

---

석사학위논문

한라산 구상나무림 주변부의  
동태 및 식생구조

제주대학교 대학원

생물학과



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

김 대 신

1997년 12월

한라산 구상나무림 주연부의  
동태 및 식생구조

指導教授 金文洪

金大新

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1997년 12월

金大新의 理學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

제주대학교 대학원

1997년 12월

---

Vegetation Structure and Dynamics of Korean  
Fir Forest Edges in Mt. Halla

Dae-Shin Kim

(Supervised by professor Mun-Hong Kim)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1997. 12

# 목 차

	page
Abstract . . . . .	1
I. 서론 . . . . .	2
II. 재료 및 방법 . . . . .	4
III. 결과 및 고찰 . . . . .	8
IV. 결론 . . . . .	23
V. 요약 . . . . .	25
VI. 인용문헌 . . . . .	26



---

## Abstract

The Korean fir forest edges in Mt. Halla were ecologically analyzed in order to determine their structural characteristics.

There distributed Korean fir trees at various growth stages and dominated overstory trees with 2~3m of height and 8~16cm of diameter at root collar, although there were critical differences among the investigated sites.

The saplings distributed mainly in forest edges. The frequency of trees was high at the regions adjacent to edges and the frequency of dead trees was low in the centers relatively to edges of forests. The distribution areas of saplings were different from each other in investigated plots. The trees of edges were in common in their growth characters, so that they seemed to grow at same time.

In the structure of forest edges, canopy-dripline types were popular in most of plots, although advencing types appeared in some plots. This results showed that Korean fir forests gradually diffuse into outsides of forests and was closely connected with formation of crown and interference of men.

The vegetation developments were divided into 4 stages based on the height of vegetation and the importance value of tree species were higher in Korean fir than in other species , the value of species diversity was gradually decreased and the value of dominance was gradually increased.

## I. 서론

식물군락에 대한 연구는 군락의 구조와 동태적인 연구로 나눌 수 있고, 군락 구조에 대한 연구에서는 어떤 지역에서 어느 한 순간의 식생조성과 환경과의 관계를 주로 밝히게 되는데(이와 조, 1993), 이는 종조성, 수직·수평적인 공간분포, 수령 등으로 기술할 수 있다. 군락동태에 대하여는 교란 후와 교란 중인 군락의 움직임을 포함하여 교란된 군락의 재생에 대한 연구와 시간에 따른 군락 구조의 변화 즉, 천이적 발달에 대한 연구로 대별될 수 있다(Oliver and Larson, 1990). 식물 군락의 동태에 대한 연구는 군락의 천이적 발달에 집중되어 왔지만, 교란이 발생하여 공간적으로 군반형태가 형성됨에 따라 대부분의 군락은 평형 상태가 아닌 것으로 믿어 왔고, 산림식생의 재생이나 유지에 미치는 교란의 역할이 밝혀짐에 따라 교란이 산림식생의 종조성이나 구조를 결정하는 중요한 요인이 하나로서 인식되어 왔다(Runkle, 1985).

Odum(1984)은 산림생태계의 천이는 종 조성의 변화와 시간 변화에 따른 군집 발전의 규칙적인 과정으로 군집에 의한 물리적 환경의 변화에 기인한 것이라 하였다. 이러한 식물 군집의 일련의 천이 과정은 종의 분산구조와 층의 구조, 그리고 종 다양도의 변화 등을 파악하는 것이 중요하며 특히 식생의 분산구조와 계층구조는 천이과정을 종합적으로 판단하는 근거가 되며, 토양과 같은 환경의 변화와 연관지어 천이계열을 밝히려는 연구들도 많이 수행되어 왔다(김과 임, 1991).

일반적으로 침엽수는 열악한 토양환경에도 잘 적응하는 입지불감성을 나타내기 때문에 아고산대의 극상림으로 발달하지만(Oliver and Larson, 1990), 그 하층에 발생하는 치수의 본수는 극히 적다. 이러한 삼림에서 어떤 원인으로 임관이 파괴되면 임내에는 급격한 치수의 발생이 이루어져 회복이 이루어지는데(정 등, 1996), 이러한 교란은 종류, 규모, 강도 및 빈도가 다르지만 생태계에서 항상 발생하고 있는 것

으로 삼림식생의 구조와 기능을 결정하는 중요한 요인의 하나로 인식되어 왔다. 한편 고등 식물에 있어서 지리적 분포와 군락의 구조 및 동태는 출현하는 치수의 수에 따라 크게 결정되며, 자연림에 있어서 치수의 출현은 환경 요인에 의해 크게 조절된다(Reeder, 1993).

구상나무(*Abies koreana*)는 소나무과에 속하는 한국 특산수종으로 한라산을 비롯하여 지리산, 덕유산, 가야산 등의 남부지역의 아고산대에 분포하며 분비나무와 함께 한반도의 아고산대의 극상수종으로(이와 조, 1993), 1915년 Wilson에 의해 새로운 종으로 확인된 후 분류학적인 연구(이, 1970)와 아울러 유전학적인 연구(정과 이, 1985) 및 군락구조(김과 남, 1985), 동태(강, 1989) 등 다양한 연구들이 수행되어 왔다. 그 중 한라산의 구상나무는 해발고 1,300 m에서 정상까지 분포하고 있고 척박하고 얇은 토양에서 생육하고 있어 계곡과 능선을 따라 부는 탁월풍과 더불어 소용돌이 바람으로 구상나무의 뿌리가 상하고 수분 부족이 초래되어 고사되거나, 여름의 한랭, 겨울의 건조 등 환경적 요인에 의하여 구상나무가 고사되고 있다(강, 1989). 그러므로 한라산 구상나무림의 생태적 안정성과 천이 과정의 구명을 위한 구상나무림의 생육상황과 치수의 발생 등에 대한 연구는 매우 중요하다 하겠다.

따라서 본 연구는 한라산의 아고산대에 위치하고 있는 구상나무림의 보존에 관한 기초적 자료로서 구상나무림의 주변부를 중심으로 식생구조와 동태를 알아보고 구상나무림의 발달 과정과 천이과정의 예측을 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사지역 개황

본 조사는 한라산 해발고 1,400m 이상 아고산대에 위치한 구상나무(*Abies koreana*)림을 대상으로 실시하였다. 조사대상 구상나무림은 백록담을 중심으로 다음과 같이 6개 지역에서 고사목의 분포와 치수의 발생이 비교적 고르게 나타나는 지역을 선정하여 조사하였다(Fig. 1).

plot I : Y계곡 상류 일대(해발고 1,500 ~ 1,660m),

plot II : 영실 탐케 일대(해발고 1,550 ~ 1,680m)

plot III : 삼각봉 일대(해발고 1,675 ~ 1,705m)

plot IV : 왕관능 남쪽 일대(해발고 1,850 ~ 1,875m)

plot V : 방아오름 일대(해발고 1,700 ~ 1,760m)

plot VI : 백록담내(해발고 1,930m)

### 2. 조사방법 및 자료처리

본 조사는 1996년 6월 ~ 1997년 8월 동안 현지 조사하였다. 한라산의 6개 지역에서 각 지역을 2 ~ 6 개의 소구역으로 세분하고, Gysel(1951)의 산림주연부 식생 유형에 따라 樹冠線形 周緣部植生, 樹幹線形 周緣部植生, 轉進形 周緣部植生으로 구분하여(Fig. 2) 각 소구역에서 belt-transect 방식으로 산림 주연부로부터 산림 내부까지 총 84 개의 방형구를 조사하였다. 방형구는 수고에 따라 임상층은 관목층은





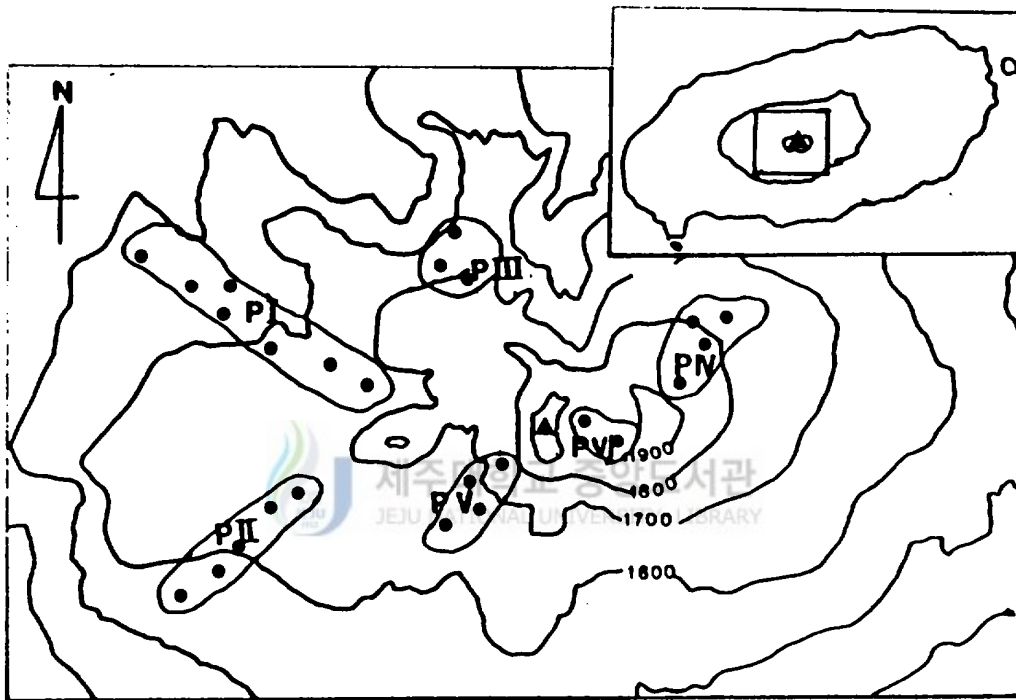


Fig. 1. Location of investigation sites in Mt. Halla.

PI ~P VI : Plots investigated in Korean fir forests

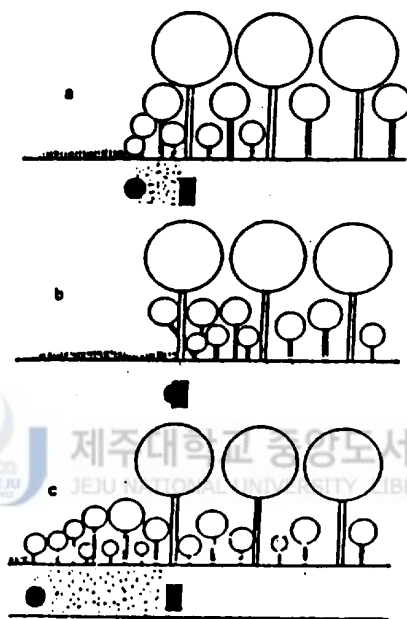


Fig. 2. Three common structures of forest edges.

- a : Canopy dripline, b : Cantilevered, c : Advancing, dependent on how an edge was created and how it has been maintained.
- : Indicates where the initial edge was created.
- : Indicates the point of edge maintenance.

3×3m, 아교목층은 5×5m, 교목층은 10×1 m 크기로 조사하였으며, 계층구조는 교목층을 수고 4m 이상, 아교목층을 1 ~ 3m, 관목층을 1m 이하인 수목으로 구분하였다.

또한 구상나무의 생육상황과 치수 발생을 알아보기 위하여 각 방형구에 출현하는 모든 구상나무에 대하여 수고, 근원경, 수관폭, 지하고를 측정하였고, 구상나무 치수의 수, 고사목의 수 등을 조사하였다. 이들 측정치에 의해 종조성을 알아보기 위하여 상대중요치(IV ; Curtis and McIntosh, 1951)를 산출하였고, 종다양도( $H'$  ; Shannon, 1949), 최대종다양도( $H'_{max}$ ), 균재도( $J'$  ; Hulburt, 1958), 우점도( $D$ )를 산출하였다. 또한 조사지 내의 분포상태를 파악하기 위하여 밀도(개체수/단위면적)와 평균면적(단위면적/개체수) 및 평균거리( $\sqrt{\text{개체수/단위면적}}$ )를 계산하였다.

식물분류는 이(1980)의 분류법에 따르고, 생육상황의 분석은 SPSS PC+ 통계 package을 이용하여 전체적인 생육 상황과 지역별 분포 양상을 분석 하였다.



### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 구상나무의 생육상태와 치수의 발생

조사지역내 한라산 구상나무의 전체적인 생육 상황을 보면 수고와 근원경이 작은 치수부터 성숙목까지 폭 넓은 분포를 보였다(Fig. 3). 그 중 수고가 2 ~ 3m 정도인 개체가 가장 많은 빈도를 차지하였고, 6m 이상의 수고를 갖는 것은 아주 드물게 분포하였다. 또한 근원경이 8 ~ 16cm 정도인 구상나무가 가장 높은 빈도를 보였으며, 30cm 이상의 근원경을 갖는 것은 아주 드물었으나 최대 근원경 52cm를 갖는 것도 존재하였다. 그리고 근원경의 크기는 수경과 비례하므로 수고와 근원경이 작은 구상나무는 최근에 발생된 치수로 볼 수 있는데(Mohler *et al.*, 1978), 이들 치수의 빈도는 전체적으로 높게 나타났다. 또한 수고와 근원경의 성장이 지속적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었으나, 개체수의 빈도는 수고와 근원경의 성장에 비례하여 일정하게 감소되었다. 지역간에 생육의 차이는 있었으나 성숙목은 평균 수고가 5m, 평균 근원경이 20cm 정도를 나타냈다.

또한 구상나무의 생육상태와 치수 발생 정도를 지역별로 알아보면, Y 계곡 상류 일대(P I)의 구상나무림은 수고와 근원경이 지속적으로 성장하는 상태로 분포하고 있으며, 성장에 따라 개체수의 빈도는 일정하게 감소되는 경향을 보였다. 근원경과 수고가 작은 어린 치수의 경우 다수가 동일한 크기를 가지는데, 이는 아고산대의 침엽수림의 경우 일반적으로 동령림으로 구성되고 구상나무의 결실 주기가 3년인 격년 결과의 수종이므로(강, 1989), 어느 특정 해에 다수의 치수가 발생된 것으로 판단된다. 영실 일대(P II)의 구상나무림은 치수의 발생정도가 다른 지역에 비하여 아주 낮았고, 근원경은 지속적인 증가를 보인 반면 수고는 4m 이상의 성장이 전혀 이루어지지 않는 특성을 보였다. 삼각봉 일대(P III)에는 어린 치수의 발생률이 다른 지역

에 비하여 아주 높았는데, 평균 수고는 2m 정도, 평균 근원경이 6cm 정도로 2차림에서 볼 수 있는 치수의 발생이 아주 높아 자연적으로 후계림이 형성되고 있었으며, 수고와 근원경이 성장도 지속적으로 이루어지고 있어 구상나무림의 확산이 지속적으로 일어나고 있음을 알 수 있다. 왕관능 동쪽 일대(P IV)에는 치수의 빈도 및 수고와 근원경이 비교적 작은 구상나무의 빈도가 아주 높은 반면 수고 3m 이상은 경우는 거의 존재하지 않았다. 이는 이 지역이 해발고가 1,850 ~ 1,870m로 다른 조사구에 비하여 해발고가 높은 지역으로 기온, 광도, 풍속, 토양 등이 환경적 요인에 의한 것으로 판단된다. 방아오름 일대(P V)의 구상나무림에서는 치수의 발생 빈도가 일정하게 증가되고 있으며, 수고와 근원경의 성장도 지속적으로 이루어지고 있다. 이 지역은 생장 상태는 양호하였으나 치수의 발생이 다른 지역에 비하여 낮은 빈도를 보였다. 백록담 내(P VI)의 구상나무림에는 치수의 발생 빈도가 아주 높게 나타나고 근원경의 성장이 지속적이거나 수고 3m 이상의 성장은 이루어지지 않고 있다. 이는 이 지역의 환경적인 요인이 왕관능 일대(P IV)와 유사하기 때문인 것으로 보인다(Fig. 4).

이들 6 개 지역의 생육 상황을 종합하여 보면 왕관능 일대(P IV)와 방아오름 일대 및 영실 일대(P II)가 양호한 생장 상황을 보였고, 왕관능 동쪽 일대(P IV)와 백록담 내부(P VI)는 근원경이 생장은 지속적으로 이루어지고 있으나 해발고 1,850m 이상의 높은 지역으로 바람 등의 환경적인 영향을 크게 받아 수고 성장이 미흡한 것으로 판단된다. 또한 영실 일대(P II)는 해발고가 낮으나 이들이 능선 정상에 위치하기 때문에 바람 등의 환경적 요인이 해발고가 높은 지역과 유사한 영향을 받는 것으로 보이며, 이들 이외의 Y계곡 상류 일대(P I), 삼각봉 일대(P III), 방아오름 일대는 상대적으로 환경적인 생장 요인이 비교적 양호하여 구상나무의 지속적인 성장이 이루어지는 것으로 판단된다.

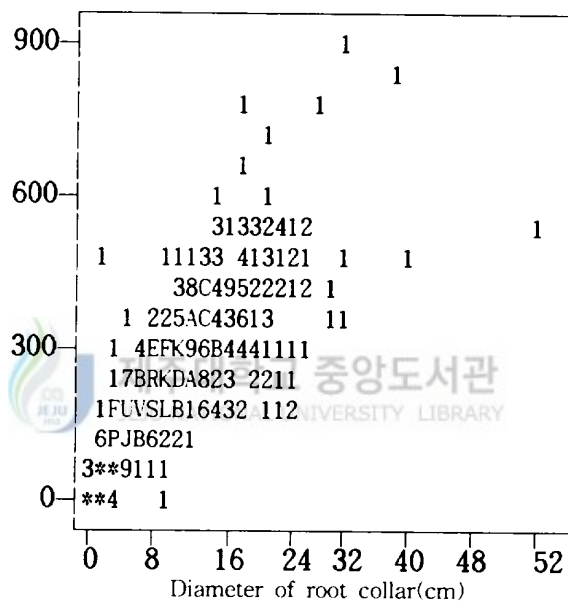


Fig. 3. Growth state of Korean fir trees in Mt. Halla.  
 Each number represents the number of individuals and each alphabet(or asterisk) represents multiple occurrence of individuals.

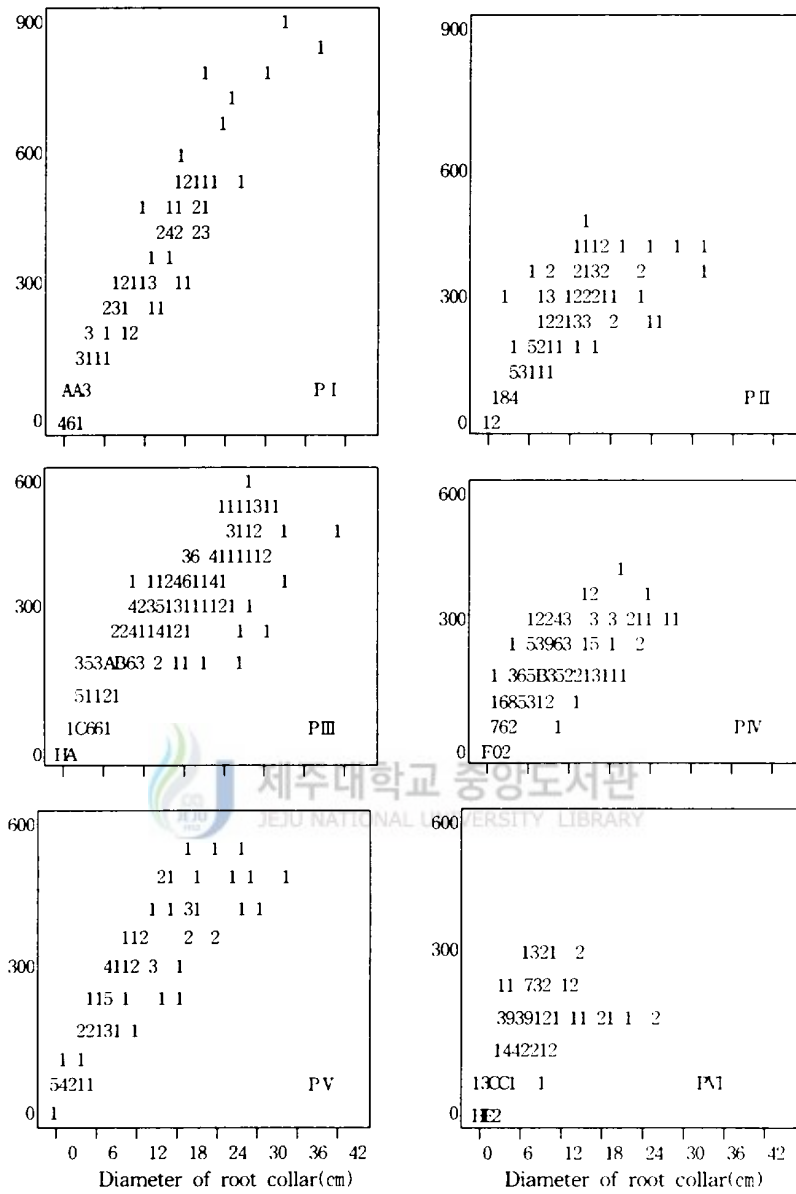


Fig. 4. Growth state of Korean fir forests in various plots of Mt. Halla.

## 2. 구상나무의 분포 구배

한라산 6개 지역에서 구상나무림의 주연부에서 산림내까지 구분하여 생육 상황과 구상나무 밀도 및 고사목의 수를 조사하였다(Table 1). 그 결과 대부분 지역에서 어린 치수는 중심에서 바깥 부분인 산림 주연부에서 다수 발생하였으며, 특히 왕관능 일대(P IV)에서는 수고와 근원경이 각각 평균 20.1cm, 1.12cm로 가장 어린 치수들이 성장하고 있어 최근에 치수 발생이 양호하게 이루어진 것으로 판단된다. 이외의 지역은 평균 수고가 41.8 ~ 62.6cm, 평균 근원경이 1.78 ~ 3.06cm로 치수의 생장이 비슷하였다. 또한 군락 중심과 바깥 면의 중간 부분인 경우 왕관능 일대(P IV)와 백록담 내(P VI)에서 평균 수고가 각각 127.2cm, 147.0cm로, 평균 근원경이 각각 5.36cm, 6.94cm로 작았으며, 이외의 지역은 평균 수고가 186.1 ~ 293.6cm로 지역간 차이가 있었으며 근원경도 평균 8.00 ~ 10.01cm로 다소 차이가 있었다.

군락 중심부의 생육 상황을 보면 Y계곡 상류 일대(P I)에서 수고와 근원경의 평균이 각각 467.4cm, 16.76cm으로 가장 양호한 성장 상태를 보였고, 왕관능 일대(P IV)와 백록담 내(P VI)에서는 평균 수고와 근원경이 각각 181.1cm, 206.1cm와 10.20cm, 9.53cm로 성장 상태가 저조하였다. 이외의 지역은 평균 수고가 293.6 ~ 348.5cm로 유사하였고, 근원경도 13.01 ~ 16.00cm로 유사한 경향을 보였다.

지하고와 수관폭에 있어서도 수고와 근원경의 성장과 유사한 경향을 보였으나, 밀도의 경우 주연부에서는 왕관능 일대(P IV)가 100 m<sup>2</sup>당 90.2개의 치수가 발생하여 아주 높은 밀도를 보인 반면 방아오름 일대(P V)의 경우 30.4개로 가장 낮은 밀도를 보였으며 이외의 지역에서는 40 ~ 60개 정도의 밀도를 나타냈다. 이들 주연부에서 산림 내부로 향할수록 구상나무의 빈도는 점점 감소 추세를 보였고, 산림주연부는 삼림 내부보다 종수, 개체수, 종다양성, 물질 생산량 등이 많거나 높은 특성을 갖으며 산림 내부와 다른 종구성을 나타낸다는 보고와도 일치하였다(Hoehne, 1981).



Table 1 . Comparison of mean growth and density among plots on Korean fir forests in Mt. Halla.  
(mean/100m<sup>2</sup>)

Plots	Height (cm)	DRC <sup>3)</sup> (cm)	Clear	Crown	Density		
			Length (cm)	Width (cm)	( No/ 100m <sup>2</sup> )	NDT <sup>4)</sup> (No/100m <sup>2</sup> )	
P I <sup>1)</sup>	R <sup>2)</sup>	46.1	1.78	16	36	61.0	-
	M	237.1	8.29	48	164	33.3	-
	C	467.4	16.76	182	266	15.0	8.0
P II	R	62.3	3.06	25	63	40.7	-
	M	228.9	10.01	66	172	26.7	-
	C	293.6	13.22	120	211	15.7	3.3
P III	R	41.8	2.54	12	41	57.8	-
	M	186.1	8.34	40	137	36.8	3.5
	C	348.5	15.22	130	195	33.7	6.0
P IV	R	20.1	1.12	8	198	90.2	-
	M	127.2	5.36	25	111	36.0	6.0
	C	206.1	9.53	82	148	42.3	8.5
P V	R	61.8	2.53	14	60	30.4	-
	M	236.8	8.00	67	155	18.7	-
	C	344.2	16.00	110	252	21.5	1.0
P VI	R	62.6	2.92	13	58	50.0	-
	M	147.0	6.94	31	115	50.0	-
	C	181.1	10.20	33	143	28.3	1.0

<sup>1)</sup> P I ~P VI : Plots investigated in Korean fir forests.

<sup>2)</sup> R(Remote), M(Middle), C(Center) : Distance from the central region of Korean fir forests.

<sup>3)</sup> DRC : Diameter at root collar.

<sup>4)</sup> NDT : Number of dead trees.

또한 고사목의 발생 정도를 보면 주연부에서의 고사목은 전혀 발생되지 않았으며 산림 내부로 갈수록 일부 고사목이 출현하였는데 Y계곡 상류 일대(P I)와 왕관능 일대(P IV)에서 각각 100 m<sup>2</sup>당 8.0개와 8.5개를 나타내어 비교적 높게 출현하였고 이외의 지역에서의 고사목의 출현은 아주 낮았다.

한편 이들 생육 형질들 간의 상관관계를 보면(Table 2), 지하고와 수관폭에 대한 고사목 본 수와의 관계를 제외한 모든 형질들간에 상관을 보였다. 즉, 수고, 근원경과 수관폭 및 지하고들 간에는 0.1% 수준에서 정의 상관을 보였고, 구상나무 밀도는 수고, 근원경, 수관폭과 0.1% 수준에서 역의 상관을, 그리고 지하고와는 1% 수준에서 역의 상관을 나타냈다. 특히 구상나무의 밀도는 수고나 근원경보다 수관폭과의 역의 상관이 높게 나타났으며, 고사목의 출현수는 지하고가 다른 형질보다 높게 상관을 보였다. 또한 고사목의 개체수는 수고, 근원경, 지하고와 1% 수준에서 정의 상관을 나타냈다.



Table 2. Correlation coefficients among growth characters, density and number of dead trees of Korean fir forests in Mt. Halla

Characters	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Height(Y1)	1.0000					
DRC <sup>1)</sup> (Y2)	.9709**	1.0000				
Clear length(Y3)	.9537**	.9206**	1.0000			
Crown width(Y4)	.9770**	.9761**	.9033**	1.0000		
Density(Y5)	-.7428**	-.7267**	-.6523*	-.8004**	1.0000	
NDT <sup>2)</sup> (Y6)	.5648*	.5512*	.6411*	.5086	-.3088	1.0000

\*<sup>1)</sup> Significant at the 1% level, \*\*<sup>2)</sup> Significant at 0.1% level.

<sup>1)</sup> DRC : Diameter at root collar.

<sup>2)</sup> NDT : Number of dead trees.

### 3. 구상나무림 주연부의 식생구조

구상나무 치수의 발생과 식생천이를 진행해 나가는 성질을 밝히는데 중요한 주연부 식생구조는 Gysel(1951)의 산림 주연부 식생유형에 따라 수관선형 주연부식생, 수간선형 주연부식생, 전진형 주연부식생으로 구분하여(Fig. 2) 개체수, 밀도, 개체간 거리등을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

수관선형 주연부식생형은 한라산 구상나무림 전반에 걸쳐 고루 나타나는데, 해발고에 따른 분포를 보면 1490 ~ 1940m 백록담까지 조사되고 한라산 구상나무림의 대표적인 주연부 식생형이라 보아지고, 치수 발생에서부터 상층 수관을 형성하는 구상나무림 중심부까지의 거리는 평균 8.3m정도로 조사되었다. 전진형 주연부 식생형은 해발고 1600 ~ 1760m까지 영실 일대(P II), 방아오름 일대(P V) 등에서 부분적으로 조사되어 이 지역이 구상나무림이 가장 발달된 것으로 생각되며, 치수 발생에서부터 구상나무림 중심부까지의 거리는 평균 19.8m로 조사되었다. 이 지역은 중심부 쪽에 직경 10 ~ 20m정도의 수목피해지를 관찰할 수 있었다. 또한 수간선형 주연부 식생형은 해발고 1600 ~ 1850m까지 조사되었는데, 이 지역들은 과거 등산로나 고산습지등으로 인위적 및 자연적인 간섭이 많아 주연부의 식생발달이 어려운 것으로 사료되며, 치수 발생에서부터 구상나무림 중심부까지의 거리는 평균 3.2m로 조사되었다.

각각의 주연부 식생형의 임상과 구상나무의 산포상태를 살펴보면 한라산 구상나무림은 상층보다는 중층의 밀도가 높게 나타나고 있는데, 이는 이(1992)와 정 등(1996)의 연구와 유사한 경향을 보이고 있다. 구상나무의 평균개체수를 살펴보면 전진형 주연부인 경우 수관선형 주연부의 24.33개와 수간선형 주연부의 19.33개 보다 구상나무의 평균개체수가 33.5개로 높게 나타나고, 또한 상층부와 중층부의 밀도는 각각 9.71과 17.57로 높게 나타나고 있다. 반면 구상나무간의 평균거리나 평균면적은

Table 3. Characters of Korean fir forest in three common structures of forest edge

Characters	Advancing	Canopy driline	Cantilevered
Individuals	33.57 22 - 48	24.33 11 - 56	19.33 15-23
Density of upper story	9.71 6 - 14	5.33 1 - 20	5.12 1 - 9
Density of middle story	17.57 12 - 31	10.00 2 - 23	12.67 10 - 16
Mean distance among Individual(m)	2.67 2.67 - 4.08	2.07 3.78 - 5.0	2.47 3.33 - 4.08
Height(m)	3.8 0.3 - 6.7	3.2 0.2 - 4.3	3.1 0.2 - 4.1
DBH(cm)	5.8 0.7 - 27.2	5.2 0.5 - 24.3	4.8 0.5 - 23.2
Distance of forest edge(m)	19.8 12.5 - 26.7	8.3 5.3 - 11.7	3.2 0.5 - 4.5

상층부는 전진형에서 높고 중층은 수관선형 주연부에서 높게 나타나고 있다. 수고와 근원경도 전진형 주연부 식생형이 각각 3.83m과 5.82cm으로 수관선형 주연부의 3.24m, 5.23cm와 수간선형 주연부의 3.10m, 4.8cm보다 높게 나타나고 있어 상층부와 중층부의 적절한 형성이 중요하다고 보아진다. 일반적으로 산림은 교목층의 수관 형성에 따라 임내의 광선, 기온, 습도 등의 독특한 환경을 형성하여 하층식생의 종류나 출현빈도, 치수의 발생빈도, 하층식생의 성장량, 생존율 등에 관여한다고 하였으며(Canham, 1988). 또한 정 등(1996)은 상층의 울폐에 따른 치수의 밀도가 상층과 중층의 피도가 25 ~ 50%내외의 약한 피도에서 높게 나타나고 75%이상인 경우 매우 낮게 나타난다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 수관 형성이 주연부의 식생에 영향을 준다고 사료된다.

한라산 구상나무림의 주연부를 구상나무의 수고 분포에 따라 0.5m 이하, 0.5 ~ 1m, 1 ~ 3m, 3m 이상의 4단계로 구분하고 주요 목본종에 대한 정량적 상관관계를 파악하고 식생구조를 알아보기 위하여 상대중요치를 나타낸 결과는 Table 4와 같다.

구상나무 치수 및 유묘들의 발생 초기에는 구상나무의 중요치가 150.48로 나타나고 있고 털진달래 69.14, 눈향나무 39.43, 산철쭉 23.47로 나타나고 있다. 두번째 단계에는 구상나무의 중요치가 167.51로 나타나고 있고, 털진달래, 눈향나무, 산철쭉 등 관목의 중요치가 줄어들고 교목성인 주목과 잣목, 산개벚지의 중요치가 각각 18.48, 15.47, 4.25로 나타나고 있다. 성숙목 단계에서는 구상나무의 중요치가 매우 높게 나타나고 그 외로 주목, 산개벚지 당단풍의 중요치가 낮게 나타나는 경향을 보이고 있는데, 이(1995)는 한라산의 구상나무림은 타지역의 구상나무림보다 교란시 임관이 소개되어 동시다발적인 동령의 하층식생이 생장을 개시하여 상층으로 성장하는데 동일 입지조건에서 구상나무가 임관상층을 점령하고 광요구도가 높은 수종은 피압과 사하기 때문에 구상나무의 중요치가 매우 높게 나타난다고 보고하였다.

또한 Fig. 5의 흉고직경급 분포를 보면 전체적으로 고른 분포를 보여주고 있어 중요치에서도 알 수 있듯이 동령의 주목, 구상나무 등이 동시다발적으로 생장을 개시하여 점차적으로 구상나무순림을 형성하고 있음을 알 수 있다.

Table 4. Importance value of tree species in each successional stages of Korean fir forest edges

Species	Stage <sup>1)</sup>															
	I			II			III			IV						
	RD	RF	RC	I.V	RD	RF	RC	I.V	RD	RF	RC	I.V	RD	RF	RC	I.V
<i>Abies koreana</i>	54.26	32.50	91.59	178.35	53.24	31.81	67.86	152.91	66.03	36.21	95.72	197.9	77.52	23.64	94.18	185.34
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	17.89	20.00	5.01	42.90	19.83	22.53	23.81	66.17	16.61	15.52	1.84	33.97	1.11	3.64	0.04	4.79
<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	4.05	7.50	0.86	12.41	14.21	13.44	5.68	33.33	6.84	10.35	0.17	17.36	-	-	-	-
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	14.73	22.50	1.64	38.87	5.60	13.44	0.30	19.34	1.62	6.90	0.02	8.54	-	-	-	-
<i>Betula ermani</i> var. <i>saitoana</i>	1.03	2.50	0.86	4.39	0.61	4.35	0.15	5.11	1.73	3.45	0.30	5.48	0.71	3.64	0.22	4.57
<i>Lonicera sachalinensis</i>	1.72	5.00	0.59	7.31	-	-	-	-	2.91	8.62	0.03	11.56	1.13	3.64	0.01	4.78
<i>Berberis amurensis</i>	2.43	5.00	0.24	7.67	0.53	2.08	0.01	2.62	1.32	6.90	0.31	8.53	0.28	1.82	0.01	2.11
<i>Vaccinium koreanum</i>	4.12	5.50	0.05	9.67	2.20	4.35	0.01	6.56	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxus cuspidata</i>	-	-	-	-	1.08	4.35	2.17	7.60	1.93	6.90	1.46	10.29	6.51	20.00	3.87	30.38
<i>Prunus maximowiczii</i>	-	-	-	-	1.30	2.08	0.01	3.39	0.12	1.72	0.02	0.14	3.82	18.18	0.78	22.78
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	-	-	1.61	2.08	0.01	3.70	-	-	-	-	0.72	3.64	0.24	4.60
<i>Salix hallasanensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	1.72	0.06	1.90	-	-	-	-
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	1.72	0.07	2.02	0.28	1.82	0.02	2.12
<i>Hugeria japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	1.72	0.01	2.16	0.92	1.82	0.01	2.75
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>longipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	1.82	0.16	2.26
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.34	7.27	0.41	12.02
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	1.82	0.02	1.99
<i>Magnolia sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	1.82	0.01	2.03
<i>Weigela hortensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	3.64	0.03	4.51
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	1.82	0.03	1.96
Total	100.23	100.50	100.84	301.57	100.2	100.5	100.0	300.73	99.89	100.01	100.01	299.9	98.92	100.0	100.0	298.99

<sup>1)</sup> Indicates successional stage of Korean fir forest edges, below 0.5m of tree height is I, 0.5 - 1m for II, 1 - 3m for III and above 3m for IV

RD : relative density, RF : relative frequency, RC : relative coverage, I.V : Importance value

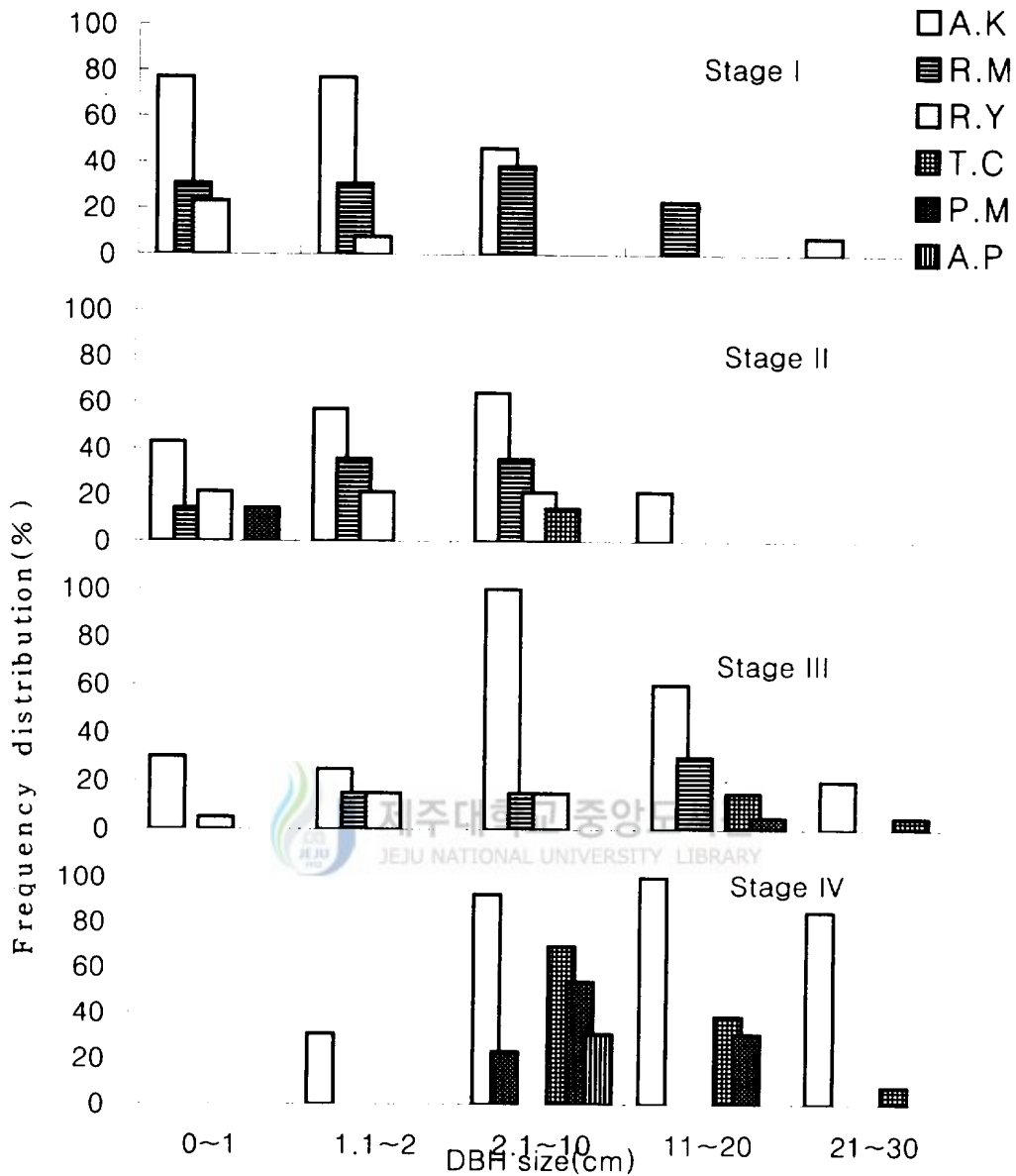


Fig. 5. DBH frequency distribution of dominant species in Korean fir forest edges.

A.C: *Abies koreana*, R.M: *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*,  
 R.Y: *R. yedoense* var. *poukhanense*, T.C: *Taxus cuspidata*,  
 P.M: *Prunus maximowiczii*, A.P: *Acer pseudo-sieboldianum*



#### 4. 종다양도 및 우점도의 변화

구상나무림의 주연부 각 단계의 성숙도와 안정성 등을 알아보기 위한 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도등을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

한라산 구상나무림의 종다양도는 천이초기인 치수발생 단계에서는 0.659와 0.635로 나타나고 있지만 점차 감소하여 성숙단계에는 0.384로 감소하고 있다. 이는 주연부에서 나타나는 주변효과라 보아지며, 또한 최대종다양도를 살펴보면 천이 초기 단계에서는 0.909로 낮게 나타나지만 목본의 수가 증가하는 성숙목 단계에서는 1.207로 매우 높게 나타나고 있어 종다양도와는 반대의 결과를 보이고 있다. 균재도는 치수 발생 단계에서 0.726로 수목들의 고른 분포를 보이거나 성숙목 단계에서는 0.318로 점차 감소하는 경향을 보이고 있다.

반면 우점도는 치수 발생 단계에서 0.274로 수목들의 고른 분포를 보이거나 성숙목 단계에서는 0.682로 점차적으로 증가함을 볼 수 있는데, Whittaker(1965)는 우점도가 0.9 이상일 때는 1종, 0.3 ~ 0.7 이상일 때는 2 ~ 3종, 0.3 이하일 때는 다수의 종이 우점한다고 하였는데, 한라산 구상나무림은 구상나무와 주목 산개벚치등 2 ~ 3종에 의해 우점되고 있음을 알 수 있다. 또한 Blair 등은 천이계열의 초기에는 종다양도는 점차 증가하다가 성숙기에 이르러 감소한다고 하였으며 김 등(1986)은 해발고가 증가함에 따라 종다양도는 감소하고 우점도는 증가한다고 보고하였는데, 이는 본 연구와도 유사한 경향을 보이고 있다. 또한 풍부도는 초기에는 1.37과 1.65이나 점차적으로 증가하는 경향을 보여 2.45로 나타나고 있는데, 이는 한라산 구상나무림이 불량한 환경요인 때문에(Tramer, 1969) 종다양도 값이 풍부도보다는 균재도와 비슷한 양상을 보여주고 있는 것으로 사료된다.

Table 5. Indices of species diversity, evenness and dominance and vegetation structures in Korean fir forest edges.

Characters	stage <sup>1)</sup>			
	I	II	III	IV
Number of quadrat	13	16	20	13
Ground coverage(%)				
trees	-	-	33	53
subtrees	-	28	56	58
hurbs	92	87	82	75
Species diversity(H')	0.659	0.635	0.465	0.383
H'max	0.909	0.978	1.079	1.207
Evenness	0.726	0.649	0.431	0.318
Richness	1.37	1.65	1.81	2.45
Dominance	0.274	0.351	0.579	0.682

<sup>1)</sup> Indicate successional stage of Korean fir forest edges, below 0.5m of tree height is I, 0.5 ~ 1m for II, 1 ~ 3m for III and above 3m for IV

## IV. 결 론

구상나무(*Abies koreana*)는 한국의 특산 수종으로 한라산에는 해발고 1,300m에서 정상까지 아고산대에 분포하고 있다. 한라산 구상나무림의 주연부 구조는 대부분 지역에서 수관선형 주연부식생을 보이고 일부 지역은 전진형 주연부식생을 나타내고 있어 구상나무림이 점진적으로 확산되는 것으로 판단된다.

한편 구상나무림에는 치수부터 성숙목까지 폭 넓게 분포하였는데, 그 중 수고는 2 ~ 3 m, 근원경은 8 ~ 16 cm에 해당하는 것이 높은 빈도를 차지하고 있다. 또한 구상나무림의 생육동태와 치수 발생은 Y 계곡 상류와 삼각봉 일대 및 방아오름 일대가 양호한 생장상황을 보이고, 왕관능 동쪽 일대, 영실 일대와 백록담내에서는 근원경의 성장은 지속적으로 이루어지고 있으나 수고의 성장이 저조하였다.

구상나무림의 치수 발생 상황을 보면, 대부분 지역에서 어린 치수는 중심에서 바깥 부분인 산림 주연부에서 다수 발생하고, 산림 내부로 향할수록 구상나무의 빈도는 점점 감소 추세를 보이며 고사목의 출현빈도는 상대적으로 증가한다. 또한 구상나무림 주연부의 치수 분포 면적과 확산정도는 삼각봉 일대가 30 ~ 40 m인 반면, 백록담내는 10 m 정도까지 분포되어 지역간에 많은 차이를 나타내었다. 또한 왕관능 동쪽 일대와 백록담내를 제외한 모든 지역에서 산림 내와 주연부 사이에 2차림의 형성과 지속적인 성장이 이루어지고 있다.

한라산 구상나무림의 주연부를 구상나무의 수고 분포에 따라 4단계로 구분하고 주요 수종에 대한 정량적상관, 성숙도, 안정성 등을 알아보기 위한 상대중요치, 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도등을 조사하였는데, 각 단계에서 구상나무의 중요치가 매우 높게 나타나고 그 외로 주목, 산개벗지 당단풍의 중요치가 낮게 나타나는 경향을 보이고 있는데, 이는 한라산의 구상나무림이 교란시 임관이 소개되어 동

시다발적인 동령의 하층식생이 생장을 개시하여 광요구도가 높은 낙엽수들보다 구상나무가 임관상층을 점령하기 때문에 구상나무의 중요치가 매우 높게 나타나고 있다. 종다양도는 점차 감소하는 경향을 보이고 있으나, 우점도는 증가하는 경향을 보여 구상나무와 주목 산개벚치등 2 ~ 3종에 의해 우점 되고 있음을 알 수 있다.



## V. 요약

한라산 아고산대에 분포하는 구상나무(*Abies koreana*)림 주연부의 식생구조, 생육상태와 치수발생 및 분포구배 등 구조적 특징을 알아보기 위하여 본 조사를 수행하였다.

구상나무림에서는 치수부터 성숙목까지 다양하게 분포하였다. 그 중 수고가 2~3 m, 근원경이 8~16 cm인 개체가 높은 빈도를 차지하고 있으나, 지역에 따라 생육의 차이가 많았다.

구상나무 치수는 대부분 산림 주연부에서 발생하고, 산림 내부로 향할 수록 구상나무의 빈도는 점차 감소하며 고사목의 출현빈도는 상대적으로 증가하였다.

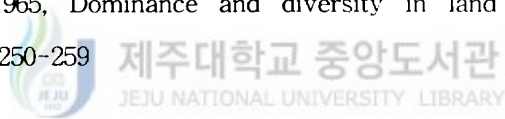
그리고 구상나무림 주연부의 치수 분포 면적과 확산 정도는 지역간에 많은 차이를 보였지만, 주연부의 구상나무는 동일한 생육 상황을 보여 치수발생이 같은 시기에 이루어지는 것으로 보였다. 산림 주연부의 구조는 일부의 지역에서 전진형의 주연부 식생을 보이기도 하였으나 대부분의 지역에서 수관선형을 보여, 구상나무림이 점진적으로 확산되는 것으로 구상나무의 수관형성과 인위적 간섭 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 해석되었다.

한라산 구상나무림의 주연부를 구상나무의 수고 분포에 따라 4단계로 구분하고 주요 수종에 대한 상대중요치, 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도등을 조사한 결과, 각 단계에서 구상나무의 중요치가 매우 높게 나타나고, 종다양도는 점차 감소하는 경향을 보이고 있으나, 우점도는 증가하는 경향을 보여 구상나무와 주목, 산개벚치등 2 - 3종에 의해 우점되고 있음을 알 수 있다.

## VI. 인용문헌

- 강상준, 1989, 한라산 구상나무 숲의 재생에 대하여, 제 17회 국제학술대회 논문집, pp. 21-50.
- 김종근, 임양재, 1991, 북한강 상류 주방천 하구식생의 천이계열, 한국생태학회, 14(2) : 195-210.
- 김문홍, 남정현, 1985, 한라산 구상나무림의 식물사회학적 연구, 한라산 학술조사보고서, pp. 22-23.
- 이창복, 1970, 구상나무와 새로 발견된 품종, 한국임학회지, 10:5-6.
- 이창석, 조현제, 1993, 가야산 구상나무군락의 구조 및 동태, 한국생태학회 16(1): 75-91.
- 임양재, 김정연, 이남주, 김용범, 백광수, 1990, 한라산 국립공원 식물군집의 식물사회학적 분류, 한국생태학회지, 13:101-130.
- 정재민, 이수원, 이강령, 1996, 지리산 구상나무 임분의 식생구조와 치수 발생 및 생육동태, 한국임학회지, 85(1):34-43.
- 정현관, 이석구, 1985, *Abies koreana* 9개 천연단의 동위효소실험에 의한 유전분석, 임육연보, 21:89-85
- Canham, C.D. 1988, Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps, *Ecology* 69(3):785-795.
- Gysel, L.W. 1951, Borders and opening of beech-maple woodlands in southern Michigan, *J. For.*, 49:13-19.
- Hoehne, L.M, 1981, The groundlayer vegetation of forest islands in an urban-suburban matrix, *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*, R.L. Burgess and D.M. Sharpe, ed, pp. 45-54, NY:Springer-Verlag.

- 
- Levenson, J.B, 1981, Woodlots as biogeographic islands in Southeastern Wisconsin, *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*, R.L. Burgess and D.M, Sharpe, ed, pp. 13-30, NY:Springer-Verlag.
- Mohler, C.L, P.L, Marks and D.G. Spruge, 1978, Stand structure and allometry of trees during self-thinning of pure stands, *J. Ecology* 66:599-614.
- Odum, E.P, 1984, *Fundamental of ecology*, G. E, Saunders Co, Ltd. Philadelphia, p. 574
- Oliver, C.D, and Larson 1990, *Forest stand dynamics*, pp.1-135, NY:McGraw-Hill.
- Reder, R.J, 1993, Control of seeding emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species, *J. of Ecology* 81:169-175.
- Runkle, J.R, 1985, Disturbance regimes in temperate forests, *Disturbance and patch dynamics*, S.T.A. Pickett and P.S. White, ed., pp. 17-34, NY:Academic Press.
- Whittaker, R. H, 1965, Dominance and diversity in land plant communities science 147 : 250-259



## 감사의 글

먼저 지난 10여년간 항상 어려운 고비마다 따뜻한 조언과 격려를 보내주신 김문홍교수님께 감사를 드립니다. 부족한 논문이지만 직언으로 심사해 주신 이용필교수님과 고석찬교수님께도 감사드리며, 아울러 그간 많은 지도편달을 해주신 허인옥교수님, 오문유교수님, 김원택교수님, 오덕철교수님, 김세재교수님, 이화자교수님께도 더불어 감사의 마음을 전합니다.

또한 늘 많은 격려와 관심으로 지켜봐 주신 홍창보 산림환경과장님과 강기환 수목시험소장님을 비롯 산림환경과직원 여러분들께도 감사드립니다.

지난 이년 동안 한라산을 오르내리며 조사와 자료정리를 도와주신 고정군 선생님과 선배님들을 비롯 화자, 명옥, 윤배 등 생태학실험실의 후배들에게도 고마움을 표합니다.

끝으로 자식 뒷바라지로 고생만 하신 부모님과 상래삼촌께도 감사를 드리며, 영원한 후원자 미정이에게도 작은 결실이기를 ...