

天然闊葉樹林의 經營對象 樹種 選定 및 構成比率 推定¹

梁熙文^{2*} · 姜聲基² · 金知洪³

Selection of Desirable Species and Estimation of Composition Ratio in a Natural Deciduous Forest¹

Hee Moon Yang^{2*}, Sung Kee Kang² and Ji Hong Kim³

요 약

가리산 일대 천연활엽수림을 대상으로 산림의 안정성을 유지하고, 경제적 가치를 향상시킬 수 있는 경영대상 수종 선정과 구성비율 추정을 위해 수종구성, 직경급과 수고급별 개체수 분포, 지형적 위치, 종다양성 등 군집 구조적 속성을 기초로 하여 우점수종과 우점 가능 수종을 파악하고, 산림의 적정 안정수준을 고찰한 결과는 다음과 같다.

1. 연구대상 산림에는 총 25개 교목수종이 생육하고 있으나, 우점성 또는 우점 가능성이 높게 평가된 신갈나무, 소나무, 가래나무, 졸참나무, 층층나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 찰피나무와 이용적 가치가 높은 음나무 등 9개 수종이 경영대상 수종으로 선정되었다.

2. 연구대상 산림을 지형적 위치에 따라 구분하고, 경영대상 수종을 고찰한 결과, 계곡지역은 가래나무, 층층나무, 신갈나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무, 산복지역은 신갈나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무, 음나무, 그리고 능선지역은 신갈나무, 소나무, 졸참나무, 물푸레나무 등이 경영대상 수종으로 선정되었다.

3. 연구대상 산림 전체, 계곡, 산복, 능선지역 상층에서는 각각 1.96, 1.68, 1.93, 1.27 이상의 종다양성 수준을 유지해야 현재의 안정성을 유지할 수 있을 것으로 파악되었다.

4. 산림의 안정상태를 유지하기 위해서 신갈나무는 30%, 고로쇠나무, 물푸레나무, 졸참나무, 찰피나무는 10%~15%, 가래나무, 소나무, 층층나무는 5%~10%, 음나무는 5% 가량 유지하는 것이 합리적일 것으로 사료된다.

ABSTRACT

Based on the community structural attributes, such as species composition, diameter and height distribution, topographic position, and species diversity in the natural deciduous forest of Mt. Gari area, this study suggested desirable species and composition ratio to achieve ecological management of forests so as to maintain forest stability and enhance economical values. The results are as follows :

1. Twenty-five tree species were growing in the study forest. Of these *Quercus mongolica*, *Pinus densiflora*, *Juglans mandshurica*, *Quercus serrata*, *Cornus controversa*, *Acer mono*, *Fraxinus rhynchophylla*, and *Tilia mandshurica* were selected for desirable species through the evaluation of dominant and dominant potential. *Kalopanax pictus*, considered to be highly valuable species, was also included.

¹ 接受 2001年 5月 9日 Received on May 9, 2001.

審查完了 2001年 6月 11日 Accepted on June 11, 2001.

² 江原大學校 大學院 森林經營學科 Department of Forest Management, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

³ 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部 Division of Forest Management, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

* 連絡者 E-mail : yhm68@cc.kangwon.ac.kr

2. Taking account of different species composition pattern by topographic positions, we select as desirable species of *J. mandshurica*, *C. controversa*, *Q. mongolica*, *A. mono*, *T. mandshurica*, and *F. rhynchophylla* in the valley area, *Q. mongolica*, *Q. serrata*, *A. mono*, *T. mandshurica*, *F. rhynchophylla*, and *K. pictus* in the mid-slope area, and *Q. mongolica*, *P. densiflora*, *Q. serrata*, and *Fraxinus rhynchophylla* in the ridge area.

3. Based on the estimation of species diversity index for the overstory components, the reasonable forest stability levels of the indices were estimated at 1.96, 1.68, 1.94, and 1.27 for whole forest, valley, mid-slope, and ridge, respectively.

4. The recommended species composition ratios in the study forest were suggested *Q. mongolica* to be 30%, *A. mono*, *F. rhynchophylla*, *Q. serrata*, and *T. mandshurica* to be 10%~15%, *J. mandshurica*, *P. densiflora*, and *C. controversa* to be 5%~10%, and *K. pictus* to be 5%.

Key word : desirable species, composition ratio, forest stability, natural deciduous forest, species diversity index

서 론

1992년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 유엔환경회의(UNCED)에서는 “환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development)”이라는 자연자원 관리에 대한 새로운 문명사적인 패러다임이 탄생되었으며, 산림경영도 과거의 ‘지속 가능한 생산’ 위주에서 다양한 목적을 위해 전체 시스템 경영에 초점을 맞춘 ‘지속 가능한 생태계’를 강조하는 방향으로 전환되어 가고 있다(Vogt 등, 1997). ‘지속 가능한 생태계’는 산림을 조절하고, 진행시키는 자연적 특성에 대한 정보가 우선적으로 파악되고, 이를 바탕으로 산림의 안정성을 유지하면서 산림의 기능을 활용할 수 있는 방안이 모색될 때 비로소 가능하다.

우리나라의 천연활엽수림은 수종구성이 다양하여 생물다양성과 안정성이 비교적 높은 상태이며, 경제적 가치 또한 향상될 수 있는 높은 잠재 가치를 지니고 있다. 따라서 천연활엽수림의 생태적 접근방안을 모색하여 적절한 관리방안이 제시된다면, 산림자체의 높은 안정성을 유지하면서, 동시에 경제적 가치 또한 향상될 것이다.

이 연구는 천연활엽수림을 대상으로 군집 구조적 속성을 파악하여, 산림의 안정성을 유지하고 경제적 가치를 향상시킬 수 있는 경영대상 수종을 선정하고, 그 구성비율을 추정하고자 수행되었다.

용재생산 위주의 입본에서 경영대상 수종은 생육특성상 대경목으로 생장이 가능한 교목수종을 대상으로 하여야 할 것이다. 산림의 가치에 대한 접근은 점차 목재수확 등 유형의 가치보다는 환경

적인 무형의 가치에 더욱 초점을 맞추는 추세이다. 그러나 산림의 주 가치인 목재수확은 목제품의 지속적인 수요 증가에 따라 배제될 수 없으며, 효율적인 산림경영이란 목재수확 및 환경재 생산 등 다양한 목적을 수용할 수 있어야 한다. 또한, 천연활엽수림이 내포하고 있는 높은 잠재적 목재생산 가치를 현실화하여 자원화 하는 것은 우리의 낙후된 입업현실에서 매우 중요한 사항이라 할 수 있다.

경영대상 수종은 우점수종과 우점 가능 수종을 바탕으로 선정되어야 할 것이다. 이들 수종은 산림의 자연적 특성에 적응하여 생육이 적합하고, 지속적으로 높은 갱신과 생장이 기대되기 때문에 「적지적수」의 개념을 도입한 경영대상 수종 선정 기준으로 고려될 수 있다. 특정 산림내에 생육이 적합하지 않는 수종들로 산림을 경영할 경우에 발생될 수 있는 산림의 급격한 변화를 방지하여 산림의 안정성을 유지하는데 효과적일 뿐만 아니라, 자연적인 갱신효과 등을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 수종의 구성비율은 경영대상 수종들의 미래의 임분구조 변화 양상을 토대로 최소 안정수준을 유지할 수 있도록 산출되어야 한다. 산림의 안정수준을 평가할 수 있는 종다양성은 인위적 간섭이 적은 천연림에서 산림의 안정성을 유지할 수 있는 기준으로 고려될 수 있다. 따라서 천연림의 최소 안정수준은 현재 산림의 종다양성 수준으로 설정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

이 연구는 강원도 춘천시 동면과 북산면에 위치

하고 있는 춘천국유림관리소 관내의 가리산 일대 중, 천연낙엽활엽수림을 중심으로 실시되었다. 가리산 지역의 임상은 낙엽송과 잣나무가 주종을 이루는 침엽수 인공림(41%)과 신갈나무 등 참나무류가 주종을 이루는 천연낙엽활엽수림(59%)으로 분포되어 있다(춘천국유림관리소, 1995).

1991년부터 2000년까지의 춘천기상대 기후자료를 분석한 결과, 연구대상 산림의 연 평균기온은 약 11.1℃, 평균 최고기온과 평균 최저기온은 각각 약 17.3℃, 약 5.9℃이며, 식생의 생육이 왕성한 하절기의 연 평균기온은 약 23.6℃, 평균 최고기온과 평균 최저기온은 각각 약 28.8℃, 약 19.2℃, 그리고 동절기의 연 평균 기온은 약 -2.3℃, 평균 최고기온과 평균 최저기온은 각각 약 3.8℃와 약 -7.4℃로 파악되었다. 연 평균 상대습도는 약 73%이며, 하절기는 약 79%, 동절기는 약 71%로 나타났다. 연 평균강수량은 1,290mm로, 6월~8월 사이에 강우의 60% 이상이 집중되는 것으로 파악되었다(춘천기상대, 2001).

2. 조사방법

연구대상 산림에 총 138개의 10m×10m 정방형 표본구를 계곡에서 능선까지 수직적으로 설치하여 자료를 수집하였다. 지역적 면적크기에 따라 계곡지역에는 32개, 산복지역은 70개, 능선지역은 36개의 표본구가 배치되었으며, 교목수종들을 대상으로 상층·중층·하층 등 수관층별 수종을 식별하고, 흉고직경, 총수고, 수관폭 등을 조사하였다.

경영대상 수종을 선정하기 위해 수관층별 수종구성 분석과 직경급과 수고급에 따른 개체수 분포양상을 분석하였다.

수종구성 분석은 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치 산출방법을 이용하였으며, 수종구성을 대상으로 우점수종 선정을 위한 가정을 세우고, 수관층별 우점수종을 파악하였다. 중요치는 수종들의 상대적인 세력을 나타내기 때문에 상위의 중요치를 갖는 수종을 우점수종으로 평가할 수 있다. 그러나 어느 정도의 세력을 갖는 수종이 산림의 우점수종이며, 우점수종은 최대 몇 개 수종까지 가능한가에 대한 객관적인 기준은 제시되어 있지 않다. 따라서 보다 객관적인 기준을 제시하기 위해 다음과 같은 우점수종 선정 가정을 설정하였다.

- ① 우점수종의 우점율은 최소우점율 이상이어야 한다.

- ② 우점수종의 수는 최대 우점수종의 수를 초과해서는 안 된다.

- ③ 선정된 우점수종들의 총구성비율은 우점수종의 최소비율 이상이어야 한다.

위의 가정에서 최소우점율은 우점수종을 결정하는 조건으로, 출현하는 총 수종수의 역수에 대한 백분율로 산출하였으며, 최대 우점수종의 수는 다수의 우점수종들이 선정될 가능성을 제약하기 위한 조건으로, 총 수종수의 약 30% 이내로 규정하였다. 우점수종의 최소비율은 선정된 우점수종들이 산림을 우점하는 가를 재평가하기 위한 조건으로, 전체 수종구성비율의 60% 이상으로 규정하였다.

직경급과 수고급의 개체수 분포는 우점수종들을 대상으로 각각 5cm와 2m 단위로, I급에서 IX급까지 파악하였다. 수종의 미래 우점가능성 평가는 상층목 보다는 하층목으로 갈수록 개체수가 풍부해야 한다는 가정을 전제로 하였다. 수종의 경쟁력과 생육특성에 따라 상층목으로 도약할 가능성에 차이가 있을 수 있으나, 하층목의 개체수가 너무 적다면 경쟁력이 좋고, 생육특성이 우수한 수종이라도 미래의 우점수종 위치를 차지하지 못할 것이다. 따라서 직경급과 수고급의 개체수 분포에 따라 다음과 같은 우점가능 수종 평가 기준을 설정하였다.

- ① 우점가능 수종은 전체 개체수 중 후계목급 개체수가 70% 이상이며, ha당 개체수는 100본/ha 이상이어야 한다.

- ② 우점가능 수종은 후계목급 개체수 중 유목급의 개체수가 50% 이상이어야 한다.

후계목은 미래에 상층목으로의 도약이 가능한 성숙되지 않은 임목들로, 후계목급은 직경 20cm 이하 또는 수고 12m 이하로 규정하였으며, 유목은 후계목 중 보다 장기적인 미래의 우점가능성 예측을 가능케 하는 어린임목들로, 유목급은 직경 5cm 이하 또는 수고 4m 이하로 규정하였다.

연구대상 산림의 경영대상 수종은 우점수종과 우점가능 수종들을 중심으로 선정하였으며, 이용적 가치가 높게 평가되는 수종들도 고려하였다. 선정된 연구대상 산림의 경영대상 수종들을 중심으로, 계곡, 산복, 능선지역의 수종구성을 참조하여 지형적 위치별 경영대상 수종을 선정하였다.

계곡, 산복, 능선지역의 명확한 구별은 어렵고, 구분에 대한 기준은 없으나, 산림의 상관(相觀)을 기준으로 하여 계곡의 중앙에서 구성 식생의 변화가 뚜렷해지는 좌우 25m~30m 범위를 계

꼭지역으로, 능선의 중앙에서 좌우 15m~20m 범위를 능선지역으로 구분하였으며, 나머지 지역은 모두 산복지역으로 분류하였다. 분류된 계곡, 산복, 능선지역에 대해서는 수관층별 수종구성을 분석하고, Legendre and Legendre(1983)가 제시한 다음의 percent similarity 산출공식을 이용하여 유사성을 비교하였다.

$$PS = \frac{\sum[\text{lowest percentage for each species between communities}]}{100}$$

산림의 안정성을 유지하기 위해서는 최소한 산림의 종다양성 수준을 유지해야 한다는 가정을 바탕으로, 현재 산림의 상층밀도와 수종의 미래 세력 변화를 고려하여 경영대상 수종 중심의 수종구성 비율을 추정하고, 이를 이용하여 종다양성 지수를 역산출하였다. 종다양성 지수는 Shannon의 산출공식을 이용하였으며(Brower and Zar 1977), 자료의 계산은 Kovach(1995)의 Multivariate Statistical Package를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 수종구성

연구대상 산림에는 총 44개의 목본 수종이 생육하는 것으로 파악되었으나, 용재생산이 가능한 경영대상 수종을 선정하기 위해 관목 수종과 아교목 수종을 제외한 25개 교목수종을 대상으로 수관층별 수종구성을 분석하여 Table 1에 나타내었다.

우점수종 선정을 위해 제시된 가정을 연구대상 산림의 수종구성에 적용한 결과, 상층, 중층, 하층의 최소우점율은 각각 5.3%, 4.5%, 5.0%, 최대 우점수종의 수는 각각 6종, 7종, 6종으로 산출되었다.

상층에서는 신갈나무, 소나무, 가래나무, 졸참나무, 층층나무 등 5개 수종이, 중층에서는 신갈나무, 고로쇠나무, 졸참나무, 물푸레나무, 층층나무, 찰피나무 등 6개 수종이, 그리고 하층에서는 신갈나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 찰피나무, 졸

Table 1. Species composition of woody species by vertical layers in the study forest.

Species	Importance Value(%)		
	Overstory	Midstory	Understory
<i>Acer mono</i> (AM*)	2.0	9.2	14.7
<i>Betula davurica</i> (BD)	0.2		
<i>Betula schmidtii</i> (BS)	4.6	2.6	
<i>Cornus controversa</i> (CO)	5.5	6.1	0.8
<i>Fraxinus mandshurica</i> (FM)			0.6
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (FR)	4.0	6.2	13.3
<i>Juglans mandshurica</i> (JM)	10.6	3.4	0.5
<i>Kalopanax pictus</i> (KP)	1.5	1.0	3.2
<i>Maackia amurensis</i> (MA)		1.0	4.0
<i>Phellodendron amurense</i> (PA)	0.4	0.2	
<i>Picrasma quassioides</i> (PQ)	0.2	1.0	2.0
<i>Pinus densiflora</i> (PD)	11.1	2.7	2.5
<i>Pinus koraiensis</i> (PK)		0.1	4.2
<i>Prunus mandshurica</i> var. <i>glabra</i> (PG)	0.3	1.0	
<i>Prunus padus</i> (PP)		0.4	2.5
<i>Prunus sargentii</i> (PS)		1.0	0.1
<i>Quercus dentata</i> (QD)		0.2	0.6
<i>Quercus mongolica</i> (QM)	39.4	43.6	30.7
<i>Quercus serrata</i> (QS)	10.6	9.0	8.3
<i>Quercus variabilis</i> (QV)	4.1	1.9	0.3
<i>Salix hulteni</i> (SH)	0.3		
<i>Sorbus alnifolia</i> (SA)	0.2	0.5	0.3
<i>Tilia amurensis</i> (TA)	0.5	1.0	1.4
<i>Tilia mandshurica</i> (TM)	4.2	6.0	9.2
<i>Ulmus parvifolia</i> (UL)	0.4	1.7	0.7

* Species abbreviations are applied to Figure 1 and 2.

참나무 등 5개 수종이 최소우점율보다 높은 구성비율을 갖는 것으로 파악되었으며, 이들 수종들의 수는 최대 우점수종의 수를 초과하지 않는 것으로 나타났다. 또한, 선정된 수종들의 구성비율의 합은 상층, 중층, 하층에서 각각 77%, 80%, 76%로 파악되어 우점수종의 최소비율인 60% 이상인 것으로 나타났다. 따라서 연구대상 산림의 우점수종은 신갈나무, 소나무, 가래나무, 졸참나무, 층층나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 찰피나무 등으로 평가되었다.

신갈나무와 졸참나무는 상층뿐만 아니라 중층과 하층에서도 우점수종으로 평가되어 지속적으로 높은 세력을 유지할 것으로 파악되었으나, 상층에서 우점수종으로 평가된 소나무와 가래나무는 중층과 하층으로 갈수록 구성비율이 매우 저조하여 점차 세력이 감소할 것으로 사료되며, 상층과 중층에서 우점수종으로 평가된 층층나무 역시 매우 낮은 하층 구성비율로 인해 장차 세력이 감소할 것으로 예상된다. 중층과 하층에서 우점수종으로 평가된 고로쇠나무, 물푸레나무, 찰피나무는 상층에서 낮은 구성비율을 보이고 있으나, 중층과 하층의 높은 구성비율에 따라 시간이 지날수록 점차 세력이 확장되어 갈 것으로 사료된다.

우점수종은 아니지만 재질이 좋고, 수피는 약용으로, 초봄의 새싹(개두릅)은 식용으로 이용되는 읍나무(임업연구원, 1993)는 이용가치가 매우 높은 수종 중의 하나이다. 읍나무는 우점수종 선정 가정에서 우점수종으로 평가되지 않았으나, 하층의 세력이 증가하는 양상을 보이고 있어 읍나무와 같이 이용가치가 높은 수종에 대해서는 경영대상 수종에 포함하여 경영방안을 마련하여야 할 필요가 있다.

2. 직경급과 수고급에 따른 개체수 분포 양상

수종구성 분석 결과, 각 수관층에서 우점수종으로 파악된 8개 수종과 이용가치가 높은 읍나무 등 9개 수종을 대상으로 직경급과 수고급에 따른 개체수 분포 양상을 파악하여 Figure 1과 Figure 2에 나타내었다.

우점가능 수종 평가 기준을 근거로 하여 주요 수종의 개체수 분포 양상을 분석한 결과, 신갈나무는 후계목급인 직경 IV급 이하의 개체수와 수고 VI급 이하의 개체수가 각각 712본/ha(82%), 680본/ha(78%)으로 파악되었으며, 유목급인 직경 I급과 수고 I, II급의 개체수도 후계목급 개체수의 64% 이상을 차지하고 있는 것으로 파악되었

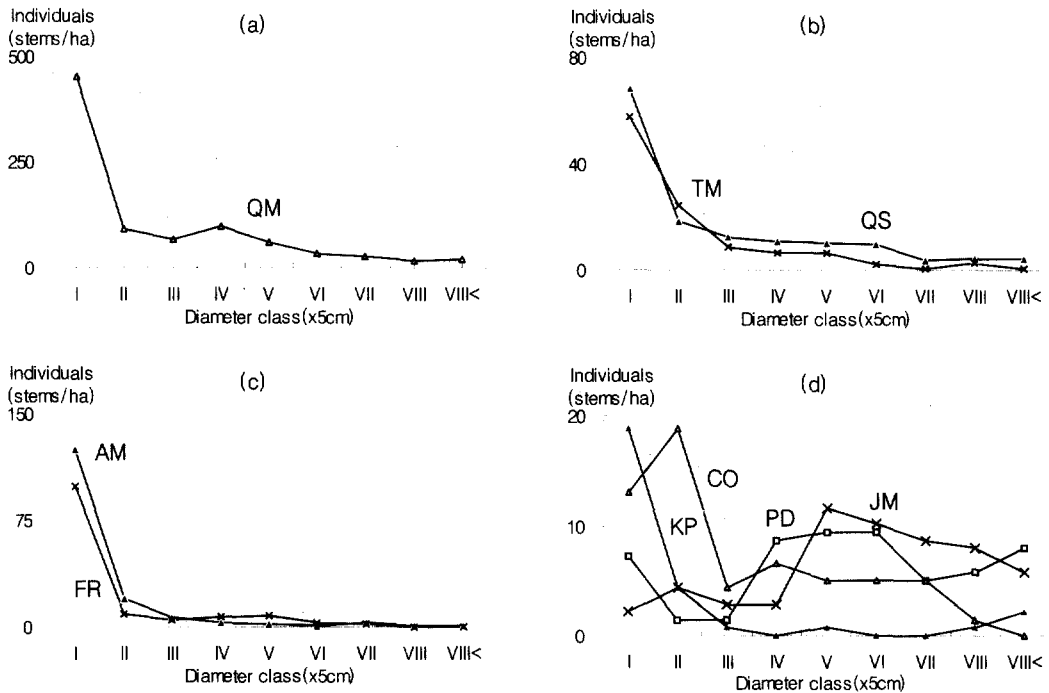


Figure 1. Diameter distribution of major species in the study forest.

다. 따라서 신갈나무는 연구대상 산림에서 미래의 우점가능성이 매우 높으며, 그 우점 가능성은 장기간 지속될 것으로 사료된다.

졸참나무, 물푸레나무, 고로쇠나무도 직경 IV급 이하와 수고 VI급 이하의 개체수가 각각 109본/ha(77%)과 104본/ha(74%), 120본/ha(90%)과 118본/ha(89%), 154본/ha(95%)과 154본/ha(95%)으로 파악되어 우점가능성이 높은 것으로 파악되었으며, 후계목급 중 직경 I급과 수고 I, II급이 차지하는 비율 역시 각각 62%와 62%, 83%와 80%, 81%와 76%로 파악되어 장기간 우점할 것으로 평가되었다.

찰피나무는 후계목급의 개체수가 직경분포에서는 96본/ha, 수고분포에서는 93본/ha으로, 우점가능성 평가 기준인 100본/ha에는 다소 미치지 못하나, 구성비율이 평가기준인 70%보다 높은 88%, 85%를 차지하고 있고, 유목급의 구성비율 역시 평가기준을 상회하고 있어 우점 가능성이 있는 것으로 사료된다.

가래나무와 소나무, 층층나무는 직경분포와 수고분포 모두에서 매우 불규칙한 분포양상을 보이며, 직경분포에서는 후계목급이 각각 12본/ha(22%),

19본/ha(33%), 43본/ha(72%), 수고분포에서는 후계목급이 각각 13본/ha(23%), 16본/ha(28%), 41본/ha(67%)으로 매우 낮게 나타나 미래의 우점가능성은 희박한 것으로 파악되었다.

읍나무는 후계목급인 직경 IV급 이하와 수고 VI급 이하의 개체수 모두 24본/ha으로 파악되어 미래의 우점 가능성은 적은 것으로 평가되었다. 그러나 전체 개체수에 대한 후계목급의 구성비율(87%)이 매우 높고, 유목급인 직경 I급과 수고 I, III급의 개체수 비율 역시 각각 79%와 76%로 높게 파악되어 점차 세력이 확장되어 가는 것으로 파악되었다. 따라서 읍나무는 적절한 조절과 관리가 지속된다면 세력을 보다 확장할 수 있을 것으로 사료된다.

산림의 안정성을 유지하고, 경제적 가치를 향상시키기 위해 교목수종 중 우점수종과 우점 가능성이 높은 수종으로 산림을 경영해야 한다는 가정 에 따라 경영대상 수종을 고찰한 결과, 연구대상 산림은 신갈나무, 소나무, 가래나무, 졸참나무, 층층나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 찰피나무 등과 이용 가치가 높은 읍나무 등을 중심으로 경영되어야 할 것으로 판단된다. 경영대상 수종 중,

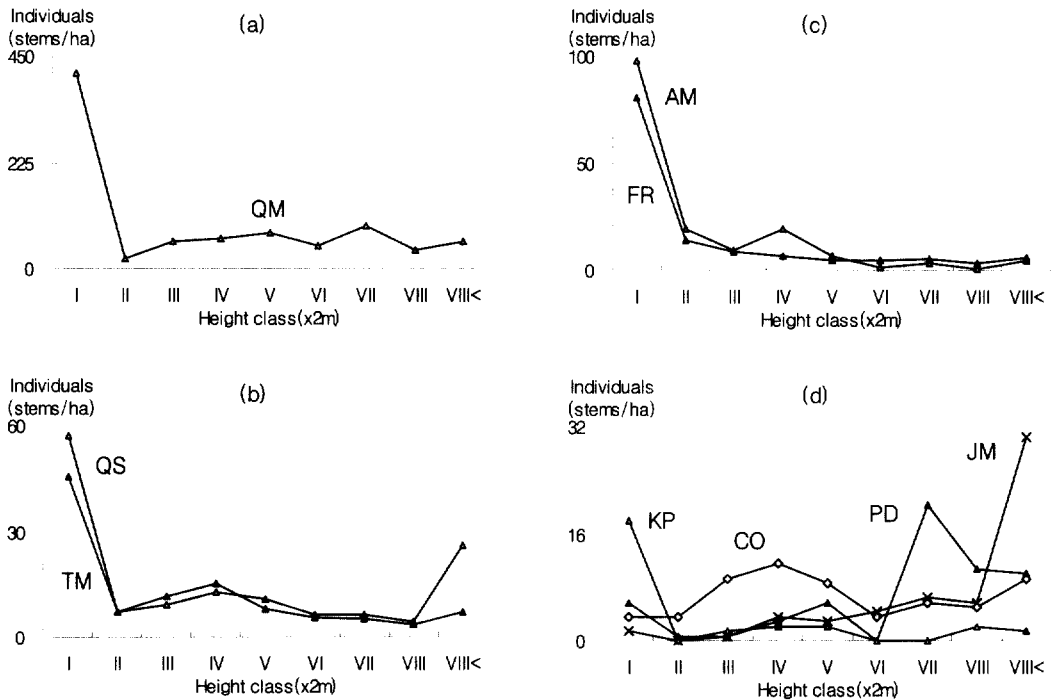


Figure 2. Height distribution of major species in the study forest.

신갈나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 졸참나무, 찰피나무 등은 미래에 지속적으로 세력을 유지하거나 확장할 것으로 사료되며, 반면에 소나무, 가래나무, 층층나무 등은 세력이 감소될 것으로 분석되어 이들 수종의 구성비율은 이러한 세력 변화 추이에 따라 조절되어야 할 것으로 사료된다.

3. 지형적 위치별 수종 분포 양상

우리나라 산지는 지형이 복잡하고, 굴곡이 심하여, 계곡, 산복, 능선의 구별이 뚜렷하다. 이러한 지형적 변이는 태양광선 및 수분 조건의 양과 분배를 결정하는 중요한 요인으로 작용하여, 산림의 수종구성과 발달 상황에 지대한 영향을 미치는 것으로 파악되었다(강성기 등, 2000; 이원섭 등, 2000; 李德志, 1991; 山本博 등, 1995; Rowe, 1984). 따라서 산림의 자연적 특성에 적합한 경영 방안을 모색하기 위해서는 수종구성의 차이가 심한 지형적 위치에 따라 산림을 구분하고, 각각의 경영방안을 마련하여야 할 것이다.

연구대상 산림은 Table 2에 제시한 것처럼, 계곡, 산복, 능선 등 지형적 위치에 따라 상이성이 높은 것으로 파악되었으며, 지형적 위치별 경영대상 수종을 선정하기 위해 계곡, 산복, 능선지역의 수종구성을 분석하여 Table 3에 나타내었다. 지형적 위치별 경영대상 수종은 연구대상 전체 산림의 경영대상 수종을 중심으로 계곡, 산복, 능선지역의 수종구성을 참조하여 선정하였다.

우점수종 선정 가정에 의한 계곡지역 상층, 중층, 하층의 최소우점율은 10%, 8.3%, 9.1%이다. 따라서 최소우점율 이상을 차지하는 상층의 가래나무, 층층나무, 신갈나무, 중층의 고로쇠나무, 층층나무, 가래나무, 찰피나무, 물푸레나무, 그리고 하층의 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무, 소태나무, 신갈나무 등이 우점수종으로 평가되어야 하나, 최대 우점수종의 수가 3종, 4종, 3종이므로 중층의 물푸레나무와 하층의 소태나무와 신갈나무는 우점수종에서 제외된다.

전체 산림의 경영대상 수종으로 선정된 9개 수종 중 계곡지역에서 우세한 세력을 보이는 수종은 가래나무, 층층나무, 신갈나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무 등으로 파악되어, 계곡지역은 이들 수종들을 중심으로 경영되어야 할 것으로 사료된다.

산복지역의 상층(5.6%), 중층(5.9%), 하층(6.7%)의 최소우점율에 따라, 상층은 신갈나무, 졸참나무, 찰피나무, 가래나무, 중층은 신갈나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 그리고 하층은 신갈나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무 등이 우점수종으로 평가되었다. 이용가치가 높아 경영대상 수종으로 선정된 음나무는 계곡과 능선지역 보다는 산복지역에서 세력이 좋은 것으로 파악되었으며, 하층에서의 세력이 비교적 양호한 것으로 나타났다. 따라서 산복지역은 신갈나무, 졸참나무, 가래나무, 고로쇠나무, 찰피나무, 물푸레나무, 그리고 음나무 등으로 경영되어야 할 것이다.

Table 2. Similarity indices of the valley, mid-slope, ridge and whole forest by the vertical layers.

Communities		Percent Similarity(%)			
		Valley	Mid-Slope	Ridge	Whole Forest
Overstory	Valley	100	41	19	44
	Mid-Slope		100	64	85
	Ridge			100	71
	All forest				100
Midstory	Valley	100	42	19	42
	Mid-Slope		100	72	92
	Ridge			100	76
	All forest				100
Understory	Valley	100	64	39	58
	Mid-Slope		100	63	85
	Ridge			100	77
	All forest				100

Table 3. Species composition of the valley, mid-slope and ridge area by vertical layers.

Species	Importance Value(%)								
	Valley			Mid-Slope			Ridge		
	OV ¹⁾	MI ²⁾	UN ³⁾	OV ¹⁾	MI ²⁾	UN ³⁾	OV ¹⁾	MI ²⁾	UN ³⁾
<i>Acer mono</i>	6.8	22.6	34.5	1.8	9.2	18.0		3.8	5.3
<i>Betula davurica</i>				0.4					
<i>Betula schmidtii</i>	3.8			4.1	2.1		6.1	4.5	
<i>Cornus controversa</i>	18.5	20.4	4.9	5.1	5.0	0.4		1.0	0.3
<i>Fraxinus mandshurica</i>						1.7			
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	5.9	8.9	12.5	5.3	5.8	13.5	1.2	5.4	13.1
<i>Juglans mandshurica</i>	43.7	18.5		6.8	1.9	0.9	1.5		0.3
<i>Kalopanax pictus</i>	2.2	0.9	1.8	2.0	1.8	3.8	0.6		2.3
<i>Maackia amurensis</i>		1.4	4.2		1.6	3.7			3.2
<i>Phellodendron amurense</i>				0.9	0.4				
<i>Picrasma quassioides</i>		2.5	9.5	0.4	1.0	2.0		0.4	
<i>Pinus densiflora</i>				1.4			29.2	7.1	5.8
<i>Pinus koraiensis</i>						1.0		0.4	8.0
<i>Prunus mandshurica</i> var. <i>glabra</i>				0.6	1.3			1.2	
<i>Prunus padus</i>					0.8	6.1			
<i>Prunus sargentii</i>					1.6			0.8	0.3
<i>Quercus dentata</i>								0.5	1.5
<i>Quercus mongolica</i>	10.8	4.4	9.2	41.9	43.5	26.1	48.2	56.3	42.5
<i>Quercus serrata</i>	1.5	1.8	2.7	15.0	11.0	7.2	8.6	9.5	9.9
<i>Quercus variabilis</i>				5.2	2.4		4.6	4.5	0.7
<i>Salix hulteni</i>				0.5					
<i>Sorbus alnifolia</i>		2.3	3.4	0.5				0.5	
<i>Tilia amurensis</i>				1.0		0.4		2.6	2.8
<i>Tilia mandshurica</i>	4.3	11.8	13.4	7.1	8.9	14.5		0.8	4.0
<i>Ulmus parvifolia</i>	2.5	4.5	3.7		1.7	0.7		0.6	

1) OV : Overstory layer, 2) MI : Midstory layer, 3) UN : Understory layer

능선지역 상층, 중층, 하층의 최대 우점율은 각각 12.5%, 5.9%, 6.7%, 최대 우점수종의 수는 각각 2종, 5종, 5종으로 파악되었다. 이를 근거로 우점수종을 선정하면, 상층은 신갈나무와 소나무, 중층은 신갈나무, 졸참나무, 소나무, 그리고 하층은 신갈나무, 물푸레나무, 졸참나무, 잣나무 등이 우점수종인 것으로 파악되었으며, 상층, 중층, 하층 모두 최대 우점수종의 수와 우점수종의 구성비율 조건에 부합하는 것으로 나타났다. 그러나 하층에서 우점수종으로 파악된 잣나무는 상층목이 존재하지 않고, 중층목도 매우 세력이 미약하기 때문에 경영대상 수종으로 고려하기 곤란하므로 능선지역의 경영대상 수종은 신갈나무, 소나무, 졸참나무, 물푸레나무 등으로 선정하였다.

4. 종다양성과 안정성 수준

연구대상 산림의 경영대상 수종을 중심으로 산림의 안정성을 유지하기 위한 수종구성 비율과 적정 안정성 수준을 고찰하기 위해 전체 산림과 계곡, 산복, 능선지역의 수관층별 종다양성 지수를 산출하여 Table 4에 나타내었다.

수관층에 따라 종다양성 지수를 살펴보면, 중층의 종다양성이 가장 높고, 상층이 가장 낮은 것으로 파악되었다. 상층의 종다양성이 낮은 이유는 갱신발생된 수종들이 생육을 거듭하면서 생존경쟁에 따라 우점종과 그렇지 않은 수종으로 확연히 구별되어 몇몇 우점종의 구성비율이 매우 높아지기 때문으로 사료되며, Table 4에서도 전체 산림의 상층 군재도가 중층과 하층에 비해 낮은 것으로 나

Table 4. Species diversity indices of the valley, mid-slope, ridge, and whole forest in the study forest.

Vertical Layers		Diversity index(H')	Maximum of $H'(H_{max})$	Evenness (J')	Dominance ($1-J'$)	Richness (R)
Overstory	Whole Forest	1.96	2.94	0.66	0.34	19
	Valley	1.68	2.30	0.73	0.27	10
	Mid-Slope	1.93	2.89	0.67	0.33	18
	Ridge	1.27	2.08	0.61	0.39	8
Midstory	Whole Forest	2.54	3.09	0.82	0.18	22
	Valley	2.36	2.48	0.95	0.05	12
	Mid-Slope	2.42	2.83	0.85	0.15	17
	Ridge	1.67	2.83	0.58	0.42	17
Understory	Whole Forest	2.25	3.00	0.75	0.25	20
	Valley	1.63	2.40	0.68	0.32	11
	Mid-Slope	2.36	2.71	0.87	0.13	15
	Ridge	0.90	2.71	0.33	0.67	15

타나고 있다. 중층의 종다양성이 가장 높은 이유는 이 연구에서 정한 중층의 범위가 수고 13m 이하에서 수고 3m까지로 상층과 하층에 비해 많은 수의 임목들이 포함되기 때문으로 사료된다.

계곡, 산복, 능선지역의 종다양성을 살펴보면, 모든 수관층에서 산복지역, 계곡지역, 능선지역 순의 종다양성 수준을 보이고 있다. 특히 능선지역은 다른 지역에 비해 매우 낮은 것으로 파악되었는데, 바람과 중력 등에 의해서 비교적 건조한 환경에 의해 능선지역에 다양한 수종들이 생육하지 못하기 때문으로 사료된다. 계곡지역과 산복지역은 종수와 수종구성의 차이에도 불구하고 중층에서 큰 차이가 없는 것으로 파악되었다.

종다양성 지수는 구성수종의 수와 개체수를 기준으로 산출되며, 식생구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관적인 척도를 제공하기 때문에 산림의 안정상태를 파악하는 데 매우 효율적인 방법으로 활용되고 있다. 이 연구에서는 인위적 간섭이 적고, 시업적 관리가 체계적으로 실행되지 않은 천연활엽수림에 대해서는 현재의 종다양성 수준을 유지하는 것이 산림의 안정성을 유지하는 방안이라고 가정하여 상층 종다양성 지수를 연구대상 산림을 경영하는데 지향해야 할 최소한의 안정성 수준으로 고찰하였다.

5. 수종구성 비율

연구대상 산림과 계곡, 산복, 능선지역의 현재 상층 종다양성을 유지할 수 있는 경영대상 수종 중심의 적정 구성비율을 선정하기 위해, 산림의

수관층별 수종구성과 경영대상 수종들의 미래의 세력 변화 양상을 참조하여 수종의 구성비율을 산출하고, 이를 바탕으로 안정수준을 다시 역산출하여 Table 5에 나타내었다.

경영대상 수종의 구성비율은 5% 단위로 표현하였으며, 수종의 현재 상층 상대밀도를 바탕으로 수종들의 미래의 세력 증감에 따라 가감하여 제시하였다. 종수는 경영대상 수종 이외에도 연구대상 산림에 형질이 우량한 개체가 존재하거나, 희귀종이나 특용수종이 존재하여, 개개목을 보존해야 할 필요성이 있다는 가정 하에 전체 산림은 3개의 수종을, 다양도가 낮은 것으로 파악된 능선지역은 1개 수종을, 적용범위가 넓고 다양도가 높은 산복지역은 3개 수종을, 그리고 계곡지역은 2개 수종을 더 보존해야 한다고 고려하여 종다양성 지수를 산출하였으며, 기타 수종의 구성비율은 5%로 적용하였다.

이러한 종수와 개체수 구성비율을 기초로 안정상태 수준을 역산출한 결과, 전체 산림은 2.14, 계곡, 산복, 능선지역은 각각 1.84, 1.97, 1.33 정도의 종다양성 지수가 산출되어, 현재의 상층 종다양성 수준보다 다소 높은 것으로 파악되었다.

적정 안정상태를 유지하기 위해서 전체 산림은 현재의 최우점 수종인 신갈나무는 30% 정도로, 미래에 세력이 지속적으로 확장될 것으로 사료되는 고로쇠나무, 물푸레나무, 졸참나무, 찰피나무는 10%~15%로, 미래에 세력이 감소하는 가래나무, 소나무, 층층나무는 5%~10%로, 그리고 전반적으로 세력이 낮지만 지속적인 상승이 예상

Table 5. Suggested ratios of species composition and species diversity index of the valley, mid-slope, ridge and whole forest in the study forest.

Species	Ratios of Species(%) / Diversity Index			
	Whole Forest	Valley	Mid-Slope	Ridge
<i>Acer mono</i>	15	30	15	-
<i>Cornus controversa</i>	5	10	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	10	15	15	15
<i>Juglans mandshurica</i>	5	10	5	-
<i>Kalopanax pictus</i>	5	-	5	-
<i>Pinus densiflora</i>	5	-	-	10
<i>Quercus mongolica</i>	30	10	25	50
<i>Quercus serrata</i>	10	-	15	20
<i>Tilia mandshurica</i>	10	20	15	-
Others	5	5	5	5
Richness(<i>R</i>)	12	8	9	5
Diversity Index(<i>H'</i>)	2.14	1.84	1.99	1.33

되는 음나무는 5% 정도로 유지하는 것이 산림의 안정성을 유지하는데 효과적일 것으로 파악되었다. 기타 수종으로는 연구대상 산림에 좋은 형질의 개체목이 존재하는 팔배나무와 하층목의 출현이 좋고 특용수종으로 파악된 다릅나무, 그리고 소태나무 등을 보존해야 할 것으로 사료된다.

계곡지역에서는 미래의 도약이 기대되는 고로쇠나무는 30%로, 물푸레나무와 찰피나무는 15%~20%로, 층층나무, 가래나무, 신갈나무는 약 10% 정도로 조성해야 할 것으로 사료되며, 산복지역에서는 신갈나무를 약 25%, 고로쇠나무, 물푸레나무, 졸참나무, 찰피나무는 약 15%, 그리고 음나무는 약 5% 정도의 구성비율을 유지해야 할 것을 제안하였다. 산복지역은 출현 종수가 가장 많은 것으로 파악되었기 때문에 기타 수종의 구성비율은 다른 지역에 비해 높아야 할 것으로 사료된다. 능선지역은 신갈나무가 거의 절반 정도를 차지하고, 졸참나무와 물푸레나무가 15%~20% 정도, 점차 쇠퇴해 가는 소나무가 10% 정도를 차지하는 구성비율을 유지할 것을 제안한다.

이 연구에서 선정된 경영대상 수종의 구성비율은 정량적인 자료변환에 의한 수학적인 과정보다는 수종의 세력증가와 감소추이라는 정성적인 기준에 의해 제시되었다. 따라서 비록 경영대상 수종들간의 관계와 그 관계들의 상호관계를 수치적으로 환산한다는 것은 매우 어렵고 곤란한 과제이지만, 경영대상 수종 선정방법을 보다 객관적으로 수량화하는 방안이 모색된다면 보다 효율적인

경영대상 수종의 구성비율과 산림의 적정 안정성 수준이 제시될 수 있을 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

1. 강성기·김지홍·김광택·양희문. 2000. 점봉산 일대 천연활엽수림의 지형적 위치에 따른 군집구조적 속성 분석(I)-수종구성, 종다양성, 생활형을 중심으로-. 강원대학교 산림과학연구소 연구보고 16: 93-104.
2. 이원섭·김지홍·김광택. 2000. 점봉산 일대 천연활엽수림의 지형적 위치에 따른 천이 경향 분석. 한국임학회지 89(5): 655-665.
3. 임업연구원. 1993. 활엽수자원 조사보고서.
4. 춘천국유림관리소. 1995. 가리산시범단지 사업계획서.
5. 춘천기상대. 2001. 기후자료시스템.
6. 李德志. 1991. 帽兒山地區天然次生林環境梯度與群集梯度的綜合分析. In 周曉峰(ed), 森林生態系統定位研究. 東北林業大學出版社. 哈爾濱. 445-453.
7. 山本博一. 仁多見俊夫, 木佐貫博光. 1995. 針廣混交天然林의 林分構造의 解析(I) 樹種構成と地形要因의 關係. 日林誌 77(1): 47-54.
8. Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. WM. C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa. pp. 194.

9. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. *Ecology* 32 : 476-498.
10. Kovach, W.L. 1995. MVSP - A Multivariate Statistical Package for IBM PCs, Ver. 2.2. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
11. Legendre, P.S. and L. Legendre. 1983. *Numerical Ecology*. Elsevier, New York. pp. 419.
12. Rowe, J.S. 1984. Forestland classification : Limitation of the use of vegetation. p276. in *Forestland Classification : Experiences probles. Perspectives*. J. Bockheim(ed). Proc. Symp. Univ., Wisconsin.
13. Vogt, K.A., Gordon, J.C., Wargo, J.P., Vogt, D.J, Asbjornsen, H., Palmiotto, P.A., Clark, H.J., O'Hara, J.L., Keaton, W.S., Patel-Weynand, T., and E. Witten. 1997. *Ecosystems(Balancing Science with Management)*. Springer-Verlag Inc., New York. U.S.A. pp. 470.