

계방산 가문비나무 및 전나무 임분의 산림식생유형분류와 정량적 분석^{1a}

고승연² · 한상학³ · 이원희³ · 한심희⁴ · 신학섭^{5*} · 윤충원³

Forest Vegetation Classification and Quantitative Analysis of *Picea jezoensis* and *Abies hollophylla* stand in Mt. Gyebang^{1a}

Seung-Yeon Ko², Sang-Hak Han³, Won-Hee Lee³, Sim-Hee Han⁴, Hak-Sub Shin^{5*}, Chung-Weon Yun³

요약

본 연구는 계방산 가문비나무 및 전나무 임분의 산림식생유형분류와 정량적 분석을 위하여 Z-M 식물사회학적 방법으로 식생구조의 유형분류를 실시한 결과, 군락단위에서 가문비나무군락, 전나무군락으로 분류되었으며 가문비나무군락은 군단위에서 흰인가목군과 부계꽃나무군으로 세분되었으며, 전나무군락은 복장나무군과 생강나무군으로 세분되었다. 분류된 식생단위를 기준으로 중요치를 산출한 결과, 가문비나무는 식생단위 1과 2의 교목층에서 각각 30.73%, 20.25%로 비교적 높게 나타나 당분간 가문비나무의 우점이 계속될 것이라 판단되었다. 또한 종다양도를 분석한 결과 식생단위 4의 종다양도 지수는 0.6976으로 가장 낮았으며, 식생단위 2의 종다양도 지수는 1.1256으로 가장 높게 나타났다. 군락간의 유사도는 식생단위 1과 4, 2와 4가 각각 0.2880과 0.3626으로 낮게 나타났으며 식생단위 1과 2, 3과 4의 군락유사성은 각각 0.5411과 0.5041로 나타나, 군락 간 구성종의 차이가 크지 않은 군락으로 판단되었다. 종간연관에 대한 Chi-square matrix와 성과표를 각각 분석한 결과, 크게 2개의 유형으로 나뉘어졌는데 I 유형의 식물 종들은 대부분 식물사회학적으로 분류된 가문비나무군락에서 주로 출현하는 식별종과 표징종이었으며, II 유형의 식물종은 전나무군락에서 주로 출현하는 식물종으로, 비교적 습한 곳에 나타나는 종들로 나뉘어졌다. 이러한 결과는 각 수종들이 선호하는 생육환경이 비슷한 종들끼리는 정의 상관성이 인정되고, 선호하는 환경이 다른 종들끼리는 부의 상관성을 보이는 것으로 판단된다.

주요어: 식물사회학, 종간연관분석, 중요치, 종다양도, 군락분류

ABSTRACT

In this study, for the forest vegetation classification and the quantitative analysis of the *Picea jezoensis* and *Abies hollophylla* stand, the type classification of the vegetation structure was performed with Z-M phytosociological method, and as a result, it was classified into the *Picea jezoensis* community and the *Abies hollophylla* community in the community unity. The *Picea jezoensis* community was subdivided into the *Rosa koreana* group and the *Acer ukurunduense* group in the group unity and the *Abies hollophylla* community was

1 접수 2013년 12월 23일, 수정(1차: 2014년 3월 9일, 2차: 2014년 3월 23일), 게재확정 2014년 3월 24일

Received 23 December 2013; Revised (1st: 9 March 2014, 2nd: 23 March 2014); Accepted 24 March 2014

2 충남산림환경연구소 임업시험과 Dept. of Forestry Experiment, Chungcheongnam-do Forest Environment Research Institute, Sejong 314-922, Korea

3 공주대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

4 국립산림과학원 산림유전자원부 Dept. of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-874, Korea

5 국립생태원 기후생태연구실 Dept. of Climate & Ecology, National Institute of Korea, Seocheon 825-810, Korea

a 이 논문은 2012년도 국립산림과학원 ‘가문비나무 현지내 피난처 조성을 위한 후보지 선정 연구’의 지원으로 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author: ikarus26@kongju.ac.kr

subdivided into the *Acer mandshuricum* group and the *Lindera obtusiloba* group. In the results of estimating the importance value based on the classified vegetation unity, it was deemed that the dominance of the *Picea jezoensis* would be continued for a while as the importance value from the tree layers of vegetation unity 1 and 2 represented relatively high with 30.73% and 20.25%. In addition, in the results of analyzing the species diversity to estimate the maturity of the community, the species diversity index of the vegetation unity 4 was the lowest with 0.6976 and that of vegetation unity 2 was the highest with 1.1256. As in the similarity between the communities, the vegetation unit 1 and 4 and the vegetation unit 2 and 4 represented low with 0.2880 and 0.3626, respectively, and the similarity between the vegetation unit 1 and 2 and between 2 and 4 represented 0.5411 and 0.5041, respectively, it was deemed that they were the communities that the difference in the composition species between the communities was not big. In the results of analyzing the Chi-square matrix and the catalog of constellations for the interspecific, they were divided mainly into two types, and type I plant species were mostly differential species and the characteristic species, which appeared in the *Picea jezoensis* community classified phytosociologically, and type II plant species were mostly the species appearing in the *Abies holophylla* community growing in the relatively damp places. Such results is deemed that the positive (+) correlation is recognized among the species, of which growing environments are similar, and the negative (-) correlation .represents among the species, of which preferential environments are different.

KEY WORDS: PHYTOSOCIOLOGY, INTERSPECIFIC ASSOCIATION, IMPORTANCE VALUE, SPECIES DIVERSITY, COMMUNITY CLASSIFICATION

서론

생명체는 지구의 모든 유동체들을 통해 물리적으로 연결되어 있으며, 식물군락은 오랜 시간을 거쳐 다양한 환경요소와 복합적으로 작용하여 발달하기 때문에 모든 서식처에 대한 생태적 기초정보들을 내포하고 있다(Becking, 1957). 그 중 기상적, 지리적 및 지형적 요인은 산림식생의 구성과 발달 특성을 다르게 하며 동일한 식생일지라도 분포 위치에 차이를 보이고 그 환경에 적응하거나 영향을 주는 유기적 관계를 가지고 발달하여 가고 있으며 따라서 여러 식물종들의 복잡한 관계를 있는 그대로 살펴보는 것은 매우 중요한 일이다(Greig-Smith, 1983; Kimmins, 1987).

한반도는 4,500종의 관속식물이 자라는 자연생태계와 유전자 자원의 보고이며 지질시대에 살았던 유존종과 우리나라에만 자라는 고유종이 많다. 한반도 고산대와 아고산대에 분포하는 극지·고산식물과 고산식물은 신생대 제4기 플라이스토세(Pleistocene)빙하기에 북방에서 도래했던 빙하기의 유존종으로 개체의 크기가 작고, 고립되어 자라며, 분포면적도 넓지 않다(Kong, 2005). 고산식물은 상대적으로 낮은 기온이 유지되는 제한된 온도범위에서 자라는데 기온이 높아지면 식물의 생산량보다 호흡량이 많아져 생리적인 스트레스를 받고 다른 식물과의 경쟁에서 밀려 서식지에서

쇠퇴하게 된다. 그러나 환경의 복잡성에 따른 식물의 적응 차이로 지역별로 고산식물의 생육하는 온도 범위는 달라질 수 있다(Kong and Watts, 1993). 앞으로 기후변화에 따라 우리나라 자생수종들이 맞게 될 상황은 한반도의 중 다양성 보전 측면에서 매우 중요한 문제이며, 온난화가 진행될수록 이들 고산수종들은 피난할 장소를 찾지 못하여 도태되거나 멸종될 것이다(Httenschwiler and Smith, 1999; Robert *et al.*, 2001). 우리나라에서 고산 및 아고산대 산림에 대한 연구는 Park(1942), Jung(1989), Kim *et al.*(1997) 등 식물상적 연구, Kong and Watts(1993), Kong(1998; 1999; 2000; 2002)의 자연지리학적 연구 그리고 Lee *et al.*(2002), Cho *et al.*(2004), Lee and Kim(2007) 등의 복원생태학적 연구 등이 있으며 산림생태계 보전 및 관리를 위한 기초단위 유형화에 관한 연구는 지금까지 이루어진바가 거의 없다.

한편 종자식물계-나자식물문-침엽강-구과목-소나무과-가문비나무속에 속하는 가문비나무(*Picea jezoensis*)는 우리나라를 비롯하여 러시아, 중국, 일본에 분포하고 있으며, 높이가 40~50m 이고 지름이 1m에 달하는 상록교목으로서, 기후적으로 한랭한 지역의 해발 약 1,500m 이상 지역에서 정상주변 능선과 사면에 국소적으로 집단을 형성하여 분포하며 부식토가 많고 습기가 적당히 있는 곳을 좋아하여 현재 북녘에서 산줄기를 따라 광범위하게 분포하지만 남한에

서는 높은 산에 소규모의 패치형태로 나타나며 덕유산, 지리산, 계방산의 암석이 많고 토양유기물이 많은 산정의 능선과 계곡부에만 자생할 정도로 그 분포가 매우 제한적이다 (Lee, 2003; Lee *et al.*, 2008). 상록침엽수에 대한 연구결과에 따르면 한반도에서 가문비나무는 구상나무(*Abies koreana*), 분비나무(*Abies nephrolepis*)보다 출현하는 위도와 고도가 높고, 분포면적이 좁아 향후 지구온난화에 의해 희생될 것으로 예상되는 한반도 아고산지의 대표적 수종으로 서식환경의 악화와 개체목의 고사 및 치수발생의 어려움 등 산림 쇠퇴의 징후를 보이고 있어 천연림이 점차 소멸되어 가고 있는 실정으로 유전자다양성 보존을 위한 적극적인 대책 마련이 요구되어지고 있다(Lee *et al.*, 2008). 아한대 및 한대지역의 표징종으로, 중요한 아고산식생의 지표 식물로 국외에서도 가문비나무에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Keisuke Yanom *et al.*, 2010; Masahiko *et al.*, 2003; Krestov and Yukoto Nakamura, 2002; Aizawa *et al.*, 2007). 한편, 국내의 가문비나무 대한 생태학적 연구로는 Lee(1999)의 가문비나무군락의 분포 Pattern 및 동반식생에 대한 고찰, Jang(2008)의 가문비나무 임분의 식생 구조 및 공간 분포, An *et al.*(2010)의 지리산국립공원 천왕봉지역 가문비나무림의 산림군집구조, Ko *et al.*(2013)의 계방산 가문비나무 임분의 개체군구조와 동태 등의 연구가 이루어지고 있으나 계방산 가문비나무 임분의 산림식생유형분류와 정량적 분석에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구는 이러한 점을 감안하여 우리나라 아고산대 산림생태계의 대표적인 유존림으로 서식 환경의 악화와 교란에 의하여 쇠퇴위기에 처해 있는 계방산 가문비나무 군집 및 개체군을 대상으로 임분의 종조성과 구조에 기초하여 식생유형을 분류하였으며, 이를 통해 가문비나무의 보전 및 복원 계획 수립에 필요한 기초정보를 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

1. 연구대상지

계방산은 강원도 평창군 진부면과 홍천군 내면에 속하며, 해발고는 1,577.35m로, 북위 37° 40' 30", 동경 128° 30' 00" 에 위치하고, 한라산, 지리산, 설악산, 덕유산에 이은 남한에서 다섯 번째로 높은 산이다(Korea Forest Service, 2012). 백두대간의 고봉으로 주변에는 오대산을 비롯하여, 백적산(白積山, 1,141m), 태기산(泰岐山, 1,261m), 방대산(芳臺山, 1,436m) 등이 솟아 있으며, 북으로는 설악산(1,708m), 남으로는 태백산(1,567m)을 이어주는 백두대간의 중간지점에 위치하여 인근의 오대산(1,563.4m), 발왕산(1,485.8m)과 함께 이 지역 일대의 식생을 대표한다. 홍천

기상관측소의 최근 20년간의 기상자료에 의하면, 연평균기온 10.5℃, 연평균강수량 1,447.9mm이었고 강수량의 대부분이 7, 8, 9월에 집중되었다. 또한 가장 더운 달의 일평균 최고기온은 31.9℃, 가장 추운 달의 일평균 최저기온은 -16.4℃, 절대최고기온 33.8℃, 절대최저기온 -26.7℃로 한서의 차가 심하였다(Figure 1). 전체적으로 계방산 일대는 산악 고랭지대로 운무대가 많고, 복잡한 산악지형으로 미기후의 변화가 다양할 것으로 추정된다. 조사지 일대의 지형적 특징은 중생대 백악기 아래에 평탄화 되었다가 신생대 제3기 중기에 이르러 요곡용기가 진행됨으로써 높은 고도를 유지한 산지가 많지만 고위평탄면을 가지고 있다. 또한 동해안과 백두대간 사이에 발달하는 화강암 풍화지형이 나타나며 대표적인 풍화지형으로는 화강암의 심층풍화에 의해 형성되는 새프플라이트, 핵석, 구상풍화현상, 토어, 타포니 등이다. 지질적 특성은 선캄브리아기에 형성된 경기 편마암 콤플렉스(kyeonggi Gneiss Complex)의 혼성질 편마암(migmatitic&metatetic gneiss)과 호상 편마암(banded gneiss), 화강암질 편마암(granitic gneiss)등이 주로 나타난다(Ministry of Environment, 1999).

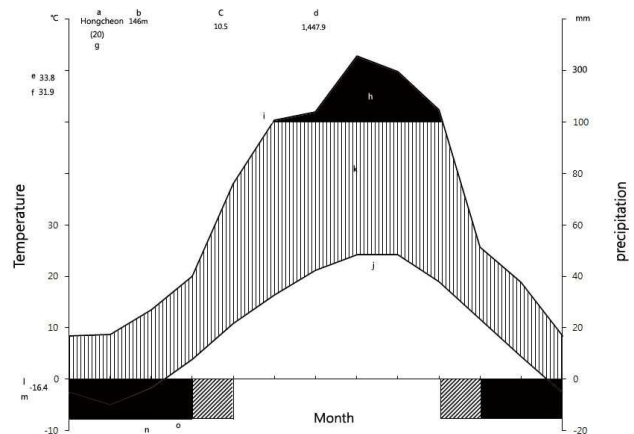


Figure 1. Climate diagram of Hongcheon

2. 조사분석

1) 산림식생유형분류

본 조사는 2012년 3월부터 10월까지 가문비나무가 출현하고 있는 계방산 노동계곡에서부터 정상, 소계방산 능선 부근의 약 2 ha를 대상으로 36개소(10m×10m, 10m×20m, 20m×20m)를 설치하였으며(Figure 2), 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 지형, 생태적 밀도, 해발 등의 여러 입지환경요인을 고려하여, 식생 조사법에 따라 조사구내에 출현하는 각 종의 피도

(coverage)와 개체수를 조합시킨 우점도(dominance)계급을 층위별로 구분하여 판정 기록하였다. 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(sociality) 계급 등을 측정하였다.

총 36개의 식생자료를 엑셀프로그램에 입력 후 Ellenberg (1956)의 표조작법(Tabulation method) 즉, 소표(Raw table)를 작성하고, PC-ORD 5.0(McCune and Mefford, 1999) 프로그램을 통해 상재도표(Constancy table), 부분표(Partial table), 식별표(Differential table)의 단계를 거쳐 군락 조성표를 작성하여 식생단위를 결정하였다(Müller-Dombois and Ellenberg, 1974; Toyohara, 1977)으며, 대별중군과 식별중군의 용이한 파악을 위한 Hill(1979)의 TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis)을 이용하여 대별중군과 식별중을 찾은 후 식별표에서 다시 하위식별중군을 순차적으로 찾아내어 표 조작 과정을 수행하였고, 상재도급을 이용한 최종적인 식별 상재도표를 작성하여 종조성에 의한 군락유형을 분류하였다.

식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 원색한국수목도감(Hong *et al.*, 1987)을 기준으로 하였으며, 학명과 국명은 산림청의 국가표준목록(Korea Forest Service, 2003)과 국립수목원의 국가생물종지식정보시스템(Korea National Arboretum, 2009) 기준으로 작성하였다.

2) 중요치

각 조사지역 층위별 점유율을 파악하고, 식생천이경향을

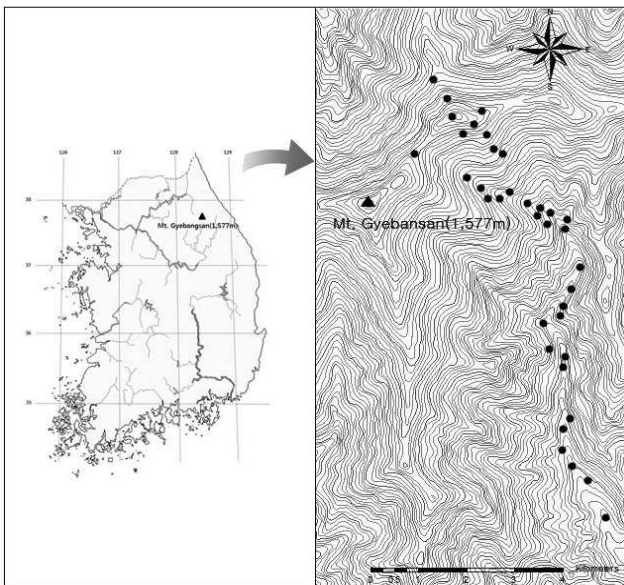


Figure 2. Map showing the study site in *Picea jezoensis* stands in Mt. Gyebansan 분석하기 위해 흉고직경 2cm 이상 임목의 매목조사(수고측

정, 흉고직경측정)에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)가 고안한 전체 종에 대한 조사지에 출현한 각 종의 상대밀도(R.D.: Relative density), 상대빈도(R.F.: Relative frequency), 상대피도(R.C.: Relative coverage)를 합산한 중요치(I.V.: Importance value)를 층위별로 산출하였으며 이를 백분율로 환산하여 평균 중요치를 계산하였다.

- 한수종의 상대밀도(R.D.) =
$$\frac{\text{한 종의 개체수}}{\text{모든 종의 총 개체수}} \times 100$$
- 한수종의 상대빈도(R.F.) =
$$\frac{\text{한 종의 출현빈도}}{\text{모든 종의 총 출현빈도 (36개 조사구)}} \times 100$$
- 한수종의 상대피도(R.C.) =
$$\frac{\text{한 종의 흉고단면적}}{\text{모든 종의 총 흉고단면적}} \times 100$$
- 한수종의 중요치(I.V.) =
$$\frac{\text{상대밀도(R.D.)} + \text{상대빈도(R.F.)} + \text{상대피도(R.C.)}}{3}$$

3) 종다양도

각 군락에 대한 종다양성, 우점도, 경쟁 등을 분석하기 위하여 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1949), 최대종다양도(H'), 균제도(J'), 우점도(D)를 분석하였다(Brower and Zar, 1977). 종다양성지수는 구성수종의 수와 개체수를 기준으로 산출되며, 식생구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관적인 척도를 제공하기 때문에 산림의 안정 상태를 파악하는데 매우 효율적인 방법으로 활용되고 있다(Yang *et al.*, 2001).

- 종다양도(H') =
$$-\sum P_i \log P_i = -\sum (\eta_i / N) \log (\eta_i / N)$$

 P_i : 한 조사구 내의 특정 종의 개체수와 총 개체수의 비
 η_i : 한 조사구 내의 특정 종의 개체수
 N : 총 개체수
- 최대종다양도(H_{max}') =
$$\log s$$

 s : 구성종수
- 균제도(J' : evenness) =
$$H' / H_{max}' = H' / \log s$$

 s : 구성종수
- 우점도(D) =
$$1 - J' = 1 - H' / H_{max}' = 1 - H' / \log s$$

4) 군락유사도

각 군락별 종조성표를 작성한 다음 각 종(種) 등 사이의 유사도를 분석하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CC_s)를 이용하여 군락유형별 구성종의 유사성을 분석하였다.

- 유사계수 (CCs) = $2C / (S_1 + S_2)$
 C : 두 군락의 공통으로 나타나는 종수
 S_1, S_2 : 군락1, 군락2에 나타나는 종수

5) 종간연관분석

종간의 연관을 검사하기 위해 36개의 방형구로부터 기록된 186종 중, 식물사회학적 분류에 나타난 표징종 및 식별종을 중심으로 5%이상의 빈도를 갖는 종수 × 조사방형구수, 즉 27종×36방형구의 종의 존재유무 자료행렬(presence-absence data matrix)에서 모든 종간의 쌍에 대하여 2×2 분할표를 이용하여 X^2 검정(Chi-square test statistic)을 하였다. 또한 짝지은 각 종은 서로 독립이라는 귀무가설을 5%의 유의수준에서 기각하고, 자유도 1에서 15 이상의 이론적인 값만을 선택하였다. 다만 2 × 2분할표의 어느 하나의 cell에서 기대빈도가 5보다 작은 값을 가지면 Chi-square test statistic이 편의되므로(Zar, 1974) 이러한 경우도 제외시켰다.

개체군에 있어서 각 종들은 환경요인과 관계없이 종 상호간에 친소관계 즉, 친숙하여 서로 가까이 존재하며, 유사한 생육지를 선호하는 양성결합(positive association), 다른 개체군을 배척하며 멀리하고, 반발력이 존재하는 음성결합(negative association), 그리고 다른 개체군과 아무런 상호관계가 없이 존재하는 기회결합(random association)의 3가지 유형의 결합관계를 가질 수 있는데 이러한 결합을 종간결합이라 하는데(Pielou, 1977; Greig-Smith, 1983; Schluter, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988), ++와 +는 양성결합을, --와 -는 음성결합을 나타낸 것이며 ++와 --는 99%의 확률 수준에서, +와 -는 95%의 확률 수준에서 두 수종간의 유의한 상관관계가 있음을 표시한 것으로(Agnew, 1961) 수종간 생태적 지위의 동질성과 이질성을 추정하기 위하여 종간연관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 계방산 가문비나무 군집의 산림식생유형분류

계방산 가문비나무 자생지 일대 36개소의 산림식생조사 자료를 토대로 Z-M 식물사회학적 방법에 의해 식생유형분류를 수행하였던 바 4개의 식생단위로 분류되었으며, 군락단위에서 가문비나무군락, 전나무군락으로 분류되었으며 가문비나무군락은 군단위에서 흰인가목군과 부계꽃나무군으로 세분되었으며, 전나무군락은 복장나무군과 생강나무군으로 세분되었다(Table 1).

상관우점종에 의한 군락분류 결과, 가문비나무군락, 분비나무군락, 거제수나무군락, 잣나무군락, 전나무군락 등 12

개 군락이 조사되었고, 특정 입지에 동시에 출현하는 식별종 또는 구분종에 의해 4개의 식생단위로 분류할 수 있었다.

가문비나무군락의 표징종 및 식별종으로는 가문비나무, 시달나무, 분비나무, 미역취, 귀룽나무, 주목, 참당귀, 사스래나무 등이 나타났으며, 흰마가목, 괴불나무, 개시호, 금마타리, 나도히초미, 동자꽃, 서덜취, 참나래박쥐, 넓은잎외잎썩의 식별종에 의해 흰마가목군으로 세분되었고, 부계꽃나무, 마가목, 나래회나무, 눈빛승마, 개고사리, 덩굴별꽃, 까치밥나무, 천남성, 가는잎죽제비고사리, 산박하 등의 식별종에 의해 부계꽃나무군으로 세분되었다.

전나무군락의 표징종 및 식별종으로는 전나무, 음나무, 꽃황새냉이, 참회나무, 까치박달로 나타났으며, 복장나무, 층층나무, 황벽나무, 회잎나무, 할미밀망, 기름나물, 숙은노루오줌의 식별종에 의해 복장나무군으로 세분되었고, 생강나무, 조릿대, 소나무, 고추나무, 국수나무, 노린재나무 등의 식별종에 의해 생강나무군으로 세분되었다.

1) 흰인가목군(*Rosa koreana* group): 식생단위(VU) 1

흰인가목군은 가문비나무군락에서 흰인가목, 괴불나무, 개시호, 금마타리, 나도히초미, 동자꽃, 서덜취, 참나래박쥐 등의 식별종에 의하여 하위단위로 세분되었으며, 총 11개의 조사구가 사면상부에 분포하고 있었다. 평균해발고는 1,503m, 평균사면경사도는 17°, 평균노암율은 44%로 나타났다. 층위별 평균수고는 교목층 11.2m, 아교목층 6.6m, 관목층 2.9m, 초본층 0.6m으로 나타났으며, 층위별 평균흉고 직경은 교목층 39.5cm, 아교목층 13.0cm, 관목층 4.0cm로 나타났다. 교목층의 평균식피율은 75.9%, 평균출현종수는 25종으로 4개의 식생단위 중 가장 낮게 나타났다. 이는 흰인가목군이 출현한 곳이 아고산 지대의 사면 상부로서 전체 식생단위 중에서 가장 높은 해발고에 분포하고 있어(Ko et al., 2013) 극심한 환경조건에 의해 출현종수가 가장 적게 나타난 것으로 판단되었다.

2) 부계꽃나무군(*Acer ukurunduense* group): 식생단위(VU) 2

부계꽃나무군은 가문비나무군락에서 부계꽃나무, 마가목, 나래회나무, 눈빛승마, 개고사리, 덩굴별꽃, 까치밥나무, 천남성, 샷갓나물, 산겨릅나무, 노루삼, 산꼬리풀 등의 식별종에 의하여 하위단위로 세분되었으며, 총 12개의 조사구 중 11개소가 계곡부에 위치하였다. 평균해발고는 1,301m로 계곡부 식생단위 중 가장 높게 나타났으며 평균사면경사도는 19.3°, 평균암석노출도 60.0%으로 나타났다. 층위별 평균수고는 교목층 14.2m, 아교목층 8.5m, 관목층 3.1m, 초본층 0.6m으로 나타났으며, 평균흉고직경은 교목층 24.3cm, 아교목층 11.3cm, 관목층 2.8cm로 나타났다. 교목층의 평

Table 1. Differentiated constancy table of forest vegetation in study area

Community Vegetation unit	A		B	
	1	2	3	4
Altitude (m)	1,503	1,301	1,055	923
Slope degree (°)	17	19.3	11.2	7.7
Topography	US	V	V	V
Bare rock (%)	44	60	50	35
Bare soil (%)	5	13	38	5
Coverage of tree layer (%)	76	89	94	93
Coverage of subtree layer (%)	54	47	49	65
Coverage of shrub layer (%)	65	67	59	56
Coverage of herb layer (%)	76	87	58	65
Height of tree layer (m)	11	14	17	16
Height of subtree layer (m)	7	8	9	8
Height of shrub layer (m)	3	3	5	3
Height of herb layer (m)	1	1	1	1
DBH of tree layer (cm)	40	24	26	27
DBH of subtree layer (cm)	13	11	19	51
DBH of shrub layer (cm)	4	3	7	3
The number of present species	25	32	39	32
Releve	11	12	9	4

1. Character species and differential species of *Picea jezoensis* community;

<i>Picea jezoensis</i>	V 23	V 14	-	-
<i>Acer komarovii</i>	V+3	V+3	-	1++
<i>Abies nephrolepis</i>	IV+1	V+4	-	-
<i>Solidago virgaurea</i>	V+1	III++	I ++	-
<i>Prunus padus</i>	III++	IV+2	I 11	1++
<i>Taxus cuspidata</i>	V 14	II 12	-	-
<i>Angelica gigas</i>	IV++	III++	-	-
<i>Betula ermanii</i>	II 13	III+2	-	-
<i>Carex humilis var.nana</i>	III++	III+1	I ++	-
<i>Lycopodium chinense</i>	III++	III++	-	-
<i>Lycopodium serratum</i>	IV++	II ++	-	-
<i>Syringa wolfii</i>	I 11	III+1	-	-
<i>Weigela florida</i>	II+2	II ++	-	-

2. Character species and differential species of *Rosa koreana* group;

<i>Rosa koreana</i>	IV+2	-	-	-
<i>Lonicera maackii</i>	IV+1	-	-	-
<i>Bupleurum longeradiatum</i>	III++	-	-	-
<i>Patrinia saniculaefolia</i>	II ++	-	-	-
<i>Polystichum polyblepharum</i>	II +1	-	-	-
<i>Lychnis cognata</i>	III+1	I ++	-	-
<i>Saussurea grandifolia</i>	III++	I 33	-	-
<i>Parasenecio koraiensis</i>	III+1	I ++	-	-
<i>Artemisia stolonifera</i>	II ++	I ++	-	-

(Table 1. Continued)

Community Vegetation unit	A		B	
	1	2	3	4
3. Character species and differential species of <i>Acer ukurunduense</i> group;				
<i>Acer ukurunduense</i>	I 22	IV 12	-	-
<i>Sorbus commixta</i>	I ++	IV+1	-	-
<i>Euonymus macropterus</i>	-	IV+2	I ++	-
<i>Cimicifuga dahurica</i>	-	IV++	I ++	-
<i>Athyrium niponicum</i>	I ++	III+2	-	-
<i>Cucubalus baccifer</i> var. <i>japonicus</i>	-	III+1	-	-
<i>Ribes mandshuricum</i>	-	III++	-	1++
<i>Arisaema amurense</i>	-	III++	-	-
<i>Dryopteris chinensis</i>	-	III+1	-	-
<i>Isodon inflexus</i>	-	III+1	-	-
<i>Paris verticillata</i>	-	III++	-	-
<i>Acer tegmentosum</i>	-	II+1	-	-
<i>Actinidia kolomikta</i>	-	II+2	-	-
<i>Weigela subsessilis</i>	-	II+1	I ++	-
<i>Ribes maximowiczianum</i>	-	II+1	-	-
<i>Actaea asiatica</i>	I ++	II ++	-	-
<i>Veronica rotunda</i> var. <i>subintegra</i>	-	II ++	-	-
<i>Agastache rugosa</i>	-	II ++	-	-
4. Character species and differential species of <i>Abies holophylla</i> community;				
<i>Abies holophylla</i>	-	-	III+5	314
<i>Kalopanax septemlobus</i>	-	I 11	II 12	3++
<i>Cardamine amaraeformis</i>	-	-	III+2	1++
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	I ++	II ++	2++
<i>Carpinus cordata</i>	-	I ++	II+2	1++
5. Character species and differential species of <i>Acer mandshuricum</i> group;				
<i>Acer mandshuricum</i>	-	I ++	IV 14	-
<i>Cornus controversa</i>	-	I 11	III+3	-
<i>Phellodendron amurense</i>	-	-	II 45	-
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	II+1	-
<i>Clematis trichotoma</i>	-	-	II ++	-
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	-	-	II+1	-
<i>Astilbe koreana</i>	-	-	II+1	-
7. Character species and differential species of <i>Lindera obtusiloba</i> group;				
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	4+2
<i>Sasa borealis</i>	-	-	I ++	333
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	224
<i>Staphylea bumalda</i>	-	-	-	2+4
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	2+1
<i>Symplocos chinensis</i>	-	-	-	2+1
<i>Cardamine leucantha</i>	-	-	-	2+1
<i>Corydalis speciosa</i>	-	-	I ++	2++
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	-	2++
<i>Larix kaempferi</i>	-	-	-	155

(Table 1. Continued)

Community Vegetation unit	A		B	
	1	2	3	4
8. <i>Deutzia glabrata</i> differential species group;				
<i>Deutzia glabrata</i>	I +1	V+3	IV14	211
<i>Actinidia polygama</i>	-	III+1	III+1	3+1
<i>Schisandra chinensis</i>	-	II+1	III+1	3+3
<i>Acer pictum</i>	-	II+1	II+1	2++
9. <i>Betula costata</i> differential species group;				
<i>Betula costata</i>	I ++	IV14	III14	-
<i>Ulmus laciniata</i>	-	III13	III14	-
<i>Parasenecio auriculatus</i>	-	III+2	II++	-
10. Companion species group;				
<i>Urtica angustifolia</i>	-	III+1	II+1	1++
<i>Rodgersia podophylla</i>	-	III+1	I ++	-
<i>Philadelphus schrenkii</i>	I ++	II+1	I ++	1++
<i>Lonicera praeflorens</i>	-	III+2	I ++	-
<i>Viola selkirkii</i>	-	II++	II++	-
<i>Athyrium yokoscense</i>	-	II++	-	1++
<i>Aralia elata</i>	-	I ++	I ++	1++
<i>Quercus mongolica</i>	-	I +1	I 22	1++
<i>Tilia amurensis</i>	-	I +1	II 12	-
<i>Trigonotis icumae</i>	I ++	I ++	II++	-
<i>Dryopteris varia</i>	-	I ++	I ++	-
<i>Angelica decursiva</i>	-	II++	I 11	-
<i>Asarum sieboldii</i>	-	I ++	II++	-
<i>Viola albida</i>	-	I ++	I ++	1++
<i>Synurus deltoides</i>	I ++	I ++	-	-
<i>Chrysosplenium pseudofauriei</i>	I ++	I ++	-	-
<i>Spiraea fritschiana</i>	I ++	I ++	-	-
<i>Clematis koreana</i>	I ++	I ++	-	-
<i>Ligularia fischeri</i>	I ++	I ++	-	-
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	V+3	V13	IV+2	2++
<i>Tripterygium regelii</i>	V+3	IV+2	II11	3+2
<i>Polystichum tripteron</i>	III++	V+2	V+3	1++
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	V+3	IV+4	III+1	2+1
<i>Isodon excisus</i>	III++	III+3	III+1	211
<i>Cardamine komarovi</i>	I ++	V+2	IV+1	-
<i>Cimicifuga heracleifolia</i>	III++	II+1	V+1	1++

*Other 91 companion species omitted.

균식피율은 89%, 평균출현종수는 32종으로 나타났다. 일본의 북해도에서 발달하는 *Abies sachalinensis*는 가문비나무와 유사한 생육조건에서 서식하는 식물종(Krestov and Nakamura, 2002)으로 가문비나무, 둥근갈퀴, 쥐다래, 등수국, 바위수국, 뽕제비꽃, 가래고사리 등을 진단종으로 하는 *Picea-Abietetum sachalinensis* Ohba ex Nakamura 1988 (Nakamura, 1988)의 식물사회를 구성하고 있었는데 마가

목, 나래회나무, 부계꽃나무 등이 본 식생단위와 유사한 식물종으로 구성되어 있다.

3) 복장나무군(*Acer mandshuricum* group): 식생단위(VU) 3

복장나무군은 전나무군락에서 복장나무, 층층나무, 황벽나무, 회잎나무, 숙은노루오줌 등의 식별종에 의하여 하위

단위로 세분되었으며, 총 9개의 조사지가 계곡부에 위치하였다. 평균해발고는 1,055m, 평균사면경사도는 11.2°, 평균암석노출도는 49.7%이었으며, 층위별 평균수고는 교목층 16.5m, 아교목층 9.3m, 관목층 5.4m, 초본층 0.6m이고, 평균흉고직경은 교목층 26.3cm, 아교목층 18.5cm, 관목층 6.9cm으로 나타났다. 교목층의 평균식피율은 94%, 평균출현종수는 39종으로 4개의 식생단위 중 가장 높게 나타났다. 본 식생단위는 북부 고산지형의 식생이 혼재하여 자라는 (Kim and Lee, 2006) 백천계곡 일대의 산림식생에 관한 연구(Jang *et al.*, 2008)와 유사한 출현종의 분포를 보이고 있었으며, 가장 많은 종이 출현한 것으로 보아 적습한 계곡부의 미세환경이 식생 생육 조건에 유리한 영향을 미치는 것으로 판단되었으며, 계곡식생은 다른 지형과는 다른 독특한 생태계 구성을 보이므로 생물다양성의 유지·증진을 위한 관리가 필요한 것으로 사료되었다(Yun *et al.*, 2001).

4) 생강나무군(*Lindera obtusiloba* group): 식생단위 (VU) 4

생강나무군은 전나무군락에서 생강나무, 조릿대, 소나무, 고추나무, 국수나무, 노린재나무, 산피불주머니 등의 식별종에 의하여 하위단위로 세분되었으며, 총 4개의 조사구가 계곡부에 나타났다. 평균해발고는 4개의 식생단위 중 가장 낮은 923m으로 나타났으며 평균사면경사도 7.8°, 평균암석노출도 35.0%이었으며, 층위별 평균수고는 교목층 16.0m, 아교목층 8.0m, 관목층 2.5m, 초본층 0.6m이고, 평균흉고직경은 교목층 27.3cm, 아교목층 14.0cm, 관목층 3.0cm로 나타났다. 교목층의 평균식피율은 93%, 평균출현종수는 32종으로 나타났다.

2. 중요치

계방산 가문비나무 자생지 일대의 산림식생을 식물사회학적(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964) 방법으로 분석하여 구분된 4개의 식생단위를 기준으로 Curtis and McIntosh의 방법을 응용하여 군락유형별로 중요치(I.V.: Importance Value)를 산출한 결과는 Table 2에 나타나는 바와 같다. 식생단위 1의 중요치를 분석한 결과, 교목층에서는 주목이 52.59%, 가문비나무가 30.73%로 높게 나타났고, 아교목층에서는 시달나무가 44.21%, 사스래나무가 21.79%로 높게 나타났다. 관목층에서는 가문비나무가 45.02%로 우점하고 있었으며 시달나무 22.62%, 함박꽃나무 11.96%의 순으로 높게 나타났다. 교목층에서 주목이 우세한 가운데 가문비나무와의 지위경쟁이 예상되며, 관목층에 가문비나무가 타 수종에 비해 세력이 우세하여 가문비나무의 갱신은 비교적 원활할 것으로 판단되었다. 식생단위 2의 중요치

를 분석한 결과, 교목층에서는 가문비나무가 20.25%로 우점하였으며, 거제수나무 15.25%, 분비나무 13.60%의 순으로 나타났다. 아교목층은 가문비나무가 15.72%로 가장 높게 나타났으며, 분비나무 13.23%, 난티나무 11.46%로 높게 나타났다. 관목층에서는 분비나무가 23.35%로 가장 높게 나타났으며, 가문비나무가 18.18%, 당단풍나무가 12.08%의 순으로 높게 나타났다. 교목층에서는 가문비나무가 당분간 우점할 것으로 예상되나, 아교목층과 관목층에서는 가문비나무와 분비나무의 치열한 지위경쟁이 진행될 것으로 판단되었다. 식생단위 3은 주로 계곡부 식생으로서 토습이 높은 곳을 좋아하는 출현종들로 나타났다. 층위별 중요치를 살펴보면, 교목층에 전나무가 20.49%로 가장 높게 나타났으며 복장나무 18.09%, 난티나무 18.02%의 순으로 나타났다. 아교목층은 복장나무가 17.59%로 우점하였으며, 황벽나무가 15.01%, 까치박달이 14.40%, 복장나무가 13.19%의 순으로 높게 나타났다. 관목층에서는 전나무가 33.23%로 가장 높게 나타났으며, 당단풍나무가 24.94%, 함박꽃나무가 14.69%의 순으로 높게 나타났다. 황벽나무와 복장나무 등 계곡부에서 자라는 다양한 수종들이 나타나고 있지만 교목층과 관목층에 전나무가 우점하고 있어 당분간 전나무가 우점을 계속할 것으로 판단되었다. 식생단위 4는 생강나무군락으로 층위별 중요치를 살펴보면, 교목층에 잣나무가 43.00%로 우점하고 있었으며 소나무가 28.04%, 일본잎갈나무가 21.06%로 높게 나타났다(Table 2). 아교목층은 전나무가 52.63%로 가장 높게 나타났으며 잣나무가 21.54%, 함박꽃나무가 15.23%의 순으로 높게 나타났다. 관목층에는 전나무가 70.52%로 우점하였으며, 생강나무가 29.48%로 나타났다. 교목층에는 잣나무가 우점하고 있었으나 아교목층과 관목층에 전나무의 중요치가 높은 것으로 보아 앞으로 전나무군락으로 천이가 될 것으로 사료되었다. An *et al.*(2010)의 지리산국립공원 천왕봉지역 가문비나무림의 산림군집구조에 의하면 상층에서 가문비나무가 타 수종에 비해 세력이 아주 우세하여 당분간 가문비나무의 우세가 유지될 것이라 하였는데 본 연구에서도 가문비나무는 비교적 높은 중요치를 보이고 있었다. 한편, 식생단위 3과 4에서는 가문비나무가 출현하지 않는 대조적인 결과를 나타내었는데, 이는 가문비나무가 우세하게 형성될 수 있는 온도, 습도, 토습, 바람, 미지형 등의 미세 환경 요소가 다르기 때문으로 사료되었다.

3. 종다양도

산림군집의 구조상의 복잡성, 외부교란의 요인으로부터의 안정성, 그리고 천이진행과 발달과정상의 성숙도는 종다양성과 정비례하는 경향이 짙은 것으로 여겨지고 있다

Table 2. Importance value of major species

Vegetation unit*	1				2				3				4				
	T1	T2	S	M	T1	T2	S	M	T1	T2	S	M	T1	T2	S	M	
<i>Picea jezoensis</i>	30.73	-	45.02	22.87	20.25	15.72	18.18	18.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus verecunda</i>	-	8.81	-	2.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula costata</i>	-	-	-	-	15.25	1.46	-	8.11	10.31	5.70	-	7.06	-	-	-	-	-
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	-	-	-	-	0.77	1.55	3.36	1.46	-	6.35	-	2.12	-	-	-	-	-
<i>Lonicera maackii</i>	-	-	-	-	-	-	1.27	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	-	2.44	5.11	8.56	4.35	-	4.94	-	1.65	-	10.60	-	3.53	-
<i>Carpinus cordata</i>	-	-	-	-	-	1.54	-	0.51	-	14.40	4.58	5.56	-	-	-	-	-
<i>Syringa wolfii</i>	-	-	9.74	1.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euonymus macropterus</i>	-	-	-	-	-	1.51	5.87	1.48	-	-	4.31	0.72	-	-	-	-	-
<i>Ulmus laciniata</i>	-	-	-	-	6.27	11.46	1.96	7.28	18.02	-	-	9.01	-	-	-	-	-
<i>Maackia amurensis</i>	-	-	-	-	-	3.46	-	1.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	5.93	5.15	2.83	1.82	1.62	12.08	3.46	-	13.19	24.94	8.55	-	-	-	-	-
<i>Aralia elata</i>	-	-	-	-	-	-	1.27	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorbus commixta</i>	-	-	-	-	4.55	6.37	2.50	4.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer mandshuricum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	18.09	17.59	4.58	15.67	-	-	-	-	-
<i>Acer ukurunduense</i>	-	7.96	-	2.65	7.01	9.06	6.62	7.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Abies nephrolepis</i>	3.62	6.38	5.50	4.85	13.60	13.23	23.35	15.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula ermanii</i>	9.64	21.79	-	12.08	6.85	2.12	-	4.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer tegmentosum</i>	-	-	-	-	2.37	3.35	-	2.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	4.93	-	1.64	1.00	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.70	-	1.90	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.48	4.91	-
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.04	-	-	14.02	-
<i>Acer komarovii</i>	-	44.21	22.62	18.51	5.00	10.34	8.52	7.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	-	-	-	1.62	1.40	0.77	3.38	-	-	1.69	-	-	-	-	-
<i>Kalopanax septemlobus</i>	-	-	-	-	1.32	-	-	0.66	6.07	5.70	-	4.94	-	-	-	-	-
<i>Larix kaempferi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.06	-	-	10.53	-
<i>Pinus koraiensis</i>	3.43	-	-	1.72	5.60	-	1.45	3.04	-	-	-	-	43.00	21.54	-	28.68	-
<i>Abies holophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	20.49	-	33.23	15.78	7.90	52.63	70.52	33.25	-
<i>Taxus cuspidata</i>	52.59	-	-	26.29	3.21	6.65	-	3.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salix maximowiczii</i>	-	-	-	-	0.87	-	-	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus controversa</i>	-	-	-	-	0.84	-	-	0.42	8.78	11.41	5.85	9.17	-	-	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.04	-	-	1.02	-	-	-	-	-
<i>Tilia amurensis</i>	-	-	-	-	0.96	-	-	0.48	6.29	-	-	3.15	-	-	-	-	-
<i>Magnolia sieboldii</i>	-	-	11.96	1.99	-	3.82	3.61	1.87	-	-	14.68	2.45	-	15.23	-	5.08	-
<i>Phellodendron amurense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6.53	15.01	-	8.27	-	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.81	1.30	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*T1: Tree layer, T2: Subtree layer, S: Shrub layer, M: Mean importance value

(Odum, 1969; Loucks, 1970; Bazzaz, 1979). Table 3은 군락의 간접적인 군락의 속성을 파악하기 위하여 Shannon's diversity (H'), 최대종다양도, 균재도, 우점도를 분석한 결과로 생육환경이 이질적이고 복잡하거나 국소적 교란이 발생하게 될 경우에도 종다양도가 높아지는 것으로 보고되고 있다(Krebs, 1985; Barbour *et al.*, 1987).

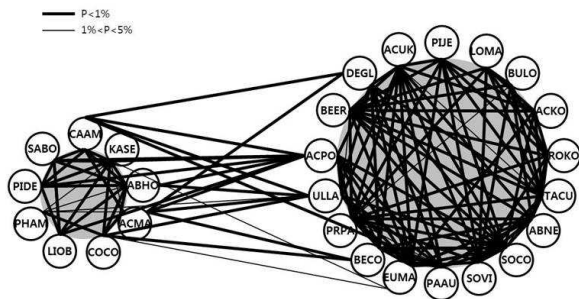
계방산 가문비나무 및 전나무 자생지 일대의 산림식생을

식물사회학적(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)의 방법으로 분석하여 구분된 4개의 식생단위를 기준으로 분석한 종다양도 지수를 보면 식생단위 4의 종다양도 지수가 0.6976으로 가장 낮았으며, 식생단위 2의 종다양도 지수가 1.1256으로 가장 높게 나타났다. 우점도는 모든 식생단위에서 0.1~0.2로 0.3 이하이므로, 다수의 종이 우점하고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Species diversity indices in each vegetation units

Vegetation units	(H')	(H_{max}')	(J')	($1-J'$)
1	0.8163	1.0792	0.7564	0.2436
2	1.1256	1.4150	0.7955	0.2045
3	1.0944	1.2553	0.8718	0.1282
4	0.6967	0.8451	0.8244	0.1756

분석은 식물사회학적 방법에 의해 분류된 표징종과 식별종 그리고 중요치가 높게 나온 종들 중 대표적인 27개의 종을 대상으로(Table 5), 중간 친화력에 대한 X^2 검정(Table 6) 결과에서 얻어진 값을 이용하여, 친화력이 강한 종($P < 1\%$)들의 Plexus diagram을 작성하였으며 그 결과는 Figure 3과 Figure 4와 같이 나타났다. 식물사회학적 방법에 의해 분류된 표징종과 식별종 그리고 중요치가 높게 나온 종들 중 대표적인 27개의 종들은 크게 양의 상관관계를 나타내는 2개군으로 나누어졌으며 가문비나무, 부계꽃나무, 물참대, 사스래나무, 개다래, 난티나무, 귀룽나무, 거제수나무, 나래회나무, 귀박쥐나무, 미역취, 분비나무, 주목, 흰인가목, 시달나무, 개시호, 괴불나무가 나타나는 I 유형과 꽃황새냉이, 음나무, 전나무, 복장나무, 층층나무, 생강나무, 황벽나무, 소나무, 조릿대가 나타나는 II 유형으로 분류되었다. I 유형과 II 유형에 모두 나타나는 식물은 꽃황새냉이, 음나무, 전나무, 복장나무, 층층나무, 황벽나무, 소나무, 난티나무, 거제수나무, 나래회나무, 물참대, 개다래, 귀박쥐나무로 I 유형과 II 유형의 각 식물종 사이에서 추이대(Ecotone) 성격의 입지적 특성을 나타내는 것으로 판단되었다. An et al.(2010) 등의 연구에 따르면 시달나무와 나래회나무는 높은 정도의 상관관계를 보인다 하였는데 본 연구와 같은 결과



ACKO; *Acer komarovii*, DEGL; *Deutzia glabrata*, PIJE; *Picea jezoensis*, ABNE; *Abies nephrolepis*, SOVI; *Solidago virgaurea* subsp. *Asiatica*, PRUP; *Prunus padus*, ACPO; *Actinidia polygama*, BECO; *Betula costata*, TACU; *Taxus cuspidata*, ULLA; *Ulmus laciniata*, SOCO; *Sorbus commixta*, ACUK; *Acer ukurunduense*, BEER; *Betula ermanii*, EUMA; *Euonymus macropterus*, ABHO; *Abies holophylla*, LOMA; *Lonicera maackii*, PAAU; *Parasenecio auriculatus*, ACMA; *Acer mandshuricum*, KASE; *Kalopanax septemlobus*, ROKO; *Rosa koreana*, BULO; *Bupleurum longeradiatum*, COCO; *Cornus controversa*, CAAM; *Cardamine amaraeformis*, LIOB; *Lindera obtusiloba*, SABO; *Sasa borealis*, PIDE; *Pinus densiflora*, PHAM; *Phellodendron amurense*

Figure 4. Species constellation showing positive correlation between 27 species from study area

Table 5. Species list which occurred more than 10% of frequency in the study area

Common name	Scientific name	Species No.
시달나무	<i>Acer komarovii</i>	1
물참대	<i>Deutzia glabrata</i>	2
가문비나무	<i>Picea jezoensis</i>	3
분비나무	<i>Abies nephrolepis</i>	4
미역취	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>Asiatica</i>	5
귀룽나무	<i>Prunus padus</i>	6
개다래	<i>Actinidia polygama</i>	7
거제수나무	<i>Betula costata</i>	8
주목	<i>Taxus cuspidata</i>	9
난티나무	<i>Ulmus laciniata</i>	10
마가목	<i>Sorbus commixta</i>	11
부계꽃나무	<i>Acer ukurunduense</i>	12
사스래나무	<i>Betula ermanii</i>	13
나래회나무	<i>Euonymus macropterus</i>	14
전나무	<i>Abies holophylla</i>	15
괴불나무	<i>Lonicera maackii</i>	16
귀박쥐나무	<i>Parasenecio auriculatus</i>	17
복장나무	<i>Acer mandshuricum</i>	18
음나무	<i>Kalopanax septemlobus</i>	19
흰인가목	<i>Rosa koreana</i>	20
개시호	<i>Bupleurum longeradiatum</i>	21
층층나무	<i>Cornus controversa</i>	22
꽃황새냉이	<i>Cardamine amaraeformis</i>	23
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i>	24
조릿대	<i>Sasa borealis</i>	25
소나무	<i>Pinus densiflora</i>	26
황벽나무	<i>Phellodendron amurense</i>	27

를 나타내었다.

중간연관에 대한 Chi-square matrix와 성좌표를 각각 분석한 결과, 크게 2개의 유형으로 나뉘어졌다. I 유형과 II 유형의 각 식물종들을 살펴보면, I 유형의 식물 종들은 대부분 식물사회학적으로 분류된 가문비나무군락에서 주로 출현하는 식별종과 표징종인 것을 확인 할 수 있었다.

또한 II 유형의 식물종은 식물사회학적으로 분류된 전나무군락에서 주로 출현하는 식물종으로서, 비교적 습한 곳에

Table 6. 2×2 contingency table for association between two species, A and B

		Species B		
		Present	Absent	
Species A *	Present	a	b	m=a+b
	Absent	c	d	n=c+d
		r=a+c	s=b+d	N=a+b+c+d

* a: The number of SUs where both species occur, b: The number of SUs where species A occurs, but not B, c: The number of SUs where species B occurs, but not A, d: The number of SUs where neither A nor B are found

나타나는 종으로 나뉘어졌다. 이러한 결과는 각 수종들의 생육환경이 비슷한 종들끼리는 정의 상관성이 인정되고, 선호하는 환경이 다른 종들끼리는 부의 상관성을 보이는 것으로 판단된다.

두 수종간의 양의 상관관계가 인정된다는 사실은 우연성을 초월하여 서식처를 공유하며 어울려 생육할 수 있는 가능성을 내포한 것이다. 그러나 이러한 현상은 한 수종의 존재 여부가 상대수종의 출현 여부의 원인이 된다는 것을 의미하지는 않으며, 두 수종이 미세환경 요소들의 복합적인 양상에 비슷한 분포반응을 보인다고 해석할 수 있다(Kim and Geon, 1991; Kim *et al.*, 1996; Kim and Yun, 2009). 수종 구성상태가 대단히 복잡한 군집에서는 이러한 양의 상관관계를 근거로하여 수종의 집단과 미세환경과의 관계를 분석함으로써 그 수종 자체가 하나의 독립된 군중(association)으로 취급될 수 있고, 각 집단의 수종구성상태를 파악함으로써 국부적인 산림의 생태적 천이단계를 추정할 수 있으며(Kim *et al.*, 1996; Kim, 2009), 이러한 상관관계는 수종간 생태적 지위의 동질성과 이질성을 추정할 수 있는 자료라고 할 수 있다(Ludwig and Reynold, 1988).

이상의 결과를 종합해보면 가문비나무는 상층에서 비교적 높은 중요치로 우점하고 있으며, 임분 교란 시 상층 임관이 소개되면서 광요구도가 높은 가문비나무가 상층을 점령했기 때문인 것으로 사료되었으며, 가문비나무의 피난처 조성을 위하여 가문비나무와 정의 상관관계를 갖는 식물종들을 고려하여 생태적 지위를 잃어가고 있는 가문비나무 및 전나무의 효과적인 생태적 접근이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 『가문비나무 현지내 피난처 조성을 위한 후보지 선정 연구』의 지원으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Agnew, A.D.Q.(1961) The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. *J. Ecol.* 49: 83-102.
- Aizawa, M., H. Yoshimaru, T. Saito, T. Katsuki, T. Kawahara, K. Kitamura, F. Shi and M. KAJI(2007) Phylogeography of a northeast Asian Spruce, *Picea jezoensis*, inferred from genetic variation observed in organelle DNA makers. *Molecular Ecology* 16: 3393-3405.
- An, H.C., G.T. Kim, G.C. Choo, T.W. Um, S.B. Park and E.H. Park(2010) A study on the structure of forest community of *Picea jezoensis* Stands at Cheonwangbong area, Jirisan (Mt.). *Jour. Korean For. Soc.* 99(4): 590-596. (in Korean with English abstract)
- Barbour, M.G., J.H. Buck and W.D. Pitts.(1987) *Terrestrial Plant Ecology*, 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc. Menlo Park, pp. 155-229.
- Bazzaz, F.A.(1979) The physiological ecology of plant succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 351-371.
- Becking, R.W.(1957) The Zurich-Montpellier School of phytosociology. *Bot. Rev.* 23: 411-488.
- Braun-Blanquet, J.(1964) *Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation* 3. Auf, Springer-Verlag, Wien, New York, 865pp.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WM. C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa, 194pp.
- Buell, M.F., A.N. Langford., D.W. Davidson and L.F. Ohmann(1966) The upland forest continuum in northern New Jersey. *Ecology* 47(3): 416-432.
- Cho, H.J., K.H. Bea, C.S. Lee and C.H.Lee(2004) Species composition and structure of the evergreen coniferous forest vegetation of the subalpine area. *Jour. Korean For. Soc.* 93(5): 372-379. (in Korean with English abstract)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1957) An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-498.
- Ellenberg, H.(1956) *Grundlagen der Vegetationsgliederung 1. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*, In: Waltel, H. (Hrsg) *Einführung in die Phytologie IV*, Stuttgart, 136pp.
- Greig-Smith, P.(1983) *Quantitative Plant Ecology*, 3rd ed. Blackwell Scientific Pub. Oxford, U.K., 359pp.
- Hill, M.O.(1979) TWINSPAN-a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two Way Table by Classification of Individual and Attributes Ecology and Systematics. Cornell University, Ithaca, New York, 90pp.
- Hong S.C., S.H. Byen and S.S. Kim(1987) *Colored Illustrations of Trees and Shrubs in Korea*. Gyemyengsa, 310pp.
- Httenschwiler, S. and W.K. Smith(1999) Seedling occurrence in alpine treeline conifers: A case study from the central Rocky Mountains, USA. *Acta Oecologica* 20(3): 219-224.
- Jang, I.G., J.S. Kim and K.H. Bea(2008) A study on forest vegetation in Baekcheon valley. *Annals of Tourism Research* 12(2): 27-37. (in Korean with English abstract)
- Jang, W.S.(2008) *Stand Structure and Spatial Distribution of Picea jezoensis* in Mt. Gyebang, Gangwon Province. Master's Thesis, Univ. of Seoul, Korea, 87pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, Y.H(1989) Alpine plants in Korea. *Science* 12: 84-89. (in Korean with English abstract)
- Keisuke, Y. and S. Masato(2010) Site preference and occurrence patterns of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* on decayed

- logs in natural coniferous forests in Hokkaido, northern Japan. *Journal of Forest Research* 15: 108-114.
- Kim, H.J.(2009) Study on the Flora and Forest Vegetation Classification of Mt. Munsu and Mt.Okseok. Master's Thesis, Univ. of Kongju, Korea, 96pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.J. and C.W. Yun(2009) A study on the forest vegetation classification and analysis of interspecific association in Mt. Munsu and Mt. Okseok. *Jour. Korean For. Soc.* 98(4): 397-391. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H. and G.H. Geon(1991) Analysis of inter-species association and covariation in a natural deciduous forest. *Jour. Korean For. Soc.* 80(4): 360-368. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., B.C. Lee and S.M. Lee(1996) The comparative evaluation of plant species diversity in forest ecosystems of Namsan and Kwangneung. *Jour. Korean For. Soc.* 85(4): 605-618. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W. and Y.G. Lee(2006) Classification and Assessment of Plant Communities. World Science, 240pp. (in Korean)
- Kim, S.H., H. Kim, W.C. Kang and S.H. Jeon(1997) Flora of alpine region in Mt. Seolag. *Journal of Korean Biota.* 2: 1-17. (in Korean with English abstract)
- Kimmins, J.P.(1987) *Forest Ecology.* Macumilan Publishing Company, 530pp.
- Ko, S.E., S.H. Han and C.W. Yun(2013) Population structure and dynamics of the *Picea jezoensis* stand in Mt. Gyeongbansan. *Jour. Korean For. Soc.* 102(3): 355-364. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S. and D. Watts(1993) *The Plant Geography of Korea.* Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 19pp.
- Kong, W.S.(1998) The distributional patterns of alpine plants of Mt. Halla, Cheju Island, Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 33(2): 191-208. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S.(1999) The vertical distribution on air temperature and thermal amplitude of alpine plants on Mt. Halla, Cheju Island, Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 34(4): 385-393. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S.(2000) Geoecology on the subalpine vegetation and landscape of Mt. Sorak. *Journal of the Korean Geographical Society* 35(2): 177-187. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S.(2002) Species composition and distribution of Korean alpine plants. *Journal of the Korean Geographical Society* 37(4): 357-370. (in Korean with English abstract)
- Kong, W.S.(2005) Selection of vulnerable indicator plants by global warming. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* 41(2-1): 263-273. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service(2003) Korea Plant Species List. <http://www.nature.go.kr/kpni/>
- Korea Forest Service(2012) <http://www.forest.go.kr/>
- Korea National Arboretum(2009) <http://www.nature.go.kr/>
- Krebs, C.J.(1985) *Ecology*, 3ed. ed. Haber and Row, Publishing Company, pp. 3-14.
- Krestov, P.V. and Nakamura, Y.(2002) Phytosociological study of the *Picea jezoensis* forests of the Far East. *Folia Geobotanica* 37: 441-473.
- Lee, B.C.(1999) Pattern of Distribution of Vegetation and Associated *Picea jezoensis*. Korea Forest Research Institute, pp. 27-29. (in Korean)
- Lee, C.B.(1997) *Endemic Plants and Rare Plants Disappearing.* Woori, pp. 158-162. (in Korean)
- Lee, C.B.(2003) *Coloured Flora of Korea.* Vol. I, II. Hyangmunsa, Seoul, I: 914pp.; II: 910pp. (in Korean)
- Lee, D.K. and J.U. Kim(2007) Vulnerability assessment of sub-alpine vegetations by climate change in Korea. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 10(6): 110-119. (in Korean with English abstract)
- Lee, G.S., O.G. Choi and S.C. Kim(2002) Effects of human trampling disturbance on the vegetation at the subalpine zone near the peak of Mt. Sorak. *J. Ecol. Environ.* 25(5): 321-328. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.T., M.S. Park, H.M. Jun, J.Y. Park and H.S. Cho(2008) The effects of climatic factors on the tree ring growth of *Pinus densiflora*. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 10(4): 177-186. (in Korean with English abstract)
- Loucks, O.(1970) Evolution of diversity, efficiency, and community stability. *Am. Zoologist* 10: 17-25.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) *Statistical Ecology.* John Wiley and Sons, New York, 337pp.
- Masahiko, N., H. Toshihide, S. Tsuyoshi, O. Shigeo and K. Akio (2003) Effect of seed source elevation on bud opening of Yezo spruce (*Picea jezoensis*). *Journal of Forest Research* 8: 267-270.
- McCune, B. and M.J. Mefford(1999) *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.0.* MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, 237pp.
- Ministry of Environment(1999) *Gangneung, Pyeongchang (1-11) In the Natural Environment: Manwolsan, Ironclad Command, Ungye Rods, Hwangbyeongsan, Odaesan, Gyeongbansan, Sogyeongbansan.* Ministry of Environment, 681pp. (in Korean)
- Müller-Dombois and H. Ellenberg(1974) *Aims and Methods of Vegetation Ecology.* Willey, New York, 525pp.
- Nakamura, T.(1988) Forest succession in the subalpine region of Mt. Fuji, Japan. *Vegetatio* 64: 15-27.
- Odum, E.P.(1969) *The strategy of ecosystem development.*

Science 164: 262-270.

Park, M.G.(1942) List of Korean alpine plants. Korea Museum Society Magazine 9(33): 181-188. (in Korean)

Pielou, E.C.(1977) Mathematical Ecology. John Wiley and Sons, New York, 377pp.

Robert T., M.C. Watson and H. Richard(2001) Technical summary-Climate change: Scientific-Technical Analyses. IPCC, 73pp.

Schluter, D.(1984) A variance test for detecting species associations, with some example applications. Ecology 65: 998-1005.

Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The Mathematical Theory of Communication. Urbana, IL: University of Illinois Press.

117pp.

Toyohara, G.(1977) The vegetation and it's mapping of the Hiba mountains, southwestern Honshu, Japan. Ecol. 6: 149-152.

Yang, H.M., S.K. Kang and J.H. Kim(2001) Selection of desirable species and estimation of composition ratio in a natural deciduous forest. Jour. Korean For. Soc. 90: 465-475.

Yun, C.W., H.J. Kim, B.C. Lee, J.H. Lee and J.H. Lim(2001) Characteristic community type classification of forest vegetation in South Korea. Jour. Korean For. Soc. 100(3): 504-521. (in Korean with English abstract)

Zar, J.H.(1974) Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 620pp.