

Research Paper

북한의 생태적자 추이 및 영향요인 분석

여민주* · 김용표**

이화여자대학교 환경공학과*, 이화여자대학교 화학신소재공학과**

Trend and Affecting Factors of Ecological Deficit in North Korea

Min Ju Yeo* · Yong Pyo Kim**

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University*
Department of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University**

요약 : 북한은 환경자원 소비가 충분하지 못함에도 불구하고 생태발자국이 생태수용력보다 큰 생태적자 상태이다. 본 연구에서는 북한의 생태수용력과 생태발자국, 생태적자 추이를 살펴보고, 생태발자국과 생태수용력의 비를 의미하는 오버슈트 비율에 영향을 준 5개 요인의 기여도를 살펴보았다. 5개 요인은 생태발자국을 구성하는 인구와 개인의 환경자원 소비강도를 의미하는 일인당 생태발자국, 생태수용력을 구성하는 토지면적, 생산성인자, 그리고 토지면적과 생산성인자를 제외하고 생태수용력에 영향을 주는 요인(등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱)이다. 북한의 생태적자는 생태수용력보다 생태발자국을 구성하는 요인에 의한 기여가 높았다. 생태적자는 1966년에 시작되었는데, 이 시점부터 1990년대 중반까지는 일인당 생태발자국 값이 오버슈트 비율에 기여하는 비율이 60% 전후로 가장 높았고, 1990년대 중반 이후에는 인구에 의한 기여도가 40~60%로 가장 높았다. 토지면적과 생산성인자에 의한 기여도도 1990년대 중반 이후 높아져서 토지면적은 최대 15%, 생산성인자는 최대 18%까지 증가하였다. 생태수용력과 생태발자국 모두에서 높은 비중을 차지한 경작지 부문의 경우, 면적이 증가했음에도 불구하고 생산성이 줄어들어 생태수용력이 감소하였다. 북한의 생태적자를 줄이기 위해서는 1990년 이후 눈에 띄게 줄어들고 있는 산림면적을 이전 수준으로 복구하고, 경작지의 생산성을 높이기 위한 방안을 마련해야 할 것이다. 또한 근본적으로 북한 주민의 빈곤을 해결할 수 있는 식량 지원 방안, 자연재해에 대한 취약성을 극복할 수 있는 방안도 함께 마련되어야 할 것이다.

주요어 : 북한, 생태수용력, 생태발자국, 생태적자, 오버슈트, 생산성

Abstract : North Korea has been in ecologically deficit state since 1966, despite of lack of energy and food resources. Trends of the Biocapacity (BC), the Ecological Footprint (EF), and the Ecological Deficit (ED) of North Korea were shown and five factors influencing on the Overshoot Rate (OSR) which is the ratio of the BC and the EF in North Korea was analyzed in this study. The five factors

First Author: Min Ju Yeo, Dept. of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2902, E-mail: mjyeo9@gmail.com

Corresponding Author: Yong Pyo Kim, Dept. of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2832, E-mail: yong@ewha.ac.kr

Received: 7 November, 2017. Revised: 22 December, 2017. Accepted: 22 December, 2017.

consist of two factors affecting to the EF and three factors affecting to the BC in North Korea. Two of the five factors are affecting to the EF those are population, the EF per capita (EFPC) which indicates the individual environmental consumption intensity, and three are affecting to the BC those are the land area, the yield factor, and the value multiplying the equivalence factor and the intertemporal yield factor. The EF has contributed more than the BC to the OSR. From 1966 to mid-1990s, the EFPC was the most contributing factor at about 60%, and after mid-1990s, population at about 40~60%. Contribution ratio of land area and the yield factor have increased after mid-1990s up to 15% and 18%, respectively. The BC of cropland which has decreased due to a decrease in productivity. In order to reduce the ED of North Korea, improvement of productivity of cropland and restoration of forest. Forest area has decreased significantly since 1990 in NK. And ways to solve the food shortage problem which influences on decrease of both productivity of cropland and forest area.

Keywords : North Korea, Biocapacity, Ecological Footprint, Ecological Deficit, Overshoot, Yield

I. 서론

최근 북한의 환경에 대한 관심이 높다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO) (2017)에 따르면, 2012년 북한의 대기오염에 의한 사망자는 인구 10만 명당 238.4명으로 172개국 중 가장 높았고 (Figure 1 참조), Watts et al. (2017)에 의하면, 북한의 2015년 대기 중 PM2.5 노출에 의한 조기 사망자수는 인구 100만 명당 750명 이상으로 아시아 국가들 중에서 가장 높았다. 북한 산림의 황폐화와 황폐산지 복구에 대한 우려로 아시아녹화기구와 같은 비정부 단체에서는 북한에 조림사업을 진행하고 있으며, 한국농촌경제연구원(Korea Rural Economic Institute, KREI) (2014)은 지역적 특성에 따른 황폐산지 복구 방안을 모색하였다.

북한의 환경자원 소비 수준은 매우 낮다. 2014년 북한의 총에너지 소비량은 11 MTOE로 남한의 283 MTOE (Million Tonnes of Oil Equivalent)의 약 26분의 1에 불과했으며 (KOSTAT 2016a; Yeo & Kim 2016), 일인당 에너지 소비량은 0.45 TOE (KOSTAT 2016a)로 2014년 세계 평균 1.88 TOE (IEA 2016)의 25%에도 미치지 못했다. 북한의 식량소비 수준 또한 매우 낮아서, 2011년 일인당 연간 식량 공급량은 459 kg로 791 kg인 남한의 약 58%, 세계 평균 688 kg의 약 67%에 해당할 만큼 낮다(Yeo & Kim 2016). 1990

년대 중반 대기근을 겪으며 상황은 더욱 열악해졌고, 영양결핍과 식품 부족으로 인해 신체 왜소화가 진행되고 있다. 최근 북한 주민의 신체는 남한에 비해 신장이 평균 8~10 cm 작고, 체중이 평균 약 10 kg 적다 (Kim 2013).

최근 북한의 에너지 사용 및 대기환경 현황과 관련하여서도 연구 결과가 제시되었으며(Yeo & Kim 2016; Kim et al. 2013), 위성관측 결과를 활용한 북한의 대기질 및 지표 특성에 대한 연구가 증가하고 있다(NIER & NASA 2017; Kim et al. 2014). 또한 북한이 기후변화협약 등 국제협약에 참여하는 과정에 발간한 보고서와 사업계획서 등에 제시된 정보를 활용하여 북한 환경 관리 특성을 분석한 연구 결과도 제시되고 있다(Yeo & Kim 2018).

북한 환경에 대한 신뢰 가능한 정보는 제한적으로 제공되어 왔지만, 유엔환경계획(United Nations Environment Programme, UNEP)과 같은 국제기구에서 북한 정부와 함께 북한 환경 현황에 대한 보고서를 발간하여 왔다. 유엔환경계획이 발간한 2003년 보고서(UNEP 2003)에는 북한의 산림 고갈, 수질 오염, 대기 오염, 토지 황폐화, 생물다양성에 대해 정리되어 있으며, 2012년 발간한 북한 환경과 기후변화 전망 보고서(UNEP 2012)에는 북한의 환경 문제가 심각한 상태이며 경제 회복에 부정적인 영향을 미치고 있다는 평가 결과가 제시되어 있다. 국내에서도

북한의 환경실태를 이해하고 환경문제를 해결하기 위한 남북협력 과제를 제시하는 등(STEPI 2014a; 2014b; KIEP 2012) 북한 환경과 관련된 연구를 수행하고 있다.

북한 정부는 환경보호의 중요성에 대해 인지하고 있으며, 체계적인 환경관리를 위해 환경관련법을 제정하고 정책을 수립하는 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 예를 들어, 북한은 1986년 환경관리의 근간이 되는 환경보호법을 제정하였고(KEI 2007), 이후 추가적인 환경관련법을 제정하였다. 대기환경관리를 위한 대기환경기준도 정하였는데, 우리나라보다 더 엄격한 기준을 제시하였다. 예를 들어, 북한의 주거 지역에 해당하는 2등급 지역에 적용되는 총부유분진의 일평균 기준은 0.10 mg/m³ (UNEP 2012)으로, 2000년 이전까지 적용되었던 우리나라 총부유분진 일평균 기준인 0.30 mg/m³, 연평균 기준인 0.15 mg/m³ (KMOE 1999)보다 더 엄격하다.

하지만 자금 및 설비부족, 관련 정책 시스템 미구축 등으로 효과는 미미한 것으로 판단되며, 이는 북한 정부도 인지하고 있는 것으로 판단된다. 예를 들어, 북

한정부가 참여하여 발간한 UNEP 보고서(UNEP 2012)에서 대기오염물질 모니터링의 경우, 대상 대기오염물질과 대상 지역의 한계로 인해 체계적인 운영이 잘 되지 않는 상황이라고 밝히고 있다.

최근 북한에서 생산한 시설단위의 자료를 활용하여 북한의 석탄화력발전소의 운영실태를 파악한 Yeo & Kim (2018) 연구에서는 북한 석탄화력 발전소의 2007년부터 2009년까지의 평균 발전효율(power generation efficiency)은 같은 기간 남한과 2007년 세계 평균보다 낮고, 단위 발전량당 이산화탄소 배출량은 남한이나 세계 평균과 비교했을 때 높다는 결과를 제시하였다.

북한 주민들은 부족한 에너지와 식량자원을 대신하여 땔나무를 연료로(KEEI 2013), 풀뿌리를 식량으로(KINU 2011) 사용하는 실정이다. 빈곤에 의한 무분별한 자연자원의 사용은 생태수용력을 감소시키고, 이는 환경악화를 더 심화시키는 악순환이 반복된다. 이러한 악순환은 북한의 지속가능한 미래를 위협하는 요인이 될 것으로 예상된다.

우리나라도 국내에서 생산 및 공급할 수 있는 환경

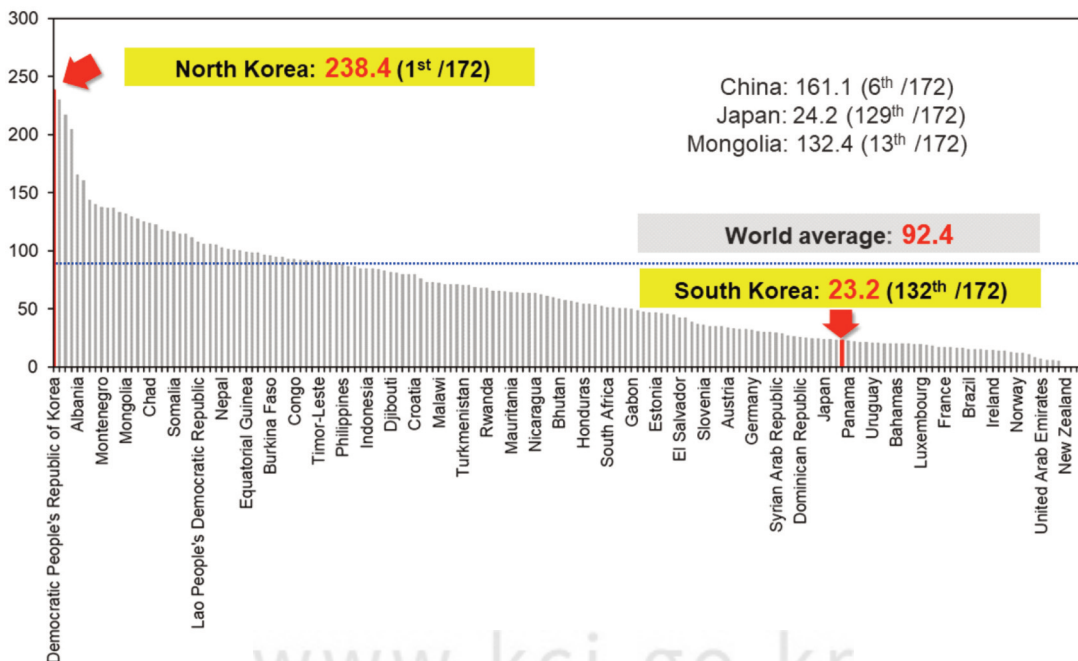


Figure 1. Mortality rate attributed to household and ambient air pollution (per 100,000 population) (data from WHO (2017)).

자원만으로는 사람들의 수요를 만족시킬 수 없어서 부족한 환경자원을 수입하여 사람들의 소비를 지탱한다. 하지만 북한은 '자력갱생'의 기조아래 자급자족의 사회를 지향하고 있고, 핵문제를 비롯한 정치적인 문제로 국제사회에서 고립되어 있으며, 경제적으로도 지불능력이 충분하지 않아 사람들의 수요를 지탱할 만큼의 환경자원을 수입하지 못하는 실정이다. 북한은 1998년부터 세계은행에서 저소득 국가(low income country)로 분류되어 있으며(World Bank 2017), 유엔식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)의 저소득식량부족국가(low income food deficit countries)로 지정되어(FAO 2017) 있다.

북한은 우리나라에 가장 인접한 국가로 북한의 환경문제는 우리나라에 영향을 미치고, 북한은 언젠가는 우리나라와 통합/통일될 국가이므로 한반도 단위의 환경관리, 지속가능한 미래를 위한 사전 준비가 필요하며, 북한의 환경 현황과 지속가능성에 대한 이해가 필요하다. 하지만 지금까지는 이에 대한 연구가 제한적으로만 진행되었으며, 많이 알려지지 않았으므로 본 연구에서는 북한의 환경 현황과 지속가능성을 이해하기 위해 북한의 생태수용력(Biocapacity)과 생태발자국(Ecological Footprint), 생태적자(Ecological Deficit)를 분석하였다. 생태수용력은 특정 국가 경계 내에서 생물학적으로 생산가능한 토지와 수계 면적을 의미하고(GFN 2016a), 생태발자국(GFN 2016a)은 인간이 소비하는 자원을 생산하고 폐기물을 흡수하기 위해 필요한 토지와 수계 면적을 정량화한 방법과 결과를 의미한다. 생태적자는 공급의 측면에 해당하는 생태수용력이 수요에 해당하는 생태발자국보다 낮을 경우, 해당 지역 또는 국가의 생태수용력과 생태발자국의 차이를 의미한다(GFN 2016a).

본 연구에서는 북한의 (1) 생태발자국과 생태수용력 추이, (2) 생태적자를 야기한 요인을 살펴보고, (3) 북한의 지속가능한 미래를 위한 환경자원 관리 방안에 대해 고찰하였다.

II. 연구자료와 방법

1. 생태수용력과 생태발자국 개념

본 연구에서는 국제생태발자국 네트워크(Global Footprint Network, GFN)의 국가발자국계정(National Footprint Accounts)의 자료(GFN 2016b)를 주로 활용하여 북한의 생태수용력, 생태발자국을 살펴보았다. GFN (2016b)에서는 생태수용력과 생태발자국은 각각 Figure 2에 제시된 식 (1), (5)와 같이 산정한다. 생태수용력과 생태발자국 산정에 대한 자세한 내용은 Borucke et al. (2013), GFN (2016a)에 제시되어 있다.

생태수용력과 생태발자국은 글로벌헥타르(global hectare, gha)로 표현되며, 각각 공급과 수요의 개념으로 이해할 수 있다. 생태수용력은 생물학적으로 생산가능한 면적을 나타내며, 경작지(Cropland), 초지(Grazing Land), 산림(Forest Land), 건조환경(Built-up Land), 어장(Fishing Grounds)의 5개 부문으로 구성되어 있다. 생태발자국은 생태수용력과 동일한 5개 부문에 탄소발자국(Carbon Footprint)이 더해져 6개 부문으로 구성되어 있다.

국가별 생태수용력은 Figure 2의 식 (1)과 같이 토지 종류별 면적(hectare, ha)에 국가별 특성을 고려한 표준화를 위한 생산성인자(Yield Factor, YF)와 토지 종류별 특성을 고려한 표준화를 위한 등가인자(Equivalence Factor, EQF), 연간생산성인자 변화율(Intertemporal Yield Factor, IYF)을 곱하여 산정한다(GFN 2016a; Borucke et al. 2013). 생산성인자는 Figure 2의 식 (2)와 같이 해당 국가 생산성과 세계평균 생산성의 비로 산정할 수 있으므로(Borucke et al. 2013), 생태수용력은 Figure 2의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

생태발자국은 소비 범주에 따른 자원소비량을 최종적으로 토지 개념인 글로벌헥타르로 나타낸 것으로, Figure 2의 식 (5)와 같이 자원소비량에 생산성을 고려하여 소비된 자원의 양을 토지면적으로 변환한다(GFN 2016a). 그리고 생태수용력과 동일하게 토지 종류별 면적에 국가별 생산성의 차이를 반영하여 생산성인자, 등가인자 및 연간생산성인자 변화율을 곱

하여 보편화된 단위(universal unit)인 글로벌헥타르로 나타낸다(GFN 2016a; Borucke et al. 2013).

2. 오버슈트 비율 개념과 영향요인

생태적자는 생태발자국이 생태수용력보다 클 경우, 두 값의 차이를 의미하는데, 본 연구에서 살펴보고자 한 생태적자 영향 요인별 기여도를 파악하기 위해서는 두 값의 차이보다는 두 값의 비를 살펴보는 것이 더 적합하므로 생태적자를 대신하여 생태발자국과 생태수용력의 비를 나타내는 오버슈트 비율(Overshoot Rate, OSR)을 설정하고, 이를 이용하였다. 오버슈트(overshoot)는 생태발자국이 생태수용력을 초과하는 상태를 의미하는데, 오버슈트 비율은 생태수용력과 생태발자국의 함수로, 생태수용력이 작아질수록 그리고 생태발자국이 커질수록 커진다. 오버슈트 비율 값이 1보다 클 경우 생태적자 상태, 클수록 생태적자가 심화된 상태, 1일 경우 생태발자국과 생태수용력이 동일한 상태를 의미하고, 1보다 작을 경우 생태수용력이 생태발자국보다 커서 주어진 환경자원으로 사람들의 소비를 지탱할 수 있다는 것을 의미한다.

한 국가의 생태수용력은 Figure 2의 식 (1) 및 (3)과 같이 해당 국가의 토지면적과 생산성인자(해당 국가의 생산성과 세계 평균 생산성의 비), 토지 종류간의 차이를 반영하는 등가인자, 연도별 생산성의 차이를 나타내는 연간생산성인자 변화율로 구성된다. 본 연구에서는 생태수용력에 영향을 준 요인으로 복합의 특성을 반영하는 토지면적과 생산성인자, 그리고 토지면적과 생산성인자를 제외하고 생태수용력에 영향을 주는 요인(등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱)의 세 가지를 살펴보았다.

국가 전체 생태수용력은 부문별로 해당 토지면적에 생산성인자, 등가인자, 연간생산성인자 변화율을 곱하여 산정한 결과를 더하여 산정한다. 본 연구에서는 부문별 가중치를 고려하여 전체 생태수용력에 대한 생산성인자를 연도별로 식 (1)과 같이 계산하였다. 각 인자에 대한 설명은 Figure 2에 제시된 것과 동일하다.

$$YF_{total}^y = \frac{BC_{total}^y}{\sum_{sector} (A_{sector}^y \times EQF_{sector}^y \times IYF_{sector}^y)} \quad (1)$$

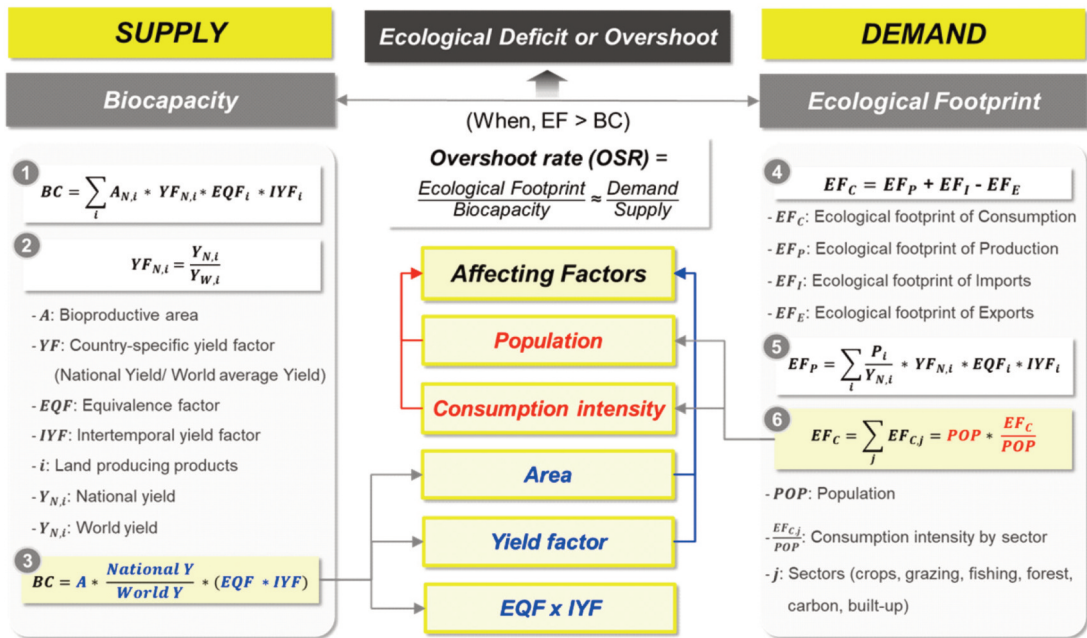


Figure 2. Formulae for estimating the Biocapacity (BC) (GFN 2016a; Borucke et al. 2013), the Ecological Footprint (EF) (GFN 2016a; Borucke et al. 2013), and the Overshoot Rate (OSR), and affecting factors to BC, EF, and OSR.

한 국가의 생태발자국에 영향을 주는 요인으로는 Figure 2의 식 (6)과 같이 해당 국가의 인구와 일인당 생태발자국을 고려하였다. 본 연구에서는 일인당 생태발자국을 개인의 환경자원 소비 강도를 나타내는 지표로 판단하였고, 일인당 생태발자국에 대한 부문별 기여도를 살펴보았다. 일반적으로 생태발자국은 Figure 2의 식 (4)에서 $EFPC$ 에 해당하는 소비에 의한 생태발자국을 의미하는데, 해당국가의 소비에 의한 생태발자국은 생산에 의한 생태발자국에 수입에 의한 생태발자국을 더하고, 수출에 의한 생태발자국을 감하여 산정한다.

오버슈트 비율은 식 (2)와 같이 영향을 주는 요인들의 곱으로 표현할 수 있다. 생태수용력에 해당하는 요인들은 분모에 해당하지만, 역수를 취하여 곱으로 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 오버슈트 비율에 영향을 주는 요인들의 단위와 절대값 크기에 의한 차이를 배제하기 위하여 연간 변화율 값을 이용하였다. 오버슈트 비율이 1을 넘는 시점, 다시 말해, 생태적자가 시작된 연도(조정시점)의 값을 1로 두고, 나머지 연도의 값을 식 (3)과 같이 조정시점의 값으로 정규화하였다. 정규화된 오버슈트 비율은 식 (4)와 같은 과정을 거쳐 식 (5)와 같이 정규화된 요인들의 곱으로 표현할 수 있다.

$$OSR^y = P^y \times EFPC^y \times (1/A)^y \times (1/YF)^y \times (1/(EQF \times IYF))^y \quad (2)$$

$$X_{Adj}^y = \frac{X^y}{X^{Adj,y}} \rightarrow X^y = X_{Adj}^y \times X^{Adj,y} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} OSR^y &= \{P_{Adj}^y \times EFPC_{Adj}^y \times (1/A)_{Adj}^y \times (1/YF)_{Adj}^y \times (1/(EQF \times IYF))_{Adj}^y\} \times \{P^{Adj,y} \times EFPC^{Adj,y} \times (1/A)^{Adj,y} \times (1/YF)^{Adj,y} \times (1/(EQF \times IYF))^{Adj,y}\} \\ &= \{P_{Adj}^y \times EFPC_{Adj}^y \times (1/A)_{Adj}^y \times (1/YF)_{Adj}^y \times (1/(EQF \times IYF))_{Adj}^y\} \times OSR^{Adj,y} \quad (4) \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{OSR^{Adj,y}}{OSR^y} = OSR_{Adj}^y \quad (5)$$

$$= \{P_{Adj}^y \times EFPC_{Adj}^y \times (1/A)_{Adj}^y \times (1/YF)_{Adj}^y \times (1/(EQF \times IYF))_{Adj}^y\}$$

여기서 OSR 은 오버슈트 비율, P 는 인구, $EFPC$ 는 일인당 생태발자국, A 는 토지면적, YF 는 생산성인자, EQF 는 등가인자, IYF 는 연간생산성인자 변

화율, Adj 는 정규화, y 는 연도, $Adj.y$ 는 정규화의 기준이 된 연도를 의미한다.

본 연구에서는 연도별 오버슈트 비율에 대한 요인별 기여도를 파악하기 위하여 곱으로 표현된 식 (5)를 로그화하여 식 (6)과 같이 합으로 나타내고, 각 요인별 기여도를 식 (7)과 같이 산정하였다.

$$\begin{aligned} \log(OSR_{Adj}^y) &= \log(P_{Adj}^y) + \log(EFPC_{Adj}^y) + \log((1/A)_{Adj}^y) + \log((1/YF)_{Adj}^y) + \log((1/(EQF \times IYF))_{Adj}^y) \quad (6) \end{aligned}$$

$$Contribution_l(\%) = \frac{\log(I_{Adj,y}^l)}{\sum_l |\log(I_{Adj,y}^l)|} \times 100 \quad (7)$$

여기서 I 는 오버슈트 비율에 영향을 주는 요인인 인구, 일인당 생태발자국, 토지면적, 생산성인자, 등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱을 의미한다. \log 를 취한 요인별 결과값이 연도에 따라서 양의 값이 나타날 수도 있고, 음의 값이 나타날 수도 있는데, 양의 값은 OSR 을 증가, 음의 값은 감소시키는 것을 의미한다. 따라서 요인별 기여도를 산정할 때 요인별 절대값의 합을 100%로 두고 각 요인별 기여도를 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 북한 생태수용력과 영향요인 추이

지난 50여 년간, 1961년부터 2011년까지 북한의 생태수용력 추이는 Figure 3과 같다. Figure 3을 보면, 북한의 생태수용력은 1990년대 초중반 급격하게 감소하였고, 생태수용력에서 가장 비중이 높은 부문은 농경지와 산림으로 2012년 각각 40%와 35%에 해당하였다. 초지 부문은 같은 해 0.24%로 비중이 매우 낮았으며, 어장 부문의 비중은 약 15%에 해당하였다. 비중이 높은 두 부문, 농경지와 산림의 생태수용력 추이를 좀 더 구체적으로 살펴본 결과는 Figure 4와 같고, 두 부문의 생태수용력에 영향을 주는 요인인 토지면적과 생산성인자를 살펴본 결과는 Figure 5와 같다.

농경지의 생태수용력은 1990년대 초중반 급격하게 감소하였다가 이후 다소 증가하는 추이를 보였고,

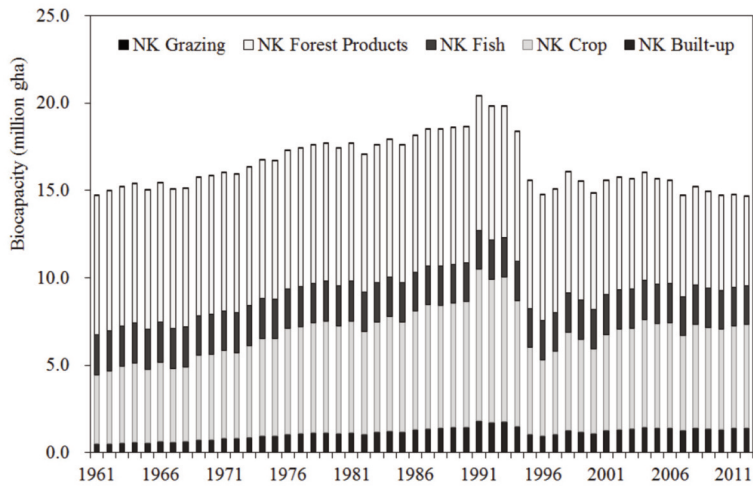
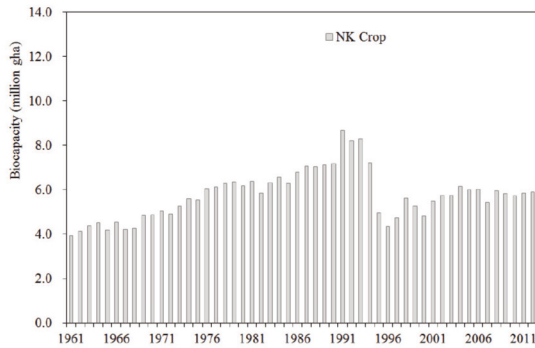
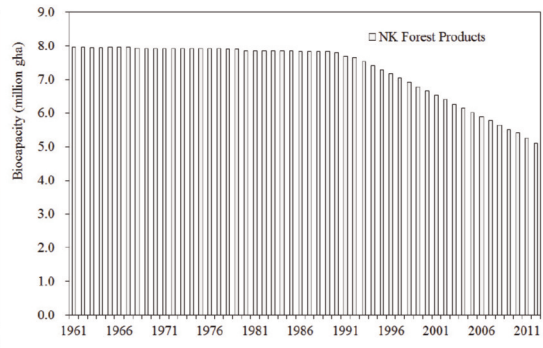


Figure 3. Trend of Biocapacity of North Korea by sector between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).

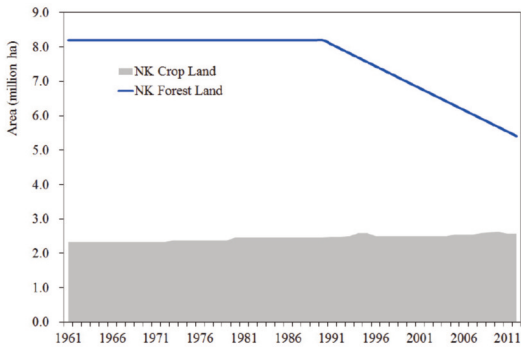


(a) Biocapacity trend of crops in North Korea.

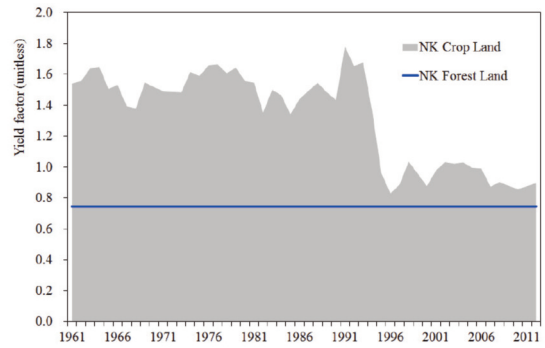


(b) Biocapacity trend of forest products in North Korea.

Figure 4. Biocapacity trends of crops and forest products in North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).



(a) Area of cropland and forest land in North Korea between 1961 and 2012.



(b) Yield factor of cropland and forest land in North Korea between 1961 and 2012.

Figure 5. Trends of affecting factors to Biocapacity of North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).

2000년 이후 거의 일정한 결과를 보였다(Figure 4(a) 참조). 농경지에 해당하는 토지면적은 지난 50여 년간 전체적으로 증가하는 추이로, 1990년대 감소하는 시기가 있었음에도 불구하고, 2000년 이후 계속해서 증가하여 2000년 후반 최고값을 나타내었다(Figure 5(a) 참조). 하지만, 생산성인자는 일정한 수준을 유지하다가 1990년대 초중반에 급감하는 추이를 나타내었다(Figure 5(b) 참조).

생산성인자는 해당국가의 생산성을 전세계평균 생산성으로 나누어 구한 값이므로 생산성인자가 1보다 큰 값이면 해당국가의 생산성이 세계평균보다 크다는 것을 의미한다. 북한의 농경지 생산성인자는 1990년대 중반이전에는 1보다 큰 값을 나타내었지만, 급감한 1990년대 중반이후 1 또는 그 이하의 값을 유지하고 있는 실정이다(Figure 5(b) 참조). 북한의 농경지 생태수용력은 토지면적이 증대되었음에도 불구하고 생산성이 저하되어 전체적으로는 감소하였다는 것을 알 수 있다.

1990년대 중반 홍수, 가뭄 등의 연속적인 자연재해와 농자재 부족(KREI 2006)으로 북한 농경지의 생산성이 감소되었으며, 1996년부터 이모작 확대 정책을 추진하여 겨울 밀, 봄보리, 봄 감자의 재배 면적이 증가하였다(KREI 2006). 하지만 이모작 추진으로 필수 농자재 부족이 심화되었고, 북한 농지는 지력이 낮으므로 화학비료 수요가 더욱 증가하였다(KREI 2006). KREI (2006)에 의하면, 북한의 화학비료 소비량은 1980년대까지는 남한과 비슷한 수준을 유지한 것으로 보이지만, 북한경제가 침체하기 시작한 1990년대에 들어와서는 남한보다 낮은 수준을 보이고 있는 것으로 평가되고, 북한에서 생산되는 비료는 성분함량이 낮으므로 농작물 생산에 충분한 비료가 공급되지 못하였고, 결과적으로 농경지의 생산성을 떨어뜨린 것으로 예상할 수 있다.

산림의 생태수용력은 1990년대 초중반 이후 계속해서 감소하는 추이를 보였다(Figure 4(b) 참조). 산림의 생산성인자는 지난 50여 년간 변화가 없었으므로(Figure 5(b) 참조), 북한 산림 생태수용력의 감소의 원인은 토지면적의 감소라는 것을 알 수 있다. KREI (2013)에 의하면, 북한 산림에 대한 신뢰성있

는 공식 통계가 없고, 여러 기관에서 발표되는 자료를 보면, 북한 산림 면적은 755~985만ha로 다양한 추정치가 제시되고 있다. 하지만 북한의 중앙통계청 자료를 인용한 UNEP (2003) 보고서에 북한 산림 면적이 1990년 902만 ha, 1993년 821만 ha, 1996년 818만 ha과 같이 제시되어 1990년 이후 북한 산림 면적이 감소되고 있는 추이를 확인할 수 있다.

GFN (2016b)에 이용된 북한의 FAO 산림면적 통계는 UNEP (2003)에 제시된 1990년과 1996년 값을 활용하여 외삽법을 통해 추정된 결과(FAO, 2014)이다. 우리나라 국립산림과학원(Kim 2017)에서 위성 자료를 이용하여 분석한 1999년부터 2008까지 북한의 산림면적도 약 18% 감소하여 뚜렷한 감소추이를 보여준다. Figure 5(a)에서는 동기간 북한의 산림 면적이 약 23% 감소하였다.

1990년 이후 북한 산림 면적이 감소한 이유는 연료의 부족으로 북한 주민들이 땔나무를 연료로(KEEI 2013) 이용하고, 식량의 부족으로 산지를 개간해 ‘소토지’라 불리는 경작지로 활용한 데서 찾을 수 있다. 이로 인해 산사태 등의 토양침식을 초래한 것 또한 산림 훼손의 원인이 되었다. 산불, 해충에 의한 영향 등도 산림 면적 감소의 원인(UNEP 2003)이며, 산림 훼손이 가속화되면서 산림 식생의 회복 속도가 느려진 것 또한 북한 산림 면적이 감소한 이유로 생각할 수 있다.

2. 북한 생태발자국과 영향요인 추이

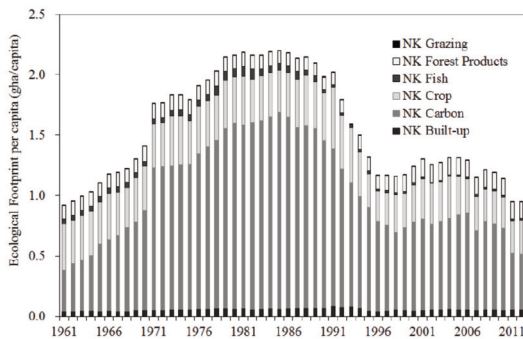
북한의 일인당 생태발자국은 1960년대 이후 30여 년간 꾸준히 증가하다가 1990년 이후 급격하게 감소하였다(Figure 6 참조). 북한 생태발자국에서 가장 높은 비중을 차지하는 것은 탄소발자국과 경작지발자국이다(Figure 6(a) 참조). 북한의 생태발자국은 북한에서의 농작물, 에너지, 어류 등의 6개 부문의 생산으로 인한 생태발자국에 수입으로 인한 생태발자국을 더하고 수출한 농작물로 인한 생태발자국을 제하여 산정한다. Figure 6(b)를 보면, 북한의 생태발자국은 생산에 의한 생태발자국과 거의 차이가 나지 않는다는 것을 볼 수 있는데, 이는 자급자족을 지향하는 북한의 사회경제상을 반영하는 결과라 할 수

있다. 1990년대 초중반 이후 수입으로 인한 생태발자국 비중이 다소 늘었는데, 이는 1990년대 중반 자연재해와 대기근을 겪으며 북한이 외부로부터 식량 지원을 받아왔기 때문이다.

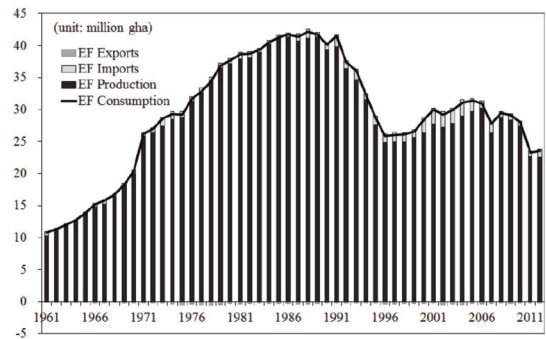
Figure 6(a)와 6(b)를 비교하면, 일인당 값을 보여주는 6(a)보다 국가 전체 값을 보여주는 6(b)의 1990년대 중반 이후 저감비율이 더 낮는데 이는 북한의 인구 증가 때문이다. 지난 50여 년간 북한의 인구는 1961년 약 1,200만명에서 2012년 약 2,500만명으로 두 배 가량 증가하였다. 북한의 인구가 지난 50여 년간 1961년과 동일했다면, Figure 9(b)에서 볼 수 있듯이 북한의 생태발자국은 1970-80년대 증가했다가 1990년대 중반 고난의 행군 시절 이후 감소하여 생태수용력과 차이가 거의 없었을 것으로 예상된다. 지난 50여 년간 북한의 생태발자국 추이는 인구 증가에

의한 영향을 크게 받은 것으로 보인다. 이는 1961년부터 2009년까지 우리나라의 생태발자국 증가에는 일인당 생태발자국 증가가 크게 기여한 것과 상반되는 결과이다.

북한의 일인당 생태발자국에서 가장 비중이 높았던 탄소발자국과 경작지발자국, 두 부문을 좀더 상세하게 살펴보면, 북한의 일인당 탄소발자국의 추이는 전체 생태발자국 추이와 거의 동일하다는 것을 확인할 수 있다(Figure 6(a) 참조). 북한의 탄소발자국은 북한의 에너지사용에 의한 이산화탄소 배출량 추이를 반영하는 결과로, 1980년대 중반 최대치를 보이고 계속해서 저감하다 2000년 초반 완만하게 증가하고 감소하는 추이가 북한의 에너지 소비 추이(Yeo & Kim 2016)와 매우 비슷하다. 1990년대 중반 급격한 감소와 2000년대 중반 이후 회복추이는 Figure 7에서



(a) Trend of Ecological Footprint of North Korea by sector between 1961 and 2012.



(b) Trend of Ecological Footprint of consumption, production, import, and export of North Korea between 1961 and 2012.

Figure 6. Trends of Ecological Footprint of North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).

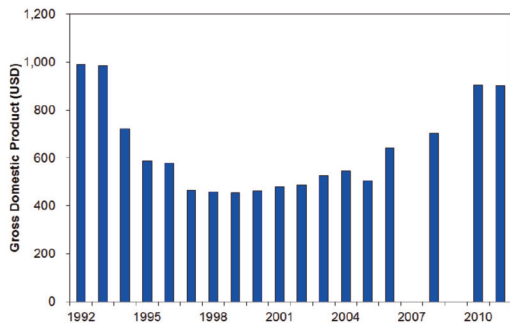


Figure 7. Gross Domestic Product (GDP) trend of North Korea between 1992 and 2011 (data from MLEP (2000); NCCE (2012); BOK (2014)).

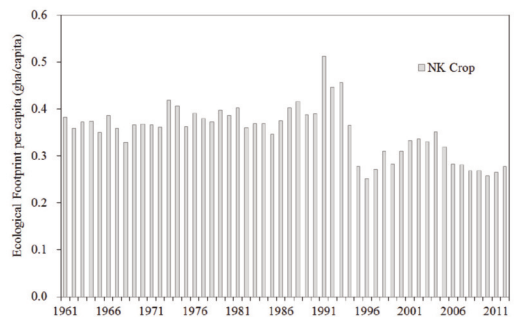


Figure 8. Ecological Footprint trend of crops in North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).

제시된 것과 같이 북한의 국내총생산(Gross Domestic Product, GDP) 추이에도 드러난다. 북한의 1990년대 중반 자연재해와 대기근이 북한의 경제를 악화시키고, 이것이 환경자원 소비 감소로 이어진 것이다.

북한의 일인당 경작지발자국은 전체 생태발자국 추이와 유사하게 1960년대 이후 전반적으로 증가하는 추이를 보였고, 1990년대 초반 가장 높았지만, 증가율이 전체 생태발자국이나 탄소발자국처럼 크지는 않았으며, 1990년대 중반 급격하게 감소하였다. 1990년대 중반 이후에는 다소 증가하였지만, 2000년대 중반 이후 다시 감소하는 추이를 보였다(Figure 8 참조).

3. 북한의 오버슈트 비율 영향요인과 환경자원 관리방안

북한은 환경자원 소비가 충분하지 못함에도 불구하고 Figure 9와 같이 생태적자 상태이다. 인구를 1961년과 동일하게 둘 경우 2000년 이후 북한의 생태발자국은 절반 가까이 줄게 되어 Figure 9(b)와 같이 2000년 이후 북한은 생태적자를 벗어난다. 이를 통해 북한의 생태적자에는 인구증가 요인의 영향이 크다는 점을 예상할 수 있는데, 본 연구에서는 북한의 생태적자에 영향을 준 요인으로 인구뿐만 아니라 일인당 생태발자국, 토지면적, 생산성인자, 등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱을 살펴보았다.

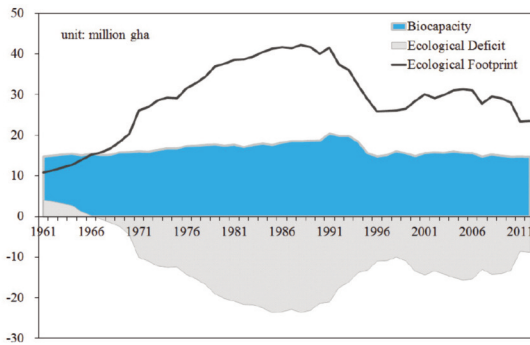
지난 50여 년간 전체 생태수용력과 생태발자국에 대한 오버슈트 비율과 영향요인의 변화율은 Figure

10과 같이 살펴보았고, 북한 생태수용력과 생태발자국 모두에서 높은 비중을 차지하고 있는 경작지 부문에 대해서는 Figure 11과 같이 별도로 살펴보았다.

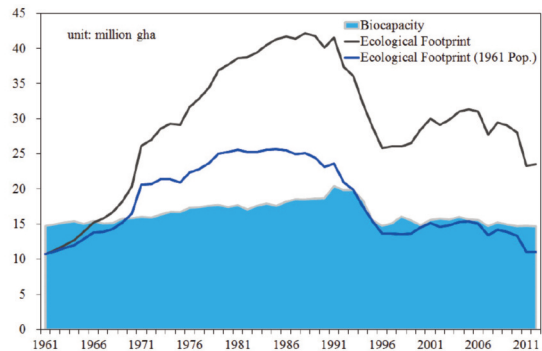
북한은 1966년 생태수용력과 생태발자국이 거의 동일해졌고, 이후 생태적자 상태가 지속되었다. 따라서, 북한 전체 생태수용력과 생태발자국에 대한 오버슈트 비율과 영향요인은 II.2절에서 설명한 것처럼 1966년을 조정시점으로 두어 정규화하였고, 그 결과는 Figure 10(a)와 같다. 요인별로 오버슈트 비율에 대한 기여도를 나타낸 결과는 Figure 10(b)와 같다.

Figure 10(a)를 보면, 인구와 등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱은 지난 45년간 각각 계속해서 증가하는 추이를 보이고, 토지면적과 생산성인자는 전체적으로 감소하는 추이를 보인다. 일인당 생태발자국은 증가하다 감소하는 추이를 나타낸다.

이들 각각의 요인이 오버슈트 비율에 미친 영향을 Figure 10(b)에서 살펴보면, 생태발자국에서 기인한 요인인 인구와 일인당 생태발자국의 기여가 높은 것을 알 수 있다. 1970년대와 80년에는 일인당 생태발자국의 기여도가 60% 전후로 가장 높았고, 1990년대 초반부터는 인구의 기여도가 가장 높았다. 1992년부터 1994년까지 30% 전후의 기여도를 보이던 일인당 생태발자국은 1995년 13%로 급감하였고, 이후 10% 미만의 기여를 보였다. 1992년 인구의 기여도는 약 42%였고, 점차 증가하여 2000년 중반까지 인구



(a) Biocapacity, Ecological Footprint, and Ecological Deficit in North Korea between 1961 and 2012.



(b) Biocapacity, Ecological Footprint, and Ecological Footprint with an adjusted population (as population in 1961) in North Korea between 1961 and 2012.

Figure 9. Biocapacity, Ecological Footprint, and Ecological Deficit in North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016b)).

의 기여도는 약 60%에 달하였다. 이후 점차 감소하였지만, 2010년 이후에도 인구의 기여도는 40%를 넘는다.

그리고 1990년대 중반 이후 오버슈트 비율에는 생태수용력에 해당하는 토지면적과 생산성인자에 의한 기여가 증가하였다. 1990년대 중반 이전 토지면적에 의한 기여도는 1~2% 내외였지만, 1990년대 중반 이후 증가하여 2000년대 이후에는 10~15%의 기여도를 나타내었다. 생산성인자 또한 1990년 이전에는 10% 이내의 기여도를 나타내었지만, 1990년대 이후에는 최대 18%까지 기여도를 나타내었다. 이들 요인이 1990년대 중반 이전에는 오버슈트 비율을 줄이는 요인으로 작용한 반면, 1990년대 중반 이후에는 오버슈트 비율을 증가시키는 요인으로 작용한 것이 특징적이다. 생산성있는 토지면적은 줄어들고, 생산성이 줄어든 것이 원인이다.

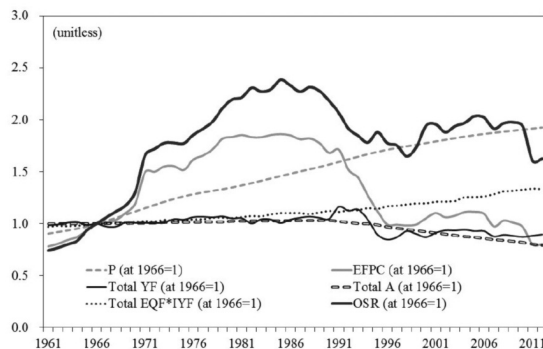
2011년과 2012년에는 오버슈트 비율이 1990년대 중반만큼 낮았는데, 일인당 생태발자국이 오버슈트 비율을 줄이는 요인으로 기여한 것이 특징적이며, 기여도 또한 15%를 나타내었다. 이는 북한 주민의 환경자원 소비 수준이 낮아졌기 때문으로 이해할 수 있는데, Figure 6(a)를 보면, 2011년과 2012년 북한의 일인당 생태발자국은 0.95 gha/capita로 1961-62년 수준에 불과하다.

이를 통해, 현재 북한의 생태적자의 증가에는 인구

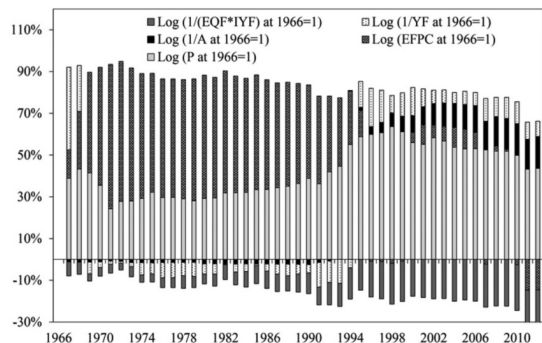
증가의 기여가 가장 높고, 일인당 생태발자국은 생태적자를 줄이는 요인으로 작용하고 있으며 토지면적, 생산성 등 생태수용력을 구성하는 요인들이 생태적자 증가에 기여하는 정도가 높아지고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서, 북한의 생태적자를 줄이기 위해서는 생산성 있는 토지면적과 생산성을 높이는 것이 시급한 것으로 판단된다.

Yeo & Kim (2014)에 의하면, 우리나라의 경우에도 지난 50여 년간 인구는 북한과 유사하게 2배가량 증가하였지만, 북한과는 달리 생태발자국은 11배 이상 증가하였고, 여기에는 개인의 환경자원 소비강도를 의미하는 일인당 생태발자국 증가가 크게 기여하였다. 생태수용력은 최대로 증가했던 시기인 1979년에는 1961년 대비 16% 가량 증가하였고, 2000년대 후반에는 1961년보다 10%도 채 증가하지 않은 수준을 나타내었다(Yeo & Kim 2014). 우리나라가 북한에 비해서는 생태수용력이 잘 유지되고 있지만, 생태수용력 증가비율은 세계평균(1961년 대비 2000년대 후반 22% 증가)에 비해 낮으며(Yeo & Kim 2014), 생태발자국이 크게 증가하여 북한에 비해 생태적자는 더욱 심화되어 있는 상태이다. 따라서 우리나라도 생태수용력을 증대시키는 노력과 함께 일인당 생태발자국을 줄이기 위한 노력이 필요한 상황이다.

북한의 생태적자에는 인구가 가장 기여가 높은 요인이지만, 인구는 단기간에 조절할 수 있는 요인이 아



(a) Trend of factors effects on the Overshoot Rate of North Korea between 1961 and 2012 (normalized values with value of 1966).



(b) Trend of contribution rate of factors effects on the Overshoot Rate of North Korea between 1966 and 2012 (in log scale).

Figure 10. Trend of factors effects on the Overshoot Rate of North Korea between 1961 and 2012.

니므로 인구수 조절을 오버슈트 비율을 줄이기 위한 방안으로 보기는 어렵다. 1990년 이후 눈에 띄게 줄어 들고 있는 산림 면적을 이전 수준으로 복구하고, 경작지의 생산성을 높이기 위한 방안을 마련해야 한다. 북한의 산림을 복구하기 위해서 다양한 기구, 예를 들어, 아시아녹화기구, 한스자이텔 재단의 지원 사업이 이어져오고 있는데 이런 지원사업이 북한의 산림 회복에 도움이 될 것으로 기대된다.

하지만 2038년까지 북한 인구가 계속해서 증가할 것으로 예측(KOSTAT 2016b)되는 상황에서 근본적으로 북한 주민의 열악한 생활수준이 개선되지 않으면, 주민들은 생존을 위해 산림자원을 식량이나 에너지 자원으로 사용할 수 밖에 없고 이는 북한 산림을 훼손으로 이어질 것이다. 따라서 산림을 복구하기 위해서는 북한 주민의 빈곤을 해결할 수 있는 식량 지원 등이 함께 추진되어야 할 것이다.

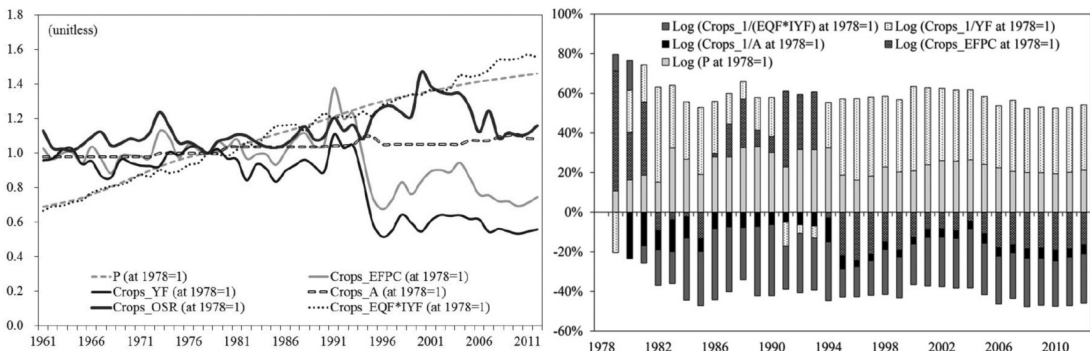
북한의 생태수용력과 생태발자국 모두에서 높은 부문을 차지하는 경작지 부문의 오버슈트 비율 영향 요인에 대한 추이를 살펴본 결과는 Figure 11과 같다. 경작지 부문만 살펴볼 경우 생태발자국과 생태수용력은 1978년 거의 동일하여 이 시점부터 생태적자가 시작되었다.

Figure 11(a)를 보면, 인구 및 등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱의 추이는 거의 동일하게 지속적으로 증가하는데, 인구는 생태발자국에, 등가인자

와 연간생산성인자 변화율의 곱은 생태수용력에 영향을 주는 요인이므로 이들 둘의 효과는 거의 상쇄될 것이라는 점을 예상할 수 있다. 1990년대 중반 이후 경작지의 생산성인자와 일인당 경작지발자국은 둘 다 1978년 대비 크게 감소하였는데, 생산성인자가 더 크게 감소하여 이 시기 경작지 부문의 오버슈트 비율은 증가하였다. 농경지의 면적은 다소 증가하였지만, 다른 요인들의 변화에 비해서는 변화율이 낮았다.

Figure 11(b)에서 영향요인들이 경작지 부문의 오버슈트 비율에 기여한 정도를 살펴보면, 대부분의 요인이 일정 비율 이상으로 기여하고 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 북한의 경작지 면적은 증가해 왔으므로 경작지 부문의 생태수용력을 증가시켜 오버슈트 비율을 줄이는 요인으로 작용했는데, 기여도가 1978년부터 1984년까지는 10% 이상이지만, 그 이후에는 대부분 10%에 미치지 못하는 수준으로 낮아졌다.

1990년대 초반까지는 경작지 부문의 오버슈트 비율을 증가시키는 요인으로 작용했던 일인당 경작지발자국이 1990년대 중반부터는 경작지 부문의 오버슈트 비율을 줄이는 요인으로 작용했다. 일인당 경작지발자국의 기여도가 1995년 이전까지는 2~61%로 편차가 컸던 반면, 1995년부터는 주로 10~20%대를 나타내어 편차가 줄어들었다. 인구는 계속해서 경작지의 오버슈트 비율을 증가하는데 기여했으며, 기여도가 약 10~30%으로 다른 부문에 비해서는 편차가



(a) Trend of factors effects on the Overshoot Rate of crops of North Korea between 1961 and 2012 (normalized values with value of 1978).

(b) Trend of contribution rate of factors effects on the Overshoot Rate of crops of North Korea between 1966 and 2012 (in log scale).

Figure 11. Trend of factors effects on the Overshoot Rate of crops of North Korea between 1961 and 2012.

작았다. 경작지의 생산성인자는 경작지 부문의 오버슈트 비율을 증가시키는 요인으로 주로 작용했는데, 1995년 이전까지 경작지의 생산성인자 기여도는 4~48%로 편차가 컸던 반면, 1995년부터는 주로 30~40% 사이를 나타내어 편차가 많이 줄어들었다. 이는 1995년 이후 생산성인자가 오버슈트 비율 증가에 지속적으로 일정비율 이상 기여하고 있다는 것을 의미하므로 북한 경작지의 생산성 증대 필요성을 확인할 수 있다.

현재 북한 정부는 농업생산성을 높이기 위한 노력을 하고 있는 상황(BOK 2014)이다. 농업생산성을 증대시키기 위해서는 비료수급의 문제도 해결되어야 하지만, 북한에서 생산성이 높거나 낮은 농작물의 종류와 지역을 선별하여 원인을 찾아내고, 이를 해결하는 과정이 필요할 것으로 보인다. RFA (2010)에 의하면 북한 소토지의 대부분은 경사가 심한 산에 있어 토질이 좋지 않고 물품을 운반하기도 힘든 열악한 조건에도 불구하고 개인소유로 인식되는 소토지의 평당 수확량은 정부에 귀속되어 있는 협동 농장보다 높다.

북한의 산림면적을 증가시키기 위해서는 기존 외부의 나무심기 관련 지원사업과 북한 자체의 노력을 지속적으로 유지하는 것이 필요하다. 정치적인 문제가 발생할 경우 북한 정부는 외부와의 소통을 차단하여 북한외부의 노력 사업이 연속성을 가지고 추진되기 어려운 상황인데, 조립 및 재조립과 같이 북한 환경 및 주민의 생존과 직결되는 사안에 대해서는 연속성을 가지고 추진할 수 있도록 북한 정부가 일관되게 협조할 필요가 있을 것이다.

현재 북한은 자연재해에 매우 취약한 상황인데, 북한의 경제상황까지도 날씨 및 기후의 영향을 크게 받아(BOK 2017) 이를 극복할 수 있는 방안을 마련하는 것도 생태수용력을 증대시키는데 도움이 될 것으로 예상된다. 자연재해에 취약한 상황을 개선하기 위해서는 외부 도움이 필요하고, 이를 위해서도 북한 정부의 일관성 있는 협조적인 태도가 필요할 것으로 보인다.

또한, 산림자원과 농경지 등을 지속적으로 관리할 수 있도록 역량을 강화하는 것과 자연재해에 취약한 점을 극복할 수 있는 방안을 마련하는 것 역시 북한

의 경작지 부문의 생태수용력을 증대하는데 도움이 될 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 북한의 생태적자에 기여한 항목을 생태수용력과 생태발자국에 영향을 주는 요인으로 살펴보았다. 생태수용력에 영향을 주는 요인으로는 토지면적, 생산성인자, 등가인자와 연간생산성인자 변화율의 곱을, 생태발자국에 영향을 주는 요인으로 인구와 일인당 생태발자국을 살펴보았다.

한 국가의 환경자원 소비가 지속가능하기 위해서는 생태수용력이 생태발자국보다 커서 자급자족할 여건이 되거나, 생태적자 상황의 경우 경제적으로 지 불가능한 상태를 유지할 수 있어야 하는데, 지금의 북한은 이러한 조건을 만족시키지 못하는 상황이다. 일인당 생태발자국이 줄었음에도 불구하고 인구가 증가하여 1966년 이후 계속해서 생태적자 상태이고, 북한 자체의 경제력만으로는 주민들의 소비를 충분하게 지탱할 수 없어 국제적인 지원을 기대하는 실정이다.

북한의 생태수용력은 1990년 초반이후 감소하여 2010년 이후까지 회복되지 못하였다. 북한의 생태수용력에서 가장 높은 비중을 차지하는 농경지와 산림 부문을 살펴보면, 농경지는 면적이 증가하였음에도 불구하고 1990년대 중반 이후 자연재해와 날씨 영향 등 자연적인 요인과 농자재와 비료 부족 등 인위적인 영향으로 생산성이 감소하였고, 산림은 생산성의 변화는 거의 없지만, 1990년대 이후 북한 주민들의 생존을 위한 벌채와 농경지화 등 인위적인 요인과 토양 침식과 같은 자연적인 영향으로 면적이 크게 감소하여 전체적인 생태수용력은 감소하였다.

북한의 생태발자국 또한 생태수용력과 유사하게 1990년대 중반 이후 감소하여 2010년 이후에도 1980년대 수준까지 증가하지 못하였는데, 이는 1990년대 중반 자연재해와 대기근이 북한 경제를 악화시키고, 이것이 환경자원 소비를 줄이는 데 영향을 주었기 때문인 것으로 이해할 수 있다.

북한의 오버슈트 비율에 기여한 요인을 살펴보면,

1990년대 중반 이후 북한의 생태적자는 인구증가, 생산성인자와 토지면적의 감소로 설명할 수 있다. 1990년대 중반 이전에는 일인당 생태발자국의 기여도가 60% 전후로 가장 높았지만, 1990년대 중반 이후에는 인구에 의한 기여도가 40~60%로 가장 높았다. 상대적으로 1990년대 중반 이전 기여도가 낮았던 토지면적과 생산성인자에 의한 기여도는 1990년대 중반 이후 각각 10~15%, 최대 18%까지 증가하였다.

경작지의 경우 면적이 증가했음에도 불구하고 생산성이 줄어들어 생태수용력이 감소하였다. 오버슈트 비율을 줄이는 요인으로 기여한 경작지 면적의 기여도는 1978년부터 1984년까지는 10% 이상이었지만, 그 이후에는 대부분 10%에 미치지 못하였다. 또한 경작지의 오버슈트 비율에 기여하는 대부분의 요인에서 연도별 기여도의 편차가 큰 편이었는데, 1990년대 중반 이후 편차가 줄어들어 일인당 경작지의 발자국의 기여도는 10~20%대, 생산성인자 기여도는 30~40% 사이를 나타내었고, 다른 요인들에 비해 편차가 작았던 인구의 기여도는 1978년부터 2012년까지 약 10~30%를 나타내었다.

본 연구를 통해 북한의 생태적자는 인구증가의 영향을 많이 받았다는 점을 알 수 있었다. 예를 들어, 환경자원 공급 가능량이 한정된 상황에서 인구가 증가하면서 북한 주민들은 생존을 위해 에너지와 식량 등을 산림자원으로 대체하여 사용할 수밖에 없었고, 이는 산림훼손, 산림 면적의 감소, 생태수용력의 감소, 생태적자의 증가로 이어졌다. 북한은 2030년대까지 인구가 계속해서 증가할 것으로 예상되므로(KOSTAT 2016b), 앞으로도 북한 주민들은 생존을 위해 산림자원을 대체제로 사용할 수밖에 없을 것이다. 북한의 현 정부가 산림녹화에 대한 의지를 보이고 있지만, 식량부족 문제가 해결되지 않으면 산림훼손은 음성적으로라도 계속해서 발생할 수밖에 없는 상황일 것이다.

북한의 생태적자는 날씨, 기후 등의 자연적인 요인에 민감하다는 점도 알 수 있었는데, 예를 들어, 1990년대 중반 북한에서 발생한 대홍수로 생태발자국, 생태수용력 모두 급감하는 추이를 나타내었다. 날씨 및 기후 등의 자연적인 요인이 농작물의 생산량에 직접

적으로 영향을 미쳐 생산성에 바로 영향을 주기도 하지만, 경제에도 영향을 주어 이 영향이 생태적자에 간접적으로 영향을 주기도 한다. 예를 들어, 경제가 악화되면 비료를 구입하기 어려워지고, 이는 생산성 악화로 이어져 생태수용력 저감, 생태적자의 증가로 이어진다. 또한 생산성 악화는 식량 부족으로 이어져 북한주민들이 산림자원을 대체제로 쓸 수밖에 없게 되고, 이는 산림 면적의 감소로 이어져 생태수용력 저감, 생태적자의 증가로 이어진다. 북한에서 생산되는 석탄을 외화벌이에 이용하기 위해 북한 내부 공급량을 줄이면 석탄사용에 의한 이산화탄소 배출량이 줄어들어 생태발자국이 감소하고, 이는 생태적자의 감소로 이어질 수도 있다. 하지만 난방 연료 등의 에너지 자원 부족으로 북한주민들은 산림을 대체제로 사용하게 되고, 이는 결국 산림 면적의 감소로 이어져 생태수용력 저감, 생태적자의 증가로 이어진다.

이를 통해, 생태적자를 야기하는 주요 원인인 산림 면적의 감소와 생산성 감소 문제 모두를 해결하기 위해서는 농업생산성을 증대시키는 것이 시급하다는 것을 알 수 있다. 두 문제를 야기하는 시작점에는 결국 북한주민의 빈곤 문제가 있고, 이를 해결하기 위해서는 식량공급량을 늘려야하기 때문이다.

향후 북한의 경제 상황이 어떻게 변할 것인지는 예측하기 어렵지만, 인도적인 차원에서라도, 생태발자국이 증가하더라도 식량소비가 늘어날 수 있도록 북한 외부에서도 지원하는 것이 필요할 것으로 보인다. 북한의 식량소비수준이 증가하거나 북한의 경제가 회복되어 전반적인 환경자원 소비가 증가하면 생태발자국과 생태적자는 필연적으로 증가하게 될 것이므로 현 상황에서 북한의 생태적자를 줄이기 위해서는 생태수용력을 증대시키는 것이 가장 현실적인 방안이다.

Yeo & Kim (2014)에서 논의한 것처럼 생태발자국은 모든 환경자원에 대한 수요를 반영하지는 않는다는 방법론의 한계가 있다. 그럼에도 생태발자국은 보편화된 단위인 글로벌헥타르로 표현되는 통합 지표로 동일한 기준으로 자료를 생산하므로 상대적인 비교 분석 연구와 시간에 따른 변화를 파악하는데 유용하다. 지금까지 북한의 생태발자국, 생태적자 등에

대한 연구는 거의 진행되지 않았고, 알려진 정보만으로는 여전히 북한의 환경 현황과 환경관리 실태를 이해하는 것이 어려운 실정이므로 본 연구 결과는 북한의 환경 현황과 지속가능성을 이해하는데 도움이 되고, 향후 남북환경협력에 도움이 되는 정보가 될 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부; 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2017R1A2B4006760; NRF-2017R1A6A3A11029726).

References

- BOK (Bank Of Korea). 2014. Understanding the North Korean economy through statistics. Seoul. [Korean Literature]
- BOK (Bank Of Korea). 2017. Estimation of North Korean Economic Growth Rate in 2016. Seoul. [Korean Literature]
- Borucke M, Moore D, Cranston G, Gracey K, Iha K, Larson L, Lazarous E, Morales JC, Wackernagel M, Galli A. 2013. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, 24: 518-533.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. Global Forest Resources Assessment 2015 country report: Dem People's Rep of Korea. Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Low-Income Food-Deficit Countries (LIFDC) - List for 2016. [cited 2017 November 01]. Available from: <http://www.fao.org/countryprofiles/lifdc/en/>.
- GFN (Global Footprint Network). 2016a. Working guidebook to the National Footprint Accounts: 2016. Oakland.
- GFN (Global Footprint Network). 2016b. National Footprint Accounts: Korea, Democratic People's Republic of, 2016 Edition. Oakland.
- IEA (International Energy Agency). 2016. World: Indicators for 2014 - TPES/population. [cited 2016 March 11]. Available from: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=WORLD&product=indicators&year=2014>.
- KEEI (Korea Energy Economics Institute). 2013. Study on the energy consumption behaviors of the household, commerce, and public sectors in North Korea. Gyeonggi. [Korean Literature]
- KEI (Korea Environment Institute). 2007. Comparison of environmental legal systems in South and North Korea. Seoul. [Korean Literature]
- KIEP (Korea Institute for International Economic Policy). 2012. Environmental problem of North Korea and the international support measures. KIEP Regional Economic Focus. 6(38). [Korean Literature]
- Kim KM. 2017. Deforestation change detection in North Korea between 1999 and 2008 using multi temporal satellite image. [GC21B-0950] presented at 2017 Fall Meeting. AGU. New Orleans. LA. 11-15 Dec.
- Kim YH. 2013. Foucault and the Political Economy of the North Korean Body Dwarfishness. Ingan Sarang Publishing. Seoul, 19-22 pp. [Korean Literature]
- Kim IS, Lee JY, Kim YP. 2013. Impact of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) emissions from North Korea to the Air Quality in the Seoul Metropolitan Area,

- South Korea. Atmospheric Environment. 70: 159-165.
- Kim NK, Kim YP, Morino Y, Kurokawa JI, Ohara T. 2014. Verification of NOx emission inventory over North Korea. Environmental Pollution. 195: 236-244.
- KINU (Korea Institute for National Unification). 2011. Quality of life of North Korean people: Status and recognition. Seoul. [Korean Literature]
- KMOE (Korea Ministry of Environment). 1999. 1999 White paper of environment. Seoul. [Korean Literature]
- KOSTAT (Statistics Korea). 2016a. Total primary energy supply and total primary energy supply by sector: South Korea and North Korea. [cited 2016 February 23]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGA72&conn_path=I3. [Korean Literature]
- KOSTAT (Statistics Korea). 2016b. Population estimate and projection (1993~2055): North Korea. [cited 2016 March 11]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_IZGA01_001&conn_path=I3. [Korean Literature]
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2006. North Korea's fertilizer supply trend and implications. Seoul. [Korean Literature]
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2013. Status and policy of forest in North Korea. Quarterly Agricultural Trends in North Korea, 15(3) Focus. Seoul. [Korean Literature]
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2014. The Strategy of the Restoration and Conservation of Deforested and Degraded Mountainous Areas in North Korea. Seoul. [Korean Literature]
- NCCE (National Coordinating Committee for Environment). 2012. DPR Korea's Second National Communication on Climate Change. Pyongyang.
- NIER (National Institute of Environmental Research), NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2017. KORUS-AQ rapid science synthesis report. Seoul.
- Radio Free Asia (RFA). 2010. [Lanocff column] Forest farmland and land reform. [cited 2017 December 12]. <http://www.rfa.org/korean/commentary/lankov/cu-al-12232010095145.html>. [Korean Literature]
- STEPI (Science and Technology Policy Institute). 2014a. A Study on the current state of environment technology in North Korea for S&T cooperation methods between South-North Korea. Sejong. [Korean Literature]
- STEPI (Science and Technology Policy Institute). 2014b. Cooperation in environmental science and technology between South Korea and North Korea for unification. STEPI Insight, 144, Sejong. [Korean Literature]
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. DPR Korea: State of the Environment 2003. Thailand.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2012. Democratic People's Republic of Korea Environment and Climate Change Outlook - Project Proposals. Pyongyang.
- Yeo MJ, Kim YP. 2014. Trend and prediction of the ecological footprint in Korea. Journal of Environmental Impact Assessment. 23(5): 364-378. [Korean Literature]
- Yeo MJ, Kim YP. 2016. Trend and Prediction of Environmental Resources Consumption in the Korean Peninsula. Journal of

- Environmental Impact Assessment. 25(4): 261-279. [Korean Literature]
- Yeo MJ, Kim YP. 2018. Electricity supply trend and operating statuses of coal-fired power plants in North Korea, using the facility specific data produced by North Korea: Characterization and recommendation. Submitted.
- Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S et al. 2017. The Lancet countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. The Lancet. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9).
- WHO (World Health Organization). 2017. World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva, Switzerland.
- World Bank. 2017. World Bank Analytical Classifications. [cited 2017 November 01]. Available from: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378834-how-does-the-world-bank-classify-countries>.