

용문사 계곡 소나무림의 식물군집구조 및 22년간(1988~2010년) 변화 분석¹

장재훈² · 한봉호^{3*} · 최태영² · 이경재³

Plant Community Structure and Change of *Pinus densiflora* S. et Z. Forest for Twenty-two Years (1988~2010) in Yongmun-sa (Temple) Valley, Yangpyeong-gun, South Korea¹

Jae-Hoon Jang², Bong-Ho Han^{3*}, Tae-Young Choi², Kyong-Jae Lee³

요 약

본 연구는 용문사 계곡의 소나무림을 대상으로 식물군집구조를 규명하고 22년간의 식생구조 변화를 비교·분석하여 천이경향 예측과 효율적인 소나무림의 보전관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 현존식생 분석결과 능선과 사면에 소나무군락(51.3%)이 넓게 분포하였고, 계곡부에 졸참나무-굴참나무군락(15.5%), 졸참나무군락(7.1%), 용문사 동측 사면에 졸참나무-소나무군락(7.2%)이 분포하였다. 19개 조사구(단위면적: 400m²)를 설정하여 TWINSpan에 의한 classification 분석을 실시한 결과, 아교목층에서 졸참나무와 당단풍나무가 우점하는 소나무-졸참나무군집(I), 아교목층에서 서어나무와 까치박달이 우점하는 소나무군집(II), 아교목층에서 졸참나무와 서어나무가 우점하고 있는 소나무-졸참나무군집(III), 아교목층에서 서어나무와 당단풍나무가 우점하고 있는 소나무군집(IV)의 4개 유형으로 분류되었다. Shannon의 종다양도지수(H')는 0.5110~1.3101, 소나무 수령 48~89년생, 졸참나무 31~63년생, 서어나무 26~61년생이었다. 22년간 변화를 분석한 결과 소나무는 세력 유지 또는 약화되었고, 경쟁관계에 있는 졸참나무, 서어나무, 까치박달의 세력이 증가하였다. 용문사 계곡 소나무림의 천이 경향은 소나무림→졸참나무→까치박달, 서어나무로 예측되었으며, 지속적인 소나무림 유지관리를 통한 소나무 보존이 필요하였다.

주요어: 생태적 천이, 현존식생, 상대우점치, 종다양도지수, TWINSpan

ABSTRACT

This study was carried out to provide basic data for conservation management of *Pinus densiflora* forest and to predict ecological succession tendency by analyzing plant community structure and change of *Pinus densiflora* community structure for twenty two years in Yongmun-sa (Temple) Valley, Yangpyeong-gun. According to the analysis of actual vegetation, *Pinus densiflora* community accounted for 51.3% of the total vegetation in the area. Nineteen plots were classified into four community types. The Shannon's species diversity index (H') showed from 0.5110 to 1.3101. There were distributed *Pinus densiflora* in age from 48 to 89, *Quercus serrata* in age from 31 to 63, *Carpinus laxiflora* in age from 26 to 61. According to the analysis of the change for twenty-two years, *Pinus densiflora* community was maintained or decreased and competitive species (*Quercus serrata*, *Carpinus laxiflora*, *Carpinus cordata*) were increased. The ecological succession

1 접수 2013년 4월 10일, 수정 (1차: 2013년 6월 16일), 게재확정 2013년 6월 17일

Received 10 April 2013; Revised (1st: 16 June 2013); Accepted 17 June 2013

2 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul (130-743), Korea (hoony9987@naver.com; xodud@uos.ac.kr)

3 서울시립대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Univ. of Seoul, Seoul (130-743), Korea

* 교신저자 Corresponding author: hanho87@uos.ac.kr

tendency was predicted *Pinus densiflora* community develop into *Quercus serrata*, lastly into *Carpinus laxiflora* and *Carpinus cordata*.

KEY WORDS: ECOLOGICAL SUCCESSION, ACTUAL VEGETATION, IMPORTANCE PERCENTAGE, SPECIES DIVERSITY INDEX, TWINSpan

서 론

소나무는 한반도, 일본, 중국의 산둥반도, 백두산 동북부 지역에 분포하는 침엽수종으로서 수평적으로 북위 30° 20'~46°사이의 온대 및 아한대지역에 분포한다(Lee, 1980). 소나무의 생태적 적지는 능선, 사면상의 특수입지, 하안립이나 하천상에 발달된 퇴적지 등으로서 배수가 잘 되고 토양이 건조한 곳이다(Kim *et al.*, 1993). 소나무는 우리민족의 역사·문화와 깊은 연관이 있으며, 주요한 경관요소로서 고유한 문화경관을 형성해왔다(Lee *et al.*, 2006). 소나무는 풍수지리상 중요한 위치에 심겨지는 나무로서 조선시대까지는 왕릉이나 유명사찰 주위에 식재하였고, 전통사찰 및 문화재 등의 건축 재료로 쓰였으며, 인간 활동의 영향과 소나무 목재의 유용성, 기후, 토양 등의 자연적 특성으로 우리나라의 소나무림이 유지될 수 있었다(Ahn, 2012).

우리나라의 소나무림은 전국적으로 감소 추세인데 일제강점기 때 송진 및 목재채취 등의 이유로 오랜 기간 보전되어온 우량의 소나무가 훼손되었으며, 1970년 이후에는 솔잎혹파리병에 의해 많은 소나무가 벌채되었고 천이에 의해 신갈나무 등의 낙엽활엽수의 세력이 확대됨에 따라 소나무가 도태되고 있다(Lee *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006, Lee *et al.*, 2009).

소나무림에 관한 연구는 주로 식생구조 특성과 천이계열을 밝히는 연구가 많이 진행되었다(Yim *et al.*, 1980; Lee and Lee, 1989; Song *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2009). 특히 가야산국립공원 소나무림의 15년간의 식생구조 변화분석 결과 소나무림에서 아교목층을 중심으로 서어나무, 굴참나무, 졸참나무로 천이가 진행되고 있었으며(Lee *et al.*, 2006), 속리산국립공원 범주사지구 소나무림의 식생천이 분석 결과 17년간 소나무군집의 천이경향은 천이잠재성이 낮은 소나무군집→낙엽활엽혼효군집으로 발달하는 것으로 파악되었다(Lee *et al.*, 2009).

경기도 양평군 용문면에 위치한 용문산은 서어나무, 졸참나무 등이 나타나는 온대중부 기후대에 해당하며, 용문사 계곡의 소나무림은 사찰 주변 소나무의 지속적인 식생관리로 대경목 소나무림이 보전되어 문화경관적인 보존 가치가 우수한 지역이다. 1988년 용문산 산림 식물군집구조 분석 결과 남사면의 우점식생은 소나무, 갈참나무, 신갈나무, 서

어나무, 때죽나무이었고, 소나무군집 천이계열을 소나무→졸참나무, 갈참나무, 신갈나무→서어나무로 추정하였다(Lee *et al.*, 1990). 1993년 용문산 남사면 계곡부 소나무림의 식물군집구조 분석에서는 소나무림의 천이계열을 소나무→졸참나무→서어나무로 예측하였다(Lee *et al.*, 1993).

본 연구는 보존 가치가 높은 용문사 계곡의 소나무림을 대상으로 식물군집구조를 규명하고 22년간의 식생구조 변화를 비교·분석하여 천이경향 예측과 효율적인 소나무림 보전관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

연구방법

1. 조사구 설정

연구대상지는 경기도 양평군 용문면 신점리 용문산 관광지 입구에서부터 용문사까지 약 2km 구간 계곡 주변 대경목 소나무림이었으며, 조사구는 20m×20m(400m²) 크기의 방형구 19개소를 설정하였다(Figure 1). 조사 시기는 2010년 5월이었다. 22년간의 변화 분석을 위한 비교 조사구는 1988년과 1993년의 조사구 중 2010년 조사구와 인접한 조사구 총 4개소를 설정하였다.

2. 조사 및 분석방법

1) 현존식생

현존식생은 분석 범위를 용문사 숲길 입구에서부터 용문사 일대를 포함하는 구역권을 경계로 설정하였고, 1/5,000 수치지형도를 이용하여 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)을 기준으로 조사하고, 현존식생을 유형화하였다. Autocad Map 3D 2011과 ArcMap 10.1 프로그램을 이용하여 도면화하였고, 현존식생 유형별 면적과 비율을 산출하였다.

2) 식물군집구조

식물군집구조 조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참고하여 조사구 내 출현하는 목본 수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상 되는 수목의 수종명, 흉고직

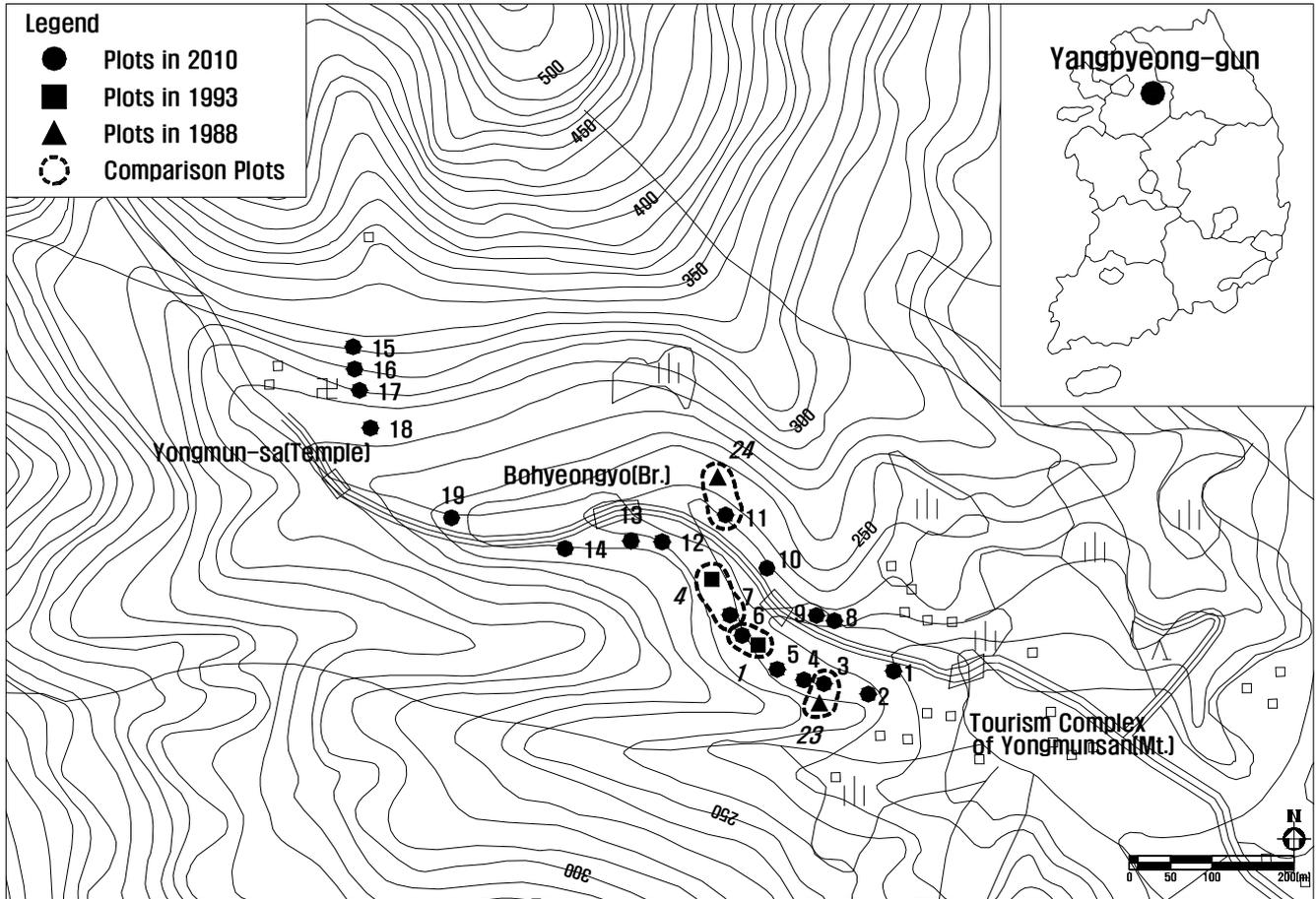


Figure 1. The location map of surveyed plots in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun

경, 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였고, 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하 수목의 수종명, 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다.

상대우점치는 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치 (Importance Value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타내었고 (Brower and Zar, 1977), 이를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 $\{(교목층I.P. \times 3) + (아교목층I.P. \times 2) + (관목층I.P. \times 1)\} / 6$ 으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage: M.I.P.)를 구하였다(Park *et al.*, 1987).

군집의 분류는 상대우점치 분석자료를 토대로 TWINSPAN에 의한 classification 분석(Hill, 1979)을 실시하였다. 식물군집 조사구별 종수 및 개체수, Shannon의 종다양도지수(H')(Pielou, 1975), 균재도(J'), 최대종다양도(H'max), 우점도(D)를 분석하였으며, 조사구별 평균흉고직경에 해당하는 표본목을 선정하여 지상으로부터 1.2m 높이에서 생장추를 이용하여 목편을 추출한 후 수목의 연륜을 분석하였다.

3) 토양이화학적 특성

토양이화학적 특성은 총 11개 조사구에서 토양시료를 채취하여 조사구별 토양산도(pH), 전기전도도(EC: Electrical Conductivity), 유기물 함량(Organic Matter), 유효인산(Available Phosphorus), 치환성양이온(Exchangeable Cation), 토성(Soil Texture)을 분석하였다.

4) 22년간 식생구조 변화

22년간(1988~2010년) 소나무림 식생구조 변화는 1988년, 1993년의 용문산 산림 식물군집구조 분석자료를 본 연구의 2010년 분석자료와 비교하였다. 1988년 조사에서는 용문산 남사면과 북사면에 단위면적 500㎡의 방형구 54개소를 설정하였고, 군집분석 결과 소나무군집, 갈참나무-굴참나무군집, 굴참나무군집 등 총 8개의 군집으로 분류되었다. 1993년 조사구는 용문산 남사면을 대상으로 단위면적 100㎡의 방형구 40개소를 설정하였으며, 서어나무-신갈나무군집, 굴참나무군집, 소나무-굴참나무-졸참나무군집, 소나무군집, 활엽수혼효군집의 총 5개 군집으로 분류되었다.

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the comparison plots in Yongmun-sa (Temple) valley, Yangpyeong-gun

Year	1988 ¹	2010 ²	1988	2010	1993	2010	1993	2010	
Plot number	24	11	23	3	1	6	4	7	
Altitude(m)	240	232	230	225	208	240	202	237	
Aspect	SW	S25W	NE	N20E	N20W	N30E	N20W	N45E	
Slope(°)	15	20	15	25	30	20	3	20	
Canopy layer	Height(m)	12	23	12	23	18	20	18	22
	Mean DBH(cm)	40	40	40	35	23	25	20	25
	Coverage(%)	60	75	60	75	70	75	55	75
Understory layer	Height(m)	8	10	7	10	5	10	6	10
	Mean DBH(cm)	-	12	-	10	5	10	5	10
	Coverage(%)	80	50	80	60	75	60	80	60
Shrub layer	Height(m)	2	2	2	2	0.4	2	0.6	2
	Coverage(%)	50	80	50	25	5	30	40	30

¹: Lee et al.(1990), ²: Lee et al.(1993)

본 논문에서는 용문산 남사면의 소나무림을 대상으로 한 1988년과 1993년 조사구 중에서 2010년 조사구(3, 6, 7, 11)와 비교 가능한 유사한 위치에 있는 1988년 조사구 2개소(조사구 23, 24), 1993년 조사구 2개소(조사구 1, 4)를 선정, 총 4개소의 조사구를 대상으로 평균상대우점치 비교를 실시하였다. 1988년 조사구 24는 2010년 조사구 11과 비교하였고, 해발 232~240m, 경사 15~20°인 남서사면에 위치하여 교목층 평균수고 12~23m, 평균 흉고직경 40cm이었다. 1988년 조사구 23은 2010년 조사구 3과 비교하였고, 해발 225~230m, 경사 15~25°인 남동사면에 위치하여 교목층 평균수고 12~23m, 평균 흉고직경 35~40cm이었다. 1993년 조사구 1은 2010년 조사구 6과 비교하였고, 해발 208~240m, 경사 20~30°인 남서사면, 남동사면에 위치하였다. 교목층 평균수고 18~20m, 평균 흉고직경은 23~25cm이었다. 1993년 조사구 4는 2010년 조사구 7과 비교하였고, 해발 202~237m, 경사 3~20°인 남서사면, 남동사면에 위치하였다. 교목층 평균수고 18~22m, 평균 흉고직경 20~25cm이었다. 본 연구 결과를 토대로 전체적인 소나무림의 변화 경향을 분석하였으며 이를 통해 식생발달을 예측하였다.

결과 및 고찰

1. 현존식생

양평군 용문사 계곡 소나무림이 분포하는 유역권 내 현존 식생 분석 결과, 자연림(97.3%), 인공림(0.9%), 기타(1.8%)로 구분되었다. 자연림에서는 소나무군락이 51.3%로 가장 넓은 면적을 차지하며 주로 유역권 외곽 능선과 사면지역에 분포하였다. 소나무-졸참나무군락은 0.4%, 소나무-느티나

무군락은 0.2%로 소규모로 분포하며 용문사 계곡 입구 주변에 발달하였다. 졸참나무-굴참나무군락(15.5%)은 용문사 주변과 계곡 상류지역에 넓게 분포하였다. 졸참나무군락(7.1%)은 입구에서부터 용문사까지 이어지는 계곡 주변에 주로 분포하였고, 졸참나무-소나무군락(7.2%)은 용문사 동측 사면에 넓게 분포하였다. 신갈나무-까치박달군락은 5.9%, 졸참나무-고로쇠-물푸레나무군락은 3.6%, 굴참나무-졸참나무군락은 2.6%의 비율로 분포하였다. 기타 유형에는 산림 계곡, 용문사, 은행나무 보호수가 포함되었고, 인공림에는 밤나무림(0.7%), 잣나무림, 일본잎갈나무림이 소규모로 분포하였다. 본 대상지는 소나무군락이 우점하며 유역권 내 능선과 사면지역에 대면적으로 분포하였고, 졸참나무-굴참나무군락, 졸참나무군락, 졸참나무-소나무군락 등 참나무류와 소나무가 혼효된 참나무류 군락이 주로 계곡 주변에서 발달하였다.

2. 식물군집구조

1) 식물군집 분류

용문사 계곡 소나무림에 설정한 19개 조사구에 대해 classification 분석 중 TWINSpan 분석을 실시하여 식별종(differential species)에 의해 군집을 분류하였다. Division 1에서는 왼쪽으로 청미래덩굴, 오른쪽으로 매화말발도리와 층층나무에 의해 크게 두 개 그룹으로 나누어졌다. Division 2에서는 왼쪽으로 고로쇠나무와 생강나무에 의해 군집 I과 군집 II가 분리되었으며, Division 3에서는 오른쪽으로 느티나무에 의해 군집 III과 군집 IV가 분리되어, 총 4개의 군집으로 분류되었다. 왼쪽부터 군집 I은 아교목층에서 졸참나무와 당단풍나무가 우점하는 소나무-졸참나무군집(조

Table 2 . The distribution rate of actual vegetation types in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun

	Type	Area(m ²)	Ratio(%)
Natural forest (97.3%)	1. <i>Pinus densiflora</i>	1,291,950	51.3
	2. <i>P. densiflora-Quercus serrata</i> community	10,263	0.4
	3. <i>P. densiflora-Zelkova serrata</i> community	4,518	0.2
	Subtotal	1,306,732	51.9
	4. <i>Q. mongolica</i> community	21,859	0.9
	5. <i>Q. mongolica-Carpinus cordata</i> community	149,500	5.9
	Subtotal	171,359	6.8
	6. <i>Q. serrata</i> community	178,977	7.1
	7. <i>Q. serrata-P. densiflora</i> community	180,288	7.2
	8. <i>Q. serrata-Q. variabilis</i> community	389,459	15.5
	9. <i>Q. serrata-Acer mono-Fraxinus rhynchophylla</i> community	90,876	3.6
	10. <i>Q. serrata-C. cordata</i> community	15,302	0.6
	Subtotal	854,902	33.9
	11. <i>Q. variabilis-Q. serrata</i> community	65,216	2.6
	12. <i>A. mono-Q. mongolica</i> community	2,923	0.1
	13. <i>C. cordata-Z. serrata</i> community	33,370	1.3
14. <i>C. laxiflora-Q. serrata</i> community	6,740	0.3	
15. <i>Z. serrata</i> community	6,541	0.3	
16. <i>Z. serrata-F. rhynchophylla-Prunus sargentii</i> community	2,869	0.1	
Subtotal	52,443	2.1	
Artificial forest (0.9%)	17. Shrub	1,339	0.1
	18. <i>Larix leptolepis</i>	2,144	0.1
	19. <i>Castanea crenata</i>	16,857	0.7
Others (1.8%)	20. <i>P. koraiensis</i>	3,885	0.2
	21. Temple(Yongmun-sa)	10,432	0.4
	22. Nurse Tree	683	0.0
	23. Stream	33,911	1.3
Total		2,519,904	100.0

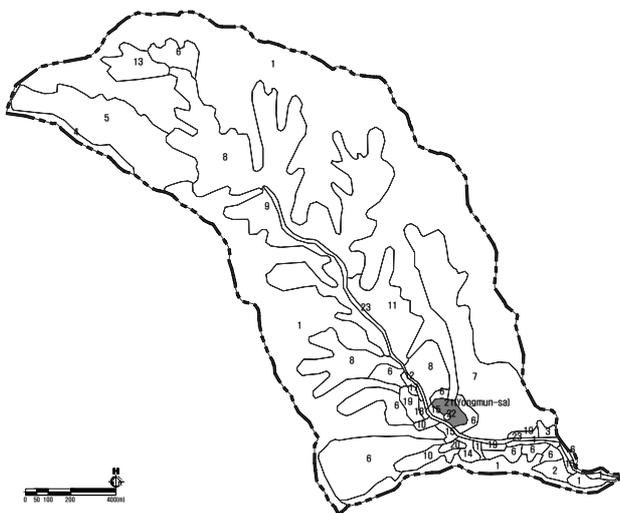


Figure 2. Actual vegetation map of Yongmun-sa (Temple) valley, Yangpyeong-gun

사구 15, 16, 17, 18, 19), 군집 II는 아교목층에서 서어나무와 까치박달이 우점하고 있는 소나무군집(조사구 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8), 군집 III은 아교목층에서 졸참나무와 서어나무가 경쟁하고 있는 소나무-졸참나무군집(조사구 4, 10, 11, 13, 14), 군집 IV는 아교목층에서 서어나무와 당단풍나무가 우점하고 있는 소나무군집(조사구 9, 12)이었다(Figure 3).

분류결과 4개 군집 모두 소나무가 우점하는 군집으로 교목층 경쟁 수종과 아교목층, 관목층의 출현종 및 비율에 의해 구분되었다.

2) 조사구의 일반적 개황

Table 3는 용문산 남사면 용문사 계곡 소나무림 분포지역에 설정한 19개 조사지에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 분석에 의해 구분된 군집별 일반적 개황을 나타낸 것이다. 총 4개로 구분된 군집은 소나무가 우점종이었으며, 교목층 경쟁관계의 수종으로 졸참나무, 서어나무가 출현하였고, 아교목층 우점종은 서어나무, 까치박달, 졸참

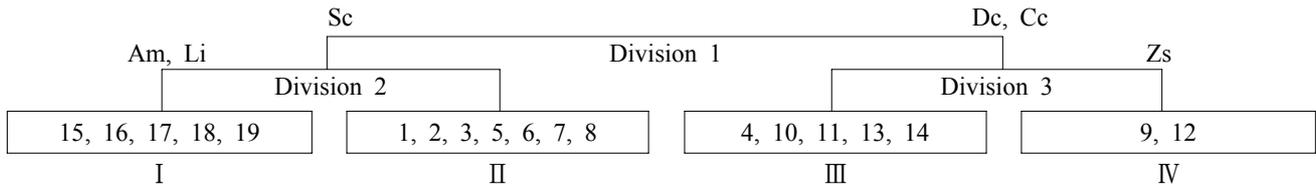


Figure 3. Dendrogram of classification by TWINSpan using 19 plots in Yongmun-sa (Temple) valley, Yangpyeong-gun
 *Sc: *Smilax china* var. *microphylla*, Dc: *Deutzia coreana*, Cc: *Cornus controversa*, Am: *Acer mono*, Li: *Lindera obtusiloba*, Zs: *Zelkova serrata*; **I: *Pinus densiflora-Quercus serrata* community, II: *Pinus densiflora* community, III: *Pinus densiflora-Quercus serrata* community, IV: *Pinus densiflora* community

나무, 당단풍 등 이었다. 조사구는 해발 212~316m, 경사 13~25° 지역에 설정하였다. 군집 I (소나무-졸참나무군집)은 해발 253~316m, 경사 15~25°의 남서사면에 위치하였고, 교목층 평균수고 22~23m, 평균 흉고직경 30~40cm이었다. 군집 II (소나무군집)는 해발 212~240m, 경사 20~25°의 북동사면에 위치하였고, 교목층 평균수고 20~25m, 평균 흉

고직경 25~40cm이었다. 군집 III (소나무-졸참나무군집)은 해발 227~252m, 경사 13~25°인 북서사면, 남서사면, 북동사면에 위치하였고, 교목층 평균수고 20~24m, 평균 흉고직경 25~45cm이었다. 군집 IV (소나무군집)는 해발 217~253m, 경사 23~25°인 남서사면과 북동사면에 위치하였고, 교목층 평균수고 24~25m, 평균 흉고직경 40~45cm이었다.

Table 3. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots classified by TWINSpan in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun

Community		I					II			
Plot number		15	16	17	18	19	1	2	3	5
Altitude(m)		316	307	295	256	253	212	227	225	232
Aspect		S35W	S60W	S35W	S30W	S40W	N35E	N35E	N20E	N15E
Slope(°)		15	25	25	25	20	25	20	25	25
Canopy layer	Height(m)	23	23	23	23	22	25	25	23	20
	Mean DBH(cm)	40	40	35	35	30	40	35	35	40
	Coverage(%)	75	80	80	80	80	60	75	75	70
Understory layer	Height(m)	10	12	10	8	8	10	8	10	10
	Mean DBH(cm)	15	15	10	10	8	10	10	10	10
	Coverage(%)	50	50	50	50	50	40	60	60	60
Shrub layer	Height(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Coverage(%)	70	70	50	50	50	20	30	25	30

* Plant community names are referred from Figure 3

(Table 3. Continued)

Community		II			III				IV		
Plot number		6	7	8	4	10	11	13	14	9	12
Altitude(m)		240	237	214	230	227	232	248	252	217	253
Aspect		N30E	N45E	N30E	N05W	S35W	S25W	N20E	N25E	S60W	N15E
Slope(°)		20	20	25	25	18	20	20	13	23	25
Canopy layer	Height(m)	20	22	22	20	23	23	24	23	25	24
	Mean DBH(cm)	25	25	40	25	40	40	45	40	45	40
	Coverage(%)	75	75	75	70	75	75	70	75	75	75
Understory layer	Height(m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mean DBH(cm)	10	10	10	10	12	12	12	12	10	15
	Coverage(%)	60	60	50	60	50	50	50	50	50	50
Shrub layer	Height(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Coverage(%)	30	30	40	25	80	80	50	30	40	30

3) 군집별 상대우점치

군집 I 은 아교목층에서 졸참나무와 당단풍나무가 우점하는 소나무-졸참나무군집으로 교목층에서 소나무가 상대우점치 75.9%로 우점하면서 졸참나무(I.P.: 14.3%)와 경쟁하였고, 밤나무(I.P.: 8.2%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 소나무(I.P.: 6.3%)의 세력이 약해지고 졸참나무(I.P.: 22.7%)와 당단풍나무(I.P.: 20.7%), 쪽동백나무(I.P.: 12.2%), 서어나무(I.P.: 12.5%)의 우점도가 높게 나타났다. 본 군집은 현재 교목층 경쟁 수종인 졸참나무에 비해 소나무의 세력이 왕성하였으나, 향후 관리가 되지 않을 경우 소나무는 도태되고 졸참나무림으로의 천이가 진행될 것으로 예측되

었다.

군집 II 는 아교목층에서 서어나무와 까치박달이 우점하고 있는 소나무군집으로 교목층에서 소나무는 상대우점치 81.9%로 우점하면서 졸참나무(I.P.: 8.3%) 서어나무(I.P.: 4.8%) 등이 출현하였다. 아교목층에서 소나무(I.P.: 1.0%)는 세력이 약하였으나 서어나무(I.P.: 27.6%)와 까치박달(I.P.: 18.4%), 쪽동백나무(I.P.: 14.0%)의 우점도가 높게 나타났고, 졸참나무(I.P.: 8.8%), 신갈나무(I.P.: 6.6%), 산벚나무(I.P.: 5.7%) 등이 출현하였다. 본 군집은 현재 교목층 소나무의 세력이 왕성하여 소나무군집이 유지될 것으로 판단되었다. 그러나 아교목층에서 소나무 세력이 미미하였고, 서어나무와 까치박달이 우점하여 향후 천이 예측을 위한

Table 4. Importance percentage of the *Pinus densiflora* community in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun

Species name	Community I				Community II				Community III				Community IV			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i>	75.9	6.3	0.2	40.1	81.9	1.0	-	41.3	59.6	-	-	29.8	100.0	6.4	-	52.1
<i>Quercus serrata</i>	14.3	22.7	2.2	15.1	8.3	8.8	0.1	7.1	18.9	21.3	-	16.6	-	2.3	3.9	1.4
<i>Castanea crenata</i>	8.2	1.1	0.7	4.6	0.8	0.7	-	0.6	8.2	1.3	-	4.5	-	-	-	-
<i>Carpinus laxiflora</i>	-	12.5	-	4.2	4.8	27.6	1.9	11.9	9.8	22.5	6.2	13.4	-	29.0	1.9	10.0
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.8	20.7	29.8	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.7	5.0	8.1
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	1.5	18.2	3.5	-	10.9	31.2	8.9	-	12.2	14.0	6.4	-	-	6.1	1.0
<i>Styrax obassia</i>	-	12.2	0.9	4.2	-	14.0	2.4	5.1	-	13.5	1.2	4.7	-	14.3	3.1	5.3
<i>Car. cordata</i>	-	1.3	4.1	1.1	-	18.4	6.2	7.2	-	11.7	7.9	5.2	-	1.3	3.9	1.1
<i>A. mono</i>	-	1.1	3.2	0.9	-	-	0.6	0.1	-	1.2	1.2	0.6	-	2.2	1.6	1.0
<i>Cornus controversa</i>	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-	3.5	4.3	2.8	3.6	-	4.9	-	1.7
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	1.3	0.5	-	11.6	-	3.9
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.8	0.1	-	-	2.9	0.5	-	-	5.2	0.9	-	-	5.5	0.9
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	0.5	8.4	1.6	-	0.5	3.6	0.8	-	1.2	4.4	1.1	-	-	8.9	1.5
<i>Prunus sargentii</i>	-	1.8	0.4	0.7	-	5.7	0.4	2.0	-	3.1	0.3	1.1	-	-	-	-
<i>Q. mongolica</i>	-	5.2	0.3	1.8	2.9	6.6	2.0	4.0	-	1.2	0.4	0.5	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	1.1	5.3	1.3	-	0.9	1.8	0.6	-	-	2.6	0.4	-	-	3.5	0.6
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	0.5	0.1	-	-	0.5	0.1
<i>Deutzia coreana</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	3.7	0.6	-	-	9.8	1.6
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	4.3	0.7	-	-	3.3	0.6	-	-	5.4	0.9
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-	-	2.4	1.1	1.0	-	-	1.6	0.3
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	2.0	0.3	-	-	0.4	0.1	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	0.7	0.1	-	-	4.1	0.7	-	-	5.4	0.9	-	-	4.8	0.8
<i>Maackia amurensis</i>	-	0.9	-	0.3	-	0.7	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i> var. <i>macrophylla</i>	-	1.5	1.1	0.7	-	0.4	1.8	0.5	-	-	-	-	-	3.1	-	1.0
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	3.1	0.5	-	-	2.3	0.4	-	-	8.1	1.4	-	-	1.9	0.3
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	1.7	2.8	1.0	-	0.8	0.4	0.3	-	1.2	2.8	0.9	-	1.1	1.2	0.6
Others (≤1.0)	<i>A. palmatum</i> , <i>Ailanthus altissima</i> etc. total 12 species				<i>Actinidia arguta</i> , <i>Larix leptolepis</i> etc. total 15 species				<i>Corylus sieboldiana</i> , <i>Celastrus orbiculatus</i> etc. total 14 species				<i>Morus bombycis</i> , <i>Viburnum erosum</i> etc. total 9 species			

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

** Plant community names are referred from Figure 3

모니터링이 요구되었다.

군집 III은 아교목층에서 졸참나무와 서어나무가 경쟁하고 있는 소나무-졸참나무군집으로 교목층에서 소나무는 상대우점치 59.6%로 우점하면서 졸참나무(I.P.: 18.9%)와 경쟁하였고, 서어나무(I.P.: 9.8%), 밤나무(I.P.: 8.2%) 등이 출현하였다. 아교목층에서 소나무는 출현하지 않았고, 졸참나무(I.P.: 21.3%)와 서어나무(22.5%), 까치박달(11.7%) 등이 경쟁 중이었다. 본 군집은 현재 교목층 소나무가 졸참나무와 경쟁하였고, 아교목층에서 졸참나무, 서어나무의 세력이 강하여 향후 소나무는 도태되고, 졸참나무림으로의 천이가 예측되었다.

군집 IV는 아교목층에서 서어나무와 당단풍나무가 우점하고 있는 소나무군집으로 교목층에서 소나무는 상대우점치 100.0%로 우점하며 소나무 이외의 수종은 분포하지 않았다. 아교목층에서 소나무(I.P.: 6.4%)는 세력이 약하였고, 서어나무(I.P.: 29.0%), 당단풍나무(I.P.: 21.7%), 쪽동백나무(I.P.: 14.3%), 느티나무(I.P.: 11.6%) 등 다양한 수종이 분포하였다. 본 군집은 현재 교목층에서 소나무의 세력이 왕성하여 소나무군집을 유지할 것으로 판단되나 아교목층에서는 세력이 미미하였고, 다양한 수종이 경쟁적으로 출현하여 향후 천이 계열 예측을 위한 지속적인 모니터링이 요구되었다.

이상을 종합하면 소나무군락으로 유지되는 군집(군집 II, IV), 졸참나무로 천이가 예측되는 군집(군집 I, III)으로 구분되었다.

4) 종수 및 개체수

4개 군집별 단위면적 400m²를 기준으로 종수 및 개체수를 분석하였다(Table 5). 단위면적별 전체출현 종수는 18~27종이었고, 층위별로 살펴보면 교목층에서 1~4종, 아교목층에서 4~10종, 관목층에서 4~19종이었다. 단위면적별 전체출현 개체수는 188~322종이었고, 층위별로 살펴보면 교목층에서 5~22개체, 아교목층에서 12~39개체, 관목층에서 148~384개체이었다. 소나무-졸참나무군집인 군집 I과 군집 III은 교목층과 아교목층에서 소나무, 졸참나무, 서어나무, 당단풍 등 다양한 수종이 경쟁하며 각각 18~25종,

18~27종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 군집 IV는 교목층에서 소나무만 생육하는 소나무 순림으로 전체 출현종 17~23종, 전체 개체수 191~282로 종수 및 개체수가 가장 적었다.

5) 종다양도

용문사 계곡 소나무림의 4개 군집 유형별 종다양도지수를 단위면적 400m²를 기준으로 분석하였다(Table 6). 조사구별 Shannon의 종다양도지수(H')를 살펴보면, 군집 I(소나무-졸참나무군집)은 0.9962~1.1987, 군집 II(소나무군집)는 0.5110~1.2897, 군집 III(소나무-졸참나무군집)은

Table 6. Species diversity of the *Pinus densiflora* community in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun (Unit: 400 m²)

Comm.	Plot	H' (Shannon)	J' (evenness)	D' (dominance)	H'max
I	15	1.1987	0.8575	0.1425	1.3979
	16	0.9962	0.7936	0.2064	1.2553
	17	1.1120	0.8166	0.1834	1.3617
	18	1.1936	0.9028	0.0972	1.3222
	19	1.0724	0.7989	0.2011	1.3424
II	1	1.1681	0.8702	0.1298	1.3424
	2	1.2897	0.9115	0.0885	1.4150
	3	0.9286	0.7896	0.2104	1.1761
	5	0.9289	0.7549	0.2451	1.2304
	6	0.5110	0.3996	0.6004	1.2788
III	7	0.9856	0.7852	0.2148	1.2553
	8	1.1165	0.8199	0.1801	1.3617
	4	0.8459	0.6212	0.3788	1.3617
	10	1.2775	0.8925	0.1075	1.4314
	11	1.2765	0.9132	0.0868	1.3979
IV	13	0.8990	0.7162	0.2838	1.2553
	14	1.3213	0.9231	0.0769	1.4314
	9	1.3101	0.9259	0.0741	1.4150
	12	1.0219	0.8305	0.1695	1.2304

* Plant community names are referred from Figure 3

Table 5. The number of species and individuals of the *Pinus densiflora* community in Yongmun-sa (Temple) valley, Yangpyeong-gun (Unit: 400 m²)

Community	No. of species				No. of individual			
	Canopy	Understory	Shrub	Total	Canopy	Understory	Shrub	Total
I	2~4	6~10	6~15	18~25	8~18	18~31	156~292	188~332
II	1~4	4~10	4~15	15~26	7~22	21~39	156~384	193~433
III	2~4	4~9	9~19	18~27	5~12	12~32	148~380	172~424
IV	1	6~9	7~16	17~23	5~6	16~34	152~260	191~282

* Plant community names are referred from Figure 3

0.8459~1.3213, 군집 IV(소나무군집)는 1.0219~1.3101이었다. Shannon의 종다양도지수(H')는 군집 II의 조사구 6을 제외하면 0.8990~1.3101로 분포범위가 대체로 유사하였다. 단위면적 400m²당 최대종다양도(H'max)를 살펴보면, 군집 I에서는 조사구 15가 1.3979, 군집 II에서는 조사구 2가 1.4150, 군집 III에서는 조사구 10, 14가 1.4314, 군집 IV에서는 조사구 9가 1.4150이었다. 타 지역 소나무림과 비교하면 가야산 홍유동 계곡 소나무림 0.6803~1.2559(Lee et al., 2006), 주왕산국립공원 소나무림 0.8842~1.2232(Jo et al., 1995), 속리산국립공원 소나무림 0.7805~1.2292(Lee et al., 1990)와 분포범위가 유사하였다. 군집 III의 조사구 14는 Shannon의 종다양도지수(H')가 1.3213으로 가장 높았는데, 이는 4개 군집 중 가장 많은 27종이 출현하며, 교목층에서 소나무, 졸참나무, 서어나무가 경쟁적으로 분포하였고, 아교목층, 관목층에서도 다양한 수종이 고르게 생육하였기 때문에 판단되었다. 교목층에서 소나무 1종이 우점하는 군집 IV는 조사구 9의 종다양도지수(H')가 1.3101로 높았는데, 이는 26종의 많은 종이 출현하며, 균재도(J')가 0.9259로 가장 높아 종별로 고르게 출현하였기 때문에 판단되었다.

6) 표본목 수령

용문사 계곡 소나무림의 표본목 수령을 분석한 결과 평균 수령은 57년, 평균 흉고직경은 43cm이었다. 군집 I의 소나무는 흉고직경(DBH) 40~44cm, 수령 65~72년생이었고, 졸참나무는 DBH 38.5~48cm, 수령 53~63년생이었다. 군집 II의 소나무는 DBH 41~65cm, 수령은 48~89년생이었고,

Table 7. Age of the four plant communities in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong-gun

Comm.	Scientific name	DBH (cm)	Height (m)	Age (year)	Plot
I	<i>Pinus densiflora</i>	44	24	72	15
	<i>P. densiflora</i>	43	15	63	17
	<i>P. densiflora</i>	40	13	56	18
	<i>P. densiflora</i>	41	18	65	19
	<i>Carpinus laxiflora</i>	42.5	15	61	15
	<i>Quercus serrata</i>	48	20	63	16
	<i>Q. serrata</i>	38.5	20	53	18
II	<i>P. densiflora</i>	45	26	48	5
	<i>P. densiflora</i>	47	23	53	6
	<i>P. densiflora</i>	41	19	50	7
	<i>P. densiflora</i>	65	26	89	8
	<i>C. laxiflora</i>	19+14	12	26	3
	<i>C. laxiflora</i>	33	10	40	5
	<i>Q. mongolica</i>	48	23	41	6
III	<i>P. densiflora</i>	62	24	60	4
	<i>P. densiflora</i>	54	22	79	10
	<i>P. densiflora</i>	49	14	71	11
	<i>P. densiflora</i>	59	20	67	13
	<i>P. densiflora</i>	51	20	61	14
	<i>C. laxiflora</i>	19	13	48	13
	<i>Q. serrata</i>	34	25	31	11
IV	<i>C. laxiflora</i>	17	18	35	9
	<i>P. densiflora</i>	59	22	80	9
Average		43	19	57	-

* Plant community names are referred from Figure 3

Table 8. Soil physicochemical properties in Yongmun-sa (Temple) valley, Yangpyeong-gun

Community	Plot	pH (1:5)	EC _{1.5} (dS/m)	O.M. (%)	Avail.-P (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol/kg)				Soil Texture
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	
I	15	4.58	0.03	5.72	2.05	0.14	0.05	0.15	0.08	Sandy loam
	17	4.78	0.02	4.36	1.54	0.16	0.07	0.18	0.14	Sandy loam
	19	5.20	0.04	10.89	4.20	2.72	0.30	0.27	0.30	Sandy loam
II	1	5.19	0.03	4.36	2.40	1.4	0.33	0.18	0.16	Sandy loam
	2	4.73	0.05	8.44	1.62	0.33	0.10	0.16	0.37	Sandy loam
	6	4.78	0.04	9.26	2.25	0.66	0.11	0.17	0.28	Sandy loam
III	8	4.95	0.03	6.26	1.54	0.22	0.07	0.16	0.34	Loam
	4	4.75	0.04	7.15	1.98	0.5	0.10	0.16	0.30	Loam
	10	5.13	0.04	11.71	2.46	1.14	0.17	0.17	0.31	Sandy loam
	13	4.67	0.05	12.45	3.11	0.76	0.10	0.26	0.17	Sandy loam
	14	4.85	0.06	12.45	6.70	0.94	0.22	0.39	0.13	Sandy loam
Dry field soil(topsoil)*		5.80		1.90	216.00	4.60	1.40	0.59		
Non-agricultural soil*		4.80		6.40	5.60	2.27	0.70	0.25		

* Kim, K.H., J.Y. Yun and S.H. Yoo(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. J. KOREAN SOC. SOIL SCI. FERT. 28(1): 33-40.

** Plant community names are referred from Figure 3

굴참나무 DBH 48cm, 수령 41년생, 서어나무 DBH 19+18~33cm, 수령 26~40년생이었다. 군집 III의 소나무는 DBH 49~62cm, 수령 60~79년생, 서어나무 DBH 19cm, 수령 48년생, 졸참나무 DBH 34cm, 수령 31년생이었다. 군집 IV의 소나무는 DBH 59cm, 수령 80년생, 서어나무는 DBH 17cm, 수령 35년생이었다. 분석결과를 종합하면, 소나무의 수령은 48~89년생이었고, 졸참나무는 31~63년생, 서어나무는 26~61년생이었다. 천이계열 상위에 있는 소나무의 생육 역사가 가장 오래되었으며, 졸참나무와 서어나무의 수령은 유사하거나 서어나무의 수령이 더 많은 경향을 나타내었다. 이는 우점종인 소나무와 경쟁 관계에 있는 졸참나무와 서어나무가 서로 경쟁적으로 발생하거나, 소나무림 하부에서 서어나무가 우점 하였기 때문이었다.

3. 토양 이화학적 특성

용문사 계곡 소나무림의 토양 이화학적 특성은 식생분포 위치, 지형 등을 고려하여 3개 군집 11개 조사구에서 토양 시료를 채취 후 분석하였다. 토양산도(pH)는 수목생장에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로(Rhyu *et al.*, 1994), 본 대상지의 토양산도는 pH 4.58~5.20으로 분석되었다. 이는 서울시 남산 소나무군락 pH 4.61~5.04(Lee *et al.*, 2006), 미경작 산지토양의 pH 4.80과 유사하였다. 유기물 함량은 4.36~12.45%로 대부분 미경작 산지토양 6.40% 보다 높았고, 남산 소나무군락 1.50~3.40%(Lee *et al.*, 2006)에 비해서는 훨씬 높은 수치를 나타내었다. 전기전도도는 0.02~0.06dS/m으로 식물 생육에는 지장이 없는 것으로 판단되었다. 유효인산과 치환성 양이온은 대부분 미경작 산지토양 함량보다 낮았다. 토성은 대부분 사양토(sandy loam)이었고, 일부 양토(loam) 지역이 분포하였다. 용문사 계곡 소나무림의 토양은 유기물 함량이 대체로 높았고, 토양산도도 양호하여 소나무 생육에 유리한 조건으로 판단되었다.

4. 22년간 변화 분석

용문사 계곡 소나무림에 설정한 19개 조사구 중 4개소를 대상으로 1988년, 1993년 자료와 비교하여 22년간의 상대우점치 변화를 분석하였다(Table 9). 조사구 11(소나무-졸참나무군집)은 소나무의 평균상대우점치가 1988년 45.2%에서 2010년 44.3%로 유사하였고, 졸참나무(M.I.P.: 4.0→14.4%)의 평균상대우점치가 증가하였다. 조사구 3(소나무-서어나무군집)은 소나무의 평균상대우점치가 1988년 41.9%에서 2010년 47.2%로 유사하였고, 서어나무(M.I.P.: 8.9→22.7%)의 평균상대우점치가 증가하였다. 따라서 조사구 3, 11은 22년간 소나무림의 세력이 유지되었으나, 졸참나무,

서어나무 등 경쟁수종의 세력이 증가하여 향후 졸참나무, 서어나무로의 변화 가능성이 높았다. 조사구 6(소나무-까치박달군집)은 소나무의 평균상대우점치가 1993년 50.0%에서 2010년 38.3%로 감소하였으나, 까치박달(M.I.P.: 0.0→15.1%)의 평균상대우점치는 증가하였다. 조사구 7(소나무-까치박달군집)은 소나무의 평균상대우점치가 1993년 50.0%에서 2010년 39.5%로 감소하였으나, 까치박달의 평균상대

Table 9. Change of mean importance percentage of the *Pinus densiflora* community for 22 years in Yongmun-sa(Temple) valley, Yangpyeong -gun

Plot	Species name	Year		
		1988 ¹	1993 ²	2010
11	<i>Pinus densiflora</i>	45.2	-	44.3
	<i>Quercus serrata</i>	4.0	-	14.4
	<i>Prunus sargentii</i>	7.0	-	-
	<i>Styrax obassia</i>	5.6	-	6.4
	<i>Carpinus laxiflora</i>	5.6	-	-
	<i>Castanea crenata</i>	-	-	4.8
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.4	-	4.5
	<i>Q. variabilis</i>	0.4	-	3.7
	<i>Q. aliena</i>	3.0	-	-
	<i>P. densiflora</i>	41.9	-	47.2
	<i>Car. laxiflora</i>	8.9	-	22.7
3	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	12.0
	<i>S. obassia</i>	1.0	-	8.0
	<i>Q. mongolica</i>	7.8	-	-
	<i>A. pseudosieboldianum</i>	2.9	-	-
	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i>	-	-	3.6
6	<i>P. densiflora</i>	-	50.0	38.3
	<i>Car. cordata</i>	-	-	15.1
	<i>S. obassia</i>	-	11.8	1.3
	<i>Q. serrata</i>	-	8.0	10.8
	<i>A. pseudosieboldianum</i>	-	5.9	10.5
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	8.5
	<i>Larix leptolepis</i>	-	-	4.2
	<i>Car. laxiflora</i>	-	3.4	0.5
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	2.3	0.8
	<i>P. densiflora</i>	-	50.0	39.5
	<i>Car. cordata</i>	-	9.7	13.8
7	<i>S. obassia</i>	-	-	11.6
	<i>Car. laxiflora</i>	-	8.0	0.8
	<i>R. trichocarpa</i>	-	6.7	1.5
	<i>A. pseudosieboldianum</i>	-	5.7	7.5
	<i>Q. serrata</i>	-	2.7	5.7
	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	5.3
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	3.0

¹: Lee *et al.*(1990), ²: Lee *et al.*(1993)

우점치는 9.7%에서 13.8%로 증가하였다. 조사구 6, 7은 1993년에 비해 소나무는 세력이 약화되었고, 까치박달의 세력은 증가하여 향후 소나무림의 유지관리가 되지 않을 시 소나무림의 도태가 예상되었다.

용문사 계곡 소나무림의 천이 경향은 온대중부지방 산림의 천이 경향인 소나무림→졸참나무림→까치박달림, 서어나무림으로 예측되었으며, 이는 1988년 용문산 남사면 천이계열 추정인 소나무림→참나무림→서어나무림(Lee *et al.*, 1990)과 유사하였고, 가야산 홍류동 계곡의 15년간의 식생구조 변화 분석 결과인 소나무림→굴참나무, 졸참나무림→서어나무림(Lee *et al.*, 2006)으로의 천이 예측, 남한산성의 19년간 식생구조 변화 분석 결과인 소나무림→소나무 및 참나무류 혼효림→참나무류림→서어나무림으로의 천이 예측(Lee, 2012)과도 유사하였다. 그러나 서어나무 또는 까치박달이 아교목층에서 세력을 형성한 소나무군집의 경우 현재 상태가 유지되거나 서어나무 또는 까치박달의 세력이 확장될 것으로 판단되어 향후 지속적인 변화 관찰이 필요하였다. 용문사 계곡 소나무림은 소나무의 지속적인 유지관리가 되지 않을 시 소나무의 세력이 약화될 것으로 사료되며 사찰 주변 소나무림의 문화·경관적 가치 보존을 위해 소나무와 경쟁이 예상되는 낙엽활엽수의 관리를 통한 보존이 필요할 것으로 판단된다.

LITERATURE CITED

- Ahn, I.S.(2012) Analysis of Vegetation Structure and Development of the Community Planting Models Based on the Ecotype of the *Pinus densiflora* S. et Z. in Korea. Thesis for the Degree of Ph. D., Graduate School, University of Seoul, 194pp. (in Korean with English abstract)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1997) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An Upland Forest Continuum in the Prairie - forest Border Region of Wisconsin -. Ecology 32:476-496.
- Hill, M.O.(1979) TWINSPAN - a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes -. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 99pp.
- Jo, J.C., W. Cho and B.H. Han(1995) The Plant Community Structure of *Pinus densiflora* in Forest in Chuwangsan National Park. Kor. J. Env. Eco. 8(2): 121-134. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.H., J.Y. Yun and S.H. Yoo(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. J. KOREAN SOC. SOIL SCI. FERT. 28(1): 33-40.
- Kim, K.S.(2005) A Study on the Geographical Distribution of Resource Plants on Mountain Yong Moon in Yang-Pyong. Thesis for the Degree of Master, Graduate School of Education, Kangwon National University, 86pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, Z.S., S.W. Lee, J.W. Hwang and K.W. Kwon(1993) Reconsideration Based on Allozyme Data - *Pinus densiflora* for. *erecta* - Can It Be Treated Genetically as a Distinct Group?. J. Kor. For. Soc. 82(2): 166-175. (in Korean with English abstract)
- Lee, C.B.(1980) Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsu, Seoul, 990pp.
- Lee, H.G.(2012) Management Planning and Change in Vegetation Structure of the *Pinus densiflora* S. et. Z Forest in Namhan Mountain Fortress. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, University of Seoul, 167pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.C. Jo and C.H. Ryu(1990) Analysis on the Structure of Plant Community in Mt. Yongmun by Classification and Ordination Techniques. Korean J. Bot. 33(3): 173-182. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.H. Kim and B.H. Han(2005) Ecological Characteristics and Change for Fifteen Years(1990~2004) of Plant Community Structure of the *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in Namsan, Seoul. Kor. J. Env. Eco. 19(3): 312-326. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.O. Bae, K.S. Ko, M.H. Seo, J.B. Lee, G.T. Kim, K.K. Oh, I.H. Park, J.S. Kim, T.H. Kwon, K.J. Song, H.S. Jo, Y.K. Oh, J.C. Jo, C.H. Ryu, W. Jo, S.H. Choi and S.H. Kim(1993) The Development of Green Restoration Technic in Urban and Industrial Complex Area. Ministry of Environment, Ministry of Science-Technology, 292pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.W. Choi, W.K. Choi and B.H. Han(2006) Ecological Characteristics and Change for Fifteen Years(1989~2004) of Plant Community Structure of the *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in Hongrudong Valley, Gayasan National Park. Kor. J. Env. Eco. 20(2): 188-199. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., K.B. Yim, J.C. Jo and C.H. Ryu(1990) Studies on the Structure of the Forest Community in Mt. Sokri(1) - The Conservation Planning of *Pinus densiflora* Community -. Kor. J. Env. Eco. 4(1): 23-32. (in Korean with English abstract)
- 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. Kor. J. Env. Eco. 23(2): 208-219. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.T. and C.H. Lee(1989) Plant Sociological Studies on the *Pinus densiflora* Forest in Korea. Korean J. Ecol. 12(4): 257-284. (in Korean with English abstract)
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species Diversity of a Stratified Oak-hickory Community. Ecology

- 50(3): 468-470.
- Park, I.H., K.J. Lee and J.C. Jo(1987) Forest Community Structure of Mt. Bukhan area. Kor. J. Env. Eco. 1: 1-24. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley and Sons, N.Y., 385pp.
- Rhyu, T.C. and J.H. Kim(1994) Growth Decline of Pitch Pine Caused by Soil Acidification in Seoul Metropolitan Area. Korean J. Ecol. 17(3): 287-297. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K., K.K. Jang and K.W. Kwon(1995) An Analysis of the Vegetation-Environment Relationships in Major Hardwood Communities by TWINSpan and CANOCO. Korean J. Ecol. 18(1): 99-108. (in Korean with English abstract)
- Yim, K.B., K.J. Lee and I.H. Park(1980) Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area. Journal of Korean Forest Society 50(1): 56-71. (in Korean with English abstract)