J. Korean For. Soc. Vol. 104, No. 3, pp. 375~382 (2015)
http://dx.doi.org/10.14578/jkfs.2015.104.3.375

한국임학회지
JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY
ISSN 0445-4650(Print), ISSN 2289-0904(Online)
http://e-journal.kfs21.or.kr

속리산 천왕봉 일대의 산림형 분류와 생태적 특성

정상훈[1] · 황광모[2] · 성주한[3] · 김지홍[2]*
[1]국립산림과학원 산림생산기술연구소, [2]강원대학교 산림경영학과,
[3]국립산림과학원 산림생태연구과

Forest Type Classification and Ecological Characteristics for Areas of Cheonwangbong, Songnisan

Sang Hoon Chung[1], Kwang Mo Hwang[2], Joo Han Sung[3] and Ji Hong Kim[4]*
[1]Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea
[2]Department of Forest Management, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
[3]Forest Ecology Division, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요 약: 속리산 천왕봉 일대의 천연림을 대상으로 식생 단위별 생태적 시업방안을 도출하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 산림형을 구분하고 각 산림형별로 생태적 특성을 파악하였다. 사분각법을 적용하여 250개의 표본점을 추출하였고, 각 표본점 마다 층위별 식생자료를 수집하였다. 연구대상지의 산림형을 구분하기 위해 다양한 다변량 통계분석 기법을 이용하였으며, 산림형별 식생의 안정성과 성숙도를 파악하기 위해 종다양성지수를 분석하였다. 군집분석을 통해 2~10개의 Cluster로 산림형을 분류하였고, 지표종분석으로 적절한 Cluster의 수를 5개로 추정하였으며, 다중판별분석으로 추정된 Cluster 수가 적절했음을 검증하였다. 5개의 산림형별로 수종구성을 분석한 결과, 계곡부에서는 졸참나무림과 중생혼합림, 능선부에서는 신갈나무림, 주능선에서 뻗어 나온 보조능선부에서는 소나무림, 보조능선과 계곡부 사이에서는 굴참나무-소나무림 등으로 분류되었으며, 전체적으로 참나무류와 소나무가 우점하는 것으로 나타났다. 상층의 수종 구성이 단조로운 소나무림의 종다양성지수가 가장 낮았던 반면, 식생 구성이 다양한 중생혼합림의 경우 종다양성지수가 가장 높은 것으로 나타나 식생구성이 다양할수록 종다양성지수가 증가하는 양상을 보였다.

Abstract: We classified the forest type and figured out the ecological characteristics for each of the types in order to provide the basic informations for being induced ecologically efficient forest practice plan by vegetation units in the natural forest of Songnisan. We established the 250 sample points and collected the vegetation data of vertical distribution for each sample. A variety of multivariate statistical methods were applied to classify the forest types. The species diversity index were analyzed to estimate the stability and maturity for forest vegetation in each the type. The types were divided from two to ten clusters by cluster analysis. The appropriate number of clusters was estimated five clusters by indicator species analysis. It was verified through the multiple discriminant analysis that the estimated number of clusters had been suitable. Based on the species composition for each the type, this study site was classified into five forest types: 1) *Quercus serrata* and 2) mixed mesophytic forest in the valley area, 3) *Q. mongolica* forest in the main ridge, 4) *Pinus densiflora* forest in the sub-ridge extending from the main, and 5) *Q. variabilis-P. densiflora* forest between the sub-ridge and valley. The species diversity index of the pine forest that had been a simple species composition was the lowest while that of the mixed mesophytic forest of which the composition had been diverse was the highest. As the forest vegetation was more varied, the index showed a tendency to increase.

Key words: *classification of forest types, ecological characteristics, natural forest, species diversity index, various multivariate statistical methods*

서 론

남과 북으로 길게 펼쳐진 속리산은 총 면적이 275 km^{2}이고, 백두대간구간에 속해 있으며 1970년에 우리나라 6번째 국립공원으로 지정되었다. 속리산은 화강암과 변성퇴적암을 기반으로 하는 남한의 대표 암산(巖山) 중 하나이며 남한 백두대간 중 낮은 고도의 중・저 산성 산지에 해당되어 동서를 가로지르는 자연자원과 생태계벨트가 귀

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

한 편인 우리나라에서는 매우 중요한 자연지역으로 알려져 있다(Korea National Park Service, 2003). 또한 이 지역은 북서, 서풍계열이 가져다주는 습기로 인해 높은 생태적 안정성을 보이고 있으며 특히 속리산 북부지역 보다 천왕봉(1,058 m) 일원 남부지역의 식생보전 상태가 양호한 것으로 확인되었다(Korea National Park Service, 2003; Eom et al., 2004).

속리산 일원의 식물상 조사는 Nakai(1923)에 의해 최초로 시작된 이후로 최근까지 여러 차례에 걸쳐 조사와 보완이 이루어졌다. 특히 Choi and Oh(2009)는 속리산 일대 관속식물상을 파악하기 위하여 2000년부터 2006년까지 현지 조사한 결과 총 723분류군으로 정리 발표하였고, Korea National Park Service(2011)는 속리산 자연자원조사에서 총 703 분류군을 조사하였으며 기존자료를 포함해 총 1,007종이 자생하거나 자생하였던 것으로 보고하였다. 이와 달리 식생에 관한 연구는 1990년 자연보존협회의 속리산일대 종합 학술조사(Kim et al., 1990; Lee et al., 1990a)를 시작으로 Lee(1991), Yu et al.(2003), Eom et al.(2004), Korea National Park Service(2003, 2011) 등이 식생 연구를 수행하였는데 식물상 조사만큼 반복적이고 체계적으로 실시되지 않았다.

선행된 연구의 대부분은 식물 사회학적 방법(Braun-Blanquet, 1975)을 사용하여 조사하고 군집을 분류하였다. 선행된 연구들의 공통적인 결과는 신갈나무군집, 소나무군집, 졸참나무군집, 굴참나무군집 등 최소 6개에서 최대 37개 군집으로 분류하였으며 해발고가 상승함에 따라 소나무군집, 굴참나무군집, 신갈나무군집 등이 출현하는 것을 확인하였다. 천이계열은 소나무군집에서 참나무류가 우점하는 군집으로 우점수종이 변화할 것으로 예상하였다.

산림생태계의 지속적 보전 및 관리를 위한 생태적, 임업적 산림경영계획수립과 객관적인 시업단위를 결정하기 위해서는 기본적인 식생 단위의 분류체계가 필수적이기 때문에 이를 위해서 대부분 상관적 식별이 가능한 산림피복형을 이용한다(Jo et al., 2004; Lee et al., 2014). 산림 피복형은 자연 상태에서 산림을 구성하는 수종들이 어떤 경향을 가지고 집단을 이루거나 상관관계를 맺고 있다는 점에 착안하여 상층을 구성하고 있는 수종을 중심으로 유사한 임분들 끼리 동일한 산림식생단위로 분류하는 방법이다(Lee et al., 1999; Chung et al., 2014). 일반적으로 산림 피복형이 분류되면, 각 산림형이 지니고 있는 고유한 생태적 특성을 파악하기 위해 각 유형별로 생태적 속성들을 설명한다(Society of American Foresters, 1975; European Enironment Agency, 2006; Vankat, 1990; Chung et al., 2014).

이러한 과정에서 다양한 통계적 방법을 이용하여 분류결과의 객관성을 높이고, 각 산림형의 생태적 속성을 파악하여 향후 변화 과정을 예측할 수 있는 기초자료를 마련하여 유사한 수종구성을 지닌 산림형별로 천연림을 관리한다면 보다 효율적인 생태적 시업방안을 도출 할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 속리산 천왕봉 일대의 천

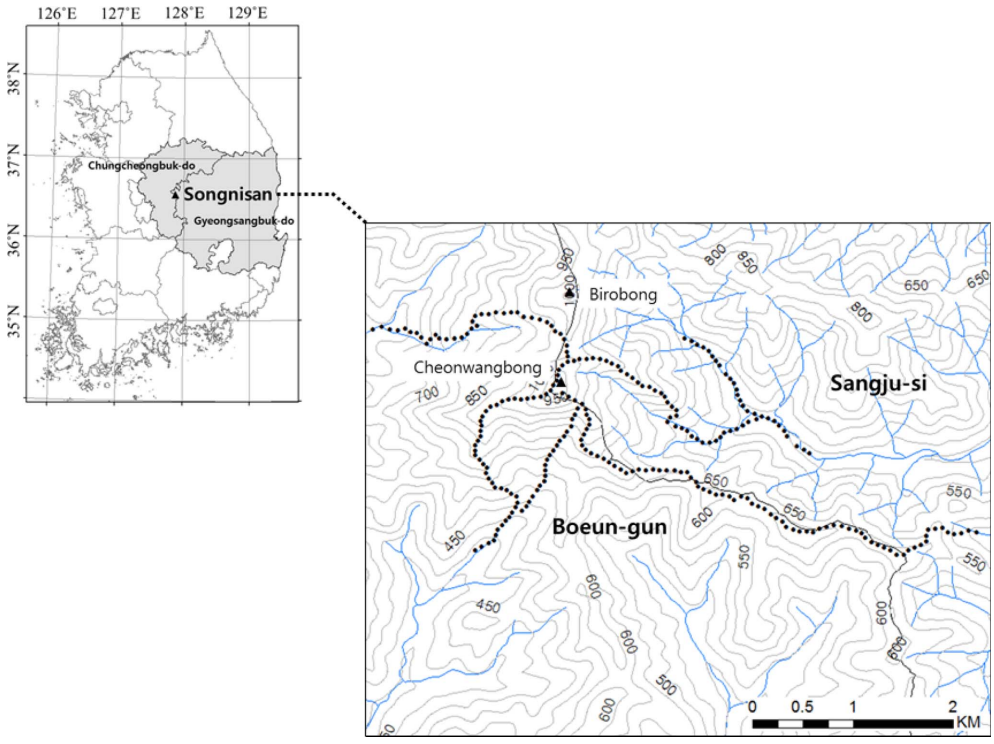


Figure 1. Location of the study area in Songnisan. The sample point (black dots) were evenly distributed in the valley, mid-slope, and ridge.

연림을 대상으로 다양한 통계적 방법을 이용하여 산림형을 구분하고 각 산림형별로 생태적 특성을 파악하였다.

자료 및 방법

1. 연구대상지 및 자료수집

속리산 천왕봉 일대의 천연림을 대상으로 식생 조사를 실시하였으며(Figure 1), 이 지역은 행정구역상 충청북도 보은군과 경상북도 상주시의 경계에 위치하고 있다. 험준한 우리나라의 지형적인 특성을 고려하고 넓은 연구대상지에서 효율적으로 표본을 추출할 수 있는 사분각법(Point-centered quarter method; Brower and Zar, 1977)을 이용하여 산림식생 자료를 수집하였다. 약 40~60 m의 간격을 유지하면서 총 250개의 표본점을 설정하였고, 각 표본점마다 4방위로 나누어 층위별(상, 중, 하)로 표본점에서 가장 가까운 목본 수종을 식별하고 흉고직경 및 수고, 해발고도, 사면방위 등을 조사하였다.

2. 분석방법

수집된 식생정보를 바탕으로 합당한 결과 도출을 위한 여러가지 다변량 통계분석 기법을 이용하여 산림형을 분류하고 각각의 분류된 산림유형에 대한 생태적 해석을 실시하였다(Figure 2). 유클리디언 거리와 워드법을 이용하여 Cluster분석을 실시하였으며, 적절한 산림유형의 수를 추정하기 위해 Dufrene and Legendre(1997)가 고안한 방법을 사용하여 지표점수를 산출하고 Monte Carlo method로 수종별 지표점수의 통계적 유의성을 검증한 지표종분석을 수행하였다. 지표종분석에 의해 결정된 산림유형 개수의 적절성 여부를 판단하기 위해 다중판별분석을 실시하였다. 분류가 완료된 각각의 산림유형을 점유하고 있는 수종의 비율을 파악하기 위해 Curtis와 Mcintosh(1951)의 중요치 산출방법을 이용하였으며, 우점 수종명의 비율을

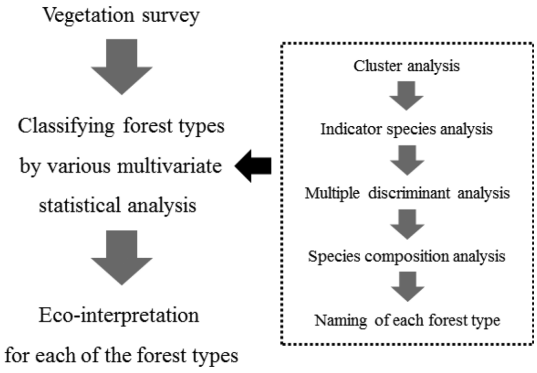


Figure 2. The process of classifying forest types.

바탕으로 각 산림유형에 명칭을 부여하였다. 우점수종 비율의 기준은 산림 경영에서 일반적으로 사용하는 입목지 구분비율(An et al., 2007)과 Braun-Blanquet(1964)의 우점도 계급 비율을 참고하였다. 각 산림형별 생태적 특성 중 식생의 안정성과 성숙도를 파악하기 위해 종다양성지수(Shannon and Weaver, 1948)를 분석하였다. Cluster분석과 지표종분석은 PC-ORD 6.0(McCune and Mefford, 2011), 다중판별분석은 SPSS 20.0(IBM SPSS Statistics, 1989-2011), 수종구성분석 및 종다양성지수 산출은 Microsoft Excel 2010(Microsoft Corporation, 2010)을 이용하였다.

결 과

1. 군집분석

식생정보를 바탕으로 Cluster분석을 실시한 결과 2개 이상의 클러스터로 분류가 되었다(Figure 3). Cluster분석에서는 Wishart의 목적함수와 정보잔존비율에 의해 Cluster의 수가 결정된다. 목적함수는 Cluster로 집적이 되는 과정에서 식생 정보의 손실을 나타낸다(Wishart, 1969). 따라서 목적함수가 증가할수록 식생 정보 손실이 많아져 정

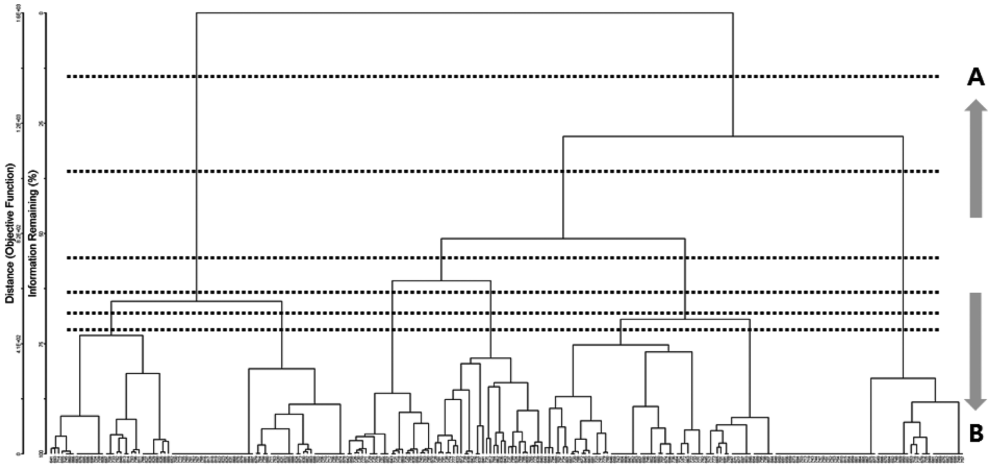
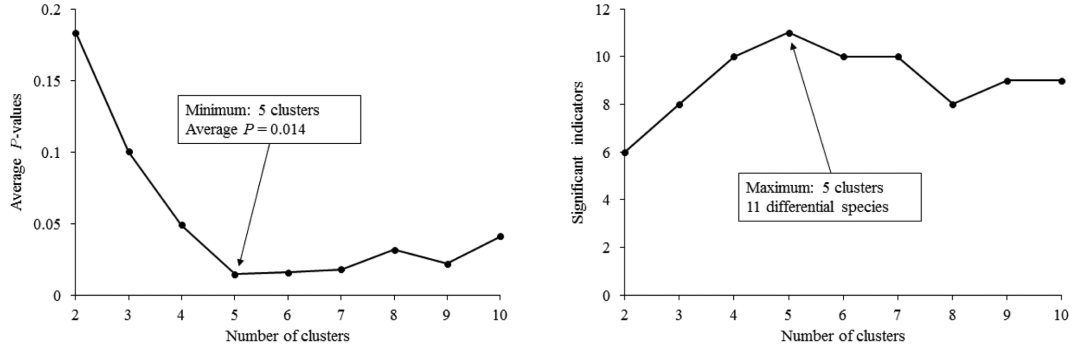


Figure 3. Dendrogram from hierarchical cluster analysis for composing species in each sample point using the Euclidean distance measure and the Ward's method.



(a) (b)

Figure 4. Result of indicator species analysis from step 2 to 10 during the clustering process. (a) Change in *P* value after 4,999 permutations of the Monte Carlo test averaged across 11 species, (b) Number of indicator species with $P < 0.05$.

보잔존비율은 감소하지만 Cluster의 수는 적어진다(Figure 3A). 반면 목적함수가 감소할수록 정보잔존비율이 증가하지만 Cluster의 수는 증가한다(Figure 3B).

Cluster의 수는 정보의 손실과 수종간의 생태적인 관련성을 종합적으로 해석할 수 있는 단순함을 적절하게 절충하는 기준이다(Chung and Kim, 2013). 그러나 Cluster분석은 적절한 Cluster의 수를 통계적으로 규명하는 방법이 없어 일반적으로 연구자의 주관적인 판단에 의해 결정된다. Cluster의 수는 군집분석 결과에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 통계적인 방법을 통한 객관적인 산출 과정이 필요하다.

2. 지표종분석

적정한 Cluster의 수를 추정하기 위해 Cluster분석에서 산출된 2~10개의 클러스터에 대한 11개 수종별 지표종지수의 평균 *P*값을 산출하였으며(Figure 4A), Cluster별로 유의수준($P<0.05$)을 만족시키는 수종의 개수를 나타내었다(Figure 4B). McCune과 Grace(2002)는 Cluster 수에 대한 지표종지수의 평균 *P*값이 가장 낮고, 유의수준($P<0.05$)을 만족시키는 지표수종의 개수가 가장 많은 Cluster의 수가 적정한 Cluster의 수가 된다고 하였다. Cluster의 수가 5개일 때 평균 *P*값이 0.014로 가장 낮게 나타났으며, 유의수준을 만족시키는 지표수종의 수가 11개로 가장 높게 분석되어, 연구대상지의 산림은 5개의 산림형으로 분류되는 것이 적합하다고 판단하였다.

3. 다중판별분석

5개로 추정된 산림형의 적절성 여부를 검증하기 위해 다중판별분석을 실시하였다. 2개의 판별함수가 모든 판별점수의 72.4%를 설명하였으며, 집단 중심점을 기준으로 5개의 예상 집단이 산출되었다(Figure 5). 예상 집단 4와 5의 표본점과 분류된 Cluster D와 E의 표본점의 분포가 동일한 것으로 나타났으며, 예상 집단 1~3과 분류된 Cluster A~C의 표본점 분포의 84%~96%가 일치하는 것으로 분석되었다(Table 1). 5개 예상 집단에 분포하는 표본점의 94%가 통계적으로 유의한 수준에서 분류된 Cluster에 분포하는 표본점들과 일치하는 것으로 분석되어 5개의 산림형으로 구분하는 것이 적절했음을 검증하였다.

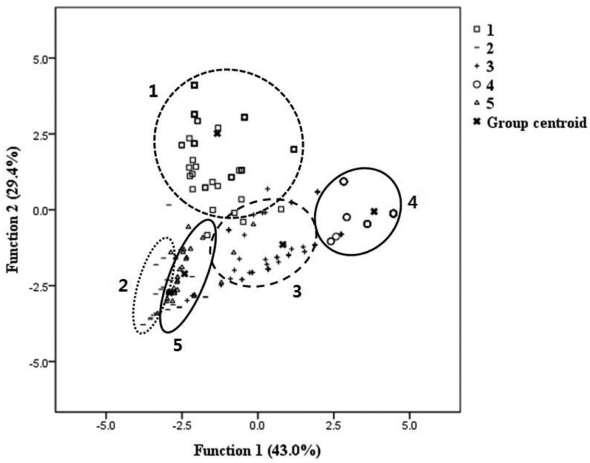


Figure 5. Results of the multiple discriminant analysis along the first and second discriminant axes. Function 1 and Function 2 accounted for 43% and 29.4% discriminant power, respectively.

Table 1. The confusion matrix summarizes the reclassification of the predicted group membership.

Classified cluster	Predicted group membership				
	1	2	3	4	5
A	**95.1***	0	3.7	0	1.2
B	0	**95.8**	0	0	4.2
C	0	12.7	**84.1**	0	3.2
D	0	0	0	**100**	0
E	0	0	0	0	**100**

*Percentages in rows represent the classification into the clusters given in columns (correct classification in bold). Overall classification success were 94.0%.

4. 산림형 명명(命名)

일반적으로 산림형을 분류 할 때 산림의 상관(physio-

Table 2. Importance value (%) of major tree species in overstory for each of the classified forest types.

Species name	Five classified forest types				
	A*	B	C	D	E
	QM[1]** forest	QS[2] forest	QV[3]-PD[4] forest	PD forest	MM*** forest
[1]*Quercus mongolica*	**60.9**	4.9	6.3	5.8	5.0
[2]*Q. serrata*	4.5	**61.2**	12.0	1.4	12.2
[3]*Q. variabilis*	7.1	4.7	**42.8**	6.3	-
[4]*Pinus densiflora*	14.6	-	**28.6**	**84.1**	2.2
Fraxinus rhynchophylla	7.6	7.2	0.8	-	12.3
Capinus laxiflora	-	5.2	-	-	-
Acer pictum subsp. mono	-	1.1	-	-	13.1
Cornus controversa	-	-	-	-	8.6
C. walteri	-	-	-	-	7.9
Zelkova serrata	-	-	-	-	3.1
Platycarya strobilacea	-	-	3.5	-	-
Prunus sargentii	-	-	1.3	1.9	-
Others (No. of species)	5.3 (10)	15.6 (8)	4.6 (5)	0.6 (1)	**35.6 (16)**

*Classified forest types by various multivariate statistical analysis. **The abbreviations of classified forest name are shown in species name respectively, except for ***Mixed mesophytic forest.

gnomy)에 기여하는 수종을 기준으로 분류하기 때문에 (Kim, 2003), 산림형 명명 기준은 분류된 군집의 상층을 우점하는 수종의 중요치(IV)를 근거로 하였다(Lee et al., 2014). 수종구성분석 결과 각 군집내 하나 혹은 두 개의 수종이 중요치 60%를 초과할 경우 이들 수종을 산림형 명명(命名)에 이용하였다. 그 외 주요 수종이 15% 미만의 낮은 중요치를 나타내는 경우는 '중생혼합림(MM forest)'으로 명명 하였다. 이러한 유형은 고로쇠나무, 물푸레나무, 졸참나무, 층층나무 등 7개 수종의 중요치를 합산해야 60%를 넘을 수 있었으며, 그 외 16개 기타 수종이 36%의 중요치를 나타내는 것으로 파악되었다(Table 2). 중생혼합림의 명칭은 특정한 소수의 수종이 우점하지 않고 여러 가지 수종이 어우러져 일정한 점유율을 유지하는 경향을 보이는 북미대륙과 유럽의 산림유형 분류와 명명 사례를 참고하였다(Braun, 1950; Vankat, 1979; Barbour and Billings, 1988; European Environment Agency, 2006).

수종구성분석을 기준으로 5개 산림형으로 명명한 결과 신갈나무림, 졸참나무림, 굴참나무-소나무림, 소나무림, 중생혼합림 등으로 나타났다(Table 2). 각 군집의 명명에 이용될 만큼 높은 우점을 보이는 수종은 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 소나무 등으로서 주로 2차 천이 초기에 높은 우점율을 나타내는 수종들이다(Hwang et al., 2012; Kim, 2013; Lee et al., 2014). 이들 참나무류 수종과 소나무가 우점하는 산림형을 구성하는 표본점의 비율이 전체의 88%를 차지한 반면 다양한 수종들이 고른 구성 비율을 보이는 중생혼합림은 12%를 차지하여 큰 차이를 보였다.

이러한 경향은 몇 가지 요인이 복합적으로 반영된 결과로 해석되는데, 속리산 일원은 오랜 침식작용에도 남은 산지로서 토사가 쌓이지 않고 흘러내려 토심이 발달하지 못하였고(Korea National Park Service, 2011), 산림 형성이 벌채 및 산화에 의한 2차림으로 조성되어 발달하여(Lee et al., 1990b) 현존 식생의 대부분이 천이가 진행중인 군집구조의 특징을 보인다. 또한, 백두대간을 잇는 산지 중 해발고가 낮아 접근이 쉽고(Korea National Park Service, 2003), 산지내 법주사, 성불사, 미타사, 탈골암, 상환암, 상고암, 수정암 등의 산사와 암자가 산재해 있어(Lee, 1998) 인간의 간섭이나 훼손 등에 의한 인위적 교란이 컸을 것으로 판단된다.

고 찰 : 산림형별 생태적 특성

속리산은 한반도의 중부내륙성 기후를 반영하는 전형적인 식생을 형성하는 지역으로(Oh et al., 1990; Lee, 1998) 천왕봉 일원의 전체적인 식생분포 상황은 법주사 인근의 소나무림(Lee et al., 1990b; Lee, 1991; Yu et al., 2003), 법주사에서 무장대와 천왕봉으로 이어지는 계곡의 졸참나무림, 천왕봉을 중심으로 이어지는 백두대간 능선부의 신갈나무림, 주능선에서 뻗어나온 보조능선부의 소나무림, 보조능선과 계곡부 사이의 굴참나무-소나무림, 일부 계곡의 중생혼합림 등으로 요약할 수 있다. 각 산림형의 분포는 지형과 해발고에 따라 다른 양상을 나타내었고, 식생 구성이 다양할수록 종양다양성지수가 증가하는 양상을 보였다(Table 3).

1. 신갈나무림

천왕봉 인근의 평균 830 m 해발고도의 능선과 서사면에 주로 분포하였으며 중층에서 신갈나무의 우점이 높아 세대를 거듭하더라도 신갈나무의 우점이 한동안 유지될

Table 3. Species diversity index (H'), topographic position, and above sea level (ASL) for each forest type.

Forest type	H'	Topographic position (%)			ASL (m)
		Valley	Slope	Ridge	
Q. mongolica forest	2.632	5	43	52	826 405-1,044
Q. serrata forest	2.936	75	17	8	497 363-820
Q. variabilis-P. densiflora forest	2.823	30	22	48	582 364-792
P. densiflora forest	2.167	10	17	73	680 360-908
Mixed mesophytic forest	3.306	63	30	7	611 357-1,013

것으로 예상된다. 신갈나무는 우리나라 활엽수림에서 가장 많이 분포하고 있는 수종이며 백두대간의 북부권역 이남에서는 해발고에 따라 분포양상이 달라지는데(Song et al., 2003; Lee et al., 2014; Hwang et al., 2015), 속리산에서는 주로 700 m 이상의 높은 해발고에서 출현하는 것으로 연구되었다(Lee et al., 1990b; Lee, 1991; Yu et al., 2003; Korea National Park Service, 2011; Eom et al., 2004; Hwang et al., 2015). 종다양성지수는 2.632로 비교적 낮게 분석되었는데, 이는 신갈나무림이 주로 생육하고 있는 능선지형이 토양형성작용보다는 지형형성작용이 강하여 식물이 안정적으로 유지 및 생활할 수 있는 토양발달이 미약하여 식물의 생장에는 척박한 환경이 조성되기 때문이다(Korea National Park Service, 2003).

2. 졸참나무림

졸참나무림은 낮은 해발고(평균 500 m)의 계곡부에서 패치 형태로 분포하는 것으로 조사되었다. 종다양성지수는 2.936으로 비교적 높았는데, 이는 졸참나무림이 생육하는 계곡부나 사면이 능선에 비해 토심이 깊고 습도조건이 안정되어 있고 주변 사면으로부터 공급되는 풍화물질이 집적되어 영양염류가 풍부해 다양한 수종들이 생육할 수 있는 지형적 환경 특성에 따른 것이다(Korea National Park Service, 2003). 현재 졸참나무림의 상층에서는 졸참나무의 우점율이 높지만 중층에서는 서어나무, 고로쇠나무 등의 중요치가 높아 향후 상층에서는 졸참나무 외에 다양한 수종들이 생육 공간을 공유할 것으로 예상된다.

3. 굴참나무-소나무림

주로 주능선과 계곡부 사이의 동서 사면에서 분포하였고, 능선과 계곡부와 가까운 사면에서 각각 소나무와 굴참나무의 비율이 높았으며, 종 다양성지수는 2.823으로 졸참나무림보다 낮지만 소나무림과 신갈나무림 보다는 높게 나타났다. 중층에서 굴참나무의 비율이 다소 감소하지만 신갈나무와 졸참나무 등 참나무류의 점유비율이 우세하였다. 또한 소나무 후계목의 중층 점유비율이 매우 낮기 때문에 향후 소나무는 생존경쟁에서 도태되면서 참나무류 수종으로 천이가 진행 될 것으로 사료된다.

4. 소나무림

속리산 일대의 소나무림은 법주사 인근의 울창한 사찰림(Lee et al., 2009; Lee, 1991; Korea National Park Service, 2011)과 그 외 지역에서 자연적인 천이과정 거치고 있는 소나무림으로 구분할 수 있다. 법주사 인근의 소나무림은 Lee et al.(1990a, 2009)에 의해 연구되었는데 17년간 식생구조 변화를 분석한 결과 천이 진행정도에 따라 천이잠재성이 낮은 소나무군집, 천이잠재성이 높은 소나무군집, 천이진행중인 소나무군집, 도태중인 소나무군집 등으로 구분하였고, 전체적으로 천이는 소나무에서 졸참나무, 갈참나무 등으로 우점수종의 변화를 예상하고 천이진행정도별 관리 방안을 제시한 바 있다. 본 연구에서는 주로 각 사면의 보조능선과 해발 900 m 이하의 주능선에서 분포하고 있는 자연적인 천이과정을 거치는 소나무림을 대상으로 조사되었으며, 중층의 신갈나무(52%)와 소나무(20%)의 점유비율을 감안한다면 향후 신갈나무-소나무림으로 산림형이 변화할 것으로 파악되었다.

5. 중생혼합림

평균 해발고 610 m의 계곡부에서 패치 형태의 작은 군락규모로 졸참나무림과 생육환경을 공유하고 있으며, 다른 산림형과는 다르게 상층에서 소나무 또는 참나무류 수종 보다는 고로쇠나무, 물푸레나무, 층층나무 등의 활엽수종들이 15% 미만의 낮은 점유 비율로 균일하게 분포하는

양상을 보였다. 종다양성지수가 3.306으로 가장 높게 나타나 다른 산림형과 비교해 볼 때 식생 구성에 있어서 안정성과 성숙도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 식생 구성 양상은 중층에서도 동일하게 나타나 향후 세대를 거듭하더라도 현재의 수종구성이 유지될 것으로 보인다. 약수산, 오대산, 함백산, 석병산, 두타산, 소백산, 덕항산, 백운산, 지리산 등 백두대간을 구성하는 주요 산에서도 동일한 수종구성 특성과 천이경향을 보여(Hwang et al., 2012; Chung et al., 2014; Lee et al., 2014; Hwang et al., 2015), 중생혼합림의 분포특성 및 산림발달 양상에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

An, J.M., Woo, J.C., Yun, H.Y., Lee, D.S., Lee, S.H., Lee, Y.J., Lee, W.K., and Lim, Y.J. 2007. Forest management; Chapter 7. Forest management planing. Hyangmunsa. Seoul. 224pp.

Barbour, M.G. and Billings, W.D. 1988. North American terrestrial vegetation. Cambridge University Press. pp. 434.

Braun, E.L. 1950. Deciduous forest of eastern north America. Blakiston, Philadelphia. pp. 596.

Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, Grundzfige der Vegetationskunde, 3rd ed. Springer-Verlag. New York. pp. 865.

Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. WM. C. Brown Co. Publications. Dubuque, Iowa. pp. 194.

Choi, H.J. and Oh, B.U. 2009. Floristic study of Songnisan national park in Korea. Korean Journal of Plant Taxonomy 39: 277-291.

Chung, S.H. and Kim, J.H. 2013. The classification of forest cover types by consecutive application of multivariate statistical analysis in the natural forest of western Mt. Jiri. Journal of Korean Forest Society 102: 407-414.

Chung, S.H., Hwang, K.M., and Kim, J.H. 2014. Ecological interpretation and estimation of successional trend by characteristics of species diversity and topography for forest cover types in the natural forest of western Jirisan. The Journal of Korean Forestry Society 103: 537-546.

Curtis, J.T. and Mclntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the Prairie-forest boarder region of Wisconsin. Ecology 32: 476-498.

Dufrene, M. and Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicators species: The need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67: 345-366.

Eom, A.H., Cho, Y.C., Shin, H.C., and Lee, C.S. 2004. Analyses of landscape and vegetation and ecological suggestion for the conservation of Mt. Songnisan national park, Central Korea. Journal of Ecology and Environment 27: 185-192.

European Environment Agency. 2006. European forest types: Categories and types for sustainable forest management reporting and policy. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg. pp. 111.

Hwang, K.M., Chung, S.H., and Kim, J.H. 2015. The classification and species diversity of forest cover types in the natural forest of the middle part of Baekdudaegan. The Journal of Korean Forestry Society 104: 1-12.

Hwang, K.M., Lee, J.M., and Kim, J.H. 2012. Community classification and successional trends in the natural forest of Baekdudaegan in Gangwon Province; Focused on Hyangrobong, Odaesan, Seokbyeongsan, Dutasan, Deokhangsan and Hambaeksan. Journal of Agriculture and Life Science 46: 41-55.

IBM SPSS Statistics. 1989-2011. SPSS for Window. Version 20.0. IBM Corp.

Jo, H.J., Lee, B.C., and Shin, J.H. 2004. Forest vegetation structure and species composition of the Baekdudaegan mountain range in South Korea. The Journal of Korean Forestry Society 93: 331-338.

Kim, J.H. 2003. The analysis of forest successional trend by species replacement model in the natural forest. Journal of Korea Forestry Energy 22: 1-10.

Kim, J.H., Hwang, K.M., and Kim, S.M. 2013. The evaluation of correlation between disturbance intensity and stand development by natural forest community type classification. Journal of Forest and Environmental Science 29: 219-225.

Kim, J.S., Kim, G.T., and Choo, G.C. 1990. The actual vegetation in Mt. Sokri. Korean Journal of Environment and Ecology 4: 1-15.

Korea National Park Service. 2003. The final report of natural resources survey in Songnisan national park. Seoul. pp 535.

Korea National Park Service. 2011. The final report of natural resources survey in Songnisan national park. Seoul. pp 534.

Lee, H.S. 1991. Continuous distribution of the forest on the elevational gradient of Mt. Sogri. The Bulletin of Institute 5: 55-66.

Lee, H.S. 1998. Studies on the degree of green naturality on Songrisan national park. The Thesis Collection of Ho-Suh Culture 12: 117-127.

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: 12-22.

Lee, K.J., Han, S.S., Kim, J.H., and Kim, Y.S. 1999. Forest ecology. Hyangmoonsa. Seoul. pp. 395.

Lee, K.J., Ki, K.S., and Choi, J.W. 2009. Vegetation succession and vegetation management of the *Pinus densiflora* S. et Z. forest in the Beopjusa area, Songnisan national park. Korean Journal of Environment and Ecology 23:

208-219.

Lee, K.J., Park, I.H., Jo, J.C., and Oh, C.H. 1990a. Studies on the structure of the forest community in Mt. Sokri(II); Analysis on the plant community by the classification and ordination techniques. Korean Journal of Environment and Ecology 4: 33-43.

Lee, K.J., Yim, K.B., Jo, J.C., and Ryu, C.H. 1990b. Studies on the structure of the forest community in Mt. Sokri(I); The conservation planing of *Pinus densiflora* community. Korean Journal of Environment and Ecology 4: 23-32.

McCune, B. and Grace, J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. pp. 300.

McCune, B. and Mefford, M.J. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Microsoft Excel 2010. 2010. Microsoft Corporation.

Nakai, T. 1923. Genera nova Rhamnacearum et Leeguminosarum ex Asia orientalis, The Botanical Society of Japan 37: 29-34.

Oh, K.K., Kwo, T.H., and Lee, J.Y. 1990. Edge vegetation structure in the Mt. Sokri national park. Korean Journal of Environment and Ecology 4: 44-50.

Shannon, D.E. and Weaver, W. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27: 379-423, 623-656.

Society of American Foresters. 1975. Forest cover types of north America (exclusive of Mexico). Reprint of 1954. Society of American Foresters. Washington D.C. pp. 67.

Song, H.K., Lee, M.J., Yee, S., Kim, H.J., Ji, Y.U., and Kwon, O.W. 2003. Vegetation structures and ecological niche of *Quercus mongolica* forests. The Journal of Korean Forestry Society 92:409-420.

Vankat, J.L. 1979. The natural vegetation of north America. John Wiley & Sons. New York. pp. 261.

Vankat, J.L. 1990. A classification of the forest types of north America. Vegetatio 88: 53-66.

Wishart, D. 1969. An algorithm for hierarchical classifications. Biometrics 25: 165-170.

Yu, J.E., Lee, J.H., and Kwon, K.W. 2003. An analysis of forest community and dynamics according to elevation in Mt. Sokri and Odae. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 5: 238-246.

(Received: May 13, 2015; Accepted: July 6, 2015)