

R 929 | 2021. 10. |

축산업 환경영향 분석과 정책과제

Environmental impact of livestock industry
: Analysis and policy tasks

정민국 이용건 최진용



한국농촌경제연구원

R 929 | 2021. 10. |

축산업 환경영향 분석과 정책과제

Environmental impact of livestock industry
: Analysis and policy tasks

정민국 이용건 최진용



한국농촌경제연구원

연구 담당

정민국 | 선임연구위원 | 연구 총괄, 제1~6장 집필

이용건 | 부연구위원 | 제1, 4, 5장, 부록 집필

최진용 | 연구원 | 제2, 3, 4장, 부록 집필

엄지범 | 순천대학교 | 일본사례 조사

지인배 | 동국대학교 | 소비자 조사결과 WTP 분석

연구보고 R929

축산업 환경영향 분석과 정책과제

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2021. 10.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 지아이지인

I S B N | 979-11-6149-512-5 93520

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

우리나라 축산업은 생산성 향상 등을 통해 지속적으로 성장해 왔으며, 축산농가의 소득 향상과 더불어 국민의 영양 공급 등 국민경제에 긍정적인 역할을 수행하였다. 반면 축산업으로 인한 수질오염, 악취, 온실가스 배출, 토양의 양분 과잉 등 환경문제는 축산업 성장을 제약하고, 사회적인 갈등도 야기하고 있다.

축산업에서 야기되는 환경문제는 축산업 규제 강화로 이어지고 있다. 축산농가의 정화시설 방류수 수질 기준이 강화되고 있으며, 지방자치단체의 조례에서 정하는 가축사육 제한 거리도 환경부 고시보다 훨씬 넓게 적용하고 있다. 그리고 퇴비의 유통도 부숙이 완료되거나 부숙 후기 수준에 도달해야 가능하도록 퇴비의 부숙도 기준도 강화되었다.

축산업이 지속가능하게 발전하기 위해서는 축산업 경쟁력 강화뿐만 아니라 환경과 조화로운 축산으로의 전환이 반드시 이루어져야 한다. 따라서 현재 추진 중인 축산환경정책에 대한 전반적인 검토와 함께 국내 축산업이 수질, 대기, 악취 등 환경에 미치는 영향을 분석하여 축산업의 지속가능한 발전을 위한 대응과제를 모색할 필요가 있다.

이 연구는 축산업이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 축산환경정책 추진 현황과 외국의 축산환경정책을 종합적으로 검토하여 환경과 조화로운 축산업 발전을 위한 정책과제를 도출하는 데 목적이 있다.

이 연구의 결과가 축산업의 지속가능성을 높이고 정부의 친환경축산정책 수립에 참고자료로 활용되기를 기대한다. 자료 수집에 협조해주신 정부 관계자와 설문조사에 참여해주신 축산농가 및 소비자 여러분께 감사드린다. 그리고 연구에 참여하거나 자문에 응해주신 원내·외 전문가 여러분께도 감사드린다.

2021. 10.

한국농촌경제연구원장 김 홍 상

요 약

연구 목적

- 축산업은 생산성 향상과 비용 절감 등을 통해 지속적으로 성장하여 왔으나 축산업으로 인한 수질 오염, 악취, 온실가스 배출 등 환경문제는 축산업 성장을 제약하고 사회적인 갈등도 야기하고 있다. 축산업이 지속가능하게 발전되기 위해서는 축산업 경쟁력 강화뿐만 아니라 환경과 조화로운 축산으로의 전환이 반드시 이루어져야 한다. 이 연구는 축산업이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 축산 환경정책 추진 현황과 외국의 축산 환경정책을 종합적으로 검토하여 환경과 조화로운 축산업 발전을 위한 정책과제를 도출하는 데 목적이 있다.

연구 방법

- 이 연구의 축산환경 문제와 규제 현황을 파악하기 위하여, 환경부 환경통계포털 및 관련 보고서를 이용하였으며, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 등 관련 법률을 검토하였다. 축산환경 문제 및 규제·정책에 대한 이해관계자 인식 조사를 위해 축산농가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 그리고 축산업 환경영향 분석을 위하여 환경산업연관표 작성 및 이를 이용한 환경산업연관분석을 실시하였으며, 가축의 사육관리 변화와 생산성 향상이 축산 환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 가축 생애 전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA)를 시행하였다.
- 마지막으로 한국농촌경제연구원과 대통령 직속 농어업·농어촌 특별위원회 공동으로 개최된 좌담회, 농촌진흥청 축산과학원과의 공동 세미나, 그리고 원내 결과검토세미나 등에서 원내·외 관련 전문가들의 의견을 수렴하여 지속가능한 축산업의 발전 방향 및 정책과제를 도출하고자 하였다.

연구 결과

- 축산업 생산액이 농업생산액에서 차지하는 비중은 2010년 38.2%(17조 4,910억 원)에서 2019년 39.8%(19조 7,710억 원)로 확대되었으며, 축산농가의 소득도 같은 기간 동안 4,218만 원에서 7,547만 원으로 78.9% 증가하여 농가소득 증가에 크게 기여하였다. 동 기간 동안 증가한 가축분뇨 발생량은 대부분 퇴·액비로 자원화되어 토양에 환원되었으나, 자원화 과정에서 악취 문제, 토양의 양분 초과, 수질 오염원, 그리고 온실가스 배출 등 다양한 환경문제는 규제 강화로 이어져 축산업의 성장을 제약하고 있다.
- 「가축분뇨의 이용 및 관리에 관한 법률(가축분뇨법)」 제정(2006년) 이후 정부의 축산환경정책은 정화 후 방류에서 자원화로 전환되었다. 가축분뇨의 자원화를 통한 ‘자연순환농업 정책(2006년)’이 추진되었으며, ‘지속가능한 친환경 축산 종합대책(2014년)’ 등 축산환경부담을 줄이는 다양한 친환경 정책 또한 추진되었다. 농림축산식품부와 환경부의 축산환경 관련법 비교 분석 결과, 「축산법」과 「가축분뇨법」의 가축 마리당 사육 면적이 다르며, 「비료관리법」과 「가축분뇨법」의 퇴·액비 공정규격에서 중금속 허용 범위가 달랐다. 그리고 농림축산식품부와 환경부가 별도로 가축분뇨 관리프로그램을 운영하는 등 가축분뇨 관리체계가 이원화되어 있었다.
- 축산업의 환경문제에 대한 이해관계자의 인식조사 결과, 일반 국민들은 축산업 환경문제에 대해서 심각하게 받아들이고 있었지만, 축산농가는 심각하게 받아들이지 않아 일반 국민과 축산농가의 축산환경오염에 대한 인식에는 다소 차이가 있었다. 축산농가의 정부 축산환경 규제 및 정책에 대한 만족도는

전반적으로 낮게 나타나 축산농가의 축산 환경문제에 대한 인식 개선과 더불어 정책 수용성을 높이기 위한 축산농가 대상 교육과 컨설팅이 강화될 필요가 있었다. 일반 국민 축산악취 경험자(871명) 대부분이 축산악취에 상당한 불편감을 느끼고 있는 것으로 조사되었으며, 축산농가는 축산악취 개선을 위해 응답자의 45.3%가 비용을 부담할 의향이 있는 것으로 조사되었다.

- 축산환경정책 관련 해외사례 검토 결과, EU에서는 토양 및 수질오염을 관리하는 방법으로 질산염 지침에 따라 1ha당 170kg의 질소 배출만 허용하고 있으며, 강우 등으로 인한 비점오염을 막기 위해 시비 금지 기간 설정 및 분뇨 저장시설을 의무화하고 있다. 그리고 가축분뇨로 인한 온실가스 발생에 대응하는 방법의 하나로 분뇨를 이용한 바이오가스 생산을 지원하고 있다. 특히 민간의 바이오가스 생산을 장려하기 위하여 많은 EU 회원국들이 발전차액지원제도(FIT)를 시행하고 있었다. 그리고 축산악취 대응과 관련하여 우리나라와 마찬가지로 주거밀집지역으로부터 일정 거리 이내에 축사 설치를 제한하고 있었다.
- 환경산업연관표를 이용하여 축산업의 환경영향을 분석한 결과, 축산업 온실가스 배출량은 2018년 기준 951만 톤이며, 온실가스 비용이 축산업 생산액에서 차지하는 비중은 1.1% 수준이다. 온실가스 발생량은 한우산업에서 494만 톤이 발생하여 가장 많았다. 그리고 축산업의 암모니아 배출량은 23만 2천 톤이며, 축산악취 비용이 축산업 생산액에서 차지하는 비중은 3.2~3.8% 수준이다. 축산업의 암모니아 배출량은 양돈산업이 46.1%를 차지하여 가장 많이 발생하고 있었다.

○ 축산업 사양관리 변화가 환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 가축 생애 전과정평가(LCA)를 실시한 결과, 온실가스 감축을 위해 한우 거세우의 출하월령을 30개월령에서 28개월령으로 비육 기간을 2개월 단축하였을 경우 온실가스 배출 감소량(CO₂ 환산)은 마리당 237.3kg였으며, 젖소의 초임월령을 18개월령에서 16개월령으로 2개월 앞당겨 육성 기간을 2개월 단축할 경우 온실가스 배출 감소량은 마리당 787.7kg인 것으로 분석되었다. 그리고 양돈 부문의 모든 두당 출하두수(MSY)가 현재 17.9두에서 유럽 수준인 25두로 향상되었을 때 돼지고기 필요량 대비 모든 수 감축으로 양돈산업 전체 온실가스 배출량은 9만 4천 톤 감소하는 것으로 분석되었다.

○ 가축 생애 전과정평가 분석 결과를 종합하여 살펴보면, 양돈 부문의 생산성 향상은 온실가스 감소와 더불어 사료비 절감으로 경제적 효과도 매우 크게 나타났다. 젖소의 경우도 육성 기간 단축 및 도태산차 연장은 온실가스 감소와 함께 사료비 및 감가상각비 절감으로 생산비 절감 효과도 큰 것으로 분석되었다. 다만 한우산업의 경우 비육 기간 단축이 온실가스 감축에는 크게 기여하지만 육질등급 하락과 도체중 감소로 손실이 발생하는 것으로 분석되어 사육 기간 단축을 통해 탄소 배출량을 감축하기 위해서는 손실 부분에 대상 보전방안 마련이 필요한 것으로 분석되었다.

정책 제언

○ 축산업은 양적인 측면에서 크게 성장하였으나 축산환경 문제로 축산환경 규제가 강화되고 있어 질적 발전을 통한 안정화 추구가 매우 중요한 과제로 부각되고 있다. 축산업에 대한 부정적인 영향을 줄이고 긍정적인 인식을 확보했을

때 축산업의 지속적인 발전도 가능하다. 따라서 축산업의 발전을 위해서는 축산환경규제 강화에 적극적으로 대응하고, 본질적으로는 축산업의 선진화를 통해 지속가능성을 높여 나가야 할 것이다.

- 먼저, 축산업 환경 규제 강화에 대응하기 위해서는 적극적인 제도개선이 필요한 것으로 분석되었다. 환경부의 「악취방지법」에 대응하여 농림축산식품부의 「축산법」에 축산악취 저감 시설 및 물질에 대한 내용이 포함되도록 규정화하고, 이러한 시설을 축사시설현대화사업 등 투융자 사업과 연계할 필요가 있다. 그리고 가축분뇨의 퇴·액비 공정규격의 중금속 허용기준치에 대해 두 부처의 상호 조정이 필요하며, 두 부처로 이원화되어 있는 가축분뇨 관리 체계도 일원화하거나 통합 관리할 필요가 있다.
- 다음으로 축산환경규제에 대응하여 기술개발을 강화하고 적극적인 보급이 이루어져야 할 것이다. 축산악취 문제 해결을 위한 악취저감기술과 방류수 수질 기준 강화에 대응할 수 있는 정화 기술개발이 필요하며, 개발된 기술이 현장에 알맞게 적용될 수 있도록 최적가용기법(Best Available technique: BAT)도 개발해야 한다. 축산농가의 환경문제 심각성에 대한 인지도 제고를 위한 교육 강화와 환경문제 해결을 위한 맞춤형 컨설팅을 추진해야 할 것이다. 그리고 지역 사회의 축산환경 문제 해결을 위해서는 축산농가들이 축산환경 문제를 비용으로 인식하도록 하는 것과 더불어 이해당사자들이 책임감을 가지고 참여 및 협력할 수 있는 지역단위 거버넌스 체계구축도 필요하다.
- 축산업이 지속가능하게 발전하려면 축산환경 규제에 대한 적극적인 대응뿐만 아니라 축산업의 생산 시스템 자체가 선진화되어야 한다. 이를 위해서는 먼저,

가축분뇨의 자원화를 통한 경축 순환 체계도 축산농가 중심에서 수요자인 경종 농가 중심으로 전환되어야 한다. 이를 위해서는 철저한 토양검사와 성분분석을 통해 경종 농가 맞춤형 퇴·액비 생산 시스템이 구축되어야 하며, 경지의 수용 능력을 고려한 가축분뇨 자원의 효율적인 배분 계획이 수립되어야 한다. 다음으로 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술을 반영한 스마트(smart) 축산기반 구축도 축산업의 선진화를 위해서는 반드시 필요하다. 스마트 축산 ICT 단지가 정보통신기술을 바탕으로 축산환경 문제와 방역 문제를 해결하고 지역산업의 발전동력으로 자리 잡을 수 있도록 스마트 축산 ICT 단지의 성공모델을 만들어 가는 것이 매우 중요한 과제이다.

- 마지막으로 축산부문의 온실가스 저감을 위해서는 먼저 축산업의 저메탄·저단백 사양관리 기술개발과 저탄소 축산물의 시장 차별화가 이루어져야 한다. 온실가스 배출량 감축을 위한 소비육 기간 단축을 위해서는 비육 기간의 경제성과 환경성을 고려한 최적 출하시기 결정 연구가 진행되어야 할 것이며, 저메탄·저단백 사료의 개발 및 보급도 활성화되어야 할 것이다. 가축의 생산성을 유지하면서 온실가스 발생량을 줄일 수 있는 사료배합 기술의 개선도 중요한 과제이다. 저탄소 축산물 생산이 관행 축산물 생산방식보다 비용이 많이 소요되거나 손실이 발생할 경우 저탄소 축산물 생산 확대를 위한 직불제 등 손실 보전방안 마련과 저탄소 축산물 인증제 도입도 추진되어야 할 것이다.
- 축산부문의 온실가스 발생에 대한 보다 적극적인 대응은 온실가스를 에너지로 전환하여 활용하는 것이다. 축산부문의 신재생에너지 생산 확대를 위해서는 경제성 확보가 무엇보다 중요하다. 현재 운영 중인 신재생에너지할당제(RPS)의 재생에너지 공급인증서(REC) 가중치 상향 조정과 신재생에너지 분야에 발전차액지원제도(FIT)를 도입하는 방안에 대해 적극적인 검토가 필요하다.

ABSTRACT

Environmental impact of livestock industry: Analysis and Policy tasks

Background and Purpose

- Livestock farming has consistently grown by increasing productivity and saving costs. However, problems it causes, such as water contamination, nasty smell, and greenhouse gas emissions, have limited its growth and triggered social conflicts. To make sustainable growth, it needs to enhance competitiveness and shift to an industry in harmony with the environment. This study aims to identify policy tasks for livestock farming's sustainable growth in balance with the environment by analyzing its impacts and looking comprehensively into the national and foreign states of livestock environment policies.

Research Methodology

- This study uses the Ministry of Environment's environmental statistics and reports to understand related issues and regulations. It looks at regulations, such as the Act on the Management and Use of Livestock Excreta. This research surveys livestock farmers and the general public to inspect stakeholders' awareness of environmental issues and regulations. It also draws up livestock-the environment linkage tables and conducts related analyses to check livestock farming's impacts. Moreover, this research implements a life-cycle assessment (LCA), to examine the impacts of changes in breeding

management and productivity improvement.

- Finally, this study tries to identify sustainable development directions and policy tasks by gathering opinions through various meetings, such as the discussion co-hosted by KREI and the Presidential Committee on Agriculture, Fisheries, and Rural Policy, the seminar between KREI and the Livestock Science Academy of the Rural Development Administration, and the internal session for achievement review.

Key Findings

- Livestock production's share in the total agricultural production increased from 38.2% (KRW17.491 trillion) in 2010 to 39.8% (KRW 19.771 trillion) in 2019. Livestock farmers' average income expanded by 78.9% from KRW 42.18 million to KRW 75.47 million during the same period. Most of the livestock manure generated during the period was converted into compost and liquefied fertilizers. However, environmental problems generated through the conversion, such as nasty smell, soil's extra nourishment, water contamination, and greenhouse gas emissions, triggered regulatory restrictions and consequently limited the growth of livestock farming.
- The government's livestock environmental policy shifted directions from release after purification to recycling after the establishment of the Act on the Management and Use of Livestock Excreta (afterward, the Livestock Excreta Act) in 2006. The government implemented

various measures to reduce livestock's environmental impacts, such as the natural circulation farming plan (2006) and the comprehensive plan for sustainable, eco-friendly livestock farming (2014). The analysis of various regulations for livestock farming established by the Ministry of Agriculture, Fisheries, and Rural Affairs (MAFRA) and the Ministry of Environment discovered that the breeding area per animal differed between the Livestock Industry Act and the Livestock Excreta Act. Also, the allowable range of heavy metals in the compost and liquefied manure process was different between the Fertilizer Control Act and the Livestock Excreta Act. The two Ministries operated different livestock manure management programs, indicating that manure management was not in a uniform manner.

- The survey of awareness on environmental issues showed that the general public was concerned about livestock's impacts. However, there was a gap in understanding between the public and livestock farmers, as the latter did not recognize the importance of livestock's environmental influences. Farmers were not satisfied with the government's regulations and policies to reduce livestock farming's environmental impacts. The result showed that the government should enhance training and consulting programs to improve their attitude toward environmental issues and understand its policy directions. 871 people who experienced nasty smells from livestock said they were very unpleasant with the odor. 45.3% of respondents from the livestock industry expressed their intention to bear costs to reduce the foul odor.

- According to the review on overseas policies for livestock farming, the European Union allows 170kg of nitrogen per hectare, following the nitrate guidelines to manage soil and water pollution. It also mandates setting a period of prohibiting fertilization and installing manure storage facilities to prevent non-point contamination. It also supports biogas production to respond to greenhouse gas emissions caused by cattle manure. In particular, many EU nations execute feed-in tariffs to encourage the private sector to produce biogas. To respond to stink from livestock farming, they prohibit setting up stock farming facilities within a certain distance from densely populated areas.
- The analysis of livestock farming's environmental impacts based on environmental industry-related tables showed that the greenhouse gas emissions caused by cattle farming amounted to 9.51 million tons, and the ratio of greenhouse gas costs from the entire livestock industry was 1.1%. The Hanwoo (Korean native beef) industry generated an immense amount of greenhouse gases (4.94 million tons). Also, the ammonia emissions from the industry amounted to 232,000 tons, and the cost ratio of the foul odor took 3.2~3.8% of the total industrial production. The pig industry took the most significant ammonia emissions with 46.1%.
- The life-cycle assessment to understand breeding management's impacts on the environment showed that greenhouse gas emissions

(converted to CO₂) would decrease to 237.3kg per Hanwoo bullock if its shipment advanced from 30 months to 28 months. In addition, if the time of the first pregnancy was advanced from 18 months to 16 months, greenhouse gas emissions would fall to 787.7kg per cow. Moreover, it was calculated that if the number of marketed pigs per sow per year (MSY) rose from 17.9 to 25—the level of European countries, the greenhouse gas emitted from the pig industry would reduce by 94,000 tons due to the decrease in the number of sows against pork needed for consumption.

- The result of the life-cycle assessment showed that better productivity in the pig industry would generate significant economic benefits from reduced greenhouse gas emissions and saved feed costs. For cows, the shortened breeding period and extended calving period would keep production costs in line with the reduction of greenhouse gas emissions and savings in feeding and depreciation costs. However, although the shortened fattening period for Hanwoo would contribute to decreasing greenhouse gas emissions, losses could occur due to decreases in meat quality and dressed weight. To reduce carbon emissions by shortening the breeding period, the government should prepare measures to make up for such losses.

Policy Suggestions

- Although the livestock industry has grown substantially, it needs to focus on progress in quality amid enhanced restrictions due to

environmental issues it has caused. It will be able to achieve sustainable growth when it reduces negative influences and secures a positive image. Therefore, the industry should respond actively to related regulations for progress down the road and raise sustainability by introducing advanced technologies.

- First of all, regulatory platforms need to be improved for the reduction of livestock farming's environmental impacts. In line with the Malodor Prevention Act enacted by the Ministry of Environment, MAFRA's Livestock Industry Act should specify facilities and substances to decrease livestock malodor. Moreover, the government needs to include such facilities in its investment and loan programs to modernize livestock facilities. The two Ministries have to adjust the allowable range of heavy metals in the compost and liquefied manure process. Moreover, they need to unify or integrate the livestock manure management system, which is currently operated differently.
- The livestock industry should strengthen technology development and spread newly-devised skills to respond to regulatory regimes. It is necessary to develop malodor reduction technologies to fix the problem and purifying technologies to respond to enhanced regulations on effluent standards. Also, the best available techniques (BAT) need to be developed for the application of developed skills. Training and consulting programs should be in place to raise farmers' awareness of environmental issues. It is necessary to set up a local governance system in which livestock farmers and other stakeholders

understand environmental problems as costs and participate in resolving those issues.

- The livestock industry needs to respond actively to regulations and advance its production system for sustainable progress. For the goal, the livestock circulation system through manure recycling should shift the focus from livestock farmers to general farmers—the users of recycled manure. The government should set up a compost and liquefied fertilizer production system customized for farmers based on thorough soil tests and component analysis. It also has to prepare an efficient distribution program in consideration of land capacities. Smart livestock technologies using high-tech ICT methods are inevitable for the industry's advancement. Developing successful smart ICT-based livestock complexes is an essential task to resolve environmental and quarantine problems the industry faces and help it become a driver for local growth.
- Lastly, technologies for low-methane breeding management should be developed to reduce greenhouse gas emissions and differentiated markets formed for low-carbon livestock products. There should be research to determine an optimal time for livestock shipping in consideration of costs and environmental impacts to reduce the fattening period to decrease greenhouse gas emissions. Also, the development and spread of low-methane feeds are essential. Feed mixing skills should be upgraded to maintain productivity while reducing gas emissions. If low-carbon production is costly or brings

about losses, the government needs to prepare loss compensation plans such as direct payment schemes to increase low-carbon livestock farming and introduce a certification system for low-carbon products.

- A more proactive response to greenhouse gas emissions is to convert the gases into energy. Economic feasibility is a vital factor in expanding renewable energy production in the livestock sector. Therefore, the government should examine ways to raise the weight of the Renewable Energy Certificates (RECs) in the Renewable Portfolio Standard (RPS), which is currently in operation, and introduce feed-in tariffs.

Researchers: Jeong Minkook, Lee Yonggeon, Choe Jinyong

Research period: 2021. 1. ~ 2021. 10.

E-mail address: mkjeong@krei.re.kr

차 례

제1장 서론	1
1. 연구 필요성과 목적	3
2. 선행연구 검토	6
3. 연구 범위와 방법	10
제2장 축산업 환경문제와 규제 현황	15
1. 축산환경의 개념적 정의 및 기본 원칙	17
2. 축산업의 환경문제 실태	19
3. 축산업 규제 현황	24
제3장 축산업 환경정책 추진실태 분석	33
1. 축산업 환경 관련 제도 변화	35
2. 축산업 환경 관련 주요 정책 추진실태	39
3. 농림축산식품부 ‘축산환경 개선’ 및 환경부 ‘가축분뇨 관리’ 기본계획 수립 비교 분석	51
4. 축산업 환경문제 및 규제·정책에 대한 이해관계자 인식조사	54
제4장 외국의 축산업 환경정책 추진실태와 시사점	65
1. EU의 축산업 환경정책	67
2. 일본의 축산업 환경정책	96
제5장 축산업의 환경영향 분석	109
1. 이론적 검토 및 분석방법	111
2. 축산업의 환경영향과 경제적 효과(환경산업연관분석)	121

3. 축산업의 사양관리 변화가 환경에 미치는 영향 평가 (가축 생애 전과정평가)	144
---	-----

제6장 분석결과의 종합 및 정책과제 167

1. 분석결과의 종합 및 축산업 발전 방향	169
2. 축산업의 환경규제 강화 대응과제	172
3. 축산부문 온실가스 감축을 위한 정책과제	179

부록

1. 가축사육 현황	185
2. 농가 및 소비자 설문조사	187
3. 축산악취 개선을 위한 국민의 지불의사금액 추정	201
4. 축산부문 축종별 투입계수와 경제적 파급효과	212
5. 가축 생애 전과정평가를 위한 기초자료	215

참고문헌 219

표 차례

제1장

〈표 1-1〉 농업에서의 축산업 위상	3
〈표 1-2〉 축산업 환경영향 분석을 위한 분야별 기초자료	11
〈표 1-3〉 환경산업연관표 작성 및 전과정평가 분석을 위한 자료	13

제2장

〈표 2-1〉 가축분뇨 발생량 및 이용 현황(농림축산식품부)	18
〈표 2-2〉 축산업의 환경오염 문제와 규제정책	19
〈표 2-3〉 축산악취 민원 발생 현황(2015~2019년)	20
〈표 2-4〉 축산악취 민원 발생 및 처리 현황(안성시 사례, 2020년 10월 기준)	20
〈표 2-5〉 농업·축산부문 온실가스 배출 현황	21
〈표 2-6〉 우리나라 지역별 양분수지 분석 결과	22
〈표 2-7〉 오염원별 배출부하량(2018년 기준)	23
〈표 2-8〉 가축분뇨 배출시설 특별점검 결과(2015~2018년)	23
〈표 2-9〉 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자 설치 정화시설의 방류수 수질기준	24
〈표 2-10〉 허가대상 및 신고대상 농가의 정화시설 방류수 수질기준	25
〈표 2-11〉 퇴비 및 액비화 기준	26
〈표 2-12〉 퇴비 및 액비의 부속도 판정 기준	26
〈표 2-13〉 「가축분뇨법」에서 규정하고 있는 가축사육 제한구역	27
〈표 2-14〉 주거밀집지역으로부터 사육 제한 거리	28
〈표 2-15〉 가축사육 제한구역(장수군 조례 제4조 관련)	29
〈표 2-16〉 한육우 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적	30
〈표 2-17〉 젖소 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적	31
〈표 2-18〉 돼지 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적	31
〈표 2-19〉 돼지 경영 형태별 마리당 적정 사육시설 면적	31
〈표 2-20〉 산란계 및 육계의 적정 사육시설 면적	32

제3장

〈표 3-1〉 축산환경 문제 관련 제도 및 기준의 변천과정	36
〈표 3-2〉 유기질비료 및 부산물비료에 대한 중금속의 위해성 기준(제10조제1항 관련)	37
〈표 3-3〉 환경친화축산농장 지정기준(농림축산식품부 고시)	38
〈표 3-4〉 축산농가 규모별 가축분뇨 관리 및 이용체계(2004. 11. 기준)	40
〈표 3-5〉 가축분뇨 자원화 추진 대책(2011 농림축산식품부)	41
〈표 3-6〉 ‘깨끗한 축산농장’ 지정 현황(2019. 4. 기준)	44
〈표 3-7〉 환경친화축산농장과 깨끗한 축산농장 지정조건 비교	45
〈표 3-8〉 가축분뇨처리지원사업의 내역사업별 지원 형태	46
〈표 3-9〉 축종별 축산농가 및 가축분뇨 처리시설의 축산악취개선사업 지원 한도(2021)	47
〈표 3-10〉 축산악취 단기 개선 사항(2020년)	48
〈표 3-11〉 지역별 축산악취 개선사례 및 성과(2020년)	49
〈표 3-12〉 시·도별 ‘가축분뇨관리 기본계획(2차)’ 주요 내용	51
〈표 3-13〉 축산환경개선 및 가축분뇨 관리 기본계획 수립 비교	52
〈표 3-14〉 응답자의 인구사회학적 특성	54
〈표 3-15〉 축산환경 문제별 민원 경험 여부	56
〈표 3-16〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식	56
〈표 3-17〉 축산농가의 축산업 환경규제 및 정책에 대한 만족도	57
〈표 3-18〉 축산업 규제에 대한 축산농가 체감도	58
〈표 3-19〉 축산업 환경문제에 대한 국민들의 심각성 인식 정도	62
〈표 3-20〉 축산업 환경문제 심각성 인식 차이	63

제4장

〈표 4-1〉 돼지용 BAT 맞춤형 사료의 총인(T-P) 수준 지표	69
〈표 4-2〉 EU에서 가축분뇨의 농장 현장 처리에 대한 조건부 BAT의 예	69
〈표 4-3〉 덴마크 2017년 이전 및 이후 토양의 인(P) 제한 비교	72
〈표 4-4〉 네덜란드 토지에 적용될 수 있는 질소 상한	73

〈표 4-5〉 네덜란드 인산염 적용기준	73
〈표 4-6〉 벨기에 질산염 최대 적용 가능 기준	74
〈표 4-7〉 벨기에 인(P)의 양에 따른 토양 분류	75
〈표 4-8〉 벨기에 작물 및 토양 범주별 인(P) 제한	75
〈표 4-9〉 독일의 작물에 대한 질소 요구량	76
〈표 4-10〉 프랑스 분뇨 저장시설의 용량	77
〈표 4-11〉 프랑스 비료 사용 금지 기간	78
〈표 4-12〉 이탈리아의 작물에 대한 질소의 최대 효율(적용 가능량)	80
〈표 4-13〉 네덜란드의 전력 소비에 따라 납부해야 하는 세금	83
〈표 4-14〉 벨기에의 분뇨 발효로 인한 바이오가스 플랜트의 녹색 전기 인증서당 최소 지원금	84
〈표 4-15〉 플랑드르 지역의 바이오가스 플랜트 보조금	84
〈표 4-16〉 이탈리아 신규 바이오가스 플랜트에 대한 인센티브	86
〈표 4-17〉 왈론 지역의 농업 구역에 대한 약취 영향 기준	89
〈표 4-18〉 플랑드르 지역 격리된 축사의 약취 영향 평가 기준	89
〈표 4-19〉 플랑드르 지역 클러스터에 속한 축사의 약취 영향 평가 기준	90
〈표 4-20〉 이탈리아 트렌토 지역에 대해 제한된 약취 영향 기준(OIC)	92
〈표 4-21〉 EU 주요국의 축산업 환경정책 주요 내용	95
〈표 4-22〉 일본의 배수기준	99
〈표 4-23〉 일본의 규제지역 도입상황	99
〈표 4-24〉 J-크레딧 제도 방법론이 정하고 있는 축산분야 온실가스 감축대책(방법론) ..	104

제5장

〈표 5-1〉 분석을 위한 산업분류	114
〈표 5-2〉 농림축산식품부와 환경부의 가축분뇨 배출원단위	124
〈표 5-3〉 축종별 가축분뇨 배출 현황	125
〈표 5-4〉 축종별 장내 발효부문의 CH ₄ 배출계수	126
〈표 5-5〉 축종별 가축분뇨처리부문의 CH ₄ 배출계수	127

〈표 5-33〉 젓소 육성기간의 사료 종류별 급여량	155
〈표 5-34〉 젓소 육성기간의 사료 영양성분별 급여량	156
〈표 5-35〉 젓소 육성기간의 분뇨, 온실가스, 암모니아 배출량 산출 결과	156
〈표 5-36〉 젓소 육성기간 단축(초산월령 2개월 단축)으로 인한 효과 종합	157
〈표 5-37〉 젓소 경제수명 향상(도태산차 연장)으로 인한 효과 종합	157
〈표 5-38〉 연도별 모든 두당 출하 마릿수(MSY) 추이	158
〈표 5-39〉 각국의 모든 두당 출하 마릿수 비교(2018년)	158
〈표 5-40〉 2020년 돼지 도축 마릿수 기준 MSY 지표별 모든 필요 마릿수 산출 결과 ..	159
〈표 5-41〉 모든 사육에 따른 사료·물 투입 및 분뇨 배출량(양돈산업 전체)	160
〈표 5-42〉 모든 사육에 따른 온실가스, 암모니아 배출량(양돈산업 전체)	161
〈표 5-43〉 MSY 향상(모든 사육 마릿수 감축)으로 인한 양돈산업의 환경부담 저감 효과 ..	162
〈표 5-44〉 2020년 한우 출하월령별 등급별 출현율 및 기대수익	163
〈표 5-45〉 한우 비육기간 단축의 경제 효과와 환경 효과(마리당 효과)	164
〈표 5-46〉 젓소 육성기간 단축 및 경제수명 향상의 경제 효과와 환경 효과 (마리당 효과)	164
〈표 5-47〉 양돈 모든 MSY 향상의 경제 효과와 환경 효과(양돈산업 전체)	165

제6장

〈표 6-1〉 축산업의 환경영향 분석결과와 축산업 발전방향	171
〈표 6-2〉 「가축분뇨법」과 「축산법」의 가축 마리당 사육 면적 비교	173
〈표 6-3〉 농림축산식품부 「비료관리법」과 환경부 「가축분뇨법」의 퇴·액비 공정규격 비교	173
〈표 6-4〉 신기후체제하 기후변화 대응 수단	180
〈표 6-5〉 REC 가중치 개정 세부내용(2021. 7. 28.)	183

그림 차례

제1장

〈그림 1-1〉 연구추진체계도	14
------------------------	----

제3장

〈그림 3-1〉 축산농가가 생각하는 축산업 환경문제의 국민적 인식	55
〈그림 3-2〉 국민들의 축산업 긍정적 기능과 부정적 기능에 대한 인식	60
〈그림 3-3〉 축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 인식	61

제4장

〈그림 4-1〉 EU의 소 및 돼지 개체 수 변화	71
〈그림 4-2〉 EU 농지의 총 질소량 균형	71
〈그림 4-3〉 2015년 EU 회원국 바이오가스 생산량	81
〈그림 4-4〉 덴마크의 바이오가스 생산량	82
〈그림 4-5〉 GOAA의 개념	90
〈그림 4-6〉 이탈리아 대기 분산 시뮬레이션을 이용한 농도선	92
〈그림 4-7〉 축산 바이오매스 자산지소 대책사업의 모식도	101
〈그림 4-8〉 일본의 에코피드 관련 인증제도의 운영 메커니즘	106

제5장

〈그림 5-1〉 환경산업연관표의 작성 방법 및 구조	113
〈그림 5-2〉 전과정평가의 기본구조	119
〈그림 5-3〉 전과정평가체계 예시: 젓소 사육	120
〈그림 5-4〉 소의 탄수화물 대사 과정	122
〈그림 5-5〉 소의 질소산화물 대사 과정	123
〈그림 5-6〉 가축 생애 전과정평가의 범위 설정	145
〈그림 5-7〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 도축 마릿수	148

〈그림 5-8〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 육질등급 출현율	149
〈그림 5-9〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 평균 도체중량	149

제1장

서론

서론

1. 연구 필요성과 목적

1.1. 연구 필요성

우리나라 축산업은 생산성 향상 및 비용절감 등을 통해 지속적으로 성장해 왔으며, 축산농가의 소득향상과 더불어 국민의 영양공급 등 국민경제에 긍정적인 역할을 수행하였다. 축산업의 성장으로 농업생산액 중 축산업의 비중은 2010년 38.2%에서 2019년 39.8%로 증가하였으며, 육류 수요 증가에 부응하여 양질의 단백질 공급이 가능해짐에 따라 최근 10년간 육류 자급률도 60% 이상을 유지하고 있다. 이로 인해 농업 및 국민경제에서 축산업 위상도 점차 커지고 있다.

〈표 1-1〉 농업에서의 축산업 위상

구분		2010년	2015년	2017년	2018년	2019년
농업 생산액	농업(A)	45,724	48,471	48,170	50,051	49,680
	축산업(B)	17,471	19,126	20,123	19,731	19,771
	B/A(%)	38.2	39.5	41.8	39.4	39.8
육류 자급률(%)		68.2	67.1	66.7	63.0	65.5

자료: 농림축산식품부(2020). 『농림축산식품 주요통계』.

축산업의 긍정적 역할 수행에도 불구하고, 축산업으로 인한 수질오염, 악취, 온실가스 배출, 토양의 양분과잉 등 환경문제는 축산업 성장을 제약하고, 사회적인 갈등도 야기하고 있다. 가축분뇨 배출시설 특별점검 결과(환경부, 2017년 기준) 점검시설 3,075개 중 329개가 기준을 위반하였으며, 이 중 18개 시설이 방류수 기준을 초과한 것으로 나타났다.¹⁾ 축산악취(암모니아, 황화수소 등)로 인한 민원은 지역사회에서 지역주민과 축산농가의 갈등 원인이 되고 있다. 축산악취 민원은 2014년 2,838건에서 2019년 12,631건으로 많이 증가하였고, 전체악취 민원에서 축산악취 민원이 차지하는 비중도 19.2%에서 30.9%로 증가하였다.²⁾

축산부문에서 발생하는 온실가스도 축산업 성장의 제약요인이 되고 있다. 지구 온난화의 주요 원인이 되는 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등이며, 축산부문에서 발생하는 온실가스는 주로 장내 발효와 가축분뇨처리에서 발생하는 메탄과 아산화질소이다(환경부 온실가스종합정보센터 2020). ‘2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서’에 따르면, 2018년 농업부문 온실가스 배출량은 총배출량(7억 2,763만 톤)의 2.9%를 차지하며, 축산분야의 온실가스 배출량은 농업분야 온실가스 배출량의 44.3%(941만 톤)를 차지한다. 토양의 양분수지 불균형도 축산업에는 큰 부담으로 작용하고 있다. 축산물 수요 증가에 따른 사육두수 증가로 가축분뇨 발생량은 증가하고 있으나 경지 면적 감소와 토양의 양분과잉으로 인해 가축분뇨 퇴·액비화 정책은 한계에 직면하였다. 토양의 양분(질소, 인) 초과율은 평균 134.5%에 달하며, OECD 국가 중 질소 수지는 우리나라가 가장 높고, 인 수지는 일본 다음으로 높다(김창길 외 2015). 질소, 인 등 양분은 유기질비료, 가축분뇨, 화학비료에 의해 공급된다.

축산업에서 야기되는 환경문제는 축산업 규제강화로 이어지고 있다. 2020년 2월 개정된 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(이하 가축분뇨법)」 시행규칙에 따라 축산농가의 정화시설 방류수 수질기준에 총유기탄소량(TOC)과 총질소

1) 환경부. 2017. 『가축분뇨 배출시설 특별점검 결과』.

2) 환경부 환경통계포털(<http://stat.me.go.kr>, 검색일: 2021. 1. 24.); 정보공개센터(<https://www.opengirok.or.kr/4960>, 검색일: 2021. 11. 16.).

(T-N)가 포함되었으며, 지방자치단체 조례에서 정하는 주거밀집지역으로부터의 가축사육 제한 거리도 환경부 고시보다 훨씬 넓게 적용하고 있다. 그리고 2020년 3월 25일부터 퇴비의 부숙도 기준도 강화되어 일정 규모(1,500㎡) 이상 배출시설의 경우 부숙 후기 또는 부숙 완료 상태여야 퇴비를 유통할 수 있으며, 2021년부터는 지역단위 양분관리제가 도입될 예정이다.

축산업의 지속가능한 발전을 위해서는 축산업 경쟁력 강화뿐만 아니라 환경과 조화로운 축산으로의 전환이 반드시 이루어져야 한다. 정부는 이러한 문제 인식을 바탕으로 ‘지속가능한 친환경축산 종합대책(2014년)’을 마련하여 추진해 왔으나, 축산업을 둘러싼 환경규제가 계속 강화되면서 생산자단체를 중심으로 각종 축산환경정책에 대한 개선 요구도 높아지고 있다. 따라서 현재 추진 중인 축산환경정책에 대한 전반적인 검토와 함께 국내 축산업이 수질, 대기, 악취 등 환경에 미치는 영향을 분석하여 축산업의 지속가능한 발전을 위한 대응과제를 모색할 필요가 있다.

1.2. 연구 목적

이 연구는 축산업이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 축산환경정책 추진 현황과 외국의 축산환경정책을 종합적으로 검토하여 환경과 조화로운 축산업 발전을 위한 정책과제를 도출하는 데 목적이 있다.

연구 목적 달성을 위해 연구내용은 다음과 같이 구체화하였다. ① 축산업으로 인한 환경문제 실태 규명, ② 축산업이 환경에 미치는 영향 및 사회적 비용, ③ 축산환경정책 추진실태와 개선과제, ④ 외국의 축산환경정책 추진실태와 시사점, ⑤ 생산 및 소비의 다양성, 갈등 해소 및 거버넌스 체계구축을 위한 축산환경정책의 방향 제시를 목적으로 한다.

2. 선행연구 검토³⁾

축산업의 환경문제에 대한 사회적 관심 증가와 축산업의 지속가능성 확보를 위한 다양한 연구가 수행되었다. 주로 가축분뇨 및 가축 질병과 관련된 연구이며, 구체적으로는 가축분뇨의 자원화, 축산업의 외부효과, 축산업의 사회적 책임 강화 관련 연구 등이 있다.

2.1. 축산부문 환경 관련 연구

정민국 외(2011)는 2011년 당시 구제역 발생을 계기로 제기된 축산업의 패러다임 전환에 대한 요구를 반영하여 지속가능하고 경쟁력을 갖춘 축산업의 선진화 방안을 제시하기 위하여 축산업 선진화에 대한 개념의 정의 및 기본방향을 도출하였다. 구체적으로 방역체계 개선 방안, 무허가축사 대책, 축산업 허가제 도입 방안, 축산 관련 인증제 개선 방향 등을 제시하고 있다. 이 연구에서는 국내 축산업의 선진화를 위해서는 경쟁력 제고뿐만 아니라 환경에 대한 부정적인 영향 감소와 축산업에 대한 긍정적 인식 변화가 필요함을 주장하였다.

정민국 외(2013)는 지역단위 자원순환형 축산정책을 제시하기 위해 가축분뇨를 이용한 자원순환 농업에 대한 개념을 검토하고, 가축분뇨 자원화 연구사업에 대한 경제성 분석, 가축분뇨를 이용하는 우수사례 분석을 하였다. 이 연구는 가축분뇨 자원화시설의 원활한 운영을 위한 기반 조성 확대, 자원화 전문가 육성, 그리고 토양 성분분석 등을 통한 경종과 축산의 연계시스템 구축이 필요함을 제시하였다. 이와 함께 농경지의 수용 능력을 고려하는 가축분뇨의 효율적인 배분계획 수립이 필요함을 제시하였다.

지인배 외(2013)는 축산업의 외부효과를 긍정적인 외부효과(식량안보, 지역경

3) 이 부분은 이용건(2020)의 연구를 수정 및 보완하여 작성하였다.

제 활성화 등)와 부정적인 외부효과(환경오염, 가축 질병 피해 등)로 구분하여, 외부효과의 경제적 가치를 추정하였다. 소비자의 지불의사(WTP)를 분석한 결과 부정적인 외부효과를 줄이고, 긍정적인 외부효과를 확대하기 위해 가구당 매년 7,495~10,314원의 지불의향이 있는 것으로 조사되었으며, 가상가치평가법(CVM)을 이용하여 분석한 긍정적 외부효과는 약 1,345억~1,851억 원의 경제적 가치가 있는 것으로 분석되었다.

우병준 외(2016)는 우리나라 축산업 실태를 점검하여, 지속가능한 축산업으로 개편하기 위한 정책과제를 제시하였다. 이 연구는 향후 축산정책의 목표를 “지속가능한 축산업의 달성”으로 제시하고, 축산정책에 있어서 주요 5대 과제(농가경영 안정, 축산물 위생·안전성, 친환경축산, 미래성장산업화, 생산기반 유지)를 제시하고, 과제별 세부 전략 방안을 제시하였다.

김현중 외(2018)는 국내 가축분뇨 자원화 여건을 감안하여 가축분뇨 관리의 기본방향을 제시하였다. 이를 위해 가축분뇨처리지원사업과 유기질비료지원사업에 대한 평가 및 개선 방안을 제시하였다. 이 연구는 가축분뇨처리 방법의 다양화, 가축분뇨 처리시설의 확충, 기존 가축분뇨 처리시설의 운영 안정화, 그리고 퇴·액비의 광역 유통 활성화의 필요성 등을 제시하였다.

우병준 외(2018, 2019)는 축산업의 사회적 책임에 대한 정의를 내리고, 축산업의 사회적 책임 이행 실태, 축산업의 사회적 책임 분야별 우수사례 발굴, 축산업의 지속가능한 성장을 위한 정책 방안을 제시하였다. 이 연구는 축산업의 사회적 책임 이행을 위한 정책 방향을 제시하고 각각의 정책과제를 도출하였다.

조을생 외(2019)는 지속가능한 가축분뇨 관리 방안을 제시하기 위해 국내·외 가축분뇨 관리정책을 고찰하였다. 또한 정화처리시설과 바이오가스화시설을 대상으로 전과정평가를 통한 환경성 분석 및 바이오가스 처리시설의 온실가스 배출 저감 및 에너지 대체효과를 분석하였다. 그리고 비용편익분석(B/C분석)을 통해 가축분뇨 공공처리시설의 처리유형별 경제성을 분석하였다.

2.2. 농업부문 환경 관련 연구

고원석 외(2015)는 농업분야의 온실가스 통계자료를 정책에 활용하기 위하여 연도 및 품목별 온실가스 배출량을 집계하였다. 이 연구는 2005년부터 2013년까지 연도별로 식량작물(5개 품목), 원예작물(8개 품목), 특용작물(4개 품목)의 CO₂ 배출량을 집계하였다. 집계 결과 식량작물의 CO₂ 배출량은 감소하고 있으나, 원예작물의 CO₂ 배출량은 일정 수준을 유지하고 있음을 제시하였다.

이상민 외(2017)는 신기후체제하에서 온실가스 감축을 위한 농업부문의 대응 전략을 제시하기 위해 온실가스 완화와 적응 수단의 경제적 효과를 분석하였다. 이 연구는 온실가스 배출 감소를 위해 가축분뇨에 의한 온실가스 배출의 감소가 필요하며, 벼 재배와 관련해 무경운 농법, 최적 비료의 사용, 표층시비 농법 등이 필요함을 제시하였다.

정학균 외(2018)는 기후변화에 따른 완화와 적응 수단의 경제적 효과, 기후변화 대응 수단의 농가 수용력, 기후변화 적응에 대한 농업인의 능력 등을 연구하여 신기후체제에 대한 대응 전략을 제시하였다. 이 연구는 신기후체제에 대응하기 위한 핵심과제로 ‘완화 분야’는 온실가스 배출 감축 목표 및 기술보급, 경제적 수단 및 제도적 수단, 온실가스 배출 감축을 위한 교육이나 홍보 등이 필요하며, ‘적응 분야’는 온실가스 배출 감축 관련 R&D, 온실가스 배출 관련 경제적·제도적 방안, 농업용수의 개발 및 안정적 공급이 필요함을 제시하였다.

2.3. 농업부문의 환경산업연관분석 연구

최한주·이기훈(2006)은 환경산업연관표를 작성하여 우리나라의 1990년과 2000년 이산화탄소(CO₂) 배출량 추정 및 배출량 변화에 영향을 미치는 요인별 기여도를 분석하였다. 이 연구에서는 국내 산업의 직·간접적인 CO₂ 배출량은 1990년 6,444만 톤에서 2000년 1억 1,552만 톤으로 증가했으며, CO₂ 배출량 증가 요인으로는 국내 최종수요의 성장과 수출수요 증가가 있음을 제시하였다.

이현근(2008)은 환경산업연관분석을 이용하여 유발 CO₂ 발생량을 집계한 결과, 주요 연구 대상인 농업부문이 유발하는 CO₂ 발생량은 전 산업 평균(0.64톤/백만 원)보다 적다는 분석 결과를 제시하였다. 세부적으로 농업부문의 품목별 유발 CO₂ 발생량은 밀은 0.6톤, 한육우는 0.57톤, 잡곡은 0.05톤, 낙농은 0.38톤, 양돈은 0.13톤 등으로 분석되었다.

김충실·이현근(2009)은 농업부문의 온실가스 배출량 분석을 위해 2003년 환경산업연관표를 작성하였다. 이 연구에서는 농업부문 품목별로 화훼부문(온실가스 배출 원단위 0.33), 과실부문(0.25), 채소부문(0.25)의 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다.

민슬기 외(2014)는 농작물의 에너지 연소(연료 연소)에 따른 CO₂ 배출 변화를 분석하기 위해 1995~2009년 환경산업연관표를 작성하였다. 이를 통해 채소, 벼, 보리 등 11개의 농작물 생산에 있어서 에너지 연소에 따른 CO₂ 배출 변화를 분석하였다.

이용건(2020)은 연료 연소부문과 가축사육과정에서 배출되는 온실가스를 고려한 환경산업연관표를 작성해 낙농산업의 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O) 발생에 따른 환경비용을 분석하였다. 이 연구에서는 2015년 낙농부문의 부가가치액은 6,593억 원이며, 온실가스 비용은 201억 원으로 낙농산업의 온실가스 비용이 부가가치액의 3.1% 수준임을 파악하였다. 그러나 최근 상승한 온실가스 배출권 거래단가(2018년)를 적용할 경우 낙농부문의 온실가스 비용은 부가가치액의 5.8% 수준으로 증가함을 주장하였다.

2.4. 선행연구의 시사점과 본 연구의 차별성

기존의 연구는 축산업의 문제점을 파악하여 이를 해결하기 위한 정책 방안을 도출하는 데 초점을 맞추고 있으며, 축산업이 환경에 미치는 영향에 대한 심층 분석은 부족하다. 기존 연구에서는 주로 축산업의 외부효과 계측, 인증축산물의 가치평가 등 소비자의 지불의향 분석을 통해 가치평가를 하였다.

이 연구는 축산업의 환경영향 분석에 초점을 두어, 축산업이 수질, 대기, 토양 등 환경에 미치는 영향을 심층적으로 분석하고, 환경과 조화로운 축산업 발전을 위한 정책과제를 도출하고자 하였다. 특히 축산부문의 온실가스 배출과 관련하여 환경산업연관표 작성을 통해 축종별 온실가스 배출량 및 악취 유발 물질(NH_3) 배출과 환경비용을 연계하여 분석하는 것은 기존 연구와 큰 차별성을 가진다.

또한, 가축의 비육기간 변화나 생산성 향상이 환경에 미치는 영향을 분석한 연구는 거의 전무한 실정이다. 2015년 파리기후협정 이후 우리나라를 비롯하여 120여 개 국가가 2050년까지 탄소중립을 선언한 만큼, 산업부문별 온실가스 배출량과 환경비용의 계측은 각국에서 도입하고자 하는 탄소세나 이미 시행 중인 탄소배출권 거래가격 산정에 있어 중요한 정보를 제공할 것으로 예상된다. 환경산업연관분석과 축산업의 생산성 향상의 환경영향 분석(가축 생애 전과정평가) 등을 토대로 지속가능한 축산업의 발전과제를 도출하는 것도 기존 연구와 크게 차별화된다.

3. 연구 범위와 방법

3.1. 연구 범위

이 연구에서 축산업의 환경문제는 가축의 사육 및 가축분뇨 처리과정 등 축산물 생산단계에서 발생하는 수질오염 문제, 악취 문제, 온실가스 문제, 그리고 토양의 양분초과 문제 등이다. 축산물 생산과정에서 발생하는 소음 문제와 가축 질병 문제, 축산물 도축 및 유통과정에서 발생하는 환경문제는 이 연구의 범위에서 제외한다.⁴⁾

4) 이 연구는 축산업의 부정적 외부효과에 의한 환경영향 평가에 초점을 두고 있으며, 환경과 관련된 축산업의 긍정적 외부효과는 연구 범위에서 제외함.

축산업 환경영향 분석에서 환경산업연관분석은 한국은행에서 발표한 2018년 산업연관표 연장표 기본부문(381개 부문)과 축산업 환경 관련 자료를 이용하여 40개 부문으로 재통합하여 작성한 환경산업연관표를 이용하였으며, 축산업의 가축 생애 전과정평가(Life Cycle assessment: LCA)는 가축의 생애기간 동안 배출되는 환경오염 물질과 사료 및 에너지 등 투입재를 분석 대상으로 한정하였다.

3.2. 연구 방법

먼저, 축산환경 문제와 규제 현황을 파악하기 위하여 통계청 『가축동향조사』, 농림축산식품부 내부자료(가축분뇨 배출량), 환경부 환경통계포털, 그리고 환경부 온실가스종합정보센터 『국가 온실가스인벤토리 보고서』 등 정부의 각종 통계 자료 및 보고서를 이용하였으며, 환경부의 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 및 「악취방지법」, 농림축산식품부의 「축산법」 등을 이용하였다. 그리고 농림축산식품부의 축산환경규제에 대응해 추진해 온 다양한 정책 실태를 파악하기 위하여 ‘농림축산식품사업 시행지침’ 및 관련 정책 보도자료를 활용하였다.

〈표 1-2〉 축산업 환경영향 분석을 위한 분야별 기초자료

분야	농업분야	환경분야	에너지분야
소관부처	농림축산식품부	환경부	산업통상자원부
주요 자료내용	- 가축사육 현황 - 가축분뇨 배출량 - 축산물 생산 및 소비 현황 - 축산물생산비 - 가축개량 관련 자료 등	- 가축분뇨 배출량 - 온실가스 배출량 (온실가스종합정보센터) - 오염물질 배출량 (국가미세먼지정보센터)	- 에너지 통계

자료: 저자 작성.

둘째, 축산환경 문제 및 규제·정책에 대한 이해관계자 인식조사를 위해 축산농가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 축산농가의 축산환경 문제에 대한 인식 수준을 조사하기 위해 한국농촌경제연구원 농업관측센터 표본 축산농가 490명을 대상으로 전화조사를 실시하였다. 일반 국민의 축산환경 문제 인식 수준 조사를 위해서는 ‘2019 인구주택총조사’의 인구별 특성을 고려하여 설계된 (주)마크로엠브레인 소비자 패널 1,000명을 대상으로 온라인 조사를 실시하였다. 일반 국민 조사 결과 중 일부 문항을 토대로 한 축산악취 개선을 위한 국민들의 지불의사금액 추정에는 동국대학교 지인배 교수에게 원고를 위탁하였다.

셋째, 축산업 환경영향 분석을 위하여 환경산업연관분석을 실시하였으며, 가축의 비육기간 단축 및 생산성 향상 등이 축산업 환경에 미치는 영향을 분석하기 위하여 가축 생애 전과정평가 방법을 이용하였다. 환경산업연관분석은 한국은행의 산업연관표와 축산환경 관련 자료를 이용해 환경산업연관표를 직접 작성하여 분석하였으며, 여기서는 축산업의 온실가스 배출과 축산악취의 사회적 비용을 분석하였다. 가축 생애 전과정평가는 가축 사육단계별 사료 투입량, 분뇨 발생량, 온실가스 및 악취발생량을 분석하여 사육기간 단축 및 생산성 향상이 환경에 미치는 영향과 경제적 효과를 분석하였다.

마지막으로 분석 결과를 토대로 지속가능한 축산업의 발전 방향 및 정책과제를 도출하기 위하여 본원의 중간검토 세미나 및 결과검토 세미나에서 원내 전문가, 원외 전문가, 정부의 정책전문가 등 자문위원들의 의견을 수렴하였다. 그리고 한국농촌경제연구원과 대통령 직속 농어업·농어촌 특별위원회가 공동으로 개최한 좌담회에서 이 연구에서 제안된 정책과제가 심도 있게 논의되었으며, 농촌진흥청 축산과학원과의 공동 세미나에서 보다 폭넓은 의견이 수렴되었다.

〈표 1-3〉 환경산업연관표 작성 및 전과정평가 분석을 위한 자료

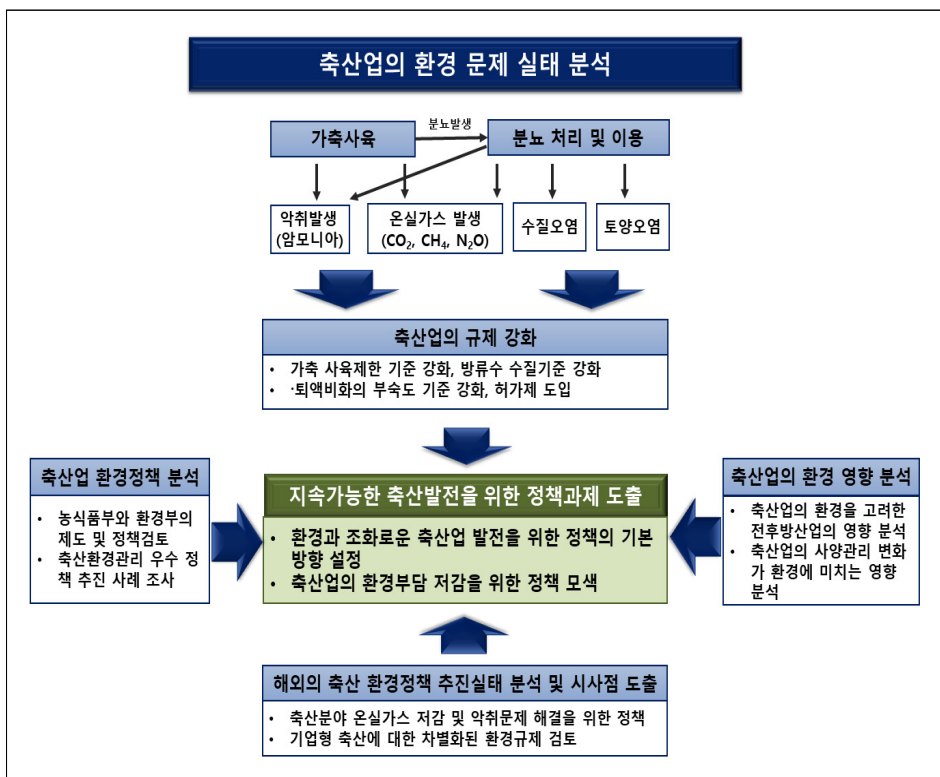
자료명	환경산업연관분석을 위한 자료		전과정평가를 위한 자료
	산업연관표(I-O table)	환경산업연관표 작성을 위한 자료	
공표 기관	한국은행	농림축산식품부, 환경부, 산업통상자원부, IPCC 등	국립축산과학원, 한국중축개량협회, 등
자료 목록 및 공표 일자	- 2015년 실측표 (투입산출표(구매가가격, 생산자가격, 기초가격)) · 2018년 연장표 (2020년 6월 공표) · 2015년 실측표 (2019년 8월 공표)	- IPCC 국가 인벤토리 작성 가이드라인 (IPCC, 2019) - 국가 온실가스 인벤토리 보고서(환경부 온실가스종합정보센터) · 에너지원별 탄소환산계수, CO₂ 배출량 등 · 농업부문 온실가스 배출량(장내 발효, 가축분뇨처리 등) - 에너지통계연보(에너지경제연구원) · 에너지 투입액·투입량, 원료별 가격 · 에너지 열량 환산기준 - 가축사육동향(농림축산식품부) - 축종별 가축분뇨배출원단위(농림축산식품부, 환경부) - 가축분뇨 처리비용(허덕·정민국(2001), 축산물생산비) - 에너지 산업연관표(에너지경제연구원) - 온실가스 배출권 거래 현황(한국환경공단) - 온실가스 종합정보센터(환경부) - 환경통계연감(환경부) - 전국오염원조사 보고서(환경부 국립환경과학원) - 국가 대기오염물질 배출량(환경부 국가 미세먼지정보센터)	- 한국가축사양표준(국립축산과학원) - 가축인공수정실적(한국중축개량협회 등) - 축종별 가축개량 관련 자료 - 한우, 젖소, 돼지 등 가축개량 관련자료 - 유우군능력검정사업보고서(젖소개량사업소) - 축산물생산비조사(통계청) - 가축동향(통계청)
부문 분류	- 기본부문(381부문) · 축산업: 낙농, 축우, 양돈, 가금, 기타축산으로 구분	-	-
부속표	- 부분분류표, 고용표 - 도소매진표 등	-	-

자료: 저자 작성.

3.3. 연구추진체계

이 연구의 추진체계는 <그림 1-1>과 같다. 축산업의 환경문제 실태분석을 통해 축산업에 대한 규제강화 원인을 분석하며, 국내·외 축산업 환경규제 대응 정책 분석과 축산업의 환경영향 분석 결과를 토대로 환경과 조화로운 축산업 발전의 기본 방향과 정책과제를 도출한다.

<그림 1-1> 연구추진체계도



자료: 저자 작성.

제2장

축산업 환경문제와 규제 현황

축산업 환경문제와 규제 현황

1. 축산환경의 개념적 정의 및 기본 원칙

1.1. 축산환경의 개념적 정의

이 연구에서 환경 및 환경오염, 축산환경 등에 대한 정의는 관련 법에서 정의하는 내용을 준용하였다. 「환경정책기본법」 제3조에 의거, ‘환경’이란 자연환경과 생활환경을 말한다. 그리고 ‘자연환경’이란 지하·지표 및 지상의 모든 생물과 이를 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연상태(생태계 포함)를 말하며, ‘생활환경’이란 대기, 물, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취, 일조, 인공조명, 화학물질 등 사람의 일상생활과 관계되는 환경을 말한다.⁵⁾

‘환경오염’이란 「환경정책기본법」 제3조에 의거, 사업 활동 및 그 밖의 사람의 활동에 의하여 발생하는 대기오염, 수질오염, 토양오염, 해양오염, 방사능오염, 소음·진동, 악취, 일조방해, 인공조명에 의한 빛공해 등으로서 사람의 건강이나 환경에 피해를 주는 상태를 말한다.

대기오염물질 중 ‘온실가스’란 「대기환경보전법」 제2조에 의거, 적외선 복사열을 흡수하거나 다시 방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태 물질로서 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황을 말한다.⁶⁾

‘축산환경’이란 「축산법」 제2조에 의거, 축산업으로 인해 사람과 가축에 영향

5) 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.~6. 3.).

6) 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.~6. 3.).

을 미치는 환경이나 상태를 말하며, 「축산법」 제42조에 따라 축산환경 개선을 위해 농림축산식품부 장관과 시·도지사는 5년마다 축산환경 개선 기본계획을 수립·시행하도록 하고 있다.⁷⁾

따라서 이 연구에서 ‘축산업의 환경영향 분석’이란 축산업의 환경오염이 자연 환경과 생활환경에 미치는 영향 분석이라는 의미이며, 「환경영향평가법」 제2조에서 정의하고 있는 환경영향평가의 의미는 아니다.

1.2. 환경정책의 기본 원칙

「환경정책기본법」에서 정의하는 환경정책의 기본 원칙에는 크게 두 가지가 있다. 첫째는 자원의 순환적(재사용) 촉진이다. 「환경정책기본법」 제10조에 의하면 국가 및 지방자치단체는 자원과 에너지를 절약하고 자원의 재사용·재활용 등 자원의 순환적 사용을 촉진하는 데 필요한 시책을 마련해야 하며, 사업자는 경제활동을 할 때 국가 및 지방자치단체의 자원 절약 및 순환적 사용 시책에 협력해야 한다. 축산업도 가축분뇨 발생량의 대부분을 자원화하여 토양에 환원하는 자원의 순환적 사용을 촉진하고 있다. 가축분뇨 이용 현황은 다음과 같다.

〈표 2-1〉 가축분뇨 발생량 및 이용 현황(농림축산식품부)

단위: 천 톤, (%)

연도	가축분뇨 발생량	자원화 물량			정화방류		해양배출	기타
		소계	퇴비	액비	개별처리	공공처리		
2010년	46,534 (100)	40,286 (86.6)	37,220 (80.0)	3,066 (6.6)	1,427 (3.1)	2,727 (5.9)	1,070 (2.3)	1,024 (2.2)
2015년	46,530 (100)	41,991 (90.2)	37,244 (80.0)	4,747 (10.2)	1,064 (2.3)	2,997 (6.4)	- (0)	478 (1.0)
2018년	51,013 (100)	46,530 (91.2)	40,647 (79.7)	5,884 (11.5)	1,167 (2.3)	2,751 (5.4)	- (0)	565 (1.1)
2019년	51,838 (100)	47,404 (91.4)	41,428 (79.9)	5,976 (11.5)	1,167 (2.3)	2,630 (5.1)	- (0)	636 (1.2)

주: () 안의 수치는 비중을 나타냄.

자료: 농림축산식품부 내부자료.

7) 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.~6. 3.).

둘째는 환경과 경제의 통합적 고려이다. 「환경정책기본법」 제9조에 의하면 정부는 환경과 경제를 통합적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하여 각종 정책을 수립할 때 이를 활용하여야 한다. 그리고 정부는 환경용량의 범위에서 산업 간, 지역 간, 사업 간 협의에 의하여 환경에 미치는 해로운 영향을 최소화하도록 지원해야 한다. 축산업의 환경오염 문제와 관련하여 환경부에서 시행 중인 법규는 대부분 규제와 관련되어 있으며, 「가축분뇨법」, 「대기환경보전법」, 「악취방지법」 등이 있다.

〈표 2-2〉 축산업의 환경오염 문제와 규제정책

발생원	축산업의 환경오염	법규 및 정책	소관부처
분뇨	수질오염	「가축분뇨법」	환경부
가축, 분뇨	온실가스 (이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등)	「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (탄소중립기본법)」	환경부
축사, 가축, 분뇨	대기오염(암모니아 등)	「대기환경보전법」	환경부
축사, 가축, 분뇨	악취(암모니아 등)	「악취방지법」	환경부
퇴·액비	토양오염(양분과잉)	「가축분뇨법」	환경부

자료: 저자 작성.

2. 축산업의 환경문제 실태

2.1. 축산악취 민원 발생 증가

악취란 「악취방지법」 제2조에 의거, 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성이 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다. 그리고 동법 시행규칙 제2조에 의하면 암모니아, 메틸메르캅탄, 황화수소 등 22종이 지정악취물질로 규정되어 있으며, 동법 시행규칙 제3조에 의하면 축산시설(일정 규모 이상의 사육시설), 도축시설, 육가공·저장처리시설, 사료제조시설 등이 악취배출시설로 규정되어 있다.⁸⁾

환경부 환경통계포털에 의하면 전체악취 민원 건수는 2015년 1만 5,573건에서 2019년 4만 854건으로 증가하였으며, 이 중 축산악취 민원 건수는 동 기간 4,323건에서 1만 2,631건으로 증가하여 전체악취 민원 건수에서 축산악취가 차지하는 비중은 27.8%에서 30.9%로 증가하였다.

〈표 2-3〉 축산악취 민원 발생 현황(2015~2019년)

단위: 건, %

연도	전체악취 민원 건수(A)	축산악취 민원 건수(B)	비중(B/A)
2015	15,573	4,323	27.8
2016	24,748	6,398	25.9
2017	22,851	6,112	26.7
2018	32,452	6,705	20.7
2019	40,854	12,631	30.9

자료: 환경부 환경통계포털(<http://stat.me.go.kr>, 검색일: 2021. 1. 24.); 정보공개센터(<https://www.opengirok.or.kr/4960>, 검색일: 2021. 11. 16.).

축산악취 민원에 대한 지자체의 처리방식은 대부분 계도로 끝나는 것으로 나타났다. 안성시 사례를 중심으로 축산민원에 대한 처리 현황을 살펴보면, 축산민원 발생에 대한 계도 비중은 2020년 기준 92.6%이며, 고발이나 과태료 부과 비중은 7.3%에 불과하다.

〈표 2-4〉 축산악취 민원 발생 및 처리 현황(안성시 사례, 2020년 10월 기준)

단위: 건

구분	축종별 악취민원 발생 현황					처리 현황			
	소	돼지	닭·오리	개	계	고발	과태료	계도	계
2015	50	73	19	18	160	6	6	148	160
2016	84	98	23	3	208	23	1	184	208
2017	107	132	20	29	288	20	21	247	288
2018	92	127	14	13	246	15	5	226	246
2019	145	123	31	10	309	11	9	289	309
2020	97	108	12	2	219	9	7	203	219

자료: 농수축산신문(2020. 11. 19.). “증가하는 축산 악취 민원, 해법없나”(<http://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=204476>, 검색일: 2021. 1. 23.).

8) 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/main.html>, 검색일: 2021. 6. 3.).

2.2. 축산부문 온실가스 배출 증가

지난 30년 동안(1990~2018년) 농업 전체의 온실가스 배출량은 2,100만 톤에서 2,120만 톤으로 큰 변화는 없으나 농업 내부적으로는 변화가 나타났다. 벼 재배 등 경종분야는 재배 면적 감소로 온실가스 배출이 감소한 반면 축산부문은 사육두수 증가로 온실가스 배출이 증가하였다. 가축의 장내 발효 과정에서 배출되는 온실가스는 1990년 300만 톤에서 2018년 450만 톤으로 증가하였으며, 가축분뇨 처리 과정에서 배출되는 온실가스는 동 기간 280만 톤에서 490만 톤으로 증가하였다.

〈표 2-5〉 농업·축산부문 온실가스 배출 현황

단위: 백만 톤(CO₂ eq.)

구분	1990	2000	2010	2016	2017	2018	증감률('18/'90)
장내 발효	3.0	3.4	4.3	4.3	4.4	4.5	51.0%
가축분뇨처리	2.8	3.9	4.8	4.5	4.7	4.9	73.5%
벼 재배	10.5	8.9	7.8	6.7	6.5	6.3	-40.2%
농경지토양	4.6	5.2	5.2	5.2	5.3	5.5	18.8%
작물잔사소각	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	-45.5%
농업전체	21.0	21.4	22.1	20.8	21.0	21.2	1.0%

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2020: 6). 『2020 국가온실가스인벤토리 보고서』.

2.3. 토양의 퇴·액비 양분초과

농경지 면적 감소로 가축분뇨 퇴·액비의 살포 면적이 감소하고 있고, 기존의 농경지에도 양분과잉으로 추가적인 퇴·액비를 살포하는 데 한계에 직면한 상황이다. 가축분뇨의 퇴·액비와 화학비료에 의해 공급되는 질소, 인 등의 과다 공급으로 토양 양분이 초과된 상태이다. 김창길 외(2015)에 따르면 질소 수치는 OECD 국가 중 우리나라가 가장 높게 나타나고 있으며, 토양의 양분(질소, 인) 초과율은 평균 134.5% 수준이다.

우리나라에서 양분부족 지역은 전라남도과 제주도이며, 나머지 지역은 양분초

과 지역이다. 지역별 양분초과율은 경기도가 가장 높고, 다음이 충청북도, 경상북도, 충청남도, 전라북도, 강원도 순이다.

〈표 2-6〉 우리나라 지역별 양분수지 분석 결과

지역	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	계
경기도	242.1	173.0	415.0	233.5	314.4	274.1
강원도	150.1	80.2	230.4	125.8	142.5	134.2
충청북도	164.9	92.5	257.4	167.1	175.3	171.2
충청남도	155.1	80.7	235.8	147.9	142.9	145.4
전라북도	169.9	78.1	248.0	154.6	120.3	137.5
전라남도	107.3	33.9	141.2	87.4	50.0	68.7
경상북도	144.9	91.0	235.9	142.6	172.1	157.4
경상남도	83.8	48.6	132.3	68.6	78.3	73.4
제주도	77.4	42.5	119.9	51.8	45.9	48.9
평균	143.9	80.0	224.0	131.0	138.0	134.5

자료: 김창길 외(2015: 92). 『양분총량제 도입방안 연구』.

2.4. 수질 오염원으로 가축분뇨 지적

환경부 및 농림축산식품부 등 관계부처 합동으로 2020년 12월 발표한 제3차 강우유출 비점오염원관리 종합대책에 따르면, 전체 강우유출 오염원 배출부하량에서 차지하는 축산계의 비중은 BOD(생물학적 산소요구량) 기준으로 점오염원의 경우 1.3%에 불과하지만, 비점오염원의 경우 54.7%를 차지하는 것으로 나타나, 전체적으로 축산계의 오염원 배출부하량이 매우 큰 것으로 나타났다. T-P(총인) 기준 축산계의 오염부하량도 점오염원인 경우 5.1%였으나 비점오염원인 경우 49.2%로 매우 크게 나타났다.

〈표 2-7〉 오염원별 배출부하량(2018년 기준)

단위: kg/일, (%)

구분	점/비점	생활계	산업계	토지계	축산계	양식계	매립계	합계
BOD	점	255,418 (76.2)	22,260 (6.6)	5,731 (1.7)	4,411 (1.3)	47,073 (14.1)	115 (0.0)	335,010 (100.0)
	비점	41,204 (5.9)	639 (0.1)	275,276 (39.3)	383,442 (54.7)	0 (0.0)	37 (0.0)	700,599 (100.0)
	합계	296,622 (28.6)	22,899 (2.2)	281,008 (27.1)	387,854 (37.5)	47,073 (4.5)	152 (0.0)	1035609 (100.0)
T-P	점	14,048 (68.9)	2,091 (10.3)	717 (3.5)	1,050 (5.1)	2,473 (12.1)	11 (0.1)	20,392 (100.0)
	비점	1,150 (2.2)	40 (0.1)	25,601 (48.6)	25,918 (49.2)	0 (0.0)	2 (0.0)	52,713 (100.0)
	합계	15,198 (20.8)	2,131 (2.9)	26,319 (3.6)	26,968 (36.9)	2,473 (3.4)	13 (0.0)	73,106 (100.0)

자료: 환경부·농림축산식품부 등 관계부처 합동(2020: 7). 『제3차(2021~2025) 강우유출 비점오염원관리 종합대책』.

환경부 가축분뇨 배출시설 특별점검 결과에 의하면, 2018년 상반기 기준 점검 시설 1,406개소 중 122개소가 기준을 위반하여, 위반율이 8.7%인 것으로 나타났다. 구체적인 위반내역은 배출시설의 부적정 운영이 76건으로 가장 많고, 다음으로 방류수 수질기준 초과가 14건을 차지하였다<표 2-8>.

〈표 2-8〉 가축분뇨 배출시설 특별점검 결과(2015~2018년)

연도	점검 시설수	위반 시설수	위반율 (%)	위반내역				
				방류수 기준 초과	무허가 미신고	부적정 운영	변경 허가 미이행	기타
2015	2,303	247	10.7	3	43	90	43	78
2016	1,587	179	11.3	8	10	75	40	48
2017	3,075	329	10.7	18	35	146	66	77
2018 (상반기)	1,406	122	8.7	14	3	76	10	8

자료: 환경부 유역총량과 내부자료; 우병준 외(2018: 125).

3. 축산업 규제 현황

3.1. 방류수 수질기준 강화

「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하「가축분뇨법」) 제13조(정화시설의 방류수 수질기준)와 동법 시행규칙 11조의 별표 4(개정 2020. 2. 20.)에는 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자가 설치한 정화시설의 방류수 수질기준과 축산농가 정화시설의 방류수 수질기준이 제시되고 있다.

2020년 2월 개정된 「가축분뇨법 시행규칙」에 의하면 정화 후 방류수 수질기준이 대폭 강화되었다. 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자가 설치한 정화시설의 방류수 수질기준에 기존의 질소(N) 및 인(P) 기준에 더하여 총유기탄소량(TOC) 기준이 새롭게 도입되었다. 방류수 수질기준에서 총유기탄소량 기준은 공공처리시설과 가축분뇨처리업자 처리시설 모두 리터당 55mg 이하이다.

〈표 2-9〉 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자 설치 정화시설의 방류수 수질기준

구분 \ 항목	생물화학적 산소요구량 (BOD, mg/L)	화학적 산소요구량 (COD, mg/L)	총유기탄소량 (TOC, mg/L)	부유물질량 (SS, mg/L)	대장균 군수 (개/ml)	총질소 (T-N, mg/L)	총인 (T-P, mg/L)
공공처리시설	30 이하	50 이하	55 이하	30 이하	3,000 이하	60 이하	8 이하
가축분뇨처리업자처리시설	30 이하	50 이하	55 이하	30 이하	3,000 이하	60 이하	8 이하

주: 화학적 산소요구량(COD, mg/L) 기준은 2023년 1월1일부터 삭제.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

축산농가의 배출시설에도 총유기탄소량(TOC) 기준이 새롭게 도입되었다. 총유기탄소량(TOC) 기준은 상수원 보호지역 등 특정지역의 허가대상 농가의 경우 리터당 120mg 이하이며, 신고대상 농가의 경우 리터당 200mg 이하이다. 상수원 보호구역 등 특정지역이 아닌 기타 일반지역의 질소(T-N) 배출기준도 허가대상 농가의 경우 리터당 500mg 이하에서 250mg 이하로 대폭 강화되었다.

〈표 2-10〉 허가대상 및 신고대상 농가의 정화시설 방류수 수질기준

지역	구분	항목	허가대상 배출시설을 설치한 자가 설치한 처리시설	신고대상 배출시설을 설치한 자가 설치한 처리시설
특정 지역		생물화학적 산소요구량(BOD, mg/L)	40 이하	120 이하
		총유기탄소량(TOC, mg/L)	120 이하	200 이하
		부유물질량(SS, mg/L)	40 이하	120 이하
		총질소(T-N, mg/L)	120 이하	250 이하
		총인(T-P, mg/L)	40 이하	100 이하
기타 지역		생물화학적 산소요구량(BOD, mg/L)	120 이하	150 이하
		총유기탄소량(TOC, mg/L)	200 이하	250 이하
		부유물질량(SS, mg/L)	120 이하	150 이하
		총질소(T-N, mg/L)	250 이하	400 이하
		총인(T-P, mg/L)	100 이하	100 이하

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

「가축분뇨법」 제53조제1항~제2항에 따라 방류수 수질기준을 위반하여 방류한 자는 과태료를 부과받는다. 공공처리시설, 가축분뇨처리업자 배출시설, 허가대상 농가 배출시설 등에서 방류수 수질기준을 위반한 경우 1천만 원 이하의 과태료가 부과되며, 신고대상 농가 배출시설에서 방류수 수질기준을 위반한 경우 500만 원 이하의 과태료가 부과된다. 방류수 수질기준 위반에 대한 세부적인 사항은 동법 시행령 별표 9에 의해 명시되어 있다. 방류수의 수질기준 위반농도 수준과 위반횟수에 따라 과태료 금액은 상이하다.

3.2. 퇴·액비화의 부숙도 기준 강화

「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」(환경부고시 제2015-111호, 2015. 7. 17.)에 따르면 2020년 3월 25일부터 퇴·액비 시설의 퇴비와 액비에 대해 부숙도 기준이 적용되며, 부숙도 기준을 충족해야만 퇴·액비를 유통할 수 있다. 적용 기준은 배출시설 주체와 규모에 따라 상이하다. 1,500㎡ 이상 배출시설 규모의 축산농가의 퇴비는 부숙후기 또는 부숙완료 상태여야 유통가능하며, 1,500㎡ 미만은 부숙중기여야 유통가능하다. 그리고 가축분뇨처리업자가 설치한 퇴비화시설

의 퇴비는 부숙후기 또는 부숙완료 상태여야 유통가능하다. 액비의 경우 부숙완료 상태여야 유통가능하며, 2019년 3월 25일 이후 모든 자원화시설에 적용되고 있다.

환경부는 퇴·액비의 관리 강화로 환경오염을 방지하기 위해 2014년 「가축분뇨법」을 개정하여 ‘퇴비액비화기준’을 신설하였다(「가축분뇨법」 제13조의2). 퇴비와 액비는 비료 공정 규격에 적합해야 하며, <표 2-11>의 기준을 준수해야 한다. 퇴비와 액비의 부숙도⁹⁾ 판정 기준은 환경부의 「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」(환경부고시 2018-115호)에서 정하고 있으며, <표 2-12>와 같다.

〈표 2-11〉 퇴비 및 액비화 기준

퇴비화 기준			액비화 기준		
축종	항목	기준	축종	항목	기준
모든 가축	부숙도	환경부와 농림축산식품부 장관이 협의로 정한 고시 기준에 적합할 것	돼지·젖소	부숙도	환경부와 농림축산식품부 장관이 협의하여 정한 고시 기준에 적합할 것
	함수율	70% 이하		함수율	돼지: 95% 이상, 젖소: 93% 이상
돼지	구리	500mg/kg 이하	돼지·젖소	염분	2.0% 이하
	아연	1,200mg/kg 이하		구리	70mg/kg 이하
소·젖소	염분	2.5% 이하		아연	170mg/kg 이하

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

〈표 2-12〉 퇴비 및 액비의 부숙도 판정 기준

퇴비 부숙도 기준			액비화 기준	
구분	콤포트(CoMMe-100)	솔비타(Solvita)	구분	기계적 분석법
미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태	1	미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태
부숙 초기	부숙이 진행되는 초기 상태	2	부숙 중기	부숙 기간이 좀 더 필요한 상태
부숙 중기	부숙 기간이 좀 더 필요한 상태	3		
부숙 후기	퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태	4~6		
부숙 완료	퇴비의 부숙이 완료됨	7~8	부숙 완료	액비의 부숙이 완료됨

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

9) “퇴비, 액비의 원료가 퇴비, 액비화 과정을 거쳐 식물과 토양에 대한 안정적인 반응을 나타낸 것”(환경부고시 2018-115호 제2조)

「가축분뇨법」 제53조제1항~제2항에 따라 퇴비 및 액비의 성분이 퇴비액비화 기준에 맞지 아니한 경우 퇴비·액비화시설에 대해 과태료가 부과된다. 공공처리 시설, 가축분뇨처리업자, 허가대상시설 등에서 생산한 퇴·액비가 퇴비액비화기준에 맞지 아니한 경우 1천만 원 이하의 과태료가 부과되며, 신고대상시설에서 생산한 퇴·액비가 퇴비액비화기준에 맞지 아니한 경우 500만 원 이하의 과태료가 부과된다. 그리고 동법 시행령 별표 9에 의해 허가대상시설에서 생산한 퇴·액비의 부숙도가 퇴비액비화기준에 적합하지 않은 경우 200만 원 이하의 과태료가 부과되며, 신고대상시설에서 생산한 퇴·액비의 부숙도가 퇴비액비화기준에 적합하지 않은 경우 100만 원 이하의 과태료가 부과된다.

3.3. 가축사육 제한 기준 강화

지방자치단체에 따라 다소 차이는 있으나 대부분의 지역에서 특정지역의 환경 보전을 위해 가축사육을 제한하고 있다. 「가축분뇨법」 제8조에 의하면 시장·군수·구청장은 지역주민의 생활환경 보전 또는 상수원의 수질 보전을 위하여 가축사육의 제한이 필요하다고 인정되는 지역에 대해 해당 지방자치단체 조례로 정하는 바에 따라 일정한 구역을 지정·고시하여 가축의 사육을 제한할 수 있다.

〈표 2-13〉 「가축분뇨법」에서 규정하고 있는 가축사육 제한구역

구 분	가축사육 제한구역
생활환경의 보호가 필요한 지역	1. 주거밀집지역
수질환경 보전이 필요한 지역	2. 상수원 보호구역(「수도법」 제7조), 특별대책지역(「환경정책기본법」 제38조), 그 밖에 이에 준하는 수질환경 보전 필요지역
	3. 한강, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강 수계 관리지역(「한강 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조, 「낙동강 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조 등)
환경기준을 초과한 지역	4. 생태계 및 인간건강에 미치는 영향 고려, 대통령령으로 정한 환경기준보다 강화된 기준 설정 필요지역(「환경정책기본법」 제12조)

자료: 「가축분뇨법」을 참고해 저자 작성.

전국 지방자치단체들은 「가축분뇨법」 제8조에 따라 지방조례를 제정하여 주거밀집지역으로부터 일정한 거리 이내 지역에 가축의 사육을 제한하고 있으나 시·군·구별로 제한범위와 지정기준이 달라, 환경부에서 지자체 조례 현황과 문제점을 분석하여 2011년 9월 가축사육 제한구역 지정기준 권고안을 마련하여 제시하였다. 그리고 2015년 3월 환경부와 농림축산식품부 합동으로 지자체의 조례 지정 현황과 악취확산 예측결과를 토대로 수정된 가축사육 제한 거리 기준을 제안하였다.

수정된 가축사육 제한 거리 권고안은 축종별 사육 규모에 따라 다르다. 한육우는 주거밀집지역으로부터 50~70m, 젖소는 75~110m, 돼지는 400~1,000m, 그리고 가금류는 250~650m이다. 수정된 권고안은 지방자치단체 조례에서 운영하는 규정보다 다소 완화된 수준이다<표 2-14>.

〈표 2-14〉 주거밀집지역으로부터 사육 제한 거리

축종	환경부 권고안 (2011. 9.)	지자체 조례 현황 (괄호는 중간값, 2015. 3.)	정부 합동 권고안 (규모 고려, 2015. 3.)	
한육우	100m	60~500m (200m)	400두 미만	50m
			400두 이상	70m
젖소	250m	100~1,000m (250m)	400두 미만	75m
			400두 이상	110m
돼지	500m	50~2,000m (500m)	1,000두 미만	400m
			1,000~3,000두 미만	700m
			3,000두 이상	1,000m
닭·오리	500m	200~2,000m (500m)	2만 수 미만	250m
			2만~5만 수 미만	450m
			5만 수 이상	650m

주: 환경부 권고안의 주거밀집지역의 가구 최소단위는 5~10호를 기준으로 함. 그리고 제한구역 내 예외 가축 사육 허용 범위는 소·돼지는 5두 이하, 닭·오리는 20수 이하임.

자료: 환경부(2015. 3. 30.). “지자체 가축사육제한 조례 제·개정 관련 권고안.”

정부 합동으로 가축사육 제한 수정 권고안을 제안하였으나 현재 지방자치단체의 조례에서는 여전히 정부 권고안보다 강화된 규정을 적용하고 있는 지역이 많

다. 장수군의 사례를 살펴보면 돼지와 가금류의 경우 주거밀집지역으로부터 2,000m 이내에서는 사육할 수 없도록 규정하고 있다. 장수군은 조례 제4조에 따라 제한구역을 ‘절대금지구역’과 ‘상대제한구역’으로 나누어 지정하고 있으며, 제한구역에서 가축을 사육할 수 없도록 규정하고 있다. 이러한 규정은 축산업을 새로 경영하고자 하는 자에게는 매우 강력한 진입 규제가 되고 있다.

〈표 2-15〉 가축사육 제한구역(장수군 조례 제4조 관련)

구분	절대금지구역	상대제한구역
제한 구역	1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조의 규정에 의한 도시계획지역 내 도시지역 중 주거·상업·공업지역·녹지 지역 중 자연취락지구 2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제37조의 규정에 의한 취락지구	○ 절대금지구역을 제외한 구역 중 인근 주택 부지 경계선으로부터 축사부지 경계까지 최단 직선거리가 아래의 거리 이내인 경우 - 소·말·젖소의 경우: 300m - 사슴·양(염소 등 산양 포함): 400m - 돼지·닭·오리·매추리·개 등의 경우: 2,000m

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

3.4. 축산업 허가제 도입

2013년 2월 23일부터 축산업 허가제가 시행되고 있다. 축산업을 경영하고자 하는 자는 당초 지방자치단체에 신고하는 것으로 가능하였으나 허가제 도입 이후 지방자치단체에서 반드시 허가를 받아야 한다. 「축산법」 제22조에서는 종축업, 부화업, 가축상육업 등 축산업을 경영하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 해당 영업장을 관할하는 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다고 명시하고 있다.

축산업을 경영하고자 하는 자가 지자체로부터 허가를 받기 위해서는 동법 제25조에 의거 대통령령으로 정하는 축사 및 장비 등을 갖추어야 하고, 동법 제33조에 의거 일정한 교육과정을 이수해야 한다. 축산업 허가제 도입은 제대로 된 장비를 갖춘 축사시설에서 일정한 교육을 받은 축산농가가 축산업을 경영하도록 하는 데 목적이 있다. 축산업 허가를 취득하기 위한 축산농가의 의무교육 시간은 24시간이며, 이 중 축산환경 교육 시간은 3시간이다.

「축산법」 시행령 제14조의2에 따르면, 축산업의 허가 및 등록 요건(별표 1)으로 매물지를 확보하고 단위 면적당 적정 사육두수를 준수해야 하며(일반요건), 축사 및 장비 등의 설치 구비기준을 충족해야 한다(축산업허가요건). 위반 시 허가가 취소되거나 영업이 정지된다(「축산법」 시행령 제15조제3항, 별표 2).

축산업 허가 및 등록요건으로 준수해야 할 축종별 마리당 적정 사육 면적은 다음과 같다. 한육우의 마리당 적정 사육 면적은 축사의 시설 형태에 따라 다르다. 한육우 번식우는 방사식 우사일 경우 마리당 10㎡가 확보되어야 하며, 계류식일 경우 5㎡가 확보되어야 한다. 비육우는 방사식일 경우 마리당 7㎡가 확보되어야 하며, 계류식일 경우 5㎡가 확보되어야 한다. 그리고 한우 송아지는 축사 형태와 관계없이 마리당 2.5㎡가 확보되어야 한다<표 2-16>.

〈표 2-16〉 한육우 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적

단위: ㎡/두

시설 형태	번식우	비육우	송아지
방사식	10.0	7.0	2.5
계류식	5.0	5.0	2.5

주: 방사식은 축사 내 우방(牛房)에서 여러 마리를 자유롭게 풀어서 사육하는 방식이며, 계류식은 한 마리씩 묶거나 가두어 사육하는 방식임.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

젖소의 마리당 적정 사육 면적은 한육우와 마찬가지로 축사의 시설 형태에 따라 다르다. 착유우는 깔짚 방식일 경우 마리당 16.5㎡가 확보되어야 하며, 계류식일 경우 8.4㎡가 확보되어야 한다. 젖소 육성우는 축사 형태와 관계없이 마리당 6.4㎡가 확보되어야 한다. 젖소 송아지도 축사 형태와 관계없이 마리당 4.3㎡가 확보되어야 한다.

〈표 2-17〉 젖소 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적

단위: m²/두

시설 형태	경산우		미경산우	육성우 (6~12개월령 미만)	송아지 (3~6개월령 미만)
	착유우	건유우			
깔짚 방식	16.5	13.5	10.8	6.4	4.3
계류식	8.4	8.4	8.4	6.4	4.3
프리스톨 방식	8.3	8.3	8.3	6.4	4.3

주: 프리스톨 방식이란 주로 착유우를 수용하는 방식으로, 사료와 물의 섭취 및 휴식을 자유롭게 할 수 있도록 사육하는 방식임.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

돼지의 마리당 적정 사육 면적은 성장단계별 및 경영 형태별로 다양하다. 돼지 임신돈은 마리당 1.4m²가 확보되어야 하며, 비육돈은 0.8m²가 확보되어야 한다. 그리고 새끼돼지는 마리당 0.2~0.34m²가 확보되어야 한다<표 2-18>. 돼지 사육 형태가 번식과 비육을 함께 하는 일관경영일 경우 두당 0.79m²가 확보되어야 한다<표 2-19>.

〈표 2-18〉 돼지 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적

단위: m²

구분	웅돈	번식돈				비육돈			
		임신돈	분만돈	종부 대기돈	후보돈	새끼돼지		육성돈	비육돈
						초기	후기		
마리당 면적	6.0	1.4	3.9	1.4(스톨), 2.6(군사(群飼))	2.3(군사)	0.2	0.3	0.45	0.8

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

〈표 2-19〉 돼지 경영 형태별 마리당 적정 사육시설 면적

단위: m²/두

일관경영	번식경영-1 (번식→분만)	번식경영-2 (번식→분만→새끼)	비육경영-1 (새끼→비육)	비육경영-2 (비육)
0.79	2.42	0.90	0.62	0.73

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

산란계의 마리당 적정 사육 면적은 축사의 시설 형태에 따라 다르다. 산란계의 계사가 케이지 시설일 경우 마리당 0.075㎡가 확보되어야 하며, 평사일 경우 ㎡당 9마리 이하로 사육되어야 한다. 그리고 산란 육성계 계사가 케이지 시설일 경우 마리당 0.025㎡가 확보되어야 한다.

육계도 산란계와 마찬가지로 계사의 형태에 따라 마리당 적정 사육 면적이 다르다. 육계가 케이지 시설에서 사육될 경우 마리당 0.046㎡가 확보되어야 하며, 개방계사일 경우 ㎡당 33~36kg 이하의 육계가 사육되어야 한다.

〈표 2-20〉 산란계 및 육계의 적정 사육시설 면적

구분	시설 형태		면적	비고
종계·산란계	케이지		0.075㎡/마리	
	평사		9마리/㎡	
산란 육성계	케이지		0.025㎡/마리	100일령까지 사육
육계	무창(無窓)계사		39kg/㎡	
	개방계사	강제환기	36kg/㎡	
		자연환기	33kg/㎡	
	케이지		0.046㎡/마리	

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

제3장

축산업 환경정책 추진실태 분석

축산업 환경정책 추진실태 분석

1. 축산업 환경 관련 제도 변화

축산업과 관련된 환경규제는 상수원 수질보전특별지역을 중심으로 가축분뇨가 수질 오염원으로 부각되면서 시작되었다. 환경부는 1981년 12월 「환경보전법」¹⁰⁾ 개정을 통해 허가대상 규모(대규모) 축산농가에 가축분뇨 처리시설의 설치를 의무화하였으며, 1987년 4월 「폐기물관리법」 제정을 통해 신고대상 규모(중규모) 축산농가에도 가축분뇨 처리시설 설치를 의무화하였다.

환경부는 1991년 3월 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률(이하 오분법)」¹¹⁾을 제정하여 「환경보전법」과 「폐기물관리법」으로 이원화된 가축분뇨 처리시설의 설치 규정을 일원화시키고 신고대상 시설 규모를 하향 조정하여 기준을 강화하였다. 그리고 세 차례 「오분법」 개정(1993. 12., 1997. 3., 1999. 2.)을 통해 신고대상 및 허가대상 시설 규모를 하향 조정하여 기준을 강화하고 간이정화조 설치대상 규모 농가를 신고대상에 포함하였으며, 2000년부터 상수원 보호지역 등 특정 지역의 가축분뇨 처리시설의 방류수 수질기준에 질소(N)와 인(P)의 총량 기준을 적용하기 시작하였다.

10) 「환경보전법」은 1977년 12월 제정되었으며, 1991년 「환경정책기본법」 제정으로 폐지됨.

11) 「오수·분뇨 및 축산폐수에 관한 법률」은 1991년 3월 제정되었으며, 2006년 9월 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제정으로 폐지됨.

2000년대 중반 「오분법」이 폐지되고 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률(이하 가축분뇨법)」이 제정(2006. 9.)됨에 따라 가축분뇨 정책은 정화 후 배출에서 자원화 방향으로 전환되었다. 「오분법」하에서도 「비료관리법」 개정(1994. 9.)을 통해 가축분뇨는 퇴비화되거나 액비화되었으나, 「오분법」에서 가축분뇨가 축산폐수의 일부로 정의되고 있었고 이들 퇴·액비화 시설도 정화시설에 포함되어 있었기 때문에 가축분뇨가 자원화되는 데에는 한계가 있었다. 따라서 「가축분뇨법」 제정으로 가축분뇨의 자원화가 촉진될 수 있는 법적 근거와 계기가 마련되었다.

농림축산식품부는 「가축분뇨법」에서 위임된 가축분뇨의 자원화 및 이용에 관한 사항을 시행하는 것을 목적으로 2007년 11월 「가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙(이하 가축분뇨자원화규칙)」을 제정하였다. 여기서는 「비료관리법」에 따른 퇴비와 액비의 공정규격을 규정하고 있으며, 환경친화축산농장의 지정기준을 제시하고 있다.

〈표 3-1〉 축산환경 문제 관련 제도 및 기준의 변천과정

시 기	주 요 내 용
1981. 12.	• 「환경보전법」 개정으로 대규모(허가대상) 축산시설 규제 - 소: 1,200㎡(100두) 이상, 돼지: 1,400㎡(1,000두) 이상
1987. 4.	• 「폐기물관리법」 제정으로 중규모(신고대상) 축산시설 규제 - 소: 700~1,200㎡ 이상, 돼지: 500~1,400㎡ 이상, 닭: 1,000㎡ 이상
1991. 3.	• 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」 제정 - 「환경보전법」과 「폐기물관리법」으로 이원화된 축산폐수 관련 규정을 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」로 일원화 - 신고대상 시설 규모의 하향 조정, 소: 350~1,200㎡, 돼지: 250~1,000㎡, 닭: 500㎡ 이상
1993. 12.	• 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」 1차 개정 - 소와 돼지의 허가 및 신고대상 시설 규모 하향 조정 · 허가: 소 900㎡ 이상, 돼지 1,000㎡ 이상 · 신고: 소 350~900㎡, 돼지 250~1,000㎡ 미만 - 특정지역 일정 규모 이상 시설에 대한 간이정화조 설치 의무화
1994. 9.	• 「비료관리법」 개정, 가축분뇨 재활용 신고 및 지정조건 간소화
1997. 3.	• 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」 2차 개정 - 신고 및 간이정화조 설치대상 시설규모 하향 조정 · 신고: 소 250~900㎡, 돼지 140~1,000㎡ · 간이: 소 100~200㎡, 돼지 50~140㎡, 닭 150~500㎡ - 간이정화조 설치대상을 전국으로 확대

(계속)

시 기	주 요 내 용
1998. 8.	• 「환경농업육성법」에 토양의 개량을 위한 가축분뇨 자원화 활용 근거 명문화
1999. 2.	• 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」 3차 개정 - 신고 및 간이정화조 설치대상 시설규모 농가 신고대상에 포함 · 신고: 소 100~450㎡, 돼지 50~1,000㎡, 닭 150㎡ 이상 · 특정지역: 허가대상 방류수 수질기준에 질소, 인 추가(260㎡ 이하 질소, 50㎡ 이하 인)
2006. 9.	• 「오분법」 폐지 및 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(가축분뇨법)」 제정 - 가축분뇨 정책이 정화 후 방류에서 자원화로 전환됨
2007. 11.	• 「가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙」 제정 - 「비료관리법」에 따른 퇴·액비의 공정규격 규정, 환경친화축산농장 지정기준 제시 등
2013	• 「가축분뇨법」 1차 개정, 무허가축사 관리 강화, 가축분뇨 퇴·액비 기준 신설, 가축분뇨 전자인계제도 도입 등
2015	• 「가축분뇨법」 2차 개정, 자원화 중심의 공공처리시설 설치, 가축분뇨처리 및 이용 실태조사 도입, 축산환경관리 설립 및 운영

자료: 유철호 외(2000: 11) 및 김현중 외(2018: 30)를 활용하여 수정 보완.

「비료관리법」 제2조제4항에 따른 퇴·액비의 공정규격은 비료 주성분의 최소량, 비료에 함유될 수 있는 유해성분의 최대량, 주성분의 효능 유지에 필요한 부가성분의 함유량과 유통기한 등 비료의 품질 유지를 위해 농림축산식품부 장관이 정하여 고시한 규격을 말한다.

〈표 3-2〉 유기질비료 및 부산물비료에 대한 중금속의 위해성 기준(제10조제1항 관련)

종류	중금속	함유할 수 있는 허용량(mg/kg)
유기질비료 및 부산물비료 (중금속 함유량이 적어 비료에 함유할 수 있는 유해성분의 최대량이 공정규격에 정해져 있지 않은 토양미생물제제 등의 비료는 제외한다)	크롬	300
	납	150
	카드뮴	5
	수은	2
	비소	50
	구리	300
	아연	900
	니켈	50

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 3. 3.).

환경친화축산농장 지정기준은 「가축분뇨자원화규칙」 제7조에 의거, 「축산법」 제22조에 따른 축산업의 등록을 한 농장일 것, 「가축분뇨법」 제12조제6항에 따른 가축분뇨 처리시설의 설치기준에 맞는 농장일 것, 「축산물위생관리법」 제9조제3항에 따라 지정된 위해요소중점관리(HACCP) 적용 농장일 것, 그 밖에 축산농장을 운영함에 있어 가축 관리, 환경보전 또는 악취 저감 관리 등에 관하여 농림축산식품부 장관이 정하여 고시하는 기준에 맞는 농장일 것 등이다.

〈표 3-3〉 환경친화축산농장 지정기준(농림축산식품부 고시)

조항	주요 내용
제3조 (가축의 관리)	가축의 사육밀도 기준 이상 유지, 축사 간 거리는 질병예방 등을 위해 일정거리(5m) 유지, 축사 내 화재 예방을 위한 소방용 기계·기구 설치, 축산농장에 가축전염병 발생 및 확산 방지를 위한 소독시설 설치, 가축 먹이용 물 수질기준 준수, 축사 내부환경 청결유지, 가축분뇨 등에서 발생하는 암모니아 가스 등 먼지를 제거하기 위한 시설 및 장비 구비, 한우 젖소 농장 적정 조사료포 확보 등
제4조 (환경보전)	가축분뇨 처리시설의 지붕 설치, 퇴비장의 가축분뇨 유출방지 방지턱 설치, 축사 바닥은 가축의 안전관리와 분뇨유출 방지를 위한 톱밥 등 깔집 관리, 가축운동장의 분뇨 유출방지 방지턱 설치, 축사 또는 가축분뇨 처리시설의 악취방지시설 설치(악취배출 허용기준은 「악취방지법」 시행규칙 제8조제1항의 허용기준을 따름) 등
제5조 (자원순환)	「가축분뇨법」 시행규칙(제10조 별표 2)에서 정한 시설과 보관능력 확보, 가축분뇨를 액비로 자원화하는 경우 액비살포 초지 또는 농경지 면적 확보, 살포액비를 농경지에 살포할 경우 시·군의 시비처방서 발급 및 액비살포기준 준수, 퇴·액비 유통협의체 참여, 자원화규칙에서 규정한 퇴·액비 기준 준수 등
제6조 (경관조화)	축사 주위 초지조성, 조경수 등 식재, 가축분뇨 처리시설 주변 조경수 식재하여 축산농장 및 가축분뇨 처리시설이 주변 경관과 조화되고 깨끗하게 유지
제7조 (장부의 기록·보존)	축산농장 가축분뇨 발생 및 처리 실태, 소독 실시, 가축먹이용 물 검사결과, 사양관리, 경영사항 등 기록 후 1년 이상 보존, 자연순환농업 또는 친환경축산정책 관련 교육 연 1회 이상 수료

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 5. 3.).

2. 축산업 환경 관련 주요 정책 추진실태

2.1. 가축분뇨의 자원화 및 자연순환농업 정책 추진

가축분뇨의 자원화와 적정 처리를 위해 농림축산식품부는 개별농가 지원에 중점을 두고 정책을 추진해 왔으며, 환경부는 공공처리 지원에 중점을 두고 정책을 추진해 왔다. 그러나 양 부처 간 연계 부족으로 가축분뇨 처리시설의 중복 투자 및 행정의 비효율성을 초래한다는 비판이 제기됨에 따라 양 부처 업무가 연계된 가축분뇨 관리 및 이용대책의 필요성이 증대되었다.

농림축산식품부와 환경부는 이원화된 가축분뇨 관리정책의 실효성 제고를 위해 2004년 11월 양 부처 합동으로 ‘가축분뇨 관리·이용대책’을 수립하였다. 이 대책을 통해 농림축산식품부는 축사 면적 중규모 농가(50~999㎡, 신고대상 농가)와 1,000㎡ 이상 대규모 농가(허가대상 농가)를 대상으로 각각 공동자원화시설과 개별처리시설을 지원하고, 환경부는 축사 면적 50㎡ 미만의 소규모 농가(양돈농가 기준)를 대상으로 공공처리시설을 지원하도록 하였다. 그리고 지역별 생활환경이나 상수원 등의 수질을 보전하기 위하여 지자체 조례로 가축사육 제한을 확대해나가며, 가축사육 과밀 지역을 특별관리지역으로 지정·관리토록 하였다<표 3-4>.

또한, 이 대책에는 가축분뇨의 자원화를 촉진하기 위하여 농가의 자원화시설에 대한 국고 보조율을 30%에서 50%로 인상하고 유기질비료에 대한 가격보조를 확대하는 동시에 화학비료에 대한 보조는 2005년 하반기부터 중단한다는 내용이 포함되어 있다. 그리고 시비처방서를 발부하여 농경지에 살포되는 퇴·액비의 양을 적정하게 관리토록 했으며, 자원화된 비료의 수요 창출을 위해 퇴·액비를 친환경적으로 사용한 친환경농산물 인증을 활성화하여 퇴·액비의 생산 및 유통을 활성화하도록 하였다.

〈표 3-4〉 축산농가 규모별 가축분뇨 관리 및 이용체계(2004. 11. 기준)

구분	허가대상 농가	신고대상 농가	신고 미만 농가
축사규모	돼지 1,000㎡ 이상	돼지 50~999㎡	돼지 50㎡ 미만
	소·말 900㎡ 이상	소·말 100~899㎡	소·말 100㎡ 미만
관리방식	개별처리	공동자원화	공공처리/자체처리
처리형태	퇴·액비 및 정화	퇴·액비	퇴·액비 및 정화
이용체계	농경지 환원 및 공공수역 방류	농경지 환원	농경지 환원 및 공공수역 방류

자료: 농림축산식품부·환경부(2004). 『가축분뇨 관리·이용대책』

농림축산식품부는 퇴·액비 이용 활성화 및 자연순환농업 구현을 위해 2006년 3월 ‘가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진대책’을 발표하였다. 이 대책을 통해 정부는 퇴·액비 사용 농경지 면적을 2013년까지 70만 ha(전체 농경지의 40%)까지 확보하고, 토양의 유기물 함량을 2004년 2.2%에서 2013년 2.5%까지 확대하는 정책 목표를 제시하였다. 특히 가축분뇨의 퇴·액비 등 자원화는 2006년 9월 「가축분뇨법」 제정으로 법적 근거가 확보되었다.

‘가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진대책’의 주요 내용은 양질의 퇴·액비 생산기반 구축, 퇴·액비 유통 및 이용체계 구축, 그리고 경종·축산농가의 균형 발전 환경 조성 등이다. 농림축산식품부는 동 대책에서 자연순환농업의 추진체계를 제시하고 참여 주체별 역할을 부여하였다. 참여 주체별 역할은 중앙정부의 기본계획 수립 및 평가, 농촌진흥청의 시범포운영 및 기술 보급, 지방자치단체의 퇴·액비 생산 및 유통 관리, 지역 농·축협의 협약체결을 통한 경종농가와 축산농가의 퇴·액비 수급 연계, 농업기술센터의 시비처방서 발급 등이다.

가축분뇨 퇴·액비를 이용한 축산과 경종의 연계체계 구축을 위한 자연순환농업 협약체결은 축협이 2009년 59개소에서 2012년 73개소로 수가 확대되었으며, 여기에 참여하는 농협 수도 134개소에서 318개소로 확대되었다. 전국 평균을 기준으로 할 때 지역 축협 1개소가 농협 4개소와 협약을 체결하였다.¹²⁾

12) 정민국 외(2013). 『지역단위 가축분뇨의 자원순환 모델 개발』의 내용을 수정 보완함.

농림축산식품부는 2011년 ‘가축분뇨 자원화 추진대책’을 발표하고 가축분뇨의 자원화율을 2009년 85%에서 2013년 90%까지 높이는 것을 목표로 설정하였다. 이를 위하여 가축분뇨 자원화시설 기반 조성, 자원화 조직체 및 민간관리조직 육성, 퇴·액비 품질관리 강화 및 수요 확대 등 세부 대책이 추진되었다.

가축분뇨 자원화시설 기반 조성 및 확대를 위해 1일 100톤 처리 규모의 공동자원화시설이 2009년 39개소에서 2012년 94개소로 확대 설치되고, 액비유통센터 및 액비저장조가 2009년 각각 101개소, 3,888기에서 2012년 160개소, 8,500기로 확대 설치되도록 하였다.

그리고 저탄소 녹색성장 대비 가축분뇨를 신재생에너지 자원으로 활용하기 위한 가축분뇨 에너지화사업이 2010년도 시범사업을 거쳐 2012년까지 9개소에서 추진되었으며, 환경규제 강화에 대응하고 지속가능한 축산업 발전을 도모하기 위한 친환경축산 표준 모델이 개발되어 보급되었다.

〈표 3-5〉 가축분뇨 자원화 추진 대책(2011 농림축산식품부)

세부 추진대책	주요 내용
자원화시설 기반 조성 및 확대	• 공동자원화 처리시설(100톤/일) 2009년 39개소 → 2012년 94개소 • 액비유통센터 2009년 101개소 → 2012년 160개소 • 액비저장조 2008년 3,888기 → 2012년 8,500기 • 가축분뇨 에너지화사업 2010년 시범사업추진 → 2012년 9개소 • 친환경축산 표준 모델 개발 보급(축사 및 자원화시설)
자원화 조직체 및 민간관리조직 육성	• 공동자원화조직 및 액비유통센터를 지역전문조직으로 육성 - 우수조직체 인센티브 부여, 전문가 육성, 처리기술 지원 등 • 가축분뇨 자원화 종합관리 민간조직 설립 검토 • 자연순환농업 협약체결 2009년 83개소 → 2012년 318개소
퇴·액비 품질관리 강화 및 수요 확대	• 자원화조직 컨설팅 의무화 및 평가제 도입 • 액비부숙판정기, 2012년 전체 시군으로 확대 보급 • 액비품질검사제 도입(2012) • 액비이력추적제, 시범사업 추진 후 2012년 전국 확대 • 액비살포지역, 농경지 및 초지에서 골프장 및 임야까지 확대

자료: 정민국 외(2013). 『지역단위 가축분뇨의 자원순환 모델 개발』의 내용을 이용하여 작성함.

경종과 축산의 협력 강화를 위한 자원화 조직체 및 민간관리조직 육성을 위해 지역 농협과 축협의 자연순환농업 협약체결 목표가 2009년 83개소에서 2012년 318개소로 확대되었다. 우수 공동자원화조직 및 액비유통센터에 대해 인센티브가 지원되고, 전문가 육성, 처리기술 지원 등을 통해 공동자원화조직 및 액비유통센터가 지역 자원화 전문조직으로 집중 육성되도록 하였다. 그리고 가축분뇨의 종합관리를 위한 민간 전문조직의 설립이 본격적으로 검토되었다.

가축분뇨 퇴·액비의 품질관리를 강화하기 위해 성분 분석기 및 부숙도 측정기가 개발되어 전국으로 확대 보급되었고, 성분 및 부숙도 기준에 적합한 액비가 농경지에 살포되도록 시비처방서 발급제도가 개선되었으며, ‘액비품질검사제’와 ‘액비이력추적제’가 도입되었다. 그리고 자원화 조직체에 대한 컨설팅 의무화 및 평가제가 도입되었으며, 평가 결과에 따라 액비살포비가 차등 지원되었다. 그리고 액비살포지역은 당초 농경지 및 초지에서 골프장 및 임야까지로 확대되었다.

2.2. 환경부담 저감 친환경축산 정책 추진

농림축산식품부는 가축분뇨 및 축산악취 등 축산업의 환경부담을 감소시키고 친환경 안전 축산물의 수요 증대에 대응하기 위해 ‘지속가능한 친환경축산 종합대책(2014년)’을 마련하여 추진하였다. 여기서는 축산업의 환경부담 최소화 방안, 친환경축산물 공급 활성화 방안, 그리고 친환경적 생산기반 조성 방안 등이 제시되었다.

먼저, 축산업 환경부담 최소화를 위해 정부는 시·군별 가축분뇨 자원화 계획수립을 의무화하고, 가축분뇨 발생 및 이용 현황에 대한 정보시스템을 구축도록 하였으며, 중장기적으로 지역단위 양분총량제를 도입하는 것도 검토하였다. 그리고 축산악취에 대해 발생량 기준을 설정하고 축사 등의 시설별 악취 저감 지침 마련 등 관리시스템 구축 계획을 수립하였다.

다음으로 친환경인증축산물 공급을 확대해나가기 위해 기존 5가지 인증제를 4

가지(HACCP, 무항생제, 동물복지, 유기)로 체계화하였다. 실효성이 부족한 ‘환경친화축산농장’은 폐지하고 동물복지인증은 연차별로 대상 축종을 확대해나가는 방침을 정하였다. 기존 축산농장이 친환경으로 전환될 경우 일정 기간 소득이 감소하는 것을 고려하여 직불금 지급단가 및 지원 한도를 상향 조정하는 친환경축산직불제 내실화 방안도 검토되었다.

환경친화적 생산기반 조성을 위해 축종별 축사표준설계도를 마련하고 「가축분뇨법」 등 관련 법 개정을 통해 무허가축사의 적법화를 추진하는 계획이 수립되었으며, 농가별 자율방역체계 확립을 통한 질병 근절을 위한 농가 방역기준이 설정되고, 농장별 질병 관리 등급제를 도입하는 계획이 수립되었다. 그리고 국유림을 활용한 산지 생태 축산농장 조성 및 지자체 군유림을 활용한 친환경축산단지 시범사업을 통해 친환경적 사육모형을 정립하고 확산해나가는 계획이 수립되었다.

농림축산식품부는 ‘환경친화축산농장제도’가 지정기준이 높아 확산하지 못하자 일부 지정기준을 완화한 ‘깨끗한 축산농장 제도’를 도입하고 확산시킴으로써 이를 환경친화축산농장으로 이행하는 중간단계로 삼고자 하였다.

농림축산식품부는 ‘깨끗한 축산환경 조성 추진대책(2016. 12.)’에 따라 2025년까지 깨끗한 축산농장을 1만 호로 확대하고, 가축분뇨 처리시설의 광역화 및 규모화를 통해 공동처리 비중을 2016년 30%에서 2025년 50%까지 확대하는 계획을 발표하였다. 그리고 축산환경관리원을 축산악취 저감 관리기관으로 지정하고 공동자원화시설의 악취 예방시스템 구축을 의무화하였다.

이 대책이 가지는 중요한 의미 중 하나는 가축분뇨 관리의 중심이 기존 농장단위에서 지역단위로 전환되었다는 점이다. 동 추진대책에는 「축산법」 개정을 통한 지역단위 축산환경 개선 기본계획 수립의 의무화 내용이 포함되었다.¹³⁾

농림축산식품부는 2018년 12월 31일 「축산법」 개정으로 「축산법」 제3조(축산발전시책의 강구)에 ‘축산환경 개선’을 포함시켰으며, 동법 제42조의13(축산환경

13) 농림축산식품부 보도자료. 2017. 1. 16. “‘깨끗한 축산환경 조성 추진대책’마련.”(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156178998>, 검색일: 2021. 5. 23.).

개선계획 수립)을 신설하여 농림축산식품부 장관은 5년마다 축산환경 기본계획을 수립하도록 하였고, 시·도지사는 5년마다 축산환경 개선계획 수립·시행을 농림축산식품부 장관에 보고토록 하였다. 그리고 시장·군수는 1년마다 시·군 축산환경 개선 실행계획을 수립·시행하는 것을 시·도지사에게 보고토록 하였다. ‘깨끗한 축산농장’ 지정 실적은 2017년 1,029호에서 2019년 2,043호로 증가하였다.

〈표 3-6〉 ‘깨끗한 축산농장’ 지정 현황(2019. 4. 기준)

단위: 호

지자체	한육우	낙농	양돈	양계	합계
경기도	167	145	106	112	530
강원도	134	14	19	36	203
충청북도	55	6	18	30	109
충청남도	56	13	76	35	180
전라북도	110	37	41	103	291
전라남도	143	13	47	78	281
경상북도	89	8	20	36	153
경상남도	110	17	45	30	202
제주도	12	4	38	13	67
세종시	11	3	3	10	27
합계	887	260	413	483	2,043

자료: 김경민(2020: 8)에서 인용.

‘환경친화축산농장’과 ‘깨끗한 축산농장’ 지정조건의 차이를 살펴보면, 축사 간 일정 거리 유지, 수질검사 실시, 조사료포 확보, 폐사 가축 처리시설 또는 장비 설치, 퇴·액비 농경지 환원, 축사 주위 초지 조성 및 조경수 식재, 가축분뇨 처리시설 주위 조경수 식재 등은 환경친화축산농장에만 적용되며, 깨끗한 축산농장에는 적용되지 않는다. 다만 ‘깨끗한 축산농장’도 추가적인 지정조건을 충족하면 ‘환경친화축산농장’으로 전환할 수 있으나, 조사료포 확보를 비롯하여 추가적인 지정조건은 농장의 부담이 커 전환이 쉽지 않았던 것으로 보인다<표 3-7>.

〈표 3-7〉 환경친화축산농장과 깨끗한 축산농장 지정조건 비교

지정조건	환경친화 축산농장	깨끗한 축산농장
1. 축산업 등록 농장(「축산법」 제22조)	○	○
2. 가축분뇨처리시설 설치기준 농장(「축산법」 제12조제6항)	○	○
3. HACCP 적용농장(「축산물위생관리법」 제9조제3항)	○	○
4. 가축사육밀도기준 준수(「축산법」 제26조)	○	○
5. 축사간거리 5m 이상 격리(축사측면 또는 전면기준)	○	×
6. 화재예방과 안전관리를 위한 소방용 기계·기구설치	○	○
7. 가축전염병 발생 및 확산 방지용 소독시설 설치	○	○
8. 수질검사 연 1회 이상 실시(「먹는물관리법」 제5조제3항)	○	×
9. 축사 사육환경 청결 유지(급이, 급수시설 등)	○	○
10. 사양관리를 위한 적절한 조사료포 확보	○	×
11. 암모니아 가스 등 악취방지시스템 설치	○	○
12. 폐사가축처리시설 또는 장비 설치	○	×
13. 가축분뇨처리시설(퇴비장, 액비저장조) 지붕 설치	○	○
14. 퇴비장의 가축분뇨 유출방지턱 설치	○	○
15. 가축분뇨 퇴·액비 농경지 등 환원	○	×
16. 축사주위 초지조성 및 조경수, 잔디 식재	○	×
17. 가축분뇨처리시설 주변 조경수 식재	○	×
18. 가축분뇨 발생·처리실태, 소독실시에 관한 사항	○	○
19. 급수 수질검사 결과에 관한 사항	○	×
20. 사양관리 및 경영에 관한 사항	○	○

자료: 김경민(2020: 9)에서 수정·보완, ○는 필요, ×는 불필요.

2.3. 축산환경관리 우수정책 추진 사례: 축산악취개선사업

농림축산식품부는 「축산법」 제3조와 「가축분뇨법」 제3조에 의해 가축분뇨처리지원사업을 추진하고 있으며, 지방자치단체와 협조하여 ‘가축분뇨처리지원사업’의 내역사업으로 축산악취개선사업을 추진하고 있다.

‘농림축산식품사업 시행지침(2021)’에 의하면 가축분뇨처리지원사업의 내역 사업에는 축산악취개선사업과 악취측정ICT기계장비사업, 공동자원화시설, 가축분뇨 퇴·액비 살포비 지원 등이 있다. 축산악취개선사업에 대한 지원 형태 및 비율

은 국고보조 20%, 지방비 20%, 국비용자 50%, 자부담 10%로 구성되어 있으나 국비용자를 지방비로 대체할 수 있다.

〈표 3-8〉 가축분뇨처리지원사업의 내역사업별 지원 형태

단위: %

구분	지원 형태				용자조건
	국비보조	지방비	국비용자	자부담	
축산악취개선	20	20	50	10	10년(3년거치 7년균분상환), 연 2%(민간기업 등 3%)
악취측정 ICT기계장비	50	50	-	-	
공동자원화시설	-	-	-	-	
- 퇴·액비화	40	30	30	-	
- 에너지화	50	20	20	10	
퇴·액비 살포비	50	50	-	-	-
축산환경개선	100	-	-	-	-
자연순환농업활성화	-	-	70	30	연 2%, 3년거치 후 일시상환

자료: 농림축산식품부(2021: 2163). 『2021 농림축산식품사업 시행지침』.

축산악취개선사업은 가축분뇨처리지원사업 중 공동자원화시설사업을 제외한 개별농가(법인체 포함)의 퇴·액비화시설, 액비저장조, 관련 기계·장비 등 개별처리시설에 대한 지원사업이다.

축산악취개선사업 사업비의 한도액은 지역(시·군·구)당 50억 원이며, 사업비가 한도를 초과할 경우 초과 부분을 사업자가 자부담해야 한다. 다만, 지자체가 주관하는 익산 왕궁지역, 4대강 유역 수계의 수변구역지정 관련 지역의 개별시설은 축산악취개선사업 사업비 한도액을 적용하지 않는다.

축산악취개선사업 사업참여 농가 및 법인체 등의 사업비는 개별처리시설 한도액을 초과할 수 없다. 사업대상자 중 퇴·액비 유통전문조직은 퇴·액비살포 실적 우수할 경우 2억 원 범위 내에서 장비 및 개보수 비용을 추가로 지원받을 수 있다. 악취측정 ICT 기계장비 지원 한도액은 축산농가 및 위탁처리시설당 2천만 원이다<표 3-9>.

〈표 3-9〉 축종별 축산농가 및 가축분뇨 처리시설의 축산악취개선사업 지원 한도(2021)

단위: 백만 원/개소

구분		돼지	한우	젖소	닭	
					평사	케이지
개별처리시설_농가		500	300	300	200	200
개별처리시설_법인체 등		2,000	800	800	1,000	1,000
액비저장조	신규	20(200톤 규모 기준, 폭기·교반시설 포함)				
	개보수	9(200톤 규모 기준, 슬러지 제거비용 포함)				
퇴·액비 유통전문조직		200				
퇴·액비 살포비		20만 원/ha, 평가결과에 따라 사업비 차등지원				
퇴·액비 성분 분석기		37				
퇴·액비 부숙도 판정기		30				
휴대용 유해가스 측정기		1.2				

자료: 농림축산식품부(2021: 2164), 『2021 농림축산식품사업 시행지침』.

축산악취개선사업 추진체계는 농림축산식품부 주도에서 지방자치단체 중심의 공모사업으로 전환되었다. 농림축산식품부에서 기본계획을 수립하여 시·도에 시달(직전년도 2월)하면 시·도에서 시·군·구를 대상으로 축산악취개선 공모사업 신청접수(5월)를 받는다. 시·도는 시·군·구에서 신청한 사업계획서를 전문가로 구성된 심사평가단을 통해 자체평가하고, 최종 사업대상자는 농림축산식품부의 최종평가를 거쳐 발표된다(6월). 축산악취 저감 활동은 지방자치단체가 중심이 되어 추진하며, 취약 농가 및 시설에 대해서는 맞춤형 컨설팅 및 악취저감시설 등에 대한 지원이 제공된다.

농림축산식품부는 2020년 5월 축산악취 민원이 많은 고속도로, 혁신도시, 신도시 인근 지역을 중심으로 도별로 1개씩 전국 10개 악취개선 필요지역을 선정하고, 10개 지역 내 축산농장 및 가축분뇨 처리시설 등을 대상으로 축산악취 원인을 진단하고 참여 지역을 중심으로 악취개선 활동을 실시하였다. 해당 시설은 전문가 현장 진단과 컨설팅을 바탕으로 악취관리계획을 수립하고 악취개선 활동을 추진하였다.

농림축산식품부 보도자료¹⁴⁾에 따르면 축산악취개선사업 추진 결과, 참여 축산농장 대부분이 축산악취 개선 필요 사항을 이행하여 10개 지역 106개 축산농장 및

가축분뇨 처리시설의 암모니아 수치가 사업추진 전과 비교하여 44% 감소하였으며, 설문조사에 참여한 8개 지역주민 432명 중 58.3%(252명)가 축산악취 개선을 체감한 것으로 나타났다.

〈표 3-10〉 축산악취 단기 개선 사항(2020년)

구분	축산악취 저감 이행 활동
축사 관리	슬러리 내 분뇨 신속제거 및 주기적 배출, 주기적 깔집관리 등
축사 목은 악취 제거	고압세척을 이용한 축사청소, 목은 분뇨 및 부패 유기물 제거, 폐사축 관리 및 먼지 제거 등 조치
퇴·액비화 관리 강화	톱밥, 완겨 등 수분조절제 사용, 주기적 퇴비교반작업 등 고액분리 철저, 주기적 폭기, 액비조 침전물 제거 등
악취 저감	차광막 설치(2~3중) 후 안개 분무(미생물제)하여 악취 저감 미생물제제 및 환경개선제 활용, 악취저감시설의 관리 개선(개보수 등)

자료: 농림축산식품부 보도자료(2020. 11. 23.). “전국 10개 축산악취 우려지역 악취개선 성과 공유회의 개최.”(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156422401>, 검색일: 2021. 7. 23.).

지역별 축산악취 개선사례를 살펴보면, 대부분 지역이 농가교육과 컨설팅을 통해 악취관리계획을 수립하고 개선 활동을 통해 축산악취개선의 성과를 나타내고 있다. 그리고 축산농장, 지역주민, 지자체 공무원 등으로 구성된 지역협의체의 운영을 통해 지역주민의 의견을 수렴하고 민원 발생을 최소화하였다.

축산민원 다발 지역인 경기도 안성시의 경우 양돈농장에 대한 돈사 및 분뇨처리시설 관리에 대한 교육과 컨설팅을 통해 암모니아 수치를 사업추진 전과 비교하여 약 60% 감소시켰다. 혁신도시 인근인 전남 나주시는 혁신도시 6km 반경 양돈농장 5개소를 대상으로 축산악취개선 컨설팅을 추진하고, 가축분뇨 자원화 조직체를 지역협의체에 포함시켜 운영함으로써 암모니아 수치를 사업추진 전과 비교하여 29.1% 감소시키고, 악취 민원 발생 건수도 33% 감소시켰다<표 3-11>.¹⁵⁾

14) 농림축산식품부 보도자료. 2020. 11. 23. “전국 10개 축산악취 우려지역 악취개선 성과 공유회의 개최.”(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156422401>, 검색일: 2021. 7. 23.).

15) 남도일보. 2020. 11. 25. “나주시, 축산 악취 개선 성과 사례 공유.”(<http://www.namdonews.com/news/articleView.html?idxno=591232>, 검색일: 2021. 7. 23.).

〈표 3-11〉 지역별 축산악취 개선사례 및 성과(2020년)

지역	특징	악취개선사례	
		개선 노력	성과(사업추진 전·후 비교)
경기 안성	민원다발지역	농가교육 및 컨설팅	암모니아 수치 60% 감소
강원 홍천	축사밀집지역	농가교육 및 컨설팅	-
충북 청주	KTX오송역인근	농가교육 및 컨설팅 지역협의체 구성 및 운영	암모니아 수치 60% 감소
충남 예산	고속도로인근	농가교육 및 컨설팅	암모니아 수치 100ppm에서 5ppm으로 감소
전북 김제	혁신도시인근	농가교육 및 컨설팅 지역협의체 구성 및 운영	악취발생일수 54% 감소
전남 나주	혁신도시인근	농가교육 및 컨설팅 지역협의체 구성 및 운영	암모니아 수치 29.1% 감소 악취민원 발생건수 33% 감소
경북 상주	고속도로인근	농가교육 및 컨설팅 지역협의체 구성 및 운영	지역주민 악취개선 응답률 65.2%
경남 김해	신도시인근	농가교육 및 컨설팅	-
제주	악취관리지역	농가교육 및 컨설팅 지역협의체 구성 및 운영	암모니아 수치 33% 감소
세종	혁신도시인근	농가교육 및 컨설팅	-

자료: 농림축산식품부 보도자료(2020. 11. 23.). “전국 10개 축산악취 우려지역 악취개선 성과 공유회의 개최.”(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156422401>, 검색일: 2021. 7. 23.)와 남도일보(2020. 11. 25.). “나주시, 축산 악취 개선 성과 사례 공유.”(<http://www.namdoonews.com/news/articleView.html?idxno=591232>, 검색일: 2021. 7. 23.) 이용하여 저자 작성.

농림축산식품부의 축산악취개선사업이 일정부분 성과를 나타낼 수 있었던 주요 요인은 축산악취 발생에 대한 정확한 원인진단, 맞춤형 컨설팅 추진, 축산농장의 자발적 개선 노력, 그리고 지역협의체를 통한 지역단위의 협업 등으로 정리될 수 있다. 이러한 성과를 바탕으로 정부는 지방자치단체 공모를 통해 2021년부터 전국 30개 지역(762개 농가 및 시설)을 대상으로 축산악취개선사업을 본격적으로 추진하고 있다. 2021년부터 축산악취개선사업에 악취저감시설 지원 등 재정지원까지 이루어지고 있어 축산악취 개선이 촉진될 것으로 전망된다.

2.4. 2050 탄소중립 기본방향과 축산분야 전략¹⁶⁾

국제사회는 지구온난화 문제의 심각성을 인식하며, 탄소중립을 위해 포괄적인 대응체계를 구축하고 있다. 우리나라도 지구온난화 대응을 위한 국제사회 노력에 동참하여 2020년 10월 국가 비전으로 2050 탄소중립을 선언하고, 후속 대응으로 2050 탄소중립 시나리오를 수립하여 추진하고 있다(관계부처 합동 2021).

우리나라는 2050 탄소중립 비전으로 “기후 위기로부터 안전하고 지속가능한 탄소중립 사회”를 제시하고 5가지 원칙을 준수하도록 하고 있다. 첫째, 사회구성원 전체가 지구촌의 책임 있는 일원으로 참여한다는 ‘책임성의 원칙’이다. 둘째, 미래세대와 인류 외 다른 생물 종까지 배려한다는 ‘포용성의 원칙’이다. 셋째, 취약 집단을 보호하고 소외된 자 없이 모두의 참여를 보장한다는 ‘공정성의 원칙’이다. 넷째, 객관적인 자료에 바탕을 둔 실현가능성 높은 미래상을 도출한다는 ‘합리성의 원칙’이다. 마지막으로 과학기술과 제도의 혁신을 통한 미래성장동력 발굴이라는 ‘혁신성의 원칙’이다(관계부처 합동 2021).

국가 온실가스 총배출량의 약 2.9%를 차지(2018년 기준)하는 농축수산부문의 온실가스 배출은 대부분 식량 생산과정의 생물학적 요인에 기인하는 만큼 완전히 제거하는 것은 불가능하다. 그러나 다양한 수단과 기술을 통해 배출량을 저감시킬 수는 있다(대한민국정부 2020).

축산업의 가축관리와 관련된 감축 수단으로 ‘가축분뇨 자원순환 확대 및 저탄소 가축관리시스템 구축 등에 따른 온실가스 감축’이 제시되어 있다. 이를 위한 세부 방안으로는 ‘저메탄·저단백질사료 보급’, ‘축산의 생산성 향상’, ‘가축분뇨 에너지화시설 확대’가 제시되어 있다. 그 외 농축수산부문 감축 수단 중에서 축산분야와 관련된 내용으로 고효율 에너지 설비 보급, 바이오매스 에너지화, 식단 변화 등이 있다(관계부처 합동 2021).

16) 관계부처 합동(2021). 『2050 탄소중립 시나리오안(2021.10.18.)』 및 대한민국정부(2020). 『대한민국 2050 탄소중립 전략』을 참고하여 작성함.

3. 농림축산식품부 ‘축산환경 개선’ 및 환경부 ‘가축분뇨 관리’ 기본계획 수립 비교 분석

「가축분뇨법」 제5조에 의거, 시·도지사 등은 관할구역의 ‘가축분뇨관리 기본계획’을 10년마다 수립하여 환경부 장관의 승인을 받아야 한다. 환경부 장관은 가축분뇨관리 기본계획의 수립 또는 변경에 관해 승인하려는 때에는 농림축산식품부장관 및 관계 중앙행정 기관장과 협의해야 한다. 시장·군수는 가축분뇨관리 기본계획을 바탕으로 관할구역의 ‘가축분뇨관리 세부계획’을 수립하여 시·도지사에 제출하여야 한다.

「가축분뇨법」 시행령 제3조에서는 ‘가축분뇨관리 세부계획’에 포함되어야 할 사항을 명시하고 있다. 세부계획에 포함되는 주요 내용은 관할지역의 지리적 환경, 오염원, 가축사육 현황, 가축분뇨 발생량, 가축분뇨의 수집·운반·처리 현황, 가축분뇨 자원화에 관한 사항, 축산농가의 가축분뇨 관리 현황 및 개선계획, 그리고 공공처리시설 및 공동처리시설의 현황 및 설치계획 등이다. 시·도지사는 ‘가축분뇨관리 기본계획’을 수립한 날부터 5년 단위로 그 기본계획의 타당성을 검토해야 하고, 시장·군수는 ‘가축분뇨관리 세부계획’을 수립한 날부터 5년 단위로 그 세부계획의 타당성을 검토해야 한다.

〈표 3-12〉 시·도별 ‘가축분뇨관리 기본계획(2차)’ 주요 내용

구분	주요 내용
가축분뇨 관리방향	· 친환경 사육환경 조성 및 환경용량을 고려한 자원화 중심의 공공처리율 단계별 확대
가축분뇨 처리계획	· 공공처리시설 기능 활성화 · 자원화와 정화처리 간 연계 시스템 구축 · 지역단위 양분총량제 도입 · 고품질의 가축분뇨 퇴·액비화 생산체계 및 유통협업체 구축 · 전자인계관리시스템 활용을 통한 수거 및 운반율 제고
소규모 축산농가 가축분뇨 처리계획	· 소규모농가의 가축분뇨 처리시설 설치지원 및 수집·운반업체 지원 · 공동저류조 설치지원 등을 통한 소규모 농가의 가축분뇨 전량 수거화 · 혼합분뇨 배출농가 처리비 차등화 · 소규모 축산농가 교육, 홍보 및 관리·감독 강화

자료: 조을생 외(2019: 19)에서 재인용(시도별 발표내용 취합 정리).

농림축산식품부 장관과 협의를 거친 환경부 장관의 승인이 필요하지만 ‘가축분뇨관리 기본계획’의 수립 주체는 각 시·도지사이고, ‘축산환경 기본계획’ 수립 주체는 농림축산식품부 장관이지만 ‘축산환경 개선계획’의 수립 주체는 시·도지사이다. 따라서 시·도지사는 5년 단위로 ‘축산환경 개선계획’을 수립하고, 10년마다 ‘가축분뇨관리 기본계획’을 수립해야 하며 5년마다 타당성을 검토해야 한다.

시·도지사가 수립해야 하는 ‘축산환경 개선계획’이나 ‘가축분뇨관리 세부계획’의 주요 내용은 모두 가축분뇨의 관리를 포함하고 있다. 따라서 시·도지사가 ‘가축분뇨관리 기본계획’을 수립할 때 농림축산식품부의 ‘축산환경 기본계획’을 반드시 반영하도록 하여 환경부의 가축분뇨 관리와 농림축산식품부의 축산환경 개선의 방향성이 일치되도록 할 필요가 있다.

〈표 3-13〉 축산환경개선 및 가축분뇨 관리 기본계획 수립 비교

구분		축산환경 개선	가축분뇨 관리
소관부처		농림축산식품부	환경부
근거법		「축산법」 제42조의13	「가축분뇨법」 제5조 및 시행령 제3조
기본계획 수립(주체)		5년마다(농림축산식품부 장관)	10년마다(시·도지사)
개선계획 수립(주체)		5년마다(시·도지사)	-
개선실행계획 수립(주체)		1년마다(시장·군수)	-
세부계획수립(주체)		-	10년마다(시장·군수)
타당성 검토 (주체)	기본계획	-	5년마다(시·도지사)
	세부계획	-	5년마다(시장·군수)
계획수립 주요 내용		「축산법」 제42조의13제4항에 개선계획에 포함되어야 할 내용을 다음과 같이 명시함. 1. 축사의 설치 운영 현황과 개선에 관한 사항 2. 축산악취, 분뇨처리 등 축산환경에 관한 현황과 개선에 관한 사항 3. 그 밖에 축산환경 개선을 위하여 농림축산식품부령으로 정하는 사항	「가축분뇨법」 시행령 제3조에 세부계획에 포함되어야 할 사항으로 다음을 명시함. 1. 관할구역의 지리적 환경, 오염원 및 가축 현황 등에 관한 개요 2. 연도별, 구역별, 가축사육 현황 및 장래 예정 가축 마릿수 3. 가축별 가축분뇨 발생량 및 장래예상 발생량 4. 가축분뇨의 가축별 수집, 운반, 처리 현황과 계획 5. 가축분뇨 자원화에 관한 사항 6. 축산농가의 가축분뇨 관리 현황과 개선계획 7. 공공처리시설 및 공동자원화시설의 현황관리 및 설치계획 8. 그 밖에 가축분뇨 관리를 위하여 필요한 것으로서 환경부 장관이 고시하는 사항

주: 「축산법」 및 「가축분뇨법」을 토대로 저자 작성.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>, 검색일: 2021. 6. 3.).

앞서 살펴본 대로 가축분뇨의 관리는 환경부와 농림축산식품부로 이원화되어 있다. 「가축분뇨법」 제37조의2(2021. 4. 13. 개정)에 의하면 환경부 장관은 가축분뇨 또는 액비의 관리업무를 효율적으로 처리하기 위한 가축분뇨 전자인계관리시스템을 구축·운영하여야 한다고 명시하고 있으며, 동법 제37조의3에 따라 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 자가 그 관련 업무를 수행할 경우 전자인계관리시스템의 운용 방법, 절차 등 운영관리에 관한 사항을 준수하도록 하고 있다. 이에 따라 2017년 1월부터 환경부는 가축분뇨 전자인계관리시스템을 운영하고 있다.

가축분뇨의 발생 및 처리는 농림축산식품부에서도 별도로 관리를 하고 있다. 농림축산식품부 『농림축산식품사업 시행지침서』에 따르면, 가축분뇨처리지원사업 참여자는 가축분뇨 및 액비의 발생부터 처리에 이르기까지 모든 과정을 ‘가축분뇨자원화관리시스템(Agrix프로그램)’에서 관리하도록 하고 있다. 이에 따라 2006년부터 농림축산식품부는 가축분뇨자원화관리시스템을 구축하여 운영하고 있다. 가축분뇨의 효율적 이용 및 축산환경의 체계적 관리를 위해서는 현재 이원화된 가축분뇨 관리시스템을 통합하여 관리하는 방안에 대해 적극적으로 검토할 필요가 있다.

4. 축산업 환경문제 및 규제·정책에 대한 이해관계자 인식조사

4.1. 축산농가¹⁷⁾

축산업의 환경오염에 대한 축산농가의 인식 정도를 파악하기 위하여 한국농촌경제연구원 농업관측센터의 농업관측 표본 축산농가 490명을 대상으로 전화조사를 실시하였다. 전화조사는 전문 조사업체인 (주)메트릭스가 수행하였으며, 조사기간은 2021년 8월 3일부터 8월 31일까지 약 1개월이다. 축산환경 문제에 대한 축산농가의 인식조사 결과는 신뢰수준 95%에서 4.4%의 표본오차를 가지고 있다.

축산농가의 축산환경 문제 인식조사 결과, 전체 응답자 490명 중 남자가 91.4%이며, 축산업 경력은 30년 이상~40년 미만이 37.1%로 가장 많았다. 그리고 지역별로는 경기도가 18.8%를 차지하였으며, 다음이 충청남도(14.5%), 전라남도(13.1%), 경상북도(12.0%) 순이었다.

〈표 3-14〉 응답자의 인구사회학적 특성

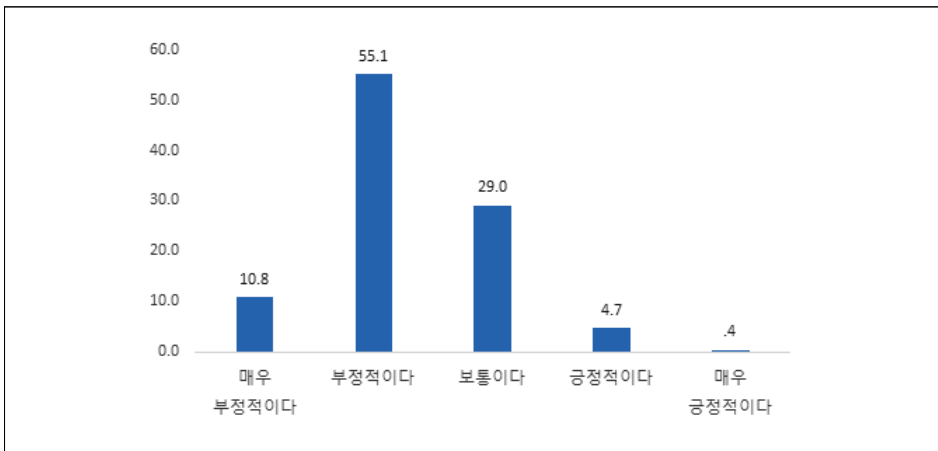
특성		사례수	비중(%)	특성		사례수	비중(%)
전체		490	100.0	지역	강원도	41	8.4
성별	남자	448	91.4		경기도	92	18.8
	여자	42	8.6		경상남도	41	8.4
축종	한우	101	20.6		경상북도	59	12.0
	돼지	101	20.6		대구광역시	1	0.2
	젖소	100	20.4		세종특별자치시	3	0.6
	육계	102	20.8		인천광역시	1	0.2
	산란계	86	17.6		전라남도	64	13.1
농사 경력	모름	4	0.8		전라북도	58	11.8
	10년 미만	27	5.5		제주특별자치도	12	2.4
	10년 이상~20년 미만	56	11.4		충청남도	71	14.5
	20년 이상~30년 미만	103	21.0		충청북도	47	9.6
	30년 이상~40년 미만	182	37.1				
	40년 이상	118	24.1				

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

17) 축산농가 인식조사는 (주)메트릭스에 위탁조사를 통해 추진하였다.

‘축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 국민들의 인식’에 대해 축산농가들의 66%는 국민들의 인식이 부정적일 것으로 생각하고 있었다. 축산업 종류별로 살펴보면, 양돈산업에 대해 국민들의 인식이 부정적일 것으로 생각하는 축산농가의 비율이 73.5%로 가장 높게 나타났다. 다음이 육계 및 산란계의 가금 산업(57.5%), 낙농산업(54.7%), 그리고 한우산업(45.7%) 순이었다.

〈그림 3-1〉 축산농가가 생각하는 축산업 환경문제의 국민적 인식



자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

‘축산환경오염 민원을 받은 경험 여부’에 대해 응답한 축산농가의 31.4%가 민원을 받은 경험이 있는 것으로 나타났다. 민원 경험은 양돈농가가 64.4%로 가장 많았으며, 다음이 산란계농가(40.7%), 젖소농가(24.0%), 육계농가(18.6%), 한우농가(10.9%) 순이었다. 축산농가들은 축산업 중 양돈산업이 환경문제에 있어 국민들의 인식이 가장 부정적일 것으로 생각하고 있었는데, 실제로도 양돈농가가 가장 많은 축산업 환경문제 관련 민원을 받고 있는 것으로 나타났다.

축산농가 민원 경험의 주된 내용은 악취 문제였다. 민원을 경험한 축산농가(154명)의 79.2%가 축산악취 때문에 민원을 받았다. 다음이 수질오염 문제(12.3%), 소음 문제(2.6%)였다. 이외에 닭의 깃털, 파리 등도 민원의 원인이 되고 있었다. 민원 내용을 축종별로 살펴보면, 민원이 가장 많았던 양돈농가의 주된 민

원은 축산악취와 수질오염 문제였으며, 산란계농가와 낙농가의 경우 주된 민원은 악취였다. 낙농가의 경우 수질오염 민원에서도 자유롭지 못하였다. 한우농가와 산란계농가의 경우 매우 적은 건수이긴 하지만 소음 문제로 민원을 받은 경험도 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-15〉 축산환경 문제별 민원 경험 여부

단위: 개소, %

구분	축산악취 문제	가축분뇨로 인한 수질오염 문제	소음 문제	기타	계
전체	122(79.2)	19(12.3)	4(2.6)	9(5.8)	154(100.0)
축종 구분	한우	4(36.4)	3(27.3)	1(9.0)	11(100.0)
	양돈	57(87.7)	-	1(1.5)	65(100.0)
	낙농	17(70.8)	-	1(4.2)	24(100.0)
	육계	14(73.7)	-	3(15.8)	19(100.0)
	산란계	30(85.7)	1(2.9)	3(8.5)	35(100.0)

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

‘축산업 환경문제의 심각성에 대한 축산농가의 인식 정도’를 조사한 결과, 축산농가는 축산업 환경문제를 전체적으로 심각하게 인식하고 있지 않은 것으로 나타났다. 다만 축산악취에 대한 심각성의 평균치가 2.9점으로 나타나 다른 축산업 환경문제에 비해 상대적으로 심각하게 인지하는 것으로 나타났다. 축산농가의 환경문제 인식 정도는 전체적으로 축산악취 문제를 제외하고는 낮게 나타났다. 다만 한우농가와 양돈농가는 온실가스 배출 문제의 심각성에 대해 다소 인지하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-16〉 축산농가의 축산업 환경문제에 대한 심각성 인식

단위: %, 점

구분	점수별 응답률					가중평균 (점)
	1점	2점	3점	4점	5점	
가축분뇨로 인한 수질오염	24.7	33.3	29.4	8.6	4.1	2.3
토양 양분초과	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: 축산환경 문제가 심각하다고 생각하는 항목에 높은 점수를 부여하고, 덜 심각하다고 생각되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

‘축산업 환경문제에 대한 정부의 규제 및 대책에 대한 축산농가의 만족도’는 전체적으로 낮은 것으로 나타났다. 축산업 환경문제별 정부 대책에 대한 축산농가의 만족도는 크게 차이가 나타나지 않았다. 축종별로는 양돈 및 산란계농가가 다른 축종 농가에 비해 만족도가 매우 낮았다. 한우농가의 경우 온실가스 배출과 관련하여 저탄소사료개발 정책 등에 대한 만족도는 다른 축산농가에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

〈표 3-17〉 축산농가의 축산업 환경규제 및 정책에 대한 만족도

단위: %, 점

구분	점수별 응답률					가중평균 (점)
	1점	2점	3점	4점	5점	
1) 가축분뇨로 인한 수질오염 문제에 대한 정부 정책 - 방류수 수질기준 강화	19.0	18.4	47.6	12.2	2.9	2.6
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분초과 문제에 대한 정부 대책 - 양분총량제, 퇴·액비화 부숙도 기준 강화	17.3	23.5	46.5	9.8	2.9	2.6
3) 가축의 장내 발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제에 대한 정부 대책 - 저탄소사료개발	10.0	16.5	58.2	11.2	4.1	2.8
4) 축산악취 문제 - 축산업 허가제 및 가축사육제한 기준 강화	14.5	20.6	47.1	13.5	4.3	2.7

주: 축산환경 해결 정책에 대한 만족도가 높은 항목에 높은 점수를 부여하고, 낮다고 생각되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

‘정부의 축산환경규제에 대한 축산농가의 체감도’는 전반적으로 높게 나타났다. 산란계농가는 모든 축산업 규제에 대해 체감도가 매우 높게 나타났으나 다른 축종 농가는 규제 종류별로 다소 차이가 있었다. ‘방류수 수질기준 강화’에 대해 한우농가의 체감도는 다른 축종 농가에 비해 낮았으나 양돈농가의 체감도는 높게 나타났다. 젖소농가는 ‘퇴·액비화 부숙도 기준 강화’에 대해 다른 축종 농가에 비해 체감도가 높게 나타났다. ‘가축사육 제한 기준 강화’에 대해서는 양돈농가와 산란계농가의 체감도가 매우 높게 나타났다. 그리고 ‘축산업 허가제’에 대해서는 한우농가를 제외한 모든 축산농가의 체감도가 매우 높게 나타났다.

‘축산업의 환경문제가 과거부터 제기되어 왔으나 해결되지 않는 이유’에 대해

많은 축산농가들이 ‘축산환경규제는 강화되어 왔지만 현실적으로 선택할 수 있는 대안이 부족’하였음을 지적하였다. 그리고 ‘정부의 정책지원 부족’, ‘축산종사자의 개선 의지 부족’에 대한 지적도 있었다. 한우농가의 경우 토양의 양분초과 문제가 지속적으로 제기되는 이유에 대해 ‘축산종사자에 대한 교육 및 홍보 부족’을 비중 있게 지적하였다.

〈표 3-18〉 축산업 규제에 대한 축산농가 체감도

단위: %, 점

구분	점수별 응답률					가중평균 (점)
	1점	2점	3점	4점	5점	
1) 방류수 수질기준 강화	2.2	7.6	28.0	28.0	34.3	3.8
한우농가	5.9	16.8	26.7	33.7	16.8	3.4
양돈농가	2.0	5.9	22.8	32.7	36.6	4.0
젖소농가	0.0	9.0	34.0	26.0	31.0	3.8
육계농가	2.9	4.9	40.2	32.4	19.6	3.6
산란계농가	0.0	0.0	14.0	12.8	73.3	4.6
2) 퇴·액비화 부속도 기준 강화	1.4	3.9	23.9	31.0	39.8	4.0
한우농가	0.0	3.0	31.7	33.7	31.7	3.9
양돈농가	2.0	7.9	21.8	37.6	30.7	3.9
젖소농가	0.0	5.0	21.0	33.0	41.0	4.1
육계농가	4.9	2.9	29.4	37.3	25.5	3.8
산란계농가	0.0	0.0	14.0	10.5	75.6	4.6
3) 가축사육 제한 기준 강화	1.0	5.5	23.5	29.0	41.0	4.0
한우농가	0.0	10.9	32.7	33.7	22.8	3.7
양돈농가	2.0	5.0	18.8	33.7	40.6	4.1
젖소농가	1.0	7.0	27.0	31.0	34.0	3.9
육계농가	2.0	3.9	29.4	32.4	32.4	3.9
산란계농가	0.0	0.0	7.0	11.6	81.4	4.7
4) 축산업 허가제 도입	1.2	5.3	19.4	30.2	43.9	4.1
한우농가	1.0	11.9	25.7	33.7	27.7	3.8
양돈농가	1.0	5.0	15.8	40.6	37.6	4.1
젖소농가	3.0	4.0	29.0	19.0	45.0	4.0
육계농가	0.0	4.9	14.7	42.2	38.2	4.1
산란계농가	1.2	0.0	10.5	12.8	75.6	4.6

주: 축산환경규제에 대한 체감도가 높은 항목에 높은 점수를 부여하고, 낮다고 생각되는 항목에 낮은 점수를 부여함.

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 조사 결과.

4.2. 일반 국민¹⁸⁾

축산업으로 인한 악취 등 축산업 환경문제에 대한 일반 국민의 인식을 파악하기 위해 ‘2019년 인구주택총조사’ 결과의 인구별 특성을 고려하여 전국의 만 20세부터 69세까지 월 소득이 있는 세대주 또는 세대주의 배우자 1,000명을 조사하였다. 모집단 분포에 따라 성별은 남자, 여자의 비율을 51:49로 할당하였으며, 도시와 농어촌 지역의 비율을 80:20으로 할당하였다.

조사는 전문 조사업체인 (주)마크로밀엠브레인에 의해 온라인으로 실시되었다. 조사 기간은 2021년 7월 30일부터 9월 10일까지였다. 주요 조사내용은 축산업의 환경문제에 대한 의견과 축산악취 문제에 대한 의견이며, 인구사회학적 배경 등이 포함되어 있다.

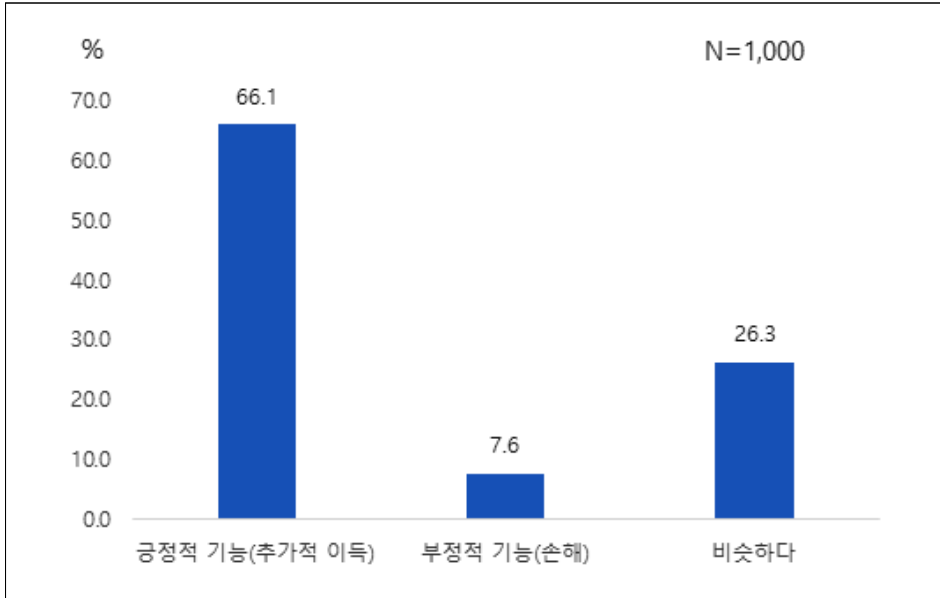
온라인 조사 집계 결과, 전체 응답자 1,000명 중 농촌지역 출신이 31.1%, 도시지역 출신이 68.9%로 나타났으며, 가구원 수가 3인 이상인 가구가 66.7%였다. 그리고 월평균 가구소득이 400만 원 미만인 경우가 43.4%, 400만~800만 원 미만이 43.3%, 800만 원 이상이 13.3%였다. 직업은 사무·기술직이 39.5%로 가장 많았으며, 가정주부가 15.2%였다.

국민인식 조사 결과, 축산업의 기능¹⁹⁾ 중 긍정적 기능이 강하다고 응답한 비율은 66.1%로 나타나, 부정적 기능이 강하다고 응답한 비율 7.6%에 비해 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 거주지역이나 출신지역과 관계없이 일관되게 나타났다.

18) 일반 국민 인식조사는 (주)마크로밀엠브레인에 위탁조사를 통해 추진하였다.

19) 일반 국민을 대상으로 한 온라인 조사에서 축산업의 긍정적인 기능으로 식량안보 차원에서 안전한 양질의 단백질 공급, 일자리 창출 등 지역경제 활성화 기여 등을 제시하였으며, 부정적인 기능으로 가축분뇨의 악취 등 환경오염, 가축 질병 발생으로 인한 피해 등을 제시하였다.

〈그림 3-2〉 국민들의 축산업 긍정적 기능과 부정적 기능에 대한 인식

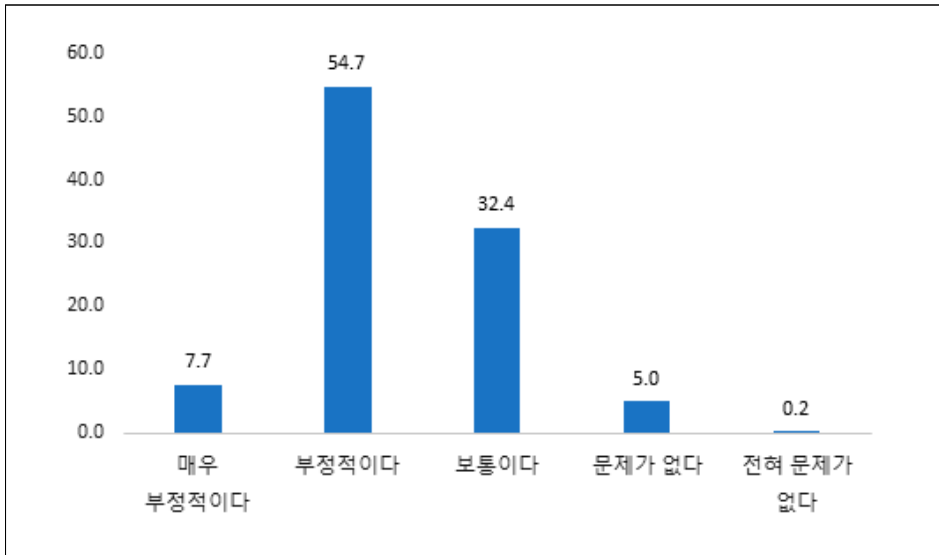


자료: 일반 국민 인식조사 결과.

언론보도나 주변 지인들을 통해 접하는 축산업의 환경문제에 대한 정보가 축산물 구매행위에 영향을 주는지에 대해 응답자의 30.2%가 ‘영향을 받는 것’으로 나타났으며, 32.5%는 ‘영향을 받지 않는 것’으로 나타났다. 이러한 결과는 거주지역이나 출신지역이 달라도 비슷하였다.

축산업의 환경문제에 대한 정보를 제공하고, 축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 국민들의 인식을 조사한 결과, 응답자의 62.4%가 축산업의 환경문제에 대해 ‘부정적’으로 인식하였으며, 문제가 되지 않는다고 응답한 비율은 5.2%에 불과하였다. 일반 국민들은 대체로 축산업의 환경문제에 대해 부정적으로 인식하였다.

〈그림 3-3〉 축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 인식



자료: 일반 국민 인식 조사 결과.

축산업의 환경문제에 대한 심각성 정도를 조사한 결과, 많은 국민들이 심각하게 생각하고 있는 것으로 나타나, 축산농가들의 인식과는 차이가 있었다. 축산환경 문제 중 축산악취 문제와 가축분뇨 수질오염에 대한 심각성 점수가 상대적으로 높게 나타났다. 축산악취 문제에 대한 인식은 거주지역에 따라 다소 차이를 보였다. 농촌지역 거주자가 대도시 거주자보다 축산악취에 대해 더 심각하게 생각하고 있었다.

〈표 3-19〉 축산업 환경문제에 대한 국민들의 심각성 인식 정도

단위: %, 점

항목		점수별 응답률					평균 (점)
		① 1점	② 2점	③ 3점	④ 4점	⑤ 5점	
가축분뇨로 인한 수질오염 문제		1.2	4.7	21.4	48.2	24.5	3.90
거주 지역	농촌지역(읍, 면)	1.5	4.0	23.0	48.5	23.0	3.88
	도시지역(특별시, 광역시)	0.8	4.9	21.4	46.7	26.2	3.93
	도시지역(중소도시)	1.5	4.9	20.5	50.2	22.9	3.88
2) 가축분뇨 퇴비 등 토양 양분초과 문제		1.7	10.4	36.8	39.9	11.2	3.49
거주 지역	농촌지역(읍, 면)	1.5	8.0	36.0	44.5	10.0	3.54
	도시지역(특별시, 광역시)	1.5	11.8	34.0	40.6	12.1	3.50
	도시지역(중소도시)	2.1	9.8	41.3	36.1	10.7	3.43
3) 가축의 장내 발효 등 온실가스 배출 문제		1.1	8.3	28.0	39.4	23.2	3.75
거주 지역	농촌지역(읍, 면)	1.0	6.5	28.0	42.0	22.5	3.79
	도시지역(특별시, 광역시)	0.6	8.5	28.5	38.7	23.7	3.76
	도시지역(중소도시)	1.8	9.2	27.2	38.8	22.9	3.72
4) 축산악취 문제		1.2	5.6	23.1	39.3	30.8	3.93
거주 지역	농촌지역(읍, 면)	1.5	5.5	20.0	37.0	36.0	4.01
	도시지역(특별시, 광역시)	1.3	5.1	24.1	40.2	29.4	3.91
	도시지역(중소도시)	0.9	6.4	23.5	39.4	29.7	3.91

자료: 일반 국민 인식 조사 결과.

일반 국민들의 축산악취 경험 여부에 대해 응답자의 87.1%가 축산악취를 맡아본 경험이 있는 것으로 나타났다. 축산악취 경험 장소에 대해서는 축산악취 경험자(871명)의 25.6%가 본인이 거주하는 지역이었으며, 나머지 74.4%는 특정 지역에 국한되지 않고 여행 중에 경험한 것으로 나타났다. 축산악취 경험 빈도는 1년에 1~2번이 44.4%로 가장 많았으며, 다음으로 1년에 3~4번(33.4%), 한 달에 1~2번(14.6%), 1주일에 1~2번(5.6%), 거의 매일(2.0%) 순이었다. 축산악취 경험자의 불쾌감 정도를 파악하기 위하여 불쾌감의 정도를 지수화(0: 불쾌하지 않음~10: 매우 불쾌)하여 선택하도록 질문한 결과, 8을 선택한 응답자가 26.3%로 가장 많았으며, 전체 평균은 7.7로 나타나 대체로 국민들의 축산악취의 불쾌감 정도는 높았다. 축산악취 경험자의 대부분(71.3%)이 여름철에 축산악취를 경험한 반면 봄, 가을, 겨울은 상대적으로 낮게 나타나 축산악취 경험의 계절적 편향성이 크게 나타났다.

4.3. 소결

축산업의 환경문제에 대한 일반 국민 및 축산농가의 인식조사 결과, 일반 국민과 축산농가 모두 축산환경 문제 중 축산악취 문제를 가장 심각하게 생각하고 있었다. 일반 국민들의 축산악취 경험 빈도는 높지는 않았지만 대부분 축산악취를 맡아본 경험이 있는 것으로 나타났다. 일반 국민들은 주로 피서철인 여름에 축산악취를 경험하였으며, 불쾌감의 정도도 높은 것으로 나타났다.

많은 국민들이 축산업이 국민경제에서 매우 중요한 기능을 수행하고 있다고 생각하지만, 축산업에서 발생하고 있는 환경문제에 대해서는 매우 부정적으로 생각하였다. 축산농가는 축산업 환경문제에 대한 국민인식이 부정적일 것이라 생각하고 있지만, 축산농가 스스로는 축산환경 문제의 심각성을 일반 국민들보다 낮게 받아들이고 있었다.

축산농가들은 현재 정부가 시행하고 있는 규제에 대해서는 다소 과도하다는 생각을 가지고 있었지만, 환경문제의 개선 가능성에 대해서는 긍정적으로 생각하고 있었고 환경개선을 위한 자발적 시설투자 의향도 어느 정도(41.8%) 가지고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-20〉 축산업 환경문제 심각성 인식 차이

구분	일반 국민(A)	축산농가(B)	차이 (A-B)
가축분뇨로 인한 수질오염 문제	3.9	2.3	1.6
가축분뇨 퇴비 등 토양 양분초과 문제	3.5	2.3	1.2
가축의 장내 발효 등 온실가스 배출 문제	3.8	2.5	1.3
축산악취 문제	3.9	2.9	1.0

자료: 한국농촌경제연구원 농업관측센터 농업관측 표본농가(축산농가) 및 일반 국민 인식 조사 결과.

외국의 축산업 환경정책 추진실태와 시사점

외국의 축산업 환경정책 추진실태와 시사점

1. EU의 축산업 환경정책²⁰⁾

1.1. EU의 축산업 환경문제 관련 정책

EU(유럽연합)는 농업으로 인한 환경오염의 심각성에 주목하고 있으며 이를 규제하기 위해 1991년 질산염 지침(Nitrates Directive),²¹⁾ 1996년 통합환경관리 입법지침(Integrated Pollution Prevention and Control: IPPC)²²⁾ 및 2011년 산업배출 입법지침(Industrial Emissions Directive: IED)²³⁾ 등의 지침을 실시하는 등 노력하고 있다. EU는 통합환경관리 입법지침(1996)과 산업배출 입법지침(2010) 제정을 통해 회원국의 통합환경 관리체계 구축을 의무화하였다.

20) 이 부분은 한국농촌경제연구원 임수현 연구원의 협조를 받아 작성하였다.

21) EUR-Lex. 1991. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources(91/676/EEC), <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0676-20081211&from=EN>>.

22) EUR-Lex. 1996. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31996L0061>>.

23) EUR-Lex. 2010. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>>.

IPPC 지침은 각종 산업활동으로부터 야기되는 오염을 통합관리하여 대기, 수질, 그리고 토양에 미치는 영향을 최소화함으로써 높은 수준의 환경보호를 달성하는 데 목적을 두고 있으며, 지침이 적용되는 각종 산업활동의 범위를 부록 1에 구체적으로 표기하였다. IPPC 지침 제1조(Article 1)에서 규정하고 있는 축산업의 범위는 산란계, 육계, 오리 등 가금류 4만 마리 이상, 육성돈(30kg 이상) 2,000마리 이상, 모돈 750마리 이상이며, 이들 규모의 축산농가는 IPPC 지침에 따라 최적가용기법(Best Available Technique: BAT)을 적용하여 환경오염물질을 통합적으로 관리하도록 하고 있다. 1일 지육 50톤 이상 생산하는 규모의 도축장, 1일 정육 75톤 이상 생산하는 규모의 가공공장, 1일 200톤 이상 규모의 우유 가공공장 등 축산 관련 산업도 IPPC 규정을 준수해야 한다.

산업배출지침(IED)은 IPPC와 관련하여, 유럽 내 산업시설의 허가, 운영, 감독, 폐지 등을 규정하고 있다. 이 지침 제11조에는 회원국들이 준수해야 할 일반원칙으로 오염에 대해 모든 적절한 방지 조치가 취해져야 하고, 각종 산업시설 허가 시에 최적가용기법(BAT)이 적용되어야 함을 의무화하였다. 이 지침 제10조에는 제11조가 적용되는 축산업의 범위를 부록 1에 별도로 규정하고 있다. IPPC 규정에서 언급하고 있는 규모의 가금류와 돼지 등 축산시설과 축산 관련 시설은 허가를 받아야 한다. 그리고 1일 10톤 이상 취급하는 규모의 가축 폐기물 재활용 시설도 사전에 허가를 받아야 하며, 각종 오염 영향을 최소화하기 위하여 BAT를 적용해야 한다.

축산업의 경우 사료 투입부터 가축분뇨처리에 이르기까지 전 과정에서 BAT를 적용한다. 사료에 포함된 조단백질 함량 기준을 제시하고 있으며, 질소(N)와 인(P) 함량이 낮은 사료를 적절한 단계에 공급하도록 하고 있다<표 4-1>. 가축분뇨의 현장 처리의 경우 특정 조건에서만 BAT가 성립할 수 있다. 특정 농장에서 적용하고 있는 가축분뇨 처리 기법이 BAT인지의 여부는 농장이 이용하고자 하는 토지에 대한 가용성, 국지적 영양분 초과 및 수요량 여부, 기술 지원 및 친환경에너지 마케팅 가능성, 지역적 규정 등과 관련이 있다. 돼지 분뇨처리 기법이 조건부 BAT가 되는 사례는 <표 4-2>와 같다.

〈표 4-1〉 돼지용 BAT 맞춤형 사료의 총인(T-P) 수준 지표

종류	단계	총인(T-P) 함량 (사료에 함유된 비율(%))
이유돈 자돈	10kg 미만	0.75~0.85
	25kg 미만	0.60~0.70
비육돈	25~50kg 미만	0.45~0.55
	50~110kg 미만	0.38~0.49
모돈	임신기간	0.43~0.51
	수유기간	0.57~0.65

자료: 국립환경과학원(2013: 312).

〈표 4-2〉 EU에서 가축분뇨의 농장 현장 처리에 대한 조건부 BAT의 예

다음의 조건에서	BAT가 되는 경우의 예
• 농장이 양분과잉인 지역에 위치하지만 농장 인근에 분뇨의 액상부분을 살포할 수 있는 토지가 충분히 있는 지역 • 분뇨의 고형부분을 양분수요에 따라 원거리 지역에 뿌리거나 다른 공정에 이용	• 암모니아 발생을 최소화하기 위해 밀폐형 시스템(예: 원심분리기)을 이용한 돼지 슬러리의 기계적 분리
• 농장이 양분과잉인 지역에 위치하지만 농장 인근에 처리된 액비를 살포할 수 있는 토지가 충분히 있는 지역 • 고형부분은 양분수요에 따라 원거리 지역에 뿌릴 수 있고, • 또한 농민은 호기성 처리 시설을 적절하게 운영하는 데 필요한 기술을 지원	• 암모니아 발생을 최소화하기 위해 밀폐형 시스템(예: 원심분리기)을 이용한 돼지 슬러리의 기계적 분리 후, • 액상부분의 호기성 처리. 여기서 호기성 처리가 잘 제어되면 암모니아와 N₂O 발생 최소화
• 친환경 에너지시장 • 지역규정에 따라 유기성폐기물의 공동발효 및 소화시킨 분뇨의 토양살포를 허용	• 바이오가스 설비에서 분뇨의 혐기성 처리

자료: 국립환경과학원(2013: 322).

1991년 실행된 질산염 지침은 농업 자원의 질산염에 의해 유발되거나 유발된 수질오염을 줄이고 더 이상의 오염을 방지하기 위한 목적으로 설립되었고(지침 제1조), 실행해야 할 조치를 부록 II 및 부록 III에 구체적으로 표기하였다(제5조제 4항). 지침에서는 최소한 4년마다 활동 프로그램을 검토하고 필요한 경우 수정하도록 하고 있다(제5조제7항). 부록 II에는 좋은 농업 관행 규범(Codes of Good Agricultural Practice: COGAP)이 표기되어 있으며 회원국은 농부가 자발적으로 이행할 COGAP의 상세 규칙을 설정해야 한다(제4조). 규범의 내용은 경사진 땅이나 수로 근처에 비료 시비조건 설립, 비료 살포 금지 시기 설정, 가축분뇨의 유출 및 누출에 의한 수질오염 방지, 가축분뇨 저장시설 건설, 농장 단위의 비료 계획수

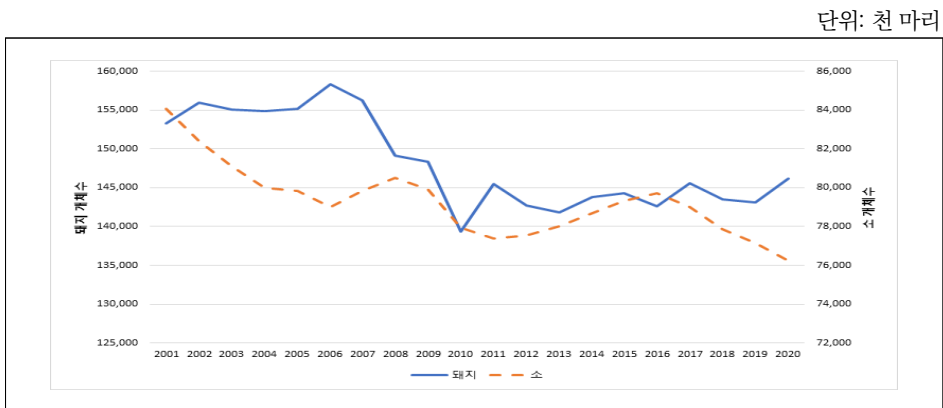
립 및 비료 사용 기록 유지 등이 있다. 부록 III에서 규정하고 있는 조치는 필수적으로 지켜져야 하며, 각 농장 또는 가축단위에 대해 가축 자체를 포함하여 매년 토지에 적용되는 가축분뇨의 양이 헥타르당 질소 170kg을 초과하지 않도록 해야 한다. 이를 위한 조치로는 특정 유형 비료의 토지 시비가 금지된 기간, 시비 금지 기간에 분뇨 저장에 가능한 용량의 가축분뇨 저장시설 건설, 좋은 농업 관행(COGAP)과 일치하고 특히 취약지역의 특성을 고려하는 비료의 토지 시비 제한 등이 있다.

1962년 EU 회원국들은 농업 보조 시스템인 공동농업정책(CAP)을 도입하였다. 공동농업정책은 유럽의 식량 자급을 위해 도입된 농업 보조금 지원 정책이지만 2000년 이후부터는 ‘The Agenda 2000’을 통해 기존 목표인 농업의 경쟁력 향상뿐만 아니라 토지 관리와 기후변화 대응을 통한 환경·농촌사회의 삶의 질 향상 등을 포함한다. 공동농업정책(CAP)에서 직접지불금을 지원받기 위해서는 교차준수의무(cross-compliance)를 기본으로 한다(2014~2020년 규정 기준). 이는 법정관리 요건(Statutory Management Requirements: SMR)과 좋은 농업 및 환경조건(Good Agricultural and Environmental Conditions: GAEC)으로 구성되어 있으며, 이 중 SMR은 공동농업정책(CAP)에 따라 지원을 받는지에 대한 여부에 관계없이 모든 농부에게 적용되고 위반 시 지원 축소 및 처벌을 받을 수 있다. GAEC는 CAP에 따라 지원을 받는 농부에게만 적용된다(No. 1306/2013). 분뇨에 의한 환경오염과 관련된 기준으로는 SMR에서는 농업생산과정에서 사용된 질소에 의한 수질오염 방지(부록 II. SMR 1: 질산염 지침)에 관한 활동 내용을, GAEC에서는 지하수 오염 방지 조치에 관한 활동 내용(부록 II. GAEC 3: Directive 80/68/EEC) 등의 조건을 담고 있다.

1.2. EU 회원국별 가축분뇨로 인한 토양 및 수질오염 관리정책

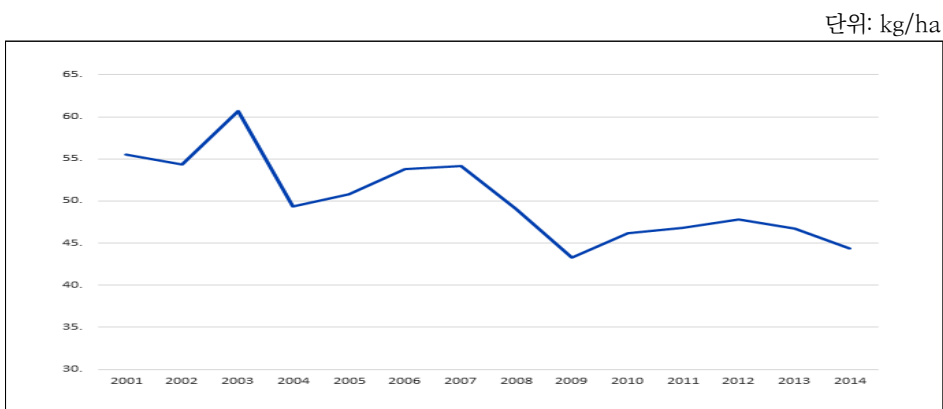
EU 회원국은 가축분뇨로 인한 토양 및 수질오염을 관리하는 방법으로 질산염 지침에 따라 ha당 170kg의 질소 배출만 허용하는 정책을 실시하고 있다. 이에 따라 EU의 가축 개체 수는 감소하고 있으며, 농지의 부영양화 또한 감소하고 있다.

〈그림 4-1〉 EU의 소 및 돼지 개체 수 변화



자료: Eurostat(각 연도). “소, 돼지 개체군.” 2020 재가공(<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>, 검색일: 2021. 4. 27.).

〈그림 4-2〉 EU 농지의 총 질소량 균형



자료: Eurostat(각 연도). “농업 환경지표.” 2015 재가공(<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>, 검색일: 2021. 4. 27.).

1.2.1. 덴마크

덴마크는 1986년 가축분뇨를 시비하는 데 필요한 최소한의 토지 면적을 요구하는 ‘Harmony rules’를 제정하였다. 덴마크는 질산염 지침에 따라 ha당 170kg의 질소(N) 배출만 허용하고 있으며, 토양에 적용되는 인(P)에 대한 규제는 가축분뇨의 질산염(N) 양에 따라 제한하는 간접적인 방법으로 시행하다가 2017년 이후부터 직접적인 규제로 전환하였다(Danish EPA 2017).

〈표 4-3〉 덴마크 2017년 이전 및 이후 토양의 인(P) 제한 비교

단위: kg P/ha

구분 kg P/ha	“Harmony rules” (2015)	2017~2020 (strict ceilings from 2018)		2020~2022	
		일반면적 (76%)	취약면적 (24%)	일반면적 (76%)	취약면적 (24%)
가금류	55	43	30	35	30
밍크	43	43	30	35	30
도축 돼지	34	39	30	35	30
모돈과 자돈	37	35	30	35	30
소	27	30	30	30	30
규제 제외 농장	36	35	35	35	35
유기 폐기물	30	30	30	30	30
산업용 비료	제한 없음	30	30	30	30

주: “2020~2022”에 표시된 밍크 및 가금류의 제한은 2019년부터 이미 적용.

자료: Danish EPA(2017: 10).

또한, 비점오염으로 인한 수질오염을 방지하기 위하여 2009년 Green Growth Agreement(GGA)를 통해 수로를 따라 10m의 완충지(buffer strip) 설정, 흡비 작물(catch crop) 재배, 질소 제거 역할을 하는 습지 10,000ha 복원 등의 정책을 시행하였다(Linda Hölscher and Lena Gehre 2018). 덴마크에서는 토지 및 수생환경으로 배출되는 영양소를 추적하고 기록하기 위해 비료 회계 시스템 및 수질오염 모니터링 프로그램 NOVANA를 수립하여 오염을 관리하고 있다(Svendsen et al. 2005).

1.2.2. 네덜란드

현재 네덜란드 비료법(The Fertiliser Act: IRFA)은 잉여 비료와 비료 제품의 자유 거래를 규제하고 있다. 분뇨와 소화물도 비료 제품으로 지정되어 규제 대상이다(Ludwig Hermann and Ralf Hermann 2018). 토지에 적용될 수 있는 질소의 양은 전체 면적, 토양 유형, 지역 및 작물 또는 작물 윤작에 따라 다르고, 인산염 적용기준은 토지 사용(초지, 경작지)에 따라 인산염 상태를 4가지 등급으로 나누어 설정하고 있다.

〈표 4-4〉 네덜란드 토지에 적용될 수 있는 질소 상한

단위: kg N/ha

작물	점토	북부, 서부 및 중앙 모래	남부 모래	황토	이탄
경작 가능한 작물(재배기간 동안)					
감자	275	260	208	204	270
사탕무	150	145	116	116	145
치커리	70	70	70	70	70
겨울 밀	245	160	160	190	160
봄 밀	150	140	140	140	140
옥수수(질소 감손 재배)	160	140	112	112	150
옥수수(질소 감손 없는 재배)	185	140	112	112	150
초원(연간)					
방목이 있는 초원	345	250	250	250	265
깎는 것만 하는 초원	385	320	320	320	300

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 69).

〈표 4-5〉 네덜란드 인산염 적용기준

단위: kg P_2O_5 /h

토양의 인산염 상태	평가	적용기준
초원		
$P_2O_5 < 16$	인산염 부족 및 인산염 고정 토양	120
$P_2O_5 < 27$	낮음	100
$27 \leq P_2O_5 \leq 50$	중간	90
$50 < P_2O_5$	높음	80
경작지		
$P_2O_5 < 25$	인산염 부족 및 인산염 고정 토양	120
$P_2O_5 < 36$	낮음	75
$36 \leq P_2O_5 \leq 55$	중간	60
$55 < P_2O_5$	높음	50

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 71).

토양에의 직접적인 영양소 규제 이외에도 분뇨 배출권을 통해 토지단위당 최대 가축단위를 규제하여 사육두수를 관리하고 있다. 또한, 수질오염을 줄이기 위해 겨울 이외의 계절에 시비를 제한하고, 현재 모든 가축 농장에 최소 6개월 동안 분뇨 저장이 가능한 시설을 의무화하였다(Gé B. C. Backus 2017).

네덜란드에서는 효율적인 분뇨관리를 위해 분뇨은행과 영양소회계관리(MINAS) 등을 시도해 왔으나, 많은 행정적 투자에도 분뇨관리에서 환경적 이점이 거의 없다고 판단한 EU 법원의 판결에 따라 2005년 폐지되었다(OECD 2005).

1.2.3. 벨기에

벨기에 플랑드르 지역의 ‘분뇨 법령(The Flemish Manure Decree)’은 플랑드르 토양에 적용할 수 있는 영양소 제한 정도를 정의하고 있다. 질소에 대한 제한은 각 작물 및 토양 유형에 따라 다르다. 또한 농업용 토양은 식물이 사용할 수 있는 인(P)의 양에 따라 4등급으로 분류되고, 토양 등급에 따라 인 시비량 제한이 적용된다.

〈표 4-6〉 벨기에 질산염 최대 적용 가능 기준

단위: kg/ha/y

작물		유효 질산염		가축분뇨에 포함된 총 질산염
		모래 토양	모래가 아닌 토양	
목초지	풀 베기	300	310	170
	풀 베기 + 방목	235	245	170
겨울 밀		160	175	170
겨울 보리 또는 기타 곡물		110	125	170
사탕무		135	150	170
감자		190	210	170
옥수수		135	150	170
야채 그룹 I		225	250	170
야채 그룹 II		160	180	170
원에 및 수목 재배		160	180	170
딸기		160	160	170
질산염 필요량이 적은 작물		115	125	125
파이와 콩을 제외한 기타 콩류		70	75	120(S) / 125(NS)
기타 작물 포함. 사료 케일과 사료 무		130	145	170

주: 유효 질산염은 작물 생산에 이용 가능할 것으로 예상되는 총 질산염의 양임.

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 48).

〈표 4-7〉 벨기에 인(P)의 양에 따른 토양 분류

단위: mg P/100g(토양)

등급	경작지에 사용 가능한 인(P) (공기 건조 토양)	목초지에 사용 가능한 인(P) (공기 건조 토양)
I	$P \leq 12$	$P \leq 19$
II	$12 < P \leq 18$	$19 < P \leq 25$
III	$18 < P \leq 40$	$25 < P \leq 50$
IV	$P > 40$	$P > 50$

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 48).

〈표 4-8〉 벨기에 작물 및 토양 범주별 인(P) 제한

단위: mg P/100g(토양)

작물	I 등급	II 등급	III 등급	IV 등급
모든 초원	115	95	90	70
1차 초지 / 호밀 + 옥수수	115	95	90	70
옥수수	10	80	70	55
곡물 작물	95	75	70	55
감자	95	75	70	55
비트, 야채, 원예 및 임업, 딸기, 콜라드, N 필요량이 적은 작물, 콩과 식물 및 기타 작물	85	65	55	45

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 48).

벨기에 플랑드르 지역에서는 발생하는 가축분뇨를 관리하고 Manure Decree 이행의 행정을 담당하는 분뇨은행을 운영하고 있다. 분뇨은행에서는 가축분뇨 질소 처리량에 따라 가축분뇨처리 인증서(MVC's)를 발급한다. 또한, 분뇨 반출입내역 기록, 가축분뇨의 발효 및 퇴비화시설과 유기질비료 제조시설에 대한 설치·허가 업무를 담당하고, 사육두수를 결정하는 양분 배출권(NER-D) 허가업무도 맡고 있다(조을생 외 2019).

1.2.4. 독일

독일은 EU의 ‘질산염 지침’을 준수하여 2017년 ‘비료법(Fertiliser Act)’을 수정하고 ‘비료 법령(Fertilizers Ordinance: DüV)’을 시행하였다(ECO LEX).²⁴⁾ 인(P)과

질소 등 영양분의 균형 계산 및 제어에 관한 요구 사항이 제시되어 있고, 가축분뇨에만 170kg N/ha로 제한했던 기준을 모든 유기 기질에 적용하였다. 또한 시비 금지 기간과 분뇨 저장 용량, 비료 적용량 등을 규정하고 있다(Ludwig Hermann and Ralf Hermann 2018).

질소 비료 요구량은 초원, 경작지 등 토양 사용에 따라 다르고(DüV: 부록 4 표 8), 질소 수요, 평균 수확률 등을 고려하여 계산된다. 인산염 비료 요구량은 각 위치 및 재배 조건에서 예상되는 수확량 및 품질에 대한 식물 개체군의 인산염 요구량과(DüV: 부록 4 표 2, 표 4) 식물성 제품의 인산염 함량을(DüV: 부록 7 표 1~3) 고려해 계산해야 한다. 허용된 잔여 질소의 양은 2018년부터 최대 50kg/ha이고, 인(P)의 양은 최대 10kg/ha이다.

〈표 4-9〉 독일의 작물에 대한 질소 요구량

작물	수율(dt/ha)	질소 요구량(kg N/ha)
겨울 밀	80	230
듀럼밀	55	200
겨울 보리	70	180
겨울 호밀	70	170
겨울 삼백초	70	190
봄보리	50	140
귀리	55	130
곡물 옥수수	90	200
사탕무	650	170
감자	450	180

주: 재배기간 동안의 질소 요구량, 깊이는 0~90cm 기준. 1dt=100kg.

자료: buzer.de(https://www.buzer.de/Anlage_4_Duengeverordnung_DUV.htm, 검색일: 2021. 8. 17.).

24) ECOLEX. “비료법을 개정하는 첫 번째 법안.”(<https://www.ecolex.org/details/legislation/first-act-amending-the-fertilizer-act-lex-faoc169515/?>, 검색일: 2021. 8. 17.).

또한, 독일은 비점오염을 방지하기 위한 여러 가지 노력을 하고 있다. 마지막 주요 작물이 수확된 시점부터 1월 31일까지 시비를 금지하고 있고(DüV: 6조), 축산 농가는 최소 6개월의 분뇨 저장시설을 설치하여야 한다(DüV: 12조). 이 외에도 수역 부근에서 비료 살포시 4m의 이격거리를 설정하게 하고, 땅이 어는 등 토양의 흡수 능력이 떨어지는 경우 시비를 제한하고 있다(Ludwig Hermann and Ralf Hermann 2018). 그리고 양분관리를 위해 면적이 10ha 이상, 가축분뇨 및 바이오 가스 소화액의 질소 투여량이 500kg 이상인 농장은 의무적으로 양분수지 데이터 (nutrient data)를 기록하게 하였다(DüV: 제13조)(조을생 외 2019).

1.2.5. 프랑스

프랑스는 질산염 지침을 시행하기 위해 환경부와 농업부가 공동으로 질산염 규정을 작성하였다. 국가 법률은 2011년 10월 10일 자 시행령, 2012년 7월 5일 자 시행령 등에 규정되어 있다(Ludwig Hermann and Ralf Hermann 2018). 또한 2014년 제5차 국가행동계획(National Action Programme: NAP)을 시행하였다(Jean Gault et al. 2015). 국가행동계획(NAP)에는 토양 덮개 씌우기, 수생 환경 주위에 잔디 또는 나무가 우거진 스트립 설치 등 우기에 질소 침출을 방지하기 위한 규정과, 비료 사용 금지 기간 설정, 가축분뇨 저장 용량 확보, 수로 근처·경사지 등에 시비 금지, 연간 170kg N/ha 제한 등의 조치가 포함되어 있다(Jean Gault et al. 2015).

〈표 4-10〉 프랑스 분뇨 저장시설의 용량

단위: 개월

종류	가축분뇨의 종류	건물 밖에서 보내는 시간	A구역	B구역	C구역	D구역
낙농 (낙농 젖소 및 재생 무리) 및 낙농염소 및 양	비료	≤ 3개월	5.5	6	6	6.5
		>3개월	4	4	4	5
	슬러리	≤ 3개월	6	6.5	6.5	7
		>3개월	4.5	4.5	4.5	5.5

(계속)

종류	가축분뇨의 종류	건물 밖에서 보내는 시간	A구역	B구역	C구역	D구역
젖소(젖소와 재생균)와 낙농을 제외한 염소와 양	모든 유형 (거름, 슬러리)	≤ 7개월	5	5	5	5.5
		>7개월	4	4	4	4
비육우	비료	≤ 3개월	5.5	6	6	6.5
		3~7개월	5	5	5.5	5.5
		>7개월	4	4	4	4
	슬러리	≤ 3개월	6	6.5	6.5	7
		3~7개월	5	5	5.5	5.5
		>7개월	4	4	4	4
돼지	비료		7			
	슬러리		7.5			
가금류	모든 유형(분뇨, 슬러리)		7			
이외의 종			6			

주: 구역 A: Brittany, Pays-de-la Loire, Basse-Normandie 대부분.

구역 B: Alsace, Dordogne, Aquitaine, Haute-Normandie, Ile de-France, Picardie, Poitou-Charentes.

구역 C: Bourgogne, Rhône-Alpes.

구역 D: Auvergne.

자료: Jean Gault et al.(2015: 142).

〈표 4-11〉 프랑스 비료 사용 금지 기간

토지이용	질소 비료의 종류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
경작되지 않은 토양	모두												
가을 또는 늦여름에 심는 작물 (유채는 제외)	I												
	II												
	III												
가을에 심은 유채	I												
	II												
	III												
흡비작물이나 우회 작물이 선행되지 않은 봄에 심은 작물	FCP, CEE												
	I												
	II												
	III												

(계속)

토지이용	질소 비료의 종류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
흡비작물이나 우회 작물이 선행되는 봄에 심은 작물	FCP, CEE												
	I												
	II												
	III												
영구 초원, 알팔파를 포함하여 6개월 이상 조성된 초원	I												
	II												
	III												
기타 작물(다년생 작물 - 캐노피, 덩굴, 채소 작물 및 종자 작물)	I												
	II												
	III												

주: FCP: 압축 짚 퇴비, CEE: 가축분뇨 퇴비.

유형 I = 높은 탄질비 및 낮은 비율의 무기질 비료(가금류를 제외한 모든 가축의 농장 분뇨, 일부 표준화된 퇴비).

유형 II = 낮은 탄질비 및 유기질 비료(슬러리, 가금류 분뇨, 처리되지 않은 소화물).

유형 III = 광물질 비료.

자료: Jean Gault et al.(2015: 141).

1.2.6. 이탈리아

이탈리아는 2006년 제정된 환경법 ‘Decreto Legislativo n.152’의 조항 제92조 및 제112조를 통해 농업의 질산염 문제를 다루고 있다. 상세 내용은 2016년 ‘DECRETO MiPAAF 25 febbraio 2016’으로 개정되었다.²⁵⁾

질산염에 취약하지 않은 지역에서 질소 제한량은 340kg/ha로 지정되어 있고, 취약지역은 170kg/ha로 지정되어 있다(제14조, 제26조). 단일 작물에 공급할 수 있는 질소의 연간 최대량은 시행령 부록 X 표 1에 나타나 있다.

25) GAZZETTA UFFICIALE(<https://www.gazzettaufficiale.it>, 검색일: 2021. 8. 18.).

〈표 4-12〉 이탈리아의 작물에 대한 질소의 최대 효율(적용 가능량)

작물(초본식물)	최대 질소량(kg N/ha)	수율(t/ha)	보정 계수(Kg N/t)
옥수수	280	23(건조)	10
		13	17
일반 밀	180	6.5	22
듀럼 밀	190	6.0	25
보리	150	6.0	20
귀리	110	4.5	20
호밀	120	4.5	21
삼백초	150	6.0	20
쌀	160	7.0	18
수수	220	16(건조)	11
		7.5	23
유채	150	4.0	30
해바라기	120	3.5	27
사탕무	160	60	2
감자	190	48	3.2
토마토	180	80	1.8

주: 생산 수준이 표에 제시된 기준 생산량을 초과했을 시 기준보다 높은 생산량에 보정 계수를 적용함.

자료: GAZZETTA UFFICIALE(https://www.gazzettaufficiale.it/do/atto/serie_generale/caricaPdf?cdimg=16A0276201000010110001&dgu=2016-04-18&art.dataPubblicazioneGazzetta=2016-04-18&art.codiceRedazionale=16A02762&art.num=1&art.tiposerie=SG, 검색일: 2021. 8. 18.).

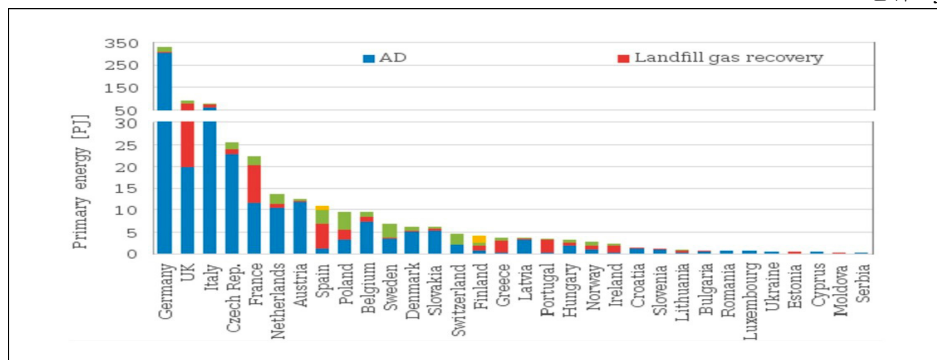
비점오염과 관련하여 시행되고 있는 규제는 분뇨 저장 용량은 90일 이상을 넘어야 하고(제11조), 목초지, 초원, 또는 가을·겨울 곡물이 있는 농작물을 특징으로 하는 토지가 있는 농장에서 젖소, 버펄로, 양, 염소의 분뇨 저장 용량은 중복부 이탈리아에서 120일, 이탈리아 남부에서 90일을 넘어야 한다는 것(제38조) 등이 있다. 또한 시비 금지 기간은 일반적으로 11월 1일부터 2월 말까지이고(부록 X), 고형 분뇨의 경우 질산염 취약 지역에서 120일, 가금류 배설물을 제외한 분뇨의 경우 90일, 분뇨 슬러리의 경우 질산염 취약 지역에서 120일간 살포를 금지하고 있다.

1.3. EU 회원국별 축산 메탄 발생 대응 정책 (바이오 플랜트 중심으로)

EU에서는 가축사육으로 인한 대기오염 또한 심각한 문제로 인식하고 있다. 소의 장내 발효로 인한 메탄이 전 세계 메탄 배출량의 30% 정도를 차지한다.²⁶⁾ EU는 이를 저감시키기 위한 노력으로 가축분뇨 해결과 재생에너지 생성이 동시에 가능한 바이오 플랜트에 대한 지원정책을 추진하고 있다. 가축분뇨에서 바이오가스를 생산하는 것은 순환경제 원칙에 기반한 지속가능한 바이오에너지 시스템의 전형적인 예이다. 이 시스템은 축산의 잔류물을 사용하고 동시에 악취와 메탄 배출량을 줄일 뿐만 아니라 수질오염의 영향을 최소화한다(Jan Liebetrau et al. 2021). EU는 Energy and Climate Change Package(CCP)를 통해 2020년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 20% 감축하기로 약속했고, 감축 목표를 위한 일환으로 바이오가스 생산을 지원하였다. 그 결과 EU 전체 바이오가스 생산량은 2005년 167PJ²⁷⁾에서 2015년 654PJ로 약 4배 정도 증가하였다(Nicolae Scarlat et al. 2018).

〈그림 4-3〉 2015년 EU 회원국 바이오가스 생산량

단위: PJ



주: AD는 혐기성 소화, Landfill gas는 매립지 가스를 의미함.

자료: Nicolae Scarlat et al.(2018).

26) LSCE(https://www.lsce.ipsl.fr/Phoce/Vie_des_labos/Fait_marquant/index.php?id_news=7732, 검색일: 2021. 4. 29.).

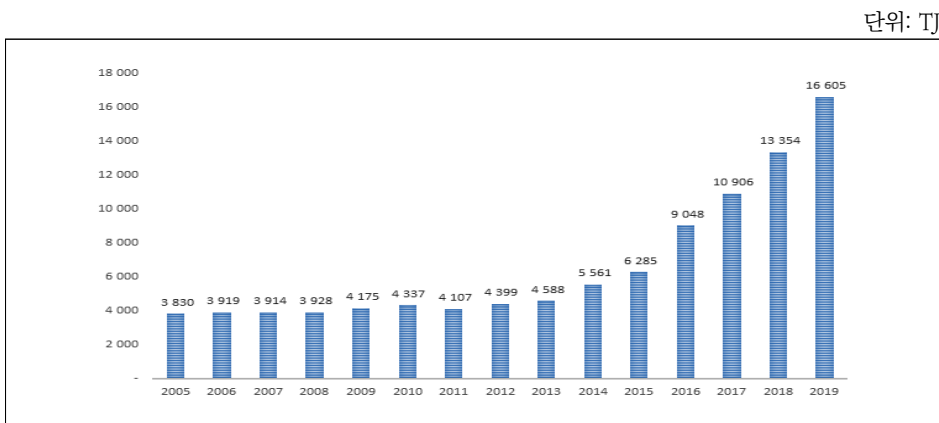
27) 에너지를 세는 단위(J). $10^{12}J = TJ$ (테라줄), $10^{15}J = PJ$ (페타줄)임.

1.3.1. 덴마크

덴마크의 바이오가스 생산량은 2010년 약 4.3TJ에서 2019년 약 16.6TJ로 3배 정도 증가하였고 바이오가스 원료 중 약 78%가 가축분뇨로 이루어져 있다.²⁸⁾ 덴마크의 바이오가스 플랜트는 중앙 집중식 산업용 바이오가스 플랜트와 농장식 바이오가스 플랜트로 나뉘어 운영되고 있다. 산업용 플랜트는 규모가 크며 연간 10만 톤 이상의 분뇨를 관리하는 플랜트를 말하고, 보통 축산농가 40~100호의 분뇨를 처리한다. 농장식 바이오가스 플랜트는 농장 자체적으로 운영하며 해당 농가의 가축분뇨만 처리한다(Michael Støckler 2020).

덴마크에서는 Maximum bonus와 Guaranteed bonus라는 두 가지 유형의 보너스를 통해 바이오가스 플랜트를 지원하고 있고, 플랜트 운영자는 두 보너스 중 하나를 선택할 수 있다. Maximum bonus는 시장가격에 따라 달라지고, 법정 최대금액은 kWh당 약 11€ct이다. Guaranteed bonus는 시장가격 외에 보장된 보너스로, kWh당 약 3.5€ct이다.

〈그림 4-4〉 덴마크의 바이오가스 생산량



자료: Danish Energy Agency(<https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics>, 검색일: 2021. 4. 23.)를 이용해 저자 작성.

28) Danish Energy Agency(<https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics>, 검색일: 2021. 4. 23.).

1.3.2. 네덜란드

네덜란드는 2011년 화석 자원의 전기 도매가격과 재생에너지 자원의 전기 가격 간의 차이를 보상하기 위해 재생에너지 생산자에게 시장가격 외에 프리미엄을 지급하는 SDE+ 제도를 시행하였다. 시장가격에 추가로 지급되는 프리미엄은 연간 전력 시장 가격 변동에 따라 달라지며, 기술과 공장 규모에 따라 단계별 지원금액이 상이하다. 동물성 폐기물만 사용하여 전력을 생산하는 경우 1단계는 kWh당 6.4€ct, 2단계는 kWh당 7.8€ct, 3단계는 kWh당 9.2€ct를 지원받을 수 있다. 또한, 재생 가능한 에너지를 사용한 전기 생산자는 전기 소비에 대한 세금이 면제된다.²⁹⁾ 그리고 ‘Green Deal and Green Gas Foundation’을 도입하여 공공과 민간에서 바이오가스 프로젝트 실행에 있어 재정지원과 전문가들의 도움을 얻을 수 있도록 하였다(조을생 외 2019).

〈표 4-13〉 네덜란드의 전력 소비에 따라 납부해야 하는 세금

전력 소비량	세금
>10,000kWh	10.46€ct/ kWh
10,000kWh ≤ X < 50,000kWh	5.27€ct/ kWh
50,000kWh ≤ X < 10,000,000kWh	1.4€ct/ kWh
10,000,000kWh ≤	0.12€ct/ kWh(개인용) 0.06€ct/ kWh(상업용)

자료: RES LEGAL(<http://www.res-legal.eu/compare-support-schemes/>, 검색일: 2021. 8. 19.) 재정리.

29) RES LEGAL(<http://www.res-legal.eu/en/compare-support-schemes/>, 검색일: 2021. 8. 19.).

1.3.3. 벨기에

벨기에는 재생에너지 생산 및 운영을 지원하기 위해 녹색 전력 인증서(Groene stroom certificaten: GSC)를 발급하여 활용하고 있다. 생산된 에너지의 양에 따라 인증서가 수여되는데, 1.25MWh 전력 생산에 GSC 인증서 한 개가 부여된다 (Ludwig Hermann and Ralf Hermann 2018).

〈표 4-14〉 벨기에의 분뇨 발효로 인한 바이오가스 플랜트의 녹색 전기 인증서당 최소 지원금

구분	인증서당 최소 지원 (€/GSC) * 밴딩 계수				
지원 기간	10년 이상 지원				15년 지원
플랜트 설치 날짜	2009년 이전 시작	2010년부터 시작	2012년부터 시작	2013년부터 시작	2018년 4월 1일부터 시작
주로 분뇨 발효로 인한 바이오가스	€ 100	€ 100	설치가 생태 프리미엄을 받았는지에 따라 € 100 또는 € 110	€ 93 * 1 = € 93	€ 93 * 0.8 = € 74.4

자료: Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018: 46).

벨기에에서는 바이오가스 플랜트를 운영하는 공장에 보조금을 지급하고 있다.³⁰⁾ 지역에 따라 보조금의 유형은 다르지만 플랑드르 지역에서는 기술의 생태적 성능과 투자 규모(중소기업, 대기업)에 따라 결정된다. 최대 보조금은 플랜트 당 3년 동안 100만 유로이다.

〈표 4-15〉 플랑드르 지역의 바이오가스 플랜트 보조금

단위: %			
에코 등급	기술의 생태적 성능	중소기업 보조 비율	대기업 보조 비율
A	9점	55	45
B	6점	30	15
C	3~4점	0	0
D	1~2점	0	0

자료: RES LEGAL(<http://www.res-legal.eu/compare-support-schemes/>, 검색일: 2021. 8. 19.).

30) RES LEGAL(<http://www.res-legal.eu/en/compare-support-schemes/>, 검색일: 2021. 8. 19.).

1.3.4. 독일

독일은 2000년 재생에너지법(Erneuerbare Energien Gesetz: EEG)을 제정하였고 그에 따라 플랜트 시스템에 설치된 용량의 최소 85%에 해당하는 시간 동안 전기를 생산하는 경우 추가 보조금을 지원받을 수 있다. 보조금은 설치된 kWh당 65 €이다(EEG 2021 제50a조). 또한 바이오가스 플랜트를 지원하기 위한 대출 프로그램도 운영하고 있다.³¹⁾ KfW Renewable Energy 프로그램은 투자 비용의 최대 100%까지 융자할 수 있고 한도는 프로젝트당 5천만 유로 이하이며 무상환 창업 기간을 포함하여 5년 또는 10년의 고정금리로 장기 저리(1.05%) 대출을 지원한다. 또한 발전차액지원제도(Feed-in Tariff: FIT)를 시행하여 재생에너지 발전시설에서 생산되는 전력의 세금을 감면해준다. 액비를 이용한 바이오가스로 만든 전기에 대해 kWh당 22.23€ct의 세금을 감면해주고 있다. 단 설치 용량 150kW 이하의 소규모 플랜트에만 적용된다(EEG 2021 44조). 이 같은 정책으로 독일의 바이오가스 플랜트 수는 꾸준히 증가하여 2000년 기준 1,050개에서 2017년 9,331개로 약 10배 정도 늘어났으며, 그에 따라 재생에너지 전력 생산에서 바이오가스 비중도 점차 증가하여 2000년 1.23%에서 2017년 13.56%로 증가하였다(조을생 외 2019).

1.3.5. 프랑스

2001년 프랑스에서는 바이오가스를 사용하여 전기, 열 및 열병합 발전을 할 경우 시장가격의 차액을 지급해주는 발전차액지원제도(FIT)가 시행되었고, 이는 2005년 ‘에너지법 (Code de l’Energie)’에 따라 개혁 및 강화되었다. 2011년부터는 용량이 500kW 이상인 대형 바이오가스 플랜트에 대한 FIT가 시행되었다. 2016년 이후 ‘Law on Energy Transition for Green Growth(LTECV)’를 통해 용량 500kW 미만의 공장에도 FIT가 시행되었고 기본 보상뿐만 아니라 가축분뇨 사용에 대한 보너스도

31) RES LEGAL(<http://www.res-legal.eu/en/compare-support-schemes/>, 검색일: 2021. 8. 19.).

받을 수 있게 되었다(부록 1 Arrêté du 13 décembre 2016 biogaz). 용량이 80kW 이하인 바이오가스 플랜트의 경우 kWh당 17.5€ct, 용량이 500kW 이상인 바이오가스 플랜트의 경우 kWh당 15€ct를 보상받을 수 있다(Alexander Eden 2018).

1.3.6. 이탈리아

이탈리아에서는 재생에너지 부양 조치를 위해 2008년 ‘예산법’과 ‘ARG/elt 1/09’ 등의 법령을 통해 2012년 12월 31일 전까지 가동되는 모든 부문의 재생에너지 발전소는 발전차액지원제도(FIT)가 15년간 보장되었다. 바이오가스에 대한 FIT의 경우 kWh당 0.28€였다.

2013년부터 ‘장관령 2012(Ministerial Decree of 6 July 2012)’를 통해 새로운 지원 계획을 시행하였다. 새로운 재생에너지 지원은 전력 및 발전 유형, 공급원료에 따라 ‘All-inclusive feed-in tariff(TO)’와 ‘Incentive(I)’ 두 가지 유형의 프리미엄을 제공하였다. 2017년 기준, 통합 FIT(TO)는 발전기가 생산할 수 있는 최대 전기에너지가 500kWh 미만인 플랜트에만 적용되고, 고효율이거나 오염물질 배출을 크게 감소시키는 플랜트에 할당되었다. 인센티브(I)는 TO의 혜택을 받지 못하는 플랜트에 적용되었다(Alberto Benato and Alarico Macor 2019).

〈표 4-16〉 이탈리아 신규 바이오가스 플랜트에 대한 인센티브

유형	파워 (kW)	내용연수	인센티브 (€/MWh)
유기 부산물(분뇨 등)	1<P≤300	20	236
	300<P≤600	20	206
	600<P≤1000	20	178
	1000<P≤5000	20	125
	P>5000	20	101

자료: GAZZETTA UFFICIALE(https://www.gazzettaufficiale.it/do/atto/serie_generale/caricaPdf?cdimg=12A0762800100010110001&dgu=2012-07-10&art.dataPubblicazioneGazzetta=2012-07-10&art.codiceRedazionale=12A07628&art.num=1&art.tiposerie=SG, 검색일: 2021. 8. 18.).

1.4. EU 회원국별 축산업으로 인한 악취 발생 대응 정책³²⁾

유럽연합법 중 현재 유일하게 악취 제한을 설정한 규범은 산업배출지침(IED)에 의해 최적가용기법(BAT)로 간주되는 폐기물의 생물학적 처리와 관련된 최대 허용 악취를 $200\sim 1000\text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ ³³⁾로 제한하는 것뿐이다. EU 회원국 중 악취 규제를 공식적으로 시도한 나라는 프랑스, 독일, 덴마크 등이 있다.

1.4.1. 덴마크

마크에서는 2002년 가축분뇨 지침에 따라 가축 보유 수 15~250마리에 대해 악취 지침 및 악취 임계치 준수가 이루어졌다. 그리고 250마리 이상의 가축을 보유한 농가는 환경 보호법에 따라 규제된다. 250마리 이하 축사에 대한 지침에 따르면 마구간과 8채 이상이 존재하는 주거지 사이에 최소 300m의 거리가 떨어져 있어야 하며, 250마리 이상의 가축사육에 대한 축사 지침의 경우에는 독일의 GOAA 기준을 준수하고 악취 분산 모델³⁴⁾을 사용한다. 기존 축사가 악취가 영향을 미치는 거리에서 50% 이상 더 떨어진 곳에 있다면 시설을 확장할 수 있고, 확장은 주변 지역사회에 악취를 증가시키지 않는 경우에 한해 가능하다. 악취 영향 거리는 축사에서 가장 가까운 주택 기준으로 측정되며, 최대 악취농도는 도시의 경우 $5\text{ ou}_E/\text{Nm}^3$, 직경 200m 이내에 7개 이상의 주거지가 있을 경우는 $7\text{ ou}_E/\text{Nm}^3$, 단일 주거지일 경우는 $15\text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 이다.

32) Anna Bokowa et al.(2021a). “Summary and Overview of the Odour Regulations World wide” 중에서 유럽의 악취 규정 부분을 참고함.

33) 유럽에서 악취 농도를 측정하는 악취 단위(Odour Unit)로, 1m³의 중성 가스로 증발되는 냄새의 양을 의미함(SCENTROID, <https://scentroid.com/wikiodour/odour-unit-ou-oue/>, 검색일: 2021. 4. 25.).

34) 악취 분산 모델링은, 악취농도를 예측하는 컴퓨터 시뮬레이션임. 측정에 필요한 요소는 악취 배출률, 지형, 기상 데이터 등이 있음.

1.4.2. 네덜란드

The Dutch Emission Guidelines(NeR)을 통해 다양한 악취평가 기준 및 산업공정의 대기 배출에 대한 지침이 포함되었으나, 2016년 폐지되면서 보편적인 악취평가 기준은 법령에 포함되지 않는다. 그러나 지자체에서는 쾌적 톤(hedonic tone)에 기반해 악취평가를 한다. 쾌적 톤은 -4(매우 불쾌함)에서 +4(매우 쾌적함)까지의 척도로 표현된다. 또한, 2006년 네덜란드 주택·공간 계획 및 환경부의 가축 악취 통제에 관한 법률을 통해 축산에만 적용되는 특정 악취 법규가 마련되었다. 이 규정은 주변 가축 농장에 적용되는 주거용 OIC³⁵⁾를 포함하고 있다. 임계치는 2001년 가축 농장 주변의 악취 배출 및 악취로 인한 생활방해에 대한 대규모 조사에 따른 선량 반응(dose response) 관계를 기반으로 선정되었으며, 주거 지역은 허용 확률 98%에서 $2ou_E/Nm^3$, 농촌지역은 허용 확률 98%에서 $14ou_E/Nm^3$ 까지 다양하다. 또한, 가축 농장과 악취에 민감한 수용체 사이의 거리를 정해 놓아 최소 100m(악취에 민감한 수용체가 축조 지역에 있는 경우) 또는 50m(건조된 지역 외부에 있는 경우)의 이격거리를 필요로 한다.

1.4.3. 벨기에

벨기에는 국가 수준의 법률은 존재하지 않으나, 지역 지침이 존재한다. 벨기에 왈론 지역의 퇴비화 설비의 경우, 2009년 Wallon Decree에 따라 악취농도는 가장 가까운 이웃에 대해 허용 확률 98%에서 $3ou_E/Nm^3$ 보다 크지 않아야 한다. 축사의 경우 악취 영향을 방지하기 위한 최소 이격거리를 설정하였다.

35) 악취 영향 기준(The Odour Impact Criteria: OIC)이라는 뜻이며 악취 농도 또는 감지 임계치라고 함. OIC는 악취 농도와 허용되는 농도를 초과할 수 있는 허용 확률을 기반으로 하여 규정 준수를 정의함(Cynthia Izquierdo et al. 2019).

〈표 4-17〉 왈론 지역의 농업 구역에 대한 악취 영향 기준

단위: ou_E/Nm^3

구역	OIC(허용 확률 98%에서)	
	기존 축사	새로운 축사
서식(주거) 지역	3	1
휴양지	3	1
공공 서비스 지역	3	1
경작지	10	6
다른 지역들	6	3

자료: Anna Bokowa et al.(2021a: 16).

플랑드르 지역에서 악취평가의 핵심은 허용가능한 악취 영향력 수준이다. 이 수준은 목표치와 한계치 사이에 있다. 목표치 이하는 더 이상 악취 영향이 감소 될 수 없는 상태라고 보고, 한계치 이상은 심각한 악취 영향이 발생한 수준이라고 본다. 축산의 경우 축산농가와 축산 클러스터³⁶⁾ 농가로 구분해서 악취 영향 기준이 나누어져 있다.

〈표 4-18〉 플랑드르 지역 격리된 축사의 악취 영향 평가 기준

단위: ou_E/Nm^3

허용 확률 98% 내에서 악취 농도	축사지역 산재 주택	농촌 특성이 있는 주거지역	주거지역
$ou_E > 10$	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$3 < ou_E \leq 10$	부정적인 영향	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$1.5 < ou_E \leq 3$	낮은 부정적인 영향	부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$1 < ou_E \leq 1.5$	무시할 수 있는 영향	낮은 부정적인 영향	부정적인 영향
$0.5 < ou_E \leq 1$	무시할 수 있는 영향	무시할 수 있는 영향	낮은 부정적인 영향
$ou_E \leq 0.5$	무시할 수 있는 영향	무시할 수 있는 영향	무시할 수 있는 영향

자료: Anna Bokowa et al.(2021a: 19).

36) 한 축사가 하나 이상의 다른 축사의 목표치 수준 윤곽선(허용 확률 98%에서 $0.5ou_E/Nm^3$)에 위치할 때 축산 클러스터에 속하게 됨.

〈표 4-19〉 플랑드르 지역 클러스터에 속한 축사의 악취 영향 평가 기준

단위: ou_E/Nm^3

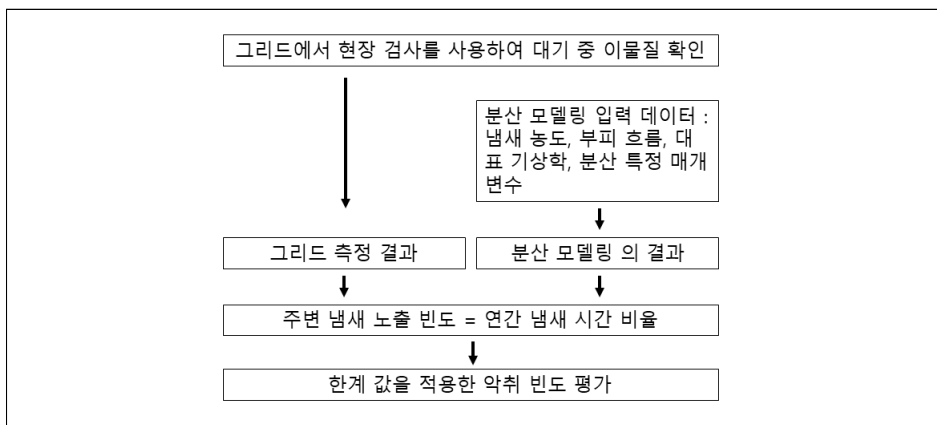
허용 확률 98% 내에서 악취 농도	축사지역 산재 주택	농촌 특성이 있는 주거지역	주거지역
$ou_E > 10$	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$5 < ou_E \leq 10$	부정적인 영향	상당히 부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$3 < ou_E \leq 5$	낮은 부정적인 영향	부정적인 영향	상당히 부정적인 영향
$ou_E \leq 3$	무시할 수 있는 영향	무시할 수 있는 영향	무시할 수 있는 영향

자료: Anna Bokowa et al.(2021a: 19).

1.4.4. 독일

독일은 1964년에 ‘대기 품질관리에 대한 기술 지침’이라는 대기오염 관리 규정을 발표했으며 일반적으로 TA Luft라고 한다(Cyntia Izquierdo et al. 2019). TA Luft에 명시된 조항 중 가축 활동의 경우에는 시설에 있는 가축 수와 관련된 고정된 이격거리가 있어야 한다. 또한, 1993년에는 ‘The German Guideline on Odour in Ambient Air(GOAA)’이라는 악취 빈도에 기반한 자세한 기준이 개발되었다. 2008년에는 기준을 더 발전시켜 악취 강도, 쾌적 톤 및 특정 악취의 성가심 가능성을 고려하였다.

〈그림 4-5〉 GOAA의 개념



자료: Anna Bokowa et al.(2021a: 6).

독일은 최대 OIC 기준은 없으며 시간당 평균 냄새의 양이 평가 임계값 $0.25 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 보다 높으면 해당 시간은 악취 시간으로 계산된다. 악취를 배출하는 산업 활동의 악취 시간은 주거 지역 인근에서 매년 876시간 미만, 상업 및 산업 지역에 서 매년 1,314시간 미만으로 허용된다(Cyntia Izquierdo et al. 2019).

1.4.5. 프랑스

프랑스는 IED를 기반으로 하는 전반적인 악취 규정을 두고 있다. 특히 가축분뇨처리 공장과 퇴비화 공장의 악취 제어에 관한 특정 규정을 둔다.

분뇨처리 공장은 새로 지어진 공장의 경우 허용 악취 임계치(OIC)는 허용 확률 99.5%(연간 44시간 미만)로 규정되어 있고, 악취 농도는 설치된 울타리에서 반경 3km 이내 $5 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 로 설정되었다. 기존 공장의 경우 허용 악취 임계치(OIC)는 허용 확률 98%(연간 175시간 미만)로 규정되어 있고, 악취 농도는 설치된 울타리에서 반경 3km 이내 $5 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 로 설정되었다. 기존 공장의 쌓인 퇴비량(stack) 악취 농도가 $100,000 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 을 초과하면 악취 측정을 3개월마다 수행해야 하는데, 악취 모니터링 전자 센서가 설치된 경우 악취농도 측정 빈도를 1년에 한 번으로 줄일 수 있다.

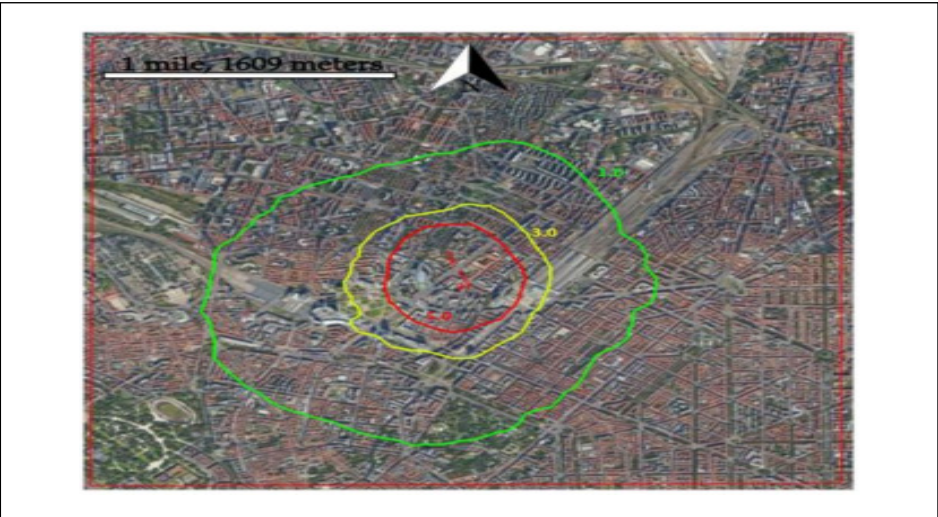
퇴비화 공장은 기존 공장과 새로 지어진 공장 모두 허용 악취 임계치(OIC)는 허용 확률 98%(연간 175시간 미만)로 규정되어 있고, 악취 농도는 설치된 울타리에서 반경 3km 이내 $5 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 로 설정한다. 기존 공장의 경우 모든 악취 발생원을 식별해야 하고, 모든 악취 배출의 합이 $20,000,000 \text{ ou}_E/\text{Nm}^1$ 미만이거나 공장이 악취 영향이 낮은 지역에 있는 경우 다른 조치를 취할 필요가 없다. 그렇지 않을 경우에는 $5 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 의 냄새 임계치를 준수하는지 악취 분산 모델링을 수행해야 한다.

1.4.6. 이탈리아

악취에 관한 국가 수준의 규정은 없지만 2003년 롬바디 지역에서 악취 배출에 대한 제한값을 $300 \text{ ou}_E/\text{Nm}^3$ 로 고정시켰고, 2012년에는 악취 분산 모델링을 기반으로 한 가이드라인을 발표하였다. 악취 영향을 주는 모든 플랜트는 허용 확률 98%

에서 연간 최고 악취농도의 영향을 나타내는 범위를 맵에 그려 표현해야 한다. 또한 대표 악취농도를 측정한 다음 모델 입력으로 필요한 악취 배출 속도를 평가한다. 피에몬테 지역과 트렌토 지역은 악취 영향 기준(OIC)을 발표했고, 거리 및 지역에 따라 $1\text{ou}_E/\text{Nm}^3 \sim 4\text{ou}_E/\text{Nm}^3$ 수준이다.

〈그림 4-6〉 이탈리아 대기 분산 시뮬레이션을 이용한 농도선



주: 1, 3, 5 ou_E/Nm^3 의 농도값에 해당
 자료: Anna Bokowa et al.(2021a: 14).

〈표 4-20〉 이탈리아 트렌토 지역에 대해 제한된 악취 영향 기준(OIC)

단위: ou_E/Nm^3 , m	
OIC (허용 확률 98%에서)	악취원으로부터의 거리
주거 지역	
1	$500 < X$
2	$200 \leq X \leq 500$
3	$X < 200$
비주거 지역	
2	$500 < X$
3	$200 \leq X \leq 500$
4	$X < 200$

자료: Anna Bokowa et al.(2021b: 3)의 내용을 재정리.

1.5. EU 축산업 환경정책의 시사점

EU 회원국은 가축사육으로 인한 토양 및 수질오염, 대기오염, 악취 등의 환경 문제를 완화하기 위해 공동농업정책(CAP), 질산염 지침, 산업배출지침(IED) 등을 시행해 왔다. EU 회원국의 축산환경정책을 살펴봄으로써 여러 가지 시사점을 도출할 수 있다.

EU 회원국은 축산분뇨로 인한 토양오염과 유기비료에 의한 부영양화로 수질이 오염되는 것을 막기 위해 가축두수를 제한하고 면적당 질소 시비량을 규정하고 있다. 그 방법으로는 가축 사육두수를 제한하는 가축 사육권 제도를 시행하거나 가축분뇨 퇴비를 저장할 수 있는 저장시설을 의무로 설치하는 것 등이 있다. 또한 질소 및 인(P)의 관리를 위해 분뇨은행을 운영하거나 분뇨정보를 수집 및 양분수지 데이터를 기록하고 있다. 우리나라에서도 분뇨의 퇴·액비화 처리가 쉽고 접근성이 높다는 이유로 많이 이용하고 있지만, 지역에 따라 비료 살포를 위한 농경지가 충분하지 않은 경우가 있어 단기적으로는 저장시설이나 잉여분 판매처 확보가 필요해 보인다. 장기적으로는 식품 소비 성향이 육류 위주로 바뀌고 있어 농경지는 줄어들고 가축사육은 늘어나 전국적으로 분뇨가 과잉 공급될 가능성이 높으므로, 자원화 방향을 다양화시키는 등 근원적인 해결책이 필요하다.

EU 회원국은 가축에 의해 생산되는 메탄가스를 에너지로 활용하기 위해 바이오 플랜트 설치를 유도하고 있다. 바이오가스 생산 보조금과 생산량에 따른 인센티브, 세금 공제 등 재정지원뿐만 아니라 민간의 바이오가스 프로젝트 시행에 대한 전문가 지원 등 운영적 지원도 하고 있다. 또한, 화석에너지와 재생에너지의 발전차액지원제도(FIT)를 통해 민간에서 자발적으로 참여하도록 장려하고 있다. 우리나라의 경우 2002년 시행한 발전차액지원제도(FIT)를 폐지하고 2012년부터 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급하도록 의무화한 제도인 신재생에너지공급의무화제도(RPS)를 시행하고 있으나, 신재생에너지 공급자의 입장에서 가축분뇨를 이용한 바이오 플랜트는 공급 비용이 다른 신재생에너지 발전에 비해 높기 때문에 공급 의향이 낮다는 문제점이 있다. 한국에서도 바이오

플랜트 사업이 활성화되기 위해서는 가축분뇨를 활용한 신재생에너지 공급자에게 보조금과 인센티브 등의 재정지원과 바이오 플랜트 교육사업 등 정부 차원의 지원이 중요해 보인다.

EU 회원국 중 독일, 프랑스, 덴마크 등은 악취 법규를 제정하여 축산시설에 의한 악취 피해를 예방하려고 노력하고 있다. 특히 독일에서는 1㎡당 악취를 측정해 1년 중 임계치를 초과하는 날이 7일(2%)을 넘지 못하도록 제한하는 악취 임계치(OIC) 및 이격거리 기준(GOAA)을 설정하여 피해를 최소화하고 있고, 프랑스에서는 GOAA 기준 적용뿐만 아니라 악취 모니터링 전자 센서 사용을 유도하는 등 축산시설 악취를 관리하고 있다. 우리나라는 축산악취 민원이 2016년 기준 6,398건으로 문제가 심각해 2016년부터 광역축산악취개선사업 등을 통해 악취 저감을 위한 노력을 하고 있지만, 사업 대상 농가는 2019년 기준 115개소로 그 규모가 작아 전체 농가를 관리하기 위해서는 악취 기준 마련 및 악취 모니터링 등의 규제가 필요해 보인다. 한국에서도 「악취방지법」에 의거해 악취물질에 대한 배출허용기준이 설정되어 있지만, 해당 기준은 광범위한 악취물질에 대한 것이므로 가축분뇨에 의해 발생하는 악취 및 악취물질에 대한 기준이 필요하고, 축사시설의 이격거리 또한 의무가 아닌 권고로 운영되고 있어 시정이 필요하다(이명규 외 2019).

〈표 4-21〉 EU 주요국의 축산업 환경정책 주요 내용

구분	오염원별 정책 주요 내용		
	수질 및 토양	바이오가스(대기)	악취
덴마크	1995년 Harmony rules 시행, 1ha당 질소 170kg으로 제한 1997년 APAE 시행, 농업 생산과 환경의 균형을 고려한 규제 - 비료 회계 시스템 운영	2012년부터 바이오가스 생산 보조금 지급 - 산업용 바이오가스 플랜트와 농장식 바이오가스 플랜트 운영 - 보너스를 통해 바이오가스 플랜트 지원(3.5€ ct/kWh 또는 11€ ct/kWh)	- 주거 밀집도에 따라 OIC 5~15 ou_E/Nm^3 이하 250마리 이하 사육 축사는 이격거리 300m, 250마리 이상 사육 축사는 GOAA 기준 준수
네덜란드	1984년 사육두수 증가 제한 1987년 인(P)을 기준으로 가축 분뇨 관리 1994년 사육권 제도 시행 1987년 분뇨은행 설립 1998년 MINAS 운영 (2005년 폐지)	- 화석에너지와 재생에너지의 전력 가격 차이 보상(SDE+) - 재생에너지 사용 전기 생산자 전력 소비 세금 면제 - 바이오가스 프로젝트 실행 시 재정 및 전문가 지원	- 지자체 수준에서 규정 시행 - 주거지, 농촌 지역에 따라 OIC 2~14 ou_E/Nm^3 이하(98%) 50~100m 이격거리 설정 - 패적 톤에 의해 악취평가
벨기에	1991년 Manure Decree 제정, 질산염 및 가축 분뇨 관리 시행 - 분뇨 은행(플랑드르)	- 녹색 전력 인증서(GSC)발급, 인증서당 지원금 수여 - 기술의 생태적 기능, 투자 규모에 따라 바이오가스 플랜트에 투자 비용 지원	- 지자체 수준에서 규정 시행 - 지역과 축사 신축 여부에 따라 OIC 1~10 ou_E/Nm^3 이하 (98%) - 허용되는 악취 수준 설정
독일	- 비료 법령 DüV 시행, 1ha당 질소 170kg으로 제한 - 시비 금지 기간 지정(1월 31일까지) 6개월 이상의 가축 분뇨 저장시설 설치 의무 - 양분수지 데이터 기록	- 재생에너지 발전시설에서 생산되는 전력의 세금 감면(FIT) - 발전량에 따른 추가 보조금 지원(설치 용량 kWh당 65€) - 바이오가스 플랜트 지원을 위한 대출 프로그램 운영	- 최대 OIC 기준은 없음, 시간당 평균이 0.25 ou_E/Nm^3 을 초과하는 경우 악취 시간으로 계산됨. - TA Luft 규정 시행 - 이격거리 설정 - 악취 시간을 예측하는 GOAA 기준 개발 및 적용
프랑스	2011년 10월 10일 시행령 규정, 1ha당 질소 170kg으로 제한 - 국가 행동계획 시행(NAP), 비료 사용 금지 기간, 분뇨 저장시설의 용량 등의 조치가 포함	2011년 500kW 이상인 대형 바이오가스 플랜트에 FIT 시행 2016년 500kW 미만의 공장도 FIT 시행, 가축분뇨 사용 보너스는 5€ ct/kWh 'Guarantee of Origin'(GO) 시스템으로 바이오가스 인증제도 시행	- 분뇨처리 공장에서 시설에 따라 OIC 5 ou_E/Nm^3 이하 (98-99.5%) - 악취 농도에 따라 악취 측정 주기를 다르게 시행 - 악취 모니터링 전자 센서 사용 유도 - 악취 임계치를 초과한 시설은 악취 관리 계획 제출 의무
이탈리아	2006년 Decreto Legislativo n.152 제정, 질산염 취약지역에서 1ha당 질소 170kg으로 제한 90일 이상의 분뇨 저장시설 설치 - 시비 금지 기간 지정(11월~2월)	1999년 녹색인증제도(GC) 시행 2008년 모든 재생에너지 발전에 대해 FIT시행 2012년 FIT기준 변경 및 에너지 생산량에 따라 인센티브 지급	- 지자체 수준에서 규정 시행 - 지역과 악취원의 거리에 따라 OIC 1~4 ou_E/Nm^3 이하 (98%) - 악취농도 영향 범위, 맵에 표시 의무

자료: Danish EPA(2017); Ludwig Hermann and Ralf Hermann(2018); Jean Gault et al.(2015); DECRETO 25 febbraio 2016; RES LEGAL; Alexander Eden(2018); Alberto Benato and Alarico Macor(2019); Anna Bokowa et al.(2021a)을 참고하여 작성함.

2. 일본의 축산업 환경정책³⁷⁾

2.1. 일본 농림수산물 환경정책의 기본 방침³⁸⁾

일본 농림수산성은 농림수산업이 환경과 경제 측면에서 모두 중요하다는 점에
서 SDGs(지속가능한 개발목표) 시대에 대응한 3가지 이념을 제시하였다. 이를 통
해 농림수산업·식품산업 성장이 환경과 경제에 기여해 세계를 선도하는 환경창조
형 산업으로 진화하는 것을 목표로 하고 있다.

3가지 이념은 다음과 같다. 첫째는 농림수산업·식품산업에 있어 환경부하 저감
에 대한 활동과 동시에 환경과 경제 모두를 향상시키는 환경창조형 산업으로의 진
화, 둘째는 생산에서부터 폐기·재생이용까지의 서플라이 체인(supply-chain)을
통한 활동과 이를 지원하는 농림수산·식품산업정책의 그린화 및 연구개발의 강력
한 추진, 셋째는 사업체로서 농림수산성의 환경부하 저감 노력과 자기 변혁이다.

일본 농림수산성의 환경정책에 대한 기본 방침은 다음과 같다. 지속가능한 농
림수산업·식품산업 실현을 위해서는 서플라이 체인의 각 단계에서 각각의 주체
에 의한 환경부하 저감 노력이 필수이다. 따라서 ‘생산단계’에서 온실가스의 배
출 저감 및 바이오매스 자원의 순환 이용 등을 추진하고, ‘유통·가공 단계’에서
플라스틱 대체 소재의 활용이나 식품 로스 저감 등의 대책을 추진한다. 또한,
기업에 대해서도 환경 조화를 위한 행동과 정보 공개를 확대할 것을 요구하고
있다. 그리고 자원을 순환·이용하는 지식과 최신 기술을 결합한 환경창조형 산
업을 추진한다.

환경정책 기본 방침의 주요 활동으로, ‘정책의 녹색화’는 농림수산성이 추진하
는 각종 사업의 채택에 있어서 원칙적으로 환경에 대한 대응을 사업 채택의 요구
사항 중 하나 또는 가점 요소로 하여 현장 활동을 촉진한다. ‘서플라이 체인을 통

37) 이 부분은 순천대학교 엄지범 교수에게 의뢰한 위탁원고를 바탕으로 작성하였다.

38) 일본 농림수산성(2020a). 『농림수산물환경정책의 기본 방침』을 참고하여 작성하였다.

한 연계와 소비자 이해의 필요성’은 상류에서 하류까지 서플라이 체인 전체에서의 환경부하 저감 대응과 그 대응이 소비자에게 전달·이해되는 구조를 구축하는 것이다. 마지막으로 ‘농림수산성의 자기 변혁’은 농림수산성 직원의 의식 개혁을 철저히 해, 환경이나 SDGs를 의식한 정책 입안과 인재 육성을 실천하며, 농림수산성의 업무나 청사에서 유래하는 온실가스 배출량을 줄이는 것이다.

2.2. 일본 축산업 환경정책의 기본방향

일본의 축산업 환경정책은 1999년 7월에 시행된 ‘식료·농업·농촌 기본법(신기본법)’의 제32조 ‘자연순환 기능의 유지 증진’에서 “국가는 농업의 자연순환 기능의 유지 증진을 위해 농약 및 비료의 적절한 사용 확보, 가축 배설물 등의 유효한 이용에 의한 지력 증진 등 필요한 시책을 강구하여야 한다”가 제시되면서 본격화되었다(일본 농림수산성 2020a).

이를 배경으로 1999년 ‘가축 배설물 관리 적정화 및 이용 촉진에 관한 법률(이하 가축배설물법)’을 제정하고, 5년간 유예기간을 거친 후, 2004년 본격 시행하면서부터 축산환경정책에 있어 제도적 장치가 마련되었다. ‘가축배설물법’은 약 20여 년을 거쳐 일정 수준을 달성하였다. 한편, 연간 약 8천만 톤이 발생하는 가축 배설물의 이용 확대 및 사육규제 확대에의 대응, 법령 엄수의 철저, 국민의 환경 의식 고조에 대한 대응이 주요 과제로 부상하고 있다.

일본 축산환경정책의 기본방향은 ‘축산경영 내에서 가축분뇨의 적절한 처리로 주변 환경을 배려하는 경영’으로 제시되고 있다. ‘가축배설물법’ 등 이른바 농업환경 관련 3법³⁹⁾이 제정된 것을 계기로 하여 축산경영체의 퇴비화 시설, 오수 정화 처리시설 등이 적극적으로 정비되었으며, 가축 배설물의 야적·매립을 감소시

39) ‘신기본법’ 제32조를 배경으로 1999년 11월에 시행된 ‘가축 배설물 관리 적정화 및 이용 촉진에 관한 법률’, ‘지속성 높은 농업생산방식의 도입 촉진에 관한 법률’, ‘비료단속법 일부를 개정하는 법률’을 농업환경 관련 3법이라고 한다.

키면서 축산환경은 크게 개선되었다. 현재 관리기준 적용 농가 44,077호의 99.9%가 관리기준에 적절히 대응하고 있다.

2.3. 일본의 축산업 관련 환경규제 현황

2.3.1. 축산업 관련 규제의 기본구조

축산업 관련 규제는 ‘가축배설물법’을 기본으로 하고 있으며, 이를 통해 환경보전과 순환형 농업의 확립, 그리고 가축분뇨의 적절한 관리와 이용의 촉진을 도모하고 있다.

‘가축배설물법’과 더불어 축산에 관련된 환경규제에 있어서는, ‘환경기본법’이 기본이 되며, 그 밖에 ‘수질오염방지법’, ‘악취방지법’, ‘폐기물처리법’이 있다. ‘환경기본법’은 환경보전의 기본사항을, ‘수질오염방지법’은 배출수와 지하 침투수의 규제를, ‘악취방지법’은 악취물질의 배출 규제를, ‘폐기물처리법’은 폐기물의 보관, 운반, 처리 등에 대한 규제를 담고 있다. 이 외에도 축산업과 관련된 규제에 ‘해양오염방지법’, ‘대기오염방지법’ 등이 있다.

2.3.2. 수질 관련 규제

일본은 공공수역의 오염을 방지하기 위해 ‘수질오염방지법’ 등의 관계 법령에서 일정 규모 이상 가축사육의 신고 및 배출수의 수질 규제 준수를 의무화하고 있다. 다만, 축산업의 사육 여건을 고려해 질산성질소 등 일부 물질은 잠정 배수기준을 마련하여 규제를 완화하고 있다.

축산업에서 수질과 관련하여 준수하여야 할 사항으로는 소·돼지·말을 일정 규모 이상 사육(특정 사업장에 해당)할 때의 신고, 특정 사업장의 신고 내용에 변경이 있을 경우 변경 신고, 배출수의 수질 규제 기준 등 준수, 1년에 1회 이상 배출수의 측정 및 결과의 기록·보존 등이다.

〈표 4-22〉 일본의 배수기준

단위: mg/L

항목	축산농가 배수기준(잡정배수기준치)	기한	※ 일반배수기준
질산성질소 등	500	2022년 6월 말	100
총질소 함량	130(일평균 110)	2023년 9월 말	120(일평균 60)
총인 함량	22(일평균 18)	2023년 9월 말	16(일평균 8)

주: 총질소 및 총인에 대해서는 폐쇄성해역에 일평균배출수량 50㎥ 이상을 배출하는 양돈사업장의 경우 대상 수역에 따라 적용되는 항목이 다르거나 지자체에 따라 높은 규제가 이루어지기도 함.

자료: 일본 농림수산성(2019: 1). 『수질오염방지법에 근거하는 배수 규제와 배수의 측정·기록·보존에 관한 팸플릿』.

2.3.3. 악취 관련 규제

사업장에서 발생하는 악취는 사업장의 규모와 관계없이 ‘악취방지법’에 의해 규제하고 있다. 구체적인 규제지역 및 규제 방법, 규제 기준은 지사 및 시·정·촌장이 설정하며, 2019년 말 전체 도시 중 73.9%에서 규제지역을 설정하였다. 규제 기준을 초과하며 주민의 생활환경이 훼손되고 있다고 인정되는 경우에 시·정·촌이 법률에 근거해 개선 권고 등을 시행하고 있다.

한편 일본은 악취지수를 통해 악취를 규제하고 있다. 인간의 후각으로 냄새를 느낄 수 없게 될 때까지 무취 공기로 희석하여 희석 배율(악취농도)을 구하고, 그 상용대수에 10을 곱한 값(악취지수)에 의해 규제를 하고 있다. 악취지수 10~21의 범위 내에서 시·정·촌별로 규제 기준을 설정한다.

〈표 4-23〉 일본의 규제지역 도입상황

단위: 시정촌 수

시정촌 수		규제지역을 가진 시정촌	악취지수규제를 도입하고 있는 시정촌
시	792	743(93.8%)	298(40.1%)
구	23	23(100.0%)	23(100.0%)
정	743	463(62.3%)	130(28.1%)
촌	183	57(31.1%)	19(33.3%)
계	1,741	1,286(73.9%)	470(36.5%)

자료: 일본 환경성(2019: 4). 『2019년 악취방지법시행상황조사 결과에 대하여』.

2.3.4. 토양 관련 규제

일본에서는 가축 배설물을 퇴비 등으로 공급하는 경우(자가 이용 제외)는 ‘비료 단속법’에 따라 도도부현에 신고(특수 비료의 경우) 또는 국가에 등록(보통 비료의 경우) 등이 필요하다.

2012년부터는 혼합퇴비 복합비료(공정규격 있음)로 퇴비와 화학비료의 혼합이 인정되었다. 이후 2019년의 법 개정으로 더욱 규제가 완화되어 ‘지정혼합비료’(퇴비와 화학비료를 배합한 것으로, 공정규격 없음)라는 새로운 분류를 추가했으며, 이에 따라 시행규칙이 변경되어 2020년 12월부터 지정혼합비료가 신고로 생산이 가능해졌다.

2.4. 축산부문 환경 관련 지원 및 정책 현황⁴⁰⁾

2.4.1. 축산분야 온실가스 감축 대책

축산분야에서 발생하는 온실가스는 가축의 소화관 내 발효로 발생하는 CH_4 , 가축분뇨 처리과정에서 발생하는 CH_4 · N_2O 등이다. 축산분야에서는 지금까지 생산성이나 축산환경 대책 등을 고려하여 온실가스 저감을 위한 대응을 추진하고 있다. 축산분야의 주요 대응은 가축개량에 의한 마리당 생산량(유량, 생애생산성, 산육량 등)의 향상, 영양관리기술의 개선에 의한 가축 배설물에 포함된 질소 등의 감소, 가축 배설물의 적정 관리에 의한 퇴비·에너지로서의 이용 등이 있다.

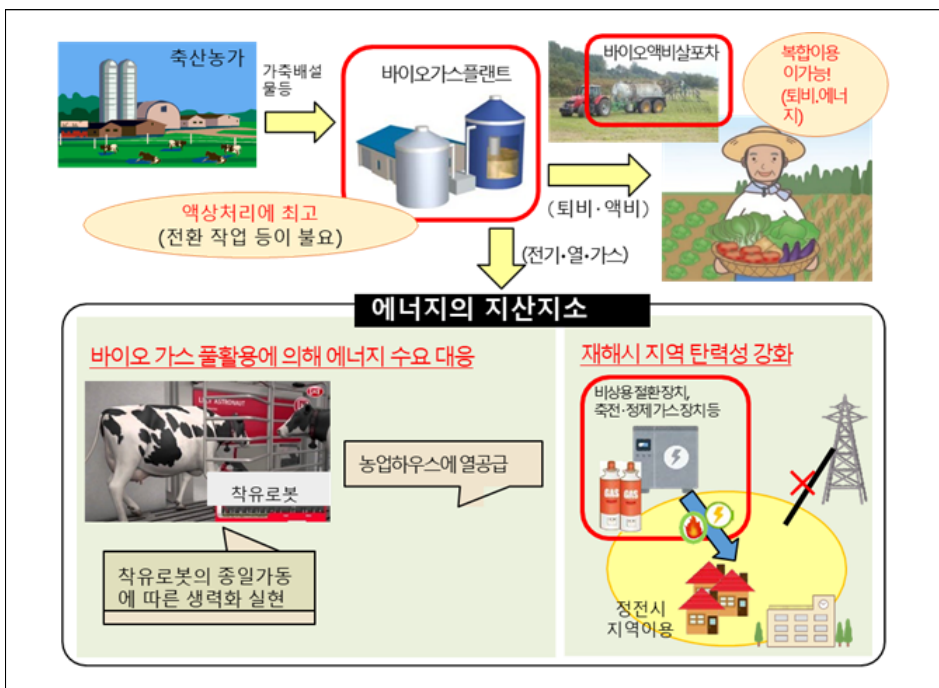
일본은 이러한 대응을 통해 온실가스 배출을 억제해 왔으며, 축산분야의 온실가스 배출량은 1990년의 1,630만 톤에서 2019년에는 1,360만 톤으로 약 17% 감소하는 등 성과를 나타내고 있다.

40) 일본 농림수산성 홈페이지(<https://www.maff.go.jp/>, 검색일: 2021. 9. 1.)를 참고하여 작성하였다.

2.4.2. 축산 바이오매스 지산지소⁴¹⁾ 대책사업

‘축산 바이오매스 지산지소 대책사업’은 녹색 사회(탄소중립) 실현을 목표로 에너지 지산지소를 위해 가축 배설물 등을 활용하는 바이오가스 플랜트 등의 시설·기계의 도입을 지원하기 위해 추진하고 있다. 이 사업의 목표는 가축 배설물의 이용률을 2025년까지 90%로 향상하는 것이다.

〈그림 4-7〉 축산 바이오매스 지산지소 대책사업의 모식도



자료: 일본 농림수산성(2020b: 1). 『축산 바이오 매스 지산지소 대책사업의 개요』.

2.4.3. 축산환경대책 종합지원사업

‘축산환경대책 종합지원사업’은 축산환경 문제가 축산농가의 생산 의욕을 억

41) 지역에서 생산한 농산물을 지역에서 소비하는 것을 뜻함.

제하는 현상을 고려해, 퇴비의 고품질화·펠릿화 등 경종농가의 요구에 대응한 ‘토양 만들기 퇴비’의 생산·유통을 촉진하여 가축 배설물의 지역 편중을 해소하는 활동을 지원하고, 악취방지과 하수 처리에 대한 고급 축산환경 대책 활동을 지원함으로써 축산환경 문제를 해결하기 위해 시행하고 있다. 축산환경대책 종합지원사업의 주요 내용은 다음과 같다.

가. 축산·토양 만들기 퇴비 생산 유통 체제 지원사업

축산·토양 만들기 퇴비 생산 유통체제 지원사업은 경종농가에서 요구하는 퇴·액비의 파악 및 생산 방법의 검토, 광역 유통 및 해외 수출 등을 촉진하기 위한 협의회 개최, 퇴·액비의 성분분석, 제3의 활동 주체가 담당하는 퇴비 조립기 등의 도입에 필요한 비용의 일부를 보조한다.

나. 축산·토양 만들기 시설 등 도입 지원사업

축산·토양 만들기 시설 등 도입 지원사업은 제3의 활동 주체가 실시하는 퇴·액비의 고품질화 퇴비 펠릿화 등에 관한 시설 또는 기계(시설과 일체적으로 정비하는 것에 한함)의 정비 또는 개·보수에 필요한 비용의 일부를 보조한다.

다. 축산환경 대책 추진체제 지원사업

축산환경 대책 추진체제 지원사업은 지역 관계자 등과 연계하여 고급 축산환경 대책의 실시 방법의 검토 등을 위한 협의회 개최 및 축산경영에서 유래하는 악취 측정 또는 폐수의 수질검사에 필요한 경비의 일부를 보조한다.

라. 축산환경 관련 시설 등 도입 지원사업

축산환경 관련 시설 등 도입 지원사업은 제3의 활동 주체가 수행하는 고급 축산환경 대책을 실시하는 시설 등의 정비 또는 개·보수에 필요한 비용 일부를 보조한다.

2.4.4. 신재생에너지 고정가격매입제도(FIT)⁴²⁾

신재생에너지 고정가격매입제도(FIT)는 신재생에너지로 발전한 전기를 전력 회사가 일정한 가격으로 매입하는 제도이다. 이 제도는 태양광·풍력·수력·지열·바이오매스에서 유래하는 전기가 대상이다. 매입 가격(조달 가격)과 기간(리드 타임)은 전문가로 구성된 조달 가격 등 산정위원회의 의견을 반영해 경제산업 대신이 결정한다.

일본의 2020년도 주요 바이오매스 발전에 의한 전기의 조달 가격은 13~40엔/kWh(세금 별도)이다. 일반 목재 바이오매스 중 10,000kW 이상은 입찰제를 시행하고 있으며, 비교적 소규모인 10,000kW 미만은 지역 분산형 에너지원이 되도록 24엔/kWh(세금 별도)를 유지하고 있다. 또한 경쟁 환경이 조성되고 있는 바이오매스 액체 연료(전체 규모)는 입찰제를 시행하고 있다.

축산 바이오매스 발전은 39엔/kWh(세금 별도)의 고정가격으로 20년간의 매입 기간이 보장되어 있다. 이 매입 조건은 초기 설비 투자의 감가상각 기간을 약 15년으로 가정하여 설정하였다.

FIT 제도에 의해 축산 바이오매스 발전이 악취 문제 대응뿐만 아니라 경제성이 있는 사업으로 전환되었다. FIT 제도 창설로 인해 재생에너지 발전으로 발생한 전력은 일반적으로 필요한 비용에 적정한 이윤 등이 고려된 고정가격 및 기간 동안 전력회사가 전량을 매입하도록 의무화하여 전력 판매가 경제성을 갖게 되었다.

2.4.5. J-크레딧 제도⁴³⁾

일본의 ‘J-크레딧 제도’는 온실가스 배출 감축량과 흡수량을 ‘크레딧’으로 국가

42) 河原林孝由基(2017). 『재생가능에너지에 의한 농업경영의 다각화-축산바이오매스발전의 가능성』을 참고해 작성하였다.

43) 松下英之(2014). 『축산업에 있어 지구온난화대책과 J 크레딧』과 일본 축산환경정비기구(2017). 『축산분야 지구온난화완화기술 리뷰 보고서』를 참고해 작성하였다.

가 인정하는 제도이다. 구체적으로 농림수산업자 등이 실시한 온실가스 감축 활동에 대해 과학적인 방법에 따라 그 감축량을 산출하고, 온실가스 배출 저감을 국가가 크레딧으로 인증하는 제도이다. 크레딧은 ‘온난화 대책법’ 및 ‘에너지 절약법’의 배출량·에너지 소비량의 보고, 저탄소사회 실행계획의 목표 달성, 카본 오프셋, 크레딧 매각이익 확보 등에 활용할 수 있다.

배출 감축량·흡수량을 크레딧으로 인정받으려면 J-크레딧 제도가 방법론으로 규정하고 있는 감축·흡수원 대책을 실시하는 것이 조건이다. 농림수산업자 등은 대기업 등에 크레딧을 매각하여 수익을 창출할 수 있다.

J-크레딧 제도에서 ‘프로젝트’는 온실가스 배출량의 저감 또는 온실가스 흡수량의 증가를 가져오는 활동을 의미한다. 또한 프로젝트를 실제로 수행하는 농림수산업자 및 중소기업자를 ‘프로젝트 실시자’라 한다. J-크레딧 제도에서 ‘방법론’이란, 배출 저감·흡수에 사용하는 기술, 기술별 감축 배출의 대상이 되는 범위에서 배출 저감·흡수량의 산정 방법, 모니터링 방법 등을 규정한 것을 말한다. 방법론은 프로젝트 실시 전 배출량과 프로젝트 실시 후 배출량의 차이인 배출 감축량을 근거로 하며, 에너지, 재생에너지, 산업공정, 농업, 폐기물, 산림의 6개 분야에 약 60여 가지의 방법론이 등록되어 있다.

농업분야, 특히 축산업에 관해서는 ‘돼지·닭의 저단백질 배합사료의 급이’ 및 ‘가축 배설물 관리 방법의 변경’의 방법론이 있고, 이외에도 농업분야의 방법론으로 ‘다원 토양의 질산화 억제제 포함 화학비료 투입’ 등이 있다.

〈표 4-24〉 J-크레딧 제도 방법론이 정하고 있는 축산분야 온실가스 감축대책(방법론)

대책명	대책개요	대상가스
돼지·닭의 저단백배합사료의 급이	돼지·닭의 사육에 있어 기존 사료를 대체하여 저단백배합사료를 급여해 돼지·닭의 배설물에서 발생하는 N_2O 를 제어하는 대책	N_2O
가축배설물 관리 방법의 변경	가축사육에 있어 배출계수가 낮은 배설물 관리방법으로 전환함으로써 가축배설물에서 발생하는 CH_4 및 N_2O 를 제어하는 대책	CH_4 · N_2O

자료: 일본 축산환경정비기구(2017: 15). 『축산분야 지구온난화완화기술 리뷰 보고서』.

농업분야의 방법론으로 분류되어 있지는 않지만, 축산업과 관련해 사용할 수 있는 방법론으로는 고효율 보일러의 도입, 히트 펌프의 도입, 에너지 절약형 공조 설비의 도입, LED 등 에너지 절약 전등 설비 도입, 목질 등의 바이오매스 및 바이오가스에 의한 화석연료와 전력 대체 등의 방법론이 있다.

2020년 3월 말 기준 J-크레딧 제도의 등록 프로젝트는 317건이며, 이 중 농림수산분야 관련 등록 프로젝트는 81건(전체의 약 26%)으로, 농업분야 7건, 식품산업분야 25건, 목재산업 분야 13건, 수산업 분야 1건, 산림 관리 33건, 기타 2건이다.

2.4.6. 자원순환 시스템: 에코피드⁴⁴⁾

일본에서는 축산물생산비에서 사료비가 차지하는 비중이 높으며, 사료 원료의 수입의존도가 높아 이를 해소하기 위한 방법으로 에코피드 제도가 주목받기 시작하였다. 에코피드(ecofeed)란 ecolgy(생태)의 줄임말인 ‘에코’(eco)와 사료를 뜻하는 ‘피드’(feed)를 합친 조어이다. 일본에서는 에코피드를 “식품 제조 부산물(장유박(醬油粕)이나 소주박(燒酎粕) 등, 식품의 제조과정에서 얻을 수 있는 부산물)이나 팔리지 않은 식품(빵이나 도시락 등, 식품으로 이용되지 않았던 것), 조리하고 남은 잔류물(殘溜物, 채소의 절단 부스러기나 비가식부 등, 조리할 때 발생하는 것), 농장에서 남긴 잔류물(규격 외 농산물 등)을 이용하여 제조된 가축용 사료”로 정의하고 있다(허덕 2021).

일본의 음식물 폐기물은 1,767만 톤(2017년 기준) 생산되었으며, 이 중 1,230만 톤은 재활용되었고, 이 중 913만 톤(약 70%)은 사료로 이용되고 있다. 일본은 식품 리사이클의 우선순위를 1) 발생 억제, 2) 재생이용(사료화를 최우선), 3) 열 회수, 4) 감량 순으로 설정하였다. ‘식품순환자원의 재생이용 등의 촉진에 관한 기본 방침’에서는 식품 폐기물과 재생이용 등에 관한 실시율의 목표를 설정하고 있다. 2019년 7월에 공표된 새로운 기본 방침에서는 실시율 목표를 2024년도까지 식품

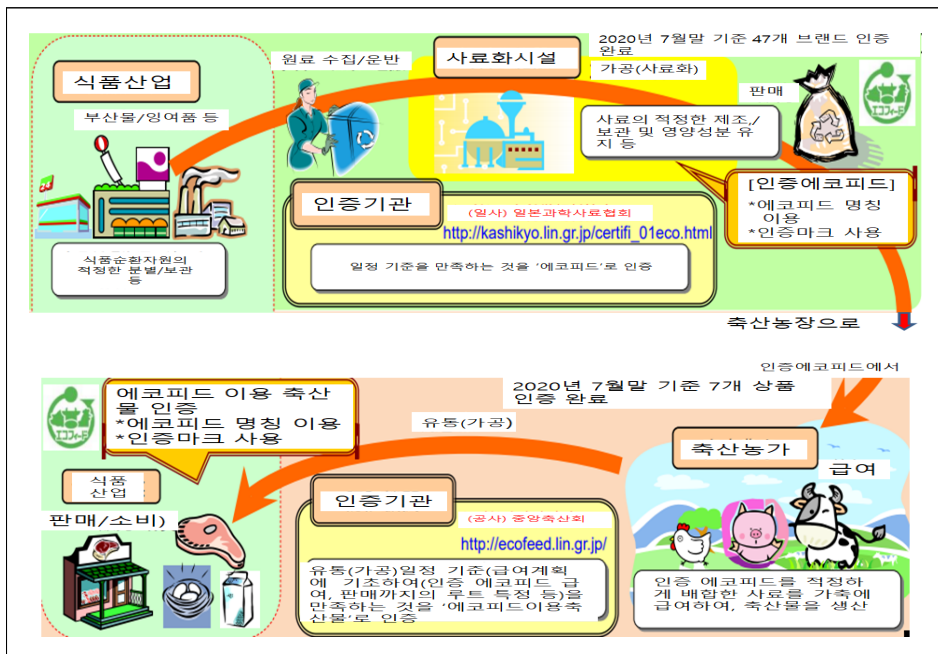
44) 이 부분은 허덕(2021). “일본의 에코피드 현황과 관련 정책.” 『해외곡물시장동향』 10(1)을 인용하였다.

제조업 95%, 식품도매업 75%, 식품소매업 60%, 외식산업 50%로 제시하고 있다(허덕 2021).

축산업에서 에코피드 활용은 지역의 이용하지 않는 자원(未利用資源)과 식품 잔류물 등을 이용하여 사료비용 절감, 가축의 생산성·축산물의 품질 향상, 식품산업의 브랜드화 등이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

에코피드와 관련된 인증제도는 ‘에코피드 인증제도’와 ‘에코피드 이용 축산물 인증제도’로 나누어 볼 수 있다. ‘에코피드 인증제도’는 사료로 에코피드를 인증하는 것을 말하며, ‘에코피드 이용 축산물 인증제도’는 에코피드로 생산된 축산물로 인증하는 것을 말한다. ‘에코피드 인증제도’는 일정한 기준(식품순환자원의 이용률과 영양성분 등)을 만족하는 사료를 ‘에코피드’로 인증해 주는 것이다. ‘에코피드 이용 축산물 인증제도’는 일정 기준을 만족하는 축산물을 ‘에코피드 이용 축산물’로서 인증해주는 제도이며, 2011년 5월부터 운용을 개시하였다(허덕 2021).

〈그림 4-8〉 일본의 에코피드 관련 인증제도의 운영 메커니즘



자료: 일본 농림수산성(2020). 『에코피드를 둘러싼 정세(일러스트판)』; 허덕(2021: 178-179) 재인용.

2.5. 일본 축산업 환경정책의 시사점

일본은 축산업 환경정책의 추진과 함께 지속적인 연구개발(R&D)을 통해 현장에 적합한 기술개발 및 보급에도 노력하고 있다. 주로 축산환경정비기구 등의 연구기관을 통해 기술개발을 진행하고 있으며, 이러한 기술들은 연수회나 심포지엄, 사례집 발간을 통해 농촌 현장에 잘 보급될 수 있도록 하고 있다.

온실가스 저감을 위한 노력으로는, 저단백질 배합사료 개발, 퇴비화처리 개선, 오수처리 개선 등의 기술개발을 통해 온실가스 저감기술이 현장에 보급될 수 있도록 하고 있다. 이와 더불어 온실가스 감축 목표를 설정하고 가축 배설물을 활용한 바이오매스 지산지소 대책사업 등을 추진하여 온실가스 감축에도 노력하고 있다. 일본의 경우 최근 들어 축산 바이오매스를 통한 발전(전기생산)이 경제성 있는 산업으로 전환되고 있다.

마지막으로 일본은 J-크레딧 제도를 통해 에너지 절감의 선순환구조를 실현하고 있다. 축산업분야의 경우 저단백질 배합사료의 급여와 가축 배설물 관리 방법의 변경을 통해 감축된 N_2O , CH_4 등의 배출량을 기반으로 크레딧이 지급되고, 이를 저탄소 실행계획을 수립하는 대기업에 매각하여 매각이익을 얻을 수 있도록 하는 선순환구조를 실현하고 있다.

제5장

축산업의 환경영향 분석

축산업의 환경영향 분석

1. 이론적 검토 및 분석방법

이 연구에서 축산업의 환경영향을 분석하기 위한 분석 방법은 환경산업연관표의 작성 및 분석, 가축사육의 생애기간에 대한 전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA)이다. 환경산업연관표 작성 및 분석을 통해 축산업의 경제적 효과와 온실가스, 악취 등 환경에 미치는 영향을 분석하였다. 아울러 가축 생애 전과정평가(LCA)를 통해서는 축산물의 생산에 있어서 축종별 생애 기간 동안 투입되고 배출되는 물질의 양을 정량화하여 환경영향을 평가했으며, 한우 비육기간 단축, 젖소 초산월령 단축, 돼지 MSY(Marketed pigs per Sow per Year, 연간 모돈 두당 출하 마릿수) 개선 등 축산업의 환경부담 저감을 위한 대안을 평가하였다.

1.1. 환경산업연관분석

1.1.1. 분석방법 및 모형 설명

환경산업연관표(Environmental Input-Output table)는 기존의 산업연관표에 각 산업부문의 에너지 투입을 반영하여, 에너지의 흐름과 오염물질 배출의 관계를 나타낸 투입산출표이다. 따라서 환경산업연관표를 이용하면 각 산업부문의 에너

지 투입과 소비활동을 파악함은 물론 특정 산업의 생산활동으로 인한 에너지 투입과 환경오염물질 배출과의 관계 및 환경에 대한 경제적 파급효과를 분석할 수 있다(한국은행 2014).⁴⁵⁾

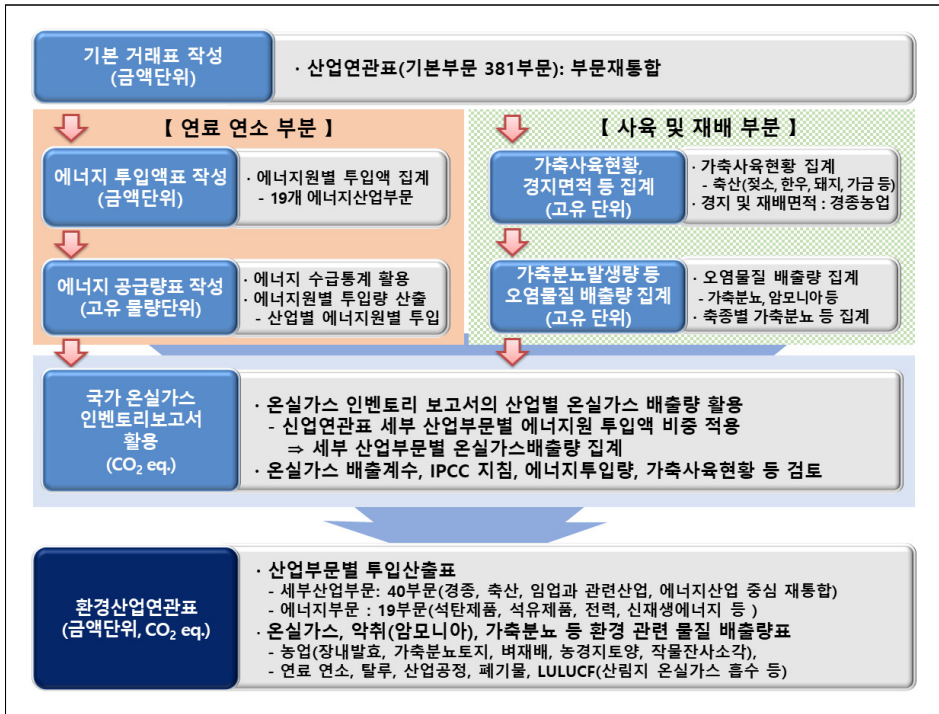
우리나라는 환경산업연관표를 공표하지 않기 때문에 분석을 위해서 환경산업연관표를 직접 작성할 필요가 있다. 환경산업연관표를 작성한 대부분의 선행연구에서는 연료 연소를 통해 배출되는 CO₂를 분석 대상으로 하고 있다.⁴⁶⁾ 본 연구에서는 축산업에서 배출되는 온실가스가 ‘연료 연소’보다 ‘가축사육과정(장내 발효, 가축분뇨처리)’에서의 배출량이 많다는 점에 주목하였다. 이를 고려하여 이용진(2020)의 연구를 참고해 ‘연료 연소’ 부분과 ‘사육 및 재배’ 부분이 구분된 환경산업연관표를 작성하였다. 한편 이 연구는 축산업의 악취도 분석 대상으로 하고 있다. 축산업의 악취는 주요 악취 유발 물질인 암모니아(NH₃)를 분석 대상으로 했으며, 이를 포함하여 환경산업연관표를 작성하였다. 이렇게 작성된 환경산업연관표의 구조는 <그림 5-1>에 제시하였다.

구체적으로 축산업의 경제적 효과와 환경영향 분석을 위해 축산업의 축종별 생산활동에 투입되는 경유, 휘발유 등 연료의 사용으로 인해 발생하는 온실가스를 집계하고, 축산업의 가축사육과정에서 발생하는 가축분뇨와 온실가스(가축의 장내 발효, 가축분뇨처리), 그리고 축종별 암모니아(NH₃) 배출계수를 이용해 산출한 암모니아(NH₃) 배출량을 함께 고려하는 환경산업연관표를 작성하였다.

45) 환경산업연관표를 이용하면 첫째, 특정 산업에 대한 수요 또는 생산 변화가 환경에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 둘째, 생산기술의 변화가 환경에 미치는 영향을 파악하여 새로운 생산공정 도입이 경제 규모 확대와 환경에 어떻게 영향을 미치는가를 알아볼 수 있다. 셋째, 특정 목적의 환경정책이 경제와 환경에 미치는 영향을 분석하여 효과적인 환경정책을 선택할 수 있다. 넷째, 환경규제가 특정 산업의 경제활동과 환경에 미치는 영향을 분석할 수 있다. 즉 산업의 환경오염물질 배출량을 줄이기 위해 탄소세 등 조세를 부과하는 방법, 보조금을 주는 방법 등 어느 것을 선택하는 것이 바람직한지를 분석할 수 있는 도구를 제공한다(한국은행 2014).

46) 일반 산업분야 또는 국가 전체를 대상으로 연구한 최한주·이기훈(2006), 김윤경(2006), 장운정(2010), 김윤경(2011) 등의 연구와 농업분야를 대상으로 연구한 이현근(2008), 김충실·이현근(2009), 민솔기 외(2014) 등은 환경산업연관분석에 있어서 석유, 가스, 석탄 등 연료 투입으로 발생하는 온실가스를 주된 분석 대상으로 하고 있다.

〈그림 5-1〉 환경산업연관표의 작성 방법 및 구조



자료: 이용건(2020)의 연구를 참고해 본 연구의 내용과 목적에 맞게 수정·보완함.

축산업의 환경영향을 평가하고 경제적 효과를 분석하기 위한 환경산업연관표 작성의 기초자료는 한국은행에서 발행하는 2018년 산업연관표 연장표(기본부문 (381부문))를 활용하였다. 이 연구의 목적인 축산업의 환경영향 및 경제 전체에 미치는 효과를 분석하기 위해 축산업을 한육우, 낙농, 양돈, 가금, 기타 축산부문의로 축종별로 개별 분류하였다. 축산업의 전방산업으로는 생산된 축산물을 가공하는 낙농품부문, 육류 및 육가공품부문, 음식료품부문을 개별 부문으로 분류하였고, 축산물의 외식소비를 고려해 음식점 및 음료점(외식)부문을 개별 부문으로 분류하였다. 아울러 축산업의 생산과정에서 발생하는 가축분뇨를 이용한 퇴·액비 등 유기질비료가 포함된 비료 및 질소화합물을 개별 부문으로 분류하였다.

축산업의 후방산업으로는 축산업 생산에 투입되는 사료, 의약품(동물약품), 농업용 기계, 농림어업서비스, 폐수 및 분뇨처리(가축분뇨 포함)부문을 개별 부문으로

로 분류하였다. 그 외 축산업 생산과정에서 연료 연소에 따른 온실가스 발생과 전력 등 에너지 투입을 고려하기 위해 석유 및 석탄제품부문과 전력·가스·증기부문, 신재생에너지부문 등을 개별 부문으로 분류하였다. 그 외 산업부문은 대분류 기준과 산업별 특성을 고려해 총 40개의 산업부문으로 재통합해 분석하였다.

〈표 5-1〉 분석을 위한 산업분류

구분	부문	설명	구분	부문	설명			
1	축산업	낙농	원유 및 기타 낙농 생산물	21	임업	영림, 원목		
2		한육우	한우, 산유기능이 없는 수소	22	임업	식용임산물, 기타임산물		
3		양돈	돼지	23	어업	수산업	수산업어획, 수산양식	
4		가금	산란계, 육계, 오리	24	농림수산업 관련 산업	정곡	정곡(쌀 등)	
5	기타축산	말, 염소, 토끼, 사슴, 양봉 등	25	살충제 및 농약		농작물 재배에 사용되는 살충제, 살균제, 제초제 등		
6	낙농품	우유, 유제품	26	수산물가공품		수산물 가공품, 수산동물 저장품		
7	육류 및 육가공품	도축육, 가공육, 육가공품	27	목재 및 목제품		제재목, 합판, 건축 및 기타 목제품		
8	전방산업	음식료품	제분, 제당, 전분, 곡물·과실·채소 가공품, 음료품, 기타식료품	28	제조업	펄프 및 종이제 품, 인쇄	펄프, 인쇄용지, 골판지, 종이 제품 등	
9		음식점 및 음료점 (외식)	일반음식점, 기타음식점, 주점, 비알콜음료점	29		연료	석유 및 석탄제품	석탄제품, 원유정제처리제품, 윤활유 및 기타석유정제품
10		비료 및 질소화 합물	질소·인산·칼륨·복합비료 및 유기질비료, 질소화합물 (가축분뇨 퇴·액비 포함)	30		제조업	화학제품, 금속 및 비금속제품, 섬유 및 가죽제품, 전자·전기장비 및 기계, 기타 제조업	
11		축산업의 후방산업	사료	동물사육용 배합사료, 어류양식용 배합사료 등		31	에너지	전력·가스·증기
12	의약품		인간 또는 동물의 질병 치료 및 예방을 위한 의약품	32	신재생에너지	신재생에너지, 소수력발전, 태양광발전, 풍력발전, 기타		
13	농업용 기계		축산용 기계, 농업용 기계, 임업용 기계	33	수도· 폐기물	수도	수도	
14	농림어업 서비스		농업, 축산업, 임업, 어업 서비스	34		폐기물 처리 및 자원재활용서비스	폐기물처리, 자원재활용서비스	
15	폐수 및 분뇨처리		하수, 폐수 및 분뇨처리(국공립, 산업) (가축분뇨처리 포함)	35		광업	광업	석탄, 원유, 천연가스, 금속광석, 비금속광물의 채굴 및 채취
16	경공업	벼	벼(도정 전)	36	건설업	건설	건축건설, 토목 및 특수건설 등	
17		곡물 및 식량작물	벼를 제외한 곡물 및 식량작물 (맥류, 잡곡, 콩류, 감자류)	37	서 비 스 업	운송	육상·수상·항공운송, 운수 관련 서비스	
18		채소	엽채류, 과채류, 근채류 등	38		도·소매	도매, 소매, 상품 중개 서비스	
19		과실	사과, 배, 복숭아 등 과실류	39		연구개발(R&D) 및 경영지원	연구개발(국공립, 비영리, 산업), 기업내 연구개발, 경영지원, 광고	
20		기타작물	화훼작물, 약용작물, 잎담 배, 천연고무, 종자, 기타 식용 및 비식용작물	40		서비스 및 기타	숙박, 통신·방송, 금융·보험, 부동산, 교육·보건, 사회, 기타 서비스	

자료: 한국은행(2019b), 『2015 기준년 산업연관표 - 부문분류표』를 이용해 작성함.

1.1.2. 분석모형⁴⁷⁾

산업연관분석모형을 간단히 설명하면 다음과 같다. 우리나라의 경제가 n 개의 산업부문으로 구성되어 있으며, i 부문에서 j 부문으로 투입되는 중간재의 투입액이 X_{ij} 라 하면, 산업연관표에서 i 부문의 산출구조는 다음과 같이 나타낼 수 있다(이용건 2020).

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i - M_i$$

여기서 X_i 는 i 부문의 산출액(생산액), X_{ij} 는 j 부문에 사용되는 i 재의 투입액, Y_i 는 i 부문의 최종수요, M_i 는 i 부문의 수입액, X_j 는 j 부문의 산출액, $a_{ij} = X_{ij}/X_j$ 는 투입계수(a_{ij} 는 j 재 1단위를 생산하기 위한 i 재의 투입단위)를 각각 나타낸다. 생산유발계수는 수입의 취급 방법에 따라 몇 가지 유형으로 나눌 수 있는데, 이 연구에서는 국산품과 수입품을 구분하여 작성하는 비경쟁수입행표의 투입계수를 이용해 도출하는 생산유발계수 $(I - A^d)^{-1}$ 형을 이용하였다(이용건 2020).

$$A^d x + y^d - m = x$$

$$x = (I - A^d)^{-1}(y^d - m)$$

생산유발계수는 최종수요(수요유도형) 또는 생산(공급유도형)이 한 단위 발생(증가)하였을 경우 이를 위해 각각의 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 산출(생산)의 크기를 의미한다. 또한, 생산유발계수는 레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)이라고도 한다(한국은행 2014).

47) 분석모형은 이용건(2020: 53-56), 한국은행(2019a, 2014), Miller and Blair(1985)를 수정 및 보완하여 작성하였다.

가. 생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델⁴⁸⁾

공급유도모형인 ‘생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델’로 특정 산업부문의 산출(생산) 변화가 경제 전체에 미치는 영향을 산업부문별로 계측할 수 있다. ‘생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델’을 간단히 설명하면 다음과 같다. X_i 와 Y_i 는 각각 제 i 산업의 생산액과 i 산업의 최종수요이다. 그리고 $(I - A^d)^{-1} Y^d = \Gamma$ 로 나타내고, 총 3개의 산업부문을 가정하면 Ritz-Spaulding 승수는 다음과 같다(이용건 2020).

$$\Delta X = \Gamma \Delta Y = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \Delta Y \text{ 이므로, } A_{ij} = \frac{\Delta X_i}{\Delta Y_j} \text{ (} i, j = 1, 2, 3 \text{)이다.}$$

따라서 생산-생산 승수(output-output multiplier)는 다음과 같이 정의된다.

$$A_{ij}^* = \frac{A_{ij}}{A_{jj}} = \frac{\left[\frac{\Delta X_i}{\Delta Y_j} \right]}{\left[\frac{\Delta X_j}{\Delta Y_j} \right]} = \frac{\Delta X_i}{\Delta X_j}$$

$\Delta X_i = A_{ij}^* \cdot \Delta X_j$ 로부터, Ritz-Spaulding 승수 행렬 A^* 는 다음과 같이 도출된다. 이 승수는 제 j 산업의 생산 변화가 제 i 산업의 생산 변화에 미치는 효과를 나타낸다(이용건 2020).

$$A^* = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{A_{11}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{A_{22}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{A_{33}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{A_{12}}{A_{22}} & \frac{A_{13}}{A_{33}} \\ \frac{A_{21}}{A_{11}} & 1 & \frac{A_{23}}{A_{33}} \\ \frac{A_{31}}{A_{11}} & \frac{A_{32}}{A_{22}} & 1 \end{bmatrix}$$

48) 이용건(2020: 53-56) 및 Miller and Blair(1985)를 참고하여 작성하였다.

예를 들어서 제1부문과 제2부문의 생산 변화는 없으며, 제3부문의 생산만 변화할 경우, 자체산업(제3부문)을 포함한 타 산업부문에 미치는 영향은 다음과 같이 도출할 수 있다(이용건 2020).

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta X_2 \\ \Delta X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{A_{12}}{A_{22}} & \frac{A_{13}}{A_{33}} \\ \frac{A_{21}}{A_{11}} & 1 & \frac{A_{23}}{A_{33}} \\ \frac{A_{31}}{A_{11}} & \frac{A_{32}}{A_{22}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta \bar{X}_3 \end{bmatrix} = A^* \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta \bar{X}_3 \end{bmatrix}$$

나. 부가가치유발효과

재화와 서비스에 대한 최종수요나 생산 변화는 국내 각 산업부문의 생산을 유발하고 이는 생산활동을 통해 부가가치를 유발하게 된다. ‘생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델’을 이용하여 특정 산업부문의 생산 변화에 따른 부가가치유발효과를 측정하는 방법은 다음과 같다(이용건 2020).

생산 변화(증가)에 의해 각 산업부문의 생산이 유발되고 생산활동을 통해 각 산업부문에서 부가가치가 유발되는 관계를 파악하기 위해서는 부가가치계수 $A_i^v (= V_i/X_i)$ 가 필요하다. 생산 변화와 부가가치의 관계식은 다음과 같으며, 여기서 $\hat{A}^v$ 는 부가가치계수의 대각행렬이다(이용건 2020).

$$\Delta V = \hat{A}^v (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X}$$

다. 온실가스유발효과

환경산업연관표를 이용하면 각 산업부문의 생산활동에 따른 직접적인 온실가스 발생량과 산업 간 파급효과에 따른 간접적인 온실가스 발생량을 계측할 수 있다. 재화와 서비스에 대한 생산의 변화(증가)는 국내 각 산업부문의 생산을 유발하고 이는 생산과정을 통해 온실가스 배출을 유발한다. ‘생산-생산형(Ritz-Spaulding

g) 모델'을 이용하여 생산 변화에 따른 온실가스 유발효과를 측정하는 방법은 다음과 같다.

각 산업부문의 생산 변화에 따라 각 산업부문에서 생산이 유발되고 각각의 생산활동을 통해 온실가스가 배출되는 관계 파악을 위해서는 각 산업부문별 온실가스 배출원단위(Greenhouse Gas Emission Unit) $A_i^{ge} (= GE_i/X_i)$ 가 필요하며, 여기서 GE_i 는 i 산업의 온실가스 배출량이다. 생산 변화와 온실가스 배출과의 관계식은 다음과 같으며, 여기서 $\hat{A}^{ge}$ 는 온실가스 배출원단위의 대각행렬이다.

$$\Delta GE = \hat{A}^{ge} (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X}$$

라. 악취유발효과

온실가스와 마찬가지로 축산업의 생산과정에서 발생하는 악취 발생과 산업 간 파급효과에 따른 간접적인 악취 발생 효과를 계측할 수 있다.⁴⁹⁾ 축산물에 대한 수요 증가 등으로 인한 축산업의 생산 변화(증가)는 가축사육 마릿수 증가로 암모니아 배출을 유발한다. 축산업의 생산 변화에 의한 악취유발효과를 측정하는 방법은 다음과 같다.

축산물에 대한 수요 증가 등으로 축산업의 생산이 유발되고 생산활동을 통해 악취가 배출되는 관계를 파악하기 위해서는 축산부문별 악취(NH_3) 배출원단위(NH_3 Emission Unit) $A_i^{nhe} (= NHE_i/X_i)$ 가 필요하며, 여기서 NHE_i 는 i 산업의 악취(NH_3) 배출량이다. 축산물에 대한 최종수요 및 축산업의 생산액과 악취(NH_3) 배출과의 관계식은 다음과 같으며, 여기서 $\hat{A}^{nhe}$ 는 온실가스 배출원단위의 대각행렬이다.

$$\Delta NHE = \hat{A}^{nhe} (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X}$$

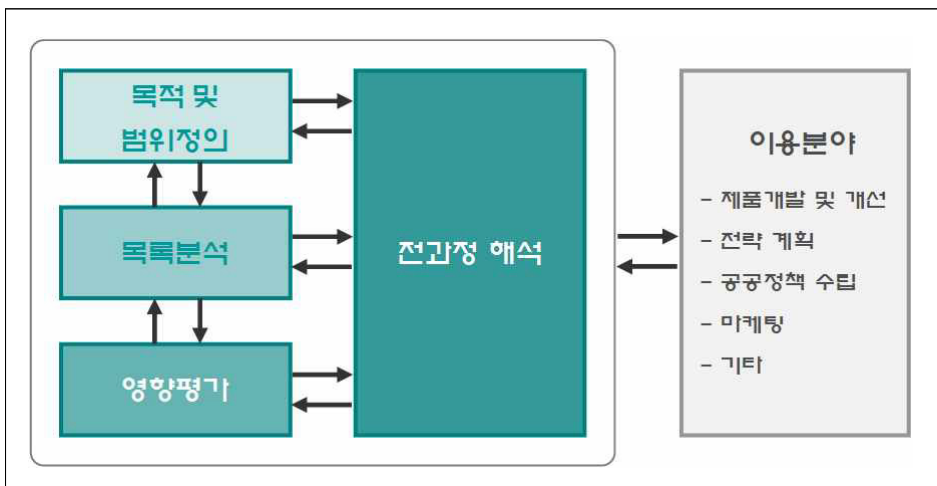
49) 이 연구에서는 축산업 생산과정의 악취를 분석 대상으로 하고 있으며, 주요 악취 유발 물질인 암모니아(NH_3) 배출량을 악취 배출량으로 분석하였다. 따라서 제조업 등 타 산업분야에서 배출되는 암모니아는 축산업의 악취가 아니라는 점에서 분석 대상에서 제외하였다.

1.2. 전과정평가(LCA)

전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA, 全過程評價)는 전생애평가라고도 하며, 서비스를 포함한 특정 제품의 전 과정, 즉 축산물의 생산에 있어서 원료(사료, 물 등), 사육, 번식, 육성, 출하, 가축분뇨 관리, 폐기물 관리 등 과정에 소모되고 배출되는 에너지 및 물질의 양을 정량화하여 이들이 환경에 미치는 영향을 총체적으로 평가하고 이를 토대로 환경개선의 방안을 모색하는 환경영향평가 방법이다(ISO 2006).

전과정평가는 환경영향평가(Environmental Impact Assessment: EIA), 위험성평가(Risk Assessment: RA) 등과 함께 널리 사용되는 환경 평가 도구 중 하나로, 국제표준화기구에 의해 방법론이 규격화되어 연구 결과에 대한 객관성을 확보할 수 있다는 장점을 지니고 있다. ISO 국제기구는 전과정평가를 ① ‘목적 및 범위 정의(Goal and Scope Definition)’, ② ‘전과정 목록(Life Cycle Inventory: LCI)분석’, ③ ‘전과정 영향 평가(Life Cycle Impact Assessment: LCIA)’, ④ ‘전과정해석(Life Cycle Interpretation)’의 4가지 단계로 구분하고 있다(ISO 2006).

〈그림 5-2〉 전과정평가의 기본구조

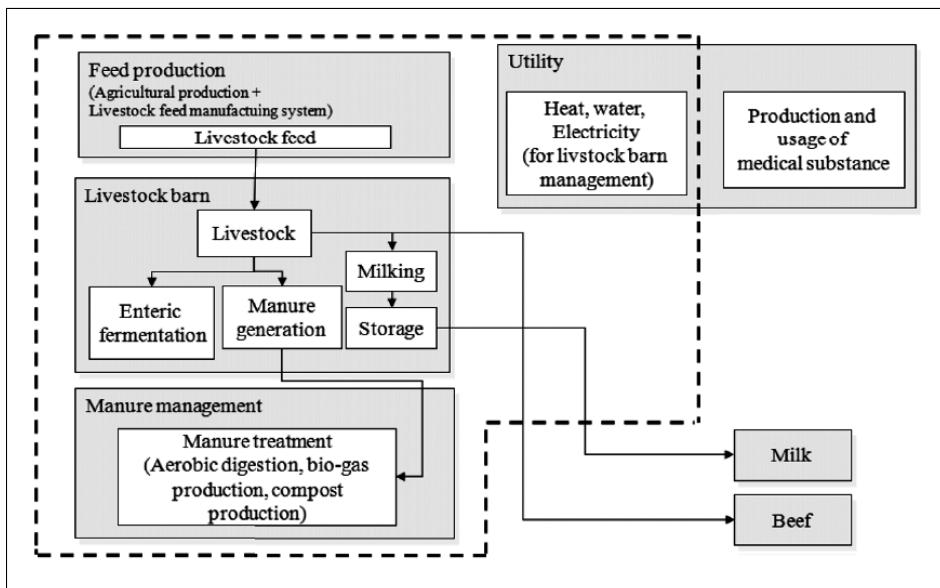


자료: 정순철(2018: 10). “농산물 재배시스템에 대한 전과정 평가 연구.” 건국대학교 대학원 석사학위 논문.

첫 번째 단계인 ‘목적 및 범위 정의’는 연구의 목적, 기능단위(functional unit), 범위(scope), 데이터 수집 방법 등을 설정하는 단계로 연구의 전체적인 방향을 설정한다. 두 번째 ‘전과정 목록분석’ 단계는 전과정평가에 필요한 데이터를 수집 및 정리하는 단계로 연구 대상 시스템의 모든 환경부하(투입물과 배출물)를 정량화한다. 세 번째 ‘전과정 영향 평가’ 단계는 분석 대상의 생산활동을 토대로 환경영향을 평가하는 단계이다. 해당 생산활동의 영향 범주를 고려해 환경영향의 정량화를 수행한다. 전과정평가의 마지막 단계인 ‘전과정해석’ 단계에서는 ‘전과정 목록분석’ 및 ‘전과정 영향 평가’ 결과를 통하여 주요 환경영향을 평가하며, 결론을 도출하는 과정이다(이건모 외 1998).

축산업에 대하여 전과정평가를 적용한 선행연구의 사례를 예로 들면 박유성 외(2015)는 젖소 사육에 대한 전과정평가를 실시하면서 젖소 시스템을 사료작물 재배, 사료작물 가공, 사육, 분뇨처리의 4가지 하위 시스템으로 구성하여 분석하였다.

〈그림 5-3〉 전과정평가체계 예시: 젖소 사육



자료: 박유성 외(2015: 52-59). “국내 낙농우(젖소)로부터의 우유생산에 대한 전과정 평가.” 『대한환경공학회지』 37(1).

이 연구에서는 축산업의 가축사육과정에서 발생하는 환경영향을 주요 분석 대상으로 하고 있다. 구체적으로 가축사육과정에서 배출되는 ‘분뇨’와 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O) 등 ‘온실가스’, ‘악취 유발 물질’인 암모니아(NH_3) 등의 배출에 따른 환경영향을 주요 분석 대상으로 한다. 따라서 이 연구에서의 가축 생애 전과정평가는 가축의 분석 대상 생애기간 동안에 배출되는 환경오염물질, 배합사료와 조사료, 물 등의 투입재를 연구 대상으로 한정한다. 즉 축산업의 생산물이 운반, 유통, 소비되는 과정은 분석 대상에서 제외하였다.

가축의 분석 대상 생애기간(전과정평가기간)은 가축이 출생하여 육성 및 비육 과정을 거쳐 출하(도축)되는 일련의 과정(비육우)이나, 번식을 위한 육성에 소요되는 기간(젖소) 등의 기간을 분석하였다. 분석 대상 축종은 한우, 젖소, 양돈이며, 분석자료는 한국가축사양표준 등 사양 관련 자료, 이 연구에서 작성한 환경산업연관표, 국가 온실가스인벤토리 보고서, 가축 동향, 가축 개량자료 등이다.

가축 생애 전과정평가의 투입물은 전과정평가기간 동안 분석 대상 가축에 투입되는 사료(조단백, 조지방, 건물, 인 등 사료 성분별 투입량 산출), 물 등을 축종별 가축사양표준 및 가축사양프로그램, 사료배합표 등을 활용하여 집계하였다. 한편 가축사육과정에서 배출되는 분뇨와 온실가스, 악취를 유발하는 암모니아(NH_3) 등 환경오염물질은 각각의 배출계수와 해당 축종의 사육기간별 체중 등을 이용하여 집계하였다.

2. 축산업의 환경영향과 경제적 효과(환경산업연관분석)

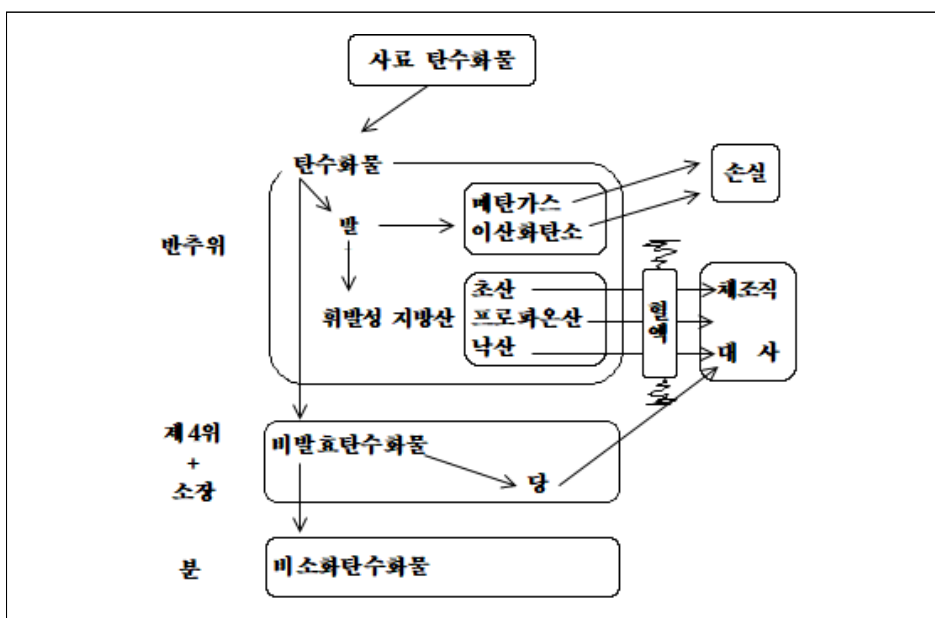
2.1. 축산업의 환경영향

축산업에서 발생하는 온실gas와 악취는 대부분 탄수화물과 단백질 등 영양성분이 포함된 사료를 섭취하는 가축의 장내 발효나 가축분뇨 처리과정에서 발생한

다. 온실가스는 주로 반추동물인 한우와 젖소 사육과정에서 많이 배출되며, 악취 유발 물질인 암모니아는 돼지 사육과정에서 많이 배출된다.

사료를 통하여 섭취되는 탄수화물은 소 사료의 주요 에너지원으로서, 건물(Dry Matter Intake: DMI)의 65~75% 정도를 차지한다. 주요 탄수화물로는 섬유소(cellulose), 헤미셀룰로스(hemicellulose), 펙틴(pectin), 전분(starch), 당류(simple sugar) 등이 있다. 소가 섭취한 탄수화물 중 일부는 소의 제1위에서 미생물 조직합성에 이용되거나 에너지원으로써 이용된다. 그 외 일부는 소의 장내에서 미생물에 의해 발효되어 온실가스인 이산화탄소(CO_2)나 메탄(CH_4) 등으로 배출된다(농촌진흥청 국립축산과학원 2017a).

〈그림 5-4〉 소의 탄수화물 대사 과정

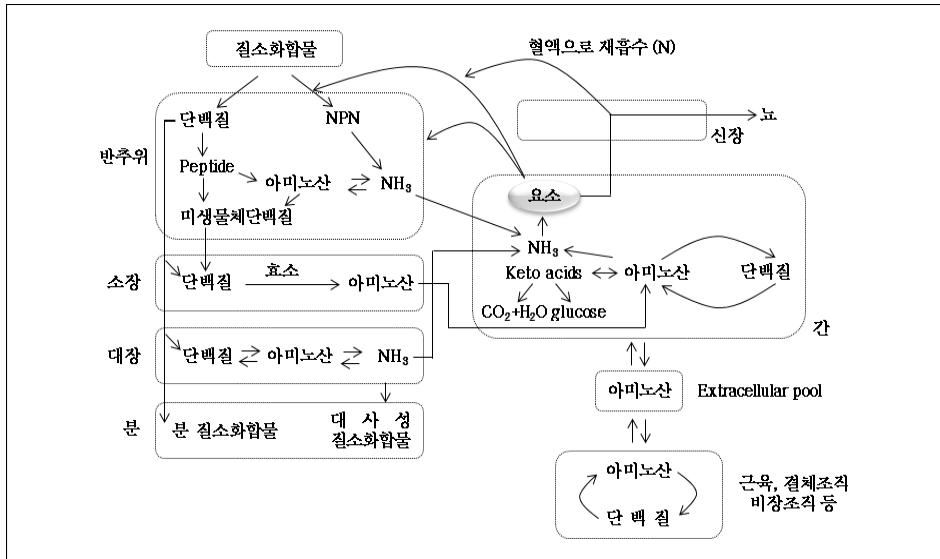


자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a: 26). 『한국가축사양표준 젖소』.

사료를 통해 섭취되는 단백질은 크게 순단백질과 NPN의 두 가지로 구분된다. 반추동물은 사료 단백질의 일부가 반추위미생물에 의해 분해된다. 섭취된 사료 중의 순단백질은 미생물의 분해작용에 의해 대부분이 펩타이드를 거쳐 아미노산

으로 분해되며, 상당 부분은 악취 유발 물질인 암모니아(NH_3)로 분해되거나, 분 질소화합물로 배출되어 가축분뇨 처리과정에서 아산화질소(N_2O)로 전환된다(농촌진흥청 국립축산과학원 2017a).

〈그림 5-5〉 소의 질소산화물 대사 과정



자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a: 41). 『한국가축사양표준 젖소』.

2.1.1. 축산업 가축분뇨 배출 현황

가축분뇨 관리 및 관련 정책을 담당하는 농림축산식품부와 환경부는 각각 가축분뇨의 발생량을 공표하고 있으나, 두 기관에서 공표하는 축종별 가축분뇨 발생량에는 차이가 있다. 농림축산식품부는 농촌진흥청의 축종별 배출원단위 조사 결과(2008년)의 ‘가축분뇨 배출원단위’를 적용하여 축종별 가축분뇨 발생량을 산출하고 있다. 환경부는 환경부 고시(1999)에 따른 ‘가축분뇨 배출원단위’를 기초로 개정된 ‘가축분뇨 배출원단위’(최근 2014년 개정)를 적용해 축종별 가축분뇨 발생량을 산출하고 있다(이용건 2020).

〈표 5-2〉 농림축산식품부와 환경부의 가축분뇨 배출원단위

단위: kg/마리·일

축종 구분	농림축산식품부 적용				환경부 적용						
	농촌진흥청 '08년 배출원단위 조사 결과				환경부 고시 (1999)				수질오염총량관리기술지침 (2014)		
	분	뇨	세정수	계	분	뇨	세정수	계	고형물질 발생유량 (분)	폐수 발생유량 (뇨, 세정수)	계
소	8.0	5.7	0.0	13.7	10.1	4.5	0.0	14.6	8.1	6.5	14.6
젖소	19.2	10.9	7.6	37.7	24.6	11.0	10.0	45.6	19.7	25.9	45.6
돼지	0.87	1.74	2.49	5.1	1.6	2.6	4.4	8.6	1.2	7.4	8.6
닭	산란계	0.1247		0.1247	-	-	-	-	0.08	0.0	0.08
	육계	0.0855		0.0855	-	-	-	-			
오리·타조·기타가금		-	-	-	-	-	-	-			
말	-	-	-	-	10.1	4.5	0.0	14.6	5.4	4.3	9.7
양·사슴	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.5	0.7

주 1) '-'는 자료를 공표하지 않음.

2) 1㎡=1kl=1톤으로 간주하여 kg 단위로 제시함.

자료: 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침』; 환경부 보도자료(2008. 12. 23.). “10년전 보다 가축별 분내배출량이 크게 감소.”(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=155328876>, 검색일: 2021. 8. 2.); 이용건(2020: 32). 재인용.

이 연구에서 축산업의 환경영향 분석을 위한 축종별 가축분뇨 배출원단위는 비교적 가장 최근에 공표되었으며 환경부에서 적용하고 있는 『수질오염총량관리기술지침(2014)』의 가축분뇨 배출원단위를 적용하여 산출하였다.

가축분뇨를 배출하는 가축의 사육 마릿수는 젖소를 제외한 모든 축종에서 증가하고 있다. 2019년 기준 축종별 사육 마릿수는 한육우 320만 마리, 젖소 41만 마리, 돼지 1,138만 마리, 닭과 오리가 1억 8,985만 마리이다. 2019년 가축분뇨 연간 발생량은 6,531만 톤이다. 이 중 돼지가 54.7%(3,571만 톤)으로 가장 많으며, 한육우 26.1%(1,706만 톤), 젖소 10.3%(671만 톤) 순이다. 2019년에 배출된 가축분뇨를 고형물질(분)과 폐수(뇨, 세정수)로 구분하면, 고형물질(분) 발생량은 한육우가 41.2%로 가장 많으며, 닭·오리 24.1%, 돼지 21.7% 등의 순으로 많았다. 폐수(뇨, 세정수) 발생량은 돼지가 72.6%로 가장 많으며, 한육우 18.0%, 젖소 9.1% 순으로 나타났다.

가축분뇨 발생량은 가축사육 마릿수가 늘어남에 따라 증가하고 있다. 2019년 가축분뇨 발생량은 2015년 대비 8.7% 증가하였다. 그중 고형물질 발생량은 6.6% 증가했으며, 폐수 발생량은 9.8% 증가하였다. 이는 노 발생량이 많은 돼지 사육 마릿수가 많이 증가했기 때문이다.

〈표 5-3〉 축종별 가축분뇨 배출 현황

단위: 천 톤/년, %

연도	구분	한육우	젖소	돼지	닭·오리	기타가축	소계
2015년	고형물질발생유량 (분)	8,710	3,113	4,436	5,262	57	21,578
		(40.4)	(14.4)	(20.6)	(24.4)	(0.3)	(100.0)
	폐수발생유량 (노 및 세정수)	6,989	4,093	27,353	0	85	38,521
		(18.1)	(10.6)	(71.0)	(0.0)	(0.2)	(100.0)
	계 (분, 노, 세정수)	15,699	7,207	31,789	5,262	142	60,100
		(26.1)	(12.0)	(52.9)	(8.8)	(0.2)	(100.0)
2019	고형물질발생유량 (분)	9,467	2,912	4,983	5,544	99	23,005
		(41.2)	(12.7)	(21.7)	(24.1)	(0.4)	(100.0)
	폐수발생유량 (노 및 세정수)	7,597	3,829	30,729	0	153	42,308
		(18.0)	(9.1)	(72.6)	0.0	(0.4)	(100.0)
	계 (분, 노, 세정수)	17,063	6,741	35,712	5,544	252	65,313
		(26.1)	(10.3)	(54.7)	(8.5)	(0.4)	(100.0)

주 1) 축종별 사육 마릿수에 가축분뇨 배출원단위(kg/마리·일)를 곱하고 1년으로 환산하여 제시함.

2) 기타가축은 환경부 『국가 온실가스 인벤토리 보고서』에서 온실가스 배출량을 공표하는 면양, 산양, 말, 사슴 사육 마릿수를 집계함.

자료: 통계청(각 연도). 가축동향조사. 한육우, 젖소, 돼지, 닭, 오리, 말; 농림축산식품부(각 연도). 기타가축통계. 면양, 산양, 사슴; 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침』을 이용하여 산출함.

2.1.2. 축산업 온실가스 배출 현황

가. 장내 발효

IPCC 가이드라인에서 가축이 섭취한 사료가 장내 소화 과정에서 미생물에 의해 발효되면서 발생하는 CH₄ 배출계수를 공표하고 있다. 우리나라의 장내 발효

부문 배출원은 젖소, 한육우, 돼지, 닭, 오리, 양, 염소 등으로 구분된다. 2019년 IPCC 가이드라인에 제시된 가축의 장내 발효에 따른 CH₄ 배출계수는 모든 축종에서 2006년 배출계수보다 상향 조정되었다(이용건 2020).

〈표 5-4〉 축종별 장내 발효부문의 CH₄ 배출계수

단위: kg CH₄/마리·년

축종	1996년 IPCC 지침	2006년 IPCC 지침	2019년 IPCC 지침	비고
젖소	118	121	138	IPCC 기본값(북미)
한육우	47	53	64	IPCC 기본값(북미)
돼지	1.5	1.5	1.5	IPCC 기본값(선진국)
양(면양), 염소(산양)	5	5	5	IPCC 기본값(개발도상국)
말	18	18	18	IPCC 기본값(개발도상국)
사슴	5	20	20	IPCC 기본값(개발도상국)

주: 가금류(닭, 오리) 배출계수는 IPCC에서 제공하지 않음.

자료: IPCC(2019). “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.” 이용건(2020: 37)에서 재인용; 환경부 온실가스종합정보센터(2019b). 『2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서』.

나. 가축분뇨처리

가축분뇨처리 중 배출되는 온실가스는 CH₄(메탄)과 N₂O(아산화질소)이며, IPCC 가이드라인에 따른 배출원 중 국내에 해당하는 축종은 젖소, 한육우, 돼지, 닭, 오리 등이 있다(이용건 2020). 유기물로 구성된 가축분뇨는 장내 발효 조건과 유사하게 혐기성 환경에서 미생물에 의해 분해될 때 메탄이 발생하며, 분뇨 내의 질소 성분이 산소 공급 수준에 따라 질산화와 탈질화 과정을 거치면서 N₂O가 발생한다(환경부 온실가스종합정보센터 2019a). IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 CH₄(메탄)과 N₂O(아산화질소) 배출계수는 <표 5-5>와 같다.

〈표 5-5〉 축종별 가축분뇨처리부문의 CH₄ 배출계수

단위: kg CH₄/마리·년

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

주 1) 2019년 IPCC 지침에서는 가축 마리당 가축분뇨처리에 대한 배출계수가 아닌 가축분뇨 저장 방법별 휘발성 고형물 배설량에 따른 배출계수를 공표하고 있어 제시하지 않음.

2) IPCC 지침의 분뇨처리에 따른 CH₄ 배출계수는 연평균 기온으로 구분하여 제시하고 있음. 우리나라의 2015~2019년 연평균 기온은 13도~13.5도로 “≤14도” 값을 적용함.

자료: IPCC(2019). “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.” 이용건(2020: 39)에서 재인용; 환경부 온실가스종합정보센터(2019b). 『2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서』.

축산업의 축종별 분뇨로 배출되는 질소(N)량 계산을 위해 IPCC 가이드라인에 서 제시하고 있는 배출계수는 다음 <표 5-6>과 같다.

〈표 5-6〉 축종별 분뇨 내 연평균 질소(N)량

축종	1996년 IPCC 지침 (kg N/마리·년)	2006년 IPCC 지침 (kg N/분뇨 1톤·일)		2019년 IPCC 지침 (kg N/분뇨 1톤·일)	
젖소	100	0.44		0.6	
한육우	70	0.31		0.4	
돼지	20	돼지	0.50	돼지	0.63
		판매용	0.51	판매용	0.77
		번식용	0.42	번식용	0.36
닭	0.6	닭	0.83	닭	0.96
		산란계	0.96	산란계	0.96
		육계	1.10	육계	1.12
오리	0.6	0.83		0.83	

자료: IPCC(2019). “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.” 이용건(2020: 40)에서 재인용; 환경부 온실가스종합정보센터(2019b). 『2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서』.

가축분뇨처리 방법별 처리과정에서 축종별 분뇨에서 배출하는 아산화질소(N_2O)량을 계산하기 위한 IPCC 지침의 배출계수는 <표 5-7>과 같다.

〈표 5-7〉 축종별 가축분뇨처리부문의 N_2O 배출계수

단위: $\text{kg N}_2\text{O}/\text{kg N}$

축종	1996년 IPCC 지침	2006년 IPCC 지침	2019년 IPCC 지침	
액비화시설	0.001	0.005	젖소, 한육우, 돼지	0.005
			닭, 오리	0.001
퇴비화시설	0.02	0.005	젖소, 한육우, 돼지	0.01
			닭, 오리	0.001
기타 시설	0.005	0.005	젖소, 한육우, 돼지	0.005
			닭, 오리	0.001

주: 2019년 IPCC 지침에서는 가축 마리당 가축분뇨처리에 대한 배출계수가 이닌 가축분뇨 저장 방법별 휘발성 고형물 배설량에 따른 배출계수를 제시하고 있어 제시하지 않음.

자료: IPCC(2019). “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.” 이용건(2020: 40)에서 재인용; 환경부 온실가스종합정보센터(2019b). 『2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서』.

기후변화협약에 따라 협약 당사국들은 해당 국가의 온실가스 배출량을 산정해야 한다. 당사국들은 산정된 결과를 CRF(Common Reporting Format) 및 국가보고서(National Inventory) 형태로 작성하여 당사국 총회에 제출해야 한다. 국가 인벤토리 작성은 IPCC⁵⁰⁾ 지침에 기초해야 하며, 국가 온실가스 배출량은 IPCC 지침을 따르거나 국가 고유의 방법을 적용할 수 있다(환경부 온실가스종합정보센터 2019a).

『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』(환경부 온실가스종합정보센터 2020)에 따르면, 축산분야 온실가스 배출량은 증가 추세이며, 농업분야 온실가스 배출량의 44.4%가 축산분야(장내 발효, 가축분뇨처리)에서 발생하고 있다. 우리나라의 2018년 온실가스 총배출량(LULUCF⁵¹⁾ 제외)은 7억 2,763만 톤 CO_2eq .⁵²⁾으로

50) 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC).

51) 토지이용 변화 및 임업(Land Use, Land Use Change and Forestry: LULUCF).

52) 지구온난화지수(Global Warming Pote)를 이용해 메탄(CH_4)과 아산화질소(N_2O) 등 각각의 온실

2000년 대비 44.7% 증가하였다. 2018년 농업분야 온실가스 배출량은 2,119만 톤 CO₂eq.으로 우리나라 총배출량의 2.9%를 차지하였다. 축산부문 온실가스 배출량은 941만 톤 CO₂eq.(우리나라 총배출량의 1.3%)으로 이 중 장내 발효가 447만 톤 CO₂eq., 가축분뇨처리에서 494만 톤 CO₂eq.이 배출된 것으로 나타났다.

〈표 5-8〉 축산부문 온실가스 배출 현황

단위: 천 톤 CO₂eq.

분야	2000년	2010년	2015년	2016년	2017년	2018년
에너지	411,797	566,120	600,697	602,661	615,657	632,375
연료 연소	409,128	562,310	596,903	598,727	611,641	627,908
그중 농업/축산업/임업	6,581	3,883	1,509	1,119	949	996
탈루	2,669	3,810	3,794	3,934	4,016	4,467
산업공정 (금속산업, 광물산업, 화학산업 등)	50,868	52,951	54,282	53,232	55,929	56,974
농업	21,369	22,071	20,784	20,810	20,958	21,191
축산	7,248	9,065	8,931	8,822	9,062	9,407
장내 발효	3,377	4,262	4,339	4,318	4,400	4,471
젖소	1,341	1,078	1,072	1,043	1,022	1,008
한육우	1,708	2,829	2,908	2,903	2,975	3,046
돼지	257	309	319	328	354	358
기타가축(양, 염소, 말 등)	70	47	40	44	48	58
가축분뇨처리	3,871	4,803	4,592	4,504	4,662	4,936
젖소	884	711	671	635	639	640
한육우	1,100	1,822	1,838	1,768	1,792	1,876
돼지	1,090	1,314	1,166	1,188	1,375	1,400
가금류	542	816	790	773	700	829
기타가축(양, 염소, 말 등)	255	141	127	139	156	190
경종	14,121	13,006	11,853	11,988	11,896	11,784
벼 재배	8,946	7,836	6,793	6,727	6,550	6,297
농경지토양	5,153	5,151	5,044	5,246	5,331	5,472
작물잔사소각	22.26	18.62	15.98	15.13	14.59	14.82
LULUCF	-58,402	-53,845	-44,362	-45,559	-41,489	-41,286
폐기물	18,831	15,181	16,552	16,832	17,205	17,092
총배출량(LULUCF 제외)	502,865	656,323	692,315	693,535	709,749	727,632
순배출량(LULUCF 포함)	444,463	602,478	647,953	647,976	668,260	686,346

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』를 이용해 작성함.

가스 배출 단위를 이산화탄소(CO₂)로 환산할 수 있다. 지구온난화지수는 CO₂를 1로 볼 때 CH₄가 21, N₂O가 310이다. 톤 CO₂eq.은 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O) 등의 온실가스를 이산화탄소로 환산한 배출량 단위(이산화탄소 환산톤 또는 톤으로 읽음)이다.

2.1.3. 축산업 악취(암모니아) 배출 현황

환경부 국가미세먼지정보센터에 따르면, 2018년 우리나라 대기오염물질 종류별 배출량은 황산화물을 제외하고 모두 2010년 대비 증가한 것으로 나타났다. 그 중 축산업의 악취와 관련된 암모니아(NH_3) 배출량은 2010년부터 연평균 0.48% 씩 증가하였다.

〈표 5-9〉 우리나라 대기오염물질별 배출 현황

단위: 톤/년

배출원 분류	일산화탄소 (CO)	질소산화물 (NOx)	황산화물 (SOx)	총 부유분진 (TSP)	미세먼지 (PM10)	초미세먼지 (PM2.5)	휘발성 유기화합물 (VOC)	암모니아 (NH ₃)
2010년	766,269	1,061,210	401,741	177,601	116,808	-	866,358	289,766
2015년	792,776	1,157,728	352,292	604,243	233,177	98,806	1,010,771	297,167
2016년	795,044	1,248,309	358,951	611,539	233,085	100,247	1,024,029	301,301
2017년	817,420	1,189,800	315,530	592,582	218,476	91,731	1,047,585	308,298
2018년	808,801	1,153,265	300,979	617,481	232,993	98,388	1,035,636	315,975
'10년~'18년 연평균 증감률(%)	0.30	0.46	-1.59	7.17	3.91	-	1.00	0.48

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지. “배출량 검색.”(<http://www.air.go.kr>, 검색일: 2021. 5. 18.).

국립환경과학원에서 공표하고 있는 우리나라 축종별의 암모니아 배출계수는 <표 5-10>과 같다. 젓소 암모니아 배출계수는 24.6kg NH_3 /마리·년으로 주요 축종 중에서 마리당 배출량이 가장 많았다. 한육우(일반소)는 연령별 배출계수가 공표되는데, 1세 미만 송아지는 11.8kg NH_3 /마리·년, 1세~2세 미만은 14.0kg NH_3 /마리·년, 2세 이상은 16.8kg NH_3 /마리·년으로 연령과 체중이 증가함에 따라 배출량이 늘어난다. 돼지의 암모니아 배출계수는 자돈 4.4kg NH_3 /마리·년, 육성돈 8.7kg NH_3 /마리·년, 비육돈 11.4kg NH_3 /마리·년이며, 체중 및 사료급여량이 가장 많은 모돈은 21.4kg NH_3 /마리·년이다. 닭의 암모니아 배출계수는 용도별로

0.28~0.37kg NH₃/마리·년으로 제시하고 있다. 축산업의 암모니아(NH₃) 배출계수는 축종(소, 돼지, 닭 등), 용도(비육, 번식, 산란 등), 체중, 연령 등에 따라 차이가 있다.

〈표 5-10〉 축산부문 축종별 암모니아(NH₃) 배출계수

단위:kg NH₃/마리·년

구분			암모니아 배출계수	구분		암모니아 배출계수
소	젖소		24.6	닭	산란계	0.37
	한육우 (일반소)	1년 미만	11.8		육계	0.28
		1~2년 미만	14.0		종계	0.32046
		2년 이상	16.8		기타가금	오리/거위/칠면조
	돼지	자돈(2개월 미만)		4.4	기제류	말/노새/나귀
육성돈(2~4개월 미만)		8.7	모피동물	밍크/여우/토끼	1.69	
비육돈 (4~6개월 미만 및 6개월 이상 수컷)		11.4	기타	개	2.5	
모돈(6개월 이상 암컷)		21.4		사슴	1.1	
양 및 염소		0.46		고양이	0.83	

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터(2020: 243). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)』.

축산분야와 관련된 대기오염물질은 분뇨관리에서 배출되는 암모니아(NH₃)와 축산활동에 따른 비산먼지(총 부유분진, 미세먼지, 초미세먼지)가 있다. 2018년 축산업으로 인한 대기오염물질 배출량은 암모니아(NH₃)는 연간 23만 211톤이며, 총부유분진(TSP)은 연간 3만 3,898톤, 미세먼지(PM10)는 연간 1만 1,325톤, 초미세먼지(PM2.5)는 연간 2,073톤이 배출되었다.

2018년 축종별 암모니아(NH₃) 배출량은 돼지가 10만 6,119톤/년(46.1%)으로 가장 많았으며, 다음으로 가금 6만 4,397톤/년(28.0%), 한육우 4만 4,787톤/년(19.5%), 젖소 1만 34톤/년(4.4%), 기타축산 4,874톤/년(2.1%)으로 나타났다<표 5-11>.

〈표 5-11〉 2018년 축산부문 대기오염물질 배출량

단위: 톤/년

배출원 분류	일산화탄소(CO)	질소산화물(NOx)	황산화물(SOx)	총부유분진(TSP)	미세먼지(PM10)	초미세먼지(PM2.5)	휘발성유기화합물(VOC)	암모니아(NH ₃)
에너지산업 연소	69,972	104,420	65,868	4,305	3,975	3,308	9,161	1,626
비산업 연소	58,172	87,599	16,566	1,439	1,269	890	2,936	1,414
농축수산업시설	743	3,032	827	244	224	135	44	119
농업	0	0	0	0	0	0	0	249,777
비료사용농경지	0	0	0	0	0	0	0	19,566
분뇨관리	0	0	0	0	0	0	0	230,211
한육우	0	0	0	0	0	0	0	44,787
젖소	0	0	0	0	0	0	0	10,034
돼지	0	0	0	0	0	0	0	106,119
가금	0	0	0	0	0	0	0	64,397
기타축산	0	0	0	0	0	0	0	4,874
비산먼지	0	0	0	427,916	112,472	18,025	0	
그중 농업활동	0	0	0	27,778	9,572	1,914	0	0
그중 축산활동	0	0	0	33,898	11,325	2,073	0	0
한육우	0	0	0	2,222	741	494	0	0
젖소	0	0	0	441	147	94	0	0
돼지	0	0	0	11,859	3,953	646	0	0
가금(닭)	0	0	0	19,376	6,484	839	0	0
2018년 전체	808,801	1,153,265	300,979	617,481	232,993	98,388	1,035,636	315,975

주 1) 총부유분진: 총부유입자상 물질 또는 총입자상 물질(Total Suspended Particles)이라고도 함.

2) 가금에는 닭, 오리, 칠면조, 거위가 포함되어 있음.

3) 기타축산은 양(면양), 염소(산양), 말, 사슴, 모피동물(밍크/여우/토끼), 개, 고양이도 포함되어 있음.

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지. “배출량 검색.”(<http://www.air.go.kr>, 검색일: 2021. 5. 18.).

2.1.4. 축산업 수질오염물질 배출 현황

환경부 『수질오염총량관리기술지침』에서 제시하고 있는 수질오염에 대한 가축분뇨 발생 부하 원단위는 BOD의 경우 젖소가 556g/마리·일로 가장 많으며, 다음으로 한육우 528g/마리·일, 말 259g/마리·일이다. T-P(총인) 발생 부하 원단위도 젖소가 가장 많으며, 한우, 말, 돼지 순으로 많았다<표 5-12>.

〈표 5-12〉 수질오염 가축분뇨 발생부하 원단위

단위: g/마리·일

항목	구분	젖소	한우	말	돼지	양·사슴	개	가금
BOD (생물학적 산소요구량)	합계	556	528	259	109	10	18	5.2
	폐수	117	67	30	32	3	4	0
	고형물	439	461	229	77	7	14	5.2
T-N (Total Nitrogen, 총질소)	합계	161.8	116.8	77.6	27.7	5.8	8.4	1.1
	폐수	63.5	40.0	26.7	14.9	4.2	5.4	0
	고형물	98.3	76.8	50.9	12.8	1.6	3.0	1.1
T-P (Total Phosphorus, 총인)	합계	56.7	36.1	24.0	12.2	0.9	1.6	0.4
	폐수	10.7	3.5	2.3	3.3	0.2	0.3	0
	고형물	46.0	32.6	21.7	8.9	0.7	1.3	0.4

자료: 국립환경과학원(2014: 42). 『수질오염총량관리기술지침』.

관계부처 합동(2020) 『강우유출 비점오염원관리 종합대책』의 오염원별 배출 부하량의 축산업 합계를 축종별 사육 마릿수와 축종별 발생 부하 원단위를 적용해 축종별로 산출한 결과는 다음과 같다. BOD는 한육우가 연간 5만 7천 톤으로 가장 많으며, 다음으로 돼지가 4만 3천 톤으로 많았다. T-P는 돼지가 연간 3,900톤으로 가장 많으며, 다음으로 한육우가 3,100톤으로 많았다.

〈표 5-13〉 2018년 축종별 수질오염 배출부하량

단위: 천 톤/년

연도	구분	한육우	젖소	돼지	닭·오리	기타가축	축산계	(참고) 축산계 1일 배출부하량(kg/일)
BOD (생물학적 산소요구량)	점	0.6	0.1	0.5	0.4	0.0	1.6	4,411
	비점	56.1	7.8	42.6	33.1	0.4	140.0	383,442
	합계	56.7	7.9	43.1	33.4	0.5	141.6	387,854
		(40.0)	(5.6)	(30.4)	(23.6)	(0.4)	(100.0)	-
T-P (Total Phosphorus, 총인)	점	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.4	1,050
	비점	3.0	0.6	3.8	2.0	0.0	9.5	25,918
	합계	3.1	0.7	3.9	2.1	0.0	9.8	26,968
		(31.6)	(7.1)	(39.8)	(21.4)	(0.0)	(100.0)	-

주: 관계부처 합동(2020). 『강우유출 비점오염원관리 종합대책』의 오염원별 배출부하량 중 축산계를 연 수치로 보정한 후 축종별 가축사육 마릿수와 축종별 수질오염 발생부하 원단위를 이용해 축종별로 배출부하량을 배분함.

자료: 통계청 가축동향조사(각 연도)(한육우, 젖소, 돼지, 닭, 오리, 말)와 농림축산식품부 기타가축통계(각 연도)(면양, 산양, 사슴), 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침』, 관계부처 합동(2020). 『강우유출 비점오염원관리 종합대책』을 이용해 산출함.

2.2. 축산업의 환경비용 평가

2.2.1. 축산업의 경제적 효과⁵³⁾

온실가스 배출원단위 및 경제적 파급효과 산출 등에 활용되는 축종별 생산액은 다음과 같다. 2018년 축산업 생산액은 총 19조 5,006억 원이고, 축종별 생산액은 양돈이 6조 4,555억 원으로 가장 많으며, 한육우 5조 1,543억 원, 가금 4조 7,126억 원, 낙농 2조 4,447억 원 등이다. 2018년 축종별 부가가치율은 기타축산이 52.4%로 가장 높으며, 한육우 27.4%, 양돈 27.2%, 가금 26.8%, 낙농 25.9% 순으로 나타나 축산업 전체 부가가치율은 27.9%로 나타났다.

〈표 5-14〉 축산 및 연관산업의 생산액과 부가가치

부문		2015년		2018년			
		생산액 (10억 원)	부가 가치율 (%)	생산액(10억 원)		부가가치율(%)	
					'15년 대비 증감률(%)		'15년 대비 증감(%p)
축산업	낙농	2,591.1	25.4	2,444.7	-5.7	25.9	0.5
	한육우	4,655.8	22.9	5,154.3	10.7	27.4	4.5
	양돈	6,533.4	36.5	6,455.5	-1.2	27.2	-9.3
	가금	5,108.9	37.9	4,712.6	-7.8	26.8	-11.1
	기타축산	624.5	50.2	733.5	17.5	52.4	2.2
	축산업 합계	19,513.8	32.6	19,500.6	-0.1	27.9	-4.7
축산업 후방 산업	사료	11,030.9	13.8	10,414.9	-5.6	12.1	-1.7
	의약품	17,849.3	41.6	22,626.0	26.8	42.0	0.4
	농업용 기계	3,346.8	23.6	3,534.3	5.6	21.5	-2.1
	농림어업서비스	1,132.7	53.3	1,115.0	-1.6	51.5	-1.8
	폐수 및 가축분뇨처리	3,557.8	63.0	4,346.0	22.2	63.2	0.2
축산업 전방 산업	낙농품	7,569.8	16.4	7,468.3	-1.3	16.2	-0.2
	육류 및 육가공품	20,793.8	9.8	21,355.9	2.7	11.7	1.9
	음식료품	65,963.8	36.2	72,942.8	10.6	35.7	-0.5
	외식	121,244.7	32.6	151,469.0	24.9	32.2	-0.4
	비료 및 질소화합물 (가축분뇨 퇴비 포함)	3,049.7	28.0	3,174.0	4.1	20.9	-7.1

자료: 한국은행(2019a). 『2015 산업연관표-실측표』, 한국은행(2020). 『2018 산업연관표-연장표』를 이용해 작성함.

53) 축산업의 경제적 효과 분석을 위한 축산부문 축종별 투입계수와 축종별 생산유발효과, 부가가치유발효과의 세부 분석 결과는 〈부록 4〉에 제시하였다.

축산업과 각 산업부문의 직·간접적인 연계성을 파악하기 위해 ‘생산-생산형 모델’의 투입계수를 이용하여 해당 산업의 생산 변화가 전 산업에 미치는 파급효과를 계측하였다. ‘생산-생산형 모델’의 생산유발계수와 부가가치유발계수는 해당 산업의 생산 1단위의 증가가 전 산업부문에 미치는 영향을 나타낸다.

분석 결과 생산유발계수는 축종별로 낙농이 2.31로 가장 높으며, 양돈 2.28, 한육우 2.27, 가금 2.20로 전 산업 평균(1.80)보다 높았고, 기타축산은 전 산업 평균과 비슷한 수준으로 나타났다. 생산유발계수와 산업별 생산액을 이용해 산출하는 생산 유발액은 양돈이 14조 7,270억 원, 한육우 11조 7,024억 원, 가금 10조 3,541억 원 등의 순으로, 축종별 생산 유발액 합계는 총 43조에 달하는 것으로 나타났다. 한편 부가가치유발계수는 축종별로 기타축산이 0.809로 가장 높으며, 양돈 0.702, 낙농 0.687, 한육우 0.677등의 순으로 나타났다.

〈표 5-15〉 2018년 농림축산업의 생산 및 부가가치 유발효과

단위: 10억 원

부문		생산유발효과			부가가치유발효과		
		생산 유발계수	생산액	생산유발액	부가가치 유발계수	부가가치액	부가가치 유발액
축산업	낙농	2.31	2,444.7	5,636.1	0.687	634.2	1,679.8
	한육우	2.27	5,154.3	11,702.4	0.677	1,412.5	3,490.7
	양돈	2.28	6,455.5	14,727.0	0.702	1,756.1	4,532.4
	가금	2.20	4,712.6	10,354.1	0.669	1,261.0	3,153.5
	기타축산	1.80	733.5	1,319.8	0.809	384.7	593.4
축산업 후방 산업	사료	1.80	10,414.9	18,756.0	0.457	1,264.2	4,760.6
	의약품	1.72	22,626.0	38,825.1	0.723	9,499.6	16,349.8
	농업용 기계	2.12	3,534.3	7,477.9	0.629	759.3	2,221.8
	농림어업서비스	1.78	1,115.0	1,989.9	0.842	574.0	938.8
	폐수 및 분뇨처리 (가축분뇨처리 포함)	1.58	4,346.0	6,875.1	0.867	2,745.5	3,768.2
축산업 전방 산업	낙농품	2.46	7,468.3	18,395.4	0.679	1,207.9	5,072.5
	육류 및 육가공품	2.77	21,355.9	59,112.3	0.692	2,498.2	14,770.9
	음식료품	1.74	72,942.8	127,063.8	0.668	26,047.9	48,621.3
	외식	2.17	151,469.0	328,645.9	0.788	48,711.1	119,387.9
	비료 및 질소화합물 (가축분뇨 퇴비 포함)	1.76	3,174.0	5,581.6	0.515	662.0	1,634.9
전 산업 평균		1.80			0.714		

주: ‘생산-생산형 모델’을 이용하여 산출함.

자료: 저자 작성.

2.2.2. 축산부문 에너지 투입액과 온실가스 배출량

2018년 축산부문의 에너지 투입액은 4,169억 원이며, 축종별로는 양돈부문에 1,339억 원이 투입되어 가장 많았고, 다음으로 한육우 1,053억 원, 가금 1,048억 원, 낙농 601억 원, 기타축산 128억 원 순으로 나타났다. 축산부문의 에너지원별 투입액은 전력이 3,421억 원으로 가장 많았으며, 다음으로 석유제품 450억 원, 신재생에너지 186억 원 등의 순으로 나타났다.

〈표 5-16〉 2018년 축산 및 연관산업의 에너지원별 투입액

단위: 10억 원/년

부문		석탄제품	석유제품	액화석유 가스(LPG)	전력	신재생 에너지	도시가스	합계
축산업	낙농	0.0	3.6	0.2	53.4	2.9	0.0	60.1
	한육우	0.0	8.6	0.1	91.6	5.0	0.0	105.3
	양돈	8.3	12.6	0.2	106.9	5.8	0.0	133.9
	가금	1.5	17.4	0.2	81.3	4.4	0.0	104.8
	기타축산	0.6	2.8	0.0	8.8	0.5	0.0	12.8
	축산업 합계	10.4	45.0	0.7	342.1	18.6	0.1	416.9
농업 합계		12.1	438.8	0.3	257.2	14.0	0.3	722.7
임업 합계		0.0	23.9	0.2	33.3	1.8	0.0	59.2
어업 합계		3.5	975.0	5.9	137.1	7.5	0.7	1,129.7
전산업 합계 (중간수요부문 계)		506.3	59,289.0	7,330.9	52,599.4	2,676.6	21,297.1	285,665.6
민간소비지출		38.7	15,320.5	1,588.3	7,744.7	744.4	7,554.7	34,220.2
합계		545.1	74,609.4	8,919.1	60,344.2	3,421.1	28,851.8	319,885.8

주 1) 석탄 및 석유제품 중에서 나프타(기본부문)와 윤활유 및 기타 석유정제품(소분류 기준)은 직접 연소로 사용되기보다는 용제 및 석유화학제품의 원료로 사용되기 때문에 에너지원에서 제외함.

2) 에너지원 석탄(유연탄, 무연탄), 원유, 천연가스(LNG), 열에너지는 축산부에 투입액이 없어 별도로 제시하지 않았으나, 합계에는 포함되어 있음.

자료: 한국은행(2020). 『2018 산업연관표-연장표』를 이용해 작성함.

『2020 국가 온실가스인벤토리 보고서』에 의하면 2018년 연간 우리나라에서 배출된 온실가스는 총배출량 기준 7억 2,763만 톤 CO₂eq.으로, 이 중에서 연료 연

소에 따른 온실가스 배출량은 6억 2,790만 톤(86.3%)이고, 산업공정에서 5,697만 톤(7.8%), 농업에서 2,119만 톤(2.9%)이 배출되었다.

축산부문의 온실가스는 연료 연소에 따른 배출과 가축의 장내 발효와 가축분뇨 처리로 인해 배출되고 있다. 2018년 축산부문의 총배출량은 951만 톤 CO₂eq.이며, 분야별로는 연료 연소로 11만 톤, 농업(장내 발효와 가축분뇨처리)에서 941만 톤 CO₂eq.이 배출되었다.

〈표 5-17〉 2018년 축산 및 연관산업의 온실가스 배출 현황

단위: 천 톤 CO₂eq./년

부문	에너지		산업 공정	농업	LULUCF	폐기물	순배출량	총배출량
	연료연소	탈루						
농림축수산업 합계	3,534	0	0	21,191	-41,603	0	-16,878	24,725
농림축산업 합계	996	0	0	21,191	-41,606	0	-19,419	22,187
축 산 업	낙농	7	0	0	1,648	0	0	1,655
	한육우	16	0	0	4,922	0	0	4,938
	양돈	40	0	0	1,758	0	0	1,798
	가금	36	0	0	829	0	0	865
	기타축산	6	0	0	250	0	0	256
	축산업 합계	105	0	0	9,407	0	0	9,512
농업 합계	846	0	0	11,784	3,990	0	16,620	12,630
임업 합계	45	0	0	0	-45,596	0	-45,551	45
어업 합계	2,538	0	0	0	3	0	2,541	2,538
전산업 합계 (중간수요부문 계)	594,076	4,467	56,974	21,191	-41,603	17,092	652,197	693,800
민간소비지출	33,833	0	0	0	0	0	33,833	33,833
합계	627,909	4,467	56,974	21,191	-41,603	17,092	686,030	727,633

주 1) 세부 산업부문별 온실가스 배출량(연료 연소 등)은 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』의 산업부문별 온실가스 배출량을 세부 산업부문별 에너지원별 투입액 비중을 이용해 산출함.

2) 순배출량은 LULUCF 포함이며, 총배출량은 LULUCF 제외임.

3) LULUCF(토지이용, 토지이용변화 및 임업) 분야의 온실가스 배출 및 흡수량 중 산림지는 임업부문의 '영림, 원목'부문으로 간주하였으며, 토지이용변화는 작목별 경지 면적을 고려해 배분, 초지는 기타작물부문으로 간주하였음. 한편, 습지는 산업부문으로 분류하는 데 한계가 있어 양어장은 어업으로 간주하되, 구거 및 유지는 정부고정자본으로 간주함.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』와 한국은행(2020). 『2018 산업연관표 연장표』를 이용해 작성함.

2.2.3. 축산부문 온실가스 비용과 온실가스 유발효과

온실가스 배출원단위는 어떤 산업부문의 생산액 증가에 따른 온실가스 배출량 변화를 나타내는 지표이다.⁵⁴⁾ 2018년 축종별 축산부문의 온실가스 총배출량을 기준으로 산출한 온실가스 배출원단위(톤 CO₂eq./백만 원)⁵⁵⁾는 한육우가 0.958로 가장 크며, 낙농 0.677, 기타축산 0.350, 양돈 0.278, 가금 0.184 순으로 나타났다.

〈표 5-18〉 축산 및 연관산업의 온실가스 배출원단위

단위: 톤 CO₂eq./백만 원

구분	낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	축산업 평균
총 온실가스	0.677	0.958	0.278	0.184	0.350	0.489
연료연소	0.003	0.003	0.006	0.008	0.009	0.006
가축사육과정 (장내 발효, 가축분뇨처리)	0.674	0.955	0.272	0.176	0.341	0.484

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

축산업의 온실가스 배출량은 951만 톤 CO₂eq.이며, 축종별 생산활동에 의한 온실가스를 비용으로 환산하기 위해 온실가스 배출권시장의 거래가격(2018년 2만 2,263원/톤)⁵⁶⁾을 적용해 산출한 축산업의 온실가스 비용은 총 2,118억 원(연료 연소 23억 원, 가축사육과정 2,094억 원)으로 축산업 생산액의 1.1% 수준이다. 축종별 생산액에서 온실가스 비용이 차지하는 비중(C/A)은 한육우가 2.13%로 가장 높으며, 다음으로 낙농 1.51%, 기타축산 0.78%, 양돈 0.62%, 가금 0.41%로 나타났다.

54) 온실가스 배출원단위(톤/백만 원) = A 산업의 온실가스 배출량(이산화탄소 단위 환산, 단위: 톤 CO₂eq.) ÷ A 산업의 생산액(단위: 백만 원)

55) 생산유발계수와 부가가치유발계수는 동일한 금액 단위로 계산되기 때문에 유발계수의 단위를 제시하지 않아도 무방하다. 그러나 환경산업연관표의 온실가스 배출원단위의 경우 산업연관표는 금액 기준(백만 원)으로 작성되며, 온실가스는 배출량은 물량 기준으로 집계됨에 따라 온실가스 유발계수의 단위를 제시할 필요가 있다. 이 연구에서 산업연관표는 금액 기준(백만 원)으로 작성되었으며, 온실가스는 배출량(톤)으로 집계됨에 따라 온실가스 배출원단위의 단위는 톤 CO₂eq./백만 원(또는 단위를 환산할 경우 g CO₂eq./원)이다.

56) 배출권시장 정보플랫폼. 2020.; 이용건(재인용). 2020. p. 89.

〈표 5-19〉 축종별 온실가스 비용 산출 결과

단위: 천 톤 CO₂eq./년, 10억 원/년, %

구분	낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	축산업 합계
자체산업 생산액 (A)	2,444.7	5,154.3	6,455.5	4,712.6	733.5	19,500.7
자체산업 부가가치 (B)	634.2	1,412.5	1,756.1	1,261.0	384.7	5,448.5
자체산업 온실가스 배출량	1,655.2 (100.0)	4,938.2 (100.0)	1,797.5 (100.0)	864.8 (100.0)	256.4 (100.0)	9,512.2 (100.0)
연료 연소	7.2 (0.4)	16.2 (0.3)	39.5 (2.2)	35.8 (4.1)	6.4 (2.5)	105.2 (1.1)
농업 (장내 발효, 가축분뇨처리)	1,648.0 (99.6)	4,922.0 (99.7)	1,758.0 (97.8)	829.0 (95.9)	250.0 (97.5)	9,407.0 (98.9)
자체산업 온실가스 비용합계 (C)	36.9 (100.0)	109.9 (100.0)	40.0 (100.0)	19.3 (100.0)	5.7 (100.0)	211.8 (100.0)
연료 연소	0.2 (0.5)	0.4 (0.4)	0.9 (2.3)	0.8 (4.1)	0.1 (1.8)	2.3 (1.1)
농업 (장내 발효, 가축분뇨처리)	36.7 (99.5)	109.6 (99.7)	39.1 (97.8)	18.5 (95.9)	5.6 (98.2)	209.4 (98.9)
C/A(%)	1.51	2.13	0.62	0.41	0.78	1.09
C/B(%)	5.82	7.78	2.28	1.53	1.48	3.89

주: 배출권 거래단가는 2018년 2만 2,263원/톤을 적용하여 산출함.

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

이 연구의 축종별 축산부문의 온실가스 배출 유발효과(온실가스 배출 유발계수)⁵⁷⁾는 축종별 생산 1단위(백만 원) 증가로 인해 전산업에 직·간접적으로 유발된 온실가스 배출량(톤)을 의미하며, 자체산업의 생산 증가에 따른 직접적인 온실가스 배출량과 산업간 직·간접 파급효과에 의한 타 산업부문에서 유발한 간접적인 온실가스 배출 유발량을 구분하여 제시하였다.

57) 이 연구의 온실가스 배출 유발효과는 '생산-생산형 모델'의 생산유발계수와 산업부문별 온실가스 배출원단위를 이용해 도출하였다.

축산업의 축종별 가축사육과정에서 배출된 온실가스와 연료 연소로 축산업에서 직접 배출된 온실가스는 951만 톤 CO₂eq.이며, 자체산업 온실가스 비용은 2,118억 원으로 집계되었다. 한편 축산업의 생산에 활용되는 투입재(사료, 전력 등)를 생산하는 산업부문(축산업의 후방산업)에서 간접적으로 유발된 온실가스 배출량은 444만 톤이며, 타 산업 온실가스 유발 비용은 988억 원으로 분석되었다. 따라서 축산업에서 직접 배출된 온실가스와 타 산업에서 유발한 온실가스 배출을 포함한 총 온실가스 비용은 총 3,105억 원으로 나타났다.

〈표 5-20〉 축종별 온실가스 비용 및 온실가스 비용 유발액

단위: 천 톤 CO₂eq./년, 10억 원/년, %

구분		낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	축산업 합계
온실가스 배출 및 배출 유발량 (천 톤 CO ₂ eq./년)	자체산업 배출량	1,655.2	4,938.2	1,797.5	864.8	256.4	9,512.2
		(17.4)	(51.9)	(18.9)	(9.1)	(2.7)	(100.0)
	타 산업 배출 유발량	626.2	1,223.4	1,498.5	974.9	113.4	4,436.4
		(14.1)	(27.6)	(33.8)	(22.0)	(2.6)	(100.0)
	총 온실가스 배출 및 유발량	2,281.4	6,161.6	3,296.1	1,839.7	369.9	13,948.7
		(16.4)	(44.2)	(23.6)	(13.2)	(2.7)	(100.0)
온실가스 비용 및 비용 유발액 (10억 원/년)	자체산업 온실가스 비용	36.9	109.9	40.0	19.3	5.7	211.8
		(17.4)	(51.9)	(18.9)	(9.1)	(2.7)	(100.0)
	타 산업 온실가스 비용 유발액	13.9	27.2	33.4	21.7	2.5	98.8
		(14.1)	(27.6)	(33.8)	(22.0)	(2.6)	(100.0)
	총 온실가스 비용 및 유발액	50.8	137.2	73.4	41.0	8.2	310.5
		(16.4)	(44.2)	(23.6)	(13.2)	(2.7)	(100.0)

주: '생산-생산형 모델'을 이용하여 산출함.

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

2.2.4. 축산부문의 악취(암모니아) 배출에 따른 비용

국민인식 조사 결과를 이용하여 이중경계 양분선택 모형을 분석한 결과, 축산악취 개선을 위한 가구당 평균 지불의사금액은 29,191원으로 추정되었으며, 지불의사금액의 95% 신뢰구간은 가구당 25,868~32,330원으로 추정되었다. 이 연구에서 축산악취 비용은 ‘축산악취 개선을 위한 지원사업’을 위해 특별부담금으로 지불하고자 하는 총금액으로 하였다. ‘축산악취 개선을 위한 지원사업’을 위한 특별부담금 총액은 가구당 평균 지불의사금액에 2020년 우리나라 총가구 수인 2,148만 호를 곱하여 구할 수 있으며, 연간 6,272억~7,378억 원으로 산출되었다.⁵⁸⁾

축산악취 비용을 축종별로 산출하기 위해 축종별 사육두수와 두당 암모니아 배출계수(<표 5-10>)를 이용하여 축종별 암모니아 배출량을 계산하여 축종별 악취 비용을 배분하였다. 축산업 암모니아 배출량은 총 23만 211톤이며, 축종별 비중은 양돈이 46.1%로 가장 많고, 다음으로 가금 28.0%, 한육우 19.5%, 낙농 4.4%, 기타 축산 2.1% 순이다. 축종별 악취 비용은 양돈이 최대 3,401억 원으로 가장 크고, 다음으로 가금 2,064억 원, 한육우 1,435억 원 순으로 산출되었다.

〈표 5-21〉 축종별 축산악취 비용 산출 결과

구분		낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	합계
2018년 사육 마릿수 (천 마리)		407	813	17,369	1,072,299	7,138	1,098,027
축종별 암모니아 배출량 (톤, %)		10,034	44,787	106,119	64,397	4,874	230,211
		(4.4)	(19.5)	(46.1)	(28.0)	(2.1)	(100.0)
축산악취 비용 평가액 (백만 원/년)	최소	27,337	122,020	289,117	175,447	13,279	627,200
	최대	32,158	143,537	340,099	206,385	15,621	737,800

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지. “배출량 검색.”(<http://www.air.go.kr>, 검색일: 2021. 5. 18.); 통계청(각 연도). 가축동향조사. 한육우, 젖소, 돼지, 닭, 오리, 말; 농림축산식품부(각 연도). 기타가축통계. 면양, 산양, 사슴; 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

58) 축산악취개선을 위한 가구당 평균 지불의사금액은 동국대학교 지인배 교수에게 의뢰한 위탁원고의 분석 결과를 이용하였으며, 구체적인 분석 방법 및 내용은 〈부록 3〉에 제시하였다.

축산업 생산액에서 축산악취 비용이 차지하는 비중은 3.2~3.8% 수준으로 나타났다. 축종별로 양돈이 4.5~5.3%로 가장 높으며, 다음으로 가금 3.7~4.4%, 한우 2.4~2.8%, 기타축산 1.8~2.1%, 낙농 1.1~1.3% 순이다.

〈표 5-22〉 축종별 생산액과 축산악취 비용

단위: 십억 원/년

구분		낙농	한우	양돈	가금	기타축산	축산업 합계
자체산업 생산액(A)		2,444.7 (12.5)	5,154.3 (26.4)	6,455.5 (33.1)	4,712.6 (24.2)	733.5 (3.8)	19,500.7 (100.0)
자체산업 부가가치(B)		634.2 (11.6)	1,412.5 (25.9)	1,756.1 (32.2)	1,261.0 (23.1)	384.7 (7.1)	5,448.5 (100.0)
암모니아 배출량(톤/년)		10,034 (4.4)	44,787 (19.5)	106,119 (46.1)	64,397 (28.0)	4,874 (2.1)	230,211 (100.0)
축산악취 (암모니아) 비용	최소(C)	27.3	122.0	289.1	175.4	13.3	627.2
	최대(D)	32.2	143.5	340.1	206.4	15.6	737.8
생산액 대비	C/A(%)	1.1	2.4	4.5	3.7	1.8	3.2
	D/A(%)	1.3	2.8	5.3	4.4	2.1	3.8
부가가치액 대비	C/B(%)	4.3	8.6	16.5	13.9	3.5	11.5
	D/B(%)	5.1	10.2	19.4	16.4	4.1	13.5

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

악취(암모니아) 배출원단위는 온실가스 배출원단위와 마찬가지로 축종별 축산 부문의 생산 1단위(백만 원) 증가에 따른 악취(암모니아) 배출량(톤)을 나타내는 지표로 정의할 수 있다.⁵⁹⁾ 2018년 암모니아 배출량을 기준으로 산출한 암모니아 배출원단위(톤/백만 원)는 다음과 같다. 2018년 축종별 축산부문의 암모니아 배출량을 기준으로 산출한 악취 배출원단위(톤/백만 원)는 양돈이 0.016으로 가장 크며, 가금이 0.014, 한우 0.009, 기타축산 0.007, 낙농 0.004 순으로 나타났다.

〈표 5-23〉 축종별 암모니아 배출원단위

단위: 톤/백만 원

축종	낙농	한우	양돈	가금	기타축산	축산업 평균
암모니아 배출원단위	0.004	0.009	0.016	0.014	0.007	0.010

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

59) 악취(암모니아) 배출원단위(톤/백만 원) = A산업의 암모니아 배출량(톤) ÷ A산업의 생산액(단위: 백만 원)

2.2.5. 환경비용을 고려한 축산업의 부가가치 변화

축산업의 부가가치는 5조 4,485억 원이며, 축산업 생산액에서 차지하는 비중(부가가치율)은 27.9%이다. 여기서 축산업의 온실가스 비용과 축산악취 비용을 고려하면 축산업 부가가치는 4조 6,095억~4조 4,989억 원으로 감소하며, 부가가치율도 4.3~4.8%p 낮아진다. 축산업의 생산활동에 따른 타 산업에서의 온실가스 비용 유발액(988억 원)을 고려할 경우 축산업의 부가가치와 부가가치율은 더 낮아진다.⁶⁰⁾

〈표 5-24〉 환경비용을 고려한 축산업의 부가가치 변화

단위: 십억 원/년, %, %p

구분			낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	축산업 합계	
경제적 효과	자체산업 생산액(A)		2,444.7	5,154.3	6,455.5	4,712.6	733.5	19,500.7	
	자체산업 부가가치(B)		634.2	1,412.5	1,756.1	1,261.0	384.7	5,448.5	
	부가가치율(B/A, %)		25.9	27.4	27.2	26.8	52.4	27.9	
환경비용	환경비용 합계	최소(C)	64.2	231.9	329.1	194.7	19.0	839.0	
		최대(D)	69.1	253.4	380.1	225.7	21.3	949.6	
	자체산업 온실가스 비용합계		36.9	109.9	40.0	19.3	5.7	211.8	
	연료 연소		0.2	0.4	0.9	0.8	0.1	2.3	
	농업(장내 발효, 가축분 뇨처리)		36.7	109.6	39.1	18.5	5.6	209.4	
	축산 악취 비용	최소	27.3	122.0	289.1	175.4	13.3	627.2	
		최대	32.2	143.5	340.1	206.4	15.6	737.8	
	환경비용 차감 부가가치(B-C)			570.0	1,180.6	1,427.0	1,066.3	365.7	4,609.5
	부가가치율((B-C)/A, %)		23.3	22.9	22.1	22.6	49.9	23.6	
환경비용 차감 부가가치(B-D)			565.1	1,159.1	1,376.0	1,035.3	363.4	4,498.9	
부가가치율((B-D)/A, %)		23.1	22.5	21.3	22.0	49.5	23.1		
외부불경제 효과(부가가치율 변화분 %p)			2.6~2.8	4.5~4.9	5.1~5.9	4.2~4.8	2.5~2.9	4.3~4.8	

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

60) 자체산업의 효과뿐만 아니라 타 산업에 미치는 영향까지 포함하는 파급효과는 〈부록 4〉에 제시하였다.

3. 축산업의 사양관리 변화가 환경에 미치는 영향 평가 (가축 생애 전과정평가)

여기에서는 가축 생애 전과정평가(LCA)를 활용해 축종별 사양관리 변화가 환경에 미치는 영향과 경제성 변화를 분석한다. 분석체계 및 방법은 일반적인 전과정평가의 기본구조를 따르되, 분석 대상 물질은 이 연구의 목적을 고려하여 가축분뇨, 온실가스 등으로 한정하며, 가축의 사육과정을 분석 대상 기간으로 분석하였다.

3.1. 가축 생애 전과정평가의 목적 및 범위 설정

전과정평가에서 첫 번째 단계인 ‘목적 및 범위’의 설정에서는 전과정평가의 전체적인 방향을 설정한다. 따라서 축종별 환경부담 완화를 위한 대안들에 대해 정의하고, 각각의 대안을 통해 기대되는 환경 효과와 경제 효과의 구분 및 관련 지표에 대하여 검토하였다. 그 결과는 <표 5-25>와 같다.

한우는 비육기간 단축을 통해 출하월령을 앞당길 경우 단축 기간 동안의 분뇨와 온실가스 배출 감소 등 환경 효과를 기대할 수 있다. 경제적 효과는 플러스 요인과 마이너스 요인으로 구분할 수 있는데, 사료 투입 감소를 통해 사료비를 절감할 수 있으나, 육량 및 육질등급 저하로 한우 판매가격이 하락할 수 있다. 젖소는 육성기간 단축과 경제수명 향상의 두 가지 대안을 고려해 볼 수 있다. 육성기간 단축으로 초산월령을 앞당길 경우 단축 기간 동안의 분뇨와 온실가스 등 배출 감소와 젖소 육성비용 절감(사료비 등) 등 경제 효과를 기대할 수 있다. 또한 착유우의 경제수명 향상으로 도태산차를 연장할 경우 젖소 육성우 사육 마릿수를 감축할 수 있다. 양돈은 모돈의 MSY(연간 모돈 두당 출하 마릿수)를 향상할 경우 같은 양의 돼지고기 공급에 필요한 모돈 사육 마릿수 감축으로 분뇨와 온실가스 등 배출 감소와 모돈 사육비(사료비 등) 등 경제 효과를 기대할 수 있다.

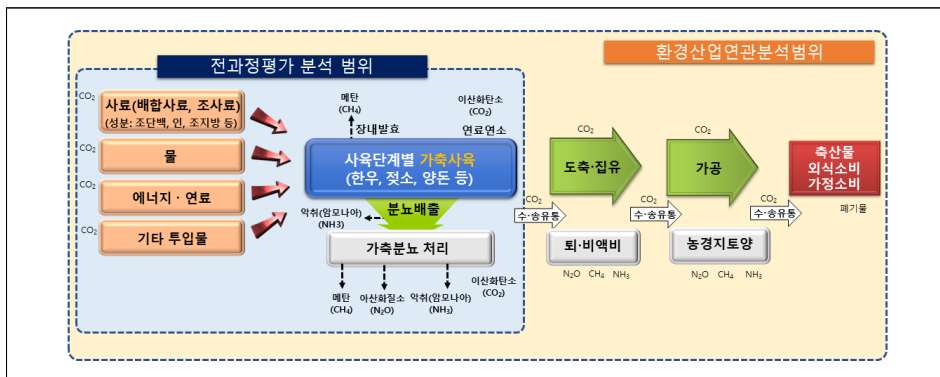
〈표 5-25〉 축종별 환경부담 저감을 위한 대안의 메커니즘

축종	대안	관련지표	메커니즘	경제 효과	환경 효과	비고
한우	비육기간 단축	출하월령	지방 축적을 위한 비육기간 단축	+ 요인: 사료비 절감 - 요인: 한우 판매가격 하락 (등급제로 판매가격 영향)	분뇨 및 온실가스·암모니아 배출 감소	등급제 개편과 연계
	생산성 향상	일당 증체량	사료효율 향상 (투입 대비 산출 증가)	수익성 증대(사료비 절감, 분뇨처리비 감소)	쇠고기 생산량 대비 분뇨·온실가스 배출 감소	가축개량과 사양기술과 연계
젖소	육성기간 단축	초산월령	젖소 사양기술 향상	수익성 증대(젖소 육성비용, 사료비, 분뇨처리비 감소)	초산월령 단축 기간의 분뇨 및 온실가스 배출 감소	사양기술과 연계
	경제수명 향상	도태산차	젖소 경제수명 향상 (육성우 마릿수 감소)	수익성 증대(젖소 감가상각비, 번식 관련 비용, 사료비, 분뇨처리비 감소)	젖소 육성기간의 분뇨 및 온실가스 배출 감소	젖소 송아지 비육 전환 및 수정란 이식기술 등과 연계
	생산성 향상	두당 산유량	젖소 사육 마릿수 감소, 사료효율 향상 (투입 대비 산출 증가)	수익성 증대(사료투입 감소, 분뇨처리비 감소)	젖소 경산우 분뇨 및 온실가스 배출량 감소	원유 총 생산량 고정 (원유 쿼터), 가축개량 및 사양기술과 연계
돼지	모든 생산성 향상	MSY 향상	모든 사육 마릿수 감축	수익성 증대(사료비 절감, 분뇨처리비 감소)	모든 사육에 따른 가축분뇨 및 온실가스 배출 감소	종축개량 및 사양기술과 연계

자료: 저자 작성.

이 연구의 가축 생애 전과정평가의 범위는 <그림 5-6>과 같이 가축의 사육과정을 대상으로 한다. 주요 투입물은 배합사료와 조사료, 물 등이며 조단백, 인, 조지방 등 영양성분별 투입량도 고려하였다. 환경부담 물질은 가축의 분과 뇨, 온실가스(이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄) 등), 악취 유발 물질인 암모니아(NH₃)이다.

〈그림 5-6〉 가축 생애 전과정평가의 범위 설정



자료: 저자 작성.

3.2. 가축 생애 전과정 목록분석(LCI)

전과정평가에서 두 번째 단계인 ‘전과정 목록분석(Life Cycle Inventory: LCI)’에서는 전과정평가에 필요한 데이터인 투입물과 배출물의 수집 방법을 정리한다. 이 연구에서 가축 생애 전과정평가를 위해 수집한 데이터의 종류 및 출처는 다음 <표 5-26>과 같다.

〈표 5-26〉 가축 생애 전과정 목록분석(LCI) 항목

항목명			내용	이용자료 및 출처
구분	대분류	소분류		
투입물	사료	배합사료, 조사료, TMR사료	- 가축사육 사료 종류별 투입량	농촌진흥청 『축종별 가축사양표준』, 농촌진흥청 『축종별 농업기술집약이』, 사양관리 프로그램, 사료배합표, 축종별 컨설팅 지침서, 통계청 『축산물생산비통계』 등
		조단백, 조지방, 칼슘, 인, 건물 등 사료 내 성분	- 사료 종류별 성분 비율	농촌진흥청 『표준사료성분표』, 농촌진흥청 『축종별 가축사양표준』, 농촌진흥청 『축종별 농업기술집약이』 등
	수자원	물	- 가축사육을 위한 물 공급	농촌진흥청 『축종별 가축사양표준』, 농촌진흥청 『축종별 농업기술집약이』
배출물	분뇨	분, 뇨, 세정수	- 가축사육의 분뇨 및 세정수	농촌진흥청 농사로 농업기술포털 “축종별 가축분뇨 배출원단위”, 농촌진흥청 『축종별 가축사양표준』, 통계청 『가축동향조사』, 농림축산식품부 『기타가축통계』 등
	축산악취	암모니아(NH ₃)	- 축산악취를 유발하는 물질	환경부 국가미세먼지 정보센터 “축종별 암모니아 배출계수”, 농촌진흥청 『축종별 가축사양표준』
	온실가스	메탄(CH ₄)	- 가축의 장내 발효로 배출되는 온실가스	환경부 『국가 온실가스 인벤토리 보고서』, IPCC지침, 에너지법 시행규칙, 에너지온실가스 종합정보 플랫폼, 본 연구의 환경산업연관표 등
		메탄(CH ₄), 아산화질소(N ₂ O)	- 가축분뇨 처리과정에서 배출되는 온실가스	
		아산화탄소(CO ₂)	- 에너지 연소 배출 온실가스	
산출물	축산물	비육 완료 가축, 원유, 송아지 등	- 가축사육 생산물	축산물가격제 빅데이터 개방시스템, 한국은행 『산업연관표』, 통계청 『축산물생산비통계』, 본 연구의 환경산업연관표 등

자료: 저자 작성.

3.3. 가축 생애 전과정 영향 평가(LCIA)

전과정평가에서 세 번째 단계인 ‘전과정 영향 평가(Life Cycle Impact Assessment: LCIA)’ 단계는 분석 대상의 생산활동을 토대로 환경영향을 평가하는 단계이다. 이 연구에서는 가축 생애 전과정평가를 위해 한우의 비육기간 단축, 젖소의 육성기간 단축 및 경제수명 향상, 양돈의 MSY(Marketed-pigs per Sow per Year) 향상에 대한 영향을 평가하였다.

3.3.1. 비육기간 단축의 환경부담 저감 효과(한우 거세 비육우)

가. 분석 개요

한우 비육에 있어서 육질은 비육기간의 영향을 크게 받는다. 육질 등급판정의 주요 척도인 근내지방도는 생후 24개월령까지 꾸준히 증가하기 때문에 생후 24개월령 이후에 출하가 바람직하다. 최근에는 비육기간이 점점 연장되어 생후 30개월령 이상까지도 비육하는 농가들이 증가하는 추세이나 보편적으로 28~30개월령 전후, 체중 650~750kg 수준에서 출하가 많이 이뤄지고 있다(농촌진흥청 2018b).

〈표 5-27〉 한우(거세) 출하월령별 도체특성

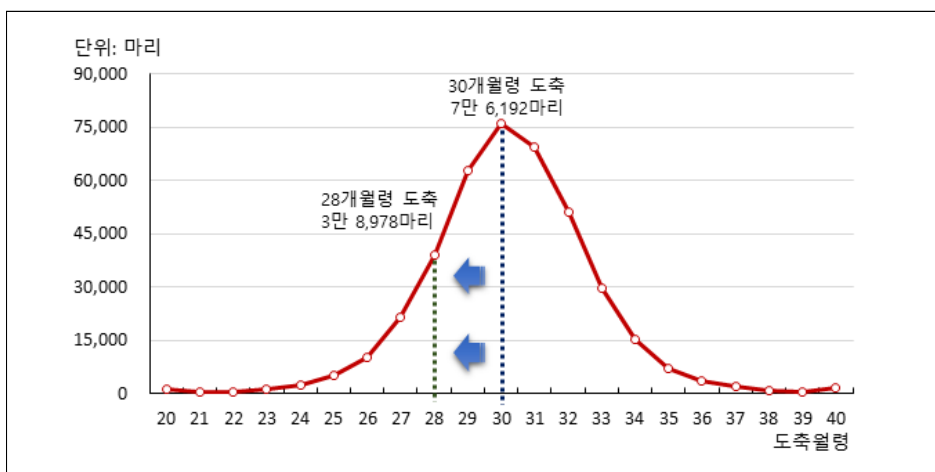
구분	출하 월령				
	26개월	27개월	28개월	29개월	30개월
생체중(kg)	619	639	710	724	738
도체중(kg)	385	397	454	460	479
등심단면적(cm ²)	87.3	87.5	91.3	96.7	100.6
등지방두께(mm)	8.2	8.8	12.6	11.2	13.3
육량등급(A : B : C 등급)(마리)	8 : 7 : 0	8 : 7 : 0	3 : 9 : 3	5 : 8 : 2	4 : 8 : 3
근내지방도	5.9	5.7	5.4	6.4	6.7
육색	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0
지방색	3.0	2.7	3.0	3.0	3.0
육질등급(1 ⁺ : 1 : 2 등급)(마리)	10 : 4 : 1	9 : 4 : 2	6 : 6 : 3	13 : 2 : 0	13 : 2 : 0
1등급 이상 출현율(%)	93.3	86.7	80.0	100.0	100.0

자료: 농촌진흥청(2018b: 320). 『농업기술잡지 6 한우』(개정판).

비육기간을 연장하면 등심단면적, 근내지방도, 육질등급, 연도, 다즙성, 풍미 등이 개선되나, 필요 이상으로 비육기간을 연장하면 등지방두께와 같은 일부 형질은 오히려 불리해질 수도 있다. 출하월령이 증가할수록 도체중, 배최장근(등심) 단면적과 육질을 좌우하는 근내지방도는 계속 증가하지만, 등지방두께 역시 증가하여 육량등급에서 C등급의 출현율은 높아진다(농촌진흥청 2018b).

2020년 한우 거세우 도축 마릿수는 총 40만 3,477마리로, 월령별로 30개월령 도축이 7만 6,192마리로 18.9%를 차지해 가장 많았으며, 31개월령 6만 9,598마리(17.2%), 29개월령 6만 2,760마리(15.6%) 등이다. 이 연구에서 비육기간 단축 목표로 설정하고 있는 28개월령 도축 마릿수는 3만 8,978마리(9.7%)로 나타났다.

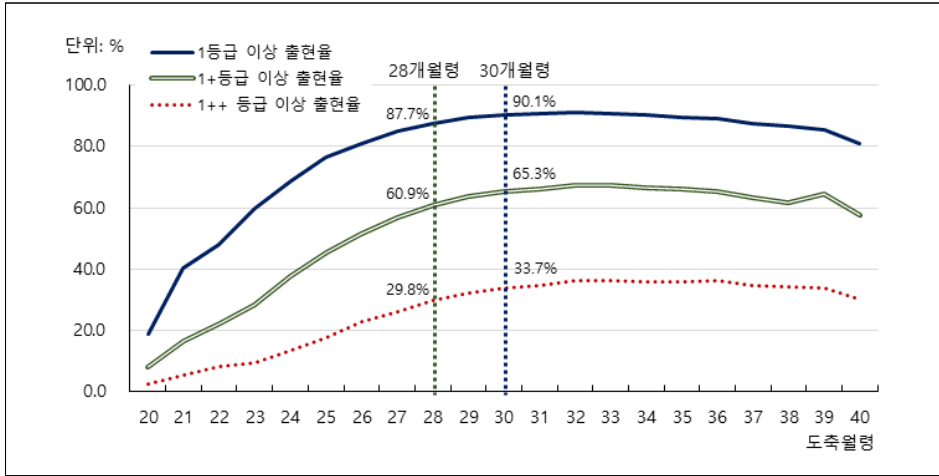
〈그림 5-7〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 도축 마릿수



주: 20개월령은 20개월령 미만 도축 마릿수, 40개월령은 40개월령 초과 도축 마릿수를 포함하고 있음.
 자료: 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>, 검색일: 2021. 9. 30.).

2020년 한우 거세우의 육질등급 1등급 이상 출현율은 전체 평균 88.7%로 나타났다. 30개월령은 90.1%이고, 28개월령은 전체 평균에 근접하는 87.7%로 나타났다. 육질등급 1등급 출현율은 20개월령부터 빠르게 증가하기 시작하여 26개월령부터는 80% 이상으로 나타났다. 32개월령에 91.1%로 최고를 기록한 이후 도축월령이 증가함에 따라 감소 경향을 나타내고 있다<그림 5-8>.

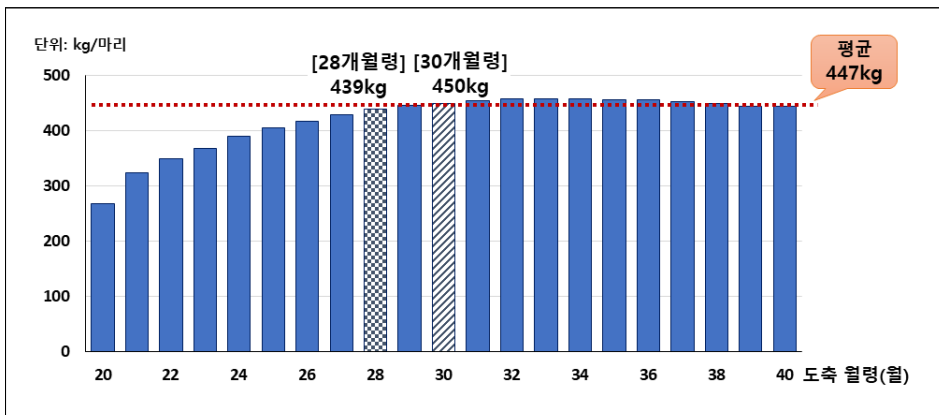
〈그림 5-8〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 육질등급 출현율



주: 20개월령은 20개월령 미만 도축 마릿수, 40개월령은 40개월령 초과 도축 마릿수를 포함하고 있음.
 자료: 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>), 검색일: 2021. 9. 30.).

2020년 한우 거세우의 도체중량은 전체 평균 447kg/마리로 나타났다. 30개월령의 도체중량은 450kg/마리이며, 28개월령은 439kg/마리로 30개월령보다 도체중량이 11kg 줄어드는 것으로 나타났다.

〈그림 5-9〉 2020년 한우 거세우 도축월령별 평균 도체중량



주: 20개월령은 20개월령 미만 도축 마릿수, 40개월령은 40개월령 초과 도축 마릿수를 포함하고 있음.
 자료: 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>), 검색일: 2021. 9. 30.).

이 연구의 목표는 비육기간을 현 2020년 출하 실적 기준 출하량이 가장 많은 30개월령에서 28개월령으로 줄이는 것이다. 즉 2개월 단축을 목표로 환경부담 완화 효과를 분석하였다. 사육기간 단축으로 인한 사료 투입량 감소, 가축분뇨 발생량 감소, 과도한 등지방 축적 개선 등을 통한 환경부담 완화 및 경제성을 평가하였다.

나. 한우 거세우 비육기간 단축의 전과정 영향 평가 결과

한우 거세우 비육기간을 단축해 28개월령에 출하할 경우 30개월령 출하에 비해 사료급여량은 마리당 600kg을 감축할 수 있다. 사료 종류별로 배합사료가 540kg 감축되며, 볏짚은 60kg 감축된다. 건초의 경우 사양프로그램상 비육 후기에는 급여하지 않아 감축량은 없었다.

〈표 5-28〉 한우 거세우 출생부터 출하 시까지 사료 종류별 급여량

구분		월령 (월)	기간별 사육일(일)	평균체중 (kg)	사료 종류별 급여량(kg)				음수량 (ℓ/마리)
					배합사료	볏짚	건초	합계	
비육 단계 구분	송아지	1~5	150	96.0	172.9	0.0	300.0	472.9	660.6
	육성기	6~13	240	257.5	1,020.0	0.0	780.0	1,800.0	3,346.8
	비육전기	14~21	240	481.3	2,160.0	495.0	105.0	2,760.0	6,534.8
	비육후기 (28개월령 출하)	22~28	210	695.7	1,965.0	300.0	0.0	2,265.0	5,367.3
	비육후기 (30개월령 출하)	22~30	270	712.8	2,505.0	360.0	0.0	2,865.0	6,790.4
전 사육기간 합계 (28개월령 출하)(A)		1~28	840	402.1	5,317.9	795.0	1,185.0	7,297.9	15,909.5
전 사육기간 합계 (30개월령 출하)(B)		1~30	900	426.8	5,857.9	855.0	1,185.0	7,897.9	17,332.6
감축(B-A)		2	60	24.7	540.0	60.0	0.0	600	1,423.1

주 1) 이 연구에서 사료급여량은 한우 거세우 28개월 사양관리 프로그램을 참고하여 작성하였음. 29개월 이후는 28개월 사료급여량과 동일하게 하되, 평균 체중은 통계청 『축산물생산비통계』의 출하체중(779kg) 및 사양관리 프로그램의 1일당 증체량(0.6~0.8)을 참고하여 30개월령 체중을 780kg으로 적용함.

2) 배합사료는 성장단계별 배합사료를 각각 적용함.

3) 음수량은 농촌진흥청(2018b). 『농업기술길잡이 6 한우』에서 제시하고 있는 성장단계별 건물섭취량 대비 음수량 비율을 적용함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017b). 『한국가축사양표준 한우』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2018b). 『농업기술길잡이 6 한우』에서 제시하는 지표를 이용한 가축 생애 전과정평가 결과임.

한우 거세우에 급여하는 사료의 영양성분별 감축량(30개월에서 28개월로 비육기간 단축)은 조단백질이 62.6kg으로 가장 많으며, 조지방 22.3kg, 칼슘 2.8kg, 인 1.7kg이 감축된다. 비육기간 단축을 통해 소화과정에서 암모니아(NH₃)나, 아산화질소(N₂O) 합성에 이용되는 조단백질 투입량이 감소하므로 온실가스 배출 저감을 기대할 수 있다.

〈표 5-29〉 한우 거세우 출생부터 출하 시까지 사료 영양성분별 급여량

구분		월령 (월)	기간별 사육일(일)	평균체중 (kg)	사료 영양성분별 급여량(kg/마리)					
					TDN 환산 사료급여량	건물	조단백질 (CP)	칼슘 (Ca)	인 (P)	조지방 (EE)
비육 단계 구분	송아지	1~5	150	96.0	270.7	419.4	75.9	5.3	1.6	10.2
	육성기	6~13	240	257.5	1,091.7	1,592.6	288.5	18.2	6.7	43.7
	비육전기	14~21	240	481.3	1,791.9	2,417.7	346.1	15.4	9.4	94.3
	비육후기 (28개월령 출하)	22~28	210	695.7	1,545.5	1,985.8	232.4	10.5	6.2	82.3
	비육후기 (30개월령 출하)	22~30	270	712.8	1,961.9	2,512.3	295.0	13.3	7.8	104.7
전 사육기간 합계 (28개월령 출하)(A)		1~28	840	402.1	4,699.8	6,415.5	942.9	49.4	23.8	230.6
전 사육기간 합계 (30개월령 출하)(B)		1~30	900	426.8	5,116.2	6,942.1	1,005.5	52.2	25.5	252.9
감축(B-A)		2	60	24.7	416.4	526.6	62.6	2.8	1.7	22.3

주 1) 사료의 영양성분은 한우사양표준 프로그램의 사료 원료별 성분을 적용함.

2) 배합사료는 성장단계별 배합사료의 영양성분을 각각 적용함.

3) 건초는 알팔파 1등급(건물 CP 16~20%) TDN 51.04%를 적용함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017b). 『한국가축사양표준 한우』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2018b). 『농업기술길잡이 6 한우』에서 제시하는 지표를 이용한 가축 생애 전과정평가 결과임.

한우 거세우 비육기간 단축(2개월)으로 마리당 분뇨배출량은 961.1kg 감소하며, 온실가스 배출량은 메탄 8.3kg CH₄, 아산화질소 0.2kg N₂O 감소, 악취 유발 물질인 암모니아 배출은 2.7kg NH₃ 감소하여 환경부담 완화 효과가 있는 것으로 나타났다.

〈표 5-30〉 한우 거세우 출생부터 출하 시까지 분뇨, 온실가스, 암모니아 배출량 산출 결과

단위: kg/마리

구분		월령 (월)	분뇨배출량			온실가스 배출량			악취 물질
						장내 발효		가축분뇨처리	
			분	뇨	합계	메탄	메탄	아산화질소	
비육 단계 구분	송아지	1~5	399.5	213.4	612.9	6.4	0.1	0.2	2.5
	육성기	6~13	1,517.0	1,080.9	2,597.9	24.4	0.5	0.6	10.0
	비육전기	14~21	2,303.0	2,110.5	4,413.5	37.1	0.8	1.0	9.4
	비육후기 (28개월령 출하)	22~28	1,891.6	1,733.4	3,625.0	30.4	0.6	0.8	9.0
	비육후기 (30개월령 출하)	22~30	2,393.1	2,193.0	4,586.1	38.5	0.8	1.0	11.7
전 사육기간 합계 (28개월령 출하)(A)		1~28	6,111.1	5,138.1	11,249.3	98.4	2.1	2.5	31.0
전 사육기간 합계 (30개월령 출하)(B)		1~30	6,612.7	5,597.7	12,210.4	106.4	2.3	2.7	33.6
감축(B-A)		2	501.5	459.6	961.1	8.1	0.2	0.2	2.7

주 1) 분뇨배출량은 농림축산식품부에서 적용하고 있는 한우 분뇨 배출원단위 13.7kg/마리/일(표준체중 350kg)을 기준으로 분은 건물섭취량, 뇨는 음수량을 이용해 월령별로 산출함.

2) 온실가스 배출량은 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』의 온실가스 종류별 배출계수 및 배출량 산출방식을 준용하였으며, 분뇨 배출원단위 산정의 표준체중을 기준으로 월령별로 산출함.

3) 암모니아 배출량은 환경부 국가미세먼지정보센터(2020). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)』의 소 연령별 암모니아 배출계수와 월령별 분뇨발생량을 기준으로 월령별로 산출함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017b). 『한국가축사양표준 한우』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2018b). 『농업기술집잡이 6 한우』, 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』, 환경부 국가미세먼지정보센터(2020). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)』, 농촌진흥청 농사로 농업기술포털(<http://www.nongsaro.go.kr>), 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침』에서 제시하는 지표를 이용한 가축 생애 전과정평가 결과임.

한우 거세우 비육기간 단축(2개월)으로 인한 효과를 종합하면 <표 5-31>과 같다. 이산화탄소로 환산한 마리당 온실가스 배출량은 237.3kg CO₂eq. 감소하였다.

〈표 5-31〉 한우 거세우 비육기간 단축(2개월)으로 인한 효과 종합

사료급여량 감소량	배합사료 (kg/마리)	벼짚 (kg/마리)	건초 (kg/마리)	사료 합계 (kg/마리)		음수량 (ℓ/마리)
	540.0	60.0	0.0	600		1,423.1
사료 영양성분 (양분투입량) 감소량	TDN 환산 사료급여량(kg/마리)	건물 (kg/마리)	조단백질(CP) (kg/마리)	칼슘(Ca) (kg/마리)	인(P) (kg/마리)	조지방(EE) (kg/마리)
	416.4	526.6	62.6	2.8	1.7	22.3
환경부담 감소량	분뇨배출량			온실가스 배출량		악취 물질 배출량
	분 (kg/마리)	뇨 (kg/마리)	합계 (kg/마리)	이산화탄소 환산 배출량 (kg CO ₂ eq./마리)		암모니아 (kg NH ₃ /마리)
	501.5	459.6	961.1	237.3		2.7

자료: 이 연구의 가축 생애 전과정평가 결과를 종합 정리함.

3.3.2. 젖소 육성기간 단축 및 경제수명 향상의 환경부담 저감 효과

가. 분석 개요

1) 젖소 육성기간 단축

젖소는 영양 관리에 의하여 생후 13~15개월령에 체중 350kg에 도달하게끔 육성하여 종부시키는 것이 가장 바람직한 사양 방법으로 제시되고 있다(농촌진흥청 국립축산과학원 한국가축사양표준 젖소 2017a). 우리나라 젖소 검정 농가의 초산월령은 2019년 기준 27.3개월이므로, 초임월령은 약 18개월 무렵으로 추정된다.⁶¹⁾ 초산월령을 2개월 앞당기려면 현재보다 2개월 정도 빠른 16개월령에 첫 임신이 성공해야 하는데, 이때 체중이 미달되면 초산 분만 이후에 번식기능의 회복이 어려워지고, 체고와 골반 등의 골격이 미성숙하면 난산의 확률이 높아질 수 있어 낙농가의 사양기술이 중요하게 영향을 미치고 있다.⁶²⁾

초산월령을 2개월 앞당긴다면 젖소의 육성기간을 2개월 감축할 수 있으며, 2개월 동안 투입되는 사료와 젖소 사육과정에서 배출되는 분뇨, 온실가스, 암모니아 등의 배출을 감소시킬 수 있다.⁶³⁾ 이 연구에서는 현행 초산월령 수준(27.3개월)의 초임월령 18개월령을 2개월 단축시켜 16개월령에 초임이 성공하였을 때의 환경부담 완화 효과를 평가한다.

61) 농협경제제주 젖소개량사업소(2020). 『2019년도 한국 유우군 능력검정 사업 보고서』에 따르면 2019년 초산월령은 27.3개월이며, 젖소의 임신기간(약 10개월)을 고려하면, 현재 우리나라 젖소의 평균 초임월령은 18개월 정도로 추정된다.

62) 젖소 수태당 수정횟수를 2회로 가정할 경우, 15개월령에 체중 350kg에 도달한다면 16개월령에 첫 임신 성공이 가능하다.

63) 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a). 『한국가축사양표준 젖소』에서는 초산월령을 27.8개월령에서 24개월령으로 앞당기면 $14\%((27.8-24)/27.8)$ 의 육성우 필요두수를 감축할 수 있으므로, 그만큼 육성비용을 절감할 수 있고, 더 엄격한 육성우의 선발을 할 수 있는 여력이 생길 수 있음을 지적하고 있다.

2) 젓소 경제수명 향상

젓소 경산우의 경제수명이 향상(도태산차를 연장)할 경우 젓소 육성우 마릿수 감축을 통해 송아지 출생 후 임신에 이르기까지 육성기간과 그 기간 동안 투입되는 사료, 물 등의 투입을 절감할 수 있으며, 젓소 육성기간 중 배출되는 가축분뇨와 메탄, 아산화질소 등 온실가스와 암모니아 등 악취 유발 물질의 배출을 감소시킬 수 있다. 이뿐만 아니라 젓소 도태산차(내용연수)는 젓소 감가상각비 및 자본용역비 산출 근거로 활용되기 때문에 도태산차 연장을 통해 낙농가의 원유생산비 절감 효과도 기대할 수 있다.

현행 축산물생산비 작성 시 적용하고 있는 젓소의 도태산차는 3.0산이며, 유우 군능력검정사업의 전국 도태산차는 2018년 3.12산으로 나타났다.

〈표 5-32〉 경산우 도태산차 현황

성과지표	2019 목표치	최근 3개년 실적			지표산출 시기	측정방식
		'16	'17	'18		
경산우 경제수명 (도태산차)	3.16	3.03	3.09	3.12	익년 3월	젓소개량사업소 전산자료

자료: 농림축산식품부(2019). 『원유생산비절감우수조합 지원사업 시행지침서』.

이 연구에서는 젓소 경산우의 도태산차 연장에 따른 사료 등 투입 감소와 환경부담 저감 효과를 분석하기 위해 현재 수준인 도태산차 3.0산을 기준으로 한 차례의 분만 및 착유 개시가 추가되는 도태산차 4.0산을 가정하여 분석하였다. 젓소의 도태산차가 3.0산일 경우 분만 1회당 육성우는 0.33마리(1마리/3.0산)가 필요하며 육성기간은 6개월(18개월/3.0산)이 소요된다. 젓소의 도태산차가 4.0산으로 향상될 경우 분만 1회당 육성우는 0.25마리(1마리/4.0산)가 필요하며 육성기간은 4.5개월(18개월/4.0산)이 소요된다. 즉, 젓소의 도태산차가 1.0산 향상될 경우의 분만 1회당 육성우 0.08마리, 육성기간 1.5개월 단축의 환경부담 완화 효과를 평가하였다.

나. 젖소 육성기간 단축 및 경제수명 향상의 전과정 영향평가 결과

젖소 육성기간이 단축(18개월에서 16개월로, 2개월 단축)될 경우 젖소 육성에 투입되는 사료급여량은 마리당 639.0kg 감축될 수 있다. 사료 종류별로 건초가 567.0kg으로 가장 많이 감축되며, 배합사료는 72.0kg 감축되는 것으로 나타났다.

〈표 5-33〉 젖소 육성기간의 사료 종류별 급여량

구분		월령 (월)	기간별 사육일(일)	평균체중 (kg)	사료 종류별 급여량(kg)				음수량 (ℓ/마리)
					배합사료	벼짚	건초	합계	
육성 단계 구분	어린송아지	1~3	90	81.0	76.5	0.0	81.0	157.5	430.2
	중송아지	4~6	90	145.0	184.5	0.0	144.0	328.5	1,031.9
	큰송아지	7~12	180	246.8	288.0	0.0	855.0	1143	3,604.1
	1차 종부 기간 (16개월령 임신)	13~16	120	356.3	178.5	0.0	891.0	1069.5	3,375.9
	2차 종부 기간 (18개월령 임신)	17~18	60	413.8	72.0	0.0	567.0	639	2,018.4
젖소 육성 및 종부기간 합계 (16개월령 임신)(A)		1~16	480	224.0	727.5	0.0	1,971.0	2698.5	8,442.1
젖소 육성 및 종부기간 합계 (18개월령 임신)(B)		1~18	540	245.1	799.5	0.0	2,538.0	3337.5	10,460.5
감축(B-A)		2	60	21.1	72.0	0.0	567.0	639.0	2,018.4

주 1) 이 연구에서 젖소 육성우 사료급여량은 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a). 『한국가축사양표준 젖소』의 조사료 품질에 따른 육성우 연령별 사료급여량(조사료 품질 중질 TDN 50~60%)을 적용함.

2) 배합사료는 성장단계별 배합사료를 각각 적용함.

3) 건초는 알팔파 1등급(건물 CP 16~20%) TDN 51.04%를 적용함.

4) 음수량은 농촌진흥청(2019). 『농업기술길잡이 1 낙농』에서 제시하고 있는 송아지와 육성우 “물 요구량 추정”에서 제시하고 있는 지표를 적용함(1개월령 송아지 2.5kg/일, 육성우 건물 1kg당 3.5kg).

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a). 『한국가축사양표준 젖소』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2019). 『농업기술길잡이 1 낙농』에서 제시하는 지표를 이용한 가축 생애 전과정평가 결과임.

젖소 육성기간에 급여하는 사료의 영양성분별 감축량(2개월 단축)은 조단백질이 101.2kg으로 가장 많으며, 조지방 12.4kg, 칼슘 7.7kg, 인 1.8kg이 감축되는 것으로 나타났다<표 5-34>.

젖소 육성기간 단축(2개월)으로 온실가스 종류별 배출량은 메탄이 32.4CH₄kg 감소하며, 아산화질소는 0.4N₂Okg 감소하였다<표 5-35>.

〈표 5-34〉 젖소 육성기간의 사료 영양성분별 급여량

구분		월령 (월)	기간별 사육일(일)	평균체중 (kg)	사료 영양성분별 급여량(kg/마리)					
					TDN 환산 사료급여량	건물 (DM)	조단백질 (CP)	칼슘 (Ca)	인 (P)	조지방 (EE)
육성 단계 구분	어린송아지	1~3	90	81.0	93.4	139.5	25.3	1.7	0.6	3.7
	중송아지	4~6	90	145.0	199.0	290.7	52.7	3.3	1.2	8.0
	큰송아지	7~12	180	246.8	634.2	1,015.2	182.5	13.2	3.6	23.5
	16개월령 임신	13~16	120	356.3	583.3	951.0	168.2	12.6	3.1	22.1
	18개월령 임신	17~18	60	413.8	341.2	568.6	101.2	7.7	1.8	12.4
젖소 육성 및 종부기간 합계 (16개월령 임신)(A)		1~16	480	224.0	1,509.8	2,396.4	428.6	30.8	8.5	57.2
젖소 육성 및 종부기간 합계 (18개월령 임신)(B)		1~18	540	245.1	1,851.0	2,964.9	529.8	38.5	10.3	69.6
감축(B-A)		2	60	21.1	341.2	568.6	101.2	7.7	1.8	12.4

주 1) 사료의 영양성분은 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』 및 한우사양표준 프로그램의 사료 원료별 성분을 적용함.

2) 배합사료는 성장단계별 배합사료의 영양성분을 각각 적용함.

3) 건초는 알팔파 1등급(건물 CP 16~20%) TDN 51.04%를 적용함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a). 『한국가축사양표준 젖소』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2019). 『농업기술길잡이 1 낙농』에서 제시하는 지표를 이용한 가축 생애 전과정평가 결과임.

〈표 5-35〉 젖소 육성기간의 분뇨, 온실가스, 암모니아 배출량 산출 결과

단위: kg/마리

구분		월령 (월)	분뇨배출량			온실가스 배출량			악취 물질
						장내 발효	가축분뇨처리		
			분	뇨	합계	메탄	메탄	아산화질소	암모니아
육성 단계 구분	어린송아지	1~3	360.8	178.0	538.8	6.1	1.9	0.1	1.2
	중송아지	4~6	751.9	426.9	1,178.8	12.7	3.9	0.2	2.6
	큰송아지	7~12	2,626.3	1,490.9	4,117.2	44.2	13.5	0.6	9.2
	16개월령 임신	13~16	2,460.0	1,396.5	3,856.5	41.4	12.6	0.6	8.6
	18개월령 임신	17~18	1,470.8	835.0	2,305.7	24.8	7.6	0.4	5.2
젖소 육성 및 종부기간 합계 (16개월령 임신)(A)		1~16	6,198.9	3,492.3	9,691.3	104.4	31.8	1.5	21.7
젖소 육성 및 종부기간 합계 (18개월령 임신)(B)		1~18	7,669.7	4,327.3	11,997.0	129.1	39.4	1.8	26.9
감축(B-A)		2	1,470.8	835.0	2,305.7	24.8	7.6	0.4	5.2

주 1) 분뇨배출량은 농림축산식품부에서 적용하고 있는 한우 분뇨 배출원단위 13.7kg/마리/일(표준체중 350kg)을 기준으로 분은 건물섭취량, 뇨는 음수량을 이용해 월령별로 산출함.

2) 온실가스 배출량은 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』의 온실가스 종류별 배출계수 및 배출량 산출방식을 준용하였으며, 분뇨 배출원단위 산정의 표준체중을 기준으로 월령별로 산출함.

3) 암모니아 배출량은 환경부 국가미세먼지정보센터(2020). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)』의 소 연령별 암모니아 배출계수와 월령별 분뇨발생량을 기준으로 월령별로 산출함.

4) 육성우는 착유를 하지 않기 때문에 세정수 발생은 없는 것으로 간주함.

자료: 가축 생애 전과정평가 결과임.

젖소 육성기간 단축(2개월)으로 인한 효과를 종합하면 <표 5-36>과 같다. 젖소 육성기간 단축으로 분뇨배출량은 2,305.7kg 감소하며, 이산화탄소로 환산한 젖소 마리당 온실가스 배출량은 787.7kg CO₂eq. 감소하였다. 악취 유발 물질인 암모니아 배출은 5.2kg NH₃ 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 5-36〉 젖소 육성기간 단축(초산월령 2개월 단축)으로 인한 효과 종합

사료급여량 감소량	배합사료 (kg/마리)	벼짚 (kg/마리)	건초 (kg/마리)	사료 합계 (kg/마리)	음수량 (ℓ/마리)	
	72.0	0.0	567.0	639	2,018.4	
사료 영양성분 (양분투입량) 감소량	TDN 환산 사료급여량(kg/마리)	건물 (kg/마리)	조단백질(CP) (kg/마리)	칼슘(Ca) (kg/마리)	인(P) (kg/마리)	조지방(EE) (kg/마리)
	341.2	568.6	101.2	7.7	1.8	12.4
환경부담 감소량	분뇨배출량			온실가스 배출량	악취 물질 배출량	
	분 (kg/마리)	뇨 (kg/마리)	합계 (kg/마리)	이산화탄소 환산 배출량 (kg CO ₂ eq./마리)	암모니아 (kg NH ₃ /마리)	
	1,470.8	835.0	2,305.7	787.7	5.2	

자료: 가축 생애 전과정평가 결과를 종합 정리함.

젖소의 경제수명 향상(도태산차 연장) 효과는 젖소 육성기간 중에 투입하는 사료와 배출 분뇨 및 온실가스, 악취 유발량을 통해 산출할 수 있다. 현행 육성기간(18개월)에서 젖소 도태산차 연장(1산)을 할 경우 분뇨배출량은 999.7kg, 온실가스 배출은 342.3kg CO₂eq., 암모니아 배출은 1.8kg NH₃ 감소하였다.

〈표 5-37〉 젖소 경제수명 향상(도태산차 연장)으로 인한 효과 종합

사료급여량 감소량	배합사료 (kg/마리)	벼짚 (kg/마리)	건초 (kg/마리)	사료 합계 (kg/마리)	음수량 (ℓ /마리)		
	66.6	0.0	211.5	278.1	871.7		
사료 영양성분 (양분투입량) 감소량	TDN 환산 사료급여량(kg/마리)		건물 (kg/마리)	조단백질(CP) (kg/마리)	칼슘(Ca) (kg/마리)	인(P) (kg/마리)	조지방(EE) (kg/마리)
	154.2		247.1	44.2	3.2	0.9	5.8
환경부담 감소량	분뇨배출량			온실가스 배출량	악취 물질 배출량		
	분 (kg/마리)	뇨 (kg/마리)	합계 (kg/마리)	이산화탄소 환산 배출량 (kg CO ₂ eq./마리)	암모니아 (kg NH ₃ /마리)		
	639.1	360.6	999.7	342.3	1.8		

주: 젖소 경제수명 향상(도태산차 연장) 효과는 현행 육성기간(18개월)을 기준으로 작성함.

자료: 가축 생애 전과정평가 결과를 종합 정리함.

3.3.3. MSY 향상의 환경부담 저감 효과(양돈 모돈)

가. 분석 개요

양돈 생산성을 나타내는 대표적인 지표 중 모돈 마리당 출하 마릿수(MSY)는 모돈 1마리가 연간 출하하는 비육우 마릿수를 의미한다. MSY는 정부 통계에서 공식적으로 발표를 하지 않지만 모돈 마릿수와 도축 마릿수를 이용하여 계산할 수 있다(국승용 외 2020). MSY(전년 모돈 수 기준)는 2000년 15.0마리에서 2020년 17.9마리로 증가하였다.

〈표 5-38〉 연도별 모돈 두당 출하 마릿수(MSY) 추이

구분	연말 모돈수 (천 마리)	연간 총 도축두수 (천 마리)	모돈 두당 출하두수(MSY)(마리)	
			전년 모돈 기준	당년 모돈 기준
2000	912.1	13,293.1	15.0	14.6
2018	1,063.5	17,369.0	16.4	16.3
2019	1,025.8	17,825.2	16.8	17.4
2020	1,001.4	18,330.0	17.9	18.3

주: MSY = 총 도축 마릿수 / 연평균 모돈 수

자료: 축산물품질평가원(2021). 『2020 등급판정통계연보』, 농협 축산정보센터(각 연도). 『가축통계』를 이용하여 산출함.

2018년 기준 외국의 MSY는 덴마크 31.4마리, 네덜란드 29.0마리, 미국 24.5마리이며, 이들 국가와 비교 시 국내 양돈업의 모돈 생산성은 크게 낮은 상황이다. 우리나라의 MSY가 주요 축산선진국에 비해 낮은 주요 원인은 실 산자수, 이유 후 육성률, 모돈 회전율이 낮기 때문으로 지적되고 있다(농촌진흥청 2018a).

〈표 5-39〉 각국의 모돈 두당 출하 마릿수 비교(2018년)

단위: 마리

구분	유럽								북미		한국
	덴마크	네덜란드	프랑스	스페인	벨기에	스웨덴	독일	영국	미국	캐나다	
모돈두당 출하두수(MSY)	31.4	29	26.6	25.2	27.3	25.8	28.5	27.2	24.5	23.3	16.4

주: 한국의 MSY는 당년도 '돼지 도축 마릿수/전년도 모돈 마릿수'로 계산함.

자료: UK Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB)(2020). *2018 pig cost of production in selected countries*; 국승용 외(2020: 45). 『돼지고기 수급 및 유통체계 분석』 재인용; 대한한돈협회(2019). 『한돈팜스 전국 한돈농가 2018년 전산성적 2020년 수급전망』.

양돈농가의 MSY가 향상되면 동일한 수준의 돼지고기 공급을 위해 필요한 모돈 마릿수를 줄일 수 있다. 모돈 수 감축으로 사료 투입량 및 가축분뇨 발생량, 온실가스 및 악취 유발 물질 배출량을 감소시킬 수 있다. 이 연구에서는 양돈농가의 MSY 향상에 따른 영향을 분석하기 위해 2020년 돼지고기 공급량(도축 마릿수)을 생산하기 위한 MSY 수준별 모돈 필요량을 산출하였으며, 이를 통해 모돈 사육 마릿수 감축에 따른 환경부담 완화 효과를 평가하였다. MSY 향상 수준은 2020년 기준 17.9마리에서 20마리, 25마리, 30마리로 향상을 가정하여 분석하였다.

나. 양돈 MSY 향상의 전과정 영향 평가 결과

2020년 돼지고기 공급량(돼지 도축 마릿수)을 기준으로 MSY가 향상되었을 때 필요한 모돈 마릿수를 계산하여, MSY 수준별 모돈 감축 마릿수를 계산하였다. MSY가 20.0마리로 향상할 경우 10만 마리의 모돈을 감축할 수 있으며, 미국과 비슷한 수준인 25.0마리로 향상할 경우 29만 마리, 네덜란드와 비슷한 수준인 30.0마리로 향상할 경우 41만 마리의 모돈을 감축할 수 있다.

〈표 5-40〉 2020년 돼지 도축 마릿수 기준 MSY 지표별 모돈 필요 마릿수 산출 결과

단위: 천 마리

MSY 실적 및 목표			돼지 도축 마릿수 (2020년 기준)	2020년 모돈 마릿수(A)	MSY 수준별 필요 모돈 마릿수(B)	모돈 감축 마릿수	
기준		MSY (마리)				감축 마리(A-B) (C)	감축 비율 (C/A, %)
국내 실적	2018년 실적	16.4	18,330	1,026	1,118	-91.8	-9.0
	2020년 실적	17.9	18,330	1,026	1,026	0.0	0.0
해외 주요국 실적	미국	24.5	18,330	1,026	748	277.7	27.1
	독일	28.5	18,330	1,026	643	382.7	37.3
	네덜란드	29.0	18,330	1,026	632	393.8	38.4
MSY 향상 목표		20.0	18,330	1,026	916	109.3	10.7
		25.0	18,330	1,026	733	292.6	28.5
		30.0	18,330	1,026	611	414.8	40.4

주 1) 우리나라의 모돈 MSY는 당년도 '돼지 도축 마릿수/전년도 모돈 마릿수'로 계산함.

2) 해외 주요국 실적은 2019년 돼지고기 수입량이 많은 미국(1위), 독일(2위)과 주요 양돈선진국인 네덜란드의 2018년 기준 MSY실적을 제시함.

자료: 축산물품질평가원(2021). 『2020 등급판정통계연보』, 농협 축산정보센터(각 연도). 『가축통계』, UK Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB)(2020). *2018 pig cost of production in selected countries*; 국승용 외(2020). 『돼지고기 수급 및 유통체계 분석』 재인용; 대한한돈협회(2019). 『한돈팜스 전국 한돈농가 2018년 전산성적 2020년 수급전망』을 이용하여 산출함.

MSY 수준별 모든 사육에 따른 사료급여량과 분뇨배출량을 집계하였다. 2020년 실적인 MSY 17.9마리의 모든 사료급여량은 112만 톤이나, MSY가 20.0마리로 향상될 경우 사료급여량은 100만 톤으로 감소하며, 25.0마리로 향상될 경우 80만 톤으로 감소하였다. 한편 모든의 분뇨배출량은 2020년 기준 458만 톤이나, MSY가 20.0마리로 향상될 경우 409만 톤으로 감소하며, 25.0마리로 향상될 경우 328만 톤으로 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 5-41〉 모든 사육에 따른 사료·물 투입 및 분뇨 배출량(양돈산업 전체)

MSY 실적 및 목표		MSY 수준별 모든 마릿수 (천 마리)	모든 사료급여량 (천 톤/년)	모든 음수량 (ℓ/년)	분뇨배출량			
기준	MSY				분 (천 톤/년)	뇨 (천 톤/년)	세정수 (천 톤/년)	합계 (천 톤/년)
2020년 실적	17.9	1,026	1,123.3	3,557.1	781.8	1,563.6	2,237.6	4,583.0
MSY 향상 목표	20.0	916	1,003.6	3,178.0	698.5	1,397.0	1,999.1	4,094.5
	25.0	733	802.9	2,542.4	558.8	1,117.6	1,599.3	3,275.6
	30.0	611	669.0	2,118.6	465.7	931.3	1,332.7	2,729.7

주 1) 모든 마리당 사료급여량은 임신여부, 포유여부, 육성기간 등에 따라 다르나, 모든 사육프로그램을 참고하여 3kg/일/마리를 적용함.

2) 모든 마리당 음수량은 농촌진흥청(2018a). 『농업기술길잡이 3 돼지기르기』에서 제시하고 있는 모든 마리당 1일 물 요구량(5.4ℓ ~ 13.6ℓ, 평균 9.5ℓ)을 적용함.

3) 모든 평균 체중은 농촌진흥청(2018). 『농업기술길잡이 3 돼지기르기』에서 제시하고 있는 랜드레이스(Landrace) 종의 6개월령과 16개월령의 평균 체중(144kg/마리)을 적용함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017c). 『한국가축사양표준 돼지』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2018a). 『농업기술길잡이 3 돼지기르기』, 농촌진흥청 농사로 농업기술포털(<http://www.nongsaro.go.kr>), 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침 개정』에서 제시하는 지표를 이용한 전 과정 평가 결과임.

MSY 수준별 모든 사육에 따른 온실가스 및 악취 유발 물질 배출량을 집계하였다. 2020년 실적인 MSY 17.9마리의 모든 온실가스 배출량은 이산화탄소 환산 33만 톤이나, MSY가 20.0마리로 향상할 경우 온실가스 배출량은 29만 톤으로 감소하며, 25.0마리로 향상할 경우 23만 톤으로 감소하였다. 한편 모든의 악취 유발 물질(NH₃) 배출량은 2020년 기준 2만 2천 톤이나, MSY가 20.0마리로 향상할 경우 2만 톤으로 감소하며, 25.0마리로 향상할 경우 1만 6천 톤으로 감소하였다.

〈표 5-42〉 모든 사육에 따른 온실가스, 암모니아 배출량(양돈산업 전체)

MSY 실적 및 목표		MSY 수준별 모든 마릿수 (천 마리)	온실가스 배출량				악취 유발 물질 배출
기준	MSY		장내 발효	가축분뇨처리		합계	
			메탄 (천 톤 CH ₄ /년)	메탄 (천 톤 CH ₄ /년)	아산화질소 (천 톤 N ₂ O/년)	이산화탄소 환산 배출량 (천 톤 CO ₂ eq./년)	암모니아 (천 톤 NH ₃ /년)
2020년 실적	17.9	1,026	3.7	7.4	0.3	328.5	22.0
MSY 향상 목표	20.0	916	3.3	6.6	0.3	293.5	19.6
	25.0	733	2.6	5.3	0.2	234.8	15.7
	30.0	611	2.2	4.4	0.2	195.7	13.1

주 1) 분뇨배출량은 농림축산식품부에서 적용하고 있는 돼지 분뇨 배출원단위 5.1kg/마리/일(표준체중 60kg)을 기준으로 모든 평균 체중(144kg)으로 환산하여 산출함.

2) 온실가스 배출량은 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』의 온실가스 종류별 배출계수 및 배출량 산출방식을 준용하였으며, 분뇨 배출원단위 산정의 표준체중(60kg)을 기준으로 모든 평균 체중(144kg)으로 환산하여 산출함.

3) 암모니아 배출량은 환경부 국가미세먼지정보센터(2020). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(Ⅳ)』의 돼지 모돈(6개월 이상 암컷)의 암모니아 배출계수(21.4NH₃kg/마리·년)를 적용함.

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017c). 『한국가축사양표준 돼지』, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017d). 『한국가축사양표준 사료성분표』, 농촌진흥청(2018a). 『농업기술길잡이 3 돼지기르기』, 환경부 온실가스종합정보센터(2020). 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』, 환경부 국가미세먼지정보센터(2020). 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(Ⅳ)』, 농촌진흥청 농사로 농업기술포털(<http://www.nong-saro.go.kr>), 국립환경과학원(2014). 『수질오염총량관리기술지침 개정』에서 제시하는 지표를 이용한 전과정 평가 결과임.

MSY 변화를 기준으로 산출한 양돈산업의 환경부담 저감 효과 분석 결과, MSY가 2020년 실적인 17.9마리에서 20.0마리로 향상할 경우 분뇨배출량은 48만 8,500톤, 이산화탄소로 환산한 온실가스 배출량은 3만 5,000톤 CO₂eq., 암모니아 배출은 2,339.9톤 NH₃ 감소하였다. MSY가 25.0마리로 향상될 경우 분뇨배출량은 130만 7,400톤, 온실가스 배출(CO₂ 환산) 9만 4,000톤 CO₂eq., 암모니아 배출은 6,262.5톤 NH₃ 감소하였다.

〈표 5-43〉 MSY 향상(모든 사육 마릿수 감축)으로 인한 양돈산업의 환경부담 저감 효과

사육 마릿수 사료·물 투입 감소 효과	구분		모든 사육 마릿수 감축(천 마리)	사료 투입 감소량 (천 톤/년)	음수 감소량 (백만 ℓ /년)		
	기준	MSY					
	MSY 향상 목표	20.0	109.3	119.7	379.1		
		25.0	292.6	320.4	1,014.7		
30.0		414.8	454.3	1,438.5			
분뇨배출 감소 효과	구분		분뇨 배출 감소량				
	기준	MSY	분(천 톤/년)	뇨(천 톤/년)	세정수(천 톤/년)	합계(천 톤/년)	
	MSY 향상 목표	20.0	83.3	166.7	238.5	488.5	
		25.0	223.0	446.1	638.3	1,307.4	
		30.0	316.2	632.3	904.9	1,853.3	
온실가스 및 악취물질 배출 감소 효과	구분		온실가스 배출 감소량				악취 배출 감소
			장내 발효	가축분뇨처리		합계	
	기준	MSY	메탄 (톤 CH ₄ /년)	메탄 (톤 CH ₄ /년)	아산화질소 (톤 N ₂ O/년)	이산화탄소 환산 배출량 (톤 CO ₂ eq./년)	암모니아 (톤 NH ₃ /년)
			20.0	393.6	787.3	32.9	
	MSY 향상 목표	25.0	1,053.5	2,107.0	88.2	93,707.9	6,262.5
		30.0	1,493.4	2,986.9	125.0	132,837.9	8,877.6

주 1) 양돈산업 전체 효과임.

2) 사료 등 투입과 분뇨 및 온실가스 등 배출 감소 효과는 2020년 대비 감소량을 제시함.

자료: 가축 생애 전과정평가 결과를 종합 정리함.

3.4. 가축 생애 전과정해석: 축종별 사양관리의 환경부담완화 및 경제적 효과 분석

전과정평가의 마지막 단계인 ‘전과정해석(Life Cycle Interpretation)’ 단계에서는 앞선 ‘전과정 목록분석’ 및 ‘전과정 영향 평가’ 결과를 종합하여 평가 및 결론을 도출한다. 여기에서는 축종별 사양관리 변화에 따른 환경 효과와 경제 효과를 종합하여 제시하였다.

3.4.1. 한우 비육기간 단축의 경제 효과와 환경 효과

2020년 한우 등급별 출현율 및 월령별 출하 실적을 기준으로 출하월령별 기대수익을 산출하였다. 한우 거세우 비육기간을 단축해 28개월령에 출하할 경우의 기대수익은 육질등급 하락과 도체중 감소로 마리당 33만 원 감소하는 것으로 분석되었다.

〈표 5-44〉 2020년 한우 출하월령별 등급별 출현율 및 기대수익

구분		한우 수소 (원/kg)	한우 암소 (원/kg)	한우 거세우 경락가격		
				거세 (원/kg)	등급별 출현율(%)	
					28개월령	30개월령
육질	1 ⁺⁺	23,218	23,677	23,168	29.8	33.7
	1 ⁺	20,847	21,296	21,489	31.2	31.7
	1	19,171	19,539	20,177	26.7	24.8
	2	16,234	15,712	16,439	11.7	9.4
	3	12,191	12,350	12,130	0.6	0.4
	D	4,496	5,368	6,179	0.0	0.0
육량	A	12,907	18,613	22,099		
	B	13,366	17,908	21,205		
	C	14,057	17,009	19,939		
소계		13,069	17,767	21,135		
육질등급 평균 가격(원/kg)					20,984.9	21,211.2
평균 도체중(kg)					439	450

자료: 축산물품질평가원 홈페이지, “등급판정통계 소도체.”(<https://www.ekapepia.com/>, 검색일: 2021. 9. 30.), 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>, 검색일: 2021. 9. 30.)을 이용해 작성함.

한우 거세우 비육기간을 단축할 경우 사료비가 22만 원 절감되나, 축산물 판매수익이 33만 원 감소하여, 경제적 효과는 11만 원/마리 손실이 발생하였다. 한편 비육기간 단축에 의한 온실가스 배출 감소 등 환경부담 완화 효과는 마리당 237kg CO₂eq.인 것으로 분석되었다. 한우 거세우 비육기간 단축을 위해서는 농가의 경제적 손실을 보전할 수 있는 방안이 검토될 필요가 있다.

〈표 5-45〉 한우 비육기간 단축의 경제 효과와 환경 효과(마리당 효과)

환경부하 저감 방안	경제적 효과			환경부담 완화 효과		
	사료비 절감 (원/마리)	축산물 판매수익 변화 (원/마리)	합계 (원/마리)	가축분뇨 배출감소 (kg/마리)	온실가스 배출감소 (kg CO ₂ eq./마리)	축산악취물질 배출감소 (kg NH ₃ /마리)
한우 거세우 비육기간 단축 (28개월령 출하(2개월 단축))	224,953	-332,676	-107,723	961.1	237.3	2.7

자료: 가축 생애 전과정평가 결과.

3.4.2. 젖소 육성기간 단축 및 경제수명 향상의 경제적 효과와 환경 효과

젖소의 육성기간을 단축할 경우 27만 원의 사료비를 절감할 수 있으며, 도태산차 연장의 경우 9만~12만 원의 사료비 절감과 21만 원의 젖소 감가상각비 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 육성기간 단축과 더불어 도태산차가 연장된다면 총 57만 원의 경제적 효과가 있어 생산비 절감 효과가 큰 것으로 나타났다.

〈표 5-46〉 젖소 육성기간 단축 및 경제수명 향상의 경제 효과와 환경 효과(마리당 효과)

환경부하 저감 방안		경제적 효과			환경부담 완화 효과		
		사료비 절감 (원/마리)	젖소 감가상각비 절감 (원/마리)	합계 (원/마리)	가축분뇨 배출감소 (kg/마리)	온실가스 배출감소 (kg CO ₂ eq./마리)	축산악취물질 배출감소 (kg NH ₃ /마리)
육성기간 단축(2개월 단축)		267,751	-	267,751	2,305.7	787.7	5.2
젖소 경제수명 향상	육성기간 현행 (18개월)	117,159	206,000	323,159	999.7	342.3	1.8
	육성기간 단축 (16개월)	94,867	206,000	300,867	807.6	276.7	3.5
젖소 육성기간 단축 및 경제수명 향상		362,619	206,000	568,619	3,113.3	1,064.4	8.7

주 1) 도태산차 연장에 의한 젖소 감가상각비 절감은 통계청(각 연도) 『축산물생산비통계』의 젖소 마리당 사육비의 젖소감가상각비 계산 방식에 적용하는 도태산차가 3.0산에서 4.0산으로 연장되었을 경우 젖소 감가상각비 절감액을 반영함.

2) 여기서 도태산차 연장의 육성기간 단축(16개월)의 효과는 도태산차 연장 효과만 제시하고 있으며, 육성기간이 단축되었기 때문에 육성기간 현행(18개월)의 효과보다 낮게 나타남.

자료: 가축 생애 전과정평가 결과.

3.4.3. 양돈 MSY 향상의 경제적 효과와 환경 효과

모든 MSY가 25.0마리로 향상될 경우 양돈산업 전체 사료비가 1,911억 원 절감되며, 가축분뇨 배출량이 130만 톤 감소되는 등 환경부담 완화 효과도 큰 것으로 나타났다. 특히 축산악취물질(암모니아)의 배출량도 6,262톤 감축되어 악취 문제 완화에 도움이 될 것으로 평가되었다. 양돈산업의 MSY 향상을 위한 사양기술 개발, 종축 개발 등 다양한 노력이 필요하다.

〈표 5-47〉 양돈 모든 MSY 향상의 경제 효과와 환경 효과(양돈산업 전체)

환경부하 저감 방안		경제적 효과			환경부담 완화 효과		
		사료비 절감 (백만 원/ 년)	축산물판매 수익 변화 (백만 원/ 년)	합계 (백만 원/ 년)	가축분뇨 배출 감소 (천 톤/년)	온실가스 배출 감소 (톤 CO ₂ eq./년)	축산악취물질 배출 감소 (톤 NH ₃ /년)
MSY 향상 목표	20.0	71,409	-	71,409	488.5	35,012.9	2,339.9
	25.0	191,141	-	191,141	1,307.4	93,707.9	6,262.5
	30.0	271,021	-	271,021	1,853.3	132,837.9	8,877.6

자료: 가축 생애 전과정평가 결과.

분석결과의 종합 및 정책과제

분석결과의 종합 및 정책과제

1. 분석결과의 종합 및 축산업 발전 방향

축산업이 농업생산액에서 차지하는 비중은 지속적으로 확대되고 있고 높은 축산소득은 농가소득 향상에도 크게 기여하였으나, 축산물 생산과정에서 발생하는 냄새를 비롯한 다양한 환경문제는 축산업 규제강화로 이어져 축산업 발전을 제약하고 있다. 많은 지방자치단체들이 주거밀집지역으로부터의 가축사육 제한 거리 규정 등을 강화함에 따라 축산농가의 신규 진입이 어려운 상태이며, 기존 축산농가들도 축산악취 민원 증가 등으로 어려움을 겪고 있다.

2006년 「가축분뇨법」이 제정된 이후 축산환경정책은 가축분뇨의 정화 후 방류에서 자원화로 전환되었고 정부도 다양한 축산환경정책을 추진하고 있으나, 농림축산식품부와 환경부의 소관 법률과 지침 등 관련 규정이 상호 간에 달라 현장에서 혼란을 초래하는 것으로 분석되었다. 두 부처 간에 축산단위 면적당 적정 사육두수 기준이 다르며, 퇴·액비 중금속 허용기준치도 다른 것으로 분석되었다. 그리고 가축분뇨 관리체제도 두 부처로 이원화되어 있었다.

축산업 환경문제의 심각성에 대해 이해관계자 설문조사 결과 축산농가와 일반국민의 인식에 있어 차이가 큰 것으로 분석되었다. 축산업 환경문제에 대해 일반국민들은 심각하게 받아들이고 있는 반면 축산농가는 그렇지 않은 것으로 나타났다. 일반국민들의 축산악취 경험자 대부분이 상당한 불쾌감을 느끼는 것으로 조

사되었으며, 축산농가도 악취 민원을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 그리고 축산농가의 45.3%는 축산환경개선을 위해 일정 수준 비용을 부담할 의향이 있는 것으로 조사되었다.

축산환경정책 관련 해외사례 검토 결과, EU에서는 토양 및 수질오염을 관리하기 위하여 질산염 지침에 따라 1ha당 170kg의 질소 배출만 허용하고 있는 것으로 조사되었으며, 강우 등으로 인한 비점오염을 막기 위해 시비 금지 기간 설정 및 분뇨 저장시설을 의무화하고 있었다. 독일과 덴마크는 축사와 거주지 간의 이격거리를 설정하고 축산악취농도를 측정하여 관리하고 있었다. EU 회원국들 중 여러 국가가 가축분뇨를 이용한 바이오가스 생산을 장려하기 위해 발전차액지원제도(FIT)를 시행하고 있었다.

환경산업연관표를 이용하여 축산업의 환경영향을 분석한 결과, 2018년 축산업 온실가스 배출량 951만 톤 중 한우산업이 차지하는 비중은 51.9%로 분석되어 매우 비중이 높게 나타났으며, 축산업의 암모니아 배출량 23만 2,000톤 중 양돈산업이 46.1%를 차지하여 매우 큰 비중을 보여주었다. 가축의 사육단계별 온실가스 발생량을 파악하기 위하여 가축 생애 전과정평가(LCA)를 실시한 결과, 한우 거세우의 출하시기를 30개월령에서 28개월령으로 2개월 단축하였을 경우 온실가스 배출량(CO₂환산)은 마리당 237kg 감소하는 것으로 분석되었으며, 모든 두당 출하두수(MSY)가 현재 17.9두에서 유럽 수준인 25두로 향상되었을 때 돼지고기 필요량 대비 모든 수 감축으로 양돈산업의 온실가스 배출량은 9만 4,000톤 감소하는 것으로 분석되었다.

가축 생애 전과정평가(LCA)에서 시사하는 바는 양돈산업의 생산성 향상이 온실가스 감소와 더불어 사료비 절감으로 이어져 경제적 효과도 매우 크고, 한우산업의 비육기간 단축도 온실가스 감축에 크게 기여하는 것으로 분석된다는 것이다. 그러나 한우산업의 경우 비육기간 단축으로 인해 육질등급 하락과 도체중 감소와 같은 손실도 함께 발생하는 것으로 분석되어, 온실가스 감축을 위해 비육기간을 단축할 경우 손실 보전방안 마련에 대한 검토가 필요한 것으로 나타났다.

지금까지 살펴본 바와 같이 축산업의 발전을 위해서는 축산환경규제 강화에 적

극적으로 대응하고 축산업의 선진화를 통해 지속가능성을 높여 나가는 것이 매우 중요하다. 축산업의 선진화에 대한 정의는 다양할 수 있지만, 정민국 외(2011)는 환경적·경제적으로 지속가능하고(Sustainable), 가축방역과 사양기술이 뛰어나며(Technological), 생산성과 품질 수준이 높고(Advanced), 생산과 소비 간 신뢰 가능하며(Believed), 축산종사자의 의식 수준이 높고(Level-up), 공정하여(Equitable) 전체적으로 안정된 상태(STABLE)로 정의하였다.

〈표 6-1〉 축산업의 환경영향 분석결과와 축산업 발전방향

축산 환경영향 분석결과	축산업 발전 방향과 과제
• 축산업의 환경문제로 축산업 신규 진입 규제 강화 - 지자체의 가축사육제한 기준 강화, 축산업 허가제 도입	• 축산업의 환경적 지속가능성 강화 • 지역단위 축산업의 환경성과 경제성의 균형 - 경축순환농업 활성화 및 지역단위 경종과 축산의 균형
• 축산환경 규제는 기존 축산농가에 대해서도 영향 - 가축분뇨의 수질오염원 지적, 축산업 방류수 수질 기준 강화 - 축산악취 민원 증가, 퇴·액비 부숙도 기준 강화	• 축산환경 문제 대응 기술 개발 및 ICT 등 활용한 스마트 축산 생산기반 구축 • 탄소중립(Net-zero)달성을 위한 온실가스 저감기술 개발 및 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산 확대
• 농림축산식품부와 환경부의 축산환경 관련 제도의 상이 - 축사단위면적당 적정사육두수, 퇴·액비 중금속 함량 기준 상이 • 농림축산식품부와 환경부의 가축분뇨 관리체계 이원화 • 축산업의 전과정평가 결과, 생산성 향상이 탄소저감에 크게 기여	• 관련 제도개선으로 축산물 생산의 안전성 강화 및 가축분뇨 통합관리 • 축산업의 사양관리 개선 및 생산성 향상을 통한 탄소저감 및 경쟁력 제고
• 축산농가의 축산환경 문제 인식 저하 • 농촌지역의 축산악취 민원 증가	• 축산경영체의 책임의식 강화 • 지역 내 갈등구조 해소

자료: 저자 작성.

축산업 환경영향 분석 결과를 토대로 축산업의 발전 방향을 모색하면, 축산업은 환경적 지속성을 강화하여 지역단위에서 반드시 환경적 측면과 경제적 측면에서 균형을 달성하는 방향으로 나아가야 한다. 따라서 지속가능한 축산업 발전을 위한 주요 정책과제는 첫째, 축산업 환경문제 해결을 통한 환경규제에 대한 적극적인 대응과 농촌지역의 축산환경 문제로 인한 갈등 구조 해소이며, 둘째는 축산업 생산의 시스템을 선진화하는 것이라 할 수 있다. 마지막으로 탄소중립(Net-Zero) 달성을 위한 축산부문의 온실가스 감축도 매우 중요한 과제 중 하나이다.

2. 축산업의 환경규제 강화 대응과제

2.1. 축산환경규제에 대응한 적극적인 제도개선

축산업의 환경규제에 대응하여 축산업의 발전을 도모하기 위해서는 「축산법」의 수정 및 보완이 필요하다. 환경부 「악취방지법」에서는 암모니아 및 황화수소를 악취물질로 규정하고 축산시설 및 도축시설 등을 악취배출시설로 규정하고 있다. 따라서 축산농가 및 축산 관련 종사자가 축산악취 문제를 보다 적극적으로 해결할 수 있도록 축산업 발전의 기본법이라 할 수 있는 「축산법」에 축산악취 저감 시설 및 물질이 포함되도록 규정화하고, 이러한 시설이 축사시설현대화사업 등 투·융자 사업과 연계되도록 할 필요가 있다.

환경부와 농림축산식품부의 소관 법률 규정이 상이하여 현장에서 혼돈을 야기하는 조항에 대해 상호조정 내지는 개선이 필요하다. 먼저, 축산업의 사육환경 개선을 위해 단위면적당 사육두수의 기준이 조정되어야 할 것이다. 농림축산식품부의 「축산법」에서 정하는 기준과 환경부 ‘가축분뇨 자원화시설 표준설계도’에서 정하는 기준이 달라 현장에서 혼란을 야기하고 있다.

환경부의 ‘가축분뇨 자원화시설 표준설계도’에서 규정하고 있는 축종별 마리당 최소한의 축사 면적은 한우의 경우 12㎡, 돼지의 경우 1.4㎡이다. 축산법에는 가축의 성장단계별, 경영 형태별로 마리당 축사 면적 기준을 제시하고 있어 직접적으로 비교하는 데 한계가 있을 수 있으나, 돼지의 경우 임신돈의 축사 면적이 1.4㎡인 것을 고려할 때 축산법의 기준이 표준설계도보다 다소 완화된 수준이다. 축사실태조사와 전문가의 의견을 수렴하여 농림축산식품부와 환경부의 가축 마리당 축사 면적의 기준을 조정할 필요가 있는지 검토하고 필요 시 관련 규정 개정이 필요하다.

〈표 6-2〉 「가축분뇨법」과 「축산법」의 가축 마리당 사육 면적 비교

단위: m²/마리

구분	축산법(A)	가축분뇨법(B) (자원화시설 표준설계도)	차이(B-A)
한우	10.0 (번식우)	12.0	2.0
돼지	0.79 (일관경영)	1.4	0.6

자료: 농림축산식품부·환경부·농협중앙회(2009). 『가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)』.

다음으로 가축분뇨 퇴·액비 관련 규정 조정이 필요하다. 현재 환경부와 농림축산식품부의 가축분뇨 퇴·액비 관련 규정이 다르다. 환경부의 「가축분뇨법」 시행령 별표 3에 제시하는 퇴비화의 비료공정규격에서 중금속 최대 허용 범위는 구리 500mg/kg 이하, 아연 1,200mg/kg 이하이다. 그러나 농림축산식품부 「비료관리법」 시행령 별표 1에는 유기질비료 및 부산물비료(퇴·액비)의 경우 구리 300mg/kg 이하, 아연 900mg/kg 이하로 규정되어 있다. 「가축분뇨법」과 「비료관리법」의 관련 규정을 재검토하여 합리적으로 조정될 필요가 있다.

〈표 6-3〉 농림축산식품부 「비료관리법」과 환경부 「가축분뇨법」의 퇴·액비 공정규격 비교

농림축산식품부		환경부		
중금속	함유할 수 있는 허용량	축종	항목	기준
납	150mg/kg	모든 가축	부속도	환경부와 농림축산식품부 장관이 협의하여 정한 고시 기준에 적합할 것
카드뮴	5mg/kg		함수율	70% 이하
구리	300mg/kg	돼지	구리	500mg/kg이하
아연	900mg/kg		아연	1200mg/kg 이하
니켈	50mg/kg	소·젖소	염분	2.5% 이하

주: 「비료관리법」과 「가축분뇨법」을 토대로 저자 작성.

자료: 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/main.html>, 검색일: 2021. 6. 3.).

그리고 가축분뇨 관리체계의 일원화 또는 통합관리도 필요하다. 환경부 ‘가축분뇨 전자인계관리시스템’ 및 농림축산식품부의 ‘가축분뇨자원화 관리시스템(Agrix프로그램)’ 등 가축분뇨관리로 인해 가축분뇨의 불법 투기 등이 크게 감소하여 축산계의 점오염원은 많이 감소하였으나, 강우유출 비점오염원에서 가축분뇨가 큰 비중을 차지하고 있어 축산계의 비점오염원 관리에는 한계가 있는 것으로 파악된다. 가축분뇨 관리체계의 일원화를 통해 토양의 양분관리를 비롯하여 강우시기를 고려한 퇴·액비 적정 살포 시기 설정 등 가축분뇨 관리체계의 효율성이 제고되고, 지역단위 축산계 비점오염원 관리도 강화되도록 할 필요가 있다.

2.2. 축산환경규제 대응 기술개발(R&D) 강화

축산농가 조사 결과에서 축산환경오염으로 인해 민원을 받은 경험이 있는 축산농가는 31.4%이며, 민원 내용의 79%가 축산악취였다. 축산악취는 축사시설과 가축분뇨 처리시설에서 주로 발생하고 있기 때문에 축산악취 문제를 해결하기 위해서는 축사환경 개선과 악취 저감 기술개발이 매우 중요하다. 축산악취 저감 등 특정 기술의 개발뿐만 아니라 EU와 일본 사례에서 알 수 있듯이 개발된 기술이 현장에 알맞게 적용되도록 하는 최적가용기법(BAT)의 개발도 매우 중요하다.

그리고 농경지 감소와 토양의 양분초과를 고려하면 가축분뇨 모두 퇴·액비로 자원화되는 것은 어려울 것으로 보이므로, 일정부분 정화 후 방류될 필요가 있다. 따라서 방류수 기준 강화에 대응한 가축분뇨 및 오수의 정화 기술개발도 강화되어야 할 것이다. 가축분뇨가 정화된 후 방류되기 위해서는 수질오염원 중 하나인 질소(N)의 효율적 제거 시스템 개발, 인(P) 회수 기술개발 등 방류수 수질기준 항목(질소, 인, 탄소 등)에 대응한 각종 기술개발이 필요하다.

전과정평가 결과에서도 알 수 있듯이 양돈산업의 모돈 두당 출하 두수(MSY) 향상으로 가축분뇨 배출량뿐만 아니라 악취 유발 물질인 암모니아 배출량이 큰 폭으로 감축될 수 있는 것으로 분석되었다. 농촌진흥청(2018a)에 의하면, 우리나라

MSY가 축산선진국에 비해 낮은 이유는 산자수의 영향이 가장 큰 것으로 지적되고 있다. 따라서 MSY 향상을 위한 복당 산자수 제고 및 우수한 종돈 개발이 축산업의 환경문제 해결을 위한 중요한 과제이다.

2.3. 축산농가의 축산환경 관련 교육 및 컨설팅 강화

축산업 허가제 시행에 따라 축산업을 허가받고자 하는 자는 「축산법」 제 25조에 따라 대통령령으로 정하는 축사 및 장비를 갖추어야 하며, 동법 제33조에 따라 농림축산식품부령에서 정하는 교육과정을 이수해야 한다. 축산업 허가제 농가가 이수해야 하는 교육 시간은 24시간이며, 이 중 친환경 동물복지나 축산환경 관련 교육과목이 3시간이다. 그리고 의무교육 후 2년마다 6시간의 보충 교육을 이수해야 하며, 축산환경 교육은 2시간이다.

축산농가와 일반 국민의 축산환경 문제 인식조사 결과에서도 알 수 있듯이 축산환경 문제를 일반 국민들은 심각하게 생각하고 있는 반면 축산농가는 심각하게 받아들이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 농촌지역의 축산악취 민원으로부터 축산농가는 자유롭지 못하였다. 축산농가와 일반 국민의 축산환경 심각성에 대한 인식의 차이를 줄이고 농촌지역의 축산환경을 둘러싼 민원 등 갈등을 해소하기 위해서는 축산농가 대상 축산환경 관련 교육 시간이 더욱 강화될 필요가 있다.

축산환경 관련 정책 중 우수사례로 거론되는 ‘축산악취개선사업’의 성공 요인은 축산환경 문제 발생에 대한 정확한 원인진단과 농가 맞춤형 컨설팅이라 할 수 있다. 축산농가들이 자발적으로 축산환경을 개선하고자 하는 의지가 있어도 문제 발생에 대한 잘못된 원인진단으로 축산환경 문제 개선에 실패한 사례가 많다. 축산환경 개선을 위한 농가 맞춤형 컨설팅 강화는 축산환경 문제 발생의 원인이 다양한 현실을 고려할 때 적극적으로 추진되어야 할 중요한 정책과제이다.

2.4. 축산환경 문제 해결을 위한 거버넌스 체계구축 및 오염자 부담 원칙 확립

지역사회의 축산환경 문제 해결을 위해서는 이해당사자들이 책임감을 가지고 참여하고 협력할 수 있는 지역단위의 거버넌스 체계구축이 필요하다. 여기에는 축산농가 및 축산계열화기업 등 축산종사자를 비롯하여 경축순환체계의 핵심축인 경종농가, 축산민원 제기자인 지역주민, 정책담당자인 지방정부 등이 함께 참여할 수 있어야 한다. 축산환경 문제 해결을 위한 지역단위 거버넌스의 원활한 운영을 위해서는 당면한 축산환경 문제를 충분하게 논의할 수 있는 플랫폼 구축도 검토될 필요가 있다.

축산환경 문제 해결에 대한 오염자 부담 원칙도 확립되어야 할 것이다. 축산악취에 대한 국민 인식조사 결과, 응답자의 45.3%가 축산악취개선을 위하여 비용을 부담할 의향이 있는 반면, 54.7%는 부담할 의향이 없는 것으로 나타났다. 많은 국민들이 축산환경 문제를 축산업 생산자 및 관련 종사자가 해결해야 할 과제로 인식하고 있었다. 네덜란드의 경우 Green labelling 제도 시행을 통해 축산농가가 자체적인 비용부담을 통해 환경오염을 최대한 줄이도록 하고 있다(지인배 외 2013).

축산환경 개선 및 가축분뇨 관리정책이 농림축산식품부와 환경부로 이원화되어 있어, 효율적인 가축분뇨 관리를 위해 통합 협의기구(control tower)가 필요하다. 앞의 제도개선 부분에서 일부 언급하였듯이 농림축산식품부와 환경부는 축산환경 개선 등의 기본계획 수립을 비롯하여 마리당 적정 사육면적, 가축분뇨 퇴·액비 공정규격, 가축분뇨 관리체계 등에 대해 별도의 법적 근거를 가지고 있다. 그러나 일부 규정들이 서로 달라 축산업 현장에서 혼란을 초래하는 경우가 많다. 가축분뇨 관리제도의 효율적인 운영을 위한 통합관리 또는 조정 방안이 모색될 필요가 있으며, 축산부문의 비점오염원에 대한 관리체계 구축도 필요하다.

2.5. 축산업 생산 시스템의 선진화

축산업의 지속가능한 발전을 위해서는 축산환경규제에 대한 적극적인 대응뿐만 아니라 축산업의 생산 시스템 자체가 선진화되어야 한다. 축산선진화에서 고려하는 주요 요소 중 하나가 축산업 생산방식의 환경적 지속가능성을 확보하는 것이다. 여기에 부합하는 가축분뇨의 자원화를 통한 경축순환농업의 활성화는 매우 중요한 정책과제이다.

효과적인 경축순환농업을 구축하기 위해서는 퇴·액비 수요자인 경종농가의 입장을 충분히 고려한 수요자 중심의 순환 체계로 전환되어야 한다. 수요자 중심의 경축순환체계를 구축하기 위해서는 철저한 토양검사와 성분분석을 통해 맞춤형 퇴·액비 생산 시스템이 구축되어야 하며, 경지의 수용 용량을 고려한 가축분뇨 자원의 효율적 배분 계획이 수립되어야 한다.⁶⁴⁾ 가축분뇨 과잉 생산지역은 잉여 자원을 연료화하거나 정화 처리하고, 퇴·액비의 지역 외 반출은 유통비용을 고려할 때 최소화하는 것이 바람직하다.

다음으로 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술을 반영한 스마트(smart) 축산업 생산 기반 구축도 축산업의 선진화를 위해서는 반드시 필요하다. 정부에서는 2019년부터 ‘스마트 축산 ICT 시범단지 조성사업’을 추진 중에 있다. ICT 스마트 축산단지의 선정과정은 지방자치단체가 주체가 되고 선정된 후 단지 운영은 축산농가가 책임을 가진다. 따라서 ICT 스마트 축산단지 선정 이후 사후관리 및 운영이 내실화될 수 있도록 스마트 단지 운영을 지원하는 시스템이 구축되어야 한다. 정보통신 기술을 바탕으로 설계된 ICT 스마트 축산단지를 통해 축산업 환경문제와 방역 문제가 해결되고 축산업이 지역산업의 발전동력으로 자리 잡을 수 있도록 시범사업에서 성공모델을 만들어 가는 것이 매우 중요하다.

환경부담 완화를 고려한 선진화된 축산업 생산 시스템으로의 전환을 위해서는

64) 환경부 「가축분뇨법」 제19조에 의하면 지자체는 2년 단위로 퇴·액비 생산자와 경종농가의 연계체계를 구성하기 위한 퇴·액비 이용 촉진 계획을 수립해야 함.

가축의 사양관리 기술의 선진화도 매우 중요하다. 앞의 전과정평가 분석에서 한우 비육기간 단축, 젖소의 육성기간 단축 및 도태산차 연장, 모돈 두당 출하두수(MSY) 향상 등이 축산업의 환경부담 완화에 기여할 수 있다는 점이 확인되었다. 축산업 생산 시스템의 선진화를 통해 환경부담을 완화하기 위해서는 지속적인 생산성 향상 등을 위한 사양관리 기술의 개발·보급과 더불어 현행 육류등급제도 등 관련 제도의 개선도 검토해나가야 할 것이다.

2.6. 축산환경 관련 기초통계 정비 및 개선

가축분뇨 발생량을 추정하는 가축분뇨의 배출원단위도 농림축산식품부와 환경부가 달라 축산환경 관련 영향 분석 등에서 혼란을 야기하고 있다. 따라서 가축분뇨 배출원단위가 일원화될 필요가 있다. 그리고 현행 가축분뇨 배출원단위는 한우 350kg 등 일정한 표준체중을 근거로 제시되고 있으나, 사육단계별로 가축분뇨 배출량에 큰 차이가 있어, 가축의 사육단계별 가축분뇨 배출원단위 및 온실가스 배출원단위 등의 통계자료 구축도 필요하다. 사양기술 개선을 통해서도 축산업의 환경부담 완화가 가능한 점을 고려할 때, 좀 더 정확한 배출량 집계를 위해서라도 사육단계별로 세분화된 배출원단위 제시가 필요하다.

농축산업부문의 온실가스 배출량을 산정하는 기초자료인 환경부 국무조정실 온실가스 종합정보센터 ‘국가 온실가스 인벤토리 보고서’의 IPCC(기후변화에 관한 정부 간 패널) 지침이 1996년도 자료를 이용하고 있어 다소 현실감이 부족하다는 지적이 있다. 따라서 최근에 개정된 2019년 지침을 이용하여 온실가스 배출량을 산정하고 통계의 신뢰도를 높여 나갈 필요가 있다.

3. 축산부문 온실가스 감축을 위한 정책과제

3.1. Net-Zero 달성을 위한 온실가스 저감기술 개발·보급 확대 및 저탄소 축산물 시장 차별화

축산부문에서 발생하는 온실가스는 주로 가축분뇨 관리에서 발생하는 메탄(CH_4) 및 아산화질소(N_2O), 가축의 소화과정에서 발생하는 메탄(CH_4) 등이다. 정학균 외(2018)는 온실가스 저감을 위한 축산분야 대응 수단으로, 기술개발 및 보급 분야를 가축분뇨 자원화시설 설비, 가축분뇨 에너지화시설 설비, 양질의 조사료 공급, 저메탄사료 공급 등으로 나누어 제시하고 있다. 그리고 본 연구의 전과정평가 분석결과에서도 알 수 있듯이 가축의 사양관리 개선을 통해서도 온실가스를 크게 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

먼저, 가축의 사양관리 개선을 통해 온실가스를 감축하기 위해서는 축산업의 저메탄 사양관리 기술개발이 필요하다. 본 연구의 전과정평가분석에서 소의 비육기간 단축은 온실가스 감축에 크게 기여하지만 육질등급 저하 및 도체중 감소로 경제적 손실이 수반되는 것으로 분석되었다. 따라서 소의 비육기간 단축이 축산농가의 소득에 미치는 부정적인 영향을 최소화하고 온실가스 감축 효과를 높일 수 있도록 비육기간 단축 관련 사양관리 기술개발이 필요하다. 그리고 한우 비육의 경제성과 환경성이 동시에 고려된 최적 출하시기 결정 연구도 진행되어야 할 것이다.

다음으로 저메탄사료의 개발 및 보급이 활성화되어야 할 것이다. 일반적으로 가축이 섭취하는 사료의 탄수화물은 휘발성 지방산(VFA), 탄산가스(CO_2), 메탄가스(CH_4)로 분해되고, 단백질은 아미노산과 암모니아(NH_3)로 분해되며, 지방은 유리 지방산과 글리세롤로 분해된다.⁶⁵⁾ 온실가스 저감 사료 개발의 핵심은 가축의 생산성을 유지하면서 온실가스 발생량을 줄일 수 있는 사료배합 기술의 개선에 있다.

65) 경상남도 농업기술원 창업농지원정보(<https://www.gnares.go.kr>, 검색일: 2021. 9. 8.).

〈표 6-4〉 신기후체제하 기후변화 대응 수단

			기후변화 대응수단	2030	2050
기술보급 (기술개발 포함)	완화	농업	간단관개	○	○
			논물알개대기	○	○
			논 무경운/최소경운		○
			지열히트펌프 설치	○	○
			기름난방대체 목재펠릿 설치	○	○
			보온을 위한 다겹보온커튼 설치	○	○
			보온을 위한 보온터널 자동개폐장치 설치	○	○
			기름난방대체 순환식 수막재배	○	○
		축산	가축분뇨 자원화시설 설비	○	○
			가축분뇨 에너지화시설 설비	○	○
			양질조사료 공급	○	○
			저메탄사료 공급	○	○
		식품	공통기기효율개선 및 고효율제품확대	○	○
	적응	농업	벼 작기 이동	○	○
			벼 신품종 기술보급	○	○
경제적인센티브	완화·적응	농축산	저탄소 및 적응 직불금		○
제도1	완화	농업	저탄소농축산물 인증제도	○	○
제도2	완화	농업	배출권거래제도	○	○
제도3	완화	식품	온실가스/에너지 목표관리제도	○	
제도4	적응	농축산식품	재해보험	○	○
교육 및 홍보	완화·적응	농축산식품	교육 및 홍보	○	○

자료: 정학균 외(2018: 43).

현재 우리나라는 저메탄 사료첨가제 개발이나 사료 내 조단백질(CP)⁶⁶⁾ 함량 조절 등을 통해 질소(N) 배출량을 감축하는 방향으로 연구가 많이 진행되고 있다. 일본에서도 아미노산 균형 개선을 통한 저단백질 사료 개발을 통해 질소 배출량을 줄이는 기술개발 연구가 진행되고 있다. Niderkorn and Baumont(2009)⁶⁷⁾는 가축 분뇨로 배출되는 질소의 양이 감소할 경우 토양에 잠재적으로 내재하는 아산화질

66) 조단백질(Crude Protein: CP)은 가공하지 않은 순수한 단백질을 의미하며, 일반적으로 CP가 낮으면 단백질 섭취량 부족으로 영양실조에 걸릴 수 있음. 일반사료에는 순단백질 이외에 질소화합물이 섞여 있기 때문에 단백질 수치가 순단백질보다 10~20% 높다.

67) Niderkorn, V. and R. Baumont. 2009. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. Animal 3: 951-960.

소(N_2O)의 발생량을 줄일 수 있다고 설명하고 있다.

이렇게 생산된 저탄소 축산물은 시장에서 차별화되어야 할 것이다. 저탄소 축산물 생산이 관행 축산물 생산방식보다 비용이 많이 소요될 경우, 저탄소 축산물 생산 확대를 위하여 직불제와 연계시키는 방안도 검토될 필요가 있으며, 저탄소 축산물 인증제 도입도 검토되어야 할 것이다. 일본의 J-크레딧 제도를 벤치마킹하여 저메탄·저단백 사료급여 및 신재생에너지 생산 등을 통해 온실가스 감축에 참여하는 축산농가에 대해서는 온실가스 감축 기여분을 정부가 인증하는 시스템 도입도 검토할 가치가 있다.

가축에서 발생하는 온실가스는 사육기간 단축 등 가축의 사양관리 기술개발이나 저메탄사료 개발을 통해 감축되는 방향으로 나아가더라도, 가축분뇨 관리과정에서 발생하는 온실가스는 일정부분 에너지로 전환하여 활용하는 방안도 적극적으로 검토되어야 할 것이다.

3.2. 가축분뇨 활용 신재생에너지 생산 확대

가축분뇨를 활용하여 신재생에너지 생산을 확대하기 위해서는 신재생에너지 생산의 경제성이 확보되어야 한다. 이를 위해서는 먼저, 현재 운영 중인 신재생에너지의무할당제(Renewable Energy Portfolio Standard: RPS)와 더불어 2018년 소규모 태양광 발전사업을 위해 한시적으로 도입된 발전차액지원제도(FIT)를 활용하는 방안에 대한 검토가 필요하다.⁶⁸⁾ 이희선(2011)에 의하면 신재생에너지 보급 확대를 위해 RPS로 100% 전환하는 것보다 민간의 소규모 재생에너지 발전설비 등 필요한 부분에 대해서는 FIT 제도를 병행하는 것이 효과적이라고 주장하였다.

68) 2011년 우리나라는 태양광과 바이오가스 등을 이용한 발전시설에 지원하던 발전차액지원제도(FIT)를 폐지하고, 2012년부터 신재생에너지의무할당제(RPS)를 도입함. RPS는 발전사업자에게 공급량의 일정 비율을 신재생에너지를 이용하여 발전하도록 의무한 제도로, 우리나라의 에너지 전체공급량 중 신재생에너지 활용 비율은 2012년 2%에서 2024년 10%로 확대됨. 신재생에너지를 활용하기 어려운 발전시설은 해당하는 비율만큼 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate: REC)를 구매해야 함.

또한 두 제도가 상호 배타적이지 않고 각각의 장단점을 보완할 수 있기 때문에 두 제도를 조합하거나 병행하여 운영하는 것이 신재생에너지 산업의 성공 가능성을 높일 수 있음을 주장하였다.⁶⁹⁾

유럽과 일본의 사례 분석에서 알 수 있듯이 많은 나라들이 신재생에너지 생산을 촉진하기 위하여 RPS제도와 더불어 발전차액지원제도(FIT)를 병행 운영하고 있어, 우리나라도 두 제도의 장점을 최대한 이용하여 가축분뇨를 활용한 신재생에너지 생산을 촉진할 필요가 있다. 네덜란드를 비롯한 많은 유럽국가들이 발전차액지원제도(FIT)를 운영하고 있다. FIT의 운영방식도 신재생에너지 발전시설에서 생산된 전력에 대해 세금을 감면해주는 방식과 신재생에너지 전기 가격과 시장가격의 차액을 보전해주는 방식 등 다양하다.

다음으로 가축분뇨를 활용한 신재생에너지 생산의 경제성을 확보하기 위해서는 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate: REC) 가중치의 상향조정이 필요하다. 가축분뇨 에너지화시설의 경제성은 시설 규모의 크기, 가축분뇨와 음식물 잔재 등의 혼합비율, 전기 판매가격 등에 따라 차이가 있지만⁷⁰⁾ 가축분뇨 자원화시설에서 생산된 전기의 판매가격에 크게 좌우된다. 가축분뇨 에너지화시설이 발전차액지원시설로 인증받을 경우 생산된 전기를 REC 가격이 포함된 고정가격으로 판매할 수 있기 때문에 수익의 안정성을 확보할 수 있으며, REC 가중치가 상향 조정될 경우 경제성도 높아질 수 있다.

산업통상자원부는 발전원가에 따라 REC의 가중치를 조정하여 신재생에너지 원별로 에너지 생산의 균형을 도모하고 있다. 현재 가축분뇨 활용 신재생에너지 REC 가중치는 1이며, 지금까지 변화는 없는 상태이다. 가축분뇨 에너지화시설의 경제성을 높이는데 REC 가중치가 중요한 역할을 하고 있어 가축분뇨 에너지의 REC 가중치 향상을 위한 적극적인 노력이 필요하다.

69) 이희선. 2011. “의무할당제(RPS)시행과 재생에너지의 활성화에 미치는 영향.” 『환경포럼』 통권 165호.

70) 정민국 외. 2013. 『지역단위 가축분뇨의 자원순환 모델 개발』, pp. 88-90.

〈표 6-5〉 REC 가중치 개정 세부내용(2021. 7. 28.)

대분류	소분류	현행	개정
태양광	일반부지	0.7~1.2	0.8~1.2
	건축물 등 기존시설 활용	1.0~1.5	1.0~1.5
	수상태양광	1.5	1.2~1.6
	임야	0.7	0.5
풍력	육상	1.0	1.2
	해상	2.0	2.5
	연안해상	-	2.0
바이오에너지	목재펠릿/목재칩 전소	0.5	0.5
	미아용산림바이오매스 전소	2.0	2.0
	기타바이오에너지(가축분뇨 등)	1.0	1.0
해양에너지	조력(방조제 무), 고정형	2.0	1.75
	조력(방조제 유)	1.0	1.0
	조류	2.0	2.0
발전차액지원제도 전환설비		-	-0.2(신설)

자료: 산업통상자원부 보도자료(2021. 7. 28.). “신재생에너지 공급의무화 제도(RPS) 고시 일부개정안 시행.” (http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=164409&bbs_cd_n=81¤tPage=1&search_key_n=title_v&cate_n=1&dept_v=&search_val_v=, 검색일: 2021. 8. 20.).

마지막으로 가축분뇨 에너지화시설에서 발생하는 소화액에 대한 위생 안전 기준이 마련되어야 한다. 바이오가스의 생산성을 제고하기 위하여 농촌진흥청의 ‘비료공정규격 설정 및 지정’ 지침은 가축분뇨 발효액의 원료로 농림부산물류, 음식물류폐기물 등을 혐기성 소화시설에서 이용할 경우 30% 이내에서 사용하는 것을 허용하고 있다. 그러나 가축분뇨 바이오가스를 생산할 때 발생하는 소화액에 대한 위생 안전 기준이 없어 경종농가가 소화액을 이용하는 데 제약요인으로 작용하고 있다.⁷¹⁾ 바이오가스 생산 후 발생하는 소화액에 대한 위생 안전 기준이 마련되어 바이오가스 생산과 소화액의 유통이 촉진되도록 할 필요가 있다.

71) 일부 학자는 한국에 보급된 바이오가스 플랜트의 경우 중온발효(35~37°C)가 대부분이기 때문에 음식물폐기물 등 유기성폐기물을 가미한 원료에서 배출되는 소화액을 농경지에 살포할 경우 병원균 감염의 문제가 있을 수 있음을 지적하고, 병원균 감염의 문제를 방지하기 위해서는 고온발효(55~57°C)하거나 발효조 단계 전후로 70°C에서 1시간 이상 살균하는 것을 주장함(정민국 외 2013: 188).

가축사육 현황

〈부표 1-1〉 축종별 사육 마릿수 현황

단위: 천 마리

연도	한육우	젓소	돼지	닭·오리	기타가축 (양, 염소, 말, 사슴)	소계
2000년	1,731	541	8,150	109,659	611	120,692
2005년	1,764	488	8,895	132,478	670	144,295
2010년	2,867	435	9,819	166,328	343	179,792
2015년	2,946	433	10,127	180,222	339	194,067
2016년	2,942	421	10,426	177,916	409	192,114
2017년	3,015	412	11,239	167,845	453	182,964
2018년	3,086	407	11,358	184,722	601	200,174
2019년	3,202	405	11,377	189,854	628	205,466
'00~'19 연평균 증감률(%)	3.29	-1.51	1.77	2.93	0.14	2.82
'15~'19 연평균 증감률(%)	2.11	-1.66	2.95	1.31	16.66	1.40

주 1) 사육 마릿수는 연도별 1분기~4분기 평균 자료임.

2) 한육우와 젓소는 이력제 기반 표본 개편 자료이며, 돼지의 경우 2017년 이후부터 이력제 기반 표본 개편 자료임.

3) 기타가축은 환경부 『국가 온실가스 인벤토리 보고서』에서 온실가스 배출량을 공표하는 면양, 산양, 말, 사슴 사육 마릿수를 집계함.

자료: 통계청(각 연도). 가축동향조사. 한육우, 젓소, 돼지, 닭, 오리, 말; 농림축산식품부(각 연도). 기타가축통계. 면양, 산양, 사슴.

〈부표 1-2〉 축종별 사육 농가 수 현황

단위: 호

구분	한우	육우	젖소	돼지	육계	산란계
2000	289,714		13,348	23,841	2,013	2,601
2005	187,740	7,630	8,923	12,290	1,575	2,310
2010	166,226	6,185	6,347	7,347	1,763	1,535
2015	101,670	8,320	6,979	4,909	1,558	1,149
2016	97,498	8,138	6,822	4,574	1,630	1,060
2017	94,107	7,803	6,503	6,313	1,559	1,089
2018	92,238	7,474	6,360	6,188	1,507	1,007
2019	89,731	7,276	6,168	6,133	1,508	963
2020	89,248	7,039	6,132	6,078	1,597	936

주 1) 각 연도별 4분기 자료임.

2) 한육우와 젖소는 2014년부터는 축산물이력제 빅데이터 개방시스템 자료임.

3) 돼지는 2017년부터는 축산물이력제 빅데이터 개방시스템 자료임.

자료: 통계청(각 연도). 『가축동향조사』; 축산물이력제 빅데이터 개방시스템(<https://www.mtrace.go.kr/>, 검색일: 2021. 9. 30.).

농가 및 소비자 설문조사

1. 소비자 설문조사

축산업으로 인한 악취에 대한 국민의식 조사

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 대한민국 국무총리 소속 정부 출연연구기관입니다. 한국농촌경제연구원에서는 전국민을 대상으로 축산업으로 인한 악취문제 해결을 위해 일반 국민들의 축산업 악취 개선을 위한 다양한 의견을 조사하고 있습니다.

본 설문조사의 결과는 향후 축산업이 환경 친화적이며, 지역주민과 상생할 수 있는 지속 가능한 산업으로 발전하기 위한 중요한 기초자료로 활용될 것입니다.

아울러 본 설문에 응답하신 내용은 연구 이외의 목적으로는 일체 사용되지 않고 개인 정보는 공개되지 않을 것이며, 통계법 33조와 34조에 의해 비밀이 보장됩니다.

바쁘시겠지만 설문조사에 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

2021. 7.

연구주관기관 : 한국농촌경제연구원

※ 응답자 표본 배분(총 1,000명, 인구통계 기준으로 배분예정, 과거 연구결과 참고)

③ 도시 거주자

④ 농촌지역 거주자(비농업인)

응답자 특성

SQ1. 귀하의 성별은 어떻게 되십니까?

- ① 남성 ② 여성

SQ2. 귀하의 만 연령은 어떻게 되십니까?

만 _____세

SQ3. 귀하의 현재 거주지는 다음 중 어디에 해당되니까?

- ① 서울 ② 부산 ③ 대구 ④ 인천 ⑤ 광주 ⑥ 대전 ⑦ 울산
⑧ 경기 ⑨ 강원 ⑩ 충북 ⑪ 충남 ⑫ 전북 ⑬ 전남 ⑭ 경북
⑮ 경남 ⑯ 제주 ⑰ 세종

SQ4. 귀하의 현재 거주지역은 어떻게 되십니까?

- ① 농촌지역(읍, 면) ② 도시지역(특별시, 광역시)
③ 도시지역(중소도시)

SQ5. 귀하의 출신지역은 어떻게 되십니까?

- ① 농촌지역(읍, 면) ② 도시지역(특별시, 광역시)
③ 도시지역(중소도시)

SQ6. 귀하는 농사경험(주말농장 포함)이 있으십니까?

- ① 있다 ② 없다

축산업의 환경문제에 대한 의견

축산업은 가축을 사육하고 축산물을 공급하는 과정에서 시장에서 돈으로 평가할 수 없는 추가적인 기능을 하고 있고, 그 때문에 국민들의 후생에도 영향을 미칠 수 있습니다. 이러한 기능들은 아래와 같습니다.

※ 긍정적 기능

- 식량안보 : 안전한 양질의 단백질 공급
- 환경보전: 유기질 공급을 통한 농지보존 기능
- 지역경제 활성화: 고용 창출로 농촌과 도시의 균형 발전, 지역축제 등으로 농촌경제 활성화

※ 부정적 기능

- 환경오염: 가축분뇨의 악취 및 수질 오염, 가축의 메탄 발생으로 인한 온실가스 배출
- 가축질병: 가축질병으로 인한 수급 안정 악영향 및 사회적 혼란 야기

A1. 축산업의 긍정적 기능과 부정적 기능 중 어느 쪽이 더 강하다고 생각하십니까?()

- ① 긍정적 기능(추가적 이득) ② 부정적 기능(손해) ③ 비슷하다

A2. 언론보도나 주변 지인들을 통해 접하는 축산업의 환경문제에 대한 정보가

귀하의 축산물 구매행위에 직간접적으로 영향을 주는 편입니까? ()

- ① 전혀 아니다 ② 아니다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

축산업의 환경문제

- 축산악취: 축산 활동 중에 발생하는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말하며, 전체 악취 민원건수 중 축산악취가 차지하는 비중이 증가하고 있음.
- 온실가스 배출: 가축의 장내발효와 가축분뇨 처리 과정에서 온실가스가 배출되며, 사육두 수 증가로 온실가스 배출량이 증가하고 있음.
- 토양 양분과잉 상태: 가축분뇨, 화학비료에 의해 공급되는 질소, 인 등 영양성분의 과다 공급으로 토양양분이 과잉되고 있음.
- 가축분뇨로 인한 수질오염: 가축분뇨를 배출하는 과정에서 수질오염을 발생시키며, 최근 가축분뇨 배출시설의 점검 결과 시설의 약 10%는 시설 기준을 위반하고 있는 것으로 나타나고 있음.

A3. 축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 인식은 어떠합니까?()

- ① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다
④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

A4. 현재 축산업에서 발생하고 있는 환경문제에 대해 심각(중요)하다고 생각하는 항목은 높은 점수에, 덜 심각하다고 생각되는 항목은 낮은 점수에 응답해 주시기 바랍니다.

항목	← 심각성(중요도) →				
	① 1점	② 2점	③ 3점	④ 4점	⑤ 5점
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제					
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제					
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제					
4) 축산악취 문제					

축산 악취 문제에 대한 의견

B1. 귀하께서는 출산 약취를 맡아본 경험이 있습니까? ()

- ① 있다 ② 없다

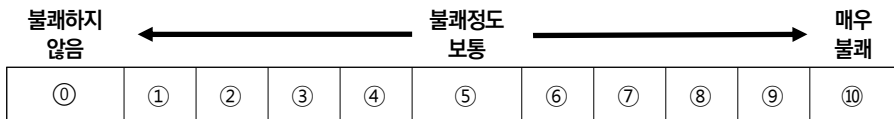
B2. [B1에서 “㉠ 있다”에 응답한 경우] 귀하께서는 축산 약취를 맡아본 곳은 주로 어떤 곳입니까? ()

- ① 내 거주 지역 ② 여행 중

B3. [B1에서 “㉠ 있다”에 응답] 귀하께서 축산 악취를 얼마나 자주 경험하십니까?
()

- ① 1년에 1~2번 ② 1년에 3~4번 ③ 한 달에 1~2번 ④ 1주에 1~2번 ⑤ 거의 매일

B4. [B1에서 “① 있다”에 응답] 귀하께서 축산 악취를 맡아보셨다면 그 불쾌감은 어느 정도였습니까?



B5. [B1에서 “① 있다”에 응답] 귀하께서 말해보신 축산악취가 계절별로 심한 시기는 언제입니까?()

- ① 봄 ② 여름 ③ 가을 ④ 겨울 ⑤ 연중 동일

B6. [B1에서 “㉠ 있다”에 응답한 경우] 귀하께서 말해보신 악취를 발생시킨 시설 및 장소는 어디입니까?[복수응답]()

- ① 축사 ② 농경지(퇴·액비 살포에 의한 악취)
- ③ 분뇨처리장(공동자원화시설, 액비유통센터 등)
- ④ 기타 축산시설()
- ⑤ 기타()

B7. [B1에서 “① 있다”에 응답] 귀하께서 말해보신 축산 약취의 축종은 무엇입니까?

- ① 한우 ② 젖소 ③ 돼지 ④ 육계 ⑤ 산란계 ⑥ 오리 ⑦ 잘 모르겠다.

B8. [공통 문항] 귀하께서는 그 마을에서 축산농가가 없어져야 한다고 생각하십니까?

- ① 예 ② 아니오

※ 국내 축산업은 축산물 공급, 지역경제 활성화 등 긍정적인 역할에도 불구하고, 축산분뇨로 인한 수질오염과 악취 문제를 유발함으로써 지역사회의 큰 문제점으로 지적되고 있습니다. 따라서 축산업으로 인한 악취문제를 해결하기 위해서는 많은 비용이 소요됩니다. 이러한 비용은 축산농가의 노력 뿐만 아니라 상당부분은 정부의 지원으로 해결해야 합니다.

※ 국내 축산업이 제공하는 긍정적 기능을 유지하면서도 축산에 따른 악취 발생을 줄이는데 필요한 재원은 축산농가 스스로가 모두 마련하기는 어렵고, 또한 식량안보 확보나 환경오염 개선의 효과는 일반 국민들도 누리기 때문에 어느 정도의 정부지원이 필요합니다.

※ 따라서 축산업으로 인한 악취문제를 해결하기 위해서는 정부의 지원금이 필요하며, 이를 위해서는 한시적으로 국민들로부터 특별부담금을 걷어야 합니다. 이러한 경우 귀하의 가구에서 기꺼이 부담할 수 있는 금액수준에 대해 여쭙고자 합니다.

제시 금액 : 2만, 4만, 6만, 8만, 10만

B7. 귀하 가구에서는 축산악취 개선을 위해 향후 5년 동안 특별부담금으로 1년간
○○○○원을 납부할 의사가 있습니까? ()

① 예 [→ B7-1로]

② 아니오 [→ B7-2로]

B7-1. 귀하 가구에서는 축산악취 개선을 위해 향후 5년 동안 특별부담금으로 1
년간 ○○○○원(2배)을 납부할 의사가 있습니까? ()

① 예 [→ 응답 후 B8 질문으로]

② 아니오 [→ 응답 후 B8 문으로]

B7-2. 귀하 가구에서는 축산악취 개선을 위해 향후 5년 동안 특별부담금으로 1
년간 ○○○○(1/2배)을 납부할 의사가 있습니까? ()

① 예 [→ 응답 후 B8 질문으로]

② 아니오 [→ B7-3 질문으로]

B7-3. 그러면, 귀하의 가구는 『축산악취 개선을 위해 향후 5년 동안 특별부담금』
을 위해 전혀 지불할 의사가 없으십니까?

① 예. 지불의사가 없다 ☞ [→ 응답 후 B9 질문으로]

② 아니요. 지불할 의사가 있다 ☞ [→ 응답 후 B8 질문으로]

B8. 그렇다면, 귀하의 가구에서 『축산업 지원사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안
매년 가구당 추가적으로 지불하실 수 있는 특별부담금의 최대금액은 얼마입
니까? 향후 5년 동안 매년 ()원 [→ 응답 후 B10 질문으로]

B9. 축산 악취 개선을 위해 가구당 지불의사가 전혀 없으신 이유는 무엇인가요?
()

① 지불할 만한 경제적 여유가 없다

② 해당사업은 내 관심의 대상이 아니다

③ 이미 납부한 세금으로 충당되어야 한다

④ 축산업 생산자, 관련자나 단체가 해결해야 할 문제이다

- B10. 축산악취 개선을 위한 조세방법 중 세금을 축산물에 부과하는 방법도 고려해 볼 수 있습니다. 축산악취 개선을 위해 축산물에 세금을 부과한다면 어느 정도가 적합하겠습니까? 해당 세율에 체크 부탁드립니다.

B11. 축산악취를 개선하기 위한 조세방법 중 어떤 방안이 더 적합하다고 생각하십니까? ()

- 194 |

배경질문

DQ1. 귀하의 최종학력은 어떻게 되십니까?

- ① 중학교 졸업 이하 ② 고등학교 졸업 ③ 대학교 졸업 ④ 대학원 졸업

DQ2. 귀하의 직업은 무엇입니까?

- ① 농업(경종, 과수 등) ② 축산업(가축사육업) ③ 임업/수산업
④ 자영업 ⑤ 판매/서비스직 ⑥ 기능/일반작업직
⑦ 사무/기술직 ⑧ 경영/관리/전문직 ⑨ 가정주부
⑩ 학생 ⑪ 무직 ⑫ 기타()

DQ3. 귀하는 결혼을 하셨습니까?

- ① 기혼 ② 미혼

DQ4. 본인 포함 귀댁의 동거 가족 수는 몇 명입니까?

_____명

DQ5. 귀댁의 월 평균 가구 소득은 어떻게 되십니까? (가구소득 기준)

- ① 200만원 미만 ② 200~300만원 미만 ③ 300~400만원 미만
④ 400~500만원 미만 ⑤ 500~600만원 미만 ⑥ 600~700만원 미만
⑦ 700~800만원 미만 ⑧ 800~900만원 미만 ⑨ 900만원 이상

● 응답해 주셔서 감사합니다.

축산업의 환경문제에 대한 인식 조사

■ 지 역: ()도/광역시 ()시/군 ()동/읍면

■ 성 별: 1. 남성 2. 여성

■ 연 령: (만 세)

■ 가축사육 총 경력: (년)

■ 축 종: 1. 한우 2. 돼지 3. 젓소 4. 육계(닭고기) 5. 산란계

■ 사육두수:

A1. 축산업에서 발생하는 환경문제에 대한 국민적 인식은 어떨 것이라고 생각하십니까?

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

A1-1. 축산업의 환경문제에서 한우 산업은 어떨 것이라고 생각하십니까?

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

A1-2. 축산업의 환경문제에서 양돈 산업은 어떨 것이라고 생각하십니까?

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

A1-3. 축산업의 환경문제에서 낙농 산업은 어떨 것이라고 생각하십니까?

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

A1-4. 축산업의 환경문제에서 가금류 산업은 어떨 것이라고 생각하십니까?

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

① 있다 ② 없다

① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다 ④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

항목	← 심각성(중요도) →				
	낮음 1점	2점	3점	4점	높음 5점
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제	1	2	3	4	5
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제	1	2	3	4	5
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제	1	2	3	4	5
4) 축산악취 문제	1	2	3	4	5

항목	낮음 ← 만족도 → 높음				
	1점	2점	3점	4점	5점
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제에 대한 정부 정책 - 방류수 수질 기준 강화	1	2	3	4	5
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제에 대한 정부 대책 - 양분총량제	1	2	3	4	5
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제에 대한 정부 대책 - 저탄소 사료개발	1	2	3	4	5
4) 축산악취 문제 - 축산업 허가제 및 가축사육제한 기준 강화	1	2	3	4	5

A4-1.정부가 축산업 환경문제를 대처하는 각 대책에 대해 만족하지 못하는 이유는 무엇입니까?

항목	이유
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제에 대한 정부 정책 - 방류수 수질 기준 강화	
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제에 대한 정부 대책 - 양분총량제	
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제에 대한 정부 대책 - 저탄소 사료개발	
4) 축산악취 문제 - 축산업 허가제 및 가축사육제한 기준 강화	

A5. 축산업에 대한 규제가 과거에 비해 강화되고 있습니다. 다음의 규제 항목 중 체감도가 높은 항목은 높은 점수에, 체감도가 낮은 점수에 응답해 주시기 바랍니다.

항목	← 체감 →				
	1점	2점	3점	4점	5점
1) 방류수 수질기준 강화	1	2	3	4	5
2) 퇴·액비화의 부속도 기준 강화	1	2	3	4	5
3) 가축사육 제한 기준 강화	1	2	3	4	5
4) 축산업 허가제 도입	1	2	3	4	5

A6. 다음의 축산업의 환경문제는 과거부터 제기되어왔으나 해결되지 않는 이유는 무엇이라고 생각합니까?

항목	① 정부 정책 지원 부족	② 축산업 종사자의 현실 인식 및 자발적 개선의지 부족	③ 정부의 규제 및 엄격한 법집행 부족	④ 축산업 종사자 인식전환 을 위한 교육 및 홍보 부족	⑤ 과도한 수준의 규제 및 법률 적용으로 축산업 종사자가 선택할 수 있 는 현실적인 대안 부족
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제	1	2	3	4	5
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제	1	2	3	4	5
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제	1	2	3	4	5
4) 축산악취 문제	1	2	3	4	5

*** 축산업 환경문제의 개선 가능성에 대한 질문입니다.**

현재 정부, 생산자단체, 축산 농가의 많은 노력에도 불구하고 축산업으로 인한 환경오염은 개선되지 않고 있고 외부적으로는 환경부의 규제 강화되고 있습니다. 축산업의 경쟁력을 높이고 지속 가능한 축산산업을 위해서는 적극적인 환경 개선 노력이 필요한 시점입니다.

B1. 다음의 축산업의 환경문제에 대해 각 항목별로 개선 가능성이 높은 항목은 높은 점수를, 낮다고 생각되는 항목은 낮은 점수에 응답해 주시기 바랍니다.

항목	← 개선가능성 →				
	낮음 1점	2점	3점	4점	높음 5점
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제	1	2	3	4	5
2) 가축분뇨로 발생하는 토양 양분 초과 문제	1	2	3	4	5
3) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제	1	2	3	4	5
4) 축산악취 문제	1	2	3	4	5

B2. 축산 환경문제를 개선하기 위해 스스로 하고 있는 노력이 있다면 무엇입니까?

B3. 축산 환경문제를 개선하기 위해 지금 축사에서 추가적으로 시설이나 사료 등의 투입재에 투자할 의향이 있습니까?

- ① 있다 ② 없다

B3-1. 축산 환경개선 시설에 투자한다면, 어느 수준까지 투자하시겠습니까?

항목	투자금액(마리당)
1) 가축분뇨로 인한 수질 오염 문제	원
2) 가축의 장내발효 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제	원
3) 축산악취 문제	원

* 참고자료) 마리당 축산물 생산비(2020년 기준) - 송아지: 2,411,000원 - 한우비육우: 8,196,000원 - 육 우: 4,412,000원 - 젖소: 6,846,000원 - 비육돈: 299,302원 - 육 계: 1,877원 - 산란계: 27,355원	
---	--

축산악취 개선을 위한 국민의 지불의사금액 추정⁷²⁾

1. 분석 개요

축산업으로 인한 악취 문제는 일종의 환경 재화로 시장에 가격자료가 존재하지 않아 간접적인 방법을 이용하여 계측하며, 이러한 비시장 재화에 대한 시장가치를 평가하기 위한 분석 방법으로 가장 널리 활용되고 있는 방법은 가상가치평가법(Contingent Valuation Method)이다(지인배 외 2013; 김동훈 2021). 가상가치평가법을 이용하여 축산업으로 인한 악취 문제 해결을 위한 국민 개개인의 평균적인 지불의사금액(Willingness to Pay: WTP)을 추정하고, 이 금액을 이용하여 국민 수를 곱하는 방식으로 국가 전체의 축산 악취개선을 위한 지불의사금액 또는 축산악취로 인한 피해금액을 추정할 수 있다.

2. 분석 방법

가상가치평가법은 시장가치가 존재하지 않는 비시장재의 경제적 가치를 분석하기 위한 방법으로 비시장재에 대한 가상 시나리오를 응답자들에게 제시하고, 응답자들의 잠재적 지불의사금액을 유도함으로써 비시장재에 대한 가치를 추정

72) 이 부분은 동국대학교 지인배 교수에게 의뢰한 위탁연구를 바탕으로 작성하였다.

하는 방법이다(김동훈 2021).

가상가치평가법을 통해 응답자들의 지불의사금액을 유도하기 위한 방법으로는 개방형 질문(open-ended question), 지불카드(payment card) 방법, 입찰게임(bidding game), 양분선택형(dichotomous-choice format)의 질문방식이 있다. 이중 양분선택형 질문방식은 최근 가상가치평가법에서 가장 많이 사용하는 방법이다. 응답자를 집단으로 구분하고 집단에 따라 다른 금액을 제시하여 응답자들이 ‘예’ 또는 ‘아니오’로 선택하도록 하는 방법이다. 이를 통해 확률효용함수를 추정하고 그 결과를 이용하여 응답자들의 지불의사금액을 도출할 수 있다(김동훈 2021).

본 연구에서는 양분선택형 질문방식을 이용하여 응답자들의 지불의사금액을 조사하고, 단일경계 양분선택모형과 이중경계 양분선택모형을 이용해 분석하였다.

2.1. 단일경계 양분선택모형⁷³⁾

단일경계 양분선택모형은 첫 번째 제시금액에 대한 응답자들의 지불의사금액을 분석하기 위한 방법이다. 응답자들에게 지불금액 t_i 가 제시되고, 이에 대한 개인 i 의 지불의사는 ‘예’ 또는 ‘아니오’로 이분법적 선택이 이루어진다. ‘예’라고 응답하면 $y_i=1$, ‘아니오’라고 응답하면 $y_i=0$ 으로 정의할 수 있다. 이때 응답자들의 WTP 는 식 (1)과 같은 선형함수로 수식화될 수 있다고 가정함으로써 추정할 수 있다.

$$(1) \quad WTP_i(z_i, u_i) = z_i\beta + u_i$$

여기서 z_i 는 설명변수 벡터, β 는 추정하고자 하는 모수, u_i 는 오차항을 의미한다.

만약 WTP 가 제시된 금액보다 큰 경우($WTP_i > t_i$) 개인 i 는 ‘예’라고 응답하게

73) 이 부분은 김동훈(2021: 116-118)을 인용하였다.

되고, 이 경우 설명변수에 의해 긍정적인 응답을 관찰할 확률은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 (2) \quad Pr(y=1 \mid z_i) &= Pr(WTP_i > t_i) \\
 &= Pr(z_i\beta + u_i > t_i) \\
 &= Pr(u_i > t_i - z_i\beta)
 \end{aligned}$$

또한 오차항이 $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ 인 정규분포를 따른다고 가정하면, 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 (3) \quad Pr(y_1=1 \mid z_i) &= Pr(v_i > \frac{t_i - z'_i\beta}{\sigma}) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{t_i - z'_i\beta}{\sigma}\right) \\
 &= \Phi\left(z'_i \frac{\beta}{\sigma} - t_i \frac{1}{\sigma}\right)
 \end{aligned}$$

여기서 $v_i \sim N(0, 1)$ 이며, $\Phi(x)$ 는 표준정규분포의 누적분포함수를 의미한다. 이는 프로빗 모형(probit model)과 매우 유사하며, 프로빗 모형과의 차이점은 설명변수 외에도 제시금액을 나타내는 t_i 가 있다는 것이다. 이를 추정하기 위해서는 β 와 σ 에 대한 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation: MLE)을 이용할 수 있다. 추가적인 설명변수로 t_i 를 포함하여 프로빗 분석을 실시하면 β/σ 와 $-1/\sigma$ 의 추정치를 도출할 수 있으며, 각 설명변수와 관련된 계수의 벡터인 $\hat{\alpha} = \hat{\beta}/\hat{\sigma}$ 와 t_i 변수의 계수인 $\hat{\delta} = -1/\hat{\sigma}$ 를 도출할 수 있다. 이후 추정된 값들을 이용하여 식 (4)와 같이 평균 WTP를 계산할 수 있다. 여기서 $\tilde{z}'$ 는 각 설명변수들의 평균을 의미한다.

$$(4) \quad E(WTP \mid \tilde{z}, \beta) = \tilde{z}' \left[-\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}} \right]$$

2.2. 이중경계 양분선택모형⁷⁴⁾

이중경계 양분선택모형은 응답자들의 지불의사금액에 대한 추가적인 정보, 즉 두 번의 지불의사금액을 포함시킴으로써 응답자들의 WTP 추정치에 대한 효율성을 높이는 방법이다. 개인 i 가 제시금액 t_i 에 대하여 ‘예’라고 응답하면 $t_i \leq WTP < \infty$, ‘아니오’라고 응답하면 $0 \leq WTP < t_i$ 로 나타낼 수 있다. 이는 WTP 의 정확한 추정을 위해서는 상대적으로 큰 표본이 필요하다는 것을 의미한다. 만약 첫 번째 질문에 ‘예’라고 응답하면 더 많은 금액(2배)을 제시한 후 한 번 더 질문하고, ‘아니오’라고 응답하면 더 적은 금액(1/2배)을 제시한 후 다시 질문을 실시한다. 이와 같이 응답자들이 첫 번째 제시금액 t^1 과 두 번째 제시금액 t^2 에 대하여 응답할 경우 다음과 같은 범위 중 하나에 포함하게 된다.

I. ‘예/예’ 응답 시 $t^2 \leq WTP < \infty$

II. ‘예/아니오’ 응답 시 $t^1 \leq WTP < t^2$

III. ‘아니오/예’ 응답 시 $t^2 \leq WTP < t^1$

IV. ‘아니오/아니오’ 응답 시 $0 < WTP < t^2$

이중경계 양분선택모형은 단일경계 양분선택모형보다 더 많은 정보를 제공한다. 위에서 제시된 II와 III의 경우 각 개인의 지불의사금액에 대한 간격이 설정되는데, 이는 단일경계 양분선택모형에 비해 구체화되었다고 할 수 있다. 또한 I와 IV는 단일경계 양분선택모형과 비슷하지만 t^2 는 t^1 보다 실제 지불의사금액과 좀 더 유사하다고 할 수 있다.

74) 이 부분은 김동훈(2021: 119-122)을 인용하였다.

y_i^1 과 y_i^2 를 개인 i 의 첫 번째와 두 번째 질문에 대한 응답이라고 할 경우 첫 번째 질문에 ‘예’라고 응답하고 두 번째 질문에 ‘아니오’라고 응답할 확률은 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(5) \quad Pr(y_i^1 = 1, y_i^2 = 0 \mid z_i) = Pr(yes, no)$$

이와 같은 확률이 주어지고, $WTP_i(z_i, u_i) = z_i' \beta + u_i$, $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ 라고 할 경우 응답 결과에 따른 각각의 확률은 식 (6)~(9)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(6) \quad \text{‘예/예’ 응답 시 } (y_i^1 = 1, y_i^2 = 1)$$

$$\begin{aligned} Pr(yes, yes) &= Pr(WTP > t^1, WTP \geq t^2) \\ &= Pr(z_i' \beta + u_i > t^1, z_i' \beta + u_i \geq t^2) \\ &= Pr(u_i \geq t^2 - z_i' \beta) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\ &= \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

$$(7) \quad \text{‘예/아니오’ 응답 시 } (y_i^1 = 1, y_i^2 = 0)$$

$$\begin{aligned} Pr(yes, no) &= Pr(t^1 \leq WTP < t^2) \\ &= Pr(t^1 \leq z_i' \beta + u_i < t^2) \\ &= Pr\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\ &= \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\ &= \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

(8) ‘아니오/예’ 응답 시 ($y_i^1 = 0, y_i^2 = 1$)

$$\begin{aligned}
 Pr(no, yes) &= Pr(t^2 \leq WTP < t^1) \\
 &= Pr(t^2 \leq z_i' \beta + u_i < t^1) \\
 &= Pr\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\
 &= \Phi\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\
 &= \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right)
 \end{aligned}$$

(9) ‘아니오/아니오’ 응답 시 ($y_i^1 = 0, y_i^2 = 0$)

$$\begin{aligned}
 Pr(no, no) &= Pr(WTP < t^1, WTP < t^2) \\
 &= Pr(z_i' \beta + u_i < t^1, z_i' \beta + u_i < t^2) \\
 &= Pr(z_i' \beta + u_i < t^2) \\
 &= \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\
 &= 1 - \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right)
 \end{aligned}$$

이중경계 양분선택모형도 최우추정법을 이용하여 WTP 를 추정할 수 있다. 최우추정법을 통해 β 와 σ 에 대한 추정치를 구할 수 있고, 누적확률정규분포인 $\Phi(\cdot)$ 를 통해 각각의 응답에 대한 WTP 를 추정할 수 있다. 이때 WTP 추정을 위한 우도함수는 식 (10)과 같이 구성할 수 있다. 여기서 $d_i^{yy}, d_i^{ym}, d_i^{ny}, d_i^{nn}$ 은 각 개인의 응답 형태에 따라 1 또는 0을 취하는 지표변수를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 (10) \quad \sum_{i=1}^N &[d_i^{yy} \ln(\Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma})) + d_i^{ym} \ln(\Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}) - \Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma})) \\
 &+ d_i^{ny} \ln(\Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}) - \Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma})) + d_i^{nn} \ln(1 - \Phi(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}))]
 \end{aligned}$$

3. 분석자료

설문지의 앞부분에서 축산업에 대한 인식과 축산업으로 인한 환경문제, 특히 축산악취에 대한 전반적인 설명과 이에 대한 인식을 조사하였으며, 이어서 축산악취 개선을 위한 지불의사를 질문하기에 앞서 아래의 설명을 제시하고 축산악취 개선을 위한 특별부담금 지급에 대한 지불의사를 질문하였다. 본 조사에 앞서 축산분야 전문가 15명을 대상으로 지불의사금액의 제시금액을 Open question으로 질문하여 제시금액을 20,000원, 40,000원, 60,000원, 80,000원, 100,000원으로 선정하였다.

응답자들의 축산악취 개선에 대한 지불의사금액을 유도하기 위하여 1,000명의 응답자를 각각 200명씩 5개 집단으로 구분한 후, 집단에 따라 각각 20,000원, 40,000원, 60,000원, 80,000원, 100,000원의 금액을 제시하였으며, 응답에 따라 2단계에 걸쳐 ‘예’의 경우 2배 그리고 ‘아니오’의 경우 1/2의 금액을 질문하는 이중 경계 양분선택형 질문방식을 이용하였다.

축산악취 개선을 위한 제시된 지불의사금액에 대한 응답자의 지불찬성률을 살펴보면, 첫 번째 제시금액 20,000원에 대한 지불찬성률은 36.0%로 나타났으며, 40,000원은 26.0%, 60,000원은 20.0%, 80,000원은 16.5%, 100,000원은 16.5%로 나타났다. 제시금액이 올라갈수록 지불찬성률은 낮아지는 모습을 보여주었다. 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시금액의 1/2배 또는 2배로 제시금액이 적을수록 지불찬성률은 높게 나타났다. 첫 번째 제시금액에 ‘예’라고 응답한 사람이 두 번째 제시금액에도 ‘예’라고 응답할 확률이 높게 나타났다.

〈부표 3-1〉 제시금액별 지불찬성률

첫 번째 질문		두 번째 질문	
제시금액(원)	지불찬성률(%)	제시금액(원)	지불찬성률(%)
20,000	36.0	10,000	18.8
		40,000	34.7
40,000	26.0	20,000	17.6
		80,000	28.8
60,000	20.0	30,000	18.1
		120,000	37.5
80,000	16.5	40,000	11.4
		160,000	27.3
100,000	16.5	50,000	14.4
		200,000	18.2

자료: 저자 작성.

4. 분석 결과

4.1. 지불의사금액 추정 결과

일반 국민 1,000명을 대상으로 한 축산악취 개선을 위한 특별부담금 지불의사에 대한 조사 결과를 R Package version 0.1.0(DCchoice)을 이용하여 단일경계 양분선택모형과 이중경계 양분선택모형을 추정하였다(Nakatani et al. 2021). 제시금액만을 이용한 모형과, 성별, 연령, 최종학력, 결혼 여부, 동거가족 수, 소득, 거주지, 출신지, 농사 경험, 축산업 의식, 축산악취 경험 등 개인의 특성과 관련된 변수를 반영한 모형을 추정하였다.

먼저 제시금액만을 이용한 모형을 추정한 결과 단일경계 양분선택모형에서는 상수와 제시금액 모두 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하였으나, 이중경계 양분선택모형에서는 제시금액만 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하였다.

추정된 모형을 이용하여 평균 지불의사금액을 추정한 결과 단일경계 양분선택 모형의 평균 지불의사금액은 34,341원으로 추정되었으며, 이중경계 양분선택 모형에서의 평균 지불의사금액은 29,873원으로 추정되었다. 부스트래핑을 이용한 지불의사금액의 95% 신뢰구간은 단일경계 양분선택모형에서는 29,351~44,891원이었으며, 이중경계 양분선택모형에서는 26,918~33,262원으로 추정되었다.

〈부표 3-2〉 제시금액만을 이용한 모형 추정 결과

변수	단일경계 양분선택모형		이중경계 양분선택모형	
	추정계수	t-값	추정계수	t-값
상수	-0.274	-2.747***	-0.044	-0.902
제시금액	-0.081	-5.078***	-0.126	-19.721***
$\ln L$	-525.981		-1,054.161	
평균 지불의사금액 (95% 신뢰구간)	34,341 (29,351, 44,891)		29,873 (26,918, 33,262)	

주 1) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

2) 신뢰구간은 부스트래핑을 이용하여 추정함.

자료: 저자 작성.

개인 특성 변수를 반영한 모형을 추정한 결과를 살펴보면, 단일경계 양분선택 모형의 경우 동거가족 수, 소득, 거주지의 경우 유의수준 5%에서 통계적으로 유의하였으며, 출신지, 농사 경험은 유의수준 10%에서, 제시금액은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 동거가족 수가 적을수록, 소득이 높을수록, 농촌에 거주할수록 지불의사금액이 높다는 것을 의미한다.

이중경계 양분선택모형에서는 성별, 농사 경험, 제시금액에서 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하였으며, 동거가족 수, 소득에서는 유의수준 5%에서, 거주지는 유의수준 10%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 여성일수록, 농사 경험이 있을수록, 동거가족 수가 적을수록, 소득이 높을수록, 농촌에 거주할수록 지불의사금액이 높다는 것을 의미한다.

〈부표 3-3〉 개인 특성 변수를 반영한 모형 추정 결과

변수	단일경계 양분선택모형		이중경계 양분선택모형	
	추정계수	t-값	추정계수	t-값
상수	0.266	0.652	0.508	1.466
성별(여성=1)	0.072	0.782	0.219	2.755***
연령	-0.003	-0.719	-0.006	-1.357
최종학력	-0.027	-0.336	-0.026	-0.384
결혼 여부(기혼=1)	-0.172	-1.248	-0.181	-1.526
동거가족 수	-0.105	-2.357**	-0.079	-2.051**
소득	0.053	2.487**	0.039	2.112**
거주지(도시=1)	-0.265	-2.232**	-0.180	-1.743*
출신지(도시=1)	0.190	1.746*	0.133	1.435
농사경험(무=1)	-0.169	-1.809*	-0.214	-2.638***
축산업 의식(부정적=1)	-0.152	-1.544	-0.135	-1.596
축산악취경험(무=1)	-0.055	-0.389	-0.030	-0.252
제시금액	-0.078	-4.880***	-0.128	-19.746***
$\ln L$	-515.593		-1,040.594	
평균 지불의사금액 (95% 신뢰구간)	33,855 (28,224, 43,808)		29,191 (25,868, 32,330)	

주 1) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

2) 신뢰구간은 부스트래핑을 이용하여 추정함.

자료: 저자 작성.

개인 특성 변수를 반영한 모형 분석 결과를 이용하여 평균 지불의사금액을 추정한 결과, 단일경계 양분선택모형에서의 평균 지불의사금액은 33,855원으로 추정되었으며, 이중경계 양분선택모형에서의 평균 지불의사금액은 29,191원으로 추정되었다. 부스트래핑을 이용한 지불의사금액의 95% 신뢰구간은 단일경계 양분선택모형에서는 28,224~43,808원으로 추정되었으며, 이중경계 양분선택모형에서는 25,868~32,330원으로 추정되었다. 축산악취의 경제적 피해액, 즉 국민 전체가 ‘축산악취 개선을 위한 지원사업’을 위해 특별부담금으로 지불하고자 하는 총금액은 앞에서 추정한 가구당 평균 지불의사금액을 우리나라 총가구 수로 곱하여 계산할 수 있다.

〈부표 3-4〉 축산악취 개선의 경제적 비용 추정

모형	제시금액 모형		개인특성 반영 모형	
	단일	이중	단일	이중
가구당 지불의사금액(원)	34,341	29,873	33,855	29,191
연간 악취개선 추정 비용	7,378	6,418	7,274	6,272

자료: 저자 작성.

축산부문 축종별 투입계수와 경제적 파급효과

〈부표 4-1〉 2018년 축산부문 산업부문별 투입계수

단위: %

부문 순위	낙농		한육우		양돈		가금		기타축산	
	부문	투입 계수	부문	투입 계수	부문	투입 계수	부문	투입 계수	부문	투입 계수
1	사료	48.1	사료	50.1	사료	42.5	사료	39.2	사료	20.3
2	서비스 및 기타	7.75	도·소매	5.91	서비스 및 기타	8.04	서비스 및 기타	9.03	서비스 및 기타	6.58
3	도·소매	5.87	서비스 및 기타	5.25	도·소매	5.70	가금	6.84	도·소매	3.30
4	벼	3.03	벼	2.65	운송	2.12	도·소매	5.36	제조업	3.14
5	전력·가스· 증기	2.18	제조업	2.19	제조업	2.02	제조업	2.37	목재 및 목제품	2.46
6	제조업	1.59	전력·가스· 증기	1.78	농림어업 서비스	1.84	전력·가스· 증기	1.73	기타축산	2.23
7	농림어업 서비스	1.42	농림어업 서비스	1.09	전력·가스· 증기	1.66	연구개발	1.65	운송	1.31
8	운송	0.75	운송	0.73	살충제 및 농약	1.46	운송	1.46	임산물	1.25
9	낙농품	0.68	외식	0.66	곡물 및 식량작물	1.42	농림어업 서비스	1.24	전력·가스· 증기	1.21
10	의약품	0.56	의약품	0.50	벼	1.35	펄프 및 종이제품	0.99	벼	0.85
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
중간 투입계	74.06		72.60		72.80		73.24		47.55	
부가 가치율	25.94		27.40		27.20		26.76		52.45	
합계	100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	

자료: 한국은행(2020). 『2018 산업연관표-연장표』를 이용해 작성함.

〈부표 4-2〉 2018년 축산업의 생산유발효과

단위: 십억 원

부문		생산유발효과			
		생산유발 계수	자체산업 생산액	타 산업 생산유발액	전체 생산유발액
축산업	낙농	2.31	2,444.7	3,191.3	5,636.1
	한육우	2.27	5,154.3	6,548.1	11,702.4
	양돈	2.28	6,455.5	8,271.5	14,727.0
	가금	2.20	4,712.6	5,641.5	10,354.1
	기타축산	1.80	733.5	586.3	1,319.8
축산업 후방산업	사료	1.80	10,414.9	8,341.1	18,756.0
	의약품	1.72	22,626.0	16,199.1	38,825.1
	농업용 기계	2.12	3,534.3	3,943.7	7,477.9
	농림어업서비스	1.78	1,115.0	874.9	1,989.9
	폐수 및 분뇨처리 (가축분뇨처리 포함)	1.58	4,346.0	2,529.1	6,875.1
축산업 전방산업	낙농품	2.46	7,468.3	10,927.0	18,395.4
	육류 및 육가공품	2.77	21,355.9	37,756.4	59,112.3
	음식료품	1.74	72,942.8	54,121.0	127,063.8
	외식	2.17	151,469.0	177,176.9	328,645.9
	비료 및 질소화합물 (가축분뇨 퇴비 포함)	1.76	3,174.0	2,407.6	5,581.6
전 산업 평균		1.80			

자료: '생산-생산형 모델'로부터 산출한 결과임.

〈부표 4-3〉 2018년 축산업의 부가가치유발효과

단위: 십억 원

부문		부가가치유발효과			
		부가가치 유발계수	자체산업 부가가치액	타 산업 부가가치유발액	전체 부가가치유발액
축산업	낙농	0.687	634.2	1,045.6	1,679.8
	한육우	0.677	1,412.5	2,078.2	3,490.7
	양돈	0.702	1,756.1	2,776.2	4,532.4
	가금	0.669	1,261.0	1,892.5	3,153.5
	기타축산	0.809	384.7	208.7	593.4
축산업 후방산업	사료	0.457	1,264.2	3,496.4	4,760.6
	의약품	0.723	9,499.6	6,850.1	16,349.8
	농업용 기계	0.629	759.3	1,462.5	2,221.8
	농림어업서비스	0.842	574.0	364.8	938.8
	폐수 및 분뇨처리 (가축분뇨처리 포함)	0.867	2,745.5	1,022.7	3,768.2
축산업 전방산업	낙농품	0.679	1,207.9	3,864.5	5,072.5
	육류 및 육가공품	0.692	2,498.2	12,272.8	14,770.9
	음식료품	0.668	26,047.9	22,573.4	48,621.3
	외식	0.788	48,711.1	70,676.8	119,387.9
	비료 및 질소화합물 (가축분뇨 퇴비 포함)	0.515	662.0	972.9	1,634.9
전 산업 평균		0.714			

자료: '생산-생산형 모델'로부터 산출한 결과임.

〈부표 4-4〉 축종별 타 산업부문 온실가스 배출 유발량

단위: 천 톤 CO₂eq./년, %

구분		낙농		한육우		양돈		가금		기타축산	
		부문	배출량	부문	배출량	부문	배출량	부문	배출량	부문	배출량
자체산업 온실가스 배출량(A)		낙농	1,665.2 (72.6)	한육우	4,938.2 (80.1)	양돈	1,797.5 (54.5)	가금	864.8 (47.0)	기타축산	256.4 (69.3)
타 산업부문 온실가스 배출 유발량(B)		소계	626.2 (27.4)	소계	1,223.4 (19.9)	소계	1,498.5 (45.5)	소계	974.9 (53.0)	소계	113.4 (30.7)
타 산업 부문별 배출량	1순위	전력·가스·증기	308.0	전력·가스·증기	573.6	전력·가스·증기	708.1	전력·가스·증기	522.3	전력·가스·증기	55.5
	2순위	벼	111.8	벼	217.6	운송	300.2	운송	188.0	운송	20.0
	3순위	운송	95.3	운송	199.8	벼	164.4	제조업	91.7	제조업	12.5
	4순위	제조업	45.3	제조업	98.7	제조업	126.5	벼	39.7	벼	10.7
	5순위	사료	19.5	사료	42.2	사료	46.5	사료	31.4	폐기물 자원재활용	3.0
	6순위	석유 및 석탄제품	8.5	석유 및 석탄제품	17.7	곡물 및 식량작물	29.6	폐기물 자원재활용	24.2	사료	2.5
	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
총 온실가스 유발량 (A+B)		2,281.4 (100.0)		6,161.6 (100.0)		3,296.1 (100.0)		1,839.7 (100.0)		369.9 (100.0)	

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

〈부표 4-5〉 환경비용을 고려한 축산업 경제적 파급효과(자체산업 및 타 산업 유발효과)

단위: 10억 원/년

구분			낙농	한육우	양돈	가금	기타축산
경제적 파급효과	생산액		2,444.7	5,154.3	6,455.5	4,712.6	733.5
	생산유발계수		2.31	2.27	2.28	2.20	1.80
	생산유발액(A)		5,636.1 (12.9)	11,702.4 (26.8)	14,727.0 (33.7)	10,354.1 (23.7)	1,319.8 (3.0)
	부가가치유발계수		0.688	0.678	0.703	0.670	0.808
	부가가치유발액(B)		1,681.4 (12.5)	3,494.0 (26.0)	4,536.6 (33.7)	3,158.4 (23.5)	593.7 (4.4)
환경비용 및 비용유발액	환경비용 합계	최소(C)	78.1 (8.3)	259.2 (27.6)	362.5 (38.7)	216.4 (23.1)	21.5 (2.3)
		최대(D)	83.00 (7.9)	280.70 (26.8)	413.50 (39.4)	247.40 (23.6)	23.80 (2.3)
	온실가스 비용 및 비용 유발액 합계		50.8	137.2	73.4	41	8.2
	자체산업 온실가스 비용합계		36.9	109.9	40.0	19.3	5.7
	타 산업 온실가스 비용 유발액		13.9	27.2	33.4	21.7	2.5
	축산악취 비용	최소	27.3	122.0	289.1	175.4	13.3
		최대	32.2	143.5	340.1	206.4	15.6
환경비용을 고려한 경제적 파급효과	환경비용 차감 부가가치유발액(B-C)		1,617.2 (12.8)	3,262.1 (25.8)	4,207.5 (33.3)	2,963.7 (23.5)	574.7 (4.6)
	환경비용 차감 부가가치유발액(B-D)		1,612.3 (12.9)	3,240.6 (25.9)	4,156.5 (33.2)	2,932.7 (23.4)	572.4 (4.6)

자료: 본 연구의 환경산업연관표를 이용해 산출함.

가축 생애 전과정평가를 위한 기초자료

〈부표 5-1〉 한우 거세우 및 미경산우 비육 프로그램

구분	월령	한우 거세우 28개월령 비육 프로그램			
		목표 체중 (kg/마리)	사료급여량		
			배합사료 (kg/마리/일)	조사료별 급여량 (kg/마리/일)	
				벼짚	건초
송아지	1	50	1kg 이내	자유	-
	2	70		1.0	-
	3	95		2.0	-
	4	120		3.0	-
	5	145		3.0	-
육성기	6	170	2.5	3.0	-
	7	195	3.0	3.0	-
	8	220	3.5	3.0	-
	9	245	4.0	3.0	-
	10	270	4.5	3.5	-
	11	295	5.0	3.5	-
	12	320	5.5	3.5	-
	13	345	6.0	3.5	(3.5)
비육전기	14	370	6.5	3.5	(3.5)
	15	400	7.5	-	3.0
	16	430	8.5	-	2.5
	17	460	9.5	-	2.5
	18	495	1.0	-	2.5
	19	530	1.0	-	2.0
	20	565	1.0	-	2.0
	21	600	1.0	-	2.0
비육후기	22	630	1.0	-	2.0
	23	655	9.5	-	1.5
	24	680	9.5	-	1.5
	25	700	9.5	-	1.5
	26	720	9.0	-	1.5
	27	735	9.0	-	1.0
	28	750	9.0	-	1.0
	29	(765)	(9.0)	-	(1.0)
	30	(780)	(9.0)	-	(1.0)

자료: 농촌진흥청(2018b: 303-308). “한우 거세우 29개월령 비육 프로그램.” 『한우-농업기술잡지 6 한우』 (개정판); 농협사료 홈페이지. “한우 거세우 28개월령 비육 프로그램.” (<https://www.nonghyupsaryo.co.kr>, 검색일: 2021. 9. 20.).

〈부표 5-2〉 한우 번식우 및 비육우의 성장단계별 체중 및 사료 섭취량

구분	성장단계	체중 (kg/마리)	음수량 (ℓ/일)	사료섭취량(kg/마리/일)		
				배합사료	볏짚	계
번식우	송아지	203	15.2	3.8	1.6	5.4
	육성우	335	17.4	4.7	2.1	6.8
	종빈우	487	22.3	3.2	5.2	8.4
	평균	341	18.3	3.9	3.0	6.9
비육우	송아지	191	16.4	4.0	1.4	5.4
	육성우	342	15.8	5.8	2.1	7.9
	비육전기	466	28.8	9.2	0.8	10.0
	비육후기	542	27.3	7.7	0.5	8.2
	평균	385	22.7	6.7	1.2	7.9

자료: 농촌진흥청(2018b: 393). 『농업기술길잡이 6 한우』(개정판).

〈부표 5-3〉 젖소의 조사료 품질에 따른 육성우 월령별 사료 섭취량

월령	체중 (kg)	조사료 품질											
		양질 (TDN 60% 이상)				중질 (TDN 54~56%)				저질 (TDN 48~50%)			
		사료비율 (%)		급여량 (kg/마리/일)		사료비율 (%)		급여량 (kg/마리/일)		사료비율 (%)		급여량 (kg/마리/일)	
		조사료	농후 사료	조사료	농후 사료	조사료	농후 사료	조사료	농후 사료	조사료	농후 사료	조사료	농후 사료
4~6개월령	130	60	40	1.8~2.3	1.4~1.8	50	50	1.4~1.8	1.8~2.3	40	60	0.9~1.4	2.3~2.7
7~12개월령	247	90	10	5.0~5.9	0~0.9	75	25	4.~55.0	1.4~1.8	60	40	3.2~4.1	2.3~2.7
13~15개월령	365	100	0	8.1~9.0	0~0.9	80	20	6.3~7.2	1.4~1.8	65	35	5.4~6.3	2.7~3.6
16~22개월령	500	100	0	9.9~10.8	0~0.9	90	10	9.0~9.9	0.9~1.4	75	25	7.2~9.1	2.7~3.6

자료: 농촌진흥청 국립축산과학원(2017a: 215). 『한국가축사양표준 젖소』.

〈부표 5-4〉 한우 성장단계별 분뇨 발생량

구분	성장단계	체중 (kg/마리)	분뇨배설량(kg/마리/일)			분뇨배설량/체중 (%)
			분	뇨	계	
번식우	송아지	203	8.9	2.3	11.2	5.5
	육성우	335	10.8	3.3	14.1	4.2
	종빈우	487	15.5	4.6	20.1	4.1
	번식우 평균	342	11.7	3.4	15.1	4.6
비육우	송아지	181	8.9	2.7	11.6	6.1
	육성우	342	10.4	4.0	14.4	4.2
	비육전기	466	13.0	7.3	20.3	4.4
	비육후기	542	10.6	6.3	16.9	3.1
	비육우 평균	383	10.7	5.1	15.8	4.5
전체 평균		363	11.2	4.3	15.5	4.5

자료: 농촌진흥청 축산과학원(2007). 『2007 한국사양표준 한우』; 한우자조금관리위원회(2009: 210). 『한우 권선텔 지침서』 재인용.

〈부표 5-5〉 젖소 성장단계별 분뇨 발생량

성장단계	체중 (kg/마리)	분뇨배설량(kg/마리/일)		
		분	뇨	계
육성우	206.0	12.0±2.7	8.8±4.1	20.8±4.5
처녀우	413.1	17.9±2.6	11.6±3.1	29.5±4.5
건유우	577.3	25.7±6.9	12.7±3.4	39.5±6.4
착유우	694.3	44.0±5.4	32.3±6.1	76.3±6.0
평균	472.7	24.9±13.9	16.4±10.8	41.5±24.4

자료: 농촌진흥청(2019: 317). 『농업기술집약이 1 낙농』.

〈부표 5-6〉 2020년 조사료 종류별 단가(원물기준)

구분	청예류	벼짚	건초	엔시레지	조사료 평균
단가(원/kg)	141	143	417	198	138

주 1) 청예류는 청보리와 청체벼의 가중평균 단가임.

2) 엔시레지는 바이오 MIX, 조사료믹스, 혼합조사료 등 가격의 가중평균 단가이며, 가공비가 포함되어 있음.

3) 건초는 수입 티모시와 페스큐짚의 평균 단가임.

자료: 정민국 외(2021: 84). 『조사료 온라인 플랫폼 구축 타당성 분석』.

〈부표 5-7〉 2019년 축종별 배합사료 단가

단위: 원/kg

구분	한우			젖소				돼지
	비육전기 (250~399kg)	비육중기 (400~499kg)	비육후기 (500kg~)	어린송아지 (0~3개월령)	중송아지 (4~6개월령)	큰송아지 (7개월령~임신)	임신우	
2015년	384.31	415.09	400.55	517.81	402.55	436.89	430.94	549.83
2016년	374.37	395.18	402.98	516.54	434.83	422.44	453.47	567.35
2017년	371.59	388.28	397.39	519.80	438.69	417.85	450.09	586.04
2018년	377.27	394.56	400.69	530.24	499.12	434.89	444.50	596.57
평균	376.89	398.28	400.40	521.10	443.80	428.02	444.75	574.95

자료: 농협경제지주(2019). 『축산물가격 및 수급자료』.

〈부표 5-8〉 축종별 생산성 현황

축종	비육우			젖소		비육돈		번식돈
	일당 증체량 (kg/일)	출하체중 (kg/마리)	사육일수 (일)	두당산유량 (kg, l)	도태산차	일당 증체량 (kg/일)	사육일수 (일)	
2000	0.91	444	495	6,872	-	0.62	159	15.0
2005	0.78	538	588	7,861	-	0.65	158	14.4
2010	0.83	584	658	8,325	-	0.66	158	15.1
2015	0.76	632	736	9,201	3.12	0.67	158	17.0
2016	0.77	700	747	9,109	3.11	0.68	154	17.3
2017	0.78	723	744	9,100	3.10	0.65	161	17.2
2018	0.77	746	730	9,134	3.12	0.64	163	16.4
2019	0.80	751	728	9,269	-	0.64	165	16.8

주: MSY(모든 두당 출하 마릿수) = 당년도 돼지 도축 마릿수/전년도 모든 마릿수

자료: 통계청(각 연도). 『축산물생산비통계』, 농협 젖소개량사업소 내부자료, 축산물품질평가원(2020). 『2019 등급판정통계연보』, 농협경제지주(2019). 『축산물가격 및 수급자료』, 농협 축산정보센터(각 연도). 『가축통계』를 이용하여 산출함.

- 고원석·강진구·채용우·박상미. 2015. 『농업부문 에너지 투입에 의한 온실가스 배출 추정』, PJ007832. 농촌진흥청.
- 국립환경과학원. 2013. 『EU 통합환경관리(IPPC) BAT 기준서: 가금류 및 돼지 사육』.
- 국립환경과학원. 2014. 『수질오염총량관리기술지침』.
- 국승용·이형우·이용건·김명수. 2020. 『돼지고기 수급 및 유통체계 분석』.
- 관계부처 합동. 2020. 『강우유출 비점오염원관리 종합대책』.
- 관계부처 합동. 2021. 『2050 탄소중립 시나리오안』.
- 김경민. 2020. 『환경친화적 축산환경 조성의 문제점과 개선방안』, 현안분석 제129호. 국회입법조사처.
- 김동훈. 2021. “건강기능식품의 소비 특성 분석 연구.” 동국대학교 박사학위 논문.
- 김윤경. 2006. 『환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구』, 한국은행(계간국민계정).
- _____. 2011. 『환경산업연관표 2005를 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO2) 배출 분석』 20(1): 1-31. 자원·환경경제연구.
- 김창길·정학균·임평은·김태훈. 2015. 『양분총량제 도입방안 연구』, C2015-5. 한국농촌경제연구원.
- 김충실·이현근. 2009. “농업부문 에너지 소비의 CO2 배출량 분석.” 『농촌경제』 32(1): 41-61.
- 김현중·박성진·김태후·강수진. 2018. 『가축분뇨처리 사업군 심층평가』, E18-2018-2. 한국농촌경제연구원.
- 농림축산식품부. 각 연도. 『기타가축통계』.
- 농림축산식품부. 2019. “원유생산비절감우수조합 지원사업 시행지침서.”
- 농림축산식품부. 2020. 『농림축산식품 주요통계 2020』.
- 농림축산식품부. 2021. 『2021 농림축산식품사업 시행지침』.
- 농림축산식품부. 2006. 『가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진대책』.
- 농림축산식품부. 2014. 『지속가능한 친환경축산 종합대책』.
- 농림축산식품부·환경부. 2004. 『가축분뇨 관리·이용 대책』.
- 농림축산식품부·환경부·농협중앙회. 2009. 『가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)』.

- 농림축산식품부·환경부. 2004. 『가축분뇨 관리·이용대책』.
- 농촌진흥청 국립축산과학원. 2017a. 『한국가축사양표준 젃소』.
- 농촌진흥청 국립축산과학원. 2017b. 『한국가축사양표준 한우』.
- 농촌진흥청 국립축산과학원. 2017c. 『한국가축사양표준 돼지』.
- 농촌진흥청 국립축산과학원. 2017d. 『한국가축사양표준 사료성분표』.
- 농촌진흥청. 2018a. 『농업기술길잡이 3 돼지기르기』.
- 농촌진흥청. 2018b. 『농업기술길잡이 6 한우』(개정판).
- 농촌진흥청. 2019. 『농업기술길잡이 1 낙농』.
- 농협경제지주. 2019. 『축산물가격 및 수급자료』.
- 농협경제지주 젃소개량사업소. 내부자료.
- 농협경제지주 젃소개량사업소. 2020. 『2019년도 한국 유우균 능력검정 사업 보고서』.
- 농협 축산정보센터. 각 연도. 『가축통계』.
- 대한민국정부. 2020. 『대한민국 2050 탄소중립 전략』.
- 대한한돈협회. 2019. 『한돈팜스 전국 한돈농가 2018년 전산성적 2020년 수급전망』.
- 민슬기·손영환·노수각·박재성·봉태호. 2014. “환경산업연관분석을 이용한 농작물의 이산화탄소 배출량 변화와 생산량, 재배면적의 상관성 분석.” 『한국농공학회논문집』 56(1): 61-70.
- 박유성·이건모·양승학. 2015. “국내 낙농우(젃소)로부터의 우유생산에 대한 전과정 평가.” 『대한환경공학회지』 37(1): 52-59.
- 배출권시장 정보플랫폼. 2020. 『2019년 배출권시장 운영리포트』.
- 우병준·김현중·서강철·정세미. 2016. 『국민경제를 고려한 미래 축산정책 개선방안 연구』. C2016-15. 한국농촌경제연구원.
- _____. 김현중·박성진·서강철. 2018. 『축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2 차년도)』. R864. 한국농촌경제연구원.
- _____. 김현중·석준호·김명수. 2019. 『축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(2/2 차년도)』. R896. 한국농촌경제연구원.
- 이건모·허탁·김승도. 1998. 『환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침』. 한국품질환경인증협회.
- 이명규·김두환·김기연·고한중·한갑원·박재현·지민규·홍성하·김수량. 2019. 『농축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안』. R869 연구자료-1. 한국농

촌경제연구원.

이상민·임영아·성재훈·안현진·이현정·이혜진. 2017. 『신기후체제에 따른 농축산식품부
문 영향과 대응전략(1/2차년도)』. R835. 한국농촌경제연구원.

이용건. 2020. 『낙농산업의 지역·환경 영향 평가』. W53. 한국농촌경제연구원.

이현근. 2008. “농업부문 환경산업연관분석.” 경북대학교 석사학위 논문.

이희선. 2011. “의무할당제(RPS)시행과 재생에너지의 활성화에 미치는 영향.” 『환경포
럼』 통권 165호. 환경정책평가연구원.

유철호·허덕·정민국. 2000. 『가축분뇨자원화 촉진을 위한 제도개선 연구』. D148. 한국
농촌경제연구원.

일본 농림수산성. 2019. 『수질오염방지법에 근거하는 배수 규제와 배수의 측정·기록·보
존에 관한 팸플릿』.

일본 농림수산성. 2020a. 『농림수산환경정책의 기본 방침』.

일본 농림수산성. 2020b. 『축산 바이오 매스 지산지소 대책사업의 개요』.

일본 축산환경정비기구. 2017. 『축산분야 지구온난화완화기술 리뷰 보고서』.

일본 환경성. 2019. 『2019년 악취방지법시행상황조사 결과에 대하여』.

장운정. 2011. “95-00-05-08 환경산업연관표를 이용한 우리나라의 Co2 배출량 구조분해
분석.” 이화여자대학교 석사학위논문.

정민국·이명기·황윤재·김윤형·김현중·이용건. 2011. 『축산업 선진화 방안 연구』. C2011-24.
한국농촌경제연구원.

_____. 허덕·이명기·김윤형·이형우·김현중·이용건. 2013. 『지역단위 가축분뇨의 자원순
환 모델 개발』. PJ007818. 농촌진흥청 용역과제.

_____. 김현중·이용건·서강철. 2021. 『조사료 온라인 플랫폼 구축 타당성 분석』.
C2021-11. 한국농촌경제연구원.

정순철. 2018. “농산물 재배시스템에 대한 전과정 평가 연구.” 건국대학교 대학원 석사학
위 논문.

정학균·임영아·성재훈·이현정. 2018. 『신기후체제에 따른 농축산식품부문 영향과 대응
전략(2/2차년도)』. R861. 한국농촌경제연구원.

조을생·이소라·윤영만·신동원·황보은. 2019. 『지속가능성을 고려한 가축분뇨관리 정책
방안 연구』. 한국환경정책·평가연구원.

지인배·송우진·김진년·이용건. 2013. 『축산업의 외부효과와 정책방안』. R710. 한국농촌

- 경제연구원.
- 축산물품질평가원. 2020. 『2019 등급판정통계연보』.
- 축산물품질평가원. 2021. 『2020 등급판정통계연보』.
- 최한주·이기훈. 2006. “환경 혼합 산업연관모형을 이용한 산업별 이산화탄소 배출량 추
정과 변화 요인 분석.” 『자원·환경경제연구』 16(1): 27-50.
- 통계청. 각 연도. 『축산물생산비통계』.
- 통계청. 각 연도. 『가축동향조사』.
- 한국은행. 2014. 『산업연관분석 해설』.
- 한국은행. 2019a. 『2015년 산업연관표 - 실측표』.
- 한국은행. 2019b. 『2015년 산업연관표 - 부문분류표』.
- 한국은행. 2020. 『2018년 산업연관표 - 연장표』.
- 한우자조금관리위원회. 2009. 『한우 컨설팅 지침서』.
- 환경부 국가미세먼지정보센터. 2020. 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)』.
- 환경부. 2017. 『가축분뇨 배출시설 특별점검 결과』.
- 환경부. 2015. 3. 30. “지자체 가축사육제한 조례 제·개정 관련 권고안.”
- 환경부·농림축산식품부 등 관계부처 합동. 2020. 『제3차 강우유출(2021~2025) 비점오
염원 관리 종합대책』.
- 환경부 온실가스종합정보센터. 2019a. 『2019 국가 온실가스 인벤토리 보고서』.
- 환경부 온실가스종합정보센터. 2019b. 『2006년 IPCC 지침 국내적용을 위한 국가 온실
가스 산정기반 고도화 연구 최종보고서』.
- 환경부 온실가스종합정보센터. 2020. 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』.
- 환경부 유역총량과 내부자료.
- 허덕. 2021. “일본의 에코피드 현황과 관련 정책.” 『해외곡물시장동향』 10(1). 한국농촌
경제연구원.
- 허덕·정민국. 2001 “가축분뇨 처리방법별 비용과 규모의 경제성.” 『농업경영·정책연구』
28(2): 364-382.

- Alberto Benato, Alarico Macor. 2019. "Italian Biogas Plants: Trend, Subsidies, Cost, Biogas Composition and Engine Emissions." MDPI energies.
- Alexander Eden. 2018. "Bio-Methane Support Policy in France." Ecofys and adelphi.
- Anna Bokowa, Carlos Diaz, Jacek A. Koziel, Michael McGinley, Jennifer Barclay, Günther Schauburger, Jean-Michel Guillot, Robert Sneath, , Laura Capelli, Vania Zorich, Cyntia Izquierdo, Ilse Bilsen, Anne-Claude Romain, Maria del Carmen Cabeza, Dezhao Liu, Ralf Both, Hugo Van Belois, Takaya Higuchi, Landon Wahe. 2021a. "Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide." Atmosphere 2021.
- Anna Bokowa, Carlos Diaz, Jacek A. Koziel, Michael McGinley, Jennifer Barclay, Günther Schauburger, Jean-Michel Guillot, Robert Sneath, , Laura Capelli, Vania Zorich, Cyntia Izquierdo, Ilse Bilsen, Anne-Claude Romain, Maria del Carmen Cabeza, Dezhao Liu, Ralf Both, Hugo Van Belois, Takaya Higuchi, Landon Wahe. 2021b. "Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide: Supplementary material.", Atmosphere 2021.
- Cyntia Izquierdo, Carlos Diaz, Laura Capelli, Rosa Arias, Nora Salas Seoane. 2019. "Analysis of existing regulations in odour pollution, odour impact criteria." D-NOSES.
- Danish EPA. 2017. "Overview of the Danish regulation of nutrients in agriculture & the Danish Nitrates Action Programme."
- EUR-Lex. 1991. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources(91/676/EEC). <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0676-20081211&from=EN>>. 검색일: 2021. 4. 29.
- _____. 1996. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31996L0061>>. 검색일: 2021. 4. 29.
- _____. 2010. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A3201>

0L0075>. 검색일: 2021. 4. 29.

- Gé B. C. Backus. 2017. “Manure Management: An Overview and Assessment of Policy Instruments in the Netherlands.” The World Bank Group.
- ISO(International Organization for Standardization). 2006. “ISO 14040:2006(E) Environmental management - Life cycle assessment – Principles and Framework.”
- IPCC. 2019. “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.”
- Jan Liebetrau, Richard O’Shea, Maria Wellisch, Kari-Anne Lyng, Günther Bochmann, Bernadette K. McCabe, Peter W. Harris, Clare Lukehurst, Peter Kornatz, Jerry D. Murphy. 2021. “Potential and utilization of manure to generate biogas in seven countries.” IEA Bioenergy.
- Jean Gault, Muriel Guillet, François Guerber, Claire Hubert, François Paulin et Marie Christine Soulié. 2015. “Analysis of implementation of the Nitrates Directive by other Member States of the European Union.” no. 010012-01. MINISTRY OF ECOLOGY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENERGY.
- Linda Hölscher, Lena Gehre. 2018. “Denmark: Action Plans for the Aquatic Environment and Green Growth Agreement.” ECOFYS.
- L.M. Svendsen, L. van der Bijl, S. Boutrup & B. Norup. 2005. “NOVANA. National Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environments.” NERI Technical Report. No.537
- Ludwig Hermann, Ralf Hermann. 2018. “Report on regulations governing AD and NRR in EU member states.” SYSTEMIC.
- Michael Stöckler. 2020. “Biogas production: Insights and experiences from the Danish Biogas Sector.”
- Miller, R. and P. Blair. 1985. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. PrenticeHall: NJ.
- Nakatani T, Aizaki H, Sato K. 2021. DCchoice: An R Package for Analyzing Dichotomous Choice Contingent Valuation Data. R package version 0.1.0.
- Nicolae Scarlat, Jean-François Dallemand, Fernando Fahl. 2018. “Biogas: Developments and perspectives in Europe.” *Renewable Energy* 129: 457-472.

- Niderkorn, V. and R. Baumont. 2009. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal* 3: 951-960.
- OECD. 2005. “Manure Policy and MINAS:Regulating Nitrogen and Phosphorus Surpluses in Agriculture of the Netherlands.” OECD Environment Programme.
- UK Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB). 2020. “2018 pig cost of production in selected countries.”
- 河原林孝由基. 2017. 『재생가능에너지에 의한 농업경영의 다각화-축산바이오매스발전의 가능성』. 농림금융.
- 松下英之. 2014. “축산업에 있어 지구온난화대책과 J 크레딧.” 『축산환경정보』 제51호.

<참고 인터넷 사이트>

- 국가법령정보센터. <<https://www.law.go.kr/main.html>>. 검색일: 2021. 3. 3~6. 3.
- 경상남도 농업기술원 창업농지원정보. <<https://www.gnares.go.kr>>. 검색일: 2021. 9. 8.
- 남도일보. 2020. 11. 25. “나주시, 축산악취 개선 성과 사례 공유.” <<http://www.namdonews.com/news/articleView.html?idxno=591232>>. 검색일: 2021. 7. 23.
- 농림축산식품부 보도자료. 2017. 1. 16. “깨끗한 축산환경 조성 추진대책’마련.” <<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156178998>>. 검색일: 2021. 5. 23.
- 농림축산식품부 보도자료. 2020. 11. 23. “전국 10개 축산악취 우려지역 악취개선 성과 공유회의 개최(11.20).” <<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156422401>>. 검색일: 2021. 7. 23.
- 농수축산신문. 2020. 11. 19. “[Issue+] 증가하는 축산 악취 민원, 해법없나.” <<http://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=204476>>. 검색일: 2021. 1. 23.
- 농협사료 홈페이지. “한우 거세우 28개월령 비육 프로그램.” <<https://www.nonghyupsaryo.co.kr>>. 검색일: 2021. 9. 20.
- 농촌진흥청 농사로 농업기술포털. <<http://www.nongsaro.go.kr>>. 검색일: 2021. 9. 20.
- 산업통상자원부 보도자료. 2021. 7. 28. “신재생에너지 공급의무화 제도(RPS) 고시 일부 개정안 시행.” <http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=164409&bbs_cd_n=81¤tPage=1&search_key_n=title_v&cate_n=1&dept_v=&search_val_v=>>. 검색일: 2021. 8. 20.

일본 농림수산성 홈페이지. <<https://www.maff.go.jp/>>. 검색일: 2021. 9. 1.

정보공개센터. <<https://www.opengirok.or.kr/4960>>. 검색일: 2021. 11. 16.

축산물품질평가원 홈페이지. “등급판정통계 소도체.” <<https://www.ekapepia.com/>>. 2021. 9. 30.

축산물이력제 빅데이터 개방시스템. <<https://www.mtrace.go.kr/>>. 검색일: 2021. 9. 30.

환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지. “배출량 검색.” <<http://www.air.go.kr>>. 검색일: 2021. 5. 18.

환경부 보도자료. 2008. 12. 23. “10년전 보다 가축별 분내배출량이 크게 감소.” <<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=155328876>>. 검색일자: 2021. 8. 2.

환경부 환경통계포털. <<http://stat.me.go.kr>>. 검색일: 2021. 1. 24.

LSCE. “Uncovering how grasslands changed our climate.” <https://www.lsce.ipsl.fr/Phoceabuzer.de/Vie_des_labos/Fait_marquant/index.php?id_news=7732>. 검색일: 2021. 4. 29.

buzer.de. <https://www.buzer.de/Anlage_4_Duengeverordnung_DUV.htm>. 검색일: 2021. 8. 17.

Danish Energy Agency. <<https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics>>. 검색일: 2021. 4. 23.

ECOLEX. “비료법을 개정하는 첫 번째 법안.” <<https://www.ecolex.org/details/legislation/first-act-amending-the-fertilizer-act-lex-faoc169515/?>>. 검색일: 2021. 8. 17.

Eurostat. 각 연도. “농업 환경지표.” <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>>. 검색일: 2021. 4. 27.

Eurostat. 각 연도. “소, 돼지 개체군.” <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>>. 검색일: 2021. 4. 27.

GAZZETTA UFFICIALE. <<https://www.gazzettaufficiale.it>>. 검색일: 2021. 8. 18.

RES LEGAL. <<http://www.res-legal.eu/en/compare-support-schemes/>>. 검색일: 2021. 8. 19.

SCENTROID. <<https://scentroid.com/wikiodour/odour-unit-ou-oue/>>. 검색일: 2021. 4. 25.

KREI

www.krei.re.kr

축산업 환경영향 분석과 정책과제

Environmental impact of livestock industry
: Analysis and policy tasks



한국농촌경제연구원

전라남도 나주시 빛가람로 601
T. 1833-5500 F. 061) 820-2211



9 791161 495125
ISBN 979-11-6149-512-5