

덕유산국립공원 남사면과 북사면의 식생 비교¹

김현숙² · 이상명³ · 송호경^{2*}

An Analysis of the Vegetation on the Southern and Northern Slopes in the Deogyusan National Park¹

Hyoun-Sook Kim², Sang-Myong Lee³, Ho-Kyung Song^{2*}

요 약

본 연구는 덕유산국립공원 남북사면 산림 식생을 TWINSpan으로 분류하고 DCCA ordination으로 분석한 결과, 남사면에서는 신갈나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락, 소나무군락, 서어나무군락, 층층나무군락 및 들메나무군락으로 구분되었으며, 북사면에서는 신갈나무군락, 졸참나무군락, 소나무군락, 서어나무군락, 물박달나무군락, 층층나무군락, 들메나무군락, 거제수나무군락, 구상나무군락 및 주목군락으로 구분되었다. 사면별 중요치를 남사면에서는 103개 조사구를 대상으로, 북사면에서는 137개 조사구를 대상으로 분석한 결과 신갈나무가 남북사면 모두에서 높은 중요치를 보였고 남사면에서는 신갈나무 다음으로 소나무, 졸참나무, 굴참나무, 쪽동백나무, 당단풍 순으로 나타났다. 북사면에서는 신갈나무 다음으로 들메나무가 높은 값을 나타냈고, 당단풍, 졸참나무, 서어나무, 층층나무, 까치박달, 철쭉꽃 순으로 나타났다. 남북사면에서 군락 간에는 종조성 및 생태적 특징에 다소 차이가 있는 것으로 조사되었다. DCCA ordination 분석한 결과 해발고도와 수분요소가 남북사면에서 모두 군락의 분포와 상관이 높은 것으로 나타났고 그 외에 남사면에서는 T-N, O.M., Ca 양료와 pH가 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 북사면에서는 Ca 양료와 pH도 비교적 높은 상관관계를 보였다.

주요어: Twinspan, DCCA ordination

ABSTRACT

This study was carried out to classify vegetation structure of the southern and northern slopes in the Deogyusan National Park using TWINSpan classification and DCCA ordination analysis. The vegetation on the southern slope was classified into *Quercus mongolica* community, *Q. serrata* community, *Q. variabilis* community, *Pinus densiflora* community, *Carpinus laxiflora* community, *Cornus controversa* community and *Fraxinus mandshurica* community. The vegetation on the northern slope was classified into *Q. mongolica* community, *Q. serrata* community, *P. densiflora* community, *C. laxiflora* community, *Betula davurica* community, *C. controversa* community, *F. mandshurica* community, *B. costata* community, *Abies koreana* community and *Taxus cuspidata* community. To find out important value in each slope, we took 103 districts on the southern slope and 137 districts on the northern slope. As the result, *Q. mongolica* was highest value in

1 접수 2010년 8월 2일, 수정(1차: 2010년 10월 18일, 2차: 2010년 10월 26일), 게재확정 2010년 10월 27일

Received 2 August 2010; Revised(1st: 18 October 2010, 2nd: 26 October 2010); Accepted 27 October 2010

2 충남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Chungnam National Univ., Daejeon(305-764), Korea

3 국립중앙과학관 National Science Museum, Daejeon(305-705), Korea

* 교신저자 Corresponding author(hksong@cnu.ac.kr)

the southern and northern slopes, followed by *P. densiflora*, *Q. serrata*, *Q. variabilis*, *Styrax obassia*, *Acer pseudosieboldianum* in the southern slope, *F. mandshurica*, *A. pseudosieboldianum*, *Q. serrata*, *C. laxiflora*, *C. controversa*, *C. cordata*, *Rhododendron schlippenbachii* in the northern slope. Species distribution and ecological features had differences between the southern and northern slopes communities. As the result of DCCA ordination analysis, sea level and water availability had high correlation with community distribution. Besides, T-N, O.M., exchangeable Ca and pH did in the southern slope. And exchangeable Ca, pH also did in the northern slope.

KEY WORDS: TWINSpan, DCCA ORDINATION

서론

덕유산국립공원은 2개 도 4개 군에 걸쳐 있으며, 덕유산(해발 1,614m)은 남한에서 네 번째로 높은 산으로 1975년 2월 1일에 231.650km²를 10번째 국립공원으로 지정되었다.

우리나라 국립공원은 현재 20곳이 지정되어 있으며, 면적이 6,579,850km²(육지면적3,898.948km², 해수면 2,680.902km²)로 전체 국토면적의 6.6%로 적은 면적이지만 우리나라 생물 유전자원의 70%가 서식하는 지역이다. 또한 국립공원 산림은 휴식 공간 제공, 공해저감, 소음감소, 온도유지, 임산물 공급 등 인간의 활용 측면에서 매우 중요하다. 이러한 국립공원은 산수가 수려할 뿐 아니라, 최근 들어 도로가 개선되어 접근성이 좋아졌으며 산업화에 따른 삶의 질이 향상되고 주 5일 근무제에 따라 많은 탐방객이 증가되고 있다. 특히 경관이 수려한 특정 국립공원은 탐방객의 집중현상이 심화되어 인간의 간섭에 따른 자연경관의 파괴와 생물유전자원 도태압력이 현저하게 가중되고 있다. 이러한 사회적 변화에서 국립공원 생물자원 보존과 관리는 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

덕유산국립공원의 식물상 및 식생에 관한 연구는 Kim *et al.*(1991)의 적상산의 식생, Park *et al.*(1994)의 덕유산지역 계곡부의 해발고도와 사면부위에 따른 삼림구조, Oh(1994)의 덕유산 국립공원 적상산성 일원의 식물군집구조, Kim and Kil(1997)의 CCA에 의한 덕유산 국립공원의 삼림식생분석, Kim *et al.*(2009a)의 덕유산국립공원 남덕유지역 낙엽활엽수림을 중심으로, Kim *et al.*(2009b)의 덕유산국립공원 안성지구 산림식생을 중심으로 등 지속적으로 연구 되고 있으며, 사면에 따른 연구는 천마산 동부능선 남북사면의 삼림식생의 구조적 특성에 관한 비교 연구(Lee and Yim, 1988), 금산의 남북사면에 따른 삼림식생구조(Shin and Lee, 1990), 계룡산 동학사계곡 남사면과 북사면의 삼림식생(Kim *et al.*, 2004) 등은 있으나 덕유산에서 전체 삼림식생의 사면에 따른 군집구조 비교 조사는 미흡한

상태이다.

이에 본 연구는 덕유산국립공원 남사면과 북사면의 비교적 산림 생태계가 잘 유지되어 있는 지역을 대상으로 산림군락을 분류하고 각 군락의 식생구조와 입지특성을 조사 분석하여 식생의 생태학적 보존대책과 덕유산국립공원지역의 보존관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지의 개황

본 조사지는 지리적으로 동경 127° 38' ~127° 49', 북위 35° 44' ~35° 59' 에 위치하고 이 지역의 기후는 장수군의 climate-diagram을 보면 연평균기온은 10.4℃이며, 7,8월의 평균기온은 23.1℃, 2월의 평균기온은 -1.2℃이다. 연강수량은 1,422.1mm로서 여름철에 전체의 57%정도가, 겨울철에 8%정도의 강수량을 나타내고 있다. 또한 온량지수(warmth index : WI)는 85.7℃-month, 한랭지수(coldness index: CI)는 -20.7℃-month를 나타내고 있다(Korea Meteorological Administration, 1971~2000). 이 지역은 식물구계학적으로 남부아구에 속하며(Lee and Yim, 1978), 식물군계로는 냉온대 중부에 속하며(Yim and Kira, 1976), 식물상은 전체적으로 보아 신갈나무가 우점하고 들메나무, 졸참나무, 소나무, 당단풍이 주로 분포하며, 굴참나무, 철쭉꽃, 층층나무, 주목, 구상나무, 쪽동백나무, 고로쇠나무, 쇠물푸레도 다수 분포하고 있다.

2. 식생 및 토양 환경 조사

본 조사지의 산림 식생을 비교·분석하기 위하여 2007년 5월부터 2009년 8월까지 조사지역 내에서 인위적인 간섭이 적었던 것으로 판단되는 지점을 선정하여 총 240개의 조사구를 설치하여 조사하였다(Figure 1).

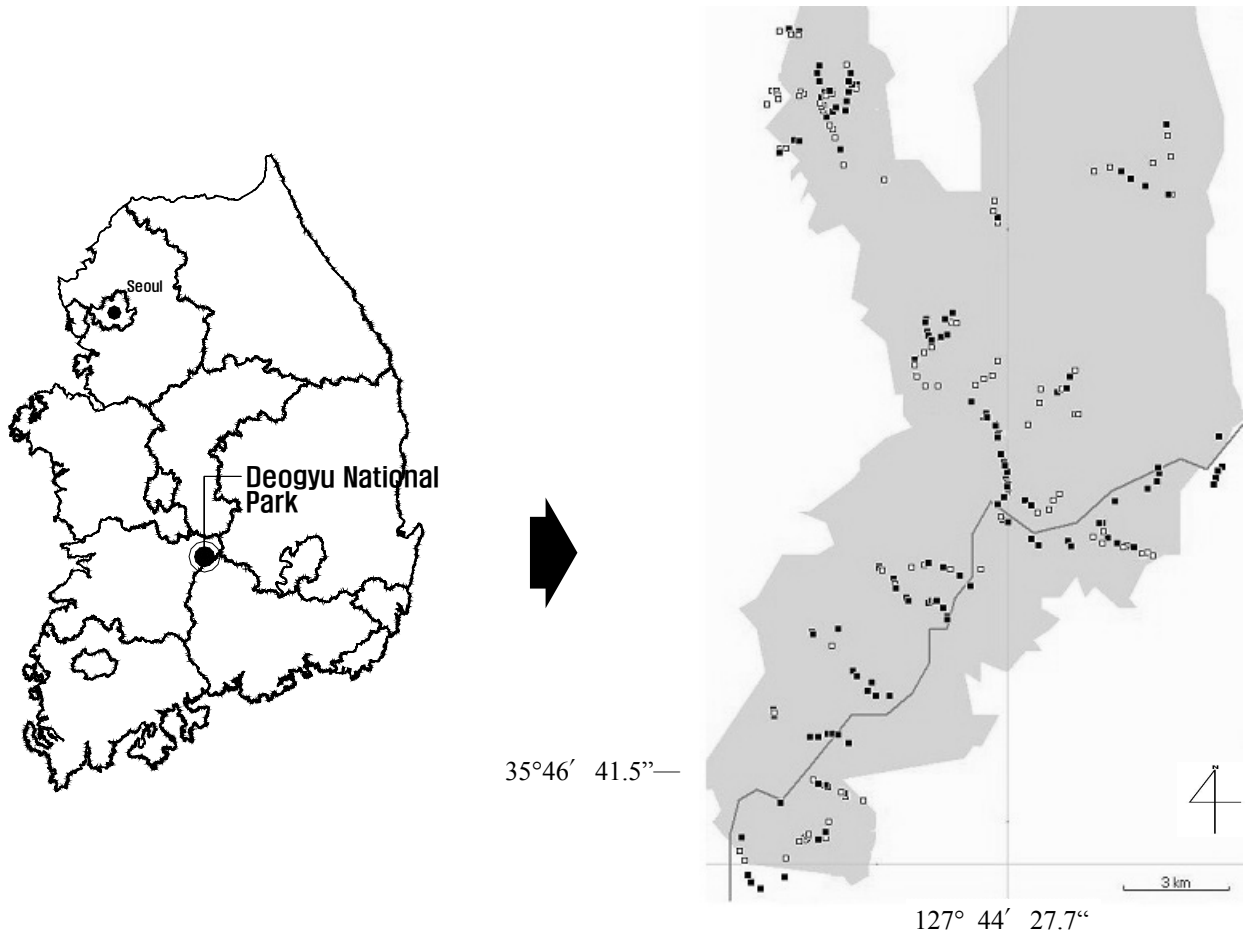


Figure 1. Sample plots at Deogyusan area (The plots are: □=Southern slope; ■=Northern slope)

조사구 면적은 20m×20m의 크기로 설치하였고, 각 조사구에서 출현하는 종 중 흉고직경 2cm 이상의 목본을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

산림의 입지 환경요인으로는 조사지의 방위, 경사 및 해발고도를 측정하였다. 방위는 나침반을 사용하여 8개 방위로 구분하였다. 토양시료는 낙엽층과 유기물층을 제거한 뒤 깊이 20cm내의 토양을 채취하였다.

3. 토양분석

채취한 토양시료는 실험실로 밀봉 운반하여, 상온에서 음건시킨 후 2mm(1,250mesh)규격체로 쳐서 분석에 사용하였다. 분석 항목 중 토양 pH는 1 : 5중류수 토양현탁액에 대해 pH메타(ISTEX, pH200L)를 이용하여 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 macro-Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온치환 용량은 Brown간이법, 칼륨은 염광분석법, 칼슘과 마그네슘은 EDTA저장법으로 측정하

였다(Rural Development Administration, 2000).

4. 중요치 및 ordination 분석

매목조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis and McIntosh (1951)의 방법에 따라 중요치(importance value: IV)를 산출하였다.

또한 ordination 분석을 위하여 식생 조사의 자료로부터 각 종의 합성치를 이용하여 각 조사구에 따른 종조성을 나타내는 식생자료행렬(vegetational data matrix)을 작성하였으며, 야외 조사에서 측정된 환경 요인들과 토양 분석 자료를 이용하여 환경자료행렬(environmental data matrix)을 작성하였다.

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

구의 우점종으로 간주되었다.

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

결과 및 고찰

1. TWINSpan에 의한 군락 분류

남사면에서 103개 조사구중 10개 이상의 조사구에서 출현한 27종을 대상으로 TWINSpan을 실시하였다. stand 사이의 관계에서 분할의 단계에 따라 작성된 dendrogram은 Figure 2와 같다. 군락분류 결과 1단계에서는 굴참나무, 신갈나무의 존재에 의하여 구분되었다. 2단계에서는 굴참나무, 졸참나무의 존재에 의하여 구분되었고, 또 한쪽의 stand군은 들메나무, 신갈나무의 존재에 의하여 구분되었다. 3단계에서는 소나무, 굴참나무의 존재에 의하여 구분되었고, 또 한쪽의 stand군은 층층나무의 존재에 의하여 구분되었으며 4단계에서는 서어나무와 들메나무의 존재에 의하여 구분되었다.

북사면에서는 137개 조사구중 13개 이상의 조사구에서 출현한 23종을 대상으로 TWINSpan을 실시하였다. stand 사이의 관계에서 분할의 단계에 따라 작성된 dendrogram은 Figure 3과 같다. 군락분류 결과 1단계에서는 신갈나무, 들

메나무의 존재에 의하여 구분되었다. 2단계에서는 졸참나무, 신갈나무의 존재에 의하여 구분되었고, 또 한쪽의 stand군은 신갈나무, 들메나무의 존재에 의하여 구분되었다. 3단계에서는 3단위로 분할되었는데 첫 번째는 졸참나무, 물박달나무의 존재에 의하여 구분되었고, 두 번째 stand군은 구상나무, 주목의 존재에 의하여 구분되었으며 세 번째 stand군은 거제수나무의 존재에 의하여 구분되었다. 4단계에서는 소나무, 졸참나무의 존재에 의하여 구분되었고 또 한쪽의 stand군은 층층나무와 들메나무의 존재에 의하여 구분되었다. 5단계에서는 졸참나무, 서어나무에 의하여 구분되었다.

TWINSpan을 이용한 집괴분석에서는 특정 종의 유무, 즉 종 상관에 의하여 작용하게 되는데(Song *et al.*, 1999), 1, 2단계에서의 분할은 결국 구분된 stand군 내에서 입지 조건이나 자연성의 정도를 나타내는 것이라 예상되며 이들 중 환경인자로 작용하는 토양 습도와 해발고도(Lee *et al.*, 1990b), 사면방위(Lee *et al.*, 1990a) 등이 classification에 영향을 주어 군락이 분리되는 것으로 보고된 바 있다.

이상 TWINSpan에 의한 분류 결과 남사면에서는 신갈나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락, 소나무군락, 서어나무군락, 층층나무군락, 들메나무군락으로 구분되었고, 북사면에서는 신갈나무군락, 졸참나무군락, 소나무군락, 서어나무군락, 물박달나무군락, 층층나무군락, 들메나무군락, 거제수나무군락, 구상나무군락, 주목군락으로 구분되었다. 이러한 결과를 살펴 보면 본 연구에서 굴참나무군락은 북사면에서는 출현하지 않았고 물박달나무군락, 거제수나무군락, 구

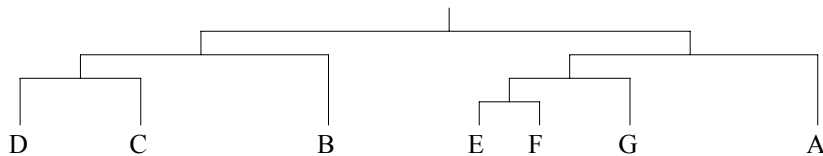


Figure 2. Result of divisive cluster analysis by TWINSpan for the relevé in the Deogyusan southern slope area (A: *Quercus mongolica* community, B: *Q. serrata* community, C: *Q. variabilis* community, D: *Pinus densiflora* community, E: *Carpinus laxiflora* community, F: *Fraxinus mandshurica* community, G: *Cornus controversa* community)

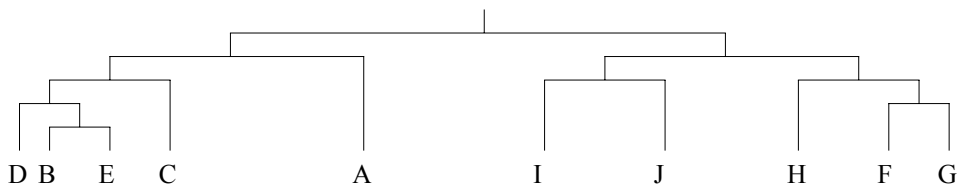


Figure 3. Result of divisive cluster analysis by TWINSpan for the relevé in the Deogyusan northern slope area (A: *Quercus mongolica* community, B: *Q. serrata* community, C: *Betula davurica* community, D: *Pinus densiflora* community, E: *Carpinus laxiflora* community, F: *Fraxinus mandshurica* community, G: *Cornus controversa* community, H: *Betula costata* community, I: *Abies koreana* community, J: *Taxus cuspidata* community)

상나무군락, 주목군락은 남사면에서 출현하지 않았다.

2. 토양환경과 식물군락

덕유산국립공원의 산림토양에 대한 이화학적 특성을 분석한 결과(Table 1), 들메나무군락이 타군락보다 유기물, 토양 pH, 전질소, 치환성 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ 와 C.E.C.가 가장 높게 나타났다. 이와 같이 임목성장에 중요한 영향을 미치는 유기물이 다른 군락에 비하여 많은 이유는 이 군락이 산지계곡부 전석지대의 평탄부 입지조건으로 인하여 상부 낙엽층이 쉽게 분해되어 표토층에 유입되었기 때문으로 사료된다(Park and Jang, 1998).

토양의 이화학적 특성에 있어서 유기물함량(O.M.)은 양이온치환용량(C.E.C.), 보수력, 토양구조 등에 큰 영향을 미치며, 전질소(T-N)와 유효인산(P₂O₅)을 대부분 공급하는데, 이를 군락별로 살펴보면 구상나무군락(평균 16.9%)과 들메나무군락(평균 16.2%)에서 유기물함량이 높게, 소나무군락(평균 5.9%)과 졸참나무군락(평균 6.8%)이 낮은 값을 나타냈다. 이는 Chung *et al.*(2002)이 우리나라의 일반적인 산림 토양의 유기물함량이 평균 4.49%라 보고한 값과 비교할 때 본 조사지역의 유기물함량이 상대적으로 높은 값을 나타내었는데 이러한 결과는 본 조사지역이 주로 산악지역에 위치하고 있기 때문으로 생각된다.

전질소(T-N)는 토양유기물과 밀접한 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있는데(Park and Jang, 1998, Chung *et al.*, 2002) 이를 군락별로 살펴보면 들메나무군락(0.83%)과 구상나무군락(0.62%)은 높게 나타났으며 소나무군락(0.26%)과 졸참나무군락(0.28%)은 낮게 나타나 군락간의 유기물함량과 전질소는 밀접한 상관관계를 보였다. 일반적인 산림토양의 전질소함량 0.19%(Chung *et al.*, 2002)에 비해 평균

0.26~0.83% 범위로 높은 값을 보였는데 이는 전질소를 대부분 공급해주는 유기물함량이 높았기 때문으로 판단된다.

군락별 유효인산(P₂O₅)함량은 들메나무군락(평균 47.2ppm), 신갈나무군락(평균 34.0ppm), 층층나무군락(평균 33.9ppm)이 높게 나왔으며, 물박달나무군락(평균 12.2ppm)과 소나무군락(평균 13.0ppm)이 낮은 값을 보였다. 토양 pH나 유기물함량과 밀접한 관계가 있는 유효인산(P₂O₅)함량은 pH가 낮을 경우 인산이 잘 녹지 않기 때문에 유효인산의 함량이 낮게 나타나는 것으로 알려져 있다(Park and Jang, 1998).

본 조사지의 산림의 군락간 평균 토양산도는 pH 4.31~5.13 범위로 나타났는데 군락별로 살펴보면 층층나무군락이 pH 5.13, 들메나무군락이 pH 4.96으로 높게 나왔으며, 주목군락이 pH 4.31, 거제수나무군락이 pH 4.41, 신갈나무군락이 pH 4.43으로 낮게 나타났다. 우리나라 산림토양의 평균 토양산도는 Chung *et al.*(2002)이 A층이 pH 5.48, B층은 pH 5.52의 약산성으로, Lee(1981)는 한국의 산림토양의 연구에서 산림토양의 평균 산도를 5.5로, 그리고 Lee(2000)는 대부분 활엽수의 생육범위에 해당하는 토양산도를 5.5~6.5 범위로 각각 보고 한 바 있는데 이들 결과들은 비하여 본 조사지역의 토양산도는 상대적으로 더 낮은 것으로 나타났다.

치환성양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺)의 함량을 군락별로 살펴보면 들메나무군락이 Ca²⁺ 9.43(cmol+/kg), Mg²⁺ 1.82(cmol+/kg), K⁺ 0.89(cmol+/kg)로 가장 높은 값을 보였으며 다음으로 층층나무군락이 Ca²⁺ 9.15(cmol+/kg), Mg²⁺ 1.63(cmol+/kg), K⁺ 0.74(cmol+/kg)로 높게 나타났는데 일반적인 산림에서 Ca²⁺> Mg²⁺> K⁺ 순으로 감소 한다는 보고(Lee, 2000)와 일치한다. 한편 주목군락은 Ca²⁺ 0.83cmol+/kg), Mg²⁺ 0.43(cmol+/kg), K⁺ 0.45(cmol+/kg)로 타 군락보다 낮은 값

Table 1. Soil characteristics in 0~20cm soil depth of study site in Deogyusan

Commnity	pH (1:5,w/w)	T-N (%)	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	EX-Cation			C.E.C (cmol+/kg)	Sample
					Ca ²⁺ (cmol+/kg)	Mg ²⁺ (cmol+/kg)	K ⁺ (cmol+/kg)		
<i>Quercus mongolica</i>	4.43±0.26	0.52±0.22	12.5±6.5	34.0±22.2	2.32±4.45	0.65±0.83	0.42±0.29	24.4±9.0	88
<i>Q. serrata</i>	4.55±0.25	0.43±0.16	8.6±3.4	25.5±26.8	1.30±1.36	0.63±0.47	0.31±0.12	19.4±7.0	28
<i>Q. variabilis</i>	4.57±0.27	0.28±0.12	6.8±2.5	26.4±22.0	2.05±2.16	1.33±1.24	0.37±0.31	18.5±9.5	17
<i>Pinus densiflora</i>	4.50±0.27	0.26±0.15	5.9±4.9	13.0± 9.7	1.55±1.68	0.58±0.35	0.26±0.11	16.1±10.4	26
<i>Carpinus laxiflora</i>	4.54±0.24	0.41±0.14	8.7±2.5	23.8±17.9	1.66 ±1.37	0.58±0.42	0.38±0.12	21.4±6.7	16
<i>Betula davurica</i>	4.66±0.17	0.45±0.05	8.5±1.6	12.2±6.9	2.09±2.24	0.63±0.42	0.34±0.04	21.3±5.25	7
<i>Cornus controversa</i>	5.13±0.23	0.55±0.19	10.8±4.7	33.9±25.6	9.15±7.70	1.63±1.07	0.74±0.50	21.3±5.4	8
<i>Fraxinus mandshurica</i>	4.96±0.40	0.83±0.45	16.2±10.5	47.2±21.6	9.43±8.14	1.82±1.05	0.89±0.55	28.1±13.9	34
<i>Betula costata</i>	4.41±0.24	0.61±0.26	13.7±5.1	25.9±19.2	1.41±1.58	0.54±0.33	0.35±0.11	26.3±11.7	4
<i>Abies koreana</i>	4.38±0.23	0.62±0.18	16.9±3.6	32.6±24.6	1.16±1.16	0.46±0.20	0.33±0.10	28.0±4.8	4
<i>Taxus cuspidata</i>	4.31±0.28	0.60±0.08	9.0±2.7	21.9±2.8	0.83±0.24	0.43±0.06	0.45±0.06	20.4±4.6	8

을 보였으며, 이는 아고산대의 저온성 및 강수에 의한 염류의 유실 등 환경에 영향을 받은 것으로 사료된다.

양이온치환용량(C.E.C.)은 염기치환용량이라고도 하며 일정량을 보유하고 있는 치환성이온의 총량을 다량으로 나타내며, 토양 중 보비력을 나타내는 중요한 척도로 토양 내 유기물과 밀접한 관계를 가지고 있다(Lee, 2000). 본 조사지에서 군락별로 보면 소나무군락에서 평균 16.1(cmol+/kg)로 가장 낮게 나왔고 들메나무군락에서 28.1(cmol+/kg)로 가장 높게 나왔는데 이는 본 연구지역의 유기물함량에 기인하는 것으로 사료된다(Table 1).

모래, 점토, 미사의 상대적인 비율을 나타내는 토성은 대체적으로 신갈나무군락이 식양토, 졸참나무군락과 들메나무군락은 양토, 서어나무군락과 층층나무군락은 사양토와

미사질양토로 분석되었다.

3. 중요치 분석

총 240개의 조사구에서 출현한 목본 종 수는 84종 이었으며, 전체 중요치를 분석한 결과, 신갈나무(67.05)가 가장 높았고 다음으로 들메나무, 졸참나무, 소나무, 당단풍, 굴참나무, 서어나무, 쪽동백나무, 층층나무, 까치박달, 철쭉꽃, 쇠물푸레, 고로쇠나무, 산벚나무, 물박달나무, 생강나무, 함박꽃나무, 주목, 구상나무, 거제수나무 등의 순이었다(Table 2, 3). 이러한 결과는 교목층이 신갈나무와 들메나무, 졸참나무, 소나무, 굴참나무, 서어나무, 층층나무, 물박달나무, 주목, 구상나무 및 거제수나무가 우점종으로 구성되어 있는

Table 2. Importance value of major tree species of southern and northern slopes of the Deogyusan forest

Species name	Total		Southern slope		Northern slope	
	IV	Or	IV	Or	IV	Or
<i>Quercus mongolica</i>	67.05	1	69.07	1	65.50	1
<i>Fraxinus mandshurica</i>	25.00	2	12.92	6	34.27	2
<i>Quercus serrata</i>	20.99	3	26.82	3	16.53	4
<i>Pinus densiflora</i>	18.43	4	35.24	2	5.53	17
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	15.58	5	11.44	7	18.73	3
<i>Quercus variabilis</i>	13.95	6	26.31	4	4.47	18
<i>Carpinus laxiflora</i>	12.13	7	11.09	8	12.95	5
<i>Styrax obassia</i>	10.70	8	13.58	5	8.51	9
<i>Cornus controversa</i>	9.57	9	5.97	14	12.33	6
<i>Carpinus cordata</i>	8.91	10	6.01	13	11.13	7
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	8.71	11	6.27	12	10.58	8
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	7.66	12	8.35	9	7.13	12
<i>Acer mono</i>	6.61	13	5.32	15	7.59	10
<i>Prunus sargentii</i>	6.22	14	6.32	11	6.16	15
<i>Betula davurica</i>	5.27	15	4.31	16	6.00	16
<i>Lindera obtusiloba</i>	5.10	16	6.44	10	4.10	20
<i>Magnolia sieboldii</i>	4.84	17	1.70	24	7.22	11
<i>Taxus cuspidata</i>	4.50	18	1.46	28	6.83	13
<i>Abies koreana</i>	4.14	19	1.47	27	6.19	14
<i>Betula costata</i>	2.77	20	0.54	44	4.47	19
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.53	21	3.96	17	1.45	34
<i>Sorbus alnifolia</i>	2.39	22	2.58	18	2.24	22
<i>Pinus koraiensis</i>	2.09	23	1.55	26	2.50	21
<i>Morus bombycis</i>	1.96	24	2.41	19	1.62	28
<i>Tilia amurensis</i>	1.87	25	2.27	20	1.57	29
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	1.64	26	1.56	25	1.69	26
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.56	27	1.98	21	1.24	37
<i>Cornus kousa</i>	1.56	28	0.75	39	2.16	23
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.52	29	1.91	22	1.22	38
<i>Ilex macropoda</i>	1.36	30	1.13	32	1.54	30

* IV: Importance value, OR: Order, S: Southern slope, N: Northern slope

것으로 보이고, 당단풍, 쪽동백나무, 까치박달, 철쭉꽃, 생강나무와 함박꽃나무 등은 아교목층에서 상당한 우점율을 보이고 있었으며 소수의 종에 의하여 군락을 형성하는 비율이 상당히 높았다(Table 2, 3).

1) 남사면과 북사면의 중요치 분석

사면별 중요치를 남사면에서는 103개 조사구를 대상으로, 북사면에서는 137개 조사구를 대상으로 분석한 결과(Table 2) 남·북사면에 신갈나무가 69.07과 65.50으로 각각 높은 중요치를 보였고 남사면에는 신갈나무 다음으로 소나무, 졸참나무, 굴참나무, 쪽동백나무, 들메나무, 당단풍 순으로 나타났다. 북사면에서는 신갈나무 다음으로 들메나무가 높은 값을 나타냈고, 당단풍, 졸참나무, 서어나무, 층층나무,

까치박달, 철쭉꽃 순으로 나타났다.

이러한 결과는 남사면에 주로 분포하는 군락이 신갈나무군락, 소나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락 이며 북사면에 주로 분포하는 군락은 신갈나무군락, 들메나무군락, 졸참나무군락, 서어나무군락, 층층나무군락 이기 때문이다. 계룡산 동학사계곡 남사면과 북사면의 산림식생에서 굴참나무군락은 남사면에 분포하고, 서어나무군락은 북사면에 주로 분포한다(Kim *et al.*, 2004)고 하였는데 본 조사 결과에서도 유사한 경향을 보였다.

2) 해발고도에 따른 사면별 중요치 분석

해발고도에 따른 사면별 중요치를 살펴보면(Table 3), 700m 이하에서는 남사면에서 소나무, 굴참나무, 졸참나무

Table 3. Importance value of major tree species of southern and northern slopes in relation to altitude of the Deogyusan forest

Species	≥700m				701~900m				901~1,100m				1,101~1,300m				1,300m≤				Total IV	Or
	S	Or	N	Or	S	Or	N	Or	S	Or	N	Or	S	Or	N	Or	S	Or	N	Or		
<i>Quercus mongolica</i>	12.4	4	13.1	6	33.0	2	37.0	1	103.5	1	63.0	1	123.1	1	81.8	1	108.7	1	117.6	1	67.1	1
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.9	27	-	-	8.8	9	32.7	4	20.0	4	52.4	2	40.6	2	32.2	2	6.2	12	13.6	5	25.0	2
<i>Quercus serrata</i>	51.8	3	88.4	1	47.3	1	35.0	2	7.9	9	3.1	16	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	3
<i>Pinus densiflora</i>	81.5	1	56.9	2	29.4	3	4.0	16	27.6	2	1.8	27	-	0.8	33	23.9	3	-	-	-	18.4	4
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	3.9	13	6.2	12	10.0	8	15.2	6	14.5	5	17.8	4	19.7	3	22.6	5	19.9	5	24.4	3	15.6	5
<i>Quercus variabilis</i>	62.6	2	33.5	3	22.9	6	6.9	11	23.0	3	1.0	37	-	-	-	-	-	-	-	-	14.0	6
<i>Carpinus laxiflora</i>	9.8	5	-	-	23.9	5	33.5	3	7.7	10	10.1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	12.1	7
<i>Styrax obassia</i>	8.5	7	17.0	4	25.8	4	12.2	7	14.0	6	12.5	7	1.3	18	-	-	-	-	-	-	10.7	8
<i>Cornus controversa</i>	-	-	6.3	11	8.7	10	20.8	5	4.0	18	13.5	6	18.9	5	4.4	13	-	4.4	14	-	9.6	9
<i>Carpinus cordata</i>	2.1	19	-	-	2.4	24	11.5	8	10.4	7	20.1	3	-	8.3	9	-	-	3.8	17	-	8.9	10
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	-	-	1.8	26	3.3	19	4.8	14	8.8	10	17.8	6	23.1	4	33.7	2	16.5	4	8.7	11
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	7.0	9	7.7	9	5.7	15	3.4	18	7.1	11	3.3	15	19.2	4	20.6	6	9.5	8	8.0	8	7.7	12
<i>Acer mono</i>	1.0	25	1.7	21	6.4	13	6.8	14	4.8	15	13.6	5	9.5	7	3.1	14	2.0	21	6.7	10	6.6	13
<i>Prunus sargentii</i>	9.3	6	10.1	7	6.0	14	8.6	10	5.6	13	7.4	11	2.5	13	4.6	12	4.2	14	1.5	22	6.2	14
<i>Betula davurica</i>	0.8	29	-	-	10.0	7	8.9	9	4.3	16	10.4	8	-	0.6	41	-	-	-	-	-	5.3	15
<i>Lindera obtusiloba</i>	7.1	8	8.3	8	7.0	12	6.9	12	8.0	8	4.9	14	2.6	12	1.3	29	-	-	-	-	5.1	16
<i>Magnolia sieboldii</i>	-	-	-	-	1.0	32	6.9	13	2.4	20	6.4	12	7.1	8	10.8	8	2.3	19	6.7	9	4.8	17
<i>Taxus cuspidata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.2	10	19.9	4	31.6	2	-	4.5	18
<i>Abies koreana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	15	25.0	3	16.3	6	11.6	6	4.1	19
<i>Betula costata</i>	-	-	-	-	-	2.5	24	-	-	5.9	13	-	-	12.4	7	1.8	23	1.4	23	-	2.8	20
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.2	17	7.7	10	2.8	21	0.8	34	6.1	12	2.5	20	4.6	9	1.5	23	2.7	16	-	-	2.5	21
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.4	22	4.8	14	4.4	16	2.5	23	3.3	19	2.7	19	-	1.9	19	-	-	-	-	-	2.4	22
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	-	-	1.1	31	0.3	54	2.1	21	1.3	31	1.3	22	5.2	11	6.5	11	6.4	11	2.1	23
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	4.1	17	3.2	20	1.6	24	2.7	18	3.1	10	-	-	-	-	-	-	2.0	24
<i>Tilia amurensis</i>	-	-	-	-	0.4	42	0.4	45	4.0	17	3.0	17	2.3	14	2.3	16	4.2	13	2.5	18	1.9	25
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	2.0	20	-	-	3.6	18	2.7	21	0.5	32	2.5	21	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	26
<i>Rhus trichocarpa</i>	3.4	14	6.0	13	3.0	19	1.5	30	1.4	25	1.0	35	-	0.7	35	-	-	-	-	-	1.6	27
<i>Cornus kousa</i>	-	-	3.9	16	1.5	27	2.6	22	1.6	23	2.5	22	-	1.4	25	-	-	-	-	-	1.6	28
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	2.0	25	-	-	-	-	1.3	32	1.4	17	-	-	10.4	7	6.2	12	1.5	29
<i>Ilex macropoda</i>	1.3	24	1.7	22	2.4	23	2.1	25	0.4	37	1.8	26	-	1.6	22	-	-	-	-	-	1.4	30

* IV : Importance value, OR : Order, S : Southern slope, N : Northern slope

의 순이었으며 신갈나무는 낮은 값을 나타냈다. 북사면에서는 졸참나무, 소나무, 굴참나무의 순이었는데 남·북사면 모두 소나무의 중요치가 높음을 알 수 있다. 701~900m에서는 남사면에서 졸참나무, 신갈나무, 소나무, 쪽동백나무, 서어나무의 순이었으며, 북사면에서는 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 들메나무, 층층나무의 순이었는데 남사면에서는 졸참나무와 소나무의 중요치가 높고 북사면에서는 신갈나무와 서어나무의 중요치가 높음을 알 수 있다. 해발 700m 이상에서는 소나무의 중요치가 상대적으로 낮은 수치를 나타내 분포의 저조함을 보였다.

901~1,100m에서는 남사면에서 신갈나무가 높게 나타났고 소나무, 굴참나무 등의 순이었다. 북사면에서는 신갈나무, 들메나무 등의 순이었으며 까치박달, 당단풍 등의 순으로 중요치를 나타냈다. 전체 사면에서는 신갈나무, 북사면에서는 들메나무가 고도가 높아짐에 따라 중요치가 높게 나타났으며 신갈나무는 남사면에서 높은 해발고도에서 중요치가 높게 나타난 것은 주로 능선부에 분포하였다.

1,101~1,300m에서는 남사면에서 신갈나무가 가장 높았으며 다음은 들메나무의 순이었다. 북사면에서는 신갈나무, 들메나무, 구상나무 등의 순으로 나타났다. 해발고도가 높은 남사면에서 들메나무의 중요치가 높게 나타났다.

1,300m 이상에서는 남사면에서 신갈나무가 높게 나타났으며, 특히 철쭉꽃이 높은 중요치를 나타냈는데 이는 아고산대에 신갈나무-철쭉꽃하위군락이 형성되어 있음을 보여준다(Kim and Kil, 2000). 다음은 주목, 당단풍, 구상나무 등의 순이었다. 북사면에는 신갈나무가 높은 값을 나타냈고 주목, 당단풍, 철쭉꽃, 들메나무, 구상나무 등의 순이었다.

전체적인 군락분포를 살펴보면(Table 3) 덕유산 저지대의 남·북사면 모두에서 소나무, 졸참나무, 굴참나무의 중요치가 높게 나타났으며 해발고도가 높아짐에 따라 이들의 수치는 낮아지고 들메나무, 신갈나무의 중요치는 높아지는 것을 볼 수 있다. 아고산대 북사면의 낮은 해발고도에서는 구상나무의 중요치가 높으나 해발고도가 높은 지역은 주목의 중요치가 높게 나타났다. 특히 계곡부에 주로 분포하는 들메나무군락이 북사면에서는 다소 낮은 해발고도에서부터 분포를 하였으나 남사면에서는 높은 해발고도에 분포하였다. 이러한 결과는 식물 종들의 자연분포에 영향을 미치는 주요 환경요인인 기후, 토양, 지형, 지질, 수분 등에 기인한 것으로 생각되며, 동일 산지 내에서도 해발고도와 사면방향 등에 따라 군락이 다르게 나타나는데(Park et al., 1994), 본 연구에서는 해발고도에 따른 토양습도와 사면방향 등에 따라 군락형성이 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

4. Ordination 분석

정량적인 생태적 정보를 제공하고자 본 연구에서 조사된 남사면에서 103개, 북사면에서 137개 방형구의 산림식생을 DCCA Ordination에 의하여 분석하였다(Figure 4, 5).

남사면에서 TWINSpan에 의해 분류된 7개 군락과 12개의 환경 요인으로 DCCA Ordination 분석한 결과(Figure 4) 제 1축에서는 소나무군락, 굴참나무군락, 서어나무군락, 졸참나무군락, 신갈나무군락, 들메나무군락의 순서로 배열되는 경향이며, 제 2축에서는 군락간 배열이 뚜렷하지 않았다. 소나무군락→굴참나무군락→신갈나무군락의 순으로 토양양분 상태가 좋은 입지에 성립한다는 조사 결과(Yu and Song, 1989)에 따르면 본 조사에서 신갈나무군락이 소나무군락보다 토양양분 상태가 양호한 지역에 분포하는 것으로 생각된다.

식생분포에 영향을 미치는 환경인자들 중에서 해발고도(즉 온도인자)와 수분요소가 가장 중요한 인자로 알려져 있는데(Yu and Song, 1989; Song et al., 1998; Chung et al., 1997) 본 조사에서도 해발고도와 수분이 군락의 분포와 상관성이 높은 것으로 나타났다. 그 외에 T-N, O.M., Ca 등의 양료와 pH가 비교적 높은 상관관계를 보였다.

남사면에서 군락과 환경과의 상관관계를 살펴보면

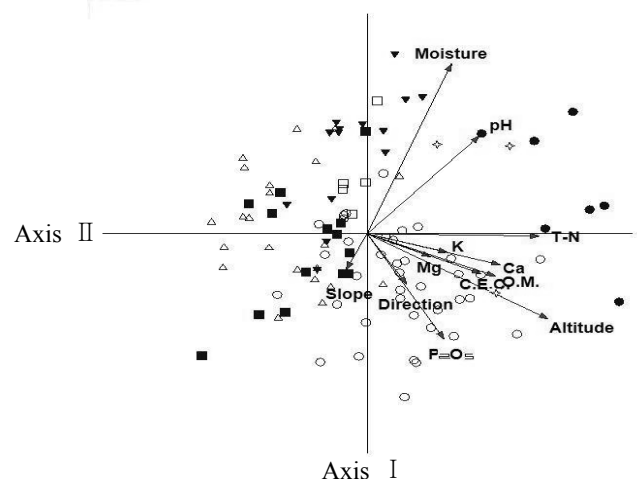


Figure 4. DCCA ordination diagram of plots in the Deogyusan southern slope forest communities

(The plots are: ○=*Quercus mongolica* community; ▼=*Q. serrata* community; ■=*Q. variabilis* community; △=*Pinus densiflora* community; □=*Carpinus laxiflora* community; ◇=*Cornus controversa* community; ●=*Fraxinus mandshurica* community.)

(The environmental variables are: O.M.=organic matter concentration, T-N=total nitrogen concentration, C.E.C=cation exchange capacity, Ca=calcium concentration, Mg=magnesium concentration, K=potassium concentration, P₂O₅=available phosphorus concentration.)

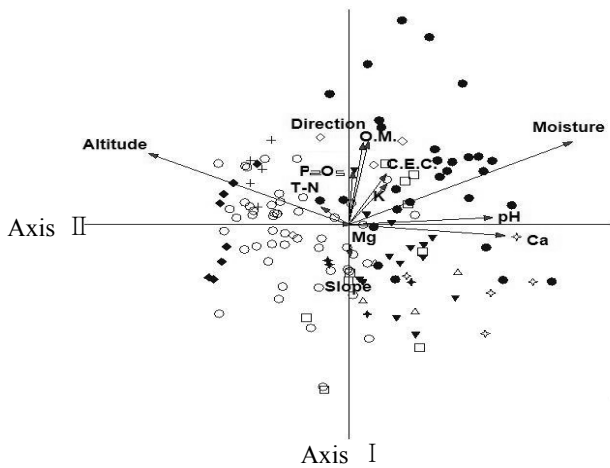


Figure 5. DCCA ordination diagram of plots in the Deogyusan northern slope forest communities

(The plots are : ○=*Quercus mongolica* community; ▼=*Q. serrata* community; △=*Pinus densiflora* community; □=*Carpinus laxiflora* community; ◆=*Betula davurica* community; ◇=*Cornus controversa* community; ●=*Fraxinus mandshurica* community; ◇=*Betula costata* community; +=*Abies koreana* community; ◆=*Taxus cuspidata* community.)

(Figure 4), 신갈나무군락은 해발고도가 높고 T-N, O.M과 Ca 등의 양료가 많은 지역에 분포하였으며, 수분이 적은 산지 능선부에 주로 분포하였다. 졸참나무군락은 pH가 높은 다소 습한 지역에 분포하고, 굴참나무군락은 남사면의 해발고도가 낮고 T-N, Ca 등의 양료와 O.M가 적은 지역에 분포하였다. 소나무군락은 해발고도와 pH가 낮고 T-N, Ca 등의 양료와 O.M가 적은 건조한 지역에 분포하였다. 서어나무군락은 해발고도가 중간 정도이고 T-N, Ca 등의 양료와 O.M가 중간 정도인 곳에 분포하였으며, 들메나무군락은 해발고도가 높고 수분이 많은 계곡부에 분포하고(Kim and Kil, 1992; 1997)있으며 T-N, O.M과 치환성양이온 중 Ca 등의 양료가 많고 pH가 높은 지역에 분포하였다.

북사면에서 TWINSPAN에 의해 구분된 10개 군락과 12개의 환경 요인으로 DCCA ordination 분석한 결과를 최초 1, 2축에 의해 나타낸 것이다(Figure 5).

제 1축에서는 주목군락과 구상나무군락, 거제수나무군락, 서어나무군락, 물박달나무군락, 졸참나무군락, 소나무군락, 신갈나무군락, 층층나무군락과 들메나무군락의 순서로 배열되는 경향이며, 제 2축에서는 신갈나무군락, 서어나무군락, 물박달나무군락, 층층나무군락, 소나무군락, 주목군락과 구상나무군락, 거제수나무군락과 들메나무군락의 순서로 배열되는 경향을 보였다.

북사면에서는 수분과 해발고도가 군락의 분포와 상관

높은 것으로 나타났고 그 외에 Ca 등의 양료와 pH가 비교적 높은 상관관계를 보였다.

북사면에서 군락과 환경과의 상관관계를 살펴보면 (Figure 5), 신갈나무군락은 해발고도가 높은 지역과 낮은 지역에 고루 분포하고 졸참나무군락은 Ca 등의 양료가 많은 다소 습한 곳에 분포하였다. 소나무군락은 해발고도가 낮고 Ca 등의 양료가 많은 지역에 분포하였다. 서어나무군락과 물박달나무군락, 거제수나무군락은 해발고도와 양료가 중간 정도에 분포하였고 층층나무군락은 해발고도가 낮고 pH와 Ca 등의 양료가 많은 계곡부에 분포하였다. 들메나무군락은 해발고도가 낮은 지역에서 높은 지역에 이르는 수분이 많은 계곡부에 분포하고 있으며 치환성양이온 중 Ca 등의 양료가 많고 pH가 높은 지역에 분포하였다. 이는 Kim and Kil(1992)이 DCCA와 polar ordination에 의한 무등산의 삼림 군락 분석에서 들메나무군락은 습하고 고도가 높은 지대와 K, C.E.C. 등이 많은 지역에 군락을 형성하고 있다고 보고 하였는데 본 조사지인 북사면에서는 해발고도가 낮은 지역부터 높은 지역에 고루 분포하여 다소 차이를 보였다. Kim and Kil(1997)은 들메나무군락이 토양 수분이 많은 지역에 분포하고 있다고 보고하였고, Chung et al. (1997)은 해발고도가 비교적 높고 유기물이 많은 계곡부에 들메나무군락이 분포한다는 보고와 일치한다. 주목군락, 구상나무군락은 북사면의 해발고도가 높고 건조하며 pH와 Ca 등의 양료가 적은 지역에 분포하였다. Kim and Kil (1997)은 CCA에 의한 덕유산국립공원의 삼림식생분석에서 신갈나무-구상나무군락과 주목은 보다 높은 지역(1,400~1,600m)에 분포한다는 보고와 일치 하였다.

덕유산국립공원 식생 군락과 환경과의 상관관계를 종합해 보면 신갈나무군락은 남사면에서는 해발고도가 높고 수분이 적은 능선부에 분포하고 북사면에서는 해발고도가 낮은 곳에서부터 높은 지역에 고루 분포하였다. 소나무군락은 남·북사면 모두 해발고도가 낮고 건조한 지역에 분포하나 북사면에서 Ca 등의 양료가 다소 높은 지역에 분포하였다. 굴참나무군락은 해발고도가 낮고 양료가 적은 남사면에서 주로 분포 하였으며, 구상나무군락과 주목군락은 해발고도가 높고 건조하며 양료가 적은 북사면에서 주로 나타났다. 들메나무군락은 남사면에서는 해발고도가 높은 지역에 분포하였으나 북사면에서는 해발고도가 낮은 지역에서 높은 지역까지 고루 분포하며 양료와 수분이 많은 계곡부에 분포하는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

Chung, J.C., K.K. Jang, J.H. Choi, S.K. Jang and D.H. Oh(1997) An analysis of vegetation-environment relationship and forest

- community in Mt. Unjang by TWINSpan and ORDINATION. *Jour. Kor. For. Soc.* 86(4): 459-465.
- Chung, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim(2002) Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. *Jour. Kor. For. Soc.* 91(6): 694-700.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie forest border region of wisconsin. *J. Ecol.* 32: 476-496.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch.(1980) Detrended correspondence analysis and improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- 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.
- Kim, C.H. and B.S. Kil(1992) DCCA and polar ordination analysis on the forest communities of Mudungsan. *Kor. J. Ecol.* 15(2): 117-125.
- Kim, C.H. and B.S. Kil(1997) Canonical correspondence analysis(CCA) on the forest vegetation of Mt. Togyu National Park, Korea. *Kor. J. Ecol.* 20(2): 125-132.
- Kim, C.H., S.H. Kang and B.S. Kil(1991) The vegetation of Mt. Choksang. *Kor. J. Ecol.* 14(2): 137-148.
- Kim, H.S., H.J. Kim, K.S. Lee and H.K. Song(2004) Forest vegetation on the south and north slopes of Donghaksa valley in Gyeryongsan National Park. *J. Kor. Env. Res. Tech.* 7(2): 52-61.
- Kim, H.S., S.M Lee and H.K. Song(2009b) A study of the vegetation in the Deogyusan National Park -Focused on the forest vegetation of the Anseong district- *J. Kor. Env. Res. Tech.* 12(6): 1-17.
- Kim, H.S., S.M Lee, H.L. Chung and H.K. Song(2009a) A study of the vegetation in the Deogyusan National Park -Focused on the deciduous forest at Namdeogyu area- *Kor. J. Env. Eco.* 23(5): 471-484.
- Kim, J.U. and B.S. Kil(2000) The mongolian oak forest in Korea. Wonkwang University Press. 511pp.
- Korea Meteorological Administration(1971-2000) Meteorological an annual report. Korea Meteorological Administration.
- Lee, C.Y(2000) Forest environment soil science. Boseong publishing. 350pp.
- Lee, K.J., J.C. Jo and C.H. Ryu(1990a) Analysis on the structure of plant community in Mt. Yongmun by classification and ordination techniques-. *Kor. J. Bot.* 33(3): 73-182.
- Lee, K.J., J.C. Jo B.S. Lee and D.S. Lee(1990b) The structure of plant community in Kwangnung forest(I) -analysis on the forest community of soribong area by the classification and ordination techniques. *Jour. Kor. For. Soc.* 79(2): 73-186.
- Lee, N.J., Y.J. Yim(1988) A comparative study on the structural characteristics of the forest vegetation at the southern and northern slopes of the eastern ridge in Mt. Cheonma, central Korea. *Kor. J. Ecol.* 11(4): 213-225.
- Lee, S.W.(1981) Studies on forest soils in Korea(II). *Jour. Kor. For. Soc.* 54(1): 5-35.
- Lee, T.B.(1980) Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa. 990pp.
- Lee, W.T. and Y.J. Yim(1978) Studies on the distribution of vascular plants in the Korean peninsula. *Kor. J. Pl. Taxon.* 8, Supplement: 1-33.
- Oh, K.K.(1994) Plant community structure of the Chöksang-sansöng area in Tökyusan National Park. *App. Eco. Res.* 7(2): 172-180.
- Park, G.S. and K.K. Jang(1998) Soil properties in *Quercus mongolica* communities *Kor. J. Env. Eco.* 2(2): 236-241.
- Park, I.H., G.S. Moon and Y.C. Choi(1994) Forest structure in relation to altitude and part of slope in a valley forest at Tökyusan area. *App. Eco. Res.* 7(2): 181-186.
- Rural Development Administration(2000) Soil chemistry analysis. 450pp.
- Shin, H.C., K.Y. Lee(1990) A comparative study on the structure of forest vegetation at the southern and northern slopes of Mt. Kun in Namhae. *Jour. Kor. For. Soc.* 79(3): 245-254.
- Song, H.K., K.K. Jang and D.H. Oh(1998) An analysis of vegetation-environment relationships of *Quercus mongolica* in Sörsaksan National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 11(4): 462-468.
- Song, J.S., D.S. Roh, W.S. Chung, S.D. Song, Keiichi Ohno, and Yukira Mochida(1999) Phytosociological study of the forest vegetation in the mountainous areas of the Northern Part, Kyungpook province using the methodology of physiognomy and numerical syntaxonomy. *Kor. J. Ecol.* 22(5): 241-254.
- 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.
- Yim, Y.J. and T. Kira.(1976) Distribution of forest vegetation and climate in Korean peninsula. II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Jap. J. Ecol.* 26: 157-164.
- Yu, J.E., H.K. Song(1989) The analysis of vegetation - environment relationships of Mt. Sokri by TWINSpan(Two-way indicator species analysis) and DCCA. *Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Univ., Korea* . Vol. 7: 1-8.