자연림 군집형 분류에 의한 교란의 정도와 임분 발달 사이의 관련성 검토

김지홍* · 황광모 · 김세미
강원대학교 산림환경과학대학 산림경영학과

The Evaluation of Correlation between Disturbance Intensity and Stand Development by Natural Forest Community Type Classification

Ji Hong Kim*, Kwang Mo Hwang and Se Mi Kim

Department of Forest Management, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

Abstract

The correlation between disturbance intensity and stand development was evaluated on the basis of natural forest community type classification in areas of Baekhaksan (more disturbed area) and Hwangaksan (less disturbed area). The vegetation data were collected by point-centered quarter sampling method, and they were subjected to cluster analysis for classifying community types and to analysis of species composition and species diversity for reviewing ecological characteristics. By the method of cluster analysis, natural forests of Baekhaksan were classified into *Quercus* forest community, *Pinus densiflora* community, *Q. variabilis* community, and *Q. mongolica* community. Those of Hwangaksan were divided into *P. densiflora* community, *Q. mongolica* community, *Q.* forest community, and Mixed mesophytic community. It is presumed that more developed and less disturbed forest area shows multiple species community pattern and more diversified structure than less developed and more disturbed forest area. In Korean peninsula, the abundance of red pine may play an important indicator to estimate the developmental pattern of the forest after artificial disturbance. The overall evaluation indicated that less disturbed Hwangaksan area had more developed stand pattern with mixed mesophytic community, more complicated species composition, and higher species diversity than Baekhaksan area.

Key Words: point sampling, cluster analysis, species composition, species diversity, secondary succession

서 론

외형상 주를 이루는 수목들과 다른 식물, 동물, 미생물들이 어우러진 산림군집은 생태계 내부 외부의 조건들로부터 영향을 받고 또한 그 조건들에 영향을 준다. 영

향을 받는 작용 중에서 정도가 매우 심한 경우 중의 하나가 교란이다. 교란은 전부 혹은 일부의 산림 식생을 제거하고 원래 자라던 식물이 아닌 다른 식물이 자랄 수 있는 성장 공간을 제공하기 때문에, 교란이 임분 발달에 미치는 효과는 대단히 크다. 산림천이 과정을 거치는 동안,

Received: March 19, 2013. Revised: July 2, 2013. Accepted: July 8, 2013.

Corresponding author: Ji Hong Kim

Department of Forest Management, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea
Tel: 82-33-250-8333, Fax: 82-33-243-4484, E-mail: kimjh@kangwon.ac.kr

생장 공간을 처음 차지했던 개체목이나 수종들은 스스로 그 입지에서 굳히는 기득권을 갖고 있으면서 다른 식물들이 뚫고 들어오는 것을 저지하려 한다. 그러나 교란은 이러한 원래의 수종 구성을 가장 효율적으로 변화시킨다. 그것은 자연적이며 인위적인 큰 교란이 거의 모든 산림에서 일어날 수 있고, 수종의 잠재 수명은 대체로 큰 교란의 발생 간격보다 길기 때문이다(Oliver and Larson 1996).

산림이 사람이나 자연의 교란에 의해 훼손되는 것은 쉽고 빠르게 이루어진다. 교란은 산림의 생물체들을 파괴하고 입지를 변형시키는 등, 생태계의 구조와 기능에 심각한 영향을 끼친다. 산림이 훼손되는 유형은 여러 가지가 있다. 사람에 의한 산림의 벌채와 산지 전용, 산불에 의한 산림의 소실, 강한 비바람 등의 기상적 요인에 의한 산림의 파괴, 병 · 해충 · 야생동물 · 가축 등에 의한 생물적 피해, 화산이나 지진과 같은 대규모의 지질학적 작용으로 인한 산림의 파멸 등이 있다. 이렇듯 다양한 산림의 훼손은 발생 빈도, 공간 규모, 훼손 강도가 서로 다르기 때문에 일률적으로 다루기 어렵다(Lee et al. 2010).

교란이 있는 후, 2차 산림천이 과정을 거치면서 순차적인 산림 구성과 총생체량의 변화를 겪으면서 일어나는 산림 발달은 여러 단계를 거치게 되는데, 수종 구성에 점진적인 변화가 오고 구성 수종이 달라지면서 생태계 속성의 변화를 유발시키며, 다시 변화된 환경에 적응하는 수종이 이주 정착하는 연쇄적인 절차가 이루어진다. 산림을 구성하는 수종 중에서도 사시나무류, 자작나무류, 소나무 등과 같이 천이 초기의 수종들은 비교적 많은 양의 광선을 필요로 하며, 광선을 효율적으로 흡수하여 수목생리학적 중심기능인 광합성 작용을 생장에 연결시켜 위로 솟구치는 상장생장에 주력하고 가지 갈라짐이 적으며 다른 수목에 의해서 피압되는 것을 피하기 위해 빠른 유년기 생장 책략을 가진다. 또한 이러한 선구수종들은 매년 많은 양의 가벼운 종자를 생산하여 멀리 산포하며 가용 광선이 많은 공한지나 산림의 가장자리에서 쉽게 정착할 수 있는 번식책략을 가진다. 반면에 서어나무, 까치박달나무, 고로쇠나무 등과 같은 극상 수종들은 앞에서 열거한 속성과는 반대 현상을 보이는데, 빠른 생장 보다는 강한 내음성과 긴 수명을 바탕으로 생존과 개체 유지에 주력하는 경향이 강하다(Kim 1993; Lee 2011).

교란이 만들어 놓은 생장 공간에 정착한 선구 수목들이 생장하여 동령림적인 성격을 띠면서 거의 단층의 수직적 구조를 나타낸다. 그 이후 하층에 침입하는 비교적

내음성이 강한 수종들의 정착에 의하여 군집의 수직적 구조는 다층으로 변하고 종다양성은 증가한다(Kim 2002). 산림이 더욱 발달하여 노령목이 고사하거나 교란에 의하여 임목이 쓰러진 숲틈에는 주변과 다른 광선, 온도, 습도 등의 환경 요인이 형성되고, 이로 인하여 기존의 중층목과 하층목 또는 새로운 임목들이 변화된 숲틈의 환경조건을 이용하여 이주 정착하게 되면 산림의 수직적 구조와 종다양성은 더욱 다양하고 복잡해진다(Lee et al. 1996).

이렇듯 여러 유형의 교란, 특히 사람에 의해서 불규칙적이지만 끊임없이 수행되어 온 임목제거, 산불, 산지전용 등의 교란이 있었던 산림에서는 수종 구성과 군집구조적 양상이 단조롭다. 반면에 앞에서 언급한 유형과 같은 교란을 덜 받은 산림은 군집구조적 양상이 복잡하고 종다양성이 높은 경향이 있는 등 상대적으로 많은 차이를 보인다. 그러므로 본 연구에서는 인위적인 교란의 정도가 심한 산림과 약한 산림의 구조적 특성과 산림 발달 과정을 파악하여 효율적인 산림경영관리의 정보와 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

연구 대상지

본 연구는 행정구역상 경상북도 상주시 공성면 효곡리에 위치해 있는 백학산과 경상북도 김천시 대항면 운수리에 위치해 있는 황악산을 대상으로 실시하였다. 두 지역은 산림청이 지정한 백두대간 보호구역 안에 있으면서 직선거리 약 27 km 떨어져 있어서 비교적 인접해 있는 산지이다. 두 지역에 대한 대략적인 지형과 산림의 교란 혹은 산지 이용에 관련된 자료를 위성사진과 GIS를 사용하여 획득한 사항을 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보듯이 백학산은 황악산보다 상대적으로 해발고

Table 1. Comparison of topography and land use pattern in study area

	Baekhaksan	Hwangaksan
Altitude	396-615 m	359-1,111 m
Slope gradient	21°	31°
Length of Forest roads	7.2 km	3.2 km
Number of graves	91	28
Length of forest margins	14.1 km	3.7 km
Remark	Adjoining villages	Including temple (Jikjisa)

도가 낮고 평균경사는 완만하지만, 임도망이 잘 되어 있고, 묘지 수가 많으며, 농지와 산림이 맞닿은 임연부의 길이가 길다. 또한 주위에 여러 마을들이 인접해 있어서 주민들이 산림을 이용하는 과정에서 교란의 정도가 잠재적으로 심한 지역으로 간주하였다.

식생 자료 수집과 분석

비교적 광범위한 두 연구대상지에 대하여 시간과 노력의 소모를 줄이면서 생태 정보와 정확성을 잃지 않는 점표본법(Point-centered quarter sampling method)을 이용하여 식생 자료를 수집하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이, 점표본법은 임의의 지점 P를 설정한 후 그 지점에서 동서남북 90°로 4등분하여, 각 사면에서 점 P와 가장 가까운 개체를 선정하고 그 개체로부터 P지점까지의 거리를 측정하는 방식으로 실시된다(Brower and Zar 1977). 임의의 점 P를 설정할 때, 조사자의 주관을 최대한 배제하기 위해 표본점 사이는 50 m 내외의 일정한 이격거리를 유지하였으며 능선, 계곡, 산복 등의 지형적 위치가 모두 포함되도록 하였고, 조림지나 숲틈(gap)과 같은 지역은 배제하였다. 임의로 분할한 각 사면에서 임분의 수직층위를 상층·중층·하층으로 나누어 각 층위마다 점 P와 가장 가까운 개체를 선정하여 수종을 식별하고, 흉고직경과 수고, P점까지의 거리 등을 실측하였으며 수종식별과 명명은 국가표준식물목록(Korea Forest Service 2010)을 참조하였다. 표본점의 수는 백학산과 황악산 공통적으로 150개씩 설정하였다.

수집된 식생자료를 바탕으로 각 지역별로 임분 발달

Fig. 1. Diagram of point-centered quarter sampling method.

유형을 구분할 목적으로 cluster분석을 사용하여 산림군집을 분류하였다. 본 연구에서는 생태학자들이 폭넓게 사용하고 있는 최소분산연결법(Minimum Variance Method)을 이용하였다(Lee 2013). 이 방법은 보통 워드법(Ward's Method)이라고도 하며, 각각의 군집 분석 단계에서 군집 사이의 분산을 최소화 한다는 기초적인 이론을 바탕으로(Orloci 1967; Everitt 1973; Hartigan 1975)으로 하였기 때문에 군집분류에 따른 정보의 손실을 최소화할 수 있다.

분류된 각 군집들의 수종 구성을 파악하기 위해 Curtis and McIntosh (1951)에 의해 고안된 중요치(Importance value, IV) 산출방법을 이용하였다. 그리고 각 군집들의 종다양성 분석을 위해 Shannon and Weaver (1949)의 종다양성지수를 이용하였다. 종다양성지수는 구성 수종의 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). 분류된 각 군집들의 수종구성을 바탕으로 유사한 수종구성을 나타내는 군집들을 몇 가지 군집유형으로 집약하고 천이경향을 추정하였다. 일반 통계처리는 Microsoft Excel 2007 (Microsoft Inc 2007)을 이용하였고, Cluster분석은 SPSS Statistics 17.0 (SPSS, INC)을 이용하였다.

결 과

군집 분류와 수종 구성

백학산 지역에서 150개의 표본점에서 조사된 식생 자료 중에서, 상층을 점유하고 있는 수종의 개체수를 바탕으로 cluster 분석을 실시한 결과, 유사한 식생 구조를 갖는 표본점들이 모여서 4개의 대표적인 군집으로 분류되었다(Fig. 2). 총 150개의 표본점 중에서 군집 A는 49개, 군집 B는 50개, 군집 C는 28개, 군집 D는 23개로 구분되었다.

황악산 지역에서도 마찬가지로 150개의 표본점에서 조사된 식생 자료 중에서, 상층을 점유하고 있는 수종의 개체수를 바탕으로 cluster 분석을 실시한 결과, 유사한 식생 구조를 갖는 표본점들이 모여서 4개의 대표적인 군집으로 분류되었다(Fig. 3). 총 150개의 표본점 중에서 군집 A는 11개, 군집 B는 81개, 군집 C는 34개, 군집 D는 24개로 구분되었다.

분류된 군집별로 수종 구성을 파악하고 명칭을 부여하였다. 군집 명칭을 부여하는 기준은 어떤 한 수종의 우점률이 75% 이상이면 한 수종의 순림 군집으로, 한 수종

Fig. 2. Forest communities classified by cluster analysis in Baekhaksan area.

Fig. 3. Forest communities classified by cluster analysis in Hwangaksan area.

Fig. 4. Importance values of major tree species in forest communities of Baekhaksan area.

의 우점률이 50% 이상 75% 미만이면 한 수종의 우점림 군집으로, 2-3개 수종의 우점률의 합이 25% 이상 75% 미만이면 2-3개 수종의 우점림 군집으로, 어느 한 수종도 우점률이 25%가 넘지 않으면 중생혼합림(Braun 1950; Vankat 1979; Barbour and Billings 1988)으로 명명하였다

(Lee 2013).

두 연구대상지역에서 각 군집별로 중요치로 대표되는 수종 구성을 파악하고, 그것을 바탕으로 군집 명칭을 부여하여 백학산은 Fig. 4에, 황학산은 Fig. 5에 각각 나타내었다. 상층 수종 구성 비율을 바탕으로 산림군집을

Fig. 5. Importance values of major tree species in forest communities of Hwangaksan area.

Table 2. Species diversity index of forest communities in Baekhaksan area

	Diversity Index	Richness	Evenness
<i>Quercus</i> forest community	2.855	40	0.774
<i>Pinus densiflora</i> community	2.358	29	0.851
<i>Q. variabilis</i> community	2.335	28	0.842
<i>Q. mongolica</i> community	1.841	25	0.572

Table 3. Species diversity index of forest communities in Hwangaksan area

	Diversity Index	Richness	Evenness
<i>Pinus densiflora</i> community	2.306	20	0.770
<i>Q. mongolica</i> community	2.327	42	0.623
<i>Quercus</i> forest community	3.036	44	0.802
Mixed mesophytic community	3.069	38	0.844

분류하고 명칭을 부여한 결과, 백학산에서는 참나무류 군집, 소나무군집, 굴참나무군집, 신갈나무군집으로 나뉘어졌고, 황악산에서는 소나무군집, 신갈나무군집, 참나무류군집, 중생혼합림으로 구분되었다. 연구대상 지역의 산림은 우리나라에 분포하는 수종 중에서 소나무와 참나무류가 우점하는 현상을 직접적으로 반영하는 결과를 나타내었다(Forestry Research Institute 1996; Korea Forest Research Institute 2012).

종다양성

백학산과 황악산의 각 군집별로 상층, 중층, 하층에 출현하는 목본식물을 대상으로 Shannon and Weaver

(1949)가 제안한 종다양성지수를 산출하여 백학산 지역은 Table 2에, 황악산 지역은 Table 3에 각각 나타내었다. 전반적으로 황악산 지역의 군집들이 백학산 지역의 군집보다 종다양성이 높은 것으로 판단되었다.

백학산에서는 40가지 수종이 출현하여 2.855의 종다양성지수를 나타낸 참나무류군집의 종다양도가 가장 높았고, 다음으로 소나무군집, 굴참나무군집, 신갈나무군집 순으로 종다양성이 높게 나타났다. 신갈나무군집에서는 25종의 수종으로 1.841의 지수가 산출되어 종다양도가 가장 낮았다. 황악산에서는 38가지 수종이 출현하여 3.069의 종다양성지수를 나타낸 중생혼합림의 종다양도가 가장 높았고, 다음으로 참나무류군집, 신갈나무

군집, 소나무군집 순으로 종다양성이 높게 나타났다. 소나무군집에서는 20종의 수종으로 2.306의 지수가 산출되어 종다양도가 가장 낮았다.

고 찰

생태천이의 단계를 밟아서 자연적으로 산림이 발달하는 과정에는 헤아릴 수 없을 만큼의 조건과 인자들이 관여한다. 자연적 혹은 인위적 교란에 의해서 기존의 산림이 훼손되고 2차천이가 일어나는 경우에도 그렇다. 기존의 산림을 훼손한 교란의 유형과 강도, 토양과 지형으로 대별되는 입지조건, 교란으로 생긴 새로운 공간을 차지할 식생의 번식과 성장조건 등으로 크게 나눌 수 있지만, 이 세 가지 조건에 관여하는 인자 또한 무수히 많다 (Odum 1969).

많은 인구와 좁은 국토에 분포된 우리나라의 산림은 사람에 의해서 다양한 규모의 교란을 받으면서 발달하여 오늘날에 이르렀다고 할 수 있다. 그나마 사람들의 생활권에서 멀리 떨어져 인위적인 교란을 덜 받은 지역에서는 수종이 다양하고 임분 구조가 복잡한 노령림을 볼 수 있다. 이러한 산림은 극상림에 근접한다고 판단되며, 유존군집(relict community)이라고 부른다(Yun et al. 1987).

우리나라에서 인위적인 산림 교란의 주요 원인은 크고 작은 다양한 규모의 벌채와 산지 이용을 위한 시설물의 설치에 따른 산림 훼손이라고 사료된다. 그러나 아직까지 주로 부분 벌채 교란의 유형과 정도 및 경과된 기간에 따른 산림의 발달 상황에 대하여 연구한 전례가 거의 없다. 근래에는 부분 벌채 교란 행위는 없는 것으로 판단되지만, 인가에서 가까운 산림, 임도나 등산로가 잘 갖추어진 산림, 송전탑이나 산업적 시설물이 설치된 산림에서는 사람에 의한 교란 행위가 산림 발달에 영향을 많이 미칠 것으로 사료된다. 앞에서 언급한 연구 결과를 토대로 교란과 산림발달의 연관성을 검토하고자 한다.

Table 1에서 보인 교란과 지형 자료에 의해서, 백학산 지역은 황악산 지역보다 인위적인 교란 행위가 많은 것으로 간주하였다. 교란이 보다 심한 백학산에서는 참나무류군집, 소나무군집, 굴참나무군집, 신갈나무군집이 출현하였고, 교란이 덜한 황악산에서는 소나무군집, 신갈나무군집, 참나무류군집, 중생혼합림이 발생하였다. 백학산의 참나무류군집에서는 활엽성 참나무류 6가지 종 모두, 그리고 황악산에서는 갈참나무를 제외한 5가지 참나무류 수종이 출현하여 참나무류군집의 진면모를 나타내었다(Fig. 4, 5). 두 지역에서 분류된 산림군집형에

서 주목할 것은, 백학산에서는 한 수종이 참나무류군집에서 우점 현상을 나타내기 때문에 나머지 3군집보다는 산림이 보다 더 발달한 양상이고, 황악산에서는 참나무류군집이 소나무군집이나 신갈나무군집보다는 더 발달하였지만, 중생혼합림보다는 덜 발달된 형태라고 판단된다(Lee 2013). 이러한 논리는 교란의 정도가 보다 심한 백학산 지역이 교란이 덜한 황악산 지역보다 산림 발달 단계 면에서 뒤져 있다고 평가할 수 있다.

두 지역 모두에서 출현하는 소나무군집과 신갈나무군집 혹은 백학산 지역의 굴참나무군집과 같이 한가지 수종이 절대 우점하는 군집은 2차천이 초기의 선구 군집이라 사료된다. 자연 식생인 활엽수림이 파괴되고 지면이 노출되어 건조해지면 바람에 날리는 종자를 가진 소나무는 쉽게 이주하여 정착한다. 더욱이 급경사 산지의 경우 여름의 집중성 강우에 의한 침식으로 비옥한 활엽수림 표층토가 유실되고 하층의 모래질 토양이 드러나는 것이 소나무림이 확대된 원인이기도 하다. 또한 빈번히 발생하는 산불은 지피식생과 유기물을 연소시키고 주위의 경쟁 식생을 제거시켜주기 때문에 양수이며 노출된 토양에서의 종자 발아력이 높은 소나무는 산화 발생지에도 원만하게 정착할 수 있다. 이러한 소나무 우점 현상은 건조하기 쉬운 산 능선 부위, 암반 노출이 심한 지역, 남동-남서 사면에서 더욱 뚜렷하다. 쉽게 분해되지 않는 두꺼운 소나무 낙엽층은 다른 활엽수 종자의 발아와 초기 활착에 장애 요인이며, 낙엽 분해시 나오는 유기산(organic acid)은 토양 산성화에 일조하기 때문에 활엽수의 침입을 더욱 어렵게 만든다. 이와 같이 소나무림은 주로 건조하고 지력이 낮은 토양에서 소나무 후계목에 의해서 세대가 거듭됨으로써 계속 유지된다(Lee et al. 2010). 신갈나무는 우리나라 입지에서 절대 우점 수종으로 순림을 키워낼 독특한 능력을 가진 수종이다. 이러한 현상의 주된 원인은 신갈나무의 맹아력을 바탕으로 하는 강한 경쟁력이다. 새롭게 조성되는 산림의 상당수가 신갈나무를 비롯한 참나무류인데, 이것은 주로 신갈나무 전생치수나 벌채 혹은 다른 교란으로 훼손된 참나무류가 맹아를 내기 때문이다.

종다양성은 산림 발달의 정도를 추정하는 다른 지표이다. Table 2와 3에서 알 수 있듯이, 교란의 정도가 비교적 심한 백학산 지역 산림군집의 종다양성지수가 교란이 덜한 황악산 지역 산림군집의 지수보다 전반적으로 낮다. 종다양성은 산림 발달의 측도가 되기도 한다. 교란이 있는 후, 2차천이가 진행되면서 산림군집의 안정성과 성숙도가 증가하기 때문에 많은 생태학자들은 산림군집의 속성과 그 천이 단계의 종다양성과의 연관성을 연구

하였다. 산림군집의 구조적인 복잡성, 외부 교란 요인으로 부터의 안정성, 그리고 산림 발달 과정상의 성숙도는 종다양성과 비례하는 경향이 있다(Odum 1969; Loucks 1970; Bazzaz 1979).

인위적인 교란의 정도가 상대적으로 심한 백학산 지역 산림과 보다 약한 황악산 지역 산림의 구조적 특성과 산림 발달 과정을 파악한 결과, 교란을 비교적 덜 받은 황악산 지역에서는 중생혼합림이 나타나는 것을 비롯하여, 수종 구성이 보다 복잡하고, 다양하며, 산림 발달의 단계가 더 진행되었다고 평가한다. 본 연구에서는 서로 인접해 있으면서 인위적인 교란의 정도가 다른 두 지역의 산림발달에 관하여 다루었지만, 교란의 종류와 강도에 대한 신빙성있고 폭넓은 조사와 출현하는 수종들이 어떠한 산림천이 계열 상의 단계에서 나타나는가를 파악한다면, 교란과 산림 발달의 객관적인 관련성을 평가할 수 있을 것이다. 이러한 교란과 산림발달의 연관성은 현재 분포하는 산림형의 원식생 혹은 잠재적인 극상림의 면모를 추정할 수 있다. 또한 현재의 산림형이 특정한 교란에 의해서 어떠한 산림으로 변할 것인가에 대한 예측과, 교란이 없을 경우 어떠한 천이 과정을 거쳐서 잠재적 극상림으로 진행할 것인가에 대한 예측을 가능하게 할 것이다. 더욱이 각 수종별 과학적인 평균 수명을 파악하고, 중층과 하층의 정량적 분포 비율을 추정하여 천이가 진행되는 시간적인 간격을 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호: S211013L040110)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

- Barbour MG, Billings WD. 1988. North american terrestrial vegetation. Cambridge University Press, Cambridge, pp 434.
- Bazzaz FA. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Ann Rev Ecol Syst* 10: 351-371.
- Braun EL. 1950. Deciduous forests of eastern north america. Blakiston Company, Philadelphia, PA. pp 596.
- Brower JE, Zar JH. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, USA. pp 136.
- Curtis JT, McIntosh RP 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Everitt B. 1973. Cluster Analysis. Jhon Wiley & Sons, Inc., New York.
- Forestry Research Institute. 1996. Hardwood Forest Inventory Report. Res Rep. No. 122.
- Hartigan JA. 1975. Clustering algorithms. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kim JH. 1993. The estimation of climax index for broadleaved tree species by analysis of ecomorphological properties. *J Korean For Soc* 82: 176-187.
- Kim JH. 2002. Community ecological view of the natural deciduous forest in Korea. In: *Ecology of Korea*. Bumwoo Publishing Company, Seoul, Korea. pp 93-104.
- Korean Forest Research Institute. 2012. Korean Forests Based on Vegetation Map. *Bull For Sci* No. 12-07.
- Lee DK, Kwon KW, Kim JH, Kim GT. 2010. Silviculture--Sustaiaable Ecological maintenance of the forest. Hyangmoonsa, Seoul. pp 334.
- Lee JM. 2013. The classification of forest communities and the evaluation of species diversity in natural forests of six mts. in Gangwon-do Baekdudaegan MS Thesis. Department of Forest Management, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University. pp 85.
- Lee KJ, Han SS, Kim JH, Kim ES. 1996. Forest Ecology. Hyangmoonsa, Seoul. pp 395.
- Loucks O. 1970. Evolution of diversity, efficiency and community stability. *Am Zool* 10: 17-25.
- Odum EP. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Oliver CD, Larson BC. 1996. Forest stand dynamics. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp 520.
- Orloci L. 1967. An agglomerative method for classification of plant communities. *J Ecol* 55: 193-206.
- Shannon CE, Weaver W. 1949. The mathematical theory of Communication Univ. Illinois Press, Urbana Illinois.
- Vankat JL. 1979. The natural vegetation of North America. An introduction. John Wiley & Sons, New York, pp 261.
- Yang HM, Kang SK, Kim JH. 2001. Selection of desirable species and estimation of composition ratio in a natural deciduous forest. *J Korean For Soc* 90: 465-475.
- Yun JW, Han SS, Kim JH. 1987. Structure and environment conditions in a virgin forest. *Res Bull Exp For KNU* 7: 3-26.