환경영향평가 Vol. 25, No. 4(2016) pp.280~295 J. Environ. Impact Assess. 25(4): 280~295(2016) ISSN 1225-7184
http://dx.doi.org/10.14249/eia.2016.25.4.280

Research Paper

우리나라 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 추이와 예측

여민주* · 김용표*,**
이화여자대학교 환경공학과*, 이화여자대학교 화학신소재공학과**

Trend and estimation of the ecological footprint from the consumption of bovine meat in 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**

요 약 : 최근 육류 소비에 의한 환경 영향이 증가하였고, 쇠고기 소비를 줄이는 것은 지속가능한 식량 공급을 위한 대안의 하나이다. 우리나라에서는 지난 50여 년간 쇠고기 소비는 1961년 대비 2009년 약 13배 증가하였고, 쇠고기 소비에 의한 생태발자국(경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국의 합)도 동기간 약 12배 증가하였다. 특히 수입 쇠고기 소비 증가가 1970년 대비 2009년 약 346배, 수입 쇠고기 소비로 인한 생태발자국은 369배로 현저히 증가하였다. 2023년 한국인이 쇠고기 소비를 절반으로 줄이는 경우 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 기준전망치(BAU, Business As Usual) 대비 40~65% 감소하였다. 또한 시나리오별 저감된 생태발자국으로 지탱가능한 인구수를 추정하면, 한국인과 세계평균 소비 수준에 따라 약 57~156만 명의 식량(농작물, 육류, 어류), 화석 에너지, 산림 및 건조환경 부문의 소비를 지탱할 수 있고, 342~683만 명의 농작물 소비를 지탱할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국, 육류 소비, 지탱가능한 인구수

Abstract : Influences on the environment from the consumption of livestock have increased drastically during the last 50 years in Korea. Reduction of bovine meat consumption is one of the alternatives as sustainable food supply. The consumption of bovine meat and the ecological footprint (the sum of the cropland, grazing land, and carbon footprint) from the consumption of bovine meat have increased over 13 and 12 times over the last 50 years. Especially, the consumption of imported bovine meat and the ecological footprint from the consumption of imported bovine meat have increased significantly about 346 and 369 times over the last 40 years. If the consumption of bovine meat decreased by half in Korea in 2023, the ecological footprint from the consumption of bovine meat would be reduced by 40~65% depending on the scenarios. The supportable population number

First Author: Min Ju Yeo, Dept. of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2830, E-mail: iamdasom@empas.com
Corresponding Author: Yong Pyo Kim, Dept. of Environmental Science and Engineering/ Dept. of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2832, E-mail: yong@ewha.ac.kr
Received: 24 May, 2016. Revised: 22 August, 2016. Accepted: 22 August, 2016.

for the consumptions of environmental resources (food (crops, livestock, and fish), energy, forest, and built-up land) and the crops were 0.57~1.56 million and 3.42~6.83 million, respectively, depending on the scenarios and the nationality of the supported people.

Keywords : Cropland Footprint, Grazing Land Footprint, Carbon Footprint, Livestock Consumption, Supportable Population

I. 서 론

최근 세계 인구의 증가로 인한 식량의 지속가능한 공급에 대한 우려가 커지고 있다(WRI 2013; Brown 1998). 식량의 지속가능한 공급을 위해 세계자원연구소(World Resources Institute, WRI)는 소비를 줄이거나, 동일한 토지에서 더 많은 식량을 생산하거나, 식량 생산에 의한 환경 영향을 줄이는 방안을 제시한다(WRI 2013). 기술과 관리방식의 개선 등을 통해 생산성을 높이는 것과 대안 농업을 찾는 것은 매우 중요하지만, 인구가 계속해서 증가하고 있는 상황이므로 소비를 줄이는 것이 가시적이고 단기적인 해법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

소비를 줄이는 방안으로는 식량과 폐기물 손실을 줄이는 것, 비만 인구를 줄이는 것, 대체출산율 2.1명을 달성하는 것(Achieve replacement level fertility), 식용 작물에 대한 바이오연료 수요를 줄이는 것, 그리고 육류 소비와 육류 중에서도 쇠고기 소비를 줄이는 것이 있다(WRI 2013). 식량과 폐기물 손실을 줄이게 되면 식량 공급량을 증가시킬 수 있고 경제적, 환경적으로 편익을 제공한다. 비만 인구를 줄이는 것은 식량 수요를 줄이는 방안일 뿐만 아니라 건강과 재정적으로도 편익을 준다. 대체출산율은 현재 인구규모를 유지하기 위한 출산율을 의미하는데 일반적으로 인구이동과 사망률의 변화가 없다는 가정 하에 2.1명에 해당한다. 대체출산율 2.1명을 유지하게 되면 현재 인구규모를 유지하게 되어 인구 증가에 따른 식량 수요가 발생하지 않을 것으로 기대된다. 식용 작물에 대한 바이오연료 수요를 줄이면 더 많은 토지를 식량 생산에 활용할 수 있다. 식습관의 변화로는 쇠고기를 가금류와 어류로 대체하는 것을 제안한다(WRI 2013).

쇠고기 소비를 줄이는 것이 지속가능한 식량 공급의 대안책이 될 수 있는 이유는 육류를 생산할 때 농작물에 비해 에너지 집약도가 높고(Sanders & Webber 2014), 동일하게 1 kcal의 동물 단백질을 생산하기 위해 필요한 화석 에너지 투입량비가 돼지고기, 닭고기, 쇠고기(각각 순서대로 14, 4, 40) 중 쇠고기가 가장 많아서(Pimentel & Pimentel 2003) 환경에 미치는 영향(예를 들어, 온실가스 배출)이 크기 때문이다. 건강한 식습관을 위해서도 육류 섭취를 조절하는 것이 필요하다(Tilman & Clark 2014).

우리나라에서는 1970년부터 지난 40여 년간 일인당 닭고기, 돼지고기, 쇠고기의 소비가 꾸준히 증가해왔고, 고기 소비가 증가함에 따라 수입에 의존하는 비율이 커지는 추세이다(Yeo & Kim 2015). 특히 쇠고기의 자급도가 2012년 48%로 자급도가 약 80%인 돼지고기와 닭고기보다 낮고(KREI 2013), 앞으로도 더욱 하락할 것으로 보인다(KREI 2014). 식량 안보와 관련하여서는 식량 자급도를 개선하기 위한 목표를 설정하고, 개선 방안을 마련하기 위한 노력을 기울이고 있다(KAST 2009; KMIFAFF 2010).

Yeo & Kim (2015)에도 정리되어 있는 것처럼 최근 육류 소비에 의한 환경 영향에 대한 연구가 증가하고 있다. 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)는 육류 소비에 의한 온실가스 배출량이 전체 온실가스 배출의 18%에 달한다는 연구 결과를 제시한 바 있으며(FAO 2006), 육류 소비에 의한 인과 황 등의 오염물질 배출에 대해 연구한 사례도 있다(Williams et al. 2006). 식량 생산과 소비에 의한 환경 영향에 대한 연구도 영국 환경식품농무부(Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA) (DEFRA 2006)와 환경워킹그룹(Environmental Working Group, EWG) (EWG 2011)에 의해 진행되었으며, 식 소비 행태에 따른 환

경 영향 차이에 대한 비교 연구도 진행되었는데(Sanders & Webber 2014; Joyce et al. 2012; Pimentel & Pimentel 2003), 육식은 채식에 비해 화석에너지, 물, 토지를 더 많이 사용하고 더 많은 폐기물을 만들어내므로 환경에 더 큰 영향을 준다(Joyce et al. 2012). TRUCOST(2013)는 산업 분야에서의 환경비용으로 사업 리스크를 분석하였는데, 소를 키우는 목축업이 환경비용이 가장 높은 산업의 하나라는 결과를 제시하였다. 국내에서는 Yeo & Kim(2015)이 우리나라 국민이 쇠고기 소비를 50% 줄일 경우 이산화탄소 배출 저감량을 산정한 사례가 있지만, 육류 소비에 의한 환경 영향에 대한 연구가 미진한 상황이다.

본 연구에서는 우리나라 쇠고기 소비에 의한 환경 영향을 생태발자국으로 살펴보았다. 생태발자국은 일반적으로 환경영향평가에서 평가하는 항목(예를 들어, 대기질, 소음, 수질, 일조장해 등)처럼 특정한 환경 영향을 정량화해서 보여주는 지표와는 달리 거시적으로 여러 부문에서의 환경자원 소비에 의한 환경 영향을 단일화된 토지의 양인 글로벌헥타르(global hectare, gha)로 환산하여 제시해주는(Wackernagel & Rees 1996) 통합지표이다. 생태발자국은 소비에 기반하여 산정되는 결과인데, 소비 관점에서 환경 영향을 살펴보기 위해서는 국내 생산 활동에 의한 결과만 고려하는 것이 아니라 수입과 수출까지 고려해야 한다(Davis & Caldeira 2010). 따라서 우리나라 내부의 소비 활동에 의한 환경 영향은 국내에만 국한되어 미치는 것이 아니라 우리나라에 수출하는 국가 등 외부에도 미치게 되어 결국 지구 전체에 영향을 주게 된다.

본 연구에서는 다음과 같은 3가지에 대해 연구를 진행하였다. (1) 지난 50여 년간 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 추이를 살펴보았고, (2) 경작지, 초지, 탄소발자국에서 쇠고기 소비에 의한 기여를 살펴보았으며, (3) 쇠고기 소비 저감 시나리오에 따른 미래 생태발자국과 지탱가능한 인구수를 추정하고, 향후 육류 소비에 대한 방향 및 환경자원관리 방안을 제시하였다.

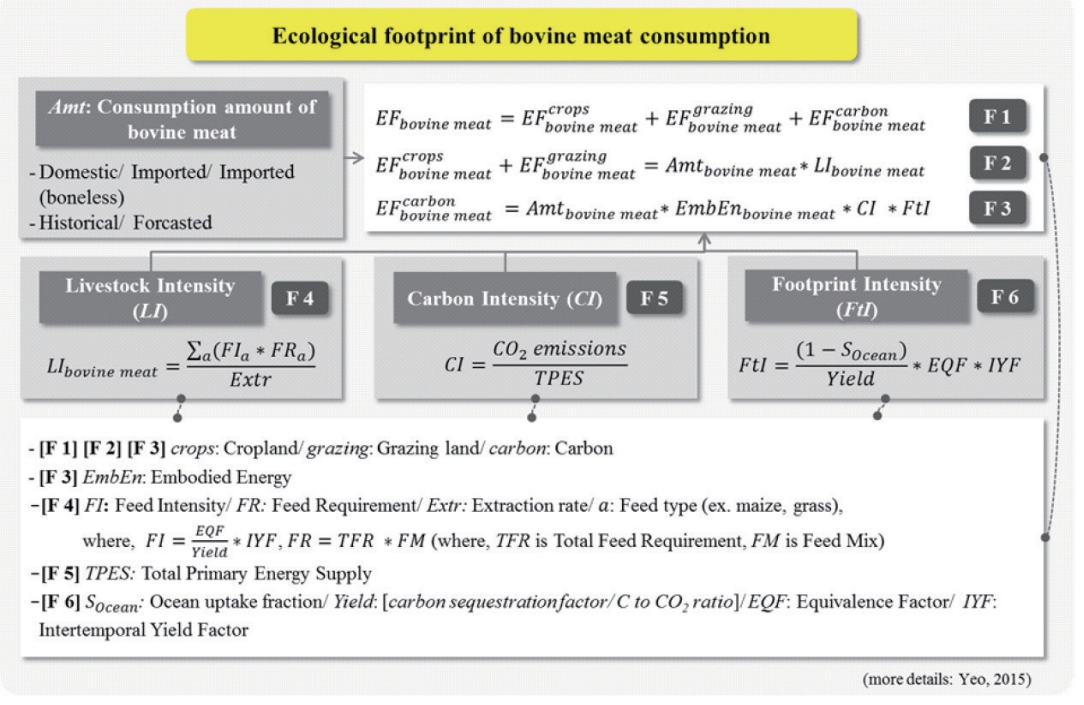


Figure 1. Flow diagram and formulae for estimating the ecological footprint of the consumption of bovine meat carried out in this study.

II. 연구자료와 방법

본 연구에서는 쇠고기 소비에 의한 생태발자국을 국제생태발자국 네트워크(Global Footprint Network, GFN)의 국가발자국계정(National Footprint Accounts)의 계수 및 변수 자료와 방법론을 주로 활용하여 Figure 1에 제시한 식 및 흐름과 같이 산정하였다. 지난 50여 년간 쇠고기 소비에 의한 생태발자국을 산정하기 위해 국제연합식량농업기구의 쇠고기 생산량, 수입 및 수출량 자료(FAO 2014a; 2014b), 시나리오별 결과를 예측하기 위해 한국농촌경제연구원의 쇠고기 소비 전망량 자료(KREI 2014)를 활용하였다. 한국농촌경제연구원은 1인당 쇠고기 소비 기준 전망량(Business As Usual, BAU)을 2015년 10.3 kg, 2018년 10.5 kg, 그리고 2023년에는 11.1 kg으로 점차 증가할 것으로 제시하였다(KREI 2014).

Yeo & Kim(2015)이 본 연구와 동일한 쇠고기 소비 시나리오를 바탕으로 하여 이산화탄소 배출량을 산정한 바 있지만, 본 연구에서는 이 결과를 활용하여 쇠고기 소비에 의한 탄소발자국을 산정하였고, 탄소발자국 뿐만 아니라 경작지발자국과 초지발자국을 포함하는 생태발자국에 대한 결과를 제시하였다는 점에서 Yeo & Kim(2015)의 연구와 차이를 보인다. 또한, 생태발자국 결과를 바탕으로 하여 지탱가능한 인구수까지 산정하였다는 점에서도 기존 연구와 차별성을 지닌다.

1. 생태발자국 산정 및 예측 방법

생태발자국은 경작지(Cropland), 초지(Grazing Land), 산림(Forest Land), 건조환경(Built-up Land), 어장(Fishing Grounds), 탄소(Carbon) 발자국(Footprint)의 6개 부문으로 구성되어 있다. 일반적으로 부문별 생태발자국은 식 (1)과 같이 소비 범주에 따른 자원소비량을 최종적으로 토지 개념인 글로벌 헥타르(global hectare, gha)로 나타낸 것으로, 자원소비량에 생산성(Yield)을 고려하여 양을 토지 면적으로 변환한다(Ewing et al. 2010). 그리고 토지 종류별 면적(hectare, ha)에 국가별 생산성(productivity)의 차이를 반영하여 표준화한 생산성인자(Yield factor)를 적용하여 세계평균면적(world hectare, wha)으로 변환하고, 세계평균면적에 토지 종류별 생산성의 차이를 반영하여 표준화한 등가인자(Equivalence factor)를 적용하여 보편화된 단위(universal unit)인 글로벌헥타르로 나타낸다(Ewing et al. 2010).

$$EF_P = \sum_i \frac{P_i}{Y_{N,i}} \cdot YF_{N,i} \cdot EQF_i = \sum_i \frac{P_i}{Y_{W,i}} \cdot EQF_i \quad (1)$$

여기서, EF_P는 국내 생산에 따른 생태발자국으로 자연자원에 대한 수요(gha), P_i는 국가에서 생산된 생산품 i의 양 또는 이산화탄소 배출량(t), $Y_{N,i}$및 $Y_{W,i}$는 재화 i의 생산에 대한 연간 국가 및 세계 평균 생산성 또는 탄소 흡수량(t ha^{-1})이다. $YF_{N,i}$는 생산품 i의 국가 생산성인자, EQF는 생산품 i의 토지 종류에 따른 등가인자(gha ha^{-1})이다(Monfreda et al. 2004; Borucke et al. 2013; Lazarus et al. 2014).

육류 소비에 의한 생태발자국 부문에는 가축의 먹이 활동과 관련되는 경작지발자국, 초지발자국, 어장발자국과 가축 사육 과정에서의 에너지 사용에 대한 탄소발자국이 있다. 소의 경우 먹이로 농작물과 풀을 소비하므로 쇠고기 소비에 의한 생태발자국에는 경작지발자국과 초지발자국, 탄소발자국이 있다.

지난 50여 년간 한국에서의 쇠고기 소비에 의한 생태발자국과 시나리오별 쇠고기 소비량에 의한 생태발자국을 다음 절에서와 같이 산정하였다. 그리고 이 결과를 바탕으로 하여 쇠고기 소비에 의한 생태발자국의 비중을 경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국에 대해 각각 부문별로 산정하였다. 부문별 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 비중은 [쇠고기 소비에 의한 부문별 생태발자국/부문별 전체 생태발자국]으로 산정하였다. 부문별 전체 생태발자국은 GFN (2014) 자료를 재구성하여 활용하였다.

2. 쇠고기 소비에 의한 경작지발자국과 초지발자국 산정방법

식 (1)에서 생태발자국을 계산할 때, 소비량을 면적으로 변환하는 과정에 생산성을 고려하였는데, 가축의 먹이활동에 의한 생태발자국을 산정할 때는 Figure 1의 F 2식과 같이 생산성의 역의 개념인 가축

소비강도(Livestock Intensity, *LI*) (gha t^{-1})를 적용한다. 가축소비강도는 Figure 1의 F 4식 및 Figure 2와 같이 먹이소비강도(Feed Intensity, *FI*) (gha t^{-1})와 먹이요구량(Feed Requirement, *FR*) (tFt LW^{-1}), 추출률((Extraction rate, *Extr*) (t derived (t primary)$^{-1}$)을 이용하여 구한다.

소의 먹이소비강도는 소가 소비하는 농작물과 풀에 대한 경작지발자국과 초지발자국을 계산하는데 필요한 인자로 구성되어 있다(Figure 1 하단의 상자에서 F 4식 설명 참조). 먹이요구량은 Figure 2에서 볼 수 있듯이 총먹이요구량(Total Feed Requirement, TFR) (tFt LW^{-1})에 먹이혼합비(Feed Mix, *FM*)를 고려하여 산정한다. 추출률은 일차 소비품에서 파생된 상품의 질량비를 의미한다(Borucke et al. 2013). 예를 들어 쇠고기의 경우 추출률은 0.58 t derived (t primary)$^{-1}$인데, 이는 소 1톤에서 파생되는 쇠고기의 양이 0.58톤임을 의미한다.

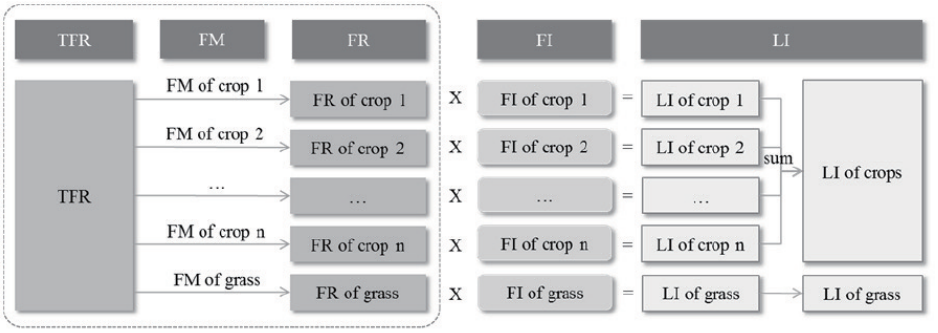
현재 한국에서 소비되는 쇠고기는 국내에서 생산된 것과 수입산이 있는데 이들의 가축소비강도를 구분하여 산정하였고, 수입 쇠고기의 경우 일반(meat, cattle)과 본리스(boneless)로 구분하여 산정하였다. 수입 쇠고기의 일반과 본리스는 추출률에 차이가 있는데, 추출률은 가축소비강도에 영향을 주어 결과적으로 생태발자국 결과에 차이를 야기한다. 쇠고기의 경우 일반과 본리스 모두 일차 소비품은 소이며, 일반 쇠고기와 본리스의 추출률은 각각 0.58 t derived (t primary)$^{-1}$과 0.43 t derived (t primary)$^{-1}$이다(GFN 2014).

지난 50여 년간 수입 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 일반과 본리스가 구분된 FAO(2014b) 자료를 활용하여 산정하였다. 하지만 2023년 쇠고기 소비 전망량에서는 수입 쇠고기 소비량이 일반과 본리스로 구분이 되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 지난 2009년부터 2011년까지 3개년도의 쇠고기 수입량(FAO 2014b)의 일반과 본리스의 평균 비중 값을 수입 전망치에 적용하여 일반과 본리스 양을 추정하였다.

3. 쇠고기 소비에 의한 탄소발자국 산정방법

탄소발자국의 정의는 연구마다 상이하여 일부 연구에서는 에너지 소비에 의한 온실가스 배출량을 탄소발자국으로 정의하기도 한다(Wiedmann & Minx 2008). 본 연구에서는 탄소발자국을 생태발자국의 한 부문으로 간주하고 GFN (2015a)과 같이 이산화탄소 배출량을 산림으로 흡수하기 위해 필요한 면적의 양으로 정의하였다. 쇠고기 소비에 의한 탄소발자국은 쇠고기 소비량, 내재에너지, 탄소강도를 곱하여 산정한 이산화탄소 배출량에 탄소발자국강도를 곱하여 Figure 1의 F 3과 같이 산정하였다. '내재에너지'는 재화나 서비스를 생산하는데 직간접적으로 필요한 에너지를 의미한다(Cleveland & Morris 2009).

본 연구에서는 Yeo & Kim (2015)의 시나리오별 쇠고기 소비에 의한 이산화탄소 배출량 결과를 활용하였다. 탄소발자국 강도를 구하기 위해서는 해양 흡수 비율(ocean uptake fraction), 생산성(Yield), 생



* TFR: Total Feed Requirement; FM: Feed Mix; FR: Feed Requirement; FI: Feed Intensity; LI: Livestock Intensity

Figure 2. Calculation process of the livestock intensity.

산성인자(Yield factor), 등가인자(Equivalence factor)가 필요하며, 이 값들은 GFN (2014)에서 제공하는 것을 활용하였다. 지난 50여 년간 탄소발자국강도는 0.23 gha ($tCO_2(yr^{-1})$)$^{-1}$과 0.25 gha ($tCO_2(yr^{-1})$)$^{-1}$ 사이 값을 보였다. 2023년 쇠고기 소비에 의한 생태발자국을 산정에는 최근 3개년(2007~2009) 탄소발자국강도 평균값인 0.25 gha ($tCO_2(yr^{-1})$)$^{-1}$를 적용하였다.

4. 쇠고기 소비 저감 시나리오와 지탱가능한 인구수 추정방법

본 연구에서는 다른 육류에 비해 생산할 때 에너지 집약도가 높아서 환경에 미치는 영향이 크고, 우리나라에서 돼지고기나 닭고기에 비해 자급도가 낮은 쇠고기 소비를 줄이는 경우에 대한 생태발자국 변화량을 살펴보았다. Yeo & Kim (2015)의 연구와 동일한 쇠고기 소비 시나리오를 적용하여 2023년 생태발자국 변화량을 추정하였고, 이 변화량을 이용하여 지탱가능한 인구수를 추정하였다. KREI (2014)에서 2023년까지의 쇠고기 소비 전망량을 제시하므로 본 연구에서는 이용 가능한 최대연도인 2023년에 대한 시나리오별 생태발자국 변화량과 지탱가능한 인구수를 추정하였다. Table 1을 보면, 2023년 BAU 국내산과 수입 쇠고기 소비량은 각각 239,000 t, 333,000 t으로 합은 572,000 t이고, 이는 2009년 쇠고기 소비량인 507,727 t에 비해 약 13% 증가한 양이다.

쇠고기 소비 시나리오는 Table 1과 같이 4가지로, (a) 2023년 쇠고기 수급 예측량(KREI 2014)을 그대로 적용하는 BAU 경우와 쇠고기 소비를 BAU 대비 50% 줄이는 3가지 경우(b, c, d 시나리오)이다. 쇠고기 소비를 줄이는 경우는 국내 생산과 수입 쇠고기 소비를 줄이는 경우에 대하여 가정한 것으로 (b) 국내 생산과 수입 쇠고기 소비를 모두 동일하게 50%씩 줄이는 경우, (c) 전체 소비량의 50%를 수입 쇠고기 소비만으로 줄이는 경우, (d) 전체 소비량의 35%를 국내 생산 쇠고기 소비에서 줄이고, 나머지 15%를 쇠고기에서 줄이는 경우이다. 2023년 BAU에서 수입 쇠고기 소비 비중이 전체 쇠고기 소비의 58%로 50%를 넘으므로(Table 1 참조) 국내 생산만으로 전체 쇠고기의 50%를 줄이는 것은 불가능할 것으로 보인다.

쇠고기 소비의 50%를 저감하는 것은 영양적인 측면에서 문제가 되지 않을 것으로 보인다. 한국인의 일인당 쇠고기 공급량(FAO 2015)은 지난 50여 년간 꾸준히 증가하여 2011년 약 14.6 kg/capita/yr로 1961년 대비 약 18배 증가하여 세계평균인 약 9.4 kg/capita/yr와 비교하면 약 1.6배에 해당할 만큼 충분하고, 영양적인 측면에서도 2012년 쇠고기로 섭취한 단백질은 전체 섭취한 단백질의 5.7%에 해당하는데, 현재 한국인의 일인당 단백질 섭취량은 영양섭취기준의 150%에 달하는 상황이다(KMOHW 2013).

본 연구에서는 감소된 생태발자국을 인간의 소비(예를 들어, 식량, 화석 에너지, 산림 및 건조환경 부

Table 1. Domestic, imported, and reduced amount of bovine meat in 2023 by scenario.

Year	Scenario	Domestic		Imported		Reduced		Sum*
		(kt yr^{-1})	Ratio**	(kt yr^{-1})	Ratio**	(kt yr^{-1})	Ratio**	(kt yr^{-1})
2009	Historical	283	56%	225	44%	–		508
2023	(a) BAU case	239	42%	333	58%	–		572
	(b) D: 50% Red. of D I: 50% Red. of I	120	21%	167	29%	286	50%	
	(c) D: no Red. I: 50% Red. of sum	239	42%	47	8%	286	50%	
	(d) D: 35% Red. of sum I: 15% Red. of sum	39	7%	247	43%	286	50%	

※ 2009 data: GFN (2014), 2018 & 2023 data: KREI (2014).
※ Red.: Reduction, D: Domestic, I: Imported.
* Sum = Domestic + Imported.
** Ratio (%) = (Domestic, Imported, and Reduced amount of bovine meat by scenario/ BAU case Sum) * 100.

문)를 지탱하는데 사용한다면 감당할 수 있는 인구수를 지탱가능한 인구수로 정의하여 시나리오별로 저감된 총 생태발자국을 일인당 생태발자국 값으로 나누어 산정하였다. 쇠고기 소비와 관련되는 생태발자국은 경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국이어서 쇠고기 소비를 저감하는 것은 이 세 부문의 생태발자국을 줄이는 것이지만, 모든 부문의 생태발자국은 보편화된 토지의 양인 글로벌헥타르로 표현되므로 쇠고기 저감으로 줄어든 생태발자국만큼의 글로벌헥타르를 전체 부문의 소비 또는 다른 부문의 소비를 지탱하는데 활용하는 것이다. 쇠고기 소비 저감에 따라 감소된 생태발자국은 (a) BAU와 (b), (c), (d)의 쇠고기 소비 저감 시나리오별 결과 차이로 산정하였다.

일인당 생태발자국 값은 국가마다 다른데, 본 연구에서는 한국인의 소비를 기준으로 하여 한국인의 일인당 생태발자국 값을 적용하였고, 비교를 위하여 세계 평균 일인당 생태발자국 값도 적용하였다. 그리고 일인당 농작물 소비를 지탱할 경우에 대해서도 지탱가능한 한국인과 세계 인구수를 추정해 보았다. 농작물 소비를 지탱할 수 있는 인구수는 저감된 총 생태발자국을 일인당 경작지발자국 값으로 나누어 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 추이와 고찰

지난 50여 년간 쇠고기 소비량은 Figure 3, 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 추이는 Figure 4와 같다. 지난 50여 년간 쇠고기 소비량은 전체적으로 증가하여 1961년 대비 2009년 13배 이상 증가하였고, 1990년대 이후 수입 쇠고기 비중이 크게 증가하여 1970년 대비 2009년 약 346배 증가하였다. 1998년 외환 위기로 전체 쇠고기 소비량이 급감하였다가 이후 급증하였고 또다시 2000년대 초반에 급감하는 추이를 보이는데, 이는 2003년 후반 미국에서 광우병이 발생하여 쇠고기 수입이 급감하였기 때문이다 (KOSTAT 2016). 이후 미국산 쇠고기 수입이 재개되며 쇠고기 수입량이 증가하고 국내생산량도 점차 증가하여 2000년대 중반이후 전체 쇠고기 소비량은 증가하였다.

지난 50여 년간 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 역시 전체적으로 증가하여 1961년 대비 2009년 12배 이상, 수입 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 1970년 대비 2009년 약 369배 증가하였다. Figure 4의 생태발자국은 쇠고기 소비에 의한 경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국을 합한 결과를 국내 생산과 수입의 경우로 구분하여 제시한 것이다. 일반적으로 소비에 의한 생태발자국은 국내 생산에 수입을 더하고 수출을 제하여 산정하는데, 쇠고기의 경우 수출량이 매우 적으므로 고려하지 않았다.

Figure 3의 쇠고기 소비량 그림에서 수입 쇠고기 비중에 비해 Figure 4의 수입 쇠고기 생태발자국 비중이 큰데 이는 동일한 양의 쇠고기를 소비할 때 수입 쇠고기의 생태발자국이 크기 때문이다. Table 2

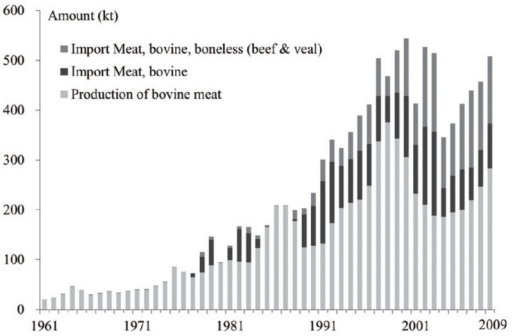


Figure 3. Trend of production and import amounts of bovine meat in Korea between 1961 and 2009 (data from FAO (2014a, 2014b)).

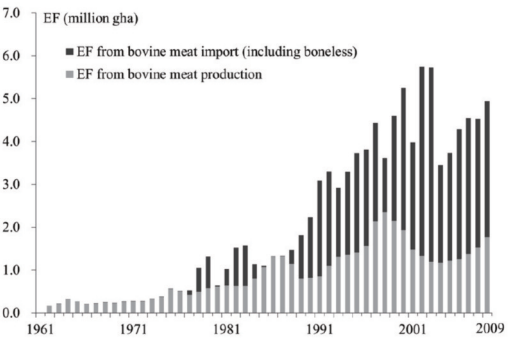


Figure 4. Trend of the ecological footprint (EF) of production and import from bovine meat consumption in Korea between 1961 and 2009.

에서 2009년 국내 생산과 수입 쇠고기의 1톤 소비에 의한 생태발자국 결과를 보면, 국내 생산의 경우, 2009년 쇠고기 1톤 소비에 의한 생태발자국(경작지 발자국, 초지발자국, 탄소발자국의 합)은 6.26 gha으로 수입 쇠고기 일반 12.47 gha, 본리스 15.19 gha보다 작다. 이는 소의 총먹이요구량 차이에 의한 것으로 총먹이요구량의 세계평균은 19 t LW^{-1}, 한국은 9 t LW^{-1}이다. 단위에서의 LW는 생체중(Live Weight)을 의미하는데, 한국소의 경우 0.525 t $head^{-1}$,세계평균 소의 경우 0.4 t $head^{-1}$이다(GFN 2014) 이다. 수입 쇠고기의 경우 본리스가 일반보다 더 큰 값을 나타내는 이유는 앞에서 설명한 것처럼 추출률 차이에 의한 것이다. 단, 탄소발자국의 경우 Table 2에서 보는 것과 같이 일반과 본리스에 차이가 없다.

지난 50여 년간 쇠고기 1톤 소비에 의한 생태발자국을 국내 생산과 일반 수입, 본리스 수입에 대해 Figure 5와 같이 살펴보면, 값에 큰 변화는 없지만, 전체적으로 미미하게 감소하는 추이를 보이고 있다.

Table 2. Cropland, grazing land, and carbon footprint required for the production and import of the consumption of 1 t bovine meat in 2009.

Sector	Production (gha)	Imported (gha)	
		Meat	boneless
Cropland	1.75	3.70	4.57
Grazing land	3.79	8.01	9.87
Carbon	0.71	0.75	0.75
Sum	6.26	12.47	15.19

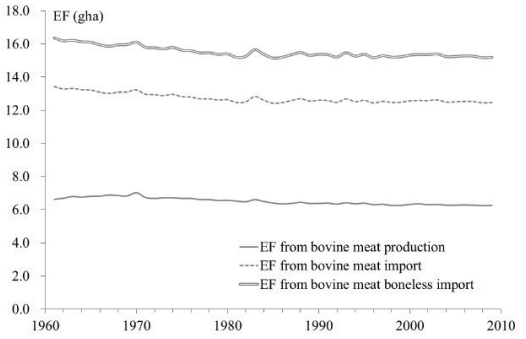


Figure 5. Trend of the ecological footprint (EF) of production and import from the consumption of 1t bovine meat in Korea between 1961 and 2009.

또한 해마다 값이 조금씩 변하고 있다는 사실을 알 수 있는데, 이는 먹이소비강도 값이 해마다 변하기 때문이다. 먹이소비강도는 추출률, 먹이혼합비, 먹이 요구량과 함께 가축소비강도에 영향을 주는 주요 인자이다. 먹이소비강도 산정시 주요 인자인 농작물의 생산성은 매년 기후 조건 등에 따라 다르다. 농작물 생산성이 커지면 결과적으로 생태발자국은 작아진다.

2. 쇠고기 소비에 의한 부문별 생태발자국 비중 추이와 고찰

지난 50여 년간 경작지발자국에서 쇠고기 소비에 의한 생태발자국이 차지하는 비중은 6% 미만이지만 (Figure 6 참조), 1970년대 후반까지 1%도 되지 않던 비중이 2000년대 이후 약 4~6%로 1961년에 비해 30~40배 증가하였다. 전체 농작물 소비량 가운데 소에 의한 농작물 소비가 증가했다는 것은 쇠고기에 대한 수요가 증가했다는 것을 의미한다. 특히 수입 쇠고기 소비에 의한 비중이 크게 증가하였는데 (Figure 6 참조), 이를 통해 수입 쇠고기 소비가 크게 증가하였다는 것을 알 수 있다.

국내 생산에 대한 초지발자국의 최대치는 해당 국가 초지에 해당하는 생태수용력이다(GFN 2014). 우리나라의 2009년 초지의 생태수용력 및 국내 생산에 대한 초지발자국은 45,188 gha로 2009년 국가 생태수용력 35 million gha의 약 0.1%, 2009년 초지발자국 7.9 million gha의 0.06%에 해당하여 그 비중이 매우 낮다. 그러므로 Figure 7과 같이 수입 쇠고기 소비가 수입에 의한 초지발자국에 기여하는 비중에 대해서만 살펴보았다.

이 비중은 지난 50여 년간 증가하여 2000년대 이후에는 50% 이상을 차지한다. 초지발자국은 육류 소비를 대변하는 것으로, 초지발자국에서 쇠고기 소비에 의한 비중은 전체 육류 소비 가운데 쇠고기 소비의 기여를 의미한다. 수입에 의한 초지발자국은 지난 50여 년간 급격히 증가해 왔는데, 그 중 쇠고기 소비에 의한 비중이 지속적으로 증가한 것을 통해 쇠고기 소비가 육류 소비 가운데에서도 생태발자국 증가에 많은 기여를 하고 있다는 사실을 알 수 있다.

쇠고기 소비가 탄소발자국에 기여하는 비중은

Figure 8에서 볼 수 있는데, 지난 50여 년간 0.7% 미만으로 비중이 낮고, 미미하게 감소하는 경향을 보인다. 쇠고기 소비에 의한 탄소발자국의 비중이 증가하지 않은 이유는 전체 탄소발자국이 쇠고기 소비에 의한 탄소발자국보다 더 급격하게 증가했기 때문이다. 이는 쇠고기 소비 외 다른 부문에서의 소비가 크게 증가했다는 것을 보여준다. 탄소발자국의 경우, 먹이 활동에 의한 것뿐만 아니라, 에너지 소비를 야기하는 모든 부문의 소비를 반영한다. 하지만 수입 쇠고기 소비가 탄소발자국에 기여하는 비율은 전체적으로 증가했으므로 한국인의 수입 쇠고기 소비로 인한 환경 영향이 증가해 왔다는 것을 알 수 있다.

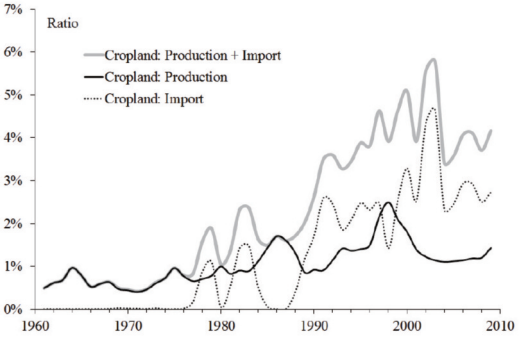


Figure 6. Ratio of the cropland footprint from bovine meat consumption to total cropland footprint in Korea between 1961 and 2009.

※ Data source of total cropland footprint: GFN (2014)
* Ratio (%) = (Production + Import, Production, and Import ecological footprint from bovine meat/total cropland footprint) * 100.

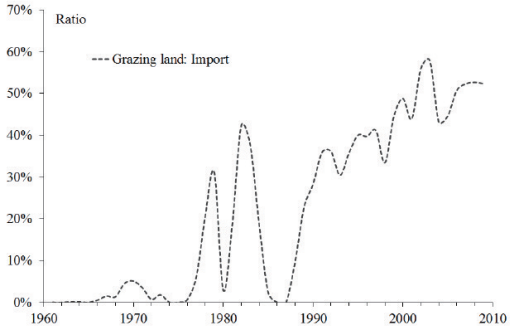


Figure 7. Ratio of the grazing land footprint from imported bovine meat consumption to total grazing land footprint of import in Korea between 1961 and 2009.

※ Data source of total grazing land footprint of import: GFN (2014)
* Ratio (%) = (Import ecological footprint from bovine meat/total grazing land footprint of import) * 100.

Figure 6, 7, 8은 쇠고기 소비에 의한 생태발자국의 양이 아닌 비중의 추이를 보여주는 것이고 부문별로 증감의 정도에 차이는 있지만, 모든 경우 수입 쇠고기 소비에 의한 영향을 보면 뚜렷하게 1980년과 1980년대 후반에는 수입량이 거의 없고, 1990년대 후반과 2000년대 중반에 수입에 의한 비중이 급감하는 것이 공통되게 나타난다. 1980년에는 쇠고기 수입에 대한 국민들의 반대로, 1980년대 후반에는 1980년대 초반의 소 가격 파동에 대응하여 소 가격 안정을 취하기 위하여 쇠고기 수입을 중단한 결과에 의한 것이다. 1998년에는 외환위기를 겪으며 판매경기 위축으로 전체 수요가 감소하였다. 특히 환율상승에 따른 판매가격 상승으로 수입량이 크게 감소하였다. 하지만 채산성 악화로 한우 도축이 증가하여 국내생산 쇠고기 공급량은 증가하였다(KREI 1999). Figure 6에서 1998년 결과를 보면 국내생산에 의한 비중은 크게 증가하였고, 수입에 의한 비중은 감소한 것을 확인할 수 있다. 2000년대 중반의 수입 비중 급감은 2003년 말 미국에서 발생한 광우병으로 쇠고기 수입이 급감했기 때문이다(KOSTAT 2016). 이처럼 소 가격과 광우병 발생여부 등이 쇠고기 수입량에 영향을 주지만, 전체적으로 쇠고기 소비량(Figure 3 참조)과 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 증가해왔다.

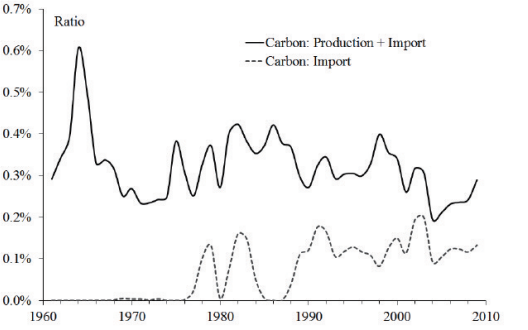


Figure 8. Ratio of the carbon footprint from bovine meat consumption to total carbon footprint between in Korea 1961 and 2009.

※ Data source of total carbon footprint: GFN (2014)
* Ratio (%) = (Production + Import and Import ecological footprint from bovine meat/total carbon footprint) * 100.

3. 시나리오별 생태발자국 변화량과 지탱가능한 인구수 및 고찰

시나리오별 2023년 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 결과를 Table 3에 제시하였다. Table 3에는 2009년 결과도 함께 제시하였는데, 2023년 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 6.20 million gha로 2009년의 4.94 million gha보다 약 26% 증가할 것으로 예상된다. Table 3을 보면, 국내 생산 쇠고기 소비를 주로 줄이는 (d) 시나리오의 경우 감소된 생태발자국이 2023년 2.46 million gha로, 국내 생산과 수입 쇠고기 소비를 모두 동일하게 줄이는 (b) 시나리오의 3.10 million gha와 수입 쇠고기 소비만 줄이는 (c) 시나리오의 4.04 million gha보다 낮다. 이는 동일한 양의 쇠고기를 소비할 때, 수입 쇠고기를 소비할 경우 생태발자국이 더 크기 때문이다.

2023년 감소된 생태발자국(Table 3 참조)을 2009년 한국과 세계평균 일인당 생태발자국과 일인당 경작지발자국(Table 4 참조)으로 나누어 지탱가능한 인구수를 추정한 결과는 Figure 9와 같다. 모든 시나리오에서 지탱가능한 인구수는 한국인 수보다 세계인 수가 더 많으며 Figure 9에서 이를 확인할 수 있다.

수입 쇠고기 소비만 줄이는 (c) 시나리오의 2023년 지탱가능한 인구수와 농작물 소비를 지탱할 수 있는 인구수는 각각 한국인의 경우 약 93만 명과 약 561만 명, 세계인의 경우 156만 명과 638만 명으로 모든 시나리오 가운데 가장 큰 값을 보였다. 생태발자국 저감량이 가장 적은 (d) 시나리오도 지탱가능한 인구수가 각각 한국인의 경우 57만 명과 342만 명, 세계평균의 경우 95만 명과 417만 명으로 매우 큰 값을 나타내었다. 시나리오별 지탱가능한 인구수는 다르지만, 약 5천만 명의 한국인이 쇠고기 소비를 절반으로 줄이면, 백만 명에 가까운 인구의 식량(농작물, 육류, 어류), 화석 에너지, 산림 및 건조환경 부문 소비를 지탱할 수 있고, 수백만 명의 농작물 소비를 지탱할 수 있다.

본 연구에서 시나리오로 살펴본 쇠고기 소비의 50%를 저감하는 것은 영양적인 측면에서 문제가 되지 않을 것으로 보이지만, 돼지고기와 가금류의 소비량도 일인당 공급량이 1961년에 비해 각각 약 13, 26배 증가하였을 만큼 사람들의 육식 선호도가 높아지고 있는 상황이므로 쇠고기 소비를 단기간에 크게 줄이는 것은 쉽지 않을 것이라 판단된다.

하지만 세계인구가 증가하고 있으며 지속가능한 식량 공급에 대한 우려가 있는 상황이다. 우리나라는 지난 50여 년간 급격한 경제성장을 겪으며 환경자원 소비량은 꾸준히 증가하여 오버슈트(overshoot)가 심화되고 있다. '오버슈트'는 자연자원에 대한 수요(생태발자국)가 공급(생태수용력)에 해당하는 생태수용력을 초과한 상태를 의미하며, 생태적자(ecological deficit)와 동일한 의미로 사용되기도 한다. 우리나라의 경우, 1970년대 초반까지는 생태수용력을 넘지 않았던 생태발자국이 2009년 생태수용력의 약 5.9배일만큼 크게 증가한 상태이다(Yeo & Kim 2014). 우리나라의 1인당 생태발자국은 2011년 182개국 가운데 30위에 해당하고, 오버슈트 비율(생태수용력 대비 생태발자국 비율)은 16위에 해당하여(GFN 2015b) 다른 국가와 비교하였을 때도 환경자원 소비가 과도한 상황이다.

우리나라는 생태수용력으로 감당할 수 없는 소비를 지탱하기 위해서 환경자원을 수입해왔다. 따라서 쇠고기를 비롯한 식량과 다른 환경자원의 해외 의존도도 높아지고 있는 상황이므로 안정적인 식량 공급과 환경 영향 저감을 위한 방안이 필요하다. 우리나라에서 육류 소비를 대변하는 초지발자국은 지난 50여 년간 생태발자국 부문들 가운데 가장 가파르게 증가하였고(Yeo & Kim 2014), 그 중에서도 쇠고기 소비에 의한 비중이 매우 크므로(Figure 7 참조) 쇠고기 소비를 줄이거나 대체하기 위한 노력이 필요하다.

수입 쇠고기 소비만 줄이는 (c) 시나리오의 생태발자국 저감량이 가장 많으므로 국내생산과 수입 쇠고기 중에서 수입 쇠고기 소비를 줄이는 것이 국내생산 쇠고기 소비를 줄이는 것보다 생태발자국 저감에 더욱 효과적일 것으로 기대된다. 또한 생태발자국 산정 과정에서 소비품의 수입 및 수출을 위한 운송과정에서의 환경자원 소비는 고려하지 않았기 때문에 수입 과정까지 고려한다면 수입 쇠고기 소비에 의한 환경 영향은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 하지만 육류 소비에 의한 생태발자국을 산정하는 과정에서 활용

Table 3. Domestic, imported, and reduced ecological footprint in 2023 by scenario.

Year	(unit: million gha)	Domestic		Imported						Reduced		Sum*
				Meat		Boneless		Both				
		EF	Ratio**	EF	Ratio**	EF	Ratio**	EF	Ratio**	EF	Ratio**	EF
2009	Historical	1.77	36%	1.10	22%	2.07	42%	3.17	64%	-		4.94
2023	(a) BAU case	1.50	24%	1.63	26%	3.07	49%	4.70	76%	-		6.20
	(b) D: 50% Red. of D I: 50% Red. of I	0.75	12%	0.82	13%	1.53	25%	2.35	38%	3.10	50%	
	(c) D: no Red. I: 50% Red. of sum	1.50	24%	0.23	4%	0.43	7%	0.66	11%	4.04	65%	
	(d) D: 35% Red. of sum I: 15% Red. of sum	0.24	4%	1.21	20%	2.28	37%	3.49	56%	2.46	40%	

※ EF: Ecological Footprint, Red.: Reduction, D: Domestic, I: Imported.
* Sum = Domestic + Imported.
** Ratio (%) = (Domestic, Imported (Meat, Boneless, and Both), and Reduced Ecological Footprint by scenario/Ecological Footprint of BAU case Sum) * 100.

Table 4. Ecological footprint and cropland footprint per capita of Korea and the world average in 2009.

2009 data	Korea	World average
Ecolgical footprint per capita (gha person^{-1})	4.32	2.58
Cropland footprint per capita (gha person^{-1})	0.72	0.59

※ Data source: GFN (2014)

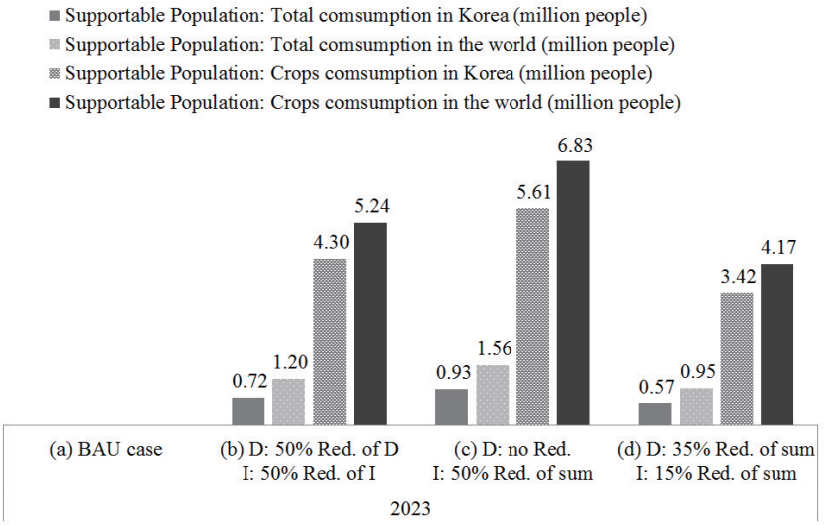


Figure 9. Supportable population for total or crops consumption in Korea and the world average in 2023 by scenario.
* Red.: Reduction, D: Domestic, I: Imported.

한 변수가 많고, 변수마다의 불확도가 존재하므로 생태발자국 결과도 불확도가 높을 것이라 예상할 수 있다. Lazarus et al.(2014)에 의하면 육류 소비에 의한 생태발자국이 여러 부문 가운데 가장 복잡한 부문이므로 해석에 주의를 요한다.

쇠고기 소비를 줄이는 방안 가운데 다른 식품으로의 대체 없이 쇠고기 소비 자체를 줄이는 것이 환경영향의 측면에서는 가장 효과적이지만, 돼지고기와 가금류 등의 다른 육류 또는 어류 섭취로 쇠고기 섭취를 대체하는 것도 쇠고기 소비에 의한 환경 영향을

줄이기 위한 대안이 된다. 돼지고기와 가금류는 쇠고기에 비해 단위 소비량 당 생태발자국 또는 이산화탄소 배출량 등의 환경 영향이 작기 때문이다. 쇠고기를 농작물 섭취로 대체하는 것 역시 환경 영향을 줄이는 방안이다. Yeo & Kim (2015)에 의하면, 5천만 명의 한국인이 2023년 쇠고기 소비의 절반을 줄이면 저감된 소비 기반 이산화탄소 배출량은 농림어업부문의 온실가스 감축목표의 50% 이상 기여할 만큼 의미가 있고, 본 연구 결과에서처럼 백만 명에 가까운 인구의 식량(농작물, 육류, 어류), 화석 에너지, 산림 및 건조환경 부문 소비를 지탱할 수 있고, 수백만 명의 농작물 소비를 지탱할 수 있다.

최근 새로운 문화(예를 들어, 웰빙 문화)가 사람들의 소비에 많은 영향을 주고 있다. 친환경 소비 문화(예를 들어, 비닐백 없는 매장, 텀블러 사용)도 점차 확산되는 추세인데, 이러한 변화는 꾸준한 정보 제공과 교육, 매체를 통한 홍보 등을 통한 인식 제고의 결과이다. 쇠고기 소비를 저감시키기 위해서는 사람들이 환경 영향, 식량 수급 상황, 건강 영향 등을 고려하여 소비품을 선택할 수 있도록 정보를 제공하고 교육과 홍보를 꾸준히 진행하는 것이 필요하다.

IV. 결론 및 앞으로의 연구방향

본 연구는 (1) 지난 50여 년간 쇠고기 소비에 의한 생태발자국 추이를 살펴보았고, (2) 경작지, 초지, 탄소발자국에서 쇠고기 소비에 의한 기여를 살펴보았으며, (3) 쇠고기 소비 저감 시나리오에 따른 미래 생태발자국과 지탱가능한 인구수를 추정하고, 향후 육류 소비에 대한 방향 및 환경자원관리 방안을 제시하였다.

지난 50여 년간 한국인의 식습관 변화로 인해 한국에서의 쇠고기 소비, 쇠고기 소비에 의한 생태발자국(경작지발자국, 초지발자국, 탄소발자국의 합)은 꾸준히 증가해왔다. 동일한 쇠고기 1톤을 소비할 경우, 수입 쇠고기 소비로 인한 생태발자국은 일반 12.47 gha, 본리스 15.19 gha로 국내 생산 6.26 gha보다 큰 값을 나타내었다. 국내 생산과 수입의 경우 총먹이 요구량, 수입 중 일반과 본리스는 추출률, 연간 값은 농작물 생산성에 차이가 있다.

부문별 비중 결과에서는 경작지발자국의 경우, 쇠고기 소비에 의한 비중이 커지고 있다는 것을 통해 인간의 육류 소비 증가가 농작물 소비도 증가시킨다는 것을 알 수 있다. 초지발자국의 경우 육류 소비에 의한 것인데 초지발자국 내에서도 쇠고기 소비에 의한 비중이 증가하였다는 것을 통해 육류 소비 중에서도 쇠고기 소비가 가파르게 증가해왔다는 것을 알 수 있다. 탄소발자국에서는 쇠고기 소비에 의한 비중이 미미하게 감소했는데 이는 식 소비 외 다른 부문에서의 인간의 소비가 커지고 있다는 것을 보여준다. 하지만 탄소발자국에서 수입 쇠고기 소비에 의한 비중은 다소 증가하여 한국인의 수입 쇠고기 소비로 인한 국내외의 환경 영향이 증가해 왔다는 것을 알 수 있다.

2023년 쇠고기 소비에 의한 생태발자국은 2009년보다 약 26% 증가할 것으로 예상된다. 하지만 한국인이 2023년 쇠고기 소비를 절반으로 줄이면, 시나리오별로 2023년 쇠고기 소비에 의한 생태발자국의 40~65%를 감소할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 저감된 생태발자국으로 지탱가능한 인구수를 추정하면, 시나리오별로 상이하지만 백만 명에 가까운 인구의 식량(농작물, 육류, 어류), 화석 에너지, 산림 및 건조환경 부문 소비를 지탱할 수 있고, 수백만 명의 농작물 소비를 지탱할 수 있다. 그러므로 사람들의 쇠고기 소비를 저감하기 위한 방안을 마련할 필요가 있는데, 사람들이 환경 영향, 식량 수급 상황, 건강 영향 등을 고려하여 소비품을 선택할 수 있도록 정보를 제공하고 교육과 홍보를 꾸준히 진행하여 친환경적인 식 소비 문화를 형성하는 것이 도움이 될 것이라 기대된다.

본 연구에서는 소의 먹이 활동에 의한 경작지발자국과 초지발자국, 그리소 소를 사육하는 과정에서의 에너지 소비에 의한 탄소발자국을 활용하여 쇠고기 소비에 의한 생태발자국을 산정하였다. 하지만 소를 사육하는 과정에서 먹이와 에너지 이외에 사용하는 환경자원 소비량 등은 반영하지 않았고, 쇠고기를 생산한 이후 운송 및 보관, 조리 과정에서의 에너지 소비 등을 반영하지는 않았다는 점에서 추후 추가적인 연구와 보완이 필요하다.

이는 생태발자국 방법론의 한계이기도 한데, 생태발자국이 모든 환경자원에 대한 수요를 반영하지는 않는다. 또한 생태발자국 자료와 가정에는 한계가 있고 불확실성이 있다(Borucke et al. 2013; Galli et al. 2011). 육류 소비에 의한 생태발자국의 경우 가장 복잡한 부문으로(Lazarus et al. 2014) 불확실성이 다른 부문에 비해서도 더 클 것이라 예상된다. 그럼에도 불구하고 최근 국내외적으로 국가 혹은 지역 단위에서 환경용량평가 등에 생태발자국을 활용하는 사례가 늘고 있다(Jung & Lee 2009; Choi et al. 2011; Galli et al. 2013; Liu et al. 2014). 생태발자국은 보편화된 단위인 글로벌헥타르로 표현되는 통합 지표로 동일한 기준으로 자료를 생산하므로 상대적인 비교 분석 연구에 매우 유용하다. 따라서 생태발자국의 시간에 따른 변화를 살펴보고, 시나리오별 차이를 비교한 본 연구 결과도 의미가 있을 것이다.

향후 우리나라의 쇠고기 소비량은 크게 변할 가능성이 있다. 쇠고기 소비량이 증가하는 것으로 전망하고 있으며(KREI 2014) 과거 쇠고기 소비량이 증가해 온 추이를 고려하면 이는 타당한 가정이라 판단된다. 하지만 세계적인 식량 수급 상황에 문제가 생길 경우 수입에 문제가 발생하여 쇠고기 소비량이 감소할 가능성이 있으며, 남북한의 통일로 소비량이 급증할 가능성도 존재한다.

북한 주민의 쇠고기 소비량은 지난 50여 년간 매우 낮으며 감소하는 추이를 보인다(Figure 10 참조). 2011년 북한의 일인당 쇠고기 공급량은 남한의 약 6%에 불과하며, 이는 북한 주민의 단백질 공급이 매우 부족하다는 것을 시사한다. 실제로 북한은 곡물 생산이 증가했음에도 식량 공급량은 부족하고 식단은 다양하지 못하며, 단백질 섭취가 부족하여 영양적으로 적절한 식량소비를 하고 있는 가계는 16%에 불과하다(FAO & WFP 2013). 북한 주민의 식량 소비는 양적으로 질적으로 모두 개선될 필요가 있다. 그러므로 통일이 되면 최우선적으로 북한 주민의 영양과 건강 측면을 고려한 식량 공급 정책이 필요할 것이고, 북한 주민의 육류를 비롯한 식량 소비가 증가할 것으로 보인다. 남북한의 통일 여부와 시점에 대해서는 불확실성이 높지만 2015년에 광복 및 분단 70주년을 맞이하며 통일에 대한 관심이 고조되고 있는 상황이고 대부분의 한국인은 통일을 선택요인이기 보다는 필수적인 과정이라고 인식하고 있다. 그러므로 통일 준비의 일환으로 통일로 인한 환경자원 소비량 또는 소비 패턴의 변화 등에 대해 사전에 예측하고 환경자원을 관리하는 방안을 마련해야 할 것이다.

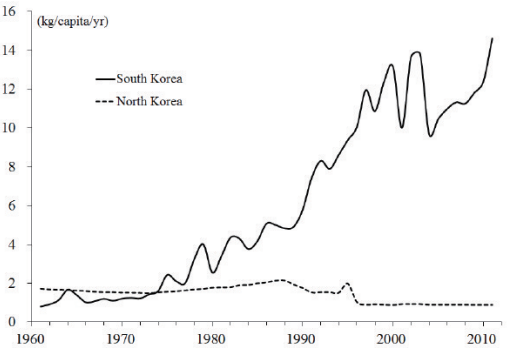


Figure 10. Trend of bovine meat supply quantity per capita in North Korea and South Korea between 1961 and 2011 (data from FAO (2015)).

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부; 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2014R1A2A2A05007038; NRF-2015R1D1A1A02061679).

References

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.

Brown LR. trans. Edith Ji KH, Lee IW, Han SS, Kim SM. 1998. Who will feed China?. Ddanim.

Choi JI, Chung JY, Hong GS. 2011. A study on the environmental capacity assessment in Seoul Metropolitan Area using ecological footprint. Seoul Studies. 12(4): 23-40. [Korean Literature]

Cleveland CJ, Morris CG. 2009. Dictionary of energy, 1st Ed. Amsterdam.

Davis SJ, Caldeira K. 2010. Consumption-based accounting of CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences. 107(12): 5687-5692.

DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs). 2006. Environmental impacts of food production and consumption. London.

EWG (Environmental Working Group). 2011. Meat eaters guide: Methodology. Washington, DC.

Ewing B, Moore D, Goldfinger S, Oursler A, Reed A, Wackernagel M. 2010. The Ecological Footprint Atlas 2010. Oakland: Global Footprint Network.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Italy.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014a. Production of livestock primary. [cited 2014 November 04]. Available from: http://faostat3.fao.org/download/Q/*/E.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014b. Trade of crops and livestock products. [cited 2014 November 04]. Available from: http://faostat3.fao.org/download/Q/*/E.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. Food Balance Sheets: Standard Download. [cited 2015 December 13]. Available from: http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and WFP (World Food Programme). 2013. FAO/WFP crop and food security assessment mission to the democratic people's republic of Korea. Rome.

Galli A, Weinzettel J, Cranston G, Ercin E. 2013. A footprint family extended MRIO model to support Europe's transition to a one planet economy. Science of the Total Environment. 461-462: 813-818.

GFN (Global Footprint Network). 2014. National Footprint Accounts 2012 Edition: Korea, Republic of. Oakland.

GFN (Global Footprint Network). 2015a. Glossary, Oakland.

GFN (Global Footprint Network). 2015b. National Footprint Accounts, 2015 Edition. Oakland.

Joyce A, Dixon S, Comfort J, Hallett J. 2012. Reducing the environmental impact of dietary choice: Perspectives from a behavioural and social change approach. Journal of Environmental and Public Health. 2012(9786720): 1-7.

Jung SG, Lee WS. 2009. An assessment of environmental carrying capacity and ecosystem service value in the Daegu Metropolitan Area. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 12(4): 18-33. [Korean Literature]

KAST (Korean Academy of Science and Technology). 2009. Food security problems and countermeasures in Korea. Gyeonggi. [Korean Literature]

KMIFAFF (Korea Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. A study on conceptualization of food self-sufficiency

rate and reestablishing its target in Korea. Seoul. [Korean Literature]

KMOHW (Korea Ministry of Health and Welfare). 2013. Korea Health Statistics 2012: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANESV-3). Korea. [Korean Literature]

KOSTAT (Statistics Korea). 2016. Trend of production and consumption of crops and livestock. [cited 2016 May 10]. Available from: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2747. [Korean Literature]

KREI (Korea Rural Economics Institute). 1999. Future agriculture 1999. Seoul. [Korean Literature]

KREI (Korea Rural Economics Institute). 2013. Food balance sheet 2012. Seoul. [Korean Literature]

KREI (Korea Rural Economics Institute). 2014. Future agriculture 2014 (I). Seoul. [Korean Literature]

Lazarus E, Zokai G, Borucke M, Panda D, Iha K, Morales JC, Wackernagel M, Galli A, Gupta N. 2014. Working guidebook to the National Footprint Accounts, 2014 edition. Oakland: Global Footprint Network.

Liu M, Zhang D, Min Q, Xie G, Su N. 2014. The calculation of productivity factor for ecological footprints in China: A methodological note. Ecological Indicators. 38: 124-129.

Monfreda C, Wackernagel M, Deumling D. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity accounts. Land Use Policy. 21: 231-246.

Pimentel D, Pimentel M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. The American Journal of Clinical Nutrition. 78: 660S-663S.

Sanders KT, Webber ME. 2014. A comparative analysis of the greenhouse gas emissions intensity of wheat and beef in the United States. Environmental Research Letters. 9(044011): 1-9.

Tilman D, Clark M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. Nature. 515: 518-522.

TRUCOST. 2013. Natural capital at risk: The top 100 externalities of business.

Wackernagel M, Rees W. 1996. Our ecological footprint, New Society Publishers, Canada.

Wiedmann T, Minx J. 2008. A definition of 'Carbon Footprint'. In: Pertsova CC (Ed.), Ecological Economics Research Trends: Chapter1. Nova Science Publishers, New York.

Williams AG, Audsley E, Sandars DL. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205. Bedford: Cranfield University and Defra.

WRI (World Resources Institute). 2013. Creating a sustainable food future: A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. Washington, DC.

Yeo MJ, Kim YP. 2014. Trend and prediction of the ecological footprint in Korea. J Environ Impact Assess. 23: 364-378. [Korean Literature]

Yeo MJ. 2015. Trends and predictions of the influence of energy and livestock consumption on the environment in South Korea: Predictions of the ecological footprint and carbon dioxide emissions resulting from implementation of energy

policies and changes in bovine meat consumption behaviour. Ph.D. dissertation, Ewha Womans University, Seoul. [Korean Literature]

Yeo MJ, Kim YP. 2015. Prediction of the Carbon Dioxide Emission Change Resulting from the Changes in Bovine Meat Consumption Behavior in Korea. J Korean Society for Atmospheric Environment. 31(4): 356-367. [Korean Literature]