

대체단백질식품의 시장점유 시나리오별 축산부문 온실가스 배출량 추정

최윤실* · 박건진** · 남재작***†

*한국농업기술진흥원 선임연구원, **정밀농업연구소 책임연구원, ***정밀농업연구소 소장

Effect of Alternative Protein Food Market Growth on Green House Gas Emissions in Livestock Sector

Choi, Yoonsil* · Park, Geonjin** · Nam, Jae Jak***†

*Senior Researcher, Korea Agriculture Technology Promotion Agency

**Principal Researcher, Korea Precision Agricultural Research Institute

***Head, Korea Precision Agricultural Research Institute

ABSTRACT

The livestock sector, producing 14.5 percent of anthropocentric GHG emissions, plays an important role in climate change (Gerber et al., 2013). In this study, GHG emissions of the livestock sector due to dietary changes caused by alternative protein food (alternative meat) were compared with the GHG reduction target in Korea. Assuming a scenario in which substitute meat occupies 28% of the domestic livestock market in 2030, 0.56 million tons of livestock production was replaced. In this case, GHG in the livestock sector decreased by 3.6 million tonnes CO₂eq compared to BAU (Business As Usual) GHG emissions. This is equivalent to 38.7% of the total reduction target (9.3 million tons) of the livestock industry by 2050. Although this study is useful for predicting the impact of changes in Korean diets, it has limitations in that it does not consider the interactions between the development of livestock technology and variables of market change. If factors such as changes in the types of livestock products, changes in the livestock self-sufficiency rate, and development of emission factors according to productivity improvement are considered, more accurate emission calculations will be possible.

Key words: Alternative Meat, Alternative Protein Food, Greenhouse Gas, Climate Change, Carbon Neutrality

1. 서론

기후위기에 대응한 국제사회의 노력이 체계를 갖추어 가고 있다. 2015년 파리협정 체결 이후 대부분의 선진국에서 2050년 탄소중립을 선언했고 우리나라 역시 2050년까지 탄소중립을 선언했다(ME, 2021). 더불어 2030년 감축목표는 2018년 대비 26.3%에 40%로 상향되었다.

대통령직속탄소중립위원회는 농축수산 분야의 2030년 및 2050년의 감축목표를 각각 2018년 대비 6.7 백만 톤 CO₂eq, 9.3 백만 톤CO₂eq으로 설정했다. 농축수산분야의 2030년, 2050년 배출량은 각각 18.0, 15.4 백만 톤CO₂eq

이다. 이 중 농축산분야의 온실가스 감축 기술로 저메탄 사료 보급, 저단백질 사료 보급, 논물관리기술 향상, 축산 분뇨처리 기술의 개선 등을 제시하였다. 이 중에는 단백질원을 육류 대신 식물성으로 대체하는 식단 전환도 포함되었다(ME, 2021).

농업분야 탄소중립 정책에서 식단 전환은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 영국은 2050년까지 육류소비량의 35%를 줄이는 식단 전환을 농축산부문 탄소중립 대책의 핵심으로 설정했다(UK CCC, 2020). 이는 축산의 온실가스 배출 비중이 칼로리 공급량 대비 상대적으로 높고 환경영향도 크기 때문이다(Poore et al., 2018).

†Corresponding author : jake@pragin.kr (16679, 1019, 237 Yeongtong-ro, Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea. Tel. +82-31-203-6338)

ORCID 최윤실 0000-0002-9158-3365
박건진 0000-0003-0223-1999

남재작 0000-0002-4409-1982

전 세계 온실가스 배출량 중 축산부문의 비중은 14.5% (Gerber et al., 2013)에 달한다. 1인당 축산물 소비량은 소득 수준과 비례하고 개도국의 인구증가와 함께 소득 수준의 향상은 세계 육류 소비량을 증가시킬 것으로 예측된다 (OECD-FAO, 2021). UNEP은 국제메탄평가 보고서에서 메탄 배출을 줄이는 가장 효율적인 방법은 가축사육 두수를 줄이는 것이라고 했다. 또한 인류가 메탄 배출량의 45% 줄일 수 있고 이를 달성할 경우, 지구 평균기온을 0.3℃ 낮출 수 있다고 밝혔다(UNEP&CC Air Coalition, 2021). 유럽 등 선진국의 소비자를 중심으로 축산물 소비를 줄이기 위한 소비자 운동이 일어났고, 영국과 독일 등 선진국에서는 탄소 중립을 위한 정책에 축산물 소비량 감축을 포함하고 있다. 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment) 방법으로 소고기의 온실가스 배출량을 평가했을 때 기존 육류와 대체단백질 식품 1 kg은 각각 70.5 kgCO₂eq, 3.5 kgCO₂eq가 배출되는 것으로 나타났다(Carbon brief, 2020). 대체단백질식품은 축산물 대비 환경 부하가 적고 동물복지 등 시민들의 인식에도 긍정적으로 작용하여 축산물 시장에서 빠르게 점유율을 높여갈 것으로 예상된다. 한 시장분석 전문기업의 자료에 따르면 2040년에는 전체 축산물 시장의 60%까지 대체단백질식품이 점유할 것으로 추정하였다(AT Kearney, 2019).

축산부문의 온실가스 배출에 영향을 미치는 요인은 축산의 생산성, 토지이용 변화, 가축분뇨 처리기술 등 '기술 변화'와 인구구조 및 식생활 변화에 따른 1인당 육류소비량의 변화, 대체단백질식품의 비중 증가 등 '소비 변화'로 크게 나눌 수 있다. 대체단백질(Alternative Protein)식품이란 단백질 식품을 제조할 때 전통적으로 사용되는 축산물 대신 식물 추출, 동물 세포 배양, 미생물 발효를 통해 인공적으로 단백질을 구현하고 맛과 식감을 재현한 식품을 의미한다(Kim, 2021).

본 연구에서는 우리나라에서 단백질 식품의 '소비 변화'가 농축수산 분야의 온실가스 배출량에 어느 정도 영향을 줄 수 있는지를 분석하였다. 이를 위해 농촌경제연구원 육류시장 성장 전망 자료(KREI, 2021)를 바탕으로 세 가지 수준의 대체단백질식품 시장 점유율 시나리오를 설정하였다. 여기에 축산물의 온실가스 배출 원단위(emission intensity)를 적용하여 배출량을 산정하였다. 본 연구는 대체단백질식품의 시장 점유율 변화가 국내 농축산 부문의 온실가스 배출에 어느 정도 영향을 주는지 추정하기 위한 목적으로 수행되었다.

2. 연구자료 및 분석방법

축산부문 온실가스 배출량을 도출하기 위하여 IPCC 가

이드라인(IPCC, 1996)에 따른 국가 온실가스 인벤토리 보고서(GIR, 2019)의 축산부문 배출량 값을 이용하였다. 국내 축산물의 2030년 생산량 전망은 농업전망(KREI, 2021)의 자료를 이용하였고 기준 연도인 2018년의 농림축산식품 주요통계(MAFRA, 2020)의 소, 돼지, 닭 3가지 육종의 생산실적 통계를 이용하였다. 2018년부터 2030년까지의 시계열 자료는 연평균 증가율(CAGR; Compound Annual Growth Rate)을 이용하여 도출하였다.

본 연구는 국내 단백질식품의 소비 대체가 국가 온실가스 감축목표에 미치는 영향을 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 따라서 제품의 전과정에 따른 온실가스를 평가하는 전과정 평가(Life Cycle Assessment)방식이 아닌, 국가 온실가스 인벤토리 산정방식을 통해 대체단백질식품에 의한 사육두수 감소에 의한 온실가스 감축량만을 계산하였다.

2.1 가정사항

- 가정 1 : 축산물의 소비량 변화의 영향만 산정하였으며 가축사양관리 및 분뇨처리기술 개발 등의 기술적 발전은 배제한다.
- 가정 2 : 미래시점에서 축산물의 국내 생산량 대비 수입량 비율은 동일한 것으로 본다.
- 가정 3 : 대체단백질식품은 모든 육종을 동일한 비율로 대체한다.
- 가정 4 : 국가 온실가스 배출량 보고서에서 다루는 축종(젖소, 한육우, 양, 염소, 말, 돼지, 사슴, 가금류)중 배출량의 97%(2018년 국가 온실가스 인벤토리 기준)를 차지하는 소, 돼지, 닭만 분석 대상으로 포함한다.

2.2 온실가스 배출량 산정

국내 축산부문 온실가스 배출량은 국가 온실가스 배출량 보고서(GIR, 2019)에서 제공하는 값을 이용하였다.

국가 온실가스 배출량 보고서에서는 IPCC 가이드라인(IPCC, 1996)의 Tier 1 방법을 이용하여 장내발효 부문의 CH₄ 배출과 가축분뇨 처리에 의한 CH₄, N₂O 배출을 산정하였다.

2.3 온실가스 배출 원단위 산정

온실가스 배출 원단위(Emission Intensity)는 국내 축산물(모든 축종, 본 논문에서는 소, 돼지, 닭)의 1단위(kton)

에 의해 온실가스가 얼마나 발생하는가를 나타낸다.

소비적 관점에서 축산부문의 온실가스 배출에 영향을 미치는 요인은 축종별 사육두수, 육류의 중량 등이 있다. 본 연구에서는 대체단백질식품이 국내 소비를 얼마나 대체하는지에 따른 효과를 비교하기 위하여 최종 소비자에게 공급되는 축산물 최종제품의 단위인 중량(kton)을 기준으로 온실가스 배출량 원단위(Emission Intensity)를 도출하였다.

$$Emission\ Intensity_{GHG} = \frac{GHG\ Emissions_{(i)}}{P_{(i)}} \quad (1)$$

Emission Intensity_{GHG} : 온실가스 배출 원단위(k_tCO₂eq/
kt-meat)

GHG Emissions_(i) : 온실가스 배출량(k_tCO₂eq)

P_(i) : 국내 축산물 생산량(k_t-meat)

온실가스 배출 원단위(Emission intensity)는 국내 축산물(모든 축종, 본 논문에서는 소, 돼지, 닭)의 1단위(kton)에 의해 온실가스가 얼마나 발생하는가를 나타낸다.

본 연구에서는 식 1을 통하여 소, 돼지, 닭의 각각의 연간 축산부문의 국가 온실가스 배출량(GIR, 2019)에서 소, 돼지, 닭의 생산량(MAFRA, 2020)을 나눈 값 중 가장 최근 2018년의 원단위를 사용하였다.

Table 1. Emission Intensity of meat in 2018

Division	Beef	Pork	Poultry
Emission Intensity (EI)	27.72	1.88	1.37

2.4 대체단백질식품의 시장점유 시나리오

대체단백질식품의 시장점유율(r)은 시장예측 연구(AT Kearney, 2019)를 참고하여 선정하고 시계열 자료는 2018년부터 2030년까지 연평균증가율로 산정하였다.

- 시나리오 1 : 2030년 대체단백질식품이 국내산 육류의 28%를 대체
- * AT Kearney (2019) 보고서에서 2030년 대체단백질식품의 시장점유율을 28%로 전망
- 시나리오 2 : 2030년 대체단백질식품이 국내산 육류의 10%를 대체
- 시나리오 3 : 2030년 대체단백질식품이 국내산 육류의 5%를 대체

2.5 축산부문 BAU 온실가스 배출량

2030년 축산물 생산 전망(KREI, 2021) 자료를 이용한 축산물의 BAU 생산량에 식 (1)에서 구한 온실가스 배출량 원단위의 곱인 식 (2)로 계산하였다. 2018년부터 2030년 사이의 시계열 자료는 연평균 증가율로 도출하였다.

$$E_{BAU(i)} = P_{BAU(i)} \times Emission\ Intensity_{GHG} \quad (2)$$

E_{BAU(i)} : BAU 온실가스 배출량(tCO₂eq)

P_{BAU(i)} : 축산물 BAU 생산량(t)

Emission intensity_{GHG} : 온실가스 배출 원단위(tCO₂eq/t)

2.6 대체단백질식품에 의한 온실가스 감축량

대체단백질식품의 시장점유 시나리오 별 온실가스 감축량은 축산물의 BAU 생산량에 시장점유율을 곱하여 대체량을 구하고 여기에 온실가스 배출량 원단위를 곱하여 산정하였다. 2018년부터 2030년까지 시장점유율의 시계열자료는 선형적으로 증가한다고 가정하였다.

$$ER_i = P_{BAU(i)} \times r \times Emission\ Intensity_{GHG} \quad (3)$$

ER_i : 대체단백질식품에 의한 온실가스 감축량(tCO₂eq)

P_{BAU(i)} : 축산물의 BAU 생산량(t-meat)

r : 대체단백질식품의 시장점유율(%)

Emission Intensity_{GHG} : 온실가스 배출량 원단위
(tCO₂eq/t-meat)

2.7 대체단백질식품에 의한 온실가스 감축 후 배출량

축산부문 BAU 온실가스 배출량에 축산물 대체 후 온실가스 감축량을 빼주어 축산물 대체 후 온실가스 배출량을 산정하였다.

$$Er_i = E_{BAU(i)} - ER_i \quad (4)$$

Er_i : 대체단백질식품에 의한 온실가스 감축 후 배출량
(tCO₂eq)

E_{BAU(i)} : BAU 온실가스 배출량(tCO₂eq)

ER_i : 대체단백질식품에 의한 온실가스 감축량 (tCO₂eq)

Table 2. Meat production and substitution by the scenarios

Division (kt-meat)		2018	2020	2022	2025	2030
Total meat						
Production		1,776	1,809	1,844	1,899	2,000
Substitution	Scenario 1	-	84	172	310	560
	Scenario 2	-	30	61	111	200
	Scenario 3	-	15	31	55	100
Beef						
Production		237	255	274	305	365
Substitution	Scenario 1	-	12	26	50	102
	Scenario 2	-	4	9	18	37
	Scenario 3	-	2	5	9	18
Pork						
Production		935	948	962	983	1,018
Substitution	Scenario 1	-	44	90	160	285
	Scenario 2	-	16	32	57	102
	Scenario 3	-	8	16	29	51
Poultry						
Production		604	606	608	612	617
Substitution	Scenario 1	-	28	57	100	173
	Scenario 2	-	10	20	36	62
	Scenario 3	-	5	10	18	31

1) 2018 production (MAFRA, 2020)

2) 2030 production : cow, pig, chicken (KREI, 2021)

3) Production from 2020 to 2029: Estimation by CARG of production in 2018 and 2030

3. 결과

3.1 축산부문 BAU 생산량과 온실가스 배출량

농업전망 2021(KREI, 2021)에서는 2030년 축산물 생산량은 소 0.365, 돼지 1.018, 닭 0.617 백만 톤 등 총 2백만 톤으로 2018년 대비 각각 54%, 9%, 2% 증가할 것으로 예상하였다. 온실가스 배출 원단위(Emission Intensity)가 가장 높은 소의 사육두수가 가장 크게 증가할 것으로 추정하였다.

기존 육류 생산량과 대체단백질식품의 시장점유 시나리오별 소, 돼지, 닭의 대체량(kt-meat)의 산정 결과는 <Table 2>와 같다. 대체단백질식품의 시장 점유율 시나리오 1, 2, 3을 적용한 육류시장 대체량은 각각 560, 200, 100천 톤이었다. 여기서는 소, 돼지, 닭의 시장점유율은 동일한 비율로 증가하는 것으로 가정하였다. 그러나 실제 시장에서는 각 축종별 대체단백질식품의 품질에 따라 점유 비율이 달라질 것으로 예상된다.

3.2 대체단백질식품의 시장점유 시나리오에 따른 축산 부문 온실가스 배출량

<Fig. 1>에서는 대체단백질식품 시장 점유율 시나리오별 축산부문 온실가스 배출량을 BAU 및 2018년의 온실가스 배출량과 비교하여 나타내었다. 2030년 BAU 배출량은 12.9 백만 톤CO₂eq, 시나리오 1, 2, 3 배출량은 각각 9.3, 11.6, 12.2 백만 톤CO₂eq 였다. 시나리오 1, 2, 3 별 BAU 대비 온실가스 감축량은 각각 3,606, 1,288, 644 천 톤CO₂eq였다. 대체단백질식품이 도입되지 않고 축산물만으로 증가한 단백질 수요를 충족할 경우 2018년 배출량 9.1 백만 톤CO₂eq 대비 2030년에는 3.7 백만 톤CO₂eq이 더 증가하게 된다.

2021년 12월 유엔 기후변화에 제출된 NDC (Nationally Determined Contribution)에 따르면 농축수산부문 온실가스 배출량은 2018년 대비 6.7 백만 톤CO₂eq 감축을 목표로 하고 있다. NDC에서는 2030년 가축분뇨관리, 저메탄

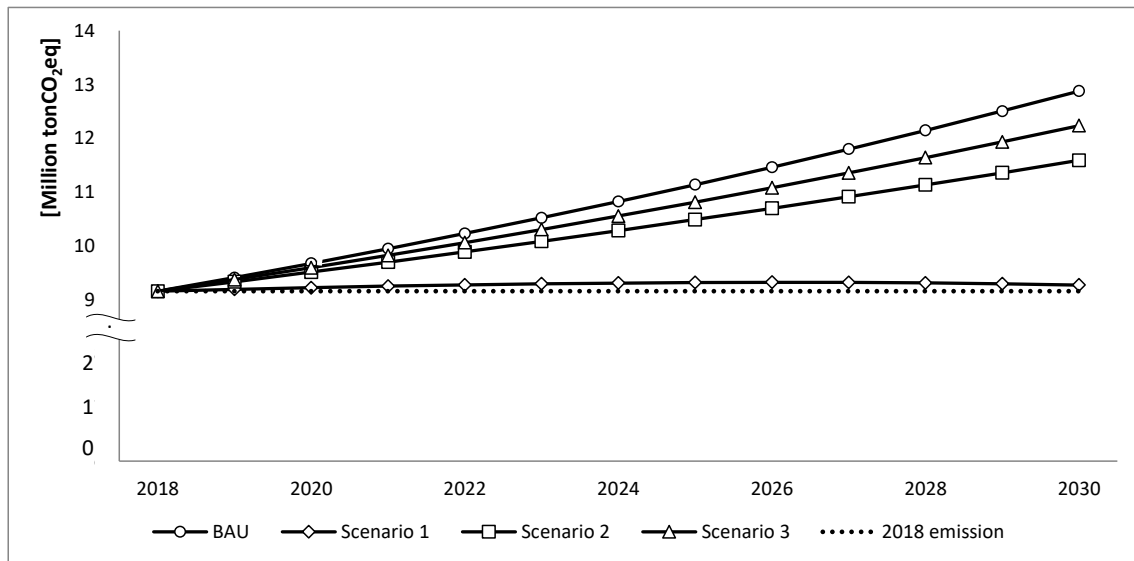


Fig. 1. Greenhouse gas emissions from the livestock sector by the scenarios

사료 공급확대, 분뇨 내 질소저감, 식생활 전환 등을 통한 온실가스 감축량을 3.3 백만 톤CO₂eq(ME, 2021)로 설정하였다. 만약 대체단백질식품의 도입이 없이 축산 사육두수 증가로만 육류를 공급한다면 기존 목표 대비 두 배 이상을 감축해야만 한다. 대체단백질식품이 일정량 국내 시장의 단백질 식품의 수요를 대체해준다면 늘어난 단백질 수요를 충당하는 것은 물론 NDC에서 설정한 감축목표를 달성하는 데도 유리하게 작용할 것이다.

4. 결론 및 고찰

전 세계 온실가스 배출량 중 축산부문의 비중은 14.5% (Gerber et al., 2013)로 기후변화대응에 있어 축산부문의 온실가스 감축노력은 필수적이다. 우리나라 농축산부문 중 축산부문의 온실가스 배출은 2018년 기준 44.4%를 차지하고 1990년 이후 지속적인 육류소비 증가에 따라 축산부문의 온실가스 배출량은 꾸준히 늘고 있다(GIR, 2019). 더불어 우리나라는 1인당 GDP 증가에 따른 단백질 소비량이 급격하게 증가하는 국가(McCarron B et al., 2018)로 식생활 변화를 통한 축산업의 기후변화대응 노력이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 선진국의 탄소중립정책에 중요한 부분을 차지하는 식단전환이 우리나라에 적용될 경우에는 축산부문 온실가스 배출량에 미치는 영향을 간략히 분석하였다. 국내 시장의 축산물 수요를 충당하기 위해서는 가

축 사육두수가 증가할 수밖에 없으며(KREI, 2021), 이 경우 축산부문의 온실가스 발생량도 증가할 수밖에 없다. 그렇지만 농림수산부문 탄소중립 추진 계획에 따라 2030년까지 축산분야에서만 3.3 백만 톤CO₂eq를 줄여야 한다. 만약 여기에 사육두수 증가에 의한 배출량까지 더해진다면 축산부문의 감축목표를 더 높게 설정해야만 한다. 이는 결국 축산업계 전체에 부담으로 작용할 수밖에 없다.

국내에서도 대체단백질식품의 수요가 기존의 축산물 수요를 일정 부분 잠식하면서 시장 점유율을 높여 갈 것으로 예상된다. 대체단백질식품은 늘어나는 단백질 식품의 수요를 일정부분 충족할 뿐만 아니라 온실가스 감축에도 효과적인 것으로 분석된다. 따라서 선진국에서는 농식품 분야의 온실가스 감축에 중요한 수단으로 자리매김하고 있다. 국내에서도 대체단백질식품의 수요가 증가할수록 국내 축산업계에도 영향을 줄 수밖에 없을 것으로 예상된다. 축산부문의 온실가스 감축 정책을 수립할 때 이 부분을 고려하여 축산업계의 대응 방안도 제시될 필요가 있다.

본 연구에서는 식단전환이 국가 온실가스 인벤토리 배출량에 미치는 영향을 추정하였다. 그러나 축산기술의 발전에 따른 생산성 향상, 축종별 소비량 변화, 축산자급률의 변화 등 축산부문 온실가스 배출량에 영향을 미치는 다른 인자를 고려하지 않았다. 식단전환이 미치는 영향을 정확하게 파악하기 위해서는 여기에서는 배제된 인자들이 함께 검토될 필요가 있다. 식단전환은 선진국의 농식

품부문 탄소중립 정책에 가장 중요한 부분을 차지하고 있다. 향후 추가적인 연구를 통해 식단전환이 미치는 영향을 더 정밀하게 분석한다면 농업부문 온실가스 감축 정책 수립에 큰 기여를 할 것으로 기대한다.

사사

이 연구는 농촌진흥청 “농업에너지 이용현황 조사 및 저탄소 에너지전환 방안연구(PJ0162442022)”의 지원으로 수행되었습니다.

References

- AT Kearney. 2019. How Will Cultured Meat and Meat Alternatives Disrupt the Agricultural and Food Industry?
- McCarron B, Tan CFA S, Giunti A. 2018. Charting ASIA's protein journey. Asia Research and Engagement Pte Ltd.
- Carbon brief. 2020. Interactive: What is the climate impact of eating meat and dairy? ; [accessed 2021 Oct 30]. <https://interactive.carbonbrief.org/what-is-the-climate-impact-of-eating-meat-and-dairy/>
- Gerber PJ, 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. Rome: FAO.
- GIR. 2019. National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea.
- IPCC. 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Japan.
- Kim B-k. 2021. Alternative Protein Food Trends and Implications: A New Future Opened by Food Tech: Institute for International Trade, KITA.
- KREI. 2021. Agricultural outlook 2021 Korea, Chapter 17.
- MAFRA. 2020. Key statistics for agriculture, forestry and livestock food.
- Ministry of Environment. 2021. 2050 Carbon Neutral Scenario and 2030 National GHG Reduction Goals Review and Confirmation by the State Council, Ministry of Environment press release (October 26).
- OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2021-2030. 2021.
- Poore J, Nemecek T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. SCIENCE 360(6392): 987-992. DOI: 10.1126/science.aaq0216
- UK CCC. 2020. The Sixth Carbon Budget - The UK's path to Net Zero.
- United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition. 2021. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme.