

서울시 소나무림의 생태적 특성에 따른 관리방안 연구^{1a}

이수동² · 이경재³ · 최진우^{4*}

Management Plan to Consider Ecological Characteristic of *Pinus densiflora* Community in Seoul^{1a}

Lee, Soo-Dong² · Lee, Kyoung-Jae³ · Choi, Jin-Woo^{4*}

요약

외부환경 변화와 천이의 영향으로 쇠퇴현상이 나타나고 있는 서울시 소나무림의 식생환경을 개선하고자 교목층 우점종의 경쟁관계, 하층식생내 경쟁종 출현 유무, 관리정도 등에 근거하여 유형을 구분하고 생태적 관리방안을 제안하였다. 서울시 소나무림을 생태적 특성에 따라 분류하면 소나무순림에 속하는 토지극상림(26.1%)과 소나무순림(21.5%), 소나무와 타 수종이 경쟁하는 소나무-신갈나무림(28.0%), 소나무-리기다소나무림(13.1%), 소나무-상수리나무림(4.2%) 등으로 구분되었다. 이들 유형에 대한 정밀한 식생조사 결과, 토지극상, 답압피해, 식생관리로 인해 교목층과 하층에 경쟁종이 출현하지 않아 소나무림 유지가 가능한 4개 군집은 하층식생 보완 등 소극적인 관리가 필요하였다. 반면 교목층과 하층에 소나무와 경쟁수종인 낙엽성 참나무류와 외래종이 출현하는 4개 군집은 생태적 지위가 동일한 경쟁종 관리, 하층식생 도입 등 적극적인 관리기법을 적용해야 소나무군집을 유지할 수 있을 것이다.

주요어 : 생태적 관리, 쇠퇴현상, 천이, 생태지위, 식생경쟁

ABSTRACT

Various environmental parameters change and ecological succession often lead to decline of *Pinus densiflora* forest in Seoul. Due to decline of it, we proposed the ecological management for conserving and improving from decrease of its dominant area on there. We analysed the *P. densiflora* forest's classification and suggested its ecological management that based on relation to competition between dominant species in the upper tree layer, the presence of competitive species in shrub layer and vegetation management standard. The *Pinus densiflora* forest types has been classified 6 types by ecological characteristics. The results from categorized its types are following as; 1) *Pinus densiflora* pure forest type; edaphic climax *Pinus densiflora* forest(26.1%), *Pinus densiflora* pure forest(21.5%). 2) the forest of *Pinus densiflora* and other species that compete with each other type; *Pinus densiflora-Quercus mongolica* forest(28.0%), *Pinus densiflora-Pinus rigida* forest(13.1%), *Pinus*

1 접수 2008년 12월 29일, 수정(1차: 2009년 2월 16일), 게재확정 2009년 5월 6일

Received 29 December 2009; Revised(1st 16 February 2009); Acceted 6 May 2009

2 진주산업대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Jinju National Univ., Junju, 660-758, Korea(ecoplan@jinju.ac.kr)

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

4 (주)기술사사무소 L.E.T 부설 에코플랜연구소 Ecolan Rearch Center L.E.T, Seoul, 138-052, Korea(jinune@uos.ac.kr)

a. 본 논문은 2008년도 진주산업대학교 기성회 연구비 지원에 의하여 연구되었음

* 교신저자, Corresponding author

densiflora-Quercus acutissima(4.2%). We conclude that the results in these kind of 4 types; *Pinus densiflora* pure forest type where possible to maintain the forest by edaphic climax, human trampling damage, vegetation management(e.x. remove the competition species, shrub layers management etc.) are mainly need to negative management. Whereas, the others 4 types; *Pinus densiflora* and other species(*Quercus variabilis*, foreign species, naturalized species etc.) that compete with each other types are need to positive management such as manage the same niche competition species, shrub layers management, remove the foreign species, naturalized species etc.. In these kinds of ecological management are very necessary to maintain *Pinus densiflora* forest.

Keywords : *Ecological Management, Decline Phenomenon, Succession, Ecological Niche, Vegetation Competition*

서론

1. 서론

우리나라의 식생발달 과정을 화분분석 결과에 의해 추정해보면 참나무류는 7,000~10,000년전에 출현하였으나 소나무는 1,400년경에 갑자기 세력이 확장되었다고 한다(Lim, 1998). 현재까지 명맥을 유지해 온 소나무는 우리나라 국민이 가장 선호하는 수종으로 많은 관심을 가지고 보호·관리해왔으나 면적은 1980년 3,649,000ha에서 2006년 1,482,513ha로 지속적인 감소추세에 있다(Korea Forest Service, 2006). 이는 인구증가와 집중으로 생태계 균형이 깨지면서 솔잎혹파리, 재선충, 대기오염 등 인위적인 영향에 의한 2차 피해를 입었을 뿐만아니라 대체연료의 사용으

로 산림내 연료목 채취 등 인위적인 간섭이 줄어들면서 신갈나무, 상수리나무 등 낙엽활엽수의 세력이 왕성해져 천이 초기종인 소나무의 도태에 기인한 것으로 나타났다(Kwon, 2003). 도시내에 분포하는 소나무림은 대기오염에 의한 생장불량, 재선충 및 솔잎혹파리에 의한 피해, 도시환경에 적응성이 강한 외래수종에 의한 피해, 참나무류 등에 의한 자연천이, 종자발아 불량 등의 이유로 급속하게 그 세력이 약해지고 있다(Seoul Metropolitan Government, 2001; Park, 2005). 특히 지구온난화, 도시밀집화, 대기오염 현상에 직접적인 영향을 받는 도시지역과 해안지역 소나무림은 그 피해가 심각한 상태로 정밀 진단 후 보호 및 복원을 위한 관리대책을 수립하여야 할 것으로 사료된다.

우리나라에서 소나무에 관한 연구는 자연지역과 도시지역에서의 천이에 관련된 연구가 대부분으로, 자연지역에서는 소나무림이 졸참나무, 신갈나무 등 낙엽활엽수 참나무류를 거쳐 서어나무 등이 우점하는 군집으로의 진행이 필연적임을 밝힌 바 있다(Jo et al., 1995; Lee et al., 1990; Kwon, 2003). Bae et al.(1996)은 해발고와의 관계 연구에서 해발 800m 이하에 분포하는 소나무림은 신갈나무, 서어나무, 까치박달나무 등으로 천이가 진행되나 능선부와 정상부는 토지극상이 유지된다고 하였다. 도시지역도 자연지역과 유사하나 소나무 뿐만아니라 인공조림종인 아까시나무, 리기다소나무, 현사시나무도 신갈나무, 졸참나무 등 낙엽성참나무류로 천이가 진행된다고 하였다(Lee et al., 1996; Kwon, 2003). 이 외에도 소나무 피해와 관련하여 병해충 내성종의 개발에 관한 연구가 진행되고 있으며 소나무림 복원과 관련하여 거제도 곰솔 및 소나무림, 설악산국립공원 자연천지역 소나무림의 식생군집구조와 밀도산정 자료를 바탕으로 적정 식재밀도 및 배식방법을 제시한 바 있다(Lee et al., 1998; Lee et al., 1999). Kwon et al.(1982)은 임업적인 관점에서 소나무림 밀도에 관한 연구를 수행한 적이 있으며,

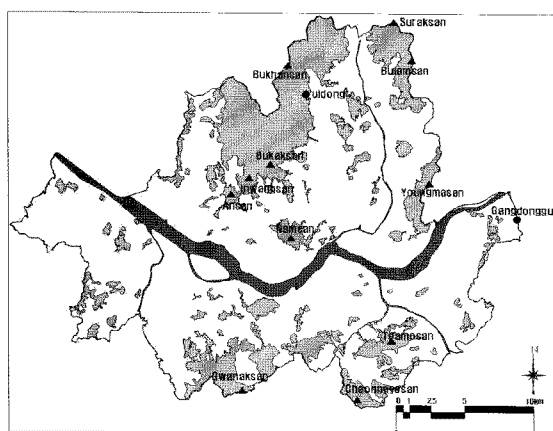


Figure 1. Location map of community structure survey site

Cho *et al.*(1992)과 Mun *et al.*(1996)은 대규모 산불에 의해 피해를 입은 지역의 천이와 토양 영양염류에 대한 영향을 연구한 바 있다. 대부분의 연구에서 소나무림을 유지하기 위해서는 천이촉진종의 제거가 필요하는 것을 밝히고 있으나 도시 및 인접지역에 입지한 군락의 생태적 특성에 따른 관리방안을 제안하지 않고 있어 특성 규명에 따른 적절한 관리방안에 대한 필요성이 제기되고 있다.

한편, 도시 및 인근지역에 위치한 산림은 대기로부터 SOx, NOx 화합물 등이 강하직접됨으로써 토양 산성화가 초래되었으며, 그 결과 삼림쇠퇴 등의 피해현상이 나타나고 있다(Cappellato *et al.*, 1993). 서울시 또한 대기오염이 심각해지면서 피해가 발생하고 있으며 피해현상이 뚜렷한 소나무는 각 산림지역에서 점차 쇠퇴하고 있으며 생태적 천이 경향으로 볼 때에도 시간이 흐를수록 참나무류림으로 변화될 가능성이 높다(Beon and Bartsch, 2003). 이러한 쇠퇴 및 훼손현상을 방지하고자 소나무 식재, 시비작업을 통한 토양개선, 솔잎혹파리 등 병충해 방제, 경쟁목 제거 등 지속적으로 관리하고 있으나(Seoul Metropolitan Government, 1992) 정확한 분포 현황 및 생태적 특성 조사분석 자료에 근거한 보전 및 관리대책은 없는 실정이다. 이에 본 연구는 외부환경 변화와 천이의 영향으로 쇠퇴현상이 나타나고 있는 소나무림의 식생환경을 개선하고자 교목층 우점종의 경쟁관계, 하층식생내 경쟁종 출현 유무, 관리정도 등에 근거하여 유형을 구분하고 생태적 관리방안을 제안하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상지 개요

서울시는 지형상 북악산, 인왕산, 남산, 낙산의 내사산이 자연스럽게 성곽처럼 이어져 있고 북한산, 관악산, 용마산, 덕양산을 외사산으로 하는 분지지형이다. 서울시는 전체 면적 60,814.0ha 중 주거지, 공장, 공공시설 등 도시화지역이 59.88%(36,412.6ha)이고, 산림, 논, 밭 등 녹지 및 오픈스페이스 40.12%(24,401.4ha)이었으며 산림지역은 14,425.0ha로 23.72%를 차지하였다(Seoul Metropolitan Government, 2000). 소나무림 분포현황은 서울시 비오톱 도면을 바탕으로 교목층에 소나무가 우점하거나 경쟁하는 종이 30%이상, 50%미만 출현하는 지역을 추출하였다(Seoul Metropolitan Government, 2000). 유형별 세부 식생특성을 파악하기 위하여 서울시 내외곽을 둘러싸고 있는 대표적인 산인 북한산, 관악산, 수락산, 불암산, 대모산, 청계산, 북악산, 안산, 인왕산, 남산, 강동구 능골, 강북구 솔밭공원, 용마산 등 13개 지역에 분포하는 소나무가 우점하거나 자연적인 천이 또는 인위적인 관리에 의해 참나무류 또는 인공조림종과 경쟁하는 소나무림을 대상으로 10×10m(100m²) 조사구(plot) 97개를 설정하였다(Figure 1). 식생조사는 1998년~2004년까지 현장에서 직접 수집한 자료와 Seoul Metropolitan Government(2001)에서 조사한 자료를 기초로 분석하였다.

2. 연구진행체계 및 방법

서울시 소나무림의 식생구조 및 생태적 특성을 바탕으로 보존대책을 수립하고자 소나무림 분포현황 파악, 유형별 생태적 특성 조사분석, 생태적 관리계획 수립의 3단계로 진행하였다(Table 1).

소나무림 분포현황 파악에서는 서울시 전역을 대상으로 교목층은 소나무와 경쟁종과의 관계를, 아교목층과 관목층

Table 1. Research contents and procedure

Procedure	Contents
Plan target	<ul style="list-style-type: none"> Vegetation type classification and ecological management plan proposal of <i>P. densiflora</i> forest in urban area
1st stage : Vegetation state research of <i>P. densiflora</i>	<ul style="list-style-type: none"> Actual vegetation condition : distribution condition mapping of dominant species by the canopy layer. minimum size is 30m×30m, competition condition of canopy layer dominant species and form of stratification Distribution map of <i>P. densiflora</i> : drawing up biotope map according to actual vegetation condition and ecological characteristics of each cell
2nd stage : Research-Analysis of ecological characteristic of each type	<ul style="list-style-type: none"> Planting community structure : ecological characteristic analysing according to stratification structure and distribution pattern environmental factor, importance percentage, correlation of each species, detail research etc.
3rd stage : Ecological Management Plan	<ul style="list-style-type: none"> ecological management plan for amendment of <i>P. densiflora</i> forest growth environment damaged by urbanized and green fragmentation

은 천이를 유발할 수 있는 교목성상 수목의 출현여부에 따라 도면화하였다. 현존식생은 30m×30m를 최소단위로 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)에 의하여 유형을 구분하고 1/3,000 축척의 수치지형도에 도면화하였다. 교목층 출현 수종의 경쟁관계 및 층위형성여부는 소나무와의 경쟁관계에 따른 변화추이를 예측하기 위한 것으로 교목층에 경쟁종이 30%이상 혼효된 경우를, 층위형성여부는 아교목층과 관목층에 식피율 30%이상인 지역을 파악하였으나, 교목층에 소나무가 50% 미만으로 혼효된 경우는 이미 도태된 것으로 판단하여 도면화에서는 제외하였다 (Seoul Metropolitan Government, 2000; Kwon, 2003). 소나무림의 세부 분포현황은 현존식생현황과 층위형성여부를 바탕으로 소나무순림, 소나무토지극상, 소나무 경쟁지역으로 각각 구분하였다. 유형별 생태적 특성 조사분석에서는 식물군집구조를 조사하였으며 이를 바탕으로 유형별 특성에 따른 관리방안을 제안하고자 하였다. 식물군집구조 조사를 통해 군집의 층위형성 여부와 분포 패턴을 파악하였으며 환경요인, 상대우점치, 종간상관관계 등을 분석하였다. 식생조사는 수고에 따라 10×10m(100m²)~20×20m(400m²)로 설정하였으며 분석의 편리성을 위하여 10m×10m 방형구를 기본 단위로 설정하여 각 조사구에 출현하는 흉고직경 2cm 이상의 수목을 교목층과 아교목층으로, 그 이하를 관목층으로 구분하여 수종명, 흉고직경(DBH), 수고 등을 조사하였다. 식물군집구조의 현상 및 잠재식생을 예측하고 각 조사구의 층위별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951) 방법을 응용한 Lee *et al.*(1990)의 방법으로 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)와 수고를 고려한 평균상대우점치(Mean Importance Percentage: M.I.P.)를 분석하였다. 식생조사자료를 바탕으로 TWINSpan에 의

한 classification (Hill, 1979b) 및 DCA ordination(Hill, 1979a) 분석을 실시하였다. 종구성의 다양한 정도를 나타내는 측도인 Shannon의 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도를 분석하였다. 생태적 관리계획에서는 도시화 및 녹지 파편화에 의해 피해받고 있는 소나무림의 생태적 특성을 정밀하게 조사분석하고 이를 유형화하여 건전한 생육환경 조성을 위한 생태적 관리방안을 제안하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소나무림 분포현황

Table 2는 서울시 소나무림 유형별 면적을, Figure 2는 분포현황을 나타낸 것으로 교목층의 경쟁정도에 따라 세분하였다. 산림 면적은 총 14,425.0ha로 전체면적의 23.72%에 해당되었으며 이 중 소나무림 면적은 1,967.0ha로 전체 산림의 13.63%를 차지하였다. 소나무순림에 속하는 토지극상림과 순림이 각각 26.1%, 21.5%이었으며 소나무와 타수종이 경쟁하는 지역 중에서는 소나무-신갈나무림(28.0%)이 가장 넓었고 소나무-리기다소나무림(13.1%), 소나무-상수리나무림(4.2%), 소나무-졸참나무림(2.9%), 소나무-아까시나무림(2.0%), 소나무-갯나무림(0.3%) 등이 주요 유형이었다. 소나무는 건조하거나 지력이 낮은 곳에서 견디는 힘이 강하고 지력이 좋고 토양습도가 적당한 곳에서는 낙엽활엽수와의 경쟁으로 도태된다고 하였는데(Lim, 1998), 서울시에서도 유사한 경향으로 소나무순림과 토지극상림은 주로 능선부와 암반에 입지하여 이용에 의한 하층식생 훼손이 많았으나 척박하여 현상태를 유지할 것으로 예측된다. 하지만 소나무-참나무류림, 소나무-오리나무림, 소나무-낙엽활

Table 2. Accuracy actual vegetation type area and percentage

Vegetation type	Area(m ²)	Percentage(%)	Vegetation type	Area(m ²)	Percentage(%)
1. <i>P. densiflora</i> (Edaphic climax)	5,124,679	26.1	10. <i>P. densiflora</i> -Deciduous broad-leaved	172,129	0.9
2. <i>P. densiflora</i> (Pure forest)	4,223,188	21.5	11. <i>P. densiflora</i> - <i>Sorbus alnifolia</i>	13,560	0.1
3. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. mongolica</i>	5,505,514	28.0	12. <i>P. densiflora</i> - <i>P. rigida</i>	2,585,916	13.1
4. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. aliena</i>	22,687	0.1	13. <i>P. densiflora</i> - <i>Robinia pseudo-acacia</i>	399,715	2.0
5. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. serrata</i>	569,637	2.9	14. <i>P. densiflora</i> - <i>Alnus sibirica</i>	15,853	0.1
6. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. acutissima</i>	831,574	4.2	15. <i>P. densiflora</i> - <i>Populus tomentiglandulosa</i>	28,686	0.1
7. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. spp.</i>	41,882	0.2	16. <i>P. densiflora</i> - <i>Castanea crenata</i>	31,626	0.2
8. <i>P. densiflora</i> - <i>Alnus hirsuta</i>	3,395	0.0	17. <i>P. densiflora</i> - <i>P. koraiensis</i>	60,389	0.3
9. <i>P. densiflora</i> - <i>Prunus sargentii</i>	40,222	0.2	합 계	19,670,654	100.0

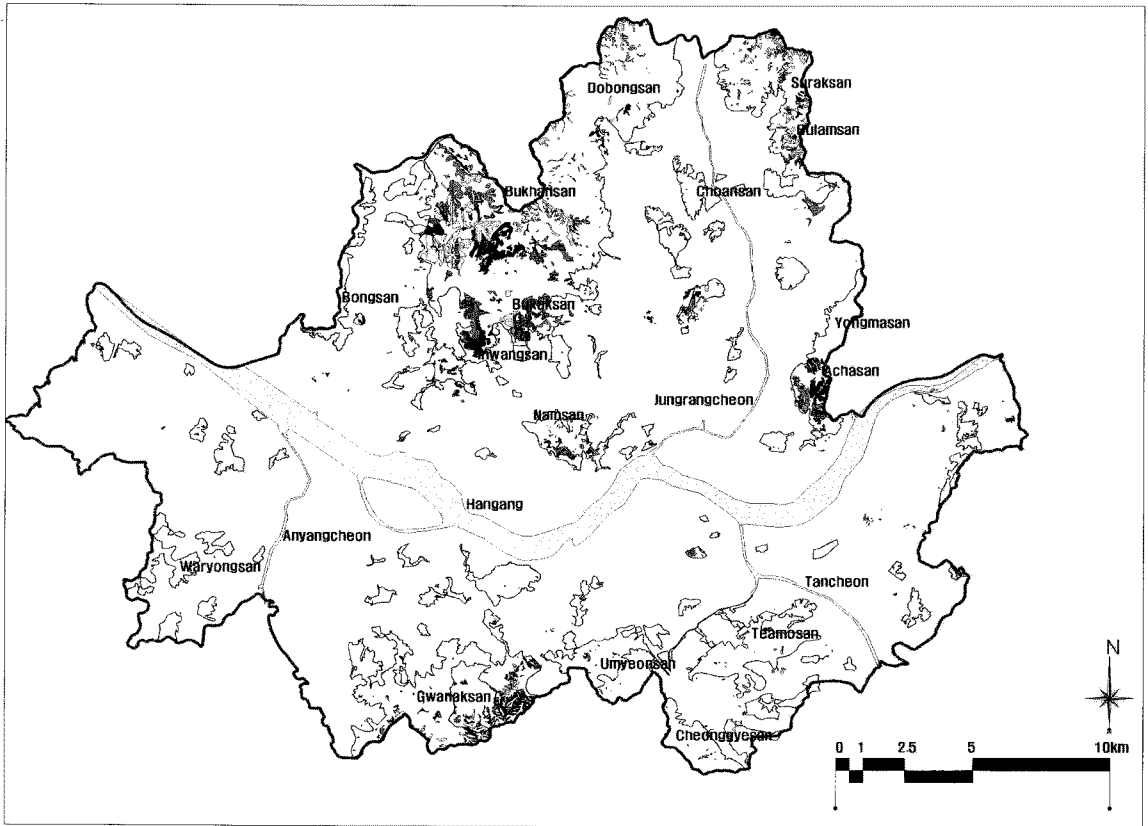
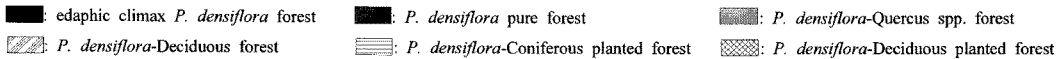


Figure 2. Distribution map of *P. densiflora* forest type in Seoul



엽수림은 북사면과 저지대의 양호한 환경에 분포하여 현상태를 방치할 경우 소나무의 도태가 예상되었다. 인공림과 경쟁하는 소나무-리기다소나무림은 주로 능선부와 급경사 사면지역에, 소나무-아까시나무, 소나무-현사시나무림, 소나무-잣나무림은 저지대의 접근이 양호한 지역에 분포하는 경향이였다.

2. 유형별 생태적 특성

1) 군집 유형 분류

서울시 산림지역에 분포하고 있는 소나무림에 대해 10m×10m(100m²) 크기의 방향구 97개에 대한 DCA에 의한 ordination 분석과 TWINSpan에 의한 classification 분석 결과 주로 사면, 해발고 등 환경요인과의 관계를 분석한

DCA에 의한 군집분류가 뚜렷하였다. DCA에 의한 ordination 분석 결과 total variance에 대한 집중률이 제 1축과 제 2축이 높아 이를 기준으로 분석한 결과, 소나무군집, 소나무-신갈나무군집, 소나무-상수리나무군집, 소나무-갈참나무군집, 소나무-아까시나무군집, 소나무-리기다소나무군집 등 6개 군집으로 분류되었고 이는 소나무의 생육특성을 고려하였을때, 척박한 환경과 양호한 환경의 군집으로 구분할 수 있었다. 소나무-갈참나무군집, 소나무-상수리나무군집은 사면저지 또는 계곡부의 토양이 다소 비옥한 곳에 입지하였고, 소나무-신갈나무군집은 해발 400m 이상 능선부근의 북사면 지역에 분포하였다. 이 외에 소나무-아까시나무군집은 산림 저지대로 이용에 의한 훼손이 심각한 지역에 분포하였으며 소나무-리기다소나무군집은 건조한 지역인 능선부에 주로 분포하는 특성을 나타내었다. 건조하고 척박한 능선부

Table 3. Importance percentage and mean Importance percentage of main appearance species in each communities

Species Name	<i>P. densiflora</i> Comm.				<i>P. densiflora-Q. mongolica</i> Comm.				<i>P. densiflora-Q. aliena</i> Comm.				<i>P. densiflora-Q. acutissima</i> Comm.			
<i>P. rigida</i>	5.2	5.4	-	4.4	1.7	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. densiflora</i>	89.1	56.6	-	63.4	74.2	27.7	-	46.3	61.8	18.5	-	37.1	76.7	15.2	0.5	43.5
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	-	-	-	5.8	-	1.9	-	5.8	0.5	2.0	-	-	-	-
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	7.3	8.5	-	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	4.8	1.1	-	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	-	3.3	1.5	0.8	5.1	7.1	3.3
<i>Q. acutissima</i>	1.4	3.1	3.2	2.3	-	-	-	-	4.3	7.9	-	4.8	16.8	48.5	8.3	26.0
<i>Q. aliena</i>	0.2	2.2	10.1	2.5	-	-	-	-	24.1	36.0	27.3	28.6	2.6	2.9	10.8	4.1
<i>Q. mongolica</i>	0.9	1.1	4.7	1.6	13.1	7.7	18.9	12.3	-	-	-	-	-	5.3	2.6	2.2
<i>Q. serrata</i>	0.4	1.0	3.3	1.1	-	-	3.8	0.6	1.1	8.5	5.2	4.2	0.9	4.7	4.8	2.8
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	5.6	0.9	-	-	-	-	-	-	6.2	1.0	-	-	6.8	1.1
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	1.9	0.1	0.6	1.1	15.0	15.0	8.1	-	4.8	-	1.6	-	1.9	2.1	1.0
<i>Pr. sargentii</i>	0.6	3.9	3.7	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	6.1	5.9	4.1
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	0.5	5.3	1.1	-	-	8.2	1.4	-	0.00	3.83	0.6	-	-	5.2	0.9
<i>R. pseudo-acacia</i>	0.9	8.1	8.4	4.6	2.5	2.3	-	2.0	-	-	-	-	-	2.8	1.4	1.2
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	0.9	6.7	1.4	-	-	-	-	-	1.7	7.4	1.8	-	1.4	7.9	1.8
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	-	-	-	16.8	15.4	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	1.4	3.5	1.1	-	1.5	16.7	3.3	-	0.8	6.8	1.4
I.P. ≤ 2.0	<i>P. koraiensis</i> , <i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Rhus chinensis</i> , <i>Zanthoxylum schinifolium</i> , <i>Styrax japonica</i>				<i>Fraxinus rhynchophylla</i>				<i>Betula davurica</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> , <i>Weigela subsessilis</i>				<i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Rhus trichocarpa</i> , <i>Aralia elata</i> , <i>Styrax japonica</i>			

(Table 3. Continued)

Species Name	<i>P. densiflora-Pr. sargentii</i> Comm.				<i>P. densiflora-Styrax japonica</i> Comm.				<i>P. densiflora-P. rigida</i> Comm.				<i>P. densiflora-R. pseudo-acacia</i> Comm.			
<i>P. rigida</i>	1.4	-	-	0.7	-	-	-	-	42.2	45.3	-	36.2	1.8	8.2	-	3.6
<i>P. densiflora</i>	87.4	19.4	-	50.2	94.8	33.4	-	58.5	57.8	42.5	-	43.1	71.7	12.3	-	40.0
<i>Q. acutissima</i>	1.3	8.2	4.4	4.1	-	-	-	-	-	2.6	2.7	1.3	7.1	3.9	1.2	5.1
<i>Q. aliena</i>	-	2.1	0.9	0.8	-	4.3	1.2	1.7	-	-	7.6	1.3	-	-	5.0	0.8
<i>Q. mongolica</i>	1.3	11.4	4.4	5.2	-	-	3.9	0.7	-	-	9.6	1.6	-	-	-	-
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	-	-	-	3.6	0.6	-	-	5.6	0.9	-	-	4.6	0.8
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	44.6	7.4	-	-	45.2	7.5	-	-	-	-	-	-	12.7	2.1
<i>Pr. sargentii</i>	8.7	34.1	1.0	15.9	4.4	1.2	0.8	2.7	-	-	-	-	-	4.6	-	1.6
<i>R. pseudo-acacia</i>	-	-	-	-	-	4.1	0.4	1.4	-	1.2	6.8	1.5	16.8	64.9	41.0	36.9
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	2.9	6.2	2.0	-	-	-	-	-	-	10.6	1.8	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	4.4	6.0	2.5	-	3.2	5.3	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	1.5	5.5	1.4	-	-	-	-	-	-	13.5	2.3	-	1.2	4.3	1.1
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	13.0	2.8	-	-	5.1	0.8
<i>Styrax japonica</i>	-	1.4	8.2	1.8	-	47.9	16.4	18.7	-	-	-	-	-	1.2	3.7	1.0
I.P. ≤ 2.0	<i>Betula davurica</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Maackia amurensis</i> , <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>				<i>Juniperus rigida</i> , <i>Q. variabilis</i> , <i>Aralia elata</i> , <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>				<i>Alnus hirsuta</i> , <i>Sorbus alnifolia</i> , <i>Lespedeza cyrtobotrya</i>				<i>Q. variabilis</i> , <i>Sorbus alnifolia</i> , <i>Rhus chinensis</i>			

와 관리지역에 입지한 소나무군집을 재분석한 결과 관리상태, 답압에 의한 훼손 정도, 환경에의 적응성에 따라 소나무군집, 소나무-산벚나무군집, 소나무-매죽나무군집으로 분리되었으며 이들 군집은 해발 24m~400m 능선과 사면지역에 광범위하게 분포하였다.

2) 상대우점치

Table 3은 소나무가 우점하는 8개 군집의 상대우점치 분석 결과를 나타낸 것이다. 소나무군집은 교목층과 아교목층에서 소나무가 상대우점치(I.P.) 89.1%, 56.6%로 우점종이었고 교목층에서는 리기다소나무와 상수리나무, 아교목층에서는 산벚나무, 아까시나무가 주요 출현종이었다. 관목층에서는 교목성상의 참나무류인 갈참나무, 상수리나무, 신갈나무가 우점종이었으나 그 세력은 미미하였다. 소나무군집

은 교목층에서 소나무가 우점종이었고 아교목층 및 관목층은 하에작업, 답압에 의해 훼손된 상태로 당분간은 현상태를 유지할 것이다. 소나무-신갈나무군집은 교목층과 아교목층에서 소나무(I.P.: 74.2%, 27.7%)가 우점종이었으나 신갈나무의 교목층, 아교목층 상대우점치(I.P.)가 각각 13.1%, 7.7%로 경쟁상태이었다. 관목층에서는 교목성상인 신갈나무(I.P.: 18.9%)가 우점종이었고 팔배나무(I.P.: 15.0%), 산철쭉(I.P.: 15.4%)이 동반종이었다. 교목층 소나무의 세력이 왕성해 당분간 소나무군집을 유지하겠으나 아교목층 및 관목층에서 신갈나무의 세력이 강해 이들 종으로의 생태적 천이가 예측되었다. 소나무-갈참나무군집은 교목층에서 소나무(I.P.: 61.8%)와 갈참나무(I.P.: 24.1%)가 경쟁상태이었으나 아교목층에서는 갈참나무(I.P.: 36.0%)에 의해 소나무(I.P.: 18.5%)가 피압당하는 등 소나무의 세력이 약화되고 있었다. 관목층에서는 교목성상의 참나무류인 갈참나무, 졸참나무 등 다소 습한 지역에 분포하는 종의 출현이 활발하였으며 노린재나무 등이 주요 출현종이었다. 소나무-상수리나무군집은 교목층에서 소나무가 상대우점치(I.P.) 76.7%로 우점종이었고 상수리나무(I.P.: 16.8%)의 세력이 약하였으나 아교목층에서는 상수리나무(I.P.: 48.5%)가 소나무(I.P.: 15.2%)를 피압하였다. 관목층에서는 갈참나무, 상수리나무, 졸참나무 등 교목성상의 참나무류가 우점하였으며 진달래 등이 출현하였다. 본 군집은 교목층 소나무의 세력이 우세해 현상태를 유지하겠으나 온대림에서 소나무는 참나무류를 거쳐 서어나무 등으로 진행되므로 아교목층과 관목층에 갈참나무, 상수리나무 등의 우점도가 높은 소나무-참나무류림은 방치시 급격한 천이로 인한 소나무의 도태가 예상된다(Kwon, 2003).

소나무-산벚나무군집은 교목층에서 소나무(I.P.: 87.4%)가 우점종이었고 산벚나무가 동반종이었으며, 아교목층에서는 산벚나무(I.P.: 34.1%)와 소나무(I.P.: 19.4%)가 경쟁상태로 신갈나무, 상수리나무 등 교목성상의 참나무류가 주요 출현종이었다. 관목층에서는 국수나무(I.P.: 44.6%)와

개웃나무, 아까시나무가 주요 출현종이었다. 소나무-때죽나무군집에서는 교목층과 아교목층에서 소나무(I.P.: 94.8%, 33.4%)가 우점종이었고 교목층에서는 산벚나무가, 아교목층에서는 때죽나무(I.P.: 47.9%)가 우점종으로 경쟁상태이었다. 관목층에서는 국수나무(I.P.: 45.2%)와 때죽나무가 주요 출현종이었다. 소나무-산벚나무군집, 소나무-때죽나무군집은 산벚나무 및 때죽나무의 세력이 강해지고 있으나 아교목성 수종으로 천이를 주도하지 못할 것이므로 현재의 소나무군집을 유지할 것이다.

소나무-리기다소나무군집은 능선부 및 척박지에 분포하는 군집으로 교목층과 아교목층에서 소나무(I.P.: 57.8%, 42.5%)와 리기다소나무(I.P.: 42.2%, 45.3%)가 경쟁상태이었다. 관목층에서는 진달래, 철쭉꽃이 우점종이었고 교목성상의 낙엽성 참나무류인 갈참나무, 신갈나무, 졸참나무 등이 동반종이었다. 교목층과 아교목층에서 소나무와 리기다소나무가 경쟁상태이었고 관목층에서는 신갈나무, 졸참나무 등의 참나무류가 우점하고 있었으나, 천이를 주도할 정도의 세력은 형성되지 않았다. 소나무-아까시나무군집은 교목층에서 소나무(I.P.: 71.7%)가 우점종이었고 아까시나무(I.P.: 16.8%)가 동반종이었으나 아교목층에서는 아까시나무(I.P.: 64.9%)가 소나무(I.P.: 12.3%)를 피압하고 있었으며 리기다소나무, 산벚나무가 동반종이었다. 관목층에서도 아까시나무(I.P.: 41.0%)가 우점종이었고 국수나무, 갈참나무 등이 출현하였다. 교목층 소나무의 세력이 우세하나 아교목층과 관목층에서 아까시나무의 세력이 강해 앞으로 소나무와 아까시나무의 경쟁이 예측되었다.

이상 각 유형별 특성을 종합해보면, 소나무순림은 이용에 의한 답압 또는 토지극상림으로 아교목층과 관목층이 미발달되어 현상태를 유지하겠으나 강우 또는 이용에 의한 훼손 가능성이 높은 상태이었다. 소나무-낙엽성참나무류군집은 교목층 소나무의 세력이 우세하나 아교목층과 관목층에서 신갈나무, 상수리나무, 갈참나무, 졸참나무 등 교목성상의 수종과 경쟁하거나 경쟁에 의해 도태되고 있으므로 낙엽성

Table 4. The species diversity and max species diversity of each community (unit area : 400 m²)

Community Name	H'(shannon)	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
<i>P. densiflora</i>	0.9807	0.7669	0.2331	1.2788
<i>P. densiflora-Q. mongolica</i>	0.9160	0.7607	0.2393	1.2041
<i>P. densiflora-Q. aliena</i>	0.9931	0.7766	0.2234	1.2788
<i>P. densiflora-Q. acutissima</i>	1.2547	0.9091	0.0909	1.3802
<i>P. densiflora-Pr. sargentii</i>	0.8962	0.7139	0.2861	1.2553
<i>P. densiflora-Styrax japonica</i>	0.6650	0.6386	0.3614	1.0414
<i>P. densiflora-P. rigida</i>	1.1666	0.8823	0.1177	1.3222
<i>P. densiflora-R. pseudo-acacia</i>	1.0246	0.7749	0.2251	1.3222

*Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

참나무류로의 자연적인 천이를 유도하거나 소나무림 보전을 결정하여 관리계획을 수립하여야 할 것이다. 한편, 일부 계곡부에서 소나무림 하부에 매죽나무와 산벚나무가 출현하나 야교목성상으로 소나무림을 유지하겠다. 도시 근교의 이용이 심한 지역과 능선부에는 외래종인 리기다소나무와 아까시나무가 경쟁하고 있으며 하층에 낙엽성 참나무류가 출현하고 있어 소나무림을 유지하기 위해서는 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

3) 종다양도

8개 군집의 종다양도를 분석한 결과(Table 4), 소나무-상

수리나무의 종다양도가 1.2547로 가장 높았으며, 소나무-아까시나무군집과 소나무-리기다소나무군집이 각각 1.0246, 1.166으로 다소 높았고, 소나무군집, 소나무-신갈나무군집, 소나무-갈참나무군집은 0.9160~0.9931이었으며 소나무-매죽나무군집(0.6650)과 소나무-산벚나무군집(0.8962)이 낮은 값을 나타냈다. 군집의 종다양도는 Park et al.(1987)이 북한산국립공원의 소나무림을 대상으로 산정한 종다양도값 1.085~1.242, Choo et al.(2008)이 조사한 소나무-신갈나무군집의 종다양도 1.319보다 비슷하거나 낮았다. 도심지내 위치한 남산도시자연공원내 소나무림의 종다양도 0.907~1.118(Lee et al., 1986)와는 비슷하거나 다소 높

Table 5. The DBH description of major tree species in each community

Community Name	Species Name	SH	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
P. densiflora	<i>P. rigida</i>	-	11	13	15	6	1	2	-	-
	<i>P. densiflora</i>	-	78	144	154	103	62	22	14	6
	<i>Q. acutissima</i>	68	3	4	4	2	1	1	-	-
	<i>Q. aliena</i>	252	8	1	1	1	-	-	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	92	2	1	3	-	2	-	-	-
	<i>Q. serrata</i>	84	3	2	-	-	1	-	-	-
	<i>R. pseudo-acacia</i>	176	21	12	2	1	1	-	-	-
P. densiflora-Q. mongolica	<i>P. densiflora</i>	-	3	15	10	12	9	2	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	120	8	3	4	1	-	1	-	-
P. densiflora-Q. aliena	<i>P. densiflora</i>	-	3	16	25	13	3	2	-	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	6	3	1	1	-	-	-	-
	<i>Q. aliena</i>	140	20	11	9	3	2	2	-	-
P. densiflora-Q. acutissima	<i>P. densiflora</i>	4	-	7	13	11	13	8	7	-
	<i>Q. acutissima</i>	60	13	12	8	6	3	3	-	-
	<i>Q. aliena</i>	44	4	2	1	-	-	-	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	8	3	2	-	-	-	-	-	-
	<i>Q. serrata</i>	12	4	1	1	-	-	-	-	-
	<i>Pr. sargentii</i>	40	2	2	1	-	1	-	-	-
P. densiflora-Pr. sargentii	<i>P. densiflora</i>	-	2	5	15	11	4	10	5	-
	<i>Q. acutissima</i>	36	2	-	2	-	-	-	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	32	2	3	1	-	-	-	-	-
	<i>Pr. sargentii</i>	8	1	2	-	2	1	2	-	1
P. densiflora-Styrax japonica	<i>P. densiflora</i>	-	-	16	32	17	13	7	1	1
	<i>Q. variabilis</i>	8	2	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	28	-	-	-	-	-	-	-	-
P. densiflora-P. rigida	<i>P. rigida</i>	-	1	24	15	11	2	-	-	-
	<i>P. densiflora</i>	-	5	29	22	13	1	-	-	-
	<i>Q. aliena</i>	48	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	60	-	-	-	-	-	-	-	-
P. densiflora-R. pseudo-acacia	<i>P. rigida</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	-
	<i>P. densiflora</i>	-	-	6	9	5	1	1	6	1
	<i>R. pseudo-acacia</i>	68	31	10	1	1	1	-	-	-

*D1:ba<2, D2:2<=ba<7, D3:7<=ba<12, D4:12<=ba<17, D5:17<=ba<22, D6:22<=ba<27, D7:27<=ba<32, D8:32<=ba<37, D9:37<=ba
 **ba : Basal area

게 나타났으며, 최대종다양도(H' max) 역시 같은 경향을 나타내었다.

능선부와 저지대 완경사지 등 이용이 빈번한 장소에 분포하는 소나무-상수리나무군집, 소나무-리기다소나무군집, 소나무-아까시나무군집의 종다양도가 높은 것은 교란에 의한 것으로 판단되었다. 나머지 지역은 교란이 없는 안정된 상태인 것으로 분석되었다. 소나무-산벚나무군집, 소나무-매죽나무군집은 계곡부로 강우시 피해로 인해 하층이 훼손되어 있으므로 관리가 필요하였다.

4) 흉고직경급별 분포

흉고직경급별 분포는 장기적인 세력형성 또는 감소 여부를 확인할 수 있는 것으로, Table 5는 DCA에 의해 분리된 8개 군집의 흉고직경급별 분포현황을 나타낸 것이다. 소나무군집은 DBH 2~42cm 구간에 고루 분포하여 소나무군집을 유지할 것으로 판단되었으며, 아교목층 및 관목층에서는 참나무류와 아까시나무의 개체수가 증가하고 있었다. 소나무-참나무류군집은 소나무가 DBH 32cm 이하의 구간에 고루 분포하고 있으나 소경목으로 갈수록 개체수가 감소하는 반면, 신갈나무, 상수리나무, 갈참나무 등 낙엽성참나무류는 중소경목으로 갈수록 개체수가 증가하여 이들 수종으로의 천이가 예측되었다. 소나무-아까시나무군집에서는 소나무가 DBH 7~37cm 구간에 28개체가 출현하였으며, DBH 7cm 이하의 구간에서 출현하지 않았다. 반면에 아까시나무는 DBH 12cm 이하의 흉고직경급에 109개체가 출현하여 소나무와의 경쟁이 예측되었다. 소나무-리기다소나무군집에서는 소나무와 리기다소나무가 DBH 2~27cm 구간에 각

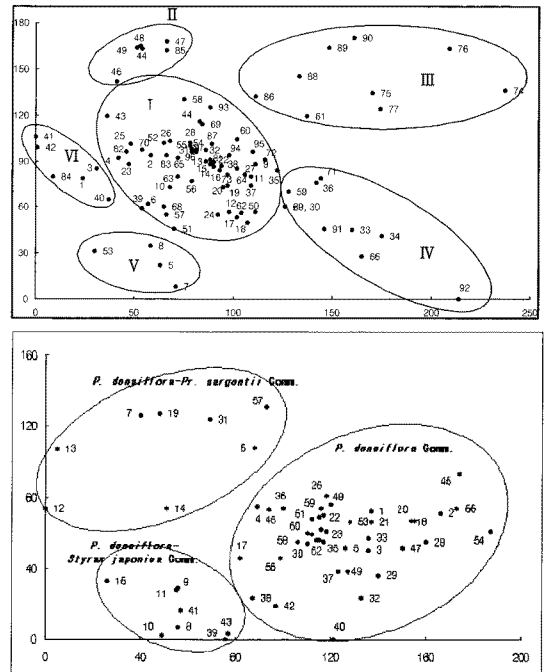


Figure 3. Classification result of *P. densiflora* forest in Seoul

I : *P. densiflora* Comm., II : *P. densiflora-Q. mongolica* Comm., III : *P. densiflora-Q. aliena* Comm., IV : *P. densiflora-Q. acutissima* Comm., V : *P. densiflora-R. pseudo-acacia* Comm., VI : *P. densiflora-P. rigida* Comm.

Table 6. Appearance frequency analysis of major tree species in *P. densiflora* forest

frequency Ratio(%)	Species Name	
	Subtree	Shrub
<5	<i>Morus bombycis</i> , <i>Prunus padus</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> , <i>Acer palmatum</i> , <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> , <i>Euonymus japonica</i> , <i>Elaeagnus umbellata</i> , <i>Maackia amurensis</i> ,	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i> , <i>Corylus heterophylla</i> , <i>Corylus sieboldiana</i> , <i>Magnolia sieboldii</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Clerodendron trichotomum</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Viburnum erosum</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Smilax china</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simplici-flora</i> , <i>Rubus parvifolius</i> , <i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> , <i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Pueraria thunbergiana</i> , <i>Securinega suffruticosa</i>
5~10	-	<i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Rosa multiflora</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , <i>Indigofera kirilowii</i> , <i>Celastrus orbiculatus</i> , <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , <i>Aralia elata</i> , <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukha-nense</i> , <i>Smilax sieboldii</i>
10~15	<i>Juniperus rigida</i> , <i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Cocculus triobus</i> , <i>Rhus chinensis</i> , <i>Weigela subsessilis</i> , <i>Rhododendron schlippenbachii</i>
15~20	<i>Styrax japonica</i> ,	<i>Rubus crataegifolius</i>
≤20	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Rhus trichocarpa</i> , <i>Stephanandra incisa</i> , <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> , <i>Zanthoxylum schinifolium</i>

species	Pr	Pd	Jr	Cc	Qa	Qv	Qd	Qaa	Qm	Qs	Ct	Si	Sa	Rc	Rm	Ps	Lc	Rp	Zs	Rc	Rt	Ac	Rm	Rc	Sc	Sj	Ws	
Pd	.																											
Jr	.	.																										
Cc	.	.	.																									
Qa	.	.	.	++																								
Qv																								
Qd																								
Qaa				+																				
Qm	.	.	++																			
Qs	.	.	++																		
Ct																		
Si	+																
Sa	.	.	++	++	.	.	.															
Rc	++	+	.	.	.														
Rm	.	.	.	+	++	.	++	++													
Ps	++	+	.	.	.												
Lc	+
Rp
Zs	.	+
Rc	.	++
Rt	.	.	.	+	+	.	++
Ac	++
Rm	.	.	++	++	.	.	.	++
Rc	++	++	.
Sc	.	.	.	++	+	.	.	++
Sj	++	++
Ws	.	.	.	+	+	++	.	++	.
Ss	.	.	.	++

Figure 4. Correlation among the importance value of the major species in *P. densiflora* forest

Pr: *P. rigida*, Pd: *P. densiflora*, Jr: *Juniperus rigida*, Cc: *Castanea crenata*, Qa: *Q. acutissima*, Qv: *Q. variabilis*, Qd: *Q. dentata*, Qaa: *Q. aliena*, Qm: *Q. mongolica*, Qs: *Q. serrata*, Ct: *Cocculus trilobus*, Si: *Stephanandra incisa*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Rm: *Rosa multiflora*, Ps: *Prunus sargentii*, Lc: *Lespedeza cyrtobotrya*, Rp: *R. pseudo-acacia*, Zs: *Zanthoxylum schinifolium*, Rc: *Rhus chinensis*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Ac: *Acer palmatum*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Rc: *Rhododendron schlippenbachii*, Sc: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, Sj: *Styrax japonica*, Ws: *Weigela subsessilis*, Ss: *Smilax sieboldii*

각 70, 53개체가 출현해 서로 경쟁하는 상태였으며, 관목층에서는 참나무류가 다수 출현하였다. 소나무-산벚나무군집, 소나무-때죽나무군집에서는 소나무가 전 흉고직경급에서 고루 출현하였으며, 산벚나무, 때죽나무가 대경목 및 중경목에서 1~2개체가 출현하였으나 수고가 낮고 아교목성상이므로 현상태를 계속 유지할 것으로 판단된다.

Song and Jang(1997)은 소나무림과 신갈나무림의 흉고직경급별 분포에 따른 천이경향은 신갈나무를 포함한 참나무류와의 경쟁으로 인한 소나무의 쇠퇴를 예측한 바 있다. 따라서 소나무 순림과 소나무-산벚나무군집, 소나무-때죽나무군집을 제외하면 소나무-참나무류군집과 소나무-외래종군락은 소나무가 도태되거나 경쟁관계로 진행될 가능성이 높아 관리가 필요하였다.

5) 상재도 분석 및 종간 상관관계

상재도 분석은 소나무와 친화성 있는 수목을 선정하기

위한 것으로 Table 6은 97개 조사지에 출현한 아교목성 및 관목성 수종을 대상으로 상재도를 분석한 결과이다. 상재도 10~20%인 아교목성 수종으로는 팔배나무, 때죽나무, 노간주나무, 관목성 수종으로는 땃대이덩굴, 불나무 등이었으며, 상재도 20%이상인 수종으로는 아교목성에 산벚나무, 관목성에 노린재나무, 진달래, 개옷나무, 국수나무 등이 출현하고 있었다.

Ludwig and Reynolds(1988)는 식물군집에서 수종간의 상관관계는 이들 수종이 같은 서식처를 선택하거나 같은 유기 및 무기환경을 요구하게 될 때 생기게 된다고 하였으므로 본 분석은 서울시 소나무림내에 출현하는 수종간의 생태적지위(niche)를 파악할 수 있을 것이다. 상재도 10% 이상인 수종을 대상으로 종간상관관계를 분석한 결과, 소나무는 교목성상의 수종인 밤나무와는 5%의 유의수준에서, 상수리나무, 갈참나무 등 참나무류와는 1%의 유의수준에서 부의 상관관계를 유지하였으나 관목성상의 수종인 산초

나무, 개웃나무와는 각각 5%, 1%의 유의수준에서 정의 상관관계를 유지하였다. 소나무림 관리 및 복원에 있어 교목성상의 낙엽참나무류는 생태적 지위가 동일하여 경쟁가능성이 있으므로 계획적인 관리가 필요하나 관목성상의 수종은 지위가 다르므로 건전한 숲 생태계 유지를 위한 하층식생의 식재가 요구되었다.

3. 생태적 관리계획

서울시 소나무림 보전을 위한 관리대책을 제안하고자 현존식생 및 토지이용형태, 식물군집구조 조사·분석 자료를 기초로 분류한 결과 토지극상 및 관리지역에 해당되어 하층식생 보완 등 소극적인 관리기법을 도입해도 되는 4개 유형과 생태적 지위가 중복되는 종이 출현으로 경쟁종 관리, 식생 도입 등 적극적인 관리기법을 적용해야 하는 4개 유형으로 분류되었다. 전자는 답압피해, 토지극성, 식생관리 등이 해당되었으며 이들 유형은 교목층에 경쟁수종이 출현하지 않고 하층은 훼손된 상태이므로 소나무림을 유지할 것이다. 후자는 식물군집구조 특성에 따라 분류된 소나무-참나무류군집, 소나무-산벚나무군집, 소나무-리기다소나무군집, 소나무-아까시나무군집 4개 유형은 교목층에서 교목성상의 수종과 경쟁으로 인해 소나무의 세력이 약해지고 하층에도 교목성상의 참나무류가 우점하고 있어 소나무림을 유지하기에는 불가능한 상태이므로 다음 단계로의 자연적인 천이 여부를 결정할 이후, 보호를 위해서는 생태적 지위가 유사

한 수종의 제거와 하층식생 보완이 필요하다.

1) 소나무군집 유지지역(하층식생 훼손)

Table 7은 아교목층과 관목층이 훼손된 4개 유형의 생태적 특성 및 관리방안을 제안한 것이다. 서울시 소나무림 유형 중 교목층의 소나무는 양호하나 답압피해, 관리로 인해 하층식생이 훼손된 지역과 능선부 또는 암반 부근에 입지한 토지극상림은 소나무군집을 지속적으로 유지할 것으로 판단된다. 하지만 이들 군집은 교목층 소나무의 세력이 큰 반면에, 아교목층과 관목층의 발달이 미미하여 생물다양성이 낮았으며, 답압피해지는 대부분 저지대에 위치하거나 이용압이 강한 사찰주변과 유원지에 입지하여 토양유실이 심하거나 토양이 경화되어 있어 타 수종이 자랄 수 없는 환경조건이었다. 토지극상림은 암반지대에 위치하거나 능선부 척박한 지역에 위치하고 있으며 지역적인 여건으로 인해 특별한 관리가 필요하지 않으나 등산로변에 위치한 경우 답압피해지와 마찬가지로 집중호우 등에 의한 2차적인 피해가 우려되어 적극적인 관리가 필요한 것으로 사료된다. 관리지역은 주로 능역 또는 묘지가 있는 지역으로 지속적인 하예작업으로 소나무군집이 유지되고 있어 하층식생이 빈약하였다.

이상의 생태적 특성을 고려하면, 토지극상인 소나무군집은 관목층의 참나무류를 제거하고 현상태를 유지하여야 하며, 이용에 의한 답압피해를 받고 있는 소나무군집은 이용객을 통제하고 토양을 경운한 후 소나무와 어울려 살 수 있는 아교목-관목성 수종을 식재하여야 할 것이다. 식생관

Table 7. Management plan and possibility of planting species for four types which damaged canopy layer and shrub layer

Community Name	Ecological character	Management plan	Planting species	
			Canopy layer	Shrub layer
<i>P. densiflora</i>	■ Undeveloped canopy layer and shrub layer	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planting the species of canopy tree and shrub ■ Maintenance of trees i.e. the same <i>P. densiflora</i> ecological niche 	<i>Sorbus alnifolia</i> , <i>Styrax japonica</i> , <i>Styrax obassia</i>	<i>Stephanandra incisa</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Rhus chinensis</i> , <i>Rhus trichocarpa</i> , <i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Rhododendron schlippenbachii</i> , <i>Weigela subsessilis</i>
<i>P. densiflora</i> (Damage of human trampling)	■ Damage of human trampling due to the use, Undeveloped upper tree layer and shrub layer(The influence of damage)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visitor limitation, the soil softening ■ Planting the species of canopy tree and shrub which mingle with <i>P. densiflora</i> 		
<i>P. densiflora</i> (Edaphic climax)	■ Distribution of <i>P. densiflora</i> in the hilly areas(the ridge) and the rock areas, the appearance of <i>Q. spp.</i> at the shrub layer	<ul style="list-style-type: none"> ■ Management of <i>Q. spp.</i> at the shrub layer ■ Planting the species of canopy tree and shrub 		
<i>P. densiflora</i> (Management area)	■ Maintenance of <i>P. densiflora</i> forest by the continuous bush control management, there are no vegetation at upper tree layer and shrub layer	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planting the species of canopy tree and shrub after stopping continuous brush control 		

리를 하고 있는 소나무군집은 하에작업을 중단하고 아교목 관목성 수종을 식재하여야 할 것이다. 한편, 하층식생이 훼손된 지역은 방치할 시 집중강우, 이용에 의한 2차적인 피해가 우려되므로 하층에 적절한 수목을 식재해야 할 것이다. 하지만 생태적 지위의 중복은 소나무의 도태를 유발할 수 있으므로 아교목상상 및 관목성상의 수목 식재가 필요하다 (Choi, 1981; Kwon *et al.*, 2004). 상재도 및 중간상관 관계 분석을 통해 생태적 지위가 중복되지 않는 종과 아교목성상의 팔배나무, 때죽나무, 쪽동백나무, 관목성상의 국수나무, 진달래, 붉나무, 개울나무, 병꽃나무 등을 식재하여 토양유실 등의 피해를 예방하고 도시지역 산림의 생물다양성을 확보하는 것이 바람직할 것이다.

2) 타수종과 경쟁지역(경쟁지역)

Table 8은 소나무와 다른 수종이 경쟁하는 군집의 특성 및 관리방안을 제시한 것으로 소나무-참나무류군집은 지역적인 특성에 따라 저지대에서는 상수리나무, 계곡부에서는 갈참나무, 능선부에서는 신갈나무 등과 경쟁하고 있었다. 참나무류는 소나무와 생태적 지위가 유사하고 천이계열상 다음 단계에서 우점하는 종이므로 피압에 의해 소나무가

도태되고 수세가 약화될 수 있기에 이들에 대한 관리가 필요하였다(Choi, 1981; Kim *et al.*, 2007). 소나무-산벚나무 군집은 남산도시자연공원의 남사면에 부분적으로 나타나고 으며 산벚나무의 수고가 소나무와 비슷하며 계곡부로 관리가 안될 시에 이들 수종이 소나무를 피압할 것으로 예측된다. 소나무-리기다소나무림은 주로 정상부 또는 능선부에 선형으로 입지하거나 토양이 마사질인 지역에 위치하여 경쟁종인 리기다소나무에 대한 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 소나무-아까시나무림은 저지대를 중심으로 분포하고 있으며 아까시나무의 세력이 확대되고 있어 장차 소나무림이 사라질 것으로 예상되었다.

교목성상의 수종이 출현하여 소나무와 경쟁하는 군집의 생태적 특성 분석 결과, 경쟁종인 낙엽성 참나무류, 아까시나무, 산벚나무, 리기다소나무를 관리해야 하며, 이들 수종을 대체하기 위해서는 소나무와 생태적 지위가 다른 공생할 수 있는 아교목성 및 관목성상의 수종을 도입해야 할 것이다. 유형별 특성을 살펴보면, 소나무-산벚나무군집은 전반적으로 종다양도가 낮았으며, 교목층의 산벚나무와 때죽나무, 아교목층과 관목층에 출현하는 교목성을 수종을 제거한 후 아교목관목성 수종을 식재하여야 할 것이다. 소나무-아

Table 8. Possibility of planting species according to the appearance of competitive species which compete with *P. densiflora*

Community Name	Ecological character	Management plan	Planting species	
			Canopy layer	Shrub layer
<i>P. densiflora</i> - <i>Q.</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>P. densiflora</i> and <i>Q.</i> spp.(i.e. the characteristic of upper tree layers such as <i>Q. acutissima</i>, <i>Q. aliena</i>, <i>Q. mongolica</i>, etc.) competition, The appearance of <i>Q.</i> spp. at the canopy layer and shrub layer) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ecological succession which is induced <i>P. densiflora</i> to <i>Q.</i> spp.(<i>P. densiflora</i> forest maintenance being difficult) ■ Planting the species of canopy tree and shrub after eliminating <i>Q.</i> spp.(i.e. <i>P. densiflora</i> competitive species) step-by-step 		<ul style="list-style-type: none"> <i>Lespedeza cyrtobotrya</i>, <i>Rhododendron schlippenbachii</i>, <i>Zanthoxylum schinifolium</i>, <i>Rhododendron mucronulatum</i>, <i>Rhus chinensis</i>, <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>, <i>Stephanandra incisa</i>
<i>P. densiflora</i> - <i>Pr. sargentii</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Pr. sargentii</i> and <i>P. rigida</i> competition, The appearance of the numerous <i>Stephanandra incisa</i> at shrub layer 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Management of <i>Pr. sargentii</i> and planting the species of canopy tree and shrub after eliminating the characteristic of upper tree layers which appear at the canopy layer and shrub layer 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Sorbus alnifolia</i>, <i>Pr. sargentii</i>, <i>Styrax japonica</i> 	
<i>P. densiflora</i> - <i>P. rigida</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>P. densiflora</i> and <i>P. rigida</i> competition 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminating <i>P. rigida</i> step-by-step and planting the species of canopy tree and shrub 		
<i>P. densiflora</i> - <i>R. pseudo-acacia</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>R. pseudo-acacia</i> competition which is caused by sphere of influence at upper tree layer ■ The expand of <i>R. pseudo-acacia</i>'s sphere of influence at the canopy layer and shrub layer 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planting the species of canopy tree and shrub after eliminating <i>R. pseudo-acacia</i>(i.e. <i>P. densiflora</i> competitive species) step-by-step 		

까시나무군집, 소나무-리기다소나무군집은 경쟁수종인 아까시나무, 리기다소나무를 단계적으로 제거하고 아교목성 및 관목성 수종을 식재하여야겠다. 교목성상의 수종이 출현하여 소나무와 경쟁하는 소나무림을 유지하기 위해서는 생태적 지위가 중복되는 교목성상의 수목을 제거하는 게 최우선이고 도심지역내의 생물종다양성을 높이기 위해서는 하층에 아교목성상의 팔배나무, 때죽나무, 산벚나무 등과 관목성상의 붉나무, 개웃나무, 노린재나무, 진달래, 국수나무 등을 식재하여 복원하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

IV. 결론

대도시 및 인근 지역의 산림은 대기오염물질의 강하로 토양이 산성화되었으며 이로 인해 산림쇠퇴 현상이 나타나고 있다. 서울시 또한 대기오염이 심각해지면서 소나무에 대한 피해가 확산되어 산림지역에서 쇠퇴하는 것으로 분석되고 있을 뿐아니라 생태적 천이경향으로 볼 때에도 시간이 흐를수록 참나무류군집으로 변화될 가능성이 높다. 서울시에서는 소나무림의 식생환경을 개선하고자 소나무 식재, 시비작업을 통한 토양개선, 병충해 방제, 경쟁목 제거 등의 관리가 시행되고 있으나 정확한 현황 파악을 기초로 한 보전복원 대책은 없는 상태이다. 이에 본 연구는 소나무림 분포현황 파악, 유형별 식물군집구조 조사분석 자료에 근거하여 유형을 구분하고 적합한 생태적 관리대책을 제안하고자 한다.

서울시 비오톱 자료에 의하면 산림지역은 총 14,425.0ha로 전체면적의 23.72%에 해당되었으며 이 중 소나무림 면적은 1,967.0ha로 전체 산림면적의 13.63%를 차지하였다. 소나무순림에 속하는 토지극상림과 순림이 각각 26.1%, 21.5%이었으며 소나무와 타 수종이 경쟁하는 지역 중에서는 소나무-신갈나무림(28.0%)이 가장 넓었고 소나무-리기다소나무림(13.1%), 소나무-상수리나무림(4.2%), 소나무-줄참나무림(2.9%), 소나무-아까시나무림(2.0%) 등이 주요 유형이었다. 유형별 생태적 특성을 파악하고자 대표유형에 대해 10m×10m(100m²) 크기의 방향구 97개에 대한 군집 유형 분류 결과 소나무군집, 소나무-참나무류군집, 소나무-외래종군집 등 8개로 분류되었다. 소나무순림은 이용에 의한 답압 또는 토지극상림으로 아교목층과 관목층이 미발달되어 현상태를 유지하겠으나 강우 또는 이용에 의한 훼손가능성이 높았다. 소나무-낙엽성참나무류군집은 교목층 소나무의 세력이 우세하나 아교목층과 관목층에서 교목성상의 신갈나무, 상수리나무, 갈참나무 등과 경쟁하거나 경쟁에 의해 도태되고 있으므로 낙엽성 참나무류로의 자연적인 천이 유도 또는 소나무림 보전을 위한 경쟁종 관리계획을 수립하여야 할 것이다. 저지대와 능선부에는 외래종인 리기다소나무와 아까시나무가 소나무와 경쟁하고 있으며 하층에

낙엽성 참나무류가 출현하고 있어 소나무림을 유지하기 위해서는 외래종 뿐만아니라 하층식생의 관리도 병행되어야 할 것이다.

소나무림 보전을 위한 관리대책을 수립하기 위해 재분류한 결과 토지극상 및 관리지역에 해당되어 하층식생 보완 등 소극적인 관리기법을 도입해도 되는 4개 유형과 생태적 지위가 중복되는 종이 출현으로 경쟁종 관리, 식생 도입 등 적극적인 관리기법을 적용해야 하는 4개 유형으로 분류되었다. 전자는 답압피해, 토지극성, 식생관리 등이 해당되었으며 이들 유형은 교목층에 경쟁수종이 출현하지 않고 하층은 훼손된 상태이므로 소나무림을 유지할 것이다. 후자는 식물군집구조 특성에 따라 분류된 소나무-참나무류군집, 소나무-산벚나무군집, 소나무-리기다소나무군집, 소나무-아까시나무군집 4개 유형은 교목층에서 교목성상의 수종과 경쟁으로 인해 소나무의 세력이 약해지고 하층에도 교목성상의 참나무류가 우점하고 있어 소나무림을 유지하기에는 불가능한 상태이므로 다음 단계로의 자연적인 천이 여부를 결정한 이후, 보호를 위해서는 생태적 지위가 유사한 수종의 제거와 하층식생 보완이 필요하다.

참고문헌

- Bae, K. H. and S. C. Hong(1996) Structure and dynamics of *Pinus densiflora* community in Mt. Kaya. Jour. Korean For. Soc. 85(2): 260-270.
- Beon, M.S. and N. Bartsch(2003) Early seedling growth of pine(*Pinus densiflora*) and oaks(*Quercus serrata*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*) in response to light intensity and soil moisture. Plant Ecology 167: 97-105.
- Cappellato, R., N. E. Peters and H. L. Ragsdale(1993) Acidic atmospheric deposition and canopy interactions of adjacent deciduous and coniferous forests in the Georgia Piedmont. Can. J. For. Res. 23: 1114-1124.
- Cho, Y. H. and W. Kim(1992) Secondary succession and species diversity of *Pinus densiflora* forest after fire. Journal of Ecology and field biology. 15(4): 337-344.
- Choi, J. C.(1981) Basic ecology. Hyangmunsa, Seoul, 251pp.
- Choo, G. C., T. W. Um, G. T. Kim, S. B. Park, H. H. An, N. H. Kim and H. J. Kim(2008) Vegetation structure of mountain ridge from Bukhansansung to Insubong in the Bukhansan National Park, Korea. Kor. J. Env. Eco. 22(2): 98-105.
- Curtis, J.T. and R. P. McIntosh(1951) An upland Forest continuum in the prairie-forest border region of Winsconsin. Ecology 32: 476-496.
- Hill, M.O.(1979a) DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and resiprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York,

- 52pp.
- Hill, M.O.(1979b) TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in a 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* forest in Chuwangsan National Park. Kor. J. Env. Eco. 8(2): 121-134.
- Kim, J. H., G. H. Seo, Y. S. Gung, K. S. Lee, S. D. Go, J. S. Lee, B. S. Lim, H. T. Mun, K. H. Cho, H. S. Lee, Y. H. Yoo, B. M. Min, C. S. Lee, E. J. Lee and K. H. Oh(2007) Modern ecology. Gyomunsa, Seoul, 434pp.
- Korea Forest Service(2006) Statistical annual report of Forestry sector. 474pp.
- Kwon, J. O.(2003) A study on the application of the ecological evaluation for the nature-friendly residential site development planning. University of Seoul graduate school dissertation for the degree of doctor, 281pp.
- Kwon, J. O., G. J. Lee and S. H. Jang(2004) The planting models of maritime forest by the plant community structure analysis in the seaside, Incheon -a case study on *Pinus thunbergii* community and *P. densiflora* community-. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 31(6): 53-63.
- Kwon, O. B., H. K. Lee and C. W. Chong(1982) Stand density management studies on pine stands in Korea (I) - The simple logistic growth curve and its application to pine stands -. Jour. Korean For. Soc. 57: 1-7.
- Lee, C. K., J. H. Hwang and J. K. Kim(2004) Study on decline of trees by acid rainfall. Journal of Ecology and field biology 27(6): 347-353.
- Lee, K. J., B. H. Han and J. Y. Kim(1999) Plant community structure & distribution density of *Pinus thunbergii*-*Pinus densiflora* forest in Kojedo District, Hallyo-Haesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(4): 361-372.
- Lee, K. J., B. H. Han and O. H. Lee(1998) Vegetation structure analysis and ecological distance of *Pinus densiflora* community in Chayang-Chon Area, Soraksan National Park. Kor. J. Env. Eco. 11(4): 493-505.
- Lee, K. J., I. H. Park and K. K. Oh(1987) Analysis of vegetational community structure and phytosociological changes during eight years of the Namsan Nature Park in Seoul. Jour. Korean For. Soc. 76(3): 206-217.
- Lee, K. J., I. H. Park, J. C. Jo and C. H. Oh(1990) Studies on the structure of the forest community in Mt. Sokri(2) -analysis on the plant community by the classification and ordination techniques-. Kor. J. Env. Eco. 4(1): 33-43.
- Lee, K. J., W. Cho and B. H. Han(1996) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul -plant community structure in forest area-. Kor. J. Env. Eco. 10(1):113 ~ 127.
- Lim, K. B.(1998) *Pinus densiflora*. Daewonsa, Seoul, 1443pp.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) Statistical ecology-a primer on methods and computing John Wiley & Sons Publ, N.Y., 337pp.
- Mun, H. T. and Y. S. Choung(1996) Effects of forest fire on soil nutrients in pine forests in Kosong , Kangwon Province. Journal of Ecology and field biology 19(5): 375-383
- 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.
- Park, I. K(2005) The ecological management and characteristics of the *Pinus densiflora* S. et Z. forest in Namsan , Seoul. University of Seoul graduate school dissertation for the degree of doctor, 250pp.
- Seoul Metropolitan Government(1992) Restoration plan of Namsan. Seoul Metropolitan Government, Korea, 35pp.
- Seoul Metropolitan Government(2000) Guidelines on the biotope survey and the eco-city construction for application the urban ecosystem concept to urban planning. Seoul Metropolitan Government, Korea, 245pp.
- Seoul Metropolitan Government(2001) Management plan and vegetation structure of Namsan Urban Natural Park. Seoul Metropolitan Government, Korea, 366pp.