



WP 23-01

시·도별 생태발자국(Ecological Footprint) 지수 산정과 시사점

표희진 국토환경·자원연구본부 연구원 (pyo0224@krihs.re.kr)



※ 이 Working Paper의 내용은 국토연구원의 공식 견해가 아니며, 저자 개인의 의견입니다. 연구 내용에 대하여 궁금한 점은 저자의 이메일로 문의하여 주시고, 인용 시에는 저자 및 출처를 반드시 밝혀주시기 바랍니다.

차례

01 서론	05
02 생태발자국 개념과 방법론	11
03 시·도별 생태발자국 분석과 비교	19
04 정책적 활용방안	37
05 결론	43

01 서론

1) 연구의 배경 및 목적

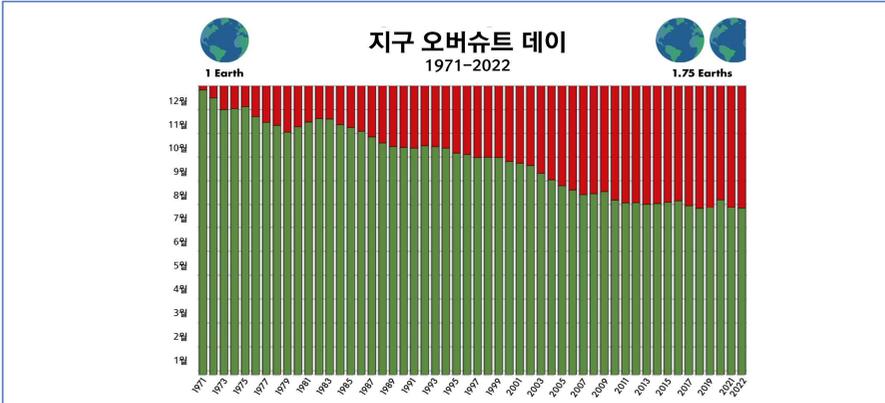
■ 최근 전 세계 인구가 80억 명을 돌파하면서 인간 활동, 생태 및 환경 서비스에 대한 수요 증가 등으로 과도한 자원 소비와 높은 탄소 배출량 야기

- 유엔 인구국(UNPD)이 발표한 내용에 따르면 지난 11월 13일 전 세계 인구가 80억 명을 돌파했으며, 2100년까지 104억 명으로 증가할 것으로 전망
- 80억 인구는 경제활동을 통해 한 해 90조 달러 이상의 부가가치를 생산하고 있으나 이에 따라 화석연료, 토지사용 등으로 수백억 톤의 온실가스가 배출되고 자연자원이 감소하면서 환경적 압박이 우려되는 상황
- 이에 OECD(2008)는 새로운 정책 조치가 취해지지 않는다면 2030년에는 전 세계 온실가스가 2000년 대비 37% 증가하고, 2050년에는 평균온도가 1.7~2.4도 상승할 것으로 전망하며 지속가능한 환경과 생태를 위해 전 지구적인 공동 대응 필요성을 강조

■ 미국 환경연구단체인 글로벌 생태발자국 네트워크(Global Footprint Network, 이하 GFN)는 매년 ‘오버슈트 데이(Earth Overshoot Day)’를 발표하며 인간활동에 따른 환경의 지속가능성에 대해 경고

- 오버슈트 데이(Earth Overshoot Day)는 인류의 소비활동이 지구의 생태용량 내에서 작동하는지를 나타내는 지표로 인류의 수요가 지구의 생태자원과 서비스의 생산·정화 능력을 초과하는 시점을 나타냄
- 오버슈트 데이는 1970년에 최초로 측정된 이후 매년 그 날짜가 앞당겨지고 있으며, 1970년대 12월이었던 오버슈트 데이가 2000년대 8~9월로 접어들었으며 2021년부터는 7월로 진입
- 이는 1970년 이후부터 인류의 소비활동으로 소비된 생태자원과 서비스의 양이 지구가 재생할 수 있는 총량 이상으로 사용되고 있음을 의미하며 이와 같은 오버슈트가 지속될 경우 생물 다양성 감소, 지구온난화, 사막화 등 심각한 지구환경 위기가 초래될 가능성이 높은 것으로 예측

그림 1 오버슈트 데이의 변화(1971-2022년)

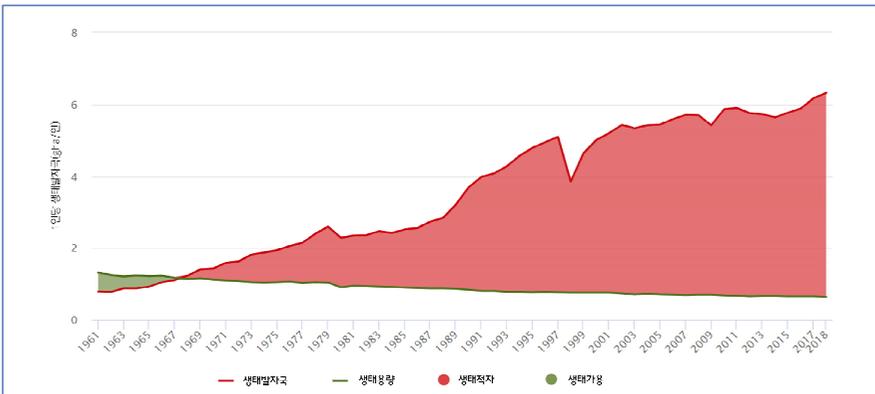


출처: Earth Overshoot Day. <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> (2022년 10월 13일 검색)

■ 우리나라 또한 오버슈트 데이가 점차 빨라지고 있으며, 국토의 생태용량과 소비량 간의 차이가 증가하고 있는 상황

- 2022년 기준 한국의 오버슈트 데이는 4월 2일로, 18번째로 빠른 국가에 속하며 지난 5년간 한국의 오버슈트 데이는 4월 16일(2018년), 4월 10일(2019년), 4월 9일(2020년), 4월 5일(2021년), 4월 2일(2022년)로 지속적으로 오버슈트 데이가 앞당겨지고 있음
- GFN이 분석한 국가별 생태발자국 동향에 따르면, 우리나라는 1967년 이후부터 생태용량 이상의 소비로 생태적자가 발생하고 있으며, 2018년 기준 소비 수준을 유지하기 위해서 9.8배 이상의 토지가 필요하다는 결과를 발표함
 - GFN 분석결과에 따르면 2018년 한국의 1인당 생태용량은 0.64gha/인이며, 1인당 생태발자국은 6.32gha/인임

그림 2 한국의 1인당 생태용량과 생태발자국 간의 차이



출처: Global Footprint Network. <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=117&type=BCpc,EFCpc> (2022년 10월 13일 검색)

■ 이에 국외에서는 지속가능한 개발을 위해 생태발자국 개념을 활용하여 도시를 평가함으로써 도시별 관리방안을 마련하거나 나아가 도시계획적 차원의 활용방안 제시

- 생태발자국과 관련된 다수의 연구에서 국가, 지역 등의 생태소비를 정량화하여 도시의 지속가능성을 진단하거나 향후 생태발자국을 예측하여 이를 관리하기 위한 방향 제시
 - Jennie Moore(2013)는 2006년 메트로 벤쿠버의 소비부문별 생태발자국을 산정하고 지구의 생태용량과 비교하여 지속가능성을 진단했으며, Jeffrey Wilson(2009)은 캐나다 지방자치단체를 대상으로 생태발자국을 산정함으로써 지자체 수준에서의 생태발자국을 관리하고 정책개발에 활용하는 방안을 제시함
 - Zoltán Kovács 외(2022)는 헝가리 부다페스트 대도시를 대상으로 시계열 분석을 통해 지역의 지속가능성을 진단하고, 자원압력에 대한 저탄소 교통시스템, 재생에너지, 폐기물 관리 등의 정책 방향을 제안함
- 일부 연구에서는 생태발자국 산정결과를 토지이용의 용도 변화와 연계하여 도시계획적 대응 방안을 마련
 - YiLuBinChen(2016)은 마르코프 연쇄를 활용한 생태발자국 예측 모델을 개발하여 생태발자국 소비 구조 개선을 위한 방안으로 에너지 규제 정책, 생활소비 패턴 개선과 함께 토지용도 변화의 필요성을 강조함

■ 국내에서도 지속가능성 진단을 목적으로 생태발자국 개념을 활용한 연구가 다수 수행되었으나 일부 지역을 중심으로 현황을 평가하는 데 치중되어 있어 국토 및 도시의 관점에서 이를 관리하기 위한 정책적 연구는 미흡한 상황

- 기존의 선행연구는 경북, 충북, 제주도 등 특정 지역을 대상으로 지역의 소비행태와 생태능력을 평가하는 데 치중하고 있어 전국 규모의 현황과 특성 분석이 미흡하다는 점에서 한계가 있음
 - 강기래 외(2014), 배민기 외(2011), 김찬우 외(2018), 임재호·이종호(2002), 한순금 외(2011a)는 경상북도, 충청북도, 제주도, 청주시, 경기도 등 하나의 지역을 한정하여 생태발자국을 산정하고 지역의 생태용량 수준과 지속가능성을 평가함
 - 주용준(2009), 김경태 외(2007), 김경태(2005)는 수도권, 35개 시 등 여러 지역을 대상으로 생태발자국을 산정하고 소비행태에 따라 도시를 유형화하여 도시별 관리방안을 제시함
- 또한 분석결과로 지역의 소비 부문별 특성, 감축 방안 등의 지역단위의 대안만을 제시하고 있어 국토 및 도시 제도적 활용을 위한 연구는 부재한 상황

- 이 연구는 전국 17개 시·도의 생태발자국 현황과 특성을 분석하고, 경기도를 대상으로 생태발자국에 영향을 미치는 요인을 분석함으로써 향후 생태발자국 유지 및 개선을 위한 시사점을 제시하고자 함

- 첫째, 생태발자국에 대한 개념과 방법론에 대한 고찰
- 둘째, 2019년 기준 전국 및 17개 시·도의 생태발자국 산정과 특징 분석
- 셋째, 경기도를 대상으로 생태발자국 영향 요인 분석과 시사점 제시
- 넷째, 국토 및 도시 차원에서 생태발자국 유지 및 개선을 위한 제도적 시사점 제시

2) 연구 범위 및 방법

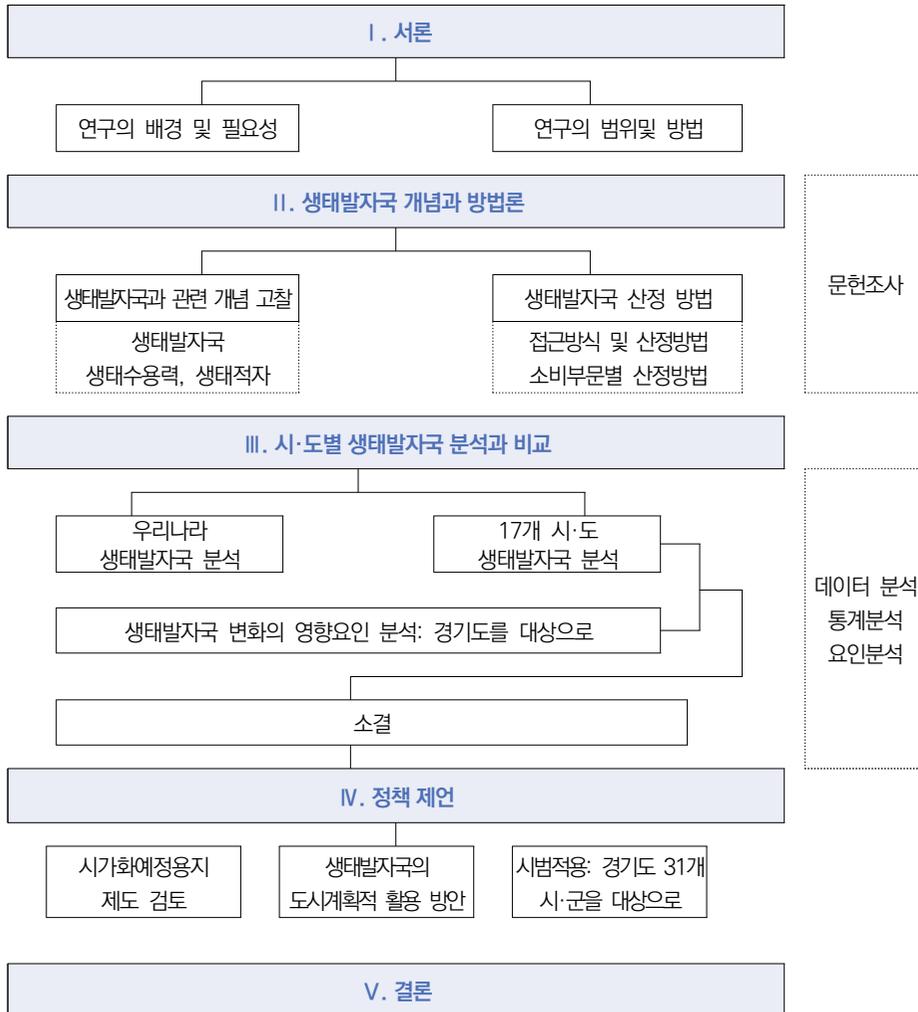
■ 연구의 범위

- (공간적 범위) 전국의 생태발자국 현황 분석을 위한 공간적 범위는 전국 17개 시·도이며, 영향 요인분석을 위한 공간적 범위는 경기도 31개 시·군으로 한정
 - 생태발자국 현황 및 특성 분석을 위한 공간적 범위는 전국 단위의 자료 수집 가능성을 고려하여 시·도 단위로 설정하였으며,
 - 영향 요인분석을 위한 공간적 범위는 중심극한정리에 따라 모수적 방법을 사용할 수 있는 최소 표본 수(30개)를 고려하여 경기도 31개 시·군으로 설정함
- (시간적 범위) 전국 생태발자국 현황 분석을 위한 시간적 범위는 2019년이며, 영향 요인 분석의 시간적 범위는 2013년과 2019년임
 - 전국 생태발자국 현황 분석의 시간적 범위는 소비 부문별 생산량, 소비량 등을 수집할 수 있는 가장 최신연도를 기준연도로 삼았으며,
 - 요인분석의 경우 극적인 변화율을 기준으로 분석하기 위해 경기도의 가장 저성장 시기인 2013년과 2019년을 선택하여 분석함

■ 연구 방법

- 연구 방법은 선행연구 검토, 문헌 및 인터넷 조사, 데이터 분석 및 통계분석을 활용
 - 선행연구와 문헌조사 등으로 생태발자국의 개념과 산정방식 등을 고찰함
 - 생태발자국 분석의 접근 방식은 복합접근법을 사용하였으며, 복합접근법은 지역의 공급 및 소비량을 기반으로 추정하는 방식으로 개인의 소비활동을 중심으로 하는 요소접근법 보다 지역 단위의 생태발자국을 분석하는 방식으로 적절하다고 판단함
 - 요인분석은 탐색적 요인분석과 선형회귀분석을 사용하여 분석
- 자료는 통계청, 농림수산물부, 해양수산부, 산림청, 에너지 연구원 등에서 수집·구축함

표 1 연구의 흐름도



출처: 저자 작성.

02 생태발자국 개념과 방법론

1) 생태발자국과 생태수용력, 생태적자의 개념

■ **(생태발자국)** 생태발자국(Ecological Footprint: EF)은 인간의 경제활동에 소비되는 여러 가지 자원을 '생산적인 토지' 면적으로 환산한 값으로 경제활동을 위해 소요되는 토지와 소비에 따른 폐기물 흡수를 위해 필요한 토지를 측정하는 것임

- 생태발자국은 1990년 초에 웨커나겔과 리즈(Wackernagel and Rees 1996) 등에 의해 개발된 모델로, 인간의 삶에 있어 필수적인 소비품목을 생산할 때 요구되는 토지량과 실제 생산적인 토지 면적 간 비교를 위해 개발됨
 - 생태발자국은 식물을 원재료로 하는 식품과 섬유 제품 등 축산물과 수산물, 임산물, 도시 기반시설을 위한 공간, 화석연료 연소 시 배출된 이산화탄소를 흡수하기 위한 산림 등에 대한 인류의 수요를 측정함(세계자연기금 2016)

표 2 생태발자국 개념도



출처: (좌) Waikato Regional Council. <https://waikatoregion.govt.nz/community/about-the-waikato-region/community-and-economy/ecofoot-report/>
 (우) GFN. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (모두 2022년 10월 13일 검색).

- 생태발자국은 인간의 소비활동이 환경의 수용능력 범위 내에서 이루어져야 한다는 것을 전제로 하여 국가 또는 지역의 자원 소비가 지속 가능한지 판단할 수 있는 거시 지표임 (배민기 외 2011)
 - 생태발자국 산정을 통해 지역의 소비수준과 생태계 수용능력 수준 차이를 알 수 있으며, 이를 통해 지역의 자원소비량이 지속 가능한지 판단할 수 있음

- 생태발자국은 1년간 1인당 소비되는 토지의 양(gha/인)으로 환산되며, 소비품목별 1인당 소비량(kg/인)을 토지의 단위산출률(단위생산량, kg/ha)로 나눈 값으로 산출률과 1인당 소비량 간의 함수관계로 산출됨(배민기 2010)
 - 생태발자국 지수가 1 미만이라는 것은 한 지역의 소비수준이 생태계 자국 공급량 내에서 생산가능함을 의미하며, 1 이상인 경우는 자국 공급량을 초과하여 무역 등을 통해 부족분을 외부에서 수입해서 충당하거나 미래세대에 할당된 분량으로 충족한다는 의미임(박지영 외 2016)
- 그러나 생태발자국 지수는 인간 활동을 토지라는 한 가지 단위로 환산한 값으로 절대적인 의미를 가지는 것이 아닌 상대적인 값으로 의미를 가짐
 - 생태발자국 지수가 높을수록 절대적인 소비량이 많다는 것이 아니라 그 지역의 토지 생산성, 즉, 자원을 재생산하거나 이산화탄소와 같은 인류의 배출물을 흡수할 수 있는 토지 면적(세계자연기금 2016)에 비해 1인당 소비량이 많음을 나타냄

■ **(생태수용력)** 생태수용력(BioCapacity: BC)은 공급 측면에서 자연자원과 생태 서비스의 양을 측정 한 것으로, 유용한 생태자원 및 서비스를 생산하고 인간에 의해 생성된 폐기물을 흡수하기 위한 생태계의 수용 능력을 의미(세계자연기금 2016; 이승준 외 2020)

- 생태수용력은 ‘생태적 생산토지’에 생산성인자와 등가인자를 곱하여 산출되며, 생태적 생산토지는 건조환경 등으로 이미 사용되어 생태적인 기능을 수행하지 못하는 토지를 제외하고 지역 내 생산에 사용되는 경작, 산림 등의 토지유형을 포함함(이승준 외 2020; 강기래 외 2014)

$$BC = A \cdot YF \cdot EQF$$

A = 생태적 생산토지

YF = 생산성인자

EQF = 등가인자

- 생태적 생산토지는 지역 내 생산에 사용되는 토지유형으로 정의되며, 주로 전·답·과수원·목장·임야가 여기에 해당함(이창우 외 1999; 한순금 2012)
 - 이는 작물을 재배하기 위해 사용되는 전·답·과수원·목장용지와 목재를 생산하기 위한 임야, 건물, 도로 등을 건설하기 위해 도시용지로 사용되는 전·답·임야, 화석연료를 사용으로 인한 CO2를 흡수하기 위한 임야를 나타냄

■ **(생태적자)** 생태적자(Ecological Deficit: ED)는 지역 또는 국가의 생태수용력과 생태발자국의 차이를 나타내며, 지역의 소비수준이 생태수용력에 비하여 얼마나 높은지를 나타냄

- 생태적자는 1인당 생태수용력과 1인당 생태발자국의 차이로 산정되며, 국가 또는 지역의 생태발자국이 생태수용력을 초과할 때 생태적자가 발생함
- 생태적자가 발생했다는 것은 지역의 생태수용력을 넘어 소비되고 있으며, 이는 그 지역이 자체적으로 소비행위를 감당하고 있는 것이 아닌 다른 지역의 수용 능력을 사용하고 있는 것을 의미함(문경주 2004; 이승준 외 2020)

2) 생태발자국 산정법

■ **(접근 방식)** 생태발자국 분석은 복합접근법(compound approach)과 요소접근법(component approach)으로 구분(주용준 외 2014, 한순금 2012, 한순금 외 2011a)

- 복합접근법은 국가 또는 지역의 공급 및 소비량 자료를 활용하여 특정 소비 범주 생산 및 소비에 필요한 1인당 토지의 양을 추정하는 것이며, 요소접근법은 교통, 물, 폐기물 발생 등 개인의 소비 활동으로 품목을 세분화하여 1인당 토지의 양을 추정하는 것임
 - 복합접근법은 소비품목을 4가지로 간소화하여 1인당 토지의 양을 산정하고 있어 요소 접근법보다 방법이 단순하고 자료수집이 쉽다는 장점이 있으나, 소비 활동별 상세 결과를 파악할 수 없다는 한계가 존재
 - 요소접근법은 개인의 소비활동이 어떻게 환경용량에 영향을 미치는지에 대해 구체적으로 분석할 수 있으나 생산-유통-소비-폐기에 이르기까지 전 과정을 분석해야 하며 중복 계산의 가능성이 존재(이숙미 외 2009)
- 이 연구는 지역의 소비량과 생산량을 기준으로 시·도 단위의 생태발자국 비교를 목적으로 하고 있어 국가 및 지역 단위의 수요·공급량을 바탕으로 산정하는 복합접근법 산정법을 중심으로 활용하고자 함

표 3 복합접근법과 요소접근법

구분	소비범주	소비 항목
복합 접근법	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
	에너지	목재

구분	소비범주	소비 항목
요소 접근법	산림	휘발유, 등유, 경유, 방카-A, 방카-B, 방카-C, 제트A-1, JP-4, 프로판, 부탄, 도시가스, 무연탄, 전기
	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
	직접에너지	가정상업공공 부문에서 직접 소비하는 에너지(휘발유, 등유, 경유, 방 카-A, 방카-B, 방카-C, 제트A-1, JP-4, 프로판, 부탄, 도시가스, 무연탄, 전기)
	개인교통	버스, 지하철/철도, 자동차, 택시, 오토바이&스쿠터, 항공
	재화	옷/직물, 면, 울, 합성섬유, 목재가구, 그 외 가구, 대형 가전제품, 컴퓨터/기타 전자장비, 소형 가전제품, 책/휴지 등 종이류, 차량 수리 부품, 금속제품, 가죽제품, 플라스틱 제품, 자기, 유리제품, 의약품, 세제류, 담배 등 관련 제품
	폐기물	종이류, 알루미늄류(캔류), 기타 금속류(고철류), 유리류(병류), 플라스틱류 등 재활용품
물	급수량, 하수처리량	

출처: 한순금 2012. 86; 106.

■ (산정 방법) 복합접근법에 의한 생태발자국은 다음 산정 방식에 따라 산정됨(GFN 2010)

$$EF_p = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF$$

P = 수확된 제품의 양 또는 배출된 폐기물·이산화탄소의 양

Y_N = P에 대한 국가 평균 생산량

YF = 생산성인자

EQF = 등가인자

- GFN(Global Footprint Network)은 국가별로 상이한 생산량과 기술량 등을 표준화하고자 생태 발자국 지수를 계산하는 과정에 생산성 인자와 등가인자를 보정치로 사용하고 있으며, 이를 통해 소비수준을 전 지구적 관점에서 비교·평가할 수 있음
 - 생산성인자(Yield Factor: YF)는 국가별 특성을 표준화하기 위한 것(여민주 외 2014)으로, 특정 국가의 토지 생산성을 동일한 토지 형태의 세계 평균 생산성과 비교하여 세계 평균 대비 상대적인 생산성을 의미(최제일 외 2011)
 - 등가인자(Equivalence Factor: EQF)는 토지 종류별 특성을 표준화하기 위한 값으로 경작지, 초지, 산림 등 각 토지 형태별로 세계 토지의 평균 생산력 대비 생산성을 나타내며 매년 토지 형태별로 결정됨(최제일 외 2011)

표 4 2018년 기준 생산성인자 및 등가인자

토지유형	생산성인자(YF)	등가인자(EQF)
경작지	1.48593	2.50
산림	0.56937	1.26
초지	1.69628	0.45
어장	1.83194	0.36
건설부지(건조환경)	1.48593	2.50
에너지토지(탄소흡수지)	-	1.26

출처: GFN 2022.

- 생태발자국 지수 산출은 다음 5단계 과정을 거쳐 산출됨
 - (1단계) 자료 수집 단계로 소비 범주 및 소비 항목에 따라 연평균 소비량, 연평균 생산량 등의 데이터를 수집
 - (2단계) 소비항목별 1인당 EF 지수를 산정하는 단계로, 소비항목별 연평균 소비량을 토대로 소비항목 생산에 필요한 1인당 소비되는 토지의 양(ha/인)을 산정
 - (3단계) 소비항목별 EF지수 총합에 등가인자와 생산성인자를 곱하여 소비범주별 1인당 생태발자국(gha/인) 산정
 - (4단계) 소비범주별 1인당 EF지수를 합산하여 지역의 1인당 EF지수 산정

표 5 복합접근법에 의한 생태발자국 산정 절차

산정 절차		산정 방법
1단계	자료수집	소비항목별 연평균 소비량, 생산량 등의 데이터 수집
2단계	소비 항목별 1인당 EF지수 산정	소비항목별 연평균 소비량을 충당하는데 필요한 1인당 토지면적(EF) 산정 $\text{소비항목별 1인당 EF(ha/인)} = \frac{\text{소비항목별 1인당 연평균 소비량(kg/인)}}{\text{소비항목별 토지 1ha당 생산량(kg/ha)}}$ *1인당 연평균 소비량 : 소비항목별 연간 총 소비량/인구 규모 *연간 1ha당 생산량 : 연간 총 생산량(kg)/생산 면적(ha)
3단계	소비 범주별 1인당 EF지수 산정	소비항목별 EF지수 총합에 생산성인자와 등가인자를 곱하여 소비 범주별 EF 지수 산정 $\text{소비범주별 1인당 EF(gha/인)} = \sum \text{소비항목별 1인당 EF} \times Y$
4단계	지역별 1인당 EF지수	소비범주별 EF지수를 합하여 지역의 1인당 EF 지수 산정 $\text{지역별 1인당 EF(gha/인)} = \sum \text{소비범주별 1인당 EF}$

출처: 저자 작성.

3) 소비 부문별 생태발자국 산정

- <표 6>을 바탕으로 자료의 구득 가능성과 및 최신성 등을 고려한 생태발자국 산정의 구성 항목은 아래 표와 같으며, 소비 부문별 산정 방법은 다음과 같음

표 6 최종 소비범주 및 항목

소비범주	소비 항목
음식	미곡, 맥류, 서류, 잡곡, 두류, 채소, 과일, 축산물, 수산물
건조환경	대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지
에너지	목재
산림	휘발유, 등유, 경유, B-A유, B-B유, B-C유, LPG, 도시가스, 전기

출처: 저자 작성.

- 음식 부문 EF 지수
 - 음식 부문의 경우 지역별로 생산량, 수입량 등의 통계자료가 존재하지 않기 때문에 통계청에서 제공하는 1인당 연간 소비량(양곡, 채소, 과일), 축산물 및 수산물 1인당 연간 소비량이 산출되어 있는 품목만을 포함하여 산정함¹⁾
 - 음식 부문 생태발자국은 생산량을 경작면적으로 나누어 해당 지역의 산출률을 산정하고, 생산성인자와 등가인자를 곱하여 산정함
 - 음식 부문 EF 지수는 음식 생산량과 소비량 간의 관계 값으로 EF 지수가 클수록 작물 등의 생산량보다 소비량이 더 많다는 것을 의미하며, EF 지수가 1 이상인 경우는 지역 내 생산량 이상으로 소비하고 있어 외부로부터 식량을 수입하여 유지하고 있음을 나타냄

$$EF_{crop} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{P_i} \times YF_{crop} \times EQF_{crop} \right)$$

$$EF_{grazing} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{P_i} \times YF_{grazing} \times EQF_{grazing} \right)$$

$$EF_{fishing} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{P_i} \times YF_{fishing} \times EQF_{fishing} \right)$$

C_i = 1인당 연간 소비량, P_i = 해당 지역의 산출률

1) 이창우 외(1999), 문경주(2004), 이승준 외(2020)가 이용한 방식을 원용함.

• 건조환경 부문 EF 지수

- 건조환경 부문은 토지 지목 중 생산적 토지로 사용할 수 없는 16개(대지, 공장용지, 학교, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교, 사적지, 묘지, 잡종지)를 대상으로 하여 산정함(이승준 외 2020; 배민기 외 2014; 한순금 2012; 한순금 외 2011b 등)
- 건조환경 부문의 경우 원래 농업생산성을 가지고 있는 토지였으나 토지개발로 생산성이 없는 지역으로 변모되었다는 것을 전제로 하여 지목별 1인당 토지소비량에 경작지 생산성 인자와 등가인자를 곱하여 산정함(배민기 외 2011)
- 건조환경 부문 EF 지수는 토지 자체의 소비량으로 값이 클수록 개발로 인해 소비되는 면적이 크다는 것을 나타내며 동시에 생태적 생산토지가 생산성이 없는 지역으로 전환됨을 의미함

$$EF_{built} = \sum_{i=1}^n (built_i \times YF_{crop} \times EQF_{crop})$$

built_t = 생태적 생산토지로 사용할 수 없는 토지의 1인당 토지소비량

• 산림 부문 EF 지수

- 산림 부문의 생태발자국은 지역별 생산량을 산림면적으로 나누어 산출률을 산정한 후, 1인당 목재소비량을 산출률로 나누어 등가인자와 생산성 인자를 곱하여 계산함
- 산림 부문의 경우 여러 용도로 사용된 모든 임산물을 고려해야 하나, 용도별 소비량 데이터와 산출률 산정 등의 어려움이 있어 여러 용도로 사용되는 목재에 대한 소비량을 구하는 것이 일반적인 방법으로 이를 활용하여 산정함(임재호·이종호 2002; 배민기 외 2011; 이승준 외 2020 등)
- 산림 부문 EF 지수는 목재 관련 제품의 소비량과 이에 필요한 산림의 양 간의 관계 값으로, EF 지수가 클수록 목재 관련 제품의 소비량을 충족하기 위해 많은 양의 산림이 필요하다는 것을 나타내며 EF 지수가 1 이상인 경우 목재 관련 소비 제품을 위해 외부 자원을 사용하고 있음을 의미함

$$EF_{forest} = \sum_{i=1}^n (forest_i \times YF_{forest} \times EQF_{forest})$$

forest_t = 1인당 산림 소비량

• 에너지 부문 EF 지수

- 에너지 부문은 에너지경제연구원의 지역에너지 통계자료를 활용하였으며, 전국 단위로 통계자료 구득이 가능한 에너지원을 기준으로 하여 휘발유, 등유, 경유, 중유, 벙커-C유, 도시가스, 전기, LPG 등을 세부 항목으로 선정

- 에너지 부문 생태발자국은 소비량을 기가줄(GJ)로 환산하고, 100GJ의 화석연료를 소비하기 위해서는 생산적인 토지가 약 1ha 필요한 것으로 간주(문경주 2004)하여 에너지 부문 EF 지수를 산정
- 에너지 부문 EF 지수는 에너지 사용에 따라 발생하는 이산화탄소를 흡수하는 데 필요한 토지의 양으로 EF 지수가 클수록 이산화탄소 흡수를 위한 토지가 많이 필요함을 의미

표 7 소비항목별 산정 방법

소비범주	산정방법	산출값에 대한 해석
음식	·음식 부문 소비항목별 소비량과 생산량 데이터로 지역의 산출률을 산정하고, 토지유형별 생산성인자와 등자인자를 곱하여 지역의 음식 부문 EF 산출 ·지역의 총인구를 나누어 음식 부문 1인당 EF 산출	·EF 지수가 클수록 작물 등의 생산량보다 소비량이 더 많다는 것을 의미
건조환경	·토지 지목 중 생산적 토지로 사용할 수 없는 16개 토지의 면적을 합산하고, 경작지 생산성인자와 등자인자를 곱하여 지역의 건조환경 부문 EF 산출 ·지역의 총인구를 나누어 건조환경 부문 1인당 EF 산출	·EF 지수가 클수록 개발로 인해 소비되는 면적이 크다는 것을 의미
산림	·목재의 생산량과 소비량 데이터로 지역의 산출률을 산정하고, 산림 생산성인자와 등자인자를 곱하여 지역의 산림 부문 EF 산출 ·지역의 총인구를 나누어 산림 부문 1인당 EF 산출	·EF 지수가 목재 관련 제품 소비를 위해 소비되는 산림의 양이 크다는 것을 의미
에너지	·에너지원별 소비량 데이터를 GJ로 환산하고, 100GJ당 1ha의 생산적 토지로 변환하여 지역의 에너지 부문 EF 산출 ·지역의 총인구를 나누어 에너지 부문 1인당 EF 산출	·EF 지수가 클수록 높은 에너지 소비량으로 인해 이산화탄소 흡수에 필요한 토지의 면적이 크다는 것을 의미

출처: 저자 작성.

03 시·도별 생태발자국 분석과 비교

1) 우리나라 생태발자국 현황

■ 부문별 생태발자국 산정

- (음식 부문) 2019년 기준 음식을 위해 소비된 1인당 EF 지수는 2.1244gha로 4개 부문 중 유일하게 1을 초과하는 값을 나타냄
 - 소비 항목별 1인당 소비량을 살펴보면 쌀(미곡), 배추, 밀, 양파 등에서 높게 나타나며 초지, 어장보다 경작지에서 생산되는 항목에서 1인당 소비량이 높게 나타남
 - 그러나 생태발자국 지수로 살펴보면 어류, 패류, 해조류 등 어장에서 생산되는 항목에서 높은 값이 나타나는데, 이는 패류, 어조류의 경작면적에 대한 데이터를 제공하고 있지 않아 어류의 산출물을 동일하게 적용하면서 높은 1인당 소비량이 산출된 결과로 판단됨
 - 그러나 패류와 해조류 값을 제외해도 음식 부문의 지수값은 4개 부문 중 가장 높은 값을 나타내며 이는 국내 생산량 대비 소비 수준이 높아 식량 수입의존도가 높다는 것으로 이러한 추세가 지속된다면 식량안보에 대한 위기가 증대할 수 있음을 의미함

표 8 2019년 우리나라 전국 음식 부문 EF 지수

항목	경작면적	생산량	산출물	총소비량	일인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b	$c=b/a \cdot 10^3$	d	$e=d/p$	$f=e/c \cdot yf \cdot eqf$
단위	ha	t	kg/ha	kg	kg/인	gha/인
쌀(미곡)	729,813	3738474	5,122.509	3,069,511,771	59.2	0.0429
보리쌀	40,440	127522	3,153.363	72,589,805	1.4	0.0016
밀	3,736	15263	4,085.385	1,638,455,608	31.6	0.0287
옥수수	14,838	76336	5,144.629	160,734,569	3.1	0.0022
콩	54,437	105339	1,935.063	326,654,124	6.3	0.0121
서류	48,771	1058745	21,708.49	155,549,583	3	0.0005
무	19,471.33	1110876	57,051.86	1,114,772,012	21.5	0.0014
배추	25,836.63	1859704	71,979.37	2,457,683,411	47.4	0.0024
마늘	24,270	342132	14,096.91	425,168,860	8.2	0.0022
양파	20,831	1542530	74,049.73	1,602,160,705	30.9	0.0015
고추	35,744	249946	6,992.67	160,734,569	3.1	0.0016

항목	경작면적	생산량	산출물	총소비량	일인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b	$c=b/a*10^3$	d	$e=d/p$	$f=e/c*yf*eqf$
단위	ha	t	kg/ha	kg	kg/인	gha/인
사과	32,949	535661	16,257.28	534,053,568	10.3	0.0024
배	9,876	206322	20,891.25	171,104,541	3.3	0.0006
복숭아	20,612	210256	10,200.66	212,584,430	4.1	0.0015
포도	12,678	166154	13,105.69	233,324,375	4.5	0.0013
단감	29,133	351751	12,073.97	93,329,750	1.8	0.0006
감귤	21,166	629771	29,753.9	627,383,318	12.1	0.0015
기타	32,814	134673	4,104.132	1,068,107,137	20.6	0.0186
소계(경작지)						0.1236
쇠고기	-	249,000	1,500	674,048,193	13	0.0067
돼지고기	-	1,173,843	1,500	1,451,796,108	28	0.0067
닭고기	-	656,900	1,500	767,377,943	14.8	0.0076
소계(초지)						0.021
어류	3,753,637	85,204	22.69905	1,249,581,650	24.1	0.7089
패류	-	-	22.69905	814,042,818	15.7	0.4618
해조류	-	-	22.69905	1,425,871,178	27.5	0.8090
소계(아장)						1.9797
총계						2.1244

주 1: 쇠고기, 돼지고기, 닭고기의 산출물은 주용준 외(2017) 연구 결과를 바탕으로, 우리나라의 가축사육에 필요한 법적 최소면적의 차이를 고려한 산출물(1,500) 적용.
 주 2: 어류 이외의 패류 및 해조류 생산에 필요한 면적 및 생산량 등에 대한 세부적인 통계자료가 존재하지 않아, 패류 및 해조류의 산출물은 어류와 동일하게 적용.
 출처: 농림축산식품부 2021; 해양수산부 2021a; 해양수산부 2021b; 한국농촌경제연구원 2021.

- **(건조환경 부문)** 2019년 건조환경으로 소비된 1인당 EF 지수는 0.0746gha임
 - 건조환경은 생산적인 기능을 수행하지 못한 소비된 토지로서 토지 용도 중 도로, 대, 공장 등에서 비교적 높은 생태발자국 지수를 나타냄
 - 이러한 소비행태는 인간의 삶을 영위하는 데 필수적으로 사용되는 주거, 일자리, 교통 등과 연계되며, 향후 인구감소로 이들에 대한 수요가 줄어들어 다시 생태적 생산토지로 전환할 수 있다면 건조환경 부문의 생태발자국 소비를 줄일 수 기회가 될 수 있을 것으로 판단됨
 - 그러나 건조환경 부문의 지수값은 모두 1 미만으로 자국 공급량 내에서 생산가능한 수준으로 나타났는데, 이는 고정자산으로 한정된 토지를 사용하고 있기 때문임

표 9 2019년 기준 우리나라 건조환경 부문 EF 지수 46062960

항목	점유면적		1인당 토지소비량	EF 지수
산정식	a	b	c=b/p	f=e/c*yf*eqf
단위	m ²	ha	ha/인	gha/인
대	3,195,788,319	319,579	0.0062	0.0229
공장용지	1,032,599,496	103,260	0.0020	0.0074
학교용지	310,961,171	31,096	0.0006	0.0022
주차장	38,599,082	3,860	0.0001	0.0003
주유소용지	20,370,127	2,037	0.0000	0.0001
창고용지	130,458,279	13,046	0.0003	0.0009
도로	3,346,262,041	334,626	0.0065	0.0240
철도용지	143,266,913	14,327	0.0003	0.0010
제방	210,453,977	21,045	0.0004	0.0015
수도용지	53,670,781	5,367	0.0001	0.0004
체육용지	366,204,104	36,620	0.0007	0.0026
유원지	43,334,323	4,333	0.0001	0.0003
종교용지	56,648,780	5,665	0.0001	0.0004
사적지	20,759,379	2,076	0.0000	0.0001
묘지	282,241,437	28,224	0.0005	0.0020
잡종지	1,168,976,948	116,898	0.0023	0.0084
총계	10,420,595,155	1,042,060	0.0201	0.0746

출처: 통계청 「지적통계」.

- **(산림 부문)** 2019년 목재 관련 제품 등을 위해 소비된 1인당 EF 지수는 0.5422gha임
 - 이승준 외(2020)에서 산출된 2017년 산림 부문 1인당 EF 지수는 0.65gha/인으로 2019년보다 0.1ha 높은 값으로 분석됨
 - 이는 2019년의 높은 목재자급률이 반영된 결과로 판단되며, 2019년 우리나라 목재 자급률은 2014년 이후 최고 수준으로 16.6%를 기록
 - 산림 부문 역시 건조환경과 동일하게 지수값이 1 미만으로 현재 소비수준이 자국 공급량 내에서 생산가능한 수준인 것을 알 수 있음
 - 그러나 산림 부문 EF 지수가 건조환경 부문보다 높다는 것에 주목할 필요가 있으며 이는 개발되는 양보다 탄소흡수원이 제거되는 양이 더 많다는 것으로 해석할 수 있어 이에 대한 소비를 관리하여 생태용량에 가해지는 부담을 줄이고 탄소중립을 실현시키는 데 기여할 필요가 있을 것으로 사료됨

표 10 2019년 기준 우리나라 산림 부문 EF 지수

항목	산림면적	생산량	산출률	소비량	1인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b	c=b/a	d	e=d/p	f=e/c*yf*eqf
단위	ha	m ³	m ³ /ha	1,000m ³	m ³ /인	gha/인
산림	6,335,255	4,311,892	0.6806	26,627	0.5135	0.5422

출처: 통계청 「한국도시통계」; 산림청 2021.

- **(에너지 부문)** 2019년 에너지 사용을 위해 소비된 1인당 EF 지수는 0.8486gha임
 - 4가지 소비 부문과 비교해보면 음식 다음으로 높은 값이며, 이는 식량안보와 함께 에너지 위기도 환경 및 도시정책 분야의 주요 이슈로 다룰 필요가 있다는 것을 시사함
 - 에너지 항목별로 살펴보면, 전력 부문의 1인당 소비량과 EF 지수가 가장 크게 나타나고, 도시가스과 경유가 그 다음을 차지하고 있음
 - 여기서 주목해야 할 부분은 전력 부문의 비중이 가장 높다는 것으로 탄소중립 실현을 위해 전기, 수소 등의 에너지 전환이 이루어지고 있지만, 생태발자국 관점에서는 다른 결과를 가져올 수 있으므로 탄소중립과 생태발자국 두 가지 측면의 균형점을 찾는 것이 중요할 것으로 판단됨

표 11 2019년 기준 우리나라 에너지 부문 EF 지수

항목	소비량	kcal로 환산	GJ로 환산	1인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b=a*단위발열량	c=b*단위환산계수	d=c/p	f=d/100
단위		kcal	GJ	GJ/인	gha/인
휘발유(천배럴)	82,750	95,461,443,138,600	399,677,970.13	7.71	0.0771
등유(천배럴)	17,127	22,234,753,693,600	93,092,466.76	1.80	0.0180
경유(천배럴)	166,910	223,049,744,320,200	933,864,669.52	18.01	0.1801
B-A유(천배럴)	1,617	2,232,405,644,700	9,346,635.95	0.18	0.0018
B-B유(천배럴)	431	621,707,690,800	2,602,965.76	0.05	0.0005
B-C유(천배럴)	21,949	32,644,091,844,000	136,674,283.73	2.64	0.0264
LPG(천배럴)	122,138	270,737,365,059	1,133,523.20	0.02	0.0002
도시가스(천배럴)	24,414,264	226,808,513,772,916	949,601,885.46	18.31	0.1831
전기(Gwh)	520,499	447,628,882,000,000	1,874,132,603.16	36.15	0.3615
총계			4,400,127,004	84.86	0.8486

출처: 에너지경제연구원 2020.

■ 부문별 생태발자국 산정값 종합

- 2019년 우리나라 1인당 총 생태발자국은 3.590gha로 나타남
 - 총 생태발자국의 구성비를 보면 음식 부문이 59.17%로 가장 높은 비중을 차지하며 에너지, 산림, 건조환경 순으로 높게 나타남
 - 음식 부문은 4개 부문 중 유일하게 1 이상의 지수값을 나타내고 있으며, 이는 식량 수입 의존도가 높다는 것으로 해석이 가능하며, 이러한 추세가 지속된다면 식량안보의 위기를 초래할 가능성이 있음
 - 건조환경 부문은 인간활동에 필수적인 도로, 대, 공장 등의 용도에서 높은 소비면적을 나타내고 있으나 모두 1 미만으로 자국 공급량 내에서 생산 가능한 수준임을 알 수 있음
 - 산림 부문도 건조환경과 동일하게 1 미만의 값으로 자국 공급량 내에서 소비하고 있으나 건조환경 EF 지수보다 높게 나타나 개발에 의한 것보다 더 많은 면적이 소비되고 있음을 알 수 있으며, 향후 탄소중립 실현을 위해 산림 부문 관리가 필요할 것으로 판단됨
 - 에너지 부문은 4개 부문 중 두 번째로 높은 값을 나타내며, 식량안보와 함께 에너지 위기에 대한 대책 마련이 시급함을 시사함

■ 우리나라의 총 생태적자 분석

- (생태적 생산토지) 2019년 생산가능 토지의 총면적은 8,355,182ha로, 1인당 평균 생산가능 토지 면적은 0.1611gha임
 - 생태적 생산토지는 생태기능을 수행할 수 있는 토지를 의미하며, 통계연보에 수록된 '토지 지목별 현황' 중 Wackernagel and Rees(1996)의 개념에 맞추어 경작지(전, 답, 과수원), 초지(목장), 산림(산림면적 또는 임야)의 값을 사용(이승준 외 2020; 김찬우 외 2018; 주용준 외 2014 등)
 - 1인당 생태적 생산토지는 전, 답, 과수원, 목장용지, 임야 등의 용도지역의 합에 인구를 나눈 값으로 산정

표 12 2019년 기준 우리나라 1인당 생산가능 토지

항목	생태적 생산토지		1인당 생태적 생산토지 면적 gha/인(c=(b*YF*EQF)/p)
	m ² (a)	ha(b)	
전	7,582,405,784	758,241	0.0543
답	11,162,125,105	1,116,213	0.0800
과수원	610,443,769	61,044	0.0044
목장용지	561,350,326	56,135	0.0040
임야	63,635,490,717	6,363,549	0.4558
총계	83,551,815,701	8,355,182	0.5985

출처: 통계청 「지적통계」.

- **(생태적자)** 2019년 우리나라 1인당 생태적자는 -2.992gha인 것으로 분석
 - 생태적자는 총 생태발자국 3.590gha/인과 생태적 생산토지면적 0.5985gha/인의 차이로 산정하며, 2019년 1인당 생태적자는 -2.992gha인 것으로 나타남
 - 이는 총 생태발자국 이상으로 소비가 이루어지고 있음을 의미하며 현재의 소비 수준을 유지하기 위해서는 6배의 토지가 필요함을 나타냄

표 13 2019년 우리나라 총 EF 지수

항목	EF 지수(gha/인)	비중(%)
총 EF 지수(a)	3.590	100.0
음식부문	2.1244	59.17
건조환경 부문	0.0746	2.08
산림 부문	0.5422	15.10
에너지 부문	0.8490	23.65
생태적 생산토지(b)	0.5985	
생태적자(b-a)	-2.992	

출처: 저자 작성.

2) 17개 시·도별 생태발자국 현황

■ 부문별 생태발자국 산정

- **(음식 부문)** 17개 시·도의 EF 지수 평균은 약 2.1747gha/인으로 나타났으며, 표준편차는 0.1107gha로 나타남
 - 지역별로 보면, 제주특별자치도가 2.5977gha/인으로 가장 큰 면적을 소비하고 있으며, 이는 국제적인 관광도시로 여행객 등에 의한 음식 소비가 높으나 섬이라는 지리적 여건으로 작물 생산량이 낮기 때문인 것으로 판단됨

표 14 2019년 시·도별 음식 부문 EF 지수

항목	경작면적	생산량	1인당 소비량	EF 지수
단위	ha	t	kg/인	gha/인
서울특별시	1,923	180	3.0327	2.1514
부산광역시	25,389	3,254	3.0370	2.1676
대구광역시	74,954	5,483	3.0284	2.1356
인천광역시	99,492	12,896	3.0301	2.1417
광주광역시	58,490	7,308	3.0273	2.1313

항목	경작면적	생산량	1인당 소비량	EF 지수
단위	ha	t	kg/인	gha/인
대전광역시	19,988	2,096	3.0272	2.1309
울산광역시	51,114	5,856	3.0274	2.1317
세종특별자치시	38,947	5,330	3.0306	2.1436
경기도	907,607	104,561	3.0347	2.1589
강원도	943,805	57,910	3.0336	2.1547
충청북도	624,332	67,271	3.0277	2.1330
충청남도	1,129,889	157,525	3.0304	2.1429
전라북도	1,369,893	166,382	3.0249	2.1225
전라남도	2,575,362	240,960	3.0278	2.1331
경상북도	2,057,949	190,593	3.1529	2.5977
경상남도	1,272,619	112,192	3.0249	2.1227
제주특별자치도	1,209,702	37,619	3.0646	2.2700

출처: 농림축산식품부 2021; 해양수산부 2021a; 해양수산부 2021b; 각 시도 통계연보 2020.

- **(건조환경 부문)** 17개 시·도의 EF 지수 평균은 약 0.1003gha/인으로 나타났으며, 표준 편차는 0.0657gha로 시·도 간 큰 차이가 없는 것으로 나타남
 - 지역별로 살펴보면 서울을 비롯한 부산, 대구 등 대도시일수록 낮은 결과값이 나타나는 데 이는 인구밀도가 높을수록 1인당 점유면적이 낮아지기 때문인 것으로 보임
 - 반면 전라남도, 강원도, 충청남도 등 토지면적 대비 비교적 인구밀도가 낮은 지역의 경우 고밀도의 지역보다 비교적 많은 면적을 소비함

표 15 2019년 시·도별 건조환경 부문 EF 지수

항목	점유면적		1인당 토지소비량	EF 지수
	㎡	ha		
서울특별시	365,048,582	36,505	0.0038	0.0139
부산광역시	264,433,172	26,443	0.0077	0.0288
대구광역시	221,833,954	22,183	0.0091	0.0338
인천광역시	345,332,689	34,533	0.0117	0.0434
광주광역시	151,933,635	15,193	0.0104	0.0387
대전광역시	143,921,518	14,392	0.0098	0.0362
울산광역시	192,148,610	19,215	0.0167	0.0622
세종특별자치시	71,561,976	7,156	0.0210	0.0780
경기도	1,900,823,835	190,082	0.0144	0.0533
강원도	766,048,013	76,605	0.0497	0.1846
충청북도	664,152,930	66,415	0.0415	0.1542
충청남도	944,549,505	94,455	0.0445	0.1652

항목	점유면적		1인당 토지소비량	EF 지수	
	단위	m ²	ha	ha/인	
전라북도		791,658,444	79,166	0.0435	0.1616
전라남도		1,155,413,166	115,541	0.0618	0.2296
경상북도		1,161,324,793	116,132	0.0436	0.1618
경상남도		1,011,470,817	101,147	0.0301	0.1117
제주특별자치도		268,939,518	26,894	0.0401	0.1489

출처: 통계청 「지적통계」.

- **(산림 부문)** 17개 시·도의 EF 지수 평균은 약 1.5400gha/인으로 나타났으며, 표준편차는 1.6270gha로 시·도 간 차이가 가장 큰 것으로 나타남
 - 산림 부문의 경우 대전, 서울, 부산, 인천 등 인구밀도가 높은 지역일수록 높게 나타나는데, 이는 산림 부문 EF 지수가 목재 관련 제품 등을 위해 소비되는 면적으로 산림면적의 규모 보다 지역에서 생산 및 소비되는 양에 영향을 많이 받기 때문임
 - 또한 산림 부문의 경우 4개 소비 부문 중 시·도 간 격차가 가장 크게 나타나는데, 이는 지역별로 생태계 보호를 위한 관리지역, 보전지역 등의 지정 면적의 차이로 지역별 절대적인 생산량이 다르기 때문인 것으로 판단됨

표 16 2019년 기준 시·도별 산림 부문 EF 지수

항목	산림면적	생산량	산출률	소비량	1인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b	c=b/a	d	e=d/p	f=e/c*yf*eqf
단위	ha	m ²	m ² /ha	1,000m ²	m ² /인	gha/인
서울특별시	15,486	1,870	0.1208	-	0.5135	3.0562
부산광역시	35,386	3,212	0.0908	-	0.5135	4.0657
대구광역시	48,705	10,366	0.2128	-	0.5135	1.7340
인천광역시	40,625	6,449	0.1587	-	0.5135	2.3248
광주광역시	19,244	-	0.6806	-	0.5135	0.5422
대전광역시	29,928	1,666	0.0557	-	0.5135	6.6296
울산광역시	68,671	18,705	0.2724	-	0.5135	1.3549
세종특별자치시	25,288	7,156	0.2830	-	0.5135	1.3041
경기도	520,068	345,789	0.6649	-	0.5135	0.5550
강원도	1,371,643	674,504	0.4917	-	0.5135	0.7505
충청북도	491,135	480,480	0.9783	-	0.5135	0.3772
충청남도	408,033	437,779	1.0729	-	0.5135	0.3440
전라북도	443,140	306,642	0.6920	-	0.5135	0.5333
전라남도	690,237	298,202	0.4320	-	0.5135	0.8542
경상북도	1,337,741	742,708	0.5552	-	0.5135	0.6647

항목	산림면적	생산량	산출률	소비량	1인당 소비량	EF 지수
산정식	a	b	c=b/a	d	e=d/p	f=e/c*yf*eqf
단위	ha	m ²	m ² /ha	1,000m ²	m ² /인	gha/인
경상남도	701,903	350,233	0.4990	-	0.5135	0.7396
제주특별자치도	88,022	92,749	1.0537	-	0.5135	0.3502

주 1: 광주광역시의 경우 목재생산량이 자료가 없어 전국 산출률을 적용

주 2: 시도별 목재소비량 통계자료가 존재하지 않아 전국 목재소비량을 기준으로 1인당 소비량을 산출

출처: 통계청 「한국도시통계」; 산림청 2021.

- **(에너지 부문)** 17개 시·도의 EF 지수 평균은 약 0.9997gha/인으로 나타났으며, 표준편차는 0.5095gha로 나타남
 - 에너지 소비량으로 보면, 경기도가 10억GJ로 가장 많이 소비했으며 서울과 충청남도가 그 뒤를 이어 높은 에너지 소비량을 나타냄
 - 그러나 1인당 EF 지수는 울산광역시가 2.58gha로 가장 넓은 면적을 차지했으며, 이는 산업도시로서 그 특성이 반영된 결과로 1인당 에너지 강도가 높기 때문인 것으로 판단됨

표 17 2019년 기준 시·도별 에너지 부문 EF 지수

항목	소비량	GJ로 환산	1인당 소비량	EF 지수
단위	kcal	GJ	GJ/인	gha/인
서울특별시	106,777,924,264,160	447,057,813	45.95	0.4624
부산광역시	52,160,958,573,232	218,387,501	63.97	0.6438
대구광역시	34,308,261,859,318	143,641,831	58.92	0.5940
인천광역시	53,601,110,249,650	224,417,128	75.89	0.7626
광주광역시	20,865,918,964,800	87,361,430	59.98	0.6025
대전광역시	22,859,650,850,872	95,708,786	64.89	0.6538
울산광역시	70,013,083,698,425	293,130,779	255.34	2.5803
세종특별자치시	5,220,095,114,690	21,855,494	64.17	0.6142
경기도	245,537,023,118,100	1,028,014,408	77.65	0.7656
강원도	34,095,961,189,688	142,752,970	92.61	0.9253
충청북도	48,828,547,520,951	204,435,363	127.77	1.2771
충청남도	84,213,506,227,218	352,585,108	166.02	1.6623
전라북도	45,657,787,122,732	191,160,023	105.10	1.0596
전라남도	61,511,691,616,098	257,537,150	137.81	1.3909
경상북도	80,840,872,516,050	338,464,565	126.96	1.2823
경상남도	71,148,884,544,635	297,886,150	88.59	0.8918
제주특별자치도	13,308,475,026,788	55,719,923	83.04	0.8259

출처: 에너지경제연구원 2020.

■ 시·도별 생태발자국과 생태적자 현황

- (생태발자국) 17개 시·도의 총 생태발자국 분석 결과, 대전광역시가 9.451ggha/인으로 소비 수준을 유지하기 위한 1인당 면적이 가장 넓은 것으로 나타남
 - 그 다음으로 부산광역시, 울산광역시, 서울특별시, 인천광역시 등 대도시일수록 높은 EF 지수를 나타냄. 상위 도시 중 울산광역시를 제외한 4개 도시는 산림 부문의 소비 비중이 가장 높은 것으로 나타났는데 이는 비도시지역과 달리 산림의 면적이 좁은 대도시일수록 산림 소비량 대비 목재 생산량이 많기 때문인 것으로 보임
 - 소비 부문별로 살펴보면, 에너지 부문 비중이 큰 울산광역시를 제외하고 그 외 시·도에서는 음식이나 산림 부문에서 40% 이상의 소비 면적을 보임. 반면, 건조환경 부문의 경우 모든 시·도에서 5% 이하의 면적으로 전체 소비 면적 중 매우 낮은 비중을 차지하고 있음. 이는 건조환경이 외부로부터 유입이 불가능한 고정자산으로 한정된 자원만을 사용하기 때문인 것으로 판단됨

표 18 2019년 기준 시·도별 총 EF 지수

항목	음식 부문		건조환경 부문		산림 부문		에너지 부문		총 EF 지수
전국	2.1244	59.2%	0.0746	2.1%	0.5422	15.1%	0.8490	23.6%	3.590
서울특별시	2.1514	37.9%	0.0139	0.2%	3.0562	53.8%	0.4624	8.1%	5.684
부산광역시	2.1676	31.4%	0.0288	0.4%	4.0657	58.9%	0.6438	9.3%	6.906
대구광역시	2.1356	47.5%	0.0338	0.8%	1.7340	38.6%	0.5940	13.2%	4.497
인천광역시	2.1417	40.6%	0.0434	0.8%	2.3248	44.1%	0.7626	14.5%	5.272
광주광역시	2.1313	64.3%	0.0387	1.2%	0.5422	16.4%	0.6025	18.2%	3.315
대전광역시	2.1309	22.5%	0.0362	0.4%	6.6296	70.1%	0.6538	6.9%	9.451
울산광역시	2.1317	34.8%	0.0622	1.0%	1.3549	22.1%	2.5803	42.1%	6.129
세종특별자치시	2.1436	51.8%	0.0780	1.9%	1.3041	31.5%	0.6142	14.8%	4.140
경기도	2.1589	61.1%	0.0533	1.5%	0.5550	15.7%	0.7656	21.7%	3.533
강원도	2.1547	53.7%	0.1846	4.6%	0.7505	18.7%	0.9253	23.0%	4.015
충청북도	2.1330	54.1%	0.1542	3.9%	0.3772	9.6%	1.2771	32.4%	3.941
충청남도	2.1429	49.7%	0.1652	3.8%	0.3440	8.0%	1.6623	38.5%	4.314
전라북도	2.1225	54.7%	0.1616	4.2%	0.5333	13.8%	1.0596	27.3%	3.877
전라남도	2.1331	46.3%	0.2296	5.0%	0.8542	18.5%	1.3909	30.2%	4.608
경상북도	2.5977	55.2%	0.1618	3.4%	0.6647	14.1%	1.2823	27.2%	4.707
경상남도	2.1227	54.9%	0.1117	2.9%	0.7396	19.1%	0.8918	23.1%	3.866
제주특별자치도	2.2700	63.1%	0.1489	4.1%	0.3502	9.7%	0.8259	23.0%	3.595

출처: 저자 작성.

- (생태적자) 모든 시·도에서 생태용량 이상의 소비 수준을 가진 것으로 나타남
 - 특히 대전광역시, 부산광역시, 울산광역시, 서울특별시, 인천광역시 등 EF 지수가 높은 시도일수록 생태적자값이 높은 것으로 나타났으며, 이는 대도시일수록 소비량이 많은 반면 생산토지 면적이 좁아 나타난 결과임
 - 생태적 생산토지를 중심으로 살펴보면 서울시가 가장 적은 면적을 가지고 있는 것으로 분석됨. 만일 서울시가 현재 소비 수준을 유지한 채 자급자족할 경우 필요 토지 면적은 현재 생산토지의 924.3배로 전국에서 가장 큰 면적이 필요
 - 반면, 강원도의 경우 1.1배로 현재 소비 규모에 적절한 토지 규모를 보유하고 있는 것으로 분석됨

표 19 2019년 기준 시·도별 생태적자와 필요 토지 면적

항목	생태적 생산토지		1인당 생태적 생산토지 면적	총 EF 지수	생태적자	필요 토지 면적
	a	b	$c=(b*YF*EQF)/p$	d	$e=c-d$	d/b
단위	m ²	ha	gha/인	gha/인	gha/인	배
전국	83,551,815,701	8,355,182	0.5985	3.590	-2.992	6.0
서울특별시	161,086,251	16,109	0.0061	5.684	-5.678	931.8
부산광역시	436,351,83	43,635	0.0475	6.906	-6.858	145.4
대구광역시	587,992,422	58,799	0.0896	4.497	-4.408	50.2
인천광역시	638,129,036	63,813	0.0801	5.272	-5.192	65.8
광주광역시	305,524,614	30,552	0.0779	3.315	-3.237	42.6
대전광역시	337,926,704	33,793	0.0851	9.451	-9.365	111.1
울산광역시	810,820,018	81,082	0.2623	6.129	-5.867	23.4
세종특별자치시	353,126,937	35,313	0.3851	4.140	-3.755	10.8
경기도	7,520,473,235	752,047	0.2110	3.533	-3.322	16.7
강원도	15,401,927,876	1,540,193	3.7108	4.015	-0.304	1.1
충청북도	6,257,495,080	625,750	1.4525	3.941	-2.489	2.7
충청남도	6,621,040,940	662,104	1.1579	4.314	-3.157	3.7
전라북도	6,646,185,056	664,619	1.3570	3.877	-2.520	2.9
전라남도	10,265,132,986	1,026,513	2.0401	4.608	-2.568	2.3
경상북도	16,757,710,162	1,675,771	2.3346	4.707	-2.372	2.0
경상남도	8,908,173,758	890,817	0.9839	3.866	-2.882	3.9
제주특별자치도	1,542,718,788	154,272	0.8539	3.595	-2.741	4.2

출처: 저자 작성.

3) 생태발자국 영향요인 분석

■ 분석의 개요

- 여기서는 생태발자국 관리를 위한 정책적 시사점을 도출하기 위해 생태발자국 변화에 영향을 미치는 도시성장요인이 무엇인지를 파악하고자 함
 - 앞서 시·도별 EF 지수 분석 결과, 인구 및 경제적으로 성장한 도시일수록 생태발자국과 생태적자의 면적이 큰 것으로 나타남
 - 이에 따라 인구, 경제, 경제구조 등 도시성장요소가 생태발자국 변화에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 이를 줄이기 위해 어떠한 정책적 노력을 기울여야 하는지 파악하고자 함
- 분석의 공간적 범위는 경기도 31개 시·군으로 한정했으며, 생태적자의 변화를 살펴보는 시간적 범위는 2013년과 2019년으로 설정함
 - 경기도의 경우, 과거부터 현재까지 인구가 지속적으로 증가하고 있는 지역으로 향후 2040년까지 증가할 것으로 예측됨에 따라 분석 대상지역으로 적합하다고 판단함
- 분석 방법으로는 우선 요인분석을 통해 핵심적인 영향요인을 유형화하고, 선형회귀분석을 통해 각 요인의 영향력을 분석함
 - 구체적으로 기존 문헌과 선행연구를 참고하여 도시성장요인과 생태발자국 간 관계를 살펴볼 수 있는 변수를 선정하고, 이후 요인분석을 통해 도출된 결과를 토대로 선형회귀 분석을 하여 각 요인이 지역별 생태적자 변화에 미치는 영향을 파악함

■ 변수의 선정

- 도시성장요인과 관련된 선행연구에 따르면 도시성장에 영향을 미치는 요소는 크게 인구, 경제, 물리적 환경으로부터 영향을 받는 것으로 나타남

표 20 도시성장요인 관련 연구

저자(연도)	영향 요인
홍현욱 (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • 인구: 인구규모 • 경제: 제조업인구, 서비스업인구, 지방세부담액, 예금액, 공공건설사업비, 재정자립도 • 시설: 주택보급률, 도로율, 하수도 보급률, 도시공원 면적, 병상수, 공공도서관 장서수
김종완 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • 인구적 요인: 인구규모, 인구증감율, 시도내 전출입, 시도간 전출입 • 사회적 요인: 주택보급률, 도시역사, 중심서비스기능, 공공건설사업비 • 물리환경(토지이용) 요인: 주거지역 면적, 상업지역 면적, 공업지역 면적, 시가지 면적 • 경제적 요인: 제조업 고용밀도, 서비스업 고용밀도, 수출기반력, 산업다양성 • 재정적 요인: 자체 자원, 재정자립도, 일반세입, 특별세입

저자(연도)	영향 요인
하재룡 (2009)	<ul style="list-style-type: none"> 인구적 요인: 인구규모, 활성인구의 비, 교육수준 사회적 요인: 중심서비스기능크기 경제적 요인: 제조업고용밀도, 서비스업고용밀도, 수출기반력, 첨단산업고용밀도 도시체계적 요인: 도시의 중심력 공공정책적 요인: 재정적 수혜
홍장표 외 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> 인구구조 및 규모: 인구밀도, 전출률, 가구당 세대원, 가구당 아동 수, 노인인구 수, 자동차보유율, 주택보급률, 기초생활보호대상자비율 도시경제: 총 사업체 수, 경제활동인구비율, 금융기관 수, 재정자립도 도시고용구조: 총 종사자 수, 제조업체 종사자 수, 전문산업 종사자 수 주택건설: 주거지역 면적비율, 공공건설사업비, 노후 주택 수 도시기반시설: 도로연장, 상수도 보급률, 하수도 보급률 사회보장: 1인당 공원면적, 의료서비스, 사회복지시설
조재경 외 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> 무질서한 도시확산 방지: 시가화면적, 주거지역 밀도, 공업지역 밀도 납세자 보호: 국토 및 지역개발, 교통·수송, 환경보호, 지방세 부담액 효율적인 도시개발: 인구밀도, 1일 평균 교통시간, 도로 포장률, GRDP, 재정자립도 삶의 질 향상: 지가변동률, 녹지지역 비율, 60m² 미만 주택
이대중 (2015)	<ul style="list-style-type: none"> 인구 및 주택: 인구증가, 인구밀도, 서민주택의 확보, 가격안정화 토지이용 및 기반시설: 토지이용밀도, 시가지확산방지, 대중교통망체계, 기반시설 경제 및 재정: 자족성, 산업종사비율, 지방재정 안정화, 재정자립도 환경: 환경자원보호, 역사문화자원보전, 오픈스페이스 확보, 대기질 및 수질

출처: 위 선행연구를 활용하여 저자 작성.

- 생태발자국과 관련된 선행연구에서도 영향요인으로 인구, 경제적 특성 변수를 사용했으며 인구학적 요인에 따른 영향이 가장 큰 것으로 나타남
 - 박경원(2013) 연구결과에 따르면 경제가 성장할수록, 서비스업의 비중이 높아질수록 생태발자국이 증가하며 인구학적 요인 이외에 경제적 요인도 생태발자국에 영향을 줄 수 있음을 보여줌

표 21 생태발자국 관련 연구

저자(연도)	종속변수	영향 요인
여민주 외 (2018)	오버슈트 비율	<ul style="list-style-type: none"> 인구, 1인당 생태발자국, 생태수용력을 구성하는 토지면적, 생산성인자, 토지면적과 생산성인자를 제외한 생태수용력
박경원 (2013)	생태발자국, 토지이용도별 발자국	<ul style="list-style-type: none"> 총인구, 생산가능인구비율, 도시화율, 1인당 GDP, 서비스업 비율, 제조업비율, 수출의존도
여민주 외 (2014)	총 EF 증가율	<ul style="list-style-type: none"> 인구증가율, 1인당 EF 증가율

출처: 위 선행연구를 활용하여 저자 작성.

- 이 페이퍼에서는 생태발자국에 영향을 미칠 것으로 예상되는 도시성장 요인을 인구, 경제, 물리적 특성으로 구분함
 - 기존 문헌과 선행연구를 참고하여 각 항목에 공통적으로 적용되는 변수를 선정했으며, 그 결과 총 10개의 독립변수가 선정됨
 - 독립변수의 경우 2013년과 2019년 사이의 변화율을 종속변수로 사용한다는 점을 고려하여 두 기간의 중앙값을 기준연도로 설정함

표 22 변수의 선정

구분	변수명		단위	변수설명	기준연도
종속변수	생태발자국 변화율		%	경기도 31개 시·군의 생태발자국 변화율	2013/2019년
독립변수	인구	인구밀도	명/km ²	총인구 / 행정구역 면적	2016년
	경제	GRDP	백만 원	당해 연 가격 기준 GRDP	
		총사업체 수	개	-	
		제조업체 종사자 비율	%	(제조업 종사자 수 / 전 산업 종사자 수)*100	
		서비스업 종사자 비율	%	(서비스업 종사자 수 / 전 산업 종사자 수)*100	
	물리적 특성	주거지역 비율	%	(주거지역/전체 용도지역 면적)*100	
		상업지역 비율	%	(상업지역/전체 용도지역 면적)*100	
		공업지역 비율	%	(공업지역/전체 용도지역 면적)*100	
녹지면적 비율		%	(녹지지역/도시지역 면적)*100		

출처: 저자 작성.

■ 분석 결과

- 분석 수행 전 요인분석의 적합성을 확인하기 위해 KMO와 Bartlett 구형성 검정을 이용하였으며, KMO 0.742, Bartlett 구형성 검정치는 0.001로 독립변수를 이용하기에 적합한 것으로 판단함
- 도시성장요인으로 선정된 9개의 변수에 대해 요인분석을 실시한 결과, 최종적으로 3개의 요인이 도출됨
 - 요인 1은 녹지면적 비율은 낮으나 주거·상업·공업·상업지역 비율과 인구밀도가 높은 것으로 보아 지역의 도시화 수준과 관련된 요인으로 볼 수 있음
 - 요인 2는 제조업체 종사자 비율이 낮으며 서비스업 종사자 비율이 높은 것으로 보아 지역의 인구구조와 관련된 요인으로 볼 수 있음

- 요인 3은 GRDP와 총사업체 수가 높은 것으로 보아 도시경제구조와 관련된 요인으로 볼 수 있음

표 23 요인분석 결과

요인	성분		
	1	2	3
주거지역 비율	0.897	0.331	0.185
인구밀도	0.892	0.334	0.183
상업지역 비율	0.856	0.353	0.234
녹지면적 비율	-0.853	0.223	-0.183
공업지역 비율	0.785	-0.383	0.125
서비스업 종사자 비율	0.100	0.978	-0.030
제조업체 종사자 비율	-0.058	-0.977	0.074
GRDP	0.120	-0.115	0.959
총 사업체수	0.349	0.023	0.901
아이겐 값	3.826	2.466	1.909
공통변량(%)	42.515	27.396	21.216
누적변량(%)	42.515	69.911	91.127

KMO=.742, Bartlett's $\chi^2=315.459$ (p<.001)

주1: 요인추출방법은 주성분분석.

주2: 회전방법은 Kaiser 정규화가 있는 베리맥스.

출처: 저자 작성.

- 이들 4가지 요인과 생태적자 변화율과의 관계를 분석한 결과, 요인1(도시화수준 특성)에서 유의미한 결과가 도출됨
 - 도시의 환경적 요인(시가화면적 비율, 녹지비율)과 사회적 특성(인구밀도)이 유의미한 요인으로 채택됐고, 유의확률 0.004, t-값 -3.170로 유의미한 것으로 분석됨
 - 그 외 요인 2, 3은 유의확률이 0.05 이상으로 통계적으로 유의하지 않은 요인으로 도출됨

표 24 선형회귀분석 결과

모형	B	t- 값	유의확률	VIF
(상수)	0.071	3.444	0.002	
요인 1 (도시화수준)	-0.067	-3.170	0.004	1.000
요인 2 (인구구조)	0.021	1.001	0.326	1.000
요인 3 (도시경제구조)	-0.011	-0.527	0.603	1.000

주: adj. R² = 0.312

출처: 저자 작성.

- 시·군의 생태발자국 변화는 도시화 수준 특성의 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타남
 - 녹지 면적 비율이 높고, 주거·상업·공업 면적 비율과 인구밀도가 낮은 특성을 가질수록 생태발자국 변화율이 감소하는 것으로 나타남
 - 이에 지역의 생태발자국 변화 정도를 최소화하기 위해서는 주 영향요인으로 분석된 녹지 및 시가지지역 면적, 인구밀도를 동시에 관리할 수 있는 제도와의 연계를 통해 생태발자국 변화율을 최소화할 필요가 있음

- 시가지예정용지 제도와의 연계를 통한 생태발자국의 변화 최소화 필요
 - 시가지예정용지 제도는 향후 필요한 개발공간 확보를 목적으로 인구밀도, 시가지면적을 종합적으로 관리하는 도시계획 제도이며, 생태발자국 변화의 주 영향요인을 관리할 수 있는 방안으로 상당한 가능성을 지닌 것으로 판단됨
 - 생태발자국은 도시환경의 절대적인 적정 수준을 설명하기엔 한계가 있으나 현재 상태에서 적정하게 관리할 수 있는 계획의 수준을 제시하는 데 활용될 수 있음
 - 이에 생태발자국과 시가지예정용지 제도와의 연계를 통해 지역의 적절한 생태용량을 관리할 수 있는 방안 마련이 필요

04 정책적 활용방안

1) 시가화에정용지 제도 검토

■ **(개념)** 시가화에정용지는 도시·군 기본계획에 의해 수립되는 것으로, 향후 도시의 발전에 대비하여 시가화에 필요한 개발공간을 확보하기 위한 지정되는 용지

- 도시·군 기본계획에서는 한정된 자원을 효율적으로 활용할 수 있도록 토지이용계획 용도별 총량을 관리하며, 도시관리계획에서는 이에 부합되게 용도지역, 지구, 구역을 지정할 수 있도록 계획을 수립하고 있음
- 시가화에정용지는 토지이용계획의 일부로 도시·군 기본계획수립 지침에 따라 목표연도 및 단계별 총량과 주용도, 생활권별 공급물량 등을 계획하도록 되어있음

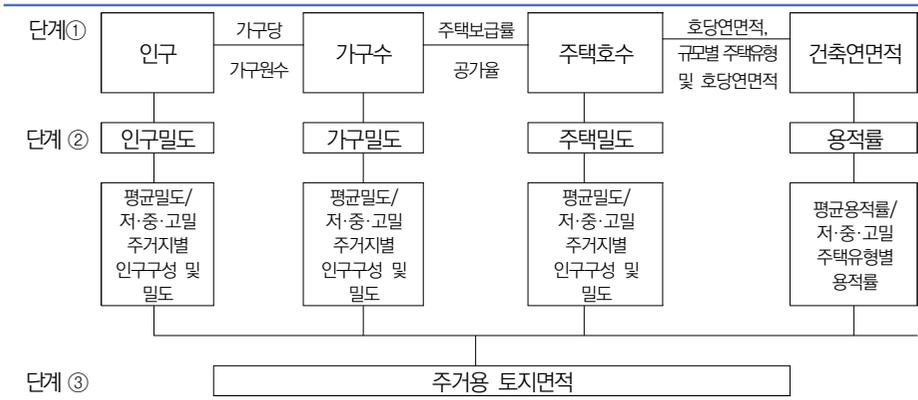
■ **(산정 방식)** 시가화에정용지 총량은 주로 자연적 증가분과 사회적 증가분을 고려하여 목표연도와 단계별 인구지표를 추정한 후, 이를 기반으로 산정한 장래 주거·상업·공업 용지 소요 면적 중에서 시가화용지로 계획된 부분을 제외하는 방식으로 산정(구형수 2016)

- 토지이용면적의 수요는 3단계로 추정되며 1단계는 목표연도의 인구 및 경제활동 규모 예측, 2단계는 목표연도의 용도별 토지이용 밀도의 설정, 3단계는 목표연도의 용도별 토지이용 수요의 산정임(임지영 외 2016)
- 주거지 소요면적 산정은 '인구밀도에 의한 방법'과 '주택 1호당 부지면적에 의한 방법'으로 산정 후 평균값 혹은 하한값에 따르고 있음(이상대 외 2017)
 - 인구밀도에 의한 방법은 평균 인구밀도를 단일 밀도지표로 사용하거나 정밀, 중밀, 고밀 주거지 등의 적정 인구배분 비율을 고려한 세분화된 인구밀도 지표를 가구밀도(단위 토지면적당 가구 수)로 나누어 주거용 토지수요를 산출함(대한국토·도시계획학회 2008)
 - 주택 1호당 부지면적에 의한 방법은 인구예측치로부터 가구당 평균 가구원 수를 이용하거나 가구 수 자체를 추세연장법 또는 비교유추법 등을 통해 총 가구 수가 추정되면 가구 밀도로 나누어 주거용 토지수요를 산출함(대한국토·도시계획학회 2008)
- 상업용지는 '이용인구에 의한 상업용지 수요추정에 의한 방식'을 사용하며, 상업지역 이용 인구에 1인당 평균 상면적, 평균층수, 건폐율, 공공공지율 등을 고려하여 수요를 추정

(이상대 외 2017)

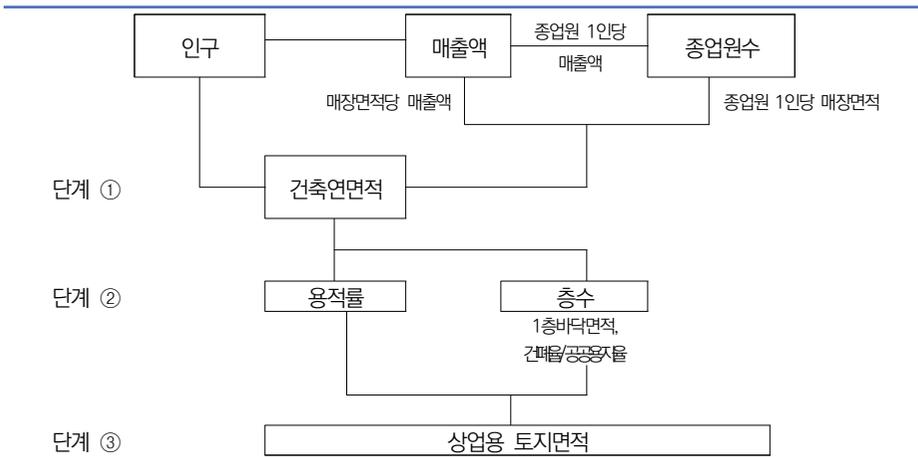
- 상업용 토지수요 추정에 있어 목표연도의 인구예측치는 상업용 건물의 건축 연면적으로 환산되며, 업무용 토지수요의 경우 목표연도의 경제활동규모 예측치는 업무용 건물의 건축연면적으로 각각 환산될 필요가 있음(대한국토·도시계획학회 2008)
- 공업용지는 주로 제조업과 관련된 지역경제 전망으로부터 시작되며, 각종 경제활동 예측모형 또는 비교유추법 등을 통해 총 고용인구 규모 또는 산업별 고용인구 규모를 예측(대한국토·도시계획학회 2008)
- 이후 원단위법에 의해 고용예측치를 고용밀도로 나누어 공업용 토지수요를 추정하며, 보다 정밀한 수요추정을 위해 산업별 고용밀도 지표를 이용(대한국토·도시계획학회 2008)

표 25 주거용 토지수요의 추정 방법



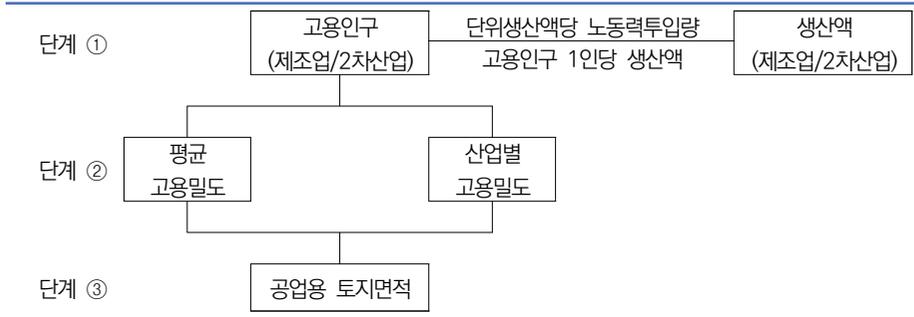
출처: 대한국토·도시계획학회 2008.

표 26 상업용 토지수요의 추정 방법



출처: 대한국토·도시계획학회 2008.

표 27 공업용 토지수요의 추정 방법



출처: 대한민국도·도시계획학회 2008.

■ **(문제점 및 한계)** 시가화예정용지는 향후 개발공간을 위해 환경적으로 훼손될 용지임에도 불구하고 장래인구 예측 규모에 의존하여 토지수요량을 산정하고 있어 환경적 영향에 대한 고려가 미흡한 상황임

- 「도시군 기본계획수립지침」 상 장래인구 예측 시 환경용량도 함께 고려하도록 권고하고 있으나 산정방식에 있어 인구성장 관점에만 치중하고 있음
 - 「도시군 기본계획수립지침」 상 인구규모 산정 시 최근 10년간의 인구증가 추세, 가용 토지자원과 인구수용 능력과 함께 환경용량을 고려하여 설정하도록 권고
 - 그러나 대부분의 도시기본계획에서 인가지표 추정 시 ① 생산모형에 의한 추정방법과 ② 사회적 증가분에 의한 추정방법만을 기본원칙으로 제시하고 있어 환경적 영향 반영은 어려운 실정
- 또한 시가화예정용지의 총량을 관리 또는 조정하기 위한 기준이 마련되어 있지 않아 높은 개발압력으로 환경적 압박이 우려되는 지역에 대해 조정이 어려운 상황
 - 현행 도시기본계획은 시·군·구에서 계획을 수립하고 지방도시계획위원회의 심의와 관계 행정기관장과의 협의, 시의회 의견 청취 등을 거쳐 최종적으로 시·도지사 승인을 받아 수립하도록 되어있음
 - 그러나 최종 승인권자가 시가화예정용지의 총량을 관리하거나 줄일 수 있는 기준이 마련되어 있지 않아 지역의 개발의지에 따라 시가화예정용지 면적이 수립되고 있음
 - 이에 도시개발로 인해 과도한 환경적 압박이 발생하지 않도록 조정·관리할 수 있는 기준을 마련할 필요가 있음

2) 생태발자국의 도시계획적 활용 방안

■ 이 연구에서 제안하는 생태발자국의 도시계획적 활용 방안은 시·군·구별 1) 시가화예정용지 조정 필요 지역 선정과 2) 시가화예정용지 적정성 검토 방안임

- 첫째, 광역시·도 차원에서 시·군·구의 시가화예정용지 조정 필요 지역 선정을 위한 기초 자료로 활용하는 방안임
 - 시가화예정용지가 개발될 경우 생태적 생산토지가 생산성이 없는 지역으로 변모되어 생태적자 규모의 증가로 이어질 수 있음
 - 이에 생태적자가 높은 지역일수록 시가화예정용지의 면적이 과도하게 계획되지 않도록 조정이 필요할 것이며, 이를 조정하기 위한 기준으로 시·군·구별 생태적자와 시가화예정용지 계획면적 수준을 비교하는 방안이 고려될 수 있을 것임
 - 이를 통해 광역시·도 차원에서 생태용량을 고려한 개발면적 관리와 조정이 가능할 것이며, 장기적으로 지속가능한 도시개발을 유도할 수 있을 것이라 판단됨
- 둘째, 목표연도의 생태발자국 및 생태적자의 추정을 통해 도시기본계획의 시가화예정용지의 적정성을 검토하는 데 적용하는 방안임
 - 주용준 외(2017)은 생태발자국 지수를 활용하여 시가화예정용지의 적정성을 평가할 수 있도록 아래와 같은 산정 방법을 제시하였으며, 연평균 생태발자국 변화율을 토대로 목표연도의 생태적자를 추정함으로써 생태적자 목표 감축률 달성을 위한 시가화예정용지의 면적, 인구 규모의 적정 수준을 제시하였음
 - 이와 같은 방법은 목표연도의 1인당 생태발자국과 생태적자 지수를 토대로 적정 생태용량 목표치 달성을 위한 시가화예정용지 및 계획인구의 적정성을 판단하고 과도한 계획인구와 개발용지 산정을 방지하는 방안으로 활용될 수 있을 것임

표 28 생태용량을 고려한 도시기본계획 인구 및 시가화예정용지 적정성 평가 방안(안)

산정 절차		산정 방법
1단계	목표연도 생태발자국 추정	·연평균 생태발자국 변화율을 토대로 목표연도의 생태발자국 추정
2단계	목표연도 생태적 생산토지 추정	·기준연도의 생태적 생산토지 면적에 목표연도까지의 시가화예정용지를 감하여 목표연도의 생태적 생산토지 산정
3단계	목표연도 생태적자 추정	·추정된 목표연도 생산적 생산토지와 생태발자국 차이로 산정
4단계	생태적자 목표치 설정	·사회적 합의를 통해 생태적자 변화율의 감축률 설정
5단계	목표치에 따른 시가화예정용지 및 인구규모 추정	·목표연도의 생태적자, 생태적 생산토지의 면적, 시가화예정용지의 면적, 계획인구에 감축률을 곱하여 목표치에 따른 시가화예정용지 및 인구규모 추정

출처: 주용준 외 2014, 113-117의 내용을 정리.

- 그러나 선행연구에서 제시한 적절성 평가 방안의 경우 생태적자 목표치 설정에 있어 사회적 합의를 통해 목표치를 설정해야 한다는 한계점을 가짐
- 이에 이 연구는 지역 차원에서 효율적으로 관리할 수 있도록 광역시·도 또는 시·군 단위의 평균 수준으로 생태적자의 목표치를 설정하는 방안을 제시함

3) 시범적용: 경기도를 대상으로

- **(시가화예정용지 조정 필요 지역)** 경기도 25개 시·군을 대상으로 시가화예정용지 조정 방안을 적용한 결과, 11개 지역에서 시가화예정용지의 면적 조정이 필요한 것으로 보임
 - 25개 시·군의 생태적자와 시가화예정용지 면적의 표준화 점수를 비교·분석한 결과, 두 점수 간 차이가 음의 값인 11개 지역의 경우 생태적자 수준에 비해 시가화예정용지가 과도하게 계획된 것으로 판단되므로 시가화예정용지 면적 조정이 필요
 - 고양시, 광주시, 김포시, 동두천시, 안성시 등 11개 지역은 생태적자 수준 대비 시가화 예정용지 면적 수준이 높음에 따라 지역의 환경적 수준을 고려하여 시가화예정용지 면적을 감축하는 방안을 고려할 필요가 있음
 - 특히 파주, 평택, 화성시 또한 생태적자와 시가화예정용지 수준의 차이가 매우 크게 나타나 시가화예정용지 면적의 축소뿐만 아니라 생태발자국 저감을 위한 정책방안 모색이 필요할 것으로 판단됨

표 29 경기도 25개 시·군의 2019년 생태적자와 2030년까지의 시가화예정용지 계획 면적

구분	2019년 생태적자		2019~2030년의 시가화예정용지 계획면적		생태적자와 시가화예정용지 간 점수 차이	시가화예정용지 조정 필요지역
	gha/인	표준화 점수	km ²	표준화 점수		
고양시	-3.211	-0.158	17.905	0.368	-0.526	▼
광명시	-3.218	-0.164	4.119	-0.758	0.595	
광주시	-3.258	-0.196	12.868	-0.044	-0.152	▼
구리시	-3.144	-0.104	1.470	-0.975	0.871	
군포시	-3.117	-0.082	1.949	-0.936	0.854	
김포시	-3.332	-0.256	39.108	2.100	-2.356	▼
남양주시	-3.117	-0.082	19.158	0.470	-0.552	▼
동두천시	-3.234	-0.177	6.839	-0.536	0.360	
부천시	-3.153	-0.111	6.080	-0.598	0.487	
성남시	-3.194	-0.144	3.027	-0.848	0.703	
수원시	-3.199	-0.148	2.538	-0.887	0.739	
안성시	-3.677	-0.535	12.155	-0.102	-0.433	▼
안양시	-3.135	-0.097	0.004	-1.094	0.998	

구분	2019년 생태적자		2019~2030년의 시가화예정용지 계획면적		생태적자와 시가화예정용지 간 점수 차이	시가화예정 용지 조정 필요지역
	gha/인	표준화 점수	km ²	표준화 점수		
양주시	-3.897	-0.713	13.310	-0.008	-0.706	▼
오산시	-3.235	-0.177	6.210	-0.588	0.410	
용인시	-3.328	-0.253	30.879	1.428	-1.680	▼
의왕시	-3.223	-0.168	2.656	-0.878	0.710	
의정부시	-3.136	-0.097	2.501	-0.890	0.793	
이천시	-4.375	-1.100	15.340	0.158	-1.258	▼
파주시	-3.582	-0.458	39.183	2.106	-2.564	▼
평택시	-4.341	-1.073	29.918	1.349	-2.422	▼
화성시	-4.024	-0.816	33.769	1.664	-2.480	▼
가평군	0.486	2.834	17.089	0.301	2.533	
양평군	0.977	3.231	6.314	-0.579	3.810	
연천군	-1.727	1.043	10.660	-0.224	1.267	

주: 2030년 도시·군기본계획이 수립되지 않은 6개 지역(과천시, 시흥시, 안산시, 여주시, 포천시, 하남시)은 제외.
출처: 각 시·군 도시기본계획을 토대로 저자 작성.

- **(시가화예정용지 적정성 검토)** 활용방안 1의 결과를 바탕으로 표준화 점수 차이가 가장 큰 파주시를 대상으로 시범 적용한 결과, 시 단위의 생태적자 평균값으로 감축했다고 가정할 경우 시가화예정용지와 계획인구의 규모가 각각 11,002ha, 74,248명 감소됨
 - 2030년의 목표연도 생태적자는 2013~2019년 연평균 증감률을 토대로 산정했으며, 3개 군을 제외한 22개 시의 생태적자 평균 수준(-4.903gha/인)으로 감축할 수 있도록 생태적자 증감율을 -19%로 설정
 - 이를 토대로 감축률에 따른 시가화예정용지의 면적을 산출한 결과 2030년 도시기본계획 상 시가화예정용지인 17,832ha에서 11,002ha 감소한 6,830ha로 산정됨
 - 계획인구 규모도 감소하였으며 목표 달성 시 617,752명으로 2030년 도시기본계획 대비 74,248명 이 감소함

표 30 2030년 파주시의 생태적자 감축률에 따른 시가화예정용지 및 계획인구 예측

구분	생태적자 (gha/인)	생태적 생산토지 (ha)	시가화예정용지 (ha)	계획인구 (인)
2019년	-3.582	180,680	3,280	-
2030년 도시기본계획 상	-5.221	166,127	17,832	692,000
22개 시의 생태적자 평균	-4.903	177,129	6,830	617,752

출처: 파주시 도시기본계획을 토대로 저자 작성.

05 결론

1) 연구 요약

■ 2019년 기준 국토 전체가 생태용량을 초과한 소비 수준을 보임

- 2019년 우리나라 1인당 총 생태발자국은 3.590gha/인이며, 생태적자는 -3.43gha/인으로, 현재 소비수준을 자급자족한다고 가정할 경우 우리나라는 현재 보유한 생산토지의 6배의 면적이 필요함
 - 소비 부문별로 보면 음식, 에너지, 산림, 건조환경 순으로 생태발자국이 높게 나타나며, 특히 음식 부문의 EF 지수가 4개 부문 중 1 이상으로 나타남에 따라 향후 식량안보 위기에 대응하기 위한 대책 마련이 필요함

■ 17개 시·도의 생태발자국을 분석한 결과, 모든 지역의 생태발자국이 3gha/인 이상이며 생태적자는 음의 값으로 생태용량 이상의 소비 수준을 가진 것으로 나타남

- 시·도별 생태발자국 분석 결과 대전광역시의 EF 지수가 9.451gha/인으로 1인당 소비 면적이 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 부산광역시, 울산광역시, 서울특별시, 인천광역시 등 대도시가 상위권에 포함됨
- 생태적자 분석 결과 생태발자국 지수가 높은 대도시일수록 생태적자의 규모가 큰 것으로 나타났으며, 이는 높은 개발면적과 인구밀도를 가진 대도시일수록 생태적 생산토지 면적 대비 소비량이 많기 때문인 것으로 보임
 - 2019년 기준 현재 소비 수준을 유지한 채 자급자족할 경우, 필요 토지 면적은 서울시는 924.3배, 부산광역시는 145.4배, 대전광역시는 111.1배로 나타남
 - 반면, 비교적 낮은 인구밀도와 개발면적을 가진 강원도의 경우 필요 토지 면적이 현재 토지의 1.1배로 현재 소비 규모에 적절한 토지 규모를 보유하고 있는 것으로 분석됨

■ 시·군의 생태발자국 변화는 도시화 수준 특성의 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타남

- 경기도 31개 시·군을 대상으로 생태발자국 변화에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 녹지 면적 비율이 높고, 주거·상업·공업 면적 비율과 인구밀도가 낮은 특성을 가질수록 생태발자국 변화율이 감소하는 것으로 나타남

- 이에 생태발자국 유지 및 개선을 위해 녹지면적과 주거·상업·공업 면적 비율, 인구밀도를 관리할 수 있는 도시 차원의 제도적 적용 가능성을 검토할 필요가 있음

■ 생태발자국을 활용한 도시계획적 적용 방안으로 시·군·구별 1) 시가화예정용지 조정 필요 지역 선정과 2) 시가화예정용지 적정성 검토를 고려해볼 수 있음

- 생태적자가 높은 지역의 경우 시가화예정용지의 면적이 과도하게 계획되지 않도록 생태적자 규모와 시가화예정용지 계획 수준을 비교하여 시가화예정용지 조정 필요지역을 선정한다면 광역시·도 차원에서 생태용량을 고려한 개발면적 관리와 조정이 가능할 것임
- 또한, 지역의 생태용량을 고려하여 목표연도의 생태발자국 및 생태적자의 추정하고 이를 토대로 적절한 시가화예정용지 규모를 예측하여 시가화예정용지 및 계획인구의 적정성을 판단한다면 과도한 계획인구와 개발용지 산정을 방지할 수 있을 것임

2) 연구 성과와 향후 과제

■ 이 연구는 생태발자국 개념을 바탕으로 전국 17개 시·도의 생태용량을 진단하고 특성을 분석하여 국토 및 도시계획 차원에서 생태발자국을 활용할 수 있는 제도적 방안을 검토하고 적용 가능한 대안을 제시하고자 하였음

- 제도적 적용방안으로 시가화예정용지의 조정 필요지역 선정과 적정성 검토 방안을 제시했으며, 향후 생태용량을 고려한 개발면적을 산정하는 데 기초자료로서 활용 가능할 것이라고 판단됨

■ 그러나 생태발자국과 생태적자는 인간소비 활동을 표현한 상대적인 값으로 절대적인 기준으로 활용하기 어려움에 따라 적정 기준치 설정을 위한 지속적인 연구 수행이 필요할 것임

- 향후 지역별 여건에 따른 생태발자국 기준이 마련된다면 지속 가능한 국토에 이바지할 수 있을 것으로 기대됨

참고문헌

각 시도. 2021. 2020년 통계연보.

강기래·김희재·김동필·오현경·조광진·신영호. 2014. 자치단체별 환경용량 비교를 위한 경상북도지역 생태발자국 추정연구. 한국환경생태학회지 28권, 6호: 769-778.

경기도. 2015. 2014년 경기통계연보. 경기: 경기도.

경기도. 2020. 2019년 경기통계연보. 경기: 경기도.

구형수. 2016. 저성장시대의 비시가화지역 성장관리 과제와 개선방향. 국토연구 제88권: 3-23.

김경태·정성관·유주한·이우성. 2007. 생태적발자국 지수 분석에 따른 도시유형 분류 및 관리방안. 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제42권 1호: 7-18.

김경태. 2005. Ecological footprint를 활용한 도시환경용량평가. 석사학위논문, 경북대학교.

김종완. 2004. 인구변화에 따른 도시성장요인 분석에 관한 연구. 박사학위논문, 조선대학교.

김찬우·정찬훈·김유안·김술희·서교. 2018. 생태발자국 지수를 통한 제주도 토지자원 활용의 지속가능성 평가. 한국동촌계획학회 제24권, 3호: 49-54.

농림축산식품부. 2015. 2015년 농림축산식품 주요통계. 세종: 농림축산식품부.

농림축산식품부. 2021. 2021년 농림축산식품 주요통계. 세종: 농림축산식품부.

대한국토·도시계획학회. 2008. 토지이용계획특론. 서울: 보성각.

문경주. 2004. Ecological Footprint분석을 이용한 도시의 지속가능성 평가: 부산광역시를 중심으로. 한국사회와 행정연구 15권, 3호: 129-158

박경원. 2013. 생태발자국에 영향을 미치는 인위적 요인분석-인구학적, 경제적 요인을 중심으로. 환경사회학회연구 ECO. 제17권 2호: 145-174.

박지영·김진오. 2016. 용인시 생태발자국 지수의 분석과 고찰-음식, 건조환경, 산림, 에너지 부문을 중심으로. 한국조경학회지 44권, 2호:1~10.

배민기. 2010. 충청북도 시군별 생태발자국 산정에 관한 연구. 청주: 충북개발연구원.

배민기·조택희·채성주. 2011. 생태발자국 기반 환경의 지속가능성 평가에 따른 맞춤형 정책방향:충청북도를 사례로. 지방행정연구 제25권 제2호(통권 85호): 413-438.

산림청. 2021. 산림임업통계연보 제51호.

세계자연기금. 2016. 한국 생태발자국 보고서 2016-지구적 차원에서 바라본 한국의 현주소.

에너지경제연구원. 2020. 지역에너지통계연보. 울산: 에너지경제연구원.

여민주·김용표. 2014. 우리나라 생태발자국(EF) 추이와 예측. 환경영향평가 제23권, 5호: 364-378.

_____. 2018. 북한의 생태적자 추이 및 영향요인 분석. 환경영향평가 제27권, 1호: 56-72.

이대중. 2015. 우리나라 대도시의 도시성장관리 평가 연구. 박사학위논문, 한양대학교.

이상대 외. 2017. 경기도 주택수급과 택지·시가화에정용지 공급 간의 연계와 통합관리방안 연구. 경기: 경기연구원.

이숙미·오충현. 2009. 생태발자국 지수의 우리나라 적용사례 및 방향. 한국조경학회 2009년도 춘계학술대회 논문집: 89-91.

이승준·강대석·한순금. 2020. 지속가능성 정책 지원을 위한 환경용량 평가 체계 및 활용연구. 세종: 한국환경정책평가연구원.

이창우 외. 1999. 서울시 환경용량 평가에 관한 연구. 서울: 서울시정개발연구원.

임재호·이종호. 2002. 도시 환경용량평가에 관한 연구-청주시를 사례로. 환경영향평가 제11권, 제1호: 25-36.

임지영·이용우·조미향. 2016. 인구저성장시대의 토지이용수요예측의 문제점 및 개선방안-도시기본계획 사례를 중심으로. 세종: 국토연구원.

조재경·이대중·안재홍·이명훈. 2014. 도시성장관리 지표설정에 관한 연구-경기도 31개 시군을 평가 대상으로. 한국콘텐츠학회 제14권, 10호: 754-775.

주용준. 2009. 지속가능한 생태도시를 위한 환경용량 평가에 관한 연구-생태발자국을 중심으로. 석사학위논문, 안양대학교.

주용준 외. 2014. 생태발자국 모델을 활용한 충청남도 환경용량 평가 연구. 충청남도: 충청남도.

주용준 외. 2017. 아산시 생태환경용량 평가를 통한 도시계획 활용방안 연구-생태발자국을 중심으로. 한국습지학회지 제19권, 제4호: 523-532.

최제일·정재용·홍기섭. 2011. 생태발자국을 활용한 수도권 광역계획권 환경용량 평가에 관한 연구. 서울도시연구 제12권, 제4호: 23-40.

통계청. 2016. 2015년 농작물생산통계. 대전: 통계청.

통계청. 2020. 2019년 농작물생산통계. 대전: 통계청.

통계청. 2021. 2020년 농림어업총조사 결과. 대전: 통계청.

통계청. 2021. 2020년 농작물생산통계. 대전: 통계청.

통계청. 지적통계. 대전: 통계청.

통계청. 한국도시통계. 대전: 통계청.

하재룡. 2009. 한국 중소도시 성장유형과 성장요인에 관한 연구. 박사학위논문, 전북대학교.

한국농촌경제연구원. 2021. 식품수급표 2019. 나주: 한국농촌경제연구원.

한국에너지공단. 2019. 2019 KEA 에너지 편람. 서울: 한국에너지공단.

한국육류유통수출협회 홈페이지. http://www.kmta.or.kr/kr/data/stats_spend.php (2022년 9월 2일 검색).

한순금·이동훈·오수길. 2011a. 소비범주를 중심으로 한 생태발자국 측정:경기도 31개 시·군을 대상으로. 지방정부연구 제15권, 제1호: 21-232.

_____. 2011b. 생태발자국 표준방법론의 한국적 적용:경기도 지속가능성 평가를 중심으로. 한국사회와 행정연구 제21권, 제4호: 263-282.

한순금. 2012. 지속가능성 관리 도구로서의 생태발자국 방법론 고찰-경기도 생태발자국 적용「평가. 박사학위논문, 서울시립대학교.

해양수산부, 2021a. 해양수산 통계연보. 세종: 해양수산부.

_____. 2021b. 2020년 수산물 생산 및 유통산업 실태조사. 세종: 해양수산부.

홍장표·이주형. 2010. 안산시 도시수준 및 성장요인 도출방안에 관한 연구. 부동산학보 40호: 166-180.

홍현욱. 1998. 한국 도시성장의 유형화에 관한 연구. 박사학위논문, 단국대학교.

EARTH OVERSHOOT DAY 홈페이지.
<https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days> (2022년 10월 13일 검색).

GFN(Global Footprint Network). <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day> (2022년 10월 13일 검색).

_____. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (2022년 10월 13일 검색).

_____. <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=117&type=BCpc,EFCpc> (2022년 10월 13일 검색).

_____. 2008. calculation methodology for the national Footprint accounts, 2008 Edition. Oakland, CA: GFN.

_____. 2010. calculation methodology for the national Footprint accounts, 2010 edition. Oakland, CA: GFN.

_____. 2019. Working Guidebook to the National Footprint and Biocapacity Accounts. Oakland, CA: GFN.

_____. 2022. National Footprint and Biocapacity Accounts 2022 Edition. Oakland, CA: GFN.

Jeffrey Wilson. 2009. Calculating ecological footprints at the municipal level: What is a reasonable approach for Canada? *Local Environment* 14, no.10: 963-979.

Jennie Moore. 2013. An urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver. *Journal of Environmental Management* 124C: 51-61.

Mathis Wackernagel, William E. Rees. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Philadelphia: New Society Publishers.

OECD. 2008. OECD Environmental Outlook to 2030. Paris: OECD.

United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. 2021. World Population Prospects 2022. New York: UN.

Waikato Regional Council 홈페이지.
<https://waikatoregion.govt.nz/community/about-the-waikato-region/community-and-economy/ecofoot-report/> (2022년 10월 13일 검색).

YiLuBinChen. 2016. Urban ecological footprint prediction based on the Markov chain. *Journal of Cleaner Production* vol. 163: 146-153.

ZoltánKovács, Jenő ZsoltFarkas, CecíliaSzigeti, GáborHarangozó. 2022. Assessing the sustainability of urbanization at the sub-national level: The Ecological Footprint and Biocapacity accounts of the Budapest Metropolitan Region, Hungary. *Sustainable Cities and Society* Vol.84.

국토연구원 Working Paper는 다양한 국토 현안에 대하여 시의성 있고 활용도 높은 대안을 제시할 목적으로 실험정신을 가지고 작성한 짧은 연구물입니다. 투고된 원고는 정해진 절차를 거쳐 발간되며, 외부 연구자의 투고도 가능합니다. 공유하고 싶은 새로운 이론이나 연구방법론, 국토 현안이나 정책에 대한 찬반 논의, 국내외 사례 연구나 비교연구, 창의적 제안 등 국토분야 이론과 정책에 도움이 될 어떠한 연구도 환영합니다.

투고를 원하시는 분은 국토연구원 연구기획·평가팀(044-960-0438, bbmoon@krihs.re.kr)으로 연락주시시오. 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

WP 23-01

시·도별 생태발자국(Ecological Footprint) 지수 산정과 시사점

연 구 진 표희진
발 행 일 2023년 1월 19일
발 행 인 강현수
발 행 처 국토연구원
홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2023, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체가 적용되어 있습니다.

