

인천 및 경기도 도서지역 소사나무림 군집구조분석 연구¹

- 석모도, 영종도, 영흥도 및 대부도를 대상으로 -

김용훈² · 권오정³ · 반수홍⁴ · 오충현^{5*}

A Study on the Plant Community Structure of *Carpinus turczaninowii* in Islands of Incheon and Gyeonggi-do¹

- Case Study of Seokmo, Yeongjong, Yeongheung and Daebu Island -

Yong-Hoon Kim², Oh-Jung Kwon³, Su-Hong Ban⁴, Choong-Hyeon Oh^{5*}

요약

본 연구는 도서식물자원인 소사나무의 식물군집구조 분석을 통해 소사나무림의 서식지 외 보전 및 서식환경 등의 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 군집구조 분석을 위하여 소사나무가 출현하는 석모도, 영종도, 영흥도 및 대부도를 대상으로 총 29개의 방형구(각 100m²)를 설치 및 조사하였다. 군집분류는 TWINSpan에 의한 classification 분석을 하였다. 군집분류 결과 소사나무-졸참나무 군락(I), 소사나무-소나무 군락(II), 소사나무-신갈나무 군락(III), 소사나무-팔배나무 군락(IV), 소사나무-전형군락(V), 소사나무-굴참나무 군락(VI) 등 총 6개의 군락으로 분류되었다. 종다양도는 0.90008~1.12868, 우점도는 0.17536~0.25665이며, 유사도지수는 17.1429~38.2979%이었다. 군락별 7개 환경인자를 RDA ordination로 상관관계 분석한 결과 제 1축은 울폐도 및 낙엽층 깊이가 양의 상관관계를 보였으며, 암석노출도, 토양경도 및 해발고도는 음의 상관관계를 보였다. 제 2축은 암석노출도와 울폐도가 양의 상관관계를 보였으며, 경사도는 음의 상관관계를 보였다. 군락 I(소사나무-졸참나무 군락)은 주로 울폐도 및 낙엽층 깊이가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 나타났다. 군락 II(소사나무-소나무 군락)와 군락 III(소사나무-신갈나무 군락)은 경사도가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 나타났으며, 군락 IV(소사나무-팔배나무 군락), 군락 V(소사나무-전형군락)와 군락 VI(소사나무-굴참나무 군락)은 암석노출도, 해발고도, 토양경도 등이 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 나타났다.

주요어: TWINSpan, RDA, 종다양도, 우점도, 유사도, 상관관계

ABSTRACT

This study aimed to provide basic data such as the structure of the *Carpinus turczaninowii* community and characteristics of the habitat environment for ex situ conservation by analyzing the plant community structure of

1 접수 2020년 9월 17일, 수정 (1차: 2020년 12월 23일, 2차: 2021년 1월 12일), 게재확정 2021년 1월 15일

Received 17 September 2020; Revised (1st: 23 December 2020, 2nd: 12 January 2021); Accepted 15 January 2021

2 경기도산림환경연구소 바다향기수목원팀 지방녹지연구소 Gyeonggi-Do Forestry Environment Research Center, Ansan-si 15651, Korea (ecology98@gg.go.kr)

3 동국대학교 생태환경연구소 전임연구원 Institute of Ecological Environment, Dongguk Univ., Seoul 04620, Korea (ojtale@dongguk.edu)

4 동국대학교 대학원 바이오환경학과 박사과정 Graduate School, Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul 10316, Korea (suhong21@nate.com)

5 동국대학교 바이오환경과학과 교수 Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul 10316, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-31-961-3123, E-mail: ecology@dongguk.edu

Carpinus turczaninowii, an island plant resource. For the community structure analysis, this study established 29 plots, sized 100m² each, in Seokmo, Yeongjong, Yeongheung, and Daebu islands. TWINSpan was used for the classification of communities. The classification identified six communities. Group I was the *C. turczaninowii-Quercus serrata* community, group II was the *C. turczaninowii-Pinus densiflora* community, group III was the *C. turczaninowii-Quercus mongolica* community, group IV was the *C. turczaninowii-Sorbus alnifolia* community, group V was the *C. turczaninowii* typical community, and group VI was the *C. turczaninowii-Quercus variabilis* community. The species diversity was 0.90008~1.12868, the dominance was 0.17536~0.25665, and the similarity index was 17.1429~38.2979%. The result of correlation analysis of 7 environmental factors for 6 communities by RDA ordination showed a positive correlation between the crown density and litter layer and a negative correlation between the bare rock, soil hardness, and altitude on the 1st axis. On the 2nd axis, the bare rock and crown density showed a positive correlation, and the slope showed a negative correlation. In the *C. turczaninowii-Quercus serrata* community (I), the crown density and the litter layer were the environmental factors affecting the vegetation distribution. In the *C. turczaninowii-Pinus densiflora* (II) and *C. turczaninowii-Quercus mongolica* (III) communities, the slope was the factor affecting vegetation distribution. In the *C. turczaninowii-Sorbus alnifolia* (IV), *C. turczaninowii* typical (V), and *C. turczaninowii-Quercus variabilis* (VI) communities, the bare rock, altitude, and soil hardness were the factors affecting vegetation distribution.

KEY WORDS: TWINSpan, RDA, SPECIES DIVERSITY, DOMINANCE, SIMILARITY, CORRELATION

서론

국제적으로 생물자원 보전은 국가의무로 이행을 요구하고 있으며, 생물다양성협약(CDB)의 세계식물보전전략(GSPC 2020)에서 각 국가의 희귀식물 75% 이상을 현지 외 보전시설에서 보전·관리하도록 의무화함에 따라 국가기관의 주도적인 기능수행이 강조되고 있다(Kim *et al.*, 2014). 또한 지구온난화 등에 따른 서식환경 악화로 인해 지속적으로 생물종이 감소되고 있어, 유전자원 확보 및 생물종다양성 보전이 더욱 중요해지고 있다.

우리나라는 반도라는 지형적인 특성 때문에 총 3,170개의 도서가 분포하고 있으며(Kim, 2004; Choi *et al.*, 2016), 이러한 도서지역은 대부분 육지에서부터 격리되어 있어, 섬의 독특한 환경에 적응된 고유종이나 희귀종들의 비율이 비교적 높고 도서 특유의 생태계를 구성하고 있다.(Whittaker, 1998; Lee *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2016). 도서지역은 생물기후구계 중 해양성 기후의 특성을 가진 해안생물기후구에 속하며, 이러한 생물기후구는 특정 자연환경 조건에 지배받는 기후적 특성으로 생물분포에 두드러진 특징을 가지고 있다(Kim and Lee, 2006).

소사나무는 주로 도서 및 해안지대에 분포하는 대표적인 도서식물자원으로서 한국, 중국, 일본에 분포하는 낙엽활엽 소교목이며, IUCN RED LIST 중 관심대상(LC)으로 분류되는 종이다(Shaw *et al.*, 2014). 한국에서는 지리적으로 경기도, 충청

도, 전라도, 경상도 및 강원도 등의 지역을 중심으로 남쪽 해안 도서에서 경기도 해안선 등에 주로 분포하며, 주로 도서지역의 능선부와 산정부, 해안단애지를 중심으로 배수가 잘 되고 암석이 있는 비탈면에서 주로 분포하는 특징을 가지고 있다(Lee *et al.*, 2003; Flora of Korea Editorial Committee, 2007; Song *et al.*, 2008; Choi *et al.*, 2012; Bae *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2015). 또한 소사나무는 한반도에 분포하는 식물 군집 중 제 2군의 두 번째 아군 중 소사나무군집으로 온량지수(warmth index) 80~100 미만에 출현하는 대표군집으로 구분하였으며, 식물군의 분포경계 중 한반도 고유속, 고유종의 분포역의 대표종으로 연구되었다(Lee and Yim, 2002). 소사나무에 관한 선행연구로 Kim *et al.*(2012)은 제주도 내 소사나무 자생지를 대상으로 식생 구조 및 종다양도 변화를 연구한 바 있다.

소사나무의 유전적 가치 및 자연환경 보전을 위해 인천광역시 옹진군 영흥면 내리에 위치한 영흥도 북쪽에 위치한 십리포 해수욕장 내 약 150년 전에 방풍림으로 조성된 소사나무 군락을 1997년 산림유전자원보호림(고유번호 4-2)으로 지정하였으며, 영흥도 국사봉 일대에 자생하는 소사나무의 보전을 위해 영흥면 주민자치위원회와 (주)한국남동발전에서 보전지역 입간판 설치 등으로 관리하고 있다(Lim *et al.*, 2015). 또한 문화재청에서는 인천광역시 강화군 화도면 문산리 산55 참성단 내 소사나무 1주(314m²) 등을 천연기념물 제502호(지정일: 2009년 9월 16일)로 지정하여 보호·관리하고 있다(Cultural

Heritage Administration, 2011).

본 연구는 도서 및 해안지대에 분포하는 대표적인 도서식물 자원인 소사나무림의 군집구조 분석을 통해 서식지 외 보전을 위한 연구자료 수집 및 서식환경 등의 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 국가생물종지식정보시스템 내 표본 채집지 및 분포도, Lee *et al.*(2003), Lim *et al.*(2014), Lim *et al.*(2015)의 연구를 참고하여 인천광역시 강화군 삼산면 석모리에 위치한 낙가산(235m), 인천광역시 중구 운남동에 위치한 백운산(255.1m), 인천광역시 옹진군 영흥면 내리에 위치한 영흥도

통일사 및 국사봉(156.3m), 인천광역시 옹진군 영흥면 내리에 위치한 영흥도 통일사 및 국사봉(156.3m), 안산시 단원구 대부 남동에 위치한 대부도 큰산(105.9m) 주변을 연구대상지로 선정하였다(Figure 1).

현지조사는 2018년 7월 21일 ~ 9월 30일까지 총 4회 걸쳐 소사나무 위치 파악 및 군집구조 조사를 진행하였으며, 조사대상지의 위치정보를 기록하기 위해 휴대용 GPS 단말기(Magellan Explorist610)를 이용하였다.

2. 식생조사 및 분석

소사나무 군집구조 분석을 위해 대상지 내 소규모로 출현하는 소사나무를 제외하고 여러 개체가 주로 출현하는 대상지를 중심으로 상관식생을 고려하여 10×10m(100m²) 크기의 방형구 29개소(영흥도 9개소: 01~09, 대부도 4개소: 10~13, 석모도 9개: 14~22, 영종도 7개: 23~29)에 대한 조사를 진행하였

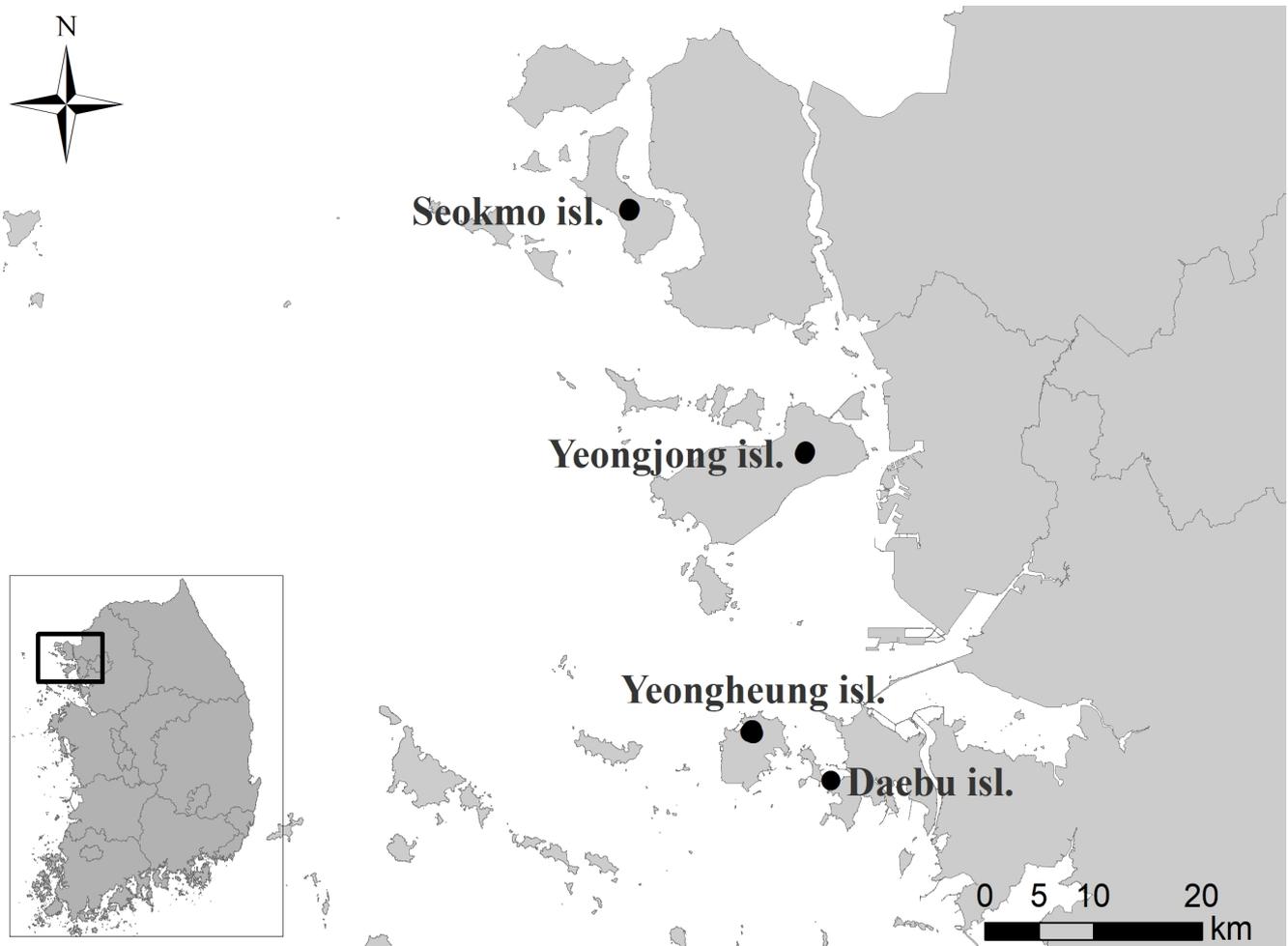


Figure 1. Location map of survey area in Seokmo island, Yeongjong island, Yeongheung island and Daebu island.

9)과 털팽나무(-), 노린재나무(-)와 졸참나무(-)가 출현하지 않은 Group 2(조사구 5, 10, 11, 12, 13, 28)로 분리되었다. 팔배나무(+)와 물푸레나무(+)가 출현한 그룹은 담쟁이덩굴(+)이 출현하지 않는 Group 3(조사구 23, 24, 25, 26, 27, 29)과 담쟁이덩굴(+)이 출현하는 Group 4(조사구 14, 15)로 분리되었다. Figure 2와 Table 2를 토대로 조사구별 평균상대우점치와 층위별 상대우점치를 연계하여 군락명을 부여한 결과 Group 1은 소사나무-졸참나무 군락(군락 I), Group 2는 소사나무-소나무 군락(군락 II), Group 3은 소사나무-신갈나무 군락(군락 III), Group 4는 소사나무-팔배나무 군락(군락 IV), Group 5는 소사나무 전형군락(군락 V), Group 6은 소사나무-굴참나무 군락(군락 VI)으로 총 6개 군락으로 구분되었다.

2) 환경인자, 흉고직경 분포 및 상대우점치 분석 등

군락 I(소사나무-졸참나무 군락)이 출현한 조사구(영흥도: 1~4, 6~9)의 해발고도는 115~140m의 능선 상부지역으로서 남동향(102°, 105°, 160°), 북서향(319~340°)과 북향(37°)이다. 경사는 10~26°로 완경사지 및 경사지이며, 토양경도는 0.06~0.23kg/cm², 암석노출도는 0~5%, 10%, 30%, 40%, 낙엽층 깊이는 1~7cm, 울폐도는 82~92%로 분석되었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 48.96%), 졸참나무(I.P.: 24.19%), 굴피나무(I.P.: 10.44%), 소나무(I.P.: 8.99%), 신갈나무(I.P.: 2.89%) 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 82.74%), 졸참나무(I.P.: 5.70%), 굴피나무(I.P.: 4.18%) 등의 순으로 우점하였다. 관목층은 털팽나무(I.P.: 31.90%), 진달래(I.P.: 25.39%), 생강나무(I.P.: 7.49%), 다릅나무(I.P.: 3.6%), 굴피나무(I.P.: 5.37%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 I은 800m² 내 DBH 6~31cm인 소사나무 94개체, DBH 5cm 이하인 소사나무 26개체, DBH 4~48cm인 졸참나무 31개체, DBH 8~27cm인 굴피나무 76개체, DBH 2cm 이하인 굴피나무 34개체, DBH 12~28cm인 소나무 10개체, DBH 2~26cm인 신갈나무 17개체 등 총 30종 701개체가 출현하였다. DBH 16cm인 소사나무는 27년생, DBH 24cm인 졸참나무는 27년생이었으며, DBH 19cm인 굴피나무는 29년생이었다.

군락 II(소사나무-소나무 군락)이 출현한 조사구(대부도 10~13 / 영흥도 5 / 영종도 28)의 해발고도는 22~28m(대부도), 121m(영흥도), 235m(영종도)로서 해수면에 인접한 저지대와 능선 하부지역, 능선 상부지역이며, 향은 315~5°으로 주로 북서 및 북향이다. 경사는 영종도(14°)를 제외한 대부도 및 영흥도는 24~33°인 급경사지이며, 토양경도는 0.0~0.35kg/cm², 암석노출도는 영흥도(30%)를 제외한 대부도 및 영종도는 1~5%, 낙엽층 깊이는 2~5cm, 울폐도는 60~83%로 분석되었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 46.47%), 소나무(I.P.: 20.99%), 신갈나무(I.P.: 12.84%), 잔털벚나무

(I.P.: 7.96%), 졸참나무(I.P.: 5.01%), 팔배나무(I.P.: 2.02%) 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 74.65%), 팔배나무(I.P.: 10.98%), 소나무(I.P.: 4.15%), 신갈나무(I.P.: 3.53%), 굴피나무(I.P.: 3.53%) 등의 순으로 우점하였다. 관목층은 진달래(I.P.: 36.21%), 생강나무(I.P.: 21.64%), 분꽃나무(I.P.: 12.10%), 비목(I.P.: 3.93%), 털팽나무(I.P.: 3.89%), 소사나무(I.P.: 3.20%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 II은 600m² 내 DBH 6~38cm인 소사나무 40개체, DBH 5cm 이하인 소사나무 8개체, DBH 8~22cm인 소나무 15개체, DBH 2~63cm인 신갈나무 13개체, DBH 2~18cm인 잔털벚나무 7개체, DBH 2~21cm인 졸참나무 11개체 등으로 총 22종 278개체가 출현하였다. DBH 7cm인 소사나무는 14년생, DBH 22cm인 소나무는 31년생, DBH 17cm인 굴피나무는 21년생이었다.

군락 III(소사나무-신갈나무 군락)이 출현한 조사구(영종도 23~27, 29)의 해발고도는 226~232m의 능선 상부지역으로서 남서향(226~242°)이다. 경사는 10°, 18°, 24~29°로 대부분 급경사지이며, 토양경도는 0.10~0.32kg/cm², 암석노출도는 1%, 3%, 5%, 20%, 낙엽층 깊이는 1~5cm, 울폐도는 61~73%로 분석되었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 70.04%), 신갈나무(I.P.: 15.84%), 팔배나무(I.P.: 5.88%), 졸참나무(I.P.: 3.73%) 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 58.79%), 팔배나무(I.P.: 15.20%), 신갈나무(I.P.: 14.18%), 졸참나무(I.P.: 6.42%), 물푸레나무(I.P.: 5.42%) 등의 순으로 우점하였다. 관목층은 진달래(I.P.: 37.59%), 팔배나무(I.P.: 13.72%), 분꽃나무(I.P.: 10.04%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 III은 600m² 내에 DBH 6~56cm인 소사나무 31개체, DBH 5cm 이하인 소사나무 3개체, DBH 4~34cm인 신갈나무 18개체, DBH 2cm 이하인 신갈나무 6개체, DBH 6~24cm인 팔배나무 22개체, DBH 2cm 이하인 팔배나무 16개체 등 총 25종 193개체가 출현하였다. DBH 10cm인 소사나무는 15년생이었으며, DBH 11cm인 신갈나무는 24년생이었다.

군락 IV(소사나무-팔배나무 군락)이 출현한 조사구(석모도 14, 15)의 해발고도는 216m, 220m의 능선 상부지역이며 북서향(348°), 서향(270°)이다. 경사는 7°, 12°로 완경사지이며, 토양경도는 0.23~0.83kg/cm², 울폐도는 63~74%로 분석되었다. 암석노출도는 70~80%로 낙엽층은 없었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 76.36%), 신갈나무(I.P.: 8.18%), 팔배나무(I.P.: 7.39), 잔털벚나무(I.P.: 6.33) 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 78.12%), 팔배나무(I.P.: 21.88%) 순으로 우점하였다. 관목층은 진달래(I.P.: 32.45%), 생강나무(I.P.: 15.86%), 신갈나무(I.P.: 14.96%), 음나무(I.P.: 13.42%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 IV은 200m² 내 DBH 3~27cm인 소사나무 28

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Community*		I							
Plot		1	2	3	4	6	7	8	9
Altitude(m)		120	115	131	125	140	133	125	125
Slope(°)		10	16	19	24	26	14	10	10
Aspect(°)		105	340	319	342	160	102	37	37
Coordinates	N	37.27277	37.27284	37.27310	37.27248	37.27281	37.27021	37.27023	37.27012
	E	126.46349	126.46363	126.46367	126.46274	126.46299	126.46381	126.46431	126.46486
Canopy	Height (m)	10	12	12	10	12	10	12	10
	Mean DBH (cm)	10	8	9	8	13	11	10	10
	Coverage (%)	60	75	60	62	60	80	70	80
Understory	Height (m)	6	4	6	6	6	6	6	5
	Mean DBH (cm)	5	4	5	5	5	7	7	5
	Coverage (%)	60	60	80	80	80	40	60	30
Shrub	Height (m)	≤1	≤1	≤2	≤1	≤0.3	≤0.5	≤0.5	≤0.5
	Coverage (%)	50	40	80	80	30	10	20	5

* Plant community names are referred form figure 2

(Table 1. Continued)

Community*		II						III					
Plot		5	10	11	12	13	28	23	24	25	26	27	29
Altitude(m)		121	28	22	22	28	235	234	234	232	242	226	241
Slope(°)		24	33	33	33	33	14	25	25	29	24	10	18
Aspect(°)		340	355	0	5	355	315	242	242	257	138	9	65
Coordinates	N	37.27279	37.23319	37.23324	37.23328	37.23333	37.49480	37.49285	37.49288	37.49284	37.49325	37.49525	37.49436
	E	126.46293	126.54534	126.54541	126.54550	126.54538	126.51741	126.51629	126.51625	126.51625	126.51651	126.51722	126.51765
Canopy	Height (m)	10	10	8	8	8	8	6	8	8	6	8	6
	Mean DBH (cm)	9	10	7	8	4	8	14	12	10	8	8	6
	Coverage (%)	60	60	50	40	50	80	70	70	60	60	80	80
Understory	Height (m)	5	6	6	6	6	6	5	4	5	4	5	4
	Mean DBH (cm)	6	6	6	6	6	6	7	6	5	6	4	4
	Coverage (%)	80	60	40	50	60	60	50	50	50	80	40	80
Shrub	Height (m)	≤1	≤2	≤1	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2
	Coverage (%)	30	20	20	10	20	40	20	20	40	60	40	60

* Plant community names are referred form figure 2

(Table 1. Continued)

Community*	IV		V				VI			
Plot	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Altitude(m)	216	220	213	226	226	217	196	196	197	
Slope(°)	7	12	22	22	22	18	19	19	19	
Aspect(°)	348	270	101	265	265	268	265	265	281	
Coordinates	N	37.68587	37.68567	37.68547	37.68686	37.68691	37.68684	37.68731	37.68746	37.68658
	E	126.33115	126.33160	126.33229	126.33297	126.33294	126.33270	126.33214	126.33210	126.33218
Canopy	Height (m)	6	8	6	7	8	6	6	8	6
	Mean DBH (cm)	6	10	9	5	8	6	9	8	8
	Coverage (%)	80	70	80	80	80	70	70	50	60
Understory	Height (m)	4	6	4	4	4	4	5	4	4
	Mean DBH (cm)	4	6	6	5	6	4	6	7	6
	Coverage (%)	70	50	50	40	20	20	50	40	60
Shrub	Height (m)	≤1	≤2	≤2	≤2	≤2	≤1	≤2	≤2	≤2
	Coverage (%)	20	80	50	40	40	30	20	20	30

* Plant community names are referred from figure 2

개체, DBH 2~45cm인 팔배나무 7개체, DBH 2~23cm인 신갈나무 14개체 등 총 13종 88개체가 출현하였다. DBH 6cm인 소사나무는 19년생이었으며, DBH 23cm인 신갈나무는 26년생이었다.

군락 V(소사나무 전형군락)이 출현한 조사구(석모도 16~19)의 해발고도는 213~226m의 능선 상부지역으로서 동향(101°), 서향(265~268°)이다. 경사는 18~22°로 대부분 경사지 및 급경사지이며, 토양경도는 0.10~0.26kg/cm², 유효도는 63~78%로 분석되었다. 암석노출도는 60~80%로 낙엽층은 없었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 85.32%), 갈참나무(I.P.: 4.91%), 신갈나무(I.P.: 3.79%), 물푸레나무(I.P.: 3.55%) 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 87.43%), 신갈나무(I.P.: 8.88%), 갈참나무(I.P.: 1.13%) 등의 순으로 우점하였다. 관목층은 진달래(I.P.: 41.92%), 생강나무(I.P.: 17.32%), 팔배나무(I.P.: 10.29%), 국수나무(I.P.: 7.66%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 V는 400m² 내 DBH 5~30cm인 소사나무 44개체, DBH 9~19cm인 갈참나무 6개체, DBH 2cm 이하인 갈참나무 7개체, DBH 2~31cm인 신갈나무 8개체 등 총 18종 137개체가 출현하였다. DBH 12cm인 소사나무는 26년생이었으며, DBH 19cm인 갈참나무는 30년생이었다.

군락 VI(소사나무-굴참나무 군락)이 출현한 조사구(석모도 20~22)의 해발고도는 196~197m의 능선 하부지역으로서 서

향(265~281°)이다. 경사는 19°로 급경사지이며, 토양경도는 0.16~1.00kg/cm², 유효도는 77~84%로 분석되었다. 암석노출도는 20%, 40%, 70%로이며, 낙엽층은 없었다. 상대우점치 분석 결과 교목층에서 소사나무(I.P.: 73.79%), 굴참나무(I.P.: 17.16%) 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 소사나무(I.P.: 77.11%), 노린재나무(I.P.: 9.63%), 팔배나무(I.P.: 5.84%) 등의 순으로 우점하였다. 관목층은 생강나무(I.P.: 23.15%), 물푸레나무(I.P.: 15.61%), 노린재나무(I.P.: 11.31%), 팔배나무(I.P.: 8.52%), 굴참나무(I.P.: 6.09%) 등의 순으로 우점하였다. 연륜 및 개체군 분석 결과 군락 VI는 300m² 내 DBH 6~35cm인 소사나무 30개체, DBH 10~33cm인 갈참나무 7개체, DBH 2cm 이하인 굴참나무 6개체, DBH 2~16cm인 팔배나무 5개체 등 총 19종 103개체가 출현하였다. DBH 6cm인 소사나무는 19년생이었으며, DBH 10cm인 굴참나무는 25년생이었다.

군락 I은 소사나무가 교목 및 아교목층에서 주로 우점하는 특징을 보였으며, 관목에서 치수가 출현함에 따라 차세대 형성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 하지만 졸참나무와 굴피나무 또한 교목, 아교목 및 관목층에서 출현하며, 평균상대우점치 등을 고려할 경우 차후 지속적인 경쟁이 예측된다. 군락 II~VI은 소사나무가 교목 및 아교목층에서 주로 우점하는 특징을 보였으며, 이 중 군락 II는 관목에서 치수가 출현함에 따라 차세대 형성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 군락 II와 III

Table 2. Mean importance percentage of woody plants by 6 classified communities

Species	Community* Layer**	I				II				III			
		C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.		8.99	-	-	4.49	20.99	4.15	-	11.88	1.68	-	-	0.84
<i>Pinus rigida</i> Mill.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc.		-	-	0.23	0.04	-	1.92	0.20	0.67	-	-	0.59	0.10
<i>Smilax china</i> L.		-	-	2.08	0.35	-	-	1.76	0.29	-	-	0.98	0.16
<i>Smilax sieboldii</i> Miq.		-	-	1.55	0.26	-	-	0.20	0.03	-	-	0.52	0.09
<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc.		10.44	4.18	5.37	7.51	2.25	3.53	0.41	2.37	-	-	-	-
<i>Carpinus cordata</i> Blume		-	0.78	-	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus turczaninowii</i> Hance		48.95	82.74	1.21	52.26	46.47	74.65	3.20	48.65	70.04	58.79	-	54.61
<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv.		-	-	-	-	-	-	0.41	0.07	-	-	2.10	0.35
<i>Quercus acutissima</i> Carruth.		1.34	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus aliena</i> Blume		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i> Blume		0.87	-	0.27	0.48	2.45	-	0.52	1.31	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.		2.89	1.34	0.10	1.91	12.84	3.53	3.80	8.23	15.84	14.18	5.81	13.62
<i>Quercus serrata</i> Murray		24.19	5.70	1.09	14.18	5.01	-	3.20	3.04	3.73	6.42	3.05	4.51
<i>Clematis heracleifolia</i> DC.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Akebia quinata</i> (Houtt.) Decne.		-	-	0.64	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) DC.		-	-	0.28	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume		-	1.77	7.49	1.84	-	-	21.64	3.61	-	-	4.85	0.81
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino		-	-	-	-	-	-	3.93	0.66	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel		-	-	-	-	-	-	0.90	0.15	-	-	0.88	0.15
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.		-	-	0.08	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus serrulata</i> Lindl. var. <i>pubescens</i> (Makino) Nakai		1.82	-	0.40	0.98	7.96	-	1.36	4.21	1.46	-	-	0.73
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch		0.51	0.84	3.04	1.04	2.02	10.98	2.45	5.08	5.88	15.20	13.72	10.29
<i>Maackia amurensis</i> Rupr.		-	-	3.48	0.58	-	-	1.24	0.21	-	-	1.99	0.33
<i>Indigofera kirilowii</i> Maxim. ex Palib.		-	-	-	-	-	-	0.53	0.09	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc.		-	-	0.28	0.05	-	-	1.81	0.30	-	-	1.67	0.28
<i>Orixa japonica</i> Thunb.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (Miq.) Kuntze		-	-	-	-	-	-	0.24	0.04	-	-	-	-
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.09
<i>Ampelopsis heterophylla</i> (Thunb.) Siebold & Zucc.		-	-	1.52	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.		-	-	0.42	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz.		-	-	0.58	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.		-	-	25.39	4.23	-	-	36.21	6.03	-	-	37.59	6.27
<i>Symplocos sawafutagi</i> Nagam.		-	1.69	1.24	0.77	-	-	-	-	-	-	1.58	0.26
<i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.36	0.39
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance		-	-	-	-	-	-	-	-	1.37	5.42	4.30	3.21
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc.		-	-	0.86	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelospermum asiaticum</i> (Siebold & Zucc.) Nakai		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.		-	-	6.77	1.13	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.26	0.21
<i>Viburnum carlesii</i> Hemsl.		-	-	1.42	0.24	-	-	12.10	2.02	-	-	10.04	1.67
<i>Viburnum erosum</i> Thunb.		-	0.94	31.90	5.63	-	1.24	3.89	1.06	-	-	4.46	0.74
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.		-	-	2.33	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Weigela subsessilis</i> (Nakai) L.H.Bailey		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.69	0.28

* Plant community names are referred from figure 2

** C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage

(Table 2. Continued)

Species	Community*	Layer**	IV				V				VI			
			C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus rigida</i> Mill.			-	-	-	-	-	-	-	2.61	-	-	-	1.31
<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax china</i> L.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i> Miq.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus cordata</i> Blume			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus turczaninowii</i> Hance			76.36	78.12	-	64.22	85.32	87.43	-	71.80	73.79	77.11	-	62.60
<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus acutissima</i> Carruth.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus aliena</i> Blume			-	-	-	-	4.91	1.13	4.62	3.60	-	-	4.77	0.80
<i>Quercus variabilis</i> Blume			-	-	-	-	-	-	0.51	0.08	17.16	-	6.09	9.59
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.			8.18	-	14.96	6.58	3.79	8.88	2.09	5.20	-	-	0.99	0.17
<i>Quercus serrata</i> Murray			-	-	-	-	-	-	1.03	0.17	3.37	-	-	1.68
<i>Clematis heracleifolia</i> DC.			-	-	1.86	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Akebia quinata</i> (Houtt.) Decne.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) DC.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume			-	-	15.86	2.64	-	-	17.32	2.89	-	-	23.15	3.86
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino			-	-	-	-	-	-	1.41	0.23	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel			-	-	-	-	-	-	7.66	1.28	-	-	3.87	0.65
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.			-	-	1.68	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus serrulata</i> Lindl. var. <i>pubescens</i> (Makino) Nakai			6.33	-	-	3.16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.			-	-	-	-	-	-	0.39	0.07	-	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch			7.39	21.88	3.36	11.55	-	-	10.29	1.72	-	5.84	8.52	3.37
<i>Maackia amurensis</i> Rupr.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Indigofera kirilowii</i> Maxim. ex Palib.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oriza japonica</i> Thunb.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.80	0.30
<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (Miq.) Kuntze			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.36	0.73
<i>Ampelopsis heterophylla</i> (Thunb.) Siebold & Zucc.			-	-	-	-	2.42	1.16	-	1.60	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.			-	-	3.54	0.59	-	-	2.29	0.38	-	-	2.50	0.42
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.			-	-	-	-	-	-	-	-	1.54	-	-	0.77
<i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.			-	-	-	-	-	-	0.47	0.08	-	-	-	-
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz.			-	-	13.42	2.24	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.			-	-	32.45	5.41	-	-	41.92	6.99	-	-	-	-
<i>Symplocos sawafutagi</i> Nagam.			-	-	-	-	-	-	1.50	0.25	-	9.63	11.31	5.10
<i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc.			-	-	0.96	0.16	-	-	-	-	-	-	10.69	1.78
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance			1.74	-	7.83	2.18	3.55	1.41	4.16	2.94	1.54	7.42	15.61	5.85
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc.			-	-	-	-	-	-	0.47	0.08	-	-	0.90	0.15
<i>Trachelospermum asiaticum</i> (Siebold & Zucc.) Nakai			-	-	-	-	-	-	0.39	0.07	-	-	-	-
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb.			-	-	1.68	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum carlesii</i> Hemsl.			-	-	-	-	-	-	3.47	0.58	-	-	0.99	0.17
<i>Viburnum erosum</i> Thunb.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.45	0.74
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Weigela subsessilis</i> (Nakai) L.H.Bailey			-	-	2.43	0.41	-	-	-	-	-	-	-	-

* Plant community names are referred from figure 2

** C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage

Table 3. The species diversity of 6 communities

Community*	H'(Shannon)	H'max	J'(evenness)	D(dominance)
I	1.09802	1.47712	0.74335	0.25665
II	1.10702	1.34242	0.82464	0.17536
III	1.12868	1.39794	0.80739	0.19261
IV	0.90008	1.11394	0.80802	0.19198
V	0.94597	1.25527	0.75359	0.24641
VI	0.99475	1.27875	0.77790	0.22209

* Plant community names are referred form figure 2

은 신갈나무와 팔배나무가 교목, 아교목 및 관목층에서 출현하며, 평균상대우점치 등을 고려할 경우 군락 II는 현 상태를 유지할 것으로 보이며, 군락 III은 차후 신갈나무, 팔배나무 등과 지속적인 경쟁이 예측된다. 군락 IV는 팔배나무가 교목, 아교목 및 관목층에서 출현함에 따라 평균상대우점치 등을 고려할 경우 차후 팔배나무와 지속적인 경쟁이 예측된다. 군락 V는 신갈나무가 교목, 아교목 및 관목층에서 출현하나 평균상대우점치 등을 고려할 경우 현 상태를 유지할 것으로 판단된다. 군락 VI은 굴참나무, 물푸레나무, 팔배나무 등이 교목, 아교목 및 관목층 혹은 아교목 및 관목층에서 출현하나 평균상대우점치 등을 고려할 경우 현 상태를 유지할 것으로 보인다.

3) 유사도지수 및 종다양도 분석

종다양도는 0.90008~1.12868로 나타났으며, 군락 III이 1.12868로 가장 높았다. Shin and Yun(2014)의 충청남도 가양산 소사나무 군락의 종다양도(H') 0.4632, Lee et al.(1999)의 경상남도 거제도 노자산지역 소사나무 군락의 종다양도(H') 0.9075보다 높거나 비슷하였다. 또한 Kim et al.(2018)의 전라남도 흥도 소사나무 군락 1.977보다는 낮았다. 우점도는 0.17536~0.25665로 나타났으며(Table 3), 군락 II가 0.25665로 가장 높았다. Whittaker(1965)의 종이 우점도 값을 기준으로 볼 때 0.1~0.3에서는 다수의 중요종에 의해 우점도가 나뉜다. 본 6개의 군락은 0.17536~0.25665로 다수의 종이 우점하고 있다고 볼 수 있다. 유사도 지수는 Table 4와 같으며, 유사도지수가 20% 이하일 때 군락간은 이질적이고, 80% 이상일 때는 동질적이라 할 수 있다(Whittaker, 1956; Lee et al.,

1999). 이를 기준으로 볼 때 각 군락 간의 유사도지수는 17.1429~38.2979%로 전반적으로 이질성이 비교적 적은 군락으로는 판단된다. 이 중 군락 I~III은 32.6923~38.2979%, 군락 V~VI은 34.2105로 유사도가 높았다.

2. 군락별 환경인자 상관관계 분석 등

Figure 3은 TWINSpan에 의한 classification 분석으로 구분된 군락 I~VI을 대상으로 조사지역의 암석노출도, 토양경도, 낙엽층 깊이, 해발고도, 경사도, 향, 율폐도 등 7개의 환경인자를 RDA ordination로 분석한 결과이다. 제 1축은 율폐도 및 낙엽층 깊이가 양의 상관관계를 보였으며, 암석노출도, 토양경도 및 해발고도는 음의 상관관계를 보였다. 또한 제 2축은 암석노출도와 율폐도가 양의 상관관계를 보였으며, 경사도는 음의 상관관계를 보였다.

군락 I (소사나무-졸참나무 군락)은 주로 율폐도 및 낙엽층 깊이가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 양의 상관관계를 보였다. 군락 II (소사나무-소나무 군락)와 군락 III (소사나무-신갈나무 군락)은 경사도가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 음의 상관관계를 보였으며, 군락 IV (소사나무-팔배나무 군락), 군락 V (소사나무-전형군락)와 군락 VI (소사나무-굴참나무 군락)은 암석노출도, 해발고도, 토양경도가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 음의 상관관계를 보였다.

군락 I (소사나무-졸참나무 군락)은 다른 군락보다 낙엽층 깊이(1~7cm), 토양경도(0.06~0.23kg/cm²) 등 토양물리환경이 양호하였다. 또한 종다양도 및 최대종다양도가 높고 율폐도

Table 4. Similarity Index(%) between each communities

Community*	I	II	III	IV	V
II	32.6923	-	-	-	-
III	32.7273	38.2979	-	-	-
IV	23.2558	17.1429	26.3158	-	-
V	22.9167	22.5000	25.5814	25.8065	-
VI	22.0000	19.0476	26.6667	21.2121	34.2105

* Plant community names are referred form figure 2

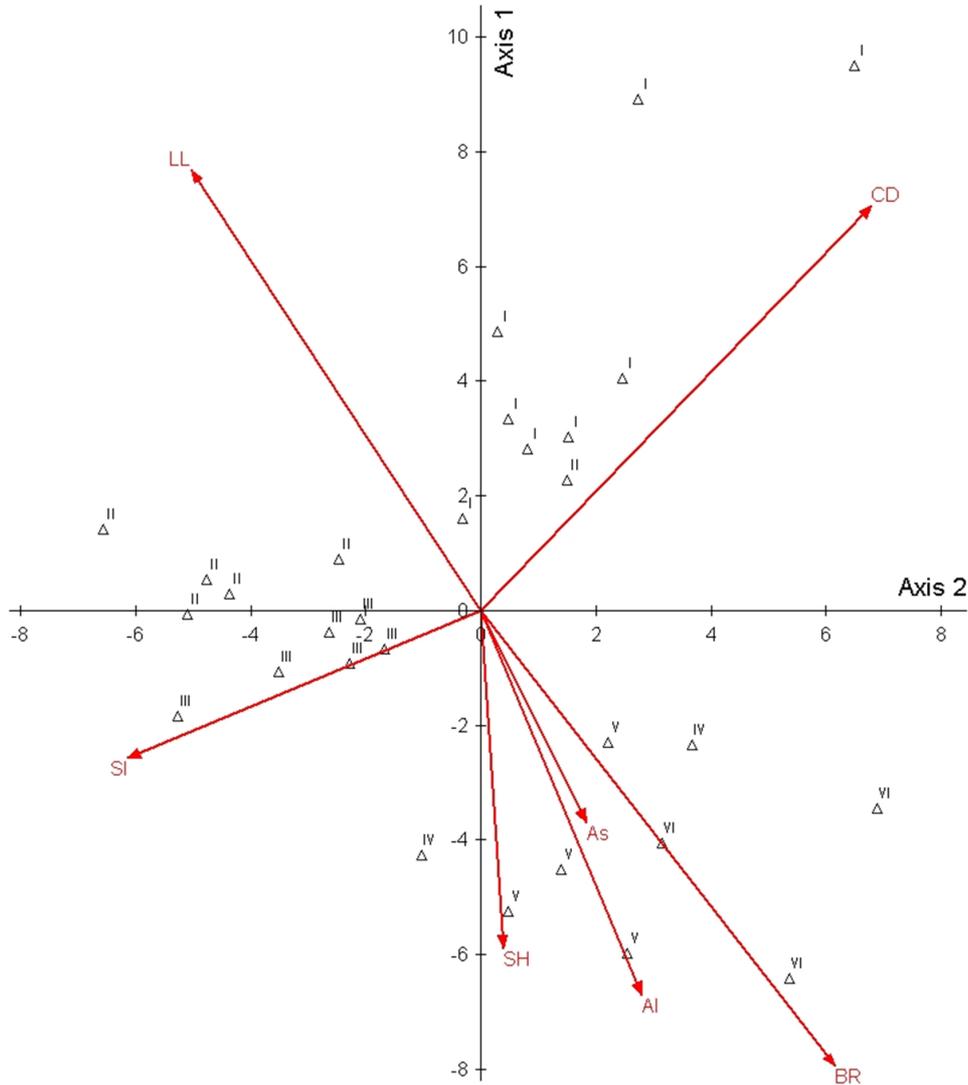


Figure 3. RDA ordination diagram of 29 plots (I : *Carpinus turczaninowii* - *Quercus serrata* community, II : *Carpinus turczaninowii* - *Pinus densiflora* community, III : *Carpinus turczaninowii* - *Quercus mongolica* community, IV : *Carpinus turczaninowii* - *Sorbus alnifolia* community, V : *Carpinus turczaninowii* typical community, VI : *Carpinus turczaninowii* - *Quercus variabilis* community) and environmental variables (arrow/AI: altitude, As: aspect, BR: bare rock, CD: crown density, LL: litter layer, SI: slope, SH: soil hardness).

(82~92%)가 높게 유지되는 특징을 보였다. 특히 율폐도가 높은 이유는 다른 군락보다 조사구 내 교목 및 아교목층에서 우점하고 있는 소사나무의 흉고직경이 크고 개체수가 많기 때문인 것으로 판단된다. 군락 II(소사나무-소나무 군락)와 군락 III(소사나무-신갈나무 군락)은 급경사지에 주로 출현하였고 낙엽층 깊이(1~5cm)와 토양경도(0.0~0.35kg/cm²) 등이 비교적 양호하나 군락 I(소사나무-굴참나무 군락)보다는 율폐도(61~83%)가 낮았다. 군락 IV(소사나무-팔배나무 군락), 군락

V(소사나무 전형군락)와 군락 VI(소사나무-굴참나무 군락)은 암석노출도(60~84%), 해발고도(196~197m, 213~216m), 토양경도(0.10~1.00kg/cm²) 등이 높은 특징을 보였다. 군락 IV(소사나무-팔배나무 군락)와 군락 V(소사나무 전형군락)는 암석노출도, 해발고도, 토양경도 등이 높고 율폐도, 종다양도 및 최대종다양도가 다른 군락보다 낮고 토양물리환경이 불량한 비교적 건조한 지역에 분포하는 특징을 보인다. 군락 VI(소사나무-굴참나무 군락)은 군락 IV(소사나무-팔배나무 군락)와 군

Table 5. Distribution of DBH for all individuals of *Carpinus turczaninowii* found within the study area

DBH class	Community					
	I	II	III	IV	V	VI
≤ 5	26	8	3	2	2	-
5 - 10	51	9	5	7	9	14
10 - 15	22	10	11	6	12	7
15 - 20	17	10	3	12	11	2
20 - 25	2	6	5	-	7	2
25 - 30	-	3	1	1	3	4
30 - 35	1	-	3	-	-	1
35 - 40	-	2	-	-	-	-
40 - 45	-	-	1	-	-	-
45 - 50	-	-	-	-	-	-
50 - 55	-	-	1	-	-	-
55 - 60	-	-	1	-	-	-

락 V(소사나무 전형군락)에 비해 울폐도(77~84%)가 높은 특징을 보이며, 그 이유는 군락 I(소사나무-졸참나무 군락) 다음으로 조사구 내 교목 및 아교목층에서 우점하고 있는 소사나무의 흉고직경이 크고 개체수가 많기 때문인 것으로 판단된다.

군락 I~Ⅵ과 7개 환경인지를 연계하여 분석한 결과 암석노출도가 낮고 비교적 토양물리환경이 양호한 곳에서 출현하는 군락 I, 경사도가 높고 비교적 토양물리환경이 양호한 곳에서 출현하는 군락 Ⅱ~Ⅲ과 암석노출도, 해발고도 및 울폐도가 높고 비교적 토양물리환경이 불량한 곳에서 출현하는 군락 IV~Ⅵ으로 구분되어졌다. 군락 I~Ⅵ이 출현하는 환경은 Song *et al.*(2008)의 인천광역시 강화군 무인도서 해식애의 식생 연구와 Lee and Kim(2005)의 경상남도 남해군 산림식생의 군락 생태 연구 중 소사나무 군락이 출현하는 지역으로 암석바위, 암반노출지역, 급경사지 등의 환경특징과 유사하였다. 군락 I~Ⅲ이 출현하는 환경은 Lee *et al.*(2003)의 영종도를 대상으로 한 소사나무 군락 분석 결과인 토양환경이 양호하고 울폐도가 높은 특징과 유사하였다. 군락 IV~Ⅵ이 출현하는 환경은 Lee *et al.*(2013)의 전라남도 신안군 홍도의 식생구조 연구 중 소사나무 군락이 출현하는 특징으로 방위에 고르게 분포하나 주로 남서향 및 북서향에 출현, 암석 주변 분포 등 척박한 환경 등과 유사하였다.

Table 5는 각 6개 군락에 대한 흉고직경의 범위별 개체수를 나타낸 표이며, 각 6개 군락에 출현한 소사나무의 규격차이가 나타나는지 확인하기 위해 Kruskal-Wallis H test를 실시한 결과 각각의 군락은 서로 독립적이었다($p < 0.001$).

REFERENCES

- Bae, K.H., J.S. Kim, H.J. Cho, C.W. Yum and Y.C. Cho(2014) Syng geographical characteristics of forest vegetation in limestone areas, Mt. Deokhang, Kangwondo. Korean J. Environ. Ecol. 28(2): 161-170. (in Korean with English abstract)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, B.K., J.W. Kim, S.Y. Kim and J.C. Lim(2012) Vegetation of Jangdo Island. Korean J. Environ. Ecol. 26(4): 512-527. (in Korean with English abstract)
- Choi, B.K., M.K. Huh and S.Y. Kim(2015) Syntaxonomical and synecological research of forest vegetation on Mt. Byeokbang. Journal of Life Science 25(6): 646-655. (in Korean with English abstract)
- Choi, Y.E., C.H. Kim, H.C. Lee, N.S. Lee and M.J. Song(2016) A study on the flora and vegetation of Deokjeok Islands in Incheon. The Journal of Korean Island 28(2): 237-258. (in Korean with English abstract)
- Cultural Heritage Administration(2011) 2009-2010 Report on state-designated cultural heritage natural monuments & scenic sites, 19pp.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntoch(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.
- Flora of Korea Editorial Committee(2007) The genera of vascular plants of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, 283pp.
- Hasegawa, M.(2006) Application of ordination in community ecology of soil animals. Edaphologia 80: 35-64. (in Japanese with English abstract)

- 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. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 99pp.
- Kim, H.J., J.K. Shin, C.H. Lee and C.W. Yun(2018) Phytosociological community type classification and stand structure in the forest vegetation of Hongdo island, Jeollanam-do Province. J. Korea Soc. For. Sci. 107(3): 245-257. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S.(2004). Conservation and vegetation of the coastal sand dune in Gwanmaedo. The Journal of Korean Island 16(2): 21-37. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.E., W.J. Hyun, D.S. Kim and C.S. Kim(2012) Vegetation structure of *Carpinus turczaninowii* habitats. Journal Korean Forest Society 2012: 385.(in Korea)
- Kim, J.W. and Y.K. Lee(2006) Classification and assessment of plant communities. World Science, Seoul, 12pp. (in Korea)
- Kim, S.S., B.H. Yang, M.J. Kim, Y.H. Kwon, H.Y. Jin and H.T. Shin(2014) Master plan for central national arboretum. The Journal of Korean Institute of Forest Recreation 18(2): 17-31. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J., J.H. Kim, Y.M. Chun and H.L. Choung(2003) Synecology of the forest vegetation of Yeongjongdo. The Korean Journal of Ecology 26(5): 223-236. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H. and I.T. Kim(2005) Synecology of the forest vegetation in Namhae-gun. The Korean Journal of Ecology 28(2): 69-77. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H., M.S. Do and H.K. Song(2013) Vegetation structure of Hongdo Island. Korean J. Environ. Ecol. 27(5): 592-613. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., W. Cho and S.D. Lee(1999) Plant community structure of Nojasan in Koje island. Korean J. Environ. Ecol. 13(1): 78-88. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.C. and Y.J. Yim(2002) Plant geography. Kangwon National University Press, 151pp. (in Korean)
- Legendre, P. and M.J. Anderson(1999) Distance-based redundancy analysis: Testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. Ecological Monographs 69: 1-24.
- Lim, Y.S., H.R. Na, B.W. Han, W.B. Seo and J.O. Hyun(2015) Floristic study of Yeongheungdo Island. Korean J. Plant Res. 28(4): 456-474. (in Korean with English abstract)
- Lim, Y.S., K.P. Yoo, The Korean Society of Plant Parataxonomists and J.O. Hyun(2014) Floristic study of Daebudo Island. Korean J. Plant Res. 27(5): 447-476. (in Korean with English abstract)
- McCune, B. and M.J. Mefford(2016) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 7. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- National Institute of Ecology(2019) The guideline of the 4th national ecosystem survey. National Institute of Ecology, 135pp. (in Korean)
- Park, I.H., K.J. Lee and J.C. Jo(1987) Forest community structure of Mt. Bukhan area. Journal of Korean Applied Ecology 1(1): 1-23. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.
- Shaw, K., S. Roy and B. Wilson(2014) *Carpinus turczaninowii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e . T 1 9 4 6 3 0 A 2 3 5 4 0 7 8 . <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194630A2354078.en>
- Shin, H.S. and C.W. Yun(2014) Species composition and community characteristics of forest vegetation of Mt. Gaya in Chungnam. Journal of Agriculture & Life Science 48(3): 22-35. (in Korean with English abstract)
- Song, H.S., W. Cho and Y.H. Ahn(2008) Vegetation at sea cliffs of uninhabited islets off Ganghwa-gun, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 22(4): 453-460. (in Korean with English abstract)
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the great smoky mountains. Ecological Monographs 26: 1-80.
- Whittaker, R.H.(1965) Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-260.
- Whittaker, R.J.(1998) Island biogeography: Ecology, Evolution and Conservation. Oxford University Press, 285pp.
- Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological changes of *Pinus densiflora* forest induced by insect damage in Kyonggi-do Area. Journal of Korean Forestry 50: 56-71. (in Korean with English abstract)