

내장산국립공원 내장산지구 20년간(1991~2010년) 식생구조 변화 연구^{1a}

배지윤² · 김지석^{3*} · 이경재⁴ · 김종엽⁵ · 염정현⁶

Changes of Vegetation Structure in Naejangsan District, Najangsan National Park for Twenty Years(1991~2010), Korea^{1a}

Ji-Yoon Bae², Ji-Suk Kim^{3*}, Kyong-Jae Lee⁴, Jong-Yup Kim⁵, Jung-Hun Yeum⁶

요 약

본 연구는 내장산국립공원 내장산지구를 대상으로 20년(1991~2010년) 동안의 식생구조 변화 특성을 밝히고자 수행하였다. 현존식생 조사 결과, 굴참나무와 졸참나무가 혼효된 군집이 전체의 56.1%로 가장 높은 비율로 분포하였으며 남사면 급경사지의 굴참나무군집은 17.6%이었다. 능선부에는 소나무군집(5.8%), 계곡사면에는 개서어나무군집이(6.6%) 분포하였으며, 기타 계곡부를 중심으로 느티나무군집과 산벚나무군집 등이 분포하였다. 상대우점치를 고려한 TWINSpan에 의한 classification과 DCA에 의한 ordination을 분석한 결과, 군집 I(소나무-굴참나무군집), 군집 II(굴참나무군집), 군집 III(개서어나무군집), 군집 IV(낙엽활엽수혼효군집)로 분류되었다. 군집 I의 표본목 수령은 소나무 32년생, 졸참나무 36년생, 군집 II는 굴참나무 64년생, 군집 III은 졸참나무 46년생, 개서어나무 45년생, 군집 IV는 단풍나무 54년생, 층층나무 47년생 등 이었다. Shannon의 종다양도지수는 군집 I은 0.9751~1.4199, 군집 II는 1.0765~1.3278, 군집 III은 1.0353~1.2881, 군집 IV는 1.1412~1.3807이었다. 20년전 연구결과와 비교하여 식생구조의 변화를 분석한 결과, 소나무의 도태, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류의 세력확장, 개서어나무의 세력 증가가 확인되었으며 20년 전의 천이예측과 같이 극상림으로의 천이가 진행되었다. 특히, 굴참나무와 내장산 대표수종인 단풍나무와의 군집분포 특성 및 조릿대 분포면적 변화 분석 결과, 굴참나무군집은 pH, 유기물함량, 치환성양이온함량, 유효인산이 낮은 건조한 지역에 분포하였으며 단풍나무군집은 아교목층을 형성하며 습윤한 계곡부와 사면에 분포하였다. 또한, 20년 전의 연구결과와 마찬가지로 단풍나무는 굴참나무가 교목층에서 우점하는 지역에서는 교목층을 형성하지 못하며 낙엽활엽수혼효군집에서만 14.6%로 교목층을 형성하였다. 20년전 관목층에서 광범위하게 분포하는 조릿대에 의한 종다양성의 감소 경향은 동일하였으나 내장산지구 전체 조릿대의 분포면적은 다소 감소하고 있는 경향이였다.

주요어: 생태적 천이, TWINSpan, DCA, 단풍나무, 조릿대

ABSTRACT

This study aims to show the changes of characteristics of vegetation structure for 20 years(1991~2010) in Naejangsan National Park. As a result of analysis of actual vegetation, the mixed community of *Quercus*

1 접수 2013년 1월 23일, 수정(1차: 2013년 2월 26일), 게재확정 2013년 2월 27일

Received 23 January 2013; Revised(1st: 26 February 2013); Accepted 27 February 2013

2 국립공원관리공단 Korea National Park Service, Taeyoung Bldg., 252-5 Gongdeok-dong, Mapo-gu, Seoul(121-717), Korea

3 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea

4 서울시립대학교 도시과학대학 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Urban Sciences, Univ. of Seoul, Seoul (130-743), Korea

5 도시생태학연구센터 Urban Ecology Research Center, Bang-i-2dong, Songpa-gu, Seoul(138-830), Korea(jongykim72@hanmail.net)

6 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul(130-743), Korea(yeumjh@uos.ac.kr)

a 이 논문은 Bae(2011)의 석사학위논문 심사를 거쳐 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author(gstone1@empal.com)

variabilis and *Quercus serrata* was distributed with 56.1%, and *Q. variabilis* community showed in southern steep slope with 17.6%. *Pinus densiflora* community(5.8%) was observed on the ridge and *Carpinus tschonoskii* community distributed in the slope of the valley with 6.6%. *Zelkova serrata* and *Prunus sargentii* community were distributed in valley. The classification by TWINSpan, ordination by DCA considering importance percentage and property of vegetation class were divided into 4 communities, which are community I (*P. densiflora*-*Q. variabilis* community), community II (*Q. variabilis* community), community III (*C. tschonoskii* community) and community IV (Mixed deciduous broad-leaved trees community). The age of *Pinus densiflora* was 32 years old and *Q. serrata* was 36 years old in the community I, that of *Q. variabilis* was 64 years old in the community II, *Q. serrata* was 46 years old and *C. tschonoskii* was 45 years old in the community III, and *Acer palmatum* was 54 years old and *Cornus controversa* was 47 years old in the community IV. As the result of Shannon's index of species diversity, the community I was ranged from 0.9751 to 1.4199, community II was ranged from 1.0765 to 1.3278, community III was ranged from 1.0353 to 1.2881, and community IV was ranged from 1.1412 to 1.3807. The change of vegetation structure analyzed through the comparison with results of studies carried out 20 years ago were natural selection of *P. densiflora*, expansion of *Quercus* spp. and increase of *C. tschonoskii*. Especially, *A. palmatum* is dominated by *Q. variabilis* in canopy layer like the result of study 20 years ago. *A. palmatum* was analysed by 14.6% in the canopy layer of only mixed deciduous broad-leaved trees community. As a result of analysis of habitat property of *Q. variabilis* and *A. palmatum*, *Q. variabilis* was distributed in dry area with the low value of pH, O.M., exchangeable cations and Avail. P, and *A. palmatum* was located in the wet valley with huge value of nourishment. The tendency of reduction of bio-diversity by *Sasa borealis* is same as previous study but, the distributed areas were reduced in Naejangsan area.

KEY WORDS: ECOLOGICAL SUCCESSION, TWINSpan, DCA, *Acer palmatum*, *Sasa borealis*

서론

1971년 11월 17일에 우리나라 제 8호 국립공원으로 지정된 내장산국립공원은 전라북도 정읍시와 순창군, 전남 장성군에 걸쳐 위치하고 있으며, 호남정맥이 통과하는 생태축이자 단풍이 아름다운 공원으로서 호남의 금강이라 불리웠다. 2010년에는 생태적 가치를 인정 받아 IUCN 카테고리 II급으로 지정되었다. 내장산국립공원은 우리나라 일반적 기후 특성인 해양성 기후의 영향을 받는 대륙성 기후대로서 온대중부림에 속하며, 소나무, 참나무류, 서어나무, 느릅나무, 단풍나무, 물푸레나무 등이 우점하고 있다(Choi *et al.*, 2011). 식물지리학적 관점에서 보면 굴거리나무 등 남방계 식물의 북방한계선이자 북방계식물의 남방한계선이 되는 지역으로서 남·북방계 식물이 함께 생육하는 특징이 있어 식생구조와 천이경향을 추정하는 연구가 다수 진행되었다.

내장산국립공원의 식생관련 연구를 살펴보면, Kim(1987)은 분류법과 서열법에 의한 내장산 산림식생연구를 통해 진달래-소나무군집, 철쭉-신갈나무군집, 굴참나무군집, 서

어나무군집, 층층나무-느티나무군집, 비자나무-느티나무군집, 고로쇠나무-느티나무군집 등 총 10개의 군집을 구분한 바 있으며, 천이경향을 소나무군집에서 굴참나무군집을 거쳐 신갈나무군집, 소나무군집에서 굴참나무군집, 졸참나무군집을 거쳐 서어나무군집, 소나무군집에서 갈참나무군집을 거쳐 개서어나무군집 등 3가지 형태로 예측하였다. Lee *et al.*(1988)은 내장사지구 식물군집을 비자나무군집, 소나무군집, 굴참나무-갈참나무 군집, 단풍나무군집, 활엽수혼효군집, 참나무-서어나무군집, 서어나무군집 등 총 7개 군집으로 구분하였으며 ordination(PO, PCA, RA, DCA)을 적용하여 가장 효과적으로 판단된 DCA법을 통해 천이경향을 추정한 결과, 교목층은 소나무에서 굴참나무, 갈참나무, 팔배나무, 굴피나무 등을 거쳐 나도밤나무, 서어나무, 물푸레나무, 느티나무, 층층나무 등으로 천이를 예측하였으며, 아교목층은 진달래, 철쭉꽃, 참싸리, 개옷나무 등 천이 초기에 출현하는 식물에서 때죽나무, 굴거리나무, 노린재나무, 사람주나무 등을 거쳐 참회나무, 참빗살나무, 비목나무 등으로 천이를 예측하였다. Lee(1991)는 내장사지구, 백양사지구, 남창지구 등의 식생구조를 분석하였으며 군집유형은

화백-소나무군집, 소나무군집, 굴참나무군집, 졸참나무-굴참나무군집, 서어나무류군집, 느티나무군집, 비자나무-단풍나무군집 등 총 7개 유형으로 분류하였고, 식물군집의 구조적 특성을 분석하여 교목층은 소나무에서 참나무류를 거쳐 서어나무류로 천이가 진행될 것으로 예측하였다. 최근에는 원적계곡과 금선계곡 등 계곡부에 대한 식생구조에 대한 연구가 진행된 바 있으며 금선계곡(Choi *et al.*, 2011)에 대한 군집분류에서는 서어나무군락, 낙엽활엽수군락, 느티나무군락으로 구분하였고 아교목층과 관목층에서 세력을 확장하는 굴거리나무의 발달양상을 추정하였다. Bae *et al.*(2012)은 내장산지구 내 원적계곡과 인접한 금선계곡 식물군집의 구조적 특성을 규명하였으며 식물군집분류를 통해 들메나무군집, 개서어나무군집, 개서어나무-굴피나무-느티나무군집, 느티나무군집, 낙엽활엽수혼효군집, 비목나무-말채나무군집으로 분류한 바 있다.

기존 연구를 종합해보면, Kim(1987), Lee *et al.*(1988), Lee(1991) 등은 20년 전에 군집분류 및 천이경향을 예측한 연구에서 소나무림에서 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류를 거쳐 서어나무, 개서어나무 및 낙엽활엽수림으로 천이가 진행될 것으로 예측하였으며, 계곡부 군집 관련 연구에서는 개서어나무, 서어나무군집과 기타 낙엽활엽수군집 모두 현재의 군집을 유지할 것으로 예측한 바 있다.

본 연구는 내장산국립공원 내장산지구를 대상으로 식생구조를 규명하고 20년간의 식생구조 변화를 비교·분석하여 향후, 내장산국립공원의 식생관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

연구방법

1. 연구대상지 설정

연구대상지는 내장산국립공원의 내장산지구 내 서래봉(624m) 및 월령봉(427m)을 포함한 원적계곡 일대 유역권이었으며, 현존식생 조사면적은 1,486,800m²이었다(Figure 1). 현존식생과 식생구조 조사시기는 2010년 6월이었다.

2. 현존식생 및 식생구조 조사분석

1) 현존식생

현존식생 유형은 산림지역의 경우, 교목층 수종의 식생상관(vegetational physiognomy)을 바탕으로 분류하였고 사찰, 조경수목식재지 등 산림 외 유형은 토지이용현황을 기준으로 분류하였다. 현존식생도를 작성하기 위해 항공사진을 활용하여 침엽수 등과 토지이용지를 추출하였고 이를 기반으로 1/1,000 수치지형도를 이용하여 현장에서 식생 유

형과 토지이용 유형별로 블록으로 구획하고 속성을 기록하였다. 현장 조사 결과는 Autocad Map 2004와 ArcMap 10 프로그램을 이용하여 헤드업(Head-up) 디지털지정방법으로 도면화하였고, 현존식생 유형별 면적과 비율을 산출하였다.

2) 식생구조

조사구는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구 21개소를 설정하였으며 조사구 중 3개소는 20년간 식생구조 변화를 파악하기 위해 과거 Lee(1991)가 연구한 내장산지구의 식생구조 조사구와 동일한 위치에 설치하였다. 동일조사구 위치는 원적계곡 일대 소나무림, 참나무류혼효림, 굴참나무림 등이었다.

식생구조 조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참조하여 조사구 내 출현하는 목본 수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상인 수목의 흉고직경, 수고 및 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하인 수목의 수고, 지하고, 수관폭 등을 조사하였다.

식생조사를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(importance value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(importance percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 수관피도는 흉고단면적을 기준으로 하였다. 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점치(M.I.P.: mean importance percentage)를 $\{(3 \times \text{교목층 I.P.}) + (2 \times \text{아교목층 I.P.}) + (1 \times \text{관목층 I.P.})\} / 6$ 으로 구하였다(Yim *et al.*, 1980; Park *et al.*, 1987). 군집분류는 TWINSpan에 의한 classification 분석(Hill, 1979b)과 DCA에 의한 ordination 분석(Hill, 1979a)을 이용하였고, 층위별로 상대우점치에 의한 종조성 특성을 고려하여 분류하였다. 조사구별로 표본목을 선정하여 지상으로부터 1.2m 높이에서 생장추(increment borer)를 이용하여 목편을 추출한 후 수령을 분석하여 군집별 생성의 역사성을 파악하였다. 군집별 종의 다양성을 분석하기 위해 종수 및 개체수, Shannon의 종다양도지수(H') (Pielou, 1975), 균재도(J'), 우점도(D), 최대종다양도(H'max)를 분석하였다.

3. 20년간(1991~2010년) 식생구조 변화

1) 식생구조 변화 비교분석

연구대상지의 20년간 식생구조 변화를 파악하고자, Lee(1991)의 연구결과 중 조사구 6, 7, 20 등 3개소와 동일 위치에 이번 연구(2010)에서 설치한 조사구 8, 9, 20을 대상으로 굴참나무와 단풍나무를 중심으로 평균상대우점치 등 층위

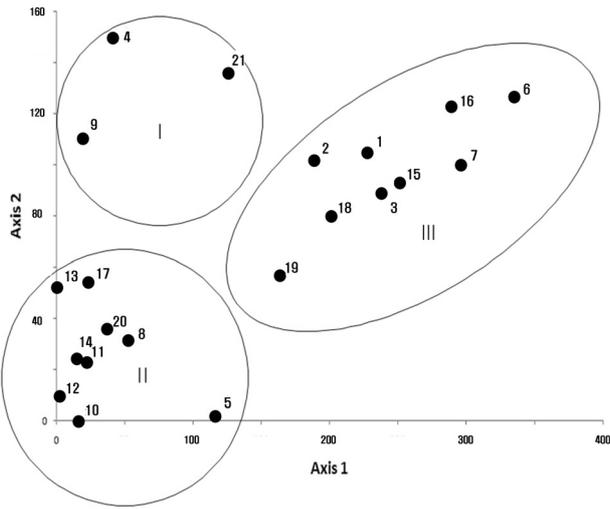


Figure 3. Dendrogram of ordination by DCA using twenty-one plots in Naejangsan district, Naejangsan National Park

Gauch(1982)는 유사한 속성을 갖는 조사구를 분리하고자 할 때는 classification을 많이 이용한다고 하였으며 본 연구대상지는 대부분 내장산국립공원 내장산지구의 서래봉과 월영봉의 남사면에 위치하고 있어 DCA에 의한 군집 분류보다 TWINSpan에 의한 군집분류가 보다 타당하였으며, 여기에 보완적으로 DCA와 조사구의 상대우점치를 고려하였을 때 다음과 같이 4개 군집으로 분류하였다. 군집 I은 소나무-굴참나무군집(조사구 4, 9, 21), 군집 II는 굴참나무군집(조사구 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 20), 군집 III은

개서어나무군집(조사구 2, 3, 5, 19), 군집 IV는 낙엽활엽수 혼효군집(조사구 1, 6, 7, 15, 16, 18)이었다.

Lee(1991)는 내장사지구, 백양사지구, 남창지구에서 총 72개의 조사구를 선정하여 DCA에 의해 화백-소나무군집, 소나무군집, 굴참나무군집, 졸참나무-굴참나무군집, 서어나무군집, 느티나무군집, 비자나무-단풍나무군집의 7개 군집으로 분류한 바 있다.

2) 조사구의 일반적 개황

조사구는 해발 300m 이하에 설정하였으며 경사도는 4~33°, 주향은 남향 이었다. 교목층은 평균수고 15~20m, 평균흉고직경 24~47cm, 식피율 70~90%로 우점종은 소나무, 굴참나무, 개서어나무 등 이었으며, 아교목층은 평균수고 6~9m, 평균흉고직경 5~12cm, 식피율 20~80%로 우점종은 졸참나무, 개서어나무, 당단풍나무, 단풍나무 등 이었고, 관목층은 평균수고 1.5m이하, 식피율 25~95% 이었다. 전반적으로 교목층에서는 중대경목의 수목이 생육하고 있었고, 아교목층에서는 소경목이 차대를 형성하고 있어 대부분 다층구조를 이루고 있었다(Table 2).

3) 상대우점치

군집별로 상대우점치 분석 결과를 살펴보면(Table 3), 군집 I(소나무-굴참나무군집)은 3개의 조사구(4, 9, 21)가 포함되었으며, 교목층에서는 소나무(I.P.: 39.3%)와 굴참나무(I.P.: 32.2%)가 우점종이었고, 졸참나무(I.P.: 23.9%)가 출현하였다. 아교목층에서는 개서어나무(I.P.: 19.7%), 졸참나무(I.P.: 16.0%), 느티나무(I.P.: 9.3%), 쇠물푸레나무(I.P.:

Table 2. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots in Naejangsan district, Naejangsan National Park

| Community | | I | | | II | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Plot | | 4 | 9 | 21 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 17 | 20 |
| Aspect | | S35W | S30W | S | S38W | S45W | S40W | S45W | S10E | S20W | S | S25E |
| Slope | | 23 | 4 | 28 | 16 | 10 | 17 | 22 | 28 | 31 | 24 | 20 |
| Topography | | Ridge | Ridge | Slope |
| Height(m) | | 17 | 15 | 16 | 18 | 19 | 18 | 19 | 17 | 20 | 15 | 19 |
| Canopy | Mean DBH(cm) | 27 | 22 | 30 | 30 | 34 | 31 | 33 | 32 | 35 | 26 | 36 |
| | Coverage(%) | 75 | 80 | 70 | 85 | 80 | 75 | 90 | 75 | 80 | 75 | 75 |
| Under-story | Height(m) | 6 | 7 | 9 | 7 | 8 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | Mean DBH(cm) | 6 | 8 | 9 | 6 | 8 | 5 | 7 | 6 | 8 | 5 | 6 |
| | Coverage(%) | 60 | 60 | 75 | 50 | 35 | 60 | 70 | 80 | 75 | 60 | 70 |
| Shrub | Height(m) | ≤1 | ≤1.2 | ≤1 | ≤1 | ≤1.5 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 |
| | Coverage(%) | 90 | 80 | 60 | 90 | 95 | 25 | 60 | 80 | 70 | 80 | 70 |
| Sasa borealis | Height(m) | ≤1 | ≤1.2 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 |
| | Coverage(%) | 65 | 65 | 10 | 78 | 80 | - | 38 | 40 | 40 | 40 | 28 |
| Herb | Height(m) | ≤0.2 | ≤0.1 | - | - | ≤0.3 | - | - | - | - | - | - |
| | Coverage(%) | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - |

(Table 2. Continued)

| Community | | III | | | | IV | | | | | |
|----------------------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Plot | | 2 | 3 | 5 | 19 | 1 | 6 | 7 | 15 | 16 | 18 |
| Aspect | | S38E | S12E | N85E | S5W | S15W | S62E | S20E | S30E | S30E | S20E |
| Slope | | 33 | 32 | 15 | 15 | 20 | 16 | 13 | 30 | 26 | 26 |
| Topography | | Slope | Slope | Slope | Valley | Slope | Valley | Valley | Valley | Valley | Valley |
| Height(m) | | 17 | 17 | 17 | 19 | 16 | 17 | 17 | 18 | 17 | 17 |
| Canopy | Mean DBH(cm) | 27 | 24 | 39 | 38 | 33 | 37 | 25 | 47 | 41 | 47 |
| | Coverage(%) | 90 | 90 | 80 | 85 | 85 | 85 | 85 | 95 | 95 | 80 |
| | Height(m) | 7 | 8 | 7 | 6 | 8 | 9 | 7 | 6 | 7 | 8 |
| Under-story | Mean DBH(cm) | 9 | 9 | 8 | 6 | 12 | 12 | 7 | 8 | 12 | 9 |
| | Coverage(%) | 40 | 50 | 70 | 40 | 40 | 60 | 60 | 20 | 30 | 40 |
| Shrub | Height(m) | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1.3 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤3 | ≤1 |
| | Coverage(%) | 90 | 70 | 85 | 70 | 95 | 30 | 30 | 40 | 40 | 50 |
| <i>Sasa borealis</i> | Height(m) | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1.3 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤3 | ≤1 |
| | Coverage(%) | 68 | 35 | 68 | 34 | 50 | - | - | 5 | 4 | 23 |
| Herb | Height(m) | ≤0.5 | ≤0.2 | - | - | - | ≤0.8 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | - |
| | Coverage(%) | 3 | 1 | - | - | - | 70 | 60 | 15 | 10 | - |

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* community, II: *Q. variabilis* community, III: *Carpinus tschonoskii* community, IV: Mixed deciduous broad-leaved trees community

7.9%), 굴참나무(I.P.: 6.3%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 쇠물푸레나무(I.P.: 15.1%)와 털팽나무(I.P.: 13.8%)의 우점도가 높았고, 때죽나무(I.P.: 10.7%), 단풍나무(I.P.: 6.8%) 등이 출현하였다. 군집 I은 교목층에서 소나무와 굴참나무가 우점하는 군집이었으나 아교목층에서는 소나무와 굴참나무의 세력이 미약하였으며 개서어나무와 졸참나무가 경쟁하며 천이가 진행되는 것으로 판단되었다. 관목층에서는 쇠물푸레나무와 털팽나무의 세력이 상대적으로 우세하였다. 이는 20년 전 Lee(1991)의 연구에서 소나무군집은 교목층에서는 소나무의 우점도가 높았으나 그 세력은 향후 크게 약화되고 졸참나무, 굴참나무의 우점도가 점차 증가될 것이라고 한 예측과 아교목층에 양수인 굴참나무보다 음수인 서어나무의 우점치가 높게 나타나고 있어 극상림으로 계속적인 변화가 있을 것이라고 한 예측과 일치하는 경향을 보였다.

군집 II(굴참나무군집)는 8개의 조사구(8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 20)가 포함되었으며, 교목층에서는 굴참나무(I.P.: 71.6%)가 우점종이었고, 졸참나무(I.P.: 24.5%), 개서어나무(I.P.: 2.3%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 당단풍나무(I.P.: 27.4%), 때죽나무(I.P.: 20.7%), 개서어나무(I.P.: 10.0%), 졸참나무(I.P.: 6.3%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 털팽나무(I.P.: 17.2%)의 우점도가 높았고 사람주나무(I.P.: 8.2%), 쇠물푸레나무(I.P.: 8.2%), 대팻집나무(I.P.: 7.8%) 등이 출현하였다. 군집 II는 교목층에서 굴참나무가 우점하는 군집이었으나 아교목층에서의 굴참나무의 세력은 미약하여 차대를 형성하기 어려울 것으로 판단되었다. 아교목층에서는

아교목성상의 때죽나무와 당단풍나무의 세력이 상대적으로 강하였으나 교목성상의 개서어나무와 졸참나무가 점진적으로 세력 확장 가능성이 예측되었다. 이는 20년 전 Lee(1991)의 연구에서 굴참나무군집은 굴참나무와 졸참나무가 교목상층에서 경쟁관계를 유지하고 있으나 아교목층의 상대우점치를 고려할 때, 굴참나무의 세력은 약화되고 졸참나무, 때죽나무, 쇠물푸레나무 등의 종간경쟁이 심화되며, 음수인 서어나무의 출현으로 양수인 활엽수와의 경쟁이 예상된다고 한 것과 일치하였다.

군집 III(개서어나무군집)은 4개의 조사구(2, 3, 5, 19)가 포함되었으며, 교목층에서는 개서어나무(I.P.: 27.7%)가 우점종이었고, 졸참나무(I.P.: 14.7%), 느티나무(I.P.: 13.9%), 굴피나무(I.P.: 9.7%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 단풍나무(I.P.: 28.1%)가 우점하였고 개서어나무(I.P.: 17.0%), 사람주나무(I.P.: 10.0%), 쪽동백나무(I.P.: 9.7%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 단풍나무(I.P.: 17.0%), 고추나무(I.P.: 12.3%), 초피나무(I.P.: 7.1%), 때죽나무(I.P.: 6.4%) 등이 출현하였다. 군집 III은 교목층에서 개서어나무가 상대적으로 우점하는 군집이었으며 아교목층에서는 아교목성상의 단풍나무의 세력이 상대적으로 높았으나 교목성상의 개서어나무의 세력이 경쟁하고 있어 차대를 형성할 가능성이 있었다. 관목층에서는 단풍나무의 세력이 상대적으로 강하였고 고추나무, 초피나무, 때죽나무 등이 고루 분포하였다. 20년 전 Lee(1991)의 연구에서는 개서어나무군집의 경우, 교목상층의 우점종은 개서어나무이었고 교목하층에서도 음수인 개서어나무에 의해 안정된 군집으로의 변화를 예상

(Table 3. Continued)

| Scientific name | I ¹ | | | | II ¹ | | | | III ¹ | | | | IV ¹ | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | C ² | U ² | S ² | M ² | C ² | U ² | S ² | M ² | C ² | U ² | S ² | M ² | C ² | U ² | S ² | M ² |
| <i>Lindera erythrocarpa</i> | - | - | 3.8 | 0.6 | - | - | 2.5 | 0.4 | - | - | 3 | 0.5 | 1.5 | 9.7 | 6.1 | 4.9 |
| <i>Ligustrum obtusifolium</i> | - | - | 3.1 | 0.5 | - | - | 0.2 | 0.1 | - | - | 3.2 | 0.5 | - | - | 2.4 | 0.4 |
| <i>Lespedeza maximowiczii</i> | - | - | - | - | - | - | 1.4 | 0.2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.2 | 0.1 |
| <i>Lespedeza bicolor</i> | - | - | - | - | - | - | 0.6 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Kalopanax pictus</i> | - | - | 0.3 | 0.1 | - | 0.3 | 0.2 | 0.1 | - | - | 2.7 | 0.5 | - | - | 2.5 | 0.4 |
| <i>Juglans mandshurica</i> | - | - | - | - | - | 1.0 | - | 0.3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Indigofera kirilowii</i> | - | - | - | - | - | - | 0.6 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Ilex macropoda</i> | - | 0.5 | 4.7 | 1.0 | - | 2.6 | 7.8 | 2.2 | - | 2.6 | 0.5 | 1.0 | - | - | 1.8 | 0.3 |
| <i>Idesia polycarpa</i> | - | 1.2 | - | 0.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.2 | 2.1 | 0.7 |
| <i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 0.1 |
| <i>Fraxinus sieboldiana</i> | - | 7.9 | 15.1 | 5.2 | - | 6.1 | 8.2 | 3.4 | 2.4 | - | - | 1.2 | - | 0.8 | - | 0.3 |
| <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | - | 0.5 | 0.9 | 0.3 | - | 0.2 | 0.7 | 0.2 | 5.1 | - | 1.0 | 2.7 | 3.9 | 2.5 | 0.3 | 2.8 |
| <i>Euscaphis japonica</i> | - | - | 0.4 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 0.1 | - | - | 1.5 | 0.3 |
| <i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i> | - | - | 0.3 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | 0.1 |
| <i>Diospyros lotus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.2 | - |
| <i>Deutzia parviflora</i> | - | - | - | - | - | - | 0.2 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Deutzia glabrata</i> | - | - | - | - | - | - | 0.2 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Daphniphyllum macropodum</i> | - | 0.5 | 3.4 | 0.7 | - | - | 1.4 | 0.2 | - | 0.9 | 0.9 | 0.4 | - | 0.7 | 0.2 | 0.3 |
| <i>Corylus sieboldiana</i> | - | - | - | - | - | - | 4.3 | 0.7 | - | - | 1.7 | 0.3 | - | - | 0.2 | 0.1 |
| <i>Cornus walteri</i> | - | - | - | - | - | 0.5 | - | 0.2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cornus kousa</i> | - | 1.8 | - | 0.6 | - | 0.3 | - | 0.1 | - | 0.8 | - | 0.3 | - | - | - | - |
| <i>Cornus controversa</i> | - | 2.9 | 0.6 | 1.1 | - | - | - | - | - | - | 1.3 | 0.2 | 13.3 | 8.7 | 1.8 | 9.9 |
| <i>Clerodendron trichotomum</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.2 | 0.1 |
| <i>Clematis apiifolia</i> | - | - | 0.3 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 0.1 | - | - | 0.2 | - |
| <i>Chionanthus retus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.1 | - | - | 0.6 |
| <i>Cephalotaxus koreana</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.0 | 0.2 |
| <i>Celtis sinensis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6.4 | - | - | 3.2 |
| <i>Celtis choseniana</i> | - | 0.7 | - | 0.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 0.1 |
| <i>Castanea crenata</i> | 3.4 | - | - | 1.7 | - | - | - | - | 5.7 | - | - | 2.9 | 5.7 | - | - | 2.9 |
| <i>Carpinus tschonoskii</i> | - | 19.7 | 0.4 | 6.6 | 2.3 | 10.0 | 3.0 | 5.0 | 27.7 | 17.0 | 0.9 | 19.5 | 13.7 | 4.3 | 0.9 | 8.4 |
| <i>Carpinus cordata</i> | - | - | 0.4 | 0.1 | - | - | - | - | 4.8 | 4.3 | - | 3.8 | - | 1.3 | 1.6 | 0.7 |
| <i>Callicarpa japonica</i> | - | - | 2.3 | 0.4 | - | - | 1.8 | 0.3 | - | 0.5 | 3.6 | 0.8 | - | 0.5 | 6.1 | 1.2 |
| <i>Boehmeria spicata</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.4 | 0.1 |
| <i>Aralia elata</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.4 | 0.1 |
| <i>Ampelopsis heterophylla</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 0.1 | - | - | 0.5 | 0.1 |
| <i>Albizia julibrissin</i> | - | 1.1 | - | 0.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Alangium platanifolium</i> var. <i>macro-phyllum</i> | - | - | 0.6 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | 1.5 | 0.3 | - | - | 6.7 | 1.2 |
| <i>Akebia quinata</i> | - | - | 0.3 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4.5 | 0.8 |
| <i>Actinidia arguta</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.6 | 0.1 |
| <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> | - | 2.4 | 3.2 | 1.3 | - | 27.4 | 5.4 | 9.9 | - | 4.5 | 1.7 | 1.8 | - | 2.0 | 0.2 | 0.7 |
| <i>Acer palmatum</i> | - | 3.7 | 6.8 | 2.4 | - | 0.8 | 1.4 | 0.5 | - | 28.1 | 17.0 | 12.2 | 14.9 | 35.1 | 16.0 | 21.3 |
| <i>Acer mono</i> | - | 0.5 | 2.8 | 0.6 | - | 1.5 | 0.3 | 0.5 | 1.8 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 13.7 | 12.5 | 1.5 | 11.0 |
| <i>Acer ginnala</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.2 | - |
| Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

¹ I : *Pinus densiflora-Quercus variabilis* community, II : *Q. variabilis* community, III : *Carpinus tschonoskii* community, IV : Mixed deciduous broad-leaved trees community

² C : importance percentage in canopy layer, U : importance percentage in understory layer, S : importance percentage in shrub layer, M : mean importance percentage

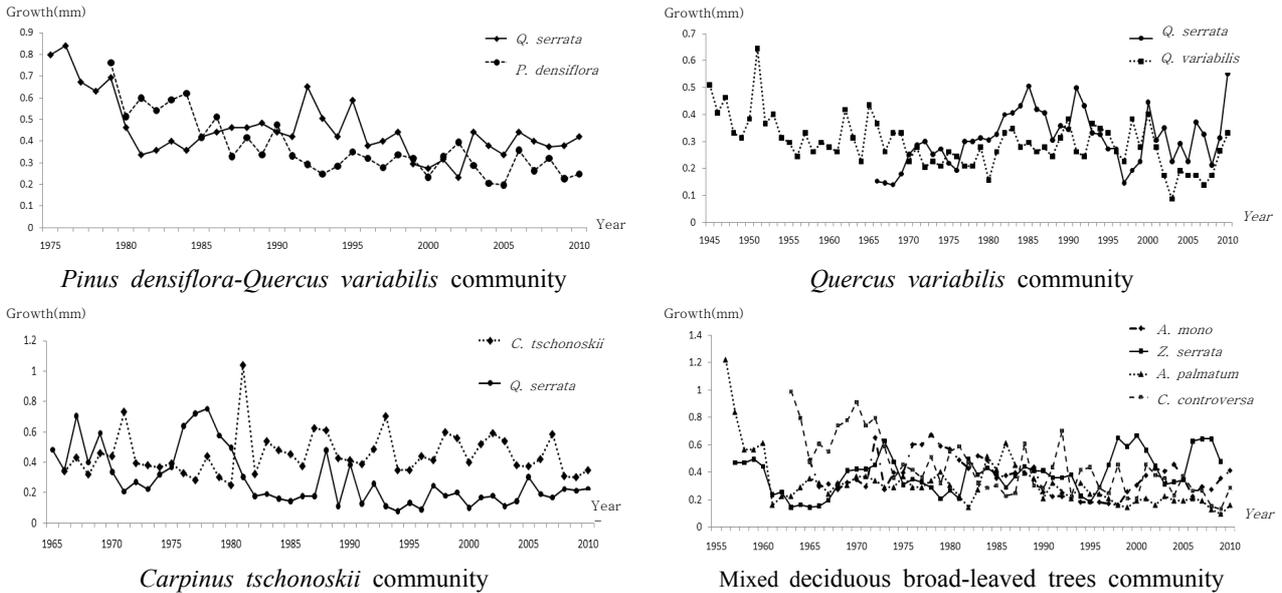


Figure 4. Curve of growth of major woody species of four communities in Naejansan district, Naejansan National Park

한 바 있으며, 양수인 졸참나무는 음수인 활엽수림에 의해 경쟁에서 도태되고 있다고 한 것은 본 연구 결과와 유사하였다. 군집 IV(낙엽활엽수혼효군집)는 6개의 조사구(1, 6, 7, 15, 16, 18)가 포함되었으며, 교목층에서는 느티나무(I.P.: 14.9%), 단풍나무(I.P.: 14.9%), 고로쇠나무(I.P.: 13.7%), 층층나무(I.P.: 13.3%) 등의 낙엽활엽수가 고루 출현하였다. 아교목층에서는 단풍나무(I.P.: 35.1%)가 우점하였고 고로쇠나무(I.P.: 12.5%), 비목나무(I.P.: 9.7%), 층층나무(I.P.: 8.7%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 단풍나무(I.P.: 16.0%), 박쥐나무(I.P.: 6.7%), 작살나무(I.P.: 6.1%), 비목나무(I.P.: 6.1%) 등이 출현하였다. 군집 IV는 교목층에서 느티나무, 단풍나무, 고로쇠나무, 층층나무 등 다양한 낙엽활엽수가 경쟁하였으며 아교목층에서도 아교목성인 단풍나무가 우점하였으나 고로쇠나무, 비목나무, 층층나무 등이 경쟁하고 있어 낙엽활엽수군집을 유지할 것으로 판단되었다. 관목층에서는 단풍나무, 박쥐나무, 작살나무 등이 고루 분포하였다.

4) 표본목 수령 및 성장량

군집별 표본목의 수령 및 성장량을 분석한 결과, 군집 I(소나무-굴참나무군집)의 소나무는 32년생이었고 성장량이 시간이 지남에 따라 감소하였고, 졸참나무는 36년생으로서 성장량이 감소하고 있으나 소나무와 비교해 상대적으로 생장이 양호하였다. 군집 II(굴참나무군집)에서 굴참나무는 64년생이었고 초기 생장은 양호하였으나 지속적으로 연륜성장량이 감소하였고, 졸참나무와 경쟁관계를 갖고 있

어 성장량 증가가 둔화될 것으로 판단되었다. 군집 III(개서어나무군집)의 경우, 초기에는 졸참나무(46년생)의 성장량 증가폭이 컸으나 1980년대 이후부터는 개서어나무(45년생)의 성장량이 우세하였다. 이는 참나무류군집에서 개서어나무군집으로 발달하는 단계에 있음을 반증해 주었다. 본 군집은 개서어나무군집을 유지하며 극상림을 이룰 것으로 판단되었다. 군집 IV(낙엽활엽수혼효군집)의 경우 단풍나무(54년생)와 층층나무(47년생), 느티나무(53년생), 고로쇠나무(35년생)의 성장량을 보면, 중간경쟁이 진행되고 있는 것으로 판단되었다(Figure 4).

5) 종다양도

군집 I(소나무-굴참나무군집)은 400m² 당 조사구별 Shannon의 종다양도(H')가 0.9751~1.4199이었는데, 본 군집과 타 국립공원 소나무-참나무류군집의 Shannon의 종다양도(H')를 비교해 보면, 변산반도국립공원 소나무림 식생구조 연구에서 소나무-굴참나무군집의 종다양도 1.2772~1.2985(Choi et al., 2009), 덕유산국립공원의 구천동계곡(금포탄-백련사)에서의 소나무-서어나무-졸참나무군집의 종다양도 1.2401(Lee et al., 1994)보다 높은 수준이었다. 군집 II(굴참나무군집)의 조사구별 종다양도는 1.0765~1.3278이었다. 군집 III(개서어나무군집)의 조사구별 종다양도는 1.0353~1.2881이었으며, 설악산국립공원 백담계곡 식생구조 연구에서의 서어나무군집의 종다양도 1.1625(Lee et al., 1998)보다는 높았고, 계룡산국립공원 동학사 계곡의 식생구조 연구에서의 서어나무군집 종다양도 1.3333(Han et al., 2001)보다는

낮았다. 군집 IV(낙엽활엽수혼효군집)의 조사구별 종다양도는 1.1412~1.3807이었다(Table 4).

군집 I(소나무-굴참나무군집)에서의 종다양도가 군집 III(개서어나무군집)의 종다양도보다 높게 나타나 천이 초기단계에서는 천이가 진행될수록 종다양도가 증가하다가 천이가 극상단계에 도달하면 종다양도가 떨어지는 경향이 있다는 학설(Leps and Stursa, 1989)과 설악산국립공원 주전골계곡 식생구조분석(Lee *et al.*, 1997) 등의 선행연구와 유사하였다.

3. 20년간(1991~2010년) 식생구조 변화

1) 식생구조 변화 비교분석

상대우점치 분석은 출현종간 세력을 정량적으로 비교하여 천이 경향 및 군집의 구조를 파악하는 기법(Han *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 1990; Oh *et al.*, 1990)으로, 과거 20년 전 Lee(1991)에 의해 내장산지구에 설정한 46개의 조사구 중 조사구 위치가 동일한 3개소를 대상으로 비교조사구의 상대우점치 변화를 분석하였다. 비교조사구 1(1991년 조사구 6과 2010년 조사구 8)에서는 굴참나무(I.P.: 25.5 → 20.8%), 졸참나무(I.P.: 19.0% → 26.1%)로 참나무류의 상대우점치는 큰 변화가 없었으나 소나무(I.P.: 6.3 → 0.0%)는 도태되었으며, 개서어나무(I.P.: 0.5 → 13.6%)는 세력이 다소 증가하였다. 이차 천이식생인 참나무류의 세력은 그대

로 유지하고 있었으며, 소나무는 도태되었고 온대림의 극상수종으로 알려진 개서어나무의 세력은 증가하여 장기적으로는 극상림으로 발달할 것으로 예측되었다. 비교조사구 2(1991년 조사구 7과 2010년 조사구 9)에서는 소나무(I.P.: 40.8 → 10.6%)의 세력은 감소하고, 졸참나무(I.P.: 19.6% → 33.0%), 굴참나무(I.P.: 1.4% → 25.0%)의 상대우점치가 증가하였는데, 소나무는 쇠퇴하고 참나무류군집으로 변화되고 있는 것으로 판단되었다. 비교조사구 3(1991년 조사구 20과 2010년 조사구 20)에서는 굴참나무(I.P.: 33.2 → 36.2%), 졸참나무(I.P.: 16.2% → 10.0%)의 상대우점치는 큰 변화가 없었으며, 개서어나무(I.P.: 7.9 → 12.9%)는 세력이 다소 증가하였다(Table 5).

내장산지구의 비교조사구 분석결과를 종합해 볼 때, 20년전 Kim(1987), Lee *et al.*(1988), Lee(1991) 등이 예측한 천이경향과 마찬가지로 소나무 군집이 도태되고, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류를 거쳐, 개서어나무 등 낙엽활엽수 천이가 진행되고 있는 것으로 판단되었다.

2) 토양의 화학성 분석

식생구조 분석 결과, 굴참나무는 낙엽활엽수혼효군집→개서어나무군집→소나무-굴참나무군집→굴참나무군집 순으로 평균상대우점치 값이 높았으며 단풍나무는 굴참나무군집→소나무-굴참나무군집→개서어나무군집→낙엽활엽수혼효군집 순으로 평균상대우점치가 높았다. 기존 연구에서는 굴참나무가 우점종인 숲에서 단풍나무는 교목층을 형

Table 4. The species diversity of four communities in Naejansan district, Naejansan National Park (Unit area: 400m²)

| Community | Plot | H'(Shannon) | J'(evenness) | D(dominance) | H'max |
|--|------|-------------|--------------|--------------|--------|
| <i>Pinus densiflora-Quercus variabilis</i> community | 4 | 1.1771 | 0.8768 | 0.1232 | 1.3424 |
| | 9 | 0.9751 | 0.8291 | 0.1709 | 1.1761 |
| | 21 | 1.4199 | 0.8988 | 0.1012 | 1.5798 |
| <i>Quercus variabilis</i> community | 8 | 1.1737 | 0.8876 | 0.1124 | 1.3222 |
| | 10 | 1.0765 | 0.8419 | 0.1581 | 1.2788 |
| | 11 | 1.3278 | 0.9176 | 0.0824 | 1.4472 |
| | 12 | 1.2188 | 0.8719 | 0.1281 | 1.3979 |
| | 13 | 1.2464 | 0.8916 | 0.1084 | 1.3979 |
| | 14 | 1.1889 | 0.8731 | 0.1269 | 1.3617 |
| | 17 | 1.1897 | 0.8862 | 0.1138 | 1.3424 |
| <i>Carpinus tschonoskii</i> community | 20 | 1.2367 | 0.9212 | 0.0788 | 1.3424 |
| | 2 | 1.1985 | 0.9372 | 0.0628 | 1.2788 |
| | 3 | 1.1734 | 0.8617 | 0.1383 | 1.3617 |
| | 5 | 1.0353 | 0.8598 | 0.1402 | 1.2041 |
| Mixed Deciduous broad-leaved trees community | 19 | 1.2881 | 0.8808 | 0.1192 | 1.4624 |
| | 1 | 1.2139 | 0.8684 | 0.1316 | 1.3979 |
| | 6 | 1.1438 | 0.8791 | 0.1209 | 1.3010 |
| | 7 | 1.1412 | 0.8381 | 0.1619 | 1.3617 |
| | 15 | 1.2856 | 0.8884 | 0.1116 | 1.4472 |
| | 16 | 1.3807 | 0.9093 | 0.0907 | 1.5185 |
| | 18 | 1.2868 | 0.8712 | 0.1288 | 1.4771 |

Table 5. Change of mean importance percentage of major woody species in comparative plots in Naejansan district, Naejansan National Park

| Scientific name | Comparing 1 | | Comparing 2 | | Comparing 3 | |
|---|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Plot 6* (500m ²) | Plot 8 (400m ²) | Plot 7* (500m ²) | Plot 9 (400m ²) | Plot 20* (500m ²) | Plot 20 (400m ²) |
| <i>Acer mono</i> | - | 2.1 | - | - | - | - |
| <i>Acer palmatum</i> | - | - | - | - | 1.3 | 0.4 |
| <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> | 1.4 | 6.2 | 0.2 | 2.3 | 4.7 | 1.2 |
| <i>Carpinus tschonoskii</i> | 0.5 | 13.6 | - | - | 7.9 | 12.9 |
| <i>Fraxinus sieboldiana</i> | 8.5 | 4.3 | 17.0 | 10.0 | 2.5 | 1.5 |
| <i>Ilex macropoda</i> | 15.7 | 1.3 | 3.0 | 0.2 | 0.9 | 3.4 |
| <i>Lindera erythrocarpa</i> | - | - | - | 0.6 | - | - |
| <i>Lindera obtusiloba</i> | - | - | - | - | 1.7 | 2.1 |
| <i>Pinus densiflora</i> | 6.3 | - | 40.8 | 10.6 | - | - |
| <i>Pourthia eavillosa</i> var. <i>longipes</i> | - | - | - | 0.8 | - | - |
| <i>Prunus sargentii</i> | - | 1.0 | - | - | 7.0 | 2.2 |
| <i>Quercus aliena</i> | - | - | - | - | 4.6 | - |
| <i>Quercus serrata</i> | 19.0 | 26.1 | 19.6 | 33.0 | 16.2 | 10.0 |
| <i>Quercus variabilis</i> | 25.5 | 20.8 | 1.4 | 25.0 | 33.2 | 36.2 |
| <i>Rhus trichocarpa</i> | - | - | 0.8 | 4.0 | 2.3 | 6.0 |
| <i>Sapium japonicum</i> | - | 12.4 | - | 0.9 | - | 4.6 |
| <i>Sorbus alnifolia</i> var. <i>macrophylla</i> | - | - | 0.5 | 4.1 | - | 4.1 |
| <i>Styrax japonica</i> | 0.3 | - | - | 4.1 | 8.8 | 8.8 |
| <i>Viburnum erosum</i> | 4.5 | 5.3 | 1.3 | 4.1 | - | - |
| <i>Viburnum wrightii</i> var. <i>eglandulosum</i> | - | 1.3 | - | - | - | - |

* Lee, K.W.(1991) A Study on the Community Structure of Vegetation Landscape in Naejansan National Park. Sungkyunkwan Univ., Doctor's thesis, Re-structure

성하지 못하고 졸참나무, 개서어나무, 때죽나무들과 경쟁하고 있다(Lee *et al.*, 1988; Lee, 1991)라고 하였는데, 식생구조 분석결과, 단풍나무는 소나무-굴참나무군집, 굴참나무군집, 개서어나무군집의 교목층에서 출현하지 않았으며 낙엽활엽수혼효군집에서만 14.9%로 분포하였다. 군집 III(개서어나무군집)과 군집 IV(낙엽활엽수혼효군집)의 아교목층에서는 28.1%, 35.1%로 높은 비율로 분포하였다. 토양의 화학적 특성으로서 굴참나무군집은 pH, 유기물

함량, 치환성양이온함량, 유효인산이 낮을수록 상대우점치가 높았으며, 주로 건조한 사면에서 나타났다(Table 6). 이는 굴참나무군집은 칼륨, 전 질소, 유효인산 등 양료가 적은 환경에 분포한다는 연구결과(Lee *et al.*, 2002)와 일치하였다. 단풍나무군집은 pH, 유기물함량, 치환성양이온함량, 유효인산이 높을수록, 상대우점치가 높게 나타났으며, 주로 습윤한 사면과 계곡부에서 나타나 두 수종의 생육적지에 차이가 있었다.

Table 6. Importance percentage of *Quercus variabilis* and *Acer palmatum* in each community Naejansan district of Naejansan National Park in 2010

| Scientific name | <i>Pinus densiflora</i> - <i>Q. variabilis</i> community | | | | <i>Quercus variabilis</i> community | | | | <i>Carpinus tschonoskii</i> community | | | | Mixed deciduous broad-leaved trees community | | | |
|---------------------------|--|-----|-----|------|-------------------------------------|-----|-----|------|---------------------------------------|------|------|------|--|------|------|------|
| | C | U | S | M | C | U | S | M | C | U | S | M | C | U | S | M |
| <i>Quercus variabilis</i> | 32.2 | 6.3 | 1.2 | 18.4 | 71.7 | 2.1 | 0.4 | 36.6 | 10.0 | - | - | 5.0 | 1.4 | - | - | 0.7 |
| <i>Acer palmatum</i> | - | 3.7 | 6.8 | 2.4 | - | 0.8 | 1.4 | 0.5 | - | 28.2 | 16.9 | 12.2 | 14.9 | 35.1 | 16.1 | 21.8 |
| pH | 4.31~4.43 | | | | 4.45~ 4.82 | | | | 4.65~ 4.84 | | | | 4.70 | | | |
| O.M. | 6.81~9.73 | | | | 5.78~12.73 | | | | 7.49~12.48 | | | | 7.26 | | | |
| Soil Avail.-P | 3.02~4.94 | | | | 2.69~ 5.52 | | | | 6.39~14.79 | | | | 10.65 | | | |
| Ca ²⁺ | 0.27~0.44 | | | | 0.16~ 0.87 | | | | 0.44~ 3.48 | | | | 1.47 | | | |
| Mg ²⁺ | 0.19~0.27 | | | | 0.17~0.46 | | | | 0.45~ 1.29 | | | | 0.60 | | | |
| K ⁺ | 0.34~0.37 | | | | 0.31~0.47 | | | | 0.40~ 1.15 | | | | 0.45 | | | |
| Topography | Ridge, slope | | | | Slope | | | | Slope, valley | | | | Slope, valley | | | |
| Humidity | Dry, moderate | | | | Dry | | | | Wet, moderate | | | | Dry, wet, moderate | | | |

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

Table 7. Coverage of *Sasa borealis* in Naejangsan National Park in 1991 and 2010

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| 1991* | Plot | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| | Coverage(%) | 95 | 80 | 90 | 95 | 85 | 80 | 85 | 85 | 90 | 85 | 85 | 90 | - | 90 | - | 90 | 85 | 100 | 95 | 10 | 10 | 65 | 10 |
| 1991* | Plot | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 |
| | Coverage(%) | 60 | 60 | 35 | - | 70 | 60 | 100 | 95 | 90 | - | - | - | - | - | 80 | 10 | 5 | 60 | - | 10 | - | 40 | 60 |
| 2010 | Plot | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | | |
| | Coverage(%) | 50 | 68 | 35 | 65 | 68 | - | - | 78 | 65 | 80 | - | 38 | 40 | 40 | 5 | 4 | 40 | 23 | 34 | 28 | 10 | | |

* Lee, K.W.(1991)

단풍나무는 20년 전 Lee(1991)의 연구에서처럼 굴참나무군집에서는 교목층을 형성하지 못하고 아교목층과 관목층에서만 출현하는 것을 확인하였으며, 굴참나무가 우점종인 숲에서 단풍나무의 성장은 제한을 받게 되어 내장산의 특색있는 단풍나무 경관은 지속될 수가 없을 것이라고 하였지만, 단풍나무는 미미하지만 그 세력을 유지하고 있었다.

3) 조릿대 분포변화 비교분석

내장산국립공원 내장산지구 21개 조사구 중에 조릿대가 출현하지 않은 조사구는 불과 3개소로 연구대상지인 내장산 지구의 서래봉과 월영봉의 남사면 일대에는 조릿대가 무성하게 자라고 있었다. 조릿대는 상록활엽수로 지하경에 의하여 빠른 속도로 번식하며, 물질생산량이 높은 수종이다(Lee et al., 1988). 1991년과 2010년 모두 조사구별로 조릿대의 피도를 분석한 결과, 1991년(조사구 46개소)의 조릿대 피도는 5~100%였고, 2010년(조사구 21개소) 조릿대 피도는 4~80%로 조릿대 분포면적은 20년간 다소 줄어든 것으로 판단되었다. 1991년과 2010년 동일조사구를 비교분석한 결과, 비교조사구 1(1991년 조사구 7과 2010년 조사구 9)에서는 조릿대 피도가 85%에서 65%로 감소하였고, 비교조사구 2(1991년 조사구 6과 2010년 조사구 8)에서는 80%에서 78%로 감소하였다. 하지만 비교조사구 3(1991년 조사구 20과 2010년 조사구 20)에서의 조릿대 피도는 10%에서 28%로 증가하여 내장산지구 전체적으로는 감소하는 경향을 보였으나 일부지역에서는 다소 증가한 것으로 판단되었다(Table 7).

Table 8은 연구대상지의 군집별 관목층의 조릿대피도와 종다양도와와의 관계를 나타낸 것으로, 조릿대의 피도가 증가하면, 관목층의 종수 및 개체수, Shannon 종다양도(H')가 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 이는 조릿대의 상대우점치가 낮은 조사지는 관목층 출현종수 및 조릿대 이외 출현종의 개체수가 많다는 내장산국립공원 내장산지구의 자연보전관리대책에 관한 연구(Lee et al., 1988)와 관목층에 조릿대의 밀도가 높아 천이진행에 영향을 주는 동시에 종다양도가 낮다고 한 지리산국립공원 거림계곡 식생구조 연구(Lee

et al., 2000) 등의 선행연구와 유사하였다. 20년 전 Lee(1991)의 연구에서 조릿대는 다른 활엽수의 발생을 억제하며 삼림군집을 단순화시켜 생물집단이 궁극적으로 도달하게 되는 극상림으로의 천이를 방해하므로, 조릿대가 무성하게 자라고 있는 지역을 대상으로 노루, 고라니, 산토끼, 설치류 등을 방사하여 조릿대를 제거하는 방법을 제시하였으나 조릿대 제거를 위한 초식동물의 방사는 자연적으로 조릿대가 감소하고 있는 내장산지구내에서 적합하지 않은 것으로 판단되며 동식물 개체도입은 사전타당성검토, 개체도입 절차 및 방법, 모니터링, 사후관리 등 다양한 측면에서 신중하게 검토되어야 할 것이다.

현존식생 및 식생구조 분석결과, 소나무 도태, 굴참나무 및 졸참나무 등 참나무류의 세력 확장, 개서어나무의 세력 증가, 낙엽활엽수 유지 등 20년 전 Lee(1991)의 천이경향 예측과 같이 극상림으로 천이가 발달하고 있는 것으로 분석

Table 8. Coverage and species diversity(Shannon's diversity) of *Sasa borealis* in the shrub layer

| Community | Plot | Coverage (%) | No. of species | No. of individuals | H' |
|---|------|--------------|----------------|--------------------|--------|
| <i>Pinus densiflora-Q. variabilis</i> community | 9 | 65.0 | 13 | 224 | 0.8777 |
| | 4 | 65.0 | 15 | 236 | 1.0678 |
| <i>Q. variabilis</i> community | 22 | 10.0 | 28 | 264 | 1.3403 |
| | 10 | 80.0 | 14 | 112 | 0.9662 |
| | 8 | 77.5 | 13 | 96 | 1.0401 |
| | 13 | 40.0 | 21 | 224 | 1.1961 |
| | 14 | 40.0 | 19 | 172 | 1.1234 |
| | 17 | 40.0 | 18 | 204 | 1.1287 |
| | 12 | 37.5 | 20 | 224 | 1.1547 |
| | 20 | 27.5 | 18 | 200 | 1.1879 |
| | 11 | 0.0 | 23 | 252 | 1.2503 |
| | 2 | 67.5 | 9 | 52 | 0.9750 |
| <i>Carpinus tschonoskii</i> community | 5 | 67.5 | 9 | 72 | 0.8747 |
| | 3 | 35.0 | 13 | 112 | 1.0522 |
| | 19 | 33.8 | 23 | 224 | 1.2433 |
| Mixed deciduous broad-leaved trees community | 1 | 50.0 | 19 | 144 | 1.1695 |
| | 18 | 22.5 | 23 | 204 | 1.2282 |
| | 15 | 5.0 | 23 | 220 | 1.2552 |
| | 16 | 3.8 | 28 | 272 | 1.3590 |

되었다. 본 연구에서는 Lee(1991)의 연구결과를 활용한 식생구조 변화를 비교분석하는데 있어서 조사구 크기가 1991년에는 500m², 2010년에는 400m²로 설정되어 면적이 달랐고, 고정조사구가 아닌 점에서 연구의 한계가 있었다. 향후 고정조사구 설치 등 지속적인 식생 모니터링과 함께 조릿대의 분포면적 변화, 식생경관 변화 등 국립공원 자연자원의 체계적인 관리를 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

- Bae, J.Y.(2011) A Study on the Changes of Vegetation Structure of the *Quercus variabilis* Community in Naejangsan District, Naejangsan National Park for Twenty Years(1991~2010), Korea. Master thesis, University of Chungang, 92pp.
- Bae, K.W., K.J. Lee, B.H. Han, J.Y. Kim and J.H. Jang(2012) Actual Vegetation and Plant Community Structure of Geumsun Valley and Weonjeok Valley in Najangsan(Mt.) National Park, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 26(3): 412-425. (in Korean with English abstract)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, J.W., J.I. Kwak, K.J. Lee and W.K. Choi(2009) A Study for Plant Community Structure and Management Plan of *Pinus densiflora* Forest in Byeonsanbando National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 23(5): 447-459. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.H., K.K. Oh, H.S. Cho and H.M. Kang(2011) Ecological Characteristics of *Daphniphyllum macropodum* Miq. Community in Najangsan National Park, Korean Journal of Environment and Ecology 25(2): 175-188. (in Korean with English abstract)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An Upland Forest Continuum in the Prairie-forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Gauch, H.G.(1982) Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, 298pp.
- Han, B.H., W. Cho and S.D. Lee(2001) Plant Community Structure of Donghaksa Valley in Kyeryongsan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 14(4): 238-251. (in Korean with English abstract)
- Hill, M.O.(1979a) DECORANA: a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., 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 Attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 99pp.
- Kil, B.S., J.U. Kim and Y.S. Kim(2000) Forest Vegetation of Southern Area of Mt. Naejang National Park, Korean Journal of Environment and Ecology 23(3): 231-240. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.U.(1987) A Study on Forest Vegetation by Classification and Ordination. Ph.D. thesis, University of Chungang, 59pp.
- Lee, K.J., J.J. Chang and R.C. Hee(1990) Analysis on the Structure of Plant Community in Mt. Yongmun by Classification and Ordination Techniques. Korean Journal of Plant 33(3): 173-182. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.O. Kwon and J.Y. Kim(2000) Plant Community Structure in Keolim Valley of Chirisan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 13(4): 392-403. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.Y. Kim and D.W. Kim(1998) Plant Community Structure of Paekdam-Valley in Soraksan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 11(4): 450-461. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., K.K. Oh and J.C. Jo(1988) Studies on the Structure of Plant Community and Visitor's Activities in Mt. Naejang National Park(I). Korean Journal of Forest 77(2): 166-177. (in Korean with English abstract)
- 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 -. Korean Journal of Environment and Ecology 7(2): 135-154. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., S.H. Min and B.H. Han(1997) Plant Community Structure Analysis in Jueongol Valley of Soraksan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 10(2): 283-296. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.W.(1991) A Study on the Community Structure of Vegetation Landscape in Naejangsan National Park. Ph.D. thesis, Sungkyunkwan University, 173pp.
- Lee, M.J., S. Lee, H.J. Kim, Y.U. Ji, G.S. Park and H.K. Song(2002) Vegetation Structures and Ecological Niche of *Quercus* spp. - Refered to *Quercus variabilis*, *Quercus serrata*, *Quercus acutissima* -. Presented at the annual meeting of Korean Forest Society, pp. 65-66.
- Leps, J. and J. Stursa(1989) Species area curve, life history strategies, and succession: a field test of relationships. Vegetatio 83: 249-257.
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified Oak-Hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Oh, K.K., T.H. Kwon and J.Y. Lee(1990) Edge Vegetation Structure in the Mt. Sokri National Park, Korean Journal of Environment and Ecology 4(1):44-50. (in Korean with English abstract)
- 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) Ecological Diversity. John Wiley & Sons Inc, New York, 165pp.
- The Korean Association for Conservation of Nature(1974) Summary Report of Naejangsan National Park. 180pp.
- 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)