

강원 남부지역 분비나무림의 식생구조 및 특성 분석

신동빈¹ · 오승환^{2*}

¹경북대학교 임학과, ²경북대학교 산림과학·조경학부

Vegetation Structure and Characteristics Analysis of *Abies nephrolepis* Forest in Southern Region of Gangwon-do, Korea

Dong-Bin Shin¹ and Seung-Hwan Oh^{2*}

¹Department of Forestry, The Graduate School of Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²School of Forest Sciences and Landscape Architecture, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

요약: 멸종위기 고산 침엽수종인 분비나무가 생육하는 임분 식생의 종조성과 구조를 파악하기 위해 강원 남부지역을 대상으로 현장 식생조사와 식물사회학적 군집분류를 실시하였다. 약 400 m² 규모의 총 192개소를 대상으로 Z-M 식물사회학적 방법에 따른 현장조사를 실시하였고, 이원지표종분석(TWINSPAN)과 표조작법을 이용하여 식생유형을 분류하고 각 식생단위별 중요치와 종다양도를 산출하였다. 군락 유형을 분류한 결과, 강원 남부지역 분비나무 분포지의 산림 식생유형은 분비나무-당단풍나무군락, 분비나무-관중군락, 분비나무 전형군락으로 구분되며, 분비나무-당단풍나무군락은 4개의 아군락과 2개의 변군락으로 구분되었다. 목본성 수종의 중요치 분석 결과 분비나무, 신갈나무, 사스래나무, 마가목, 피나무, 당단풍나무 등이 높은 생태적 지위를 띠고 있는 것이 확인되었다.

Abstract: We carried out this study to identify the vegetation structure of *Abies nephrolepis* Maxim. in the southern region of Gangwon-do. We conducted field investigations in 192 stands (400 m²). We analyzed the importance, value, and species diversity of the stands after classifying community type using the methods of the Z-M School of Phytosociology and two-way indicator species analysis (TWINSPAN). We classified the stand structure of *A. nephrolepis* into the *A. nephrolepis*-*Acer pseudosieboldianum* community, We classified the *A. nephrolepis*-*Dryopteris crassirhizoma* community, as an *A. nephrolepis* typical community. We identified *A. nephrolepis*, *Quercus mongolica*, *Betula ermanii*, *Sorbus commixta*, *Tilia amurensis*, and *Acer pseudosieboldianum* as having high importance value.

Key words: *Abies nephrolepis* forest, Phytosociology, Community Analysis, Z-M school

서론

과학기술의 발달로 인해 눈부시게 발전하는 현대의 이면에는 산업화로 인한 온실가스 축적, 미세 플라스틱 오염, 사막화 등의 지구환경 파괴 또한 발생하고 있으며, 특히 온실가스 축적으로 인해 2020년의 전세계 평균 기온은 1850-1900년의 평균기온에 비해 1.2±0.1°C 이상 상승했으며(World Meteorological Organization, 2021), 우리나라는 지난 100년간 평균기온이 1.8°C 이상 상승하였다. 특히, 강원도의 기온은 1980년대에 비해 1.2°C도 상승하여 기후환

경변화로 인해 다각적인 분야에서 피해가 발생하고 있는 실정이다(Korea Research Institute on Climate Change, 2020).

조사 대상지인 강원도는 100 m 이하의 저지대가 총 면적의 5.6%, 100-500 m의 저 산야 지대가 43.1%, 500-1,000 m의 중 산야 지대가 43.4%, 1,000 m 이상의 고산지대가 7.7%에 달하는 산악도이며(Gangwon Province, 2020), 가리왕산, 설악산, 오대산, 치악산, 태백산 등 1,000 m가 넘는 고산이 다수 존재하며, 분비나무, 눈잣나무, 눈쭈뚱나무 등 고산지역에서 자라는 멸종위기 종이 다수 생육하고 있는 멸종위기 식물의 자생지이기도 하다.

이와 같은 고산지대의 식생은 생태적으로 매우 손상되기 쉽고 불안정한 생태계와 경관을 이루고 있어, 일단 훼손되거나 파괴되면 원상회복의 복구가 매우 더디며(Kong, 2002), 기후변화 등으로 인해 전반적인 기온이 올라가고

* Corresponding author
E-mail: oshwan@knu.ac.kr

ORCID
Seung-Hwan Oh  <https://orcid.org/0000-0003-2190-0967>

있는 시점에서 고산대와 아고산대에 분포하는 고산식물은 온대성 식물들과의 경쟁에서 밀리거나 서식지 파괴에 따라 도태될 수 있으므로(Kong et al., 2017) 지속적인 관심과 보전이 필요하다.

한반도 중부 이북(소백산, 오대산, 설악산 등) 고산지역에서 자생 중인 분비나무는(Song, 1991; Park et al., 2015) 산림청이 지정한 멸종위기 고산 침엽수종 중 하나로서, 최근 기후변화 등으로 인하여 지역적인 편차는 존재하지만 대체로 개체수 및 분포면적이 감소하는 등 쇠퇴현상이 관찰되고 있다(Chun et al., 2009; Kim et al., 2021). 이에 산림청은 생육을 위협받는 멸종위기 고산 침엽수종을 보전하기 위해 「제2차 멸종위기 고산 침엽수종 보전·복원 대책」을 발표하고, 분비나무, 구상나무, 가문비나무 등 고산 침엽수 7개 수종을 중점 보전대상으로 선정하여 관리하고 있다(Korea Forest Service, 2021).

본 연구는 강원도 남부지역에 분포하는 분비나무림을 Z-M학파의 식물사회학적 방법에 따라 종 구성과 식생 구조를 조사하고 이원지표종분석법(Two-Way Indicator Species ANalysis)과 표조작법을 통해 식생 단위를 구분한 후, 각 식생 단위 별 목본성 수종의 중요치, 유사도 지수, DCA 분석, 종다양도 분석을 통해 각 식생 단위의 현재 상태를 정확하게 분석하고, 그 결과를 분비나무림뿐만 아니라 아고산대에 분포하는 고산 침엽수종의 보전과 관리를 위한 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

조사 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구의 조사지는 강원 남부지역의 분비나무 자생지 중 가리왕산-중왕산, 두타산-상원산, 발왕산, 백덕산, 백운산-함백산-장산, 사달산, 오대산-계방산, 청옥산-두타산, 황

병산 내 192개소의 임분을 대상으로 하였으며, 행정구역상 강원도 강릉시, 동해시, 삼척시, 태백시, 영월군, 정선군, 평창군이 속해있다(Figure 1). 해당 조사지와 근접한 대관령, 북강릉, 강릉, 동해, 영월, 태백, 정선 기상관측소의 기상관측값을 살펴보면, 조사지의 2021년 평균 기온은 11.5°C이고, 평균 최고기온은 16.7°C, 평균 최저기온은 7.0°C이며, 연평균 강수량은 1,553.2 mm이다. 조사지의 고도범위는 1,002-1,552 m이며, 평균고도는 약 1,295m이다. 조사지의 경사도는 3-45°이며, 평균경사도는 약 24°이다. 조사지의 지형은 평평한 지형, 오목한 지형, 볼록한 지형으로 이루어져 있으며, 연구 조사지는 볼록한 지형이 98개소로 가장 많았고, 오목한 지형 또한 72개소로 상당수를 차지했다. 암석노출도는 10%이하, 11-30%, 31-50%, 51-75%로 구분하였고, 절반에 가까운 조사지가 50-75%에 달하는 전석지에 위치하였으며, 61개소에 달하는 조사지가 31-50%의 암석노출도를 보였다. 조사지가 위치한 사면위치는 산정, 산복, 산록, 계곡으로 나누었으며, 121개소의 조사지가 산정에 위치하였고, 산복에 위치한 조사지는 67개소로 분비나무 생육지 특성상 대부분의 조사지가 산정과 산복에 위치하였다.

2. 조사 및 분석방법

현장조사는 2021년 5월부터 10월까지 진행되었으며, 조사구는 반지름 11.3 m의 원형방형구를 설정하였다(조사구 당 면적 400 m²). 조사구의 선정은 강원 남부지역 1,000 m 이상의 아고산 지역의 임분을 대상으로 봄, 가을철에 촬영한 항공사진을 이용하여 침엽수림의 위치를 파악하였고, 파악한 침엽수림 전체 임분 구획 내에서 수관밀도를 판독하여 극소, 소, 중, 밀 등의 등급을 매겼다. 또한, 침엽수림의 정밀한 수종구분을 위해 항공사진 입체 판독을 통해 수종별 수형정보를 취득하고, 그에 따라 아고산 침엽수림



Figure 1. The location of study site in southern region of Gangwon-do.

임분을 수종별로 구분하였다. 수관밀도 및 수종별 수형 차이를 통해 구분한 침엽수림을 대상으로 그 중 분비나무림 생육지를 구분하였고, 그 후 현장조사를 통하여 항공사진 판독 정보와 실제 조사지 정보를 비교하여 표준지를 확정하였다. 매목조사는 방형구 내 흉고직경 6 cm 이상의 임목을 모두 조사하여 흉고직경을 측정하였으며, 식생은 Z-M 학과의 식물사회학적 방법에 따라 조사구 내 출현하는 종의 피도를 측정하고, 교목-아교목-관목-초본의 층위별로 구분하여 야장에 기록하였다.

수집된 데이터는 가공하여 이원지표종분석법(Two-Way Indicator SPecies ANalysis)과 표조작법을 통하여 군락을 구분하고, 상재도 계급과 피도계급을 표기한 요약표를 작성하였다. TWINSpan은 표징종을 분석하기 위해 프로그램으로 식물종과 임분간의 연관성을 동시에 분류할 수 있으며(Hill, 1979), 식물사회학적 방법에 의한 군락 분류와 유사한 경향을 나타내므로(Song et al., 2000), 본 연구에서는 TWINSpan과 표조작법을 병행하여 분비나무 분포지의 군락을 분류하였다. 또한, DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination을 통하여 분류된 식생 단위의 공간분포를 파악하였다.

군락 분류 후 각 식생단위의 유사도 지수를 구하여 유사 경향성을 파악하고, 수집된 데이터를 통해 군락별 종풍부도(Species Richness Index; S), 종다양도(Species Diversity Index; H'), 균재도(Species Evenness Index; J'), 우점도(Species Dominance Index; D') 및 최대 종다양도(Maximum Species Diversity Index; H'max)를 산출하였고 흉고직경 6 cm 이상의 모든 임목의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 구하고 이를 통해 중요치를 산출하였다.

현장조사지의 GPS정보는 Garmin사의 Handheld GPS 64S를 이용했으며, 조사지의 경사도 측정은 Suunto Clinometer를 사용했다. 수고 측정 및 방형구 중심과 임목 간의 거리는 Haglof Vertex Hypsometer를 이용했으며, 임목의 직경은 Diameter tape를 이용하여 측정하였다. 현장 조사시 식물의 동정은 원색대한식물도감(Lee, 2003)을 이용하였으며, 국명 및 학명의 표기는 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, 2021)의 기준을 따랐다.

현장에서 수기로 기록된 데이터는 후에 Ms-Excel 2016을 이용하여 정리 및 가공하였으며, TWINSpan과 종풍부도, 종다양도, 균재도, 우점도 및 최대 종다양도는 Pc-ord7을 통해 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 군락 및 식생 단위 구분

강원 남부지역의 분비나무 자생지 내 192개소의 조사지

에서 수집한 데이터를 TWINSpan과 표조작법을 병용하여 분석 및 가공한 결과, 분비나무림은 분비나무-당단풍나무군락, 분비나무-관중군락, 분비나무-전형군락 등 3개의 군락(Community)으로 구분되었으며, 이 중 분비나무-당단풍나무군락은 산앵도나무아군락, 부계꽃나무아군락, 고로쇠나무아군락, 분비나무-당단풍나무전형아군락 등 4개의 아군락(Subcommunity)으로 구분되었다. 이 중 분비나무-당단풍나무전형아군락은 관중변군락과 분비나무-당단풍나무전형변군락 등 2개의 변군락(Variant)으로 구분되었으며, 분비나무림의 식생단위는 총 7개의 유형으로 구분되었다. 구분된 군락과 식생단위는 상재도와 최소피도, 최대피도값을 병기하여 상재도표로 나타내었다(Table 1).

2. 식생 단위에 따른 분석

구분된 식생 단위는 식별종의 증명으로 식생 단위의 명칭을 규정하였고, 각 식생 단위의 조사지 특성과 종 조성 및 중요치를 통해 각 식생 단위를 설명하였다.

유형 1. 산앵도나무아군락(*Vaccinium hirtum* var. *koreanum* Subcommunity)

분비나무-당단풍나무군락의 하위군락인 산앵도나무아군락은 산앵도나무, 조릿대, 만병초에 의해 식별되어 진다. 산앵도나무아군락의 총 조사구 개수는 40개소이며, 조사지의 고도 범위는 1,011-1,503 m이며, 평균 고도는 약 1,312 m이다. 조사지의 경사도는 5-42°로 나타났고, 평균 경사도는 약 24°이다. 미소지형은 볼록한 지형이 22개소, 오목한 지형 15개소, 평평한 지형이 3개소로 나타났으며, 조사지는 주로 북사면에 위치하였다.

산앵도나무아군락은 분비나무, 신갈나무, 잣나무, 당단풍나무 등의 중요치가 높게 나타났으며, 이는 설악산 분비나무군락 군집구조에 관한 연구(Chun et al., 2009)에서 설악폭포 지역의 교목층-아교목층에서의 주요 구성종(분비나무, 당단풍나무, 잣나무, 신갈나무)과 유사한 결과로도 출되었다.

유형 2. 부계꽃나무아군락(*Acer ukurunduense* subcommunity)

분비나무-당단풍나무군락의 하위군락인 부계꽃나무아군락은 부계꽃나무, 복장나무, 나래박쥐나무에 의해 식별되어 진다. 부계꽃나무아군락의 총 조사구 개수는 38개소이며, 조사지의 고도 범위는 1,031-1,499 m이며, 평균 고도는 약 1,304 m이다. 경사도는 5-42°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 23°이다. 미소지형은 볼록한 지형이 25개소로 가장 많았고, 오목한 지형은 9개소, 평평한 지형은 4개소이며, 조사지는 주로 북사면에 위치하였다.

Table 1. A summary table that indicates community types and vegetation units with constancy. Roman numerals(including 'r') indicate constancy classes, while Arabic numerals(including 'r' and '+') indicate coverage classes. 376 species were found in the study site, and differential species whose constancy below 30% were not shown on this table.

I. <i>Abies nephrolepis</i> - <i>Acer pseudosieboldianum</i> community								
I-1. <i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i> subcommunity								
I-2. <i>Acer ukurunduense</i> subcommunity								
I-3. <i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i> subcommunity								
I-4. <i>Abies nephrolepis</i> - <i>Acer pseudosieboldianum</i> typical subcommunity								
I-4-a. <i>Dryopteris crassirhizoma</i> variant								
I-4-b. <i>Abies nephrolepis</i> - <i>Acer pseudosieboldianum</i> typical variant								
II. <i>Abies nephrolepis</i> - <i>Dryopteris crassirhizoma</i> community								
III. <i>Abies nephrolepis</i> typical community								
Community Type	Community Subcommunity Variant	I				II	III	
		I-1	I-2	I-3	I-4			
					I-4-a	I-4-b		
The number of stands		40	38	35	17	14	39	9
Vegetation Unit		VU1	VU2	VU3	VU4	VU5	VU6	VU7
<i>Abies nephrolepis</i>		V +4	V 1-3	V 1-4	V 1-4	V 2-3	V +5	V 1-5
<i>Sorbus commixta</i>		IV +3	IV +3	IV +3	III r-2	IV +2	V +4	V +2
<i>Quercus mongolica</i>		V 1-4	IV +4	V +4	V 1-4	V 1-4	II +3	II 1-3
<i>Pinus koraiensis</i>		V +4	V r-2	III r-1	III 1-2	IV r-3	IV +1	V 1-2
Species group 1. Differential species of the <i>Abies nephrolepis</i>-<i>Acer pseudosieboldianum</i> community								
<i>Acer pseudosieboldianum</i>		V +4	V +3	V +3	V 1-3	V +3	-	-
<i>Carex siderosticta</i>		IV +3	IV +2	IV +2	IV +3	IV +3	I +2	I 1
Species group 2. DS of the <i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i> subcommunity								
<i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i>		V r-3	II +2	-	-	-	I r+	II +2
<i>Sasa borealis</i>		II +3	r 1	I +3	I 1	I 2-5	r 5	-
<i>Rhododendron brachycarpum</i>		I +1	I +	r +	I +	-	I +2	-
Species group 3. DS of the <i>Acer ukurunduense</i> subcommunity								
<i>Acer ukurunduense</i>		-	V +2	-	-	-	III +3	II +-1
<i>Acer mandshuricum</i>		-	II +2	I +1	I r-1	-	I r+	-
<i>Parasericea cariculus</i> var. <i>kamtschatica</i>		r +	II +1	I +1	I +-3	-	I r+	-
Species group 4. DS of the <i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i> subcommunity								
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i>		I +2	III +2	V +3	-	-	II +3	II +-1
<i>Cornus controversa</i>		I +2	I +1	II +3	-	-	4 1-2	-
Species group 5,6. DS of the <i>Dryopteris crassirhizoma</i> variant / <i>Abies nephrolepis</i>-<i>Dryopteris crassirhizoma</i> community								
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>		III +3	IV r-4	IV r-3	V r-2	-	V r-4	-
<i>Pedicularis resupinata</i>		III +3	IV r-2	II r-3	IV r-1	-	III +3	-
Companion species								
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		V 1-5	IV +4	IV r-4	IV 1-3	IV 1-4	II 1-3	III 2-3
<i>Magnolia sieboldii</i>		IV +3	IV +3	IV r-3	IV +3	I r-1	IV +4	III +2
<i>Acer komarovii</i>		V +3	IV +3	IV +3	IV+2	II +3	III +3	II 1-2
<i>Tripterygium regelii</i>		V +4	IV +4	III +3	IV+4	III +1	III +3	III +1
<i>Betula ermanii</i>		IV +4	IV +4	III +3	III +2	IV +3	III +5	IV 1-3
<i>Tilia amurensis</i>		IV +3	IV +2	IV +2	IV +2	IV +3	II +3	III 1
<i>Dryopteris expansa</i>		III +3	III r-3	II +2	IV +2	I 1-2	III +3	III 1-2
<i>Calamagrostis arundinacea</i>		IV +4	III +3	III +3	IV +3	III +4	II +2	II +
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		IV +4	II +3	I +3	III +2	IV +3	III +4	V 1-4
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>		IV r-3	III r-1	III r-2	IV r-4	III +1	II r-3	I 1
<i>Prunus padus</i>		I +1	III +1	III r-3	I +1	I 1	III +3	III 1-2
<i>Euonymus macropterus</i>		II +1	II +1	III +3	II +2	I +1	III r-3	III +2
<i>Angelica gigas</i>		II +1	III r-1	III r-2	III r-3	III +1	II r-3	II +
<i>Astilbe chinensis</i>		II r-2	II r-2	III +4	III r-1	III r-3	I +1	II +-1
<i>Weigela florida</i>		II +1	II +2	II r-3	III +-1	II +-1	III +3	II 1
Other 345 species were omitted								

부계꽃나무아군락은 분비나무, 신갈나무, 당단풍나무, 사스래나무, 마가목 등의 순으로 중요치가 높게 나타났으며, 부계꽃나무의 중요치 또한 다른 군락에 비해 비교적 높게 측정되었다.

유형 3. 고로쇠나무아군락(*Acer pictum* var. *mono* subcommunity)

분비나무-당단풍나무군락의 하위군락인 고로쇠나무아군락의 식별종은 고로쇠나무, 층층나무이다. 고로쇠나무아군락의 총 조사구 개수는 35개소이며, 고도는 1,002-1,446 m이고, 평균 고도는 약 1,268 m이다. 경사도는 5-40°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 22°이다. 미소지형은 볼록한 지형이 19개소로 가장 많았고, 오목한 지형은 13개소, 평평한 지형은 3개소이며, 조사구는 고른 방위 분포를 보였다.

고로쇠나무아군락은 분비나무, 신갈나무, 당단풍나무, 사스래나무, 피나무 순으로 높은 중요치를 나타냈으며, 뒤를 이어 해당 식생 단위의 식별종인 고로쇠나무의 생태적 지위 또한 높게 나타났다.

유형 4. 관중변군락(*Dryopteris crassirhizoma* variant)

분비나무-당단풍나무전형아군락의 하위군락인 관중변군락은 관중과 송이풀에 의해 구별되어 진다. 해당 군락의 총 조사구 개수는 17개소이며, 고도는 1,020-1,533 m이고, 평균 고도는 약 1,291 m이다. 경사도는 3-41°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 23°이다. 미소지형은 볼록한 지형 8개소와 오목한 지형 7개소로 비슷하며, 평평한 지형은 2개소이다. 조사구는 동쪽 사면을 제외한 방위 분포를 보였다.

관중변군락의 목본성 식물은 분비나무, 신갈나무, 당단풍나무, 피나무, 시닥나무 순으로 높은 생태적 지위를 나타냈으며, 특히 다른 식생 단위와 비교했을 때 시닥나무 중요치가 비교적 높은 것을 확인할 수 있었다.

유형 5. 분비나무-당단풍나무전형변군락(*A. nephrolepis-Acer pseudosieboldianum* typical variant)

분비나무-당단풍나무전형아군락의 하위군락인 분비나무-당단풍나무전형변군락의 총 조사구 개수는 14개소이며, 고도는 1,190-1,473 m이고, 평균 고도는 약 1,315 m이다. 경사도는 10-45°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 29°이다. 미소지형은 오목한 지형이 7개소로 가장 많았고, 볼록한 지형은 5개소, 평평한 지형은 2개소이다. 조사구는 주로 남사면에 위치하였다.

분비나무-당단풍나무전형변군락은 분비나무, 신갈나무, 피나무, 잣나무, 사스래나무 순으로 높은 중요치를 나타냈으며, 신갈나무의 중요치가 약 24.2로 모든 식생 단위 중 신갈나무 중요치가 가장 높았다.

유형 6. 분비나무-관중군락(*A. nephrolepis-Dryopteris crassirhizoma* community)

관중과 송이풀이 식별종으로 나타난 분비나무-관중군락의 총 조사구 개수는 39개소이며, 고도는 1,086-1,552 m이고, 평균 고도는 약 1,294 m이다. 경사도는 10-43°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 26°이다. 미소지형은 오목한 지형이 18개소로 가장 많았고, 볼록한 지형은 15개소, 평평한 지형은 6개소이다. 조사지는 주로 북사면에 분포하였다.

분비나무-관중군락에서 높은 생태적 지위를 갖는 종은 분비나무, 마가목, 사스래나무, 함박꽃나무이며, 다른 식생 단위와 비교했을 때 신갈나무는 낮은 중요치를 나타냈으며, 귀룽나무는 높은 생태적 지위를 나타냈다.

유형 7. 분비나무 전형군락(*A. nephrolepis* typical community)

분비나무 전형군락의 총 조사구 개수는 9개소이며, 고도는 1,156-1,435 m이고, 평균 고도는 약 1,264 m이다. 경사도는 18-35°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 24°이다. 미소지형은 볼록한 지형이 4개소, 오목한 지형은 3개소, 평평한 지형 2개소로 큰 차이가 없었다. 조사구의 분포는 서쪽 사면을 제외한 다른 사면에서 고른 분포를 보였으며, 조사구 대부분이 암석 노출도가 높은 암석지에 있었다.

분비나무 전형군락의 경우 분비나무, 마가목, 사스래나무, 잣나무, 신갈나무 순으로 높은 생태적 지위를 가지며, 다른 식생 단위와 비교했을 때 분비나무의 중요치가 가장 높게 나타났다. 본 식생 단위 역시 신갈나무가 낮은 생태적 지위를 가지며, 귀룽나무의 중요치가 비교적 높은 수치를 나타냈다.

1) 중요치(Importance Value) 분석

조사지 내 서식하는 종의 생태적 지위를 파악하기 위하여 중요치 분석을 실시하였다(Table 2). 중요치 분석은 구분된 식생 단위별 흉고직경 6cm 이상 목본성 수종의 상대 밀도, 상대피도, 상대빈도를 구하고 이를 통해 중요치를 산출하였다(Curtis and McIntosh, 1951).

중요치 분석 결과, 192개소 조사지 전체의 목본성 수종 중요치는 분비나무, 신갈나무, 사스래나무, 마가목, 피나무, 당단풍나무 순으로 높은 생태적 지위를 갖는 것이 확인되었는데, 이는 강원 북부지역인 오대산 국립공원의 분비나무 군락 구조를 파악한 연구(Chun et al., 2011)의 두로봉 조사구에서 목본 수종 중요치가 분비나무, 신갈나무, 사스래나무, 피나무 순으로 높은 중요치를 나타낸 결과와 유사한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 아고산대 주요 침엽수종 중 하나인 주목의 개체군 구조와 동태를 연구한 논문(Chun et al., 2012)과 비교해보았을 때, 해당 논문의 조사

Table 2. Importance value(IV) of woody plants for 7 vegetation units classified in the study area.

Community type	VU1	VU2	VU3	VU4	VU5	VU6	VU7
Importance Value of Tree layer(%)							
<i>Abies nephrolepis</i>	27.28	21.20	22.15	23.58	26.42	28.34	39.22
<i>Quercus mongolica</i>	24.11	12.62	13.76	19.00	24.22	4.84	4.66
<i>Betula ermanii</i>	6.06	6.76	6.06	4.60	6.50	8.42	9.58
<i>Sorbus commixta</i>	4.32	6.71	5.13	2.87	5.63	10.91	10.37
<i>Tilia amurensis</i>	5.86	6.25	5.92	5.74	8.87	2.99	3.68
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.08	7.63	7.53	7.74	5.28	0.34	-
<i>Pinus koraiensis</i>	8.16	6.03	1.88	4.35	6.59	3.39	7.12
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.17	3.31	3.90	3.43	-	5.65	2.85
<i>Acer komarovii</i>	2.63	2.55	2.59	4.69	1.47	3.53	2.25
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i>	0.63	3.22	5.59	0.68	1.34	2.58	2.90
<i>Taxus cuspidata</i>	1.39	3.49	0.84	3.44	-	4.21	-
<i>Acer ukurunduense</i>	0.24	4.12	0.31	0.35	-	5.23	2.12
<i>Prunus padus</i>	0.40	1.79	1.36	0.77	0.91	4.22	2.54
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.20	1.34	2.51	0.69	1.68	1.29	0.58
<i>Cornus controversa</i>	0.56	1.22	3.23	-	-	1.24	-
<i>Aria alnifolia.</i>	1.22	0.44	2.07	1.24	2.41	-	-
<i>Prunus maximowiczii</i>	0.73	1.10	0.54	0.57	0.77	1.50	1.17
<i>Carpinus cordata</i>	-	1.01	2.23	2.22	0.41	0.28	-
<i>Betula costata</i>	0.41	0.95	0.78	1.85	-	1.57	-
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	1.54	0.79	-	2.39	0.80	0.23	1.43
<i>Euonymus macropterus</i>	0.24	0.94	0.27	0.96	-	1.94	1.83
<i>Prunus maackii</i>	-	0.37	0.94	0.30	0.51	1.43	0.72
<i>Pinus densiflora</i>	1.26	0.68	0.15	0.51	1.66	-	-
<i>Betula schmidtii</i>	1.36	0.25	0.28	0.85	0.46	0.13	0.72
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	0.13	1.56	1.71	-	0.31	-
<i>Salix caprea</i>	0.39	0.47	0.80	1.59	-	0.17	-
<i>Prunus sargentii</i>	0.96	0.42	0.12	-	0.38	0.18	0.88
<i>Acer barbinerve</i>	0.13	0.42	0.15	0.99	0.33	0.78	-
<i>Syringa reticulata</i>	-	0.34	0.23	0.52	-	0.87	-
<i>Pyrus ussuriensis</i>	-	0.41	0.97	-	0.33	0.16	-
<i>Kalopanax septemlobus</i>	0.27	-	1.07	-	0.79	-	-
<i>Maackia amurensis</i>	0.42	0.12	0.53	0.32	0.66	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.19	0.11	0.25	0.37	0.81	-	1.40
<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.36	0.22	0.26	-	0.32	0.29	-
<i>Syringa villosa</i> subsp. <i>wolfii</i>	0.33	0.34	0.23	-	-	0.19	-
<i>Thuja koraiensis</i>	-	0.12	-	-	-	0.42	1.85
<i>Abies holophylla</i>	-	0.32	0.53	-	-	-	-
<i>Acer mandshuricum</i>	-	0.65	-	0.27	-	-	-
<i>Ulmus laciniata</i>	-	0.35	-	-	0.45	0.19	-
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	-	-	-	0.61	-	0.40	-
<i>Picea jezoensis</i>	-	-	0.43	-	-	0.21	-
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	0.44	-	-	0.13	-
<i>Pyrus pyrifolia</i>	-	-	0.59	-	-	-	-

지인 덕유산 주목군락에서 주목, 신갈나무, 시달나무, 마가목, 사스래나무, 당단풍나무 등의 순으로 높은 중요치를 갖는 것으로 조사되어 중요치 차이는 있었으나 종 조성 등은 본 연구와 유사한 결과를 나타내었고, 또 다른 주목군락 식생구조 논문(Jang et al., 2004)에서 주목, 신갈나무, 미역줄나무, 시달나무, 구상나무 등의 순으로 높은 중요치를 나타낸 결과와 비교했을 때에도 종 조성이 서로 흡사한 전형적인 아고산대 식생 유형을 나타내었다.

분비나무와 생육 환경 및 특성이 비슷한 구상나무의 경우에도, 지리산 거름계곡 구상나무 개체군의 고도별 식생 변화와 생장특성을 연구한 논문(Kim et al., 2012)에서 site V의 경우 구상나무, 신갈나무, 사스래나무, 잣나무 등의 순으로 교목층에서 높은 중요치를 나타내었으며, 백두대간 덕유산권역 마루금 주변의 산림식생구조를 파악한 논문(Kim et al., 2022)에서 구상나무의 식별종 출현으로 구분되어진 식생단위 1과 식생단위 2의 신갈나무, 구상나무, 가문비나무, 잣나무, 사스래나무 등의 교목층 중요치가 높게 나타난 것과 비교해보았을 때, 본 연구의 분비나무림과 또 다른 아고산대 침엽수종인 주목, 구상나무림은 중요치 크기 차이가 다소 존재하나 수반종의 종 조성은 거의 유사한 것으로 조사되었다.

식생 단위별로 중요치를 비교해보았을 때, 모든 식생 단위 교목층에서 분비나무 중요치가 높게 나타났지만, VU2와 VU3는 상대적으로 낮은 수치를, VU6와 VU7은 상대적으로 높은 수치를 보였으며, 특히 VU7의 분비나무 중요치가 매우 높은 수치로 기록됐다. VU6와 VU7은 모든 층위에서 다른 식생 단위에 비해 신갈나무 중요치가 매우 낮았으며, 사스래나무와 귀룽나무 중요치가 높게 나타나는 등 분비나무-당단풍나무군락의 하위 군락인 다른 식생 단위와 종 조성의 차이가 나타난 것을 확인할 수 있었다.

2) 치수 출현

각 조사지에서 출현한 분비나무 치수의 수를 식생 단위별로 구분하여 나타내었다(Table 3). 분비나무 치수는 흉고직경 6 cm 이하의 모든 개체를 10 cm 미만, 10 cm 이상 50 cm 미만, 50 cm 이상 등 치수고에 따라 나누어 기록하였으며, 각 식생 단위별 치수가 출현한 정도를 비교하기

위하여 각 조사지 당 출현한 치수의 수를 평균하여 계산하였다. 그 결과, 분비나무 중요치가 높게 나타난 VU6, VU7에서 분비나무 치수가 조사구 당 16.44본, 9.92본으로 가장 많이 발견되었으며, VU4는 분비나무 중요치는 다른 식생 단위와 비교했을 때 중간 정도를 나타내었으나 분비나무 치수는 조사구 당 3.59본으로 가장 낮게 나타나 상층에서 우점하는 분비나무의 수에 비해 분비나무 치수 갯수가 잘 이루어지지 않은 것으로 나타났다.

3) 유사도 지수(Similarity Index, %)

식생 단위 간의 종조성이 얼마나 유사한지를 나타내는 유사도 지수는 Sorensen의 유사계수를 이용하여 분석하였다(Sorensen, 1948). 생태적으로 유사한 집단일수록 유사도 지수가 높게 나타나는데, 유사도 지수가 0.2 이하일 때는 이질적인 군락, 0.8 이상일 때는 동질적인 군락이며, 0.65 이상이면 비교적 동질적인 군락으로 판단할 수 있다(Whittaker, 1965; Cox, 1972; Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974; Oh et al., 2021).

유사도 지수를 도출한 결과(Table 4), 본 연구의 식생 단위들은 대체로 동질적인 것으로 판단되었으며, 제일 높은 유사도가 나타난 식생 단위는 VU2와 VU3(0.72)였으며, 특히 VU1, VU2, VU3, VU4간의 유사도 지수가 높았는데, 이는 같은 분비나무-당단풍나무군락의 하위 군락에 속하기 때문으로 판단된다. 이와 다르게, VU7과 다른 식생 단위 간의 유사도 지수는 상대적으로 낮으므로, VU7은 다른 식생 단위와는 상대적으로 이질적인 식생 단위로 판단된다.

4) DCA분석

분류된 각 식생그룹의 공간분포를 파악하기 위해서 조사구간의 이질성을 바탕으로 조사구를 배치하는 DCA (Detrended Correspondence Analysis) 분석은 TWINSpan에 의한 식생분류를 보완하는 방법으로 쓰이는데(Oh et al., 2021), 분류된 식생 단위의 DCA 분석 결과(Figure 2), 조사지 간 고도 차이가 어느 정도 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한, 본 연구의 유사도 지수 결과(Table 4)와 유사하게, 식생 단위 7과 식생 단위 2, 3, 4는 다른 식생 단위들보다 상대적으로 이질성을 띠고 있는 것이 확인되었다.

Table 3. The number of *Abies nephrolepis* seedling classified by height class.

Vegetation unit	VU1	VU2	VU3	VU4	VU5	VU6	VU7
h<10 cm	151	83	79	22	40	82	29
10 cm ≤ h<50 cm	100	59	57	22	41	87	50
50 cm ≤ h	144	132	66	17	50	218	69
Mean number	9.88	7.21	5.77	3.59	9.36	9.92	16.44

Table 4. Similarity Index(SI) of 7 vegetation units.

	VU1	VU2	VU3	VU4	VU5	VU6	VU7
VU1	-						
VU2	0.67	-					
VU3	0.66	0.72	-				
VU4	0.67	0.63	0.64	-			
VU5	0.58	0.56	0.54	0.56	-		
VU6	0.69	0.70	0.69	0.61	0.53	-	
VU7	0.41	0.39	0.36	0.38	0.53	0.46	-

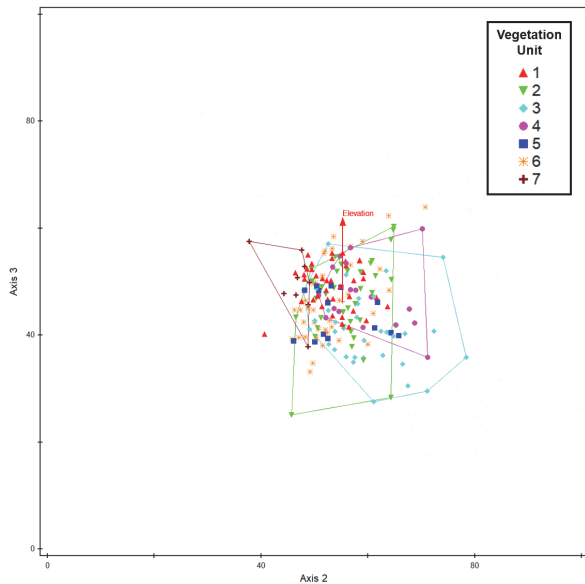


Figure 2. DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination of 192 stands.

5) 종다양도 지수

강원 남부지역의 종다양성 특성을 식생 단위별로 구분하여 종풍부도(S), 균재도(J'), 종다양도(H'), 우점도(D), 최대 종다양도(H'max)의 5가지 지수로 나타내었다(Table 5).

종풍부도 및 종다양도는 VU3에서 가장 높게 나타났으며, 이는 35개의 조사지 개수 대비 출현한 종수가 244종

으로 가장 많기 때문으로 판단된다. 이와 반대로 VU7의 경우 종풍부도와 종다양도가 가장 낮게 나타났는데, 이는 9개소라는 적은 조사지 개수와 더불어 상대적으로 적은 출현종수(68종)에 기인하기 때문으로 판단된다.

결론

강원 남부지역의 분비나무림은 TWINSpan 및 표조작법에 의한 군락 및 식생 단위 구분 결과 총 7개의 식생 단위로 분류되었으며, 각 식생 단위별 중요치 분석 및 유사도 지수, DCA 분석 결과 VU7은 나머지 식생단위와 상대적으로 큰 이질성을 나타냈다. 특히 VU7은 VU2, VU3, VU4와 비교했을 때 더욱 이질적으로 나타났는데, 이는 주로 북사면에 위치한 다른 식생 단위와는 달리 남사면에도 고른 분포를 보인 VU7의 지리적 특성과 더불어 VU7과 다른 식생 단위 간의 종 조성 차이에 기인한 것으로 판단된다.

중요치 분석 결과 모든 식생 단위에서 분비나무 중요치가 다른 수종에 비해 높게 나타났으며, 식물사회학적 방법에 따른 식생조사 결과 관목 및 초본층에서도 분비나무가 높은 출현율을 보여 상층에서 고사 등에 의해 분비나무가 일부 소실되어도 치수 갱신에 의한 세대교체가 안정적으로 이루어질 것으로 판단된다. VU1과 VU4, VU5는 신갈나무 중요치가 분비나무를 제외한 다른 교목성 수종에 비

Table 5. Species diversity indices of 7 vegetation units.

Vegetation unit	S	J'	H'	D	H'max
VU1	28.60	0.8496	2.8217	0.9147	3.3173
VU2	31.53	0.8598	2.9315	0.9223	3.4097
VU3	34.74	0.8619	3.0227	0.9273	3.5000
VU4	31.29	0.8544	2.8906	0.9209	3.3856
VU5	22.07	0.8339	2.5124	0.8846	3.0053
VU6	24.49	0.8420	2.6606	0.8971	3.1497
VU7	17.22	0.8407	2.3587	0.8616	2.7965

S : Species richness, J' : Evenness, H' : Diversity, D : Dominance, H'max : Maximum diversity

해 높게 나타났는데, 이는 침엽수림인 분비나무림이 신갈나무와 경쟁관계를 형성하는 가능성이 있다고 판단된다. 다른 식생 단위와 큰 이질성을 나타내는 VU6와 VU7 중 VU7은 다른 식생 단위보다 분비나무 중요치가 매우 높게 나타나며 신갈나무 중요치는 매우 낮게 나타나는 것으로 보아 VU1, VU4, VU5와는 달리 분비나무가 우점하는 침엽수림으로 당분간 유지될 것으로 판단된다.

본 연구에서 각 식생 단위의 분비나무 중요치는 모든 층위에서 고루 높게 나타났으며, 특히 관목층과 초본층에서도 분비나무의 생태적 지위가 높게 나타나 상층에서 교란에 의해 분비나무가 소실되더라도 어느 정도 회복할 수 있을 것이라 예상되지만, 분비나무를 비롯한 구상나무, 가문비나무 등 우리나라 고산 침엽수종은 기후변화 등으로 인해 개체수와 분포 범위가 점점 줄어드는 등 쇠퇴 현상이 꾸준히 발생하고 있다(Kim et al., 2021). 본 연구는 강원 남부지역의 분비나무림의 군락 및 식생 단위를 구분하고, 구분된 식생 단위별 중요치 분석, 유사도 지수, DCA분석 등을 통해 각 식생 단위의 기초적인 생태 정보를 제공하지만, 상대적으로 주관적인 군락 분류로 인해 더 세밀한 후속연구가 필요하며, 심각한 상황으로 흘러가는 기후변화를 고려했을 때 분비나무 등 멸종위기 침엽수종에 대한 기초 및 후속 연구가 활발히 이루어져 체계적인 관리 및 보전이 이루어져야 할 것이다.

References

- Chun, Y.M., Ahn, J.K., Hong, M.P., Shin, J.T., Won, H.J. and Lee, S.H. 2011. Structure and dynamics of *Abies nephrolepis* community in odeasan national park. Journal of The Korean Association of Professional Geographers 45(4): 559-570.
- Chun, Y.M., Hong, M.P., Kwon, J.H., Lee, J.S., Lee, S.H. and Choung, H.L. 2009. A study on community structure and growth variation of *Abies nephrolepis* forest in Mt. Seorak. Journal of The Korean Association of Professional Geographers 43(2): 125-137.
- Chun, Y.M., Hong, M.P., Lee, N.Y., Seo, E.K. and Lee, S.H. 2012. Structure and dynamics of *Taxus cuspidata* populations. Korean Journal of Plant Resources 25(1): 123-131.
- Cox, G.W. 1996. Laboratory manual of general ecology. 7th Edition. Wm. C. Brown.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland continuum in the prairie-forest border region of wisconsin. Ecological Society of America 32(3): 476-496.
- Gangwon Province. 2020. 「Natural Environment of Gangwon-do」. https://www.provin.gangwon.kr/gw/portal/sub03_01_01. (2022.02.17.).
- Hill, M.O. 1979. TWINSpan - a FORTRAN program for multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
- Jang, Y.S., Yang, D.C. and Chung, D.J. 2004. Vegetation structure of natural *Taxus cuspidata* forests in Mt. Duckyoo. Korean Journal of Plant Resources 17(1): 58-66.
- Kim, C.H., Jo, 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 and Life Science 46(1): 63-70.
- Kim, H.J., Song, J.H., Lee, J.E., Cho, H.J., Park, W.G., Kim, S.J. and Yun, C.W. 2022. Forest vegetation structure around marugeum (ridge line) area in Deogyusan region, Baekdudaegan. Journal of Korean Forestry Society 111(1): 81-99.
- Kim, J.W., Jeon, J.Y. and Park, H.C. 2021. Survey on the annual mortality of Evergreen Conifers (*Abies koreana*, *Abies nephrolepis*) in the major national park: A case study on Seoraksan, Deogyusan, Jirisan National Park. Journal of National Park Research 12(2), 79-84.
- Kong, W.S., Kim, K.O., Lee, S.G., Park, H.N., Kim, H.H. and Kim, D.B. 2017. Vegetation and landscape characteristics at the peaks of Mts. Seorak, Jiri and Halla. Journal of Climate Change Research 8(4): 401-414.
- Kong, W.S. 2002. Species composition and distribution of Korean alpine plants. Journal of the Korean Geographical Society 37(4): 357-370.
- Korea Forest Service Press Release. 2021. Save Korea endemic coniferous trees (Korean Firs) from endangered species.
- Korea Meteorological Administration. 2021. Automated Synoptic Observing System Data (Gangwon-do).
- Korea National Arboretum. 2021. Checklist of vascular plants in Korea. <http://www.nature.go.kr/kpni/index.do>. (2022. 02.02.).
- Korea Research Institute on Climate Change. 2020. Third study on the basic directions for establishing climate change adaptation measures of Gangwon-do.
- Mueller-Dombois D. and Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. New Jersey, USA, pp. 547.
- Oh, S.H., Kim, J.S., Cho, J.H. and Cho, H.J. 2021. Vegetation types and ecological characteristics of *Larix kaempferi* plantations in baekdudaegan protected area, South Korea. Korean Society of Forest Science 110(4): 530-542.
- Park, H.C., Lee, J.H., Lee, G.G. and Um, G.J. 2015. Environmental features of the distribution areas and climate sensitivity

- assesment of Korean Fir and Khinghan Fir. *Journal of Enviromental Impact Assess* 24(3): 260-277.
- Song, H.K. 2000. Study on classification of forest vegetation of Songinbong and Taeharyong in Ullungdo -With a special reference to TWINSpan and phytosociological method-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 14(1): 57-66.
- Song, J.S. 1991. Phytosociology of subalpine coniferous forests in Korea I. Syntaxonomical Interpretation. *Ecological Research(Japan)* 6: 1-19.
- Sorensen, T. A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skar* 5: 1-34.
- Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science* 147(3655): 250-260.
- World Meteorological Organization. 2021. State of the Global Climate 2020. pp. 6-9.

Manuscript Received : March 7, 2022

First Revision : May 24, 2022

Accepted : May 26, 2022