

鷄龍山國立公園 溪谷部 植生の 構造와 DCCA에 의한
植生과 環境과의 相關關係 分析¹

朴榮淳² · 宋鎬京^{3*} · 李 瑾⁴ · 李美貞³

An Analysis of Vegetation Structure and
Vegetation-Environment Relationships with DCCA in the
Valley Part of Kyeryongsan National Park¹

Young-Soon Park², Ho-Kyung Song^{3*}, Sun Yee⁴ and Mi-Jeong Lee³

요 약

본 연구는 계룡산의 동학사, 갑사, 신원사 지역의 계곡부 산림식생을 대상으로 1999년 8월에 50개소의 방형구를 설치하여 식생조사를 실시하였으며, TWINSpan과 DCCA ordination을 이용하여 군락 분류, 임분구조 특성 및 환경요인과의 상관관계를 분석하였다.

1. TWINSpan에 의한 분류 결과는 서어나무군락, 굴참나무-졸참나무군락, 느티나무-풍계나무군락, 까치박달군락으로 구분되었다.

2. 계룡산 계곡부 산림식생의 중요치를 각 군락별로 살펴보면 서어나무군락에서 중요치가 높은 종은 서어나무, 굴참나무, 졸참나무, 소나무, 때죽나무 등의 순으로, 굴참나무-졸참나무군락은 굴참나무, 졸참나무, 때죽나무, 밤나무, 굴피나무 등의 순으로 나타났다. 그리고 느티나무-풍계나무군락은 졸참나무, 밤나무, 비목나무, 느티나무, 때죽나무 등의 순으로 나타났으며 까치박달군락에서 중요치가 높은 종은 까치박달, 서어나무, 사랴주나무, 층층나무, 느티나무 등의 순으로 나타났다.

3. DCCA ordination에 의한 4개의 각 군락과 환경요인과의 상관관계를 보면 서어나무군락은 다른 군락에 비하여 경사가 급하고 해발고가 비교적 낮은 지역에서 분포하고 있으며, 굴참나무-졸참나무군락은 해발고가 낮고 경사가 완만한 지역에서 분포하고 있다. 그리고 느티나무-풍계나무군락은 해발고가 가장 높고 경사가 비교적 완만한 지역에서 분포하고 있으며, 까치박달군락은 다소 해발고가 높고 경사가 중간인 지역에서 분포하고 있었다.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze characters of the vegetation structure, vegetation-environment relationships of Kyeryongsan forest community. Fifty plots were sampled in the valley forest of Donghaksa, Gabsa, Sanghasinri and Shinwonsa regions in Kyeryongsan. Field survey was carried out in August of 1999 to examine a vegetation type and measure a diameter. The classification

¹ 接受 2000年 11月 15日 Received on November 15, 2000.

審查完了 2001年 5月 4日 Accepted on May 4, 2001.

² 국립공원관리공단 계룡산관리사무소 National Parks Authority Kyeryongsan Park Office, Kongjushi, Chungchongnamdo 314-920, Korea.

³ 충남대학교 농과대학 산림자원학과 Department of Forest Resources, College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea.

⁴ 한국전통문화학교 전통조경학과 Department of Traditional Landscape Architecture, The Korean National University of Cultural Heritage, Puyo 323-810, Korea.

* 연락처자 E-mail : hksong@cnu.ac.kr

by TWINSpan, the DCCA ordination, and structure of stand were used to analyze data. The results of this study are as follows :

1. With the classification by TWINSpan, the community was categorized into four groups, such as *Carpinus laxiflora*, *Quercus variabilis*-*Quercus serrata*, *Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* and *Carpinus cordata* communities.

2. The dominant species in *Carpinus laxiflora* community were *Carpinus laxiflora*, *Quercus variabilis*, *Quercus serrata*, *Pinus densiflora* and *Styrax japonica*. The dominant species in *Quercus variabilis*-*Quercus serrata* community were *Quercus variabilis*, *Quercus serrata*, *Styrax japonica*, *Castanea crenata* and *Platycarya strobilacea*. The dominant species in *Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* community were *Quercus serrata*, *Castanea crenata*, *Lindera erythrocarpa*, *Zelkova serrata* and *Styrax japonica*. The dominant species in *Carpinus cordata* community were *Carpinus cordata*, *Carpinus laxiflora*, *Sapium japonicum*, *Cornus controversa* and *Zelkova serrata*.

3. The results of the correlation between Kyeryongsan valley forest community and environmental factors by DCCA ordination method are as follows; The *Carpinus laxiflora* community was found in low elevation and steep slope area. The *Quercus variabilis*-*Quercus serrata* community was found in low elevation and lower slope area. The *Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* community was found in high elevation and lower slope area. The *Carpinus cordata* community was found in high elevation and midium slope area.

Key words : TWINSpan, DCCA, Importance value, Species diversity

서론

계곡이란 산 속의 물줄기가 있는 골짜기를 말한다. 계곡부는 수분과 광량, 전기와 우기에 따른 水位 변화, 流速 등 다양한 환경인자들로 인하여 독특한 생태계를 유지하고 있다. 계곡부의 식생은 사면부나 능선부의 식생과는 다른 구성을 나타내며, 이러한 식생을 기후적인 극상림을 형성하는 'zonal vegetation'에 대응하여, 기후보다 주로 토양조건에 영향을 받아 중구성을 나타내는 'azonal vegetation'이라 한다(Müller-Dombois와 Ellenberg, 1974).

하천의 원류를 이루는 산지의 계곡부는 경사가 급하고 유속이 빨라 용존산소량이 많으며 수온이 중·하류보다 낮다. 또한 토양수분 조건이 양호하므로 계곡부에는 전형적인 산림식생 외에도 다양한 습생식물과 바위주변에 생육하는 관목류 등 독특한 계곡식생의 특성을 나타낸다. 계곡부는 이와 같은 특수한 입지환경으로 인하여 다양한 동·식물이 서식하고 있다.

계곡에서는 지형적인 특성으로 인해 계곡부에서 사면부로 옮겨 갈수록 토양수분과 양분함량 등이 저하되므로 그에 따른 식생 구성과 분포의 차이를 나타낸다. 일반적으로 계곡에서 능선부를 향한 사면부에는 몇 개의 띠를 이루며 식생이 변화한다.

계룡산은 1968년 건설부공고 제164호에 의하여 우리나라 국립공원 중 제2호로 지정되었고, 천황봉(해발 845m)을 중심으로 20여개의 산봉들이 연봉을 이루며 솟아 있고 15여 개의 깊은 계곡이 형성되어 있다. 그 면적은 61.148km²로써 대전시 유성구가 9.93%, 충남 공주시, 논산시가 각각 81.60%, 8.47%를 차지하고 있다.

주요 계류로는 동학사 계곡류, 갑사 계곡류, 신원사 계곡류, 용화사 계곡류, 그리고 상신리와 하신리 계곡류 등 5대 계류가 주수계를 형성하고 있다.

계곡의 사면은 전형적인 V자곡을 형성하며 계곡에는 절리면에 따른 차별풍화로 인하여 발달된 급류와 소규모의 폭포가 곳곳에 산재한다. 상부로 올라 갈수록 경사가 급하고 연봉으로 형성된 능선이 남북축을 이루어 대체로 서측보다 남측의 경사가 급하다. 또한 계룡산과 전체가 주로 화성암으로 구성되어 있고 경사가 급하여 절리 이외에는 지하수를 함유할 수 있는 조건이 미약하다. 따라서 우기가 지나면 계류가 급격히 감소하는 특징을 보이며 여름을 제외하고는 대부분 건천을 이룬다(내무부, 1993).

계룡산은 다양한 동·식물이 서식하고 있음에도 불구하고 대부분의 비지정등산로가 계곡부를 중심으로 개설되어 있어 계곡부의 오염이 심각하

다. 특히 계룡산국립공원은 대전광역시와 바로 인접하여 근린공원의 성격이 강하며, 연중 탐방객의 발길이 끊이지 않아 환경오염이 가중되고 있다.

계룡산의 식생에 관한 연구는 정태현(1958)을 시작으로 많은 논문이 보고되어 있다(최두문, 1965, 1967, 1968; 박종성 등, 1979; 이우철과 이은복, 1980; 신창남과 방재욱, 1982; 내무부, 1993; 심정기 등, 1998). 그의 산림군집형과 천이 및 동태에 관한 연구(박종성 등, 1983; 송호경, 1986; 송호경과 신창남, 1985; 신창남과 이십신, 1984), DCCA에 의한 계룡산의 산림군집과 환경의 상관관계 분석(송호경, 1990a), 산림토양에 관한 연구(신창남 등, 1983) 등이 있다. 계곡부위에 대한 연구로는 최두문(1967, 1968)의 동학사 남부계곡의 수직식생분석과 동학사 북부계곡과 폭포 주변의 수직식생 분석이 있으나, 이는 계곡과 사면에 대한 조사 보고이며, 계곡부위만을 대상으로 조사된 보고서는 이 선과 송호경(2000)이 계곡부 산림식생의 식물사회학적 연구가 있다.

본 연구에서는 이와 같이 산림생태계 내에서 독특한 위치를 차지하는 계룡산국립공원내 계곡부의 식생을 파악하여 생태계보전과 환경친화적인 국립공원관리방안을 마련하는데 기초자료를 제공하고자 TWINSpan 및 DCCA ordination 방법을 사용하여 계곡부의 식생을 분석하였다.

조사 및 분석방법

1. 조사지의 개황

계룡산은 행정구역상 서·북쪽면은 공주시, 남쪽면은 논산시에 동쪽의 일부는 대전광역시에 속하나 대부분의 지역이 공주시의 계룡면과 반포면에 걸쳐 있으며, 지리적으로는 북위 36° 18' 02" ~ 36° 23' 38", 동경 127° 11' 60" ~ 127° 17' 86"에 위치하고 있다.

이 지역은 온대중부의 기후특성상 온화하고 뚜렷한 계절성을 지닌 지역으로 최근 10년간의 연평균 기온은 12.8°C이다. 한편 강수량은 1998년에 2,070mm로 최고강수량을, 1994년에 853mm로 최저강수량을 나타냈으며 10년간의 연평균 강수량은 1,389mm이다(기상청, 1989~1998). 또한 계룡산은 지형의 굴곡과 기복이 심한 지역으로서 미기후의 영향이 크고 일교차가 심한 편이다.

2. 식생 및 입지 환경 조사

식생조사는 주요 계곡별 산림식생을 대상으로 1999년 8월에 실시하였으며, 조사구는 동학사계곡에서 16개소, 갑사계곡에서 16개소, 신원사계곡에서 8개소, 상신리계곡에서 10개소 등 총 50개소를 계곡부위별로 설정하였다(Figure 1).

방형구는 10m×20m의 크기로 계곡 쪽으로 길게 설치하고 흉고직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

입지 환경요인으로는 조사지의 방위, 경사, 해발고를 측정하였고, 방위는 나침반을 사용하여 8개의 방위로 구분하였으며, 경사도는 경사계, 해발고는 고도계를 이용하여 측정하였다.

3. 군락 분류

Classification은 Hill(1979)의 TWINSpan(two-way indicator species analysis)을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%로 5개의 cut level이 사용되었다. 각 조사구에서 20% 이상의 중요치를 가지는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주되었다.

4. 중요치 및 다양도 분석

계룡산 계곡부 산림식생의 특징을 보다 정확하게 분석하기 위하여 흉고직경 3cm 이상의 매목 조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를 산출하였다. 또한 조사구 내의 종 구성상태의 다양성을 나타내는 척도로서 Shannon의 종다양도 지수(H'), 최대종다양도(H' max), 균재도(J') 그리고 우점도(D')를 산출하였다(Shannon과 Weaver, 1963).

5. Ordination 분석

Ordination 분석을 위하여 식생조사에서 얻은 자료로부터 각 종의 합성치를 조사구별로 상대피도와 상대밀도에 의하여 산출하였으며, ordination은 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill과 Gauch, 1980), Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하여 분석하였다.

Ordination 분석 시 해발고는 m 단위를, 경사도는 도(°)를 사용하였으며, 방위는 '북·북동·북서·동·서·남동·남서·남'을 '8·7·6·5·4·3·2·1'의 수치로 환산하여 사용하였다.

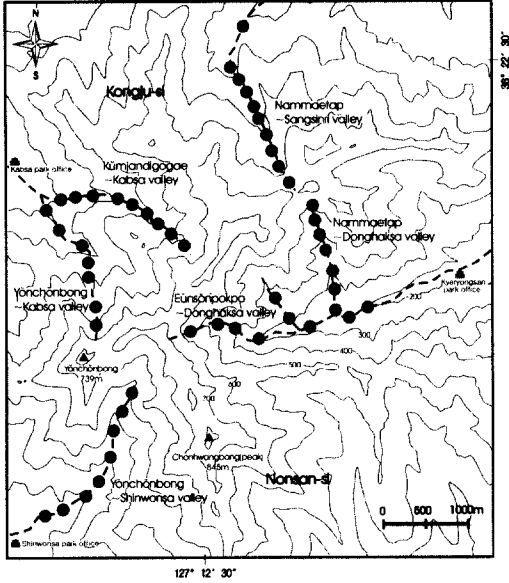


Figure 1. Topography and sample plots of Kyeryongsan.

결과 및 고찰

1. 군락 분류

50개의 조사구를 대상으로 분석을 실시하였으며, 조사구에서 출현한 종수는 총 69종이었다. 5개 이상의 조사구에서 출현한 39종을 대상으로 TWINSpan을 실시하면, 제1수준에서 서어나무와 까치박달에 의하여 구분되며, 서어나무군은 제2수준에서 굴참나무에 의하여 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community)과 굴참나무-졸참나무군락(*Quercus variabilis-Quercus serrata* community)으로, 까치박달군은 제2수준에서 풍계나무의 유무에 의하여 느티나무-풍계나무군락(*Zelkova serrata-Celtis jessoensis* community)과 까치박달군락(*Carpinus cordata* community)의 4 group으로 나누어졌다(Figure 2).

서어나무군락과 굴참나무-졸참나무군락은 굴참나무와 소나무의 중요치가 높은 반면에 느티나무-풍계나무군락과 까치박달군락은 굴참나무의 중요치가 매우 낮으며 소나무는 출현하지 않았다. 서어나무군락은 교목층에 서어나무, 굴참나무, 졸참나무, 소나무 등이 분포하며, 아교목층에는 때죽나무, 쪽동백, 좁은단풍 등이 주로 출현하였다. 굴참나무-졸참나무군락은 교목층에 굴참나무, 졸참나무, 밤나무, 굴피나무 등이 우점하며, 아교목

층에는 비목나무, 때죽나무 등이 자주 출현하였다. 느티나무-풍계나무군락에는 느티나무와 풍계나무 외에 졸참나무, 까치박달, 물푸레나무 등이 교목층에, 때죽나무, 비목나무, 사람주나무 등이 아교목층에 우점하였다. 까치박달군락은 교목층에 까치박달, 서어나무, 층층나무 등이, 아교목층에는 사람주나무, 쪽동백, 참회나무 등이 우점하였다.

이 선과 송호경(2000)은 계룡산 계곡부의 산림식생을 크게 서어나무군락과 까치박달군락으로 대별하였으며 그 아래 5개의 아군락으로 구분되었다. 이것은 초본층을 포함한 조사결과로서, 본 결과의 4개의 군락 구분과는 다소 차이가 있으나 제1수준에서 서어나무와 까치박달에 의하여 크게 구분된 것은 동일하였다.

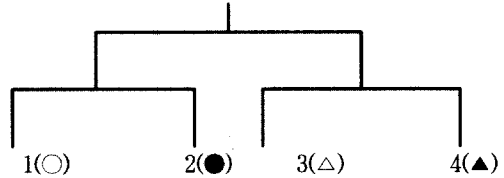


Figure 2. The path way of subdivision into groupings of forest communities in the valley part of Kyeryongsan using TWINSpan :

- 1 : *Carpinus laxiflora* community;
- 2 : *Quercus variabilis-Quercus serrata* community;
- 3 : *Zelkova serrata-Celtis jessoensis* community;
- 4 : *Carpinus cordata* community.

2. 군락 특성

1) 종다양도 분석

종다양성은 산림식생 구조를 정량적으로 평가하는 것으로서 종수와 이질성이라는 제한된 변수만으로 구해지는 한계가 있으나(Krebs, 1985), 산림식생의 안전성을 유추할 수 있고 서로 다른 지역의 종다양성을 같은 척도로 비교할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

Table 1은 TWINSpan에 의해 분류된 4개 군락에 대한 종다양도를 분석한 것이다. 조사된 계룡산 계곡부 산림식생의 다양도지수는 0.9505~1.0298이고, 최대종다양도는 1.0998~1.2127이다.

균재도는 0.8388~8923의 범위를, 역의 개념인 우점도는 0.1612~0.1077의 범위를 나타내고 있다. 일반적으로 임분의 초기 발전단계에서는 선점하고 있던 몇 개의 종에 의하여 우점되지만, 토양

비옥도 등 물리적 환경이 좋아지면 다양한 수종의 유입에 의해 경쟁이 심화되어 수종간의 생태적 영역은 균일한 상태로 바뀌게 된다. 즉, 군재도는 높아지고 역으로 우점도는 낮아진다. Whittaker (1965)는 우점도가 0.9 이상일 때는 1종에 의해, 0.3~0.7일 때는 2~3종에 의해, 그리고 0.3 이하일 때는 다수의 종에 의하여 우점을 이룬다고 하였는데, 본 조사지역의 우점도가 0.1612~0.1077인 것을 고려한다면, 계룡산 지역의 계곡부 산림식생은 어떤 특정종이 우점하지 않고 다수의 종이 우점하고 있다고 생각된다.

또한 계룡산 계곡부 산림식생의 종서열 중요치 곡선을 보면(Figure 3), 종서열 중요치 곡선의 기울기가 완만하며, 군재도가 0.8388~0.8923인 것을 고려한다면 계곡부의 식생은 풍부하다고 할 수 있다.

Table 1. Species diversity indices of four communities classified by TWINSpan.

Community	H'	H'max	D'	J'
<i>Carpinus laxiflora</i> community	0.9505	1.0998	0.1357	0.8643
<i>Quercus variabilis</i> - <i>Quercus serrata</i> community	1.0179	1.2127	0.1612	0.8388
<i>Zelkova serrata</i> - <i>Celtis jessoensis</i> community	1.0298	1.1510	0.1077	0.8923
<i>Carpinus cordata</i> community	1.0264	1.1647	0.1221	0.8779

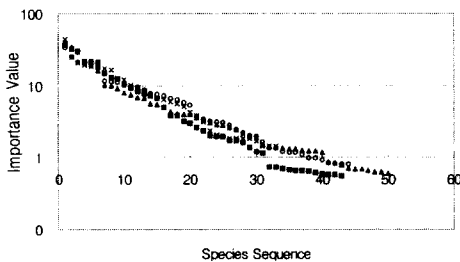


Figure 3. Species sequence and importance value curve of forest communities in the valley part of Kyeryongsan.

- : *Carpinus laxiflora* community;
- ▲ : *Quercus variabilis*-*Quercus serrata* community;
- : *Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* community;
- × : *Carpinus cordata* community.

그리고 종서열 중요치 곡선의 유형은 서어나무군락, 굴참나무-졸참나무군락, 느티나무-풍계나무군락, 까치박달군락에서 대수정규분포에 접근하고 있다. 따라서 군락간에 다소 차이는 있지만 어떤 특정종이 군락내에서 우점하지 않고 군락내의 각종들이 적절히 점유하고 있음을 보여준다고 생각한다. 이러한 결과는 설악산(Choi와 Yim, 1984; 장규관과 송호경, 1997), 한라산(임양재와 이진화, 1991) 및 덕유산(김창환과 길봉섭, 1996)과 유사한 것으로 보아 이곳 계곡부 산림군락의 종다양도가 높다고 판단된다.

2) 중요치 분석

계룡산 계곡부 산림식생에서 흉고직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 중요치를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

50개의 조사구에서 출현한 종은 총 69종이었으며, 중요치가 가장 높은 종은 졸참나무로 28.69, 그 다음으로 굴참나무 23.76, 매죽나무 21.62, 밤나무 18.80, 서어나무 17.16, 비목나무 12.82, 사람주나무 12.51, 까치박달 12.26 등의 순으로 나타났다.

전체적으로 볼 때, 참나무류인 졸참나무와 굴참나무가 교목층을 우점하고, 매죽나무, 밤나무, 서어나무, 비목나무 등이 아교목층과 관목층을 우점하고 있다. 이것은 계룡산 전체의 결과(송호경과 신창남, 1985)와 비교하면 수종 구성과 중요치에서 차이를 보이고 있다. 송호경과 신창남(1985)은 중요치가 높은 수종으로 소나무 54.52, 신갈나무 33.24, 굴참나무 20.61, 매죽나무 13.57, 밤나무 13.22, 서어나무 13.14, 졸참나무 12.28 등의 순으로 보고하였다. 소나무와 신갈나무는 계룡산 국립공원의 전 지역에 우점하여 분포하고 있지만, 본 조사 대상지역인 계곡부에서는 각각 11.87과 11.71로 송호경과 신창남(1985)와 비교할 때 중요치가 낮다고 할 수 있다. 이것은 조사지역의 습한 지형적인 조건과 비교적 낮은 해발고에 따른 결과라고 사료된다.

(1) 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community)

17개 조사구에서 출현한 종수는 43종이었으며 가장 중요치가 높은 종은 서어나무로 37.09, 그 다음으로 굴참나무 32.25, 졸참나무 30.12, 소나무 21.68, 매죽나무 21.48, 신갈나무 21.17, 밤나무 14.69, 사람주나무 12.98의 순으로 나타났다.

Table 2. Importance value of major tree species of the Kyeryongsan.

Species	Community ①		Community ②		Community ③		Community ④		Total	
	IV	*OR	IV	*OR	IV	*OR	IV	*OR	IV	*OR
<i>Quercus serrata</i>	30.12	3	34.75	2	26.91	1	7.80	14	28.69	1
<i>Quercus variabilis</i>	32.25	2	41.06	1	6.49	18	4.51	18	23.76	2
<i>Styrax japonica</i>	21.48	5	29.75	3	18.96	5			21.62	3
<i>Castanea crenata</i>	14.69	7	20.48	4	23.09	2	8.35	12	18.80	4
<i>Carpinus laxiflora</i>	37.09	1	9.13	9	0.67	34	41.60	2	17.16	5
<i>Lindera erythrocarpa</i>	8.31	12	10.07	7	21.67	3	6.11	16	12.82	6
<i>Sapium japonicum</i>	12.98	8	8.01	10	13.81	8	16.24	4	12.51	7
<i>Carpinus cordata</i>	7.33	14	4.02	19	17.87	6	48.97	1	12.26	8
<i>Pinus densiflora</i>	21.68	4	16.10	6					11.87	9
<i>Quercus mongolica</i>	21.17	6	1.88	29	7.64	14	7.66	15	11.71	10
<i>Zelkova serrata</i>	2.98	20	9.99	8	20.48	4	15.40	6	11.19	11
<i>Styrax obassia</i>	12.39	9	5.00	16	10.96	9	12.41	8	9.95	12
<i>Acer pseudo</i>										
<i>-sieboldianum</i> var.	10.62	10	2.43	26	10.34	12	10.60	11	8.28	13
<i>koreanum</i>										
<i>Platycarya strobilacea</i>	1.61	26	20.36	5	6.83	17			8.27	14
<i>Prunus serrulata</i>										
var. <i>spontanea</i>	9.30	11	6.87	12	7.13	15	12.44	7	8.15	15
<i>Fraxinus</i>										
<i>rhynchophylla</i>	1.70	25	5.40	15	15.26	7	8.19	13	7.76	16
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	1.37	27	1.33	33	10.92	10	18.66	3	5.69	17
<i>Cornus kousa</i>	6.60	15	4.02	19	5.98	19	4.99	17	5.46	18
<i>Acer mono</i>	1.21	28	4.40	17	10.76	11	3.14	21	5.09	19
<i>Cornus controversa</i>	2.61	21	1.96	28	6.92	16	15.65	5	4.34	20
<i>Quercus aliena</i>			7.39	11	5.07	20			3.75	21
<i>Sorbus alnifolia</i>	4.99	16	2.77	24	3.11	24			3.66	22
<i>Celtis jessoensis</i>	0.60	33	1.27	35	9.27	13			3.55	23
<i>Rhus trichocarpa</i>	7.79	13	3.04	23					3.53	24
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.35	22	5.61	14	2.17	28	3.14	21	3.23	25
<i>Actinidia arguta</i>			2.60	25	4.34	22	11.66	9	2.94	26
<i>Acer truncatum</i>			4.06	18	4.17	23			2.56	27
<i>Symplocos chinensis</i>										
for. <i>pilosa</i>	3.85	17	1.19	37	1.35	31	4.19	19	2.48	28
<i>Meliosma oldhamii</i>	1.72	24	6.70	13	0.81	32			2.39	29
<i>Diospyros kaki</i>			2.18	27	4.76	21			2.24	30
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	3.80	18	1.24	36					1.97	31
<i>Ilex macropoda</i>	3.19	19	0.60	39			11.22	10	1.88	32
<i>Morus bombycis</i>	0.74	29	1.32	34	1.91	29	3.38	20	1.48	33
<i>Callicarpa japonica</i>	0.67	30	0.78	38	2.29	27	3.14	21	1.40	34
<i>Corylus sieboldiana</i>			1.41	30	2.56	26			1.28	35
<i>Picrasma quassioides</i>			3.58	21	0.75	33			1.25	36
<i>Albizia julibrissin</i>	0.62	32	1.34	32	1.66	30			1.15	37
<i>Lindera glauca</i>	0.66	31	3.28	22					1.12	38
<i>Maackia amurensis</i>	1.98	23	1.37	31					1.02	39

① *Carpinus laxiflora* community; ② *Quercus variabilis*-*Quercus serrata* community;

③ *Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* community; ④ *Carpinus cordata* community; *OR : order.

(2) 굴참나무-졸참나무군락(*Quercus variabilis*-*Quercus serrata* community)

이 군락의 중요치를 분석한 결과 13개의 조사구에서 출현한 종은 총 50종이었으며, 중요치가 가장 높은 종은 굴참나무로 41.06, 그 다음으로 졸참나무 34.75, 매죽나무 29.75, 밤나무 20.48, 굴

피나무 20.36, 소나무 16.10, 비목나무 10.07의 순으로 나타났다.

(3) 느티나무-풍계나무군락(*Zelkova serrata*-*Celtis jessoensis* community)

이 군락의 중요치를 분석한 결과 17개의 조사구에

서 총 46종이 출현하였으며 중요치가 가장 높은 종은 졸참나무로 26.91, 그 다음으로 밤나무 23.09, 비목나무 21.67, 느티나무 20.48, 매죽나무 18.96, 까치박달 17.87, 물푸레나무 15.26, 사람주나무 13.81, 쪽동백 10.96, 참회나무 10.92, 고로쇠나무 10.76, 좁은단풍 10.34, 풍계나무 9.27의 순으로 나타났다. 신원사 계곡에서는 이 군락이 분포하지 않았다.

(4) 까치박달군락(*Carpinus cordata* community)

이 군락의 총 출현종수는 27종이었으며 중요치가 가장 높은 종은 까치박달로 48.97이고, 그 다음으로 서어나무 41.60, 참회나무 18.66, 사람주나무 16.24, 층층나무 15.65, 느티나무 15.40의 순으로 나타났다. 이 군락에서는 까치박달과 서어나무의 중요치가 다른 군락들에 비해 높게 나타나 이들 종이 우점하는 경향을 보인다.

3. Ordination 분석

식생분포에 영향을 미치는 환경인자들 중에서 해발고(즉 온도인자)와 수분요소가 가장 중요한 인자로 알려져 있으며, 본 조사지역이 계곡부에 위치하고 있기 때문에 환경인자 중 경사도, 방위, 해발고를 위주로 하여 DCCA ordination에 의한 상관관계를 알아보았다.

Figure 4는 TWINSpan에 의하여 선정된 4개 군락의 주요 우점종과 3개의 환경 요인들(경사도, 방위, 해발고)을 DCCA ordination 분석 결과, 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타난 것이다. Figure 4에서 보는 바와 같이 계룡산의 계곡부 산림식생은 3개의 환경요인에 따라 분포하고 있다. 이들 환경요인과 DCCA ordination 결과에 의한 제1, 제2축의 상관관계를 살펴보면(Table 3) 환경요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있다.

제1축과 제2축에서의 상관관계는 각각 해발고와 경사가 가장 높은 상관관계를 보였으며, 특히 그 중에서도 온도와 직접적인 관련이 있는 해발고가 가장 큰 상관관계가 있는 것을 알 수 있었다. 이는 DCCA에 의한 신갈나무 군락과 환경의 상관관계 분석(송호경, 1990b), TWINSpan 및 DCCA ordination에 의한 백두산 산림군집의 분석(송호경과 김성덕, 1992)의 연구결과와 일치한다.

느티나무-풍계나무군락은 해발고가 높고 경사가 완만한 지역에 분포하고 있으며, 까치박달군

락은 해발고가 높고 경사가 중간인 지역에 분포하고 있었다. 그리고 서어나무군락은 해발고가 낮고 경사가 급한 지역에 분포하고 있으며, 굴참나무-졸참나무군락은 해발고가 낮고 경사가 완만한 지역에 분포하고 있었다.

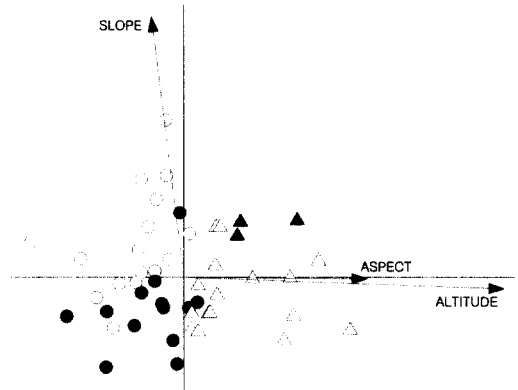


Figure 4. DCCA ordination diagram of forest communities in the valley part of Kyeryong-san : Plots(○, ●, △, ▲) and environmental variables(arrow)

The plots are : ○=*Carpinus laxiflora* community; ●=*Quercus variabilis-Quercus serrata* community; △=*Zelkova serrata-Celtis jessoensis* community; ▲=*Carpinus cordata* community.

Table 3. Forest communities vegetation data in the valley part of Kyeryongsan from Figure 4 : canonical coefficients and inter set correlation of environmental variables with the two axes of DCCA.

Variables	Axis		correlation coefficients	
	1	2	1	2
Altitude	0.434	-0.006	0.731**	0.008
Slope	0.020	0.329	-0.034	0.695**
Aspect	0.202	0.089	0.372*	0.032
Eigenvalue	0.224	0.101		

*p<0.05; **p<0.01

인 용 문 헌

1. 기상청. 1989~1998. 기상연보.
2. 김창환·길봉섭. 1996. 덕유산 국립공원 삼림 식생의 종다양성. 한국생태학회지 19(3) : 223

- 230.
3. 내무부. 1993. 국립공원자연자원조사(계룡산 국립공원). 11-44pp.
 4. 박종성·김지문·송호경. 1979. 계룡산 식물에 관한 조사보고. 충남대학교 농업기술연구보고 6(2) : 134-147.
 5. 박종성·신창남·송호경. 1983. 계룡산 삼림군집의 천이에 따른 식생의 변화에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고 1(1) : 1-11.
 6. 송호경. 1986. 계룡산 산림식생의 수직분포. 충남대학교 환경연구보고 4(2) : 70-75.
 7. 송호경·김성덕. 1992. TWINSpan 및 DCCA Ordination에 의한 백두산 산림군집의 분석. 한국임학회지 81 : 310-319.
 8. 송호경·신창남. 1985. 계룡산 산림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고 3(1) : 19-58.
 9. 송호경. 1990a. DCCA에 의한 계룡산과 덕유산의 산림군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 79 : 216-221.
 10. 송호경. 1990b. DCCA에 의한 신갈나무 군락과 환경의 상관관계 분석. 충남대학교 환경연구보고 8 : 1-5.
 11. 신창남·방재욱. 1982. 계룡산내 관속식물의 종목록. 충남대학교 자연과학연구지 9 : 81-95.
 12. 신창남·이심신. 1984. 계룡산 관목림 군집의 구조와 동태분석. 충남대학교 환경연구보고 2(1) : 1-13.
 13. 신창남·송호경·박종성. 1983. 계룡산 삼림 토양의 특성에 관하여. 충남대학교 환경연구보고 1(2) : 1-9.
 14. 심정기·태경환·임인택·윤창영·김동갑·김주환. 1998. 계룡산 남사면 일대 식물상에 관한 연구. 한국생물상연구지 3 : 281-309.
 15. 이선·송호경. 2000. 계룡산국립공원 계곡부 식생의 식물사회학적 연구. 한국환경생태학회지 14(1) : 88-98.
 16. 이우철·이은복. 1980. 계룡산 및 칠갑산의 식물상. 한국자연보존협회 조사보고서 17 : 63-90.
 17. 임양재·이진화. 1991. 한라산 국립공원 삼림식생의 우점도-다양성에 관하여. 한국생태학회지 14(3) : 257-271.
 18. 장규관·송호경. 1997. 강원도 신갈나무 군락의 우점도 다양성에 관한 연구. 환경생태학회지 11(2) : 160-165.
 19. 정태현. 1958. 계룡산 식물에 대하여. 성균관대학교 논문집 3 : 1-4.
 20. 최두문. 1965. 계룡산의 식생연구-수관층의 표징종과 임상식물의 생산구조. 공주사대논문집 3 : 99-116.
 21. 최두문. 1967. 계룡산의 식생연구-동학사 남부계곡의 수직식생분석. 공주사대 백제문화 1 : 23-33.
 22. 최두문. 1968. 계룡산의 식생연구-동학사 북부계곡과 폭포주변의 수직식생 분석. 공주사대 백제문화 2 : 53-64.
 23. Choi, Ki-Ryong and Yang-Jai Yim. 1984. On the Dominance-Diversity in the Forest Vegetation of Mt. Seolag. Korean Journal of Botany 27(1) : 25-32.
 24. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest Border Region of Wisconsin. Journal of Ecology 32 : 476-496.
 25. Hill, M. O. 1979. TWINSpan-A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Order Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N. Y. Cornell University Press. 50pp.
 26. Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis an Improved Ordination Technique. Vegetatio 42 : 47-58.
 27. Krebs, C. J. 1985. Ecology, third ed.. Harper & Low, N. Y. 800pp.
 28. Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. New York. 547pp.
 29. Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana. 117pp.
 30. Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147 : 250-260.
 31. Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO-A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by [Partial] [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis. TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.