韓國環境復元綠化技術學會誌 7(2) : 52～61(2004)
J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 7(2) : 52～61(2004)

계룡산 동학사계곡 남사면과 북사면의 산림식생*

김현숙[1] · 김호준[2] · 이규석[3] · 송호경[4]※

[1] 충남대학교 대학원 · [2] 한국수자원공사 · [3] 성균관대학교 조경학과 · [4] 충남대학교 산림자원학과

Forest Vegetation on the South and North Slopes of Donghaksa Valley in Gyeryongsan National Park*

Hyun-Sook Kim[1] · Ho-Jun Kim[2] · Kyoo-Seock Lee[3] and Ho-Kyung Song[4]※

[1] Graduate School, Chungnam National University, [2] Korea Water Resources Corporation,
[3] Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University,
[4] Department of Forest Resources, Chungnam National University.

ABSTRACT

This study has been carried out to classify forest vegetation in south and north slopes of Donghaksa valley for supplying basic data for conservation and restoration of the valley. With the phytosociological method, the forest of the south and north slopes of Donghaksa valley was classified as four groups; *Quercus variabilis* community, *Quercus mongolica* community, *Pinus densiflora* community and *Carpinus laxiflora* community.

The dominant species were found in the order of *Pinus densiflora, Quercus variabilis*, *Carpinus laxiflora*, and *Quercus mongolica.* Comparing the north and south slopes, *Quercus variabilis* were the highest dominant species in the south and *Carpinus laxiflora* in the north. *Pinus densiflora* were the next dominant species in both south and north slopes. According to the DBH analysis result, *Pinus densiflora* and *Quercus variabilis* had density of normal distribution style among the entire community. Therefore, their dominance are expected to continue for now. But, *Quercus mongolica* and *Carpinus laxiflora* are expected to extend their influence in the future in terms of competition with *Pinus densiflora.*

The correlation between each community and the environment according to DCCA ordination was examined in this study. The result told us that *Quercus variabilis* is distributed mainly on the south slope in a mid-steep and mid-altitude area. *Quercus mongolica* community appeared on the north slope in the steep high-altitude area that has high percentage in total nitrogen and CEC. *Pinus densiflora* community is distributed on both south and north slopes in a gentle slope and low-altitude area.

---

* 이 논문은 한국과학재단 특정기초연구과제(1999-2-221-001-5)의 지원으로 수행된 결과의 일부임
※ E-mail : hksong@cnu.ac.kr

Carpinus laxiflora is distributed on the north slope in a mid-steep and mid-altitude area.

Key words : *Phytosociology,* DBH *analysis,* DCCA *ordination.*

Ⅰ. 서 론

계룡산국립공원은 차령산맥과 노령산맥 사이에 형성된 산지로서, 행정구역상 충남 공주시 반포면과 계룡면, 논산시 두마면과 상월면 그리고 대전광역시 유성구에 걸쳐 위치하고 있다. 대전시민(약 150만)의 근린공원 역할을 하고 있으며, 최근 10년간 평균 176만명의 관람객이 이용하는 곳이다. 특히 동학사 계곡은 계룡산에서 가장 많은 탐방객이 왕래하는 곳으로 년간 계룡산 탐방객의 56.4%가 동학사 계곡으로 입장하는 것으로 나타났다(이준우 등, 2001). 이처럼 많은 탐방객으로 인하여 식생뿐만 아니라 등산로 주변은 토양 유실이 심각하여 등산로 가장자리의 관목층과 초본층은 도복의 피해를 입고 있다. 또한 교목층의 수목들도 생장 상태가 불량하고 토양 유실로 집중호우와 태풍 시 매년 수십 그루가 쓰러지고 있는 실정이다. 따라서 계룡산의 타 지역보다 동학사 지역이 그 피해가 급증할 것으로 예측된다.

본 조사지인 계룡산국립공원의 식생에 관한 연구는 최두문(1965)을 시작으로 1980년대에 송호경(1985)이 계룡산 산림군집구조를 체계적으로 정리하였다.

2000년대에 이르러 이선과 송호경(2000)은 계룡산국립공원 계곡부 식생을 식물사회학적 측면에서 연구하여 계곡부위의 식생에 관한 조사가 처음 이루어졌고, 이경재 등(2001), 박인협 등(2001)에 의해 연애골지역 계곡부, 갑사 계곡 등 계곡부에 따른 연구가 이루어진 바 있다.

한편 박인협과 서영권(2001)은 북서사면인 신원사와 갑사 계곡에서 계룡산국립공원 계곡부의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조에 관한 연구를 수행한 바 있으며, 그 뒤 박영순 등(2001)이 계룡산 계곡부의 식생을 ordination에 의하여 분석한 바 있으나 동학사 계곡 식생을 분석한 연구는 미진한 실정이다.

이에 본 연구는 동학사 계곡 남·북사면의 식생구조를 분석하여 생물종의 서식지 내 보존관리 및 복원에 필요한 기초 자료를 제공하고자 수행되었다.

Ⅱ. 조사 및 연구방법

1. 조사지의 개황

계룡산국립공원은 북위 36° 18′ ~36° 23′, 동경 127° 11′~127° 17′에 위치하며 천황봉(845m)을 주봉으로 북서쪽으로 관음봉(816m), 삼불봉(775m), 연천봉(738m)이 위치하고 동쪽으로 황적봉(605m), 도덕봉(534m) 등이 우뚝 솟아 있다. 이 지역의 지질은 중생대 백악기 말엽의 지각운동에 의한 심성암의 관입으로 형성된 지형으로 석영, 장석, 운모 등이 주 구성성분인 화강암 산지로서 건기에는 계곡의 건천화가 심한 지형이다(국립공원 관리공단, 1997).

이 지역의 기후는 평균기온은 12.6℃, 연평균 강수량은 1,355.4mm로 나타났으며, 6~9월에는 월평균 200mm 이상의 강우가 집중되는 온대 중부의 내륙성 기후를 나타내고 있다(기상청, 2001).

본 조사지역인 동학사 계곡은 공주시 학봉리 일대로서 남사면에서는 굴참나무, 소나무, 때죽나무 등이 우점하고 있으나, 북사면에서는 서어나무, 신갈나무, 쪽동백나무 등이 우점하는 곳으로 남쪽으로 황적봉과 천왕봉, 서쪽으로 쌀개봉, 관음봉, 삼불봉, 북쪽으로 신선봉과 장군봉으로 둘러싸인 집수역을 조사대상지로 정하였다.

2. 식생과 입지 환경조사 및 토양 분석

계룡산 동학사계곡 남사면과 북사면의 산림식생을 비교·분석하기 위하여 조사지역 내에서 최근에 인위적인 간섭이 적은 지점을 선정하여 2002년 5월부터 8월까지 남사면 24개소,

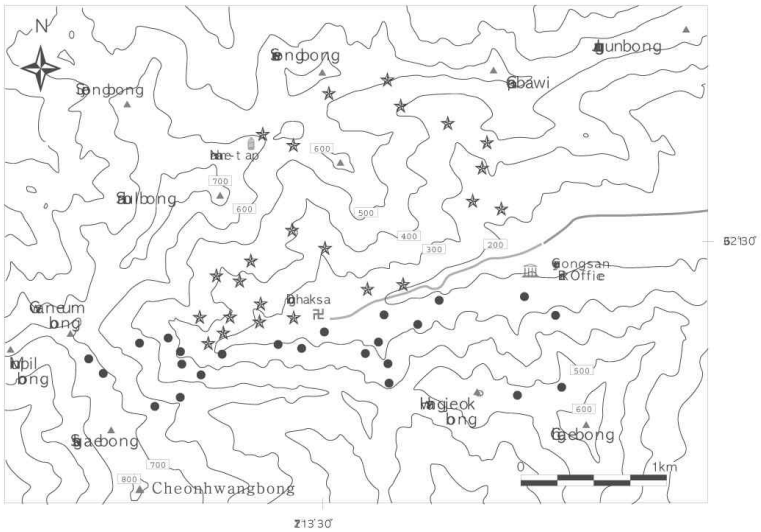

Figure 1. Sample plots at Gyeryongsan forest.
(☆ : South-facing slope, ● : North-facing slope)

북사면 24개소 등 총 48개의 조사구를 설치하여 조사하였다(Figure 1).

식물사회학적 조사를 위하여 조사구(15m×15m)내의 출현식물을 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 구분하여 조사하였으며, 층별 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet(1964)의 7단계 구분을 변형한 Dierssen(1990)의 9단계 구분법을 사용하였다. 그리고 교목층의 평균수고와 각 층위별 평균 피도를 기록하였고, 수집된 식생자료는 Ellenberg(1956)의 표작성법에 의하여 군락을 구분하였으며, 상재도표를 작성하여 군락간의 종 조성을 비교하였다.

또한 각 조사구에서 출현한 종 중 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 1cm 괄약으로 매목조사를 실시하였으며, 입지 환경요인으로는 조사지의 방위, 경사 및 해발고를 측정하였다.

토양의 화학적 성질을 분석하기 위하여 A층에서 지표면으로부터 10cm 부분까지 토양을 채취하여 음지에서 건조하였다. 토양의 유기물 함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법, 전질소는 macro-Kjeldahl법으로 정량화하였으며, 치환성 Ca, Mg, K는 ICP를 이용해 분석하였다. 토양의 pH는 1 : 5로 희석하여 측정하였으며, 양이온치환용량(C.E.C)은 ammonium saturate법으로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982).

3. 중요치, 흉고직경급 및 Ordination 분석

산림군락의 특징을 보다 정확하게 분석하기 위하여 흉고직경 2cm 이상의 매목 조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis and McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를 산출하였고, 흉고직경급을 분석하였다.

Ordination은 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 군락 분류

총 48개 조사구에서 출현한 153종을 표작성법으로 분석한 결과, 동학사 부근의 식물군락은 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community) 및 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community)으로 구분되었다(Table 1).

Table 1. Vegetation table of plant community of Gyeryongsan forest.
A : *Quercus variabilis* community
B : *Quercus mongolica* community
C : *Pinus densiflora* community
D : *Carpinus laxiflora* community

Community type	A	B	C	D
Number of relevé	15	6	18	9
Direction	162	30	216	167
Slope degree	26	27	20	30
Altitude	390	640	292	358
Height of tree layer(T1)	12	14	11	13
Coverage of upper tree(T1) layer(%)	90	91	80	93
Coverage of lower tree(T2) layer(%)	44	43	61	39
Coverage of shrub(S) layer(%)	29	18	23	27
Coverage of herb(H) layer(%)	25	45	36	46
Number of species	28	27	29	27
Differential species of *Quercus variabilis* community				
Quercus variabilis	V	II	III	I
Oplismenus undulatifolius	IV	R	II	II
Symplocos chinensis for. *pilosa*	IV	I	II	I
Lespedeza maximowiczii	III	R	I	I
Pyrola japonic	III	I	II	I
Lindera glauca	II	R	I	I
Viola dissecta var. *chaerophylloides*	II	I	I	I
Differential species of *Quercus mongolica* community				
Quercus mongolica	III	V	II	III
Rhododendron schlippenbachii	I	III	II	II
Tripterygium regelii	R	III	R	R
Carex lanceolata	I	III	I	R
Lespedeza bicolor	R	III	R	R
Differential species of *Pinus densiflora* community				
Pinus densiflora	III	I	V	I
Styrax japonica	II	R	V	II
Rhus trichocarpa	III	II	IV	II
Parthenocissus tricuspidata	I	R	IV	I
Prunus sargenrii	I	R	III	R
Goodyera repens	I	R	III	R
Differential species of *Carpinus laxiflora* community				
Carpinus laxiflora	I	I	II	V
Ainsliaea acerifolia	II	II	II	V
Smilax riparia var. *ussuriensis*	II	I	I	III

1) 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community)

굴참나무군락은 주로 남사면에 분포하였으며, 해발고 232～595m(평균 390m), 경사는 12～37°(평균 26°)로 비교적 급한 편이다. 교목층의 평균 수고는 12m이고, 군락의 구분에 이용된 조사구는 총 15개였다.

토양 양료는 0～10cm의 토양에서 유기물함량은 6.2%, 전질소 0.35%, 양이온치환용량 21.9me/100g이었다.

군락 구분종으로는 굴참나무, 노린재나무, 감태나무, 주름조개풀, 조록싸리, 노루발, 남산제비꽃이다. 평균 출현종수는 28종이며, 평균 피도는 교목층이 90%, 아교목층 44%, 관목층 29%, 초본층 25%로 조사되었다.

굴참나무군락에서는 굴참나무와 신갈나무가 교목층을, 때죽나무, 좁은단풍, 쪽동백나무, 사람주나무가 아교목층을 우점하였으며, 관목층에는 좁은단풍, 생강나무, 쇠물푸레, 사람주나무가 우점하고 초본층에서는 주름조개풀, 노린재나무, 땅비싸리가 우점하였다. 김정언과 길봉섭(2000)은 당단풍은 신갈나무군락에서 아교목층에 우점하는 종이라고 하였는데, 당단풍과 같은 입지를 점유하고 있는(송호경, 1985) 좁은단풍이 굴참나무군락의 아교목층에서 우점하고 있는 것은 좁은단풍(당단풍)이 신갈나무군락뿐만 아니라 굴참나무군락, 졸참나무군락의 아교목층에 우점종으로 분포한다고 판단된다(이미정 등, 2004).

임양재과 백순달(1985)은 한반도에서 굴참나무군락은 산 중복 양지에 주로 분포한다고 하였는데, 본 조사지의 굴참나무군락도 해발고 200～600m의 남사면에 주로 분포하였다.

2) 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)

동학사 부근의 북사면에 우점하는 신갈나무군락은 해발고 546～720m(평균 640m)의 높은 고도에 주로 분포하였으며, 경사는 15～36°(평균 27°)로 다소 급하고, 조사구당 평균 출현종수는 27종으로서 4개의 군락 중 가장 낮았다.

토양 양료는 0～10cm의 토양에서 유기물함량은 9.2%, 전질소 0.54%, 양이온치환용량 24.7me/

100g으로 4개의 군락 중 가장 양호하였다.

군락 구분종으로는 신갈나무 외에 철쭉꽃, 미역줄나무, 그늘사초, 싸리이다. 총 6개의 조사구가 이 군락에 포함되었으며, 평균 피도는 교목층 91%, 아교목층 43%, 관목층 18%, 초본층 45%로 조사되었다. 신갈나무군락에서는 교목층에 신갈나무, 서어나무가 우점하고, 아교목층에는 신갈나무, 서어나무, 좁은단풍, 쪽동백나무가, 관목층에는 철쭉꽃, 좁은단풍, 진달래가 우점하며, 초본층에는 미역줄나무, 그늘사초, 단풍취, 선밀나물이 우점하였다.

신갈나무는 해발고가 높고 비교적 비옥한 입지에서 피도와 빈도가 높게 나타났다. 송호경 등(2001)은 계룡산국립공원 내 군사보호구역 일대의 조사에서 신갈나무군락은 타 군락과 비교하여 해발고가 높은 지역(685m)에 분포한다고 하였으며, 유재은(1988)도 계룡산에서 신갈나무군락이 해발 600m 이상에서 분포한다고 보고하였는데, 본 조사지역에서도 해발고가 600m 이상에서 주로 분포하였다.

3) 소나무군락(*Pinus densiflora* community)

이 군락은 남사면과 북사면 양 사면에서 해발고 229～425m(평균 292m)의 비교적 낮은 지역에서 출현하였으며, 특히 남사면에서는 400m 이상의 능선부에 분포하였다. 경사는 5～38°(평균 20°)로 대체로 완만한 지역에서 분포한다. 군락의 구분에 이용된 조사구는 18개소이며, 조사구당 평균 출현종수는 29종이고, 교목층의 평균 수고는 8～15m(11m)로 4개 군락 중 가장 낮았다.

토양 양료는 0～10cm의 토양에서 유기물함량은 4.6%, 전질소 0.22%, 양이온치환용량 18.2me/100g으로 4개의 군락 중 유기물함량과 전질소가 가장 낮았다.

군락 구분종으로는 소나무, 때죽나무, 개옻나무, 담쟁이덩굴, 애기사철란, 산벚나무이다. 이 군락의 평균 피도는 교목층 80%, 아교목층 61%, 관목층 23%, 초본층 36%로 나타났다. 소나무군락에서는 소나무, 졸참나무, 굴참나무가 교목층을, 때죽나무, 서어나무, 졸참나무가 아교목층을 우점하였다. 관목층에서는 개옻나무, 진달래, 좁은단풍, 쇠물푸레가 우점하며, 초본층에서는 담쟁이덩굴, 지리대사초, 쇠물푸레가 우점하였다.

특히 소나무는 관목층과 초본층의 치수가 거의 없어 참나무류와의 경쟁에서 점차 세력이 약화될 것으로 판단된다. 한편 본 군락의 아교목층에서 때죽나무의 피도가 상대적으로 높게 나타났는데, 최송현과 조현서(2001)의 결과에서도 동학사와 남매탑 구간의 산림군집에서 소나무군락의 아교목층에 때죽나무의 상대우점치가 가장 높게 나타나는 것으로 보고하였다.

4) 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community)

이 군락은 주로 북사면에 분포하며 해발고는 215～505m(평균 358m)이고 경사는 12～42°(평균 30°)로 다소 급한 편이다. 군락의 구분에 이용된 조사구는 9개이고, 조사구당 평균 출현종수는 27종이며, 교목층의 수고는 11～15m(평균 13m)로 조사되었다.

토양 양료는 0～10cm의 토양에서 유기물함량은 5.2%, 전질소 0.30%, 양이온치환용량 17.5me/100g이었다.

군락 구분종으로는 서어나무, 단풍취, 밀나물이다. 이 군락의 평균 피도는 교목층 93%, 아교목층 39%, 관목층 27%, 초본층 46%로 조사되었다. 서어나무군락에서는 교목층에서 서어나무, 신갈나무, 졸참나무가, 아교목층에서 때죽나무, 쪽동백나무, 사람주나무, 좁은단풍이 우점하였으며, 관목층에서는 철쭉꽃, 개옻나무, 생강나무가 우점하고, 초본층에서는 지리대사초, 생강나무, 단풍취가 우점하였다.

4개 군락 중 아교목층의 평균 피도가 가장 낮게 나타난 반면 초본층은 4개 군락 중 가장 높은 피도를 나타냈다.

남이(1988)는 계룡산 산림군락 중 서어나무군락의 토양수분 함량이 낮은 것으로 보고하였고, Masaki 등(1992)이 능선부나 사면상부에 분포한다고 보고한 것과 이선과 송호경(2000)이 다소 건조한 입지에 분포한다는 것을 볼 때, 이 군락은 북사면의 다소 건조한 입지에 분포한다고 판단된다.

2. 임분 특성

1) 중요치 분석

동학사계곡 남사면과 북사면 산림군락에서 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 중요치를 분석한 결과(Table 2), 소나무가 중요치 49.67로 가장 높고 다음으로 굴참나무, 서어나무, 신갈나무, 졸참나무, 쪽동백나무, 때죽나무, 좁은단풍, 사람주나무, 쇠물푸레, 밤나무, 비목나무의 순으로 나타났다. 송호경(1985)의 우점종 순위와 비교해보면, 굴참나무와 신갈나무의 순위가 바뀌고 서어나무의 순위가 높게 나타난 것인데, 이는 해발고도가 낮은 계곡을 중심으로 조사가 이루어져 서어나무의 우점도가 높게 조사되었고, 신갈나무의 우점도가 상대적으로 낮게 조사되었다. 군락별 중요치를 보면, 굴참나무군락에서는 굴참나무가 중요치 96.45로 가장 높고 다음으로 쪽동백나무, 소나무, 신갈나무, 졸참나무, 좁은단풍, 사람주나무, 때죽나무의 순으로 나타났다. 신갈나무군락에서는 신갈나무가 중요치 121.69로 가장 높고 소나무, 쪽동백나무, 굴참나무, 좁은단풍, 쇠물푸레, 서어나무, 철쭉꽃의 순으로 나타났다. 소나무군락에서는 소나무가 중요치 105.67로 가장 높게 나타났고, 졸참나무, 때죽나무, 서어나무, 굴참나무, 신갈나무, 쇠물푸레, 개옻나무의 순으로 나타났으며, 때죽나무의 중요치가 타 군락보다 상대적으로 높게 나

Table 2. Importance value of major tree species of the Gyeryongsan forest.

Species \ Community	A		B		C		D		Average	
	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR
Pinus densiflora	19.97	3	18.47	2	105.67	1	7.77	11	49.67	1
Quercus variabilis	96.45	1	12.00	4	14.71	5	2.87	21	37.67	2
Carpinus laxiflora	10.29	9	11.39	7	14.98	4	108.12	1	30.51	3
Quercus mongolica	19.97	3	121.69	1	11.38	6	22.37	3	29.62	4
Quercus serrata	19.94	5	7.86	12	26.46	2	12.77	6	19.63	5
Styrax obassia	20.16	2	15.70	3	6.69	11	27.17	2	15.63	6
Styrax japonica	10.31	8	-	-	24.08	3	7.86	10	13.96	7
Acer pseudosieboldianum var. *koreanum*	12.93	6	11.95	5	6.17	13	15.36	4	10.60	8
Sapium japonicum	11.11	7	9.76	9	7.72	10	13.04	5	10.06	9
Fraxinus sieboldiana	8.88	11	11.45	6	10.73	7	4.91	14	9.22	10
Castanea crenata	6.32	14	-	-	9.23	9	7.61	12	6.98	11
Lindera erythrocarpa	9.08	10	-	-	4.61	14	8.72	9	6.26	12
Rhus trichocarpa	2.72	21	4.01	19	10.00	8	5.44	13	6.22	13
Rhododendron schlippenbachii	-	-	11.12	8	2.07	21	11.35	7	4.19	14
Prunus serrulata var. *spontanea*	6.49	13	3.43	20	3.43	17	1.48	26	4.00	15
Rhododendron mucronulatum	6.21	15	5.66	16	1.20	30	3.46	18	3.69	16
Prunus sargentii	1.29	24	3.41	21	6.62	12	-	-	3.38	17
Sorbus alnifolia	3.07	19	4.57	17	4.40	15	-	-	3.23	18
Lindera obtusiloba	6.53	12	-	-	1.21	29	3.22	20	3.10	19
Platycarya strobilacea	5.43	16	-	-	3.46	16	-	-	3.04	20
Symplocos chinensis for. *pilosa*	4.14	18	4.22	18	2.43	20	1.45	27	2.99	21
Ilex macropoda	1.74	23	6.91	13	2.87	18	1.63	24	2.73	22
Zelkova serrata	4.20	17	-	-	2.54	19	1.61	25	2.60	23
Cornus kousa	0.91	27	5.86	15	1.56	23	4.74	16	2.45	24
Betula davurica	-	-	-	-	-	-	10.40	8	1.92	25
Fraxinus rhynchophylla	2.84	20	6.89	14	0.73	35	-	-	1.90	26
Carpinus cordata	-	-	8.52	11	-	-	4.78	15	1.83	27
Fraxinus mandshurica	1.21	25	-	-	1.56	24	3.78	17	1.69	28

A : *Quercus variabilis* community; B : *Quercus mongolica* community; C : *Pinus densiflora* community; D : *Carpinus laxiflora* community, IV : Importance value, OR : order.

타났다. 서어나무군락에서는 서어나무가 중요치 108.12로 가장 높고 쪽동백나무, 신갈나무, 좁은단풍, 사람주나무, 졸참나무, 철쭉꽃, 물박달나무의 순으로 나타났다.

남사면과 북사면의 각각 24개 조사구에서 중요치를 비교 분석한 결과(Table 3), 남사면에서는 굴참나무, 소나무, 졸참나무, 신갈나무, 때죽나무, 쪽동백나무, 쇠물푸레, 사람주나무, 좁은단풍, 서어나무의 순으로 나타났다. 북사면에서는 서어나무가 높은 중요치를 나타냈으며, 그 다음으로 소나무, 신갈나무, 졸참나무, 쪽동백나무, 좁은단풍, 때죽나무, 사람주나무, 밤나무의 순으로 나타났다. 주요 종의 사면별 순위를 보면, 굴참나무는 남사면에서 중요치가 68.21로 1순위인데 반하여 북사면에서는 7.37로 14순위로 나타나 굴참나무군락은 주로 남사면에서 분포하는 것을 알 수 있다. 서어나무는 북사면에서 중요치 53.27로 1순위이나 남사면에서는 7.62로 10순위로 나타나 서어나무군락이 주로 북사면에 분포하는 것을 알 수 있다. 소나무는 남 · 북사면에서 중요치가 각각 57.21, 42.29로 2순위를 나타나 사면에 관계없이 분포하는 것을 알 수 있다. 신갈나무는 남사면에서 중요치가 20.20으로 4순위이나 북사면에서는 39.05로 3순위로 분포하였고, 졸참나무는 남사면에서 중요치 20.83으로 3순위인데 북사면에서는 18.46으로 4순위를 나타나, 신갈나무와 졸참나무는 사면에 따른 영향이 굴참나무나 서어나무보다 적다고 할 수 있다.

Table 3. Importance value of South and North-facing slope in Gyeryongsan.

Species Name	South-facing slope		North-facing slope	
	IV	OR	IV	OR
Quercus variabilis	68.21	1	7.37	14
Pinus densiflora	57.21	2	42.29	2
Quercus serrata	20.83	3	18.46	4
Quercus mongolica	20.20	4	39.05	3
Styrax japonica	16.04	5	11.91	7
Styrax obassia	14.68	6	16.52	5
Fraxinus sieboldiana	10.69	7	7.82	10
Sapium japonicum	9.54	8	10.60	8
Acer pseudosieboldianum var. *koreanum*	9,23	9	14.05	6
Carpinus laxiflora	7.62	10	53.27	1
Prunus serrulata var. *spontanea*	5.77	11	2.31	25
Platycarya strobilacea	5.48	12	0.69	29
Castanea crenata	5.26	13	8.66	9
Lindera obtusiloba	5.16	14	1.14	28
Lindera erythrocarpa	5.06	15	7.40	13
Rhus trichocarpa	4.62	16	7.74	11
Rhododendron mucronulatum	4.42	17	2.98	21
Sorbus alnifolia	3.84	18	2.65	23
Symplocos chinensis for. *pilosa*	3.65	19	2.38	24
Zelkova serrata	3.65	20	1.58	26
Fraxinus rhynchophylla	2.40	21	1.44	27
Ilex macropoda	2.29	22	3.15	19
Corylus sieboldiana	2.25	23	-	-
Cornus kousa	1.87	24	3.04	20
Prunus sargentii	1.53	25	5.15	15
Rhododendron schlippenbachii	0.72	26	7.52	12
Corylus heterophylla var. *thunbergii*	0.61	27	2.67	22
Betula davurica	-	-	3.78	16
Carpinus cordata	-	-	3.60	17
Fraxinus mandshurica	-	-	3.30	18

2) 흉고직경급 분석

동학사 계곡의 산림식생에서 중요치가 높은 소나무, 굴참나무, 서어나무 신갈나무, 졸참나무의 5종에 대한 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(Figure 2). 흉고직경급 분포는 수량 및 산림식생 구조의 간접적인 표현이며, 식생천이의 양상을 추론할 수 있다(이경재 등, 1998; 오구균과 최송현, 1993).

소나무와 굴참나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높아 당분간은 소나무와 굴참나무에 의한 우점 상태가 계속될 것으로 판단되나, 5cm 이하의 어린 개체의 밀도가 낮아 한계가 있을 것으로 판단된다. 그러나 서어나무, 신갈나무는 어린 개체의 밀도가 높아 앞으로 이들의 중요치가 증가 할 것으로 예상되며 추후 소나무와의 경쟁에서 신갈나무와 서어나무의 세력이 확장될 것으로 판단된다. 송호경(1985)은 1983년 계룡산 국립공원의 조사에서 소나무군락과 소나무-졸참나무군락, 신갈나무군락으로 분류하였으며, 교목층에서 소나무가 우세한 세력을 나타낸다고 보고하였다. 그 후 20년 가까이 경과되어, 현재 신갈나무와 서어나무가 교목층과 아교목층에서 세력을 확장

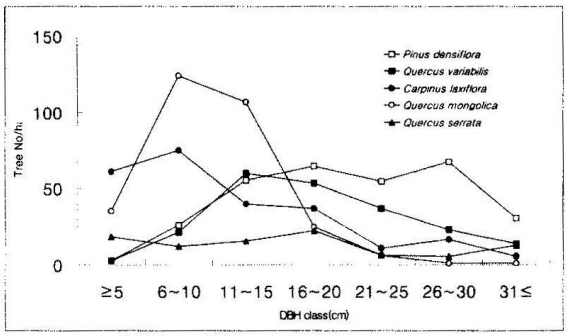

Figure 2. DBH distribution of major species in tree species of the Gyeryongsan forest community.

하고 있어 단기적으로는 소나무군락으로 계속 유지될 것으로 생각되나, 장기적으로 보면 신갈나무와 서어나무로의 천이가 진행될 것으로 사료된다.

2. Ordination 분석

Figure 3은 식물사회학적 방법에 의하여 분류된 4개 군락과 14개의 환경 요인으로 DCCA ordination을 실시한 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II평면상에 나타낸 것이다. Figure 3에서 보는 바와 같이 동학사 계곡의 산림군락은 14개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경요인과 DCCA ordination 결과에 의한 제1, 제2축의 상관관계를 살펴보면(Table 4), 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있다.

제1축에서는 해발고가 가장 높은 상관관계를 나타내며, 그 외에 경사, 양이온치환용량 및 전질소도 비교적 높은 상관관계를 나타내었다. 제2축에서는 사면방향이 높은 상관관계를 나타내었다. 유재은(1988), 송호경(1990), 송호경 등(1994)은 군락 분포에 영향을 미치는 환경요인으로 온도와 수분을 먼저 들었는데, 본 조사에서도 온도와 상관이 있는 해발고와 수분과 상관이 있는 사면방향과 경사가 군락의 분포와 높은 상관이 있는 것으로 나타났다.

주요 군락들과 환경 요인들과의 관계를 보면,

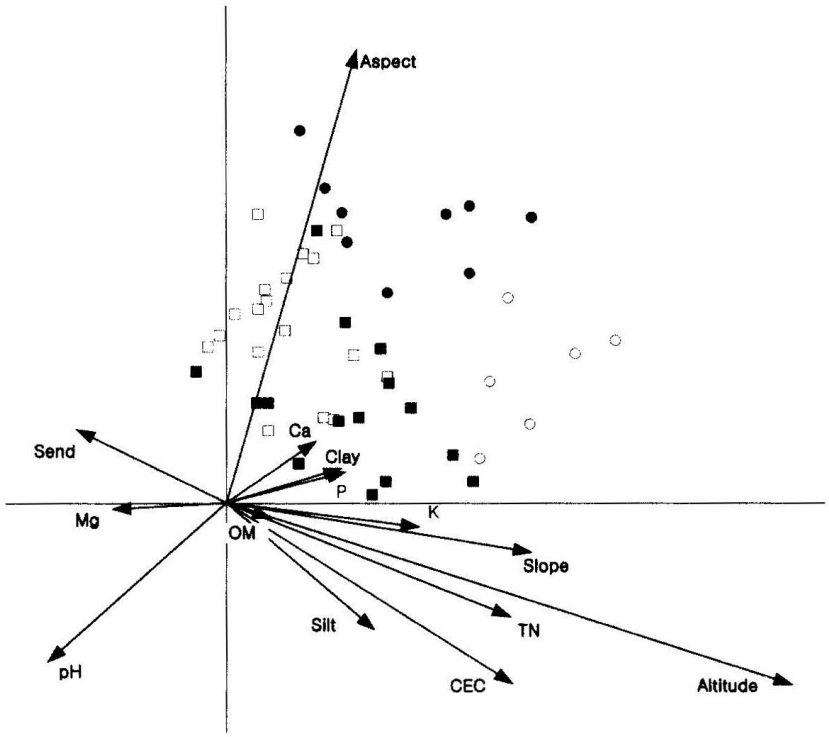

Figure 3. DCCA ordination diagram of plots and environmental variables(arrow) in Donghaksa valley forest communities.
The plots are ; ■ : *Quercus variabilis* community. ○ : *Quercus mongolica* community. □ : *Pinus densiflora* community; ● : *Carpinus laxiflora* community. The environmental variables are : OM= organic matter; TN=total nitrogen; CEC=cation exchange capacity; Ca=calcium concentration; Mg= magnesium concentration; K=potassium concentration; P=phosphorus concentration.

굴참나무군락은 해발고와 경사가 중간인 남사면에 주로 분포하며, 신갈나무군락은 경사가 급하고 해발고가 높으며 양이온치환용량과 전질소의 양료가 많은 남 · 북사면에 분포하고 있다. 이러한 결과는 송호경(1990)이 신갈나무군집이 해발고가 높고 토양 양료가 많은 곳에 주로 분포하고 있다고 보고한 것과 일치한다. 소나무군락은 경사가 완만하고 해발고가 가장 낮은 남 · 북사면에 주로 분포한다. 이는 DCCA에 의한 계룡산 군사보호구역의 산림식생 분석(송호경 등, 2001)과, TWINSPAN 및 DCCA ordination에 의한 오대산 산림군집의 분석(송호경 등, 1994)의 결과와도 일치한다. 서어나무군락은 해발고와 경사가 중간인 북사면에 분포하였다.

Table 4. Vegetation data at Gyeryongsan forest community from Figure 3 : canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of DCCA.

Axis / Variables	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Altitude	0.56	-0.19	0.809**	-0.327*
Aspect	0.12	0.49	0.132	0.592**
Slope	0.18	0.15	0.417**	-0.093
pH	-0.17	0.04	-0.229	-0.207
OM	0.01	-0.09	0.045	-0.017
TN	-0.02	0.09	0.386**	-0.188
CEC	-0.17	-0.14	0.399**	-0.291*
Ca	-0.03	-0.01	0.106	0.046
Mg	0.03	-0.19	-0.155	0.014
K	0.09	-0.05	0.242	-0.117
P	0.02	0.05	0.136	0.057
Sand	-2.58	-4.98	-0.211	0.146
Silt	-1.75	-3.55	0.206	-0.200
Clay	-0.97	-1.98	0.169	-0.020
Eigenvalue	0.468	0.305		

*p<0.05, **p<0.01.

Ⅳ. 결 론

계룡산 동학사 계곡 남사면과 북사면의 산림식생은 종 조성표에 의하여 분류하면 굴참나무군락, 신갈나무군락, 소나무군락 및 서어나무군락으로 구분된다. 이들의 입지를 ordination에 의하여 분석하면 굴참나무군락은 해발고와 경사가 중간인 남사면에 분포하고, 신갈나무군락은 경사가 급하고 해발고가 높으며 전질소, CEC 등의 양료가 많은 지역에 분포한다. 소나무군락은 경사가 완만하고 해발고가 가장 낮은 남 · 북사면에 분포하며, 서어나무군락은 해발고와 경사가 중간인 북사면에 분포하였다.

중요치를 분석한 결과, 중요치가 높은 종은 소나무, 굴참나무, 서어나무, 신갈나무 등의 순으로 나타났다. 남사면과 북사면의 사면간 중요치를 비교하면, 남사면에서 굴참나무가, 북사면에서 서어나무가 높게 나타났으며, 소나무는 남 · 북 사면에서 2번째로 중요치가 높은 종으로 출현하였다. 흉고직경급을 분석하면 소나무와 굴참나무는 중간 개체와 큰 개체의 밀도가 높아 당분간은 이들 수종의 우점 상태가 계속될 것으로 보이나, 어린 개체의 밀도가 낮아 장차 어린 개체의 밀도가 높은 신갈나무와 서어나무가 세력을 확장될 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

국립공원관리공단. 1997. 계룡산 국립공원 자연생태계보전계획. 국립공원관리공단 108pp.

김정언 · 길봉섭. 2000. 한국의 신갈나무 숲. 그의 환경, 식생과 생활. 원광대학교 출판국. 511pp.

기상청. 2001. 한국기후표. 기상청. 632pp.

남 이. 1988. 계룡산 삼림식생분포와 토양수분과의 관계. 충남대학교 대학원 석사학위논문. 22pp.

박영순 · 송호경 · 이 선 · 이미정. 2001. 계룡산 국립공원 계곡부 식생의 구조와 DCCA에 의한 식생과 환경과의 상관관계분석. 한국임학회지 90(3) : 249-256.

박인협 · 서영권. 2001. 계룡산국립공원 계곡부의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조. 한국환경생태학회지 14(4) : 296-302.

박인협 · 서영권 · 이석면 · 이만용. 2001, 계룡산 국립공원 연애골지역 계곡부의 해발고와 사면 부위에 따른 산림구조. 한국환경생

태학회지 14(4) : 303-310.

송호경. 1985. 계룡산 삼림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문 54pp.

송호경. 1990. DCCA에 의한 계룡산과 덕유산의 산림군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 79(2) : 216-221.

송호경 · 이규석 · 이 선 · 김효정 · 이미정 · 지윤의. 2001. 계룡산국립공원내 군사보호구역의 산림식생. 한국환경생태학회지 14(4) : 332-340.

송호경 · 장규관 · 권기원. 1994. TWINSPAN과 DCCA ordination에 의한 오대산 삼림군집의 분석. 충남대학교 환경연구보고. 12 : 47-54.

오구균 · 최송현. 1993. 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열. 한국생태학회지 16(4) : 459-476.

유재은. 1988. 88자연생태계전국조사(Ⅱ-2). 제3차년도(충남의 식생). 환경처 33-74pp.

이경재 · 권전오 · 김정호. 2001. 계룡산국립공원 갑사 계곡 노거수군집의 식생구조. 한국환경생태학회지 14(4) : 217-237.

이경재 · 김종엽 · 김동완. 1998. 설악산국립공원 백담계곡 식물군집구조. 한국환경생태학회지 11(4) : 450-461.

이미정 · 이 선 · 김효정 · 지윤의 · 송호경. 2004. 졸참나무림의 식생구조와 생태적지. 한국환경복원녹화기술학회지 7(1) : 50-58.

이 선 · 송호경. 2000. 계룡산국립공원 계곡부 식생의 식물사회학적 연구. 한국환경생태학회지 14(1) : 88-93.

이준우 · 권태호 · 최송현. 2001. 계룡산 국립공원의 탐방 패턴. 한국환경생태학회지 14(4) : 341-346.

임양재 · 백순달. 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교 출판국. 199pp.

최두문. 1965. 계룡산의 식생연구. 수관층의 표징종과 임상식물의 생산구조. 공주사대 논문집. 3 : 99-116.

최송현 · 조현서. 2001. 계룡산국립공원 동학사-남매탑구간의 삼림군집구조 분석. 한국환경생태학회지 14(4) : 252-267.

Bickelhaupt, D. H. and E. H. White. 1982. Laboratory manual for soil and plant tissue analysis. SUNY Coll. Envir. Sci. and For., Syracuse, N. Y. pp. 67.

Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, New York. 631pp.

Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest Border Region of Wisconsin. J. Ecology 32 : 476-496.

Dierssen, K. 1990. Einführung in die Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin. 241pp.

Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Eugen Ulmer, Stuttgart. 136pp.

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 Univ. Press. 50pp.

Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis and Improved Ordination Technique. Vegetatio 42 : 47-58.

Masaki, T., W. Suzuki, K. Niiyama, S. Iida, H. Tanaka and T. Nakashizuka. 1992. Community structure of a species-rich temperate forest, Ogawa Forest Reserve, central Japan. Vegetatio 98 : 97-111.

Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO - A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis (Version 2.1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.

接受 2004年 2月 28日