

울진 소광리 금강소나무림 식생구조 특성에 따른 관리방안[†]

김동욱* · 한봉호** · 박석철*** · 김종엽****

*산림청 도시숲경관과 사무관 · **서울시립대학교 조경학과 교수 ·
서울시립대학교 도시과학연구원 연구원 · *(재)환경생태연구재단 연구원

A Study on the Management Method in Accordance with the Vegetation Structure of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) Forest in Sogwang-ri, Uljin

Kim, Dong-Wook* · Han, Bong-Ho** · Park, Seok-Cheol*** · Kim, Jong-Yup****

*Deputy Director, Urban Forest and Landscape Division, Korea Forest Service

**Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

***Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul

****Researcher, Environmental Ecology Research Foundation

ABSTRACT

The Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) Forest in Sogwang-ri, Uljin has traditionally been a pine tree protection area (prohibited forest) for timber production purposes, and is now designated and managed as a protected area for forest genetic resource conservation by the Korea Forest Service. This study, we analyzed topographical characteristics, existing vegetation, tree age, and plant community structure, and proposed a sustainable management method for the Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) Forest in Sogwang-ri, Uljin for timber harvesting purposes. The topographical characteristics of the target area were 36.7% ridges and 38.7% valleys; the ratio of ridges to valleys was similar, and the slopes formed 24.7% of the total area. The types of pine forest communities are divided into six types based on the progress of pine forest renewal, the competition with other species such as deciduous broadleaf trees, and the formation of layered structures. It has been confirmed that the age of the large-diameter pine trees (40~60cm in diameter) is approximately 60~70 years, which is relatively low. As a result of the analysis of the relative importance percentage and layered structure, differences depended on the progress of the pine forest renewal project, and not only the maintenance of the pine forest, but also the creation of a secondary growth forest, the density adjustment of pine trees, and the active management of competitive trees. The average basal area by the community was 12,642.1~25,424.4cm² for the tree layer and 1.8~1,956.5cm² for the low tree layer based on a quadrat of 400m². The difference in the basal area appeared to depend on the size and number of trees forming the tree layer and the degree of pine forest renewal (the degree of time elapsed after thinning pine trees). The average number of species that appeared in each community was 8.7 - 20.3; there were many species located in valleys,

[†] : 본 논문은 김동욱의 2017년도 서울시립대학교 대학원 박사학위논문 일부를 수정·보완하여 발전시킨 것임.

Corresponding author: Seok-Cheol Park, Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul, Seoul 02504, Korea, Tel.: +82-2-6490-5521, E-mail: psc9987@uos.ac.kr

and the type competes with deciduous broadleaf trees due to the lack of management. The diversity of species ranged from 0.6915-1.0942, and was evaluated as low compared to pine communities in central temperate zones. In this paper, we determined the management goals of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) Forest in Sogwang-ri, Uljin to produce timber with high economic value, and suggested efficient vegetation management for continuous afforestation, the establishment of a timber production system, and improvement of wood production as a management direction.

Key Words: Actual Vegetation, Topographical Characteristic, Vegetational Succession, Forest Genetic Resources Reserve

국문초록

울진 소광리 금강소나무림은 전통적으로 목재생산 목적의 소나무 보호지역(봉산)이었으며, 현재는 산림청 산림유전 자원보호구역으로 지정·관리되고 있다. 본 연구는 지형 특성, 현존식생, 수령, 식물군집구조를 분석하여 임목생산을 목적으로 한 울진 소광리 금강소나무림의 지속가능한 관리방안을 제안하고자 하였다. 대상지 지형 특성은 능선 36.7%, 계곡 38.7%로 능선과 계곡의 비율이 유사하였으며, 사면은 전체 면적의 24.7%로 좁게 형성되어 있었다. 소나무림 군집 유형은 소나무림의 갱신 진행상태, 낙엽활엽수 등 타 수종과의 경쟁상태, 층위구조 형성 여부 등을 기준으로 6개 유형으로 구분되었다. 대경목 소나무(흉고직경 40~60cm)의 수령은 약 60~70년 내외로 비교적 수령이 낮은 것으로 확인되었다. 상대우점치 및 층위구조를 분석한 결과, 소나무림 갱신 사업의 진행 정도에 따라 차이를 보이고 있었고, 소나무림의 유지뿐만 아니라 소나무 후계림의 조성, 소나무의 밀도 조절, 경쟁수목에 대한 적극적 관리를 실시하고 있었다. 군집별 평균 흉고단면적은 400m² 방형구를 기준으로 교목층은 12,642.1~25,424.4cm², 아교목층은 1.8~1,956.5cm²이었다. 흉고단면적의 차이는 교목층을 형성하는 수목의 규격과 개체수, 소나무림의 갱신 정도(소나무 간벌 후 시간경과 정도)에 따라 차이가 나타났다. 군집별 평균 출현 종수는 8.7~20.3종으로 계곡부에 위치하고 있는 유형과 관리가 이루어지지 않아 낙엽활엽수와와의 경쟁이 진행 중인 유형에서 출현 종수가 많았다. 종다양도는 0.6915~1.0942로 온대중부지역 소나무군집과 비교하여 낮은 것으로 평가되었다. 울진 소광리 금강소나무림의 관리목표는 경제적 가치가 높은 목재생산으로 설정하였으며, 지속적인 조림 및 목재생산 체계 구축, 목재생산량 증진을 위한 효율적 식생관리를 관리방향으로 제시하였다.

주제어: 현존식생, 지형특성, 생태적 천이, 유전자보호림

1. 서론

본 연구는 울진 소광리 금강소나무림의 지형특성, 천이 진행 정도, 천이 잠재성, 경쟁상태 등 식생구조 특성을 분석하여 소나무림의 지속가능한 식생관리방안을 제시하고자 하였다. 연구 내용은 소나무 군집의 유형화, 식생구조 분석, 관리권역 설정, 권역별 관리방안 순으로 진행하였다. 울진 소광리 소나무림은 울진군 내 산림유전자원보호구역으로 지정되어 있으며, 2007년 7월에는 남부지방산림청에서 소광리 일대 소나무림 22,740,000m²를 '금강소나무 생태경영림'으로 지정·관리하고 있다.

소나무는 우리나라의 대표적인 경제수종으로서 존송사상(尊松思想)(Lee, 1976)과 더불어 고려시대 현종(1013) 경부터 법으로 소나무를 보호하고 식재하였으며, 조선시대에는 소나무를 보호하기 위한 다양한 법령과 정책을 제정하였다. 소나무림의 보호·관리 목적은 병선 제작을 위한 선재, 왕실의 건축자재, 왕실의 장례에 사용되는 관곽재의 확보와 왕릉 주변의 경관 조

성 및 왕실의 권위와 위상 고취 등이었다. 조선시대 소나무림 보호지역은 도성 내·외의 금산, 충청도, 전라도 일대의 봉산(소나무림), 경상남도 일대의 봉산과 송전, 강원도 및 경상북도 일대의 황장봉산과 왕릉 주변의 봉산(역사경관림), 기타 특수한 목적으로 지정된 봉산(진목봉산, 울목봉산, 향탄봉산, 삼산봉산 등) 등으로 전국에 총 630여 곳에 달하였다.

전통 소나무림 보호지역은 전통사회의 와해와 산업화 및 근대화로 인해 기존의 보호 가치와 목적이 사라진 상태이며, 기후변화로 인한 생육환경의 변화, 낙엽활엽수와의 경쟁으로 인한 도태, 병·충해로 인한 사멸 등 자연적인 요인에 따라 지속적으로 분포면적이 감소하고, 위협을 받고 있는 상태이다.

소나무는 한반도, 일본, 중국 산둥반도, 백두산 동북부 지역에 분포하는 침엽수종으로서 북위 30° 20' ~46° 사이의 온대 및 아한대지역에 분포한다(Lee, 1980). 우리나라 자생 소나무는 남쪽으로는 제주도, 동쪽으로는 울릉도, 서쪽으로는 흑산도와 홍도에서 생육하며, 육지에서는 함경도, 평안도의 고원지대를 제외하고 한반도 전역에 걸쳐 분포하고 있다(Kim *et al.*,

1993). 1930년대 전체 산림의 75%를 차지하였던 소나무림은 1980년대 30~40%로 감소하였고, 현재는 전체 산림면적의 약 22%(14,474,390,000m²)까지 감소하였다(Korea Forest Service, 2020). 우리나라에 분포하고 있는 소나무는 금강형, 중남부평지형, 중남부고지형, 안강형, 위봉형, 동북형 등 6개 지역형으로 구분되며, 이는 입지 환경과 토양 등 환경적 요인에 기인한 것으로 판단된다(Im, 1985). 또한 소나무는 천이 초기 수종으로 소나무림의 생태적 수명은 약 140년 정도이며(Park, 2005), 자연상태에서의 소나무림은 참나무 등의 낙엽활엽수와의 경쟁에서 도태되어 천이가 진행되는 것이 불가피하다(Lee *et al.*, 1990b; Ma, 1999; Bae and Lee, 1999; Lee *et al.*, 2009). 소나무림의 식생구조 주요 선행연구로 Jo(1987), Lee *et al.*(1990a), Lee *et al.*(2009), Lee *et al.*(2009), Choi *et al.*(2009), Lee *et al.*(2012), Jo *et al.*(2012) 등은 국립공원을 비롯한 자연상태의 소나무림을 대상으로 식생구조와 시간의 경과에 따른 변화상을 분석하고, 소나무림의 유형분류를 통하여 유형별 관리방향을 제안하였다. Park(2005), An(2012)은 소나무림의 경우 천이 초기 수종으로 대부분 낙엽활엽수와의 경쟁으로 인한 천이가 진행되고 있는 상태이며, 서울 남산 소나무림의 경우 역사문화경관 보존 측면에서 방해극상적인 생태적 관리(경쟁수목의 제거)가 필요하다고 하였다. 그 세부 관리방안은 경쟁수목의 물리적 제거, 소나무 낙엽의 투입, 낙엽활엽수 관리, 하층 식생의 보완, 후계목 식재, 광 조절, 모니터링, 생태적 천이 유지 등을 제시하였다. 본 연구 대상지 역시 이러한 천이방지 관리를 통한 보호가 필요하다.

산림의 식생관리 관리 기법 중 군락식재기법은 식재에 생태학적 사고방식을 도입한 것으로 산림공원이나 자연공원과 같이 면적이 넓은 곳에 적당한 식재기법이다(Yun, 1977; Kwon, 1997). 자연식생 군락을 대상으로 한 식재 모델의 개발을 위해서는 목표 대상지 인근 자연식생군락을 식재모델로 설정하여 식생군락의 우점종, 출현빈도가 높은 종, 시각적 우세종을 파악하는 등 자연식생군락 주요종들을 선별해 내는 과정이 우선적으로 진행되어야 한다(Jabu, 1982; Knapp and Rice, 1994; Morrison, 1996).

울진 소광리 금강소나무림은 대부분 숲가꾸기 사업, 조림사업, 방화선 구축 등 일반적인 산림 관리가 이루어지고 있으며, 전통 소나무림 보호지역의 관리 목적, 식재구조 특성, 다양한 생태계서비스 가치 등을 고려한 차별화된 관리가 이루어지고 있지는 않은 상태이다. 따라서 본 연구의 목적은 울진 소광리 금강소나무림의 관리 특성과 식생구조 특성 분석 결과를 종합적으로 고찰하여 금강소나무림의 식생관리 목표와 식생관리 방향을 설정하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

울진 소광리 금강소나무림 입구의 계곡부 장군터 바위에 새겨진 '울진 소광리 황장봉계 표석'은 황장봉산이 처음 지정되기 시작한 숙종 6년(1680년) 금강소나무를 보호하기 위하여 황장봉산을 지정하고 그 경계를 표시해 놓은 표석이다. 황장봉계 표석에 기록된 지명은 安一王山이지만 표석이 위치한 장군터의 설화 중 '부족국가(部族國家) 시대에 실직(悉直)의 안일왕(安逸王)이 성(城)을 축조(築造)하여 전란(戰亂)을 피하면서 이 마을에 들렀다 하여 장군터라 부르고 있다(울진군지편찬위원회, 2001a; 2001b; 2001c)'는 내용을 보면 황장봉산의 경계는 울진군 북쪽에 위치한 安逸王山까지로 추정할 수 있었다. 울진 소광리 금강소나무림의 보호지역 지정 현황을 살펴보면, 1959년 1월 12일 농림부에서 육종림으로 지정한 것이 근대적인 보호지역의 시초라 할 수 있다. 이후 1982년 3월 8일 산림청에서 울진군 서면 소광리 일대 17,100,000m²의 소나무림을 천연보호림으로 지정하였으며, 2001년 1월 26일 산림유전자원보호령으로 명칭이 변경되었고, 2009년에는 산림보호법 제정과 함께 산림유전자원보호구역으로 명칭이 변경되었다. 현재 울진군 내 산림유전자원보호구역으로 지정되어 있는 소나무림은 원시림 또는 진귀한 임상 유형으로 총 36개소, 69,794,900m²에 달하며, 주로 서면 삼근리, 소광리, 하원리, 근남면 수곡리, 북면 덕구리, 두천리, 상당리 울진읍 대흥리 일대에 분포하고 있다. 2007년 7월에는 남부지방산림청에서 소광리 일대 소나무림 22,740,000m²를 '금강소나무 생태경영림'으로 지정하여 관리하고 있다.

울진 소광리 금강소나무림은 전통적으로 왕실의 관곽재 및 건축재용 목재생산을 위해 지정된 황장봉산으로 산지기를 두어 관리하도록 하였으며, 황장목 육성 및 목재생산을 위해 관리되었다. 일제강점기 조선총독부에서 설립한 울진영림서 등 관리기관을 통해 목재생산 및 수탈을 목적으로 관리되었으며, 해방 이후에는 우수한 소나무 유전자원 보호를 위한 산림유전자원보호구역으로 지정·관리되고 있다.

2. 지형특성

지형 특성은 식생이 분포하는 지역의 기온, 일조량, 토양습도, 토양 내 유기물 축적 등 환경요인을 결정짓는 중요한 인자이다. 특히, 향과 미세지형은 동일한 지역에서의 식생군락의 분포를 결정지을 수 있는 중요한 지형요소라 할 수 있다. 1/5,000 수치화지도에서 추출한 수치고도자료를 기초 데이터로 ArcMap 10.3 프로그램을 활용하여 향과 미세지형을 분석하였으며 이를 도면화하였다. 향은 45°를 기준으로 한 8개 방향과 평지 지역을

구분하여 9개 향으로 구분하였다. 미세지형은 능선, 계곡, 사면의 3개 유형으로 구분하여 유형별 면적·비율을 산출하였다. 미세지형 분석은 분석 지점을 중심으로 직경 15m 주변의 평균 해발고와 직경 25m 주변의 평균 해발고 차이를 수치화하여 계곡과 능선, 사면을 구분하였고, 이를 도면화하였다.

3. 현존식생

현존식생은 연구대상지를 중심으로 동일한 유역권에 위치한 모든 산림지역 및 주변지역을 대상으로 하였다. 현존식생은 1/5,000 수치지형도를 이용하여 대상지별 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)을 현장에서 파악하였다. 최소 단위면적 기준은 30m × 30m로 설정하였다. 산림지역 현존식생 분류 기준은 소나무와 기타 경쟁수목의 우점도에 따라 소나무 순림(소나무 100%), 기타 수종이 일부 분포하는 소나무림(소나무 70% 이상), 기타 수종과 경쟁 중인 소나무림(소나무 50~70%), 소나무와 경쟁 중인 기타 산림(소나무 30~50%), 소나무가 일부 분포하는 기타 산림(소나무 30% 미만), 기타 침엽수림, 기타 낙엽활엽수림, 관목식생지 등으로 중분류하였고, 교목층 우점종의 식생상관에 따라 소분류하여 분포 면적과 비율을 산정하였다. 또한 소나무 관리를 위한 모수작업 시행지, 벌채 후 소나무 식재지역(관목) 등과 같이 소나무림 육성을 위한 관리작업을 시행한 지역을 별도로 분리하여 추출하였다. 현존식생도는 Autocad Map 3D 2015 프로그램을 이용하여 작성하였고, 유형별 면적·비율은 ArcMap 10.3 프로그램을 이용하여 산출하였다. 분석된 현존식생 및 미세지형 현황을 활용하여 현존식생 유형별 능선, 사면, 계곡으로 분류된 미세지형에 대한 분포 특성을 비교하였고, 각 식생군락의 지형 선호도를 도출하고자 하였다.

4. 식물군집구조

1) 소나무림 군집유형 분류 및 조사구 설정

울진 소광리 금강소나무림의 식생구조 특성을 파악하기 위하여 군집유형별 주요 지점 3~4개소로 총 20개의 방형구(400m²)를 설치하여 식물군집구조 조사를 실시하였다. 소나무림의 군집유형은 소나무와 기타 수종의 경쟁 상태, 소나무림 갱신 상태, 소나무 치수 생육 현황, 조사구의 지형적 특성 등을 기준으로 분류하였으며, 갱신이 완료된 소나무림, 갱신이 진행 중인 소나무림, 기타 낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림 등으로 유형을 구분한 후 조사구 내 아교목층 및 관목층의 소나무 생육 상태, 지형적 특징에 따라 1~3개 유형으로 세분하여 각각의 식물군집구조 특성을 분석하였다. 갱신이 완료된 소나무림은 교목층에 소나무 대경목과 소경목이 함께 분포하고 있는 유형으로 능선부에 3개 조사구, 계곡부에 3개 조사구를 설정하였다. 갱신이 진행 중인 소나무림은 아교목층에 소나무가 우점하는 유형 3개 조사구, 관목층에 소나무 치수가 안정적으로 활착된 유형 4개 조사구, 관목층에 식재된 소나무가 낙엽활엽수와 경쟁으로 도태된 유형 3개 조사구를 설정하였다. 낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림은 교목층에 소나무가 우점하면서 줄참나무, 굴참나무, 층층나무 등 참나무류 및 기타 낙엽활엽수와 경쟁 중인 유형으로 총 4개 조사구를 설정하였다(Table 1 참조, Figure 1 참조).

(1) 조사구 설정

식물군집구조는 방형구법(quadrat method)으로 조사하도록 하며 대상지내 주요 지점에 20m × 20m를 기본으로 하는 조사구를 설정하였고, 조사지역의 지형 특성상 20m × 20m 조사구의 설정이 불가능할 경우 10m × 40m 조사구를 설정하였다. 식생조사는 각 조사구내에 출현하는 수종을 대상으로 교목 및 아교목층은 흉고직경(DBH) 2cm 이상 수종의 수고, 흉고직경, 지

Table 1. Cluster type and plot establishment of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Division			Plot No.
<i>Pinus densiflora</i> forest	Renewal completed	Ridge part	1, 2, 5
		Valley part	16, 17, 18
	Renewal progress	Subtree layer formation	7, 12, 14
		Shrub layer <i>Pinus densiflora</i> attachment	3, 6, 11, 13
		Shrub layer <i>Pinus densiflora</i> elimination	4, 9, 15
<i>Pinus densiflora</i> forests competng with deciduous broadleaf tree			8, 10, 19, 20

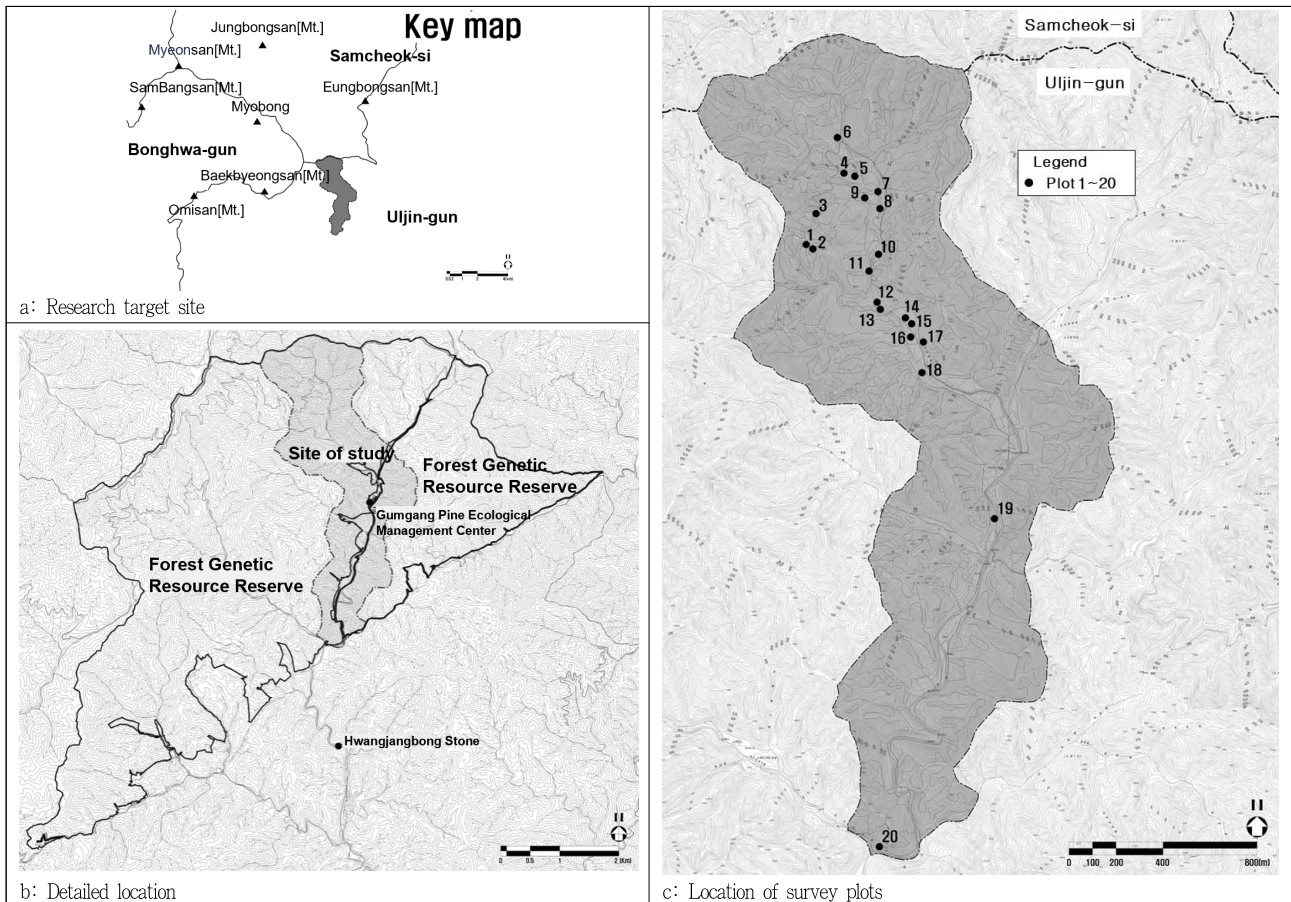


Figure 1. Location diagram of plant structure of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

하고, 수관폭을 조사하며, 관목층은 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다.

(2) 상대우점치

각 조사구의 층위별 중간 상대적 우세를 비교하기 위하여 식생구조 조사자료를 바탕으로 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(I.V.: importance value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(I.P.: importance percentage)(Brower and Zar, 1977)를 계산하였다. 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여하여 평균상대우점치(M.I.P.: mean importance percentage)를 다음과 같이 산정하였다.

$$\text{Importance Percentage (I.P.)} = \frac{\text{Relative density} + \text{Relative coverage}}{2}$$

$$\text{Mean Importance Percentage (M.I.P.)} = \frac{(3 \times \text{Canopy Layer I.P.}) + (2 \times \text{Understory Layer I.P.}) + (1 \times \text{Shrub Layer I.P.})}{6}$$

(3) 흉고단면적

조사구별 식생밀도를 파악하여 복원모델 제시에 응용하고자

교목층과 아교목층 각 수목별 흉고직경을 조사한 뒤 원의 면적 산출 공식을 적용하여 흉고단면적을 구하였다. 흉고단면적은 개체수와 함께 식물군집의 생육밀도를 파악하기 위한 중요한 척도이다. 임업경영에서 흉고단면적은 임분의 성장과 수확 측면에서 임분의 밀도를 판단하기 위한 기준으로 사용되며, 임령에 따라 적정 임분밀도를 조절하기 위한 방법으로 단위면적당 흉고단면적을 사용한 흉고단면적 조절법이 이용되고 있다.

$$\text{Tree sampling by basal area} = \sum (\text{Canopy layer basal area} + \text{Understory layer basal area})$$

(4) 종수 및 개체수

종수 및 개체수는 조사구별 조사된 각각의 층위에서 출현한 종수와 개체수를 분석하였고 이를 종합하여 각 군집별 단위면적(400m²)당 종수와 개체수를 함께 제시하였다. 종수 및 개체수 분석은 상대우점치(I.P.)와 종다양도 등 정량적인 수치를 제시할 수 있는 분석기법에서 발생할 수 있는 오류를 보완하여 대상 군집의 현재 상태를 좀 더 객관적으로 판단하기 위하여 실시하였다.

(5) 종다양도

종다양도지수는 식생구조를 정량적으로 평가하는 방법으로 (Krebs, 1985), 희귀종(rare species)에 중요성을 두는 Shannon의 종다양도(Pielou, 1975)와 최대종다양도(H'_{max}), 균제도(J'), 우점도(D)를 분석하였다. 아래 수식의 p_i 는 전체 종의 총 개체수에 대한 어떤 종의 개체수 비이고, S 는 구성 종수를 나타낸다.

$$\begin{aligned} \text{Species diversity index } H' &= -\sum p_i \log p_i \\ H'_{max} &= \log S \\ J' &= H' / H'_{max} \\ D &= 1 / J' \end{aligned}$$

5. 관리권역 설정

과거 전통 소나무림 보호지역의 관리는 목재생산, 역사경관 보전 등 하나의 목표를 달성하기 위해 시행되었다. 하지만 현대의 산림은 단일의 목적으로 관리되는 것이 아니고, 다양한 생태계서비스적 가치를 고려한 복합적인 목적으로 관리가 이루어져야 한다. 또한 동일한 대상지라 하더라도 대상지의 지형적 특성, 식생분포 특성, 식생간의 경쟁상태, 관리의 효율성, 탐방객 이용특성, 생태적 가치, 생물서식지로서의 잠재성 등 다양한 요소를 고려한 관리가 이루어져야 하며, 다양한 가치에 부합하는 복합적인 관리가 요구된다.

전통 소나무림 보호지역의 식생관리 권역의 설정은 전통 소나무림 보호지역의 식생관리 목표를 최우선적으로 고려하였으며, 식생관리 목표 달성을 위한 권역과 다양한 생태계서비스적 가치를 복합적으로 증진하기 위한 권역으로 구분하여 설정하였다. 권역의 설정을 위해서는 대상지의 지형특성과 식생분포 특성을 고려하였으며, 권역별 관리 현황 및 식생구조 특성을 고려하여 권역별 식생관리 목표 및 관리방향을 설정하였다. 전통 소나무림 보호지역의 식생관리를 위한 식생관리 권역은 목재생산을 고려한 지속적인 목재생산 권역, 주기적인 목재생산

권역, 경관보전 및 휴양적 가치를 고려한 소나무 경관 보전 권역, 소나무 경관 관리 권역, 낙엽활엽수 경관연출 권역, 생물다양성의 증진을 고려한 생태적 관리 권역, 인공림 갱신 및 관리 권역으로 구분하여 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 지형 특성

울진 소광리 금강소나무림은 북쪽으로 갈수록 해발고가 높아지는 북고남저의 지형을 이루고 있다. 표고는 대부분 500~700m 사이에 분포하고 있으며, 경사도는 매우 급하며, 평탄지 및 완경사지는 대부분 하천 주변 계곡부에 위치하고 있다. 향은 북향, 북서향, 서향, 북동향의 비율이 비교적 낮고, 남향, 남동향, 남서향, 동향의 비율이 비교적 높았다. 미세지형은 사면 24.7%, 능선 36.7%, 계곡 38.7%로 계곡과 능선의 비율이 높고, 사면의 비율이 낮았다(Table 2 참조).

2. 현존식생

울진 소광리 금강소나무림의 조사구역 전체 면적은 6,248,131m²이며, 소나무 순림이 47.2%, 기타 수종이 일부 분포하는 소나무림이 0.9%, 기타 수종과 경쟁 중인 소나무림이 3.2% 등 소나무가 우점하는 산림지역이 51.3%를 차지하였다. 소나무 외 다른 수종이 우점하는 산림은 소나무와 경쟁 중인 기타 산림 1.0%, 소나무가 일부 분포하는 기타 산림 1.2%, 기타 침엽수림 1.3%, 기타 낙엽활엽수림 35.3% 등으로 총 38.8%를 차지하였다. 그 외 소나무 모수작업 시행지가 2.7%, 벌채 후 소나무 관목을 식재한 지역이 3.4%를 차지하였으며, 소나무 식재지 0.2%, 경작지 1.5%, 수공간 1.2%, 나지 0.1%, 시가화지역 및 시설지 1.0%이었다(Table 3 참조). 연구대상지 중앙을 북에서 남으로 가로지

Table 2. Aspect and micro-topography of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Division		Area(m ²)	Ratio(%)
Analysis of aspect	Flat land	134,291	2.1
	North-facing	592,306	9.5
	Northeast-facing	799,620	12.8
	East-facing	834,328	13.4
	Southeast-facing	870,427	13.9
	South-facing	889,589	14.2
	Southwest-facing	871,063	13.9
	West-facing	779,914	12.5
	Northwest-facing	476,593	7.6
	Total	6,248,131	100.0
Analysis of micro-topography	Ridge	2,290,656	36.7
	Valley	2,416,500	38.7
	Slant aspect	1,540,975	24.7
	Total	6,248,131	100.0

Table 3. Area and ratio by type of actual vegetation of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Division			Area (㎡)	Ratio (%)
Forest	Pinus densiflora pure forest		2,946,588	47.2
	Pinus densiflora forest with partial distribution of other species		55,829	0.9
	Pinus densiflora forest competing with other species	P. densiflora-Q. variabilis forest	6,406	0.1
		P. densiflora-Q. serrata forest	64,270	1.0
		P. densiflora-Q. serrata-Q. variabilis forest	128,150	2.1
		Sub total	198,827	3.2
		Other forests competing with Pinus densiflora forest	Q. serrata-P. densiflora forest	57,090
	Deciduous broad-leaved tree-P. densiflora forest		2,785	0.0
	Sub total		59,876	1.0
	Other forests with partial distribution of Pinus densiflora	P. koraiensis forest	2,398	0.0
		Q. serrata-Q. mongolica forest	43,143	0.7
		Deciduous broad-leaved tree forest	27,115	0.4
		Sub total	72,656	1.2
	Other coniferous forests	P. koraiensis forest	14,420	0.2
		L. kaempferi forest	69,536	1.1
		Sub total	83,955	1.3
	Other deciduous forests	Q. variabilis forest	97,485	1.6
		Q. variabilis-Q. mongolica forest	7,780	0.1
		Q. variabilis-Q. serrata forest	54,145	0.9
		Q. variabilis-C. controversa forest	12,175	0.2
		Q. mongolica forest	281,493	4.5
		Q. mongolica-Q. variabilis forest	796,828	12.8
		Q. mongolica-Q. serrata forest	154,833	2.5
		Q. serrata-Q. variabilis forest	793,733	12.7
		C. crenata forest	3,602	0.1
		Deciduous broad-leaved tree forest	3,507	0.1
		Sub total	2,205,582	35.3
Damaged forest and cutover.	Enforcement site of Pinus densiflora mother tree system		169,100	2.7
	Pinus densiflora planting area afer deforestation (shrub)		209,358	3.4
Planted area	Pinus densiflora		10,876	0.2
Cropped area	Field cultivation		67,856	1.1
	Nnursery field		11,480	0.2
	Fallow field		13,131	0.2
Etc.	Bare land		8,799	0.1
	Water space		74,811	1.2
Urbanizing area and facility site	Urbanizing area		40,716	0.7
	Facility site		18,693	0.3
Total			6,248,131	100.0

르는 소광천 계곡을 따라 계곡 주변으로 시가지지역과 밭경작지, 소나무 식재지 등이 군데군데 위치하고 있었으며, 비교적 진입이 용이한 계곡부 도로 및 산림 중간에 조성된 임도를 따라 소나무 모수작업 시행지, 벌채 후 소나무 관목 식재지 등이 위치하는 것을 확인할 수 있었다(Figure 2 참조).

전체 면적의 50% 이상을 차지하는 소나무림은 능선부와 소광천 계곡을 중심으로 개설된 도로변의 저지대 계곡부를 중심

으로 분포하고 있었다. 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 등 참나무류와 층층나무 등의 낙엽활엽수가 우점하고 있는 기타 낙엽 활엽수림은 도로와 다소 이격되어 있는 계곡부 급경사지를 중심으로 넓게 분포하였다. 소나무 모수작업 시행지, 벌채 후 소나무 관목 식재지, 소나무 식재지에 해당하는 7.3%의 산림은 대경목 소나무를 생산한 후 모수작업을 시행하거나 묘목을 식재한 지역으로 접근이 용이한 저지대 계곡부를 중심으로 분포

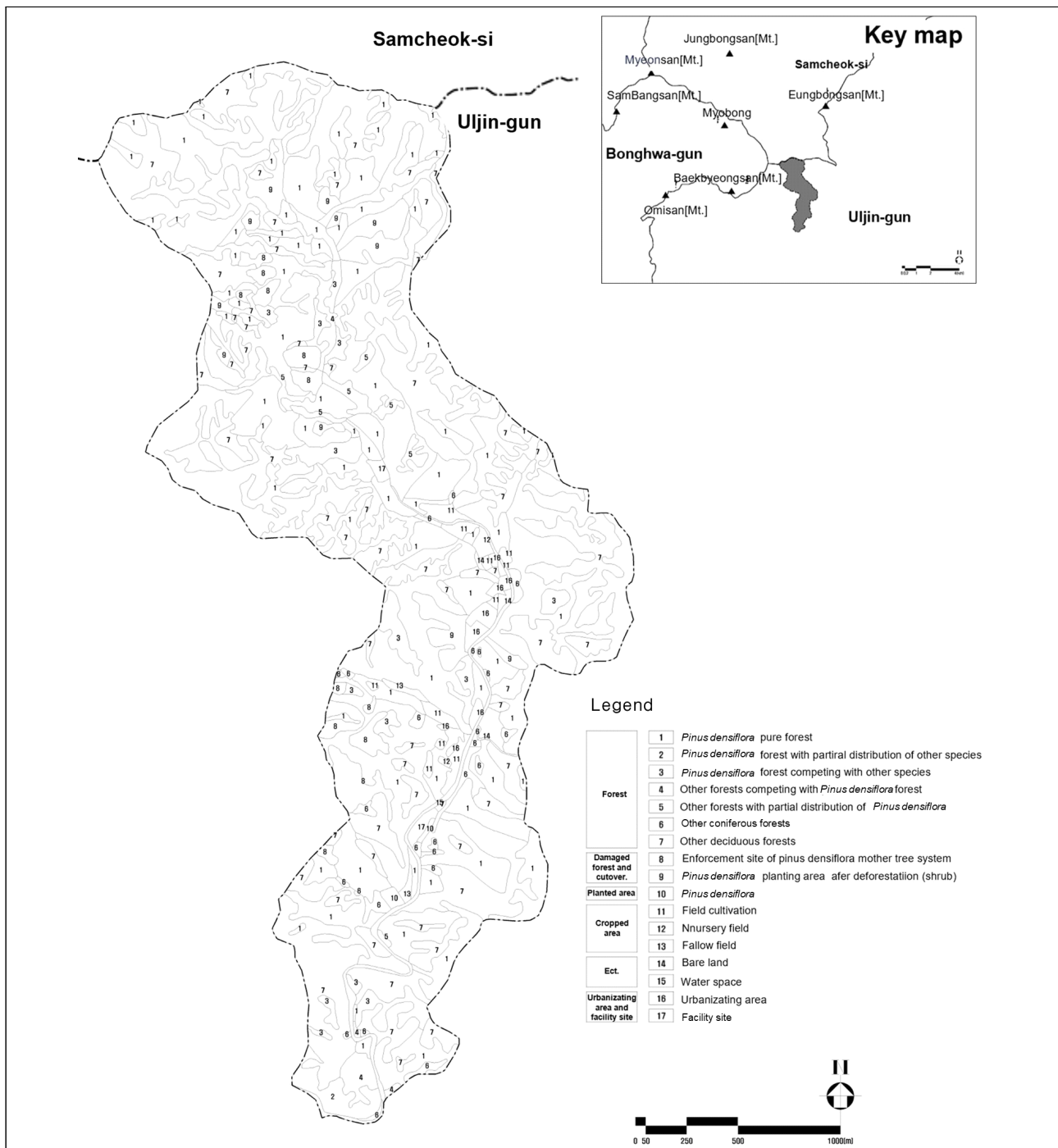


Figure 2. Actual vegetation type diagram of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

하는 특징을 보였다.

이러한 식생분포 현황은 현재 울진 소광리 금강소나무림의 지형적 특성과 관리적 특성에 따른 결과로 판단되었다. 소나무림에 대한 집중적인 관리가 이루어지고 있는 대상지 북쪽의 산림지역은 산림 능선부 및 관리인력이 비교적 쉽게 투입될 수 있는 저지대 계곡부와 산림내 임도 개설 구간을 중심으로 소나

무림이 양호하게 남아 있으며, 기타 낙엽활엽수림은 관리인력의 투입이 어려운 계곡부의 급경사지에 집중적으로 분포하고 있었다. 집중적인 관리가 이루어지지 않는 대상지 남쪽의 경우에는 저지대 계곡부까지 낙엽활엽수림이 넓게 세력을 형성하였으며, 소나무림은 산림 능선부에 집중적으로 분포하는 특징을 보였다. 소나무 목재생산과 후계림 조성, 묘목식재 등의 집

중적 관리가 이루어지고 있는 식생유형은 관리 작업의 편의성과 목재의 운반, 관리 인력의 투입 등이 용이한 도로변의 저지대 계곡부에 집중적으로 분포하는 특징을 보였다.

3. 미세지형에 따른 식생 분포 특성

소나무 순림의 경우 능선의 비율이 높게 나타났으며, 기타 수종이 일부 분포하는 소나무림과 기타 수종과 경쟁 중인 소나무림은 유사한 분포를 보였다. 이 중 굴참나무가 경쟁하는 지역은 능선의 비율이 높고, 졸참나무가 경쟁하는 지역은 계곡의 비율이 비교적 높은 것으로 확인되었다. 소나무와 경쟁 중인 기타 산림의 경우, 능선부와 비교하여 계곡부의 분포비율이 높은 상태를 나타내고 있으며, 소나무가 일부 분포하고 있는 기타 산림은 능선부의 비율과 비교하여 계곡부의 비율이 크게 증가한 것을 확인할 수 있었다(Table 4 참조).

소나무가 분포하는 산림유형의 능선부, 계곡부, 사면부의 분포특성을 종합해 보면, 소나무의 분포비율이 낮아질수록 계곡부에 위치하는 비율이 점점 높아지는 것을 알 수 있으며, 반대로 능선부의 비율이 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 계곡부에 가까울수록 소나무의 세력이 약화되고 낙엽활엽수의 세력이 강화되면서 소나무림이 낙엽활엽수림으로의 천이가 빠르게 진행될 수 있다는 것을 의미한다. 인공적으로 식재된 기타 침엽수림은 잣나무림, 일본잎갈나무림 등으로 구분되었으며, 잣나무림과 일본잎갈나무림 모두 계곡의 비율이 높은

특징을 보였다. 이는 관리의 편의상 접근이 용이한 도로 주변의 계곡부를 중심으로 식재가 이루어졌기 때문으로 판단된다. 기타 낙엽활엽수림은 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 등 참나무류와 층층나무를 비롯한 낙엽활엽수가 우점하는 산림지역으로 계곡의 분포 비율(43.6%)이 능선(34.8%)보다 높은 특징을 보였는데, 특히 층층나무와 낙엽활엽수가 분포하는 지역은 대부분 계곡부에 위치하고 있었다. 소나무 모수작업 시행지, 벌채후 소나무 식재지역(관목), 소나무 식재지 등 소나무림에 대한 지속적인 목재 생산과 식재가 이루어지고 있는 유형은 모두 능선보다 계곡의 분포 비율이 비교적 높은 특징을 보였다. 이는 생산된 목재의 운반과 관리사업의 시행을 위한 인력의 투입이 가능한 임도 및 도로에 인접해 있는 계곡부를 중심으로 관리사업이 추진되었기 때문으로 판단된다.

울진 소광리 금강소나무림의 지형에 따른 식생분포 특성은 능선부에 가까울수록 소나무림의 유지가 용이하고, 계곡부에 가까울수록 소나무림이 낙엽활엽수로 변화될 가능성이 높은 것으로 판단되었다. 하지만 임도 및 도로와 인접한 저지대 계곡부의 경우에는 관리인력의 투입 및 생산된 목재의 운반 등 관리적 측면에서 큰 장점을 가지고 있기 때문에 이러한 점을 고려한 식생관리가 필요한 것으로 판단되었다.

4. 식물군집구조

1) 조사구 개황

울진 소광리 금강소나무림 군집유형별 조사구의 일반적 개

Table 4. Actual vegetation structure characteristics according to micro-topography of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Division		Constuction ratio by geography (%)			
		Ridge	Valley	Slant aspect	Total
Forest	<i>Pinus densiflora</i> pure forest	20.2(42.9)	14.4(30.5)	12.6(26.6)	47.2
	<i>Pinus densiflora</i> forest with partiral distribution of other species	0.3(38.4)	0.3(35.8)	0.2(25.8)	0.9
	<i>Pinus densiflora</i> forest competing with other species	1.2(36.8)	1.2(37.2)	0.8(26.1)	3.2
	Other forests competing with <i>Pinus densiflora</i> forest	0.3(28.9)	0.4(46.2)	0.2(25.0)	1.0
	Other forests with partial distribution of <i>Pinus densiflora</i>	0.2(15.3)	0.7(61.8)	0.3(22.9)	1.2
	Other coniferous forests	0.2(12)	0.9(66.4)	0.3(21.6)	1.3
	Other deciduous forests	12.3(34.8)	15.4(43.6)	7.6(21.6)	35.3
Damaged forest and cutover	Enforcement site of <i>Pinus densiflora</i> mother tree system	0.9(32.9)	1.1(42.2)	0.7(25.0)	2.7
	<i>Pinus densiflora</i> planting area afer deforestation (shrub)	1.1(32.4)	1.4(41.5)	0.9(26.1)	3.4
Planted area	<i>Pinus densiflora</i>	0.0(0.0)	0.1(30.5)	0.1(69.5)	0.2
Cropped area		0.1(1.9)	1.0(70.6)	0.4(27.6)	1.5
Etc.(Bare land and water space)		0.0(0.0)	1.2(90.1)	0.1(9.9)	1.3
Urbanizing area and facility site		0.0(0.0)	0.5(56.6)	0.4(43.4)	1.0
Total		36.7	38.7	24.7	100.0

황을 살펴보면, 갱신이 완료된 소나무림(능선부)은 표고 697~735m의 급경사지에 위치하였고, 주방위는 남서향, 서향이었다. 교목층과 관목층의 식피율이 높고 아교목층 식피율이 낮은 특징을 보였으며, 흉고직경이 38.5cm인 소나무 표본목의 수령은 59년이었다. 갱신이 완료된 소나무림(계곡부)에 설정한 조사구는 표고 550~555m의 평탄지에 위치하였고, 주방위는 남동향, 남향, 동향이었다. 교목층의 평균 흉고직경이 비교적 작고, 아교목층 식피율이 낮으며, 소나무 표본목의 수령은 40년이었다. 갱신이 진행 중인 소나무림(아교목층 형성) 유형은 표고 562~617m의 평탄지에 위치하였고, 주방위는 동향, 남동향, 북동향이었다. 교목층에 대경목 소나무가 분포하였으며, 교목층의 식피율이 낮고, 아교목층의 식피율이 비교적 높았다. 흉고직경이 40cm, 48cm인 소나무 표본목의 수령은 67년과 57년이었다. 갱신이 진행 중인 소나무림(관목층 소나무 활착)은 표고 580~745m의 경사지에 위치하였고, 주방위는 남향, 동향이었다. 교목층에 대경목 소나무가 분포하였으며, 교목층 식피율이 낮고, 아교목층은 형성되지 않은 상태이었다. 흉고직경이 36cm, 42.5cm인 소나무 표본목의 수령은 58년과 70년이었다. 갱신이 진행 중인 소나무림(관목층 소나무 도태)에 설정한 조사구는 표고 560~690m에 위치하였고, 주방위는 남향, 남동향, 북동향

이며, 경사도는 4~32°이었다. 교목층에 대경목 소나무가 분포하였으며, 아교목층이 형성되지 않았고, 관목층의 식피율이 높았다. 흉고직경이 56cm인 소나무 표본목의 수령은 64년이었다. 낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림은 표고 470~615m에 위치하였고, 주방위는 남서향, 남동향이며, 경사도는 10~38°이었다.

교목층의 평균 흉고직경은 33~50cm이며, 아교목층의 식피율이 높고 관목층 식피율이 비교적 낮은 특징을 보였다. 표본목의 수령은 흉고직경 48cm인 소나무가 74년, 흉고직경 46.5cm인 졸참나무가 68년이었다(Table 5 참조).

2) 식물군집구조 분석

(1) 상대우점치

갱신이 완료된 소나무림(능선부: 유형 I)의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층에 소나무가 우점하였으며, 아교목 역시 소나무가 우점하면서 신갈나무가 일부 분포하였다. 관목층의 주요 출현 수종은 쇠물푸레나무, 철쭉꽃, 신갈나무, 진달래, 쪽동백나무 등이었다. 소나무의 규격이 다양하고 우점도가 매우 높은 유형으로 지속적으로 경쟁수종을 관리하는 것으로 판단되며, 소나무를 제외한 기타 수종의 세력 형성이 어려운 상

Table 5. General situation of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Division			Plot No.	Altitude (m)	Bearing	Slope(°)	DBH (cm)	Ratio(%)			Sample tree		
								Tree	Arborescent	Shrub	Species	DBH (cm)	Age
<i>Pinus densiflora</i> forest	Renewal completed	Ridge part	1	735	S85W	22	45	75	20	75	<i>P. densiflora</i>	38.5	59
			2	735	S32W	27	35	70	10	95	-	-	-
			5	697	S48W	33	41	75	-	85	-	-	-
		Valley part	16	555	S36E	3	35	65	30	80	-	-	-
			17	550	S21W	6	28	70	-	90	-	-	-
			18	550	S70E	4	30	60	-	60	<i>P. densiflora</i>	37	40
	Renewal Progress	Subtree layer formation	7	617	S33E	2	45	50	60	95	<i>P. densiflora</i>	48	57
			12	580	S74E	8	55	20	40	90	-	-	-
			14	562	N59E	7	65	60	80	95	<i>P. densiflora</i>	40	67
		Shrub layer <i>Pinus densiflora</i> attachment	3	745	S	25	40	10	-	70	<i>P. densiflora</i>	36	58
			6	695	S70E	35	70	20	-	85	-	-	-
			11	585	S76E	32	55	25	-	60	-	-	-
			13	580	S74E	3	60	60	-	90	<i>P. densiflora</i>	42.5	70
		Shrub layer <i>Pinus densiflora</i> elimination	4	690	S3E	32	42	90	-	100	<i>P. densiflora</i>	56	64
			9	630	S33E	15	45	70	-	100	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i> forests competing with deciduous broadleaf tree			15	560	N59E	4	65	60	25	95	-	-	-
			8	615	S9E	10	35	95	25	50	<i>P. densiflora</i>	48	74
											<i>Q. serrata</i>	46.5	68
			10	580	S47W	30	50	75	70	30	-	-	-
			19	505	S65E	35	35	50	60	30	-	-	-
			20	470	S53W	38	33	70	40	40	-	-	-

태로 현재의 군집이 지속적으로 유지될 것으로 판단되었다.

갱신이 완료된 소나무림(계곡부: 유형 II)은 교목층에 소나무 1종만이 분포하였고, 아교목층은 밤나무, 졸참나무, 거제수나무가 주요 출현종이었으며, 관목층은 신갈나무, 쇠물푸레나무, 물푸레나무, 미역줄나무, 신나무, 개웃나무 등 다양한 수종이 고르게 출현하였다. 아교목층을 형성하고 있는 밤나무, 졸참나무, 거제수나무의 평균 상대우점치가 높게 나타났으나, 실제 아교목층의 경쟁수목은 모두 제거되었으며, 3개 조사구내 밤나무 2주, 졸참나무 3주, 거제수나무 1주만이 분포하고 있는 상태였다.

갱신이 진행 중인 소나무림(소나무 아교목층 형성: 유형 III)의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층 출현종은 소나무 1종이며, 아교목층은 소나무가 우점하면서 당단풍나무, 서어나무, 신갈나무 등이 일부 분포하였다. 관목층의 주요 출현 수종은 쇠물푸레나무, 미역줄나무, 조록싸리 등이었다. 교목층에 대경목의 소나무가 분포하며, 아교목층에 차대를 형성할 수 있는 소나무가 다수 분포하고 있는 유형으로 차대로의 갱신이 성공적으로 진행되고 있는 소나무림 유형이었다.

갱신이 진행 중인 소나무림(관목층 소나무 활착: 유형 IV)의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층은 소나무가 우점하였으며, 아교목층은 당단풍나무가 우점하였다. 관목층은 쇠물푸레나무, 소나무, 신갈나무, 조록싸리, 국수나무, 쪽동백나무 등이 주요 출현종이었다. 교목층 소나무 간벌 후 천연하중 및 용기묘 식재 등을 시행한 대상으로 관목층 소나무의 활착이 비교적 잘 진행된 유형이었다.

갱신이 진행 중인 소나무림(관목층 소나무 도태: 유형 V)의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층은 소나무가 우점하였으며, 아교목층은 서어나무, 소나무, 졸참나무, 물푸레나무가 주요 출현종이었다. 관목층은 쇠물푸레나무가 우점하였으며, 쪽동백나무, 당단풍나무, 생강나무 등이 출현하였고, 소나무는 분포하지 않았다. 현재 교목층에서 소나무가 우점하고 경쟁수목이 분포하지 않았지만, 아교목층 및 관목층에 소나무가 전혀 분포치 않는 상태로 소나무 후계목 육성을 위한 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림(유형 VI)의 층위별 상대우점치를 살펴보면, 교목층은 소나무(I.P.: 74.4%)가 우점하면서, 졸참나무, 신갈나무, 층층나무 등 교목성상의 경쟁수종이 함께 출현하였고, 아교목층은 물푸레나무, 느릅나무, 신갈나무 등 교목성상의 낙엽활엽수와 참나무류가 주요 출현종이었다. 관목층은 생강나무, 조록싸리, 철쭉꽃, 당단풍나무, 쪽동백나무 등 다양한 수종이 고른 분포를 보이고 있었다. 현재 교목층 소나무의 상대우점치가 높은 편이나 졸참나무, 신갈나무, 굴참나무, 층층나무 등 소나무와 경쟁이 가능한 낙엽활엽수가 세력을 형성하고 있으며, 아교목층에서 소나무의 상대우점치가 3.8%

에 불과한 반면, 물푸레나무, 느릅나무, 신갈나무, 피나무 등 낙엽활엽수의 상대우점치가 높았다. 관목층에 소나무가 분포하지 않는 것을 고려한다면, 점차 낙엽활엽수로의 천이가 진행 중인 유형으로 판단되었다(Table 6 참조).

울진 소광리 금강소나무림의 군집유형별 상대우점치 및 층위구조 분석을 종합해 보면, 소나무림 갱신 사업의 진행 정도 등에 따라 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 울진 소광리 금강소나무림은 지속적인 목재생산과 임업경영이 이루어지고 있는 유형으로 소나무림의 유지뿐만 아니라 목재의 경제적 가치 확보를 위해 소나무 후계림의 조성, 소나무의 밀도 조절, 경쟁수목에 대한 적극적 관리 등을 실시하고 있었다. 갱신이 완료된 소나무림 유형(유형 I, II)은 교목층에 모수로 존치하였던 대경목 소나무가 소수로 남아 있었고, 새롭게 갱신된 중·소경목의 소나무가 교목층을 형성하였으며, 아교목층의 경쟁수목은 모두 제거되어 극소수가 남아있을 뿐이었다. 갱신이 진행 중인 소나무림(유형 III, IV, V)은 교목층의 경우 모두 소나무로만 구성되어 있으며, 소나무가 아교목층을 형성하는 유형(유형 III)과 관목층에 소나무가 활착된 유형(유형 IV), 관목층에 식재된 소나무가 도태된 유형(유형 V)으로 구분되었다. 관목층에 식재된 소나무가 도태된 유형(유형 V)의 경우 아교목층과 관목층에 경쟁대상이 되는 낙엽활엽수의 생육밀도가 비교적 높은 것으로 확인되었다.

낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림(유형 VI)의 경우에는 주로 계곡부에 위치하고 있는 유형으로 적극적인 관리가 이루어지지 않는 상태에서 울진 소광리 소나무림의 변화 양상을 파악할 수 있는 유형이었다. 교목층의 경쟁수종은 신갈나무, 졸참나무, 층층나무, 굴참나무 등 참나무류와 낙엽활엽수이며, 아교목층에서도 이와 같은 낙엽활엽수가 세력을 형성하였고, 소나무는 아교목층과 관목층에 거의 분포하지 않았다. 본 유형은 향후 소나무는 도태되고 낙엽활엽수로의 천이가 진행될 것으로 판단되었다.

현재 울진 소광리 금강소나무림은 강력한 관리를 통해 소나무림을 유지하고 있으며, 인위적 관리를 중단할 경우 신갈나무, 졸참나무 등 참나무류(능선부 및 사면부)와 물푸레나무, 느릅나무 등 낙엽활엽수(계곡부)가 우점하는 산림으로의 천이 진행이 예상되었다. 지속적인 목재생산을 위한 소나무림 관리를 위해서는 소나무림의 유지 및 보호뿐 아니라 간벌과 밀도조절 및 주기적인 목재 생산을 통한 소나무 치수의 생육환경 조절 등 인위적 관리가 필요하며, 계곡부 소나무림의 아교목층에 층위를 형성하고 있는 낙엽활엽수는 경관적 활용성이 높아 입지 및 식생특성을 고려한 차별화된 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

Table 6. Relative dominance of major types of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

Name of species	Type I				Type II				Type III				Type IV				Type IV				Type VI			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>P. densiflora</i>	100.0	89.1	0.4	79.8	100.0	0	1.8	1.8	100.0	93.4	1.3	81.3	100.0	0	16.6	52.8	100.0	29.3	0	59.8	74.4	3.8	0	38.5
<i>C. laxiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.3	3.9	15.4	0	0	0	0
<i>Q. variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4	2.7	0	2.1
<i>Q. mongolica</i>	0	10.9	18.6	6.7	0	0	8.1	1.3	0	0	0	0	0	0	9.8	1.6	0	0	0	0	6.3	6.1	3.9	5.8
<i>Q. serrata</i>	0	0	0	0	0	40.5	8.1	14.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.8	0.7	5.7	11.1	0	4.0	6.2
<i>U. davidiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.7	0.4	4.0	
<i>C. controversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	2.8	0	2.2
<i>T. amurensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	6.0	1.4	3.2
<i>C. crenata</i>	0	0	0	0	0	48.3	1.7	16.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. costata</i>	0	0	0	0	0	11.2	1.7	4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. rhynchophylla</i>	0	0	0	0	0	0	12.6	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.6	4.6	4.0	0	23.4	0.5	7.9
<i>F. sieboldiana</i>	0	0	42.2	7.0	0	0	13.7	2.3	0	0	35.0	5.8	0	0	37.1	6.2	0	0	43.1	7.2	0	5.6	3.5	2.5
<i>S. obassia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.4	0.9	0	0	17.8	3.0	0	3.3	7.4	2.3
<i>A. pseudosieboldianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	2.1	33.7	0	0	7.6	1.3	0	12.0	6.3	5.1
<i>A. ginnala</i>	0	0	0	0	0	0	7.8	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. obtusiloba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	16.3	3.2
<i>R. mucronulatum</i>	0	0	6.2	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. schlippenbachii</i>	0	0	23.0	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.1	2.4
<i>E. alatus</i>	0	0	0	0	0	0	7.6	1.3	0	0	18.7	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. incisa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. maximowiczii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.9	1.7	0	0	8.8	1.5	0	0	0	0	0	0	14.1	2.4
Others	0	0	9.8	1.8	0	0	37.0	6.2	0	6.6	35.2	8.2	0	0	14.5	2.5	0	0	22.3	3.6	1.3	21.3	28.3	12.7

Source: *Type I: *Pinus densiflora* forest(ridge), Type II: Renewal completed *Pinus densiflora* forest(Valley part), Type III: Renewal progress *Pinus densiflora* forest(Subtree layer formation), Type IV: Renewal progress *Pinus densiflora* forest(Shrub layer *Pinus densiflora* attachment), Type V: Renewal Progress *Pinus densiflora* forest(Shrub layer *Pinus densiflora* elimination), Type VI: *Pinus densiflora* forests competing with deciduous broad-leaf tree.

*C: importance percentage in canopy layer, U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage.

(2) 흉고단면적

Table 7은 울진 소광리 금강소나무림내 설정한 20개 조사구의 식물군집 유형별 흉고단면적을 나타낸 것이다. 각 유형별 흉고단면적 산출을 위해 각 유형별 해당 조사구의 교목층, 아교목층 출현 수목의 흉고직경을 측정하여 개체별 흉고단면적을 산출하였고, 이를 합산하여 출현종별 흉고단면적을 산출하였으며, 유형별 비교·분석이 가능하도록 400m² 방형구를 기준으로 환산하여 제시하였다.

울진 소광리 금강소나무림에 설정한 조사구 20개소의 군집 유형별 흉고단면적을 종합해보면, 400m² 방형구를 기준으로

한 흉고단면적은 교목층 12,642.1~25,424.4cm², 아교목층 1.8~1,956.5cm²이었다. 흉고단면적의 차이는 교목층을 형성하는 수목의 규격과 개체수, 소나무림의 갱신 정도(소나무 간벌 후 시간경과 정도)에 따라 차이가 나타났다. 교목층에 분포하는 소나무의 흉고직경이 20cm~50cm 이상까지 고르게 분포하여 안정적으로 군집을 형성하고 있는 유형 I은 흉고단면적이 6개 유형 중 가장 높은 값을 나타내었으며, 유형 I이 현재 울진 소광리 금강소나무림을 대표할 수 있는 흉고단면적 수치를 나타내는 것으로 판단되었다. 갱신이 완료된 계곡부의 소나무림(유형 II)과의 경우 교목층을 구성하고 있는 개체목의 흉고직경이

Table 7. Area of thoracic cross-section by type of community of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin (Unit: 400m²)

Name of species	Type I			Type II			Type III		
	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)
<i>P. densiflora</i>	25,424.4	585.1	26,009.5	12,642.1	-	12,642.1	14,183.0	1,781.8	15,964.8
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. davurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	2.4	2.4
<i>C. laxiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	13.6	13.6
<i>Q. mongolica</i>	-	104.7	104.7	-	-	-	-	2.4	2.4
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	-	22.5	22.5	-	-	-
<i>C. crenata</i>	-	-	-	-	46.0	46.0	-	-	-
<i>B. costata</i>	-	-	-	-	4.2	4.2	-	-	-
<i>U. davidiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. controversa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. rhynchophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. pseudosieboldianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	130.6	130.6
Others	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	25,424.4	689.8	26,114.1	12,642.1	72.7	12,714.9	14,183.0	1,930.7	16,113.7

Name of species	Type IV			Type V			Type VI		
	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)	Tree layer (cm ²)	Subtree layer (cm ²)	Total (cm ²)
<i>P. densiflora</i>	15,044.3	-	15,044.3	22,258.7	6.5	22,265.2	11,434.4	98.1	11,532.5
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	173.1	52.0	225.1
<i>B. davurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. laxiflora</i>	-	-	-	-	10.0	10.0	-	-	-
<i>Q. mongolica</i>	-	-	-	-	-	-	775.0	107.8	882.7
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	-	4.2	4.2	1,398.7	-	1,398.7
<i>C. crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. costata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>U. davidiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	224.3	224.3
<i>C. controversa</i>	-	-	-	-	-	-	471.2	58.1	529.3
<i>T. amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	298.5	128.4	426.9
<i>F. rhynchophylla</i>	-	-	-	-	1.0	1.0	-	525.6	525.6
<i>A. pseudosieboldianum</i>	-	1.8	1.8	-	-	-	-	262.4	262.4
Others	-	-	-	-	-	-	122.7	499.9	622.6
Total	15,044.3	1.8	15,046.1	22,258.7	21.7	22,280.4	14,673.5	1,956.5	16,630.0

* Type I ~ VI applies as shown in Table 6.

30cm 내외로 작은 상태이었다. 전체적으로 소나무의 생장이 진행 중인 단계로 흉고단면적이 낮은 값을 나타내고 있었다. 갱신이 진행 중인 유형인 유형 III, IV, V의 경우에는 교목층 소나무의 평균 흉고직경이 50cm 내외로 대경목의 소나무가 분포하는 유형이었다. 유형 III과 IV의 경우 목재 생산 후 남아 있는 교목층의 개체수가 약 6주 정도로 적었고, 유형 V의 경우 약 11주가 분포하여 이들 유형의 흉고단면적 차이는 남아 있는

교목의 개체수에 의한 차이로 확인되었으며, 아교목층이 형성된 유형 III경우에 다른 유형과 달리 아교목층의 흉고단면적이 높은 값을 나타내고 있었다. 낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림(유형 VI)은 교목층에 분포하는 수목의 평균 흉고직경이 작은 특징을 보였으며, 교목층과 아교목층을 형성하는 낙엽활엽수가 세력을 형성한지 오래되지 않은 상태로 현재 분포수목의 생장이 진행 중인 단계로 판단되었다(Table 7 참조). 현재 울진 소

광리 금강소나무림에서 안정적으로 층위를 형성하고 있는 소나무 군집의 흉고단면적은 교목층의 경우 20,000~25,000cm², 아교목층의 경우 2,000cm² 내외가 적절한 것으로 판단된다.

(3) 종수 및 개체수

Table 8은 울진 소광리 금강소나무림내 설정한 20개 조사구의 식물군집 유형별 평균 출현 종수 및 개체수를 나타낸 것이다. 각 유형별 해당 조사구의 출현 종수와 층위별 출현 개체수를 산출하였으며, 유형별 비교·분석이 가능하도록 400m² 방형구를 기준으로 조사구별 평균값을 산출하여 제시하였다. 각 유형별 평균 출현 종수는 8.7~20.3종으로 계곡부에 위치하고 있는 유형 II와 관리가 이루어지지 않아 낙엽활엽수와의 경쟁이 진행 중인 유형 VI의 출현 종수가 많았고, 능선부에 위치하고 있는 유형 I과 소나무 치수 발생을 위해 강도 높은 관리를 실시한 유형 IV의 출현 종수가 비교적 적었다. 교목층 평균 개체수는 6.0~22.0개체이며, 최근 목재생산이 이루어진 후 갱신이 진행 중인 유형 III, 유형IV, 유형 V는 인위적인 제거로 인해 출현 개체수가 적었고, 아교목층을 형성하던 소나무가 일시적으로 교목층으로 편입된 유형 I의 개체수가 많았다. 아교목층의 출현 개체수는 아교목을 지속적으로 관리한 유형 I, II, IV, V의 경우 0.3~5.0개체로 매우 적었고, 현재 식재된 소나무가 아교목층을 형성한 유형 III은 36.3개체로 가장 많았다 (Table 8 참조).

각 유형별 출현 종수 및 개체수를 분석한 결과, 소나무림내 출현 종수는 계곡부에 위치하고 있는 유형일수록 많았고, 이러한 유형의 경우 낙엽활엽수와의 경쟁에 대한 관리에 어려움을 겪게 될 것으로 예상되었다. 교목층 출현 개체수는 현재 갱신이 진행 중인 유형과 아교목층에 대한 관리를 실시하거나, 아교목층의 교목층 편입에 따른 영향을 감안하여 분석하였을 때 교목층의 경우 15~20개체, 아교목층의 경우 20~30개체가 안정적인 군집을 형성하는 것으로 판단되었다.

(4) 종다양도

Table 9는 울진 소광리 금강소나무림 식물군집 유형별 평균 종다양도 지수를 분석한 결과이다. 각 유형별 해당 조사구의 종다양도, 균제도, 우점도, 최대종다양도를 산출하였으며, 유형별 비교·분석이 가능하도록 400m² 방형구를 기준으로 조사구별 평균값을 산출하여 제시하였다. 울진 소광리 금강소나무림에 설정한 20개 조사구의 6개 유형별 각 조사구의 평균 종다양도는 0.6915~1.0942이며, 최대종다양도는 0.9372~1.2869로 나타났다. 종다양도가 가장 낮은 유형은 갱신이 완료된 소나무림(능선부: 유형 I)이며, 낙엽활엽수와 경쟁 중인 소나무림(유형 VI)의 종다양도가 가장 높았다. 울진 소광리 금강소나무림의 종다양도는 자연상태의 소나무군집 종다양도(주왕산국립공원 소나무군집의 종다양도 0.842~1.2231(Jo *et al.*, 1995), 변산반도 국립공원 소나무군집의 종다양도 0.8365~1.3879(Choi *et*

Table 8. Average number of species and populations appearing by community type of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin (Unit: 400m²)

Division	Amount of species	Popualtion			
		Tree layer	Subtree layer	Shrub layer	Total
Type I	8.7	22.0	5.0	246.7	273.7
Type II	20.3	16.7	2.0	367.0	385.7
Type III	18.0	6.0	36.3	510.7	553.0
Type IV	13.5	6.3	0.3	695.8	702.3
Type V	15.0	11.3	2.3	421.3	435.0
Type VI	20.0	13.8	18.8	185.0	217.5

* Type I ~ VI apply as shown in Table 6.

Table 9. Species diversity index community type of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin (Unit: 400m²)

Plot	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
Type I	0.6915	0.7373	0.2627	0.9372
Type II	1.0942	0.8366	0.1634	1.3074
Type III	0.9073	0.7334	0.2666	1.2382
Type IV	0.7136	0.6291	0.3710	1.1166
Type V	0.7545	0.6444	0.3556	1.1712
Type VI	1.0832	0.8407	0.1593	1.2869

* Type I ~ VI apply as shown in Table 6.

al., 2009)와 비교하여 낮은 값을 나타냈다(Table 9 참조).

울진 소광리 금강소나무림은 소나무의 생산을 위해 지속적으로 관리가 이루어지고 있는 숲으로 강도 높은 관리로 인해 전반적으로 종다양도가 낮았으며, 계곡부에 위치한 유형 II와 낙엽활엽수와 경쟁 중인 유형 VI의 경우 지형적인 특징과 경쟁 상태의 차이로 인해 다른 유형보다 비교적 높은 종다양도를 나타냈다.

3) 식물군집구조 종합

Kim et al.(2017)에 따르면 2008~2015년 울진 소광리 금강소나무림은 소나무의 생육지역에 비해 해발고도가 높고, 일사량이 많고, 지형 습윤지수가 낮은 지역, 남·남서사면, 능선 부위, 풍노출도가 높은 지역 즉, 수분조건이 불리한 지역에서 다량의 소나무 고사가 발생하였다고 했다. 이와 달리 본 연구에서 울진 소광리 금강소나무림은 해발 500~700m의 계곡과 능선의 구분이 뚜렷한 급경사지에 위치하며, 일조량이 많은 지형적 특성을 가지고 있었다.

주요 현존식생은 소나무림(48.1%)과 낙엽활엽수림(35.3%)이며, 모수작업 시행지 및 벌채 후 소나무 식재지역, 소나무 식재지 등 소나무 생산 및 식재지역(7.3%)이 다수 분포하였다. 인위적인 관리가 용이한 저지대 계곡부와 산림 능선부를 중심으로 분포하고 있었으며, 계곡부에 가까울수록 낙엽활엽수의 분포비율이 높아지는 특징을 보였다. 울진 소광리 금강소나무림 내 소나무의 군집유형은 소나무림의 갱신 진행상태, 낙엽활엽수 등 타 수종과의 경쟁상태, 층위구조 형성 여부 등을 기준으로 6개 유형으로 구분하여 분석을 실시하였다. 현재 분포하고 있는 대경목 소나무(흉고직경 40~60cm)의 수령은 약 60~70년 내외로 비교적 수령이 낮은 것으로 확인되었다.

현재 울진 소광리 소나무림은 지속적인 소나무 식재와 아교목층 및 관목층에서 발생하는 낙엽활엽수에 대한 관리를 통해 소나무림을 유지하고 있으며, 교목층, 아교목층, 관목층을 모두 소나무로 유지하도록 하고 있다. 계곡부와 관리가 이루어지지 않는 지역의 경우 낙엽활엽수의 발달이 왕성하게 이루어지고 있으며, 소나무와 낙엽활엽수의 경쟁으로 인해 천이가 진행 중인 상태이다.

소나무림의 지속적인 보전 및 유지를 위해서는 간벌, 밀도조절, 낙엽활엽수 관리, 소나무 치수의 생육환경 조절 등 인위적 관리가 필수적이며, 입지 및 식생특성을 고려하여 차별화된 관리가 필요한 것으로 판단된다. 소나무의 생육환경이 양호하고, 관리가 양호한 능선부의 경우 소나무림을 지속적으로 유지하는데 용이한 반면, 낙엽활엽수의 발달이 양호한 계곡부의 경우 아교목층과 관목층을 소나무로 관리하는 것보다 낙엽활엽수의 경관적 가치를 활용하여 관리방법을 차별화 하는 것이 효율적이다. 울진 소광리 금강소나무림의 식생관리 목표인 문화재 복

원용 목재(흉고직경 45cm 이상)의 생산이 가능한 대경목 소나무림 유형을 기준으로 하였을 때, 교목층 소나무의 단위면적(400m^2)당 흉고단면적은 약 $20,000\sim 25,000\text{cm}^2$ 이 적정한 것으로 판단되며, 단위면적(400m^2)당 개체수는 교목층 15~20개체가 적정한 것으로 판단되었다. 소나무림 유형별 종다양도는 $0.6915\sim 1.0942$ 로 온대중부지역 소나무군집과 비교하여 낮은 것으로 평가되었으며, 능선부와 지속적인 관리가 이루어진 군집의 종다양도가 낮고, 계곡부에 위치하거나 관리가 이루어지지 않은 군집의 종다양도가 높게 나타났다.

5. 금강소나무림 관리방안

1) 목표 및 방향 설정

울진 소광리 금강소나무림은 전통적으로 황장목 생산을 위한 목재생산과 소나무 보호를 위해 관리되었으며, 현재까지도 목재생산과 소나무림 보호를 주요 관리목적으로 한 산림유전 자원보호구역으로 지정·관리되고 있다. 소나무림 보호 및 관리를 위해 지속적으로 임목생산 및 벌채, 조림 및 숲가꾸기, 생태경영림 조성, 금강소나무 보전 사업 시행 등의 관리가 이루어지고 있었다. 울진 소광리 금강소나무림의 식생구조는 소나무 목재생산을 위한 벌채, 조림 및 숲가꾸기 조성 등의 관리 영향으로 교목층 및 아교목층, 관목층에 소나무가 층위를 형성하고, 아교목층에 경쟁수목이 분포하지 않으며, 교목층 소나무의 흉고단면적이 큰 특징을 보이고 있었다. 하지만 일괄적인 관리 방법 적용으로 관리인력의 투입이 어려운 계곡부를 중심으로 낙엽활엽수의 발달이 왕성하게 이루어지고 있으며, 지속가능한 목재생산 체계를 구축함에 있어서는 미흡한 점이 있었다. 또한 소나무림의 휴양적 이용, 생물다양성 증진, 경관관리 등 최근 관심이 증대되고 있는 다양한 생태계서비스에 대하여 고려되지 않은 관리가 이루어지고 있는 것으로 판단되었다. 울진 소광리 금강소나무림은 전통 소나무림 보호지역으로 목재생산을 핵심 관리 목표로 설정하였다.

2) 권역 설정

울진 소광리 금강소나무림은 전통 소나무림 보호지역으로 목재생산을 핵심 관리 목표로 설정하였다. 목재생산을 위한 지속적인 목재생산 권역, 주기적인 목재생산 권역을 핵심권역으로 설정하였으며, 다양한 생태계서비스 가치를 고려한 소나무 경관 보전 권역, 인공림 갱신 및 관리 권역, 낙엽활엽수 경관 관리 권역 등을 추가적으로 설정하였다(Figure 3 참조). 지속적인 목재생산 권역은 지속적인 목재생산과 경제적인 소득 창출을 위한 권역으로 현재 대부분 소나무림으로 유지되고, 낙엽활엽수의 발달이 미약하여 소나무림의 유지 및 관리가 유리한 특징을 가지고 있는 지역을 설정하였다. 울진 소광리 금강소

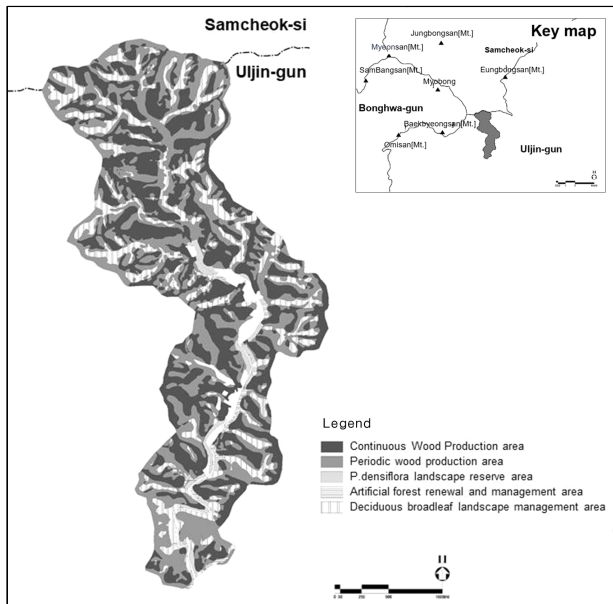


Figure 3. Establishment of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

무림내 능선부 및 사면부의 소나무림이 지속가능한 목재생산 권역에 해당하였다. 주기적인 목재생산 권역은 대경목 목재의 생산 주기를 고려한 소나무 목재생산 및 소나무 육성을 위한 권역으로 소나무의 생육에 유리한 환경조건을 가지고 있으며, 소나무림의 유지 및 관리가 가능하고, 아교목층에 낙엽활엽수의 발달이 왕성하여 소나무림 유지를 위해서는 인위적인 관리가 필요한 권역이다. 울진 소광리 금강소나무림내 능선부 및 사면부 전체 지역과 계곡부 소나무림, 계곡부 소나무-낙엽활엽수 혼효림 중 지속가능한 목재생산권역, 소나무 경관보전 권역에 포함되지 않는 지역을 주기적인 목재생산권역으로 설정하였다. 소나무 경관 보전 권역은 소나무림을 이용한 다양한 활동적 이용이 가능한 지역으로 도로와 인접하여 소나무림 내부로의 진입이 용이하며, 아교목층에 아름다운 경관을 형성하는 낙엽활엽수의 생육에 유리한 조건을 가진 지역으로 진입부 및 주요 동선 주변에 위치하고 있는 계곡부 소나무림을 소나무 경관 보전 권역으로 설정하였다. 인공림 갱신 및 관리 권역은 현재 인공림이 분포하고 있는 지역으로 대상지의 생물다양성 증진 및 자연성 증진을 위하여 인공림에 대한 관리 및 갱신이 필요한 지역을 설정하였으며, 인공림의 자연림 갱신 유도를 식생관리 방향으로 하였다. 울진 소광리 금강소나무림내 현재 분포하고 있는 계곡부에 위치한 인공림을 해당 권역으로 설정하였다. 낙엽활엽수 경관 관리 권역은 계곡부를 중심으로 분포하고 있는 낙엽활엽수림으로 지형적 특성, 환경조건(토양수분, 일조량 등) 등이 소나무의 생육에 불리한 조건을 가지고 있는 권역으로 다양한 낙엽활엽수가 세력을 형성하며, 생물다양성이 높은 특징을 가지고 있다. 소나무림의 조성 및 유지를 위해서는

많은 관리가 필요하여 관리 효율성이 낮으며, 경관적인 가치와 생물다양성 측면에서의 가치가 높다. 울진 소광리 금강소나무림 내 현재 분포하는 계곡부 낙엽활엽수림 및 계곡부 낙엽활엽수-소나무 혼효림을 낙엽활엽수 경관 관리 권역으로 설정하였으며, 생물다양성 증진 및 생물서식공간 조성, 휴양 및 관광, 교육, 연구자원으로의 활용을 식생관리 방향으로 설정하였다.

3) 권역별 세부 식생관리 방안

울진 소광리 금강소나무림의 권역별 지형특성 및 식생구조 특성, 관리 목표 및 방향에 따라 권역별 세부 식생관리 방안을 제안하였다. 지속적인 목재생산 권역은 지속적인 목재 생산과 경제적인 소득 창출을 목표로 하였으며, 지속가능한 목재 생산 체계 구축, 목재생산량 증진을 위한 효율적 식생 관리를 세부 관리방안으로 제안하였다. 소나무 목재의 생산 규격은 국내 문화재 보수·복원에 소요되는 소나무 중 지름 45cm, 길이 720cm에 해당하는 특대재(Kim, 2005)에 해당하는 흉고직경 45cm 이상으로 설정하였으며, 현재 울진 소광리 금강소나무림의 능선 및 사면부에 분포하고 있는 45cm 이상 대경목 소나무의 평균 수령이 60~70년임을 고려하여 30년을 주기로 한 70~80년생 소나무 대경목의 생산체계 구축을 제안하였다. 아교목층 및 관목층은 모두 소나무로 층위를 형성하도록 하여 경쟁수종에 대한 적극적 관리를 실시하도록 하였으며, 간벌 및 밀도 조절을 통한 소나무 성장량 조절을 제안하였다. 단위면적(400m²)당 교목층 흉고단면적 및 식재밀도는 현재 울진 소광리 금강소나무림의 능선부 소나무림 식생구조를 고려하여 흉고단면적은 20,000~25,000cm², 식재 주수는 15~20주로 설정하였다. 주기적인 목재생산 권역은 주기적인 목재생산 및 소나무 육성을 식생관리 목표로 하였으며, 70년을 주기로 한 대경목 소나무의 주기적인 목재 생산 체계 구축과 높은 영급의 소나무 개체 보존을 세부 관리방안으로 하였다. 70년을 주기로 한 70~80년생 소나무 대경목의 주기적인 목재생산과 아교목층 및 관목층에 비경쟁수종 낙엽활엽수의 층위 유지, 참나무류를 비롯한 아교목층 경쟁수종에 대한 선택적 관리를 제안하였다. 아교목층 및 관목층의 유지대상 수종은 아교목층의 경우 당단풍나무, 쪽동백나무, 개웃나무, 생강나무, 참빗살나무, 산벚나무 등이며, 관목층의 경우 진달래, 산초나무, 철쭉꽃, 노린재나무, 작살나무, 국수나무, 병꽃나무, 털팽나무, 개암나무 등으로 확인되었다(Figure 4 참조). 소나무 경관 보전 권역은 소나무 경관보전, 휴양 및 관광자원으로 활용을 식생관리 목표로 설정하였으며, 소나무 군락 보전 및 유지, 아교목층, 관목층을 활용한 식생경관 조성, 울진 소광리 황장금표와 연계한 금강소나무 역사경관림 조성을 세부 관리방안으로 설정하였다. 교목층 및 아교목층 참나무류 및 낙엽활엽수 경쟁수종에 대한 선택적 관리와 경관적으로 가치가 있는 수종 존치를 통하여 소나무

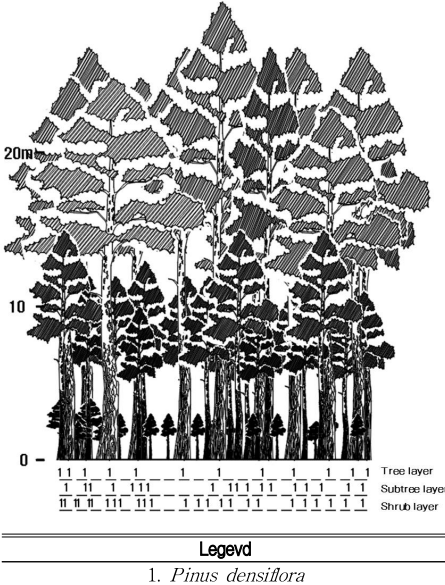
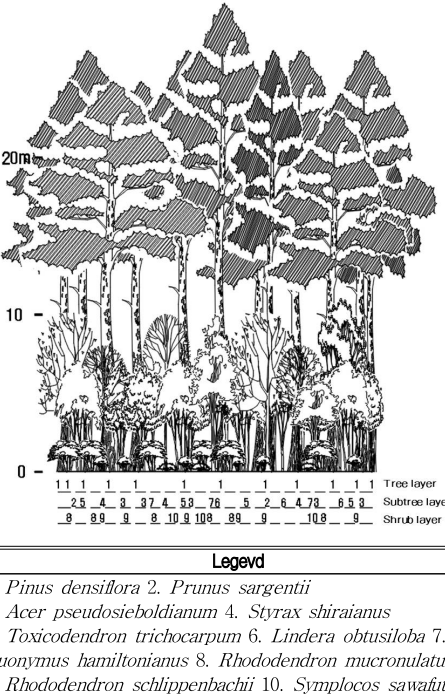
Management area	Model of management	Main content
Continuous wood production area	 <p>1. <i>Pinus densiflora</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Layer structure <ul style="list-style-type: none"> Tree layer: <i>Pinus densiflora</i> Subtree layer: <i>Pinus densiflora</i> Shrub layer: <i>Pinus densiflora</i> • Basal area and planting density of trees per unit area (400㎡) <ul style="list-style-type: none"> Basal area: 20,000~25,000cm² Planting density: 15~20 individuals/400㎡ • Wood harvest <ul style="list-style-type: none"> Harvest cycle: 30 years Harvest size: 45 cm or more
Periodic wood production area	 <p>1. <i>Pinus densiflora</i> 2. <i>Prunus sargentii</i> 3. <i>Acer pseudosieboldianum</i> 4. <i>Styrax shiraianus</i> 5. <i>Toxicodendron trichocarpum</i> 6. <i>Linderia obtusiloba</i> 7. <i>Euonymus hamiltonianus</i> 8. <i>Rhododendron mucronulatum</i> 9. <i>Rhododendron schlippenbachii</i> 10. <i>Symplocos sawafutagi</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Layer structure <ul style="list-style-type: none"> Tree layer: <i>Pinus densiflora</i> Subtree layer: Non-competitive deciduous broad-leaved trees Shrub layer: Deciduous trees • Basal area and planting density of trees per unit area (400㎡) <ul style="list-style-type: none"> Basal area: 20,000~25,000cm² Planting density: 15~20 individuals/400㎡ • Wood harvest <ul style="list-style-type: none"> Harvest cycle: 70 years Harvest size: 45 cm or more • Trees needing removal <ul style="list-style-type: none"> <i>Carpinus laxiflora</i>, <i>Quercus serrata</i>, <i>Fraxinus rhynchophylla</i>, <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>, <i>Cornus controversa</i>, <i>Tilia amurensis</i>

Figure 4. A management model of Geumgang Pine (*Pinus densiflora*) forest in Sogwang-ri, Uljin

림의 아름다운 경관연출을 도모하였다. 인공림 갱신 및 관리 권역은 계곡부에 위치한 일본잎갈나무, 잣나무 등 외래종 침엽 수림의 자생종 낙엽활엽수림으로 갱신을 제안하였으며, 낙엽활엽수 경관 관리 권역은 계곡부의 낙엽활엽수림을 대상으로 식생 군락에 대한 생태적 관리를 통해 생물다양성 증진 및 생물서식공간 조성, 휴양 및 관광, 교육, 연구 자원으로 활용을 계획하였다.

IV. 결론

본 연구 목적은 역사적·생태적 보전가치가 높은 소나무림 중 하나인 울진 소광리 소나무림의 지속가능한 관리방안을 마련하기 위함이다. 본 연구는 식생구조 특성 분석을 통해 식생 관리상 문제점과 개선방안을 도출하고, 식생관리 권역의 설정,

식생관리 모델 개발의 기초자료로 활용하고자 하였다. 울진 소광리 금강소나무림은 해발고가 높고 경사가 급한 산림지역으로 능선과 계곡의 구분이 뚜렷한 지형적 특징을 가지고 있었다. 능선 36.7%, 계곡 38.7%로 능선과 계곡의 비율이 유사하였으며, 사면은 전체면적의 24.7%로 좁게 형성되어 있었다. 울진 소광리 금강소나무림 내 소나무의 군집유형은 소나무림의 갱신 진행상태, 낙엽활엽수 등 타 수종과의 경쟁상태, 층위구조 형성 여부 등을 기준으로 6개 유형으로 구분하였다. 현재 분포하고 있는 대경목 소나무(흉고직경 40~60cm)의 수령은 약 60~70년 내외로 비교적 수령이 낮은 것으로 확인되었다. 울진 소광리 금강소나무림의 군집유형별 상대우점치 및 층위구조 분석을 종합해 보면, 소나무림 갱신 사업의 진행 정도 등에 따라 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 울진 소광리 금강소나무림은 지속적인 목재생산과 임업경영이 이루어지고 있는 유형으로 소나무림의 유지뿐만 아니라 목재의 경제적 가치 확보를 위해 소나무 후계림의 조성, 소나무의 밀도 조절, 경쟁수목에 대한 적극적 관리 등을 실시하고 있었다. 울진 소광리 금강소나무림에 설정한 조사구 20개소의 군집유형별 흉고단면적을 종합해보면, 400m² 방형구를 기준으로 한 흉고단면적은 교목층 12,642.1~25,424.4cm², 아교목층 1.8~1,956.5cm²이었다. 흉고단면적의 차이는 교목층을 형성하는 수목의 규격과 개체수, 소나무림의 갱신 정도(소나무 간벌 후 시간경과 정도)에 따라 차이가 나타났다. 각 유형별 평균 출현 종수는 8.7~20.3종으로 계곡부에 위치하고 있는 유형 II와 관리가 이루어지지 않아 낙엽활엽수와와의 경쟁이 진행 중인 유형 VI의 출현 종수가 많았고, 능선부에 위치하고 있는 유형 I과 소나무 치수 발생을 위해 강도 높은 관리를 실시한 유형 IV의 출현 종수가 비교적 적었다. 소나무림 유형별 종다양도는 0.6915~1.0942로 온대중부지역 소나무군집과 비교하여 낮은 것으로 평가되었다. 울진 소광리 금강소나무림의 관리는 경제적 가치가 높은 목재생산을 식생관리 목표로 설정하였으며, 지속적인 조림 및 목재생산 체계 구축, 목재생산량 증진을 위한 효율적 식생관리를 식생관리 방향으로 설정하였다. 지속가능한 목재 생산 체계 구축(30년 주기), 주기적인 목재 생산 체계 구축(70년 주기) 등 권역별 식생관리 방향과 세부 식생관리 방안을 제안하였다.

울진 소광리 금강소나무림은 경제적 가치가 높은 목재생산을 식생관리 목표로 설정하였다. 식생관리 목표 달성을 위한 주요 관리 방향은 지속적인 조림 및 목재 생산 체계 구축, 목재생산량 증진을 위한 효율적인 식생관리로 설정하였다. 또한 대상지의 지형특성 및 식생구조 특성을 고려하여 지속적인 목재생산 권역, 주기적인 목재생산권역, 소나무 경관 보전 권역, 인공림 갱신 및 관리 권역, 낙엽활엽수 경관 관리 권역의 5개 권역을 설정하여 권역별 차별화된 관리방안을 제시하였다.

본 논문은 울진 소광리 금강소나무림의 식생구조 특성을 반

영한 차별화된 소나무림 식생관리방안을 제시하여 향후 국가적으로 중요한 산림식생의 관리 및 보전사업의 지침으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만 최근 20년 동안 고온, 건조 등 이상기상 현상이 빈발해지면서 병해충 피해가 아닌 생리적 스트레스로 인한 소나무 피해 사례가 지속적으로 보고되고 있으므로 이와 관련된 심층적인 후속 연구가 필요하다.

References

1. An, I. S.(2012) Analysis of Vegetation Structure and Development of the Community Planting Models Based on the Ecotype of the *Pinus densiflora* Set Z. in Korea. Ph. D. Dissertation, University of Seoul. pp. 196.
2. Bae, B. H. and H. J. Lee(1999) Phytosociological studies for vegetation conservation of pine forest. Journal of Ecology and Environment 22(1): 21-29.
3. Brower, J. E. and J. H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company. pp. 194.
4. Choi, J. W., J. I. Kwak, K. J. Lee and W. K. Choi(2009) A study for plant community structure and management plan of *Pinus densiflora* Forest in Byeonsanbando National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 23(5): 447-459.
5. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
6. Im, G. B.(1985) New Principle of Afforestation, Hyangmun-sa Publishing Co. Seoul. pp. 491.
7. Jabu, S.(1982) Restoration of a Kaolin Clay Strip Mine for Wildlife Habitat Using Biotechnical and Revegetation Methods. MS Thesis, Univ. of Georgia, Athens.
8. Jo, J. C.(1987) A Study on the Preservation Measures of *Pinus densiflora* Forest in Natural Park. Master Thesis, University of Seoul. pp. 169.
9. Jo, J. C., W. Cho, and B. H. Bong(1995) The plant community structure of *Pinus densiflora* in forest in Chuwangsan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 8(2): 121-134.
10. Kim, Z. S., S. W. Lee, J. W. Hwang, K. W. Kwon(1993) Articles : *Pinus densiflora* for. erecta - Can It Be Treated Genetically as a Distinct.
11. Kim, J., E. S. Kim and J. H. Lim(2017) Topographic and meteorological characteristics of *Pinus densiflora* tree dieback in Sogwang-Ri, Uljin. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 19(1): 10-18.
12. Kim, O. J.(2005) The security of domestic timber supply for cultural properties of wooden frame building. Architecture 49(12): 33-37.
13. Knapp, E. E. and K. J. Rice(1994) Starting from seed: Genetic issues in using native grasses for restoration. Restoration and Management Notes 12(1): 40-45.
14. Korea Forest Service(2020) Statistical Yearbook of Forestry 50: 488.
15. Kwon, J. O. (1997) A Study on the Ecological Planting Models by the Analysis on the Natural Vegetation in Middle District, Korea. Master Thesis, University of Seoul. pp. 116.
16. Lee, C. B.(1980) Korean Plant Painting. Hyangmun-sa Publishing Co. Seoul. pp. 990.
17. Lee, I. G.(1976) A Window of Ecology. Ilshin-sa Publishing Co. pp. 318.
18. Lee, K. J., B. H. Han, H. G. Lee and T. H. Noh(2012) Management planning and change for nineteen years (1993~2011) of plant community of the *Pinus densiflora* Set Z. forest in namhan mountain

- fortress, Korean Journal of Environment and Ecology 26(4): 559-575.
19. Lee, K. J., I. H. Park, J. C. Jo and C. H. Oh(1990b) Studies on the structure of the forest community in Mt. Sokri(2) -analysis on the plant community by the classification and ordination techniques-. Korean Journal of Environment and Ecology 4(1): 33-43.
 20. Lee, K. J., K. B. Im, J. C. Jo. and C. H. Ryu(1990a) Studies on the structure of the forest community in mt. Sokri(1) -The conservation planning of *Pinus densiflora* community-. Korean Journal of Environment and Ecology 4(1): 23-32.
 21. Lee, K. J., K. S. Ki and J. W. Choi(2009) Vegetation succession and vegetation management of the *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in the Beopjusa Area, Songnisan National Park. Journal of Ecology and Environment 23(2): 208-219.
 22. Lee, S. D., K. J. Lee and J. W. Choi(2009) Management plan to consider ecological characteristic of *Pinus densiflora* community in Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 23(3): 258-271.
 23. Ma, S. K.(1999) The Pine Trees are Disappearing.-Pine Trees and Our Culture. Su-Mun Publishing Co, pp. 205.
 24. Morrison, D. G.(1996) Design, Restoration and Management. Dept. of Landscape Architecture, Univ. of Georgia, Athens.
 25. Park, I. K.(2005) The Ecological Management and Characteristics of the *Pinus densiflora* S. et Z. forest in Namsan, Seoul. Ph. D. Dissertation, University of Seoul, pp. 250.
 26. Pielou, E. C.(1975) Ecological Diversity. John Wiley and Sons Inc, New York, pp. 165.
 27. Uljin County Compilation Committee(2001a) Uljin Count, the first volume. Uljin-gun, pp. 1046.
 28. Uljin County Compilation Committee(2001b) Uljin Count, the second volume. Uljin-gun, pp. 994.
 29. Uljin County Compilation Committee(2001c) Uljin Count, the third volume. Uljin-gun, pp. 598.
 30. Yun, G. B.(1977) Landscape Culture. Ilchokak, Seoul, pp. 316.

Received : 31 August, 2021

Revised : 5 October, 2021 (1st)

29 December, 2021 (2nd)

Accepted : 29 December, 2021

3인익명 심사필