

가야산 구상나무 군락의 구조 및 동태

이창석·조현제*

서울여자대학교 자연과학대학 생물학과

임업연구원 환경생태연구실*

Structure and Dynamics of *Abies koreana* Wilson Community in Mt. Gaya

Lee, Chang-Seok and Hyun-Je Cho*

Dept. of Biology, College of Natural Science, Seoul Women's University and

Laboratory of Environmental Ecology, Forestry Research Institute*

ABSTRACT

Structure and dynamics of *Abies koreana* community in Mt. Gaya were studied to provide the basic data for conservation of *Abies koreana* community, an endemic species in Korea.

A. koreana community of this study site was composed of tree layer(4~7m), subtree layer(2~4 m), shrub layer(1~2m), and herb layer(below 1m). The heights of tree and subtree layers were low. Floristic composition showed that this study site was subalpine and dry site. In frequency distribution diagram of diameter classes of major species consisting of *A. koreana* community, those of both *A. koreana* and other species showed reverse J-shaped types. From these results, it was estimated that *A. koreana* community of this site might be maintained continuously as a stable climax state like present state. In the spatial distribution diagram of major species, saplings of *A. koreana* were established under the canopy of *A. koreana* and *Pinus koraiensis* and under the dead tree of *A. koreana*. From these results, it was known that *A. koreana* saplings were recruited before the community was disturbed and regeneration was accomplished by advance regeneration pattern, in which these saplings established before occurrence of disturbance fill with open site originated from death of mature tree. Growth of annual rings was variable among individuals, it was estimated that such variation was originated in that growth of each individual relates to microclimatic conditions rather than macroclimatic ones. Ecological longevity of *A. koreana* in this study site estimated by disturbance types and age of dead trees was about 120 years.

서론

식생은 생육지의 환경과 반응하여 결정된 종들이 모여서 이루어진 군락의 형태로 존재하고 있다. 이러한 식물군락에 대한 연구는 군락의 구조적 측면에서의 연구와 군락의 동태 측면에서의

연구로 대별되는데, 식물군락의 구조적 측면에서의 연구는 어떤 지역에서 어느 한 순간의 식생 조성과 그것의 환경 사이의 관계를 밝히는 것을 목적으로 한다.

이와 같은 식물군락의 구조적 측면에서의 연구가 정적인 상태의 식물군락을 대상으로 진행되어 왔지만 식물군락은 정적인 상태로 존재하지 않고 구성종의 성장, 고사, 교대 등의 과정을 통하여 바뀌어 간다. 이러한 군락의 동태에서 구성종의 고사와 같이 생태계, 군락 또는 개체군의 구조를 파괴하고 자원이나 물리적 환경을 변화시키는 사건을 교란(disturbance)이라고 한다(Pickett & White, 1985). 교란의 결과 폐쇄된 임관이 열려 숲내에 생긴 공간을 틈(gap)이라고 하며(Watt, 1947; Bray, 1956), 이러한 숲의 틈에 새로운 개체들이 침입하여 이전의 임관형성목이 교대되는 과정을 재생(regeneration)이라고 한다(Bray, 1956). 교란과 교란된 숲의 재생 과정에 대한 연구는 1970년대 후반부터 활발한 연구가 시작되어 자연식생의 시·공간적 구조 및 유지기작을 밝히는데 기여하여 왔고, 최근 자연보존을 비롯한 여러 분야에서 그 개념의 응용에 대한 관심이 높아지고 있다(조, 1990).

회귀식물은 현재 위협하거나 취약한 상태에 있지는 않으나 전 세계적으로 불안스러워 보일 정도로 작은 개체군을 가지고 있는 식물을 말한다. 즉, 회귀종은 현재 직접적인 위협 아래에 있는 것은 아니나 전 세계적으로 분포하고 있는 개체수가 매우 적고 제한된 분포를 가지며, 분포가 넓다고 하더라도 생육장소가 극히 제한되어 있다(정, 1991). 최근 인구의 급속한 증가 및 문명의 발달과 함께 수반된 인간의 직·간접적 영향으로 이러한 식물들이 빠른 속도로 사라지고 있어 그들의 잠재적 가치가 과학적으로 규명되기도 전에 절멸의 위기로 치닫고 있는 실정이다(강 등, 1988).

구상나무(*Abies koreana* Wilson)는 한국 고유종이며 회귀식물로서 그 생육지가 아고산대에 한정되어(엄, 1962; 오, 1968; 차, 1969; 임, 1989; 최, 1982; 강, 1984) 형질교환이 가능한 개체군의 크기가 매우 작기 때문에 진화가 불가능하고 그 결과 멸종될 가능성이 매우 높은 식물이다(Soule and Simbeloff, 1986; Simberloff, 1988). 따라서 이러한 식물군락을 보존하기 위해서는 그 군락의 생태학적 특징, 특히 그것의 구조 및 동태에 대한 연구가 이루어져야 한다.

구상나무의 분포지는 한라산, 지리산, 덕유산 및 가지산으로 알려져 왔으며(植木, 1926), 가야산의 구상나무에 대해서는 오(1973)에 의하여 처음 보고되었고, 이 등(1990)은 식물상 조사를 통하여 가야산에서 구상나무의 분포를 확인하고 덕유산과 함께 가야산을 구상나무 분포의 북한계로 보고한 바 있다. 그러나 가야산의 구상나무에 대한 이러한 보고는 식물상 조사를 통하여 분포지를 밝히는 연구이었고, 그 군락의 생태학적 특징에 대해서는 아직 연구된 바 없다.

본 연구는 가야산 구상나무군락의 구조에 대한 연구를 통하여 그 군락의 생육지 환경에 대한 정보를 얻고, 그것의 동태에 관한 연구를 통하여 그 군락의 유지 및 재생 과정을 밝혀 그 군락의 보존을 위한 기초자료를 마련하는데 그 목적을 두었다.

조사지 개황 및 조사방법

조사지 개황

가야산은 1972년 10월 13일 국립공원으로 지정되었고, 가야산국립공원은 북위 35° 44′ 00″ ~ 35° 50′ 00″, 동경 128° 08′ 30″ ~ 128° 12′ 30″에 위치하며 그 면적은 56.8km²이다. 이 지역은 가야산(1,430m)을 비롯하여 두리봉(1,130m), 남산(1,112m), 남산제일봉(1,010m) 등 해발 1,000m 이상의 봉우리들이 병풍처럼 연봉을 이루고 있고, 가야산과 두리봉 사이에서 발원한 계류

가 이 지역을 동서로 양분하면서 흘러 홍류동계류를 이루고 있다(Fig. 1).

지질은 선캠브리아기의 편마암과 쥐라기의 화강암류가 대부분이며 규장암 등도 분포하고 있다(원 및 이, 1989).

가야산에서 구상나무군락은 정상 부근과 정상부로부터 300m 정도 떨어진 장소로서 정상으로부터 동쪽으로 달리는 능선의 남쪽 사면 고도 1,350m에서부터 1,420m사이에 분포하고 있다(Fig. 1). 본 조사지소는 절리된 모암이 노출된 상태로 산재되어 있는데, 그들이 차지하고 있는 면적이 넓어 숲이 다소 영성한 상태로 형성되어 있다.

조사지소 주변의 주요 식물 중 교목층 식물은 구상나무(*Abies koreana*)와 잣나무(*Pinus koraiensis*)이었고, 아교목층 식물은 신갈나무(*Quercus mongolica*), 함박꽃나무(*Magnolia sieboldii*), 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*), 개박달나무(*Betula chinensis*), 사스래나무(*Betula ermani*) 등이었으며, 관목층 식물은 쇠물푸레나무(*Fraxinus sieboldiana*), 털진달래(*Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*), 붉은병꽃나무(*Weigela florida*), 산앵도나무(*Vaccinium koreanum*), 마가목(*Sorbus commixta*) 등이었고, 초본은 실새풀(*Calamagrostis arundinacea*), 그늘사초(*Carex lanceolata*), 금마타리(*Patrinia saniculaefolia*), 돌양지꽃(*Potentilla dickinsii*) 등이었다.

조사방법

구상나무군락의 계층구조는 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층으로 구분하여 각 층의 식피율로 조사하였으며, 식생조성은 Braun-Blanquet(1964)법으로 조사하였다.

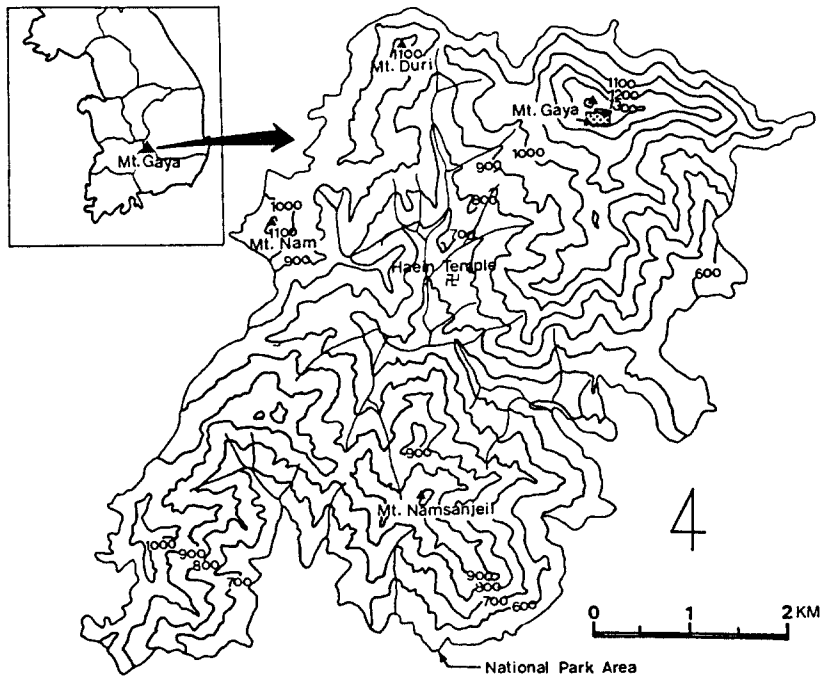


Fig. 1. Map showing the study site(dotted area).

구상나무군락을 구성하는 주요 종의 개체군 구조는 단위면적(10m×10m) 내에 출현한 교목성 수종과 아교목성 수종의 모든 개체를 대상으로 그들의 지표 직경을 측정하고 그것의 계급별 빈도분포도를 작성하여 분석하였다.

개체 분산도는 본 조사지소에서 기타 수종의 식물들이 적어 구상나무 순수입분이 형성된 지소(조사지소 2)와 기타 수종이 다수 분포하고 있는 혼합림 형태의 지소(조사지소 1)의 두 지소를 선정하여 각 지소에 10m×10m 방형구를 설치하고 그 방형구를 1m 간격의 소방형구로 세분화한 후 각 방형구내에 출현한 교목성 수종과 아교목성 수종의 모든 개체의 위치를 모눈종이에 표시하여 작성하였다. 수관투영도는 교목층을 이루고 있는 개체를 대상으로 수관의 끝을 연결하여 작성하였으며, 임분단면도는 방형구내의 한 부분을 선정하여 10m×2m의 belt transect를 설치하고 그 안에 출현한 주요 목본식물을 대상으로 임분의 단면을 묘사하여 작성하였다.

연륜생장은 구상나무의 연령을 추정하고 생육지 환경을 파악하기 위하여 비교적 최근에 고사되어 줄기가 심하게 썩지 않은 고사목을 대상으로 지면부의 줄기를 절단하여 원편을 구하였고, 고사되지 않은 성숙목은 성장추를 이용하여 지상 30cm 높이에서 연륜시료를 채취한 후 연륜생장 측정기를 이용하여 각 시료의 연륜 생장을 0.01mm 단위까지 측정하였다. 이러한 연륜생장 측정자료 중 줄기의 원편으로부터 얻은 자료(Fig. 7의 4번과 8번 자료)와 성장추를 이용하여 채취한 연륜시료 중 줄기의 중심부를 관통한 개체로부터 얻은 자료(Fig. 3, 5, 7 및 11번 자료)에서 줄기의 중심으로부터 표면에 이르기까지 측정된 연륜생장을 누적하여 구한 회귀식을 이용하여 구상나무의 연령을 추정하였고, 연령구조는 추정된 연령의 계급별 빈도분포도를 작성하여 분석하였다. 한편, 성장추를 이용하여 채취한 연륜시료의 연령은 시료를 채취한 지상 30cm 높이까지 자라는 데 걸리는 평균 연수(15년)를 더하여 그 연령을 보정하였다.

결과 및 논의

군락구조

1) 층 구조

구상나무 군락의 계층구조를 파악하기 위하여 구상나무 군락의 식생조성을 조사한 10개 지점에서 식생의 층별 평균치로 작성된 임관단면도를 Fig. 2에 나타내었다. 군락의 층구조는 교목층(4~7m), 아교목층(2~4m), 관목층(1~2m) 및 초본층(1m 이하)의 4층으로 이루어지고 각 층의 식피율은 53.5%, 30.5%, 49.5% 및 37.5% 이었다.

본 연구에서 조사된 구상나무군락의 계층구조는 전형적인 삼림군락의 것과 비교하여 교목층의 높이가 현저히 낮았는데, 그 원인은 후술하는 바와 같이 생육지 환경이 열악한데 기인하는 것으로 판단되었다. 이와 같이 교목층의 높이가 낮고 그 결과 교목층과 아교목층 사이의 높이 차이가 뚜렷하지 않았지만 침엽수로 이루어진 교목층과 활엽수로 이루어진 아교목층이 비교적 분명하게 구분되었다(Fig. 5 및 6(B)).

2) 식생 조성

가야산 구상나무군락의 식생조성은 Table 1과 같다. Table 1에서 보면, 잣나무, 쇠물푸레나무, 털진달래, 실새풀, 그늘사초, 신갈나무, 함박꽃나무, 붉은병꽃나무, 당단풍, 금마타리, 돌양지꽃, 산앵도나무, 개박달나무 등의 상재도가 IV이상으로 높았다.

가야산에서 구상나무군락의 생육지는 1,300m이상의 고지대로서 한반도의 식생대에서 아고산대

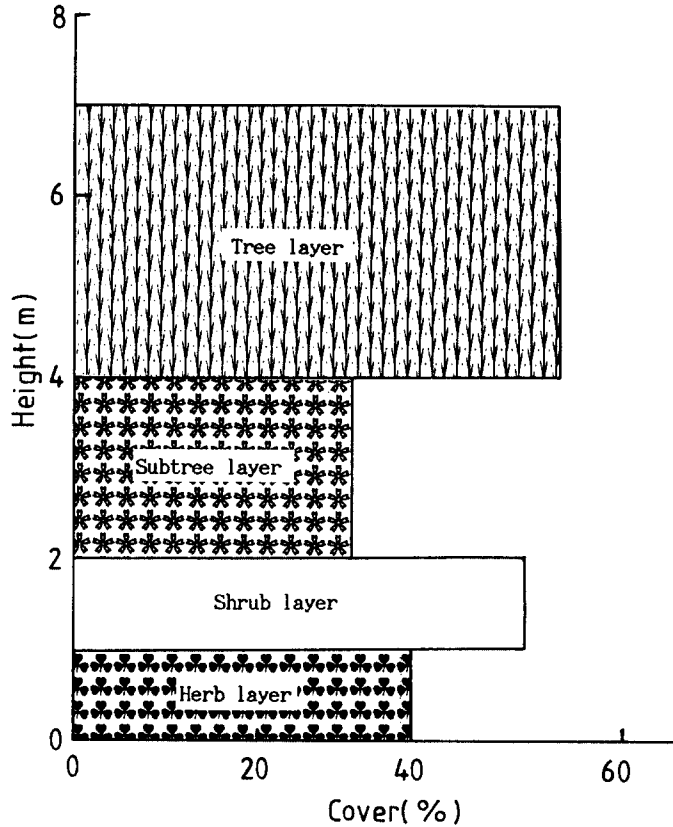


Fig. 2. Canopy profiles of *Abies koreana* community. The height of the horizontal bars represents the average span of canopy height and the length of each bar the total cover of all species in the height ranges.

에 해당되고(임, 1989) 그 환경은 절리된 대형 암석들이 산재되어 있고 그 사이를 풍화가 덜 진행된 모재료가 채우고 있어 건조한 지소로 판단되었는데, 상재도가 높은 식물 중 잣나무, 신갈나무, 금마타리 등은 본 지소가 고지대임을 반영하였고, 쇠물푸레나무, 붉은병꽃나무, 돌양지꽃, 산앵도나무, 개박달나무 등은 본 지소가 건조지소임을 반영하였다.

군락의 동태

1) 개체군 구조

군락의 동태는 구상나무군락 형성지 중 2개 주요 지소를 선정하여 교목층과 아교목층을 형성할 수 있는 수종을 대상으로 그들의 지표직경을 측정하여 작성된 직경급 별 빈도분포도를 작성하여 분석하였다(Fig. 3 및 4). 이러한 분포도에서 직경은 연령과 비례하므로 직경급 분포도는 연령 분포도와 유사한 것으로 간주된다. 따라서 직경급 분포도의 모양은 그 개체군의 지속적 유지 가능성 여부를 판단하는데 중요한 정보를 제공하게 된다(Barbour *et al.*, 1987). Fig. 3은 조사지소 1의 지표직경급 분포도를 나타내고 있는데 그림(A)와 그림(B)는 각각 구상나무와 기타

Table 1. Vegetation table of *Abies koreana* community in Mt. Gaya.

		1390	1380	1370	1370	1350	1410	1410	1400	1400	1390
Altitude(m)		1390	1380	1370	1370	1350	1410	1410	1400	1400	1390
Aspect(degree)		170	170	150	160	140	140	130	140	160	140
Slope(degree)		30	30	30	25	30	20	20	20	30	20
Height of tree layer(m)		7.0	5.0	5.0	4.0	6.0	5.0	4.5	4.5	7.0	7.0
Coverage of tree layer(%)		60	80	40	60	45	50	40	50	60	50
Height of subtree layer(m)		3.5	2.5	3.0	·	3.0	2.5	2.5	2.5	4.0	5.0
Coverage of subtree layer(%)		40	40	20	·	35	30	50	40	30	20
Height of shrub layer(m)		1.5	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5
Coverage of shrub layer(%)		60	85	50	30	60	60	50	50	20	30
Height of herb layer(m)		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Coverage of herb layer(%)		70	60	50	40	35	40	40	40	10	10
Quadrat size(m ²)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Abies koreana</i>	T ₁	2.2	3.3	2.1	2.1	3.2	2.1	2.3	3.3	2.1	2.2
	T ₂	1.1	1.1	1.2	·	+	·	3.3	·	·	·
	S	+	·	·	·	+	·	·	1.1	·	1.1
	H	·	+	·	·	+	·	+	+	·	·
<i>Pinus koraiensis</i>	T ₁	1.1	+	·	·	2.2	+	·	+	3.3	·
	T ₂	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·
	S	·	·	·	r	+	+	+	·	·	+
	H	·	r	+	r	+	·	+	+	·	r
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	S	2.2	3.3	1.1	1.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.2	1.1
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	S	3.3	3.4	3.3	2.3	3.4	3.4	2.2	3.3	2.2	·
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	H	3.4	3.3	1.2	1.2	2.2	2.2	1.1	3.3	1.1	·
<i>Carex lanceolata</i>	H	2.3	2.2	2.2	1.2	2.2	2.2	·	1.1	+	+
<i>Quercus mongolica</i>	T ₁ ,S	1.1	·	2.1	+	2.1	+	1.1	·	2.2	2.2
<i>Magnolia sieboldii</i>	T ₂	1.1	1.1	2.2	+	1.1	2.1	2.1	·	·	1.1
<i>Weigela florida</i>	S	1.1	+	+	1.1	+	1.1	+	1.1	·	·
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	T ₂	2.1	r	·	·	·	2.3	3.3	+	+	3.3
<i>Patrinia saniculaefolia</i>	H	3.4	2.2	3.3	2.2	2.2	·	1.1	+	·	·
<i>Potentilla dickinsii</i>	H	+	+	+	·	r	·	+	+	+	·
<i>Vaccinium koreanum</i>	S	+	1.1	r	+	·	·	1.1	3.3	+	·
<i>Betula chinensis</i>	T ₂	+	+	+	+	+	+	·	+	·	·
<i>Sorbus commixta</i>	S	+	+	1.1	1.1	r	·	·	1.1	·	·
<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	S	+	+	+	+	r	·	·	·	·	·
<i>Betula ermani</i>	T ₁	2.1	+	1.1	·	·	2.1	·	·	1.1	·
<i>Euonymus macroptera</i>	S	+	·	·	1.1	·	·	+	+	·	·
<i>Rhododendron tschonoskii</i>	S	·	1.1	1.1	+	·	+	·	·	·	·
<i>Athyrium nipponicum</i>	H	r	·	·	·	·	r	+	·	·	r
<i>Vaccinium oldhami</i>	S	+	1.1	·	+	·	·	·	·	·	·
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	H	+	r	·	·	·	+	·	·	·	·
<i>Acer barbinerve</i>	T ₂	·	+	·	3.2	1.1	·	·	·	·	·
<i>Euonymus pauciflorus</i>	S	·	·	2.2	·	·	·	+	+	·	·
<i>Diarrhena japonica</i>	H	·	·	+	1.1	·	2.2	·	·	·	·
<i>Lycopodium serratum</i>	H	·	·	·	r	r	·	·	·	r	·
<i>Sedum polystichoides</i>	H	r	·	·	r	r	·	·	·	·	·
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	S	1.1	·	·	·	1.1	·	·	·	·	·

Table 1. Continued

<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	S	1.2	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lonicera maackii</i>	S	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Cimicifuga heracleifolia</i>	H	.	r	.	+	.	.	.	.	.
<i>Tripterygium regelii</i>	S	.	.	.	+	.	2.2	.	.	.
<i>Lycopodium chinense</i>	H	.	.	.	.	r	.	.	r	.
<i>Tilia amurensis</i>	T ₁	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	T ₂	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	H	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sanguisorba hakusanensis</i>	H	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	H	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Angelica tenuissima</i>	H	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa acicularis</i>	S	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>	S	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Callicarpa japonica</i>	S	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	S	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Clematis apiifolia</i>	S	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Pinus densiflora</i>	T ₁	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1
<i>Patrinia villosa</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Disporum smilacinum</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1
<i>Pyrola japonica</i>	H	.	.	.	.	.	.	.	.	r

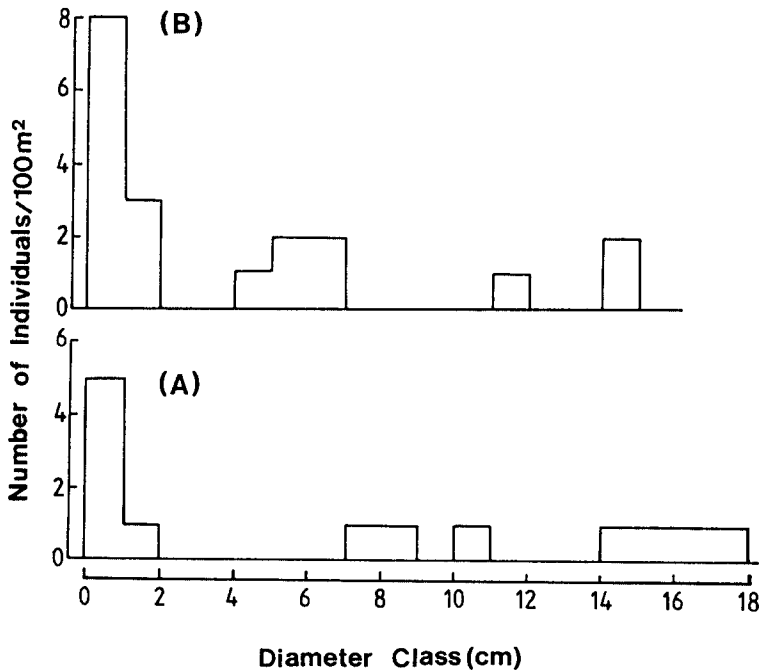


Fig. 3. Frequency distribution diagrams of diameter at ground surface (D_0) of *Abies koreana* population (A) and other species(B) at site 1 of Mt. Gaya.

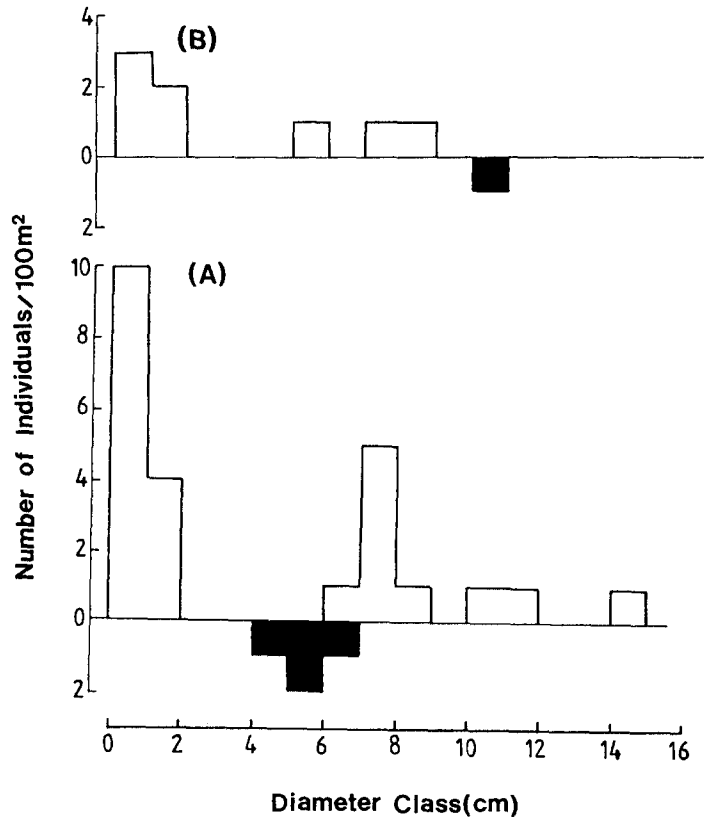


Fig. 4. Frequency distribution diagrams of diameter at ground surface (D_0) of *Abies koreana* population (A) and other species(B) at site 2 of Mt. Gaya. Solid columns show the dead trees.

수종의 분포도를 나타낸다. 조사지소 1에서 구상나무는 직경 2.0cm 이하의 소경목 집단, 2.1~10.0cm의 중경목 집단 및 10.1cm 이상의 대경목 집단의 세 집단으로 구분되었는데, 소경목 집단의 밀도가 높고 중경목 집단이나 대경목 집단의 밀도가 낮은 역 J 자형의 분포도를 나타내었다.

이상의 결과에서와 같이 구상나무 집단과 기타 수종 집단은 직경급 범위와 분포도의 모양이 모두 서로 유사하였고, 밀도는 기타 수종이 다소 높았다. 조사지소 2에서 구상나무의 분포도는 직경 2.0cm 이하의 소경목 집단, 2.1~10.0cm의 중경목 집단 및 10.1cm 이상의 대경목 집단으로 구분되었는데, 소경목 집단, 중경목 집단 및 대경목 집단의 순서로 밀도가 높아 역 J 자형을 나타내었다. 기타 수종은 직경 2.0cm 이하의 소경목 집단, 2.1~10.0cm 이하의 중경목 집단 및 10.1cm이상의 고사된 대경목 개체로 구분되었는데, 각 집단 간의 밀도가 크게 다르지 않았다. 한편, 조사지소 2는 조사지소 1과 달리 기타 수종에 비해 구상나무의 밀도가 높았다.

직경급 분포도의 모양에서 역 J 자형은 동령림의 경우, 경쟁이 일어나고 있음을 의미하며 (Ford, 1975; Mohler *et al.*, 1978) 동령림이 아닐 경우, 침입집단 또는 극상림 집단의 특징으로서 지속적으로 유지될 수 있는 집단을 의미한다 (Barbour *et al.*, 1987). 한편, 역 J 자형 집단과 정

규분포형 집단이 공존하고 전자가 후자보다 작은 개체로 구성된 군락의 경우 후자는 전자에 의해 교대되어 천이가 진행되는 것으로 알려져 있다(Barbour *et al.*, 1987). 그러나 본 조사지소의 구상나무 군락은 구상나무와 기타 수종 간의 크기 차이가 뚜렷하지 않고 두 집단이 모두 역 J 자형을 나타내어 이 두 집단이 서로 공존하는 극상 집단으로 해석할 수 있다. 즉, 본 조사지소의 구상나무군락은 구상나무가 우점하고 신갈나무, 함박꽃나무, 당단풍, 개박달나무, 사스래나무, 시닥나무(*Acer barbinerve*), 개회나무(*Syringa reticulata* var. *mandshurica*) 등이 구상나무군락의 아교목층 형성 수종으로 공존하는 현재의 식생상태로 지속적으로 유지될 수 있을 것으로 판단되었다.

2) 구상나무 군락의 유지기작

구상나무 군락의 유지기작을 밝히기 위하여 조사지소 1과 2에서 조사된 개체들의 공간분포, 수관투영도 및 임분단면도를 Fig. 5 및 6에 나타내었다.

조사지소 1에서 중경목과 대경목을 포함한 구상나무 성숙목은 7개체, 치수(sapling)는 6개체가 출현하여 성숙목과 치수의 밀도가 모두 낮았는데, 이러한 결과는 본 조사지소의 생육지 조건이 임상에는 대형 암석이 산재되어 있고 그 사이가 거친 모래로 채워진 열악한 조건(Fig. 5 및 6(B))인데 기인한 결과로 판단되었다. 구상나무 치수는 구상나무 성숙목의 수관 가장자리나 성숙목의 수관을 다소 벗어난 부분에 분포하였는데, 조사지소 2의 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 현재 구상나무군락에서 부분적으로 고사 개체가 발생하는 것으로 보아 본 조사지소의 구상나무 군락이 쇠퇴단계에 접어든 군락으로 판단되므로 이들 치수들은 쇠퇴단계에 있는 성숙목의 후속수가 될 것으로 판단되었다. 기타 수종은 여러 종류가 다수 출현하였는데, 낮은 밀도로 유지되고 있는 구상나무의 수관과 수관 사이에 정착하여 그 공간을 아교목층의 상태로 매우고 있었다(Fig. 5(B)). 한편, 방형구의 원편 아래쪽 부분을 비롯하여 식물이 분포하지 않은 부분은 대형 암석이 위치하여 식물이 정착하지 못한 부분을 나타낸다.

조사지소 2에서 구상나무 성숙목과 치수는 각각 14개체가 출현하여 그 밀도가 낮았는데, 이와 같이 밀도가 낮은 원인은 조사지소 1의 경우와 마찬가지로 열악한 생육지조건에서 비롯된 결과로 판단되었다. 14개체의 성숙목 중 4개체는 고사된 개체이었는데, 그들은 방형구의 원편 위쪽의 구상나무 개체가 다소 집중된 곳에 3개체, 중앙부에 1개체가 분포하였다. 치수는 구상나무 성숙목의 수관 밑, 고사목 주변, 잣나무 성숙목의 수관 밑 등에 분포하였는데, 본 조사지소의 구상나무군락은 부분적으로 고사개체가 발생하고 있는 쇠퇴단계의 군락으로서 이러한 치수들이 쇠퇴단계에 있는 성숙목이 고사되면 그들의 후속수가 될 것으로 판단되었다. 이러한 결과에서 볼 때, 본 조사지소에서 구상나무군락의 재생은 그 군락에서 교란이 발생하기 전에 이와 같이 미리 정착한 치수에 의해서 이루어지는 advance regeneration의 양식으로 진행될 것으로 판단되었다(Oliver and Larson, 1990). 이와 같이 교란이 발생하기 전에 치수가 정착할 수 있었던 원인은 성숙목의 노화로 나무의 수관이 쇠퇴하여 임상에 유입되는 광량이 증가하고(이 및 김, 1989), 본 조사지소의 생육지조건이 열악하여 임목의 밀도가 낮은 관계로 비교적 충분한 광량이 임상에까지 도달할 수 있었기 때문으로 판단되었다(Hamao and Osama, 1984). 그러나 본 조사지소에서 치수와 성숙목은 발견되었지만 그 중간단계인 유목(juvenile)은 발견되지 않았는데, 그 원인은 성숙목으로부터 공급된 종자의 발아에 의해 보충된 유묘가 치수의 단계까지는 광요구도가 낮으므로 성숙목의 수관에 의해 걸러지고 공급되는 낮은 광도에서도 생존이 가능하지만, 더 성장함에 따라 보다 높은 광도가 요구되고, 그 경우 교란이 발생하지 않으면 그러한 요구조건을 충족시

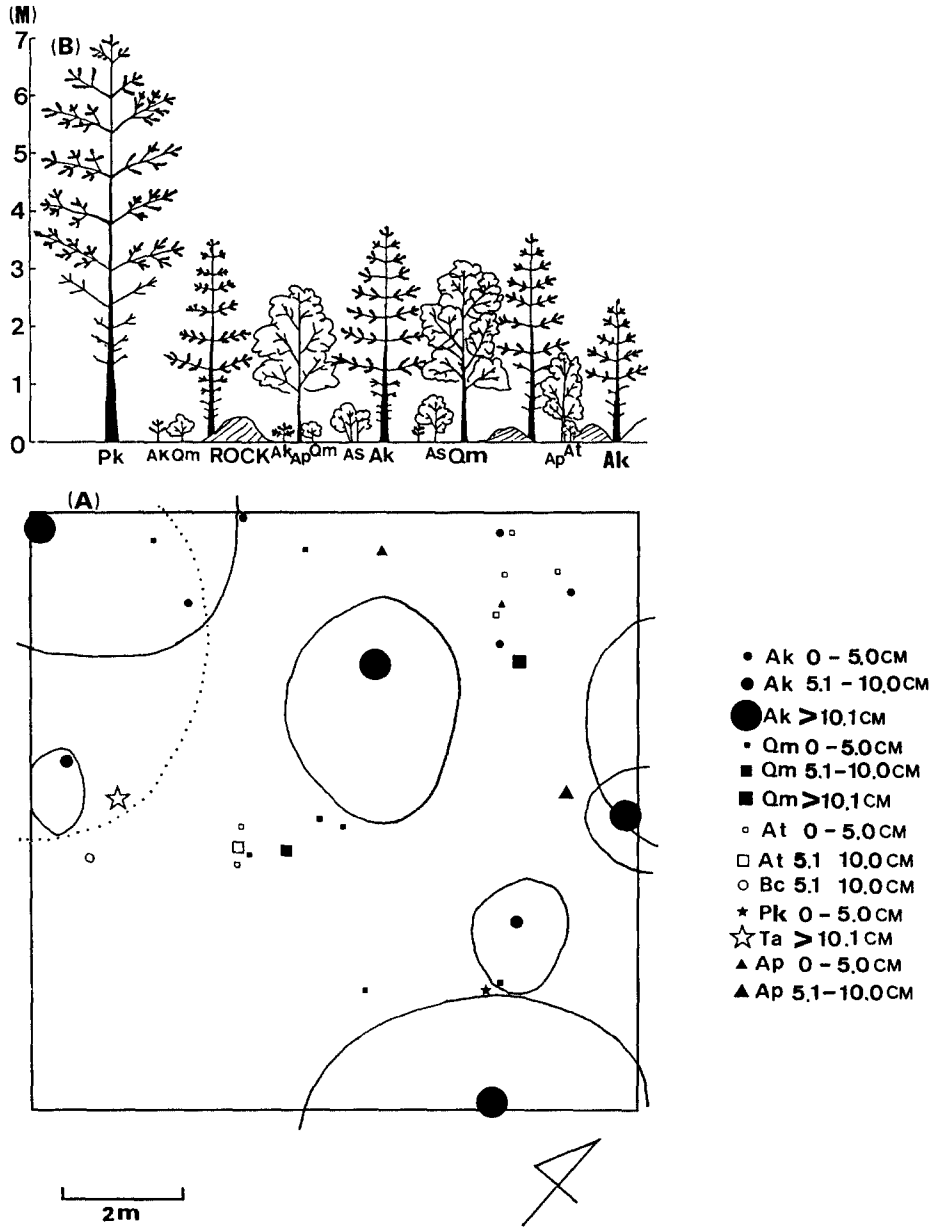


Fig. 5. Diagrams showing the spatial distribution of individuals and crown projection(A) and stand profile(B) of *Abies koreana* stand at site 1 of Mt. Gaya. Solid line:crown of *Abies koreana* dotted line:crown of *Pinus koraiensis*. Ak:*Abies koreana*, Qm:*Quercus mongolica*, Bc:*Betula chinensis*, At:*Acer tschonoskii* var. *rubripes* Pk:*Pinus koraiensis*, Ta:*Tilia amurensis*, Ap:*Acer pseudo-siedboldianum*

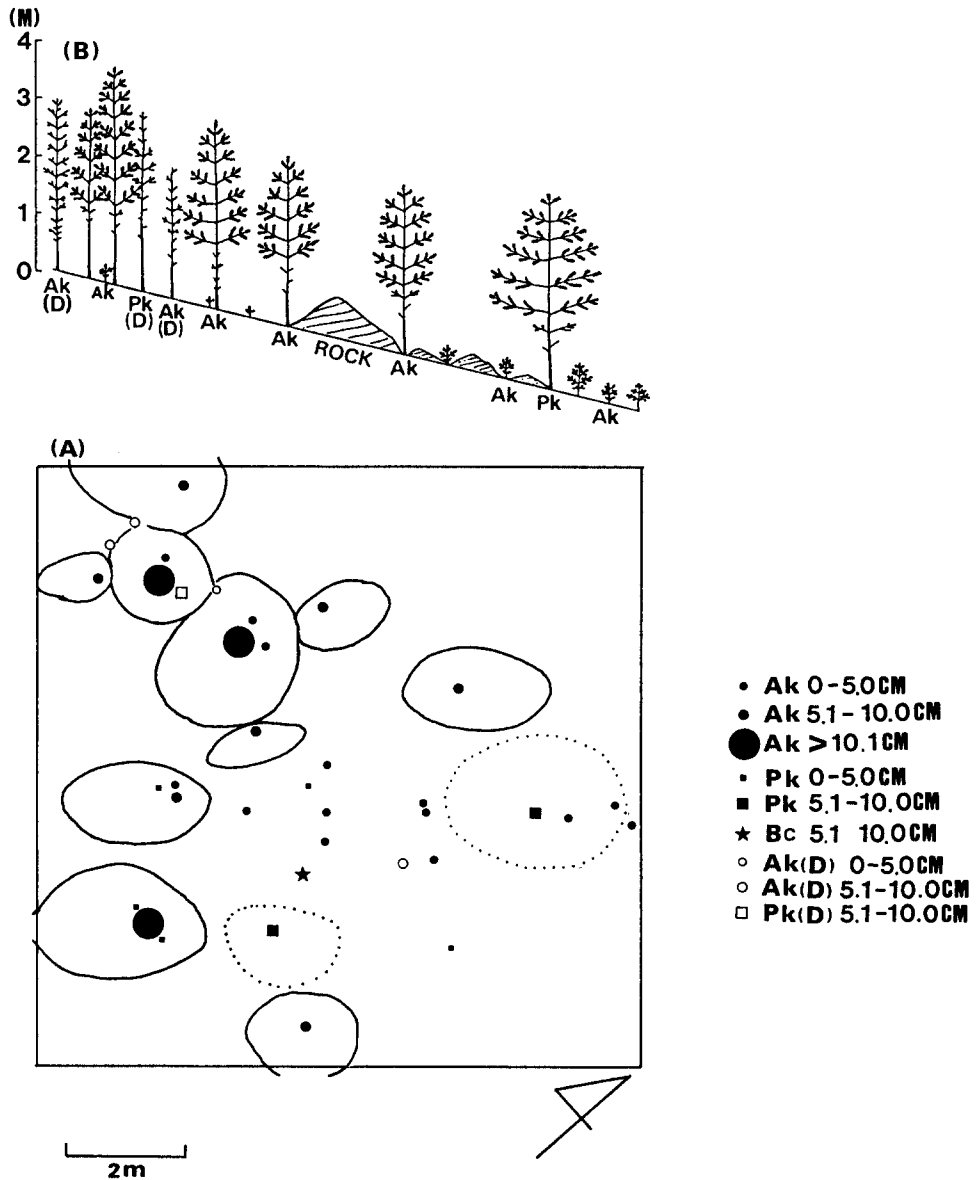


Fig. 6. Diagrams showing the spatial distribution of individuals and crown projection(A) and stand profile(B) of *Abies koreana* stand at site 2 of Mt. Gaya.
 Solid line:crown of *Abies koreana*, dotted line:crown of *Pinus koraiensis*. Ak:*Abies koreana*, Pk:*Pinus koraiensis*, Bc:*Betula chinensis*, Ak(D):Dead *Abies koreana*, Pk(D):Dead *Pinus koraiensis*

켜줄 수 없기 때문에 치수가 유목단계로 성장하지 못하고 고사되는데 기인한 것으로 판단되었다. 즉, 식물은 양수는 물론 음수까지도 임관층을 이루는 성숙한 개체로 자라기 위하여 정도의 차이는 있지만 일생에 적어도 한번 또는 그 이상 교란의 발생을 필요로 하는데(Canham, 1985), 본 조사지소의 구상나무군락은 현재의 성숙목에 의해 군락이 성립된 이후 아직 그러한 교란의 영향을 받지 않은 것으로 판단되었다.

한편, 木村(1977)은 전나무속 식물숲의 재생유형을 자작나무속 식물이 개재되어 재생되는 "Betula형"과 침엽수만에 의해 재생이 이루어지는 "Shimagare형", 즉 일시에 다수의 개체가 고사되어 고사된 부분이 띠를 형성하는데 이러한 띠가 단계적으로 나타나 Sprugel(1976)이 "파형 재생(wave-regeneration)"이라고 칭한 재생유형의 두 가지 유형으로 보고한 바 있고 강(1984, 1988)은 지리산 구상나무숲의 재생유형을 전자인 "Betula형"으로, 그리고 한라산 구상나무숲의 유형을 후자인 "파형 재생형"으로 보고한 바 있는데, 본 조사지소의 재생유형은 *Betula*속 식물이 개재되지 않고 침엽수만에 의해 재생이 이루어지는 점에 있어서 후자의 유형에 가깝지만 구상나무군락이 고밀도의 순림을 형성하지 않은 관계로 교란이 산발적으로 발생하는 점이 그 유형과 달랐다. 또한, Hamao와 Osama(1984)는 성숙목과 같은 장소에서 재생이 이루어지는 이 두가지 재생유형을 동소적 재생유형으로, 그리고 성숙목과 장소를 달리하여 이루어지는 재생을 이소적 재생유형으로 구분하였는데, 본 조사지소에서 구상나무 치수는 대부분 성숙목의 수관밑에 분포하고 수관을 벗어나서 분포하는 경우도 성숙목으로부터 멀리 떨어지지 않아 본 조사지소에서 구상나무군락의 재생유형은 동소적 재생유형인 것으로 판단되었다.

3) 연륜생장 및 연령구조

Fig. 7은 본 조사지소의 식물군락에서 교목층을 구성하는 식물인 구상나무와 잣나무의 연륜생장 상태를 나타내고 있다. Fig. 7에서 1~12번 개체는 구상나무, 13번과 14번 개체는 잣나무의 연륜생장을 나타낸다.

1~14번까지 각 개체의 연령은 각각 65년, 126년, 104년, 125년, 107년, 92년, 93년, 111년, 86년, 68년, 98년, 126년, 46년 및 108년이었는데, 연륜시료를 채취할 때 줄기의 중심부를 관통하지 못한 개체의 연령은 줄기의 중심부에 가까운 부분의 성장추세를 통하여 보정하였다. 따라서 연륜의 성장폭이 측정된 연수와 연령이 다소 달랐다.

각 개체의 연륜생장은 연간 변화가 심하였으며, 개체들 사이에 그 생장의 경년변화 경향도 일치하지 않았다. 동일한 지소에 살고 있는 개체들 사이에서 이와 같이 연륜생장의 경년변화 경향이 서로 다르게 나타나는 것은 본 조사지소의 생육지환경이 매우 열악하기 때문에 군락을 구성하고 있는 개체들의 생장이 강수량이나 기온과 같은 대기후요인에 의하여 결정되기 보다 각 개체가 위치하고 있는 지점의 미기후에 의하여 생장이 결정되기 때문인 것으로 판단되었다.

구상나무의 연령은 연륜의 성장폭을 측정하여 구한 연륜생장식으로부터 구하였다(Fig. 8). 앞서 언급한 바와 같이 본 조사지소에서 구상나무의 연륜은 각 개체가 위치한 지점의 미기후조건에 따라 그 생장이 다양하게 나타나는데, 그러한 변이를 감소시키기 위하여 직경급에 따라 직경급이 10.1cm 이상인 개체의 연령은 직경급이 10.1cm 이상인 개체의 연륜생장식(Fig. 8(A))을 적용하여, 그리고 직경급 10.0cm 이하인 개체의 연령은 직경급이 10.0cm 이하인 개체의 연륜생장식(Fig. 8(B))을 적용하여 연령을 추정하였고, 치수의 연령은 Fig. 8(A)의 식으로 구한 연령과 Fig. 8(B)의 식으로 구한 연령의 평균값으로 추정하였다.

이와 같이 연륜생장식을 적용하여 구상나무의 연령을 구하고 그것을 20년 간격으로 종합하여

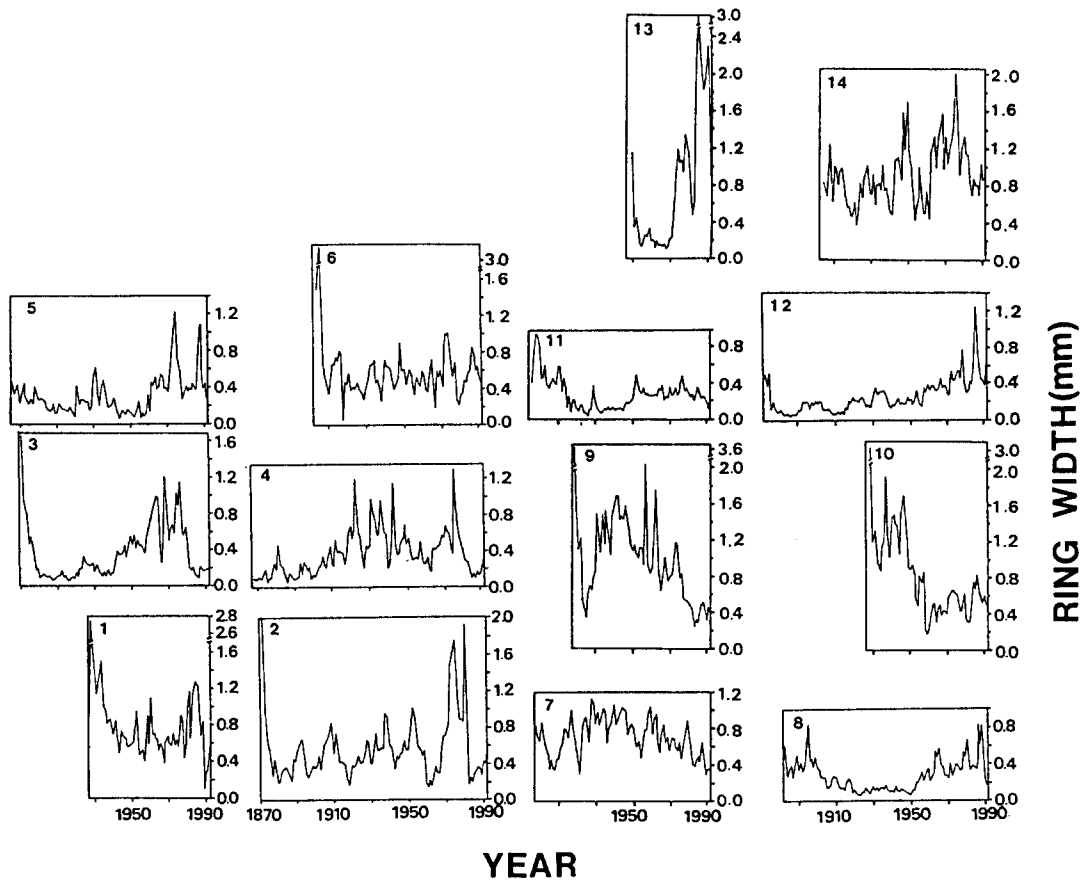


Fig. 7. Yearly changes of radial growth of *Abies koreana*(1 to 12) and *Pinus koraiensis*(13 and 14).

연령급의 빈도분포도를 작성하였다(Fig. 9). Fig. 9에서 조사지소 1과 2의 연령구조는 모두 0~20년의 치수집단과 81~170년의 성숙목 집단으로 대별된 쌍봉형을 나타내어 극상림의 전형적인 연령분포양상을 나타내었다(강, 1984). 이러한 연령분포도는 치수 집단, 중경목 집단 및 대경목 집단의 3집단으로 구분되어 3봉형의 양상을 보였던 직경분포도와 달리 쌍봉형을 나타내었는데, 이러한 결과는 직경분포도에서 중경목과 대경목의 크기 차이가 연령차이보다 각 개체가 위치하고 있는 지점의 미기후조건에 기인한데서 비롯된 것으로 판단되었다.

4) 교란요인과 구상나무의 수명

본 조사지소에서 구상나무의 고사개체는 조사지소 2에 나타난 4개체와 그 주변에서 발견된 3개체를 포함하여 총 7개체가 발견되었는데, 그 중 6개체가 서있는 상태로 고사되었고 나머지 1개체는 뿌리가 뽑힌 상태로 고사되어 전자의 유형이 주요 교란유형으로 평가되었다. Nakashi-

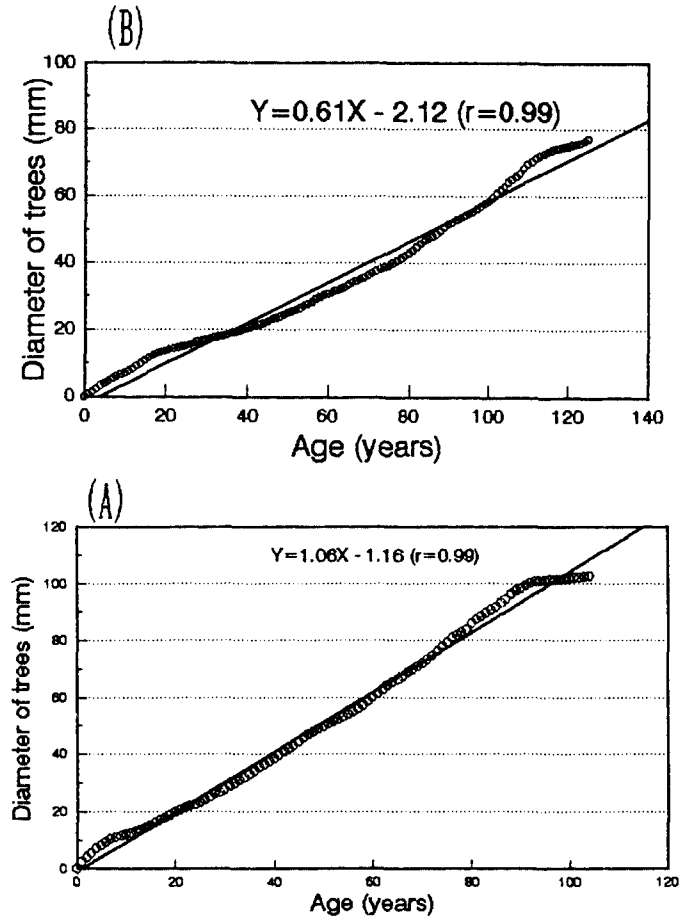


Fig. 8. Growth curves(open circle) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1991. (A) shows the growth curve of individuals above 10.0cm in diameter and (B) that of individuals below 10.0cm in diameter.

zuka(1984)는 전자의 유형을 standing dead type, 후자의 유형을 uprooted type으로 구분하고 이러한 고사유형으로부터 나무의 고사원인, 즉 교란요인을 평가할 수 있다고 하였는데, 본 조사 지소의 교란요인은 외생적 요인보다 내재적 요인에 기인하는 것으로 판단되었다(Nakashizuka, 1984; Runkle, 1985). 따라서 고사개체의 평균연령은 이러한 지소에서 구상나무의 생태적 수명으로 판단할 수 있는데 본 연구를 수행한 장소에서 밝혀진 구상나무의 생태적 수명은 약 120년으로서 지리산에서 조사된 강(1984)의 결과보다 50~60년 더 길었다.

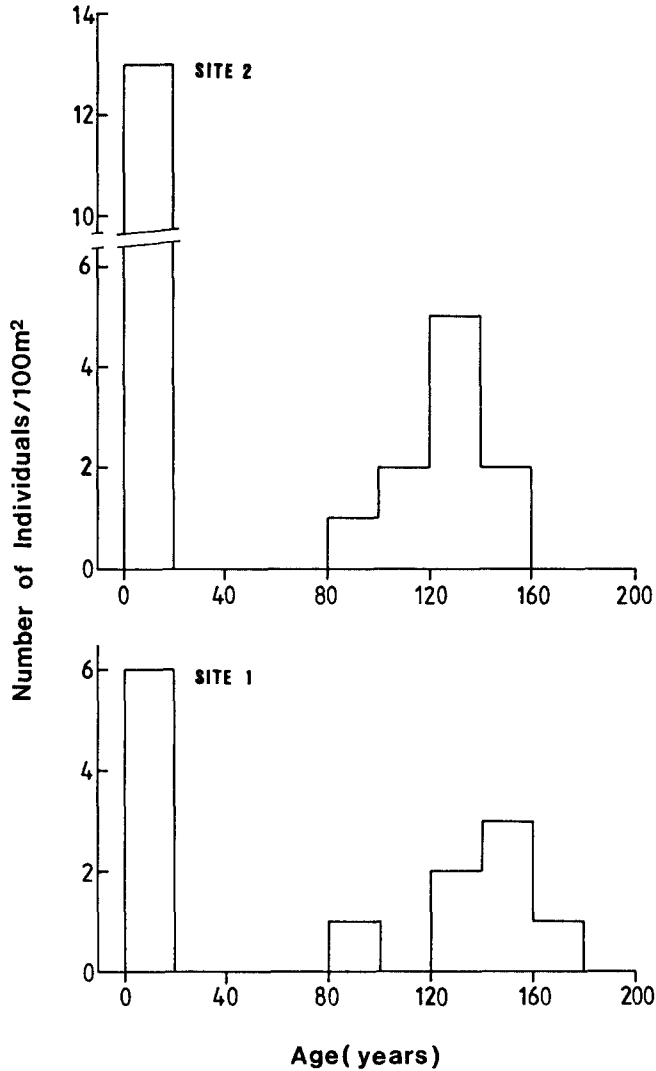


Fig. 9. Age distribution diagrams of *Abies koreana* appeared in sites 1 and 2.

요 약

한국 고유종이며 희귀종인 구상나무군락의 보존에 필요한 기초자료를 마련하기 위하여 그 군락의 구조 및 동태를 연구하였다.

본 조사지소의 구상나무군락은 교목층(4~7m), 아교목층(2~4m), 관목층(1~2m) 및 초본층(1m 이하)의 4층 구조로 이루어졌다. 본 조사지소의 종조성은 고산성 식물 및 건조지소에 자주 출현하는 식물의 출현빈도가 높아 본 조사지소가 아고산대의 건조지소임을 반영하였다. 구상

나무 균락을 이루는 주요 종을 대상으로 작성한 지표직경급 분포도에서 구상나무와 기타 수종은 모두 역 J 자형을 나타내어 본 조사지소의 구상나무균락이 안정된 극상상태를 나타내며, 현상태가 지속적으로 유지될 것으로 판단되었다. 주요 종의 공간분포도에서 구상나무 치수는 교란이 발생하기 전에 구상나무나 잣나무 성숙목의 수관 밑이나 고사목 주변에 정착하였다. 이러한 결과로부터 구상나무 치수들이 교란이 발생하기 전에 보충되었음을 알 수 있었다. 따라서 본 조사지소에서 구상나무균락의 재생은 이와 같이 교란이 발생하기 전에 정착한 치수들이 교란에 의해 성숙목이 고사되면 그 공간을 메우는 advance regeneration의 양식으로 이루어질 것으로 판단되었다. 본 조사지소에서 교란요인은 성숙목의 고사유형으로부터 판단하였을 때 내재적 요인이 주로 작용하는 것으로 판단되었으며, 고사목의 연령으로부터 평가된 구상나무의 생태적 수명은 약 120년으로 추정되었다.

인용문헌

- Barbour, M. G., J. H. Burk and W. D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Co., Menlo Park. pp. 155-229.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzsoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd ed. Springer, New York. p.865.
- Bray, J. R. 1956. Gap phase replacement in a maple-basswood forest. Ecology 37:598-600.
- Canham, C. D. 1985. Suppression and release during canopy recruitment in *Acer saccharum*. Bull. Torrey Bot. Club 112:134-145.
- 차종환. 1969. 한라산 식물의 수직분포. 한식지 12(4):19-29.
- 조도순. 1990. 삼림생태계에서의 교란과 그 역할. 한식지 33(2):147-150.
- 최두문. 1982. 한라산 백록담 주변의 식생연구. 공주사범대학 논문집 20:81-94.
- 정영호. 1991. 국제자연보호연맹이 제정한 희귀 및 위기식물 지정기준과 범례. 자연보존 73:21-28.
- Ford, E. D. 1975. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. J. Ecol. 63:311-333.
- Hamao, S. and M. Osama. 1984. Natural regeneration of *Abies mariesii* stand in Oze area. 森林立地 26(1):20-24(in Japanese).
- 강상준. 1984. 지리산 아고산대 침엽수림의 갱신. 한생태지 7(4):185-193.
- 강상준. 1989. 한라산 구상나무숲의 재생에 대하여. 대한민국학술원 주최 제 17회 국제학술대회 논문집:21-50.
- 강상준·김홍은·이희선. 1988. 충북의 자연. 식물편. 충청북도교육 위원회. p. 371.
- 木村充. 1977. 亞高山帯の遷移. 植物生態學講座 4. 群落の遷移とその機構(沼田眞編), 朝倉書房, 東京. pp. 21-30.
- 이창석·김홍은. 1989. 소나무림의 천연하종갱신을 위한 생태학적 연구. 충북대학교 농업과학연구 7(2):100-109.
- 이은복·전의식·최병희·이병윤. 1990. 가야산국립공원 일대의 식물상. 한국자연보존협회 조사보고서 제 28호:35-55.

- Mohler, C. L., P. L. Marks and D. G. Sprugel. 1978. Stand structure and allometry of trees during self-thinning of pure stands. *J. Ecol.* 66:599-614.
- Nakashizuka, T. 1984. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests IV. Gap formation. *Jap. J. Ecol.* 34:75-85.
- 오계철. 1968. 기후와 삼림군집. 한라산 및 홍도. 문화공보부. pp. 60-80.
- Oliver, C. D. and B. C. Larson. 1990. Forest stand dynamics. McGraw-Hill, New York. pp. 89-139.
- 오수영. 1973. 가야산 식물 조사 보고서-경북지방 식물상 조사 연구(제6보). 안동교육대학 논문집 6:241-280.
- Pickett, S. T. A. and P. S. White. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. *In* Disturbance and patch dynamics. S. T. A. Pickett and P. S. White(eds.). Academic Press, New York. pp. 3-13.
- Runkle, J. R. 1985. Disturbance regimes in temperate forests. *In* Disturbance and patch dynamics. S. T. A. Pickett and P. S. White(eds.). Academic Press, New York. pp. 17-34.
- Simberloff, D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19:473-511.
- Soule, M. E. and D. Simberloff. 1986. What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Biol. Conserv.* 35:19-40.
- Sprugel, D. G. 1976. Dynamic structure of wave-regenerated *Abies balsamea* forest in the north-eastern United States. *J. Ecol.*, 64:889-911.
- 엄규백. 1962. 송백류의 분포를 중심으로 하는 한라산의 수직분포대. *한식지* 5(2):17-20
- 植木秀幹. 1926. 朝鮮ノ林木. 第一編 公孫樹及ヒ 松栢類. 林業試驗場 報告 第四號 朝鮮總督府 林業試驗場. 京城. p. 154.
- Watt, A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.* 35:43-50.
- 원종관·이재만. 1990. 가야산 국립공원의 지질. 가야산 국립공원 일대 종합학술조사보고서. 한국자연보존협회 조사보고서 제28호:27-34.
- 임경빈. 1989. 조림학원론. 향문사, 서울. p. 491.

(1993년 1월 26일 접수)