

## Research Article

# 국내 소고기 자급률 향상이 세계 온실가스 감축에 미치는 영향

허재영<sup>1</sup>, 백승우<sup>2</sup>, 이학교<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 동물생명공학과, <sup>2</sup>전북대학교 농경제유통학부

## Impact of Beef Self-Sufficiency Improvement in Korea on Global Greenhouse Gas Emission Reduction

Jae-Young Heo<sup>1</sup>, Seoung-Woo Baek<sup>2</sup>, Hak-Kyo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Biotechnology, Jeonbuk National University, Jeonju, 54932, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Agricultural Economics, Jeonbuk National University, Jeonju, 54932, Republic of Korea

\*Corresponding author: Hak-Kyo Lee, Department of Animal Biotechnology, Jeonbuk National University, Jeonju, 54932, Republic of Korea. Tel: +82-63-270-2548, Fax: +82-63-270-4614, E-mail: [breedlee@jbnu.ac.kr](mailto:breedlee@jbnu.ac.kr)

### ABSTRACT

This study compares the carbon-neutral competitiveness of domestic beef with those of major countries in the world and analyzes the contribution of domestic and imported beef to global greenhouse gas (GHG) emissions to suggest the beef self-sufficiency improvement contributes to global carbon neutrality. We used beef GHG emission intensity data by country in 2017 published by FAO. FAO's emission intensity is a carbon footprint that divides farm-gate GHG emissions by beef production quantity. Comparing the beef carbon footprints of major countries with the global average, their relative beef carbon footprints are the Netherlands 38.4%, the US 46.7%, Korea 54.4%, France 78.8%, Australia 95.9%, Vietnam 100%, Brazil 135.7%, and Ethiopia 554.9%, which presents a 14-fold difference among countries. Based on FAO data, beef carcass weight in Korea has increased by 164% (annual average of 1.8%) and carbon footprint has decreased by 83% (annual average of 3.1%) over the past 60 years, which is interpreted as a result of the improvement of Hanwoo (Korean Native Cattle) which accounts for 85% of the number of slaughtered cattle in Korea. Korea imported 344,000 tons of beef and domestically produced 239,000 tons of beef in 2017, resulting in a self-sufficiency rate of 41%. The average carbon footprint of imported beef is 29% higher than that of domestic beef. On a consumption basis, Korea's total GHG emissions from domestic and imported beef is 14,089 thousand tons. If imported beef is replaced with domestic beef, 345 thousand tons of global GHG emissions could be reduced by 10% increase of self-sufficiency rate, and assuming 100% self-sufficiency, the global GHG emissions reduction by 2,039 thousand tons. Considering the current level of carbon-neutral competitiveness of domestic beef and the sufficient possibility of improving Hanwoo's productivity, domestic beef has a potential to replace a significant amount of imported beef to contribute to the global GHG emission reduction. In addition, if the breeding technology is systemically applied to improve the low-carbon trait of Hanwoo, the livestock sector may more quickly arrive at the carbon-neutral goal.

**Key words:** Beef, Hanwoo, Self-sufficiency, Greenhouse gas emissions, Emission intensity

## 서론

세계식량농업기구(FAO)는 각 국가의 축산물 생산 시 발생하는 온실가스 총배출량과 함께 각 국가의 탄소중립 경쟁력을 알 수 있는 사육단계의 탄소발자국을 배출강도(Emission Intensity)라는 항목으로 매년 공표하고 있다(FAO, 2020). 각 국가의 소고기 온실가스 총배출량은 소고기 단위 생산 당 탄소배출량의 변화를 반영하지 못하기 때문에 각 국가가 탄소중립을 위해 실질적인 노력을 하고 있는 것인지, 단지 자국의 소고기 생산량을 줄이고 수입을 통해 소비 수요를 맞추고 있는 것인지 알 수 없다(Caro et al., 2014b; Peters et al., 2011). 만약 소고기 자급률을 낮추면, 국가 생산 기준 온실가스 총배출량은 낮아지나, 수출국의 온실가스 배출량이 증가하여 세계 소고기 온실가스 총배출량 측면에서는 이득이 될 수 없다. 특히, 자국 보다 탄소발자국이 높은 국가의 소고기를 수입하게 되면 세계 온실가스 배출량은 증가하게 되는 문제가 발생한다. 여기에 국가 간 운송과정에서 추가로 배출되는 온실가스 배출량도 고려한다면, 문제는 훨씬 복잡해진다. 전세계 농업 분야 탄소중립을 실현하기 위해서는 각 국가는 생산 기준 온실가스 총배출량과 함께 소비 기준 온실가스 총배출량도 동시에 줄여나가야만 한다(Fader et al., 2013). 이는 자국의 생산량만으로 국내 소비가 충당되지 못할 경우, 국내산 소고기의 탄소발자국을 줄이는 노력과 동시에 탄소발자국이 국내보다 높은 나라로부터 수입되는 소고기를 국내산으로 대체 하여야 실질적으로 탄소 중립을 실현할 수 있다는 의미이기도 하다. 본 연구는 국내산 소고기의 탄소발자국을 세계 및 주요 국가와 비교하여 우리나라 소고기 생산 분야의 탄소중립 경쟁력을 비교하고, 국내산 및 수입 소고기의 세계 온실가스 기여도를 분석하여 우리나라 소고기 자급률 향상과 세계 탄소중립 기여 방안을 제시하고자 한다.

## 본론

소고기의 온실가스 총배출량은 농장단계 사육 시 직접적인 온실가스 배출량 이외에 농경지 조성, 사료생산, 축산물 가공, 이동 및 국가 간 무역 등 농경지 조성부터 소비자에게 전달되기까지 각 분야의 온실가스 배출량을 어디까지 포함할 것인지에 따라 3배 이상 차이가 난다(Xu et al., 2021).

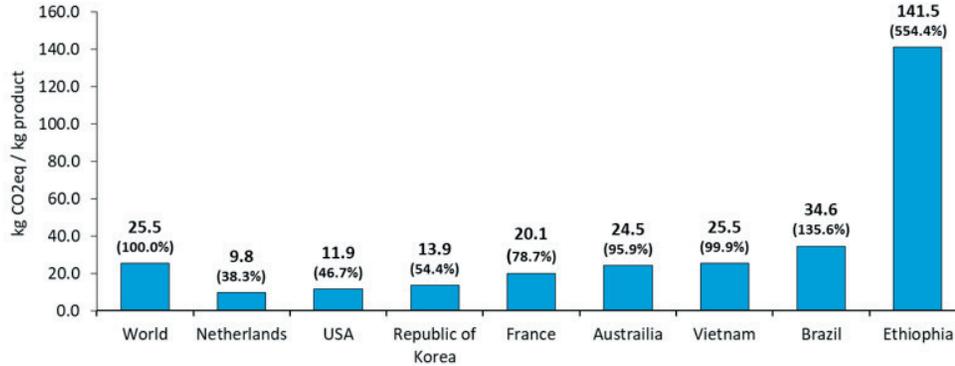
본 연구는 국가 간 소고기의 탄소발자국 비교를 위해 세계농업식량기구(FAO)에서 집계하여 공표한 최종 연도(2017년)의 소고기 배출강도(Emission Intensity)를 기초로 하였다(FAO, 2020). FAO가 공표하는 배출강도는 소의 도체중(Carcass Weight 또는 Dressed Weight) kg 생산 당 사육 시 배출하는 장내발효 유래 메탄 및 분뇨 유래 메탄과 아산화질소를 탄소상당량으로 환산한 값으로, 전후방 산업을 포함하지 않은 소고기 생산 시 직접적인 온실가스 배출량을 기준으로 한 탄소발자국이다(FAO, 2020). FAO의 배출강도는 전 세계 국가별 농업 통계자료를 기초로 산출한 품목별 탄소중립 경쟁력을 알 수 있는 유일한 국제연합(UN) 지표이다. 본 논문은 FAO의 소고기 배출강도를 ‘소고기 탄소발자국’ 또는 ‘소고기 탄소중립 경쟁력’이라 명명하였다.

### 1. 세계 및 주요 국가 소고기 탄소발자국

주요 국가의 소고기 탄소발자국은, 네덜란드 9.8 kg CO<sub>2</sub>e/kg product(이하 단위 생략), 미국 11.9, 한국 13.9, 프랑스 20.1, 호주 24.5, 베트남 25.5, 브라질 34.6, 에티오피아 141.5로, OECD 국가들이 개발도상국 보다 낮다(Fig. 1). 특히 에티오피아는 탄소발자국이 100 이상으로 매우 높다. 이는 육용우 육종 및 사육 기술 수준, 영양소 공급원의 품질 및 급여 수준이 낮아 소고기 생산성이 선진국보다 낮고, 영양소 공급을 주로 방목 초지에 의존하고 있어 장내발효에 의한 메탄 배출이 높은 것에서 기인한다(Balchegn et al., 2021; Ericksen & Crane, 2018; Tamiru & Amza, 2017).

주요 국가의 소고기 탄소발자국을 세계 평균(100%)과 비교하면, 네덜란드 38.4%, 미국 46.7%, 한국 54.4%, 프랑스 78.8%, 호주 95.9%, 베트남 100%, 브라질 135.7%, 에티오피아 554.9% 순이다(Fig. 1). 세계 평균과의 상대적 비교를 통해, 소고기 탄소발자국은 국가에 따라 14배(네덜란드 38.4% vs 554.9%) 차이가 있음을 알 수 있다. 한국의 소고기 탄소발자국(54.4%)은 프랑스(78.7%), 호주(95.9%) 보다 낮으며, 세계 최고 수준의 경쟁력을 갖고 있는 네덜란드(38.3%), 미국(46.7%) 보다는 다소 높은 것으로 나타났다. 우리

나라는 2050년까지 농업분야 탄소감축 목표를 37.8%(2018년 탄소배출량 기준)로 설정하였는데, 이 목표치를 국내산 한·육우 사육 분야에 동일하게 적용하여 탄소 감축이 진행 될 경우 세계 평균 대비 33.8%로 현재 최고 수준의 탄소중립 경쟁력을 가지고 있는 네덜란드 보다도 4.5% 낮은 수준의 탄소중립 경쟁력에 도달하게 될 것이다.



**Figure 1.** Beef carbon footprints and relative percentage to the world average in major countries based on emission intensity in 2017. Source: FAO (2020)

우리나라가 네덜란드와 미국보다 탄소발자국이 높은 주된 이유는 이들 국가들의 경우 중형종 이상의 홀스타인 수소, 앵거스 품종을 비육우로 사육하고 있어 소형종에서 개량된 한우 보다 소고기 생산성이 높기 때문이다. 한우도 지난 60여 년간 지속적인 품종 개량을 통해 도체중이 164% 증가(연평균 1.8%)하여 차상위 수준의 생산성과 탄소발자국 경쟁력에 도달하였으나, 품종 간의 생산성 차이를 극복하기 위해서는 한우 개량의 가속화가 더욱 필요할 것이다(Fig. 2). 그러나, 한우의 품종 특성과 특화된 품질(마블링 지수 등)을 함께 고려하여 개량 목표를 설정하는 것이 생물다양성을 고려하는 탄소중립의 취지와 지속적인 한우 산업을 위해 필요할 것으로 판단된다(Barwick et al., 2019; Samsonstuen et al., 2020). 부족한 부분은 적극적인 저탄소 사육 기술 개발과 탄소발자국에 영향을 주는 유전형질에 대한 고효율의 개량 기법 등의 적용으로 상쇄시켜야만 우리나라 탄소감축 목표 달성이 가능할 것으로 판단된다(Quinton et al., 2018; Wall et al., 2010)

## 2. 국내산 소고기의 도체중과 탄소발자국 상관관계

우리나라의 1961년도 국내산 소고기 도체중은 154.1 kg, 탄소발자국은 80.0으로 매우 열악했으나, 2017년도 도체중이 407.4 kg, 탄소발자국은 13.9로 매우 빠른 속도로 향상된 것을 알 수 있다. 같은 기간 도체중은 164%(연평균 1.8%) 증가하였으며, 탄소발자국의 경우에는 83%(연평균 3.1%) 감소하였다 (Fig. 2). FAO의 통계자료에 근거하여 국내산 소고기의 탄소발자국과 도체중의 증감 추세를 산정해볼 때, 지난 60여 년간 국내산 소고기의 도체중은 매우 큰 폭으로 증가해왔고 탄소발자국은 급격하게 감소된 것을 알 수 있다. 이는 도체중과 탄소발자국은 반비례하고 하고 있어, 생산성 향상이 탄소발자국 감축의 주요 원인임을 알 수 있다. 한편, 2000년도 소고기 탄소발자국이 60여 년간 추세에 비해 낮게 나타난 이유는 1996~2000년 한우파동으로 도축 두수의 일시적 증가로 인해 소고기 생산량이 증가되고 이에 따라 사육두수가 급감하게 됨으로 탄소배출량이 줄어 탄소발자국이 낮게 나타났다(FAO, 2021)

Fig. 2를 보면 국내산 소고기 탄소발자국은 지난 60여 년 동안 급격한 감축 경향을 보이고, 세계적으로 유래를 찾기 힘든 이러한 현상은 우리나라 소(한우, 육우, 젖소) 도축두수의 85%를 차지하고 있는 한우의 개량에 따른 결과로 풀이된다. 한우 개량이 40여 년간 진행된 후에도 2002~2020년 기간 동안 한우 거세우의 도체중이 360.8 kg에서 447.7 kg으로 24.1%(연평균 1.3%) 증가하였으며, 암소는 296.9 kg에서 361.7 kg으로, 21.8%(연평균 1.2%) 증가하여(Fig. 3), 향후 한우 개량에 따른 소고기 탄소발자국 감축에 대한 지속 가능성은 매우 높다고 할 수 있다(NIAS, 2021).

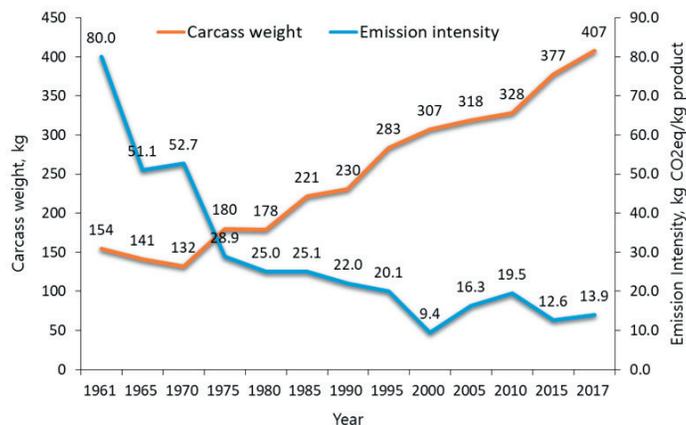


Figure 2. Domestic beef carcass weight and emission intensity changes from 1961 to 2017 in South Korea.

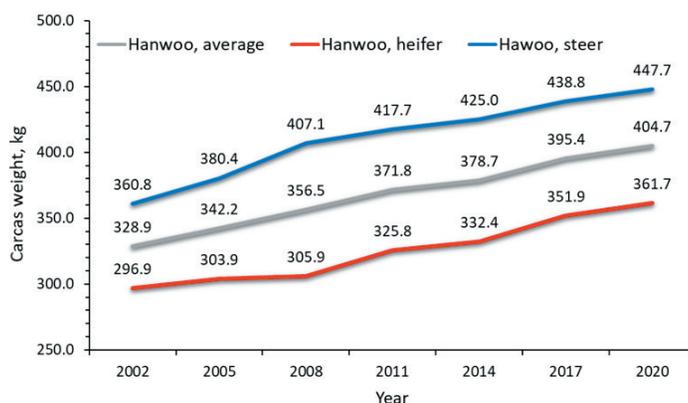


Figure 3. Hanwoo carcass weight changes during last two decades in South Korea. Source: NIAS (2021)

### 3. 국내 유통 소고기의 원산지 별 탄소발자국

국내 유통 소고기의 원산지 별 탄소발자국을 비교하면, 한국 13.9 kg CO<sub>2</sub>eq/kg product (이하 단위 생략), 미국 11.9, 뉴질랜드 16.0, 캐나다 20.3, 호주 24.5, 멕시코 25.4 등으로, 미국 보다 높고 그 외 수입국들 보다는 낮은 편이다(Fig. 4). 자국 기준보다 높은 탄소발자국의 제품을 수입함에 따른 세계 온실가스 배출량 증가 문제를 해결하기 위해 제조업 분야에서는 탄소세의 적용이 시작되었고 (Kolev, 2021), 2019년부터 유럽연합(EU)는 설정 기준보다 탄소배출량이 많은 자동차 수입 시 높은 탄소과징금을 적용하고 있다. 탄소과징금을 면제받기 위해서 미국 자동차 회사들은 전기자동차 회사에서 탄소배출권을 구입하고 있는 실정이다. 또한, EU는 자동차뿐만 아니라 2023년부터 철강, 시멘트, 비료, 알루미늄, 전기 분야를 시작으로 탄소국경세를 적용할 계획이다(Eicke et al., 2021).

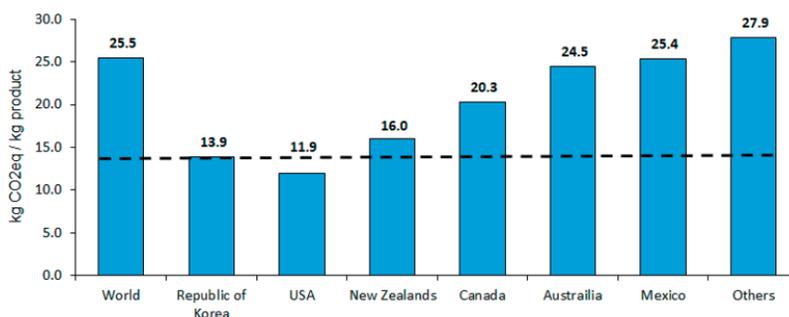


Figure 4. Domestic and imported beef carbon footprints based on emission intensity in 2017. Source: FAO (2020)

#### 4. 국내 유통 소고기의 생산 및 소비 기준 탄소발자국 및 온실가스 배출량

FAO는 각 국가별 소고기 생산량(도체중 기준)과 농장 사육단계 온실가스 배출량을 기준으로 소고기의 탄소발자국을 매년 공표하고 있다. 그러나 자국 소고기 생산에 따른 온실가스 배출량이 적더라도 수입에 의한 온실가스 배출량이 많다면 결국 소비에 따른 세계 온실가스 배출량에 대한 기여도가 높다고 할 수 있다. 따라서 세계 소고기 온실가스 배출량에 각 국가가 얼마나 기여하는지를 알기 위해서는 국가별 생산량뿐 아니라 소비량 기준으로 산출하는 것도 중요할 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 Table 1은 우리나라와 수입국 별 소고기의 탄소발자국을 기준으로 국내 생산뿐 아니라 소비량 기준 탄소발자국과 온실가스 배출량을 산출하였다. 지금까지 국가 간 무역이 비교우위 등 시장 논리에 따라 이루어졌다면, 향후에는 세계 탄소감축 목표에 도달하기 위한 자국의 제한 조치 등에 따른 추가적 요인이 축산물 교역에 작용되어야 할 것이다. 세계 온실가스 배출 기여도 측면에서 보면, 국내산 소고기 보다 탄소발자국 경쟁력이 낮은 소고기를 수입하여 소비하는 행태는 곧 세계 온실가스 배출량을 순 증가시키는 효과로 이어질 것이다. 우리나라는 2017년도에 7개 국가로부터 총 344,279톤(정육 기준)의 소고기를 수입하였다. 개별 국가 수입 물량은 미국 168,501톤, 호주 149,942톤, 뉴질랜드 17,670톤, 캐나다 4,512톤, 멕시코 1,395톤, 기타 2,258톤으로 총 344,279톤이며 평균 탄소발자국은 17.9이다(Table 1). 국내산 소고기의 온실가스 배출량은 4,938천 톤이고, 수입산은 9,152천 톤으로, 2017년 소비 기준 온실가스 총배출량은 14,089천 톤이다. 수입 소고기를 국내산으로 대체할 경우, 자급률 10% 증가 시 345천 톤의 소비 기준 온실가스를 감축하여, 자급률 100%를 가정하면, 소고기 온실가스 총배출량은 12,050천 톤으로, 수입 대체에 따른 세계 온실가스 감축량은 2,039천 톤에 이른다(Fig. 5 and 6). 탄소중립 관점에서 보면, 국내산 소고기의 자급률을 높이는 것이 세계 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다. 이는 현재의 국내산 소고기 탄소발자국 수준과 향후 한우 개량의 가능성이 충분히 상존하고 있다는 사실에 비추어 보면, 현행 국내의 소 사육 규모에서 생산성 증가를 통해 탄소발자국의 감축을 효과적으로 진행시킬 경우 상당한 량의 소고기 수입을 대체하면서 세계 온실가스 감축에 기여할 수 있는 가능성을 제시한다.

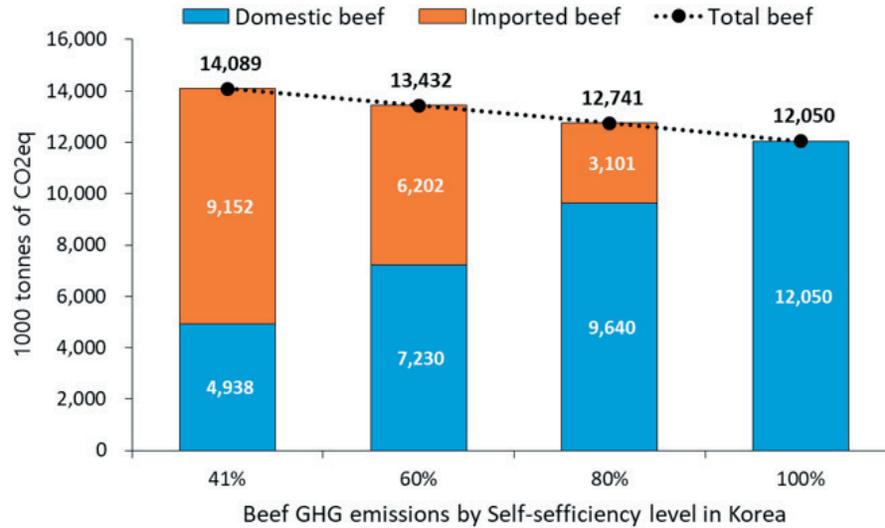
**Table 1.** Consumption-based beef carbon footprint and greenhouse gas emissions based on origin of beef and self-sufficiency level using FAO emission intensity in 2017.

Origin of beef	Beef Quantity (meat weight)	Beef Quantity <sup>1)</sup> (carcass weight)	Emission intensity	Emission <sup>2)</sup> Quantity
	(tonnes)	(tonnes)	(kg CO <sub>2</sub> eq/kg carcass)	(tonnes)
Domestic (production-based)	239,000	355,655	13.9	4,937,555
Imported	344,279	512,320	17.9	9,151,843
USA	168,501	250,746	11.9	2,989,890
New Zealand	17,670	26,295	16.0	420,554
Canada	4,512	6,714	20.3	136,244
Australia	149,942	223,128	24.5	5,458,848
Mexico	1,396	2,077	25.4	52,673
Others	2,258	3,360	27.9	93,634
Total (consumption-based)	583,279	867,975	16.2	14,089,398

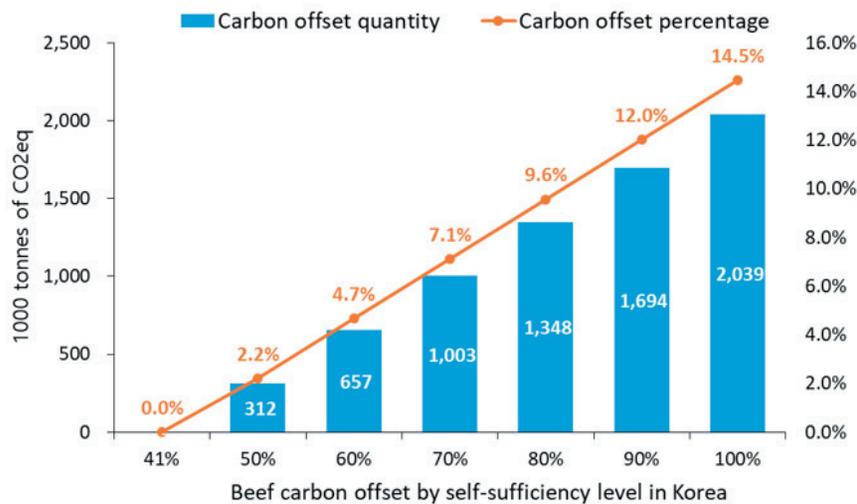
<sup>1)</sup>The beef carcass quantity was calculated by dividing the beef meat quantity by carcass meat conversion percentage as of 67.2% (Rural Development Administration's standard).

<sup>2)</sup>To calculate the beef greenhouse gas emissions by origin of beef, the beef carcass quantity was multiplied by the FAO's beef emission intensity of each country.

Source: authors calculations based on FAO (2020) and KAPE (2021).



**Figure 5.** Beef greenhouse gas emissions based on origin of beef by self-sufficiency level in Korea based on FAO emission intensity in 2017. Source: authors calculations based on FAO (2020) and KAPE (2021).



**Figure 6.** Beef carbon offset by self-sufficiency level in Korea based on FAO emission intensity in 2017. Source: authors calculations based on FAO (2020) and KAPE (2021).

## 5. 수입소고기를 한우로 대체 시 세계 온실가스 감축량

FAO의 통계자료에서 제시한 탄소발자국 추정방법에 근거하여 국내 도축정보를 이용할 경우 한우 단일 품종 기반의 소고기 탄소발자국을 추정할 수 있다. 특히 FAO에서 보고된 탄소발자국은 도축 연령에 따라 온실가스 배출량의 상대적 차이가 존재함에도 이러한 편차 발생요인을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다. 도축일령을 보정한 도축성적을 근거로 탄소발자국을 추정할 경우 소고기 탄소발자국을 보다 정확히 추정할 수 있음은 물론이고 한우 품종 내에서도 거세 유무 및 성별에 따라 각각 탄소발자국을 추정할 수 있다. 젖소의 경우 우유 생산을 주목적으로 장기간 사육되기 때문에 도축 일령이 한우보다 길어 (한우 30개월 vs 홀스타인 암소 70개월 이상) 생애주기 탄소배출량이 높아지게 된다(Gerber et al., 2013). 탄소발자국이 높은 수입소고기를 국내산으로 대체한다는

것은 현실적으로 한우고기로 대체한다고 볼 수 있어, 한우고기가 수입산을 대체 시 세계 온실가스 감축량을 더욱 증가 시킬 수 있다는 것을 의미 한다. FAO 세계 소고기 배출강도를 근거로 산출된 탄소발자국은 도축된 소의 품종, 성별, 및 용도 등에 따라 총 배출된 온실가스량의 편차가 발생하는 현상을 반영할 수 없는 단점이 있다. 따라서 탄소발자국의 추정 효율을 높이고 다양한 편차 요인을 고려한 범용적인 탄소발자국 추정 방식이 매우 필요하다. 이러한 방식으로 탄소발자국이 추정될 경우 전 세계 국가와 비교 가능한 장점이 있을 뿐 아니라 다양하게 도입될 수 있는 탄소저감 수단(반추위 메탄 저감제 및 메탄 저감사료 등)의 유효성 검증이 가능하고 이에 따라 목표 대비 성과 도달 여부 등을 판단할 수 있는 중요한 근거를 제시할 수 있다. 또한 가축 생체 이외에 추가적으로 투입되는 탄소감축 수단(가축분뇨처리 향상, 재생에너지 전환 등)에 의한 온실가스배출 감소량의 통합을 통해 농장단위에서 탄소발자국이 정량적으로 산출 될 수 있는 플랫폼이 현실적으로 시급하다. 탄소발자국의 정확한 추정과 단위 온실가스저감 수단을 통합할 수 있는 플랫폼을 구축해야 농장단위에서 온실가스 감축이 구체적이고 효율적으로 실현 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 6. 소고기 생산 탄소중립 경쟁력이 낮은 국가의 온실가스 감축 방안

본 연구를 통해 세계 탄소발자국 대비 낮은 탄소발자국의 소고기를 생산하는 국가들은 선진국이 대부분을 차지하고 있어 향후 세계 축산물 수요 증가분에 대해 선진국이 생산해서 개도국에 국제 원조를 하는 것이 세계 탄소중립에 기여할 수 있다는 논리도 성립할 수 있다. 대부분의 선진국들은 국가 탄소중립 목표를 설정하고 분야별 감축량을 설정하고 있으나 개도국의 경우 경제, 사회적으로 추진하기 어려운 실정이다. 특히, 소고기 제품의 경우 공산품과 달리 국가 탄소발자국이 14배(네덜란드 9.8 vs 에티오피아 141.5) 이상 차이가 나고, 수요 증가로 인한 개도국의 소고기 탄소배출량이 급격히 증가하고 있는 상황에서 선진국의 소고기 감축 노력만으로 세계 소고기 탄소배출량을 감소시키는 것은 한계가 있다(Caro et al., 2014a). 개도국의 가축 개량 및 사육 시스템 향상을 위해 선진국의 지속적이고 체계적인 원조가 이루어지려면, 감축량을 탄소배출권으로 전환할 수 있는 시스템과 이를 통해 확보된 배출권 재원의 재투자가 가능해야 한다(Sirohi, 2015).

탄소중립 목표 또는 탄소세 등 무역 장벽을 해소하기 위해 탄소중립 경쟁력이 높은 소고기 생산을 늘려간다면 각국의 평균 탄소발자국이 감소할 수 있어, 세계 탄소중립에 기여할 수 있게 된다. 하지만 현재 소의 개체 별 탄소발자국을 산정할 수 있는 방법론이 세계 어느 국가에서도 상용화 되지 않아, 저탄소 소고기 생산체계를 구축하지 못한다는 문제가 있다. 이러한 관점에서 소고기의 탄소발자국을 산정할 수 있는 시스템이 전 세계적으로 실용화 된다면 소고기 탄소배출량의 감소를 가속화 시킬 수 있을 것으로 기대 된다.

## 7. 국가 축산 온실가스 데이터 및 국제 기준 적용 체계화

FAO의 각 국가별 2017년도 소고기 배출강도는 당해 연도 소고기 생산과 관련된 장내발효 및 분뇨처리 시 발생하는 메탄과 아산화질소의 총배출량을 당해 연도 총 소고기 지육 생산량으로 나누어 산출한다. 미국 등 OECD 국가를 포함한 65개국은 FAO 통계 데이터의 출처 항목에 국가 공식 데이터(Official data)로 표시되어 있고, 우리나라 등 10개국은 비공식 데이터(Unofficial data)로, 대부분의 개도국은 FAO가 가축 사육두수를 기반으로 산출한 계산 자료(FAO calculated data)로 표시되어 있다(FAO, 2021). 2017년도 우리나라의 소고기 생산량은 286,000톤으로 등재되어 있는데, KOISIS 국가통계자료의 소고기생산량(정육 기준) 239,000톤을 농촌진흥청 소고기 환산 기준 정육률 67.2%로 나누어 산출한 지육량 355,650톤과 비교하면 68% 수준으로 매우 낮은 수치이다. 공식 데이터가 2012년도까지 등재되다가 2013~2017년도에 비공식 데이터로 등재된 이유는 알 수 없으나, 우리나라는 국가통계 소고기 생산량이 정육량 기준이라 도체중(지육량) 기준의 FAO 소고기 생산량 데이터베이스 집계 과정에서 문제가 발생했을 것으로 추정된다. 본 논문은 2017년도 우리나라의 소고기 생산량을 FAO 기준에 맞게 지육량으로 수정하여 소고기 배출강도를 13.9로 산출하였다. 현재 FAO 기후변화 항목의 우리나라 2017년도 소고기의 배출강도는 17.6으로 본 연구의 배출강도 13.9보다 높게 등재되어 있다. 향후 소고기 탄소세 및 탄소국경세에 대한 대비가 필요하기 때문에 우리나라 공식 데이터가 FAO 통계 기준에 맞게 반영될 수 있도록 관련 정부 부처의 대처가 필요할 것으로 보인다.

## 결론

소고기 온실가스 감축을 위해 탄소발자국 경쟁력이 상위권의 국가가 소고기 생산량을 감축시키는 것은 세계 소고기 소비량이 증가하는 상황에서 세계 온실가스 감축에 역행할 수 있다. 소고기 온실가스는 국내 소비 수요에 따라 국내 생산뿐만 아니라 소고기 수출 국가에서도 발생되기 때문에 지구 전체에 미치는 영향은 국내산과 수입산을 모두 포함한 소고기 온실가스 총배출량이다. 따라서, 세계 모든 국가들은 국가별 생산 기준 배출량과 함께 소비 기준 배출량에 대한 고려가 필요하다. 우리나라는 지난 60여 년간 소고기 생산성과 탄소발자국 감축을 세계적으로 유래를 찾기 힘든 빠른 속도로 향상시켰다. 이러한 결과는 우리나라 소 도축두수의 85%를 차지하고 있는 한우의 생산성 향상이 주요 원인이며, 저탄소 형질을 반영한 한우의 육종 기술이 더욱 체계적으로 적용된다면 축산분야 탄소중립 목표에 다가갈 수 있을 것으로 기대된다.

## 요약

본 연구는 국내산 소고기의 탄소중립 경쟁력을 세계 주요 국가와 비교하고, 국내산 및 수입 소고기의 세계 온실가스 기여도를 분석하여 우리나라 소고기 자급률 향상과 세계 탄소중립 기여 방안을 제시하고자 한다. 자료는 세계농업식량기구(FAO)에서 공표한 2017년(최종년도) 국가별 소고기 온실가스 배출강도(Emission Intensity) 데이터를 사용하였다. FAO의 배출강도는 소 사육 시 발생하는 온실가스의 탄소상당량을 소고기 생산량으로 나눈 탄소발자국 지표이다. 주요 국가의 소고기 탄소발자국을 세계 평균과 비교하면, 네덜란드 38.4%, 미국 46.7%, 한국 54.4%, 프랑스 78.8%, 호주 95.9%, 베트남 100%, 브라질 135.7%, 에티오피아 554.9% 순으로, 소고기 탄소발자국은 국가에 따라 14배 정도의 차이가 있음을 알 수 있다. 한국의 소고기 탄소발자국은 프랑스, 호주 등의 OECD 국가 보다 낮으며, 세계 최고 수준의 경쟁력을 갖고 있는 네덜란드, 미국 보다는 다소 높은 것으로 나타났다. FAO의 자료에 의하면 우리나라는 지난 60여 년간 도체중량(carass weight)은 164%(연평균 1.8%) 증가하였으며, 탄소발자국은 83%(연평균 3.1%) 감소하였다. 세계적으로 유래를 찾기 힘든 이러한 현상은 우리나라 소(한우, 육우, 젖소) 도축두수의 85%를 차지하고 있는 한우의 개량에 따른 결과로 풀이된다. 우리나라는 2017년도에 344천톤의 소고기를 수입하고 239천톤의 소고기를 국내 생산하여 자급률은 41%이며, 수입산 소고기의 평균 탄소발자국은 17.9로 국내산 탄소발자국과 비교하여 29% 높다. 소비 기준, 국내산과 수입 소고기를 합한 우리나라 소고기 온실가스 총배출량은 14,089천 톤이며, 수입 소고기를 국내산으로 대체할 경우, 자급률 10% 증가 시 345천 톤의 온실가스를 감축하며, 자급률 100%를 가정하면, 총배출량은 12,050천 톤으로, 수입 대체에 따른 세계 온실가스 감축량은 2,039천 톤에 이른다. 탄소중립 관점에서 보면, 국내산 소고기의 자급률을 향상시키는 것이 세계 온실가스 배출량을 감소시킨다. 이는 현재의 국내산 소고기 탄소중립 경쟁력 수준과 향후 한우 개량의 가능성이 충분히 상존하고 있다는 사실에 비추어 보면, 현행 국내의 소 사육 규모에서 생산성 향상을 통해 탄소발자국의 감축을 효과적으로 진행시킬 경우 상당한 양의 소고기 수입을 대체하면서 세계 온실가스 감축에 기여할 수 있는 가능성을 제시한다. 또한, 저탄소 형질을 반영한 한우의 육종 기술이 체계적으로 적용된다면 축산 분야 탄소중립 목표에 더 빠르게 다가갈 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- Balehgn, M., Kebreab, E., Tolera, A., Hunt, S., Erickson, P., Crane, T. A., & Adesogan, A. T. 2021. Livestock sustainability research in Africa with a focus on the environment. *Animal Frontiers*, 11(4): 47-56.
- Barwick, S. A., Henzell, A. L., Herd, R. M., Walmsley, B. J., & Arthur, P. F. 2019. Methods and consequences of including reduction in greenhouse gas emission in beef cattle multiple-trait selection. *Genetics Selection Evolution*, 51(1): 1-13.
- Caro, D., Davis, S. J., Bastianoni, S., & Caldeira, K. 2014a. Global and regional trends in greenhouse gas emissions from livestock. *Climatic change*, 126(1): 203-216.

- Caro, D., LoPresti, A., Davis, S. J., Bastianoni, S., & Caldeira, K. 2014b. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions embodied in international trade of meat. *Environmental Research Letters*, 9(11): 114005.
- Eicke, L., Weko, S., Apergi, M., & Marian, A. 2021. Pulling up the carbon ladder? Decarbonization, dependence, and third-country risks from the European carbon border adjustment mechanism. *Energy Research & Social Science*, 80: 102240.
- Ericksen, P. J., & Crane, T. A. 2018. The feasibility of low emissions development interventions for the East African livestock sector: Lessons from Kenya and Ethiopia.
- Fader, M., Gerten, D., Krause, M., Lucht, W., & Cramer, W. 2013. Spatial decoupling of agricultural production and consumption: quantifying dependences of countries on food imports due to domestic land and water constraints. *Environmental Research Letters*, 8(1): 014046.
- FAO. 2020. World Food and Agriculture—Statistical Yearbook 2020. World Food and Agriculture-Statistical Yearbook.
- FAO. 2021. FAO statistical database, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/EI> (2021.12.21.).
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- KAPE. 2021. Livestock Products Distribution Report of Korean Institute for Animal Products Quality Evaluation.
- Kolev, G. 2021. Carbon Border Adjustment and Other Trade Policy Approaches for Climate Protection. *Intereconomics*, 56(6): 310-316.
- KOSIS. 2017. Korea Statistical Information Service. Kosis.kr.
- NIAS. 2021. 2021 Livestock Improvement Report of National Institute of Animal Science.
- Peters, G. P., Minx, J. C., Weber, C. L., & Edenhofer, O. 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(21): 8903-8908.
- Quinton, C., Hely, F., Amer, P., Byrne, T., & Cromie, A. 2018. Prediction of effects of beef selection indexes on greenhouse gas emissions. *Animal*, 12(5): 889-897.
- Samsonstuen, S., Åby, B. A., Crosson, P., Beauchemin, K. A., & Aass, L. 2020. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef cattle production systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, 69(4): 220-232.
- Sirohi, S. 2015. Opportunities and challenges for carbon trading from livestock sector, *Climate change impact on livestock: adaptation and mitigation*: 239-252: Springer.
- Tamiru, M., & Amza, N. 2017. Review on the status of dairy cattle production in Ethiopia. *J Gene Environ Resour Conserv*, 5: 84-95.
- Wall, E., Simm, G., & Moran, D. 2010. Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4(3): 366-376.
- Xu, X., Sharma, P., Shu, S., Lin, T.-S., Ciais, P., Tubiello, F. N., Smith, P., Campbell, N., & Jain, A. K. 2021. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. *Nature Food*, 2(9): 724-732.