

[연구논문]

토양피복도 분석을 통한 서울시 환경용량 평가

Environmental Capacity Assessment of Seoul Based on the Analysis of Impervious Area

이 창 우 *

목 차

- | | |
|------------------|------------|
| I. 서론 | IV. 정책적 함의 |
| II. 이론적 고찰 | V. 결론 |
| III. 서울시 환경용량 평가 | |

ABSTRACT

Chang-Woo Lee

The objectives of this paper are, firstly to assess the environmental capacity of Seoul based on the analysis of impervious areas, and secondly to recommend measures for improving urban environmental management with a special reference to land use planning.

Although there are a number of researches on urban environmental capacity assessment in Korea, these researches are limited due to the complexity of research methods and a gap between theory and policy application. Urban environmental capacity assessment in Korea still remains a theoretical level. The paper argues, however, that the degree of urban impervious area can represent the level of urban development and thus, urban impervious area analysis can be a useful tool for understanding urban environmental capacity easily and applying the analysis result to policy implementation practically.

The paper shows that urban impervious surfaces have negative environmental effects in terms of urban microclimate, water management and pollution, soil conservation, flora and fauna, and scenic beauty. The paper presents that the current impervious area ratio of Seoul is 43.05%, and the desirable impervious area ratio of Seoul suggested by the experts participated in the Delphi survey is 36.5%. The paper also analyzes the methods of reducing the gap between present impervious area ratio and that of desirable target.

The paper suggests a variety of recommendations for reducing the impervious surfaces of Seoul to the desirable level as follows: addition of articles of regulations on the impervious areas into the local ordinance of city planning, installment of rainwater infiltration facilities, promotion of community gardens, and introduction of pavement tax and other incentives for reducing impervious surfaces.

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부 연구위원

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

급속한 발전을 목표로 환경적 측면을 경시한 채 경제성과 편리성을 추구해 왔던 서울시는 근년에 들어 환경보전을 위해 노력한 결과 상당한 성과를 거두고 있지만 대기, 수질, 폐기물, 토양 등의 부문에 걸쳐 여전히 많은 환경문제를 안고 있다. 이러한 환경문제의 원인은 수도권에 과도한 인구집중과 환경용량을 초과한 경제활동에서 찾을 수 있다. 환경용량을 고려하여 적정 인구수준을 유지하면서 사회경제활동을 해야 지속가능한 도시를 만들 수 있을 것이다.

1년간 1인의 소비수준을 토지량으로 환산한 생태적 발자국 지수를 이용한 서울시 환경용량 평가 연구(마강래, 1998), 재화와 용역의 생산에 사용된 총 에너지를 태양에너지로 환산하여 환경용량을 평가하는 에머지 분석 연구(환경부, 1996), 일정한 환경질을 유지할 수 있는 산업, 인구, 주택규모의 동태적 변화과정을 규명하는 시스템 다이나믹스 모델 활용 연구(문태훈, 1998; 이창우, 2000), 환경용량을 기반시설 및 서비스의 수요공급간 균형관계로 파악하는 오니시 모델 적용 연구(이창우, 1999) 등 도시 환경용량 평가 관련 연구가 이미 상당수 이루어져 있다. 그러나 기법 자체가 생소하고, 여러 가정을 전제로 복잡한 계산과정을 거쳐 제시된 분석결과는 현실과 동떨어진 이론적 논의 수준에 머물러 있는 등 기존의 도시 환경용량 평가는 한계를 가지고 있다.

따라서 본 연구는 쉽게 이해되면서 현실적으로

적용가능한 분석결과를 얻을 수 있는 도시환경용량 평가의 척도로서 불투수 토양피복도라는 개념을 도입하고자 한다. 즉 본 연구는 불투수 토양피복도로서 도시환경용량의 정도를 파악할 수 있다고 본다. 도시가 개발된다는 것은 곧 건축물을 비롯한 각종 구조물 건설, 도로 확장 및 포장, 주차장 건설 등을 의미하고, 이러한 개발행위는 빗물이 토양에 침투하지 못하도록 피복하는 결과를 가져오면서 도시환경에 여러 가지 부정적 영향을 미치고 결국은 도시환경용량을 제약하게 된다. 불투수 토양피복도 분석은 도시 환경용량을 쉽게 이해하고 도시성장관리를 위한 현실적 방안을 제시하는 데 기여할 수 있다.

도시의 불투수 토양피복은 수자원관리, 도시생태계, 토양보전, 도시기후의 측면에서 도시환경에 부정적 영향을 미친다.¹⁾ 불투수 토양피복이 도시 환경에 미치는 이와 같은 부정적 영향을 고려할 때, 불투수지역을 개선하여 빗물이 스며들도록 하는 한편, 기존의 공원, 녹지, 나대지 등이 불투수 지역으로 전환되는 것을 막아 도시환경을 보전하고 서울의 환경용량 범위내에서 적절한 경제활동을 해나갈 필요가 있다.

본 연구의 목적은 불투수 토양피복도 분석을 통하여 서울의 환경용량을 평가하고, 이에 기초하여 토지이용계획을 중심으로 도시환경관리의 개선방안을 제시하는 데 있다.

2. 연구의 방법

문헌조사를 통해 국내·외 환경용량평가의 유사사례를 연구하였다. 특히 서울시 25개 자치구의

1) 서울특별시a, 「서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침수립」-1년차 연구보고서-, 2000, p43

세부지점별로 건폐율,²⁾ 불투수 포장, 투수 포장, 녹지, 기타의 5가지 척도로 나누어 불투수 토양피복도를 조사한 기존 연구에 기초하여 그 조사결과를 본 연구의 필요에 맞게 수정보완한 후 구별 불투수 토양피복도 현황분석 결과를 제시하였다.

적정 불투수 토양피복률과 토양피복률 개선과제를 도출하기 위하여 2000년 9월 전국의 전문가 대상 델파이 조사를 실시하였다. 관련 전문가를 교수 및 연구원, 시민단체, 공무원의 3개 그룹으로 분류하고 그룹별로 적절하게 설문지를 안내하여 총 50부를 우편으로 배포하여 35부를 회수하였다(회수율 70%). 이 델파이 조사에서 서울의 적정 불투수 토양피복률과 그 근거 및 개선과제를 제시하도록 하였으며, 불투수 토양피복으로 야기되는 여러 환경문제간의 상대적 심각도도 조사하였다.

II. 이론적 고찰

1. 정의

환경용량은 인간을 중심으로 하는 사회과학적인 개념으로 “일정한 지역의 자연시스템이 부양할 수 있는 경제규모”로 정의된다. 이 때 경제규모에는 인구, 산업, 주택, 도로, 교통 등이 포함된다(이창우, 1999). 그리고 도시의 환경용량은 “쾌적한 수준을 유지하면서 도시 내에서 수행될 수

있는 모든 활동의 크기”로 정의된다.⁴⁾

환경용량 평가는 “환경용량 구성요소의 한계치를 기준으로 하여 일정지역의 경제규모가 해당지역의 환경용량을 초과했는지 여부를 파악함으로써 그 지역에서 이루어지는 각종 개발사업이 환경용량에 미치는 영향이 어느 정도인지에 대한 정책적 판단을 내리는 것”을 말한다(이창우, 1999, p25). 이 때 비교기준이 되는 한계치는 환경용량 산정의 결과치를 사용하는 방법과 사회적 합의기준인 정책목표치를 사용하는 방법이 있다. 환경용량 평가는 정책적 판단 행위로서 환경용량 산정 그 자체를 의미하는 것이 아니기 때문에 반드시 평가기준으로 환경용량 산정의 결과치만을 사용할 필요가 없다.

한편 도시 토지는 토양피복이라는 기준으로 볼 때 크게 건물, 불투수포장지, 투수포장지, 녹지의 4가지 유형으로 나눌 수 있다. 여기서 잔디밭, 나지, 그리고 쇠석포장을 포함하는 투수성 포장지는 우수가 지하로 침투할 수 있어 투수성 토지로 분류되고, 건축물과 콘크리트, 아스팔트, 기타 포장재료로 포장되어 있는 토지는 우수가 지하로 침투할 수 없어 불투수성 토지로 구분된다. 본 연구의 중심이 되는 불투수 토양피복지는 건물과 불투수포장지의 둘을 합친 것을 말한다. 따라서 불투수 토양피복도는 “토양이 건물과 불투수 포장으로 덮여 있는 정도”라고 정의할 수 있다.⁵⁾

2) 일정한 면적에서 건물이 차지하는 비율을 말한다.

3) 서울특별시a, 『서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침수립』 -1년차 연구보고서-, 2000

4) 좀 더 상세한 내용은 이창우, 『서울시 환경용량평가에 관한 연구』, 서울시정개발연구원, 1999를 참조할 것.

5) 불투수 토양피복도와 유사한 개념으로 독일에서 나온 ‘봉합화’라는 개념이 있다. 봉합화는 지표면이 건물, 지하건축물, 도로포장 등으로 마치 봉합된 것처럼 되어서 대기로부터 차단되어 원래의 땅으로서의 역할 즉 빗물을 침투시키고, 동식물들이 생육할 수 있는 공간으로서의 역할을 방해받는 현상을 의미한다(이은희, 1997).

2. 선행연구 검토

1) 일반적인 환경용량 평가

환경용량평가 관련 연구로 우선 국내에서는 김도훈, 문태훈, 김동환(1999)이 도시의 성장과 쇠퇴 과정을 전체 도시 시스템의 관점에서 설명한 도시동태 모델 연구가 있다. 서울 도심부 하부기반시설의 수용용량을 분석한 서울시립대학교 도시과학연구원 환경공학센터(1998)의 연구는 서울의 정수장 시설용량 및 생산실적, 송·배·급수시설 현황, 하수도시설 및 하수발생량 현황을 파악한 후, 현재의 기반시설이 감당할 수 있는 개발용량을 산정하였다.

경기개발연구원(1999)은 경기도 시·군의 개발용량을 측정할 수 있는 평가항목과 평가기준을 개발하였는데, 도시개발용량을 당해 도시가 가지고 있는 자원과 시설 등의 수용능력으로 이해하면서 이 개념이 도시의 개발수준과 속도를 조절하는 중요한 척도로 이용될 수 있다고 보았다.

서울의 주요 산 경관풍치보전계획(서울특별시b, 2000)에서 교통, 대기환경, 도시계획시설 및 상하수도 용량에 대한 분석을 하고 있다.

한편 국외의 선행연구로, 독일의 부페탈 연구소와 '국제 지구의 친구들'이 자연자원 이용의 한계를 계산한 환경공간(Environmental Space) 접근법이 있다(Mittler, 1999). 환경공간 접근방법은, 시멘트, 알루미늄, 목재, 토지, 에너지 소비량을 나타내는 이산화탄소 배출량과 같은 주요 자원의 환경용량의 한계를 정하고, 이러한 계산 결과를 이용하여 각 자원

별 일인당 이용 목표를 도출하고 있다.

야생동식물 서식지를 파괴하지 않으면서 최대 수용가능한 관광객 수에 대한 연구(Shelby & Colvin, 1982; Tarrant & English, 1996), 성공적인 농업경작을 위한 적정인구밀도를 한계용량의 관점에서 분석한 연구(Fearnside, 1985), 편의시설 및 서비스에 대한 공급량과 수요량을 측정하여 양자간 균형점을 통해 도시하부기반시설 수용용량을 평가한 연구(Onishi, 1994)도 있다.

2) 불투수 토양피복도 분석

Regional Science Research Institute(1973)는 필라델피아시 경계 내의 위사이콘(Wissahickon) 수계의 일부지역을 사례로 불투수면적 계산을 통해 환경용량을 산정한 바 있다. 홍수, 침식 및 퇴적, 수질오염, 생태계 파괴 등을 예방하는 것을 목적으로 하는 이 연구는 도시개발을 최소화하기 위한 조치를 ①개발금지, ②개발방식의 규제(포장·밀도·높이 제한), ③개발의 특별한 영향 규제(특정 공사장, 유역 보호, 도로나 주차장 투수포장, 개발지역 최소화, 도로면적 최소화, 포장된 토양 관리)의 세 가지로 나누어 제시하고 있다.

이 연구는 주거, 상업, 공업지역 등 전통적인 토지이용분류 대신에 환경영향을 기준으로 해서, 포장된 토양 및 건물, 정원 및 공원의 잔디, 전답 및 초지, 숲의 4가지로 토지이용을 분류하고 있다. 이 분류체계는 토양의 불투수도와 관련되어 있다.

한편 토양피복과 관련해 녹피율⁶⁾이란 개념이

6) 녹피율은 수목이 있을 달고 있는 가지가 차지하는 수평면적을 계산한 것으로 일정 면적당 잎이 달린 가지가 차지하는 면적의 비율을 말한다. 녹피율이 100%라는 것은 잎이 차지하는 면적이 지피면적을 완전히 덮는 정도로 100%가 넘는다는 것은 나뭇잎이 상당히 겹칠 정도로 나무를 많이 심었다는 의미이다. 이경재, "환경친화적인 도시계획을 위한 도시녹지 조성방안", 2001년 한국환경생태학회 심포지움, 『생태학적 접근을 통한 삶의 질적 향상을 위한 제안』, 2001. 3. 16, p78.

있다. 일본 도시의 녹피율은 다음의 <표 1>에서 보는 바와 같이 전국 평균 30% 정도이고, 센다이 가 35.5%로서 가장 높고, 동경도가 22.5%로서 가장 낮다. 그러나 투수포장지와 나지도 포함되어 있는 비녹피지역이 모두 불투수 토양피복되어 있다고 볼 수 없는 바, <표 1>을 통하여 적어도 동경 등 일본 대도시의 불투수 토양피복도가 일본 내 다른 지방도시에 비해 상대적으로 높을 것이라고 추정할 수 있을 뿐이다.

<표 1> 일본 도시의 녹피율

도시명	녹피율(%)	도시명	녹피율(%)
센다이	35.5	시즈오카	29.4
지바	28.5	나고야	27
우라와	29.9	동경도	22.5
카네라와	34.6	전국평균	30

출처 : 이창우, 『서울시 환경용량평가에 관한 연구 II』, 2000, p43

1998년도 포츠담시 칼막스 지구상세계획 중 녹지정비계획에 불투수 피복 면적, 녹지현황, 휴양 기능지 등 토지이용현황이 제시되어 있다. 이러한 녹지정비계획의 내용이 1999년 지구상세계획 수립시 포함되었다. 포함된 구체적 항목은 적정 녹피율, 녹지구조의 다양성, 벽면녹화 등이다(이창우, 2000).

독일 도시의 불투수 토양피복도는 <표 2>와 같은데 대체적으로 불투수 토양피복도가 40%에서 50%대로 상당히 높은 편이다. 뮌헨이 58%로 6개 도시 중에서 가장 높고, 프랑크푸르트가 42%로 가장 낮은 피복도를 보이고 있다. 그러나 서울과 독일도시의 불투수 토양피복도를 비교할 때, 녹지의 양과 질, 건축밀도 등을 고려하여야 할 것이다. 서울시 녹지면적 대부분이 산지이고 평지녹

지의 비율은 소규모인데 비해 <표 2>의 독일도시 대부분은 평지에 위치하고 있어, 지형구조상 평지부분을 중심으로 본다면 서울의 토양피복도가 독일보다 더 높다고 판단된다.

<표 2> 독일도시의 불투수 토양피복도(1981)

도시명	피복도(%)	도시명	피복도(%)
프랑크푸르트	42	두이스부르크	47
만하임	44	뮌헨	58
하노버	47	베를린	57

출처 : 이창우, 『서울시 환경용량평가에 관한 연구 II』, 2000, p43

Maidment et al.(1998)은 미국 텍사스주 오스틴 지역의 불투수 토양피복도를 조사한 바 있다. 이 조사결과를 정리한 <표 3>은, 단독주택지역 불투수 토양피복도의 경우 도시지역이 40%이고 비도시지역이 30%이며, 공공용 토지의 불투수 토양피복도의 경우 도시지역이 70%, 비도시지역이 30%임을 보여주고 있다.

<표 3> 미국 텍사스주 오스틴 지역의 불투수 토양 피복도

토지이용 구 분	불투수 토양피복도(%)	
	도시 지역	비도시 지역
단독 주택	40	30
공동 주택	80	45
상 업	95	60
사 무 실	95	60
공 업	95	60
공 공	70	30
공 원	15	5
교 통	100	85
미 개 발	15	5
물	100	10

자료 : David Maidment et al., 1998, City of Austin Water Quality Master Planning - GIS Model, University of Texas at Austin.

미국 워싱턴주의 킹 카운티에서는 시애틀 근처의 6개 지천에 대한 자료를 기초로 불투수 토양 피복 지표를 만들었다(Sustainable Seattle, 1998). 이 보고서에 의하면, 시가화지역은 40%가, 교외 지역은 15%가 피복되어 있으며, 상당부분의 교외 지역에서 개발이 진행되고 있어 불투수면적이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

3. 불투수 토양피복의 환경적 영향

빗물이 지하로 스며들지 못하게 하는 불투수 토양피복은, 첫째 도시 미기후, 둘째 수자원 관리(수질오염 포함), 셋째 토양, 넷째 동·식물, 다섯째 미관 측면에서 부정적인 영향을 주는데 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 도시 미기후

도시의 건물과 아스팔트로 포장된 도로로 인한 불투수 피복면적 증가는 도시 열저장능력 확장을 통해 도시 대기온도의 상승을 가져온다. 또한 포장으로 인해 식생지역이 감소함에 따라 식생으로 인한 증산이 줄어들게 되어 결과적으로 도시의 상대습도가 감소하게 된다. 증발률과 관련해 Lull and Sopper(1969)는 숲을 이루고 있는 수계가 25%, 50%, 75%의 불투수 토양피복으로 전환된다면 각각 19%, 39%, 59% 정도 증발량이 감소한다고 보았다.

윤용한·김은일·송태갑(1998)은 공원녹지가 기온저하에 영향을 준다고 보고하고 있다. 도시열섬과 같은 국부적 도시기온의 상승은 토지피복상태, 차량이나 공장으로부터 열방출, 대기오염 등으로 나타난다(Akbari et al., 1992; Givoni, 1998). 도

시내 수목, 초본 및 토양으로 구성되는 도시녹지는 증발산의 역할을 통해, 그리고 도시수목은 부가적으로 인공구조물에 도달하는 태양복사를 차단하거나 흡수하는 기능을 통해 대기온도를 낮춘다(조현길·안태원, 1999).

도시가 거대화되고 도심 밀도가 증가하면서 도시의 독특한 기후요소가 존재한다. 일반적으로 고온성, 강우량의 증가, 안개의 증가, 풍속의 감소 등이 대표적이는데 이 중에서 고온성은 가장 뚜렷한 현상이다. 서울의 경우 도심과 교외지대의 기온차가 여름철과 겨울철 각각 최고 10℃ 이상으로 보고되고 있다.

2) 수자원 관리

불투수 토양피복은 물이 침투되는 기회를 줄인다. 토양수분의 증가를 가져오는 물의 침투기능을 감소시키면 결과적으로 지하수 수위가 낮아져 지하수 부족현상을 가져온다.

도시지역에서의 유출 특성은 다음과 같이 요약된다. 첫째, 불투수성 표면적의 증가와 수리학적 통수능의 증가로 인해 유출총량과 침투유출률이 증가하게 된다.

둘째, 도시생활로 인해 발생되어 가라앉은 먼지, 토사 및 여러 오염물질이 불투수성 표면에 쌓이게 되고, 비가 내리는 동안 유출에 의해 씻겨 내려가게 된다.

불투수 토양피복과 수질오염의 관계성과 관련하여 Balades et al.(1995)은 프랑스 보르도(Bordeaux)의 교외지역인 베글스(Begles) 지역을 대상으로 투수성 도로의 지표 미세오염물질 감소능력을 평가한 바 있다. 그는 도시에서 불투수 지표면으로 흐르는 물의 오염은 도로나 주차장에

농축된 미세오염물질 때문임을 밝히고, 도로표면을 투과성 물질로 하였을 경우 베글스 지역의 유출수에서 오염물질농도가 감소됨을 밝혔다.

3) 토양

토양에서 물 공급이나 산소 공급에 유리한 토양 유기체가 불투수 토양피복으로 말미암아 혐기성 환경이 조성되어, 토양 속에 함유된 유기체가 파괴된다. 불투수 토양피복으로 인한 혐기성 환경으로 인해 피복층 아래 토양의 질이 악화된다. 그리고 우수유출 등과 함께 토양침식이 활발하게 일어나 토양환경을 변화시킨다.

4) 동·식물

대부분의 동·식물은 녹지를 서식공간으로 하는데 이를 소생물권 즉 비오톱(Biotope)이라 부른다. 불투수 토양피복은 동식물 서식공간인 녹지를 파괴하는 결과를 초래한다. 도로와 같이 부분적인 토양피복도 비오톱 단절 즉 동·식물의 소생활권 파괴 및 포장환경에 적응력이 부족한 종들의 감소를 초래할 수 있다.

5) 미관

불투수 토양피복은 미관상 도심 쾌적성을 저해하고, 도시 녹지를 감소시켜 도시의 자연미를 감소시키는 결과를 초래한다.

이상에서 논의한, 불투수 토양피복이 환경에 미치는 영향을 정리하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 불투수 토양피복이 도시생태에 미치는 영향

영향요인	불투수 토양피복의 영향
도시기후	- 건물과 아스팔트로 포장된 도로의 열저장능력을 통해 대기온도 상승 - 식생지역으로부터 증산이 줄어 상대습도 감소
수자원관리	- 우수관이 분리되어 있지 않은 경우 홍수시에 하수관 범람 우려 - 포장된 공간으로부터 우수와 함께 흘러나온 오염물의 수역 유입 우려 - 수계의 변화로 인한 지하수 부족 및 홍수발생 우려
토양	- 물 공급이나 산소 공급에 유용한 토양 유기체 파괴
동·식물상	- 불투수 토양피복은 동·식물 서식공간 손실의 원인 - 도로와 같이 부분적인 토양피복도 비오톱 단절과 적응력이 부족한 종의 감소 초래
미관	- 쾌적성 저하, 자연미 감소

자료 : 서울특별시a, 2000, 「서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침수립」-1년차 연구보고서

III. 서울시 환경용량 평가

1. 서울시 불투수 토양피복도 분석

서울시 면적 중 도시화지역은 서울시 전체의 58%, 녹지 및 오픈 스페이스지역은 42%이다(서울특별시, 2000a, p63). 이러한 토지이용을 기초로 하여 본 연구에서 서울시 각 구별로 토지이용 및 불투수 토양피복도를 구체적으로 살펴보기 위해 「서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침수립 1차년도 연구보고서」(서울특별시, 2000. 2)에서 분석한 토양피복도를 본 연구의 목적에 맞게 보정하였다.

위 선행연구에서는 서울시를 블록단위로 나누고 각 블록별로 몇 %가 피복되었는지 조사하여 % 단위로 분류된 블록이 서울시 전체 중에서 차지하는 비율을 보여주고 있다. 이에 비해 본 연구는 블록별로 나누지 않고 직접적으로 각구별 전

체면적에서 불투수성으로 피복된 부분의 면적을 산정하였다.

위 선행연구에서 토양피복용 재료인 마사토로 포장된 토지 또는 쇠석포장된 철도용지 등을 불투수면적에 포함시켰거나 일부 작업오류가 있었던 바, 본 연구에서는 그러한 문제를 고려하여 본 연구의 목적에 맞게 다음과 같이 보정이 이루어졌다.

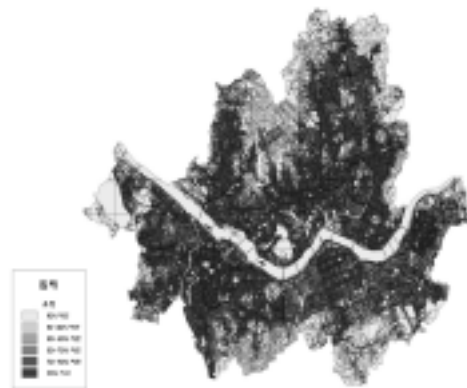
- ① 각 토지이용에서 마사토 등의 토지는 불투수포장에서 기타로 수정
- ② 학교용지 중 운동장은 피복재를 고려하여 불투수포장에서 기타로 수정
- ③ 철로 등의 쇠석포장은 불투수포장에서 투수포장으로 수정
- ④ 오픈 스페이스는 불투수포장에서 녹지로 수정
- ⑤ 인공지반은 투수포장에서 기타로 수정

보정 결과, 서울시 평균 불투수 토양피복도는 43.05%로 나타났다. <표 5>에서 보듯이 불투수 토양피복도가 가장 낮은 구는 강북구로서 23.08%, 그 다음이 은평구로서 24.26%이다. 반면에 불투수 토양피복도가 가장 높은 구는 영등포구로서 67.08%이고, 그 다음이 성동구로서 63.51%이다. 녹지율을 살펴보면 녹지율이 가장 높은 구는 마천가지로 강북구로서 72.44%이고, 다음이 관악구로서 71.54%이다. 반면에 녹지율이 가장 낮은 구는 성동구로서 24.11%이고 그 다음이 영등포구로서 25.48%이다.

한편 1999년 서울의 연평균 기온과 여름 평균 기온을 살펴보면, 불투수 토양피복도가 가장 높은

영등포구의 경우 연평균 기온이 14.19℃로서 측정 지점 23곳 중 가장 높으며, 여름평균기온 또한 26.03℃로서 가장 높다. 반면 불투수 토양피복도가 낮은 관악구의 경우 연평균 기온이 11.92℃로서 23개 측정지점 중 연평균 기온이 가장 낮으며, 여름 평균 기온도 23.74℃로 가장 낮다. 즉 불투수 토양피복도가 높은 구는 연평균 기온과 여름철 평균기온이 높고, 불투수 토양피복도가 대체로 낮은 구에서는 온도도 낮음을 알 수 있다.⁷⁾

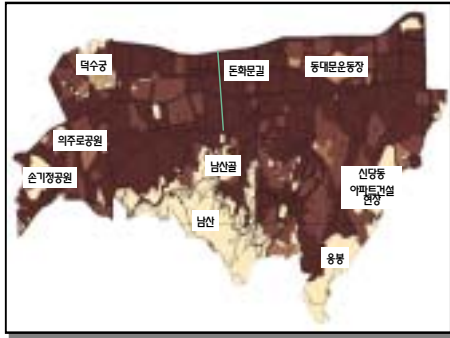
위의 <표 5>를 그림으로 나타내면 다음의 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 서울시 불투수 토양피복도 현황

<그림 1>에서 보듯, 도심부로 갈수록 불투수 토양피복도가 높아져 색이 짙어짐을 알 수 있다. 이는 도심부에 녹지가 부족하고 건물이나 불투수포장으로 토지가 덮여 있음을 의미한다. 그리고 외곽으로 갈수록 색이 옅어지는데 이는 서울 외곽에 분포된 녹지가 불투수 토양피복도를 낮추고 있기 때문이다.

7) 평균기온에 영향을 주는 요인으로 토양피복도뿐 아니라 일정지역의 녹지양이나 지형 등 다른 요소도 있을 수 있으므로 이에 대한 연구가 앞으로 심도 있게 이루어져야 한다



〈그림 2〉 서울 중구의 불투수 토양피복도 현황

〈그림 2〉는 서울시 중구의 불투수 토양피복도 현황을 보여주고 있다. 〈그림 2〉를 통해 알 수 있듯이 서울 남산과 응봉동 일대, 그리고 일부 공원을 제외하면 서울 도심은 완전히 건물과 아스팔트 또는 콘크리트 등으로 피복되어 있다. 서울 도심을 대표하는 중구에서 대부분 토양이 불투수성으로 피복되어 있음을 볼 때, 서울의 환경용량을 늘리기 위해서 도심에서의 개발을 억제하는 한편 도심 녹지를 조성할 필요가 있다.

〈표 5〉 서울시 불투수 토양피복도

(단위: %)

	건폐율	불투수 포장률	투수 포장률	녹지율	기 타	총토지 이용률	불투수 토양피복도
종로구	18.38	21.20	0.00	52.70	7.72	100	39.58
중구	21.54	34.40	0.30	37.46	6.30	100	55.93
용산구	14.58	26.25	1.35	50.49	7.32	100	40.83
성동구	32.78	30.73	1.32	24.11	11.06	100	63.51
광진구	20.60	29.90	0.18	38.88	10.44	100	50.50
동대문구	30.12	28.20	1.15	32.42	8.11	100	58.23
종랑구	24.11	17.36	0.56	52.07	5.89	100	41.47
성북구	15.39	19.53	0.11	54.37	10.60	100	34.92
강북구	9.31	13.77	0.00	72.44	4.47	100	23.08
도봉구	9.61	18.88	0.83	63.47	7.22	100	28.49
노원구	23.71	21.73	0.66	45.59	8.32	100	45.44
은평구	10.49	13.77	0.38	69.15	6.21	100	24.26
서대문구	28.72	19.19	0.56	45.82	5.71	100	47.91
마포구	19.98	30.03	1.45	41.03	7.51	100	50.01
양천구	13.97	28.03	0.08	50.33	7.59	100	42.00
강서구	13.65	23.71	0.14	50.10	12.41	100	37.36
구로구	18.07	14.65	0.77	60.21	6.30	100	32.73
금천구	32.37	25.39	0.81	34.98	6.45	100	57.76
영등포구	26.76	40.32	0.82	25.48	6.62	100	67.08
동작구	22.55	21.43	0.95	50.49	4.58	100	43.98
관악구	13.36	11.54	0.18	71.54	3.38	100	24.90
서초구	14.95	18.35	0.00	63.31	3.39	100	33.31
강남구	13.23	24.28	0.10	55.83	6.56	100	37.51
송파구	23.16	29.63	0.31	41.35	5.55	100	52.79
강동구	21.66	21.07	0.06	53.52	3.69	100	42.72
서울평균	19.72	23.33	0.52	49.49	6.94	100	43.05

2. 델파이 조사 결과 분석

제1장 제2절 연구의 방법에서 설명한 델파이 조사 방법에 따라 우편으로 배포된 총 50부의 설문지 중 70%인 35부가 회수되었다. 교수 및 연구원은 29부 중 22부(76%), 공무원은 10부 중 8부(80%), 시민단체는 11부 중 5부(45%)가 회수되었다. 분석의 편의상 교수 및 연구원, 공무원, 시민단체로 나누긴 하였으나, 조사대상자들은 모두 우리나라 해당분야 책임자 내지 권위자로 엄선하였으므로 델파이 조사의 결과는 신뢰성이 높은 것으로 판단된다.

우선 서울시의 현재 토양피복률을 제시한 후, 전문가에게 서울이 환경친화적인 도시가 되기 위해서 토양피복률이 몇 %가 되는 것이 바람직하다고 생각하느냐는 질문을 던졌다. 이 질문에 대하여 응답자가 제시한 값을 산술평균한 결과, 서울시의 바람직한 불투수 토양피복도는 36.5%로 나타났다.⁸⁾ 이를 그룹별로 분석해보면, 서울시의 바람직한 불투수 토양피복도에 대해 공무원은 33.4%, 시민단체는 33.5%로 응답하여 두 그룹간에 비슷한 결과를 보였으나, 교수 및 연구원은 38.3%로 다소 높은 수치를 제시하였다.

적정 불투수 토양피복률에 대한 응답자의 주장 내지 근거를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 적정 불투수 토양피복률이 40% 정도가 되어야 한다. 현 서울시 녹지비율 49.9%를 감안할 때 토양피복률은 현 43%에서 40%대로 낮추어져야 된다. 40%는 1,000만 인구가 교목 12주씩

가꾼다고 가정할 때 면적을 산출한 것이다(교목 1주당 1평). 현재 서울시에서 1,000만 인구를 부양하고 있는 현실에서 볼 때, 40%가 적당하다. 도심부에서 3%의 피복만 제거하여도 환경친화적 도시가 될 것이다.

둘째, 적정 불투수 토양피복률이 30% 정도가 되어야 한다. 서울시가 열섬현상과 강우유출계수를 저감하기 위한 노력목표 수치로서 30%를 제시한다. 그러나 비용이 많이 소요되므로 장기적 측면에서 고려해야 한다. 토양피복도가 가능한 낮은 수치가 되는 것이 좋으나 도시발전과 효율적인 이용을 위해서는 불가피하게 일정면적이 피복되어야 할 것이다. 30%의 수치는 절대적인 가치 기준에 의해 제시된 것이 아니라 그 동안 주거단지계획에 비추어 볼 때, 도달 가능한 최대수치이다.

셋째, 적정 불투수 토양피복률은 30% 이하가 되어야 한다. 현재 43%인데도 서울의 열섬현상과 지류천의 수질오염은 심각한 상태이며, 물순환에 있어 최악의 상황에 이르렀으므로, 30% 이하가 문제 해결에 도움을 줄 것이다.

한편, 현재의 서울시 불투수 토양피복도 43.05%를 36.5%로 낮추기 위해서 설문응답자들은 다음과 같은 개선방안을 제안하였다.

시민단체는 토양피복도 개선 정책과 관련하여 토양생명체 중시, 도시 물순환 체계 구축, 흙의 문화 중시, 도시안에서 채소 등을 재배할 수 있는 공터 및 커뮤니티 가든 조성, 옥상 녹화, 빗물저류시설 설치, 공원의 콘크리트 바닥 해체 등을 제

8) 이 수치가 정량적인 측면에서 절대적인 의미를 가진다고 보기는 어려우나 선행연구 및 자료가 미흡한 이 분야 연구의 근본적인 한계 속에서 정책목표치로서는 상당한 의미를 가진다고 판단된다.

안하였다.

공무원은 개선 대책으로, 교통일방체계와 도로 및 보도변 경계에 화단 가로수 식재 및 피복 억제, 하천복개부분의 원상회복, 빌딩과 빌딩사이 정원조성, 1인당 교목 12그루 가꾸기, 포장개선시 조세경감을 제시하였다. 또한 맨발로 걸을 수 있는 토지 확보, 건폐율 50%이하·용적률 100%이하로 건축법 및 도시계획법 개정, 건폐율·용적률에 비례하는 포장세 도입, 공원의 자연친화적 소재를 통한 지속적 조성, 흙길·마사토·자갈길로의 대체 등을 제안하였다.

교수 및 연구원은 개선방안으로, 하천복개시설 제거, 골목길·한강변 잔디화, 배수를 고려한 피복률 개선작업(자갈길 등), 생태계교란부담금제도 도입, 건물고층화에 의한 건폐율 저감, 지구단위 계획에서의 계획지표로 피복한계 제시, 피복저감 관련 인센티브 제도 마련, 담장의 생울타리화, 자투리 땅의 녹지화, 보행자 적은 보도의 일부녹화, 오픈 스페이스에 포장억제 제도화, 시민단체의 시민 교육 및 홍보 프로그램 개발, 공공시설 투수성 포장, 건물 1층 피로티화, 마을단위 주민자치적 피복률 저감사업 추진, 최소피복도 유지를 위한 의무규정 신설, 경작지 보전 및 복원(형질변경 억제), 도시계획법 정비, 포장부담금 신설, 주차장 포장률 상한제 도입, 도시개발사업시 토양피복 상한제 도입 등을 제안하였다.

시민단체, 공무원, 교수 및 연구원 그룹 모두 도시계획법이나 건축법 개정 등을 포함한 불투수 토양피복도 관련 제도개선과 투수성 포장전환, 대규모 녹지 조성을 공통적으로 강조하였다.

본 델파이 조사에서는 또한, 서울시에서 불투수 토양피복으로 인해 파생되는 문제, 즉 물순환 저

해, 수질오염, 미기후 교란 및 열섬현상, 생물서식처 파괴, 도시미관 손상의 5가지 문제에 대한 상대적 심각도를 비교분석하였다. 분석 결과 응답자들은 불투수 토양피복으로 인해 도시환경 전체에 주는 심각도를 100%으로 볼 때, 토양피복은 물순환 저해에 32%, 도시미기후 교란 22.1%, 수질오염 19.6%, 생물서식처 파괴 19%, 도시미관 손상 6.8% 순으로 영향을 준다고 응답하였다.

3. 불투수 토양피복도 개선 가능성 분석

위 델파이 조사에서 서울시의 불투수 토양피복과 관련하여 전문가들은 토양피복으로 인해 발생하는 5가지 대표적 환경문제 중에서 물순환문제를 가장 심각하다고 제시하였다. 물순환 문제의 해결을 위해서는 우선 불투수 토양피복된 부분을 투수성 토양피복으로 전환하던가 피복층 자체를 제거하여 유출계수를 낮추고, 토양의 물흡수를 증진시켜야 한다. 도시 물순환체계 개선에 초점을 맞추어, 서울시의 한강고수부지, 보도, 도로, 주차장, 기타 지역별 불투수 토양피복 현황을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 한강고수부지에서 불투수로 피복된 부분을 살펴보면, 크게 공영주차장과 견인차 보관소, 자전거도로로 나누어 볼 수 있다. 주차장면적의 경우 현재 303,943㎡이고, 견인차보관소의 면적은 39,356㎡이다. 그리고 자전거도로는 폭이 평균 4m, 총길이가 56,600m이므로, 자전거도로의 면적은 226,400㎡이 되고, 이 공영주차장, 견인차 보관소, 자전거도로의 면적을 모두 합하면 569,699㎡가 된다.

둘째, 서울시 총 보도면적은 6,658,691㎡이고,

이중에서 투수성 보도면적은 투수성 콘크리트를 사용한 442,909m²이다. 따라서 불투수성 보도의 면적은 6,215,782m²이 되며, 전체 보도면적 중에서 투수성 보도는 6.65%에 불과하여 대부분의 보도가 불투수성인 것을 알 수 있다.

셋째, 서울시 총 도로면적은 1999년 말 현재 78,121,964m²이고, 이 도로면적 중에서 포장된 면적은 73,120,403m²로서, 도로의 93.60%가 불투수성으로 포장되어 있다. 그리고 서울시 25개구 도로를 평균은 약 21%로 나타나고 있다. 그런데 이 결과를 불투수 포장면적의 개선가능성 면적에 포함시키기 위해서는 먼저 도로 하부의 현황과약 즉 일반토양층인지, 지하도·지하차도·지하철 등이 존재하는지 여부를 파악해야 한다. 그리고 도로의 투수성 포장으로 인한 토양의 오염물질 침착정도 등의 연구도 선행되어야 한다. 따라서 도로를 투수성으로 포장할 경우의 비용 등도 감안할 때, 현재로서는 서울시 도로 부분을 투수포장화하는 방안은 장기적인 관점에서 연구되어야 할 과제이다.

넷째, 공영주차장을 살펴보면 노상주차장은 도로상에 있으므로 도로면적에 편입되고, 노외주차장의 경우 서울시 소유의 나대지나 복개천 위의 공간을 주차장으로 만든 곳으로서 지하철 주위 환승주차장 등이 여기에 포함된다. 2000년 10월 현재 서울시 불투수포장 노외주차장은 총 5,692면이다(서울시 시설관리공단 내부자료, 2000).

다섯째, 이상에서 논의한 불투수 토양피복 개선 가능지역 이외에 주거지역, 상업지역, 공업지역, 공공청사내 토지 중 불투수로 포장된 면적을 투수 포장면적으로 개선할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 자료 미비 등의 제약으로 이에 대한 분석

은 이루어지지 못하였다. 종합적인 불투수 토양피복 개선 정책을 수립하기 위해서는 용도지역별 불투수 토양피복에 대한 구체적인 자료 분석이 뒤따라야 할 것이다.

이상과 같은 자료에 기초하여 서울시 불투수 토양피복도 개선 가능성을 분석하였다. 텔파이 조사 결과 전문가들이 생각하는 적절한 서울시 불투수 토양피복도의 평균 36.5%를 서울시 불투수 토양피복도의 정책목표치로 본다면, 이 목표를 달성하기 위해서는 현재의 불투수 토양피복도 43.05%에서 6.55%를 줄여야 한다. 즉 서울시 전체면적에서 3,966ha의 면적이 투수 피복층으로 전환되든지 아니면 피복 자체가 제거되어야 한다. 우선 한강고수부지, 보도, 도로, 주차장 등에서의 토양피복도 개선방안을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 한강고수부지에서는 앞의 계산을 통해 57ha가 투수 형태로 전환될 수 있다. 여기서 주차장과 견인차보관소는 대폭 축소시키거나 피복층을 벗겨내 자연상태로 유지시키고, 자전거 도로는 투수 피복층으로 전환하되 자전거의 승차감이 떨어지지 않도록 고려해야 할 것이다.

둘째, 서울시 보도면적과 관련하여 서울시의 걷고 싶은 거리 만들기 사업이 추진되고 있는 가운데, 자연의 흙을 밟고자 하는 욕구가 현재 일고 있다. 사람의 왕래가 드문 보도는 마사토와 같은 흙이나 부드러운 자갈길로 포장하고, 왕래가 빈번한 보도의 경우는 투수성 포장재료로 대체하여 강우시 우수가 스며들도록 한다. 단 일정량 이상의 강우는 아무리 투수피복층으로 된 보도라고 하더라도 일정량 이상이 유출되는 것을 막을 수 없으므로 이 점을 고려해야 한다. 이렇게 보도를 개선하면 앞서 계산에서와 같이 서울시 보도면적

621.6ha가 투수피복층으로 개선될 수 있다.

셋째, 서울시 도로면적의 경우 노상주차장 면적을 포함하여 7,312ha가 포장되어 있고, 이 중 144.2ha가 하천이 복개되어서 도로가 된 부분이다(서울시 건설안전관리본부 내부자료, 2000). 따라서 투수성 포장으로의 전환이나 복개천의 원상복구를 통해 도로 부분의 불투수 토양피복도 개선을 이룰 수 있으나 앞서 언급한대로, 서울시의 경우 상당한 지하공간이 지하철이나 지하도 등으로 이용되고 있는 상황이고 도로의 투수포장화는 기술적, 환경적 측면에서 검토해야 할 사항이 많으므로 극히 일부지역에서만 도로의 투수성 전환이 가능할 것으로 판단된다.

넷째, 서울시 지상 대지와 복개천 상부의 불투수성 노외주차장의 경우 총 5,692면수가 존재하므로 한 주차면수를 2.5m×5m로 하여 계산하면 총 7.1ha의 면적이 도출된다. 이 7.1ha에 대해서, 불투수 토양피복에서 피복 제거나 복개천 원상회복, 투수피복층으로의 전환 등을 통해 투수 형태로의 전환이 가능하다. 서울시 복개천 상부는 도로와 주차장이 대부분을 차지하고 있는데, 도로가 총 도로연장의 89.5%를 차지하고 있다. 따라서 도로와 주차장의 경우 하부상태가 토양인지 하천인지에 따라 토양의 경우는 불투수 성분을 제거하고 하천인 경우 복개천을 복구하면 서울시 불투수 토양피복도는 개선될 수 있다.

이상에서 논의한 개선방안을 종합하면, 현재의 불투수 토양피복부분을 투수 부분으로 전환할 수 있는 면적은 <표 6>과 같다.

<표 6>에서 제시한 현 토지 부문별 최대 투수성으로 전환가능한 면적을 모두 합치면 685ha로서 전문가들이 제시한 서울시 적정 토양피복도

<표 6> 서울시의 투수성 전환가능 면적

(단위: ha)

	한강고수부지	보도	노외주차장
투수포장 전환	22.6 (자전거도로)	321	7.1
불투수포장 제거	34.3 (주차장 등)	300	
총면적	56.9	621	7.1

36.5%를 달성하기 위해서 추가적으로 투수성 피복층으로 전환되어야 할 면적인 3,966ha에 못미치는 수치이다. 3,966ha 중 685ha를 제외한 3,281ha는 다음과 같은 방법으로 개선가능할 것으로 판단된다.

단독주택, 공동주택단지 및 공공행정기관 부지 내 포장된 부분을 투수성 포장으로 전환할 수 있다. 그리고 상업지역 및 공업지역의 포장된 지역도 상당부분 투수성 포장으로 바꿀 수 있다. 나아가 재개발이나 재건축시 건폐율을 줄이고 이로 인해 넓어진 대지부분에 대해 투수층 확보를 모색한다면 장기적으로 볼 때 불투수 토양면적 3,966ha에 대한 피복도 개선이 가능할 것이다.

이렇게 불투수 토양피복도가 개선되어 물순환이 좋아진다고 하더라도, 도시미기후, 도시삭막화 등의 문제도 같이 해결하고자 한다면 불투수 토양피복 부분을 제거함과 동시에 도심 녹지도 증가시켜야 한다. 따라서 지속적으로 녹지를 확충해가는 한편 건물의 옥상녹화도 추진해야 할 것이다. 먼저 관공서나 각급 학교 등에서 이를 시행하고, 성공사례를 서울시민에게 홍보하면서 옥상녹화를 권장해나갈 필요가 있다.

IV. 정책적 함의

불투수 토양피복도를 증가시켜 환경에 부하를 가중시키는 개발계획이나 정책을 지양하기 위해 향후 도시계획 수립시 불투수 토양피복도를 직접적으로 통제하는 항목을 추가해야 할 것이다.

건설교통부가 2000년 7월 1일 도시계획법 시행령을 전면개정하면서 용도지역·지구상 용적률과 건폐율 규제를 강화한 것은 도시의 무분별한 개발을 막고 쾌적한 주거환경을 이루겠다는 강한 의지를 보인 것으로 받아들여진다. 2000년 7월 15일 공포된 서울시 도시계획조례에서 개발위주의 사고방식에서 환경 중시의 지속가능한 법령체계의 전환을 적극 반영하기 위해서 종전의 건폐율·용적률에 대한 건축조례 내용을 대폭 수정하였다. 토양피복에 관한 세부사항이 포함되어야 건전하고 쾌적한 환경을 확보할 수 있는데 현재 서울시 도시계획조례에서 토양피복과 관련된 조항은 없다. 그러나 건설교통부의 도시계획수립지침(2000. 8)과 지구단위계획 수립지침(2000. 9. 1 시행, 2000. 10. 7 개정) 등에 불투수 토양피복 개선에 관한 항목이 포함되어 있는데, 앞으로 보다 구체적인 기준이 마련될 필요가 있다.⁹⁾ 미국의 경우, 예를 들면 코네티컷 주의 여러 도시의 지역·

지구조례에서 불투수 토양피복에 대한 구체적 규정을 두고 있다.¹⁰⁾

앞으로 서울시는 도시계획조례에 불투수 토양피복에 대한 세부 규정을 포함시켜 건전한 도시환경 조성에 기여해야 할 것이다. 서울시는 도시계획조례에 지역지구별로 최대허용가능 불투수 토양피복률을 규정할 필요도 있다.

앞서 논의한 델파이 조사 결과 전문가들은 불투수 토양피복으로 인한 가장 큰 도시환경문제로 물순환체계의 교란을 들었다. 따라서 서울에서의 빗물순환체계를 개선하기 위한 다각적인 조치가 필요하다. 물순환을 통해 물은 강우라는 수입과 유출 및 증발이라는 지출의 균형을 이룬다. 그리고 총 수량의 수지 중 지출부문은 크게 ①식물에 의한 증산, ②땅이나 물체 표면상에서의 증발, ③지하로의 침투, ④강이나 지천으로의 유출의 넷으로 나누어진다.¹¹⁾ 원래 자연상태에서의 빗물순환체계는 많은 양의 증발, 적은 양의 유출, 많은 양의 침투라는 현상을 보이나, 도시지역에서는 빗물의 순환체계가 저해되어 적은 양의 증발, 많은 양의 유출, 적은 양의 침투 현상을 보이게 된다.¹²⁾

서울에서의 물순환체계를 자연상태에 가깝게 복원하기 위해서는 녹지를 최대한 확보하고 나무를 많이 심어 식물에 의한 증산이나 증발이 더욱

9) 건설교통부의 도시계획수립지침(2000. 8) 제7편 환경성 검토, 제3장 제2절에 “정량적 평가지표로는 토양포장률과 토양기능계수 등을 이용할 수 있으나 토양포장률을 우선적으로 검토하되, 단위 도시계획 수립시 녹지율 및 개발면적의 구분이 가능한 경우 적용한다”고 되어 있다. 지구단위계획 수립지침(2000. 9. 1 시행, 2000. 10. 7 개정)의 3-1 일반원칙에 “보도나 공동주택 단지내 도로 등 인공포장의 경우 투수성 포장을 하도록 하고, 공동주택단지 등에서 지하주차장 지상부분에 식재가 가능하도록 성토의 두께를 정하는 등 자연친화적 도시환경이 조성되도록 한다”고 되어 있다.

10) 자세한 내용은 다음의 웹사이트를 참조할 것. <http://www.canr.uconn.edu/ces/nemo/gis/imperv.html> 이외에 선진외국에서 토양피복도 규정을 법률화시킨 예로서 독일의 연방건설법전을 들 수 있다. 이 연방건설법전은 우리나라의 도시계획법과 같은 법으로 사전준비적인 건설기본계획(F-plan : 우리나라의 토지이용계획에 해당)과 구속력이 있는 건설기본계획(B-plan : 우리나라의 지구상세계획에 해당)의 두 단계 계획을 정하고 있다.

11) 이은희, “생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계와 도시화와의 관계”, 『한국조경학회지』, 제24권 4호, 1997, p124.

12) 상계논문, p125.

증가되도록 하여야 한다. 그리고 지하로의 침투를 증가시키기 위해서는 포장시 투수성이 높은 포장 재료를 사용하는 한편 침투우물이나 침투관 등 다양한 침투장치를 설치하여야 한다. 또한 유출을 줄이기 위해 녹지면적을 확대하는 한편 침투시설과 저류시설을 최대한 확보해야 한다.

물순환체계의 구축뿐 아니라 수질오염 저감, 쾌적한 도시미기후 조성, 동식물 서식처 확보, 경관 개선 등의 목표를 달성하기 위해서는 다음과 같은 정책들도 추진되어야 한다.

우선 서울 시내 공한지를 도시텃밭으로 조성할 필요가 있다. 이창우(1995)는 서울시 면적의 약 5%인 30km²가 공한지 상태에 있다고 추정한 바 있는데, 현재는 이보다는 훨씬 적어졌다 하더라도 아직 상당 면적의 공한지가 있을 것으로 판단된다. 공한지를 이용한 도시텃밭은 도시생태계를 유지하고 보호하는 역할을 한다. 공한지 상태로 내버려둘 때보다 표토유실을 줄이고 도시의 물순환에 도움을 준다. 또한 도시텃밭이 공장과 주택지 사이, 도로와 주택 사이, 도시중심부에 있을 때에는 공기정화기능, 소음방지기능까지도 수행한다. 도시텃밭은 나아가 동식물의 서식처 역할도 한다. 따라서 놀고 있는 사유지뿐 아니라 사유지도 임시적으로 도시텃밭으로 사용할 수 있도록 허가하는 제도적 장치가 마련되어야 한다. 서울시 당국은 도시텃밭을 시민에게 공급하기 위하여 서울시 내에 산재한 여러 형태의 공한지를 체계적으로 조사하고 이를 경작가능지와 경작불가능지로 분류하는 등 공한지 관리를 체계화해야 한다. 도시텃밭은 도시계획 차원에서 다루어져야 한다. 선진

외국의 도시텃밭은 공원이나 녹지와 함께 도시의 공적인 녹지대로 인정되어 도시계획의 중요한 요소로 자리잡고 있다. 개별 도시텃밭이 생태공원, 생태계보전지역, 어린이 놀이터 등과 종합적으로 연계되도록 운영되어야 한다.

서울 도심부에서의 녹지 확충에 한계가 있다면, 옥상녹화와 벽면녹화를 시행함으로써 쾌적한 도시기후 조성 및 물순환에 도움을 주도록 하고 동식물의 서식처로도 기능하게 해야 한다. 옥상정원의 유출계수는 0.3¹³⁾으로서 비포장도로의 유출계수가 0.5인 점을 감안할 때 도시 물순환에 크게 기여할 수 있다. 나아가 빌딩과 빌딩사이에 소규모 공원을 조성하는 한편, 공원내 콘크리트 바닥을 해체할 필요가 있다.

도시계획과 관련하여, 장기적으로는 건폐율에 비례하는 포장세를 신설하거나 불투수 토양피복을 줄이기 위한 인센티브 제도의 도입을 고려해야 하며, 지구단위계획에서의 계획지표로 불투수 토양피복도의 한계를 정할 필요가 있다.

V. 결론

본 연구는 불투수 토양피복도 분석을 통해 서울의 환경용량을 평가하였다. 본 연구는 불투수 토양피복이 환경에 미치는 영향을 정리한 뒤, 도시개발 행위의 직접적 결과로서의 토양피복의 상태를 나타내는 불투수 토양피복도가 도시환경용량 평가의 훌륭한 척도가 될 수 있을 뿐만 아니라 도시성장관리를 위한 현실적 방안을 제시하는데도 크게 기여할 수 있음을 보여주하고자 하였다.

13) 상계논문, p126 참조.

본 연구의 분석을 통하여 서울 25개 구 중에서 불투수 토양피복도가 가장 높은 구는 영등포구(67.08%)이고, 가장 낮은 구는 강북구(23.08%)임을 알 수 있었다.

텔파이 조사를 통해 본 연구는 서울의 불투수 토양피복도 정책목표치를 36.5%로 제시하였다. 현재 토양피복도가 43.05%인 서울시는 바람직한 수준의 토양피복도를 달성하기 위하여 기존 토지 중 피복된 부분을 최대한 원상회복하여 녹화하는 한편, 토양을 피복시키는 각종 개발행위를 규제하면서, 개발사업이 불가피할 경우 제4장에서 논의된 다양한 정책수단을 동원하여 토양이 피복되지 않도록 노력하여야 할 것이다.

앞으로 환경의 질이 희소하고, 다른 목표에 비해 환경적 목표를 우선시해야 하는 지역에서의 개발은 우선적으로 제한되어야 한다. 대상지역에 대해서 환경용량평가를 한 후, 이 평가된 환경용량을 고려하여 체계적인 토지이용계획을 세우면 환경부하 감소로 인한 환경질 개선과, 이를 통한 도시의 지속가능성이 확보될 것이다. 이러한 측면에서 지속가능한 개발을 달성하기 위한 규제적 정책수단으로의 토지이용계획이 제 역할을 하는데 환경용량 개념이 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 계량적인 불투수 토양피복도 모델을 개발하지 못하고 단편적인 수치만을 제시한 한계가 있다. 또한 본 연구는 불투수 토양피복도와 관련한 도시계획법 및 조례 개정의 필요성을 강조하였으나 구체적인 대안까지 제시하지는 못하였다.

앞으로 다양한 접근방법을 통한 도시환경용량 연구가 지속적으로 이루어져야 한다. 예를 들면,

불투수 토양피복도와 관련한 유출계수를 기초로 서울시 적정인구 내지 적정 경제활동규모를 산정해 볼 수 있을 것이다. 그리고 도시 물질대사 접근방법을 통하여 일정기간에 걸쳐 산소, 물, 음식물, 종이 등 서울에 유입되는 물질과 생활폐기물, 이산화탄소, 아황산가스 등 서울에서 유출되는 물질을 산정하는 연구를 수행함으로써 서울의 환경용량을 더욱 쉽게 이해하도록 할 필요가 있다.

참고문헌

- 경기개발연구원, 『경기지역 도시개발용량 평가항목과 평가기준 개발연구』, 1999.
- 김도훈·문태훈·김동환, 『시스템 다이내믹스』, 서울: 대영문화사, 1999.
- 마강래, 『Ecological Footprint를 이용한 경제활동의 환경영향에 관한 연구』, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1998.
- 문태훈, “지속가능한 성장을 위한 환경용량의 산정과 환경지표 개발에 관한 연구” 『한국정책학회보』, 제7권 제1호, 1998.
- 서울시립대학교 도시과학연구원 환경공학센터, 『서울 도심부 하부기반시설의 수용용량분석』, 1998.
- 서울특별시a, 『서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성 지침수립』 - 1년차 연구보고서, 2000.
- 서울특별시b, 『주요 산 경관풍치보전계획』, 2000.
- 윤용환, 김은일, 송태갑, “공원녹지가 기온저하에 미치는 영향”, 『한국조경학회지』, 제26권 2호, 1998.
- 이경재, “환경친화적인 도시계획을 위한 도시녹지 조성방안”, 2001년 한국환경생태학회 심포지움, 『생태학적 접근을 통한 삶의 질적 향상을 위한 제안』, 2001. 3. 16.
- 이은희, “생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계와 도시화의 관계”, 『한국조경학회지』, 제24권 4호, 1997.
- 이창우, 『서울시 환경용량평가에 관한 연구 II』, 서울시정개발연구원, 2000.
- 이창우, 『서울시 환경용량 평가에 관한 연구』, 서울시정개발연구원, 1999.

- 이창우, “도시농업과 지속가능한 도시개발 - 서울을 사례로 하여 -, 제83회 대한국토도시계획학회 정기학술 발표대회, 1995.
- 조현길, 안태원, “도시녹지에 의한 미기후개선에 관한 연구”, 『한국조경학회지』, 제27권 4호, 1999.
- 환경부, 『생태도시 조성 기본계획 수립을 위한 용역사업』, 1996.
- Akbari, H., S. Davis, J. Huang, P. Liu, and H. Taha, 1992, “The urban heat island : cause and impacts”, in H. Akbari, S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, and S. Winnett, eds., 『Cooling Our Communities』, Washington D.C. : U.S. Government Printing Office, 1992.
- Balades, J-D, et. al, “Permeable Pavements : pollution Management Tools”, 『Water Science Tech』, Vol. 32, No. 1, 1995.
- Fearnside, Philip M. “A Stochastic Model for Estimating Human Carrying Capacity in Brazil's Transamazon Highway Colonization Area”, 『Human Ecology』, Vol. 13, No. 3, 1985.
- Givoni, B, 『Climate consideration in Building and Urban Design』, New York : Van Nostrand Reinhold, 1998.
- Maidment, David et al., 『City of Austin Water Quality Master Planning - GIS Model』, University of Texas at Austin, 1998.
- Mittler, Daniel, “Environmental Space and Barriers to Local Sustainability : evidence from Edinburgh, Scotland”, 『Local Environment』, Vol. 4, No. 3, 1999.
- Onishi, Takashi. “A Capacity Approach for Sustainable Urban Development : An Empirical Study” 『Regional Studies』, Vol. 28, No. 1, 1994.
- Regional Science Research Institute, 『Environmental Study of the Wissahickon Watershed within the City of Philadelphia』, Philadelphia : Pennsylvania, 1973.
- Shelby, Bo and Rick Colvin, “Encounter Measures in Carrying Capacity Research : Actual, Reported, and Diary Contacts”, 『Journal of Leisure Research』, Vol. 14, No. 4, 1982.
- Sustainable Seattle, 『Indicators of Sustainable Community』, 1998.
- Tarrant, Michael A., Donald B. K. English, “A Crowding-based Model of Social Carrying Capacity : Applications for Whitewater Boating Use”, 『Journal of Leisure Research』, Vol. 28, No. 3, 1996.
- <http://www.canr.ucomm.edu/ces/nemo/gis/imper.html>