

지리산 천연림의 유형 분류 및 천이지수 추정

임선미 · 김지홍*
강원대학교 산림경영학과

Classification of Forest Types and Estimation of Succession Index in the Natural Forest of Jirisan(Mt.)

Seon-Mi Lim and Ji-Hong Kim*
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

요약: 본 연구는 지리산 일대 천연림에서 점표본법인 사분법에 의해서 수집한 식생자료를 바탕으로 cluster 분석법을 이용하여 산림형을 분류하였다. 연구 대상림은 신갈나무림형, 들메나무-거제수나무림형, 중생혼합림형, 구상나무림형, 서어나무림형, 졸참나무림형, 소나무림형, 굴참나무림형 등 8개의 산림형으로 분류되었다. 분류된 8개의 산림형들의 천이 진행 정도를 비교 평가하기 위하여 각 산림형별로 천이지수를 산출하였다. 연구 결과, 서어나무림형의 천이지수가 219.7로 산출되어 가장 높았고, 미미한 차이의 천이지수 218.3이 산출된 중생혼합림이 그 뒤를 이었으며, 소나무림형의 천이지수가 가장 낮았다. 산림형들의 천이지수와 종다양성지수와의 비례적인 관계는 찾기 어려웠다. 가정적으로, 천이지수가 높은 산림형은 극상림에 보다 가까이 근접한 것으로 사료된다. 그러나 추정된 천이지수는 천이 단계를 가늠하는 절대적인 기준으로 삼을 수는 없지만, 산림형들 간에 천이 계열 상의 위치를 비교 평가할 수 있는 참고자료의 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract: On the basis of vegetation data by point quarter sampling method, the natural forest of Jirisan(Mt.) was classified into eight forest types by cluster analysis. They were *Quercus mogolica* forest type, *Fraxinus mandshurica* - *Betula costata* forest type, Mixed mesophytic forest type, *Abies koreana* forest type, *Carpinus laxiflora* forest type, *Quercus serrata* forest type, *Pinus densiflora* forest type, and *Quercus variabilis* forest type. Then, succession index was estimated for each forest type so as to evaluate succession process comparatively among forest types. The results showed that *Carpinus laxiflora* forest type had highest succession index of 219.7, followed by Mixed mesophytic forest type with little difference of the index of 218.3. *Pinus densiflora* forest type had lowest index. Succession indices were hardly correlated with species diversity indices of forest types. We presumed that the higher value of succession index a forest type had, the closer toward the climax forest. However, the estimated index was not supposed to be absolute level of successional stage, but it could play a role of comparative assessment in the position of the seral stage among forest types.

Key words: forest type classification, forest succession, Jirisan, succession index, species diversity

서론

시간이 흐름에 따른 변화는 자연생태계의 기본적인 속성이며, 장기적인 지질학적 변화부터 순간적인 변화까지 수많은 유형이 있을 것이다. 그 중에서도 생태계의 구조와 기능의 시차적인 발달과 변화를 천이(succession)라고 한다. 천이 과정이 산림 식생에서 이루어지거나 산림 군집에서 일어날 때, 산림천이(forest succession)라고 한다. 산림천이의 요지는 한 시점에서의 산림형이 시간이 지남

에 따라서 점차 다른 산림형으로 변화하여 궁극적으로 주위 환경과 조화를 이룸으로써 변화가 없는 극상림(climax forest)으로 진행되는 것이다. 이러한 산림형 변화의 핵심은 현재의 구성 수종이 다른 수종으로 대체되는 현상이다. 현존 수종이 생육하면서 만들어 놓는 임분 및 입지조건에서 현존 수종보다 다른 침입 수종의 경쟁력이 높을 때, 현존 수종은 그 자리를 사라져야하기 때문이며, 산림 발달 도중에 다른 교란이 발생하여 다시 2차 천이가 시작되면 이 과정을 반복하게 된다(Kim, 1992; Lee et al., 1999; Kim, 2002; Kimmins, 2004; Odum and Barrett, 2005).

현재의 우리나라 천연림들은 인위적 혹은 자연적 교란

*Corresponding author
E-mail: kimjh@kangwon.ac.kr

이 있는 후에 생성된 산림으로써, 교란의 종류와 정도, 발달 기간, 주위 임분 조건, 입지조건 등에 따라서 다른 산림 유형을 나타낼 수 있다(Kim, 2002; Chung, 2015; Kim et al., 2015). 산림 유형의 차이점은 발달 조건의 다양함에도 불구하고 궁극적으로 생육하고 있는 구성 수종의 차이 때문일 것이다. 산림천이 초기 단계의 산림에는 일찍이 이주하며, 번식력이 강하고, 초기 생장은 빠르지만, 내음성이 약한 선구 수종들의 구성 비율이 높을 것이고, 천이 후기로 갈수록 더디지만 꾸준히 이주하며, 생장이 느리나, 내음성이 강한 극상림에 출현하는 수종들의 구성 비율이 높아지는 바, 이러한 식생 침입 순서는 관찰과 연구를 통하여 알려져 있다(Daubermire, 1968; Whittaker, 1975; West et al., 1981; Shugart, 1984; Kim, 1993). 그러므로 어떤 유형의 산림에서 구성 수종들을 면밀히 관찰 분석하여 선구 수종(pioneer species)과 극상 수종(climax species) 등의 분포 정도를 파악하면 산림 유형별로 상대적인 천이의 진척 정도를 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

Kim(1993), Lee(2011), Kim et al.(2012) 등은 우리나라 활엽수종들에 대하여 생태·형태학적 특성을 바탕으로 천이 초기, 중기 또는 후기에 출현할 가능성을 가늠하는 극상지수(climax index)를 추정하여 보고하였다. 극상지수는 다차원적인 천이 계열 단계에 따른 특정 수종의 기존 산림에의 침입 잠재력, 투과 태양광선의 흡수 정도, 광선 차단율 통한 다른 수종과의 생장 공간 경쟁, 토양 수분과 양분에 대한 근계의 경쟁력을 바탕으로 개발되었다. Wells(1976)와 Kim(1993)의 연구에서, 천연림에 분포하는 활엽수의 생태·형태학적 특성은 광선 흡수 요인, 번식 요인, 목재의 이학적 성질에 따라서, 천이 초기에 나타나는 경향이 있는 속성과 천이 후기에 나타나는 경향이 있는 속성으로 구분하고 수종별로 점수를 부여하고 표준화하였다. 특정 산림에 분포하는 수종들의 극상지수를 종합하여 검토하면 산림천이 진행 과정을 객관적으로 추정하는 근간이 될 수 있다.

본 연구는 cluster 분석에 의해서 분류된 지리산 일대 천연림의 산림 유형별로 천이지수(succession index)를 추정하여 산림 유형 간의 천이 진행 정도를 비교 평가하기 위하여 수행되었다. 어떤 특정한 산림을 구성하고 있는 수종들은 현존 천이 계열에 출현할 수 있는 생태·형태학적 특성을 지니고 생육하고 있다는 가정 아래, 이미 발표된 해당 산림 유형의 구성 수종별 극상지수(Kim, 1993; Lee, 2011; Kim et al., 2012)에 수종별로 산출된 상대밀도를 곱하여 표준화하였고, 이 값의 총합계치에 천이 진행 단계와 연관성이 있는 종다양성지수(Odum, 1969)를 곱하여 천이지수로 삼았다(Lim, 2015). 천이지수의 높고 낮음이 천이 계열의 진행 단계와 연관이 있는 것으로 판단하여 산림 유형 간의 천이 진행 정도를 비교 평가하는 것이 본 연

구의 일차적인 목표이다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

본 연구는 우리나라 최초로 지정되었고 가장 넓은 면적의 국립공원이 자리 잡은 지리산에서 수행되었다. 한라산을 제외하고 남한에서 가장 높고 넓은 면적에 걸쳐 있으며, 지형이 험준하고 식생이 다양한 점을 감안하여 연구대상지로 정하였다(Korean National Parks Authority, 2011). 전반적인 식생은 소나무림이 주류를 이루면서 온대남부의 대표 수종인 서어나무, 졸참나무, 신갈나무와 잣나무, 분비나무 등 온대중부 및 아한대성 수종이 혼생하고 있으며, 수직 분포는 아고산대, 낙엽활엽수림대, 상록활엽수림대로 구분된다(The Korean Association for Conservation of Nature, 1993).

험준한 지리산의 지형적인 특성을 고려하고 넓은 연구대상지에서 효율적으로 표본을 추출하고 현존 식생의 정보를 최대한 살리는 점포본법인 사분법(point-quarter sampling method)을 이용하여 산림식생 자료를 수집하였다. 이 식생 조사 방법은 임의의 지점 P를 설정한 후 표본점의 지형적 위치, 고도, 경사도 등을 기록하고, 그 지점에서 4방위각(동, 서, 남, 북)으로 4등분하여, 각 등분 구역에서 상층, 중층, 하층별로 점 P와 가장 가까운 개체를 선정하여 수종을 식별하고, DBH 혹은 수관폭 및 수고 등 필요한 제원을 실측하고, 그 개체로부터 P지점까지의 거리를 측정하는 방식으로 식생 조사를 실시하는 것이다(Brower and Zar, 1977). 조사 대상지의 입지 조건에 따라서 변이가 있지만, 점과 점 사이의 이격거리는 평균 50 m 내외로 가급적 균등하게 설정하였다.

지리산은 넓고 방대한 지역이기 때문에 노고단 일원을 중심으로 한 지리산 서부와 천왕봉을 중심으로 한 지리산 동부로 나누어 식생조사를 실시하였다. 지리산 서부는 칠불사~토끼봉, 뱀사골~화개재, 피아골~임걸령, 심원계곡~돼지령, 성삼재~노고단 등에서 16.4 km를 이동하며 총 300개 표본점을, 지리산 동부는 천왕봉, 제석봉, 칠선계곡을 중심으로 하여 11.5 km를 이동하며 200개의 표본점, 합계 500개의 표본점에서 식생조사를 실시하였다(Figure 1).

식생 자료 수집 과정에서, 표본점 혹은 표본구의 면적이 늘어날수록 출현하는 식물종의 수가 비례해서 증가하며, 연구대상지의 전체 면적의 모든 출현 식물종을 포함할 때까지 증가한다(Williamston et al., 2001). 그러나, 식생 생태학자들은 군집형의 속성 연구에서, 조사되는 식물종과 표본의 크기 관계 곡선을 이용하여 적정 표본 양을 설정해 왔다. 그 곡선에서 표본의 크기에 따라서 출현 식물종이 지수함수적으로 증가하다가 평형을 이루면서 더

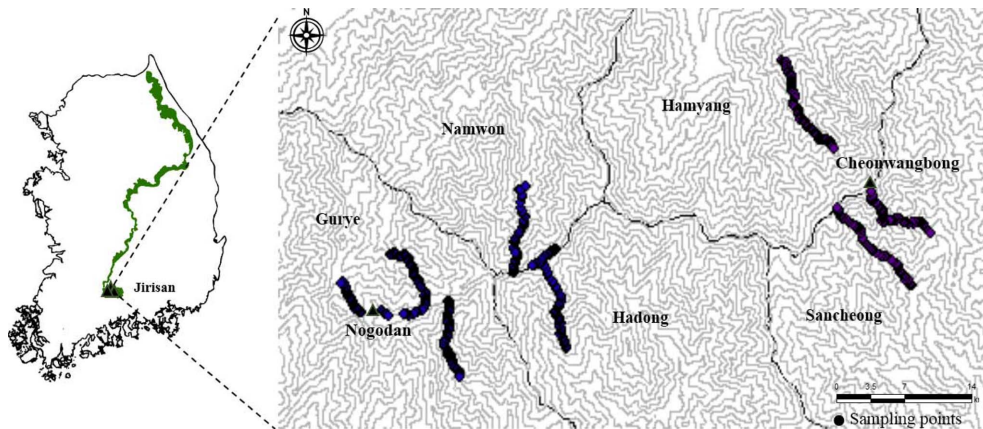


Figure 1. Location of study area and sampling points.

이상 새로운 출현 종이 나타나지 않는 점을 적정 표본 양으로 설정한다(Barbour et al., 1987). 본 연구에서는 378번째 표본점까지 96가지의 목본 식물종을 포함하였고, 그 다음의 표본점부터는 새로운 목본 식물종이 추가되지 않았으므로, 연구대상지의 500개 표본점에서 수집한 식생 자료는 산림형을 분류하고 천이 경향을 검토하는데 요구되는 적정 표본 크기를 충족한다고 판단하였다(Lim, 2015).

2. 자료 분석 및 천이지수 추정

표본점 500개에서 수집한 식생자료를 대상으로 cluster 분석법 중에서도 Euclidean 거리와 워드법(Ward's method)을 이용하여 연구대상지의 산림 유형을 분류하였다(Korea Forest Service, 2014). 이 분석법의 요지는 cluster 내의 구성원들은 가급적 유사하게, 그러나 cluster 간에는 가급적 상이하게 대상 요소들을 묶어 주는 데 있다. 워드법은 최소산연결법으로서 분석 단계에서 cluster 사이의 분산을 최소화 한다는 기초적인 이론을 바탕으로 하였기 때문에 cluster 작성에 따른 정보의 손실을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다(Everitt, 1973; Hartigan, 1975; Orloci, 1967). Cluster 분석은 SPSS Statistics 17.0 프로그램을 이용하였다.

분류된 각 산림유형의 생태적 정보를 획득하기 위하여 Curtis와 Mcintosh(1951)에 의해 고안된 중요치(Importance value, IV) 산출방법을 이용하여 수종 구성을 파악하였다. 중요치는 산림 군집내 식물종의 영향력 또는 우세력을 평가하기 위한 것으로서 객관적으로 산림의 종구성을 파악할 수 있는 방법으로(Brower and Zar, 1977), 이는 상대밀도(Relative Density, RD), 상대피도(Relative Coverage, RC), 상대빈도(Relative Frequency, RF)의 합계를 의미한다.

그리고 분류된 산림 유형별로 종다양성 분석을 위해 Shannon의 종다양성지수를 산출하였다. Shannon의 종다양성지수는 종의 수와 각 종마다 분포하는 개체수를 매개

변수로 산출되며, 불확실성 이론과 밀접한 관계가 있다. 넓은 지역에 걸친 산림군집에서 무작위로 추출된 표본구의 식생자료를 이용하여 종다양성을 산출하는데 적당한 방법이라 평가되고 있다(Brower and Zar, 1977; Ludwig and Reynold, 1988). 또한 이 방법은 식생 구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관적인 척도를 제공하기 때문에 산림의 안정 상태를 파악하는데 매우 효율적인 방법으로 활용되고 있다(Yang et al., 2001). 수종 구성과 종다양성지수 산출 방법은 Brower and Zar(1977)의 문헌을 참고하였다.

일정 상태의 산림천이계열에 출현하는 수종들은 해당 천이계열에 출현할 수 있는 생태형태학적 특징을 갖고 있다는 점(Horn, 1971)에 착안하여, 연구대상지의 산림 유형별로 천이 진척 정도를 정량적으로 비교 평가하기 위하여 천이지수를 추정하였다. 천이지수는 특정 산림 유형을 구성하는 모든 교목 수종의 극상지수(Kim, 2012)에 그 수종의 수량적 우세 정도를 가늠하는 상대밀도를 곱하여 합계를 구한 값에 천이의 진척 정도와 관계가 있다고 알려진 해당 산림 유형의 종다양성지수를 곱하여 산출하였다(Lim, 2015). 극상지수가 제시되지 않은 일부 활엽수종은 같은 속(genus)에 속하는 수종들의 평균값으로 극상지수를 추정하였고, 침엽수종은 Kim(1992)의 연구 결과를 토대로 극상지수를 어림하였다. Lim(2015)이 개발한 천이지수 산출 공식은 다음과 같다.

$$SI_j = \left(\sum_i^j CI_i \cdot \frac{n_i}{N_j} \right) \cdot SD_j$$

SI_j = Succession Index of forest cover type j

CI_i = Climax index of species i

N_j = Total number of trees in forest cover type j

n_i = Number of trees of species i

SD_j = Species diversity Index of forest cover type j

결과 및 고찰

1. 산림 유형 분류 및 분포

연구대상지에서 복잡 다양하게 발달한 천연림을 유사한 구조를 가진 그룹으로 묶어주기 위한 시도로서 cluster 분석을 실시하여 산림 유형을 분류하였다. 45가지의 교목 수종이 상층에 분포한 500개의 표본점 중에서, 상대 밀도가 1% 미만인 수종들로만 구성된 표본점 3개는 이상치(outlier)로 간주하여 제외하고 497개의 표본점을 대상으로 워드법을 이용하여 cluster 분석을 실시하였다 (Figure 2). 출현 수종의 종류와 구성 비율을 매개변수로 분석 절차가 이루어지는 과정에서 cluster가 나누어질수록 대상 산림은 보다 자세하게 묘사되었다. 그러나 Figure 2에서 나타나듯이, SPSS 프로그램의 계산 절차에서 묶이는 순서에 따라서 497개의 표본점이 A부터 G까지 8개의 cluster로 분류되었을 때 가장 적합한 것으로 판단되었다(Lim, 2015).

분류된 8개의 산림 유형별로 중요 수종의 중요치를 Figure 3에 나타내었으며, 우점 수종의 구성 비율에 따라서 Lee et al.(2014) 등이 제시한 방법을 참조하여 군집형의 이름을 부여하였다. 7개의 산림형은 뚜렷한 우점 수종을 반영하여 대표성을 띠게끔 명명되었으나, 특출하게 우점도가 높은 수종이 없고 여러 가지 수종들이 비슷한 우점도를 가지고 다양하게 분포되어 있는 산림은 중생혼합림으로 명명하였다. 이 산림형은 우리나라의 식생과 유사한 활엽수림을 가진 북미대륙과 유럽에서 분류된 the mixed mesophytic forest type의 개념을 도입하였다(Braun, 1950; Vankat, 1979; Barbour and Billings, 1988; European Environment Agency, 2006). 분류된 8개 산림형들의 명칭은 다음과 같다. A; 신갈나무림형(*Quercus mogolica* forest type), B; 들메나무-거제수나무림형(*Fraxinus mandshurica* - *Betula costata* forest type), C; 중생혼합림형(Mixed mesophytic forest type), D; 구상나무림형(*Abies koreana* forest type), E; 서어나무림형(*Carpinus laxiflora* forest type), F; 졸참나무림형(*Quercus serrata* forest type), G; 소나무림형(*Pinus densiflora* forest type), H; 굴참나무림형(*Quercus variabilis* forest type).

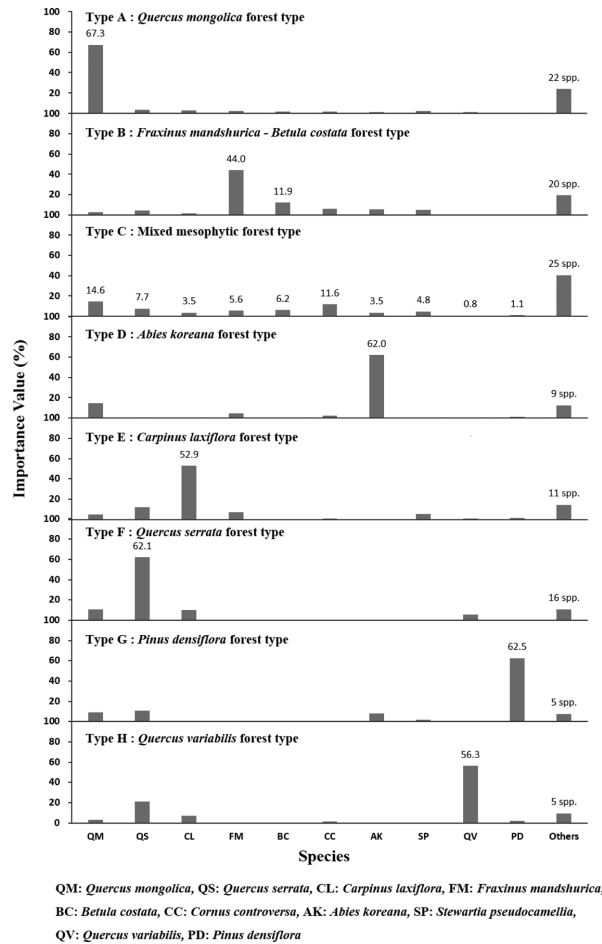


Figure 3. Species composition of overstory in each forest type.

laxiflora forest type), F; 졸참나무림형(*Quercus serrata* forest type), G; 소나무림형(*Pinus densiflora* forest type), H; 굴참나무림형(*Quercus variabilis* forest type).

산림 유형 명명의 근거가 되었던 수종구성은 산림형에 따라서 많은 차이를 보였으며, 군집 구조의 개략적인 속성을 파악할 수 있었다. 상층에는 대체로 한 가지 혹은 두 가지 수종이 해당 산림형에서 우점하는 것으로 나타났지

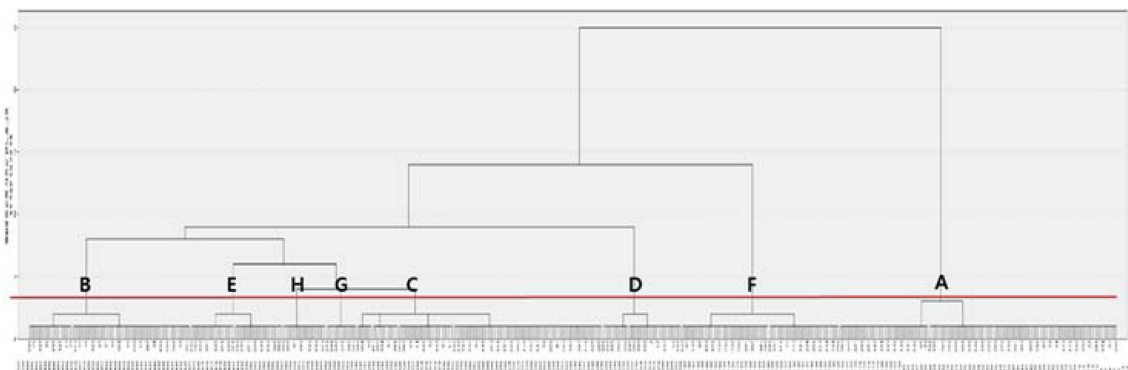


Figure 2. The dendrogram yielded by minimum variance method (Ward's method) in the study area.

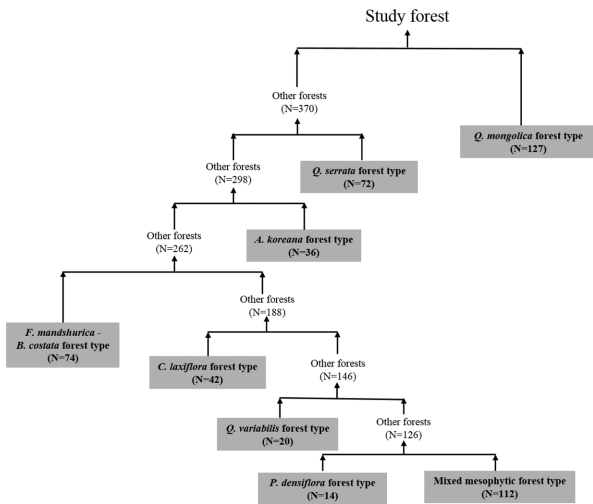


Figure 4. Classifying procedure of forest types in the natural forest of Jirisan.

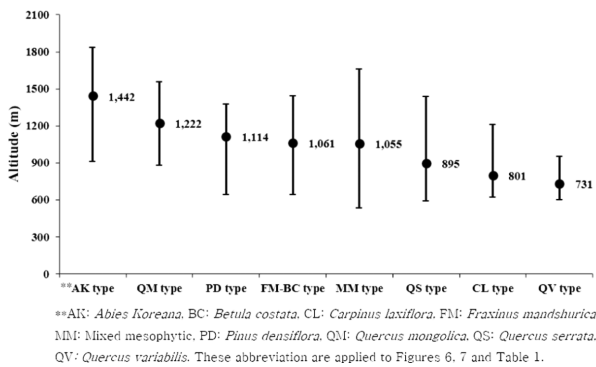


Figure 5. Altitude distribution in each forest type.

만, 중생혼합림형의 경우에는 신갈나무의 중요치가 14.6%로서 가장 높았으나, 다른 수종들의 구성 비율도 비교적 높았고, 분류된 산림형 중에서 가장 많은 35가지의 수종이 출현하였다. 소나무림형에서는 소나무의 우점도가 월등히 높으면서 가장 적은 9가지의 다른 수종만이 출현하였다(Figure 3).

Cluster 분석으로 분류되는 산림형들은 Figure 4와 같이 구분되는 절차로서 8개로 나누어졌으며, 각 산림형별로 표본점의 수를 표시하여 분포 범위를 가늠하였다. 가장 많은 표본점(127개)이 묶인 신갈나무림형은 나머지 이외의 산림과 제일 먼저 분리되었으며, 이어서 졸참나무림형, 구상나무림형, 들메나무-거제수나무림형, 서어나무림형, 굴참나무림형으로 나누어졌으며, 가장 적은 표본점(14개)을 가진 소나무림형이 두 번째로 많은 112개의 표본점을 갖고 넓게 분포한 중생혼합림과 마지막으로 분리되었다.

고도에 따른 산림형의 분포와 지형적 위치(능선, 산복, 계곡)에 따른 산림형의 분포를 Figure 5와 Figure 6에 각각 도시하였다. 구상나무림형이 비교적 높은 고도에 분포하는 경향이 있었고, 굴참나무림형이 낮은 지역에 분포하

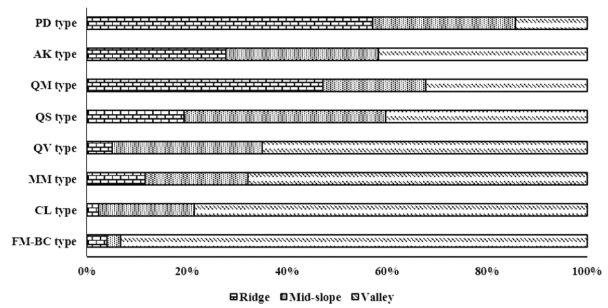


Figure 6. Topographic position in each forest type.

였다. 중생혼합림형은 고도 약 600 m의 높이에서 약 1,800 m까지 가장 폭넓게 분포하였다. 구상나무와 신갈나무와 같이 분류된 산림형의 우점 수종들이 높은 고도에서 경쟁력을 발휘하는 특성이 반영되기는 하였지만, 팔목할 만한 경향은 찾을 수 없었다(Figure 5).

소나무림형과 신갈나무림형은 능선 부위와 산복 윗부분의 비교적 토양 수분조건이 좋지 않은 지역에 주로 분포하는 것으로 파악되었는데, 이것은 건조하고 척박한 토양에서도 잘 견디면서 경쟁력을 발휘하여 우점도를 높이는 소나무와 신갈나무의 특성을 반영하는 결과이다. 반면에, 들메나무-거제수나무림형, 서어나무림형, 중생혼합림형 등은 계곡과 산복 하단부의 토양 수분 조건이 양호한 습윤 지역에 주로 분포하였다(Figure 6).

2. 천이지수의 추정 및 천이 진행 평가

수종 구성을 바탕으로 분류된 8개의 산림형들은 군집 구조적 차이 뿐 만 아니라 생태계 기능적 차이가 감지되었으며, 구성 수종의 차이는 천이 진행 정도의 차이와 연결된다고 판단하였다. 분류된 8개의 산림형에 대하여 천이 진행 정도를 객관적으로 비교 평가하기 위하여, 구성 수종의 극상지수(Kim et al., 2012)와 상대밀도 및 해당 산림형의 종다양성지수를 바탕으로 Lim(2015)이 개발한 천이지수를 산출하여 Figure 7에 나타내었다. Shannon의 종다양성지수가 그러하듯이 천이지수는 절대적인 최고치가 존재하지 않으며, 산림형 사이의 상대적인 비교를 위한 지수치의 역할을 할 뿐이다.

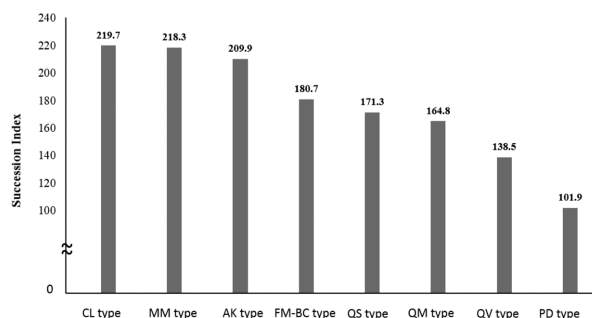


Figure 7. The estimation of succession index for Jirisan.

서어나무림형의 천이지수가 219.7로 산출되어 가장 높았고, 미미한 차이의 218.3이 산출된 증생혼합림이 그 뒤를 이었으며, 그 다음으로 구상나무림형, 들메나무-거제수나무림형, 졸참나무림형, 신갈나무림형, 굴참나무림형의 순서였으며, 소나무림형의 천이지수가 101.9로 가장 낮은 값을 보였다. Kim(1993), Lee(2011), Kim et al.(2012)이 제안한 바와 같이, 극상림을 구성하는 수종의 전형적인 특성이 존재한다는 가정을 전제로 한다면, 천이지수가 높은 산림형은 상대적으로 극상림에 보다 가까이 다가가 있다고 사료되지만, 천이 진행 정도와 속도 등을 파악하기는 어렵다.

Odum(1969)은 종다양성이 산림군집의 구조 및 기능상의 복잡성과 안정성, 그리고 천이 진행과 산림 발달 과정상의 성숙도와 비례하는 경향이 있다는 논리를 피력하였다. 이와 관련하여, 분류된 산림형의 천이지수와 종다양성지수와의 연관관계를 파악하기 위하여 산림형별로 상층교목 수종과 상중하층 모든 출현 수종에 대한 Shannon의 종다양성지수를 산출하여 Table 1에 나타내었다.

천이지수가 가장 높은 서어나무림형은 출현 종수가 적고 균재도가 낮기 때문에 다양성지수가 낮게 산출되었다. 반면에, 증생혼합림형은 출현 종 수도 많고 균재도가 높아 가장 높은 종다양성을 나타내었다. 들메나무-거제수나무림형과 신갈나무림형의 경우, 나타나는 종 수는 비슷하나 전자의 균재도가 높아서 후자보다 높은 종다양성을 나타내었다. 신갈나무림형, 굴참나무림형, 구상나무림형에서는 우점 수종 단독으로 높은 구성 비율을 나타냄으로써 종다양성지수가 낮게 산출되었다. 졸참나무림형에서는 출현 종 수는 적으나 우점종인 졸참나무와 동반하는 신갈나무와 서어나무의 구성 비율이 비교적 높음으로서 균재도가 높아서 종다양성 지수가 높게 산출되었다. 유일하게 소나무림형은 천이지수가 가장 낮고 종다양성지수도 가장 낮았다. 이상과 같이 본 연구에서는 천이지수로 대표되는

천이 진행 정도와 종다양성과의 연관관계는 찾아보기가 어려웠다. 산림군집에서 종다양성의 높낮이와 천이 진행 정도를 직설적으로 연관 짓는 것은 무리가 있을 것이다(Table 1).

서어나무림형에서는 서어나무의 높은 극상지수와 상대 밀도가 천이지수 값을 올리는 결과를 가져왔다. 천이지수가 높은 서어나무림형은 천이가 상당히 진행되었다고 사료된다. 서어나무가 우점하는 이유는 생육에 적합한 입지 조건에서 다른 수종보다 경쟁 우위에 있을 만한 생장과 번식 조건이 있기 때문이다(Oliver and Larson, 1996). 이렇듯 어떤 수종이 기존 숲에서 고도의 경쟁력을 갖고 세대를 거듭하여 세력을 확장 유지할 경우에, 그 수종의 구성 비율이 높은 숲은 극상에 근접한다고 사료된다. 그러나 참나무류가 단독으로 우점하는 산림형에서는 현재 상층 우점 수종이 세대를 거듭하여 지속적인 우점도를 유지할 능력이 미약하고 중하층에 여러 가지 다른 교목 수종들의 밀도가 높기 때문에(Kim, 1992; Suh and Lee, 1998), 점진적으로 증생혼합림으로 나아갈 가능성이 높다고 판단된다.

증생혼합림형은 비록 천이지수는 서어나무림형보다 약간 낮지만, 숲틈천이(gap phase succession)에 의한 순환적 천이의 결과 극상지수가 다소 떨어지는 다수의 교목 수종들이 어우러져 출현하는 복잡 다양한 산림 군집 구조를 연출하였다. 이 산림형에서 신갈나무 상층목의 중요치는 14.6%를 기록하여 가장 높았지만, 중층과 하층의 구성비율은 현저히 감소하였다. 이 현상은 현재의 신갈나무 구성비는 세대가 지남에 따라서 급격히 낮아지고 그 자리는 층층나무, 서어나무, 들메나무, 노각나무 등의 활엽수가 차지할 것으로 예상된다. 이러한 현상을 종합적으로 판단하여, 저자들은 우리나라와 같이 지형이 복잡 험준한 산림에서 계곡 인접 산기슭부터 산복 중턱 이상까지의 경사면에서는 증생혼합림형이 극상에 가장 근접하는 산림으로 추정한다.

Table 1. Indices of species diversity of each forest type.

Forest type*	R		H'		J'	
	O-story ¹	O-all ²	O-story	O-all	O-story	O-all
CL type	19	53	1.689	2.908	0.574	0.732
MM type	35	75	3.059	3.667	0.860	0.849
AK type	18	40	1.301	2.615	0.450	0.709
FM-BC type	28	68	2.029	3.308	0.609	0.784
QS type	21	59	1.340	3.014	0.440	0.739
QM type	32	66	1.377	2.932	0.397	0.700
QV type	11	36	1.360	2.757	0.567	0.769
PD type	9	27	1.287	2.655	0.589	0.805

*Forest type in the descending order of succession index
R: Number of species appeared in each forest type (species richness),
H': Species diversity, J': Species evenness, 1: Overstory, 2: Overall (overstory, mid-story, and understory)

References

- Barbour, M.G. and Billings, W.D. 1988. North American Terrestrial Vegetation. Cambridge University Press. pp. 434.
- Barbour, M.G., Burk, J.H., and Pitts, W.D. 1987. Terrestrial Plant Ecology. pp. 159-167.
- Braun, E.L. 1950. Deciduous Forest of Eastern North America. Blakiston, Philadelphia. pp. 596.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown company publishers. Iowa, USA. pp. 194.
- Chung, S.H. 2015. The Classification of Forest Cover Types in Natural Forests of the Baekdudaegan, South Korea. Ph.D Dissertation, Department of Forest Management, Kangwon National University.

- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecological Society of America* 32(3): 476-498.
- Daubermire, R. 1968. *Plant Communities*. Harper & Row. New York. pp. 300.
- European Environment Agency. 2006. *European Forest Types; Categories and types for sustainable forest management reporting and policy*. EEA Technical Report No 9/2006. pp. 111.
- Everitt, B. 1973. *Cluster analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Hartigan, J.A. 1975. *Clustering algorithms*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Horn H.S. 1971. *The Adaptive Geometry of Trees*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, pp. 144.
- Kim, J.H. 1992. Analysis of successional trend by transition matrix model in the mixed broadleaved-Abies forest of Mt. Odae. *The Journal of Korean Forest Society* 82(4): 325-336.
- Kim, J.H. 1993. The Estimation of Climax Index for Broadleaved Tree Species by Analysis of Ecomorphological Properties. *The Journal of Forest Science* 82(2): 176-187.
- Kim, J.H. 2002. Community Ecological View of the Natural Deciduous Forest in Korea. pp. 93-104. In: D.W. Lee (ed), *Ecology of Korea*. Bumwoo Publ. Co., Seoul, Korea.
- Kim, J.H., Chung, S.H., and Lee, J.M. 2012. The Development of Climax Index by Analysis of Eco-morphological Characters for Major Deciduous Tree Species. *The Journal of Forest Science* 28(4): 199-204.
- Kim, J.H., Jin, G., and Chung, S.H. 2015. Stand development patterns of forest cover types in the natural forests of northern Baekdudaegan in South Korea, *Journal of Forest Research*, DOI 10.1007/s11676-015-0044-x (Published online).
- Kimmins, J.P. 2004. *Forest ecology: A foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. 3rd edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey. pp. 611.
- Korea Forest Service. 2014. *The Final Report, The Baekdudaegan Mountains Forest Biodiversity R&D Center*, Kangwon National University. pp. 1147.
- Korean National Parks Authority. 2011. *The Research of natural resources for Jirisan Korea National Park*. Korea. pp. 146.
- Lee, H.S. 2011. *The Estimation of Climax Index for Deciduous Tree Species by Ecomorphological Factors* (in Korean). MS Thesis. Department of Forest Management, Graduate School, Kangwon National University, pp. 66.
- Lee, J.M., Hwang, K.M., and Kim, J.H. 2014. The Classification of Forest by Cluster analysis in the Natural Forest of the Southern Region of Baekdudaegan Mountains. *The Journal of Korean Forestry Society* 103(1): 12-22.
- Lee, K.J., Han, S.S., Kim, J.H., and Kim, Y.S. 1999. *Forest Ecology*. Hyangmoonsa, Korea. pp. 395.
- Lim, S.M. 2015. *The Estimation of Succession Index for Forest Cover Types in the Natural Forest of Jirisan*. Thesis, Mater of Agriculture. Department of Forest Management, Kangwon National University. pp. 65.
- Ludwig, J.A., and Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. pp. 125-144.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Odum, E.P. and Barrett, G.W. 2005. *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Thomson Inc. pp. 598.
- Oliver, C.D. and B.C. Larson, 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 520.
- Orloci, L. 1967. An agglomerative methods for classification of plant communities. *Journal of Ecology* 55: 193-206.
- Shugart, H.H. 1984. *A Theory of Forest Dynamics. The ecological Implication of Forest Succession Models*. Springer-Verlag. New York. pp. 278.
- Suh, M.H. and Lee, D.K. 1998. Stand structure and regeneration of *Quercus mongolica* forest in Korea. *Forest Ecology and Management* 106: 27-34.
- The Korean Association for Conservation of Nature. 1993. *A Report on the Scientific Survey of the northern Part of Mt. Chiri (1992)*. The Report of the KACN, No. 31. pp. 240.
- Vankat J.L. 1979. *The Natural Vegetation of North America*. John Wiley & Sons. New York. pp. 261.
- Wells P.V. 1976. A climax index for broadleaf forest; an N-dimensional ecomorphological models of succession. *Central Hardwood Conference Proceeding*, pp. 131-176.
- West, D.C., Shugart, H.H., and Botkin, D.B. (ed.). 1981. *Forest Succession; Concept and Application*. Springer-Verlag. New York. pp. 517.
- Whittaker, R.H. 1975. *Communities and Ecosystem*. 2nd ed. Macmillan. New York. pp. 385.
- Willianson, M., K.H. Gaston, and W.M. Lonsdale. 2001. The species-area relationship does not have an asymptote!. *Journal of Biogeography* 28: 827-830.
- Yang, H.M., Kang, S.K., and Kim, J.H. 2001. Selection of desirable species and estimation of composition ratio in a natural deciduous forest. *The Journal of Korean Forestry Society* 90: 465-475.