

# 탄소중립 실현을 위한 가축 사육단계 온실가스 감축 방안

Research on Greenhouse Gas Reduction Measures at the  
Livestock Production Stage to Achieve Carbon Neutrality

이용건 김현웅 승준호



# 탄소중립 실현을 위한 가축 사육단계 온실가스 감축 방안

Research on Greenhouse Gas Reduction Measures at the  
Livestock Production Stage to Achieve Carbon Neutrality

이용건 김현웅 승준호



한국농촌경제연구원

## 연구 담당

---

**이용건** | 부연구위원 | 연구 총괄, 제1~6장 집필

**김현웅** | 연구원 | 제2, 4, 5장, 부록 집필

**승준호** | 부연구위원 | 제5, 6장 집필

## 위탁연구 연구진

---

**허 덕** | 건국대학교 박사 | 제5장 일본 사례

**장재봉** | 건국대학교 교수 | 제5장 미국, EU 사례

연구보고 R979

## 탄소중립 실현을 위한 가축 사육단계 온실가스 감축 방안

---

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2023. 10.

발 행 인 | 한두봉

발 행 처 | 한국농촌경제연구원  
우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601  
대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 지아이지인

I S B N | 979-11-6149-648-1 93520

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.  
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

지구온난화·기후변화에 대응하기 위해 우리나라를 비롯한 전 세계 130개가 넘는 국가들이 탄소중립 목표를 선언하며 포괄적인 대응 체계를 구축하고 있다. 우리나라도 2050 탄소중립(Net-zero) 선언을 바탕으로 축산부문의 온실가스 감축목표가 구체화 되었으며, 글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge) 가입 등으로 축산부문 온실가스 감축의 필요성이 증가하고 있다.

축산업에서 기인하는 온실가스는 가축이라는 생물학적 요인에 기인하기 때문에 단기간 대폭 감축은 현실적으로 불가능하다. 그러나 기후 위기 대응이라는 측면에서 축산부문 온실가스 감축 노력이 필요하며, 축산업의 지속가능한 발전을 위해서도 다양한 수단과 기술을 활용한 온실가스 감축 노력이 필요하다.

이 연구는 국가 2050 탄소중립 실현을 목표로 축산부문 온실가스 감축을 위한 방안을 모색하고, 정책과제를 도출하기 위해 추진되었다. 이를 위해 ‘가축 관리 단계’, ‘가축분뇨 처리 단계’로 구분할 수 있는 축산업의 가축 사육단계에 있어서 온실가스 감축 기술을 검토하고 효과를 분석하였다.

이 연구의 결과가 축산부문 온실가스 감축에 기여하고, 우리나라 축산업의 지속가능성 강화와 건전한 발전을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다. 자료 수집에 협조해주신 정부 관계자와 설문조사에 참여해주신 축산농가 여러분께 감사드린다. 그리고 연구에 참여하거나 자문에 응해주신 원내·외 전문가 여러분께도 감사의 뜻을 표한다.

2023. 10.

한국농촌경제연구원장 **한 두 봉**



## 요 약

### 연구 목적

- 이 연구는 우리나라 2050 탄소중립 실현을 목표로 저탄소 축산업으로 전환을 위한 방안을 모색하고, 정책 방안을 도출하는 데 목적이 있다. 이를 위해 축산업의 가축사육에 있어서 온실가스 감축 기술 및 정책, 주요국 온실가스 관련 동향을 검토하였다. 온실가스 감축 기술에 대한 축산농가 인식조사 및 온실가스 감축 기술에 대한 효과 분석 등을 바탕으로 축산부문 온실가스 감축을 위한 방안을 모색하고, 축산업의 발전 방향을 제시하였다.

### 연구 방법

- 이 연구는 축산업의 가축사육에 있어서 ‘가축 관리 단계’와 ‘가축분뇨 처리 단계’를 주요 연구범위로 하며, 한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계 5개 축종을 연구 대상으로 하였다. 시간적 범위는 탄소중립 선언 기준 시점인 2018년부터 탄소중립 목표 연도인 2050년까지이며, 국내 축산업 전반을 공간적 범위로 설정하여, 수입 축산물이나 수입 사료 원료 조달 등은 분석대상에서 제외하였다.
- 문헌 및 통계자료를 바탕으로 축산부문 온실가스 관련된 자료를 수집하고 분석을 위한 이론적 배경을 검토하였다. 국외 주요국 축산부문 온실가스 감축 기술 및 정책은 전문가 위탁워크숍을 통해 진행하였으며, 가축사양 및 가축분뇨 전문가, 정책담당자, 교수, 생산자 단체 등과 협의회를 개최하고 자문하였다. 축종별 축산농가 609호 대상 설문조사를 통해 온실가스 감축 기술에 대한 인식 및 제약요인 등을 평가하였다. 정량분석을 위해서는 온실가스 감축 기술 도입 시나리오별 효과 분석, 한국 농업 특화 CGE 모형과 축산농가 및 가축분뇨 처리시설의 GIS 정보를 이용한 분석 등을 활용하였다.

## 연구 결과

- 축산부문에서 배출되는 주요 온실가스는 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 등이며, 가축사육 마릿수 증가로 온실가스 배출량도 증가하고 있다. 또한 축산농가 규모화로 온실가스 배출 및 가축분뇨 배출도 집약되고 있다. 2020년 기준 국내 축산부문 온실가스 배출량은 973만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(총배출량의 1.5%)으로, 이 중 474만 톤은 장내발효, 499만 톤은 가축분뇨 처리 과정에서 배출되었다.
- 우리나라는 2020년 ‘2050 탄소중립 선언’ 이후 2021년에는 글로벌 메탄 서약에 가입 등 국가적 노력을 기울이고 있다. 정부는 2023년 4월 ‘탄소중립기본법’에 근거해 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’을 수립하였으며, 여기에서는 메탄 포집 확대 및 CCUS(탄소 포집·저장·활용 기술) 등도 제시되어 있다. 2024년 1월에는 축산부문 온실가스 감축목표 및 수단의 구체화 등 중장기 추진전략이 마련되었다. 축산부문는 2030년까지 ‘3대 전략’ 추진과 함께 ‘이행기반 확충’으로 2018년 배출량 대비 18% 감축을 목표로 제시하였다.
- 축종별 축산농가 609호(한우 203호, 젓소 101호, 돼지 104호, 육계 101호, 산란계 100호)를 대상으로 온실가스 감축 기술에 대한 인식을 조사하였다. 축산부문 온실가스 배출 감소의 필요성에 대해 평균 58%의 농가가 공감하고 있었으며, 축산업 온실가스 배출 문제의 심각성 인식 정도는 과거 2021년 조사보다 높았다. 한편, 저탄소 축산물 인증제에 참여 의향은 26.3%로 낮았으며, 저탄소 축산물 인증을 모르는 농가(33.0%)의 인식개선이 필요한 것으로 나타났다. 저메탄사료 급여 의향은 한우 24.1%, 젓소 32.7% 등이며, 적정단백질사료 급여 의향은 돼지 40.4%, 육계 33.7%, 산란계 35.0% 등으로 나타났다.

- 축산부문 온실가스 감축을 위한 사료 변경에서 제약요인은 ‘경영비(사료비) 상승’, ‘생산성 저하’ 등으로 나타났다. 장비 및 시설 도입에 제약요인은 ‘초기 설치비 부담’과 ‘경영비 상승’으로 나타났다. 사료 변경 및 장비 및 시설 도입 모두 ‘해당 기술을 잘 모르는 농가’도 많았다. 한편 축산농가 온실가스 감축을 위한 정부 지원사항으로는 ‘경영비 증가분 지원’, ‘생산성 저하 및 수익 감소분 지원’, 기술 도입 유도를 위한 ‘인센티브 제공’에 대한 요구가 많았다.
- 온실가스 감축 기술 도입에 따른 효과를 분석하였다(가축관리 단계: 5개 기술, 가축분뇨 처리 단계: 2개 기술). ‘가축관리 단계’에서 저메탄사료 도입 효과는 보급률 78% 및 메탄 감축 효과 20% 시나리오에서, 온실가스 감축량(CO<sub>2</sub>eq.)은 한육우 47만 5천 톤, 젖소 15만 7천 톤으로 분석되었다. 적정단백질 사료 도입 효과는 보급률 48% 및 질소 감축 효과 5% 시나리오에서, 한우 4만 4천 톤, 돼지 1만 6천 톤 등의 효과가 있었다. 한편 축종별 특성을 고려해 생산성 향상 효과를 분석한 결과, 한우 거세우 출하 월령을 30.7개월에서 28개월로 단축하면 약 2만 톤의 온실가스를 감축할 수 있으며, 젖소는 마리당 산유량이 10,303kg에서 10% 향상될 경우 16만 5천 톤, 돼지는 MSY가 17.9마리에서 25마리로 향상될 경우 4만 3천 톤의 온실가스를 감축할 수 있었다.
- ‘가축분뇨 처리 단계’는 정량적 분석을 위한 자료가 부족하여, 제한적으로만 분석 가능했다. 5천 마리 규모의 양돈농장이 퇴·액비화에서 정화처리로 처리 방식을 변경할 경우 온실가스 배출량은 약 258톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있었다. 고체연료 생산은 2018년 퇴비화로 처리되던 한육우 분뇨 중 10%를 고체연료 생산에 활용하면 17만 7천 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스를 감축할 수 있었다.



- 한국 농업 특화 CGE 모형을 이용한 분석 결과 생산성 10% 증가에 따른 축종별 산출물 가격은 2.4~2.6% 하락하는 것으로 확인되었다. 이러한 축산부문 산출물 가격 하락은 축산물을 1차 가공 및 2차 가공하는 축산업 전방산업의 산출물 가격에도 영향을 미치게 된다. 각각의 축종별 생산성 10% 상승으로 해당 축산물을 가공하는 산업의 산출물 가격이 1% 전후로 하락하는 것으로 분석되었다. 한편 생산성 향상에 따른 생산요소 투입량 변화는 자가노동 투입보다 고용노동 투입에서 감소가 더 크게 나타나 고용노동비를 절감할 수 있었다.
- 한편 CGE 모형을 이용해 축산부문 생산성 향상의 환경효과를 분석한 결과 현재와 동일한 수준의 축산물 생산(산출물 고정 제약조건 부과)에 있어서 생산성이 10% 향상되는 경우 생산요소나 중간 투입재 투입감소로 경제 전체에 온실가스 배출량이 감소하였다. 축종별 생산성 10% 향상에 따른 온실가스 배출량 감소는 축종별로 233만~361만 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 분석되었다. 이를 2022년 배출권 거래제 단가를 적용해 평가하면 1,466억~2,219억 원 수준으로 나타났다.
- 주요국 사례를 조사한 결과, 2023년 5월 기준 전 세계 198개국 중 133개국이 탄소중립을 선언하였으며, 그중에서 탄소중립 목표를 법제화한 국가는 27개국(EU 포함)이다. 축산부문 온실가스 배출과 관련된 여건 변화로 우리나라 축산물 소비량은 지속 증가해 왔으며, 이러한 증가 추세는 당분간 지속될 것으로 전망된다. 온실가스 배출량과 직접 연계된 2030년 가축사육 마릿수는 2022년 대비 한우와 젖소는 감소하나, 돼지와 가금은 증가하는 것으로 전망된다. 한편 2023년부터 온실가스 인벤토리 산정지침에 변경이 예정되어 있다. 주요 변경 내용은 메탄(CH<sub>4</sub>)의 지구온난화지수 상향, 일부 항목에 대한 국가고유 배출계수 적용, 가축분뇨 처리부문에서 간접배출량을 추가로 산정하는 것 등이다.

## 정책 제언

- 이 연구에서는 국가 2050 탄소중립 달성을 위한 축산부문 온실가스 감축 목표 달성에 있어서 선결 조건으로 ① 온실가스 감축 기술의 효과, ② 축산농가 참여, ③ 현장 적용 가능한 수단, ④ 축산업 발전과 연계를 제안한다. 이러한 선결 조건을 바탕으로 사육단계별 온실가스 감축을 위한 정책 방안을 제시하였다.
- ‘축산업 전반’에서 “축산농가 인식개선”이 필요하다. 축산농가 조사 결과 온실가스 감축 기술에 대한 도입 의향은 비교적 낮은 수준이며, 저탄소 축산물 인증제에 참여 의향(26.3%)도 낮게 나타났다. 온실가스 감축 기술별 효과성 평가에서도 효과가 검증된 저메탄사료, 바이오차 등의 효과성이 낮게 평가되었다는 점에서 축산농가 교육 및 홍보를 통한 인식개선이 필요하였다.
- 온실가스 감축 기술의 도입 확대를 위한 “인센티브 제공”이 필요하다. 온실가스 감축 기술 도입에 있어서 제약요인으로 경영비 상승, 초기 비용부담에 대한 응답이 높았다. 축산농가의 온실가스 감축 기술 도입 확대를 위해서는 인센티브 제공을 통해 초기 참여를 유도하고, 생산비나 수익성 악화 부분에 대한 보전 방안 검토가 필요하며, 탄소중립직불금도 하나의 방안으로 고려할 수 있다.
- 축산부문 온실가스 감축을 위한 “사업 및 제도 활성화”가 필요하다. 현재 축산부문 온실가스 감축과 관련하여 저탄소 축산물 인증제와 소사육 방식 개선사업을 시범사업으로 추진하고 있다. 이러한 사업 및 제도의 참여 확대 및 활성화가 필요하다. 이와 더불어 인센티브 개념의 축산농가 단위 탄소배출권 도입으로 자발적 탄소 감축을 유도해 볼 수 있으며, 탄소중립에 기여하는 축산농가를 대상으로 탄소중립직불금 도입을 위한 구체적인 방안 검토가 필요하다.

- ‘가축관리 단계’에서는 저메탄사료의 개발 및 효과 검증 등을 통한 상용화가 필요하며, 적정단백질 사료 기준 마련 및 적정단백질 사료 급여를 기준으로 하는 표준사양관리체계 구축이 필요하다. 이 연구의 분석 결과 생산성 향상으로 온실가스 감축 효과를 확인할 수 있었으며, 생산성 향상은 축산업뿐만 아니라 전후방연관산업의 가격 하락에 따른 물가안정에도 기여할 수 있었다. 생산성 향상을 위한 사양관리 기술의 개발 및 ICT 스마트 축산 확대가 필요하다.
- ‘가축분뇨 처리 단계’에서는 농경지 면적은 지속해서 감소하고 있으나, 가축 사육 마릿수 증가로 가축분뇨 배출량은 증가함에 따라 가축분뇨 처리방식에 다각화 필요성이 강조되고 있다. 가축분뇨 처리방식의 다각화를 위해서는 우선 축종별 가축분뇨 특성(분뇨 내 성분, 분과 뇨의 비율 등) 및 축사시설(축사 내 분뇨처리 형태) 등을 고려할 필요가 있다.
- 축산농가 입지 여건을 고려한 가축분뇨 신재생에너지 생산시설 확대가 필요하다. 신재생에너지 생산시설 도입에 있어서 GIS 정보분석 등을 이용해 돼지 농가가 밀집한 지역을 우선 고려할 필요가 있으며, 신규 도입이 어려운 지역의 경우는 기존 시설 개편을 통한 신재생에너지화도 검토해 볼 수 있다.
- ‘온실가스 배출 이후 단계(온실가스 포집·활용)’ 최근 온실가스 감축목표에서 CCUS 목표가 상향 조정되었다. 따라서 메탄가스 회수 기술 및 CCUS를 활용해 축산부문에서 배출되는 메탄, 아산화질소 등 온실가스 회수(포집) 및 활용 기술에 대해서도 검토할 가치가 있다.

# ABSTRACT

## **Research on Greenhouse Gas Reduction Measures at the Livestock Production Stage to Achieve Carbon Neutrality**

### **Purpose of Research**

- The purpose of this study is to find ways which reduce greenhouse gases in the livestock sector and to derive policy measures with the goal of realizing carbon neutrality in Korea by 2050. To present policy measures that reduce greenhouse gases in the livestock sector, we analyzed the various effects of greenhouse gas reduction technologies. Based on the analysis results, we presented policy measures to reduce greenhouse gases in the livestock industry and mid- to long-term development directions for the livestock industry.

### **Research Method**

- The scope of this study was divided into the “livestock management stage” and the “livestock manure treatment stage” in livestock farming. The analysis period of the study was from 2018, the standard point of the carbon neutrality declaration, to 2050, the carbon neutrality target year. Since we limited the spatial scope to the domestic livestock industry, imported livestock products and procurement of imported feed raw materials were excluded from the analysis.

- We collected data related to greenhouse gases in the livestock sector based on literature and statistical data and reviewed the theoretical background for analysis. We commissioned expert manuscripts to discuss greenhouse gas reduction technologies and policies in the livestock sector in major overseas countries. In addition, we received advice from expert in livestock breeding and livestock manure, policymakers, professors, and producer organizations. We evaluated awareness and constraints on greenhouse gas reduction technologies through a survey of 609 livestock farmers, categorized by livestock species. For quantitative analysis, we progressed with the analysis of the effects of each scenario for introducing greenhouse gas reduction technology using a CGE model specialized for Korean agriculture, and analysis using GIS information on livestock farms and livestock waste treatment facilities.

## **Main Findings**

- Major greenhouse gas emissions, such as methane and nitrous oxide emitted from the livestock sector, are increasing as the number of livestock being raised. In 2020, greenhouse gas emissions from the domestic livestock sector were 9.73 million tons of CO<sub>2</sub>eq. (1.5% of total emissions), where 4.74 million tons were emitted from enteric fermentation, and 4.99 million tons were emitted during livestock waste management.
- Korea declared carbon neutrality for 2050 in 2020, and joined the

Global Methane Pledge in 2021. In April 2023, the Korean government established the ‘First National Carbon Neutrality and Green Growth Basic Plan’ based on the ‘Carbon Neutrality Basic Act’, in which the expansion of methane capture and the implementation of CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage technology) are proposed. In this plan, the livestock sector sets a goal of reducing emissions by 18% compared to 2018 by 2030.

- As a result of the farm survey, an average of 58% of farms agreed on the need to reduce greenhouse gas emissions in the livestock sector. Meanwhile, the intention to participate in the low-carbon livestock product certification system was low, standing at 26.3%. The intention to feed low-methane feed was 24.1% for Korean beef and 32.7% for dairy cattle, while the intention to feed adequate protein feed was 40.4% for pigs, 33.7% for broilers, and 35.0% for laying hens.
- Constraints on changing feed to reduce greenhouse gases in the livestock sector were found to be ‘increased management costs (feed costs)’ and ‘lower productivity’. Furthermore, there were many requests for government support for livestock farms to reduce greenhouse gases, such as ‘support for increased management costs’, ‘support for decreased productivity and profits’, and ‘incentives’ for technology adoption.
- The results of introducing greenhouse gas reduction technology showed that introducing low-methane feed in the ‘livestock

management stage' could reduce 475,000 tons of greenhouse gas reduction (CO<sub>2</sub>eq.) for Korean beef and 157,000 tons of dairy cows under the scenario which consisted of 78% penetration rate and 20% methane reduction effect. Introducing appropriate protein feed could reduce 44,000 tons of Korean beef and 16,000 tons of pigs under the scenario which consisted of 48% supply rate and 5% nitrogen reduction effect. Reducing the shipping age of Korean beef from 30.7 months to 28 months could reduce greenhouse gases by about 20,000 tons. In addition, for dairy cows, 165,000 tons of greenhouse gas emissions were reduced when milk production per cow was improved by 10%, and for pigs, when MSY was improved by 40%, 43,000 tons greenhouse gas emissions were reduced.

- Due to the lack of data for quantitative analysis in the “livestock manure treatment stage,” only limited analysis was possible. If a 5,000-pig farm changes its processing method from composting and liquid fertilizer to purification, greenhouse gas emissions would be reduced about 258 tons CO<sub>2</sub>eq. For solid fuel production, if 10% of the Korean beef manure that was composted in 2018 was used for solid fuel production, the greenhouse gas reduction was calculated to be 176.8 thousand tons CO<sub>2</sub>eq.
- The results of analysis using a CGE model specialized for Korean agriculture, showed that the output price of each livestock species decreased by 2.4~2.6% when productivity increase 10%. A decline in the output price of the livestock sector would also affect the output

price of other industry related to livestock. It was analyzed that with a 10% increase in the productivity of each livestock species, the output price of the industry that processes the livestock products decreases by around 1%. The change in production factor input due to productivity improvement showed a larger decrease in hired labor input than in self-labor input, which led to a reduction in hired labor costs.

- Meanwhile, if productivity is improved by 10%, but level of livestock production as the current level (imposition of fixed constraints on output), greenhouse emissions would be reduced for the entire economy due to a reduction in the input of production factors or intermediate inputs. The reduction in greenhouse gas emissions resulting from a 10% increase in productivity caused to be 2.33 to 3.61 million tons CO<sub>2</sub>eq. which means KRW 143.3 billion to KRW 221.9 billion by applying the unit price of the 2022 emissions trading system.

### **Policy Suggestions**

- In this study, we suggested that the prerequisites for achieving the greenhouse gas reduction goal in the livestock sector to achieve national 2050 carbon neutrality. First, the effectiveness of greenhouse gas reduction technology, Second, participation of livestock farmers, third, means applicable to the field, and forth, linkage with livestock industry development.



- There is a need to “improve the awareness of livestock farmers” in the “overall livestock sector” because the intention of farmer to adopt greenhouse gas reduction technology was relatively low. Therefore, it is necessary to improve awareness through education and promotion of livestock farms.
- It is necessary to “provide incentives” to expand the adoption of greenhouse gas reduction technologies. In order to resolve constraints on the introduction of greenhouse gas reduction technologies, such as rising management costs and initial cost burden, it is necessary to encourage initial participation by reviewing ways to compensate for worsening production costs and profitability such as providing incentives. Carbon neutral direct payments could be considered.
- There is a need to “vitalize projects and systems” to reduce greenhouse gases in the industrial sector. Voluntary carbon reduction action can be encouraged by introducing carbon emissions credits at the livestock farm level under the concept of incentives, and it is necessary to review specific measures to introduce carbon neutral direct payments for livestock farms contributing to carbon neutrality.
- In the “livestock management stage,” it is necessary to commercialize low-methane feed through development and effectiveness verification, and it is necessary to establish standards for appropriate protein feed and establish a standard specification management system based on feeding appropriate protein feed. From our result for the effect of

reducing greenhouse gases by improving productivity, we suggest that there is a need to develop feed management technology and expand ICT smart livestock farming to improve productivity.

- As livestock waste emissions increase due to an increase in the number of livestock raised, the need to diversify livestock waste disposal methods is emphasized. In order to diversify livestock waste management methods, it is necessary to consider livestock waste characteristics for each livestock species and housing facilities.
  
- It is necessary to expand renewable energy production facilities from livestock waste “considering the location conditions of livestock farms.” When introducing new renewable energy production facilities, it is necessary to consider priority of areas with a high concentration of pig farms using GIS information analysis. If the area is difficult to introduce new facility, converting to new and renewable energy through reorganization of existing facilities also can also be considered. In addition, it is worth reviewing technologies for recovering (capturing) and utilizing greenhouse gases such as methane and nitrous oxide emitted from the livestock sector using methane gas recovery technology and CCUS.

---

**Researchers:** Lee Yonggeon, Kim Hyeonwoong, Seung Junho

**Research period:** 2023. 1. - 2023. 10.

**E-mail address:** yglee@krei.re.kr

# 차 례

<b>제1장 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구 필요성과 목적 .....	3
2. 선행연구 검토 .....	6
3. 연구범위와 방법 .....	14
<b>제2장 축산부문 온실가스 배출 및 정책 동향</b> .....	<b>19</b>
1. 축산부문 온실가스 관련 지표 및 배출 현황 .....	21
2. 국내 축산부문 온실가스 감축을 위한 정책 동향 .....	38
<b>제3장 온실가스 감축 기술과 축산농가 인식 조사 결과</b> .....	<b>57</b>
1. 가축 관리 단계의 온실가스 감축 기술 .....	59
2. 가축분뇨 처리 단계의 온실가스 감축 기술 .....	63
3. 온실가스 감축 기술에 대한 축산농가 인식 .....	68
<b>제4장 온실가스 감축 기술 도입의 효과 분석</b> .....	<b>85</b>
1. 가축 관리 단계 .....	89
2. 가축분뇨 처리 단계 .....	107
3. 온실가스 감축 기술 도입에 따른 온실가스 감축액 .....	116
4. 온실가스 감축 기술 도입의 경제 및 환경 효과 .....	117
<b>제5장 주요국 축산부문 온실가스 배출 현황과 감축 수단</b> .....	<b>127</b>
1. 주요국 축산부문 온실가스 배출 현황 및 감축 목표 .....	129
2. 해외 축산부문 온실가스 감축 기술개발 동향 .....	143
3. 해외 축산부문 온실가스 관련 정책과 시사점 .....	148

<b>제6장 축산부문 온실가스 감축 방안</b> .....	<b>153</b>
1. 축산부문 온실가스 배출 관련 여건 변화 .....	155
2. 축산부문 2050 탄소중립 목표 달성의 선결 조건 .....	162
3. 사육단계별 온실가스 감축을 위한 정책 방안 .....	164
4. 저탄소 축산업으로 전환과 축산업 발전 방향 .....	175
<b>부록</b>	
1. 축산부문 사육 및 온실가스 배출 현황 .....	179
2. 국가고유 온실가스 배출계수 개발 현황 .....	181
3. 저메탄사료 기술별 특징 및 저감효과 .....	182
4. 가축분뇨 처리부문 온실가스 배출계수 .....	184
5. ‘사료 등의 기준 및 규격’ 개정 신·구조문대비표 .....	187
6. 축산농가 온실가스 감축 기술 수용성 조사표: 한우농가 예시 .....	190
7. 온실가스 감축 기술 관련 축산농가 조사 결과 .....	197
<b>참고문헌</b> .....	<b>203</b>

# 표 차례

## 제1장

〈표 1-1〉 분석자료 목록 .....	16
-----------------------	----

## 제2장

〈표 2-1〉 가축분뇨 배출원단위 .....	23
〈표 2-2〉 축종별 가축분뇨 배출량(환경부) .....	24
〈표 2-3〉 가축분뇨 배출 및 처리 현황(환경부) .....	25
〈표 2-4〉 연도별·축종별 가축분뇨 처리시설 이용비율 .....	26
〈표 2-5〉 가축분뇨 처리 형태별 처리시설 현황 .....	27
〈표 2-6〉 주요 온실가스 종류별 지구온난화지수와 수명 .....	29
〈표 2-7〉 축종별 장내발효 부문의 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출계수 .....	30
〈표 2-8〉 축종별 가축분뇨 처리부문의 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출계수 .....	32
〈표 2-9〉 축종별 질소(N) 배출률 .....	33
〈표 2-10〉 축종별 평균 체중(TAM) .....	33
〈표 2-11〉 가축분뇨 처리 시설별 아산화질소(N <sub>2</sub> O) 배출계수 .....	34
〈표 2-12〉 가축분뇨 처리 시설별 암모니아와 질소산화물로 휘발되는 질소 배출률 .....	35
〈표 2-13〉 축산부문 온실가스 배출 현황(2022년 작성) .....	36
〈표 2-14〉 축산부문 여건 변화 및 온실가스 배출 전망 .....	37
〈표 2-15〉 축종별 온실가스 배출량 전망 .....	37
〈표 2-16〉 축산부문 온실가스 관련 기본계획 수립 비교 .....	39
〈표 2-17〉 2050 탄소중립 시나리오 감축목표 .....	41
〈표 2-18〉 2050 탄소중립 추진전략 축산부문 로드맵 .....	42
〈표 2-19〉 우리나라 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출 현황 .....	43
〈표 2-20〉 탄소중립·녹색성장 국가전략 감축 목표 .....	44
〈표 2-21〉 소 사육방식 개선 시범사업 내용 .....	48
〈표 2-22〉 저탄소 축산물 인증제 평가 기준 .....	49
〈표 2-23〉 저탄소 축산물 인증 평가를 위한 농업기술 .....	50

〈표 2-24〉 저탄소 축산물 인증제 시범사업 선정 결과 .....	50
〈표 2-25〉 가축분뇨 처리지원사업 내역사업 .....	51
〈표 2-26〉 가축분뇨 처리지원사업 온실가스 감축 관련 변경사항 .....	52
〈표 2-27〉 가축분뇨이용촉진 사업내용 .....	53
〈표 2-28〉 공동자원화시설사업 개편사항 .....	53
〈표 2-29〉 공동자원화시설사업 지원대상 및 한도액 .....	54
〈표 2-30〉 마을형 퇴비저장시설 세부 변경사항 .....	54

### 제3장

〈표 3-1〉 주요 저메탄사료의 메탄저감 효과 .....	61
〈표 3-2〉 사료 내 특정성분 함량 제한기준 .....	62
〈표 3-3〉 적정단백질 사료의 질소 저감 효과 .....	63
〈표 3-4〉 가축분뇨 처리 관련 온실가스 감축 기술 .....	63
〈표 3-5〉 축종별 농가의 인구통계학적 특성 .....	69
〈표 3-6〉 가축분뇨 처리주체 및 방법 .....	70
〈표 3-7〉 축종별 생산성 지표별 현황 .....	70
〈표 3-8〉 축산부문 온실가스 배출 감소의 필요성 .....	71
〈표 3-9〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식 .....	71
〈표 3-10〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식 .....	72
〈표 3-11〉 축산농가의 온실가스 감축기술 도입 현황 .....	73
〈표 3-12〉 축산농가의 온실가스 감축기술 도입 및 유지 의향 .....	74
〈표 3-13〉 온실가스 저감을 위한 사료 변경에 제약요인 .....	75
〈표 3-14〉 장비 및 시설 도입 관련 온실가스 감축기술 적용 시 제약요인 .....	76
〈표 3-15〉 가축분뇨 신재생에너지 생산업체로 반출에 제약요인 .....	76
〈표 3-16〉 기술 도입에 따른 생산성/수익성 변화에 대한 농가 수용성 .....	77
〈표 3-17〉 온실가스 감축기술 적용을 위한 정부 지원(1순위 및 2순위 응답) .....	77
〈표 3-18〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식 .....	78
〈표 3-19〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 영역 구분(종합) .....	81

〈표 3-20〉 도입 의향에 따른 온실가스 감축 기술의 효과성/경제성 평가 차이(종합) …	82
〈표 3-21〉 저탄소 축산물 인증제 참여 여부 및 의향 ……………	84
〈표 3-22〉 가축사육 시 어려움 ……………	84

## 제4장

〈표 4-1〉 가축 사육단계별 온실가스 감축 기술의 분류 및 분석 가능 여부 (감축 기술 인벤토리) ……………	87
〈표 4-2〉 저메탄사료 도입의 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준) ………	90
〈표 4-3〉 저메탄사료 도입의 온실가스 감축 효과(BAU 기준) ……………	91
〈표 4-4〉 적정단백질 사료 도입의 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준) …	93
〈표 4-5〉 적정단백질 사료 도입의 온실가스 감축 효과(BAU 기준) ……………	94
〈표 4-6〉 축종별 생산성 향상에 따른 온실가스 감축 메커니즘 ……………	95
〈표 4-7〉 거세우 비육기간 단축에 따른 온실가스 감축 효과 (2018년 사육 마릿수 기준) ……………	98
〈표 4-8〉 과거 25년간 젖소 사육 및 생산실적 ……………	100
〈표 4-9〉 축종별 온실가스 배출 현황 ……………	101
〈표 4-10〉 국가별 두당 산유량 현황(305일 유량) ……………	102
〈표 4-11〉 젖소 두당 산유량 향상의 온실가스 감축 효과 (2018년 사육 마릿수 기준) ……………	102
〈표 4-12〉 젖소 두당 산유량 향상의 온실가스 감축 효과(BAU 기준) ……………	103
〈표 4-13〉 연도별 돼지 생산성 현황 ……………	104
〈표 4-14〉 주요 국가별 모든 두당 출하 마릿수 비교 ……………	105
〈표 4-15〉 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량(2018년 사육 마릿수 기준) ……	106
〈표 4-16〉 돼지 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량(BAU 기준) ……………	107
〈표 4-17〉 사육규모 5,000마리 양돈농장의 가축분뇨 처리 방법별 온실가스 배출량 ……………	108
〈표 4-18〉 한우우 퇴비화 물량 10% 고체연료 생산에 따른 온실가스 감축량 ………	109
〈표 4-19〉 시도 지역별 소농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황 ……………	113

〈표 4-20〉 시도 지역별 돼지농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황	114
〈표 4-21〉 시도 지역별 가금농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황	115
〈표 4-22〉 배출권 거래량 및 거래 단가	116
〈표 4-23〉 가축 사육단계별 온실가스 감축 기술의 분류 및 분석 가능 여부 (감축 기술 인벤토리)	116
〈표 4-24〉 CGE 모형 분석을 위한 시나리오 구성	121
〈표 4-25〉 축산부문 생산성 향상에 따른 GDP 변화	122
〈표 4-26〉 축산부문 생산성 향상에 따른 축종별 생산량 및 가격 변화	123
〈표 4-27〉 축산부문 생산성 향상에 따른 축산물 가격 변화	124
〈표 4-28〉 축산부문 생산성 향상에 따른 본원적 생산요소의 투입변화	125
〈표 4-29〉 축산부문 생산성 향상에 따른 온실가스 감축 효과와 평가액	126

## 제5장

〈표 5-1〉 주요국 온실가스 배출 현황	130
〈표 5-2〉 주요국 온실가스 감축 목표	131
〈표 5-3〉 미국 농무부(USDA) '기후21 프로젝트' 농축산부문 주요 내용	133
〈표 5-4〉 EU '농장에서 식탁까지' 전략 중 축산부문 관련 주요 내용	135
〈표 5-5〉 독일의 탄소중립을 위한 로드맵	136
〈표 5-6〉 프랑스의 '프랑스 재개'의 세부분야	137
〈표 5-7〉 네덜란드 가축사육 제한 정책	138
〈표 5-8〉 일본 J-크레딧 제도의 축산부문 온실가스 감축 대책(방법론)	141
〈표 5-9〉 주요국 농축산부문 온실가스 감축 정책(요약)	142
〈표 5-10〉 미국 청정에너지 기술분야 연구개발 투자(안)	143
〈표 5-11〉 미국 농업부문의 탄소 격리 방안	144
〈표 5-12〉 독일 기후행동 프로그램 내 농축산부문 연구개발분야	146
〈표 5-13〉 프랑스의 '프랑스 재개' 내 탄소중립 관련 내용	146
〈표 5-14〉 프랑스의 '프랑스 2030' 농식품분야 탄소중립 내용	147



## 제6장

〈표 6-1〉 1인당 축산물 소비량 추이 .....	156
〈표 6-2〉 인벤토리 보고서 산정지침 변경에 따른 축산부문 온실가스 배출량 변화 (가산정) .....	161
〈표 6-3〉 IPCC 지침별 가축분뇨 처리부문 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출계수 비교 .....	172
〈표 6-4〉 축종별 특성을 고려한 온실가스 감축 방안 종합 .....	174

## 부록

〈부표 1-1〉 연도별·축종별 사육 현황 .....	179
〈부표 1-2〉 연도별·축종별 장내발효 CH <sub>4</sub> 배출량 .....	179
〈부표 1-3〉 주요 축종의 연도별 가축분뇨 처리 과정의 CH <sub>4</sub> 및 N <sub>2</sub> O 배출량 .....	180
〈부표 2-1〉 장내발효부문 연도별 승인 국가고유 온실가스 배출계수(14종) .....	181
〈부표 2-2〉 가축분뇨 처리부문 연도별 승인 국가고유 온실가스 배출계수(2종) .....	181
〈부표 3-1〉 저메탄사료 개발 현황 및 효과 .....	182
〈부표 4-1〉 가축분뇨 처리부문 아산화질소(N <sub>2</sub> O) 배출계수 .....	184
〈부표 4-2〉 가축분뇨 처리부문 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출계수 .....	186
〈부표 7-1〉 한우 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향 .....	197
〈부표 7-2〉 젖소 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향 .....	198
〈부표 7-3〉 돼지 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향 .....	198
〈부표 7-4〉 육계 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향 .....	199
〈부표 7-5〉 산란계 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향 .....	199

# 그림 차례

## 제1장

〈그림 1-1〉 연구범위 .....	14
〈그림 1-2〉 연구추진 체계도 .....	17

## 제2장

〈그림 2-1〉 축종별 가축사육 및 규모화 현황 .....	22
〈그림 2-2〉 가축분뇨 처리시설 유형별 분포 현황 .....	28
〈그림 2-3〉 국내 축산부문 온실가스 감축 정책 동향 .....	38
〈그림 2-4〉 2030 온실가스 감축 로드맵 .....	47
〈그림 2-5〉 농업부문 온실가스 감축사업 개념도 .....	55

## 제3장

〈그림 3-1〉 퇴비와 바이오차 간 주요 특성 비교 .....	65
〈그림 3-2〉 우분 고체연료의 철강 부문 활용에 대한 경제적 효과 .....	66
〈그림 3-3〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 평가(전체) .....	80
〈그림 3-4〉 기술별 도입 의향이 있는 농가의 효과성 및 경제성 평가(전 축종) .....	83
〈그림 3-5〉 기술별 도입 의향이 없는 농가의 효과성 및 경제성 평가(전 축종) .....	83

## 제4장

〈그림 4-1〉 한우 거세우 도축 월령별 도축 마릿수 .....	96
〈그림 4-2〉 한국과 일본의 젓소 마리당 산유량 추이 .....	99
〈그림 4-3〉 가축분뇨 처리 방법별 시설 분포 현황 .....	110
〈그림 4-4〉 축종별 시군구 지역별 사육 마릿수 및 사육 밀집도 .....	112
〈그림 4-5〉 CGE 모형의 생산기술구조 .....	118
〈그림 4-6〉 한국농업특화 SAM의 구성 요소 .....	119

## 제5장

〈그림 5-1〉 전 세계 주요 국가의 온실가스 배출량(2021년 기준) .....	130
〈그림 5-2〉 일본 축산부문 온실가스 배출 저감 대책 .....	141

## 제6장

〈그림 6-1〉 1인 1일당 단백질 공급량 및 공급원별 비중 추이 .....	156
〈그림 6-2〉 한우 사육 및 도축 마릿수 전망 .....	157
〈그림 6-3〉 축산부문 2050 탄소중립 목표 달성을 위한 선결 조건 .....	163
〈그림 6-4〉 한우사육 시 부산물 이용 여부에 따른 환경부하 변화 .....	168
〈그림 6-5〉 저탄소 축산업으로 전환과 지속가능한 축산업 발전의 개념도 .....	178

## 부록

〈부도 7-1〉 한우 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 .....	200
〈부도 7-2〉 젓소 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식 .....	200
〈부도 7-3〉 돼지 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식 .....	201
〈부도 7-4〉 육계 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식 .....	201
〈부도 7-5〉 산란계 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 .....	202

제1장

서론



# 서론

## 1. 연구 필요성과 목적

### 1.1. 연구 필요성

최근 세계 곳곳에서 폭염, 태풍, 홍수 등으로 인명·재산 피해가 발생하고 있으며, 우리나라도 예외라 할 수 없다. 이러한 지구온난화·기후변화에 대응하기 위해 우리나라를 비롯한 전 세계 130개가 넘는 국가들이 탄소중립 목표를 선언하며 포괄적인 대응 체계를 구축하고 있다. 이렇듯 탄소중립은 심각한 기후 위기로부터 인류를 지키기 위한 자구책으로 나왔기에 되돌리거나 포기할 수 없는 현실이다 (정학균, 2023).

우리나라 축산업은 생산성 향상과 대규모화 등을 통해 지속적으로 성장해왔으며, 국민의 단백질 등 영양공급, 관련 산업의 성장, 농업소득 향상 등 다양한 측면에서 국민경제에 기여하고 있다(이용건 외, 2022). 하지만, 지구온난화 문제가 국제적인 이슈로 부상함에 따라 탄소중립에 대한 논의도 활발히 이루어지고 있다. 전 세계적으로 탄소중립을 위한 중장기적 대책이 수립되었으며, 국내에서도 2050 탄소중립(Net-zero) 선언을 바탕으로 각 산업부문별 온실가스 감축 목표가 구체화되었다. 축산업의 온실가스 배출은 대부분 가축 사육과정이라는 생물학적 요인에 기인하기 때문에 단기간 대폭 감축하거나, 전체 배출량을 감축하는 것은 현실

적으로 불가능하다. 다만, 기후 위기 대응이라는 측면에서 축산부문 온실가스 감축은 불가피하며, 축산업의 지속가능한 발전을 위해 다양한 수단과 기술을 활용한 온실가스 감축 노력이 필요하다.

더욱이 우리나라는 글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge) 가입으로 2030년까지 메탄 배출량을 2020년 대비 30% 이상 감축해야 한다. 그러나 2020년 축산부문 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량은 614만 톤 CO<sub>2</sub>eq.로 우리나라 총배출량의 22.6%를 차지하고 있어서 축산부문의 감축 노력이 중요하다.

축산부문에서의 온실가스 배출은 가축의 장내발효나 분뇨처리 등 가축 사육과정에서 발생하며, 이에 따라 사육되는 가축 마릿수가 증가할수록 온실가스 배출량도 증가하게 된다. 2020년을 기준으로 국내 축산부문 온실가스 배출량은 973만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(총 배출량의 1.5%)로, 이 중 474만 톤은 가축의 장내발효, 499만 톤은 가축분뇨 처리 과정에서 배출되었다(환경부 온실가스종합정보센터, 2023).

최근 서구화된 식습관 변화, 소득 증가, 외식산업의 발달 등으로 축산물 수요가 증가하고 있으며, 이러한 거시적 변화는 가축사육 마릿수 증가 및 축산부문 온실가스 배출량 증가의 주요 요인으로 작용하게 된다(관계부처 합동, 2021). 일례로, 반추가축의 장내발효로 인한 온실가스 배출량은 2019년(459만 톤 CO<sub>2</sub>eq.) 대비 2020년(574만 톤 CO<sub>2</sub>eq.) 3.4% 증가했으며, 가축분뇨 처리로 발생하는 온실가스 역시 2019년(490만 톤 CO<sub>2</sub>eq.) 대비 2020년(499만 톤 CO<sub>2</sub>eq.) 1.9% 증가하였다.

‘2050 탄소중립 시나리오안’에서 축산업과 관련된 감축 수단으로 ‘가축분뇨 자원순환 확대 및 저탄소 가축관리시스템 구축 등에 따른 온실가스 감축’을 제시하고 있다. 이를 위한 세부 방안으로는 ‘저메탄·저단백질 사료 보급’, ‘축산업의 생산성 향상’, ‘가축분뇨 에너지화 시설 처리율 확대’ 등이 있다. 그 외 농축수산분야 감축 수단 중에서 축산부문과 관련된 감축 수단으로는 고효율 에너지 설비 보급, 바이오매스 에너지화, 식단변화 등이 제시되고 있다(관계부처 합동, 2021). 이처럼 온실가스 감축과 관련하여 가축의 사육과정은 ‘가축 관리 단계’와 ‘가축분뇨 처리 단계’의 두 단계로 구분할 수 있으며, 각각의 단계별로 온실가스 감축을 위한 기술 개발 현황과 기술 도입의 효과를 평가할 필요가 있다.

구체적으로, ‘가축 관리 단계’에서는 온실가스 배출 감소를 위하여 가축의 사양 관리를 개선해야 하며, 이를 위해 축종별 특성을 고려한 저탄소 사양관리 기술 개발이 필요하다. 이와 더불어 소의 장내발효 과정 등에서 배출되는 메탄(CH<sub>4</sub>) 저감을 위한 저탄소 사료 개발은 가축의 생산성을 유지하면서 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 사료배합 기술의 개선이나 메탄(CH<sub>4</sub>)이나 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출 감소에 기여하는 사료첨가제 개발이 필요하다. 또한, 저탄소 사양관리를 통해 생산된 저탄소 축산물은 시장에서 차별화될 필요가 있으며, 저탄소 축산물 인증제 도입과 같이 저탄소 축산물 생산을 확대하기 위해 직불제와 연계시키는 방안도 검토할 수 있다(이용건 외, 2022; 정민국 외, 2021). 마지막으로, ‘가축 관리 단계’의 온실가스 감축 기술이 축산업 생산성, 축산물생산비, 축산물 공급 등 국가 전반에 미치는 영향을 종합 평가할 필요가 있다.

‘가축분뇨 처리 단계’에서는 온실가스 배출 감소를 위한 가축분뇨 에너지화 시설 처리율 확대 등 가축분뇨 처리 방법의 다양화가 필요하다. 특히, 가축분뇨 배출 증가와 더불어 농경지 감소 및 토양의 양분 초과로 인한 퇴·액비 수급불균형 문제가 지속해서 제기되고 있으며, 가축분뇨 에너지화 시설 처리율은 2018년 기준 5% 내외로 저조해 이를 확대할 방안 모색이 필요하다. 따라서 가축분뇨의 자원화(퇴·액비) 이외에 신재생에너지 생산(바이오가스 플랜트, 가축분뇨 고체연료) 등 처리 방식의 다양화가 요구되며, 이를 통한 온실가스 감축 효과를 검토할 필요가 있다.

이상과 같이 축산업은 농축산업분야 전체 온실가스 배출량(비에너지)의 46.2%를 차지하며, 가축사육 마릿수 증가로 배출량이 지속 증가하고 있어 축산부문의 온실가스 감축 정도는 농축산부문 탄소중립 목표 달성을 위한 핵심 성과지표라 할 수 있다. 따라서 축산부문 탄소중립 목표 달성을 위해서는 축산업의 가축 사육단계 전반에 대한 온실가스 감축 기술개발 현황을 검토하고, 기술 도입이 축산업 전반에 미치는 효과 평가가 선행되어야 한다. 이를 통해 저탄소 축산업으로 전환을 위한 방안과 정책과제를 도출할 필요가 있다.



## 1.2. 연구 목적

본 연구의 목적은 우리나라 탄소중립 실현을 목표로 축산부문 온실가스 감축을 위한 방안을 모색하고 정책과제를 도출하는 데 목적이 있다. 이를 위해 ‘가축 관리 단계’, ‘가축분뇨 처리 단계’로 구분되는 축산업의 가축 사육단계에 있어서 온실가스 감축 기술의 개발 현황과 도입 효과를 종합적으로 검토하였다. 아울러 축산부문 탄소 감축을 위한 해외 동향을 종합적으로 검토하고, 온실가스 감축 기술의 현장 수용성을 평가 및 도입 확대 방안을 모색하고자 하였다. 본 연구의 목적을 보다 구체화하면 다음과 같다. 첫째, 국내 축산부문 온실가스 감축 기술 및 정책 동향을 검토하고, 둘째, 주요국 축산부문 온실가스 감축 기술 개발 동향과 시사점을 도출하였다. 셋째, 축종별 축산농가를 대상으로 축산부문 온실가스 감축 기술의 현장 수용성 및 제약요인을 평가하고, 넷째, 축산부문 온실가스 감축 기술 도입의 효과를 분석하였다. 마지막으로, 저탄소 축산업으로 구조 전환을 위한 방안 및 정책과제를 도출하였다.

## 2. 선행연구 검토

그동안 축산업 환경 문제에 대한 사회적 관심 증가와 축산업의 지속가능성 확보를 위한 다양한 연구가 수행되어왔다. 축산업의 환경 문제에 관한 연구는 주로 가축분뇨 및 악취 발생과 관련하여 가축분뇨 자원화, 양분수지 개선, 축산업의 외부효과, 축산업의 사회적 책임과 관련된 연구가 주로 수행되었다. 2050 탄소중립(Net-zero)을 위한 축산부문 온실가스 감축 목표가 구체화 되면서 관심이 증대하고 있으며, 최근 온실가스 감축과 관련된 연구가 수행되고 있으나 이들 연구는 주로 환경영향 평가나 외부효과 또는 실험연구 측면에서 온실가스 감축 효과 산정을 위한 배출계수 개발 등에 집중하고 있다.

본 절에서는 선행연구를 축산부문 환경 관련 연구, 축산부문 온실가스 배출 관련 연구, 축산부문 온실가스 배출계수 개발 관련 연구로 구분하여 검토하였다.

## 2.1. 축산부문 환경 관련 연구

축산부문 환경과 관련된 연구들은 주로 축산업 환경과 관련하여 축산업의 발전 방향이나 지속가능성에 대해 분석하였으며, 정민국 외(2011), 이용건 외(2022), 우병준 외(2018, 2019), 우병준 외(2016), 지인배 외(2013) 등이 있다. 또한 가축분뇨와 관련된 연구로 정학균 외(2020), 조을생 외(2019), 김현중 외(2018), 정민국 외(2013), 김창길 외(2015) 등이 대표적이다. 이들 연구는 축산업의 지속가능성 제고를 위하여 적절한 정책 방향을 제시하고 개선방안을 도출하였다는 점에서 의의가 있다. 다만, 탄소중립 선언으로 축산업의 온실가스 감축에 대한 사회적 관심이 증가하는 등 축산환경에 대한 대내외적 여건이 변화함에도 온실가스 감축과 관련된 대응 방안이나 과제 도출은 제한적으로 추진되었다.

정민국 외(2011)는 지속가능하고 경쟁력 있는 축산업 선진화 방안을 도출하기 위해 ‘축산업의 선진화 개념’을 정의하고 기본방향을 제시하였다. 구체적으로, 축산업 선진화를 환경적 지속가능성(Sustainability), 뛰어난 방역 및 사양기술(Technology), 높은 생산성 및 품질 수준(Advanced), 이해관계자 간 높은 신뢰(Believed), 축산업 종사자의 높은 의식수준(Level-up)과 공정성(Equitableness)을 바탕으로 안정된(Stable) 상태로 정의하였다. 이 연구는 우리나라 축산업이 선진화되기 위해서는 경쟁력 제고뿐만 아니라 환경에 대한 부정적인 영향 감소와 축산업에 대한 긍정적 인식 변화가 필요함을 주장하였다.

이용건 외(2022)는 2011년 ‘축산업 선진화 개념’이 제시된 이후 10여 년이 경과함에 따라 최근 축산업을 둘러싼 여건 변화를 고려해 축산업 선진화 개념을 새롭게 정립하였다. 이 연구는 ‘탄소중립 시대의 축산업 선진화 개념’을 ‘전체적으로 새롭게 안정된 상태(New Stable)’로 정의하였다. 구체적으로, 이는 온실가스 배출

과 환경 문제 등에 대한 ‘감소 및 완화(New)’와 축산업의 지속가능성, 기술 수준, 생산성, 신뢰 등의 ‘향상 및 제고(Stable)’를 의미한다. 특히, 탄소중립 시대의 축산업은 온실가스 배출과 환경 문제 등과 관련이 높은 ‘감소 및 완화’ 측면을 강조할 필요가 있음을 지적하였다.

우병준 외(2018, 2019)는 축산업의 사회적 책임분야별 우수사례를 발굴·제시하고, 이를 토대로 축산업의 사회적 책임 이행과 지속가능한 성장에 필요한 정책 방향을 구체화하였다. 이를 위해 축산업의 사회적 책임 이행과 관련된 국내외 자료를 수집하고, 사회적 책임 이행 제고를 위해 소비자 조사를 실시하였다. 사회적 책임 우수사례, 소비자 조사 분석 결과를 종합해 축산업의 사회적 책임 이행을 위한 정책 방향으로 ‘더 책임지는 축산업’, ‘더 건강한 축산업’, ‘더 깨끗한 축산업’, ‘더 가까운 축산업’을 제시하였다.

우병준 외(2016)는 국내 축산업이 직면하고 있는 대내외적 상황을 분석하고, 축산업의 지속가능성 제고를 위한 미래 정책 방향을 제시하였다. 이 연구에서는 미래 축산정책의 목표를 지속가능한 축산업으로 설정하고, 이를 달성하기 위한 주요 과제를 제시하였다. 이 연구에서는 “축산물 위생·안전성”, “친환경 축산”, “농가경영 안정”, “생산기반 유지”, “미래성장산업화” 등 5개의 정책과제를 제안하였으며, 주요 과제별로 세부 전략 방안도 함께 제시하였다.

지인배 외(2013)는 축산업의 긍정적 외부효과와 부정적 외부효과에 대한 경제적 가치를 추정하였다. 이를 위해 일반 국민을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 가상가치평가법(CVM)을 적용하여 소비자의 지불의사(WTP)를 도출하였다. 부정적인 외부효과를 줄이기 위한 지불의사는 가구당 매년 7,495~10,314원으로 추정되었으며, 긍정적 외부효과의 경제적 가치는 약 1,345억~1,851억 원으로 분석하였다. 이로부터 지속가능한 친환경 축산업을 위해서는 축산업의 외부효과를 적극적으로 고려할 것을 권고하였다.

정학균 외(2020)는 지속가능한 농업의 주요 수단 중 하나인 경축순환농업의 경제적·환경적 편익을 분석하고 활성화 방안을 제시하였다. 이를 위해 방향거리함수 및 가상가치평가법을 적용하였으며, 전문가 조사를 통해 경축순환농업의 저해

요인을 분석하였다. 분석 결과에서 경축순환농업에 대한 지불의사액은 연간 13,960원/가구, 전체 편익은 207억 원으로 추정되었으며, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인을 경축순환농업의 가장 큰 저해 요인으로 지적하였다.

조을생 외(2019)는 국내외 가축분뇨 관리 정책을 고찰하고, 이를 통해 지속가능한 가축분뇨 관리방안을 제시하였다. 또한, 정화처리시설과 바이오가스화시설을 대상으로 전과정평가를 이용해 분석하였다. 분석 결과, 정화처리시설보다 바이오가스시설의 온실가스 감축 효과가 더 크다는 결과를 도출하였으며, 이로부터 축산업의 지속가능성을 고려할 때 바이오가스 처리시설을 우선 적용할 필요가 있음을 시사하였다.

김현중 외(2018)는 가축분뇨 자원화 여건을 고려한 가축분뇨 관리의 기본방향을 제시하였다. 구체적으로 가축분뇨 처리와 관련된 정부 재정사업인 가축분뇨처리지원사업과 유기질비료지원사업에 대한 평가를 토대로 개선방안을 제시하였다. 이 연구에서는 가축분뇨 처리방법의 다양화, 가축분뇨 처리시설의 확충, 기존 시설의 운영 안정화, 그리고 퇴·액비 광역 유통 활성화 등이 필요함을 제안하였다.

정민국 외(2013)는 가축분뇨자원화 사업의 경제성에 대한 실증적 분석과 가축분뇨 자원 이용과 관련된 우수사례 분석을 통해 지역단위 자원순환형 축산정책 추진전략을 제시하였다. 이 연구는 가축분뇨자원화 시설 기반조성 확대, 자원화 전문가 육성, 그리고 토양의 성분분석을 통한 경종·축산의 연계시스템 구축의 필요성을 주장하였다. 아울러 경지의 수용 능력을 고려한 가축분뇨 효율적 배분 계획 수립이 필요함을 제시하였다.

김창길 외(2015)는 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 지역단위 양분총량제의 효과적인 도입을 위해 지역별 양분수지를 분석하였다. 이를 위해 지역별 양분수지 자료를 구축한 뒤 양분수지 산정 프로그램을 적용하였다. 지역별 양분수지의 적정성을 분석한 결과, 적정수준 대비 경기도(233.5%), 충북(167.1%), 전북(154.6%) 순으로 양분이 과다 투입된 것으로 나타났다. 이로부터 이 연구는 질소수지를 기준으로 지역을 우수지역, 관심지역, 유도지역, 특별관리지역으로 구분하고 체계적인 양분관리가 필요함을 제시하였다.

## 2.2. 축산부문 온실가스 배출 관련 연구

축산부문에서 온실가스 배출과 관련된 대표적인 연구로 정민국 외(2021)와 이용건(2020), 박규현 외(2022)가 있으며, 농업·축산·임업분야의 녹색기술을 연구한 정학균 외(2021)의 연구가 있다. 이들 연구는 환경산업연관분석, 한계감축비용 등 분석을 통해 온실가스 비용 평가, 가축 사양관리 개선이나 녹색기술 도입을 통한 온실가스 감축 효과를 분석하였다. 이들 연구는 주로 축산업의 온실가스 배출 등 환경영향 평가에 초점을 두고 있다.

정민국 외(2021)는 국내 축산환경정책 추진 현황과 외국의 축산환경정책을 종합적으로 검토하여 환경과 조화로운 축산업 발전에 필요한 정책과제를 도출하였다. 구체적으로, 환경산업연관표를 작성·분석하여 축산업의 환경 영향을 평가하였으며, 가축 생애 전과정평가를 통해 가축 사양관리 변화와 생산성 향상이 축산 환경에 미치는 영향을 분석하였다. 이상의 결과로부터 가축의 사양관리 개선을 통해서도 온실가스 배출을 감축시킬 수 있으며, 이를 위해 가축분뇨 관리체계의 일원화 및 통합 관리, 축산환경규제에 대응한 지역단위 거버넌스 체계 구축, 저메탄·저단백 사양관리 기술개발 및 저탄소 축산물의 시장 차별화가 필요함을 제시하였다.

이용건(2020)은 낙농산업의 지역유형별 특성을 고려하여 낙농산업의 환경적 비용과 경제적 파급효과를 분석하였다. 이 연구는 환경산업연관표 작성을 통해 낙농산업의 온실가스 발생에 따른 환경비용을 분석하였으며, 2015년 기준 낙농산업의 온실가스 비용은 201억 원이며, 이는 낙농산업의 부가가치액의 3.1% 수준임을 분석하였다.

박규현 외(2022)는 전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA)를 활용하여 한우 사육에 있어서 장내발효, 분뇨처리에 의한 온실가스 배출뿐만 아니라 사료의 생산, 사육 및 분뇨처리과정에서의 에너지, 용수 사용에 의한 온실가스 배출도 포함하는 환경 영향을 평가하였다. 평가 결과 한우 1마리(생체중 692kg 기준)에 의한

탄소발자국은 16.0톤 CO<sub>2</sub>-eq.이며, 우리나라 한우산업은 식품 및 농산부산물을 사료로 활용하면서 연간 약 708만 톤의 온실가스를 간접 감축하는 것으로 제시하였다.

정학균 외(2021)는 온실가스 감축을 위한 녹색기술의 한계감축비용 및 경제적·환경적 파급효과를 분석하였다. 이를 위해 녹색기술을 비에너지 경종, 비에너지 축산, 에너지 경종 및 축산, 산림 등으로 구분하였다. 환경산업연관분석을 통해 경제·환경적 파급효과를 계측하였으며, 산란계사 LED 및 저단백 사료 급여 등 녹색기술을 적용하였을 때 산란계 LED 도입은 연간 70.5원/마리, 저단백 사료 급여 도입은 -10만 1,753원/마리의 경제적 파급효과를 보였다.

### 2.3. 축산부문 온실가스 감축 및 배출계수 개발 관련 연구

축산부문 온실가스 감축을 위한 제도나 방안과 관련된 연구로 저탄소축산물 인증제 도입방안을 연구한 전의찬 외(2022)와 환경부담 저감 사료 개발 및 보급 방안을 연구한 백명기 외(2021)가 있다. 한편, 온실가스 배출계수와 관련된 연구로는 김경훈 외(2017, 2018)는 실험연구를 통해 축산부문에서의 온실가스 배출계수 개발 및 온실가스 감축 기술의 효과를 분석하였으며, 최동운 외(2010)와 박유성 외(2020)는 가축분뇨 처리 방법별 온실가스 배출량을 분석하였다. 그 외 최근 들어 국내 축산부문 온실가스 배출계수 개발 등 실험연구는 활발히 수행되고 있다. 이 연구들은 온실가스 배출계수 개발에 집중하고 있으며, 국가고유 배출계수를 등록하는 등 성과를 나타내고 있으나, 해당 기술이 국내 산업 전반이나 경제에 미치는 영향은 다루지 못하였다.

구체적으로 전의찬 외(2022)는 2023년부터 시범사업으로 도입이 예정된 저탄소 축산물 인증제의 운영방안 및 운영을 위한 가이드라인을 제시하였다. 이 연구에서는 저탄소 축산기술에 대한 정의 및 선행연구 검토 등을 통해 각각의 감축 기술별 효과를 제시하였다.

백명기 외(2021)는 온실가스 감축을 위한 저메탄사료 및 적정단백질 사료에 대한 국내외 선행연구 조사를 통해 3-NOP, nitrate, 캐슈너트 추출물, 타닌, 해조류 추출물 등 메탄 저감 물질의 효과를 제시하고, 축종별 적정단백질 급여에 따른 질소 배출량 감소 효과 등을 제시하였다. 또한 이 연구에서는 농가 및 사료업체 조사 결과 저메탄사료의 생산성, 기호성, 안정성이 담보되어야 하며, 저메탄사료 사용에 따른 비용 증가분에 대한 인센티브제도가 필요함을 제안하였다.

김경훈 외(2017)는 가축의 장내발효 과정에서 온실가스 배출 저감을 위해 사료 급여 방식(TMR, 분리급여), 지방첨가 사료, 양질의 조사료 급여 조건별 온실가스 배출계수 개발 및 이를 통한 가축분뇨에서 메탄 배출과의 상관성을 분석하였다. 분석 결과, TMR 급여 방법이 분리급여 방법보다 메탄 배출량이 더 많았으며, 장내발효 메탄 발생량과 가축분뇨의 메탄 발생량은 부의 상관을 가지는 것을 확인하였다.

김경훈 외(2018)는 호흡챔버를 이용한 실측 방법과 사료섭취량 등을 이용하는 방법으로 구분하여 한우, 육우, 젖소의 메탄 배출계수를 계측하였다. 연구 결과, 축산부문 장내발효 메탄 배출계수 실측값 8개와 Tier 2 방법에 의한 배출계수 8건, 가축분뇨 메탄 배출계수 8개를 도출하였으며, 이 중 국가온실가스종합정보센터에 등록된 3건의 배출계수는 IPCC 배출계수와 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

최동윤 외(2010)은 가축분뇨 처리 과정의 온실가스 배출 저감을 위해 단순퇴적, 강제송풍, 자연송풍 등 퇴비화 방법 및 단순저장, 폭기 등 액비화 방법별 온실가스 배출량을 비교하였다. 실험연구 결과 퇴비는 교반처리, 액비는 폭기(1.0m<sup>3</sup>)처리가 온실가스 배출량이 가장 적은 것을 확인하였다.

박유성 외(2020)는 가축분뇨의 분해에 의한 직간접 온실가스 배출량과 분뇨처리시설 운영에 따른 에너지 사용량을 고려하는 전 과정 측면의 온실가스 배출계수를 개발하였다. 분뇨처리시설의 에너지 효율 개선이 온실가스 배출량 저감에 기여할 수 있으며, 우리나라 실정에 적합한 Tier 2 배출계수 개발이 필요함을 제안하였다.

## 2.4. 선행연구의 시사점과 본 연구의 차별성

기존의 축산업 환경 문제와 관련된 연구는 가축분뇨, 악취, 양분수지 등에 주안점을 두고 진행되었다. 그러나 최근 2050 탄소중립 선언과 함께 축산부문 온실가스 배출에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이에 따라 본 연구는 우리나라 탄소중립 실현을 목표로 축산부문의 온실가스 배출 감축에 중점을 두고 있다.

지금까지 축산부문 온실가스와 관련된 연구는 주로 가축사양과 관련된 실험연구를 중심으로 수행되었으며, 정책연구 및 경제학적 분석에 기반한 연구는 미흡하다. 축산업의 환경영향 평가의 일환으로 온실가스 배출 문제를 경제학적 관점에서 추진한 연구는 정민국 외(2021), 이용건(2020) 등 일부 연구가 있으나, 특정 축종에 대한 한정된 분석 및 온실가스 비용 평가에 머무르고 있다. 그러나 본 연구는 축산부문 온실가스 배출에 주안점을 두고 있으며, 특히 탄소중립 시나리오에서 축산부문 감축 수단으로 제시하고 있는 기술을 직접 평가하여 축산업 전반에 대한 효과를 분석한다는 점에서 차별성이 있다.

또한, 기존의 연구는 축산업과 관련된 환경 문제를 해결하기 위한 제도 개선과 정책 방안 제시를 주요 내용으로 하는 한편, 본 연구는 탄소중립 시나리오를 바탕으로 축산업 사육시스템을 구분하여 각 단계별 온실가스 감축 기술을 평가하고, 시나리오 분석을 통한 정책과제를 도출한다는 데 차별성이 있다.



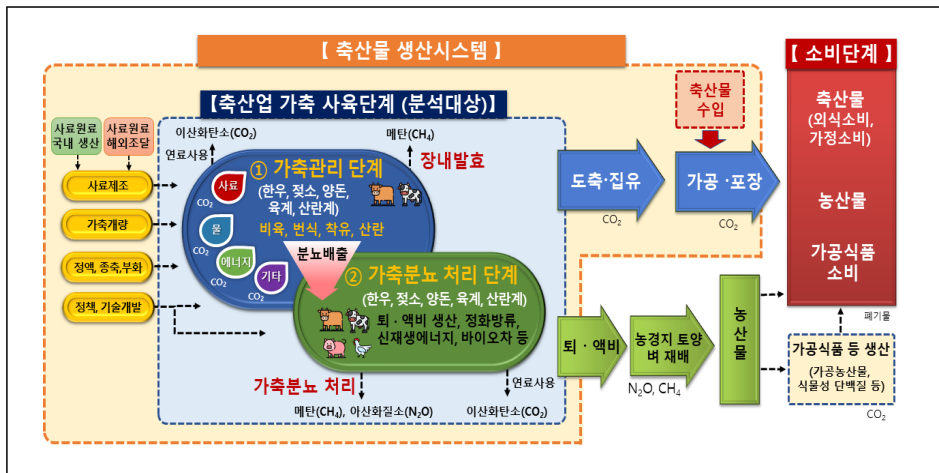
### 3. 연구범위와 방법

#### 3.1. 연구범위

본 연구는 ‘축산업의 가축 사육단계’에서 온실가스 감축 방안 도출을 목적으로 수행되었다. 따라서 연구범위는 온실가스 인벤토리 보고서의 비에너지분야 축산업 관련 집계 항목이며, 축산물 생산을 위한 ‘① 가축 관리 단계’와 ‘② 가축분뇨 처리 단계’를 주요 연구범위로 하였으며, 축산물 소비와 관련된 식단변화, 대체육 등은 분석대상에서 제외하였다.

연구대상은 국내에서 주로 사육되며, 온실가스 인벤토리에 개별 축종으로 배출량이 집계되는 한우, 젓소, 돼지, 육계, 산란계 등 5개 축종으로 하였다. 이상의 축종에 대해 축종별 분뇨 특성(성분, 배출계수, 수분 등) 및 사육방식의 특성을 고려하고자 하며, 축종별 배출량 및 감축 기술의 기대효과 등 축종별 우선순위를 고려하여 분석을 진행하였다. 온실가스 배출의 경우에 가축의 장내발효, 가축분뇨 처리 과정, 배출 이후 단계로 구분하여 분석을 진행하였다.

〈그림 1-1〉 연구범위



자료: 연구진 작성.

연구의 시간적 범위는 탄소중립 선언 기준 시점인 2018년부터 탄소중립 목표 설정 연도인 2050년까지이며, 국내 축산업을 공간적 범위로 설정하였다. 이에 따라 수입 축산물이나 수입 사료 원료 조달 등은 분석대상에서 제외하였다.

## 3.2. 연구 방법

연구 방법으로는 문헌조사 및 통계자료 분석, 설문조사 및 현지 출장조사, 전문가 워크숍 및 조사 위탁, 전문가 협의회, CGE 모형 등 계량경제 모형을 통한 정량분석, 축종별 축산농가 및 가축분뇨 처리시설의 GIS(Geographic Information System) 정보를 이용한 분석 등을 활용하였다.

먼저, 문헌 및 통계자료를 토대로 국내 축산업 현황 및 가축개량 관련 자료와 가축분뇨 처리 현황 및 퇴·액비 관련 자료를 수집하였다. 또한, 축산부문 온실가스 배출 현황 및 감축 기술 개발 현황 및 각각의 기술별 경제성, 효과성 등을 검토하고, 감축 기술을 평가하기 위한 이론적 배경을 검토하였다.

축산부문 온실가스 감축 기술에 대한 농가의 수용성을 조사하기 위하여 축산농가를 대상으로 한 설문조사를 실시하였다. 또한, 저탄소 사양기술 적용 축산농가 등을 대상으로 사례조사를 진행하고, 저메탄·저단백 등 저탄소 사료 생산업체 등을 대상으로 조사 및 인터뷰를 하였다. 가축분뇨 처리와 관련하여 에너지화 시설 등 가축분뇨 처리업체 등에 대한 사례조사도 병행하였다.

국의 주요국 축산부문 온실가스 감축 기술 및 관련 정책에 대해서는 전문가 워크숍을 통해 진행했으며, 가축사양 및 가축분뇨 전문가, 정책담당자, 교수, 생산자 단체 등을 대상으로 축산부문 온실가스 감축 목표 달성 및 정책 방안 도출을 위한 협의회 및 서면 자문 등을 실시하였다.

축산부문 특화 연산가능일반균형(Computable General Equilibrium: CGE) 모형을 구축하여 축산부문 온실가스 감축 기술 도입에 대한 경제적 파급효과를 분석하였다. 또한, 축산농가와 가축분뇨 처리시설 등의 GIS 공간정보를 활용하여 지

역별 사육 현황 및 밀집도, 축산농가와 가축분뇨 처리시설 분포 현황 및 거리 분석 등을 실시하였다.

〈표 1-1〉 분석자료 목록

구분	자료명	비고
축산부문 분석을 위한 기초자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축동향</li> <li>- 한국가축사양표준, 표준사료성분표</li> <li>- 《2022년 축산환경실태조사 보고서》</li> <li>- 축종별 가축분뇨배출원단위</li> <li>- 축산물생산비조사</li> <li>- 2023년 농업전망(가축사육전망)</li> <li>- 축종별 가축분뇨 내 성분 및 특성</li> </ul>	통계청, 농식품부 국립축산과학원 축산환경관리원 농식품부, 환경부 통계청 KREI 국립축산과학원
온실가스 배출 및 정책 관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 《IPCC 국가 인벤토리 작성 가이드라인》</li> <li>- 《국가 온실가스 인벤토리 보고서》</li> <li>- 연도별 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수</li> <li>- 온실가스 배출권 거래 현황</li> <li>- 온실가스 종합정보센터(홈페이지)</li> <li>- 《2050 탄소중립 시나리오》</li> <li>- 《2050 농식품 탄소중립 추진전략》</li> <li>- 《탄소중립·녹색성장 국가 기본계획》</li> <li>- 《축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략》</li> </ul>	IPCC(2019) 환경부 환경부 한국환경공단 환경부 관계부처합동 농림축산식품부 관계부처합동 농림축산식품부
축산부문 생산성 분석 관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우, 젖소, 돼지 등 가축개량 관련 자료</li> <li>- 축종별 유전능력평가보고서</li> <li>- 유우군능력검정사업보고서</li> </ul>	국립축산과학원 국립축산과학원 젖소개량사업소
축산부문 특화 CGE 모형 구축을 위한 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년 산업연관표(I-O table) 연장표</li> <li>- 국가 온실가스 인벤토리 보고서</li> <li>- 에너지통계연보</li> <li>- 산업별 탄력성 모수</li> </ul>	한국은행 환경부 에너지경제연구원 선행연구 인용
축산농가 및 가축분뇨 처리시설 GIS 분석을 위한 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “팜스(FAHMS)” 축산농장 데이터베이스</li> <li>- 공동자원화시설, 퇴·액비유통전문조직 등 운영 현황</li> <li>- 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황</li> </ul>	가축위생방역지원본부 농식품부, 축산환경관리원 환경부
기타 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농경지 면적 및 양분수지</li> <li>- 경종 및 과수작물 재배 현황</li> <li>- 부산물 사료 생산 및 공급 현황</li> <li>- 인구(장래인구추계 등)</li> </ul>	통계청, 농림축산식품부 등

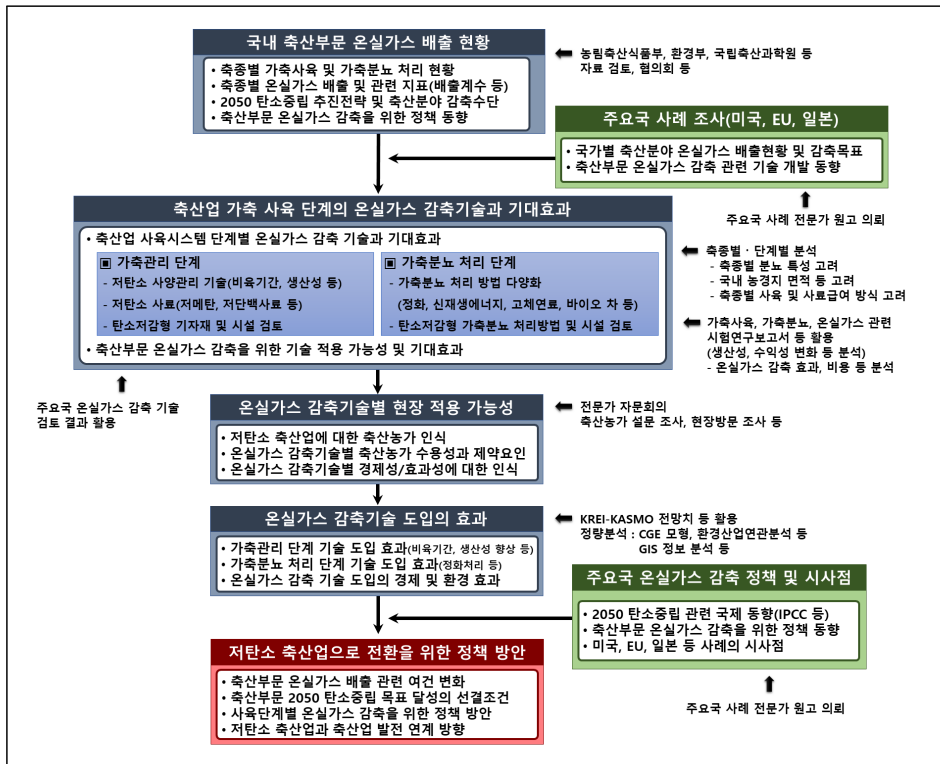
자료: 연구진 작성.

### 3.3. 연구추진 체계

본 연구의 연구추진 체계는 아래의 그림과 같다. 국내 축산부문 온실가스 배출 현황과 주요국 사례조사 결과를 바탕으로 국내 축산업 가축 사육단계의 온실가스 감축 기술 현황과 기대효과를 분석하였다. 또한, 축종별 축산농가를 대상으로 설문조사를 실시하여 온실가스 감축 기술에 대한 현장 적용 가능성을 평가하였다. 다음으로 온실가스 감축 기술 도입 시나리오별 효과분석, 계량경제모형과 GIS 분석 등을 바탕으로 온실가스 감축 기술 도입의 경제적 효과를 도출하였다.

이상의 연구 결과와 주요국 온실가스 감축 정책의 시사점을 바탕으로 저탄소 축산업으로 전환을 위한 정책 방안을 도출하였다.

〈그림 1-2〉 연구추진 체계도



자료: 연구진 작성.



제2장

## 축산부문 온실가스 배출 및 정책 동향



# 축산부문 온실가스 배출 및 정책 동향

## 1. 축산부문 온실가스 관련 지표 및 배출 현황

### 1.1. 가축사육 및 가축분뇨 배출 현황

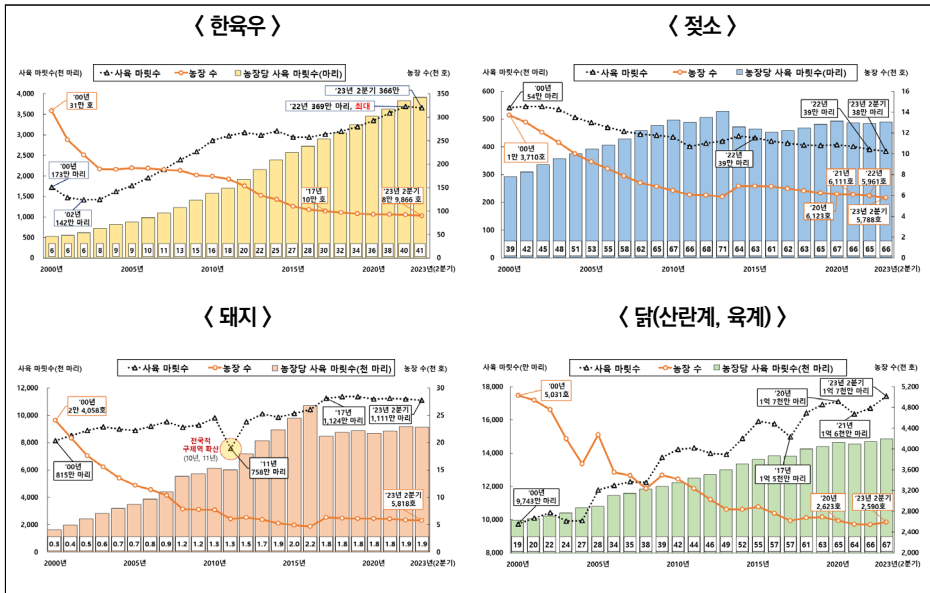
축산부문에서 배출되는 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 등의 온실가스는 생물산업이라는 축산업 특성상 가축사육 마릿수와 비례하는 구조를 가진다. 축종별 사육 마릿수는 젖소를 제외한 대부분의 축종에서 증가하는 추세를 보이며, 규모화를 나타내는 농가당 사육 마릿수는 모든 축종에서 증가하고 있다.

구체적으로, 축종별 사육 마릿수는 2000년부터 2022년까지 한육우가 연평균 3.50% 증가했으며, 닭 2.48%, 돼지 1.45% 순으로 증가했으며, 젖소는 같은 기간 1.47% 감소한 것으로 나타났다. 한편, 사육 농가 수는 모든 축종에서 감소하면서 농장당 사육 마릿수는 지속해서 증가하고 있다.

따라서 가축사육 마릿수 증가로 온실가스 배출량이 증가하고 있으며, 축산농가 규모화로 온실가스 배출 및 가축분뇨 배출량도 집약되고 있다.



〈그림 2-1〉 축종별 가축사육 및 규모화 현황



자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》를 이용해 작성함.

가축 마리당 배출하는 분과 뇨의 양을 의미하는 가축분뇨 배출원단위<sup>1)</sup>는 1991년 고시된 이후 약 10년을 주기로 개정되었다. 최근 개정은 2022년에 있었으며, 기존의 2008년 가축분뇨 배출원단위보다 육계를 제외한 대부분의 축종에서 가축분뇨 배출량이 감소하였다. 이는 사육 여건 변화 및 사양기술 향상에 기인한 것으로 보인다(한국농어민신문 보도자료, 2019. 7. 2.). 현행 온실가스 배출량 산정식에 가축분뇨 배출량이나 가축분뇨 배출원단위는 적용되지 않아 온실가스 배출량 변화에 직접적인 영향은 없다. 하지만, 가축분뇨 배출원단위는 가축분뇨 처리부분의 국가고유 온실가스 배출계수 개발에 활용되며, 가축분뇨 배출원단위 개정으로 인한 가축분뇨 배출량 변화는 가축분뇨 처리 방법 다양화를 위한 사업 및 방안 수립 등에 활용되고 있다.

1) 가축분뇨 배출원단위는 농가 차원에서 가축분뇨 발생량 산정, 가축분뇨 처리시설 및 저장시설 설치용량 결정 시 참고자료로 활용되고 있다. 가축분뇨 배출원단위는 국가 차원에서는 양분관리, 가축분뇨 관련 정책 수립, 가축분뇨에 의한 환경오염 부하량 산정 시 기초자료로 활용되고 있다(한국농어민신문 보도자료, 2019. 7. 2.).

〈표 2-1〉 가축분뇨 배출원단위

단위: kg/마리, 일

축종 구분	2008년 가축분뇨 배출원단위				오염총량관리기술지침(2022)			2022년 가축분뇨 배출원단위			
	분	뇨	세정수	계	고형물질 발생유량 (분)	폐수 발생유량 (뇨, 세정수)	계	분	뇨	세정수	계
한육우	8.0	5.7	0.0	13.7	8.0 (8.1)	4.9 (6.5)	12.9 (14.6)	7.98	4.87	-	12.85
젖소	19.2	10.9	7.6	37.7	17.1 (19.7)	23.5 (25.9)	40.6 (45.6)	17.09	10.72	-	27.81
돼지	0.87	1.74	2.49	5.1	0.8 (1.2)	3.9 (7.4)	4.7 (8.6)	0.83	3.70	0.20	4.73
닭	산란계	0.1247			0.17 (0.08)	0 (0)	0.17 (0.08)	0.09905			
	육계	0.0855						0.09695			
오리	-	-	-	-	-	-	-	0.19104			
말	-	-	-	-	6.8 (5.4)	4.3 (4.3)	11.1 (9.7)	6.8	4.3	-	11.1
양·사슴	-	-	-	-	0.2 (0.2)	0.4 (0.5)	0.6 (0.7)	0.2	0.4	-	0.6
염소	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.36	-	0.69
개	-	-	-	-	0.3 (0.3)	1.8 (0.8)	2.1 (1.1)	0.3	1.8	-	2.1

주 1) '-'는 자료를 공표하지 않음.

2) 1m³=1kl=1톤으로 간주하여 kg 단위로 제시함.

3) 오염총량관리기술지침 수치 중 ( )는 2002년 수질오염총량관리기술지침의 축종별 발생유량 원단위임.

자료: 국립환경과학원(2022: 41), 《오염총량관리기술지침》; 농사로 홈페이지(<https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psg/psga/psgaa/exhstwonUnitCalc.ps?menuId=PS03132>) 가축분뇨배출원단위, 검색일: 2023. 5. 15.; 환경부 공고([https://www.me.go.kr/home/web/policy\\_data/read.do?pagerOffset=23&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.toInpYmd=null&condition.fromInpYmd=null&condition.orderSeqId=6856&condition.rnSeq=397&condition.deleteYn=N&condition.deptNm=null&seq=7981](https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=23&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.toInpYmd=null&condition.fromInpYmd=null&condition.orderSeqId=6856&condition.rnSeq=397&condition.deleteYn=N&condition.deptNm=null&seq=7981)), 가축분뇨 배출원단위(환경부공고 제2022-444호), 검색일: 2023. 8. 15.

가축분뇨 발생량 및 처리 현황은 농림축산식품부와 환경부에서 공표하고 있으나, 자료 작성 기준에 차이가 있어 두 기관의 가축분뇨 발생량 및 처리 현황은 정확히 일치하지는 않는다. 환경부 가축분뇨 발생량은 매년 12월 31일 기준 사육 마릿수에 가축분뇨 배출원단위를 적용하여 일별 배출량을 공표하고 있다. 농림축산식품부 가축분뇨 발생량은 2020년까지 가축통계의 매년 1~4분기 평균 사육 마릿수(기타가축은 12월 사육 마릿수)를 기준으로 연간 배출량을 공표해왔으며, 2021년부터는 축산환경 실태조사를 통해 자료를 작성하고 있다.

환경부의 축종별 가축분뇨 배출량은 적용하는 배출원단위가 변경되어 산정 기준에 차이는 있으나, 가축사육 마릿수 증가로 증가 추이를 나타내고 있다. 2020년 기준 일일 가축분뇨 배출량은 14만 톤이며, 이 중 돼지가 40.3%(5만 6천 톤)로 가장 많으며, 한육우 32.1%(4만 5천 톤), 가금 17.3%(2만 4천 톤), 젓소 8.9%(1만 2천 톤) 순으로 나타났다. 2019년까지는 '08년 배출원단위를 적용하다가 2020년부터는 '22년 공표된 배출원단위를 적용하여 전년 대비 가축분뇨 배출량이 감소하였으나, 사육 마릿수 증가로 2021년 배출량은 전년 대비 증가한 것으로 확인되었다.

〈표 2-2〉 축종별 가축분뇨 배출량(환경부)

연도		총합계	한육우	젓소	돼지	가금	기타가축
가축분뇨 배출량 (톤/일)	2010년 (‘08년 원단위)	135,697 (100.0)	37,653 (27.7)	19,155 (14.1)	57,059 (42.0)	20,287 (15.0)	1,542 (1.1)
	2015년 (‘08년 원단위)	134,562 (100.0)	39,072 (29.0)	17,101 (12.7)	54,268 (40.3)	22,729 (16.9)	1,392 (1.0)
	2018년 (‘08년 원단위)	144,313 (100.0)	42,121 (29.2)	16,772 (11.6)	58,614 (40.6)	25,250 (17.5)	1,555 (1.1)
	2020년 (‘22년 원단위)	139,753 (100.0)	44,921 (32.1)	12,411 (8.9)	56,270 (40.3)	24,156 (17.3)	1,996 (1.4)
	2021년 (‘22년 원단위)	142,155 (100.0)	46,676 (32.8)	12,765 (9.0)	56,570 (39.8)		26,145 (18.4)
〈참고〉 사육 마릿수 (천 마리)	2010년	208,274	2,748	508	11,188	192,613	1,217
	2015년	236,801	2,852	454	10,641	221,797	1,058
	2018년	261,477	3,075	445	11,493	245,244	1,220
	2020년	247,111	3,496	446	11,896	230,140	1,133

주 1) 조사기준일: 매년 12월 31일 기준.

2) 2010~2019년에는 사육여건 변화, 사육관리기술 향상 등에 따라 재산정된 2008년 기준 가축분뇨 배출원단위(소, 말, 젓소, 돼지, 닭) 적용, 2002년 수질오염총량관리기술지침에 따라 축종별 발생유량 원단위(그 외 축종)를 적용하여 가축분뇨 발생량을 산정함.

3) 2020년부터 사육여건 변화 및 사육관리기술 향상 등에 따라 재산정된 2022년 기준 가축분뇨 배출원단위(한우, 젓소, 돼지, 닭, 오리, 말, 염소, 양, 사슴, 개) 적용, 2022년 오염총량관리기술지침에 따라 축종별 발생유량 원단위(그 외 축종)를 적용하여 가축분뇨 발생량을 산정함.

4) 가금은 산란계, 육계, 오리, 타조 등이며, 기타가축은 말, 양·사슴, 개(애완견 제외)를 포함함.

5) ( )는 축종별 가축분뇨 배출 비율(%)이며, 반올림으로 합계가 일치하지 않을 수 있음.

자료: 환경부 홈페이지(<https://www.me.go.kr/home/web/main.do>), 검색일: 2023. 5. 15.; e-나라지표([https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1475](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1475)), 가축분뇨 발생량 및 처리 현황, 검색일: 2023. 5. 15.

환경부의 가축분뇨 처리 현황은 자가처리와 위탁처리로 구분되며, 2019년부터는 위탁처리 물량도 퇴·액비, 정화방류 등으로 구분하여 공표하고 있다. 가축분뇨 처리 주체별 처리 물량 비율은 2021년 기준 자가처리가 80.5%, 위탁처리가 19.5%로 자가처리 비중이 더 높았다. 또한, 동기간 가축분뇨 처리 방법별 비율은 퇴비화 74.6%(자가 70.6%, 위탁 4.0%), 액비화 12.9%(자가 4.7%, 위탁 8.2%), 정화방류 12.1%(자가 5.1%, 위탁 7.0%)로 나타났다. 2021년 기준 자가처리 물량의 대부분인 93.5%는 자원화(퇴비, 액비)되었으며, 정화방류 물량은 6.4%로 적었다. 한편 위탁처리 물량의 62.4%는 자원화(퇴비, 액비)되었으며, 정화방류 물량은 35.7%로 자가처리보다 위탁처리의 정화방류 비율이 더 높았다.

〈표 2-3〉 가축분뇨 배출 및 처리 현황(환경부)

연도	분뇨 배출량 (톤/일)	자가처리(톤/일)					위탁처리(톤/일)				
		퇴비	액비	정화 방류	기타	계	퇴비	액비	정화 방류	기타	계
2015	134,562	88,620	7,203	4,771	1,896	102,488	-	-	-	-	32,073
2018	144,313	105,653	3,678	6,060	388	115,779	-	-	-	-	28,534
2019	153,220	107,768	5,287	9,129	135	122,319	9,107	10,882	10,473	440	30,901
2020	139,753 (100.0)	98,659 (70.6)	6,800 (4.9)	7,966 (5.7)	94 (0.1)	113,520 (81.2)	6,074 (4.3)	10,263 (7.3)	9,461 (6.8)	436 (0.3)	26,233 (18.8)
2021	142,155 (100.0)	100,326 (70.6)	6,709 (4.7)	7,274 (5.1)	57 (0.0)	114,367 (80.5)	5,666 (4.0)	11,676 (8.2)	9,931 (7.0)	515 (0.4)	27,788 (19.5)

주 1) 2018년 이전은 위탁처리의 세부적인 항목을 조사하지 않아 세부항목 작성 불가함.

2) ( )는 처리방법별 비율(%)임.

자료: e-나라지표([https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1475](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1475)), 가축분뇨 발생량 및 처리 현황, 검색일: 2023. 5. 15.

환경부 ‘국가 온실가스 인벤토리 보고서’ 가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량 산정에 이용되는 축종별 가축분뇨 처리시설 이용 비율은 다음과 같다. 2019년 기준 퇴비화 시설 이용률은 축종별로 한우(81%), 오리(83.9%), 젓소(79.5%)가 높았다. 이에 비해 돼지와 닭은 정화처리, 위탁처리 등 기타시설 이용률이 높은 것으로 나타났다.

〈표 2-4〉 연도별·축종별 가축분뇨 처리시설 이용비율

분뇨처리시설	연도	한육우	젓소	돼지	닭	오리
퇴비화 시설 (%)	2015	84.7	75.63	9.8	29.21	44.37
	2018	81.5	78.35	10.93	30.43	57.31
	2019	80.98	79.52	7.51	25.28	83.89
	2020	80.98	79.52	7.51	25.28	83.89
액비화 시설 (%)	2015	0.56	0.27	28.03	2.79	4.29
	2018	0.21	-	11.43	-	-
	2019	0.12	-	26.8	-	-
	2020	0.12	-	26.8	-	-
기타 시설 (%)	2015	14.74	24.1	62.17	67.99	51.33
	2018	18.3	21.65	77.65	69.57	42.69
	2019	18.9	20.48	65.69	74.72	16.11
	2020	18.9	20.48	65.69	74.72	16.11

주 1) 기타 시설에는 정화처리, 기타자체처리, 위탁처리가 포함됨.

2) 기타 가축으로 염소, 사슴, 말, 양 등이 있으며, 100% 퇴비화 시설 이용을 적용함.

3) 2020년은 신규조사 자료가 없으므로 근접한 과거연도(2019)의 값을 준용함.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》.

가축분뇨 처리시설 현황을 살펴보면, 공동자원화시설은 88개소, 퇴·액비 유통 전문조직 305개소, 가축분뇨 공공처리시설 105개소가 운영되고 있다. 농림축산 식품부에서 운영하는 공동자원화시설은 대부분 퇴·액비화 시설(80개소)이며, 에너지화 시설은 8개소가 운영되고 있다. 또한, 환경부에서 운영하는 가축분뇨 공공처리시설은 주 처리방식 기준으로 정화처리 91개소, 퇴·액비화 8개소, 에너지화 시설 6개소가 운영되고 있으며, 주로 정화처리에 집중되어 있다.

〈표 2-5〉 가축분뇨 처리 형태별 처리시설 현황

운영주체	구분		시설 수 (개소)	처리용량(톤/일)			
				100 미만	100 이상 200 미만	200 이상	
농림축산 식품부	공동자원화 시설	퇴·액비화	80	47	25	8	
		에너지화	8(1)	3	2(1)	3	
		소계	88	50	27	11	
	퇴·액비 유통전문조직	사업주체		농업회사	농축협	민간	영농조합
		퇴비	136	7	61	-	68
		액비	169	23	22	1	123
		소계	305	30	83	1	191
	마을형 퇴비저장시설		18				
	환경부	가축분뇨 공공처리시설	처리용량(톤/일)		100 미만	100 이상 200 미만	200 이상
			정화처리	91(1)	27(1)	43	21
퇴·액비화			8(1)	7(1)	1	-	
에너지화			6(6)	2(2)	3(3)	1(1)	
소계			105	36(4)	47(3)	22(1)	

주 1) 가축분뇨 공공처리시설은 주 처리방식을 기준으로 분류했으며, ( )안의 수치는 음폐수를 함께 처리하는 시설 수를 의미함.

2) 가축분뇨 공공처리시설은 2020년 기준이며, 그 외 시설은 2022년 말 기준임.

3) 액비유통전문조직 중 2022년 기준 미운영 업체 3개소는 제외함.

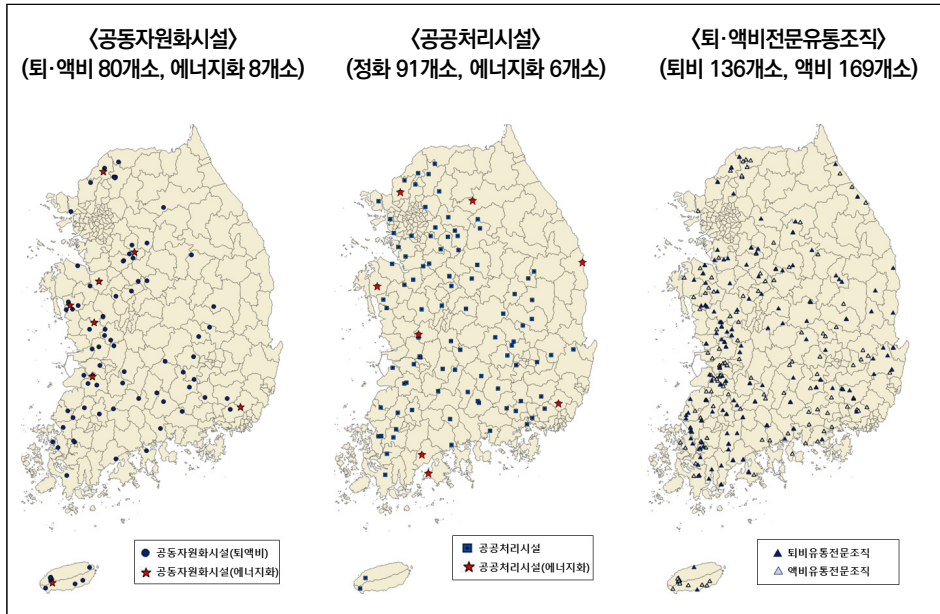
4) 퇴비와 액비를 함께 취급하는 유통전문조직은 30개소임.

5) 가축분뇨 공공처리시설 중에서 주 처리방식이 에너지화인 시설은 6개소이며, 보조 처리방식이 에너지화인 시설은 2개소로 총 8개소에서 에너지화 시설을 운영하고 있음.

자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료.

지역별 가축분뇨 처리시설의 분포 현황을 살펴보면, 퇴·액비와 관련된 시설은 전국에 분포하고 있으나, 충청북도에서 에너지화 시설이 없는 것으로 나타났다. 지역별 에너지화 시설은 충청남도에 5개소가 운영되고 있어 가장 많았으며, 경기도 3개소, 경상남도와 전라남도에 각각 2개소가 있었다. 강원도, 경상북도, 제주도에 각각 1개소가 운영되고 있었다.

〈그림 2-2〉 가축분뇨 처리시설 유형별 분포 현황



- 주 1) 가축분뇨공공처리시설은 2020년 기준이며, 그 외 시설은 2022년 말 기준임.  
 2) 가축분뇨공공처리시설은 주 처리방식을 기준으로 분류함.  
 3) 가축분뇨 공공처리시설 중에서 주 처리방식이 에너지화인 시설은 6개소이며, 보조 처리방식이 에너지화인 시설은 2개소로 총 8개소에서 에너지화 시설을 운영하고 있음.  
 자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료.

## 1.2. 축산부문 온실가스 배출계수 및 배출량 산정 방법

국가 온실가스 인벤토리에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCS), 과불화탄소(PFCS), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 등 적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 6개 대표 온실가스에 대한 배출량이 제시되어 있다(온실가스종합정보센터, 2023). 이러한 대표 온실가스 중 축산부문에서 배출되는 온실가스는 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 대표적이다.

이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 지구온난화를 유발하는 주요 원인물질로 인간의 화석연료 소비 증가로 배출되는 대표적인 온실가스로, 전체 온실가스 배출량 중 80% 이상을 차지하며, 대기 중에 체류 기간은 100~300년으로 상당히 길다는 특징이 있다

(국가기상위성센터 홈페이지, 검색일: 2023. 2. 1.). 메탄(CH<sub>4</sub>)은 유기물이 분해될 때 주로 발생하며, 축산부문에서는 반추가축의 소화기관 내 발효(장내발효)와 가축분뇨의 혐기적 분해로 발생한다. 메탄의 온실효과는 이산화탄소에 비해 크지만, 대기 중에서 반응하여 분해되기 때문에 대기 중에 체류 기간은 12년으로 비교적 짧다(IPCC 홈페이지, 검색일: 2023. 2. 1.). 아산화질소(N<sub>2</sub>O)는 가축분뇨 내 질소 성분이 산소 공급 수준에 따라 질산화와 탈진화 과정을 거치면서 발생한다(환경부 온실가스종합정보센터, 2023). 아산화질소(N<sub>2</sub>O)의 온실효과는 이산화탄소나 메탄에 비해 크며, 대기 중에 체류하는 기간도 100년 이상으로 길다(IPCC 홈페이지, 검색일: 2023. 2. 1.).

축산부문에서 배출되는 주요 온실가스 중 하나인 메탄(CH<sub>4</sub>)은 지구온난화지수(GWP)<sup>2)</sup>는 높아 온난화에 미치는 영향은 크지만, 대기 중에 지속하는 체류시간이 짧은 것이 특징이다.

〈표 2-6〉 주요 온실가스 종류별 지구온난화지수와 수명

종류	2022년까지 적용			2023년부터 적용(예정)			IPCC 제6차 평가보고서(2023년)			
	IPCC 제2차 평가보고서(1995년)			IPCC 제5차 평가보고서(2014년)			IPCC 제6차 평가보고서(2023년)			
	수명(년)	지구온난화지수		수명(년)	지구온난화지수		수명(년)	지구온난화지수		
GWP-20		GWP-100	GWP-20		GWP-100	GWP-20		GWP-100		
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	-	1	1	-	1	1	-	1	1	
메탄(CH <sub>4</sub> )	화석	12	56	21	12.4	84	28	11.8	82.5	29.8
	비화석							11.8	79.7	27.0
아산화질소(N <sub>2</sub> O)	120	280	310	121	264	265	109	273	273	

주: 'GWP-100'은 100년 동안의 지구온난화지수, 'GWP-20'은 20년 동안의 지구온난화지수를 의미함. 우리나라 2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 IPCC 제2차 평가보고서의 'GWP-100' 수치를 적용했으며, 2023년 국가 온실가스 인벤토리 보고서부터는 IPCC 제5차 평가보고서의 'GWP-100' 수치 적용 예정임.  
 자료: IPCC 홈페이지(<https://www.ipcc.ch/IPCC>), 검색일 2023. 2. 1.; IPCC(1996), IPCC(2007); IPCC(2023)를 요약해 작성함.

2) 지구온난화지수(Global Warming Potential: GWP)는 기준 물질인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 대비 특정 시간대에 축적된 특정 물질의 단위당 배출량에 대한 복사 강제력을 계산하는 지수임. 지구온난화지수는 해당 물질이 대기 중에 잔류하는 시간과 해당 물질이 갖고 있는 복사 강제력의 크기가 조합된 효과를 나타냄(IPCC 홈페이지, 검색일: 2023. 2. 1.).



정부는 ‘저탄소 녹색성장 기본법’에 근거해 매년 ‘국가 온실가스 인벤토리 보고서’를 작성하고 있다. 축산부문과 관련된 배출원은 장내발효부문에서는 가축의 장내발효에 의한 CH<sub>4</sub> 배출량을 산정하고, 가축분뇨 처리부문은 가축분뇨의 혐기적 분해에 의한 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O 배출량을 산정한다(환경부, 2023). 축산업의 장내발효부문 배출원은 한·육우, 젖소, 양(면양), 염소(산양), 말, 돼지, 사슴 등으로 구분된다.

2023년 인벤토리 보고서는 작성부터는 장내발효부문 배출계수 적용방식에 변화가 있다.<sup>3)</sup> 구체적으로, 2022년 보고서까지는 1996년 IPCC 지침의 배출계수(Tier 1)의 기본 배출계수를 적용하였으나, 2023년 인벤토리 보고서 작성부터는 축종에 따라 2006년 IPCC 지침(Tier 1)의 기본 배출계수를 적용하되, 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용하는 것으로 변경되었다. 이에 따라 2023년 인벤토리 보고서 작성부터 한우(일부)와 젖소, 돼지는 국가고유 배출계수 적용한다(환경부, 2023).

〈표 2-7〉 축종별 장내발효 부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수

축종		2022년까지 적용 (1996년 IPCC 지침)	2023년부터 적용(예정)	
			배출계수 출처	
젖소	1세 미만	118	33	국가고유계수 (‘20년 승인)
	1세 이상~2세 미만		83	
	2세 이상		139	
한우	수컷	47	43	국가고유계수 (‘18년 승인)
			1세 이상	
	암컷		45	
			1세 이상	53
육우			53	

3) 2022년 작성된 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 2020년까지 온실가스 배출량을 제공하며, 2023년 작성되는 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 2021년까지 온실가스 배출량을 제공할 예정이다.

(계속)

축종		2022년까지 적용 (1996년 IPCC 지침)	2023년부터 적용(예정)		
			배출계수 출처		
돼지	2개월 미만	1.5	0.16	국가고유계수 (22년 승인)	
	2개월 이상~4개월 미만		0.30		
	4개월 이상~6개월 미만		1.45		
	수컷		6개월 이상~ 8개월 미만		2.70
			8개월 이상		3.78
	암컷		6개월 이상~ 8개월 미만		3.30
			8개월 이상		4.71
	통합계수		0.98		
시슴		5	20	개발도상국 (2006년 IPCC 지침)	
양(면양), 염소(산양)		5	5		
말		18	18		

주: 가금(육계, 산란계, 오리) 배출계수는 IPCC에서 제공하지 않음.

자료: 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories를 바탕으로 연구진 작성.

가축분뇨 처리부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수는 2022년 인벤토리 보고서 작성까지는 1996년 IPCC 지침의 배출계수(Tier 1)의 기본 배출계수를 적용하였으나, 2023년 인벤토리 보고서 작성부터는 축종에 따라 2006년 IPCC 지침(Tier 1)의 기본 배출계수를 적용하는 것으로 변경되었다(환경부, 2023).

가축분뇨 처리부문 활동자료 중 돼지와 닭은 2022년 보고서 작성까지는 성장단계를 구분하지 않고 분기별 자료를 이용한 연도별 평균값을 적용하였다. 2023년 보고서 작성부터는 돼지는 가축동향조사의 월령별 통계 중 6개월 미만 사육 마릿수 합계를 돼지(비육용), 6개월 이상 사육 마릿수 합계를 돼지(번식용)로 적용하며, 닭은 가축동향조사 월령별 통계 중 3개월 미만 사육 마릿수 합계를 닭(육계), 3개월 이상 사육 마릿수 합계를 닭(산란계)으로 적용하게 된다(환경부, 2023).

〈표 2-8〉 축종별 가축분뇨 처리부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수

단위: CH<sub>4</sub> kg/마리, 년

축종		2022년까지 적용 (1996년 IPCC 지침)	2023년부터 적용 (2006년 IPCC 지침)	비고
젖소		36	58	IPCC 기본값(북미, 한대(≤14도))
한우		1	1	IPCC 기본값(북미, 한대(≤10도))
돼지	비육용	3	8	IPCC 기본값 (서유럽, 한대(≤14도))
	번식용		12	
닭·오리		0.078	-	IPCC 기본값 (선진국, 한대(≤15도))
닭(산란계)		-	0.03	
닭(육계), 오리		-	0.02	
양(면양)		0.10	0.10	IPCC 기본값 (개도국, 한대(≤15도))
염소(산양)		0.11	0.11	
말		1.09	1.09	
사슴		0.11	0.22	-

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》을 바탕으로 연구진 작성.

가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량은 2022년 보고서 작성까지는 Tier 1 방법을 적용해 산정했으며, 축종별 가축분뇨 처리시설 이용 비율, 축종별 분뇨로 배출하는 연평균 질소량, 가축분뇨 처리 시설별 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출계수(1996년 IPCC 지침)를 적용해 산정한다(환경부, 2023).

2023년 인벤토리 보고서 작성부터는 축종별 사육두수, 분뇨 내 질소량, 가축분뇨 처리 시설별 이용 비율, N<sub>2</sub>O 배출계수 등을 이용하여 산정하게 된다. 연간 축종별 질소 배출량은 가축단위(Animal Unit, 1,000kg 기준)별 질소 배출량과 단위 축종별 평균 체중을 활용하여 산정하며, 산정식에 의해 도출된 질소(N<sub>2</sub>O-N) 배출량에 분자량 비율(44/28)을 적용하여 N<sub>2</sub>O로 환산한다. 가축분뇨 처리부문의 한우와 돼지는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 온실가스 배출계수가 없는 경우에는 2006년 IPCC 지침의 분뇨처리 시설별 배출계수를 적용한다. 또한, 사슴의 질소 배출률은 2006년 IPCC 지침에서 제시하는 기본값이 없어 1996년 IPCC 지침의 질소 배출량 기본값을 적용하여 계산한다(환경부, 2023).

〈표 2-9〉 축종별 질소(N) 배출률

축종	2022년까지 적용 (1996년 IPCC 지침) (kg N/마리, 년)	2023년부터 적용(예정) (kg N/생체 1톤, 1일)	
		배출계수 출처	
한우	70	49.68(kg N/마리, 년)	국가고유계수 (2022년 승인)
돼지	20	10.97(kg N/마리, 년)	
비육용			
번식용			
젖소	100	0.44	북미 (2006년 IPCC 지침)
육우	70	0.31	
양(면양)	12	1.17	아시아 (2006년 IPCC 지침)
염소(산양)	40	1.37	
말		0.46	
사슴		40(kg N/마리, 년)	아시아 (1996년 IPCC 지침)
닭(산란계)	0.6	0.96	서유럽 (2006년 IPCC 지침)
닭(육계)		1.10	
오리		0.83	

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023년 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; 환경부 온실가스종합정보센터(2019), 《2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서》를 바탕으로 연구진 작성.

2023년 인벤토리 보고서 작성부터 축종별 연평균 질소(N) 배출량은 다음에 제시된 축종별 평균 체중을 반영해 산정하게 된다(환경부, 2023).

〈표 2-10〉 축종별 평균 체중(TAM)

단위: kg/마리

축종	2023년부터 적용(예정)(2006년 IPCC 지침)	배출계수 출처	
젖소	604	북미	
한·육우	389	북미	
양(면양)	28	개도국	
돼지	비육용	50	서유럽
	번식용	198	서유럽
염소(산양)	30	개도국	
말	238	개도국	
닭	산란계	1.8	선진국, 서유럽
	육계	0.9	선진국, 서유럽
오리	2.7	선진국	

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023년 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》을 바탕으로 연구진 작성.

2023년 인벤토리 보고서 작성부터 가축분뇨 처리 시설별 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출계수는 다음과 같다. 2022년까지 적용하던 배출계수보다 하향 조정되었으며, 시설 종류별 배출계수는 0.005kg N<sub>2</sub>O-N/kg N으로 같은 값을 적용한다(환경부, 2023).

〈표 2-11〉 가축분뇨 처리 시설별 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출계수

단위: kg N<sub>2</sub>O-N/kg N

시설 종류	2022년까지 적용 (1996년 IPCC 지침)	2023년부터 적용(예정)(2006년 IPCC 지침)	
		배출계수 출처	
액비화 시설	0.001	0.005	액체/슬러리
퇴비화 시설	0.02	0.005	-
기타 시설	0.005	0.005	강제폭기

주: '2022년까지 적용'의 기타시설은 정화처리, 기타자체처리, 위탁처리임.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; 환경부 온실가스종합정보센터(2019), 《2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서》를 바탕으로 연구진 작성.

2023년 인벤토리 보고서 작성부터는 가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 간접배출량을 추가로 산정하고 있으며, 간접배출량은 가축분뇨 처리 시 '휘발에 의해 발생하는 질소(N) 손실량'과 '대기침적에 의한 N<sub>2</sub>O 배출계수' 등을 이용하여 계산된다. 다만, 수계 유출에 의한 간접배출량은 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률<sup>4)</sup>에 따라 국내 발생량이 없어 산정에서 제외된다(환경부, 2023).

가축분뇨 처리부문의 휘발에 기인한 N<sub>2</sub>O 간접 배출계수는 2006년 IPCC 지침의 기본 배출계수인 0.01kg N<sub>2</sub>O-N/kg N을 적용한다. 축종별 가축분뇨 처리 시설별 처리 시 NH<sub>3</sub>와 NO<sub>x</sub>로 휘발되는 연간 질소 배출률은 2006년 IPCC 지침의 기본 값으로 적용한다(환경부, 2023).

4) '가축분뇨법' 시행규칙 [별표 2] 가축분뇨 처리시설의 설치기준에는 구조물의 천장·바닥 및 벽은 누수 되거나 빗물·지표수 등이 유입되지 아니하도록 방수재로 만들거나 방수재를 사용해야 하는 것으로 명시하고 있다.

〈표 2-12〉 가축분뇨 처리 시설별 암모니아와 질소산화물로 휘발되는 질소 배출률

단위: %

축종	'23년부터 적용(예정)(2006년 IPCC 지침)			
	고체	액체	기타	비고
한·육우	45	45	45	solid storage 일괄적용
젖소	30	40	40	액체/슬러리 적용
돼지(비육용, 번식용)	45	48	48	
양(면양)	12	0	0	100% 퇴비화
사슴(산양), 염소, 말	12	0	0	
닭(산란계)	55	55	55	깔짚 없는 축사
닭(육계), 오리	40	40	40	깔짚 축사

자료: 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories를 바탕으로 연구진 작성.

### 1.3. 국내 축산업 온실가스 배출 현황

2020년 기준 농업부문의 온실가스 발생량은 2,105만 톤으로, 2000년 2,137만 톤과 비교하였을 때 큰 변화는 없지만, 농업 내 온실가스 발생원별로 큰 차이를 보인다. 구체적으로, 벼재배 등 경종분야는 재배면적 감소로 온실가스 배출량이 감소하는 반면, 축산부문은 사육 마릿수 증가로 인해 온실가스 배출량 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 특히, 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스는 2000년 338만 톤에서 2020년 474만 톤으로 136만 톤 증가하였으며, 가축분뇨 처리 과정에서 발생한 온실가스는 같은 기간 387만 톤에서 499만 톤으로 112만 톤 증가하였다. 우리나라 탄소중립 기준연도인 2018년 대비 2020년 축산부문 온실가스 배출량도 장내발효에서 27만 톤 증가했으며, 가축분뇨 처리에서 5만 5천 톤 증가하였다. 축종별 온실가스 배출량 증가는 2018년부터 2020년까지 사육 마릿수가 많이 증가한 한·육우에서 크게 나타났다.

〈표 2-13〉 축산부문 온실가스 배출 현황(2022년 작성)

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

분야	2000년	2005년	2010년	2015년	2018년	2019년	2020년
에너지	411,585	469,373	565,692	600,266	632,629	611,567	569,917
연료 연소	408,915	466,261	561,912	596,502	628,202	607,370	565,711
그중 농업/축산업/임업	10,331	7,975	6,644	4,226	3,534	3,982	4,424
탈루	2,669	3,111	3,780	3,764	4,427	4,198	4,206
산업공정 (금속산업, 광물산업, 화학산업 등)	50,870	54,562	53,006	54,493	55,796	52,169	48,528
농업	21,369	20,739	22,070	20,984	21,136	20,964	21,050
축산	7,248	7,334	9,065	8,931	9,407	9,486	9,734
장내발효(CH <sub>4</sub> )	3,377	3,305	4,262	4,339	4,471	4,589	4,743
한육우	1,708	1,741	2,829	2,908	3,046	3,160	3,309
젖소	1,341	1,209	1,078	1,072	1,008	1,004	1,012
돼지	257	280	309	319	358	358	352
기타가축(양, 염소, 말 등)	71	75	46	41	59	66	70
가축분뇨 처리(CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)	3,871	4,029	4,803	4,592	4,936	4,897	4,991
한육우	1,100	1,121	1,822	1,838	1,876	1,939	2,030
젖소	884	797	711	671	640	640	645
돼지	1,090	1,190	1,314	1,166	1,400	1,277	1,255
가금류	542	660	816	790	829	822	826
기타가축(양, 염소, 말 등)	255	261	140	127	191	220	234
경종	14,121	13,404	13,005	12,053	11,728	11,479	11,316
벼재배(CH <sub>4</sub> )	8,946	8,395	7,836	6,793	6,251	5,913	5,698
농경지토양(N <sub>2</sub> O)	5,153	4,988	5,151	5,244	5,462	5,549	5,603
작물잔사소각	22	21	19	16	15	16	15
LULUCF	-60,084	-56,309	-56,078	-46,561	-40,334	-37,710	-37,876
폐기물	18,907	16,849	15,352	16,883	17,416	16,513	16,728
총배출량(LULUCF 제외)	502,730	561,522	656,120	692,626	726,978	701,214	656,223
순배출량(LULUCF 포함)	442,647	505,213	600,041	646,066	686,643	663,504	618,347

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서》 및 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36>), 검색일: 2023. 2. 5.를 이용해 작성함.

현재의 농축산업 생산 추세를 반영할 경우 향후 2050년까지 벼재배 등 경종부문은 경지면적의 감소로 온실가스 배출량이 감소하는 것으로 전망되나, 이와는 대조적으로 축산부문은 가축사육 마릿수 증가로 온실가스 배출량이 증가할 것으로 전망된다. 구체적으로, 가축사육 마릿수는 2018년을 기준으로 2050년까지 약

20% 이상 증가할 것으로 예상되며, 이에 따라 온실가스 배출량 또한 22.8% 이상 늘어날 것으로 예상된다. 따라서 축산업은 탄소중립 목표 달성을 위해 추가적인 감축 노력 확보와 신규 감축 수단의 지속 개발이 필요하다고 할 수 있다.

〈표 2-14〉 축산부문 여건 변화 및 온실가스 배출 전망

구분		2018년	전망			
			2030년	2040년	2050년	
농축산업 생산	경지면적(천 ha)	1,595	1,218	1,186	1,178	
	가축사육 마릿수(천마리)	188,584	207,446	220,006	226,521	
농경지 질소투입량	화학비료	244,059	238,894	238,752	238,744	
	축산분뇨	473,519	521,282	545,406	565,499	
온실가스 배출량 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)	경종	벼재배(A)	6,297	5,041	4,879	4,847
		농경지(B)	5,472	6,334	6,569	6,765
		작물잔사소각(C)	15	17	17	17
		경종 합계(A+B+C)	11,784	11,392	11,465	11,629
	축산	장내발효(D)	4,471	4,758	4,796	4,830
		가축분뇨 처리(E)	4,936	6,236	6,507	6,729
		축산 합계(D+E)	9,407	10,994	11,303	11,559

자료: 농림축산식품부(2021: 4), 《2050 탄소중립 추진전략》.

축종별 2018년 배출량 및 2030년 배출목표는 다음과 같다. 한우는 2018년 대비 74만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축을 목표로 하고 있으며, 돼지 41만 톤 CO<sub>2</sub>eq., 젓소 39만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 등을 감축하여 축산업 감축량 목표는 총 168만 톤 CO<sub>2</sub>eq.이다.

〈표 2-15〉 축종별 온실가스 배출량 전망

단위: 만 톤 CO<sub>2</sub>eq.

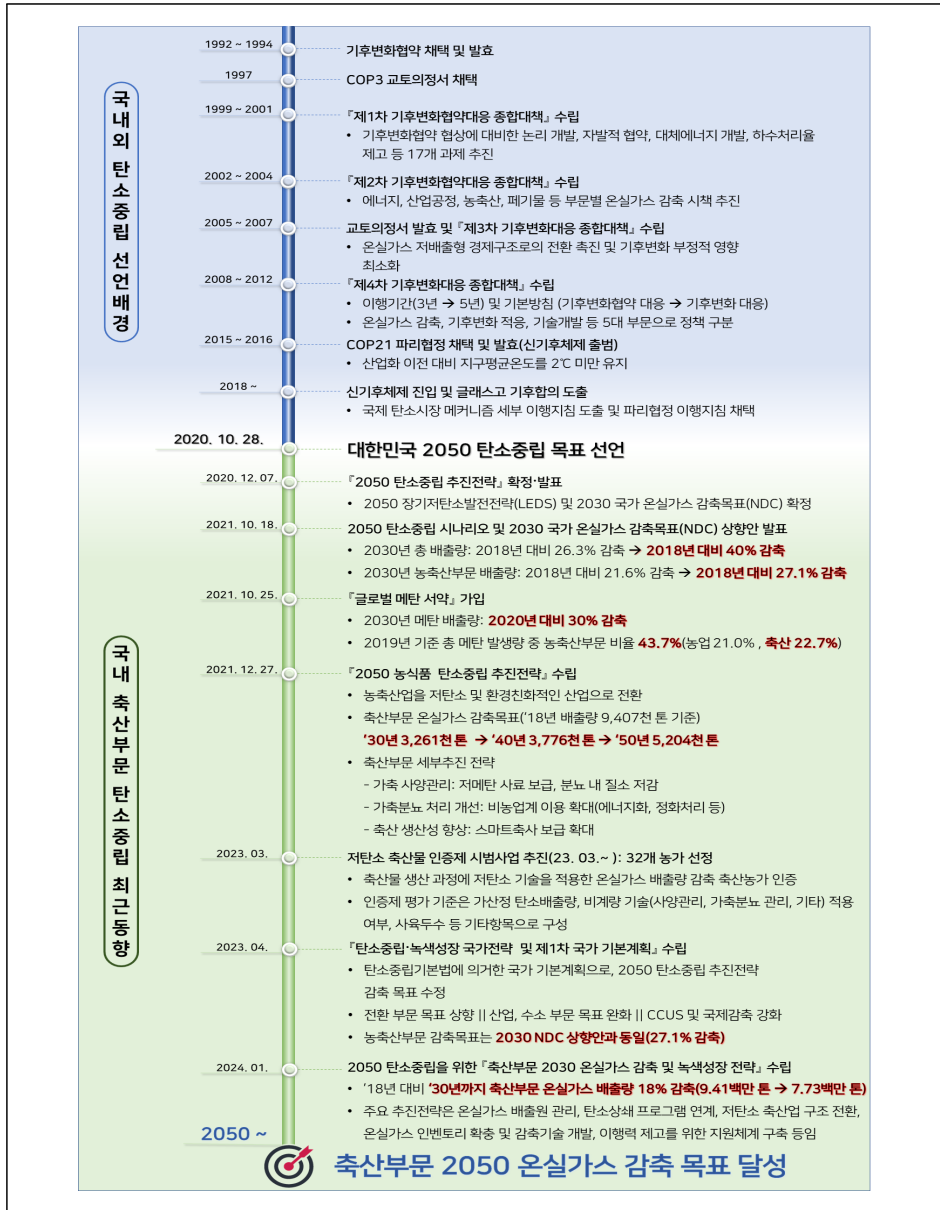
구분	2018년 배출량(A)			2030 배출목표(B)			감축량 (A-B, %)	
	합계	장내발효	가축분뇨 처리	합계	장내발효	가축분뇨 처리	168	18
	941	447	494	773	430	343		
한·육우	492	304	188	418	303	115	74	15
젓소	165	101	64	126	86	40	39	24
돼지	176	36	140	135	37	98	41	23
가금	83	-	83	80	-	80	3	4
기타	25	6	19	14	4	10	11	44

자료: 농림축산식품부(2024), 《2050 탄소중립을 위한 '축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략'(안)》.



## 2. 국내 축산부문 온실가스 감축을 위한 정책 동향

〈그림 2-3〉 국내 축산부문 온실가스 감축 정책 동향



자료: 농림축산식품부 내부자료 및 보도자료 등을 종합하여 작성함.

## 2.1. 축산부문 온실가스 감축 관련 기본계획

축산부문 온실가스와 관련된 기본계획은 크게 축산환경 개선계획, 가축분뇨관리 기본계획, 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획이 있다.<sup>5)</sup> 축산부문 온실가스 감축 방안을 도출하기 위해서는 법적 근거에 기반한 축산업 관련 중장기 계획을 면밀히 살펴볼 필요가 있다.

소관부처에 따라 가축분뇨 관리와 국가 탄소중립·녹색성장은 환경부에서 주관하고 있으며, 축산환경 개선은 농림축산식품부에서 주관하고 있다. 해당 계획들의 가장 큰 차이점은 축산환경 개선과 가축분뇨 관리는 축산부문의 온실가스 감축을 포함하여 축산업 전반에 대한 개선을 주요 내용으로 하는 데 반해, 국가 탄소중립·녹색성장은 탄소 감축에 집중하여 국가 단위 온실가스 감축 목표와 이를 달성하기 위한 세부추진 계획에 집중한다는 점이다.

〈표 2-16〉 축산부문 온실가스 관련 기본계획 수립 비교

구분	축산환경 개선계획	가축분뇨관리 기본계획	국가 탄소중립·녹색성장 기본계획
소관부처	농림축산식품부	환경부	환경부
근거법	‘축산법’ 제42조의13	‘가축분뇨법’ 제5조 및 동법 시행령 제3조	‘탄소중립법’ 제10조 및 동법 시행령 제5조
최근 수립 연도	2022년 2월	2004년 11월	2023년 4월
기본계획수립 (주체)	5년마다 (농식품부장관)	10년마다 (시·도지사)	5년마다 (정부)
세부(개선) 계획수립 (주체)	5년마다 (시·도지사)	10년마다 (시장·군수·구청장)	5년마다 (시·도지사)
추진상황 점검 (주체)	기본	-	매년 (탄소중립녹색성장위원회)
	세부	-	매년 (시·도지사)

5) 아직 법률 제정 및 사업이 추진된 지 얼마 되지 않아 성과를 평가하기는 이르지만, 기본계획 측면에서 진단은 의미가 있다.

(계속)

구분	축산환경 개선계획	가축분뇨관리 기본계획	국가 탄소중립·녹색성장 기본계획
계획수립 주요 내용	<p>‘축산법’ 제42조의 13 제4항에서 개선계획에 포함되어야 내용을 다음을 명시함.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축사의 설치 운영 현황과 개선에 관한 사항</li> <li>2. 축산악취, 분뇨처리 등 축산환경에 관한 현황과 개선에 관한 사항</li> <li>3. 그 밖에 축산환경 개선을 위하여 농림축산식품부령으로 정하는 사항</li> </ol>	<p>‘가축분뇨법’ 시행령 제3조에서 세부계획에 포함되어야 할 사항으로 다음을 명시함.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 관할구역의 지리적환경, 오염원 및 가축 현황 등에 관한 개요</li> <li>2. 연도별, 구역별, 가축 사육 현황 및 장래예정 가축 마릿수</li> <li>3. 가축별 가축분뇨발생량 및 장래예상 발생량</li> <li>4. 가축분뇨의 가축별 수집, 운반, 처리 현황과 계획</li> <li>5. 가축분뇨자원화에 관한 사항</li> <li>6. 축산농가의 가축분뇨 관리 현황과 개선계획</li> <li>7. 공공처리시설 및 공동자원화시설의 현황관리 및 설치계획</li> <li>8. 그 밖에 가축분뇨 관리를 위하여 필요한 것으로서 환경부 장관이 고시하는 사항</li> </ol>	<p>‘탄소중립법’ 제10조 및 시행령 제5조에서 세부계획에 포함되어야 할 사항으로 다음을 명시함.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국가비전과 온실가스 감축 목표에 관한 사항</li> <li>2. 국내외 기후변화 경향 및 미래 전망과 대기 중 온실가스 농도 변화</li> <li>3. 온실가스 배출·흡수 현황 및 전망</li> <li>4. 중장기감축목표 등의 달성을 위한 부문별·연도별 대책</li> <li>5. 기후변화의 감시·예측·영향·취약성평가 및 재난방지 등 적응대책에 관한 사항</li> <li>6. 정의로운 전환에 관한 사항</li> <li>7. 녹색기술·녹색산업 육성, 녹색금융 활성화 등 녹색성장 시책에 관한 사항</li> <li>8. 국제협상 및 국제협력, 국가와 지방자치단체의 협력에 관한 사항</li> <li>9. 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 재원의 규모와 조달 방안</li> <li>10. 각 분야별 정책과의 연계 및 감축대책에 따른 경제적 효과 분석</li> <li>11. 국제감축 사업의 목적, 원칙 및 추진 방안</li> </ol>

주: 근거 법령 정식명칭은 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(약칭: 가축분뇨법)’, ‘기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(약칭: 탄소중립법)’임.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr>), 축산법, 가축분뇨법, 탄소중립법, 검색일: 2023. 5. 17.을 토대로 연구진 작성함.

## 2.2. 국내 축산부문 온실가스 감축 계획

### 2.2.1. 2050 탄소중립 시나리오 및 2050 농식품 탄소중립 추진전략

지구온난화 대응을 위한 국제사회 노력에 동참하기 위해 ‘2050 탄소중립 선언(2020)’ 및 ‘2030 NDC 상향안 확정(2021)’ 이후 국내 농축산업분야도 탄소중립 실현을 위해 ‘2050 농식품 탄소중립 추진 전략(2021.12)’을 발표하는 등 국가적 노력을 기울이고 있다. ‘2030 NDC 상향안’은 2030년까지 국가 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축을 목표로 하며, 농축수산 부문은 2018년 대비 27.1% 감축하는 것을 목표로 설정하였다. ‘2050 탄소중립 시나리오’는 각 산업 부문별로 온실가스 순배출량이 ‘0’이 되도록 하는 2개의 시나리오로 구성되며, 농축수산 부문은 2018년 2,470만 톤에서 2050년 1,540만 톤으로 930만 톤(37.7%)의 감축목표를 설정하였다.

〈표 2-17〉 2050 탄소중립 시나리오 감축목표

단위: 백만 톤

구분	2018년 배출량 (기준연도)	NDC 상향안		2050 탄소중립 시나리오			
		2030년 배출량	(‘18년 대비) (%)	2050년 배출량(A안)	(‘18년 대비) (%)	2050년 배출량(B안)	(‘18년 대비) (%)
국가전체	727.6	436.6	(△40.0)	0	(△100)	0	(△100)
전환	269.6	149.9	(△44.4)	0	(△100)	20.7	(△92.3)
산업	260.5	222.6	(△14.5)	51.1	(△80.4)	51.1	(△80.4)
건물	52.1	35	(△32.8)	6.2	(△93.8)	6.2	(△93.8)
수송	98.1	61	(△37.8)	2.8	(△97.1)	9.2	(△90.6)
<b>농축수산</b>	24.7	18	(△27.1)	15.4	(△37.7)	15.4	(△37.7)
폐기물	17.1	9.1	(△46.8)	4.4	(△74.3)	4.4	(△74.3)
수소	-	7.6	-	0	-	9	-
탈루	5.6	5.2	-	0.5	-	1.3	-
흡수·국외	△41.3	△72.2	-	△25.3	-	△25.3	-

주 1) 시나리오 A는 연료전환, 영농법 개선, 저메탄·저단백질 사료 보급, 식단변화 반영.

2) 시나리오 B는 시나리오 A에 축산생산성 향상, 대체식품 시장 확대 반영.

자료: 농림축산식품부(2021: 2), 《2050 농식품 탄소중립 추진전략(2021.12)》.

‘2050 농식품 탄소중립 추진전략’에 제시된 축산부문 전략은 ‘가축 관리 단계’와 관련된 ‘가축 사양관리’와 ‘축산 생산성 향상’ 그리고 ‘가축분뇨 처리 단계’와 관련된 ‘가축분뇨 처리 개선’으로 구분할 수 있다. ‘가축 사양관리’는 저메탄사료 개발, 조단백 표시·함량 기준 강화 및 양질조사료 확대 등 저탄소 사양관리를 통한 온실가스 감축을 주요 내용으로 한다. ‘축산 생산성 향상’은 스마트축사 보급 확대 및 소 사육기간 단축을 통한 온실가스 감축이 주요 내용이다. 마지막으로, ‘가축분뇨 처리 개선’은 가축분뇨의 정화처리 비중을 확대하고, 바이오차·에너지화 등 비농업적 이용 확대를 통한 온실가스 감축을 주요 내용으로 한다.

〈표 2-18〉 2050 탄소중립 추진전략 축산부문 로드맵

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분		2030년		2040년		2050년			
		목표	감축량	목표	감축량	목표	감축량		
장내발효	지표	· 저메탄사료 보급(2세 이상 소 보급률)	30%	121	65%	261	100%	402	
		· 분뇨 내 질소 저감	13.2%	630	13.2%	654	13.2%	673	
	수단	· 저메탄사료 개발	· 2세 이상 한육우·젖소 저메탄사료 100% 보급		· 2세 이상 한육우·젖소 저메탄사료 100% 보급		· 2세 이상 한육우·젖소 저메탄사료 100% 보급		
		· 저단백 사료 개발	· 조단백질 함량 2% 감축		· 조단백질 함량 2% 감축		· 조단백질 함량 2% 감축		
가축분뇨	지표	· 비농업계 이용(에너지화·정화처리 비율)		33%	2,058	34%	2,212	35%	2,355
	수단	· 가축분뇨 에너지화 시설 확충		· 지역주민 이익 공유방안 마련		· 에너지 수요처 인근 시설 확충		· 가축분뇨발생량 10% 에너지화	
		· 가축분뇨이용바이오차생산		· 바이오차, 고체연료, 퇴비수출 등 비농업계 이용 기반마련		· 바이오차, 고체연료 등 퇴비의 비농업계 이용 확대		· 가축분뇨의 새로운 처리방식 개발	
생산성 향상	지표	· 식단변화에 따른 가축감소율(%)		-	-	-	-	10.2%	995
		· 축산생산성 향상(스마트축사 보급률)		30%	389	40%	507	50%	579
		· 대체식품		4.4%	63	9.7%	142	15%	200
	수단	· 식생활소비 개선		· 전문인력양성· 교육기관 지정		· 우수체험공간 지정·교육확대		· 체험공간 및 교육 지속 확대	
		· 저탄소 미래형 식자재 공급기반 구축		· 대체식품·소재 발굴 및 기술개발		· 대체식품·소재 상품화 및 시장형성		· 대체식품·소재 시장 고도화	
축산부문 온실가스 감축량		-	3,261	-	3,776	-	5,204		

자료: 농림축산식품부(2021: 9), 《2050 농식품 탄소중립 추진전략》.

## 2.2.2. 글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge)

이에 더하여 우리나라는 2021년 글로벌 메탄 서약 가입으로 2030년까지 2020년 대비 전체 메탄 배출량 30% 이상 감축해야 한다. 농축산부문은 우리나라 메탄 배출량의 43.7%를 차지하고 있으며, 장내발효 등 축산부문은 22.7%를 차지하고 있기 때문에 글로벌 메탄 서약 달성을 위한 중점분야라고 할 수 있다.

글로벌 메탄 서약 달성을 위한 주요 방안으로 탈루 관리기술의 개발과 에너지 부문 관리 강화, 농축수산의 저메탄사료 보급, 폐기물로부터 메탄가스 회수 등을 통한 메탄 감축량을 NDC에 반영하였다.

〈표 2-19〉 우리나라 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출 현황

단위: 백만 톤 CO<sub>2</sub>eq.

분야	에너지	농축산					폐기물	산업 공정	LULUCF	배출 총계
		장내 발효	가축분뇨 처리	벼재배	작물잔사 소각	농축산 합계				
배출량	5.9	4.7	1.4	5.7	0.01	11.9	8.8	0.5	0.3	27.1
비율(%)	21.9	17.5	5.2	21.0	0.004	43.7	32.4	2.0	1.1	100.0

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022), 《2021 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36>), 검색일: 2023. 2. 5. 를 이용해 작성함.

## 2.2.3. 제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 수립

정부는 2023년 4월 ‘탄소중립기본법’에 근거해 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’을 수립하였으며, 해당 기본계획에 따른 국가 감축목표는 4억 3,660만 톤(2018년 대비 40% 감축)으로 NDC 상향안과 동일하다. 다만, 감축 수단별 이행 가능성 등을 고려하여 부문 간·부문 내 감축목표 일부가 조정되었다. 배출 부문에서 감축목표는 전환, 산업, 수소의 3개 부문이 조정되었으며, 흡수·제거 부문에서는 CCUS<sup>6)</sup>와 국제감축의 목표가 수정되었다. 산업부문은 원료 수급 곤란 및 기

6) CCUS(Carbon Capture Utilization and Storage): 탄소 포집·활용·저장 기술.

술 전망 등을 고려해 감축목표를 810만 톤으로 완화하였다. 이에 따라 부족한 감축량은 ‘전환부문(400만 톤)’과 ‘국제감축부문(400만 톤)’ 및 ‘CCUS부문(약 90만 톤)’ 목표를 확대함으로써 보전하였다.

‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’에 제시된 농축수산업 온실가스 감축의 추진 방향은 저탄소 구조전환을 통한 지속가능한 농축수산업 실현으로 제시되며, 그 외 세부 내용은 ‘2050 농식품 탄소중립 추진전략’에 기반한다.

〈표 2-20〉 탄소중립·녹색성장 국가전략 감축 목표

단위: 백만 톤

구분	2018년 배출량	2030 목표		
		기존 NDC 상향안(*21. 10.) (2050 탄소중립 추진전략)	수정 NDC 상향안(*23. 3.) (탄소중립·녹색성장 국가전략)	
배출량 합계	727.6	436.6(40.0%)	436.6(40.0%)	
배출	전환	269.6	149.9(44.4%)	145.9(45.9%) <sup>1)</sup>
	산업	260.5	222.6(14.5%)	230.7(11.4%)
	건물	21.1	35.0(32.8%)	35.0(32.8%)
	수송	98.1	61.0(37.8%)	61.0(37.8%)
	농축수산	24.7	18.0(27.1%)	18.0(27.1%)
	폐기물	17.1	9.1(46.8%)	9.1(46.8%)
	수소	-	7.6	8.4 <sup>2)</sup>
	탈루 등	5.6	3.9	3.9
흡수·제거	흡수원	-41.3	-26.7	-26.7
	CCUS	-	-10.3	-11.2 <sup>3)</sup>
	국제감축	-	-33.5	-37.5 <sup>4)</sup>

주 1) 태양광, 수소 등 청정에너지 확대에 400만 톤 추가 감축.

2) 블루수소 + 10.5만 톤으로 수소수요 최신화, 블루수소 관련 탄소포집량(0.8백만 톤)은 CCUS 부문 반영.

3) 국내 CCS 잠재량(0.8백만 톤) 반영, CCU 실증결과 등을 고려하여 0.1백만 톤 확대.

4) 민간협력 사업 발굴과 투자 확대 등으로 국제감축량은 400만 톤 확대.

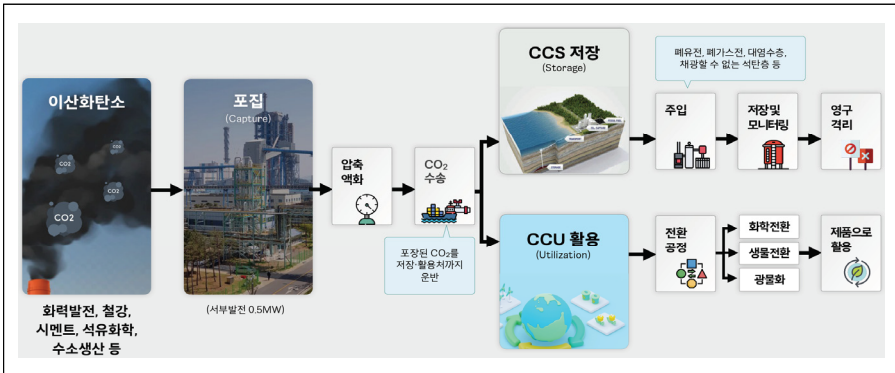
자료: 관계부처 합동(2023: 10), 《탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 요약》.

2023년 수립된 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’에서 폐기물 부문의 감축 수단(환경부 소관)으로 ‘비위생매립지 정비 및 메탄 포집 확대’가 제시되어 있으며, 감축목표에서 CCUS 목표가 상향 조정되었다. IPCC에서 인정하고 있는 바이오차도 CCUS 기술 중 하나이며, 바이오차 이외에도 온실가스를 직접 포집·활용할 수 있는 기술에 대한 검토도 필요하다.

### 〈참고〉 CCUS(탄소 포집·저장·활용 기술)

- 2050 탄소중립 실현을 위해 탄소배출 부담을 완화할 수 있는 수단으로 CCUS 기술이 주목받고 있다. 이를 반영하듯이 2023년 ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’이 수립되면서 감축목표에서 CCUS 목표가 상향 조정되었다.
  - CCUS 기술은 연소 및 산업공정 등에서 배출된 이산화탄소를 심부지층에 저장하거나 전환하는 기술을 의미하며, 이로부터 온실가스 배출을 상쇄할 수 있다(민간기업·출연연 합동, 2023).
  - CCUS 기술은 포집 기술, 활용 기술, 저장 기술로 구분할 수 있으며, 포집 후 활용(Carbon Capture Utilization: CCU)과 포집 후 저장(Carbon Capture Storage: CCS)의 형태로도 활용가능하다.

〈CCUS 기술 개념도〉



자료: 민간기업·출연연 합동(2023: 10), 《기업·출연연 참여 CCUS 산업·기술혁신 추진(안)》.

- 우리나라 온실가스 감축 목표에서 CCUS 기술의 기여도는 2030 NDC 상향안의 3.8%, 2050 탄소중립의 8.0~12.3% 수준으로, CCUS 기술의 탄소중립 기여도는 주요국<sup>7)</sup> 중 상위에 해당한다(민간기업·출연연 합동, 2023).
  - CCUS는 인프라와 기술 혁신을 통한 미래 신산업 창출이 가능하다는 점에서 관심이 높아지고 있다.

자료: 민간기업·출연연 합동(2023: 10), 《기업·출연연 참여 CCUS 산업·기술혁신 추진(안)》.

7) 주요국의 CCS 및 CCUS 탄소중립 기여도는 미국 9%(CCUS), 영국 9%(CCUS), 중국 8.8%(CCS), 프랑스 2.5%(CCS) 순이다(민간기업·출연연 합동, 2023).



## 2.2.4. 축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략<sup>8)</sup>

2023년 4월에 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’이 수립됨에 따라 농림축산식품부는 축산부문 온실가스 감축목표 및 수단의 구체화 등 중장기 추진전략을 마련하였다.

2030년까지 축산부문 온실가스 감축 목표는 2018년 940만 톤 대비 18% 감축한 773만 톤을 배출하는 것으로 제시하였다. 이를 위해 ‘3대 전략’ 및 ‘8개 세부과제’ 추진과 함께 ‘이행기반 확충’을 통해 2030년 예상 배출량(1,100만 톤) 대비 330만 톤(30%) 감축을 목표로 한다. 세부분야별 감축목표는 가축분뇨 처리개선으로 220만 톤, 장내발효 개선으로 80만 톤, 생산성 향상으로 20만 톤 감축이다.

3대 전략으로 ‘전략 1(탄소감축)’은 2030년까지 예상 배출량(1,100만 톤) 대비 30% 감축하는 것이다. 구체적인 내용은 가축분뇨 처리 개선으로 교반식 송풍시설 보급 확대(56%), 정화처리 확대 및 이용 활성화(25%), 바이오차·고체연료 등 처리방식 다각화(10%)이며, 저탄소 사양관리 확산을 위해 저메탄사료 개발·상용화로 보급률 확대(78%), 적정단백질 사료 보급률 확대(48%), 축종별 생산성 향상을 위해 한우 출하월령 단축, 젖소 마리당 산유량 향상, 돼지 MSY 향상 등을 목표로 한다.

‘전략 2(탄소상쇄)’는 바이오가스, 바이오차 등을 활용하여 2030년까지 타분야 온실가스를 180만 톤 감축하는 것이다. 구체적인 내용은 발전여열 등 농업적 이용(8개소), 고체연료 등 에너지화 확대, 바이오차 생산 확충(60개소) 등을 목표로 한다.

‘전략 3(저탄소 구조전환)’은 2030년까지 스마트 축사 보급률을 30% 수준까지 확대하는 것이다. 구체적인 내용은 정밀 사양관리 등 스마트 축산단지(10개소) 조성, 분뇨발생 총량 및 악취관리 강화, 농식품 부산물 자원 재순환, 조사료 생산 증대(16만 ha) 등을 목표로 한다.

---

8) 이 부분은 농림축산식품부(2024), 《축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략》을 이용해 작성하였으며, 현재 작성 중인 내용으로 추후 수정·보완될 수 있다.

마지막으로 ‘탄소중립 이행기반 확충’은 온실가스 인벤토리 확충 및 감축 기술 개발, 이행력 제고를 위한 지원체계 구축 등이다. 저탄소 축산물 인증제 활성화 등을 위한 인센티브 확대, 지역단위 탄소 감축 확산을 위한 축산 온실가스 관리체계 구축, 배출권거래 플랫폼 구축, 민관 합동 이행 거버넌스(가칭 ‘농축산업 탄소중립 추진위’) 구축 등을 제시하고 있다.

〈그림 2-4〉 2030 온실가스 감축 로드맵

단위: 만 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분	2018년 배출량	2030년 배출목표	감축량	감축 수단	
	940.7	773.3	167.4 (18%)		
가축 분뇨 처리	493.6	403.1	90.5	적정처리 확대	▶ 교반·송풍식 퇴비화(56%)
				처리방식 개선	▶ 정화처리 확대(13% → 25%) ▶ 퇴비 이외 처리(10%) (바이오차, 고체연료)
장내 발효				저메탄사료 보급	▶ 한육우, 젖소(78% 보급)
				저단백 사료 보급	▶ 돼지, 가금 등(48% 보급)
생산성 향상	447.1	370.2	76.9	사육기간 단축, 도체중 향상	▶ 한육우(5만 두)
				두당 산유량 향상	▶ 젖소(10% ↑)
				모돈두당출하수(MSY) 향상	▶ 돼지(17.9두 → 25)

자료: 농림축산식품부(2024), 《축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략》.

## 2.3. 국내 축산부문 온실가스 감축 관련 사업

### 2.3.1. 소 사육방식 개선 시범사업

그동안 국내 한우 사육방식은 품질(육질등급) 제고를 위한 비육기간 장기화로 고투입·장기사육 구조 고착화가 진행되었다. 이에 소 사육과정에서 발생하는 온실가스를 감축하고, 환경친화적이고 경제성 높은 사육방식을 보급하기 위해 소 사육방식 개선 시범사업이 추진되고 있다(농림축산식품부 보도자료, 2022. 4. 12.).

〈표 2-21〉 소 사육방식 개선 시범사업 내용

구분	내용
(’22~’24) 유전 능력 맞춤형 사양관리 프로그램 개발	- 혈중 대사물질·성장·초음파 생체 특성 등의 조사분석으로 유전능력 맞춤형 최적 사양관리 프로그램 도출
(’22~’24) 탄소 배출량 조사	- 소 사육방식개선 실증시험 조건별 탄소 배출량을 추정·산정하고, 탄소배출 감소에 따른 기여 효과 분석
(’22~’24) 송아지 유전능력 평가시스템 고도화	- 송아지 시기부터 고급육 생산과 조기 출하우를 판별할 수 있도록 유전능력(육질형·성장형) 평가시스템 고도화
(’24) 단기비육 한우육 품질수준 조사	- 프로그램·등급별 이화학적 특성 및 부위별 수율 등을 조사하고, 단기 출하육의 저장성과 상품성(육색, 지방색), 산패도 등 조사
(’24) 단기비육우 마케팅 전략 수립 및 시장성 조사	- 단기비육 한우육에 대한 소비자 선호도, 시장성, 경제성 평가, 유통 및 마케팅 전략 수립, 시장성 확대 방안 모색
(’22) 주요 축산국 소 사육방식 조사	- 소 사육 기간이 짧은 주요국의 소 사육방식을 조사하고, 이를 바탕으로 소 사육방식 개선

자료: 농림축산식품부(2022. 4. 12.), “농식품부, 소(牛) 사육기간 단축을 위해 팔 걷어 붙인다”.

### 2.3.2. 저탄소 축산물 인증제

저탄소 축산물인증은 축산물 생산 과정에 저탄소 기술을 적용하여 온실가스 배출량을 감축한 축산농가를 인증하는 제도로, 인증 농가에서 출하된 축산물에 저탄소 인증마크를 표시하는 사업이다. 기존의 저탄소 농축산물 인증제는 65개 품목에 대해 인증을 하였으나, 해당 품목 중 축산물은 제외되어왔다. 온실가스 감축 등 기후변화 대응 및 경쟁력 제고를 위하여 2023년부터 저탄소 축산물 인증제를

시범사업으로 추진하고 있다.

저탄소 축산물인증 시범사업의 대상 축종은 한우(거세우)이며, 시범사업 참여 조건은 환경친화 또는 위생·안전의 조건을 충족하는 기존의 축산업 인증제도<sup>9)</sup> 중 하나 이상 인증받은 농가여야 한다. 이때 참여 조건을 만족한 농가 중에서 ① 전년도 한우(거세우) 출하실적 20두 이상, 신청일 기준 사육두수 100두, ② 탄소 감축 기술을 1개 이상 도입하여 해당 축종별 평균 배출량보다 적게 배출, ③ 인증조건에 따른 정량평가에 60점 이상 획득 등 모두 충족하는 농가가 인증을 취득할 수 있다. 평가 결과 가산정 탄소배출량 점수 50점(70점 만점) 이상, 전체 점수 60점(100점 만점) 이상 취득, 현장실사와 인증심의위원회 거쳐 인증대상 농장이 최종 선정된다.

〈표 2-22〉 저탄소 축산물 인증제 평가 기준

평가기준	설명	점수
가산정 탄소배출량	※ 산식: $\frac{\text{도체중 } 1\text{kg당 온실가스 기준배출량}(9.48\text{kg})}{\text{평가대상 농장의 도체중 } 1\text{kg당 온실가스 배출량}(kg)} \times 70$ ① 도체중 1kg당 온실가스 배출량은 (평균사육개월령(월)×198.2)/도체중(kg)로 산정 (단위: kg/CO <sub>2</sub> eq) ② 분뇨처리, 에너지 저감 기술 적용 여부에 따라 감축률 추가 반영	70점
비계량 기술 적용 여부	- 탄소배출 감축량 산정이 어려운 저탄소 농업기술 대상	20점
기타항목	- 사육두수, 출하두수, 사육밀도, 유통업체 출하실적 등	10점

자료: 축산물품질평가원(2023a), 《저탄소 농축산물 인증제 인증기준》.

9) 기존 축산업 관련 인증제도는 ① 유기축산물 인증, ② 무항생제 인증, ③ HACCP, ④ 깨끗한 축산농장 인증, ⑤ 동물복지 인증, ⑥ 방목생태 축산농장 인증, ⑦ 환경친화축산농장 인증이다.

저탄소 축산물 인증제 평가와 관련된 저탄소 농업기술은 다음과 같다.

〈표 2-23〉 저탄소 축산물 인증 평가를 위한 농업기술

분류	번호	저탄소 농업기술명	비고(증빙방식, 감축량 산정 등)		
계량화 저탄소 농업기술	장내발효	1	조기출하(출하일령, 도체중)	이력제 확인	출하성적
	가축분뇨 관리	2	강제공기공급	서류심사, 현장실사	감축비용 적용
		3	기계교반		
		4	위탁처리업체의 처리방식		
	에너지 절감기술	5	저탄소 인증자재 사용	서류심사, 현장실사	설비 전후의 전력/수도 사용량을 사용 기간 동안 평균 사용 두수로 나눠서 계산하여 감축비용 적용
		6	빗물 재활용 기술		
		7	지열 히트펌프 시스템		
		8	태양광 등 신재생에너지 생산량		
비계량 기술 적용여부	사양관리	1	저메탄사료 급이	사료명 기입, 도입 2점, 일부도입 1점, 미도입 0점	
		2	저단백 사료 급이	사료명 기입, 도입 2점, 일부도입 1점, 미도입 0점	
		3	부산물 사료 급이	조사료 제외 건물량 기준 대체율 20% 이상 2점	
		4	생산성 향상 장비 도입	자동급이기, 사료빈·음수관리기 등 도입 기술당 1점	
		5	자가 조사료 면적 확인	1,000㎡/두 이상 2점	
	가축분뇨 관리	6	분뇨의 비농업계 이용 여부	시설도입 여부(바이오차, 고체연료 등)	
		7	깔짚관리(로터리 교반 등) 여부	주 1회 2점, 월 1회 1점	
		8	부숙도 검사 후 살포 여부	연 2회 초과 2점, 연 2회 1점	
	기타	9	폐사축 처리기 활용 여부	수의사 확인서 증빙, 위탁포함	
		10	나무식재	사육두수 대비 20% 초과 2점, 10% 이상 1점	

자료: 축산물품질평가원(2023a), 《저탄소 농축산물 인증제 인증기준》.

참여농가 모집은 2023년 3월에 진행되었으며, 35개의 신청농가 중 신청서 검토와 사업참여자 교육 컨설팅을 거쳐 동년 4월 최종 32개의 농가가 선정되었다. 2023년 7월에는 27개 한우농가를 대상으로 인증서를 수여하였다.<sup>10)</sup>

〈표 2-24〉 저탄소 축산물 인증제 시범사업 선정 결과

구분	선정								탈락
	합계	경기	강원	충북	전남	전북	경북	경남	
농가(호)	32	4	2	2	10	4	7	3	3
비율(%)	100.0	12.5	6.3	6.3	31.3	12.5	21.9	9.4	-

자료: 축산물품질평가원(2023b), 《2023년 상반기 저탄소 축산물인증 희망농가 모집 결과》.

10) 농림축산식품부 보도자료(2023. 7. 6.), “국내 최초 저탄소 인증 한우농가 27개소 탄생!”.

### 2.3.3. 가축분뇨 처리지원사업

가축분뇨 처리지원사업은 깨끗한 축산환경 조성을 통한 축산업의 안정적 발전, 가축분뇨 자원화 촉진을 통한 자연순환농업 활성화, 토양, 수질 등 환경오염 방지 등을 목적으로 처리시설 및 장비 등을 지원하는 사업이다(김현중 외, 2018). 해당 지원사업은 1991년부터 최초 추진되었으며, 2015년까지 가축분뇨 처리시설사업과 자연순환농업활성화사업 등 두 개의 사업으로 분리 운영되다가 2016년부터 하나의 사업으로 통합되었다(김현중 외, 2018).

2023년 가축분뇨 처리지원사업은 가축분뇨이용촉진, 공동자원화시설 신규, 공동자원화시설 개보수, 마을형 퇴비저장시설, 악취측정 ICT 기계장비, 자연순환농업활성화, 축산악취개선 등 7개의 내역사업으로 구분된다.<sup>11)</sup>

〈표 2-25〉 가축분뇨 처리지원사업 내역사업

구분	내역사업	사업 목적
가축분뇨 자원화	공동자원화시설(신규)	농가단위 가축분뇨 처리 어려움 해소와 가축분뇨를 활용한 퇴·액비 및 바이오에너지 등 자원화를 통한 온실가스 감축 및 자연순환농업 활성화
	공동자원화시설(개보수)	자원화시설 개보수를 통한 시설 처리효율 개선 및 악취 저감
	마을형 퇴비저장시설	마을단위 저장·관리·생산으로 소규모 축산농가의 퇴비사 부족 문제 해소와 양질의 가축분 퇴비, 고체연료/바이오차 생산을 통한 자연순환농업 활성화 및 온실가스 감축
퇴·액비 활용	가축분뇨이용촉진	가축분뇨 퇴·액비의 농경지 환원을 통한 경축순환농업 활성화 및 고체연료·바이오차 등 처리방식 다각화를 통한 이용 촉진 도모
	자연순환농업활성화	가축분뇨를 자원화하여 토양에 환원하고 자연순환 농산물 및 조사료를 생산·공급하여 경종과 축산이 상호 상생하는 자연순환농업 구현
환경개선	악취측정 ICT 기계장비	축산악취개선 필요지역을 중심으로 ICT 장비를 활용한 실시간 환경·악취 정보를 수집·분석·제공함으로써 효과적인 악취 저감 활동 지원
	축산악취개선	가축분뇨 처리 및 악취 저감 시설·장비 등을 지원하여 가축분뇨의 적정 처리, 축산악취 저감, 환경오염 및 국민 불편 예방

자료: 농림축산식품부 맞춤형 농식품사업 안내서비스 홈페이지(<https://uni.agrix.go.kr/docs7/customizedNew/introduce/introduceMain.do>), 검색일: 2023. 5. 15.; 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

11) 농림축산식품부 맞춤형 농식품사업 안내서비스 홈페이지(<https://uni.agrix.go.kr/docs7/customizedNew/introduce/introduceMain.do>), 검색일: 2023. 5. 15.; 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

축산부문 탄소중립에 대한 사회적 요구가 증대됨에 따라 가축분뇨 처리지원사업도 온실가스 감축을 지원할 수 있도록 지원 범위를 확대하고 있다. ‘가축분뇨이용촉진’은 당초 퇴·액비살포비지원에서 사업 명칭을 변경하였으며, 온실가스 감축 방안에 해당하는 고체연료, 바이오차 등 퇴·액비 농경지 살포 외 지원 유형을 신설하였다. 또한, ‘공동자원화시설(신규)’의 가축분뇨 반입비율을 70%로 상향 조정하였다. ‘마을형 퇴비저장시설’은 고체연료, 바이오차 등에 대한 지원뿐만 아니라 새로운 퇴비저장시설, 고체연료, 바이오차 생산시설도 함께 지원하는 등 지원 범위를 확대하고 있다. 특히 고체연료와 바이오차 생산시설과 관계없는 퇴비저장시설에 대한 단독지원에 제한을 두고 있다.

〈표 2-26〉 가축분뇨 처리지원사업 온실가스 감축 관련 변경사항

내역사업	주요 변경사항
가축분뇨 이용촉진	- 2022년까지 퇴 액비 살포비만을 지원하였으나, 2023년부터 고체연료, 바이오차, 바이오플라스틱, 해외수출 등 퇴·액비 살포 외 부문도 지원
공동자원화시설(신규)	- 공동자원화시설 가축분뇨 반입비율 2022년 50% 이상에서 2023년 70% 이상으로 상향
마을형 퇴비저장시설	- 마을형 퇴비저장시설 지원을 구체화하여 2023년부터 기존 마을형 퇴비저장시설 내 퇴비 저장시설, 고체연료, 바이오차 생산시설 연계지원뿐만 아니라 신규 시설도 함께 지원 - 고체연료, 바이오차 생산시설을 제외한 퇴비저장시설은 단독지원 불가

자료: 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

이하는 가축분뇨 처리지원사업의 내역사업 중에서 온실가스 감축과 관련 및 개정된 사업에 대해 좀 더 구체적으로 살펴본다.

### 가. 가축분뇨이용촉진

가축분뇨이용촉진사업은 주로 퇴·액비 살포와 고체연료, 바이오차 등 퇴·액비의 농경지 살포 외 처리를 지원한다. 구체적으로, 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 환원을 촉진시켜 경작농업과 연계하는 경축순환 농업 구축을 지향하며, 토양 양분과잉 지역에서는 가축분 고체연료나 바이오차 등 처리방식 다각화를 통해 비농업계 이용을 촉진한다. 농경지 살포는 퇴비와 액비로 구분하여 지원하고 있으며, 기준에 따라 퇴·액비를 살포한 다음 가축분뇨자원화관리 시스템(AgriX)에 입력한 경

우에 한하여 살포비를 지원한다.

〈표 2-27〉 가축분뇨이용촉진 사업내용

사업내용		지원자격	지원단가
퇴비 살포	부속도 기준에 적합한 퇴비 살포 후 가축분뇨자원화관리 시스템에 입력	축산농가 20호 이상 확보, 부속도 기준을 충족한 퇴비를 살포하는 퇴비유통전문조직	A등급: 300천 원/ha B등급: 200천 원/ha C등급: 100천 원/ha
액비 살포	비료사용처방서를 발급받고 지정된 재활용 신고 필지에 액비 살포 후 가축분뇨자원화관리 시스템에 입력	액비살포지 200ha 이상 확보, 부속된 가축분뇨 액비를 유통하는 액비유통전문조직	A등급: 300천 원/ha B등급: 200천 원/ha C등급: 100천 원/ha
살포 외	가축분뇨(반입 총량의 50% 이상) 활용, 퇴·액비 농경지 살포 외 처리(고체연료, 바이오차, 바이오플라스틱, 해외수출)에 대한 가축분뇨 이용 촉진비 지원	관련 생산시설, 인허가 등을 갖추고 수요처와 계약행위를 통한 유통·판매실적이 있는 자	50천 원/톤

자료: 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

## 나. 공동자원화시설

공동자원화시설사업은 기존 퇴·액비 처리 중심에서 정화처리나 바이오차, 고체연료, 바이오가스 등으로 다양화하는 방향으로 개편하였다. 구체적으로, 사업개편으로 발생할 수 있는 민원을 해소하고, 인허가 등 행정절차에 소요되는 기간을 확보할 수 있도록 당초 2년에서 3년으로 사업기간을 확대하였다. 또한, 사업기간에 맞추어 연차별 지원비율을 조정하였으며, 에너지화 시설의 확대를 위해 신청자격을 완화하였다.

〈표 2-28〉 공동자원화시설사업 개편사항

구분	당초	변경(2022. 9.)
사업기간	2년 차	3년 차
지원비율	1년 차 50%, 2년 차 50%	1년 차 10%, 2년 차 45%, 3년 차 45%
신청자격	공동 추진인 경우 각 업체별 1년 이상 운영실적 보유해야만 참여 가능	에너지화의 경우 컨소시엄 구성 업체 중 1개 업체 이상이 1년 이상 운영실적 보유하고 있어도 참여 가능
지원내역	바이오가스화, 퇴·액비화	퇴·액비화, 바이오가스화, 정화시설, 바이오플라스틱, 고체연료·펠릿퇴비
시설용량	70톤/일 처리시설	50톤/일 처리시설(농장형 에너지화 시설 확대)

자료: 농림축산식품부 보도자료(2021. 9. 6.), “가축분뇨 에너지화 등 처리방식 다양화를 통해 탄소중립 추진”.



공동자원화시설은 크게 민간형과 공공형으로 구분할 수 있으며, 각 시설유형별 지원대상과 지원한도액은 다음과 같다.

〈표 2-29〉 공동자원화시설사업 지원대상 및 한도액

구분	지원대상	지원한도액 (시설용량 70톤/일 기준)
민간형	가축분뇨(반입 총량의 70% 이상) 등 70톤/일 이상의 반입 원료 활용 농장형의 경우 시설용량은, 양돈 농가: 50톤/일 이상 가능, 기타 축종: 50톤/일 미만도 가능	유형에 따라 64백만~119백만 원/톤
퇴·액비화	가축분뇨를 원료로 하여 퇴·액비를 생산할 수 있는 시설·장비	82백만 원/톤
바이오연계	기존 자원화시설에 혐기소화조, 가스포집, 발전기 등 바이오가스시설, 고체연료·바이오차, 바이오플라스틱 등을 생산·공급하는데 필요한 시설·장비	64백만 원/톤
에너지화	고체연료·바이오차, 바이오플라스틱 등을 생산·공급하는데 필요한 시설·장비	119백만 원/톤
공공형	지방자치단체 및 공공기관(2개 이상 기관의 공동 추진이 가능)	300톤/일 기준 400억 원 내외

자료: 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

### 다. 마을형 퇴비저장시설

마을형 퇴비저장시설 지원사업도 축산환경 정책 변화에 따라 고체연료, 바이오차 생산 시설로 지원 범위를 확대할 뿐만 아니라 원활한 사업추진을 위해 사업기간을 2년으로 확대되었다.

〈표 2-30〉 마을형 퇴비저장시설 세부 변경사항

구분	현행(2022년)	변경(2023년)
지원내역	퇴비저장시설	퇴비저장시설, 고체연료, 바이오차 생산시설 (연계) 기존 마을형 퇴비저장시설 내 고체연료 또는 바이오차 생산시설 연계
지원한도	퇴비저장시설 : 2억 원	신규: 10억 원, 연계 7억 원 - 퇴비저장시설: 3억 원 - 바이오차 생산시설: 7억 원 - 고체연료 생산시설: 4억 원 ※ 퇴비저장시설 단독 지원 불가
사업기간	1년	2년(1년 차 50%, 2년 차 50%)
사업주체	농림축산식품부, 시·도, 시·군·구	- 사업총괄기관: 농림축산식품부 장관 - 사업주관기관: 시·도지사 - 사업시행기관: 시·군·구청장

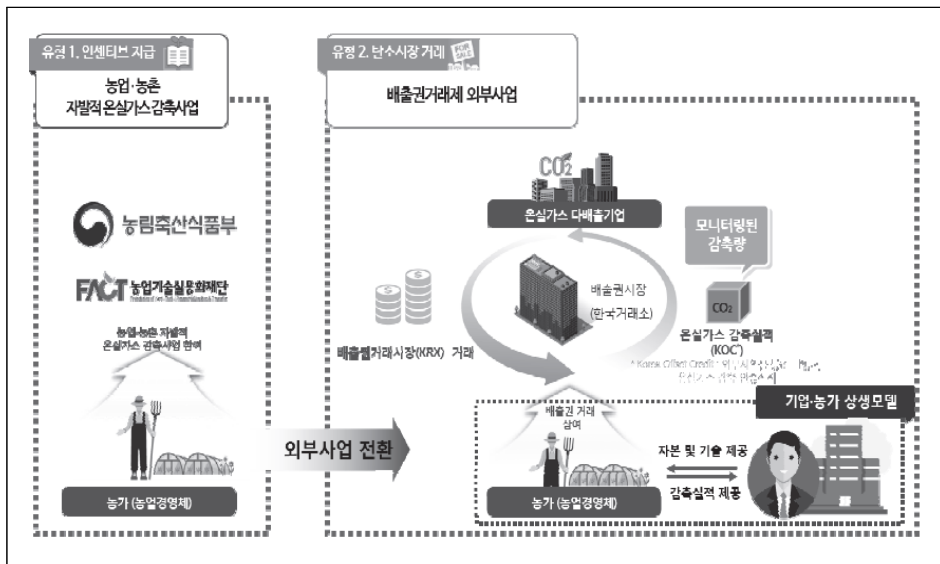
자료: 농림축산식품부(2023), 《2023년 가축분뇨 처리지원사업 시행지침》.

### 2.3.4. 온실가스 상쇄제도<sup>12)</sup>

우리나라는 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위하여 각 부처별로 온실가스 감축을 위한 상쇄제도(Carbon offset)를 개발하여 추진하고 있다. 온실가스 상쇄제도란 사업자가 자발적으로 온실가스를 감축한 실적을 바탕으로 감축량을 인정받고, 이를 거래할 수 있는 제도이다(정학균 외, 2019).

온실가스 상쇄제도는 온실가스 감축과 관련하여 시장의 기능을 이용한다는 점에서 온실가스 감축을 위한 효율적인 방안으로 활용되고 있다. 농축업분야에서는 현재 ‘농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업’과 ‘배출권거래제 외부사업’을 시행하고 있다(정학균 외, 2019).

〈그림 2-5〉 농업부문 온실가스 감축사업 개념도



자료: 정학균 외(2019), 《농축산식품분야 온실가스 감축사업 및 제도 현황》.

12) 이 부분은 정학균 외(2019), 《농축산식품분야 온실가스 감축사업 및 제도 현황》을 참고해 작성함.

## 가. 농업·농촌 자발적 온실가스 감축 사업

농업·농촌 부문에서 자발적 온실가스 감축 사업은 ‘친환경농어업법’에 근거하여 농업부문 온실가스 발생 최소화 및 농업환경 개선을 목적으로 한다. 현재 농업 경영체의 온실가스 감축 활동에 따른 온실가스 배출량에 대해 1만 원/톤의 인센티브를 지급하고 있다(정학균 외, 2019).

자발적 온실가스 감축사업은 2012~2014년 감축실적을 정부가 구매하는 형식으로 시범 운영되었으며, 이후 2015년부터 현재의 사업단계에 진입하였다. 사업 대상은 저탄소 농업기술을 적용하여 생산하고 있는 농가, 작목반, 영농조합법인, 농업회사법인 및 대리인, 농업기술원 및 농업기술센터 등 농업기관, 농업 및 산림 협동조합, 산학기간 등 넓은 범위를 가진다(정학균 외, 2019).

## 나. 배출권 거래제 외부사업

배출권 거래제 외부사업은 ‘온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률’에 근거하여 온실가스 감축 의무사업자의 외부에서 온실가스를 감축, 흡수 또는 제거하는 외부사업을 통해 온실가스 감축량을 인증받도록 하는 사업이다(정학균 외, 2019).

배출권 거래제는 기업들이 정부로부터 배출 허용량을 부여받고, 허용 범위 내에서 생산활동과 감축활동을 진행한다. 허용량이 남거나 부족하면 사업장 간 거래를 허용한다. 이때 사업장 입장에서 온실가스를 감축하는 방안은 크게 ‘① 직접 감축’, ‘② 배출권 구매’, ‘③ 상쇄’ 등 3가지 방법이 있다(정학균 외, 2019).

온실가스 저감 기술의 낮은 경제성 등으로 ‘① 직접 감축’이 어려운 경우에 ‘② 배출권 구매’ 또는 ‘③ 상쇄’를 통해 온실가스를 감축하게 되는데, 이때 외부사업은 주로 ‘③ 상쇄’와 관련이 있다. 즉, 외부사업은 온실가스 감축 의무가 없는 대상이 상쇄배출권을 만들어 온실가스 감축사업을 진행하는 것을 의미한다(정학균 외, 2019).

제3장

## 온실가스 감축 기술과 축산농가 인식 조사 결과



# 온실가스 감축 기술과 축산농가 인식 조사 결과

## 1. 가축 관리 단계의 온실가스 감축 기술

### 1.1. 저메탄사료

정부는 ‘탄소중립·녹색성장 국가전략 및 국가기본계획’에 근거해 2030년까지 저메탄사료를 국내 사료 사용량의 30% 수준까지 보급하겠다는 목표를 제시하였다. 이를 위해 ‘저탄소 축산물 인증제’를 2023년부터 시범사업으로 추진하고 있으며, ‘탄소중립 직불금’ 등 농가 인센티브를 활용하는 방안을 검토하고 있다.

저메탄사료란 사료에 메탄 저감 물질을 첨가하거나(보조사료), 사료 내 영양소 조절이나 가공 등을 통해 반추가축의 장내발효 메탄 발생량을 줄이는 사료를 의미한다. 이와 관련하여 농식품부는 2023년 10월 ‘사료 등의 기준 및 규격’을 일부 개정하였으며, 주요 내용으로는 ‘저메탄사료 정의 및 기준’ 관련 규정을 신설하였다(제2조 및 별표 26 신설, 제8조 및 별표 15 개정 등).

〈참고〉 ‘사료 등의 기준 및 규격’의 저메탄사료 관련 주요 개정내용<sup>13)</sup>

- 제2조(정의) 제6호 및 제7호 신설
  - 6. “메탄저감제”란 단미사료, 보조사료로 기준 및 규격이 설정된 물질 중 가축 장내 발효로 발생하는 메탄을 일정 수준 이상 감축시킬 수 있다고 인정된 것을 말한다.
  - 7. “저메탄사료”란 “메탄저감제”를 가축의 성장단계에 따른 급여량 기준(용법)에 맞게 첨가하여 제조된 사료를 말한다.
- [별표 26] 저메탄사료와 그 인정에 관한 기준(제8조제1항관련) 신설
  - 저감효과: 관행적인 사료급여(대조구) 대비 10% 이상 유의적인 메탄저감 효과가 검증되어야 함
  - 평가수단: 호흡대사챔버, 그린피드 활용, 평가대상 축종의 국내 실험결과만 인정(타 축종의 실험결과를 확대 적용할 수 없음(예시: 비육우 시험결과는 비육우에만 적용).
- 제8조(사료공정의 설정 등) 및 [별표 15] 사료의 기타 표시사항 등 제반 사항 개정
  - 제8조제1항: 메탄저감제와 그 인정에 관한 기준은 별표 26과 같다.
  - [별표 15] 제2호 마목 1)에⑦ 사료의 용도(메탄저감제인 경우 괄호안에 “메탄저감제”를 표시하고, 메탄저감제가 첨가된 경우에는 괄호안에 “저메탄사료” 표시) 등

자료: 국가법령정보센터 홈페이지(<https://www.law.go.kr/>), 사료 등의 기준 및 규격, 검색일: 2023. 10. 10.

장내발효로 인한 메탄 발생량 감축을 위한 저메탄사료에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내에서는 2023년 현재 시범단지를 조성하는 등 저메탄사료의 효과를 평가하는 단계에 있으며, 현장보급을 통한 실증 검증을 개시 및 준비하고 있다. 저메탄 사료에 대한 기술개발은 국내뿐만 아니라 해외에서도 높은 관심을 가지고 있으며, 이에 따라 국내외적으로 저메탄사료 개발을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

메탄저감 효과가 검증된 저메탄사료는 3-NOP(Nitrooxypropanol)를 포함한 바다고리플, Mootral, Agolin 등 10개가 대표적이며, 이들은 메탄 발생이 주로 반추 가축에 기인한다는 점에서 젖소 및 비육우를 급여 대상으로 한다.

13) ‘사료 등의 기준 및 규격’의 저메탄사료 관련 개정내용의 신·구조문대비표는 〈부록 5〉에 제시하였다.

〈표 3-1〉 주요 저메탄사료의 메탄저감 효과

구분	사료(물질명)	대상 축종	메탄 저감 효과
화합물	3-NOP	젓소 및 비육우	- 일일 메탄 발생량: 젓소 39.0%, 비육우 22.2%
해조류	바다고리풀(홍조류)	젓소 및 비육우	- 젓소: 1% 첨가 시 67%, - 비육우: 0.5% 첨가 시 80%
천연물	Mootral Ruminant	젓소	- 약 15g 급여 시 38% 이상
천연물	Agolin Ruminant	젓소	- 메탄: 8.8%/두, - FPCM(유생산): 10%/kg, - 건물섭취량: 12.9%/DMI
화합물	질산염	젓소(육우)	- 11.8 ~ 29.4%
천연물	캐슈넛 추출물	젓소(육우)	- 19.3 ~ 38.3%
천연물	아마씨	젓소(거세우)	- 3.8% 첨가 시 15%
해조류	구멍갈파래	홀스타인(육성우), 한우	- 평균 저감율 28% - 홀스타인 육성우: 15~30%, - 한우: 38%
천연물	알린 + 베르베린	젓소	- 25g/일 급여 시 23.1%, - 50g/일 급여 시 36.6%
천연물	천연물 2종	비육우(거세우)	- 23%

주: 3-NOP 첨가제의 메탄저감 효과는 일일 메탄 발생 저감율을 의미하며, 이를 제외한 나머지 저메탄사료의 경우에 총 메탄 배출량 중 저감 비율을 의미함.

자료: 이유경(2022), 《축산분야 탄소중립 농업기술개발 현황과 전망》과 이유경(국립축산과학원 연구사)(2023. 5. 12.), 서면 자문을 통해 작성함.

## 1.2. 적정단백질 사료

가축분뇨로부터 발생하는 질소 배출량은 분뇨 내 포함된 단백질 수준에 기인하며, 적정단백질 사료는 가축의 성장에 필요한 만큼의 단백질만을 공급하여 영양 과잉 공급으로 인한 온실가스 배출을 억제하는 사료를 의미한다. 이로부터 분뇨로 배출되는 과잉 양분을 줄일 수 있다. 다만, 적정단백질 사료는 고시된 단백질 수준만큼 급여하는 데 반해, 저단백 사료는 고시된 단백질 수준(적정단백질 사료)보다 하향 급여로 분뇨 질소 배출량을 저감시킨다는 점에서 구별된다. 적정단백질 사료 급여로 사료 내 단백질이 저감되면 분뇨 질소(N) 배출량이 감소하게 되고 이는 곧 분뇨 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량 감소로 이어지게 된다. 2022년 7월, 농식품부는 ‘사료 등의 기준 및 규격’ 고시 내 ‘축종별 사료 내 조단백질 함량 기준’ 신설하였다.



또한, 농식품부는 적정단백질 사료 보급 및 확대를 위해 2021년에 고기소(육우)와 젖소의 배합사료 및 섬유질 배합사료의 조단백질 상한치를 고기소 15~22%, 젖소 17~24%로 설정하였다.

〈표 3-2〉 사료 내 특정성분 함량 제한기준

성분명	사료명	허용기준	
조단백질 (CP)	양돈용 배합사료	포유자돈: 20% 이하 이유돈: 18% 이하 육성돈: 16% 이하	비육돈: 14% 이하 번식용 모돈: 15% 이하 임신돈: 13% 이하 포유돈: 19% 이하
	산란계용 배합사료	어린병아리: 21% 이하 중병아리: 18% 이하 큰병아리: 16% 이하	산란전: 17% 이하 산란초기: 19% 이하 산란중기: 18% 이하 산란말기: 17% 이하 산란종계: 19% 이하
	육계용 배합사료	어린병아리: 20% 이하 중병아리: 17% 이하	육용종계: 16% 이하 육계초기: 23% 이하 육계전기: 22% 이하 육계후기: 20% 이하
	오리용 배합사료	육용오리전기: 21% 이하 육용오리후기: 19% 이하	어린오리: 22% 이하 육성오리: 18% 이하 산란오리: 20% 이하
	고기소용 배합사료	어린송아지: 24% 이하 육성우: 18% 이하 번식우: 16% 이하	종모우: 17% 이하 임신우: 15% 이하 포유우: 18% 이하 근소전기: 17% 이하 근소후기: 15% 이하
	젖소용 배합사료	젖소어린송아지: 24% 이하 젖소중송아지: 19% 이하 젖소큰송아지: 18% 이하 젖소임신우: 17% 이하	젖소종모우: 17% 이하 비유초기: 24% 이하 비유중기: 19% 이하 비유말기: 18% 이하 건유기: 17% 이하 고능력우: 22% 이하
	고기소용 섬유질 배합사료	어린송아지: 22% 이하 중송아지: 20% 이하	근소전기: 19% 이하 근소후기: 17% 이하 번식우: 15% 이하
	젖소용 섬유질 배합사료	어린송아지: 22% 이하 큰송아지: 17% 이하	비유기: 20% 이하 건유기: 16% 이하

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr>), 사료 등의 기준 및 규격, [별표 21] 사료 중 특정성분의 함량 제한기준(제12조 제1항), 검색일: 2023. 10. 10.

적정단백질 사료의 온실가스 감축 효과는 축종마다 상이하며, 평균적으로 사료 내 단백질 함량이 1% 감소하였을 때 분뇨 질소 배출량은 3~14% 저감되는 것으로 확인되었다. 축종별로 적정단백질 사료의 질소 저감 효과를 살펴보면, 비육우(거세우)가 단백질 1.5% 저감 대비 최대 21% 질소 배출 저감 효과를 보였다. 또한, 사료 내 단백질이 1% 감소하였을 때 양돈은 7.7%, 가금류는 9.4%의 질소 배출 저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-3〉 적정단백질 사료의 질소 저감 효과

구분	축종	질소 저감 효과
Kamiya et al. (2020)	홀스타인 (거세우)	- 사료 내 단백질 2% 저감 → 총 질소 배출량 6.9~12% 감소
Cole et al. (2006)	비육우 (거세우)	- 사료 내 단백질 1.5% 저감 → 총 질소 배출량 17~21% 감소
백명기 외(2021)	육우	- 사료 내 단백질 1% 저감 → 총 질소 배출량 6.4%(3.4~10.0%) 감소
Higuchi et al. (2019)	젖소	- 사료 내 단백질 함량이 16%에서 13%로 감소 → 유성분 유량에 영향없이 질소 배출량 25% 감소 - 슬러리에서 아산화질소 배출량 50% 감소
백명기 외(2021)	젖소	- 사료 내 단백질 1% 저감 → 총 질소 배출량 8.3% 감소
Portejoie et al. (2004)	양돈	- 사료 내 단백질 1% 저감 → 일일 질소 배출량은 분 2.4%, 뇨 5.1% 감소 - 슬러리 내 질소함량은 4.8% 감소
백명기 외(2021)	양돈	- 양돈사료 내 단백질 1% 감소 → 질소 배출량 약 7.7% 감소
백명기 외(2021)	가금	- 사료 내 단백질 1% 감소 → 질소 배출량 약 9.4% 감소 - 단백질 저감 시 질소 섭취량 대비 질소 축적량 1.1% 증가

주: 축종별 사료 내 조단백질 감축에 따른 질소 배출량 감축 효과는 해당 데이터에 출처가 표기된 경우 원출처 표기, 출처 표기가 없는 경우는 인용한 보고서의 출처를 표기함.

자료: 백명기 외(2021), 《환경부담 저감 사료 개발·보급을 위한 정책 방안 연구 용역과제 최종 보고서》.

## 2. 가축분뇨 처리 단계의 온실가스 감축 기술

가축분뇨 처리 단계에서는 가축분뇨 내 유기물 함량에 따른 아산화질소 발생과 미생물에 의한 메탄 발생을 저감시킬 수 있는 기술이 요구되고 있다. 전의찬 외 (2022)는 가축분뇨 처리와 관련된 8개의 온실가스 감축 기술을 제시하였다.

〈표 3-4〉 가축분뇨 처리 관련 온실가스 감축 기술

감축기술	정의	효과
완숙 퇴비의 깔짚 재이용	- 퇴비 재사용 계획에 따라 깔짚 전부를 대체하거나 일부를 톱밥·왕겨 등과 혼합하여 우사 또는 계사의 깔짚으로 재이용 · 일부 혼합 시 기존 깔짚 사용량의 50% 대체 필요	- 퇴비발생량 및 외부탄소원(수분조절제) 유입 감소에 따른 온실가스 저감
바이오차 활용	- 바이오매스를 산소가 없는 환경에서 열분해하여 만든 탄소 함량이 높은 고형물로, 농경지 활용 가능	- 바이오차 투입 시 토양의 탄소 저장 효과 제고 - 탄소원의 토양 격리를 통한 탄소 배출 저감

(계속)

감축기술	정의	효과
처리시설 변경	- 퇴비화 시설의 고도화 및 처리시설 변경	- 분뇨처리 시설 중 온실가스 배출 효과가 작은 시설 활용에 따른 분뇨처리 온실가스 저감
비농업계 이용 확대	- 정화처리, 혐기 소화, 우분 고체연료 등 퇴·액비의 농경지 외 비농업계 이용 확대	- 농경지 비료 사용량 저감 - 퇴비발생량 감소에 따른 온실가스 발생량 저감 - 가축분뇨 에너지화에 따른 온실가스 저감
고액분리 강화	- 2회 이상 고액분리를 실시하여 분뇨 내 유기질 함량 감축	- 유기질 함량 감소에 따른 메탄 저감
깔짚 관리	- 표준 설계도 대비 깔짚 사용을 늘리고, 깔짚 배출 주기 단축 및 주 1회 이상 주기로 뒤집기 실시	- 호기성 조건 및 부숙도 향상으로 퇴비화 시 메탄 저감
부숙 촉진 및 부숙도 검사	- 퇴비 및 액비저장조 내 미생물 제제 살포, 미부숙 액비 및 퇴비 농경지 살포 방지	- 부숙 촉진으로 메탄 저감 - 부숙 완료 시 아산화질소 저감
부숙액비 생산	- 슬러리 형태의 분뇨를 고형물과 액상물로 분리 후 액비화 시설에서 적절한 방법으로 부숙 · 질소성분 0.07% 미만 · 액비저장조 밀폐 또는 악취 저감시설과 연계하여 온실가스 외부 유출 방지	- 분뇨처리 및 액비살포 중 질소 성분 위부유출 방지 및 저감

자료: 전의찬 외(2022), 《저탄소축산물 인증제 도입 연구》.

## 2.1. 가축분 바이오차(bio-char)

바이오차 활용 기술과 관련하여 현재 바이오차는 목재나 역새, 왕겨, 밀짚 등 식물계 바이오매스를 주로 이용한다. 바이오차는 350℃ 이상의 온도와 산소가 없는 조건에서 바이오매스(목재, 가축분뇨 등 유기성물질)를 열분해하여 만들어진 소재로서 농업분야 유일의 탄소활용저장(CCUS) 기술로 65~89%의 탄소가 고정되는 것으로 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC, 2019)에서 인정하고 있다(농림축산식품부 보도자료, 2022. 10. 18.).

바이오차를 이용해 농경지 탄소 고정 감축 사업을 운영하는 등 농축산부문 주요 온실가스 감축 수단으로 바이오차가 논의되고 있다. 가축분 바이오차의 생산 수율은 20%로 퇴비의 42%보다 낮아 가축분뇨 처리 효율성과 생산 과정 및 보관,

농경지 살포 과정에서 발생하는 악취 측면에서 주목받고 있다. 특히, 바이오차는 산소가 없는 조건에서 높은 온도의 열분해로 만들어지기 때문에 생산 특성상 가축 분뇨에 포함된 중금속 등 유해물질이 분해되기 어려운 구조로 고정되어 농경지 및 수질 오염에 미치는 영향을 감소시킨다는 장점이 있다. 가축분 10만 톤으로 바이오차 2만 톤 생산이 가능하며, 이로 인한 온실가스 감축 효과는 4만 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 확인된다(농림축산식품부 보도자료, 2022. 10. 18.).

〈그림 3-1〉 퇴비와 바이오차 간 주요 특성 비교

가축분뇨 100톤/일 기준(함수율 75%)		주요 기대효과
퇴비화	바이오차	
퇴비 42톤 생산	바이오차 20톤 생산	생산물 감소
생산과정 및 살포시 악취 발생	악취 없음	관리 용이
중금속 등 우려, 온실가스 배출	중금속 용출 감소, 온실가스 고정	환경오염저감
30일 이상	1일 미만	처리기간 단축

자료: 농림축산식품부 보도자료(2022. 10. 18.), “가축분 바이오차로 축산업의 탄소중립 구현하다”.

## 2.2. 가축분 고체연료

가축분 고체연료는 ‘가축분뇨를 분리·건조·성형 등을 거쳐 고체상의 연료로 제조한 것’이라고 정의된다(가축분뇨법 2022: 제2조 제4의2호). 가축분을 퇴비가 아닌 고체연료로 활용하여 퇴비화 및 토양 살포 시 발생하는 온실가스를 저감할 수 있다.

우분 고체연료의 발열 에너지를 유연탄과 비교해 보면, 우분 원분뇨 4톤으로 1톤(3,000kcal/kg)의 우분 고체연료를 만들 수 있으며, 이러한 1톤의 우분 고체연료는 유연탄 0.5톤 상당의 에너지를 가지고 있다. 다시 말해서, 수입 유연탄 가격이

12만 원/톤(한국무역협회 2021년 평균)일 때, 1톤당 약 6만 원의 경제적 가치가 있는 것으로 평가된다(농림축산식품부 보도자료, 2021. 12. 16.). 또한, 우분 발생량 중 약 10%(220만 톤)를 고체연료로 활용한다면, 약 30만 톤 CO<sub>2</sub>eq.을 절감할 수 있다.

이러한 고체연료 등 가축분뇨를 활용한 신재생에너지는 생산뿐만 아니라 수요도 함께 고려할 필요가 있다. 일례로, 고체연료 수요처로 난방이 필요한 시설원예나 축산농가를 고려할 수 있으며, 철강산업이나 집단에너지사업자 등의 산업부문도 고체연료의 수요처로 고려될 수 있다. 가축분 고체연료는 연중 안정적으로 생산할 수 있는 장점이 있으며, 화석연료나 목재 펠릿을 대체할 수 있을 것으로 평가된다.

〈그림 3-2〉 우분 고체연료의 철강 부문 활용에 대한 경제적 효과



자료: 농림축산식품부 보도자료(2021. 12. 16.), “세계 최초, 쇠(牛)똥으로 쇠(鐵)를 만든다”.

## 2.3. 바이오가스

탄소중립 이행과 환경에 대한 중요성이 강조됨에 따라 가축분뇨 처리 문제가 지속적으로 제기되어 왔으며, 이에 환경부는 ‘유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법(바이오가스법)’의 하위법령안을 마련하였다.<sup>14)</sup> 바이오가스는 가축분뇨 등 유기성 폐자원이 혐기성 소화되면서 생성되는 가스로 메탄(50~65%), 이산화탄소(25~50%), 소량의 황화수소 등으로 구성된다. 가축분뇨를 재활용하여 생산된 바이오가스는 도시가스 공급, 발전, 시설 내 난방 등으로 활용될 수 있다는 점에서 관심이 높아지고 있다.

또한, 바이오가스화 시설 발전폐열을 난방으로 활용할 수 있으며, 청양 칠성바이오에너지는 분뇨처리용량 185톤/일, 발전용량 1,350kW(상시발전량: 800~900kW)의 바이오가스 시설을 가동하면서 발생하는 발전폐열을 인근 농가 온실에 제공함으로써 연간 약 1억 4천만 원의 난방비 절감과 247톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스 감축효과를 달성하였다(농림축산식품부 보도자료, 2023. 3. 15).

## 2.4. 가축분뇨 처리시설 변경

가축분뇨 처리 방법으로는 자원화(퇴비화, 액비화)와 정화방류 처리, 기타 처리(바이오가스, 가축분뇨 고체연료 등)가 있다. 처리시설 변경 기술은 기존 퇴비화 시설을 고도화하거나 다른 처리시설로 변경하는 방법이며, 가축분뇨 처리시설 중에서 온실가스 배출량이 적은 처리시설의 활용에 따른 온실가스 저감이 가능하다.

---

14) 환경부는 가축분뇨와 음식물쓰레기 등 유기성 폐자원을 일정량 이상 배출하는 지방자치단체와 사업자에 대해 바이오가스의 생산을 의무화하였다(환경부 보도자료, 2023. 4. 27.).

### 3. 온실가스 감축 기술에 대한 축산농가 인식

#### 3.1. 조사 개요 및 응답농가 특성

축산부문 온실가스 감축 기술에 대한 축산농가의 수용성을 파악하기 위하여 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본 축산농가 609호를 대상으로 방문 면접조사를 실시하였다. 이를 위해 전문 조사기관인 (주)엠브레인리서치에 위탁조사를 의뢰하였으며, 조사 기간은 2023년 7월 13일~9월 20일까지 약 2개월이다.

##### 〈참고〉 조사 개요

- 조사 대상: 농업관측센터 축종별 표본농가(한우, 젖소, 돼지, 산란계, 육계) 609호
- 조사 방법: 전문업체를 통한 위탁조사(면접조사를 기초로 웹조사 등 병행)
- 표본 할당: 전국 지역별, 사육 규모별 표본 할당
- 조사 시기: 2023년 7월 13일~9월 20일
- 주요 조사 항목
  - 농가 및 사육 현황: 농가 운영형태, 사육 및 출하 현황, 생산성 지표, 축사 형태
  - 가축분뇨 처리 현황: 가축분뇨 처리 주체, 처리시설 및 방법, 가축분뇨 위탁 현황
  - 축산부문 온실가스 감축 기술 도입 의향 및 제약요인
  - 기타 축산업 관련 문항

조사에 참여한 609개의 축산농가 중 경상권에 거주하는 응답자가 30%로 가장 많았다. 또한, 사육경력은 21년 이상이 68.6%로, 축산업에 종사한 경력이 길다는 것을 알 수 있다. 인력 현황과 관련하여 본인과 가족이 직접 참여하면서 다른 인력을 고용하는 경우가 있어 중복응답을 허용하였으며, 전체 609개 축산농가 중 39.6%의 응답자가 본인과 가족 이외에 외부 인력을 고용하는 것으로 나타났다. 축산농가의 축종별 사육 현황을 살펴보면, 농가당 평균적으로 한우 107마리, 젖소 104마리, 돼지 3,363마리, 육계 59,305마리, 산란계 58,333마리를 사육하는 것으로 조사되었다.

〈표 3-5〉 축종별 농가의 인구통계학적 특성

단위: 호, %, 마리

구분	한우		젓소		돼지		육계		산란계		계		
	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	빈도	비율	
권역	경기/강원	33	16.3	27	26.7	27	26.0	27	26.7	20	20.0	134	22.0
	충청	46	22.7	24	23.8	21	20.2	17	16.8	23	23.0	131	21.5
	전라/제주	62	30.5	21	20.8	27	26.0	31	30.7	20	20.0	161	26.4
	경상	62	30.5	29	28.7	29	27.9	26	25.7	37	37.0	183	30.0
사육 경력	5년 이하	2	1.0	1	1.0	5	4.8	4	4.0	5	5.0	17	2.8
	6~10년	5	2.5	7	6.9	8	7.7	12	11.9	17	17.0	49	8.0
	11~15년	14	6.9	10	9.9	9	8.7	11	10.9	22	22.0	66	10.8
	16~20년	18	8.9	5	5.0	8	7.7	15	14.9	13	13.0	59	9.7
	21년 이상	164	80.8	78	77.2	74	71.2	59	58.4	43	43.0	418	68.6
인력 현황 (중복)	가족인력	200	98.5	99	98.0	93	89.4	99	98.0	94	94.0	585	96.1
	고용인력	44	21.7	47	46.5	75	72.1	20	19.8	55	55.0	241	39.6
계	203	100	101	100	104	100	101	100	100	100	609	100	
농가당 평균 사육 마리수	107		104		3,363		59,305		58,333		121,212		

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

가축분뇨 처리주체는 크게 자가처리와 위탁처리로 구분되며, 위탁처리는 다시 1차 자가처리 후 위탁과 전체 위탁으로 구분된다. 축종에 따라 한우와 젓소의 자가처리 비율은 각각 72%, 76%로 높은 비율을 보이는 반면, 돼지와 가금류의 분뇨 자가처리 비율은 40% 미만으로 조사되었다. 또한, 한우와 젓소 분뇨의 자가처리 중 99% 이상이 퇴비화로 처리되고 있으며, 육계와 산란계의 경우에도 자가처리를 하는 경우에는 대부분 퇴비화로 처리된다. 돼지와 육계의 경우에는 68% 이상의 농가가 분뇨를 전체 위탁처리 하는 것으로 나타났으며, 주로 민간 퇴·액비 유통 전문조직에 위탁하는 것으로 확인되었다. 또한, 자가처리와 위탁처리 모두에서 신재생에너지 생산으로 활용되는 비율은 상대적으로 작은 것으로 조사되었다.



〈표 3-6〉 가축분뇨 처리주체 및 방법

단위: %, 호

구분		한우	젓소	돼지	육계	산란계
자가처리		72.4	76.2	24.0	20.8	39.0
처리 방법	퇴비화	99.4	100.0	73.8	100.0	94.9
	정화처리	2.2	16.7	33.3	-	5.1
	액비화	1.7	13.3	50.0	2.9	5.1
	신재생에너지 바이오차	1.7	-	2.4	-	1.7
	신재생에너지 고체연료	0.6	-	-	2.9	1.7
	신재생에너지 바이오가스	0.6	-	7.1	2.9	-
위탁처리		24.1	23.8	16.3	12.9	21.0
전체 위탁		15.3	20.8	68.3	69.3	45.0
처리 방법	민간 퇴·액비 유통전문조직	54.1	61.5	44.2	79.5	81.3
	공동자원화시설	40.5	48.7	33.7	14.5	18.8
	공공처리 시설	2.7	15.4	31.4	3.6	3.1
	민간 신재생에너지 생산시설	5.4	-	12.8	12.0	4.7
	퇴비화	6.8	2.6	-	-	-
	기타	2.7	5.1	1.2	1.2	1.6
농가 수(호)		203	101	104	101	100

주: 가축분뇨 처리는 자가처리와 위탁처리를 병행할 수 있기 때문에 중복응답이 허용됨.  
 자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

조사에 응답한 농가의 축종별 생산성 지표는 다음 표와 같다.

〈표 3-7〉 축종별 생산성 지표별 현황

구분		평균	구분	평균	
한우	비육우 출하 체중	756kg	돼지	1등급 이상 출현율	70.97%
	비육우 출하 월령	31개월령		폐사율	5.03%
	비육우 육질 1등급 이상 출현율	76.22%		모돈 회전율	2.33회
	번식우 도태 산차	4.54산	육계	MSY(Marketed-pig per Sow per Year)	21.46두
	번식우 분만간격	366.85일		육성률	96.95%
	번식우 초산 월령	24.9개월령		사육일수	34.52일
젓소	마리당 산유량	30.97kg/일	산란계	출하체중	1.74kg/마리
	도태 산차	3.6산		산란율	83.73%
	초산 월령	25.0개월령		농가당 1일 평균 계산 생산량	48,434개/일/ 농가
	분만간격	401.28일			

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

### 3.2. 축산부문 온실가스 배출에 대한 농가 인식

축산부문 온실가스 배출 감소의 필요성에 대해 전체 평균 58%의 농가가 ‘필요’ 및 ‘매우 필요’에 응답하였다. 세부 축종별로 돼지 61.5%, 젖소 60.4%, 한우 58.6%, 산란계 56.0%, 육계 52.5% 순으로 ‘필요’ 및 ‘매우 필요’에 응답 비중이 높았다.

〈표 3-8〉 축산부문 온실가스 배출 감소의 필요성

단위: %

구분	한우	젖소	돼지	육계	산란계
전혀 필요 없음	3.0	-	3.8	1.0	1.0
필요 없음	10.8	12.9	7.7	8.9	13.0
보통	27.6	26.7	26.9	37.6	30.0
필요함	48.3	48.5	50.0	40.6	42.0
매우 필요함	10.3	11.9	11.5	11.9	14.0

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

축산업 관련 환경문제의 심각성에 대한 축산농가 인식을 조사하였으며, 과거 2021년 조사 결과(정민국 외, 2021)와 비교하였다. 축산농가가 온실가스 배출에 대한 심각성 인식 정도는 2년 전에 비해 높아졌다. 이는 기후변화를 직접 체감할 수 있었으며, 축산부문 온실가스 감축과 관련된 정책, 교육·홍보의 결과로 볼 수 있다.

〈표 3-9〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식

단위: %, 점

구분	점수별 응답률					기중평균	
	1점	2점	3점	4점	5점		
2023년 조사	가축분뇨로 인한 수질오염	23.5	31.4	23.6	17.0	4.5	2.5
	토양양분초과	12.3	25.5	37.3	21.8	3.2	2.4
	온실가스 배출	21.9	34.2	27.4	12.7	3.8	2.7
	축산악취	14.5	27.9	37.9	16.6	3.1	2.8
2021년 조사	가축분뇨로 인한 수질오염	24.7	33.3	29.4	8.6	4.1	2.3
	토양양분초과	23.3	35.5	31.4	7.1	2.7	2.3
	온실가스 배출	17.8	32.4	36.7	9.6	3.5	2.5
	축산악취	9.4	25.7	41.6	16.9	6.3	2.9

주: 축산환경문제가 심각하다고 생각하는 항목에 높은 점수, 덜 심각한 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과 및 정민국 외(2021)를 이용해 작성함.

축종별로 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식 정도를 살펴보면 온실가스 배출의 심각성은 마리당 배출량이 가장 많은 젓소 농가(2.8점)와 돼지 농가(2.8점)가 비교적 심각하게 인식하고 있었다. 축산악취 문제에 대해서는 돼지 농가(3.3점), 산란계 농가(2.9점) 등의 순으로 심각하게 인식하고 있었다.

〈표 3-10〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식

단위: %, 점

축종	구분	점수별 응답률					가중평균	
		1점	2점	3점	4점	5점	'23년	'21년 (참고)
한우 (N=203)	가축분뇨로 인한 수질오염	25.1	33.5	30.0	10.3	1.0	2.3	2.3
	토양 양분초과	21.7	35.0	35.5	7.4	0.5	2.3	2.3
	온실가스 배출	18.2	30.0	38.9	10.3	2.5	<b>2.5</b>	2.5
	축산악취	15.8	31.5	39.4	11.8	1.5	<b>2.5</b>	2.9
젓소 (N=101)	가축분뇨로 인한 수질오염	13.9	34.7	33.7	10.9	6.9	2.6	2.3
	토양 양분초과	14.9	37.6	32.7	9.9	5.0	2.5	2.3
	온실가스 배출	7.9	27.7	47.5	14.9	2.0	<b>2.8</b>	2.5
	축산악취	7.9	35.6	43.6	11.9	1.0	2.6	2.9
돼지 (N=104)	가축분뇨로 인한 수질오염	24.0	26.0	14.4	26.9	8.7	2.7	2.3
	토양 양분초과	22.1	28.8	23.1	20.2	5.8	2.6	2.3
	온실가스 배출	14.4	22.1	35.6	24.0	3.8	<b>2.8</b>	2.5
	축산악취	4.8	10.6	35.6	43.3	5.8	<b>3.3</b>	2.9
육계 (N=101)	가축분뇨로 인한 수질오염	31.7	27.7	20.8	15.8	4.0	2.3	2.3
	토양 양분초과	28.7	33.7	19.8	12.9	5.0	2.3	2.3
	온실가스 배출	18.8	27.7	35.6	14.9	3.0	<b>2.6</b>	2.5
	축산악취	21.8	27.7	29.7	16.8	4.0	2.5	2.9
산란계 (N=100)	가축분뇨로 인한 수질오염	23.0	35.0	19.0	21.0	2.0	2.4	2.3
	토양 양분초과	22.0	36.0	26.0	13.0	3.0	2.4	2.3
	온실가스 배출	13.0	32.0	32.0	19.0	4.0	2.7	2.5
	축산악취	11.0	22.0	38.0	25.0	4.0	<b>2.9</b>	2.9

주 1) 리커트 5점 척도를 이용하여 축산환경 문제가 심각하다고 생각하는 항목에 높은 점수를 부여하고, 덜 심각하다고 생각되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

2) 2021년도 가중평균은 정민국 외(2021)가 2021년 축산농가를 대상으로 실시한 동일한 문항에 대한 응답 결과임.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과 및 정민국 외(2021)를 이용해 작성함.

### 3.3. 온실가스 감축 기술별 농가 도입 현황 및 도입 의향

온실가스 감축기술의 농가 도입 현황을 조사한 결과, 한우와 젓소는 사양관리 기술로 자가 조사료 생산 및 급여 도입률이 높았으며, 가축분뇨 처리와 관련하여 산란계는 교반식 발효시설 도입률이 가장 높으나, 그 외 축종은 통풍식 발효시설 도입률이 높았다. 한편, 육계 농가는 생산성 향상 ICT 장비를 도입률이 높았다. 신재생에너지와 관련된 기술 중 태양광 패널 설치는 다소 도입 비율이 높았으나, 바이오가스나 고체연료, 바이오차 등 신재생에너지 생산과 관련된 기술을 도입한 농가는 비교적 적었다.

〈표 3-11〉 축산농가의 온실가스 감축기술 도입 현황

단위: %

구분		도입 및 일부도입					
		한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
사양관리	부산물 사료 급여 (조사료 제외 건물량 기준 대체율 20% 이상)	46.8	41.6	-	-	-	44.2
	자가 조사료 생산 및 급여	64.0	65.3	-	-	-	64.7
	생산성 향상 ICT 장비 도입	41.4	42.6	42.4	63.4	5.0	38.9
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설(강제공기공급)	37.4	33.8	46.2	34.7	32.0	36.8
	교반식 발효시설(기계교반, 콤포스트)	17.7	26.7	23.7	21.8	39.0	25.8
	깔짚관리(로터리 교반 등)	23.6	66.3	-	-	-	45.0
	정화처리	-	-	29.5	-	-	29.5
	신재생에너지 생산 위탁처리업체에 반출 (고체연료, 바이오차, 바이오가스 등)	11.9	10.9	13.5	15.8	12.0	12.8
신재생 에너지	태양광 패널 설치	22.2	23.8	8.7	24.8	15.0	18.9
	바이오가스 생산	3.0	1.0	2.9	5.0	-	2.9
	가축분 고체연료 생산시설	2.0	1.0	2.9	3.0	1.0	2.0
	가축분 바이오차	3.9	1.0	2.9	5.9	2.0	3.2
기타	저탄소 인증자재 사용	13.3	11.9	13.5	19.8	6.0	12.9
	빗물 재활용 기술	4.4	5.0	6.7	4.0	-	5.0
	지열 히트펌프 시스템	4.4	1.0	8.7	6.9	2.0	4.6
농가 수(호)		203	101	104	101	100	609

주: 저메탄사료 및 적정단백질 사료에 대한 도입 여부도 조사했으나, 조사 당시 해당 사료에 대한 규격 및 지침 부재로 결과 집계에서 제외함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

축산부문 온실가스 감축 기술에 대한 도입 의향을 조사한 결과 사양관리에서 저메탄사료 급여 의향은 한우 24.1%, 젖소 32.7% 등으로 나타났으며, 적정단백질 사료 급여 의향은 돼지 40.4%, 육계 33.7%, 산란계 35.0% 등으로 나타났다. 생산성 향상을 위한 ICT 장비 도입 의향은 한우(38.4%)를 제외한 다른 축종에서 모두 50% 이상 도입 의향이 있는 것으로 나타났다.

한편 가축분뇨 관리에서는 한우와 젖소 농가는 깔짚관리(로터리 교반 등)에 대한 도입 및 유지 의향이 높았으며, 돼지 농가는 정화처리에 대한 도입 및 유지 의향이 가장 높았다. 신재생에너지 생산에서는 태양광 패널 설치에 대한 도입 및 유지 의향이 비교적 높은 것으로 나타났다.

〈표 3-12〉 축산농가의 온실가스 감축기술 도입 및 유지 의향

구분		한우	젖소	돼지	육계	산란계	
사양 관리	비육기간 단축(조기출하, 단기비육)	36.9	-	-	-	-	
	저메탄사료 급여	24.1	32.7	26.9	-	-	
	적정단백질 사료 급여(저단백 사료 급여)	35.5	41.6	40.4	33.7	35.0	
	부산물 사료 급여 (조사료 제외 건물량 기준 대체율 20% 이상)	28.1	28.7	-	-	-	
	자가 조사료 생산 및 급여	52.2	53.5	-	-	-	
	생산성 향상 ICT 장비 도입	38.4	53.5	51.9	58.4	56.0	
가축분뇨 관리	농가	통풍식 발효시설(강제공기공급)	33.0	25.7	42.3	27.7	36.0
		교반식 발효시설(기계교반, 콤포스트)	20.7	30.7	33.7	15.8	39.0
		깔짚관리(로터리 교반 등)	54.2	67.3	-	-	-
		정화처리	-	-	44.2	-	-
	위탁	신재생에너지 생산 위탁처리업체에 반출 (고체연료, 바이오차, 바이오가스 등)	11.3	19.8	24.0	25.7	21.0
신재생에너지 생산 (농가 운영)	태양광 패널 설치	33.5	36.6	25.0	34.7	36.0	
	바이오가스 생산	8.4	9.9	14.4	10.9	11.0	
	가축분 고체연료 생산시설	9.4	11.9	18.3	13.9	17.0	
	가축분 바이오차	6.4	9.9	14.4	12.9	11.0	
기타	저탄소 인증자재 사용	19.2	23.8	31.7	14.9	22.0	
	빗물 재활용 기술	11.3	21.8	25.0	12.9	20.0	
	지열 히트펌프 시스템	9.9	18.8	20.2	14.9	23.0	

주: 축종별 기술 도입 의향 '없음' 및 '잘 모름'에 대한 응답 결과는 부록에 제시함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

### 3.4. 온실가스 감축 기술 적용 시 제약요인과 지원사항

축산부문 온실가스 감축을 위한 저메탄, 적정단백질 사료로 변경할 때 제약요인을 조사한 결과 전 축종 평균 경영비(사료비) 상승이 36.0%로 가장 높았으며, 다음으로 ‘온실가스 감축 사료가 무엇인지 모름’이 31.4%, 생산성 저하(월령 대비 도체중 감소) 25.1% 등의 순으로 높았다.

축산부문 온실가스 감축을 위한 저메탄, 적정단백질 사료로 변경할 때 제약요인으로 저메탄, 적정단백질 등 ‘온실가스 감축 사료가 무엇인지 모름’에 대한 응답 비율(한우 43.3%, 젓소 29.7%, 돼지 26.0%, 육계 24.8%, 산란계 33.0%)이 높게 나타났다. 이 점에서 저메탄사료 및 적정단백질 사료 보급 확대를 위해 축산농가 교육 및 홍보 강화 필요성이 제기된다.

〈표 3-13〉 온실가스 저감을 위한 사료 변경에 제약요인

단위: %

구분	한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
온실가스 감축 사료가 무엇인지 모름	43.3	29.7	26.0	24.8	33.0	31.4
온실가스 감축 사료 판매처가 없음	15.8	19.8	12.5	7.9	14.0	14.0
생산성 저하(월령 대비 도체중 감소)	9.9	-	26.0	32.7	32.0	25.1
육질등급 저하	16.3	-	6.7	-	-	11.5
두당 착유량 감소	-	24.8	-	-	-	24.8
원유 위생등급 저하	-	8.9	-	-	-	8.9
유지방/ 유단백 등 유성분 감소	-	7.9	-	-	-	7.9
가축 폐사율 증가	-	-	2.9	12.9	3.0	6.3
계란 등급(크기) 저하	-	-	-	-	21.0	21.0
비정상란 발생률 증가	-	-	-	-	10.0	10.0
경영비(사료비) 상승	32.5	35.6	44.2	34.7	33.0	36.0
온실가스 감축 사료의 영양성분 부족	3.4	4.0	13.5	10.9	6.0	7.6
가축이 잘 먹지 않음(사료 기호성 저하)	7.4	8.9	7.7	10.9	3.0	7.6
온실가스 감축 사료의 효과가 검증되지 않음	14.3	13.9	20.2	24.8	17.0	18.0
사육시설(평사 형태)에 적합하지 않음	-	-	-	-	1.0	1.0
응답 농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

주: 2순위까지 응답하였으며, 1순위와 2순위를 합산하여 결과 도출.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

장비 및 시설 도입에 대한 제약요인으로는 ‘초기 설치비 부담’이 56.7%로 가장 높았으며, ‘경영비(시설비/수리비/전기료 등) 상승’ 41.2%, ‘해당 기술을 잘 모름’ 23.2% 등의 순으로 나타났다.

〈표 3-14〉 장비 및 시설 도입 관련 온실가스 감축기술 적용 시 제약요인

단위: %

구분	한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
해당 기술을 잘 모름	36.9	17.8	15.4	27.7	18.0	23.2
판매 및 설치업체 없음	3.4	5.0	5.8	5.0	5.0	4.8
초기 설치비 부담	47.3	60.4	60.6	53.5	62.0	56.7
경영비(시설비/수리비/전기료 등) 상승	34.5	40.6	47.1	38.6	45.0	41.2
사용방법 및 유지관리 어려움	5.4	17.8	14.4	12.9	14.0	12.9
장비·시설의 도입 효과 적음(도입 필요성 낮음)	5.4	9.9	15.4	9.9	10.0	10.1
해당 축사의 구조상 설치 어려움 (축사 노후화/축사형태/토지부족 등)	18.2	22.8	14.4	12.9	23.0	18.3
정부 차원에서 판매 및 설치업체 설립	0.5	-	-	-	-	0.5
응답 농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

주: 2순위까지 응답하였으며, 1순위와 2순위를 합산하여 결과 도출.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

가축분뇨를 신재생에너지 생산시설에 위탁과 관련된 제약요인으로는 ‘해당 시설의 가축분뇨 수거 비용 비쌈’이 52.1%로 가장 많았으며, ‘인근에 신재생에너지 생산업체 없음’이 46.3%로 나타났다.

〈표 3-15〉 가축분뇨 신재생에너지 생산업체로 반출에 제약요인

단위: %

구분	한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
해당 시설을 잘 모름	34.5	21.8	20.2	31.7	35.0	28.6
인근에 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산업체 없음	40.4	55.4	48.1	40.6	47.0	46.3
해당 시설의 가축분뇨 수거 비용 비쌈	38.9	42.6	66.3	54.5	58.0	52.1
가축분뇨를 위탁 처리할 필요가 없음	19.7	21.8	11.5	10.9	11.0	15.0
응답 농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

주: 2순위까지 응답하였으며, 1순위와 2순위를 합산하여 결과 도출.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

온실가스 감축 기술을 적용함에 있어서 농가가 수용할 수 있는 생산성 감소 수준과 경영비 증가 수준을 조사하였다. 온실가스 감축 기술을 적용 시 40.1% 농가는 생산성에 변화(감소)가 없어야 도입 가능하다고 응답했으며, 경영비는 38.6% 농가가 경영비에 변화(증가)가 없어야 도입 가능하다고 응답하였다. 평균적인 수용 가능한 생산비 감소 수준은 8.2%로 나타났으며, 경영비 증가 수준은 7.0%로 나타났다.

〈표 3-16〉 기술 도입에 따른 생산성/수익성 변화에 대한 농가 수용성

단위: %

구분	한우	젖소	돼지	육계	산란계	전 축종
수용 가능한 생산성 감소 수(평균)	10.7	6.9	7.0	7.5	8.9	8.2
그중 생산성 감소 0% 응답 농가	36.0	36.4	42.4	42.9	43.0	40.1
수용 가능한 경영비 증가 수(평균)	9.7	5.3	5.9	6.0	7.9	7.0
그중 경영비 증가 0% 응답 농가	37.1	34.1	38.0	42.9	40.7	38.6
농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

한편 축산농가가 온실가스 감축을 원활하게 도입하기 위하여 필요한 정부 지원 사항으로는 기술 도입에 따른 시설 및 장비의 ‘초기 투자비나 경영비 증가분 지원’에 대한 응답이 53.6%로 가장 많았다. 다음으로 ‘생산성 저하/수익 감소분 지원’이 46.4%, 기술 도입 유도를 위한 ‘인센티브 제공’이 29.1% 순으로 나타났다.

〈표 3-17〉 온실가스 감축기술 적용을 위한 정부 지원(1순위 및 2순위 응답)

단위: %

구분	한우	젖소	돼지	육계	산란계	전 축종
기술 도입 유도를 위한 <b>인센티브 제공</b>	25.6	31.7	36.5	24.8	27.0	29.1
기술 도입에 따른 <b>생산성 저하/수익 감소분 지원</b>	41.9	48.5	49.0	43.6	49.0	46.4
기술 도입에 따른 <b>시설 및 장비의 초기 투자비 지원</b>	58.6	56.4	57.7	51.5	44.0	53.6
온실가스 감축의 필요성 및 공감대 형성을 위한 교육 및 홍보 강화	9.4	13.9	11.5	18.8	15.0	13.7
전문업체 육성(설치 및 판매 업체 등 확대)	6.4	2.0	9.6	9.9	10.0	7.6
기술 개발 및 효과향상(사용 및 이용관리 방법 개선 등)	5.9	5.0	10.6	10.9	10.0	8.5
시설·장비 설치를 위한 규제 완화(건폐율/축사증축 등)	17.2	30.7	11.5	16.8	31.0	21.5
저탄소 축산물 판로확보 지원 및 시장 차별화	6.4	1.0	6.7	5.9	6.0	5.2
없음	3.4	-	-	4.0	-	3.7
기타	2.0	-	-	5.1	-	3.0
응답 농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.



### 3.5. 온실가스 감축 기술별 경제성 및 효과성 인식

온실가스 감축 기술별로 효과성과 경제성을 조사하였으며, 감축 기술은 사양관리와 가축분뇨 관리, 신재생에너지 생산, 기타로 분류하였다.

“효과성” 평가에서는 축종별로 한우는 ‘자가 조사료 생산/급이(3.99점)’가 가장 높았으며, 젓소는 ‘저메탄사료 급이(4.00점)’가 가장 높았다. 돼지는 ‘정화처리 기술(3.88점)’, 육계는 ‘교반식 발효시설(3.79점)’, 산란계는 ‘저탄소 인증자재 사용(3.70점)’의 효과성이 가장 높게 평가되었다.

“경제성” 평가에서는 축종별로 한우는 ‘비육기간 단축(2.92점)’이 가장 높았으며, 젓소는 ‘부산물 사료 급이(2.70점)’가 가장 높았다. 돼지와 산란계, 육계는 모두 ‘적정단백질 사료 급이’의 경제성이 가장 높은 것으로 평가되었다.

〈표 3-18〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식

단위: 점

구분		한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종	
효과성	사양관리	비육기간 단축	2.77	-	-	-	-	2.77
		저메탄사료 급이	2.82	<b>4.00</b>	3.14	-	-	2.99
		적정단백질 사료 급이	2.86	3.59	3.24	3.13	3.24	3.10
		부산물 사료 급이	2.85	3.00	-	-	-	2.92
		자가 조사료 생산/급이	<b>3.99</b>	3.35	-	-	-	3.22
		생산성 향상 ICT장비 도입	3.49	3.27	3.27	3.42	3.62	3.32
	가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	3.13	3.22	3.58	3.34	3.43	3.34
		교반식 발효시설	3.25	3.45	3.57	<b>3.79</b>	3.52	3.33
		깔짚관리	3.29	3.57	-	-	-	3.43
		정화처리	-	-	<b>3.88</b>	-	-	3.88
		위탁처리업체 반출(신재생에너지)	3.64	3.35	3.66	3.30	3.53	3.38
	신재생 에너지	태양광 패널 설치	3.49	3.37	3.28	3.27	3.30	3.24
		바이오가스 생산	2.97	3.16	3.37	3.69	3.25	3.16
		가축분 고체연료 생산시설	2.98	3.23	3.38	3.19	3.31	3.20
		가축분 바이오차	2.99	3.89	3.44	3.40	3.26	3.16
	기타	저탄소 인증자재 사용	2.97	2.96	3.37	3.13	<b>3.70</b>	3.10
		빛물 재활용 기술	2.89	2.92	3.34	2.93	3.10	3.03
		지열 히트펌프 시스템	2.94	3.00	3.37	3.14	3.20	3.13

(계속)

		구분	한우	젖소	돼지	육계	산란계	전 축종
경제성	사양관리	비육기간 단축	<b>2.92</b>	-	-	-	-	2.92
		저메탄사료 급이	2.83	2.31	2.38	-	-	2.51
		적정단백질 사료 급이	2.83	2.35	<b>2.50</b>	<b>2.73</b>	<b>2.69</b>	2.62
		부산물 사료 급이	2.86	<b>2.70</b>	-	-	-	2.78
		자가 조사료 생산/급이	2.77	2.63	-	-	-	2.70
	가축분뇨 관리	생산성 향상 ICT장비 도입	2.70	2.29	2.25	2.30	2.38	2.38
		통풍식 발효시설	2.67	2.29	2.18	2.49	2.28	2.38
		교반식 발효시설	2.62	2.15	2.17	2.37	2.30	2.32
		깔짚관리	2.76	2.53	-	-	-	2.65
		정화처리	-	-	1.95	-	-	1.95
	신재생 에너지	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	2.70	2.44	2.19	2.60	2.39	2.47
		태양광 패널 설치	2.53	2.16	2.38	2.33	2.45	2.37
		바이오가스 생산	2.60	2.14	2.08	2.48	2.38	2.33
		가축분 고체연료 생산시설	2.57	2.04	2.12	2.43	2.37	2.30
	기타	가축분 바이오차	2.63	2.13	2.09	2.50	2.33	2.34
		저탄소 인증자재 사용	2.67	2.23	2.14	2.49	2.60	2.43
		빗물 재활용 기술	2.80	2.40	2.31	2.72	2.63	2.57
			지열 히트펌프 시스템	2.62	2.29	2.21	2.59	2.37

주 1) 리커트 5점 척도를 이용하여 효과성이나 경제성이 높다고 평가되는 항목에 높은 점수를 부여하고, 낮다고 평가되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

다음은 축산농가의 온실가스 감축 기술별 효과성 및 경제성 인식도 조사 결과와 IPA 분석(Importance-Performance Analysis)을 응용해 효과성과 경제성의 관계를 분석하였다.

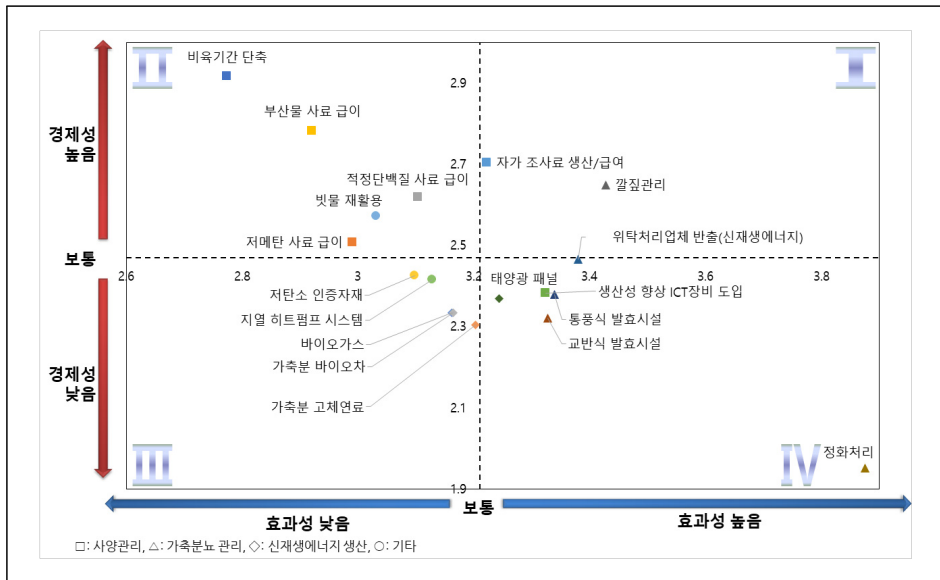
‘1사분면’은 ‘자가 조사료 생산/급이’와 ‘깔짚관리’가 포함되었다. 해당 기술들은 기술의 효과성과 경제성이 모두 높아 축산농가 지도를 통해 우선 도입할 필요가 있는 기술로 분류된다.

‘2사분면’은 경제성은 높으나 효과성이 낮은 영역이다. 이 영역에는 ‘비육기간 단축’, ‘부산물 사료’, ‘적정단백질 사료’, ‘저메탄사료’, ‘빗물 재활용 기술’ 등이 포함되었다. 해당 기술들은 효과성 제고를 위한 기술 개발이 필요하며, 효과가 검증된 기술의 경우는 그 효과에 대한 홍보를 강화할 필요가 있다.

‘3사분면’은 경제성과 효과성 모두가 낮은 영역으로, ‘바이오가스’, ‘바이오차’, ‘고체연료’, ‘저탄소 인증자재’, ‘지열 히트펌프’ 등이 포함되었다. 해당 기술들 중 에서 바이오가스, 바이오차, 고체연료 등은 정부의 탄소중립 전략에 포함된 내용 으로 농가 단위에서는 도입하기 어려운 기술로 평가된다. 국가 차원에서 공공사 업 형태로 추진하거나, 농가 단위에서 도입이 용이하도록 경제성 중심의 기술 개 발이 필요한 기술로 분류된다.

‘4사분면’ 효과성은 높으나 경제성은 낮은 영역이다. 이 영역에는 ‘생산성 향 상’, ‘ICT 장비 도입’, ‘신재생에너지 생산 위탁처리업체 반출’, ‘가축분뇨 발효시 설’, ‘정화처리’, ‘태양광 패널 설치’ 등이 포함되었다. 해당 기술들은 농가에서 평 가하는 효과가 높지만, 도입에 있어서 경제성이 낮으므로 농가 차원에서 도입이 용이하도록 용자사업 등의 지원을 검토해 볼 수 있다.

〈그림 3-3〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 평가(전체)



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

전체 축종에 대하여 축산부문 온실가스 감축 기술별 경제성 분석 결과 경제성이 높은(1사분면, 2사분면) 것으로 평가되는 기술들은 주로 ‘사양관리’ 측면의 기술들이 많았으며, 경제성이 낮은(3사분면, 4사분면) 것으로 평가되는 기술들은 주로 시설투자가 필요한 ‘가축분뇨 관리 및 신재생에너지’ 측면의 기술들이 많았다.

한편 효과성을 분석한 결과 효과성이 높은(1사분면, 4사분면) 것으로 평가되는 기술들은 주로 ‘가축분뇨 관리’ 측면의 기술들이 많았다.

〈표 3-19〉 축산농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 영역 구분(종합)

영역	설명	감축기술		평가 결과(점)	
		분류	세부 기술	효과성	경제성
1사분면	고경제 -고효과	사양관리	자가 조사료 생산/급이	3.22	2.70
		가축분뇨 관리	깔짚관리	3.43	2.65
2사분면	고경제 -저효과	사양관리	비육기간 단축	2.77	2.92
			부산물 사료 급이	2.92	2.78
			적정단백질 사료 급이	3.10	2.62
			저메탄사료 급이	2.99	2.51
		기타	빗물 재활용	3.03	2.57
3사분면	저경제 -저효과	신재생에너지	바이오가스 생산	3.16	2.33
			가축분 바이오차 생산	3.16	2.34
			가축분 고체연료 생산	3.20	2.30
		기타	저탄소 인증자재	3.10	2.43
			지열 히트펌프 시스템	3.13	2.42
4사분면	저경제 -고효과	사양관리	생산성 향상 ICT 장비 도입	3.32	2.38
		가축분뇨 관리	신재생에너지 생산 위탁처리업체 반출	3.38	2.47
			통풍식 발효시설	3.34	2.38
			교반식 발효시설	3.33	2.32
			정화처리	3.88	1.95
		신재생에너지	태양광 패널 설치	3.24	2.37

주: 리커트 5점 척도를 이용하여 효과성이나 경제성이 높다고 평가되는 항목에 높은 점수를 부여하고, 낮다고 평가되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

축산농가의 온실가스 감축 기술별 도입 의향에 따른 효과성과 경제성 평가 결과를 비교하였다. 도입 의향이 있는 농가들은 대부분의 온실가스 감축 기술에 대하여 효과성을 높게 평가하고 있었으나, 도입 의향이 없는 농가들은 비교적 효과성에 대한 평가 점수가 낮았다.

한편 경제성 평가 결과에서는 도입 의향이 없는 농가들의 경제성 평가 결과가 높게 나타났다. 축산농가들의 도입 의향에는 경제성보다는 효과성의 영향이 큰 것으로 해석할 수 있다.

〈표 3-20〉 도입 의향에 따른 온실가스 감축 기술의 효과성/경제성 평가 차이(종합)

단위: 점

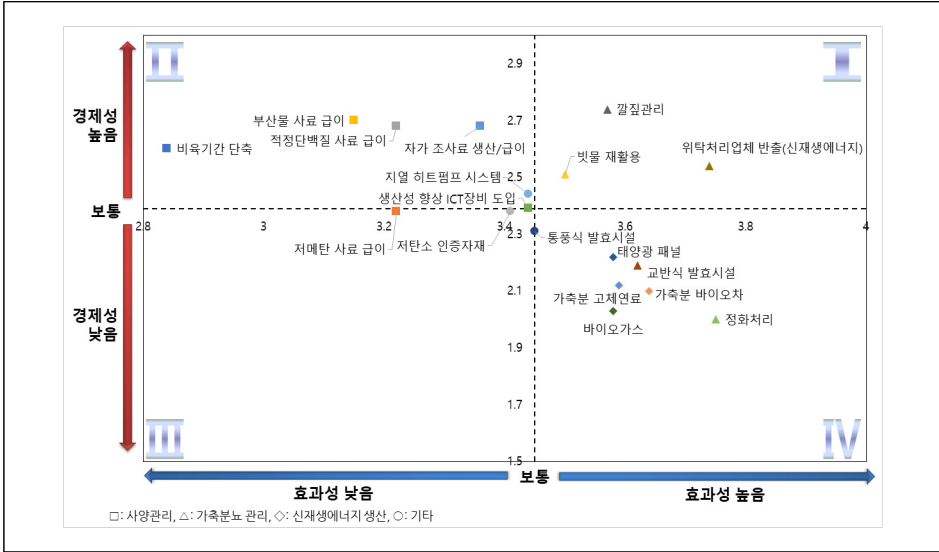
부문	감축기술	도입의향 있음 (A)		도입의향 없음 (B)		A-B	
		효과성	경제성	효과성	경제성	효과성	경제성
사양관리	비육기간 단축	2.84	2.60	2.73	3.09	0.11	-0.49
	저메탄사료 급이	3.22	2.38	3.05	2.42	0.17	-0.04
	적정단백질 사료 급이	3.22	2.68	3.12	2.52	0.1	0.16
	부산물 사료 급이	3.15	2.70	3.00	2.56	0.15	0.14
	자가 조사료 생산/급이	3.36	2.68	3.10	2.72	0.26	-0.04
	생산성 향상 ICT장비 도입	3.44	2.39	3.27	2.28	0.17	0.11
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	3.45	2.31	3.25	2.34	0.2	-0.03
	교반식 발효시설	3.62	2.19	3.20	2.33	0.42	-0.14
	깔짚관리	3.57	2.74	3.16	2.52	0.41	0.22
	정화처리	3.75	2.00	3.88	1.89	-0.13	0.11
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	3.74	2.54	3.31	2.37	0.43	0.17
신재생에너지	태양광 패널 설치	3.58	2.22	3.07	2.48	0.51	-0.26
	바이오가스 생산	3.58	2.03	3.08	2.37	0.5	-0.34
	가축분 고체연료 생산시설	3.59	2.12	3.12	2.34	0.47	-0.22
	가축분 바이오차	3.64	2.10	3.11	2.35	0.53	-0.25
기타	저탄소 인증자재 사용	3.41	2.38	3.06	2.46	0.35	-0.08
	빛물 재활용 기술	3.50	2.51	2.92	2.60	0.58	-0.09
	지열 히트펌프 시스템	3.44	2.44	3.44	2.94	0	-0.5

주: 리커트 5점 척도를 이용하여 효과성이나 경제성이 높다고 평가되는 항목에 높은 점수를 부여하고, 낮다고 평가되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

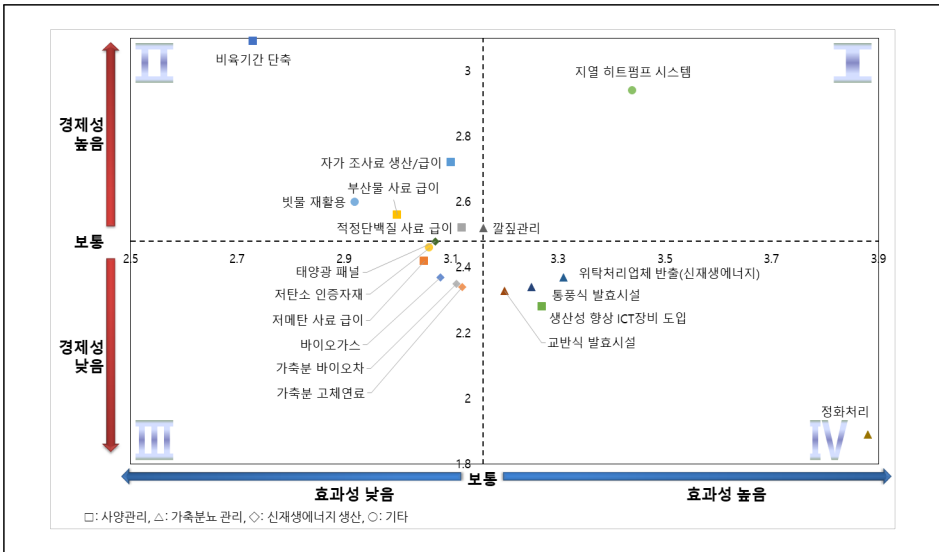
온실가스 감축 기술별 도입 의향에 따른 효과성과 경제성의 관계는 다음과 같다.

〈그림 3-4〉 기술별 도입 의향이 있는 농가의 효과성 및 경제성 평가(전 축종)



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈그림 3-5〉 기술별 도입 의향이 없는 농가의 효과성 및 경제성 평가(전 축종)



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

### 3.6. 저탄소 축산물 인증제 참여 의향 등

저탄소 축산물 인증제에 참여 의향이 있는 농가는 축종별로 한우 31.0%, 젓소 28.7%, 돼지 25.0%, 육계 24.8%, 산란계 22.0%로 비교적 낮은 수준으로 나타났다. 저탄소 축산물 인증제에 대한 참여 의향은 26.3%(축종별 평균)로 낮은 수준을 보였으며, 의향이 없거나(40.7%), 저탄소 축산물 인증을 모르는 농가(33.0%)를 대상으로 인식개선의 필요성을 제기할 수 있다.

〈표 3-21〉 저탄소 축산물 인증제 참여 여부 및 의향

단위: %

구분		한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
저탄소 축산물 인증제 참여 의향	있음	31.0	28.7	25.0	24.8	22.0	26.3
	없음	32.0	31.7	50.0	43.6	46.0	40.7
	모르겠음	36.9	39.6	25.0	31.7	32.0	33.0
농가 수(호)		203	101	104	101	100	609

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

가축사육 시 어려운 점으로는 사료비 등 경영비 상승이 60.5%로 가장 높았으며, 축산업에 대한 규제 강화(사육 제한 등) 33.9%, 가축분뇨 처리 16.1% 등의 순으로 나타났다.

〈표 3-22〉 가축사육 시 어려움

단위: %

구분	한우	젓소	돼지	육계	산란계	전 축종
경영비 상승(사료비 등)	9.6	86.1	65.4	65.3	76.0	60.5
노동력 부족	17.7	14.9	2.2	2.8	25.0	12.5
가축분뇨 처리	2.2	4.6	26.0	26.7	21.0	16.1
악취민원	3.9	1.0	4.4	12.9	16.0	7.6
방역관리(가축질병 발생)	4.4	5.9	11.5	18.8	14.0	10.9
온실가스 배출문제	2.0	6.9	2.9	6.9	5.0	4.7
축산업에 대한 규제 강화(사육 제한 등)	36.5	37.6	27.9	34.7	33.0	33.9
기타	0.5	1.0	-	2.0	-	3.5
농가 수(호)	203	101	104	101	100	609

주: 가축사육 시 어려움은 2순위까지 응답할 수 있도록 하였으며, 1순위와 2순위를 합산하여 결과 도출.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

제4장

온실가스 감축 기술  
도입의 효과 분석





## 온실가스 감축 기술 도입의 효과 분석

가축사육 단계의 온실가스 감축 기술을 ‘가축관리 단계’, ‘가축분뇨 처리 단계’, ‘온실가스 배출 이후 단계’로 구분하여 제시하면 아래 표와 같다. 온실가스 감축 기술에 대한 도입 효과분석을 위해서는 해당 기술에 대한 시험연구 결과나 실증분석 연구 결과가 필요하다. 아울러 해당 온실가스 감축 효과를 정량적으로 평가할 수 있어야 하며, 온실가스 인벤토리 작성에 반영될 수 있어야 한다.

이 연구에서는 기술 도입에 따른 감축 효과를 정량적으로 평가할 수 있는 온실가스 감축 기술(가축관리 단계 5개 기술, 가축분뇨 처리 단계 2개 기술 및 GIS 정보 분석)을 대상으로 효과를 분석하였다.<sup>15)</sup>

〈표 4-1〉 가축 사육단계별 온실가스 감축 기술의 분류 및 분석 가능 여부(감축 기술 인벤토리)

단계	기술	주요 대상	기술 정의(도입 효과 등)	비고	
가축 관리 단계	저탄소 사육관리	저메탄 사료	한우, 젖소	• 메탄 저감제 급여로 장내발효 CH <sub>4</sub> 저감 (메탄 저감 효과 20%~35%)	효과분석 가능
		적정단백질 사료	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	• 분뇨내 질소 저감으로 가축분뇨 처리 N <sub>2</sub> O 저감(분뇨내 질소 저감 3~14%)	효과분석 가능
		부산물 사료 급여	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	• 농업 및 식품 부산물활용으로 탄소 배출 원 감축, 사료비 절감, 수입사료 대체 등 도 기대 가능	분석 불가 (기초자료 부족)
		자가 조사료 생산 및 급여	한우, 젖소	• 경축 순환에 따른 화학비료 절감 등 (가축분뇨 활용 확대, 탄소 선순환체계 구축)	분석 불가 (기초자료 부족)

15) 현재 개발 중인 기술이나, 기술 도입에 따른 효과를 명확히 정량화할 수 없는 기술은 추후 연구 과제로 남긴다.

(계속)

단계	기술		주요 대상	기술 정의(도입 효과 및 비용)	비고
가축 관리 단계	ICT 시설 보급 등 생산성 향상	비육기간 단축	한우	• 한우 연령별 배출계수 적용으로 온실가스 감축 (한우 수소 메탄 배출계수: 1세 미만 43, 1세 이상 61) (경제 효과: 사료비 절감, 등급제로 수익성 하락 가능)	효과분석 가능 (23년 산정방식 개정으로 효과)
		두당산유량 향상	젖소	• 일정한 원유생산에 필요한 사육 마릿수 감축 (장내발효, 가축분뇨 처리 배출량 등 감소) (경제 효과: 사료비, 젖소 육성비 등 감소)	효과분석 가능
		MSY 향상	돼지	• 동일한 돼지고기 공급에 필요한 모돈 마릿수 감축 (장내발효, 가축분뇨 처리 배출량 등 감소) (경제 효과: 비육돈 폐사율, 모돈 마릿수 감소 등으로 사료비 등 생산비 절감)	효과분석 가능
	저탄소 기자재		한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	• 온실가스 감축 기자재 보급 (예시: 소 마스크 등) (단, 효과 검증 및 현장 적용 가능성 등 평가 필요)	분석 불가 (기초자료 부족)
	가축개량	저탄소 품종 도입	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	• 유전능력 평가 등으로 온실가스 배출이 적은 혈통 보급 (생산성 향상, 저탄소 사양관리 도입 등 다른 기술과 효과가 함께 나타남)	분석 불가 (기초자료 부족)
가축 분뇨 처리 단계	가축분뇨 처리공정 개선	통풍식 발효 시설	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	• 가축분뇨 처리에 온실가스 저감 공정 도입으로 온실가스 감축 (호기성 조건 및 부숙도 향상으로 온실가스 감축) (단, 배출계수 개발 및 적용방안 검토 필요)	분석 불가 (기초자료 부족)
		교반식 발효 시설	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계		
		깔짚관리	한우, 젖소		
	정화처리	정화처리	돼지	• 정화처리 배출계수 적용으로 온실가스 배출 저감	현행산정방식으로 만 효과분석 가능
	가축분뇨 처리방식 다각화	고체연료	우분, 계분 등	• 고체연료 생산에 투입되는 가축분뇨 상쇄 효과	처리물량에 대한 효과분석 가능
바이오차		우분 등	• 토양 탄소 격리, 악취 저감, 처리 기간 단축 등	분석 불가 (기초자료 부족)	
바이오가스		돈분 등	• 바이오가스 생산에 투입되는 가축분뇨 상쇄 효과	분석 불가 (기초자료 부족)	
온실가스 배출 이후 단계	온실가스 포집·활용 (CCUS 등)	가축분뇨 처리시설 무창 축사 등	• 온실가스 포집, 활용, 저장 등으로 온실가스 상쇄 (단, 축산업 현장에 도입을 위한 기술 개발 및 보급 필요)	효과 분석 불가 (기초자료 부족)	

자료: 농림축산식품부(2024); 전의찬 외(2022); 정민국 외(2021) 및 본 연구의 결과를 활용해 작성함.

# 1. 가축 관리 단계

## 1.1. 저메탄사료 및 첨가제(장내발효)

장내발효에서 배출되는 온실가스는 메탄이며, 주요 배출 축종은 한육우 및 젖소이다. 2023년 10월 ‘사료 등의 기준 및 규격(농림축산식품부 고시 제2023-69호)’이 개정되면서 저메탄사료의 정의 및 관련 규정이 신설되었다. 2023년은 ‘사료 등의 기준 및 규격’이 개정된 첫해로 국내에서 저메탄사료 및 첨가제로 공식 인정된 제품은 없는 상황이다.

‘사료 등의 기준 및 규격’ [별표 26] “메탄저감제의 기준(제8조제1항 관련)”에는 메탄저감제의 기준이 새롭게 제시되었다. 주요 내용은 “메탄저감제는 관행적인 사료 급여 대비 10% 이상 메탄 저감 효과가 확인되어야 함.”과 “메탄저감제를 사용할 경우 가축의 건강 및 생산성에 저하가 없어야 하며, 최종 축산물의 안전성에 영향을 미쳐서는 아니됨.”으로 명시하고 있다.

저메탄사료 및 첨가제 도입의 효과분석을 위한 메탄 저감 효과는 메탄저감제 기준에 대한 규정을 활용하였다. 구체적으로, ‘사료 등의 기준 및 규격’에서 메탄저감제 인정 기준으로 제시하고 있는 10%를 최소 메탄 저감 효과로 적용하고자 한다. 또한, 2022년 EU에서는 메탄저감제인 ‘Bovaer(3-NOP)’의 농장 사용을 승인하였으며, 해당 메탄저감제의 효과가 20~35%<sup>16)</sup>로 보고됨에 따라 20% 및 35%를 메탄 저감 효과로 적용하였다. 메탄저감제에 대한 도입률은 이 연구의 축산농가 조사 결과 중 축종별 저메탄사료 도입 의향 결과와 농식품부 탄소중립 전략의 목표 보급률 등을 적용하였다.

탄소중립 기준연도인 2018년을 기준으로 예상 도입률 및 도입 효과를 적용한

---

16) European Commission(2021), “Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol(Bovaer®10) for ruminants for milk production and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd)”.

분석 결과는 다음과 같다. 먼저, 한육우 농가에 대해 저메탄사료 도입 의향이 있는 농가는 24.1%로 조사되었다. 이때, 저메탄사료의 메탄 저감 효과를 20%로 가정한다면, 장내발효에서 배출되는 메탄을 14만 7천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한, 저메탄사료에 대한 인센티브 제공 등으로 기술 도입률이 78%까지 증가할 경우에 메탄 발생량을 47만 5천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 나타났다. 젖소 농가 중 저메탄사료에 대한 도입 의향이 있는 농가는 32.7%로 집계되었으며, 해당 농가들이 20%의 메탄 저감 효과를 가진 사료를 도입하였을 때 장내발효로부터 배출되는 메탄을 6만 6천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 확인되었다. 또한, 인센티브 제공 등으로 사료 도입률이 78%까지 증가하는 경우는 메탄 감축량이 15만 7천 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 분석되었다.

〈표 4-2〉 저메탄사료 도입의 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준)

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분		저메탄사료 도입률 및 효과별 온실가스 감축량				비고	
한 우 농 가	도입률	24.1%	57.6%	78%	100%	기준 배출량	
	효과	도입 의향(있음)	도입 의향(있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 보급목표		
	예 상 효 과	10%	-73.5	-175.6	-237.6	-304.6	2018년 3,046
		20%	-147.1	-351.1	-475.2	-609.2	
		35%	-257.4	-614.5	-831.6	-1,066.2	
	젖 소	도입률	32.7%	78.2%	78%	100%	기준 배출량
효과		도입 의향(있음)	도입 의향(있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 보급목표		
예 상 효 과		10%	-32.9	-78.9	-78.6	-100.8	2018년 1,008
		20%	-65.9	-157.7	-157.3	-201.6	
		35%	-115.3	-276.0	-275.2	-352.9	

자료: 본 연구 축산농가 조사 결과; 관계부처 합동(2021); 농림축산식품부(2024)를 이용해 작성함.

2050 탄소중립 시나리오에 제시된 배출전망치(Business As Usual: BAU)를 기준으로, 저메탄사료에 대한 예상 도입률 및 메탄 저감 효과를 적용한 결과도 함께

살펴보고자 한다. BAU는 기준 시나리오 또는 표준 시나리오에 해당하며, 기후변화 현상과 관련해 온실가스 감축을 위한 특별한 조치를 취하지 않을 경우 예상되는 온실가스 배출 전망치에 해당한다.

한육우 농가 중 저메탄사료 도입 의향이 있는 24.1%의 농가가 20%의 메탄 저감 효과가 있는 사료를 급이한다면, 2030년(BAU) 대비 장내발효에서 배출되는 메탄을 16만 2천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있다. 또한, 저메탄사료에 대한 도입률이 78%까지 증가할 경우에 2030년(BAU) 대비 52만 4천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한, 저메탄사료 도입 의향이 있는 젖소 농가(32.7%)가 메탄 감축 효과가 20%인 사료를 급이할 경우에 6만 4천 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 메탄을 감축할 수 있으며, 도입률이 78%까지 증가할 경우에 15만 2천 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 메탄을 감축할 수 있는 것으로 나타났다.

〈표 4-3〉 저메탄사료 도입의 온실가스 감축 효과(BAU 기준)

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분		저메탄사료 도입률 및 효과별 온실가스 감축량				
한 육 우	효과	도입률	2030년 24.1%	2030년 57.6%	2030년 78%	2050년 100%
			도입 의향(있음)	도입 의향(있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 보급목표
	예 상 효 과	10%	-81.0	-193.5	-262.0	-336.2
		20%	-161.9	-386.9	-524.0	-672.3
		35%	-283.3	-677.2	-917.0	-1,176.6
	BAU 배출량		3,359	3,359	3,359	3,362
젖 소	효과	도입률	2030년 32.7%	2030년 78.2%	2030년 78%	2050년 100%
			도입 의향(있음)	도입 의향(있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 보급목표
	예 상 효 과	10%	-31.9	-76.4	-76.2	-97.6
		20%	-63.9	-152.8	-152.4	-195.1
		35%	-111.8	-267.4	-266.7	-341.5
	BAU 배출량		977	977	977	976

자료: 본 연구 축산농가 조사 결과; 관계부처 합동(2021); 농림축산식품부(2024)를 이용해 작성함.

## 1.2. 적정단백질 사료(가축분뇨 처리)

적정단백질 사료는 가축분뇨 내 잉여 질소를 저감시킬 수 있으며, 이로부터 가축분뇨 처리 과정에서 배출되는 아산화질소( $N_2O$ )를 감축할 수 있다. 현재까지 ‘사료 등의 기준 및 규격’에 적정단백질 사료에 대한 구체적인 기준은 부재한 상황이다. 그러나, 2021년 12월 29일 ‘사료 등의 기준 및 규격’ 개정 및 ‘[별표 21] 사료 중 특정 성분의 함량 제한기준(제12조제1항 관련)’이 신설되었으며, 축종별·생육단계별 사료 내 조단백질(CP) 함량 제한기준을 제시하고 있다.

국내외 선행연구 결과에 따르면, 적정단백질 사료 급여에 따른 온실가스 감축 효과는 축종마다 상이하나, 평균적으로 사료 내 단백질 함량이 1% 감소하였을 때 가축분뇨 내 질소 배출량을 약 3~14% 정도 저감할 수 있는 것으로 제시하고 있다. 한편, 국내 연구 결과인 백명기 외(2021)의 연구에서는 사료 내 단백질 함량이 1% 감소하는 경우 축종별 질소 배출량은 한육우 6.4%, 젖소 8.3%, 돼지 7.7%, 가금 9.4% 감축되는 것으로 제시하고 있다.

이 연구에서 적정단백질 사료 도입에 따른 온실가스 감축 효과를 분석하기 위하여 가축분뇨 처리부문의 아산화질소( $N_2O$ ) 배출실적이 있는 주요 축종을 대상으로 분석하였다. 또한, 탄소중립 기준연도인 2018년을 기준으로 적정단백질 사료 도입에 따른 축종별 질소(N) 배출률 변화와 적정단백질 사료 도입률을 바탕으로 적정단백질 사료 도입에 따른 온실가스 감축 효과를 분석하였다.

이를 위한 축종별 질소(N) 배출률 변화는 백명기 외(2021)에서 제시하는 축종별 질소 저감 효과와 축종 공통으로 5%<sup>17)</sup>를 최소 효과로 적용하였다. 적정 단백질 사료 도입률은 이 연구의 적정단백질 사료 도입 의향 조사 결과와 농식품부 탄소중립 전략의 2030년 저단백질 보급률 목표 등을 적용해 분석하였다. 축종별 적정단백질 사료 도입 의향은 젖소 농가 41.6%, 돼지 농가 40.4%, 산란계 농가 35%, 육계 농가 33.7%, 한우 농가 35.5%로 조사되었다.

17) 축산농가 및 사료업체 조사 결과 적절한 수준 이상의 조단백질 함량 저하는 생산성이나 축산물 품질 저하에 영향을 미칠 수 있다는 의견을 반영하여 적정단백질 도입 효과를 보수적으로 설정하였다.

축종별 분석 결과 한육우 농가의 도입 의향은 35.5%이며, 적정단백질 급여로 사료 내 단백질 함량을 1% 저감할 경우 가축분뇨 처리부문에서 배출되는 N<sub>2</sub>O는 3만 2천 톤 ~ 4만 1천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 돼지 농가의 도입 의향은 40.4%이며, N<sub>2</sub>O 배출량은 1만 4천 톤 ~ 2만 1천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있으며, 젖소 농가의 도입 의향은 41.6%이며, N<sub>2</sub>O 배출량은 6.9천 톤 ~ 1만 2천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 한편 가금농가의 적정단백질 사료 도입에 따른 N<sub>2</sub>O 감축 효과는 육계(도입 의향 33.7%) 4.4천 톤 ~ 8.2천 톤 CO<sub>2</sub>eq., 산란계(도입 의향 35.0%) 3.5천 톤 ~ 6.5천 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 나타나 산란계보다 육계의 감축 효과가 더 큰 것으로 확인되었다.

〈표 4-4〉 적정단백질 사료 도입의 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준)

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분	적정단백질 사료 도입률 및 효과별 온실가스 감축량					2018년 기준 배출량
	분석 기준	도입 의향 (있음)	도입 의향 (있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 전체 보급 가정	
한육우	효과/도입률	35.5%	64.0%	48%	100%	1,812
	5.0%	-32.1	-58.0	-43.5	-90.6	
	6.4%	-41.1	-74.2	-55.7	-115.9	
젖소	효과/도입률	41.6%	77.2%	48%	100%	332
	5.0%	-6.9	-12.8	-8.0	-16.6	
	8.3%	-11.5	-21.3	-13.2	-27.6	
돼지	효과/도입률	40.4%	66.3%	48%	100%	684
	5.0%	-13.8	-22.7	-16.4	-34.2	
	7.7%	-21.3	-35.0	-25.3	-52.7	
육계	효과/도입률	33.7%	67.3%	48%	100%	261
	5.0%	-4.4	-8.8	-6.3	-13.0	
	9.4%	-8.2	-16.5	-11.8	-24.5	
산란계	효과/도입률	35.0%	63.0%	48%	100%	199
	5.0%	-3.5	-6.3	-4.8	-9.9	
	9.4%	-6.5	-11.8	-9.0	-18.7	

주: 분석 기준에서 효과는 사료 내 단백질 함량 감소에 따른 질소 배출량 변화율을 의미하며, 백명기 외(2021)의 연구 결과 및 축종 공통으로 최소 효과를 5%로 적용함.

자료: 본 연구 축산농가 조사 결과; 관계부처 합동(2021); 농림축산식품부(2024)를 이용해 작성함.



2050 탄소중립 시나리오의 배출전망치(BAU)를 기준으로 예상 기술 도입률 및 도입 효과를 적용한 결과는 다음과 같다.

적정단백질 사료 도입 의향이 있는 한육우 농가가 적정단백질 사료를 급이한다면, 가축분뇨 처리부문에서 배출되는 아산화질소를 2030년(BAU) 대비 3만 2천 톤~4만 1천톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축할 수 있다. 돼지 농가의 경우 2030년(BAU) 대비 1만 4천 톤~2만 1천톤 CO<sub>2</sub>eq.의 아산화질소를 감축할 수 있으며, 젓소 6.9천 톤~1만 2천 톤 CO<sub>2</sub>eq., 육계 4.4천 톤~8.2천톤 CO<sub>2</sub>eq., 산란계 3.5천 톤~6.5천 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 아산화질소를 감축할 수 있는 것으로 분석되었다.

〈표 4-5〉 적정단백질 사료 도입의 온실가스 감축 효과(BAU 기준)

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분	적정단백질 사료 도입률 및 효과별 온실가스 감축량					2018년 기준 배출량	
	분석 기준	도입 의향 (있음)	도입 의향 (있음+모름)	2030년 보급목표	2050년 전체 보급 가정		
한육우	효과	도입률 2030년 35.5%	2030년 64.0%	2030년 48%	2050년 100%	1,812	
		5.0%	-32.1	-58.0	-47.7		-99.5
		6.4%	-41.1	-74.2	-61.1		-127.4
젓소	효과	도입률 2030년 41.6%	2030년 77.2%	2030년 48%	2050년 100%	332	
		5.0%	-6.9	-12.8	-7.8		-16.2
		8.3%	-11.5	-21.3	-13.0		-26.9
돼지	효과	도입률 2030년 40.4%	2030년 66.3%	2030년 48%	2050년 100%	684	
		5.0%	-13.8	-22.7	-14.2		-35.1
		7.7%	-21.3	-35.0	-21.9		-54.1
육계	효과	도입률 2030년 33.7%	2030년 67.3%	2030년 48%	2050년 100%	261	
		5.0%	-4.4	-8.8	-5.8		-12.0
		9.4%	-8.2	-16.5	-10.8		-22.5
산란계	효과	도입률 2030년 35.0%	2030년 63.0%	2030년 48%	2050년 100%	199	
		5.0%	-3.5	-6.3	-4.4		-9.1
		9.4%	-6.5	-11.8	-8.2		-17.2

주: 분석 기준에서 효과는 사료 내 단백질 함량 감소에 따른 질소 배출량 변화율을 의미하며, 백명기 외(2021)의 연구 결과 및 축종 공통으로 최소 효과를 5%로 적용함.

자료: 본 연구 축산농가 조사 결과; 관계부처 합동(2021); 농림축산식품부(2023b)를 이용해 작성함.

### 1.3. 생산성 향상

축산부문에 적용되는 온실가스 감축 기술은 메탄(CH<sub>4</sub>) 및 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 감축을 위한 기능성 사료를 급여하는 것뿐만 아니라 한우의 비육기간 단축이나 젖소의 산유량 향상 등 축종별 생산성 향상도 포함한다. 이와 같은 축종별 생산성 향상에 따른 온실가스 감축 효과는 생산성 지표와 온실가스 감축의 관계를 정량적으로 제시할 수 있는 한우, 젖소, 돼지를 중심으로 분석한다. 이를 위해 각 축종별로 온실가스 감축 메커니즘을 제시하고, 축종별 사육의 특성을 고려하여 생산성 지표를 선정하였다.

〈표 4-6〉 축종별 생산성 향상에 따른 온실가스 감축 메커니즘

축종	대안	생산성 지표	온실가스 저감 메커니즘	비고
한우	비육우 비육기간 단축	출하 월령	전체 사육 마릿수 중에서 1세 이상 마릿수 비중 감소 1세 미만 마릿수 비중 증가 (*23년 개정 산정 효과 발생)	- 월령별 배출계수 차이로 발생 - 등급제 개편과 연계 - 경제적 효과 · 사료비 절감, 등급제로 수익성 하락 가능
젖소	착유우 두당 산유량 향상	두당 산유량	젖소 사육 마릿수 감축	- 원유 쿼터제로 원유 총생산량 고정 - 가족개량과 사양기술과 연계 - 경제적 효과 · 사료비 및 분뇨처리비 감소
양돈	모든 MSY 향상	MSY	모든 사육 마릿수 감축	- 사료 섭취 및 분뇨 배출 후 폐사하는 비육돈 감소 - 경제적 효과 · 사료비 및 분뇨처리비 감소, 폐사율 감소

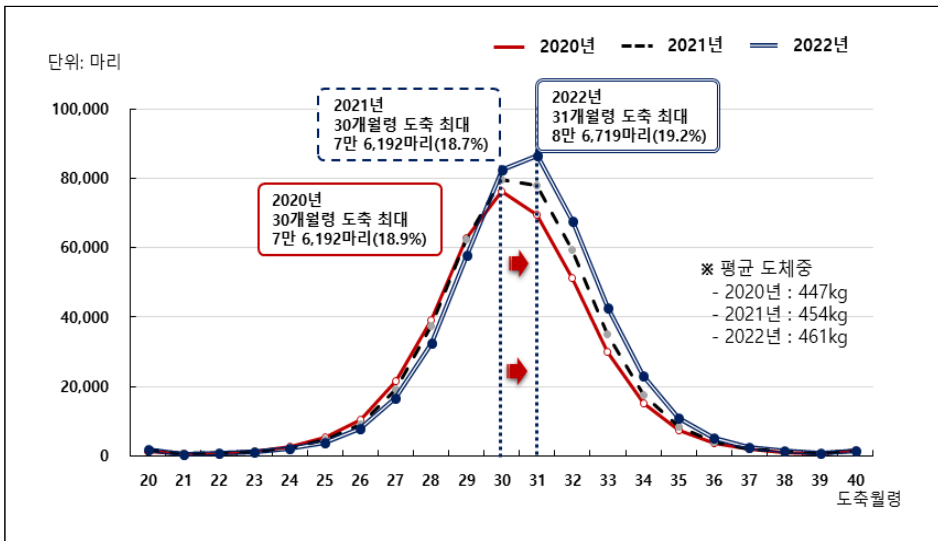
자료: 연구진 작성.

축종별 생산성 향상의 환경부담 완화 효과를 분석한 정민국 외(2021)의 연구에서는 가축생애 전 과정 평가(LAC)를 통해 한우, 젖소 등 축종별로 1마리의 가축이 전체 생애 기간 동안 배출하는 온실가스, 가축분뇨, 악취유발물질 배출량을 분석하였다. 다만, 이 연구는 정민국 외(2021)의 연구와 대조적으로 축종별 생산성 변화의 국가 단위 온실가스 감축 효과를 분석하기 위하여, 온실가스 인벤토리 작성 기간인 1년 동안 해당 축종의 전체 배출량 변화를 분석했다는 점에 차별성이 있다.

### 1.3.1. 한우 비육기간 단축

한우 사육에서 중점 고려사항은 육질 등급 출현율이며, 이에 따라 생산 측면에서 육질 등급 출현을 제고를 위해 사육기간이 장기화되는 경향을 보인다. 이러한 사육기간 장기화는 한우의 출하 월령을 연장시키는 요인이 된다. 2022년 기준 한우 거세 비육우 평균 출하 월령은 30.7개월령까지 증가하였으며, 2020년과 2021년에는 30개월령에 도축되는 거세우 비중이 가장 높았으나, 2022년에는 31개월령에 도축되는 거세우 비중이 가장 높은 것으로 확인된다.

〈그림 4-1〉 한우 거세우 도축 월령별 도축 마릿수



주: 20개월령과 40개월령은 각각 20개월령 미만 도축 마릿수, 40개월령 초과 도축 마릿수를 포함하고 있음.  
 자료: 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>), 검색일: 2023. 5. 21.

2022년 한우 거세우 도축 마릿수는 총 45만 1,027마리로, 출하 월령별로 31개월령 도축이 8만 6,719마리로 19.2%를 차지해 가장 많다. 또한, 30개월령 8만 2,705마리(18.3%), 32개월령 6만 7,710마리(15.0%) 순으로 출하 월령 비중이 높았다.<sup>18)</sup> 비육기간 단축을 통해 한우의 출하 월령을 단축할 경우, 단축 기간 동안의 분뇨 발생량을 감소시킬 수 있으며, 이로부터 온실가스 배출 감소 등의 환경적 효

과를 기대할 수 있다. 이와 같은 비육기간 단축과 관련된 경제적 효과는 수익적 측면과 비용적 측면으로 구분할 수 있다. 먼저, 비용적 측면에서 사료 투입 감소를 통해 사료비 절감 효과가 있지만, 사육기간 축소로 도체중 감소 및 육질등급 저하로 기대수익 역시 저하 될 수 있다(정민국 외, 2021).

비육우 출하 월령 단축에 따른 온실가스 감축 효과는 ‘1996년 IPCC 지침의 Tier 1’을 적용해온 현재까지는 명시적으로 나타나지 않으나, 국가고유 배출계수를 적용하는 2023년 산정<sup>18)</sup>부터는 온실가스 인벤토리에서 효과를 볼 수 있다. 이는 ‘1996년 IPCC 지침의 Tier 1’은 한우 사육 마릿수에 일률적인 배출계수인 47 CH<sub>4</sub> kg/마리/연을 적용하였으나, 2023년 산정부부터는 한우의 연령별로 구분된 우리나라 국가고유계수를 새롭게 적용하기 때문이다. 새롭게 적용되는 연령별 배출계수는 ‘수컷 1세 미만’ 43 CH<sub>4</sub> kg/마리/연, ‘수컷 1세 이상’ 61 CH<sub>4</sub> kg/마리/연으로, 2023년 산정부부터는 같은 사육 마릿수라도 1세 미만 마릿수 비중이 높으면 온실가스 배출량은 감소하게 된다.

구체적으로 우리나라는 ‘축산법’ 제22조에 근거해 사육시설 면적이 50㎡를 초과하는 경우 축산업 허가를 받아야 하며, 허가 요건에는 마리당 가축사육시설 면적 기준이 있어 총 사육 가능 마릿수에는 변화가 없음을 가정할 수 있다. 따라서 2022년 출하 비중이 가장 높았던 31개월령 출하의 경우 1세 이상(13~31개월령) 비율은 61.3%(19/31)이며, 1세 미만 비율은 28.7%(12/31)로 계산된다. 예를 들어 28개월령 출하로 출하 월령이 단축되는 경우는 1세 이상 비율 57.1%(16/28), 1세 미만 비율 42.9%(12/28)로 변하게 되며, 연령별 배출계수를 적용함으로써 온실가스 배출량도 변하게 된다.

이를 바탕으로 한우 비육기간 단축에 대한 온실가스 감축효과를 분석한 결과, 거세우 출하 월령을 28개월로 단축할 경우에 2018년 사육 마릿수 및 출하 월령 실적 대비 약 2만 톤의 온실가스를 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한, 농식품

18) 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>), 검색일: 2023. 5. 21.

19) 환경부(2023), 《2023 국가온실가스통계 산정·보고·검증 지침》에 따른 온실가스 배출량 산정.

부 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’에서 출하 월령 단축 목표를 26개월령 이하로 제시한다는 점에서 출하 월령을 26개월로 단축할 경우의 온실가스 감축 효과를 분석하였으며, 약 3만 8천 톤의 온실가스 감축 효과가 있는 것으로 나타났다.<sup>20)</sup>

〈표 4-7〉 거세우 비육기간 단축에 따른 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준)

구분	연도	출하 월령 (월)	수소 사육 마릿수 (천 마리)			온실가스 배출량 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)		온실가스 배출변화 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)	
			합계	1세 미만	1세 이상	현재 기준	2023년 집계 기준	현재 기준	2023년 집계 기준
실적	2018년	30.7	1,067	417	650	1,053.6	1,612.9	-	-
	2019년	30.5	1,100	433	667	1,085.3	1,660.1	-	-
	2020년	30.3	1,151	456	695	1,135.7	1,735.7	-	-
	2021년	30.4	1,220	482	739	1,204.4	1,841.4	-	-
	2022년	30.7	1,285	502	783	1,268.7	1,942.2	-	-
28개월 출하	2018년	28.0	1,067	457	610	1,053.6	1,592.7	0.0	-20.3
	2019년		1,100	471	628	1,085.3	1,640.6	0.0	-19.5
	2020년		1,151	493	658	1,135.7	1,716.8	0.0	-18.9
	2021년		1,220	523	697	1,204.4	1,820.6	0.0	-20.8
	2022년		1,285	551	735	1,268.7	1,917.8	0.0	-24.4
26개월 출하	2018년	26.0	1,067	493	575	1,053.6	1,574.9	0.0	-38.01
	2019년		1,100	508	592	1,085.3	1,622.4	0.0	-37.74
	2020년		1,151	531	620	1,135.7	1,697.7	0.0	-37.99
	2021년		1,220	563	657	1,204.4	1,800.3	0.0	-41.08
	2022년		1,285	593	692	1,268.7	1,896.4	0.0	-45.78

주: 31개월령 출하의 경우 1세 이상 비율 61.3%(19/31), 1세 미만 비율 28.7%(12/31)이며, 28개월령 출하의 경우 1세 이상 비율 57.1%(16/28), 1세 미만 비율 42.9%(12/28), 26개월령 출하의 경우 1세 이상 비율 53.8%(14/26), 1세 미만 비율 46.2%(12/26)임.

자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》; 축산물품질평가원(각 연도), 《등급판정통계연보》.

### 1.3.2. 젖소 생산성(젖소 마리당 산유량) 향상

한우와 마찬가지로 젖소의 경우에도 생산성 향상을 통해 온실가스 배출 감축을

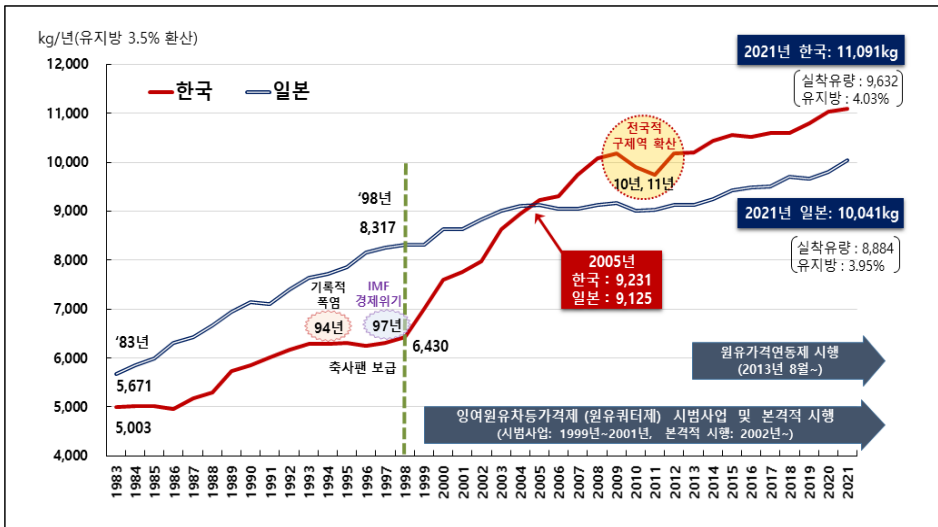
20) 농림축산식품부(2024), 《2050 탄소중립을 위한 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’》.

기대할 수 있다. 우리나라의 경우 잉여원유차등가격제(원유 쿼터제)를 시행하고 있으며, 이로 인해 연간 총 원유 생산량을 200만 톤 수준으로 유지하고 있다. 따라서, 두당 산유량이 향상될 경우, 일정한 수준으로 정해진 원유생산에 필요한 착유우 및 후보 착유우 등 사육 마릿수를 감축할 수 있다. 이는 젖소에서 배출되는 온실가스 및 가축분뇨를 감축할 수 있으며, 사료 투입 감소나 분뇨처리비 감소 등으로 수익성도 향상될 수 있음을 의미한다.

### 가. 현재까지의 효과

이용건(2023)에 따르면, 우리나라 젖소 마리당 산유량(유지방 3.5% 환산)은 1983년 5,003kg에서 2021년 11,091kg으로, 38년 동안 2.2배 증가하였다.<sup>21)</sup> 이는 국제가축기록위원회(ICAR)의 발표 기준, 2020년 세계 제5위(305일 환산 유량 기준)에 필적하는 비약적인 향상이라고 할 수 있다.

〈그림 4-2〉 한국과 일본의 젖소 마리당 산유량 추이



자료: 이용건(2019)을 바탕으로, 통계청 《축산물생산비통계》 및 일본 농림수산성 《축산물생산비통계》를 이용해 작성함.

21) 통계청(각 연도), 《축산물생산비통계》의 두당착유량을 유지방 3.5%로 환산하였다.

<그림 4-2>에서 우리나라와 사육구조가 유사한 일본과 비교하면, 1983년 젖소 마리당 산유량은 일본 5,671kg, 한국 5,003kg으로 일본의 산유량이 더 많았지만, 2005년을 기점으로 우리나라의 젖소 마리당 산유량은 일본을 초과하였다. 이후 2021년 우리나라 젖소 마리당 산유량은 11,091kg으로 일본의 10,041kg과 비교해 약 1,000kg을 초과한다. 우리나라의 젖소 마리당 산유량은 기록적인 폭염('94년)과, IMF 경제위기('97~'98년)를 경험한 이후인 1998년부터 급속히 향상되었으며, 이러한 생산성 향상의 원천으로는 낙농가의 사양기술 향상, 젖소개량을 통한 비유능력 개선, 사료 개선, 축사 시설 개선 등을 고려할 수 있다.

국내 낙농업의 생산성 향상은 국가 탄소중립 실현을 위한 온실가스 감축 측면에서도 기여하고 있다. 일례로, 1천 톤의 원유를 생산하기 위해 일본은 100마리의 착유우가 필요하지만, 우리나라는 90마리의 착유우만으로 생산이 가능하다. 즉, 우리나라는 1천 톤의 원유생산에 있어서 일본에 대비 착유우 10마리가 배출하는 온실가스 및 가축분뇨를 생산성 향상을 통해 감축한다고 할 수 있다.

가축분뇨 발생량 감축량은 국내 낙농업에서 시행되는 ‘잉여원유차등가격제’ 하에서 생산성 향상을 통한 젖소 사육 마릿수를 감축 수를 바탕으로 도출 가능하다. 여기서 주목할 점은 원유생산량을 200만 톤 수준으로 유지(우유 공급기반 유지)하면서, 젖소 사육 마릿수를 줄여 가축분뇨 배출량을 감축(환경문제 완화)해 왔다는 점이다.

〈표 4-8〉 과거 25년간 젖소 사육 및 생산실적

구분		1995년(A)	2020년(B)	B-A	비고
젖소 생산성	마리당 산유량 (실착유량)	5,941kg/마리	9,674kg/마리	3,733kg/마리	대폭 증가 (약 63% 증가)
원유생산량		200만 톤/년	209만 톤/년	9만 톤	소폭증가
젖소 사육 마릿수		55만 마리	41만 마리	-14만 마리	감소 (약 25% 감소)
젖소분뇨 발생량		756만 톤	562만 톤	-194만 톤	

자료: 낙농진흥회(각 연도), 《낙농통계연감》을 이용해 작성함.

탄소중립 실현을 위한 온실가스 감축 측면에서도 낙농은 생산성 향상을 통해 일정한 성과를 달성하고 있다. 특히, 젖소는 마리당 온실가스 배출량이 가장 많은 축종이지만, 2020년 기준 배출량은 166만 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 2000년 기준 배출량 223만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 대비 약 25% 감소하였다. 이에 따라 축산부문 온실가스 배출량 중 젖소가 차지하는 비중도 2000년 30.7%에서 17.0%로 지속적으로 감소하고 있다.

〈표 4-9〉 축종별 온실가스 배출 현황

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.(%)

축종	2000년	2005년	2010년	2015년	2020년
한육우	2,808 (38.7)	2,862 (39.0)	4,651 (51.3)	4,746 (53.1)	4,922 (52.3)
젖소	2,225 (30.7)	2,006 (27.4)	1,789 (19.7)	1,743 (19.5)	1,648 (17.5)
돼지	1,347 (18.6)	1,470 (20.0)	1,623 (17.9)	1,485 (16.6)	1,758 (18.7)
가금류	542 (7.5)	660 (9.0)	816 (9.0)	790 (8.8)	829 (8.8)
기타가축 (양, 염소, 말 등)	326 (4.5)	336 (4.6)	186 (2.1)	167 (1.9)	250 (2.7)
축산업 합계	7,248 (100.0)	7,334 (100.0)	9,065 (100.0)	8,931 (100.0)	9,407 (100.0)

자료: 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<https://www.gir.go.kr/home/main.do>), 검색일: 2023. 2. 5.를 이용해 작성함.

## 나. 향후 기대효과

주요 국가별 두당 산유량은 2021년 기준 이스라엘이 1만 2,512톤/연으로 가장 많았으며, 미국 1만 1,150톤, 캐나다 1만 852톤 수준을 보여 우리나라는 4~5위권 수준이다. 향후 국내 사육에 적합한 종축의 선발, 유전능력 평가 등을 통해 두당 산유량 향상을 기대할 수 있기 때문에 젖소 두당 산유량이 향상되었을 경우의 온실가스 감축 효과를 분석할 필요가 있다.



〈표 4-10〉 국가별 두당 산유량 현황(305일 유량)

단위: kg/마리

구분	이스라엘	미국	캐나다	스페인	한국	일본
2018년	11,856	-	10,519	9,492	10,303	9,747
2019년	12,262	11,119	10,675	10,475	10,352	9,819
2020년	12,370	11,135	10,702	10,695	10,423	9,905
2021년	12,512	11,150	10,852	10,786	10,412	9,947

주: 우리나라 두당 산유량은 검정유량(305일 환산) 기준임.

자료: 국제가축기록위원회(ICAR) 홈페이지(<https://my.icar.org/stats/list>), 검색일: 2023. 9. 17.를 이용해 작성함.

국내 젖소 두당 산유량이 2030년까지 10% 향상될 경우, 2018년 원유생산량과 동일한 원유를 생산하기 위한 젖소 사육 마릿수를 4만 643마리 감축할 수 있으며, 이에 따른 온실가스 발생량은 16만 5,000톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축되는 것으로 분석되었다.<sup>22)</sup> 현재 우리나라는 원유쿼터제 시행(원유 총생산량 고정)으로 두당 산유량이 증가할 경우에 젖소 사육 마릿수를 감축할 수 있다.

〈표 4-11〉 젖소 두당 산유량 향상의 온실가스 감축 효과(2018년 사육 마릿수 기준)

구분		2018년 실적	10% 향상	15% 향상	20% 향상
두당산유량		10,303kg	11,333kg (*21년 미국 수준)	11,848kg (*18년 이스라엘 수준)	12,364kg (*20년 이스라엘 수준)
원유 생산량		천 톤	2,242	2,242	2,242
젖소 감축 마릿수		마리	0	40,643	60,965
온실가스 감축량	장내발효 (A)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	100.7	151.1
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	4.8	7.2
	가축분뇨 처리 (B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	63.9	95.8
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	1.5	2.2
		천 톤 N <sub>2</sub> O	0	0.11	0.16
	합계(A+B)		천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	164.6

주 1) 우리나라 2018년 두당 산유량(10,303kg, 305일 검정성적 기준) 향상 및 2018년 사육 마릿수를 기준으로 산출함.

2) 산유량은 원유쿼터제 시행으로 생산량에 큰 변화가 없다는 전제하에 2020년 원유 생산실적을 적용.

자료: 연구진 작성.

22) 두당 산유량 향상 효과는 저메탄사료 및 적정단백질 사료, 가축분뇨 처리 방법 등을 고려하지 않은 순수 두당 산유량 향상 효과이다.

2050 탄소중립 시나리오의 기준연도인 2018년 사육 마릿수를 기준으로 생산성이 향상되었을 때의 온실가스 감축량을 표로 나타내면 다음과 같다. 젖소 두당 산유량이 2030년까지 10% 향상될 경우에 일정한 원유를 생산하기 위한 젖소 사육 마릿수를 3만 9,422마리 감축할 수 있으며, 이에 따른 온실가스 발생량은 16만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축되는 것으로 분석되었다.

〈표 4-12〉 젖소 두당 산유량 향상의 온실가스 감축 효과(BAU 기준)

구분		2018년 실적	10% 향상 (2030년)	15% 향상 (2040년)	20% 향상 (2050년)	
두당산유량		10,303kg	11,333kg (*21년 미국 수준)	11,848kg (*18년 이스라엘 수준)	12,364kg (*20년 이스라엘 수준)	
젖소 감축 마릿수	마리	0	39,422	59,067	78,748	
온실가스 감축량	장내발효 (A)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	97.7	146.4	195.1
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	4.7	7.0	9.3
	가축분뇨 처리 (B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	62.0	92.9	123.8
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	1.4	2.1	2.8
		천 톤 N <sub>2</sub> O	0	0.10	0.16	0.21
	합계(A+B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	159.7	239.2	318.9

주 1) 우리나라 2018년 두당 산유량(10,303kg) 향상을 기준으로 산출함.

2) 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량은 2050 탄소중립 시나리오의 2030년, 2040년, 2050년 베이스라인 사육 마릿수를 기준으로 산출함.

3) 산유량은 원유쿼터제 시행으로 생산량에 큰 변화가 없다는 전제하에 2020년 원유 생산실적을 적용함.

자료: 연구진 작성.

### 1.3.3. 돼지 MSY 향상

양돈의 생산성 지표는 MSY(Marketed-pigs per Sow per Year)를 이용할 수 있으며, 이는 1년 동안 모든 한 마리가 출하하는 비육돈 마릿수를 의미한다. 모든의 MSY(연간 모든 두당 출하 마릿수)<sup>23)</sup>가 향상될 경우, 동일한 양의 돼지고기 공급을 위해 필요한 모든 사육 마릿수를 줄일 수 있다. 따라서, 모든 마릿수 감소는 모든으로부터 배출되는 분뇨와 온실가스 배출을 감소시킬 수 있고, 모든 사육비(사료비 등) 감소 등 경제 효과를 기대할 수 있다(정민국 외, 2021).

이 연구에서는 한돈팜스의 전산성적 자료를 활용하여 MSY를 산출하였다.<sup>24)</sup> 우리나라의 MSY는 2015년부터 2022년(1~9월)까지 17.9~18.3마리 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

〈표 4-13〉 연도별 돼지 생산성 현황

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
호당모돈(마리)	239	245	251	257	270	272	284
복당총산자(마리)	10.96	10.82	10.91	10.88	11.09	11.12	11.23
MSY(마리)	17.9	18.0	17.8	17.9	17.9	18.3	18.3
모돈회전(회)	2.16	2.15	2.15	2.13	2.14	2.13	2.13
출하일령(일)	201	201	202	202	205	198	199

자료: 대한한돈협회(2022: 113), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2021년 전산성적 2023 수급전망》, 대한한돈협회(2018: 111), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2017년 전산성적 2019 수급전망》.

2021년 기준, 해외 주요 국가의 MSY는 덴마크 31.5마리, 네덜란드 30.6마리, 미국 25.0마리이며, 이들 국가와 비교하였을 때 국내 양돈업의 모든 생산성은 낮은 수준이라 판단된다. 우리나라의 MSY가 주요 축산업 선진국에 비해 낮은 주요 원인은 실 산자수, 이유 후 육성률, 모든 회전율이 낮기 때문이다(농촌진흥청, 2018). 따라서 우리나라 양돈산업의 축사시설 현대화 및 ICT 사업 확대 등을 통한

23) MSY 산출식은 “당월비육출하두수 × 12개월 ÷ 상시모돈수”이다.

24) 2021년 한돈팜스 전산성적 기록 농가는 4,051호로 통계청 가축동향조사 양돈 농가수 5,942호의 68.2% 농가가 참여하였다.

사육환경 개선과 해외에서 우수한 혈통의 모돈 및 웅돈을 도입하는 등 MSY 향상을 유도할 수 있다.

〈표 4-14〉 주요 국가별 모돈 두당 출하 마릿수 비교

단위: 마리

구분	유럽										북미		한국
	덴마크	네덜란드	벨기에	독일	핀란드	프랑스	아일랜드	스페인	스웨덴	EU 평균	미국	캐나다	
2018년	31.4	29.0	27.3	28.5	26.1	26.6	27.0	25.2	25.8	-	24.5	23.3	17.9
2019년	31.3	28.7	28.1	28.2	28.5	27.5	27.0	25.1	26.2	-	25.5	-	17.9
2020년	31.6	29.4	29.8	29.0	28.5	28.2	27.7	25.7	26.8	27.9	24.7	-	18.3
2021년	31.5	30.6	29.8	28.6	28.3	28.2	28.1	25.2	-	27.9	25.0	-	18.3

자료: 대한한돈협회(2022: 116), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2021년 전산성적 2023 수급전망》, 대한한돈협회(2021: 116), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2020년 전산성적 2022 수급전망》, 대한한돈협회(2020: 112), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2019년 전산성적 2021 수급전망》.

이 연구에서는 탄소중립 기준연도인 2018년의 돼지고기 공급량(도축 마릿수)을 생산하기 위한 MSY 수준별 모돈 필요량을 산출하였으며, 이를 통해 양돈농가의 MSY 향상으로 인한 모돈 사육 마릿수 감축의 온실가스 감축 효과를 분석하였다.

2018년 실적인 MSY 17.9마리에서 우리나라 상위 10% 수준인 MSY 22.5마리로 돼지의 생산성이 향상될 경우, 온실가스 배출량은 3만 1천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축되는 것으로 나타났다.<sup>25)</sup> 또한, 우리나라의 MSY가 미국, 스페인 수준인 25.0마리로 향상될 경우에 온실가스 배출량은 4만 3천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축되는 것으로 분석되었다. 만약, 우리나라 MSY가 덴마크, 네덜란드 축산업 선진국의 MSY 30.0마리 수준까지 향상된다면, 약 39만 마리의 모돈을 감축시켜 6만 1천 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스 감축이 가능하다.

25) MSY 향상 효과는 저메탄사료 및 적정단백질 사료, 가축분뇨 처리 방법 등을 고려하지 않은 순수 MSY 향상에 대한 효과이다.

〈표 4-15〉 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량(2018년 사육 마릿수 기준)

MSY수준 (마리)			17.9 (2018년 실적)	22.5 (우리나라 상위 10% 수준)	25.0 (미국, 스페인 수준)	27.5 (EU 평균, 브라질 수준)	30.0 (덴마크, 네덜란드, 벨기에 수준)
모든 감축 마릿수		마리	0	198,380	275,576	338,736	391,369
온실 가스 감축량	장내발효 (A)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	6.2	8.7	10.7	12.3
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	0.3	0.4	0.5	0.6
	가축분뇨 처리 (B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	24.4	34.0	41.7	48.2
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	0.6	0.8	1.0	1.2
		천 톤 N <sub>2</sub> O	0	0.04	0.05	0.07	0.08
	합계(A+B)		천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	0	30.7	42.6	52.4

주 1) 우리나라 2018년 MSY(17.9마리) 및 사육 마릿수를 기준으로 산출함.

2) 산출식: 모든 감축 마릿수(2018년 도축 마릿수 ÷ MSY(2018년 17.9마리) - 2018년 도축 마릿수 ÷ 향상된 MSY) × 돼지 마리당 온실가스 배출계수(장내발효, 가축분뇨 처리).

자료: 연구진 작성.

2050 탄소중립 시나리오의 베이스라인 사육 마릿수를 기준으로 나타내면 다음과 같다. 돼지 MSY가 2030년까지 미국이나 스페인 수준인 25.0마리로 향상될 경우, 모든 약 30만 마리를 감축할 수 있으며, 이에 따른 온실가스 발생량은 4만 7천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감축되는 것으로 분석되었다. 이와 더불어 2050년까지 우리나라 MSY를 30.0마리 수준으로 향상시키면, 약 8만 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스 감축이 가능한 것으로 확인되었다.

〈표 4-16〉 돼지 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량(BAU 기준)

구분		2018년	2025년	2030년	2040년	2050년	
MSY 수준 (마리)		17.9 (2018년 실적)	22.5 (우리나라 상위 10% 수준)	25.0 (미국, 스페인 수준)	27.5 (EU 평균, 브라질 수준)	30.0 (덴마크, 네덜란드, 벨기에 수준)	
모든 감축 마릿수		마리	0	208,355	305,772	412,082	515,626
온실 가스 감축량	장내발효 (A)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	6.6	9.6	13.0	16.2
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	0.3	0.5	0.6	0.8
	가축분뇨 처리 (B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	25.7	37.7	50.8	63.5
		천 톤 CH <sub>4</sub>	0	0.6	0.9	1.2	1.5
		천 톤 N <sub>2</sub> O	0	0.04	0.06	0.08	0.10
	합계(A+B)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq	0	32.2	47.3	63.8	79.8

주 1) 우리나라 2018년 MSY(17.9kg)를 기준으로 산출함.

2) 생산성 향상 정도에 따른 온실가스 감축량은 2050 탄소중립 시나리오의 2030년, 2040년, 2050년 베이스라인 사육 마릿수를 기준으로 산출함.

3) 산출식: 모든 감축 마릿수(2018년 도축 마릿수 ÷ 베이스라인 MSY(2018년 17.9마리) - 베이스라인 연도 추정 도축 마릿수 ÷ 향상된 MSY) × 돼지 마리당 온실가스 배출계수(장내발효, 가축분뇨 처리).

자료: 연구진 작성.

## 2. 가축분뇨 처리 단계

### 2.1. 정화처리 확대

현행 온실가스 인벤토리 작성 지침상 정화처리는 기타 시설로 분류되어 배출계수는 0.005kg N<sub>2</sub>O-N/kg N이며, 액비화 시설은 0.001kg N<sub>2</sub>O-N/kg N, 퇴비화 시설은 0.02kg N<sub>2</sub>O-N/kg N이다. 따라서 퇴비화 물량을 정화처리 할 경우 온실가스를 감축할 수 있다.<sup>26)27)</sup>

26) 2023년부터 적용되는 배출계수는 액비화시설, 퇴비화시설, 기타(정화처리 등)시설 모두의 배출계수가 0.005N<sub>2</sub>O-N/kg N로 변경된다. 따라서 변경되는 산출 방법을 적용할 경우 퇴비화시설의 처리 물량을 정화처리시설에서 처리하더라도 온실가스 배출량에는 변화가 없다.

돼지분뇨에는 뇨성분이 많기 때문에 전량 퇴비화는 현실적으로 불가능하다. 2018년 기준 기타 시설(정화 등)에서 처리되는 물량(전체의 77.65%)을 제외한 물량(전체의 22.35%) 중에서 퇴비로 처리되는 물량 비율은 44.9%이며, 액비로 처리된 물량 비율은 51.1%이다.

여기에서는 퇴비 및 액비로 처리되는 비율과 처리 방법별 배출계수를 적용하여 퇴·액비로 처리되는 돼지분뇨를 정화 처리할 경우 온실가스 배출량 변화를 산출하였다. 5,000마리 규모의 양돈농장이 가축분뇨를 퇴·액비화에서 정화처리로 처리방식을 변경할 경우 가축분뇨 처리부문에 배출되는 아산화질소(N<sub>2</sub>O)는 약 258톤/호 감축되는 것으로 나타났다.

〈표 4-17〉 사육규모 5,000마리 양돈농장의 가축분뇨 처리 방법별 온실가스 배출량

단위: 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분	퇴·액비화(A) (퇴비 48.8%, 액비 51.1%)	전량 정화처리(B)	B-A
가축분뇨 처리부문 아산화질소(N <sub>2</sub> O) 배출량	501.2	243.6	-257.6

자료: 연구진 작성.

## 2.2. 고체연료 생산

농림축산식품부 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’의 가축분뇨 처리방식 개선의 목표로 퇴비 이외 처리 10%를 제시하고 있다. “<부표 4-1> 가축분뇨 처리부문 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출계수”에서 연료 연소(Burned for fuel)는 가축분뇨 처리부문의 온실가스 배출량으로 집계되지 않게 된다. 즉, 가축분뇨를 이용해 고체연료를 생산하는 경우, 해당 물량은 가축분뇨 처리부문의 배출원에서

27) 농림축산식품부 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’의 정화처리 목표는 13%에서 25%로 확대를 제시하고 있다. 2018년 기준 돼지분뇨 처리 시설별 이용 비율은 퇴비화시설 10.93%, 액비화 시설 11.43%, 기타시설(정화 등) 77.65%이다. 대규모(5,000마리 이상) 농가가 퇴·액비화에서 정화처리로 처리방식 변경을 예시로 감축 효과를 산출하였다.

제외될 수 있다. 여기에서는 퇴비화로 처리되는 한육우 분뇨의 10%로 고체연료를 생산할 경우 온실가스 감축액을 산출하였다. 2018년 퇴비화로 처리되던 물량 중 10%를 고체연료 생산에 활용할 경우 온실가스 배출량은 아산화질소 17만 1,500톤 CO<sub>2</sub>eq., 메탄 5,300톤 CO<sub>2</sub>eq.이 감소하여 총 감축량은 17만 6,800톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 산출되었다.

〈표 4-18〉 한육우 퇴비화 물량 10% 고체연료 생산에 따른 온실가스 감축량

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

구분	한육우 사육 마릿수 (천 마리)	퇴비화 비율(%)	가축분뇨 처리부문 아산화질소(N <sub>2</sub> O)		가축분뇨 처리부문 메탄(CH <sub>4</sub> )		감축량 합계 (A+B)
			실제 배출량	감축량(A)	실제 배출량	감축량(B)	
2018년	3,086	81.48	1,812	171.5	64.8	5.3	176.8
2019년	3,202	80.98	1,872	176.8	67.2	5.4	182.3
2020년	3,353	80.98	1,960	185.2	70.4	5.7	190.9

주: 한육우 분뇨 중에서 2018~2020년 퇴비화로 처리되던 물량 중 10%를 고체연료 생산에 활용했을 경우 감축량임.

자료: 연구진 작성.

### 2.3. 신재생에너지 생산 확대<sup>28)29)</sup>

농림축산식품부 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’에는 분뇨 처리방식 개선을 위한 방안으로 축분의 재생에너지원 활용을 통한 퇴·액비 살포량 감축을 제시하고 있다. 이를 위해 에너지화시설 신규 조성(2022년 8개소에서 2030년 30개소로 확대) 등으로 바이오가스, 바이오차, 고체연료 등 퇴·액비 외 처

28) 신재생에너지 생산 확대를 위해 농가형 신재생에너지 생산시설이나 정화처리시설도 고려할 수 있다.

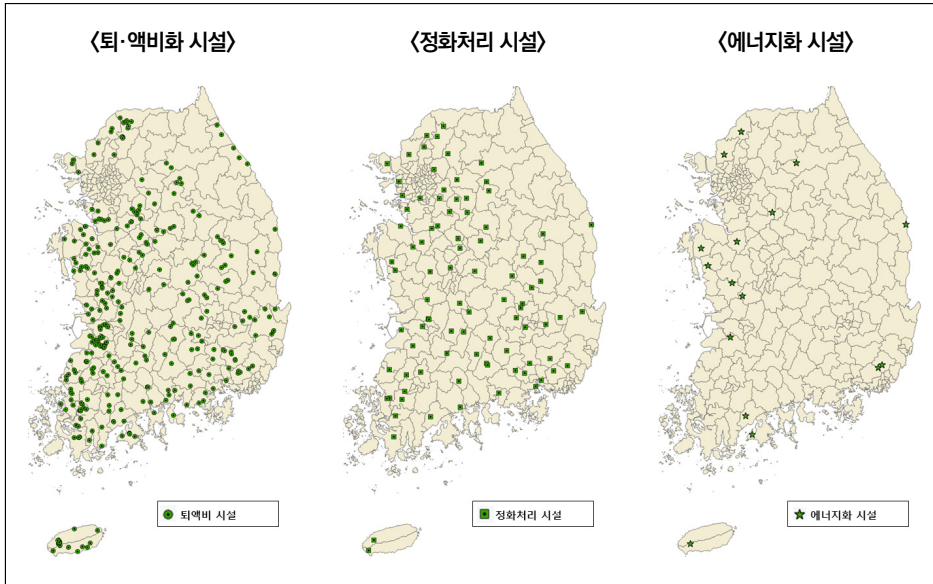
다만, 개별 농가의 가축분뇨 처리시설에 대한 구체적인 정보의 부재, 농가 단위 신규 시설 도입에 제약요인(초기 설치비 부담, 건폐율 문제 등) 등을 고려해 위탁처리시설을 대상으로 분석하였다.

29) ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’에는 정화처리 물량이나 신재생에너지 생산 확대가 제시되어 있으나, 2021년 기준 자가처리 물량 중 93.6%는 퇴비나 액비로 처리되고 있다(표 2-3).



리 비중 확대를 계획하고 있다(농림축산식품부, 2023b). 가축분뇨를 이용해 신재생에너지를 생산하는 경우, 해당 물량은 가축분뇨 처리부문의 배출원에서 제외될 수 있다.

〈그림 4-3〉 가축분뇨 처리 방법별 시설 분포 현황



주 1) 다수의 처리 방법으로 가축분뇨를 처리하는 시설 존재로 <표 2-5> 및 <그림 2-2>와 수치가 일치하지 않음.  
 2) 퇴·액비 시설(공동자원화시설 80개소, 공공처리시설 27개소, 퇴·액비전문유통조직 275개소, 마을형퇴 비저장시설 18개소)은 400개소, 정화처리시설(공공처리시설 94개소)은 94개소, 에너지화 시설(공동자원화시설 8개소, 공공처리시설 8개소)은 16개소임.

자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료 및 ArcGIS 10.8을 이용해 저자 작성함.

가축분뇨는 축종에 따라 성분, 수분함량 등에 차이가 있으며, 그에 따라 바이오가스, 바이오차, 고체연료 등 신재생에너지 생산 방법 선택에 우선순위를 고려할 수 있다. 수분이 많은 돼지분뇨는 바이오가스 생산에 유리하며, 축사에서 반출되는 가축분뇨에 톱밥이나 볏짚 등이 함께 포함되어 있는 소분뇨는 고체연료 등 생산을 검토할 수 있다. 따라서 가축분뇨 처리시설의 운영 주체(농림축산식품부, 환경부, 민간 등)보다는 가축분뇨 처리 방법별 시설 분포 현황을 검토할 필요가 있다.

축산농가 자가 처리를 제외한 위탁처리시설 중에서 가축분뇨 처리시설의 운영 주체와 상관없이 가축분뇨 처리 방법별 시설분포는 <그림 4-4>와 같으며, 퇴비나 액비를 생산하는 시설은 총 400개소, 정화 처리하는 시설은 총 94개소, 바이오가스 등 신재생에너지를 생산하는 시설은 총 16개소로 나타났다.

지역별 가축분뇨 처리 방법별 시설 현황을 살펴보면, 퇴·액비화 시설은 전국에 분포하고 있으나, 강원지역은 경기도 인접 지역 및 동해안 지역을 중심으로 분포해 있다. 정화처리 시설은 퇴·액비화 시설보다 시설 수는 적으나 비교적 전국에 고른 분포를 보이며, 에너지화 시설은 충남지역과 경기지역에 집중해 있다.

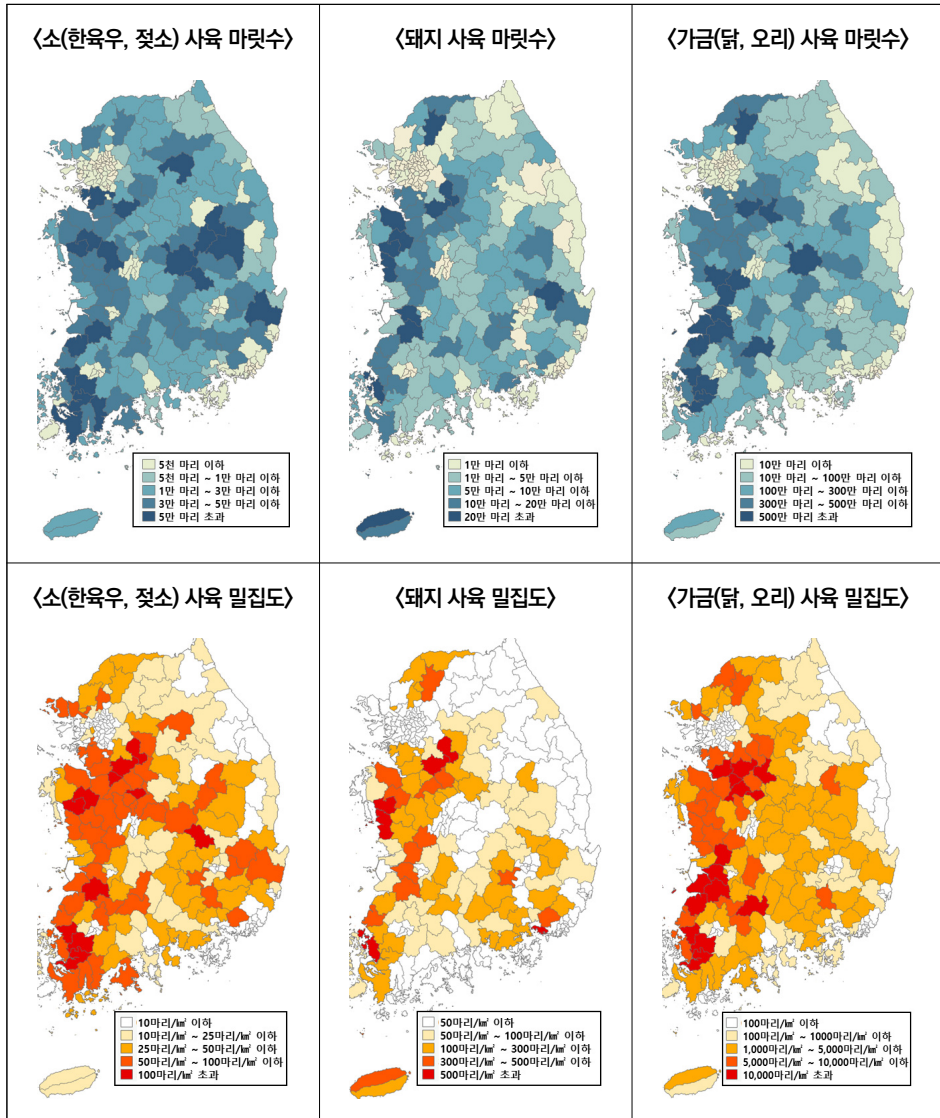
한편, 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산 확대를 위해서 지역별·축종별 사육 현황을 검토할 필요가 있다. 여기에서는 시군구를 경계로 축종별 사육 마릿수 및 시군구별 지역 면적을 기준으로 축종별 사육 마릿수 밀집도(마리/㎢)를 검토하였다.

시군구를 경계로 소(한육우, 젖소) 사육 마릿수가 가장 많은 지역은 경기도 안성시이며, 다음으로 전북 정읍시, 경북 상주시, 경북 경주시, 경북 구미시 등의 순으로 나타났다. 소(한육우, 젖소) 사육 밀집도는 주로 충북 청주시(청원구), 경기 안성시, 충남 천안시(서북구), 충남 홍성군, 전북 정읍시 등에서 높게 나타났다.

돼지 사육 마릿수가 가장 많은 지역은 충청남도 홍성군이 가장 많으며, 다음으로 제주도 제주시, 경기 이천시, 경기 안성시, 전북 정읍시 등의 순으로 나타났다. 돼지 사육 밀집도는 주로 충남 홍성군, 경기 이천시, 경기 안성시, 경남 창원시(진해구), 전남 무안군 등에서 높게 나타났다.

가금(닭, 오리) 사육 마릿수가 가장 많은 지역은 전라북도 남원시가 가장 많으며, 다음으로 전북 정읍시, 전북 익산시, 전남 나주시, 경기 포천시 등의 순으로 나타났다. 가금(닭, 오리) 사육 밀집도는 주로 전북 익산시, 전남 나주시, 전북 정읍시, 전북 남원시, 전북 부안군 등에서 높게 나타났다.

〈그림 4-4〉 축종별 시군구 지역별 사육 마릿수 및 사육 밀집도



주: 축종별 사육 마릿수는 지역별 전체 사육농가의 평균 사육 마릿수를 집계했으며, 사육 밀집도는 해당 시군구 면적을 기준으로 해당 시군구 면적 1㎢당 사육 마릿수로 계산함.

자료: 가축위생방역지원본부 내부자료(팜스(FAHMS) 축산농장 데이터베이스) 및 ArcGIS 10.8을 이용해 저자 작성함.

다음은 시도지역별 전업 규모<sup>30)</sup> 축산농장과 가축분뇨 처리 방법별 시설의 평균 거리를 검토하였다. 먼저 50마리 이상의 전업 규모 소(한육우, 젖소) 농장과 소분

뇨가 가장 많이 처리되고 있는 퇴·액비화 시설의 거리는 전국 평균 7.6km로 나타났다. 시도지역별로 전라북도(5.2km)와 제주도(5.5km)는 비교적 인접해있으나, 강원도 지역은 산지 면적 비중이 높으며, 횡성군이나 홍천군에 소 사육이 집중되어 비교적 평균 거리가 먼 것으로 나타났다. 축산부문 온실가스 감축을 위해 소분뇨는 고체연료 등 생산 확대를 검토해 볼 수 있으며, 소 사육 밀집도가 높으나 퇴·액비 수요처가 적은 지역을 우선 고려해 볼 수 있다.

〈표 4-19〉 시도 지역별 소농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황

지역 구분	지역별 농가와 시설의 평균 거리(km)			농가 수 (호)	사육 마릿수 (천마리)	사육 밀집도 (마리/㎢)
	퇴·액비 시설	정화처리시설	에너지 생산시설			
강원도	16.6	30.0	41.7	1,750	278	16.5
경기(서울, 인천)	7.5	9.2	22.7	3,749	520	43.8
경남(부산, 울산)	6.9	12.7	59.4	2,295	396	32.0
경북(대구)	8.2	13.1	81.2	5,133	853	42.8
전남(광주)	6.6	14.3	44.8	3,967	657	51.1
전북	5.2	11.6	28.9	3,107	485	60.0
제주	5.5	21.9	22.6	247	41	22.1
충남(대전)	6.4	13.4	17.4	3,303	548	62.4
충북(세종)	7.4	12.2	46.4	2,102	319	40.5
전국	7.6	13.7	44.4	25,653	4,097	40.8

주 1) 다수의 처리 방법으로 가축분뇨를 처리하는 시설이 존재하여 〈표 2-5〉 및 〈그림 2-2〉와 수치가 일치하지 않음.

2) 퇴·액비 시설(공동자원화시설 80개소, 공공처리시설 27개소, 퇴·액비전문유통조직 275개소, 마을형퇴비저장시설 18개소)은 400개소, 정화처리시설(공공처리시설 94개소)은 94개소, 에너지화 시설(공동자원화시설 8개소, 공공처리시설 8개소)은 16개소임.

3) 소(한우, 젖소) 농장의 평균 거리 및 농가 수는 50마리 이상 사육 농가를 집계했으며, 사육 마릿수와 밀집도는 전체 농가의 평균 사육 마릿수를 집계함.

자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료; 가축위생방역지원본부 내부자료(팜스(FAHMS) 축산농장 데이터베이스) 및 ArcGIS 10.8을 이용해 저자 작성함.

시도지역별 전업 규모 돼지농장과 가축분뇨 처리 방법별 시설의 평균 거리를 계산한 결과 퇴·액비화 시설과의 거리는 6.2km, 정화처리 시설과의 거리는 11.7km,

30) 가축위생방역지원본부(2021)에서 사육 규모 분류기준에 따른 전업농 기준은 소 50마리 이상, 돼지 1,000마리 이상, 닭 3만 마리 이상, 오리 5,000마리이다. 가금의 경우 닭과 오리사육 농가가 함께 포함되어 있어 5,000마리 이상을 전업 규모로 하여 집계하였다.

에너지 생산시설과의 거리는 36.3km로 나타났다. 축산부문 온실가스 감축을 위해 돼지분뇨는 정화처리나 바이오가스 등 에너지 생산시설에서 처리 확대를 검토해 볼 수 있다. 시도지역별 돼지농장과 정화처리시설의 평균 거리는 대부분 시도에서 10km 전후로 나타나 접근성이 비교적 양호하였다. 한편, 돼지농장과 바이오가스를 생산하는 에너지 생산시설과의 평균 거리는 경북(대구) 지역이 78.6km로 가장 접근성이 떨어지며, 경남(부산, 울산)지역과 전남(광주)지역도 평균 거리가 50km 이상으로 접근성이 떨어지는 것으로 나타났다.

축산부문 온실가스 감축을 위해 돼지분뇨 활용 바이오가스 등 신재생에너지 생산시설 도입 확대를 검토해 볼 수 있으며, 도입에 있어서 돼지농장과 에너지 생산시설의 접근성이 떨어지는 지역을 우선 고려해 볼 수 있다. 민원 및 허가 등의 문제로 신규 시설 도입이 어려운 경우는 기존의 퇴·액비화 시설이나, 정화처리시설 개편을 통한 에너지 생산시설 확충도 양돈농가와와의 접근성을 높일 수 있을 것이다.

〈표 4-20〉 시도 지역별 돼지농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황

지역 구분	지역별 농가와 시설의 평균 거리(km)			농가수 (호)	사육마릿수 (천마리)	밀집도 (마리/km <sup>2</sup> )
	퇴·액비시설	정화처리시설	에너지생산시설			
강원도	9.5	28.0	41.6	146	534	31.7
경기(서울, 인천)	6.4	8.7	17.5	636	1,803	151.9
경남(부산, 울산)	6.1	11.5	59.3	421	1,306	105.6
경북(대구)	7.7	12.9	78.6	467	1,528	76.7
전남(광주)	7.0	13.2	52.3	358	1,343	104.4
전북	4.9	10.2	26.8	439	1,410	174.7
제주	3.6	11.5	14.5	201	546	295.1
충남(대전)	5.2	10.6	14.6	753	2,452	279.1
충북(세종)	6.7	12.5	39.5	236	726	92.2
전국	6.2	11.7	36.3	3,657	11,650	116.0

주 1) 다수의 처리 방법으로 가축분뇨를 처리하는 시설이 존재하여 〈표 2-5〉 및 〈그림 2-2〉와 수치가 일치하지 않음.

2) 퇴·액비 시설(공동자원화시설 80개소, 공공처리시설 27개소, 퇴·액비전문유통조직 275개소, 마을형퇴비저장시설 18개소)은 400개소, 정화처리시설(공공처리시설 94개소)은 94개소, 에너지화 시설(공동자원화시설 8개소, 공공처리시설 8개소)은 16개소임.

3) 돼지농장의 평균 거리 및 농가수는 1,000마리 이상 사육 농가를 집계했으며, 사육 마릿수와 밀집도는 전체 농가의 평균 사육 마릿수를 집계함.

자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료: 가축위생방역지원본부 내부자료(팜스(FAHMS) 축산농장 데이터베이스) 및 ArcGIS 10.8을 이용해 저자 작성함.

시도지역별 5,000마리 이상을 사육하는 가금(닭, 오리)농장과 가축분뇨 처리 방법별 시설의 평균 거리를 계산한 결과 퇴·액비화 시설과의 거리는 7.2km, 정화처리 시설과의 거리는 12.6km, 에너지 생산시설과의 거리는 37.7km로 나타났다. 가금분뇨는 다른 축종의 분뇨보다 비료 성분 함량이 높기 때문에 퇴비로 우선 생산하며, 퇴비 수요처가 적은 지역은 고체연료 등 생산을 검토해 볼 수 있다(농촌진흥청, 2008).

〈표 4-21〉 시도 지역별 가금농장과 가축분뇨 처리시설 거리 현황

지역 구분	지역별 농가와 시설의 평균 거리(km)			농가수 (호)	사육마릿수 (천마리)	밀집도 (마리/㎢)
	퇴·액비시설	정화처리시설	에너지생산시설			
강원도	16.3	25.8	37.1	229	11,541	685.7
경기(서울, 인천)	7.1	9.8	21.2	998	49,777	4,194.0
경남(부산, 울산)	7.5	12.6	68.6	309	16,054	1,297.4
경북(대구)	8.1	12.7	87.4	555	35,207	1,767.6
전남(광주)	6.6	12.4	47.2	1,049	47,257	3,674.7
전북	5.5	11.0	30.0	1,344	70,008	8,672.8
제주	5.3	25.6	27.5	71	2,168	1,171.6
충남(대전)	7.1	14.1	17.4	980	49,121	5,590.5
충북(세종)	7.8	12.0	38.5	605	28,540	3,625.6
전국	7.2	12.6	37.7	6,140	309,673	3,083.4

주 1) 다수의 처리 방법으로 가축분뇨를 처리하는 시설이 존재하여 〈표 2-5〉 및 〈그림 2-2〉와 수치가 일치하지 않음.

2) 퇴·액비 시설(공동자원화시설 80개소, 공공처리시설 27개소, 퇴·액비전문유통조직 275개소, 마을형퇴비저장시설 18개소)은 400개소, 정화처리시설(공공처리시설 94개소)은 94개소, 에너지화 시설(공동자원화시설 8개소, 공공처리시설 8개소)은 16개소임.

3) 가금(닭, 오리) 농장의 평균 거리 및 농가 수는 5,000마리 이상 사육 농가를 집계했으며, 사육 마릿수와 밀집도는 전체 농가의 평균 사육 마릿수를 집계함.

자료: 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영 현황》; 축산환경관리원 내부자료; 가축위생방역지원본부 내부자료(팜스(FAHMS) 축산농장 데이터베이스) 및 ArcGIS 10.8을 이용해 저자 작성함.

### 3. 온실가스 감축 기술 도입에 따른 온실가스 감축액

온실가스 배출권 거래 단가는 2018년 톤당 2만 2,263원/톤에서 2020년 2만 9,628원/톤까지 상승한 이후 감소하여 2022년 거래 단가는 2만 2,030원/톤으로 나타났다. 한편, ‘탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획’에서 제시된 온실가스 배출권 가격은 2023년 3월 14,000원/톤에서 2030년 61,400원 수준까지 상승할 것으로 전망하고 있다(관계부처 합동, 2023).

〈표 4-22〉 배출권 거래량 및 거래 단가

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
연간 누적거래량(천 톤)	17,830	16,959	20,954	25,870	25,935
연간 누적거래대금(10억 원)	3,969.56	4,923.71	6,208	6,053	5,714
단가(원/톤)	22,263.4	29,032.5	29,628.4	23,398.5	22,030.5

자료: 배출권시장 정보플랫폼 홈페이지(<https://ets.krx.co.kr/>), KRX운영리포트, 검색일: 2023. 10. 17.

온실가스 감축 기술 도입에 따른 온실가스 감축량에 온실가스 배출권 거래 단가를 적용하여 온실가스 감축액으로 평가한 결과는 아래 표와 같다.

〈표 4-23〉 가축 사육단계별 온실가스 감축 기술의 분류 및 분석 가능 여부(감축 기술 인벤토리)

단계	기술	분석대상 축종	도입 비용	온실가스 감축량 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)	온실가스 감축액 (백만 원)	
가축 관리 단계	저탄소 사양 관리	저메탄사료 (효과 10%, 보급률 78%)	한우, 젖소	5만~7만 8,000원 /마리·연	한우: 237.6 젖소: 78.6 (*18년 사육 마릿수 기준)	한우: 5,235 젖소: 1,732
	적정단백질 사료	(효과 5%, 보급률 48%)	한우, 젖소, 돼지, 육계, 산란계	1만~2만 8,000원 /마리·연	한우: 43.5, 젖소: 8.0 돼지: 16.4, 육계: 6.3 산란계: 4.8 (*18년 사육 마릿수 기준)	한우: 958, 젖소: 176 돼지: 362, 육계: 138 산란계: 105

(계속)

단계	기술		분석대상 축종	도입 비용	온실가스 감축량 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)	온실가스 감축액 (백만 원)
가축 관리 단계	ICT 시설 보급 등 생산성 향상	비육기간 단축 (28개월령)	한우	-	한우: 20.3 (*18년 사육 마리수 기준)	한우: 447
		두당 산유량 향상 (10% 향상)	젖소	-	젖소: 164.6 (*18년 사육 마리수 기준)	젖소: 3,626
		MSY 향상 (MSY 25두)	돼지	-	돼지: 42.6 (*18년 사육 마리수 기준)	돼지: 939
가축 분뇨 처리 단계	정화처리		돼지	-	돼지 5천 마리당: 0.26	돼지 5천 마리당: 5.7
	처리 방식 다각화	고체연료	한우	-	176.8 (2018년 실제 퇴비화 물 량의 10% 고체연료 생산)	실제 퇴비화 물량의 10%당: 3,896

주 1) 온실가스 감축액은 온실가스 감축물량에 2022년 평균 배출권 거래 단가 2만 2,030.5원을 적용함.

2) 저메탄사료 및 적정단백질 사료 도입 비용은 농림축산식품부 내부자료를 활용함.

자료: 연구진 작성.

## 4. 온실가스 감축 기술 도입의 경제 및 환경 효과

### 4.1. 분석모형 개요

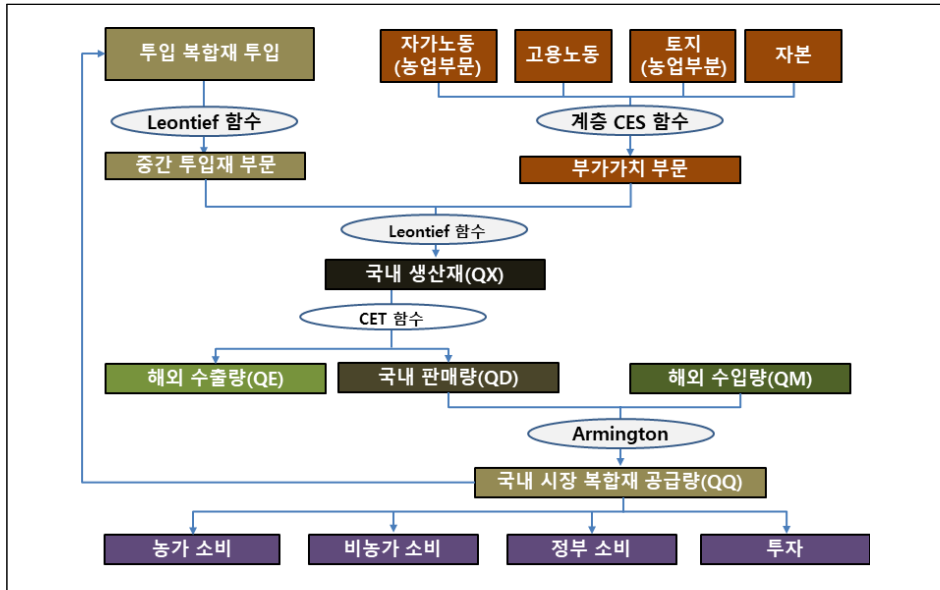
연산가능일반균형(Computable General Equilibrium: CGE) 모형은 특정한 경제적 충격이 단일 산업뿐만 아니라 타 산업에 미치는 직간접적 파급효과까지 계측 가능한 거시적 모형에 해당한다. 즉, 경제 내에서 발생하는 생산, 소득 및 저축, 무역, 가격 결정, 시장 균형 조건 등을 나타내는 연립방정식 형태를 보이며, 시장조건 변화에 따른 균형 변화를 계측할 수 있다. 이러한 CGE 모형은 생산기술 도입이나 생산요소 변화, 정부의 경제정책 도입 등 구체적인 가정을 모형에 부과함으로써 현실 문제를 일반균형적 관점에서 분석할 수 있다는 장점이 있다.

이 연구에서는 이명기 외(2023)가 고안한 ‘한국 농업 특화 CGE 모형’을 이용한



다. ‘한국 농업 특화 CGE 모형’은 1국가 정태 CGE 모형 중 Löfgren et al.(2002)의 모형(이하 IFPRI 모형)을 기초로 구축되었으며, 생산기술 구조에서 생산활동은 자가노동과 고용노동, 농업 토지, 자본 등 네 가지의 본원적 투입 요소와 중간투입재로 사용되는 각 상품을 생산활동에 투입함으로써 이루어진다. 농업 토지를 이용하는 농축산업 부문은 이 본원적 투입요소를 모두 사용하지만, 농업 토지를 이용하지 않은 부문(서비스업, 제조업 등)은 고용노동과 자본 등 두 가지 투입요소만을 사용한다. 이때 본원적 투입요소 중 고용노동과 자가노동의 CES(Constant Elasticity of Substitution) 결합을 통해 복합 노동 투입요소를 만들고, 복합 노동과 자본, 토지의 CES 결합을 통해 부가가치재를 만들 수 있다. 이렇게 생성된 부가가치재와 중간투입재의 CES 결합을 통해 최종 생산품이 도출된다. 또한, 수입과 관련하여 아밍턴(Armington) 가정을 채택하여 국내 상품과 수입 상품 간 불완전 대체관계를 가정하였으며, 이로부터 국내 생산재와 수입재의 CES 결합을 통해 국내 공급량을 도출할 수 있다.

〈그림 4-5〉 CGE 모형의 생산기술구조



자료: 이명기 외(2023).

일반적으로 CGE 모형에서 사용하는 데이터베이스는 사회회계행렬(Social Accounting Matrix: SAM)를 기초로 사용한다. 따라서 이 연구는 2018년 산업연관표를 이용해 ‘한국농업특화 SAM’을 구성하였다. CGE 모형의 구성요소는 생산활동, 생산요소, 경제주체, 상품시장 등으로 구성되며, 연구 목적에 따라 구성요소, 탄력성 모수, 분석자료에 해당하는 사회회계행렬의 형태를 변화시켜 다양한 형태로 활용할 수 있다.

이 연구에서 구성한 SAM에서 산업부문은 축산업 및 농업은 기본부문(381부문을)을 기준 개별 분류, 농축산업의 전후방 연관산업 및 농업·농촌지역 관련 산업부문 개별 분류하여 전체 72개 산업부문으로 구성된다. 생산요소는 농업 토지, 노동, 자본 등 3개로 선정하였으며, 노동을 고용 노동과 자가 노동으로 구분하였다. 또한, 경제주체 중 가계도 농가와 비농가로 분리하였다.

〈그림 4-6〉 한국농업특화 SAM의 구성 요소

구분	생산활동		상품(재화)		생산요소				가계		정부	세금	저축-투자	해외부문	행합계
	농업	비농업	국산재	수입재	노동	농업 토지	자본	농가	비농가						
생산 활동	농업	비농업	국내생산	수입재	고용노동	자가노동									생산활동 별 총산출
상품 (재화)	국산재	국산재 중간수요 (중간투입)	국산재 중간수요 (중간투입)					국산재 수요	국산재 수요	국산재 수요			국산재 수요	수출	총수요
	수입재	수입재 중간수요 (중간투입)	수입재 중간수요 (중간투입)					수입재 수요	수입재 수요	수입재 수요			수입재 수요		
생산 요소	노동	고용노동	피용자보수	피용자보수											생산요소 별 총소득
	농업 토지	자가노동	지대	지대											
가계	자본	영업잉여	영업잉여												가계 유형별 총수입
	농가				노동소득	노동소득	토지소득	자본소득					이전소득		
	비농가				노동소득		자본소득						이전소득		
정부												세금수입			정부수입
세금	간접세	간접세							판매세	판매세					세금수입
저축-투자									농가 저축	비농가 저축	정부 저축			해외 저축	총저축
해외부문				수입											외환유출
열 합계	생산활동 별 총투입		총공급		생산요소 별 총투입			가계 유형별 총지출		정부 총지출	세금지출	총투자		외환유입	

자료: Burfisher, M. E.(2021), "Introduction to computable general equilibrium models";이명기 외 (재인용)(2023); 신동천(1999), 《국제무역의 연산균형분석》; 노용환·남상호(2006), 《한국경제의 소득 재분배 효과분석: 사회회계행렬을 이용한 접근》을 기초로 본 연구의 SAM 형태를 반영해 작성함.

## 4.2. 온실가스 감축 기술 도입 시나리오 설정

본 연구에서는 온실가스 감축 기술 도입에 따른 경제/환경적 파급효과 분석은 감축 기술 도입에 따른 축산부문 생산성 변화를 중심으로 시나리오로 설정하고자 한다. 농림축산식품부는 ‘2050 농식품 탄소중립 추진전략’ 이후 축산부문에서의 온실가스 감축을 위한 부문별 감축목표를 설정하였으며, 2050 탄소중립을 위한 ‘축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략’을 공표하였다. 해당 전략에서는 축산부문 탄소 감축을 위한 핵심 과제로 ‘가축분뇨 처리방식 개선’, ‘저탄소 사양관리 확산’, ‘축종별 생산성 향상’ 등이 제시되어 있다.<sup>31)</sup> 이 중 생산성 향상은 한우의 사육기간 단축이나 도체중량 향상, 젖소의 두당 산유량 향상, 돼지의 MSY 향상 등 각 축종별로 생산성을 향상시켜 온실가스 배출량을 감축하는 계획을 의미한다. 다만, 이러한 생산성 향상은 온실가스 배출량을 감축하는 효과뿐만 아니라 해당 산업의 생산 및 가격, 투입구조에 영향을 미치며, 우리나라 경제 전반에 다양한 파급효과를 발생시키게 된다. 이에 본 연구에서는 이러한 생산성 향상을 바탕으로 분석 시나리오를 구성하고자 하며, 생산성이 5% 향상되었을 때와 10% 향상되었을 때로 구분하여 분석을 진행한다.<sup>32)</sup>

통상적으로 생산성 향상은 생산 측면에서의 효율성 증대를 의미하며, 이는 동일한 투입으로 더 많은 생산을 가능하게 한다. CGE 모형에서 특정 축종의 생산성 향상은 해당 축종의 생산 확대를 유발하고, 나아가 축산업과 연계된 전후방 산업의 생산량에도 영향을 미치게 된다. 이러한 경우에 CGE 모형으로부터 도출되는 온실가스 배출변화는 축산물 생산량 변화(확대)에 따른 전후방 산업의 파급효과

31) ‘가축분뇨 처리방식 개선’의 경우 현행 온실가스 인벤토리 산정 방법상 배출계수의 일원화로 기술의 온실가스 감축 효과를 분석하기 어렵다. 또한, ‘저탄소 사양관리 확산’의 경우 부산물 사료 급여, 자가 조사료 생산 및 급여 등 정량적 평가를 위한 축종별 기초자료의 부재로 CGE 모형 적용이 제한된다.

32) CGE 모형은 특정 산업부문의 생산성 변화나, 산출물 가격이나 물량, 노동·자본 등 생산요소 투입변화에 대한 분석이 가능하다. 경제적 파급효과를 분석할 수 있는 분석방법으로 산업연관분석(Input-output analysis)도 있으나, 해당 분석은 생산 및 수요 변화에 중점을 두기 때문에 생산성과 같이 요소 투입변화에 대한 분석에는 한계가 있다.

까지 포괄하게 된다.

따라서 이 연구에서는 축종별로 생산량이 현재 수준과 동일하도록 고정하는 제약조건을 부과하였다. 이를 통해 축종별 생산성 향상에 따른 축산물 생산량에 변화가 없는 순수 온실가스 배출변화를 분석하고자 하였다.<sup>33)</sup>

〈표 4-24〉 CGE 모형 분석을 위한 시나리오 구성

시나리오	생산성 5% 향상 시나리오	생산성 10% 향상 시나리오
생산량 고정 제약조건 부여	시나리오 1	시나리오 3
생산량 고정 제약조건 미부여	시나리오 2	시나리오 4

자료: 연구진 작성.

### 4.3. 분석결과

#### 가. 축산부문 생산성 변화의 경제적 효과

‘한국농업특화 SAM’에서 주요 축종인 한육우, 젓소, 돼지, 가금부문의 생산성이 5%, 10% 증가할 경우 해당 축종의 생산량도 증가하며, 이로 인해 GDP도 증가하였다. 구체적으로, 생산성 5% 향상을 기준으로 한육우는 생산량이 0.18% 증가하며, 이에 따라 국내 GDP는 1,196억 원 증가하는 것으로 나타났다. 축종별 생산성 향상에 따른 GDP 증가 폭을 살펴보면, 돼지의 생산성 향상에 따른 GDP 증가분이 가장 큰 것으로 확인되었으며, 뒤를 이어 한우, 가금, 젓소 순으로 GDP 증가분이 컸다. 즉, 축산부문 생산성 향상으로 해당 축종의 축산물 생산량이 증가하며, 이로 인해 축산업 전후방연관산업의 생산을 증가시킴으로써 경제 전체에 파급효과를 유발한다는 것을 확인할 수 있었다.

33) 생산량 고정 제약조건은 강력한 가정이라 할 수 있으나, 현재와 동일한 축산물 생산에 있어서 생산성 향상 효과를 분석하기 위한 가정이다. 축산물 생산량이 증가하게 되면, 축산업의 전후방산업에서 온실가스 배출량도 증가하게 된다. 이와는 반대로 생산량을 고정할 경우 동일한 축산물 생산에 필요한 투입재 감소로 축산업 전후방산업의 생산액 및 축산업 전후방산업에서 배출되는 온실가스는 감소하게 된다.

〈표 4-25〉 축산부문 생산성 향상에 따른 GDP 변화

단위: 십억 원

구분		생산성 향상 부문			
		한육우	젓소	돼지	가금
생산성 5% 향상 시	국내 GDP 변화	119.6	57.8	153.8	117.7
	자체산업 생산량 변화 (%)	0.18	1.15	0.23	0.26
생산성 10% 향상 시	국내 GDP 변화	228.3	110.4	293.8	224.8
	자체산업 생산량 변화 (%)	0.34	0.28	0.42	0.51
2018년 GDP(BASE)		1,873조 원			

자료: 2018년 산업연관표 기준 '한국농업특화 SAM' 및 '한국 농업 특화 CGE 모형' 분석 결과.

#### 나. 축산부문 생산액 및 가격 변화

생산량 고정 제약조건을 부과하지 않은 경우의 축산부문 생산성 향상으로 인한 각 축종의 생산액 및 가격 변화를 살펴보면, 생산성이 10% 증가하였을 때 가금의 생산량이 0.51% 증가해 가장 많이 증가하였다. 그 뒤를 이어 돼지 0.44%, 한우 0.34%, 젓소 0.28 순으로 나타났다. 생산량 고정 제약조건을 부여한 결과를 살펴 보면, 자체 산업의 생산량을 고정하였기 때문에 생산량에는 변화가 없는 것을 알 수 있다.

가격 변화는 생산성 증가와 반비례하는 것으로 나타났다. 통상적으로 축종별 생산성 향상은 곧 각 축종에 대한 공급량 증가로 이어지고, 시장원리에 따라 가격이 낮아진다는 점에서 타당한 결과라 볼 수 있다. 생산량 고정 제약조건을 부여하지 않은 경우, 축산부문 생산성이 증가할 때 가격 변화율은 가금이 가장 크며, 한우와 돼지, 젓소 순으로 확인된다. 이는 생산성 증가에 대해 가금부문의 민감도가 가장 큰 반면, 젓소부문의 민감도는 상대적으로 작다고 해석할 수 있다. 또한, 생산량을 고정한 결과에서는 생산성 변화는 투입재 감소에 따른 비용 절감 등으로 산출물 가격이 하락하는 것으로 나타났다.

〈표 4-26〉 축산부문 생산성 향상에 따른 축종별 생산량 및 가격 변화

단위: %, 십억 원

구분		생산량 고정 제약조건 부여 (자체 산업 생산량 고정)				생산량 고정 제약조건 미부여 (자체 산업 생산량 변화 허용)			
		한우	젓소	돼지	가금	한우	젓소	돼지	가금
생산성 5% 향상	자체산업 생산량 변화율	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.15	0.23	0.26
	자체산업 산출물 가격 변화율	-1.31	-1.24	-1.28	-1.35	-1.30	-1.22	-1.29	-1.35
생산성 10% 향상	자체산업 생산량 변화율	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.28	0.44	0.51
	자체산업 산출물 가격 변화율	-2.51	-2.37	-2.45	-2.57	-2.47	-2.34	-2.47	-2.58
2018년 부문별 생산액 (BASE)		5,154.3	2,444.7	6,455.5	4,712.6	5,154.3	2,444.7	6,455.5	4,712.6

자료: 2018년 산업연관표 기준 '한국농업특화 SAM' 및 '한국 농업 특화 CGE 모형' 분석 결과.

또한, 이와 같은 생산성 향상은 각 축종의 자체 생산량에 영향을 미칠 뿐만 아니라 축종별로 생산되는 산출물(축산물) 가격에도 영향을 미치기 때문에 축산물을 가공하는 도축육, 가공육, 육가공품, 낙농품부문에 대한 영향도 함께 살펴볼 필요가 있다. 각 축종별로 생산성이 향상될 경우 축산물을 1차 가공 및 2차 가공하는 축산업 전방산업의 산출물의 가격은 하락하는 것으로 확인되었다.<sup>34)</sup> 특히, 생산량 고정 제약조건을 부과하지 않은 경우에 생산성 10% 증가에 대한 가격 감소 폭은 가공에서 가장 컸으며, 돼지, 한우, 젓소 순으로 가격 하락 폭이 컸다. 또한, 생산량 고정 제약조건을 부과한 경우에도 가공, 돼지, 한우, 젓소 순으로 가격 하락 폭이 컸으며, 생산량 고정 제약조건을 부여하지 않은 경우보다 가격 하락 폭이 다소 작았다.

34) 각 축종과 밀접한 관련이 있는 산출물은 한우와 돼지는 도축육, 젓소는 낙농품, 가금은 가공육에 해당한다.

〈표 4-27〉 축산부문 생산성 향상에 따른 축산물 가격 변화

단위: %

구분		생산성 5% 향상 부문				생산성 10% 향상 부문			
		한우	젓소	돼지	가금	한우	젓소	돼지	가금
생산량 고정 제약조건 부여	도축육	-0.51	-0.01	-0.65	-0.01	-0.97	-0.03	-1.23	-0.03
	가금육	-0.01	-0.01	-0.01	-0.76	-0.01	-0.01	-0.01	-1.46
	육가공품	-0.10	-0.01	-0.12	-0.03	-0.18	-0.01	-0.23	-0.06
	낙농품	-0.01	-0.43	-0.02	-0.02	-0.02	-0.81	-0.03	-0.04
생산량 고정 제약 조건 미부여	도축육	-0.50	-0.00	-0.63	0.00	-0.95	-0.00	-1.20	0.01
	가금육	0.00	0.00	0.01	-0.75	0.01	0.00	0.01	-1.43
	육가공품	-0.09	0.00	-0.11	-0.02	-0.16	0.00	-0.21	-0.03
	낙농품	0.00	-0.41	0.01	0.00	0.01	-0.78	0.01	0.01

자료: 2018년 산업연관표 기준 '한국농업특화 SAM' 및 '한국 농업 특화 CGE 모형' 분석 결과.

#### 다. 축산부문 생산요소 투입 변화

축산부문의 생산성 향상은 축산농가의 생산요소 투입구조에도 영향을 미치기 때문에 생산성 향상에 따른 본원적 투입 요소의 변화를 살펴보았다. '한국 농업 특화 CGE 모형' 축산업 생산성 변화가 노동투입에 미치는 영향 분석에 있어서 고용 노동과 자가노동으로 구분된 효과를 분석할 수 있다. 이를 바탕으로 축산부문 생산성이 10% 증가하였을 때 요소 투입량 변화를 살펴보면, 생산량 고정과 상관없이 자가노동 투입보다 고용노동 투입 감소가 더 큰 것으로 분석되었다. 이는 축산부문 생산성 향상으로 고용노동비 절감이 가능하다는 것을 설명해 준다. 이에 더하여, 자본과 토지의 투입도 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 축종별 생산성 향상이 단순히 노동 투입 감소뿐만 아니라 자본, 토지 등 경영비 감소를 통한 농업소득 제고 방안으로 활용될 수 있음을 의미한다. 생산량 고정 제약조건 유무에 따라 구분하여 살펴보면, 유의미한 큰 차이는 보이지 않으나 생산량 고정 제약조건을 부여한 경우에 투입량 감소 폭이 소폭 작은 것으로 확인되었다.

〈표 4-28〉 축산부문 생산성 향상에 따른 본원적 생산요소의 투입변화

단위: %

구분		생산성 5% 향상 부문				생산성 10% 향상 부문			
		한우	젖소	돼지	가금	한우	젖소	돼지	가금
생산량 고정 제약조건 부여	고용노동 투입량 변화	-5.83	-5.16	-4.39	-4.46	-11.04	-9.82	-8.41	-8.54
	자가노동 투입량 변화	-4.40	-4.53	-4.36	-4.35	-8.42	-8.66	-8.35	-8.33
	자본 투입량 변화	-5.09	-5.04	-4.99	-5.04	-9.69	-9.60	-9.50	-9.60
	토지 투입량 변화	-2.67	-2.50	-2.46	-2.46	-5.14	-4.81	-4.75	-4.75
생산량 고정 제약조건 미부여	고용노동 투입량 변화	-5.87	-5.20	-4.58	-4.59	-11.12	-9.89	-8.76	-8.78
	자가노동 투입량 변화	-4.40	-4.53	-4.54	-4.46	-8.44	-8.67	-8.68	-8.54
	자본 투입량 변화	-4.63	-4.64	-4.56	-4.53	-8.86	-8.87	-8.72	-8.66
	토지 투입량 변화	-2.55	-2.39	-2.39	-2.35	-4.91	-4.62	-4.62	-4.54

자료: 2018년 산업연관표 기준 '한국농업특화 SAM' 및 '한국 농업 특화 CGE 모형' 분석 결과.

#### 라. 축산부문 생산성 향상의 환경 효과<sup>35)</sup>

특정 축산부문의 생산성이 향상될 경우 자체 산업의 생산량 증가 및 그에 따른 타 산업에 대한 생산유발효과로 경제 전체에 온실가스 배출이 유발된다. 이는 생산성이 향상되면서 생산효율 증대와 함께 자체 산업의 생산량이 증가했기 때문이며, 가축사육 마릿수가 증가한 효과에 비해 크기는 적으나 같은 방향으로 나타난다.

한편 현재와 동일한 수준의 축산물 생산에 있어서 생산성이 10% 향상되는 경우는 경제 전체에 온실가스 배출량이 감소하게 된다.<sup>36)</sup> 축종별 생산성 10% 향상에 따른 온실가스 배출량은 가금 361만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감소, 돼지 342만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감소, 한우 272만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감소, 젖소 233만 톤 CO<sub>2</sub>eq. 감소하는 것으로 분석되었다. 이를 2022년 배출권 거래제 단가를 적용하여 금액으로 평가하면 축종별로 514억~796억 원 수준으로 나타났다.

35) 각 산업부문의 생산 변화에 따라 각 산업부문에서 생산이 유발되고 각각의 생산활동을 통해 온실가스가 배출되는 관계를 파악하기 위해서는 각 산업부문별 온실가스 배출원단위(Greenhouse Gas Emission Unit)  $A_i^{ge}$  ( $= GE_i/X_i$ )가 필요하며, 여기서  $X_i$ 는  $i$ 부문의 산출액(생산액),  $GE_i$ 는  $i$ 산업의 온실가스 배출량이다.

36) 이는 생산성 향상에 따른 생산효율 증대로 생산요소나 중간투입재의 투입감소에 따른 것이다.



〈표 4-29〉 축산부문 생산성 향상에 따른 온실가스 감축 효과와 평가액

구분		생산량 고정 제약조건 부여 (자체 산업 생산량 고정)				생산량 고정 제약조건 미부여 (자체 산업 생산량 변화 허용)				
		한우	젖소	돼지	기금	한우	젖소	돼지	기금	
생산성 5% 향상	경제 전체 온실가스 배출변화(천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)		-1,424	-1,221	-1,785	-1,883	7.6	12.8	66.4	48.7
	온실가스 감축 평가액 (10억 원)	2018년 배출권 거래 단가 (22,263원/톤)	-31.7	-27.2	-39.7	-41.9	0.2	0.3	1.5	1.1
		2022년 배출권 거래 단가 (22,030원/톤)	-87.4	-74.9	-109.6	-115.6	0.5	0.8	4.1	3.0
		2030년 전망 배출권 거래 단가 (61,400원/톤)	-31.4	-26.9	-39.3	-41.5	0.2	0.3	1.5	1.1
생산성 10% 향상	경제 전체 온실가스 배출변화(천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)		-2,721	-2,333	-3,417	-3,614	14.5	24.4	127.0	93.1
	온실가스 감축 평가액 (10억 원)	2018년 배출권 거래 단가 (22,263원/톤)	-60.6	-51.9	-76.1	-80.5	0.3	0.5	2.8	2.1
		2022년 배출권 거래 단가 (22,030원/톤)	-167.0	-143.3	-209.8	-221.9	0.9	1.5	7.8	5.7
		2030년 전망 배출권 거래 단가 (61,400원/톤)	-59.9	-51.4	-75.3	-79.6	0.3	0.5	2.8	2.1

주: 2030년 온실가스 배출권 가격 전망은 관계부처 합동(2023), 《탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 요약》을 인용함.

자료: 2018년 산업연관표 기준 '한국농업특화 SAM' 및 '한국 농업 특화 CGE 모형' 분석 결과의 생산액 변화와 환경산업연관표의 온실가스 배출원단위를 이용해 생산액 변화에 따른 온실가스 배출변화량을 산출함.

**주요국 축산부문 온실가스  
배출 현황과 감축 수단**



# 주요국 축산부문 온실가스 배출 현황과 감축 수단<sup>37)</sup>

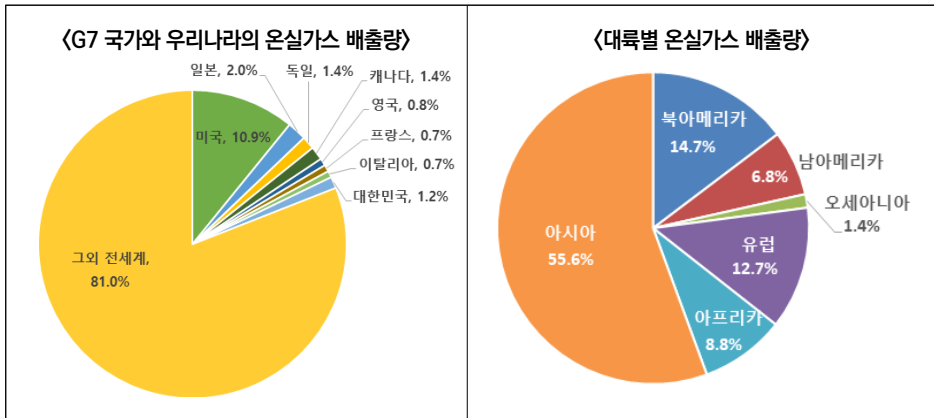
## 1. 주요국 축산부문 온실가스 배출 현황 및 감축 목표

### 1.1. 주요국 온실가스 배출 현황

2021년 기준 전 세계 온실가스 배출량 545억 9,320만 톤 CO<sub>2</sub>eq.에서 G7 국가가 차지하는 비율은 17.8%로, 2016년의 비율 19.5% 대비 하락한 것으로 나타났으며, 이는 중국, 인도 등 고성장 국가의 온실가스 배출량 급증에 기인한 결과이다. G7 국가 가운데 미국의 배출량이 59억 2,570만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(10.9%)으로 가장 많고, 일본 11억 430만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(2.0%), 캐나다 7억 7,730만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(1.4%), 독일 7억 4,590만 톤 CO<sub>2</sub>eq.(1.4%)의 순으로 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다. 우리나라는 6억 5,940만 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 전 세계 배출량의 1.2% 수준이다. 대륙별 온실가스 배출 비율은 아시아가 55.6%로 가장 높았는데, 특히, 중국(23.1%)과 인도(6.6%) 등 국가의 배출 비중이 매우 높다는 특징이 있다.

37) 이 장에서 미국, 유럽 부분은 건국대학교 장재봉 교수에게 의뢰한 위탁원고를 이용해 작성했으며, 일본 부분은 건국대학교 허덕 교수에게 의뢰한 위탁원고를 이용해 작성하였다.

〈그림 5-1〉 전 세계 주요 국가의 온실가스 배출량(2021년 기준)



자료: Our World in data(<https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions?tab=table>), Greenhouse Gas Emission, 검색일: 2023. 5. 17.

탄소중립에 대한 국제적인 협력으로 주요 선진국에서 온실가스 배출량은 감소 추이를 나타내고 있다.

〈표 5-1〉 주요국 온실가스 배출 현황

단위: 백만 톤 CO<sub>2</sub>eq.

주요국	1990년	2000년	2005년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
미국	6,140	7,048	7,042	6,214	6,092	6,079	6,272	6,178	5,627	5,926
캐나다	737	879	882	835	819	822	833	825	756	777
독일	1,217	1,004	962	873	879	863	827	777	708	746
프랑스	530	520	514	421	422	426	409	402	362	391
영국	795	706	698	506	481	469	461	447	406	421
이탈리아	500	538	551	393	393	389	388	380	348	372
일본	1,220	1,310	1,324	1,258	1,239	1,226	1,181	1,143	1,080	1,104
대한민국	281	480	538	678	681	698	714	689	641	659
유럽연(EU)	4,794	4,333	4,417	3,691	3,698	3,725	3,640	3,486	3,197	3,382
중국	4,353	5,320	7,693	12,020	11,803	12,050	12,387	12,875	13,153	13,711
전 세계	37,861	41,343	45,839	53,660	52,823	53,405	54,066	54,821	52,585	54,593

자료: Our World in data(<https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions?tab=table>), Greenhouse Gas Emission, 검색일: 2023. 5. 17.

## 1.2. 주요국 온실가스 감축목표

국가별 경제 및 사회적 상황에 따라 탄소중립 선언 시기, 목표달성 시기, 이행수준 등이 다르지만, 2023년 5월 기준 전 세계 198개국 중 133개국이 탄소중립을 선언하였다. 이는 전 세계 온실가스 배출량의 88%, GDP(PPP)의 92%, 인구의 85% 수준이다(Net Zero Tracker, 검색일: 2023. 5. 17.).

〈표 5-2〉 주요국 온실가스 감축 목표

주요 국가	탄소중립 시행상태	탄소중립 기준년도	탄소중립 목표년도	온실가스 감축 목표	농축산부문 목표
미국	법제화 (2023년)	2005년	2050년 (Net zero)	2030년까지 52% 감축	농업, 임업분야 감축으로 국가 전체 배출량의 10~20% 감축
캐나다	법제화 (2021년)	2005년	2050년 (Net zero)	2030년까지 45% 감축	'05년 72백만 톤 → '30년 71백만 톤 1% 감축(1백만 톤 CO <sub>2</sub> eq.)
독일	법제화 (2021년)	1990년	2045년 (Climate neutral)	2030년까지 65% 감축	'20년 68백만 톤 → '30년 56백만 톤 14.7% 감축(12백만 톤 CO <sub>2</sub> eq.)
프랑스	법제화 (2020년)	1990년	2050년 (Net zero)	2030년까지 55% 감축	'15년 대비 '30년 아산화질소 15%, 암모니아 13% 감축
영국	법제화 (2020년)	1990년	2050년 (Net zero)	2030년까지 68% 감축	'90년 대비 '30년까지 11~24% 감축
이탈리아	정책화 (2021년)	1990년	2050년 (Climate neutral)	2030년까지 65% 감축	농축산부문 배출량 '90년 대비 '50년 약 20% 감축
일본	법제화 (2021년)	2013년	2050년 (Net zero)	2030년까지 46% 감축	농림축수산업 기준 배출량 대비 9.2% 감축 (3백만 톤 CO <sub>2</sub> eq.)('18년 대비 9.3% 감축) (농림분야 흡수 -46.5백만 톤)
대한민국	법제화 (2021년)	2018년	2050년 (Net zero)	2030년까지 40% 감축	농림축수산업 기준 배출량 대비 27.1% 감축 (6.7백만 톤 CO <sub>2</sub> eq.) (농림분야 흡수 -26.7백만 톤)
유럽연합 (EU)	법제화 (2021년)	1990년	2050년 (Climate neutral)	2030년까지 55% 감축	Non-CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, F-gases) 배출량 2015년 대비 35% 감축
중국	정책화 (2021년)	2005년	2060년 (GHG neutral)	2030년까지 65% 감축	메탄 및 아산화질소 배출량 '30년 19.44~29.73억 톤 → '50년 12.71억~31.70억 톤

자료: Net Zero Tracker(<https://zerotracker.net/>), 검색일: 2023. 5. 17.; 한국에너지기술연구원(2021), 《주요국의 기후변화대응 정책 동향》; Canada's 2030 Emission Reduction Plan(<https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/emissions-reduction-2030/plan.html>), 검색일: 2023. 11. 14.; France Ministère Écologie Énergie Territoires(2020), PLAN D'ACTION CLIMAT DU MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE; UK(2023), Carbon Budget Delivery Plan; EU(2020), EU Climate Target Plan 2030; Italy MASE (2021), STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA; 김성진 외(2021), “중국의 2060 탄소중립 추진전략 연구”.

2023년 5월 기준 탄소중립 목표를 법제화한 국가는 27개국(EU 포함)이며, 법제화한 국가 중에서 2045년을 목표로 한 국가로는 독일과 스웨덴, 2050년을 목표로 한 국가는 우리나라를 비롯해 EU, 일본, 영국, 프랑스, 캐나다 등이 있다(Net Zero Tracker, 검색일: 2023. 5. 17.).

## 1.3. 주요국 온실가스 감축 정책

### 1.3.1. 미국

미국은 지난 트럼프 행정부에서는 연방정부 차원에서 온실가스 감축 노력은 거의 이루어지지 않았으나, 바이든 대통령 당선 이후에는 2021년 1월 파리기후협약 복귀와 함께, ‘청정에너지·인프라 계획’의 수립과 추진을 통해 2050년까지 경제 전반에 대해 탄소중립 목표 달성을 표명하였다(최현진, 2022). 청정에너지·인프라 계획은 인프라, 자동차, 전력, 건축, 청정에너지 부문 등 5대 투자 부분으로 이루어졌으며, 바이든 대통령의 기후변화 대응을 위한 주요 대선 공약이기 때문에 임기 내 2조 달러 규모의 예산 투입으로 약 100만 개의 일자리를 창출한다는 목표를 제시하였다(최현진, 2022).

이러한 바이든 행정부의 온실가스 대책은 농업분야에도 구체적으로 반영되어, 미국 농무부(USDA)의 정책 메모인 ‘기후 21 프로젝트’를 통해 제시되었다. 미국 농무부는 해당 프로젝트를 통해 농업과 임업 부문의 탄소배출량을 줄여 탄소배출량의 10~20%를 감축하고, 2050 탄소중립에 기여하는 것을 목표로 설정하였다.

‘기후21 프로젝트’의 농업부문 주요 권장 사항은 ①기후변화 및 농촌투자 관련 장관 명령 발동, ②관련 투자 및 기후친화적 관행 장려, ③산불 및 산림 복원, ④농촌에너지 탈탄소화, ⑤농촌 연구·과학분야 재건 등 크게 5개 부분으로 구성되며, 이 중 축산부문은 농촌에너지 탈탄소화와 깊은 관련이 있다. 특히, 농촌에너지 탈탄소화분야에서는 가축을 위한 메탄소화기(methan digesters) 도입을 증대시키는

정책을 추진하고 있다. 메탄소화기는 가축을 기르면서 생성되는 메탄을 흡수하여 에너지로 전환하는 기술을 의미하며, 혐기성 메탄소화기 설치를 통해 가축분뇨에서 연간 190만 톤의 메탄을 포집할 수 있는 것으로 보고되고 있다(NREL, 검색일: 2023. 10. 30.).

〈표 5-3〉 미국 농무부(USDA) ‘기후21 프로젝트’ 농축산부문 주요 내용

부문	주요 내용
농촌에너지 탈탄소화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농촌개발프로그램을 활용하여 농촌에너지를 탈탄소화하고, 저탄소 바이오에너지의 사용을 촉진</li> <li>- 농촌에서 녹색에너지 및 스마트그리드의 사용을 촉진               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트그리드란 정보통신기술을 접목하여 전력망을 지능화, 고도화하여 에너지 이용 효율이 높은 전력망을 제공하는 것</li> </ul> </li> <li>- 석탄 화력 발전소의 폐기를 앞당길 수 있는 방법을 강구하여 석탄 화력 발전소의 퇴역 계획 수립</li> <li>- 농촌지역에 스마트그리드 기술의 확장               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 스마트그리드 도입을 위한 광대역 인프라(전력 사용에 대한 데이터를 개선하기 위한 인프라)가 충분하지 않아, 스마트그리드 확산에 한계가 존재</li> </ul> </li> <li>- 가축을 위한 메탄소화기(methan digesters) 도입 증대               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 메탄소화기는 가축을 기르면서 생성되는 메탄을 흡수하여 에너지로 전환할 수 있음</li> <li>• 미국 국립재생에너지연구소에 따르면, 혐기성 메탄소화기 설치를 통해 가축 폐기물에서 연간 190만 톤의 메탄을 포집할 수 있음</li> </ul> </li> <li>- 저탄소 바이오에너지의 사용 촉진               <ul style="list-style-type: none"> <li>• USDA에 따르면, 옥수수 에탄올은 가솔린 대비 30~40% 더 적은 탄소 발자국을 보유하며, 탄소배출량을 더 감축시키는 것이 가능</li> <li>• USDA 장관은 미국 자연자원보호청이 바이오에너지의 탄소 배출량을 감축시킬 수 있는 방법 모색</li> </ul> </li> </ul>

자료: 한국농수산식품유통공사(2022), 《주요국 농식품분야 탄소중립 현황 조사》.

### 1.3.2. 캐나다

캐나다는 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 배출량 감축계획, 경과보고서 및 각 목표별 평가보고서를 상·하원에 상정하여 일반에 공개하고, 목표 또는 계획을 수립하거나 수정할 때 공공 부문이 참여할 수 있도록 기회를 제공하는 등 시스템의 투명화를 위해 노력하고 있다.

구체적으로, 2020년 11월 2050 탄소중립 선언 이후, 12월에 ‘건강한 환경, 건강한 경제(A Healthy Environment and a Healthy Economy)’ 계획을 수립하여 농축산업, 에너지, 수송, 가정, 산업 등 전 부문에 걸쳐 64개의 정책과제를 제시하였다.



이 중 기후스마트 농업에 대한 과제도 진행되고 있으며, 주로 캐나다 농업 파트너십(Canadian agricultural partnership)에 따라 작물 및 가축 생산과 관련된 지원을 한다. 특히, 비료의 국가배출 감소 목표를 2020년 대비 30% 낮게 설정하였으며, 바이오가스 등 신재생에너지의 원료생산을 지원하는 등 농가의 선택폭을 넓히고 있다(Government of Canada website, 검색일: 2023. 11. 14.).

### 1.3.3. 유럽연합(EU)

유럽연합은 2019년 12월에 ‘유럽 그린딜(European Green Deal)’을 발표하였으며, 이를 통해 2050년까지 탄소중립 목표를 제시하였다. 구체적으로, 유럽 그린딜에는 청정에너지, 순환경제, 에너지 효율적 건축, 지속가능한 수송 등의분야에 대한 정책 패키지와 실행 로드맵 등이 포함된다(최현진, 2022). 또한, 2020년 9월 발표한 ‘2030 기후목표 계획’은 재생에너지 발전 및 사용 비중을 확대하고, 강화된 배출권 거래제 도입으로 2030년까지 산업단지 건설, 전력 생산 및 항공분야에서 2005년 대비 탄소배출을 43%까지 감축하는 계획을 수립하였다(박영석 외, 2021).

이에 더하여 유럽연합 회원국 간 노력 분담을 규제함으로써 탄소배출 30%의 추가 감축을 모색하고 있으며, 농축산업 부문에서는 친환경 비료 사용, 정밀화된 농업기반 구축, 혐기성 소화 기술 등을 통해 농축산부문의 이산화탄소 외 온실가스 배출량 감축을 계획하였다. 나아가 CCS 기술개발 추진, 산림 조성, 효율적 토지 이용 등을 통해 대기 중에 있는 탄소 흡수량도 점차 늘려갈 의지를 보이고 있다.

EU는 2019년 그린딜 핵심 전략의 하나로 지속가능한 식품 시스템으로서의 전환을 도모하기 위하여 2020년 ‘농장에서 식탁까지 전략’을 발표하였다. 이는 ① 지속가능한 식품 생산, ② 식량안보 보장, ③ 지속가능한 식품의 가공·판매, ④ 지속가능한 소비 촉진, ⑤ 식품폐기물 감축, ⑥ 식품 사기 근절 등으로 구성된다. 구성 전략 중 축산부문과 밀접한 관련이 있는 부문은 지속가능한 식품 생산이라고 할 수 있다. 구체적으로, 지속가능한 식품 생산 부문에서는 지속가능한 축산업으로의 전환을 위해 지속가능한 사료첨가제 지원 등 축산업의 환경영향을 줄이는 것을 목표로 한다.

〈표 5-4〉 EU ‘농장에서 식탁까지’ 전략 중 축산부문 관련 주요 내용

부문	주요 내용
지속가능한 식품 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소격리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기에서 탄소를 격리함으로써 탄소 중립 목표에 기여하는 농업관행은 공동농업정책(CAP), 기타 공공 또는 민간 이니셔티브로부터 포상받아야 함</li> </ul> </li> <li>- 재생에너지(바이오에너지) 기반 순환경제                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지를 개발하거나, 농업 폐기물, 분뇨와 같은 잔류물로 바이오가스를 생산하는 ‘협기성 소화’ 기술에 투자함으로써 가축의 메탄 배출을 감축하는 방안을 모색</li> </ul> </li> <li>- 농약 사용량 감축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학 살충제는 토양, 수질, 대기, 생물 다양성에 손실을 초래</li> <li>• EU 위원회는 2030년까지 화학 살충제 사용과 위험도를 50%(고위험농약의 사용량 50% 감축 포함) 감축하는 것을 목표로 함</li> </ul> </li> <li>- 비료 사용량 감축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비료로 인한 토양의 영양 과잉은 작물로 효과적으로 흡수되지 않으며, 대기, 토양, 수질오염 및 기후변화를 초래</li> <li>• 위원회는 2030년까지 비료 사용량을 최소 20% 감축(토양 영양 손실 최소 50% 감축하는 내용 포함)을 목표로 함</li> </ul> </li> <li>- 지속가능한 축산업으로의 전환 지원                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업은 EU 온실가스 배출의 10.3%를 차지하며, 이 중 70%는 축산부문에서 발생</li> <li>• 축산업의 환경영향을 줄이기 위해, EU 위원회는 지속가능한 사료첨가제의 시장 출시를 지원</li> </ul> </li> <li>- 작물 병해충 대응을 위한 혁신 촉구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화로 발생한 새로운 병해충으로부터 작물을 보호하기 위한 조치 및 혁신이 요구</li> <li>• 식물 수입에 대한 경계를 강화하고, 종자 다양성을 보장하고자 함</li> </ul> </li> <li>- 유기농업 확대 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유기농업은 생물다양성에 긍정적인 영향을 미치고, 시장에서 그 가치를 인정받음</li> <li>• EU 위원회는 2030년까지 EU 내 농지 면적의 최소 25%가 유기농업에 사용되도록 전환하고자 함</li> </ul> </li> <li>- 1차 생산자(농축수산업 종사자) 지원                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차 생산자에게 공정한 수익의 분배가 이루어지도록, 입법기관과 협력하여 식품 공급망에서 농민, 협동조합, 생산자 조직의 위치가 강화되도록 농업규칙을 개선할 계획</li> </ul> </li> </ul>

자료: 한국농수산식품유통공사(2022), 《주요국 농식품분야 탄소중립 현황 조사》.

이외에도 ‘농장에서 식탁까지’ 전략은 지속가능한 식품시스템으로의 전 세계적인 전환 목표를 달성하기 위해 향후 체결하는 무역협정에 지속가능성과 관련한 내용을 포함하도록 노력할 것이라는 내용이 포함되었다. EU 위원회는 구체적으로 동물복지, 농약, 항생제 내성 등과 같은분야를 제3국의 이행을 담보하기 위한 수단으로 활용할 것이라고 언급하고, 수입식품 잔류농약 기준치, 항생제 기준치를 강화할 계획이다.

### 1.3.4. 독일

2019년 10월, 독일은 2030년 기후 패키지로 ‘기후 행동 프로그램’ 수립 및 ‘기후 보호법’의 제정 계획을 발표하였으며, 동년 12월에 2030년 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 구체적인 이행계획으로서 ‘기후 행동 프로그램 2030’을 수립하였다. 프로그램에는 각 부문별 2030 기후목표 달성을 위한 조치를 규정하고, 건물의 현대화 등 지원 프로그램과 수송 및 건물 내 이산화탄소 가격 책정 시스템을 포함하였다.

〈표 5-5〉 독일의 탄소중립을 위한 로드맵

기간	주요 내용
2021년	2023~30년 연간 감축목표 상향 및 2040년까지 연간 감축목표를 법률로 지정
2024년	2031~40년 부문별 감축목표 결정
2032년	2041~45년 연간 감축목표 결정
2034년	2041~45년 최종 단계의 부문별 연간 감축목표 결정

자료: 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》.

다만 ‘기후보호법’은 2030년 온실가스 감축목표만 규정하고 있기 때문에 2030년까지 허용되는 배출량이 2030년 이후 남아 있는 배출 가능성을 현저히 감소시킬 수 있다는 측면에서 미래세대의 기본권을 침해할 위험이 있다. 이에 2021년 4월 독일 연방헌법재판소는 기후보호법의 일부 조항이 위헌이라고 결정하였으며, 이에 따라 독일정부는 위헌이 된 조항에 대하여 법률 개정을 진행 중이다. 현재 기후보호법은 현저히 많은 온실가스 감축 부담을 2030년 이후로 연기하고 있으며, 기본법에 따른 기후 보호 목표는 ‘파리기후협정 목표인 2℃ 이하, 가능한 1.5℃ 이하로 제한’으로 구체화되면서 이를 달성하기 위해 2030년 이후 요구되는 감축량을 달성하기 위한 기간이 짧다. 2030년 이후에 다가올 급격한 온실가스 배출량 제한은 인간의 생활영역 전체를 위협할 수 있기 때문에 이러한 부담을 줄이기 위한 충분한 예방조치를 할 필요가 있다. 이에 2022년 말까지 2031년 이후 온실가스 배출 감축목표를 보다 자세하게 규정할 것을 권고하였다(이민아·이구용, 2021).

### 1.3.5. 프랑스

2020년 9월, 프랑스는 경제를 회복시키고 ‘미래의 프랑스’를 만들기 위해 2021년부터 2022년까지 2년간 1,000억 유로 규모의 단기적 경기회복 계획으로 ‘프랑스 재개(Plan de Relance)’를 수립하였다. ‘프랑스 재개’는 ‘생태’, ‘경쟁력’, ‘응집력’ 등 3개 부문으로 구분하여 정책을 수립하고, 1,000억 유로의 예산 중 300억 유로를 ‘생태’의 녹색 경기회복 자금으로 활용하도록 하였다.

〈표 5-6〉 프랑스의 ‘프랑스 재개’의 세부분야

분야	생태	경쟁력	응집력
세부분야	건물 에너지 혁신 산업 탈탄소화 녹색 교통 녹색 수소 생물다양성 및 인공화	기업세금 기업자금 기술권	건강 보장자 청년 직업교육 고용보장 극빈층을 위한 예외적 지원 영도

자료: 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》.

2021년 8월에는 ‘기후와 회복’ 법을 제정하여 2030년까지 온실가스를 1990년 대비 55% 이상 감축하기 위한 5가지 주제를 선정하였으며, 기후와 회복법의 주요 주제는 소비패턴과 식단, 경제생산모델, 여행, 주택 및 토지 인공화, 환경 등과 관련하여 국민이 일상생활에서 온실가스 감축을 위해 지켜야 할 수칙이 포함된다. 2021년 10월에는 향후 5년간 에너지/산업, 농식품, 의료, 해저분야 등에 총 300억 유로 투자를 통해 산업경쟁력과 미래기술개발을 목표로 하는 ‘프랑스 2030(France 2030)’을 발표하였다. 해당 계획은 주로 에너지 전환 부문의 방사선 폐기물 관리 및 소형모듈 원자력을 포함한 태양광 등 신재생에너지에 투자를 주요 내용으로 한다.

### 1.3.6. 네덜란드

네덜란드는 작은 국토를 가지고 있음에도 축산물 수출국에 해당하며, EU 시장 내에서도 축산물을 가장 많이 수출하는 국가이다. 특히, 국토의 약 40%가 간척지에 해당하기 때문에 식량작물보다는 초지를 활용한 축산업이 주로 발달하였다(박경철, 2018). 이에 따라 식량 대부분은 수입에 의존하지만, 축산·낙농산업, 화훼산업 등을 중심으로 수출농업을 지향한다.

축산물은 육류와 유제품을 주로 수출하고 있으며, 2020년 기준 축산물 무역수지는 101억 6,300만 불을 달성하였다. 이처럼 네덜란드 축산물 수출액이 수입액보다 큰 축산물 무역수지 흑자를 기록하고 있으며, 농가소득에서 수출이 차지하는 비중도 높다.

따라서 네덜란드 농업 부문에서의 온실가스 감축 정책은 축산업에 집중하고 있으며, 축산업에서의 온실가스 배출량 및 환경오염을 줄이기 위한 다양한 정책을 시행해오고 있다. 이러한 정책은 초기에 농장의 규모 확장을 제한하거나 신규 설립을 금지하는 등 주로 사육 마릿수를 제한하는 것에 초점을 맞추었다. 이후 양분배출권 거래제를 적용하여 폐업 농가로부터 생산권을 구매하는 것 이외에 규모 확장이 어렵도록 하였다. 또한, 2000년 이후 사육권과 양분배출권을 정부가 직접 구매함으로써 사육 마릿수를 제한하는 정책을 실시하였다.

〈표 5-7〉 네덜란드 가축사육 제한 정책

단계(연도)	정책	설명
1단계 (1984~1986)	양돈과 양계에 관한 임시법	- 양돈과 양계 신규농장 설립 금지 및 농장 확장 제한
2단계 (1987~1998)	부과금을 이영한 농가별 인 배출량 규제	- 1986년 분뇨법 도입 및 인 배출계수(사육두수X인)를 바탕으로 농가별 배출량 선정·규제 - 농지당 125kg/ha의 인 배출을 불법으로 규정 - 일부 농가에 대해서는 기준량 이상 배출 시 세금 부과
3단계 (1994~1997)	양분배출권거래제	- 쿼터거래제로 부과금제 대체 - 거래제: 분뇨생산권에 해당하며, 비토지기반 쿼터에 한해 폐업농가로부터 생산권을 구입하여 규모 확장 가능 - 쿼터제: 토지기반 쿼터(125kg/ha), 비토지기반 쿼터(배출량 중 토지기반 커터 제외)

(계속)

단계(연도)	정책	설명
4단계 (1998~)	양돈 및 양계 사육권	- 1998년 양돈구조개선법이 발효되고, 사육권을 부과하여 양돈, 양계 축종의 분뇨배출권을 대체 - 농가로부터 사육권을 구입하여 사육권 10% 감축 추진
5단계 (2000~2002)	폐업장려금	- 양돈, 양계, 비육우 농가 폐업 장려를 위해 사육권과 분뇨배출권을 정부가 구매 - 2004년 기준 양돈 농가 사육권의 18% 감축

자료: 권오상·정학균(2021), 《축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구》.

네덜란드 정부는 2021년 6월, 2030년까지 질소 배출량을 절반으로 줄이기 위해 약 250억 유로를 투자하여 사육 마릿수의 30%를 줄이는 계획을 발표하였다 (Planbureau voor de Leefomgeving, 검색일: 2023. 10. 10.). 이에 따라 네덜란드 축산농가는 사육 마릿수 감축을 위해 필요한 경우 가축 사육권이나 사육 용도로 이용되는 토지를 국가에 매각하는 경우가 발생할 수 있기 때문에 축산농가의 강력한 반발이 발생하고 있다. 구체적으로 2022년 7월 BBC 보도에 따르면, 정책 발표 이후 네덜란드 농업인들은 트랙터를 이용해 주요 도로를 봉쇄하거나 지역 의회 인근에서 시위를 진행하는 등 정부의 급진적인 가축사육 제한 정책에 대한 대규모 반대 운동이 진행되었다. 이에 더하여 질소 배출 규제를 큰 쟁점으로 삼는 농민시민운동당(Boer Burger Beweging: BBB)을 창당하는 등 농업인의 정치조직화가 가속화되고 있다.<sup>38)</sup>

### 1.3.7. 일본

일본에서는 2020년 10월에 탄소중립이 선언되었으며, 이에 따라 2021년에 2013년 대비 국가 전체 온실가스 배출량의 46.0%를 감축하는 2030년도 온실가스

38) AP 뉴스에 따르면, 지난 2023년 3월 네덜란드 지방선거에서 농민시민운동당이 15석을 획득하였으며, 이는 여당인 자유민주당의 10석을 상회하는 규모임. 이러한 결과는 네덜란드 농업원에조직연합회(LTO)를 비롯한 다수의 농업인의 표가 집중된 것에 기인하며, 네덜란드 정부가 추진한 급진적인 사육제한 정책에 대한 우려를 단적으로 보여주고 있다(AP 보도자료, 2023. 3. 16.).

감축목표를 제시하였다. 또한, 2030년까지 2050년 탄소중립 실현을 위해 ‘녹색 식량시스템 전략’ 등을 토대로 2021년 10월 27일에 ‘농림수산성 지구온난화대책 계획의 개요’를 개정·공표하는 등 지구온난화에 대응해 활발한 움직임을 보이고 있다(정학균 외, 2021).

2020년 12월, 일본 정부는 2050 탄소중립을 위한 녹색성장전략을 발표하였으며, 이는 에너지, 운송 및 제조 등 온실가스 감축에 기여가 가능한 14개 산업부문을 선정하여 산업별 달성 목표, 세부 전략 등을 제시하였다. 해당 산업에는 식품·농림수산업도 포함되어 있으며, 구체적으로 지속가능한 식품 시스템 전략 추진과 음의 배출량 달성을 위한 산림, 목재 및 해양자원 이용계획 수립 등의 전략이 제시되어 있다. 지속가능한 식품시스템 전략은 농림수산업의 생산 잠재력과 지속가능성 향상을 목표로 하며, 고속가열 히트펌프 개발을 통한 비화석에너지 원에 시설 전환, 유기농지 비율 25%로 확대, 농림 기계의 전기화 및 수소화 기술의 구축 등을 통해 2050년까지 배출량 제로를 목표로 한다(한국에너지기술연구원, 2021).

또한, 지난 2021년 발표된 ‘농림수산성 지구온난화대책 계획의 개요’에서는 ‘축산부문’과 관련된 대책으로 ‘가축 배설물 관리 방법 변경’, ‘아미노산 균형 개선 사료’, ‘생산물 단위당 온실가스 배출량 감축’ 등이 제시되어 있다. 이 중 생산물 단위당 배출량 감축은 가축개량이나 ICT 활용 등에 의한 사양관리로 생력화나 정밀화를 통해 생산물의 단위당 배출량을 감축시킨다는 것을 의미한다. 또한, 이 연구에 따르면, 가축분뇨 관리와 관련하여 현재 일본에서 보급률이 가장 높은 퇴적발효에서 강제발효로 처리방식을 변경하는 경우 퇴비화 과정에서 배출되는 메탄 배출량을 크게 감축할 수 있다. 이에 더하여 비육우 증체성 개량 등으로 생산성이 향상될 경우 온실가스 배출 감소를 기대할 수 있다(일본 농림수산성, 2021).

〈그림 5-2〉 일본 축산부문 온실가스 배출 저감 대책



자료: 이용건(2022: 6), 《일본의 축산분야 온실가스 감축 기술 동향과 시사점》.

이외에 축산업과 관련하여 가축사육 단계와 가축분뇨 처리 단계 모두에 해당하는 ‘공통분야’ 대책으로 J-크레딧 제도, 바이오매스 활용, 신재생에너지 기술 도입 등이 제시되어 있다. 특히, ‘J-크레딧 제도’는 국가가 직접 온실가스 배출 감축량과 흡수량을 하나의 ‘신용도(Credit)’로 인정하는 제도이다. 구체적으로, 과학적인 방법에 근거해 농가가 실시한 온실가스 감축 활동의 감축량을 산출하고, 감축된 양을 각 농가의 신용도로 인정하는 제도이다. 해당 제도를 통해 농축산업자 등은 대기업 등에 이러한 신용도를 매각하여 수익을 창출할 수 있다.

그 외 축산부문과 관련하여 돼지 및 닭을 대상으로 ‘저단백질 배합사료 급여’, ‘가축 배설물 관리 방법 변경’ 등의 방법론이 있다. 범위를 넓혀 농업분야의 방법론으로 ‘차를 재배하는 다원(茶園) 토양에 질산화 억제제가 포함된 화학비료 투입’ 등이 있다. 또한, 고효율 보일러 도입, 히트펌프 도입, 에너지 절약형 공조 설비 도입, LED 등 에너지 절약 전등 설비 도입, 목질 등의 바이오매스 및 바이오가스에 의한 화석연료와 전력 대체 등의 방법론이 제시되어 있다(정민국 외, 2021).

〈표 5-8〉 일본 J-크레딧 제도의 축산부문 온실가스 감축 대책(방법론)

방법론	방법론의 개요	대상 온실가스
돼지·닭의 저단백 배합사료의 급여	돼지·닭을 사육할 때 기존 사료를 저단백 배합사료로 대체 급여함으로써 돼지·닭의 배설물에서 발생하는 아산화질소 억제	아산화질소(N <sub>2</sub> O)
가축배설물 관리 방법의 변경	가축사육 시 여러 분뇨 관리 방법 중 배출계수가 낮은 관리 방법으로 전환함으로써 분뇨에서 발생하는 메탄 및 아산화질소 억제	아산화질소(N <sub>2</sub> O), 메탄(CH <sub>4</sub> )

자료: 일본 축산환경정비기구(2017: 15), 《축산분야 지구온난화완화기술 리뷰 보고서》; 정민국 외(2021: 104) (재인용).



〈표 5-9〉 주요국 농축산부문 온실가스 감축 정책(요약)

주요 국가	농축산업분야 주요 탄소중립 정책	
미국	청정에너지·인프라 계획 및 저탄소 장기발전 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연기반해법(Nature-based Solutions for water) 등 탄소흡수원 강화</li> <li>- 메탄, 불화수소 등 Non-CO<sub>2</sub> 온실가스 감축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 메탄 서약 등 Non-CO<sub>2</sub> 온실가스 감축</li> <li>• 대기 중 탄소 제거 기술</li> </ul> </li> </ul>
	기후 21 프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축을 위한 메탄소화기(methan digesters) 도입 증대                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 메탄소화기: 가축을 기르면서 생성되는 메탄을 흡수하여 에너지로 전환</li> <li>• 미국 국립재생에너지연구소에 따르면, 미국이 혐기성 메탄소화기 설치를 통해 가축 폐기물에서 연간 190만 톤의 메탄을 포집할 수 있음</li> </ul> </li> </ul>
캐나다	건강한 환경, 건강한 경제 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 캐나다 농업 파트너십으로 경쟁 및 축산부문 지원</li> <li>- 비료 감축목표: 2020년 대비 30% 낮은 수준</li> <li>- 바이오가스 등 신재생에너지 원료생산 지원</li> </ul>
유럽연합 (EU)	2030 기후목표 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non-CO<sub>2</sub>(CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, F-gases) 배출량은 EU 온실가스 배출량의 20% 차지</li> <li>- 순환경제, 바이오-폐기물 매립금지·분리수거 의무, 비료의 효율적 사용, 바이오 가스 생산 등 추진으로 2030년까지 2015년 대비 35%까지 감축</li> </ul>
	농장에서 식탁까지	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재생에너지(바이오에너지) 기반 순환경제                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지를 개발하거나, 농업 폐기물, 분뇨와 같은 잔류물로 바이오가스를 생산하는 '혐기성 소화' 기술에 투자로 가축의 메탄 배출 감축</li> </ul> </li> <li>- 지속가능한 축산업으로의 전환 지원                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업은 EU 온실가스 배출의 10.3% 차지, 이 중 70%는 축산부문에 발생</li> <li>• 축산 환경영향 감축을 위해 EU 위원회는 지속가능한 사료첨가제 시장 출시 지원</li> </ul> </li> </ul>
독일	기후행동 프로그램 2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 질소잉여물의 감축 및 자연비료의 효율적 활용을 통한 환경오염 방지                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030년까지 질소잉여물을 질소 70kg/ha까지 감축하며, 위반 시 제재</li> </ul> </li> <li>- 유기농 농업토지 확대: '30년까지 유기농 토지 비율 20% 증가</li> <li>- 2030년까지 밀폐 탱크에 저장된 소·돼지 슬러리 비율 70% 증가</li> <li>- 바이오가스의 재생에너지화</li> </ul>
프랑스	프랑스 2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업경쟁력과 미래기술개발을 목표로 5년간 300억 유로 투자                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 에너지 전환 부문의 방사선 폐기물 관리 및 소형모듈원자력을 포함한 태양 광 등 신재생에너지에 투자</li> </ul> </li> </ul>
네덜란드	양분배출권거래제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산권을 구매하는 방법 이외에 규모 확장 제한</li> <li>- 정부가 직접 사육권과 양분배출권을 구매하여 사육 마릿수 제한</li> </ul>
일본	녹색성장전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식품 및 농림수산업의 생산잠재력 및 지속가능성 향상을 위한 '지속가능한 식품 시스템 전략(Strategy for Sustainable Food Systems)' 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- '50년 고속가열 히트펌프 개발을 통해 비화석연료 원에 시설로 전면 전환</li> <li>- '40년 차세대 유기농업 기술 확립 및 '50년 유기농 농지 비율 25%로 확대</li> <li>- '40년까지 농림 기계 및 어선의 전기화수소화 기술 구축</li> <li>- '50년까지 농업·임업·수산업의 배출량 제로 목표</li> </ul> </li> </ul>
	지구온난화 대책 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CH<sub>4</sub>: 농지 토양과 관련된 메탄 배출 감축, 폐기물 최종처분량의 감축, 폐기물 최종처분장에 준호기성매립구조 채택 등 추진</li> <li>- N<sub>2</sub>O: 비료, 거름 등에 수반된 N<sub>2</sub>O 배출 감축, 하수 슬러시 소각시설에서의 연소 고도화 등 추진</li> </ul>

자료: 한국에너지기술연구원(2021), 《주요국의 기후변화대응 정책 동향》; 한국농수산식품유통공사(2022), 《주요국 농식품분야 탄소중립 현황 조사》; Government of Canada website(<https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/healthy-environment-healthy-economy/annex-climate-smart-agriculture.html>), 검색일: 2023. 11. 14.

## 2. 해외 축산부문 온실가스 감축 기술개발 동향

### 2.1. 주요국 온실가스 감축 관련 기술개발

#### 2.1.1. 미국

2021년 3월에 발표된 ‘미국 일자리 계획(The American Jobs Plan)’에 따르면 미국이 기후 위기를 대처하기 위한 연구개발에 향후 10년간 350억 달러 투자를 제시하였다. 세부적인 방향으로 ARPA-C를 통해 기후변화 관련 연구와 에너지기술 실증(대규모 에너지 저장, 탄소 포집 및 저장, 수소, 고등원자력 기술, 희토류 원소 분리, 부유식 해상풍력, 바이오 연료/바이오 제품 등)에 투자를 제시하였다.

〈표 5-10〉 미국 청정에너지 기술분야 연구개발 투자(안)

단위: 백만 달러

구분	연도별										총액
	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	'31년	
ARPA-C 설립	600	2,100	2,700	3,000	3,000	2,400	900	300	-	-	15,000
기후변화 관련 연구	100	400	800	1,250	1,230	630	330	180	80	-	5,000
에너지기술 실증	600	2,100	2,700	3,000	3,000	2,400	900	300	-	-	15,000
계	1,300	4,600	6,200	7,250	7,250	5,430	2,130	780	80	-	35,000

자료: 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》.

또한, ‘2050 탄소중립 목표를 달성하기 위한 국가 차원의 장기 전략(The Long term Strategy of the U.S.: Pathways to Net-zero Greenhouse Gas Emission by 2050)’에는 농업부문의 탄소중립 달성을 위한 토양 탄소 격리(land carbon sink)와 관련된 내용이 포함되어 있으며, 토양 탄소 격리는 대기 중의 이산화탄소를 포집

하여 토양유기탄소(Soil Organic Carbon: SOC)의 형태로 저장 및 제거하는 기술이다. 해당 전략은 농축산업이 메탄 배출 등 필연적으로 온실가스를 배출하게 되는 산업임을 인정하고, 불가피하게 생산되는 온실가스를 토양 탄소 격리 기술로 제거해야 함을 강조한다. 더불어, 혼농임업, 윤환방목, 경운 빈도 감소 등의 농업 기술로 농경지와 목초지를 활용한 토양 탄소 격리 방안 등도 함께 제시하고 있다.

〈표 5-11〉 미국 농업부문의 탄소 격리 방안

탄소 격리 방안	주요 내용
혼농임업 (Agroforestry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농축산업과 임업이 혼합된 형태의 농업으로, 농작물, 나무, 가축의 상호작용을 이용하여 토양 탄소 격리를 도모</li> <li>• 2018년 12월, 펜실베이니아 주립대학교는 숲이 다른 토지 대비 탄소 격리량이 약 25% 높으며, 일반 농업에서 혼농임업으로의 전환은 토양유기탄소를 평균 34%, 목초지·초지에서의 전환은 평균 10% 증가시킬 수 있다는 연구 결과를 발표</li> </ul>
윤환방목 (Rotational Grazing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목초지를 여러 구역으로 구분하여, 풀이 자라는 속도에 따라 구역별, 기간별로 가축을 방목하는 방법</li> <li>• 전체 목초지를 구역으로 구분하여 순서대로 방목을 진행하는 방법으로, 목초지가 구역별로 회복할 시간적 여유를 부여</li> <li>• IPCC에 따르면 우수하게 관리된 초지는 그렇지 못한 초지 대비 탄소 격리량이 약 30% 높음</li> </ul>
경운 빈도 감소 (Reduced Tillage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무경운 농법을 도입하거나, 경운 빈도를 감소시켜 탄소와 유기물을 땅에 효과적으로 가두도록 함</li> <li>• 토지를 경운할 경우, 토양에 저장되었던 탄소가 다시 배출되며, 무경운 농법은 탄소 격리 효과를 제외하고도, 토양의 수분 보존, 탄소·유기물과의 상호작용으로 인한 토질 개선 등의 이점을 보유</li> </ul>

자료: White House(2021), The Long term Strategy of the U.S.: Pathways to Net-zero Greenhouse Gas Emission by 2050.

### 2.1.2. 캐나다

캐나다는 탄소중립 선언 이후 2020년 12월 혁신·과학·경제개발부에서 운용·관리하는 전략혁신기금(Strategic Innovation Fund) 내 ‘넷제로 촉진 기금’이 신설되었으며, 이러한 ‘넷제로 촉진 기금’은 세 가지 중점 연구개발분야에 집중 투자되고 있다. 첫 번째는 2050년 탄소중립 경로를 달성하기 위해 2030년까지 탄소 다배출 산업의 온실가스 발자국을 극적으로 감소시킬 청정 기술과 프로세스 개발 및 도입이다. 두 번째는 자동차, 우주, 농업, 농식품과 같은 주요 산업 영역을 탄소중립 구

조로 전환 및 혁신적 청정기술 개발 및 도입이고, 마지막은 음극 제조, 양극 제조, 배터리 셀 제조 및 전기 자동차 등 캐나다의 자원과 기술우위를 활용한 캐나다 배터리 생태계 개발이다. 이상의 ‘넷제로 촉진 기금’에 지원하기 위한 선결 조건은 해당 연구개발이 온실가스를 줄일 수 있어야 하며, 중장기적으로 2050 탄소중립 목표 달성에 도움을 주어야 한다(이민아·이구용, 2021).

### 2.1.3. 유럽연합(EU)

2021년 11월, EU와 미국의 주도로 출범한 ‘국제 메탄 서약(Global Methan Pledge)’은 기후변화 행동 이니셔티브로 전 세계 113개국이 서명하였으며, 교토 의정서에서 정의한 6대 온실가스 중 하나인 메탄 배출량을 감축하는 것을 주요 목적으로 한다. 국제 메탄 서약은 2030년까지 전 세계 메탄 배출량을 2020년 대비 최소 30% 이상 감축하는 것을 목표로, EU의 경우 감축 목표치 달성을 위하여 사료 보충제를 활용한 축산업 부문의 배출량 감축을 시도하고 있다. 구체적으로, 2022년 2월, 네덜란드 기업 DSM에서 개발한 사료첨가제 ‘Bovaer’가 EU 집행위원회 식물, 동물, 식품 및 사료 상임위원회의 사용 승인을 받는 등 가축의 사료 보충제를 사용하여 가축 장내발효로 인한 메탄 배출을 최소화하는 기술 개발을 추진 중에 있다. ‘Bovaer’는 소 사료에 첨가하는 ‘메탄 분해 사료 첨가제’로 소의 반추위에서 메탄 생성을 유발하는 효소를 억제하는 역할을 한다. 따라서 해당 첨가제를 사용할 경우, 장내 메탄 배출량이 젖소는 약 30%, 육우의 경우 약 90%까지 감축되는 것으로 보고되었다(European Commission, 2021).

### 2.1.4. 독일

독일의 ‘기후행동프로그램 2030’에서 제시되는 연구개발 및 혁신에 대한 기본 원칙은 목표를 달성하기 위한 모든 기술의 옵션을 열어두고, 포괄적이고 체계적인 접근 방식을 추구하며, 새로운 기술은 초기 연구개발 시부터 기후행동, 경제적 영향 및 사회적 수용을 고려해야 하는 것이다. 이러한 ‘기후행동계획 2050’과 ‘기

후행동프로그램 2030' 모두에서 공통적으로 질소잉여물을 70kg/ha까지 감축하고, 유기농 농법을 활용한 토지의 비율을 20%까지 증가시키는 것을 목표로 설정하였다.

〈표 5-12〉 독일 기후행동 프로그램 내 농축산부문 연구개발분야

구분		내용
기후행동 프로그램	목표	- 2030년 배출량 목표는 58백만~61백만 톤 CO <sub>2</sub> eq.으로, 기존 조치들을 유지할 시 67백만 톤 CO <sub>2</sub> eq. 배출 예상 - 이에 남는 6백만~9백만 톤 CO <sub>2</sub> eq. 감축 필요
	세부 추진	- 질소잉여물의 감축 및 자연비료의 효율적 활용을 통한 환경오염 방지 • 2030년 질소잉여물을 70kg/ha까지 감축 - 유기농 농업토지 확대 • 2030년 유기농법 활용 토지 비율 20%까지 증가 - 2030년까지 밀폐 탱크에 저장된 소·돼지 슬러리 비율 70%로 증가 - 바이오가스의 재생에너지화 - 산림 보존 및 지속가능한 목재 사용 - 음식물 쓰레기 감축

자료: 한국에너지기술연구원(2021), 《주요국의 기후변화대응 정책 동향》.

### 2.1.5. 프랑스

COVID-19로 인한 경기회복의 일환으로 준비된 ‘프랑스 재개(Plan de relance)’에서 탄소중립 관련 기술개발은 주로 ‘생태’ 부분과 밀접한 관련이 있으며, ‘경쟁력’과 ‘응집력’으로 구분하여 정책을 수립하였다.

〈표 5-13〉 프랑스의 ‘프랑스 재개’ 내 탄소중립 관련 내용

구분	내용
건물 에너지 혁신	주택, 학교 등 공공건물 등 건물의 에너지혁신에 총 67억 유로 투자
산업 탈탄소화	산업 공정의 전기화 및 에너지효율 개선, 저탄소 에너지원으로 전환에서 발생하는 비용을 보상 등에 산업 탈탄소화 12억 유로 투자
녹색 교통	저탄소 철도 기술개발을 위해 47억 유로 투자
녹색 수소	지역 기업 프로젝트 지원, 수전해 수소기술개발, 유럽 공동이익 주요 프로젝트 전략 포럼 등 수소개발을 위하여 '21~22년 20억 유로를 포함하여 2030년까지 70억 유로 투자

자료: 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》.

‘프랑스 2030’에서 설정한 프랑스가 앞으로 달성해야 할 10개의 목표를 위해 농 식품분야에는 20억 유로가 투자될 계획이며, 이는 이산화탄소 축적을 통한 건강하고 지속가능한 식품 생산을 목적으로 한다. 해당 목표를 달성하기 위한 주요 내용은 디지털, 로봇, 유전 기술 등을 활용하여 식품에서 배출되는 이산화탄소를 저감하는 것이다.

〈표 5-14〉 프랑스의 ‘프랑스 2030’ 농식품분야 탄소중립 내용

분야	투자 규모	탄소중립 관련 내용
농식품	20억 유로	디지털, 로봇, 유전 기술을 활용하여 식품에서 배출할 수 있는 이산화탄소를 저감

자료: 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》; Gouvernement of France(2022), France 2030: one year of action to live better, produce better and understand better 등을 참고하여 저자 재구성.

### 2.1.6. 일본

일본 농연기구(National Agriculture and Food Research Organization: NARO)에서는 지난 2020년 ‘지구온난화 대책의 요구에 대응한 일본의 가축 생산’이라는 주제로 연구 성과 발표회(2020. 12. 18.)를 진행하였으며, 축종별 온실가스 감축 기술에 대한 성과를 발표하였다. 구체적으로, 젖소를 사육할 때 ‘균형사료 급여’를 통한 분뇨 내 질소 배출 저감, ‘육종개량’에 의한 메탄 생산 억제, 사료 포(초지 등)에 분뇨 활용, 바이오가스 플랜트 도입, 슬러리 탱크의 밀폐화 등 사육단계에서 발생하는 메탄 및 아산화질소 저감 기술의 성과를 발표하였다. 이상의 기술의 온실가스 감축 효과는 20% 미만으로 제시되었으나, ‘바이오가스 플랜트’ 기술과 ‘슬러리 탱크 밀폐’ 기술을 함께 적용하면 27% 감축 효과가 있는 것으로 평가되었다(이용건 외, 2022).

흑모화우(육용우) 사육에 ‘균형사료 급여’를 통한 분뇨 내 질소 배출 저감, 완숙 퇴비 살포로 퇴비화 시 아산화질소 저감, 비육기간 단축(현재 9.2~29.5개월령에서, 7~27개월령으로 단축) 및 증체개량(27개월령에 현재 출하시점의 지육증량

(502kg) 도달), 육종개량에 의한 MCF( $\text{CH}_4$  변환 효율) 개선 등의 온실가스 감축 기술들을 모두 적용하였을 때 16% 감축 효과가 있는 것으로 평가되었다.

돼지 사육에 있어서 온실가스 감축 기술은 ‘균형사료 급여’와 ‘아질산 산화세균(nitrite oxidizing bacteria)을 첨가하는 퇴비화’, ‘탄소섬유 리액터를 이용한 오수(뇨) 정화처리’ 등이 있다. 이상의 기술 중 ‘균형사료 급여’만 적용할 경우에 감축 효과는 8%로 평가되었으며, 감축 기술을 모두 도입할 경우 32% 감축 효과가 있는 것으로 제시되었다(이용건 외, 2022).

산란계는 ‘균형사료 급여’를 통한 10%의 분뇨 내 질소 배출 저감 효과가 있는 것으로 평가되었다. 또한, 육계는 ‘균형사료 급여’를 통한 분뇨 내 질소 배출 저감 효과는 다소 적었으나, ‘분뇨의 소각 및 열에너지 이용’은 연료 절감 및 온실가스 감축 효과가 큰 것으로 평가되었다(이용건 외, 2022).

### 3. 해외 축산부문 온실가스 관련 정책과 시사점

#### 3.1. 가축 관리 단계

##### 3.1.1. 사료 변경

가축사료 변경은 사료의 비율이나 구성을 변화시키는 것을 의미한다. 일반적으로 양질의 조사료는 장내발효로 기인한 메탄 발생량을 줄일 수 있으며, 양질의 조사료는 반추위에서의 소화를 용이하게 하여 메탄 생산을 억제할 수 있다. 이러한 사료 변경은 반추동물로부터의 메탄 발생을 줄이는 즉각적이고 지속가능한 방법이다. 그러나 양질의 조사료는 질소 함량으로 암모니아 배출량을 증가시킬 위험이 있으며, 사료의 변경은 아직까지 효과가 검증되지 않은 사료첨가제와의 상호 작용에 크게 영향을 받기 때문에 사료 변경으로 인한 생산성 저하 등이 발생할 수 있다.

### 3.1.2. 사료첨가제 개발 및 보급

반추동물의 메탄 생성을 줄이기 위한 사료첨가제는 비교적 최근에 개발이 진행됨에 따라 사료첨가제 제품별로 효과를 제시하는 사례가 많지 않으며, 사료첨가제별 메탄 감소 수준 역시 상이하다는 문제점이 있다. 또한, 사료첨가제 사용에 따른 수익성이나 생산성 변화에 대한 실증적 연구가 부족하기 때문에 사료첨가제 사용 자체에 대한 농가의 신뢰성이 높지 않다.

현재 가장 대표적인 사료첨가제는 EU에서 젖소에 대한 사용이 승인된 3-NOP이다. 3-NOP는 축종에 따라 22~39%의 메탄 발생량을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Dijkstra et al., 2018). 지방, 질산염, 허브 및 해초와 같은 기타 사료첨가제의 경우는 시장 출시를 준비하는 과정에 있으며, 소와 양을 대상으로 급여할 경우에 추가로 감축할 수 있는 메탄은 5% 수준으로 추정된다.

### 3.1.3. 선택적 번식 도입

선택적 번식을 통해 장내발효에서 배출되는 메탄을 줄일 수 있다. 즉, 가축 개체마다 메탄 생성에 차이가 있으며, 이는 번식 프로그램(가축개량)을 통해 메탄 생성을 감축시킬 수 있음을 의미한다. 구체적으로, 선택적 번식으로 2030년까지 낙농 부문에서 메탄 발생량을 10~20%까지 줄일 수 있는 것으로 확인된다(Eckard et al., 2010; Vellinga et al., 2018). 또한, 이와 같은 선택적 번식은 가축의 생산성 향상 측면에서도 부합한 기술이다.

### 3.1.4. 가축 건강관리(생산성 향상)

가축 건강관리의 궁극적인 목적은 가축의 건강을 향상시켜 생산성을 증가시키는 것이다. 이는 생산성 증가로 사육 마릿수의 감소와 함께 메탄 발생량의 감소를 의미한다. 다만, 많은 연구들이 메탄 저감 전략으로서의 가축 건강관리를 언급하고 있으나, 구체적인 감축 효과는 제시하지 못하고 있다.



## 3.2. 가축분뇨 처리 단계

### 3.2.1. 신재생에너지 생산(분뇨의 혐기성 소화)

분뇨의 혐기성 소화로 분뇨는 60%의 메탄과 40%의 이산화탄소로 구성된 바이오가스로 변환될 수 있다. 이러한 바이오가스는 이산화탄소 및 기타 가스를 제거하여 바이오메탄으로 변환할 수 있으며, 혐기성 소화 이후 소화액은 천연 비료로 사용할 수 있다. 분뇨의 혐기성 소화에서 특별한 처리를 하지 않는 일반적인 분뇨 저장처리에 비해 약 59%의 메탄이 감축된다. 분뇨를 원료로 생산된 바이오메탄은 천연가스의 대체재이나, 생산시설의 증설에 한계가 있으며, 바이오메탄 생산 과정에서 약 4.6%의 메탄이 누출되는 것으로 확인된다(Nisbet et al., 2020).

### 3.2.2. 분뇨처리 방식 개선

분뇨의 혐기성 소화 처리 외에도 분뇨에서 발생하는 메탄 배출량을 줄이기 위한 다양한 분뇨 처리방안이 존재한다. 이런 방안에는 ① 분뇨 저장시간 단축, ② 냉각화, ③ 고체-액체 분리, ④ 분뇨저장시설 덮기, ⑤ 분뇨의 퇴비화, ⑥ 분뇨 건조화, ⑦ 분뇨의 산성화 등이 포함된다. 밀폐형 덮개가 설치된 분뇨 저장시설을 통한 메탄 배출 감소량은 약 50%이며, 습식 퇴비(슬러리 냉각)는 메탄 배출량을 30%, 암모니아 배출량을 50%나 감소시키는 것으로 분석된다.

### 3.2.3. 온실가스 포집·활용(CCUS)

국외 주요국에서는 축산부문에서 배출되는 온실가스 감축 이외에도 배출된 이후 포집 및 활용하는 기술을 도입 및 검토하고 있다. 미국은 가축을 위한 메탄소화기를 도입하였으며, 영국은 CCUS 클러스터 보급을 통해 산업부문 탄소포집 목표를 설정하였다. 세계 최고 기술 수준인 미국 대비 우리나라 기술 수준은 80%, 기술 격차는 5년으로 평가된다. 이는 EU 95%(0.5년), 일본 90%(2.3년), 중국 82.5%(4

년)와 비교하였을 때 우리나라의 기술 수준 향상이 필요함을 시사한다(안지현 외, 2021).

#### 〈참고〉 네덜란드 축산업 규제에 따른 부작용과 시사점

- 네덜란드 정부는 2021년 6월, 2030년까지 질소 배출량을 절반으로 줄이기 위해 사육 마릿수의 30%를 줄이는 계획을 발표한바 있다(Netherlands Planbureau voor de Leefomgeving). 이에 따라 네덜란드 축산농가의 강력한 반발이 발생하였다.
- 축산물 수출국인 네덜란드에서 논의되는 ‘전체 가축의 30% 감축’ 등은 자국민의 축산물 자급률 100%가 보장되는 범위에서 논의되는 것이며, 이마저도 네덜란드 축산농가의 강력한 반발에 처해 있다.
  - 네덜란드의 가축사육 마릿수 감축 정책은 자국민에 대한 축산물 공급 측면의 식량안보를 확보한 수준에서 논의하고 있다. 즉 축산물 수출을 위해 사육하는 가축에서 배출되는 온실가스, 가축분뇨 등 환경부하 저감을 위함이다.
- 한편, 우리나라는 축산물에 대한 소비증가에 따라 축산업 규모가 확대되었으나, FTA 등 시장개방에 따라 우리나라 축산업 자급률은 지속 하락하고 있다. 축산물 종류별로 우리나라는 계란, 닭고기 자급률은 높은 편이나, 2022년 쇠고기 자급률은 37.7%, 돼지고기 72.5%, 유제품은 44.8%로 낮은 수준이다.
- 축산업 수출국인 네덜란드에서의 가축사육 마릿수 감축 정책은 축산물 수출에 따른 자국 축산농가의 소득을 제한하는 효과에 한정되며, 이는 자국의 식량안보에 영향을 미치지 않는다.
- 그러나 축산물 자급률이 낮은 수준에서 가축사육 마릿수 감축 정책은 우리나라 국민의 축산물 소비증가에 역행하는 정책이며, 식량안보를 저하하는 등 여러 가지 문제를 수반할 수 있다.
  - 몇 가지 예를 들면, 가축사육 마릿수 감축 규제는 축산물 자급률 하락뿐만 아니라 축산물 공급감소에 따른 축산물 가격상승을 유도하며, 이는 국내 축산농가 경쟁력 약화, 축산업 위축 등으로 국내 축산업 생산기반 약화시킬 수 있다. 또한 축산물 수출국에서 가축사육 제한은 국제 축산물 수급에 영향을 미칠 수 있으며, 이는 축산물 가격상승이나 공급지장에 이어질 수 있다는 점을 유념해야 한다.



제6장

## 축산부문 온실가스 감축 방안



# 축산부문 온실가스 감축 방안

## 1. 축산부문 온실가스 배출 관련 여건 변화

### 1.1. 축산물 소비 및 가축사육 마릿수 전망

#### 1.1.1. 축산물 소비 추이

우리나라 축산물 소비량은 지속 증가해 왔으며 이러한 증가 추세는 당분간 지속될 것으로 전망된다. 1인당 연간 육류 소비량은 2000년 32.9kg에서 2021년 56.1kg으로 1.7배 증가했으며, 같은 기간 계란 소비량은 184개에서 281개로 1.5배 증가, 우유는 59.6kg에서 86.1kg으로 1.4배 증가하였다. 2000년대 들어 1인당 육류 소비량은 연평균 2.57%씩 증가하였다. 2010년을 기준으로 전후를 검토하면 2010년 이전 10년 동안 육류 소비량은 약 1.6%씩 증가하였으며, 2010년 이후 11년간은 연평균 3.43%씩 증가하였다. 축종별 소비량 추이를 보면 2000~2010년까지는 닭고기 소비량이 연평균 4.5%씩 증가해 소비량 증가세가 컸으며, 2010~2021년 동안에는 쇠고기 소비량이 연평균 4.35%씩 증가해 소비량 증가세가 크게 나타났다. 한편 2000년부터 2021년까지 우유 소비량은 연평균 1.77%씩 증가했으며, 계란 소비량은 연평균 2.04%씩 증가하였다.

육류 소비 중에서 쇠고기가 차지하는 비율은 2000년 28.9%에서 2021년 24.8%로 낮아졌고, 돼지고기도 50.2%에서 49.2%로 낮아진 반면 닭고기는 20.0%에서 26.2%로 높아졌다. 육류 전체 자급률은 2021년 67.3%이며, 축종별 자급률은 쇠고기 36.8%, 돼지고기 75.1%, 닭고기 87.4%이며, 우유 자급률은 45.7%이다(한국농촌경제연구원, 2023).

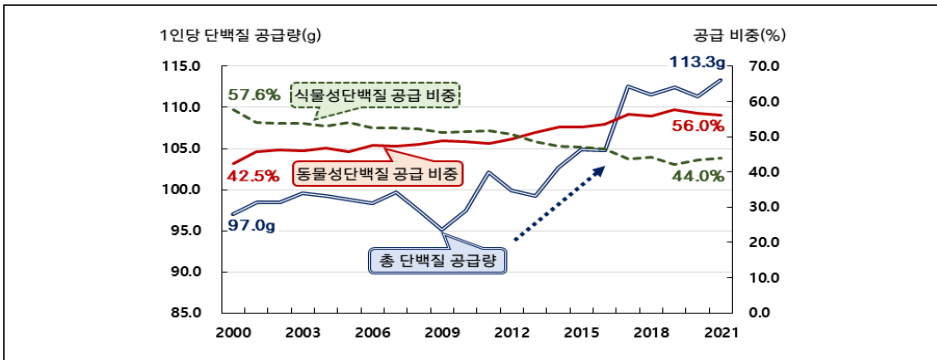
〈표 6-1〉 1인당 축산물 소비량 추이

연도	육류(kg)					계란 (개)	우유 (kg)	
	육류전체	쇠고기	돼지고기	닭고기	자급률(%)			
2000	32.9	9.5	16.5	6.9	65.3	184	59.6	
2005	31.3	6.0	17.8	7.5	66.7	220	62.9	
2010	38.7	8.7	19.3	10.7	64.5	236	64.2	
2015	46.9	11.0	22.5	13.4	68.6	268	75.7	
2020	52.5	12.9	27.1	12.5	68.9	281	83.9	
2021	56.1	13.9	27.6	14.6	67.3	281	86.1	
연평균 증가율 (%)	'00~10	1.64	-0.88	1.58	4.48	-	2.52	0.75
	'10~21	3.43	4.35	3.31	2.87	-	1.60	2.70
	전체	2.57	1.83	2.48	3.63	-	2.04	1.77

자료: 농림축산식품부(2022), 《농림축산식품 주요통계 2022》.

1인당 단백질 공급량은 최근까지 증가세를 유지하고 있으며, 동물성단백질 공급 비율은 2000년 42.5%에서 2021년 56.0%로 지속 상승하였다.

〈그림 6-1〉 1인 1일당 단백질 공급량 및 공급원별 비중 추이



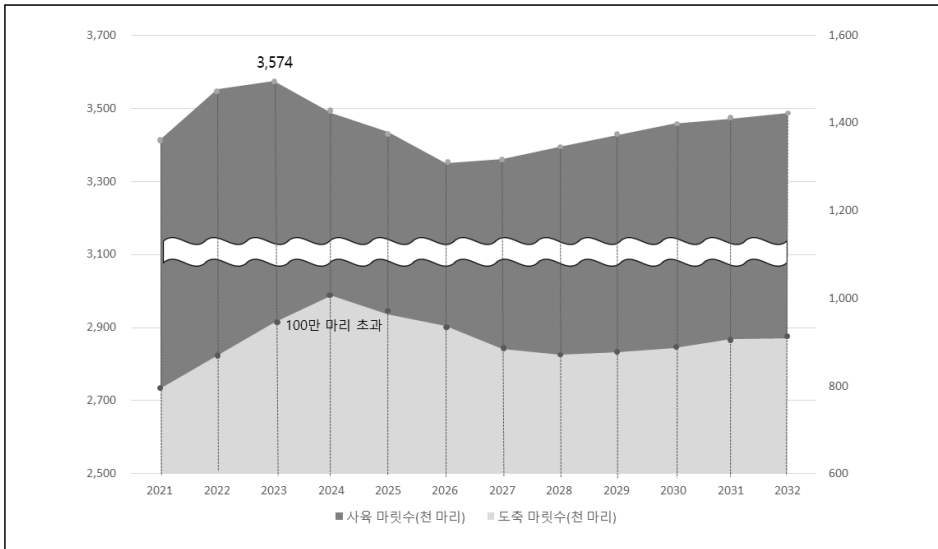
자료: 한국농촌경제연구원(각 연도), 《식품수급표》.

### 1.1.2. 가축사육 및 축산물 생산 전망<sup>39)</sup>

한국농촌경제연구원의 2023년도 농업 전망에는 향후 10년인 2032년까지 축종별 사육 마릿수 전망치를 제시하고 있다. 축종별 사육 마릿수 전망에 따르면 2030년 사육 마릿수는 한우와 젖소는 현재(2022년)보다 사육 마릿수가 감소하며, 돼지, 육계, 산란계, 오리는 현재보다 사육 마릿수가 증가하는 것으로 전망된다.

이하는 주요 축종별 전망을 요약 설명한다. 2022년 한우 사육 마릿수는 355만 2천 마리로 역대 최대 수준을 기록하였다. 하지만, 이후 가격 하락에 따른 번식의향 감소와 암소 도축 비중 증가 등으로 2세 미만 마릿수 감소가 예상되며, 이에 따라 2023년을 정점으로 한우 사육 마릿수는 감소세로 전환될 전망이다. 한우 사육 마릿수 장기 전망에 따르면 한우 사육 마릿수는 2026년까지 감소하다가, 이후 증가하여 2032년에는 350마리 이하 수준으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

〈그림 6-2〉 한우 사육 및 도축 마릿수 전망



자료: 한국농촌경제연구원(2023: 759), 《KREI-KASMO 2022》; 한국농촌경제연구원(재인용)(2023), 《농업전망 2023: 농업·농촌의 혁신과 미래》.

39) 한국농촌경제연구원(2023), 《농업전망 2023: 농업·농촌의 혁신과 미래》을 이용해 작성함.



돼지 사육 마릿수는 2022년 말 1,120만 마리에서 2023년 말 1,111만 마리로 감소한 이후 2023년부터 생산성 향상 등으로 지속해서 증가할 것으로 전망된다. 이에 따라 2032년까지 도축 마릿수 및 돼지고기 생산량도 지속 증가가 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

2022년 젓소 사육 마릿수는 39만 마리로 지속해서 감소 추세를 나타내며, 원유 생산량도 지속 감소하고 있다. 이러한 감소 추세는 지속되어 2032년 원유 생산량은 185만 톤으로 전망되며, 이는 2022년 대비 6.4% 감소한 수치이다. 국내 원유 생산량은 감소하는 반면, 유제품 수입량은 지속 증가가 예상되며, 2032년에는 유제품 수입량은 283만 2천 톤으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

육계 사육 마릿수는 2023년 기준 9,326만 마리에서 연평균 0.9%씩 증가하여 2032년 기준 1억 67만 마리로 늘어날 것으로 전망된다. 1인당 소비가능량은 닭고기 공급량 증가와 인구 감소의 영향으로 연평균 1.2% 증가할 것으로 전망되어 2032년 16.5kg 수준이 될 것으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

산란계 사육 마릿수는 2023년 소폭 감소한 이후 지속 증가해 2027년 기준 7,356만 마리, 2032년 기준 7,455만 마리까지 늘어날 것으로 전망된다. 다만, 2025년 9월부터 산란계 사육밀도가 0.05㎡/마리에서 0.075㎡/마리로 조정됨에 따라 사육 마릿수 증가 추세가 느려질 것으로 전망된다. 일평균 계란 생산량은 2027년 4,477만 개, 2032년 4,537만 개로 예상되며, 1인당 계란 소비가능량은 2027년 14.0kg, 2032년 14.3kg으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

오리 사육 마릿수는 2023년 773만 마리에서 0.6%의 완만한 증가 추세를 보여 2032년 기준 818만 마리로 전망된다. 오리의 사육 마릿수가 증가함에 따라 오리고기 생산량도 2023년 10만 6천 톤에서 2032년 11만 1천 톤으로 증가할 것으로 전망된다. 오리고기 1인당 소비가능량은 생산량 증가로 2023년 2.22kg에서 2032년 2.34kg으로 완만하게 증가할 것으로 전망된다(한국농촌경제연구원, 2023).

## 1.2. 온실가스 인벤토리 보고서 산정 지침 변경

정부는 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 ‘탄소중립기본법’)에 따라 온실가스 배출량 및 흡수량 통계 정보를 관리하고 있으며, 환경부 온실가스종합정보센터는 국가 온실가스 통계 산정 및 보고에 필요한 계획 수립 및 시행 등을 담당하고 있다(환경부, 2023).

환경부(2023)에 따르면 온실가스 인벤토리 보고서 선정 방법에 변경이 있으며, 주요 내용은 다음과 같다. 먼저 지구온난화지수(GWP)는 ‘IPCC 제5차 평가보고서’의 지표를 적용하는 것으로 변경됨에 따라 메탄(CH<sub>4</sub>)의 지구온난화지수는 기존 21에서 28로 변경되며, 아산화질소의 지구온난화지수는 310에서 265로 변경된다.

2023년 장내발효 메탄(CH<sub>4</sub>)은 축종에 따라 2006 IPCC 지침 Tier 1의 기본 배출계수를 적용하되, 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용하는 것으로 변경되었다. 2023년 현재 국가고유 배출계수가 개발된 축종은 한우, 젖소, 돼지 3개 축종이다.

가축분뇨 처리부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수는 축종에 따라 2006 IPCC 지침 Tier 1의 한대지역(Cool region, 연평균 기온 15°C 미만) 배출계수를 적용하되, 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용하는 것으로 변경되었다. 2023년 현재 가축분뇨 처리부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출과 관련된 국가고유 배출계수는 개발되지 않았다.

가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 직접배출량은 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 이를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 없는 경우 2006년 IPCC 지침의 분뇨처리 시설별 배출계수를 적용하는 것으로 변경되었다. 가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 직접배출과 관련된 국가고유 배출계수는 한우와 돼지의 연평균 질소(N) 배출량이 등록되어 있다.

이번부터 산정에 추가되는 가축분뇨 처리부문의 아산화질소( $N_2O$ ) 간접배출량은 가축분뇨 처리 시 휘발에 의해 발생하는 질소(N) 손실량, 대기침적에 의한  $N_2O$  배출계수 등을 이용하여 계산한다. 가축분뇨 처리부문의 휘발에 기인한  $N_2O$  간접배출계수(EF4)는 2006 IPCC 지침의 기본 배출을 적용하는 것으로 변경되었다.

변경되는 온실가스 인벤토리 보고서 선정 방법을 적용해 2018~2020년 온실가스 배출량을 가산정해본 결과 배출량의 증감률에는 큰 차이가 없었으나 배출량의 크기에는 차이가 나타났다. 2020년 기준 가축의 장내발효 부문 메탄( $CH_4$ ) 배출량은 이전 산정 방법 대비 179만 1천 톤  $CO_2eq.$  증가하는 것으로 나타났다. 가축분뇨 처리부문에서는 21만 7천 톤  $CO_2eq.$  증가하는데, 구체적으로 살펴보면 가축분뇨 처리부문의 메탄( $CH_4$ ) 배출량이 198만 8천 톤  $CO_2eq.$  증가, 가축분뇨 처리부문의 아산화질소( $N_2O$ ) 직접배출이 177만 1천 톤  $CO_2eq.$  감소, 새롭게 산정에 추가된 가축분뇨 처리부문의 아산화질소( $N_2O$ ) 간접배출이 93만 1천 톤  $CO_2eq.$  추가되기 때문이다.

따라서 2020년 기준 축산부문에서 배출되는 온실가스 총배출량은 기존 산정 방법에 비해 약 200만 7천 톤  $CO_2eq.$  증가하는 것으로 나타났다. 산정 방법 변경으로 온실가스 배출량이 증가하게 된 이유로는 메탄의 지구온난화지수가 21에서 28로 상향되면서 이산화탄소 환산 배출량이 증가했고, 가축분뇨 처리부문에서 간접배출량을 추가로 산정하기 때문이다.

〈표 6-2〉 인벤토리 보고서 산정지침 변경에 따른 축산부문 온실가스 배출량 변화(가산정)

구분			기존 배출계수 적용 ('22년까지 작성방식)			변경된 배출계수 적용 ('23년부터 작성방식)			'20년 기준 증감	
			2018년	2019년	2020년	2018년	2019년	2020년		
장내 발효	장내발효 합계(①) (CO <sub>2</sub> 환산)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	4,471.0	4,588.6	4,743.1	6,159.2	6,318.8	6,533.8	1,791 (37.8)	
	※ 메탄(CH <sub>4</sub> )	CH <sub>4</sub> 천 톤	212.9	218.5	225.9	220.0	225.7	233.4	7.5 (3.3)	
가축 분뇨 처리	가축분뇨 처리 합계(②+③) (CO <sub>2</sub> 환산)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	4,936.1	4,897.5	4,990.7	5,172.1	5,214.0	5,207.5	217	
	메 탄	가축분뇨 처리 메탄 (CO <sub>2</sub> 환산)(②)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	1,392.2	1,403.0	1,398.5	3,410.6	3,418.3	3,386.2	1,988 (142.1)
		※ 메탄(CH <sub>4</sub> )	CH <sub>4</sub> 천 톤	66.3	66.8	66.6	121.8	122.1	120.9	54.3 (81.5)
	아 산 화 질 소	가축분뇨 처리 N <sub>2</sub> O 합계(A1+B1) (③)(CO <sub>2</sub> 환산)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	3,543.9	3,494.5	3,592.2	1,761.4	1,795.7	1,821.3	-1,771 (-49.3)
		※ 아산화질소 합계 (A2+B2)	N <sub>2</sub> O 천 톤	11.4	11.3	11.6	6.6	6.8	6.9	-4.7 (-40.5)
		직접배출(CO <sub>2</sub> 환산) (A1)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	3,543.9	3,494.5	3,592.2	857.4	875.9	890.9	-2,701
		※ 아산화질소 (A2)	N <sub>2</sub> O 천 톤	11.4	11.3	11.6	3.2	3.3	3.4	-8.2
		간접배출(CO <sub>2</sub> 환산) (B1)	천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	/	/	/	904.0	919.8	930.5	930.5
		※ 아산화질소 (B2)	N <sub>2</sub> O 천 톤	/	/	/	3.4	3.5	3.5	3.5
	온실가스 총 배출량(CO <sub>2</sub> 환산) (①+②+③)		천 톤 CO <sub>2</sub> eq.	9,407	9,486	9,734	11,331	11,533	11,741	2,007 (20.6)

주 1) 2023년부터 인벤토리 보고서 작성지침이 변경됨에 따라 아산화질소 배출량은 직접배출과 간접배출로 구분하여 산정함.

2) 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침-제13차 개정-》에서 제시하는 산정방법을 적용해 가산정한 배출량임. 활동자료 및 세부 배출계수 등에 차이가 발생할 수 있어 실제 공표되는 온실가스 인벤토리 보고서의 배출량과 다를 수 있음.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; 통계청(각 연도), 《가축동향조사》를 바탕으로 연구진 작성.

## 2. 축산부문 2050 탄소중립 목표 달성의 선결 조건

국가 2050 탄소중립 달성을 위한 축산부문 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 온실가스 기술 도입 및 정책 추진에 있어서 선결 조건을 제시하면 다음과 같다.

‘선결 조건 1’은 ‘온실가스 감축 기술 효과’이다. 축산부문에서 배출되는 온실가스를 감축할 수 있는 기술의 개발·도입이 필요하며, 해당 기술의 도입으로 일정한 수준 이상의 효과를 제시할 수 있어야 한다. 최근 개정된 ‘사료 등의 기준 및 규격’에서도 저메탄사료로 인정되기 위해서는 관행 사료급여 대비 10% 이상 메탄저감 효과가 검증되어야 하는 것으로 명시하고 있다. 온실가스 감축 기술은 도입에 따라 일정한 수준 이상의 기대효과를 제시할 수 있어야 한다. 또한 개발 및 보급되는 온실가스 감축 기술은 온실가스 감축목표 설정이나 성과지표의 기준이 되는 온실가스 인벤토리 산정에 반영될 수 있어야 한다. 실제 축산업 현장에서 온실가스 배출량이 감축되더라도 온실가스 인벤토리에 반영되지 않는다면, 성과로 제시할 수 없기 때문이다. 이와 더불어 감축 효과가 검증된 온실가스 감축 기술에 대해서는 체계적인 교육 및 홍보를 통해 축산농가 인식 제고를 통한 도입 확대를 연결되도록 해야 한다.

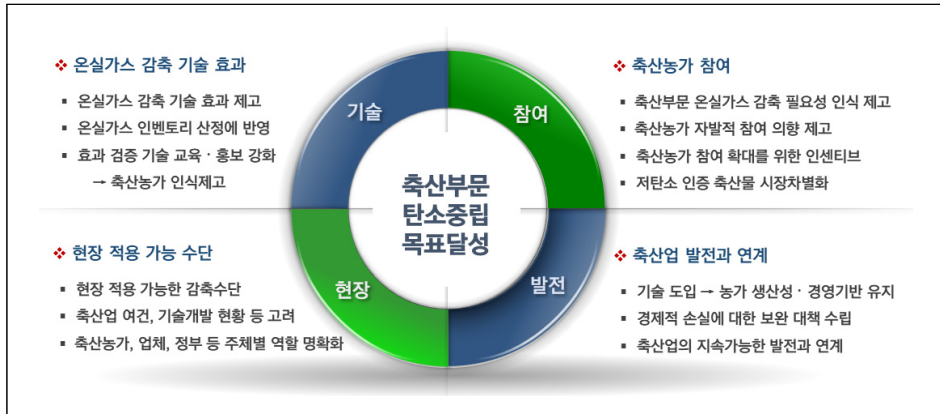
‘선결 조건 2’는 ‘축산농가 참여’이다. 효과적인 온실가스 감축 기술이 개발되더라도 축산농가가 참여하지 않는다면 감축 효과를 기대하기 어렵다. 축산부문 온실가스 감축 필요성에 대한 축산농가 공감대 형성이 필요하며, 이를 통해 온실가스 감축을 위한 축산농가 자발적 참여 의향을 제고시킬 필요가 있다. 축산농가 참여 확대를 위해서 인센티브 제공이 필요하며, 축산농가에서 기술 도입의 제약요인으로 작용하고 있는 경영 악화나 초기 시설비 등에 대한 부담을 경감시켜 줄 필요가 있다. 저탄소 인증 축산물에 대한 시장 차별화를 통해서도 저탄소 축산물 인증에 축산농가 참여를 유도할 수 있을 것이다.

‘선결 조건 3’은 ‘현장 적용 가능한 수단’이다. 국내 축산업 여건을 고려해야 하며, 온실가스 감축 목표 달성을 위한 수단은 현장에서 적용 가능한 수단이 검토되

어야 한다. 축산업 현장에서 적용하기 어렵거나 현실적으로 달성할 수 없는 목표는 오히려 축산농가의 참여 의지를 저하시킬 우려가 있다. 온실가스 감축 목표 달성을 위한 수단은 축종별 사육 형태와 축사 시설, 가축분뇨 등 특성, 온실가스 감축 기술별 특성을 고려한 도입 대상, 온실가스 감축 기술별 기대효과 등 면밀한 검토가 선행되어야 한다. 이를 위해 축산농가, 가축분뇨 처리업체, 정부, 연구자 등 관계자의 지속된 의견교환이 필요하며, 주체별 역할을 명확히 할 필요가 있다.

‘선결 조건 4’는 ‘축산업 발전과 연계’이다. 축산업의 지속이나 발전과 연계되지 않은 온실가스 감축 정책은 축산농가에서 받아들이기 어려울 것이다. 온실가스 감축 기술 도입은 축산부문 생산성·경쟁기반 유지가 전제되어야 한다. 또는 온실가스 감축 기술 도입으로 축산농가에 경제적 손실이 예상되는 경우에는 보완대책 수립이 필요하다. 마지막으로 온실가스 감축 정책은 축산업을 축소시키고 규제하기 위한 정책이 아닌, 축산업의 지속가능성을 담보하는 건전한 발전과 연계되어야 한다.

〈그림 6-3〉 축산부문 2050 탄소중립 목표 달성을 위한 선결 조건



자료: 연구진 작성.

### 3. 사육단계별 온실가스 감축을 위한 정책 방안

#### 3.1. 축산업 전반

##### 가. 축산농가 인식개선을 위한 교육 및 홍보 강화

축산농가 온실가스 감축 기술에 대한 농가 인식개선이 필요한 것으로 나타났다. 축산부문 온실가스 배출 감소의 필요성에 대해 축종별 전체 평균 58%의 농가가 ‘필요’ 및 ‘매우 필요’에 응답하였으며, 축산농가가 온실가스 배출에 대한 심각성 인식 정도(2.7점)는 과거 2021년 조사 결과(정민국 외, 2021)(2.5점)에 비해 높아졌다. 그러나 온실가스 감축 기술 도입 의향은 비교적 낮은 수준으로 나타났다. 2023년 시범사업으로 운영 후 축종을 확대하여 시행이 예정된 저탄소 축산물 인증제에 참여 의향은 26.3%(축종별 평균)로 낮은 수준이며, 의향이 없거나(40.7%), 저탄소 축산물인증을 모르는 농가(33.0%)의 인식개선이 필요한 것으로 나타났다.

축산농가를 대상으로 온실가스 감축 기술별 경제성과 효과성을 조사해 분석하였다. 그러나 EU에서 농장 사용이 승인된 저메탄사료, IPCC에서 탄소 감축 수단으로 공식 인정된 바이오차 등의 효과성이 상대적으로 낮게 평가되었다는 점에서 축산농가 교육 및 홍보를 통한 인식개선이 필요한 것으로 나타났다.

##### 나. 온실가스 감축 기술 도입 확대를 위한 인센티브

축산부문 온실가스 감축 기술의 현장 도입 확대를 위한 인센티브 제공이 필요하다. 온실가스 감축 기술 도입에 따른 생산성/수익성 변화에 대한 수용성을 조사한 결과 40.1% 농가는 생산성에 변화(감소)가 없어야 도입 가능하다고 응답했으며, 경영비는 38.6% 농가가 경영비에 변화(증가)가 없어야 도입 가능하다고 응답하였다. 한편 온실가스 감축 기술 도입에 있어서 저메탄사료나 적정단백질 사료

로 변경에 있어서 제약요인으로는 경영비(사료비) 상승이 36.0%로 가장 높았으며, 다음으로 저메탄, 적정단백질 등 ‘온실가스 감축 사료가 무엇인지 모름’(31.4%), 생산성 저하(25.1%) 등이 높게 나타났다. 장비 및 시설 도입 관련 온실가스 감축 기술 적용의 제약요인으로는 ‘초기 설치비 부담’이 56.7%로 가장 많았으며, ‘경영비(시설비/수리비/전기로 등) 상승’ 41.2%, ‘해당 기술을 잘 모름’ 23.2% 등의 순으로 나타났다. 이러한 결과로부터 축산농가의 온실가스 감축 기술 도입 확대를 위해서는 인센티브 제공을 통해 초기 참여를 유도하고, 생산비나 수익성 악화 부분에 대한 보전을 검토해볼 필요가 있다.

#### 다. 온실가스 감축 관련 사업 및 제도 활성화

축산부문 온실가스 감축을 위한 사업 및 제도 활성화가 필요하다. 현재 농림축산식품부는 축산부문 온실가스 감축과 관련하여 저탄소 축산물 인증제와 소사육 방식 개선 사업을 시범사업으로 추진하고 있다. 이러한 온실가스 감축을 위한 사업 및 제도의 활성화 및 지속이 필요하다. 이와 더불어 인센티브 개념의 축산부문 농가 단위 탄소배출권 도입을 통한 자발적 탄소 감축을 유도해 볼 수 있으며, 탄소중립에 기여하는 축산농가를 대상으로 탄소중립직불금 도입을 위한 구체적인 방안에 대한 검토도 필요하다.

#### 라. 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술을 반영 스마트축산 확대

우리나라는 2019년부터 ‘스마트 축산 ICT 시범단지 조성사업’을 추진하고 있다. 정보통신 기술 기반 ICT 스마트 축산단지를 통해 축사 내 온·습도 제어 등 환경관리, 질병 관리 등으로 가축의 폐사율을 줄일 필요가 있다(정민국 외, 2021). 이와 함께 가축의 사양 정보 등을 관리할 수 있는 농장경영관리프로그램과 실시간 모니터링 및 원격제어 등 최적 사양관리 등으로 분뇨·악취 등 발생 최소화 및 생산성 향상, 정밀급여 등 첨단기술과 저탄소 사육시스템이 연계된 축산업 생산기반 구축이 필요하다.



## 3.2. 가축관리 단계

### 가. 저메탄사료 개발·상용화

저메탄사료, 메탄 저감제 개발·상용화 추진이 필요하다. 우리나라는 2023년 ‘사료 등의 기준 및 규격’ 개정을 통해 저메탄사료 인정기준을 명시하였다. 최근 저메탄사료 인정기준이 명시됨에 따라 현재까지 등록된 저메탄사료 인정제품은 없으나, 기술개발 및 효과 검증 등을 통한 인정 및 보급할 필요가 있다. EU에서는 우리나라보다 한발 빠르게 2022년에 메탄 저감제인 ‘Bovaer(3-NOP)’제품이 농장 사용을 승인받았으며, 메탄 배출량을 20~35% 감축할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 개정된 ‘사료 등의 기준 및 규격’에서도 저메탄사료는 관행 사료 급여 대비 10% 이상 메탄저감 효과가 확인되어야 하며, 저메탄사료를 사용할 경우 가축의 생산성에 저하가 없으며, 축산물의 안전성에 영향을 미치지 않는 사료로 명시하고 있다. 해당 기준에 부합하는 저메탄사료 및 첨가제 개발·보급을 적극 추진할 필요가 있다.

농림축산식품부에서는 2030년까지 저메탄사료 보급률을 78%로 제시하고 있으며, 보급률 78% 및 메탄저감 효과 20%를 시나리오로 하는 분석 결과 온실가스 감축량은 한육우 47만 5천 톤 CO<sub>2</sub>eq., 젖소 15만 7천 톤 CO<sub>2</sub>eq.으로 분석되었다. 그러나 이 연구의 축산농가 조사 결과 저메탄사료 도입 의향은 한육우 24.1%, 젖소 32.7%에 불과하였다. 저메탄사료 개발·보급과 함께 성과에 대한 홍보를 통해 한육우 및 젖소 농가 인식을 개선할 필요가 있다.

### 나. 적정단백질 사료 보급 기반 조성

적정단백질 사료 기준 마련 및 표준사양관리체계 구축이 필요하다. 축종별 적정 영양소 공급을 위한 정밀 사양관리 측면의 적정단백질 사료에 대한 기준 마련이 필요하다. 다만, 단백질 함량은 가축의 성장이나 증체, 품질 등에 영향을 미칠 수 있으므로 적정단백질 사료를 급여를 기준으로 하는 표준사양관리체계 구축이

병행될 필요가 있다.

축산농가 조사 결과 적정단백질 사료 도입 의향은 젓소 농가 41.6%, 돼지 농가 40.4%, 산란계 농가 35%, 육계 농가 33.7%, 한우 농가 35.5% 순으로 2030년 보급률 목표인 48%보다는 낮지만, 저메탄사료 도입 의향보다는 높게 나타났다. 보급률 48% 및 가축분뇨 내 질소 저감 효과 5%<sup>40)</sup>를 적용한 분석 결과 한우 4만 4천 톤 CO<sub>2</sub>eq., 돼지 1만 6천 톤 CO<sub>2</sub>eq. 등의 효과가 있는 것으로 나타났다. 한편 적정단백질 사료는 한육우, 젓소뿐만 아니라 돼지, 산란계, 육계 등 다양한 축종에 적용할 수 있어 가축분뇨 처리부문의 감축 효과를 기대할 수 있다. 따라서 가축의 생산성 및 경제성에 영향을 미치지 않는 수준의 적정단백질 기준 마련 및 보급 활성화가 필요하다.

#### 다. 식품·농업 부산물 자원 활용

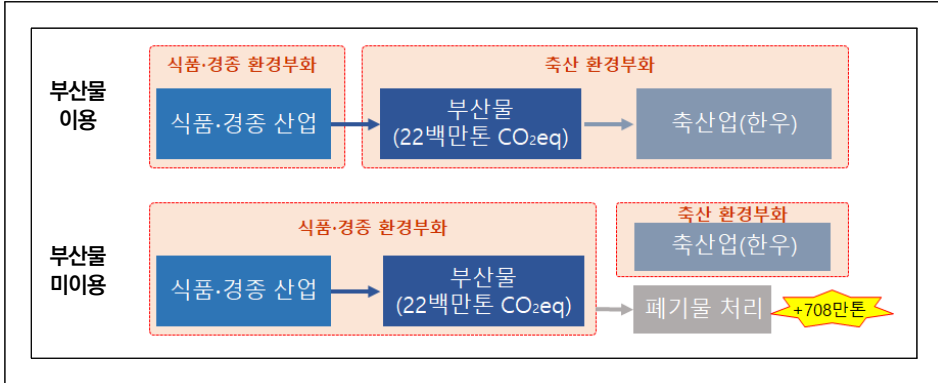
가축사육에 있어서 부산물 자원의 활용 제고가 필요하다. 식품산업의 제조공정이나 경종 부산물(소맥피, 대두박, 벳짚 등) 등 부산물 자원의 가축사육에 이용 확대를 통한 온실가스 감축 노력도 필요하다. 박규현 외(2022)에 따르면 한우 1마리(생체중 692kg) 사육에 대한 탄소발자국<sup>41)</sup>은 16.0톤 CO<sub>2</sub>eq./마리이며, 항목별 탄소발자국 기여도는 사료 62.8%, 장내발효 20.2%, 분뇨처리 6.3%, 전력 7.6% 등으로 제시하고 있다. 식품·경종 부산물을 사료로 사용함으로써 한우(축산)가 부담하는 탄소발자국은 연간 약 2,159만 톤 CO<sub>2</sub>eq.이며, 한우 사육에 식품·경종 부산물 사료 활용으로 연간 약 708만 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스를 간접적으로 감축하는 것으로 제시하고 있다. 이러한 가축사육에 있어서 식품·경종 부산물 사료 활용은 선행

40) 백명기 외(2021)에서 돼지사료 내 단백질 함량 1% 저감 급이 시 가축분뇨의 잉여 질소 7.7% 발생을 저감할 수 있는 것으로 제시하고 있다. 적정단백질 보급에 따른 질소 저감 효과는 5%로 보수적으로 설정했으나, 단백질 함량의 조정 및 사양기술 등에 따라 해당 효과는 증가 또는 감소될 수 있다.

41) 탄소발자국(Carbon Footprint)은 환경성적표지 환경영향 범주 중 하나로 제품 및 서비스의 원료채취, 생산, 수송·유통, 사용, 폐기 등 전 과정에서 발생하는 탄소(온실가스)가 기후변화에 미치는 영향을 계량적으로 나타낸 지표이다(탄소중립 정책포털 홈페이지, 검색일: 2023. 10. 15.).

연구에서 제시하고 있는 온실가스 감축 효과뿐만 아니라, 사료비 절감을 통한 생산비 감축, 국내 미활용 자원 활용에 따른 사료 수입 감소 등 다양한 효과를 기대할 수 있기 때문에 확대할 필요가 있다.

〈그림 6-4〉 한우사육 시 부산물 이용 여부에 따른 환경부하 변화



자료: 박규현 외(2022), 《전과정 측면에서 한우 환경적산업적 특징 연구》.

### 라. 사양기술 진전으로 생산성 향상

사양기술 진전, 폐사율 개선 등 생산성 향상을 통한 온실가스 감축이 필요하다. 가축의 생산성 향상을 통해서도 온실가스를 감축시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 생산성 향상의 효과분석으로 한우 비육우 출하월령 단축, 젖소 마리당 산유량 향상, 돼지 모돈 MSY 향상에 대한 온실가스 감축 효과를 분석하였다. 한우 거세우 출하월령을 28개월로 단축할 경우 약 2만 톤 CO<sub>2</sub>eq.의 온실가스를 감축할 수 있으며, 젖소 마리당 산유량이 10% 향상될 경우 16만 5천 톤 CO<sub>2</sub>eq., 돼지 MSY가 17.9마리(2018년 기준)에서 25마리로 향상될 경우 4만 5천 톤 CO<sub>2</sub>eq.을 감축할 수 있었다.

CGE 모형 분석 결과 축산업 생산성 향상은 자체 산업부문의 온실가스 감축뿐만 아니라 우리나라 경제 전체에 온실가스 배출 감소에도 기여하는 것으로 나타났다. 또한 축산업의 생산성 향상은 투입재 감소에 따른 비용 절감 등으로 축산물 가격안정화에도 기여할 수 있었다.

이와 더불어 가축의 생산성 향상은 온실가스 배출 저감뿐만 아니라 가축분뇨 배출 감소, 악취유발 물질인 암모니아(NH<sub>3</sub>) 배출 감소 효과도 기대할 수 있다(정민국 외, 2021). 따라서 지속적인 생산성 향상을 위한 ICT 스마트축사 보급이나 사양관리 기술의 개발·보급과 더불어 관련 제도의 개선도 검토해 나가야 할 것이다.

#### 마. 탄소 저감을 고려한 가축개량 체제 구축<sup>42)</sup>

가축개량을 통한 온실가스 저감형 혈통 선발 및 육종이 필요하다. 일본 사례 조사결과 일본에서는 온실가스 배출 감소를 위해 아미노산균형개선사료(アミノ酸バランス改善飼料) 개발과 더불어 저메탄생성소(低メタン産生牛) 개량·육종(育種)에 대한 연구가 함께 추진되고 있다. 우리나라는 저메탄사료 및 첨가제 개발에 관심을 집중하고 있으나, 사료를 섭취하여 소화하는 주체인 소(한우, 젃소)에 대한 관심이 적었다(이용건, 2021).

온실가스 감축에 적합한 혈통 선발을 위한 가축개량(家畜改良)에는 장기간이 소요되며, 장기간 가축개량을 통해 성과를 나타내기 위해서는 가축개량목표의 개선도 검토해 볼 수 있다. 「축산법」 제5조(개량목표의 설정)에 근거해 고시된 ‘가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호, 2023. 1. 26., 일부개정)’에서는 한우 및 젃소 등에 대한 가축개량목표를 제시하고 있지만, 해당 목표는 주로 생산성 향상 및 품질 고급화와 농가 경영효율 개선만을 언급하고 있다. 축산업의 지속가능성을 확보하기 위해서는 온실가스를 비롯한 환경 문제가 해결되어야 한다. 이러한 점을 고려했을 때, ‘가축개량목표’에 온실가스 배출과 관련된 내용을 제시할 필요가 있다. 아울러 종축에 대한 선발 지표나 씨수소의 능력 정보에 온실가스 배출과 관련된 지표를 추가하는 방안도 고려할 수 있다(이용건, 2021).

---

42) 이 부분은 이용건(2021)을 참고해 작성하였다.

### 3.3. 가축분뇨 처리 단계

농경지 면적은 지속해서 감소하여, 가축분뇨 퇴·액비에 대한 경종농가 수요는 제한적이나, 가축사육 마릿수 증가로 가축분뇨 배출량은 증가하고 있다. 따라서 가축분뇨 처리방식에 다각화 필요성이 강조되고 있다.

#### 가. 축종별 특성 및 축사 시설을 고려한 처리방식 다양화

가축분뇨 처리방식의 다각화를 위해서는 우선 축종별 가축분뇨 특성 및 축사시설 등을 고려할 필요가 있다. 2022년 개정된 가축분뇨 배출원단위에서 한육우와 젖소는 분뇨에서 분이 차지하는 비율은 약 62%이며, 노가 차지하는 비율은 약 38%이다. 한육우와 젖소 분뇨는 퇴비화하여 농경지에 활용이 적합하며, 분뇨에 깔짚이 함께 섞여 있다는 점에서 일부는 고체연료 등으로 활용할 수 있다. 이를 위해 한육우 및 젖소 농장이 밀집해 있으며, 인근에 농경지가 부족한 지역에서는 고체연료 생산시설 도입을 고려해 볼 수 있다.

산란계와 육계농가 중 대규모 농가는 가축분뇨 통풍 및 교반시설 보급률이 높으며, 산란계와 육계 분은 퇴비로서의 가치가 높기 때문에 퇴비화에 집중할 필요가 있다. 한편 돼지분뇨는 분의 비율이 약 18%로 낮으나, 노 및 세정수의 비율이 약 82%로 높기 때문에 액비화, 정화처리, 바이오가스 등 다양한 처리방식을 고려해 볼 수 있다. 자체 정화처리시설을 보유한 돼지농장은 자체 처리하며, 자체 처리시설이 없는 농가는 신재생에너지 생산을 위한 바이오가스 시설이나, 공공처리시설(정화)로 반출을 우선 고려할 필요가 있다.

#### 나. 입지 여건을 고려한 신재생에너지 생산시설 확대

축산농가와 가축분뇨 처리업체의 입지 여건을 고려하여 가축분뇨 신재생에너지 생산시설 도입 및 기존 시설의 개선을 통한 신재생에너지 생산 확대도 검토해 볼 수 있다. 이 연구에서 GIS 정보를 이용해 축산농가와 가축분뇨 처리 방법별 시

설의 분포 및 거리와 지역별 가축 밀집도를 분석하였다. 2023년 기준 16개소의 에너지화 시설(바이오가스)이 운영되고 있었다. 우리나라에서 돼지가 가장 많이 사육되고 있는 충청남도(우리나라 돼지 사육 마릿수의 약 21%) 지역에 5개소가 운영되고 있었으며, 에너지화 시설이 없는 도 지역도 있었다.

우리나라 돼지 사육 마릿수의 약 13%를 사육하는 경상북도(대구)의 경우는 해당 지역에 에너지화 시설이 1개소 운영 중이었으나, 신재생에너지 생산시설과 돼지농장들과의 평균 거리가 78.6km로 접근성이 가장 떨어지는 지역으로 나타났다. 한편 경상북도 돼지농장들과 정화처리 시설의 평균 거리는 12.9km, 퇴·액비 시설과의 평균 거리는 7.7km로 나타나, 해당 지역의 퇴·액비 시설이나 정화처리 시설을 개·보수 및 현 위치에 신축하여 신재생에너지 생산시설로 개편할 경우 접근성은 많이 개선될 수 있는 것으로 나타났다.

이 연구의 축산농가 조사 결과 신재생에너지 생산시설에 위탁하는 데 어려움으로 인근에 신재생에너지 생산시설이 없다는 응답이 축종별 평균 46.3%로 높았다는 점에서 신규 신재생에너지 생산시설 도입에 있어서 돼지농가가 밀집한 지역을 우선 고려할 필요가 있으며, 신규 도입이 어려운 지역의 경우는 기존 시설 개편을 통한 신재생에너지 생산 확대도 검토해 볼 수 있다.

#### 다. 가축분뇨 처리부문 배출계수 고도화

가축분뇨 처리부문 아산화질소( $N_2O$ ) 배출계수의 적용방안에 대한 검토가 필요하다. 2023년 온실가스 인벤토리 산정부터 적용되는 가축분뇨 처리 방법별 아산화질소 배출계수는 동일하게 적용된다. 그러나 IPCC 지침에는 세부 처리 방법별 배출계수 차이 존재하기 때문에 배출계수를 세분화해서 적용하는 방안을 검토해 볼 수 있다(<부표 4-1>).

한편, 가축분뇨 처리부문에서 배출되는 메탄( $CH_4$ )의 국가고유 배출계수 개발에도 관심을 기울일 필요가 있다. 지금까지는 축산부문 메탄( $CH_4$ ) 배출과 관련해 장내발효에서 배출되는 메탄( $CH_4$ )에 관심이 집중되어 왔다. 한편, 가축분뇨 처리

부문은 가축분뇨 처리 방법 다양화 등에 초점을 맞추고 있으며, 이러한 기술들은 가축분뇨 처리부문의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량과 관련되어 있다. 가축분뇨 처리 부문에서 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량은 한우 1kg CH<sub>4</sub>/마리, 돼지(비육용) 8kg CH<sub>4</sub>/마리와 비교해 젓소는 58kg CH<sub>4</sub>/마리로 배출량이 월등히 많다. 따라서 젓소에 대한 가축분뇨 처리부문의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수는 국가고유 배출계수를 개발하여 적용하거나, 2019년 IPCC 지침의 분뇨처리 방법 중 배출계수가 낮은 방법으로 처리물량 확대 및 국가고유 배출계수 개발 등 방안 검토가 필요하다.

〈표 6-3〉 IPCC 지침별 가축분뇨 처리부문 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수 비교

축종	분뇨처리방법	'22년까지 적용 (1996년 IPCC 지침)	'23년부터 적용(예정) (2006년 IPCC 지침)	2019년 IPCC 지침	
		(kg CH <sub>4</sub> /마리/연)	(kg CH <sub>4</sub> /마리/연)	(g CH <sub>4</sub> /kgVS)	
		한대	한대	한대	
				다습	건조
젓소	분뇨처리 저류지 이용	36	58	80.4	78.8
	액화 처리 등			22.5	22.5
	저장소 이용			3.2	
	건조 처리			1.6	
	일일살포			0.2	
	혐기성 소화 처리			3.2	
	연료 연소			16.1	

주: IPCC 2019년 가이드라인에서는 가축분뇨 처리 방법에 따른 메탄 발생을 생산성에 따라 구분하였으며, 국내 배출계수와의 비교를 위하여 'high productivity'를 기준 수치를 이용.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories를 바탕으로 연구진 작성.

### 3.4. 온실가스 배출 이후 단계(온실가스 포집·활용)

축산부문에서도 탄소 포집·활용·저장 기술(CCUS)을 활용해 온실가스를 포집·활용 방안 검토가 필요하다. 우리나라는 2021년 글로벌 메탄 서약 가입으로 2030년까지 2020년 대비 전 세계 메탄 배출량 30% 이상 감축해야 하며, 축산부문 메탄 배출량은 우리나라 전체의 22.6%를 차지하고 있어 글로벌 메탄 서약 달성을 위해서도 감축이 필요하다.

글로벌 메탄 서약 달성을 위한 메탄 감축 방안으로 탈루 관리기술 개발 및 관리 강화(에너지), 저메탄사료 보급(농축수산), 메탄가스 회수(폐기물) 등을 통한 메탄 감축이 NDC에 반영되어 있다. ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’에서도 폐기물 부문의 감축 수단(환경부 소관)으로 ‘비위생매립지 정비 및 메탄포집 확대’가 제시되어 있다. 또한 2023년 ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’이 수립되면서 감축목표에서 CCUS 목표가 상향 조정되었다.

가축분뇨는 매립폐기물과 같이 일정 장소에 수거하여 처리하는 특성이 있으며, 무창 축사 등은 축사 내에서 발생하는 온실가스를 일정 수준 제어할 수 있다. 따라서 폐기물에 대한 메탄(CH<sub>4</sub>)가스 회수 기술 및 CCUS를 활용해 축산부문에서 배출되는 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 등 온실가스 회수(포집) 및 활용 기술에 대해서도 검토할 가치가 있다.



### 3.5. 소결

〈표 6-4〉 축종별 특성을 고려한 온실가스 감축 방안 종합

구분		한우	젖소	돼지	육계	산란계		
축종별 특징	농가 현황 (호)	'18년	97,179	6,429	6,214	1,680	1,001	
		'22년	92,628	5,981	5,844	1,600	942	
	사육마릿수 (천마리)	'18년	3,086	407	11,358	93,231	71,084	
		'22년	3,697	391	11,196	93,605	73,388	
	'22년 호당 마릿수(마리)		40	65	1,916	58,503	77,907	
	주요 축사형태		개방축사	개방축사	무창돈사	평사	케이지	
	주요 생산성('22)		출하월령: 30.7월	두당 산유량: 9,544kg	MSY: 18.3두 ( '21)	육성률: 97.7%	산란율: 81.5%	
	분뇨배출량 (kg/마리·일)	분	7.98	17.09	0.83	0.09905	0.09695	
뇨		4.87	10.72	3.70				
세정수		-	-	0.20				
축종별 기술 적용	가축 관리 단계	사료	저메탄사료	저메탄사료	적정단백질 사료	적정단백질 사료	적정단백질 사료	
			부산물 사료	부산물 사료	부산물 사료	부산물 사료	부산물 사료	
		생산성	비육 기간 단축	두당 산유량	MSY, 폐사율	폐사율	폐사율, 산란율	
		축사	ICT 스마트 축사 보급 활성화(정밀사양, 가축전염병 및 폐사율 감축 등)					
	가축 분뇨 처리 단계	처리방법		퇴비화, 고체연료 등	퇴비화, 고체연료 등	정화, 바이오가스 등	퇴비 등	퇴비, 고체연료 등
		처리 주체	퇴비	자가	자가	자가	자가	자가
			기타	공동	공동	자가, 공동	자가, 공동	자가, 공동
	기타(에너지 사용 등)		축사 지붕 태양광 패널 이용, LED 전등 사용 확대, 에너지 절감 기술 도입 등					
	온실가스 배출 이후 단계 (온실가스 포집·활용)		온실가스 포집·활용 기술개발 및 축산부문 도입방안 검토					
	주체별 역할	축산농가		- 가축관리 및 사양기술 향상 - 온실가스 감축 자발적 참여 확대				
정부		- 제도기반 조성(저탄소 축산물 인증, 탄소중립직불 등) - 농가참여 유도(인센티브 등)						
관련 업체		- 사료업체: 저메탄 적정단백질 사료 개발 및 실증, 안정적인 사료 공급 등 - 가축분뇨 처리업체: 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산업체 참여 활성화(입지 여건 고려 등)						

자료: 연구진 작성.

## 4. 저탄소 축산업으로 전환과 축산업 발전 방향

축산업은 국민의 축산물 소비증대에 부응하여 지속해서 성장해왔으나, 지구 온난화 문제가 국제적인 이슈로 부상하면서 ‘2050 탄소중립(Net-zero) 선언’, ‘글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge)’ 등에 따라 온실가스 배출 감축과 산업의 지속성 강화를 위한 대치가 요구받고 있다. 축산부문 온실가스 감축을 위한 저탄소 사육시스템으로 구조 전환과 연계한 축산업의 발전 방향을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 축산부문 온실가스 감축목표에 대한 일정한 성과 달성이 필요하며, 이와 더불어 환경친화적 축산업으로 구조 전환이 필요하다. 축산업은 축사시설, ICT 장비 등을 이용해 일정 수준 기후변화에 대응할 수 있으나, 축산업 생산 과정에 필수적 투입재인 사료작물 등은 기상이변에 직접적인 영향을 받으며 이를 통해 축산업에도 영향을 미치게 된다. 더욱이 2020년 축산부문 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량은 우리나라 총배출량의 22.6%를 차지하고 있어서 국제사회와의 약속인 ‘글로벌 메탄 서약’ 달성에 있어서 축산부문의 역할이 중요하다. 또한 축산업에 대한 규제강화, 민원 등은 그동안 축산업에 제기되어 온 악취 문제, 수질오염 문제 등 환경문제에 기인하며, 이러한 환경문제의 공통된 원인으로 가축분뇨가 지목된다는 점에서 온실가스 배출과도 연결되어 있다.

축산업의 지속가능성을 위해서는 축산업에 있어서 일정한 수준 이상의 온실가스 감축 목표 달성이 필요하며, 이와 더불어 악취 등 환경 문제를 함께 완화할 필요가 있다. 축산부문에 온실가스 감축목표를 달성하더라도 축산업 환경 문제가 지속될 경우, 축산업에 대한 규제의 강화뿐만 아니라 네덜란드와 아일랜드와 같은 사육 제한 정책으로 축산업 생산기반이 위축될 수 있다는 점에도 유념해야 한다. 환경친화적 축산업으로 구조 전환을 위해서는 탄소중립지불금 체제하에서 저탄소 축산물 인증제 활성화를 비롯한 유기축산물 인증 확대 등이 대안이 될 수 있을 것이다.

둘째로는 축산부문 온실가스 감축 기술은 축산업 경영안정과 발전에 연계될 수 있어야 한다는 것이다. 온실가스 감축 기술 도입으로 가축의 생산성 저하나 축산 농가 경영 여건 악화를 최소화하여야 한다. 우리나라에서 사육되는 한우, 젖소 등 가축은 장기간 국내 사육 여건 및 사양기술과 소비자의 요구 수준에 맞추어 개량(改良)되어 왔으며, 일정한 성과를 달성하고 있다. 국내 순수혈통인 한우는 타국의 비육우와 비교하기는 어렵지만, 마리당 쇠고기 생산량(정육률 41.7% 적용)은 30여 년 전보다 약 2배 증가했으며, 2022년 한우 육질 1등급 이상 출현율은 75.2%로 향상되었다.<sup>43)</sup> 홀스타인종을 중심으로 하는 젖소는 마리당 산유량은 1983년에서 2021년 동안 약 2.2배 향상되었으며, 이를 통해 사육 마릿수를 감축해 왔다. 온실가스 감축을 위한 저메탄사료, 적정단백질 사료 등 저탄소 사양관리 도입을 통해서도 이러한 성과를 향상 또는 최소한으로 유지 시킬 수 있어야 한다.

이 연구의 축산농가 조사 결과, 축산업으로 인한 온실가스 배출 문제의 심각성 인식 정도는 높아지고 있으며, 축산부문 온실가스 감축의 필요성에 대해 일정 수준 공감대는 형성된 것으로 보인다. 그러나 온실가스 감축 기술의 도입에 있어서 경영비 상승이나 생산성 저하가 제약요인으로 작용하는 것으로 나타났으며, 온실가스 감축 기술 도입을 위해 초기 투자비 지원이나 생산성 저하/수익성 감소분 지원을 희망하는 농가가 많았다. 이러한 점에서 온실가스 감축 기술 도입에 따른 축산농가의 경영 불안정 요인을 완화할 수 있는 장치가 필요해 보인다.

축산업의 생산성 향상 시나리오를 가정한 CGE 모형 분석 결과에서 축산업 생산성 향상은 축산물가격 안정, 고용노동 투입 감소에 따른 생산비 절감 등 효과를 기대할 수 있으며, 경제 전체에도 온실가스를 감축할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 긍정적 파급효과를 바탕으로 축산농가에 대한 인센티브 지급을 고려할 수 있다.

셋째로는, 식량안보 측면에서 국제시장의 축산물 수급 및 가격 불안정에 대비할 필요가 있다. 2022년에 시작된 우크라이나-러시아 전쟁이 장기화되고 있으며,

---

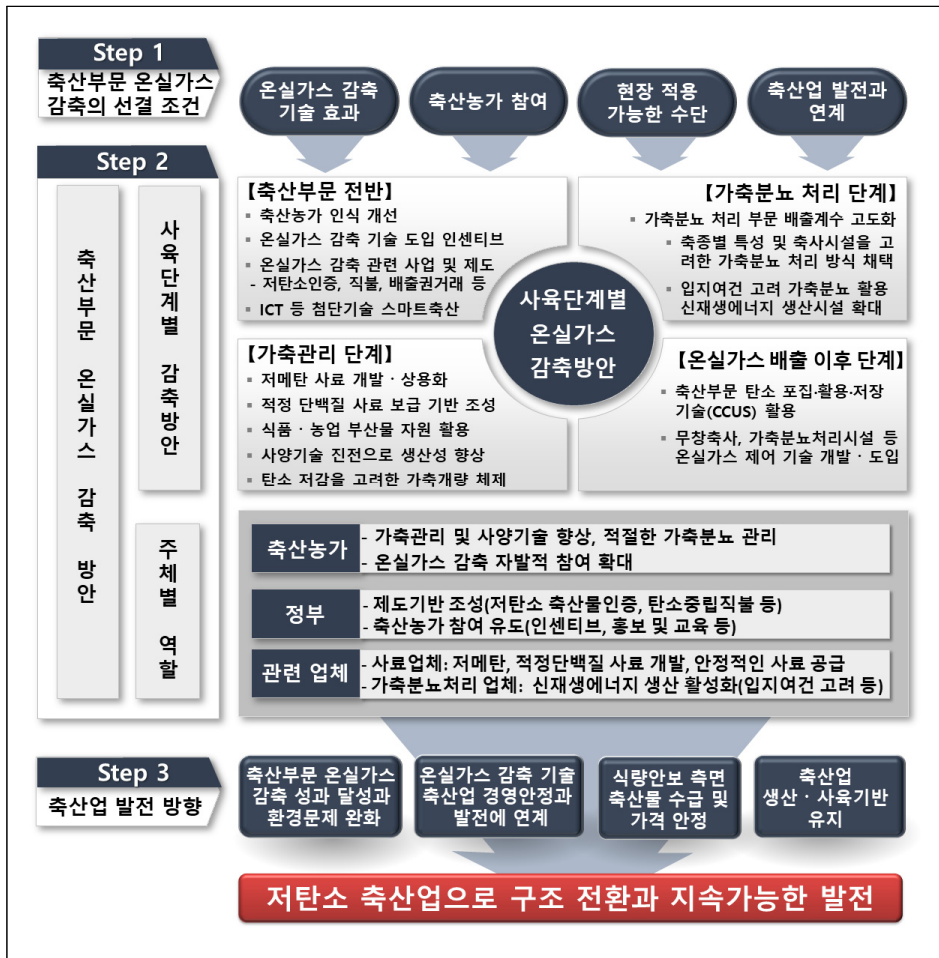
43) 축산물품질평가원(각 연도), 《등급판정통계연보》.

최근 2023년 10월에는 이스라엘-하마스 전쟁이 중동전쟁으로 이어질 우려도 제기되고 있다. 세계 각 지역에서 전쟁이나 분쟁이 발생할 경우 농축산물 생산 차질, 무역 단절 등으로 국제적인 식량안보 문제가 제기될 수 있다. 또한 주요 국가별 축산부문 탄소중립 정책을 검토한 결과 일부 축산물 수출국에서는 가축사육 제한에 대한 논의가 있었다. 축산물 수출국의 가축사육 제한 정책은 국제시장의 축산물 공급감소를 통한 축산물 가격상승을 유도할 수 있다. 우리나라는 축산물 자급률이 낮은 수준이며, 사료곡물의 수입 의존도가 높기 때문에 식량안보 측면에서 축산물 생산기반을 유지할 필요가 있다.

마지막으로, 축산업 생산·사육 기반 유지를 담보하는 축산부문 온실가스 감축 정책을 전개해야 한다. 국민의 축산물 소비는 지속 증가해 왔으나, 우리나라 축산물 자급률은 하락 추이를 나타내고 있다. 따라서 식량안보 강화 및 안정적 축산물 공급을 위해서 축산업 생산·사육 기반을 유지해야 한다. 계란, 우유, 삼겹살, 닭고기(치킨), 쇠고기 등 축산물은 국민의 식생활 물가와 직접 연계되며, 저소득층을 포함한 일반 국민 모두에게 안정적인 축산물 공급이 필요하다.

이 연구에서 온실가스 감축 기술의 효과를 평가한 결과 저메탄사료, 적정단백질 사료, 생산성 향상 등 가축의 사양관리 개선을 통해서 온실가스를 감축할 수 있으며, 젖소의 경우는 두당 산유량 향상에 따른 온실가스 감축 효과를 이미 나타내고 있다. 또한 가축분뇨 처리방식의 개선을 통해서도 온실가스 감축을 기대할 수 있다. 앞으로 축산농가의 입지 여건을 고려한 신재생에너지 생산시설 확대, 축산부문 온실가스 포집·활용 기술의 개발 및 보급 등을 통해서도 축산부문 온실가스 감축을 기대할 수 있을 것이다.

〈그림 6-5〉 저탄소 축산업으로 전환과 지속가능한 축산업 발전의 개념도



자료: 연구진 작성.

## 축산부문 사육 및 온실가스 배출 현황

### □ 축종별 사육 현황

〈부표 1-1〉 연도별·축종별 사육 현황

연도	한육우	젖소	돼지	닭	오리	기타가축
2015년	2,946	433	10,127	170,543	9,679	324
2016년	2,942	421	10,426	168,642	9,274	355
2017년	3,015	412	11,239	161,208	6,637	400
2018년	3,086	407	11,358	175,962	8,760	487
2019년	3,202	405	11,377	180,907	8,947	560
2020년	3,353	408	11,185	182,342	8,676	596
2021년	3,538	402	11,245	174,498	6,432	-
2022년	3,684	391	11,196	177,733	7,665	-

주 1) 연도별 사육 마릿수는 1~4분기 평균이며, 기타가축은 직전 2개년도를 포함한 3개년 평균임.

2) 기타가축은 양(면양), 양(산양), 말, 사슴이 포함됨.

자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》; 농림축산식품부(각 연도), 《기타가축통계》.

### □ 장내발효

〈부표 1-2〉 연도별·축종별 장내발효 CH<sub>4</sub> 배출량

연도	합계	젖소	한육우	돼지	기타 가축	
장내발효 CH <sub>4</sub> 배출량 (천 톤 CO <sub>2</sub> eq.)	2015년	4,339	1,072	2,908	319	41
	2016년	4,318	1,043	2,903	328	44
	2017년	4,400	1,022	2,975	354	49
	2018년	4,471	1,008	3,046	358	59
	2019년	4,589	1,004	3,160	358	66
	2020년	4,743 (100.0)	1,012 (21.3)	3,309 (69.8)	352 (7.4)	70 (1.5)

주 1) 가금류(닭, 오리)의 장내발효 배출계수는 IPCC에서 제공하지 않음.

2) 연도별 사육 마릿수는 1~4분기 평균임.

3) 기타가축은 양(면양), 양(산양), 말, 사슴이 포함됨.

자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》; 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》.

## □ 가축분뇨 처리

〈부표 1-3〉 주요 축종의 연도별 가축분뇨 처리 과정의 CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O 배출량

연도		합계	소 (한육우, 젖소)	돼지	가금류 (산란계, 육계, 오리)
메탄 (CH <sub>4</sub> ) (천 톤CO <sub>2</sub> eq.)	2015년	1,323	389	638	295
	2016년	1,329	380	657	291
	2017년	1,360	375	708	275
	2018년	1,392	372	716	303
	2019년	1,403	373	717	311
	2020년	1399 (100.0)	379 (27.1)	705 (50.4)	313 (22.4)
아산화 질소 (N <sub>2</sub> O) (천 톤CO <sub>2</sub> eq.)	2015년	3,269	2,121	528	495
	2016년	3,174	2,024	531	482
	2017년	3,303	2,056	667	425
	2018년	3,544	2,144	684	527
	2019년	3,494	2,206	560	511
	2020년	3,592 (100.0)	2,296 (63.9)	551 (15.3)	513 (14.3)

주 : 연도별 사육 마릿수는 1~4분기 평균임.

자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》; 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》.

## 국가고유 온실가스 배출계수 개발 현황

〈부표 2-1〉 장내발효부문 연도별 승인 국가고유 온실가스 배출계수(14종)

단위: kg CH<sub>4</sub>/head/year

개발 연도	부문	항목	국가고유 배출계수	IPCC 지침(배출계수)		
				1996년	2006년	2019년
2022년	4A 장내발효 (8종)	① 돼지 2개월 미만	0.16	1.5		
		② 돼지 2개월 이상~4개월 미만	0.30			
		③ 돼지 4개월 이상~6개월 미만	1.45			
		④ 돼지(수컷) 6개월 이상~8개월 미만	2.70			
		⑤ 돼지(암컷) 6개월 이상~8개월 미만	3.29			
		⑥ 돼지(수컷) 8개월 이상	3.78			
		⑦ 돼지(암컷) 8개월 이상	4.71			
		⑧ 돼지 통합계수	0.98			
2020년	4A 장내발효 (3종)	① 젓소 암컷 2세 이상	139	118	121	138
		② 젓소 암컷 1~2세	83			
		③ 젓소 암컷 1세 미만	33			
2018년	4A 장내발효 (3종)	① 한우 수컷(거세우) 1세 미만	43	47	53	64
		② 한우 수컷(거세우) 1세 이상	61			
		③ 한우 암컷 1세 미만	45			

자료: IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36>), 검색일: 2023. 2. 5.를 이용해 작성함.

〈부표 2-2〉 가축분뇨 처리부문 연도별 승인 국가고유 온실가스 배출계수(2종)

단위: kg N/head/year

개발 연도	부문	항목	국가고유 배출계수	IPCC 지침(배출계수)	
				1996년	2006년
2022년	4B 가축분뇨 처리 (2종)	① 한우 분뇨 연평균 질소 배출량	N <sub>2</sub> O 배출량 보정계수	49.68	70
		② 돼지 분뇨 연평균 질소 배출량		10.97	20

자료: IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36>), 검색일: 2023. 2. 5.를 이용해 작성함.



## 저메탄사료 기술별 특징 및 저감효과

〈부표 3-1〉 저메탄사료 개발 현황 및 효과

구분	사료(물질)명	특징	국내 상용화
화합물	3-NOP (3-Nitrooxy propanol)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 네덜란드 DSM社와 UN SDG 공동 개발 유기화합물</li> <li>- 메틸코엔자임 M 환원 효소(MCR) 억제로 반추위 메탄 생성 저해               <ul style="list-style-type: none"> <li>• MCR(methyl methyl-coenzyme M reductase): 메탄균의 메탄 생성 최종단계를 촉매하는 효소</li> </ul> </li> <li>- 젖소와 비육우의 일일 메탄 발생량을 각각 39.0%, 22.2% 저감               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-NOP 첨가수준, 사료 내 NDF 함량, 축종에 따라 유의적인 차이</li> </ul> </li> </ul>	X
해조류	바다고리풀 (홍조류, <i>Asparagopsis Taxiformis</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- James Cook 대학, 호주연방과학산업연구소(CSIRO)와 호주축산공사(MLA) 등에서 연구('14~)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 퓨처피드社를 설립(2020), 상용화(대량생산, 브로모폼 합성 등) 준비</li> </ul> </li> <li>- 브로모폼(Bromoform, CHBr3)의 메탄 생성 기전 저해</li> <li>- 젖소 사료 내 1% 첨가시 최대 67%, 비육우 사료 0.5% 첨가시 최대 80% 감소</li> </ul>	X
천연물	Mootral Ruminant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스코틀랜드 농촌 대학 연구센터, 남바이오택 공동연구</li> <li>- 젖소가 섭취하는 사료에 약 15g의 마늘과 감귤류 등의 첨가물 급여, 메탄 배출량 38% 이상 감소(VERRA(VCS방법론) 등록)</li> </ul>	X
천연물	Agolin Ruminant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스위스 Agolin사에서 개발한 축우용 보조사료(주성분: 에센셜 오일)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스타벅스 본사와 "탄소저감 우유" 생산·공급 협약</li> </ul> </li> <li>- 젖소: 메탄 저감율 8.8%/두, 10%/kg 유생산, 12.9%/건물섭취량</li> <li>- 온실가스 배출량 감소 효과 인증 획득(카본 트러스트2))</li> </ul>	X
화합물	질산염 (Nitrate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 Cargill사 개발 제품 판매 초기 단계(네덜란드, 벨기에)</li> <li>- 메탄 생성균의 수소 이용 억제를 통해 메탄 생성 저해</li> <li>- 젖소(우유) 급여평가: 메탄 저감율 11.8~29.4%</li> <li>- 반추위 미생물 질소 공급으로 단백질 보충 효과가 있으나, 아질산염 중독을 일으킬 가능성이 있음</li> </ul>	X
천연물	캐슈너트 추출물 (Cash Nut Shell Liquid)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본 Idemitsu社에서 CNSL을 이용하여 만든 제품, 반추동물 생산성 향상을 목적으로 판매 중(국내판매: 퓨오바이더스社)</li> <li>- 젖소(건유우) 급여평가: 메탄 저감율 19.3~38.3%</li> </ul>	○

(계속)

구분	사료(물질)명	특징	국내 상용화
천연물	아마씨 (Extruded linseed)	- 미국 Cargill사 개발, 아마씨의 불포화지방산 수소 이용으로 메탄 저감 - 젓소 거세우(육성기) 사료 내 3.8% 첨가 급여 시 15% 메탄 저감 - 온실가스 배출량 감소 효과 입증 획득(카본 트러스트, 2021)	○
해조류	구멍갈파래	- 제주테크노파크 생물종다양성연구소, (주) 이انس, 건국대학교 공동연구 - 갈파래 30~45%, 탄닌 30~35%, MSG 13~18%, 복합생균제 7~10%, 설당 3~4%, 식염 2~3%를 포함한 사료 첨가제(특허(10-2021-0186991, 2022)) - 메탄 발생량 평균 28% 감소(홀스타인 육성우 약 15~30%, 한우 최대 38%) - 유지방, 유량, 증체량 등 생산성 향상 및 젓소 대사성 질병(유열, 골다공증) 예방 효과	X
천연물	알린(Alliin) + 베르베린(Berberine)	- CJ 피드엔케어(CJ 제일제당 사료·축산 독립법인) 개발 사료 - 황화디알릴 0.05%, 질산염 0.1%, 베르베린 0.05%, 유칼립투스 오일 0.1% 등 - 착유우에 25g/일 급여 시 23.1%, 50g/일 급여 시 36.6% 메탄 저감	○
천연물	천연물 2종	- 경북 축산기술연구소와 KC피드 공동 개발(육성, 번식, 비육전기, 비육후기, 첨가제) - 거세 비육우에 천연물 2종을 혼합한 배합사료(특허출원 및 사료 성분등록 완료) 급여 시 메탄 발생량 23% 감소 - 증체량, 육질, 면역성분(IgG) 향상 등 생산성 개선 효과 확인	X

주 1) 베라(VERRA): 미국의 탄소배출권 인증 및 발행기구. 세계 최대 규모의 자발적 탄소 크레딧인 브이시에스(VCS)를 운영하는 비영리단체(NGO).

2) 카본 트러스트(Carbon Trust): 탄소 발자국(탄소 배출량) 검증 및 탄소 라벨링(품질 마크) 부여. 런던(본사), 베이징, 암스테르담, 싱가포르 및 워싱턴 DC 등에 지사를 두고 있는 글로벌 조직.

자료: 이유경(국립축산과학원 연구사)(2023. 5. 12.), 서면 자문을 통해 작성함.

## 가축분뇨 처리부문 온실가스 배출계수

〈부표 4-1〉 가축분뇨 처리부문 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출계수

단위: kg N<sub>2</sub>O N/kg N

분뇨처리 방법	개념	IPCC 배출계수		
		2006년	2019년	
목초지 이용 (Pasture/Range/Paddock)	목초지 등에 가축분뇨를 퇴적	-		
일일살포(Daily spread)	가축분뇨를 24시간 이내에 경작지나 목초지에 살포	0.000	0.000	
고체 저장(Solid storage)	가축분뇨를 일정 기간 저장	0.005	0.010	
건조 처리(Dry lot)	덮개가 없는 공간에 가축분뇨를 축적·건조시켜 주기적으로 제거	0.020	0.020	
액비화 시설(액체/슬러리) (Liquid/Slurry)	일정 기간동안 축사 외부 탱크 등에 분뇨를 액화상태로 저장	0.005	0.005	
분뇨처리 저류지 이용 (Uncovered anaerobic lagoon)	액화 처리 방법 중 하나로, 저류지에 분뇨를 액체 상태로 저장하고 상청액을 이용해 고체와 액체(관개용수로 활용)를 분리하여 처리	0.000	0.000	
축사 저장소 이용 (Pit storage below animal confinement)	폐쇄된 사육시설 바닥에 저장소를 만들고, 수분이 포함되지 않도록 분뇨 저장. 일반적으로 유기부유물(VS) 비율이 90% 이상일 때 저장소를 비움	0.002	0.002	
혐기성 소화 처리 (Anaerobic digester)	분뇨를 대형 탱크 또는 구덩이에 저장하여 무산소 상태로 분해시킴	0.000	0.0006	
연료 연소 (Burned for fuel)	분뇨를 햇볕에 말리고, 후에 연료로 사용 - 연료로 사용되는 경우에 '연료 연소'로 구분 - 연료로 연소되지 않는 경우에 '폐기물 소각'으로 구분	-	-	
깔짚 퇴적 처리 (Cattle and Swine deep bedding)	일정 기간 분뇨를 축적시키고, 습기를 흡수하기 위해 깔짚을 지속적으로 추가하는 형태	No mix	0.010	0.010
		mix	0.070	0.070

(계속)

분뇨처리 방법	개념	IPCC 배출계수		
		2006년	2019년	
통기식 퇴비화 (Composting in vessel)	밀폐된 관로에서 강제 통기 및 연속 혼합을 통해 퇴비화	0.006	0.006	
퇴적통기식 퇴비화 (Composting static pile)	분뇨를 퇴적시키고 관을 삽입하여 강제 통기를 통한 퇴비화 진행. 유출(runoff/leaching) 방지는 선택사항	0.006	0.010	
주기적 풍건 퇴비화 (Composting intensive windrow)	바람에 건조시키기 위한 분뇨 더미를 만들고, 주기적으로 섞어 퇴비화 진행	0.100	0.005	
간헐적 풍건 퇴비화 (Composting passive windrow)	바람에 건조시키기 위한 분뇨 더미를 만들고, 가끔 섞어 퇴비화 진행	0.010	0.005	
깔짚 있는 가금류 분뇨 (Poultry manure with litter)	대부분의 가금류 분뇨에 해당하며, 사육기간 동안에는 깔짚을 지속적으로 추가하고 이외의 기간에 청소를 하는 방식	0.001	0.001	
깔짚 없는 가금류 분뇨 (Poultry manure without litter)	축사에 축적된 분뇨를 건조하는 형태이며, 건조시키는 방법으로 바람을 이용한 풍건과 닭장 아래 설치된 분뇨 벨트를 통해 진행	0.001	0.001	
폭기 처리 (Aerobic treatment)	강제 또는 자연 통기를 통해 액체 분뇨를 산화시키며, 일반적으로 햇빛이 없는 기간 동안 무산소 상태로 진행	자연폭기	0.010	0.010
		강제폭기	0.005	0.005

자료: IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories를 바탕으로 연구진 작성.

〈부표 4-2〉 가축분뇨 처리부문 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출계수

축종	분뇨처리방법	1996년 IPCC 지침	2006년 IPCC 지침	2019년 IPCC 지침		
		(kg CH <sub>4</sub> /마리/년)	(kg CH <sub>4</sub> /마리/년)	(g CH <sub>4</sub> /kgVS)		
		한대	한대	한대	한대	
				디습	건조	
젖소	분뇨처리 저류지 이용	36	58	80.4	78.8	
	액화 처리 등			22.5	22.5	
	저장소 이용			3.2		
	건조 처리			1.6		
	일일살포			0.2		
	혐기성 소화 처리			3.2		
	연료 연소			16.1		
한육우	분뇨처리 저류지 이용	1	1	60.3	59.1	
	액화 처리 등			16.9	16.9	
	저장소 이용			2.4		
	건조 처리			1.2		
	일일살포			0.1		
	혐기성 소화 처리			2.4		
	연료 연소			12.1		
돼지	분뇨처리 저류지 이용	3	8 (12)	150.8	147.7	
	액화 처리 등 1개월 이상 유지			42.2	42.2	
	액화 처리 등 1개월 미만 유지			112.1	12.1	
	저장소 이용, 혐기성 소화 처리			6.0		
	건조 처리			3.0		
	일일살포			0.3		
	연료 연소			30.2		
양	저장소 이용	0.10	0.10	2.5		
	건조 처리			1.3		
염소	저장소 이용	0.11	0.11	2.4		
	건조 처리			1.2		
말	저장소 이용	1.09	1.09	4.0		
	건조 처리			2.0		
사슴	-	0.11	0.22	0.22		
가금	산란계(건조) (Layer dry)	0.078	-	0.03	-	
	산란계(습윤) (Layer wet)			1.2		
	육계, 오리			0.02		
	IPCC 2019 지침	분뇨처리 저류지 이용	-	-	130.7	128.0
		액화 처리 등 1개월 이상 유지			36.6	36.6
저장소 이용, 혐기성 소화 처리		5.2				
건조 처리, 연료 연소		2.6				

주 1) IPCC 2019 가이드라인에서는 가축분뇨 처리 방법에 따른 메탄 발생을 생산성에 따라 구분하였으며, 국내 배출계수와의 비교를 위하여 'high productivity'를 기준 수치를 이용함.

2) IPCC 2006 가이드라인에서는 가금류 종류별로 메탄 배출계수를 산정하였으나, IPCC 2019 가이드라인에서는 가금류 전체에 대해 가축분뇨 처리 방법별로 배출계수를 산정함.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》; 환경부(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침》; IPCC(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories를 바탕으로 연구진 작성.

## ‘사료 등의 기준 및 규격’ 개정 신·구조문대비표

현 행			개 정 안		
<p>사료 등의 기준 및 규격</p> <p>제2조(정의) 이 고시에서 사용되는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.</p> <p>1~5. (생략)</p> <p>6. (신설)</p> <p>7. (신설)</p> <p>제8조(사료공정의 설정 등) ① 법 제11조제1항에 따라 사료의 품질보장 및 안전성확보를 위한 사료의 일반적인 기준 및 규격은 별표 4와 같고, 단미사료의 품목별 기준 및 규격은 별표 5와 같으며, 보조사료의 품목별 기준 및 규격은 별표 6과 같다.</p> <p>②(생략)</p> <p>③~①(생략)</p> <p>[별표 15] 사료의 기타 표시사항(제10조제1호 관련)</p> <p>1. (생략)</p> <p>2. 표시방법</p> <p>가. ~다. (생략)</p> <p>1) 표시장소별 표시사항 및 활자크기</p>			<p>사료 등의 기준 및 규격</p> <p><b>제2조(정의) 이 고시에서 사용되는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.</b></p> <p>1~5. (생략)</p> <p><b>6. “메탄저감제”란 단미사료, 보조사료로 기준 및 규격이 설정된 물질 중 가축 장내발효로 발생하는 메탄을 일정 수준 이상 감축시킬 수 있다고 인정된 것을 말한다.</b></p> <p><b>7. “저메탄사료”란 “메탄저감제”를 가축의 성장단계에 따른 급여량 기준(용법)에 맞게 첨가하여 제조된 사료를 말한다.</b></p> <p>제8조(사료공정의 설정 등) ① 법 제11조제1항에 따라 사료의 품질보장 및 안전성확보를 위한 사료의 일반적인 기준 및 규격은 별표 4, 단미사료의 품목별 기준 및 규격은 별표 5, 보조사료의 품목별 기준 및 규격은 별표 6과 같고 <b>메탄저감제와 그 인정에 관한 기준은 별표 26과 같다.</b></p> <p>② &lt;삭 제&gt;</p> <p>③~①(생략)</p> <p>[별표 15] 사료의 기타 표시사항(제10조제1호 관련)</p> <p>1. (생략)</p> <p>2. 표시방법</p> <p>가. ~다. (생략)</p> <p>1) 표시장소별 표시사항 및 활자크기</p>		
표시장소	표시사항	활자크기 (포인트)	표시장소	표시사항	활자크기 (포인트)
주표시면 또는 일괄 표시면	①~⑤ (생략)	(생략)	주표시면 또는 일괄 표시면	①~⑤ (생략)	(생략)
	⑥ 사료의 용도	8 이상		⑥ <b>메탄저감제 첨가내용(해당 사항이 없으면 생략가능)</b>	8 이상
	⑦ 실제 중량	12 이상		⑦ <b>사료의 용도(메탄저감제인 경우 괄호안에 “메탄저감제”를 표시하고, 메탄저감제가 첨가된 경우에는 괄호안에 “저메</b>	8 이상
기타 표시면	(생략)	(생략)			

현 행	개 정 안		
<p>2) ~6) (생략) 7) (신설)</p> <p>바. ~버. (생략) 서. 강조 표시기준</p> <p>1)~5) (생략) 6) (신설)</p> <p>(이하 생략)</p> <p>[별표 26] (신설)</p>	표시장소	표시사항	활자크기 (포인트)
		<b>탄사료* 표시)</b> ⑥ 실제 중량 ⑦ 제조(수입)연월일 및 유통기간 또는 유통기한	12 이상 10 이상
	기타 표시면	(생략)	(생략)
	<p>2) ~6) (생략) 7) 메탄첨가제의 첨가내용은 [별표 26]의 메탄저감제(제품명)와 사용량(첨가비율)을 표시하여야 한다. 바. ~버. (생략) 서. 강조 표시기준</p> <p>1)~5) (생략) 6) <b>“메탄저감제”, “저메탄사료” 용어는 메탄저감을 위한 용도로 제조·수입·판매하는 경우에만 사용할 수 있으며, [별표 26]에 등록된 메탄저감제와 이를 첨가하여 제조한 사료에만 사용할 수 있다.</b></p> <p>(이하 생략)</p> <p><b>[별표 26] 저메탄사료와 그 인정에 관한 기준(제8조제1항 관련)</b></p> <p><b>1. 메탄저감제의 인정</b>            가. 메탄저감제는 국내 가축사양 실험을 통한 저감효과를 검증받아야 한다.            나. 사료의 메탄저감 효과는 농진청 국립축산과학원장이 정하는 방법을 통해 인정하며, 사료공정심의위원회 의결을 거쳐 메탄저감제로 등록할 수 있다.            다. 메탄저감제를 사용할 경우 가축의 건강 및 생산성에 유의적인 저하가 없어야 하며, 최종 축산물의 안전성에 영향을 미쳐서는 아니된다.            라. 메탄저감제는 국내에서 분석가능한 지표를 제시해야 하며, 정량분석을 통한 품질관리가 가능해야 한다.            마. 인정물질에 대한 새로운 과학적 발견이나 문제가 발생할 경우, 재평가하여 효능의 조정 또는 물질의 취소가 가능하다.</p> <p><b>2. 메탄저감제의 기준 및 평가방법</b>            가. 저감효과 : 관행적인 사료급여(대조구) 대비 10% 이상 유의적인 메탄저감 효과가 검증되어야 한다.            나. 평가수단 : 국제적으로 인정받은 호흡대사챔버(Respiration Chamber), 그린피드(GreenFeed)</p>		

현행	개정안																		
	<p>장비에 의한 대상 축종의 국내 실험 결과만 인정하며, 타 축종의 실험결과를 확대 적용할 수 없다(예시 : 비육우 실험결과는 비육우만, 염소 실험은 염소만 인정)</p> <p>다. 실험기관 : 나.에서 설명하는 장비(또는 실험방법)에 의한 실험이 가능한 대학, 연구소 등. 다만 객관성 확보를 위해 자사 제품 또는 자사 보유 장비를 이용하여 제품을 평가한 경우에는 타 기관의 평가 결과를 인정한다.</p> <p>라. 메탄저감제는 원료명이 아닌 제품명으로 등록해야 한다.(예시: 3-NOP(X), Bovaer(O))</p> <p>마. 사료의 메탄저감 효과 평가에 대한 세부지침은 농진청 국립축산과학원장이 정하는 바를 따른다.</p> <p><b>3. 저메탄사료의 인정</b></p> <p>가. 메탄저감제를 가축의 성장단계에 따른 급여량 기준에 맞게 첨가한 사료만 저메탄사료로 인정하며, 저메탄사료로 표시할 수 있다.</p> <p>나. 저메탄사료를 제조·수입·판매할 경우에는 사료관리법 제27조제1항에 의거 생산량·판매량을 보고해야 하며, 배합사료는 한국사료협회와 농협경제지주에 실적을 제출하고, 단미·보조사료는 한국단미사료협회에 실적을 제출해야 한다.</p> <p><b>4. 메탄저감제의 종류</b></p> <table border="1" data-bbox="654 957 1099 1073"> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>사료의 종류</th> <th>사료의 명칭</th> <th>제품명</th> <th>사료내 첨가 기준</th> <th>사용 축종</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	번호	사료의 종류	사료의 명칭	제품명	사료내 첨가 기준	사용 축종	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
번호	사료의 종류	사료의 명칭	제품명	사료내 첨가 기준	사용 축종														
1	-	-	-	-	-														
2	-	-	-	-	-														

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr>), 사료 등의 기준 및 규격, 검색일: 2023. 10. 10.



## 축산농가 온실가스 감축 기술 수용성 조사표 : 한우농가 예시

KREI  
한국농촌경제연구원

ID

--	--	--

### 축산농가 온실가스 감축 기술 수용성 조사 : 한우

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 대한민국 국무총리 소속 정부 출연연구기관입니다.

한국농촌경제연구원에서는 국가 2050 국가 탄소중립을 위한 축산분야 온실가스 감축 목표 달성을 위해 우리나라 축산농가를 대상으로 저탄소 축산업에 대한 인식, 온실가스 감축 기술의 장애요인과 현장 적용 방안, 온실가스 감축 기술에 대한 농가 수용성을 조사하고 있습니다.

본 설문에 응답하신 내용은 연구 이외의 목적으로는 일체 사용되지 않고 개별 농가 정보는 공개되지 않을 것이며, 통계법 제33조(비밀의 보호), 제34조(통계종사자의 의무)에 의해 비밀이 보장됩니다.

바쁘시겠지만 설문조사에 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

귀 농장의 조사 참여가 축산분야 정책 수립에 귀중한 자료로 활용될 것입니다. 현행 제도의 문제점 및 개선 방향 정립을 위한 조사이니 그 중요성을 생각하시어 꼭 참여를 부탁드립니다.

2023. 7.

연구 주관기관 : 한국농촌경제연구원

조사 진행 관련 문의 :

실무 담당 :

조사기관

(☎)

- ※ 해당 농가의 시설 및 경영현황 등 농가의 세부사항에 대해 응답해 주실 수 있는 농장주 또는 관리자급이 응답해 주시기 바랍니다.
- ※ 특별한 안내 사항이 없는 한 모든 질문에 답해 주시면 감사하겠습니다.
- ※ 개별 농가 정보는 절대 공개되지 않으며, 전체 통계산출을 위해 활용되므로 응답해 주시기 바랍니다.
- ※ 각 문항별로 제시된 연도를 기준으로 답하여 주시고, 특별한 기준 연도가 없는 경우 2022년 기준으로 응답해 주십시오.
- ※ 작성에 대한 기준 및 유의사항이 있는 경우는 각 문항에 있는 【작성지침】을 참고해 주시기 바랍니다.

Q1. 귀 농가의 대표 축종을 선택해 주세요(단일선택) ( )

- ① 한우                      ② 젖소                      ③ 돼지  
④ 산란계                    ⑤ 육계

## 1. 농가 및 사육현황

### 1. 농가 및 사육현황 (현재 기준)

1) 농장주 성명 ( )	( )	2) 농장주 연령	출생년도 : ( )년
3) 사육 경력 ( )	① 5년 이하    ② 6~10년 ③ 11~15년    ④ 16~20년 ⑤ 21년 이상	4) 농가유형 ( )	① 일관경영(번식+비육) ② 비육경영 ③ 번식경영(송아지 생산)
5) 사육 마리수	평균 사육 마리수 ( )마리	6) 인력현황	① 가족인력(본인포함) ( )명 ② 고용인력 ( )명
7) 농장주소	( )도/광역시, ( )시/군 세부주소:		

### 2. 생산성 지표 (2022년 평균)

구분	항목	응답란	항목	응답란
비육우 (일관 및 비육경영 작성)	비육우 출하 체중	( )kg	육질 1등급 이상 출현율	( )%
	비육우 출하 월령	( )개월령		
번식우 (일관 및 번식경영 작성)	번식우 평균 도태 산차	( )산	초산월령	( )개월령
	평균 분만간격	( )일		

**【작성지침】** 비육우 출하 월령 : 번식암소 도태를 제외한 거세우, 암소비육우, 비거세우 출하 월령 입력

**【작성지침】** 평균 산차 : 현재 경산우의 평균 산차를 기입해 주세요.

### 3. 가축분뇨 처리 방법 (해당 부분 모두 ✓)

구분	자가 처리			1차 자가 처리 후 위탁 처리			위탁 처리	
가축분뇨 처리주체	( )			( )			( )	
가축분뇨 자가 처리 방법	퇴비화 ( )	액비화 ( )	정화처리 ( )	신재생에너지			기타 ( )	
				고체연료 ( )	바이오차 ( )	바이오가스 ( )		
가축분뇨 위탁 처리 주체	민간 퇴액비 유통전문조직 (퇴액비생산·유통)	공동자원화시설 (농축합, 영농조합 등)	공공처리시설 (사군, 환경부)	민간 신재생에너지 생산시설 (고체연료, 바이오차, 바이오가스)			기타 ( )	
	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	

**【작성지침】** 공동자원화시설: 농식품부 소관 시설로 주로 농축합·영농조합법인 등이 운영하며, 주로 퇴·액비를 생산하며, 일부 시설에서는 바이오가스를 생산함.

**【작성지침】** 공공처리시설: 환경부 소관 시설로 주로 지자체가 운영하며, 주로 정화 처리하며, 일부 시설에서는 바이오가스를 생산함.

### 4. 축산업과 관련된 환경문제에 대해 심각(중요)하다고 생각하는 항목은 높은 점수에, 덜 심각하다고 생각되는 항목은 낮은 점수에 응답해 주시기 바랍니다.

항목	← 심각성(중요도) →				
	낮음 전혀 심각하지 않음(1점)	심각하지 않음(2점)	보통 (3점)	심각 (4점)	높음 매우 심각 (5점)
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제					
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제					
3) 가축의 장내발효 및 가축분뇨 처리 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제					
4) 축산악취 문제					

## 2. 축산분야 온실가스 감축 기술

### 축산업과 탄소중립

최근 이상기후로 세계 각지에서 폭염·홍수 등으로 인한 인명·재산피해 발생하고 있습니다.

기후 위기에 대응하기 위해 우리나라를 비롯한 세계 130개가 넘는 국가가 탄소중립 목표를 선언했습니다.

우리나라 농축산부문에서 배출되는 온실가스량은 국가 전체의 3% 정도에 불과하나, 축산업은 농축산부문 배출량의 약 50%를 배출하고 있어 온실가스 주요 배출원으로 지적되고 있습니다.

- 벼재배 면적 감소 등으로 농업분야에서 배출되는 온실가스는 감소하고 있습니다. 그러나 축산업은 가축 사육 마릿수 증가로 온실가스 배출량이 지속해서 증가하고 있습니다.

- 우리나라는 국제메탄협약 가입으로 2030년까지 2020년 대비 메탄 배출량 30%를 감축해야 합니다. 축산업의 메탄 배출량은 우리나라 전체의 약 23%를 차지하고 있어서 축산분야의 감축 노력이 중요합니다.

### 1. 축산분야 온실가스 감축 기술별 도입 현황과 향후 도입 의향은 어떠하십니까?

온실가스 감축 기술		도입 현황			향후 도입 및 도입유지 의향		
		도입	일부 도입	미도입	있음	없음	잘 모름
사양 관리	비육기간 단축(조기출하, 단기비육)						
	저메탄 사료 급여						
	적정단백질 사료 급여(저단백 사료 급여)						
	부산물 사료 급여						
	(조사료 제외 건물량 기준 대체율 20% 이상)						
	자가 조사료 생산 및 급여						
가축 분뇨 관리	농가	생산성 향상 ICT 장비 도입 (자동급이기, 사료빈·음수관리기 등)					
		통풍식 발효시설(강제공기공급)					
	위탁	교반식 발효시설(기계교반, 콤포스트)					
		깔짚관리(로터리 교반 등)					
신재생에너지 생산 (농가 운영)	기타	신재생에너지 생산 위탁처리업체에 반출 (고체연료, 바이오차, 바이오가스 등)					
		태양광 패널 설치					
		바이오가스 생산					
		가축분 고체연료 생산시설					
기타	기타	가축분 바이오차					
		저탄소 인증자재 사용					
		빛을 재활용 기술					
기타	기타	지열 히트펌프 시스템					

※ ICT(정보통신기술) 장비는 단순히 자동화된 기계를 의미하는 것이 아니며, 가축 사육 과정의 데이터 수집 및 자동-원격제어가 가능한 장비

· ICT(정보통신기술) 장비 : 외부환경(온도, 습도, 풍속, 풍향 등) 및 내부환경(온도, 습도, 약취 등)의 센싱을 위한 모니터링 장비, 생체정보(발정 탐지기, 분만탐지기, 활동량 측정기, 체온·체중 측정기 등), ICT 급이기(자동급이기, 송이저 자동 포유기, 음수관리기, 사료빈 관리기), 통합케어시스템, 경영관리 소프트웨어 등

※ 저메탄 사료 : "메탄저감제"를 가축의 성장단계에 따른 급여량 기준(용법)에 맞게 첨가하여 제조된 사료  
(메탄저감제 : 단미사료, 보조사료로 기준 및 규격이 설정된 물질 중 가축 장내발효로 발생하는 메탄을 일정 수준 이상 감축시킬 수 있다고 인정된 것)

※ 적정단백질 사료 : 가축의 성장에 필요한 만큼의 단백질을 공급하여, 분뇨로 배출되는 과잉 양분을 줄이는 사료  
(저단백 사료 : 고신분 단백질 수준(적정 단백질 사료)보다 하향 급여로 분뇨 질소 배출량 저감)

2. 축산농가에서 생각하는 축산분야 온실가스 감축 기술별 도입의 “효과”는 어떻게 평가하십니까??

온실가스 감축 기술		온실가스 감축 효과 (효과성)				
		매우낮음 1점	낮음 2점	보통 3점	높음 4점	매우높음 5점
사양 관리		비육기간 단축(조기출하, 단기비육)				
		저메탄 사료 급여				
		적정단백질 사료 급여(저단백 사료 급여)				
		부산물 사료 급여(조시료 제외 건물 대체)				
		자가 조사료 생산 및 급여				
가축 분뇨 관리	농가	생산성 향상 ICT 장비 도입(자동급이기 등)				
		통풍식 발효시설(강제공기공급)				
	위탁	교반식 발효시설(기계교반, 콤포스트) 깔짚관리(모터리 교반 등) 신재생에너지 생산 위탁처리업체에 반출				
신재생에너지 생산 (농가 운영)		태양광 패널 설치				
		바이오가스 생산				
		가축분 고체연료 생산시설 가축분 바이오차				
기타		저탄소 인증자재 사용				
		빛물 재활용 기술				
		지열 히트펌프 시스템				

3. 축산농가에서 생각하는 축산분야 온실가스 감축 기술별 도입을 위한 “비용”은 어떻게 예상되십니까?

온실가스 감축 기술		기술 도입을 위한 비용 지출 (비용부담)				
		매우적음 1점	적음 2점	보통 3점	많음 4점	매우많음 5점
사양 관리		비육기간 단축(조기출하, 단기비육)				
		저메탄 사료 급여				
		적정단백질 사료 급여(저단백 사료 급여)				
		부산물 사료 급여(조시료 제외 건물 대체)				
		자가 조사료 생산 및 급여				
가축 분뇨 관리	농가	생산성 향상 ICT 장비 도입(자동급이기 등)				
		통풍식 발효시설(강제공기공급)				
	위탁	교반식 발효시설(기계교반, 콤포스트) 깔짚관리(모터리 교반 등) 신재생에너지 생산 위탁처리업체에 반출				
신재생에너지 생산 (농가 운영)		태양광 패널 설치				
		바이오가스 생산				
		가축분 고체연료 생산시설 가축분 바이오차				
기타		저탄소 인증자재 사용				
		빛물 재활용 기술				
		지열 히트펌프 시스템				

- ※ 매우 적음: 축산농가가 개별 설치·도입하는데 추가로 소요되는 비용 거의 없음.
- ※ 적음: 축산농가가 개별 설치·도입하는데 추가로 소요되는 비용이 있으나, 부담은 없는 수준임.
- ※ 보통: 추가 비용이 소요되나, 축산농가 단계에서 개별 설치·도입이 가능한 수준임.
- ※ 많음: 비용이 많이 소요되나, 정부의 지원(융자 및 일부 보조금)을 받을 경우 설치·도입이 가능함.
- ※ 매우 많음: 정부의 지원(융자 및 일부 보조금)을 받더라도 개별 축산농가가 설치할 수 없을 정도로 비용이 많이 소요됨.

※ 다음은 축산분야 온실가스 감축 기술 도입·운영에 있어서 제약요인에 대한 문항입니다. 미도입 농가 및 현재 도입·운영 중인 농가 모두 응답 부탁드립니다.

- 도입 농가의 경우 : 도입 및 운영에 있어서 애로사항, 도입 확대의 제약요인
- 미도입 농가의 경우 : 도입하지 않는 이유, 도입에 있어서 제약요인

4.1. [사료 변경] 한우 사육에 온실가스 감축을 위한 사료 변경(저메탄 사료, 적정단백질 사료 등)에 대한 제약요인은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: (     ), 2순위: (     )

- ① 온실가스 감축 사료가 무엇인지 모름
- ② 온실가스 감축 사료 판매처가 없음
- ③ 생산성 저하(월령 대비 도체중 감소)
- ④ 육질등급 저하
- ⑤ 경영비(사료비) 상승
- ⑥ 온실가스 감축 사료의 영양성분 부족
- ⑦ 가축 폐사율 증가
- ⑧ 가축이 잘 먹지 않음(사료 기호성 저하)
- ⑨ 온실가스 감축 사료의 효과가 검증되지 않음
- ⑩ 기타(     )

4.2. [비육기간 단축] 한우 사육에 「비육기간 단축(조기출하)」에 대한 제약요인은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: (     ), 2순위: (     )

- ① 판매시 도체중 감소
- ② 육질등급 저하
- ③ 육량등급 저하
- ④ 비육기간 단축을 위한 사양관리 프로그램 부재
- ⑤ 비육기간 단축에 적합한 품종(혈통) 부재
- ⑥ 기타(     )

4.3. [장비·시설 도입] 한우농가에서 온실가스 감축을 위한 장비·시설 도입(ICT장비, 신재생에너지 생산 설비, 가축분뇨 처리시설(공포스트 등))에 대한 제약요인은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: (     ), 2순위: (     )

- ① 해당 기술을 잘 모름
- ② 판매 및 설치업체 없음
- ③ 초기 설치비 부담
- ④ 경영비(시설비, 수리비, 전기료 등) 상승
- ⑤ 사용방법 및 유지관리 어려움
- ⑥ 장비·시설의 도입 효과 적음(도입 필요성 낮음)
- ⑦ 해당 축사의 구조상 설치 어려움(축사 노후화, 축사형태, 토지부족 등)
- ⑧ 기타(     )

4.4. [가축분뇨 위탁] 가축분뇨를 이용해 신재생에너지(바이오차, 고체연료, 바이오가스) 생산하는 업체에 가축분뇨를 위탁하는데 제약요인은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: (     ), 2순위: (     )

- ① 해당 시설을 잘 모름
- ② 인근에 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산업체 없음
- ③ 해당 시설의 가축분뇨 수거 비용 비쌈
- ④ 가축분뇨를 위탁 처리할 필요가 없음
- ⑤ 기타(     )

### 3. 기타 축산업 관련 문항

1. 우리나라 축산업의 지속을 위해 축산분야 온실가스 배출 감소의 필요성은 어느 정도로 생각하십니까? ( )

- ① 매우 필요함    ② 필요함    ③ 보통    ④ 필요 없음    ⑤ 전혀 필요 없음.

1.1. 위의 1. 문항에서 “① 매우 필요함, ② 필요함, ③ 보통”에 응답한 경우 응답

※ 축산업에 적정단백질 사료 등 온실가스 감축 기술 도입에 대해 많은 농가들이 생산성 감소나, 경영비 증가를 우려하고 있습니다.

1.1.1. 축산분야 온실가스 배출 감소가 필요한 경우 생산성이 최대 어느 수준까지 감소해도 온실가스 감축 기술을 도입하겠습니까? ( % ) ( 0%~100%의 숫자로 입력 부탁드립니다).

【작성지침】 예시 : (i) 현재 생산성을 유지하는 수준에서 필요하다면 0%, (ii) 생산성이 최대 5% 감소해도 기술을 도입함, (iii) 생산성이 최대 10% 감소해도 기술을 도입함.

1.1.2. 축산분야 온실가스 배출 감소가 필요한 경우 경영비가 최대 어느 수준까지 증가해도 온실가스 감축 기술을 도입하겠습니까? ( % ) ( 0%~100%로 입력 부탁드립니다).


【작성지침】 예시 : (i) 현재 경영비를 유지하는 수준에서 필요하다면 0%, (ii) 경영비가 최대 5% 증가해도 기술을 도입함, (iii) 경영비가 최대 10% 증가해도 기술을 도입함.

2. 축산분야 온실가스 감축을 위해 정부가 노력해야 할 사항은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: ( ), 2순위: ( )

- ① 온실가스 감축 기술 도입 유도를 위한 인센티브 제공
- ② 온실가스 감축 기술 도입에 따른 생산성 저하나, 수익 감소분 지원
- ③ 온실가스 감축 기술 도입에 따른 시설 및 장비의 초기 투자비나 경영비 증가분 지원
- ④ 온실가스 감축의 필요성 및 사회적 공감대 형성을 위한 교육 및 홍보 강화
- ⑤ 온실가스 감축 기술 관련 전문업체 육성(설치 및 판매 업체 등 확대)
- ⑥ 온실가스 감축 기술의 개발 및 효과향상(사용 및 이용관리 방법 개선 등)
- ⑦ 온실가스 감축을 위한 시설·장비 설치를 위한 규제 완화(건폐율, 축사증축 등)
- ⑧ 저탄소 축산물 판로확보 지원 및 시장 차별화
- ⑨ 기타( )

3. 귀 농장은 향후 “저탄소 축산물 인증제”에 참여할 의향이 있습니까? ( )

	<p>저탄소 축산물인증                  ※ 현재 정부에서는 “저탄소 축산물 인증제 시범사업”을 한우농가를 대상으로 추진하고 있으며, 추후 낙농, 양돈, 가금 등 축종으로 확대될 예정입니다.                  - 축산물 생산과정에 저탄소 축산기술을 적용하여 온실가스 배출량을 줄인 농가에 인증하는 제도로, 인증 농가에서 출하된 축산물에 대해 저탄소 인증마크를 표시                  - 저탄소 축산물 인증취득을 희망하는 농가에 인증취득을 위한 일련의 과정을 지원</p>
---	---

- ① 있음    ② 없음    ③ 잘 모르겠음.

4. 축산업 관련 인증제 참여 여부(현재 2023년 기준)

인증제 구분	현재 참여 여부	현재 미참여(x) 시 응답(미참여 농가만 한곳 응답)		
		과거 참여했다가 현재는 참여하지 않음	향후 참여 계획 있음	향후 참여계획 없음(관심 없음)
1) 환경친화 축산농장	①참여 ②미참여	①	②	③
2) 깨끗한 축산농장	①참여 ②미참여	①	②	③
3) 동물복지인증	①참여 ②미참여	①	②	③
4) 유기축산물 인증	①참여 ②미참여	①	②	③
5) HACCP 인증	①참여 ②미참여	①	②	③
6) 무항생제 축산물	①참여 ②미참여	①	②	③
7) 방목생태 축산농장	①참여 ②미참여	①	②	③

[To prog : 참여여부=② 선택한 경우만 과거 참여 여부/참여 의향여부 입력하게 해주세요]

5. 가축 사육에서의 어려운 점은 무엇입니까?

(중요도에 따라 최대 2순위까지 응답, 1순위만 응답 가능) 1순위: (     ), 2순위: (     )

- ① 경영비 상승(사료비 등)      ② 노동력 부족                      ③ 가축분뇨 처리
- ④ 약취인원                      ⑤ 방역관리(가축질병 발생)      ⑥ 온실가스 배출문제
- ⑦ 축산업에 대한 규제 강화(사육제한 등)      ⑧ 기타(                                      )

6. 향후 5년 내에 경영 확대 또는 축소 계획이 있습니까? (     )

- ① 확대 및 증산                      ② 현상 유지                      ③ 축소 및 감산                      ④ 폐업

**조사에 응해 주셔서 대단히 감사합니다.**

**[조사 참여 및 개인정보 동의서]**

**[개인정보 수집 항목]**

응답자 일반사항(이름, 연락처, 출생년도 등)

**[개인정보 수집 목적]**

조사 완료 후 검증 및 사후조사를 위한 응답자 정보 DB 구축

**[개인정보 보유 및 이용기간]**

상기 「개인정보의 수집·이용목적」을 달성하는데 필요한 기간 동안에 한하여 보유 및 이용됩니다. 다만, 수집 및 이용 목적이 달성된 경우에도 다른 법령 등에 의하여 보관의 필요성이 있는 경우에는 개인정보를 보관할 수 있습니다.

■ 본인은 위 사항들을 이해하였고, 조사 대상으로 참여하며 개인정보 제공에 동의합니다.

- 동의함                       동의 안함

[To prog : 1.동의한 경우만 아래 응답자 페이지 응답되게 해주세요]

응답자 정보	응답자 이름 : <b>Name</b>	
	연락처 : <b>Tel</b>	
조사원 및 조사 일시	이름 :	조사 일시 <b>data</b> : 2021년 ____ 월 ____ 일
	조사 장소 : ① 농장 사무실/관리사                      ② 농장 내 사무실/관리사 외 장소	
	③ 농장 밖의 별도 장소 (                                      )	

[To prog : 모바일조사에는 조사원 및 조사일시 부분은 Skip 처리해주세요]

## 온실가스 감축 기술 관련 축산농가 조사 결과

□ 축종별 온실가스 감축 기술별 농가 도입 의향

〈부표 7-1〉 한우 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향

단위: 빈도(%)

구분		한우(N=203)		
		있음	없음	잘 모름
사양관리	비육기간 단축	75(36.9)	82(40.4)	46(22.7)
	저메탄사료 급이	49(24.1)	86(42.4)	68(33.5)
	적정단백질 사료 급이	72(35.5)	73(36.0)	58(28.6)
	부산물 사료 급이	57(28.1)	89(43.8)	57(28.1)
	자가 조사료 생산/급이	106(52.2)	71(35.0)	26(12.8)
	생산성 향상 ICT장비 도입	78(38.4)	91(44.8)	34(16.7)
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	67(33.0)	97(47.8)	39(19.2)
	교반식 발효시설	42(20.7)	116(57.1)	45(22.2)
	갈짚관리	110(54.2)	67(33.0)	26(12.8)
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	23(11.3)	115(56.7)	65(32.0)
신재생에너지	태양광 패널 설치	68(33.5)	105(51.7)	30(14.8)
	바이오가스 생산	17(8.4)	136(67.0)	50(24.6)
	가축분 고체연료 생산시설	19(9.4)	135(66.5)	49(24.1)
	가축분 바이오차	13(6.4)	135(66.5)	55(27.1)
기타	저탄소 인증자재 사용	39(19.2)	102(50.2)	62(30.5)
	빗물 재활용 기술	23(11.3)	127(62.6)	53(26.1)
	지열 히트펌프 시스템	20(9.9)	124(61.1)	59(29.1)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.



〈부표 7-2〉 젖소 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향

단위: 빈도(%)

구분	젖소(N=101)			
	있음	없음	잘 모름	
사양관리	저메탄사료 급이	33(32.7)	22(21.8)	46(45.5)
	적정단백질 사료 급이	42(41.6)	23(22.8)	36(35.6)
	부산물 사료 급이	29(28.7)	35(34.7)	37(36.6)
	자가 조사료 생산/급이	54(53.5)	34(33.7)	13(12.9)
	생산성 향상 ICT장비 도입	54(53.5)	27(26.7)	20(19.8)
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	26(25.7)	59(58.4)	16(15.8)
	교반식 발효시설	31(30.7)	57(56.4)	13(12.9)
	깔짚관리	68(67.3)	27(26.7)	6(5.9)
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	20(19.8)	58(57.4)	23(22.8)
신재생에너지	태양광 패널 설치	37(36.6)	55(54.5)	9(8.9)
	바이오가스 생산	10(9.9)	74(73.3)	17(16.8)
	가축분 고체연료 생산시설	12(11.9)	74(73.3)	15(14.9)
	가축분 바이오차	10(9.9)	73(72.3)	18(17.8)
기타	저탄소 인증자재 사용	24(23.8)	51(50.5)	26(25.7)
	빛물 재활용 기술	22(21.8)	60(59.4)	19(18.8)
	지열 히트펌프 시스템	19(18.8)	64(63.4)	18(17.8)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부표 7-3〉 돼지 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향

단위: 빈도(%)

구분	돼지(N=104)			
	있음	없음	잘 모름	
사양관리	저메탄사료 급이	28(26.9)	36(34.6)	40(38.5)
	적정단백질 사료 급이	42(40.4)	35(33.7)	27(26.0)
	생산성 향상 ICT장비 도입	54(51.9)	31(29.8)	19(18.3)
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	44(42.3)	50(48.1)	10(9.6)
	교반식 발효시설	35(33.7)	61(58.7)	8(7.7)
	정화처리	46(44.2)	54(51.9)	4(3.8)
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	25(24.0)	60(57.7)	19(18.3)
신재생에너지	태양광 패널 설치	26(25.0)	73(70.2)	5(4.8)
	바이오가스 생산	15(14.4)	80(76.9)	9(8.7)
	가축분 고체연료 생산시설	19(18.3)	76(73.1)	9(8.7)
	가축분 바이오차	15(14.4)	79(76.0)	10(9.6)
기타	저탄소 인증자재 사용	33(31.7)	46(44.2)	25(24.0)
	빛물 재활용 기술	26(25.0)	63(60.6)	15(14.4)
	지열 히트펌프 시스템	21(20.2)	67(64.4)	16(15.4)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부표 7-4〉 육계 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향

단위: 빈도(%)

구분		육계(N=101)		
		있음	없음	잘 모름
사양관리	적정단백질 사료 급여	34(33.7)	33(32.7)	34(33.7)
	생산성 향상 ICT장비 도입	59(58.4)	28(27.7)	14(13.9)
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	28(27.7)	49(48.5)	24(23.8)
	교반식 발효시설	16(15.8)	58(57.4)	27(26.7)
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	26(25.7)	48(47.5)	27(26.7)
신재생에너지	태양광 패널 설치	35(34.7)	57(56.4)	9(8.9)
	바이오가스 생산	11(10.9)	68(67.3)	22(21.8)
	가축분 고체연료 생산시설	14(13.9)	66(65.3)	21(20.8)
	가축분 바이오차	13(12.9)	65(64.4)	23(22.8)
기타	저탄소 인증자재 사용	15(14.9)	60(59.4)	26(25.7)
	빗물 재활용 기술	13(12.9)	72(71.3)	16(15.8)
	지열 히트펌프 시스템	15(14.9)	70(69.3)	16(15.8)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부표 7-5〉 산란계 농가의 온실가스 감축기술 도입 의향

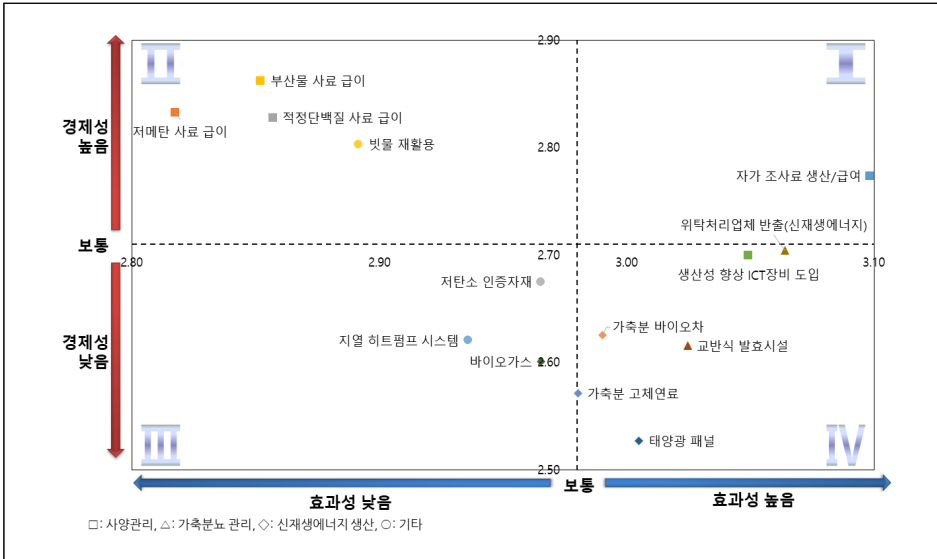
단위: 빈도(%)

구분		산란계(N=100)		
		있음	없음	잘 모름
사양관리	적정단백질 사료 급여	35(35.0)	37(37.0)	28(28.0)
	생산성 향상 ICT장비 도입	56(56.0)	29(29.0)	15(15.0)
가축분뇨 관리	통풍식 발효시설	36(36.0)	51(51.0)	13(13.0)
	교반식 발효시설	39(39.0)	51(51.0)	10(10.0)
	위탁처리업체 반출(신재생에너지)	21(21.0)	53(53.0)	26(26.0)
신재생에너지	태양광 패널 설치	36(36.0)	52(52.0)	12(12.0)
	바이오가스 생산	11(11.0)	65(65.0)	24(24.0)
	가축분 고체연료 생산시설	17(17.0)	64(64.0)	19(19.0)
	가축분 바이오차	11(11.0)	65(65.0)	24(24.0)
기타	저탄소 인증자재 사용	22(22.0)	53(53.0)	25(25.0)
	빗물 재활용 기술	20(20.0)	56(56.0)	24(24.0)
	지열 히트펌프 시스템	23(23.0)	54(54.0)	23(23.0)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

## □ 축종별 온실가스 감축 기술별 효과성 및 경제성 인식

### <부도 7-1> 한우 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성



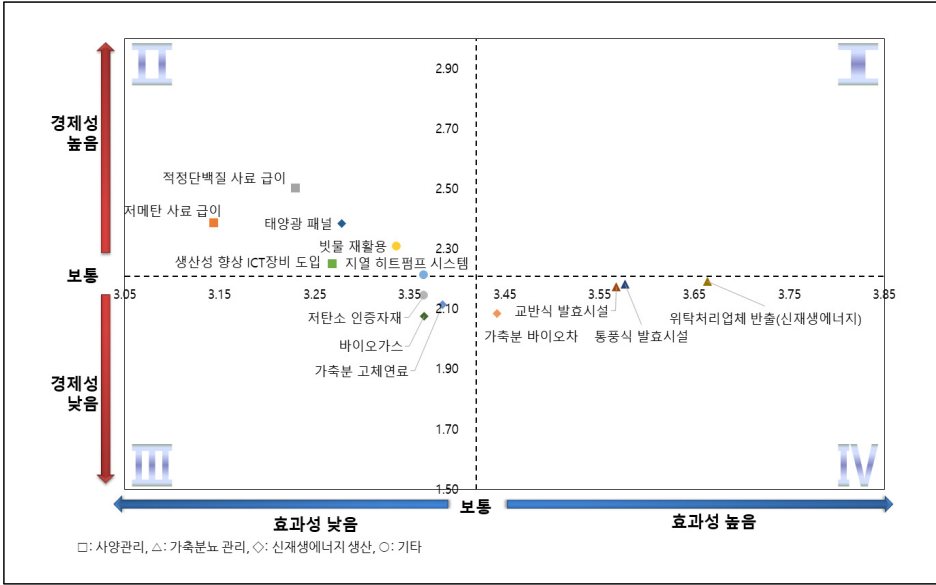
자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

### <부도 7-2> 젖소 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식



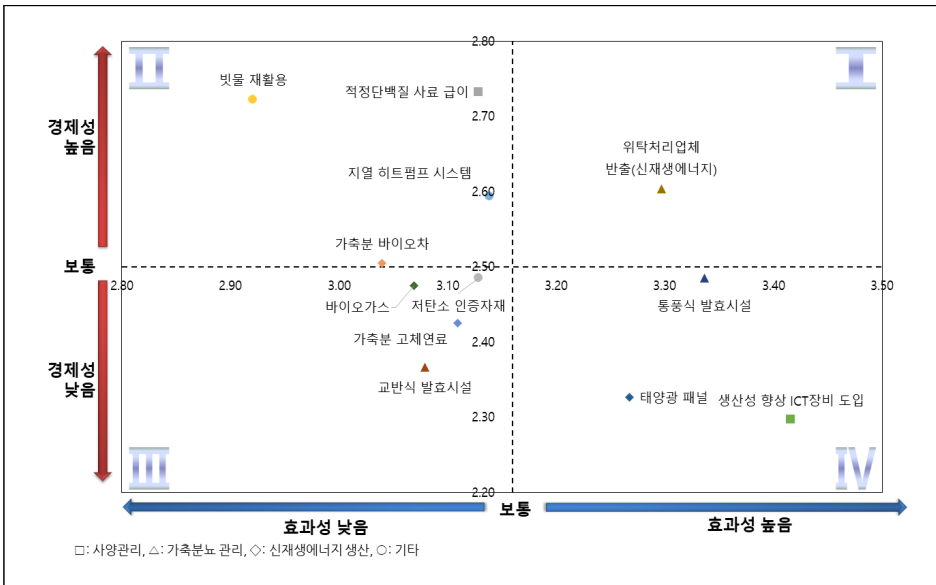
자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부도 7-3〉 돼지 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식



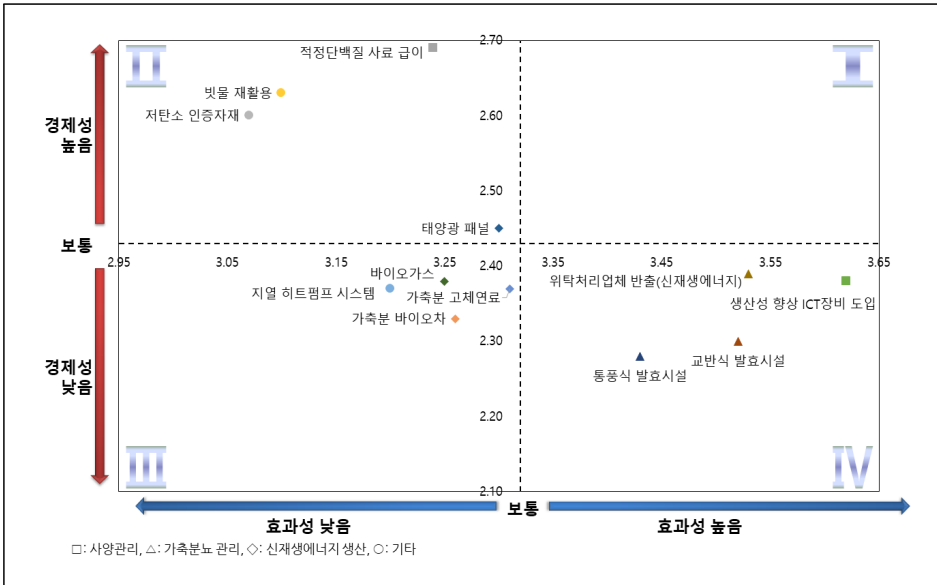
자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부도 7-4〉 육계 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성 인식



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

〈부도 7-5〉 산란계 농가의 온실가스 감축기술별 효과성 및 경제성



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 축종별 표본농가 조사 결과를 이용해 작성함.

- 관계부처 합동(2021), 《2050 탄소중립 시나리오안》.
- \_\_\_\_\_ (2023), 《탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 요약》.
- 국립환경과학원(2022), 《오염총량관리기술지침》.
- 권오상·정학균(2021), “가축·비료부문 양분 생성 저감의 경제적 효과”, 《농촌경제》 44(3): 27-52, 한국농촌경제연구원.
- 김경훈·이건모·이성대(2018), 《축산 부문 온실가스 주발생원의 국내 적용가능 배출계수 개발 및 산정방법 고도화》, PJ011762, 농촌진흥청.
- 김경훈·정유심·김필주(2017), 《농업부문 온실가스 감축효과 산정을 위한 경종 및 축산부문 배출계수와 검증 가이드라인 개발》, 농림축산식품부.
- 김성진·이현우·이상현·이재영·한승훈·DONG Zhanfeng·정성운(2021), “중국의 2060 탄소중립 추진전략 연구”, 《경제·인문사회연구회 중국종합연구총서 21-84-11》, 대외경제정책연구원.
- 김창길·정학균·임평은·김태훈(2015), 《양분총량제 도입방안 연구》, 환경부·농림축산식품부.
- 김현중·박성진·김태후·강수진(2018), 《가축분뇨처리 사업군 심층평가》, E18-2018-2, 한국농촌경제연구원.
- 낙농진흥회(각 연도), 《낙농통계연감》.
- 노용환·남상호(2006), 《한국경제의 소득재분배 효과분석: 사회회계행렬을 이용한 접근》, 한국은행 금융경제연구원.
- 농림축산식품부(2021), 《2050 탄소중립 추진전략(2021.12)》.
- \_\_\_\_\_ (2022), 《농축산식품 주요통계 2022》.
- \_\_\_\_\_ (2023), 《2023년 가축분뇨처리지원사업 시행지침》.
- \_\_\_\_\_ (2024), 《축산부문 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략》.
- \_\_\_\_\_ (각 연도), 《기타가축통계》.
- 농촌진흥청(2008), 《가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정》.
- \_\_\_\_\_ (2018), 《농업기술길잡이 3 돼지기르기》.
- 대한한돈협회(2018), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2017년 전산성적 2019 수급전망》.

- \_\_\_\_\_ (2020), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2019년 전산성적 2021 수급전망》.
- \_\_\_\_\_ (2021), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2020년 전산성적 2022 수급전망》.
- \_\_\_\_\_ (2022), 《한돈팜스 전국 한돈농가 2021년 전산성적 2023 수급전망》.
- 민간기업·출연연 합동(2023), 《기업·출연연 참여 CCUS 산업·기술혁신 추진(안)》.
- 박규현·안성모·박유성·이근영·김윤숙·정연주(2022), 《전과정 측면에서 한우의 환경적·산업적 특징 연구》, 강원대 산학협력단.
- 박영석·강구상·장영욱·김승현·이효진(2021), “국제사회의 탄소중립 정책 방향과 시사점”, 《오늘의 세계경제》 21(1): 1-15, 대외경제정책연구원.
- 박유성·연성모·박규현(2020), “가축 분뇨처리 방법별 전과정 온실가스 배출계수 개발 연구”, 《대한환경공학회지》 42(12): 637-644, 대한환경공학회.
- 백명기·김유용·김경훈·김현진·김법균·공창수·오준표·주원석(2021), 《환경부담 저감 사료 개발·보급을 위한 정책 방안 연구 용역과제 최종 보고서》.
- 신동천(1999), 《국제무역의 연산균형분석》, 세경사.
- 안지현·임현·최문정·박창현·이해림·지수영·정보배(2021), 《2020년 기술수준평가》, 기관 2020-058, 한국과학기술기획평가원.
- 우병준·김현중·박성진·서강철(2018), 《축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2 차년도)》, R864, 한국농촌경제연구원.
- 우병준·김현중·서강철·정세미(2016), 《국민경제를 고려한 미래 축산정책 개선방안 연구》, C2016-15, 한국농촌경제연구원.
- 우병준·김현중·석준호·김명수(2019), 《축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(2/2 차년도)》, R896, 한국농촌경제연구원.
- 이명기·이용건·김정승·이두영·김재현·권오상·이승호·용희원(2023), 《한국 농업 특화 CGE 농업경제분석 모형 개발 기초 연구》, M178, 한국농촌경제연구원.
- 이민아·이구용(2021), 《주요국 탄소중립 기술정책 동향(II): 기후정상회의 이후 G7 국가 기술정책 분석 및 국내 정책 방향성 제언》, 녹색기술센터.
- 이용건(2019), “한국낙농에 있어서 요소투입구조와 기술진보에 관한 계량경제학적 연구”, 일본 북해도대학.
- \_\_\_\_\_ (2020), 《낙농산업의 환경 영향 평가》, W53, 한국농촌경제연구원.
- \_\_\_\_\_ (2021), “소의 온실가스 배출 저감, 저메탄사료만이 해결책인가?”, 《KREI논단》, 한국농촌경제연구원.

- \_\_\_\_\_ (2022), “일본의 축산분야 온실가스 감축 기술 동향과 시사점”, 《한국농촌경제연구원 e-세계농업》 22(14), 한국농촌경제연구원.
- \_\_\_\_\_ (2023), “기후변화 대응과 축산업 발전방향”, 《월간낙농육우》 10월호: 105-112, 한국낙농육우협회.
- 이용건·정민국·최진용(2022), “탄소중립시대, 축산업 발전 방향”, 《농업전망 2022》, 한국농촌경제연구원.
- 이유경(2022), 《축산분야 탄소중립 농업기술개발 현황과 전망》, 한국농식품정책학회 하계학술대회 발표자료.
- 일본 농림수산성(2021), 《농림수산성 지구온난화 대책계획의 개요》.
- \_\_\_\_\_ (각 연도), 《축산물생산비통계》.
- 일본 농연기구(NARO)(2020), 《지구 온난화 대책의 요구에 대응한 일본의 가축 생산》 연구 성과 발표회(2020.12.18.) 자료.
- 일본 축산환경정비기구(2017), 《축산분야 지구온난화완화기술 리뷰 보고서》.
- 전의찬·박태균·강성민·김승진·이동은·노준영·김고은·김성동·방상균·양은경(2022), 《저탄소축산물 인증제 도입 연구》, 세종대학교 산학협력단.
- 정민국(2023), “농업부문 탄소중립 의미와 농업인의 자세”, 《KREI 논단》, 한국농촌경제연구원.
- 정민국·이명기·황윤재·김윤희·김현중·이용건(2011), 《축산업 선진화 방안 연구》, C2011-24, 한국농촌경제연구원.
- 정민국·이상민·이용건·정선화(2021), 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(1/3차년도)》, R941, 한국농촌경제연구원.
- 정민국·이용건·최진용(2021), 《축산업의 환경 영향 분석과 정책과제》, R929, 한국농촌경제연구원.
- 정민국·임영아·강경수(2020), 《경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안》, R899, 한국농촌경제연구원.
- 정민국·허덕·이명기·김윤희·이형우·김현중·이용건(2013), 《지역단위 가축분뇨의 자원순환 모델 개발》, PJ007818, 농촌진흥청 용역과제.
- 정학균·임영아·성재훈·이현정·이길재(2019), 《농축산식품분야 온실가스 감축사업 및 제도 현황》, R861, 한국농촌경제연구원.
- 조을생·이소라·윤영만·신동원·황보은(2019), 《지속가능성을 고려한 가축분뇨관리 정책



- 방안 연구》, KEI 연구보고서 2019-09, 한국환경정책·평가연구원.
- 지인배·송우진·김진년·이용건(2013), 《축산업의 외부효과와 정책방안》, R710, 한국농촌경제연구원.
- 최동윤·양승학·박규현·조성백·황옥화·곽정훈(2010), 《가축분뇨 처리과정의 온실가스 배출량 저감 연구》, 국립축산과학원.
- 최현진(2022. “국내외 탄소중립 관련 정책 및 기술 동향”, 《공업화학전망》 25(2): 1-7.
- 축산물품질평가원(2023a), 《저탄소 농축산물 인증제 인증기준》.
- \_\_\_\_\_(2023b), 《2023년 상반기 저탄소 축산물인증 희망농가 모집 결과》.
- \_\_\_\_\_(각 연도), 《등급판정통계연보》.
- 통계청(각 연도), 《가축동향조사》.
- \_\_\_\_\_(각 연도), 《축산물생산비통계》.
- 한국농수산식품유통공사(2022), 《주요국 농식품 분야 탄소중립 현황 조사》.
- 한국농촌경제연구원(2023), 《KREI-KASMO 2022》.
- \_\_\_\_\_(2023), 《농업전망 2023: 농업·농촌의 혁신과 미래》.
- \_\_\_\_\_(각 연도), 《식품수급표》.
- 한국에너지기술연구원(2021), 《주요국의 기후변화대응 정책 동향》.
- 환경부 온실가스종합정보센터(2019), 《2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서》.
- \_\_\_\_\_(2022), 《2021년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》.
- \_\_\_\_\_(2023), 《2022년 국가 온실가스 인벤토리 보고서》.
- 환경부(2022), 《2020년도 가축분뇨공공처리시설 설치 및 운영현황》.
- \_\_\_\_\_(2023), 《2023 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침-제13차 개정-》.
- Burfisher, M. E.(2021), “Introduction to computable general equilibrium models”, Cambridge University Press.
- Dijkstra, J., A. Bannink, J. France, E. Kebreab, & S. Van Gastelen(2018), “Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type”, Journal of dairy science 101(10): 9041-9047.
- Eckard, R. J., C. Grainger & C. A. M. De Klein(2010), “Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. Livestock

- science”, *Livestock Science* 130(1-3): 47-56.
- EU(2020), EU Climate Target Plan 2030.
- European Commission(2021), “Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol(Bovaer®10) for ruminants for milkproduction and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd)”, *EFSA Journal* 19(11): 6905.
- France Ministère Écologie Énergie Territoires(2020), PLAN D’ACTION CLIMAT DU MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE.
- Gouvernement of France(2022), France 2030: one year of action to live better, produce better and understand better.
- IPCC(1996), *Climate Change 1995*.
- \_\_\_\_\_(2007), *Climate Change 2014*.
- \_\_\_\_\_(2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- \_\_\_\_\_(2023), *Climate Change 2023*.
- Italy MASE(2021), STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA.
- Löfgren, H., R. L. Harris, & S. Robinson(2002), “A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS (Vol. 5)”, *Intl Food Policy Res Inst*.
- Nisbet, E. G., R. E. Fisher, D. Lowry, J. L. France, G. Allen, S. Bakkaloglu & G. Zazzeri(2020), “Methane mitigation: methods to reduce emissions, on the path to the Paris agreement”, *Reviews of Geophysics* 58(1).
- UK(2023), Carbon Budget Delivery Plan.
- Vellinga, T. V., & M. De Vries(2018), “Effectiveness of climate change mitigation options considering the amount of meat produced in dairy systems”, *Agricultural Systems*, 162: 136-144.
- White House(2021), The Long term Strategy of the U.S.: Pathways to Net-zero Greenhouse Gas Emission by 2050.

<온라인 자료>

- 국가기상위성센터 홈페이지(<https://nmsc.kma.go.kr/homepage/html/base/cmm/selectPage.do?page=static.satellite.greenHouseGasTab>), 온실가스 소개, 검색일: 2023. 2. 1.
- 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr>), 사료 등의 기준 및 규격, 검색일: 2023. 10. 10.
- \_\_\_\_\_(<https://www.law.go.kr>), 축산법, 가축분뇨법, 탄소중립법, 검색일: 2023. 5. 17.
- 국제가축기록위원회(ICAR) 홈페이지(<https://my.icar.org/stats/list>), 검색일: 2023. 9. 17.
- 농림축산식품부 맞춤형 농식품사업 안내서비스 홈페이지(<https://uni.agrix.go.kr/docs/7/customizedNew/introduce/IntroduceMain.do>), 검색일: 2023. 5. 15.
- 농사로 홈페이지(<https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psg/psga/psgaa/exhstwonUnitCalc.ps?menuId=PS03132>), 가축분뇨배출원단위, 검색일: 2023. 5. 15.
- 배출권시장 정보플랫폼 홈페이지(<https://ets.krx.co.kr/>), KRX운영리포트, 검색일: 2023. 10. 17.
- 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>), 검색일: 2023. 5. 21.
- 탄소중립 정책포털 홈페이지(<https://www.gihoo.or.kr/netzero>), 검색일: 2023. 10. 15.
- 환경부 공고([https://www.me.go.kr/home/web/policy\\_data/read.do?pagerOffset=23&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.toInpYmd=null&condition.fromInpYmd=null&condition.orderSeqId=6856&condition.rnSeq=397&condition.deleteYn=N&condition.deptNm=null&seq=7981](https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=23&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.toInpYmd=null&condition.fromInpYmd=null&condition.orderSeqId=6856&condition.rnSeq=397&condition.deleteYn=N&condition.deptNm=null&seq=7981)), 가축분뇨 배출원단위(환경부공고 제2022-444호), 검색일: 2023. 8. 15.
- 환경부 온실가스종합정보센터 홈페이지(<http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36>), 검색일: 2023. 2. 5.
- 환경부 홈페이지(<https://www.me.go.kr/home/web/main.do>), 검색일: 2023. 5. 15.
- Canada's 2030 Emission Reduction Plan(<https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/emissions-reduction-2030/plan.html>), 검색일: 2023. 11. 14.
- e-나라지표([https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1475](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1475)), 가축분뇨 발생량 및 처리현황, 검색일: 2023. 5. 15.
- Government of Canada website(<https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/healthy-environment-healthy>

-economy/annex-climate-smart-agriculture.html). 검색일: 2023. 11. 14.  
IPCC 홈페이지(<https://www.ipcc.ch/IPCC>), 검색일: 2023. 2. 1.  
Net Zero Tracker(<https://zerotracker.net/>), 검색일: 2023. 5. 17.  
NREL(<https://www.nrel.gov/index.html>), 검색일: 2023. 10. 30.  
Our World in data(<https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions?tab=table>),  
Greenhouse Gas Emission, 검색일: 2023. 5. 17.  
Planbureau voor de Leefomgeving(<https://www.pbl.nl/nieuws/2021/pbl-publiceert-quickscan-van-twee-beleidspakketten-voor-het-vervolg-van-de-structurele-aanpak-stikstof>), 검색일: 2023. 10. 10.

<보도자료>

농림축산식품부 보도자료(2021. 12. 16.), “세계 최초, 쇠(牛)똥으로 쇠(鐵)를 만든다”.

\_\_\_\_\_ (2021. 9. 6.), “가축분뇨 에너지화 등 처리방식 다양화를 통해 탄소중립 추진”.

\_\_\_\_\_ (2022. 10. 18.), “가축분 바이오차로 축산업의 탄소중립 구현하다”.

\_\_\_\_\_ (2022. 4. 12.), “농식품부, 소(牛) 사육기간 단축을 위해 팔 걷어 붙인다”.

\_\_\_\_\_ (2023. 3. 15.), “탄소중립 시대, 가축분뇨의 다양한 활용을 통해 해결한다”.

\_\_\_\_\_ (2023. 7. 6.), “국내 최초 저탄소 인증 한우농가 27개소 탄생!”.

한국농어민신문 보도자료(2019. 7. 2.), “가축분뇨 배출원단위 재산정할 때가 됐다”.

환경부 보도자료(2022. 4. 27.), “2050년까지 최대 생산량의 80% 이상 바이오가스 의무 생산”.

AP 보도자료(2023. 3. 16.), “Populist Farmer Citizen Movement Wins Big in Dutch Election”.

BBC 보도자료(2022. 7. 29.), “Why Dutch farmers are protesting over emissions cuts”.



# KREI

www.krei.re.kr

## 탄소중립 실현을 위한 가축 사육단계 온실가스 감축 방안

Research on Greenhouse Gas Reduction Measures at the  
Livestock Production Stage to Achieve Carbon Neutrality

한국농촌경제연구원

전라남도 나주시 빛가람로 601  
T. 1833-5500 F. 061) 820-2211



9 791161 496481  
ISBN 979-11-6149-648-1