

## 생물서식지 환경평가모델 개발 및 적용에 관한 연구\*

- 서울시내 옥상녹화 우선 조성지역 도출을 위한 지역환경평가를 중심으로 -

윤 소 원<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 농업생명과학연구원

## The Development and Application of Habitats Environment Evaluation Model\*

- Focused on local environmental assessment for determining priority areas  
for the implementation of green roof in Seoul -

**Yoon, So Won<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University.

### ABSTRACT

The objective of this study is the classification of priority areas for the implementation of green roof by evaluating environmental deterioration in Seoul. Non-permeable pavement, air pollution, habitual floods, energy use, heat island and green space are considered in this assessment indicators. The expert questionnaire survey was conducted in order to determine the most important indicators. These indicators were then, thoroughly evaluated.

As a result, high priority areas for the implementation of green roof were deduced in the following order of the districts : Jung, Sungdong, Jungrang, Youngdungpo, Jongro and Kangnam. The highest priority areas were determined to be crowded business-commercial areas. Low priority areas are analyzed in the following order of the districts : Kwanak, Nowon, Seocho and Dobong.

The result of this study can be utilized for environmental planning and decision of related policies. Additionally, it can be promoted that awareness of implementing green roof of citizens, policy makers and building owners and effect of green networking between inside and outside Seoul can be increased.

**Key Words :** *Green roof, Priority area, Environmental assessment, Seoul.*

---

\* 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-050-F00002).

## I. 연구의 배경 및 목적

최근 10년간(1992 ~ 2001) 대지는 여의도 면적의 약 50배에 달하는 4억1천여만평이 늘어난 반면 산림이 약 2억만평, 농경지가 약 2억5천만평, 갯벌이 약 1억2천만평 감소되었다(환경부, 2003).

이러한 급속하고 과밀한 개발의 결과로 도시의 생태적 문제가 양과 질 양면에서 크게 악화되고 있다. 도시의 생태적 문제는 환경오염의 축적, 도시생태계의 균형파괴, 도시기후 변화로 요약할 수 있다(윤소원 · 이동근, 2003). 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존 녹지의 보전과 새로운 녹지를 확보하여 생태계의 재생을 꾀해야 한다는 것은 당위의 사실이다. 그러나 이미 건물과 도로 등 개발지역으로 과포화된 도시내에 새로운 녹지를 확보한다는 것은 실현가능한 대안이 아닐 수 있다. 이러한 현실속에서 도시에서 대부분의 토지를 차지하고 있는 건축물 혹은 토목구조물 등을 녹지공간으로 활용하고자 하는 욕구들이 생겨나기 시작하였다.

이와 관련하여 최근 들어 서울시에서는 도시의 생태적 건전성 향상을 유도할 수 있으며 기존의 건폐율이나 용적율 등 개발의 한계를 규정하는 대신 환경의 질을 정량화하여 나타낼 수 있는 계획지표로 생태면적율이라는 개념을 제안하고 생태면적을 공간유형 구분별 가중치<sup>1)</sup>를 제시하였다. 생태면적율의 적용은 더 이상 자연지반녹지의 확보가 어려운 고밀화된 도시에서 인공지반인 옥상, 벽면, 포장 등의 녹화를 장려하고 활성화하여 도시생태계의 질을 향상시키고 건전성을

확보할 수 있게 하는 계기가 될 것으로 사료된다.

인공지반 중 옥상녹화는 점점 증가하고 있는 도시 토양포장의 심각성 완화와 함께 많은 종의 서식처 제공이 가능하다는 점에서 현지내 종 보관소로의 역할과 서식처 및 보전지역 등으로의 새로운 기능이 추가될 수 있을 것으로 보인다(김귀곤 · 조동길, 2000). 또한 주요한 생태계(Core Patch)를 연결함에 있어 인공공간에 녹화가 되면 이는 디딤돌 생물의 서식공간(Stepping Stone)이 되어 생태적 통로로서의 주요한 역할을 하게 된다(이동근 · 윤소원 역, 1999).

관련 연구로는 일본 건설성에서 동경도심의 열섬현상대책추진지역을 평가하기 위하여 열환경지도를 500m 해상도로 작성하였다. 열환경지도는 기존 토지이용도를 기본으로 작성하였다. 지역유형을 5개로 구분하고 유형 1을 업무집적지역으로 4단계로 구분하여 지표면피복과 인공폐열로부터의 열부하가 많은 정도를 나타내었다. 유형 2는 주택밀집지역으로 3단계로 구분하였으며 유형 3은 나지와 녹지가 비교적 많은 지역, 유형 4는 개발적인 환경지역, 유형 5는 혼재지역으로 구분하였다. karen(2005)은 캐나다 Waterloo시가 수행한 옥상녹화 실현가능성 연구 및 도시광역수행계획을 소개하면서 지역과 광역스케일차원에서의 옥상녹화기술의 편익분석과 계획 및 성장, 수자원, 대기질, 에너지 및 자원, 환경 의식 및 녹지 등을 고려한 전반적인 옥상녹화 편익 최대화지역을 지도화하였다. 지도화는 분석적이며 정량적인 기준에 의하여 실시하지 않고 전문가적 견해에 따라 실시하였다.

우리나라도 지자체별로 관련조례의 제정과 생태면적율의 도입, 필요성 제고 등 옥상녹화를 촉진할 수 있는 여건이 마련되어지고 있다. 이와 함께 위의 일본과 waterloo시와 같이 지역 또는 도시차원에서 옥상녹화를 우선적으로 조성하여 그 실현가능성 및 효과를 증대할 수 있는 지역 전반에 대한 광역적인 평가가 이루어져야 한다.

1) 생태면적율의 정의는 공간계획 대상면적 중에서 자연의 순환기능을 가진 토양 면적비라고 할 수 있다. 구하는 방법은 구분된 공간유형별 면적에 해당 가중치를 곱해 구한 자연순환기능 환산면적을 전체 계획 대상지 면적으로 나누어 구한다. 가중치는 자연지반녹지와 수공간(투수기능)이 1이며 인공지반녹지가 0.5-0.7, 옥상녹화(10cm)가 0.5, 벽면녹화 0.3, 틈새 투수포장 0.2를 적용한다(서울특별시, 2005).

그러나 현재까지 우리나라에서는 옥상녹화나 인공지반녹화조성이 개별적인 단위사업으로 이루어지고 있으므로 이에 대한 전체적인 계획 및 평가를 통하여 좀더 효율적인 조성을 유도하여야 한다. 또한 도시내 심각해져가는 도시열섬현상, 도시홍수, 녹지부족 등의 문제를 평가하여 이를 해결할 수 있는 방안으로서 인공지반녹화의 필요성 및 도입가능성을 평가해야 한다. 그러나 우리나라에서 인공지반녹화 도입을 위한 도시 및 지역차원의 환경평가는 현재까지 실시되고 있지 못하다. 그러므로 본 연구에서 도시내에서 생태계의 양과 질을 확보하고 도시민의 삶의 질을 향상시키며 에너지저감 및 물질순환을 촉진함으로써 경제적 효과를 얻을 수 있는 중요한 수단이 되고 있는 옥상녹화를 효과적으로 도입하기 위하여 도시의 열악해진 환경을 평가하고 이를 종합하여 옥상녹화 우선 조성지역을 도출하여 그 정도에 따라 등급화하여 나타내고자 한다.

## II. 연구범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

#### 1) 내용적 범위

도시의 중요한 생물서식지 중의 하나가 되고 있는 옥상녹화 조성이 필요한 지역을 평가하기 위한 평가지표를 지역의 불투수포장지역, 대기오염심화지역, 상습침수지역, 에너지다소비지역, 도시열섬현상심화지역, 녹지부족지역으로 선정하고 평가지표별 가중치를 전문가설문지조사를 통하여 정하였다. 다음 단계로 서울시를 대상으로 평가지표별 데이터를 구축하고 옥상녹화조성이 필요한 정도를 등급화 하였다.

#### 2) 공간적 범위

서울특별시는 우리나라의 수도로서 가장 높은 인구밀도와 도시의 개발로 여러 환경문제가 대두되고 있으며 옥상녹화의 필요성이 가장 필요한

지역이라고 판단되며 평가지표 관련 데이터의 확보가 용이하므로 본 연구의 공간적 범위로 정하였다.

서울시는 서울시 면적의 42%에 해당하는 253.59km<sup>2</sup>가 건축물로 덮혀 있고 이중 서울시 면적의 30%에 해당하는 200km<sup>2</sup>가 옥상녹화가 가능한 것으로 조사되고 있다(서울시, 2000). 이처럼 서울시와 같은 고도로 개발을 선호하는 도시에서는 오픈스페이스가 부족하고 야생생물이 서식하는 자연녹지공간을 유지관리하고 창출하는 일이 쉽지 않으므로 옥상녹화가 더욱 큰 의의가 있다고 할 수 있다(김귀곤, 2003).

### 2. 연구방법

#### 1) 평가지표 및 가중치 설정방법

평가지표의 중요성 정도를 파악하고 평가지표의 합리성과 객관성 파악을 위해 가중치 설정을 위한 전문가 설문지조사를 실시하였다. 설문지는 2005년 5월 10일부터 6월 10일까지 70부를 배포하여 회수된 설문지 39부 중 응답이 다수 누락된 2부를 제외하고 총 37부를 표본으로 사용하였다. 평가지표의 가중치 설정방법은 5단계 리커드 척도에 따라 부여된 점수를 각각의 요소별로 합한 후 개별항목의 총합을 구하고 최종적으로 전체 항목의 중요도값을 전체의 합이 1이 되도록 보고 각 항목별 합의 비례값을 계산하여 구하였다. 또한 평가지표 측정치의 표준화를 위하여 항목별 측정값에 평점을 부여하여 종합하였다. 통계분석에는 SPSS 12 프로그램을 사용하였다.

#### 2) 자료구축방법

##### (1) 자료 선정

평가지표별 선정된 자료의 형태 및 출전은 표 1에 나타내었다.

##### (2) 자료구축

지역의 불투수포장지역과 녹지부족지역은 서

표 1. 평가지표별 자료형태 및 자료 출처.

평가 지표	자료 형태	자료 출처
불투수포장지역	shape	서울 도시생태현황도(2005년)
대기오염심화지역	point	대기환경연보(2004년)
상습침수지역	shape	서울시 구축자료(98년, 2001년)
에너지다소비지역	shape	서울시 지역에너지계획(2002), 서울 도시생태현황도(2005년)
도시열섬현상심화지역	grid(60m×60m)	Landsat 7(Path/Row : 116/34) 2001. 9.23
녹지부족지역	shape	서울 도시생태현황도(2005년)

울시가 구축하여 2005년도에 자료보완을 한 도시생태현황도에서 도출하여 그리드자료를 생성하였다.

상습침수지역은 서울시가 1998년과 2001년 홍수시 실제 침수가 된 지역을 표시한 자료를 서울시청 시설계획과에서 제공받아 사용하였다.

대기오염저감 필요지역은 대기환경연보(2004)의 측정지점별 CO, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>의 수치를 2001년에서부터 2003년까지의 3년 평균을 구하여 Arcview3.2에서 거리가중분석을 실시하여 그리드자료를 생성하였다.

도시열섬현상심화지역의 도출을 위하여 Landsat 7(2001년 9월 23)(한국전자통신연구원 위성영상정보 통합관리센터 제공)의 6번 밴드 영상을 GPS로 측량된 지상기준점과 수치지도에서 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 선정하고 Affine의 좌표변환식을 이용하여 기하보정을 실시하였다. 좌표변환후 화소값의 변화가 가장 작은 최근린내삽법(Nearest Neighborhood)으로 하여 화소의 크기를 30m×30m로 재배치(resampling)하였다. Landsat 7의 열적외 데이터로부터 표면온도로 변환하는 방법은 NASA에서 공표한 다음 식에 따라 구하였다([http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_htmls/chapter11/chapter11.html#section11.2](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html#section11.2)). 절대온도로 산출된 결과를 섭씨온도로 변화하기 위하여 273.15를 빼주었다.

$$\text{온도}(^{\circ}\text{K})=1282.71/\ln[(666.09/L)+1] \quad (\text{식}1)$$

$$\text{분광휘도}(L)=[12.65-3.2)(DN-1)/254]+3.2 \quad (\text{식}2)$$

에너지다소비지역의 도출을 위하여 서울시 지역에너지 보고서에서의 가정용, 공공용, 서비스업, 산업용 에너지소비정도를 서울시 토지이용현황도에 적용하여 등급화하였다.

본 연구를 위한 기본적인 자료의 수집과 분석을 위하여 ESRI사의 Arc view 3.2와 영상자료의 처리를 위하여 Intergraph사의 Image Analyst를 사용하여 해상도 30m로 구축하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 옥상녹화조성의 목표 및 평가지표 선정

옥상녹화 조성의 목표는 옥상녹화가 지역차원, 도시차원, 국가차원에서 어떠한 기능과 효과를 지니고 있는지를 검토하고 해당도시의 여러 환경조건과 문제들을 해결하기 위하여 과연 옥상녹화의 어떠한 효과와 기능을 적극적으로 도입해야 하는지를 잘 연계하여 달성해야 한다. 따라서 본 연구에서는 해당지역의 환경문제를 일으키는 원인과 현재 환경상태를 고려하며 옥상녹화의 목표와 효과를 연계시키고 보다 광역적인 차원에서 옥상녹화를 우선적으로 조성할 필요가 있는 지역 도출을 위한 평가지표를 선정하였다.

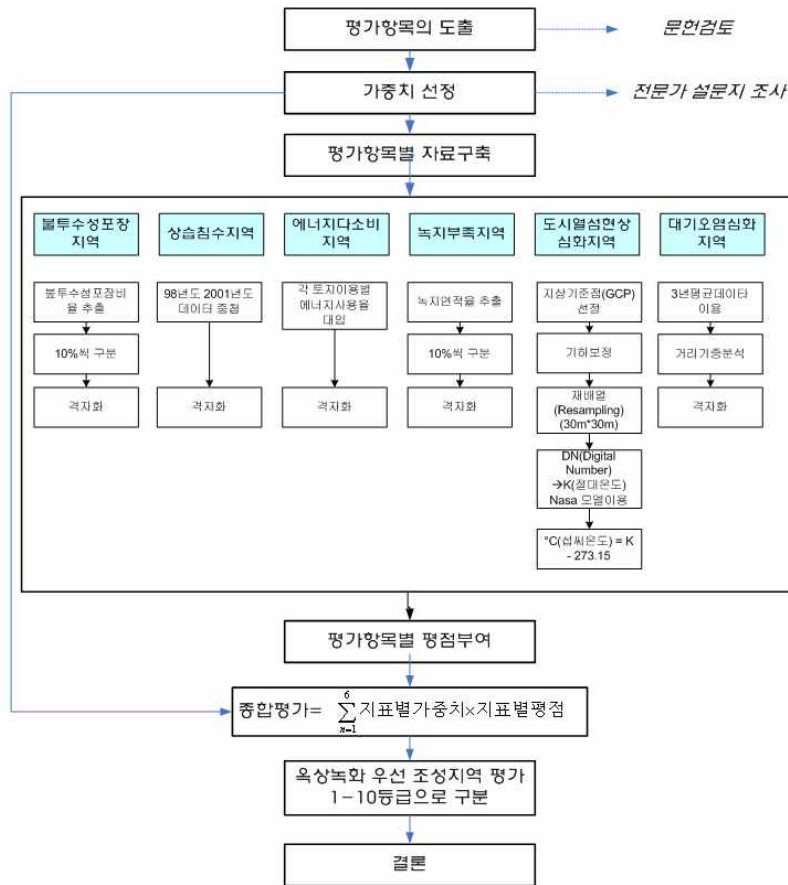


그림 1. 연구의 과정 및 방법.

지역의 조건과 처한 환경문제에 따라 옥상녹화 조성의 세분된 목표 중 한 두개 정도를 우선적으로 더 고려할 필요가 있을 수 있다. 예를 들어 도심지내 상업업무밀집지역의 경우 열섬현상으로 주변 저층주택지구나 녹지지역과 비교하여 온도가 매우 높을 경우 에너지저감 및 물질순환의 목표가 생물과의 공생과 삶의 질 향상이라는 목표 달성보다는 우선적으로 고려되어야 한다.

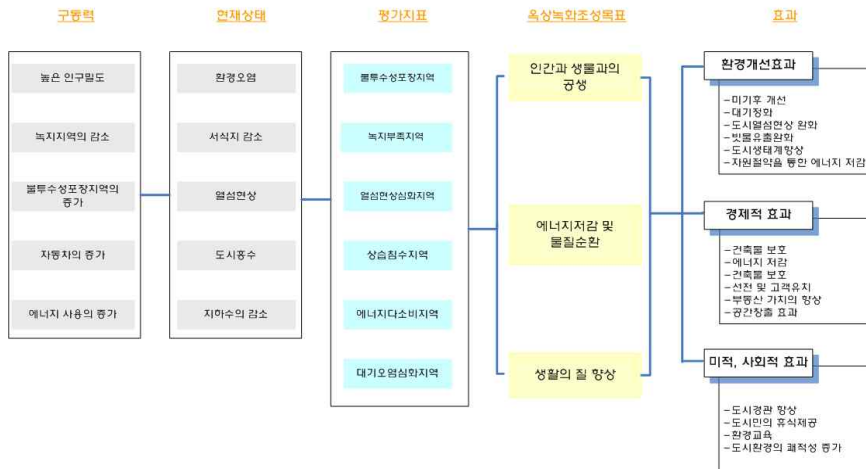
물론 옥상녹화 조성을 통하여 3가지 목표를 동시에 달성할 수 있으나 어떠한 목표를 우선시 하느냐에 따라 옥상녹화조성계획 및 설계가 달라질 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 지역환경 및 조건에 따라 옥상녹화 조성의 목표가 달라질 수 있다고 전제하고 옥상녹화조성목표별로 옥상녹화 우선

조성지역의 도출을 위한 평가지표의 중요도를 조사하여 가중치를 설정하고 이를 적용하여 해당지역을 평가하고자 한다.

## 2. 평가지표별 가중치 선정

옥상녹화의 우선 조성 정도를 평가하기 위한 지표의 중요정도를 파악하고 평가치의 객관성과 타당성을 얻기 위해 전문가 설문조사를 실시하였다. 변수들의 내적일관성을 검토하기 위하여 측정지표의 중요도에 대한 Cronbach's alpha계수를 산정한 결과 전체 계수값이 0.899로 신뢰도가 매우 높게 나타나고 있다. 설문의 구조는 위의 옥상녹화 우선조성지역 평가지표가 옥상녹화 조성 목표별로 어느 정도의 중요도가 있는지를 5단계 리커트 척도에 체크하도록 하였다. 가중치



자료 : FLL(Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.), 2002; Karen moyer, 2005; (財)都市綠花技術開發機構, 1995; (사)인공지반녹화협회, 2000; Kimberly Pedersen, 2005.  
 그림 2. 옥상녹화의 목표 및 평가지표의 선정을 위한 체계.

설정을 위하여 각 평가지표별 중요도값을 평균하고 이를 전체의 합이 1이 되도록 표준화하여 가중치를 산정하였다. 각 항목별로 전문가가 응답한 중요도의 평균치와 이에 근거하여 도출된 가중치의 차이에 대한 유의성을 검증하기 위해 분산분석을 유의수준 5%로 실시한 결과 F 통계량 1445.7, 유의수준 0.000 으로서 변수간 중요도의 차이가 있음을 확인하였다.

전체적으로는 녹지부족지역이 가중치가 가장 높았으며 도시열섬현상심화지역, 에너지다소비지역, 불투수성포장지역, 대기오염심화지역, 상습침수지역 순으로 나타났다. 옥상녹화조성 목

표별로 가중치를 산정한 결과 생물과의 공생과 삶의 질 향상은 1위부터 3위까지 순위가 같았다. 에너지저감 및 물질순환은 생물과의 공생 및 삶의 질 향상과 상이한 결과가 나왔는데 1위가 도시열섬현상심화지역, 녹지부족지역, 에너지다소비지역, 대기오염심화지역, 불투수성포장지역, 상습침수지역 순으로 나타났다. 전체적으로 녹지조성이 공통적으로 가장 중요한 것으로 분석되었으며 도시열섬현상심화지역도 세 가지 목표 모두 1위에서 2위를 차지하면서 옥상녹화 조성시 매우 중요하게 고려해야함을 시사하였다.

표 2. 평가지표별 가중치 산정.

평 가 지 표	전체적인 평가			옥상녹화조성 목표별 평가								
				생물과의 공생			삶의 질 향상			에너지저감·물질순환		
	평균	가중치	순위	평균	가중치	순위	평균	가중치	순위	평균	가중치	순위
불투수성포장	3.7576	0.1594	4	3.5278	0.1628	4	3.2500	0.1411	6	3.6667	0.1577	5
대기오염심화	3.5455	0.1504	5	3.5833	0.1654	3	4.0833	0.1773	3	3.7778	0.1625	4
상습침수	3.5152	0.1491	6	3.1944	0.1474	5	3.5278	0.1532	4	3.0833	0.1326	6
에너지다소비	3.9394	0.1671	3	3.0833	0.1423	6	3.3611	0.1460	5	4.1111	0.1768	3
도시열섬현상심화	4.3333	0.1838	2	3.7222	0.1718	2	4.3611	0.1894	2	4.4722	0.1924	1
녹지부족	4.4848	0.1902	1	4.5556	0.2103	1	4.4444	0.1930	1	4.1389	0.1780	2

중요도의 평균치와 가중치와의 분산분석 결과 : F 통계량 : 1445.7, 유의수준 : 0.000.

### 3. 평가지표별 자료 분석

#### 1) 불투수성 포장지역

서울시가 구축한 도시생태현황도의 포장비율을 이용하여 불투수성포장비율을 나타내면 그림 3과 같다. 서울시 전체면적 중 37.9%인 230.7km<sup>2</sup>가 토지면적의 90% 이상이 불투수성 포장으로 조성된 지역이며 토지의 50% 이상 불투수성 포장으로 조성된 지역이 서울시면적의 51%로 나타났다. 구별로 살펴보면 90% 이상 불투수성 포장으로 조성된 지역이 가장 많은 구는 중구로서 67.4%를 차지하였다. 그 다음으로는 동대문구 62.3%, 영등포구와 성동구 55.5%, 동작구 53.6%, 중랑구 51.6%, 금천구 51.4%를 차지하였다. 반면 서초구와 노원구는 90% 이상 불투수성포장으로 조성된 지역이 19.9%로 가장 낮았으며 관악구 27.9%, 도봉구 29.1%로 나타났다. 이러한 구들은 서울의 외곽지역에 위치하여 산림녹지를 많이 보유하고 있기 때문인 것으로 나타났다.

불투수성포장이 증가함에 따라 물순환이 제대로 이루어지지 못하여 잦은 홍수와 토양능력의 저하, 지하수면의 저감 등 많은 문제가 나타나고 있으므로 인공지반 및 옥상녹화의 적극적인 조성으로 이러한 문제점들을 조금이나마 상쇄시킬 수 있으리라 사료된다.

#### 2) 상습침수지역

서울시가 1998년과 2001년 홍수로 침수된 지역을 실측하여 지도화한 자료를 습득하여 재분석

한 결과 2개년도 침수된 면적은 총 16.9km<sup>2</sup>로 전체 면적의 2.7%이며 2개년도 모두 침수되었던 지역은 6.8km<sup>2</sup>로 전체 서울시면적의 0.13% 이었다(그림 4). 이 지역은 침수된 이후 구체적인 방안마련이 이루어지지 않아 상습침수가 되는 것이라고 할 수 있다. 구별로는 중랑구가 2개 년도를 합하여 전체 구면적의 14.7%, 마포구는 10.3%가 침수되었다. 또한 98년도와 2001년도 모두 침수되었던 지역이 가장 많은 구는 강서구로 구면적의 약 0.9%를 차지하였으며 광진구도 0.7%를 차지하였으므로 이 지역에 대한 각별한 대책마련이 필요하다. 서울시가 해당지역별로 대책을 마련하고 있으므로 또 다시 침수할 가능성은 적다고 할 수 있으나 그 원인을 철저히 분석하여 다시 재연되지 않도록 해야 한다. 또한 이러한 상습침수지역에 영향을 미치는 지역에 우선적으로 옥상녹화를 조성하여 우수유출을 저감함으로써 상습침수를 완화할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로 서울시의 평평한 지붕건물의 면적이 약 241.9km<sup>2</sup>라고 할 때(2000, 서울특별시) 이 중 50%에 해당하는 옥상에 토양두께 12cm인 잔디로 녹화할 경우 녹화부분의 보수량을 20kg/m<sup>2</sup>(都市綠化技術開發機構, 2002)로 하여 계산하면 2,418,680톤 정도의 저수능력을 갖게 됨으로서 빗물유출완화로 인한 도시홍수의 저감을 가져올 것으로 기대된다.

#### 3) 에너지다소비지역

서울시의 에너지다소비지역을 도출하기 위하

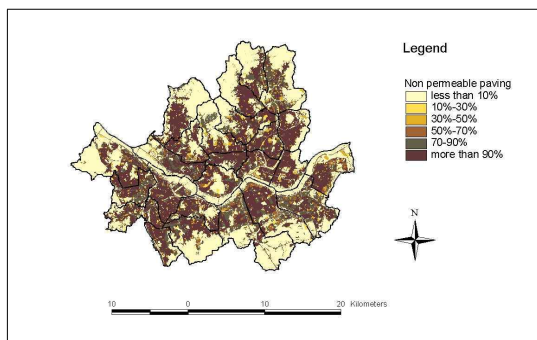


그림 3. 불투수성 포장지역 현황도.

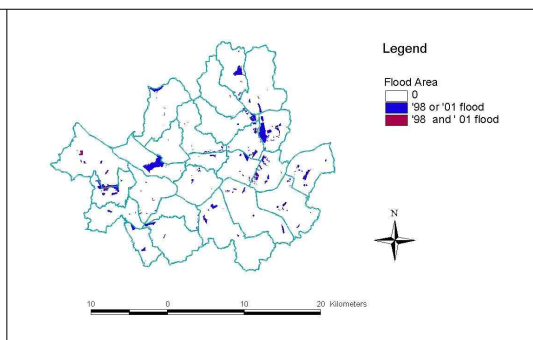


그림 4. 98년과 2001년 상습침수현황도.

여 옥상녹화를 조성함으로써 에너지저감효과를 주로 볼 수 있는 전력량을 기준으로 하여 서울시 지역에너지 보고서(2002)에서의 가정용, 공공용, 서비스업, 산업용 각각의 전력소비정도인 28.6%, 6.2%, 56.7%, 8.5%를 서울시 토지이용현황도상의 토지이용에 적용하여 등급화 하였다(그림 5).

서울시의 지역에너지 소비비중과 공급자립도를 비교하면, 서울은 전국의 10.1%의 에너지를 소비하지만 전력자립도는 3.1%에 불과하다고 할 수 있으므로(서울시, 2002) 수요와 공급의 심한 불균형을 보이고 있다. 특히 서울시 2001년의 전력소비량은 33,321GWh로 1991년의 17,060GWh에 비하여 약 2배 증가하고 있다. 이중 서비스업에서의 전력사용량 증가가 연평균 7.3%로 가장 높으며 산업용은 점차 감소하고 있다(서울시, 2002).

가장 많은 전력을 소비하고 있는 서비스업은 상업·업무시설지에 주로 위치한다고 전제하고 주거와 상업지역, 주택지, 공공용도지, 교통시설지 등 순으로 에너지소비정도를 등급화하여 분석한 결과를 살펴보면 중구가 가장 많은 전력을 소비할 가능성이 제일 높았으며 강남구와 영등포구 등 상업·업무밀집지역이 높다고 분석되었다. 이처럼 에너지를 다소비하는 지역에 옥상녹화를 조성함으로써 냉·난방비를 6.4%-13% 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다(서울시, 2000).

#### 4) 녹지부족지역

서울시 녹지조성이 필요한 지역을 도출하기 위

하여 도시생태현황도에서 구축한 녹지율을 사용하였다. 앞에서의 평가지표별 가중치선정결과에서도 살펴보았듯이 녹지부족지역은 옥상녹화의 궁극적인 목표달성을 위한 중요도평가에서 1-2위를 차지할 만큼 매우 중요하게 고려되어야 할 사항이다. 서울시는 녹지가 외곽에 대부분 위치해 있으므로 그만큼 도심지내에서 체감할 수 있는 녹지의 양이 부족하다. 그러므로 옥상녹화의 조성을 통하여 녹지부족현상을 어느 정도 해소시킬 수 있으리라 사료된다. 서울시 녹지율 10% 미만인 지역이 서울시 전체면적의 47.4%를 차지하며 구별로는 중구와 동대문구가 각각 71.3%, 70.4%로 가장 높았다. 녹지율 10% 미만인 지역이 구 전체면적의 반 이상을 차지하는 구는 성동구, 금천구, 구로구, 중랑구, 광진구, 영등포구, 양천구, 강서구 등이 있었으며 90% 이상 많은 녹지율을 보이는 구는 서초구, 노원구, 관악구 등으로 외곽지역에 위치한 구들이 대부분을 차지하고 있었다.

#### 5) 도시열섬현상 심화지역

Landsat 7의 6번 밴드의 DN(Digital Number)비를 NASA모형을 사용하여 섭씨온도로 변환한 결과 촬영날짜가 2001년 9월 23일, 가을 날씨인 관계로 전체적인 서울의 온도가 1°C에서 28.9°C까지의 온도분포를 보였으며 서울시 전체의 80% 이상의 지역이 15°C에서 21°C까지의 온도분포를 보였다(그림 7). 용산구와 영등포구, 구로구, 중구, 종로구, 강서구 등이 20°C 이상의 온도를

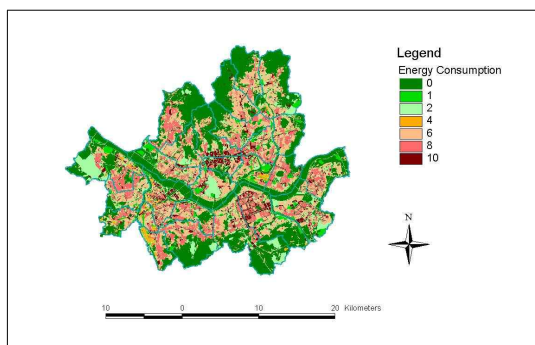


그림 5. 에너지소비현황도(범례는 표 3 참조).

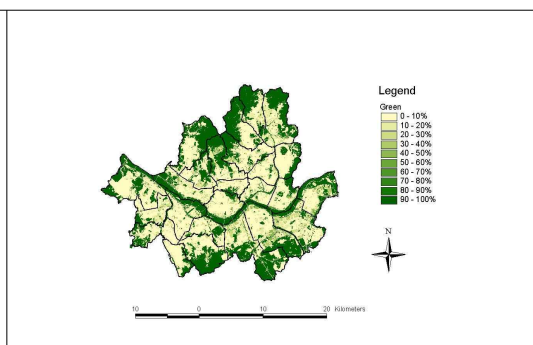


그림 6. 녹지 현황도.



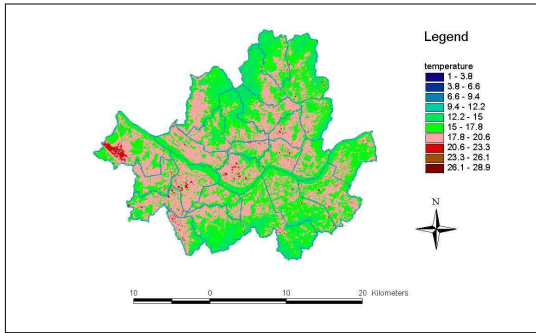


그림 7. 지표면 온도 분포도.

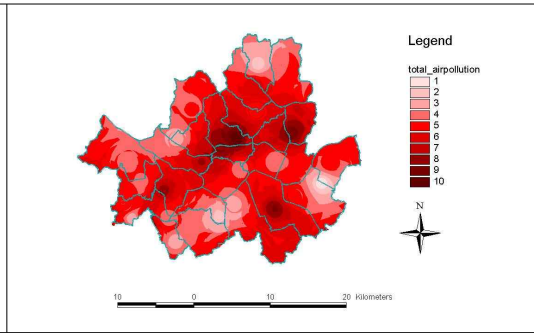


그림 8. 대기오염 현황도(범례는 표 3 참조).

보이는 지역이 많았으며 강서구의 경우 김포공항의 활주로 주변이 온도가 높은 것으로 분석되었다. 외곽의 녹지부분은 12℃에서 15℃의 분포를 보이고 있으며 도심지부분은 17℃에서 21℃의 분포를 보여 녹지부분과 도심지의 온도 격차가 2℃에서 9℃정도 차이가 나는 것으로 나타났다. 분석결과를 이용하여 온도가 높은 도심지에 집중적으로 옥상녹화를 조성한다면 외곽의 녹지지역과의 온도격차를 줄임으로서 도시열섬현상을 저감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

6) 대기오염심화지역

서울시내 대기오염이 심각한 지역을 도출하기 위하여 서울시의 대기오염에 영향을 미칠 수 있는 서울, 인천과 경기도의 측정지점을 합한 89개 지점에서의 CO, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>의 2001년과 2003년까지의 3년 평균을 사용하여 측정지점간 거리가중분석을 실시하여 30m 격자별 오염도를 구하였다. 그 결과를 부록 그림 1에서 4에 나타내었다. 각 오염원을 종합하여 대기오염이 심각한 지역을 1등급에서 10등급까지 나타내었다(그림 8).

그 결과 종로구와 강남구, 중랑구, 구로구에서 높은 수치를 보였으며 관악구와 송파구, 은평구, 강서구는 대체적으로 낮았다.

특히 종로구와 강남구는 NO<sub>2</sub>와 PM<sub>10</sub>이 가장 높게 나타났으며 이 지역이 교통혼잡지역으로서 자동차에서 배출되는 매연, 가스로 인하여 다른 지역에 비하여 오염도가 높게 나타났다고 할 수 있

다. 일본 도쿄의 경우, 녹화가능한 인공지반공간을 모두 녹화할 경우 NO<sub>x</sub>의 전체방출량의 1.02%, 연간 증가량의 78.4%에 상당하는 양을 감소시킬 수 있다고 한다(都市綠化技術開發機構, 2002). 이와 같이 서울의 도심지에 위치하는 대기오염심화지역을 중심으로 옥상녹화를 실시할 경우 대기오염 저감에 많은 기여를 할 것으로 사료된다.

4. 평가지표별 평점부여

위에서 구축한 평가지표별 데이터값과 구축방법이 모두 다르므로 이를 종합하기 위해서는 측정결과값에 대한 표준화과정이 필요하며 그 방법으로 각 평가지표별 평가기준을 구분하고 이에 평점을 부여하였다. 이 방법은 일관성을 확보하고 추후 사례적용의 확대에 따른 범용성의 증대와 등급기준의 조정 등에 대한 탄력성을 확보하기 위함이다(양병이 · 이관규, 2002). 각 개별지표 중 정량화된 자료가 있는 경우인 불투수성면적과 대기오염심화지역, 도시열섬현상심화지역, 녹지부족지역은 데이터의 최고 및 최저치를 기준으로 10등분하였으며 그 외 상습침수지역과 에너지다소비지역은 기준내용의 상대적인 정도를 고려하여 등분하였다. 평가지표별 평점부여방법 및 기준을 표 3에 나타내었다.

5. 옥상녹화 우선 조성지역의 평가

옥상녹화 우선조성지역은 6개 평가지표별 구축한 자료와 평가지표별 중요도의 차이를 가중치

표 3. 평가지표별 평점부여기준.

평가지표	평점부여방법	평점부여기준					
불투수성면적	서울시 도시생태현황도에 서 불투수율	1	0-10%				
		2	10-20%				
		3	20-30%				
		4	30-40%				
		5	40-50%				
		6	50-60%				
		7	60-70%				
		8	70-80%				
		9	80-90%				
		10	90-100%				
대기오염 심화지역	CO, PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> 각각 최고치와 최저치 사이를 10등급화하고 이를 합한 값을 10등급화	등급	종합	CO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> (ppm)
		1	7-9	0.433-0.493	0.029-0.031	58.7-62.3	0.004-0.0044
		2	10-11	0.493-0.553	0.031-0.033	62.3-65.8	0.0044-0.0048
		3	12-13	0.553-0.613	0.033-0.034	65.8-69.3	0.0048-0.0053
		4	14-16	0.613-0.673	0.034-0.036	69.3-72.8	0.0053-0.0057
		5	17-18	0.673-0.733	0.036-0.038	72.8-76.4	0.0057-0.0061
		6	19-20	0.733-0.793	0.038-0.04	76.4-79.9	-0.0061-0.0065
		7	21-23	0.793-0.853	0.04 -0.042	79.9-83.4	0.0065-0.007
		8	24-25	0.853-0.913	0.042-0.043	83.4-86.9	0.007-0.0074
		9	26-27	0.913-0.973	0.043-0.045	86.9-90.5	0.0074-0.0078
10	28-30	0.973-1.033	0.045-0.047	90.5-94	0.0078-0.0082		
상습침수 지역	98년과 01년 실체 침수되었던 지역을 기준으로 함.	0	침수되지 않은 지역				
		5	98년과 01년 중 한번 침수되었던 지역				
		10	98년과 01년 모두 침수되었던 지역				
에너지 다소비지역	서울시 용도별 전력량을 기준으로 토지이용현황도 재분류	0	매립완료된 쓰레기 매립지, 건설현장이 아닌 나지, 야적장, 조사불가 능지, 녹지 및 오픈스페이스, 하천 및 호소				
		1	철도 및 관련시설, 도시부양시설지, 정수장, 건설현장지역, 골프장 공공용도지, 교통시설지, 발전소, 자원회수시설, 기타폐기물관련시 설, 군사시설				
		2					
		4	공업지				
		6	주택지				
		8	주거·상업 혼합지				
10	상업·업무 시설지, 농수산물시장						
도시열섬현상 심화지역	Landsat 7 band 6에서 NASA 모델을 이용하여 지표면 온도 추출	1	1.1-3.8℃				
		2	3.8-6.6℃				
		3	6.6-9.4℃				
		4	9.4-12.2℃				
		5	12.2-15.0℃				
		6	15.0-17.8℃				
		7	17.8-20.6℃				
		8	20.6-23.3℃				
		9	23.3-26.1℃				
		10	26.1-29.0℃				
녹지부족 지역	서울시 도시생태현황도 녹지율	1	90-100%				
		2	80-90%				
		3	70-80%				
		4	60-70%				
		5	50-60%				
		6	40-50%				
		7	30-40%				
		8	20-30%				
		9	10-20%				
		10	0-10%				

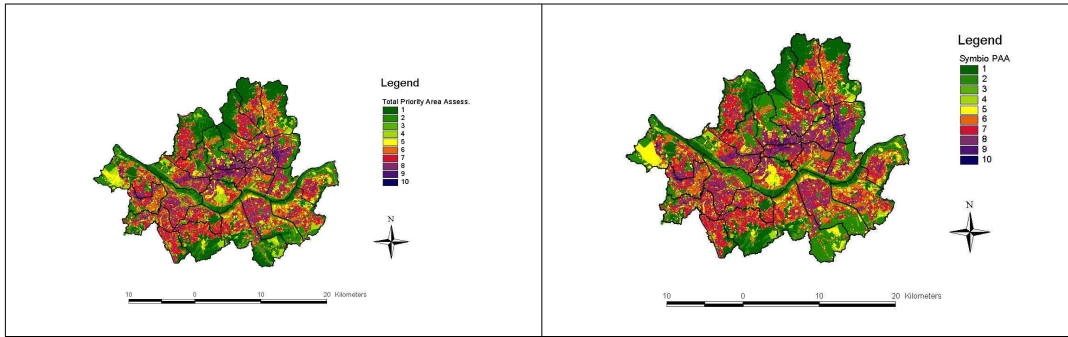


그림 9. 옥상녹화 우선 조성지역 종합평가.

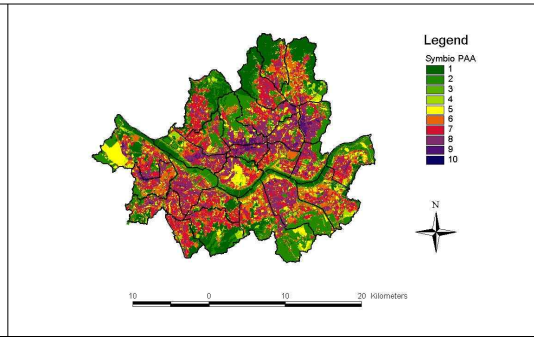


그림 10. 생물과의 공생을 목표로 한 평가.

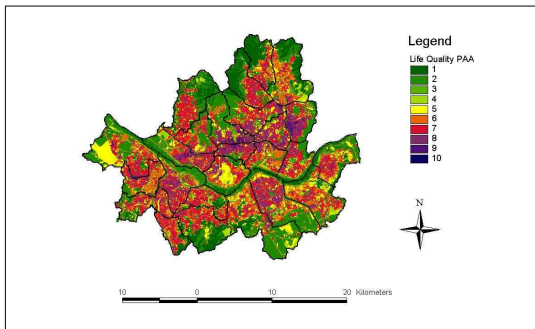


그림 11. 삶의 질 향상을 목표로 한 평가.

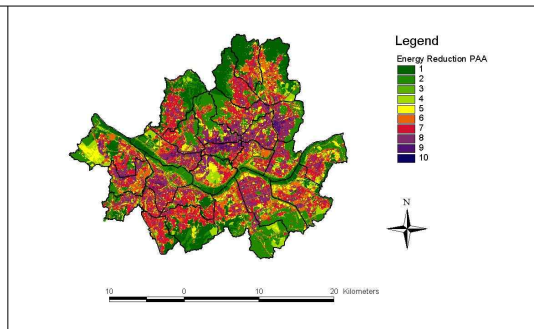


그림 12. 에너지저감·물질순환을 목표로 한 평가.

로 산정한 결과를 이용하여 지표별 평점점수에 가중치를 부여하고 모두 합산한 결과를 10등급으로 구분하여 등급화 하였다. 1등급은 6개 지표

의 관점에서 옥상녹화 조성 필요정도가 가장 낮은 지역을 의미하며 10등급은 옥상녹화를 최우선으로 조성해야 하는 지역을 의미한다.

표 4. 목표별 등급면적 및 비율.

등급	우선 조성 정도	비 율(%)				면 적(km <sup>2</sup> )			
		총 합	생물과의 공생	삶의 질 향상	에너지 저감	총 합	생물과의 공생	삶의 질 향상	에너지 저감
1	하	20.6	16.6	12.0	16.6	125.3	101.0	73.1	101.0
2		16.9	20.9	25.2	20.7	102.5	126.8	153.4	125.6
3		1.3	1.2	1.5	1.4	8.0	7.5	8.9	8.5
4	중	6.9	4.6	4.9	6.9	41.7	28.1	29.9	41.8
5		7.0	8.3	9.1	6.9	42.2	50.6	55.1	42.2
6		15.1	13.9	15.9	14.2	91.9	84.2	96.4	86.4
7		17.6	19.5	21.2	18.5	107.0	118.8	128.8	112.2
8	상	13.0	13.1	9.3	12.8	79.0	79.9	56.2	77.8
9		1.6	1.7	1.0	1.9	9.5	10.2	5.8	11.7
10		0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.4	0.2	0.4
전체		100	100	100	100	607.7	607.7	607.7	607.7

본 연구에서는 옥상녹화의 조성목표에 따라 지표의 중요도가 다를 것이라는 전제하에 조성목표별 평가지표의 가중치를 구분하여 산정하였다. 이를 적용하여 옥상녹화 우선 조성지역을 평가한 결과는 그림 9~12에 나타내었다.

종합적으로 1에서 3등급을 “하”정도의 옥상녹화 조성 우선지역으로 정하고 4에서 7등급을 “중”, 8등급 이상을 “상”정도의 옥상녹화 조성 우선지역으로 정할 경우 한강 이북의 구도심이라고 할 수 있는 중구와 종로구 등에 상위등급이 많이 나타나고 있으며 한강이남의 신도심이라고 할 수 있는 강남구에서도 상위등급을 많이 볼 수 있었다. 또한 서울 외곽지역에 하위등급이 많이 나타나는 것으로 분석되었다. 구체적으로 중구가 전체면적의 41.9%가 “상”에 해당되어 가장 높게 나타났으며 성동구 36.5%, 중랑구, 33.7%, 종로구 23%등으로 높게 분석되었다. 반면에 “상”정도가 가장 낮고 “하”지역이 가장 많아 옥상녹화의 필요가 낮은 지역은 관악구로서 “상” 3.1%, “하”는 50.8%로 분석되었으며 서초구도 “상” 6.0, “하” 50.6%로 분석되었다.

목표별로 살펴보면 ‘삶의 질 향상’을 목표로 할 경우, “상”이 10.3%로 ‘생물과의 공생’ 14.9%, ‘에너지저감 및 물질순환’ 14.8%보다는 적게 나타났다. 이것은 기본적으로 어떠한 목표를 우선시하느냐에 따라 고려해야할 지표가 다르며 이에 따라 옥상녹화가 우선적으로 조성될 필요가 있는 지역의 위치와 면적도 달라짐을 알 수 있다. 예를 들어 ‘생물과의 공생’을 목표로 할 경우 옥상녹화 조성 우선지역이 제일 많아지며 ‘에너지 저감 및 물질 순환, 삶의 질 향상’ 순으로 우선지역이 작아짐을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 도시내에서 생태계의 양과 질을 확보하고 도시민의 삶의 질을 향상시키며 에너지저감 및 물질순환을 촉진함으로써 경제적 효

과를 얻을 수 있는 중요한 수단이 되고 있는 옥상녹화를 효과적으로 도입하기 위하여 6개의 평가지표를 선정하고 지표별 가중치와 평가지표별 구축한 자료를 이용하여 서울시 옥상녹화 우선 조성지역을 1등급에서 10등급까지 구분하여 제시하였다.

결과적으로 가장 옥상녹화를 우선적으로 조성해야 하는 지역으로 중구, 성동구, 중랑구, 영등포구, 종로구, 강남구 순으로 나타났으며 반면 옥상녹화의 필요정도가 낮은 지역으로 관악구, 노원구, 서초구, 은평구, 도봉구 순으로 나타났다. 우선적으로 조성해야 하는 지역으로 분석된 구들은 대부분 상업·업무지역이 밀집된 지역으로 녹지의 양이 적고 교통밀집지역으로 대기오염도가 심하며 지표면 온도가 높아 열섬현상이 일어나는 지역임을 알 수 있다. 이 지역은 신축건물보다는 노후건물이 많이 밀집해 있으므로 건물의 하중과 누수의 영향을 많이 받고 주변건물과의 조화와 경관 등 옥상녹화조성시 고려해야 할 문제점들이 많은 지역이라고 할 수 있다. 그러므로 우선적으로 조성해야 하는 지역으로 평가된 지역에서 원활한 옥상녹화조성이 이루어지기 위해서는 일본 건설성의 열섬현상대책추진을 위하여 법적으로 ‘도시재생긴급정비지역’을 지정하여 집중투자를 하는 것과 같이 우리나라도 본 연구에서의 평가를 바탕으로 하여 옥상녹화 우선조성지역(가칭)을 법제화하여 지원을 한다면 최근 서울시가 제시하여 시행하려고 하는 생태면적율의 도입과 함께 열악한 도시생태계와 도시환경의 질을 향상시킬 수 있는 시간을 좀더 앞당길 수 있으리라 사료된다.

또한 본 연구에서 정한 옥상녹화의 목표 중 어떠한 것을 우선시하느냐에 따라 고려해야할 지표가 다르며 이에 따라 옥상녹화가 우선적으로 조성될 필요가 있는 지역의 위치와 면적도 달라짐을 알 수 있었다. 그러므로 해당지역의 환경의 파악을 통하여 적절한 목표를 설정하고 이에 맞는 계획 및 설계를 해야 한다.

본 연구의 결과는 최근 그 도입필요성이 점점 높아지고 있는 옥상녹화의 조성가능성을 지역적인 차원에서 평가함으로써 향후 관련 정책 결정이나 계획시 활용될 수 있으며 건물소유주나 일반시민들도 본 연구결과를 이용하여 해당 지역의 옥상녹화 조성의 필요성을 더욱 경각시킬 수 있는 수단이 될 수 있을 것이다. 또한 서울시 외부에 위치하는 녹지를 도심지내로 연결시켜 네트워크화 할 때 본 연구의 결과를 활용한다면 녹지네트워크의 효과를 배가시킬 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서 고려한 6개의 지표 외에 고려해야할 변수들이 더 있을 수 있으며 이러한 방법론을 서울시 이외에 적용하고자 할 경우 도시생태현황도와 같이 이용할 수 있는 자료를 구축한 시가 몇 개 없으므로 자료구축이 매우 힘들어 제대로 된 분석이 이루어질 수 없다는 한계를 가지고 있다.

### 인용 문헌

김귀곤. 2003. 생태환경과 지속가능발전. 건축 12월호. pp.12-16.  
 김귀곤 · 조동길. 2000. 생물다양성 증진을 위한 옥상 소생태계 조성기술에 관한 이론적 고찰 및 사례적용 연구. 한국환경복원 3(1) : 39-52.  
 (사)인공지반녹화협회. 2000. 인공지반녹화 아카데미 교재. (사)인공지반녹화협회. pp. 1-7.  
 서울시. 2000. 건물옥상녹화 학술용역.  
 서울시. 2002. 서울시 지역에너지계획. 서울시.  
 서울시. 2000. 건물옥상녹화학술용역. 서울시. pp. 5-20.  
 서울특별시. 2002. 서울시 비오톱 현황조사 및 생

태도시 조성지침 수립. 1차년도 연구보고서. 서울특별시. pp. 64-71.  
 서울특별시 도시계획국. 2004. 생태면적을 도시계획 적용편람.  
 서울특별시. 2005. 생태면적을 활용을 위한 공청회. pp. 4-27.  
 양병이 · 이관규. 단지규모 개발사업의 지속가능성 평가지표. 국토계획 37(5) : 27-48.  
 윤소원 · 이동근. 2003. 인공녹화공간확대를 위한 제도개선연구. 환경복원녹화 6(3) : 86-96.  
 이동근 · 윤소원 역. 1999. 비오토프의 이해. 대운출판사.  
 환경부. 2004. 대기환경연보.  
 (財)都市綠花技術開發機構. 2002. Neo-green space design 1 新綠空間デザイン普及マニュアル. (財)都市綠花技術開發機構. pp. 17-39.  
 FLL(Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.). 2002. Guidelines for the planning, execution and upkeep of green roof sites. FLL.  
 Karen moyer. 2005. Establishing priority areas for green roof implementation : Waterloo green roof feasibility study. the Green Roof Infrastructure Monitor 7(1) : 7-8.  
 Kimberly Pedersen. Measow in the sky : contemporary application for eco-roofs in the Vancouver region. downloaded from [http : //www.sustainable-communities.agsci.ubs.ca](http://www.sustainable-communities.agsci.ubs.ca). 다운받은 날짜 : 2005년 5월 10일.  
 Chapter 11 - Data Products [http : //1tpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_htmls/chapter11/capter11.html#section11.2](http://1tpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/capter11.html#section11.2) 다운받은 날짜 2005년 05월 10일.

接受 2005年 4月 27日

# 부 록

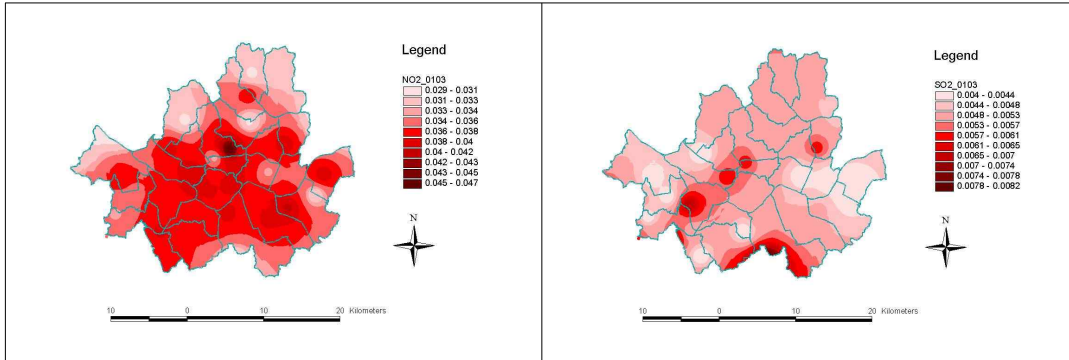


그림 1. NO<sub>2</sub> 오염도(ppm).

그림 2. SO<sub>2</sub> 오염도(ppm).

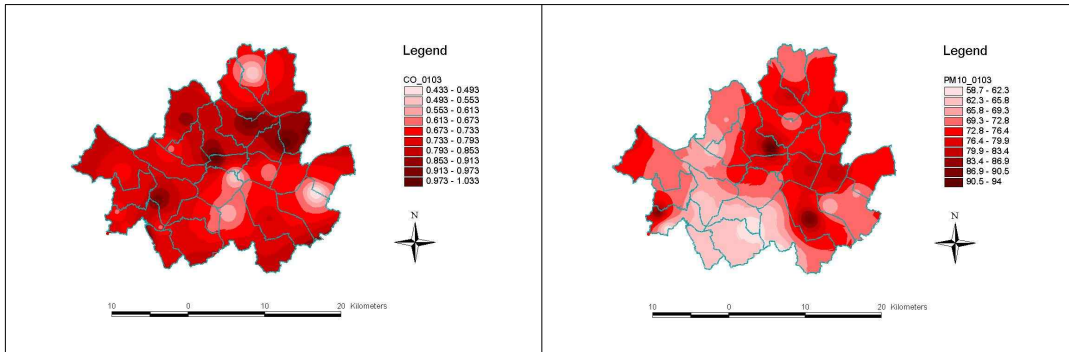


그림 3. CO 오염도(ppm).

그림 4 . PM10 오염도(μg/m<sup>3</sup>).