

## 여의도공원 내 조성된 '자연생태의 숲'의 초기 식생 변화

이상원<sup>1)</sup> · 김동엽<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 성균관대학교 조경학과 대학원 · <sup>2)</sup> 성균관대학교 조경학과

Early Changes in Vegetation after  
the Construction of 'the Ecological Forest' in Youido Park

**Sang Won Lee<sup>1)</sup> and Dong Yeob Kim<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Sungkyunkwan University

<sup>2)</sup> Dept. of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

'The Ecological Forest' in Youido Park was intended to be an artificial forest in urban center, following the form of natural forests in central Korea.

This study was to investigate the planting plan and the vegetation change of 'the Ecological Forest' and to compare it with natural forests of similar plant composition.

The natural forests had slopes between 12° and 21°, whereas 'the Ecological Forest' had slopes between 2° and 6°. It was unlikely that the slope condition was adequate to show 'toposequence succession' at 'the Ecological Forest'. The soil bulk density and soil hardness of 'the Ecological Forest' were higher than those of the natural forests. The soil pH of 'the Ecological Forest' was 7.45, which was greater than that of the natural forests.

There were some changes in plant composition and amounts 2 years after the construction : the number of conifers was reduced from 383 to 338 ; the number of deciduous trees was reduced from 4717 to 1158. It was because of the young trees dead in the sub-tree layer. The herbaceous species planted were 14 families, 31 species, which increased to 37 families, 93 species after 2 years.

In case of horizontal structure of vegetation, trees and shrubs were distributed evenly in the natural forests, whereas 'the Ecological Forest' showed uneven distribution with higher total density. In case of vertical structure of vegetation, the natural forests had distinctive layers with dominant species distributed in each layers. In 'the Ecological Forest', however, dominant species were only in tree layer. The natural forests had greater average tree height, tree density, however, and basal area than 'the Ecological Forest'.

The results showed that there were some differences in the structure between 'the Ecological Forest' and natural forests. The management plan should be applied in order that the natural

condition be restored in 'the Ecological Forest' by competition between plant species and natural processes.

Key words : *artificial forest, natural forest, vegetation change*

## I. 서 론

도심 내에 생물서식지를 인공적으로 조성하고자 하는 시도가 곳곳에서 이루어지고 있으며, 조성 후 생태계 변화를 살피는 연구가 이루어지고 있다. 그 대표적인 사례로 서울공고의 생태연못, 여의도갯강공원, 길동생태공원, 여의도공원의 '자연생태의 숲'을 들 수 있다 (조동길, 1999, 최정권, 1999, 이경재, 1999).

여의도공원의 '자연생태의 숲' 지역은 구릉형태로 만들어져 있으며, 서울시의 도시림을 비롯한 자연상태의 식생 원형을 도입하기 위하여 설계되었다. 이러한 녹지대의 조성은 생태적인 측면을 고려한 것으로 서울의 도시 환경에 적합한 수종의 도입을 위한 노력으로 볼 수 있다. 그러나 조성된 '자연생태의 숲'은 토양, 기후 등의 환경인자가 적절히 고려되지 않은 계획으로 인하여, 수목 및 가지가 고사하고 초기 활착 및 생육의 부진으로 식생의 복원 과정이 원활하지 않은 것으로 보인다.

본 연구는 도심 내 인공적 생태공간 조성지인 '자연생태의 숲'의 식물상 변화를 살펴보고 이와 유사한 구조의 자연림과 비교함으로써, 인공적인 생태공간의 평가를 위한 식생의 조사, 분석과 함께 그에 따른 관리 방안을 모색하기 위한 것으로서 다음과 같은 세부 목적을 갖는다. 1) 대상지 내 주요 지역의 식물생육환경을 조사하고 수목생장과 상호관계를 규명한다. 2) 조성 당시 식생과 현재의 식물상을 비교함으로써 양적 차이 및 수종별 적응도를 조사

하고 원인을 분석한다. 3) 자연식생과의 비교를 통하여 대상지 식물상의 구조와 기능을 파악한다. 4) '자연생태의 숲'의 지속적인 모니터링을 위한 기초자료를 제공한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사구 설정 및 일반적 개황

서울특별시 영등포구 여의도동 2번지에 위치한 여의도공원은 면적 229,539m<sup>2</sup>의 규모로서 한국전통의 숲, 잔디마당, 문화의 마당, 자연생태의 숲 등 4개의 공간으로 이루어져 있으며 (Fig. 1), 1998년 10월 부분 개원하였고, 1999년 1월 완공과 함께 시민에게 개방되었다. '자연생태의 숲'은 16,830m<sup>2</sup>의 면적으로서 숲 지역과 생태연못 지역으로 구분되어 있다.

숲 지역은 중부지방의 자연림 형태에 맞도록 설계되었으며 (박종성, 1997), 경사방향을 남사면과 북사면으로 구분하여 남사면은 소나무가 우점하는 식생을 목표로, 북사면은 참나무류가 우점하는 식생을 목표로 조성되었다.

본 대상지의 참나무류 임분과 소나무 임분의 생육조건과 식생구조가 비교될 만한 중부지방의 자연림 중에서 참나무류 혼합림 2개, 소나무림 2개를 선정하였다. 참나무류 임분 비교대상지로는 서울시 서초구 우면동 우면산의 참나무류 혼합림과 서울시 동작구 현충묘지공원 내 참나무류 혼합림을 선정하였고, 소나무 임분 비교대상지로는 야생조류보호구역인 수원시 서둔동 여기산 리기다소나무림과 만안구 석수1동

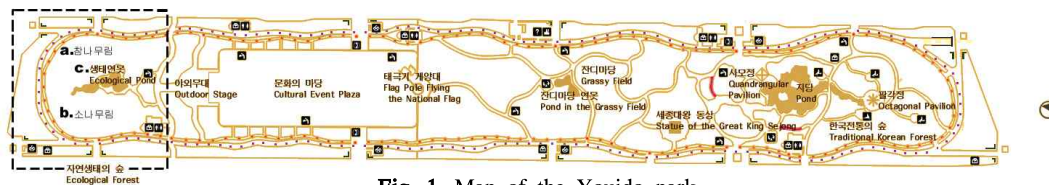


Fig. 1. Map of the Youido park

관악산 소나무림을 선정하였다.

## 2. 조사방법

### 1) 기상, 광도

본 조사지역의 지난 5년간 연평균 기온은 12.9℃이고, 연평균 강수량은 1,200mm 내외였다. 조사기간인 2000년 1월부터 8월까지 월평균기온은 -2.1℃에서 26.8℃의 범위를 보였으며, 이 기간의 강수량은 687mm로서 비교적 적은 양을 기록하였다.

기상조건이 녹화공간에 미치는 영향을 알아보기 위해 여의도 지역의 기상자료를 수집하였고, 녹화공간에 따른 미세기후의 변화를 조사하기 위하여 참나무 임분, 소나무 임분, 생태연못, 외곽지역의 기온, 상대습도, 풍속, 광도를 1999년 5월부터 9월까지 매월 한 번씩 오전 11시에서 12시 사이에 측정하였다. 기온은 지상 1.25m 높이에서 종이로 햇빛을 가리고 작은 구멍을 뚫은 봉상온도계로 약 한 시간 정도 방치한 후 측정하였으며, 동시에 상대습도를 같은 위치에서 상대습도계를 이용하여 측정하였다. 광도는 광도계(Digital LUX Meter, INS)를 이용하여 지면 및 지상 1m 높이에서 측정하였으며, 동시에 풍속은 풍속계(DCFM8901)를 이용하여 같은 위치에서 10분간의 평균값과 최고값을 측정하였다.

### 2) 토양

'자연생태의 숲' 지역의 토양은 지하철 공사장에서 운반해온 토양으로서 토양환경에 대한 정보는 거의 없다. 토양특성은 물리적 특성으로 토성, 가비중, 수분함량 및 토양경도를 측정하였고, 화학적 특성은 토양 pH, 유기물 함량 및 치환성양이온 (N, K, Ca, Mg) 함량 및 중금속 (Al, Mn, Pb, Cu, Fe, Zn) 성분을 분석하였다. 토양시료의 채취는 '자연생태의 숲' 중 참나무류 임분에서 두 곳, 소나무 임분에서 두 곳, 비교지역인 여기산 소나무림, 관악산 소나무림, 현충묘지공원 참나무혼합림, 우면산 참나무혼합림에서 각각 한 곳씩 총 8개의 표본구에서 시행하였다. 지표면의 낙엽층을 제거하고 A

층에서 표본구별로 3개씩 총 24개의 토양을 채취하였고, 용적밀도와 수분함량을 측정하기 위해서 토양표면과 토양 20cm 깊이에서 토양시료채취기를 이용해서 토양시료를 채취하였다.

### 3) 식생

'자연생태의 숲'의 현존식생을 파악하기 위하여 2000년 7월 5일부터 8월 10일 사이에 식생조사를 하였다. '자연생태의 숲'은 대략적으로 160m×160m 크기의 정방형 형태였으며 이를 20m×20m 크기의 방형구로 나눈 후 방형구면적의 절반 이상에 식생이 조성된 곳을 조사대상지로 선정하였다 (Fig. 2). '자연생태의 숲'의 참나무류 임분의 18개 조사구와 소나무 임분의 17개 조사구에 분포하는 수목의 종, 위치 및 개체수를 기록하고, 수고, 흉고직경, 수관폭 및 식생활력도를 측정하였다. 수령 측정을 위해 교목층 우점종의 평균수목 5주에서 줄기의 목편을 채취하였다. 식생활력도는 가지의 총 수 중에서 고사하지 않은 가지 수를 비율로 환산하여 100%는 10점, 0%는 0점으로 환산하였다.

조사지역을 대표하는 표본구를 참나무류 임분에 두 개소, 소나무 임분에 두 개소씩 총 4개소를 선정하였다. 그리고 비교지역인 여기산, 관악산, 우면산 및 현충묘지공원의 자연림에 각각 1개씩 총 4개의 표본구를 선정하였다. 표본구의 식생을 교목층, 아교목층, 관목층 및 지피층으로 구분하고, 각 층의 주요 우점종, 종다양도 (H'), 평균수고 (H), 평균흉고직경 (DBH) 과 울폐도 (crown density)를 구하였으며 (Kent 와 Coker, 1992), 초분류는 Braun-Blanquet 방식에 의해 조사구 내에 나타나는 식물의 피도, 빈도 및 우점도를 측정하였다 (Mueller-Dombois와 Ellenberg, 1974). Shannon의 종다양도지수는 다음 식에 의해 구했다.

$$\text{종다양도 } H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

여기에서 s = 종 수

$p_i$  = 전체 피복의 한 부분으로 표시된  $i$ 번째 종의 개체수 또는 수도의 일부분  
 $\ln$  = 자연로그

이와 같이 조사된 식생자료를 설계된 자료와 비교하여 새로 도입된 종과 소멸된 종을 식별하였다. 또한 식생조사 자료를 이용하여 교목층과 아교목층에 출현한 수종을 대상으로 단위면적당 흉고단면적 및 개체수를 산출하여 생장 및 생육밀도를 비교하였다.

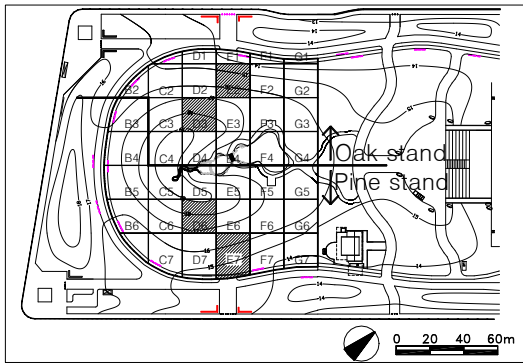


Fig. 2. Plot location in 'the Ecological Forest'

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 입지환경

기온의 평균값은 외부지역이 28.4°C로서, 소나무 임분과 생태연못의 27.9°C보다 1.5°C 높았다. 상대습도는 외부지역 65%, 참나무류 임분 67%, 소나무 임분 72%, 그리고 생태연못지역이 75.5%로 가장 높았다. 위치별로 기온과 상대습도는 반비례하는 경향을 보였으며, 본 조사지역의 면적이 비교적 좁은 것을 감안하면 이러한 미세기후의 차이는 상당히 큰 것으로 볼 수 있다.

참나무류 임분에서 초본류가 무성히 자라기 시작하는 7월과 8월에 지상 1m의 조도는 67,250 Lux였으며, 지표면에서는 17,875Lux의 조도가 측정되어 약 3.8 배 낮아졌다. 그리고, 수림대가 형성되지 않은 외부지역과 '자연생태의 숲' 내

부의 조도의 차이가 적은 것을 볼 때, 아직은 완전한 수림이 형성되지 않아 많은 빛을 요구하는 칩, 환삼덩굴, 머느리배꼽 등의 초본층이 생육하기에 적당한 광조건이 형성되어 있었으며, 아교목의 성장에도 광조건의 제약은 그다지 크지 않음을 알 수 있었다.

풍속은 '자연생태의 숲' 외부지역이 참나무류 임분 및 소나무 임분 내에서의 풍속보다 2배 이상 높은 것을 알 수 있으며, 측정지역 주위에 보리수나무, 덜꿩나무, 때죽나무 등의 아교목 및 관목이 밀집되어 있는 소나무임분 지역이 참나무류 임분 지역보다 풍속이 낮은 경향을 보였다.

조성된 '자연생태의 숲'의 고도는 14m부터 18m까지이며, 비교대상지로 선정된 우면산은 72m, 현충묘지공원 110m, 여기산 95m, 관악산 140m의 고도를 가졌다. '자연생태의 숲'의 참나무류 임분의 경사방향은 북서쪽인데 반해 참나무류 자연림인 우면산은 남서쪽, 현충묘지공원은 동쪽이었다. '자연생태의 숲'의 소나무 임분은 남동쪽이었으며, 소나무 자연림인 여기산은 남서쪽, 관악산은 남서쪽이었다. '자연생태의 숲'의 경사도는 2°에서 6°까지 비교적 완만한 경사를 이룬데 비하여 우면산 16°, 현충묘지공원 18°, 여기산 12°, 관악산 지역 21°로 자연지역은 비교적 가파른 경사를 보였다. 이상의 결과로 볼 때 '자연생태의 숲'은 지형적인 특성이 일부 차이를 보이고 있으나 대체로 자연림의 경우에 근접하는 조건인 것으로 보인다.

#### 2. 토양

'자연생태의 숲'의 내부 4개 지역과 여기산 지역, 우면산 지역의 토성은 사양토, 현충묘지공원의 토성은 양토, 관악산 지역의 토성은 양질사토로서 조사지역의 토양은 양토에서 양질사토에 걸친 토양특성을 보였다 (Table 1).

'자연생태의 숲'의 토양 용적밀도는 1.43~1.67g/cm<sup>3</sup>로서 자연림 지역의 1.00~1.41g/cc에 비해 평균 1.3배 높은 값을 보였다. 또한 '자연생태의 숲'의 용적밀도는 채토 깊이가 깊어질

수목 증가하였으며, 공극률 및 함수비에 반비례하여 나타났다. '자연생태의 숲'의 토양은 식재공사 중 과도한 답압이 이루어진 것으로 보이며, 자연지역에 비하여 토양유기물 함량이 적은 것도 토양 용적밀도 증가의 원인인 것으로 생각된다.

각 지역별 토양경도의 평균값은 조성된 '자연생태의 숲'이 19.4mm, 여기산 지역 7.4mm, 관악산 지역 0.5mm, 우면산 지역 6.5mm, 현충묘지공원 5.5mm를 나타냈으며, 모래성분이 많은 관악산 지역에서 토양경도가 가장 낮았다. '자연생태의 숲' 내부의 토양의 경도는 답압로가 형성된 일부 지역의 경우 토양경도가 최대 25.1mm인 곳도 있었다. 대체로 토양경도 20mm 이하인 경우 근계 발달에는 큰 지장이 없으나, 25mm 이상이면 근계 발달에 상당한 지장을 초래한다 (안영희, 1997).

조성된 '자연생태의 숲' 내부의 토양은 평균 pH 7.45로서 약염기성을 나타내는 토양임이 밝혀졌으며, 자연지역의 토양 pH는 3.9~4.0로서 일반적인 산림토양에서 나타나는 pH 4.5~5.5의 값보다 낮은 것으로 나타났다. 토양의 pH가 4.5~7.9사이일 때 대부분의 식물이 정상적으로 성장하는 것으로 알려져 있으나 (안영희, 1997), '자연생태의 숲' 내부의 토양은 일반적인 산림 토양의 pH보다 상당히 높은 값을 보이고 있어 이러한 조건이 식재된 수목의 활착과 성장에 어떠한 영향을 미칠 것인지는 좀 더 관찰해보아야 할 것이다.

각 조사구에서의 유기물 함량은 조성된 '자연생태의 숲'이 1.25%, 여기산 4.01%, 관악산 1.58%, 우면산 3.15%, 현충묘지공원 6.54%였다. 우리나라의 갈색산림토양의 경우 A층의 토양유기물 함량은 1.6~7.9%의 범위를 보이는 것에 비하여 (이천용, 1992), '자연생태의 숲'은 토양유기물 함량이 비교적 낮은 것으로 판단된다.

일반적으로 토양의 총질소 함량이 0.004~0.010%이면, 임지의 질소공급능력이 양호한 것으로 볼 수 있다. '자연생태의 숲' 토양의 총질소 함량은 0.001~0.002%의 수준으로서, 자연지역 토양의 총질소 함량 0.03~0.21%에 비하여 상당히 낮았으며, 이러한 조건은 식물생육에 지장을 초래할 것으로 보인다. 우리나라 갈색산림 토양의 유효인 함량은 3.2~16.5mg/kg이며, 양호한 임지에서 유효인 함량은 11.7mg/kg 이상의 값을 보인다 (이천용, 1992). '자연생태의 숲'의 유효인 함량은 2.27~4.57mg/kg이었으며, 이 값은 자연지역의 6.27~7.57mg/kg에 비하여 낮은 값으로서 '자연생태의 숲' 토양에 인 결핍의 우려가 있다. '자연생태의 숲' 토양 내 치환성양이온의 양은 K 9.2mg/kg, Ca 134.6mg/kg, Na 3.15mg/kg, Mg 14.8mg/kg으로서 전반적으로 자연지역보다 높은 것으로 나타나 무기양분의 함량은 충분한 것으로 판단된다.

'자연생태의 숲' 토양의 평균 중금속 함량은 Al 28.3mg/kg, Mn 7.93mg/kg, Fe 2.77mg/kg, Cu 0.21mg/kg, Zn 0.76mg/kg, Pb 0.33mg/kg으로서, 자연지역에 비하여 Al의 농도가 특별히 낮았

**Table 1.** Soil characteristics of the study sites

	Study sites	Soil texture	Soil B.D. (g/cm <sup>3</sup> )	Water content (w/w)	Soil hardness (mm)	Soil O.M. (%)	Soil pH	Avail. P (mg/kg)	TKN (%)
'The Ecological Forest'	Oak 1	Sandy loam	1.50	24.61	17.3	1.73	7.2	2.27	0.02
	Oak 2	Sandy loam	1.47	27.36	19.0	1.25	7.4	4.57	0.01
	Pine 1	Sandy loam	1.43	27.97	20.7	1.04	7.4	3.57	0.01
	Pine 2	Sandy loam	1.58	23.20	18.0	1.19	7.5	3.12	0.01
Natural Forest	Mt. Yeoki	Sandy loam	1.21	40.13	7.4	1.25	3.9	6.27	0.09
	Mt. Kwanak	Loamy sand	1.41	25.50	0.5	4.01	4.0	7.73	0.03
	Mt. Woomyeon	Sandy loam	1.22	40.53	6.5	1.58	4.0	7.57	0.07
	Hyunchoong	Loam	1.07	47.20	5.5	3.15	3.9	6.60	0.21

다. 일반적으로 산성화된 토양에서는 Ca, Mg의 함량이 감소하고 Al의 함량이 증가한다 (김준호, 1991). 본 조사의 결과로 산성화가 많이 진행된 자연지역의 토양에 비하여 '자연생태의 숲' 토양은 산성화가 덜 이루어진 하층토 위주

의 구성으로 되어 있음을 알 수 있다.

### 3. 식생

'자연생태의 숲' 조성 후 식생의 변화를 보기 위하여 전수조사를 통한 각 수종별 개체 수의

**Table 2.** Changes in the number of major tree species at 'the Ecological Forest'

	Scientific name	Korean name	Trees planted	Trees remain	Tree viability index
<b>Overstory</b>	<b>Conifer</b>				
	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	329	271	8.4
	<i>P. koraiensis</i>	잣나무	54	67	8.1
	<b>Deciduous</b>				
	<i>Styrax japonica</i>	매죽나무	585	72	9.5
	<i>Acer triflorum</i> Kom.	복자기나무	558	17	9.4
	<i>Koelreuteria paniculata</i>	모감주나무	538	170	10.0
	<i>Sorbus commixta</i>	마가목	500	0	0.0
	<i>Stewartia koreana</i>	노각나무	500	0	0.0
	<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	500	0	0.0
	<i>Elaeagnus umbellata</i>	보리수	303	170	10.0
	<i>Viburnum erosum</i>	털팽나무	283	35	9.8
	<i>Salix gracilistyla</i>	갯버들	145	32	10.0
	<i>Q. aliena</i>	갈참나무	78	49	9.2
	<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	76	77	8.9
	<i>Q. variabilis</i>	굴참나무	73	91	9.3
	<i>Q. serrata</i>	졸참나무	69	29	8.4
	<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	68	0	0.0
	<i>Q. mongolica</i>	신갈나무	54	110	8.4
	<i>Albizia julibrissin</i>	자귀나무	54	17	10.0
	<i>Crataegus pinnatifida</i>	산사나무	30	18	10.0
	<i>Q. acutissima</i>	상수리나무	25	25	9.0
	<i>S. pseudo-lasiogyne</i>	능수버들	5	3	8.7
	<i>Q. dentata</i>	떡갈나무	1	11	9.0
	<i>Rhobinia pseudoacacia</i>	아까시나무	0	38	10.0
	<i>Pyrus calleryana</i> var. <i>fauriei</i>	콩배나무	0	61	9.9
<b>Shrub</b>	<i>Berberis amurensis</i>	매발톱나무	150	15	10.0
	<i>Chionanthus retus</i>	이팝나무	500	0	0.0
	<i>Chrysanthemum boreal</i>	산국	150	110	10.0
	<i>Cornus kousa</i>	산딸나무	534	17	9.5
	<i>Deutzia sieboldiana</i>	말발도리	215	110	10.0
	<i>Ilex serrata</i>	낙상홍	250	180	10.0
	<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	505	112	10.0
	<i>L. maximowiczii</i> Schneider	조록싸리	150	21	10.0
	<i>Melilotus suaveolens</i>	전동싸리	150	45	10.0
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리	200	121	10.0
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	3200	783	10.0
	<i>R. poukhanense</i>	산철쭉	500	213	10.0
	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	개쉬땅나무	2280	800	10.0
	<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>	조팝나무	1038	760	10.0

변화와 활력도를 측정하였으며, 자연림의 형태와의 유사정도를 보기 위하여 우면산과 현충묘지공원의 참나무혼합림, 여기산과 관악산의 소나무림을 조사하여 '자연생태의 숲'의 식생과 비교하였다.

#### 1) '자연생태의 숲'

식재설계도면에 의하면 식재된 수종은 상록교목 2종, 낙엽교목 50종, 낙엽관목 21종이었다. 설계도면에 나타난 식재 주 수와 현재의 주수를 비교해 볼 때, 식재 2년 후 소나무 임분의 주요 수종인 소나무와 잣나무는 총 383 주중 45주가 감소한 338 주가 남았고, 활엽수는 총 4,717주 중에서 3,559주가 감소하여 1,158주가 남았다. 이는 1998년 12월 소나무 임분의 하층에 각 수종별로 500주 이상씩 식재되었던 복자기나무, 모감주나무, 생강나무, 마가목, 노각나무, 때죽나무, 덜꿩나무 등의 2년생 유목들이 다음해 봄에 활착의 실패로 제거된 것이 주요 이유이다. 또 아교목층 구성을 목적으로 식재 계획이 되어있던 팔배나무 68주는 식재 당시의 사정으로 콩배나무 및 꽃사과로 대체되어 식재된 것으로 확인되었다(Table 2).

관목의 경우 14,418주 중 10,361주가 감소되고 4,057주가 남았는데, 이것은 이팝나무, 산딸나무, 싸리, 개쉬땅나무 등 1998년 12월에 대량으로 식재된 수종들이 대부분 고사하여 제거되

었고, 진달래와 철쭉 등의 관목들의 식재 과정에서 오차가 난 것으로 보인다. 이 결과는 식재 계획과 현재의 결과만을 비교한 것으로서, 추가적으로 식재되거나 고사 후 제거된 수종의 수가 포함된 것이다.

식생활력도는 침엽수종은 평균 8.36이었고, 활엽수종은 평균 9.50이었으며, 관목층에서는 평균 10.0으로 나타나 현재 조사된 관목의 활력도는 양호한 것으로 나타났다. 수종별로 보면 침엽수종인 소나무가 8.4, 잣나무가 8.1의 활력도를 나타내어 타 수종에 비해 낮은 값을 보였으며, 활엽수 중에서는 갈참나무 9.2, 떡갈나무 9.0, 신갈나무 8.4, 졸참나무 8.4, 굴참나무 9.3의 활력도를 보여 식재 후 활력의 정도가 전체 활엽수 중에서 비교적 낮은 것으로 나타났다.

초본류는 1999년에 14과 31종이 식재되었는데, 2000년 8월에 전체 종이 남아있는 것으로 확인되었고 27과 62종이 추가 확인되어 총 37과 93종이 되었다. 식재된 수종 중에는 맥문동, 잔디, 원추리, 별개미취 등의 비율이 높았고, 침입한 종은 망초, 강아지풀, 돼지풀, 개망초 등의 비율이 높았다 (Table 3). 참나무류 임분의 지피층에는 갈참나무, 신갈나무, 졸참나무, 갈참나무, 굴참나무 등 참나무류가 고르게 분포되어 있으며, 종자에서 발아된 치수들도 다수 발견되었다. 이외에도 느티나무 치수가 61개체 발견되었는데, 이들은 '자연생태의 숲' 외부로

Table 3. Major herbaceous species found at 'the Ecological Forest'

	Scientific name	Korean name	Relative coverage
<b>Planted species</b>	<i>Liriope platyphylla</i>	맥문동	0.054
	<i>Zoysia japonica</i>	잔디	0.044
	<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리	0.021
	<i>Aster koraiensis</i>	별개미취	0.016
<b>Invaded species</b>	<i>Erigeron canadensis</i>	망초	0.088
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	0.079
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	돼지풀	0.064
	<i>Erigeron annuus</i>	개망초	0.054
	<i>Trifolium repens</i>	토끼풀	0.040
	<i>Glycine soja</i>	돌콩	0.035
	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	쭈	0.032
	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	명아주	0.031
	<i>Solanum nigrum</i>	까마중	0.024
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>frumentacea</i>	피	0.024

부터 유입된 느티나무의 종자가 발아된 것으로 보인다. 소나무 임분의 지피층에는 아까시나무 치수가 38개체 침입했으며 신갈나무, 상수리나무, 떡갈나무, 갈참나무 등 참나무류도 37개체가 발견되었다.

## 2) 참나무류, 소나무 자연림

우면산 참나무혼합림의 교목층에서는 상수리나무가 우점하고 있었으며, 평균수고는 14.8m, 평균흉고직경은 28cm, 수관울폐도는 70%이었다. 아교목층에는 아까시나무와 산벚나무가 출현하였고, 관목층에는 짚레꽃, 신갈나무, 아까시나무, 진달래 등이 주로 나타났다 (Table 4). 하층에서 아까시나무와 신갈나무가 경쟁하는 양상을 보였다. 지피층에서는 8종이 발견되었으며 담쟁이덩굴과 산딸기의 피도가 높았다. 층별 종다양도지수는 교목층 0.344, 아교목층 0.459, 관목층 0.555였으며 하층으로 갈수록 종다양도가 높아지는 경향을 보였다. 현충묘지공원 참나무혼합림의 교목층에서는 신갈나무가 우점하고 있었으며, 평균수고는 16.2m, 평균흉고직경은 23cm, 수관울폐도는 80%이었다. 아교목층에서는 물푸레나무와 신갈나무가 우점하고 있었으며, 관목층에는 상수리나무, 진달래가 주로 나타났다. 지피층에는 7종이 출현하였으며 담쟁이덩굴, 산딸기 등의 피도가 높았다. 층별 종다양도지수는 교목층 0.616, 아교목층 0.809, 관목층 0.602로 나타나 전체적으로 아까시나무와 짚레꽃이 하층에 우점하고 있는 우면산보다 종다양도가 높았다.

여의도공원 ‘자연생태의 숲’의 참나무류 임분 대표구에는 교목층에 신갈나무, 갈참나무, 굴참나무가 주로 식재되었으며, 평균수고는 9.9m로 자연림에 비하여 낮았으며, 평균흉고직경은 15.5cm로 자연림에 비하여 낮은 값을 보였다. 수관울폐도는 60%로 비교적 낮았는데 이것은 식재된 수목의 가치가 부분적으로 고사된 때문으로 보인다. 아교목층에는 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 등이 주로 식재되었는데, 자연림의 하층의 다양한 수종구성과는 차이가 있었다. 자연림에는 관목층의 발달이 눈에

떠었으나 ‘자연생태의 숲’에는 관목층이 조성되지 않았다. 지피층에는 총 15개의 종이 나타났으며, 돼지풀, 개망초, 망초, 강아지풀 등의 피도가 높았다. ‘자연생태의 숲’의 참나무류 임분은 자연림과 비슷한 구조의 아교목층을 가졌으나, 교목층은 자연림과는 차이가 있었다. 초본층의 경우 담쟁이덩굴, 산딸기, 쑥 등이 우세하고 종풍부도가 적은 자연림의 경우와는 다르게 ‘자연생태의 숲’에는 다양한 종이 출현하였다.

여기산 소나무 임분의 교목층에는 리기다소나무가 우점하고 있었으며, 평균수고는 10.2m, 평균흉고직경은 18cm, 수관울폐도는 70%이었다. 아교목층에는 아까시나무가 우세하였고, 관목층은 없었으며, 지피층에는 담쟁이덩굴의 피도가 매우 높았다(Table 5). 층별 종다양도는 교목층에서 0.231, 아교목층에서는 0.068로 다양도지수가 낮았다. 관악산 소나무림의 교목층에는 리기다소나무와 소나무가 출현하였으며, 평균수고 8.3m, 평균흉고직경 19cm, 수관울폐도 30%이었다. 아교목층에는 소나무가 우세하였고, 관목층에는 팔배나무, 갈참나무, 진달래 등 수종이 다양하였다. 지피층에서의 피도는 매우 낮았으며 피, 고사리 등만이 일부 출현하였다. 종다양도 지수는 교목층에서 0.276, 아교목층에서는 0.236, 관목층에서는 0.783이었다.

여의도공원 ‘자연생태의 숲’의 소나무 임분에는 교목층에 소나무가 식재되었으며, 평균수고 10.5m, 평균흉고직경 19cm, 수관울폐도 30%로서 대체적으로 관악산지역의 자연림과 비슷한 구조를 가진 것으로 나타났다. 아교목층에는 소나무, 보리수나무, 털팽나무 등이 우세하였고, 관목층에는 낙상홍, 진달래 등을 주로 식재하였다. 지피층에는 돼지풀, 토끼풀, 수크령, 돌콩, 망초, 강아지풀, 담쟁이덩굴 등의 피도가 높았으며, 여기에서도 참나무류 임분의 경우와 마찬가지로 자연림 지역보다 출현종 수가 많았다. 여기산 지역의 소나무림은 리기다소나무가 교목층을 우점하고 아교목층은 아까시나무가 우세한 대표적인 인위적 간섭의 특성을 보인 반면, 관악산 지역은 관목층에 다양한 수종이 분포되어 있는 자연림의 특성을 보였다.



**Table 4.** Major species composition of the oak stands at natural forests and 'the Natural Forest'

Layer	Natural forest		'the Ecological Forest'	
	Woomyeon	Hyunchoong	1	2
Overstory	<i>Quercus acutissima</i> <i>Prunus sargentii</i> <i>Q. aliena</i> <i>Q. mongolica</i>	<i>Q. mongolica</i> <i>Q. acutissima</i> <i>P. sargentii</i> <i>Q. dentata</i>	<i>Q. mongolica</i> <i>Q. aliena</i> <i>Q. variabilis</i>	<i>Q. variabilis</i> <i>Q. aliena</i> <i>Q. acutissima</i> <i>Q. mongolica</i>
Understory	<i>Rhobinia pseudoacacia</i> <i>P. sargentii</i> <i>Q. mongolica</i> <i>Q. serrata</i>	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> <i>Q. mongolica</i> <i>Prunus sargentii</i> <i>Lindera obtusiloba</i> <i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Q. mongolica</i> <i>Q. serrata</i> <i>P. sargentii</i> <i>Koelreuteria paniculata</i>	<i>Q. variabilis</i> <i>Styrax obassia</i> <i>Pyrus calleryana</i> var. <i>fauriei</i> <i>Q. acutissima</i>
Shrub	<i>Rosa multiflora</i> <i>Q. mongolica</i> <i>Rhobinia pseudoacacia</i> <i>Rhododendron mucronulatum</i> <i>P. sargentii</i>	<i>Q. acutissima</i> <i>R. mucronulatum</i> <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> <i>Alnus hirsuta</i>	—	—
Herb	<i>Paethenocissus tricuspidata</i> <i>Rubus crataegifolius</i> <i>Pueraria thunbergiana</i> <i>Discorea batatas</i>	<i>Smilax sieboldii</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> <i>Erigeron annuus</i> <i>E. canadensis</i>	<i>A. artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> <i>E. canadensis</i> <i>Liriope platyphylla</i> <i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>

**Table 5.** Major species composition of the pine stands at natural forests and 'the Ecological Forest'

Layer	Natural forest		'the Ecological Forest'	
	Yeoki	Kwanak	1	2
Overstory	<i>Pinus rigida</i> <i>Castanea crenata</i> <i>P. sargentii</i> <i>Q. acutissima</i>	<i>P. densiflora</i> <i>P. rigida</i>	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i> <i>P. sargentii</i>
Understory	<i>Rhobinia pseudoacacia</i> <i>P. rigida</i> <i>Q. mongolica</i>	<i>P. densiflora</i> <i>P. rigida</i>	<i>P. densiflora</i> <i>E. umbellata</i> <i>T. amurensis</i>	<i>Viburnum erosum</i> <i>E. umbellata</i> <i>Acer pseudo-sieboldianum</i>
Shrub	—	<i>Sorus alnifolia</i> <i>Q. aliena</i> <i>R. mucronulatum</i>	—	<i>Ilex serrata</i> <i>R. mucronulatum</i>
Herb	<i>Paethenocissus tricuspidata</i> <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> <i>Dioscorea japonicar</i>	<i>Echinocloa crus-galli</i> var. <i>frumentace</i> <i>P. aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Pennisetum alopecuroides</i>	<i>Glycine soja</i> <i>E. canadensis</i> <i>Setaria viridis</i> <i>E. annuus</i>

## 3) 임분 특성의 비교

참나무혼합림의 경우 ‘자연생태의 숲’의 임령은 자연림에 비하여 적었기 때문에 ‘자연생태의 숲’은 평균수고가 낮고 흉고단면적은 훨씬 적었다(Table 6). 단위면적당 개체수는 ‘자연생태의 숲’이 자연림에 비하여 다소 많았다.

소나무림에서는 타지역 보다 관악산 지역의 임령이 적었으며 평균수고와 단위면적당 개체수는 ‘자연생태의 숲’과 자연림에서 비슷한 범위를 보였다. 여기산 지역의 소나무림은 인위적인 관리의 영향이 임분구조 및 특성에 반영되어 나타났다.

## IV. 결론

본 연구는 인공적으로 자연에 가깝게 만든 ‘자연생태의 숲’과 이와 유사한 구조의 자연림인 우면산, 현충묘지공원, 여기산 및 관악산을 대상으로 입지환경, 토양, 식물종 구성, 구조, 밀

도, 생장을 측정 비교하였고, 이를 통하여 ‘자연생태의 숲’의 배식상태를 평가, 분석하였다.

‘자연생태의 숲’의 토성은 사양토였으며, 용적밀도 및 토양경도가 자연림 지역에 비해 높은 것으로 나타나 앞으로 토양의 물리성 향상을 위한 적절한 관리방법이 요구된다. 조성된 ‘자연생태의 숲’의 토양산도는 평균 pH 7.45로서 자연림의 토양에 비해 매우 높았으며, 토양 유기물, 총질소 및 유효인의 함량은 자연지역에 비해 매우 낮은 것으로 나타나 앞으로 수목의 생장에 지장을 초래할 것으로 보인다. 따라서 토양 pH를 적정수준으로 낮추는 일과 주요 식물양분의 공급에 대한 고려가 필요한 것으로 보인다.

설계도면에 나타난 식재 주 수와 조성 2년 후의 주수의 비교에서 소나무 임분에서는 주요 수종인 소나무와 잣나무의 수에는 큰 변화가 없었으나, 활엽교목의 수는 총 4,717주 중 75%가 감소된 1,158주가 남았다. 활엽수 감소의 주원인

Table 6. Stand characteristics of the study sites

Layer	Item	Oak stand				Pine stand			
		Woomyeon	Hyunchoong	EFD1*	EFD2*	Yeoki	Kwanak	EFC1*	EFC2*
Overstory	Stand age (yr)	34	28	25	25	35	28	35	35
	Stand density (#/400m <sup>2</sup> )	40	33	33	53	34	37	42	37
	Height(m)	14.8	16.2	10.3	9.4	10.2	8.3	8.6	12.3
	DBH(cm)	27	23	14	17	18	19	21	16
	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	15.5	18.5	7.9	11.7	18.3	8.2	10.5	9.0
	Coverage(%)	70	80	70	50	70	30	30	40
Understory	Species diversity	0.344	0.616	0.454	0.567	0.231	0.276	0	0.189
	Height(m)	4.3	4.4	5.1	5.6	4.8	6.6	4.6	3.8
	DBH(cm)	6	4	6	7	8	10	10	4
	Coverage(%)	3	50	30	60	45	70	70	60
Shrub	Species diversity	0.459	0.809	0.608	0.879	0.068	0.236	0.702	0.607
	Height(m)	1.1	1.1	—	—	—	1.1	—	1.2
	Coverage(%)	60	40	—	—	—	25	—	15
Herb	Species diversity	0.555	0.602	—	—	—	0.783	—	0.292
	Coverage(%)	70	40	80	70	70	10	60	70
	Species richness	8	7	15	16	7	2	20	20

\*EFD: Ecological Forest, Deciduous

\*\*EFC: Ecological Forest, Conifer

은 하층식재 수목의 고사로 인한 것이다. 관목도 식재된 14,418주 중 72%가 감소되고 4,057주가 남았는데 이것은 이팝나무, 싸리, 개쉬땅나무 등 12월에 대량 식재한 종들이 대부분 고사하였기 때문으로 보인다. 초본류는 14과 31종이 식재 되었는데, 27과 62종이 외부에서 유입되어 총 37과 93종이 발견되었다.

식생의 수평적 분포를 볼 때, 자연림에서는 교목과 아교목이 고른 분포를 보였으나, '자연생태의 숲'에서는 교목과 아교목의 분포가 불규칙적이었으며 자연림보다 임분밀도가 높았다. 식생의 수직구조를 볼 때, 자연림에서는 교목층과 아교목층이 뚜렷한 차이를 보였으며 우점종이 다양한 층에서 나타났다. 그러나 '자연생태의 숲'에는 교목층만 있었으며 우점종이 일부 층에서만 나타났다. 조사된 자연림은 '자연생태의 숲' 보다 평균수고, 평균흉고직경 및 흉고단면적의 값이 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 '자연생태의 숲'은 자연림의 구조 및 환경조건에서 다소 차이를 보였으나, 수목간의 경쟁을 통한 천이가 일어날 수 있도록 환경을 조성하고 자연형성 과정을 유지함으로써 점차 자연림의 모습을 갖출 수 있을 것으로 보인다. '자연생태의 숲'의 참나무류 임분과 소나무 임분 양쪽 지역에서 참나무류의 치수들이 발생했다. 따라서 앞으로 식재 후 초기단계의 침입종과 천연갱신종의 생육을 지속적으로 모니터링 할 필요가 있는 것

으로 생각된다. 이러한 종들의 정착과 생육은 조성된 '자연생태의 숲'에 이 지역의 자연적인 생태현상이 반영되도록 하는데 중요한 역할을 할 것이다.

## 인 용 문 헌

- 김준호. 1991. 환경오염에 의한 삼림의 쇠퇴징후. 도시·삼림·환경 심포지움. 한국조경학회·산림청 임업연구원. pp. 3-25
- 박종성. 1997. 여의도 광장의 공원화 사업 기본 및 실시설계. 한우드엔지니어링.
- 안영희. 1997. 환경녹화공학. 태림문화사.
- 이경재. 1999. 길동자연생태공원 활동보고서. 서울특별시, 녹색서울시민위원회, 생태보전시민모임.
- 이천용. 1992. 산림환경도양학. 보성문화사.
- 조동길. 1999. 인공습지 조성후 생물다양성 증진효과에 관한 연구. 서울공고 생태연못을 중심으로. 서울대학교 석사학위논문.
- 최정권. 1999. 여의도 셋강 생태공원 자연생태 조사연구. 경원대학교 환경계획연구소.
- Kent, M. and P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis, a practical approach. John Wiley & Sons. New York, NY.
- Muller-Dombois, D. and Ellenberg, J. E. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York, NY.

接受 2000年 12月 13日