

감악산 삼림식생의 군락생태

이호준 · 이동현 · 전영문 · 홍문표

건국대학교 자연과학부 생명과학전공

Synecology of the Forest Vegetation of Mt. Gamak

LEE, Ho Joon, Dong Hyeon LEE, Young Moon CHUN and Moon Pyo HONG

Department of Biological Sciences, Division of Natural Sciences,

Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT

The soil and vegetation characteristics of the natural forests and the artificial plantations were compared in the Mt. Gamak area.

The vegetation in our study area, following the Zurich-Montpellier school, was classified into four natural communities and two plantations. *Quercus mongolica*, *Pinus densiflora*, *Quercus serrata*, and *Quercus variabilis* were the best characterizing species for each of natural communities, whereas *Larix leptolepis* and *Pinus koraiensis* were the major species for each of plantations.

The *Quercus mongolica* was further divided into two subcommunities: the one showed a high dominance of *Rhododendron mucronulatum* and the other had no particular dominance by a single species.

In addition to the above-listed species, *Acer pseudo-sieboldianum*, *Lespedeza maximowiczii*, *Rhododendron schlippenbachii*, *Styrax obassia*, *Rhododendron mucronulatum*, *Lindera obtusiloba*, *Carex siderosticta*, *Ainsliaea acerifolia* and *Spodiopogon sibiricus* appeared as contributing species for our vegetation classification.

The *Quercus mongolica* and the *Quercus variabilis* communities occurred on relative mesic soil higher organic matter, total carbon and total nitrogen as opposed to the *Pinus densiflora* and the *Quercus serrata* communities. Soil was acidic (pH 4.52 - 4.97) in all study sites.

Based on the R-NCD analysis and the DBH class distribution, the following successional paths are projected: *Quercus mongolica* → *Quercus mongolica* - *Acer pseudo-sieboldianum* community, *Pinus densiflora* → *Pinus densiflora* or *Quercus mongolica* community, *Quercus serrata* → *Quercus serrata* or *Quercus mongolica* community, *Quercus variabilis* → *Quercus mongolica* community.

Key words : DBH class, Floristic composition, Forest vegetation, Mt. Gamak, R-NCD, Soil condition

서 론

식생은 한 지역에 분포하고 있는 식물의 집단으로서 기후를 비롯한 지형, 토양 등 여러 가지 환경요인에 의해 결정되며 뿐만 아니라 인간 간섭에 의해 현존 식생은 영향을 받게 되며 성숙된 식생을 변화시키기도 한다. 그렇기 때문에 현재의 식생과 입지환경과의 관계를 밝히는 것은 앞으로 성립하게 될 식생의 상태를

파악하는데 도움이 된다. 결국, 식생연구는 조사지역의 식물군락구조 뿐만 아니라 기후와 토양, 지형 등의 영향을 포함하는 종합학문으로, 현재의 식물집단이 나타내는 특성을 파악하고, 외부환경의 변화에 따른 영향을 조사하며, 궁극적으로 식생을 보전함에 그 목적이 있다.

본 조사지역인 감악산과 주변 삼림지역은 치악산 국립공원 남단부의 동쪽에 인접하여 위치하고 있어 식생보전상태가 양호하지만, 본 지역에 대한 조사연구는 자연생태계 전국조사의 일환으로 녹지자연도를 판정한 것(김, 1988; 김, 1989)과 제 2차 자연환경전국기초조사의 일환으로 식생조사를 수행한 것 뿐이며(이와 홍, 2000), 감악산과 주변삼림식생에 관한 연구는 전무한 상태이다.

본 연구는 조사지역 삼림식생의 특성을 파악하기 위해, 각 군락의 종조성, 식생과 토양환경과의 상관관계, 그리고 군락의 DBH등을 분석하였다.

조사지 개황

본 조사지역인 감악산과 주변 삼림지역은 북위 $37^{\circ} 11' 15'' \sim 37^{\circ} 15' 50''$, 동경 $128^{\circ} 13' 26'' \sim 128^{\circ} 05' 31''$ 에 위치해 있으며, 행정구역상으로는 충청북도 제천시 모산동과 봉양읍, 송학면 그리고 강원도 원주시 신림면에 걸쳐있다.

또한 치악산 국립공원의 남쪽에 인접하고 있으며, 차령산맥의 말단부에 위치하고 있어 자연경관이 수려하고, 감악산과 용두산의 경우는 인근 주민들의 자연휴식공간으로 이용되고 있다. 서쪽에서 동쪽으로 감악

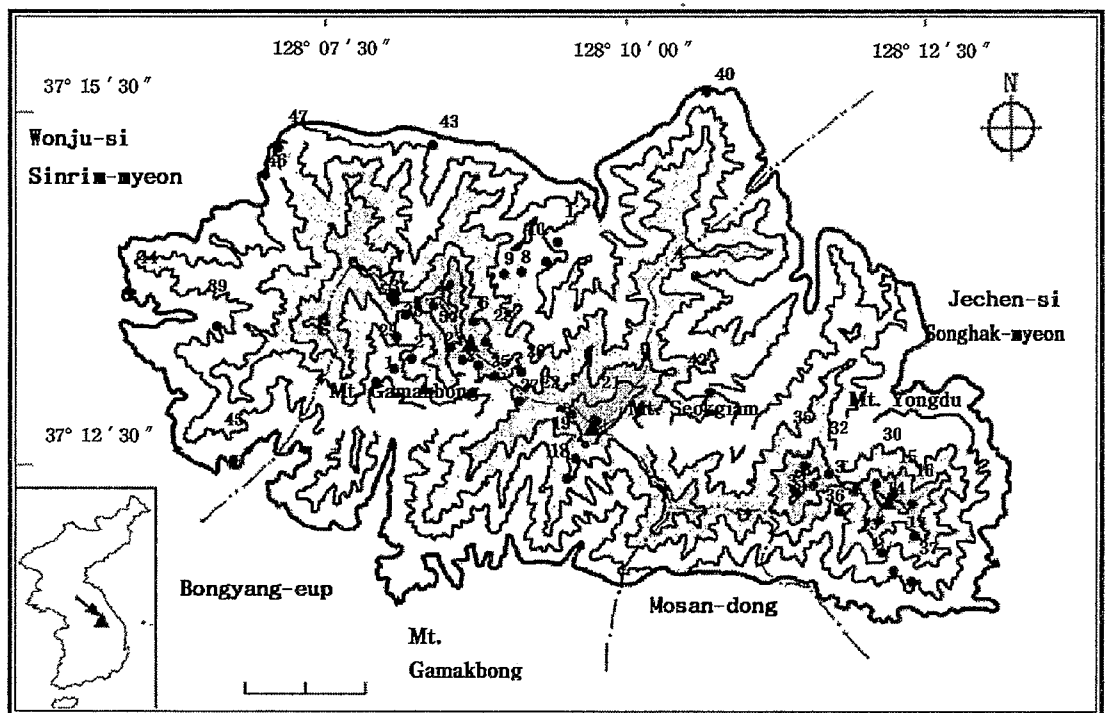


Fig. 1. The topography and sampling sites of the study area. (●: Quadrat site)

산(885.9m)과 석기암(905.7m), 용두암(871.0m) 등이 있으며, 감악산의 경우는 능선부에 암석이 노출되어 있어 지형이 가파른 반면에, 석기암과 용두산의 경우는 비교적 완만한 형태를 이루고 있다. 한편, 팔승천이 감악산 동쪽에서 발원하고, 석기암과 용두산 사이 계곡과 석기암 북쪽의 재사동 계곡에서 발원한 물은 황둔천의 지류를 형성한다.

지질은 중생대의 백악기 후기 화성암류와 변성암류로서 흑운모편마암류와 금대리편마암류가 가장 넓게 분포하고 있다. 토양은 재사동 - 감악산 - 요부골을 중심으로 동서로 구분되는데, 동쪽은 암쇄토(Mac)로서 산성암이 주로 분포하며, 토양배수가 매우 양호한 사양질이나 식양질의 토성을 나타내는데 반하여, 서쪽은 암쇄토(Mmb)이지만 변성암과 퇴적암 및 편마암이 주로 분포하며, 토양배수가 매우 양호한 사양질이나 식양질의 토성을 지니고, 감악산 능선부에는 암석노출지(Ro)가 분포한다(농촌진흥청, 1971).

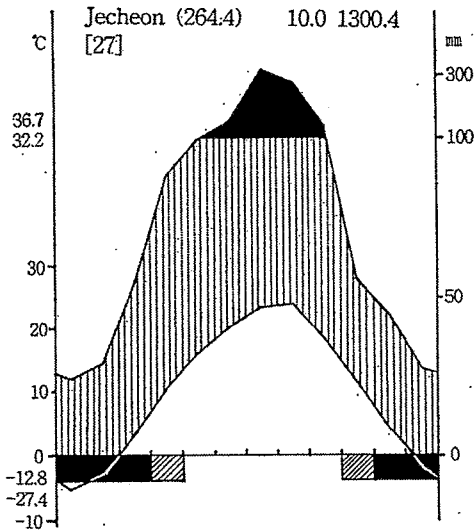


Fig. 2. Climate diagram of Jecheon Meteorological Station near the study area(1971~1999).

본 지역에서 가장 인접한 제천측우소의 기상자료(기상청, 1992a; 1992b; 기상청 1993~2000)에 의하면, 연평균 기온은 10.04°C이며 최난월인 8월의 평균 기온은 23.7°C, 최한월인 1월의 평균기온은 -5.3°C이고, 최난월인 8월의 일평균 최고기온은 32.2°C, 최한월인 1월의 일평균 최저기온은 -12.8°C이다. 여름철(6월~8월)의 월평균기온은 22.56°C로 겨울철(12월~2월)의 월평균기온은 -3.51°C와 26°C의 차이를 보이는 내륙형 기후에 속한다. 연평균강수량은 1,300.4mm이며, 여름철인 6월에서 8월까지 월평균강우량의 합이 741.2mm로 여름철의 강우량이 전체의 57%를 차지하는 하계 다우형 기후에 속한다(Fig. 2).

본 지역의 온량지수는 88.67°C · month로서 냉온대 남부(85~100°C · month)에 해당된다(Yim and Kira, 1975).

조사방법

감악산과 석기암, 용두산일대의 산림지역 중 인간의 간섭을 많이 받고 있는 저지대를 제외하고 해발 400m 이상을 조사대상지역으로 선정하였다. 1999년 7월부터 2001년 8월까지 식분이 균질한 지역을 대상으로 47개의 조사지점을 선정하여, 매목조사(DBH 2cm 이상)를 실시하였다(Fig. 1). 방형구의 크기는 교목층의 수고를 참작하여 설정하였으며(10×10m, 15×15m, 20×20m), Braun - Blanquet(1964)의 방법으로 우점도와 군도를 조사하였다. 鈴木 등(1985)과 Muller-Dombois와 Ellenberg(1974)의 방법에 따라서 종조성표를 작성하고, 군락을 분류하였다. 또한, 각 군락에서 출현한 종을 대상으로 R-NCDi(Relate - Net Contribution Degree)를 이용하여, 군락내 계층별 우점순위를 결정하였다(Kim and Manyko, 1994; 김 등, 1997). 이 계산식에서 피도값에 대해서는 평균피도 백분율값(Braun-Blanquet, 1964)을 적용시켰으며, 산출식은 아래와 같다.

$$NCDi \text{ (절대기여도)} = \sum Ci/N + ni/N \quad (C_{min} \leq Ncd \leq C_{max})$$

$$R-NCDi \text{ (상대기여도)} = NCDi/NCD \max \times 100$$

$\sum Ci$ 는 식물군락 내에서 i 종의 피도총합, ni 는 i 종이 출현한 조사구 수, N 은 하나의 식생단위로 정리되어 식물군락표에 작성된 전 조사구 수이다.

토양분석은 각 방형구내에서 식피와 경사 등을 고려해서 지점을 선택한 후, 낙엽층을 제거한 뒤 A_1 층의 토양을 채취하여 분석에 사용하였고, 토양함수량, 유기물함량, 총탄소함량, 총질소함량, pH, 유효인산, 치환성 양이온(K^+ 과 Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+)을 측정하였다. 분석방법은 토양함수량의 경우 80℃의 dry oven에서 80 시간 건조시킨 후 생량과 건량의 차를 건량에 대한 백분율로 측정하였고, 유기물함량과 총 탄소량은 Tyurin법(Blark, 1965), 총 질소량은 Kjeldahl법(Black et al., 1965), pH는 초차전극법(농촌진흥청, 1988), 유효인산은 Lancaster법(Anderson, 1961), 치환성 양이온은 1N Ammonium acetate 침출법(Blark, 1976)으로 각각 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 식생

본 조사지역의 자연식생은 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)과 졸참나무군락(*Quercus serrata* community), 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community)으로 총 4개 군락으로 구분되었으며(Table 1), 식재림은 일본잎갈나무식재림(*Larix leptolepis* afforestation)과 잣나무식재림(*Pinus koraiensis* afforestation)으로 구분되었고(Table 2), 신갈나무군락의 경우는 다시 전형하위군락(Typical subcommunity)과 철쭉꽃하위군락(*Rhododendron schlippenbachii* subcommunity)으로 구분되었다.

A. 신갈나무군락 (*Quercus mongolica* community)

신갈나무군락은 감악산의 남·북쪽을 중심으로 석기암 남·북쪽, 용두산 동·서쪽지역에 넓게 분포하였으며, 전형하위군락과 철쭉꽃하위군락으로 구분되었다. 신갈나무는 우리나라의 삼림을 형성하는 대표적인 수종으로서 중부지역의 냉온대 낙엽활엽수림과 산악 정상부근의 표징종이다. 최적 온량지수(WI)는 46~90℃로(Yim, 1977), 건조한 산악 정상부근에서 기후적인 극상림을 형성하는데(장과 임, 1985; 김과 임, 1988), 본 조사지역도 이 범위에 해당된다. 한편 인근지역인 치악산에서 김(1999)은 신갈나무군락을 조릿대하위군락과 대사초하위군락으로 구분하였는데, 본 조사에서도 대사초가 높은 우점도와 출현빈도를 나타낸 반면에, 조릿대의 경우는 본 조사지역에서 출현하지 않았다.

A-1. 전형하위군락 (Typical subcommunity)

감악산 남쪽과 석기암 남·동쪽, 용두산 북쪽을 중심으로 넓게 분포하였다. 식별종은 신갈나무, 대사초,

당단풍, 단풍취, 애기나리이고, 방형구당 평균출현종수는 46종이며, 주요 수반종으로는 노린재나무와 큰기름새, 산딸기, 애기나리, 생강나무, 물박달나무, 고깔제비꽃, 개웃나무, 큰까치수영, 꽃머느리밥풀, 그늘사초, 넓은잎의잎썩, 선밀나물, 삽주, 참취 등이 분포하였다(Table 1). 평균식피율과 수고는 교목층이 각각 91.3%, 14.4m, 아교목층이 21.9%, 6.5m, 관목층이 28.1%, 1.8m, 초본층이 76.3%, 0.5m로, 아교목층과 관목층의 식피율이 다른 군락에 비해 낮은 반면 초본층의 식피율이 높게 나타났다. 이는 임상 내에 아교목층과 관목층이 적어 초본층까지 도달하는 광투과량이 증가하였기 때문이라고 생각된다(Fig. 3). 계층별 상대기여도에 의한 우점순위는(Table 3) 교목층에서 신갈나무와 굴참나무, 물박달나무, 아교목층에서 신갈나무와 당단풍, 개웃나무, 관목층에서 노린재나무와 생강나무, 개웃나무, 초본층에서 대사초, 조록싸리, 큰 기름새 등의 순으로 나타났다.

본 조사지역에서 신갈나무군락이 분포하는 해발고도는 550~900m로서 일월산의 신갈나무-맑은대쭈군집이 해발 570~1,000m(이 등, 1993a), 명지산의 신갈나무-오리방풀군락이 해발 700~1,267m(이 등, 1994), 소백산의 신갈나무-생강나무군집이 해발 600-1,000m(송 등, 1995)로 이들 지역과 유사한 분포범위를 나타내었다.

김(1999)은 본 조사지역과 인접한 치악산에서 신갈나무군락을 대사초하위군락과 조릿대하위군락으로 구분하였고, 대사초하위군락의 분포지역을 해발 540~1180m, 식별종은 대사초, 미역줄나무, 조록싸리, 맑은대쭈, 큰기름새, 큰까치수영으로 보고하였다. 치악산의 대사초하위군락은 분포양상과 종조성적인 측면에서 본 조사지역의 신갈나무군락과 유사하였으며, 본 조사지역의 신갈나무군락의 초본층에서 대사초의 상대기여도가 100으로, 치악산 신갈나무군락의 대사초하위군락과 일치하는 것으로 나타났다.

A-2. 철쭉꽃하위군락 (*Rhododendron schlippenbachii* subcommunity)

철쭉꽃하위군락은 감악산 북쪽과 용두산 지역의 능선부와 남사면을 중심으로 분포하였다. 식별종은 신갈나무, 철쭉꽃, 진달래로 구분되었고, 방형구당 평균출현종수는 38종이다(Table 1). 평균식피율과 수고는 교목층이 각각 89.58%, 14.25m, 아교목층이 35.00%, 6.25m, 관목층이 33.33%, 3.40m, 초본층이 46.25%, 0.48m로 나타났다(Fig. 3). 주요 수반종은 철쭉꽃, 대사초, 둥굴레, 꽃머느리밥풀, 생강나무, 큰까치수영, 당단풍, 노린재나무, 참취, 큰기름새, 개웃나무, 맑은대쭈, 고깔제비꽃, 물푸레나무, 진달래, 비비추, 노루오줌, 조록싸리, 쪽동백나무, 솟명다래나무, 단풍취, 산딸기, 삽주, 노루발풀, 미역취, 왕머루, 찰새 등이다. 계층별 상대기여도에 의한 우점순위를 조사한 결과(Table 4), 교목층에서 신갈나무와 굴참나무, 물박달나무, 아교목층에서 철쭉꽃, 당단풍, 신갈나무, 관목층에서 철쭉꽃, 진달래, 노린재나무, 초본층에서 대사초, 단풍취, 찰새 등의 순으로 나타났다.

이 등(1995)은 모후산지역 신갈나무군락을 철쭉꽃하위군락과 국수나무하위군락으로 구분하였으며, 철쭉꽃하위군락의 경우 북서·남서사면의 해발 600~810m지역을 중심으로 분포한다고 하였다. 또한, 임과 김(1992)은 지리산 신갈나무군락에서 철쭉꽃하위군락이 해발 900~1400m에 분포하며 건조한 사면에서 순림을 형성한다고 보고하였다. 본 조사에서도 철쭉꽃하위군락이 능선부와 남사면을 중심으로 분포하고 있으며, 신갈나무 전형하위군락에 비하여 건성 입지종인 소나무와 굴참나무의 출현빈도와 우점도가 높아서 종조성적으로도 건조한 지역임을 나타내었다.

Table 1. The floristic composition table of the forest communities in the study area

A : *Quercus mongolica* community

A-1 : Typical subcommunity

A-2 : *Rhododendron schlippenbachii* subcommunityB : *Pinus densiflora* communityC : *Quercus serrata* communityD : *Quercus variabilis* community

Community type	A										B										C	D																			
	A-1					A-2																																			
Serial number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
Releve number	23	3	15	30	24	27	33	22	5	32	21	29	6	4	7	14	35	34	16	28	47	36	1	11	12	13	17	37	46	19	2	9	38	8	10	18	20	25	31		
Altitude(m)	830	700	860	800	735	705	845	840	860	775	900	585	840	800	800	820	790	840	800	740	615	595	510	470	520	650	700	520	670	730	620	550	590	510	475	690	800	690	720		
Slope aspect	SW	SW	NWN	SE		W	SW	SW	SW	NE	NE	NW	E	SW	NE	NW	E	SE	NE	SE	SW	SW	W	SE	SE	SE	SE	SW	S	SW	SW	NW	SE	S	SW	SW	SW	SW	SW		
Slope degree(°)	55	32	33	35	40		80	60	58	20	30	70	E	48	40	56	E	35	38	20	25	5	32	29	62	38	13	70	S	50	74	54	20	S	14	20	20	10	25		
Quadrat size(m²)	225	400	225	225	225	225	225	225	225	300	225	225	225	225	400	225	225	225	400	225	100	225	400	225	225	225	400	225	225	400	225	400	400	400	400	400	225	400	225	225	225
T1 Height (m)	11	18	15	15	12	15	13	16	15	17	13	16	14	13	17	12	12	13	17	12	10	11	17	9	14	15	17	15	11	18	17	18	18	17	16	18	16	15	14		
T1 Coverage (%)	95	90	90	90	90	90	95	90	85	90	85	95	95	85	90	90	90	95	90	85	95	95	80	80	90	90	80	90	95	95	90	95	95	90	85	90	95	90	90		
T2 Height (m)	7.0	7.0	4.0	7.0	7.0	8.0	5.0	7.0	7.0	5.0	8.0	9.0	7.0	5.0	6.0	6.0	5.0	6.0	6.0	5.0	4.0	5.0	6.0	4.0	3.5	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0	7.0	7.0	7.0	5	7	8.0	5.0	5.0	4.0		
T2 Coverage (%)	50	30	15	20	15	15	10	20	25	15	30	80	80	20	60	25	5	10	20	50	60	40	60	20	10	25	25	30	75	20	40	50	70	35	35	50	30	20	10		
S Height (m)	1.8	1.5	1.8	2.2	1.1	2.2	1.8	1.9	1.0	1.2	2.5	2.2	1.8	2.0	1.8	1.8	2.5	2.0	1.8	2.2	1.8	2.5	1.2	1.6	1.5	1.6	1.8	2.5	1.5	2.2	1.5	1.2	1.8	1.2	1.5	1.2	1.2	1.8	1.5		
S Coverage (%)	30	25	20	40	15	20	60	15	10	15	40	20	25	60	30	20	70	40	20	50	10	40	15	40	20	35	30	40	30	85	25	20	35	15	20	10	15	60	10		
H Height (m)	0.3	0.3	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.3	0.7	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.5	0.8	0.5	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.6	0.7	0.3	0.2	0.3	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6	0.6	0.8		
H Coverage (%)	60	30	90	85	90	80	80	95	55	95	70	30	15	30	10	15	40	95	40	60	50	30	30	70	40	30	20	70	30	15	15	30	20	30	25	40	50	70	90		
Number of species	29	55	53	48	46	47	50	43	29	57	46	31	26	22	25	23	33	64	63	40	32	30	49	42	54	28	27	45	38	22	32	40	53	42	33	38	32	40	46		
Differential species of community :																																									
<i>Quercus mongolica</i>	5.5	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
<i>Carex siderosticta</i>	2.2	1.1	1.1	3.3	4.4	2.2	2.2	2.2	2.2	1.1	1.1	+	1.1	2.2	1.1	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.1	1.1
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	3.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	+	1.1	1.1	2.2	+	1.1	1.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
<i>Disporum smilacinum</i>	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	

이영환 / 서울대 명예교수

83

[illegible]

Others in serial No. *Achudemia japonica*(31+), *CalliCARpa japonica*(31+), *Heloniopsis orientalis*(32+), *Adenophora remotiflora*(33+), *Eunymus oxyphyllus*(33+), *Carex ciliat-marginata*(33-1.1), *Schisandra chinensis*(32+), *Asarum maculatum*(14+), *Boehmeria tricuspsis*(24+), *Viola variegata* var. *chinensis*(27+), *Festuca ovina*(24-1.1), *Juniperus rigida*(8+), *Viola venosissima*(29+), *Celastrus orbiculatus*(3+), *Viola dissecta* var. *takahashii*(25+), *Saussurea nutans*(20+), *Cucubalus baccifer* var. *japonicus*(29+), *Rodgersia podophylla*(19+), *Desmodium oxyphyllum*(23+), *Lychnis cognata*(29+), *Chimaphila japonica*(2+), *Adenocaulon himalaicum*(13+), *Duchesnea chrysantha*(18+), *Iris nertschinskia*(3+), *Galium pogonianthum*(23-1.1), *Chrysanthemum zawadskii*(2-1.1), *Thalictrum filamentosum*(3+), *Paris verticillata*(19+), *Vitis flexuosa* (27+), *Menispermum dauricum*(3+), *Amphicarpaea edgeworthii* var. *trisperma*(3+), *Leibnitzia anandria*(3+), *Lycopus ramosissimus* var. *japonica*(20+), *Climacifera heracleifolia*(18+), *Acer ginnala*(36+), *Onoclea sensibilis* var. *interrupta*(23+), *Erythronium japonicum*(18+), *Cirsium japonicum* var. *ussuriensis* (29+), *Dryopteris monticola*(17-3.3), *Gentiana scabra* var. *bungeri*(2+), *Viola mandshurica*(3+), *Spiraea prunifolia* var. *simpliciflora*(2+), *Thalictrum minus* var. *hypoleucum*(3+), *Actinidia kolomikta*(8+), *Sanicula chinensis*(1+), *Smilax sieboldii*(8+), *Liparis japonica*(34+), *Polygonatum inflatum*(11+), *Phryma leptostachya* var. *asiatica*(8+), *Tilia amurensis*(21+), *Clematis trichotoma*(23+), *Rubia akane*(10+), *Adenophora grandiflora*(10+), *Amitostigma gracilis*(9+), *Viola variegata* var. *chinensis*(10+), *Pinus koraiensis*(10+), *Lespedeza cyrtobotrya*(9-1.1), *Quercus acutissima*(35-1.1).

Table 2. The floristic composition table of the afforestation forest communities in the study area

E : *Larix leptolepis* afforestationF : *Pinus koraiensis* afforestation

Community type	E					F		
Serial number	1	2	3	4	5	6	7	8
Releve number	26	39	40	41	42	43	44	45
Altitude(m)	645	450	420	510	510	480	410	410
Slope aspect	SE60	w	NE50	W	NW16	NE60	SW35	SW23
Slope degree(°)	23	20	16	15	40	42	36	28
Quadrat size(m ²)	400	400	400	400	400	100	100	100
T1 Height (m)	14	20	20	20	20	8	8	8
Coverage (%)	95	95	95	95	90	90	100	95
T2 Height (m)	4	4	4	4	4	-	3	4
Coverage (%)	10	10	10	5	2	-	5	5
S Height (m)	1.2	1.7	1.6	2.5	1.5	2.4	1.2	1.5
Coverage (%)	30	70	20	65	80	15	10	30
H Height (m)	0.9	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.5	0.5
Coverage (%)	95	60	95	90	90	85	10	5
Number of species	58	73	47	66	60	58	38	24

Differential species of community :

Larix leptolepis

5.5 5.5 5.5 5.5 5.5

Pinus koraiensis

. + . + . 5.5 5.5 5.5

Companions :

Polygonatum odoratum var. *pluriflorum*

+ + + + + + 1.1 +

Lindera obtusiloba

+ + + + + + + +

Quercus mongolica

+ + + + 1.1 + 1.1 +

Rhus trichocarpa

. 1.1 1.1 2.2 + 1.1 + +

Rubia akane

+ + + + + + . +

Fraxinus rhynchophylla

+ + + + + . + +

Aster scaber

+ + . 1.1 1.1 + + +

Smilax sieboldii

. + 1.1 2.2 + 1.1 + +

Symplocos chinensis for. *pilosa*

+ + + + . + . +

Actinidia arguta

2.2 + 1.1 + + 1.1 . .

Cocculus trilobus

+ + + + . . + 1.1

Impatiens textori

+ + 1.1 1.1 + 2.2 . .

Zanthoxylum schinifolium

. 1.1 . + + + + +

Amphicarpaea edgeworthii var. *trisperma*

. + + + + + + .

Smilax nipponica

+ + . + + + + .

Rubus oldhamii

1.1 1.1 3.3 2.2 + + . .

Table 2. Continued

<i>Carex lanceolata</i>	+	.	.	.	+	+	+	+
<i>Corylus heterophylla</i>	.	.	+	.	2,2	+	+	+
<i>Celastrus orbiculatus</i>	.	+	+	+	.	+	+	.
<i>Artemisia keiskeana</i>	+	+	.	.	2,2	+	+	.
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	+	+	+	.	+	.	+	.
<i>Dioscorea nipponica</i>	+	+	+	+	.	+	.	.
<i>Morus bombycis</i>	+	1,1	1,1	.	.	+	+	.
<i>Atractylodes japonica</i>	+	.	+	.	+	+	+	.
<i>Lespedeza bicolor</i>	+	+	+	.	.	+	+	.
<i>Schisandra chinensis</i>	2,2	2,2	1,1	.	+	+	.	.
<i>Viola acuminata</i>	+	+	.	+	+	+	.	.
<i>Arisaema amurense</i> var. <i>serratum</i>	.	+	+	+	+	+	.	.
<i>Weigela florida</i>	.	4,4	+	3,3	3,3	+	.	.
<i>Viola rossii</i>	+	+	.	+	+	.	.	.
<i>Liparis krameri</i>	.	+	+	+	+	.	.	.
<i>Aralia elata</i>	+	+	.	+	.	+	.	.
<i>Athyrium yokoscense</i>	.	1,1	1,1	.	2,2	2,2	.	.
<i>Clematis apiifolia</i>	.	+	+	+	+	.	.	.
<i>Rubus crataegifolius</i>	+	+	1,1	3,3	.	.	.	.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	.	1,1	.	.	+	+	.	+
<i>Potentilla freyniana</i>	+	.	+	+	.	+	.	.
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	.	+	+	.	.	+	+	.
<i>Vitis amurensis</i>	+	+	.	.	+	+	.	.
<i>Dioscorea japonica</i>	.	+	+	+	.	+	.	.
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	+	.	.	+	+	.	+	.
<i>Lysimachia clethroides</i>	+	+	.	+	.	+	.	.
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	.	+	+	3,3	+	.	.	.
<i>Castanea crenata</i>	.	.	.	+	+	.	+	+
<i>Quercus aliena</i>	.	+	.	.	.	+	+	.
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	+	+	.	1,1	.	.	.	.
<i>Viola variegata</i> var. <i>chinensis</i>	1,1	+	.	+	.	.	.	.
<i>Oxalis corniculata</i>	.	+	+	+	.	.	.	.
<i>Stephanandra incisa</i>	.	+	.	.	1,1	2,2	.	.
<i>Sedum kamtschaticum</i>	.	+	+	.	.	.	+	.
<i>Artemisia stolonifera</i>	.	+	.	.	1,1	+	.	.
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	.	+	.	.	+	+	.	.
<i>Carex siderosticta</i>	+	.	.	.	2,2	+	.	.
<i>Quercus dentata</i>	.	.	.	+	.	.	+	+
<i>Elaeagnus umbellata</i>	.	.	+	+	.	.	.	+
<i>Menispermum dauricum</i>	.	.	+	+	+	.	.	.
<i>Acer ginnala</i>	.	.	+	+	.	.	+	.
<i>Cephalanthera longibracteata</i>	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Convallaria keiskei</i>	.	.	.	+	.	.	+	+
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	+	+	.	.	.	+	.	.

Table 2. Continued

<i>Agrimonia pilosa</i>	.	+	+	+	.	.	.	.
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Smilax china</i>	.	.	.	.	+	+	+	.
<i>Comus controversa</i>	+	+	.	+	.	.	.	.
<i>Pueraria thunbergiana</i>	.	+	.	.	.	.	+	+
<i>Viola albida</i>	.	.	.	+	+	+	.	.
<i>Asperula maximowiczii</i>	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Philadelphus schrenckii</i>	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	+	.	.	+	.	.	.	.
<i>Staphylea bumalda</i>	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Melampyrum roseum</i>	.	.	.	.	1.1	.	+	.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	.	.	.	.	+	2.2	.	.
<i>Parthenocissua tricuspidata</i>	4.4	.	.	+	.	.	.	.
<i>Halenia comiculata</i>	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Desmodium oxyphyllum</i>	.	.	.	+	.	+	.	.
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Saussurea seoulensis</i>	.	.	.	+	.	+	.	.
<i>Prunus sargentii</i>	.	+	.	.	+	.	.	.
<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Viola variegata</i>	+	.	.	.	.	.	+	.
<i>Disporum smilacinum</i>	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Lonicera praeflorens</i>	.	+	.	+	.	.	.	.
<i>Viola mandshurica</i>	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>	.	+	.	+	.	.	.	.
<i>Rosa multiflora</i>	.	+	1.1	.	.	.	.	.
<i>Pseudostellaria palibiniana</i>	.	1.1	.	.	+	.	.	.
<i>Chloranthus japonicus</i>	.	.	.	1.1	+	.	.	.
<i>Humulus japonicus</i>	.	.	.	.	.	+	+	.
<i>Corydalis ochotensis</i>	.	.	2.2	1.1	.	.	.	.

Others in serial No. *Juglans mandshurica*(1-+), *Persicaria fauriei*(5-+), *Athyrium niponicum*(1-+), *Sagina japonica*(2-1.1), *Betula costata*(5-+), *Cirsium setidens*(1-+), *Persicaria thunbergii*(3-2.2), *Osmunda japonica*(5-+), *Dryopteris crassirhizoma*(1-+), *Lespedeza pilosa*(2-+), *Sedum erythrostichum*(1-+), *Pyrola japonica*(5-+), *Maackia amurensis*(6-+), *Ainsliaea acerifolia*(4-+), *Commelina communis*(7-+), *Codonopsis lanceolata*(5-+), *Platycodon grandiflorum*(3-1.1), *Adenophora grandiflora*(1-+), *Sedum sarmentosum*(1-+), *Lactuca triangulata*(2-+), *Adenophora lamarckii*(1-+), *Viola collina*(5-+), *Sorbus commixta*(4-+), *Rubus parvifolius*(2-+), *Persicaria senticosa*(3-+), *Persicaria perfoliata*(2-+), *Adenophora remotiflora*(6-+), *Boehmeria nivea*(5-+), *Tripterygium regelii*(2-+), *Angelica decursiva*(5-+), *Saxifraga fortunei* var. *incislobata*(1-+), *Isodon japonicus*(1-+), *Viburnum sargentii*(5-+), *Weigela subsessilis*(4-+), *Hosta longipes*(1-+), *Lonicera chrysantha* var. *crassipes* (2-+), *Allium thunbergii*(4-+), *Pinus densiflora*(1-+), *Leibnitzia anandria*(1-3.3), *Astilbe koreana*(3-+), *Lycopus ramosissimus* var. *japonica*(2-+), *Artemisia princeps* var. *orientalis*(1-+), *Robinia pseudo-acacia*(1-+), *Veratrum maackii* var. *japonica*(2-+), *Acanthopanax sessiliflorus*(5-+), *Sanguisorba officinalis*(3-+), *Synlipsis palmata*(5-+), *Pourthiaea villosa*(1-+), *Clematis mandshurica*(2-+), *Kalopanax pictus*(2-+), *Youngia denticulata*(1-+), *Lonicera japonica*(6-+), *Adenophora triphylla* var. *japonica*(8-+), *Viola keiskei*(1-+), *Quercus serrata*(1-+), *Actinidia kolomikta*(4-+), *Valeriana fauriei*(8-+), *Sambucus sieboldiana* var. *miquelii*(2-+), *Rhododendron mucronulatum*(2-+), *Plantago asiatica*(4-+), *Styrax obassia*(5-+), *Pimpinella brachycarpa*(7-+), *Carex breviculmis*(3-1.1), *Circaea mollis*(3-+), *Clematis trichotoma*(6-+), *Stachys riederi* var. *japonica*(2-+), *Pilea peplodes* (6-+), *Rubia chinensis* var. *glabrescens* (1-+)

B. 소나무군락(*Pinus densiflora* community)

소나무는 한국, 만주, 일본 등의 동북아시아에 분포하고 있는 대표적인 침엽수종으로 우리나라에서는 수평적으로 제주도 한라산으로부터 함경북도 온성까지, 수직적으로는 해발 1,800m 범위까지 분포하고 있으나 해발 500~700m 내외의 지역이 분포의 중심을 이루며, 특히 온대인 중부지방이 분포의 중심지이다.

또한 소나무는 양수림으로 온도요인과 수분 스트레스에 폭넓은 적응성을 가지고 있으나, 환경요인이 양호한 지역에서는 타 수종과의 경쟁에서 약하므로 능선과 같이 환경이 열악하고 건조한 척박지나 습원과 해안같은 과습지, 다른 군집이 천재지변이나 기타 인위적인 영향에 의해 파괴되어 일어나는 이차천이 도중에 이차림 등으로 분포한다.

본 지역에서의 소나무군락은 남·동쪽 그리고 재사동지역에 주로 분포하였다. 식별종은 소나무와 산거울이며, 방형구당 평균 출현종수는 37종이고(Table 1), 평균 식피율과 수고는 교목층에서 각각 89.00%, 13.70m, 아교목층이 36.50%, 4.95m, 관목층이 34.50%, 1.82m, 초본층이 38.50%, 0.40m이다(Fig. 3). 주요 수반종은 개울나무, 맑은대쭉, 신갈나무, 큰기름새, 꽃머느리밥풀, 등굴레, 산거울, 삼주, 생강나무, 쪽동백나무, 싸리, 진달래, 기름나물, 노루발풀, 산벚나무, 참취, 고사리, 굴참나무, 물푸레나무, 산초나무, 세잎양지꽃, 철쭉꽃, 큰까치수영, 노린재나무 등이 분포하였다.

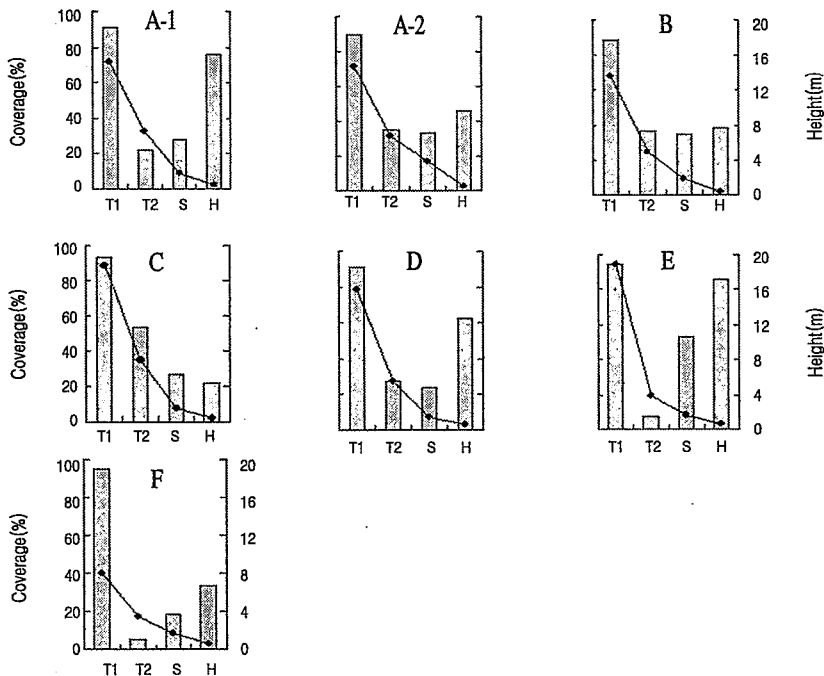


Fig. 3. The average height(—●—)and coverage(■) of each community on the study area.

* T1 : Tree layer, T2 : Sub-tree layer, S : Shrub layer, H : Herb layer

* A : *Quercus mongolica* community(A-1 : Typical subcommunity, A-2 : *Rhododendron schlippenbachii* subcommunity), B : *Pinus densiflora* community, C : *Quercus serrata* community, D : *Quercus variabilis* community, E : *Larix leptolepis* afforestation, F : *Pinus koraiensis* afforestation

상대기여도의 경우, 교목층에서는 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 아교목층은 신갈나무, 쪽동백나무, 굴참나무, 관목층은 철쭉꽃, 신갈나무, 진달래, 초본층은 큰기름새, 산거울, 맑은대쭉 등이 높은 값을 나타내었다(Table 5).

배와 이(1999)는 영동지방에서 소나무군락을 전형아군집, 신갈나무아군집, 진달래아군집, 붉나무아군집으로 세분하여 이 중 신갈나무아군집을 산림형으로 구분하였는데, 본 조사지역의 소나무군락도 신갈나무의 상대기여도가 높기 때문에 배와 이(1999)의 신갈나무아군집에 해당되는 것으로 생각된다. 소나무군락이 분포하는 해발고도는 모후산에서 해발 430~520m의 남서·북서사면(이 등, 1995), 오대산에서 해발 600~1000m(변 등, 1998), 치악산에서 해발 600m이하의 저지대로서 지역에 따라 400~1000m에 분포한다고 보고하였다(이, 1996). 본 조사지역에서는 해발 400~650m에 주로 분포하였으며, 국지적으로 능선부에서 나타났다. 지역에 따라 소나무의 수직분포가 차이를 나타내는 것은 소나무군락이 해발 500~700m이하에서 주로 분포하나, 일부 소나무의 경우는 토지극상으로 능선부에서 소규모의 군락을 형성하기 때문에 조사지역의 해발고도에 따라 소나무군락의 수직분포가 차이를 나타낸 것으로 사료된다.

본 조사지역에 있어서 소나무의 경우 관목층에서는 출현하지 않았으며 초본층에서 미약하게 출현하는 반면, 신갈나무는 아교목층과 관목층에서 높은 기여도를 나타내어 소나무군락에서 신갈나무군락으로 천이가 진행될 것으로 보이며, 이러한 양상은 검단산(이 등, 1991), 매봉산과 칠절봉(홍, 2000)등에서도 동일하게 나타나 본 지역의 소나무군락이 천이 도중에 있음을 나타내고 있다. 하지만 양수림인 소나무가 지형적, 토양적으로 다른 군락에 비해 우위를 나타낼 수 있는 능선부, 남사면, 암석지 등의 경우는 소나무군락이 계속 유지 될 것으로 사료된다.

C. 졸참나무군락 (*Quercus serrata* community)

식별종은 졸참나무이고, 방형구당 평균 출현종수는 42종이다(Table 1). 평균 식피율과 수고는 교목층에서 각각 93.1%, 17.7m, 아교목층에서 53.3%, 7.00m, 관목층에서 26.7%, 1.5m, 초본층에서 21.7%, 0.3m이다(Fig. 3). 주요 수관종으로는 신갈나무, 등굴래, 생강나무, 개울나무, 삼주, 노린재나무, 대사초, 쪽동백나무, 노루발풀, 고깔제비꽃, 철쭉꽃, 조록싸리, 당단풍, 왕머루, 단풍취, 더덕, 국수나무, 만주горо쇠 등이다. 계층별 상대기여도에 의한 우점순위는 교목층에서 졸참나무, 신갈나무, 소나무, 아교목층에서 당단풍, 쪽동백나무, 졸참나무, 관목층에서 생강나무, 철쭉꽃, 국수나무, 초본층에서 대사초, 단풍취, 애기나리가 높게 나타났다(Table 6). 졸참나무군락은 다른 군락에 비해서 초본층의 식피율이 낮게 나타났는데, 이는 본 조사지역에서 졸참나무군락이 계곡부에 분포하고, 아교목층의 식피율이 높아 임상을 투과하는 광량이 부족하며, 또한 분포지역에 로암이 많이 존재하기 때문이다.

졸참나무는 전국 각지의 산록 및 산복의 계곡부 중 토심이 양호한 곳에 주로 분포하며, 해발 300~400m 내외의 지역이 분포의 중심지이다(정과 이, 1965). 임과 백(1985)은 설악산의 해발 500m이하의 산록양지에 분포함을 보고하였으며, 임과 김(1992)은 지리산의 피아골 일대에서 졸참나무군락을 토양적 또는 지형적 극상림으로 추정하였다. 김(1999)은 치악산의 상원골 일대에 넓게 분포한다고 보고하였는데, 종조성적 측면에서 치악산의 졸참나무군락은 교목층에서 졸참나무와 신갈나무, 아교목층에서 당단풍과 쪽동백나무, 관목층에서 조릿대와 당단풍, 초본층에서 조릿대, 그늘사초 등이 주로 우점하고 방형구당 평균 출현종수는

Table 3. NCDi and R-NCDi values in the typical subcommunity of the *Quercus mongolica* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Quercus mongolica</i>	84.38	1.00	84.38	100.00
<i>Quercus serrata</i>	4.69	0.13	0.59	0.69
<i>Betula davurica</i>	0.68	0.63	0.42	0.50
Tree-2 Layer				
<i>Quercus mongolica</i>	3.15	0.88	2.76	100.00
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	5.31	0.25	1.33	48.19
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.64	0.25	0.16	5.78
<i>Cornus controversa</i>	0.63	0.13	0.08	2.83
<i>Styrax obassia</i>	0.04	0.38	0.01	0.51
Shrub Layer				
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	6.29	1.00	6.29	100.00
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.48	0.75	2.61	41.45
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.68	0.63	0.42	6.71
<i>Quercus mongolica</i>	0.08	0.75	0.06	0.89
Herb Layer				
<i>Carex siderosticta</i>	22.50	1.00	22.50	100.00
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	7.53	0.63	4.70	20.90
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	4.71	0.88	4.12	18.33
<i>Tripterygium regelii</i>	5.34	0.50	2.67	11.86
<i>Disporum smilacinum</i>	4.08	0.63	2.55	11.32
<i>Rubus crataegifolius</i>	2.88	0.88	2.52	11.18
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	3.46	0.63	2.16	9.62
<i>Viola rossii</i>	2.25	0.75	1.69	7.50
<i>Lysimachia clethroides</i>	1.30	0.75	0.98	4.33
<i>Athyrium yokoscense</i>	1.88	0.38	0.70	3.13
<i>Smilax nipponica</i>	0.70	0.88	0.61	2.72
<i>Dryopteris monticola</i>	4.69	0.13	0.59	2.60

※ NCDi : Net Contribution Degree, R-NCDi : Relative-Net Contribution Degree

31종으로 보고하였다. 류(1997)는 거제도의 졸참나무군락에서 교목층과 아교목층에 졸참나무와 굴참나무, 관목층에 국수나무와 조록싸리, 초본층에 그늘사초, 대사초 등이 우점하며, 평균 출현종수는 34종으로 보고하였다. 위의 모든 연구 결과는 본 조사지역의 졸참나무군락과 종조성적인 측면에서 유사한 결과로 특히 치악산 지역의 경우 조릿대가 출현한 것을 제외하고는 본 지역과 매우 유사하였다.

Table 4. NCDi and R-NCDi values in the *Rhododendron schlippenbachii* subcommunity of the *Quercus mongolica* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Quercus mongolica</i>	85.42	1.00	85.42	100.00
<i>Quercus variabilis</i>	0.84	0.25	0.21	0.25
<i>Betula davurica</i>	0.43	0.25	0.11	0.13
Tree-2 Layer				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	8.15	0.58	4.75	100.00
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	11.26	0.42	4.69	98.67
<i>Quercus mongolica</i>	2.76	0.83	2.30	48.35
<i>Lindera obtusiloba</i>	1.48	0.33	0.49	10.40
<i>Styrax obassia</i>	0.86	0.42	0.36	7.52
Shrub Layer				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	10.45	0.83	8.71	100.00
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	5.24	0.75	3.93	45.14
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.51	0.58	0.88	10.10
<i>Lonicera coreana</i>	0.88	0.58	0.51	5.86
<i>Quercus mongolica</i>	1.48	0.33	0.49	5.68
<i>Styrax obassia</i>	0.84	0.25	0.21	2.42
Herb Layer				
<i>Carex siderosticta</i>	6.88	0.75	5.74	100.00
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	5.63	0.33	2.81	49.03
<i>Melica onoei</i>	6.46	0.75	2.15	37.53
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	2.34	0.58	1.76	30.62
<i>Athyrium nipponicum</i>	3.55	0.83	0.89	15.47
<i>Disporum smilacinum</i>	2.30	0.75	0.77	13.37
<i>Tripterygium regelii</i>	1.50	0.33	0.75	13.08
<i>Carex humilis</i>	1.68	0.50	0.70	12.17
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	0.48	0.25	0.36	6.32
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.48	0.42	0.36	6.32
<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>	0.48	0.50	0.36	6.32

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

D. 굴참나무군락 (*Quercus variabilis* community)

본 군락의 식별종은 굴참나무이며, 방형구당 평균 출현종수는 39종이다(Table 1). 계층별 평균 식피율과 수고는 교목층에서 각각 91.25%, 15.75m, 아교목층에서 27.50%, 5.50m, 관목층에서 23.75%, 1.43m, 초본

Table 5. NCDi and R-NCDi values in the *Pinus densiflora* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Pinus densiflora</i>	87.50	1.00	87.50	100.00
<i>Quercus mongolica</i>	3.27	0.60	1.96	2.24
<i>Quercus variabilis</i>	1.78	0.40	0.71	0.81
Tree-2 Layer				
<i>Quercus mongolica</i>	13.78	1.00	13.78	100.00
<i>Styrax obassia</i>	4.27	0.40	1.71	12.39
<i>Quercus variabilis</i>	2.27	0.40	0.91	6.59
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.06	0.80	0.85	6.15
<i>Prunus sargentii</i>	0.54	0.50	0.27	1.96
Shrub Layer				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	7.27	0.50	3.64	100.00
<i>Quercus mongolica</i>	3.79	0.90	3.41	93.84
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	4.51	0.50	2.26	62.04
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.82	0.80	1.46	40.06
<i>Lindera obtusiloba</i>	1.06	0.80	0.85	23.33
<i>Styrax obassia</i>	1.02	0.40	0.41	11.22
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.53	0.40	0.21	5.83
Herb Layer				
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	11.77	1.00	11.77	100.00
<i>Carex humilis</i>	8.51	0.90	7.66	65.07
<i>Artemisia keiskeana</i>	4.78	1.00	4.78	40.61
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	2.54	0.90	2.29	19.42
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.07	0.90	0.96	8.18
<i>Aster scaber</i>	1.05	0.70	0.74	6.24
<i>Quercus mongolica</i>	0.59	1.00	0.59	5.01
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.57	0.80	0.46	3.87
<i>Disporum smilacinum</i>	1.02	0.40	0.41	3.47
<i>Pyrola japonica</i>	0.56	0.70	0.39	3.33
<i>Disporum viridescens</i>	3.75	0.10	0.38	3.19

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

층에서 62.50%, 0.65m이다(Fig. 3). 주요 수반종으로는 신갈나무와 둥굴레, 삼주, 큰기름새, 맑은대쭉, 참취, 선밀나무, 꽃머느리밥풀, 싸리, 노루발풀, 조록싸리, 큰까치수영, 물푸레나무, 산딸기, 고사리, 애기원추리 등이다.

상대기여도는 교목층에서 굴참나무, 신갈나무, 소나무, 아교목층에서 신갈나무, 쪽동백나무, 생강나무, 관목층에서 생강나무, 쪽동백나무, 싸리, 초본층은 큰기름새, 조록싸리, 대사초가 높은 값을 나타내었다(Table 7).

Table 6. NCDi and R-NCDi values in the *Quercus serrata* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Quercus serrata</i>	62.50	1.00	62.50	100.00
<i>Quercus mongolica</i>	24.17	1.00	24.17	38.67
<i>Acer truncatum</i>	1.70	0.67	1.13	1.81
<i>Pinus densiflora</i>	1.70	0.67	1.13	1.81
Tree-2 Layer				
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	26.67	1.00	26.67	100.00
<i>Styrax obassia</i>	3.37	1.00	3.37	12.63
<i>Acer truncatum</i>	0.07	0.67	0.04	0.17
<i>Quercus serrata</i>	0.07	0.67	0.04	0.17
Shrub Layer				
<i>Stephanandra incisa</i>	3.37	1.00	3.37	100.00
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.37	1.00	3.37	100.00
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.37	1.00	3.37	100.00
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.07	0.67	0.04	1.32
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.07	0.67	0.04	1.32
<i>Quercus mongolica</i>	0.07	0.67	0.04	1.32
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.07	0.67	0.04	1.32
<i>Styrax obassia</i>	0.07	0.67	0.04	1.32
Herb Layer				
<i>Carex siderosticta</i>	7.53	1.00	7.53	100.00
<i>Ainsliae acerifolia</i>	5.00	1.00	5.00	66.37
<i>Disporum smilacinum</i>	5.87	0.67	3.91	51.92
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	3.33	0.67	2.22	29.50
<i>Carex humilis</i>	1.67	0.33	0.56	7.37
<i>Carex ciliato-marginata</i>	1.67	0.33	0.56	7.37
<i>Viola rossii</i>	0.10	1.00	0.10	1.33
<i>Pyrola japonica</i>	0.10	1.00	0.10	1.33
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.10	1.00	0.10	1.33
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	0.10	1.00	0.10	1.33
<i>Atractylodes japonica</i>	0.10	1.00	0.10	1.33
<i>Styrax obassia</i>	0.10	1.00	0.10	1.33

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

굴참나무는 수평적으로 전남 완도에서 평남 묘향산까지, 수직적으로는 해발 1,200m까지 분포하며 주로 산복 양지에 분포하고 해발 500m 지역이 분포의 중심지이다(정과 이, 1965). 또한 모암은 화강암류이며, 평균강수량 1,200mm 미만인 지역에서 주로 분포한다(송과 김, 1993). 본 지역에서 굴참나무군락은 대부분 재사동계곡과 석기암남쪽, 용두산남쪽을 중심으로, 저지대와 능선부, 남사면에서 부분적으로 분포하여, 소나무군락과 분포입지가 유사하게 나타났다. 덕유산의 굴참나무군락(김, 1992)에서는 쇠물푸레, 방아풀, 선덜

Table 7. NCDi and R-NCDi values in the *Quercus variabilis* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Quercus variabilis</i>	87.50	1.00	87.50	100.00
<i>Quercus mongolica</i>	15.42	1.00	15.42	17.62
<i>Pinus densiflora</i>	0.83	0.17	0.14	0.16
Tree-2 Layer				
<i>Quercus mongolica</i>	10.05	1.00	10.05	100.00
<i>Styrax obassia</i>	1.68	0.50	0.84	8.37
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.92	0.17	0.49	4.84
<i>Quercus serrata</i>	0.85	0.33	0.28	2.82
<i>Quercus variabilis</i>	0.05	0.50	0.03	0.25
Shrub Layer				
<i>Lindera obtusiloba</i>	6.28	0.50	3.14	100.00
<i>Styrax obassia</i>	1.68	0.50	0.84	26.79
<i>Lespedeza bicolor</i>	0.90	0.83	0.75	23.87
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.88	0.67	0.59	18.74
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.88	0.67	0.59	18.74
<i>Quercus mongolica</i>	0.10	1.00	0.10	3.18
Herb Layer				
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	12.52	1.00	12.52	100.00
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	7.50	0.67	5.00	39.95
<i>Carex siderosticta</i>	6.28	0.50	3.14	25.10
<i>Artemisia keiskeana</i>	2.55	1.00	2.55	20.37
<i>Disporum viridescens</i>	11.25	0.17	1.88	14.98
<i>Syneilesis palmata</i>	2.50	0.50	1.25	9.99
<i>Disporum smilacinum</i>	2.93	0.33	0.98	7.81
<i>Artemisia stolonifera</i>	2.93	0.33	0.98	7.81
<i>Potentilla freyniana</i>	0.87	0.50	0.43	3.46

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

나물, 조록싸리, 생강나무 등이 높은 상대도를 보였고, 김과 오(1991)는 적상산의 식생에서 굴참나무군락의 아교목층과 관목층에서 쇠물푸레와 쪽동백나무가 우점한다고 보고하였다. 또한 이 등(1993b)은 싸리, 조록싸리, 선밀나물 및 산딸기 등을 굴참나무군락에서 공통적으로 출현하는 식별종과 주요 구성종으로 선정하였으며, 이 등(1995)은 청량산의 굴참나무군락에서 식별종을 굴참나무와 산구절초, 굴참나무로 선정하였다. 특히 Kim and Yim(1988)과 Kim(1992)은 내장산과 동북아시아의 굴참나무군락에서 식별종을 땅비싸리와 싸리로 추출하였으며, 조록싸리를 식별종으로 하였다. 따라서 구성종이나 입지환경으로 볼 때 본 군락도 선행 연구자들의 결과와 일치하고 있음을 알 수 있다.

E. 일본잎갈나무식재림 (*Larix leptolepis* afforestation)

조사지역의 북동쪽을 위주로 하여, 600m이하의 저지대에 주로 식재되어 있었으며, 식별종은 일본잎갈나무이다(Table 2). 평균 식피율과 수고는 교목층에서 각각 94.00%, 18.80m, 아교목층에서 7.40%, 4.00m, 관목층에서 53.00%, 1.70m, 초본층에서 86.00%, 0.68m로 교목층의 식피율이 매우 높게 나타난 반면 아교목층의 식피율은 매우 낮았으며 층상구조는 발달하지 않았다. 이는 식재림의 특성상 식재후 지속적인 간벌과 하에 작업 때문이다(Fig. 3). 주요 수반종으로는 둥굴레, 생강나무, 신갈나무, 꼭두서니, 물푸레나무, 다래나무, 물봉선, 줄딸기, 개웃나무, 참취, 청가시덩굴, 노린재나무, 땃대이덩굴, 새콩, 선밀나무, 미역취, 부채마, 오미자, 줄방제비꽃, 고깔제비꽃, 붉은병꽃나무 등이다. 상대기여도 분석결과, 교목층에서는 일본잎갈나무, 아교목층에서는 산팽나무, 층층나무, 다래, 관목층에서는 붉은병꽃, 개웃나무, 다래, 초본층에서는 줄딸기, 오미자, 파리풀 등의 순으로 나타났다(Table 8).

홍(2000)은 매봉산과 칠절봉에서 일본잎갈나무식재림의 식별종을 일본잎갈나무와 고추나무, 산팽나무, 방형구당 평균 출현종수는 45종으로 보고하였으며, 이(1996)는 치악산의 일본잎갈나무식재림에서 물푸레나무와 산팽나무, 고로쇠나무, 병꽃나무, 국수나무, 노린재나무, 땃고사리, 오리방풀, 대사초, 그늘사초 등이 높은 우점순위를 나타내고 방형구당 평균 출현종수는 56종이라고 하였다. 본 조사지역에서도 방형구당 평균 출현종수는 61종(47~73종)으로 종다양성이 높게 나타났다. 이는 분포 지역이 계곡부와 사면의 상부에서 하부까지 다양하게 식재되어 임상내 구성종이 주변군락(신갈나무군락과 소나무군락)에 따라 영향을 받으며, 저지대의 경우 간벌작업으로 임상 하로의 햇빛의 투과량이 증가하고 외부로부터의 종유입으로 인하여 종수가 증가한 것으로 사료된다.

F. 잣나무식재림 (*Pinus koraiensis* afforestation)

500m이하의 저지대에 극히 부분적으로 식재되어 있었으며, 식별종은 잣나무이고, 방형구당 평균 출현종수는 40종으로 나타났다(Table 2). 평균 식피율과 수고는 교목층에서 각각 95.00%, 8.00m, 아교목층에서 5.00%, 3.50m, 관목층에서 18.33%, 1.70m, 초본층에서 33.33%, 0.60m으로 나타났다(Fig. 3). 주요 수반종으로는 둥굴레, 생강나무, 신갈나무, 개웃나무, 참취, 청가시덩굴, 산초나무, 그늘사초, 난티잎개암나무, 잣나무, 참화나무 등이다.

상대기여도 분석결과, 교목층에서는 잣나무, 밤나무, 아교목층에서는 물푸레나무, 신갈나무, 잣나무, 관목층에서는 진달래, 개웃나무, 신갈나무, 초본층에서는 국수나무, 노랑물봉선, 물봉선이 높은 순위를 나타내었다(Table 9).

잣나무는 한국을 포함하여 일본, 만주, 중국, 시베리아 등지에 분포하는 한대림의 하부 수종으로(정과 이, 1965), 한국의 경우 주로 경기도 가평군 일대를 중심으로하여 한반도 중부지방에 식재되고 있다. 잣나무식재림은 종여울산(임과 백, 1987), 천마산(이와 임, 1988), 점단산(이 등, 1991) 등 여러지역에서 보고 되었으며 특히, 이(1996)는 치악산에서 잣나무의 수고가 약 7m내외의 아교목상태로 각 계층별 평균식피율은 아교목층이 86.7%, 관목층이 16.7%, 초본층이 30.0%이며, 고깔제비꽃과 대사초, 그늘사초 등이 높은 우점순위를 나타내고, 방형구당 평균출현종수는 28종으로 보고하였다. 김(1998)은 모악산의 잣나무식재림에서 신갈나무, 물봉선, 국수나무, 조개풀, 조록싸리, 새콩, 산팽나무 등이 높은 출현빈도를 나타내며, 아교목층과

Table 8. NCDi and R-NCDi values in the *Larix leptolepis* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Larix leptolepis</i>	87.50	1.00	87.50	100.00
Tree-2 Layer				
<i>Morus bombycis</i>	1.04	0.60	0.62	100.00
<i>Cornus controversa</i>	0.06	0.60	0.04	5.77
<i>Quercus mongolica</i>	0.04	0.40	0.02	2.56
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.04	0.40	0.02	2.56
<i>Aralia elata</i>	0.04	0.40	0.02	2.56
<i>Actinidia arguta</i>	0.04	0.40	0.02	2.56
Shrub Layer				
<i>Weigela florida</i>	27.52	0.80	22.02	100.00
<i>Rhus trichocarpa</i>	5.52	0.80	4.42	20.06
<i>Actinidia arguta</i>	4.54	0.80	3.63	16.50
<i>Corylus heterophylla</i>	3.52	0.40	1.41	6.40
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	1.04	0.60	0.62	2.83
<i>Morus bombycis</i>	1.04	0.60	0.62	2.83
<i>Quercus mongolica</i>	1.04	0.60	0.62	2.83
Herb Layer				
<i>Rubus oldhamii</i>	13.02	1.00	13.02	100.00
<i>Schicandra chinensis</i>	8.02	0.80	6.42	49.28
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	7.56	0.80	6.05	46.45
<i>Rubus crataegifolius</i>	8.52	0.60	5.11	39.26
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	12.52	0.40	5.01	38.46
<i>Smilax sieboldii</i>	4.54	0.80	3.63	27.90
<i>Athyrium yokoscense</i>	5.50	0.60	3.30	25.35
<i>Corydalis ochotensis</i>	4.52	0.60	2.71	20.83
<i>Artemisia keiskeana</i>	3.54	0.60	2.12	16.31
<i>Impatiens textori</i>	2.06	1.00	2.06	15.82
<i>Aster scaber</i>	2.04	0.80	1.63	12.53
<i>Lycopus ramosissimus</i> var. <i>japonicus</i>	7.50	0.20	1.50	11.52

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

관목층이 빈약하여 미약한 계층구조를 나타낸다고 보고하였다. 본 조사지역에서 잣나무식재림은 하예작업 등의 인위적인 영향으로 인하여 아교목층이 파괴되었고, 초본층의 경우는 조사번호 44와 45에서 식피율이 10%와 5%로 낮은 반면 조사번호 43은 식피율 85%로 대립되는 양상을 나타내었다. 이는 조사번호 43 지역이 타 조사지역보다 교목층에 식피율이 낮고 아교목층이 없으며, 하예작업후 오랜 기간이 경과하였기 때문으로 사료된다.

Table 9. NCDi and R-NCDi values in the *Larix leptolepis* community in the study area

Species	$\Sigma Ci/N$	ni/N	NCDi	R-NCDi
Tree-1 Layer				
<i>Pinus koraiensis</i>	87.50	1.00	87.50	100.00
Tree-2 Layer				
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.07	0.67	0.04	100.00
<i>Quercus mongolica</i>	0.07	0.67	0.04	100.00
<i>Pinus koraiensis</i>	0.03	0.33	0.01	25.00
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.03	0.33	0.01	25.00
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.03	0.33	0.01	25.00
Shrub Layer				
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	5.83	0.33	1.94	100.00
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.70	0.67	1.13	58.29
<i>Quercus mongolica</i>	1.70	0.67	1.13	58.29
<i>Actinidia arguta</i>	1.67	0.33	0.56	28.57
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.07	0.67	0.04	2.29
<i>Corylus heterophylla</i>	0.07	0.67	0.04	2.29
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.07	0.67	0.04	2.29
<i>Quercus dentata</i>	0.07	0.67	0.04	2.29
Herb Layer				
<i>Stephanandra incisa</i>	5.83	0.33	1.94	100.00
<i>Impatiens noli-tangere</i>	5.83	0.33	1.94	100.00
<i>Impatiens textori</i>	5.83	0.33	1.94	100.00
<i>Athyrium yokoscense</i>	5.83	0.33	1.94	100.00
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	1.73	1.00	1.73	89.14
<i>Smilax sieboldii</i>	1.73	1.00	1.73	89.14
<i>Cocculus trilobus</i>	1.70	0.67	1.13	58.29
<i>Actinidia arguta</i>	1.67	0.33	0.56	28.57
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.10	1.00	0.10	5.14
<i>Carex lanceolata</i>	0.10	1.00	0.10	5.14
<i>Corylus heterophylla</i>	0.10	1.00	0.10	5.14
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.10	1.00	0.10	5.14
<i>Aster scaber</i>	0.10	1.00	0.10	5.14
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.10	1.00	0.10	5.14

※ The abbreviations of NCDi and R-NCDi are the same as in Table 3.

2. 토양환경과 식생

토양은 식물이 성장할 수 있는 기반과 수분, 무기염류 등을 식물에게 제공하며, 식물은 낙엽이나 낙지, 유기물 또는 allelochemicals를 토양으로 방출한다. 이러한 상호작용으로 식생의 천이가 일어나는 동안, 식

물 구성종의 변화와 함께 토양환경의 변화도 일어난다.

본 조사지역의 평균 토양함수량은 23.18%로서, 치악산(김, 1999)의 평균 토양함수량 34.88%보다 낮게 나타났는데, 이러한 결과는 본 조사지역에 분포하는 토양은 배수가 매우 양호한 사양질이나 식양질의 토성을 지니고 있기 때문으로 사료된다. 또한 굴참나무군락의 토양함수량은 19.72%, 소나무군락 17.61%, 졸참나무군락 17.38%로 평균 토양함수량에 비해 낮게 나타났는데(Table 10), 소나무군락과 굴참나무군락의 경우 분포지역이 능선부와 남사면 등 일사량이 많은 지역을 중심으로 분포하기 때문이다(홍, 2000). 신갈나무군락의 하위군락인 철쭉꽃하위군락의 토양함수량은 28.72%, 전형하위군락은 31.95%로서, 철쭉꽃하위군락이 전형하위군락보다 낮은 토양함수량을 보였다. 그 이유는 철쭉꽃하위군락이 능선부와 남사면을 중심으로 분포하기 때문으로 이러한 철쭉꽃하위군락의 분포양상은 이 등(1995)의 모후산과 임과 김(1992)의 지리산조사에서도 유사하게 나타났다.

유기물함량은 신갈나무전형하위군락과 철쭉꽃하위군락에서 각각 6.34% 7.02%로 높은 값을 나타내었으며, 소나무군락과 졸참나무군락에서 2.66%, 2.55%로 낮은 값을 나타내었다. 전 군락의 평균 유기물 함량은 4.09%로 치악산지역의 3.90%와 유사하게 나타났다(김, 1999). 평균 총탄소함량은 2.37%이며, 신갈나무철쭉꽃하위군락에서 4.07%로 가장 높게 나타났고, 신갈나무전형하위군락 3.68%, 굴참나무군락 2.26%, 잣나무식재림 1.75%, 일본잎갈나무식재림 1.81%, 소나무군락 1.54%, 잣나무식재림 1.48%의 순으로 나타났다. 평균 총질소함량은 0.19%이며, 신갈나무전형하위군락 0.31%, 신갈나무철쭉꽃하위군락 0.26%로 높은 질소량을 나타내었고, 소나무군락과 졸참나무군락은 0.10%로 낮게 나타났다.

일반적으로 삼림토양에서 질소원은 강우와 낙엽에 있으며(藤原, 1996), 총질소함량은 침엽수림보다 낙엽활엽수림에서 더 높다고 보고되었다(강과 오, 1982; 이 등, 1999; 김, 1999; 정, 1999). 유기물함량과 총탄소함량, 총질소함량이 침엽수림보다 낙엽활엽수림에서 높은 이유는 소나무 낙엽의 반감기가 5.3년인데 반하여 참나무 낙엽의 반감기는 2.4년이고, 또 낙엽의 분해에 의해 토양으로 되돌아가는 양분량도 참나무군

Table 10. Soil environmental conditions of sampling sites in each community of the study area

Comm.	SWC (%)	OM (%)	TC (%)	TN (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol/kg)			
							K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
A-1	31.95	6.34	3.68	0.31	4.64	15.93	0.22	0.50	0.15	0.07
A-2	28.72	7.02	4.07	0.26	4.67	18.31	0.23	1.44	0.27	0.09
B	17.61	2.66	1.54	0.10	4.95	18.50	0.22	1.10	0.37	0.09
C	17.38	2.55	1.48	0.10	4.52	20.00	0.22	0.38	0.15	0.07
D	19.72	3.91	2.26	0.15	4.72	20.29	0.23	0.64	0.20	0.07
E	21.76	3.01	1.75	0.18	4.91	21.66	0.13	1.85	0.35	0.10
F	25.10	3.12	1.81	0.20	4.97	23.61	0.21	1.02	0.21	0.09
Mean	23.18	4.09	2.37	0.19	4.77	19.76	0.21	0.99	0.24	0.08

* SWC : soil water content, OM : organic matters, TC : total carbon, TN : total nitrogen

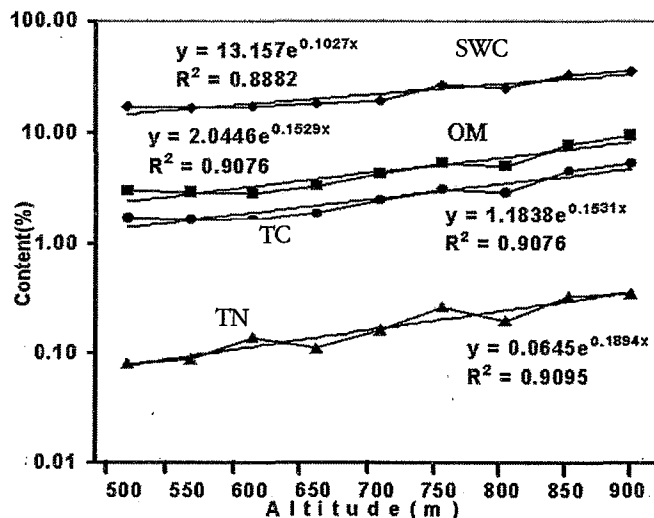
* A : *Quercus mongolica* community (A-1 : Typical subcommunity, A-2 : *Rhododendron schlippenbachii* subcommunity), B : *Pinus densiflora* community, C : *Quercus serrata* community, D : *Quercus variabilis* community, E : *Larix leptolepis* afforestation, F : *Pinus koraiensis* afforestation

락에서 훨씬 많기 때문이다(임과 백, 1985). 또한, 졸참나무군락에서 유기물함량, 총탄소함량, 총질소함량이 낮은 이유는 본 조사지역에서 졸참나무군락의 분포 입지상 경사가 급하고 표토층에 로암이 많이 분포하기 때문으로 사료된다.

토양함수량과 유기물함량, 총질소함량에 관한 연구로는 홍(2000)이 매봉산과 칠절봉에서 유기물함량과 토양함수량, 이 등(1999)은 백운산에서 유기물함량과 총질소함량이 높은 상관관계를 갖는다고 보고하였으며, 전(1993)이 월악산의 신갈나무군락에서 해발고도와 토양함수량, 이 등(1998)이 오대산에서 해발고도와 토양함수량, 정(1999)이 대구지방에서 해발고도와 토양함수량, 유기물함량, 총질소함량, 이 등(1993a)이 일월산에서 해발고도와 토양함수량, 유기물함량, 총질소함량 등이 높은 상관관계를 가진다고 보고하였다. 특히 김(1999)은 치악산에서 토양함수량과 유기물함량, 총질소함량사이에 유의성이 있는 양의 상관을 나타내며, 해발고도가 증가함에 따라 토양함수량, 유기물함량이 증가하는 경향을 나타낸다고 보고하였다.

본 연구에서도 토양함수량과 유기물함량, 총탄소함량, 총질소함량 사이에 높은 상관관계를 나타내었다. 해발고도가 500m부터 900m까지 50m씩 상승함에 따라, 함수량은 16.79%부터 34.83%, 유기물함량은 2.14%부터 9.19%, 총 탄소량은 0.08%부터 0.35%, 총 질소량은 1.70%부터 5.33%로 증가하였다. 그 결과 본 조사지역에서 해발고도의 증가에 따라 토양함수량과 유기물함량, 총탄소함량, 총질소함량이 지속적으로 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 4).

해발고도가 증가할수록 함수량이 증가하는 이유는 고도의 상승에 따라 운무가 머무르는 시간이 증가하고, 온도의 하강으로 수분증발량이 줄어들기 때문으로 사료된다(정, 1999). 또한 본조사지역의 저지대에는 소나무와, 잣나무, 일본잎갈나무가 주로 분포하는데 반하여, 고지대에는 신갈나무를 비롯한 활엽수림이 분포하는데 고지대의 낙엽 산포량과 분해율이 저지대에 분포하는 침엽수림보다 높고, 고지대의 토양은 수분



※ SWC : soil water content, OM : organic matters, TC : total carbon, TN : total nitrogen

Fig 4. Exponential relationship between altitude and SWC, OM, TN, TC in the study area.

함량이 높아 상대적으로 건조한 저지대보다 낙엽분해자의 서식지로 적합하기 때문에 고도의 상승에 따라 유기물함량과 총탄소함량, 총질소함량이 증가하는 것으로 사료된다.

본 조사지역의 pH는 평균 pH가 4.77인 산성의 토양으로 나타났는데, 이는 본 조사지역에 산성암인 암쇄토(Mac)가 분포하기 때문으로 사료된다(농촌진흥청, 1971). 신갈나무하위전형군락과 철쭉꽃하위군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락의 평균 pH는 4.64이고, 일본잎갈나무식재림과 소나무군락, 잣나무식재림의 평균 pH는 4.94로, 활엽수림의 pH보다는 약산성으로 나타났다. 이러한 결과는 조와 오(1987)가 침엽수림보다 활엽수림이 더 강한 산성토양을 나타낸다고 보고한 것과는 상이한 결과이다.

정(1999)은 대구인근삼림에서 평균유효인산이 14.2mg/kg이며, 일본잎갈나무식재림에서 23.3mg/kg, 잣나무식재림에서 21.0mg/kg으로 다른 군락에 비해서 높게 나타난다고 보고하였는데, 본 연구에서도 유효인산은 일본잎갈나무식재림에서 21.66mg/kg, 잣나무식재림에서 23.61mg/kg으로 다른 군락에 비해서 높게 나타났으며, 신갈나무전형하위군락은 15.93mg/kg으로 가장 낮게 나타났고, 평균 유효인산은 19.76mg/kg으로 나타나 대구 인근삼림지역보다 높게 나타났다.

치환성 양이온인 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 의 함량은 졸참나무군락에서 각각 0.38cmol/kg, 0.15cmol/kg, 신갈나무전형하위군락에서 0.50cmol/kg, 0.15cmol/kg으로 낮게 나타나는 반면에, 소나무군락에서 1.10cmol/kg, 0.37cmol/kg, 일본잎갈나무식재림에서 1.85cmol/kg, 0.35cmol/kg으로 높게 나타났다. 이(1991)는 여름철에 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 함량의 감소를 강우에 의한 세탈의 결과이며, 이들의 감소로 인하여 토양 pH도 낮아진다고 하였다. 본 조사지역에서도 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 의 함량이 적은 신갈나무전형하위군락과 졸참나무군락에서 pH 4.64, 4.52로 낮은 반면, 소나무군락과 일본잎갈나무식재림에서 pH 4.95, 4.97로 높게 나타나 pH에 따른 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 의 함량이 비례하는 관계를 나타내었다(이 등, 1995). 치환성 양이온인 K^{+} 의 평균 함량은 0.21cmol/kg이며, 일본잎갈나무식재림에서 0.13cmol/kg으로 가장 낮게 나타났고, 평균 Na^{+} 함량은 0.08cmol/kg이며, 일본잎갈나무식재림에서 0.10cmol/kg으로 가장 높게 나타났으나, 군락간에 특별한 양상은 보이지 않았다.

3. DBH분포 분석

DBH분포 조사는 각 군락별 천이계열을 추정하는데 유용한 방법으로 사용될 수 있다. DBH분포양식 중 역 J자형은 교란된 후 재생된 식생이 초기에 어린 개체의 수가 증가하는 것을 나타내고, 종모양의 분포는 출생율이 감소함에 따라 어린 개체의 수도 감소하는 것으로 식물이 쇠퇴하고 있음을 나타내고, J자형 또는 지수함수적인 분포는 인간의 간섭을 받지 않는 극상상태나 식물종의 세력이 확장되고 있음을 나타낸다(Despain, 1983).

신갈나무의 DBH분포는 11~15cm급이 33.63%로 가장 높은 비율을 나타내었으며 2~20cm급인 소·중경목의 비율이 81.10%로 높는데 반하여 21cm이상의 대경목의 비율은 17.90%로 이는 본 지역의 신갈나무군락이 천이계열상 성숙한 상태가 아니라 초기상태에 있다는 것을 나타내고 있다(Fig. 5A). 신갈나무군락에서 출현하는 졸참나무와 소나무, 굴참나무의 경우는 DBH분포가 계급당 0.18~1.08%로 소수만이 분포하였고 아교목층에서 당단풍의 상대기여도가 높아져, 앞으로 대규모 식생교란만 없다면 신갈나무군락이 신갈나무—당단풍군락(Kim and Yim, 1988)으로 천이되어 안정된 극상림을 형성할 것으로 사료된다. 이(1996)는

인접지역인 치악산 신갈나무군락의 아교목층에서 당단풍의 피복지수가 높아서 별도의 인위적인 간섭이 없는 한 신갈나무 - 당단풍군집(Kim and Yim, 1988)의 극상을 형성할 것이라고 천이계열을 추정한 것과 동일한 결과이다.

소나무군락에서 소나무의 DBH분포는 16~20cm급이 23.85%로 가장 높은 비율로 나타났으며 11~15cm급은 22.13%, 6~10cm급은 18.39%로 6~20cm급에서 높게 나타나 DBH분포양식이 종모양과 유사하게 분포하였고, 2~5cm급이 3.03%이며 소나무 후계목의 출현율이 낮아 식물종의 쇠퇴양상이 나타났다. 반면에 소나무군락 내에서 신갈나무의 DBH분포는 2~5cm급이 16.09%로 가장 높은 비율을 나타냈으며, DBH의 급이 증가함에 따라 비율이 감소하는 역자형 분포양상을 나타내었고, 아교목층과 관목층에서 신갈나무의 상대기여도는 100.00%, 93.84%로 매우 높은 비율을 나타내었다. 이 등(1995)은 모후산의 소나무군락에서 반음수성인 신갈나무의 군락이 양수성인 소나무 군락을 대신할 것이라고 보고하였다. 본 조사지역의 소나무군락도 신갈나무군락으로 천이될 것으로 예상되지만, 일부 능선부, 남사면, 암석지의 경우는 소나무군락의 분포적지로 지형적, 토양적 극상림을 형성할 것이라고 사료된다(Fig. 5B).

졸참나무군락에서 졸참나무의 DBH분포는 11~15cm급이 27.27%로 가장 높은 비율로 나타났으며, 16~20cm급이 20.78%, 6~10급이 16.88% 순으로 나타났다. DBH 2~20cm급인 소·중경급에 해당하는 개체들의 분포비는 75.32%이었으며, 흉고직경이 20cm이상으로 대경급에 해당하는 개체들은 24.68%로 조사되었

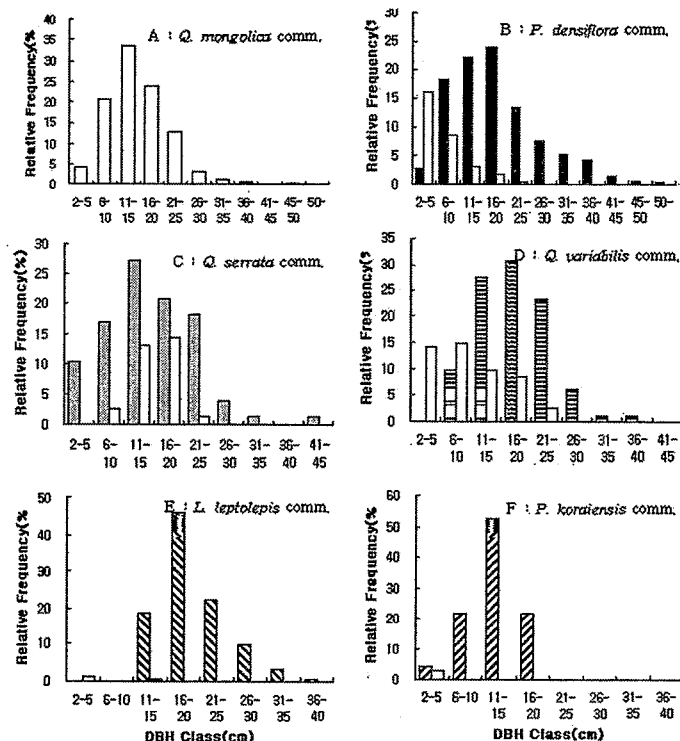


Fig. 5. DBH class distribution of each community in the study area.

□ : *Quercus mongolica* community, ■ : *Pinus densiflora* community, ▨ : *Quercus serrata* community,
▩ : *Quercus variabilis* community, ▤ : *Larix leptolepis* community, ▦ : *Pinus koraiensis* community

다(Fig. 5C). 특히 졸참나무의 후계목이 존재하고 군락 내에 졸참나무를 제외하고는 뚜렷한 우점종이 없는 점으로 보아 향후 본 군락은 계곡부에서 국지적으로 잔존할 것으로 추정된다. 그러나 졸참나무군락 내의 신갈나무의 DBH 분포는 11~20cm급이 14.29%로 높으며, 아교목층에서 당단풍의 상대기여도가 100.00%로 나타나 당단풍-신갈나무군락으로의 천이 방향도 추정이 가능하다(홍, 2000).

굴참나무군락에서 굴참나무의 DBH 분포는 11~25cm급에서 81.60%로 높았으며, 6~10cm급과 26~30cm급은 각각 9.82%와 6.13%로서 전형적인 종모양을 나타내었다. 또한 굴참나무는 관목층에서 출현하지 않았으며, 초본층에서는 상대기여도가 0.02%로 후계목의 출현이 미미하여 굴참나무가 쇠퇴하는 양상을 나타낸 반면, 신갈나무의 경우 6~10cm급에서 14.72%, 2~5cm급에서 14.11%로 높아서 향후 굴참나무 군락이 신갈나무 군락으로 대체될 것으로 사료된다(Fig. 5D). 변 등(1998)도 오대산 굴참나무군락의 경우 본 지역의 굴참나무군락의 천이계열과 유사한 결과를 보고한 바 있다.

일본잎갈나무식재림에서 일본잎갈나무의 DBH 분포는 16~20cm급이 46.01%로 가장 높은 비율로 나타났으며 대경목에 속하는 21~40cm급이 35.58%로 높게 나타났고 2~10cm급과 관목과 초본에서 일본잎갈나무의 후계목이 될 개체는 존재하지 않았다(Fig. 5E). 신갈나무의 DBH 분포는 2~5cm급에서 1.23%, 11~15cm급에서 0.61%로 나타났고, 아교목층과 관목층에서 상대기여도가 2.53%, 2.83%로 낮게 나타났으나, 신갈나무를 제외하고는 교목층을 형성할 뚜렷한 우점종이 출현하지 않았다. 본 일본잎갈나무식재림은 신갈나무군락의 분포영역에 구성되어 있으나, 하예작업으로 인하여 자연적인 천이가 중단된 상태로, 인위적인 관리가 중단된다면 향후 일본잎갈나무식재림은 신갈나무군락으로 천이될 것으로 사료된다(홍, 2000).

잣나무식재림에서 잣나무의 DBH 분포는 11~15cm급에서 51.70%로 가장 높았으며, 6~10cm급과 16~20cm급이 21.62%로 나타났으며, 25년생이하의 어린 개체들로서 대경목은 존재하지 않았다(Fig. 5F). 잣나무식재림 내에서 신갈나무는 2~5cm급에서 2.70%로 그 분포가 미약했으나, 아교목층과 관목층에서 상대기여도가 100.00%, 58.29%로 높게 나타나 신갈나무군락으로 발달될 것으로 사료된다. 하지만 현재는 육림관리차원에서 식재림에 대한 예초작업이 실시되고 있어 자연천이를 방해하고 있으며(이, 1996), 잣나무식재림이 신갈나무군락으로 천이되기 위해서는 인간의 인위적인 관리를 중지해야 한다.

인용문헌

- 강운순 · 오계철, 1982. 광릉 삼림군집에 대한 ordination방법의 적용. 식물학회지 25: 83-99.
- 기상청, 1992a. 한국기후표 제 I 권(1961-1991) -일별 및 순별 평균값- 445 p.
- 기상청, 1992b. 한국기후표 제 II 권(1961-1991) -월별 평균값- 418 p.
- 김성중, 1999. 치악산 삼림식생의 식물사회학적 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문 152 p.
- 김윤식, 1988. 자연생태계 전국조사 - 충북의 녹지자연도(제천시, 제원군, 단양군). 환경부 pp. 89-116.
- 김정연 · 임양재, 1988. 내장산 식물군집의 식물사회학적 분류. 한국식물학회지 31(1): 1-31.
- 김종원 · 남화경 · 백원기 · 이을경 · 이은진 · 오장근 · 정용규, 1997. 식생평가지침. 한국자연보존협회. 제 2차 자연환경전국조사지침. 서울 226 p.
- 김창환, 1992. 덕유산 국립공원 삼림식생의 구조와 2차 천이에 관한 연구. 원광대학교 대학원 박사학위논문 156 p.

- 김철수 · 오장근, 1991. 다도해 해상국립공원내의 상록활엽수림에 대한 식물사회학적 연구(IV).—외라노도의 식생을 중심으로—. 한국생태학회지 14: 49-61.
- 김태욱, 1989. 자연생태계 전국조사도—강원도의 녹지자연도(원주시, 원주군, 속초시, 양양군, 강릉시, 명주군). 환경부 pp. 61-89.
- 농촌진흥청 식물환경연구소, 1971. 개략토양도(강원도, 충청북도).
- 농촌진흥청 농업기술연구소, 1988. 토양화학분석법 450 p.
- 류병혁, 1997. 거제도 삼림식생의 식물사회학적 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문 188 p.
- 변두원 · 이호준 · 김창호, 1998. 오대산 삼림식생의 패턴과 천이계열. 한국생태학회지 21(3): 283-290.
- 배병호 · 이호준, 1999. 식생보전을 위한 소나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 22(1): 21-29.
- 송종석 · 김현규, 1993. 안동 임하댐 일대의 삼림식생에 대한 군락생태학적 연구. 한국생태학회지 16(4): 439-457.
- 송호경 · 장규관 · 권기원, 1995. TWINSpan과 CANOCO에 의한 주요 활엽수군집과 환경의 상관관계 분석. 한국생태학회지 18: 99-108.
- 이남주 · 임양재, 1988. 천마산 동부능선 남북사면의 삼림식생의 구조적 특성에 관한 비교연구. 한국생태학회지 11(4): 213-225.
- 이호준 · 김종홍 · 강재구 · 전영문 · 배병호, 1995. 모후산의 삼림식생과 토양환경. 한국생태학회지 18(3): 367-383.
- 이호준 · 김홍송 · 조은부, 1991. 점단산 삼림식생의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 14(3): 273-303.
- 이호준 · 배병호 · 정홍락 · 전영문 · 홍문표, 1999. 백운산의 삼림식생과 토양환경. 한국환경생물학회지 17(1): 35-50.
- 이호준 · 변두원 · 김창호, 1998. 오대산 삼림식생의 중간 친화력 및 서열분석. 한국생태학회지 21(3): 291-300.
- 이호준 · 이재석 · 변두원, 1994. 명지산 신갈나무림의 군락분류와 식생패턴. 한국생태학회지 17: 185-201.
- 이호준 · 이재석 · 전영문 · 정홍락 · 강재구 · 방제용 · 류병혁, 1993b. 조종천 상류 인접 지역의 식생. 건국대학교 기초과학연구소 이학논집 18: 87-108.
- 이호준 · 정홍락 · 변두원 · 김창호, 1993a. 일월산의 삼림식생 분석. 한국생태학회지 16(3): 239-259.
- 이호준 · 정홍락 · 배병호, 1995. 청향산 삼림식생의 군락분류 및 종간연관 분석. 한국생태학회지 18: 121-136.
- 이호준 · 홍문표, 2000. 원주 · 횡성(1-23, 치악산) 소권역의 식생. 환경부(제 2차 자연환경전국기초조사). 97-140
- 이호준, 1996. 치악산국립공원 자연자원조사. 국립공원관리공단 pp. 31-103.
- 임양재 · 김정언, 1992. 지리산의 식생. 중앙대학교 출판부 467 p.
- 임양재 · 백순달, 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교 출판부 199 p.
- 임양재 · 백운영, 1987. 서울 종여울산의 이차림에 관하여. 한국생태학회지 10(1): 43-51.
- 장윤석 · 임양재, 1985. 지리산 피아골의 식생형과 그 구조. 한국식물학회지 28(2): 165-175.
- 전영문, 1993. 월악산 신갈나무림의 종조성과 토양환경. 건국대학교 석사학위논문 44 p.
- 정태현 · 이우철, 1965. 한국삼림식물대 및 적지적수론. 성대논문집 10: 329-435.

- 정홍락, 1999. 대구 인접지역의 삼림식생에 관한 식물사회학적 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문 148 p.
- 조윤신 · 오계철, 1987. 서울근교 자연생 소나무림에 대한 Ordination 방법의 적용. 한국생태학회지 10(2): 63-80.
- 홍문표, 2000. 매봉산과 칠절봉 삼림식생의 식물사회학적 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문 72 p.
- 藤原俊六良 · 安西哲良 · 加藤哲良, 1996. 土壤診断の方法と活用. 農文協. 東京. 281 p.
- 鈴木兵二 · 伊勝秀三 · 豊原源太郎, 1985. 植生調査法. 共立出版. 東京.
- Anderson, G., 1961. Extraction of purines and pyrimidines in soil humic acid. Soil Sci, 91: 156-161.
- Blark, C.A., 1965. Methods of soil analysis. Part II, Amer. Soc. of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Blark, C.A., 1976. Methods of soil analysis. Part III. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. 3. Aufl, Springer-Verlag. Wein. New York. 865 p.
- Despain, D.G., 1983. Nonpyrogenous climax lodgepole pine communities in Yellowstone National Park. Ecol. 64(2): 231-234.
- Kim, J.U. and Y.J. Yim., 1988. Phytosociological classification of plant communities in Mt. Naejang, Southwestern Korea. Korean J. Bot. 31: 1-31
- Kim, J.W., 1992. Vegetation of Northeast Asia—On the syntaxonomy and syneogeography of the oak and beech forests— . Ph. D. Thesis. Wien Univ., Wien. 314 p.
- Kim, J.W. and Y.I. Manyko., 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. Korean J. Ecol. 17: 391-413.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg., 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John, Wiley and Sons., New York. 547 p.
- Yim, Y.J., 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. II. Distribution of tree species along the thermal gradient. Jap. J. Ecol. 27: 177-189.
- Yim, Y.J. and T. Kira., 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol. 25: 77-88.

요 약

1999년 9월부터 2001년 8월까지 감악산과 주변의 삼림식생을 대상으로 군락을 분류하고 식생과 토양환경과의 관계, DBH 분포 등을 조사하였다. 조사지역의 식생은 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community; ①전형하위군락 Typical subcommunity, ②철쭉꽃하위군락 *Rhododendron schlippenbachii* subcommunity), 소나무군락 (*Pinus densiflora* community), 졸참나무군락(*Quercus serrata* community), 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community) 등 4개 이차림, 일본잎갈나무식재림(*Larix leptolepis* afforestation)과 잣나무식재림(*Pinus koraiensis* afforestation)으로 구분되었다. 계층별 상대기여도(R-NCD)는 신갈나무, 졸참나무, 당단풍, 조록싸리, 철쭉꽃, 쪽동백나무, 진달래, 생강나무, 대사초, 큰기름새 등이 높게 나타났다. 토양환경은 신갈나무군락과 굴참나무군락의 경우 소나무군락과 졸참나무군락에 비하여 비교

적 습하고, 유기물함량, 총탄소함량, 총질소량이 높은 지역에 분포하는 것으로 조사되었다. pH는 4.52~4.97 범위의 강산성을 나타내었다. 한편 주요군락의 DBH 분포, 상대기여도, 인간 간섭 등을 고려한 결과, 신갈나무군락은 신갈나무-당단풍군락으로, 소나무군락은 소나무군락 또는 신갈나무군락으로, 졸참나무군락은 졸참나무군락 또는 신갈나무군락으로, 굴참나무군락은 신갈나무군락으로의 천이가 각각 진행될 것으로 추정되었다.

검색어 : 감악산, 삼림식생, 상대기여도, 종조성, 토양환경, 흉고직경분포