

## 화악산의 산림군락과 환경요인의 상관관계 분석

윤충원 · 김혜진 · 양희문\* · 임종환\* · 김영걸\* · 신준환\* · 이병천\*\*

공주대학교 · \*국립산림과학원 · \*\*국립수목원

(2009년 3월 19일 접수; 2009년 4월 14일 수정; 2009년 5월 16일 채택)

### Correlation Analysis between Forest Vegetation Type and Environment Factor in Mt. Hwaak

Chung-Weon Yun, Hye-Jin Kim, Hee-Moon Yang\*, Jong-Hwan Lim\*,  
Young-Kul Kim\*, Joon-Hwan Shin\* and Byeong-Cheon Lee\*\*

Department of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

\*Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

\*\*Korea National Arboretum, Pochon 487-821, Korea

(Manuscript received 19 March, 2009; revised 14 April, 2009; accepted 16 May, 2009)

#### Abstract

The purpose of this study was to explain relationship between community structure and their environment variables in Mt. Hwaak. Samples were collected by 101 plots using ZM phytosociological method and followed by cluster, importance value and canonical correspondence analysis. The forest vegetation classified into 8 community types such as *Pinus densiflora* community, *Berberis amurensis* community, *Betula ermani* community, *Betula schmidtii* community, *Larix leptolepis* community, *Pinus koraiensis* community, *Cornus controversa* community and *Salix koreensis* community. Altitude was considered as the highest factor correlated to the community types. *Berberis amurensis* community and *Betula ermani* community were located in upper slope area of high elevation, *Cornus controversa* community and *Salix koreensis* community in valley area, and *Pinus densiflora* community in ridge area, respectively.

**Key Words** : Cluster analysis, CCA, Importance value, Community structure

#### 1. 서 론

화악산(1,468 m)은 경기도 가평군 북면과 강원도 화천군 사내면 경계에 위치한 산으로 백두대간의 한 북정맥 상에 놓여 있다. 해발이 높으며, 산세가 웅장하고, 사방이 급경사를 이루고 있어 동·서·남쪽 사면에서 발원하는 물이 가평천의 상류를 이루어 북한강

에 흘러들고, 계곡이 발달하고 크고 작은 소(沼)와 폭포가 있다<sup>1)</sup>. 주변일대는 광목한 사찰이나 국보 및 보물 등의 문화재는 없으나<sup>2)</sup> 예부터 조선조 선비의 요람이라 불리며, 자연을 좋아하고 은둔할 수 있는 곳을 찾는 고고한 선비들의 순례지이었으며<sup>3)</sup> 현재 까지도 인적이 드물고, 수려한 자연경관을 보유하고 있으므로 자연자원이 가장 중요한 유산으로 꼽힐 수 있을 것으로 사료되었다. 화악산을 대상으로 한 선행연구로는 강원도의 약용식물 분포에 관한 연구<sup>4)</sup>, 자생지별 금강초롱꽃의 외부형태 및 수리분류<sup>5)</sup>, 강

Corresponding Author: Chung-Weon Yun, Department of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 304-802, Korea  
Phone: +82-41-330-1305  
E-mail: cwyun@kongju.ac.kr

원도 북서부 지역에서 현존식생의 분포 및 군집분류 : 춘천, 화천 및 양구일대<sup>6)</sup> 등이 있으나 이들 연구는 조사지역에 일부 포함 될 뿐 아직까지 화악산 전체를 아우를 수 있는 식생구조에 관하여 수행된 체계적 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 화악산 산림군락의 보호·관리에 필요한 산림생태학적 기초자료를 제공하고자 Cluster 분석, 중요치(Importance value) 분석, CCA(canonical correspondence analysis) 등을 수행하여 산림식생의 유형을 파악하고, 이들 식생유형과 환경의 상호관계를 기술하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 조사지 개황

화악산(1,468 m) 일대는 행정구역상 경기도 가평군, 강원도 춘천시, 화천군에 걸쳐 있고, 식물구계학적으로 중부아구에 속하며<sup>7)</sup>, 상층을 우점하고 있는 임분은 신갈나무림(약 24%), 소나무림(약 4%) 등 총 25개 임분이었다. 자연림이 약 84%, 인공림(잣나무, 일본잎갈나무, 리기다소나무)이 약 16%를 차지하고 있었으며, 고산식생이 약 17%, 계곡식생이 약 18%의 면적을 점유하고 있었다<sup>8)</sup>.

기후는 조사지역과 인접한 철원과, 춘천의 최근 20년(1989~2008년)간 기상청 자료<sup>9)</sup>에 의하면, Fig. 1과 Fig. 2에서 Climate diagram<sup>10)</sup>으로 나타낸 바와 같이, 연평균기온은 철원 10.2°C, 춘천 11.3°C로 나

타났고, 평균연강수량은 철원 1,378 mm, 춘천 1,374 mm로 각각 나타났다. 절대최저기온은 철원 -29.2°C, 춘천 -24.5°C로 철원이 춘천보다 -4.7°C가 낮았으며, 절대최고기온은 철원 35.4°C, 춘천 36.5°C로 나타났다. 가장 추운 달인 1월의 일평균최저기온은 철원 -21.3°C, 춘천 -18.4°C 가장 더운 달인 8월의 일평균최고기온은 철원 29.6°C, 춘천 30.2°C로 나타났다. 철원과 춘천은 절대최고기온과 일평균최고기온의 차이는 1°C이하로 나타났지만, 절대최저기온, 일평균최고기온은 각각 -4.7°C, -2.9°C로 철원이 낮았다.

### 2.2. 야외조사 및 분석방법

조사와 분석은 2002년 5월부터 2006년 9월까지로 식생자료는 Braun-Blanquet(1964)<sup>11)</sup>의 식물사회학적 방법에 의해 총 101개 조사구를 선정하여 종조성, 피도, 군도 및 각 환경요인들에 대하여 야외조사를 실시하였다<sup>12)</sup>. 식물명은 이<sup>13)</sup> 도감의 식물 명칭을 따랐다.

군락분류는 식생조사를 통해 얻어진 총 373종의 피도율을 중앙치로 환산하여 Cluster 분석을 통해 조사지역의 산림군락을 분류하였으며, 군락구조 분석은 각 조사구내 수목을 대상으로 층위별 종간 상대적 우열을 비교하기 위하여, 식물사화학적 방법으로 조사된 식생조사 자료를 이용하여, 우점도 계급을 우점도 범위의 중앙치로 환산한 상대우점도와 상대빈도의 평균으로 각 수종의 중요치(I.V. : Importance value)를 산출하였다<sup>14-16)</sup>. 조사지역의 해발, 경사,

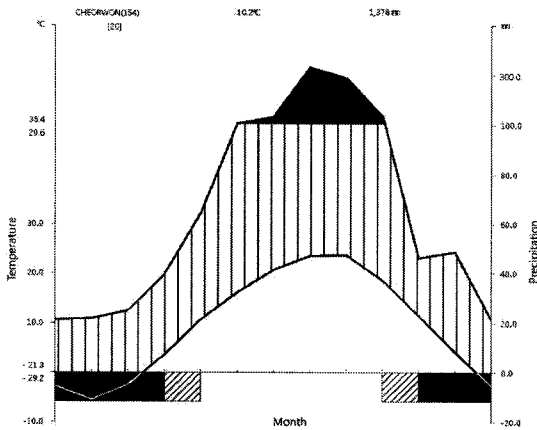


Fig. 1. Climate diagram of CHEORWON near the Mt. Hwaak.

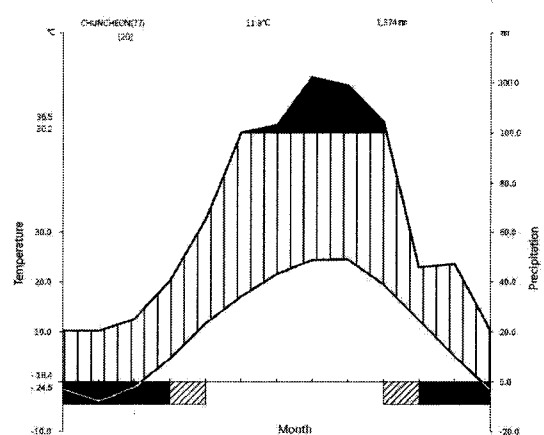


Fig. 2. Climate diagram of CHUNCHEON near the Mt. Hwaak.

방위 등 입지환경 요인과 군집간의 연관성을 파악하기 위하여 Canonical correspondence analysis(CCA)을 수행하였다<sup>17,18)</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. Cluster 분석에 의한 군락유형 분류

조사지역간 종구성에 의한 유사성을 알아보기 위해 한 101개 조사구내 총 373종의 식생자료를 Cluster 분석을 수행한 결과는 Fig. 4와 같이, 화악산의 산림군락은 총 8개 군락으로 분류되었다. 전 조사구 중 21개의 조사구를 포함하는 소나무군락(*Pinus densiflora* community: I), 13개의 조사구를 포함하는 매발톱나무군락(*Berberis amurensis* community: II), 15개의 조사구를 포함하는 사스레나무군락(*Betula ermani* community: III), 15개의 조사구를 포함하는 박달나무군락(*Betula schmidtii* community: IV), 6개의 조사구를 포함하는 일본잎갈나무군락(*Larix leptolepis* community: V), 8개의 조사구를 포함하는 잣나무군락(*Pinus koraiensis* community: VI), 13개의 조사구를 포함하는 층층나무군락(*Cornus controversa* commun-

ity: VII), 10개의 조사구를 포함하는 버드나무군락(*Salix koreensis* community: VIII) 으로 분류되었다.

#### 3.2. 군락단위의 종조성

Cluster 분석에 의해 구분된 8개의 군락유형에 따른 101개 조사구별 구성종의 중요치를 산출하였던 바(Table 1), 전체 8개 군락의 중요치는 신갈나무가 46.5로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 각 군락의 식별종을 제외한 당단풍이 18.2, 미역줄나무 16.1, 국수나무 14.8, 물푸레나무 13.9, 철쭉 13.7, 생강나무 12.8, 거제수나무 11.2, 대사초 10.7, 고추나무 10.6의 순으로 높게 나타났다. 이는 화악산 전체 산림식생을 신갈나무군락군(*Quercus mongolica* community group)으로 고려해 볼 수 있을 것으로 판단되었다.

소나무군락(유형 I)은 총 21개의 조사구가 포함되어 있으며, 신갈나무의 중요치가 21.6으로 가장 높게 나타났고, 철쭉이 5.8로 소나무군락의 식별종보다 높은 중요치가 나타났으나, 타 군락에 비해 상대적으로 비교적 높은 값을 가진 종을 군락 식별종으로 판단하였다. 따라서 소나무군락의 식별종은 소나

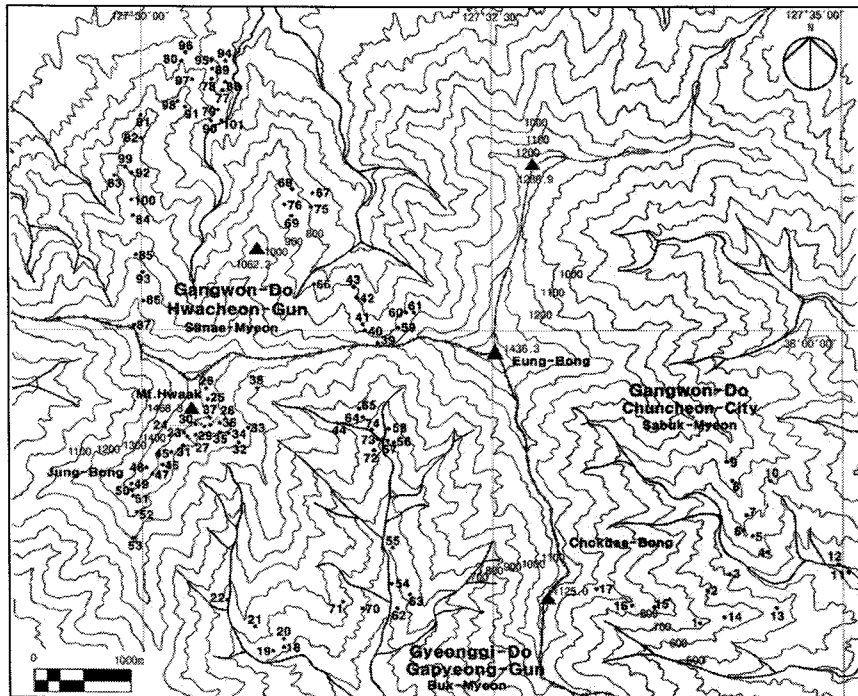


Fig. 3. Site map and location of study site in Mt. Hwaak.

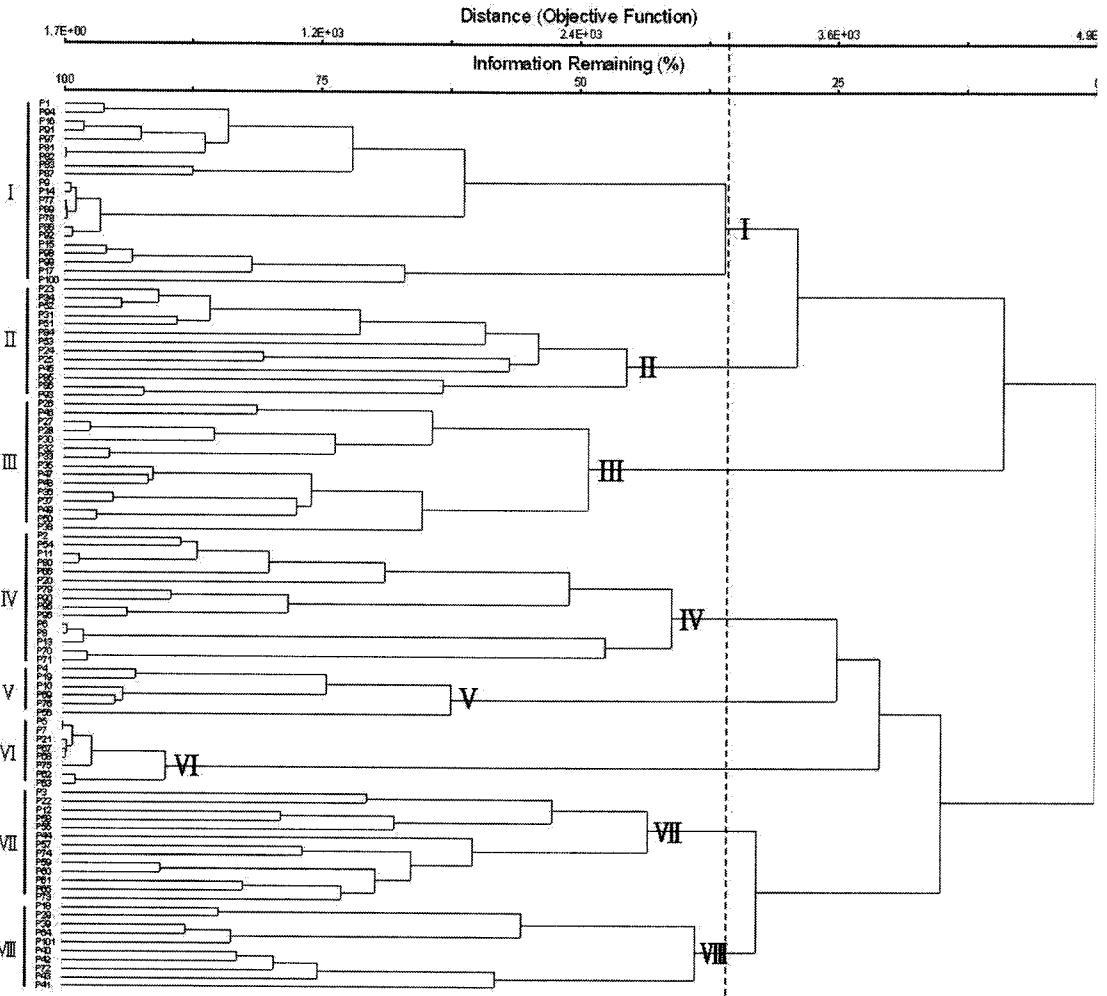


Fig. 4. Dendrogram of the 101 plots of the forest vegetation based on hierarchical cluster analysis. Where, linkage method used with Ward's method and distance measure with relative Euclidean.

무 중요치가 5.1로 가장 높게 나타났으며, 진달래 4.0, 산앵도나무 3.7, 싸리 2.7, 큰기름새 2.6, 산거울 2.1, 단풍취 2.1, 맑은대쭉 1.6, 둥굴레 1.4, 조록싸리 1.4, 꽃머느리밥풀 1.4, 개박달나무 1.2, 삽주 1.2, 수정난풀 0.1로 나타났다.

매발톱나무군락(유형II)은 총 13개의 조사구가 포함되어 있으며, 중요치는 신갈나무 10.5, 당단풍 5.2, 미역줄나무 4.6, 고평나무 2.8, 산박하 2.5, 층층나무 2.4 등의 순으로 높게 나타나고 있었으나, 더 높은 중요치 값을 가지고 다른 군락의 식별종으로 편입된 종을 제외하고 매발톱나무의 중요치가 2.4로

가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 오미자 2.0, 귀룽나무 1.9, 피나무 1.7, 곰취 1.2, 땃땃이나무 0.7, 구슬땃땃이 0.7, 전나무 0.6, 금강제비꽃 0.5, 어수리 0.5, 자주조희풀 0.4, 노루귀 0.4, 터리풀 0.4, 금강초롱꽃 0.3, 고려엉겅퀴 0.3, 당분취 0.3, 미치광이풀 0.1로 나타났다. 매발톱나무의 뿌리 및 줄기는 귀중한 약재로 쓰이고 있으며<sup>19)</sup>, 금강제비꽃, 금강초롱꽃 등 유용자원식물이 많이 나타나는 군락이므로 자생지의 특별한 관리시책이 필요할 것으로 사료되었다.

사스레나무군락(유형III)은 총 15개의 조사구가 포함되어 있으며, 사스레나무 8.6, 분비나무 8.5, 실

Table 1. Importance value of community groups in the Mt. Hwaak

Community	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total
<i>Quercus mongolica</i>	21.6	10.5	3.7	5.8	3.1	0.7	0.7	0.3	46.5
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	2.0	5.2	3.5	1.6	0.9	1.1	2.7	1.3	18.2
<i>Tripterygium regelii</i>	1.0	4.6	3.2	1.4	0.9	2.4	0.1	2.5	16.1
<i>Stephanandra incisa</i>	-	0.7	-	4.0	5.0	3.1	0.7	1.3	14.8
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.1	2.3	0.2	3.0	2.5	0.8	1.4	1.6	13.9
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	5.8	1.7	4.7	0.7	-	-	0.1	0.6	13.7
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.7	-	-	5.5	1.2	1.8	1.3	0.3	12.8
<i>Betula costata</i>	0.2	0.2	-	0.4	0.5	-	2.0	7.8	11.2
<i>Carex siderosticta</i>	1.4	1.6	2.4	1.0	2.8	0.7	0.6	0.2	10.7
<i>Staphylea bumalda</i>	-	0.2	0.1	0.7	3.9	2.9	2.6	0.2	10.6
<b>1. Differential species of <i>Pinus densiflora</i> community</b>									
<i>Pinus densiflora</i>	5.1	-	-	0.4	-	0.7	0.2	-	6.4
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	4.0	-	3.0	2.3	-	-	0.4	1.1	10.8
<i>Vaccinium koreanum</i>	3.7	-	1.0	0.4	-	-	-	-	5.2
<i>Lespedeza bicolor</i>	2.7	-	-	0.7	-	-	-	0.3	3.7
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	2.6	-	-	2.2	1.7	-	-	0.6	7.1
<i>Carex humilis</i>	2.1	0.1	0.2	0.4	-	-	0.4	-	3.3
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	2.1	2.0	0.4	0.1	-	-	0.8	-	5.5
<i>Artemisia keiskeana</i>	1.6	-	-	0.4	-	-	-	0.2	2.2
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	1.4	0.4	-	0.6	0.3	-	-	-	2.7
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1.4	-	-	0.8	0.3	0.4	-	-	2.9
<i>Melampyrum roseum</i>	1.4	-	-	0.4	-	-	-	-	1.8
<i>Betula chinensis</i>	1.2	-	-	-	-	-	-	-	1.2
<i>Atractylodes japonica</i>	1.2	-	-	1.1	-	-	-	-	2.3
<i>Monotropastrum globosum</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<b>2. Differential species of <i>Berberis amurensis</i> community</b>									
<i>Berberis amurensis</i>	-	2.4	-	-	-	-	-	-	2.4
<i>Schizandra chinensis</i>	-	2.0	0.8	0.4	2.8	-	0.8	1.1	8.0
<i>Prunus padus</i>	-	1.9	1.1	-	-	-	2.3	1.7	7.0
<i>Tilia amurensis</i>	0.2	1.7	-	0.2	-	-	0.8	0.3	3.3
<i>Ligularia fischeri</i>	0.2	1.2	0.7	-	-	-	-	0.2	2.3
<i>Lonicera coerulea</i> var. <i>edulis</i>	-	0.7	-	-	-	-	-	-	0.7
<i>Lonicera vesicaria</i>	-	0.7	0.2	-	-	-	-	-	0.9
<i>Abies holophylla</i>	-	0.6	-	-	-	-	0.4	-	1.0
<i>Viola diamantica</i>	-	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5
<i>Heracleum moellendorffii</i>	-	0.5	0.1	-	-	-	-	-	0.6
<i>Clematis heracleifolia</i> var. <i>dauriana</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Hepatica asiatica</i>	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Filipendula glaberrima</i>	0.1	0.4	0.1	-	-	-	-	-	0.6
<i>Hanabusaya asiatica</i>	-	0.3	0.1	-	-	-	-	0.2	0.7
<i>Cirsium setidens</i>	-	0.3	-	-	-	-	-	0.2	0.5
<i>Saussurea nutans</i>	0.1	0.3	0.1	-	-	-	-	-	0.5
<i>Scopolia japonica</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-	0.1
<b>3. Differential species of <i>Betula ermani</i> community</b>									
<i>Betula ermani</i>	-	0.8	8.6	-	-	-	-	-	9.5
<i>Abies nephrolepis</i>	0.2	1.7	8.5	-	-	-	-	-	10.3
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	-	1.4	2.8	0.2	0.9	-	0.1	0.5	5.9
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	-	0.4	2.2	-	-	-	-	0.6	3.2
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	0.3	0.8	1.9	-	-	-	-	1.3	4.3
<i>Spiraea fritschiana</i>	0.1	0.9	1.8	-	-	-	-	0.6	3.4
<i>Sorbus commixta</i>	0.6	-	1.6	0.2	-	-	0.2	-	2.6
<i>Syringa velutina</i> var. <i>kamibayashii</i>	-	-	1.5	-	-	-	0.4	-	2.0
<i>Patrinia sanculaefolia</i>	0.8	0.1	1.3	-	-	-	-	-	2.2
<i>Youngia chelidoniifolia</i>	-	-	1.2	-	-	-	-	-	1.2
<i>Syringa wolffi</i>	-	0.2	1.0	-	-	-	-	-	1.2
<i>Thuja koraiensis</i>	-	-	0.9	-	-	-	-	-	0.9
<i>Sedum polystichoides</i>	-	0.2	0.9	-	-	-	-	-	1.1
<i>Agastache rugosa</i>	-	-	0.8	-	-	-	-	-	0.8
<i>Gentiana uchiyamai</i>	-	0.3	0.8	-	-	-	-	0.2	1.3
<i>Potentilla dickinsii</i>	0.1	-	0.7	-	-	-	-	-	0.8
<i>Lycopodium chinense</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4
<i>Acer barbinerve</i>	-	0.4	0.7	-	-	-	0.3	1.5	2.9
<i>Spiraea blumei</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4
<i>Abelia mosanensis</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	0.6
<i>Halenia corniculata</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-	0.1
<b>4. Differential species of <i>Betula schmidtii</i> community</b>									
<i>Betula schmidtii</i>	1.6	0.4	-	8.1	-	-	0.4	1.5	12.1
<i>Betula davurica</i>	0.9	-	-	5.2	1.0	1.3	-	-	8.5
<i>Quercus variabilis</i>	1.7	-	-	3.7	-	0.7	-	-	6.0



세풀 2.8, 쉬땅나무 2.2, 시닥나무 1.9, 참조팝나무 1.8, 마가목 1.6, 정향나무 1.5, 금마타리 1.3, 까치고 들빼기 1.2, 꽃개회나무 1.0, 눈측백 0.9, 바위채송화 0.9, 배초향 0.8, 칼잎용담 0.8, 돌양지꽃 0.7, 청시닥 나무 0.7, 다람쥐꼬리 0.4, 산조팝나무 0.4, 땡강나무 0.6, 달꽃 0.1로 나타났다. 주로 사스래나무, 분비나무, 눈측백, 마가목, 시닥나무 등 고산성 수종이 나타나는 특징을 지니고 있었다.

박달나무군락(유형Ⅳ)은 총 15개의 조사구가 포함되어 있으며, 박달나무 8.1, 물박달나무 5.2, 굴참나무 3.7, 쪽동백나무 3.7, 리기다소나무 3.3, 사시나무 1.9, 솔붓꽃 0.1로 나타났다.

일본잎갈나무군락(유형Ⅴ)은 총 6개의 조사구가 포함되어 있으며, 일본잎갈나무 21.8, 알록제비꽃 0.6, 누리장나무 0.5, 산골무꽃 0.3, 소테나무 0.3으로 나타났다. 이 군락은 조림지로 일본잎갈나무 외 식별종은 중요치가 매우 낮게 나타났으며, 타 군락에 비해 식별종이 적게 나타나고 있었다.

잣나무군락(유형Ⅵ)은 총 8개의 조사구가 포함되어 있으며, 잣나무 34.5, 산뽕나무 3.5, 산딸기 3.1, 닭의장풀 3.1, 칩 2.8, 작살나무 2.0, 개머루 1.4, 산씀바귀 1.1, 신감채 1.1, 개망초 0.4, 명아주 0.4로 나타

났다. 잣나무군락은 조림지로 잣나무의 중요치가 34.5로 매우 높은 반면 기타 식별종은 아주 낮은 값으로 산출되었다.

층층나무군락(유형Ⅶ)은 총 13개의 조사구가 포함되어 있으며, 층층나무 4.2, 고로쇠나무 3.7, 고팡나무 3.5, 가래나무 3.2, 까치박달 3.2, 관중 3.1, 승마 2.6, 참회나무 1.8, 십자고사리 1.8, 야광나무 1.5, 들메나무 1.1, 곰비늘고사리 0.8, 도깨비부채 0.7, 명자순 0.5, 매화말발도리 0.4, 바위떡풀 0.4로 나타났다. 식별종은 대부분 계곡성으로 나타났으며 다양하게 나타났다.

버드나무군락(유형Ⅷ)은 총 10개의 조사구가 포함되어 있으며, 버드나무 6.1, 떡버들 5.5, 산수국 3.3, 병꽃나무 2.8, 산겨릅나무 2.6, 물봉선 2.1, 황벽나무 1.7, 좁개잎나무 1.4, 노랑물봉선 0.5로 나타났다. 층층나무군락과 마찬가지로 계곡성 식별종이 출현하고 있었다.

### 3.3. 군락단위의 환경요인 특성

Cluster 분석에 의하여 선정된 8 group의 군락과 7개의 환경 요인들을 CCA ordination에 의하여 분석한 결과를 최초 1, 2축을 나타내었다(Fig. 5). 각 군락들은 7개의 환경요인(해발, 지형, 경사, 노암, 토양노

**Table 2.** Environmental characteristics related to 8 community types in study area

Community	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total
Releve	21	13	15	15	6	8	13	10	101
Altitude(m)	756	1,250	1,331	576	713	648	732	869	875.3
Slope degree(°)	20	21	23	22	18	21	22	31	22.2
Topography	R	U	U	M	M	M	V	V	-
Bare rock(%)	10	28	47	9	2	1	60	34	25.3
Bare soil(%)	10	7	8	2	1	5	0	2	5.0
Depth of Organic matter layer(cm)	2	3	2	3	4	3	2	2	2.5
Coverage of tree layer(%)	81	78	61	80	84	83	75	79	76.9
Coverage of subtree layer(%)	47	57	54	40	36	28	53	39	46.3
Coverage of shrub layer(%)	59	65	72	59	59	32	56	66	60.1
Coverage of herb layer(%)	32	44	46	25	28	24	51	48	37.8
Height of tree layer(m)	12	9	7	14	20	12	14	10	11.7
Height of subtree layer(m)	8	7	5	7	9	7	8	6	7.3
Height of shrub layer(m)	3	3	2	3	4	2	3	3	2.7
DBH of tree layer(cm)	31	26	20	26	33	31	27	20	26.7
DBH of subtree layer(cm)	13	14	11	11	13	11	15	13	12.6
DBH of shrub layer(cm)	4	5	4	4	4	3	3	4	3.7
The number of present species	20	31	29	23	27	17	31	26	25.4

※ DBH : Diameter at Breast Height, T : Top, R : Ridge, U : Upper slope, M : Middle slope, L : Low slope, V : Valley

**Table 3.** Canonical Coefficients and inter-set Correlations between ordination axes and environmental factors

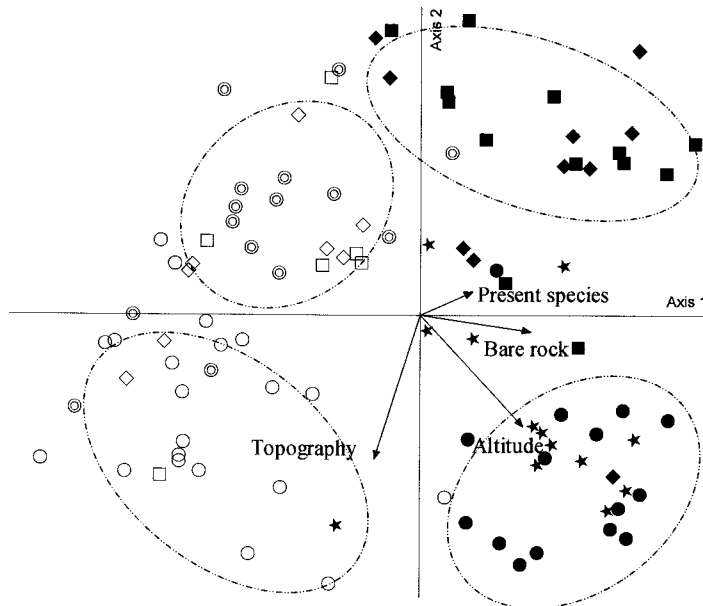
Variable	Canonical Coefficients			Correlation Coefficients		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Altitude	0.913	-0.057	-0.493	0.705**	-0.537**	-0.279**
Aspect	0.07	0.146	-0.027	0.095	0.211*	-0.1**
Slope	0.036	0.019	-0.087	0.194	0.119	-0.001
Topography	-0.521	-0.867	0.311	-0.114	-0.871**	-0.167
Bare Rock	0.321	-0.163	0.661	0.654**	0.017	0.641**
Bare Soil	0.013	0.029	-0.102	0.027	-0.29**	-0.241*
Present Species	0.085	0.106	-0.098	0.28**	0.19**	-0.33**
Eigenvalue	0.498	0.455	0.287			

\*P<0.05 \*\*P<0.01

출도, 방위, 출현종수)에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들은 CCA ordination 결과에 의한 제1축, 제2축 및 제3축의 상관관계를 살펴보면(Table 3), 해발, 출현종수의 환경요인과 군락단위의 분포지가 깊은 상관관계를 나타내며, 높은 생태학적 구배를 보이고 있었다<sup>20,21)</sup>. 제1축에서는 해발, 노암율, 출현종수가 제2축에서는 해발, 지형, 방위, 토양노출도, 출현종수가 높은 상관관계를 보여주고 있었다. 환경요인 중 해발이 군집의 분포에 영향을 미치는 가장 중요

한 인자라는 것을 알 수 있었으며, 이러한 결과는 송<sup>22)</sup>, 윤<sup>23)</sup>, 이<sup>24)</sup>의 결과와도 일치하였다.

또한 주요 군락들과 환경 요인들과의 관계로 보면 (Table 2, Fig. 5), 사스래나무군락(III)은 평균해발이 1,331 m로 다른 군락에 비하여 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 매발톱나무군락(II)은 1,250 m로 해발이 다른 군락보다 높고, 사스래나무군락(III)과 매발톱나무군락(II)의 평균출현종수는 각각 29종, 31종이고, 평균노암율이 각각 47%, 28%로 다른 군락



**Fig. 5.** CCA(canonical correspondence analysis) ordination diagrams showing 8 communities and major environmental variables(arrow). Plot symbol ○: I (*Pinus densiflora* community), ★: II (*Berberis amurensis* community), ●: III (*Betula ermani* community), ⊙: IV (*Betula schmidtii* community), □: V (*Larix leptolepis* community), ◇: VI (*Pinus koraiensis* community), ■: VII (*Cornus controversa* community), ◆: VIII (*Salix koreensis* community).



보다 높게 나타나고 있었으며, 지형이 주로 사면상부에 분포하고 있었다. 층층나무군락(VII)과 버드나무군락(VIII)은 평균해발이 각각 732 m, 869 m로 비교적 낮은 해발의 계곡부에 분포하고 있었으며, 초본층의 식피율이 각각 51%와 48%로 높게 나타나고 있었다. 또한 층층나무의 평균출현종수는 31종으로 매발톱나무군락과 마찬가지로 가장 높게 나타났다. 소나무군락(I)은 지형이 주로 능선부와 사면상부 이상에 분포하고 있었으며, 토양노출도가 10%로 가장 높게 나타났다. 박달나무군락(IV)은 주로 사면중부에 분포하고 있었다. 인공조림지인 일본잎갈나무군락(V)과 잣나무군락(VI)은 주로 지형이 사면 중·하부에 분포하고 있었으며, 일부 사면상부까지 조림되어 있었던 것을 나타내고 있다.

#### 4. 결 론

화악산의 군락구조와 환경요인과의 상관관계를 파악하여 산림식생의 보전 및 관리에 필요한 생태학적 기초정보를 제공하기 위하여 ZM식물사회학적방법으로 총 101개의 조사구를 설치하여 식생조사를 실시하였고, Cluster 분석, 중요치 분석, CCA ordination 등을 분석하였다. Cluster 분석에 의하면 화악산 산림식생은 전반적으로 신갈나무군락군으로 고려해 볼 수 있었으며, 산림군락의 유형은 소나무군락, 매발톱나무군락, 사스래나무군락, 박달나무군락, 일본잎갈나무군락, 잣나무군락, 층층나무군락, 버드나무군락의 8개 군락유형으로 분류되었다. 주요 환경요인들과 군락유형들의 상관관계를 보면 각 군락단위는 해발과 가장 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 매발톱나무군락과 사스래나무군락은 해발이 높고, 지형이 사면상부 이상에 분포하고 있었고, 층층나무군락과 버드나무군락은 해발이 낮고, 비교적 노암율이 높은 계곡부에 분포하고 있었으며, 소나무군락은 주로 능선부에 분포하는 경향을 나타내고 있었다.

해발이 높은 지역에는 사스래나무군락과 매발톱나무군락이 분포하고 있었고, 이들 군락에는 보호가치가 높은 식별종(금강초롱꽃, 금강제비꽃, 닳꽃, 미치광이풀 등)과 아고산대 식물종(마가목, 눈썹백, 곰취 등)이 출현하고 있었다. 화악산의 산림식생관리에 있어서 이러한 식생단위는 특별한 보전 및 관리

대책을 수립하는 것이 바람직할 것으로 사료되었으며, 또한 환경요인에 의해 식생의 구배가 어느 정도 결정되고 있었으므로 계곡부, 능선부 등 지형요인과 해발요인 등을 고려한 산림식생의 관리방안마련이 필요한 것으로 판단되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 “생물다양성 보전 및 생태적 산림관리 연구” 과제에 일부이며, 본 연구수행에 도움을 주신 국립산림과학원에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) [http://premium.britannica.co.kr/bol/topic.asp?article\\_id=b25h2258a](http://premium.britannica.co.kr/bol/topic.asp?article_id=b25h2258a)
- 2) 류택규, 2005, 강원도 화천 국유림 영림계획안의 분석, 생명자원과학연구, 27(2), 1-8.
- 3) 김의숙, 2006, 강원도의 향토인물 : 화천 ; 화천의 곡운구곡과 김수증 연구, 강원도민속학회, 20, 435-462.
- 4) 이우철, 백원기, 유기억, 1997, 강원도의 약용식물 분포에 관한 연구, 한국자원식물학회지, 10(4), 275-291.
- 5) 유기억, 이우철, 류승열, 2000, 자생지별 금강초롱꽃의 외부형태 및 수리분류, 한국자원식물학회지, 13(1), 80-88.
- 6) 정연숙, 신광일, 안선영, 홍은정, 황태환, 2004, 강원도 북서부 지역에서 현존식생의 분포 및 군집분류: 춘천, 화천 및 양구 일대, 기초과학연구, 14, 133-145.
- 7) 이우철, 1978, 한반도 관속식물의 분포에 관한 연구, 동국대학교대학원 박사학위논문, 33pp.
- 8) 윤충원, 이병천, 김광택, 임종환, 이종효, 천정화, 신준환, 오정수, 2003, 화악산 일대 산림식생의 유형 분류, 한국임학회 학술연구 발표논문집, 200-202.
- 9) 기상청, 2009, 기후통계자료.
- 10) Walter H., 1979, Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere, 2nded, Springer-Verlag, New York, 274pp.
- 11) Braun-Blanquet J., 1964, Pflanzsoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation 3. Auf, Springer-Verlag, Wien, N. Y., 865pp.
- 12) Muller-Dombois D., Ellenberg H., 1974, Aims and methods of vegetation ecology Wiley, New York, 525pp.
- 13) 이창복, 2003, 원색 대한식물도감, 향문사, 서울, 910pp.
- 14) Dierssen K., 1990, Einfhrgung Pflanzsoziologie,

- Akademie-Verlag, Berlin, 241pp.
- 15) Curtis, McIntosh R. P., 1951, An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, *Ecology*, 32, 290.
  - 16) Greig-Smith P., 1983, Quantitative plant ecology, 3rd ed. Blackwell, Oxford, 256pp.
  - 17) Hill M. O., 1979, TWINSpan-A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes, Ithaca, NY: Ecology and Systematics, Cornell University.
  - 18) Hill M. O., Gauch H. G., 1980, Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique, *Vegetatio*, 42, 47-58.
  - 19) 김충원, 이항이, 1997, 매발톱나무의 성분에 관한 연구, *한국생약학회지*, 28(4), 257-263.
  - 20) Ter Braak C. J. F., 1986, Canonical Correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis, *Ecology*, 67, 1167-1179.
  - 21) Ter Braak C. J. F., 1987, CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
  - 22) 송호경, 장규관, 오동훈, 1998, 설악산국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계분석, *한국환경생태학회지*, 11(4), 462-468.
  - 23) 윤충원, 홍성천, 2000, 금강송림의 식생구조에 관한 정량적 분석, *한국생태학회지*, 23(3), 281-291.
  - 24) 이병천, 윤충원, 신준환, 오정수, 2001, 면산 일대 산림식생의 군락분류에 관한 연구, *한국임학회지*, 90(4), 548-557.