, 중군 5, 중군 6의 식별종은 출현하지 않았다.

본 단위에서 출현한 식물종의 우점도가 3이상인 종은 구상나무, 철쭉, 신갈나무 등으로 총 5종이 나타났고, 상재도가 IV 이상의 광역분포특징을 보이는 종은 구상나무, 철쭉, 신갈나무 등으로 총 10종이 나타났다. 특히 조릿대의 경우 우점도가 높고 고상재도 종으로 나타나고 있으므로, 하층에서 조릿대에 의한 성장방해 및 피압에 대한 연구가 다방면으로 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

Yun et al.(2011)은 사스래나무군락형의 평균 해발고도는 1,400 m 이상에서 분류되며, 구상나무, 가문비나무, 땃두릅나무 등의 고산성 수종과 함께 출현하는 것으로 연구결과를 제시하였다. 본 연구결과에서는 사스래나무전형군이 1,400 m 이상에서 분류되었으나, 고산성 수종인 가문비나무, 땃두릅나무 등이 출현하지 않아 해발고도가 종조성을 이루는데 있어 중요한 인자이며, 그에 따른 하층 식생의 구성 또한 중요한 요인 중 하나인 것으로 판단되었다.

#### 5) 구상나무전형군락(식생단위 5)

구상나무전형군락은 5개의 방형구이며, 구상나무군락군의 최상위 단위에서부터 그 하위단위가 존재하지 않아 중군 1의 구상나무, 철쭉, 잣나무, 신갈나무, 당단풍

나무, 피나무, 쇠물푸레나무, 퍼진고사리, 나래회나무의 식별종 출현에 의해 구상나무전형군락으로 구분되었다. 이어서 조릿대식별종군(중군 7)을 하나의 단위로 하였을 경우 구상나무전형군락의 상위 단위로 볼 수 있다. 본 단위는 중군 1, 중군 7의 식별종이 출현하고 있는 반면, 중군 2, 중군 3, 중군 4, 중군 5, 중군 6의 식별종은 출현하지 않았다.

본 단위에서 출현한 식물종의 우점도가 3이상인 종은 구상나무, 철쭉, 신갈나무, 당단풍나무, 조릿대이며 총 5종이 나타났고, 상재도가 IV 이상의 광역분포특징을 보이는 종은 구상나무, 철쭉, 잣나무 등으로 총 7종이 나타났다. 특히 함께 나타나는 조릿대의 경우 우점도 4이상 및 상재도 IV로 가장 높게 나타나고 있다. Park et al. (2012)이 보고한 결과에 따르면, 조릿대의 우점도가 90% 이상으로 높은 지역은 다른 개체의 성장 및 치수갱신을 방해하는 것으로 보았다. 따라서 해당 단위에서의 조릿대 출현에 의해 하층식생 구성에 큰 영향력을 끼치고 있는 것으로 판단되었다.

식생단위 4와 식생단위 5는 평균 초본층식피율 80% 이상으로 높게 나타나는 단위로 초본층의 대부분을 우점하고 있는 조릿대의 영향이 가장 큰 것으로 판단되었다. 조릿대가 나타나는 지역은 관목층 이하에서 조릿대의 밀도가 높고(Lee et al., 2000), 독특한 성장특성에 따라 광범위하게 분포하게 되어 하층식생을 이루는 관목층 이하의 층위에서 교목성-아교목성 수종의 치수발생 및 성장을 방해한다(Park et al., 2012). 특히 하층식생에서 이루어지는 치수갱신에 있어 조릿대류(*dwarf bamboo*; *Sasa* spp.)의 밀도에 따라 *Picea* spp. 보다 *Abies* spp.에 많은 영향을 끼치는 연구 결과가 보고되었다(Takahashi, 1997). 따라서 본 단위는 조릿대식별종군의 영향에 의한 빛 환경이 더욱 극단적인 지역인 것으로 판단되므로, 기후변화 취약수종의 치수갱신과 관련하여 조릿대 동태 파악이 시급한 실정이다.

## 2. 희귀-특산식물 분포 특성

지리산 산림 군집에서 출현한 산림청 지정 특산식물은 구상나무, 지리대사초, 물들메나무, 청나래박쥐나무, 어리병풍, 금마타리, 노각나무, 산앵도나무, 큰산꼬리풀로 총 9분류군이 나타났다. 산림청 지정 희귀식물은 북방계 식물의 비율이 41.2%이며, 도라지모시대, 과남풀, 땃두릅나무, 계박쥐나무, 가문비나무, 만병초, 흰참꽃나무 등 7분류군이 이에 해당된다. 국지 분포하는 희귀식물은 구상나무, 세잎종덩굴, 나도옥잠화, 가시오갈피, 말나리, 어리병풍, 금마타리, 금강애기나리, 주목, 덩굴꽃마리 등 10분류군으로, 희귀식물은 총 17분류군이 출현하였다.

1) 사스래나무군락-털진달래군-가문비나무소군 (식생단위 1)

평균 해발고도 1662.3±145.7 m로, 산림청지정 특산식물(endemic plants)은 구상나무, 지리대사초, 물들메나무, 참나래박쥐나무, 어리병풍, 금마타리, 노각나무, 산앵도나무이며 총 8분류군이 출현하였고, 희귀식물(rare plants)은 위기종(Endangered Species, EN) 2분류군, 취약종(Vulnerable, VU) 4분류군, 약관심종(Least Concern, LC) 6분류군, 자료부족종(Data Deficient, DD) 1분류군으로 총 13분류군이 출현하였다. 북방계식물은 가문비나무, 흰참꽃나무, 계박쥐나무, 과남풀, 도라지모시대, 땃두릅나무, 만병초이며 총 7분류군이 출현하였다.

2) 사스래나무군락-털진달래군-회목나무소군(식생단위 2)

평균 해발고도가 1,563.5±52.7 m로, 산림청지정 특산식물은 구상나무, 노각나무, 산앵도나무, 큰산꼬리풀이며 총 4분류군이 출현하였고, 희귀식물은 위기종(EN) 1분류군, 취약종(VU) 2분류군, 약관심종(LC) 3분류군으로 총 6분류군이 출현하였다. 북방계식물은 흰참꽃나무이며 총 1분류군이 출현하였다.

3) 사스래나무군락-털진달래군-참취소군(식생단위 3)

본 단위는 평균 해발고도가 1,416.8±80.5 m로 나타났으며, 산림청지정 특산식물은 구상나무, 지리대사초이며 총 2분류군이 출현하였고, 희귀식물은 약관심종(LC) 4분류군으로 총 4분류군이 출현하였다. 북방계식물은 과남풀이며 총 1분류군이 출현하였다.

4) 사스래나무군락-사스래나무전형군(식생단위 4)

본 단위는 평균 해발고도가 1,429.0±71 m로 나타났으며, 산림청지정 특산식물은 구상나무, 금마타리, 노각나무

이며 총 3분류군이 출현하였고, 희귀식물은 취약종(VU) 2분류군, 약관심종(LC) 2분류군으로 총 4분류군이 출현하였다. 북방계식물은 과남풀이며 총 1분류군이 출현하였다.

5) 구상나무전형군락(식생단위 5)

본 단위는 평균 해발고도가 1,332.4±56.9 m로 나타났으며, 산림청지정 특산식물은 구상나무, 물들메나무, 노각나무이며 총 3분류군이 출현하였고, 희귀식물은 약관심종(LC) 1분류군으로 총 1분류군이 출현하였다. 북방계식물은 출현하지 않았다.

식생단위별 희귀-특산식물의 분류군수가 식생단위 5부터 식생단위 1까지 해발고도가 증가함에 따라 분류군수도 함께 증가하는 것으로 나타났다. Grytnes et al.(2006)는 노르웨이의 북부 산악지역의 관속식물은 고도구배에 따라 산림한계선까지 총 종풍부도는 증가하는 것으로 보고하였다. 또한, Vetaas and Grytnes(2002)가 보고한 연구 결과에 따르면, 히말라야산맥은 저지대에서 고지대까지 고유종의 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같이 히말라야와 같은 산악지역은 지리적 격리 메커니즘에 따라 고유종 최대수가 고지대에서 발생하며(Vetaas and Grytnes, 2002), Lomolino(2001)는 종 풍부도와 고유종 개체수는 고도구배에 따라 증가하며, 고도의 중간에서 산정까지 최고조에 달하는 연구결과와 유사한 경향이였다. 현재 고산-아고산대 중에 미치는 가장 큰 영향은 관광의 증가, 토지이용 변화가 아닌 기후변화가 주된 요인으로 관찰되고 있으므로(Klanderud and Birks, 2003; Sala et al., 2005), 본 연구 결과를 바탕으로 향후 기후변화로 인한 희귀-특산식물의 분포 특성의 변화에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Table 2. The list of Korean endemic plants at subalpine forest vegetation in Mt. Jiri.

Species (Scientific name)	Vegetation Unit					
	1	2	3	4	5	
<i>Abies koreana</i>	0	0	0	0	0	구상나무
<i>Carex okamotoi</i>	0	-	0	-	-	지리대사초
<i>Fraxinus chiisanensis</i>	0	-	-	-	0	물들메나무
<i>Parasenecio koraiensis</i>	0	-	-	-	-	참나래박쥐나무
<i>Parasenecio pseudotaimingasa</i>	0	-	-	-	-	어리병풍
<i>Patrinia saniculifolia</i>	0	-	-	0	-	금마타리
<i>Stewartia pseudocamellia</i>	0	0	-	0	0	노각나무
<i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i>	0	0	-	-	-	산앵도나무
<i>Veronica kiusiana</i> var. <i>glabrifolia</i>	-	0	-	-	-	큰산꼬리풀
Taxa	8	4	2	3	3	-



Table 3. The list of rare plants at subalpine forest vegetation in Mt. Jiri.

Species (Scientific name)	Vegetation Unit					Categories	
	1	2	3	4	5		
<i>Abies koreana</i>	O	O	O	O	O	LC	구상나무
<i>Adenophora grandiflora</i>	O	-	-	-	-	DD*	도라지모시대
<i>Clematis koreana</i>	-	O	-	-	-	LC	세잎종덩굴
<i>Clintonia udensis</i>	O	O	-	-	-	VU	나도옥잠화
<i>Eleutherococcus senticosus</i>	-	-	-	O	-	VU	가시오갈피
<i>Gentiana triflora</i> var. <i>japonica</i>	O	-	O	-	-	LC*	과남풀
<i>Lilium distichum</i>	O	-	O	-	-	LC	말나리
<i>Oplopanax elatus</i>	O	-	-	-	-	EN*	땃두릅나무
<i>Parasenecio adenostyloides</i>	O	-	-	-	-	LC*	계박취나물
<i>Parasenecio pseudotaimegasa</i>	O	-	-	-	-	VU	어리병풍
<i>Patrinia saniculifolia</i>	O	-	-	O	-	LC	금마타리
<i>Picea jezoensis</i>	O	-	-	-	-	VU*	가문비나무
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	O	-	-	-	-	LC*	만병초
<i>Rhododendron tschonoskii</i>	O	O	-	-	-	EN*	흰참꽃나무
<i>Streptopus ovalis</i>	-	-	O	-	-	LC	금강애기나리
<i>Taxus cuspidata</i>	O	O	-	O	-	VU	주목
<i>Trigonotis icumae</i>	-	O	-	-	-	LC	덩굴꽃마리
Taxa	13	6	4	4	1	17	-

\* Northern plants.

Table 4. Importance value of major species for fore layers in vegetation unit (VU).

VU	Species (Scientific name)	Layer					
		T	ST	S	H	MIP	
1	<i>Abies koreana</i>	25.32	10.53	6.95	2.19	16.16	구상나무
	<i>Picea jezoensis</i>	28.46	1.67	2.81	1.12	14.17	가문비나무
	<i>Pinus koraiensis</i>	12.94	8.86	2.39	0.96	9.14	잣나무
	<i>Betula ermanii</i>	10.03	12.82	1.14	0.99	8.83	사스래나무
	<i>Acer komarovii</i>	-	22.97	8.17	3.45	8.59	시닥나무
	<i>Sorbus commixta</i>	7.41	13.87	2.51	0.96	8.15	마가목
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	10.45	2.52	0.32	3.63	당단풍나무
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	20.96	1.12	3.31	철쭉
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	3.02	1.67	3.06	0.16	2.39	쇠물푸레나무
	Others(113 species)	12.83	17.14	49.48	88.73	25.63	-
Total		100	100	100	100	100	-
2	<i>Abies koreana</i>	42.65	20.57	4.43	2.21	26.87	구상나무
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	2.38	25.05	5.84	1.24	9.80	당단풍나무
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	3.20	13.46	7.24	0.31	6.76	쇠물푸레나무
	<i>Pinus koraiensis</i>	10.15	3.17	1.61	0.31	5.93	잣나무
	<i>Betula ermanii</i>	7.96	6.35	1.41	0.62	5.89	사스래나무
	<i>Quercus mongolica</i>	9.15	3.17	-	0.93	5.27	신갈나무
	<i>Acer komarovii</i>	-	11.59	7.18	1.56	4.79	시닥나무
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	28.26	1.59	4.47	철쭉
	<i>Ilex macropoda</i>	2.38	5.14	-	-	2.68	대팻집나무
	Others(70 species)	22.13	11.49	44.04	91.22	27.54	-
Total		100	100	100	100	100	-

Table 4. Continued.

VU	Species (Scientific name)	Layer					
		T	ST	S	H	MIP	
3	<i>Abies koreana</i>	31.34	25.97	4.05	0.84	23.14	구상나무
	<i>Quercus mongolica</i>	28.80	7.54	-	0.42	15.64	신갈나무
	<i>Tilia amurensis</i>	8.00	10.03	2.60	-	7.18	피나무
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.60	6.25	5.50	0.84	5.88	당단풍나무
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	9.27	-	4.05	0.84	4.97	쇠물푸레나무
	<i>Betula ermanii</i>	2.67	11.31	1.45	-	4.93	사스래나무
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	27.52	0.42	4.27	철쭉
	<i>Carpinus cordata</i>	-	11.31	-	-	3.48	까치박달
	<i>Pinus koraiensis</i>	2.67	3.77	-	1.25	2.49	잣나무
	Others(70 species)	10.66	23.82	54.82	95.40	28.02	-
	Total	100	100	100	100	100	-
4	<i>Abies koreana</i>	30.51	19.22	2.21	2.11	20.50	구상나무
	<i>Quercus mongolica</i>	20.39	9.65	4.11	0.76	13.07	신갈나무
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	2.33	21.38	8.23	1.51	9.04	당단풍나무
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	8.18	13.31	4.11	2.27	8.68	쇠물푸레나무
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	48.80	2.87	7.73	철쭉
	<i>Tilia amurensis</i>	8.18	9.57	2.21	0.76	7.12	피나무
	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	4.66	7.32	2.21	0.76	4.80	노각나무
	<i>Pinus koraiensis</i>	5.85	3.66	2.21	-	4.17	잣나무
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	-	41.24	3.17	조릿대
	Others(42 species)	19.89	15.88	25.90	47.71	21.72	-
	Total	100	100	100	100	100	-
5	<i>Abies koreana</i>	36.28	18.24	8.69	2.01	23.85	구상나무
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.90	28.21	15.96	4.02	14.63	당단풍나무
	<i>Quercus mongolica</i>	21.59	13.20	-	-	14.03	신갈나무
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	20.96	5.07	2.01	7.38	쇠물푸레나무
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	41.54	4.02	6.70	철쭉
	<i>Pinus koraiensis</i>	5.78	7.76	3.38	4.02	5.89	잣나무
	<i>Tilia amurensis</i>	9.79	-	-	2.01	4.67	피나무
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	-	58.51	4.50	조릿대
	<i>Fraxinus mandshurica</i>	5.86	-	-	-	2.71	들메나무
	Others(20 species)	13.79	11.64	25.37	23.39	15.65	-
	Total	100	100	100	100	100	-

### 3. 식생유형별 층위구조

층위별 구성종의 중요도는 전반적으로 아고산대의 특징적인 기후에 의해 당단풍나무, 신갈나무 등 낙엽활엽수가 우점하지 못하고 구상나무, 가문비나무와 잣나무 등 상록침엽수의 평균상대우점치가 높게 나타났다(Table 3). 식생단위 1의 주요 경쟁수종은 구상나무와 가문비나무로 두 수종이 경쟁관계에 놓여 있는 것으로 판단되며, 천왕봉(An et al., 2010) 및 반야봉(Cho et al., 2016)에서 가문비나무가 교목층에서 가장 우세하나 아교목층 이하

의 층위에서 구상나무에 비해 비교적 중요치가 낮게 나타난 연구결과와 유사한 경향이였다. 식생단위 2와 식생단위 3은 구상나무가 모든 층위에서 고르게 우세하여 당분간 구상나무림이 지속될 것으로 판단되었다. 식생단위 4와 식생단위 5는 구상나무와 함께 상층식생을 이루는 신갈나무, 당단풍나무 등과 상층 지위경쟁이 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 하층식생을 이루는 관목층-초본층에서 당단풍나무, 철쭉, 조릿대 등의 중요도가 높게 나타났다. 하층식생에서 가장 높은 중요도를 보인 조릿대

의 경우, Lee et al.(2000)와 Park et al.(2012)은 조릿대의 밀도가 높을수록 종 풍부도를 낮추고 치수발생과 생장을 방해하는 연구 결과와 유사한 경향이였다. 식생유형분류 결과와 연관시켜 보면 식생단위 4와 식생단위 5에서 구상나무의 치수가 조릿대의 높은 밀도로 인해 피압을 받고 있어 발아 및 생장이 제한적인 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 기후변화에 따른 산림생태계 영향평가 및 적응 연구(II) 과제(과제번호: FE0100-2015-01, 위탁연구과제 “지리산 일대 아고산 수종 분포 및 임분 동태 조사”)의 연구 수행 일환으로 작성 되었습니다.

## References

- An, H.C., Kim, G.T., Choo, G.C., Tae, W.U., Park, S.B. and Park, E.H. 2010. A study on the structure of forest community of *Picea jezoensis* stands at Cheonwangbong area, Jirisan (Mt.). Journal of Korean Forest Society 99(4): 590-596. (in Korean with English abstract)
- Bartemucci, P., Messier, C. and Canham, C.D. 2006. Overstory influences on light attenuation patterns and understory plant community diversity and composition in southern boreal forests of Quebec. Canadian Journal of Forest Research 36(9): 2065-2079.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. and Courchamp, F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters 15: 365-377.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde (3rd Ed.). Springer-Verlag. New York. pp. 865. (in German)
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. Iowa, U.S.A. pp. 596.
- Cho, M.G., Chung, J.M., Im, H.I., Noh, I., Kim, T.W., Kim, C.Y. and Moon, H.S. 2016. Ecological characteristics of sub-alpine coniferous forest on Banyabong in Mt. Jiri. Journal of Climate Change Research 7(4): 465-476. (in Korean with English abstract)
- Cullen, N.H., Sirguy, P., Mölg, T., Kaser, G., Winlker, M. and Fitzsimons, S.J. 2013. A century of ice retreat on Kilimanjaro: the mapping reloaded. The Cryosphere 7: 419-431.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.
- Do, M.S., Lee, J.H., Gwon, J.H. and Song, H.K. 2012. Vegetation structure and ecological properties of *Picea jezoensis* community. CNU journal of agricultural science. 39(4): 525-534. (in Korean with English abstract)
- Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. E. Ulmer. Stuttgart. pp. 136. (in German)
- Frankham R., Ballou, J.D. and Briscoe D.A. 2013. A Primer of Conservation Genetics. worldscience. pp. 215.
- Grytnes, J.A., Heegaard, E. and Ihlen, P.G. 2006. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway. Acta Oecologica 29: 241-246.
- Hamrick, J.L., Schnabel, A.F. and Wells, P.V. 1994. Distribution of genetic diversity within and among populations of Great Basin conifers. Pages 147-161 in Hager, K.T., St. Clair, L.L., Thome, K.H. and Witters, W.W. editors. Natural History of the Colorado Plateau and Great Basin. University of Colorado Press. Niwot, Colorado, USA.
- Han, A.R. 2013. The population structure and regeneration characteristics of Jezo spruce (*Picea jezoensis*) in the southern part of the Korean Peninsula. Doctoral Dissertation. Seoul National University. pp. 195. (in Korean with English abstract)
- Han, S.H., Kim, D.H., Kim, G.N. and Yun, C.W. 2012. Needle life span, photosynthetic pigment and nitrogen allocation of *Picea jezoensis* in Korea. Journal of Korean Forest Society 101: 62-68. (in Korean with English abstract)
- Hegerl, G.C., Zwiers, F.W., Braconnot, P., Gillett, N.P., Luo, Y., Marengo Orsini, J.A., Nicholls, N., Penner J.E. and Stott, P.A. 2007. Understanding and Attributing Climate Change. pp. 663-746. In: Solomon, S. et al. editors. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, U.S.A.
- Hill, M.O. 1979. TWINSpan- A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Cornell University Press. Ithaca, New York. pp. 50.
- Hong, S.C., Byen, S.H. and Kim, S.S. 1987. Colored Illustrations of Trees and Shrubs in Korea. Gyemyengsa. Korea. pp. 310. (in Korean)
- Juvik, J., Kueffer, C., Juvik, S. and Nagata, S. 2014. Introduction-Losing the high ground: rapid transformation of tropical island alpine and Subalpine environments. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 46(4): 705-708.
- Kim, C.H., Cho, M.G., Kim, J.K., Choi, M.S., Chung, J.M., Kim, J.H. and Moon, H.S. 2012. Vegetation change and

- growing characteristics of *Abies koreana* population by altitude in Georim valley of Mt. Jiri. *Journal of Agriculture & Life Science* 46(1): 1-8. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.D., Park, G.E., Lim, J.H. and Yun, C.W. 2017. Phytosociological community type classification and flora of vascular plants for the forest vegetation of Daecheongbong area in Mt. Seorak. *Journal of Korean Forest Society* 106(2): 130-149. (in Korean with English abstract)
- Kim, N.S. and Lee, H.C. 2013. A Study on changes and distributions of Korean fir in sub-alpine zone. *J. Korean Env. Res. Tech.* 16(5): 49-57.
- Kimmins, J.P. 2004. *Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Forest Management and Environmental Ethics in Forestry*. 3rd Ed. Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. pp. 611.
- Klanderud, K. and Birks, H.J.B. 2003. Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *Holocene* 13(1): 1-6.
- Kong, W.S. 2004. Species composition and distribution of native Korean conifers. *Journal of the Korean Geographical Society* 39(4): 528-543. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S. 2006. Biogeography of native Korean Pinaceae. *Journal of the Korean Geographical Society* 41(1): 73-93. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service. 2010a. Korea Biodiversity Information System. <http://www.nature.go.kr/>
- Korea Forest Service. 2010b. Korea Plant Names Index Committee. <http://www.nature.go.kr/kpni/>
- Korea National Arboretum. 2008. *Rare Plants Data Book in Korea*. Geobook. Korea. pp. 332. (in Korean)
- Korea National Arboretum. 2010. *300 Target Plants Adaptable to Climate Change in the Korea Peninsula*. Theulmunhwa. Korea. pp. 492. (in Korean)
- Lee, J.H., Shin, H.S., Cho, H.J. and Yun, C.W. 2014. *Subalpine Conifer Forest Communities*. National Institute of Ecology. GeoBook. Korea. pp. 136.
- Lee, K.J., Kwon, J.O. and Kim, J.Y. 2000. Plant community structure in Keolim valley of Chirisan national park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 13(4): 392-403. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B. 2003. *Coloured Flora of Korea*. Hyangmunsa. Korea. pp. 999. (in Korean)
- Lee, W.T. and Yim, Y.J. 2002. *Plant Geography*. Kangwon National University. Korea. pp. 412. (in Korean)
- Lindner, M. et al. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259: 698-709.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology & Biogeography* 10: 3-13.
- Mathys, A.S., Coops, N.C. and Waring, R.H. 2017. An ecoregion assessment of projected tree species vulnerabilities in western North America through the 21st century. *Global Change Biology* 23: 920-932.
- Miyadokoro T., Nishimura, N. and Yamamoto, S. 2003. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, central Japan.
- Müller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 2002. *Aims and Method of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons Press. New Jersey, U.S.A. pp. 574.
- Nishimura, N., Kato, K., Sumida, A., Ono, K., Tanouchi, H., Iida, S., Hoshino, D., Yamamoto, S-I. and Hara, T. 2009. Effects of life history strategies and tree competition on species coexistence in a sub-boreal coniferous forest of Japan.
- Oh, K.K., Jee, Y.K. and Park, S.G. 2000. Dynamic patterns of *Abies koreana* population in Chirisan national park-central of east area in Chirisan national park-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 13(4): 330-339. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G., Yi, M.H., Yoon, J.W. and Sin, H.T. 2012. Environmental factors and growth properties of *Sasa borealis* (Hack.) Makino community and effect its distribution on the development of lower vegetation in Jirisan national park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(1): 82-90. (in Korean with English abstract)
- Pereira, H.M. et al. 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330: 1496-1501.
- Ricketts, T.H. et al. 1999. *Terrestrial Ecoregions of North America: a conservation assessment*. Island Press. Washington, D.C. pp. 471.
- Sala, O.E. et al. 2005. Chapter 10: Biodiversity Across Scenarios. pp. 375-408. In: *ecosystems and human well-being: scenarios*, volume 2. Millenium Ecosystem Assesment. Island Press. New York, U.S.A.
- Shin, J.H. and Kim, C.M. 1996. Ecosystem classification in Korea(I): ecoprovince classification. *FRI Journal of Forest Science* 54: 188-199. (in Korean with English abstract)
- Takahashi, K. 1997. Regeneration and coexistence of two subalpine conifer species in relation to dwarf bamboo in the understorey. *Journal of Vegetation Science* 8: 529-536.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Synthesis report. contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. pp. 151.
- Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Davis, M.E. and Brecher, H.H. 2011. Tropical glaciers, recorders and

- indicators of climate change, are disappearing globally. *Annals of Glaciology* 52(59): 23-34.
- Tsuyama, I., Higa, M., Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M. and Tanaka, N. 2015. How will Subalpine conifer distributions be affected by climate change? Impact assessment for spatial conservation planning. *Regional Environmental Change* 15: 393-404.
- Vetaas, O.R. and Grytnes, J.A. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology & Biogeography* 11: 2391-301.
- Yim, K.B., Park, I.H., and Lee, K.J. 1980. Phytosociological changes of *Pinus densiflora* forest induced by insect damage in Kyonggi-do Area. *Journal of Korean Forest Society* 50: 56-71. (in Korean with English abstract)
- Yun, C.W. 2016. *Field Guide to Trees and Shrubs*. Geobook. Korea. pp. 703. (in Korean)
- Yun, C.W., Kim, H.J., Lee, B.C., Shin, J.H., Yang, H.M. and Lim, J.H. 2011. Characteristic community type classification of forest vegetation in South Korea. *Journal of Korean Forest Society* 100(3): 504-521. (in Korean with English abstract)

---

Manuscript Received : February 13, 2018

First Revision : April 6, 2018

Second Revision : April 19, 2018

Accepted : April 19, 2018