

생태발자국을 활용한 수도권 광역계획권 환경용량 평가에 관한 연구

최제일* · 정재용** · 홍기섭***

A Study on the Environmental Capacity Assessment in Seoul Metropolitan Area Using Ecological Footprint

Je Il Choi* · Jae Yong Chung** · Gi Suop Hong***

요약 : 본 연구는 수도권 광역계획권의 생태발자국지수 분석을 통해 각 도시별 환경용량을 산정하고 수도권 광역계획권 현황들과의 관계를 고찰하였다. 이를 위해 1990년, 2000년, 2009년의 각 도시별 통계연보를 통해 데이터를 수집하였고 수도권 광역계획권의 현황들을 알아보았다. 도시별 총 EF지수 분석 결과를 살펴보면 1990년에는 고양시가 6.2654gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 시흥시가 2.1390gha로 가장 적은 면적을 소비하였다. 2000년에는 가평군이 6.9876gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 군포시가 2.3244gha로 가장 적은 면적을 소비하였다. 2009년에는 평택시가 6.8063gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 부천시가 2.3981gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 평가되었다. 다음으로 생태적자 분석 결과는 수도권 광역계획권의 모든 도시가 생태적자 상태로 분석되어 도시의 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었다. 특히 인천시와 오산시는 현재의 소비구조를 지속하기 위해서는 약 20배 이상의 추가적인 면적이 필요한 것으로 분석되었다. 한편 수도권 광역계획권 현황들과 환경용량 초과정도를 비교해보면 서로 유사한 분포패턴을 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 현재의 도시계획 및 도시정책을 구상하고 적용하는 데 있어서 기본적으로 언급되고 있는 지속가능한 개발을 올바르게 실천하기 위해서는 EF지수와 같은 분석을 통해 환경용량을 산정하고 이를 토대로 생태계의 훼손을 최소화할 수 있고 환경에 대한 부정적인 영향을 저감할 수 있는 방향으로의 도시개발 및 토지이용계획이 필요할 것으로 판단된다.

주제어 : 생태발자국, 생태적자, 지속가능한 개발, 환경용량, 환경특성, 도시개발

ABSTRACT : The purpose of this study is to estimate the environment capacity and adequate size by analyzing the ecological footprint in Seoul Metropolitan Area. The data for analysis were constructed from statistical yearbook of each city. According to the EF analysis on city, total EF of Pyeongtaek was showed the highest by 6.8063gha in 2009. However, total EF of Bucheon was assessed the lowest by 2.3981gha among 33 cities. In the results of ecological deficit, 33 cities were assessed by condition of ecological deficit and had exceeded environmental capacity until 2009. Especially, it was analyzed that Incheon and Osan may need additional area more than about 20 times to maintain the present consumption patterns. On the one side, comparison with present condition in Seoul Metropolitan Area were assessed that both additional area and urban development

* 홍익대학교 건축학과 석사과정(Master Course Student, School of Architecture, College of Architecture, Hongik University),
교신저자(E-mail: ielts12@naver.com, Tel: 010-9364-4021)

** 홍익대학교 건축학과 부교수(Associate Professor, School of Architecture, College of Architecture, Hongik University)

*** 홍익대학교 건축학과 교수(Professor, School of Architecture, College of Architecture, Hongik University)

have indicated similar patterns. So it is necessary to plan city development or land use project based on the environment capacity.

Key Words : Ecological Footprint, Ecological Deficit, Sustainable Development, Environment Carrying Capacity, Environmental Characteristic, Urban Development

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1960년대 이후 산업화·도시화로 고도 압축성장을 통한 경제개발에는 성공하였지만 이러한 성장·개발위주의 도시정책은 인구와 산업기능의 과도한 수도권 집중, 도시의 비대화, 녹지공간의 잠식, 환경오염 등 많은 도시문제를 발생시켰다. 이렇게 자연환경에 대한 충분한 고려 없이 수행된 도시개발의 결과는 환경보전 측면에서 심각한 불균형을 초래하였다. 즉 환경용량¹⁾을 고려하지 못한 급속한 개발위주의 정책으로 경제성장의 압력이 환경의 자정능력을 넘어서서 국토와 환경의 지속가능성을 위협하고 있고 이로 인한 환경갈등이 확산되고 있다. 환경은 한번 파괴되면 원상태로 복구하기 어렵기 때문에 개발계획 단계에서부터 환경에 미치는 여러 가지 요소를 고려하여 수립하여야 할 필요성이 있다.

한편 Wackernagel and Rees(1996)는 경제활동에 소요되는 모든 자원을 하나의 평가 단위인 생산적인 토지소비면적으로 환산하여 지속가능성을 평가하는 생태발자국(Ecological Footprint: EF) 지수를 개발하였다. 여기서 EF지수는 특정지역이

나 국가 내에서 발생하는 경제활동의 여러 부문 간 에너지와 물질의 흐름을 파악하고 그 흐름의 한 부분을 차지하고 있는 소비를 대상으로 여러 소비들을 가능하게 하기 위해 필요한 토지의 양을 계산하여 일정지역의 환경용량을 간단한 수치로 보여주는 방식이다. 이러한 EF지수는 지구, 국가, 지역 단위의 종합적인 환경용량과 지속가능성을 평가하기 위해 다양하게 활용되고 있다. 최근 지속가능한 개발의 개념이 '환경용량 범위 내에서의 성장'이라는 개념으로 인식되면서 이제는 개발과 환경을 더 이상 분리해서 생각할 수 없게 되었고 도시개발과정의 초기 계획단계에서부터 지속가능한 개발 개념의 적용이 필요하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 초기 계획단계부터 지속가능한 도시개발 개념의 적용에 앞서 지금까지 환경용량에 대한 고려 없이 개발·발전되어온 수도권 광역계획권 도시에 대해 1990년, 2000년, 2009년의 세 시기에 걸쳐 EF지수 분석을 통해 환경용량을 평가하고 수도권 광역계획권 도시들의 인구, 시가화율, 도시개발 등과의 관계를 고찰하고자 한다. 이러한 분석은 향후 수도권 광역계획권 도시 개발에 있어 지속가능한 개발 계획 수립 및 정책 방향 제시를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1) 환경용량은 생태학에서 논의되는 수용능력(Carrying Capacity)이라는 개념에서 발전한 용어이고 일반적 정의의 개념은 한 지역에서 수용 가능한 삶의 질 수준을 영구적으로 유지할 수 있는 인간 활동의 수준을 말한다(이창우, 1999).

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 수도권 광역계획권²⁾으로서 이곳은 정치, 경제, 사회, 문화의 중심지이며 우리나라 전체 인구의 49%를 차지하고 있는 거대도시이다. 이러한 수도권 광역계획권은 성장·개발위주의 도시정책으로 인하여 국내에서 가장 지속적으로 성장한 지역이지만 한편으로는 인구와 산업기능의 과도한 집중, 도시의 비대화, 녹지공간의 잠식, 환경오염 등 많은 도시문제들이 발생하는 지역이다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위해 앞서 생태발자국을 활용한 환경용량 평가가 선행되어야 할 필요가 있다.

시간적 범위는 시계열적인 분석을 위하여 1990년, 2000년, 2009년의 세 시기에 걸쳐 약 10년 단위로 선정하였다.

연구의 방법은 문헌고찰을 통해 제반 이론 등을 종합적으로 검토한 후 1990년, 2000년, 2009년의 세 시기에 걸쳐 수도권 광역계획권의 현황을 살펴보고 통계연보를 통해 세 시기의 EF지수를 산정하였으며 당해 연도 통계자료가 없는 경우에는 근접연도의 자료를 활용하였다. EF지수의 구성항목은 음식, 건조환경, 산림, 에너지의 4개 부문을 선정하였다. 산출된 항목별 EF지수를 모두 합하여 각 부문별 1인당 EF지수를 산정하고 이를 토대로 총 EF지수를 산정하였으며 세 시기의 시기별 변화를 분석하였다. 또한 세 시기의 각 도시 생태수용력을 산정하여 초과소비 및 생태적자 분석을 한 후 각 도시들의 환경용량 및 적정규모를 평가하였고 시기별 변화정도를 분석하였다. 마지막으로 수도권 광역계획권의 인구, 시가화율, 도

시개발현황과 분석된 환경용량 및 적정규모와의 연관성을 고찰하였다.

3. 선행연구 고찰

본 연구와 관련된 선행연구는 지구 및 국가단위의 EF분석, 도시 및 지역단위의 EF분석, 세대 및 개인단위의 EF분석에 관한 연구로 크게 세 가지로 구분이 가능하며 종합적인 환경용량과 지속가능성을 평가하기 위해 다양하게 활용되고 있다.

지구 및 국가단위의 EF분석에 관한 연구는 Wackernagel and Rees(1996)가 13개의 산업국가를 대상으로 최초로 평가하였고 Wackernagel et al.(1999)은 United Nations에서 발간한 통계자료를 토대로 52개국을 대상으로 환경용량 및 초과소비를 산정하였다. 그리고 Global Footprint Network (GFN)에서는 2003년부터 지구 및 세계의 주요 국가를 대상으로 EF지수를 평가하고 있다. 국내의 경우는 마강래(1998)가 한국의 경제활동 중 소비에 중점을 두어 1989년과 1995년의 EF분석을 하였다.

도시 및 지역단위의 EF분석에 관한 연구는 Onisto et al.(1998)이 토론토를 평가하였고 지역단위로 Venetoulis(2001)가 미국 Redlands대학의 EF지수를 분석하였고 Flint(2001)는 오스트리아 Newcastle대학의 EF지수를 적용한 연구를 수행하였다. 국내에서는 이창우(1999), 임재호(2001), 문경주(2004), 21세기수원만들기협의회(2008)가 서울시, 청주시, 부산광역시, 수원시의 EF지수를 분석하였다. 그리고 김경태(2005), 정성관·이우성(2009), 주용준(2009)은 전국 35개 도시, 대구광역권의 도시들, 수도권 33개 도시의 EF지수를

2) 수도권 광역계획권은 건설교통부장관이 중앙도시계획위원회 심의를 거쳐 수도권 전체를 범위로 하여 2000년 10월 결정하였다. 수도권 광역계획권에는 서울특별시, 인천광역시 전역과 경기도 31개 시·군을 모두 포함하고 있다(국토해양부·서울특별시·인천광역시·경기도, 2009).

분석하였다.

세대 및 개인단위의 EF분석에 관한 연구는 Simmons and Chambers(1998)가 컴퓨터를 기초로 세대의 EF지수를 간단하게 산정할 수 있는 'EcoCal'을 고안하였다. 국내에서는 21세기수원만들기협의회(2008), 주용준(2009)이 미시적 EF분석을 설문조사를 통하여 분석하였다.

이와 같이 EF지수는 다양한 분야에서 활발하게 활용되고 있으나 현재까지 EF지수를 활용한 연구는 대상지의 EF지수를 산정하여 환경용량을 산정하고 생태적자 분석을 통해 지속가능성과 초과용량의 여부를 평가하는 데만 머물고 있어 환경용량 평가의 활용 및 도시개발 시 적용에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 대상지를 세 시기에 걸쳐 EF지수 분석을 실시하고 환경용량을 분석한 후 이를 통하여 대상지의 인구, 시가화율, 도시개발 등의 현황과 비교·분석하여 향후 도시개발 계획단계에서부터 도시의 개발과제와 정책방향을 설정할 수 있는 근거를 마련하는 기초자료를 제공한다는 데 선행연구와의 차별성이 있다.

II. 이론적 고찰

1. 지속가능한 개발

지속가능한 개발이라는 개념은 1987년 환경과 개발에 관한 세계위원회가 발간한 '우리 공동의 미래(Our Common Future)'³⁾라는 보고서에서

공식적이고 광범위한 정의가 이루어졌다. 이 보고서에는 지속가능한 개발을 “미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 가능성을 손상시키지 않는 범위 내에서 현세대의 필요를 충족시키는 것”이라고 정의하고 있다. 즉 우리에게 환경과 삶에 대한 책임·의무와 동시에 미래세대의 생존 권리를 보장해 주어야 함을 일깨워 준다.

일반적으로 지속가능성은 '약한 지속가능성'과 '강한 지속가능성'으로 구분하여 설명할 수 있으며 자연자원과 인간자본 사이의 대체성 정도에 따라 정의를 내릴 수 있다.⁴⁾

약한 지속가능성은 인간중심주의를 취하며 자연자본과 인간자본 간의 상호 대체성을 허용하여 생태계로부터 인간에게 제공되는 자연자본은 인간이 만든 인간자본과 대체 가능한 것으로 보고 삶의 수준을 유지하거나 높일 수 있는 수단을 미래세대에 전하는 개념이다. 즉 고갈된 자연자원을 인간이 만들어낸 자본이 대체할 수 있다는 것을 의미한다.

강한 지속가능성은 생태중심주의를 취하며 인간자본과 자연자본은 대부분의 생산기능에 있어서 대체물이 아닌 투입요소라는 가정에 바탕을 두으로써 양자를 대체할 수 없는 자산의 형태로 따로 완전하게 유지시켜야 한다는 것으로서 자연자본 총량이 인간이 만든 자본과 독립적으로 유지된다는 것을 강조한다. 따라서 생태계로부터 자연자본을 추출할 때 생태계의 수용능력과 복원력을 고려해야 하며 이 한도 내에서 자연자본을 추출해 쓰는 것이 바람직하다고 주장한다.

3) 1987년 환경과 개발에 관한 세계위원회(WCED)에서 발간한 '우리 공동의 미래(Our Common Future)'라는 보고서에서는 인류사회의 지속적인 발전을 위한 기초개념으로 지속가능한 발전을 제시하였다. 보고서에서는 개발도상국이 세계무역구조의 불균형으로 인하여 경제성장이 저하되기 때문에 환경적으로 건전한 정책을 채택할 수 없다고 강조하고 선진국은 개발도상국에게 자본과 기술을 이전할 것을 주장하는 한편 환경용량 내에서의 개발을 골자로 하는 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전(ESSD) 개념을 제시하였다.

4) 정영근·장민수, 2007, “지속가능발전의 개념과 논의 전개”, 『한국동서경제연구』, 19(1): 144~158

2. 생태발자국(Ecological Footprint: EF)

EF분석은 Wackernagel and Rees에 의해 1990년 초에 개발된 것으로 경제활동에 소요되는 모든 자원을 하나의 평가 단위인 생산적인 토지소비면적(글로벌 헥타르: gha)으로 환산하는 방식이다. 즉 특정 지역이나 국가 내에서 발생하는 경제활동의 여러 부문 간 에너지와 물질의 흐름을 살피고 그 흐름의 한 부분을 차지하고 있는 소비를 대상으로 하며 소비들을 가능하게 하기 위해 필요한 토지의 양을 계산하는 것이다. 이는 인간 활동을 한 가지 지수로 환원시켜 한 나라 또는 지역의 자원소비량이 지속가능하게 이루어지고 있는지를 간단하게 알려주는 거시적 지수라 할 수 있다.

EF지수는 절대적 지수가 아닌 상대적 지수로써 EF지수가 높은 지역이 낮은 지역보다 절대적인 소비량이 많음을 뜻하는 것이 아니라 그 지역 토지의 생산성에 비해 상대적으로 높은 수준임을 의미한다. 즉 특정 지역에 대한 소비수준이 그 지역의 생태적 생산토지의 생산력에 비해 얼마나 초과되고 있는지를 보여주며 이때 초과소비되고 있는 양은 외부로부터 교역을 통해서 들어온 것을 의미한다. 따라서 EF지수 분석을 통해 특정 지역의 소비수준을 유지하기 위한 대외 의존도와 생태적 부담을 평가할 수 있으며 EF지수가 높은 지역일수록 지역 내 토지생산물은 적은 반면 외부로부터 교역을 통해 들어오는 토지생산물은 많이 소비되고 있음을 의미한다.

일반적으로 EF지수 산정을 위한 구성항목은

〈표 1〉 생태발자국 지수 산정의 구성항목

| 추정부문 | 구성항목 |
|------|---|
| 음식 | 미곡, 맥류, 서류, 잡곡, 두류, 채소, 과일, 특용작물, 축산물, 유제품 |
| 건조환경 | 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지 |
| 산림 | 목재 |
| 에너지 | 전기, 도시가스, 프로판, 부탄, 휘발유, 등유, 경유, 중유, 명크C유, 기타 유류 |

자료: 이창우(1999)

거시적 EF지수를 평가하고자 할 경우 Wackernagel and Rees(1996)의 개발 개념에 충실한 음식, 건조환경, 산림, 에너지의 4개 부문으로 분류하며 각 부문별로 세부항목은 〈표 1〉과 같다.

4개 부문별로 수집된 자료를 토대로 각 항목별 1인당 소비량을 단위면적당 생산량으로 나누어 항목별 1인당 EF지수를 계산한다(식 1). 여기서 산정된 항목별 EF지수의 값에 생산성인자(YF: Yield Factor)⁵⁾와 등가인자(EQF: Equivalent Factor)⁶⁾를 곱하여 수정된 EF지수의 값을 산정한다.

하지만 주요 연구대상이 국내 도시들 간의 비교

〈표 2〉 토지형태별 등가인자

| 토지형태 | 등가인자 |
|-------|------|
| 농경지 | 2.64 |
| 산림 | 1.33 |
| 초지 | 0.50 |
| 어장 | 0.40 |
| 건설부지 | 2.64 |
| 에너지토지 | 1.33 |

자료: Global Footprint Network(2008)

5) 생산성인자(YF: Yield Factor)는 어떤 국가 토지 형태의 생산성을 토지 형태의 세계 평균 생산성과 비교하여 상대적 생산성을 나타내는 것이며, 생산량을 경작면적으로 나눈 산출물이 해당 지역의 산출물이기 때문에 세계 평균 산출물로 나타내기 위해서 생산성인자를 곱하게 된다($YF = Y_n / Y_w$, Y_n : 국가평균 생산성인자, Y_w : 세계평균 생산성인자).

6) 등가인자(EQF: Equivalent Factor)는 세계 토지의 평균 생산성과 비교하여 경작지, 초지, 산림 등 특정 토지 형태의 상대적 생산성을 나타내는 것이며 세계 토지의 평균 생산성과 비교할 때 특정 토지 형태의 상대적 생산성을 나타낸다. 이때 세계 평균 생산능력을 갖는 생산적인 공간 1ha를 1gha라 한다.

이기 때문에 생산성인자는 제외하고 GFN의 2008년 연구에서 <표 2>와 같이 제시하고 있는 토지형태별 등가인자만 적용하여 계산한다(식 2). 이렇게 산출된 항목별 EF지수를 모두 합하게 되면 각 부문별 1인당 EF지수가 산정되고(식 3), 이것을 모두 합하여 총 EF지수를 산정한다(식 4).

$$\text{항목별 } EF(ha/\text{인}) = \frac{1\text{인당 항목별 소비량}(kg/\text{인})}{\text{토지 } 1ha\text{당 항목별 생산량}(kg/ha)} \quad (1)$$

$$\text{수정된 항목별 } EF(gha/\text{인}) = \frac{1\text{인당 항목별 소비량}(kg/\text{인})}{\text{토지 } 1ha\text{당 항목별 생산량}(kg/ha)} \times \text{등가인자} \quad (2)$$

$$\text{부문별 } 1\text{인당 } EF(gha/\text{인}) = \sum \text{항목별 } 1\text{인당 } EF(gha/\text{인}) \quad (3)$$

$$1\text{인당 } EF(gha/\text{인}) = \sum \text{부문별 } 1\text{인당 } EF(gha/\text{인}) \quad (4)$$

생태적자는 EF지수와 생태수용력의 차이(식 5)를 말하는 것으로 이를 통해 도시의 환경용량 초과유무를 판단할 수 있다. 즉 소비를 위해 사용된 토지면적이 그 지역의 생태적 생산토지⁷⁾(Productive Land: EPL) 또는 생태적 수용능력(Bicapacity: BC)에 비해서 얼마나 높은 비율을 차지하는지를 나타내는 것으로 1인당 EPL이 1인당 BC의 개념이며 생태적자 규모는 다음과 같이 구한다(식 6).

$$\text{생태적자} = 1\text{인당 생태수용능력} - 1\text{인당 생태발자국} \quad (5)$$

$$\text{해당 지자체 소요 규모(배)} = \frac{1\text{인당 } EF}{1\text{인당 } BC} \quad (6)$$

Ⅲ. 수도권 광역계획권⁸⁾ 현황 및 EF분석

1. 수도권 광역계획권 현황

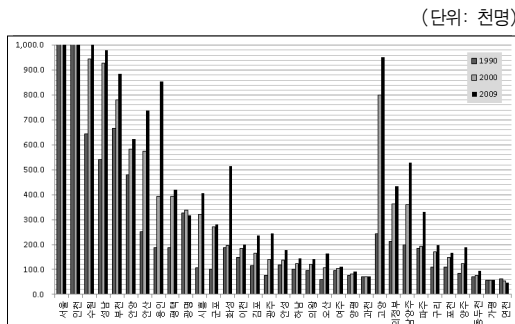
1) 인구

수도권의 인구는 2009년 기준으로 서울시가 인구 1,000만 이상으로 가장 많으며 그다음이 인천시 275만, 수원시 109만 순이며 나머지 도시들은 100만 이하의 인구가 거주하고 있다. 한편 동두천시 9.5만, 양평군 9.2만, 과천시 7.2만, 가평군 5.8만, 연천군 4.6만으로 10만 미만의 도시들도 있음을 알 수 있다.

1990년, 2000년, 2009년의 세 시기에 걸쳐 인구의 변화를 살펴보면 시간이 흐를수록 인구 20만 이하의 도시는 점차 감소하고 있으나 20만 이상 도시는 상대적으로 그 수가 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 1990년에서 2000년까지는 인천시, 수원시, 성남시, 안양시, 안산시, 평택시, 시흥시, 군포시, 고양시, 의정부시, 남양주시가 급격한 인구 증가를 보이고 있고 2000년에서 2009년까지는 용인시, 화성시, 광주시, 남양주시, 파주시가 급격한 인구 증가를 보이고 있다. 반면에 여주군, 양평군, 동두천시, 가평군은 시간이 흐름에도 불구하고 인구가 크게 변하지 않았고 광명시, 과천시, 연천군은 시간이 지날수록 인구 감소를 보이고 있는 것을 알 수 있다(<그림 1> 참조).

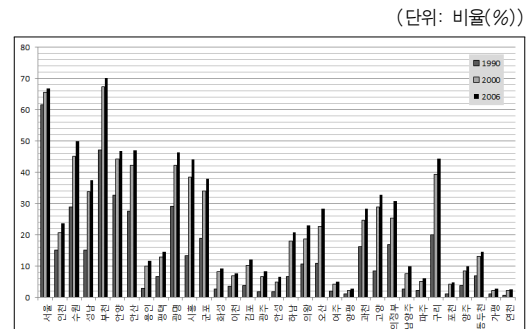
7) 생태적 생산토지는 현재 경작, 산림 등의 용도로 사용 중인 토지로서 통계연보에 수록된 '토지 지목별 현황' 중 Rees(1996)의 개념에 맞추어 경작지(전, 답, 과수원), 초지(목장용지), 산림(산림면적 또는 임야)의 값을 사용하였으며, 건조환경 등으로 이미 사용되어 생태적인 기능을 수행하지 못하는 토지는 제외하였다(이창우, 1999).

8) 본 연구에서 수도권 광역계획권과 수도권은 같은 의미로 쓰이고 있으며 그 의미는 수도권 광역계획권의 정의를 따른다.



〈그림 1〉 수도권 인구 추이

주: 서울시 10,484(천명), 인천시 2,758(천명), 수원시 1,098(천명) 이렇게 세 도시만 1,000(천명)이 넘기 때문에 대다수의 도시들을 잘 볼 수 있게 그래프의 최댓값을 1,000(천명)으로 정함



〈그림 2〉 수도권 시가지 확산

자료: 1. 지도로 보는 경기도 2010, 2. 황금희·정오락, 2008, 경기도 시가지 확산에 따른 공간적 영향 연구 (시가지 확산에 한하여 자료의 한계로 세 시기를 1990년, 2000년, 2006년으로 설정)

2) 시가지

수도권의 도시들 중에서 시가지 면적이 가장 넓은 도시는 서울시 405.0km²이고 그 다음으로 인천시 243.1km², 고양시 87.6km², 용인시 68.4km², 안산시 67.9km², 평택시 66.1km², 화성시 63.4km²순으로 나타났으며 총면적 대비 시가지 면적비율은 부천시 70.2%로 가장 높았으며 그 다음으로 서울시 66.9%, 수원시 50%, 안산시 46.9%, 안양시 46.8%, 광명시 46.3%, 구리시 44.3%순으로 나타났다.

세 시기에 걸쳐 수도권 도시들의 시가지 비율 변화를 살펴보면 대부분의 도시들이 1990년에서 2000년 사이에 급격한 시가지 확산이 일어난 것을 알 수 있다. 특히 1990년 전후로 안산시와 시흥시는 반월산업단지 조성으로 인해 시가지 면적이 가장 크게 증가하였으며 고양시, 성남시는 대규모 택지개발 사업으로 인해 시가지 지역이 확산되었다. 또한 2000년 전후로 국토이용관리법상 준농림지역에 대해 일부 개발행위를 허용함에 따라 용인시 일대의 농지가 택지개발지구로 용도변경이 이루어졌

고 남양주시, 광주시 일대에서도 개발사업이 진행되어 시가지 면적이 증가되었다(〈그림 2〉 참조).

3) 개발사업

수도권에서 발생하고 있는 각종 개발사업을 크게 대규모개발과 소규모개발로 분류하여 살펴보면 대규모개발에 속하는 택지개발사업⁹⁾은 2009년 기준으로 총 272개 사업지구가 개발되었으며 이 중 67%에 해당하는 182개 지구가 준공되었으며 32%에 해당하는 37개 지구는 시행 중에 있으며 1%에 해당하는 3개 지구는 미착수 상태이다. 또한 총 사업면적의 42%에 해당하는 170.4km²가 지금까지 준공되었다.

준공면적을 기준으로 살펴보면 서울시 32.2km², 고양시 23.5km², 성남시 19.7km², 인천시 14.8km², 용인시 13km², 수원시 11.5km², 부천시 10km²순으로 나타났으며 이 도시들이 총 준공면적의 73%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다(〈그림 3〉 참조).

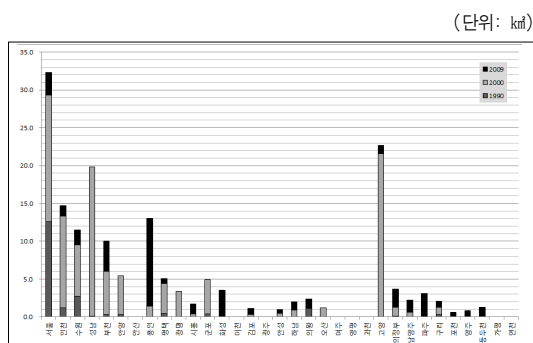
시기별로 살펴보면 1980년대는 서울시, 인천시,

9) 택지개발사업은 미개발지를 용도전환하여 주택을 건설하거나 주택단지를 조성하기 위하여 토지에 가해지는 일련의 부가가치 창출행위라고 정의할 수 있다(대한주택공사, 1994).

수원시, 의왕시에서 활발한 택지개발사업이 이루어졌으며 1990년대 역시 서울시를 중심으로 근교에 위치하고 있는 도시들인 고양시, 인천시, 성남시, 부천시, 안양시 등에서 가장 활발하고 집중적으로 이루어졌다. 이는 1990년을 전후해서 고양시, 성남시, 부천시 등 5개 신도시 건설이 활발히 추진되었기 때문으로 판단된다. 2000년대는 용인시가 가장 넓은 면적의 사업이 발생하였고 포천시, 동두천시, 화성시에서는 처음으로 택지개발사업이 발생하였다(〈그림 3〉 참조).

한편 소규모개발에 해당하는 개발행위허가제¹⁰⁾ 현황을 살펴보면 2009년까지 수도권에서 206,238건이 허가되어 개발되었다. 이는 전국의 37%에 해당하며 면적으로는 759km²로서 전국의 33%에 해당하는 규모이다.

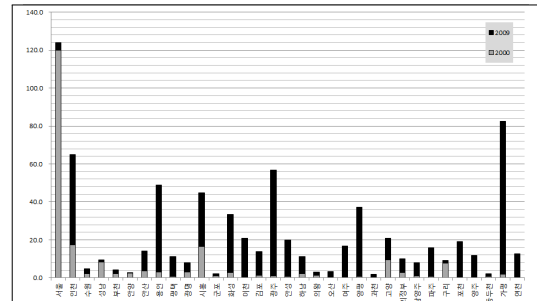
면적을 기준으로 살펴보면 서울시에서 가장 넓은 면적인 123km²가 개발되었으며 가평군, 인천시, 광주시, 용인시, 시흥시 순으로 많은 개발이 발생한 것을 알 수 있다. 시기별로 1990년대는 서울시가 가장 넓은 면적의 개발행위허가가 발생하였고



〈그림 3〉 수도권 택지개발 현황(면적)

자료: 국토해양부·경기도청의 택지개발지구(2009년 12월 기준 현황자료 재구성)

(단위: km²)



〈그림 4〉 수도권 개발행위허가제(면적)

자료: 각 연도별 도시계획 현황자료 재구성

그다음이 시흥시, 고양시, 구리시, 성남시 순이었으며 2000년대에는 가평군, 광주시, 인천시, 용인시, 양평군, 화성시, 시흥시 순으로 개발행위허가가 발생하였다(〈그림 4〉 참조).

2. 생태발자국 분석

1) 음식 부문

음식 부문은 한 해 동안 소비된 음식을 생산하기 위해 필요한 토지의 양을 계산한 것으로 곡류, 과일류, 채소류, 축산 및 유제품을 세부 구성항목으로 선정하여 분석하였다.

1990년 수도권 도시별 1인당 음식 부문 EF지수를 살펴보면 성남시가 0.6764gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 과천시 0.3867gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었다. 2000년에는 시흥시가 0.7955gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 성남시가 0.6960gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었으며 이 시기에는 가장 넓게 소비된 면적과 적게 소비된 면적의 차이가 크지 않았고 평균적으로 도시들이 0.7264gha의 면적을 소비하였다.

10) 개발행위허가제는 개발이 가능한 토지에서 일정한 요건을 갖추어 개발행위를 하고자 신청하는 자에게 개발금지를 해제하여 개발행위를 허가하는 제도(류해웅·정유형, 2001)

2009년에는 파주시가 1.0517gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 남양주시가 0.7038gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었다(〈표 3〉 참조).

시기별 변화를 살펴보면 2000년에는 수도권의 모든 도시들이 1990년 대비 약 1.4배의 증가율을

보였으며 2009년에는 시흥시, 남양주시, 포천시를 제외한 모든 도시들이 2000년 대비 약 1.1배의 증가율을 보이는 것을 알 수 있다. 이처럼 시기별로 증가율의 폭이 크지 않은 이유는 식생활 개선에 따라 늘어난 소비항목과 줄어든 소비항목 간의 상

〈표 3〉 수도권 도시별 EF지수 (gha/인)

| 도시 | 1990 | | | | | 2000 | | | | | 2009 | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 음식 | 건조 | 산림 | 에너지 | 계 | 음식 | 건조 | 산림 | 에너지 | 계 | 음식 | 건조 | 산림 | 에너지 | 계 |
| 한국 | 0.5055 | 0.0332 | 1.5902 | 0.2692 | 2.3981 | 0.7127 | 0.0386 | 0.9184 | 0.8498 | 2.5195 | 0.7403 | 0.0457 | 0.4314 | 1.3287 | 2.5461 |
| 서울 | 0.5336 | 0.0080 | 1.5902 | 0.9996 | 3.1314 | 0.7250 | 0.0089 | 0.9184 | 1.4809 | 3.1332 | 0.7434 | 0.0090 | 0.4314 | 1.4172 | 2.6010 |
| 인천 | 0.5662 | 0.0159 | 1.5902 | 1.1234 | 3.2957 | 0.7251 | 0.0202 | 0.9184 | 2.5624 | 4.2261 | 0.7593 | 0.0264 | 0.4314 | 3.4824 | 4.6995 |
| 수원 | 0.5159 | 0.0145 | 1.5902 | 1.9522 | 4.0728 | 0.7297 | 0.0134 | 0.9184 | 1.0095 | 2.6710 | 0.7498 | 0.0135 | 0.4314 | 1.3180 | 2.5127 |
| 성남 | 0.6764 | 0.0121 | 1.5902 | 0.4660 | 2.8192 | 0.6960 | 0.0120 | 0.9184 | 0.8097 | 2.4361 | 0.7668 | 0.0127 | 0.4314 | 1.2171 | 2.4280 |
| 부천 | 0.3915 | 0.0085 | 1.5902 | 0.2390 | 2.2292 | 0.7308 | 0.0979 | 0.9184 | 0.9157 | 2.6638 | 0.7449 | 0.0100 | 0.4314 | 1.1745 | 2.3608 |
| 안양 | 0.5168 | 0.0084 | 1.5902 | 0.5055 | 2.6209 | 0.7168 | 0.0096 | 0.9184 | 0.9721 | 2.6169 | 0.8149 | 0.0096 | 0.4314 | 1.3247 | 2.5806 |
| 안산 | 0.5211 | 0.0345 | 1.5902 | 1.7864 | 3.9322 | 0.7209 | 0.0212 | 0.9184 | 1.9694 | 3.6299 | 0.7461 | 0.0204 | 0.4314 | 2.0451 | 3.2430 |
| 용인 | 0.5167 | 0.0583 | 1.5902 | 0.8596 | 3.0248 | 0.7173 | 0.0511 | 0.9184 | 1.4144 | 3.1012 | 0.7601 | 0.0339 | 0.4314 | 2.1766 | 3.4020 |
| 평택 | 0.5070 | 0.0086 | 1.5902 | 0.6588 | 2.7646 | 0.7161 | 0.0467 | 0.9184 | 1.3187 | 2.9999 | 0.7476 | 0.0602 | 0.4314 | 5.5671 | 6.8063 |
| 광명 | 0.5094 | 0.0064 | 1.5902 | 0.1630 | 2.2690 | 0.7327 | 0.0082 | 0.9184 | 0.7268 | 2.3861 | 0.7445 | 0.0127 | 0.4314 | 1.2111 | 2.3997 |
| 시흥 | 0.5123 | 0.0235 | 1.5902 | 0.0130 | 2.1390 | 0.7955 | 0.0295 | 0.9184 | 0.6910 | 2.4344 | 0.7465 | 0.0279 | 0.4314 | 2.3767 | 3.5825 |
| 군포 | 0.5133 | 0.0118 | 1.5902 | 0.5300 | 2.6453 | 0.7177 | 0.0110 | 0.9184 | 0.6773 | 2.3244 | 0.7552 | 0.0118 | 0.4314 | 1.2205 | 2.4189 |
| 화성 | 0.5117 | 0.0821 | 1.5902 | 0.5548 | 2.7388 | 0.7191 | 0.1090 | 0.9184 | 1.3452 | 3.0917 | 0.7495 | 0.0657 | 0.4314 | 3.3356 | 4.5822 |
| 이천 | 0.5173 | 0.0521 | 1.5902 | 0.1815 | 2.3411 | 0.7257 | 0.0700 | 0.9184 | 0.9995 | 2.7136 | 0.7674 | 0.0843 | 0.4314 | 2.7906 | 4.0737 |
| 김포 | 0.5299 | 0.0575 | 1.5902 | 0.3385 | 2.5161 | 0.7217 | 0.0495 | 0.9184 | 1.4164 | 3.1060 | 0.7561 | 0.0506 | 0.4314 | 1.7778 | 3.0159 |
| 광주 | 0.5426 | 0.0673 | 1.5902 | 1.4081 | 3.6082 | 0.7254 | 0.0615 | 0.9184 | 1.4337 | 3.1390 | 0.7461 | 0.0541 | 0.4314 | 3.0871 | 4.3187 |
| 안성 | 0.5240 | 0.0717 | 1.5902 | 0.2100 | 2.3959 | 0.7154 | 0.0923 | 0.9184 | 2.8627 | 4.5888 | 0.7550 | 0.0959 | 0.4314 | 3.3641 | 4.6464 |
| 하남 | 0.5211 | 0.0212 | 1.5902 | 0.2010 | 2.3335 | 0.7387 | 0.0238 | 0.9184 | 1.0617 | 3.2368 | 0.7508 | 0.0246 | 0.4314 | 2.5624 | 3.7692 |
| 의왕 | 0.5175 | 0.0132 | 1.5902 | 0.4465 | 2.5674 | 0.7371 | 0.0187 | 0.9184 | 1.6122 | 3.2864 | 0.7599 | 0.0207 | 0.4314 | 1.6211 | 2.8331 |
| 오산 | 0.5243 | 0.0274 | 1.5902 | 2.4316 | 4.5735 | 0.7201 | 0.0227 | 0.9184 | 3.5957 | 5.2569 | 0.7395 | 0.0207 | 0.4314 | 4.5282 | 5.7198 |
| 여주 | 0.5333 | 0.0676 | 1.5902 | 0.8984 | 3.0895 | 0.7142 | 0.1106 | 0.9184 | 1.9094 | 3.6526 | 0.7480 | 0.1508 | 0.4314 | 4.6435 | 5.9737 |
| 양평 | 0.5201 | 0.0797 | 1.5902 | 0.1369 | 2.3269 | 0.7266 | 0.0982 | 0.9184 | 0.7356 | 2.4788 | 0.8123 | 0.1200 | 0.4314 | 2.4082 | 3.7719 |
| 과천 | 0.3867 | 0.0198 | 1.5902 | 0.2263 | 2.2230 | 0.7126 | 0.0227 | 0.9184 | 1.0200 | 2.6737 | 0.7582 | 0.0237 | 0.4314 | 1.8064 | 3.0197 |
| 고양 | 0.5497 | 0.0293 | 1.5902 | 4.0962 | 6.2654 | 0.7376 | 0.0174 | 0.9184 | 2.8286 | 4.5020 | 0.7620 | 0.0184 | 0.4314 | 1.4689 | 2.6807 |
| 의정부 | 0.5243 | 0.0144 | 1.5902 | 0.5867 | 2.7156 | 0.7222 | 0.0113 | 0.9184 | 1.0949 | 2.7468 | 0.7554 | 0.0116 | 0.4314 | 1.2666 | 2.4650 |
| 남양주 | 0.5231 | 0.0206 | 1.5902 | 0.0753 | 2.2092 | 0.7205 | 0.0225 | 0.9184 | 1.0192 | 2.6806 | 0.7038 | 0.0240 | 0.4314 | 1.4920 | 2.6512 |
| 파주 | 0.5327 | 0.0553 | 1.5902 | 0.3132 | 2.4914 | 0.7155 | 0.0789 | 0.9184 | 1.4461 | 3.1589 | 1.0517 | 0.0649 | 0.4314 | 2.8410 | 4.3890 |
| 구리 | 0.5431 | 0.0126 | 1.5902 | 0.9402 | 3.0861 | 0.7197 | 0.0098 | 0.9184 | 1.1020 | 2.7499 | 0.7427 | 0.0086 | 0.4314 | 1.3318 | 2.5145 |
| 포천 | 0.5276 | 0.1019 | 1.5902 | 0.2043 | 2.4240 | 0.7920 | 0.1044 | 0.9184 | 1.6697 | 3.4845 | 0.7511 | 0.1166 | 0.4314 | 4.4069 | 5.7060 |
| 양주 | 0.5156 | 0.0150 | 1.5902 | 0.5601 | 2.6809 | 0.7220 | 0.0676 | 0.9184 | 2.3847 | 4.0927 | 0.7486 | 0.0629 | 0.4314 | 3.1290 | 4.3719 |
| 동두천 | 0.5162 | 0.0362 | 1.5902 | 0.7916 | 2.9342 | 0.7172 | 0.0456 | 0.9184 | 2.6994 | 4.3806 | 0.7543 | 0.0441 | 0.4314 | 3.3252 | 4.5550 |
| 가평 | 0.5425 | 0.0985 | 1.5902 | 0.1081 | 2.3393 | 0.7280 | 0.1120 | 0.9184 | 5.2292 | 6.9876 | 0.7643 | 0.1382 | 0.4314 | 3.0004 | 4.3343 |
| 연천 | 0.5208 | 0.3433 | 1.5902 | 0.9263 | 3.3806 | 0.7178 | 0.3916 | 0.9184 | 2.6875 | 4.7153 | 0.7539 | 0.4757 | 0.4314 | 3.0567 | 4.7177 |

자료: 각 시·군별 통계연보와 통계청(www.kostat.go.kr)을 이용하여 생태발자국 산출

쇄효과로 인한 것이다.¹¹⁾ 또한 대부분의 도시들이 시간의 흐름에 따라 음식 EF지수가 증가하였는데 이는 시간이 흐름에 따라 작물의 연간 소비량은 줄어들었지만 육류의 연간 소비량은 증가되었기 때문이다.¹²⁾

한편 같은 시기의 1인당 음식 EF지수는 가장 넓은 면적과 좁은 면적을 소비한 도시들을 제외하고는 도시별로 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 이는 음식 EF지수가 작물의 산출물과 소비량과의 함수관계에 의해 계산되는데 수도권외의 경우 지역별 작물 산출물에 큰 차이가 없기 때문인 것으로 판단된다.

2) 건조환경 부문

건조환경 부문의 토지는 인간이 개발하기 이전에는 생태적으로 생산적인 토지였으나 인간의 경제체제 유지를 위한 개발과 인간의 활동을 위해 건물, 도로 등과 같은 시설물이 건설되기 시작하면서 더 이상 생산적인 기능을 수행하지 못하는 토지로 변화된 지역을 말한다. 건조환경 부문의 EF지수 산정을 위해 대지, 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지를 구성항목으로 선정하였다.

건조환경 EF지수 분석의 결과를 살펴보면 1990년과 2000년에 가장 넓은 면적을 소비한 곳은 연천군으로 1인당 EF지수가 0.3433gha, 0.3916gha로 나타났고 광명시가 0.0064gha, 0.0082gha로 가장 적은 면적을 소비하는 것으로 분석되었다. 2009년에는 연천군이 마찬가지로 0.4757gha로 가장 넓은 면적을 소비하였지만 가장 좁은 면적을 소비한 도

시는 구리시로 0.0086gha로 분석되었다(<표 3>). 이처럼 모든 시기에서 연천군의 건조환경 EF지수가 가장 높게 나타나는 것은 1990년 7,972ha에 6만 1천 명, 2000년 7,864ha에 5만 3천 명, 2009년 8,289ha에 4만 6천 명과 같이 토지 소비량은 증가하고 있으나 인구수는 감소하고 있는 것은 인구대비 토지의 소비량이 많기 때문이다.

시기별 변화를 살펴보면 서울시를 포함한 17개의 도시들은 시간이 흐름에 따라 EF지수가 점차 증가하고 있는 것으로 나타났으며 수원시, 성남시, 군포시, 김포시, 의정부시는 EF지수가 감소하였다가 다시 증가하였고 시흥시, 화성시, 파주시, 양주시, 동두천시는 이와 반대로 증가하였다가 감소하였다. 반면 용인시, 광주시, 오산시, 구리시, 안산시 는 지속적으로 감소하였다. 도시의 인구증가율이 건조환경 증가율보다 낮은 경우에는 EF지수가 증가하였고 높은 경우에는 감소하는 것을 알 수 있었다.

한편 도시별 1인당 건조환경 EF지수의 최댓값은 0.4757gha로 다른 EF지수와 비교해 볼 때 소비된 토지면적이 매우 작은 것을 알 수 있는데 이는 도시의 토지면적이 외부로부터 유입이 불가능한 고정된 자산이기 때문에 도시의 건조환경을 건설하기 위해 소비되는 토지는 한정되어 있다. 동시에 건조환경은 토지로부터 나오는 생산물을 소비하는 것이 아니라 토지 그 자체를 소비하는 것이므로 산출물과 상관없이 토지소비면적이 곧 EF지수가 된다. 그리고 대부분의 건조환경이 도시에 집약되어 있기 때문에 다른 부문에 비해 토지소비량이 상대적으로 적으며 건조환경의 1인당 EF지수는 인구밀도가 낮을수록 높게 산출된다. 즉 연

11) 이창우, 1999, 『서울시 환경용량 평가에 관한 연구』, 서울시정개발연구원

12) 쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 우유의 연간 소비량은 1990년 4.1, 11.8, 4.0, 42.8이고 2000년은 8.5, 16.5, 6.9, 59.2이며 2009년은 8.1, 19.1, 9.6, 62.3이다 (www.kosis.kr).

천군의 경우처럼 한정된 토지에서 인구밀도가 낮을수록 1인당 EF지수는 높게 나타나게 된다. 또한 도시성장에 있어서 외부확산의 한계에 따라 토지이용의 고밀도화로 도시의 토지이용계획이 전환되고 있기 때문이기도 하다.

3) 산림 부문

산림은 경작지와 함께 생태계를 지탱하는 생산적인 토지로서 경제활동에 의해 방출되는 이산화탄소를 흡수하는 중요한 역할을 하고 있다. 산림 부문의 EF지수는 1인당 목재 관련 제품을 소비하는 데 필요한 목재 관련 임산물의 생산성을 고려한 토지면적을 말한다. 즉 지역별 목재 생산량과 소비에 영향을 많이 받는다. 그러나 일반적으로 국가 또는 지역의 목재 관련 임산물의 생산량에 대한 통계자료가 구축되어 있지 않기 때문에 전국의 생산량과 소비량을 이용하여 동일하게 적용하였다.

도시별 산림 EF의 경우 전국을 동일하게 적용하였기 때문에 차이가 없으며 시기별로만 차이가 나타났다. 1990년은 1.5902gha, 2000년은 0.9184gha, 2009년은 0.4314gha의 토지면적을 소비하는 것으로 분석되었다(〈표 3〉 참조).

한편 산림 부문 EF지수의 지역별 산출을 위해서는 지역별 목재 관련 임산물의 생산량 및 소비량에 대한 정확하고 세부적인 통계자료의 구축이 이루어져야 한다. 또한 산림이 생산되지 않거나 거의 생산되지 않는 지역에 대한 보정 및 새로운 추정방식이 개발되어야 할 것이다.

4) 에너지 부문

에너지 부문의 토지소비량은 화석연료를 대체할 수 있는 대체연료를 생산해내는 데 필요한 토지의 양을 계산하는 방법과 화석연료의 연소과정

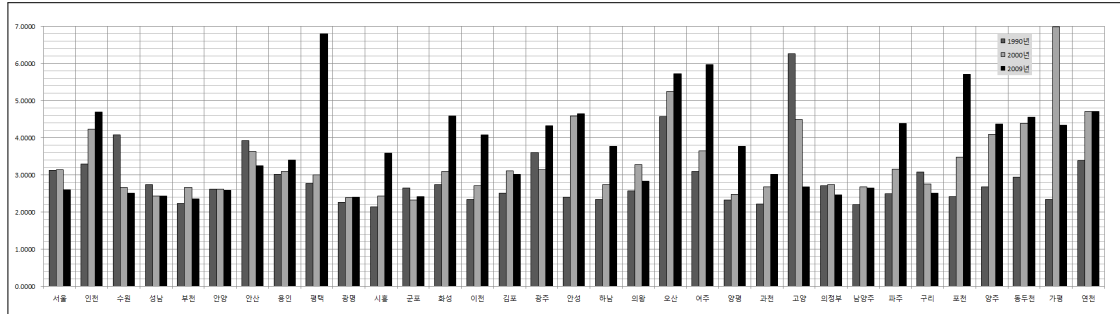
에서 발생한 CO₂를 제거하는 데 필요한 토지의 양을 계산하는 방법 그리고 화석연료가 소비되는 것과 같은 비율로 자원을 다시 만들어내는 데 필요한 토지량을 계산하는 방법 등을 통해 산출된다. 이 3가지 방법에 의한 계산 결과 100GJ의 화석연료를 소비하기 위해서는 생산적인 토지가 약1ha 정도가 필요한 것으로 분석되었다.

에너지 부문 EF지수 분석결과를 살펴보면 1990년에는 고양시가 4.0962gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 시흥시가 0.0130gha로 가장 적은 면적을 소비하였으며 2000년에는 가평군이 5.2292gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 군포시가 0.6773gha로 가장 좁은 면적을 소비하였다. 그리고 2009년에는 평택시가 5.5671gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 광명시가 1.2111gha로 가장 적은 면적을 소비하였다(〈표 3〉 참조).

시기별 변화를 살펴보면 수원시, 고양시, 가평군을 제외한 모든 도시들에서 에너지 EF지수가 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 평택시와 여주군은 전기와 도시가스의 소비량이 크게 증가하여 에너지 EF지수 증가에 큰 영향을 미쳤다. 한편 고양시는 지속적으로 에너지 EF지수가 감소하였고 수원시는 1990년 1.9522gha에서 2000년 1.0095gha로 감소하였다가 2009년 1.3180gha로 다시 증가하였으며 가평군은 1990년에 0.1081gha에서 2000년 5.2292gha로 급격히 증가하였다가 2009년에는 3.004gha로 감소하였다.

에너지 부문이 부문별 EF지수 중 가장 큰 EF값을 갖는데 이는 무연탄에서 도시가스 및 액화화석연료로 에너지원은 변했으나 여전히 화석에너지에 의존하고 있는 것을 알 수 있으며 생활수준의 향상으로 인해 생활에서 에너지 사용과 자동차 이용이 증가한 것이 주요한 원인으로 판단된다.

(단위: gha/인)



〈그림 5〉 시기별 수도권 총 EF지수

5) 총 생태발자국

음식, 건조환경, 산림, 에너지 부문의 EF지수를 합산하여 1인당 연간 생활을 영위하기 위해 필요한 토지면적을 산출하였다. 각 시기별 1인당 총 EF 지수를 살펴보면 1990년에는 고양시가 6.2654gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 시흥시는 2.1390gha로 가장 적은 면적을 소비하였다. 2000년에는 가평군이 6.9876gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 군포시가 2.3244gha로 가장 적은 면적을 소비하였다. 2009년에는 평택시가 6.8063gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 부천시가 2.3981gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었다(〈그림 5〉 참조).

시기별 분포특성을 살펴보면 1990년에는 서울에 인접한 고양시가 6.2654gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 대부분의 도시들은 2~4gha 사이의 토지소비를 보였다. 특히 2.0gha대의 토지소비가 가장 많았으며 주로 서울시 주변 도시들이 높은 토지소비를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 2000년에는 가평군이 6.9876gha로 가장 많은 토지소비를 보였고 대부분의 도시들은 2~5gha 사이의 토지소비를 보이고 있으며 3.0gha대의 토지소비가 가장 많았다. 이는 1990년도에 비해 약 1gha가 증가한 것이며 높아진 토지소비가 수도권 외곽의 도시들까지 확산된 것을 알 수 있다. 2009년에

는 평택시가 6.8063gha로 가장 많은 토지소비를 보였으며 대부분의 도시들은 2000년과 마찬가지로 2~5gha대의 토지소비를 보이고 있다. 하지만 2000년에 비해 3.0gha대의 토지소비 도시들은 감소하였고 4.0gha대의 토지소비 도시들은 증가하였다(〈그림 5〉 참조). 그리고 서울시와 주변도시들은 적은 토지소비량을 보이는 반면 수도권 외곽의 도시들은 높은 토지소비량을 보이는 것을 알 수 있었다.

3. 생태적자 분석

EF지수는 토지의 소비량만을 나타내는 지표로서 도시의 환경용량과 적정규모가 얼마인지를 평가하는 데는 한계가 있다. 따라서 생태적자 분석 및 추가적으로 필요한 토지면적의 추정을 통해 각 도시의 소비규모와 자연조건에서의 토지생산능력을 상호 비교함으로써 도시의 환경용량 및 초과정도를 상대적으로 평가하였다.

생태적자 분석을 위해 각 시기의 도시별 생태수용력을 산정하였다(〈표 4〉 참조). 1990년, 2000년, 2009년의 세 시기 모두 가평군이 가장 넓은 면적을 가지고 있었으며 서울시가 가장 적은 면적을 가지고 있는 것으로 평가되었다. 이는 서울시의 경우

한정된 토지 내에 많은 수의 인구가 집중되어 있어 1인당 보유할 수 있는 생태수용력이 낮게 평가된 것이다. 따라서 서울시와 같은 대도시의 경우에는 지속적인 인구분산 정책을 통해 생태수용력의 면적을 증가시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

생태수용력을 토대로 생태적자 분석을 한 결과

1990년에는 가평군이 0.0835gha로 가장 적게 나타났으며 2000년에는 양평군이 0.9115gha로 가장 적게 나타났고 2009년에는 부천시가 2.1713gha로 가장 작은 적자 상태로 분석되었다. 이처럼 모든 도시가 생태적자 상태로 나타났으며 도시의 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었다(〈표 4〉 참조).

〈표 4〉 수도권 도시별 생태적자 및 필요면적 (gha/인)

| 도시 | 1990 | | | | | 2000 | | | | | 2009 | | | | |
|-----|--------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 인구* | BC** | EF | 생태적자*** | 필요면적**** | 인구 | BC | EF | 생태적자 | 필요면적 | 인구 | BC | EF | 생태적자 | 필요면적 |
| 한국 | 42,869 | 0.4285 | 2,3981 | 1,9696 | 5.60 | 47,220 | 0.4859 | 2,5195 | 2,0336 | 5.19 | 48,746 | 0.8181 | 2,5461 | 1,7280 | 3.11 |
| 서울 | 10,612 | 0.2145 | 3,1314 | 2,9169 | 14.60 | 10,373 | 0.1945 | 3,1332 | 2,9387 | 16.11 | 10,484 | 0.1883 | 2,6010 | 2,4127 | 13.81 |
| 인천 | 1,818 | 0.2306 | 3,2957 | 3,0651 | 14.29 | 2,562 | 0.2415 | 4,2261 | 3,9846 | 17.50 | 2,758 | 0.2319 | 4,6995 | 4,4676 | 20.27 |
| 수원 | 644 | 0.2305 | 4,0728 | 3,8423 | 17.67 | 946 | 0.2070 | 2,6710 | 2,4640 | 12.90 | 1,098 | 0.1982 | 2,5127 | 2,3145 | 12.68 |
| 성남 | 540 | 0.2455 | 2,8192 | 2,4992 | 11.18 | 928 | 0.2064 | 2,4361 | 2,2297 | 11.80 | 979 | 0.1995 | 2,4280 | 2,2285 | 12.17 |
| 부천 | 667 | 0.2203 | 2,2292 | 2,0089 | 10.12 | 780 | 0.1972 | 2,6638 | 2,4656 | 13.50 | 884 | 0.1895 | 2,3608 | 2,1713 | 12.46 |
| 안양 | 481 | 0.2247 | 2,6209 | 2,3962 | 11.66 | 583 | 0.1997 | 2,6169 | 2,4172 | 13.10 | 623 | 0.1934 | 2,5806 | 2,3872 | 13.34 |
| 안산 | 252 | 0.2395 | 3,9322 | 3,6927 | 16.42 | 575 | 0.2162 | 3,6299 | 3,4137 | 16.79 | 739 | 0.2048 | 3,2430 | 3,0382 | 15.83 |
| 용인 | 187 | 0.6857 | 3,0248 | 2,3391 | 4.41 | 395 | 0.3350 | 3,1012 | 2,7662 | 9.26 | 854 | 0.2741 | 3,4020 | 3,1279 | 12.41 |
| 평택 | 187 | 0.2525 | 2,7646 | 2,5121 | 10.95 | 395 | 0.3703 | 2,9999 | 2,6296 | 8.10 | 421 | 0.3468 | 6,8063 | 6,4595 | 19.63 |
| 광명 | 328 | 0.2282 | 2,2690 | 2,0408 | 9.94 | 338 | 0.2062 | 2,3861 | 2,1799 | 11.57 | 318 | 0.1995 | 2,3997 | 2,2002 | 12.03 |
| 시흥 | 107 | 0.3982 | 2,1390 | 1,7408 | 5.37 | 322 | 0.2379 | 2,4344 | 2,1965 | 10.23 | 405 | 0.2245 | 3,5825 | 3,3580 | 15.96 |
| 군포 | 100 | 0.2397 | 2,6453 | 2,4056 | 11.04 | 271 | 0.2057 | 2,3244 | 2,1187 | 11.30 | 280 | 0.1988 | 2,4189 | 2,2201 | 12.17 |
| 화성 | 187 | 0.8612 | 2,7388 | 1,8776 | 3.18 | 195 | 0.6231 | 3,0917 | 2,4686 | 4.96 | 515 | 0.3792 | 4,5822 | 4,2030 | 12.08 |
| 이천 | 148 | 0.7513 | 2,3411 | 1,5898 | 3.12 | 184 | 0.5845 | 2,7136 | 2,1291 | 4.64 | 201 | 0.5460 | 4,0737 | 3,5277 | 7.46 |
| 김포 | 114 | 0.6562 | 2,5161 | 1,8599 | 3.83 | 165 | 0.4185 | 3,1060 | 2,6875 | 7.42 | 237 | 0.3475 | 3,0159 | 2,6684 | 8.68 |
| 광주 | 76 | 1.0095 | 3,6082 | 2,5987 | 3.57 | 141 | 0.4806 | 3,1390 | 2,6584 | 6.53 | 244 | 0.4102 | 4,3187 | 3,9085 | 10.53 |
| 안성 | 118 | 0.9674 | 2,3959 | 1,4285 | 2.48 | 137 | 0.7461 | 4,5888 | 3,8427 | 6.15 | 177 | 0.6488 | 4,6464 | 3,9976 | 7.16 |
| 하남 | 101 | 0.3367 | 2,3335 | 1,9968 | 6.93 | 123 | 0.2768 | 3,2368 | 2,4658 | 9.91 | 145 | 0.2602 | 3,7692 | 3,5090 | 14.49 |
| 의왕 | 96 | 0.2908 | 2,5674 | 2,2766 | 8.83 | 121 | 0.2432 | 3,2864 | 3,0432 | 13.51 | 142 | 0.2314 | 2,8331 | 2,6017 | 12.24 |
| 오산 | 59 | 0.3243 | 4,5735 | 4,2492 | 14.10 | 106 | 0.2431 | 5,2569 | 5,0138 | 21.62 | 163 | 0.2198 | 5,7198 | 5,5000 | 26.02 |
| 여주 | 96 | 1.1738 | 3,0895 | 1,9157 | 2.63 | 104 | 1.0236 | 3,6526 | 2,6290 | 3.57 | 110 | 0.9752 | 5,9737 | 4,9985 | 6.13 |
| 양평 | 77 | 0.8194 | 2,3269 | 1,5075 | 2.84 | 82 | 1.5673 | 2,4788 | 0.9115 | 1.58 | 92 | 1.5007 | 3,7719 | 2,2712 | 2.51 |
| 과천 | 72 | 0.2754 | 2,2230 | 1,9476 | 8.07 | 71 | 0.2218 | 2,6737 | 2,4519 | 12.05 | 72 | 0.2144 | 3,0197 | 2,8053 | 14.08 |
| 고양 | 244 | 0.3795 | 6,2654 | 5,8859 | 16.51 | 800 | 0.2310 | 4,5020 | 4,2710 | 19.49 | 951 | 0.2183 | 2,6807 | 2,4624 | 12.28 |
| 의정부 | 212 | 0.2626 | 2,7156 | 2,4530 | 10.34 | 363 | 0.2151 | 2,7468 | 2,5317 | 12.77 | 435 | 0.2069 | 2,4650 | 2,2581 | 11.91 |
| 남양주 | 200 | 0.5171 | 2,2092 | 1,6921 | 4.27 | 359 | 0.3264 | 2,6806 | 2,3542 | 8.21 | 530 | 0.2975 | 2,6512 | 2,3537 | 8.91 |
| 파주 | 185 | 0.7896 | 2,4914 | 1,7018 | 3.16 | 193 | 0.6189 | 3,1589 | 2,5400 | 5.10 | 331 | 0.4756 | 4,3890 | 3,9134 | 9.23 |
| 구리 | 109 | 0.3928 | 3,0861 | 2,6933 | 7.86 | 170 | 0.2121 | 2,7499 | 2,5378 | 12.97 | 197 | 0.2033 | 2,5145 | 2,3112 | 12.37 |
| 포천 | 111 | 1.2756 | 2,4240 | 1,1484 | 1.90 | 148 | 0.9142 | 3,4845 | 2,5703 | 3.81 | 168 | 0.8611 | 5,7060 | 4,8449 | 6.63 |
| 양주 | 84 | 0.7601 | 2,6809 | 1,9208 | 3.53 | 123 | 0.4826 | 4,0927 | 3,6101 | 8.48 | 189 | 0.4071 | 4,3719 | 3,9648 | 10.74 |
| 동두천 | 71 | 0.3904 | 2,9342 | 2,5438 | 7.52 | 76 | 0.3270 | 4,3806 | 4,0536 | 13.40 | 95 | 0.3052 | 4,5550 | 4,2498 | 14.92 |
| 가평 | 50 | 2.2558 | 2,3393 | 0.0835 | 1.04 | 56 | 2.1367 | 6,9876 | 4,8509 | 3.27 | 58 | 2.1015 | 4,3343 | 2,2328 | 2.06 |
| 연천 | 61 | 1.6882 | 3,3806 | 1,6924 | 2.00 | 53 | 2.0004 | 4,7153 | 2,7149 | 2.36 | 46 | 2.0798 | 4,7177 | 2,6379 | 2.27 |

* 인구 단위는 1,000인, ** BC: 생태수용력, 단위는 gha/인, *** 생태적자=EF-BC, 단위는 gha/인, **** 필요면적 단위는 배수

한편 도시가 자급자족한다고 가정하여 현재의 소비수준을 유지하기 위해 추가적으로 필요한 토지면적을 살펴보면 1990년에는 수원시가 17.6배로 가장 높은 배수로 추가적 토지면적이 필요하였고 고양시 16.5배, 안산시 16.4배, 서울시 14.6배, 인천시 14.2배, 오산시 14.1배, 안양시 11.6배, 성남시 11.1배, 군포시 11.0배 순으로 9개 도시가 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 평가되었다(〈그림 6〉의 Da 참조). 2000년에도 1990년과 비슷한 분포 상황을 유지하는 가운데 서울시 주변 도시들의 배율이 높아졌으며 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 도시들이 16개 도시로 늘었다(〈그림 6〉의 Db 참조). 2009년에는 21개의 도시들이 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 평가되었고 특히 인천시와 오산시는 20배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 나타났다(〈그림 6〉의 Dc 참조). 이처럼 시간이 흐름에 따라 서울시 주변의 도시들에서 수도권 전역으로 환경용량 초과정도가 점차 커지면서 확산되어가고 있고 추가적인 토지면적 또한 커지는 것을 알 수 있다. 이는 수도권에 인구 및 산업 등이 집중하게 되었고 환경용량에 대한 고려 없이 지속적인 도시개발이 이루어지고 있기 때문으로 판단된다.

추가적으로 필요한 토지면적이 3.1배인 우리나라와 수도권 도시들을 비교해 보면 양평군 2.5배, 연천군 2.2배, 가평군 2.0배의 세 도시를 제외한 모든 수도권 도시들이 전국의 평균 수준보다 매우 높게 나타난다. 따라서 수도권의 도시들은 전국의 평균 수준보다 높은 환경용량을 초과하는 것으로 평가할 수 있다.

4. 소결

1990년, 2000년, 2009년의 세 시기에 걸쳐 수도

권 도시들의 환경용량 초과정도와 그 시기의 수도권 현황을 살펴보면 다음과 같다(〈그림 6〉 참조).

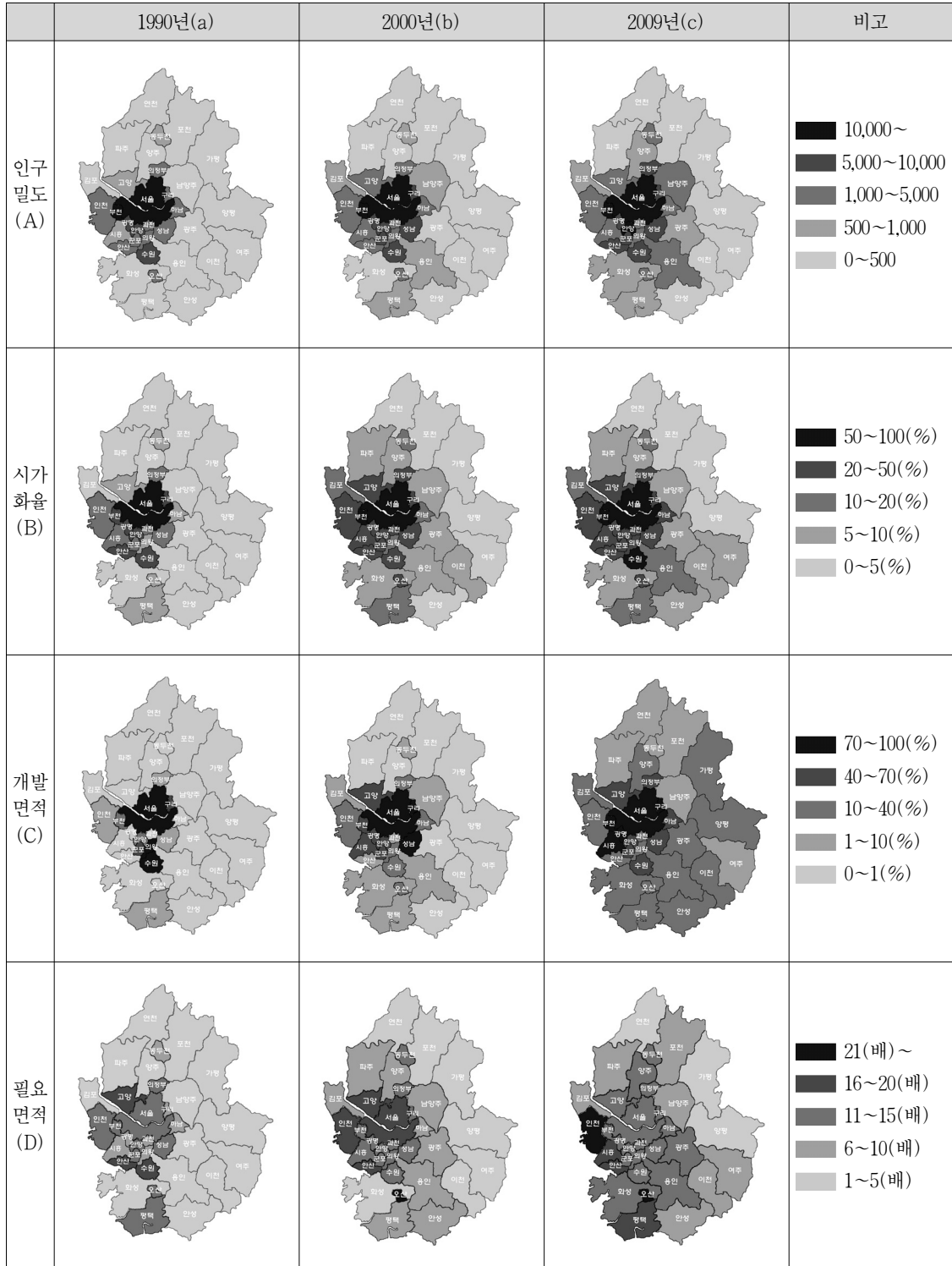
1990년 수도권 도시들의 환경용량 초과정도를 알아보기 위하여 각 도시별 필요한 면적을 살펴보면 수원시, 고양시, 안산시가 가장 높은 16배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 나타났고 서울시, 인천시 등 6개 도시들도 11배 이상이 필요한 것으로 나타났다. 이 시기의 수도권 현황을 살펴보면 인구밀도는 서울시가 가장 높고 부천시, 광명시, 안양시, 수원시 순이며 시가화율도 인구밀도와 거의 유사한 분포도를 보이고 있다. 개발면적은 수원시가 가장 많고 서울시, 의왕시, 군포시, 구리시 순으로 많은 면적이 개발됐다.

2000년 수도권 도시들의 추가적으로 필요한 면적을 살펴보면 오산시가 21배 이상으로 가장 많은 추가적인 토지가 필요하였고 서울시, 고양시, 인천시, 안산시 등 15개 도시가 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 나타났다. 이 시기의 수도권 현황을 살펴보면 인구밀도는 1990년과 비슷한 분포를 보이고 있으며 시가화율은 부천시가 가장 높은 시가화율이 이루어졌고 서울시, 수원시, 안양시, 안산시, 광명시 순으로 이루어졌다. 개발면적은 구리시가 가장 많고 서울시, 성남시, 광명시, 군포시 순으로 많은 면적이 개발됐다.

2009년 수도권 도시들의 추가적으로 필요한 면적을 살펴보면 오산시와 인천시가 20배 이상으로 가장 많은 추가적인 토지가 필요하였고 서울시, 수원시, 성남시 등 19개 도시가 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 분석되었다. 이 시기의 수도권 현황을 살펴보면 인구밀도와 시가화율은 2000년과 비슷한 분포를 보이고 있으며 개발면적은 시흥시가 가장 많고 구리시, 광명시, 서울시, 부천시 순으로 많은 개발이 일어났다.

이상의 분석을 토대로 살펴보면 1990년에는 서

(천명/km²)



〈그림 6〉 시기별 수도권 현황

울시와 그 주변도시들만이 높은 환경용량 초과와 큰 개발면적 값을 가지고 있었으나 2009년으로 시간이 흐르면서 서울시와 그 주변도시들뿐만 아니라 수도권 외곽의 도시들까지 높은 환경용량 초과와 큰 개발면적 값을 가지게 되는 것을 알 수 있다. 큰 개발면적 값은 시간이 흐름에 따라 수도권 전역에 걸쳐 발생하였다. 특히 서울시와 그 주변도시들 그리고 수도권 남부지역에서 많은 면적의 개발이 일어났다. 환경용량 초과에 따른 필요면적도 개발면적의 영향을 받아 유사한 분포를 보이는 것으로 판단된다. 반면 인구밀도와 시가화율은 서울시와 그 주변도시들이 높은 값을 가지고 있으며 세 시기 동안 큰 변화는 없었고 서로 유사한 분포를 보이고 있는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 지금까지 환경용량 고려 없이 도시 개발 등을 통하여 성장·개발되어온 수도권 도시들을 세 시기에 걸쳐 도시 현황과 EF지수를 분석하고 고찰하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 도시별 총 EF지수 분석 결과를 살펴보면 1990년에는 고양시가 6.2654gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 시흥시는 2.1390gha로 가장 적은 면적을 소비하였으며 대부분의 도시들은 2~4gha 사이의 토지소비를 보였다. 특히 2.0gha대의 토지소비가 가장 많았으며 주로 서울시 주변의 도시들이 높은 토지소비를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 2000년에는 가평군이 6.9876gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 군포시가 2.3244gha로 가장 적은 면적을 소비하였으며 대부분의 도시들은 2~5gha 사이의 토지소비를 보이고 있고 3.0gha대의 토지소비가 가장 많았다. 2009년에는

평택시가 6.8063gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고 부천시 2.3981gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었으며 대부분의 도시들은 2~5gha대의 토지소비를 보이고 있으며 2000년에 비해 3.0gha대의 토지소비 도시들은 감소하였고 4.0gha대의 토지소비 도시들은 증가하였다.

둘째, EF지수와 생태수용력을 활용한 생태적자 분석을 통해 도시의 환경용량 및 초과정도를 살펴 보았다. 생태수용력을 토대로 생태적자 분석을 한 결과 1990년에는 가평군이 0.0835gha로 가장 적게 나타났으며 2000년에는 양평군이 0.9115gha로 가장 적게 나타났고 2009년에는 부천시가 2.1713gha로 가장 적은 적자 상태로 분석되었다. 이처럼 모든 도시가 생태적자 상태로 나타났으며 모든 도시가 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었다. 또한 도시의 추가면적을 살펴보면 1990년에는 9개 도시, 2000년에는 16개 도시, 2009년에는 21개의 도시가 각 도시의 11배 이상의 추가적인 토지가 필요한 것으로 평가되었다. 이처럼 시간이 흐름에 따라 서울시 및 그 주변의 도시들에서 수도권 전역으로 환경용량 및 초과정도가 점차 커지면서 확산되고 있는 것을 알 수 있다.

셋째, 수도권 현황과 EF지수의 관계를 살펴보면 1990년에는 서울시와 그 주변 도시들만이 높은 환경용량 초과와 큰 개발면적 값을 가지고 있었으나 2009년으로 시간이 흐르면서 서울시와 주변도시들만이 아니라 수도권 외곽의 도시들까지도 높은 환경용량 초과와 큰 개발면적 값을 가지게 되는 것을 알 수 있다. 이처럼 개발은 시간이 흐름에 따라 수도권 전역에 걸쳐 발생하였다. 특히 서울시와 그 주변도시들 그리고 수도권 남부지역에서 넓은 면적의 개발이 일어났다. 환경용량 초과에 따른 필요면적도 개발면적의 영향을 받아 유사한 분포를 보이는 것으로 판단된다. 반면 인구밀도와

시가화율은 서울시와 그 주변도시들이 높은 값을 가지고 있으며 세 시기 동안 큰 변화는 없었고 서로 유사한 분포를 보이고 있다.

현재 도시계획 및 정책을 구상하고 적용할 때 가장 많이 언급되고 있는 지속가능한 개발을 올바르게 실천하기 위해서는 EF지수와 같은 분석을 통해 환경용량을 산정하고 이를 토대로 생태계의 훼손을 최소화할 수 있고 환경에 대한 부정적인 영향을 저감할 수 있는 방향으로의 도시개발 및 토지이용계획이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 통계자료 등과 같은 기초 데이터의 부족으로 인해 모든 소비품목을 포함시킬 수 없었다는 한계점을 가진다. 특히 산림 관련 데이터는 도시별 데이터 수집이 곤란하여 전국단위로 산출할 수밖에 없었다. 또한 분석과정에서 네 가지 범주로 한정하여 조사하였기 때문에 많은 소비품목이 제외되었다. 그러나 측정된 EF지수는 도시의 환경용량과 지속가능성을 거시적으로 평가하기에는 무리가 없으며 일반 시민들이 쉽게 이해할 수 있다는 장점을 가지고 있고 또한 도시의 환경용량을 정량화함으로써 지역의 지속가능성 정도를 평가하는 하나의 지표로 활용될 수 있다. 그리고 향후 도시의 지속가능한 개발을 위한 행정계획이나 도시정책 수립 등에서의 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 21세기수원만들기협의회, 2008, 『수원시 지속가능성 관리 체계 구축을 위한 생태발자국 산정 연구』.
- 경기개발연구원, 2010, 『지도로 보는 경기도 2010』, 한울아카데미.
- 경기도 각 시·군별 통계연보, 1990, 2000, 2009.
- 국토해양부, 2010, 『2010년도 국토의 계획 및 이용에 관한 연차보고서』.
- 국토해양부·서울특별시·인천광역시·경기도, 2009, 『2020년 수도권 광역도시계획』.
- 김경태, 2005, “Ecological Footprint를 활용한 도시환경용량평가”, 경북대학교 석사학위논문.
- 김경태·정성관·유주한·이우성, 2007, “생태적 발자국 지수 분석에 따른 도시유형 분류 및 관리방안”, 『국토계획』, 42(1): 7~18.
- 김영선, 2002, “지방공기업 택지개발사업 활성화방안에 관한 연구”, 단국대학교 석사학위논문.
- 대한주택공사, 1994, 『택지개발 및 공급체계의 발전방향에 관한연구』, 대한주택공사.
- 류해웅·정유형, 2001, 『개발행위허가제의 도입에 관한 연구』, 국토연구원.
- 마강래, 1998, “Ecological Footprint 분석을 이용한 경제활동의 환경영향에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 문경주, 2004, “Ecological Footprint분석을 이용한 도시의 지속가능성 평가: 부산광역시를 중심으로”, 『한국사회와 행정연구』, 15(3): 129~158.
- 서울특별시, 1990, 2000, 2009, 서울특별시 통계연보.
- 윤병석, 2008, “수도권 공간구조분석을 통한 수도권 내 주변부 설정”, 건국대학교 석사학위논문.
- 이성룡·최용락, 2000, 『경기도 택지개발사업 평가 및 개선 방안』, 경기개발연구원 기본연구, 2000(12): 9~16.
- 이창우, 1999, 『서울시 환경용량 평가에 관한 연구』, 서울시정개발연구원.
- 인천광역시, 1990, 2000, 2009, 인천광역시 통계연보.
- 임재호, 2001, “청주시 환경용량평가에 관한 연구”, 청주대학교 석사학위논문.
- 정성관·이우성, 2009, “대구광역권의 환경용량 및 생태계용역가치 평가”, 『한국지리정보학회지』, 12(4): 18~33.
- 정영근·장민수, 2007, “지속가능발전의 개념과 논의 전개”, 『한국동서경제연구』, 19(1): 144~158.
- 주용준, 2009, “지속가능한 생태도시를 위한 환경용량 평가에 관한 연구: 생태발자국을 중심으로”, 안양대학교 석사학위논문.
- 푸른경기21실천협의회·수원의제21추진협의회, 2009, 『생태발자국 토론회: 저탄소 사회의 지속가능성 어떻게 관리할 것인가?』.
- 한순금·이동훈·오수길, 2011, “생태발자국 표준방법론의 한국적 적용: 경기도 지속가능성 평가를 중심으로

- 로”, 『한국사회와 행정연구』, 21(4): 263~280.
- 한홍구, 2009, “수도권 성장관리를 위한 시나리오 플래닝 기법의 활용방안 연구”, 안양대학교 박사학위논문.
- 황금희 · 정오락, 2008, 『경기도 시가지 확산에 따른 공간적 영향 연구: 근교, 원교의 토지이용과 주거환경을 중심으로』, 경기개발연구원.
- Flint, K., 2001, “Institutional ecological footprint analysis: a case study of the University of Newcastle, Australia”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2: 48~62.
- Fricker, A., 1998, “The ecological footprint of New Zealand as a step towards sustainability”, *Futures*, 30(6): 559~567.
- Global Footprint Network, 2008, *The Ecological Footprint Atlas 2008*.
- Jason, V., 2001, “Assessing the ecological impact of a university: The ecological footprint for the University of Redlands”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(2): 180~197.
- Kate, F., 2001, “Institutional ecological footprint analysis: A case study of the University of Newcastle, Australia”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(2): 48~62.
- Onisto, L., Krause, E., and Wackernagel, M., 1998, “How Big is Toronto’s Ecological Footprint?”, *Centre for Sustainable Studies and City of Toronto*, Toronto.
- Rees, W., 1996, “Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability”, *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, 17(3).
- Simmons, C., and Chambers, N., 1998, “Footprinting UK Households: how big is your ecological garden”, *Local Environment*, 3(3):355~362.
- Venetoulis, Jason, 2001, “Assessing the ecological impact of university: The ecological footprint for the University of Redlands”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(2): 180~187.
- Wackernagel, M. and J. D. Yount, 1998, “The ecological footprint: An indicator of progress toward regional sustainability”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 51: 511~529.
- Wackernagel, M. and W. Rees, 1996, *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*, Philadelphia, PA and Gaboriola Island, Canada: New Society Publishers.
- Wackernagel, M. L., Onisto, P., Bello, A. C., Linares, I. S. L., Falfan, J. M., Garcia, A. I. S., and Guerrero, M. G. S., 1999, “National natural capital accounting with the ecological footprint concept”, *Ecological Economics*, 29(3): 375~390.

원 고 접 수 일 : 2011년 9월 6일
1차심사완료일 : 2011년 10월 6일
최종원고채택일 : 2011년 11월 24일