

시가화지역 생태적 유형구분을 위한 관련지표 특성 연구 - 서울시 강동구를 사례로 -

홍석환* · 이경재**

*(주)기술사사무소 L.E.T · **서울시립대학교 조경학과

A Study on the Criteria for Demarcating Ecological Types of Urban Areas by the Affection of Ecosystems - Case Study in Gangdong-Gu, Seoul -

Hong, Suk-Hwan* · Lee, Kyong-Jae**

*Eco-Plan Research Center L.E.T

**Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

ABSTRACT

Studies for demarcation of urban areas by ecological type have been developed, but the demarcation of urban areas by ecological perception is thus far dependent on artificial land use. Therefore, the purpose of this study is to find factors that account for the urban area ecosystems by surveying a variety of ecosystem factors. By land use type, the urban area of Gangdong District, Seoul was defined. Then ecological factors in each polygon were surveyed. Ecological factors are associated with energy use(building coverage ratio, floor area ratio and ground temperature), water circulation(biotope area factors and impermeable pave ratio) and biological diversity(bird appearance index and green area ratio). The correlation between each factor was analyzed. The results indicate that urban ground temperature is divided into three groups(high, middle and low) by the biotope area factor. The bird population is divided into two groups(abundant and scarce) by the green area ratio. Therefore, demarcating the urban areas by ecological type is applicable to the biotope area factor and green area ratio.

Key Words: Biotope Area Factor, Green Area Ratio, Urban Temperature, Bird Appearance

국문초록

도시의 생태적 유형화에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있음에도 불구하고 시가화지역에서 행해지는 생태적 측면의 공간구분은 지금까지 인위적 토지이용 특성에 의존하고 있다. 이에 본 연구는 시가화지역을 대상으로 도시생태계 특성을 대표하는 요인들을 조사하여 이들 요인간 상관관계 분석을 통해 도시생태계 특성을 설명할 수 있는 요인을 찾는 데 목적이 있다. 이를 위해 도시를 토지이용유형에 의해 구분한 후 공간별 생태적 속성을 조사하였다. 생태적 속성으로는 에너지

Corresponding author: Kyong-Jae Lee, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul, 90 Jeonong-dong, Dongdaemoongu, Seoul, Korea, Tel.: +82-2-2210-2592, E-mail: ecology@uos.ac.kr

이용측면에서 건폐율과 용적율, 지표면온도를, 물순환 측면에서 생태면적율과 불투수포장율을, 생물다양성 측면에서 야생조류 출현현황과 녹지율을 각각 조사하여 이들의 상관관계를 분석하였다. 분석결과 도시 지표면온도는 생태면적율에 의해 온도가 높은 지역과 낮은 지역, 중간인 지역으로 구분되었으며, 야생조류 출현개체수는 녹지율을 기준으로 출현개체가 많은 지역과 적은 지역으로 구분되었다. 이에 시가화지역을 대상으로 한 생태적 측면에서의 유형화는 생태면적율과 녹지율의 적용이 적합한 것으로 판단되었다.

주요어: 생태면적율, 녹지율, 도시온도, 야생조류 출현

I. 서론

생태적 입장에서의 시가화지역 연구는 관습적으로, 소극적으로 이루어지고 있어 도시화에 따른 생태계 변화 및 특성 파악은 현재도 그 진행이 미진한 상태이다(Cairns, 1988). 특히, 시가화지역에서는 도시의 생태적 측면보다는 공간의 기능적 측면이 강조되면서 생태학자들의 연구는 더욱 소외되고 있다. 이러한 상태에서 도시생태계 향상 혹은 훼손 억제에 대한 기준은 지극히 원론적인 측면에서 이루어지고 있는 상태이다.

최근 도시생태계 관련 연구는 생태계 관리에 대한 공간적 범위설정의 중요성에 관한 연구(Slocombe, 1998; Cortner et al., 1998)에서 발전하여 어떤 생물종 또는 개체군의 서식공간을 구분하는 차원에서 나아가 도시의 생태적 관리방향 설정 연구로 이어지고 있는데, 이러한 흐름에서 도시의 생태적 특성을 고려한 동질의 공간, 즉 비오톱의 구분은 환경친화적 도시관리 측면에서 유용하게 사용될 수 있다(Freeman and buck, 2003; Löfvenfaft et al., 2004)는 결과를 도출하고 있다. 비오톱 유형화는 도시지역, 농촌지역, 산림지역 등 조사대상지의 특성과 유형화에 대한 목표설정, 경관생태학적, 식생학적, 동물생태학적 관점에 따라 다양한 종류와 방법으로 유형화되는데(Drachenfels, 1994), 최근까지도 지속적으로 생태적 특성을 고려한 유형 구분 연구가 진행되고 있다(Freeman and Buck, 2003). 우리나라 도시생태계 연구는 생태적 도시관리를 위한 지자체의 연구가 중심을 이루었는데, 2000년 서울시의 비오톱지도 작성연구(서울특별시, 2000)를 시작으로 성남시(2004), 고양시(2006), 시흥시(2007), 원주시(2007) 등의 지자체에서 활발하게 진행 중에 있다. 학술적 연구로는 나정화 등(2001), 김정호와 한봉호(2006)의 연구가 대표적이라 할 수 있다. 그러나 현재 비오톱 유형화에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있음에도 불구하고 시가화지역을 대상으로 한 생태적 측면에서의 공간구분에 대한 연구는 미진한 상태이다. 현재까지 시가화지역의 생태적 공간구분은 토지이용과 녹지율이 구분의 기준이 되고 있으나(Freeman, 1999; 서울특별시, 2000; 김정호와 한봉호, 2006; 권전오, 2003), 이용밀도 측면에서 동질적이거나 혹은 이질적인 영역을 구분하는 기준은 명확하지 않다. 다시 말해 토지이용적

측면의 구분이 도시계획에 의한 규제에 의한 물리적 규제와 이용의 특성이 동질적인 형태를 취함으로써 생태적 특성 또한 동질하게 나타나는 것으로 볼 수 있으나, 동일 토지이용유형에서 나타나는 녹지율, 건폐율, 포장율 등 개발밀도에 따른 구분이 필요하다는 것은 인식하면서도 이에 대한 생태적 공간구분은 기준의 부재로 이루어지지 않거나 임의로 지정되고 있는 상태이다. 밀도에 따른 도시생태 유형화 기준이 적용된 사례를 살펴보면 독일의 경우 토지이용 유형별 현황을 바탕으로 녹지율이나 토양피복율을 등간격으로 구분하거나 분포빈도로 분류하고 있어(Berlekamp and Pranzas; 1986) 생태적 특성에 따른 구분이 이루어졌다고는 보기 어려웠다. 우리나라는 서울시(2000)가 비오톱 지도화를 진행하면서 시가화지역 생태적 특성을 구분하는 기준으로 녹지율을 적용하였는데, 이 때 높고 낮음의 기준을 경험적 기준에 의해 30%로 설정하여 연구를 진행하였다. 이러한 기준은 후속된 연구(권전오, 2003; 김정호와 한봉호, 2006; 최인태, 2008)에서도 지속적으로 인용되었다. 이러한 녹지율에 따른 구분 기준은 기존의 토지이용적 측면의 구분(나정화, 1999)에서 보다 발전된 방법으로 볼 수는 있었으나, 서로 다른 유형에서 생태적 특성이 명확히 구분된다는 사실은 확인되지 않고 있다.

이에 본 연구는 인위적 개발이 진행된 시가화지역의 생태적 특성에 따른 공간구분을 위한 기준을 제시하고자 시가화지역에서 에너지 이용, 물순환, 생물다양성 측면의 생태적 특성에 따라 변화하는 도시온도와 야생조류 출현특성과 개발 밀도의 상관성을 규명하였다. 개발밀도는 각 블록별 건폐율, 용적율, 생태면적율, 불투수포장율, 녹지율을 적용하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

서울시는 우리나라에서 인구집중화가 가장 높은 도시로 2005년 말 현재 인구가 1,070만 명(서울특별시, 2006)으로 우리나라 전체 인구의 20.7%를 차지하고 있어 환경친화적 도시관리가 어느 곳보다 중요하다 할 수 있다. 이에 연구대상지는 서

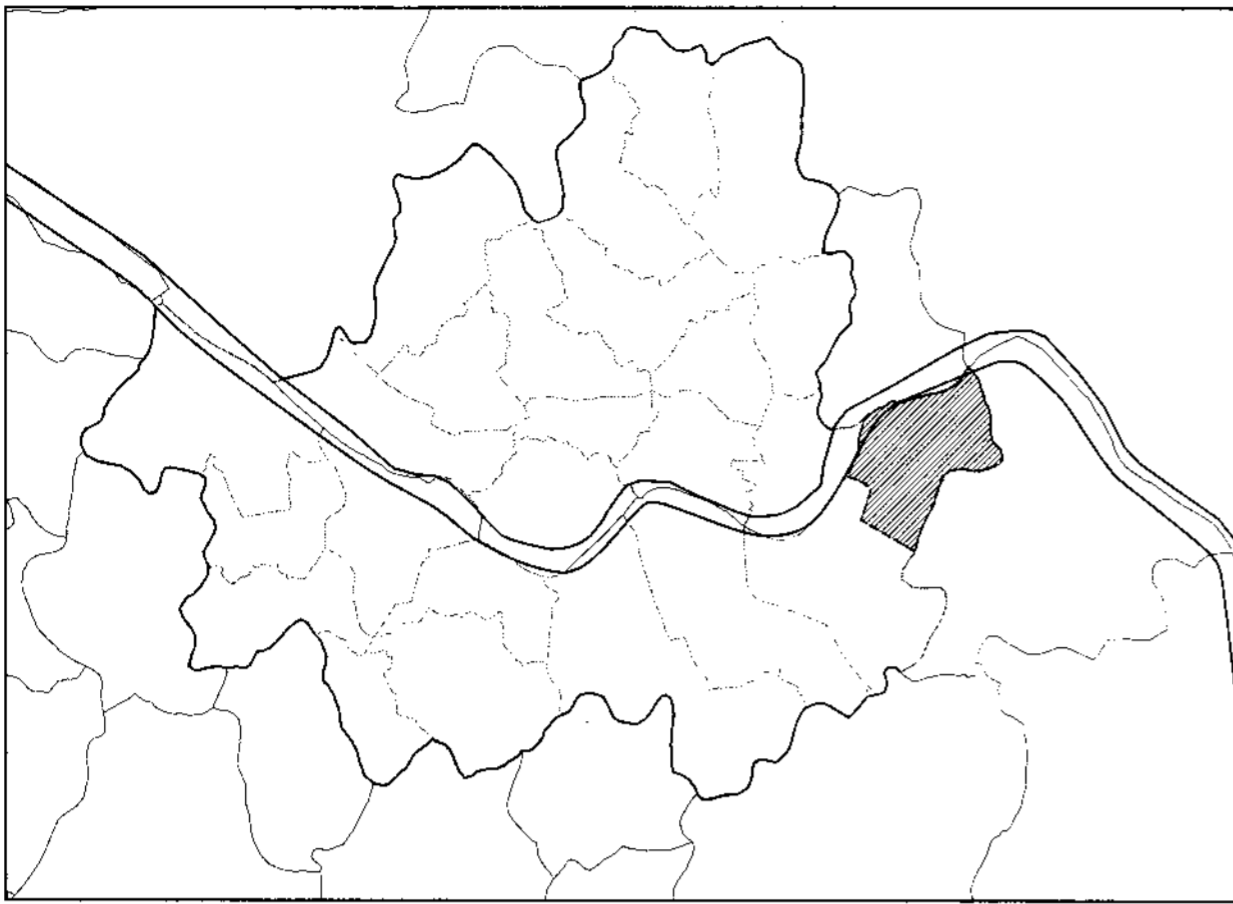


그림 1. 연구대상지 위치도

울시의 25개 자치구 중 서울시를 대표할 수 있는 지역 1개소를 선정하여 수행하였다. 대상지는 행정구역 면적과 도시계획 용도지역 현황, 개발제한구역 면적현황을 기준으로 25개 자치구를 비교하여 서울시 전체와 가장 유사한 비율을 지닌 강동구를 사례대상지로 선정하였다. 강동구는 1999년 서울시에서 진행된 비오톱 연구(서울특별시, 2000)에서도 서울시에 적합한 유형구분 및 분석방법의 설정을 위한 선행조사대상지로 연구된 바 있어 서울시의 생태적 특성을 포괄할 수 있는 24.6km²의 대상지라 할 수 있다.

2. 연구방법

1) 도시생태계 지표 특성 조사

도시지역 생태적 가치평가를 위한 비오톱지도화 중 포괄적 비오톱지도화 방법(Comprehensive or overall biotope mapping)은 도시에 존재하는 모든 비오톱을 대상으로 지도화하는 것이다(Starfinger and Sukopp, 1994). 포괄적 비오톱지도화는 도시지역 전체를 대상으로 중복되지 않게 모든 공간을 각각 하나의 유형으로 설정하여 개별 비오톱의 생태계 평가가 가능하며, 해당 조사자료를 설정된 공간과 연동하여 분석할 수 있는 기반을 마련하고 있어 각 공간의 구체적 분석이 가능하다. 이에 본 연구에서는 연구대상지 전 지역을 대상으로 생태계 원리에 입각한 포괄적 비오톱지도화 방법으로 현장조사를 실시하여 공간을 구분하였으며, 현장조사시 시가지지역 토지이용특성을 기초로 주거지, 상업지, 공업지, 공공용도지, 교통시설지, 도시부양시설지, 나지, 문화유적지의 8개 유형으로 구분한 후 다시 세부 토지이용에 따라 유형을 세분하였다.

도시화지역의 생태적 특성은 자연지역과 현저한 차이를 보이는데, 이는 외부로부터의 과도한 에너지 유입에 기인한다. 도시생태계 특성을 설명하기 위해 김정호(2005)는 에너지이용, 물순환, 생물다양성 측면에서 도시를 바라보아야 한다고 하였

다. 이에 본 연구에서는 비오톱 조사시 구획된 개별 공간별 생태적 특성이 도시생태계에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 세 가지 측면의 대표적인 요소를 조사하였다. 조사항목은 에너지 이용측면에서 건폐율과 용적율을, 물순환체계 측면에서 생태면적율과 불투수 포장율을, 생물다양성 측면에서는 녹지율을 전수조사를 실시하였다. 모든 조사는 현장에서 직접 실시하였으며, 현장조사는 2006년 1월~2월에 실시하였다. 조사방법은 서울시(2000)와 김정호(2005)의 방법을 따랐는데, 서울시(2000)의 연구는 우리나라에서 행정구역 전체를 대상으로 현장조사를 통한 생태적 공간구분을 처음으로 시도하여 유형을 구분한 연구이었으며, 김정호(2005)는 하남시 전체를 대상으로 도시생태계 특성을 정밀 조사·분석하여 생태적 토지이용계획에 적용하고자 서울시의 유형을 발전시킨 바 있다.

(1) 건폐율 및 용적율

도시의 효율적 이용을 위한 용도지역 설정에서 토지이용밀도 규제요소는 건폐율과 용적율이 대표적이다. 용적율은 건축물 연면적의 대지면적에 대한 백분율을 말하며, 건폐율은 건축면적의 대지면적에 대한 백분율이다(서울특별시, 1999). 본 연구에서는 건축물이 입지하고 있는 필지별 산정이 아닌 토지이용이 동일한 유형으로 공간을 구분한 단위블록별로 건폐율과 용적율을 산정하였다. 건폐율은 단위블록내 건물 바닥면적을 백분율로 산정하였는데 토지이용현황 조사 시 함께 조사한 블록별 건폐지 비율을 사용하였으며, 용적율은 건폐율에 현장조사시 병행한 각 블록별 평균층고를 곱하여 단위블록별로 산정하였다.

(2) 지표면온도

Landsat TM/ETM+ 영상은 열적외선 영역의 자료를 획득할 수 있어 기성시가지를 대상으로 한 온도분석 연구에 주로 이용되었다(기경석, 2006; 홍석환, 2003). 열적외선 영역의 밝기는 이 파장대에서 에너지 세기, 지표면 온도를 미리 정해진 관계식에 의해 이산화하여 반영한다. 따라서 온도추출을 위해서는 다시 절대방사량을 추정하는 영상화 표현의 반대경로를 거쳐야 한다. 본 연구에서는 Irish(2000)의 분석모델을 기반으로 하여 Landsat ETM+ 영상의 지표면 온도를 계산하였다. 지표면온도 추정을 위한 자료는 2002년 9월 10일 10시경 측정된 Landsat ETM+ 영상을 활용하였다.

Landsat ETM+ 영상은 60m×60m의 크기 셀을 하나의 단위로 지표면 온도 평균값을 추출할 수 있어 영상의 좌표보정시 발생하는 비오톱 블록과의 오차를 줄이기 위해 영상 고유 셀 크기의 1/16인 15×15m로 분할하여 보정한 후 분석하였다(홍석환, 2003).

(3) 토양피복현황 및 녹지율

토양피복현황은 우수(雨水) 토양침투 여부에 따른 생태계

공간단위별 훼손 정도를 파악하기 위한 것으로 토지이용유형 블록단위별 토양피복재료에 따른 면적비율을 현장조사하였다. 불투수포장재료에 의한 토양피복은 건폐지, 불투수포장지로 구분하였으며, 우수투수가 가능한 지역은 우수투수가 가능한 블록 등 인공재료 중심의 포장과 모래, 마사토 등 자연재료의 포장, 녹지로 구분하였다. 이를 통해 각 단위블록별 토양피복유형 면적비율을 산정하였으며 단위블록별 토양피복계수를 산정하였다.

서울시 생태면적율 가중치(서울특별시 도시계획국, 2004)는 공간유형별로 자연지반녹지와 투수기능이 있는 수공간이 가장 높은 1.0이며, 다음으로 차수된 수공간과 90cm 이상 토심을 확보한 인공지반녹지가 0.7, 90cm 미만 토심의 인공지반녹지와 10cm 이상 토심의 옥상녹화, 부분포장지역이 0.5이다. 전면 투수포장과 벽면녹화는 0.3의 가중치가 적용되며 틈새투수포장과 침투시설 연계면은 0.2, 포장면은 0.0의 가중치가 적용된다. 서울시 생태면적율은 건축유형별로 적용되는데 강동구 전 지역을 대상으로 한 생태면적율 산정은 서울시 기준을 그대로 적용하기에는 한계가 있어 본 연구에서는 서울시 산정기준을 바탕으로 불투수포장지역, 투수포장지역, 녹지지역, 수공간으로 대분류하여 적용하였다. 공간유형별 가중치는 표 1과 같으며, 블록별 생태면적율은 토지이용블록별로 해당 유형별 비율에 따라 가중치를 부여하고 이를 합산하여 전체 블록면적에 대한 백분율(%)로 표현하였다.

(4) 야생조류

야생조류 조사는 Line transects 방법(Colin et al., 1992)에 의해 강동구 전체를 대상으로 조사하였으며, 조사경로 좌·우 25m 정도 이내에 출현하는 야생조류를 육안과 쌍안경으로 관찰하고 나는 모양, 울음소리 등으로 식별하여 야생조류 종, 개체수, 행동 등을 기록하였다. 추가로 주변환경과 식생 등을 기록하였으며, 출현위치를 1/1,000 지형도에 도면화하였다. 채진확 등(2004)은 서울시를 대상으로 한 야생조류 조사결과, 번식기(봄철)에는 인구밀도가 낮고 활동이 적은 산림지역에서 다양하게 관찰된 반면, 비번식기에는 인구밀도가 높고 활동이 많

은 비오톱에서 조류 종수가 증가한다고 하여 조사시기별 야생조류가 주로 이용하는 공간이 다소 차이를 보임을 밝혔는데, 이에 본 연구에서는 번식기와 비번식기에 조사를 실시하여 야생조류가 이용하는 공간을 조사하고자 하였다. 비번식기는 야생조류 관찰이 용이한 계절인 2006년 1월 겨울철에 실시하였으며, 번식기는 2006년 4월에 강동구 전 지역을 대상으로 조사하였다.

본 연구는 시가화지역에 출현한 야생조류를 중점적으로 분석하기 위해 관찰된 야생조류 중 넓은 서식지 면적을 요구하고 현장조사 시 녹지 내부에서 보다는 이동시 상공에서 주로 관찰되는 멧금류와 백로류, 해오라기류 등 시가화지역에서 출현이 극히 제한되는 종과 시가화가 진행된 지역에서 서식개체가 많은 도시화종은 분석대상에서 제외하였다. 도시화종은 채이길드가 인가로 구분되는 까치, 참새, 집비둘기 등 3종이다. 조사된 야생조류의 시가화지역 토지이용유형별 출현개체수를 기준으로 각각의 토지이용유형에 대해 ha당 출현가능개체수를 산정하였다.

2) 도시생태계 지표간 상관관계 분석

기성시가지 생태계 훼손 정도에 따라 나타나는 자연환경 변화 정도를 측정하기 위한 기준은 에너지 이용 측면과 물순환 측면을 간접적으로 파악할 수 있는 지표면온도 분포현황과 생물다양성 측면에서 기성시가지에서 비교적 출현이 자유롭고 조성환경에 따라 개체 분포 차이가 나타나는 야생조류 출현현황(곽정인, 2007; 채진확 등, 2004)을 변수로 사용하였다. 기성시가지에서 에너지 이용 측면, 물순환 측면, 생물다양성 측면의 생태적 변수인 도시 지표면온도 분포현황과 야생조류 출현현황 변화를 야기하는 독립변수로는 생태적 측면에서 기성시가지를 조사한 항목 중 양적 척도로서 의미가 있는 항목을 선정하였다. 적용항목은 에너지 이용 측면에서 건폐율과 용적율, 물순환 측면에서 생태면적율과 불투수포장율, 생물다양성 측면에서 녹지율을 설정하였다. 불투수포장율은 건폐지 비율을 포함하여 분석하였다. 이 때 분석자료는 각 구분공간별 실측값을 사용하였다.

분석은 기성시가지 생태적 특성을 반영하는 요소를 독립변수로 설정하고 독립변수와 도시 지표면온도 및 야생조류 출현개체와 관계를 알아보기 위하여 상관관계 분석을 실시하였다. 분석결과 도시생태계 변화와 상관관계가 높은 변수항목을 대상으로 집단을 구분하고 집단별 생태적 특성의 차이를 확인하기 위하여 일원배치 분산분석(One-Way ANOVA)과 독립표본 T-검정을 실시하였다. 분석을 위한 모든 통계적 처리는 SPSS 13.0 for windows(SPSS Inc, 2004) 프로그램을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 도시생태계 지표 특성검토

서울시 강동구 시가화지역은 총 14.0ha로 강동구 전체의

표 1. 생태면적율 산정을 위한 공간유형별 가중치

공간유형	가중치	설명
녹지지역	1.0	자연지반이 손상되지 않은 녹지, 동·식물 서식 잠재력 보유
수공간 (자연호안)	1.0	자연호안으로 조성된 수공간
수공간 (인공호안)	0.7	인공호안으로 조성된 수공간
투수포장	0.4	공기와 물이 투과되는 포장, 식물생육 가능
불투수포장	0.0	공기와 물이 투과되지 않는 포장, 식물생육 불가능

57.7%를 차지하였으며, 동질적인 토지이용유형을 구분하여 블록화 한 결과, 총 1,186개의 블록으로 구분되었다. 각 토지이용유형별 평균 건폐율 분석 결과, 중층단독주택지가 70.2%로 가장 높았으며, 상대적으로 공동주택지와 공공용도지, 도시부양시설지의 건폐율이 낮았다. 용적율의 경우 고층상업지가 가장 높았고, 저층단독주택지와 저층상업지, 공업지, 공공용도지가 낮게 조사되었다. 지표면 포장특성을 포괄적으로 나타낼 수 있는 지표인 생태면적율은 공공용도지와 도시부양시설지가 대체적으로 높게 분석되었으며, 단독주택지와 상업지가 낮았다. 녹지율의 경우 중·저층 공동주택지와 고층공동주택지, 공공용도지가 높게 나타났다. 시가화지역에서 에너지 소비와 물순환의 정도를 간접적으로 확인할 수 있는 지표면온도 분석결과, 교통시설지와 상업지, 공업지, 주거지 중 건폐율이 높게 나타나는 지역이 온도가 높았다. ha당 야생조류 출현가능개체의 산정결과는 대규모 운동시설과 중·저층공동주택지, 고층공동주택지 등이 높게 조사되었다.

2. 도시생태계 지표간 상관관계 검토

기성시가지의 생태적 특성을 반영하는 대표적인 요소인 토지이용 블록별 평균온도와 야생조류 출현개체수에 미치는 영향분석을 위해 에너지이용, 물순환, 생물다양성 측면의 독립변수와 상관관계 분석결과, 기성시가지 평균온도에 영향을 미치는 요인은 건폐율과 용적율, 불투수포장율이 모두 유의도 0.01 수준에서 정(+)의 상관관계가 인정되었으며, 생태면적율과 녹지율은 면적비율이 증가할수록 온도가 낮아지는 부(-)의 상관관계가 인정되었다. 통계적 유의성이 인정된 영향요인 중 생태면적율은 녹지와 투수포장지역 면적에 의해 산정된다. 서울시 강남지역 아파트단지를 대상으로 한 홍석환(2003)의 연구에서 아파트단지 온도는 녹지율과 불투수포장율, 투수포장면적과 불투수포장면적을 합한 비율, 식생활력도를 나타내는 지수인 NDVI와 상관관계가 있음을 밝혔는데, 녹지율과 투수포장면적을 합한 비율이 온도를 설명하는 회귀식에 적용된다고 하

표 2. 서울시 강동구 시가화지역 도시생태계 관련지표 특성

토지이용 유형	분류기호	블록수	토지이용 블록별 평균(% , °C, ha/개체)					
			건폐율	용적율	생태 면적율	녹지율	지표면 온도	야생조류 출현가능 개체수
주거지 (A)	A1(저층단독주택지)	56	57.5	104	16	14.1	24.4	2.9
	A2(중층단독주택지)	83	70.2	214	6	5.7	25.2	0.9
	A3(저층공동주택지)	75	67.3	227	7	6.6	25.0	1.5
	A4(중·저층공동주택지)	37	39.3	197	33	32.9	23.7	6.8
	A5(중층공동주택지)	0	-	-	-	-	-	-
	A6(고층공동주택지)	131	42.6	504	21	20.0	24.6	5.0
상업지(B)	B1(저층상업지)	55	55.3	83	11	7.6	24.4	3.2
	B2(중·저층상업지)	285	61.6	215	4	3.6	25.4	1.4
	B3(중층상업지)	31	59.2	431	7	7.0	25.1	2.1
	B4(고층상업지)	10	60.0	880	4	4.0	25.7	0.8
공업지(C)	C	2	32.5	73	25	25.0	25.7	0.4
공공용도지 (D)	D1(교육시설)	45	26.0	109	35	17.4	24.5	4.0
	D2(행정 및 연구기관)	20	34.5	131	27	24.8	24.5	3.6
	D3(운동시설)	1	40.0	200	30	30.0	24.3	7.9
교통시설지 (E)	E1(선형 교통시설지)	264	0.3	0	2	0.6	24.6	0.6
	E2(대형 교통시설지)	2	10.0	10	17	5.0	26.6	0.8
도시부양 시설지(F)	F1(정수장/유수지)	8	28.8	71	9	9.4	23.1	0.8
	F2(발전소)	1	25.0	75	45	45.0	24.0	0.0
	F3(쓰레기 적치장)	5	4.0	4	15	0	24.5	0.0
	F4(쓰레기 처리시설)	4	42.5	55	20	2.5	25.9	4.0
나지(G)	G1(건설현장지역)	27	15.6	137	13	0	25.0	0.9
	G2(기타 나지)	20	-	0	42	10.0	23.9	0.9
	G3(야적장)	23	4.1	4	29	8.7	24.0	0.2
문화유적지(H)	H	1	10.0	10	0	0	21.8	0.0

였다. 강동구를 대상으로 한 분석결과와 위의 연구를 종합해 볼 때, 에너지 이용 측면에서 온도변화에 영향을 주는 요인을 설명하기에 생태면적율이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

기성시가지 야생조류 출현개체수에 영향을 주는 요인 중 생태면적율과 녹지율, 용적율은 블록별 면적비율이 증가할수록 야생조류 출현개체수가 증가하는 정(+)의 상관관계가 통계적으로 유의한 것으로 분석되었으며, 불투수포장율과 건폐율은 부(-)의 상관관계가 인정되었다. 야생조류 서식과 녹지와의 관련 연구는 현재까지도 꾸준히 수행되고 있는 과제로 생물다양성 측면에서는 녹지율을 도시생태계 변화에 영향을 주는 요인으로 활용하기에 적합하였다.

1) 생태면적율과 지표면온도

기성시가지 생태면적율에 의한 도시 지표면 온도가 상관관계 분석결과에 따라 생태면적율에 따른 지표면 온도분포의 집단구분을 위해 Duncan의 방법에 의해 사후검증을 실시하였는데, 집단구분은 5% 간격으로 설정하여 집단간 차이를 검증하였다. 사후검증은 표 4와 같이 구분되었는데, 이를 종합하면 생태면적율 20% 미만인 지역은 평균온도 24.9408~25.2961℃로 온도가 가장 높은 집단으로 구분할 수 있었으며, 생태면적율 20%이상 40% 미만인 지역은 평균온도 24.0716~24.4898℃로 강동구에서 중간정도 온도분포를 보이는 집단으로 구분할 수 있었다. 생태면적율 40% 이상인 지역은 평균온도가 23.4091~23.7894℃로 분석되어 온도가 낮은 집단으로 구분할 수 있었다.

토지이용블록별 온도분포현황은 생태면적율과 상관관계가 높았는데, 생태면적율에 따른 집단을 구분한 결과 생태면적율 20%와 40% 지점에서 온도에 따른 집단이 구분되었다. 따라서 생태면적율은 기성시가지를 대상으로 에너지 이용 측면에서 유형을 구분하는 기준으로 사용할 수 있을 것이며, 구분기준으로는 블록별 생태면적율 20%와 40%를 적용할 수 있을 것이다.

2) 녹지율과 야생조류 출현 개체수

봄철 야생조류는 총 293개 블록에서 출현하였으며, 겨울철에

표 4. 시가화지역 생태면적율에 의한 도시 지표면 온도변화 사후검증 결과

생태면적율(%)	N	평균온도(℃)	Duncan 검증				
			1	2	3	4	5
0~5	575	24.9855				◎	◎
5~10	208	25.2961					◎
10~15	84	25.0728					◎
15~20	39	24.9408				◎	◎
20~25	61	24.2198		◎	◎		
25~30	13	24.4898			◎	◎	
30~35	60	24.0716		◎	◎		
35~40	30	24.3221		◎	◎		
40~45	78	23.7894	◎	◎			
45~50	10	23.7736	◎	◎			
50이상	28	23.4091	◎				

F=26.75(df=10, 1185), p=0.000.

표 5. 시가화지역 녹지율 집단간 야생조류 출현개체 통계량

구분	녹지율	N	평균개체수	표준편차
겨울철	30% 미만	222	6.01	8.480
	30% 이상	71	18.86	19.829
봄철	30% 미만	93	3.03	3.531
	30% 이상	58	5.98	6.060
합계	30% 미만	222	6.72	8.881
	30% 이상	71	23.06	21.601

는 이보다 적은 151개 블록에서 출현하였는데, 두 계절 모두 녹지율 30% 이상인 지역에서 출현하는 조류 개체수가 30% 미만인 지역보다 많은 것으로 분석되었다.

기성시가지 녹지율에 따른 야생조류 출현개체수와의 관계는

표 3. 도시생태계 변화 영향요인 상관관계 분석 결과

구분		에너지 이용		물순환		생물다양성
		건폐율	용적율	생태면적율	불투수포장율	녹지율
평균 지표면온도	Pearson Correlation	0.327*	0.193*	-0.384*	0.370*	-0.326*
	유의확률	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
야생조류 출현개체수	Pearson Correlation	-0.201*	0.453*	0.463*	-0.257*	0.552*
	유의확률	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*: 상관계수는 0.01수준(양쪽)에서 유의함.

표 6. 시가화지역 녹지율 집단간 야생조류 출현개체수 T-검정 결과

구 분	Levene's 등분산검정		T-검정		
	F	Sig.	t	df	Sig.(양쪽)
겨울철	63.924	0.000	-7.713	291	0.000
봄철	9.922	0.002	-3.782	149	0.000
합계	80.450	0.000	-9.312	291	0.000

녹지율 30%를 기준으로 녹지율이 높은 지역과 낮은 지역의 출현개체에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 두 집단간 야생조류 출현개체에 대한 독립표본 T-검정을 실시하였다. 검정결과 등분산 가정에는 문제가 없었으며, 야생조류 출현개체에 대한 겨울철과 봄철, 합계 모두 두 집단 간 야생조류 출현개체수가 차이가 있다고 할 수 있었다. 따라서 시가화지역은 녹지율에 따라 생태적 속성이 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, 이들 속성의 구분을 위해 녹지율 기준을 30%로 적용할 수 있는 것으로 판단되었다.

IV. 결론

시가화지역에서 생태적 측면에서의 공간구분은 지금까지 인위적 토지이용 특성에 의존하였다. 이러한 구분방법은 도시공간 관리를 위한 비오톱 유형화에서도 그대로 적용되었는데, 이는 비오톱 지도화에 따라 각각의 공간에 대한 향상 지표를 구체적으로 제시하지 못하는 단점을 안고 있었다. 본 연구에서는 시가화지역을 대상으로 도시생태계 특성을 대표하는 요인들을 조사하여 이들 요인간 상관관계 분석을 통해 도시생태계 특성을 설명할 수 있는 요인을 찾고자 하였다.

도시생태계 분석은 서울시 강동구를 대상으로 토지이용유형을 구분한 후 블록별 생태적 속성으로 에너지 이용측면에서 건폐율과 용적율, 지표면온도를, 물순환 측면에서 생태면적율과 불투수포장율을, 생물다양성 측면에서 야생조류 출현현황과 녹지율을 각각 조사하여 이들의 상관관계를 분석하였다. 분석결과, 도시 지표면온도는 생태면적율과 상관관계가 있는 것으로 분석되었으며, 야생조류 출현개체수는 녹지율과 상관관계가 성립되었다. 두 사례를 Duncan의 방법에 의해 사후검증과 T 검정을 통한 집단 간 차이를 분석한 결과, 지표면온도는 생태면적율 20%와 40%를 기점으로 온도가 높은 지역과 낮은 지역, 중간인 지역으로 구분할 수 있었으며, 야생조류 출현개체수는 녹지율 30%를 기준으로 생태적 속성에 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

지금까지 시가화지역에서 동질적인 생태계 공간을 구획하기 위한 비오톱 유형의 분류는 일반적으로 토지이용과 이용밀도

가 기준이 되어 왔으며, 연구자마다 각자의 구분기준을 제시하였다. 그러나 이용밀도의 높고 낮음이나 개별 구분 기준의 적용은 경험적 기준치에 의한 것이 대부분이었다. 본 연구에서는 시가화지역에서 생태면적율과 녹지율이 높고 낮음에 따라 생태적 특성이 다르게 나타나는 것을 밝혔는데, 이들 요인을 기준으로 시가화지역의 생태적 공간구분에 활용이 가능할 것으로 판단되었다. 아울러 시가화지역의 독특한 생태계를 반영할 수 있는 속성인자에 대한 정밀분석이 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

인용문헌

1. 고양시(2006) 친환경 도시건설(경관생태관리·생태지도 작성)에 관한 연구.
2. 광정인(2007) 도심 시가화지역 야생조류 서식기반 조성을 위한 토지이용구조와 녹지구조 개선방안 연구 - 서울특별시 강동구를 대상으로 -. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
3. 권전오(2003) 환경친화적 택지개발계획 수립을 위한 환경생태평가기법 활용에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
4. 기경석(2006) 대도시 외곽지역 논경작지의 토지이용 및 피복변화에 따른 온도변화모형 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
5. 김정호(2005) 도시생태계 특성을 고려한 생태적 토지이용계획 기법 연구 -경기도 하남시를 사례로-. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
6. 김정호, 한봉호(2006) 도시생태계 구조를 고려한 비오톱 유형 구분. 한국조경학회지 34(2): 1-17.
7. 나정화(1999) 도시비오톱의 유형분류 및 분석에 관한 연구. 한국환경생태학회지 13(2): 129-142.
8. 나정화, 이석철, 사공정희, 류연수(2001) 생물종 및 서식지 보전의 관점에서 본 대도시의 비오톱 구조분석 -대구광역시 수성구를 중심으로-. 한국조경학회지 28(6): 29-51.
9. 서울특별시(1999) 도시계획 용어집.
10. 서울특별시(2000) 도시생태개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립 -1차년도 보고서-.
11. 서울특별시(2006) 2006 서울통계연보.
12. 서울특별시 도시계획국(2004) 생태면적율 도시계획 적용편람.
13. 성남시(2004) 비오톱 등급평가 및 도시생태현황도 GIS 구축.
14. 시흥시(2007) 시흥시 자연환경조사 및 도시생태현황도 제작 학술용역.
15. 원주시(2007) 원주시 도시생태현황지도(비오톱지도) 작성 용역(1단계) 과업지시서.
16. 채진화, 김정수, 구태희(2004) 서식지 특성에 따른 조류군집의 차이. 경희대학교 환경연구논문집 11: 1-7.
17. 최인태(2008) 도시개발사업의 생태계 영향 저감 및 보상을 위한 자연침해조정 기법 연구 -인천광역시 서창2지구 택지개발 사례를 중심으로-. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
18. 홍석환(2003) 서울 강남지역 아파트단지의 녹지면적에 따른 온도분포모형. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
19. Berlekamp, L. R. and N. Pranzas(1986) Methode zur Erfassung der Bodenversiegelung von städtischen Wohngebieten. Natur und Landschaft 61(3): 92-95.
20. Cairns, J.(1988) Restoration ecology: the new frontier. Pages2-11 in J. Cairns, ed. Rehabilitating damaged ecosystems. CRC Press.
21. Colin J. B., N. D. Burgess and D. A. Hill(1992) Territory Mapping Methods in Bird census techniques. Academic press Inc., London.
22. Cortner, H. J., M. G. Wallace, S. Burke and M. A. Mootte(1998) Institutions matter: the need to address the institutional challenges of ecosystem management. Landscape and Urban Planning 40(1): 159-166.
23. Drachenfels, O. V.(1994) Kartierschlüssel für Biotoptypen in Nieder-

sachen unter besonderer Berücksichtigung der nach 28a und 28b NNatG geschützten Biotope, Stand September 1994.

24. Freeman, C. and O. Buck(2003) Development of an ecological mapping methodology for urban areas in New Zealand. *Landscape and Urban Planning* 40: 21-30.

25. Freeman, C.(1999) Geographic information systems and the conservation of urban biodiversity. *Urban Policy Res* 17(1): 51-61.

26. Irish, R. R.(2000) *Landsat 7 science data user's handbook*. National Aeronautics and Space Administration.

27. Löfvenhaft, K., S. Runborg and P. Sjögren-Gulve(2004) Biotop patterns and amphibian distribution as assessment tools in urban landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 68: 403-427.

28. Slocumbe, D. S.(1998) Defining goals and criteria for ecosystem-based management. *Environmental Management* 22(4): 483-493.

29. Starfinger, V. and H. Sukopp(1994) Assessment of urban biotopes for nature conservation. In: Edward A. C. and N. V. L. Hubert(ed.), *Landscape planning and ecological networks*, Elsevier, Amsterdam.

원 고 접 수 일: 2008년 2월 2일
 심 사 일: 2008년 3월 20일 (1차)
 2008년 4월 10일 (2차)
 2008년 4월 21일 (3차)
 계 재 확 정 일: 2008년 4월 22일
 4 인 의 명 심 사 필