

## 자치단체별 환경용량 비교를 위한 경상북도지역 생태발자국 추정연구<sup>1a</sup>

강기래<sup>2</sup> · 김희채<sup>3</sup> · 김동필<sup>4</sup> · 오현경<sup>5\*</sup> · 조광진<sup>6</sup> · 신영호<sup>7</sup>

### A Study on the Estimation of Ecological Footprint in Gyeongsangbuk-do for Comparison of Environmental Capacity of Each Local Government<sup>1a</sup>

Kee-Rae Kang<sup>2</sup>, Hee-Chae Kim<sup>3</sup>, Dong-Pil Kim<sup>4</sup>, Hyun-Kyung Oh<sup>5\*</sup>, Kwang-Jin Cho<sup>6</sup>, Young-Ho Shin<sup>7</sup>

#### 요약

산업화로 인한 급격한 도시화와 인구의 증가는 필연적으로 도시의 확장을 초래하였으며 이는 자연성의 감소로 이어져 생태계 선순환의 가장 큰 위협요소로 다가오고 있다. 이러한 생태계의 위기는 인류의 위기를 동반할 것이라는 공통된 인식의 확장으로 세계 각국은 ESI, EPI, SDI 등 범 국가적인 환경지표 이외에 한 국가 단위나 지방자치단체 단위, 또는 개인단위의 환경소비량을 측정하여 각 지역 간의 비교, 또는 개인의 적절한 소비수준을 지표로서 나타내는 연구들이 수행되고 있다.

이러한 배경으로 본 연구는 경상북도지역 23개 지방자치단체별로 환경용량을 추정하고자 수행 되었다. EF지수의 추정 결과 경상북도지역민 1인당 생활에 필요한 EF지수값은 0.9534를 나타내고 있었으며 생태수용력을 고려한 생태적자 분석에서 25.3%의 적자를 보이는 것으로 추정하였다. 또한 경상북도지역 지방자치단체별 EF지수 분석에서 EF지수가 가장 높은 지역은 영덕군이며 가장 낮은 지역은 울릉군이었다. 하지만 각 지역의 생태수용력을 고려한 생태적자분석에서 생태적자가 가장 심한 지역은 구미시이며 생태수용력이 가장 큰 지역은 영양군으로 나타났다.

본 연구로 추정된 환경용량은 각 경상북도 지방자치단체별 생태수용력과 생태적자 규모를 수치로 나타낸 것이다. 추정된 각 지방자치단체별 적정 환경용량은 환경의 보존과 적절한 개발의 규모를 제시해 주고 더 나아가서는 개발시설, 또는 보존지역의 위치를 선정할 경우 각 지방자치 단체 소속 구성원들을 설득하기 위한 기초적인 자료로 사용될 수 있을 것이다.

주요어: 환경지표, 생태적자, 생태수용력, 환경소비량, 개발의 규모

#### ABSTRACT

The rapid urbanization and increase in population due to industrialization have led to the extension of cities and the reduction in naturality as a necessity. Now, it is the biggest threat to virtuous circle of ecosystem. With

1 접수 2014년 8월 19일, 수정 (1차: 2014년 11월 11일, 2차: 2014년 12월 1일), 게재확정 2014년 12월 2일

Received 9 August 2014; Revised (1st: 11 November 2014, 2nd: 1 December 2014); Accepted 2 December 2014

2 부산대학교 생명산업융합연구원 Institute of Comprehensive Bio industrial, Pusan National University

3 국립수목원 Korea National Arboretum

4 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National University

5 전북대학교 조경학과& 한반도생태연구소 Corresponding author: Hyun-Kyung Oh, Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

6 농촌진흥청 국립농업과학원 National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

7 경북대학교 대학원 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Kyungpook National University

a 이 논문은 2013 한국조경학회 춘계학술발표회의 논문을 수정 보완하였음.

\* 교신저자 Corresponding author: Tel: 010) 9209-9675, E-mail: trunk92@hanmail.net

the expansion of common recognition that this ecological crisis would be accompanied by the crisis of mankind, many countries all around the world are conducting researches to indicate the optimum consumption level of individual as an index in addition to cross-national environmental indicators such as ESI, EPI and SDI, by measuring environmental consumption of state, local government or individual, and comparing each region.

Based on this background, this research was carried out to estimate the environmental capacity of 23 local government in Gyeongsangbuk-do. The result of EF estimation showed that EF value necessary for life per head in Gyeongsangbuk-do was 0.9534, and it showed an ecological deficit of 25.3 percent when analyzing it in consideration of the ecological capacity. Also, among the local governments in Gyeongsangbuk-do, Youngduk-gun displayed the highest EF, and Ulleung-gun displayed the lowest EF. But when analyzing the ecological deficit in consideration of the ecological capacity of each region, Gumi-city showed the greatest ecological deficit, and Youngyang-gun showed the biggest ecological capacity.

The environmental capacity estimated in this study is to digitize the ecological capacity and ecological deficit of each local government in Gyeongsangbuk-do. The estimated optimum environmental capacity of each local government suggests the scale of environmental preservation and proper development and furthermore, could be used as fundamental data for persuading members of each local government when selecting a location of development facility or preservation area.

**KEY WORDS: ENVIRONMENTAL INDICATORS, ECOLOGICAL DEFICIT, ECOLOGICAL CAPACITY, ENVIRONMENTAL CONSUMPTION, SCALE OF DEVELOPMENT**

## 서론

자연은 인간생활의 필요한 모든 것들을 제공하며 소비된 자원을 재생산시켜 다시 순환하는 거대한 시스템을 이루고 있다. 인간은 이러한 순환 시스템의 최대 수혜자인 동시에 가해자이다. 특히 산업화로 인한 급격한 도시화와 인구의 증가는 필연적으로 도시의 확장을 초래하였으며 이는 자연성의 감소로 이어져 생태계 선순환의 가장 큰 위협요소로 다가오고 있다. 이러한 생태계의 위기는 인류의 위기를 동반할 것이라는 공통된 인식의 확장으로 세계 각국은 환경지속성지수(Environmental Sustainability Index: ESI), 환경성과지수(Environmental Performance Index: EPI), 지속가능발전지표(Sustainable development Index: SDI) 등 환경에 대한 관리 지표를 개발하여 환경용량에 대한 객관적인 평가를 시도하고 있다. 근래에는 ESI, EPI, SDI 등 범 국가적인 환경지표 이외에 한 국가 단위나 지방자치단체 단위, 또는 개인단위의 환경소비량을 측정하여 각 지역 간의 비교, 또는 개인의 적정한 소비수준을 지표로서 나타내는 연구들이 수행되고 있다. 이러한 환경용량은 개인이나 지방자치단체의 지속가능한 개발의 수준을 상호 비교할 수 있으며 환경용량의 상호 비교에 따라 개발지역과 보전지역의 판단

에 기초적인 자료로 제공될 수도 있다.

“지속가능한발전(Sustainable Development)이란 1987년 개최된 환경 및 발전에 관한 세계위원회(World Commission on Environment&Development:WCED)의 「우리 공동의 미래(Our Common Future)라는 보고서에서 ‘미래 세대의 필요를 만족시키는 능력의 손실 없이, 현세대의 필요를 만족시키는 개발’이라고 정의하고 있다. 이 개념은 우리가 현재 사용하고 있는 환경과 자연자원을 우리의 미래세대도 최소한 세대만큼 향유할 권리가 있으며, 이것은 경제적 지속가능성만 의미하는 것이 아니라 자연자원을 포함한 생태계 전체가 지속가능할 것을 요구한다는 것을 의미한다(Kim and Sa, 1998).

이러한 배경에서 Wackernagel and Rees(1996)는 경제활동에 소요되는 모든 자원을 하나의 평가 단위인 ‘생산적인 토지소비면적’으로 환산하여 지속가능성을 평가하는 생태적 발자국 분석(Ecological Footprint Analysis: EFA)을 개발하였다. EF지수는 특정지역이나 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 보여준다(Wackernagel and Rees, 1996; Wackernagel *et al.*, 1997).

우리나라의 환경용량 관련한 연구들은 한국의 EF지수를 이용하여 서울시의 EF지수 변화를 시계열적으로 평가한 Lee와 Oh(1999)가 있으며 경기도를 대상으로 소비범주를 중심으로 한 EF지수의 측정에 대한 연구(Han, et. al., 2011)등이 있어 왔다. 그리고 Choi 등(2011)은 EF지수분석을 통하여 수도권 광역계획권 환경용량평가에 관한 연구를 수행하였다. 생태발자국지수를 추정하여 거시적 정책판단에 반영하기 위한 연구는 Bae(2010)의 충청북도 시군별 생태발자국 산정에 관한 연구가 수행되었다. 이 연구에서 생태발자국을 ‘지역단위의 지속가능성’에 대한 보다 계량적, 가시적으로 각 시군의 환경용량을 추정하였다. 이외에 중학생들을 대상으로 생태발자국측정 프로그램을 개발하여 개인당 적정소비수준을 제시해 주는 Hong(2005)의 연구가 있었다. 하지만 경북지역의 각 지방자치단체별 EF지수 산정을 통한 적정 환경용량 산정에 대한 연구는 아직까지 수행되지 않고 있다.

따라서 본 연구는 2010년 기준으로 경상북도지역 23개 지방자치단체별로 환경용량을 추정하고자 한다. 추정된 환경용량은 각 경상북도 지방자치단체별 환경수용량과 환경적자 규모를 보여줄 수 있을 것이다. 그리고 추정된 각 지방자치단체별 적정 환경용량은 환경의 보존과 적절한 개발의 규모를 제시해 주고 더 나아가서는 개발시설, 또는 보존지역의 위치를 선정할 경우 각 지방자치 단체 소속 구성원들을 설득하기 위한 기초적인 자료로 사용될 수 있을 것이다.

## 연구방법

### 1. 이론적 접근

EF지수는 특정지역내의 인간이 생활하는데 소비하는 음식, 건축물을 건설할 부지, 목재와 이산화탄소를 흡수하는 산림, 그리고 에너지를 생산하기 위해 필요한 토지의 면적을 환산한 지수를 말한다. 인간의 EF지수 산정을 위한 지역민들이 소비하는 항목에 따른 소비범주의 구분과 이에 따른 기초 데이터를 국가통계포털(KOSIS)과 각 지방자치단체의

홈페이지에서 수집하였다. 소비의 범주 구분은 인간의 생활에 필요한 모든 자원을 세세히 구분하고 분류한다는 것은 불가능에 가깝기 때문에 소비부문 구분은 생태발자국 표준방법론 적용에 의해, 음식부문(Food), 건조환경부문(Built-up Environment), 산림부문(Forest), 에너지부문(Energy) 등 4개 소비부문으로 구분하였다(Wakernagel, 1996; Moon, 2004; Kim, 2005). 자료 수집의 기준연도는 2010년이며 자료의 구축은 EXCEL2010을 이용하였다.

생태발자국은 대개 글로벌 헥타르(gha)로 측정된다. 무역은 지구적이기 때문에, 개인 또는 국가의 발자국은 전 세계에 걸친 토지 또는 바다를 포함한다(GFN, 2008a). EF지수 산정을 위한 계산 순서는

① EF지수 추정부문을 구성하고 있는 항목들에 대한 기초적인 데이터를 수집한다. 이 단계는 EF지수 추정의 가장 기초적인 단계이기 때문에 구성항목의 데이터가 다양하고 정확할수록 EF지수의 추정도 신뢰할 수 있다.

② 음식, 건조환경, 산림, 에너지 등 EF지수를 구성하고 있는 구성항목별로 1인당 EF지수를 산정한다. 각 부문의 기본적인 EF값의 산정은 아래 식 (1)을 기초로 구한다.

$$EF = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF \quad (1)$$

P : 수확한 제품 또는 배출된 폐기물의 양 Y<sub>N</sub> : P에 대한 국가평균 생산성

YF : 생산성 인자 EQF: 등가 인자

주요 토지형태별 생산성인자(Yield Factor; YF)는 특정 국가의 토지 생산성을 같은 형태의 세계 평균생산성과 비교하여 상대적 생산성을 나타내며 농경지 1.9253, 산림 0.5694, 초지 1.6963, 어장 2.1508, 건조부지 1.9253을 적용하여 세계평균산출률로 계산하였으며, 세계토지 평균생산성과 비교한 특정형태의 토지생산성을 나타내는 등가인자(equivalent factor)는 농경지 2.51, 산림 1.26, 초지 0.46, 어장 0.37, 건설부지, 2.51 에너지 토지 1.26을 적용하였다(GFN, 2008, Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2008 Edition, p.6)

Table 1. EF Estimation Sectors(Choi, 2011)

Estimation Sectors	Composition items
Food	rice, barleys, potatoes, cereals,beans,vegetables,fruits,industrial crops, animal products, dairy products
Built-up	land, factory site, school site, road, railroad site, embankment, water supply site, physical training site pleasure ground, religious site, historic site, graveyard, miscellaneous area
Forest	wood
Energy	gasoline, kerosene, diesel, heavy oil, B-C oil, propane, butane, city gas, electricity

③ 식 1을 기반으로 산정된 구성 항목별 EF지수를 합산하면 추정부문별 EF지수가 산출된다. 부문별 EF지수는 식 (2)와 같이 구성되며 추정부문별 EF지수를 합산하면 1인당 EF지수를 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{추정부문별 } EF &= \sum \text{구성항목별 1인당 } EF & (2) \\ \text{1인당 } EF &= \sum \text{추정부문별 } EF \end{aligned}$$

④ 특정지역의 1인당 EF지수 산출공식은 식(3)과 같다.

$$EF(\text{ha/인}) = \frac{\text{1인당 총소비량}(kg/\text{인})}{\text{토지 } 1\text{ha당 총생산성}(kg/\text{ha})} \quad (3)$$

⑤ 생태수용력(biocapacity: BC)이란 한 지역 내에서 인간의 생활에 필요한 생물적 요소를 생산하고 그 지역민에 의해 소비된 폐기물을 흡수 재생산 하기 위해 필요한 생태계의 수용 능력을 의미한다. 토지의 생태수용력은 실제 물리적 면적과 생산성 인자(yield factor)와 적절한 등가인자(equivalence factor)를 곱함으로써 계산할 수 있다(GFN, 2008a).

$$BC = A \cdot YF \cdot EQF \quad (4)$$

A : 주어진 토지이용 형태의 이용가능한 면적

생태적 생산토지(A)는 현재 경작, 산림 등의 용도로 사용 중인 토지로서, 통계연보에 수록된 ‘토지 지목별 현황’ 중 Wackernagel과 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(Lee and Oh, 1999).

⑥ 생태적자(ecological Defit; ED)는 지역 또는 국가의 생태수용력과 EF지수와의 차이를 나타낸다. 생태적자는 특정지역내의 EF지수가 그 지역 인구가 이용가능한 면적의 생태수용력을 초과할 때 발생하며 생태적자는 특정 지역의

생태수용력이 그 지역 인구의 EF를 초과할 때 나타난다. 지역적 또는 국가적 생태적자라는 상태는 특정지역 또는 국가가 교역을 통하여 생태수용력을 지탱할 자원을 수입하거나 지역의 생태자산이 부족한 상태를 의미한다. 생태적자와 생태적자 규모의 산정식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{생태적자} &= \text{1인당 생태수용능력}(BC) \\ &\quad - \text{1인당 생태발자국}(EF) \end{aligned}$$

$$\text{해당 지자체 필요 토지 규모(배)} = \frac{\text{지자체 1인당 } EF}{\text{지자체 1인당 } BC}$$

$$\text{생태적자}(\%) = \frac{\text{1인당 } EF - \text{1인당 } BC}{\text{1인당 } BC} \times 100$$

특정지역을 기준으로 산출된 EF지수를 바탕으로 그 지역의 1인당 생태적자를 알 수 있으며 해당 지역에서는 1인이 필요로 하는 환경적 요소를 면적으로 환산하여 나타낼 수도 있으며 특정 지역의 생태적자가 몇%를 나타내고 있는 (5) 숫자로 나타낼 수 있다.

## 2. 연구방법

본 연구는 경상북도 지역의 지방자치단체별 EF지수 산정을 통하여 환경용량의 크기를 추정하기 위해 수행되었으며 물리적 공간은 경상북도 지역으로 정하였다. 경상북도의 행정구역상 면적은 2010년 기준 19,028km<sup>2</sup>을 차지하고 있으며 이는 전 국토의 약 19%의 비중으로 전국 행정단위 중 면적으로는 가장 넓다. 이 중 도시지역은 18.1%, 비도시 지역은 81.9%를 차지하고 있다. 경상북도 관할 시, 군은 23개소이며 인구는 2010년 12월말 기준으로 2,726,815명이다.

생태발자국 산정을 위한 기초적인 자료는 통계청의 국가통계포털과 경북도청, 각 시,군의 홈페이지, 산림청, 농촌경제연구원, 농림수산물부 등의 홈페이지에 기술되어 있는 통계자료를 이용하였다. 자료의 정리와 계산은 EXCEL 2010(MicroSoft, 2010)을 이용하였으며 연구의 진행 순서는 EF의 개념과 이론적 바탕, EF지수 산정의 절차, 경상북도 전체의 EF지수 산정, 각 지방자치단체의 EF지수산정, 생태적자 규모 분석의 순서로 진행하였다.

Table 2. General State of Gyeongsangbuk-do

Division	Content	Division	Content
Area(km <sup>2</sup> )	19,028	urban area(km <sup>2</sup> )	3,444
Population(number)	2,726,815	non-urban area(km <sup>2</sup> )	115,584
Number of administrative districts	23	land size per head(m <sup>2</sup> )	6,978

## 결과 및 고찰

### 1. 경상북도의 EF지수 산정

#### 1). 경상북도의 EF지수 산정

음식 부문을 구성하고 있는 미곡, 맥류, 잡곡, 두류, 서류 등 양곡소비량의 지역별 생산량, 수입량, 수출량 자료를 구분하여 자료를 구하기 어렵기 때문에 통계청이 제공하고 있는 품목별 1인당 연간 소비량과 농업통계에서 제공하는 1인 1일 식품공급량 등 1인당 연간 소비량 자료를 이용하여 계산하였다.

경북지역의 음식부문EF 값은 0.4247gha로 나타났다. 곡류 위주의 전통적인 식생활에서 소고기, 돼지고기, 닭고기 등의 육류소비가 점점 늘어나고 있음을 알 수 있다. 육류에 대한 작물 면적은 소고기, 돼지고기, 닭고기 1kg을 생산하는데 소요되는 곡물의 양을 기준으로 산정하였다. 음식 부문은 Table 3에 기록된 작물 이외에 더 많은 품목이 있을 수 있지만 지방정부와 통계청에서 수치로 된 자료를 얻을 수 있는 품목을 기준으로 하였다. 따라서 음식부문의 EF지수는 보수적으로 추정되어진 것이다.

건조환경부문의 토지는 인간이 개발하기 이전에는 생태적으로 생산적인 토지였으나 인간의 경제체제유지를 위한 개발과 인간의 활동을 위해 건물, 도로 등과 같은 시설물이 건설되기 시작하면서 더 이상 생산적인 기능을 수행하지 못하는 토지로 변화된 지역을 말한다(Choi *et. al.*, 2011).

경북지역의 건조환경 EF값은 0.16539gha이다. 경북지역

전체 면적 중 건축물로 활용될 수 있는 토지의 형질을 기준으로 추정하였다. 이러한 토지들은 더 이상 생산활동을 하지 못하고 인간의 생활에 필요한 역할을 하는 토지를 의미한다. 경상북도지역의 도시화 비율은 18.1%로 타 시도보다 자연성을 많이 가지고 있다고 판단된다.

산림은 경작지와 함께 생태계를 이루는 생산적인 토지에서 경제활동에 의해 방출되는 CO<sub>2</sub>를 흡수하는 중요한 역할을 하고 있다. 산림부문 EF지수는 지역별 목재 생산량과 소비에 영향을 받는 1인당 목재관련 제품을 소비하는데 필요한 임산물의 생산성을 나타낸 토지 면적을 말한다. 그러나 국내의 통계자료에는 지역별 목재 소비량에 대한 자료가 없어 소비량을 구할 수 없었다. 따라서 지역별 생산량을 산림면적으로 나누어 산출률을 구하고, 1인당 소비량을 산출률로 나누고, 등가인자와 생산성인자를 곱하여 구하였다. Ju(2009)의 산림 발자국 산정에서와 같이 우리나라에서 특히 도시화가 진행된 지역에서 산림 부문의 산출률은 큰 의미가 없으므로 GFN(2008)에서 제공하는 한국의 산출률을 적용하였다(Han. *et al.*, 2011). 경상북도의 산림부문 EF값은 0.022041gha로 도시화율이 낮고, 자연성을 지닌 산림자원이 풍부하기 때문에 EF지수 값이 낮게 산출된 것으로 판단된다.

에너지 부문은 경상북도 지역 총에너지를 대상으로 하였다. 단위 환산을 위해 소비량을 기가줄(Giga Joule, GJ)로 환산하고, IPCC 탄소배출계수를 적용하여 품목별로 1인당 이산화탄소 배출량을 구하였다. 이것을 탄소 1톤당 1ha의 흡수면적을 필요로 하는 것을 적용하여 등가인자(산림 등가인자)를 곱하면 탄소흡수에 필요한 생태발자국이 구해진다.

Table 3. EF Estimation of the Food Sector

	Crop cultivation area	Production	Yield	Total consumption	Consumption per head	EF value of each item
Estimation formula	a	b	c=b/a*1000	d	e=d/p	f=e/c*yf*eqf
Unit	ha	t	kg/ha	kg	kg/cap	gha/cap
rice	116,596	590,301	5,062.79	198,512,132	72.80	0.0695
barleys	1,125	2,871	2,552.00	3,544,859	1.30	0.0025
potatoes	5,080	22,877	4,503.35	7,362,400	2.70	0.0029
cereals	2,173	5,755	2,648.41	1,908,770	0.70	0.0013
beans	14,118	19,128	1,354.87	6,271,674	2.30	0.0082
vegetables	37,955	1,058,269	27,882.20	474,193,128	173.90	0.0301
fruits	55,021	775,188	14,088.95	151,338,232	55.50	0.0190
industrials crops	9,833	9,959	1,012.81	1,990,574	0.73	0.0035
beef	92,030	102,000	1,108.33	22,087,201	8.1	0.0353
pork	137,783	18,280	495.56	52,082,166	19.1	0.1863
chicken	39,542	28,058	709.57	26,177,424	9.6	0.0654
dairy products	5,213	298,151	57,185.50	143,975,832	52.80	0.0007
total	247,114.7514	2,782,499		989,097,604	362.73	0.4247

Table 4. EF Estimation of the Built-up Sector

Estimation formula	Occupied area		Land consumption per head	EF of each item
	unit	a	b=a/p	c=b*yf*eqf
	m <sup>2</sup>	ha	ha/cap	gha/cap
land	293,404,298	29,340.4	0.0108	0.05199
factory site	84,511,095	8,451.1	0.0031	0.01497
school site	30,810,077	3,081.0	0.0011	0.00546
road	352,331,526	35,233.2	0.0129	0.06244
gas station area	1,514,842	151.5	0.0001	0.00026
embankment	27,977,049	2,797.7	0.0010	0.00495
parking area	1,395,633	139.6	0.0001	0.00024
physical training site	20,251,979	2,025.2	0.0007	0.00358
pleasure ground	1,615,922	161.6	0.0001	0.00028
religious site	4,591,463	459.1	0.0002	0.00081
historic site	1,264,924	126.5	0.0000	0.00022
graveyard	60,263,301	6,026.3	0.0022	0.01068
miscellaneous area	53,711,867	5,371.2	0.0020	0.00951
total	933,643,976	93,364.4		0.16539

Table 5. EF Estimation of the Forest Sector

Estimation formula	Forest Area	Production	Yield	Consumption	Consumption per head	EF of each item
	a	b	c=b/a	d	e=d/p	f=e/c*yf*eqf
	ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /cap	gha/cap
The whole country	6,368,843	37,072,474	5.8209	8,836,000.0		
Gyeongsangbuk-do	1,342,798	7,816,308.9	5.8209	487,633.2	0.1788	0.022041
EF of each sector						0.022041

Table 6. EF Estimation of the Energy Sector

Estimation formula	Fossil fuel consumption	Conversion into liter	Conversion into Kcal	Conversion into giga Joul	Consumption per head	EF of each item
	a	b=a*158.988	c=b*unit calorific value	d=c*unit conversion factor	e=d/population	f=e/100*12/44*eqf
Gasoline(Bbl)	4,508,269.20	716,760,704	5,949,113,845,993	24,902,990.6	9.1326	0.031383
Kerosene(Bbl)	3,819,357.96	607,232,084	5,282,919,128,328	22,114,299.5	8.1099	0.027869
Diesel(Bbl)	10,876,047.47	1,729,161,036	15,908,281,529,712	66,592,066.5	24.4212	0.083920
LPG	5,586,551.11	888,194,588	8,171,390,205,537	34,205,439.4	12.5441	0.043106
B-C oil(Bbl)	3,054,442.95	485,619,775	4,807,635,774,053	20,124,763.4	7.3803	0.025361
Propane(kg)	204,616		2,455,392,000	10,278.3	0.0038	0.000013
Butane(kg)	276,584		3,263,691,200	13,661.8	0.0050	0.000017
City gas(m <sup>3</sup> )	1,231,857		12,934,498,500	54,143.8	0.0199	0.000068
Electricity(kwh)	41589052000		35,766,584,720,000	149,718,923.6	54.9062	0.188678
Total					116.5230	0.341164

경상북도지역의 에너지부문 EF 값은 0.341164gha로 추정되었다. 지수를 나타내는 항목별 EF지수 계산식에서 12/44를 적용하는 이유는 탄소와 산소의 분자량으로 계산한 값이다. 즉 탄소 12g은 산소32g과 반응하여 이산화탄소

44g이 되기 때문이다.

위와 같은 방식으로 각 소비부문별로 경상북도민 1인당 EF지수를 산정하여 Table 7에 제시하였다. 2010년 기준 경상북도지역민 1인당 생활에 필요한 EF 지수값은 0.9534gha

Table 7. Estimation of EF index of Gyeongsangbuk-do per head (2010year)

Estimation Sectors	EF index per head (gha/cap)	ratio
Food	0.4247	44.5
Built-up	0.165462	17.4
Forest	0.022041	2.3
Energy	0.341164	35.8
total	0.9534	100

를 나타내고 있다. 이는 WWF(2008)발표기준 세계평균 EF 지수인 2.7gha보다 매우 낮은 수치이다. 또한 Han(2012)의 2006년 기준 경기도민 1인당 EF지수값인 3.8165gha보다 현저히 낮은 수치를 보여주고 있다. 경기도의 EF지수와와의 차이를 보이는 항목은 에너지부문과 음식부문에서 경기도가 매우 높은 EF지수를 보이기 때문이다. 또한 Bae(2011)의 충청북도지역을 대상으로 한 2008년 기준 EF지수 4.18에 비해서도 현저히 낮은 생태발자국 지수를 보여 준다. 이러한 차이는 계산방식의 차이 보다 경기도와 충청북도, 경상북도의 지역 간 물리적인 차이와 소비형태에 기인한 것으로 보여 진다. 경상북도는 충청북도의 약 2.7배 넓이, 경기

도의 약 1.9배 넓은 행정구역을 가지고 있으며, 에너지부문의 소비성향과 인구밀도가 높기 때문에 판단된다. 또한 경상북도의 1인당 토지면적도 6,978m<sup>2</sup>로 타시도보다 월등히 높은 편이다.

2) 경상북도지역의 EF지수 추정

경북지역의 EF지수 추정은 통계청, 경북도청, 산림청 등의 광역지방 단위별 자료가 비교적 명확히 구축되어 있기 때문에 일반적인 4개 부문의 EF지수 산정 방법을 통하여 추정할 수 있었다. 이에 반해 경상북도의 시·군의 기초적인 자료들은 토지형태, 미곡생산량, 인구, 건조환경, 산림면적 등 명확하게 구분되어 있는 부문도 있고 육류소비량, 육류, 잡곡 등의 생산량과 소비량, 에너지부문의 소비량 등은 시·군별로 자료가 구분되어 있지 않은 자료도 있기 때문에 기존의 자료를 추출하여 추정하는 방법을 이용하였다. 경상북도 각 시·군의 EF지수를 추정하여 Table 8에 제시 하였다.

경상북도내의 EF지수가 가장 높은 지역은 영덕군으로 1인당 2.4202gha를 나타내고 있다. 이 의미는 영덕군에 거주하는 주민 1인당 생활에 필요한 각종재화를 조달하기 위해 필요한 토지의 면적이 2.4배 이상 더 확장되어야 한다는 의미이며 적정한 생활 수준을 유지하기 위해서 타 지역에서

Table 8. Estimation of EF index of each local government in Gyeongsangbuk-do

Counties	Food	Built-up	Forest	Energy	EF index
Pohang	0.4218	0.0755	0.0165	0.0649	0.5787
yeongju	0.4221	0.1638	0.1043	0.0341	0.7243
Gimcheon	0.4223	0.1848	0.0744	0.0172	0.6988
Andong	0.4244	0.1474	0.0375	0.0212	0.6305
Gumi	0.4200	0.0751	0.1661	0.0513	0.7125
Youngju	0.4239	0.1480	0.0240	0.0144	0.6102
Youngcheon	0.4246	0.2137	0.1120	0.0131	0.7635
Sangju	0.4229	0.2834	0.0185	0.0133	0.7380
Munhyoung	0.3792	0.2147	0.0097	0.0098	0.6133
Kyongsan	0.4251	0.0865	0.0048	0.0309	0.5473
gunwi	0.4203	0.5150	0.2143	0.0031	1.1528
Uiseong	0.4244	0.4257	0.1416	0.0074	0.9992
Cheongsong	0.4259	0.3906	0.0186	0.0034	0.8384
Youngyang	0.4257	0.3857	0.1192	0.0023	0.9329
Youngdeok	0.4256	0.2782	1.7111	0.0052	2.4202
Cheongdo	0.4244	0.2455	0.4615	0.0056	1.1371
Goryeong	0.4265	0.2928	0.1554	0.0045	0.8793
Sungju	0.4266	0.3325	0.0437	0.0058	0.8085
Chilgok	0.4223	0.1360	0.0929	0.0153	0.6665
Yecheon	0.4240	0.4504	0.0159	0.0059	0.8962
Bongwaha	0.4266	0.4030	0.1547	0.0044	0.9887
Uljin	0.4263	0.2191	0.1005	0.0066	0.7526
Ulleung	0.3525	0.1221	0.0148	0.0014	0.4907

Table 9. Ecological capacity of Gyeongsangbuk-do

Division	field(ha)	paddy field(ha)	orchard(ha)	pasture(ha)	forest(ha)	fish farm(ha)	Ecological capacity (gha/cap)
Gyeongsangbuk-do	126,276	180,548	14,605	5,284	1,368,370	101	
Yield Factor	2.64000	2.64000	2.64000	0.50000	1.33000	0.40000	
equivalent factor	1.59630	1.59630	1.59630	1.69540	0.39330	2.15140	
total	0.19516	0.27903	0.02257	0.00164	0.26250	0.00003	0.76093

그 만큼 더 재화를 수입해야 한다고 할 수 있다. EF지수가 가장 낮은 지역은 울릉군으로 0.4907gha이다. EF지수의 산정은 1인당 소비량을 기준으로 측정하며, 해산물 소비는 음식물부문에 추가되지 않았기 때문에 울릉군지역의 EF지수가 낮게 추정된 것으로 판단된다. 그 이유는 울릉군의 경우 섬지역임에도 불구하고 1인당 토지면적이 6,808m<sup>2</sup> 을 차지하고 있으며 각종 곡류생산을 위한 밭(田)의 비율이 17%를 차지하여 농산물의 수확면적이 높으며 대지의 비율은 1.2%에 불과하여 높은 자연성을 보이기 때문으로 판단하였다. 이러한 높은 자연성은 독도와 울릉도 및 제주도를 2012년에 국가 지질공원으로 지정 하였다. 또한 도시지역처럼 공업시설이나 공단이 없기 때문에 건조환경부분 비율이 낮았기 때문이다.

## 2. 생태적자분석 및 고찰

### 1) 경상북도 EF지수를 이용한 생태적자 분석

생태적자분석에 앞서 경상북도지역의 생태수용력에 대한 추정이 먼저 이루어져야 한다. 생태수용력은 경상북도지역의 생태적 역할이 가능한 토지의 실제 면적에 세계평균생산성과 우리나라 평균생산성과의 비교수치인 생산성인자와 세계평균생산성과 각 토지형태별 비교수치인 등가인자를 적용하여 계산할 수 있다. 생태적 역할을 하는 토지는 통계연보의 토지 지목별 현황에서 전, 답, 과수원, 목장용지, 임야, 양어장등의 면적에 각각 등가인자와 생산성인자를 적용하여 추정하였다.

2010년을 기준으로 추정한 경상북도지역의 생태수용력은 0.76093gha을 나타내고 있다. 이는 Han(2011)의 경기도의 생태수용력 0.51보다 높지만, WWF(2008)년 발표기준 세계평균 생태수용력 1.78gha 보다 낮은 수치를 보여주고 있다. 1을 기준으로 EF지수의 건전성을 판단하는 것은 아니지만 경상북도지역을 기준으로 추정된 EF지수는 생태적으로 비교적 건전한 상태를 유지하고 있다고 판단할 수 있다. 따라서 경상북도 전체를 거시적 관점에서 판단한 생태발자국(Ecological Footprint: EF)과 생태적자(Ecological Deficit: ED)는 지방자치단체 수준에서의 환경적 지속가능성을 평

가하는데 유용한 수단으로서(Wackernagel and Rees, 1996), 환경용량과 소비로 인한 환경의 영향을 측정하는 도구로서 세계적으로 공신력을 얻고 있다(GFN, 2008c; Kim, 1999).

Table 10. Ecological Deficit(ED) Analysis of Gyeongsangbuk-do

Items	Index(gha)
Ecological footprint	0.9534
Bio-capacity(BC)	0.76093
Ecological deficit	-0.19247
Additional land scale	1.25
Ecological deficit(%)	25.3

생태적자는 지역이나 국가의 환경용량이라고 할 수 있는 생태수용력과 생태발자국의 수준과 규모가 어느 정도인지 파악 할 수 있도록 해준다. 경상북도지역의 생태적자는 25.3%이며 이 수치는 이 정도의 소요자원을 타지역이나 타국가로부터 수입하여 소비하고 있음을 알 수 있다. 또한 경상북도지역의 인구가 현재의 수준으로 생산 소비 분해하는 EF지수와 생태수용력인 BC를 비교해보면 현재의 수준으로 유지하기 위해서 필요한 토지의 규모는 현재보다 1.25배 더 필요하다고 판단할 수 있다. 이러한 분석을 기반으로 경상북도의 생태발자국을 생태수용력과 일치될 정도로 조절하려면 현재의 소비보다 약 25%이상을 줄여야 함을 알 수 있다. 특히 생태발자국에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 음식 부문과 에너지부문의 소비를 줄이면 효율적인 생태발자국 관리가 가능할 것으로 판단된다.

### 2) 경상북도 시·군별 생태발자국 추정과 생태적자분석

경상북도의 행정구역을 구성하고 있는 각 지역의 생태발자국 지수를 추정하여 Table 11에 제시 하였다. 경상북도지역은 전국 도 단위 중 면적이 가장 넓으며 인구 밀도는 비교적 낮은 수준이기 때문에 대체로 낮은 EF지수를 보이고 있다. 생태적자가 가장 큰 지역은 구미시로 285.76%를 초과

Table 11. Ecological Deficit(ED) Analysis of each local government in Gyeongsangbuk-do

city	EF	Ecological capacity	Ecological Deficit	Additional land scale	Ecological deficit
Pohang	0.5787	0.2251	-0.35	-0.64	157.09
gyeongju	0.7243	0.5490	-0.18	-3.13	31.93
Gimcheon	0.6988	0.8801	0.18	4.85	-20.60
Andong	0.6305	0.9166	0.29	3.20	-31.21
Gumi	0.7125	0.1847	-0.53	-0.35	285.76
Youngju	0.6102	0.7663	0.16	4.91	-20.37
Youngcheon	0.7635	1.0086	0.25	4.12	-24.30
Sangju	0.7380	1.5076	0.77	1.96	-51.05
Munhyoung	0.6133	1.1823	0.57	2.08	-48.13
Kyongsan	0.5473	0.2123	-0.34	-0.63	157.80
gunwi	1.1528	2.4868	1.33	1.86	-53.64
Uiseong	0.9992	2.3361	1.34	1.75	-57.23
Cheongsong	0.8384	2.8879	2.05	1.41	-70.97
Youngyang	0.9329	3.7157	2.78	1.34	-74.89
Youngdeok	2.4202	1.5880	-0.83	-1.91	52.41
Cheongdo	1.1371	1.6498	0.51	3.22	-31.08
Goryeong	0.8793	1.2156	0.34	3.61	-27.67
Sungju	0.8085	1.6542	0.85	1.96	-51.12
Chilgok	0.6665	0.4006	-0.27	-1.51	66.38
Yecheon	0.8962	2.1403	1.24	1.72	-58.13
Bongwha	0.9887	3.2089	2.22	1.45	-69.19
Uljin	0.7526	1.4754	0.72	2.04	-48.99
Ulleung	0.4907	0.7679	0.28	2.77	-36.10

하여 소비하고 있음을 알 수 있으며 대구 인근의 경산시와 포항시도 157% 생태적자를 보이고 있다. 이들 지역은 공업화, 도시화가 진행되었거나 대구 근교의 도시지역임을 알 수 있다.

한 지역의 생태수용력이 생태발자국보다 가장 큰 지역은 영양군으로 -74.89%로 생태수용력이 더 큼을 알 수 있으며 청송군, 봉화군, 예천군, 의성군 등 경북 북부산간지방의 경우 생태수용력이 생태발자국보다 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 생태적자의 분석은 각 지역의 절대적 기준으로 판단하는 것이 아니라 상대적으로 주민 1인당 재화의 소비량, 그리고 행정구역상 면적과 그 면적을 구성하고 있는 토지의 형태에 따라 결정되는 것이다. 이러한 이유로 EF지수가 가장 낮게 추정된 울릉군의 경우도 생태적자분석을 하면 그 결과치가 상이하게 도출됨을 알 수 있다. 따라서 적절한 EF지수를 추정하기 위해서는 각 지역마다의 생태적자분석을 통하여 판단하여야 한다.

이러한 일정지역의 EF지수와 생태적자의 분석은 각 지방자치단체마다 주민들의 적절한 소비와 생활 패턴을 유도할 수 있는 기초적인 자료가 되고 동시에 광역자치단체인 경상북도에서는 세부적인 지역계획을 수립하는데 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 예를 들어 공원이나 공단을 조성해야

할 경우에 이러한 EF지수 분석이나 생태적자 분석을 통하여 적절한 개발지나 보존지역을 선정할 수 있으며 이에 따른 기초자치단체의 주민을 설득하기 위한 기초적인 자료로서의 역할을 할 수 있을 것이다.

특정지역이나 국가 단위에서 생산·소비·분해되는 모든 자원을 하나의 평가단위인 토지의 면적으로 환산하기 위한 생태발자국은 1987년 WCED에서 그 개념이 시작 되었다. 이는 지역과 국가단위에서 적절한 생활을 누리기 위해 필요한 환경용량을 수치로 나타낼 수 있을 뿐 만 아니라 환경용량을 초과하고 있는지, 적절한 소비생활을 누리고 있는지에 대한 정보를 제공해 주는 환경지표의 하나라고 할 수 있다. 이러한 지표를 통하여 각 행정구역 단위에서는 거주민의 환경에 대한 기본적인 정보의 파악과 그 지역이 보유하고 있는 환경용량의 성격도 파악 하게 해 주는 도구 이다. 본 연구는 경상북도 전체와 23개 시·군을 대상으로 EF지수를 추정하여 소비수준과 규모, 그리고 생태적자가 어느 정도 인지에 대한 분석을 위해 수행 되었다. 이를 통하여 경상북도에서는 각 지방자치단체의 환경용량을 하나의 기준으로 파악할 수 있으며 향후 있을 개발과 보전에 대한 거시적 판단을 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

본 연구를 통한 경상북도지역의 EF지수와 생태적자의 분

석은 각 지역단위의 생산과 소비, 그리고 분해를 위한 환경 용량을 일관된 기준으로 살펴볼 수 있으며 거주민들에게 자율적으로 사용 가능한 환경용량에 대한 정보를 제공하고 그에 따른 적절한 소비 패턴으로 전환 시킬 수 있을 것이다. 또한 광역지방자치단체에서는 계산된 각 지방자치단체의 환경용량, EF지수 등을 기반으로 상위계획을 수립하는데 기초적인 자료로 이용될 수 있을 것이다. 다만 EF지수를 추정하는데 있어서 인간의 소비와 분해 활동을 명확히 측정하기는 불가능하기 때문에 좀 더 세부적인 자원의 소비행위에 대한 연구가 추가 되어야 할 것이다. 이는 본 연구의 한계점으로 작용하며 추후의 연구에서는 더 보완하여 EF지수 추정의 정확성을 높이는 연구가 시도되어야 할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Bae, Min-Kee(2010) Measurement of the Ecological Footprint of Local Governments in Chungbuk Province. Chungbuk; Chungbuk Research Institute.
- Brad Ewing, Anders Reed, Sarah M. Rizk, Alessandro Galli, Mathis Wackernagel, Justin Kitzes(2008) Calculation Methodology for the National Footprint Accounts 2008 Edition. Global Footprint Network, research and Standards Department.
- Choi, Jae-Il, Jung, Jae-Yong, Hong, Kee-Seob(2011) A Study on the Environmental Capacity Assessment in Seoul Metropolitan Area Using Ecological Footprint. Seoul Studies 12(4):23-40.
- Han, Sun-Keum, Lee, Dong-Hun, Oh, Su-gil(2011) A Study on the Ecological Footprint Accounts by the Final Consumption Categories: Focused on the Ecological Footprint Assessment in Gyeonggi-do. The Korean Journal of Local Government Studies 15(1):215-234.
- Han, Sun-Keum(2012) The Evaluation of Gyeonggi-Do's Sustainability by Ecological Footprint Analysis. Ph.D. Dissertation University of Seoul.
- Hong, Jjin-Hee(2005) Developing a program for measuring middle school student's ecological footprint and inquiring education application. Master Dissertation. Korea National University of Education.
- Ju, Young-Jun(2009) A study on Evaluating Environmental Capacity for Sustainable Eco-city: Focussing on Ecological Footprint. Master Dissertation. Anyang University.
- Kim, Kyoung-Tae(2005) An Assessment of Environment Capacity Using Ecological Footprint. Master Dissertation. Kyoungpook national university.
- Kim, Pan-suk and Sa,deuk-Hwan(1998) Conception and understanding About Sustainable Development. Journal of Korea Political Science Association. 32(4): 71-88.
- Kim, Sun-Hee(1999) A Study on Environmental Capacity of Land. Korea Research Institute For Human Settlements. Kyoungkee
- Lee, chang-Woo and Oh, Yong-sun(1999) A Study on the Environmental Capacity Assessment of Seoul. Seoul: The Seoul Institute
- Lee, Jong-Ho and Lim, Jae-Ho(2002) A Study on the Environmental Carring Capacity Assessment of Chongju City. Journal of Environmrntal Impat Assessment. 11(1): 25-36.
- Moon, Kyoung-Ju(2004) An assessment of Urban Sustainability Using Ecological Footprint: focused Busan. Korean Society And Public Administration. 15(3): 129-158.
- Wackernagel, M. and W. Rees.(1996) Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Philadelphia, PA and Gaboriola Island, Canada: New Society Publishers.
- www.footprintnetwork.org(GFN 2008a)