

## 금오산도립공원의 금오산성 식생구조와 환경요인의 상관관계 분석\*

김현숙<sup>1)\*</sup> · 박관수<sup>2)\*</sup> · 이상명<sup>3)</sup> · 이종구<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 충남대학교 농업과학연구소 교수 · <sup>2)</sup> 충남대학교 산림환경자원학과 교수 · <sup>3)</sup> 국립중앙과학관 연구관

## Analysis on the Correlation Between Vegetation Structure and Environment Factors of the Geumosanseong-inside in Geumosan Provincial Park, in Korea \*

Kim, Hyoun-Sook<sup>1)\*</sup> · Park, Gwan-Soo<sup>2)\*</sup> · Lee, Sang-Myong<sup>3)</sup> and Lee, Joong-Ku<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Professor,

<sup>2)</sup> Department of Environmental & Forest Resources, Chungnam National University, Professor,

<sup>3)</sup> Research & Promotion Division, National Science Museum, Resercher Ph.D.

### ABSTRACT

This study was conducted to compare and analyze forest vegetation distributed in Geumosanseong-inside in Geumosan Provincial Park from 2017.10 to 2019.6. The vegetation structure was classified by the phytosociological method and TWINSpan and the correlation between the community structure and the environmental factors was analyzed using DCCA ordination analysis. The vegetation structures are *Quercus mongolica*, *Fraxinus mandshurica*, *Q. acutissima*, *Larix leptolepis*, *Prunus padus* and *Morus alba* community by the phytosociological method and 16 communities under TWINSpan. The importance value of *Q. mongolica*(64.5) was the highest, and followed by *F. mandshurica*, *L. leptolepis*, *Acer pseudosieboldianum*, *M. alba*, *P. padus*, *Q. acutissima*, *Sorbus alnifolia*, *P. serrulata* var. *pubescens*, *F. sieboldiana*, *Rhododendron schlippenbachii* and *Castanea crenata* which is consistent with species having the dominance status by analysis of the vegetation structure. As the results of DBH analysis for taxon with high importance values, *Q. mongolica* and *M. alba* represented normal distribution, and thus, the dominance status of these species is likely to

\* 이 논문은 충남대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

**First author** : Kim, Hyoun-Sook, Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Professor,  
Tel : +82-42-821-7880, E-mail : woangsisster@hanmail.net

**Corresponding author** : Park, Gwan-Soo, Department of Environmental & Forest Resources, Chungnam National University, Professor,  
Tel : +82-42-821-5743, E-mail : gspark@cnu.ac.kr

**Received** : 6 March, 2020. **Revised** : 22 April, 2020. **Accepted** : 18 April, 2020.

continue. *L. leptolepis* will maintain the dominance status due to high density of large individuals as compared with species above medium size. However, it will decrease because of high mortality after increase in age class. *F. mandshurica* and *P. padus* continue to show dominance status due to high density of young individuals as compared with species above medium size. *Q. acutissima* have high density of individuals above intermediate size and low density of young individuals, and thus, will maintain the dominance status. *A. pseudosieboldianum*, *F. sieboldiana* and *R. schlippenbachii* which are arborescent will present continuously high dominance status because of high density of young individuals. Soil analysis shows that whereas pH,  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  in the research area were lower than the average values of overall forest soil and O.M, T-N, C.E.C and  $P_2O_5$  were higher. We expected that these results were due to agricultures until 50 years ago in Geumosanseong-inside. As a result of DCCA ordination analysis using eleven environmental factors and communities classified by the phytosociological method analysis showed that *Q. mongolica* was distributed in the environment with higher elevation and O.M and steep slope, and lower  $P_2O_5$ ,  $Mg^{2+}$  and  $Ca^{2+}$ . In contrast to *F. mandshurica*, *Q. acutissima* was distributed in higher  $K^+$  and lower pH. *L. leptolepis* was distributed in various environment.

**Key Words :** *Phytosociological, Twinspan, DCCA Ordination, Importance Value, DBH*

## I. 서 론

금오산도립공원은 우리나라에서 1970년 6월 1일에 도립공원 1호로 지정되었고, 정상 고원분지의 금오산성(金烏山城)은 지방기념물 제67호로 지정되었으며, 고려시대부터 전해 내려오는 고성지(古城址)이다. 70년대까지 성내에서 마을 주민들이 경작을 하여 생계를 유지하였으며(Yoon, 1985), 뽕나무가 많이 식재되어 있는 것으로 보아 누에를 키운 것으로 추정되고, 성내 주민들이 떠난 후 경작지로 사용하였던 지역에는 일본잎갈나무를 식재하였다.

금오산도립공원은 도시와의 접근성이 양호하여, 산업화로 집중된 구미시민 뿐만 아니라, 전국민이 선호하는 도립공원으로 많은 탐방객이 집중되어 매년 증가하고 있다(www.gumi.go.kr). 따라서 공원의 능선부와 금오산성의 탐방로 주변 식물 생육지의 훼손 가능성이 크므로 금오산도립공원 생물자원의 환경보존과 관리는 지속적으로 필요하다고 할 수 있다.

산림 식생의 생태학적 군집 연구 방법으로는 classification에 의한 군락의 분류와 ordination에 의한 구배 분석이 있다. classification은 개개의 임분을 분류할 때 식물상의 특징에 중점을 두고 있어 식물상에 의한 군락 구분과 일치하고 있다(Krebs, 1978). TWINSpan(YWo-way Indicator SPecies ANalysis)은 표집종을 분석하기 위해 최초로 개선된 FORTRAN 프로그램으로 Braun-Blanquet의 종 조성표에 가깝게 표의 행렬을 작성할 수 있고, 과학적인 방법으로 여러 종들을 확인함으로써 간단하게 분류할 수 있도록 고안되었다(Hill, 1979b). 두 방법을 병행한 연구로는 식물사회학적방법과 TWINSpan에 의한 강원도 신갈나무림의 분류에 관한 연구(Jang *et al.*, 1997) 등 이 후에도 많은 연구가 있었다.

최근 도립공원의 식생에 대한 연구로는 전북 모악산 산림식생에 대한 연구(Kim *et al.*, 2002), 순천시 조계산도립공원 선암사골 계곡부 식물 군집구조(Kim, 2012), 순천시 조계산 운수암 계

곡부 식물군집구조(Han *et al.*, 2014), 가지산도립공원 통도사지구의 식물군락과 환경요인의 상관관계(Lee *et al.*, 2014), 충청남도 도립공원 산림 식생 분석(Kim *et al.*, 2018), 선운산도립공원의 능선부 식생 특성(Kang *et al.*, 2019), 두륜산도립공원 상록활엽수림의 식생 특성-대홍사 일대를 중심으로(Kang, 2019) 등이 있다.

본 연구지인 금오산도립공원의 식생에 대한 연구로는 Kim & Sung(1995)의 금오산에서 산화지와 비산화지의 식물군집구조 비교, Che & Kim(1997)의 금오산의 산화지에서 벌목지와 비벌목지의 식물 군집 비교, Song *et al.*(1999)의 대구, 구미, 김천 지역의 팔공산, 금오산, 황악산에 분포하는 참나무류 산림의 식물사회학적 연구 등 식물 군집에 대한 연구가 진행되었으나, 2000년 이후에는 금오산도립공원 내 기초식생 조사는 미비한 실정이며, 특히 Yoon(1985)의 금오산성 기초조사보고서 이후 금오산성을 중점적으로 식생 조사는 이루어지지 않았다.

따라서, 본 연구에서는 금오산도립공원의 금오산성을 대상으로 산림 식생을 식물사회학적 방법과 TWINSpan을 이용하여 분류하고, 매목 조사에 의한 식생구조를 분석하며, 식물사회학적 방법으로 분류한 군락 간 유사도분석을 하였다. 또한 식물군락과 환경요인의 상관관계를 분석함으로써 식생의 생태학적 보존대책과 금오산성 지역의 환경보존관리 및 자연복원에 필요한 기초자료를 구축하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

경상북도에 위치한 금오산도립공원은 행정구역상 구미시, 김천시, 칠곡군에 걸쳐 그 경계를 이루고, 지리적으로는 북위 36° 05′, 동경 128° 18′에 위치하고 면적은 총 37,262km<sup>2</sup>으로서 구미시 20,815km<sup>2</sup>(55.9%), 김천시 8,501km<sup>2</sup>(22.8%), 칠곡군 7,946km<sup>2</sup>(21.3%)을 차지하고 있으며, 금

오산 최고봉인 현월봉(976m)을 중심으로 약사봉(958m), 보봉(933m), 남봉(873m), 서봉(851m)을 포함하고 있다. 금오산도립공원의 지질은 신생대와 원생대에 속하는 화강편마암과 화강암으로 이루어져 있으며, 암석이 노출된 화강암 부분이 많으며, 화강편마암이 약간 산재해 있다(www.gumi.go.kr). 본 연구대상지인 금오산성내의 기후는 금오산도립공원과 인접한 구미시 기상관측자료를 이용 하여 분석하였다(Korea Meteorological Administration, 1999-2019). 구미시 climate diagram(Figure 1)을 보면 연평균 기온은 13.4°C, 연평균 강수량은 1,126.1mm이었으며, 온량지수는 110.7°C·month, 한냉지수는 -15.9°C·month를 나타내었다. 한반도의 식물구계 및 식생기후대상으로 한반도 남부아구, 남부낙엽활엽수림(냉온대남부)에 포함되는 지역(Yim & Kira, 1975, Lee & Yim, 1978)으로 낙엽활엽수림 분포적지 기준에 속하는 것으로 확인되었다. 금오산성의 조사된 식물로는 교목을 위주로 신갈나무, 일본잎갈나무, 들메나무, 귀룅나무, 뽕나무, 상수리나무, 느티나무, 밤나무, 당단풍나무, 철쭉, 진달래, 쇠물푸레나무 등이 분포하였다.

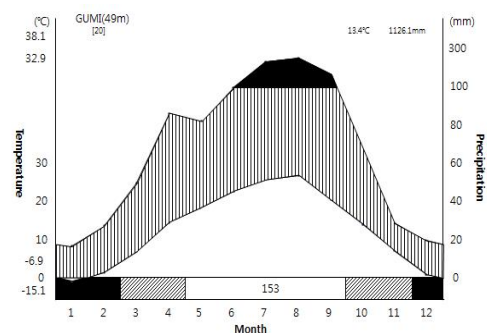
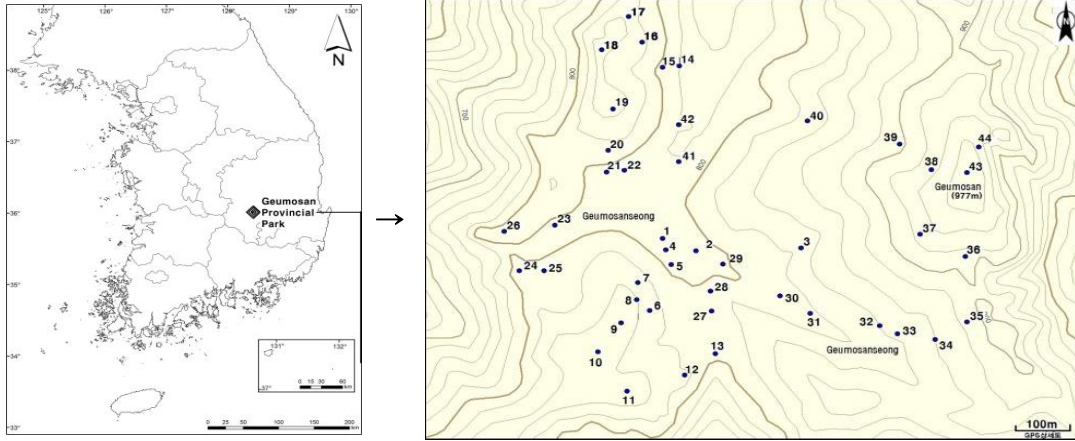


Figure 1. Climate diagram of Gumi near Geumsan Provincial Park(anonymous, 1999-2019).

### 2. 연구방법

#### 1) 식생 및 입지 환경조사

금오산도립공원의 금오산성에 현존하는 산림



**Figure 2.** Sample plots and climate diagram at Geumosanseong-inside in Geumosan Provincial Park.

식생을 분석하기 위하여 2017년 10월~2019년 6월에 걸쳐 총 44개의 조사구를 설치하였다 (Figure 2). 조사구 크기는 종수-면적 곡선 (Sasaki, 1970)에 의하여 최소면적이상의 15m×15m로 설치하였고, 종 조성에 따라 Mueller-Dombois and Ellenberg(1974)에 의거하여 표조작법으로 작성하였다.

조사지에서 방형구내의 출현종은 Z-M 학파 (Braun-Blanquet 1964)의 식물사회학적 조사방법에 의해 4개 층위별로 구분하여 기록하였고, 각 층위별 평균 피도와 교목층의 평균 수고를 기록하였다. 식물 층은 원색식물도감(Lee, 2003)을 이용하여 동정하였고, 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, <http://www.nature.go.kr>)을 기준으로 분류군의 학명과 국명을 기재하였다. 각 조사구에서 매목조사를 실시하였는데, 조사구 내 교목층과 아교목층에서 출현하는 종 중 DBH 2cm 이상의 목본을 대상으로 조사하고, 이들에 대한 흉고직경급을 분석하였다. 출현종의 각 계층별 피도 및 우점도 조사는 7단계 구분법 (Braun-Blanquet, 1964)을 변형한 9단계 구분법 (Dierssen, 1990)을 적용하였다. 입지 환경요인으로는 조사지의 해발고, 방위 및 경사를 측정하고, 토양 화학적 분석용 시료는 낙엽층을 제거한 뒤 깊이 30cm 내의 토양을 채취하였다.

## 2) 자료분석방법

조사되어진 자료는 표조작법(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)에 의하여 군락을 구분하였고, 군락간의 종조성을 비교하기 위하여 종합상재도표를 작성하였으며, 군락 기재 순은 조사구 수에 따라 기재하였다. 또한 보다 더 정확하게 군락의 특징을 분석하기 위하여, 교목층 및 아교목층에서 목본을 대상으로 DBH 2cm 이상의 매목 조사를 하여 얻은 자료로 흉고직경급 분포를 분석하였으며, 중요치(importance value : IV)는 Curtis and McIntosh(1951)의 방법으로 산출하였고, 군집 간 유사성의 정도를 측정하기 위한 유사도지수(Sørensen, 1948)를 분석하였다.

식물사회학적 분류법은 Z-M학파(Braun-Blanquet, 1928)의 이론적 기초 군락 단위에 각각의 특징적인 종들이 모여 하나의 복합적이고 체계적인 생물체를 이룬다는 근거에 기초하여, 어떠한 지역의 식생이나 식물군집의 분류에 있어서 식생상관과 종조성에 중점을 두고, 경험과 조사자의 식견과 주관에 의한 표 작성에 따라 식생단위를 분류하는 방법이다(Braun-Blanquet, 1928).

반면 분포 서열법(ordination approach)은 단극상설로 군락의 안정성을 중시하며, 군락을 기 후적 극상의 한 단위로서 보는 Clement(1916)의 식생관과 군락단위의 개별설을 주장한 Gleason

(1926)의 식생관에 영향을 받아 이루어진 식생의 정량적 분석방법이다. 분석 방법에는 직접구배분석과 간접구배분석이 있는데 TWINSPLAN은 간접구배분석으로 식생자료를 토대로 식생배열을 나타내는 방법이다. 군락 분류 및 종조성을 식물사회학적 조사에서 얻은 자료와 비교하기 위해 Hill(1979b)의 TWINSPLAN을 이용하여 군집을 분류하였으며, cut level은 5단계를 이용하였다. 각 조사구에서 우점종은 20% 이상의 중요치를 가지는 분류군으로 하였다.

토양시료는 밀봉하여 실험실로 운반하였고, 상온에서 자연 건조 시킨 후 2mm(1250mesh) 체로 쳐서 화학적 분석에 사용하였다. 화학적 분석 항목 중 토양 pH는 1:5 증류수로 토양현탁액을 만들어 pH측정기(ISTEX, pH200L)를 이용하였고, T-N(Total nitrogen concentration)은 macro-Kjeldahl법, O.M.(Organic matter)은 Tyurin법, C.E.C.(Cation exchange capacity)는 Brown간이법, 칼슘과 마그네슘은 EDTA적정법 및 칼륨은 염광 분석법에 의해 측정하였다(Im, 2000).

식생과 환경요인의 상관관계를 분석하기 위한 Ordination은 Hill(1979a,b)의 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였고, CANOCO program(Ter Braak, 1998)을 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 식물사회학적 방법에 의한 군락 분류

총 44개의 조사구에서 출현한 식물 183분류군을 대상으로 Mueller-Dombois and Ellenberg (1974)의 표조작법에 따라 종합상재도표를 작성하여 분류한 결과(Table 1), 금오산성의 식물군락은 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community), 들메나무군락(*Frasinus mandshurica* community), 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community), 일본잎갈나무군락(*Larix leptolepis* community) 귀룽나무군락(*Prunus padus* community), 및 뽕나무군락(*Morus alba* com-

munity)으로 구분되었다(Table 1).

#### A. 신갈나무군락(*Q. mongolica* community)

금오산성의 신갈나무군락은 전 사면에 걸쳐 분포하였고, 군락의 구분에 이용된 조사구는 17개소이며, 해발고는 793~960m(평균 877m)로 금오산성 안에서는 높은 곳에 분포하였다. 우리나라에서 신갈나무는 위도가 낮아지면 해발고도가 높은 정상이나 능선부에 분포하고, 위도가 높아지면 해발고도가 낮은 지역에 분포하는 군락으로 위도에 따라 신갈나무의 출현 해발고도가 다르게 나타나는 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 2009). 경사는 5~35°(평균 20°)로 대부분 군락 분포가 급한 편이고, 평균 교목층의 수고는 11m 이었다. 금오산성의 신갈나무군락 구분종으로는 신갈나무, 진달래, 산철쭉, 둥굴레, 함박꽃나무, 쪽동백나무, 일월비비추, 구절초이었으며, 평균 출현종수는 22분류군으로 조사된 군락들보다 가장 적었다(Table 1). 평균 피도는 교목층이 93%로 나타났으며, 신갈나무가 우점하고 팔배나무, 일본잎갈나무, 들메나무, 소나무, 물오리나무, 대팻집나무, 잔털벗나무, 다릅나무, 서어나무 등이 혼생하였다. 아교목층은 61%로 높게 나타났으며, 팔배나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 철쭉, 신갈나무가 우점하고, 관목층의 평균 피도는 44%로 진달래, 당단풍나무, 생강나무, 팔배나무, 노린재나무, 철쭉, 산철쭉이 우점하였다. 초본층의 평균 피도는 27%로 타 군락보다 낮은 값을 나타냈으며, 그늘사초, 새, 신갈나무, 생강나무, 노린재나무, 당단풍나무, 둥굴레, 팔배나무, 가는잎그늘사초, 진달래 등이 우점하였다. 본 군락은 신갈나무전형 군락이 대부분이고, 신갈나무-철쭉군락, 신갈나무-일본잎갈나무군락도 다소 분포하는 것으로 나타났다. 금오산성 신갈나무-철쭉군락에서는 관목층에 철쭉 다음으로 진달래도 높은 우점도를 보였는데, 이는 진달래가 우점하였다가 신갈나무가 유입되면서 진달래에서 철쭉으로 천이가 일어난 것으로 판단된다(Kim, 2010).

### B. 들메나무군락(*F. mandshurica* community)

들메나무군락은 주로 북사면에 분포하는 것으로 확인되었다. 이 군락은 해발고 808~865m(평균 838m)에서 분포하고, 경사는 5~15°(평균 8°)로 완만한 편이었으며, 교목층의 평균 수고는 13m이었다. 군락 구분에 조사된 방형구는 총 6개소였다. 금오산성 들메나무군락 구분종으로는 들메나무, 고사리삼, 그렁이였으며, 평균 출현종수는 30분류군이었다(Table 1). 평균피도는 교목층이 91%로 들메나무가 우점하며, 잔털벗나무, 밤나무, 신갈나무, 일본잎갈나무, 소나무, 뽕나무, 상수리나무 등이 혼생하였다. 아교목층은 53%로 들메나무가 우점하며, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 잔털벗나무, 밤나무, 생강나무, 대팻집나무, 개웃나무 등이 혼생하였다. 관목층의 평균 피도는 38%로 생강나무, 당단풍나무가 우점하고, 노린재나무, 병꽃나무, 들메나무, 국수나무, 피불나무 등이 혼생하였으며, 초본층의 평균 피도는 49%로 주름조개풀이 우점하고, 바다나물, 그늘사초, 새, 생강나무, 늦게사리삼, 그렁, 노랑제비꽃 등이 비교적 많이 분포하였다. 본 군락에서는 잣나무가 다수 출현하였고, 계곡부에 한정적으로 군락을 형성하고 있어 지형적인 극상림으로 발달될 것으로 예상된다(Kim *et al.*, 2009).

### C. 상수리나무군락(*Q. acutissima* community)

상수리나무군락은 해발고 806~883m(평균 839m)이고 경사는 10~20°(평균 13°)로 완만한 지역에 분포하였다. 군락 구분에 이용된 방형구는 5개소이었고, 평균 출현 종수는 조사구당 24분류군이었다. 교목의 수고는 14~18m(평균 16m)로 비교적 높게 조사되었다(Table 1). 금오산성의 상수리나무군락 구분종은 상수리나무, 털대사초이었고, 본 군락의 교목층 평균피도는 93%로 상수리나무가 우점하며, 신갈나무, 들메나무, 일본잎갈나무, 소나무, 밤나무, 팔배나무 등이 혼생하였다. 아교목층은 평균피도가 72%로 들메나무와 당단풍나무가 우점하며, 신갈나

무, 팔배나무, 상수리나무, 쇠물푸레나무, 철쭉, 고로쇠나무 등이 혼생하였다. 관목층은 평균피도 28%로 당단풍나무와 생강나무가 높은 피도로 우점하고, 철쭉, 노린재나무, 국수나무 등이 혼생하였다. 초본층은 평균피도 28%로 생강나무, 주름조개풀, 당단풍나무, 개고사리, 그늘사초, 선밀나물, 대사초, 국수나무 등이 혼생하였다. 조사된 군락들 중 상수리나무군락이 교목층과 아교목층의 피도가 높은 반면, 상대적으로 관목층과 초본층의 피도(평균 28%)가 가장 낮은 수치로 나타났는데, 이는 임내에 투과되는 빛의 양이 관목층과 초본층에 제한적인 경향성을 보인 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2009). 우리나라에서 상수리나무군락은 산지 하부의 주로 마을이나 농경지 주변에 분포하는데(Song *et al.*, 2009), 본 조사지내에서 금오산 상부에 상수리나무군락이 분포하는 것은 금오산성에 마을 주민들이 1970년대까지 거주 하면서 상수리나무열매를 이용하였던 것으로 추정되며, 그 잔재가 군락을 이루고 있는 것으로 사료된다.

### D. 일본잎갈나무군락(*L. leptolepis* community)

일본잎갈나무군락은 북사면에 주로 출현하였으며, 해발고 775~833m(평균 810m)이고, 경사는 5~25°(평균 13°)로 비교적 완만한 지역에 분포하고 있었다. 군락 구분에 이용된 방형구는 6개소이며, 교목층의 평균 수고는 18m로 조사된 타 군락에 비해 가장 높은 수고를 보였다. 평균 출현종수는 27분류군이었다. 금오산성 일본잎갈나무군락 구분종은 일본잎갈나무, 가는장구채, 도둑놈의갈고리, 박쥐나무이었으며, 평균 교목층 피도는 90%로 타 군락에 비해 낮은 값을 보였으며, 일본잎갈나무가 우점하고, 들메나무, 신갈나무, 잔털벗나무, 상수리나무, 대팻집나무, 소나무, 밤나무 등이 혼생하였다. 아교목층은 평균피도가 53%로 들메나무, 당단풍나무가 우점하고, 일본잎갈나무, 뽕나무, 층층나무, 물오리나무, 대팻집나무 등이 혼생하였다. 관목층은 평

균피도 30%로 생강나무, 당단풍나무, 들메나무, 지렁쿠나무, 뽕나무, 노린재나무 등이 혼생하였다. 초본층의 평균피도는 59%로 생강나무, 새, 주름조개풀, 들메나무, 당단풍나무, 그늘사초, 그늘개고사리, 파리풀, 산괴불주머니, 사위질빵,

줄딸기, 산여뀌 등이 혼생하였다. 본 군락에서는 주민들이 떠난 후 경작지를 복원하면서 유입된 것으로 추정되는 망초 등 외래종도 다수 출현하였는데, 이는 금오산성의 식생은 인간의 간섭을 많이 받은 것으로 판단된다(Table 1).

**Table 1.** Synthesized table of forest vegetation at Geumosanseong-inside in the Geumosan Provincial Park

A : *Quercus mongolica* community B : *Frasinus mandshurica* community  
 C : *Quercus acutissima* community D : *Larix leptolepis* community  
 E : *Prunus padus* community F : *Morus alba* community

Community type	A	B	C	D	E	F
Number of relevé	17	6	5	6	5	5
Altitude(m)	877	838	839	810	807	802
Slope degree(°)	20	8	13	13	9	8
Height of tree layer(m)	11	13	16	18	12	10
Coverage of upper tree(T1) layer(%)	93	91	93	90	92	91
Coverage of upper tree(T2) layer(%)	61	53	72	53	48	27
Coverage of shrub(S) layer(%)	44	38	28	30	18	14
Coverage of herb(H) layer(%)	27	49	28	59	44	70
Number of species	22	30	24	27	26	31

**Differential species of *Quercus mongolica* community**

<i>Quercus mongolica</i>	V	I	I	I	I	.
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	IV	.	.	.	.	.
<i>Rhododendron yodoense</i> var. <i>poukhanense</i>	III	.	.	.	.	.
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	III	.	.	.	.	.
<i>Magnolia sieboldii</i>	II	.	.	.	.	.
<i>Styrax obassia</i>	II	.	.	.	.	.
<i>Hosta capitata</i>	II	.	.	.	.	.
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	II	.	.	.	.	.

**Differential species of *Frasinus mandshurica* community**

<i>Frasinus mandshurica</i>	I	V	II	II	II	II
<i>Botrychium ternatum</i>	.	V	.	.	.	.
<i>Eragrostis ferruginea</i>	.	II	.	.	.	.

**Differential species of *Quercus acutissima* community**

<i>Quercus acutissima</i>	.	I	V	I	II	I
<i>Carex ciliato-marginata</i>	.	.	I	.	.	.

**Differential species of *Larix leptolepis* community**

<i>Larix leptolepis</i>	II	II	II	V	II	II
<i>Melandryum seoulense</i>	.	.	.	I	.	.
<i>Desmodium oxyphyllum</i>	.	.	.	I	.	.
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>macrophyllum</i>	.	.	.	I	.	.

**Differential species of *Prunus padus* community**

<i>Prunus padus</i>	.	.	I	I	V	II
<i>Stellaria aquatica</i>	.	.	.	.	III	.
<i>Zelkova serrata</i>	.	.	.	.	I	.
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	.	.	.	.	I	.

**Differential species of *Morus alba* community**

<i>Morus alba</i>	.	I	.	I	III	V
<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	.	.	.	.	.	II
<i>Cardamine leucantha</i>	.	.	.	.	.	I

Table 1. Continue

Community type	A	B	C	D	E	F
<b>Differential species of <i>Morus alba</i> community</b>						
<i>Galium koreanum</i>	.	.	.	.	.	I
<b>Companions</b>						
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	V	V	V	V	II	II
<i>Lindera obtusiloba</i>	V	V	V	V	II	III
<i>Arundinella hirta</i>	IV	IV	I	V	I	II
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	I	V	V	V	V	IV
<i>Sorbus alnifolia</i>	V	I	III	I	I	.
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>Pilosa</i>	V	V	IV	II	.	I
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	IV	I	II	.	.	.
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	III	.	III	II	.	.
<i>Carex lanceolata</i>	V	IV	III	III	I	.
<i>Athyrium koryoense</i>	II	II	.	III	I	.
<i>Smilax nipponica</i>	II	I	III	I	.	.
<i>Disporum smilacinum</i>	IV	I	II	II	I	I
<i>Viola orientalis</i>	II	IV	I	I	.	II
<i>Angelica decursiva</i>	I	V	I	I	III	IV
<i>Carex siderosticta</i>	II	.	III	II	.	.
<i>Elsholtzia splendens</i>	I	I	.	I	I	III
<i>Celastrus flagellaris</i>	I	I	III	I	I	III
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	I	II	.	III	II	IV
<i>Pinus densiflora</i>	II	I	II	I	.	.
<i>Castanea crenata</i>	.	III	II	II	I	II
<i>Lonicera maackii</i>	.	II	I	III	I	I
<i>Acer mono</i>	.	I	I	I	I	II
<i>Equisetum arvense</i>	.	I	.	.	II	IV
<i>Pseudostellaria palibiniana</i>	.	II	I	III	.	.
<i>Persicaria nepalensis</i>	.	II	.	II	IV	IV
<i>Corydalis speciosa</i>	.	II	I	III	III	IV
<i>Clematis apiifolia</i>	.	III	.	III	III	IV
<i>Viola grypceras</i>	.	I	.	I	III	I
<i>Agastache rugosa</i>	.	I	I	I	I	III
<i>Achudemia japonica</i>	.	I	.	I	III	IV
<i>Rubus oldhamii</i>	.	I	I	III	III	III
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	.	III	I	II	IV	III
<i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i>	.	I	.	IV	II	II
<i>Agrimonia pilosa</i>	.	IV	.	I	I	I
<i>Carex humilis</i>	III	II	.	I	.	.
<i>Persicaria thunbergii</i>	.	.	.	I	III	IV
<i>Angelica polymorpha</i>	.	.	.	I	III	II
<i>Duchesnea chrysantha</i>	.	.	.	I	II	IV
<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>	.	.	.	II	II	III
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	III	I	.	I	.	.
<i>Clematis mandshurica</i>	I	III	I	.	.	.
<i>Weigela subsessilis</i>	I	IV	.	.	.	.
<i>Ilex macropoda</i>	III	I	II	I	.	.
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	I	III	I	II	II	.
<i>Stephanandra incisa</i>	I	II	III	I	.	I
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	I	II	III	.	.	I
<i>Athyrium niponicum</i>	II	.	IV	I	I	.

\* The other species were omitted by author.



**E. 귀룽나무군락(*P. padus* community)**

금오산성 귀룽나무군락은 해발고는 797~813m (평균 807m)이고, 경사는 5~15°(평균 9°)로 완만한 지역에 분포하였다. 군락의 구분에 이용된 방형구는 5개소였고 출현종수는 평균 26분류군이였다. 교목의 수고는 10~16m(평균 12m)로 뽕나무군락과 함께 낮게 나타났다. 금오산성 귀룽나무군락 구분종으로는 귀룽나무, 느티나무, 쇠별꽃, 느릅나무이였다(Table 1). 교목층의 평균 피도는 92%로 귀룽나무가 우점하고, 일본잎갈나무, 뽕나무, 들메나무, 상수리나무, 잔털벗나무 등이 혼생하였다. 아교목층은 48%로 귀룽나무가 우점하고, 들메나무, 뽕나무, 느티나무, 당단풍나무, 잔털벗나무 등이 혼생하였다. 평균 관목층의 피도는 18%로 귀룽나무가 우점하였으며, 쥐똥나무, 들메나무, 느티나무, 지렁कु나무, 생강나무, 뽕나무, 팔배나무, 괴불나무 등이 혼생하였다. 초본층의 평균 피도는 44%로 주름조개풀, 산여뀌, 산괴불주머니, 쇠별꽃, 사위질빵, 고마리 등이 높은 피도를 나타냈다. 본 군락에 현존하는 하층 식물은 뽕나무군락과 유사한 분류군들이 출현하는 경향을 보였는데, 이는 식수로 사용한 뽕나무주변에 귀룽나무가 자라고 있어서 출현 분류군이 혼생하는 것으로 사료된다.

**F. 뽕나무군락(*M. alba* community)**

뽕나무군락은 해발고 790~811m(평균 802m)로 금오산성에서 가장 낮은 지역에 분포하고 있었다. 경사는 5~15°(평균 8°)로 귀룽나무군락과 함께 가장 완만한 편이고, 군락의 구분에 조사된 방형구는 5개소이며, 평균 출현 종수는 조사구당 31분류군이였다. 교목의 수고는 8~12m(평균 10m)로 조사된 군락중 가장 낮은 수고를 나타냈다. 금오산성의 뽕나무군락 구분종은 뽕나무, 개별꽃, 참갈퀴덩굴, 미나리냉이이였다(Table 1). 이 군락의 평균피도는 교목층 91%로 뽕나무가 우점하며, 귀룽나무, 들메나무, 일본잎갈나무, 밤나무, 상수리나무, 물오리나무, 고로쇠나무가 혼생하였다. 아교목층은 평균피도 27%로 귀룽나무가 우점

하며, 들메나무, 뽕나무, 당단풍나무, 고로쇠나무, 일본잎갈나무 등이 혼생하였다. 관목층은 평균피도 14%로 생강나무, 쥐똥나무, 들메나무, 지렁कु나무, 까치박달 뽕나무 등이 혼생하였다. 초본층은 평균피도 70%로 고마리, 주름조개풀, 바다나물, 파리풀, 쇠뜨기, 산여뀌, 산괴불주머니, 사위질빵, 산물통이, 푼지나무, 줄딸기, 뱀딸기 등이 높은 피도를 나타내며 혼생하였다. 본 군락은 1970년대 까지 마을 주민들이 경작지 주변에 식재하였던 잔재로 보여지며, 주민들이 이주하면서 경작지로 사용하였던 지역은 일본잎갈나무로 식재되어 현존하는 뽕나무군락은 차후 일본잎갈나무군락으로 천이가 일어날 것으로 판단된다.

**2. TWINSpan에 의한 군락 분류**

금오산성 44개 조사구에서 매목조사 되어진 종수는 31분류군이였으며, 4개 이상의 조사구에서 출현한 18분류군을 대상으로 TWINSpan을 실시한 결과, 제1수준에서는 신갈나무의 유무에 따라 분류되고, 제2수준에서는 철쭉, 쇠물푸레나무와 귀룽나무, 뽕나무의 유무에 의해 분류되었다. 제3수준에서는 소나무와 상수리나무의 유무에 따라 들메나무-신갈나무군락, 상수리나무-들메나무군락 및 상수리나무전형군락으로 분류되었고, 밤나무와 고로쇠나무의 유무에 따라 일본잎갈나무-밤나무군락으로 분류되었다(Figure 3).

제4수준에서는 당단풍나무와 들메나무의 유무에 따라 신갈나무-철쭉군락 및 들메나무전형군락으로 분류되었고, 뽕나무와 귀룽나무의 유무에 따라 일본잎갈나무전형군락, 일본잎갈나무-들메나무군락, 뽕나무-일본잎갈나무군락, 귀룽나무전형군락, 뽕나무전형군락 및 귀룽나무-뽕나무군락으로 분류되었다. 제5수준에서 대팻집나무의 유무에 따라 신갈나무전형군락 및 상수리나무-당단풍나무군락으로 분류되었고, 일본잎갈나무의 유무에 따라 신갈나무-당단풍나무군락 및 일본잎갈나무-당단풍나무군락으로 분류되었다(Figure 3, Table 2).



앞의 식물사회학적 방법으로 분류된 6개 식생 단위와 TWINSpan에 의해 분류된 16개군락을 비교해 보면, 식물사회학적 방법으로 분류된 6개 군락에 TWINSpan에 의해 분류된 16개 군락이 포함된 결과로 보여진다. 따라서 본 연구에서는 식물사회학적 방법으로 분류된 6개 군락을 여러 가지 방법으로 보다 더 깊게 분석(중요치분석, 흉고직경급분석, 유사도분석 등)하였다.

본 조사지에서 각 군락의 종조성을 살펴보면, 신갈나무군락은 쇠물푸레나무, 철쭉, 소나무와 대팻집나무, 팔배나무로 구분되었고, 들메나무군락, 상수리나무군락 및 일본잎갈나무군락은 뚜렷한 구분이 없었으며, 귀룽나무군락 및 뽕나무군락은 밤나무와 고로쇠나무, 참빗살나무로 구분되었다(Table 2).

### 3. 토양환경과 식생

본 연구지역인 금오산도립공원의 금오산성 산림 토양을 분석하여 화학적인 특성을 나타낸 결과(Table 3), 토양의 pH는 평균 4.33으로 나타났다. 일반적으로 Lee(2000)는 수목이 생육하는데 적정 pH가 4.8~6.5의 범위이고, Jeong et al.(2002)은 우리나라 산림토양의 A층 평균 pH는 5.48로 보고 한 바, 이에 비하여 본 조사지의 토양

pH는 매우 낮은 것으로 나타났다.

본 연구지역의 토양 중 O.M은 평균 8.95%로 나타났는데, 우리나라 산림토양의 평균값이 4.49%로 보고(Jeong et al., 2002)한 것 보다 높고, Park and Jang(1998)이 신갈나무군락에서 보고한 값(6.6~13.6%)과 비교할 때 유사한 값으로 나타났다. 또한 금오산성의 T-N은 평균 0.48%로 나타났고, C.E.C는 평균 23.73cmol<sup>+</sup>/kg으로 나타났는데, 우리나라 산림토양의 평균값인 T-N은 0.19%, C.E.C는 12.5cmol<sup>+</sup>/kg보다 각각 현저히 높게 나타났다(Jeong et al., 2002). 이는 선행연구에서 토양 내 O.M이 T-N 및 C.E.C에 영향을 미친다는 보고와 일치하는 결과를 보였다(Brady, 1990).

본 조사구의 토양 중 치환성 Ca<sup>2+</sup> 및 Mg<sup>2+</sup> 평균함량은 각각 1.48cmol<sup>+</sup>/kg, 0.41cmol<sup>+</sup>/kg으로 나타났는데, 우리나라 산림토양에서의 평균 함량보다 낮게 나타났고, 치환성 K<sup>+</sup>의 함량은 유사한 경향을 보였다. 한편 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>은 평균 98.39mg/kg으로 우리나라 산림토양에서의 평균 함량25.6 mg/kg보다 현저히 높은 것으로 나타났는데 (Jeong et al., 2002), 반세기 전까지 금오산성에서 주민들이 농사를 지은 결과 전질소와 유효인산이 높게 나타난 것으로 추정된다.

일반적으로 토양 O.M은 T-N 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>과 밀접

**Table 3.** Soil characteristics in 0~20cm soil depth of study area of the Geumosanseong-inside in Geumosan Provincial Park

Community	pH (1:5,w/w)	T-N (%)	O.M. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	EX-Cation			C.E.C (cmol+/kg)	
					K <sup>+</sup> (cmol+/kg)	Ca <sup>2+</sup> (cmol+/kg)	Mg <sup>2+</sup> (cmol+/kg)		
<i>Q. mongolica</i>	4.38±0.19	0.52±0.09	11.02±2.28	44.72±26.27	0.29±0.08	0.53±0.81	0.16±0.06	24.39±4.66	
<i>F. mandshurica</i>	4.30±0.13	0.49±0.09	8.22±1.37	56.64±24.75	0.22±0.04	0.82±0.61	0.30±0.14	23.51±2.38	
<i>Q. acutissima</i>	4.03±0.24	0.54±0.04	11.37±1.84	60.98±14.29	0.38±0.31	0.50±0.67	0.33±0.35	27.03±2.88	
<i>L. leptolepis</i>	4.29±0.29	0.43±0.14	8.77±2.50	103.04±80.26	0.25±0.05	1.64±2.00	0.38±0.35	23.08±3.53	
<i>P. padus</i>	4.48±0.14	0.51±0.08	7.79±1.86	118.82±104.67	0.23±0.06	2.41±1.73	0.56±0.38	24.42±4.34	
<i>M. alba</i>	4.51±0.34	0.39±0.09	6.53±1.40	206.15±143.85	0.38±0.18	2.95±2.23	0.71±0.54	19.99±1.72	
Total average	4.33±0.17	0.48±0.06	8.95±1.89	98.39±60.13	0.29±0.07	1.48±1.04	0.41±0.20	23.73±2.29	
우리나라 산림 토양평 균(Jeong et al., 2002)	A hori- son	5.48	0.19	4.49	25.6	0.23	2.44	1.01	12.5
	B hori- son	5.52	0.09	2.03	11.9	0.15	1.64	1.03	10.7

\* T-N=Total nitrogen concentration, O.M.=Organic matter, C.E.C=Cation exchange capacity.

한 관계가 있으며(Jeong *et al.* 2002), 토양의 치환성양이온인  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  및  $Mg^{2+}$  함량은 토양 pH와 밀접한 관계가 있는데, 뽕나무군락에서 토양의 평균 pH,  $P_2O_5$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  및  $Mg^{2+}$ 가 높게 나타났고, 상수리나무군락에서 평균 토양의 O.M, T-N 및 C.E.C가 높게 나타났다. 이는 T-N을 대부분 공급해주는 O.M이 높았기 때문으로 판단된다. 염기치환용량이라고도 하는 C.E.C는 치환성이온을 일정량을 보유하는 총량을 나타내며, 토양에

서 보비력을 나타내는 척도로 중요하고, 토양 내 O.M과 밀접한 관계를 가진다(Lee, 2000).

#### 4. 군락별 중요치 분석

금오산도립공원의 금오산성의 조사구에서 수목을 대상으로 DBH 2cm 이상 되는 분류군에 대해 중요치를 분석한 결과, 전체적으로 신갈나무가 64.5로 가장 높았고, 다음으로 들메나무 37.7, 일본잎갈나무 33.2, 당단풍나무 27.6, 뽕나무

**Table 4.** Importance value of major tree species at the Geumosanseong-inside in the Geumosan Provincial Park.

Community Species	A		B		C		D		E		F		Total	
	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR
<i>Quercus mongolica</i>	145.3		22.0	4	22.0	4	16.3	4	4.3	13	-	-	37.7	2
<i>Fraxinus mandshurica</i>	8.2	7	138.3		39.6	3	30.5	3	33.2	2	28.4	4	33.2	3
<i>Acer pseudoplatanus</i>	10.1	6	16.0	6	18.3	5	139.5		24.0	4	29.3	3	27.6	4
<i>Larix leptolepis</i>	32.1	2	26.4	2	44.0	2	32.6	2	8.1	9	10.6	8	20.0	5
<i>Morus alba</i>	-	-	4.6	10	-	-	12.4	6	32.1	3	125.9		19.7	6
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	-	3.1	13	-	-	129.2		42.2	2	16.1	7
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	3.9	12	104.7		7.3	8	10.7	7	10.8	7	13.7	8
<i>Sorbus alnifolia</i>	25.9	3	6.8	9	13.5	6	3.4	14	6.6	10	-	-	10.3	9
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	7.4	9	23.7	3	5.1	11	13.9	5	14.4	6	-	-	9.0	10
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	19.4	4	3.8	13	8.5	8	-	-	-	-	-	-	7.6	11
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	17.0	5	-	-	8.5	9	-	-	-	-	-	-	6.7	12
<i>Castanea crenata</i>	-	-	16.2	5	7.6	10	10.4	7	5.2	11	13.9	6	5.8	13
<i>Pinus densiflora</i>	5.3	10	10.8	8	12.7	7	5.6	11	-	-	-	-	4.1	14
<i>Ilex macrospora</i>	7.6	8	3.2	15	-	-	5.9	10	-	-	-	-	3.7	15
<i>Ainus sibirica</i>	2.4	15	10.8	7	-	-	3.4	15	-	-	7.3	9	3.0	16
<i>Acer mono sieboldiana</i>	-	-	-	-	3.0	14	4.2	12	3.8	14	16.0	5	2.4	17
<i>Eucalyptus</i>	2.3	16	-	-	-	-	3.3	16	9.4	8	-	-	2.4	18
<i>Cornus controversa</i>	-	-	4.2	11	3.0	16	7.2	9	-	-	4.3	12	2.3	19
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	14.6	5	6.3	10	1.9	20
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.5	14	3.4	14	3.4	12	-	-	-	-	-	-	1.4	21
<i>Magnolia sieboldii</i>	3.7	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	22
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.3	17	2.9	17	3.0	15	-	-	-	-	-	-	1.3	23
<i>Maackia amurensis</i>	3.4	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	24
<i>Carpinus laxiflora</i>	2.8	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	25
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4.4	12	-	-	0.5	26
<i>Carpinus cordata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	11	0.5	27
<i>Hovenia dulcis</i>	-	-	-	-	-	-	3.8	13	-	-	-	-	0.4	28
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	1.1	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	29
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>Pilosa</i>	1.1	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	30
<i>Euphonia oxyphylla</i>	-	-	3.0	16	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	31
<i>Styrax obassia</i>	1.1	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

A : *Quercus mongolica* community B : *Fraxinus mandshurica* community

C : *Quercus acutissima* community D : *Larix leptolepis* community

E : *Prunus padus* community F : *Morus alba* community

IV: Importance value, OR : order.

20.0, 귀룽나무 19.7, 상수리나무 16.1, 팔배나무 13.7, 잔털벗나무 10.3, 쇠물푸레나무 9.0, 철쭉 7.6 등의 순으로 나타났다(Table 4). 이러한 중요치 순은 교목층에서 신갈나무와 들메나무, 일본잎갈나무, 뽕나무, 귀룽나무, 상수리나무가 우점종으로 구성되어 있음을 나타냈다. 아교목층은 당단풍나무가 높은 중요치를 보이고 있었다.

다음은 식물사회학적 군락별 중요치를 살펴보면(Table 4), 금오산성 신갈나무군락은 교목층에서 신갈나무가 145.3으로 중요치가 가장 높았고, 다음으로 팔배나무, 일본잎갈나무 등의 순으로 우점하였으며, 아교목층은 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 철쭉이 높은 중요치를 나타냈다.

들메나무군락은 들메나무가 138.3으로 중요치가 가장 높았고, 다음으로 당단풍나무, 잔털벗나무, 신갈나무, 밤나무, 일본잎갈나무, 물오리나무, 소나무 등의 순으로 우점도를 나타냈다. 상수리나무군락에서는 상수리나무가 104.7로 중요치가 높았고, 다음으로 들메나무, 신갈나무, 일본잎갈나무, 팔배나무, 소나무 등의 순으로 중요치를 보였다. 일본잎갈나무군락은 일본잎갈나무가 139.5로 중요치가 가장 높았고, 다음으로 당단풍나무, 들메나무, 신갈나무, 잔털벗나무, 뽕나무, 밤나무 등의 순으로 우점도를 나타냈다(Table 4).

귀룽나무군락은 교목층에서 귀룽나무가 129.2로 가장 높은 중요치를 나타냈고, 다음으

로 들메나무, 뽕나무, 일본잎갈나무, 느티나무, 잔털벗나무, 상수리나무 등의 순이었다. 뽕나무군락에서는 뽕나무가 125.9로 중요치가 가장 높았고 다음으로 귀룽나무, 일본잎갈나무, 들메나무, 고로쇠나무, 밤나무, 상수리나무, 당단풍나무 등의 순이었다.

이는 식생구조 분석에서 높은 우점도로 군락을 이루는 수종과 일치하는 것으로 나타났다.

### 5. 흉고직경급 분석

금오산도립공원의 금오산성 조사구에서 수목에 대한 매목조사를 실시하여 교목층과 아교목층에서 중요치가 높게 나타난 분류군들에 대한 흉고직경급 분포상태를 분석하였다(Figure 5). 흉고직경급별 분포는 식생천이 양상을 추론할 수 있다(Kim and Oh, 1993). 산림의 향상성을 유지하려면 우점종의 경급이 정규 분포형을 나타내고, 역J자형 분포를 할 때는 동령림에서는 경쟁을 하며, 이령림에서는 극상림으로 지속 가능하다고 할 수 있다(Kimmins, 1987; Moon, 2001).

금오산성 산림에서 중요치가 높은 신갈나무, 들메나무, 일본잎갈나무, 귀룽나무, 뽕나무, 상수리나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무 및 철쭉의 9분류군에 대하여 흉고직경급 분석 결과(Figure 4), 신갈나무와 뽕나무는 중간정도 개체의 밀도가 높고, 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮아 정규 분포형을 나타내며, 이들은 당분간 우점 상

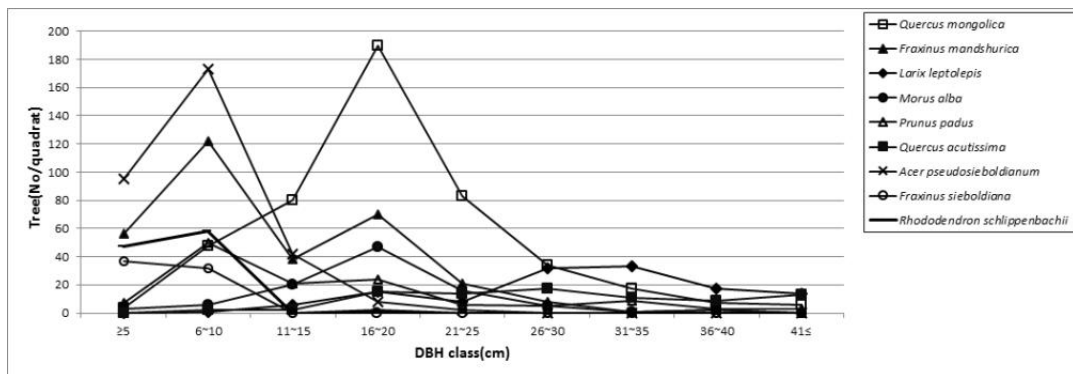


Figure 4. DBH distribution of major species at the Geumosanseong-inside in Geumosan Provincial Park.

태가 지속될 것으로 판단된다. 일본잎갈나무는 큰 개체의 밀도가 높고 중간이하 개체의 밀도는 낮아 당분간은 우점상태를 유지할 수 있겠으나 앞으로 영급이 증가하면서 고사율이 증가하여 일본잎갈나무의 우점도가 낮아 질 것으로 예상된다. 들메나무와 귀룽나무는 어린 개체의 밀도가 높아 당분간 우점상태는 증가 될 것으로 판단된다. 상수리나무는 어린개체의 밀도는 낮고 중간이상 개체의 밀도는 높아 우점상태를 유지할 수 있을 것으로 예상된다. 아교목성 수종인 당단풍나무, 쇠물푸레나무 및 철쭉은 어린 개체의 밀도가 높아 현 상태에서 지속적으로 높은 우점도를 형성할 것으로 예상된다.

## 6. 유사도지수

유사도지수는 군집 간 20% 미만일 때 서로 이질적인 집단이고, 80%이상일 때 서로 동질적인 집단으로서(Whittaker, 1956) 생태적으로 종 분포가 비슷할수록 유사도지수는 높게 나타난다(Cox, 1976). 금오산도립공원의 금오산성 조 사구에서 수목에 대한 매목조사를 실시한 분류 군을 대상으로 분석하였다. 식물사회학적으로 분류한 군락 간 유사도지수를 살펴보면(Table 5), 군락 A와 B 64.9%, 군락 A와 C 61.1%, 군락 A와 D 55.6%, 군락 A와 E 41.2%, 군락 A와 F 25.0%, 군락 B와 C 78.8%, 군락 B와 D 78.8%, 군락 B와 E 58.1%, 군락 B와 F 55.2%, 군락 C와 D 68.8%, 군락 C와 E 66.7%, 군락 C와 F 57.1%, 군락 D와 E 73.3%, 군락 D와 F 64.3%, 군락 E와 F 69.2%로 대부분 80% 이하로 군집 간에 이질적인 편이었다. 이 중에서 군락 A(신갈나무군락)와 군락 F(뽕나무군락) 간 유사도지수가 25%로 가장 이질적이었고, 군락 B(들메나무군락)와 C(상수리나무군락), 군락 B(들메나무군락)와 D(일본잎갈나무군락) 간 유사도지수가 78.8%로 상대적으로 높았다. 본 연구에서 도출된 유사도지수 값을 다른 도립공원 연구(Kim, 2012, Kang *et al.*, 2019)와 비교해 볼

때 다소 높게 나왔는데 이러한 결과는 매목조사에서 얻은 수목을 대상으로 분석하였기 때문으로 판단된다.

**Table 5.** Similarity index(%) between communities of the Geumosanseong-inside in the Geumosan Provincial Park

community	A	B	C	D	E
B	64.9				
C	61.1	78.8			
D	55.6	78.8	68.8		
E	41.2	58.1	66.7	73.3	
F	25.0	55.2	57.1	64.3	69.2

A: *Quercus mongolica* community

B: *Frasinus mandshurica* community

C: *Quercus acutissima* community

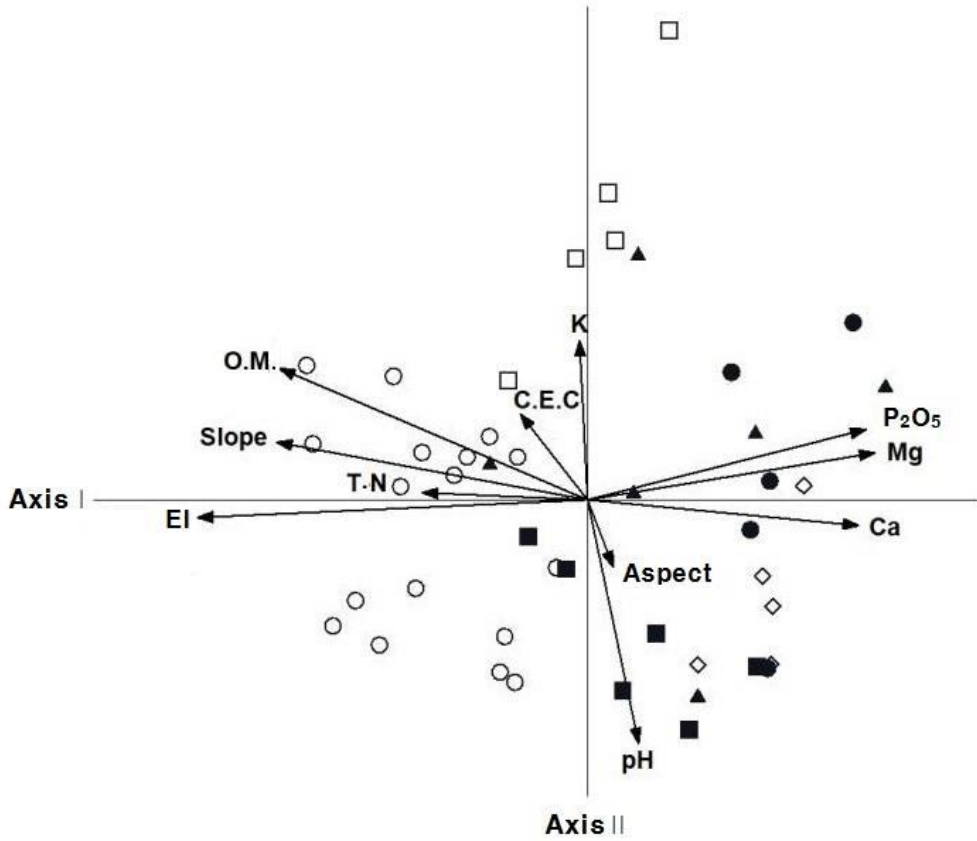
D: *Larix leptolepis* community

E: *Prunus padus* community

F: *Morus alba* community

## 7. Ordination분석

본 연구에서는 정량적인 생태학적 정보를 제공하고자 식물사회학적 방법에 의하여 분류된 6개 군락에 대해서 서열법으로 해석하였다. 서열법은 군집 또는 군락의 구조를 해석하고, 식생과 환경과의 상호작용에 대한 가정을 유출해 내는 것이 목적이다. 특히 산림식생은 환경 인자에 따라 그 구조가 달라지므로 식생들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적인 구배에 따라 배열하는 과정으로 다변량 자료군에서 그 유형을 찾아내는 분석법이다(Goodall, 1954). Figure 5는 환경인자 중 경사, 방위, 해발고 및 토양 화학적분석을 위주로 하여 DCCA ordination에 의한 상관관계를 알아보고 그 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타냈다. 금오산성 6개 군락들은 11개의 환경요인에 의해 분포 하였으며, 이들 요인들은 DCCA ordination 결과에 따라 군락의 분포와 밀접한 상관관계를 나타냈다. 가장 높은 상관관계는 제 1축에서 해발고로 나타났고, 그 외에 경사, O.M, Ca<sup>2+</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 Mg<sup>2+</sup>가 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 신갈나무군



**Figure 5.** Geumosanseong-inside in the Geumosan Provincial Park vegetables communities vegetation data : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots and environmental variables(arrow)

The plots are : ○=*Quercus mongolica* community, ■=*Frasinus mandshufica* community, □=*Quercus acutissima* community, ▲=*Larix leptolepis* community, ◇=*Prunus padus* community, ●=*Morus alba* community.

The environmental variables are : T-N=Total nitrogen concentration, O.M.=Organic matter, C.E.C.=Cation exchange capacity.

락, 들메나무군락, 상수리나무군락, 귀룽나무군락, 뽕나무군락 및 일본잎갈나무군락으로 배열되는 경향을 보였다. 반면에 pH는 제 2축에서 높은 상관관계를 보였고, 그 외에 O.M, K<sup>+</sup>는 다소 높은 상관관계를 보였으며, 상수리나무군락, 신갈나무군락, 뽕나무군락, 일본잎갈나무군락, 귀룽나무군락 및 들메나무군락으로 배열되는 경향을 보였다.

한편 환경인자들 중에서 해발고도(즉 온도인

자)가 식생분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자로 알려져 있는데(Yu and Song, 1989; Seo et al., 1995; Chung et al., 1997; Song et al., 2007; Kim, 2010) 본 조사에서는 해발고도 뿐만 아니라 다른 환경요인들도 군락의 분포에 큰 영향을 보였으나, 방위, T-N 및 C.E.C는 상관관계가 낮게 나타났다(Table 6). 이는 본 조사지에서는 사면별로 군락 분포가 뚜렷하지 않았으며, T-N 및 C.E.C가 모든 군락에서 높은 수치를 나

**Table 6.** Geumosanseong-inside in the Geumosan Provincial Park vegetables vegetation data from Figure 5 : the inter set correlation coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of DCCA. For a description of variables, see Figure 5 legend

Variables	correlation coefficients	
	1	2
Elevation	-0.7244 **	-0.0289
Aspect	0.0476	-0.1071
Slope	-0.5778 **	0.0916
pH	0.0947	-0.3885 **
Organic matter	-0.5726 **	0.2091 *
Total nitrogen	-0.3068 *	0.0109
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5173 **	0.1119
K <sup>+</sup>	-0.0151	0.2535 *
Ca <sup>2+</sup>	0.5035 **	-0.0412
Mg <sup>2+</sup>	0.5336 **	0.0748
C.E.C.	-0.1245	0.1361

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ .

타내었기 때문으로 판단된다.

조사된 군락과 환경요인들과 관계를 살펴보면 (Figure 5), 신갈나무군락은 해발고, 경사 및 O.M 이 높은 반면 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg<sup>2+</sup> 및 Ca<sup>2+</sup>가 낮은 환경에 분포하는 것으로 나타났다. 상수리나무군락은 O.M, K<sup>+</sup>가 높고 pH는 낮은 입지환경에 분포하는 반면 들메나무군락은 상반되는 입지환경을 나타냈다. 일본잎갈나무군락은 본 조사에서 다양한 입지 환경에 분포 하는 것으로 나타났는데 이는 조림에 의해 형성된 군락이라 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 금오산도립공원의 금오산성에 분포하고 있는 산림 식생을 비교 분석하기 위해 2017년 10월부터 2019년 6월까지 수행되었다. 조사지의 산림 식생을 식물사회학적 방법과 TWINSpan에 의해 식생 구조를 파악하여 비교하고, Ordination DCCA에 의한 군락구조와 환경

요인과의 상관관계를 분석하였다.

금오산성의 식생구조를 분류한 결과, 식물사회학적 방법으로 6개 군락과 TWINSpan에 의한 군락 분류에서 16개 군락으로 분류 되었다. 이 두 방법을 비교해 보면, TWINSpan에 의한 16개 군락이 식물사회학적 방법으로 분류된 6개 군락에 포함된 결과로 나타났다. 한편 신갈나무군락과 뽕나무군락 간 유사도지수가 25%로 가장 이질적이었고, 들메나무군락과 상수리나무군락, 들메나무군락과 일본잎갈나무군락 간 유사도지수가 78.8%로 상대적으로 높았다.

금오산성의 중요치는 신갈나무가 가장 높았으며(64.5), 다음으로 들메나무, 일본잎갈나무, 당단풍나무, 뽕나무, 귀룽나무, 상수리나무, 팔배나무, 잔털벗나무, 쇠물푸레나무, 철쭉, 밤나무 등의 순으로 나타났는데, 이는 식생구조 분석에서 높은 우점도로 군락을 이루는 수종과 일치하는 것으로 나타났다.

중요치가 높은 주요 분류군에 대한 흉고직경급을 분석한 결과 신갈나무와 뽕나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간이하 개체의 밀도가 높아 정규분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 당분간은 신갈나무와 뽕나무의 우점 상태가 계속될 것으로 판단된다. 일본잎갈나무는 중간이상의 개체와 비교해 볼 때 큰 개체의 밀도가 높아 당분간 우점상태를 유지할 수 있으나 앞으로 영급이 증가하면서 고사율이 높아 일본잎갈나무의 우점도가 낮아 질 것으로 예상된다. 들메나무와 귀룽나무는 중간이상의 개체와 비교해 볼 때 어린 개체의 밀도가 높아 당분간 우점상태는 지속될 것으로 판단된다. 상수리나무는 어린개체의 밀도는 낮고 중간이상 개체의 밀도는 높아 우점상태를 유지할 수 있을 것으로 예상된다. 아교목성 수종인 당단풍나무, 쇠물푸레나무 및 철쭉은 어린 개체의 밀도가 높아 현 상태에서 지속적으로 높은 우점도를 형성할 것으로 예상된다.

연구대상지내 군락의 토양을 분석한 결과, 우리나라 산림토양의 평균치보다 pH, Ca<sup>2+</sup> 및



Mg<sup>2+</sup>는 낮게 나타났고, O.M, T-N, C.E.C 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 높게 나타났는데, 이는 50년 전까지 성내에서 주민들이 농사를 지은 결과로 사료된다. DCCA ordination 분석 결과, 제 1축에서 가장 높은 상관관계는 해발고였고, 그 외에 경사, O.M, Ca<sup>2+</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 Mg<sup>2+</sup>가 비교적 높은 상관관계를 보였다. 반면에 제 2축은 pH가 높은 상관관계를 보였고, 그 외에 O.M 및 K<sup>+</sup>가 다소 높은 상관관계를 보였다. 본 조사에서는 해발고 뿐만 아니라 다른 환경요인들도 군락의 분포에 높은 상관관계를 보였으나 T-N, C.E.C 및 방위는 금오산성 군락분포에 있어서 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 조사된 군락과 환경요인들과 관계를 살펴보면, 신갈나무 군락은 해발고, 경사 및 O.M이 높은 반면 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg<sup>2+</sup> 및 Ca<sup>2+</sup>가 낮은 환경에 분포하는 것으로 나타났다. 상수리나무군락은 K<sup>+</sup>가 높고 pH는 낮은 입지환경에 분포하는 반면 들메나무군락은 상반되는 입지환경을 나타냈다. 일본잎갈나무군락은 본 조사에서 다양한 입지 환경에 분포 하는 것으로 나타났다는데, 이는 조림에 의해 형성된 군락이기 때문으로 판단된다.

## LITERATURE CITED

- Brady, N.C.(1990) The nature and properties of soils. Macmillan pub. Com., New York, 621pp.
- Braun-Blanquet, J.(1928) Pflanzensoziologie. Springer-Verlag., 1st ed., Berlin. 1928., 2nd ed., Vienna. New York. 1951, 631pp. (in German)
- Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie. grundlege der vegetationskunde. Springer-Verlag, New York, 631pp. (in German)
- Che, S.H. and W. Kim(1997) Comparison of plant community structures in cut and uncut areas at burned area of Gumo-san. Jour. Korean For. Soc. 86(4): 509-520. (in Korean with English abstract)
- 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. Korean For. Soc. 86(4): 459-465. (in Korean with English abstract)
- Clement, F. E.(1916) Plant succession An analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst., Washington. 512pp.
- Cox, G.W.(1976) Laboratory Manual of General Ecology. Wn.C. Brown Co.. 232pp.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.
- Dierssen, K.(1990) Einführung in die Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin, 241pp. (in German)
- Gleason, H. A.(1926) The individualistic concept of the plant association. Bull. Torrey Bot. Club. 53: 7-26.
- Goodall, D.W.(1954) Vegetational classification and vegetational continua. Angew. Pflanzensoziologie. Wien. Festschrift. Qichlager 1: 168-182.
- Han, B.H., J.W. Choi, T.H. Noh and J.Y. Hur(2014) The structure of plant community of the Woonsooam valley in Jogyesan, Suncheon. Korean J. Environ. Ecol. 28(1): 45-54. (in Korean with English abstract)
- Hill, M.O(1979a) DECORANA - a FORTRAN Program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York.
- Hill, M.O.(1979b) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. 50pp.

- <http://www.gumi.go.kr/tour/contents>.
- Im, J.N.(2000) Soil and plant analysis. Rural Development Administration. 202pp.
- Jang, K.K., H.O. Song and S.D. Kim(1997) Study on classification of *Quercus mongolica* forests in Kangwon-do by phytosociological method and TWINSpan. Jour. Korean For. Soc. 86(2): 214-222. (in Korean with English abstract)
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim(2002) Physio-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour. Korean For. Soc. 91(6): 694-700. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M.(2019) Vegetation characteristics of evergreen broad-leaved forest in the Duryunsan Provincial Park. Korean J. Environ. Ecol. 33(5): 552-564.
- Kang, H.M., S.G. Park, J.S. Kim, S.C. Lee and S.H. Choi(2019) Vegetation characteristics of ridge in the Seonunsan Provincial Park. Korean J. Environ. Ecol. 33(1): 75-85.
- Kim, B.S., B.S. Kil and C.H. Kim(2002) A Study on the forest vegetation of Moaksan, Chollabuk-do. Korean J. Ecol. 25(1): 15-20. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.S. and J.G. Oh(1993) Phytosociological study on the vegetation of Mt. Mudeung. Korean J. Ecol. 16(1): 93-114. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S.(2010) A Study on ecological characteristic of forest vegetation in Deogyusan National Park, Korea. Chungnam National University a Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy.
- Kim, H.S., S.M. Lee, H.L. Chung and H.K. Song(2009) 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, H.S., G.S. Park, S.M. Lee, J.G. Lee and J.H. Kim(2018) Analysis of forest vegetation in Chungcheongnam-do Provincial Park of Korea. Korean J. Environ. Ecol. 32(5): 513-531.
- Kim, W. and K.H. Sung(1995) A comparison of the plant community structures in the burned and unburned areas of Kumo-san. Korean J. Ecol. 19(1): 55-64. (in Korean with English abstract)
- Kimmins, J.P.(1987) Forest ecology. Macmillan. 531pp.
- Kim, J.Y.(2012) The structure of the plant community in Seonamsagol(valley), Jogyesan Provincial Park, Suncheon City. Korean J. Environ. Ecol. 26(4): 593-603. (in Korean with English abstract)
- Korea Meteorological Administration(1999-2019) <http://www.weather.go.kr>
- Korea National Arboretum. National Biodiversity Information System. Retrieved(2019), from <http://www.nature.go.kr>
- Krebs, C.J.(1978) Ecology : The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row. 678pp.
- Lee, C.Y.(2000) Forest environment soil science. Boseongmoonhwasa. (in Korean)
- Lee, S.C., H.M. Kang, J.S. Kim, C.Y. Yu and S.H. Choi(2014) A study on the correlation between plant community and environmental factors of Tongdosa(temple) area, Gajisan Provincial Park. Korean J. Environ. Ecol. 28(6): 715-724. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(2003) Coloured flora of Korea. Hangmunsa, 999pp. (in Korean)
- Lee, W.T. and Y.J. Yim(1978) Studies on the distribution of vascular plants in the Korean

- Peninsula. Korean J. Pl. Taxon. 8, Supplement: 1-33. (in Korean with English abstract)
- Moon, H.S.(2001) Studies on the forest vegetation structure in subalpine zone of Mt. Deokyu National Park. J. Agriculture & Life Sciences 35: 47-54. (in Korean with English abstract)
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg(1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and sons. N. Y. 547pp.
- Park, G.S. and K.K. Jang(1998) Soil properties in *Quercus mongolica* communities. Kor. J. Env. Eco. 12(2): 236-241. (in Korean with English abstract)
- Sasaki, Y.(1970) Versuch zur systematischen und geographischen Gliederung der japanischen Buchenwaldgesellschaften. Vegetatio. 20(1-4): 214-249.
- Seo, B.S., S.C. Kim, K.W. Lee, C.M. Park and C.H. Lee(1995) A study on the structure of vegetation in Deokyusan National Park. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 22(4): 177-185. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K., S.K. So, M.Y. Kim, J.M. Park S.H. Lee and G.S. Park(2007) Vegetation-environment relationships An analysis of vegetation-environment relationships in forest community of Ullung Island. Kor. J. Env. Eco. 21(1): 82-92. (in Korean with English abstract)
- Song, J.S., K.S. Roh, H.S. Chung, S.D. Song, K. Ohno and Y. Mochida(1999) Phytosociology of the *Quercus* spp. forests on Mts. Palgong, Kumo and Hwangak in the city areas of Taegu, Kumi and Kimchon, Kyungpook province, Korea. Kor. J. Env. Eco. 13(3): 220-233. (in Korean with English abstract)
- Song, J.S., D.G. Sin, J.S. Lee, H.K. Kim and G.H. Eom(2009) Synecological study of the forest vegetation on Mt. Boryeonsan, Chungcheongbuk Province. Kor. J. Env. Eco. 23(1): 66-77. (in Korean with English abstract)
- Sørensenim, T.A.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter 5(4): 1-34.
- Ter Braak, C.J.F.(1998) CANOCO - A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 4.0). Data analysis in community and landscape ecology, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 91-173pp.
- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol. 25: 77-88.
- Yu, J.E. and 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. (in Korean with English abstract)
- Yun, Y.G.(1985) Geumosanseong basic survey report. Gyeongsangbuk-do Gumi. 22pp.
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the Great Smokey Mountains. Ecol. Monographs 26: 1-80.