

국립공원 인공림의 생육밀도 및 천이특성을 고려한 복원관리기법 연구*

Restoration and Management Method based on the Density of Growth and Ecological Succession in Artificial Forest, National Parks¹⁾

이경재¹ · 한봉호¹ · 김종엽² · 노태환³

¹서울시립대학교 조경학과, ²(주)기술사사무소 LET 부설 에코플랜연구센터,

³서울시립대학교 에코플랜연구실

I. 서론

우리나라 산림은 일제강점기와 한국전쟁을 거치고 함께 1960년대 초반까지 연간 1천만m³(총 입목축적의 17%) 내외의 목재가 가정용 연료재로 소비되어(배재수와 이기봉, 2006) 황폐되었으며, 이를 빠른 시일 내에 녹화하기 위해 속성수 위주의 경제림 조림정책이 추진되었다. 우리나라 국립공원은 1967년 제1호 지리산부터 1988년 제20호 월악산까지 지정되었으며, 이는 1973년부터 1987년까지 실시된 산림녹화 조림사업 추진 시기와 동일한 시기이었다. 국립공원 산림면적은 374,556ha, 국립공원 내 인공림 분포면적은 15,963ha(4.3%), 인공림 중 낙엽송은 48.8%, 리기다소나무는 23.7%, 잣나무는 18.0%, 편백은 3.0%, 밤나무는 1.3%, 기타침엽수는 2.5%, 활엽수는 2.7%를 차지하고 있다.

생물종다양성은 식물군집의 안정성과 성숙도의 측도이며, 생태적 천이가 진행할수록 증가하는데(Odum, 1969; Loucks, 1970; Bazzaz, 1975), 수목마다 광합성을 위한 광선요구량이 다르므로 생태적 천이 중간단계에 이르면 자연 식생에서는 수직적 층위구조가 발달하여 군락을 이루게 된다(김장수 등, 1982; 권전오, 1997; 문석기 등, 2005). 국립공원 내 인공림은 자연식생과의 경관적 이질감을 야기시키

고, 단일종으로 구성된 단층식생구조의 침엽수림은 낮은 광투과율과 타감작용으로 생물종다양성 저하가 문제시 되고 있다. 국립공원 식생관리 목적은 다층구조의 고유한 식물생태계를 보전·복원하여 생물다양성이 풍부하고 다양한 야생 동식물이 서식할 수 있는 공원으로 유지하는 것이라 할 수 있다. 따라서 국립공원 내 인공림은 생물종다양성이 낮고 오랜 기간 생태적 천이가 중단되어 자연생태계 교란요인이 되고 있으므로 고유한 다층구조의 식물생태계로 복원해야 할 것이다.

본 연구는 우리나라 온대남부온대중부 지방 식생기후대 국립공원 내 인공림을 대상으로 식생구조를 조사하여 생육 밀도와 천이특성을 고려한 목표단계별 간벌밀도 기준과 관리방안을 제시하여 국립공원 인공림의 천이유도형 또는 천이촉진형 복원관리를 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상지

온대남부식생기후대의 내장산국립공원(백암·남창지구), 온대중부식생기후대의 치악산국립공원(구룡사지구), 속리산국립공원(화양구곡), 덕유산국립공원(삼공지구)(이하 국립공원 생략) 내 잣나무림, 전나무림, 편백림, 은사시나무

* 본 연구는 2009년 국립공원관리공단의 '국립공원 숲 생태 개선사업 연구'의 일환으로 수행되었음.

림, 낙엽송림, 편백림 등 인공림 8개소, 자연림 3개소(총 11개소)이었다.

2. 조사분석 방법

본 연구에서는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구 11개소를 설정하였고, 식생구조 조사는 목본수종을 대상으로 교목층과 아교목층의 수종명, 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭, 관목층은 수종명, 수고, 수관폭을 조사하였다. 각 조사구의 수관층별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951) 방법을 응용한 이경재 등(1990)의 방법으로 상대우점치와 수고를 고려한 평균상대우점치를 산정하였다. Pielou(1975)의 수식을 이용하여 Shannon의 종다양도(H')를 구하였으며, 흉고단면적은 400m² 단위로 교목층, 아교목층의 흉고직경을 이용하여 산출하였으며, 인공림 생육밀도와 천이특성을 고려하여 전체 흉고단면적 대비 간벌대상수목의 단계별 목표 간벌밀도를 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 상대우점치

잣나무림(치악산) 교목층에는 잣나무(94.3%), 아교목층에는 피압된 잣나무(53.5%)가 우점종이었고, 관목층에는 고추나무, 생강나무 등이 출현하였다. 전나무림(덕유산) 교목층에는 전나무(98.5%), 아교목층에는 피압된 전나무(57.1%)가 우점종이었고, 관목층에는 국수나무, 산뽕나무 등이 출현하였다. 편백림(내장산) 교목층에는 편백(92.56%), 아교목층에는 소경목 편백(33.4%)이 우점종이었고, 관목층에는 털팽나무, 개서어나무, 쇠물푸레나무와 편백(4.0%) 치수가 출현하였다.

은사시나무림(속리산) 교목층에는 은사시나무(62.8%)가 우점종이었고, 아교목층에는 피압 잔존목 또는 치수가 생장한 은사시나무(30.6%)가 출현하였고, 불나무(56.9%)가 우점종이었고, 관목층에는 은사시나무 치수(28.1%)가 우점하고 있었다. 은사시나무-아까시나무림(속리산) 교목층에는 은사시나무(45.2%)가 우점종이었고, 피압받고 있는 소나무(37.9%)가 생육하고 있었고, 아교목층에는 치수가 발달한 은사시나무(83.8%), 관목층에는 은사시나무 치수(17.4%)가 우점하고 있었다.

은사시나무림(내장산) 교목층에는 은사시나무(84.6%)가 우점종이었고, 갈참나무, 개서어나무가 출현하였고, 아교목층에는 은사시나무 치수(48.5%)가 우점종, 비목나무(21.4%)가 주요 출현수종이었고, 관목층에는 으름덩굴(14.7%), 짚레꽃(10.9%), 은사시나무(3.1%) 치수, 갈참나무, 산가막살나무 등이 출현하였다. 낙엽송림(덕유산) 교목층에는 낙엽송(74.1%)이 우점종, 졸참나무(18.0%), 굴참나무, 층층나무가 출현하였고, 아교목층에는 피압된 낙엽송(12.8%) 외에 층층나무(30.7%), 산뽕나무(20.2%), 관목층에는 국수나무(25.7%), 사위질빵, 비목나무, 고추나무, 층층나무 등이 출현하였다. 편백-낙엽활엽수림(내장산) 교목층에는 편백(49.7%)이 우점종이었고, 소나무(24.9%), 갈참나무(15.0%), 굴참나무, 졸참나무, 굴피나무가 출현하였고, 아교목층에는 때죽나무(28.0%)가 우점종이었고, 백동백나무, 검양옻나무, 비목나무, 편백(8.3%), 관목층에는 산가막살나무(13.0%), 쥐똥나무(10.6%), 개암나무, 털팽나무, 회잎나무, 편백(6.3%) 치수가 출현하였다.

소나무-낙엽활엽수군락(치악산) 교목층에는 소나무(90.9%), 아교목층에는 신갈나무(19.9%), 졸참나무(15.0%), 박달나무(15.9%), 관목층에는 개암나무(20.6%)가 우점종이었다. 소나무군락(속리산) 교목층에는 소나무(76.1%)가 우점종이었고, 졸참나무(20.1%)가 출현하였고, 아교목층에는 졸참나무(28.5%), 쪽동백나무(35.5%), 관목층에는 졸참나무, 쪽동백나무, 조록싸리 등이 출현하였다. 졸참나무-낙엽활엽수군락(덕유산) 교목층에는 졸참나무(56.0%)가 우점종이었고, 아교목층에는 졸참나무(15.2%), 신갈나무(12.7%), 물푸레나무(13.2%), 노린재나무(18.2%)가 출현하였고, 관목층에는 국수나무(38.0%)가 우점종이었고, 쪽동백나무(16.6%), 생강나무, 등이 출현하였다.

이상의 결과를 종합하면, 잣나무림, 전나무림, 편백림 등 침엽수 인공림은 교목층과 아교목층에 외래종 단일수종이 우점하고 천이가 중단된 천이미발달형 식생이었고, 은사시나무림, 은사시나무-아까시나무림은 교목층에 은사시나무가 우점하고 아교목층과 관목층에 방치에 따른 은사시나무 치수가 발달하고 있는 외래종치수발달형 식생이었고, 은사시나무림, 낙엽송림, 편백-낙엽활엽수림은 교목층에 외래종 단일수종이 우점하고 있으나 층위별로 자생수종이 출현하는 천이초기형 식생이었다.

2. 종다양도

400m² 단위의 식생별 Shannon의 종다양도(H')를 살펴보면, 전나무림(덕유산)이 0.9681로 가장 낮았으며, 편백-낙엽활엽수림(내장산)이 1.3892로 가장 높았다. 천이미발달형 식생은 0.9681~1.2923, 외래종치수발달형 식생은 1.0192~1.1870, 천이초기형 식생은 1.3071~1.3892, 자연식생은 1.2202~1.3428이었다. 천이미발달형 식생과 외래종치수발달형 식생은 단일수종이 우점하는 식생으로 종다양도가 상호 대등소이하였으나 생태적 천이 발달 가능성이 있는 천이초기형 식생과 생태적 천이발달이 진행중인 자연식생의 종다양도에 비하여 낮았다. 천이초기형 식생과 자연식생의 종다양도는 대등소이하였고 오히려 외래종이 우점하는 천이초기형 식생의 종다양도가 높았으나, 지역 자연생태계와 조화로운 생태적 복원관리를 시행해야 할 것이다.

3. 생육밀도와 단계별 목표 간벌밀도

한봉호와 이경재(2001)는 산림녹지 천이단계를 천이불가능, 천이유도가능, 천이진행, 천이말기, 자연림단계로 구분하고 인공림의 생태적 천이가 진행되는 생육밀도를 63~70%라고 밝히고, 천이를 유도하기 위해 흉고단면적 자료를 바탕으로 밀도관리목표를 제안하였다. 본 연구에서는 단계별 간벌밀도는 30~60%로 하였고, 장기적으로 지역 자생종이 우점하는 식생으로의 복원을 목표로 하였다.

천이미발달형 식생을 살펴보면(표 1), 치악산 잣나무림(흉고단면적 18,849cm²)의 목표 흉고단면적은 17,274cm²(91%), 1단계에서 교목층 잣나무 7,332cm²(39%), 2단계에서

교목층 잣나무 6,004cm²(32%), 3단계에서 교목층 및 아교목층 잣나무 3,937cm²(20%)를 간벌해야 할 것이다. 덕유산 전나무림(흉고단면적 18,519cm²)의 목표 흉고단면적은 18,115cm²(97%), 1단계에서 교목층 전나무 10,442cm²(56%), 2단계에서 교목층 전나무 7,673cm²(41%)를 간벌해야 할 것이다. 내장산 편백림(흉고단면적 19,074cm²)의 목표 흉고단면적은 16,924cm²(88%), 1단계에서 교목층 편백 10,045cm²(53%), 2단계에서 교목층 및 아교목층 편백 6,879cm²(35%)를 간벌해야 할 것이다. 이상 단일수종 단층식생구조의 천이미발달형 식생은 2~3단계를 거쳐 흉고직경이 큰 수목부터 간벌하여 광투과율을 높이고 천이를 유도해야 할 것이다.

외래종치수발달형 식생을 살펴보면(표 4), 속리산(화양구곡) 은사시나무(흉고단면적 7,454cm²)의 목표 흉고단면적은 7,203cm²(97%), 1단계에서 교목층 은사시나무와 아교목층 은사시나무 치수3,384cm²(46%), 2단계에서 교목층 및 아교목층 아까시나무 3,818cm²(51%)를 간벌해야 할 것이다. 속리산(화양구곡) 은사시나무-아까시나무림(흉고단면적 12,507cm²)의 목표 흉고단면적은 7,677cm²(61%), 1단계에서 교목층의 은사시나무와 아까시나무 7,130cm²(57%), 아교목층의 은사시나무 치수와 아까시나무 치수 547cm²(4%)를 일시에 간벌해야 할 것이다. 이상 외래종치수발달형 식생은 1단계 또는 2단계를 거쳐 외래종 치수를 우선 제거하고 밀도를 조절하여 천이를 유도해야 할 것이다.

천이초기형 식생을 살펴보면(표 5), 내장산 은사시나무림(흉고단면적 8,846cm²)의 목표 흉고단면적은 6,925cm²(78%), 1단계에서 교목층의 은사시나무 4,315(49%), 2단계에서 교목층 및 아교목층의 은사시나무 2,610cm²(29%)를 간벌해야

표 1. 천이미발달형 식생의 생육밀도를 고려한 단계별 간벌대상목 및 목표 간벌밀도 (단위면적: 400 m²)

식생명	층위	I 단계				2 단계				3 단계				소계B/전체B (간벌율%)
		수종	D(주수)	B(cm ²)	R(%)	수종	D(주수)	B(cm ²)	R(%)	수종	D(주수)	B(cm ²)	R(%)	
잣나무림	C	잣나무	26(2), 30~38(7)	7,332	39	잣나무	20~24(15)	6,004	32	잣나무	10~18(16)	3,101	20	17,274 /18,849 (91)
	U	-	-	-		-	-	-		잣나무	8~14(4), 16~20(2)	836		
전나무림	C	전나무	24~26(5), 30(8)	10,442	56	전나무	10~14(16), 6~22(20)	7,405	41	-	-	-	18,115 /18,519 (97)	
	U	-	-	-		전나무	8~12(3)	268						
편백림	C	편백	20~26(25)	10,045	53	편백	10~18(29)	6,496	35	-	-	-	16,924 /19,074 (88)	
	U	-	-	-		편백	8(2), 10(1), 14(1)	383						

*C: 교목층, U: 아교목층, D: 흉고직경(cm), B: 흉고단면적, R: 전체 흉고단면적의 상대비율(%), 소계B/전체B: 간벌흉고단면적(cm²)/전체흉고단면적(cm²)

표 2. 외래종치수발달형 식생의 생육밀도를 고려한 단계별 간벌대상목 및 목표 간벌밀도 (단위면적: 400㎡)

식생명	층위	1 단계				2 단계				소계B/전체B (간벌율%)
		수종	D(주수)	B(㎢)	R(%)	수종	D(주수)	B(㎢)	R(%)	
은사시나무림	C	은사시나무	8~14(13), 18~22(3)	2,965	46	아까시나무	10~12(2), 16~26(12)	3,572	51	7,203 /7,454 (97)
	U	은사시나무	치수 8(22)	419		아까시나무	8(2), 12(1)	246		
은사시나무- 아까시나무림	C	은사시나무	24(1), 34~40(5)	7,130	57	-	-	-	-	7,677 /12,507 (61)
		아까시나무	28(1), 34(1)							
	U	은사시나무	치수 8이하(25)	547	4					
		아까시나무	치수 8이하(28)							

*C: 교목층, U: 아교목층, D: 흉고직경(cm), B: 흉고단면적계, R: 전체 흉고단면적의 상대비율(%), 소계B/전체B: 간벌흉고단면적(㎢)/전체흉고단면적(㎢)

표 3. 천이초기형 식생의 생육밀도를 고려한 단계별 간벌대상목 및 목표 간벌밀도 (단위면적: 400㎡)

식생명	층위	1 단계				2 단계				소계B/전체B (간벌율%)
		수종	D(주수)	B(㎢)	R(%)	수종	D(주수)	B(㎢)	R(%)	
은사시나무림	C	은사시나무	22~26(4), 28~30(3)	4,315	49	은사시나무	8~12(5), 14~16(7)	1,524	29	6,925/8,846 (78)
	U	-	-	-		은사시나무	8(7), 10~12(8)	1,086		
낙엽송	C	낙엽송	38~62(7)	10,439	53	낙엽송	30~37(5)	4,464	22	14,902/19,839 (75)
	U	-	-	-		-	-	-		
편백-낙엽활엽수림	C	편백	8~14(7), 16~26(11)	4,504	42	-	-	-	-	4,504/10,611 (42)
	U	-	-	-						

*C: 교목층, U: 아교목층, D: 흉고직경(cm), B: 흉고단면적계, R: 전체 흉고단면적의 상대비율(%), 소계B/전체B: 간벌흉고단면적(㎢)/전체흉고단면적(㎢)

할 것이다. 덕유산 낙엽송림(흉고단면적 19,839㎢)의 목표 흉고단면적은 17,902㎢(75%), 1단계에서 교목층의 낙엽송 10,439㎢(53%), 2단계에서 교목층의 낙엽송 4,464㎢(22%)를 간벌해야 할 것이다. 내장산 편백-낙엽활엽수림(흉고단면적 10,611㎢)의 목표 흉고단면적은 4,504㎢(42%), 1단계를 통해 교목층의 편백 4,504㎢(42%)를 간벌해야 할 것이다. 이상 천이초기형 식생은 1단계 또는 2단계를 거쳐 지역 자생종과 경쟁하는 외래종을 우선적으로 간벌하고 생육밀도를 고려하여 천이를 촉진할 수 있도록 밀도를 조절해야

할 것이다.

IV. 결론

천이미발달형 식생은 외래종 우점도가 88~90%로 높아 3단계에 거쳐 밀도조절을 시행하여 교목층의 광투과율을 높여 천이를 유도해야 할 것이다. 외래종치수발달형 식생은 외래종 우점도가 60~97%로 높고 아교목층과 관목층에 치수가 발달하고 있어 조기에 외래종 치수를 제거하고 증장기

표 4. 생육밀도 및 천이특성을 고려한 목표 간벌밀도와 복원기법

천이유형	종구성	목표 간벌밀도(%)				복원기법
		1단계	2단계	3단계	전체	
천이미발달형	1~2종의 외래종 우점도 80%이상	40~60	30~40	20	88~97	2~3단계 밀도조절 천이유도
외래종치수발달형	외래종 우점도 60% 이상, 자생종 혼생	45~60	50	-	60~97	1~2단계 밀도조절 천이유도
천이초기형	자생종 우점, 외래종 30% 내외	30	-	-	30	1단계 밀도조절 천이촉진

적으로 생태적 천이 유도를 위한 밀도조절을 1단계 또는 2단계에 거쳐 시행해야 할 것이다. 천이초기형 식생은 외래종 우점도가 30% 이하로 자생종과 경쟁하는 외래종을 우선적으로 간벌하고 생육밀도를 고려하여 천이를 촉진할 수 있도록 밀도를 조절해야 할 것이다. 식생유형별 목표 간벌 밀도를 단계별로 시행하되 간벌후 식생변화 및 외래종 치수 발달 등 모니터링을 병행하여 생태적 복원을 위한 지속적인 관리를 해야 할 것이다.

V. 인용문헌

권전오(1997) 중부지방 자연식생분석을 통한 생태적 배식모델 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문, 116쪽.
 김장수 등(1982) 생태학과 삼림. 향문사, 서울, 363쪽.
 문석기 등(2005) 환경계획학. 보문당, 서울, 471쪽.

배재수, 이기봉(2006) 해방 이후 가정용 연료재의 대체가 산림녹화에 미친 영향. 한국임학회지 95(1): 60-72.
 이경재, 임경빈, 조재창, 류창희(1990) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(I) -소나무림 보전계획-. 응용생태연구회지 4(1): 23-32.
 한봉호, 이경재(2001) 생태적 특성에 따른 산림녹지의 관리방안 -부천시 사례-. 한국조경학회지 29(1): 51-66.
 Bazzaz, F. A.(1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. Ecol. 56: 485-488.
 Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
 Loucks, O. L.(1970) Evolution of Diversity, Efficiency, and Community Stability, Am. Zool. 10: 17-25.
 Odum, E. P.(1969) The Strategy of Ecosystem Development. Science 164: 262-270.
 Pielou E. C.(1975) Ecological diversity. John Wiley and Sons Inc, New York, 165pp.