

# 당진화력발전소 녹지공간의 식재현황 및 생태적 특성 분석

강현경\* · 이수동\* · 한봉호\*\*

\*에코플랜연구센터 L·E·T · \*\*서울시립대학교 조경학과

## Planting Structure and Ecological Characteristics of Green Spaces at the Dangjin Steam Power Plant

Kang, Hyun-Kyung\* · Lee, Soo-Dong\* · Han, Bong-Ho\*\*

\*Eco-Plan Research Center L.E.T

\*\*School of Landscape Architecture, Univ. of Seoul

### ABSTRACT

This study was conducted to analyze the planting structure and ecological characteristics of green spaces on the grounds of the Dangjin steam power plant. To achieve these goals, we surveyed existing vegetation, plant community structure, plant volume and growth rate. Based on the vegetation analysis, existing vegetation was classified into six types: herbaceous species (70.54%), evergreen coniferous trees (21.17%), deciduous broad-leaved trees (5.10%), deciduous coniferous trees (1.47%), shrubs (0.12%), and other types (1.59%).

The coal storage, office, and playground areas were compared with the natural forest area where a *Pinus thunbergii* / *Pinus densiflora* community is distributed in terms of vegetation structure, species diversity, plant volume, and growth rate. The artificial green spaces(near the coal storage, office, playground areas) had a single-layer structure. Species diversity indices of the artificial green areas were 0.1655~0.4807 compared to 0.8628 in the natural forest, which presented a good growth environment. Also, the plant volume in the artificial green space was lower than that of the natural green space. Therefore, it would be desirable to develop a multi-layer structure similar to that of the vegetation in the natural green space in order to improve the amount of plant volume.

The plant-damage ratio of *Pinus thunbergii* was 52.48% in the coal storage area, and 8.48~11.52%, in the other survey areas. Also, the vitality of *Pinus thunbergii* was 15.45kΩ in the coal storage areas, which indicates bad growing conditions. This suggests that soil characteristics and dust have a bad impact on

growth. The investigation into deciduous trees' growth status showed that appropriate plants would be *Albizia julibrissin*, *Acer palmatum* var. *sanguineum*, *Acer palmatum*, *Malus* spp., *Prunus sargentii*.

*Key Words: Planting Structure, Species Diversity, Plant Volume, Multi-layer*

## I. 서론

최근, 환경문제는 세계적 관심의 대상이 되고 있으며, 1992년 브라질에서 개최된 유엔환경개발회의에서 채택된 Agenda 21을 통해 환경문제의 대응 노력을 구체화하기 시작하였다. 이러한 세계적 동향과 함께 최근, 공공기관을 시작으로 환경친화적 녹색경영, 환경신기술 개발 등의 그린마케팅을 통한 환경친화기업으로서의 경쟁력 강화에 활발한 움직임이 일고 있다. 또한, 기업 이미지와 가치를 높이기 위한 수단으로서 일부 공간을 할애하여 주변 자연환경과 연계된 친환경적 테마공원을 조성함으로써 지역사회 의 문화·휴식의 장으로서 그 기능과 역할을 확대해 나가고 있다(이시영과 김신원, 2002).

특히, 대기오염의 근본적 문제를 해결하기 위하여 한국동서발전(주)은 태양광 및 풍력 발전을 이용하여 청정 에너지 기업으로서의 이미지를 제고함과 동시에 지역사회와 공영하기 위한 방안으로 발전소의 공원을 도모하여 「Green Energy Park」 조성 방안을 추진하고 있다. 이는 환경을 고려한 신재생 에너지 개발 및 쾌적한 환경 개선을 위한 녹지 조성의 필요성을 부여하고 있는 것이다(<http://www.kewp.com/>).

이러한 추세에 발맞추어 2004년 한국남동발전(주)은 하이테크적인 홍보관과 친환경적인 테마공원이 어우러진 영흥 에너지 테마 파크를 조성하여 발전사업에 대한 범국민적 이해 기반을 확대하고, 지역사회와의 유대강화를 통해 회사 이미지 및 기업 브랜드 가치를 제고하고 자 영흥 에너지 테마 파크 신축 현상설계를 공모하게 되었다(한국남동발전, 2004). 이는 인간의 생활과 밀접한 관계가 있는 에너지를 테마로 한 친환경적 공원을 조성함으로써 관광객 및 지역주민들에게 기업홍보 및 녹지·생태공간내에 휴가와 관찰기능을 수행할 수 있는 외부공간 창출을 주요 목적으로 한 것이다(이시영 등, 2005). 이러한 외부공간의 녹색화를 위하여 화력발전소

의 세부적인 공간별 특성에 적절한 식재기법 및 식재종 선정 등의 자체적인 식재현황에 대한 자료구축이 요구되어지고 있는 것이다.

그러나 현실적으로 화력발전소와 같은 인위적인 시설지내에 녹지율은 매우 저조한 실정으로 도입공간별 식재개념 및 적정 수종에 대한 현황진단 및 식재후 모니터링이 전무하여 녹지공간의 특성에 부합하는 기능이 제대로 이루어지지 못하고 있다. 특히, 우리나라 화력발전소의 50% 이상이 인천과 전북, 군산 사이의 서해안에 위치하고 있으며, 대부분 해안가의 일부 매립 또는 기존 산림의 개발을 통하여 조성되어지고 있는 현황이다.

이러한 인위적인 시설지내 녹지공간 조성방안에 관한 연구로서 완충 및 경관, 녹음을 위한 식재개념 및 기법에 관한 연구들이 수행되어 왔으며(조우, 1998; 김중엽, 1999; 김동완, 1999), 이러한 녹지공간의 배식과 관련하여 Magee(1983)는 특정지역에 분포하는 자연식생 군락은 유사한 환경조건을 지닌 지역의 생태적 복원 모델로서의 활용 가능성을 제시하였다.

이와 같은 인위적인 시설지의 식재기법과 식재종과의 관계규명에 관한 연구로서 해안 매립지 식재에 있어서 환경압 및 수종 선택, 시공 및 관리방법이 중요한 검토사항(오휘영과 최병권, 1999)임이 보고된 바 있으며, 인천해안지역에 있어 해안림 식재 모델을 제안한 바 있다(권전오 등, 2004). 수목의 생육실태에 있어서 지역별 성토에 따른 고사율과 조경수목의 생리적 특성과의 관계성을 파악하였으며(박현수 등, 2003), 환경조건이 수목의 활착과 생육에 미치는 요인과의 관계성 규명에서 이종석(1980)은 내염성 및 내조성 조경수목 개발에 관한 연구를 수행하였다. 최일홍과 황경희(2000)는 인천시, 안산시, 부천시의 해안 매립지를 조사하여 적정종으로서 곶술, 섬잣나무, 가이즈까향나무, 중국단풍 등을 제안한 바 있으며 조우(2000)는 인천 남동공단을 중심으로 식재 수목 생육상태를 분석하여 곶술을 비롯한 적정종을 제안하였다.

이상과 같이 대부분 국내의 각종 매립지 형태에 따른 성토유무, 성토높이 등에 있어서의 수목 생육현황, 식재 기반 등에 관한 실험적 연구가 진행되어 왔으며, 기조성된 인위적인 시설지내 녹지공간에 대한 식재개념, 수목별 생육현황 등에 관한 모니터링은 미약한 것으로 판단되었다. 따라서 기존의 연구동향을 토대로 본 연구는 입지환경이 해안가에 위치하고 있는 당진화력발전소를 대상으로 녹지공간별 식재현황, 식재구조를 조사하였으며 녹지량 및 수목별 생육현황을 분석하여 발전소내의 친자연적인 녹지환경 조성에 부합할 수 있는 기초연구로서 수행하였다. 이는 향후, 타 화력발전소 녹지공간에 있어서도 합리적인 조성방안을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 연구방법

### 1. 조사지 개황

조사대상지는 충청남도 당진군 석문면 974번지에 위치한 당진화력발전소로서 녹지율이 5.6%로 매우 낮은 지역이었다. 본 대상지는 석탄화력이며 용량은 2,000 MW (500MW×4기)로 1999년 6월에 조성되었다. 당진화력발전소내 녹지 조성지는 저탄장지역, 발전관련시설지역, 사무실지역, 운동장지역으로 총 4개 권역으로 구분되었으며, 대조구로서 당진화력발전소 주변의 자연식생을 포함하였다.

### 2. 연구항목 및 방법

연구항목으로 화력발전소 내부 녹지공간의 전체적인

식재현황을 파악하였고, 각 지역별 공통종으로서 소나무 및 곰솔 식생유형을 대상으로 식물군집구조를 조사하여 지역별 식재구조 및 녹지량, 생육현황을 비교·분석하였다. 이를 통하여 화력발전소내 친환경 녹지조성을 통한 「Green Energy Park」으로 완충 및 경관녹지로서의 제 기능을 수행할 수 있는 적절한 녹지조성안을 제안하고자 하였다. 또한, 휴게 및 녹음기능에 충족할 수 있는 적정종 선정에 있어서 낙엽수를 대상으로 수목피해도 및 수목활력도를 조사하였다(표 1 참조).

세부적인 조사·분석방법으로서 식재현황에서는 대상지내 녹지분포현황을 조사하여 현존식생을 파악하였다. 세부적인 소나무 및 곰솔림의 식재구조를 파악하기 위하여 방형구를 설정, 식생조사를 실시하였다. 이를 토대로 조사구별 상대우점치, 층위구조, 종수 및 개체수, 종다양도를 파악하였고, 녹지량에 있어서는 녹피율 및 녹지용적계수를 분석하였다. 또한, 수목의 생육현황조사를 위하여 수목피해도, 수목활력도 및 직경성장량을 측정하였다. 녹음수의 적정종 제안을 위하여 낙엽수를 대상으로 수목피해도, 수목활력도를 측정하였으며, 이를 토대로 종별 생육상태를 파악하였다.

식재현황에 있어 녹지분포 및 현존식생은 발전소내에 조성된 녹지 및 잔존녹지 분포현황을 파악하였고, 각 녹지공간에 대하여 교목층 우점종을 대상으로 현존식생도를 작성하였다. 조사된 자료는 1/2,000 축척의 지형도를 기초로 도면을 작성하였다. 소나무 및 곰솔림의 식재구조에 있어 현존식생을 고려하여 주로 잔디 및 초본식생이 대면적으로 분포하는 발전관련시설지역을 제외하고 저탄장, 사무실, 운동장, 대조구(기존산림) 지역을 대상으로 식물군집구조조사를 실시하였다. 각 지역별로 방형구법(quadrats method)을 이용하여 10m×10m(100

표 1. 당진화력발전소 연구항목 및 내용

연구대상 및 목표	연구항목	세부 분석항목
· 화력발전소 내부 식재지	식재현황	· 현존식생 조사 및 도면작성
· 소나무 및 곰솔림 · 화력발전소내 녹지량 증대 · 완충 및 경관림 조성	식재구조	· 상대우점치, 층위구조, 종다양도
	녹지량	· 녹피율, 녹지용적계수
	생육현황	· 수목피해도, 수목활력도, 직경성장량
· 화력발전소내 낙엽수 식재지 · 화력발전소 내부의 녹음기능을 위한 적정종 제안	생육현황	· 수목피해도, 수목활력도

m<sup>2</sup>) 크기의 조사구를 설정하였다. 식물군집구조는 각 지역별 수준의 상대적 우세를 비교하기 위하여 상대우점치 및 평균상대우점치를 구하였다. 이는 Curtis and McIntosh(1951)의 방법에 의거하여 상대우점치(importance percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.)는 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6로 구하였다. 이외에 Shannon의 수식을 이용한 종다양도(Pielou, 1975)를 분석하였다.

녹지량 파악을 위하여 녹피율은 조사구의 층위별 단위 면적당 수관투영면적 합계를 파악하였고, 녹지용적계수(GVZ: Grünvolumenzahl)는 녹지의 풍부함을 정량적으로 비교하기 위한 것으로 한국건설기술연구원(1998)의 방법을 이용하여 m<sup>2</sup>당 평균적인 녹지용적(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)을 비교하였다. 또한, 수목의 생육현황을 파악하기 위하여 수목피해도는 각 지역별 소나무 및 곰솔 5개체씩 선정하여 잎의 변색 정도, 잎의 낙엽 정도, 위축, 신초생장, 소지상태, 수관 감소, 수세, 정아 유무, 지수 상태 등을 분석하였으며, 수목활력도 조사는 수목피해도 측정수목을 대상으로 수목활력도 측정기 Shigometer를 이용하여 지면에서 1.2m 높이에서 네 방향으로 전기저항치를 측정하여 평균값을 산출하였다<sup>1)</sup>. 직경생장량에서는 수목피해도를 산정한 대상수목 중 대표적인 크기의 수목에 대하여 지상으로부터 1.2m의 높이에서 성장추를 이용하여 목편을 추출한 후 평균 성장량을 비교·분석하였다. 낙엽수를 대상으로 적정종 선정에 있어서는 수목생육현황을 파악하기 위하여 5개체씩 선정하여 수목피해도 및 수목활력도를 산정하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 화력발전소내 식재현황

본 대상지의 조사분석 결과, 녹지분포현황은 잔디 중심의 초본식생지와 곰솔 및 소나무 중심의 상록침엽수 식재지가 대표 식재유형으로 나타났으며 잔디(58.69%) 및 초본식재지(11.85%)가 중앙의 발전시설 주변과 진입부 및 저탄장변 운동장에 넓은 면적으로 조성되어 있

었다. 상록침엽수식재지(21.17%) 중 곰솔식재지(8.51%)는 저탄장지역 완충녹지에 비탄방지용으로 식재되어 있었고 운동장지역에 부분적으로 분포하였으며, 소나무식재지(3.70%)는 사무실지역을 중심으로 주변 녹지의 마운딩 지역에 식재되어 있었다. 이 외에 낙엽활엽수(5.1%)는 주로 사무실지역, 발전시설과 접근로인 도로 사이, 주차장변에 식재되어 있었으며 관목(0.12%)은 도로 경계부의 선형녹지로 식재되어 있었고 기타 나지지역(1.59%), 낙엽침엽수식재지(1.47%)를 포함하여 총 6개 유형으로 구분되었다(그림 1, 표 2 참조).

#### 2. 소나무 및 곰솔림

##### 1) 식재구조

화력발전소내 공통종으로 분포하는 소나무, 곰솔림의 식재 유형을 바탕으로 대표할 수 있는 지역별(저탄장, 운동장, 사무실, 기존산림) 각 1개소를 선정하여 식재구조 및 생육현황을 비교·분석하였다.

상대우점치(단위면적 100m<sup>2</sup>)를 분석한 결과, 저탄장지역은 교목층 곰솔의 상대우점치가 100%로 우세하였으며 관목층에서는 이입종으로 명석딸기(I.P.: 42.6%)를 중심으로 떡갈나무, 칩이 소수 출현하였다. 운동장지역내 곰솔 식재지에서도 교목층의 곰솔이 100%로 우점하였으며, 아교목층은 출현하지 않았고, 관목층에서는 이입종으로 철쭉꽃(I.P.: 48.8%), 명석딸기(I.P.: 31.0%)의 출현빈도가 높았다. 사무실지역내 본관 전면부에 성토하여 식재한 소나무 식재지에서는 교목층에 소나무, 관목층에 산철쭉이 우점종으로 생육하였다. 조성된 식재지와는 대조적으로 화력발전소 주변의 기존산림지역인 소나무림에서는 교목층 소나무의 상대우점치가 93.2%로 우점하였으며, 아교목층에서도 소나무(I.P.: 72.4%)를 중심으로 소사나무(I.P.: 10.8%), 노간주나무(I.P.: 5.7%)가 출현하였으며 그외 신갈나무, 산벚나무 등이 출현하였다. 관목층에서는 진달래(I.P.: 38.1%)가 우점종이었으며 조록싸리(I.P.: 18.1%), 산벚나무(I.P.: 14.1%)가 주요 종으로 총 11종이 출현하였다(표 3 참조).

##### 2) 종다양도

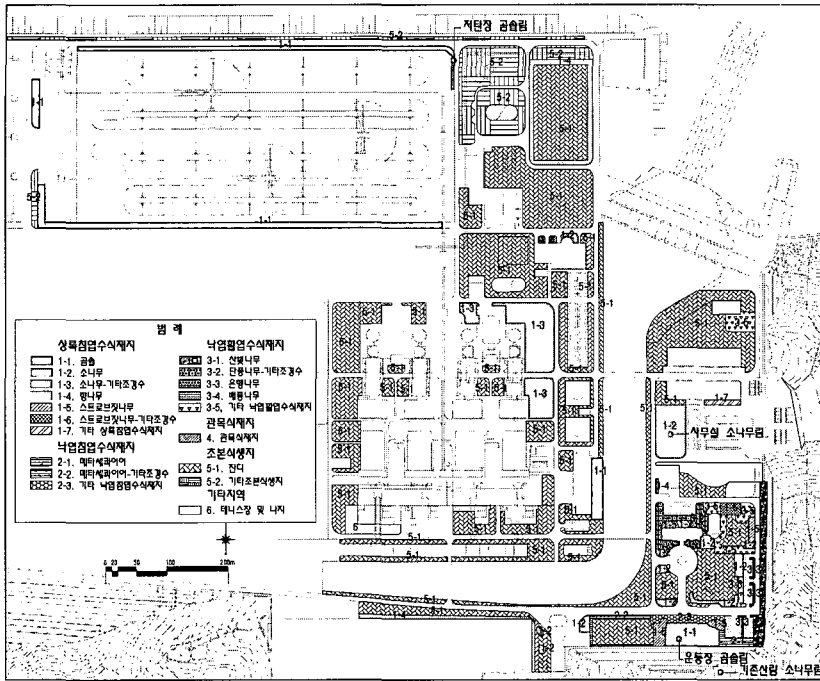


그림 1. 당진화력발전소 조사구 위치 및 현존식생도

표 2. 당진화력발전소 식재유형별 면적

식재유형		면적(m <sup>2</sup> )	비율(%)
상록침엽수 식재지	곰솔	18,492	8.51
	소나무	8,049	3.70
	소나무-기타조경수	10,372	4.77
	향나무	6,100	2.81
	스트로브잣나무	1,819	0.84
	스트로브잣나무-기타조경수	661	0.30
	기타 침엽수혼효지역	494	0.23
소계	45,987	21.17	
낙엽침엽수 식재지	메타세콰이어	921	0.42
	메타세콰이어-기타조경수	876	0.40
	기타낙엽침엽수혼효지역	1,402	0.65
	소계	3,199	1.47
낙엽활엽수 식재지	산벚나무	3,279	1.51
	단풍나무-기타조경수	2,905	1.34
	은행나무	445	0.20
	배롱나무	126	0.06
	기타낙엽활엽수지역	4,332	1.99
소계	11,087	5.10	
관목식재지	낙엽관목	266	0.12
초본식재지	잔디	127,514	58.69
	기타초본식생지	25,736	11.85
	소계	153,250	70.54
기타지역	테니스장 및 나지	3,461	1.59
합계		217,256	100.00

종다양도 분석 결과, 2종만이 식재되어 있는 사무실 지역이 0.1655로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 단위면적 100m<sup>2</sup>당 교목층의 소나무(7개체), 관목층의 산철쭉(48개체)이 출현하여 총 55개체로 조사되었다. 운동장 지역과 저탄장지역에서는 타 지역에서의 관목류의 이입으로 0.4662~0.4807로 분석되었으며 각각 4종 32개체, 4종 49개체가 출현하였다(표 4 참조). 이와 같은 경향은 분당중앙공원과 불곡산을 잇는 녹도내 상록침엽수 식재지의 종다양도 0.3583~0.4504(강현경, 1995)와 유사한 상태로 소나무 및 곰솔중심의 단층적인 식재구조로서 낮은 종다양도를 나타내었다.

대상지와 인접한 기존산림지역인 소나무림에서는 0.8628로 다층적인 식생구조를 나타내었으며 14종 208개체의 다양한 종, 개체수를 나타내었다. 이와 같이 기존산림지역은 조성녹지와는 달리 자연녹지로서 그 지역의 자연환경에 적응된 자생종으로 구성되어 있으며, 다양한 층위형성 및 녹지의 질적 향상을 위한 생태적 식재를 위한 대안으로서 걱정할 것으로 판단되었다.

3) 녹지량

표 3. 당진화력발전소 녹지공간별 층위에 따른 상대우점치(%)

종명	조사 지역	저탄장지역				운동장지역				사무실지역				기존산림지역			
		곰솔림				곰솔림				소나무림				소나무림			
		C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>
소나무	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	50.0	93.2	72.4	-	70.7	
곰솔	100.0	-	-	50.0	100.0	-	-	50.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
신갈나무	-	-	-	-	-	-	20.2	3.4	-	-	-	-	-	5.6	-	1.9	
졸참나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.3	0.9	
떡갈나무	-	-	34.2	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	6.8	-	3.5	4.0	
소사나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.8	1.6	3.9	
산벚나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.6	14.1	4.2	
노간주나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7	-	1.9	
조록싸리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.1	3.0	
참싸리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.1	1.0	
진달래	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.1	6.4	
달팽나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	0.8	
철쭉꽃	-	-	-	-	-	-	48.8	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
산철쭉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	16.7	-	-	-	-	
멍석딸기	-	-	42.6	7.1	-	-	31.0	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
인동덩굴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	
맹맹이덩굴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	
취	-	-	23.2	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
청미래덩굴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	0.9	

\*a: 교목층 상대우점치, b: 아교목층 상대우점치, c: 관목층 상대우점치, d: 평균상대우점치

표 4. 당진화력발전소 녹지공간별 종다양도 및 종수, 개체수

조사지역	Shannon의 종다양도	종수	개체수			
			교목층	아교목층	관목층	합계
저탄장지역 곰솔림	0.4807	4	29	0	20	49
운동장지역 곰솔림	0.4662	4	20	0	12	32
사무실지역 소나무림	0.1655	2	7	0	48	55
기존산림지역 소나무림	0.8628	14	14	10	184	208

지역별 녹피율을 분석한 결과, 저탄장지역의 곰솔림은 교목층에서 56.72%, 관목층에서 1.68%로 상대적으로 녹지량이 부족한 단순 층위구조로 평균 58.40%를 나타내었다. 이는 인천 남동공단 상록침엽수 식재지의 녹피율 27~49%(김종엽, 1999)보다는 높은 값을 나타내었으나 우리나라 완충녹지의 상대적인 녹지량 부족현상을 보여주고 있는 것이다.

저탄장지역의 곰솔림에 비해 운동장지역에서는 교목층 133.65%, 관목층 0.24%로 평균 133.89%로서 저탄장지역의 곰솔에 비해 단위면적당 수관 투영면적이 넓게 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 사무실지역은 넓은 면적에 소나무 식재지 면적이 부분적으로 산재하는 경관식재 형태로서 교목층 32.38%, 관목층 3.45%로 녹지량이 매우 적은 상태이었다. 기존산림지역은 조성녹지

표 5. 당진화력발전소 녹지공간의 층위별 녹피율 및 녹지용적계수

조사지역	녹피율(%)				녹지용적계수(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )			
	교목	아교목	관목	합계	교목	아교목	관목	합계
저탄장지역 곰솔림	56.72	-	1.68	58.40	0.49	-	0.00	0.49
운동장지역 곰솔림	133.65	-	0.24	133.89	1.55	-	0.00	1.29
사무실지역 소나무림	32.38	-	3.45	35.83	0.29	-	0.02	0.31
기존산림지역 소나무림	163.28	21.25	49.93	234.46	2.84	0.30	0.21	3.35

와는 달리 교목층(163.28%), 아교목층(21.25%), 관목층(49.93%)의 고른 층위구조를 나타내었으며, 총 234.46%로 녹지량이 풍부한 상태이었다.

일정면적에 대한 상대적인 녹지량인 녹지용적계수를 분석한 결과, 기존산림지역(3.35m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 운동장지역(1.29m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 저탄장지역(0.49m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 사무실지역(0.31m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) 순으로 녹지량이 부족하였다(표 5 참조). 이와 같은 녹지용적계수는 1m<sup>2</sup>면적에 생육하는 수목이 있을 달고 있는 양으로 실제 녹지량을 나타내는 것으로(한봉호, 2000) 교목·아교목·관목층이 풍부한 기존자연식생이 가장 높은 경향을 나타내었다.

#### 4) 생육현황

지역별 수목피해도 조사 결과(그림 2 참조), 기존산림지역의 소나무림은 8.48%로 양호한 성장상태를 나타내었으며, 사무실지역의 소나무는 11.52%, 운동장지역의 곰솔은 10.91%로 경미한 피해현상을 나타내고 있었으므로 주변 환경조건이 수목생육에는 커다란 장애를 미치지 않는 것으로 판단되었다. 이에 반해 저탄장지역의 곰솔은 52.48%로 식재 기반인 토양환경 및 주변 탄가루의 영향 등으로 수목생장이 가장 불량한 것으로 나타났으며, 특히 잎 변색 및 위축 정도가 심하였고 신초

성장, 소지상태가 불량한 것으로 분석되었다.

수목활력도는 수목이 건전하게 자라고 있는가를 알아보기 위한 상대적인 측정치로서 수목활력도 수치가 낮을수록 상대적으로 생육상태가 양호한 것이다(김석규 등, 2002). 지역별 소나무 및 곰솔의 수목활력도를 살펴보면(그림 3 참조), 기존산림내 소나무는 12kΩ, 사무실지역내 소나무는 11.35kΩ, 운동장지역의 곰솔은 12.2kΩ으로 건강한 수목은 수치가 낮고(5~10kΩ), 고사직전의 수목은 수치가 높아진다(30~50kΩ)는 연구결과(이경준과 이승제, 2001)와 같이 생육상 비교적 양호한 것으로 조사되었으나 저탄장지역의 곰솔은 15.45kΩ으로 나타나 수목활력이 타지역보다 불량한 것으로 나타났다.

대상지내 곰솔 및 소나무의 수령분포는 24~37년으로 평균 수령 29년생으로 분석되었다. 이와 같은 성장량의 추이를 파악하기 위하여 1995년~2003년까지 3년 구간으로 구분하여 분석한 결과(그림 4 참조), 기존산림지역과 사무실지역에 식재된 소나무는 고른 성장을 보이고 있었다. 운동장지역내 식재된 곰솔은 이식된 시기인 1998~2000년에는 기존 성장량(12.4mm)보다 저조한 성장상태(5.5mm)를 보였으나 2000년 이후 성장상태(8.7mm)가 회복되어 양호한 경향을 나타내고 있는

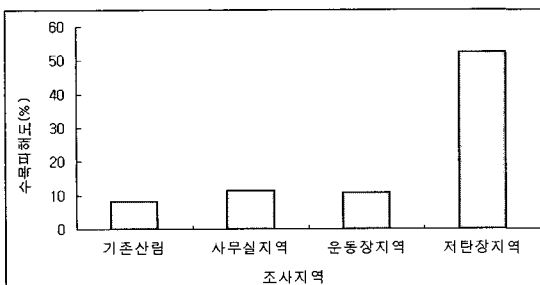


그림 2. 당진화력발전소 녹지공간별 수목피해도

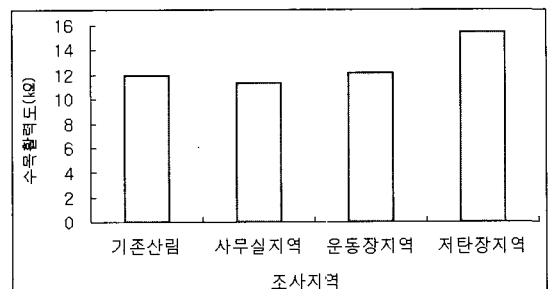


그림 3. 당진화력발전소 녹지공간별 수목활력도

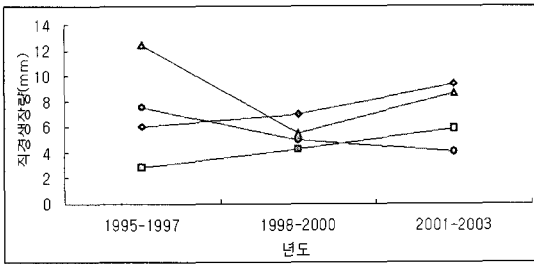


그림 4. 당진화력발전소 녹지공간별(3년간) 직경생장량(mm)  
 범례: ◆ 기존산림, ■ 사무실지역, ▲ 운동장지역, ● 저탄장지역

것으로 분석되었다. 그러나 저탄장지역의 곰솔 성장량은 매우 불량한 상태로 1995년부터 성장량이 매년 줄어 들고 있는 경향을 파악할 수 있었다.

즉, 수목피해도 및 수목활력도에서 불량한 것으로 나타난 저탄장지역의 곰솔 생육상태가 타지역에 비하여 불량한 것으로 나타나 입지환경 및 식재된 토양 특성이 수목생육에 영향을 미치는 것으로 예상되었다. 따라서 저탄장지역 곰솔립내 토양개량 및 생육회복을 위한 개선방법의 강구가 시급히 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한, 곰솔 및 소나무 중심의 조성녹지의 친자연성을 유도하기 위해서는 그 지역의 자연환경에 적응된 자생종을 중심으로 한 다층 식재를 통하여 안정된 식생구조와 종다양성이 높은 식생군락을 재현하는 것이 적절한 조성방안이 될 것으로 판단된다. 특히, 곰솔 및 소나무와 경쟁단계에 있는 신갈나무, 졸참나무, 떡갈나무를 제외하고 아교목층에 산벚나무, 소사나무, 관목층에 진달래, 털팽나무, 참싸리, 조록싸리, 노간주나무가 적절할 것으로 사료된다.

### 3. 낙엽수별 생육현황

연구대상지내 곰솔 및 소나무를 제외하고 5개체 이상이 식재된 낙엽수(12종)를 중심으로 가시적 피해현상인 수목피해도를 조사하였다(그림 5 참조).

12개 수종 중에서 자귀나무는 수목피해도 10% 이하로서 양호한 성장상태를 나타내었으며 그 외 노무라단풍, 단풍나무, 꽃사과, 산벚나무는 수목피해도 12.50~29.88%로 경피해 현상을 나타내었다. 감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 모감주나무, 메타세콰이어, 은행나무는 32.50~58.33%로 가시적인 측면에서 잎 변색, 낙엽

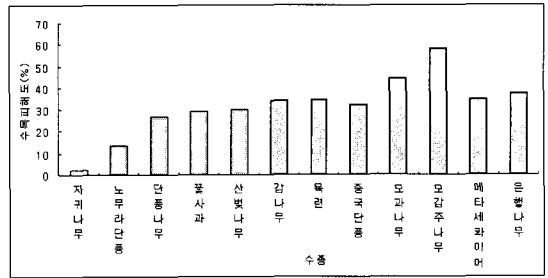


그림 5. 당진화력발전소 낙엽수의 식재종별 수목피해도(%)  
 범례: □ : 무피해 □ : 경피해 ▨ : 심피해

정도, 신초 생장 및 소지 상태에서 불량한 것으로 조사되었다. 특히 모감주나무는 수목피해도 58.33%로서 고사직전인 것으로 판단되었다.

건강도를 판단할 수 있는 수세 진단을 위한 수목활력도 측정 결과(그림 6 참조), 수목피해도에서는 심피해 현상을 나타낸 감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 메타세콰이어, 은행나무는 수목활력도 11.42~24.1kΩ로 가시적 피해현상에 비해 생육상의 커다란 지장은 없을 것으로 사료되었다. 특히, 자귀나무는 7.87kΩ으로 매우 왕성한 생육현황을 나타내었으나 모감주나무는 43.50kΩ으로 고사직전의 저조한 생육상태를 나타내었다.

따라서 본 연구에서는 수목피해도 및 수목활력도에서 무피해를 나타낸 자귀나무, 경피해로 분석된 노무라단풍, 단풍나무, 꽃사과, 산벚나무는 향후, 식재종으로 적정할 것으로 판단되었다. 수목활력도에서는 경피해로서 생육상 지장은 없었으나 가시적 피해현상인 수목피해도에서 심피해현상을 나타낸 감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 은행나무, 메타세콰이어는 피해 정도의 가속화가 예상되는 종이이었으므로 향후, 적절한 관리를

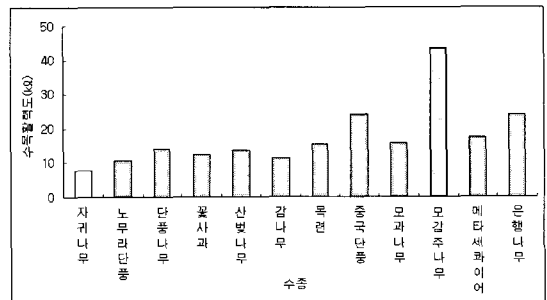


그림 6. 당진화력발전소 낙엽수의 식재종별 수목활력도(kΩ)  
 범례: □ : 무피해 □ : 경피해 ▨ : 심피해



표 6. 당진화력발전소 낙엽수의 적정증 선정 및 세부내용

증 선정에 따른 세부내용	적정종	식재지
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무피해종</li> <li>• 수목피해도 10% 이하, 수목활력도 10kΩ 이하로서 건강도가 높은 증</li> </ul>	자귀나무	사무실지역
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경피해종</li> <li>• 수목피해도 11~30% 미만, 수목활력도 11~30kΩ 미만으로 가시피해현상이 경미, 수세 약화증</li> </ul>	노무라단풍, 단풍나무, 꽃사과, 산벚나무	사무실지역
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관리 요구종(경피해+심피해종)</li> <li>• 수목피해도 30% 이상, 수목활력도 11~30kΩ 미만으로 가시피해는 심하나 수세가 경미한 증</li> </ul>	감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 은행나무	사무실지역
	메타세콰이어	운동장지역
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식재불가능종(심피해종)</li> <li>• 수목피해도 30% 이상, 수목활력도 30kΩ 이상으로 고사직전의 수세 회복이 희박한 증</li> </ul>	모감주나무	운동장지역

필요로 하는 증으로 구분되었다. 가시피해가 심하고 수목활력이 불량한 모감주나무는 식재상 적정하지 않은 증으로 판단되었다(표 6 참조). 특히, 모감주나무는 해안가 및 하천변의 계류 흐름이 바뀌는 모래언덕 및 배수가 양호한 개활지에 자주 출현하는 종(박현숙, 1992)으로서 본 대상지는 해안가에 인접하고 있으나 식재지 내 물고임 현상 등이 나타났으며 배수성이 매우 불량한 것으로 예측되었으므로 수목생장과 토양 배수환경과의 연계된 정밀조사가 후속적으로 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

지역별 생육현황을 구분하면 저탄장지역은 곰솔 1종이 식재되어 있었으며, 주로 낙엽수종은 사무실지역을 중심으로 분포하였다. 운동장지역에는 메타세콰이어 및 모감주나무가 식재되어 있었으나 생육현황이 불량한 것으로 나타났다. 즉, 사무실지역에서는 생육상에 있어 무피해종(자귀나무), 경피해종(노무라단풍, 단풍나무, 꽃사과, 산벚나무), 관리 요구종(감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 은행나무)으로 구분되었으며 식재기반 조성에 있어 절토후의 산림 심토가 성토된 지역으로 지역별 영양분의 부족, 배수불량 등에 기인하는 것으로 판단되었다. 따라서 관리 요구종이 식재된 지역을 중심으로 토양 개량 및 유기질 비료 시비 등의 차별화된 관리방안이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

운동장지역에 식재된 메타세콰이어 및 모감주나무는 피해증상이 관찰된 증으로서 본 지역은 식재지 하부에 기존산림 절토시 발생한 대규모 암지반이 있는 지역으로 배수 불량에 따른 물고임 현상이 심각한 지역인 것

으로 판단되었다. 특히, 모감주나무 식재지는 대부분 고사현상을 나타내고 있었으며, 습한 토양에서 비교적 생육이 원활한 메타세콰이어도 피해현상이 조사되었으므로 양호한 생육환경을 위해서는 기존 지반특성을 파악하고 토양 개량을 통한 식재 지반의 개선이 시급하며 습윤지성 수목 및 관목 중심의 식재 방안이 필요할 것으로 판단되었다.

#### 4. 지역별 녹지리모델링 구상

본 당진화력발전소 녹지공간별 식재현황 및 생육특성을 파악하였으며, 이러한 녹지환경 분석을 통하여 각 지역별 적정한 녹지리모델링 방안을 제안하였다(그림 7 참조). 저탄장지역은 해풍 및 탄진의 영향이 가장 심한 지역으로 본 대상지 중 생육환경이 열악한 지역이다. 이와 같은 해풍 영향 및 탄가루 비산을 방지할 수 있는 개선방안으로서 완충녹지대를 조성하여 마운딩 지역에 곰솔을 5~7열 식재하였으나 그 기능이 현재는 미약한 것으로 판단되었으며 아교목 또는 관목성상의 수목이 식재되지 않아 완충기능을 수행하기는 어려운 구조이었다. 즉, 완충기능을 강화하고 저탄장의 비사 먼지를 완화하기 위해 아교목 및 관목성상의 수목 보식을 통하여 다층구조의 곰솔림을 조성하는 것이 바람직할 것이다.

운동장지역은 녹음 및 경관 식재 개념으로 휴식 및 이용을 위한 공간으로서 곰솔 식재지는 생육상태는 비교적 양호한 경향을 나타내었으나 관목층 식재량이 절대적으로 부족한 상태이었다. 따라서 기존산림내 소나무림에서 우점종으로 출현한 진달래 식재를 통하여 시

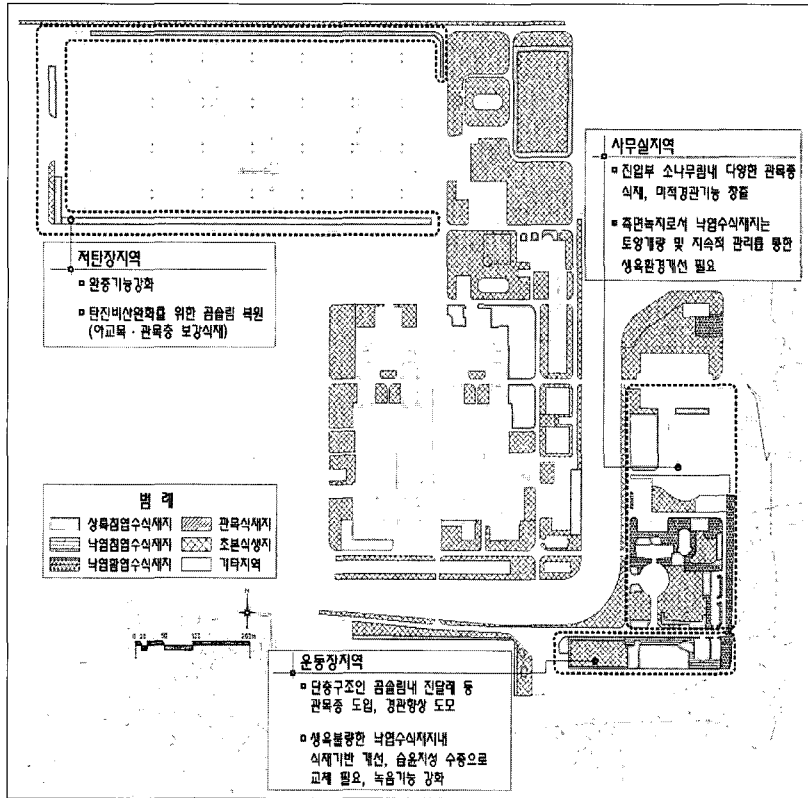


그림 7. 당진 화력발전소 지역별 녹지 리모델링 구상도

각적으로 삭막한 경관의 개선을 도모할 수 있다. 또한, 낙엽수 식재지에 있어서는 메타세콰이어 및 모감주나무의 생육장애현상이 나타났으므로, 현재의 식재기반을 개량하고 습윤지성 토양환경에 생육이 양호한 종으로 대체하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

사무실지역에 있어 진입부의 경관 식재지인 소나무 식재지역은 대면적내 산철쭉이 소규모로 식재되어 있었으므로 다양한 관목류 도입을 통한 미적 경관 형성이 필요할 것으로 판단되었다. 따라서 주변 산림내 자생하는 진달래, 조록싸리, 참싸리, 털팽나무 등의 다양한 종의 식재를 통한 경관 창출이 필요하다. 사무실지역의 측면 녹지로서 감나무, 목련, 중국단풍, 모과나무, 은행나무 식재지는 부분적으로 관리가 필요한 지역으로서 토양 개량 및 배수 등의 지속적 관리를 통한 양호한 생육환경을 조성해 주어야 할 것으로 사료되었다.

#### IV. 결론

본 연구는 화력발전소내 식재현황을 규명, 합리적인 조성방안을 제안하기 위하여 당진화력발전소를 대상으로 녹지공간별 식재현황, 식재구조, 생육현황을 분석하였으며 연구 결과는 다음과 같다.

1. 조사지역의 식재현황을 조사한 결과, 초본식재지(70.54%), 상록침엽수식재지(21.17%), 낙엽활엽수식재지(5.1%), 관목식재지(0.12%), 기타나지지역(1.59%), 낙엽침엽수식재지(1.47%) 총 6개 유형으로 구분되었다.
2. 곱슬 및 소나무 식재지를 중심으로 발전소내 저탄장, 운동장, 사무실지역 및 주변 기존산림의 식생구조 및 생육현황을 비교·분석한 결과, 상대우점치 분석에서 조성녹지는 단순한 종 조성(2~4종)으로 구성된 단층구조를 나타내었으며 기존산림내 소나무림에서는 아교목층의 소나무, 산벚나무가 우점하였으며, 관목층에서는 진달래 및 조록싸리를 우점종으로 다층구조를 이루고 있는 것으로 나타났다.

3. 지역별 종수 및 종다양도를 분석한 결과, 지역별로 0.1655~0.8628로 기존산림지역이 가장 높게 나타났으며, 2종만이 출현한 사무실지역이 가장 낮게 나타났다. 따라서 입지환경과 이용목적, 이입종의 유무에 따라 종수 및 종다양성에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 따라서 향후, 곰솔 및 소나무 중심의 조성녹지의 친자연성을 유도하기 위해서는 그 지역의 자연환경에 적응된 자생종을 중심으로 아교목층에 산벚나무, 소사나무, 관목층에 진달래, 덜꿩나무, 참싸리, 조록싸리, 고잔주나무가 적정할 것으로 판단되었다. 즉, 해안이라는 불리한 환경하에 곰솔 및 소나무림을 조성할 경우, 아교목층 및 관목층에 자생종으로 구성하여 다양한 층위형성 및 녹지의 질적 향상을 위한 생태적 식재방안의 모색이 이루어져야 할 것이다.
4. 지역별 녹지량을 분석한 결과, 녹피울에서 기존산림지역(234.46%), 운동장지역(133.89%), 저탄장지역(58.40%), 사무실지역(35.83%)순으로 녹지량이 부족하였으며, 녹지용적계수에서도 0.31~3.35m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>로 사무실지역의 녹지량이 가장 부족한 현황을 나타내었다. 이는 식재 구조 분석 결과와 동일한 양상으로 단층구조적인 발전소내의 녹지량 부족현상으로서 녹지의 질적·양적 개선이 필요할 것으로 판단되었다.
5. 생육현황 분석 결과, 수목피해도에서 기존산림지역의 소나무림(8.48%)이 가장 양호한 성장상태를 나타내었으며, 전반적으로 사무실지역(11.52%), 운동장지역(10.91%)은 경미한 피해현상을 나타내었으나 저탄장지역의 곰솔은 52.48%로 수목생장이 가장 불량한 것으로 나타났다. 수목활력도 분석에서도 11.35~15.45kΩ으로 저탄장지역내 곰솔의 수목활력 저하현상이 나타났으므로 이는 식재기반의 토양환경 및 비탄 등에 의한 입지특성이 곰솔의 가시피해 및 활력에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.
6. 대상지내 곰솔 및 소나무 이외의 낙엽수에 대한 수목피해도 및 수목활력도를 측정할 결과, 무피해의 자귀나무 및 경피해를 나타낸 노무라단풍, 단풍나무, 꽃사과, 산벚나무는 향후 식재종으로 적정할 것으로 판단되었다. 수목활력도에서는 경피해로서 생육상 지장은 없으나 가시적 피해현상인 수목피해도에서 심피해현상을 나타낸 감나무, 목련, 중국단풍, 모과나

무, 메타세콰이어, 은행나무는 피해 정도의 가속화가 예상되는 종이였으므로 향후, 적절한 관리를 필요로 하는 종으로 구분되었으며 가시피해 및 수목활력이 불량한 모감주나무는 식재상 적절치 않은 종으로 판단되었다.

7. 지역별 적절한 녹지 구상안으로서 저탄장지역은 해풍 영향 및 탄가루 비산을 방지할 수 있는 완충기능을 강화하기 위해 기존산림내 자생종 중심의 아교목 및 관목성상의 수목 보식을 통하여 다층구조의 곰솔림 조성방안이 모색되어야 한다. 운동장지역의 곰솔 식재지는 단층적인 식재구조로서 관목층 식재량이 부족한 상태이었으므로 진달래 등의 자생종 중심의 관목층 조성을 통하여 새로운 미적 경관 연출이 필요할 것으로 사료되었다. 또한, 낙엽수 식재지에 있어서는 생육상의 피해현상이 심각하였으므로 현재의 식재기반을 개량하고, 습윤지성 토양환경에 생육이 양호한 종으로 대체하는 것이 적정할 것으로 판단되었다. 사무실지역내 진입부의 소나무 식재지는 산철쭉이 소규모로 식재되어 있어 경관기능적 측면에서 미약한 현황으로 다양한 관목류 도입을 통한 미적 경관 형성이 필요할 것으로 판단되었다. 따라서 부분적으로 주변 산림내 자생하는 진달래, 조록싸리, 참싸리, 덜꿩나무 등의 다양한 종의 도입이 필요할 것으로 판단되었다. 사무실지역내 측면녹지로서 부분적으로 관리를 요하는 낙엽수종 식재지에 있어서는 토양개량 및 배수 등의 지속적 관리를 통한 양호한 생육환경을 조성해 주어야 할 것으로 사료되었다.

본 연구는 당진 화력발전소의 녹지공간별 식재구조 및 수목별 생육현황을 비교·분석함으로써 그 특성을 규명하는데 의의가 있었으나 현상학적 분석에 국한된 연구의 한계를 갖는다. 따라서 합리적인 조성방안을 위해서는 현황을 토대로 한 지역별 보강식재가 필요하며, 수목피해 및 수목활력과 같은 생육환경 조사에 있어 계절별·시간별의 지속적인 모니터링을 통한 적정한 진단이 모색되어야 하고 이를 토대로 한 관리방안의 도출이 이루어져야 할 것이다. 따라서 현황 분석 결과에 기초하여 식생에 영향을 미치는 중요인자인 토양환경, 지역별 관리 정도의 상이성에 따른 인위적 환경요소간의 상호관계성을 비교·분석한다면 향후 친환경적인 화력

발전소 공원을 위한 체계적인 관리에 적절한 도움이 될 것으로 사료된다. 특히, 식재기반의 특성에 따른 정확한 진단 및 유기물, 배수 정도 등을 파악할 수 있는 토양환경의 정밀조사가 식재지 유형별로 실시되었어야 하나 본 연구에서는 그에 따른 관계성 규명이 이루어지지 못하였다. 따라서 본 대상지의 식재현황 및 생육진단의 결과에 의거하여 각 지역별의 원인 규명을 위한 식재기반 및 토양환경과의 관계성 규명이 후속적으로 진행되어야 할 것이다.

주 1. 수목활력의 측정에 있어 휴대용 수목활력측정기(Shigometer)는 수목의 형성층 부근의 전기저항치를 측정하는 기기이다. 측정방법은 측정침의 전극면이 수직이 되도록 하며 전극의 끝부분을 수목의 중심을 향하여 찢러 넣은 다음 형성층을 통과하여 목부에 도달한 후, 저항계에 나타나는 수치가 안정되어 일정한 값을 가리킬 때 측정하며, 수목이 건강할수록 전기저항수치는 낮은 값을 나타낸다.

### 인용문헌

1. 강현경(1995) 녹지축 연결을 통한 생태공간조성계획. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
2. 권전오, 이경재, 장상향(2004) 인천해안지역의 식물군집구조 분석을 통한 해안림 식재모델 연구 (I). 한국조경학회지 31(6): 53-63.
3. 김동완(1999) 서울 양재 시민의 숲 배식 기법 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
4. 김석규, 박승범, 남정철, 김승환(2002) 도시공원녹지의 입지 환경과 토양특성이 식생구조와 수목활력도에 미치는 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 5(5): 30-44.
5. 김종엽(1999) 자연식생구조를 고려한 완충녹지 배식모델. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
6. 박현수, 이상석, 이상철(2003) 임해매립지 조경수목의 생리적 특성과 식재수목의 고사율. 한국조경학회지 31(2): 94-101.
7. 박현숙(1992) 모감주나무군락의 구조 및 유지기작. 충북대학교 대학원 석사학위논문.
8. 오희영, 최병권(1999) 임해매립지에 대한 효율적인 녹지조성의 타당성검토에 관한 연구 -영종도 신공항 사례를 중심으로-. 한국식물·인간·환경학회지 2(2): 68-75.
9. 이경준, 이승제(2001) 조경수 식재관리기술. 서울: 서울대학교 출판부.
10. 이시영, 김신원(2002) 강원도 지방경찰청 조경설계. 한국조경학회지 30(2): 79-87.
11. 이시영, 조광영, 김신원(2005) 영흥 에너지 테마파크 조경설계. 한국조경학회지 33(2): 100-110.
12. 이종석(1980) 내엽성 및 내조풍성 조경수목 개발에 관한 생태학적 고찰. 한국조경학회지 8(1): 13-19.
13. 조우(1998) 도시지역 녹화공간의 배식기법 -공동주택단지 완충녹지의 배식-. 환경생태학회지 12(1): 78-90.
14. 조우(2000) 인천시 해안매립지 녹지조성 기법 개발 연구. 인천발전연구원 보고서.
15. 최일홍, 황경희(2000) 임해매립지 식재기반 조성에 관한 연구. 대한주택공사 주택연구소 보고서.
16. 한국건설기술연구원(1998) 생태도시 조성 기반기술 개발사업 (II). 환경부.
17. 한국남동발전(2004) 영흥에너지파크 신축 설계용역 현상설계 지침서. 한국남동발전(주) 건설처.
18. 한봉호(2000) 생태도시 구현을 위한 도시녹지축의 생태적 특성 평가 및 식재모델에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
19. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
20. Magee, G. S.(1983) Native Plant Communities as a Model for Vegetating Detention Basins in the Georgia Piedmont. MS Thesis. University of Georgia, Atlanta.
21. Pielou, E. C.(1975) Mathematical Ecology. New York: John Wiley & Sons.
22. <http://www.kewp.com/>

원 고 접 수: 2005년 10월 5일

최종수정본 접수: 2005년 12월 20일

4 인 의 명 심 사 필