

국립공원 내 일본잎갈나무림의 식생구조^{1a}

최송현² · 이상훈³ · 신용진⁴ · 조우⁵ · 이명훈⁶ · 김정호^{7*}

Ecological Structure of *Larix kaempferi* in National Park^{1a}

Song-Hyun Choi², Sang-Hoon Lee³, Yong-Jin Shin⁴, Woo Cho⁵, Myung-Hoon Lee⁶, Jeong-Ho Kim^{7*}

요약

우리나라 국립공원 내 조림지 비율이 높은 6개 국립공원을 대상으로 일본잎갈나무림의 식생구조를 분석하고자 일본잎갈나무가 우점하는 지역을 대상으로 우점비율, 흉고직경, 조림지역 등을 고려하여 조사구를 설정하였다. 이에 본 연구는 조림지 비율이 높은 국립공원을 대상으로 조림지중 가장 높은 비율을 차지하고 있는 일본잎갈나무림의 식생구조를 분석하고, 식생유형구분을 통해 선정된 6개 국립공원의 일본잎갈나무림의 생물다양성 증진을 위한 생태적관리의 기초자료 제공을 목적으로 수행하였다. 조사구는 방형구 400m²를 기준으로 총 51개소를 설정하였다. 군락분류는 TWINSpan을 활용하였으며 분류된 군락별로 상대우점치, 종다양도, 종수 및 개체수 등을 분석하였다. 군락분류 결과 총 7개 군락으로 구분되었으며 7개 군락 모두 교목층에서 일본잎갈나무가 우점하는 군락으로서 아교목층과 관목층의 출현수종에 의해 구분되었다. 군락 I, II, VII은 계곡부에 위치하며 교목층에 일본잎갈나무가 우점하면서 느티나무, 산뽕나무, 물푸레나무 등이 출현하였고 아교목층에서 물푸레나무, 산뽕나무 등의 습지성 낙엽활엽수종들의 출현빈도가 높았다. 군락 III~VI은 사면부에 위치하며 교목층을 중심으로 일본잎갈나무가 우점하면서 신갈나무와 상수리나무 등의 참나무류가 주요 출현수종이었으며 아교목층과 관목층에서는 교목성상의 참나무류와 습지성 낙엽활엽수종들의 출현빈도가 높았다. 6개 국립공원 일본잎갈나무림의 평균 종다양도는 1.2090으로 군락 III이 1.5413으로 가장 높았고 군락 VI이 0.7042로 가장 낮았다. 평균 종수와 개체수는 9.35±2.90종, 226.05±89.98개체였다.

주요어: 상대우점치, 군락분류, 종다양도, 조림

1 접수 2021년 10월 20일, 수정 (1차: 2021년 11월 12일, 2차: 2021년 11월 19일), 게재확정 2021년 11월 24일

Received 20 October 2021; Revised (1st: 12 November 2021, 2nd: 19 November 2021); Accepted 24 November 2021

2 부산대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Univ., 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, Korea (songchoi@pusan.ac.kr)

3 건국대학교 대학원 녹색기술융합학과 박사과정 Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 27478, Korea (sky565600@kku.ac.kr)

4 건국대학교 대학원 녹색기술융합학과 석사과정 Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 27478, Korea (tlsdydws17@naver.com)

5 상지대학교 환경조경학과 교수 Dept. of Green Plants Horticulture and Landscape Architecture, Sangji Univ., 40-1, Sangjidae-gil, Wonju-si, Gangwon-do, Korea (woocho@sangji.ac.kr)

6 당진시청 산림녹지과 Dangjin City Hall, 1 Sicheong 1-ro, Dangjin-si, Chungcheongnam-do, Korea (leehun0324@korea.kr)

7 건국대학교 녹색기술융합학과 교수 Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 27478, Korea (hoya1209@kku.ac.kr)

a 이 논문은 2017년 국립공원공단의 지원을 받아 수행된 연구임.

* 교신저자 Corresponding author: hoyal209@kku.ac.kr

ABSTRACT

This study surveyed six national parks that included a wide range of afforestation among national parks in Korea to analyze the vegetation structure of *Larix kaempferi*, which occupies the highest ratio among planted areas. Plots were established considering the dominant ratio, diameter at breast height and afforestation area of *Larix kaempferi*. The purpose of the study was to provide basic data for ecological management to promote diversity. A total of 51 plots were selected based on 400 m² quadrates. TWINSpan was used for community classification, and each classified community was analyzed of importance percentage, species diversity, number of species, and populations. The community classification identified 7 communities, all dominated by *Larix kaempferi* in the tree layer and classified by the appearance species of the subtree layer and shrub layer. In communities I, II, and VII that are located in the valley, *Zelkova serrata*, *Morus bombycis*, and *Fraxinus rhynchophylla* appeared, while dominated by *Larix kaempferi* were in the tree layer. Wetland deciduous broad-leaved species such as *Fraxinus rhynchophylla* and *Morus bombycis* frequently appeared in the subtree layer. In community III through VI is located on the slope, *Quercus spp.*, such as *Quercus mongolica* and *Quercus acutissima*, mainly appeared while dominated by *Larix kaempferi* in the tree layer, and *Quercus* and wetland broad-leaved species frequently appeared in the subtree layer and shrub layer. The average species diversity of *Larix kaempferi* in the surveyed six national parks was 1.2090, with community III the highest at 1.5413 and community VI the lowest at 0.7042. The average number of species was 9.35 ± 2.90 , and the average population was 226.05 ± 89.98 .

KEY WORDS: IMPORTANCE PERCENTAGE, COMMUNITY, SPECIES DIVERSITY, AFFORESTATION

서론

우리나라 산림은 과거 일제강점기와 한국전쟁을 거치면서 1960년 초반까지 연간 1천만m² 가량의 임목이 연료로써 소비되었으며, 훼손된 국토를 빠르게 녹화하기 위하여 속성수 위주의 경제림 조성정책이 적극적으로 추진되었다(Bae and Lee, 2006; Kim and Lee, 2012). 이렇게 형성된 인공림은 단일 수종을 인위적으로 심어 형성된 것으로 토지이용의 극단적인 변화를 의미하며, 지역생태계에 미치는 영향이 크다. 인위적으로 조성된 인공림은 병행충 피해 및 기후변화에 따른 가뭄, 오염 등의 환경스트레스에 취약하며, 수원함량 및 수질정화 기능, 야생생물의 서식처 제공이라는 생태계 서비스도 질적으로 낮아진다.

국립공원공단에 의하면 2017년 기준 국립공원 내 인공림은 15,963ha이며, 주요 수종으로는 일본잎갈나무 7,787ha (48.8%), 리기다소나무 3,773ha(23.7%), 잣나무 2,873ha (18.0%) 등으로 보고하였다. 이 중 일본잎갈나무는 속성수로서 40여년간 20억본 이상이 조림된 우리나라의 대표적인

조림수종이며(Bae and Lee, 2006), 조성된 조림수종 중 가장 넓은 면적(424,668ha)을 차지하고 있다(KFS, 2011).

일본잎갈나무와 같은 침엽수림은 낮은 광투과율과 타감작용으로 인해 생물종다양성을 저하시키는 등의 영향을 크게 미치는 것으로 보고되고 있다(Um, 2015; Stölb, 2012). 또한 일본잎갈나무의 경우 천근성으로 풍해에 의한 대규모 도복현상이 발생하는 것으로 보고되고 있으며, 국립공원을 이용하는 탐방객의 안전사고 및 탐방로 통행에 장애가 발생하고 있다(KNPS, 2017).

국립공원 내 식생구조 분석에 관한 연구의 경우 특정 군락 및 특정 지역의 식생분석을 위한 연구가 다수 진행되었다. 경주국립공원의 서어나무 군락의 식생구조 특성을 분석하기 위해 토함산지구 무장사지계곡의 서어나무 군락의 식생구조를 분석하고 천이 극상림으로서 군락의 유지가능성을 파악하였다(Hong et al, 2012). 오대산국립공원의 경우 신성암에서 중대사 구간을 대상으로 식물군락구조 분석을 통해 향후 전나무림 관리를 위한 방안을 제시하였다(Kim et al, 2015). 또한 국립공원내 인공림 및 조림지의 생태적

천이를 유도하기 위한 식생유형별 간벌 밀도 기준을 제시하는 연구도 진행되었다. 천이의 발달 유형에 따라 식생을 구분하여 단계적인 간벌밀도를 설정하였으며, 단계별 간벌 밀도는 전체적으로 30~60% 범위로 하되, 천이가 발달하지 않은 경우 대정목부터 3단계에 걸쳐 간벌하고, 외래종이 발달한 경우 초기에 외래종 치수를 제거하고 1단계 또는 2단계에 걸쳐 간벌하며, 천이가 진행되기 시작한 초기형은 외래종을 우선적으로 간벌하고 1단계 또는 2단계에 걸쳐 간벌할 것을 제시하였다(Kim and Lee, 2012). 일본잎갈나무의 경우 천근성으로 풍해에 의해 대규모 도복현상이 발생하는 것으로 보고하고 있다(KNPS, 2017). 때문에 일본잎갈나무림의 경우 국립공원의 동·식물보호 및 생태계의 다양성 확보와 더불어 탐방객의 안전성을 고려하여 식생구조 분석 및 생태적 특성의 분석에 대한 연구가 필요한 실정이다.

일본잎갈나무림에 관한 선행연구는 임분 안정성을 고려한 일본잎갈나무 임분 밀도 관리 연구(Park et al, 2020), 벌채유형별 초기 하층식생 변화 연구(Kim et al, 2020), 천연림(소나무림, 신갈나무림)과 일본잎갈나무림의 식생구조 비교(Byeon and Yun, 2018), 갱신유형별 초기 하층식생 변화(Kim, 2017), 간벌강도에 따른 수종 및 임분구조 변화(Um, 2015) 등이 진행되었다.

이에 본 연구는 조림지 비율이 높은 국립공원을 대상으로 조림지중 가장 높은 비율을 차지하고 있는 일본잎갈나무림의 식생구조를 분석하고, 식생유형구분을 통해 선정된 6개 국립공원의 일본잎갈나무림의 생물다양성 증진을 위한 생태적관리의 기초자료 제공을 목적으로 수행하였다.

연구방법

1. 연구대상지 선정 및 개황

연구대상지의 선정은 국립공원 면적대비 조림지 비율이 3% 이상인 소백산국립공원, 월악산국립공원, 치악산국립공원, 태백산국립공원, 가야산국립공원과 대상지 면적과 연구대상지의 상징성을 고려하여 추가로 지리산국립공원을 포함한 6개 국립공원을 선정하였다. 국립공원 내의 조림지 면적비율은 6개 대상지 중 치악산국립공원이 전체면적의 13.21%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 면적 또한 치악산 국립공원이 24.06km²로 가장 넓었다(Kim, 2010). 선정된 국립공원을 중심으로 GIS 분석을 통해 각 국립공원 내 일본잎갈나무림의 임상현황을 분석하였으며, 연구목적에 따라 일본잎갈나무림의 경급과 밀도를 고려하여 각 조사구를 선정하였다. 연구 기간은 2017년 5월부터 11월까지 진행하였으며, 연구대상지의 조사구는 20 × 20m(400m²)의 방형구로 월악산국립공원 9개, 치악산국립공원 7개, 소백산국립공원 6개, 태백산국립공원 8개, 가야산국립공원 10개, 지리산국립공원 11개로써 총 51개 설정하여 분석에 활용하였다. 국립공원별 조사구의 개황은 Table. 1과 같다.

2. 조사분석 방법

1) 식생 및 환경요인조사

조사구의 선정은 GIS(QGIS 2.18ver) 분석자료를 통해

Table 1. Condition of plots in the six national park(Unit:400m²)

National park	Plot NO.	Tree Layer		Subtree Layer		Traces of care	Topography
		DBH (cm)	Number of Species	DBH (cm)	Number of Species		
Wolak mountain	1	21	2	12	8	×	Slope
	2	28	2	12	12	×	Valley
	3	27	1	8	13	×	Valley
	4	32	1	12	4	O	Ridge
	5	7	1	5	1	O	Slope
	6	32	1	7	7	×	Valley
	7	27	1	12	10	×	Ridge
	8	25	2	10	8	×	Ridge
Chiak mountain	9	24	2	7	11	×	Valley
	10	23	1	8	1	×	Slope
	11	42	1	10	6	O	Slope
	12	14	1	6	2	×	Slope
	13	22	1	-	-	×	Slope
	14	15	6	16	9	×	Ridge
	15	15	6	16	9	×	Ridge

National park	Plot NO.	Tree Layer		Subtree Layer		Traces of care	Topography
		DBH (cm)	Number of Species	DBH (cm)	Number of Species		
Sobaek mountain	16	27	1	10	6	O	Slope
	17	18	1	10	2	O	Valley
	18	18	1	8	6	O	Slope
	19	22	3	16	5	×	Ridge
	20	20	1	4	5	×	Valley
	21	15	3	8	4	×	Ridge
	22	22	1	-	-	O	Slope
Taebaek mountain	23	35	1	6	6	×	Slope
	24	35	1	8	9	×	Slope
	25	40	1	7	5	×	Ridge
	26	40	1	13	6	O	Slope
	27	24	1	-	-	O	Slope
	28	26	1	10	1	×	Slope
	29	28	1	-	-	O	Slope
Gaya mountain	30	27	1	9	3	×	Valley
	31	23.9	2	3.9	11	×	Valley
	32	23.5	1	4.4	20	×	Ridge
	33	27.2	1	4.1	15	×	Ridge
	34	23.4	1	8.2	11	×	Ridge
	35	23.9	1	3.8	16	×	Ridge
	36	25.4	1	6.8	3	O	Valley
	37	27.1	2	6.8	13	O	Slope
	38	31.8	3	7.3	21	×	Slope
	39	25.6	1	8.2	5	×	Valley
Jiri mountain	40	32.4	2	5.3	17	×	Valley
	41	36	1	8.6	16	×	Summit
	42	38	1	11.3	7	×	Valley
	43	27.5	1	9.6	12	×	Summit
	44	26.9	1	6.1	8	×	Ridge
	45	40.9	1	6.3	15	×	Valley
	46	35.3	1	8.8	6	×	Slope
	47	34.7	1	7.6	11	×	Valley
	48	28.1	1	5	18	×	Slope
	49	25.1	1	6.8	10	×	Ridge
	50	23.2	2	8.6	13	×	Slope
	51	32.4	1	7.4	13	×	Summit

도출된 각 국립공원 내 일본잎갈나무림을 대상으로 국립공원별 흉고직경 및 밀도를 고려하여 선정하였다.

국립공원 내 일본잎갈나무림의 흉고직경 및 밀도의 구분을 위하여 경급의 구분을 흉고직경이 6~16cm인 수목이 50% 이상 생육 시 소경목, 18~28cm인 수목이 50% 이상 생육 시 중경목, 30cm 이상인 수목이 50% 이상 생육 시 대경목으로 구분하였다(Park, 1985). 식재밀도 구분을 위한 구분은 400 m²당 교목 주수로 구분하였으며, 소밀도는 400m²당 교목 14주 이하, 중밀도는 400m²당 교목 생육이 15~30주, 고밀도는

400m²당 교목 30주 이상으로 구분하였다.

자연식생군락이 생태적으로 100~500m² 내에서 형성되므로(Ellenberg, 1956; Westhoff and Maarel, 1973) 본 연구에서는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구(quadrat)를 기본 단위로 방형구(quadrat) 내에 출현하는 목본 수종을 대상으로 조사하였다. 수종의 동정에 의한 식물명은 국가표준식물 목록에 의거하여 표기하였다. 또한 층위에 따라 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상 되는 수목의 흉고직경, 수고 및 수관폭을 조사하였으며, 관목은 흉고직경이 2cm 이하

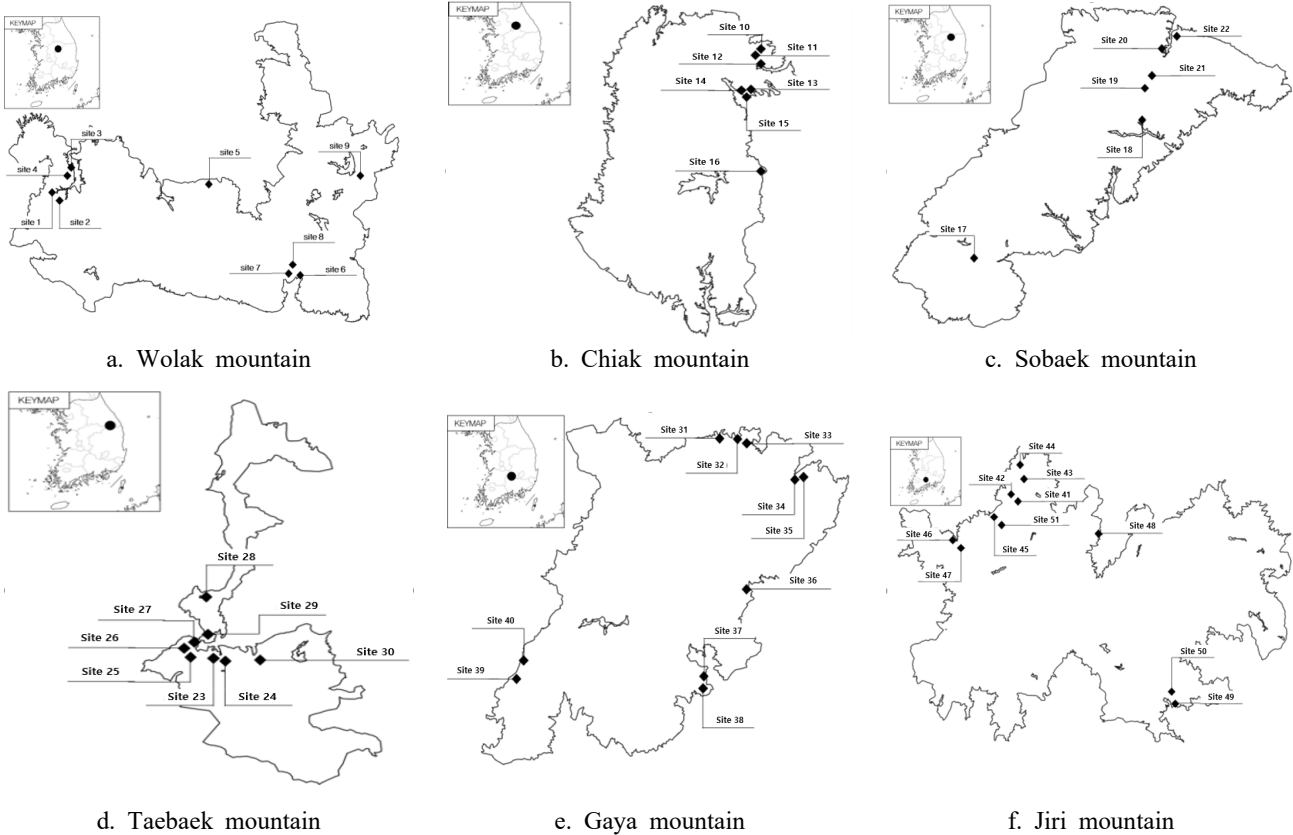


Figure 1. Location map of the research site.

또는 수고가 2m 이하인 수목의 수관폭을 조사하여 분석에 활용하였다.

2) 식물군락구조 조사

국립공원 내 일본잎갈나무림의 상대우점치 및 출현종수, 종다양도, 흉고직경급별 분포, 등을 분석하였으며, 각 조사구의 수관층별 중간 상대적 우세를 분석하기 위해 Curtis & McIntosh(1951) 방법을 응용한 방법으로 상대우점치(I.P. : importance percentage)를 구하고 수고를 고려하여 평균상대우점치(M.I.P. : mean importance percentage)를 산출하였다.

formula. 1

$$I.P = \frac{Relative\ Density + Relative\ Cover}{2}$$

formula. 2

$$M.I.P = \frac{3 \times Canopy\ I.P. + 2 \times Understory\ I.P. + 1 \times Shrub\ I.P.}{6}$$

국립공원 내 일본잎갈나무림의 경급구분 및 식재 밀도의

분류를 통해 구분된 조사구 별로 종구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균제도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 계산했고, 단위면적당(400㎡) 종수 및 개체수를 분석하였다.

조사한 식생구조를 바탕으로 식물군락별 특성을 알아보기 위해 국립공원별 총 51개 조사구의 군락분류는 TWINSpan에 의한 군락분석(Hill, 1979a) 및 DCA ordination(Hill, 1979b)분석을 실시하여 분류하고 군락별 분포특성을 파악하였다.

결과 및 고찰

1. 군락 분류

1) TWINSpan 분석

국립공원 6개의 총 51개 방형구에서 종 구성 데이터를 바탕으로 비슷한 종 구성을 가진 군락끼리 구분하여 그룹화하기 위해 Classification분석 중 TWINSpan기법을 적용하여 지표종(indicator species)을 중심으로 군락을 분류하

였다(Manhas et al, 2009)(Figure 2). 군락의 분류는 각 조사구에 출현하는 수종들 중 환경요인을 반영하는 지표종에 의해 이루어진다(Lee et al, 1994).

주요 지표종을 중심으로 분석한 결과, Division 1은 신나무(-)와 말채나무(-)가 우점하는 그룹과 참개암나무(+), 비목나무(+가 우점하는 그룹으로 나뉘었으며, 신나무(-)와 말채나무(-)가 우점하는 그룹은 Division 2에서 느티나무(-)와 뽕나무(+를 중심으로 나뉘었고, 뽕나무(+그룹은 다시 Division 4에서 시달나무(-)와 싸리나무(+가 출현하는 그룹으로 분류되었다. 참개암나무(+, 비목나무(+가 우점하는 그룹은 Division 3에서 대팻집나무(-)와 왕괴불나무(+, 조릿대(+가 출현하는 그룹으로 분류되었다. 대팻집나무(-)가 출현하는 그룹은 Division 5에서 노간주나무(-)와 산수국(+이 출현하는 그룹으로 분류되었고, 왕괴불나무(+, 조릿대(+가 출현하는 그룹은 Division 6에서 산딸나무(-)와 담쟁이덩굴(+이 출현하는 그룹으로 분류되었다.

2) DCA 분석

TWINSPAN기법에 의해 유형화된 7개 군락의 분포를 확인하고, 연속적인 값을 이용하여 종 조성의 변화를 시각화하기 위해 Ordination 분석 중 DCA 분석을 통해 51개 조사구를 배치한 후 군락의 분포특성을 분석하여(Lee et al., 1994; Choi and Kang, 2006) 조사구간 상이성과 유사성을 분석하였다(Figure 3).

조사구별 입지환경과 종 구성 차이의 ordination 분석 (Orloci, 1978)을 통한 DCA 분석결과 제1축과 2축의

eigenvalue가 각각 0.275와 0.175로 분석되었으며, 4개축 전체 합이 0.671로 67.06%에 해당하여 total variance에 대한 집중도는 평이한 수준으로 분석되었다.

조사구별 입지환경분석결과 종 구성을 살펴보았을 때, 군락 III의 일부를 제외하고 전반적으로 밀집하여 분포하는 경향을 보였다. 제1축에서는 일본잎갈나무와 경쟁 구도에 있는 참나무류의 출현유무에 따라 분류된 것으로 분석되었으며, 가장 우측에 분포하는 조사구 15와 20에서는 평균상대우점치 분석결과, 일본잎갈나무(M.I.P. 24.83%, 31.06%) 대비 참나무(M.I.P. 25.44%, 39.56%)가 우세한 것으로 분석되었다. 제2축에서는 군락의 배열이 일정치 않으며 특별한 경향이 나타나지 않았으며, 이는 51개 조사구 모두 일본잎갈나무림으로 교목층의 일본잎갈나무가 우점하여 하층식생에 의해 군락이 나뉘짐에 따라 전반적으로 군락이 서로 비슷한 환경요인에 기인한 것으로 판단되었다.

2. 식생구조 분석

조사가 진행된 6개 국립공원 데이터를 기반으로 분류된 7개 군락의 층위별 상대우점치(I.P.)를 구하고 수고를 고려하여 평균상대우점치(M.I.P.)를 분석하였다(Table 2). 군락 I의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 94.6%로 우점하였으며, 느티나무(3.5%)가 출현하였다. 아교목층의 경우 말채나무가 21.9%로 우점하였으며, 물푸레나무(17.0%)와 느티나무(16.9%)가 출현하였다. 관목층의 경우 생강나무가 22.1%로 우점하였으며, 줄딸기(16.8%), 줄참나무(3.6%) 등이 출현하였다.

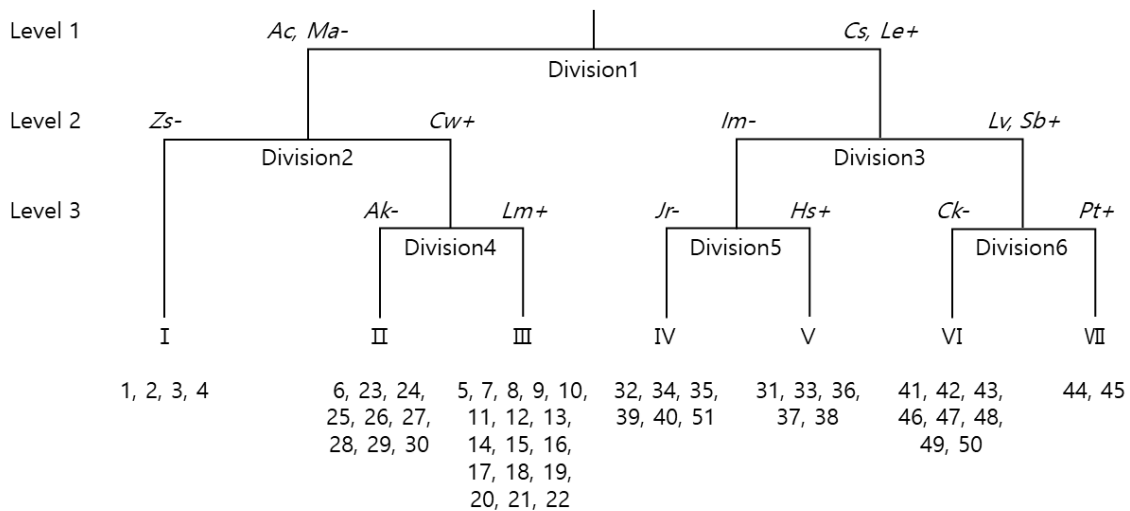


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan in selected national park. (Ac: *Acer tataricum*, Ma: *Morus alba*, Cs: *Corylus sieboldiana*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Zs: *Zelkova serrata*, Cw: *Cornus walteri*, Im: *Ilex macropoda*, Lv: *Lonicera vidualii*, Sb: *Sasa borealis*, Ak: *Acer komarovii*, Lm: *Lespedeza Michx*, Jr: *Juniperus rigida*, Hs: *Hydrangea serrata*, Ck: *Cornus kousa*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*)

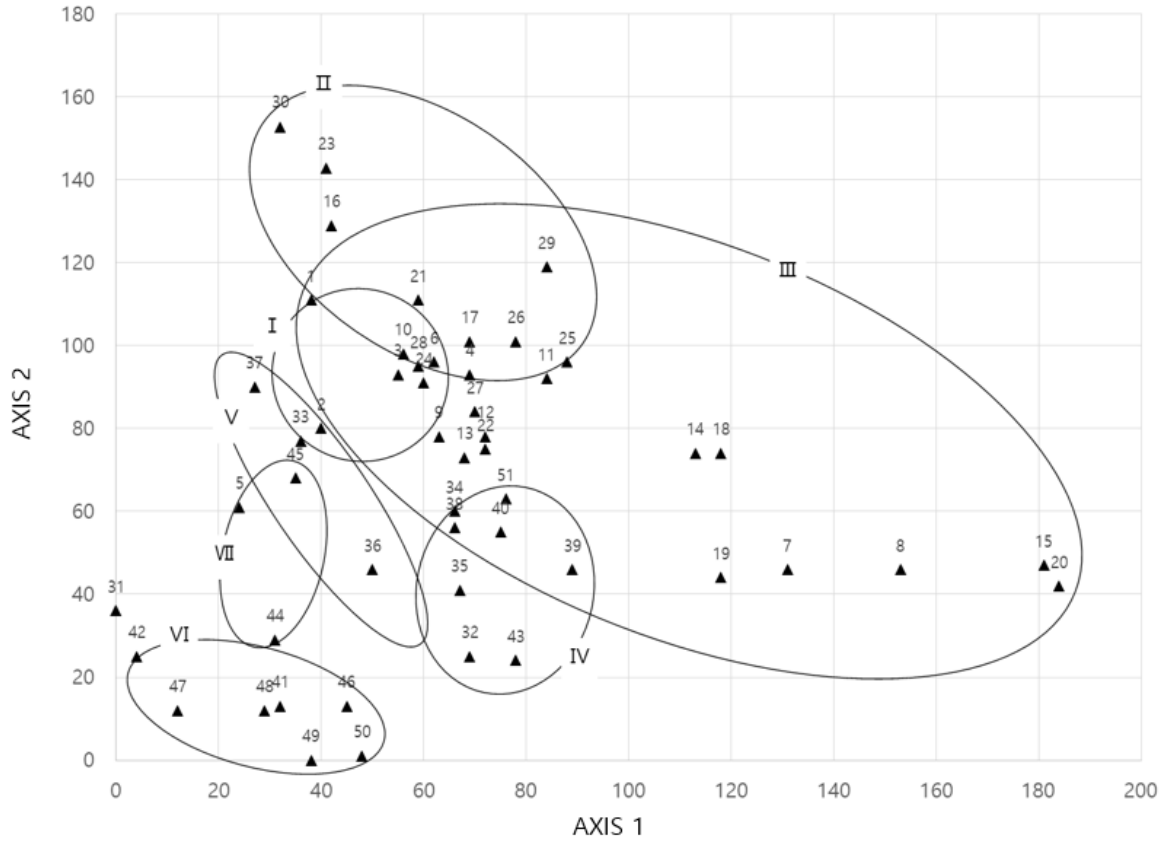


Figure 3. DCA(detrended correspondence analysis) ordination in selected national park.

Table 2. Importance percentage of major woody species by the layer for each community in the six national park(Unit:400m²)

National park	Species	Layer				Species	Layer			
		C*	U	S	M		C	U	S	M
I (plots 4)	<i>Larix leptolepis</i>	94.6	0.0	0.0	47.3	<i>Rubus oldhamii</i>	0.0	0.0	14.8	2.5
	<i>Cornus walteri</i>	0.0	21.9	3.2	7.8	<i>Diospyros lotus</i>	0.0	6.6	0.1	2.2
	<i>Zelkova serrata</i>	3.5	16.9	2.4	7.8	<i>Celtis aurantiaca</i>	0.0	5.1	0.4	1.8
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	17.0	4.1	6.4	<i>Ailanthus altissima</i>	0.0	4.6	1.3	1.8
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	1.1	22.1	4.0	<i>Ulmus davidiana</i>	0.0	3.6	0.5	1.3
	<i>Quercus serrata</i>	0.0	9.2	3.6	3.7	Others	1.9	14.2	47.6	13.6
	<i>Quercus serrata</i>	0.0	9.2	3.6	3.7					
II (plots 9)	<i>Larix leptolepis</i>	100.0	0.0	0.0	50.0	<i>Rubus oldhamii</i>	0.0	0.0	15.2	2.5
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	29.2	2.1	10.1	<i>Morus alba</i>	0.0	5.7	2.9	2.4
	<i>Cornus controversa</i>	0.0	19.1	1.5	6.6	<i>Philadelphus schrenkii</i>	0.0	2.9	6.8	2.1
	<i>Actinidia arguta</i>	0.0	0.0	31.0	5.2	<i>Quercus mongolica</i>	0.0	5.2	1.5	2.0
	<i>Morus bombycis</i>	0.0	10.5	0.9	3.7	<i>Sorbaria sorbifolia</i>	0.0	3.1	1.6	1.3
	<i>Acer pictum</i>	0.0	7.8	1.5	2.8	Others	0.0	16.6	35.1	11.4
III (plots 17)	<i>Larix leptolepis</i>	93.4	5.2	0.0	48.4	<i>Pinus koraiensis</i>	0.0	5.8	0.2	2.0
	<i>Quercus mongolica</i>	3.3	36.9	7.6	15.2	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	2.1	7.1	1.9
	<i>Quercus variabilis</i>	2.4	12.9	0.5	5.6	<i>Morus alba</i>	0.0	4.6	1.5	1.8
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	4.3	4.1	2.1	<i>Cornus controversa</i>	0.0	4.5	1.6	1.8

National park	Layer				Layer					
	Species	C*	U	S	M	Species	C	U	S	M
IV (plots 6)	<i>Stephanandra incisa</i>	0.0	0.0	12.2	2.0	<i>Quercus serrata</i>	0.0	2.5	3.3	1.4
	<i>Acer tataricum</i>	0.0	4.0	4.2	2.0	Others	0.9	17.3	57.7	15.9
	<i>Larix leptolepis</i>	97.9	7.4	0.1	51.4	<i>Corylus heterophylla</i>	0.0	5.8	5.1	2.8
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.0	13.0	15.2	6.9	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	5.3	5.3	2.7
	<i>Pinus densiflora</i>	2.2	11.1	0.0	4.8	<i>Tripterygium regelii</i>	0.0	0.0	14.0	2.3
	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.0	11.5	0.0	3.8	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	2.8	7.2	2.1
	<i>Quercus serrata</i>	0.0	9.8	2.7	3.7	<i>Cornus controversa</i>	0.0	4.6	0.0	1.5
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.0	7.9	3.5	3.2	Others	0.0	21.0	46.3	14.7
	<i>Larix leptolepis</i>	89.8	1.3	0.0	45.3	<i>Akebia quinata</i>	0.0	0.0	11.9	2.0
	<i>Quercus acutissima</i>	8.1	4.9	0.1	5.7	<i>Stephanandra incisa</i>	0.0	0.0	12.0	2.0
V (plots 5)	<i>Cornus controversa</i>	0.0	15.7	0.0	5.2	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.0	4.9	2.0	2.0
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.0	11.5	6.6	4.9	<i>Celtis sinensis</i>	1.3	3.6	0.1	1.9
	<i>Prunus serrulata</i>	0.0	7.9	0.1	2.6	<i>Castanea crenata</i>	0.0	5.3	0.3	1.8
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.0	6.5	1.0	2.3	Others	0.8	38.1	65.4	24.1
	<i>Larix leptolepis</i>	99.6	0.3	0.0	49.9	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	7.0	0.5	2.4
VI (plots 8)	<i>Sasa borealis</i>	0.0	0.0	75.5	12.6	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.0	4.4	4.5	2.2
	<i>Styrax japonicus</i>	0.0	27.8	0.5	9.3	<i>Quercus serrata</i>	0.0	5.7	0.3	1.9
	<i>Quercus mongolica</i>	0.0	10.8	0.2	3.6	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.0	3.8	0.0	1.3
	<i>Morus bombycis</i>	0.0	8.7	0.2	2.9	<i>Cornus kousa</i>	0.0	2.9	0.0	1.0
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	6.5	3.9	2.8	Others	0.4	22.1	14.5	10.1
	<i>Larix leptolepis</i>	100.0	0.0	0.0	50.0	<i>Actinidia arguta</i>	0.0	6.7	5.1	3.1
VII (plots 2)	<i>Morus bombycis</i>	0.0	29.8	1.4	10.2	<i>Sasa borealis</i>	0.0	0.0	12.2	2.0
	<i>Cornus controversa</i>	0.0	28.4	0.2	9.5	<i>Quercus serrata</i>	0.0	5.3	0.0	1.8
	<i>Schisandra chinensis</i>	0.0	0.0	25.5	4.2	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.0	1.3	4.9	1.3
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	8.6	6.8	4.0	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.0	0.0	6.8	1.1
	<i>Hydrangea serrata</i>	0.0	0.0	18.5	3.1	Others	0.0	17.9	16.8	8.8

*C : Canopy layer, U : Understory layer, S : Shrub layer

군락 II의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 100.0%로 우점하였다. 아교목층의 경우 물푸레나무가 29.2%로 우점하였으며, 층층나무(19.1%)와 산뽕나무(10.5%)가 출현하였다. 관목층의 경우 다래가 31.0%로 우점하였으며, 줄딸기(15.2%)와 곶상나무(6.8%)가 출현하였다. 군락 III의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 93.4%로 우점하였으며, 신갈나무(3.3%), 굴참나무(2.4%) 순으로 출현하였다. 아교목층의 경우 신갈나무가 36.9%로 우점하였으며, 굴참나무(12.9%)와 잣나무(5.8%)가 출현하였다. 관목층의 경우 국수나무가 12.2%로 우점하였으며, 신갈나무(7.6%)와 생강나무(7.1%)가 출현하였다.

군락 IV의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 97.9%로 우점하였으며, 소나무(2.2%)가 출현하였다. 아교목층의 경우 진달래가 13.0%로

우점하였으며, 서어나무(11.5%), 소나무(11.1%) 순으로 출현하였다. 관목층의 경우 진달래가 15.2%로 우점하였으며, 미역줄나무(14.0%)와 생강나무(7.2%)가 출현하였다. 군락 V의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 89.8%로 우점하였으며, 상수리나무(8.1%), 소나무(1.1%), 팽나무(1.3%) 순으로 출현하였다. 아교목층의 경우 층층나무가 15.7%로 우점하였으며, 비목나무(11.5%)와 빗나무(7.9%)가 출현하였다. 관목층의 경우 국수나무가 12.0%로 우점하였으며, 으름(11.9%)과 비목나무(11.5%)가 출현하였다.

군락 VI의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 99.6%로 우점하였으며, 아교목층의 경우 때죽나무가 27.8%로 우점하였으며, 신갈나무(10.8%)와 산뽕나무(8.7%)가 출현하였다. 관목층의 경우 조릿대가 75.5%로 우점하였으며, 비목나무(4.5%)와 생강나무(3.9%)

가 출현하였다. 군락 VII의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석 결과, 교목층에서 일본잎갈나무가 100.0%로 우점하였으며, 아교목층의 경우 산뽕나무가 29.8%로 우점하였으며, 층층나무(28.4%)와 생강나무(8.6%)가 출현하였다. 관목층의 경우 오미자가 25.5%로 우점하였으며, 산수국(18.5%)과 조릿대(12.2%)가 출현하였다.

6개 국립공원에서 분류된 7개 군락의 일본잎갈나무림 상대우점치 분석을 종합한 결과, 교목층에서는 모든 군락에서 일본잎갈나무가 90% 이상 우점하였으며, 이 중 군락 I, III, IV, V의 경우에는 느티나무, 신갈나무, 굴참나무, 상수리나무, 소나무가 동시 출현하였으나, 우점비율은 4%이하였다. 아교목층에서는 일본잎갈나무가 낮은 분포를 보였으나, 말채나무, 물푸레나무, 신갈나무, 층층나무, 때죽나무, 산뽕나무가 우점하였다. 관목층에서는 낙엽활엽수인 느티나무와 참나무류가 주로 출현하여 세력을 넓혀 낙엽활엽침엽혼효림으로 천이가 예상되었다.

3. 종수 및 개체수

7개 군락의 단위면적(400m²)당 평균 출현종수와 개체수를 분석하였다(Table 3). 층위별 평균 출현 종수 분석결과, 교목층 1.32±0.48종, 아교목층 9.65±3.92종, 관목층 17.09±4.30종으로 분석되었다. 전체적으로 조사구당 평균 9.35±2.90종이 출현한 것으로 분석되었다. 이는 일반적인 국립공원의 조사결과인 경주국립공원의 10.67±2.14종(Kang et al, 2012)

과 계룡산국립공원의 15.0±3.2종(Choi and Cho, 2001) 대비 다소 낮은 경향을 보이는 것으로 분석되었다.

층위별 평균 개체수 분석결과, 교목층에서 21.61±7.39개체가 조사되었으며, 아교목층에서 29.51±12.25개체가 조사되었다. 관목층의 경우 627.04±250.29개체가 조사되었다. 조사구당 평균 개체수는 226.05±89.98개체로 출현하였다.

층위별 평균 출현종수 분석결과, 교목층에서 군락 III의 출현종수가 1.65±1.28종으로 가장 높게 측정되었으나 전체적으로 2종을 넘지 않는 것으로 보아 일본잎갈나무 이외의 종이 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다.

각 군락의 층위별 평균 출현 개체수 분석결과, 교목층에서는 군락 III에서 30.18±13.07개체로 가장 많이 분포하였으며, 아교목층의 경우 군락 IV에서 59.67±25.86개체로 가장 많이 분포하였다. 관목층의 경우 군락 VI에서 1041.50±527.22개체로 가장 많이 출현하였다. 전체적으로 평균 개체수 분석결과 군락 VI 364.58±179.77개체로 이는 관목층의 개체수가 영향을 크게 미친 것으로 사료되었다.

4. 종 다양도

분류된 7개 군락의 종 다양도 분석을 위해 Shannon의 종다양도지수(H'), 균재도(J'), 우점도(D'), 최대종다양도지수(H' max)를 산출하였으며, 조사구별 평균값을 산출하여 분석에 활용하였다(Table 4).

종 다양도지수는 군락 III에서 1.5413로 가장 높은 것으

Table 3. Descriptive analysis of the number as species and individuals in selected national park (Unit:400m²)

Community	No. of Species				No. of Individual			
	Canopy	Understory	Shrub	Total Average	Canopy	Understory	Shrub	Total Average
I	1.50±0.50	9.25±3.56	19.25±4.97	10.00±3.1	13.25±1.48	28.25±2.17	546.00 ±238.34	195.83 ±80.66
II	1.00±0.00	4.11±3.07	14.11±3.41	6.41±2.16	21.11±7.72	12.22 ±12.71	681.78 ±438.23	238.37 ±152.89
III	1.65±1.28	4.65±3.36	15.94±4.88	7.41±3.17	30.18 ±13.07	12.06 ±10.67	517.18 ±274.20	186.47 ±99.32
IV	1.33±0.47	14.67±4.85	18.50±5.09	11.50±3.47	23.50±7.46	59.67 ±25.86	414.00 ±132.82	165.72 ±55.38
V	1.60±0.80	12.40±5.99	21.60±3.83	11.87±3.54	25.00±8.60	35.40 ±18.67	596.80 ±113.20	219.07 ±46.83
VI	1.13±0.33	11.00±3.08	13.25±6.94	8.46±3.45	19.75±4.89	32.50±7.19	1041.50 ±527.22	364.58 ±179.77
VII	1.00±0.00	11.50±3.50	17.00±1.00	9.83±1.50	18.50±8.50	26.50±8.50	592.00 ±28.00	212.33 ±15.00
Average	1.32±0.48	9.65±3.92	17.09±4.30	9.35±2.90	7.39	29.51 ±12.25	627.04 ±250.29	226.05 ±89.98

Table 4. Species diversity in selected national park(Unit:400m²)

Community	Population			
	H' (Shannon)	J' (Evenness)	D' (Dominance)	H'max
I	1.2524	0.7298	0.2702	1.716
II	1.1341	0.6517	0.3483	1.7404
III	1.5413	0.8146	0.1854	1.8921
IV	1.3849	0.807	0.193	1.716
V	1.4081	0.7767	0.2233	1.8129
VI	0.7042	0.3804	0.6196	1.8513
VII	1.0377	0.6617	0.3383	1.5682
Average	1.2090	0.6888	0.3112	1.7567

로 분석되었으며, 군락 VI에서 0.7042로 가장 낮은 것으로 분석되었다. 6개 국립공원의 평균 종 다양도 지수는 1.2090로 분석되었다.

각 분류군에 개체수 분포의 정도를 파악하는 균재도는 값이 1에 가까울수록 종별 개체수가 일정함을 나타낸다. 각 군락 별 균재도 분석결과, 군락 III에서 0.8146로 가장 높은 분포를 나타내었다. 반면 군락 VI에서 가장 낮은 0.3804로 분석되어 균일하지 못한 개체수 분포를 나타내고 있는데 이는 교목층 일본잎갈나무와 더불어 관목층에 높은 개체수의 조릿대가 분포하여 생긴 결과로 사료되었다. 균재도의 평균값은 0.6888로 분석되었다.

종의 우점정도를 나타내는 우점도는 그 값이 0.9 이상인 경우 한 종이 강하게 우점하는 것이고, 0.3~0.7의 경우 한 종이 약하게 우점하거나 두 종이 우점하고, 0.1~0.3의 경우 다수의 주요종에 의해 우점이 나뉜다(Whittaker, 1965). 우점도의 분석결과, 군락 VI에서 0.6196로 분석되었으며, 군락 III에서 0.1854로 분석되었다. 우점도의 평균값은 0.3112로 분석되었다. 우점도의 경우 전반적으로 낮게 분포하며 다수의 주요종이 분포하는 경향으로 분석되었으며, 관목층의 개체수와 비슷한 경향으로 분석되었다.

5. 흉고직경급별 분포

6개 국립공원 출현종을 국가산림자원조사 현지조사 지침서를 참고하여 흉고직경 6cm 미만의 수종을 치수, 6~18cm를 소경목, 18~30cm를 중경목 30cm 이상을 대경목으로 분류하여 흉고직경급별 분석을 실시하였다(Table 5).

7개 군락이 모두 일본잎갈나무 우점으로 DBH 8~37cm 사이에서 가장 많이 분포하였다. 군락 I은 일본잎갈나무가 DBH 12~42cm 사이에 분포하여 중경목과 대경목이 주로 분포하고, 그 외의 종에서는 중경목인 느티나무 3주(DBH 22~32cm)와 고욤나무 1주(DBH 17~22cm)를 제외한 교목

들은 소경목으로 분포하였다. 군락 II의 경우 일본잎갈나무가 DBH 17~52cm 사이에 분포하였고, 특히 DBH 42~52cm인 일본잎갈나무는 16개체로 많은 대경목 개체수가 분포하였다. 또한 물푸레나무와 산뽕나무 각 1주를 제외한 나머지 수종은 소경목으로 분포하였다. 군락 III는 일본잎갈나무가 DBH 2~52cm까지 고르게 분포하였으며, 개체수는 127주로 분석된 7개의 군락 중 가장 많이 분포하였다. 그 외의 수종에서는 대경목은 신갈나무 2주(DBH 32~42cm), 중경목으로는 신갈나무 14주(DBH 17~32cm)와 굴참나무 18주(DBH 17~32cm)가 분포하여 7개의 군락 중 일본잎갈나무를 제외한 중경목이 가장 많이 분포하였다. 군락 IV의 경우 일본잎갈나무가 대부분 중경목에 분포하였으며, 그 외 수종은 모두 소경목으로 분포하였다.

군락 V의 경우 일본잎갈나무는 DBH 12~42cm 사이에 분포하였으며, 47cm 이상의 수종이 3주 분포하였다. 그 외 수종으로는 상수리나무 10주(DBH 17~47cm)를 제외하고 비목나무, 개웃나무, 상수리나무, 산초나무, 밤나무 등이 소경목으로 분포하였다. 군락VI의 경우 일본잎갈나무는 DBH 7~52cm로 분포하였으며, 대부분 대경목에 분포하였다. 기타수종으로는 중경목인 때죽나무 9주(DBH 17~27cm), 산뽕나무 2주(DBH 17~22cm), 물푸레나무 1주(DBH 27~32cm), 신갈나무 1주(DBH 27~32cm)를 제외한 나머지는 소경목으로 분포하였다. 군락 VII 또한 일본잎갈나무로 DBH 17~52cm로 분포하였으며, 주로 대경목에 분포하였다. 기타 수종으로는 층층나무가 중경목과 대경목에 각각 1주씩 분포하고 있었으며, 그 이외의 수종은 소경목에 분포하였다.

전반적으로 7개 군락 모두 일본잎갈나무가 우점하고 있었으며 중경목에서 대경목에 분포하는 것으로 분석되었다. 그 외 수종의 경우 대부분 소경목에 분포하고 있었으나, 군락 IV, VI, VII를 제외한 모든 군락에서 일본잎갈나무 이외의 대경목과 중경목, 소경목에 해당하는 수목이 조사되었다.

Table 5. The DBH distribution of major woody species in selected national park(Unit:400m²)

	species	Shrub	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
I	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	1	8	10	20	10	1	-	-	-
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	152	-	17	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cornus walteri</i>	20	-	7	6	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Zelkova serrata</i>	4	-	3	2	7	-	2	1	-	-	-	-	-
	<i>Quercus serrata</i>	72	-	8	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
II	<i>Diospyros lotus</i>	4	-	2	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	-	22	42	51	33	26	15	1	-
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	176	-	19	15	2	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cornus controversa</i>	16	-	6	10	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Acer pictum</i>	52	-	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
III	<i>Morus bombycis</i>	12	-	2	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Morus alba</i>	32	-	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	19	54	112	127	92	60	14	7	3	1	-
	<i>Quercus mongolica</i>	436	-	23	21	29	5	8	1	1	1	-	-	-
	<i>Quercus variabilis</i>	60	-	1	2	8	8	9	1	-	-	-	-	-
IV	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	332	-	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Morus alba</i>	100	-	8	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cornus controversa</i>	68	-	6	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Larix leptolepis</i>	4	-	-	1	10	21	30	28	20	7	1	1	-
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	148	5	54	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	<i>Quercus serrata</i>	68	-	31	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Rhus trichocarpa</i>	132	4	22	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Corylus heterophylla</i>	168	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	60	-	23	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	16	26	36	19	13	5	-	-	-
VI	<i>Lindera erythrocarpa</i>	332	1	10	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Rhus trichocarpa</i>	44	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Quercus acutissima</i>	4	-	5	2	-	2	6	-	1	-	1	-	-
	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	40	5	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Castanea crenata</i>	16	-	11	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	1	8	23	42	25	44	21	13	3	-
	<i>Styrax japonicus</i>	60	-	12	28	22	8	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Lindera obtusiloba</i>	332	4	27	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Morus bombycis</i>	20	-	17	6	5	2	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	44	-	25	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-
VIII	<i>Quercus mongolica</i>	28	-	6	8	4	-	-	1	2	-	-	-	-
	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	-	5	8	10	4	7	1	2	-
	<i>Morus bombycis</i>	24	-	10	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Lindera obtusiloba</i>	48	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Actinidia arguta</i>	28	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IX	<i>Cornus controversa</i>	4	-	2	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	8	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**SHR:SHRUB, D1<2, 2≤D2<7, 7≤D3<12, 12≤D4<17, 17≤D5<22, 22≤D6<27, 27≤D7<32, 32≤D8<37, 37≤D9<42, 42≤D10<47, 47≤D11<52, D12≥52

군락 I의 경우 느티나무가 부수종으로 분포하였으며, 군락 II의 경우 뽕나무와 산뽕나무가 부수종으로 분포하였다. 군락 III 신갈나무가 대경목이 2개체, 중경목이 14개체로 분석되었다. 군락 V의 경우 상수리나무가 부수목으로 대경목과 중경목이 각각 2개체와 8개체로 분석되었다.

군락 III와 V의 경우 신갈나무와 상수리나무가 부수종으

로 고르게 분포하고 있어 추후 참나무가 우점하는 군락으로 천이가 진행될 것으로 사료되었다. 기타 군락 VI과 VII에서도 중경목에 해당하는 부수종이 조사되었지만 수목의 분포가 고르지 않고 개체수 또한 적어 자연 천이가 발생하기 어려울 것으로 판단되었다. 추후 연구에서는 일본잎갈나무림의 분포에 따라 천이를 분석하고, 더 나아가 일본잎갈나무가

주변 수목에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 한다.

REFERENCES

- Bae, J.S. and K.B. Lee(2006) Impacts of the Substitution of Firewood for Home Use on the Forest Greening after the 1945 Liberation of Korea. *Jour. Korean For. Soc.* 95(1): 60-72. (in Korean with English abstract)
- Byeon, S.Y. and C.W. Yun(2018) Comparison of Vegetation Structure between Natural Forest(*Pinus densiflora* Forest and *Quercus mongolica* Forest) and *Larix kaempferi* Forest in Mt. Janggunbong. *J. Agric. Life Sci.* 52(4): 31-45. (in Korean)
- Choi, S.H. and H.M. Kang(2006) Vegetation Structure of the Kumsaenggol in the Wolchulsan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 20(4): 464-472. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.H. and H.S. Cho(2001) Analysis on the Forest Community Structure of the Area of Donghaksa-Nammaetap. *Kyeryongsan National Park. J. Env. Eco.* 14(4): 252-267. (in Korean)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der Vegetationsgliederung, Part 1: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: H. Walter(ed.), *Einführung in die Phytosoziologie*. Eugen Ulmer, Stuttgart, 136pp.
- Hill, M.O.(1979a) TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. *Ecology and Systematics*, Cornell Univ., Ithaca, New York, 990pp.
- Hill, M.O.(1979b) DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell Univ., Ithaca, New York, 520pp.
- Hong, S.H., J.W. Cho, J.S. Kim, S.D. Lee and S.H. Choi(2012) Characteristics of the *Carpinus laxiflora* community in the Gyeongju National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(6): 934-940. (in Korean)
- Kang, H.M., S.H. Choi, S.D. Lee, H.S. Cho and J.S. Kim(2012) Vegetation structure of the Bulguksa Buddhist temple forest in the Gyeongju National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 26(5): 787-800. (in Korean with English abstract)
- KFS(2011) Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, 484pp. (in Korean)
- Kim, C.U.(2010) Monitoring the Vegetation Restoration after Logging the Exotic Forest in National Parks. Master's thesis, Honam Universtiy. (in Korean)
- Kim, D.W., B.H. Han, J.Y. Kim and J.H. Yeum(2015) Plant community structure of *Abies holophylla* community from Sinseongam to Jungdaesa in Odaesan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 29(6): 895-906. (in Korean)
- Kim, J.Y. and K.J. Lee(2012) Vegetational Structure and the Density of Thinning for the Inducement of the Ecological Succession in Artificial Forest, National Parks-In Case of Chiaksan, Songnisan, Deogyusan, and Naejangsan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(4): 604-619. (in Korean)
- Kim, M.S., J.S. Kim, H.S. Kim and C.W. Park(2020) Changes in Community Structure of Understory Vegetation by Silvicultural Treatments in a *Larix kaempferi* Plantation Forest. *Journal of Agriculture & Life Science* 54(2): 25-35. (in Korean)
- KNPS(2017) Distribution Status and Management Plan of *Larix kaempferi* Forests in National Parks. Korea National Park Service National Park Research Institute, pp.4-5. (in Korean)
- Lee, K.J., S.H. Choi, H.S. Cho and Y.W. Lee(1994) The Analysis of the Forest Community Structure of Tokyusan National Park: Case Study of Paekryunsa-Kumpotan. *Journal of Korean Applied Ecology* 7(2): 135-154. (in Korean with English abstract)
- Manhas, R.K., M.K. Gautam and D. Kumari(2009) Two way indicator species analysis (TWINSpan) of the herbaceous vegetation in an inland wetland ecosystem of Doon Valley Himalaya, India. *Journal of Wetlands Ecology* 3: 23-31.
- Orloci, L.(1978) *Multivariate Analysis in vegetation research*(End ed.). Junk Publishing, The Hague, 468pp.
- Park, I.H.(1985) Forest Structure, Biomass, and Net Production in a Natural Forest Ecosystem at Mt. Baekun Area. Doctoral dissertation, Seoul Univ., 48pp.
- Park, J.H., S.H. Chung, S.H. Kim and S.T. Lee(2020) Optimum Stand Density Control Considering Stability in *Larix kaempferi* Forests. *Journal of Korean Society of Forest Science* 109(2): 202-209. (in Korean)
- Stölb, W.(2012) *Waldästhetik: Über Forstwirtschaft, Naturschutz und die Menschenseele*, 2 Auflage, 530pp. (in German)
- Um, T.W.(2015). Change of Tree Species and Stand Structure on the Different Thinning Intensities of *Larix kaempferi* Plantation-In Odaesan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 29(4): 580-589. (in Korean)
- Westhoff, V. and E. Van Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science* 5(1973): 617-726.
- Whittaker, R.H.(1965) *Vegetation of the Great Smokey Mountains*. *Ecol. Monographs* 26: 1-80.