

# 내장산국립공원 내장산지구 굴참나무군집의 20년간(1991~2010년) 식생구조 변화 연구

## 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

배지윤<sup>1</sup> · 이경재<sup>2</sup> · 한봉호<sup>2</sup> · 김종엽<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립공원관리공단, <sup>2</sup>서울시립대학교 조경학과, <sup>3</sup>도시생태학연구센터 HUNECO

### 서론

국립공원은 우리나라의 자연생태계와 자연 및 문화경관을 대표하는 지역으로 우리가 살아가는 현 세대의 전유물이 아니며, 미래세대를 위해 온전히 남겨줘야 할 소중한 유산이다. 내장산국립공원은 2010년 11월 1일 세계자연보전연맹(IUCN)의 경관보호지역에 해당하는 카테고리 V에서 국제공인 국립공원을 뜻하는 카테고리 II로 인정받게 되었다. 내장산국립공원은 산안에 감춰진 것이 무궁무진하다하여 안내(內), 감출 장(藏)의 의미를 갖는 내장산의 이름에 걸맞게 국제적으로도 생태적가치를 인정받았다. 본 연구는 내장산국립공원의 식생천이 경향이 소나무→굴참나무, 졸참나무→개서어나무로 진행되며, 대표수종인 단풍나무가 굴참나무에 의해 피압받고 있고, 조릿대가 관목층식생의 중수 및 개체수에 영향을 준다는 연구(이규완, 1992) 결과를 토대로 지난 20년간의 식생구조 변화를 규명하고, 후속 연구를 위한 기초자료를 제공하고자 한다. 또한, 국가 중요 생물자원을 보유하고 있는 국립공원 내에 서식하는 동·식물 자원에 대한 조사를 주제로한 체계적·과학적 연구를 통해 국립공원 자연보전·복원분야 관리기반 강화에 기여하고자 한다.

### 연구방법

#### 1. 조사범위 및 시기

조사구는 10m×10m 크기의 방형구 4개(400m<sup>2</sup>)를 1개소

로 하여 총 21개소를 설정하여 2010년 6월에 조사하였다. 조사구 21개소 중에는 20년간 굴참나무군집의 식생구조변화를 파악하기 위해 과거 이규완(1992)이 연구한 내장산지구의 식물군집구조 조사구와 동일한 지역에 3개소를 설정하였다. 조사지 위치도는 그림 1과 같다.

#### 2. 조사분석 방법

##### 1) 식생조사 및 조사구 개황

식생조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참조하여 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 수관층위별로 실시하였다. 각 조사구의 개황으로 방위, 경사, 지형 등을 조사하였다.

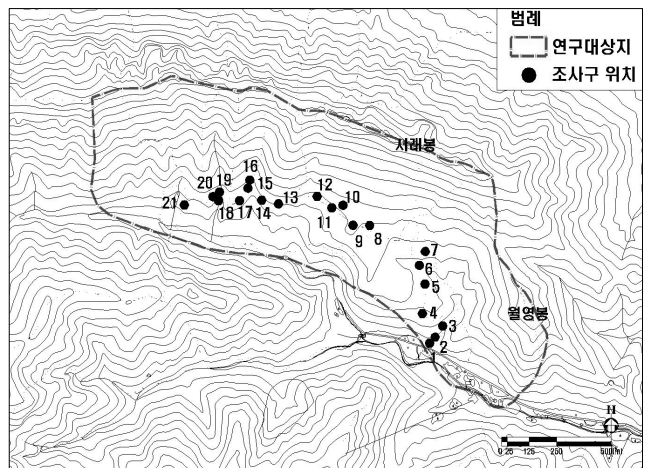


그림 1. 내장산국립공원 식물군집구조 조사구 위치도

## 2) 식생구조 특성 및 20년간(1991~2010년)변화

현존식생은 1/1,000의 수치지도를 이용하여, 교목층 수종의 식생상관(vegetational physiognomy)을 기준으로 조사하였다.

군집의 분류는 TWINSpan에 의한 Classification 분석과 DCA에 의한 Ordination(Hill, 1976)를 이용하였고, 상대우점치 분석을 실시하여 가장 적절히 표현되는 방법을 이용하였다. 구분된 군집별로 식생조사자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 상대우점치를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(I.P.: importance percentage)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 ( $3 \times$  교목층 I.P. +  $2 \times$  아교목층 I.P. +  $1 \times$  관목층 I.P.)/6으로 평균상대우점치(M.I.P.: mean importance percentage)를 구하였다. 또한 흉고직경급분포 및 수목성장량, 종수 및 개체수, 종다양도, 유사도지수, 상재도, 종간상관관계를 분석하였다.

20년간 굴참나무군집 식생구조 변화는 조사구 위치가 동일한 3개소를 대상으로 비교조사구의 상대우점치 비교를 실시하여, 수공간 세력변화를 분석하였다. 1991년과 2010년 굴참나무와 단풍나무의 평균상대우점치 변화와 조릿대의 피도변화를 실시하여, 단풍나무와 조릿대의 생육변화를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 연구대상지 및 조사구 개황

내장산국립공원 내장산지구에 설정한 21개 조사구에 대해 TWINSpan에 의한 Classification과 조사구별 상대우점치를 종합하여 분류된 4개의 군집(소나무-굴참나무군집, 굴참나무군집, 개서어나무군집, 낙엽활엽수혼효군집)의 일반적 개황을 살펴보았다. 군집 I은 소나무-굴참나무군집으로 경사도는 4~28°이며, 본 군집의 교목층 평균수고는 15~17m, 평균흉고직경은 22~30cm, 식피율은 70~80%이었고, 주로 능선에 위치하고 있는 군집이었다. 군집 II는 굴참나무군집으로 경사도는 10~33°이며, 본 군집의 교목층 평균수고는 15~20m, 평균흉고직경은 26~39cm, 식피율은 75~90%이었고, 주로 사면에 위치하고 있는 군집이었다.

군집 III은 개서어나무군집으로 경사도는 15~33°이며,

본 군집의 교목층 평균수고는 17~19m, 평균흉고직경은 24~39cm, 식피율은 80~90%이었고, 주로 산록에 위치하고 있는 군집이었다. 군집 IV는 낙엽활엽수혼효군집으로 경사도는 13~30°이며, 본 군집의 교목층 평균수고는 16~18m, 평균흉고직경은 25~47cm, 식피율은 80~95%이었고, 주로 계곡에 위치하고 있는 군집이었다.

### 2. 식물군집구조

현존식생 분석결과 가장 많은 비율을 차지하는 것은 굴참나무-졸참나무군집으로, 2차 천이식생인 참나무류가 내장산지구의 우점종이었다.

군집별 상대우점치 분석결과, 소나무의 세력은 약해져 도태가 예상되었고, 굴참나무의 세력은 우세하여 현 상태를 유지 할 것이며, 개서어나무의 출현으로 극상림으로의 천이 잠재성을 가지고 있었다. 흉고직경급별 분석 결과, 소나무는 DBH 22cm 이하에서는 세력이 크게 줄어 도태가 예상되었고, 굴참나무는 전체경급에서 세력이 우세하였으며, DBH 12cm이하에서는 개서어나무의 출현이 늘어 장기적으로는 개서어나무로의 천이가능성이 있었다. 성장량 분석결과 대체로 초기 성장량은 크나, 점차 연륜생장이 감소하고 있었으며, 소나무보다는 졸참나무 성장량이 크고, 졸참나무보다는 개서어나무의 성장량이 크게 나타나 이를 종합해보면, 소나무 → 참나무류 → 개서어나무로의 천이가 예상되었다.

종수 및 개체수는 단위면적 400m<sup>2</sup> 기준 조사구당 15~38종, 116~320 개체가 출현하고, 단위면적 400m<sup>2</sup> 기준 조사구당 Shannon의 종다양도(H')는 0.9751~1.4199로 비교적 높은 편이었다. 각 군집간 유사도 지수는 18.49~58.95%로 낮게 나타났는데, 군집간 종구성이 유사하지 않고 군집분류가 잘 이루어진 것으로 판단되었다.

개서어나무, 털팽나무, 단풍나무, 졸참나무, 비목나무가 상재도 81~90%로 가장 높았다. 주요 수종의 생태적 지위 파악이 가능한 종간상관관계는 단풍나무와 물푸레나무는 1% 유의수준에서 정의상관관계이었다. 토양은 강산성이고, 소나무-굴참나무군집굴참나무군집→개서어나무군집, 낙엽활엽수혼효군집으로 진행됨에 따라, 토양산도(pH), 유효인산(Avail.-P), 유기물함량(O.M.), 치환성양이온함량 등이 점차적으로 양호해지는 경향을 보였다.

### 3. 20년간(1991~2010년) 식생구조 변화

20년 전 이규완(1992)의 연구에서는 내장사지구, 백양사지구, 남창지구를 대상으로 총 72개 조사구를 선정하여 조사된 군집을 DCA에 의해 총 7개 군집으로 분류하였고, 본 연구에서는 내장산지구를 대상으로 총 21개의 조사구를 선정하여 TWINSpan과 상대우점치에 의해 소나무-굴참나무군집, 굴참나무군집, 개서어나무군집, 낙엽활엽수혼효군집 총 4개로 분류하였다. 군집의 층위별 상대우점치, 홍고직경급분포, 성장량분석을 통해 20년 전 연구와 본 연구에서 소나무→참나무류→개서어나무로 천이가 동일하게 예측되었다.

위치가 동일한 비교조사구의 상대우점치 분석을 통해 소나무는 도태되고 있었고, 2차 천이식생인 참나무류의 세력은 우세하게 유지하고 있었으며, 극상종인 개서어나무의 세력은 서서히 증가하여 장기적으로 극상림으로의 천이가능성을 보이고 있었는데, 내장산지구의 굴참나무군집이 개서어나무군집으로 천이진행 여부를 밝히기 위해서는 지속적인 모니터링이 요구되었다.

20년간 단풍나무는 여전히 굴참나무군집에서 교목층을 형성하지 못하였으나, 단풍나무는 과거의 세력을 유지하고 있는 것으로 판단되었는데 20년 전 이규완(1992)의 연구에서 굴참나무에 의해 단풍나무가 피압을 받으므로, 굴참나무를 제거하는 방안도 제기되었었는데, 이경재(1988)의 연구에서처럼 단풍나무만을 보기 위해 굴참나무와 같이 교목을 형성하는 수종을 제거하는 것은 자연생태계에 어떠한 악영향을 줄지 예측할 수 없으므로 지양해야 한다. 단풍나무 숲은 다른 곳에 인공적으로 조성하는 것이 좋으며, 자연숲속의 단풍나무는 식물군집의 일원으로 제구실을 하도록 그대로 두어야 할 것이다.

관목층의 종수 및 개체수 종다양도를 감소시키는 조릿대는 피도 분석 결과 줄어들고 있는 것으로 판단되었다. 20년 전 이규완(1992)의 연구에서 조릿대는 다른 활엽수의 발생을 억제하여 산림군집을 단순화

시켜 생물집단이 궁극적으로 도달하게 되는 극상림으로의 천이를 방해하므로, 조릿대가 무성하게 자라고 있는 지역을 대상으로 노루, 고라니, 산토끼, 설치류 등을 방사하여 조릿대를 제거하는 방법을 제시하였었다. 본 연구에서는 조릿대의 피도가 증가하면, 관목층의 개체수 및 종수, Shannon 종다양도(H')가 감소하는 경향을 볼 수 있었으며,

분야	현황	
현존식생	<ul style="list-style-type: none"> <li>굴참나무-졸참나무군집이 가장 많은 비율을 차지함</li> </ul>	
식물군집구조	상대우점치	<ul style="list-style-type: none"> <li>소나무의 세력이 약해져 도태예상</li> <li>굴참나무의 세력은 우세하여 현상태 유지할 것이며, 개서어나무의 출현이 있어 극상림으로의 천이잠재성 있음</li> </ul>
	홍고직경급분포 및 수목성장량	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBH 22cm 이하에서는 소나무의 세력이 크게 줄어 도태 예상</li> <li>굴참나무는 DBH 52cm가 출현하고 전체급에서 세력이 우세</li> <li>DBH 12cm이하에서는 개서어나무의 출현이 늘어 장기적으로는 개서어나무로의 천이 가능성 있음</li> <li>성장량 분석결과 대체로 초기 성장량은 크나, 점차 연륜성장 감소 소나무보다는 굴참나무 성장량 크고, 졸참나무보다는 개서어나무의 성장량이 크게 나타남</li> </ul>
	종수 및 개체수	<ul style="list-style-type: none"> <li>단위면적 400㎡ 기준 조사구당 15~38종, 116~320 개체 출현</li> </ul>
	종다양도	<ul style="list-style-type: none"> <li>단위면적 400㎡ 기준 조사구당 Shannon의 종다양도(H')는 0.9751~1.4199로 높음</li> </ul>
	유사도지수	<ul style="list-style-type: none"> <li>각 군집간 유사도지수는 18.49~58.95%로 낮음</li> </ul>
	상재도	<ul style="list-style-type: none"> <li>개서어나무, 덜꿩나무, 단풍나무, 졸참나무, 비목나무가 상재도 81~90%로 가장 높게 나옴</li> </ul>
중간상관관계	<ul style="list-style-type: none"> <li>단풍나무와 물푸레나무는 1% 유의수준에서 정의상관관계</li> </ul>	
토양특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>강산성 토양</li> </ul>	

그림 2. 내장산국립공원 식물군집구조 조사구 일반적 개황

조사구별 피도변화량을 분석한 결과 20년간 내장산지구 내 조릿대의 피도는 감소하고 있는 것으로 판단되었다. 조릿대를 제거를 위한 초식동식물의 방사는 자연적으로 조릿대가 감소하고 있는 내장산지구내에서 적합하지 않으며, 동식물 개체도입은 사전타당성검토, 개체도입 절차 및 방법, 모니터링, 사후관리 등의 다양한 관리영역이 유기적으로 연계하여 신중하게 검토되어야 할 것이다.

분야	1991년	2010년
조사구 선정	• 내장산지구, 백양산지구, 남창지구 총 72개 조사구	• 내장산지구 총 21개 조사구
군집분류	• DCA에 의해 화백-소나무군집, 소나무군집, 굴참나무군집, 졸참나무-굴참나무군집, 서어나무류군집, 느티나무군집, 비자나무-단풍나무군집 총 7개로 분류	• TWINSpan과 상대우점치에 의해 소나무-굴참나무군집, 굴참나무군집, 개서어나무군집, 낙엽활엽수혼효군집 총 4개로 분류
천이에측 및 비교조사구 변화	• 소나무→굴참나무, 졸참나무→서어나무류 • 비교조사구 1: 소나무 우점 비교조사구 2, 3: 참나무류 우점	• 소나무→참나무류→개서어나무 • 비교조사구 1 : 소나무 도태되고 참나무류 세력증가 비교조사구 2, 3 : 참나무류 세력유지, 개서어나무 세력증가
굴참나무와 단풍나무와의 관계	• 단풍나무는 굴참나무군집에서 교목층 형성하지 못하고 성장을 제한받아 단풍나무경관은 지속될 수 없음	• 단풍나무는 굴참나무군집에서 교목층 형성하지 못하였으나, 단풍나무는 과거의 세력을 유지하고 있는 것으로 판단
조릿대와 타수종간의 관계	• 조릿대는 관목층의 현존량을 감소시킴	• 조릿대는 관목층의 종수 및 개체수 종다양도를 감소시킴. 20년간 조릿대의 피도는 줄어든 것으로 판단

그림 3. 내장산국립공원 내장산지구 20년간 식생구조 변화

## 인용문헌

이경재, 김정호, 한봉호(2005) 서울시 남산소나무림 생태적 특성 및 15년간(1990~2004년) 식생구조 변화분석. 한국환경생태학회지 19(3): 312-326.

이경재, 최진우, 최윤규, 한봉호(2006) 가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림의 생태적 특성 및 15년간(1989년~2004년) 식생구조 변화분석. 한국환경생태학회지 20(2): 188-199.

이경재, 기경석, 최진우(2009) 속리산국립공원 법주사지구 소나무림 식생천이와 식생관리 연구. 한국환경생태학회지 23(2): 208-219.

이규완(1992) 내장산국립공원 식생경관의 군집구조에 관한 연구.

성균관대학교 대학원 박사학위논문, 173쪽.

이미정(2007) 우리나라 주요 참나무림의 군락구조분석 및 생태적 식재모델연구. 충북대학교 대학원 박사학위논문, 174쪽.

임윤희, 오구균(1999) 내장산국립공원 굴거리나무 개체군의 생태적 특성에 관한 연구. 한국환경생태학회지 13(1): 17-33.

환경부(2008b) 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립 연구. 환경부, 750쪽.

환경부(2009) 환경백서. 환경부, 742쪽.

Monk, C. D., G. I. Child and S. A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified Oak-Hickory community. Ecology 50(3): 468-470.