

도시림의 식생구조분석*

- 경주 남산을 중심으로 -

이영경* · 최송현**

*동국대학교 조경학과 · **밀양대학교 조경학과

Vegetation Structure Analysis of Urban Forest

- The Case of Namsan in Kyungju -

Yi, Young-Kyoung* · Choi, Song-Hyun**

*Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University

**Dept. of Landscape Architecture, Miryang National University

ABSTRACT

In urban area, urban forests work as an ecological center that mitigates the environmental pollution of the area. In order to maintain the ecological function of a forest, the management method should be established based on the through investigation of the vegetation structure of the forest.

In this study, the vegetation structure of Namsan in Kyungju area was investigated in order to study the ecological value of Namsan and to suggest a desirable management alternative. 21 plots were selected as survey areas. Using the TWINSpan technique, the forest of Namsan was classified into four communities: *Quercus serrata* community (I), *Castanea crenata*-*Q. serrata*-*Q. mongolica* community (II), *Pinus densiflora* community (III) and *P. densiflora*-*P. rigida*-*Robinia pseudoacacia* community (IV). The survey results were summarized by five: 1) the distribution of vegetation showed 2) *P. densiflora* was the absolutely dominant species in Namsan, 3) number of the average species was 12.6 ± 3.1 , 4) number of individual was 131.1 ± 47.8 per a plot (100m²), 5) the results of annual ring analysis revealed that the age of *P. densiflora* in Namsan was about 30~60 years old.

From the above results, it was found out that the forest has two problems. One thing is maintenance of *P. densiflora* against succession, another is artificial forest dispersion. The problems of Namsan forest management will be solved with further studies related.

Key Words : urban forest, urban forest management, vegetation structure analysis, Namsan, Kyungju

*: 이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단 인문사회중점영역 연구비 지원에 의한 것임.

I. 서론

도시녹지란 교외의 작은 마을에서부터 대도시에 이르기까지 인구밀집지역에 분포하는 모든 식생을 총체적으로 이르는 용어이다(Miller, 1988). 도시녹지는 인간이 정착하게 되는 농업혁명에까지 기원을 거슬러 올라가나, 총체적인 관리체계를 포함하는 현대적 의미의 도시녹지 개념은 1960대 중반에 이르러서 등장하였다(Grey and Deneke, 1978). 도시녹지의 중요성은 급속한 도시화 및 산업화에 따른 생활환경의 악화로 부각되기 시작하였으며, 이에 따라 도시녹지의 관심은 주로 도시의 환경개선과 관련된 녹지의 공익적 기능 및 환경피해에 모아졌다. 이후 도시에 대한 관심이 포괄적으로 발전하면서 도시녹지는 도시생태계의 핵심적 요인으로 다루어졌다(Sukopp, 1990; 김귀곤, 1994; 조우, 1995; 오구균, 1997)

국내에서는 최근 들어 도시녹지의 조성, 보존, 이용에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며(이경재, 1986; 오충현, 1992; 조우, 1995; 이경재 등, 1992; 1994; 1997), 나아가 도시녹지를 도시정책에 반영하기 위한 연구도 활발하게 이루어지고 있다(서울특별시, 1995; 인천광역시, 1995; 서울시정개발연구원, 1999). 이처럼 도시녹지에 대한 연구를 장·단기적인 도시기본계획에 반영하기 위해서는 이에 대한 기초조사 및 자료가 축적되어 있어야 한다.

경주는 천년의 고도로서 시가지를 중심으로 형산강이 관통하고, 남산, 황성공원, 소금강산 등의 주요 녹지가 주변에 산재되어 있어 시의 규모, 인구, 경제적인 요건을 고려할 때(김귀곤, 1993) 역사적 관광도시로서 뿐만 아니라 생태도시로서의 잠재력이 높은 도시로 판단된다. 그러나 역사성에 가려져 일부 기초조사(국립중앙과학관, 1997)를 제외하고는 도시녹지에 대한 연구가 전무한 상태이다

이에 본 연구에서는 경주시의 핵심 녹지인 남산을 대상으로 삼림식생을 조사하여 식생구조를 분석하고, 이의 보존 및 관리대책을 제시하고자 한다. 본 연구는 경주 도시림에 대한 기초자료로 축적되어 도시림의 보전 및 관리방안 수립과 경주시의 장·단기 녹지기본계획 및 생태도시계획 수립시 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사구 설정 및 환경요인조사

경주 남산의 주요부에 Figure 1과 같이 10m×10m(100m²)의 조사구 21개를 설치하였다. 각 조사구에 대한 환경요인조사로 일반적 개황을 조사하였으며, 일반적 개황으로는 각 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 수목의 평균수고, 평균흉고직경 및 평균울폐도 그리고 조사구에 출현하는 목본종수를 측정·조사하였다. 본 연구는 99년 5월 예비조사를 거쳐 7, 8월에 본 조사가 실시되었다.

2. 식생구조조사 및 분석

식생조사는 조사구내에서 흉고직경(diameter at breast height: DBH) 2cm 이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명, DBH를 측정하였으며, 층위는 교목상층, 아교목층, 관목층으로 구분하였다. 측정된 자료는 Curtis and McIntosh(1951), Pielou(1977)의 방법에 따라 상대우점치(importance value: I.V.), 종다양성지수, 유사도지수를 계산하였다. 식생자료를 정리하여 군집의 분류(classification)는 TWINSPAN(two way indicator species analysis: TWINSPAN)(Hill, 1979b), 군집의 서열(ordination)분석은 DCA(detrended correspondence analysis: DCA)방법(Hill, 1979a)

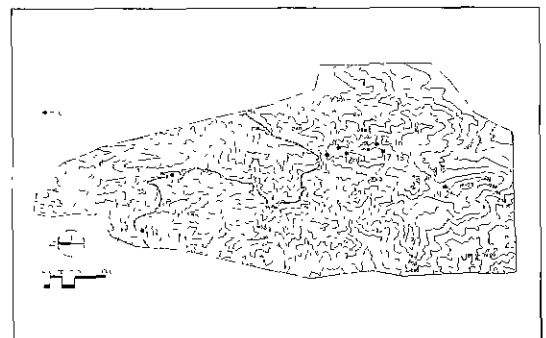


Figure 1. The location map of the survey plots in Namsan, Kyungju.

Legend . ● Plot

Table 1 Description of the physical features of each plot classified by TWINSpan ordination in Namsan, Kyungju.

Community Plot Number	I			II	III					
	19	20	21	18	15	16	13	14	17	2
Altitude(m)	250	250	250	390	390	390	390	390	390	90
Aspect	S60W	S60W	S60W	N52W	N52W	N52W	N30E	N30E	N52W	S35E
Slope(°)	18	18	18	16	10	10	16	16	16	24
Height of canopy(m)	11	11	11	17	15	15	13	13	17	13
Mean DBH of canopy(cm)	10	10	10	20	20	20	30	30	20	18
Cover of canopy(%)	85	85	85	60	80	80	60	60	60	70
Height of understory(m)	4	4	4	8	8	8	6	6	8	5
Mean DBH of understory(cm)	6	6	6	7	7	7	5	5	7	4
Cover of understory(%)	40	40	40	60	60	60	50	50	60	20
Height of shrub(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub(%)	30	30	30	20	20	20	40	40	20	40
No. of species	13	13	13	19	15	17	9	8	11	11

Community Plot Number	III					IV				
	10	11	12	1	3	4	5	6	7	8
Altitude(m)	385	385	390	90	265	265	265	330	330	330
Aspect	S76W	S76W	N30E	S35E	N82E	N82E	N82E	E	E	E
Slope(°)	16	16	16	24	18	18	18	21	21	21
Height of canopy(m)	12	12	13	13	10	10	10	14	14	14
Mean DBH of canopy(cm)	20	20	30	18	18	18	18	15	15	15
Cover of canopy(%)	60	60	60	70	90	90	90	80	80	80
Height of understory(m)	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5
Mean DBH of understory(cm)	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
Cover of understory(%)	50	50	50	20	30	30	30	20	20	20
Height of shrub(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub(%)	40	40	40	40	20	20	20	30	30	30
No. of species	18	12	9	9	14	15	11	9	12	13

을 이용하였다. 흉고직경 조사 및 분석은 조사구 내에서 교목층의 평균 흉고직경목을 택하여 목편을 추출하여 나이테 조사를 실시하였다. 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태발전연구소에서 개발한 PDAP(plant data analysis package)와 SPSSWIN을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사지 개황

경주 남산은 경주시내의 남쪽에 위치해 있으며, 해발 468m의 금오산과 494m의 고위산에서 뻗어 내린 약 40여개의 등성이와 골짜기를 말하며, 약 180여개의 봉우리로 이루어져 있다. 남북길이 8km, 동서길이 12km에 달하며, 동남산은 경사가 완만한 반면 서남쪽은 경사가 급하다. 나정(蘿井), 포석정(鮑石亭) 등 역사적 유물을 비롯하여 수많은 절터가 산재해 있어 남산 일원이 사적으로 지정되어 있다.

Table 1은 경주 남산 21개 조사구에 대한 일반적 현황을 나타낸 것이다. 조사구는 해발 250~390m에 주로 위치하고, 경사는 11~24°였다. 교목층의 높이는 11~17m, 아교목층은 4~8m였으며, 단위면적(1002m)당 9종부터 최고 19종까지 출현하였다.

2. 현존식생

Figure 2는 경주 남산지역의 현존 식생도를 나타낸 것이다. 조사 면적 18.5km²중 98%가 소나무 군락이었으며, 약 2%미만이 참나무류 군락으로 구성되어 있었다.

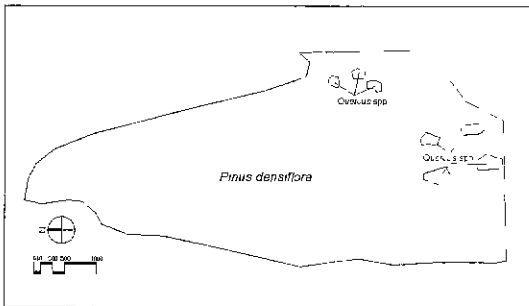


Figure 2. The actual vegetation map in Namsan, Kyungju.

3. 군집분류

1) 서열(Ordination) 분석

경주 남산에 설치한 전체 21개 조사구에 대해 서열(ordination)분석기법중 DCA분석을 실시하였다(Figure 3 참조). 처음 두 축에 대한 총분산(total variance)은 각각 69.4%, 15.4%로 설명력이 높았으

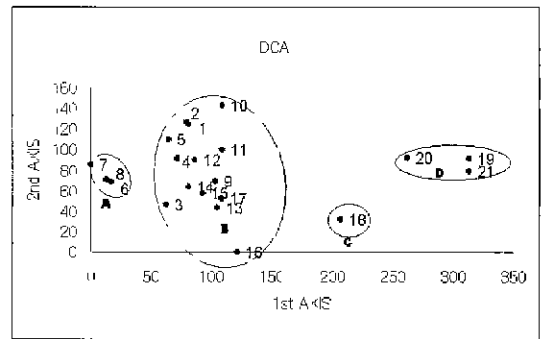


Figure 3 DCA ordination of the sample plots in Namsan, Kyungju

며, 4개의 군집으로 임의의 분리를 하였다. 분리결과 군집 A는 아까시나무-리기다소나무군집, 군집 B는 소나무군집, 군집 C는 밤나무-졸참나무-신갈나무군집, 군집 D는 졸참나무군집이었다.

2) TWINSpan 분석

분류(Classification)기법중 TWINSpan을 이용하여 경주 남산 21개 조사구에 대해 분석을 실시하였다(Figure 4 참조). 조사구의 첫 번째 분리단계에서 리기다소나무가 집중적으로 출현하는 군집 IV와 그렇지 않은 군집 I, II, III의 두 그룹으로 나뉘어졌다. 두 번째 분리에서, 리기다소나무가 조사되지 않은 군집 I, II, III은 졸참나무가 출현하는 군집 I 과 졸참나무가 출현하지 않은 군집 II와 III으로 다시 분리되었고, 군집 II와 III은 세 번째 분리에서 소나무가 출현하지 않은 군집 II와 소나무가 출현한 군집 III으로 나뉘어졌다. 군집 IV는 두 번째 단계에서 생강나무의 출현유무에 따라 두 그룹으로 분리가 되었으나, 생강나무가 생태적 특성상 아교목성 수목이므로 더 이상 분리하지 않았다

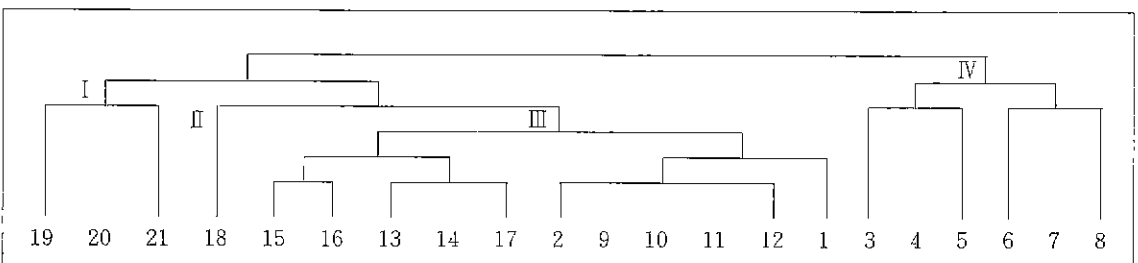


Figure 4. The dendrogram of stand classification by TWINSpan using twenty one plots in Namsan, Kyungju.

이상 TWINSpan기법을 이용하여 분리한 결과 군집 I 은 졸참나무군집, 군집 II는 밤나무-졸참나무-신갈나무군집, 군집 III은 소나무 군집 그리고 군집 IV는 소나무-리기다소나무-아까시나무 군집이었다.

3) 군집분류 종합

이상 경주 남산의 21개 조사구에 대해 분류(classification)과 서열(ordination)의 양 분석을 적용한 결과 두 분석이 유사한 결과를 도출하였다. 이에 본 대상지에 대해 식생구조의 종조성 특성을 밝히기 위해 TWINSpan을 이용하여 분리된 결과를 토대로 군집구조를 분석하였다.

4. 식생구조분석

분류(Classification)분석에 의해 분리된 4개 군집을 조사구별로 수종에 대해 평균상대우점치(Mean Importance Value: M.I.V.)를 정리한 것이 Table 2이며, 각 군집별로 층위별 우점치(Importance Value: I.V.) 및 M.I.V.를 나타낸 것이 Table 3이다.

군집 I 은 졸참나무군집으로 조사구 19, 20, 21이 해당되었다. 졸참나무는 교목층(I.V. 69.1%), 아교목층(I.V. 50.8%), 관목층(I.V. 8.6%)의 전층위에서 우점종으로 고르게 분포하고 있었다. 교목층에서 소나무가 I.V. 3.6%로 일부 출현하나, 아교목층과 관목층에서는 나타나지 않고 있어 졸참나무와의 경쟁에서 점차 밀려나는 것으로 나타났다. 일본잎갈나무는 교목층(I.V. 19.1%)과 아교목층(I.V. 2.9%)에서 인공식재된 것이 남아 있는 것으로 세력을 확장하지 못하고 있다 따라서 군집 I 은 졸참나무를 중심으로 갈참나무, 신갈나무 등의 참나무류로 점차 세력이 확장되어갈 것이다.

군집II는 조사구 18의 하나가 포함되는 밤나무-졸참나무-신갈나무군집이다. 교목층을 밤나무(I.V. 45.8%), 졸참나무(I.V. 31.6%), 신갈나무(I.V. 22.6%)가 점유하고 있으며, 아교목층에서는 졸참나무(I.V. 24.9%)와 굴피나무(I.V. 17.6%) 등이 자리를 잡고 있다. 군집 II에서 밤나무는 식재된 것으로 보이며, 점차 졸참나무와 신갈나무 등의 참나무류로 천이가 진행되고 있는 것으로 생각된다.

Table 2. Importance value of each plot for classified type by DCA ordination in Namsan, Kyungju

Community Plot Number	I			II	III					
	19	20	21	18	15	16	13	14	17	2
Lanx leptolepis	11.0	.	16.7	.	.	.	.	.	.	.
Carpinus laxiflora	.	.	2.0	.	.	6.3	.	.	.	.
viburnum erosum	0.9	3.3	2.5	.	0.6	0.8	0.4	.	.	.
Corylus sieboldiana	.	0.9	.	2.3	1.1	.	.	.	.	.
Castanea crenata	3.4	.	.	27.4	.	1.5	.	.	2.0	.
Symplocos chinensis	.	.	1.3	3.6	.	0.3	.	.	.	.
Juglans mandshurica	.	.	.	5.9	.	.	.	.	1.0	.
Quercus variabilis	.	.	.	.	14.0	9.1	.	.	1.0	.
Fraxinus sieboldiana	.	5.2	.	0.4	3.9	6.2	.	.	1.0	12.8
Quercus mongolica	1.9	.	.	15.8	4.2	31.9	19.1	9.2	3.7	1.5
Rhododendron mucronulatum	4.0	13.2	10.2	6.9	10.9	4.7	17.1	10.5	17.9	2.5
Rh. schlippenbachii	0.4	.	.	4.8	3.9	3.2	0.9	2.5	17.9	1.8
Styrax japonica	5.4	7.0	6.9	0.4	.	.	.	.	.	2.1
Pinus densiflora	.	7.7	.	.	50.0	21.2	51.6	63.7	50.0	72.4
Juniperus rigida	.	.	.	.	0.7	.	.	.	.	0.6
Lespedeza cryptobotrya	.	.	.	1.1	.	.	5.4	7.9	.	.
Rhododendron poukhanense	0.9	.	0.8	0.8	0.6	.	.	.	.	2.3
Quercus aliena	6.7	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.
Quercus serrata	54.8	53.1	49.1	19.6	3.0	3.9	1.4	1.9	2.9	2.5
Lespedeza maximowiczii	9.2	3.7	7.8	.	.	.	1.9	.	.	.

(Table 2. Continued)

Community Plot Number	III			IV						
	10	11	12	1	3	4	5	6	7	8
<i>Quercus aliena</i>	6.7	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus serrata</i>	54.8	53.1	49.1	19.6	3.0	3.9	1.4	1.9	2.9	2.5
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	9.2	3.7	7.8	.	.	.	1.9	.	.	.
<i>Alnus hirsuta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stephanandra incisa</i>	.	.	.	3.6	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus alnifolia</i>	.	0.8	0.8	0.4	.	2.1	.	.	.	.
<i>Smilax china</i>	0.7	.	0.3	1.5	.	5.6	.	.	1.2	0.6
<i>quercus acutissima</i>	.	.	.	.	.	0.4	.	.	.	.
<i>Pinus rigida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Robinia pseudoacacia</i>	.	.	.	.	.	.	.	3.2	.	1.9
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.8	.	.	2.6	1.9	.	.	.	.	.
<i>Rhus trichocarpa</i>	.	0.7	.	0.4	2.5	1.0	.	.	.	.
Others	.	7.6	0.8	1.5	3.8	1.9	2.3	1.0	0.5	.

군집 III은 소나무군집으로 총 11개 조사구(1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17)가 포함되었다. 교목층의 경우 소나무가 I.V. 92.4%로 우점종을 이루고 있었으며, 서어나무(I.V. 1.3%)와 신갈나무(I.V. 6.3%)가 일부 출현하였다. 아교목층에서는 신갈나무가 I.V. 16.0%, 소나무가 I.V. 7.0%로 신갈나무가 우세하게 나타났고, 관목층에서도 소나무 I.V. 2.9%에 비해 졸참나무 I.V. 7.1%, 신갈나무 I.V. 3.6%, 굴참나무 I.V. 0.3% 등 참나무류가 강세를 보였다. 군집 III은 소나무군집이나 추후 세력을 확장한 신갈나무를 비롯한 참나무류와의 경쟁이 예상되며, 점차 참나무류로 천이가 진행될 것으로 판단된다.

군집 IV는 소나무-리기다소나무-아까시나무군집으로 소나무-인공림군집이며, 조사구는 3, 4, 5, 6, 7, 8의 6개가 해당되었다. 교목층에서 소나무가

I.V. 48.2%로 우점종이었고, 리기다소나무(I.V. 26.1%)와 아까시나무(I.V. 19.2%)가 부수종을 이루고 있다. 아교목층에서도 소나무는 I.V. 28.1%로 우점을 차지하고 있었고, 아까시나무 I.V. 20.5%, 리기다소나무 I.V. 11.1%로 교목층과 비슷한 양상을 보였다. 그러나 관목층에서는 졸참나무가 I.V. 18.1%로 우점종을 이루고 있었다. 군집 IV는 소나무와 리기다소나무 및 아까시나무 인공림이 혼효되어 있는 삼림이나 졸참나무, 신갈나무, 갈참나무 등의 참나무류가 점차 세력을 확장하고 있어, 외부 간섭이 없는 한 참나무류가 우점하는 구조로 변화되어 갈 것으로 판단된다.

5. 종다양성 분석

4개 군집의 조사구별로 몇 종다양지수 분석을 실시

Table 3. Importance value of woody species by the stratum in each community.
a: Community I

Species	Layer				Species	Layer			
	Ca	Ub	Sc	Md		Ca	Ub	Sc	Md
<i>Quercus serrata</i>	69.1	50.8	8.6	52.9	<i>Styrax japonica</i>	0.0	14.0	10.0	6.3
<i>Larix kaempferi</i>	19.1	2.9	0.0	10.5	<i>Prunus sargentii</i>	0.0	3.2	0.0	1.1
<i>Q. aliena</i>	5.0	0.7	0.0	2.7	<i>Viburnum erosum</i>	0.0	2.7	9.6	2.5
<i>Pinus densiflora</i>	3.6	0.0	0.0	1.8	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.0	1.6	28.6	5.3
<i>Betula davurica</i>	1.9	0.0	0.0	0.9	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.0	1.5	0.0	0.5
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	1.4	2.1	0.7	1.5	Others	0.0	3.2	10.8	2.8
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.0	17.4	31.8	11.1					

b: Community II

Layer		Ca	Ub	Sc	Md	Layer		Ca	Ub	Sc	Md
Species						Species					
<i>Castanea crenata</i>		45.8	7.2	12.8	27.4	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>		0.0	3.4	0.0	1.1
<i>Quercus serrata</i>		22.6	24.9	0.0	19.6	<i>Corylus heterophylla</i>		0.0	2.8	0.0	0.9
<i>Q. mongolica</i>		31.6	0.0	0.0	15.8	<i>Stephanandra incisa</i>		0.0	0.0	27.6	4.6
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		0.0	20.6	0.0	6.9	<i>Lindera obtusiloba</i>		0.0	0.0	15.6	2.6
<i>Platycarya strobilacea</i>		0.0	17.6	0.0	5.9	<i>Corylus sieboldiana</i>		0.0	0.0	13.6	2.3
<i>Rh. schlippenbachii</i>		0.0	14.4	0.0	4.8	<i>Smilax china</i>		0.0	0.0	8.5	1.4
<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i>		0.0	9.0	3.4	3.6	<i>Others</i>		0.0	0.0	18.6	3.0

c: Community III

Layer		Ca	Ub	Sc	Md	Layer		Ca	Ub	Sc	Md
Species						Species					
<i>Pinus densiflora</i>		92.4	7.0	2.9	49.0	<i>Q. variabilis</i>		0.0	5.9	0.3	2.0
<i>Quercus mongolica</i>		6.3	16.0	3.6	9.1	<i>Styrax japonica</i>		0.0	2.1	0.6	0.8
<i>Carpinus laxiflora</i>		1.3	0.0	0.0	0.7	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>		0.0	1.9	2.7	1.1
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		0.0	33.7	7.3	12.4	<i>Rhus trichocarpa</i>		0.0	1.5	2.6	0.9
<i>Rh. mucronulatum</i>		0.0	9.1	35.7	9.0	<i>Stephanandra incisa</i>		0.0	0.0	6.0	1.0
<i>Fraxinus sieboldiana</i>		0.0	8.3	13.9	5.1	<i>Others</i>		0.0	6.8	17.5	5.0
<i>Q. serrata</i>		0.0	7.8	7.1	3.8						

d: Community IV

Layer		Ca	Ub	Sc	Md	Layer		Ca	Ub	Sc	Md
Species						Species					
<i>Pinus densiflora</i>		48.2	28.1	0.0	33.5	<i>Alnus hirsuta</i>		0.0	4.0	0.0	1.3
<i>P. rigida</i>		26.1	11.1	0.7	16.9	<i>Rhododendron mucronulatum</i>		0.0	3.0	12.2	3.0
<i>Robinia pseudoacacia</i>		19.2	20.5	1.5	16.7	<i>Lespedeza bicolor</i>		0.0	1.7	0.0	0.6
<i>Quercus mongolica</i>		4.0	0.0	0.0	2.0	<i>Stephanandra incisa</i>		0.0	0.0	9.3	1.5
<i>Q. acutissima</i>		1.6	1.5	0.0	1.4	<i>Smilax china</i>		0.0	0.0	8.8	1.5
<i>Q. serrata</i>		1.0	3.5	18.1	4.7	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		0.0	0.0	8.1	1.4
<i>Rhus trichocarpa</i>		0.0	10.5	1.5	3.8	<i>Ligustrum obtusifolium</i>		0.0	0.0	7.9	1.3
<i>Lindera obtusiloba</i>		0.0	5.7	9.4	3.5	<i>Others</i>		0.0	4.8	20.2	5.0
<i>Sorbus alnifolia</i>		0.0	5.6	2.7	2.3						

a: Canopy layer; b Understory layer; c: Shrub layer; d: Mean importance value.

한 것이 Table 4이다. Table 4를 살펴보면 신갈나무가 우점종인 군집 I의 세 조사구(19, 20, 21) 모두 각 13종이 출현하여 최대종다양도(H' max)가 1.1139로 같게 나왔고, Shannon, Simpson, Hurlbert의 종다양도의 범위도 유사하게 분석되었다. 이로써 세 조사구의 종조성이 매우 유사함을 알 수 있었다. 군집 II는 밤나무-졸참나무-신갈나무군집으로 최대종다양도(H' max)가 1.2788로 가장 높았고, 균재도(J')도

0.9249로 고른 종조성을 나타내어, H'가 높은 값을 나타내었다. 소나무가 우점종인 군집 III은 H'가 0.6~1.1로 낙엽활엽수림인 군집 II보다 낮게 나타났으며, 점차 참나무류가 세력을 확장해 나감에 따라 균재도(J')가 높아지고, 우점도(D')가 낮아질 것으로 판단된다. 군집 IV는 소나무-리기다소나무-아카시나무군집으로 각 조사구마다 9~15종이 출현하며, H' max가 1.0~1.2의 분포를 나타내었고, 종수와 균재도를 조화

시킨 Shannon의 종다양도는 0.8~1.0으로 분석되었다.

전체적으로 남산 삼림의 종조성은 Shannon의 종다양도가 주로 0.8~1.1의 범위에 집중되어 있어, 변이가 심하지 않은 것으로 나타났고, 일반적인 자연림(최송현 등, 1997)의 수치에 가까운 것으로 나타나고 있다.

6. 종수 및 개체수분석

경주 남산의 21개 조사구에 대해 단위면적 100m² 당 개체수 및 종수 분석을 실시하였다(Table 5). 조사구당 평균 출현종수는 12.6±3.1종이었으며, 단위면적 당 최대 19종(조사구 18)까지 출현하였다. 고목층의 평균개체수는 9.2±5.9주였으며, 아교목층은 25.1±11.5, 관목층은 96.8±45.9으로 황성공원 등(최송현과 이영경, 2000)과 비교하여 편차가 심하지 않았다.

7. 흉고직경급별 분석

각각의 군집별 주요 수종의 공간분포를 알아보기 위해 흉고직경급별 분석을 실시하였다(Table 6 참조).

군집 I은 졸참나무군집으로 졸참나무는 관목층에서부터 DBH 27cm에 이르기까지 각 계급별로 고르게 분포하였으며, 특히 DBH 2~12cm에 집중적으로 분포하고 있었다. 일본잎갈나무는 과거에 식재된 것으로 DBH 2~17cm의 범위에 분포하였다. 관목층 및 아

Table 5 Descriptive analysis of the number of species and individuals of twenty one plots in Namsan, Kyungju (Unit: 100m²)

Descriptive analysis	No. of individual				No. of species
	Tree	Understory	Shrub	Total	
Mean	9.2±5.9	25.1±11.5	96.8±45.9	131.1±47.8	12.6±3.1
Median	8	23	88	122	13
Mode	3	20	52	86	9
Max	24	57	200	239	19
Min	3	11	48	74	8

Table 4. Various species diversities of Namsan, Kyoungju

Comm.	Plot	H' ^a	Simpson	P.I.E. ^b	J'	D'	H'max
I	19	0.8209	4.4110	0.7733	0.7370	0.2630	1.1139
	20	0.8231	5.4442	0.8163	0.7389	0.2611	1.1139
	21	0.8039	4.9139	0.7965	0.7217	0.2783	1.1139
II	18	1.1585	13.3228	0.9249	0.9060	0.0940	1.2788
III	1	0.7183	4.7216	0.7882	0.7528	0.2472	0.9542
	2	0.8834	6.5229	0.8467	0.8483	0.1517	1.0414
	9	1.0284	9.1804	0.8911	0.8973	0.1027	1.1461
	10	1.0988	10.5791	0.9055	0.8754	0.1246	1.2553
	11	0.9297	7.2995	0.8630	0.8615	0.1385	1.0792
	12	0.7325	4.2097	0.7625	0.7676	0.2324	0.9542
	13	0.6753	3.2027	0.6878	0.7077	0.2923	0.9542
	14	0.7376	4.6789	0.7863	0.8167	0.1833	0.9031
	15	1.1130	13.3883	0.9253	0.9464	0.0536	1.1761
	16	1.1032	11.5287	0.9133	0.8966	0.1034	1.2304
IV	17	0.6165	2.4972	0.5996	0.5920	0.4080	1.0414
	3	0.9277	5.9966	0.8333	0.8094	0.1906	1.1461
	4	0.9916	7.3466	0.8639	0.8432	0.1568	1.1761
	5	0.9400	7.9203	0.8737	0.9026	0.0974	1.0414
	6	0.8300	5.5763	0.8207	0.8698	0.1302	0.9542
	7	0.9859	9.2500	0.8919	0.9136	0.0864	1.0792
	8	1.0262	10.2093	0.9021	0.9212	0.0788	1.1139

^a. Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

^b. P.I.E. = the Probability of Interspecific Encounter.

고목층에서는 진달래의 분포가 두드러졌다.

군집 II에서는 밤나무, 신갈나무, 졸참나무가 우점종이나, 밤나무는 DBH 27~32cm에 1주, 신갈나무는 DBH 17~22cm에 1주, 졸참나무는 DBH 2~7, 12~17cm에 각 1주씩 분포하여 밀도(density)보다는 피도(coverage)로 우점종에 영향을 미침을 알 수 있었다.

군집 III은 소나무군집으로 관목층부터 DBH 52cm의 대경목에 이르기까지 각 계급구간에서 출현하며 우점종을 이루고 있었다. 천이 진행상 소나무와 경쟁이 예상되는 굴참나무는 DBH 2~17cm의 구간에, 신갈나무는 DBH 2~12cm의 구간에 집중적으로 분포하며 점차 세력을 확장하고 있었다. 중부온대지역의 극상

수종으로 알려진 서어나무가 DBH 22~27cm구간에 출현하고 있는 것은 특기사항이다. 관목층과 아교목에서 진달래가 우점종을 이루고 있었다.

소나무와 아까시나무 및 리기다소나무의 인공림으로 이루어진 군집 IV에서 소나무는 관목층에서는 관찰되지 않았으나, DBH 2~37cm의 각 계급구간에 출현하였으며 특히, DBH 2~22cm구간에서 29주가 집중 분포되고 있다. 인공적으로 식재된 리기다소나무는 DBH 2~27cm에 4~6주정도 출현하고 있는 반면, 아까시나무는 DBH 2~12cm에 27주가 집중 출현하고 있는 바, 조기 관리가 요구된다.

8. 연륜 및 성장분석

Table 6. The DBH distribution of major tree species for each community classified by TWINSpan.

Comm.	Unit(m ²)	Species	Shrub	D1a	D2b	D3c	D4d	D5e	D6f	D7g	D8h	D9i	D10j	D11k	D12l
I	300	<i>Quercus serrata</i>	52	10	50	28	7	3	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Larix kaempferi</i>	0	0	2	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Pinus densiflora</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. aliena</i>	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. mongolica</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	56	8	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Others	216	3	24	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
II	100	<i>Castanea crenata</i>	12	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		<i>Quercus mongolica</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. serrata</i>	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Platycarya strobilacea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Others	76	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	1100	<i>Pinus densiflora</i>	20	2	7	11	19	15	9	5	11	3	2	0	1
		<i>Quercus variabilis</i>	4	0	6	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. mongolica</i>	40	2	24	22	7	2	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. serrata</i>	100	5	29	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	112	2	33	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Carpinus laxiflora</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	412	13	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Others	464	35	55	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	600	<i>Pinus rigida</i>	4	0	4	4	6	5	2	0	0	0	0	0	0
		<i>P. densiflora</i>	0	0	9	12	12	6	2	1	1	0	0	0	0
		<i>Quercus mongolica</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Q. serrata</i>	104	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Robinia pseudoacacia</i>	12	0	16	11	6	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhus trichocarpa</i>	12	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Others	332	2	35	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0

a: D1<2; b: 2≤D2<7; c: 7≤D3<12; d: 12≤D4<17; e: 17≤D5<22; f: 22≤D6<27; g: 27≤D7<32; h: 32≤D8<37;

i: 37≤D9<42; j: 42≤D10<47; k: 47≤D11<52; l: 52≥D12

경주 남산에서 소나무를 중심으로 주요 수종의 나이를 측정하여 수령을 추정한 것이 Table 7이다. 각 조사구별로 차이는 있으나 남산지역의 교목층을 차지하고 있는 소나무는 수령이 30년 이상으로 60년생 이상도 조사되었다. 소나무와 신갈나무의 경쟁이 예상되는 조사구 12와 17에서 두 종간의 연륜을 비교한 결과 두 종간 약 20여년 차이를 보였으며, 조사구 18의 참나무도 신갈나무와 비슷한 수령을 나타내어 같은 시기에 발생한 것으로 판단되었다.

주요 수종의 생장분석을 나타낸 것이 Figure 5이다. 조사구 12에서 신갈나무는 현재 아교목층에서 연간 1mm내외의 꾸준한 생장을 보이고 있었으며, 같은 조사구의 소나무도 연간 2~3mm씩 성장상태를 나타내고 있었다. 조사구 16의 소나무도 연간 2~3mm의 생장을 나타내고 있었다. 특기할 사항은 70년대 말엽 외부 환경요인에 의해 소나무가 영향을 받아 생장불량을 나타내었으나 이후 회복되었고, 신갈나무를 비롯한 참나무류들이 당시에 출현한 것으로 생각된다.

Table 7. The estimated age of major woody species in Namsan, Kyungju.

Plot No.	1	3	4	5	9	10	11	12	12	13	16	16	17	17	18
Species	Pd ^a	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd	Qm ^b	Pd	Pd	Pd	Qm	Qm	Pd	Qs ^c
DBH(cm)	35	18	20	20	35	23	37	10	35	20	39	16	17	32	22
Height(m)	8	8	8	8	17	14	12	5	15	10	15	10	12	15	14
Estimated Age	31	34	41	39	51	54	64	27	50	61	63	30	27	51	29

^a: *Pinus densiflora*; ^b: *Quercus mongolica*; ^c: *Quercus serrata*.

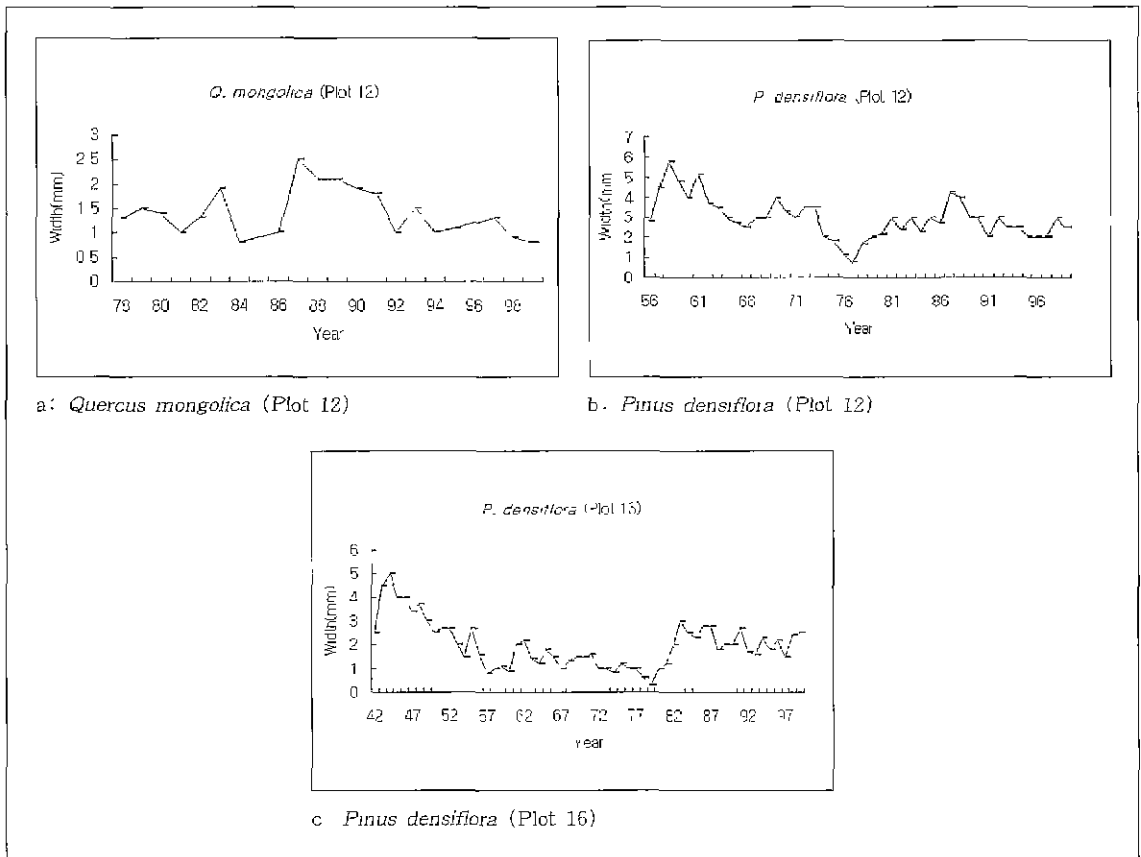


Figure 5. The annual ring width of the major woody species of Namsan, Kyungju

9. 관리 적용

이상의 결과를 토대로 도시녹지 측면에서 분계점을 살펴본 결과 경주 남산은 자연 천이 진행에 따른 소나무림의 도태와 부분적인 인공림 확산 문제가 있는 것으로 나타났다.

식생구조 분석결과 현재까지는 대부분의 남산 지역에서 교목층을 위주로 소나무가 우세한 세력을 유지하고 있는 것으로 나타났으나, 많은 조사구에서 아교목층에 졸참나무, 신갈나무 등 참나무류의 세력이 확장되고 있고, 일부 조사구에서는 이미 졸참나무가 교목층을 점유하고 있는 것으로 조사되었다. 경주는 우리 나라를 대표하는 역사·문화의 도시이므로 남산의 식생 경관에 대한 관리방안의 수립은 충분한 시간을 갖고 여론수렴과 논의, 추가 연구를 통해 결정되어야 할 것이다(조재창, 1987).

남산의 인공림은 리기다소나무, 아까시나무, 일본잎갈나무, 밤나무 등이 주를 이루고 있는데, 장·단기 관리목표를 설정하여 남산의 자생수종으로 대체해 나가는 방안이 수립되어야 할 것이다(서울특별시, 1995; 부천시, 1997). 이를 위해서는 남산지역의 인공림실태, 구조에 대한 광범위한 조사가 선행되어야 할 것이다(산림청, 1994).

IV. 결론

경주시 남쪽에 자리잡고 있는 남산은 경주시의 중요 녹지로서 경주시의 도시기본계획상 중요한 틀을 형성하고 있다. 역사적 측면뿐만 아니라 삼림생태적 측면에서 중요성을 알아보기 위해 남산의 삼림식생을 조사하고 식생구조를 조사하였다.

경주남산은 현존식생 조사 결과 대부분이 소나무군락으로 이루어져 있었으며, 일부 참나무류 군락이 분포하고 있었다. 식생조사를 위해 단위면적 100m²의 조사구 21개를 설치·조사하였으며, 식생구조 분석 결과 classification의 기법의 일종인 TWINSPAN기법을 통해 졸참나무군집(군집 I), 밤나무-졸참나무-신갈나무군집(군집 II), 소나무군집(군집 III) 그리고 소나무-리기다소나무-아까시나무군집(군집 IV)의 4개 군집으로 분류되었다. 각 군집의 식생구조 특성을 살펴

보면 졸참나무와 신갈나무가 소나무와 경쟁하는 양상이 일부 나타나고는 있으나 전체적으로 소나무림의 세력이 강해 소나무군집이 지속될 것으로 판단되었다. 단위면적(100m²) 당 출현 종수는 평균 약 13종이었으며, 층위별 평균 출현개체수는 교목층 9주, 아교목층 25주, 관목층 97주였다. 남산의 교목층 소나무는 약 30~60년 이상의 수령을 가진 것으로 밝혀졌고, 현재 경쟁종으로 자리를 잡고 있는 신갈나무와 졸참나무는 수령이 30년 전후였다.

경주 남산은 인공림의 부분 확산과 소나무림 도태의 두 가지 문제점을 갖고 있는 것으로 나타났다. 인공림은 리기다소나무, 아까시나무, 일본잎갈나무, 밤나무 등이 주를 이루고 있는데, 장·단기적 계획 수립을 통해 자생수종으로 대체해 나가야 할 것이다. 자연 천이에 따른 소나무림 도태의 문제는 경주시에서 남산이 갖고 있는 역사적 및 상징적 이미지 등을 고려하여 소나무림의 보존, 자연천이의 이행, 절충, 지속가능한 경관 관리 등의 관리목표 설정이 시급하며, 이에 대한 후속 연구가 뒤따라야 할 것이다.

인용문헌

- 1 국립중앙과학관(1997) 경주국립공원 생태계 연구
- 2 김귀곤(1993) 생태도시계획론 대한교과서주식회사
- 3 김귀곤(1994) 생태도시계획에서의 공원녹지의 역할, 임업과학 심포지움 도시림의 역할과 개선방향 pp. 40-70.
- 4 부천시(1997) 부천시 도시경관림 조성(산림수증생신) 기본계획, 부천시
- 5 산림청(1994) 아까시나무림의 육림 및 이용의 신수요개발에 관한 연구.
- 6 서울시정개발연구원(1999) 비오름도시의 도시계획에의 적용방안.
- 7 서울특별시(1995) 서울시 공원녹지 정책방향 연구
- 8 오규균(1997) 도시녹지의 실상과 생태학적 관리방안, 환경생태학회 심포지움, 도시생태계의 현황과 관리대책, pp 27-45.
- 9 오충현(1992) 도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문
- 10 이경재(1986) 남산공원의 자연환경실태와 보존대책, 서울특별시
- 11 이경재 등(1997) 부천시 도시경관림 조성(산림수증생신) 기본계획, 부천시.
- 12 이경재, 조우, 류창희(1992) 도시림의 생태적 관리에 관한 연구, 한국조경학회지 10(4), 1-11
- 13 이경재, 최송현, 강현경(1994) 생태적 접근방법에 의한 식

- 생복원 및 관리계획, 응용생태연구 8(1): 58-67
14. 인천광역시(1995) 인천광역시 녹지공원 정책방향.
 15. 조우(1995) 도시녹지의 생태적 특성 분석과 자연성 증진을 위한 관리모형: 서울시를 중심으로. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
 16. 조재창(1987) 자연공원에서의 소나무림 보존대책에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문
 17. 최송현, 이영경(2000) 경주 황성공원의 식생구조 및 관리 한국환경생태학회지 14(1): 46-56
 18. Curtis, J. T and R P McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin Ecology 32: 476-496.
 19. Grey, G W and F J Deneke(1978) Urban forestry. John Wiley & Sons.
 20. Hill, M. O (1979a) DECORANA- a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging, Ecology and Systematics, Cornell University Ithaca, N Y
 21. Hill, M. O (1979b) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attribute Ecology and Systematics, Cornell University Ithaca, N Y
 22. Miller, R. W (1988) Urban forestry Prentice-Hall
 23. Pielou, E C (1977) Mathematical ecology John Wiley & Sons, N Y
 24. Sukopp, H (1990) Urban ecology and its application in Europe In Sukopp, H and S. Hein(eds.) pp 11-22, Urban ecology, SPB Academic.