

## 산림환경 정보구축 및 산림환경 평가\*

장관순

충남대학교 산림자원학과

## Construction of forest environmental information and evaluation of forest environment\*

Kwan - Soon Chang

Dept. of forest resources, Chungman National University

### Abstract

This study was carried out to lead the scientific management of the urban forest by estimating the forest environment. Forest environmental information was constructed using IDRISI system based on survey data, soil, plant, and digital elevation data. Forest environmental information was consisted of soil depth, soil organic content, soil hardness and parent rock as a soil environmental factor, and forest community, tree age, crown density as a plant environmental factor. Plant activity and topographic environment also were analyzed by using remote sensing data and digital elevation data. Environmental function of urban forest was estimated based on results of soil conservation and forest productivity. 70% of urban forest is located in elevation of lower than 200m and 55% of forest area have the slope of lower than 15 degree. Analyzed soil conservation status and forest productivity were almost the same as the soil chemical properties of collected soil sample and the vegetation index estimated using remote sensing data, respectively. Thus, the constructed forest environmental information could be useful to give some ideas for management of urban forest ecosystem and establishment of environmental conservation planning, including forests, in Taejon. The best forest environmental function was appeared at the natural ecology preservation zone. Current natural parks and urban parks were appeared to establish the environmental conservation plan for further

\* 본 연구는 1996년 한국학술진흥재단의 국내 Post-Doc. 연구비 지원에 의해서 수행되었음.

development. The worst forest environmental function was appeared at the forest near to the industrial area and an overall and systematic plan was required for the soil management and high forest productivity because these forest was developing a severe soil acidification and having a low forest productivity.

**Keywords :** Urban forest, Forest environmental information, Environmental function, Forest productivity, Soil conservation, Digital elevation data, Vegetation index.

## I. 서 론

국내 대부분의 도시지역에서 시가지가 외곽으로 확장되면서 주위의 도시 산림은 감소되고 이와 반대로 오염물질 배출원은 증가되어 도시 산림지역에서 토양산성화가 진행되면서<sup>9), 10)</sup> 식물 다양성이 단순화되고 생산력이 감소되는 등<sup>8)</sup> 생물보호, 환경정화기능 등의 다양한 역할이 취약한 상태로 변화되어 가고 있다. 국제적으로 지구환경 질서의 기본 원칙을 규정한 리우선언과 지속 가능한 개발을 위한 행동 계획을 담은 의제 21은 정부 차원에서 지구 환경보호를 위한 기본적인 원칙을 세우고 지방자치 단체들은 지역발전을 도모함에 있어 생태적으로 건전하고 지속 가능한 개발을 유도할 수 있는 계획을 수립하도록 권유하고 있다. 이러한 상황 속에서 국내에서도 여러 연구를 통하여 도시를 하나의 유기적인 체계로 보고 도시의 구조를 자연생태계가 지니고 있는 다양성, 자립성, 순환성, 안정성에 기합도록 계획하여 환경을 보호하고 인간과 환경이 조화롭게 공존하는 도시를 조성하려 시도하고 있다<sup>2)</sup>.

도시의 구성요소들을 인위적 구성요소와 자연적인 구성요소로 구분한다면 후자 중에 가장 많은 면적을 차지하면서 도시의 환경조절과 인간활동에 큰 영향을 주는 요소는 도시 산림이다. 최근 생활 수준이 향상되고 여가시간의 활용으로 도시 산림

에서 휴양활동이 증가되었을 뿐만 아니고 관심밖의 대상이었던 도시 숲이 심각한 환경문제를 피부로 접하면서 도시의 환경질을 개선시켜 주는 중요한 부분으로 새롭게 인식되고 있다. 외국의 경우 도시를 재정비하거나 개발할 때 자연생태계를 보존하고 합리적인 관리를 통하여 도시의 환경질을 개선시키고 환경교육 장소로까지 활용하고 있는 사례가 많이 있으나<sup>14)</sup> 국내에서는 훼손과 질적인 감소로 도시 환경을 개선시키는 도시림의 환경기능을 약화시키는 경우가 많다<sup>1), 5)</sup>. 따라서 지속적인 도시확장과 환경오염이 더욱 심화되어 가고 있는 도시 환경속에서 도시림의 기능을 지속적으로 유지시키고 향상시키기 위해서는 도시림의 구성요소를 과학적으로 구명하여 합리적으로 관리하고 이용할 수 있는 연구들이 필요하다. 그러나 자연생태계의 구성요소들은 다양하면서 독자적인 특수한 영역을 갖고 있으면서 상호 복잡하게 연관되어 있고 그 연결 고리는 민감하게 작용하는 유기체적 특징을 갖고 있다. 따라서 여러 가지 독립적인 자료로부터 얻어지는 정보로는 다양하고 상호 보완성을 갖는 생태계의 균형을 유지시킬 수 있는 종합적인 의사를 결정하는데 많은 어려움이 있다<sup>15)</sup>. 이를 위해서는 산림생태계의 제반 구성요소들을 상호 관련시켜 산림환경을 종합적으로 평가할 수 있는 환경정보 체계가 필요하게 된다<sup>16)</sup>.

본 연구는 국내외의 환경문제와 더불어 많은 관

심을 갖게 되는 도시내 존재하는 도시환경립을 과학적으로 관리하기 위한 방법으로 대전지역을 중심으로 토양, 식생, 지형에 대한 산림환경 정보를 구축하고 산림환경 정보를 활용하여 토양 상태와 삼림생산력을 분석한 후 산림환경 기능을 평가하고자 시도하였다. 이러한 유형의 연구들은 산림의 다목적인 기능을 개발하고<sup>12)</sup>, 생태환경분석 및 적지분석에<sup>7)</sup>, 환경오염에 대한 민감도 분석<sup>9)</sup>, 산림분포 해석 등<sup>3)</sup> 과학적인 분석을 기초로 산림의 합리적인 관리를 유도하고 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 산림환경 자료 구축

#### 가. 토양자료

토양자료는 농림업 전반의 개발과 관리에 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 농촌진흥청의 식물환경 연구소에서 제작한 1/50,000의 토양도를 이용하였다. 주요 지형과 대표 토양의 특성에 기초를 두어 작성된 토양도 상에서 구분되어 있는 토양군을 입력하여 현지 조사자료와 함께 토양상태를 분석하는 자료로 활용되었다.

#### 나. 식생자료

식생자료는 환경청에서 제작한 1/50,000의 현존식생도를 이용하였으며 식생도에서 구분되어 있는 각각 임상을 입력하고, 각 임상에 대하여 임업연구원에서 발행한 임상도 자료와 함께 현지 조사를 실시하여 임상별 영급과 소밀도를 작성하여 입력하였다.

#### 다. 지형자료

미국 DMA(Defence Mapping Agency)의 수치지형자료(DEM)를 이용하여 대전을 비롯한 청원군, 공주군, 논산군, 금산군 일부 지역이 포함되게 자

료을 절출하고 1/50,000도 지형도에서 대전 경계선을 입력하여 연구 대상 지역인 대전만 절출하였다. DEM은 인공위성 자료와 함께 사용할 수 있도록 지형좌표계와 정합시켜 추출한 후에 재배열 처리가 이루어진 자료를 이용하였으며 지형의 기본 요소가 되는 표고, 경사도, 경사향 등을 분석하는데 사용되었다.

#### 라. 영상자료

영상자료는 1991년 10월 15일 Landsat TM 자료를 이용하였고 1/25,000 지형도에서 영상상 지상 물체와 구분이 뚜렷한 6개의 GCP(Ground Control Point)를 선정한 후 양선형보간법(bilinear interpolation)에 의해 보정하였다<sup>6)</sup>.

#### 마. 사용할 때스템

사용 시스템으로 Raster 형 지형 정보시스템인 IDRISI를 이용하였고, 입력된 자료는 지형좌표계를 이용하여 일치시켰다. 작도 단위는 목적, 대상 지역 및 전산도에 따라 달라지는데 일부 자료는 원격탐사 위성인 Landsat TM와 통합하여 공간자료를 분석하는 연구가 포함되어 있기 때문에 단위 격자 크기를 30m × 30m로 하여 자료가 구축되었다. 자료 입력 방법은 토양, 식생, 현지조사 자료 및 대전 경계선, 각 산림지역의 경계 등 여러 가지 자료를 입력하여야 하기 때문에 디지타이징 방법으로 실행하였다. 입력된 자료를 격자단위로 환산하면 1200행 × 999 열이 된다.

### 2. 현지조사 및 분석내용

#### 가. 현지조사

##### 1) 식생조사

대전에서 산림지역은 도심 내에 있는 봉산(월평공원)을 제외하고는 도시 외곽에 주로 위치해 있고 임상이 비교적 균일하게 분포하고 있기 때문에

식생자료를 구축한 현존식생도와 임상도, 지형도를 이용하여 현지 확인을 실시한 후에 각 산림지역에서 각각 임상별로 식생조사를 실시하였다.

## 2) 토양조사

시내 중심으로부터 외곽으로 복동쪽에 위치하고 있는 계곡산, 남동쪽에 위치하고 있는 식장산, 남향에 위치하고 있는 보문산, 서쪽에 위치하고 있는 도덕산 그리고 시내 중심에 위치하고 있는 봉산과 1, 2 공업단지에 인접되어 있는 당산을 대상으로 식생군락별로 지면 피복상태에 관한 사항들을 조사하고 동질적인 요소들로 구성된 대표적인 지점을 선정하여 1.0~1.2m의 시향을 파고 수직적인 토양단면을 조사한 후 층위의 깊이, 토양유기물 함량과 토양견밀도를 조사하였다. 토양유기물 함량은 토색첨에 의거하여 층위별로 측정하였고, 토양견밀도는 견밀도 측정기(S-170 Penetrometer, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 토양보존 상태와 삼림생산력을 분석한 후에도 토양조사를 실시하였다. 현지 조사는 '96년 10월과 '97년 5월에 2차에 걸쳐 실시되었으며 총 조사구는 108 지역이었다. 각 산림지역에서 식생군락별로 선정한 조사구 수의 분포는 Table 1과 같다.

## 나. 분석내용

토양보존 상태를 분류한 자료에 의해서 각각 Group을 대표할 수 있는 지점을 3반복이 되게 선정한 후에 각 선정 지점에서 토양시료를 채취하였다. 시료는 자연상태의 수분함량을 측정한 후에 자연상태로 건조시켜 2mm seive를 통과한 시료에 대하여 토양pH, 토성(Pipett법), 토양유기물을 함량(Tyurin법), 전질소(Kjeldahl법) 인산(Lancaster법), 치환성양이온( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ )과 CEC (1N-초산 ammonium법)을 측정, 분석하였고<sup>4)</sup> 염기포화도를 계산하였다.

Table. 1 Distribution of sample plots in each investigated sites

Forest community	Investigated sites					
	BMS	BS	KGS	SCS	DDS	DS
<i>Quercus serrata</i>	3	-	3	3	3	-
<i>Quercus variabilis</i>	3	-	3	3	3	-
<i>Pinus densiflora-Quercus variabilis</i>	3	-	3	3	3	-
<i>Quercus acutissima</i>	3	-	3	3	3	-
<i>Pinus densiflora</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Pinus densiflora-Quercus serrata</i>	3	-	3	3	3	-
<i>Larix leptolepis</i>	3	-	-	-	-	-
<i>Pinus rigida</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Pinus densiflora-Quercus acutissima</i>	-	-	3	3	3	-
Total sample No.	24	6	24	24	24	6

BMS:Bomunsan, BS:Bongsan, KGS:Kyegoksan,

SCS:Sikchangsan, DDS:Doduksan,

DS:Dangsan

## 3. 산림환경 평가 인자

산림환경을 평가하기 위하여 7개 인자를 이용하였으며 각 평가 인자는 조사지역의 특성에 부합될 수 있도록 구분하였다. 설정된 평가 지준을 근거로 토양보존 상태와 삼림생산력을 평가하였으며 이를 토대로 다시 유형별로 구분하여 지역별로 산림환경 기능을 고찰하였다.

### 가. 토양보존 상태

토양보존 상태를 평가하기 위한 항목으로는 현지 조사를 통하여 토양의 상태를 용이하게 판단할 수 있는 요인중 토양의 이화학적 성질에 중요한 영향을 행사하는 토심, 토양 유기물함량, 토양전밀도를 택하였다. 토양보존 상태를 평가하기 위한 기준은 Table 2와 같이 시도되었다.

### 나. 삼림생산성

삼림의 Biomass의 증가는 물질생산량의 증가를 의미하며 이러한 생산력은 대기중 탄산가스의 축적과 같은 환경오염 물질들을 흡수하므로써 도시의 환경을 조절하는 기능이 발휘된다. 삼림생산성을 평가하기 위한 항목으로는 입지적인 인자와 식생인자를 구분하여 입지환경으로 경사도와 모암(Parent rock), 식생환경으로 영급과 수관밀도를 택하였고, 평가하기 위한 기준은 Table 3과 같이 시도하였다.

### 다. 식생활력도 분석

식생활력도를 구하기 위하여 변환식생지수(Transfor med Vegetation Index : TVI)를 이용하였는데 이는 지상 물체의 분광대별 반사특성을 이용하여 상대적인 반사량을 구하는 방법으로 다중 영상에서 초목의 생체량을 구하는데 사용된다<sup>6)</sup>. Deering 등(1975)은 정규식생지수를 변형하여 변환식생지수를 제안하였다. band 조합법은 다음과 같다.

$$TVI = [(TM \text{ ch}4 - TM \text{ ch}3) / (TM \text{ ch}4 + TM \text{ ch}3) + 0.5]^{1/2} \times 100$$

본 연구에서 산림환경정보별 자료구축 내용과 산림환경 평가 내용의 전체적인 흐름을 Fig 1로 표시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 식생 및 토양의 분포

대전 지역에서 식생자료로 구축된 산림 면적은 약 285km<sup>2</sup>로서 행정구역 면적중 산림지역이 차지하는 비율은 약 53% 이였으며 산림지역은 도시 외곽에 주로 위치하고 있다. 산림지역에 대한 지형적인 특징을 수치지형자료에서 분석한 결과를 보면 표고 100m이하 지역이 32%, 100이상~200m이내 지역이 39%, 200이상~300m이내 지역이 19%, 300이상~400m이내 지역이 8%, 400m이상 되는 지역이 2%로 200m이내 되는 지역이 70%를 차지하고 있었다(Fig 2). 경사도는 15°이하 경사지가 55%로 가장 많았고, 15~20° 경사지와 20~25° 급경사지가 각각 16%와 13% 이였고, 25~30° 협준지와 30°이상 되는 절벽지가 8% 이였다(Fig 3). 경사향에 따라서는 산림지역이 대체적으로 균등하게 분포하고 있었다. 따라서 표고 200m이내 경사도 15°이하가 되는 구릉지가 시가지와 인접하여 상당히 존재하고 있었다.

임상의 구성율을 보면 전면적 중에 소나무림이 43%로 점유율이 가장 높았고, 리기다소나무림이 21%로 그 다음 높았다 그 외 낙엽송 등 침엽수림이 67% 정도를 차지하고 있었다. 그리고 낙엽 활엽수림이 26%로 굴참나무(13%), 상수리나무(7%), 졸참나무(6%)가 주종을 이루고 있었으며, 7% 정도가 침·활흔효림으로 구성되어 있었다. 토양은 주로 산성암 잔적토의 모재에서 토양생성작용이 진행되어 토양단면의 층화발달이 약하고 산정의 능선부근, 산복 등 건조한 곳에 주로 분포하는 갈색 건조산림토양이 가장 많이 분포하고 있었다.

### 2. 토양보존상태 평가

Table 2. The evaluation factors and criteria for soil conservation

Evaluation factors	Value					Weight
	5	4	3	2	1	
soil depth (cm)	150<	150-100	100-50	50-20	<20	1
soil organic matter (%)	8	8-6	6-4	4-2	2-0	1
soil hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.5	2.5<	1

Table 3. The evaluation factors and criteria for forest productivity

Evaluation factors	Value					Weight
	5	4	3	2	1	
Age (year)	41 <	40-31	30-21	20-11	10-0	2
Crown density	71% <		70-40%		< 40%	2
Slope	< 15°	15-20°	20-25°	25-30°	30° <	1
Parent rock	Sedimentary rock		Metamorphic rock		Acidic rock	1

Construction of forest environmental information

- Topographic environment
- Soil environment
- Plant environment

Evaluation of forest environment

- Soil conservation status
- Forest productivity

Analysis of environmental function

Fig. 1 Diagram for construction of forest environmental information and evaluation of forest environment

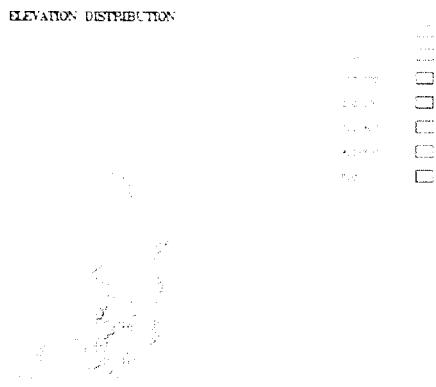


Fig. 2 Elevation distribution

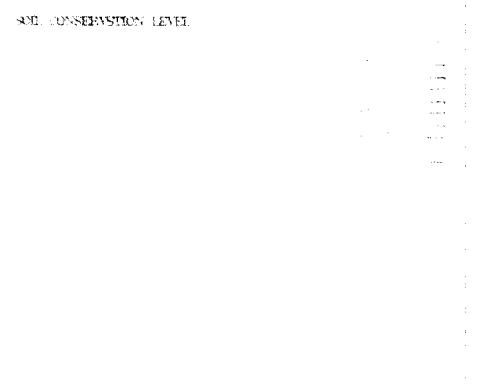


Fig. 4 Soil conservation level

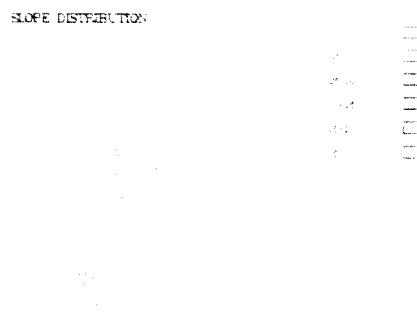


Fig. 3 Slope distribution

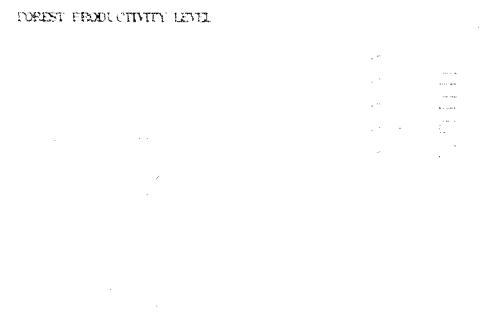


Fig. 5 Forest productivity

도시의 산림지역은 대체적으로 개발제한 지역으로 토지이용에 제한을 받게 되고 임목이 장기간 동안 존재하기 때문에 영양을 심하게 받지 않는 한 토양발달은 비교적 양호한 상태로 진행된다. 지상부 임목에서 Litter의 유입으로 부식 염류가 축척, 분해되고, 토양의 표면에서 심층부로 물질이 등과 짐작, 화학적인 변화 등에 의하여 그 환경에서 특유의 토양층위로 분화된 토양단면이 발달하며, 산림토양은 토양유기물 함량과 토심이 토양의 물리적, 화학적인 성질을 크게 좌우하는 요소가 된다.

대전내 도시 산림지역에서 토심, 토양유기물 함량과 토양견밀도를 조사하여 토양보존 상태를 분석하였다. 분석된 값은 최대 값이 15, 최소 값이 4 이었다. 최대 값 15인 지역은 토심 150cm 이상, 토양유기물 함량 8% 이상, 토양견밀도가 0.5kg/cm<sup>3</sup> 이하가 되는 지역을 말한다. 분석된 값 15~4 범위에 있는 각 cell들을 시스템 상에서 등간격기법 (Equal intervals classification)으로 토양보존 상태가 가장 좋은 수준을 1, 가장 낮은 수준을 5로 5 class로 분류하여 처리하였다. 처리된 영상은 Fig 4와 같다. 분류된 각 class별 면적 비율을 보면 3 class가 58%, 1 class 23%, 2 class 13%, 5와 4 class가 각각 3%~4%로 3 class가 많은 면적을 차지하고 있었다. Class 3은 토양보존 상태를 평가하기 위한 인자들에서 토심 50cm 이상, 토양유기물 함량 4% 이상, 토양견밀도 1.5kg/cm<sup>3</sup> 정도가 되는 지역들이 된다. 따라서 토양상태는 대체적으로 양호한 것으로 판단되었다.

토양보존 상태와 식생군락과의 관계를 비교하기 위하여 토양보존 상태를 5 class로 분류한 layer 와 식생 layer를 중첩한 결과에서(Table 4) 토양보존 상태가 가장 양호한 class 1는 낙엽 활엽수만이 포함되었고 그 면적은 낙엽 활엽수 전 면적중 87%나 되었다. 그 중에서 굴참나무 군락이 46%으로 점유율이 가장 높았다. 토양보존 상태 2 class

는 침엽수림 및 침·활흔효림이 40~44%로 침·활흔효림은 전체 중에 76%, 침엽수림은 8%만이 이에 속하였다. 그 중에 소나무-줄참나무, 소나무-굴참나무, 소나무군락의 점유율이 비교적 많았다. 토양보존 상태 3과 4 class는 대부분이 침엽수림으로 구성되어 있었고, 토양보존 상태 5 class에서는 85%가 굴참나무 군락과 소나무 군락이였다. 낙엽 활엽수림은 다른 임상들보다 비교적 토양보존 상태가 양호하였고, 대부분 침엽수림에서 토양 상태는 낙엽 활엽수림보다 낮은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 굴참나무 등 낙엽 활엽수림은 대부분이 자연 천연림 상태로 존재하는 반면에 침엽수림의 대부분은 토사유출 방지 등 산지 안정화를 주목적으로 한 조림지로서 조림후 오랜 시간이 경과되지 않았기 때문인 것으로 생각된다.

도면자료와 현지조사 자료를 이용하여 작성된 토양보존 상태의 결과를 확인하기 위하여 각 분류된 class별로 임상을 고려하여 토양시료를 채취하여 토양의 화학성을 비교하였다. 토양분석 결과는 Table 5와 같다. Class 5 지역은 계곡부에 주로 위치하고 있었으며 상부에서 끊임없이 침식작용이 일어나 토층전체가 얇고 부식층이 거의 없어 토층이 발달하지 못한 자갈 함량이 대단히 많은 지역, 그리고 암쇄토로 구성되어 있는 崖錐(talus)로 토양상태의 값이 4에 해당되는 지역 이였다. 이 지역에서 토양 분석치에 대한 의미가 없어 토양분석은 실행하지 않았다. 이와 반대로 Class 1은 굴참나무 군락에서 채취한 토양으로서 토양 pH, 토양 유기물 함량이 다른 지역에 비교하여 상당히 높았다. 치환성 양이온의 함량에서 마그네슘, 칼슘 양이 높아 염기포화도가 47%로 가장 높았다. 이를 지역은 대전지역에서 비옥도가 가장 높은 임지 이였다. 임상에 따라 토양을 비교하면 침엽수림보다 낙엽 활엽수림이 비교적 양호하였다.

Table 4. Soil conservation level of urban forest in Taejon.

(unit : km<sup>2</sup>)

Forest type	Forest community	Soil conservation level					
		5	4	3	2	1	
Deciduous forest	<i>Quercus serrata</i>		0.15	0.05	0.09	1.18	15.99
	<i>Quercus variabilis</i>	3.1	0	0	3.21	30.2	
	<i>Quercus acutissima</i>	0.22	0.01	0	1.57	18.31	
Mixed forest	<i>Pinus densiflora-Quercus serrata</i>		0.12	0	1.64	10.58	0
	<i>Pinus densiflora-Quercus variabilis</i>		0.26	0.5	2.34	4.67	0
	<i>Pinus densiflora-Quercus acutissima</i>		0.01	0	0.13	1.1	0
Coniferous forest	<i>Pinus densiflora</i>		3.93	7.7	100.1	9.79	0
	<i>Larix leptolepis</i>	0	0.5	6.38	1.57	0	
	<i>Pinus rigida</i>	0.25	1.9	53.71	3.46	0	
sum		8.04	10.66	164.4	37.13	64.5	

Table 5. Physical and chemical properties of soil for soil conservation level

Class	Soil depth	Soil texture	pH (1:5)	Total-N (%)	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C.E.C. (me/100g)	B.S. (%)	Exchangeable cation (me/100g)				Remark
									Mg <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
Class 4	20-50	LS-SL	4.63	0.12	2.21	21	5.50	14	0.23	0.4 7	0.0 5	0.05	coniferous
Class 3	50-100	LS	4.71	0.21	3.73	28	6.16	29	0.52	1.2 2	0.0 5	0.02	coniferous
Class 2	50-100	LS	4.94	0.32	4.28	31	5.60	37	1.22	0.8 0	0.0 4	0.03	mixed forest
Class 2	50-100	SL	4.26	0.19	4.97	51	6.21	22	0.36	0.8 9	0.0 5	0.04	coniferous
Class 1	100<	LS	5.17	0.52	7.65	44	6.75	47	1.86	1.2 5	0.0 5	0.02	deciduous

ENVIRONMENTAL FUNCTIONS OF URBAN FORESTS  
IN DAEJEON, KOREA

적 특성 등에 관한 정보가 연속해서 구축되어야 할 것으로 생각한다.

### 3. 도시림 생산력 평가

대전 지역의 도시림에 대한 삼림생산력을 평가하기 위하여 택한 인자들 중에서 입지환경 인자에 1, 식생인자에 2의 가중치를 각각 부여하여(Table 3) 분석한 값은 최대 값이 30, 최소 값이 12 이었으며 각 cell들을 시스템 상에서 등간격기법으로 생산력이 가장 좋은 수준을 1, 가장 낮은 수준을 5로 구분하여 처리하였다. 처리한 영상은 Fig 5와 같다. 생산력을 보면 4 class가 45.8%, 3, 2 class가 각각 25.3%, 23.4%, 5와 1 class가 각각 3.4%와 2.1%로 4 class가 많은 면적을 차지하고 있었으며 3 class 이상은 51% 이였다. 이러한 결과는 식생에 대한 가중치를 고려하면 3 class 이상은 III 영급이상이 분포하고 있는 지역이 된다. 생산력을 식생별로 분석한 결과는 Table 6으로 정리하였다. 1 class에 낙엽 활엽수림 중 17%가 포함되었다. 2 class는 낙엽 활엽수림의 83%, 침·활흔효림과 침엽수림은 3~4%가 포함되었다. 낙엽 활엽수림 중에는 굴참나무림이 40%로 점유율이 가장 많았다. 3 class는 침엽수림이 72%, 침·활흔효림의 27%가 포함되었으며, 침엽수림 중에서는 소나무림이 40%, 침·활흔효림은 소나무·줄참나무 군락이 16%로 점유율이 비교적 많았다. 4 class는 거의 대부분이 침엽수림 지역으로 침엽수 전 면적 중에 50%가 여기에 해당되었다. 위 결과로 보면 낙엽 활엽수림 중에 굴참나무림이 다른 군락보다 생산력이 아주 좋은 것으로 낙엽 활엽수림은 침엽수림 보다 양호한 것으로 나타났다. 이러한 경향은 토양보존 상태를 분석한 결과와 일치하였다.

삼림생산력을 인공위성 영상자료를 이용하여 평가하고자 변환식생지수(TVI)를 계산하였다. 분석

Fig. 6 Environmental function of urban forest

Class 2의 경우 토양상태가 양호한 것으로 분석된 지역이었으나 토양분석 결과에서 유기물함량은 Class 1을 제외하고는 다른 지역들 보다 높은 수준이었으나 토양 pH는 4.3의 강산성으로 가장 낮았고 염기포화도도 토양보존 상태가 비교적 양호한 class 3 지역에서 채취한 토양보다 낮았다. 이러한 이유는 이들 지역이 공업단지 또는 시내 중심에 인접되어 산림으로 유입되는 대기오염 물질에 의해서 토양이 산성화되고 토양 중 치환성양이온들이  $H^+$ 에 의해서 용탈되어 토양 pH와 염기포화도가 낮아 진 것으로 판단되었다.

토심, 토양유기물 함량과 토양견밀도를 조사하여 토양보존 상태를 분석한 결과는 토양시료를 분석한 결과와 거의 유사하였으나 유기물함량의 경우에는 입력된 자료보다 실 분석치가 다소 낮았다. 토양관리를 위해 보다 정확한 정보를 얻기 위해서는 본 연구에서 구축된 자료 외에 유기물층의 깊이, 토양화학적 특성과 공극량, 기비중 등의 물리

한 TVI 값은 low contrast로 분포하고 있어 gaussian 분포곡선 모양을 갖도록 하기 위하여 histogram equalization 방식을 이용하여 0~255로 변환시켰다.<sup>7)</sup>

#### 4. 도시림의 환경적 기능

산림은 대기정화, 기후조절, 야생동물보호, 보건 휴양 등 인간 삶의 질적 향상에 결정적으로 기여 한다.

Table 6. Productivity level and average TVI of urban forest in Taejon.

Forest type	Forest community	TVI	Forest productivity level*				
			5	4	3	2	1
Deciduous forest	<i>Quercus serrata</i>	3.63	0.29	0	1.2	14.19	1.78
	<i>Quercus variabilis</i>	4.20	2.4	0.7	0.11	31.48	1.82
	<i>Quercus acutissima</i>	4.07	0.22	0	0.49	17	2.39
Mixed forest	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus serrata</i>	3.94	0.12	0.01	11.25	0.97	0
	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus variabilis</i>	3.98	0.26	0.05	6.89	0.58	0
	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus acutissima</i>	3.62	0.01	0	1.08	0.14	0
Coniferous forest	<i>Pinus densiflora</i>	3.95	3.93	87.64	29.33	0.61	0
	<i>Larix leptolepis</i>	4.23	2.3	5.03	1.13	0	0
	<i>Pinus rigida</i>	3.52	0.25	36.84	20.48	1.75	0
sum			9.78	130.26	71.97	66.72	5.99

\* unit : km<sup>2</sup>

변환된 TVI 값을 빈도 분포평균을 기준으로 6 level로 분류하여 산술 평균 값을 구하였다(Table 6). 그 결과 낙엽 활엽수중에 굴참나무림이 4.2로 높았고, 졸참나무림이 3.6으로 낮았다. 침엽수림에서는 낙엽송이 굴참나무림과 같이 4.2로 높았고 리기다소나무가 3.5로 낮았다. 침·활흔효림에서는 소나무-졸참나무림이 낮았고 그 외는 소나무림과 유사하였다. 따라서 전체적으로 보면 침·활흔효림과 침엽수림은 유사하고 낙엽 활엽수림은 다소 높았다. 이러한 경향은 산림을 계절별로 주기적으로 관찰해야만 보다 정확한 정보를 얻을 수 있을 것으로 사료되며 일부분을 제외하고는 삼림생산력을 분석한 결과와 유사하였다. 이는 도시 산림에서도 인공위성 자료를 활용하게 되면 도시림 관리를 위한 보다 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

산림의 대기정화 효과는 수립 1ha에서 이산화질소와 아황산 가스를 년간 각각 40. 43kg을 흡수하며, 대기 온난화의 주원인 물질인 탄산가스 흡수량은 수목 전 중량 중 50%에 이르며 토양이 축적하고 있는 탄소의 양은 지상부보다 높다<sup>1)</sup>. 최근 연구에 의하면 도시림은 식재, 관리에 수반되는 모든 비용을 감안하더라도 도시내 탄산가스를 감소시키는 전략으로 어떠한 방법보다 효율적임을 지적하고 있다<sup>19)</sup>. 이러한 산림의 환경 조절기능은 토양의 보존상태와 식생의 생산력에 의해서 발휘된다. 대전 지역에서 산림의 환경적 기능을 평가하고자 앞에서 분석된 토양보존 상태와 삼림생산력을 근거로 각 자료들을 중첩한 결과 다음과 같이 6 개 그룹으로 구분이 가능하였다. ① 토양보존 상태와 삼림생산력이 아주 낮은 지역. ② 토양보존 상태 및 삼림생산력이 낮은 침엽수림 지역으로 토양보

존 상태와 삼림생산력이 class 3이하가 되는 지역.

③ 토양보존 상태 및 삼림생산력이 양호한 낙엽 활엽수림 지역으로 class 3이상이 되는 지역. ④ 토양보존 상태 및 삼림생산력이 양호한 지역 침엽수, 침·활흔효림 지역으로 class 3이상이 되는 지역. ⑤ 토양보존 상태는 양호하나 삼림생산력이 낮은 침엽수림 지역으로 토양보존 상태가 class 2에 속하고 삼림생산력은 class 4에 해당되는 지역. ⑥ 토양보존 상태 및 삼림생산력이 대단히 양호한 지역으로 토양보존 상태 및 삼림생산력이 class 4 이상 class 5

에 해당되는 지역. 분류된 6개의 그룹이 차지하고 있는 면적과 비율은 Table 7과 같다. 6개로 분류된 그룹을 ①은 환경적 기능이 아주 불량한 지역, ②는 환경기능이 낮은 지역, ③과 ④는 환경적 기능이 양호한 지역, ⑤는 외부로부터 환경적인 영향을 받고 있는 지역 그리고 ⑥은 환경적 기능이 가장 양호한 지역으로 구분하여 도시림의 환경적 기능을 고찰하여 보았다.

삼림 중에 50% 정도가 토양보존 상태와 삼림생산력이 양호한 것으로 분석되어 현재 도시림의 환경적 기능은 비교적 양호할 것으로 판단되었다. 6개로 구분된 layer와 지형자료를 중첩하여 각 그룹이 분포하는 지형적인 요소를 분석하였는데 ① 그룹은 암석지대와 애추(talus)에 위치하고 있는 지역으로 환경적인 기능이 거의 없는 지역이였으며, 이와 대조적인 환경적 기능이 가장 우수한 ⑥ 그룹은 표고 300m 이상 되는 산복이상에 주로 존재하고 있었다. 가장 주목할 만한 것은 100m 되는 지역( $91\text{km}^2$ )에 생산력이 양호한 ③ 그룹 이상되는 산림이 차지하는 비율은 50%( $45.3\text{km}^2$ )로 상당히 많았다는 것이다(Fig 6). 이는 대부분의 도시의 확장에 따라 훼손되는 산림지역은 표고 100m이내의 낮은 구릉지이기 때문에 개발의 압박을 받고 있는 도시 외곽의 구릉지대에 존재하는 삼림이 도시의 환경질 개선에 미치는 영향은 대단히 큰 것으로

생각되었다.

Table. 7 Group of environmental function evaluation for urban forest by soil conservation and forest productivity

Group	Area( $\text{km}^2$ )	percent	Remark
1	8.0	3	Rock and Talus site
2	119.2	43	Coniferous site
3	26.6	10	Deciduous site
4	51.3	18	Coniferous and Mixed forest
5	14.9	5	Coniferous site
6	64.8	23	Deciduous site

이러한 분류를 근거로 하여 대전 지역에서 자연생계 보존지역인 식장산과 도시 자연공원 및 근린공원을 계획, 개발하고 있는 계족산, 월평공원(봉산)과 보문산 그리고 환경오염이 가장 심각한 공업단지에 접하고 있는 산림지(당산)와 그 외 도덕산 지역을 1/50,000 지형도에서 디지타이징하여 추출한 후에 6개의 그룹과 중첩하여 환경기능을 비교하여 보았다. 그 결과는 Table 8과 같다. 자연생태 보존지역인 식장산에서는 ⑥ 그룹이 차지하고 있는 비율이 62%로 역시 가장 높았다. 대전 중심에서 서쪽 외곽에 위치하고 있으며 남북으로 연결되어 있는 표고 400m이상이 되는 도덕산 지역에서도 식장산과 같은 유형으로 분류되었다. 이들 지역은 산림환경이 우수하여 생태적으로 중요한 기능을 갖는 도시림으로 판단된다. 많은 시민이 야외 휴양활동 장소로 이용하고 있는 보문산은 ② 그룹의 비율이 51%로 가장 높았고 ⑥ 그룹의 비율은 34% ③과 ④ 그룹이 15%를 차지하고 있어 환경적 기능은 지역 내에서 위치적으로 차이가 있어 산복이상의 남동향지역이 비교적 우수한 것으로 분석되었다. 문화자원(계족산성)과 접근성을 고려하여 도시 자원공원으로 계획하고 있는 계족

산의 경우는 ① 그룹이 16%, ② 그룹의 비율이 53%, ③과 ④그룹이 15% 이었다. 그리고 월평 그린공원지역은 ② 그룹의 비율이 75%, ④ 그룹이 25%을 차지하여 도시공원과 근린공원을 계획하고 있는 지역에 환경적 기능이 우수한 ⑥ 그룹은 존재하지 않았다.

본 연구는 도시환경립을 대상으로 과학적인 관리를 유도하기 위하여 토양, 식생, 지형에 대한 산림환경 정보를 구축하여 산림환경 기능을 평가하고자 수행되었다.

이를 위하여 현지 조사 자료와 토양, 식생, 수치지형자료를 가지고 IDRISI 시스템으로 산림환경 정

Table 8. Evaluation of environmental function for 7 forest areas of urban forest in Taejon  
(unit : %)

Forest area	Group of environmental function					
	1	2	3	4	5	6
Sikchangsan	3.7	20.7	6.5	0.8	5.9	62.4
Kyegoksan	15.9	52.8	0.3	14.7	14.7	1.6
Bomunsan	0.7	50.6	9.4	5.2	0.2	33.9
Doduksan	13.7	10.2	14.9	10.2	0	51
Bongsan	0	75	0	25	0	0
Dangsan	0	64	0	0	36	0

대전지역에서 자연생태 보존지역인 식장산을 제외하고 현재 도시공원을 계획, 개발하고 있는 지역은 대체적으로 토양의 보존상태 등 산림의 기능이 현재로는 다소 빈약한 상태에 있는 것으로 분석되었다. 따라서 이들 지역에서 산림기능을 지속적으로 유지시키기 위해서는 앞으로 토양과 삼림이 양호할 때까지 과도한 이용보다는 보존을 주축으로 할 수 있는 계획들이 필요한 것으로 사료된다. 또한 공업단지에 인접한 산림지역(당산)은 ② 그룹 비율이 64%, 토양보존 상태에서 강산성이며 양료가 부족한 토양인 ⑤ 그룹이 36%를 차지하고 있어 대전 지역에서 산림의 기능이 가장 빈약한 지역으로 토양관리 및 삼림생산성 향상을 위한 노력이 수행되어야 할 지역 이였다.

보가 구축되었다. 산림환경 정보는 토양환경 인자로 토심, 토양유기물 함량, 토양견밀도(soil hardness), 모암(parent rock)이, 식생인자로 임상(forest community), 영급(age), 수관밀도(crown den sity)를 선정하였고 인공위성 자료를 활용하여 식생활력도(TVI)가 분석되었다. 산림환경 평가를 위해 토양보존 상태와 삼림생산력이 분석되었으며, 이것들을 토대로 하여 전체적이고 지역적인 산림환경 기능이 평가되었다.

대전지역에서 도시림 지역은 약 70%가 표고 200m이내에 존재하고 있었으며, 55%가 경사도 15°이내의 완경사지 이였다. 토양보존 상태를 분석한 자료는 현지 토양을 채취하여 토양 화학적인 성질과 비교한 결과 거의 일치하였고, 삼림생산력을 분석한 자료도 위공위성 자료를 활용하여 식생활력도를 분석한 결과도 유사하였다. 따라서 산림환경 정보를 구축한 자료는 대전지역에서 산림생

#### IV. 결 론

태계를 합리적으로 관리하고, 산림지역을 포함하여 환경보존 계획을 수립하는데 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

산림의 환경적 기능은 자연생태보존 지역이 가장 강화하였으며, 개발에 따라 환경보존 대책이 필요한 지역들은 도시 자연공원(계곡산)과 근린공원(월평공원)을 계획하고 있는 지역들이 포함되었다. 산림의 환경기능이 가장 취약한 지역은 공업단지에 인접한 산림지역(당산) 이였으며 심각하게 토양 산성화가 발생하고 있었고 삼림생산력도 낮아 토양관리 및 삼림생산성 향상을 위한 구체적인 대책이 필요한 지역 이였다. 국내외적인 환경문제와 관련하여 지역적으로 도시 환경을 건전하게 관리하고 거시적으로 지구 환경을 보호하기 위해서는 도시 중에 가장 많은 면적을 차지하고 있는 산림지역에 대한 환경정보가 구축되어야 하며 필요한 환경보존 대책은 이러한 연구들을 활용하여 수립되어야 할 것이다.

국과학기술처 연구보고.

7. 이명우, 1997, 지리정보체계를 이용한 생태환경 분석 및 적지분석 : 자연생태계 보존지역 설정 및 평가모형을 중심으로, 환경영향평가, 6(2):61-80.
8. 이홍균, 홍성각, 박찬우, 1988, 대기오염과 산성우가 산림생태계에 미치는 영향- 수목의 생육감퇴에 미치는 영향, 임업연구원, 한국과학기술처 연구보고.
9. 장관순, 1995, GIS를 이용한 산림생태계의 산성우에 대한민감도분석, 한국GIS학회, 3(1):29-38.
10. 장관순, 이수욱, 1995, 산성우에 대한 산림생태계의 민감도 및 자정기능 - 식생층과 토양층 용탈이온 분석을 중심으로 - 한국임학회, 84(1):103-113.
11. 장관순, 1996, Landsat TM과 수치지형자료를 이용한 도시내 산림의 지형환경 분석, 환경생태학회, 10(1):58-65.
12. 정영관외 4인, 1996, GIS기법을 이용한 산림의 다목적 기능개발, 산림경제연구, 4(2):15-28.
13. Deering, D.W., 1975, Measuring forage production of grazing units Landsat MSS data, In Proc. 10th Int'l Symp. on remote sensing of environment, Vol. 2:1169-1178
14. Dwyer, J.F., E.G. Mcpherson, H.W. Schroeder and R. Rowntree, 1992, Assessing the benefits and costs of the urban forest, J. Arboric. 18(5):227-234.
15. Jankowsk, P., 1995, Integrating geographic information system and multiple criteria decision - methods, INT. J. Geographical information system, 9(3):251-273.
16. Joseph, D.W., C.K. Glenn, and E.P. John, 1995, Forest mapping at Lassen volcanic national park, California, Using Landsat TM

## 참고문헌

1. 김규현 외, 1996, 한국산림과 온실가스 - 흡수, 저장 및 저감 방향 - 임업연구원 연구자료 제 126호, 74-82.
2. 김귀곤, 1996, 시범생태도시 조성을 위한 연구 사례 - 대전광역시에 적용 -, 대전광역시.
3. 김철민, 1991, Landsat TM데이터와 수치지형 모델을 이용한 산림분포해석에 관한 연구 - 금오산지역을 중심으로 -, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 27-35.
4. 농촌기술연구소, 1988, 토양 화학 분석법.
5. 박종화, 1992, Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시도시녹지변화조사, 원격탐사학회, 8(1):27-44.
6. 양영규, 1986, 국토정보 관리를 위한 원격탐사 응용개발, 한국과학기술원 시스템공학센타, 한

- data and a geographic information system,  
PE & RS, 61(3):299-306.
17. Lillesand, T.M. and R.W.Kiefer, 1987,  
Remote sensing and image interpretation,  
John Wily & Sons.
18. Maguire, D.J., M.F. Goodchild, and D.W.  
Rhind, 1991, Geographic information system  
- principles and applications, Longman  
Scientific & Technical.
19. Rowntree, R.A. and D.J. Nowak, 1991,  
Quantifying the role of urban forests in  
removing atmospheric carbon dioxide, J.  
Arboric, 17:269-275.