

연구논문

## 도시지역 곰솔림의 식생복원모델

김석규

동아대학교 조경학과

(2011년 1월 24일 접수, 2011년 4월 5일 승인)

### Vegetation Restoration Model of *Pinus thunbergii* in Urban Areas

Kim, Seok-Kyu

Department of Landscape Architecture, Dong-A University

(Manuscript received 24 January 2011; accepted 5 April 2011)

### Abstract

The purpose of this study is suggest to restoration model of *Pinus thunbergii* in Saha-gu, Busan Metropolitan City. The result of this study is summarized as follows;

As the results of this study, vegetation restoration model is presented by separating community planting and edge planting. The community planting species of tree layer were *Pinus thunbergii* and *Quercus acutissima* and *Quercus dentata* and *Quercus serrata* and *Quercus alienna* and *Quercus variabilis*. The community planting species of subtree layer were *Platycarya strobilacea* and *Prunus sargentii* and *Styrax japonica* and *Eurya japonica* and *Morus bombycis*. The community planting species of shrub layer are *Ulmus paviafolia* and *Ulmus davidiana* and *Lindera obtusiloba* and *Elaeagnus macrophylla* and *Mallotus japonicus* and *Ligustrum obtusifolium* and *Sorbus alnifolia* and *Rhus trichocarpa* and *Zanthoxylum schinifolium* and *Rosa wichuraiana* and *Rhus chinensis* and *Viburnum erosum* and *Rhododendron mucronulatum* and *Rhododendron yedoense* and *Indigofera pseudotinctoria*.

And the planting species of edge vegetation are Japanese Angelica and *Symplocos chinensis* and *Pittosporum tobira* and *Lespedeza maximowiczii* and *Lespedeza bicolor* and *Rubus coreanus* and *Rubus idaeus* and *Vitis thunbergii* and *Ampelopsis brevipedunculata* and *Rosa multiflora*.

Considering the population of individuals up to layers in each 400m<sup>2</sup> area, it was composed of 24 in tree layer, 35 in subtree layer, 410 in shrub layer and 34% herb layer in the *Pinus thunbergii* community.

And the average of breast-high area and canopy area was 10,852cm<sup>2</sup> in tree layer, in subtree

layer 1,546cm<sup>2</sup>, in shrub layer 1,158,660cm<sup>2</sup>. The shortest distance between trees was calculated as 2.0m in tree layer, 1.9m in subtree layer.

Keywords : Restoration model, *Pinus thunbergii*, Community planting, Edge planting

## 1. 서론

최근 도시의 급격한 산업화로 인한 녹지공간의 감소와 생활환경의 악화로 인하여 사람들은 자연환경에 대한 중요성과 가치를 인식하게 되었으며, 경제성장에 따른 생활수준 향상과 여가시간의 증대로 도시녹지를 이용하는 시민들이 점차 증가하게 되었다. 그러나 도시녹지는 이용자의 레크리에이션 행위에 따른 영향으로 식생이 점차 훼손되고 있다.

산업화가 일찍 진행되어 생활환경의 질적 저하, 환경오염 등을 미리 경험했던 유럽 및 북미에서는 자연식생 발달의 원리를 이용한 생태적인 옥외공간 조성, 생태적 천이의 원칙에 기초한 식생복원 방법을 이용한 도시림 조성으로 종다양성 증진을 도모하고 있다(Hough, 1990).

최근 지구환경 문제가 대두되면서 제기되고 있는 생물 종다양성 보존은 도시지역에서 산림종 구성의 다양성을 나타내는 종다양도에 대한 정량적인 분석을 필요로 한다. 산림군집에 있어 종다양성은 생태적인 안정성의 척도이며(Brower and Zar, 1977), 환경오염의 영향, 이용자의 압력 등에 의해 훼손되고 있는 도시림은 생태적인 식생복원방법에 의해 종다양성을 증진시키는 방안이 모색되어야 할 것이다.

우리나라에서 도시림의 식물군집구조 분석을 통한 식생관리 및 복원에 관한 연구는 임경빈(1978), 이경재(1986), 오충현(1992), 조우와 이경재(1993), 조우(1995), 이경재와 한봉호(1998), 한봉호(2000),

한봉호와 이경재(2001), 강현경과 방광자(2001), 김창환과 명현(2001), 조우(2002) 등이 있으며, 주로 수도권 지역을 중심으로 신갈나무, 서어나무 등의 극상림 군집을 대상으로 연구가 이루어져 왔다.

본 연구는 부산광역시를 대상으로 부산시 전체 산림면적의 40%이상을 차지하고 있는 곰솔림(부산광역시, 1999)의 식물상, 식물분포, 현존식생, 식물군집구조, 귀화식물 분포 등을 파악하여 생태적 특성을 고려한 식생복원모형을 제시하고자 하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 조사대상지 선정

본 연구는 주거·생산·관광 등의 복합적 기능을 가진 잠재력 높은 지역임에도 환경오염 유발업체, 소규모 공장 밀집지역 등이 산재하고 있어 도심환경 및 경관을 저해하고 있으며, 주거지역, 상업지역, 공업지역이 공존하고 있어 도시림의 식생복원모형을 제시하는 데에 있어 최적의 조건을 갖추고 있는 부산광역시 사하구를 연구대상지로 선정하였다.

조사지역은 산림이 주거지역, 상업지역, 공업지역과 인접하여 있고 인근 주민들의 이용도가 높은 승학산, 동매산, 아미산, 두송반도, 옥녀봉을 대상으로 하였다.

Table 1. Present situation of investigation sites

Site	Area(m <sup>2</sup> )	Altitude(m)	Main facility
Mt. Seunghak	5,362,944	496	Training facilities, Mineral spring
Mt. Dongmae	1,570,000	200	Training facilities, Military camp
Mt. Armi	3,560,000	234	Training facilities, Beacon mound
Dusong Pennisula	910,000	200	Military camp
Oknyeo Peak	770,000	247	Training facilities

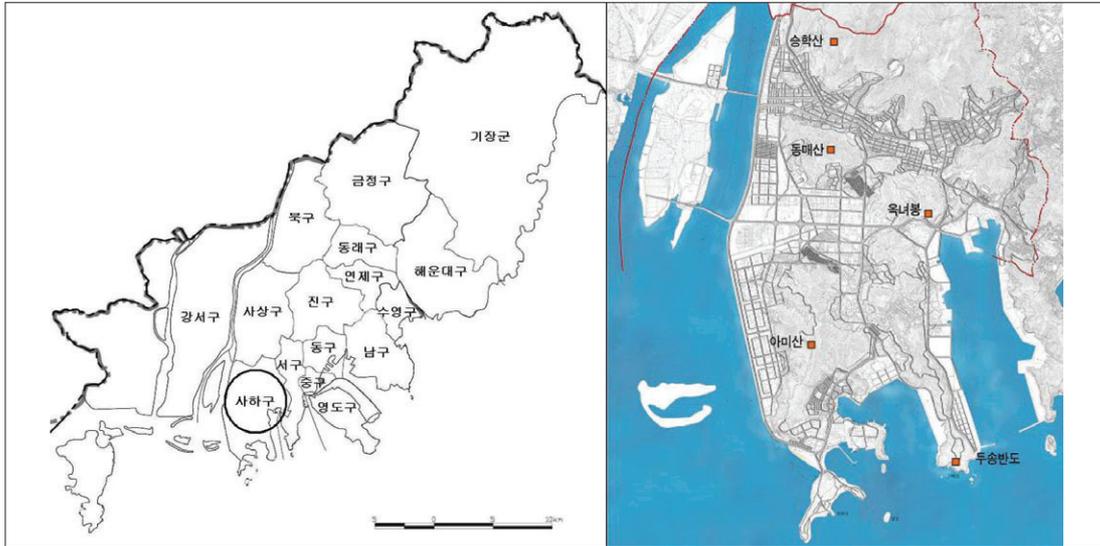


Figure 1. Location map of investigation sites

## 2. 연구내용

본 연구는 부산광역시 사하구 내에 있는 5개의 도시림을 대상으로 하였으며, 식생조사를 위한 조사구는 하예작업이 이루어지지 않고 식생이 균질한 지역을 중심으로 동, 서, 남, 북의 4개 사면으로 구분하여 각 3개씩 총 12개의 조사지역을 선정하였다.

식생조사는 식물사회학적방법(Braun-Blanquet, 1964)에 따라 실시하였으며, 출현하는 수목을 층위별로 구분하여 각층에 대한 수고, 식피율, 흉고직경, 출현종수, 개체수를 측정하였다.

식물군집구조는 상대우점치, 종수 및 종다양성지수, 유사도 및 상이도지수, 귀화식물 분포 등을 분석하였으며, 그 결과를 바탕으로 식생의 생태적 특성을 파악하였다.

도시림 복원을 위한 식생모형은 천이계열에 따른 자연식생의 유도, 자생수종을 이용한 생태적인 종 조성, 다층구조 식생 등이 바람직하다(강현경·방광자, 2001). 따라서 생태적 특성을 고려한 식생모형을 제시하기 위하여 곰솔군집을 대상으로 층위별 상대우점치, 종다양도, 유사도 등을 비교·분석하여 자생성이 높고, 다층구조를 이루고 있는 곰솔군집을 선정하여 동일한 수종, 규격, 간격을 배치하는 방법을 선택하였다.

## 3. 연구방법

### 1) 식생조사

조사구는 방형구법(Quadrat method)을 이용하여 20 × 20m (400m<sup>2</sup>)의 방형구를 설정하였으며, 조사구 내에 출현하는 목본수종을 교목층(수고 8m 이상인 목본), 아교목층(수고 8m 이하인 목본), 관목층(수고 2m 이하 0.8m 이상인 목본)으로 구분하였다. 교목층과 아교목층은 수종명과 흉고직경 등을 측정하며, 관목층은 수관투영면적을 측정하였다(박인협, 1985).

초본층은 중첩방형구법을 이용하여 각 조사지의 조사구내에 5m×5m의 방형구를 설치하고 출현식물을 대상으로 Braun-Blanquet(1964)방법에 의거하여 우점도(dominance)와 군도(sociability)를 분석하였다. 식물종의 분류는 이창복(1989)과 김태정(1996)의 도감을 참고하였다.

### 2) 식물군집구조 분석

상대우점치는 층위별 출현종의 세력비교를 통하여 각 조사구의 생태적 천이경향 예측 및 층위구조 형성을 판단하기 위한 방법이다. 식생조사 자료에 의하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value ; I.V.)를 통합하여 백분율로

나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage ; I.P.)는 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 더한 값을 3으로 나누어 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여하여 평균상대우점치(Mean Importance Percentage ; M.I.P.)를 구하였다.

종구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양도를 판단하기 위하여 희귀종을 강조한 Shannon지수(Pielou, 1975)의 수식에 따라 종다양도지수(species diversity:  $H'$ ), 최대종다양도( $H'_{max}$ ), 균재도(evenness:  $J'$ ), 우점도(dominance:  $D$ )를 산출하였다.

종구성상의 유사도지수(Similarity Index: S.I.) 및 상이도지수(Dissimilarity Index: D.S.I.)를 구하기 위하여 Whittaker(1956)의 수식에 따라 구하여 백분율로 나타내었다.

### 3) 귀화식물 분포

자연식생의 교란정도를 나타내는 귀화율(ratio of naturalization)은 총출현종수에 대한 귀화식물의 비율로 계산하였으며(沼田眞, 1975), 식물별 귀화도(degree of naturalization)는 박수현 등(2002)의 연구를 참고하여 분포등급 기준을 구분하였다.

### 4) 식생복원모형

도시림 복원을 위한 곰솔림의 식생복원모형은 20×20m (400m<sup>2</sup>)의 면적을 대상으로 식물군집구조 분석을 실시하여 상대우점치, 종다양도, 출현종수 및 개체수, 적정밀도를 제시하였으며, 적정식물 선

정을 위하여 자연성이 높은 곰솔군집의 층위별 종 구성을 파악하여 목본 및 초본층에서 자생종을 선정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 조사지 개황

승학산은 곰솔이 우점하고 있고, 리기다소나무, 상수리나무, 아까시나무, 떡갈나무가 군락을 이루고 있으며, 조사구의 해발고는 185~260m, 경사는 10~25°이다. 교목층의 수고는 8~15m, 식피율은 20~70%, 아교목층의 수고는 2~7m, 식피율은 10~30%, 관목층의 수고는 1~2m, 식피율은 10~30%, 초본층의 수고는 0.1~0.6m, 식피율은 30~80%이다.

동매산은 곰솔이 우점하고 있고, 떡갈나무, 상수리나무, 리기다소나무가 군락을 이루고 있으며, 조사구의 해발고는 130~200m, 경사는 10~30°이다. 교목층의 수고는 9~20m, 식피율은 40~90%, 아교목층의 수고는 5~8m, 식피율은 10~20%, 관목층의 수고는 1~2m, 식피율은 10~60%, 초본층의 수고는 0.3~0.7m, 식피율은 40~70%이다.

아미산은 곰솔이 우점하고 있고, 느티나무, 떡갈나무, 상수리나무가 군락을 이루고 있으며, 조사구의 해발고는 160~220m, 경사는 10~25°이다. 교목층의 수고는 10~18m, 식피율은 10~70%, 아교목층의 수고는 2~8m, 식피율은 10~50%, 관목층의 수고는 1~2m, 식피율은 10~40%, 초본층의 수고는 0.2~0.7m, 식피율은 5~80%이다.

Table 2. General situation of investigation sites

Site	Altitude (m)	Gradient (%)	Domminent community	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
				T.H. (m)	Cover (%)	T.H. (m)	over (%)	T.H. (m)	Cover (%)	T.H. (m)	over (%)
Mt. Seunghak	185~260	10~25	<i>Pinus thunbergii</i>	8~15	20~70	2~7	10~30	1~2	10~30	0.1~0.6	30~80
Mt. Dongmae	130~200	10~30	<i>Pinus thunbergii</i>	9~20	40~90	5~8	10~20	1~2	10~60	0.3~0.7	40~70
Mt. Armi	160~220	10~25	<i>Pinus thunbergii</i>	10~18	10~70	2~8	10~50	1~2	10~40	0.2~0.7	5~80
Dusong Penninsula	60~80	15~25	<i>Pinus thunbergii</i>	10~20	50~80	5~8	10~30	1~2	20~70	0.2~0.7	10~60
Oknyeo Peak	200~240	10~25	<i>Pinus thunbergii</i>	9~18	50~80	5~8	10~40	1~2	20~40	0.2~0.7	20~40

두송반도는 곰솔이 우점하고 있고, 떡갈나무, 상수리나무가 군락을 이루고 있으며, 조사구의 해발고는 60~80m, 경사는 15~25°이다. 교목층의 수고는 10~20m, 식피율은 50~80%, 아교목층의 수고는 5~8m, 식피율은 10~30%, 관목층의 수고는 1~2m, 식피율은 20~70%, 초본층의 수고는 0.2~0.7m, 식피율은 10~60%이다.

옥녀봉은 곰솔, 상수리나무, 오리나무, 리기다소나무가 군락을 이루고 있으며, 조사구의 해발고는 200~240m, 경사는 10~25°이다. 교목층의 수고는 9~18m, 식피율은 50~80%, 아교목층의 수고는 5~8m, 식피율은 10~40%, 관목층의 수고는 1~2m, 식피율은 20~40%, 초본층의 수고는 0.2~0.7m, 식피율은 20~40%이다.

## 2. 식생구조 분석

### 1) 상대우점치

승학산은 교목층에서 곰솔(I.P.: 62.5%)이 우점종으로 나타났으며, 아교목층에서 곰솔(I.P.: 18.1%)과 비목나무(I.P.: 12.4%)가 주요 출현종으로 나타났고, 관목층에서 계요등(I.P.: 5.1%)이 다수 출현하였다.

동매산은 교목층에서 곰솔(I.P.: 28.3%)이 우점종으로 나타났고, 리기다소나무(I.P.: 22.8%)와 떡갈나무(I.P.: 15.3%)가 주요 출현종으로 나타났으며, 아교목층에서 떡갈나무(I.P.: 19.8%)가 주요 출현종으로 나타났고, 관목층에서 계요등(I.P.: 5.1%)이 다수 출현하였다.

아미산은 교목층에서 곰솔(I.P.: 29.7%)이 우점종으로 나타났고, 상수리나무(I.P.: 24.4%)가 주요 출현종으로 나타났으며, 아교목층에서 곰솔(I.P.: 25.5%)이 우점종으로 나타났고, 느티나무(I.P.: 19.0%)가 주요 출현종으로 나타났다. 관목층에서는 칩(I.P.: 6.8%)이 다수 출현하였다.

두송반도는 교목층에서 곰솔(I.P.: 34.2%)이 우점종으로 나타났으며, 아교목층에서는 사스레피나무(I.P.: 35.8%)가 우점종으로 나타났고, 떡갈나무(I.P.: 18.8%)와 곰솔(I.P.: 17.5%)이 주요 출현종

로 나타났다. 관목층에서는 사스레피나무(I.P.: 5.8%), 청미래덩굴(I.P.: 5.7%), 개웃나무(I.P.: 5.6%)이 다수 출현하였다.

옥녀봉은 교목층에서 오리나무(I.P.: 21.0%)가 우점종으로 나타났고, 곰솔(I.P.: 13.8%)이 주요 출현종으로 나타났으며, 아교목층에서는 곰솔(I.P.: 33.5%)이 우점종으로 나타났고, 산벚나무(I.P.: 17.8%), 리기다소나무(I.P.: 13.6%)가 주요 출현종으로 나타났다. 관목층에서는 청가시덩굴(I.P.: 7.0%), 쥐똥나무(I.P.: 5.7%), 나무딸기(I.P.: 5.1%)가 다수 출현하였다.

교목층의 리기다소나무, 아까시나무, 사방오리나무 등은 조림용으로 도입된 외래종으로 경관적으로 이질적이고, 식생의 층위구조를 이루지 못하게 하여 산림을 생태적으로 불안정한 상태가 되게 하며, 관목층의 칩 등의 덩굴성 식물은 식생의 정상적인 천이를 방해하여 식생구조를 단순하게 만든다.

따라서 각 조사지역의 교목층과 아교목층에서 나타나는 리기다소나무와 아까시나무의 벌목 및 간벌을 통한 식생관리가 필요하며, 각 조사구의 관목층에서 출현하고 있는 덩굴성 식물인 칩은 제거해야 할 것으로 판단되었다.

### 2) 초본의 우점도 및 군도

승학산은 주름조개풀이 우점종으로 나타났고, 억새, 주홍서나물, 미국자리공이 다수 출현하였으며, 강아지풀, 돼지풀, 닭의장풀, 등골나물, 단풍마, 고사리, 머느리밀씻개, 도깨비바늘, 쑥이 소수 출현하였다. 동매산은 주름조개풀이 우점종으로 나타났고, 억새, 주홍서나물이 다수 출현하였으며, 머느리밀씻개, 머느리배꼽, 닭의장풀, 산박하, 쌀새가 소수 출현하였다. 아미산은 주름조개풀, 머느리밀씻개, 억새가 다수 출현하였으며, 닭의장풀, 산박하, 주홍서나물, 강아지풀, 도깨비바늘, 개여뀌, 환삼덩굴이 소수 출현하였다. 두송반도는 주름조개풀이 우점종으로 나타났고, 조개풀이 다수 출현하였으며, 억새, 쌀새, 족제비고사리가 소수 출현하였다. 옥녀봉은 주름조개풀이 다수 출현하였으며, 머느리밀씻개, 닭의장풀, 억새가 소수 출현하였다.

Table 3. Important Percentage of major species by tree layer in investigation sites

Specific name	Layer				Mt. Seunghak				Mt. Dongmae				Mt. Armi				Dusong Penninsula				Oknyeo Peak			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus thunbergii</i>	62.5	18.1	-	37.3	28.3	-	-	14.2	29.7	22.5	-	22.4	34.2	17.5	-	22.9	13.8	33.5	-	18.9				
<i>Pinus rigida</i>	6.0	4.4	-	4.5	22.8	8.4	-	14.2					4.2	15.1	-	7.2	9.9	13.6	-	9.5				
<i>Quercus acutissima</i>	6.9	4.1	-	4.8	9.5	10.5	-	8.3	24.4	6.2	-	14.3	7.8	-	1.1	4.1	8.9	-	-	4.5				
<i>Quercus dentata</i>	6.9	3.7	1.5	4.9	15.3	19.8	1.5	14.5	7.9	8.0	1.2	6.8	11.8	18.8	1.5	12.4	9.8	11.7	3.6	9.4				
<i>Quercus serrata</i>	-	4.1	3.7	2.0	8.0	10.5	3.1	8.0	9.0	9.1	3.0	8.0	4.6	-	1.5	2.5	5.0	-	2.0	2.8				
<i>Quercus alienna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-					6.8	-	-	3.4	-	-	1.5	0.2				
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-					2.7	-	-	1.3	-	-	-	-				
<i>Alnus japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-					2.7	-	1.1	1.5	21.0	-	-	10.5				
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	4.6	8.4	1.9	5.4	3.8	-	2.1	2.2	3.6	-	3.1	2.3	-	-	-	-				
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	19.0	1.4	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Prunus sargentii</i>	5.2	5.6	1.1	4.6	-	-	1.5	0.3	3.8	5.7	1.6	4.1	6.5	12.8	1.5	7.7	9.1	17.8	2.6	10.9				
<i>Ulmus pavifolia</i>	-	-	-	-	5.5	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2	3.2	-	-	1.6				
<i>Ulmus davidiana var. japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-				
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	2.8	1.5	1.2	-	8.4	1.5	3.1	-	-	1.6	0.3	-	-	1.5	0.2	3.2	-	-	1.6				
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.2	-	-	-	-				
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	12.4	2.9	4.6	-	8.4	2.6	3.3	-	-	3.0	0.5	-	-	-	-	11.7	2.0	4.2	-				
<i>Syrax japonica</i>	-	3.7	1.8	1.5	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-	3.4	-	2.1	2.1	-	-	1.5	0.2				
<i>Eurya japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8	35.8	5.8	14.3	-	-	-	-				
<i>Morus bombycis</i>	-	3.7	0.8	1.4	-	-	-	-	5.7	1.6	2.2	2.7	-	-	1.5	1.6	-	-	-	-				
<i>Mallotus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	1.5	0.3	-	-	1.4	0.2	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-				
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	2.8	4.3	1.7	-	-	1.7	0.3	6.2	3.4	2.6	-	-	-	1.5	0.2	-	-	5.7	1.0				
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.2	-	-	-	-				
<i>Rbus trichocarpa</i>	-	0.6	2.9	0.7	-	-	3.5	0.6	5.7	3.0	2.4	-	-	-	5.6	0.9	-	-	2.0	0.3				
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	3.7	0.6	-	-	1.5	0.3	-	-	2.3	0.4	-	-	1.6	0.3	-	-	2.6	0.4				
<i>Rosa wichuraiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.3	-	-	1.9	0.3	-	-	4.3	0.7				
<i>Rbus chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.3	-	-	1.6	0.3	-	-	2.0	0.3				
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	1.5	0.3	-	-	-	-	-	-	1.2	0.2	-	-	3.7	0.6	-	-	-	-				
<i>Rubus idaeus var. concolo</i>	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5	-	-	3.6	0.6	-	-	1.5	0.2	-	-	5.1	0.9				
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	1.3	0.2	-	-	2.0	0.3	-	-	4.3	0.7	-	-	7.1	1.2	-	-	1.5	0.2				
<i>Rhododendron yedoense var. poukbanense</i>	-	-	1.2	0.2	-	-	3.5	0.6	-	-	2.5	0.4	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-				
<i>Indigofera pseudotinctoria</i>	-	-	2.0	0.3	-	-	3.5	0.6	-	-	2.7	0.4	-	-	4.4	0.7	-	-	3.0	0.5				
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	4.1	0.7	-	-	4.8	0.8	-	-	6.8	1.1	-	-	4.5	0.7	-	-	2.8	0.5				
<i>Paederia scandens</i>	-	-	5.1	0.8	-	-	5.1	0.8	-	-	3.4	0.6	-	-	4.9	0.8	-	-	4.2	0.7				
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	2.7	0.5	-	-	2.3	0.4	-	-	2.1	0.3	-	-	-	-	-	-	7.0	1.2				
<i>Smilax china</i>	-	-	5.1	0.8	-	-	4.1	0.7	-	-	4.1	0.7	-	-	5.7	0.9	-	-	3.6	0.6				
<i>etc</i>	12.5	34.0	52.8	26.4	6.0	25.6	50.3	19.5	17.6	11.9	39.5	19.5	6.2	0.0	27.9	8.2	16.1	11.7	43.0	18.4				

Annotation) C : tree layer, U : subtree layer, S : shrub layer, M : mean

초본의 종수는 승학산 30종, 동매산 40종, 아미산 38종, 두송반도 27종, 옥녀봉 42종으로 나타났으며, 옥녀봉이 가장 많고, 두송반도가 가장 적은 것으로 나타났다.

조사지역의 초본의 우점도 및 균도를 분석한 결과, 주름조개풀이 우점종으로 나타났고, 억새, 주홍서나물, 미국자리공이 주요 출현종으로 나타났다.

김점수와 이강녕(1994)은 사상공단 주변 곰솔림

Table 4. Dominance and sociability of major species by herb layer in investigation sites

Specific name	Site	Mt. Seunghak	Mt. Dongmae	Mt. Armi	Dusong Peninsula	Oknyeo Peak
<i>Oplismenus undulatifolius</i>		3.3	2.2	1.1	2.2	1.1
<i>Arthraxon hispidus</i>					1.1	r
<i>Setaria viridis</i>		+	r	+		r
<i>Setaria glauca</i>				r	r	
<i>Sanguisorba officinalis</i>			r	r	r	
<i>Aeschynomene indica</i>					r	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>		+				+
<i>Commelina communis</i>		+	+	+	r	+
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>		2.2	1.1	1.1	+	+
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>				r	r	r
<i>Melica onoei</i>			+	r	+	r
<i>Crassocephalum crepidioides</i>		2.2	1.1	+	r	+
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>		+	r	r	r	r
<i>Angelica decursiva</i>				r	r	
<i>Dioscorea quinqueloba</i>		+	r	r	r	r
<i>Dioscorea japonica</i>		r		r	r	r
<i>Phytolacca americana</i>		1.1	r	r	r	r
<i>Persicaria longiseta</i>			r	+		+
<i>Erigeron canadensis</i>		r	r	r		r
<i>Justicia procumbens</i>		r	r		r	r
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>		+				
<i>Dryopteris varia</i>			r	r	+	r
<i>Coniogramme intermedia</i>					r	
<i>Persicaria senticosa</i>		+	+	1.1	r	+
<i>Polygonum perfoliatum</i>		r	+			r
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>			r	r	r	
<i>Bidens bipinnata</i>		+	r	+		r
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>		+	r	r	r	r
<i>Plectranthus inflexus</i>			+	+	r	r
<i>Fallopia japonica</i>		r			r	
<i>Liriope spicata</i>		r			r	r
<i>Atractylodes ovata</i>					r	
<i>Lysimachia barystachys</i>		r			+	r
<i>Cosmos bipinnatus</i>						r
<i>Chenopodium ficifolium</i>						r
<i>Humulus japonicus</i>				+		r
etc						

Annotation) Dominance class : 5: cover 75% or more, 4: cover 75-50%, 3: cover 50-25%, 2: cover 25-10%, 1: majority appearance, +: minority appearance, r: rare appearance  
 sociability class : 5: large community, 4: small community, 3: community's shape, 2: group, 1: singleness

의 조사에서 주름조개풀이 우점종, 참억새, 실새풀, 기름새, 산거울 등이 다수 출현하였다고 하였으며,

박승범 등(2002)은 사상공단 주변의 산림에서 주름조개풀이 우점종, 미국자리공, 참억새 등이 전반적

으로 출현하였다고 하였고, 이러한 종들은 대기오염 및 산성도양에 대한 내성이 강한 종이라고 보고하였다.

본 조사지역의 초본은 선행연구의 결과와 유사한 경향으로 나타나 신평공단, 장림공단 등 주변 공단 지역에서 발생하는 대기오염과 토양산성화의 영향으로 인하여 이러한 종들이 우점하는 것으로 판단되었으며, 주홍서나물, 미국자리공, 돼지풀, 망초, 좁명아주, 코스모스는 귀화식물로서 이러한 식물에 대한 식생관리가 요구되었다.

### 3) 종다양도

조사지역별 단위면적(4,800m<sup>2</sup>)당 목본의 출현종수는 승학산 54종, 동매산 52종, 아미산 49종, 두송반도 47종, 옥녀봉 44종으로 나타났다. 따라서 종수는 승학산이 가장 많은 것으로 나타났고, 옥녀봉이 가장 적은 것으로 나타났다.

종다양도는 두송반도 2.9945, 아미산 2.9431, 옥녀봉 2.8553, 동매산 2.8389, 승학산 2.8241 순으로 나타났으며, 두송반도가 가장 높았고, 승학산이 가장 낮았다. 최대종다양도는 승학산 3.9890, 동매산 3.9512, 아미산 3.8918, 두송반도 3.8501, 옥녀봉 3.7842 순으로 나타났으며, 승학산이 가장 높았고, 옥녀봉이 가장 낮았다. 균재도는 승학산 0.7080, 동매산 0.7185, 아미산 0.7562, 두송반도 0.7778, 옥녀봉 0.7545로 나타났으며, 두송반도가 가장 높았고, 승학산이 가장 낮았다. 우점도는 승학산 0.2920, 동매산 0.2815, 아미산 0.2483, 두송반도 0.2222, 옥녀봉 0.2455로 나타났으며, 승학산이 가장 높았고, 두송반도가 가장 낮았다.

종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도를 분석한 결과, 두송반도의 종다양도, 균재도가 가장 높고, 우점도가 가장 낮게 나타나 식물종이 고르게 분포하고 식생구조가 생태적으로 안정되었으며, 승학산의 종다양도와 균재도가 가장 낮고, 우점도가 가장 높게 나타나 생태적으로 불안정한 것으로 판단되었다.

종다양도는 두송반도>아미산>옥녀봉>동매산>승학산 순으로 높게 나타나, 해안에서 내륙으로 위치

Table 5. Species diversity in investigation sites

Site	Species number	H'	H' max	J'	D'
Mt. Seunghak	5	2.8241	3.9890	0.7080	0.2920
Mt. Dongmae	52	2.8389	3.9512	0.7185	0.2815
Mt. Armi	49	2.9431	3.8918	0.7562	0.2483
Dusong Peninsula	47	2.9945	3.8501	0.7778	0.2222
Oknyeo Peak	44	2.8553	3.7842	0.7545	0.2455

할수록 종다양도가 낮아졌으며, 주변 공단의 위치가 가까운 동매산과 승학산의 종다양도가 가장 낮게 나타나, 공단에서 배출되는 대기오염의 영향이 식생의 종다양도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

### 4) 유사도

유사도지수는 조사구간 종구성의 유사성을 나타내는 지수로 조사구간에 값이 20% 미만이면 서로 이질적인 집단이고 80% 이상이면 서로 동질적인 집단이다(Cox, 1976).

조사지역간 유사도가 20% 미만의 이질적인 집단과 유사도가 40% 미만으로 이질적인 경향을 보이는 집단은 없는 것으로 나타났으며, 조사지역간 유사도가 80% 이상의 동질적인 집단은 없는 것으로 나타났고, 유사도가 60% 이상으로 동질적인 경향을 보이는 집단은 승학산-동매산, 승학산-아미산, 동매산-아미산, 동매산-옥녀봉, 아미산-두송반도, 아미산-옥녀봉, 두송반도-옥녀봉으로 나타났다.

유사도지수를 분석한 결과, 60% 이상으로 동질적인 경향을 보이는 집단은 7개 조사구간으로 나타나 조사지역간 식생은 동질적인 경향을 보이는 것

Table 6. Similarity index in investigation sites

		dissimilarity				
Site		Mt. Seunghak	Mt. Dongmae	Mt. Armi	Dusong Peninsula	Oknyeo Peak
similarity	Mt. Seunghak		26.42	37.86	44.55	40.82
	Mt. Dongmae	73.58		22.77	43.43	33.33
	Mt. Armi	62.14	77.23		37.50	39.78
	Dusong Peninsula	55.45	56.57	62.50		31.87
	Oknyeo Peak	59.18	66.67	60.22	68.13	

Table 7. The list of naturalized plant in investigation sites

Family name	Scientific name	Degree	Life form
Leguminosae	<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	II	M
Leguminosae	<i>Amorpha fruticosa L.</i>	II	N
Compositae	<i>Crassocephalum crepidioides S. Moore</i>	III	TH
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana L.</i>	III	H
Compositae	<i>Erigeron canadensis L.</i>	III	TH
Compositae	<i>Ambrosia artemisiaefolia L.</i>	II	TH
Compositae	<i>Cosmos bipinnatus Cav.</i>	I	TH
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ficifolium Smith</i>	I	TH

Table 8. Ratio of naturalization in investigation sites

	Mt. Seunghak	Mt. Dongmae	Mt. Armi	Dusong Peninsula	Oknyeo Peak	Average
Ratio(%)	6.76	3.26	3.37	4.05	6.97	4.88

으로 판단되었다.

### 5) 귀화식물 분포

조사지역에서 확인된 귀화식물은 4과 8종으로 나타났다. 이 수치는 국립환경연구원에서 제공하는 전국 귀화식물 285종의 약 2.81%에 해당되는 것으로 도시화의 정도가 매우 낮은 것으로 판단되었다.

조사지별 귀화율은 승학산 6.76%, 동매산이 3.26%, 아미산이 3.37%, 두송반도가 4.05%, 옥녀봉이 6.97%로 나타나, 동매산이 가장 낮은 것으로 나타났고, 옥녀봉이 가장 높은 것으로 나타났다. 조사의 평균 귀화율은 4.88%로 우리나라 평균 귀화율 10.4%보다 낮은 것으로 나타나 도시화의 정도가 비교적 낮은 것으로 판단되었다.

## 3. 식생 복원모형

### 1) 식생복원을 위한 적정식물 및 식재밀도

곰솔림 식생복원모델의 수종선정은 곰솔군집에서 출현하는 전채수종 중에서 자생수종으로 생태적 천이단계상 도태가능성이 있는 수종과 덩굴성 수종을 제외한 종으로 선정하였으며, 초본은 귀화식물 및 외래식물을 제외한 자생종으로 선정하였다.

조사지역별 식생구조 분석에서 종조성, 종다양도, 균재도, 우점도 등을 고려할 때 두송반도의 곰솔군집이 자연성이 높고, 생태적으로 안정되었으며, 자생종을 이용한 도시림의 생태적인 식생 복원

모형에 적용이 가능한 것으로 판단되었다.

두송반도에서 출현한 상대우점치의 결과를 살펴보면, 교목층은 곰솔이 우점종으로 나타났고, 아교목층은 사스레피나무가 우점종, 곰솔이 주요 출현종이며, 관목은 굴피나무, 두릅나무, 사스레피나무, 개울나무, 털팽나무, 족제비싸리, 싸리, 진달래, 낭아초, 마삭줄, 칩, 계요등, 청미래덩굴이 주요 출현종으로 나타났다.

곰솔림을 계속 유지하기 위해서는 아교목층과 관목층에서 곰솔 다음단계의 천이계열인 참나무류가 나타나고 있어 방해극상 개념을 도입한 관리와 관목층에서 칩 등의 덩굴성 식물을 제거하는 식생관리가 요구된다.

곰솔군집의 식생복원을 위해서는 교목으로 곰솔, 상수리나무, 떡갈나무, 졸참나무, 갈참나무, 굴참나무 등 6종이며, 아교목으로 굴피나무, 산벚나무, 때죽나무, 사스레피나무, 산뽕나무 등 5종이었다.

관목으로는 참느릅나무, 느릅나무, 생강나무, 보리밥나무, 예덕나무, 쥐똥나무, 팔배나무, 개울나무, 산초나무, 돌가시나무, 붉나무, 털팽나무, 진달래, 산철쭉, 낭아초 등 15종이며, 주변부 식생으로는 두릅나무, 노린재나무, 돈나무, 조록싸리, 싸리, 복분자딸기, 나무딸기, 까마귀머루, 개머루, 찔레 등 10종이었다.

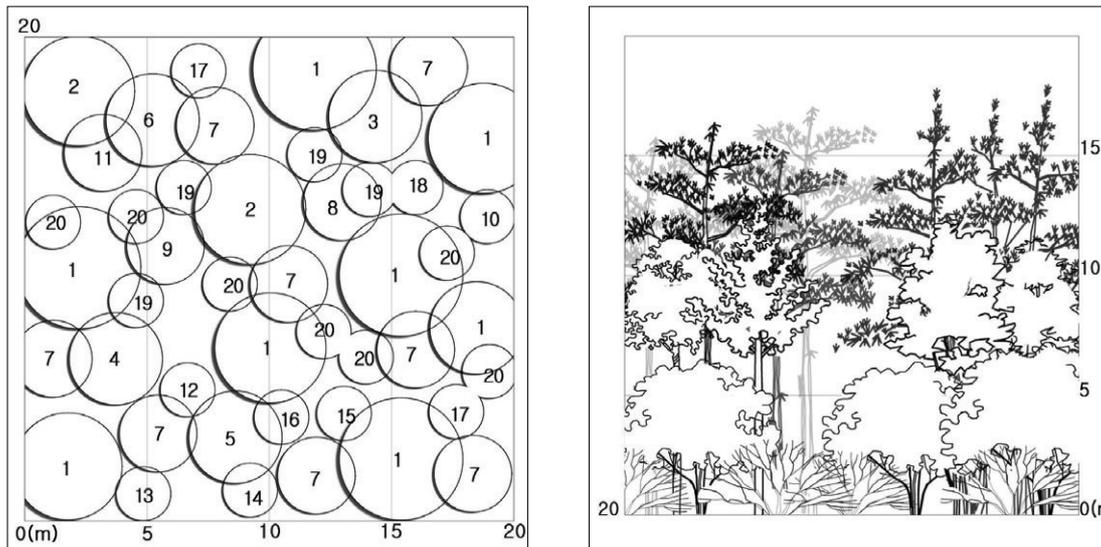
초본은 조개풀, 머느리밀싹개, 닭의장풀, 억새, 쑥, 산박하, 단풍마, 참마, 등골나물, 바다나물, 개

Table 9. Proper species of vegetation restoration model of *Pinus thunbergii* community

Classification	<i>Pinus thunbergii</i> community
Tree layer	<i>Pinus thunbergii</i> , <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus dentata</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Quercus alienna</i> , <i>Quercus variabilis</i> (Total 6)
Subtree layer	<i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Prunus sargentii</i> , <i>Styrax japonica</i> , <i>Eurya japonica</i> , <i>Morus bombycis</i> (Total 5)
Shrub layer	<i>Ulmus pavifolia</i> , <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Elaeagnus macrophylla</i> , <i>Mallotus japonicus</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Sorbus alnifolia</i> , <i>Rhus trichocarpa</i> , <i>Zanthoxylum schinifolium</i> , <i>Rosa wichuraiana</i> , <i>Rhus chinensis</i> , <i>Viburnum erosum</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukbanense</i> , <i>Indigofera pseudotinctoria</i> (Total 15)
Edge vegetation	<i>Japanese angelica</i> , <i>Symplocos chinensis</i> , <i>Pittosporum tobira</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , <i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Rubus coreanus</i> , <i>Rubus idaeus</i> var. <i>concolor</i> , <i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i> , <i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i> , <i>Rosa multiflora</i> (Total 10)
Herb layer	<i>Arthraxon hispidus</i> , <i>Persicaria senticosa</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> , <i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> , <i>Plectranthus inflexus</i> , <i>Dioscorea quinqueloba</i> , <i>Dioscorea japonica</i> , <i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i> , <i>Angelica decursiva</i> , <i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i> , <i>Setaria glauca</i> , <i>Justicia procumbens</i> , <i>Melica onoei</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> , <i>Fallopia japonica</i> , <i>Liriope spicata</i> , <i>Aeschynomene indica</i> , <i>Atractylodes ovata</i> , <i>Lysimachia barystachys</i> , <i>Coniogramme intermedia</i> (Total 22)

Table 10. Population, cross section at breast height, planting distance by layer of *Pinus thunbergii* community model (unit area: 400m<sup>2</sup>)

Classification	Tree layer	Subtree layer	Shrub layer	Total
Population	24(17-29)	35(14-49)	410(387-428)	469(415-506)
Cross section at breast height	10,852cm <sup>2</sup> (7,687-13,112)	1,546cm <sup>2</sup> (538-1,885)	1,158,660cm <sup>2</sup> (1,093,662-1,209,528)	1,170,858cm <sup>2</sup> (1,101,887-1,224,525)
Planting distance	2.0m(1.5-3.0)	1.9m(1.2-2.9)	-	-



1. *Pinus thunbergii*; 2. *Quercus acutissima*; 3. *Quercus dentata*; 4. *Quercus serrata*; 5. *Quercus alienna*; 6. *Quercus variabilis*; 7. *Eurya japonica*; 8. *Platycarya strobilacea*; 9. *Prunus sargentii*; 10. *Styrax japonica*; 11. *Morus bombycis*; 12. *Lindera obtusiloba*; 13. *Mallotus japonicus*; 14. *Ligustrum obtusifolium*; 15. *Sorbus alnifolia*; 16. *Rhus trichocarpa*; 17. *Rosa wichuraiana*; 18. *Viburnum erosum*; 19. *Rhododendron mucronulatum*; 20. *Rhododendron yedoense* var. *poukbanense*

Figure 2. Canopy projection and layer structure of vegetation restoration model of *Pinus thunbergii* community

솔새, 금강아지풀, 쥐꼬리망초, 쌀새, 오이풀, 엉겅퀴, 호장근, 맥문동, 자귀풀, 삼주, 까치수염, 고비고사리 등 22종이었으며, 목본과 초본을 합하여 58종이었다.

곰솔군집의 식생 복원모형의 단위면적 400m<sup>2</sup>에 대한 목본층의 평균 개체수는 교목층 24개체, 아교목층 35개체, 관목층 410개체이며, 평균 흉고단면적 및 수관투영면적은 교목층 10,852cm<sup>2</sup>, 아교목층 1,546cm<sup>2</sup>, 관목층 1,158,660cm<sup>2</sup>이었고, 수목간 최단거리는 교목층 2.0m, 아교목층 1.9m로 산정되었다. 곰솔군집 복원모형의 단위면적 400m<sup>2</sup>에 대한 초본층의 식피율은 평균 34%로 136m<sup>2</sup>로 산정되었다.

## 2) 식생복원을 위한 수관투영도 및 층위구조

곰솔군집 식생 복원모형의 수관투영도 및 층위구조는 교목층에서 곰솔이 주로 수관을 형성하였고, 상수리나무, 떡갈나무, 졸참나무, 갈참나무, 굴참나무가 부수종으로 수관을 이루고 있으며, 아교목층에서 사스레피나무가 주로 수관을 형성하였고, 굴피나무, 산벚나무, 때죽나무, 산뽕나무가 부수종으로 수관을 이루고 있다.

관목층에서는 참느릅나무, 느릅나무, 생강나무, 보리밥나무, 예덕나무, 쥐똥나무, 팔배나무, 개웃나무, 산초나무, 돌가시나무, 붉나무, 털팽나무, 진달래, 산철쭉, 낭야초 등이 다양한 수관을 형성하였다. 따라서 본 곰솔군집은 층위별 구성종의 성상이 뚜렷한 다층구조로 형성되었다.

## IV. 결론

본 연구는 부산지역 도시림의 자연성 회복을 위하여 부산시 사하구를 대상으로 곰솔림의 식생 복원모형을 구축하고자 하였으며, 도시림 복원을 위한 모형식재의 개념으로 자연성이 높은 곰솔군집의 종조성을 파악하고, 생태적 복원을 위한 식생모형을 제시하고자 하였다.

도시림 복원을 위한 식생모형은 20×20m (400m<sup>2</sup>)의 면적을 대상으로 식물군집구조 분석을

실시한 결과를 바탕으로 하여 자연성과 종다양성이 풍부하고 층위별 출현종이 성상에 따라 뚜렷한 자생식물군집을 식생 복원모형으로 선정하였다. 적정 식물은 천이가능성이 높은 자생수종 및 자연성이 높은 군집에 출현한 초본식물을 선정하였고, 적정 밀도는 현장에서 조사한 자료와 기존문헌에서 제안된 자료를 종합하여 개체수, 흉고단면적 및 수관투영면적, 수목간 최단거리를 산정하였다.

곰솔군집의 식생 복원모형은 교목 5종, 관목 15종, 주연부 식생 10종, 초본 22종 등 총 58종을 제시하였으며, 단위면적당 목본층의 평균 개체수는 교목층 24개체, 아교목층 35개체, 관목층 410개체이었다. 수목간 최단거리는 교목층 2.0m, 아교목층 1.9m이며, 초본층의 식피율은 평균 34%로 136m<sup>2</sup>로 산정되었다.

본 연구는 부산광역시 사하구 도시림의 식생을 복원하기 위하여 수행되어 부산광역시의 일반적인 곰솔림의 복원모형으로 적용되지 못하는 한계가 있으며, 다양한 지형 및 환경적인 요인을 고려한 식생모형으로서 적용하기에는 한계가 있다.

향후 곰솔림을 복원하기 위하여 조사대상지역을 확대하고, 지형 및 환경요인을 고려한 연구가 이루어진다면, 부산지역에 일반적으로 적용될 수 있는 곰솔림의 생태적인 식생 복원모형을 제시할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강현경, 방광자, 2001, 수도권 지역의 신갈나무군집 복원모형, 한국조경학회지 28(6), 1-15.
- 김점수, 이강녕, 1994, 사상공단 주변의 대기오염이 해송림에 미치는 영향, 한국임학회지 83(4), 486-497.
- 김창환, 명현, 2001, 도시근린공원 식생의 생태학적 진단, 한국조경학회지 28(6), 62-76.
- 김태정, 1996, 한국의 자원식물 I-V, 서울대학교 출판부.
- 박수현, 신준환, 이유미, 임종환, 문정숙, 2002, 우

- 리나라 귀화식물의 분포, 임업연구원·국립수목원.
- 박승범, 김석규, 남정철, 김승환, 강영조, 이기철, 2002, 사상공단 주변 식생의 생태적 특성 분석, 한국조경학회지 30(1), 75-86.
- 박인협, 1985, 백운산지역 천연림생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 부산광역시, 1999, 공원유원지 정비 및 개발계획.
- 부산광역시 사하구, 2008, 도시숲 시범(모델)사업 기본계획 및 설계.
- 오충현, 1992, 도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위논문.
- 이경재, 1986, 남산공원의 자연환경실태와 보존대책, 서울특별시.
- 이경재, 한봉호, 1998, 부천시 산림지역 아까시나무림 식물군집구조를 고려한 식생관리 모델, 한국조경학회지 26(2), 28-37.
- 이창복, 1989, 대한식물도감, 향문사.
- 임경빈, 1978, 남산공원수림의 피해상태와 그 대책에 관한 연구, 서울특별시.
- 조우, 1995, 도시녹지의 생태적특성 분석과 자연성증진을 위한 관리모형, 서울시립대학교 박사학위논문.
- 조우, 2002, 도시자연공원의 식생구조에 따른 관리방안, 한국조경학회지 30(1), 61-74.
- 조우, 이경재, 1993, 도시림관리를 통한 식물종다양성 증진에 관한 연구, 한국조경학회지 21(2), 107-119.
- 한봉호, 2000, 생태도시 구현을 위한 도시녹지축의 생태적 특성 평가 및 식재모델에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위논문.
- 한봉호, 이경재, 2001, 생태적 특성에 따른 산림녹지의 관리방안, 한국조경학회지 29(1), 51-66.
- 沼田眞, 1975, 歸化植物, 環境科學ライブラリ-13, 大日本圖書, 160.
- Braun-Blanquet, J., 1964, Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetation Skunde, Dritte Auflage, Springer-Verlag, Wien, 865.
- Brower. R. and J. H. Zar, 1977, Field and Laboratory Methods for General Ecology, Iowa, Wm, C. Brown Company Publ.
- Cox, G. W., 1976, Laboratory Manual of General Ecology, Wn, C. Brown Co, 232.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh, 1951, An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, 32, 476-496.
- Hough, M., 1990, Formed by Natural Process, Gorden, D. editor, Green Cited, Black Rose Books, N.Y., 15-20.
- Pielou, E. C., 1975, Ecological Diversity, New York, John Wiley & Sons, 165.
- Whittaker, R. H., 1956, Vegetation of the Great Smoky Mountains, Ecology Monogra, 26, 1-80.