

한라산국립공원 동사면의 해발고별 식생변화 및 구조^{1a}

이상철² · 최송현^{3*} · 강현미⁴ · 조현서⁵ · 조재우⁶

The Change and Structure of Altitudinal Vegetation on the East Side of Hallasan National Park^{1a}

Sang-Cheol Lee², Song-Hyun Choi^{3*}, Hyun-Mi Kang⁴, Hyun-Seo Cho⁵, Jae-Woo Cho⁶

요약

한라산국립공원 동사면에 위치한 성판악 탐방로를 따라 해발고별로 식생구조와 변화를 파악하기 위하여 해발 750m에서 1,450m까지 17개 조사구(단위면적 400m²)를 설치하여 조사를 실시하였다. Classification 기법중 하나인 TWINSpan을 이용하여 군락분리를 시도하고, ordination 기법중 DCA분석을 실시하여 보완한 결과, 군락 I은 개서어나무-때죽나무군락, 군락 II는 때죽나무-졸참나무군락, 군락 III은 개서어나무-졸참나무군락, 군락 IV는 신갈나무-개서어나무군락, 군락 V는 당단풍나무군락 그리고 군락 VI은 신갈나무-구상나무군락의 6개의 군락으로 분리되었다. 해발고별로 종조성을 살펴본 결과 군락의 종조성이 해발 1,000m 이하의 지역에서는 연속적이지만 1,000m 이상의 지역에서는 불연속적으로 나타나 한라산국립공원 동사면지역은 해발 1,000m를 중심으로 식생의 변화가 뚜렷한 특징을 나타내는 것을 알 수 있었다. 본 조사지역의 산림식생의 임령은 연륜분석결과 50여년을 상회하는 것으로 밝혀졌다.

주요어: TWINSpan, DCA, 성판악탐방로

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the change and structure of the altitudinal vegetation on the east side of Hallasan National Park, and to accomplish this research, seventeen plots(400m² per zone) were set up along the Seongpanak trail starting from 750m to 1,450m(which was 700m long). These zones, according to the two-way indicator species analysis(TWINSpan) and ordination analysis(DCA), were divided into six communities: *Carpinus tschonoskii-Stryrax japonica* community(I), *Stryrax japonica-Quercus serrata* community(II), *Carpinus tschonoskii-Q. serrata* community(III), *Q. mongolica-C. tschonoskii* community(IV),

1 접수 2009년 9월 28일, 수정(1차: 2010년 1월 5일, 2차: 2010년 1월 14일), 게재확정 2010년 1월 15일

Received 28 September 2009; Revised(1st: 5 January 2010, 2nd: 14 January 2010); Accepted 15 January 2010

2 부산대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea(gurisc@naver.com)

3 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea(songchoi@pusan.ac.kr)

4 (유)이앤엘유토 Ecology & Landscape UTOpia, Seoul(135-010), Korea(mybab@lycos.co.kr)

5 진주산업대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Jinju National Univ., Jinju(660-758), Korea(sanchs@jinju.ac.kr)

6 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea(chojw@pusan.ac.kr)

a 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author(songchoi@pusan.ac.kr)

Acer pseudosieboldianum community(V), and *Q. mongolica-Abies koreana* community(VI). The findings of my investigation are as follows: the altitudinal vegetation structure of all the investigated zones from 750m to 1,000m above sea level is similar to one another, whereas the same zones from 1,000m to 1,450m above sea level showed dissimilarities among them. That indicates that altitudinal vegetation structure on the east side of Hallasan National Park has changed drastically at the 1,000m areas above sea level, and the forest age of this area is over 50 years.

KEY WORDS: TWINSPAN, DCA, SEONGPANAK TRAIL

서론

한라산은 제주도의 중앙부에 위치하고 있는 우리나라의 3대 영산 중의 하나로 정상 해발고도는 1,950m로 남한의 최고봉이다(Ko, 2002). 1966년 10월 12일 한라산지역 중 83km²가 천연보호구역으로 지정되었으며, 1970년 3월 24일에는 백록담을 중심으로 약 140km²에 대하여 제 7호 국립공원으로 지정되었다(KNPS, 2009). 이어 2002년 12월 UNESCO 생물권보전지역지정, 2007년 6월 우리나라 최초로 UNESCO 세계자연유산으로 등재되어 보호관리 되고 있다(Hallasan National Park, 2009; UNESCO Korea, 2009; UNESCO World Heritage Center, 2009).

생물의 보고로 알려진 한라산에는 다양한 생물이 서식 및 분포하고 있는데, 그 중 식물상의 경우 천연보호구역에만 총 550분류군의 관속식물이 분포(Kim and Hur, 2007)하고 있으며, 해발고에 따른 식생대의 수직적 발달이 뚜렷하여 생물지리학적으로 매우 중요한 지역이다. 중요한 식물사회로 저지대에는 난대아구계의 지표종인 가시나무 등의 상록활엽수가 분포하며, 해발고에 따라 온대낙엽활엽수림대 및 한대침엽수림대까지 여러 기후대의 식물들이 분포하고 있다(Jejudo, 2003).

한라산 지역의 식생에 관한 기존 연구는 식물사회학적 연구와 식물지리학적 연구로 크게 구분된다. 식물사회학적 연구로는 한라산국립공원 전역을 대상으로 Yim et al.(1990)이 연구를 시행한 바 있고, 지역적으로 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조연구(Lee et al., 1992a; Um et al., 2007), 아고산지대 식물군집구조 및 식생훼손연구(Lee et al., 1992b) 등이 있다. 식물지리학적으로는 주로 해발고별로 식생분포에 대한 연구가 있는데, Kim(2002)은 해발고별로 제주조릿대의 분포를, Oh et al.(2007)는 돈내코 지역을 중심으로 해발고별 식물군집분포를 밝혔다. 그 외 한라산 백록담을 중심으로 식생분야에서 총괄적인 보고가 있었다(Kong, 2001).

한라산국립공원이 독특한 경관적 요소를 가지고 다양한 생물자원을 가지고 있음에도 수용력을 초과하는 이용으로

그동안 산림생태계는 물론 탐방로까지 심하게 훼손되어 왔다(Oh and Lee, 1992). 1986년 이후 한라산 서북벽 등산로, 윗세오름-남벽분기점, 돈내코-남벽정상, 백록담 정상 순환 등산로 등이 자연휴식년제로 지정되면서 일반인의 출입을 통제하는 한편 성판악 탐방로코스가 한라산 정상에 오르는 주요 탐방로가 되었다. 이처럼 세계자연유산인 한라산국립공원은 분야 및 지역별로 많은 연구가 진행되었으나 동사면인 성판악지역에 대해서는 연구가 미비하다.

본 연구는 한라산의 동쪽에 위치한 성판악 탐방로 구간을 중심으로 해발고별 식생조사를 통하여 산림의 수직적 분포와 산림군집구조를 파악하고자 한다. 산림의 수직적 분포(Beals, 1969; Lee et al., 2009)를 결정하는 대표적인 요인은 해발고이며, 해발고에 따라 여타의 환경요인이 제한요인의 역할을 하며 식생분포를 결정한다(Hamilton, 1975; Ter Braak and Prentice, 1988). 이 연구결과를 통하여 한라산 동사면의 해발고별 식생변화와 식생구조를 알 수 있고 이는 한라산국립공원의 효율적인 관리와 보호관리계획의 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

조사 및 분석 방법

1. 조사범위 및 시기

한라산국립공원 동사면의 해발고별 식생변화 및 구조를 알아보기 위하여 해발 750m부터 해발 1,450m까지를 조사 대상으로 하였다. 동사면의 경우 해발 1,450m 이상은 아고산지대로 접어들면서 해발고별 식생의 층위의 구조 및 변화를 파악하기 곤란한 점이 있다. 해발고에 따른 식생분포연구는 해발고를 따라 표본구를 설치하여 식생 조사를 실시하는 방법과 개별 식생을 정해 분포범위를 정한 후 비교하는 방법(Hamilton, 1975)이 있는데, 본 연구는 전자의 방식을 따랐다. 따라서 Figure 1과 같이 조사구를 17개소(단위면적 400m²)를 설치하여 산림군집구조를 조사하였다. 본 연구는 2006년 2월에 예비조사를 거쳐 2006년 7월 4일부터 6일까지 본조사를 실시하였다.

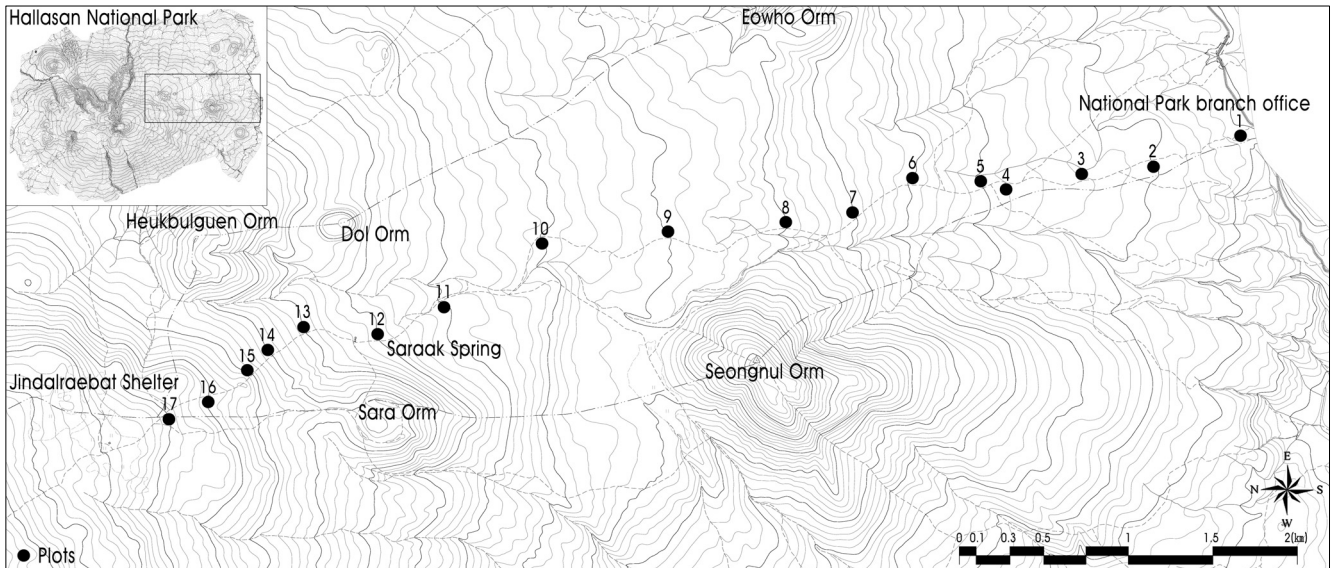


Figure 1. Map of the survey plots in the Hallasan National Park

2. 조사 및 분석

1) 식생 및 환경요인 조사

한라산국립공원 동사면의 해발고별 식생 분포 및 구조를 조사하기 위하여 성판악 탐방로를 중심으로 해당 해발고의 식생특징을 잘 나타내는 지역을 선정하여 식생조사를 실시하였다.

식생 조사는 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 수관층위별로 조사를 실시하였다. 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 수고 2m이하의 수목을 관목층으로, 기타 수목을 아교목층으로 구분하였다. 교목층과 아교목층에서는 수목을 10m×10m 크기 방형구에서 수목의 높이와 흉고직경을, 관목층에서는 각 방형구에 5m×5m 크기로 중첩해서 설치한 소형 방형구 1개소에서 수목의 수관폭(장변×단변)을 조사하였다. 각 조사지의 환경요인은 고도, 방향, 경사도, 식피율, 수고, 종수 등을 조사하였다.

2) 식물군집구조 조사

식생조사 자료를 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+상대빈도수)/3 으로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage: M.I.P.)를 구하였다.

상대우점치 분석 자료를 토대로 TWINSpan에 의한 classification분석(Hill, 1979b)과 DCA ordination(Hill, 1979a)분석을 실시하였다. 식생자료를 토대로 유사도를 비교 분석하였고, Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 유사도 지수(Similarity Index=2C/A+B, A=A표본의 종수, B=B표본의 종수, C=두 표본의 공통종수)를 분석하였다.

3) 연륜 및 성장량 조사

조사구에서 우점종 중 평균흉고직경에 해당하는 수목 혹은 대표적이거나 특징적인 수목을 선정하였다. 선정된 수목을 지상으로부터 1.2m 높이에서 성장추를 이용하여 목편을 추출하였고 추출된 목편을 분석하여 수목의 수령 및 성장량을 파악하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

한라산국립공원 성판악 탐방로코스를 중심으로 설치된 조사구를 중심으로 17개 조사구의 일반적 개황을 나타내었다(Table 1). 조사지는 해발 750~1,450m에서 설정되었으며, 사면방향은 동, 남동, 북동향이 많았다.

산림 식생의 수고는 교목층 12~20m, 아교목층 4~12m 그리고 관목층은 0.5~1.5m 범위였으며, 층위별 평균흉고직경에서는 교목층 15.0~37.3cm, 아교목층 5.3~8.9cm 범위였고, 전체적으로는 교목층의 평균흉고직경은 20.7cm, 아교목층은 6.9cm였다.

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots at the east side of the Hallasan National Park

Plot number		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altitude(m)		750	800	820	840	850	900	950	1,000	1,050
Aspect		E	S60E	E	S60E	S45E	S90E	E	E	S55E
Slope(°)		5°	12°	5°	5°	5°	15°	10°	4°	2°
Number of species		26	24	20	16	23	13	17	16	13
Canopy	Height(m)	12	12	13	13	13	15	15	20	18
	Mean DBH(cm)	16.4	16.2	18.6	16.6	17.4	25.0	22.5	20.1	15.0
	Coverage(%)	70	80	80	90	95	90	90	90	60
Understory	Height(m)	6	7	7	8	7	8	7	12	12
	Mean DBH(cm)	5.3	7.3	8.4	7.3	6.4	5.9	6.5	8.0	5.3
	Coverage(%)	50	60	50	40	40	40	40	50	50
Shrub	Height(m)	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.2	1.5	1.0

Table 1. (Continued)

Plot number		10	11	12	13	14	15	16	17
Altitude(m)		1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450
Aspect		S12E	N76E	S42E	N74E	N60E	E	N53E	N58E
Slope(°)		7°	14°	16°	21°		16°	27°	13°
Number of species		12	12	11	12	14	14	15	13
Canopy	Height(m)	20	19	16	14	12	11	15	9
	Mean DBH(cm)	27.6	26.1	35.3	37.7	23.0	20.1	20.8	19.8
	Coverage(%)	75	95	65	40	55	85	80	50
Understory	Height(m)	10	8	4	5	5	4	5	4
	Mean DBH(cm)	6.6	8.4	5.5	5.9	7.4	7.3	8.9	7.3
	Coverage(%)	40	20	45	45	30	55	30	40
Shrub	Height(m)	1.0	1.2	1.0	0.8	1.0	1.2	0.5	1.2

2. 식생구조

1) Classification 분석

전체 17개 조사구에 대해 유형별 분류를 하기 위하여

classification 분석 중 TWINSpan 기법을 적용하여 분석을 실시하고 지표종을 중심으로 군락분리를 시도하고 종조성을 나타내었다(Figure 2, Table 2)(Choi *et al.*, 1998).

군락분리는 각 조사구에서 출현하는 수종들 중 환경요인을 간접적으로 반영하는 지표종(indicator species)에 의해

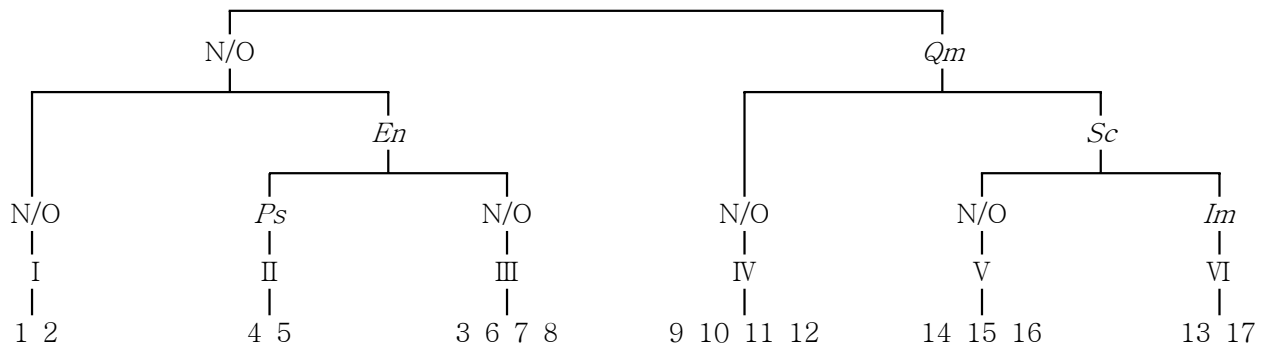


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan using the seventeen plots at the east side of the Hallasan National Park(Qm: *Quercus mongolica*, En: *Empertrum nigrum* var. *japonicum*, Sc: *Sorbus commixta*, Ps: *Prunus sargentii*, Im: *Ilex macropoda*)

Table 2. The TWINSpan analysis on the distribution and abundance of tree(≥ 2 cm DBH) at the east side of the Hallasan National Park

Community	I		II		III				IV				V			VI	
Plot no. Species†	1	2	4	5	3	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	13	17
<i>Sj</i>	17.7	13.8	27.4	21.8	12.6	0.5	8.1	11.1	8.7	0.9	1.1	0.5	-	-	-	-	-
<i>Tn</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Qs</i>	7.7	-	23.0	11.3	25.5	18.6	10.4	19.9	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lc</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zs</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rt</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pt</i>	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aa</i>	-	-	-	0.3	0.8	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ta</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ct</i>	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Le</i>	1.6	0.6	1.1	2.9	0.1	-	0.5	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dm</i>	6.1	24.1	9.4	9.6	11.1	18.2	17.9	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ap</i>	2.4	1.5	0.5	3.7	1.1	0.1	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pt</i>	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pd</i>	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aq</i>	-	0.3	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hp</i>	1.3	3.1	0.4	-	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sh</i>	0.8	0.9	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zp</i>	0.6	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sja</i>	9.9	2.4	-	0.1	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mo</i>	-	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eu</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mm</i>	0.3	0.4	-	-	-	6.7	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-
<i>Cc</i>	2.0	8.4	3.1	4.4	-	-	1.9	-	-	-	-	-	3.0	3.7	0.5	-	-
<i>Cts</i>	24.7	14.6	5.6	22.9	27.5	27.3	34.1	22.6	2.5	33.9	29.1	20.0	8.0	15.5	-	3.9	-
<i>Ic</i>	5.4	4.3	5.5	4.1	5.2	3.3	2.9	5.6	8.2	8.4	6.9	3.0	-	-	-	-	-
<i>Ck</i>	6.3	12.1	9.4	3.4	2.1	3.5	3.7	4.8	-	8.7	9.1	0.5	6.4	1.3	0.4	3.0	-
<i>Vw</i>	1.3	0.3	-	-	-	-	0.4	0.4	3.1	-	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Sc</i>	1.7	1.5	0.5	1.1	0.7	0.2	-	-	2.7	2.2	0.8	-	-	-	-	0.8	-
<i>Ps</i>	0.4	1.0	4.0	3.7	-	-	1.4	1.2	-	-	-	-	2.3	8.3	4.0	1.4	1.2
<i>En</i>	-	-	1.6	2.6	2.4	2.6	2.8	7.6	-	-	1.3	-	-	7.9	10.3	6.0	4.2
<i>Mf</i>	-	1.2	-	-	3.7	-	-	4.4	5.7	-	-	1.1	2.1	-	-	0.6	-
<i>Ks</i>	-	-	-	-	-	-	4.3	1.7	-	-	-	-	2.6	-	-	-	1.0
<i>Im</i>	0.8	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	-	-	-	0.5	0.7
<i>Ae</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Tc</i>	0.3	0.9	-	4.3	0.7	5.7	6.0	-	-	3.4	7.9	11.7	18.8	18.0	24.1	18.1	16.0
<i>Pv</i>	-	-	-	1.3	-	-	-	1.2	-	-	-	-	0.9	-	-	-	5.4
<i>Aps</i>	1.1	-	7.9	0.6	2.3	13.4	2.4	12.4	14.5	23.2	23.7	22.6	37.0	9.3	23.5	22.5	11.3
<i>Hpe</i>	1.3	3.0	-	-	0.8	-	-	1.2	1.3	4.1	6.2	6.9	-	0.3	-	-	-
<i>Sa</i>	0.7	-	-	0.3	-	-	-	0.7	0.3	-	1.0	2.3	1.9	-	1.2	-	4.9
<i>Qm</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	49.6	10.8	12.4	29.6	2.2	3.3	8.9	41.8	22.2
<i>Vf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.6	-	-	-	0.6	-	-	-

Table 2. (Continued)

Community Plot no. Species ¹	I		II		III				IV				V			VI	
	1	2	4	5	3	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	13	17
Fr	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	2.5	-	-	-	-	6.6	-	-
Ak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1	6.0	-	29.7
Zs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-
Sco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	15.1	2.3	0.5	2.6
Ea	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	8.4	0.6	-	0.4
Sch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.9	-	2.1	1.0	-
Ms	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2	8.0	-	-

¹Sj:Styrax japonicus, Tn:Torreya nucifera, Qs:Quercus serrata, Lc:Lespedeza cyrtobotrya, Zs:Zanthoxylum schinifolium, Rt:Rhus tricoarpa, Pt:Parthenocissus tricuspidata, Aa:Actinidia arguta, Ta:Trachelospermum asiaticum, Ct:Clerodendrum trichotomum, Le:Lindera erythrocarpa, Dm:Daphniphyllum macropodum, Ap:Acer palmatum, Pt:Pinus thunbergii, Pd:Pinus densiflora, Aq:Akebia quinata, Hp:Hydrangea paniculata, Sh:Schizophragma hydrangeoides, Si:Stephanandra incisa, Zp:Zanthoxylum piperitum, Sja:Sapium japonicum, Mo:Meliosma oldhamii, Eu:Elaeagnus umbellata, Mm:Meliosma myriantha, Cc:Corvus controversa, Cts:Carpinus tschonoskii, Ic:Ilex crenata var. microphylla, Ck:Corvus kousa, Vw:Viburnum wrightii, Sc:Smilax china, Ps:Prunus sargentii, En:Empetrum nigrum var. japonicum, Mf:Maackia fauriei, Ks:Kalopanax septemlobus, Im:Ilex macropoda, Ae:Aralia elata, Tc:Taxus cuspidata, Pv:Pourthiaea villosa, Aps:Acer pseudosieboldianum, Hpe:Hydrangea petiolaris, Sa:Sorbus alnifolia, Qm:Quercus mongolica, Vf:Viburnum furcatum, Fr:Fraxinus rhynchophylla, Ak:Abies koreana, Zs:Zelkova serrata, Sco:Sorbus commixta, Ea:Euonymus alatus, Sch:Symplocos chinensis for. pilosa, Ms:Magnolia sieboldii

이루어진다(Lee et al., 1994). 한라산국립공원 동사면의 식생은 첫 번째 단계에서는 신갈나무(+) 지표종의 유무에 의해 두 무리로 분리되었다. 두 번째 단계에서, 신갈나무가 출현하지 않은 조사구들은 시로미(+의 출현유무에 의해, 신갈나무가 출현한 조사구들은 마가목(+ 출현유무에 의해 다시 분리되었다. 세 번째 단계에서는 시로미가 출현한 조사구들은 산벚나무(-)의 출현유무에 의해, 마가목이 출현한

조사구들은 대팻집나무(+의 출현유무에 의해 군락이 나뉘었다.

분리결과 군락 I 은 개서어나무-때죽나무군락, 군락 II 는 때죽나무-졸참나무군락, 군락 III은 개서어나무-졸참나무군락, 군락 IV는 신갈나무-개서어나무군락, 군락 V는 당단풍나무군락, 군락 VI은 신갈나무-구상나무군락으로 최종 분리되었다.

Table 3. Altitudinal distribution of vegetation at the east side of the Hallasan National Park

Species ¹	Altitude(m)																
	750	800	820	840	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450
Aps	1.1	-	2.3	7.9	0.6	13.4	2.4	12.4	14.5	23.2	23.7	22.6	22.5	37.0	9.3	23.5	11.3
Ck	6.3	12.1	2.1	9.4	3.4	3.5	3.7	4.8	-	8.7	9.1	0.5	3.0	6.4	1.3	0.4	-
Cts	24.7	14.6	27.5	5.6	22.9	27.3	34.1	22.6	2.5	33.9	29.1	20.0	3.9	8.0	15.5	-	-
Ic	5.4	4.3	5.2	5.5	4.1	3.3	2.9	5.6	8.2	8.4	6.9	3.0	-	-	-	-	-
Sj	17.7	13.8	12.6	27.4	21.8	0.5	8.1	11.1	8.7	0.9	1.1	0.5	-	-	-	-	-
Dm	6.1	24.1	11.1	9.4	9.6	18.2	17.9	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ap	2.4	1.5	1.1	0.5	3.7	0.1	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hp	1.3	3.1	2.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sh	0.8	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aa	-	-	0.8	-	0.3	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ct	-	-	0.1	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Qm	-	-	-	-	-	-	-	-	49.6	10.8	12.4	29.6	41.8	2.2	3.3	8.9	22.2
Sco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	15.1	2.3	2.6
Ak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1	6.0	29.7

¹Aps:Acer pseudosieboldianum, Ck:Corvus kousa, Cts:Carpinus tschonoskii, Ic:Ilex crenata var. microphylla, Sj:Styrax japonicus, Dm:Daphniphyllum macropodum, Ap:Acer palmatum, Hp:Hydrangea paniculata, Aa:Actinidia arguta, Sh:Schizophragma hydrangeoides, Ct:Clerodendrum trichotomum, Qm:Quercus mongolica, Sco:Sorbus commixta, Ak:Abies koreana

한라산 동사면 해발고별 식물 분포를 살펴보면(Table 3), 당단풍나무의 경우 750m~1,450m까지 분포를 하고 있고, 굴거리나무의 경우 1,000m이하의 지점에서, 신갈나무의 경우 1,050m이상의 지점에서 나타나는 것을 볼 수 있다. 그 밖에 단풍나무는 해발 950m, 때죽나무는 해발 1,200m까지 나타나고, 마가목은 해발 1,300m 이상 지점에서, 구상나무는 해발 1,350m 이상 지점에서 각각 출현하였다.

2) Ordination 분석

Classification 분석과 상호보완적인 방법으로 군락의 분포를 알아보기 위해(Lee et al.,1994; Choi and Kang, 2006) ordination 분석 방법 중 DCA 기법을 적용하여 전체 17개 조사구에 대해 분석을 실시하였다(Figure 3).

각 조사구간의 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는 ordination 분석(Orloci, 1978) 결과, 첫 번째 축을 중심으로

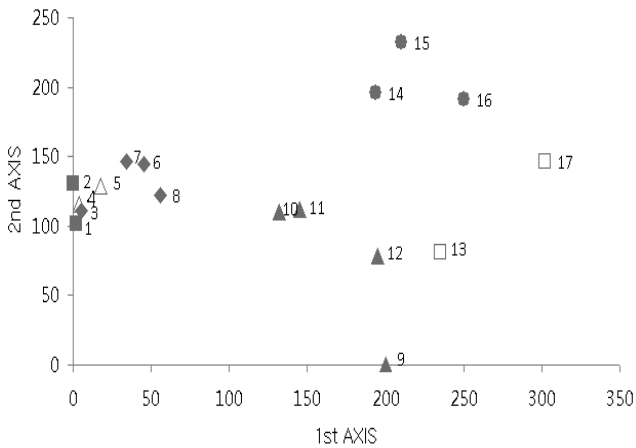


Figure 3. DCA(detrended correspondence analysis) ordination of seventeen plots at the east side of the Hallasan National Park

Table 4. Similarity index among six communities at the east side of the Hallasan National park

Community	I	II	III	IV	V
II	64.20				
III	58.99	70.82			
IV	39.21	34.53	44.95		
V	15.52	24.87	26.59	42.99	
VI	6.21	14.04	18.50	53.42	53.53

왼쪽부터 개서어나무-때죽나무군락(I, ■), 때죽나무-졸참나무군락(II, △), 개서어나무-졸참나무군락(III, ◆), 신갈나무-개서어나무군락(IV, ▲), 당단풍나무군락(V, ●), 신갈나무-구상나무군락(VI, □)이 분포하였다. 군락의 분포를 보면 군락 I, II, III 은 상호연속성의 성질을 보이고 있고, 나머지 IV, V, VI 군락은 불연속적으로 분포하였다.

Ordination 분석결과와 TWINSpan 분석결과를 상호 보완적으로 살펴보면, 한라산국립공원 동사면에서 해발고도 1,000m까지는 각 조사구간 식생의 유사성이 높아 종조성에서 큰 차이가 나타나지 않으나 1,000m이상에서는 종조성에서 상이성이 높음을 나타내는 것이다.

이에 분리된 군락의 종조성 차이를 알아보기 위하여 유사도 분석을 실시하였다(Table 4). 각 군락간의 상이도 분석결과 때죽나무-졸참나무군락(II)과 개서어나무-졸참나무군락(III)이 유사도지수 70.82%로 종조성이 가장 유사한 것으로 나타난 반면, 개서어나무-때죽나무군락(I)과 신갈나무-구상나무군락(VI)은 유사도지수가 6.21%로 두 군락간의 종조성이 가장 상이한 것으로 나타났다. 결과적으로 성판악 지역의 식생군락의 유사성이 해발고도에 따라 유사성의 차이를 보였다.

3) 군락구조분석

Classification분석과 ordination분석을 통해 분리된 6개

Table 5. Importance percentage of major woody species by the stratum in each community

Com.	Species	Layer	I				II					
			C ¹	U	S	M	C ¹	U	S	M		
I	<i>Carpinus ischonoskii</i>		24.95	20.82	0.19	19.45	<i>Lindera erythrocarpa</i>		0.00	0.00	6.26	1.04
	<i>Styrax japonicus</i>		27.23	5.72	0.90	15.67	<i>Viburnum wrightii</i>		0.00	2.52	0.00	0.84
	<i>Daphniphyllum macropodum</i>		6.62	29.81	12.03	15.25	<i>Prunus sargentii</i>		0.98	0.64	0.00	0.70
	<i>Cornus kousa</i>		11.32	10.31	0.00	9.10	<i>Pinus densiflora</i>		1.38	0.00	0.00	0.69
	<i>Sapium japonicum</i>		1.43	12.24	7.03	5.97	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	1.45	0.71	0.60
	<i>Cornus controversa</i>		9.88	0.74	0.00	5.19	<i>Maackia fauriei</i>		1.15	0.00	0.00	0.58
	<i>Ilex crenata</i> var. <i>microphylla</i>		0.00	0.00	28.33	4.72	<i>Ilex macropoda</i>		0.00	1.67	0.00	0.56
	<i>Quercus serrata</i>		6.91	1.11	0.36	3.89	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		0.00	1.55	0.00	0.52
	<i>Meliosma oldhamii</i>		3.79	2.59	0.61	2.86	<i>Zanthoxylum piperitum</i>		0.00	0.52	0.92	0.33
	<i>Hydrangea paniculata</i>		0.00	0.00	15.56	2.59	<i>Schizophragma hydrangeoides</i>		0.00	0.00	1.84	0.31
	<i>Hydrangea petiolaris</i>		0.00	0.00	14.52	2.42	<i>Sorbus alnifolia</i>		0.00	0.93	0.00	0.31
	<i>Pinus thunbergii</i>		4.36	0.00	0.00	2.18	<i>Meliosma myriantha</i>		0.00	0.92	0.00	0.31

Table 5. (Continued)

Com.	Species	Layer	C ¹	U	S	M	Species	Layer	C ¹	U	S	M
	<i>Acer palmatum</i>		0.00	5.88	0.00	1.96	<i>Magnolia sieboldii</i>		0.00	0.60	0.00	0.20
	<i>Smilax china</i>		0.00	0.00	9.30	1.55	Others		0.00	0.00	1.43	0.23
II	<i>Styrax japonicus</i>		32.49	24.66	0.00	24.47	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	5.11	3.53	2.29
	<i>Quercus serrata</i>		32.85	0.00	4.83	17.23	<i>Acer palmatum</i>		0.76	5.13	0.15	2.12
	<i>Carpinus tshonoskii</i>		19.56	13.61	0.00	14.32	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>		0.00	0.00	12.25	2.04
	<i>Daphniphyllum macropodum</i>		0.00	11.55	34.92	9.67	<i>Lindera erythrocarpa</i>		0.00	2.89	6.02	1.97
	<i>Cornus kousa</i>		2.07	15.93	0.00	6.35	<i>Torreya nucifera</i>		0.00	0.00	5.46	0.91
	<i>Ilex crenata</i> var. <i>microphylla</i>		0.00	0.52	26.12	4.53	<i>Smilax china</i>		0.00	0.00	4.43	0.74
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		0.00	12.35	0.00	4.12	<i>Akebia quinata</i>		0.00	1.51	0.00	0.50
	<i>Prunus sargentii</i>		5.88	2.68	0.00	3.83	<i>Torreya nucifera</i>		0.00	0.86	0.00	0.29
	<i>Cornus controversa</i>		6.38	1.63	0.00	3.73	Others		0.00	1.59	2.29	0.92
III	<i>Carpinus tshonoskii</i>		41.71	20.33	0.00	27.63	<i>Meliosma myriantha</i>		0.55	2.90	0.00	1.24
	<i>Quercus serrata</i>		33.36	3.43	8.25	19.20	<i>Lindera erythrocarpa</i>		0.95	1.51	0.59	1.08
	<i>Daphniphyllum macropodum</i>		0.00	21.15	18.30	10.10	<i>Prunus sargentii</i>		0.78	1.01	0.00	0.73
	<i>Styrax japonicus</i>		8.91	13.47	0.00	8.95	<i>Hydrangea petiolaris</i>		0.00	0.30	3.67	0.71
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		2.76	17.81	0.14	7.34	<i>Actinidia arguta</i>		0.00	0.32	3.57	0.70
	<i>Ilex crenata</i> var. <i>microphylla</i>		0.00	0.00	28.34	4.72	<i>Acer palmatum</i>		0.58	0.83	0.14	0.59
	<i>Cornus kousa</i>		1.95	7.48	0.00	3.47	<i>Cornus controversa</i>		1.08	0.00	0.00	0.54
	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>		0.00	0.00	19.16	3.19	<i>Smilax china</i>		0.00	0.00	2.61	0.44
	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	5.95	3.87	2.63	<i>Torreya nucifera</i>		0.00	0.92	0.00	0.31
	<i>Maackia fauriei</i>		4.00	0.68	0.00	2.23	<i>Sapium japonicum</i>		0.00	0.72	0.14	0.26
	<i>Kalopanax septemlobus</i>		3.38	0.00	0.00	1.69	<i>Sorbus alnifolia</i>		0.00	0.61	0.00	0.20
	<i>Hydrangea paniculata</i>		0.00	0.00	9.63	1.61	Others		0.00	0.60	1.58	0.47
IV	<i>Quercus mongolica</i>		51.23	5.72	1.73	27.81	<i>Maackia fauriei</i>		2.05	1.69	0.00	1.59
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		7.19	49.78	0.58	20.29	<i>Sorbus alnifolia</i>		1.52	1.21	0.00	1.16
	<i>Carpinus tshonoskii</i>		34.55	7.66	0.00	19.83	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		1.69	0.5	0.00	1.01
	<i>Ilex crenata</i> var. <i>microphylla</i>		0.00	0.00	43.55	7.26	<i>Viburnum wrightii</i>		0.00	1.04	3.48	0.93
	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	9.76	9.45	4.83	<i>Viburnum furcatum</i>		0.00	0.69	1.75	0.52
	<i>Cornus kousa</i>		0.54	12.82	0.00	4.54	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>		0.00	0.00	2.88	0.48
	<i>Hydrangea petiolaris</i>		0.00	0.00	25.11	4.19	<i>Ilex macropoda</i>		0.00	1.02	0.00	0.34
	<i>Styrax japonicus</i>		0.58	7.81	0.67	3.01	<i>Quercus serrata</i>		0.66	0.00	0.00	0.33
	<i>Smilax china</i>		0.00	0.00	10.79	1.80	<i>Euonymus alatus</i>		0.00	0.31	0.00	0.10
V	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		27.80	22.46	5.05	22.23	<i>Cornus kousa</i>		2.82	2.79	0.00	2.34
	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	48.13	19.78	19.34	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		4.67	0.00	0.00	2.34
	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>		14.18	5.08	0.00	8.78	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>		0.00	3.56	4.84	1.99
	<i>Carpinus tshonoskii</i>		13.88	1.71	0.00	7.51	<i>Kalopanax septemlobus</i>		1.63	0.00	0.00	0.82
	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>		0.00	0.00	44.66	7.44	<i>Maackia fauriei</i>		1.32	0.00	0.00	0.66
	<i>Prunus sargentii</i>		7.64	3.51	0.00	4.99	<i>Zelkova serrata</i>		1.14	0.00	0.00	0.57
	<i>Quercus mongolica</i>		7.80	2.27	1.38	4.89	<i>Sorbus alnifolia</i>		0.84	0.00	0.71	0.54
	<i>Euonymus alatus</i>		0.00	1.97	22.75	4.45	<i>Meliosma myriantha</i>		0.00	0.91	0.00	0.30
	<i>Magnolia sieboldii</i>		4.98	4.32	0.83	4.07	<i>Viburnum furcatum</i>		0.00	0.68	0.00	0.23
	<i>Abies koreana</i>		6.97	1.09	0.00	3.85	<i>Torreya nucifera</i>		0.00	0.66	0.00	0.22
	<i>Cornus controversa</i>		4.34	0.55	0.00	2.35	<i>Hydrangea petiolaris</i>		0.00	0.32	0.00	0.11
VI	<i>Quercus mongolica</i>		59.58	7.01	4.12	32.81	<i>Prunus sargentii</i>		1.35	1.81	0.00	1.28
	<i>Taxus cuspidata</i>		0.00	25.65	47.04	16.39	<i>Cornus kousa</i>		0.00	3.85	0.00	1.28
	<i>Abies koreana</i>		24.39	11.21	2.41	16.33	<i>Kalopanax septemlobus</i>		1.24	0.00	0.00	0.62
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		7.69	34.11	0.00	15.22	<i>Ilex macropoda</i>		0.00	1.76	0.00	0.59
	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>		0.00	0.00	29.54	4.92	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>		0.00	1.37	0.00	0.46
	<i>Torreya nucifera</i>		0.00	3.37	13.59	3.39	<i>Smilax china</i>		0.00	0.00	2.17	0.36
	<i>Sorbus alnifolia</i>		4.59	0.00	0.00	2.30	<i>Maackia fauriei</i>		0.00	0.76	0.00	0.25
	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>		1.16	3.67	0.00	1.80	<i>Euonymus alatus</i>		0.00	0.65	0.00	0.22
	<i>Carpinus tshonoskii</i>		0.00	4.76	0.00	1.59	<i>Aralia elata</i>		0.00	0.00	1.14	0.19

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

군락에 대해 각 군락별로 층위별 상대우점치 및 평균상대우점치를 나타낸 것이 Table 5이다.

군락 I은 개서어나무-때죽나무군락으로 해발 750~800m의 2개의 조사구가 포함되었다. 층위별로 살펴보면 교목층에서 때죽나무가 I.P. 27.23%로 가장 높았고, 아교목층은 굴거리나무가 I.P. 29.81%로 가장 높았지만, 개서어나무가 교목층과 아교목층에서 빈번하게 출현함에 따라 평균상대우점치는 19.45%로 가장 높게 나타났다.

군락 II는 때죽나무-졸참나무군락으로 2개의 조사구가 포함되며, 교목층에서는 졸참나무(I.P. 32.85%), 때죽나무(I.P. 32.49%) 순이었고, 아교목층에서는 때죽나무(24.66%), 산딸나무(15.93%) 순이었다. 관목층에서는 굴거리나무(34.92%), 좁팍팍나무(26.12%) 순으로 나타났으며, 평균상대우점치는 때죽나무(24.47%), 졸참나무(17.23%), 개서어나무(14.32%) 순으로 나타났다.

군락 III은 개서어나무-졸참나무군락으로 해발 1,000m 내의 조사구가 4개 포함되어있다. 교목층에서는 개서어나무(I.P. 41.71%), 졸참나무(I.P. 33.36%) 순으로 우점하였으며, 아교목층에서는 굴거리나무(I.P. 21.15%), 개서어나무(I.P. 20.33%) 순으로 우점하였다. 관목층에서는 좁팍팍나무(I.P. 28.34%), 시로미(I.P. 19.16%), 굴거리나무(I.P. 18.30%) 순으로 우점하였다.

군락 IV는 신갈나무-개서어나무군락으로 해발 1,000m 이상의 조사구가 4개 포함되어있다. 1,000m 이하의 조사구에서 나타나지 않았던 신갈나무가 나타나기 시작하였고, 졸참나무의 상대우점치가 상대적으로 낮아졌다. 굴거리나무 역시 해발 1,000m 이상에서는 나타나지 않았다. 교목층에서는 신갈나무가 I.P. 51.23%의 상대우점치로 우점종이었고, 아교목층에서는 당단풍나무가 I.P. 49.78%로 우점종이었다. 관목층에서는 좁팍팍나무가 I.P. 43.55%로 우점종이었다. 평균상대우점치는 신갈나무(27.81%), 당단풍나무(20.29%), 개서어나무(19.83%) 순으로 나타났다.

군락 V는 당단풍나무군락으로 해발 1,300m~1,400m의 조사구 3개가 포함되며, 평균상대우점치 22.23%로 당단풍나무가 우점하였다.

군락 VI은 신갈나무-구상나무군락으로 교목층에서는 신갈나무(59.58%), 구상나무(24.39%) 순으로 우점하였으며, 아교목층에서는 당단풍나무(34.11%), 주목(25.65%)로 우점하였다. 관목층에서는 주목(47.04%), 시로미(29.54%) 순이었다.

이상의 결과를 종합하면 한라산국립공원 내의 성판악지역의 해발고도에 따른 식생분포는 해발 1,000m를 중심으로 나누어지는 것을 알 수 있다. 해발 1,000m 이하의 지역에서는 개서어나무, 때죽나무, 졸참나무가 주요 우점종으로 출현하고, 아교목층에서는 굴거리나무를 찾아 볼 수 있는데 반해, 해발 1,000m 이상의 지역에서는 신갈나무가 출현함으로써 교목층에서 당단풍나무와 함께 우점종이 되었으며, 아교목층에서는 더 이상 굴거리나무는 발견되지 않은 반면 당단풍나무의 상대우점치가 높아진 것을 알 수 있다. 해발 1,250m 이상에서는 마가목이 출현한다는 것도 성판악 지역의 해발고별 출현수종의 특징이라고 할 수 있다.

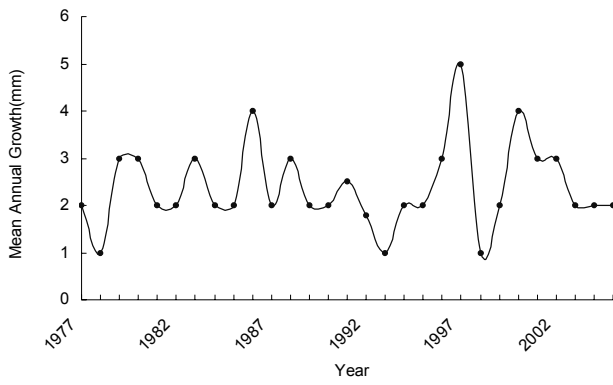
4) 연륜 및 성장분석

전체 17개 조사구에서 주요 수종에 대해 목편을 채취하여 수목의 연륜 및 성장량 분석을 실시하였고, 전체 표본 중 대표성을 지닌 것을 추출하여 분석결과를 Table 6에 나타내었다.

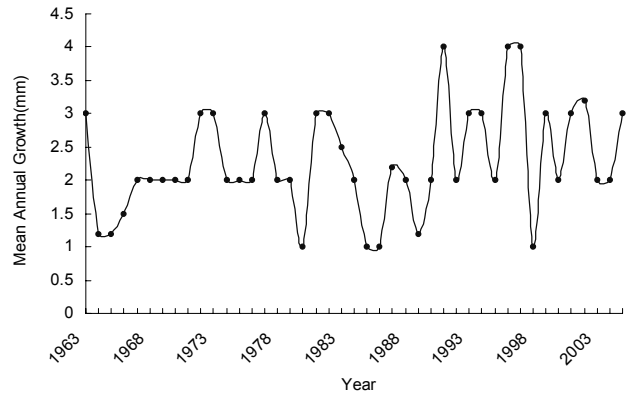
개서어나무-때죽나무군락(군락 I)에서 때죽나무의 수령은 약 34년, 연평균성장량은 2.39mm였고, 개서어나무의 경우 수령은 약 45년, 연평균성장량은 2.51mm였다. 때죽나무-졸참나무군락(군락 II)에서는 졸참나무가 연평균성장량 3.08mm로 약 30년의 수령을 가진 것으로 분석되었다. 개서어나무-졸참나무군락(군락 III)의 졸참나무는 연평균성장량 2.28mm로 약 48년의 수령을, 개서어나무는 연평균성장량

Table 6. The estimated age of major woody species at the east side of the Hallasan National Park

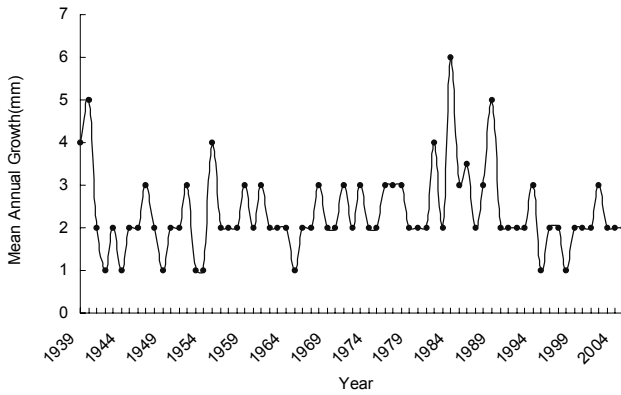
Community	Plot No.	Species	Height(m)	DBH(cm)	Expected Age(Year)	Mean Annual Growth(mm)
I	1	<i>Styrax japonicus</i>	12	15	34	2.39
	1	<i>Carpinus tschonoskii</i>	12	22.5	45	2.51
II	5	<i>Quercus serrata</i>	12	27	30	3.08
III	3	<i>Quercus serrata</i>	16	25+19+15	48	2.28
	7	<i>Carpinus tschonoskii</i>	15	35.5	60	2.76
IV	12	<i>Quercus mongolica</i>	11	34.5	82	1.86
V	14	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	8	21.5	52	2.28
VI	13	<i>Quercus mongolica</i>	12	56.6	87	2.12
	17	<i>Abies koreana</i>	12	25.2	85	1.69



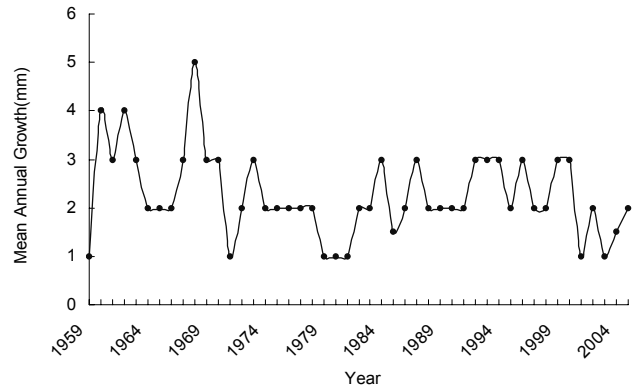
Styrax japonicus (H12m×B15cm)



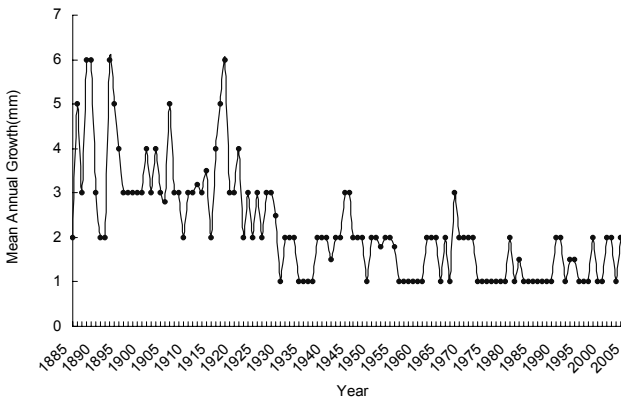
Quercus serrata (H16m×B25+19+15cm)



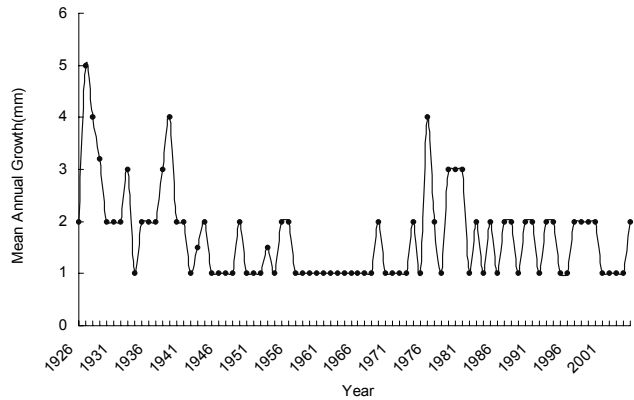
Carpinus tschonoskii (H14m×B32cm)



Acer pseudosieboldianum (H8m×B21.5cm)



Quercus mongolica (H16m×B7cm)



Abies koreana (H15m×B25.2cm)

Figure 4. The analysis of mean annual growth of the major species at the east side of the Hallasan National Park

2.76mm로 약 60년의 수령을 가진 것으로 분석되었다. 신갈나무-개서어나무군락(군락 IV)에서 신갈나무는 약 82년, 당단풍군락(군락 V)의 당단풍은 약 52년, 신갈나무-구상나무군락(군락 VI)의 신갈나무와 구상나무는 각각 약 87년, 85년으로 조사되었다.

이상의 결과를 바탕으로 한라산국립공원 성판악지역 식생의 임령을 추정하면 약 50여년을 상회하는 것으로 나타났으며, Figure 4는 주요 수종의 생장패턴을 나타낸 것이다.

인용문헌

- Beals, E.W.(1969) Vegetational Change Along Altitudinal Gradients. *Science* 165: 981-985.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, S.H. and H.M. Kang(2006) Vegetation Structure of the Kumsaenggol in the Wolchulsan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 20(4): 464-472(in Korean).
- Choi, S.H., K.J. Lee and J.Y. Kim(1998) Altitudinal Vegetation Structure of SunginBong in Ullungdo(Island). *Korean Journal of Environment and Ecology* 12(3): 290-296(in Korean).
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Hallasan National Park(2009) <http://www.hallasan.go.kr/>
- Hamilton, A.C.(1975) A quantitative analysis of altitudinal zonation in Uganda forests. *Vegetatio* 30: 99-106.
- 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.
- Jejudo(2003) Hallasan. *Jejudo*, 71pp.
- Kim, H.C.(2002) The growth characteristics of *Sasa quelpaertensis* Nakai by an elevation in Mt. Halla. *Research Report on Mt. Halla*. Research Institute for Mt. Halla. pp.63-71.
- Kim, S.C. and J. Huh(2007) A Study on the Image and Visual Preference for the Seongpanak District at the Mt. Hallasan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(2): 134-140(in Korean).
- Kong, W.S.(2001) The alpine vegetation and environment in the Baekrokdam area. Symposium of a restoration alternative of the inside of crater and water pooling of Baekrokdam in Mt. Halla, pp.101-137.
- KNPS(2009) <http://www.knps.or.kr/>
- Ko, J.G. (2002) Damaged Area Rehabilitation and Vegetation Restoration of the subalpine zone in the Mt. Halla. *Research Report on Mt. Halla*. Research Institute for Mt. Halla. pp1-27.
- Lee, K.J., C.H. Ryu and S.H. Choi(1992a) The Structure of Plant Community on Orimok Yongsil and Donnaeko Area in Mt. Halla. *Jornal of Korean Applied Ecology* 6(1): 25-43.
- Lee, K.J., S.H. Choi, H.S. Cho and Y.W. Lee(1994) The Analysis of the Forest Community Structure of Tokyusan National Park: Case Study of Paekryunsa-Kumpotan. *Journal of Korean Applied Ecology* 7(2): 135-154(in Korean).
- Lee, K.J., W. Cho and H.S. Cho(1992b) The Structure of Forest Community and Vegetation Deteriorations on Subalpine Zone in Mt. Halla. *Jornal of Korean Applied Ecology* 6(1): 44-54.
- Lee, S.C., S.H. Choi, J.W. Cho, H.M. Kang and H.S. Cho(2009) Altitudinal Vegetation Change and Structure at the east side of the Hallasan National Park. *Pro. Kor. Soc. Env. Con.* 19(2): 115-119.
- Oh, K.K., J.G. Koh and T.H. Kim(2007) Altitudinal Distribution of Plant Communities at Donnaeko Valley in the Mt. Hallasan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(2): 141-148(in Korean).
- Orloci, L.(1978) *Multivariate Analysis in Vegetation research*, 2nd ed. W. Junk, The Hague, 468pp.
- Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice(1988) A Theory of Gradient Analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-317.
- Um, T.W., G.T. Kim, G.C. Choo and D.P. Lyu(2007) Structure of Forest Community in Orimok of Mt. Hallasan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(2): 113-119(in Korean).
- UNESCO Korea(2009) <http://www.unesco.or.kr/>
- UNESCO World Heritage Center(2009) <http://whc.unesco.org/>
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecological Monographs* 26: 1-80.
- Yim, Y.J., J.U. Kim., N.J. Lee., Y.B. Kim. and K.S. Paek(1990) Phytosociological Classification of Plant Communities on Mt. Halla National Park, Korea. *Korean J. Ecol.* 13(2): 101-130.