

수도권 31개 시·군의 도시생태계 현황 평가에 관한 연구*

성현찬¹⁾ · 황소영²⁾

¹⁾ 단국대학교 녹지조경학과 · ²⁾ 단국대학교 대학원 녹지조경학과

A Study on the Urban Ecosystem Assessment for 31 Cities & Counties around the Capital*

Sung, Hyun-Chan¹⁾ and Hwang, So-Young²⁾

¹⁾ Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,

²⁾ Graduate School, Dankook University.

ABSTRACT

The objective of this study is to set urban ecosystem assessment indicators, assess the status of the urban ecosystems in 31 cities & counties in the capital region and based on which, to examine an improvement plan to resolve problems and raise quality and quantity of urban ecosystems.

The study showed that the ecological base of 31 cities & counties was 48% on average, which indicates that their ecological property is the middle class. Their natural-ecological function was 63% and environmental-control function was 25%, showing that environment-control function was poor.

Therefore, going forward, urban ecological base should be further improved. When securing an ecological base, creation techniques should be able to further enhance environmental-control function along with natural-ecological function. Also, additional effort should be made to conserve areas with high ecological value as much as possible and increase vegetation vitality by replacing tree species.

Key Words : *Urban ecosystems, assessment indicators, action against climate change, natural-ecological function, environmental-control function.*

* 본 연구는 환경부 2012 차세대 에코이노베이션기술 개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

First author : Sung, Hyun-Chan, Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,

Tel : +82-41-550-3632, E-mail : wona2000@dankook.ac.kr

Corresponding author : Sung, Hyun-Chan, Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,

Tel : +82-41-550-3632, E-mail : wona2000@dankook.ac.kr

Received : 5 October, 2012. **Revised** : 12 October, 2012. **Accepted** : 12 October, 2012.

I. 서론

산업혁명 이후 인구가 도시로 집중함에 따라, 인간을 위한 토지이용 요구가 증가 되어 도시생태계가 제공하는 생태계 서비스가 취약해지는 도시생태계가 파괴가 나타나고 있다. 도시생태계의 파괴란, 기후변화의 적응성 취약, 도시 내 동식물 서식공간의 감소 및 오염, 그리고 생물종의 감소를 말하며, 더 나아가 생태계의 안정과 균형이 파괴되어 복원력과 자생력이 상실됨을 의미한다(환경부, 2012). 도시의 생태적 문제는 환경오염의 축적, 도시생태계의 균형파괴, 도시기후 변화로 요약할 수 있으며, 도시기후 변화의 대표적인 사례로는 열섬현상과 도시홍수 및 지하수 고갈, 생물다양성 위협 등이 있으며, 이로 인해 도시생태계의 생태적 안정성에 문제를 일으키는 등, 도시의 생태적 문제는 양적인 측면과 질적인 측면에서 모두 크게 악화되고 있다.

이러한 시점에서 도시 생태계에 관한 선행연구를 살펴보면, 도시생태계 및 생태성 평가 방법에 관한 연구, 생태 또는 녹지 네트워크로써 연결방안에 관한 연구, 도시공원, 하천 등의 생태계 유형에 따른 평가에 관한 연구 등이 있다.

장용훈 외2명(2009)은 문헌조사와 전문가의식 조사를 통해 도시 생태성 평가지표를 선정하고 이를 평가모형에 적용하여 청주시를 대상으로 도시의 생태성을 평가하였으며, 이경재 외3명(2007)은 하남시를 대상으로 비오톱 유형을 고려한 공간유형별 평가와 공간단위별 평가로 구분한 뒤 종합한 도시전체 생태적 가치를 나타내었다.

이동우(2009)는 국토 생태계의 중심요소라 할 수 있는 생태축의 단절로 인한 파편화된 지역의 자연자원의 연결성을 확보하기 위해 성남시를 대상으로 핵심서식지구와 거점지구를 생태통로 개념을 적용하여 도시생태네트워크 구축방안을 제안하였으며, 김엘라(2005)는 생물 서식의 잠재력을 확보하고 있는지에 대한 평가기준으로서 녹지 식생의 생태적 가치 및 기능, 물 순환 기능을 설

정하여 도시근린공원의 생태성을 평가하였으며, 강수학(2007)은 문헌고찰과 전문가 설문을 통해 30개 평가항목을 선정하여 하천생태계 평가를 개발하였다.

이와 같이 선행연구는 국지적, 유형별, 요소별 도시생태계에 대한 연구가 주로 이루어지고 있으며, 도시 전체의 생태계 현황을 평가하고, 도시 간 비교하는 연구는 아직 부족한 것으로 분석되었다.

본 연구는 이러한 배경에 따라, 도시생태계 현황 평가지표를 설정하여, 수도권 31개 시·군의 도시생태계 현황을 평가하고, 이를 토대로 문제점과 도시생태계의 양과 질을 높일 수 있는 개선방안을 검토하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구 범위 및 방법

1. 연구범위

먼저, 도시생태계 현황 평가를 위한 범위 설정에서는, 도시를 경계로 하되, 도시 외곽 산림, 도시 내 잔존 산림, 도시 내 공원, 도시 내 녹지(완충, 경관, 연결녹지), 농업지역, 초지와 습지, 호수(저수지), 하천 등을 대상으로 설정하였다.

현황 평가를 위한 대상지는, 신도시, 구도시, 신·구도시가 혼재된 도시, 군에서 승격된 도·농 통합도시, 군지역 등 다양한 도시의 형태가 공존하고 있어, 우리나라 도시생태계의 다양한 유형에 대한 현황평가가 가능하다고 판단되는 수도권(경기도)의 31개 시·군을 대상으로 평가를 실시하였다(표 1 참조).

2. 연구방법

1) 도시생태계 평가지표 설정

도시생태계 평가를 위한 평가지표 설정에서는, 먼저, 선행연구의 설정된 평가지표에 대한 사례를 검토하였다. 최병선의 15명(2003)의 도시규모 차원에서 지속가능한 개발을 위한 5개 평가항목을 적용한 '지속가능한 도시평가지표 개발에 관

표 1. 도시생태계 현황평가 대상지.

구 분	도시 구분	구 분	도시 구분
수원시	혼재 도시	의왕시	구도시
성남시	혼재 도시	오산시	구도시
부천시	혼재 도시	여주군	군지역
안양시	혼재 도시	양평군	군지역
안산시	신도시	과천시	신도시
용인시	도·농 통합도시	고양시	혼재 도시
평택시	도·농 통합도시	의정부시	구도시
광명시	혼재도시	남양주시	혼재 도시
시흥시	도·농 통합도시	파주시	도·농 통합도시
군포시	신도시	구리시	신도시
화성시	도·농 통합도시	포천시	도·농 통합도시
이천시	도·농 통합도시	양주시	도·농 통합도시
김포시	도·농 통합도시	동두천시	구도시
광주시	도·농 통합도시	가평군	군지역
안성시	도·농 통합도시	연천군	군지역
하남시	신도시	31개 시·군	신도시 5개, 구도시 4개, 혼재도시 7개, 도농통합도시 11개, 군지역 4개

한 연구, 김정도의 2명(2006)의 도시생태계의 다양한 유형을 종합적으로 평가할 수 있는 평가기법 개발을 위하여 산림, 하천, 습지, 경작지, 조경수목식재지, 시가지지역 등 5개 지역을 평가한 ‘비오톱 유형을 고려한 도시생태계 평가기법 개발’, 이우성(2011)의 지속가능한 도시공간 조성을 위한 녹지환경의 평가를 위하여 3개분야 13개 평가항목을 적용한 ‘지속가능한 도시공간 조성을 위한 녹지환경 평가 및 계획방향 설정’, 김선화, 홍운순(2008)의 가로녹지와 관련된 제반 문제를 종합적 관점에서 체계적으로 접근하기 위한 7개 평가항목을 적용한 ‘도시가로녹지 관련 평가지표 모색방안’, 임승남, 이주형(2006)의 주거단지 외부공간의 친환경성을 고양시키기 위해 9개의 평가항목을 적용한 ‘주거단지 외부공간의 친환경성 평가지표 개발에 관한 연구’ 등 5가지의 평가지표 사례를 검토하였다.

이 결과를 종합하여 분석한 다음, 이우성(2011) 연구에서의 평가지표를 기초로 하고, 연구진과

전문가의 자문을 통해 평가지표와 평가방법을 수정·보완하여, 최종 평가지표를 설정하였으며, 본 연구에서 최종 설정된 지표와 평가방법은 다음 표 2와 같다.

본 연구에서 적용할 ‘도시생태계 현황 평가지표’는, 자연생태적 기능과 환경조절적 기능, 2개 부분으로 대분류하고, 자연생태적 기능 부문에서 녹지면적, 녹지연결성, 동물이동성, 생태면적율, 식생활력도, 자연성 등 6개 지표, 환경조절적 기능 부문에서 기온저감, 대기정화, 탄소흡수, 투수성 등 4개 지표로 설정하여, 총 2개 대분류와 10개 평가지표로 구성되었다.

2) 도시생태계 현황평가

평가지표에 의한 평가의 시점은 2011년을 기준으로 하되, 모든 자료는 2010년말 기준자료를 활용하였으며, 평가가 이루어진 시기는 2011년 5월~8월까지 4개월간이었다.

이 때, 각 지표의 평가단위는 10m×10m의 픽

표 2. 설정된 도시생태계 현황 평가지표.

기능	지표	평가방법
자연생태 태적 기능	녹지면적	도시생태계의 녹지지역을 선정하여 면적산정 - 녹지지역 : 농업지역(논, 밭, 과수원, 기타채배지) 산림지역(활엽수림, 침엽수림, 혼효림) 초지(자연초지, 인공초지) 습지(내륙습지, 연안습지) 수역(내륙수, 해양수) 자연공원(국·도·군립공원) 도시공원(도시자연공원구역, 생활권공원, 주제공원) 녹지지역(완충녹지, 연결녹지, 경관녹지) 최종 점수화 : (녹지지역 면적/도시 총 면적)×100(%)
	녹지연결성	한 격자에서 인접 격자로의 침투가능정도를 산정한 연결성 지수 산정 - 0~4점 : 연결성 낮은지역 - 5~9점 : 연결성 높은지역 최종 점수화 : $\sum(5\text{점 이상 면적} \times \text{가중치}) / \text{도시 총 면적} \times 100(\%)$
	동물이동성	최소거리비용분석 이용 : 광역생태축 기준의 핵심녹지를 설정하여 토지피복 유형별 장애정도에 따른 핵심녹지까지 이동하기 위한 거리비용산정 최종 점수화 : $100\% - [(\text{거리비용의 평균값} / \text{도시 총 면적}) - \text{등급화}(\%)]$
	생태면적률	환경부지침상의 토지피복유형도를 통한 현재 상태의 생태면적률 산정 최종 점수화 : $\sum(\text{토지피복유형별 면적} \times \text{가중치}) / \text{도시 총 면적} \times 100(\%)$
	식생활력도	위성영상상을 토대로 산출되는 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) 산정 최종 점수화 : 식생활력도×100(%)
	자연성	생태자연도를 토대로 등급별 가중치를 적용하여 평가 최종점수화 : $[(\text{생태자연도 면적} \times \text{가중치}) / \text{생태자연도 총 면적}] \times 100(\%)$
환경 조 절 적 기 능	기온저감	기온저감비율 평가 $\text{기온저감비율} = \frac{\text{반경 } 500\text{m 지역의 평균온도} - \text{각지점의 온도}}{\text{반경 } 500\text{m 지역의 평균온도}} \times 100$ 최종점수화 : 기온저감율(%)
	대기정화	서울특별시 토지피복지도유형별 원단위 기준에 따른 SO ₂ , NO ₂ 에 대한 연간 100m ² (10m×10m)당 대기정화 효과 산정 최종점수화 : (흡수량/배출량)×100(%)
	탄소흡수	서울특별시 토지피복지도유형별 원단위 기준에 따른 CO ₂ 에 대한 연간 100m ² (10m×10m)당 탄소흡수 효과 산정 최종점수화 : (흡수량/배출량)×100(%)
	투수성	투수계수를 이용하여 녹지의 투수능력 평가 유출곡선지수(Curve Number : CN) 이용하여 녹지 내 토양의 배수정도 분석 최종점수화 : $100\% - [(CN\text{값 적용면적} / \text{도시 총 면적}) \times 100(\%)]$

주 : 이우성(2011)의 연구를 기초로 연구진에서 수정 및 보완.

셀(Pixel)단위로 설정하였으며, 현황평가 및 계산 과정은 ArcGIS 9.2를 활용하였다.

3) 도시생태계 현장조사

(1) 조사대상 도시

평가지표에 의한 평가결과를 토대로, 5개의 도

시유형별로 도시생태계 평가점수가 가장 낮게 나타난 도시를 현장조사 대상지로 선정하였다. 이는 가장 낮은 점수를 얻은 사례의 현장조사를 통해 앞으로의 개선방향을 검토해보기 위함이었다. 이에 따라, 5개의 도시유형 중, 신도시에서는 안산시, 구도시에서는 오산시, 신·구도시가 혼재

된 도시에서는 부천시, 도·농 통합도시에서는 시흥시, 군지역에서는 여주군 등 5개 도시가 현장조사 대상지로 선정되었다.

(2) 조사대상 도시생태계 유형

현장조사는 도시생태계 유형에 따라, 하천변, 산림지 주변 개발지, 주요 도로변, 도시공원, 저수지 등 5개 유형으로 나누고, 각 유형별로 해당 사례를 현장 조사하였다.

(3) 조사내용

상기 5개 도시생태계 유형별로, 평가지표에 의한 평가결과에 대하여, 현장조사로 내용의 보완이 가능한 평가지표인 녹지면적, 녹지연결성, 동물이동성, 생태면적을 항목을 조사하였고, 현재의 상황과 부족한 요소, 잘된 요소, 관리현황, 관리방식의 문제점도 함께 분석하였다.

III. 연구결과

1. 도시생태계 현황 평가 결과

1) 전체 평가 결과

도시생태계 현황평가 지표를 수도권 31개 시·군에 적용해 본 결과, 31개 시·군 평균 약 48%의 생태성을 보이는 것으로 나타나, 생태성이 중간수준 이하인 것으로 분석되었다. 평균 48%를 넘는 시·군은 가평군, 양평군, 포천군, 연천군, 안성시, 광주시, 동두천시, 남양주시, 파주시, 여주군, 양주시, 용인시, 이천시, 과천시 등 14개 시·군이었으며, 이들은 주로 수도권의 북동부 지역의 산림이 양호한 지역으로 분석된다. 평균 48%를 미달하는 도시들은 부천시 등 나머지 19개 도시였으며, 주로 서울시를 둘러싸고 있는 인구밀도가 높고 개발이 집중된 도시들인 것으로 분석된다(그림 1 참조).

또한, 자연생태적 기능은 63%, 환경조절적 기능은 25% 수준을 나타내어, 환경조절적 기능보다는 자연생태적 기능이 더 높은 것으로 분석되

었다. 즉, 현재의 도시내 생태적 기반은, 환경조절적 기능보다는 생태적 기능 중심으로 이루어져 있는 것으로 나타났다(표 3 참조). 따라서, 앞으로 도시의 생태적 기반을 전체적으로 높여야 할 것이며, 생태적 기반 확보시에는, 자연생태적 기능과 함께 환경조절적 기능을 보다 강화할 수 있는 조성기법이 마련되어야 한다는 것으로 분석될 수 있을 것이다.

2) 자연생태적 기능 평가 결과

자연생태적 기능의 전체 점수로서는 약 63% 수준으로서, 아직은 도시의 자연생태성 기능을 어느 정도 유지하고 있는 것으로 나타나고 있었다.

자연생태적 기능의 첫째 지표인 '녹지면적'에 있어서, 수도권 31개 도시는 37~96% 사이의 녹지면적을 보이고 있으며, 평균은 75% 수준으로서, 도시면적의 1/4 수준이 개발지, 도시면적의 3/4 정도가 자연 및 인공녹지로 확보되어 있는 것으로 분석되었다. 즉, 현재의 도시들은 도시 내 잔존산림과 농업지역이 녹지의 대부분이며, 초지, 습지 등은 매우 적은 면적으로 존재하고 있어, 생태 서식처, 섭식처로서의 기능을 하는 녹지의 면적이 매우 저하되고 있는 것으로 분석되었다.

두 번째, '녹지연결성'에 있어서는, 수도권 31개 도시는 36~95% 사이의 녹지연결성을 보이고 있으며, 평균은 73% 수준으로서, 도시 내 녹지들의 약 1/4 수준은 녹지들 간 서로 연결성이 없는 것으로 분석되었다.

세 번째, '동물이동성'지표는, 수도권 31개 도시는 0~96% 사이의 동물이동성을 보이고 있으며, 평균은 68% 수준으로서, 도시 내에서 동물들이 이동할 경우, 약 1/3 수준은 동물들이 이동이 불가하여 단절된다는 것으로 분석되었다. 인구밀도가 높은 서부·남부지역의 구릉지 도시들은 각종 개발로 핵심녹지와 단절이 이루어진 도시로 동물의 이동성이 현저히 떨어지고 있으며, 핵심녹지와 접근이 단절되어 동물서식처의 파편화가 상당히 이루어져 있다는 것을 나타낸다. 네 번

표 3. 도시생태계 현황의 전체 평가결과.

시·군명	총계	자연생태적기능							환경조절적기능				
		소계 평균	녹지 면적	녹지 연결성	동물 이동성	생태 면적률	식생 활력도	자연성	소계 평균	기온 저감	대기 정화	탄소 흡수	투수성
수원	28.32	42.5	51	49	32	49	24	50	7.04	2.54	2.78	3.55	19.3
성남	39.04	58.83	67	66	65	65	34	56	9.35	2.73	4.55	5.43	24.69
안양	35.23	52.83	55	53	60	59	32	58	8.82	2.7	3.11	3.69	25.76
부천	19.74	29.17	37	36	0	36	18	48	5.61	2.58	1.23	1.5	17.11
광명	37.55	56.17	62	60	76	62	29	48	9.62	2.62	5.26	6.75	23.85
평택	37.68	56	78	76	28	70	28	56	10.2	2.68	8.45	9.36	20.31
안산	32.92	48.5	61	59	39	62	26	44	9.55	2.59	3.9	4.86	26.85
과천	49.13	68.33	79	78	88	71	40	54	20.32	2.82	22.23	28.81	27.42
오산	39.36	59.17	70	69	79	64	27	46	9.66	2.63	5.66	7.05	23.28
시흥	32.31	47.67	63	61	29	61	28	44	9.27	2.56	6.21	8.16	20.13
군포	38.57	56.67	63	61	70	64	37	45	11.42	2.8	6.27	9.03	27.59
의왕	46.26	66.33	78	77	81	76	38	48	16.16	2.73	16.37	18.85	26.67
하남	47.42	66	75	73	76	76	35	61	19.54	2.82	22.25	27.62	25.48
용인	50.61	68.83	80	78	88	80	40	47	23.27	2.9	24.66	37.39	28.12
이천	50.46	68.33	87	86	73	80	38	46	23.66	2.84	28.53	40.07	23.18
안성	61.57	71	88	87	80	83	42	46	47.42	2.89	60.12	100	26.66
김포	42.12	52	78	77	0	74	24	59	27.29	2.69	33.95	51.91	20.62
화성	43.75	55.33	81	80	14	76	34	47	26.38	2.64	30.96	48.73	23.18
광주	59.89	75.67	86	85	92	86	44	61	36.22	2.97	45.94	64.76	31.23
여주군	57.14	69.83	90	90	79	86	26	48	38.09	2.84	50.17	75.02	24.32
양평군	70.23	77.67	94	94	94	93	39	52	59.06	3.10	100	100	33.15
의정부	43.72	64.33	70	69	73	72	36	66	12.79	2.72	9.66	13.52	25.25
동두천	58.68	73.67	81	79	91	83	44	64	36.2	2.95	44.02	61.08	36.75
고양	39.91	59.83	69	67	66	66	27	64	10.03	2.61	7.64	9.61	20.27
구리	39.67	59.17	62	59	73	63	32	66	10.43	2.66	6.79	9.45	22.82
남양주	58.50	74	85	84	92	86	44	53	35.24	3.02	44.87	62.68	30.4
파주	57.84	69.17	81	80	89	80	36	49	40.84	2.83	52.4	79.99	28.15
양주	53.96	70.67	80	79	87	80	40	58	28.89	2.83	36.61	48.47	27.66
포천	66.28	74.33	88	87	90	88	42	51	54.19	3.09	83.2	100	30.47
연천군	65.63	68.17	76	76	95	77	38	47	61.82	2.43	100	100	44.85
가평군	71.55	79.67	96	95	96	95	39	57	59.39	3.54	100	100	34
평균(%)	47.58	62.58	74.55	73.23	67.58	73.00	34.23	52.87	25.09	2.79	31.22	39.91	26.44

제, '생태면적율'에 있어서, 수도권 31개 도시는 36~95% 사이의 생태면적율을 보이고 있으며, 평균은 73% 수준으로서, 도시면적의 1/4 수준이

인공지반조차 거의 없는 개발지이며, 빗물의 투수성이 거의 없는 것으로 분석되었다. 생태면적율의 경우 자연지반의 녹지인 산림이 부족하여

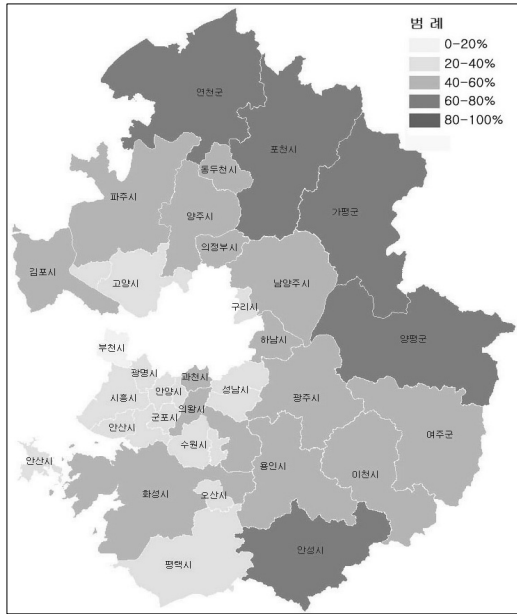


그림 1. 도시 생태계 현황의 전체 평가결과도.

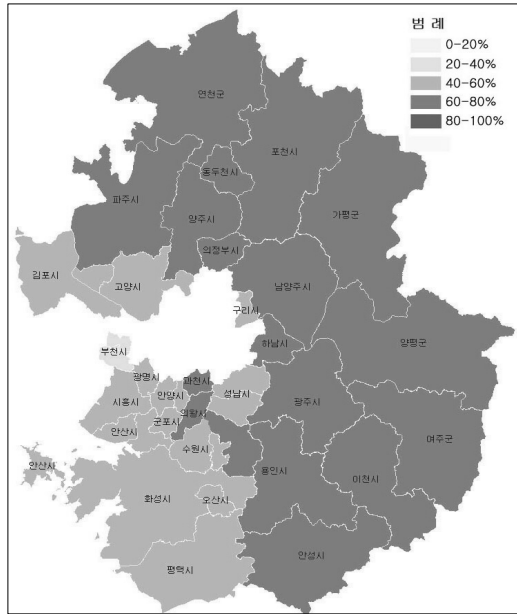


그림 2. 자연생태적 기능 부문 평가결과도.

도, 개발지의 인공지반 녹지를 확대함으로써 충분히 확보가 가능한 지표이므로, 충분한 계획수립을 통한 인공지반 녹지의 확대, 즉, 주차장의 투수성 포장, 옥상녹화, 벽면녹화 등의 노력을 통해 도시 내에 생태면적율을 높이도록 하여야 할 것이다. 다섯 번째, ‘식생활력도’에 있어서, 수도권 31개 도시는 18~44% 사이의 식생활력도를 보이고 있으며, 평균은 34% 수준으로서, 전반적으로 식생활력도가 다소 낮은 것으로 분석되었으며, 여섯 번째, ‘자연성’의 경우, 생태자연도 1등급이 위치하고 있는 시·군들이 자연성이 높게 나타났으며, 가평군을 제외하고는 주로 서울시에 인접한 도시들에 분포하고 있고, 수도권 31개 도시는 44~66% 사이의 자연성을 보이고 있으며, 평균은 53% 수준으로 분석되었다.

이처럼, 6개 지표 중에서, 녹지면적, 녹지연결성, 생태면적율, 동물이동성 4개의 지표는 평균 63%를 넘는 양호한 수준을 보이고 있으나, 자연성, 식생활력도 지표는 평균 63%에도 못 미치는 53% 이하의 중·하 정도의 수준을 보이고 있다. 이는, 북동부 지역의 양호한 산림을 기반으로 녹

지면적이 많아 자연적 기반을 유지하고 있으나, 기능적인 측면에서 인구의 집중과 개발의 집중으로 인해 식생활력도나 자연성은 낮은 것으로 나타나고 있는 것이다(그림 2 참조). 즉, 도시 생태적 기반의 양적인 측면은 아직 양호하나, 질적인 측면에서는 상당히 훼손되고 부족하다는 것을 의미하는 것이다. 앞으로, 생태적 가치가 높은 지역은 최대한 보전하고, 수종의 갱신 등을 통한 식생활력도의 증진을 위한 노력이 추가로 필요한 것으로 분석된다.

3) 환경조절적 기능 평가 결과

환경조절적 기능의 전체 점수로서는 약 25% 수준으로서, 도시의 환경조절적 기능은 매우 낮은 것으로 나타나고 있다.

환경조절적 기능의 첫 번째 지표인 ‘기온저감’에 있어서, 수도권 31개 도시는 2.43~3.54% 사이의 기온저감율을 보이고 있으며, 평균 2.79% 수준을 보인다. 즉, 인구밀도가 높고 각종 도심지의 개발로 인해 환경오염이 심하고, 녹지면적이 많지 않은 도시들은 기온저감율이 다소 떨어지고

있으며, 식생의 단위면적이 매우 큰 녹지들이 있는 지역들이 높은 것으로 분석되었다. 두 번째 지표인 ‘대기정화’지표는, 수도권 31개 도시는 1.23~100% 사이의 다양한 대기정화 효과를 보이고 있으며, 평균은 30% 수준을 보이고 있고, 27개의 도시지역 평균은 23%, 4개 군지역 평균은 88%로서, 도시지역과 군지역은 65%의 차이를 보여 산림이 많은 군지역이 도시지역보다 약 4배가 높은 수치를 보이고 있다. 세 번째 지표인 탄소흡수역시, 1.5~100% 사이의 다양한 탄소흡수 효과를 보이고 있으며, 평균은 40% 수준으로 인구 밀도가 높고 각종 도심지의 개발로 인해 녹지면적이 많지 않은 도시들의 대기정화율이 매우 떨어지는 것으로 분석되었다. 네 번째 지표인 ‘투수성’에 있어서, 수도권 31개 도시는 17.11~44.85% 사이의 낮은 투수성을 보이며, 평균은 26% 수준으로, 서울 외곽의 도시들은 투수성이 매우 낮은 것으로 나타나고 있으며, 군지역을 포함한 수도권 외곽과 동부 지역은 산림 등 자연지반이 많아 역시 투수 효과가 높은 시·군들이 분포하는 것으로 나타나고 있다

이처럼, 4개 지표 중에서, 대기정화, 탄소흡수 2개의 지표는 30%를 넘는 수준을 보이고 있으나, 투수성과 기온저감 2개의 지표는 평균에도 못 미치는 매우 낮은 수준을 보이고 있는데, 이는, 북동부 지역의 양호한 산림을 기반으로 녹지면적이 많아도, 도시 내의 밀집 개발에 의해 포장

면적이 과다하고, 도시열섬현상이 집중되는 도심 내에 녹지가 매우 부족함으로서 나타난 결과일 것이다(그림 3 참조). 즉, 도시 외부보다는 도시 내부에 자연지반을 가진 녹지면적이 부족하고, 수림대가 포함된 인공녹지대의 기반이 매우 부족하다는 것을 의미하는 것이다. 앞으로, 도시내부에 소공원, 공개공지 등을 최대한 확보하여 자연지반을 확대하도록 하고, 수공간의 조성, 인공지반 녹지대의 확대 등을 통한 도시내부 녹화에 집중적인 노력이 필요할 것이다.

4) 도시형태별 평가 결과

수도권 31개 시·군 중, 신도시(5개), 구도시(4개), 혼재도시(7개), 도농통합도시(11개), 군지역(4개) 등 5가지 도시형태별로 도시생태계 현황을 분석해본 결과, 전체 점수에서 수도권 31개 시·군들의 전체 평균점수 48%를 넘는 도시형태는 역시 산림이 많은 군지역(64%)이었으며, 도농통합도시(47%), 구도시(42%), 신도시(37%), 혼재도시(33%) 순으로 나타나고 있다. 즉, 산림이 많이 남아있고, 아직 개발이 집중되지 않은 군지역, 도농통합도시, 구도시의 순으로 도시생태계 현황 점수가 높은 것으로 나타나며, 개발이 집중되고 있는 신도시, 혼재도시가 낮은 것으로 나타난 것이다. 자연생태적 기능, 환경조절적 기능 등 기능별로도 유사한 순서를 보이고 있다(표 4 참조). 앞으로 신도시, 혼재도시를 중심으로 자연생태적

표 4. 도시형태별 평가결과.

도시 형태	총계	자연생태적기능							환경조절적기능				
		소계 평균	녹지 면적	녹지 연결성	동물 이동성	생태 면적률	식생 활력도	자연성	소계 평균	기온 저감	대기 정화	탄소 흡수	투수성
신도시	36.99	59.73	68	66	69.2	67.2	34	54	14.25	2.74	12.29	15.95	26.03
구도시	42.29	65.88	74.75	73.5	81	73.75	36.25	56	18.70	2.76	18.93	25.13	27.99
혼재도시	32.79	53.34	60.86	59.29	55.86	60.43	29.71	53.86	12.24	2.69	9.92	13.32	23.05
도·농 통합도시	47.12	64.45	80.91	79.64	60.91	78	36	51.27	29.79	2.81	37.37	53.53	25.43
군지역	64.21	73.83	89	88.75	91	87.75	35.5	51	54.59	2.98	87.54	93.76	34.08
평균	47.58	62.58	74.55	73.23	67.58	73.00	34.23	52.87	25.09	2.79	31.22	39.91	26.44

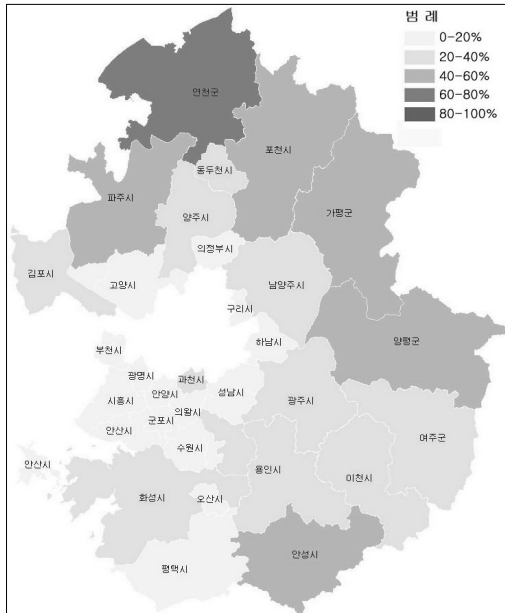


그림 3. 환경조절적 기능 부문 평가결과도.

기능, 환경조절적 기능을 높일 수 있도록 도시 생태적 기능의 강화, 도시녹지의 추가 확보, 수림대의 조성, 자연지반 녹지의 확대 등이 집중적으로 이루어져야 할 것이다.

2. 도시생태계 현황 현장조사 결과

5개의 도시유형별 사례도시에 대한 현장조사 결과, 첫째, 산림지(그림 4 참조)의 경우, 개발의 양적 팽창으로 도시외곽 산림의 훼손은 점차 심화되고 있었으며, 개발지로 훼손된 지역과의 완충지가 없어, 생태적 연결성과 산림패치 내부종의 안정성과 풍부성이 질적으로 낮아지고 있었다. 또한 도시 내부 녹지와와의 연계성이 없고, 야생동물의 연결통로가 차단되어 있었다.

둘째, 하천의 경우, 야생동물이나 조류의 서식처 기능을 점차 잃고 있고, 인접한 녹지와와의 연계성이 부족하며, 셋째, 저수지의 경우도 습지로서의 생태적 가치가 하락하고 있으며, 주로 낚시터로 활용되고 있는 것이 문제점으로 나타났다.

넷째, 도시공원은 잔디면적이 대부분을 차지하고 성목의 부재로 그늘이 부족하며, 수림대와 생



그림 4. 시흥시 산림지 주변 개발 사례(능곡택지).

태적 서식처로서의 기능은 거의 없고, 고립된 도시 내 녹지 섬의 형태로 존재하고 있었으며, 다섯째, 주요 도로변에는 중앙분리대 식재나 완충녹지대의 연계조성 보다는, 단순 가로수 정도만 식재되어 있어 녹지대의 조성이 시급한 실정으로 분석되었다.

1) 부천시

부천시의 경우는, 산림면적이 매우 부족하며, 도시내 인공녹지의 비율도 낮은 도시로 하천이 도시경계부에만 존재하며 도시 내에는 하천이 없었다. 도시경계부 하천의 현황 조사 결과, 하천변의 수림대 조성이 없고, 인근에 공장들이 산재되어 있어 도시내 하천 생태계로서의 기능과 녹지 제공 및 경관기능이 거의 없는 상황이며, 산림지 주변 개발지는 아파트로 인한 산림훼손이 심하고 사람들의 출입이 많아 생태계 서식처로서의 기능은 점차 잃고 있다. 부천시의 중앙도로인 부천세무서 옆 광복도로는 ‘완충녹지대-가로수-도로-가로수-완충녹지대’의 구조로 녹지를 충분히 확보하고 있으며, 수중에 있어서도 교통량이 많아 대기공해에 강한 수종과, 교목과 관목, 지피식물들을 다층구조로 식재하고 있었다. 마지막으로 부천중앙공원은 넓은 면적을 가지고 있지만, 수목

위주의 녹지 면적이 매우 적고 잔디면적이 대부분을 차지하며, 공원 지하에 대규모 주차장이 위치하여 공원면적의 거의 대부분 불투수층으로 이루어진 인공지반으로 구성되어 있고, 물요소의 도입이 없어, 녹지와 함께 도시기온의 저감 및 바람의 통로 역할도 거의 하지 못하는 것으로 조사되었다.

2) 안산시

안산시의 경우는, 신도시 개발 시 기존의 잔존 산림을 최대한 공원으로 보전한 지역으로, 도시 내 기존 산림 및 공원이 산재되어 있으나, 연계성은 조금 부족한 도시이다. 도시 내를 관통하는 하천이 산재되어 있으나, 녹지와 연계성은 부족한 편이고, 안산시청 앞에서 시작되는 광덕로는 20m 이상의 중앙녹지대(중앙분리녹지)를 광폭도로로서 조성되어 있어, '1차 가로수 녹지대-2차 가로수 녹지대-도로-중앙녹지대-도로-2차 가로수 녹지대-1차 가로수 녹지대'의 구조로 연결되어 상당한 녹지대를 확보하고 있으나, 외부 도시녹지와 연계가 전혀 없으며, 한양빌딩 앞의 도로는, 도로 폭은 같으나 가로수 및 중앙광장 내 녹지대가 거의 없고, 대부분 불투수 포장으로 이루어져 있는 것으로 조사되었다. 반월중앙공원은 기존의 산림을 활용하여 조성한 공원으로, 산림이 양호하게 보전되어 있으며, 공원의 중반부까지 연결된 도로와 등산로로, 산림의 단절과 생태적 서식처로서의 역할을 다하지 못하고 있다. 화랑저수지의 경우 철새의 이동을 볼 수 있어 생태적 가치가 매우 높고, 화정천이 인접해 있어 넓은 수변공간으로서 연계되어 보이나, 유원지로 지정되어 생태적 가치가 떨어지며, 화정천과 화랑저수지 사이에 도로가 위치해 있어 연결성이 없이 단절되는 것으로 조사되었다.

3) 시흥시

도·농통합시인 시흥시의 경우는, 시가화 지역이 산재되어 있어 산림면적은 많은 편이나, 소규

모 개발지들이 산재하여 도시의 생태성은 점차 훼손되고 있는 도시이다. 도시 내를 관통하는 하천이 산재되어 있으며, 이에 따라 곳곳에 저수지가 산재되어 있으나 대부분 낚시터로 이용되어 있어 생태성을 떨어지고 있다. 산림지 주변 개발지인 능곡택지개발지구 주변은 계곡 깊숙이까지 주차장과 건물이 조성되어 산림을 훼손하고 있으며, 산림과 주거지사이에 완충녹지대가 없어 산림의 지속적인 훼손이 이루어지고 있는 것으로 조사되었고, 중앙도로인 신천사거리는, '완충녹지대-가로수-도로-가로수-완충녹지대'의 구조로 녹지를 충분히 확보하고 있으며, 수중에 있어서도 교통량이 많아 대기공해에 강한 수종과, 교목과 관목, 지피식물들을 다층구조로 식재하고 있었다. 능곡지구 내 중앙공원은 최근에 조성되어, 교목의 식재가 적고 규격이 왜소하며, 잔디중심의 녹지가 이루어져 있어 생태성도 거의 없으나 투수성 면적이 넓다. 그러나 인접한 산림과의 연결성과 물요소의 도입이 없어 도심내로의 생태성 도입이 어려운 것으로 조사되었다. 시흥시의 과림저수지 주변에는 산림과 작은 마을이 위치해 있으며, 인접 산림과 저수지가 서로 연결되어 있어 야생동물의 발자국이 발견되는 등 생태적 가치가 높은 것으로 조사되었으나, 현재 낚시터로 이용되고 있어 생태적 가치보다는 시민의 이용이 더 앞서고 있는 것으로 조사되었다.

4) 오산시

구도시인 오산시의 경우는, 최근 율동지구, 세교지구 등의 택지개발이 집중되고 있으며, 독산성 산림 또한 옹벽과 도로 등으로 산림 및 녹지의 훼손이 현재 진행되고 있는 도시이다. 도시 남쪽에 하천이 산재되어 있으며, 철도가 선형으로 개발되어 있어 녹지의 단절이 많이 이루어지고 있는 지역이다. 오산시의 중앙도로인 1번국도는 가로수도 거의 없고, 도로 중앙분리대 녹지도 조성되어 있지 않아 녹지와 경관조성이 거의 이루어지지 못하고 있으며, 오산천 중류 지역은 하천

의 폭이 매우 넓으며 조류의 이동을 관찰할 수 있을 정도로 생태성이 높았고, 인근 도로와의 완충녹지가 조성되어 있다. 그러나, 하천변 수림대의 조성이 없어, 경관조성과 생태서식처로서의 기능을 하기에는 부족한 것으로 조사되었다. 세교택지지구 내 중앙공원인 고인돌 공원은 조성시기가 얼마 되지 않아 대부분이 묘목이며, 공원내 수경요소들과 생태습지, 에코브릿지가 조성되어 있어, 인접한 산림과의 생태적 연결뿐 아니라, 공원자체가 생태적 서식처로서의 기능을 할 수 있도록 반영되어 있는 것으로 조사되었다. 서리저수지 주변은 산림과 마을이 위치해 있으며 저수지로 인한 열린 경관으로 기존 산림간의 연결을 볼 수 있으며, 인접 산림과 야생동물 서식처와 습식지로서 연계되어 있으나, 현재는 낚시터로 이용되고 있는 것으로 조사되었다.

5) 여주군

군지역인 여주군의 경우는, 군지역의 특성상 개발이 거의 없어 산림이 대부분을 차지하는 지역이며, 군 내부를 관통하여 남한강이 흐르고 있다. 수계(양화천, 신근저수지 등)와 주변의 양호한 산림이 연계되어 야생동물의 이동이 관찰되는 등 생태적 가치도 매우 높은 지역이다. 수도권외 군지역의 산림에는 대부분 골프장이 조성되어 있는 바, 여주의 경우도 골프장 경계부분의 높은 옹벽 조성으로 통과도로로 인해 산림이 훼손되었으며, 주변 자연경관과 단절되어 있었다. 여주군청 앞 주요 도로에는 중앙분리대 녹지대가 있으나, 소나무를 식재하여 경관식재를 주로 함으로서 도로변 대기오염의 정화 등 기능식재가 이루어지지 못한 것이 단점으로 조사되었다.

IV. 결 론

본 연구는 도시생태계 현황 평가지표를 설정하여, 수도권 31개 시·군의 도시생태계 현황을 평가하고, 이를 토대로 문제점과 도시생태계의

양과 질을 높일 수 있는 개선방안을 검토하는 데 그 목적이 있었다.

연구결과, 31개 시·군 평균 약 48%의 생태성을 보이는 것으로 나타나, 생태성이 중간수준 이하인 것으로 분석되었으며, 자연생태적 기능은 63%, 환경조절적 기능은 25% 수준을 나타내어, 환경조절적 기능이 낮은 것으로 분석되었다.

따라서, 앞으로 도시의 생태적 기반을 더욱 높여야 할 것이며, 생태적 기반 확보 시에는, 자연생태적 기능과 함께 환경조절적 기능을 보다 강화할 수 있는 조성기법이 마련되어야 할 것이다. 또한, 생태적 가치가 높은 지역은 최대한 보존하고, 수종의 갱신 등을 통한 식생활력도의 증진을 위한 노력이 추가로 필요하다. 도시내부에는 소공원, 공개공지 등을 최대한 확보하여 자연지반을 확대하도록 하고, 수공간의 조성, 인공지반 녹지대의 확대 등을 통한 도시내부 녹화에 집중적인 노력도 필요할 것이다.

도시유형별로는, 신도시, 혼재도시를 중심으로 자연생태적 기능, 환경조절적 기능을 높일 수 있도록 도시 생태적 기능의 강화, 도시녹지의 추가 확보, 수림대의 조성, 자연지반 녹지의 확대 등이 집중적으로 이루어져야 할 것이다.

인 용 문 헌

- 강수학. 2007. 도시하천의 생태적 관리를 위한 생태계 평가 : 청계천을 사례로. 상명대학교 박사학위논문.
- 국립환경과학원. 2006, 2007. 대기오염물질 배출량. 국토해양부. 2005. 영산강 유역종합치수계획 자문보고서.
- 김상욱·정종철. 2002. 식생지수를 이용한 DMZ의 생태적 영향권 조사. 한국지리정보학회지 5(4) : 24-34.
- 김선화·홍윤순. 2008. 도시가로녹지 관련 평가지표 모색방안. 한국조경학회. 학술발표자료.
- 김엘라. 2005. 도시근린공원의 생태성 평가에 관

- 한 연구 : 서울시 송파구를 중심으로. 한양대학교 석사학위논문.
- 김정도의 2인. 2006. 비오톱 유형을 고려한 도시 생태계 평가기법 개발. 대한국토·도시계획학회 학술논문.
- 김정호·한봉호·이경제. 2006. 비오톱 유형을 고려한 도시생태계 평가기법 개발. 대한국토·도시계획학회지 41(1) : 167-184.
- 산림청. 2000. 산지전용 타당성 평가기준 정립에 관한 연구.
- 신문주. 2006. SWAT 모형을 이용한 안양천 유역의 유량확보 방안. 서울대학교 석사학위논문. p. 214.
- 이경제외 3인. 2007. 시가지지역 토지이용유형별 피복현황 분석을 통한 생태면적률 적용 방안 연구. 한국조경학회지 36(4), pp. 40-47.
- 이동우. 2009. 도시 생태네트워크 구축방안 연구. 경원대학교 석사학위논문.
- 이우성. 2011. 지속가능한 도시공간 조성을 위한 녹지환경 평가 및 계획방향 설정. 경북대학교 박사학위논문.
- 이재준외 1인. 2001. 환경친화적인 도시계획 수립을 위한 환경성 평가 및 평가지표 적합성 판단 연구. 대한국토·도시계획학회 학술논문.
- 임승남·이주형. 2006. 주거단지 외부공간의 친환경성 평가지표 개발에 관한 연구. 한국주택학회 학술논문.
- 장용훈·황현진·황희연. 2009. 도시 생태적 평가 모형 개발을 통한 청주시 생태성 평가 적용. 대한국토·도시계획학회지 44(6) : 183-195.
- 정강호·정석재·손연규·홍석영. 2007. 유출곡선지수법의 활용을 위한 수문학적 토양군 분류. 농업과학기술원 연구보고서.
- 조용현·조현길. 2002. 서울시 도시녹지의 대기정화효과. 한국환경복원녹화기술학회지 5(4) : 51-60.
- 조현길·안태원. 2001a. 도시 침엽수에 의한 연간 CO₂ 흡수 및 대기정화 : 소나무와 잣나무를 대상으로. 한국환경생태학회지 15(2) : 118-124.
- 조현길·안태원. 2001b. 도시생태계 수목의 대기정화 역할 : 용인시 사례로. 한국조경학회지 29(3) : 38-45.
- 조현길·조용현·안태원. 2003. 도시녹지의 대기환경개선 효과 : 서울시 중구를 중심으로. 한국조경학회지 31(3) : 83-90.
- 최병선외 15인. 2003. 지속가능한 도시평가지표 개발에 관한 연구. 한국건설기술연구원 동향자료.
- 환경부. 2012. 도시생태계 적용·관리 기법 및 지원시스템 개발 1차년도 연구보고서.