

대구광역권의 환경용량 및 생태계용역가치 평가*

정성관¹ · 이우성^{1*}

An Assessment of Environmental Carrying Capacity and Ecosystem Service Value in the Daegu Metropolitan Area*

Sung-Gwan JUNG¹ · Woo-Sung LEE^{1*}

요 약

본 연구는 대구광역권을 대상으로 생태적발자국(Ecological Footprint: EF) 지수 분석을 통해 도시의 환경용량을 산정하고 생태계의 용역가치를 평가하여 우리의 소비패턴이 생태계에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이를 위해 1997년, 2002년, 2007년의 각 도시별 통계연보를 통해 데이터를 수집하였으며, 2007년 토지지목별 평균공시지가를 생태계용역가치(Ecosystem Service Value: ESV) 평가에 활용하였다. 도시별 총 EF지수 분석 결과를 살펴보면, 2007년 고령군의 EF지수가 3.3052gha로 가장 높게 나타났으며 반면, 대구시는 2.0134gha로 가장 적은 면적으로 소비하는 것으로 평가되었다. 다음으로 생태적자 분석 결과, 2007년 군위군을 제외한 7개 도시가 생태적자 상태로 분석되어 도시의 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었다. 특히, 대구광역시가 현재의 소비구조로 지속하기 위해서는 약 30배 이상의 추가적인 면적이 필요한 것으로 분석되었다. 한편, 대구광역시를 기준으로 ESV 평가 결과를 살펴보면, 대구광역시민은 연간 1인당 1,078.6백만 원을 생태계에 빚지고 있는 것으로 분석되었다.

주요어 : 생태발자국, 지속가능성, 생태적자, 경제적 가치

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the effect that consumption patterns of human affect the ecosystem using analysis of ecological footprint(EF) and assessment of ecosystem service value in Daegu Metropolitan Area. The data for analysis were constructed from statistical yearbook of each city and average of public land price on land category. According to the EF analysis on city, total EF of Goryeong was showed the highest by 3.3052gha in 2007. However, total EF of Daegu was assessed the lowest by 2.0134gha among 8 cities. In the results of ecological deficit, 7 cities except Gunwi were assessed by condition of ecological

2009년 9월 9일 접수 Received on September 9, 2009 / 2009년 12월 4일 수정 Revised on December 4, 2009 / 2009년 12월 7일 심사 완료 / Accepted on December 7, 2009

* 이 논문은 2008년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

1 경북대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

* 연락처자 E-mail : lagis@paran.com

deficit and had exceeded environmental capacity until 2007. Specially, it was analyzed that Daegu may need additional area more than about 30 times to maintain the present consumption patterns. On the one side, the results of analysis of ecosystem service value in Daegu were assessed that citizens of Daegu have borrowed about 1,078.6 million wons to ecosystem per year and one person.

KEYWORDS: Ecological Footprint, Sustainability, Ecological Deficit, Economic Value

서론

우리나라는 1960년대부터 경제발전을 목표로 성장과 개발위주의 정책을 시행함으로써 인해 도시로 인구가 이동하고, 산업단지가 집중적으로 건설되기 시작하였다. 그러나 인구와 산업의 계속적인 집중은 도시가 지니는 본연의 수용능력을 초과하여 과도한 부동산 가격의 상승, 도로 및 공원 등과 같은 기반시설의 부족, 불투수면 증가, 수질 및 대기오염과 같은 환경문제 등 여러 도시문제를 야기하고 있다(오규식 등, 2002; 주용준, 2009).

최근 이러한 도시문제를 해결하기 위해 국제사회는 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발과 환경용량(environmental capacity)을 고려한 개발을 주요 방향으로 제시하고 있다. 지속가능한 개발은 1987년 WCED(World Commission on Environment and Development)가 발표한 '우리의 미래(our common future)'라는 보고서에 의해 공식화된 것으로 미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 가능성을 손상시키지 않은 범위에서 현재 세대의 필요를 충족시키는 개발을 일컫는다(WCED, 1987). 한편, 환경용량은 20세기 초부터 지속적으로 연구되고 있는 용어로서 자연이 스스로의 능력을 가지고 원래의 상태를 유지할 수 있는 최대 능력을 양으로 환산한 개념이다. 이는 자연자원의 최대지속가능생산량, 수용용량, 자정능력 등의 다양한 개념으로 언급되기도 한다. 요컨대, 지속가능한 개발은 지구에 포함되어 있는 자연의 환경용량 내에서 이루어지는 발전임을 내포

하고 있다고 할 수 있다(김보국 등, 2005).

이러한 지속가능한 개발의 수준을 평가하기 위한 지속가능성 및 환경용량에 대한 연구는 과거에서부터 현재까지 지속적으로 진행되고 있다. WCED, WEF(World Economic Forum) 등의 국제기구에서는 연구특성에 맞게 각각의 지속가능성 지표 및 지수를 개발하여 평가에 활용하고 있으며, 시스템 생태학자인 Odum(1996)은 1983년 발표한 시스템 생태학에 기초하여 재화나 용역의 생산에 필요한 에너지 측면의 가치를 과학적으로 측정함으로써 도시의 수용력을 산정하였다. 또한, Wackernagel and Rees(1996)는 경제활동에 소요되는 자원을 하나의 평가단위인 생산적인 토지면적으로 환산한 값인 생태발자국 지수를 산정하여 환경용량의 초과여부와 지속가능성을 평가하였다.

여기서, EF지수는 특정지역이나 국가 내에서 발생하는 경제활동의 여러 부문 간 에너지와 물질의 흐름을 파악하고, 그 흐름의 한 부분을 차지하고 있는 인간의 소비를 대상으로 이러한 소비가 가능하기 위해 필요한 토지의 양을 계산하여 간단한 수치로 보여주는 방식이다(Wackernagel and Rees, 1996). 즉, EF지수는 인간이 생활을 유지하기 위해 생산하고, 소비하는데 필요한 자원을 토지면적으로 환산한 것으로 지구에 살고 있는 한 사람이 지구에 얼마나 많은 흔적을 남기거나, 영향을 미치는지를 측정하는 지수이며, 결국에는 이 지수는 자연에 부담을 주기 때문에 생태과피지수라고도 한다(고재경 등, 2007).

이러한 EF지수는 지구, 국가, 지역 단위의

종합적인 환경용량과 지속가능성을 평가하기 위해 다양하게 활용되고 있다. Wackernagel and Rees(1996)는 13개 산업국가를 대상으로 최초로 EF분석을 실시하였으며, 이후 Wackernagel et al.(1999)은 United Nations에서 발간한 통계자료를 토대로 52개의 국가를 대상으로 환경용량 및 초과소비를 산정하였다. 또한, Global Footprint Network(GFN)에서는 2003년부터 지구 및 세계의 주요 국가를 대상으로 EF지수를 평가하고 있는데, 2008년에 발표된 보고서에서는 현재 지구인은 1인당 평균 2.7gha의 토지를 소비하고 있으며, 전지구적 관점에서 볼 때 지구의 생태학적 가용면적을 30%정도 초과하는 것으로 분석한 바 있다(Ewing et al., 2008). 이외에도 많은 연구자들이 뉴질랜드, 일본, 오스트리아 등의 국가에 대한 환경용량을 평가하였으며(Fricker, 1998; Parker, 1998; Haberl et al., 2001), 도시 및 지방정부와 같은 지역적 단위의 EF분석도 실시하였다(BFF, 1999; Redefining Progress, 2002; Bagliani et al., 2008; Liu et al., 2008). 최근에는 중국의 간수(Gansu)지방을 대상으로 EF지수의 시계열적 분석을 통해 예측모형을 개발하여 2015년까지의 장기적인 변화를 분석하였으며, WEF의 환경지속성지수, EF지수, 에머지를 비교하여 국가의 지속가능성을 평가하기도 하였다(Yue et al., 2006; Siche et al., 2008).

국내의 경우에는 마강래(1998)가 한국의 EF지수를 산정하여 경제활동에 따른 소비수준 및 환경용량을 비교분석하고 한국의 지속가능성을 평가하였으며, 이창우와 오용선(1999), 임재호(2001), 문경주(2004)가 각각 서울시, 청주시, 부산시의 EF지수 변화를 분석한 바 있다. 또한, 김경태(2005)는 전국의 35개 도시를 대상으로 EF지수를 산정하고, 이를 토대로 군집분석을 실시하여 도시유형별 관리방안을 제시하였으며, 주용준(2009)은 수도권 도시를 대상으로 통계자료를 이용한 거시적인 평가와 설문조사를 통한 미시적인 평가를 동시에 수행하였다.

이상과 같이 도시의 환경용량과 지속가능성에 대한 중요성이 증대되면서 EF지수는 다양한 분야에서 활발하게 활용되고 있다. 그러나 현재까지 EF 지수를 활용한 연구는 도시의 EF지수를 산정하여 도시의 환경용량을 산정하고, 생태적자(ecological deficit) 분석을 통해 도시의 지속가능성과 초과용량의 여부를 평가하는데 머물고 있다.

한편, GFN에서는 EF지수를 GDP와 같은 경제성장지표를 대신할 수 있는 새로운 경제환경지표로서의 가능성을 높이 평가하고 있으며, EF지수의 활용을 권장하고 있다(Ewing et al., 2008). EF지수가 GDP와 같은 경제적인 지표를 대신하기 위해서는 EF분석에 의해 산정되는 생태적발자국의 크기가 가지는 경제적인 가치를 평가할 수 있어야 한다. 따라서 EF지수를 현실적이고, 실용적으로 활용하기 위해서는 EF지수가 가지는 경제적인 가치 즉, 생태계가 우리에게 빌려주고 있는 경제적인 가치를 평가할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 통계자료를 활용하여 도시의 EF 분석을 실시하고, 도시민의 소비행태가 도시의 환경용량에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 또한, 평가된 도시별 EF지수가 가지는 생태계용역가치를 평가하여 도시별 소비행태가 생태계에 빚지고 있는 정도를 경제적인 관점에서 분석하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상지

본 연구의 공간적 범위한 대구광역권은 제4차 국토종합계획에서 지역의 균형적인 개발 및 발전을 위해 설정된 10대 광역권 중 하나인 대구·포항광역권 내에 속해 있는 도시들로 대구권 광역도시계획에 의해 설정된 지역이다(건설교통부, 2005). 이 지역에는 그림 1에서와 같이 대구광역시를 비롯한 2개의 시(경산시, 영천시)와 5개의 군(고령군, 군위군, 성

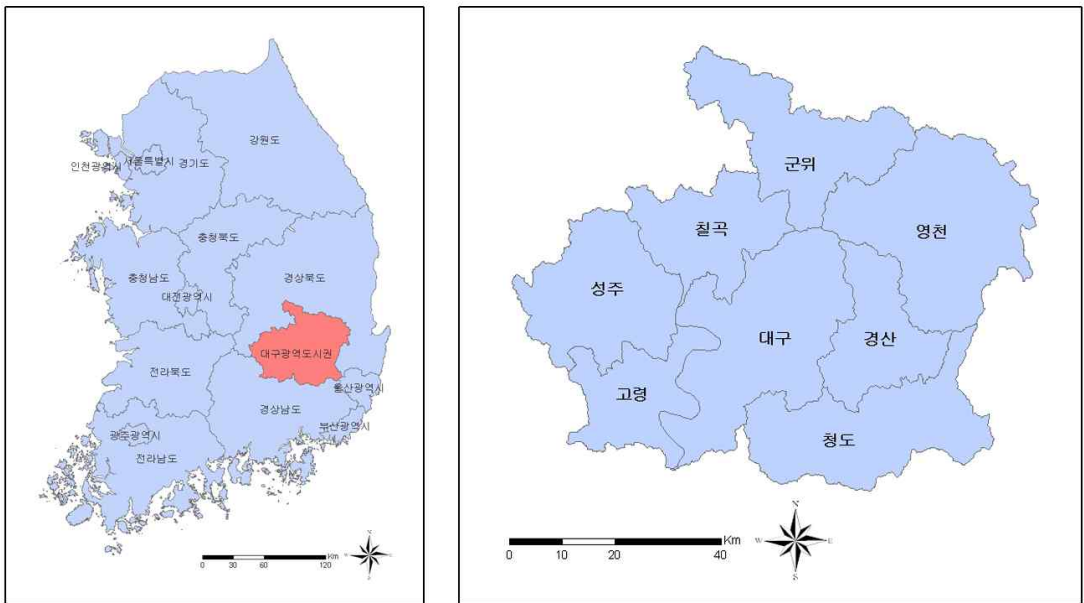


FIGURE 1. 연구대상지의 지리적 위치

주군, 청도군, 칠곡군)이 포함되어 있으며, 전체 면적은 약 4,978km²로 전국토의 5%를 점하고 있다. 대구광역권의 총 인구는 약 313만 명이며, 이 중 80%에 해당되는 251만 명이 대구광역시에 거주하고 있어 인구의 집중현상이 심각하게 나타나고 있다.

대구광역권은 경부고속도로, 구마고속도로, 신대구부산고속도로 등 국토를 관통하는 주요 고속도로 및 경부선, 중앙선 등의 주요 철도가 관통하고 있는 교통의 결절점 역할을 수행하고 있으며, 낙동강과 금호강, 팔공산과 비슬산 등과 같은 다양한 자연·경관적 요소를 가지고 있다(최원영 등, 2005). 이처럼 이 지역은 우수한 지리적 조건 및 자연적 요소를 가지고 있음에도 불구하고, 지역특성을 고려하지 못한 개발로 인해 최근 인구집중, 지가상승, 생태계 파괴, 환경문제 등과 같은 다양한 도시문제가 발생되고 있다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 우선적으로 도시의 환경용량을 고려한 체계적인 토지이용계획의 수립이 필요할 것으로 판단된다.

2. 연구과정 및 방법

연구수행과정은 그림 2에서와 같이 자료수집, 생태발자국 산정, 환경용량 및 적정규모 평가, 생태계용역가치 평가의 단계로 이루어졌다. 우선, 자료수집 단계에서는 EF지수 산정을 위한 구성항목별 통계자료를 구축하였다. EF지수의 구성항목은 우리가 소비하는 음식, 옷, 집, 에너지 등을 생산하거나 발생한 쓰레기를 처리하는데 필요한 토지유형으로 구분한다. 일반적으로 EF지수를 거시적으로 평가하고자 할 경우 추정부문은 Wackernagel and Rees(1996)의 개발 개념에 충실한 음식(food), 건조환경(built environment), 에너지(energy), 산림(forest)의 4개 부문으로 분류한다. 각 부문별로 세부항목은 그림 2의 연구과정에 나타난 바와 같으며, 항목별 작물 생산성 및 생산량, 1인당 소비량 등을 추정하기 위한 구체적인 통계 데이터를 수집하였다. 통계자료는 농림수산식품부, 한국농촌경제연구원, 산림청, 에너지경제연구원, 한국석유공사 및 각 도시별 통계연보를 통해 1997년, 2002년, 2007년 세 시기에 걸쳐 구축하였으며, 당해 연도 통계자료가 없는 경우 인구 또는 면적대

비 자료를 추정하거나 근접 연도의 자료를 활용하였다. 또한, 대구광역시권 도시들과 전국의 EF지수 및 환경용량을 비교·분석하기 위해 도시별 데이터와 함께 전국의 데이터를 시기별로 수집하여 분석에 이용하였다.

생태발자국 산정 단계에서는 4개 부문별로 수집된 자료를 토대로 각 항목별 1인당 소비량을 단위면적당 생산량(산출물)으로 나누어 항목별 1인당 EF지수를 계산하였다(식 1). 여기서, 산정된 항목별 EF지수의 값에 생산성인자(yield factor)와 등가인자(equivalence factor)를 곱하여 수정된 EF지수의 값을 산정한다. 생산성인자는 같은 토지형태별로 세계 평균 생산성과 비교할 때 해당 국가의 상대적인 생산성을 말하며, 등가인자는 특정 토지형태의 평균 생산성에 대한 다른 토지형태의 상대적인 생산성을 의미한다. 본 연구에서는 세계 국가들 간의 비교가 아니라 국내 도시들 간의 비교가 주요 연구 대상이기 때문에 생산성인자는 제외하고, GFN의 2008년 연구에서 표 1과 같이 제시하고 있는 토지형태별 등가인자를 적용하여 계산하였다(식 2). 등가인자는 생산성을 고려하여 토지단위를 동일하게 통일시켜 주는 역할을 하며, 그 단위는 ‘gha/ha’로서 기존의 ‘ha’ 단위의 토지를 ‘global ha’라는 새로운 단위로 환산하여 계산한다. 이렇게 산출된 항목별 EF지수를 모두 합하게 되면 각 부문별 1인당 EF지수가 산정되고, 이를 토대로 총 EF지수를 산정할 수 있다(식 3~4). 이상의 방식을 통해 각 시기별 EF지수를 산출하였으며, 시기별 변화를 분석하였다.

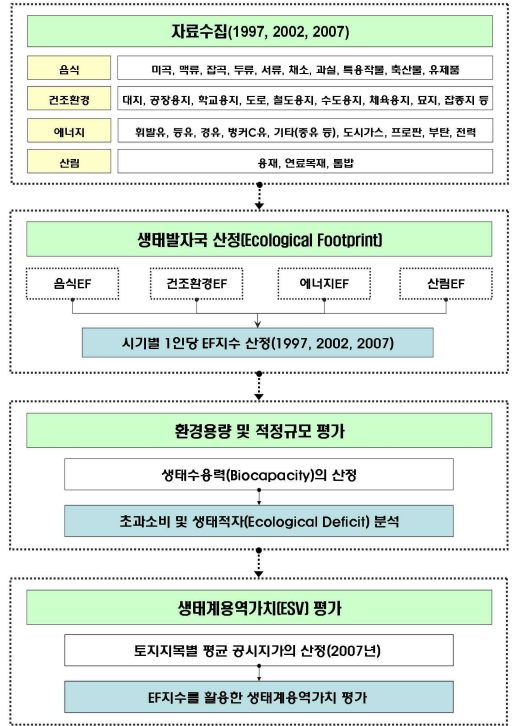


FIGURE 2. 연구수행과정

TABLE 1. 토지형태별 등가인자

토지형태	등가인자(gha/ha)
농경지	2.64
목초지	0.50
산림	1.33
해양	0.40
건조환경	2.64

자료: GFN(Ewing et al., 2008)의 자료

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

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

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

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

다음으로 환경용량 및 적정규모 평가 단계에서는 시기별로 각 도시들의 생태수용력(biocapacity)을 산정하였다. 생태수용력은 현재 도시가 가지고 있는 생태적인 생산토지(ecological productive land)로 정의할 수 있으며, 이는 도시에 남아 있는 생태적인 여유용량으로 판단할 수 있다. 생태수용력은 토지형태 중 농경지, 목초지, 산림, 해양, 건조환경 등이 이에 포함되며, EF지수의 계산에 활용한 등가인자를 각각의 토지형태에 곱해서 그 값을 산정하였다. 생태적자는 EF지수와 생태수용력의 차이를 말하는 것으로 EF지수에서 생태수용력을 뺀 값이 양일 경우 생태적자가 발생한 상태이고 음일 경우 생태적자 상태이며, 이를 통해 도시의 환경용량 초과유무를 판단할 수 있다. 최종적으로 EF지수, 전체면적 및 전체인구를 활용하여 각각의 도시가 현재의 상태를 유지하기 위해 필요한 면적을 평가하였으며, 시기별 변화정도를 분석하였다.

마지막 단계인 ESV 평가에서는 국토해양부에서 제공하는 2007년 토지지목별 평균 공시지가를 산정하여 이를 부문별 EF지수에 적용하여 ESV를 평가하였다. 한편, ESV를 평가하기 위한 EF지수는 등가인자를 곱한 수정된 EF지수가 아니라, 수정되기 이전의 EF지수를 활용하였다. 수정된 EF지수는 토지형태별 생산성을 반영한 결과로 기존의 토지면적이 등가인자에 의해 확대 또는 축소된 상태이기 때문에 실제 토지의 공시지가와 비교하기에는 다소 오차가 있을 것으로 판단하여 수정되기 이전의 EF지수를 활용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. EF 분석

가. 음식 부문

음식 부문에서는 음식의 소비를 위해 필요한 토지의 양을 계산한 것으로 미곡, 맥류, 서류, 잡곡, 두류, 채소, 과일, 특용작물, 축산

물, 유제품 등을 세부 구성항목으로 분석하였다. 1997년 도시별 1인당 EF지수를 살펴보면, 성주군이 0.6078gha로 가장 넓은 면적을 소비하였고, 고령군이 0.5987gha로 가장 적은 면적을 소비한 것으로 분석되었다(표 2). 전국의 평균은 0.5968gha로 대구광역권의 도시들보다 낮게 나타났는데, 이는 대구광역권의 작물 산출물이 타지역에 비해 낮은 것에 기인한 것으로 판단된다. 2002년의 경우 영천시가 0.6697gha로 가장 넓은 면적을 사용하였으며, 대구시, 경산시 등도 0.65gha 이상의 넓은 면적으로 소비하는 것으로 나타났다. 반면, 고령군은 1997년과 같이 음식의 소비를 위해 필요한 토지의 양이 가장 적은 것으로 분석되었다. 2007년에는 대구시가 0.6755gha로 가장 넓은 면적을 소비하는 것으로 나타났으며, 청도군이 0.6679gha를 소비하는 것으로 평가되었다.

한편, 음식EF는 동 시기에 도시별로 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다. 이는 음식EF지수의 경우 작물의 생산량과 소비량의 함수관계에 의해 계산되는 것인데, 비슷한 지역에 입지하고 있는 대구광역권의 경우 지역별 작물 산출물의 차이가 크지 않기 때문에 판단된다(김경태, 2005).

다음으로 음식EF의 변화패턴을 살펴보면, 평균적으로 1997년 0.60gha에서 2002년 0.65gha, 2007년 0.67gha로 소비면적이 점점 넓어지고 있는 것을 알 수 있다. 이는 시간이 흐름에 따라 작물의 소비는 줄어들었지만, 육류의 소비가 증가되었기 때문으로 판단된다. 미곡, 채소 등과 같은 작물은 1kg을 생산하기 위해 약 0.3~8m²의 면적이 필요하지만, 육류의 경우 약 303m²의 면적이 필요함으로 인해 음식으로 인한 소비면적이 증가하게 되는 것이다. 실제로 우리나라의 1인당 육류 소비량이 1997년 29.3kg에서 2002년 33.5kg, 2007년 35.8kg으로 점점 증가하고 있음을 확인할 수 있었다(한국농촌경제연구원, 2008).

TABLE 2. 도시별 EF지수

(단위: gha)

연도	도시	음식EF	건조환경EF	에너지EF	산림EF	총 EF
1997	대구광역시	0.6044	0.0174	0.7772	0.6877	2.0867
	경산	0.6065	0.0508	0.8130	0.6877	2.1580
	영천	0.6056	0.0893	0.9217	0.6877	2.3044
	칠곡	0.6057	0.0768	1.6375	0.6877	3.0077
	군위	0.6028	0.1672	0.7614	0.6877	2.2191
	성주	0.6078	0.1301	0.7794	0.6877	2.2050
	고령	0.5987	0.1304	0.9843	0.6877	2.4012
	청도	0.6046	0.1179	0.4815	0.6877	1.8917
	전국	0.5968	0.0363	1.0026	0.6877	2.3234
2002	대구광역시	0.6590	0.0224	0.8503	0.3493	1.8810
	경산시	0.6555	0.0499	1.2335	0.3493	2.2883
	영천시	0.6697	0.0992	1.1388	0.3493	2.2571
	칠곡군	0.6477	0.0732	1.6643	0.3493	2.7345
	군위군	0.6437	0.1808	1.4312	0.3493	2.6050
	성주군	0.6452	0.1436	0.8367	0.3493	1.9748
	고령군	0.6329	0.1462	1.3400	0.3493	2.4684
	청도군	0.6545	0.1381	0.6529	0.3493	1.7948
	전국	0.6473	0.0534	1.0378	0.3493	2.0878
2007	대구광역시	0.6755	0.0196	0.8048	0.5135	2.0134
	경산시	0.6705	0.0526	1.3053	0.5135	2.5418
	영천시	0.6731	0.1235	1.4776	0.5135	2.7877
	칠곡군	0.6692	0.0827	1.6762	0.5135	2.9416
	군위군	0.6753	0.2306	1.7583	0.5135	3.1777
	성주군	0.6696	0.1698	1.2386	0.5135	2.5915
	고령군	0.6699	0.1605	1.9612	0.5135	3.3052
	청도군	0.6679	0.1683	1.1198	0.5135	2.4696
	전국	0.6690	0.0424	1.1120	0.5135	2.3369

2) 건조환경 부문

건조환경 부문의 토지는 인간이 개발하기 이전에 생태계의 생명지원시스템 역할을 수행하는 생산적인 토지였으나, 인간의 활동을 위해 건물, 도로 등과 같은 시설물이 건설되기 시작하면서 더 이상 생산적인 기능을 수행하지 못하는 토지로 변화된 지역을 말한다(문경주, 2004). 건조환경 부문의 EF지수 산정을 위해 지목별 현황에서 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지 등을 구성항목으로 활용하였다.

EF 분석의 결과를 살펴보면, 1997년 군위군의 1인당 EF지수가 0.1672gha로 가장 넓게 나타났고, 대구광역시가 0.0174gha로 가장 좁

은 면적을 소비하는 것으로 분석되었다. 2002년과 2007년 역시 군위군이 각각 0.1808gha, 0.2306gha로 가장 넓은 면적을 소비하는 것으로 나타났고, 대구광역시가 각각 0.0224gha, 0.0196gha를 소비하는 것으로 평가되었다. 이처럼 군위군의 건조환경EF가 가장 높게 나타나고, 대구광역시의 EF지수가 가장 낮게 나타난 것은 군위군은 2007년 2,286ha의 토지에 약 2만6천여 명의 인구가 거주하여 인구대비 토지의 소비량이 많은 반면, 대구광역시는 18,664ha의 토지에 약 2백51만여 명의 인구가 거주하여 인구대비 토지의 소비량이 적었기 때문이다.

한편, 도시별 1인당 EF지수의 최대값이

0.2306gha(2007년)로 나타나 타 부문에 비해 소비된 면적이 매우 작은 것을 알 수 있다. 이는 도시의 토지면적은 외부로부터 유입이 불가능한 고정된 자산이며, 도시의 시설물을 건설하기 위해 소비되는 토지는 한정되어 있기 때문에 그 값이 높지 않은 것으로 판단된다. 또한, 건조환경은 토지자체를 소비하는 것이므로 산출물과 상관없이 토지의 소비가 곧 EF지수가 되며, 이는 인구밀도에 가장 큰 영향을 받게 되는 것이다(이창우와 오용선, 1999). 즉, 대구광역시의 경우에서처럼 한정된 토지 내에서 인구밀도가 높을수록 1인당 EF지수는 낮게 나타나게 되는 것이다.

건조환경EF의 변화패턴을 살펴보면, 영천시, 군위군, 성주군, 고령군, 청도군 등 5개 도시는 1997년에서 2007년으로 시간이 흐름에 따라 EF지수가 점차 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 군위군의 EF지수는 2002년에서 2007년 사이 27.5%(0.0498gha)의 높은 비율로 증가하였다. 이들 도시에서 EF지수의 증가가 발생하고 있는 것은 인구감소에 따른 인구밀도의 감소 및 도시지역의 확대에 의해 판단된다. 한편, 경산시와 칠곡군은 2002년 감소 추세를 보였으나 2007년 다시 증가하는 형태를 보이고 있으며, 대구광역시는 2002년 증가 추세를 보였으나 2007년 감소하는 형태를 보이고 있다.

3) 에너지 부문

에너지 부문의 토지 소비량은 화석연료를 대체할 수 있는 대체연료를 생산해내는데 필요한 토지의 양을 계산하는 방법, 화석연료의 연소 과정에서 발생한 CO₂를 제거하는데 필요한 토지의 양을 계산하는 방법, 화석연료가 소비되는 것과 같은 비율로 자원을 다시 만들어내는데 필요한 토지량을 계산하는 방법 등을 통해 산출되어 진다. 선행연구에서는 이러한 3가지 방식을 통해 계산한 결과, 100GJ(gigajoule)의 화석연료를 소비하기 위해서 생산적인 토지

가 약 1ha정도가 필요한 것으로 제시하였다(Wackernagel and Rees, 1996). 따라서 본 연구에서는 1인당 에너지 소비량을 GJ로 환산하여 소비된 토지로 환산하였으며, 화석연료를 소비하기 위해서 필요한 생산적인 토지는 산림으로 간주하여 산림의 등가인자를 적용하였다.

에너지 부문의 1인당 EF 지수 분석 결과를 살펴보면, 1997년 칠곡군은 1.6375gha의 넓은 면적을 소비하였으며 반면, 청도군은 0.4815gha로 나타나 칠곡군의 약 1/3 수준을 소비한 것으로 분석되었다. 또한, 2002년의 경우에도 1997년과 동일하게 칠곡군이 가장 넓은 면적으로 소비하였으며, 청도군이 가장 적은 면적을 소비한 것으로 나타났다. 칠곡군의 EF지수가 높게 나타난 것은 왜관지방산업단지, 기산농공단지 등과 같은 산업단지에서의 에너지 소비량이 많은 반면 인구는 약 10만여 명으로 적은 것에 기인한다.

2007년에는 고령군의 EF지수가 1.9612gha로 높게 나타났으며, 다음으로 군위군과 칠곡군이 각각 1.7583gha, 1.6762gha로 높게 나타났다. 특히, 고령군의 경우 2002년 이후 기존의 다산지방산업단지의 규모가 확대되고 가동률이 증가하였으며, 성산지방산업단지가 추가 조성됨으로 인해 에너지소비량이 급격히 증가한 것으로 판단된다. 또한, 고령군은 2008년 70ha 규모의 다산2일반산업단지가 조성됨으로 인해 향후 지속적인 에너지 소비량의 증가가 예상되기 때문에 이에 대한 대안이 마련되어야 될 것으로 생각된다.

에너지EF의 시기별 변화패턴을 살펴보면, 대구광역시를 제외한 모든 지역에서 에너지 EF지수가 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 특히, 고령군과 군위군은 산업단지의 추가적인 조성 및 대구광역시로부터의 산업체의 이전으로 인해 소비량이 크게 증가한 것으로 나타났다. 한편, 대구광역시의 경우 1997년 EF지수가 0.7772gha에서 2002년 도시가스 및

전력소비량이 증가하면서 0.8503gha로 증가하였다. 그러나 2007년 지속적인 섬유산업의 침체와 산업단지의 외부 이전으로 인해 0.8048gha로 EF지수가 감소하였다.

에너지 부문의 EF지수는 에너지 부족, 온실가스에 의한 환경오염 등과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 생태산업단지(eco industrial park)의 조성을 통해 자연생태계의 물질과 에너지 순환과정을 산업에 적용하여 에너지의 소비량을 줄이고, 친환경적인 산업을 유도할 필요가 있을 것으로 판단된다(김경태 등, 2007).

4) 산림 부문

산림은 경작지와 함께 생태계를 지탱하는 생산적인 토지로서 경제활동에 의해 방출되는 이산화탄소를 흡수하는 중요한 역할을 하고 있다. 산림 부문의 EF지수는 목재관련 제품을 소비하는데 필요한 목재관련 임산물의 생산성을 고려한 토지 면적을 말한다. 일반적으로 국가 또는 지역의 목재관련 임산물의 생산량과 소비량의 함수관계에 의해 계산되어지는데, 대구광역시권에 입지하고 있는 도시들의 경우 목재관련 임산물의 생산량이 거의 없으며, 세부적인 데이터가 통계로 구축되어 있지 않기 때문에 전국의 생산량과 소비량을 이용하여 동일하게 적용하였다.

도시별 산림EF의 경우 전국을 동일하게 적용하였기 때문에 차이가 없으며, 시기별로 차이가 나타났다. 1997년은 0.6877gha의 토지면적을 소비하는 것으로 나타났으며, 2002년에는 용재 및 기타 목재의 생산량이 증가하여 EF지수가 0.3493gha로 크게 감소하는 것으로 분석되었다. 반면, 2007년에는 용재의 생산량은 증가하였으나, 연료목재 및 톱밥 등과 같은 기타 목재의 생산량이 감소하여 다시 EF지수가 0.5135gha로 증가하는 추세를 보였다.

한편, 산림 부문 EF지수의 지역별 산출을 위해서는 지역별 목재관련 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 것으로 판단된다.

5) 총 EF 분석

음식, 건조환경, 에너지, 산림 부문의 EF지수를 합산하여 1인당 연간 생활을 영위하기 위해 필요한 토지면적을 산출하였다(표 2). 각 시기별 1인당 총 EF지수를 살펴보면, 1997년과 2002년에는 칠곡군이 각각 3.0077gha, 2.7345gha로 가장 넓은 면적을 소비하였으며, 청도군이 각각 1.8917gha, 1.7948gha로 가장 적은 면적을 소비하는 것으로 분석되었다. 2007년의 경우 에너지 부문에서의 급격한 EF지수의 증가를 보였던 고령군의 EF지수가 3.3052gha로 높게 나타났으며, 군위군, 칠곡군이 다음 순으로 분석되었다. 반면, 대구시는 2.0134gha로 가장 적은 면적으로 소비하는 것으로 평가되었다. 전국의 수준과 비교해볼 때, 1997년에는 칠곡군과 고령군만이 전국의 평균 1인당 EF지수인 2.3234gha보다 높게 나타났으나, 2002년에는 칠곡군, 군위군 등 5개 도시로 늘어났으며, 2007년에는 대구시를 제외한 모든 도시가 전국의 평균인 2.3369gha를 초과하는 것으로 분석되어 시간이 흐름에 따라 대구광역시권의 토지 소비량이 증가되고 있음을 확인할 수 있었다.

지역별 분포특성을 살펴보면, 1997년에는 대구광역시의 서부에 위치한 칠곡군과 고령군이 가장 많은 토지 소비를 보였으며, 대구광역시를 비롯한 동남부 지역의 경산시와 청도군이 가장 적은 토지를 소비한 것으로 나타났다(그림 3(a)). 2002년의 경우에도 비슷한 분포를 보이고 있으나, 토지의 소비가 가장 많은 그룹에서 고령군이 제외되었으며, 군위군이 추가되어 칠곡군과 군위군이 2.6gha 이상의 많은 토지를 소비한 그룹으로 분류되었

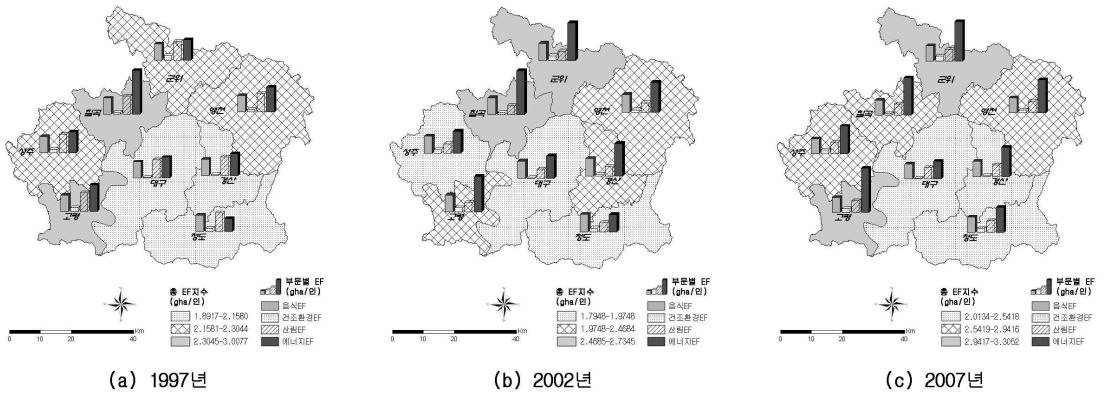


FIGURE 3. 시기별 EF지수의 분포 패턴

다(그림 3(b)). 토지의 소비량이 적은 그룹에서도 작은 변화가 나타났는데, 경산시가 중위 그룹으로 이동하였고, 성주군이 최하위 그룹으로 분류되었다. 2007년의 경우 2002년까지 토지의 소비량이 가장 많았던 칠곡군이 중위 그룹으로 이동하였고, 고령군과 군위군이 3.1gha 이상의 많은 토지를 소비하는 것으로 나타났으며, 하위 그룹은 1997년과 동일한 분포를 보였다(그림 3(c)).

다음으로 총 EF지수의 시기별 변화를 그림 4를 통해서 살펴보면, 경산시, 군위군, 고령군은 시간의 변화에 따라 총 EF지수가 점차 증가하는 형태를 보였다. 영천시, 성주군, 청도군은 2002년 감소 추세를 보였으나, 2007년 다시 증가하는 추세를 나타내었다. 대구광역시와 칠곡군은 1997년에 가장 높은 EF지수를 가지는 것으로 분석되었고, 그 후 감소추세를 보였다. 이는 대구광역시와 칠곡군의 총 EF

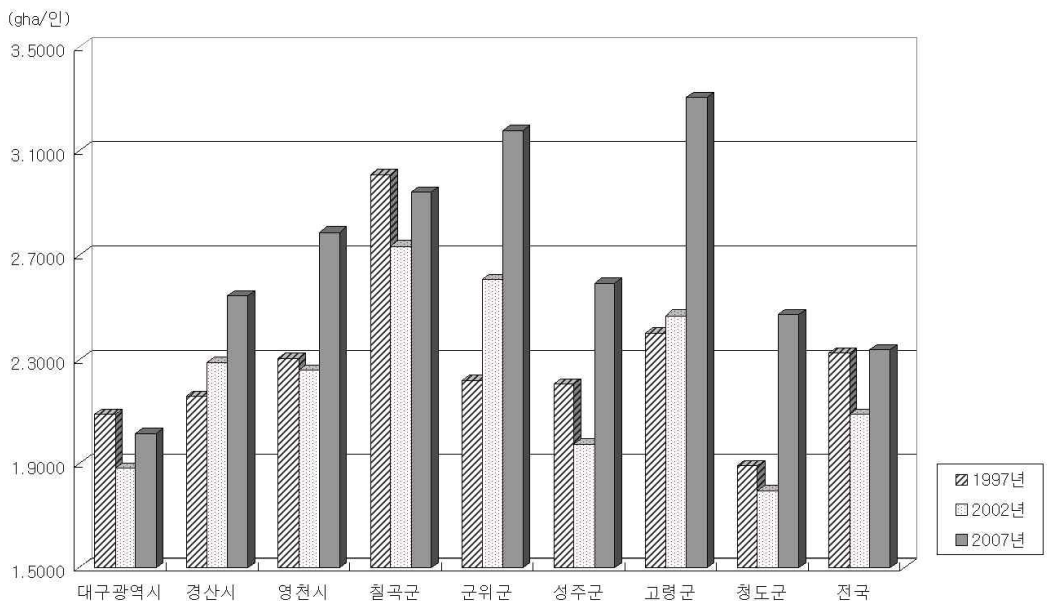


FIGURE 4. 총 EF지수의 변화 패턴

TABLE 3. 도시별 생태적자 및 필요면적

연도	도시	인구	생태수용력	EF	생태적자	필요면적
		(1,000인)	(BC, gha/인)	(gha/인)	(gha/인)	(배)
		a	b	c	d=c-b	e=c/b
1997	대구광역시	2,502	0.0604	2.0867	2.0263	34.56
	경산시	200	0.3481	2.1580	1.8099	6.20
	영천시	122	1.1780	2.3044	1.1263	1.96
	칠곡군	93	0.7582	3.0077	2.2495	3.97
	군위군	32	2.8526	2.2191	-0.6335	0.78
	성주군	54	1.8395	2.2050	0.3655	1.20
	고령군	39	1.4901	2.4012	0.9111	1.61
	청도군	57	1.8589	1.8917	0.0328	1.02
전국		46,885	0.3422	2.3234	1.9812	6.79
2002	대구광역시	2,541	0.0636	1.8810	1.8174	29.58
	경산시	221	0.3158	2.2883	1.9724	7.25
	영천시	117	1.2323	2.2571	1.0248	1.83
	칠곡군	108	0.6492	2.7345	2.0852	4.21
	군위군	32	2.8838	2.6050	-0.2788	0.90
	성주군	52	1.8821	1.9748	0.0927	1.05
	고령군	37	1.5877	2.4684	0.8807	1.55
	청도군	51	2.0669	1.7948	-0.2721	0.87
전국		48,518	0.3459	2.0878	1.7419	6.04
2007	대구광역시	2,513	0.0602	2.0134	1.9532	33.43
	경산시	243	0.2891	2.5418	2.2527	8.79
	영천시	108	1.3357	2.7877	1.4521	2.09
	칠곡군	117	0.6039	2.9416	2.3377	4.87
	군위군	26	3.5142	3.1777	-0.3365	0.90
	성주군	47	2.1129	2.5915	0.4786	1.23
	고령군	36	1.6170	3.3052	1.6881	2.04
	청도군	46	2.2964	2.4696	0.1732	1.08
전국		50,034	0.3227	2.3369	2.0142	7.24

지수에 산림 부분의 EF지수가 많은 영향을 주었기 때문이다. 본 연구에서는 통계자료의 한계로 인해 산림EF를 전국 단위로 산정하였고, 이로 인해 이러한 결과가 도출되었을 가능성도 있기 때문에 향후 더 구체적인 통계자료의 구축이 이루어진다면 변화에 대한 정확한 분석이 가능할 것으로 판단된다.

2. 생태적자 분석

도시별 EF지수 분석을 통해 인간이 현재의 생활을 유지하기 위해 소비하고 있는 토지량을 각 부문별로 산정하였다. 그러나 EF지수는 토지의 소비량만을 나타내는 지표로서 도시의 환경용량과 적정규모가 얼마인지, 현재의 소비형

태가 얼마나 많은 면적을 초과하여 소비하고 있는지를 평가하는 것은 불가능하다. 이에 EF지수와 생태수용력을 활용한 생태적자 분석을 통해 도시의 환경용량 및 초과정도를 평가하였다.

먼저, 생태적자 분석을 위해 세 시기에 걸쳐 도시별 생태수용력을 산정하였다. 이 중 2007년도의 결과를 살펴보면, 군위군이 3.5142gha로 가장 넓은 면적을 가지고 있었으며, 청도군과 성주군 역시 2.0gha 이상의 높은 생태수용력을 보유하고 있었다(표 3). 반면, 대구광역시의 생태수용력은 0.0602gha로 가장 낮게 평가되었다. 이는 대구광역시의 경우 한정된 토지 내에 많은 수의 인구가 집중되어 있어 1인당 보유할 수 있는 생태수용력이 낮게 평가된 것이다. 따라서 대구광역시와 같은 대도시의 경우에는 지속적인 인구분산 정책을 통해 생태수용력의 면적을 증가시킬 필요가 있을 것으로 판단된다. 한편, 대구광역권의 8개 도시 중 6개 도시의 생태수용력이 전국의 생태수용력인 0.3227gha보다 크게 나타나 상대적으로 대구광역권의 생태적 토지면적은 넓은 것으로 분석되었다.

생태수용력을 토대로 생태적자 분석을 실시한 결과, 1997년의 경우 군위군을 제외한 7개

도시가 생태적자 상태로 나타나 도시의 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었으며, 특히 칠곡군과 대구광역시의 생태적자는 2.2495gha, 2.0263gha로 높은 적자 상태로 분석되었다(표 3). 반면, 군위군은 -0.06335gha로 나타나 대구광역권에서 유일하게 생태흑자 상태로 평가되었다. 이는 군위군이 넓은 산림면적을 토대로 높은 생태수용력을 유지하고 있기 때문을 판단된다. 2002년의 경우 칠곡군, 경산시 등 6개 도시가 생태적자 상태였으며, 군위군과 청도군이 생태흑자의 상태로 분석되었다. 칠곡군의 생태적자가 2.0852gha로의 가장 높게 나타난 반면, 군위군은 -0.2788gha로 분석되어 환경용량의 초과하지 않는 것으로 평가되었다. 2007년의 경우에도 1997과 동일하게 군위군을 제외한 7개 도시가 생태적자 상태로 분석되어 환경용량을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

다음으로 도시가 자급자족하여 현재의 소비수준을 유지하는 것으로 가정할 경우 추가적으로 필요한 면적을 산출한 결과는 그림 5와 같다. 이를 살펴보면, 대구광역시는 1997년 34.56배, 2002년 29.58배, 2007년 33.43배로 약 30배 이상의 면적이 필요한 것으로 분석되었

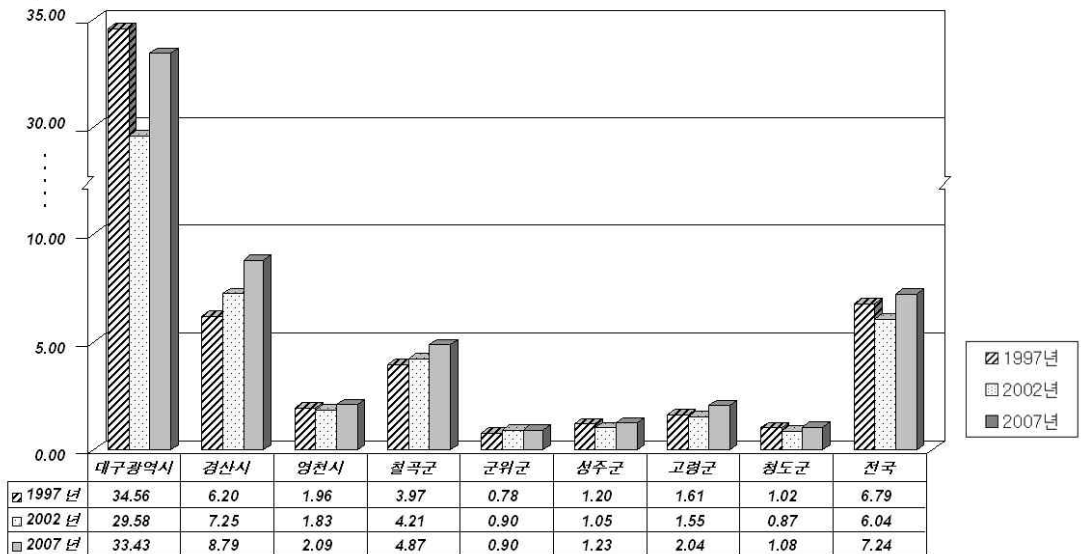


FIGURE 5. 도시의 유지를 위해 추가적으로 필요한 면적

다. 경산시와 칠곡군은 각각 8.79배(2007년), 4.82배(2007년)로 나타나 약 4배 이상의 토지가 필요하였고, 영천시, 고령군 등 3개 도시도 추가적인 토지가 필요한 것으로 평가되었다. 전체적인 변화 패턴을 살펴보면, 대구광역시를 제외한 7개 도시의 필요면적은 1997년에 비해 2002년 다소 감소하거나 증가하는 양상이었으나, 2007년 증가하는 추세를 보여 1997년에 비해 2007년의 필요면적이 모두 증가한 것으로 나타났다. 이는 2002년의 전국의 산림생산성이 증가하여 산림EF가 크게 감소하였기 때문이다. 반면, 대구광역시는 1997년에 비해 2002년과 2007년의 필요면적이 감소하는 추세를 보였다.

토지의 초과소비가 발생하는 지역은 그 초과량만큼 외부의 다른 지역이나 외국의 토지를 소비하고 있는 것이며, 이는 에너지, 재화 등의 수·출입을 통해 유입되게 된다. 한편, 전국의 소비행태를 고려할 경우 추가적으로 필요한 토지량은 7.24배(2007년)로 분석되어 대구광역시 보다는 낮지만 7개 도시보다는 높게 타나났다. 따라서 현재 대구광역권의 도시들은 환경용량을 초과하고는 있지만, 전국의 수준을 고려할 경우 양호한 수준으로 평가할 수 있다.

요컨대, 대구광역권에서는 군위군을 제외한

7개 지역의 환경용량이 초과하고 있는 것으로 나타났으며, 대구광역시는 30배 이상의 토지가 더 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 이들 도시에서는 생태산업단지, 도시내 투수면 증가 등과 같은 생태적인 도시건설을 통해 건조환경을 감소시켜야 하며(이우성 등, 2007), 태양 및 바람과 같은 친환경적 대체에너지를 개발하여 화석연료를 저감할 수 있는 방안이 제시되어야 할 것이다. 또한, 대도시의 경우에는 환경용량을 고려한 토지이용계획이 필수적으로 요구되며, 단계적인 인구의 분산을 유도해야 할 것으로 판단된다(김경태, 2005).

3. ESV 평가

EF지수가 가지는 경제적인 가치를 측정하기 위해 도시의 2007년 지목별 평균 공시지가를 토대로 ESV를 평가하였다. 이러한 방식으로 산정된 ESV는 현재 도시의 소비생활을 유지하기 위해 사용하고 있는 토지를 경제적 단위로 환산한 값이며, 이는 우리가 연간 생태계로부터 빌리고 있는 토지의 실질적인 경제적 가치에 해당된다.

ESV 평가에서는 등가인자에 의해 수정된 EF지수를 활용하지 않고, 순수한 토지면적으로 계산된 EF지수를 활용하였다. 음식 소비에 의한 ESV 평가에는 전, 답 등의 평균 공시지

TABLE 4. 도시별 ESV 평가

(단위: 백만 원)

도시	항목 (음식 (농경지))	건조환경	에너지 (산림)	산림	1인당 ESV	총 ESV
대구광역시	1,002.0	34.0	26.0	16.6	1,078.6	2,710,285,943.2
경산시	453.8	24.5	29.4	11.6	519.4	126,074,138.9
영천시	177.1	18.0	7.5	2.6	205.2	22,099,116.5
칠곡군	361.6	28.8	21.6	6.6	418.7	49,080,749.2
군위군	100.1	17.1	4.7	1.4	123.4	3,229,046.7
성주군	157.9	23.5	6.7	2.8	190.9	8,901,670.8
고령군	232.6	22.2	10.1	2.6	267.6	9,646,972.6
청도군	153.2	20.3	4.3	2.0	179.9	8,271,160.4
전국	292.5	44.8	26.2	12.1	375.7	18,798,194,029.3

가를 이용하였으며, 건조환경은 대지, 공장 등의 공시지가를, 산림은 임야의 공시지가를 활용하였다. 또한, 에너지 소비에 의한 ESV 평가에서는 화석연료에 의해 생성되는 CO₂의 제거에 효율성이 높은 지역인 임야의 평균 공시지가를 이용하였다.

도시별 ESV 평가 결과를 표 4를 통해 살펴보면, 음식 소비에 의한 ESV는 대구광역시가 1,002.0백만 원으로 가장 높게 평가되었으며, 반면 군위군은 100.1백만 원으로 가장 낮게 분석되었다. 음식 EF지수의 경우 도시별 차이가 거의 없는 것으로 분석되었는데, ESV의 차이가 크게 나타난 것은 각 도시마다 같은 양의 토지를 소비하더라도 토지의 경제적 가치(공시지가)가 차이 있기 때문이다. 즉, 대구광역시와 같은 대도시에서는 똑같은 음식을 소비하더라도, 그 지역의 농경지 가치가 높기 때문에 생태계로부터 빌리고 있는 경제적인 가치가 높게 평가되는 것이다.

건조환경 및 산림에 의한 ESV의 경우에도 대구광역시가 각각 34.0백만 원, 16.6백만 원으로 가장 높은 가치를 생태계로부터 빌리고 있는 것으로 나타났고, 군위군이 각각 17.1백만 원, 1.4백만 원으로 가장 낮게 분석되었다. 건조환경 부문의 도시별 ESV는 타 부문에 비해 차이가 크지 않은 것으로 나타났고, 전국의 44.8백만 원 보다 모두 낮게 평가되었다. 에너지에 의한 ESV는 경산시가 29.4백만 원으로 가장 높게 분석되었는데, 이는 경산시의 에너지 소비량은 적지 않은 반면, 대구광역시 인근에 위치하여 산림의 평균 공시지가는 타지역에 비해 높게 나타났기 때문으로 판단된다. 반면, 청도군은 에너지소비량도 적으며, 산림의 공시지가 역시 낮아서 가장 낮은 ESV로 평가되었다.

다음으로, 1인당 총 ESV는 대구광역시가 1,078.6백만 원으로 가장 높게 평가되었으며, 경산시와 칠곡군이 각각 519.4백만 원, 418.7백만 원으로 높은 값으로 분석되었다. 대구광역

시의 전체 ESV는 2,710조 원으로 분석되어 연간 대구광역시민들이 생태계로 빌리는 경제적 가치는 대구광역시의 2007년 지역내총생산(GDP)인 29.5조 원의 약 92배에 해당되는 금액이다(대구광역시, 2008). 우리나라 전체를 대상으로 볼 때 국민 1인당 연간 375.7백만 원을 생태계로부터 빌려 소비하고 있으며, 국민 전체는 연간 18,798조 원을 생태계에 빚지고 있는 것으로 분석되었다.

이상의 분석을 토대로 볼 때, 우리의 소비활동과 도시의 경제활동은 환경적으로 많은 문제가 있음을 판단할 수 있다. 인간이 생존하기 위해 필수적으로 요구되는 의식주뿐만 아니라 더 나은 생활과 경제적 편이성을 위해 생태계에 많은 부분을 빚지고 있는 것이다. 현재 도시계획 및 정책을 구상하고, 적용할 때 가장 많이 언급되고 있는 ‘환경적으로 건전하고 지속가능한 개발’을 올바르게 실천하기 위해서는 단순히 경제성과 편이성만을 고려할 것이 아니라 EF지수와 같은 분석을 통해 환경용량을 산정하고, 이를 토대로 생태계의 훼손을 최소화할 수 있고, 환경에 대한 부정적인 영향을 저감할 수 있는 방향으로의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 다시기의 EF지수 분석을 통해 도시의 환경용량을 산정하고 변화과정을 분석하였으며, 이를 토대로 생태계용역가치를 평가하여 우리의 소비생활이 생태계에 미치는 영향을 경제적인 관점에서 고찰하고자 하였다.

먼저, 도시별 총 EF지수 분석 결과를 살펴보면, 1997년과 2002년에는 칠곡군이 각각 3.0077gha, 2.7345gha로 가장 넓은 면적을 소비하였으며, 청도군이 각각 1.8917gha, 1.7948gha로 가장 적은 면적을 소비하는 것으로 분석되었다. 2007년의 경우 에너지 소비량의 급격한 증가를 보였던 고령군의 EF지수가 3.3052gha로 가장 높게 나타났으며 반면, 대구시는 2.0134gha


로 가장 적은 면적으로 소비하는 것으로 평가되었다. 전국의 EF지수와 비교해 보면, 1997년에는 칠곡군과 고령군만이 전국의 평균 1인당 EF지수인 2.3234gha보다 높게 나타났으나, 2002년에는 칠곡군의 EF지수 등 5개 도시로 늘어났으며, 2007년에는 대구시를 제외한 모든 도시가 전국의 평균인 2.3369gha를 초과하는 것으로 분석되어 시간이 흐름에 따라 대구광역권의 토지 소비량이 증가되고 있음을 확인하였다.

환경용량과 초과소비를 판단하기 위해 생태적자 분석을 실시한 결과, 1997년의 경우 군위군을 제외한 7개 도시가 생태적자 상태로 나타났으며, 2002년에는 칠곡군, 경산시 등 6개 도시가, 2007년에는 1997년과 동일하게 군위군을 제외한 7개 도시가 생태적자 상태로 분석되어 도시의 환경용량을 초과하는 것으로 평가되었다. 군위군은 대구광역권의 도시 중 유일하게 세 시기 모두 생태적자 상태를 가지는 것으로 분석되었는데, 이는 군위군이 넓은 산림면적을 토대로 높은 생태수용력을 유지하고 있기 때문이라고 판단된다.

다음으로 도시별 추가적으로 필요한 면적을 산출한 결과를 살펴보면, 대구광역시는 1997년 34.56배, 2002년 29.58배, 2007년 33.43배로 약 30배 이상의 면적이 필요한 것으로 분석되었다. 경산시와 칠곡군은 약 4배 이상의 면적이 필요한 것으로 나타났고, 영천시, 고령군 등 3개 도시도 추가적인 토지가 필요한 것으로 평가되었다. 따라서 이들 도시에서는 생태적인 도시건설을 통해 도시내 불투수면과 같은 건조환경을 감소시키고, 대체에너지 개발 등을 통해 화석연료의 사용을 저감해야 할 것으로 판단된다.

한편, EF지수를 활용하여 ESV 평가를 실시한 결과, 1인당 총 ESV는 대구광역시가 1,078.6백만 원으로 가장 높게 평가되었으며, 경산시와 칠곡군이 각각 519.4백만 원, 418.7백만 원의 생태적 가치를 소비하고 있는 것으로 평가되었다. 대구광역시의 전체 ESV는 2,710조 원으로 분석되어

연간 대구광역시민들이 생태계로부터 빌리는 경제적 가치는 지역내총생산의 약 92배에 달하는 규모로 평가되었다. 이상의 분석에서와 같이 우리의 소비활동은 생태계에 많은 빚을 지고 있음을 확인할 수 있다, 따라서 생태계에 대한 빚을 감소시키고, 지속가능한 개발을 유지하기 위해서는 도시에 대한 정확한 진단을 통해 환경용량을 고려한 환경친화적 도시계획 및 토지이용계획이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점은 통계자료 등과 같은 기초 데이터의 부족으로 인해 모든 소비품목을 포함시킬 수 없었으며, 특히 산림관련 데이터는 도시별 데이터 수집이 곤란하여 전국단위로 산출할 수 밖에 없었다는 것이다. 그러나 측정된 EF지수는 도시의 환경용량과 지속가능성을 거시적으로 평가하기에는 무리가 없으며, 일반 시민들이 쉽게 이해할 수 있다는 장점을 가지고 있어 행정계획이나 도시정책에서의 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다. 

참고 문헌

- 건설교통부. 2005. 2020년 대구권 광역도시계획-대구광역시 및 경상북도 일부지역. 210쪽.
- 고재경, 이유진, 한순균. 2007. 생태발자국안내서. 푸른경기21실천협의회 연구보고서. 76쪽.
- 김경태. 2005. Ecological Footprint를 활용한 도시환경용량평가. 경북대학교 대학원 석사학위논문. 71쪽.
- 김경태, 정성관, 유주환, 이우성. 2007. 생태적발자국 지수 분석에 따른 도시유형 분류 및 관리방안. 국토계획 42(1):7-18.
- 김보국, 이강진, 이성재. 2005. 전라북도 환경용량 및 도시개발용량 평가. 전북발전연구원 연구보고서. 203쪽.
- 대구광역시. 2008. 대구통계연보 2008.
- 마강래. 1998. Ecological footprint 분석을 이용한 경제활동의 환경영향에 관한 연구-한국의 ecological footprint 분석. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문. 98쪽.

- 문경주. 2004. Ecological Footprint 분석을 이용한 도시의 지속가능성 평가: 부산광역시를 중심으로. 한국사회와 행정연구 15(3):129-158.
- 오규식, 정연우, 이동근, 이왕기. 2002. 지속가능한 도시환경을 달성하기 위한 통합적 도시 수용력 평가체계 수립. 국토계획 37(5):7-26.
- 이우성, 곽행구, 정성관, 박경훈. 2007. 물리적 환경인자를 활용한 도시의 쾌적성 평가. 한국지리정보학회지 10(1):169-182.
- 이창우, 오용선. 1999. 서울시 환경용량 평가에 관한 연구. 서울시정개발연구원 연구보고서 144쪽.
- 임재호. 2001. 청주시 환경용량평가에 관한 연구. 청주대학교 대학원 석사학위논문. 98쪽.
- 주용준. 2009. 지속가능한 생태도시를 위한 환경용량 평가에 관한 연구-생태발자국을 중심으로. 안양대학교 일반대학원 박사학위논문. 65쪽.
- 최원영, 정성관, 오정학, 유주한. 2005. 경관지수와 생태계용역가치를 활용한 대구광역시권 경관의 구조적·기능적 변화 분석. 한국지리정보학회지 8(4):102-113.
- 한국농촌경제연구원. 2008. 농업전망 2009(I): 한국농업·농촌, 도전과 새로운 희망. 한국농촌경제연구원 연구보고서. 478쪽.
- Bagliani, M., A. Galli, V. Niccolucci and N. Marchettini. 2008. Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: the case of the Province of Siena (Italy). Journal of Environmental Management 86:354-364.
- BFF(Best Foot Forward). 1999. Oxfordshire's ecological footprint: a report to Oxfordshire County Council. (<http://www.bestfootforward.com/articles/oxon5.htm>).
- Ewing, B., S. Goldfinger, M. Wackernagel, M. Stechbart, S. Rizk, A. Reed and J. Kitzes. 2008. The Ecological Footprint Atlas 2008. Global Footprint Network, Oakland, CA. 87pp.
- Fricker, A. 1998. The ecological footprint of New Zealand as a step towards sustainability. Futures 30(6):559-567.
- Haberl, H., K.H. Erb and F. Krausmann. 2001. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926-1995. Ecological Economics 38(1):25-45.
- Liu, Q.P., Z.S. Lin, N.H. Feng and Y.M. Liu. 2008. A Modified Model of Ecological Footprint Accounting and Its Application to Cropland in Jiangsu, China. Pedosphere 18(2):154-162.
- Odum, H.T. 1996. Environment Accounting: Emery and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons, New York. 384pp.
- Parker, P. 1998. An environmental measure of Japan's economic development: the ecological footprint. Geographische Zeitschrift 86:106-119.
- Redefining Progress. 2002. Report of the Sonoma County Ecological Footprint Project. (<http://www.sustainablesonoma.org/projects/footprintreport/scfpweb.pdf>).
- Siche, J.R., F. Agostinho, E. Ortega and A. Romeiro. 2008. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emery performance indices. Ecological Economics 66:628-637.
- Wackernagel, M. and W. Rees. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC. 160pp.
- Wackernagel, M., L. Onisto, P. Bello, A.C. Linares, I.S.L. Falfun, J.M. Garcia, A.I.S. Guerrero and M.G.S. Guerrero. 1999. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics 29(3):375-390.
- WCED(World Commission on Environment and Development). 1987. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford. 400pp.
- Yue, D., X. Xu, Z. Li, C. Hui, W. Li, H. Yang and J. Ge. 2006. Spatiotemporal analysis of ecological footprint and biological capacity of Gansu, China 1991-2015: down from the Environmental Cliff. Ecological Economics 58:393-406. 