

제주도 한라산국립공원 영실·성판악 지역 굴거리나무림 식생구조 연구^{1a}

이승한² · 한봉호³ · 김종엽⁴ · 유소연^{2*}

A Study on Vegetation Structure of *Daphniphyllum macropodum* of Yeong-sil and Seong-panak in Hallasan (Mt.) National Park, Jeju-do^{1a}

Seung-Han Lee², Bong-Ho Han³, Jong-Yup Kim⁴, So-Yeon Yoo^{2*}

요약

본 연구는 제주도 한라산국립공원 굴거리나무 식생구조를 파악하는 것이 목적이다. 그러기 위해 영실·성판악지역을 중심으로 26개의 조사구(20m×20m)를 설정하고 조사하였다. 위 지역의 식생군집은 TWINSpan을 이용한 Classification 분석과 DCA Ordination 분석을 활용하였다. 분석결과는 총 3개 군집으로 나타났다. 군집 I 은 소나무-서어나무 군집, 군집 II 는 서어나무-졸참나무 군집, 군집 III 은 개서어나무 군집이었다. 이러한 식생구조 분석 결과, 모든 군집의 하층에서는 굴거리나무가 출현하였다. 추후 굴거리나무는 아교목층 및 관목층에서 주요종이 될 것으로 판단되었다. 또한 이러한 군집분류결과는 해발고 차이와 동반출현종에 의한 영향 때문인 것으로 판단되었다. 동반출현종은 굴거리나무 생육환경과 유사한 환경에서 자라는 종이다. 동반출현종으로는 아교목층에서 때죽나무, 졸참나무 등이었고, 관목층에서는 팽팽나무, 주목 등이었다.

주요어: 동반출현종, TWINSpan, 군집, 고도의 차

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the vegetation structure of *Daphniphyllum macropodum* community in the Yeong-sil and Seong-panack. To do so, 26plots (20m×20m) were set up and surveyed. Plant communities were classified with 3 groups according to the analysis of classification by TWINSpan and DCA Ordination; *Pinus densiflora-Carpinus laxiflora* (I), *Carpinus laxiflora-Quercus serrata* (II) and *Carpinus tschonoskii* (III). *Daphniphyllum macropodum* is appearing in understory and shrub layer of all groups. We found that *Daphniphyllum macropodum* will be dominated in understory and shrub layer. These results was judged that these influence is depended on difference of altitude and accompanied species. Accompanied species were lived in similar growth environment to *Daphniphyllum macropodum*. That species were *Styrax japonica*, *Quercus serrata* of understory and *Ilex crenata*, *Taxus cuspidata* of shrub layer.

KEY WORDS: ACCOMPANIED SPECIES, TWINSpan, PLANT COMMUNITY, DIFFERENCE OF ALTITUDE

1 접수 2014년 1월 20일, 수정(1차: 2014년 4월 9일, 2차: 2014년 4월 20일), 게재확정 2014년 4월 21일

Received 20 January 2014; Revised (1st: 9 April 2014, 2nd: 20 April 2014); Accepted 21 April 2014

2 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea

3 서울시립대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea

4 (재)환경생태연구재단 Environmental Ecosystem Research Foundation, 239, Garak-ro, Songpa-gu, Seoul 138-830, Korea

a 이 논문은 본 학회 학술대회 제23권 제1호 발표(Han et al., 2013) 후 본 학회의 심사를 거쳐 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author: soyun0122@nate.com

서론

제주도는 다양한 기후대가 분포하여 독특한 식생대가 형성되어 있는 섬이다. 저지대에는 종가시나무와 비자나무, 동백나무, 너도밤나무 등으로 구성된 상록활엽수림이 분포하고, 고지대에는 서어나무, 개서어나무, 졸참나무, 왕벚나무 자생지와 같은 낙엽활엽수림과 구상나무와 같은 침엽수림이 출현한다. 특히 해발 약 200m 이하 지역에서는 꽃자왈 등의 상록수활엽수림이 남아 있으며, 주로 서귀포 지역의 해발 약 600m 이하의 하천 사면과 그 주변에 상록활엽수림이 분포하고 있다. 제주도는 한라산은 제주도의 중심으로 해발고에 따른 식생대의 수직적 발달이 뚜렷하여 출현 식물종수가 1,990종에 이를 정도로 생물학적·생태학적으로 매우 중요한 지역이다(Kim *et al.*, 2006). 한라산은 해발고 1,950m이다. 해발고에 따라 여러 기후대의 식물들이 분포하고 있는데, 해발 약 900~1,400m 일대 식생은 서어나무, 개서어나무, 졸참나무, 물참나무군락 등으로 구성된 낙엽활엽수림이다. 그 중 영실지구는 해발 약 1,200~1,300m 일대 소나무군락이 넓은 면적으로 차지하고 있다. 소나무군락의 하부 식생으로는 당단풍나무, 때죽나무, 산딸나무, 굴거리나무 등이 있다(KNPS, 2011).

굴거리나무는 10m 높이의 아교목 성상의 상록활엽수로 잎이 크고 잔가지는 굵으며 녹색이나 1년생 가지는 붉은 빛이 돌고 털이 없다. 이 수종은 우리나라 온대남부에 상록활엽수림대에 자생하는 수목이며 토심이 깊고 비옥한 곳에서 잘 자라 주로 계곡부에 분포하지만 내한성이 약하고 맹아력도 빈약하며, 성장속도도 느린 편이다. 이러한 생육환경에 적합한 굴거리나무는 제주도 및 전라남도도와 경상남도의 섬에 자생하며, 전라북도인 내장산에서도 생육한다(Park, 2012). 굴거리나무의 수직적 분포 한계 고도는 대부분 해발 1,000m 이하에 분포한다(Lee, 2010)고 알려져 있다. 내장산에서는 610m, 제주도에서는 1,300m로 매우 높은 지역까지 분포하고 있다(Koo *et al.*, 2000). 제주도에서는 한라산 영실입구와 성판악 인근, 내장산 금선계곡과 원적계곡, 운문암 등에 분포한다.

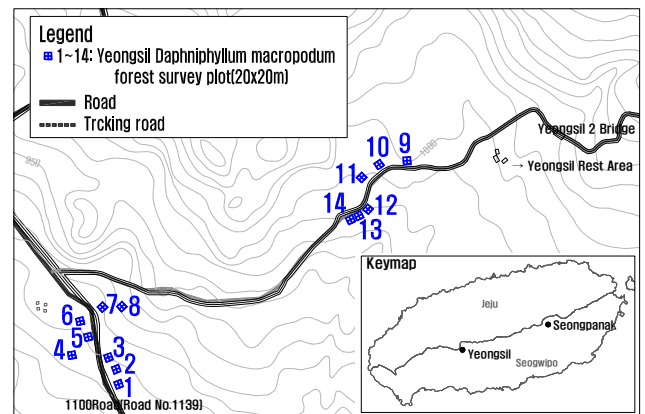
굴거리나무는 대부분 난대 상록활엽수림대에 분포하나 군락을 이루어 분포하는 경우가 드물어(Lee *et al.*, 2010) 내장산 굴거리나무림은 천연기념물 91호로 지정되어있는데, 이는 학술적 가치가 있으며(Lim and Oh, 1999), 제주도 한라산의 굴거리나무림 또한 연구가치가 있는 것으로 보여진다. 굴거리나무에 관한 연구는 대부분 내장산을 대상으로 이루어졌으며, 현존식생과 생태적 특성 및 식생구조에 대해 진행되어왔다. 그러나 굴거리나무의 천이계열에 대한 연구나 다른 종과의 관계성 등에 관련된 연구는 미흡한 상태이었다. 이에 본 연구는 한라산 영실·성판악지역의 굴거리나무림과 중간

관계성 및 식생구조를 파악하는데 그 목적이 있다.

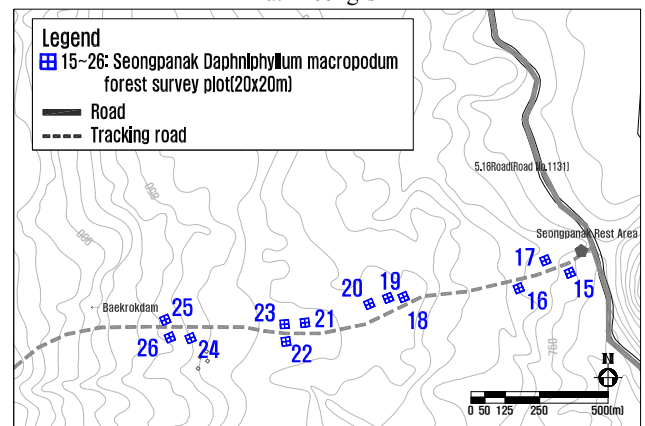
연구방법

1. 연구대상지

국내에서 굴거리나무가 넓은 면적으로 분포하고 있는 제주도 한라산 영실·성판악지역을 중심으로 설정하였다. 대상지인 영실 지역은 한라산 정상 남서측에 위치하고 있으며 연평균기온 6.6℃, 표고 753~858m, 경사 1~8°이었다. 성판악 지역은 영실 지역과 마주보는 지역으로 성판악 휴게소 인근에 위치하고 있으며, 한라산의 북동측에 위치하고 있다. 이 지역은 연평균기온 8.6℃, 표고 890~1,000m, 경사 1~15°이다. 대상지의 탐방로를 따라 올라가며 탐방로를 중심으로 좌우에 방형구를 설정하였다. 방형구는 20m×20m 크기의 방형구를 설치하였으며, 영실 지역 14개 성판악 지역 12개로 총 26개소이다(Figure 1).



a: Yeong-sil



b: Seong-panak

Figure 1. The location map of the surveyed plots in of Yeong-sil and Seong-panak in Hallasan (Mt.) National Park, Jeju-do

2. 조사분석

한라산국립공원 영실·성판악지역의 식생 분포 및 구조를 파악하고 아교목 성상인 굴거리나무의 생태적 특성 및 교목층과 관목층과의 관계를 파악하기 위해 2012년 9월 식생조사를 실시하였다. 조사항목으로는 출현 수목의 수고(m), 흉고직경(cm), 식피율(%), 표고(m), 경사도(°), 향 등이었다.

식생 조사는 조사구 내 목본을 대상으로 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 수관층위별로 조사를 실시하였으며, 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상인 수목의 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭 등을 조사하였고, 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하인 수목의 수고와 수관폭을 조사하였다. 또한 조사구의 입지환경을 파악하기 위하여 해발고, 향, 경사도와 층위별로 평균 수고, 흉고직경, 피도를

측정하였다. 한라산에 분포하는 제주조릿대는 전체 조사구의 하층에 밀도 높게 출현하였으므로, 조사분석의 요인에서 제외시켰다.

식생조사 자료를 바탕으로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951) 방법으로 중요치(I.V.: importance value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(I.P.: importance percentage)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 수관피도는 흉고단면적을 기준으로 하였다. 또한, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 {(교목층 I.P.×3)+(아교목층 I.P.×2)+(관목층 I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(M.I.P.: mean importance percentage)를 구하였다. 그 외에도 Shannon에 의한 조사구별·군집별 종다양도지수(H')(Pielou, 1975)와 군집 간 유사성의 정도를 측정하기 위한 유사도지수(Sørensen, 1948)

Table 1. General description of the physical features and vegetation structure of the surveyed plots of Yeong-sil and Seong-panak in Hallasan (Mt.) National Park, Jeju-do

Community*		I						II						
Plot		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Altitude (m)		1,000	995	990	980	980	975	753	765	770	813	814	816	823
Aspect		SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	E	SE	NE	E	E	SE
Slope (°)		1	2	3	2	2	3	3	6	15	7	7	2	1
Canopy layer	Mean Height (m)	20	20	20	18	17	18	13	13	14	13	14	16	16
	Mean DBH (cm)	45	30	35	35	35	30	23	20	23	25	25	25	23
	Coverage (%)	70	60	70	80	80	80	70	85	75	80	85	75	80
Understory layer	Mean Height (m)	5	7	7	5	7	6	5	6	6	6	6	7	6
	Mean DBH (cm)	7	12	10	10	7	8	5	6	6	7	7	10	7
	Coverage (%)	30	40	50	40	30	40	40	60	60	60	60	40	40
Shrub layer	Mean Height (m)	1	1	1	1	1	1	<1.5	<1	<1	<1.5	<1	<1	<1.5
	Coverage (%)	100	85	85	80	70	70	40	30	30	60	40	30	40

(Table 1. Continued)

Community*		II					III							
Plot		22	23	24	25	26	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitude (m)		825	825	857	858	850	895	895	900	890	900	905	910	920
Aspect		SE	SE	N	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
Slope (°)		1	1	5	7	9	7	3	7	7	3	8	4	2
Canopy layer	Mean Height (m)	15	15	18	18	17	15	15	15	16	16	14	16	15
	Mean DBH (cm)	25	25	38	28	25	30	35	25	25	30	25	25	25
	Coverage (%)	75	80	75	75	70	60	70	70	70	60	70	75	65
Understory layer	Mean Height (m)	7	4	7	5	8	6	5	5	4	6	6	5	4
	Mean DBH (cm)	8	7	7	6	8	10	10	8	7	12	8	6	5
	Coverage (%)	40	40	40	20	40	35	60	70	40	30	70	50	30
Shrub layer	Mean Height (m)	<1.5	<1.5	1.5	1	<1	1	1	0.5	1	1	1	1	1
	Coverage (%)	60	30	30	60	30	30	40	70	80	60	80	90	90

* I: *Pinus densiflora-Carpinus laxiflora*, II: *Carpinus laxiflora-Quercus serrata*, III: *Carpinus tschonoskii*

를 분석하였다.

군집분류는 TWINSpan을 이용한 Classification 분석(Hill, 1979b)과 DCA에 의한 Ordination 분석(Hill, 1979a)을 실시하였으며, 프로그램 Dbase와 PC-Ordination을 이용하였다. 상대우점치에 의한 종조성 특성을 고려하여 군집을 분류하고 군집을 명명하였다.

결과 및 고찰

1. 대상지 개황

대상지 내 조사구별 개황을 보면, 26개의 조사구는 전체적으로 표고 753~1,000m, 교목층의 수고는 13~20m, 아교목층 4~8m, 관목층 1~1.5m 이하 이었다. 층위별 흉고 직경에서는 교목층 23~45cm, 아교목층 5~12cm이었으며, 식피율에서는 교목층 20~80%, 아교목층 20~70%, 관목층 30~100%로 나타났다(Table 1).

2. 군집분류

Classification 분석 중 TWINSpan기법을 적용한 군집분류는 각 조사구에서 출현하는 수종들 중 우점하는 지표종(indicator species)에 의해 이루어진다(Lee *et al.*, 1994). 조사구 총 26개에 대하여 분석을 실시한 결과, 제 1단계(level 1)에서는 서어나무(-)를 식별종으로 두 그룹으로 나누어졌으며 제 2단계(level 2)에서는 당단풍나무(+)를 기준으로 두 그룹으로 나누어져 총 3그룹으로 나누어졌다. 이를 종합한 결과, 군집 I(소나무-서어나무), 군집 II(서어나무-졸참나무), 군집 III(개서어나무)로 분류하였다. 군집 I(소

나무-서어나무)에 해당하는 조사구는 9, 10, 11, 12, 13, 14, 군집 II(서어나무-졸참나무)에 해당하는 조사구는 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 군집 III(개서어나무)에 해당하는 조사구는 1, 2, 3, 4, 5, 6이었다(Figure 2).

한라산 영실·성판악 지역에서 위 3개 군집이 위치한 지리적 특성을 살펴보면, 군집 I인 소나무-서어나무 군집은 해발 975~1,000m, 방위는 남서, 경사 1~3°이고, 군집 II인 서어나무-졸참나무 군집은 해발 753~858m, 방위는 북동, 경사는 1~15°, 군집 III은 개서어나무 군집으로 해발 890~920m, 방위는 남서, 경사는 2~8°에 위치하는 것으로 나타났다. 또한 군집 I은 영실 지역 고지대에, 군집 II는 성판악 지역에, 군집 III은 영실 지역 저지대에 위치하고 있었다. 이를 보아 경사보다는 향과 해발고가 군집분류에 영향을 미친 것으로 보인다(Table 1). 산림의 수직적 분포의 결정적 요인은 해발고이며, 해발고에 따라 여타의 환경요인이 제한요인의 역할을 하며 식생분포를 결정한다(Hamilton, 1975; Ter Braak and Prentice, 1988).

Ordination분석 중 DCA기법을 실시하여 조사구 26개의 조사구에 대해 분석하였다. 이는 Classification 분석과 상호보완적인 방법으로 조사구 간의 상대우점치를 고려하여 군집분류를 수행하는 방법이다. 분석결과, TWINSpan의 군집분류 결과와 동일하게 3개의 군집으로 분류되었다.

3. 유사도지수

유사도지수는 군집 간 종 분포가 비슷할수록 유사한 군집으로 판단되며, 유사도지수는 군집 간 20% 미만일 때 서로 이질적인 집단이고, 80% 이상일 때 서로 동질적인 집단(Whittaker, 1956; Kim, 2012)으로 판단된다. 생태적으로

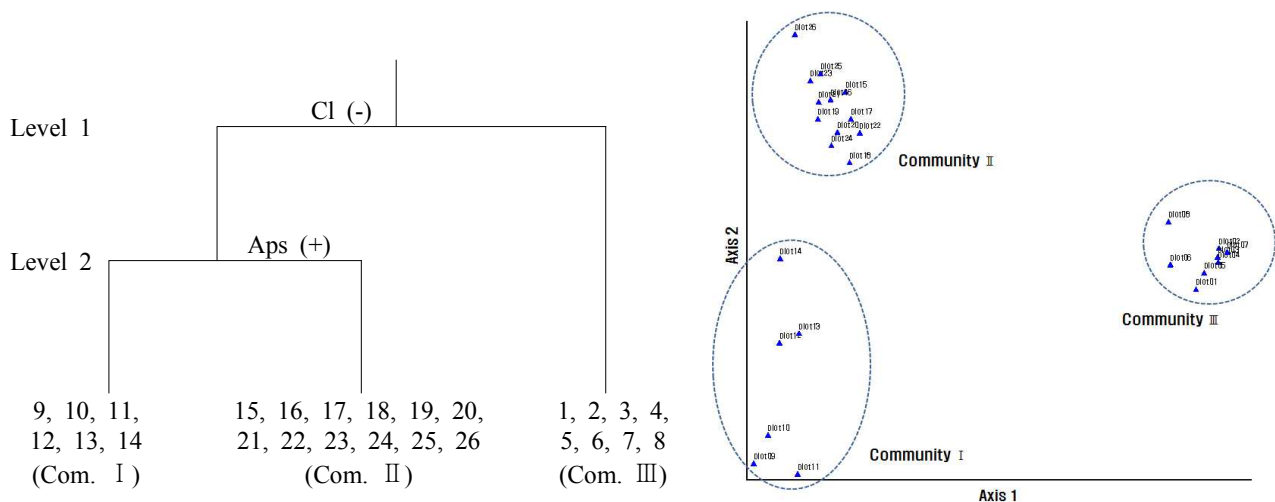


Figure 2. Quantitative classification (left) and ordination (right) of the 26 plots in the study area in Hallasan (Mt.) National Park, Jeju-do (Cl: *Carpinus laxiflora*, Aps: *Acer pseudo-sieboldianum*)

종 분포가 비슷할수록 유사도지수는 높게 나타난다(Cox, 1976).

유사도지수 분석결과, 군집 I(소나무-서어나무 군집)과 군집 II(서어나무-졸참나무)의 유사도지수는 33.76%, 군집 I(소나무-서어나무 군집)과 군집 III(개서어나무 군집)의 유사도지수는 33.70%, 군집 II(서어나무-졸참나무 군집)와 군집 III(개서어나무 군집)의 유사도지수는 57.79%로 나타났다(Table 2).

군집 II과 군집 III은 유사도지수가 50% 이상으로 상대적으로 가장 높게 나타났으나 80%이하로 동질적인 집단으로 판단하기는 어려웠다. 두 군집의 종구성이 비슷하고 군집 I이 두 군집들에 비해 구성하는 종수가 비교적 적은 편인데, 이러한 특징도 높은 유사도지수와 관련이 있을 것으로 판단된다. 군집 II과 III에서 동일하게 발견되는 수종으로는 굴거리나무, 때죽나무, 팽팡나무, 산딸나무, 층층나무 등이 있다.

군집 I과 군집 III의 유사도지수는 33.70%, 영실지역에 위치한 군집 I과 군집 II의 유사도지수는 33.76%로 나타나 군집 간 유사도가 낮은 경향을 보인다. 특히 군집 I과 II는 TWINSpan에 의한 군집분류결과, 제 1 단계에서 서어나무를 식별종으로 하여 한 그룹으로 분류되었으며, 군집 I과 II는 서어나무가 우점을 이루고 있고 아교목층과 관목층에서는 굴거리나무가 우세하는 등의 경향을 보이고 있다. 그러나 유사도지수가 낮은 것으로 보아 우점종인 서어나무와 굴거리나무 등을 제외하고 종구성이 상이한 것으로 보인다.

Table 2. Similarity index among three communities at Yeong-sil and Seong-panak in the Hallasan (Mt.) National Park, Jeju-do

Community*	I	II
II	33.76	-
III	33.70	57.79

*Plant community names are referred from Table 1

4. 군집별 상대우점치

식생조사자료를 바탕으로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951) 방법으로 중요치(I.V.: importance value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다.

군집 I의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층에서는 소나무(I.P.: 80.79%), 서어나무(I.P.: 14.10%)가 우점하였고, 다른 종은 거의 출현하지 않았다. 아교목층에서는 굴거리나무(I.P.: 29.05%)가 우점하고 있었으며 서어나무(I.P.:

12.35%), 때죽나무(I.P.: 10.22%)가 세력경쟁을 하고 있었다. 관목층에서는 굴거리나무(I.P.: 50.86%)가 우점하고, 비목나무(I.P.: 6.57%), 팽팡나무(I.P.: 5.12%)가 함께 출현하고 있었다. 교목층에 우점하는 소나무와 서어나무 중 소나무는 교목층에서만 생육하고 있는 것에 비해, 서어나무는 모든 층위에서 출현하는 것으로 나타났다. 이를 보아 소나무는 점차 쇠퇴하고 서어나무는 세력이 지속되어 소나무-서어나무 군집에서 서어나무 군집으로 천이 될 것으로 예측되었다. 또한 아교목상인 굴거리나무는 소나무와 서어나무의 하층인 아교목·관목층에서 지속적으로 출현할 것으로 판단되었다.

군집 II는 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층에서는 서어나무(I.P.: 42.24%)와 졸참나무(I.P.: 29.21%)가 우점하였으며, 때죽나무(I.P.: 15.54%)가 함께 출현하고 있었다. 아교목층에서는 굴거리나무(I.P.: 19.39%)가 우점하고 서어나무(I.P.: 18.59%), 때죽나무(I.P.: 17.70%)가 경쟁하는 관계이었다. 졸참나무(I.P.: 3.87%)가 함께 출현하며 낮은 우점도를 보이고 있었다. 관목층에서는 굴거리나무(I.P.: 58.12%)의 우점도가 높았으며, 팽팡나무(I.P.: 24.67%)와 누리장나무(I.P.: 3.18%)가 함께 출현하고 있었다. 이를 보아 서어나무-졸참나무 군집의 세력은 지속될 것으로 보이며, 이들의 하층에서도 굴거리나무와 팽팡나무가 지속 출현할 것으로 예측되었다.

군집 III 층위별 상대우점치를 살펴보면 개서어나무(I.P.: 87.24%)가 우점하고 있으며, 때죽나무(I.P.: 4.12%), 산벚나무(I.P.: 2.11%)가 함께 출현하고 있었다. 아교목층에서는 굴거리나무(I.P.: 39.72%)와 개서어나무(I.P.: 22.92%)가 우점하고 있었으며, 주목(I.P.: 17.69%), 때죽나무(I.P.: 4.41%)도 함께 출현하고 있었다. 관목층에서는 굴거리나무(I.P.: 32.74%)와 팽팡나무(I.P.: 39.31%)가 경쟁하고 있었으며, 함께 주목(I.P.: 4.3%), 개서어나무(I.P.: 0.43%)이 출현하고 있었다. 이를 보아 개서어나무 군집의 세력은 지속될 것으로 보였으며, 그 하부 아교목·관목층에서 굴거리나무와 팽팡나무도 지속적으로 경쟁할 것으로 보였다(Table 2).

종합해보면, 군집 I은 소나무-서어나무가 우점하고 있으며, 서어나무로의 천이가 될 것으로 보인다. 군집 II은 서어나무-졸참나무가, 군집 III은 개서어나무가 우점하고 있으며 현 세력이 유지될 것으로 예상된다. 또한 전체 군집의 아교목층에서는 굴거리나무가 높은 비율을 차지하고 있으며 때죽나무가 함께 출현하였고, 관목층에서는 굴거리나무가 지속적으로 출현하고 있으며 팽팡나무가 함께 나타났다. 향후 아교목층에서는 굴거리나무의 세력이 유지될 것으로 예측하였다.

한라산 굴거리나무림의 특성을 파악하기 위해 한라산과 내장산국립공원 내 굴거리나무림의 상대우점치 분석결과

Table 3. Importance percentage of major woody plant species stratum of classified by TWINSpan and DCA Ordination

Com.*	Importance percentage of major woody plant species stratum	Character of community
I	Canopy layer	Community of <i>P. densiflora</i> : Plot 9, 10, 11, 12, 13, 14
	Understory layer	
	Shrub	
II	Canopy layer	Community of <i>C. laxiflora</i> - <i>Q. serrata</i> : Plot 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	Understory layer	
	Shrub	
III	Canopy layer	Community of <i>C. tschonoskii</i> : Plot 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
	Understory layer	
	Shrub	

*Plant community names are referred from Table 1

를 비교하였다. 내장산국립공원의 굴거리나무림을 연구한 Choi(2011)의 연구에서는 군집분류한 결과 7개 군집으로 분리되었다. 이를 살펴보면, 군집 I 과 II는 서어나무가 우점하였고, 군집 III과 V에서는 낙엽활엽수가 섞여있었다. 그러나 해당 군집의 교목층에서 서어나무가 나타나기 시작하는 것으로 보아 당분간 현 상태로 유지되다가 서어나무 군집으로의 천이가 예상되었다. 한라산 굴거리나무림의 군집에서는 내장산국립공원의 연구결과와 비슷하게 서어나무가 교목층에서 나타나고 있으며 한동안 서어나무의 세력이 유지될 것으로 예상되었다. 또한 굴거리나무는 아교목층과 관목층에서 우점종이거나 우점종과 경쟁을 하고 있으므로 아교목층에서는 한동안 굴거리나무가 세력을 유지할 것으로 판단되었다는 점에서 본 연구와 비슷한 경향을 보이고 있었다. 그러나 연구 대상지인 한라산 영실·성판악지역의 하층에서는 굴거리나무와 함께 때죽나무 또는 팽팽나무가 출현하였고, 내장산국립공원의 굴거리나무 연구에서는 조사구 하층에서 굴거리나무와 사람주나무가 함께 출현하였다는 점에서 차이를 보였다.

5. 종다양도지수

단위면적 400m²당 Shannon의 종다양도지수(H')를 각 군집의 조사구별 분석 결과, 군집 I(소나무-서어나무 군집)은 0.7920~1.0547, 군집 II(서어나무-졸참나무 군집)는 0.5756~0.9007, 군집 III(개서어나무 군집)은 0.7969~1.0021이었다. 단위면적 400m²당 최대종다양도(H'max)를 살펴보면, 군집 I에서는 조사구 13, 14와 군집 II에서는

조사구 18이 1.3802로 동일하였으며, 군집 III에서는 조사구 3, 5, 6이 1.2553으로 나타났다. 영실지역 고지대에 위치하고 있는 군집 I과 성판악지역의 군집 II의 최대종다양도(H'max: 1.5911)는 차이가 없었으나, 종다양도지수에서는 상대적으로 군집 I이 높았고, 군집 II가 낮았다. 이는 군집 I이 대체로 우점도는 낮고, 군재도가 높은 것에 대한 영향으로 종다양도지수가 높게 나타난 것으로 판단되었다(Table 2).

종다양도지수를 비교하기 위해 다른 지역의 굴거리나무림 연구조사결과를 확인해보았다. 섬 지역의 굴거리나무 자생지(Park, 2012)에서는 종다양도(H')가 0.5986~0.8178이었으며, 한라산국립공원을 대상으로 한 본 연구 결과에서는 0.8547~1.0354, 내장산국립공원(Lim, 1999)에서는 1.0760~1.2931이었다. 내장산국립공원에서 천연기념물로 지정된 지역이 포함된 군집은 결과에서 제외하였다. 천연기념물 지역은 관리로 인해 특정 종에 집중되어 우점도가 높을 것으로 판단되었기 때문이었다. 우점도는 0.9 이상일 경우에는 1종, 0.3~0.7일 경우 2~3종, 0.3이하인 경우에는 다수의 종이 우점된다(Whittaker, 1965).

따라서 한라산 영실·성판악지역의 종다양도는 비교적 낮은 것으로 보이며, 이는 섬지역보다 해발고가 대체로 높아 종다양도가 낮은 것으로 판단되었다. 해발고에 의한 종의 생육한계로 인한 것으로 종구성을 살펴보면 군집별 2~3종이 우점하고 있었다.

6. 종합고찰

Table 4. Species diversity of each plot of community classified by TWINSpan and DCA Ordination (Unit: 400 m²)

Com.*	Plot	H' (Shannon)	J' (evenness)	D' (dominance)	H'max
I	9	0.8769	0.6632	0.3368	1.3222
	10	0.8170	0.6509	0.3491	1.2553
	11	0.7920	0.6436	0.3564	1.2304
	12	0.8944	0.7125	0.2875	1.2553
	13	0.9659	0.6998	0.3002	1.3802
	14	1.0547	0.7641	0.2359	1.3802
II	15	0.8604	0.6728	0.3272	1.2788
	16	0.7745	0.6432	0.3568	1.2041
	17	0.8652	0.6650	0.3350	1.3010
	18	0.7564	0.5481	0.4519	1.3802
	19	0.6806	0.5422	0.4578	1.2553
	20	0.7589	0.5935	0.4065	1.2788
	21	0.8146	0.6765	0.3235	1.2041
	22	0.7312	0.5718	0.4282	1.2788
	23	0.9007	0.7175	0.2825	1.2553
	24	0.5756	0.4780	0.5220	1.2041
	25	0.6630	0.5506	0.4494	1.2041
26	0.7826	0.6234	0.3766	1.2553	
III	1	0.9181	0.8011	0.1989	1.1461
	2	0.9117	0.7572	0.2428	1.2041
	3	0.8781	0.6995	0.3005	1.2553
	4	1.0021	0.8144	0.1856	1.2304
	5	0.9215	0.7341	0.2659	1.2553
	6	0.8926	0.7111	0.2889	1.2553
	7	0.7969	0.6476	0.3524	1.2304
	8	0.8333	0.6921	0.3079	1.2041

*Plant community names are referred from Table 1

본 연구에서는 한라산 굴거리나무림은 소나무-서어나무 군집, 서어나무-졸참나무 군집, 개서어나무 군집으로 구분되었으며, 교목층에서 서어나무가 우점하거나, 서어나무와 졸참나무가 경쟁을 하고 또는 개서어나무가 한동안 세력이 유지될 것으로 예상되었다. 또한 굴거리나무는 아교목층과 관목층에서 우점종이거나 우점종과 경쟁을 하고 있으므로 한동안 굴거리나무의 세력은 유지될 것으로 보인다. 또한 굴거리나무와 함께 때죽나무 또는 팡팡나무가 함께 출현하고 있다.

굴거리나무를 대상으로 선행연구 검토결과, 내장산국립공원을 대상으로 한 연구(Jung, 2008)에서는 서어나무 군집, 굴거리나무 군집, 서어나무-졸참나무 군집 등으로 구분되었다. 또한 굴거리나무림에서의 서어나무, 졸참나무, 때죽나무 등의 중요치가 높다고 하였다. 내장산의 군집특성은 서어나무가 우점하고 졸참나무가 함께 출현하고 있으며, 아교목층에서 굴거리나무가 다른 수종들과 경쟁 또는 우점하는 상태이었다. 굴거리나무와 동반 출현하는 종으로는 서어

나무, 때죽나무, 당단풍나무 등이 있다. 추후 아교목층과 관목층에서 굴거리나무의 우점도가 증가할 것으로 보인다 (Lim and Oh, 1999).

울릉도, 완도, 제주도 등을 대상으로 한 연구(Park, 2012)에서는 굴거리나무 군집, 곰솔 군집, 서어나무-졸참나무 군집으로 구분되었으며, 서어나무-졸참나무 군집에서 서어나무와 졸참나무 두 종이 경쟁하고 있는 상태이었다. 또한 굴거리나무는 아교목·관목층에서 밀도 높은 출현 및 경쟁을 하는 상태이었다. 또한 주요 수종간 상관관계 분석을 하었는데 굴거리나무와의 강한정의 상관관계로는 당단풍나무, 서어나무, 정의 상관관계로는 사람주나무, 졸참나무 등이 있었다.

검토결과, 굴거리나무와 동반 출현하는 종들은 서로 유사한 환경에서 생육하는 수종들임을 알 수 있었으며, 그 구성에 있어 대상지별 차이가 있음을 알 수 있었다. 출현 대상지들의 환경조건이 대체로 유사하였고, 굴거리나무는 경사보다는 향과 해발고에 의한 영향을 받는 것으로 보인다

다. 그에 따라 각 대상지에 출현하는 동반출현종은 대상지별 해발고도에 따라 출현하는 종의 차이가 있음을 알 수 있었다. 조사구의 동반출현종에는 때죽나무, 당단풍나무, 서어나무, 졸참나무 등이 있었다. 습윤지를 선호하는 생태적 특성 및 해발고 분포에 의한 영향으로 굴거리나무와 유사한 환경에서 발견되는 것으로 판단된다.

위에서 언급한 굴거리나무림의 식생예측 결과는 Jung(2008) 뿐 아니라 내장산국립공원을 대상으로 연구한 Lim(1999) 과 섬 지역을 주로 연구한 Park(2012), 한라산국립공원 영실·성판악 지역을 대상으로 한 본 논문의 세 군데의 대상지별 군집분류결과, 서어나무-졸참나무 군집이 공통적으로 출현하였으며 그 군집세력이 유지되는 것을 알 수 있었다. 또한 굴거리나무는 모든 대상지의 아교목과 관목층에서 세력 증가 및 유지 될 것으로 예상하였다.

굴거리나무림은 다른 지역에서 면적으로 찾아보기 힘들다는 점에서 보존 및 유지에 힘써야 할 것이다. 굴거리나무의 생육에 해발고도 이외에 습도, 광량이 좌우(Park, 2012)하는 것을 보아 한라산 굴거리나무림에 대해 향후 지속적인 모니터링을 통한 변화양상을 밝히고 관리방안을 모색해야 할 것이다.

REFERENCES

- Brower, J.E. and J.K. Zar(1997) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, S.H, K.K Oh, H.S, Cho and H.M. Kang(2011) Ecological characteristics of *Daphniphyllum macropodum* Miq. community in Naejangsan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 25(2): 175-188. (in Korean with English abstract)
- Cox, G.W.(1976) Laboratory Manual of General Ecology. Wn.C. Brown Co., 232pp.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Hamilton, A.C.(1975) A quantitative analysis of altitudinal zonation in Uanda forests. Vegetatio 30: 99-106.
- Hill, M.O.(1979a) DECORANA-a FORTRAN Program for Trended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York, 52pp.
- Hill, M.O.(1979b) TWINSpan- a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two Way Table by Classification of the Individuals and Attribute. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York, 99pp.
- Jung, J.Y.(2008) Eco-physiological Analysis of Seedling Depending on Light Environment in a Group of *Daphniphyllum macropodum* in Naejang National Park. Master's Thesis, Landscape Plant Resources Education, Wonkwang University, Korea, 51pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.S, Y.J. Kang, M.O. Mun and K.P. Song(2006) Flora of Mt. Halla IX. Institute of Ecology and Culture for Mt. Halla, 327pp. (in Korean)
- Kim, J.Y.(2012) The structure of the plant community in Seonamsagol (Vally), Jogyesan (Mt.) Provincial Park, Suncheon City. Korean J. Environ. Ecol. 26(4): 593-603. (in Korean with English abstract)
- KNPS(2011) <http://nature.jeju.go.kr/ecology> (in Korean)
- Koo, K.A, W.K. Park and W.S. Kong(2000) Growth of *Daphniphyllum macropodum* and climatic factors at Mt. Naejang, Korea. the Korean Journal of Quaternary Research 14(1): 65-71. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H, S.G. So, K.W. Seo, M.Y. Kim and H.K. Song(2010) Vegetation and soil properties of warm temperate evergreen broad-leaved forest in Hongdo, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 24(1): 54-61. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J, C.H. Ryu and S.H. Choi(1993) The structure of plant community on Orimok, Yongsil and Donnaeko area in Mt. Halla. Korean J. Environ. Ecol. 21(4): 25-43. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.W. and K.K. Shim(1994) A study on the community structure of vegetation landscape in Naejangsan National Park (I). Journal of Korean institute of landscape architecture 21(2): 50-67. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.C, S.H. Choi, H.M. Kang, H.S. Cho and J.W. Cho(2010) The change and structure of altitudinal vegetation on the east side of Hallasan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 24(1): 26-30. (in Korean with English abstract)
- Lim, Y.H and K.K. Oh(1999) Ecological characteristics of *Daphniphyllum macropodum* population in the Naejangsan National Park. Korean J. Environ. Ecol. 13(1): 17-33. (in Korean with English abstract)
- Park, J.K.(2012) Habitat Environment and Morphological Variance of *Daphniphyllum macropodum* Natural Populations in South Korea. Master's Thesis, Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea, 75pp. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Ecological Diversity. John Wiley and Sons Inc., New York, 165pp.
- Sørensen, 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. Biologiske Skrifter 5(4): 1-34.
- Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice(1988) A theory of gradient analysis. Advances in Ecological Research 18: 271-317.
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains ecological monographs 26(1): 1-80.