

국립공원 인공림 식생구조 및 생태적 천이 유도를 위한 간벌 밀도 연구^{1a}

- 치악산, 속리산, 덕유산, 내장산을 사례로 -

김종엽² · 이경재^{3*}

Vegetational Structure and the Density of Thinning for the Inducement of the Ecological Succession in Artificial Forest, National Parks^{1a}

- In Case of Chiaksan, Songnisan, Deogyusan, and Naejangsan -

Jong-Yup Kim², Kyong-Jae Lee^{3*}

요약

독일의 산림미학(숲미학)과 영국의 산림디자인 개념에 따르면 우리나라 국립공원 인공림도 단계별로 생태적 복원이 필요하며, 본 연구는 국립공원 인공림의 식생구조를 분석하여 생태적 천이를 유도하기 위한 식생유형별 간벌 밀도 기준을 제시하고자 수행하였다. 국립공원 중 치악산, 속리산, 덕유산, 내장산에 분포하는 잣나무림, 전나무림, 편백림, 은사시나무림, 일본잎갈나무림 등 인공림 8개소와 소나무군집, 소나무-졸참나무군집, 졸참나무군집 등 자연림 3개소 등 총 11개소에 20m×20m(400m²) 크기의 방형구를 설정하였다. 식생구조 특성을 고려하여 인공림을 천이미발달형, 외래종치수발달형, 천이초기형으로 유형화하였다. 종다양도(H')는 천이미발달형 0.9681~1.1323, 외래종치수발달형 1.0192~1.1870, 천이초기형 1.3071~1.3892, 자연림 1.2202~1.3428로 침엽수 단일수종 위주의 단층구조의 인공림보다 천이초기형 인공림과 단층구조의 자연림의 종다양도가 다소 높았다. 단계별 간벌 밀도는 30~60% 범위로 하되, 천이미발달형은 외래종 우점치가 88~90%로 높으므로 대경목부터 3단계에 걸쳐 간벌하고, 외래종치수발달형은 외래종 우점치가 60~97%로 높고 아교목층과 관목층에 치수가 발달하고 있어 조기에 외래종 치수를 제거하고 1단계 또는 2단계에 걸쳐 간벌하며, 천이초기형은 외래종 우점도가 30% 이하로 자생종과 경쟁하는 외래종을 우선적으로 간벌하고 1단계 또는 2단계에 걸쳐 간벌할 것을 제시하였다.

주요어: 산림미학, 산림디자인, 잣나무, 은사시나무, 일본잎갈나무

ABSTRACT

According to the concept of woodland aesthetic in Germany and forest design in United Kingdom, artificial forest should be restore ecologically step by step in National Park, Korea. This study was carried out to provide the density criterion of thinning for the inducement of the ecological succession by analysing of vegetational structure in Artificial Forest, National Parks. Eleven plots(size is 20m×20m) were set up in the artificial forest

1 접수 2012년 6월 24일, 수정(1차: 2012년 8월 29일), 게재확정 2012년 8월 30일

Received 24 June 2012; Revised(1st: 29 August 2012); Accepted 30 August 2012

2 도시생태학연구센터 Urban Ecology Research Center, Bang-i-2dong, Songpa-gu, Seoul(138-830), Korea(jongykim72@hanmail.net)

3 서울시립대학교 도시과학대학 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Urban Sciences, Univ. of Seoul, Seoul (130-743), Korea(ecology@uos.ac.kr)

a 이 논문은 2009년 국립공원관리공단의 ‘국립공원 숲 생태 개선사업 연구’의 일환으로 수행되었으며, 본 학회 학술대회 제19 권 2호 발표(Lee et al., 2009) 후 본 학회의 심사를 거쳐 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author(ecology@uos.ac.kr)

such as *Pinus koraiensis* forest, *Abies holophylla* forest, *Chamaecyparis obtusa* forest, *Populus tomentiglandulosa* forest, and *Larix kaempferi* forest and in the natural forest such as *Pinus densiflora* community, *Pinus densiflora*-*Quercus serrata* community, and *Quercus serrata* community in Chiaksan, Songnisan, Deogyusan, and Naejangsan National Parks, Korea. We classified the artificial forest into undeveloped type of succession, type of alien young trees developing, and early phase type of succession based on the vegetational structure. According to the index of Shnnon's diversity(unit: 400m²), undeveloped type of succession was ranged from 0.9681 to 1.1323, type of alien young trees developing was ranged from 1.0192 to 1.1870, early phase type of succession was ranged from 1.3071 to 1.3892, and natural vegetation was ranged from 1.2202 to 1.3428, therefore early phase type of succession forest and natural vegetation are more higher than simple-layered artificial forest with one needle leaf tree species. The limit for the step-by-step thinning was in the range of 30~60%. In case of undeveloped type of succession, we should thin out from large trees throughout three phases, because alien species dominated high value 88~90% in canopy layer. In case of type of alien young trees developing, we should thin out from alien young trees such as *Populus tomentiglandulosa* throughout one or two phases, because alien species dominated high value 60~97% and young trees with saplings growing up in understory and shrub layer. In case of early phase type of succession, we should thin out from alien trees that compete with native species throughout one or two phases, because alien species dominated less than value 30%.

KEY WORDS: WOODLAND AESTHETICS, FOREST DESIGN, *Pinus koraiensis*, *Populus tomentiglan-dulosa*, *Larix kaempferi*

서 론

우리나라 산림은 일제강점기와 한국전쟁을 거치면서 1960년대 초반까지 연간 1천만m³(총 입목축적의 17%) 내외의 목재가 가정용 연료재로 소비되어(Bae and Lee, 2006) 황폐되었으며, 이를 빠른 시일 내에 녹화하기 위해 속성수 위주의 경제림 조림정책이 추진되었다. 우리나라 산림(6,368,843ha)의 인공림 중에서는 일본잎갈나무(424,668ha), 리기다소나무(386,991ha), 잣나무(214,357ha), 전나무(349ha) 등이 주요 식재수종이며(KFS, 2011). 2009년 현재 해상을 제외한 국립공원 산림(374,556ha) 중 인공림은 15,963ha이며, 인공림 중에서 일본잎갈나무 7,787ha(48.8%), 리기다소나무 3,773ha(23.7%), 잣나무 2,873ha(18.0%), 편백 484ha(3.0%) 등이 주요 인공조림수종이다. 국립공원 내 인공림은 자연식생과의 경관적 이질감을 야기시키고, 단일종으로 구성된 단층식생구조의 침엽수림은 낮은 광투과율과 타감작용으로 생물종다양성 저하가 문제시 되고 있다. 국립공원의 인공림은 다층구조의 고유한 식물생태계로 복원하여 생물다양성이 풍부하고 다양한 야생동식물이 서식할 수 있는 공원으로 유지해야 자연보전과 현명한 이용이라는 국립공원 관리 목표에 부합된다고 할 수 있다.

임업이 발달한 독일은 이미 1800년대부터 산림경영에 있어서 아름다움을 추구하는 임업림 미학(Forest Aesthetics)의 개념을 도입하였다. 독일에서의 임업림 미학은 산림경영 계획 수립 시 자생 낙엽활엽수와 자생 침엽수, 인공조림 외래수종, 자생 관목류, 수형, 수피, 낙엽색깔, 꽃, 열매, 숲의 향기와 소리 등 다양한 요소들을 고려하여 임분을 배치하는 것이었다(von Salisch, 2009). 오늘날 독일의 산림경영은 자연보전과 목재생산이라는 두 가지 목적을 동시에 충족시키기 위해 임업림 미학에서 산림미학(Woodland Aesthetics, Wald Aesthetics)으로 발전하였다. 산림미학(숲 미학)은 산림경관관리와 생물다양성 증진, 그리고 고유성을 가진 숲에서 감성적인 체험 기회를 제공함으로써 산림의 미적 가치를 창출하는 개념이다(Stölb, 2012). 이러한 산림관리 패러다임의 변화로 1990년대부터 독일의 산악형 국립공원에서는 입지 조건에 맞지 않는 인공림이 자발적인 생태적 천이(자연갱생)가 진행되지 않아 중장기적으로 자연성을 회복할 수 없을 경우에는 간벌을 통한 생태적 천이 유도, 자생수종 식재, 자생종 종자 파종 등의 방법으로 자연식생 경관을 조성하고 있다(Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, 1999; Nationalparkverwaltung Harz, 2011).

영국에서는 1990년대 초 다양한 종 구성, 수령, 층위구조,

식생유형 등 산림의 생태적 특성을 고려한 모자이크 패턴(mosaic patterns)의 산림경관을 조성하는 Forest Design(산림디자인) 개념이 유행하기 시작하였다(Bell and Apostol, 2008). 영국은 제1차 세계대전시 자연림의 과도한 벌목으로 산림훼손과 목재량의 급격한 감소로 대면적의 산림에 속성 수 침엽수를 인공조림(전 산림의 95%)하여 성공하였으나, 1960년대 Dame Sylvia Crowther가 산림경관디자인 개선 문제를 제기하면서 Forest Design 개념이 도입되었다. Forest Design은 인공림의 지역별 특성에 적합한 장기적인 Forest Design Plan을 수립하여 임목축적량, 경관 디자인, 고고학적 자원 및 야생동물, 심미적 가치, 야생동물 생태통로, 자연정화능력 가진 수려한 계곡의 보전 등을 목적으로 한다. Forest Design Planning은 목표설정(경관, 생물종다양성, 레크레이션, 고고학적 자원, 경제성) → 산림조사(지질, 토양, 자원가치 및 서식처 보호, 경관) → 정보분석(토지 경계, 수령, 토양, 도복위험, 벌목운반로, 활엽수보전) → 개념설정(산림유형별 적절한 계획 개념 설정) → Sketch Design(중장기 벌목계획, 능선과 계곡을 고려한 계획, 평지 인공림의 계획, 소규모 임분벌목계획, 벌목 적기 계획, 활엽수림 유도 등) → 문서작성 → 승인 → 실행 → 모니터링 및 보완 등의 절차로 이루어진다(Bell, 1998; Bell and Apostol, 2008).

인공림의 생태적 복원에 관한 연구는 국립공원에서 보다 도시림에서 먼저 이루어졌는데, Lee et al.(1995)은 식물군집구조분석 및 토양분석을 기초로 생태적 특성 및 잠재식생을 파악하고, 생태적 천이단계의 목표를 설정하여 인공림을 단계별로 간벌하여 급격한 식생구조의 변화를 야기시키지 않으면서 생태적 천이를 유도해야 한다고 하였다. Han and Lee(2001)는 부천시 인공림의 생태적 천이경향을 고려하여 천이불가능, 천이유도가능, 천이진행, 천이밀기, 자연림 등 5단계로 구분하고, 생태적 천이를 유도하기 위해 아까시나무림은 흥고단면적의 비율을 63~70% 이하, 리기다소나무림은 흥고단면적 비율을 68~75% 이하로 감소시켜야 할 것

을 제시하였다. 반면에, 그동안 산림과학 분야에 있어서 간벌과 관련된 연구는 간벌 이후의 수목의 생장 반응과 간벌 임지에서의 시비 적용(Donald, 1987; Valinger, 1992), 간벌 임지에서 발생할 수 있는 미기상적 또는 생리적인 변화 및 생산량과 수분 이용 효율과의 관계(Cregg et al., 1990; Ginn et al., 1991), 삼나무와 편백 채종원의 토양 특성 및 종자 생산력에 미치는 영향(Lee et al., 2006) 등이 이루어져 왔다. 그 외에 간벌이 용재품질과 수관저류능 및 차단손실량에 미치는 영향(Kim et al., 2004; Chong et al., 2003), 간벌 후 토양 온도, 수분, 광 유효도, 직경생장 변화(Bae et al., 2010), 잣나무 임분의 총 수확량을 최대로 하기 위해 1차 간벌은 30% 수준, 2차 간벌은 50% 수준에서 시행하는 pathway 선정 연구(Woo and Jang, 2009), 간벌강도 및 주기에 따른 동적 흥고직경 생장예측 모형 개발(Kim et al., 2012) 등 인공림의 식생구조 특성을 고려한 생태적 천이 유도에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

본 연구는 국립공원 내 인공림의 식생구조를 분석하고, 식생유형을 고려하여 단계별로 생태적 천이를 유도하기 위한 적정 간벌 밀도를 제시하여 국립공원 인공림의 생태적 복원관리를 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

연구방법

1. 연구대상지 선정

한라산국립공원과 해상형 국립공원을 제외한 육상형 국립공원 15개소 중 치악산국립공원(구룡지구), 속리산국립공원(화양동구곡지구), 덕유산국립공원(구천동지구), 내장산국립공원(백암지구) 등 국립공원 4개소를 연구대상지로 선정하였다. 2009년 현재 국립공원별 인공림 현황을 살펴보면, 치악산국립공원은 인공림 면적이 3,619,612m²로 잣나무, 일본잎갈나무, 속리산국립공원은 31,808,186m²로 잣나무, 일본잎갈나무, 덕유산국립공원은 11,194,400m²로 잣나무, 일본잎갈나무, 덕유산국립공원은 11,100,089m²

Table 1. Area and dominant species of artificial forest of study site

National Park	Chiaksan	Songnisan	Deogyusan	Naejangsan
Artificial forest area*	3,619,612m ²	31,808,186m ²	11,194,400m ²	11,100,089m ²
Dominant species of artificial forest*	<i>Pinus koraiensis</i> , <i>Larix kaempferi</i>	<i>Pinus koraiensis</i> , <i>Larix kaempferi</i>	<i>Pinus koraiensis</i> , <i>Larix kaempferi</i>	<i>Populus tomentiglandulosa</i> , <i>Chamaecyparis obtusa</i> , <i>Cryptomeria japonica</i>
Study district	Guryong district	Hwayangdong-gugok (valley) district	Gucheondong district	Baekam district
Natural vegetation	<i>Pinus densiflora</i> comm.	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus serrata</i> comm.	<i>Quercus serrata</i> comm.	-
Plot(400m ²)	1, 9	4, 5, 10	2, 7, 11	3, 6, 8

*Data from National Park Office of Korea National Park Service in 2009

나무, 일본잎갈나무, 내장산국립공원은 은사시나무, 편백, 삼나무가 주요 인공조림수종이었다. Han *et al.*(2009)의 연구에 따르면, 속리산국립공원 화양동구곡지구의 화양천 계곡부 주변 인공림 현존식생 조사결과, 은사시나무가 조사면적(149,701m²)의 48.0%(71,851m²)로 계곡부 인공림 중에서 가장 넓었으며, 우수한 구곡경관을 보전하기 위해 천이 잠재성이 낮은 인공림을 대상으로 교목층 밀도저감을 통한 천이유도를 관리방안으로 제안하였다. 본 연구에서는 인공림과 자연림의 식생구조를 비교하기 위해 치악산국립공원에서 소나무군집, 속리산국립공원에서 소나무-졸참나무군집, 덕유산국립공원에서 졸참나무군집 등 인공림 인근에 분포하는 자연림 3개소를 조사하였다. 이에 연구대상지는 잣나무림, 전나무림, 편백림, 은사시나무림, 일본잎갈나무림 등 인공림 8개소와 소나무군집, 소나무-졸참나무군집, 졸참나무군집 등 자연림 3개소 등 총 11개소이었다(Table 1; Table 2).

2. 조사분석 방법

1) 식생구조 조사분석

연구대상지별로 20m×20m(400m²) 크기의 방형구 11개소를 설정하였으며, 조사구의 일반적 개황으로 해발고, 향, 경사도, 지형특성, 층위별 평균수고, 평균흉고직경, 식피율을 조사하였다. 식생구조 조사는 목본수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 수종명, 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭, 관목층은 수종명, 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 교목층과 아교목층의 정밀식생분포현황을 조사하여 수관투영도를 작성하였다. 출현수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(importance value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 층위별로 분석하였다. 상대우점치(importance percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 수관피도는 흉고단면적을 기준으로 하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 {(교목층 I.P.×3)+(아교목층I.P.×2)+(관목층I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.)를 구하였다(Yim *et al.*, 1980; Park *et al.*, 1987; Oh and Park, 2002). Pielou(1975)의 수식을 이용하여 Shannon의 종다양도(H')를 구하였다.

2) 식생유형화 및 간벌 밀도 분석

Han and Lee(2001)는 부천시 인공림의 생태적 천이 경향을 고려하여 천이불가능, 천이유도가능, 천이진행, 천이말기, 자연림 등 5단계로 구분하였는데, 본 연구에서는 식생구조 특성과 생태적 천이 잠재성을 고려하여 인공림을 천이미발달형, 외래종치수발달형, 천이초기형으로 유형화하였다.

간벌 밀도 산정을 위한 기초자료로서 흉고단면적(단위: cm²)은 400m² 단위면적당 교목층, 아교목층의 흉고직경을 이용하여 산출하였다. Han and Lee(2001)는 인공림의 생태적 천이를 유도하기 위해서는 인공조림수종의 흉고단면적 비율을 63~75%이하로 조절할 것을 제시하였으며, Lee *et al.*(1995)은 인공림을 단계별로 간벌하여 식생구조를 급격히 변화시키지 말 것을 제안한 바 있다. 본 연구에서는 국립공원 인공림의 생태적 천이를 유도하기 위해 Lee *et al.*(1995)과 Han and Lee(2001)의 연구결과를 응용하여 단계별 간벌 밀도 기준을 30~60% 범위로 하되 조사구별 흉고단면적 분석자료를 바탕으로 하여 식생유형별 목표 단계를 설정하고 단계별 간벌 밀도를 제시하였다.

결과 및 고찰

1. 조사구의 일반적 개황

조사구의 일반적 개황에서는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구 11개소에 대한 입지특성과 층위별 식생구조 특성을 제시하였으며, 천이미발달형 인공림, 외래종치수발달형 인공림, 천이초기형 인공림, 자연식생 등 식생유형별로 조사구를 배열하였다. 천이미발달형 인공림은 조사구 1(치악산국립공원 잣나무림), 조사구 2(덕유산국립공원 전나무림), 조사구 3(내장산국립공원 편백림)이 해당되었으며, 해발고는 130~600m, 향은 남서 및 북서향, 경사도는 5~7%(환경사지), 지형은 산록의 사면 또는 평지이었다. 교목층 우점종은 잣나무, 전나무, 편백 등 인공조림수종이었고, 평균수고 15~20m, 평균흉고직경 18~25cm, 식피율 75~90%, 아교목층은 평균수고 8~10m, 평균흉고직경 4~15cm, 식피율 10~15%, 관목층은 평균수고 1~3m, 식피율 15%이었다.

외래종치수발달형 인공림은 조사구 4(속리산국립공원 은사시나무-아까시나무림)와 조사구 5(속리산국립공원 은사시나무림)가 해당되었으며, 해발고는 160~175m, 향은 남서향, 경사도는 2~3%(평탄지), 지형은 화양구곡 수변 산록의 평지이었다. 교목층 우점종은 은사시나무와 아까시나무 등 인공조림수종이었고, 평균수고 20m, 평균흉고직경 15~30cm, 식피율 50~80%, 아교목층은 평균수고 8m, 평균흉고직경 6~15cm, 식피율 40%, 관목층은 평균수고 1~4m, 식피율 40~70%이었다.

천이초기형 인공림은 조사구 6(내장산국립공원 은사시나무림), 조사구 7(덕유산국립공원 일본잎갈나무림), 조사구 8(내장산국립공원 편백-낙엽활엽수림)이 해당되었으며, 해발고는 62~680m, 향은 북동 및 남서향, 경사도는 5~13°(환경사지), 지형은 산록의 사면이었다. 교목층 우점종은 은사시나무, 일본잎갈나무, 편백 등 인공조림수종이었고, 평균

수고 15~20m, 평균흉고직경 18~35cm, 식피율 70~90%, 아교목층은 평균수고 7~10m, 평균흉고직경 4~13cm, 식피율 30~40%, 관목층은 평균수고 1~3m, 식피율 30~40%이었다.

자연림은 조사구 9(치악산국립공원 소나무군집), 조사구 10(속리산국립공원 소나무-졸참나무군집), 조사구 11(덕유산국립공원 졸참나무군집)이 해당되었으며, 해발고는 210~720m, 향은 북동 및 남서향, 경사도는 5~20°(평탄지 및 경사지), 지형은 산록의 사면이었다. 교목층 우점종은 등 소나무, 졸

참나무, 낙엽활엽수 등 자생수종이었고, 평균수고 17~22m, 평균흉고직경 20~30cm, 식피율 60~85%, 아교목층은 평균수고 8m, 평균흉고직경 8~10cm, 식피율 30~60%, 관목층은 평균수고 1~3m, 식피율 40~70%이었다.

이상을 종합하면, 천이미발달형 인공림은 교목층에 평균 흉고직경 18~25cm(중경목)의 인공조림수종이 우점하고 아교목층과 관목층의 식피율이 10~15%로 단층구조이었다. 외래종치수발달형 인공림은 교목층에 평균흉고직경 15~30

Table 2. General description of the physical features and the vegetation structure of plots (Plot size: 400 m²)

Plot	Undeveloped type of succession			Type of alien young trees developing	
	1	2	3	4	5
Location(National Park)	Chiaksan	Deogyusan	Naejangsan	Songnisan	Songnisan
Altitude(m)	420	600	130	175	160
Aspect	S85W	N75W	S65W	S20W	S15W
Slope(°)	7	7	5	3	2
Geographical features*	Pm, SL	Pm, FL	Pm, SL	Pm, FL	Pm, FL
Dominant species**	Pk	Ah	Ch	Pt-Rp	Pt
Canopy layer	Mean height(m)	20	15	18	20
	Mean DBH(cm)	25	20	18	15
	Coverage(%)	75	85	90	85
	Mean height(m)	8	10	10	8
Understory layer	Mean DBH(cm)	15	15	4	6
	Coverage(%)	10	15	15	40
Shrub layer	Mean height(m)	1~3	1~3	1~3	1~3
	Coverage(%)	15	15	15	40
					70

* Pm: Piedmont, HS: Hillside, FL: Flat, SL: Slope; ** Pk: *Pinus koraiensis*, Ah: *Abies holophylla*, Ch: *Chamaecyparis obtusa*, Pt: *Populus tomentiglandulosa*, Rp: *Robinia pseudoacacia*

(Table 2. Continued)

Plot	Early phase type of succession			Natural vegetation		
	6	7	8	9	10	11
Location(National Park)	Naejangsan	Deogyusan	Naejangsan	Chiaksan	Songnisan	Deogyusan
Altitude(m)	62	680	125	400	210	720
Aspect	N70E	N55E	S35W	N60E	S50W	S35W
Slope(°)	13	5	5	20°	17	5
Geographical features*	Pm, SL	Pm, SL	Pm, SL	Pm, SL	Pm, SL	HS, SL
Dominant species**	Pt	Lk	Ch-Db	Pd	Pd-Qs	Qs
Canopy layer	Mean height(m)	15	20	18	19	22
	Mean DBH(cm)	20	35	18	30	25
	Coverage(%)	85	70	90	60	85
	Mean height(m)	7	10	8	8	8
Understory layer	Mean DBH(cm)	10	13	4	8	10
	Coverage(%)	40	40	30	60	30
Shrub layer	Mean height(m)	1	1~3	1~3	1~3	1~3
	Coverage(%)	40	40	30	70	40

* Pm: Piedmont, HS: Hillside, FL: Flat, SL: Slope; **Pt: *Populus tomentiglandulosa*, Lk: *Larix kaempferi*, Ch: *Chamaecyparis obtusa*, Db: Deciduous broad-leaved tree, Pd: *Pinus densiflora*, Qs: *Quercus serrata*

cm(중경목)의 인공조림수종이 우점하고 아교목층과 관목층에는 은사시나무 치수의 식피율이 40~70%로 이차천이가 발달하기 어려운 교란된 상태이었다. 천이초기형 인공림은 교목층에 평균 흥고직경 15~20cm(중경목)의 인공조림수종이 우점하고 아교목층과 관목층에는 자생수종의 식피율이 30~40%로 다층구조로 발달하고 있어 천이잠재성이 있는 천이초기 상태이었다(Table 2).

2. 식생유형별 상대우점치

1) 천이미발달형

식생유형별로 조사구($20m \times 20m$, $400m^2$)의 상대우점치(I.P.: importance percentage)를 살펴보면, 천이미발달형 인공림의 경우, 조사구 1(잣나무림)은 교목층에는 40주의 잣나무(I.P.: 94.3%)가 우점하고 있었고, 아교목층에는 6주의 피압된 잣나무(I.P.: 53.5%)가 식재되어 있었으며, 관목층에는 자생수종인 고추나무(I.P.: 19.1%), 생강나무(I.P.: 11.3%), 음나무(I.P.: 11.2%) 등이 출현하였으나 세력은 미약하였다(Table 3, Figure 1). 조사구 2(전나무림)는 교목층에는 49주의 전나무(I.P.: 98.5%)가 우점하고 있었고, 아교목층에는 3주의 피압된 전나무(I.P.: 57.1%)가 식재되어 있었으며, 관목층에는 자생수종인 국수나무(I.P.: 17.0%), 산뽕나무(I.P.: 16.7%), 느릅나무(I.P.: 13.9%) 등이 출현하였으나 세력은 미약하였다(Table 3, Figure 2). 조사구 3(편백

림)은 교목층에는 53주의 편백(I.P.: 92.56%)이 우점하고 있었고, 아교목층에는 4주의 피압된 편백(I.P.: 33.4%)이 식재되어 있었으며, 관목층에는 자생수종인 덜꿩나무(I.P.: 14.5%), 개서어나무(I.P.: 13.4%), 개옻나무(I.P.: 11.2%) 치수가 출현하였으나 세력은 미약하였다(Table 3, Figure 3).

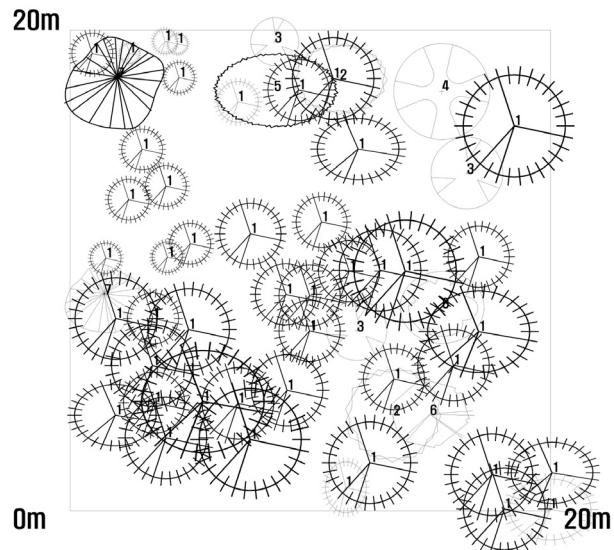


Figure 1. Crown projection of plot 1

(1. *Pinus koraiensis*, 2. *Cornus controversa*, 3. *Staphylea bumalda*, 4. *Lindera obtusiloba*, 5. *Salix koreensis*, 6. *Castanea crenata*, 7. *Pinus densiflora*, 8. *Morus bombycina*)

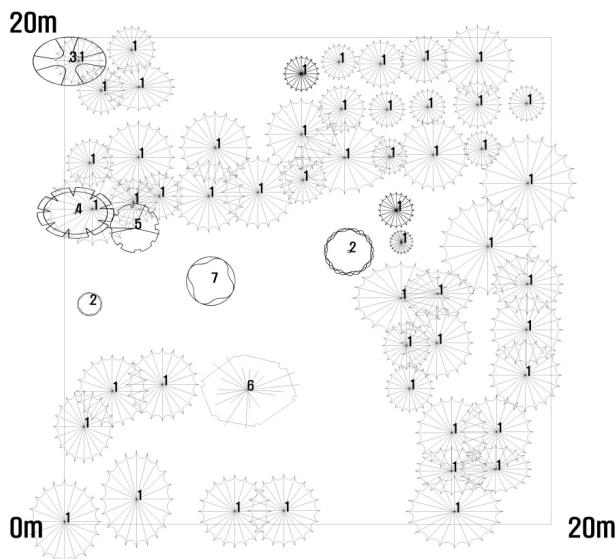


Figure 2. Crown projection of plot 2

(1. *Abies holophylla*, 2. *Staphylea bumalda*, 3. *Actinidia arguta*, 4. *Acer ginnala*, 5. *Quercus serrata*, 6. *Prunus sargentii*, 7. *Zanthoxylum schinifolium*)

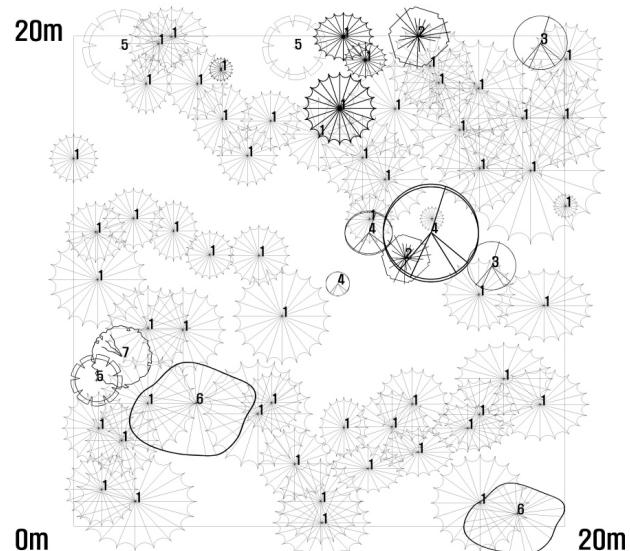


Figure 3. Crown projection of plot 3

(1. *Chamaecyparis obtusa*, 2. *Prunus sargentii*, 3. *Rhus succedanea*, 4. *Styrax japonica*, 5. *Quercus variabilis*, 6. *Pinus densiflora*, 7. *Rhus trichocarpa*)

Table 3. Importance percentage of woody species by the stratum in undeveloped type of succession

Scientific name	Plot				1				2				3			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Abies holophylla</i>	-	-	-	-	98.5	57.1	-	68.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus koraiensis</i>	94.3	53.5	-	65.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	3.3	10.5	-	5.2	-	-	-	-	4.5	-	-	2.3	-	-	-	-
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	92.5	33.4	4.0	58.0	-	-	-	-
<i>Smilax china</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	1.6	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	5.9	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salix koreensis</i>	2.4	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.4	2.2	-	-	-
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	0.4	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	3.5	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	6.8	4.7	4.6	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	-	-	1.6	0.3	-	9.1	-	3.0	-	-	-	1.7	0.3	-	-	-
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	13.9	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Celtis choseniana</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	7.2	4.3	3.1	-	-	16.7	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clematis apiifolia</i>	-	-	0.9	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	4.6	11.3	3.4	-	-	6.9	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	1.1	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	3.6	0.6	-	-	17.0	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	2.6	0.4	-	-	4.0	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rubus oldhamii</i>	-	-	5.6	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	-	4.0	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	1.6	-	-	0.8	-	11.9	-	4.0	-	-	-	-
<i>Malus sieboldii</i>	-	-	4.5	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	0.2	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	9.1	-	3.0	-	-	-	1.3	0.2	-	-	-
<i>Rhus succedanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	-	4.3	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	-	3.6	0.6	-	-	4.0	0.7	-	4.4	11.2	3.3	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5	-	-	-
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	-	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylea bumalda</i>	-	10.8	19.1	6.8	-	7.7	4.0	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	-	-	-	8.1	-	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	-	4.0	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	4.2	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinidia polygama</i>	-	-	4.1	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinidia arguta</i>	-	-	1.2	0.2	-	9.1	-	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>macro-phylum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.4	-	-	-
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	11.2	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aralia elata</i>	-	-	2.4	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus controversa</i>	-	9.8	2.5	3.7	-	-	13.4	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	0.9	0.1	-	-	-	-	-	-	-	2.2	0.4	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.6	1.3	10.4	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	1.9	0.3	-	-	-	-	-	-	-	5.7	1.0	-	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	4.8	0.8	-	-	5.7	0.9	-	-	-	4.5	0.8	-	-	-
<i>Clerodendron trichotomum</i>	-	-	1.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum wrightii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.5	2.4	-	-	-

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

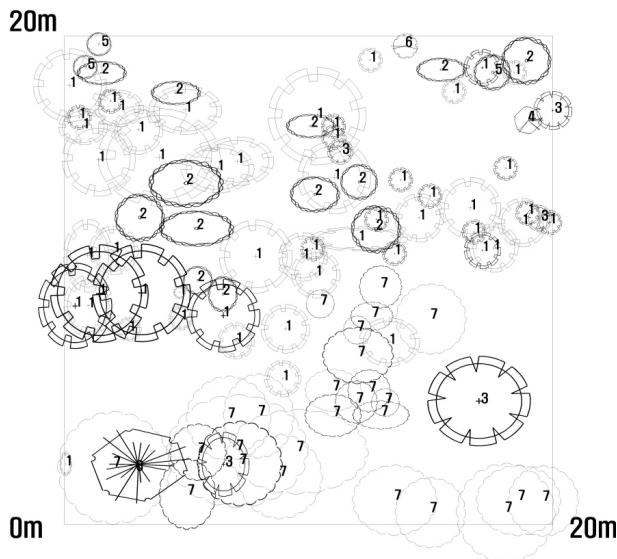


Figure 4. Crown projection of plot 4

(1. *Populus tomentiglandulosa*, 2. *Rhus chinensis*, 3. *Acer ginnala*, 4. *Quercus variabilis*, 5. *Prunus persica*, 6. *Quercus serrata*, 7. *Robinia pseudo-acacia*, 8. *Prunus sargentii*)

2) 외래종치수발달형

외래종치수발달형 인공림의 경우, 조사구 4(은사시나무-아

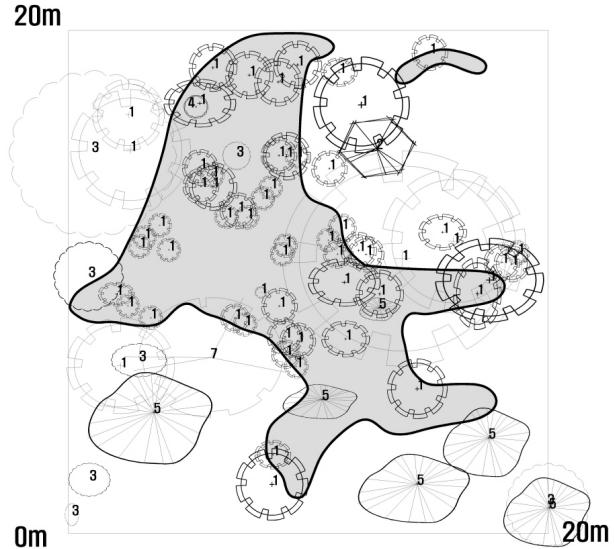


Figure 5. Crown projection of plot 5

(1. *Populus tomentiglandulosa*, 2. *Lindera erythrocarpa*, 3. *Robinia pseudo-acacia*, 4. *Rhus chinensis*, 5. *Pinus densiflora*,
[Grey Box]: Young trees of *Populus tomentiglandulosa*)

까시나무림)는 교목층에는 19주의 은사시나무(I.P.: 62.8%)와 13주의 아까시나무(I.P.: 37.2%)가 우점하고 있었고, 아교목층에는 수고 3~14m의 은사시나무(I.P.: 30.6%) 피압

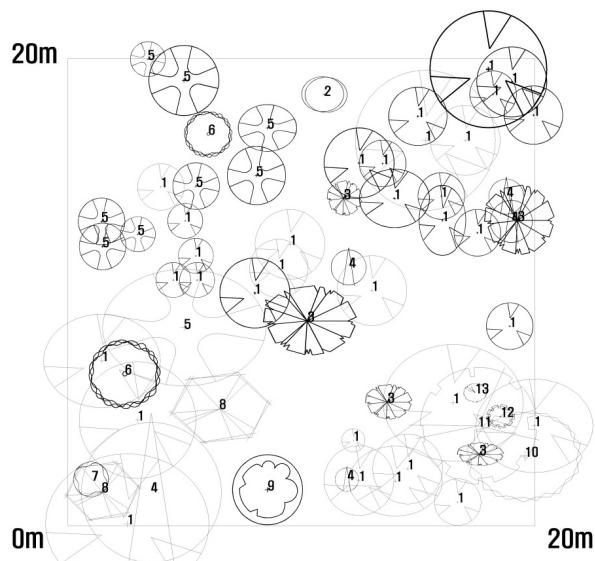


Figure 6. Crown projection of plot 6

(1. *Populus tomentiglandulosa*, 2. *Lindera glauca*, 3. *Castanea crenata*, 4. *Carpinus tschonoskii*, 5. *Lindera erythrocarpa*, 6. *Cornus walteri*, 7. *Alnus hirsuta*, 8. *Celtis sinensis*, 9. *Rhus chinensis*, 10. *Cornus controversa*, 11. *Quercus aliena*, 12. *Morus bombycina*, 13. *Rhus trichocarpa*)

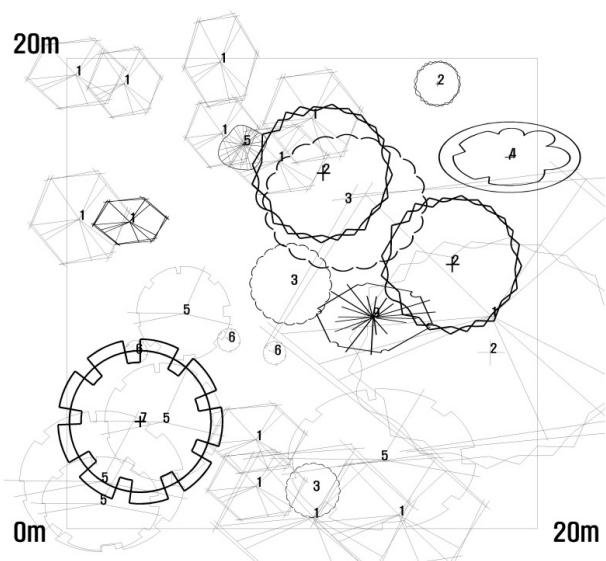


Figure 7. Crown projection of plot 7

(1. *Larix leptolepis*, 2. *Cornus controversa*, 3. *Morus bombycina*, 4. *Salix hultenii*, 5. *Quercus serrata*, 6. *Betula davurica*, 7. *Styrax obassia*)

Table 4. Importance percentage of woody species by the stratum in type of alien young trees developing

Scientific name	Plot		4		5			
	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	37.9	-	0.5	19.0
<i>Smilax china</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	62.8	30.6	28.1	46.3	45.2	83.8	17.4	53.5
<i>Salix koreensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	0.1
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2
<i>Quercus variabilis</i>	-	0.9	1.3	0.5	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	0.5	0.1	-	3.1	-	1.0
<i>Quercus serrata</i>	-	-	4.4	0.7	5.6	-	4.4	3.5
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	4.4	0.7	-	-	-	-
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	2.8	0.5
<i>Clematis apiifolia</i>	-	-	-	-	-	-	2.9	0.5
<i>Akebia quinata</i>	-	-	8.5	1.4	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	1.8	-	0.6
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	-	-	-	6.7	1.1
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	4.7	0.8
<i>Rubus parvifolius</i>	-	-	-	-	-	-	2.2	0.4
<i>Rubus coreanus</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	14.6	2.4
<i>Rubus oldhamii</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	1.8	0.3	-	-	0.6	0.1
<i>Prunus persica</i>	-	2.6	-	0.9	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	1.1	2.1	0.7	-	-	2.9	0.5
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	37.2	3.4	-	19.7	11.3	8.8	7.9	9.9
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	0.7	0.1	-	-	6.4	1.1
<i>Securinega suffruticosa</i>	-	-	-	-	-	-	2.8	0.5
<i>Rhus chinensis</i>	-	56.9	1.9	19.3	-	2.4	2.2	1.2
<i>Acer ginnala</i>	-	4.6	19.5	4.8	-	-	4.4	0.7
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	13.4	2.2	-	-	2.0	0.3
<i>Aralia elata</i>	-	-	-	-	-	-	0.9	0.1
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	1.0	0.2	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	0.1
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	8.5	1.4	-	-	5.3	0.9
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	-	3.2	0.5
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.9	0.1	-	-	-	-

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

잔존목 또는 치수 22주가 생육하고 있었고, 붉나무 9주(I.P.: 56.9%)가 우점종이었고, 관목층에는 은사시나무 치수(I.P.: 28.1%)가 우점하고 자생종인 신나무(I.P.: 19.5%), 담쟁이덩굴(I.P.: 13.4%), 으름덩굴(I.P.: 8.5%)이 미약한 세력으로 출현하였다(Table 4, Figure 4). 조사구 5(은사시나무림)는 교목층에는 흥고직경 25~42cm의 은사시나무 6주(I.P.: 45.2%)가 우점하고, 흥고직경 16~42cm의 소나무 6주(37.9%)가 도태되어 피입받고 있었고, 아교목층에는 53주의 치수가 생육하고 있는 은사시나무(I.P.: 83.8%)가 우점하고 있었으며, 관목층에는 은사시나무 치수(I.P.: 17.4%)와 자생수종 복분자딸기(I.P.: 14.6%)가 출현하였다(Table 4, Figure 5).

3) 천이초기형

천이초기형 인공림의 경우, 조사구 6(은사시나무림)은 교목층에는 17주의 은사시나무(I.P.: 84.6%)가 우점하고 있었고, 생태적 천이 중간단계의 갈참나무(I.P.: 3.9%), 극상단계의 개서어나무(I.P.: 3.7%)가 미약한 세력으로 출현하였고, 아교목층에는 은사시나무 치수 16주(I.P.: 48.5%)가 우점하고 있었고, 자생수종인 비목나무(I.P.: 21.4%)외에 개서어나무(I.P.: 4.7%), 말채나무(I.P.: 4.4%), 팽나무(I.P.: 2.9%)등이 출현하였으며, 관목층에는 자생수종인 으름덩굴(I.P.: 14.7%), 짧례꽃(I.P.: 10.9%), 갈참나무(I.P.: 6.0%), 쥐똥나무(I.P.: 8.0%) 등이 출현하였다(Table 5, Figure 6). 조사구 7(일본잎갈나무림) 교목층에는 흥고직경 30~62cm 대경목

Table 5. Importance percentage of woody species by the stratum in early phase type of succession

Scientific name	Plot				6				7				8			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	74.1	12.8	-	41.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	7.1	-	2.4	24.9	-	-	-	12.5	-	-	-
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	49.7	8.3	6.3	28.6	-	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	3.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	84.6	48.5	3.1	59.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salix hultenii</i>	-	-	-	-	-	12.8	-	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	2.9	-	1.8	-	-	-	-
<i>Alnus hirsuta</i>	-	1.4	3.4	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus tschonoskii</i>	3.7	4.7	-	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	1.5	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	6.0	2.3	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	4.3	-	-	2.2	6.6	6.9	-	5.6	-	-	-	-
<i>Quercus aliena</i>	3.9	-	6.0	3.0	-	-	-	-	15.0	4.3	-	9.0	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	-	2.5	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	-	-	1.3	0.2	18.0	-	0.7	9.1	2.1	4.7	-	2.6	-	-	-	-
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zelkova serrata</i>	-	1.2	3.8	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Celtis sinensis</i>	-	2.9	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Morus bombycina</i>	-	-	-	-	-	20.2	4.0	7.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clematis apiifolia</i>	-	-	-	-	-	-	9.4	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Akebia quinata</i>	-	-	14.7	2.5	-	-	9.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	-	-	-	2.5	0.4	-	-	-
<i>Lindera glauca</i>	-	1.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-	13.2	-	4.4	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	3.6	21.4	-	8.9	-	-	5.7	1.0	-	9.0	1.2	3.2	-	-	-	-
<i>Philoadelphus schrenckii</i>	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ribes mandshuricum</i>	-	-	1.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	-	-	-	25.7	4.3	-	-	-	1.2	0.2	-	-	-
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-
<i>Rubus oldhamii</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	10.9	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	-	4.0	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	1.2	3.7	1.0	-	6.2	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pourthiae villosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	-	0.5	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	-	-	-	-	0.7	0.1	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2	-	-	-
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	4.2	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus chinensis</i>	-	1.9	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-
<i>Rhus succedanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.1	-	3.7	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	1.2	-	0.4	-	-	4.1	0.7	-	2.9	5.6	1.9	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i> var. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	6.6	1.1	-	-	-
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4	0.4	-	-	-
<i>Staphylea bumalda</i>	-	-	-	-	-	-	4.8	0.8	-	1.3	5.8	1.4	-	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer mono</i>	-	-	3.2	0.5	-	-	0.6	0.1	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-
<i>Acer palmatum</i>	-	-	4.3	0.7	-	-	0.9	0.1	-	-	-	3.2	0.5	-	-	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vitis amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	3.3	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-

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

(Table 5. Continued)

Scientific name	Plot				6				7				8			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinidia arguta</i>	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	-	-	-	-	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus kousa</i>	-	-	3.2	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus controversa</i>	4.1	-	1.3	2.3	3.6	30.7	5.0	12.9	-	1.8	-	0.6	-	-	-	-
<i>Cornus walteri</i>	-	4.4	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diospyros lotus</i>	-	-	2.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	7.0	2.6	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	10.3	4.2	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.0	1.1	9.5	-	-	-
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	5.8	1.0	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	8.0	1.3	-	-	-	-	-	-	-	10.6	1.8	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-	2.7	0.5	-	-	-
<i>Samucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>	-	-	-	-	-	-	3.2	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum wrightii</i>	-	-	9.5	1.6	-	-	-	-	-	-	-	13.0	2.2	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	1.3	-	-	-

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

9주의 일본잎갈나무(I.P.: 74.1%)가 우점하고 있었으며, 생태적 천이 중간단계의 졸참나무(I.P.: 18.0%) 외에 굴참나무, 층층나무가 출현하였고, 아교목층에는 피압된 일본잎갈나무 1주(I.P.: 12.8%) 외에 산록계곡 사면부에 생육하는 자생수종 층층나무(I.P.: 30.7%), 산뽕나무(I.P.: 20.2%)가 우점하고 있었고, 관목층에는 자생수종 국수나무(I.P.: 25.7%), 사위질빵, 비목나무, 고추나무, 층층나무 등이 출현하였다 (Table 5, Figure 7).

조사구 8(편백-낙엽활엽수림) 교목층에는 18주의 편백(I.P.: 49.7%)이 우점하고 있었고, 8주의 소나무(I.P.: 24.9%), 6주의 갈참나무(I.P.: 15.0%)와 굴참나무(I.P.: 6.6%), 졸참나무(I.P.: 2.1%)가 출현하여 편백-소나무-참나무류 종간경쟁 초기단계에 있었으며, 아교목층에는 자생수종 때죽나무(I.P.: 28.0%)가 우점종이었고, 온대남부 자생수종인 백동백나무(I.P.: 13.2%)와 겹양옻나무, 비목나무와 편백 치수(I.P.: 8.3)가 등이 출현하였으며, 관목층에는 산가막살나무(I.P.: 13.0%), 쥐똥나무(I.P.: 10.6%), 개암나무(I.P.: 9.2%), 회잎나무(I.P.: 6.6%)와 편백 치수(I.P.: 6.3%)가 출현하였다. 조사구 8은 관목층에 세력이 미약하나마 인공조림수종 편백 치수가 생육하고 있어 향후 간벌 후 모니터링을 통하여 편백의 세력이 증가할 경우에는 제거관리해야 할 것이다 (Table 5).

4) 자연식생

조사구 9(소나무군집)는 교목층에는 소나무(I.P.: 90.9%)가 우점하고 있었고, 아교목층에는 신갈나무(I.P.: 19.9%),

졸참나무(I.P.: 15.0%), 박달나무(I.P.: 15.9%)가 주요 출현 수종이었으며, 관목층에는 개암나무(I.P.: 20.6%), 철쭉(I.P.: 12.3%), 국수나무(I.P.: 11.6%), 조록싸리(I.P.: 9.4%)가 출현하였다(Table 6). 조사구 10(소나무-졸참나무군집)은 교목층에는 소나무(I.P.: 76.1%)가 우점하고 있었고, 졸참나무(I.P.: 20.1%)가 출현하였고, 아교목층에는 졸참나무(I.P.: 28.5%), 쪽동백나무(I.P.: 35.5%), 산벚나무(I.P.: 11.4%)가 출현하였으며, 관목층에는 졸참나무(I.P.: 16.1%), 쪽동백나무(I.P.: 15.6%), 조록싸리(I.P.: 12.4%) 등이 출현하였다 (Table 6). 조사구 11(졸참나무군집)은 교목층에는 졸참나무(I.P.: 56.0%)가 우점하고 있었고, 소나무(I.P.: 16.5%)가 생태적 천이 진행에 따라 종간경쟁에서 도태되고 있었으며, 아교목층에는 졸참나무(I.P.: 15.2%), 신갈나무(I.P.: 12.7%) 등 참나무류와 물푸레나무(I.P.: 13.2%), 노린재나무(I.P.: 18.2%)가 출현하였고, 관목층에는 국수나무(I.P.: 38.0%)가 우점하고 있었고, 쪽동백나무(I.P.: 16.6%), 생강나무(I.P.: 8.8%) 등이 출현하였다(Table 6).

이상을 종합하면, 천이미발달형 인공림은 교목층에 잣나무, 전나무, 편백 등 외래종 단일수종이 우점하고 아교목층과 관목층에는 다른 수종의 세력이 미약하고 천이잠재성이 없는 상태로 단계별로 적정 밀도의 간벌을 시행하여 생태적 천이를 유도해야 할 것이다. 외래종치수발달형 인공림은 교목층에 은사시나무, 아까시나무 등이 우점하고 아교목층과 관목층에서 은시사나무의 치수생장이 왕성하여 차대림을 형성하고 있어 단기간에 외래종 치수를 제거하고 적정 밀도의 간벌을 시행하여 적극적으로 생태적 천이를 위한 관리방

Table 6. Importance percentage of woody species by the stratum in natural vegetation

Scientific name	Plot				9				10				11			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i>	90.9	8.5	-	48.3	76.1	-	-	38.1	16.5	-	-	8.2	-	-	-	-
<i>Smilax china</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	2.7	0.5	-	-	-	1.1	0.2	-	-	0.4	-	-	2.6	-
<i>Betula schmidtii</i>	-	15.9	-	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula davurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	-	-	-	1.5
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	2.0	20.6	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	-	1.7	-	-	-	0.6	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	3.8	-	-	1.9	10.4	6.0	-	7.2	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	19.9	0.9	6.8	-	9.5	-	3.2	11.5	12.7	-	10.0	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	-	15.0	2.7	5.4	20.1	28.5	16.1	22.2	56.0	15.2	0.9	33.2	-	-	-	-
<i>Morus bombycina</i>	-	2.3	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	3.3	4.8	1.9	-	1.8	4.9	1.4	-	1.2	8.8	1.9	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.2	-	-	-
<i>Deutzia coreana</i>	-	-	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	11.6	1.9	-	-	-	3.5	0.6	-	-	38.0	6.3	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	3.4	3.1	1.7	-	11.4	5.5	4.7	-	5.6	2.8	2.3	-	-	-	-
<i>Crataegus maximowiczii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	0.2	-	-	-
<i>Malus sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	-	2.1	-	-	-	-
<i>Pourthiaeae villosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.2	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	1.3	-	0.4	-	-	-
<i>Maackia amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	0.4	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	1.8	9.4	2.2	-	-	-	12.4	2.1	-	-	1.7	0.3	-	-	-
<i>Rhus chinensis</i>	-	-	-	-	-	3.2	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	3.6	2.7	1.7	-	2.1	2.3	1.1	-	3.3	5.4	2.0	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	2.7	0.5	-	-	-	1.2	0.2	-	-	2.7	0.5	-	-	-
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	1.9	-	0.6	-	4.2	-	1.4	-	1.7	-	0.6	-	-	-	-
<i>Tripterygium regelii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	0.3	-	-	-
<i>Staphylea bumalda</i>	-	3.8	1.8	1.6	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.2	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer palmatum</i>	-	8.6	0.9	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	2.6	2.9	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhamnus davurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	0.4	-	-	-
<i>Vitis amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	0.9	0.2	-	-	-
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	-	-	3.1	0.5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinidia arguta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.2	-	-	-
<i>Cornus controversa</i>	5.3	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	1.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	12.3	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symploca schinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	1.8	0.3	-	2.1	6.4	1.8	-	18.2	4.2	6.8	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	3.9	4.6	6.7	4.6	-	35.5	15.6	14.4	-	-	16.6	2.8	-	-	-	2.8
<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.2	-	-	-
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.4	-	2.5	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	2.8	3.1	1.5	-	-	-	-	-	2.8	13.2	1.0	5.9	-	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	1.9	1.7	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	2.5	0.4	-	-	-	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	3.7	0.6	-	2.3	2.2	1.1	-	-	-
<i>Lonicera tatarinowii</i> var. <i>leptan-tha</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

안이 필요하였다. 천이초기형 인공림은 교목층에 은사시나무, 일본잎갈나무, 편백 등 외래종 단일수종이 우점하고 있

었으나, 생태적 천이 중간단계의 참나무류, 극상단계의 개서어나무, 대상지 입지환경에 적응한 자생수종 등이 출현하

고 있었고, 아교목층과 관목층에서 천이주도수종 또는 천이동반수종 등이 출현하고 있어 천이초기단계로 판단되었으며, 생태적 천이가 촉진되도록 유도하기 위해 적정 밀도의 간벌을 시행해야 할 것이다. 자연식생은 소나무군집, 소나무-졸참나무군집, 졸참나무군집이었는데, 소나무와 졸참나무 등 자생수종이 중간경쟁하거나 소나무가 도태되어가는 생태적 천이 중간단계의 자연림으로서 비교적 다양한 자생수종이 우점하는 다층구조의 식생으로 발달하고 있는 상태이었다.

3. 식생유형별 종다양도

400m² 단위의 식생유형별 Shannon의 종다양도(H')를 살펴보면, 천이미발달형의 조사구 2(전나무림)가 0.9681로 가장 낮았으며, 천이초기형의 조사구 8(편백-낙엽활엽수림)이 1.3892로 가장 높았다. 잣나무, 전나무, 편백 등 침엽수인공림의 천이미발달형 식생은 0.9681~1.1323, 은사시나무 등 활엽수인공림의 외래종치수발달형은 1.0192~1.1870, 천이초기형 식생은 1.3071~1.3892, 생태적 천이 중간단계의 자연림은 1.2202~1.3428로 침엽수 단일수종 위주의 단층식생구조보다 천이초기단계의 인공림과 자생수종이 우점하는 다층구조의 자연림의 종다양도가 높았다(Table 7). 속리산 국립공원 내 은사시나무가 우점하는 인공림은 종다양도가 0.8564~1.3637, 잣나무가 우점하는 인공림은 0.3992~0.8142, 리기다소나무가 우점하는 인공림은 0.9889(Han et al., 2009)와 관련지어 볼 때, 침엽수 인공림의 종다양도가 상대적으로 낮은 경향을 나타내었다.

4. 식생유형별 간벌 밀도

1) 천이미발달형

Table 8. Species and target density of thinning each stage in undeveloped type of succession (Unit: 400 m²)

Stage	Layer	Plot 1(Pk forest)					Plot 2(Ah forest)					Plot 3(Ch forest)				
		Species	DBH	Indi.	Ba	Rate	Species	DBH	Indi.	Ba	Rate	Species	DBH	Indi.	Ba	Rate
1	C	Pk	26 30~38	2 7	7,332	39%	Ah	24~26 30	5 8	10,442	56%	Ch	20~26	25	10,045	53%
	C		20~24	15	6,004			10~14 16~22	16 20	7,405			10~18	29	6,496	
2	Pk					32%	Ah				41%	Ch	8	2		35%
	U		-	-	-			8~12	3	268			10	1	383	
3	C		10~18	16	3,101								14	1		
	U	Pk	8~14 16~20	4 2	836	20%		-	-	-	-		-	-	-	-
Total of thinning		17,273cm ³ of 18,849cm ³				91%	18,115cm ³ of 18,519cm ³				97%	16,924cm ³ of 19,074cm ³				88%

* Pk: *Pinus koraiensis*, Ah: *Abies holophylla*, Ch: *Chamaecyparis obtusa*, C: Canopy layer, U: Understory layer, DBH: Diameter at Breast Height(cm), Indi.: Individual, Ba: Basal area(cm²) same as the density of thinning

Table 7. Species diversity of each plot (Unit: 400 m²)

Type	Plot	H'	J'	D	H'max
Undeveloped type of succession	1	1.0894	0.8678	0.1322	1.2553
	2	0.9681	0.7712	0.2288	1.2553
	3	1.1323	0.8435	0.1565	1.3424
Type of alien young trees developing	4	1.0192	0.7708	0.2292	1.3222
	5	1.1870	0.8293	0.1707	1.4314
	6	1.3071	0.8274	0.1726	1.5798
	7	1.3101	0.8785	0.1215	1.4914
	8	1.3892	0.9229	0.0771	1.5051
	9	1.2202	0.8729	0.1271	1.3979
	10	1.3428	0.9182	0.0818	1.4624
	11	1.2875	0.8479	0.1521	1.5185

* H': Shannon's diversity index uses logarithms to base 10, J': evenness, D: dominance

교목층에 외래종 침엽수 단일수종이 우점하는 단층구조의 천이미발달형 인공림의 생태적 천이를 유도하기 위한 400m²당 단계별 간벌 밀도를 Table 8과 같이 식생구조 특성을 고려하여 설정하였다. 조사구 1(잣나무림, 총 흥고단면적 18,849cm²)의 목표 간벌 밀도(흥고단면적)는 17,274cm²(91%)로 하되, 식생구조를 급격히 변화시키지 않도록 하기 위해 2~3단계에 걸쳐 간벌해야 할 것이다. 1단계에서는 교목층 잣나무 7,332cm²(39%), 2단계에서는 교목층 잣나무 6,004cm²(32%), 3단계에서는 교목층 및 아교목층의 잣나무 3,937cm²(20%)를 간벌하도록 한다.

조사구 2(전나무림, 총 흥고단면적 18,519cm²)의 목표 간벌 밀도는 18,115cm²(97%)로 하되, 1단계에서는 교목층 전나무 10,442cm²(56%), 2단계에서는 교목층 전나무 7,673cm²(41%)를 간벌하도록 한다. 조사구 3(편백림, 총 흥고단면적 19,074cm²)의 목표 간벌 밀도는 16,924cm²(88%)로 하되, 1단계에서는 교목층 편백 10,045cm²(53%), 2단계에서는 교목

층 및 아교목층 편백 6,879cm³(35%)를 간벌하도록 한다. 이 상 외래종 침엽수 단일수종이 우점하는 단층구조의 천이미 발달형 인공림은 식생구조를 급격히 변화시키지 않도록 하기 위해 2~3단계를 거쳐 흥고직경이 큰 수목부터 간벌하여 광투과율을 높여 생태적 천이를 유도해야 할 것이다.

2) 외래종치수발달형

교목층에 은사시나무, 아까시나무 등이 우점하고 아교목 층과 관목층에서 은사시나무의 치수생장이 왕성하여 차대림을 형성하고 있는 외래종치수발달형 인공림의 생태적 천이를 유도하기 위한 400m²당 단계별 간벌 밀도를 Table 9와 같이 식생구조 특성을 고려하여 설정하였다. 조사구 4(은사시나무-아까시나무림, 총 흥고단면적 7,454cm³)의 목표 간벌 밀도는 7,203cm³(97%)로 하되, 1단계에서는 교목층 은사시나무와 아교목층 은사시나무 치수 3,384cm³(46%), 2단계에서는 교목층 및 아교목층 아까시나무 3,818cm³(51%)를 간벌하도록 한다. 조사구 5(은사시나무림, 총 흥고단면적 12,507cm³)의 목표 간벌 밀도는 7,677cm³(61%)로 하되, 1단계에서는 교목층의 은사시나무와 아까시나무 7,130cm³(57%), 아교목층의 은사시나무 치수와 아까시나무 치수 547cm³(4%)를

일시에 간벌해야 할 것이다. 이상 외래종치수발달형 인공림은 1단계 또는 2단계를 거쳐 외래종 치수를 우선 제거하고 적정 간벌 밀도를 조절하여 생태적 천이를 유도해야 할 것이다(Table 9).

3) 천이초기형

교목층에 은사시나무, 일본잎갈나무, 편백 등 외래종 단일수종이 우점하고 있으나, 생태적 천이 중간단계의 참나무류, 극상단계의 개서어나무, 대상지 입지환경에 적응한 자생수종 등이 출현하는 천이초기형 인공림의 생태적 천이를 유도하기 위한 400m²당 단계별 간벌 밀도를 Table 10과 같이 식생구조 특성을 고려하여 설정하였다. 조사구 6(은사시나무림, 총 흥고단면적 8,846cm³)의 목표 간벌 밀도는 6,925cm³(78%)로 하되, 1단계에서는 교목층의 은사시나무 4,315(49%), 2단계에서는 교목층 및 아교목층의 은사시나무 2,610cm³(29%)를 간벌하도록 한다. 조사구 7(일본잎갈나무림, 총 흥고단면적 19,839cm³)의 목표 간벌 밀도는 17,902cm³(75%)로 하되, 1단계에서는 교목층의 일본잎갈나무 10,439cm³(53%), 2단계에서는 교목층의 일본잎갈나무 4,464cm³(22%)를 간벌하도록 한다. 조사구 8(편백-낙엽활엽

Table 9. Species and target density of thinning each stage in type of alien young trees developing (Unit: 400 m²)

Stage	Layer	Plot 4(Pt-Rp forest)					Plot 5(Pt forest)				
		Species	DBH	Indi.	Ba	Rate	Species	DBH	Indi.	Ba	Rate
1	C	Pt	8~14	13	2,965	46%	Pt	24	1		
		Pt	18~22	3			Pt	34~40	5	7,130	
	U	Pt	8**	22	419		Rp	28	1		61%
		Pt	8**	22	419		Rp	34	1		
2	C	Rp	10~12	2	3,572	51%	Pt	8**	25		
	U	Rp	26	12	246		Rp	8**	28	547	
Total of thinning		7,202cm ³ of 7,454cm ³				97%	7,677cm ³ of 12,507cm ³				61%

* Pt: *Populus tomentiglandulosa*, Rp: *Robinia pseudoacacia*, C: Canopy layer, U: Understory layer, DBH: Diameter at Breast Height(cm), Indi.: Individual, Ba: Basal area(cm²) same as the density of thinning, **: Young trees which size of DBH is below 8cm

Table 10. Species and target density of thinning each stage in early phase type of succession (Unit: 400 m²)

Stage	Layer	Plot 6(Pt forest)				Plot 7(Lk forest)				Plot 8(Ch-Db forest)						
		Species	DBH	Indi.	Ba	Species	DBH	Indi.	Ba	Species	DBH	Indi.	Ba	Rate		
1	C	Pt	22~26	4	4,315	49%	Lk	38~62	7	10,439	53%	Ch	8~14	7		
		Pt	28~30	3			30~37	5			Ch	16~26	11	4,504		
	Pt	8~12	5	1,524			4,464	22%			Ch	8~14	7	42%		
2	C	Pt	14~16	7												
		Pt	8	7	1,086											
Total of thinning		6,925cm ³ of 8,846cm ³				78%	14,903cm ³ of 19,839cm ³				75%	4,504cm ³ of 10,611cm ³				42%

* Pt: *Populus tomentiglandulosa*, Lk: *Larix kaempferi*, Ch: *Chamaecyparis obtusa*, Db: Deciduous broad-leaved tree, C: Canopy layer, U: Understory layer, DBH: Diameter at Breast Height(cm), Indi.: Individual, Ba: Basal area(cm²) same as the density of thinning

Table 11. Target density of thinning each stage based on the characteristic of vegetational structure

Vegetational type	Characteristic of vegetational structure	Target density of thinning(%)				Stage
		1st stage	2nd stage	3rd stage	Total	
Undeveloped type of succession	• Dominance of one or two alien species over 80% in canopy layer	40~60	30~40	20	88~97	Two or three stages
Type of alien young trees developing	• Dominance of alien species over 60% with some native species growing in canopy layer • Alien young trees dominate in understory and shrub layer	45~60	50	-	60~97	One or two stages
Early phase type of succession	• Native species dominate and dominance of alien species below 30% in canopy layer	30	-	-	30	One stage

수립, 총 흥고단면적 10,611cm²)의 목표 간벌 밀도는 4,504 cm²(42%)로 하되, 1단계의 간벌만 시행하도록 하여 교목층의 편백 4,504cm²(42%)를 간벌해야 할 것이다. 이상 천이초기형 인공림은 1단계 또는 2단계만 거쳐 지역 자생종과 경쟁하는 외래종을 우선적으로 간벌하고 생육밀도를 고려하여 천이를 촉진할 수 있도록 간벌 밀도를 조절해야 할 것이다(Table 10).

4) 종합

본 연구에서는 육상형 국립공원 중 치악산, 속리산, 덕유산, 내장산을 대상으로 인공림의 식생구조를 분석하여 천이미발달형, 외래종치수발달형, 천이초기형으로 유형화 하였으며, 400m² 단위면적 당 단계별 적정 간벌 밀도를 제시하였다. 식생유형별 간벌 밀도를 종합해 보면, 천이미발달형 식생은 외래종 우점치가 88~90%로 높으므로 식생구조를 급격히 변화시키지 않도록 하기 위해 3단계에 거쳐 간벌을 시행하여 교목층의 광투과율을 높여 천이를 유도해야 할 것이다. 외래종치수발달형 식생은 외래종 우점치가 60~97%로 높고 아교목층과 관목층에 치수가 발달하고 있어 조기에 외래종 치수를 제거하고 중장기적으로 생태적 천이를 유도를 위한 간벌을 1단계 또는 2단계에 거쳐 시행해야 할 것이다. 천이초기형 식생은 외래종 우점치가 30% 이하로 자생종과 경쟁하는 외래종을 우선적으로 간벌하고 생육밀도를 고려하여 천이를 촉진할 수 있도록 밀도를 조절해야 할 것이다(Table 11). 향후에는 간벌 후 식생유형별 간벌 밀도에 따른 모니터링을 시행하여 인공림의 산림경관 및 생물종다양성 증진을 위한 기초자료 축적과 함께 타 국립공원의 여러 가지 인공림의 식생구조 특성별 적정 간벌 밀도 연구도 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

Bae, J.S. and K.B. Lee(2006) Impacts of the Substitution of Firewood for Home Use on the Forest Greening after the 1945

Liberation of Korea. Jour. Korean For. Soc. 95(1): 60-72. (in Korean with English abstract)

Bae, S.W., J.H. Hwang, S.T. Lee, H.S. Kim and J.M. Jeong(2010) Changes in Soil Temperature, Moisture Content, Light Availability and Diameter Growth After Thinning in Korean Pine(*Pinus koraiensis*) Plantation. Jour. Korean For. Soc. 99(3): 397-403.

Bell, S. and D. Apostol(2008) Designing sustainable forest landscape. Taylor & Francis, Milton Park, Abingdon, Oxon OX 14 4RN, 356pp.

Bell, Simon(1998) Forest Design Planning - A Guide to Good Practice -. Forestry Authority, An Agency of the Department of Agriculture for Northern Ireland, 76pp.

Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.

Chong, S.H., D.J. Jung, B.S. Park and S.K. Chun(2003) Effects of Thinning on the Timber Quality of *Pinus koraiensis* Grown in Korea. Mokchae Konghak 31(2): 16-23. (in Korean with English abstract)

Cregg, B.M., T.C. Hennessey and P.M. Dougherty(1990) Water relations of loblolly pine trees in southeastern Oklahoma following precommercial thinning. Can J For Res 20: 1,508-1,513.

Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

Donald, D.H.M.(1987) The application of fertilizer to pines following second thinning. S Afr J Fo 14: 13-16.

Ginn, S.E., J.R. Seiler, B.H. Cazell, and R.E. Kreh(1991) Physiological and growth responses of eight-year-old loblolly pine stands to thinning. For Sci 37: 1,030-1,040.

Han, B.H. and K.J. Lee(2001) Management Devices of Urban Forest in Accordance with Ecological Characteristics in the Case of Bucheon City. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 29(1): 51-66. (in Korean with English abstract)

Han, B.H., J.I. Kwak, J.H. Jang and J.H. Bae(2009) A Study on

- Vegetation Management Plan for Improvement of Gugok Landscape of Hwayang Valley in Songnisan National Park. Kor. J. Env. Eco. 23(2): 194-207. (in Korean with English abstract)
- KFS(2011) Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, 484pp. (in Korean)
- Kim, K.H., Y.H. Jeong, C.G. Jeong, J.H. Jun and J.Y. Yoo(2004) Effect of Thinning and Pruning on Canopy Storage Capacity, Net Rainfall and Interception Loss in *Pinus koraiensis* and *Abies holophylla* Plots. Jour. Korean For. Soc. 93(7): 453-463. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.I., W.K. Lee, T.J. Park, H.B. Kwak, J.Y. Byun, K.J. Nam, K.H. Lee, Y.M. Son, H.K. Won and S.M. Lee(2012) Developing Dynamic DBH Growth Prediction Model by Thinning Intensity and Cycle - Based on Yield Table Data -. Jour. Korean For. Soc. 101(2): 266-278. (in Korean with English abstract)
- Lee, I.K., Y.J. Kang, C.S. Kim and Y.K. Kim(2006) Effect of Thinning on Soil Properties and Seed Productivity in Seed Orchards of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. J. Ecol. Field Biol. 29(6): 495-501. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., B.H. Han, J.Y. Kim and T.H. Noh(2009) Restoration and Management Method based on the Density of Growth and Ecological Succession in Artificial Forest, National Parks. Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con. 19(2): 120-124. (in Korean)
- Lee, K.J., W. Cho and B.H. Han(1995) A Study on the Planning Methods of Urban Environmental Forest for Considering Ecological Characteristics(I) - In the case of Gaepo neighborhood park in the Seoul city -. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 23(3): 48-58. (in Korean with English abstract)
- abstract)
- Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald(1999) Nationalparkplan, Walderhaltungs- und Waldflegemaßnahmen. 16pp. (in German)
- Nationalparkverwaltung Harz(2011) Nationalparkplan für den Nationalpark Harz 2011~2020. 132pp. (in German)
- Oh, K.K. and S.G. Park(2002) Vegetation Structure of Mountain Ridge from Pijae to Doraegijae in the Baekdudaegan, Korea. Kor. J. Env. Eco. 15(4): 330-343. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., K.J. Lee and J.C. Jo(1987) Forest community structure of Mt. Bukhan area. Journal of korean applied ecology 1(1): 1-23. (in Korean with English abstract)
- Pielou E.C.(1975) Ecological diversity. John Wiley and Sons Inc, New York, l65pp.
- Stölb, W.(2012) Waldästhetik: Über Forstwirtschaft, Naturschutz und die Menschenseele, 2 Auflage. 530pp. (in German)
- Valinger, E.(1992) Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. Scand J For Res 7: 219-228.
- von Salisch, H.(2009) Forstästhetik, 4. Auflage, Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter, 435pp. (in German)
- Woo, J.C. and J.Y. Jang(2009) A Study on Applying Dynamic Programming to Selection of Thinning Pathway for *Pinus koraiensis* Stand. Jour. Korean For. Soc. 98(3): 225-230. (in Korean with English abstract)
- Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area. Journal of Korean Forestry 50: 56-71. (in Korean with English abstract)