

# 계룡산국립공원 연애골지역 계곡부의 해발고와 사면 부위에 따른 산림구조<sup>1</sup>

박인협<sup>2</sup> · 서영권<sup>2</sup> · 이석면<sup>3</sup> · 이만용<sup>2</sup>

## Forest Structure in Relation to Altitude and Part of Slope in a Valley Forest at Yeonaegol, Kyeryongsan National Park<sup>1</sup>

In-Hyeop Park<sup>2</sup>, Young-Kwon Seo<sup>2</sup>, Seok-Myon Lee<sup>3</sup>, Man-Yong Lee<sup>2</sup>

### 요 약

계룡산국립공원 연애골 계곡부(해발170~630m)의 해발고와 사면부위에 따른 교목층과 아교목층의 산림구조를 조사하기 위하여 해발고와 사면부위에 따라 48개 조사구를 설정하였다. 계곡 정부를 제외할 때, 해발고가 높아짐에 따라 교목층의 밀도는 증가하는 반면 아교목층의 밀도는 감소하였으며, 교목층과 아교목층 전체의 밀도는 별차이가 없었다. 흉고단면적은 계곡 하부와 중부가 상부에 비하여 높았다. 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 팔배나무, 쇠물푸레 등이었으며 감소하는 경향을 보이는 수종은 산벚나무, 졸참나무, 때죽나무, 갈참나무, 밤나무 등이었다. 사면 하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 소나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 쇠물푸레 등이었으며, 감소하는 경향을 보이는 수종은 느티나무, 때죽나무, 비목나무, 고로쇠나무 등이었다. 해발고대별 종다양도의 범위는 0.971~1.273이었으며, 종다양도와 종수는 계곡 중부가 계곡 하부와 상부에 비하여 다소 낮았으나 균재도는 유사하였다. 계곡 정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 30.8~63.7%, 사면부위간 유사도지수는 69.8~79.5%로서 사면부위보다 해발고에 따른 종구성상태의 변화가 더 크게 나타났다. 수종별 중요치에 의한 Cluster 분석 결과 계곡 하부의 사면 상, 중, 하부에 위치한 때죽나무-소나무-낙엽활엽수군집, 계곡 중부의 사면 상, 중, 하부에 위치한 굴참나무-낙엽활엽수군집, 계곡 상부의 사면 상, 중, 하부에 위치한 물푸레나무-낙엽활엽수군집, 계곡 정부에 위치한 소나무-신갈나무군집 등 4개 유형군집으로 구분되었다. 종상관을 분석한 결과 느티나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 팽나무, 회나무 등 5개 수종간, 소나무, 쇠물푸레, 산철쭉 등 3개 수종간 유의적인 정의 상관을 보였다. 유의적인 정의 상관을 보인 느티나무, 물푸레나무, 회나무, 사람주나무 등 4개 수종 모두 소나무와 유의적인 부의 상관을 보였으며, 유의적인 정의 상관을 보인 졸참나무와 갈참나무는 유의적인 정의 상관을 보인 물푸레나무, 사람주나무, 회나무와 유의적인 부의 상관을 보였다.

**주요어 :** 중요치, 종다양성, CLUSTER 분석, 종상관

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15, 2000

2 순천대학교 농과대학 College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

3 완도 수목원 Wando Arboretum, Wando, Chonnam, 537-810, Korea

## ABSTRACT

A valley forest in Yeonaegol area at Kyeryongsan National Park was studied to investigate forest structure in relation to altitude and part of the slope. Forty-eight quadrats were set up in the valley forest along altitude of 170m to 630m and part of the slope. Excepting the top area of the valley, as elevation increased density of the subtree layer decreased while density of the tree layer increased. There were little differences in total density of the tree and subtree layers among the elevation belts. Basal areas of low and middle elevation belts were greater than that of high elevation belt. As elevation increased the importance values of *Quercus mongolica*, *Sorbus alnifolia*, and *Fraxinus sieboldiana* increased while those of *Prunus sargentii*, *Quercus serrata*, *Styrax japonicus*, *Quercus aliena* and *Castanea crenata* decreased. The importance values of *Pinus densiflora*, *Quercus mongolica*, *Styrax obassia* and *Fraxinus sieboldiana* increased as going from lower part to upper part of the slope. However, the opposite trend was found for the importance values of *Zelkova serrata*, *Styrax japonicus*, *Lindera erythrocarpa* and *Acer mono*. The range of species diversity was 0.917~1.273. Species diversity and number of species of middle elevation belt was a little less compared with low and high elevation belts, but there were no differences in evenness among the elevation belts. The range of similarity indices between elevation belts and between parts of the slope were 30.8~68.7% and 69.8~79.5%, respectively. According to importance values and cluster analysis, the valley forest was classified into four forest communities of *Styrax japonicus*-*Pinus densiflora*-broad-leaved tree species community at the low elevation belt, *Quercus variabilis*-broad-leaved tree species community at the middle elevation belt, *Fraxinus rhynchophylla*-broad-leaved tree species community at the high elevation belt, and *Pinus densiflora*-*Quercus mongolica* tree species community at the top area. There were significantly positive correlations among *Zelkova serrata*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Acer mono*, *Celtis sinensis* and *Euonymus sachalinensis*, and among *Pinus densiflora*, *Fraxinus sieboldiana* and *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, and among *Quercus serrata*, *Quercus aliena* and *Castanea crenata*, and among *Quercus mongolica*, *Carpinus laxiflora* and *Styrax obassia*. *Zelkova serrata*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Euonymus sachalinensis* and *Sapium japonicum* were significantly and negatively correlated with *Pinus densiflora*. *Quercus serrata*, *Quercus aliena* were significantly and negatively correlated with *Fraxinus rhynchophylla*. *Euonymus sachalinensis* and *Sapium japonicum*.

**KEY WORDS : IMPORTANCE VALUE, SPECIES DIVERSITY, CLUSTER ANALYSIS, SPECIES CORRELATION**

## 서 론

1968년 12월 31일에 우리 나라 두 번째 국립공원으로 지정된 계룡산국립공원은 북위 36° 18' ~ 36° 23', 동경 127° 11' ~ 127° 17' 에 위치하고 있으며, 행정구역상으로는 대전광역시, 공주시, 논산시에 걸쳐 있다. 계룡산은 차령산맥과 노령산맥 사이에서 이룩된 산지로 총면적이 61.1km<sup>2</sup>에 달하며 천황봉(845m)을 주봉으로 연천봉(739m), 수정봉(675m), 삼불봉(225m) 등으로 이루어져 있다. 지

질은 대체로 중생대 쥐라기, 백악기에 형성된 화강암으로 구성되어 있으며, 차령산맥이 금강에 의해 침식되면서 형성된 잔구성 산지이다. 주요 계류로는 노성천, 구곡천, 갑천, 용수천 등이 발원하여 금강으로 흘러 든다. 계룡산국립공원은 중부지방의 기후특성상 비교적 온화하고 뚜렷한 계절성을 지닌 지역이다. 연평균기온은 11℃ 내외, 연강우량은 1,280mm이며 6~9월에 강우량의 90%가 집중된다. 강설 및 결빙기는 11월 초부터 4월 초까지 계속되며 충남 전역과 비교할 때 맑은 날이 연평균 93일로 매우 맑고, 습도

는 연평균 68%로서 이들 지역에 비해 3~4% 정도가 높은 편이다(심정기 등, 1998). 계룡산국립공원의 관속식물은 114과 411속 742종 1아종 106변종 11품종으로 총 860종이 분포하고 있는 것으로 보고되었다(내무부, 1993).

식물종들의 자연분포에 영향을 미치는 주요 환경요인은 기후, 토양조건 등이며 이는 동일 산지 내에서도 해발고에 따라 다르고, 동일 해발고에서도 사면부위가 높아짐에 따라 특히 토양수분이 감소하며, 수종별 내성범위의 차이와 종간경쟁 결과 연속된 산림군집의 구조가 달라진다고 하였다(Daubenmire, 1966; Katagari and Tsutsumi, 1978). 따라서 동일 해발고에서도 사면부위에 따라 그리고 동일 사면부위에서도 해발고에 따라 산림군집구조가 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 관점에서 계룡산국립공원 내 연애플 계곡부를 대상으로 해발고와 사면부위에 따른 산림군집구조의 속성을 파악하고 합리적인 산림관리에 필요한 기초자료를 제공하는 데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사구 설정

본 연구는 계룡산국립공원 연애플 계곡부(해발 170~630m)를 대상으로 실시하였다(Figure 1).

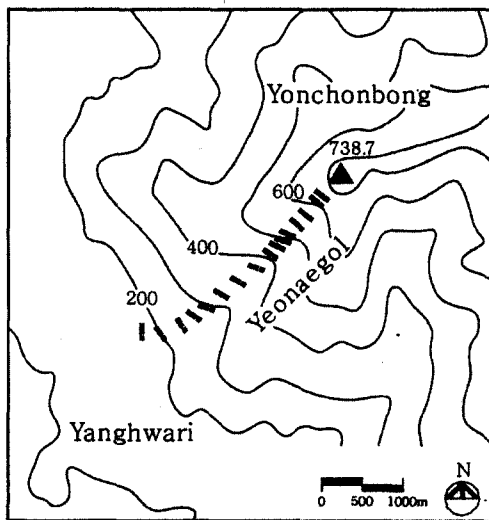


Figure 1. The location map of the study plots (■) in Kyeongsan National Park

해발고와 사면부위를 고려하여 해발 170m 지점에서 해발 620m 지점까지 해발 30m의 등간격으로 좌측 사면의 사면 상, 중, 하부에 조사구를 1개씩 설정하였다. 계곡 정부의 경우 식생상태가 상이한 점을 고려하여 해발 630m 지점에 3개의 조사구를 별도로 설정하였다. 따라서 조사구는 총 48개 조사구(15해발고×3사면부위+3조사구)가 된다. 각 조사구의 크기는 10m×10m로 하였다.

### 2. 식생조사

각 조사구 내에 출현하는 목본식물을 대상으로 교목층과 아교목층으로 구분하여 수종, 흉고직경 등을 조사하였다. 식생층의 구분은 Monk 등(1969)의 방법을 참조하여 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 상층임관을 이루는 수목군을 교목층, 상층임관하의 수목군을 아교목층으로 하였다. 흉고직경 2cm 미만의 수목들인 관목층은 조사대상에서 제외하였다.

### 3. 산림구조 분석

산림구조는 해발고와 사면부위를 고려하여 분석하였다. 해발고는 계곡 하부(170~320m), 계곡 중부(320~470m), 계곡 상부(470~620m)의 3개 150m 해발고대와 630m의 정부로 구분하였다. 따라서 해발고대별 조사구수는 각각 15개 조사구(5해발고×3사면부위), 정부의 경우 3개 조사구가 된다. 사면부위, 즉 사면 상, 중, 하부별 조사구는 해발고와 관계없이 각 사면부위에 속하는 조사구 전체로서 각각 15개 조사구(15해발고×1사면부위)로 하였다. 해발고대별, 사면부위별 조사구수는 해발고대별로 사면 상, 중, 하부를 구분하여 각각 5개 조사구(5해발고×1사면부위)로 하였다. 식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 Curtis & McIntosh(1951)의 중요치(Importance value, I.V.)를 적용하였다. 종다양성은 종수, 종다양도(species diversity,  $H'$ ), 균재도(evenness,  $J'$ )에 의하여 종합분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Pielou, 1977)을 적용하였다. 조사지간 종구성상의 유사한 정도를 나타내는 척도로서는 Sørensen의 유사도지수(Brower and Zar, 1977)를 사용하였다. Cluster 분석은 조사구별 중요치에 의하여 산림군집구분시 비교적 적합한 것으로 보고된 flexible strategy를 적용하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

## 결과 및 고찰

### 1. 식생개황

조사지의 해발고도별, 사면부위별 임목밀도, 평균 흉고직경, 흉고단면적 등은 Table 1과 같다. 계곡 정부를 제외할 때, 해발고가 높아짐에 따라 교목층의 밀도는 증가하는 반면 아교목층의 밀도는 감소하였으며, 교목층과 아교목층 전체의 밀도는 별차이가 없었다. 흉고직경과 밀도의 종합적인 표현이라 할 수 있는 교목층과 아교목층 전체의 흉고단면적은 계곡 하부와 중부가 상부에 비하여 높았다. 이것은 해발고가 높아짐에 따라 토양조건 중 특히, 토양수분이 감소하기 때문에 흉고단면적이 감소한다는 Day와 Monk(1974)의 보고에 의하여 설명할 수 있다. 계곡 정부는 계곡 상, 중 하부에 비하여 평균흉고직경이 작고 밀도와 흉고단면적이 높았다. 이것은 계곡 정부의 식생은 건조와 바람 등에 의한 적응 결과 개체목의 크기가 작고 임목밀도가 높으며 흉고단면적이 낮은 것이 전형적인 특성이라는 박인협(1986)의 보고와 다른 점으로서, 본 조사지의 경우 계곡 정부의 해발고가 630m로 비교적 낮아서 개체목의 크기가 극히 왜소하지 않기 때문이라고 판단된다. 계곡 정부를 제외한 계곡 상, 중, 하부의 교목층 밀도, 평균흉고직경, 흉고단면적의 범위는 각각 907~1,133본/ha, 14.3~15.2cm, 17.9~21.7m<sup>2</sup>/ha로서 금산지역 계곡부 각각 1,007~1,873본/ha, 10.7~14.6cm, 17.7~20.7m<sup>2</sup>/ha(박인협 등,

1999)에 비하여 밀도는 낮은 반면 개체목의 크기가 컸으며, 흉고단면적은 유사하였다. 지리산지역 계곡부 각각 545~783본/ha, 18.6~23.5cm, 19.1~27.8m<sup>2</sup>/ha(박인협 등, 2000), 설악산지역 계곡부 각각 683~905본/ha, 23.4~29.9cm, 35.7~74.8m<sup>2</sup>/ha(박인협 등, 1998), 오대산지역 계곡부 각각 660~740본/ha, 25.1~33.1cm, 43.96~73.43m<sup>2</sup>/ha(박인협 등, 1996), 주왕산지역 계곡부 각각 773~1,107본/ha, 22.6~23.8cm, 41.6~60.7m<sup>2</sup>/ha(박인협 등, 1995) 등의 국립공원지역 계곡부와 비교하면 밀도는 높은 반면 평균흉고직경과 흉고단면적은 낮은 것으로 나타났다.

### 2. 종구성

Table 2에서 보이듯이 계곡 하부에서는 때죽나무, 소나무, 졸참나무 등의 순으로 중요치가 높았고, 계곡 중부의 경우 굴참나무, 사람주나무, 때죽나무 등의 순으로 중요치가 높았으며, 계곡 상부는 물푸레나무, 사람주나무, 신갈나무 등의 순으로 중요치가 높았다. 계곡 정부의 경우 소나무의 중요치가 31.9%로서 우점종을 이루고 있었다. 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 팔배나무, 쇠물푸레 등이었으며 감소하는 경향을 보이는 수종은 산벚나무, 졸참나무, 때죽나무, 갈참나무, 밤나무 등이었다. Table 3에서는 해발고와 관계없이 사면부위별로 산출한 중요치를 나타냈다. 사면 하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 경향을 보이

Table 1. Dimension summary of tree and subtree layers in relation to altitude and part of the slope

	Low elev. (170~320m)				Middle elev. (320~470m)				High elev. (470~620m)				Top (630m)
	L*	M*	U*	Total	L*	M*	U*	Total	L*	M*	U*	Total	
Tree layer													
Density(trees/ha)	640	780	1,300	907	1,200	820	1,080	1,033	1,300	1,080	960	1,113	2,867
Mean DBH(cm)	16.2	18.7	11.4	14.6	16.0	15.8	13.9	15.2	14.5	14.4	13.8	14.3	10.4
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	15.0	23.6	15.0	17.9	27.4	17.6	20.1	21.7	24.4	19.5	17.7	20.5	28.9
Subtree layer													
Density(trees/ha)	2,560	2,420	2,280	2,420	2,300	2,600	2,020	2,307	1,940	1,820	2,420	2,060	2,833
Mean DBH(cm)	6.9	5.7	4.1	5.6	4.9	4.7	4.1	4.6	4.9	4.6	4.1	4.5	3.4
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	13.5	9.0	4.3	9.0	5.7	6.1	3.4	5.1	4.6	3.8	4.0	4.2	3.1
Total													
Density(trees/ha)	3,200	3,200	3,580	3,327	3,500	3,420	3,100	3,340	3,240	2,900	3,380	3,173	5,700
Mean DBH(cm)	8.8	8.8	6.7	8.1	8.7	7.4	7.5	7.9	8.7	8.2	6.9	7.9	6.9
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	28.6	32.6	19.3	26.8	33.1	23.8	23.5	26.8	29.0	23.4	21.7	24.7	32.0

\* L, M, and U are lower, middle and upper parts of the slope, respectively.

Table 2. Importance values(%) for the woody species of the tree and subtree layers in relation to altitude and part of the slope

Species	Low elev.				Middle elev.				High elev.				Top
	L*	M*	U*	Total	L*	M*	U*	Total	L*	M*	U*	Total	
<i>Prunus sargentii</i>	5.9	3.7	2.7	4.3	1.9	1.1	5.3	2.6	2.7	-	-	1.0	1.3
<i>Quercus serrata</i>	11.5	11.7	12.0	11.7	1.5	3.5	4.1	3.0	1.0	1.4	0.9	1.1	4.0
<i>Zelkova serrata</i>	4.8	1.1	1.1	2.4	6.9	5.3	7.6	6.5	8.8	11.5	4.1	8.1	-
<i>Styrax japonicus</i>	17.6	13.5	11.2	13.9	8.4	8.4	6.4	7.7	-	1.0	-	0.3	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	7.2	3.9	2.8	4.7	10.8	7.1	2.9	7.3	6.6	7.6	-	4.7	-
<i>Quercus variabilis</i>	8.3	4.6	4.0	5.7	15.4	18.0	19.1	17.4	6.6	1.4	10.8	6.3	9.8
<i>Quercus aliena</i>	3.5	7.4	4.5	5.3	-	-	0.9	0.3	-	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	7.2	14.4	20.5	13.7	2.8	-	1.8	1.7	1.6	-	2.9	1.5	31.9
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	0.8	3.4	1.4	9.6	4.6	7.8	7.5	12.0	12.9	9.1	11.4	1.3
<i>Quercus mongolica</i>	-	0.8	1.4	0.7	5.3	3.1	3.9	4.3	5.1	6.0	15.6	8.7	12.6
<i>Acer mono</i>	-	-	-	-	3.3	2.7	4.6	3.5	11.2	8.5	2.1	7.4	-
<i>Celtis sinensis</i>	-	-	-	-	2.8	3.6	0.9	2.4	2.9	6.2	-	3.0	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.9	-	1.2	0.7	0.8	2.1	0.9	1.3	2.1	5.8	1.5	3.1	3.0
<i>Carpinus laxiflora</i>	-	2.0	-	0.6	-	-	-	-	6.9	3.2	8.2	6.2	5.7
<i>Castanea crenata</i>	1.5	9.3	4.2	5.2	-	1.6	-	0.5	-	-	-	-	-
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	1.9	2.1	1.3	2.6	8.6	7.6	5.9	-	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	0.8	-	0.3	1.4	3.4	5.1	3.3	1.2
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	2.2	2.4	-	1.5	0.8	0.8	-	0.5	-	1.0	4.8	2.0	9.5
<i>Sapium japonicum</i>	4.6	0.9	1.4	2.3	10.0	10.7	9.5	10.1	7.1	9.0	10.2	8.7	1.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	6.0	-	1.9	2.7	2.8	-	2.0	1.6	2.7	1.8	2.4	2.3	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	1.0	1.5	3.5	2.0	3.0	2.9	1.8	2.6	3.5	2.1	2.4	2.7	1.2
<i>Euonymus sachalinensis</i>	-	-	-	-	4.9	3.4	3.3	3.9	6.7	7.2	7.3	7.1	-
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	0.8	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2
Other species	17.0	20.1	22.1	19.6	6.4	11.7	9.6	9.1	11.1	10.0	12.6	11.1	13.1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

\* L, M and U are the same as Table 1.

는 수종은 소나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 쇠물푸레 등이었으며, 감소하는 경향을 보이는 수종은 느티나무, 때죽나무, 비목나무, 고로쇠나무 등이었다.

### 3. 종다양성

Table 4에서는 해발고도별과 사면부위별 출현종수, 종다양도, 균재도를 나타냈다. 계곡 정부는 종수, 균재도, 종다양도가 모두 낮았다. 이것은 백운산지역(박인협, 1986), 설악산지역(박인협 등, 1998), 지리산지역(박인협 등, 2000)과 동일한 경향으로서, 계곡 정부의 전형적인 환경특성인 바람, 건조 등에 대한 내성 수종이 제한되기 때문이라고 할 수 있다. 계곡 정부를 제외할 때, 종다양도와 종수는 계곡 정부가 계곡 하부와 상부에 비하여 다소 낮았으나 균재

도는 유사하였다. 이것은 해발고가 높을수록 생태적 지위의 안정성이 낮아지기 때문에 종수, 종다양도, 균재도가 모두 낮아지는 것이 일반적인 경향이라는 Day와 Monk(1974), 박인협(1986)의 보고와는 다른 경향이었다. 그러한 이유는 본 조사지의 경우 최고 해발고가 630m로서 비교적 낮은 계곡부인 것을 고려할 때, 생태적 지위의 안정성은 해발고대간 별차이가 없으며 계곡 하부와 상부의 경우 기회적으로 출현하는 중요치가 낮은 수종이 다소 많기 때문이라고 판단된다. 계곡부에서 정부를 포함한 해발고도별 종다양도를 조사한 다른 지역과 비교하면 본 조사지의 종다양도는 0.917~1.273으로서 금산 계곡부 0.972~1.381(박인협 등, 1999), 덕유산 계곡부 0.917~1.375(박인협 등, 1994)에 비하여 낮은 편이었다. 사면부위별 종다양도와 균재도는 사면 하부

Table 3. Importance values(%) for the woody species of the tree and subtree layers by parts of the slope for total elevation belts

Species	Lower	Middle	Upper
<i>Prunus sargentii</i>	3.4	1.7	2.7
<i>Quercus serrata</i>	4.6	5.8	5.7
<i>Zelkova serrata</i>	6.8	5.7	4.3
<i>Styrax japonicus</i>	8.6	7.9	5.8
<i>Lindera erythrocarpa</i>	8.3	6.1	1.9
<i>Quercus variabilis</i>	10.3	7.9	11.4
<i>Quercus aliena</i>	1.2	2.8	1.8
<i>Pinus densiflora</i>	3.8	5.5	8.1
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	7.3	5.7	6.8
<i>Quercus mongolica</i>	3.5	3.2	7.0
<i>Acer mono</i>	4.8	3.5	2.2
<i>Celtis sinensis</i>	1.9	3.1	0.3
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.2	2.5	1.2
<i>Carpinus laxiflora</i>	2.2	1.6	2.8
<i>Castanea crenata</i>	0.5	4.1	1.4
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.9	3.5	3.3
<i>Styrax obassia</i>	0.5	1.3	1.7
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	1.0	1.4	1.6
<i>Sapium japonicum</i>	7.3	6.8	6.9
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.8	0.6	2.1
<i>Symplocos chinensis</i>	0.8	1.1	2.1
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	2.5	2.2	2.6
<i>Euonymus sachalinensis</i>	3.8	3.4	3.5
Other species	11.0	12.6	12.8
Total	100	100	100

Table 4. Various diversity indices of the tree and subtree layers in relation to altitude and part of the slope

District	No. of species	Species diversity(H')	Evenness(J')
Elevation			
Low	37	1.272	0.811
Middle	34	1.245	0.813
High	37	1.273	0.812
Top	18	0.971	0.774
Slope			
Lower	42	1.329	0.819
Middle	40	1.397	0.872
Upper	40	1.399	0.873

가 사면 중, 상부에 비하여 낮았다. 이것은 사면 하부의 경우 암반나출도가 심하기 때문이었다.

Table 5. Similarity index(%) among elevation belts and parts of the slope

Elevation	Low	Middle	High
Middle	39.4		
High	30.8	63.7	
Top	26.3	18.5	27.2
Part of the slope			
	Lower	Middle	
Middle	79.5		
Upper	69.8	73.7	

#### 4. 유사도지수와 Cluster 분석

Table 5에서는 해발고대간과 사면부위간 유사도 지수를 나타냈다. 해발고와 사면부위의 차이가 클수록 유사도지수가 낮아지는 일정한 경향을 보임으로써, 종구성상태가 해발고와 사면부위에 따라 연속적으로 변화하는 것으로 나타났다. 한편, 계곡 중부와 상부간 유사도지수가 63.7%로 비교적 높으며, 계곡

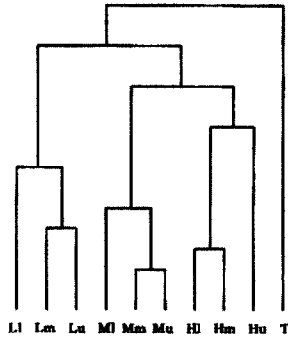


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of ten sites in the studied forests(L, M, H and T are low, middle, high elevation belts and top of the altitudinal gradient, and l, m, and u are lower, middle and upper parts of the slope, respectively.)

중, 상부와 하부간 유사도지수가 각각 39.4%, 30.8%로 비교적 낮음으로서 계곡 중, 상부의 종구성 상태는 하부와는 어느 정도 차이가 있음을 시사하고 있다. 환경조건이 상이한 계곡 정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 30.8~63.7%, 사면부위간 유사도지수는 69.8~79.5%의 범위를 보였다. 정부를 제외한 해발고대간 유사도지수의 범위가 사면부위간 유사도지수의 범위보다 큰 것은 사면부위보다 해발고에 따른 종구성상태의 변화가 더 크기 때문이라고 할 수 있다.

해발고대별, 사면부위별의 수종별 중요치에 의한 Cluster 분석 결과는 Figure 2와 같다. Cluster 분석 결과와 사면별, 해발고대별 중요치(Table 2)를 종합하면, 본 조사지는 계곡하부의 사면상, 중, 하부에 위치한 때죽나무-소나무-낙엽활엽수군집, 계곡중부의 사면상, 중, 하부에 위치한 굴참나무-활엽수군

Table 6. Correlation among the importance values of the major woody species in the tree and subtree layers

Sp.	Ps	Qs	Zs	Sj	Le	Qv	Qa	Pd	Fr	Qm	Am	Cs	Sa	Cl	Cc	Pls	So	Fs	Saj	Lo	Ry	Ap	
Qs	.																						
Zs	.	.																					
Sj	+	++	.																				
Le	.	.	.	.																			
Qv	.	.	.	.	.																		
Qa	.	++	.	.	+	.																	
Pd	.	.	--	.	.	.																	
Fr	.	--	++	.	.	.																	
Qm	-	-	.	.	--	.	.	.	.	.													
Am	.	-	++	.	.	.	.	.	++	.													
Cs	.	.	++	+	.	.	.	.	+	.	+												
Sa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+											
Cl	.	.	.	.	--	.	.	.	.	++	.												
Cc	.	+	.	.	.	.	++	.	.	.	.												
Pls	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.												
So	-	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.			+	.								
Fs	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.			.	.								
Saj	.	-	+	.	.	.	.	--	+	.	.			.	.								
Lo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.								
Ry	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.			.	.						++	.	
Ap	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.								
Es	.	--	++	-	.	.	.	-	++	.	++	+	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.

\* --, ++ : significant at 1% level; -, +: significant at 5% level; . : not significant at 5% level  
 \*\* Ps: *Prunus sargentii*, Qs: *Quercus serrata*, Zs: *Zelkova serrata*, Sj: *Styrax japonicus*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Qv: *Quercus variabilis*, Qa: *Quercus aliena*, Pd: *Pinus densiflora*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Qm: *Quercus mongolica*, Am: *Acer mono*, Cs: *Celtis sinensis*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Cc: *Castanea crenata*, Pls: *Platycarya strobilacea*, So: *Styrax obassia*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Saj: *Sapium japonicum*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Ry: *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Es: *Euonymus sachalinensis*

집, 계곡상부의 사면상, 중, 하부에 위치한 물푸레나무-낙엽활엽수군집, 계곡정부에 위치한 소나무-신갈나무군집 등 4개 유형군집으로 구분되었다.

## 5. 총상관

Table 6에서는 주요 수종의 중요치에 의한 상관관계를 나타냈다. 느티나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 팽나무, 회나무 등 5개 수종간, 소나무, 쇠물푸레, 산철쭉 등 3개 수종간, 졸참나무, 갈참나무, 밤나무 등 3개 수종간, 신갈나무, 서어나무, 쪽동백나무 등 3개 수종간에 유의적인 정의 상관관계를 보였으며, 유의적인 정의 상관관계를 보인 느티나무, 물푸레나무, 회나무는 사람주나무와도 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 이것은 이들 수종간에 친화력이 높고 동질적인 지위를 갖기 때문이라고 할 수 있다. 유의적인 정의 상관관계를 보인 느티나무, 물푸레나무, 회나무, 사람주나무 등 4개 수종 모두 소나무와 유의적인 부의 상관관계를 보였으며, 유의적인 정의 상관관계를 보인 졸참나무와 갈참나무는 유의적인 정의 상관관계를 보인 물푸레나무, 사람주나무, 회나무와 유의적인 부의 상관관계를 보였다. 이러한 주요 수종간의 상관관계는 수종간 생태적 지위적 동질성 또는 이질성을 추정할 수 있는 자료라고 할 수 있다(Ludwig and Reynolds, 1988).

## 인용 문헌

- 내무부(1993) 국립공원자연자원조사-계룡산국립공원-내무부보고서. 164쪽.
- 박인협, 서영권, 이석면, 류석봉(2000) 지리산국립공원 쌍계사지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 환경생태학회지 13(4): 340-347.
- 박인협, 임도형, 류석봉, 이석면(1999) 한려해상국립공원 금산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 환경생태학회지 12(4): 373-380.
- 박인협, 류석봉, 최영철(1998) 설악산국립공원 오색-대청봉-신흥사지역의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조. 환경생태학회지 11(4): 486-492.
- 박인협, 류석봉, 김례화(1996) 오대산국립공원지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 환경생태학회지 9(2): 126-132.
- 박인협, 문광선, 류석봉(1995) 주왕산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 응용생태연구 8(2): 154-159.
- 박인협, 문광선, 최영철(1994) 덕유산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 응용생태연구 7(2): 181-186.
- 박인협(1986) 백운산지역 천연림생태의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문, 49쪽.
- 심정기, 태경환, 임인택, 윤창영, 김동갑, 김주환(1998) 계룡산 남사면 일대 식물상에 관한 연구. 한국생물상연구지 3: 281-300.
- Brower, J. E. and J. H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publ., Iowa, 194pp.
- Curtis, J. T. and R. R. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Day, F. P. and C. D. Monk(1974) Vegetation pattern on a southern Appalachian Watershed. Ecology 55(5): 1064-1067.
- Daubenmire, R.(1966) Vegetation: Identification of typical communities. Science 151: 291-298.
- Katagiri, S. and T. Tsutsumi(1978) The relationship between site condition and circulation of nutrients in forest ecosystem(V). The difference in nutrient circulation between stands located on upper part of slope and lower part of slope. J. Jap. For. Soc. 60: 195-202.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds(1988) Statistical ecology. John Wiley & Sons, New York, 337pp.
- Monk, C. D., G. I. Child and S. A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Pielou, E. C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.