

본 연구결과는 연구진의 의견 및 주장이며 한우자조금의 공식입장과는 다를 수 있음

제 출 문

한우자조금관리위원회 위원장 귀하

이 보고서를 「축산환경규제의 한우 생산성 및 연관 파급 효과 분석」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022년 12월

고려대학교 산학협력단

연구책임자: 안 병 일 (고려대학교 식품자원경제학과 교수)

연 구 원: 유 도 일 (서울대학교 농경제사회학부 교수)

연구보조원: 임 승 주 (고려대학교 식품자원경제학과 박사과정)

임 희 선 (고려대학교 식품자원경제학과 박사후연구원)

정 희 주 (고려대학교 식품자원경제학과 석사과정)

김 기 윤 (서울대학교 농경제사회학부 석사과정)

차 례

제1장 서론

제1절. 연구의 필요성과 목적.....	4
제2절. 연구 내용 및 설계	10
제3절. 선행연구 검토	13

제2장 한우산업 현황 및 정책 동향

제1절. 한우 사육 현황 및 수급 동향.....	19
제2절. 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향.....	33

제3장 축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 효과

제1절. 분석 개요	47
제2절. 환경규제가 생산성에 미치는 효과 분석 결과.....	59

제4장 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과

제1절. 분석 개요	71
제2절. 한우 생산비용 변화 분석 결과.....	78

제5장 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과

제1절. 한우산업에 대한 환경규제의 비용-편익 분석	110
제2절. 환경정책으로 인한 전체 산업 유발효과와 온실가스 감축 효과 비교	115

제6장 요약 및 결론..... 119

참고문헌

부록

표차례

제1장

〈표 1-1〉 2021년 한우 관련 산업 규모 추정	8
------------------------------------	---

제2장

〈표 2-1〉 한우농가 사육규모별 농장수와 사육마릿수 변화	20
〈표 2-2〉 한우 농가당 사육두수 변화.....	21
〈표 2-3〉 한우(비육우) 농가 규모별 사육비	22
〈표 2-4〉 쇠고기 수급 동향	22
〈표 2-5〉 쇠고기 수입 현황	24
〈표 2-6〉 1인당 소고기 소비량과 원산지별 내역	26
〈표 2-7〉 한우 번식우 마리당 수익성.....	27
〈표 2-8〉 한우 비육우 마리당 수익성	28
〈표 2-9〉 연도별 한우 산지가격 현황.....	30
〈표 2-10〉 한우 등급별 도매가격 추이.....	31
〈표 2-11〉 농업분야 온실가스 배출량 추이(1990~2019).....	36
〈표 2-12〉 축산악취 민원 발생 현황(2014~2020년).....	38
〈표 2-13〉 가축분뇨 처리방법별 농가(한우).....	39
〈표 2-14〉 한육우 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적.....	40
〈표 2-15〉 한육우 성장단계별 마리당 가축사육시설 소요면적.....	40
〈표 2-16〉 젖소 성장단계별 마리당 가축사육시설 소요면적	41
〈표 2-17〉 일관사육시 마리당 가축사육시설 소요면적.....	42
〈표 2-18〉 가축분뇨 퇴·액비화 기준	43
〈표 2-19〉 깨끗한 축산농장 지정(누계)	45
〈표 2-20〉 깨끗한 축산농장 지원사업.....	45

제3장

〈표 3-1〉 MLPI 증감에 따른 해석	52
〈표 3-2〉 한우농가경영 컨설팅 성과 평가지표	53
〈표 3-3〉 한우 농가 경영비 항목	54
〈표 3-4〉 규모 · 농가 유형별 빈도수	54
〈표 3-5〉 규모 · 농가 유형별 빈도수	56
〈표 3-6〉 투입 산출변수 기초통계량	58
〈표 3-7〉 시기별 한우 번식농가 생산성 지수	59
〈표 3-8〉 규모별 한우 번식농가 생산성 지수	60
〈표 3-9〉 시기별 한우 일관사육농가 생산성 지수	61
〈표 3-10〉 규모별 한우 일관사육농가 생산성 지수	61
〈표 3-11〉 한우 번식농가 MPI	62
〈표 3-12〉 한우 번식농가 MLPI	62
〈표 3-13〉 한우 번식농가 MPI와 MLPI 비교 결과	63
〈표 3-14〉 한우 일관사육농가 MPI	64
〈표 3-15〉 한우 일관사육농가 MLPI	64
〈표 3-16〉 한우 일관사육농가 MPI와 MLPI 비교 결과	65
〈표 3-17〉 한우 번식농가 동질성 가설검정 결과	67
〈표 3-18〉 한우 일관사육농가 동질성 가설검정 결과	67
〈표 3-19〉 한우 번식농가 사육 규모별 평균 산출손실액	69
〈표 3-20〉 한우 번식농가 사육 규모별 오염물질 한 단위당 산출손실액	69
〈표 3-21〉 한우 일관사육농가 사육 규모별 산출손실액	70
〈표 3-22〉 한우 일관사육농가 사육 규모별 오염물질 한 단위당 산출손실액	70

제4장

〈표 4-1〉 한우의 총비용함수 추정 결과	79
〈표 4-2〉 한우의 평균비용함수 추정 결과	79
〈표 4-3〉 한우 수요탄력성 및 공급탄력성	81
〈표 4-4〉 쇠고기 판매가격 및 소비자잉여 감소분 산출 결과	85
〈표 4-5〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅰ)	85
〈표 4-6〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅱ)	86

〈표 4-7〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅲ)	87
〈표 4-8〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅳ)	88
〈표 4-9〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅴ)	88
〈표 4-10〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅵ)	89
〈표 4-11〉 한우 환경규제 비용에 따른 조수입 변화 시나리오 분석(Ⅰ)	90
〈표 4-12〉 한우 환경규제 비용에 따른 조수입 변화 시나리오 분석(Ⅱ)	92
〈표 4-13〉 한우 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화 시나리오 분석(Ⅰ)	93
〈표 4-14〉 한우 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화 시나리오 분석(Ⅱ)	94
〈표 4-15〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 작성을 위한 부문 재분류	97
〈표 4-16〉 에너지 투입액표에 작성된 에너지원 종류(19종)	99
〈표 4-17〉 2019년 분야별 온실가스 배출량	100
〈표 4-18〉 한육우 가축분뇨 배출 현황	104
〈표 4-19〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 배출 현황	105
〈표 4-20〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 배출원단위	106
〈표 4-21〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 비용 산출 결과	106
〈표 4-22〉 축산/한육우 산업부문의 온실가스 비용 및 유발액	107
〈표 4-23〉 축산/한육우 산업부문의 생산액 및 축산악취 비용	108
〈표 4-24〉 환경비용을 고려한 축산 및 한육우 산업부문의 부가가치 변화	109

제5장

〈표 5-1〉 시나리오에 따른 한육우 온실가스 배출량 및 환경규제 편익	112
〈표 5-2〉 시나리오에 따른 한육우 암모니아 배출량 및 환경규제 편익	113
〈표 5-3〉 축산환경규제 편익과 생산 및 부가가치 유발효과 비교	114
〈표 5-4〉 한우 출하액 감소를 적용에 따른 전체 산업 유발 효과(Ⅰ)	117
〈표 5-5〉 한우 출하액 감소를 적용에 따른 전체 산업 유발 효과(Ⅱ)	118

부록

〈부표 1〉 총수입 기초통계량	131
〈부표 2〉 사료비 기초통계량	132
〈부표 3〉 기타 경비 기초통계량	133
〈부표 4〉 자가노동임금 기초통계량	134
〈부표 5〉 거세우 출하량 기초통계량	135
〈부표 6〉 비육암소 출하량 기초통계량	136

〈부표 7〉 송아지 출하량 기초통계량	137
〈부표 8〉 2019~2021년 농가구입가격 지수	138
〈부표 9〉 환경산업연관표 작성 결과.....	1

그림차례

제1장

〈그림 1-1〉 한우 생산액 변화 추이	5
〈그림 1-2〉 한우 사육두수 변화 추이	5
〈그림 1-3〉 연구 체계도	11

제2장

〈그림 2-1〉 쇠고기 수입 현황	25
〈그림 2-2〉 한우 산지가격 변화 추이	30
〈그림 2-3〉 한우 등급별 도매가격 추이	32
〈그림 2-4〉 연도별 국가 전체 대비 농업분야 온실가스 배출량 비중	35

제3장

〈그림 3-1〉 일관 (비육) 사육 농가 투입물 및 산출물 변수	56
〈그림 3-2〉 번식 전문 농가 투입물 및 산출물 변수	57

제4장

〈그림 4-1〉 한우의 한계비용함수 추정 결과	84
〈그림 4-2〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 구조	95
〈그림 4-3〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 작성 방법	96

요 약

연구 개요

- 본 연구는 축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 효과를 분석하고, 환경규제로 인한 온실가스 감축 효과와 생산성 감소의 상호 비교를 통해 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과를 분석하고자 함.
 - 이처럼 분석 결과로 도출된 축산환경규제 정책이 한우산업 생산성에 미치는 효과를 활용하여 향후 한우산업 관련 환경정책 방향을 제시하는 것을 목적으로 함.
- 본 연구는 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과를 분석하고, 축산환경규제 시나리오에 따른 한우 생산비용 변화와 사회적 후생 변화 효과를 분석하고자 함.
 - 또한, 한우 산업부문을 중심으로 2019년 환경산업연관표를 작성하여 환경 영향 효과를 분석하고, 축산환경규제로 인한 환경적 편익을 산출하고자 함.
 - 최종적인 목적은 축산환경규제로 인한 전체 산업 유발효과(비용)와 환경적 편익을 비교하여 분석한 결과를 제시하는 것임.
- 본 연구에서는 축산환경규제 강화(퇴·액비화 부숙도 기준 강화, 방류수 수질기준 강화)로 인하여 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 증가할 것이라는 가정의 시나리오를 구성하여 분석함.

연구 결과

- 오염물질의 약처분성을 가정할 경우 가정하지 않았을 때보다 생산성지수가 감소하였으며, 번식 전문 농가의 경우 평균 22%, 일관사육농가의 경우 평균 17% 정도 감소하였음. 이는 축산환경규제로 인한 CO_2 배출에 대한 패널티 부여에 따라 온실가스의 약처분성을 반영하는 경우 농가생산성이 감소한다는 것을 의미함.
 - 사육규모에 따라 축산환경규제가 생산성에 미치는 영향이 다름을 확인하였으며, 특히 번식 전문 농가와 일관사육농가 모두 대체로 사육규모가 클수록 오염물질을 줄이면서 생산성을 증대하는데 효과적인 것으로 확인됨.
- 환경규제로 인해 발생 가능한 생산의 상실, 즉 기회비용은 번식농가의 경우에는 평균적으로 농가당 2,260,401원이고, 일관사육농가의 경우에는 3,829,469원으로 추산됨.
 - 농가 유형과 관계없이 사육 규모가 증가할수록 산출손실액이 감소하였음. 이는 축산환경규제 시행 시 100두 이상의 대형 농가들보다 50두 미만의 중소규모 축산농가의 부담이 상대적으로 클 수 있음을 시사함.
 - 한우 농가들의 평균 조수입과 경영비를 고려하였을 때, 이는 적지 않은 수준의 기회비용임. 따라서 축산환경 규제 시 소규모 농가들을 지원할 수 있는 정책 또한 같이 고려되어야 함.
- 환경규제 비용 증가 시나리오에 따라 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과와 한우 도축두수를 기준으로 조수입 변화 효과를 분석한 결과를 합하여 사회적 총 후생효과를 산출함.

- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 2배, 3배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 2,393억 9,988만 원, 3,341억 5,502만 원 감소하였음.
 - 환경규제로 인한 비용 증가는 사회적 총 후생을 감소시키기 때문에 정부는 축산환경규제 정책의 기준이 되는 정확한 정보를 수집하고 신중하게 규제 정책을 시행할 필요가 있음.
- 생산유발액 및 부가가치유발액 감소액이 온실가스 및 축산악취 시나리오 별로 발생한 축산환경규제 편익보다 큰 것으로 산출됨.
- (시나리오 1) 온실가스 및 암모니아가 10% 감축하였을 때, 환경적 편익은 303억 원이고, 생산유발액과 부가가치유발액은 각각 1조 5,274억 원, 4,922억 원 감소하는 것으로 나타남.
 - 한우산업의 환경규제로 인한 자체 산업 생산액 및 부가가치액 감소 효과를 최소화하는 방향으로 정책을 입안해야 함.
- 환경규제로 인해 발생하는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 사육두수를 기준으로 산출한 값을 활용하였음. 한우 분뇨처리비가 2배 증가하였을 때, 한우 출하액(조수입) 감소율은 -1.50%로 나타났고, 생산유발액은 2,060억 원, 부가가치유발액은 660억 원, 온실가스 유발액은 28억 원 감소하였음.
- 환경규제비용 증가로 인해 한우 조수입이 감소하였을 때, 생산유발액과 부가가치유발액 감소액(비용)이 온실가스 유발액 감소액(편익)보다 큰 것으로 나타남.
- 본 연구에서는 한우산업에서 환경규제로 인해 발생하는 비용이 환경적 편익보다 큰 것으로 분석되었고, 이에 따라 한우농가를 규제 대상으로 삼아 직접적으로 환경규제를 가하는 것은 효율적이지 않다는 결론을 내릴 수 있음.

제1장

서론

제1절. 연구의 필요성과 목적

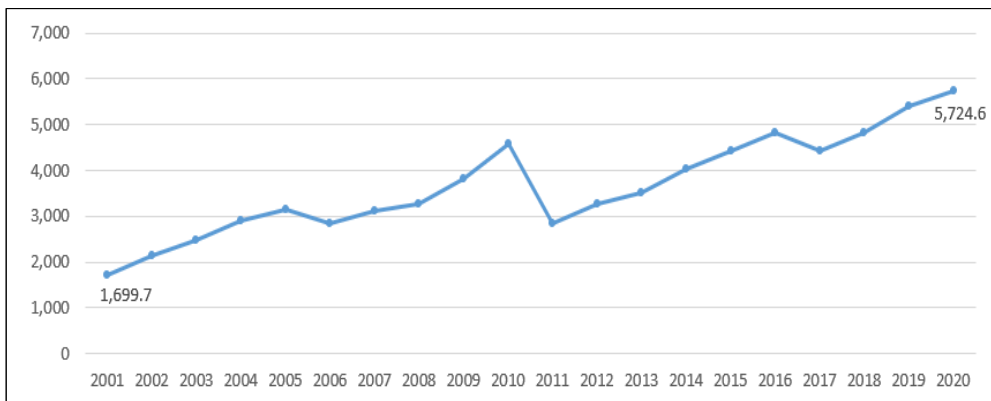
1. 연구 배경 및 필요성

- 고품질 한우고기에 대한 소비자 신뢰와 높은 선호를 기반으로 우리나라 한우산업은 2001년 이후 지속적으로 양적인 발전을 이루어오며 한우 생산액이 2001년 1조 6,997억 원에서 2020년 5조 7,426억 원으로 증가하여, 이에 따라 한우산업의 경제와 환경에 미치는 영향도 커짐.
 - 국내 축산업에는 축산악취와 가축분뇨 등으로 인한 부정적인 요인이 존재하지만, 축산물의 안전한 공급과 농촌경제 활성화 등의 효과도 동시에 존재함.
- 영양 개선과 보건 및 의료 기술의 발전 등으로 인구가 급격하게 늘어나면서 축산물 수요도 함께 증가해 과거와 다른 집약된 형태의 축산업으로 전환이 되었고, 이에 따라 축산업과 관련된 환경문제가 부각되고 있음.
 - 한우 총 사육두수는 2015년을 기점으로 증가세로 돌아선 이후 계속해서 증가해 2022년 6월 약 356만 두로 역대 최대 사육두수를 기록함.

- 한우 사육두수 증가에 따라 온실가스 배출량이 증가하여 환경문제를 일으킬 것이라는 우려가 나오면서 한우산업이 환경에 미치는 영향에 대한 관심도가 높아지고 있음.

〈그림 1-1〉 한우 생산액 변화 추이

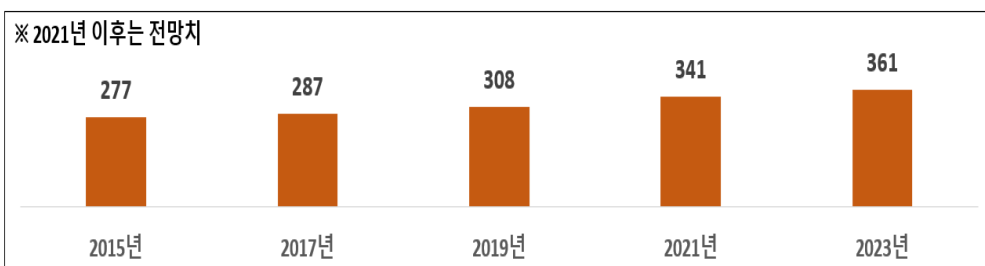
단위: 십억 원



자료: 통계청, 각 연도, 농림생산지수(한우)

〈그림 1-2〉 한우 사육두수 변화 추이

단위: 십억 원



자료: 통계청, 각 연도, 농림생산지수(한우)

- 국내 농업의 온실가스 배출량은 2018년 2,120만 톤으로 전체의 2.9% 이고, 축산분야는 1.3%에 불과해 농업과 축산분야의 온실가스 배출 수준은 미비한 상황이지만, 축우 분야는 다른 축종에 비해 온실가스 배출량이 많아 주목을 받고 있음.
 - 축산분야 온실가스는 크게 장내 발효와 가축분뇨 처리 과정 중 발생하는데, 온실가스 배출에 있어 가장 큰 비중을 차지하는 품목은 한우와 젖소임.
 - 한육우의 장내 발효에 의한 연간 온실가스 배출량은 체중 300kg 미만은 53.37kg, 체중 300~500kg은 70.95kg, 500kg 이상은 78.97kg의 메탄을 배출하는 것으로 나타남(김경훈 외, 2018).
- 국내 축산업은 2000년대에 들어오면서 지역사회와 공존하는 친환경 축산업으로의 발전을 꾀하고 있음. 친환경 축산의 5대 기본조건인 환경보전(가축분뇨 처리, 냄새저감), 자원순환(퇴·액비 농경지 환원), 경관보전(환경개선 및 아름다운 농장), 가축건강(동물복지), 경영관리(기록관리)를 위하여 정책지원 및 연구, 축산농가 노력 등 다양한 방법으로 발전해오고 있음.¹⁾
 - 친환경 축산을 구현하기 위해서는 친환경 축산정책이 원활하게 수행되어야 하나, 축산농가들의 반대와 다른 축산정책들과의 불합치로 인해 어려움을 겪고 있음.
- 축산농가에 대한 정부의 환경규제가 갈수록 강화되고 있으며, 특히 2021년 상반기에 시행된 한우 사육밀도 규제에 따른 정부의 적정사육두수 기준은 한우농가의 현장과 거리감이 커서 재설정해야 한다는 목소리가 높은 상황임.

1) 영농자재신문<<http://www.newsfm.kr/news/article.html?no=2102>>

- 이러한 문제를 해결하기 위해 현재 추진 중인 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향을 정리하여 평가하고, 향후 관리 개선방안을 모색할 필요성이 있음.
- 한우산업에 긍정적인 효과를 주는 방향으로 향후 축산환경 정책을 시행하기 위해서는 환경규제에 따르는 한우농가의 생산성 변화 효과를 분석할 필요가 있음. 이를 통해 축산환경규제 정책이 한우농가 생산성과 국가 경제에 어떠한 영향을 미치는지를 파악할 수 있기 때문임.
- 한우산업은 다양한 산업과 연계되어 있으며, 한우 및 연관산업은 각 산업 부문에서 다양한 부가가치를 창출하고 있기 때문에, 한우 전·후방 산업부문의 생산활동이 환경에 미치는 영향을 분석하여 한우산업의 환경영향을 객관적으로 평가할 필요가 있음.
 - 2021년 기준 한우산업 전·후방 전체 산업 규모는 13조 1,465억 원으로 추산되며, 전방산업 6조 3,366억 원(48.2%), 후방산업 6조 8,099억 원(51.8%) 수준인 것으로 나타남.²⁾
- 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과를 분석함으로써 사회적 후생 변화 효과를 계측하고, 축산환경규제로 인한 비용과 환경적 편익을 비교 분석할 필요가 있음.
 - 비용·편익 분석 결과를 통해 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 영향을 파악할 수 있음.
- 정부는 가축분뇨 퇴·액비 유통 및 이용 확대를 경종농업 부문과의 연계 강화를 통해 경축순환농업 발전과 함께 사전오염예방원칙의 하나로 지역 단위 양분총량제를 제시하고 있음.³⁾

2) 팜인사이트. <<http://www.farminsight.net/news/articleView.html?idxno=7137>; 검색일: 2022.5.20.>

- 지역단위 양분총량제가 시행될 경우, 효율적인 농경지 양분관리를 목적으로 가축분뇨 퇴·액비의 양분을 조절하기 위해 가축사육규모를 지역별 농경지 양분수요량 범위 내로 유도하고, 장기적으로는 가축사육두수를 제한할 가능성이 있음.
- 지역단위 양분총량제 도입으로 인해 국내 한우농가들이 큰 피해를 볼 수 있는 상황에 대비하기 위해서는 정확한 가축분뇨 배출량 산정, 가축분뇨 처리 기술 개발 등에 대한 종합적인 검토가 필요함.

〈표 1-1〉 2021년 한우 관련 산업 규모 추정

구분		생산액	구성비	비고
후방 산업	한우 생산	2조 2,955	17.5	비육 및 번식부문 농가소득
	생산자재 등	4조 5,144	34.3	한우생산액에서 농가 이외 분
	소계	6조 8,099	51.8	도축두수 × 두당 수취가격
전방 산업	도매단계	1조 4,329	10.9	도매 마진
	소매단계	4조 9,037	37.3	소매 마진
	소계	6조 3,366	48.2	도·소매 마진 합계
전체 한우 관련 산업		13조 1,465	100.0	소매점 매출총액

주: 2021년 7월 둘째주 주간 한우정보를 통해 한우 전후방 산업 규모를 추정한 결과임.

자료: 전국한우협회 한우정책연구소

2. 연구 목적

- 한우산업 현황 및 정책 동향 분석을 통해 한우산업 구조를 분석하고, 한우 사육동향 및 수급 동향을 파악하여 한우산업의 실태 자료를 제시하고자 함.

3) 지역단위 양분총량제란, 과학적 토대 위에서 지역별 농경지의 양분 유입과 유출을 종합적으로 파악하여 해당 지역의 환경용량 범위에서 수용 가능한 정도를 지표로 관리하기 위한 제도임. 자료 출처: 영농자재신문(<http://www.newsfm.kr/news/article.html?no=2102>)

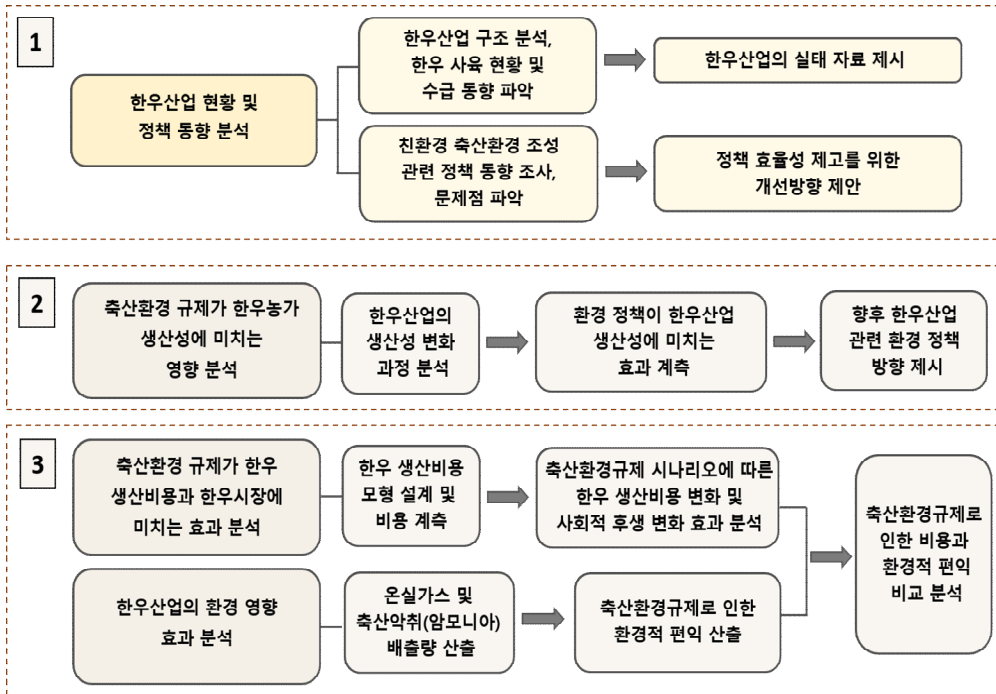
- 본 연구는 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향을 조사하고 문제점을 파악함으로써 정책의 효율성을 제고시키기 위한 개선방향을 제안하는 것을 목적으로 함.
- 축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 효과를 분석하고, 환경규제로 인한 온실가스 감축 효과와 생산성 감소의 상호 비교를 통해 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과를 분석하고자 함.
 - 궁극적으로 축산환경규제 정책이 한우산업 생산성에 미치는 효과를 계측함으로써 향후 한우산업 관련 환경정책 방향을 제시하고자 함.
- 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과를 분석하고, 축산환경규제 시나리오에 따른 한우 생산비용 변화와 사회적 후생 변화 효과를 분석하고자 함.
 - 한우 산업부문을 중심으로 2019년 환경산업연관표를 작성하여 환경영향 효과를 분석하고, 축산환경규제로 인한 환경적 편익을 산출하고자 함.
- 최종적으로 축산환경규제로 인한 전체 산업 유발효과(비용)와 환경적 편익을 비교하여 분석한 결과를 제시하고자 함.

제2절. 연구 내용 및 설계

1. 연구 내용

- 본 연구의 2장 ‘한우산업 현황 및 정책 동향 분석’에서는 한우 사육 현황 및 수급 동향을 파악하고, 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향을 정리함.
- 3장 ‘축산환경 규제가 한우농가 생산성에 미치는 영향 분석’에서는 한우산업의 생산성 변화 과정을 분석하고, 축산 환경정책이 한우산업 생산성에 미치는 효과를 계측함.
 - 분석 결과를 근거로 향후 한우산업 관련 환경정책 방향을 제시함.
- 4장 ‘축산환경 규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과’에서는 한우 생산비용 모형을 설계하여 비용을 계측하고, 축산환경규제 시나리오에 따른 한우 생산비용 변화 및 사회적 후생 변화 효과를 분석함.
 - 한우 산업부문을 중심으로 2019년 환경산업연관표를 작성하고, 환경산업연관분석을 통해 한우산업의 환경영향 효과를 분석함.
- 5장 ‘축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과’에서는 한우산업을 중심으로 축산환경규제로 인한 사회적 측면에서의 비용·편익을 비교하여 분석함.

〈그림 1-3〉 연구 체계도



2. 연구 설계

- 본 연구에서는 축산환경규제(퇴·액비화 부숙도 기준 강화, 방류수 수질기준 강화)를 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치비용으로 포괄시켜 연구를 진행함.
- 현장에서 분뇨처리시설이 부족한 한우농가의 경우에는 지역 내 공공처리시설, 공동자원화시설 등을 통해 가축분뇨를 위탁하여 처리함에 따라 위탁처리 비용이 발생하고 있으나, 본 연구에서는 이러한 상황을 연구 내용에 반영하지는 못하였다는 한계가 있음.

- 축산환경규제 효과를 분석하기 위해 분뇨처리비와 분뇨처리시설 비용이 있을 때와 없을 때를 비교하여 분석함.
- 축산환경규제 강화(퇴·액비화 부숙도 기준 강화, 방류수 수질기준 강화)로 인하여 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 증가할 것이라는 가정의 시나리오를 구성하여 분석함.
 - 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 증가에 따라 발생하는 사회적 후생 변화 효과를 분석함.
- 최종적으로 축산환경규제로 인한 전체 산업 유발효과(비용)와 환경적 편익을 비교하여 분석한 결과를 도출함.

제3절. 선행연구 검토

1. 기존 연구 결과 및 문제점

가. 축산환경규제 준수 비용이 한우농가 생산성에 미치는 영향 분석

- 정민국 외(2008)는 한우산업의 생산성 변화 과정을 분석하고 다양한 투입자 정책이 한우산업 생산성에 미치는 효과를 계측함으로써 향후 한우산업 정책 방향을 제시함.
 - 분석결과, 한우사육기반 확충 및 한우개량 투입자 정책은 한우산업의 생산성 제고에 기여한 바가 큼.
 - 한우개량 투입자 실적이 1% 증가하면 한우 비육우 생산성은 0.35% 향상되고, 한우사육기반 투입자 실적이 1% 증가할 경우 한우 비육우 생산성은 약 0.1% 향상되는 것으로 분석됨.
 - 시계열자료 기간이 길지 않아 여러 정책 변수들을 동시에 고려하는 다중회귀분석에는 어려움이 있었음. 각 정책들은 일관성이 없는 경우가 많아 유사한 정책들을 묶어서 유형별로 통합하여 분석하면, 유형화의 형태에 따라 정책 효과가 달라질 수 있다는 한계점이 있음.
- 민혁기 외(2010)는 생산성, 시장구조, 수출 측면에서 환경규제 강화에 따른 경제적 효과를 실증 분석하기 위해 제조업의 20개 산업을 대상으로 총요소생산성을 산출함. 환경규제 준수비용이 생산성에 미치는 영향을 분석하기 위해 동태적 패널(Dynamic panel) 분석을 실시함.
 - 분석결과, 공해방지시설 투자비율과 총요소생산성 증가율 간에 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타남.
 - 이는 환경규제의 강화는 환경규제 준수를 위한 비용을 상쇄할 수 있는 기술혁신을 유도하고 생산성을 향상시켜서 기업의 경쟁력을 높일

수 있다는 Porter의 가설을 지지하는 결과임.

- 총요소생산성 증가율의 다른 결정요인들이 통제되지 않아 환경규제 준수비용이 총요소생산성 증가율에 미치는 효과가 편향되거나 일관성을 잃을 수 있다는 한계점이 있음.

○ 김태영 외(2017)는 Poter 가설을 기반으로 내생성을 고려한 환경규제가 한국 제조업의 생산성에 미치는 영향을 2003년부터 2013년까지의 광업·제조업조사, 과학기술통계 및 환경통계포털 자료를 이용하고 패널고정효과 모형을 사용하여 분석함.

- 주요 분석결과, 환경규제는 장기적으로 한국 제조업의 생산성을 개선시켜 Porter 가설을 지지하는 것으로 나타남.
- 자료의 한계로 인하여 의미 있는 정책을 제언하지 못하고, 유의미한 정책을 제언하기 위해서는 산업별 혹은 기업 규모별로 환경규제의 영향을 살펴보아야 하지만, 자료의 한계로 이를 진행 할 수 없다는 한계가 존재함.

○ 김은순(2003)은 개별농가들이 최적 효율성을 달성하지 못했다는 가정하에 국내 농가의 계층 간 격차 확대 및 농가 소득 정체에 대해 분석하였음. 또한 생산성의 시계열적 변화가 아닌 상대적인 생산기술 환경효율성을 산출지향 거리함수에 기반하여 계측함.

- 분석 결과 소득계층이 높을수록 기술효율이 높게 나타났으며 경영형태별 기술 효율은 축산농가와 과수농가 그리고 화훼농가에서 높게 나타남.
- 그러나 소득 계층간 그리고 경영형태별 기술효율 및 생산성 격차의 원인에 대한 분석이 심층적으로 이루어지지 않았다는 한계가 있음.

나. 환경산업연관표 작성 및 분석 연구

- 정민국 외(2021)는 축산업 환경영향 분석을 위하여 환경산업연관표를 작성하고, 이를 이용한 환경산업연관분석을 실시하였음.
 - 분석 결과, 축산업 온실가스 배출량은 2018년 기준 951만 톤이고, 온실가스 비용이 축산업 생산액에서 차지하는 비중은 1.1% 수준인 것으로 나타남. 온실가스 발생량은 한우산업에서 494만 톤이 발생하여 가장 많았음.
 - 축산업의 암모니아 배출량은 23만 2천 톤이고, 축산악취 비용이 축산업 생산액에서 차지하는 비중은 3.2~3.8% 수준인 것으로 분석됨.
- 이용건(2020)은 낙농산업의 지역·환경 영향을 평가하였음. 최근 개정된 IPCC 지침에 근거해 낙농산업의 온실가스 배출량, 가축분뇨배출량 등 자료를 집계하였고, 환경 관련 자료 및 에너지 관련 자료로 환경산업연관표를 작성하였음.
 - 전국 및 지역 산업연관분석을 통해 환경 비용을 고려하여 낙농산업의 지역 간 파급영향을 분석하였음.
 - 분석 결과, 환경 비용을 고려한 낙농산업의 지역 간 경제 파급효과는 큰 것으로 확인하였음.
- 김윤경(2011)은 환경산업연관표 2005를 이용한 산업부문의 이산화탄소 배출을 분석하였음. 우리나라의 2005년 환경산업연관표를 작성하고, 산업 간 재화와 용역의 흐름에 내포된 에너지와 CO_2 의 흐름을 분석하였음.
 - 높은 CO_2 원단위 산업들의 CO_2 원단위를 저감시키는 것은 해당 산업의 환경친화성을 높이고, 경제 전체의 환경친화성을 높이는 것으로 나타남.

- 김충실 외(2009)은 농업부문 에너지 소비의 CO_2 배출량을 분석하였음. 산업연관표 2003 데이터를 근거로 환경산업연관표를 작성하였고, 에너지 소비에 따른 농업부문 온실가스(CO_2) 배출량을 추정하였음.
- 분석 결과, 농업부문 CO_2 배출량은 채소부문이 가장 많고, 벼가 두 번째로 많았음.
- 농업부문의 온실가스 흡수 기능과 간접적인 에너지 투입에 대해 고려하지 않았고, 경종/축산부문의 메탄, 아산화질소 등이 포함되지 않았다는 한계점이 존재함.

다. 가축분뇨 퇴·액비화시설의 비용·편익 사례 분석

- 김기연 외(2019)는 악취 발생 저감을 위해 국내에서 최근 권고되는 밀폐형 돈사와 기존 개방형 돈사의 비용 편익을 분석함. 두 돈사 유형의 비용은 설치비와 운용비로 구분한 후 관련 문헌 자료와 현장 조사 결과를 근거로 추정하고, 편익은 축산 환경 전문가들을 대상으로 델파이 설문조사 기법을 적용하여 추정함.
 - 분석결과, 소규모, 중규모, 대규모 양돈 농가 모두 밀폐형 돈사의 편익-비용 비율(B/C Ratio)이 개방형 돈사보다 상대적으로 높음.
 - 델파이 설문조사 기법을 이용하여 악취 저감시설 적용 여부에 따른 생산성 효율 증대 차이에 대한 질문을 통해 편익 추정을 시도하였으나, 편익 산출이 무의미하다는 판단을 내렸다는 점에서 한계점이 있음.
-
- 조을생 외(2019)는 가축분뇨 처리방법에 따른 환경·에너지, 경제성 분석을 실시하여 지속가능한 가축분뇨 관리 방안을 제시함. 가축분뇨 처리시설의 경제성 평가는 처리시설 구분에 따른 비용과 편익을 산정하여 편익-비용 분석(B/C Ratio), 순현재가치법(NPV), 내부수익률법(IRR)을 사용함.

- 분석 결과, 시설규모 100m³/일 이상에서부터 B/C 비율이 1.0 이상으로 나타나, 시설규모의 증가와 함께 경제성이 향상되는 것으로 나타남.
 - 민간이 운영하는 가축분뇨 개별처리시설이나 공동자원처리시설에 대한 공개된 자료 부족으로 주로 돼지분뇨(전체 가축분뇨 발생량의 53.7%)를 처리하는 가축분뇨 공공처리시설을 위주로 분석되었다는 것에서 한계가 있음.
- 윤영만 외(2012)는 가축분뇨를 주로 활용하는 바이오가스 생산시설의 확대 보급 가능성을 검토하기 위해 사례지역을 선정하여 시설의 비용·편익 분석을 시도함. 특히, 중소규모 형태로 상용화되고 있는 바이오가스 생산시설의 경제성을 분석하여 시사점을 제시함.
- 분석 결과, 바이오가스 생산시설의 대부분은 잉여전력 판매만으로는 경제성이 매우 낮으며, 혐기소화액의 자원화를 통한 액비활성화가 바이오가스 시설의 효용가치를 높이는데 중요한 구성 요소인 것으로 나타남.
-
- 윤영만 외(2009)는 양돈 바이오매스의 자원화 방법별 경제성 평가를 위해서 발생분뇨의 특성과 고액분리 여부에 따라 시설유형을 네 가지로 분류함. 각 처리유형별 경제성을 평가하여 경제적인 자원화 처리유형을 도출하고, 처리유형별 사육규모에 따른 경제성을 분석함.
- 분석결과, 퇴비화 방법과 비교하여 액비화가 경제적인 측면에서 매우 효율적인 방법인 것으로 나타남. 다만, 이 경우에는 충분한 액비의 살포부지 확보가 전제되어야 함.
 - 가축분뇨처리시설 운영 시 인위적인 영향과 생산한 퇴·액비의 유통여건을 배제하고 분석한 것으로 지역의 자원화 여건이 불리하여 생산된 퇴·액비의 유통과 활용이 크게 제약을 받는 경우, 추가 비용이 소요될 수 있다는 결과를 가짐.

2. 본 연구의 차별점

- 본 연구는 축산환경규제가 한우농가와 국가 경제 전체에 미치는 효과를 종합적으로 분석한다는 측면에서 선행연구가 제공하지 못하는 축산환경규제의 편익-비용 효과를 체계적으로 제시할 수 있음.
 - 이를 통해 향후 축산정책 방향을 설정하는 귀중한 참고자료로 활용될 수 있음.
- 축산환경규제로 인한 전체 산업 유발효과(비용)와 환경적 편익을 비교하여 분석한 결과를 제시한다는 점에서 기존 연구와의 차별성이 있음.
- 본 연구는 축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 영향과 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과를 분석한다는 점에서 의의가 있음.

제2장

한우산업 현황 및 정책 동향

제1절. 한우 사육 현황 및 수급 동향

1. 한우 사육 현황

- 본 연구에서는 한우 사육 현황 및 수급 동향과 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향 등의 자료를 활용하여 한우산업 실태를 분석함.
- 한우산업의 규모화는 뚜렷하게 진행되고 있는 것으로 나타남. 한우 농가당 사육두수가 매년 증가하는 추세이고, 한우 사육 규모는 20두 미만인 농가에서 뚜렷한 증가세를 보이고 있음.
- 한우 사육 마릿수는 2016년부터 지속적으로 증가하고 있으며, 2019년부터 2022년까지 연평균 5.2% 증가하였음. 2022년 한우의 사육 마릿수는 338만 5,324마리로 2021년 동기 대비 5.7% 증가하였음.
- 한우 사육 농장수는 감소하는 추세이며, 2022년 1분기 기준으로 농장수는 8만 9,501개로 2019년 동기 대비 2.2% 감소하였음.

- 20두 미만의 소규모 농장수는 감소세가 지속되었지만, 20~49두, 50~99두, 100두 이상 사육 규모의 농가 수는 증가하였음.
- 2022년 1분기의 100두 이상 사육 농장수(7,849개)는 2019년 동기(6,352개) 대비 23.6%의 큰 증가폭을 보였고, 한우 산업의 규모화가 뚜렷하게 진행되는 것으로 나타남.

〈표 2-1〉 한우농가 사육규모별 농장수와 사육마릿수 변화

단위: 천개, 천두, %

사육 규모	2019			2020			2021			2022		
	농장수	마리수	사육 비중	농장수	마리수	사육 비중	농장수	마리수	사육 비중	농장수	마리수	사육 비중
합계	91.5	2,908	100	89.4	3,038	100	89.1	3,204	100	89.5	3,385	100
20두 미만	54.0	383	13.2	50.2	366	12.1	47.8	363	11.3	45.8	357	10.5
20~ 49두	20.8	662	22.8	21.6	689	22.7	22.2	710	22.1	23.2	746	22.0
50~ 99두	10.4	724	24.9	10.9	759	25.0	11.8	823	25.7	12.7	888	26.2
100두 이상	6.4	1,139	39.2	6.8	1,224	40.3	7.3	1,309	40.8	7.8	1,395	41.2

자료: 통계청 가축동향조사(이력제 연도별 1/4분기 기준)

- 한우 농가당 사육두수는 매년 꾸준히 증가하는 추세이며, 특히 한우 사육규모가 50두 미만인 농가의 농가당 사육두수가 뚜렷한 증가세를 보였음.
- 20두 미만 농가는 2019년 7.1마리에서 2022년 7.8마리로 증가함.
 - 20~49두 농가는 2019년 31.8마리에서 2022년 32.2마리로 증가함.
 - 50~99두 농가는 2019년 69.6마리에서 2022년 70.0마리로 증가함.
 - 100두 이상 농가는 2019년 179.4마리에서 2022년 177.7마리로 감소함.

〈표 2-2〉 한우 농가당 사육두수 변화

단위: 마리

구분	2019	2020	2021	2022
합계	31.8	34.0	35.9	37.8
20두 미만	7.1	7.3	7.6	7.8
20~49두	31.8	31.9	32.0	32.2
50~99두	69.6	69.7	69.6	70.0
100두 이상	179.4	180.1	179.3	177.7

자료: 통계청 가축동향조사(이력제 연도별 1/4분기 기준)

- 한우(비육우) 농가 규모별 사육비를 살펴보면, 한우 사육두수가 20마리 미만인 농가의 기준 사육두수를 10두라고 하였을 때, 총사육비는 약 8,148만 원이고 분뇨처리비는 12만 6천 원으로 나타남.
 - 한우 사육두수가 20~49마리(기준 사육두수 35두)인 농가의 총사육비는 2억 6,453만 원, 분뇨처리비는 39만 9천 원으로 조사됨.
 - 한우 사육두수가 50~99마리(기준 사육두수 75두)인 경우 총사육비는 5억 4,042만 원, 분뇨처리비는 81만 4천 원으로 조사됨.
 - 한우 사육두수가 100마리 이상(기준 사육두수 150두)인 한우 농가의 총사육비는 10억 6,328만 원이고, 분뇨처리비는 102만 8천 원으로 조사됨.
- 통계청 가축동향조사 자료에 따르면 2008~2021년 연평균 한우 농가의 호당 사육두수는 25두이고, 이를 적용해서 한우 농가의 평균 사육비를 도출한 결과, 총사육비는 1억 9,576만 원, 분뇨처리비는 26만 7천 원으로 나타남.

〈표 2-3〉 한우(비육우) 농가 규모별 사육비

구분	20마리 미만	20~49마리	50~99마리	100마리 이상	평균
기준 사육두수	10	35	75	150	25
총비용(A)	81,479	264,526	540,421	1,063,282	195,758
분뇨처리비(B)	126	399	814	1,028	267
(A)-(B)	81,353	264,127	539,607	1,062,254	195,491

- 주 1) 사육규모별 총비용과 분뇨처리비는 기준 사육두수 값과 축산물생산비조사 사육규모별 두당 사육비 자료를 이용하여 계산하고, 2008~2021년 평균값을 산출함.
 2) 평균 총비용과 분뇨처리비는 연도별 통계청 가축동향조사 호당 평균 사육두수 자료와 축산물생산비조사 평균 사육비 자료를 이용하여 계산하고, 2008~2021년 평균값을 산출함.
 자료: 축산물생산비조사(통계청), 가축동향조사(통계청)

2. 한우 수급 동향

- 2016년에서 2021년에 이르는 쇠고기의 총수요량과 국내 생산량과 수입량의 합계인 총공급량, 자급률, 1인당 소비가능량 자료는 표 〈2-4〉와 같음.

〈표 2-4〉 쇠고기 수급 동향

단위: 천 톤(정육 기준), %, kg

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021
총수요량	593	583	652	672	668	716
총공급량	국내 생산량	231	239	237	245	249
	수입량	362	344	416	427	419
	계	593	583	652	672	668
자급률(%)	39.0	40.9	36.3	36.5	37.2	36.8
1인당 소비가능량(kg)	11.6	11.3	12.7	13.0	12.9	13.8

자료: 농림축산식품부(2020), 이형우 외(2022)

- 우리나라 쇠고기 총수요량은 2016년 59만 3천 톤에서 2021년 71만 6천 톤으로 증가하였고, 연평균 증가율은 3.8%임.
- 국내 쇠고기 공급량은 2016년 59만 3천 톤에서 2017년 58만 3천 톤으로 공급량이 감소한 상황이었지만, 수입량 증가로 인해 2018년 총공급량은 65만 2천 톤으로 2017년 대비 11.8%의 큰 증가폭을 보였고, 이후 증가세를 이어감.
 - 2021년 쇠고기 공급량은 2016년에 비해 20.7% 증가했지만, 전년도인 2020년에 비해서는 7.2% 증가하여 다소 증가폭이 적음.
- 국내 쇠고기 생산량은 2016년을 기준으로 해마다 약 2%씩 꾸준히 증가하는 추세를 보임. 국내 쇠고기 생산량은 2016년 23만 1천 톤에서 2021년 26만 4천 톤으로 14.3% 증가함.
 - 2021년 국내 쇠고기 생산량은 2020년(24만 9천 톤)에 비해 약 1만 5천 톤가량 증가하였으며, 6.0% 증가율로 다소 낮은 증가폭을 보임.
- 쇠고기 수입량은 2016년 36만 2천 톤에서 2021년 45만 3천 톤으로 증가하였고, 연평균 증가율은 4.1%임.
 - 2021년 쇠고기 수입량은 2020년(41만 9천 톤)에 비해 약 3만 4천 톤가량 증가하였으며, 증가율은 8.1%로 나타남.
- 지난 10년간 쇠고기 수입 현황을 살펴보면, 2011년에서 2021년까지 쇠고기 수입량은 연평균 4.6% 증가한 것으로 나타남. 특히 2011년 평균 수입량은 28만 9천 톤에서 2016년 36만 2천 톤으로 5년 사이 수입량이 큰 폭으로 상승하여 30만 톤을 돌파함.
 - 2018년 쇠고기 수입량은 41만 6,000톤으로 전년 대비 20.7% 증가함.

〈표 2-5〉 쇠고기 수입 현황

단위: 톤

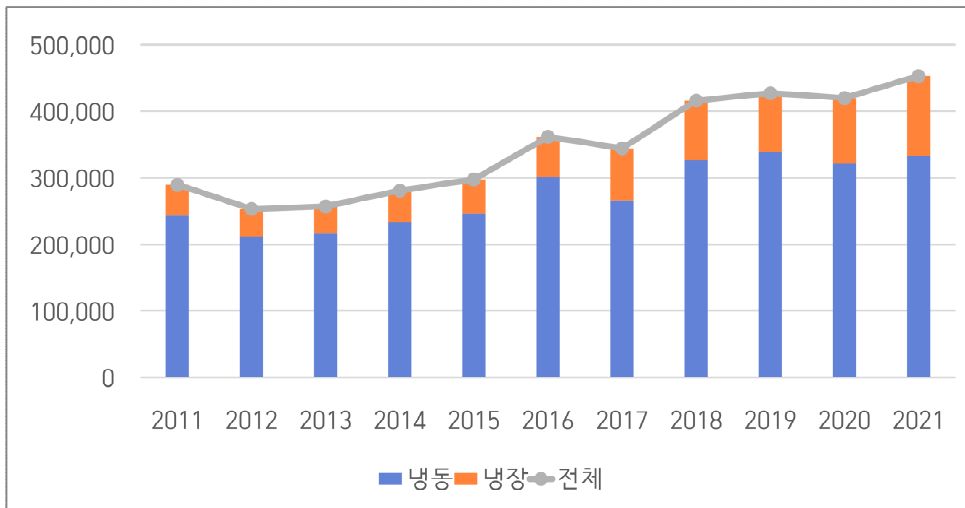
연도	냉동	냉장	전체
2011	242,297	47,089	289,386
2012	212,523	40,201	252,724
2013	216,268	40,348	256,616
2014	234,239	46,273	280,512
2015	245,952	51,313	297,265
2016	301,219	60,312	361,531
2017	265,665	78,606	344,271
2018	326,531	89,154	415,685
2019	339,240	87,386	426,626
2020	321,646	97,823	419,469
2021	333,432	119,381	452,813

자료: 한국육류유통수출협회(http://www.kmta.or.kr/kr/data/stats_import_beef_month.php;
검색일자: 2022.05.29.)

- 국내 쇠고기 수급 동향을 살펴보면 매년 수입량이 증가하고 있으며, 이는 수입 쇠고기 가격경쟁력 및 소득 향상에 따른 소비량 증가가 쇠고기 수입량 증가에 기여한 것으로 보임.
- 특히 소비자의 신선육에 대한 수요 증가로 인해 냉장 쇠고기 수입량이 증가한 것으로 판단됨. 냉장 쇠고기 수입량은 2011년 4만 7천 톤에서 2021년 11만 9천 톤으로 약 2.5배가량 증가하였음.
 - 2021년 쇠고기 냉동 수입량은 33만 3천 톤으로 2011년에 비해 37.6% 증가하였음.

〈그림 2-1〉 쇠고기 수입 현황

단위: 천 톤



자료: 한우육류유통수출협회(http://www.kmta.or.kr/kr/data/stats_import_beef_month.php;
검색일자: 2022.05.29.)

- 쇠고기 1인당 소비량은 2016년 11.6kg에서 2021년 13.8kg으로 증가하였으나, 쇠고기 자급률은 동 기간 39.0%에서 36.8%로 감소하였음.
- 2021년 쇠고기 자급률을 살펴보면, 전년 대비 국내 쇠고기 생산량이 증가하였음에도 불구하고 쇠고기 수입량의 증가폭이 더 크게 나타나, 2021년 자급률(36.8%)이 전년 대비 0.4%p 감소하였음.
- 소득 향상에 따른 쇠고기 소비량 증가, 코로나19 확산 이후 온라인쇼핑, 대형쇼핑몰 등에서 밀키트 판매 확산 등은 쇠고기 수입량 증가에 영향을 미침.⁴⁾

4) 한우마당, “2021년 소고기 수입량 사상 최대 기록”, 2022.03.16. 신문기사

- 1인당 쇠고기 소비량 중 2021년 미국산 쇠고기 소비량은 5.0kg으로 한우 소비량 4.4kg보다 0.6kg 더 많은 것으로 나타남.
- 1인당 한우 소비량은 2020년 4.2kg에서 2021년 4.4kg으로 4.8% 증가한 것에 반해, 1인당 미국산 쇠고기 소비량은 2020년 4.4kg에서 2021년 5.0kg으로 13.6% 증가함.

〈표 2-6〉 1인당 소고기 소비량과 원산지별 내역

단위: kg, %

구분		2020년	2021년	증감률
국산	한우	4.2	4.4	4.8
	육우	0.6	0.7	16.7
국산 소계		4.8	5.1	-
수입	미국	4.4	5.0	13.6
	호주	3.1	3.1	-
	기타	0.6	0.7	16.7
수입 소계		8.1	8.8	8.6
합계		12.9	13.8	5.4

주: 2021년 1인당 소비량은 한우정책연구소 추정치임.

자료: 한우마당(<https://www.ihanwoo.kr/news/articleView.html?idxno=1552>; 검색일:2022.10.10.)

- 한편, 1인당 호주산 쇠고기 소비량은 2020년과 2021년 모두 3.1kg으로 같은 수준을 유지하였고, 기타 수입국의 경우는 2020년 0.6kg에서 2021년 0.7kg으로 0.1kg 증가하였음.
- 1인당 국산 쇠고기 소비량은 2020년 4.8kg에서 2021년 5.1kg으로 0.3kg 증가하였고, 1인당 수입 쇠고기 소비량은 2020년 8.1kg에서 2021년 8.8kg으로 0.7kg 증가하였음.
- 이에 따라 국내 쇠고기 시장에서 수입 쇠고기, 특히 미국산 쇠고기의 비중이 커지면서 한우 자급률이 점차 하락하는 것을 확인할 수 있음.

3. 한우 수익성 현황 및 가격 동향

가. 한우 수익성 현황

- 통계청 ‘축산물 생산비 조사’ 결과에 따르면, 한우 번식우 마리당 총수입은 2017년 256만 3천 원에서 2021년 335만 1천 원으로 30.7% 증가하였고, 연평균 증가율은 6.9%로 나타남.
- 한우 번식우 마리당 총비용은 2017년 232만 9천 원에서 2021년 278만 7천 원으로 19.7% 증가하였고, 연평균 증가율은 4.6%임. 총수입 증가율에 비해 총비용 증가율이 더 낮은 것으로 나타남.
- 한우 번식우 마리당 소득은 2017년 99만 8천 원에서 2021년 141만 원으로 41.3% 증가하였고, 연평균 증가율은 9.0%임.
- 한우 번식우 마리당 순수익은 2015년 적자에서 2016년 흑자로 전환된 이후 다소 하락세를 보였으나, 2019년부터는 상승세를 유지하고 있음. 2021년 한우 번식우 마리당 순수익은 56만 3천 원으로 전년 대비 8.7% 상승하였음.

〈표 2-7〉 한우 번식우 마리당 수익성

단위: 천 원

	총수입(A)	일반비(B)	비용합계(C)	소득(A-B)	순수익(A-C)
2015	2,162	1,534	2,354	628	-192
2016	2,617	1,593	2,351	1,025	265
2017	2,563	1,565	2,329	998	234
2018	2,762	1,682	2,548	1,080	214
2019	2,950	1,779	2,647	1,170	303
2020	3,184	1,817	2,667	1,367	518
2021	3,351	1,940	2,787	1,410	563

자료: 통계청 축산물생산비조사

- 한우 비육우 마리당 총수입은 2017년 780만 5천 원에서 2021년 1,021만 5천 원으로 30.9% 증가하였고, 연평균 증가율은 7.0%로 나타남.
- 한우 비육우 마리당 총비용은 2017년 767만 2천 원에서 2021년 992만 3천 원으로 29.3% 증가하였고, 연평균 증가율은 6.6%임. 총수입 증가율에 비해 총비용 증가율이 더 낮은 것으로 나타남.
- 한우 비육우 마리당 소득은 2017년 117만 6천 원에서 2021년 142만 5천 원으로 21.2% 증가하였고, 연평균 증가율은 4.9%임.
- 한우 비육우 마리당 순수익은 2018년과 2019년 적자에서 2020년 흑자로 전환된 이후, 2021년 한우 비육우 마리당 순수익은 29만 2천 원으로 전년 대비 약 4배가 상승함.

〈표 2-8〉 한우 비육우 마리당 수익성

단위: 천 원

	총수입(A)	일반비(B)	비용합계(C)	소득(A-B)	순수익(A-C)
2015	7,183	5,887	6,868	1,296	316
2016	8,458	6,496	7,470	1,962	988
2017	7,805	6,629	7,672	1,176	133
2018	8,350	7,262	8,406	1,088	-57
2019	8,624	7,599	8,700	1,025	-76
2020	9,387	8,196	9,329	1,190	58
2021	10,215	8,790	9,923	1,425	292

자료: 통계청 축산물생산비조사

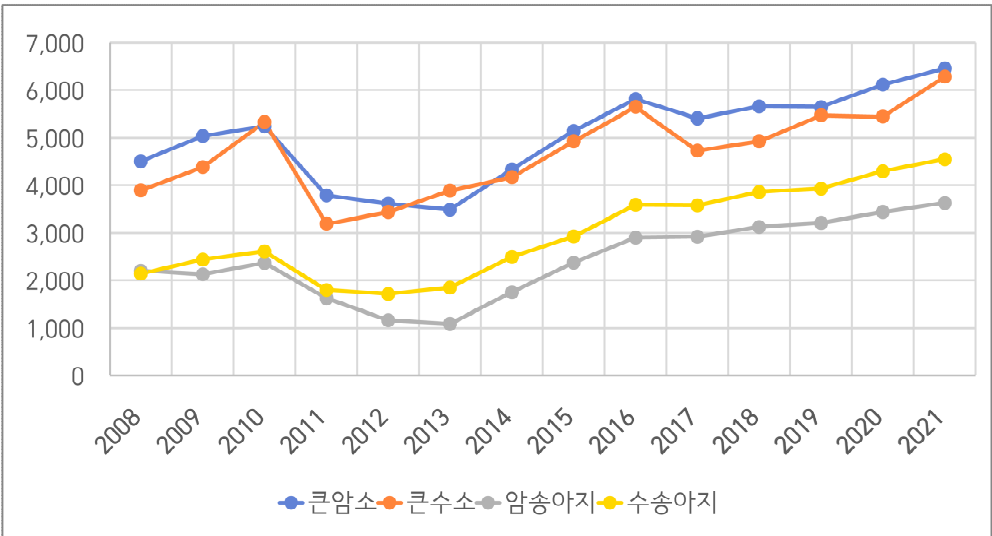
나. 한우 산지가격

- 한우 산지 가격은 2010년 고점을 찍은 이후 하락세를 보이다 2013년을 기준으로 지속적인 상승세를 보이고 있음.
 - 한우 큰암소(600kg) 평균 가격은 2013년부터 2021년까지 연평균 상승률이 8.0%이고, 한우 큰수소(600kg)의 경우 6.2%로 나타남.
 - 한우 암송아지(6~7개월령) 평균 가격은 2013년부터 2021년까지 연평균 상승률이 16.3%이고, 한우 수송아지(6~7개월령) 평균 가격의 경우 11.9%로 나타남.
- 2021년 한우 큰암소(600kg) 평균 가격은 646만 원으로 번식 의향 증가 등으로 인해 전년 대비 5.6% 상승하였고, 한우 큰수소(600kg) 평균 가격은 628만 원으로 한우고기 도매가격 상승 등의 영향을 받아 전년 대비 15.3% 상승하였음.
- 2021년 한우고기 도매가격 강세가 지속되면서 한우농가의 입식 의향이 높아졌고, 이로 인해 송아지 산지 가격이 전년 대비 상승하였음.⁵⁾
 - 2021년 한우 암송아지(6~7개월령)의 평균 가격은 363만 원으로 전년 대비 5.6% 상승하였고, 2021년 한우 수송아지(6~7개월령)의 평균 가격은 455만 원으로 전년 대비 5.9% 상승하였음.

5) 이형우 외(2022)를 참고하여 작성함.

〈그림 2-2〉 한우 산지가격 변화 추이

단위 : 천 원



주: 송아지 가격은 6~7개월령 기준이며, 큰암소 가격과 큰수소 가격은 600kg 기준임.
자료: 한우자조금관리위원회(https://www.hanwooboard.or.kr/stat/stat_4.php; 검색일: 2022.05.29.)

〈표 2-9〉 연도별 한우 산지가격 현황

단위: 천 원

구분	큰암소 (600kg)	큰수소 (600kg)	암송아지 (6~7개월령)	수송아지 (6~7개월령)
2008	4,506	3,895	2,204	2,137
2009	5,036	4,385	2,125	2,438
2010	5,248	5,337	2,368	2,610
2011	3,785	3,193	1,621	1,796
2012	3,610	3,438	1,162	1,713
2013	3,487	3,888	1,088	1,845
2014	4,334	4,173	1,750	2,494
2015	5,148	4,930	2,374	2,925
2016	5,809	5,650	2,902	3,583
2017	5,406	4,732	2,919	3,572
2018	5,659	4,930	3,130	3,857
2019	5,646	5,476	3,212	3,930
2020	6,114	5,446	3,435	4,295
2021	6,455	6,281	3,629	4,550

주: 월별산지가격동향의 평균 가격을 이용함.
자료: 한우자조금관리위원회(<https://www.hanwooboard.or.kr>)

다. 한우 도매가격

- 한우 평균 도매가격은 kg당 2017년 1만 6,719원에서 2021년 2만 1,155원으로 지속적인 상승세를 보이며 연평균 6.1% 상승하였으나, 2022년 1만 9,334원으로 전년 대비 8.6% 하락한 것으로 나타남.
- 등급별로 살펴보면, 1++등급의 한우 도매가격은 2017년부터 2021년까지 연평균 5.5% 상승률을 보였으나, 2022년 2만 4,033원으로 전년 대비 4.3% 하락하였음.
 - 1+등급의 한우 도매가격은 2017년부터 2021년까지 연평균 5.7% 상승률을 보였으나, 2022년 2만 905원으로 전년 대비 7.8% 하락하였음.
 - 1등급의 한우 도매가격은 2017년부터 2021년까지 연평균 5.4% 상승률을 보였으나, 2022년 1만 8,500원으로 전년 대비 11.5% 하락하였음.

〈표 2-10〉 한우 등급별 도매가격 추이

단위: 원/kg

구분	1++등급	1+등급	1등급	2등급	3등급	평균
2015	19,100	17,625	16,277	14,366	12,619	16,284
2016	21,642	19,369	18,329	15,853	13,486	18,116
2017	20,295	18,149	16,903	13,914	10,997	16,719
2018	20,926	19,375	17,914	14,909	11,947	17,772
2019	21,248	19,734	17,857	14,709	11,545	17,965
2020	23,246	21,436	19,916	15,966	12,329	19,891
2021	25,121	22,679	20,896	16,565	12,784	21,155
2022	24,033	20,905	18,500	14,180	10,336	19,334

주 1) 한우 등급별 도매가격은 도매시장 및 공판장에 상장된 경락가격임.

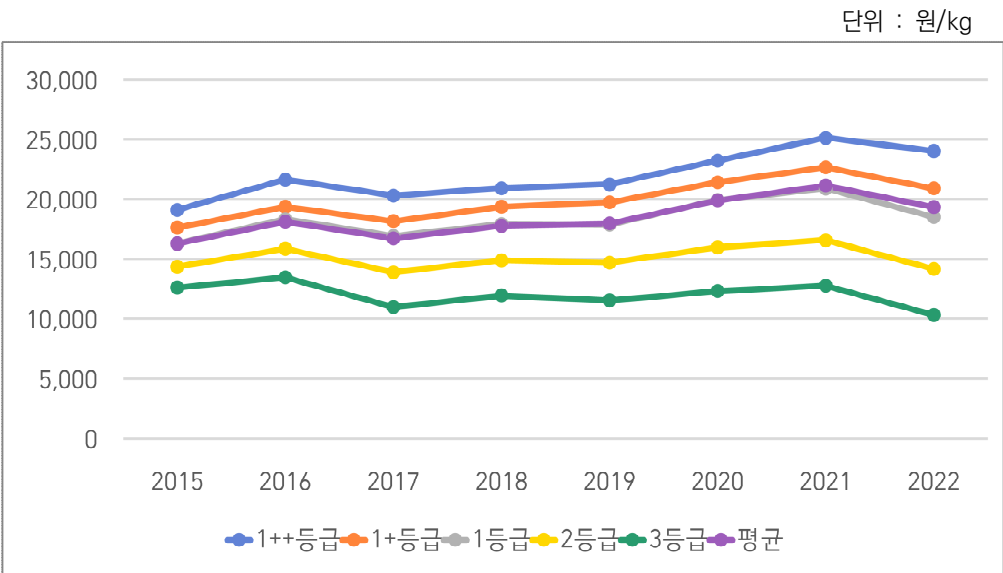
2) 2022년 자료는 2022년 1월부터 2022년 11월까지 평균 경락가격임.

자료: 축산물품질관리원 등급판정통계(<https://www.ekapepia.com>),

한우자조금관리위원회(<https://www.hanwooboard.or.kr>)

- 등급별로 2017년부터 2021년까지 연평균 상승률은 5.4~5.7% 수준으로 비슷하였고, 전년 대비 2022년 한우 도매가격 하락폭이 1등급, 1+등급, 1++등급 순서로 큰 것으로 나타남.

〈그림 2-3〉 한우 등급별 도매가격 추이



주 1) 한우 등급별 도매가격은 도매시장 및 공판장에 상장된 경락가격임.
2) 2022년 자료는 2022년 1월부터 2022년 11월까지 평균 경락가격임.
자료: 축산물품질관리원 등급판정통계(<https://www.ekapepia.com>),
한우자조금관리위원회(<https://www.hanwooboard.or.kr>)

제2절. 친환경 축산환경 조성 관련 정책 동향

1. 친환경축산의 개념적 정의

- ‘친환경축산’이란 생산자 입장에서 자연환경 및 생태계의 보전에 기초하여 환경의 자연정화와 물질의 자연 순환을 통해 지속가능한 축산업을 영위하는 것을 의미하지만, 소비자 입장에서 보면 국민들의 식품 안전성에 대한 관심이 높아지며 최종 산물까지 포함하는 개념의 변환으로 유기축산의 개념이 등장함.⁶⁾
 - 친환경축산에 대해 명확하게 정의된 바 없지만, 현행 친환경농업 육성법에는 무항생제축산, 유기축산의 개념으로 규정됨.
 - 자연정화 기능 등을 통해 환경을 보전하고, 물질의 자원순환 등을 활용해 자연 생태계를 유지, 보전함.
 - 동물복지를 통한 자연치유력 회복 등으로 가축의 건강상태 유지, 주변 자연과의 조화로 농촌 경관 유지하는 등 지속적인 재생산을 가능하게 하는 축산업으로 정의함.
- ‘축산업의 선진화’란 지속가능하며, 방역 및 기술 수준이 뛰어나며, 품질과 생산성 수준이 높고, 생산-소비 간 혹은 축산-비축산간 신뢰가 가능하며, 축산업 종사자의 의식 수준이 높고 공정하여 전체적으로 안정된 상태로 정의됨.⁷⁾

6) 전병수(2010) 참고

7) 정민국 외(2011) 참고

- ‘축산환경’이란 「축산법」 제2조에 의거, 축산업으로 인해 사람과 가축에 영향을 미치는 환경이나 상태를 말하며, 「축산법」 제42조에 따라 축산환경 개선을 위해 농림축산식품부 장관과 시·도지사는 5년마다 축산환경 개선 기본계획을 수립·시행하도록 하고 있음.⁸⁾

2. 축산업 환경문제 및 규제 현황

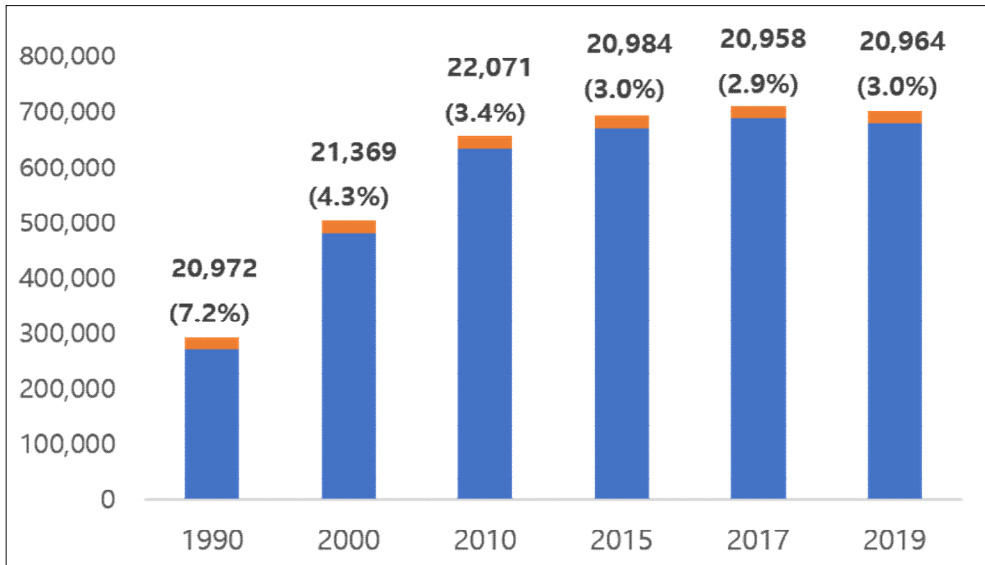
가. 축산업 환경문제

- 축산업은 생산성 향상을 통해 지속적으로 성장해왔으나, 축산업의 급속한 성장은 대기오염, 수질오염, 토양, 온실가스 배출, 악취 등의 여러 환경문제를 낳으며 이를 둘러싼 부작용과 사회적 갈등이 첨예하게 대립하는 상황임.⁹⁾
 - 특히 가축사육 분뇨 배출로 인한 축산업을 둘러싼 여러 환경문제가 존재하는데 그중 가장 대표적인 문제는 온실가스 배출, 토양 양분과잉, 축산악취, 수질 오염원 배출이 있음.
- 농업분야 온실가스 배출량은 1990년 20,972(천 톤 $CO_2eq.$)에서 2010년 22,071(천 톤 $CO_2eq.$)으로 증가하였으나, 2017년에는 20,958(천 톤 $CO_2eq.$), 2019년에는 20,964(천 톤 $CO_2eq.$)으로 감소하였음.
 - 국가 전체 온실가스 총배출량은 1990년 292,098(천 톤 $CO_2eq.$)에서 2019년 701,370(천 톤 $CO_2eq.$)으로 2.4배 규모로 증가하였음.
 - 2019년 국가 전체 온실가스 총배출량은 2010년 대비 45,321(천 톤 $CO_2eq.$) 증가하여 연평균 0.7% 증가하였음. 에너지(0.9%)와 폐기물(1.1%) 분야는 연평균 증가율이 증가하였으나, 산업공정(-0.2%)과 농업(-0.6%) 분야는 연평균 증가율이 감소하였음.

8) 정민국 외(2021) 참고

9) 정민국 외(2021) 참고

〈그림 2-4〉 연도별 국가 전체 대비 농업분야 온실가스 배출량 비중

단위: 천 톤 $CO_2eq.$ (%)

자료: 환경부(2021), 「2021년 국가 온실가스 인벤토리 보고서」

- 농업 분야 온실가스 배출량은 경종농업과 축산업에서 배출되는 양의 합계임. 1990년 이후 경종농업 온실가스 배출량은 꾸준히 감소하는 추세를 보였음. 축산업은 연도별로 등락을 보이면서 2010년까지 증가 추세를 보이다 그 이후에 정체하였고, 2019년에는 다시 증가하였음.¹⁰⁾
 - 2019년 농업분야 온실가스 배출량은 경종농업이 11,478(천 톤 $CO_2eq.$), 축산업이 9,486(천 톤 $CO_2eq.$)으로 나타나, 경종농업 배출량이 축산업 배출량보다 많았음.
 - 경종농업 온실가스 배출량이 감소 추세를 보이는 이유는 논 면적 감소에 따라 벼 재배로 인한 온실가스 배출량이 줄어들었기 때문임.
 - 축산분야 온실가스 배출량은 2010년 이후 구제역 등 발생 영향으로 인해 증가세가 주춤하였지만, 2019년 증가(2017년 대비 424천 톤 $CO_2eq.$, 4.7% 증가)는 사육두수 증가가 원인으로 분석되고 있음.

10) 장영주 외(2020)를 참고하여 작성함.

〈표 2-11〉 농업분야 온실가스 배출량 추이(1990~2019)

단위: 천 톤 $CO_2eq.(%)$

		1990	2000	2010	2015	2017	2019
국가 전체		292,098 (100.0)	502,681 (100.0)	656,049 (100.0)	692,576 (100.0)	710,743 (100.0)	701,370 (100.0)
농업(경종, 축산) 소계		20,972 (7.2)	21,369 (4.3)	22,071 (3.4)	20,984 (3.0)	20,958 (2.9)	20,964 (3.0)
가스	메탄가스(CH_4)	14,317	13,477	13,390	12,468	12,320	11,917
	아질산가스(N_2O)	6,655	7,891	8,680	8,516	8,638	9,048
경종	소계	15,166 (5.2)	14,121 (2.8)	13,006 (2.0)	12,053 (1.7)	11,896 (1.7)	11,478 (1.6)
	벼 재배	10,533	8,946	7,836	6,793	6,550	5,913
	농경지토양	4,606	5,153	5,151	5,244	5,331	5,549
	작물잔사소각	27	22	19	16	15	16
축산	소계	5,806 (2.0)	7,248 (1.4)	9,065 (1.4)	8,931 (1.3)	9,062 (1.3)	9,486 (1.4)
	장내발효	2,960	3,377	4,262	4,339	4,400	4,589
	한육우	1,558	1,708	2,829	2,908	2,975	3,160
	젖소	1,238	1,341	1,078	1,072	1,022	1,004
	돼지	139	257	309	319	354	358
	기타 축산	25	71	46	40	49	67
	가축분뇨처리	2,846	3,871	4,803	4,592	4,662	4,897
	한육우	1,004	1,100	1,822	1,838	1,792	1,939
	젖소	816	884	711	671	639	640
	돼지	590	1,090	1,314	1,166	1,375	1,277
	기타 축산	436	797	956	917	856	1,041

자료: 환경부(2021), 「2021년 국가 온실가스 인벤토리 보고서」

- 전국 지자체에 접수된 전체 악취 민원 건수는 2014년 14,816건에서 2020년 39,902건으로 2.7배 증가하였으며, 이 중에서 축산악취 민원 건수가 차지하는 비중은 동 기간 19.2%에서 36.0%로 16.8%p 증가하였음.
- 2020년 전국 지자체에서 접수된 축산악취 민원은 1만 4,345건으로 5년 전인 2015년(4,323건)에 비해 3.3배가 늘었음. 전국 축산악취 민원은

2014년 2,838건, 2016년 6,398건, 2018년 6,718건, 2019년 1만 2,631건, 2020년 1만 4,345건으로 매년 꾸준히 증가하는 추세임. 특히, 2019년과 2020년 축산악취 민원 건수가 눈에 띄게 증가한 것으로 나타남.

- 정부에서는 민원 발생 증가 원인을 가축사육 증가로 인한 과투입 중심의 축산업 생산구조 영향인 것으로 분석하였고, 이를 지역사회와 축산농가 간 갈등 심화의 원인으로 지적하고 있음.¹¹⁾

○ 2019년 기준으로 지역별 축산악취 민원 현황을 보면, 전국의 축산악취 민원의 42%에 해당하는 5천 144건이 경상남도에서 발생하는 것으로 나타났다으며, 다음으로 제주도가 1천 606건, 경기도가 1천 363건, 충청남도가 1천 240건으로 나타남. 특히 경상남도와 제주도는 집단 거주지 신규 조성에 따라 축산악취 민원이 급격히 증가하였음.¹²⁾

○ 농림축산식품부는 2022년 한 해 동안 지자체와 협력하여 축산악취 민원이 많은 33개 지역을 축산악취 집중관리지역으로 지정하여 악취저감시설 및 가축분뇨 처리시설을 지원하였고, 농가·시설별로 수립한 악취개선계획 이행을 지속적으로 점검함으로써 악취 발생을 사전적으로 차단하였음.¹³⁾

- 이에 따라 경남 김해를 비롯해 예천, 무안, 곡성 등 악취 민원 발생 건수가 많은 10개 지역의 경우, 축산악취 민원이 2021년 3,070건에서 2022년 1,694건으로 약 55% 감소하였음.

11) 양돈타임스, “냄새 민원, 농가만 책임? 그러면 정부는?”, 2022.10.20. 신문기사

12) 농수축산신문, “축산악취 민원, 최근 5년간 4.5배 폭증”, 2020.10.12. 신문기사

13) 농림축산식품부 보도자료, “지역단위 축산악취개선 활동 결실 맺어”, 2022.12.15.

- 특히 김해의 경우 축산농가의 소통 노력을 통해 주민들과의 불신을 해소하였고, 축산악취 민원 건수가 개선 시작 단계인 2020년(5,157건) 대비 2022년(1,012건)에 약 80% 감소하였음.
- 농경지 면적 감소에 따라 퇴·액비 살포 면적이 감소하였고, 이에 따라 가축 사육두수 증가로 수반되는 가축분뇨 배출량 증가는 토양 양분이 과잉되는 문제를 유발함.

〈표 2-12〉 축산악취 민원 발생 현황(2014~2020년)

단위: 건, %

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
전체 악취(A)	14,816	15,573	24,748	22,851	32,452	40,854	39,902
축산악취(B)	2,838	4,323	6,398	6,112	6,718	12,631	14,345
비중(B/A)	19.2	27.8	25.9	26.7	20.7	30.9	36.0

자료: 정민국 외(2021), 내일신문(http://m.naeil.com/m_news_view.php?id_art=436639; 검색일: 2022.10.11.), 농림축산식품부 보도자료, 양돈타임스(<http://www.pigtimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=46280>; 검색일: 2022.11.10.)

- 축산업은 가축분뇨 발생량의 대부분을 자원화하여 토양에 환원하는 자원의 순환적 사용을 촉진함.
 - 2021년의 한우사육농가는 60,330가구로 2020년 57,435가구에 비해 약 3,000가구가 증가함.
 - 가축분뇨 처리방법으로 2021년 기준 퇴비화처리가 약 95.9%, 퇴비·액비화 처리가 약 1.9% 비중을 차지하는데, 경지면적의 감소 문제와 토양양분과잉 문제 등으로 퇴·액비 수급의 불균형이 지속되고 있음.

〈표 2-13〉 가축분뇨 처리방법별 농가(한우)

단위: 가구

연도	가축사육 농가	자체처리: 계	퇴비화 처리	액비화 처리	퇴비, 액비화 처리	정화 처리	기타자체 처리	위탁 처리
2018	70,483	66,482	63,963	204	1,481	79	755	4,001
2019	67,493	63,118	61,059	71	1,505	128	355	4,375
2020	57,435	51,657	42,589	201	938	304	7,625	5,778
2021	60,330	56,082	53,785	359	1,073	145	720	4248

자료: 통계청 농림어업조사

나. 축산업 규제 현황

1) 축산업 허가 및 가축사육업 등록 도입

- 「축산업 허가 및 가축사육업 등록」은 2010~2011년 구제역, 고병원성 조류인플루엔자(AI) 등 악성가축질병 발생으로 인한 막대한 피해 발생으로, 효율적인 방역관리 및 축산업의 선진화를 위해 일정 규모 이상 가축을 사육하는 농가에 대해서 시설·장비, 교육 이수 등을 거쳐 지자체의 허가를 받거나 등록하도록 도입된 제도임.
- '12.2.22일 축산법 개정공포('13.2.23 시행)로 축산업 허가제 도입 근거를 마련함.
- 축산업 허가 대상은 축산법 시행령 제13조에 따르며 종축업, 부화업, 정액 등 처리업은 규모와 관계없이 '13.2.23일부터 시행, 가축사육업은 규모별로 단계적으로 도입함.
- 한육우의 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적은 소 사육업의 경우, '14.2.23 이후 600㎡ 초과에서 '15.2.23 이후 300㎡ 초과, '16.2.23 이후 50㎡ 초과로 적정 사육시설 면적이 점차 감소하였음.

- 돼지 사육업의 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적은 '14.2.23 이후 1,000㎡ 초과에서 '15.2.23 이후 500㎡ 초과, '16.2.23 이후 50㎡ 초과로 적정 사육시설 면적이 점차 감소하였음.
- '16.2.23 이후 소·돼지·닭·오리 사육업의 적정 사육시설 면적은 모두 50㎡ 초과인 일관된 면적으로 기준이 변화하였음.

〈표 2-14〉 한육우 성장단계별 마리당 적정 사육시설 면적

단위: ㎡/두

구분	'14.2.23 이후	'15.2.23 이후	'16.2.23 이후
소 사육업	600㎡ 초과	300㎡ 초과	50㎡ 초과
돼지 사육업	1,000㎡ 초과	500㎡ 초과	50㎡ 초과
닭 사육업	1,400㎡ 초과	950㎡ 초과	50㎡ 초과
오리 사육업	1,300㎡ 초과	800㎡ 초과	50㎡ 초과

자료: 농림축산식품부<<https://www.mafra.go.kr>> “축산업 허가 및 가축사육업 등록”

- 한육우 성장단계별 두당 가축사육시설 소요면적은 시설 형태가 방사식일 때, 번식우의 경우 10㎡, 비육우의 경우 7㎡, 송아지의 경우 2.5㎡임.
- 시설형태가 계류식일 때, 번식우의 두당 가축사육시설 소요면적은 5㎡, 비육우의 경우 5㎡, 송아지의 경우 2.5㎡임.

〈표 2-15〉 한육우 성장단계별 마리당 가축사육시설 소요면적

단위: ㎡/두

시설형태	번식우	비육우	송아지
방사식	10.0	7.0	2.5
계류식	5.0	5.0	2.5

주: 번식우는 번식하는 어미소, 비육우는 고기소로 사육되는 소, 송아지는 6개월령 미만인 소임.

자료: 국가법령정보센터, '가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준', [시행 2013. 5. 16.]
[농림축산식품부고시 제2013-85호, 2013. 5. 16., 일부개정]

- 젓소의 성장단계별 두당 가축사육시설 소요면적은 시설형태가 깔짚일 때, 경산우 중 착유우의 경우 16.5㎡, 건유우의 경우 13.5㎡, 초임우(13-24월령)의 경우 10.8㎡, 육성우(7-12월령)의 경우 6.4㎡, 송아지(3~6월령)의 경우 4.3㎡임.
- 시설형태가 계류식일 때, 경산우 중 착유우의 경우 8.4㎡, 건유우의 경우 8.4㎡, 초임우(13-24월령)의 경우 8.4㎡, 육성우(7-12월령)의 경우 6.4㎡, 송아지(3~6월령)의 경우 4.3㎡임.
 - 시설형태가 후리스톨일 때, 경산우 중 착유우의 경우 8.3㎡, 건유우의 경우 8.3㎡, 초임우(13-24월령)의 경우 8.3㎡, 육성우(7-12월령)의 경우 6.4㎡, 송아지(3~6월령)의 경우 4.3㎡임.

〈표 2-16〉 젓소 성장단계별 마리당 가축사육시설 소요면적

단위: ㎡/두

시설형태	경산우		초임우 (13~24월령)	육성우 (7~12월령)	송아지 (3~6월령)
	착유우	건유우			
깔짚	16.5	13.5	10.8	6.4	4.3
계류식	8.4	8.4	8.4	6.4	4.3
후리스톨	8.3	8.3	8.3	6.4	4.3

주: 계류식의 경우 착유·건유우는 계류식, 나머지는 깔짚인 경우를 포함하고, 후리스톨의 경우 착유우는 후리스톨, 나머지는 깔짚인 경우를 포함함.

자료: 국가법령정보센터, '가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준', [시행 2013. 5. 16.] [농림축산식품부고시 제2013-85호, 2013. 5. 16., 일부개정]

- 일관사육시 두당 가축사육시설 소요면적은 깔짚의 경우 12.8㎡, 계류식의 경우 8.6㎡, 후리스톨의 경우 9.0㎡임.

〈표 2-17〉 일관사육시 마리당 가축사육시설 소요면적

단위: m²/두

시설형태	깔짚	계류식	후리스톨
두당평균면적	12.8	8.6	9.0

자료: 국가법령정보센터, '가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준', [시행 2013. 5. 16.]
[농림축산식품부고시 제2013-85호, 2013. 5. 16., 일부개정]

2) 기타 규제 현황¹⁴⁾

- 2020년 2월 개정된 「가축분뇨법 시행규칙」에 의하면 정화 후 방류수 수질기준이 대폭 강화되었음. 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자가 설치한 정화시설의 방류수 수질기준에 기존의 질소(N) 및 인(P) 기준에 더하여 총유기탄소량(TOC) 기준이 신규로 도입되었음.
 - 방류수 수질기준에서 총유기탄소량 기준은 공공처리시설과 가축분뇨처리업자 처리시설 모두 리터당 55mg 이하임.
- 축산농가 배출시설에 총유기탄소량(TOC) 기준이 신규로 도입되었음. 총유기탄소량(TOC) 기준은 상수원 보호지역 등 특정 지역의 허가대상 농가의 경우 리터당 120mg 이하이며, 신고대상 농가의 경우 리터당 200mg 이하임.
 - 상수원 보호구역 등 특정 지역이 아닌 기타 일반지역의 질소(T-N) 배출기준도 허가대상 농가의 경우, 리터당 500mg 이하에서 250mg 이하로 대폭 강화되었음.
- 환경부는 가축분뇨 퇴·액비화 관리를 강화하여 환경오염을 방지하기 위해 2014년「가축분뇨법」을 개정하여 '퇴비액비화기준'을 신설하였다.¹⁵⁾ 퇴·

14) 정민국 외(2021)을 참고하여 작성함.

액비는 비료 공정 규격 기준에 적합해야 하고, <표 2-18>과 같은 기준을 준수해야 함.

- 지방자치단체에 따라 다소 차이는 있으나, 대부분 지역에서 특정 지역의 환경보전을 위해 가축사육을 제한하고 있음. 「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 있음.

<표 2-18> 가축분뇨 퇴·액비화 기준

퇴비화 기준			액비화 기준		
축종	항목	기준	축종	항목	기준
모든 가축	부숙도	환경부와 농림축산식품부 장관이 협의하여 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		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(<http://www.law.go.kr>), 정민국 외(2021)

- 전국 지방자치단체들은 2015년 3월 환경부와 농림축산식품부 합동으로 지자체의 조례 지정 현황과 악취확산 예측 결과를 토대로 수정된 가축사육 제한 거리 기준을 제안하였음.
 - 수정된 가축사육 제한 거리 권고안은 축종별 사육 규모에 따라 다르며, 한육우는 주거밀집지역으로부터 50~70m, 젖소는 75~110m, 돼지는 400~1,000m, 가금류는 250~650m임.

15) 「가축분뇨법」 제13조의2에 의거함.

- 정부 합동으로 가축사육 제한 수정 권고안을 제안하였으나, 현재 지방자치단체의 조례에서는 여전히 정부 권고안보다 강화된 규정을 적용하고 있는 지역이 많음.

3. 친환경 축산업 환경 관련 정책

- 농림축산식품부는 ‘지속가능한 친환경축산 종합대책(2014년)’을 마련하여 추진함으로써, 축산업의 환경부담 최소화 방안과 친환경 축산물 공급 활성화 방안, 친환경적 생산기반 조성 방안 등을 제시함.
- 농림축산식품부는 친환경 축산을 유도를 목적으로 ‘환경친화 축산농장 제도’를 마련하였지만 다양하고 까다로운 인증 기준으로 확산하지 못하자, 일부 기준이 완화된 ‘깨끗한 축산농장 조성 정책’ 사업을 도입함.
- 깨끗한 축산농장이란 가축의 사양관리, 환경오염 방지, 주변 경관과의 조화 등 축사 내외부를 깨끗이 관리해 악취 발생을 미연에 방지하고 가축분뇨를 신속·적정하게 처리함으로써 쾌적한 도시·농촌 지역의 환경조성과 지속 가능한 축산업에 발전에 이바지하는 축산농장을 가리킴.¹⁶⁾
 - 「깨끗한 축산환경 조성 정책」은 축산농가가 깨끗한 환경에서 가축을 사육하며, 소비자에게 사랑받는 축산업으로 발전하는 전기를 마련함.
 - 가축의 사육환경 개선을 통해 농가는 안전하고 품질 좋은 축산물을 공급하고, 지역주민에게는 쾌적한 환경을 제공함.
- 「깨끗한 축산환경 조성 정책」은 ①깨끗한 축산환경 조성을 통한 축산업의 안정적인 발전, ②가축분뇨 자원화 촉진을 통한 자연 순환 농업 활성화, ③수질, 토양 등 환경오염 방지를 목적으로 함.

16) 오리마을(2019)

- 「깨끗한 축산환경 조성 정책」의 주요 성과로 깨끗한 축산농장으로 지정된 개소는 2017년 1,026개소에서 2020년 3,629개소로 늘어남.

〈표 2-19〉 깨끗한 축산농장 지정(누계)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년
깨끗한 축산농장 지정(개소, 누계)	1,026	1,807	2,607	3,629

자료: 농림축산식품부(<https://www.mafra.go.kr>) “깨끗한 축산환경 조성 정책”

- 「깨끗한 축산환경 조성 정책」의 관계법령은 ①축산법 제3조, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률, ②농어업경영체 육성 및 지원에 관한 법률, ③보조금 관리에 관한 법률에 의거함.

〈표 2-20〉 깨끗한 축산농장 지원사업

구분	내용
축산악취개선	· 지원조건: 국비 20%, 지방비 20, 용자 50, 자부담 10 · 자금용도: 지역단위 축산악취개선계획 추진을 위한 시설·기계장비 지원
악취측정ICT 기계장비	· 지원조건: 국비 50%, 지방비 50 · 자금용도: ICT활용 암모니아 실시간 모니터링 측정장비 지원
공동자원화 시설	① 퇴액비화: '07년부터 퇴액비화 시설 지원(64백만원(100톤기준)/톤) · 자금용도: 가축분뇨를 처리할 수 있는 시설·장비 · 지원조건: 국비 40%, 지방비 30, 용자 30
	② 바이오가스연계: '14년부터 지원(50백만원(100톤 기준)/톤) · 자금용도: 기존 퇴·액비화 시설에 에너지를 생산하는 시설·장비 · 지원조건: 국비 40%, 지방비 30, 용자 30
	③ 퇴마울형 퇴비저장시설: '20년부터 마울형 퇴비자원화 지원 · 자금용도: 퇴비저장시설(퇴비사, 건조장) 및 악취저감시설 등 · 지원조건: 국비 40%, 지방비 30, 용자 30
	④ 에너지화: '10년부터 에너지화시설 지원(92백만원(100톤 기준)/톤) · 자금용도: 가축분뇨를 활용하여 에너지를 생산할 수 있는 시설·장비 · 지원조건: 국비 50%, 지방비 20, 용자 20, 자부담 10
퇴액비살포비	퇴액비 전문유통주체가 사군에서 운영하는 유통협의체에 참여하여 퇴액비를 살포하는 경우 살포비 일부를 지원('06년부터) · 자금용도: 퇴액비 살포면적에 따라 살포비 지원(200천원/ha) · 지원조건: 국비 50%, 지방비 50
자연순환농업 활성화	· 자금용도: 퇴액비를 이용하여 생산한 농산물·조사료 출하선급금, 매취자금 등 · 지원조건: 국비 70%, 자부담 30(연리 2%, 3년 거치 일시상환)
축산환경관리원	가축분뇨관리 전문기관 설립·운영(가축분뇨법 제38조의2) · 지원대상: (재)축산환경관리원(축산환경개선 전담기관) · 자금용도: 운영비, 인건비, 사업비(축산환경개선, 컨설팅·교육홍보 등) · 지원조건: 국비 100%

자료: 농림축산식품부(<https://www.mafra.go.kr>) “깨끗한 축산환경 조성 정책”

- 「깨끗한 축산환경 조성 정책」의 지원사업 중 ‘축산악취개선’ 사업은 시군 또는 시도 단위의 축산악취개선 계획을 수립하고, 평가를 통해 선정, 계획실행에 필요한 사업비 일부를 지원함.
 - ‘퇴·액비살포비’ 사업은 축산 경종농업과 연계하는 자연순환농업 정착을 유도함.
 - ‘자연순환농업활성화’ 사업은 자연순환농업 활성화를 위해 운영자금을 지원하며, 자금용도는 퇴·액비를 이용하여 생산한 농산물 조사료 출하선급금, 매취자금 등임.
 - ‘축산환경관리원’ 사업은 가축분뇨관리 전문기관 설립·운영으로 가축분뇨법 제38조의2에 의거함.

제3장

축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 효과

제1절. 분석 개요

1. 분석 모형

- 본 연구에서는 축산환경규제가 있는 경우와 없는 경우를 가정할 때 한우 농가의 총요소생산성(Total Factor Productivity, TFP)과 생산효율성의 차이를 통해 환경규제가 한우농가의 생산성에 미치는 간접적으로 미치는 영향을 측정하였음.
- 이는 Fare et.al.(1986)과 Fare et.al.(1989)에서 이용한 방법을 국내 한우농가에 적용하여 재구성한 것으로 다음과 같은 가정을 전제함.
- 생산기술은 크게 강처분성(strong disposability)과 약처분성(strong disposability)로 구분되며 생산기술의 성질에 따라 농가의 생산과 투입이 결정됨.
- 강처분 기술의 경우 산출물을 아무 제약 없이 감축할 수 있음을 의미하며 약처분 기술은 산출물을 자유롭게 처분할 수 없으며 일정 이상의 비용을 지출해야 함.
- 따라서 본 연구에서는 환경규제 이전의 한우 농가들은 효용을 극대화하기 위해 강처분 기술을 선택하였으나 환경규제 이후에는 정부의 오염물질 배출 기준을 만족하기 위해 한우농가가 부정적 산출물에

대한 감축 비용을 지출하는 약처분 기술을 선택하게 됨.

-
- 전통적으로 생산성 변화를 분석하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘는데 간접목적함수(indirect objective function)와 생산기술 간의 쌍대관계(duality)를 활용하는 방법과 원 기술함수(primary technology)를 활용하여 생산성 지수를 도출하는 방법이 있음.
- 쌍대 관계를 고려한 생산성 변화 분석은 생산자의 최적화 행위 하에 생산자의 생산기술의 형태를 추정하여 생산성지수를 도출하는 것으로 원 기술함수의 형태를 필요로 하지 않는다는 장점이 있음.
 - 그러나 오염물질을 포함한 생산성 변화를 분석하기 위해 쌍대 관계를 이용하는 경우, 지수를 도출하기 위해 산출물의 가격 특히 오염물질의 가격이 필요하다는 문제가 존재함(권오상, 2010).
- 두 번째 방법은 투입물과 산출물 자료를 통해 오염물질을 포함한 원 기술함수를 직접 추정하여 생산자의 최적화 행위를 반영하지 않고 생산성 변화 지수를 도출하는 것으로 일반적으로 계량경제학적 방법론을 통해 모수적인 생산함수를 추정하거나 비모수적인 방법을 통해 거리함수를 추정함.
 - 일반적으로 계량경제학적 방법을 통해 추정된 생산성의 경우 가정하는 생산함수의 형태에 따라 TFP가 상이하게 도출될 가능성이 높다는 단점이 존재함.
 - 이와 달리 자료포락분석(DEA)과 같은 비모수적인 방법을 통해 도출된 생산성의 경우 원 기술함수의 형태를 가정하지 않아도 되며 각 농가의 개별적인 생산성 및 생산효율성 차이를 관찰할 수 있다는 장점이 있음(Coelli et al.,1998).

- 또한 DEA는 가장 생산이 효율적인 농가¹⁷⁾들을 선도농가로 정의하기 때문에 투입물과 감축과 산출물 개선에 대한 중요한 시사점을 제공할 수 있음.
- 따라서 본 장에서는 비모수적인 거리함수 추정 방법인 DEA와 Chung et al.(1997)에서 제시한 방향거리함수(Directional Distance Function) 접근법을 활용하여 오염물질의 약처분성을 고려한 맘퀴스트 루엔버거 생산성 지수(Malmquist-Luenberger Productivity Index, MLPI)를 도출하고자 함.
- 일반적으로 원 기술함수를 활용하여 생산성지수를 구하는 경우 Caves et al.(1982)가 최초로 개발한 맘퀴스트 지수(Malmquist Productivity Index, MPI)를 사용하여 분석함.
 - MPI는 한 시점에서의 생산경계를 기준으로 하여 두 시점 동안 분석 대상이 경계에 가까워진 정도를 나타내며, 기준이 되는 프런티어 시점에 따라 MPI의 값이 달라질 수 있음.
 - MPI는 식 (3-1)~(3-3)처럼 내부적으로 효율변화 (MEFFCH)와 기술 변화(MTECH)로 분리할 수 있음.

$$M_t^{t+1} = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t, b^t) D_0^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{..... (3-1)}$$

17) Charnes and Cooper(1985)에 의하면 일반적으로 투입물을 늘리지 않고 더 이상 산출물을 증가시킬 수 없거나 산출물을 감축하지 않고 투입물을 줄일 수 없는 상태를 효율적이라고 하며 이는 파레토 최적인 상태임. 그러나 현실적으로 생산자의 파레토 효율적인 상태를 알기 힘들기 때문에 DEA는 분석대상 중에서 가장 실적이 우수한 대상을 효율적이라고 정의함.

$$MTECH = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t, b^t)} \quad \text{..... (3-2)}$$

$$M_t^{t+1} = MEFFCH_t^{t+1} \times MTECH_t^{t+1} \quad \text{..... (3-3)}$$

- 그러나 오염물질과 같은 부정적 산출물(undesirable output)을 고려하여 생산성 지수를 도출하는 경우 부정적인 산출물의 증가는 분석 대상을 프런티어에 가까워지게 만드는 것이 아니라 오히려 멀어지게 만듦.
 - MPI는 기본적으로 산출거리함수(Output Distance Function)에 기반한 생산성 지수이기 때문에 이러한 오염물질의 특성을 반영하기 어려움.
- 오염물질을 고려한 생산성 지수를 도출하기 위해서는 식 (3-4)에 기술한 방향거리함수와 산출거리함수의 관계를 활용해야 함.
 - 방향거리함수는 방향벡터(gx, gy, gb)를 설정함에 따라 산출지향거리함수 또는 투입지향 거리함수의 값을 도출할 수 있음.
 - 이 경우 방향벡터의 값을 g(0, y, -b) 로 설정하여 산출지향 거리함수와의 관계를 식 (4)와 같이 표기할 수 있음.

$$\begin{aligned} \overrightarrow{D}_0(x, y, b; y, b) &= \{ \beta : D_0(x, (y, b) + \beta(y, b)) \leq 1 \} \\ &= \sup \{ \beta : (1 + \beta) D_0(x, y, b) \leq 1 \} \quad \text{..... (3-4)} \\ &= 1/D_0(x, y, b) - 1 \end{aligned}$$

- 이때 방향거리함수의 값을 식 (3-1)~(3-3)에 대입하여 MLPI를 도출할 수 있는데 식 (3-5)~(3-7)과 같이 기존에 MPI와 마찬가지로 효율 변화와 기술 변화로 분해 가능함.

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^t, y^t, b^t, -b^t)) (1 + \overrightarrow{D_0^{t+1}}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, -b^{t+1})) (1 + \overrightarrow{D_0^{t+1}}(x^t, y^t, b^t, -b^t))} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (3-5)$$

$$MLEFFCH = \frac{1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^t, y^t, b^t, -b^t)}{1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, -b^{t+1})} \dots (3-6)$$

$$MLTECH_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \overrightarrow{D_0^{t+1}}(x^t, y^t, b^t, -b^t)) (1 + \overrightarrow{D_0^{t+1}}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^t, y^t, b^t, -b^t)) (1 + \overrightarrow{D_0^t}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, -b^{t+1}))} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (3-7)$$

- 따라서 오염물질의 약처분성을 가정할 때 MLPI는 <표 3-1>과 같이 해석 가능함.
- 생산성 증가(ML > 1)는 기존의 MPI와 해석을 똑같이 할 수 있으며 효율성의 증가(MLEFFCH > 1) 또한 생산 경계에 존재하는 효율적인 농가들과 그렇지 않은 농가들의 격차가 감소하는 것으로 해석할 수 있음.
- 그러나 기술의 발전(MLTECH > 1)은 일반 산출물인 출하량이 증가하고 오염물질이 감소하는 방향으로 기술 발전, 기술의 후퇴(MLTECH < 1)는 산출물 감소 및 오염물질 증가 방향으로 기술 변화, 기술 변화가 발생하지 않음으로 해석 가능함.

〈표 3-1〉 MLPI 증감에 따른 해석

생산성 변화(MLPI)		효율변화(MLEFFCH)	기술변화(MLTECH)
< 1	생산성 감소	프런티어 상의 선진농가와 그 이외 농가의 격차 증가	일반 산출물감소(오염물질 증가) 방향으로 기술 변화
1	생산성 유지	효율 변화 없음	기술변화 없음
> 1	생산성 증가	프런티어 상의 선진농가와 그 이외 농가의 격차 감소	일반 산출물 증가(오염물질 감소) 방향으로 기술 변화

2. 분석 자료

- 본 연구에서는 2019년부터 2021년까지 한우자조금관리위원회 재원으로 진행된 한우농가종합 경영컨설팅 결과보고서를 참고하여 컨설팅 참여 농가를 대상으로 생산성 변화와 축산환경규제가 농가 생산성이 미치는 영향을 평가하고자 함.
- 본 장에서 농축산물생산비 데이터가 아닌 한우농가종합 컨설팅 과정에서 수집된 데이터를 사용하는 이유는 구체적인 농가 단위의 경영성적 및 비계량 성과지표를 통해 좀 더 세부적인 분석이 가능하기 때문임.
- 그러나 컨설팅 보고서를 바탕으로 선발된 샘플들은 약 100여 개 농가로 모집단에 대한 통계적 대표성이 떨어질 가능성이 높음.

〈표 3-2〉 한우농가경영 컨설팅 성과 평가지표

구 분	세 부 내 용
성과지표	①송아지 육성을 ②분만간격 ③번식률 ④질병에 의한 폐사율 ⑤육질 1+등급이상 출현율 ⑥육량C등급 출현율 ⑦평균출하체중 ⑧일당증체량 ⑨등지방두께 ⑩등심단면적
번식후보우 선발	①후보우 선택 ②구입방법 ③선발관리(경산우)
번식관리	①발정관찰 ②첫 종부시기 ③인공수정 ④종부회수 ⑤분만후 공태일수 ⑥주요번식 질병조치 ⑦송아지 포유기간 ⑧예방접종 및 구충 ⑨ 송아지 폐사율
비육관리	①거세월령 ②비육기간(생후월령) ③송아지입식관리
육성우 관리	①이유시 일당증체량 ②송아지 입불이기사료 ③송아지 급수 및 사조설비 ④전용 송아지방 운영
사료급여 관리	①조사료 확보 ②육성기 사료급여 ③배합사료 급여량 ④비육전기 사료급여 ⑤비육후기 사료급여
사육시설	①두당 우사면적 ②운동장 관리 ③우사위치,온도 ④사료급여 급수시설 ⑤분뇨 혼합물 처리 ⑥분만칸
경영관리	①출하처 확보 ②세무회계 관리 ③경영기록 및 분석 ④자금관리 ⑤농업정보활용 ⑥컨설팅수행 적극성

- 그럼에도 불구하고, 농가별 컨설팅 데이터를 통해 생산성 분석을 진행한 것은 기존의 통계자료에서 확인할 수 없었던 정보들을 활용하여 좀 더 세밀한 생산성 분석이 가능하기 때문임.

〈표 3-3〉 한우 농가 경영비 항목

구 분		
조 수 입(A)	송 아 지 판매 수입	
	거 세 우	
	암소비육	
	기타소득	
	합 계 (A)	
경 영 비(B)	사 료 비	농후사료
		TMR사료
		조사료(벧짚)
		사료비 합계
	가축구입비	
	수도광열비	
	방역치료	
	제재료비	
	종 부 료	
	상 각 비	건 물
		대농구
		소 계
	수 선 비	건 물
		대농구
		소 계
	기타잡비	
	합 계 (B)	
소 득 (A-B)		

〈표 3-4〉 규모·농가 유형별 빈도 수

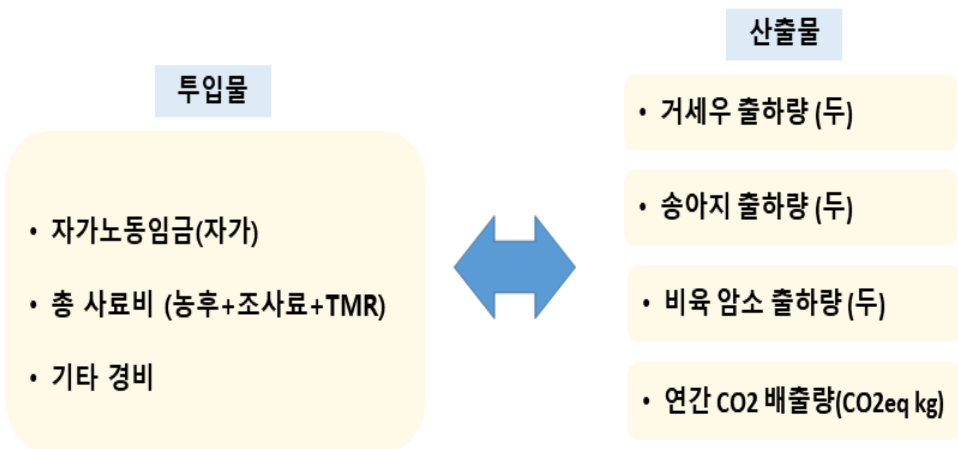
사육규모	번식 농가	비육 농가	일관 농가	합 계
0 ~ 20두	12	0	8	20
20 ~ 50두	11	2	22	35
50 ~ 100두	4	4	23	31
100 ~ 200두	0	0	14	14
200 ~ 300두	0	1	2	3
합 계	27	7	69	103

- 예를 들어 수집된 농가들은 소득원을 기준으로 농가 유형을 구분하였는데 거세우를 중심으로 사육하는 농가는 비육농가, 가임암소를 위주로 사육하는 번식농가, 마지막으로 두 가지를 병행하는 일관사육농가로 구분함.
 - 컨설팅 수혜 농가 중 번식 전문농가는 27가구로 확인되었으며 비육 농가는 7가구 나머지 69가구는 일관사육농가인 것으로 확인됨.
- 번식농가의 주요 수입원은 송아지이며 비육농가의 수입원은 거세우로 알려져 있음. 선행연구에 따르면 2000년대 초반까지는 비육농가와 번식농가가 확실하게 분리되어 있었으나, 송아지의 가격하락 및 구제역 등의 여파로 번식농가들의 수익성이 하락하면서 일관사육농가의 비중이 점차 증가하는 추세임(이정환 외, 2017).
- 실제로 <표 3-5>에서 확인할 수 있듯이 번식농가는 같은 농가 규모에서 평균 조수입이 일관농가와 비육농가보다 낮은 것을 확인할 수 있음.
 - 이러한 차이는 사육 두수와 농가 유형별로 환경규제에 대한 생산성 변화가 다르게 나타날 수 있음을 시사함.
- 따라서 본 연구에서는 103개의 농가를 번식농가와 일관사육농가로 구분하여 두 유형의 최근 생산성 변화를 확인하고 축산환경규제가 생산성에 미치는 영향이 다르게 나타나는지 확인하고자 함.

〈표 3-5〉 규모·농가 유형별 빈도 수

사육 규모	통계량	번식	비육	일관	전체
0 ~ 20두	Mean	124,990	.	114,713	120,879
	SD	107,480	.	60,259	91,072
	빈도수	36	0	24	60
20 ~ 50두	Mean	196,288	256,283	280,480	252,637
	SD	102,513	50,996	170,608	151,824
	빈도수	33	6	66	105
50 ~ 100두	Mean	384,714	510,483	528,999	507,993
	SD	160,407	476,833	187,466	241,974
	빈도수	12	12	69	93
100 ~ 200두	Mean	.	.	855,118	855,118
	SD	.	.	401,275	401,275
	빈도수	0	0	42	42
200 ~ 300두	Mean	.	0	892,917	595,278
	SD	.	0	485,064	588,540
	빈도수	0	3	6	9
전체	Mean	192,515	364,929	478,445	395,778
	SD	142,809	402,408	348,864	335,763
	빈도수	81	21	207	309

〈그림 3-1〉 일관 (비육) 사육 농가 투입물 및 산출물 변수



〈그림 3-2〉 번식 전문 농가 투입물 및 산출물 변수



- 송아지와 거세우 생산에 들어가는 투입물 종류는 유사하기 때문에 〈그림 3-1〉, 〈그림 3-2〉와 같이 자기노동임금과 사료비 그리고 수도광열비, 종부료, 방역치료비 등으로 이루어진 기타 경비를 투입물 변수로 선정함.
 - 이때 자기노동임금의 경우 통계청에서 제공하는 축산물생산비 자료에서 비육우, 번식우 두당 자기노동비를 참고하여 농가별 사육두수와 곱하여 추정하였음.
- 산출물의 경우 번식우는 송아지 출하량(두 수)과 비육 암소 출하량(두수)을 선정하였으며 일관사육농가의 경우 송아지와 암소 그리고 거세우 출하량을 선정함.
- 또한 한우 농가에 배출하는 오염물질은 주로 메탄(CH₄)과 악취를 유발하는 암모니아(NH₃) 이지만 다른 온실가스와 비교를 위해 이산화탄소 환산 킬로그램(CO₂ eq. kg)로 표현함.

- 축산농가에서 배출하는 온실가스는 국립축산과학원에서 2021년에 발표한 한우 온실가스 배출 계수인 4,469 CO_2 eq.를 사육두수와 곱하여 간접적으로 표현하였음.
- 수량 변수를 제외하고 수량으로 표현이 어려운 투입물 변수들의 경우 가액으로 표현하였으며 기간별 생산성 변화를 분석하기 위해 통계청에서 제공하는 농가 구입 가격 자료를 활용하여 2015년 가격으로 디플레이트함.
- 투입 산출 변수의 기초통계량을 확인한 결과 컨설팅 수혜 한우농가들은 연평균 약 17마리의 거세우와 11마리의 암소 그리고 46마리의 송아지를 출하하는 것으로 나타남.

〈표 3-6〉 투입 산출변수 기초통계량

변수	변수명	Obs	평균	표준편차	최솟값	최댓값
산출물	거세우 출하량 (두수)	312	17.66026	27.91558	0	180
	암소 출하량 (두수)	312	11.14423	15.89298	0	125
	송아지 출하량(두수)	312	46.71795	39.43358	0	301
	이산화탄소 배출량 (CO_2 eq. kg)	312	187866.4	149675.7	39396	1105461
투입물	자가노동 임금(천 원)	312	87493.3	44662.44	32758.04	345761.9
	사료비 (천 원)	312	147026.5	140974.1	0	1090373
	기타 경비 (천 원)	312	17803.46	27549.52	0	282364

제2절. 환경규제가 생산성에 미치는 효과 분석 결과

1. 한우 농가의 생산성 변화 분석

- 먼저 국내 한우 번식농가의 오염물질의 자유처분성(강처분성)을 가정한 맘 퀴스트 생산성 지수를 <표 3-7>과 같이 시기별로 도출함.
- 분석결과에 따르면 2019년에서 2020년 사이에 번식농가의 생산성은 평균적으로 약 28% 증가한 것으로 확인되며 2021년에는 전년 대비 31% 증가한 것으로 나타남.
- 2019년에서 2020년 사이에는 선도농가와 다른 농가들의 효율성 격차가 증가하며 효율성이 12% 감소하였으나, 기술 변화가 약 53% 증가하면서 전체 생산성은 증가한 것으로 보임.
- 규모별 생산성 지수의 경우 20두 미만의 소규모 농가에서 생산성이 약 55% 증가하여 가장 생산성이 크게 증가하였음을 알 수 있음.

<표 3-7> 시기별 한우 번식농가 생산성 지수

시기	TFPCH	TECH(효율성변화)	TECCH(기술변화)
2019~2020	1.2836	0.8878	1.5315
2020~2021	1.3119	1.4092	1.0344
전체	1.298	1.1485	1.2781

〈표 3-8〉 규모별 한우 번식농가 생산성 지수

사육규모	TFPCH	TECH(효율성변화)	TECCH(기술변화)
0~20두	1.5574	1.3979	1.3963
20~50두	1.076	0.9418	1.1888
50~100두	1.2277	1.0311	1.2132
전체	1.298	1.1485	1.2781

- 가장 적게 성장한 규모의 농가는 20두 이상 50두 미만 규모의 농가들이며, 선도농가 대비 생산 효율성이 약 6% 감소하면서 전체 생산성 증가 정도는 약 7%인 것으로 나타남.
- 일관사육농가 또한 오염물질의 자유처분성(강처분성)을 가정한 맘퀴스트 생산성 지수 계측결과 2019년부터 2021년 사이에 지속적으로 생산성이 증가한 것으로 나타남.
 - 2020년에 생산성은 전년도 대비 약 26% 증가하였으며 2021년에는 약 21%로 균일한 연성장률을 확인할 수 있음.
- 이러한 생산성 변화의 균일성은 규모별 생산성 지수에서도 확인할 수 있었는데 번식농가에 비해 사육 규모별 생산성 변화의 차이가 상대적으로 적은 것을 확인할 수 있음.
 - 50두 이상 100두 미만의 농가와 200두 이상 300두 미만의 농가가 약 32%~33%의 생산성 증가를 보였고, 나머지 규모에서는 평균 생산성이 약 11%~ 23% 증가한 것으로 보임.
- 그러나 분석 대상 농가들이 한우 농가 중에서도 선도 농가에 속하며 컨설팅 과정에서 수집된 자료라는 것을 고려할 때 일반적인 국내 한우 농가의 생산성 변화와 동일시 할 수 없음.

- 특히 번식농가의 경우 암소의 발정징후를 제때 파악하여 공태일수¹⁸⁾를 최소화하는 것이 수익 최대화에 지대한 영향을 미침.
- 따라서 본 연구에서 관찰된 20%~50%의 생산성 변화는 한우자조금 관리위원회의 컨설팅에 영향을 받은 것으로 해석 가능함.

〈표 3-9〉 시기별 한우 일관사육농가 생산성 지수

시기	TFPCH	TECH(효율성변화)	TECCH(기술변화)
2019~2020	1.2609	1.1767	1.1157
2020~2021	1.2105	1.0801	1.0413
전 체	1.2355	1.1281	1.0782

〈표 3-10〉 규모별 한우 일관사육농가 생산성 지수

사육규모	TFPCH	TECH(효율성변화)	TECCH(기술변화)
0 ~ 20두	1.1138	1.0897	0.9731
20 ~ 50두	1.2176	1.1993	1.032
50 ~ 100두	1.3231	1.096	1.1516
100 ~ 200두	1.1698	1.0823	1.076
200 ~ 300두	1.3321	1.2196	1.1048
전 체	1.2381	1.1298	1.0781

2. 축산환경 정책과 총요소생산성 변화 효과 분석

가. MPI와 MLPI 비교를 통한 축산환경 정책 효과 분석

- 앞에서 언급하였듯이 축산환경규제가 농가 생산성에 미치는 영향은 오염물질의 자유처분성을 가정하였을 때의 생산성과 오염물질의 자유처분성이 규제로 인해 제한되는 경우(약처분성)의 농가 생산성을 비교하여 측정할 수 있음.

18) 성 성숙이 완료된 동물이 분만 후 다시 임신하기 전까지 임신하지 않고 유지되는 기간

- 오염물질을 고려하지 않고 추정된 MPI와 오염물질을 고려하여 추정된 MLPI의 관계는 산출물의 증가 비율과 오염물질의 증가 비율에 따라 달라지는데 $MPI > MLPI$ 인 경우 산출물의 증가 비율이 오염물질의 감소 비율보다 크다는 것을 의미함(Fare et. al., 2001).

〈표 3-11〉 한우 번식농가 MPI

맘퀴스트 생산성 지수 (MPI)					
연도	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	Total
2020	Mean	1.508	1.1558	1.0739	1.2836
	SD	1.4593	0.2816	0.209	0.9343
	Freq	10	11	4	25
2021	Mean	1.6023	0.9962	1.3815	1.3119
	SD	1.685	0.2374	0.2557	1.1171
	Freq	11	11	4	26
평균	Mean	1.5574	1.076	1.2277	1.298
	SD	1.5428	0.267	0.2716	1.0213
	Freq	21	22	8	51

〈표 3-12〉 한우 번식농가 MLPI

맘퀴스트-루엔버거 지수 (MLPI)					
연도	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	Total
2020	Mean	1.0175	1.0589	1.0265	1.0357
	SD	0.2096	0.1145	0.1063	0.1591
	Freq	12	11	4	27
2021	Mean	1.1711	1.0063	1.2315	1.1129
	SD	0.3162	0.1145	0.1744	0.2437
	Freq	12	11	4	27
평균	Mean	1.0943	1.0326	1.129	1.0743
	SD	0.2738	0.1149	0.1729	0.2075
	Freq	24	22	8	54

- 반대로 $MPI < MLPI$ 이라면 오염물질의 감소 비율이 산출물의 증가 비율보다 크다는 것을 나타냄

- 〈표 3-13〉에 따르면 번식 전문 농가의 경우 2021년 20두 이상 50두 미만 농가를 제외하고 대부분 MPI > MLPI 인 것으로 확인되었는데 이를 통해 대부분의 번식농가에서 오염물질 배출량을 늘리지 않고는 산출물을 증가시킬 수 없었다는 것을 의미함.
- 사육 규모별로 비교하면 MPI와 MLPI간 차이가 가장 큰 경우는 사육 규모가 20두 미만인 농가로 약 49%까지 차이가 발생하는 것을 알 수 있음.

〈표 3-13〉 한우 번식농가 MPI와 MLPI 비교 결과

MPI - MLPI				
연도	20두 미만	50두 미만	100두 미만	Total
2020	0.4905	0.0969	0.0474	0.2479
2021	0.4312	-0.0101	0.15	0.199
평균	0.4631	0.0434	0.0987	0.2237

- 반면에 20두 이상 사육하는 농가들의 경우 MPI와 MLPI 간의 차이가 약 4%에서 9%로 20두 미만 사육 농가와 비교하여 작은 것을 확인할 수 있는데 이는 사육 규모 20두 미만의 농가의 생산성이 상대적으로 환경규제에 취약할 수 있음을 보여줌.

〈표 3-14〉 한우 일관사육농가 MPI

맘퀴스트 생산성 지수 (MPI)							
연도	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	200두 미만	300두 미만	Total
2020	Mean	1.0508	1.3393	1.239	1.311	1.2401	1.2635
	SD	0.4184	1.0117	0.4514	0.1659	0.5394	0.6524
	Freq	8	23	25	13	2	71
2021	Mean	1.1768	1.096	1.404	1.0286	1.424	1.2132
	SD	0.5962	0.3606	1.2503	0.1726	0.6494	0.8138
	Freq	8	23	26	13	2	72
Total	Mean	1.1138	1.2176	1.3231	1.1698	1.3321	1.2381
	SD	0.5018	0.761	0.9415	0.2197	0.4988	0.7359
	Freq	16	46	51	26	4	143

〈표 3-15〉 한우 일관사육농가 MLPI

맘퀴스트-루엔버거 생산성 지수 (MLPI)							
연도	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	200두 미만	300두 미만	Total
2020	Mean	1.0453	1.0706	1.0703	1.1623	1.0682	1.0847
	SD	0.1382	0.2096	0.1982	0.1322	0.16	0.1844
	Freq	8	24	27	14	3	76
2021	Mean	1.0315	1.0423	1.0444	1.0077	1.1727	1.0407
	SD	0.195	0.1576	0.1955	0.1144	0.332	0.1748
	Freq	8	24	27	14	3	76
Total	Mean	1.0384	1.0565	1.0574	1.085	1.1205	1.0627
	SD	0.1634	0.184	0.1954	0.1446	0.24	0.1804
	Freq	16	48	54	28	6	152

〈표 3-16〉 한우 일관사육농가 MPI와 MLPI 비교 결과

연도	MPI - MLPI					Total
	20두 미만	50두 미만	100두 미만	200두 미만	300두 미만	
2020	0.0055	0.2687	0.1687	0.1487	0.1719	0.1788
2021	0.1453	0.0537	0.3596	0.0209	0.2513	0.1725
평균	0.0754	0.1611	0.2657	0.0848	0.2116	0.1754

- 일관사육농가 또한 모든 농가 규모 수준에서 오염물질의 약처분성을 가정하지 않은 MPI보다 약처분성을 고려하여 추정한 MLPI가 더 작은 것으로 파악됨.
- 그러나 사육 규모별로 비교하면 번식 전문 농가와 는 다르게 농가의 규모가 작을수록 생산성 지수 간의 차이가 감소하는 것으로 나타남.
 - 20두 미만 농가부터 순서대로 약 7%, 16%, 26%, 8%, 21%의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있음.

나. MPI와 MLPI 생산성 지수 동질성 검정 결과

- 본 연구에서는 오염물질의 약처분성을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 생산성 차이가 통계적으로 유의한지 파악하기 위해 윌콕슨 순위합 검정(Wilcoxon Mann Whitney Rank-sum test)을 실시함.
- 이 방법은 데이터의 순위를 이용하여 검증하는 비모수적 방법으로 두 그룹에 속하는 서로 독립적인 데이터가 주어졌을 때, 두 그룹이 동일한 모집단에 속하는지 혹은 두 그룹의 효율성 값이 동일한 분포를 따르는지 여부를 귀무가설로 하여 검증함.

○ 본 연구에서는 양측 검정을 이용하여 귀무가설을 다음과 같이 설정함.

귀무가설 (H_0):	오염물질을 고려한 경우(MLPI)와 고려하지 않은 경우(MPI)의 생산성에는 차이가 없다.
대립가설 (H_1):	오염물질을 고려한 경우(MLPI)와 고려하지 않은 경우(MPI)의 생산성에는 차이가 있다.

○ 번식농가를 대상으로 검정한 결과 유의 수준 5%에서 귀무가설을 기각하지 못하면서 번식 전문농가의 MPI와 오염물질의 약처분성을 가정한 MLPI의 차이가 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있음.

- 그러나 기술 변화(TECCH)는 유의 수준 5%에서 귀무가설을 기각하며 통계적으로 유의한 것으로 나타남.

○ 일관사육농가를 대상으로 검정한 결과 유의 수준 5%에서 귀무가설을 기각하면서 번식 전문농가의 MPI와 오염물질의 약처분성을 가정한 MLPI의 차이가 통계적으로 유의하게 나타남을 알 수 있음.

- 생산성 지수 간 차이 이외에도 오염물질을 감안한 기술 변화(TECCH)와 감안하지 않는 기술 변화 차이가 5% 수준에서 통계적으로 유의하게 나타남을 알 수 있음.

- 그러나 사육 규모별로 나누어 검정을 시행하였을 때는 유의성이 나타나지 않았는데 이는 규모별 농가의 표본 수가 너무 적기 때문인 것으로 추측함.

〈표 3-17〉 한우 번식농가 동질성 가설검정 결과

변수명	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	Total
TFPCH	z	-0.888	-1.103	-1.05	-1.565
	P 값	0.3746	0.2699	0.2936	0.1177
TECH	z	0.639	0.87	-0.162	0.979
	P 값	0.5231	0.3845	0.8715	0.3275
TECCH	z	-0.547	-2.653	-1.575	-2.963
	P 값	0.5846	0.0080***	0.1152	0.0030***

*** P<0.01 ** P<0.05

〈표 3-18〉 한우 일관사육농가 동질성 가설검정 결과

변수명	통계량	20두 미만	50두 미만	100두 미만	200두 미만	300두 미만	Total
TFPCH	z	0.8802	-1.195	0.1223	-1.385	-0.428	-2.224
	P값	0.8965	0.2321	0.1234	0.166	0.6689	0.0261**
TECH	z	0.8353	0.026	0.487	-0.099	0.214	0.158
	P값	0.8449	0.9795	0.626	0.9209	0.8307	0.8742
TECCH	z	0.2427	-1.074	-2.539	-1.212	-0.214	-2.428
	P값	0.2542	0.2828	0.0111**	0.2255	0.8307	0.0152**

*** P<0.01 ** P<0.05

다. 산출손실액 추정

- 산출손실이란 축산농가들이 환경규제로 인해 오염물질을 줄이고자 할 때 일반 산출물을 희생시키지 않으면서 줄일 수 없을 때 발생함(Fare, 1989).

- 예를 들어 경종농가에서는 농업오염감소를 위해 화학비료 및 농약 사용을 줄임으로써 수확량이 감소할 수 있으며 축산농가의 경우 축산 악취저감 및 오염물질 배출을 감축하기 위해 농가별 사육밀도 기준을 강화할 수 있는데 이러한 경우 출하량에 부정적인 영향을 미칠 수 있음.
 - 따라서 산출손실이란 환경규제가 축산농가의 생산에 제약을 부여하는 경우 발생할 수 있는 기회비용으로 해석할 수 있음.
 - 이는 대체로 농가가 오염물질을 고려한 경우의 생산 효율성과 오염물질을 고려하지 않았을 때 생산 효율성이 일치하지 않기 때문에 발생함(Färe, 1989).
- 앞에서 가정하였듯 본 연구에서 고려하고 있는 오염물질은 이산화탄소로 환산한 농가당 온실가스 배출량으로 산출물인 출하량과 온실가스가 동시에 배출된다고 가정함.
- 따라서 한우 농가의 산출손실은 오염물질의 강처분성을 가정할 때 방향거리함수 값에서 약처분성을 감안할 때의 방향거리함수의 값을 차분하여 산출물의 가격을 곱한 것으로 아래와 같이 표현 가능함.
 - 이때 산출물가격은 거세우·한우 도매가격 및 송아지 경락가격을 참고하여 출하 비중에 따라 가중평균하여 곱함.

산출 손실액	$(D_s^t - D_w^t) \times \text{산출물 가격}$
오염물질 1단위당 산출 손실액	$\frac{\text{산출 손실액}}{\text{오염물질 배출량}}$

- 한우 번식농가들의 산출손실액 도출 결과 평균적으로 농가당 2,260,401 원이 환경규제로 인해 발생 가능한 생산의 상실이자 기회비용으로 추산됨.

- 이를 농가별 오염배출량으로 나누면 이산화탄소 1kg을 감축하기 위해 약 34원의 손실이 발생함을 알 수 있음.

〈표 3-19〉 한우 번식농가 사육 규모별 평균 산출손실액

단위: 천 원

사육규모	평균 산출손실액	표준 편차
0 ~ 20두	3423.709	7761.476
20 ~ 50두	1676.502	1295.507
50 ~ 100두	570.0897	753.01
전 체	2260.402	5237.23

〈표 3-20〉 한우 번식농가 사육 규모별 오염물질 한 단위당 산출손실액

단위: 원/ CO_2 eq. kg

사육규모	평균 산출손실액	표준 편차
0 ~ 20두	62.72341	136.7084
20 ~ 50두	16.70557	13.53614
50 ~ 100두	2.897192	3.626752
전 체	34.41324	92.83759

- 산출손실은 농가의 사육 규모가 작으면 작을수록 증가하는 것으로 확인되며 크게는 6배 가까이 차이 나는 것을 알 수 있음.
- 일관사육농가의 경우에도 평균적으로 농가당 3,829,469원이 환경규제로 인해 발생 가능한 기회비용으로 추산됨.
 - 이를 농가별 오염배출량으로 나누면 이산화탄소 1kg을 감축하기 위해 약 34원의 손실이 발생함을 알 수 있음.

〈표 3-21〉 한우 일관사육농가 사육 규모별 산출손실액

단위: 천 원

사육규모	평균 산출손실액	표준 편차
0 ~ 20	7935.618	6052.774
20 ~ 50	5005.773	5606.146
50 ~ 100	3171.136	4628.44
100 ~ 200	892.1081	1755.865
200 ~ 300	2409.088	3154.436
전 체	3829.469	5128.367

〈표 3-22〉 한우 일관사육농가 사육 규모별 오염물질 한 단위당 산출손실액

단위: 원/ CO_2 eq. kg

사육규모	평균 산출손실액	표준 편차
0 ~ 20	150.0382	121.5782
20 ~ 50	49.00401	65.65873
50 ~ 100	15.29451	20.28758
100 ~ 200	2.811266	5.560221
200 ~ 300	4.948573	6.498589
전 체	38.1529	70.16379

○ 그러나 본 연구에서 도출한 산출손실액을 축산환경규제로 인해 농가가 지출해야 하는 비용으로 해석하는 것은 무리가 있음.

- 그보다는 환경규제로 인해 농가들이 오염물질을 자유롭게 처분하지 못하게 되면서 포기해야 하는 산출물의 양을 얼마나 감축해야 하는지를 금액으로 표현한 것임.
- 농가마다 오염물질 감축이 생산성에 미치는 영향이 상이하기 때문에 산출손실액 또한 다르게 나타나며 금액의 크기가 클수록 오염물질 저감 능력이 낮다는 것을 의미함.

제4장

축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과

제1절. 분석 개요

1. 분석 모형: 생산비용 계측 모형

- 본 연구에서는 한우 농가의 이윤 극대화를 위한 비용 최소화 문제를 풀 어내기 위해 Cobb-Douglas 형태의 생산함수를 이용하였음.
- 주어진 생산량(Q)을 달성해야 한다는 제약하에서 어떻게 하면 비용을 최소화할 수 있는지를 해결하는 문제를 다루었음.
- 생산비용과 주어진 생산함수를 이용하여 라그랑지(Lagrange) 함수를 만들어 비용최소화의 1계 조건을 구한 다음에 비용함수를 도출하였음.

$$Min \left[\sum_{i=1}^4 w_i X_i + \Upsilon_1 K_1 + \Upsilon_2 K_2 + \rho Z + \theta Q \right] \quad \text{..... (4-1)}$$

$$s.t. \quad f(X_1, X_2, X_3, X_4, K_1, K_2, Z) = Q$$

- 식 (4-1)에서 X_i 는 사료, 노동시간, 송아지, 전력과 같은 가변투입요소이고, K_i 는 영농(축사)시설 및 토지, 영농자재와 같은 고정투입요소이고, Z 는 분뇨 처리시설임.

- 이들의 가격이 각각 $w_1, w_2, w_3, w_4, Y_1, Y_2, \rho$ 이며, w_1 은 사료 가격, w_2 는 노임, w_3 는 송아지 구입가격, w_4 는 전력 단가, Y_1 은 시설 및 토지의 평균 임차료, Y_2 는 영농자재 구입가격, ρ 는 분뇨처리시설 단위당 설치 비용임.
- Q 는 한우(비육우) 생산량이고, θ 는 한우 생산량 단위당 분뇨처리 비용이고, $f(X_1, X_2, X_3, X_4, K_1, K_2, Z) = Q$ 는 한우 생산함수임.

○ 위와 같이 생산비용은 $\sum_{i=1}^4 w_i X_i + Y_1 K_1 + Y_2 K_2 + \rho Z + \theta Q$ 로 나타낼 수 있고, 한우 생산함수가 Cobb-Douglas 형태의 함수로 $AX_1^{a_1} X_2^{a_2} X_3^{a_3} X_4^{a_4} K_1^{b_1} K_2^{b_2} Z^c = Q$ 라고 할 때, 라그랑지 함수는 식 (4-2)의 형태임.

$$L = \sum_{i=1}^4 w_i X_i + Y_1 K_1 + Y_2 K_2 + \rho Z + \theta AX_1^{a_1} X_2^{a_2} X_3^{a_3} X_4^{a_4} K_1^{b_1} K_2^{b_2} Z^c - \lambda (AX_1^{a_1} X_2^{a_2} X_3^{a_3} X_4^{a_4} K_1^{b_1} K_2^{b_2} Z^c - Q) \quad (4-2)$$

- 비용최소화의 1계 조건은 라그랑지 함수를 각각의 생산요소와 라그랑지 승수(λ)에 대해 미분한 값이 0과 같다는 수식으로 나타낼 수 있음.
- 총 8개의 방정식과 8개의 미지수($X_1, X_2, X_3, X_4, K_1, K_2, Z, \lambda$)로 구성되어 있어서 연립방정식의 해를 도출할 수 있고, 식 (4-3)~식 (4-10)과 같이 나타남.

$$\frac{\partial L}{\partial X_1} = w_1 + (\theta - \lambda) a_1 A X_1^{a_1-1} X_2^{a_2} X_3^{a_3} X_4^{a_4} K_1^{b_1} K_2^{b_2} Z^c = 0 \quad (4-3)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_2} = w_2 + (\theta - \lambda)a_2AX_1^{a_1}X_2^{a_2-1}X_3^{a_3}X_4^{a_4}K_1^{b_1}K_2^{b_2}Z^c = 0 \quad (4-4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_3} = w_3 + (\theta - \lambda)a_3AX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3-1}X_4^{a_4}K_1^{b_1}K_2^{b_2}Z^c = 0 \quad (4-5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_4} = w_4 + (\theta - \lambda)a_4AX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3}X_4^{a_4-1}K_1^{b_1}K_2^{b_2}Z^c = 0 \quad (4-6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial K_1} = Y_1 + (\theta - \lambda)b_1AX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3}X_4^{a_4}K_1^{b_1-1}K_2^{b_2}Z^c = 0 \quad (4-7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial K_2} = Y_2 + (\theta - \lambda)b_2AX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3}X_4^{a_4}K_1^{b_1}K_2^{b_2-1}Z^c = 0 \quad (4-8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Z} = \rho + (\theta - \lambda)cAX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3}X_4^{a_4}K_1^{b_1}K_2^{b_2}Z^{c-1} = 0 \quad (4-9)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = -AX_1^{a_1}X_2^{a_2}X_3^{a_3}X_4^{a_4}K_1^{b_1}K_2^{b_2}Z^c + Q = 0 \quad (4-10)$$

○ 위의 연립방정식의 해를 도출하여 최적 투입요소를 도출하면 다음의 식 (4-11)~식 (4-17)과 같음.

$T = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + c$ 일 때,

$$X_1^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{a_1 w_2}{a_2 w_1} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{a_1 w_3}{a_3 w_1} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{a_1 w_4}{a_4 w_1} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{a_1 Y_1}{b_1 w_1} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{a_1 Y_2}{b_2 w_1} \right)^{\frac{b_2}{T}} \left(\frac{a_1 \rho}{c w_1} \right)^{\frac{c}{T}} \quad (4-11)$$

$$X_2^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{a_2 w_1}{a_1 w_2} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{a_2 w_3}{a_3 w_2} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{a_2 w_4}{a_4 w_2} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{a_2 Y_1}{b_1 w_2} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{a_2 Y_2}{b_2 w_2} \right)^{\frac{b_2}{T}} \left(\frac{a_2 \rho}{c w_2} \right)^{\frac{c}{T}} \quad (4-12)$$

$$X_3^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{a_3 w_1}{a_1 w_3} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{a_3 w_2}{a_2 w_3} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{a_3 w_4}{a_4 w_3} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{a_3 Y_1}{b_1 w_3} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{a_3 Y_2}{b_2 w_3} \right)^{\frac{b_2}{T}} \left(\frac{a_3 \rho}{c w_3} \right)^{\frac{c}{T}} \quad (4-13)$$

$$X_4^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{a_4 w_1}{a_1 w_4} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{a_4 w_2}{a_2 w_4} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{a_4 w_3}{a_3 w_4} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{a_4 Y_1}{b_1 w_4} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{a_4 Y_2}{b_2 w_4} \right)^{\frac{b_2}{T}} \left(\frac{a_4 \rho}{c w_4} \right)^{\frac{c}{T}} \dots\dots\dots (4-14)$$

$$K_1^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{b_1 w_1}{a_1 Y_1} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{b_1 w_2}{a_2 Y_1} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{b_1 w_3}{a_3 Y_1} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{b_1 w_4}{a_4 Y_1} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{b_1 Y_2}{b_2 Y_1} \right)^{\frac{b_2}{T}} \left(\frac{b_1 \rho}{c Y_1} \right)^{\frac{c}{T}} \dots\dots\dots (4-15)$$

$$K_2^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{b_2 w_1}{a_1 Y_2} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{b_2 w_2}{a_2 Y_2} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{b_2 w_3}{a_3 Y_2} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{b_2 w_4}{a_4 Y_2} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{b_2 Y_1}{b_1 Y_2} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{b_2 \rho}{c Y_2} \right)^{\frac{c}{T}} \dots\dots\dots (4-16)$$

$$Z^* = A^{-\frac{1}{T}} Q^{\frac{1}{T}} \left(\frac{c w_1}{a_1 \rho} \right)^{\frac{a_1}{T}} \left(\frac{c w_2}{a_2 \rho} \right)^{\frac{a_2}{T}} \left(\frac{c w_3}{a_3 \rho} \right)^{\frac{a_3}{T}} \left(\frac{c w_4}{a_4 \rho} \right)^{\frac{a_4}{T}} \left(\frac{c Y_1}{b_1 \rho} \right)^{\frac{b_1}{T}} \left(\frac{c Y_2}{b_2 \rho} \right)^{\frac{b_2}{T}} \dots\dots\dots (4-17)$$

○ 최적 투입요소를 적용하여 총비용함수를 도출하면 식 (4-18)~식 (4-19)와 같음.

$$C(W, Y_1, Y_2, \rho, \theta, Q) = \sum_{i=1}^4 w_i X_i^*(W, Y_1, Y_2, \rho, Q) + \sum_{i=1}^2 Y_i K_i^*(W, Y_1, Y_2, \rho, Q) \dots\dots\dots (4-18) \\ + \rho Z^*(W, Y_1, Y_2, \rho, Q) + \theta Q$$

$$C(W, Y_1, Y_2, \rho, \theta, Q) = B w_1^{\frac{a_1}{T}} w_2^{\frac{a_2}{T}} w_3^{\frac{a_3}{T}} w_4^{\frac{a_4}{T}} Y_1^{\frac{b_1}{T}} Y_2^{\frac{b_2}{T}} \rho^{\frac{c}{T}} Q \dots\dots\dots (4-19)$$

단, $T = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + c$,

$$B = A^{-\frac{1}{T}} \left[-\frac{a_1}{T} - \frac{a_2}{T} - \frac{a_3}{T} - \frac{a_4}{T} - \frac{b_1}{T} - \frac{b_2}{T} - \frac{c}{T} (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + c) \right]$$

- 식 (4-19)의 총비용함수를 생산량(Q)으로 나누어 평균비용함수로 표시하면 식 (4-20)과 같음.

$$AC(W, Y_1, Y_2, \rho, \theta, Q) = Bw_1^{\frac{a_1}{T}}w_2^{\frac{a_2}{T}}w_3^{\frac{a_3}{T}}w_4^{\frac{a_4}{T}}Y_1^{\frac{b_1}{T}}Y_2^{\frac{b_2}{T}}\rho^{\frac{c}{T}}Q^{\frac{1-T}{T}} + \theta \quad \dots\dots\dots (4-20)$$

단, $T = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + c$,

$$B = A^{-\frac{1}{T}} \left[a_1^{-\frac{a_1}{T}} a_2^{-\frac{a_2}{T}} a_3^{-\frac{a_3}{T}} a_4^{-\frac{a_4}{T}} b_1^{-\frac{b_1}{T}} b_2^{-\frac{b_2}{T}} c^{-\frac{c}{T}} (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + c) \right]$$

- 위에서 추정된 총비용함수 식 (4-19)에 로그를 취하여 식 (4-21)과 같은 형태로 설정하여 분석하였음.

- 식 (4-21)에서 $\frac{1}{T}$ 은 분뇨처리비(θQ)를 제외한 생산비용의 생산량에 대한 탄성치이며, $\frac{a_1}{T}, \frac{a_2}{T}, \frac{a_3}{T}, \frac{a_4}{T}, \frac{b_1}{T}, \frac{b_2}{T}, \frac{c}{T}$ 는 분뇨처리비를 제외한 생산비용의 각각의 투입요소가격에 대한 탄성치임.

$$\begin{aligned} \ln(C - \theta Q) = \ln B + \frac{a_1}{T} \ln w_1 + \frac{a_2}{T} \ln w_2 + \frac{a_3}{T} \ln w_3 + \frac{a_4}{T} \ln w_4 \quad \dots\dots\dots (4-21) \\ + \frac{b_1}{T} \ln Y_1 + \frac{b_2}{T} \ln Y_2 + \frac{c}{T} \ln \rho + \frac{1}{T} \ln Q + \epsilon \end{aligned}$$

- 평균비용함수 식 (4-20)에도 로그를 취하여 식 (4-22)와 같은 형태로 설정하여 분석하였음.

- 식 (4-22)에서 $\frac{1-T}{T}$ 는 마리당 분뇨처리비(θ)를 제외한 평균생산비용의 생산량에 대한 탄성치이며, $\frac{a_1}{T}, \frac{a_2}{T}, \frac{a_3}{T}, \frac{a_4}{T}, \frac{b_1}{T}, \frac{b_2}{T}, \frac{c}{T}$ 는 마리당 분뇨처리비를 제외한 평균생산비용의 각각의 투입요소가격에 대한 탄성치임.

$$\ln(AC-\theta) = \ln B + \frac{a_1}{T} \ln w_1 + \frac{a_2}{T} \ln w_2 + \frac{a_3}{T} \ln w_3 + \frac{a_4}{T} \ln w_4 + \frac{b_1}{T} \ln Y_1 + \frac{b_2}{T} \ln Y_2 + \frac{c}{T} \ln \rho + \frac{1-T}{T} \ln Q + \epsilon \quad (4-22)$$

- 식 (4-19)의 총비용함수를 생산량(Q)으로 미분하여 한계비용함수로 표시하면 식 (4-23)과 같이 나타낼 수 있음.

$$MC(W, Y_1, Y_2, \rho, \theta, Q) = \frac{1}{T} B w_1^{\frac{a_1}{T}} w_2^{\frac{a_2}{T}} w_3^{\frac{a_3}{T}} w_4^{\frac{a_4}{T}} Y_1^{\frac{b_1}{T}} Y_2^{\frac{b_2}{T}} \rho^{\frac{c}{T}} Q^{\frac{1-T}{T}} + \theta \quad (4-23)$$

2. 분석 자료

- 본 연구에서는 통계청에서 발표하는 「축산물생산비조사」 자료 중에서 2008~2021년 한우(비육우) 생산비 자료를 이용하여 비용함수를 추정하였음.
- 사육규모별 마리당 사육비 자료를 이용하여 한우 농가의 총생산비용과 평균생산비용을 계산하였음.
 - 연도별로 사육규모별 생산비 자료를 구축하여 총 자료 수는 56개임.
 - 한우(비육우) 사육규모는 20마리 미만, 20~49마리, 50~99마리, 100마리 이상으로 나누어져 있으며, 이를 각각 10마리, 35마리, 75마리, 150마리를 기준으로 정하여 생산비용을 산출하였음.
- 비용함수의 각 변수에 이용된 자료에 대한 설명은 다음과 같음.
- 생산량(Q)은 한우 농가의 사육두수이며, 사료 가격(w_1)은 농림축산식품부의 배합사료 가격 통계자료를 사용하였음.
 - 노임(w_2)은 통계청의 농가구입가격지수(2015년=100) 중 노무비 가격지수를 사용하였음.

- 송아지 구입가격(w_3)은 농협축산정보센터에 공개된 월별산지가격동향 자료 중 수송아지(6~7개월령) 가격자료를 사용하였음.
 - 전력 단가(w_4)는 에너지경제연구원의 에너지통계연보를 참고하여 농업용 전력 판매단가를 이용하였음.
 - 2021년 자료는 영농광열비 농가구입가격지수(2015년=100) 비중으로 추정한 값을 사용하였음.
- 시설 및 토지의 평균 임차료(γ_1)는 통계청의 축산물생산비조사 자료를 이용하여 영농시설 평균 임차료와 토지 평균 임차료를 합한 값을 사용하였음.
- 영농자재 구입가격(γ_2)은 통계청의 농가구입가격지수(2015년=100) 중 재료비 가격지수를 사용하였음.
 - 축산물(한우) 분뇨처리시설 설치 비용(ρ)은 한국건설기술연구원의 건설공사비지수(2015년=100) 중 농림수산토목 건설공사비지수의 월 평균 자료를 사용하였고, 분뇨처리비(θ)는 통계청의 축산물생산비조사 자료를 이용하였음.

제2절. 한우 생산비용 변화 분석 결과

1. 한우 생산비용 변화 분석

- 회귀분석을 이용하여 한우의 평균비용함수 추정된 결과는 <표 4-2>와 같음.
 - 노임과 시설 및 토지 임차료를 나타내는 변수를 제외하고는 모든 설명변수가 95% 이상에서 유의하게 나타났음.
 - 사료가격, 노임, 송아지 구입가격, 축산물(한우) 분뇨처리시설 설치비용에 대한 계수는 양의 값으로 추정되어 투입요소 가격이 상승하면 평균비용이 증가한다는 예상과 합치하는 것으로 나타났음.
- 분뇨처리비를 제외한 총생산비용의 생산량에 대한 탄성치는 0.9507로 나타났다.
 - <표 4-2>에서 $\ln Q$ 에 대한 추정계수는 -0.0493으로 추정되어 생산량이 증가할수록 평균비용이 하락하는 관계에 있음을 알 수 있음.
 - 이러한 추정결과는 우리나라 한우 농가의 경우 최소효율규모를 달성하는 수준의 생산량에는 이르지 못하고 있다는 점을 설명함.
 - 따라서 규모를 확대하여 생산량을 늘린다면 비용을 절감할 수 있는 규모의 경제가 존재한다고 볼 수 있음.

〈표 4-1〉 한우의 총비용함수 추정 결과

변수	추정계수	표준오차	P-value
$\ln Q$	0.9507***	0.0058	0.000
$\ln w_1$	0.6144*	0.3086	0.052
$\ln w_2$	0.3896	0.2645	0.147
$\ln w_3$	0.1260**	0.0503	0.016
$\ln w_4$	-1.7233***	0.3901	0.000
$\ln \gamma_1$	-0.0146	0.0144	0.319
$\ln \gamma_2$	-0.6367**	0.2844	0.030
$\ln \rho$	1.0518***	0.3059	0.001
상수	13.4458***	1.3484	0.000
Log Likelihood	0.0000		
R^2	0.9983		

주: ***는 1%, **는 5%, *는 10% 유의수준에서 유의함.

〈표 4-2〉 한우의 평균비용함수 추정 결과

변수	추정계수	표준오차	P-value
$\ln Q$	-0.0493***	0.0058	0.000
$\ln w_1$	0.6144*	0.3086	0.052
$\ln w_2$	0.3896	0.2645	0.147
$\ln w_3$	0.1260**	0.0503	0.016
$\ln w_4$	-1.7233***	0.3901	0.000
$\ln \gamma_1$	-0.0146	0.0144	0.319
$\ln \gamma_2$	-0.6367**	0.2844	0.030
$\ln \rho$	1.0518***	0.3059	0.001
상수	13.4458***	1.3484	0.000
Log Likelihood	0.0000		
R^2	0.9523		

주: ***는 1%, **는 5%, *는 10% 유의수준에서 유의함.

- 〈시나리오 ①〉 환경규제가 전혀 없다는 가정하에 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 반영하지 않은 한계비용(MC_1)에 따른 시장균형과 환경규제가 있는 경우의 한계비용에 따른 시장균형을 비교하여 분석하였음.

- 〈시나리오 ②〉 한우 분뇨처리비를 제외하고 분뇨처리시설 설치 비용을 고려하는 경우의 한계비용(MC_2)과 〈시나리오 ③〉 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 모두 고려하는 경우의 한계비용(MC_3)에 따른 시장균형을 비교하여 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 공급곡선을 얼마나 이동시키는지를 각각 산출하였음.
- 식 (4-24)과 식 (4-25)를 통해 연립방정식 해를 도출하여 시나리오별로 공급량(수요량)의 변화율과 가격의 변화율을 계산할 수 있음.

$$\% \Delta P = \frac{1}{\eta} \% \Delta Q_S + \eta_{\theta} \% \Delta \theta + \eta_{\rho} \% \Delta \rho \quad (4-24)$$

$$\% \Delta Q_D = \varepsilon \times \% \Delta P \quad (4-25)$$

- 한우(비육우) 분뇨처리비는 한우 생산비용에 영향을 미치며, 이러한 관계를 평가하기 위해 한우 한계생산비용의 분뇨처리비에 대한 탄력성(η_{θ})을 도출하였음.
 - 탄력성을 구하는 식의 형태는 식 (4-26)과 같고, $MC = P$ 이므로 식 (4-27)과 같이 형태를 변형하여 계산하였음.
- 한우(비육우) 출하월령을 최대 36개월($m = 3$)로 설정하였고, 가격(P)은 농협축산정보센터의 월별산지가격동향 자료를 이용하여 2008~2021년 큰수소(600kg) 평균 산지가격의 평균값(4,696,714원)을 계산하여 사용하였음.
 - 분뇨처리비(θ)는 통계청의 축산물생산비조사 자료의 연간 마리당 분뇨처리비의 평균값(10,426원)을 이용하였음.
 - 이와 같은 방식으로 도출된 탄성치(η_{θ}) 값은 0.007임.

$$\eta_{\theta} = \frac{\% \Delta MC}{\% \Delta \theta} = \frac{\partial MC}{\partial \theta} \frac{\theta}{MC} \quad \dots\dots\dots (4-26)$$

$$\eta_{\theta} = \frac{m \times \theta}{P} \quad \dots\dots\dots (4-27)$$

단, m : (한우 출하월령) ÷ 12

θ : 연간 마리당 분뇨처리비

P : 큰수소(600kg) 평균 산지가격

○ 축산환경규제가 한우 생산비용에 미치는 영향을 평가하기 위해 모형에 사용된 한우 수요의 가격탄력성과 한우 공급의 가격탄력성은 각각 -1.06, 0.50임.

- 수요의 가격탄력성의 경우 김원년 외(2019), 오승환 외(2021), 정민국 외(2011), 김윤식(2006), 이홍림(2015)에서 추정된 값들의 평균값을 사용하였음.
- 공급의 가격탄력성의 경우 김윤식(2006), 이홍림(2015), 이병오 외(2006)에서 추정된 값들의 평균값을 사용하였음.

〈표 4-3〉 한우 수요탄력성 및 공급탄력성

수요의 가격탄력성	공급의 가격탄력성	설명	참고자료
-1.6974	-	쇠고기(국내산+수입) 수요탄력성	김원년 외(2019)
-0.6629	-	쇠고기(국내산+수입) 수요탄력성	오승환 외(2021)
-1.0569	-	국내산 쇠고기 수요탄력성	정민국 외(2011)
-0.9	0.49	국내산 쇠고기 수요탄력성 / 공급탄력성	김윤식(2006)
-1.0	0.5	국내산 쇠고기 수요탄력성 / 공급탄력성	이홍림(2015)
-	0.4993	국내산 쇠고기 공급탄력성	이병오 외(2006)
-1.06	0.50	한우 수요탄력성(평균값) / 공급탄력성(평균값)	

- 한우 공급의 분뇨처리시설 설치 비용에 대한 탄력성(η_p)은 <표 4-1>에서 추정된 $\ln p$ 에 대한 추정계수 1.0518을 사용하면, $MC = P$ 이므로 다음의 식 (4-28)의 형태임.

$$\eta_p \% \Delta p = \frac{\% \Delta (MC - \theta)}{\% \Delta p} \times \% \Delta p = \frac{\% \Delta (P - \theta)}{\% \Delta p} \times \% \Delta p \quad \cdots \cdots (4-28)$$

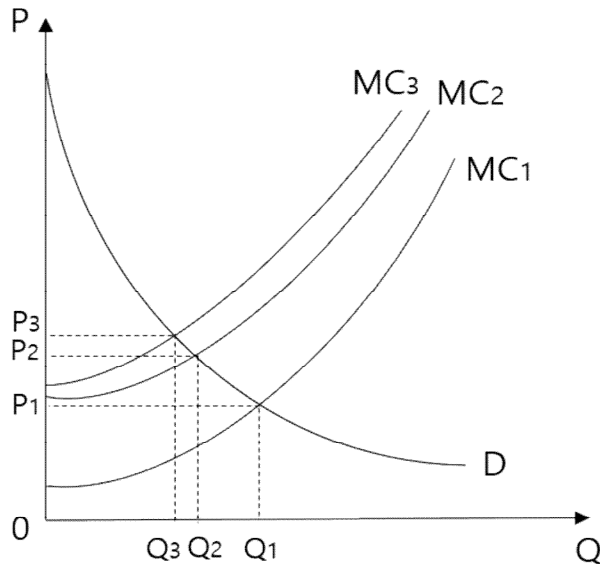
- 본 연구에서는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 반영 여부에 따른 시나리오별로 한우 수급변화율을 산출하였음.
 - <시나리오 ①> 환경규제가 전혀 없다는 가정하에 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 반영하지 않은 물량과 가격을 기준으로 비교하여 분석함.
 - <시나리오 ②> 한우 분뇨처리비를 제외하고 분뇨처리시설 설치 비용을 고려하는 경우 수급변화율은 $\% \Delta P = 0.337$, $\% \Delta Q = -0.357$ 임.
 - <시나리오 ③> 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 모두 고려하는 경우 수급변화율은 $\% \Delta P = 0.339$, $\% \Delta Q = -0.360$ 임.
- 축산환경규제로 인해 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 모두 발생하면, 한우 가격이 0.339% 상승하고 한우 공급량(수요량)이 0.360% 감소하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 발생하지 않고 분뇨처리시설 설치 비용만 발생하면, 한우 가격이 0.337% 상승하고 한우 공급량(수요량)이 0.357% 감소하였음.

2. 사회적 후생 변화 효과 분석

- 〈시나리오 ①〉 환경규제가 전혀 없다는 가정하에 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 반영하지 않은 물량과 가격을 기준으로 산출된 소비자잉여는 1조 7,535억 원임.
 - 〈시나리오 ②〉 한우 분뇨처리비를 제외하고 분뇨처리시설 설치 비용을 고려하는 경우의 소비자잉여는 1조 7,410억 원임.
 - 〈시나리오 ③〉 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 모두 고려하는 경우의 소비자잉여는 1조 7,409억 원으로 산출되었음.¹⁹⁾
- 환경규제로 말미암아 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 125억 4,519만 원 감소하는 것으로 나타났음.
 - 한우 분뇨처리비가 없고 분뇨처리시설 설치 비용만 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 124억 6,641만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

19) 〈시나리오 ③〉의 가격(P_3)과 물량(Q_3) 자료는 2008~2021년 한우 큰암소(600kg)와 큰수소(600kg)의 연평균 산지가격의 평균값(4,857,036원)과 2008~2021년 한우 연평균 도축두수(759,892마리)를 각각 사용하였음(축산물안전관리시스템<lpsms.go.kr>).

〈그림 4-1〉 한우의 한계비용함수 추정 결과



- 한우 가격과 도축두수를 기준으로 산출된 소비자잉여를 소비자 단계에서의 소비자잉여로 평가하려면, 도축 기준의 한우 1마리 가격을 쇠고기 판매가격으로 전환해야 함.
 - 한우 1마리 가격을 쇠고기 판매가격으로 전환하기 위해서 300~500% 전환 비율을 각각 적용하였음.
- 한우 1마리 가격을 쇠고기 판매가격으로 전환하기 위해서 300% 전환 비율을 적용하여 산출한 값은 약 1천 457만 원이고, 쇠고기 판매가격을 활용하여 분석한 소비자잉여 감소분은 약 376억 원임.
 - 이와 다른 전환 비율을 각각 적용하여 산출한 쇠고기 판매가격으로 소비자잉여 감소분을 계산한 결과, 350% 전환 비율은 약 439억 원, 400% 전환 비율은 약 502억 원, 450% 전환 비율은 약 565억 원, 500% 전환 비율은 약 627억 원 감소하였음.

〈표 4-4〉 쇠고기 판매가격 및 소비자잉여 감소분 산출 결과

단위: 원, 억원

전환 비율	쇠고기 판매가격	소비자잉여 감소분
300%	14,571,107	376.4
350%	16,999,625	439.1
400%	19,428,143	501.8
450%	21,856,661	564.5
500%	24,285,179	627.3

주: 한우 가격은 2008~2021년 한우 큰암소(600kg)와 큰수소(600kg)의 연평균 산지가격의 평균 값(4,857,036원)임. 한우 가격을 기준으로 전환 비율을 적용하여 쇠고기 판매가격을 산출하고, 쇠고기 판매가격을 활용하여 소비자잉여 감소분을 계산함.

자료: 농협축산정보센터<livestock.nonghyup.com>, KOSIS 국가통계포털<kosis.kr>

- 한우 가격을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 125억 4,519만 원 감소하는 것으로 나타났음.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 125억 8,619만 원, 126억 2,365만 원 감소하였음.
 - 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 126억 6,520만 원, 126억 9,928만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

〈표 4-5〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(1)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기존	125억 4,519만 원
	1.5배	125억 8,619만 원
	2배	126억 2,365만 원
	2.5배	126억 6,520만 원
	3배	126억 9,928만 원

주 1) 한우 가격(4,857,036원) 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.

2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

- 한우 가격에 300% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(14,571,107 원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 376억 3,558만 원 감소하는 것으로 나타났음.
- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 377억 5,858만 원, 378억 7,096만 원 감소하였음.
- 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 379억 9,560만 원, 380억 9,784만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

〈표 4-6〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅱ)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기준	376억 3,558만 원
	1.5배	377억 5,858만 원
	2배	378억 7,096만 원
	2.5배	379억 9,560만 원
	3배	380억 9,784만 원

- 주 1) 한우 가격(4,857,036원)에 300% 전환 비율을 적용하여 산출한 소고기 판매가격(14,571,107원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.
- 2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

- 한우 가격에 350% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(16,999,625원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 439억 817만 원 감소하는 것으로 나타났음.
- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 440억 5,167만 원, 441억 8,279만 원 감소하였음.

〈표 4-7〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅲ)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기존	439억 817만 원
	1.5배	440억 5,167만 원
	2배	441억 8,279만 원
	2.5배	443억 2,821만 원
	3배	444억 4,748만 원

주 1) 한우 가격(4,857,036원)에 350% 전환 비율을 적용하여 산출한 소고기 판매가격(16,999,625원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.

2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

- 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 443억 2,821만 원, 444억 4,748만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

○ 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 501억 8,077만 원 감소하는 것으로 나타남.

- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 503억 4,477만 원, 504억 9,462만 원 감소하였음.
- 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 506억 6,081만 원, 507억 9,712만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

〈표 4-8〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅳ)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기존	501억 8,077만 원
	1.5배	503억 4,477만 원
	2배	504억 9,462만 원
	2.5배	506억 6,081만 원
	3배	507억 9,712만 원

- 주 1) 한우 가격(4,857,036원)에 400% 전환 비율을 적용하여 산출한 소고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.
- 2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

○ 한우 가격에 450% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(21,856,661원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 564억 5,336만 원 감소하는 것으로 나타났음.

- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 566억 3,786만 원, 568억 644만 원 감소하였음.
- 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 569억 9,341만 원, 571억 4,676만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

〈표 4-9〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(Ⅴ)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기존	564억 5,336만 원
	1.5배	566억 3,786만 원
	2배	568억 644만 원
	2.5배	569억 9,341만 원
	3배	571억 4,676만 원

- 주 1) 한우 가격(4,857,036원)에 450% 전환 비율을 적용하여 산출한 소고기 판매가격(21,856,661원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.
- 2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

- 한우 가격에 500% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(24,285,179 원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 627억 2,596만 원 감소하는 것으로 나타났다.
- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 각각 629억 3,096만 원, 631억 1,827만 원 감소하였음.
 - 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 633억 2,601만 원, 634억 9,640만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

〈표 4-10〉 한우 환경규제 비용에 따른 소비자잉여 변화 시나리오 분석(VI)

구분		소비자잉여 감소분
환경규제 비용	기존	627억 2,596만 원
	1.5배	629억 3,096만 원
	2배	631억 1,827만 원
	2.5배	633억 2,601만 원
	3배	634억 9,640만 원

- 주 1) 한우 가격(4,857,036원)에 500% 전환 비율을 적용하여 산출한 소고기 판매가격(24,285,179 원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과임.
- 2) 환경규제 비용에는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 포함되며, 이들 비용을 모두 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 적용하여 계산한 시나리오 결과임.

- 2008~2021년 연평균 한우 출하액(조수입)은 약 3조 6,734억 원이고,²⁰⁾ 연간 총 분뇨처리비(75억 2,986만 원)²¹⁾를 제외하면 조수입이 약 3조 6,658억 원으로 산출되었음.

20) [큰수소(600kg)와 큰암소(600kg)의 연평균 산지가격] × [한우 연간 도축두수] = [전체 한우 출하액] 계산식을 적용하여 2008~2021년 각 연도별 한우 출하액을 산출하고, 이들의 평균값을 조수입 자료로 활용하였음.

21) [총 분뇨처리비] = [한우 마리당 평균 분뇨처리비] × [한우 연간 도축두수] 계산식을 적용하여 2008~2021년 각 연도별 총 분뇨처리비를 산출하고, 이들의 평균값을 조수입 감소액으로 산출하였음.

- 조수입 시나리오 분석에서는 총 분뇨처리비가 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 증가한 시나리오를 가정하여 분석하였음.
- 총 분뇨처리비를 1.5배 증가시켜 산출한 조수입은 약 3조 6,621억 원으로 약 112억 9,478만 원 감소하였음.
- 다른 시나리오에서 조수입은 총 분뇨처리비가 2배 늘어나면 약 150억 5,971만 원이 감소하였고, 2.5배 증가한 경우 약 188억 2,464만 원, 3배 증가한 경우 약 225억 8,957만 원이 감소하는 것으로 나타났음.

〈표 4-11〉 한우 환경규제 비용에 따른 조수입 변화 시나리오 분석(Ⅰ)

구분		조수입 감소액	감소율 (%)
한우 분뇨처리비	기존	75억 2,986만 원	-0.20
	1.5배	112억 9,478만 원	-0.31
	2배	150억 5,971만 원	-0.41
	2.5배	188억 2,464만 원	-0.51
	3배	225억 8,957만 원	-0.61
한우 분뇨처리시설 설치 비용	기존	869억 2,278만 원	-2.37
	1.5배	1,303억 8,416만 원	-3.55
	2배	1,738억 4,555만 원	-4.73
	2.5배	2,173억 694만 원	-5.92
	3배	2,607억 6,833만 원	-7.10

- 주 1) 한우 환경규제 비용을 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용으로 설정하고, 각각의 비용 변화(1.5배, 2배, 2.5배, 3배)에 따른 시나리오 결과를 제시함.
- 2) 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 도축두수를 기준으로 산출함.

○ 한우 분뇨처리시설 설치 비용은 869억 2,278만 원으로 나타났고,²²⁾ 이 금액을 제외한 연평균 한우 출하액(조수입)은 약 3조 5,864만 원으로 산출되었음.

22) 가축분뇨 자원화시설(퇴비사) 설계 개요(가축분뇨 자원화시설 표준설계도, 농림수산식품부·환경부·농협중앙회)에 따른 최소 건축 범위(건축면적: 131.04㎡, 최대 사육 가능 두수: 243마리)와 퇴비사 건설비용(3.3㎡(1평)당 70만 원) 정보를 활용하여 한우 마리당 분뇨처리시설(퇴비사) 건설비용(114,388원)을 산출하고, 2008~2021년 연평균 도축두수(759,892마리) 자료를 이용하여 총 분뇨처리시설 설치 비용을 계산하였음. 퇴비사 건설비용 정보는 [농민신문, “축산농가 퇴비사 증축장비 구입 부담…지원 절실”, 2021.03.12] 기사 내용을 참고하였음.

- 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 1.5배 증가한 경우 조수입 감소액은 1,303억 8,416만 원이고, 설치 비용이 2배 증가한 경우 조수입 감소액은 1,738억 4,555만 원으로 나타났다.
 - 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2.5배 증가한 경우 조수입 감소액은 2,173억 694만 원이고, 3배 증가한 경우에는 조수입 감소액이 2,607억 6,833만 원으로 분석되었음.
- 위의 분석 방법과 동일한 시나리오를 적용하되, 한우 사육두수를 기준으로 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용을 산출하고, 조수입 감소액을 산출하였음.
- 2008~2021년 연평균 한우 출하액(조수입)은 약 3조 6,734억 원이고, 연간 총 분뇨처리비(275억 4,991만 원)²³⁾를 제외하면 조수입이 약 3조 6,458억 원으로 산출되었음.
- 조수입 시나리오 분석에서는 총 분뇨처리비가 1.5배, 2배, 2.5배, 3배 증가한 시나리오를 가정하여 분석하였음.
 - 총 분뇨처리비를 1.5배 증가시켜 산출한 조수입은 약 3조 6,320억 원으로 약 413억 2,486만 원 감소하였음.
 - 다른 시나리오에서 조수입은 총 분뇨처리비가 2배 늘어나면 약 550억 9,981만 원이 감소하였고, 2.5배 증가한 경우 약 688억 7,477만 원, 3배 증가한 경우 약 826억 4,972만 원이 감소하는 것으로 나타났다.

23) [총 분뇨처리비]=[한우 마리당 평균 분뇨처리비]×[한우 연간 사육두수] 계산식을 적용하여 2008~2021년 각 연도별 총 분뇨처리비를 산출하고, 이들의 평균값을 조수입 감소액으로 산출하였음.

○ 한우 분뇨처리시설 설치 비용²⁴⁾은 3,207억 6,460만 원으로 나타났고, 이 금액을 제외한 연평균 한우 출하액(조수입)은 약 3조 3,526억 원으로 산출되었음.

- 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 1.5배 증가한 경우 조수입 감소액은 4,811억 4,690만 원이고, 설치 비용이 2배 증가한 경우 조수입 감소액은 6,415억 2,919만 원으로 나타났음.
- 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2.5배 증가한 경우 조수입 감소액은 8,019억 1,149만 원이고, 3배 증가한 경우에는 조수입 감소액이 9,622억 9,379만 원으로 분석되었음.

〈표 4-12〉 한우 환경규제 비용에 따른 조수입 변화 시나리오 분석(II)

구분		조수입 감소액	감소율 (%)
한우 분뇨처리비	기존	275억 4,991만 원	-0.75
	1.5배	413억 2,486만 원	-1.12
	2배	550억 9,981만 원	-1.50
	2.5배	688억 7,477만 원	-1.87
	3배	826억 4,972만 원	-2.25
한우 분뇨처리시설 설치 비용	기존	3,207억 6,460만 원	-8.73
	1.5배	4,811억 4,690만 원	-13.10
	2배	6,415억 2,919만 원	-17.46
	2.5배	8,019억 1,149만 원	-21.83
	3배	9,622억 9,379만 원	-26.20

주 1) 한우 환경규제 비용을 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용으로 설정하고, 각각의 비용 변화(1.5배, 2배, 2.5배, 3배)에 따른 시나리오 결과를 제시함.

2) 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 사육두수를 기준으로 산출함.

24) 가축분뇨 자원화시설(퇴비사) 설계 개요(가축분뇨 자원화시설 표준설계도, 농림수산식품부·환경부·농협중앙회)에 따른 최소 건축 범위(건축면적: 131.04㎡, 최대 사육 가능 두수: 243마리)와 퇴비사 건설비용(3.3㎡(1평)당 70만 원) 정보를 활용하여 한우 마리당 분뇨처리시설(퇴비사) 건설비용(114,388원)을 산출하고, 2008~2021년 연평균 사육두수(2,804,172마리) 자료를 이용하여 총 분뇨처리시설 설치 비용을 계산하였음. 퇴비사 건설비용 정보는 [농민신문, “축산농가 퇴비사 증축장비 구입 부담…지원 절실”, 2021.03.12] 기사 내용을 참고하였음.

- 한우 환경규제 비용 증가 시나리오에 따라 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과와 한우 도축두수를 기준으로 조수입 변화 효과를 분석한 결과를 합하여 사회적 총 후생효과를 산출함.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 1,920억 2,371만 원, 2,393억 9,988만 원 감소하였음.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 합계)을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 2,867억 9,239만 원, 3,341억 5,502만 원 감소하였음.

〈표 4-13〉 한우 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화 시나리오 분석(Ⅰ)

구분		사회적 후생 감소분
환경규제 비용	기존	1,446억 3,341만 원
	1.5배	1,920억 2,371만 원
	2배	2,393억 9,988만 원
	2.5배	2,867억 9,239만 원
	3배	3,341억 5,502만 원

주: 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화는 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화를 산출한 결과와 한우 도축두수를 기준으로 조수입(생산자후생) 변화를 산출한 결과의 합계임.

- 한우 환경규제 비용 증가 시나리오에 따라 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과와 한우 사육두수를 기준으로 조수입 변화 효과를 분석한 결과를 합하여 사회적 총 후생효과를 산출함.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 1.5배, 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 5,728억 1,653만 원, 7,471억 2,362만 원 감소하였음.

- 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 9,214억 4,707만 원, 1조 957억 4,063만 원 감소하였음.

〈표 4-14〉 한우 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화 시나리오 분석(Ⅱ)

구분		사회적 후생 감소분
환경규제 비용	기존	3,984억 9,528만 원
	1.5배	5,728억 1,653만 원
	2배	7,471억 2,362만 원
	2.5배	9,214억 4,707만 원
	3배	1조 957억 4,063만 원

주: 환경규제 비용에 따른 사회적 후생 변화는 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격(19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화를 산출한 결과와 한우 사육두수를 기준으로 조수입(생산자후생) 변화를 산출한 결과의 합계임.

3. 환경산업연관표를 활용한 한우산업의 환경영향 효과 분석

가. 환경산업연관표 구조 및 작성 방법

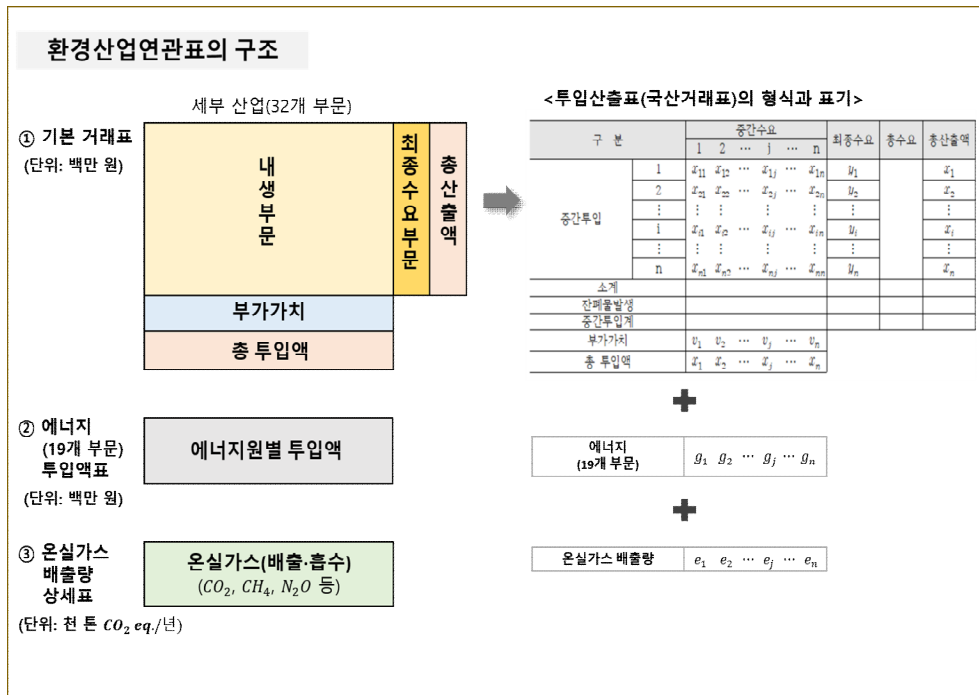
- 환경산업연관표(Environmental Input-Output table)는 한국은행에서 공표하는 산업연관표에 각 산업부문의 에너지 투입액을 반영하여, 에너지의 흐름과 오염물질 배출의 관계를 나타낸 투입산출표임.²⁵⁾
 - 환경산업연관표를 이용하여 각 산업부문의 에너지 투입과 소비활동을 파악할 수 있고, 특정 산업에 대한 소비활동이나 생산활동으로 인한 에너지 투입과 환경오염물질 배출과의 관계, 환경영향 평가 및 경제적 파급효과를 분석할 수 있음.

25) 정민국 외(2021: p.111) 참고

○ 본 연구에서 작성된 한우산업 중심의 환경산업연관표의 구조는 〈그림 4-2〉와 같음.

- 한국은행에서 발행하는 2019년 산업연관표 연장표(기본부문(381부문))를 활용하여 한우산업 중심의 개별 부문을 분류하여 세부 산업부문을 재통합한 투입산출표(국산거래표)를 작성해야 함.
- 기본 거래표가 작성된 이후에 에너지원별 투입액표를 구성하고, 에너지 투입에 따라 배출되는 온실가스 배출량을 산출하여 환경산업연관표를 작성함.

〈그림 4-2〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 구조

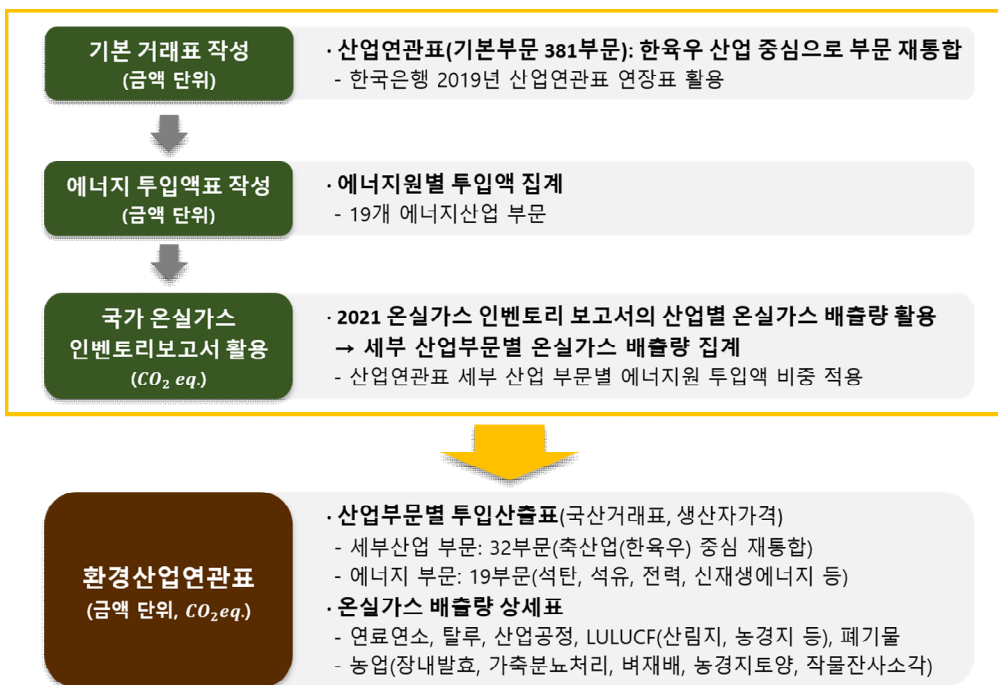


자료: 저자 작성

○ 환경산업연관표 작성 방법은 크게 기본 거래표(금액 단위) 작성, 에너지 투입액표 작성(금액 단위), 세부 산업부문별 온실가스 배출량 집계 순서임.

- 본 연구에서 작성된 한우산업 중심의 환경산업연관표는 산업부분별 투입산출표(국산거래표)와 온실가스 배출량 상세표로 구성됨.
- 산업연관표 투입산출표는 한우산업을 중심으로 부문을 재통합해서 32개 부문으로 작성되고, 에너지 부문은 석탄, 석유, 전력, 신재생에너지 등 19개 부문으로 구성됨.

〈그림 4-3〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 작성 방법



자료: 저자 작성

- 온실가스 배출량 상세표는 에너지 투입과 연관된 연료연소로 인한 온실가스 배출량과 이밖에 탈루, 산업공정, LULUCF(산림지, 농경지 등), 폐기물과 농업(장내 발효, 가축분뇨처리, 벼재배, 농경지토양, 작물잔사소각)으로 인해 발생하는 온실가스 배출량이 포함됨.

1) 기본 거래표 작성

○ 한우산업 중심의 환경산업연관표를 작성하기 위해서 한국은행에서 공표하는 2019년 산업연관표 연장표(기본부문(381부문)) 중 생산자가격 기준의 투입산출표(국산거래표)를 활용하였음.

- 환경산업연관표 작성을 위해 한우산업 중심으로 산업연관표 부문을 32부문으로 분류하여 재통합한 기본 거래표를 작성하였음.
- 축산업은 낙농, 축우(한육우), 기타 축산(양돈, 가금, 기타) 부문으로, 농업은 곡물·식량작물 및 기타작물, 채소 및 과실 부문으로 개별적으로 분류하였고, 그 외 부문들은 대분류 기준과 산업별 특성을 고려하여 분류하였음.

〈표 4-15〉 한우산업 중심의 환경산업연관표 작성을 위한 부문 재분류

구분	부문		설명	구분	부문		설명
1	농업	곡물 및 식량작물, 기타작물	곡물 및 식량작물, 기타작물	18	제조업	석탄 및 석유제품	석탄제품, 원유정제처리제품, 윤활유 및 기타석유정제품
2		채소 및 과실	채소 및 과실	19		시멘트 및 콘크리트 제품	시멘트, 콘크리트제품
3	축산업	낙농	낙농	20		철강1차 제품	선철 및 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 기타 철강1차제품
4		축우	한육우				
5		기타 축산	양돈, 가금, 기타 축산				
6	임업	영림	영림	21	금속가공 제품	구조용 금속제품 및 탱크, 금속 단조, 금속처리 및 가공품, 기타 금속가공제품 등	
7		원목	원목	22	기타 제조업	섬유 및 가죽제품, 화학제품, 기타 비금속광물제품, 비철금속과 및 1차제품, 컴퓨터, 전자 및 광학기기, 전기장비, 기계 및 운송장비 등	

구분	부문		설명	구분	부문		설명
8		임산물	식용 임산물, 기타 임산물	23	에너지	전력, 가스 및 증기	수력, 화력, 원자력, 자가발전, 도시가스, 증기 및 온수 공급
9	어업	수산물	수산어획, 수산양식	24		신재생 에너지	신재생에너지, 소수력발전, 태양광발전, 풍력발전, 기타
10	농림어업 서비스		농림어업 서비스	25	수도		수도
11	음식료품		육류 및 낙농품, 수산물가공품, 떡, 과자 및 면류, 조미료 및 유지, 사료, 주류, 비알콜음료 및 얼음, 담배	26	폐기물 처리 및 자원재활용 서비스		폐기물 처리 및 자원재활용서비스
12	목재		제재목, 합판, 강화 및 재생목재	27	광업	광산품	석탄, 원유, 천연가스, 금속광물, 비금속광물
13	목제품		건축용 목제품 목재 용기 및 적재판, 기타 목제품	28	건설업	건설	건물건설 및 건축보수, 토목건설
14	펄프		펄프	29	서비스업	도소매 및 상품중개 서비스	도소매 및 상품중개서비스
15	종이 및 종이제품, 인쇄		인쇄용지, 기타 원지 및 판지, 종이용기, 인쇄 및 기록매체 복제 등	30		운송 서비스	육상, 수상, 항공운송, 운수 관련 서비스
16	목재가구		목재 가구	31		음식점 및 음료점 (외식)	일반음식점, 기타음식점, 주점, 비알콜음료점
17	농업 및 건설용 기계		농업용 기계, 임업용 기계, 축산용 기계 등, 건설 및 광물처리기계	32		서비스 및 기타	숙박, 통신, 방송, 금융, 보험, 부동산, 공공행정 및 국방, 교육, 보건 및 사회복지, 기타 서비스 등

자료: 2019년 산업연관표 연장표(한국은행) 자료를 활용하여 저자 재구성

2) 에너지 투입액표 작성

- 에너지 투입액표 작성 시 에너지원은 무연탄, 유연탄, 연탄, 원유, 나프타, 휘발유, 제트유, 등유, 경유, 중유, 액화석유가스, 전력, 신재생에너지, 천연가스, 도시가스, 증기 및 온수공급으로 19종을 선정하였음.
- 세부 부문별 에너지원 투입액 합계를 산출하였고, 이를 활용하여 에너지원 투입액 비중을 계산함.
 - 에너지원 투입액 비중은 각 세부 부문별 온실가스 배출량을 집계하는 자료로 이용됨.

〈표 4-16〉 에너지 투입액표에 작성된 에너지원 종류(19종)

구분	산업연관표 에너지원 분류
석탄 (3종)	무연탄
	유연탄
	연탄
석유 (8종)	원유
	나프타
	휘발유
	제트유
	등유
	경유
	중유
	액화석유가스
전력 (5종)	수력
	화력
	원자력
	자가발전
	신재생에너지
가스 (2종)	천연가스(LNG)
	도시가스
기타	증기 및 온수공급

자료: 2019년 산업연관표 연장표(한국은행) 자료를 활용하여 저자 작성

3) 세부 부문별 온실가스 배출량 집계

- 본 연구에서 재통합한 32개 세부 부문별 온실가스 배출량을 집계하기 위해
서 「2021년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(환경부 온실가스종합정보센
터)」에 있는 2019년 세부 산업부문별 온실가스 배출량 자료를 활용하였음.
- 에너지 분야의 연료연소 부문의 온실가스 배출량은 607,302(천 톤 $CO_2eq./년$)이고, 탈루 부문의 온실가스 배출량은 4,198(천 톤 $CO_2eq./년$)임.
 - 농업 분야의 온실가스 배출량은 부문별로 장내발효 4,589(천 톤 $CO_2eq./년$), 가축분뇨처리 4,897(천 톤 $CO_2eq./년$), 벼재배 5,913(천 톤 $CO_2eq./년$), 농경지토양 5,549(천 톤 $CO_2eq./년$) 등
으로 나타났음.

〈표 4-17〉 2019년 분야별 온실가스 배출량

단위: 천 톤 $CO_2eq.$

분야	부문	온실가스 배출량
에너지	A. 연료연소	607,301.62
	B. 탈루	4,197.52
산업공정	A~D. 광물산업, 화학산업, 금속산업, 기타	36,235.67
	E. 할로카본 및 육불화황 소비	15,758.41
농업	A. 장내발효	4,588.65
	B. 가축분뇨처리	4,897.49
	C. 벼재배	5,913.48
	D. 농경지토양	5,549.28
	E. 사바나 소각	-
	F. 작물잔사소각	15.83
LULUCF	A. 산림지	-43,232.08
	B. 농경지	4,056.76
	C. 초지	-7.26
	D. 습지	322.00
	E~G. 기타	-689.77
폐기물	폐기물매립, 하·폐수처리, 폐기물소각, 기타	16,912.46

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2021), 국가 온실가스 인벤토리 보고서

- 에너지(연료연소) 분야의 경우 한우산업 중심으로 재통합된 산업연관표의 세부 부문별 에너지원 투입액 비중을 적용하여 환경산업연관표 세부 부문별 온실가스 배출량을 산출함.
- 농업 분야의 경우 장내발효 및 가축분뇨처리는 축산업으로, 나머지는 곡물·식량작물과 채소·과일로 나누어 온실가스 배출량을 산출함.

나. 환경산업연관분석 방법²⁶⁾

- 생산-생산형(Ritz Spaulding) 모델을 활용하여 한우산업의 생산 변화로 인한 유발효과를 산출하였음.
- 해당 산업부문의 생산(산출) 변화가 경제 전체에 미치는 영향을 산업 부문별로 계측함.
- 최종수요 승수 분석은 특정 산업의 생산 변화로 인한 유발효과를 분석하기에 적합하지 않기에 생산 승수(리츠-스폴딩 승수) 분석을 시도하였음.
- 총 3개 산업으로 구성된 리츠-스폴딩 승수(Ritz-Spaulding multiplier)는 식 (4-29)와 같음.

$$\Delta X = (I - A^d)^{-1} \Delta Y = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \Delta Y \quad \text{..... (4-29)}$$

A^d : 국산투입계수 행렬

X_i : 산업 i 의 생산액

Y_i : 산업 i 의 최종수요

26) 지해명(2007), 정민국 외(2021), 이용건(2020)을 참고하여 작성함.

○ 생산-생산 승수(Output-Output multiplier)는 식 (4-30)과 같이 정의됨.

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{a_{jj}} = \frac{\left[\frac{\Delta X_i}{\Delta Y_i} \right]}{\left[\frac{\Delta X_j}{\Delta Y_j} \right]} = \frac{\Delta X_i}{\Delta X_j} \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad \text{..... (4-30)}$$

○ 위의 식 (4-30)을 적용할 경우 리츠-스폴딩(Ritz-Spaulding) 승수행렬 A^* 는 식 (4-31)과 같이 도출됨.

- 이 승수는 j 산업의 생산 변화가 i 산업의 생산에 미치는 효과를 평가하는 모형으로 이용됨.

$$A^* = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{a_{11}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{a_{22}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{a_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \frac{a_{12}}{a_{22}} & \frac{a_{13}}{a_{33}} \\ \frac{a_{21}}{a_{11}} & 1 & \frac{a_{23}}{a_{33}} \\ \frac{a_{31}}{a_{11}} & \frac{a_{32}}{a_{22}} & 1 \end{bmatrix} \quad \text{..... (4-31)}$$

○ 제1부문과 제2부문의 생산 변화가 없으며, 제3부문의 생산만 변화하는 경우 자체산업(제3부문)을 포함한 타 산업부문에 미치는 영향, 즉 생산유발효과는 다음과 같이 도출할 수 있음.

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta X_2 \\ \Delta X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{a_{12}}{a_{22}} & \frac{a_{13}}{a_{33}} \\ \frac{a_{21}}{a_{11}} & 1 & \frac{a_{23}}{a_{33}} \\ \frac{a_{31}}{a_{11}} & \frac{a_{32}}{a_{22}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta \bar{X}_3 \end{bmatrix} = A^* \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta \bar{X}_3 \end{bmatrix} \quad \text{..... (4-32)}$$

- 생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델을 이용하여 특정 산업 부문의 생산 변화에 따른 부가가치유발효과를 측정할 수 있음.

- $\hat{A}^v$ 는 부가가치계수 $A_i^v = \left(\frac{V_i}{X_i} \right)$ 를 이용하여 산출한 부가가치계수의 대각행렬임.

$$\Delta V = \hat{A}^v (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X} \quad \text{..... (4-33)}$$

- 환경산업연관표를 이용하면 각 산업부문의 생산활동에 따른 직접적인 온실가스 발생량과 산업 간 파급효과에 따른 간접적인 온실가스 발생량, 즉 온실가스 유발효과를 계측할 수 있음.

- 생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모델을 이용하여 생산 변화에 따른 온실가스 유발효과를 측정함.
- $\hat{A}_i^{ge} = \left(\frac{GE_i}{X_i} \right)$ 는 온실가스 배출원단위이고, $\hat{A}^{ge}$ 는 온실가스 배출원 단위의 대각행렬임(GE_i 는 i 산업의 온실가스 배출량).

$$\Delta GE = \hat{A}^{ge} (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X} \quad \text{..... (4-34)}$$

다. 환경산업연관표를 활용한 한우산업의 환경영향 분석

- 2019년 기준 ‘연료 연소’ 부분과 ‘사육 및 재배’ 부분으로 구분된 환경산업연관표 작성 결과를 활용하여 한우산업의 환경영향을 분석하였음.
- 한육우 사육과정에서 발생하는 가축분뇨와 온실가스(장내 발효, 가축 분뇨처리)를 고려

- 2019년 가축분뇨 연간 발생량은 6,531만 톤이며, 이 중 한육우는 26.1%(1,706만 톤)임.²⁷⁾
 - 2019년 배출된 가축분뇨를 고형물질(분)과 폐수(뇨, 세정수)로 구분하였을 때, 고형물질(분) 발생량은 한육우가 41.2%로 가장 많고, 폐수(뇨, 세정수) 발생량은 한육우가 18.0%를 차지함.

〈표 4-18〉 한육우 가축분뇨 배출 현황

단위: 천 톤/년

2015년			2019년		
고형물질 발생유량 (분)	폐수발생유량 (뇨 및 세정수)	계 (분, 뇨, 세정수)	고형물질 발생유량 (분)	폐수발생유량 (뇨 및 세정수)	계 (분, 뇨, 세정수)
8,710	6,989	15,699	9,467	7,597	17,063

자료: 정민국 외(2021: pp.124-125), 가축동향조사(통계청)

- 2019년 축산업 온실가스 총배출량은 989만 톤 $CO_2eq.$ 이며, 우리나라 총배출량의 1.4%임. 2019년 한육우 온실가스 총배출량은 521만 톤 $CO_2eq.$ 이며, 우리나라 총배출량의 0.7%임.
 - 한육우 온실가스 배출량은 세부 분야별로 장내발효가 316만 톤 $CO_2eq.$, 가축분뇨처리가 194만 톤 $CO_2eq.$, 에너지(연료 연소)가 11만 톤 $CO_2eq.$ 으로 산출됨.

27) 정민국 외(2021)을 참고하여 작성함.

〈표 4-19〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 배출 현황

단위: 천 톤 $CO_2eq.$

구분	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
장내발효	1,708	1,741	2,829	2,908	2,903	2,975	3,046	3,160
가축분뇨처리	1,100	1,121	1,822	1,838	1,768	1,792	1,876	1,939
한육우 전체	2,808	2,862	4,651	4,746	4,671	4,767	4,922	5,209
축산업 전체	7,248	7,334	9,065	8,9319	8,822	9,062	9,407	9,887

주 1) 2019년 에너지(연료 연소) 분야에서의 온실가스 배출량(110천 톤 $CO_2eq.$)을 환경산업연관표를 직접 작성하여 산출하고, 전체 온실가스 배출량에 포함함.

2) 2019년 온실가스 전체 배출량은 에너지(연료 연소) 분야에서의 온실가스 배출량을 포함한 값임.

자료: 2021 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2019년 환경산업연관표(저자 작성)

○ 온실가스 배출원단위는 해당 산업부문의 생산액 증가에 따른 온실가스 배출량 변화를 나타내는 지표임. 2019년 축산업 부문의 총 온실가스 배출원단위는 0.4936(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)이고, 2019년 한육우 온실가스 배출량을 기준으로 산출된 총 온실가스 배출원단위는 0.9177(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)임.

- 에너지(연료 연소) 분야에서 축산업 부문의 온실가스 배출원단위는 0.02(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)이고, 한육우 산업부문의 온실가스 배출원단위는 0.0194(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)임.
- 가축사육과정(장내 발효, 가축분뇨처리) 분야에서 축산업 부문의 온실가스 배출원단위는 0.4736(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)이고, 한육우 산업부문의 온실가스 배출원단위는 0.8983(톤 $CO_2eq./$ 백만 원)임.

〈표 4-20〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 배출원단위

단위: 톤 $CO_2eq./$ 백만 원

구분	한육우	축산업
총 온실가스	0.9177	0.4936
에너지(연료 연소)	0.0194	0.0200
가축사육과정(장내 발효, 가축분뇨처리)	0.8983	0.4736

주: 온실가스 배출원단위(톤/백만 원)=A산업의 온실가스 배출량(이산화탄소 단위 환산, 단위: 톤)÷ A산업의 생산액(단위: 백만 원)

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성)

- 축산업의 온실가스 비용은 총 2,812억 원이며, 이 중에서 에너지(연료 연소) 분야에서 114억 원, 가축사육과정(장내 발효, 가축분뇨처리)에서 2,698억 원으로 나타남.
- 축산업 생산액에서 온실가스 비용이 차지하는 비중(C/A)은 1.4%임.

- 한육우 산업부문의 온실가스 비용은 총 1,481억 원이며, 이 중에서 에너지(연료 연소) 분야에서 31억 원, 가축사육과정(장내 발효, 가축분뇨처리)에서 1,450억 원으로 나타남.

〈표 4-21〉 축산 및 한육우 산업부문의 온실가스 비용 산출 결과

단위: 천 톤 $CO_2eq.$, 10억 원/년, %

구분	생산액 (A)	부가 가치 (B)	온실가스 배출량			온실가스 비용 (C)			C/A (%)	C/B (%)
			합계	에너지 (연료 연소)	가축 사육 과정	합계	에너지 (연료 연소)	가축사 육과정		
한육우	5,676.4	1,410.3	5,209.1	110.1	5,099.0	148.1	3.1	145.0	2.6	10.5
전체 축산업	20,029.5	5,198.2	9,887.1	400.8	9,486.3	281.2	11.4	269.8	1.4	5.4

주 1) 가축사육과정 부분의 온실가스 배출량은 장내 발효와 가축분뇨처리로 인한 온실가스 배출량의 합계임.

2) 전체 배출권 평균거래 단가는 2019년 2만 8,440원/톤을 적용하여 산출함.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 2019 배출권거래제 운영 결과보고서

- 한육우 생산액에서 온실가스 비용이 차지하는 비중(C/A)은 2.6%로 전체 축산업(1.4%)보다 높은 수준임.
- 축산업 부문에서 직접 배출된 자체산업 온실가스 배출량은 989만 톤 $CO_2eq./$ 년이고, 자체산업 온실가스 비용은 2,812억 원임.
 - 여타 산업에서 간접적으로 유발된 온실가스 배출 유발량은 447만 $CO_2eq./$ 년이고, 타 산업 온실가스 비용 유발액은 1,271억 원임.
 - 축산업 부문의 총 온실가스 배출 및 유발량은 1,436만 톤 $CO_2eq./$ 년이고, 총 온실가스 비용 및 유발액은 4,083억 원임.
- 한육우 산업부문에서 직접 배출된 자체산업 온실가스 배출량은 521만 톤 $CO_2eq./$ 년이고, 자체산업 온실가스 비용은 1,481억 원임.
 - 여타 산업에서 간접적으로 유발된 온실가스 배출 유발량은 146만 톤 $CO_2eq./$ 년이고, 타 산업 온실가스 비용 유발액은 416억 원임.
 - 한육우 산업부문의 총 온실가스 배출 및 유발량은 667만 톤 $CO_2eq./$ 년이고, 총 온실가스 비용 및 유발액은 1,897억 원임.

〈표 4-22〉 축산/한육우 산업부문의 온실가스 비용 및 유발액

단위: 천 톤 $CO_2eq./$ 년, 10억 원/년

구분	온실가스 배출량 및 유발량			온실가스 비용 및 유발액		
	자체산업 배출량	타 산업 배출 유발량	총 온실가스 배출량 및 유발량	자체산업 온실가스 비용	타 산업 온실가스 비용 유발액	총 온실가스 비용 및 유발액
한육우	5,209.1	1,462.3	6,671.4	148.1	41.6	189.7
전체 축산업	9,887.0	4,470.4	14,357.4	281.2	127.1	408.3

주: 전체 배출권 평균거래 단가는 2019년 2만 8,440원/톤을 적용하여 산출함.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 2019 배출권거래제 운영 결과보고서

- 축산업 부문의 생산액(20조 295억 원)에서 축산악취 비용(최소: 6,272억 원, 최대: 7,378억 원)이 차지하는 비중은 3.1~3.7%임.
- 축산업 부가가치액(5조 1,982억 원)에서 축산악취 비용이 차지하는 비중은 12.1~14.2%로 산출됨.
- 한육우 산업부문의 생산액(5조 6,764억 원)에서 축산악취 비용(최소: 1,246억 원, 최대: 1,466억 원)이 차지하는 비중은 2.2~2.6%임.
- 한육우 부가가치액(1조 4,103억 원)에서 축산악취 비용이 차지하는 비중은 8.8~10.4%로 산출됨.

〈표 4-23〉 축산/한육우 산업부문의 생산액 및 축산악취 비용

단위: 10억 원/년

구분	생산액 (A)	부가 가치 (B)	암모니아 배출량 (톤/년)	축산악취 (암모니아) 비용 평가액		생산액 대비		부가가치액 대비	
				최소 (C)	최대 (D)	C/A (%)	D/A (%)	C/B (%)	D/B (%)
한육우	5,676.4	1,410.3	46,431.5	124.6	146.6	2.2	2.6	8.8	10.4
전체 축산업	20,029.5	5,198.2	233,644.2	627.2	737.8	3.1	3.7	12.1	14.2

주: 축산악취(암모니아) 비용 평가액은 축산악취개선을 위한 가구당 평균 지불의사금액(연간 6,272억~7,378억 원)을 2019년 축종별 암모니아 배출량 비중에 따라 배분하였음. 지불의사금액은 정민국 외(2021)에서 산출된 결과임.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 정민국 외(2021), 환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지(www.air.co.kr)

- 축산업의 부가가치액은 5조 1,982억 원이고, 부가가치율은 26.0%로 나타남. 축산업 부문의 자체산업 온실가스 비용과 축산악취 비용을 고려하여 환경비용 차감 부가가치를 산출함.
- 환경비용 차감 부가가치액은 4조 1,792억~4조 2,898억 원이고, 부가가치율 변화분은 4.6~5.1%p로 나타남.

- 한육우 산업부문의 부가가치액은 1조 4,103억 원이고, 부가가치율은 24.8%로 나타남. 자체산업 온실가스 비용과 축산악취 비용을 고려하여 환경비용 차감 부가가치를 산출함.
- － 환경비용 차감 부가가치액은 1조 1,156억~1조 1,376억 원이고, 부가가치율 변화분은 4.8~5.1%p로 나타남.

〈표 4-24〉 환경비용을 고려한 축산 및 한육우 산업부문의 부가가치 변화

단위: 10억 원/년, %, %p

구분		한육우	전체 축산업
경제적 효과	생산액(A)	5,676.4	20,029.5
	부가가치액(B)	1,410.3	5,198.2
	부가가치율(%)	24.8	26.0
환경비용	합계(최소)(C)	272.7	908.4
	합계(최대)(D)	294.7	1,019.0
	자체사업 온실가스 비용	148.1	281.2
	축산악취비용	최소	124.6
		최대	146.6
환경비용 차감 부가가치 (B-C)	부가가치액	1,137.6	4,289.8
	부가가치율(%)	20.0	21.4
환경비용 차감 부가가치 (B-D)	부가가치액	1,115.6	4,179.2
	부가가치율(%)	19.7	20.9
부가가치율 변화분(%p)		4.8~5.1	4.6~5.1

주: 축산악취(암모니아) 비용 평가액은 축산악취개선을 위한 가구당 평균 지불의사금액(연간 6,272억~7,378억 원)을 2019년 축종별 암모니아 배출량 비중에 따라 배분하였음. 지불의사금액은 정민국 외(2021)에서 산출된 결과임.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 정민국 외(2021)

제5장

축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과

제1절. 한우산업에 대한 환경규제의 비용-편익 분석

1. 분석 개요²⁸⁾

- 시나리오를 구성하기 위해서 일본 농연구구(NARO)에서 「지구 온난화 대책의 요구에 대응한 일본의 가축 생산」이라는 주제로 연구 성과 발표회 (2020.12.18)를 통해 축종별 온실가스 감축 기술의 성과를 평가하여 발표한 자료를 활용하였음.
- 육용우(흑모화우) 사육에 있어서 온실가스 감축 기술은 균형사료 급여를 통한 분뇨 내 질소 배출 저감, 완숙 퇴비 살포로 퇴비화 시 N_2O 저감, 비육기간 단축 및 증체개량, 육종개량에 의한 MCF(CH_4 변환 효율) 개선을 평가하였음. 이 모든 감축 기술을 도입할 경우 16% 온실가스 감축 효과가 있는 것으로 평가되었음.
- 젖소 사육에 있어서 온실가스 감축 기술은 균형사료 급여를 통한 분뇨 내 질소 배출 저감, 육종개량에 의한 메탄 생산 억제, 사료 포(초지 등)에 분

28) 이용건(2022)를 참고하여 작성함.

료 활용, 바이오가스 플랜트 도입, 슬러리탱크의 밀폐화를 평가하였음. 각각의 기술별 온실가스 감축 효과는 20% 미만으로 나타났음.

- 이를 근거로 축산환경규제로 인한 한육우 온실가스 배출량 변화 비중을 10%, 15%, 20%로 설정하여 다양한 시나리오를 구성하였음.
 - 축산환경규제로 인한 한육우 축산악취(암모니아) 변화 비중도 동일한 비율을 적용하여 시나리오를 설정하여 환경 편익을 산출하였음.

2. 분석 결과

- 한육우 산업부문의 온실가스 배출량 변화 시나리오에 따라 변화 비중을 10%, 15%, 20%로 각각 적용하여 축산환경규제로 인한 편익을 산출하였음.
 - 한육우 산업부문에서 축산환경규제가 있는 경우 온실가스 배출량은 520만 9,100톤 $CO_2eq./$ 년임.
 - (시나리오 1: 축산환경규제로 인한 온실가스 배출량 10% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 온실가스 배출량은 578만 7,889톤 $CO_2eq./$ 년으로 축산환경규제로 인한 편익은 164.6억 원임.
 - (시나리오 2: 축산환경규제로 인한 온실가스 배출량 15% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 온실가스 배출량은 612만 8,353톤 $CO_2eq./$ 년으로 축산환경규제로 인한 편익은 261.4억 원임.
 - (시나리오 3: 축산환경규제로 인한 온실가스 배출량 20% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 온실가스 배출량은 651만 1,375톤 $CO_2eq./$ 년으로 축산환경규제로 인한 편익은 370.4억 원임.

〈표 5-1〉 시나리오에 따른 한육우 온실가스 배출량 및 환경규제 편익

단위: 톤 $CO_2eq./년$, 억 원

온실가스 배출량 변화 비중	축산환경규제가 없는 경우 온실가스 배출량	축산환경규제가 있는 경우 온실가스 배출량	축산환경규제로 인한 편익
시나리오 1: 10%	5,787,889	5,209,100	164.6
시나리오 2: 15%	6,128,353		261.4
시나리오 3: 20%	6,511,375		370.4

주 1) 축산환경규제가 있는 경우의 온실가스 배출량은 2019년 기준이며, 환경산업연관표 분석 결과를 활용함.

2) 축산환경규제로 인한 편익은 전체 배출권 평균거래 단가(2019년 기준, 2만 8,440원/톤)를 적용하여 산출함.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 2019 배출권거래제 운영 결과보고서

○ 한육우 산업부문의 축산악취(암모니아) 배출량 변화 시나리오에 따라 변화 비중을 10%, 15%, 20%로 각각 적용하여 축산환경규제로 인한 편익을 산출하였음.

- 한육우 산업부문에서 축산환경규제가 있는 경우 암모니아 배출량은 4만 6,432톤임.
- (시나리오 1: 축산환경규제로 인한 암모니아 배출량 10% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 암모니아 배출량은 5만 1,591톤으로 축산환경규제로 인한 편익은 138.5억 원임.
- (시나리오 2: 축산환경규제로 인한 암모니아 배출량 15% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 암모니아 배출량은 5만 4,626톤으로 축산환경규제로 인한 편익은 220.0억 원임.
- (시나리오 3: 축산환경규제로 인한 암모니아 배출량 20% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 암모니아 배출량은 5만 8,040톤으로 축산환경규제로 인한 편익은 311.6억 원임.

〈표 5-2〉 시나리오에 따른 한육우 암모니아 배출량 및 환경규제 편익

단위: 톤, 억 원

암모니아 배출량 변화 비중	축산환경규제가 없는 경우 암모니아 배출량	축산환경규제가 있는 경우 암모니아 배출량	축산환경규제로 인한 편익
시나리오 1: 10%	51,591	46,432	138.5
시나리오 2: 15%	54,626		220.0
시나리오 3: 20%	58,040		311.6

주 1) 축산환경규제가 있는 경우의 암모니아 배출량은 2019년 기준임.

2) 최소 기준 축산악취(암모니아) 비용 평가액(124,642백만 원/년)을 활용하여 단가(268.4만 원/톤)를 산출하고, 이를 축산환경규제로 인한 편익을 계산하는 데 적용함.

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지(www.air.co.kr)

○ 생산유발액 및 부가가치유발액 감소액이 온실가스 및 축산악취 시나리오 별로 발생한 축산환경규제 편익보다 큰 것으로 산출됨.

- (시나리오 1) 온실가스 및 암모니아가 10% 감축되었을 때, 환경적 편익은 303억 원이고, 생산유발액과 부가가치유발액은 각각 1조 5,274억 원, 4,922억 원 감소하는 것으로 나타남.
- (시나리오 2) 온실가스 및 암모니아가 15% 감축되었을 때, 환경적 편익은 481억 원이고, 생산유발액과 부가가치유발액은 각각 2조 4,259억 원, 7,818억 원 감소하는 것으로 나타남.
- (시나리오 3) 온실가스 및 암모니아가 20% 감축되었을 때, 환경적 편익은 682억 원이고, 생산유발액과 부가가치유발액은 각각 3조 4,368억 원, 1조 1,074억 원 감소하는 것으로 나타남.

〈표 5-3〉 축산환경규제 편익과 생산 및 부가가치 유발효과 비교

단위: 억 원

구분	축산환경규제 편익		생산유발액			부가가치유발액		
	온실 가스	축산악취 (암모 니아)	자체 산업 생산액	타 산업 생산 유발액	전체 생산 유발액	자체 산업 부가 가치액	타 산업 부가 가치 유발액	전체 부가 가치 유발액
시나리오 1 (10% 감축)	164.6	138.5	-6,307	-8,967	-15,274	-1,567	-3,355	-4,922
시나리오 2 (15% 감축)	261.4	220.0	-10,017	-14,242	-24,259	-2,489	-5,329	-7,818
시나리오 3 (20% 감축)	370.4	311.6	-14,191	-20,177	-34,368	-3,526	-7,549	-11,074

주: 2019년 산업연관표 연장표(한국은행)를 활용하여 산출한 결과임.

제2절. 환경정책으로 인한 전체 산업 유발효과와 온실가스 감축 효과 비교

- 본 연구에서는 2019년 환경산업연관표를 활용하여 한육우 부문의 생산액 감소로 인해 전산업에 직·간접적으로 유발된 효과를 산출하였음.
 - 생산-생산형(Ritz-Spaulding) 모형을 이용하여 한육우 부문의 생산변화가 전체 산업부문에 미치는 영향을 계측할 수 있음.
- 환경규제비용으로 고려하는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 도축두수를 기준으로 산출한 값을 활용하였음<표 5-4>. 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 각각 1.5배, 2배, 2.5배, 3배로 증가하는 시나리오를 적용하여 한우 출하액(조수입) 감소율을 산출하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소율은 각각 -0.41%, -0.61%로 나타남.
 - 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2배, 3배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소율은 각각 -4.73%, -7.10%로 나타남.
- 환경규제비용 증가 시나리오별로 산출된 한우 출하액(조수입) 감소율을 적용하여 2019년 한육우 생산액 감소로 인한 전체 산업 유발 효과를 산출하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때, 생산유발액은 각각 560억 원, 840억 원 감소하고, 부가가치유발액은 각각 180억 원, 270억 원 감소하고, 온실가스 유발액은 각각 8억 원, 12억 원 감소하였음.
 - 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2배, 3배 증가하였을 때, 생산유발액은 각각 6,500억 원, 9,760억 원 감소하고, 부가가치유발액은 각각 2,100억 원, 3,150억 원 감소하고, 온실가스 유발액은 각각 90억 원, 135억 원 감소하였음.

- 이에 따라 환경규제비용 증가로 인해 한우 조수입이 감소하였을 때, 생산유발액과 부가가치유발액 감소액(비용)이 온실가스 유발액 감소액(편익)보다 큰 것으로 나타남.
- 환경규제비용으로 고려하는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 사육두수를 기준으로 산출한 값을 활용하였음<표 5-5>. 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 각각 1.5배, 2배, 2.5배, 3배로 증가하는 시나리오를 적용하여 한우 출하액(조수입) 감소율을 산출하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소율은 각각 -1.50%, -2.25%로 나타남.
 - 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2배, 3배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소율은 각각 -17.46%, -26.20%로 나타남.
- 환경규제비용 증가 시나리오별로 산출된 한우 출하액(조수입) 감소율을 적용하여 2019년 한육우 생산액 감소로 인한 전체 산업 유발 효과를 산출하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때, 생산유발액은 각각 2,060억 원, 3,090억 원 감소하고, 부가가치유발액은 각각 660억 원, 1,000억 원 감소하고, 온실가스 유발액은 각각 28억 원, 43억 원 감소하였음.
 - 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2배, 3배 증가하였을 때, 생산유발액은 각각 2조 4,000억 원, 3조 6,020억 원 감소하고, 부가가치유발액은 각각 7,730억 원, 1조 1,610억 원 감소하고, 온실가스 유발액은 각각 331억 원, 497억 원 감소하였음.
 - 이에 따라 환경규제비용 증가로 인해 한우 조수입이 감소하였을 때, 생산유발액과 부가가치유발액 감소액(비용)이 온실가스 유발액 감소액(편익)보다 큰 것으로 나타남.

- 한우 분뇨처리비 증가에 따른 전체 산업 유발액 감소 효과보다 한우 분뇨 처리시설 설치 비용 증가에 따른 전체 산업 유발액 감소 효과가 더 크게 산출되었음. 즉, 한우 농가들의 분뇨처리시설 설치 비용이 증가할수록 한우 조수입 감소율이 높아지고 생산유발액과 부가가치유발액 감소액과 온실가스 유발액 감소액이 커지는 효과가 한우 분뇨처리비 증가 시나리오에 따른 유발 효과보다 크게 나타남.
- 대규모 한우 농가들은 대부분 농장 내 가축분뇨 처리시설을 보유하고 있지만, 소규모 한우 농가의 경우 분뇨처리시설 설치 비용에 대한 부담으로 인해 가축분뇨를 처리하는 데 어려움을 겪고 있음.
 - 위와 같은 분석 결과에 따르면, 소규모 한우 농가들이 부담하는 분뇨 처리시설 설치 비용이 증가할수록 온실가스 유발액 감소로 인한 편익보다 농가가 직·간접적으로 겪는 손실과 피해가 커질 것으로 예상됨.

〈표 5-4〉 한우 출하액 감소율 적용에 따른 전체 산업 유발 효과(Ⅰ)

단위: %, 10억 원, 천 톤 $CO_2eq./년$

구분		한우 출하액 감소율	생산유발액	부가가치 유발액	온실가스 유발량	온실가스 유발액
한우 분뇨처리비 증가 시나리오	기준	-0.20	-27	-9	-13	-0.4
	1.5배	-0.31	-43	-14	-21	-0.6
	2배	-0.41	-56	-18	-27	-0.8
	2.5배	-0.51	-70	-23	-34	-1.0
	3배	-0.61	-84	-27	-41	-1.2
한우 분뇨처리시설 설치 비용 증가 시나리오	기준	-2.37	-326	-105	-158	-4.5
	1.5배	-3.55	-488	-157	-237	-6.7
	2배	-4.73	-650	-210	-316	-9.0
	2.5배	-5.92	-814	-262	-395	-11.2
	3배	-7.10	-976	-315	-474	-13.5

- 주 1) 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 도축두수를 기준으로 산출한 값을 활용함.
 2) 온실가스 유발액은 전체 배출권 평균거래 단가(2019년 2만 8,440원/톤)를 적용하여 산출함.
 자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 2019 배출권거래제 운영 결과보고서

〈표 5-5〉 한우 출하액 감소율 적용에 따른 전체 산업 유발 효과(Ⅱ)

단위: %, 10억 원, 천 톤 $CO_2eq./년$

구분		한우 출하액 감소율	생산유발액	부가가치 유발액	온실가스 유발량	온실가스 유발액
한우 분뇨처리비 증가 시나리오	기존	-0.75	-103	-33	-50	-1.4
	1.5배	-1.12	-154	-50	-75	-2.1
	2배	-1.50	-206	-66	-100	-2.8
	2.5배	-1.87	-257	-83	-125	-3.5
	3배	-2.25	-309	-100	-150	-4.3
한우 분뇨처리시설 설치 비용 증가 시나리오	기존	-8.73	-1,200	-387	-582	-16.6
	1.5배	-13.10	-1,801	-580	-874	-24.9
	2배	-17.46	-2,400	-773	-1,165	-33.1
	2.5배	-21.83	-3,001	-967	-1,456	-41.4
	3배	-26.20	-3,602	-1,161	-1,748	-49.7

주 1) 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 사육두수를 기준으로 산출한 값을 활용함.

2) 온실가스 유발액은 전체 배출권 평균거래 단가(2019년 2만 8,440원/톤)를 적용하여 산출함.

자료: 2019년 환경산업연관표(저자 작성), 2019 배출권거래제 운영 결과보고서

제6장

요약 및 결론

1. 축산환경규제가 한우농가 생산성에 미치는 효과

- 축산환경규제가 한우 농가 생산성에 미치는 효과를 계측하고 축산환경정책의 방향을 제시하기 위해 오염물질(CO_2)을 부정적 산출물로 포함한 한우농가 생산성을 분석함.
- 오염물질의 약처분성을 가정한 경우와 하지 않은 경우의 생산성 지수의 차이를 축산환경규제 유무에 따른 생산성 차이로 해석할 수 있음.
- 따라서 본 연구는 축산농가 경영비 자료를 바탕으로 오염물질(CO_2 배출량)의 약처분성을 반영함과 동시에 오염물질을 포함하는 산출물과 투입물의 기술적 관계를 활용하기 위해 DEA를 통해 농가별 방향거리 함수값을 추정함.
- 오염물질의 약처분성을 가정할 경우 가정하지 않았을 때보다 생산성지수가 감소하는 것을 확인하였으며, 번식 전문 농가의 경우 평균 22%, 일관 사육농가의 경우 평균 17% 정도 감소하는 것으로 나타남.

- 이는 축산환경규제로 인한 CO_2 배출에 대한 패널티 부여에 따라 기존에 자유롭게 처분할 수 있었던 온실가스의 약처분성을 반영하는 경우 농가생산성이 감소할 수 있다는 것을 의미함.
- 또한 사육규모에 따라 축산환경규제가 생산성에 미치는 영향이 다름을 확인하였으며 특히 번식 전문 농가와 일관사육농가 모두 대체로 사육규모가 클수록 오염물질을 줄이면서 생산성을 증대하는데 효과적인 것으로 확인됨.
 - 번식농가에서는 20두 이상 규모의 농가들이 약 4~9% 정도의 미미한 MPI, MLPI 차이를 보인 반면, 20두 미만 규모의 농가에서 MPI와 MLPI 간의 차이가 약 46%로 나타났음.
 - 일관사육농가의 경우 모든 농가집단에서 MPI가 MLPI보다 크게 도출되었으며 번식농가와는 달리 규모가 작을수록 두 생산성 지수의 차이가 큰 것으로 나타남.
- 그러나 Wilcoxon Rank Sum Test 방법을 활용한 MLPI와 MPI의 동질성 검정 결과, 번식농가에서는 MLPI와 MPI 간의 차이가 통계적으로 유의하지 않음.
- 마지막으로 축산환경규제에 따라 오염물질을 의무적으로 감축해야 할 때 발생할 수 있는 산출손실액 개념을 도입하여 농가 유형별로 도출함.
- 환경규제로 인해 발생 가능한 생산의 상실, 즉 기회비용은 번식농가의 경우에는 평균적으로 농가당 2,260,401원이고, 일관사육농가의 경우에는 3,829,469원으로 추산됨.

- 또한 농가 유형과 관계없이 사육 규모가 증가할수록 산출손실액이 감소하는 것으로 보아 축산환경규제 시행 시 100두 이상의 대형 농가들보다 50두 미만의 중소규모 축산농가의 부담이 상대적으로 클 수 있음을 시사함.
- 농가들의 평균 조수입과 경영비를 고려하였을 때 이는 적지 않은 수준의 기회비용임. 따라서 축산환경 규제 시 소규모 농가들을 지원할 수 있는 정책 또한 같이 고려되어야 함.

2. 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과

- 축산환경규제가 한우 생산비용과 한우시장에 미치는 효과를 분석함으로써 사회적 후생 변화 효과를 계측하고, 축산환경규제로 인한 비용과 환경적 편익을 비교 분석할 필요가 있음.
 - 비용·편익 분석 결과를 통해 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 영향을 파악할 수 있음.
- 한우산업 부문을 중심으로 2019년 환경산업연관표를 작성하여 환경 영향 효과를 분석하고, 축산환경규제로 인한 환경적 편익을 산출하고자 함.
 - 최종적으로는 축산환경규제로 인한 사회적 후생 변화 효과(비용)와 환경적 편익을 비교하여 분석한 결과를 제시하는 것을 목적으로 함.
 - 한우산업의 환경을 개선하기 위해서는 기술적인 부분이 중요하지만, 본 연구의 분석 결과는 온실가스 배출을 줄이는 기술 개발을 고려하지 않았다는 점에서 결과 해석에 주의가 필요함.
- 본 연구에서는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용 발생 여부에 따라 시나리오별로 한우 수급변화율을 산출하였음.

- 축산환경규제로 인해 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 모두 발생하면, 한우 가격이 0.339% 상승하고 한우 공급량(수요량)이 0.360% 감소하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 발생하지 않고 분뇨처리시설 설치 비용만 발생하면, 한우 가격이 0.337% 상승하고 한우 공급량(수요량)이 0.357% 감소하였음.
- 환경규제로 말미암아 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 125억 4,519만 원 감소하는 것으로 나타났음.
- 한우 분뇨처리비가 없고 분뇨처리시설 설치 비용만 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 124억 6,641만 원 감소하는 것으로 분석되었음.
- 한우 1마리 가격을 쇠고기 판매가격으로 전환하기 위해서 300% 전환 비율을 적용하여 산출한 값은 약 1천 457만 원이고, 쇠고기 판매가격을 활용하여 분석한 소비자잉여 감소분은 약 376억 원임.
- 이와 다른 전환 비율을 각각 적용하여 산출한 쇠고기 판매가격으로 소비자잉여 감소분을 계산한 결과, 350% 전환 비율은 약 439억 원, 400% 전환 비율은 약 502억 원 감소하였음.
- 한우 가격을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 126억 2,365만 원 감소하였음.
- 환경규제 비용을 2.5배, 3배 증가시킨 시나리오에서는 소비자잉여가 각각 126억 6,520만 원, 126억 9,928만 원 감소하는 것으로 분석되었음.

- 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용하여 산출한 쇠고기 판매가격 (19,428,143원)을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과, 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용이 발생하였을 때는 환경규제가 전혀 없는 경우에 비해 소비자잉여가 약 501억 8,077만 원 감소함.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 2배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 소비자잉여가 504억 9,462만 원 감소하였음.
- 2008~2021년 연평균 한우 출하액(조수입)은 약 3조 6,734억 원이고, 연간 총 분뇨처리비(275억 4,991만 원)를 제외하면 조수입이 약 3조 6,458억 원으로 산출되었음. 분뇨처리비는 한우 연간 사육두수를 기준으로 산출한 값을 활용함.
 - 한우 출하액(조수입)은 총 분뇨처리비가 2배 늘어나면 약 550억 9,981만 원이 감소하였고, 한우 분뇨처리시설 설치 비용이 2배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소액은 6,415억 2,919만 원으로 나타남.
- 환경규제 비용 증가 시나리오에 따라 한우 가격에 400% 전환 비율을 적용한 쇠고기 판매가격을 기준으로 소비자잉여 변화 효과를 분석한 결과와 한우 도축두수를 기준으로 조수입 변화 효과를 분석한 결과를 합하여 사회적 총 후생효과를 산출함.
 - 환경규제 비용(한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용의 합계)을 2배, 3배 증가시킨 시나리오를 분석한 결과, 사회적 후생이 각각 2,393억 9,988만 원, 3,341억 5,502만 원 감소하였음.
 - 환경규제로 인한 비용 증가는 사회적 총 후생을 감소시키기 때문에 정부는 축산환경규제 정책의 기준이 되는 정확한 정보를 수집하고 신중하게 규제 정책을 시행할 필요가 있음.

3. 축산환경규제가 국가 경제에 미치는 효과

- 본 연구에서는 한육우 온실가스 배출량 감축과 암모니아 배출량 감축 등 한육우 산업의 비시장적 가치에 대한 편익을 산출한 결과를 제시하였음.
- 환경산업연관표를 통해 도출된 한육우 온실가스 배출량을 이용하여 시나리오에 따른 축산환경규제 편익을 계산하였음.
 - 한육우 온실가스 배출량 변화 시나리오에 따른 축산환경규제 편익은 전체 배출권 평균거래 단가(2019년 기준, 2만 8,440원/톤)를 적용하여 산출하였음.
- 한육우 암모니아 배출량을 이용하여 시나리오에 따른 축산환경규제 편익을 계산하였음. 축산악취(암모니아) 비용 평가액은 축산악취개선을 위한 가구당 평균 지불의사금액(연간 6,272억~7,378억 원)²⁹⁾을 2019년 축종별 암모니아 배출량 비중에 따라 배분하였음.
 - 최소 기준 축산악취(암모니아) 비용 평가액(124,642백만 원/년)을 활용하여 단가(268.4만 원/톤)를 산출하고, 이를 축산환경규제로 인한 편익을 계산하는 데 적용하였음.
- 한육우 산업부문의 온실가스 배출량 변화 시나리오에 따라 감축 비중을 적용하여 축산환경규제로 인한 편익을 산출하였음.
 - 한육우 산업부문에서 축산환경규제가 있는 경우 온실가스 배출량은 520만 9,100톤 $CO_2eq./$ 년임.
 - (시나리오 1: 축산환경규제로 인한 온실가스 배출량 10% 변화) 축산환경규제가 없는 경우 온실가스 배출량은 578만 7,889톤 $CO_2eq./$ 년으로 축산환경규제로 인한 편익은 164.6억 원임.

29) 지불의사금액은 정민국 외(2021)에서 산출된 결과임.

- 한육우 산업부문의 축산악취(암모니아) 배출량 감축 시나리오에 따라 감축 비중을 적용하여 축산환경규제로 인한 편익을 산출하였음.
 - 한육우 산업부문에서 축산환경규제가 있는 경우 암모니아 배출량은 4만 6,432톤임.
 - (시나리오 1: 축산환경규제로 인한 암모니아 배출량 10% 감축) 축산환경규제가 없는 경우 암모니아 배출량은 5만 1,591톤으로 축산환경규제로 인한 편익은 138.5억 원임.
- 생산유발액 및 부가가치유발액 감소액이 온실가스 및 축산악취 시나리오 별로 발생한 축산환경규제 편익보다 큰 것으로 산출됨.
 - (시나리오 1) 온실가스 및 암모니아가 10% 감축하였을 때, 환경적 편익은 303억 원이고, 생산유발액과 부가가치유발액은 각각 1조 5,274억 원, 4,922억 원 감소하는 것으로 나타남.
 - 생산유발액 감소의 경우 자체 산업 생산액이 6,307억 원 감소하였고, 타 산업 생산유발액이 8,967억 원 감소하였음.
 - 부가가치유발액 감소의 경우 자체 산업 부가가치액이 1,567억 원 감소하였고, 타 산업 부가가치유발액이 3,355억 원 감소하였음.
 - 한우산업의 환경규제로 인한 자체 산업 생산액 및 부가가치액 감소 효과를 최소화하는 방향으로 정책을 입안해야 함.
- 환경규제비용으로 고려하는 한우 분뇨처리비와 분뇨처리시설 설치 비용은 한우 사육두수를 기준으로 산출한 값을 활용하였음.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때 한우 출하액(조수입) 감소율은 각각 -1.50%, -2.25%로 나타남.
 - 한우 분뇨처리비가 2배, 3배 증가하였을 때, 생산유발액은 각각 2,060억 원, 3,090억 원 감소하고, 부가가치유발액은 각각 660억 원, 1,000억 원 감소하고, 온실가스 유발액은 각각 28억 원, 43억 원 감소하였음.

- 이에 따라 환경규제비용 증가로 인해 한우 조수입이 감소하였을 때, 생산유발액과 부가가치유발액 감소액(비용)이 온실가스 유발액 감소액(편익)보다 큰 것으로 나타남.
- 한우 농가들의 분뇨처리시설 설치 비용이 증가할수록 한우 조수입 감소율이 높아지고 생산유발액과 부가가치유발액 감소액과 온실가스 유발액 감소액이 커지는 효과가 한우 분뇨처리비 증가 시나리오에 따른 유발 효과보다 크게 나타남.
 - 소규모 한우 농가들이 부담하는 분뇨처리시설 설치 비용이 증가할수록 온실가스 유발액 감소로 인한 편익보다 농가가 직·간접적으로 겪는 손실과 피해가 커질 것으로 예상됨.
 - 분뇨처리시설 설치가 필요한 소규모 한우 농가들을 대상으로 시행하는 가축분뇨처리 시설·장비 지원사업의 신청 자격 및 요건을 완화하여 사업대상자 선정을 늘리고, 지원을 확대해야 함.
 - 소규모 한우농가를 대규모로 집단화시켜서 축산단지를 조성하고, 정책적 지원을 통해 새로운 분뇨처리시설을 구축함으로써 환경규제로 인한 비용을 절감하는 효과를 기대할 수 있음.
- 농촌경제 발전, 농업소득 증대, 식량 안보 등의 축산 및 한우 가치에 대한 홍보와 함께 한우산업을 향한 부정적인 시각에 대한 대응 전략이 국가 차원에서 정책적으로 마련되어야 함.
 - 한우산업을 가축분뇨 증가, 축산악취 등 문제를 해결하기 위해 가축분뇨 에너지전환 추진, 가축분뇨 처리 기술 및 온실가스 저감기술 개발, 효율적 악취 관리 등을 통해 깨끗한 축산환경 조성 기반을 구축해야 함.

- 다만, 본 연구에서는 한우산업에서 환경규제로 인해 발생하는 비용이 환경적 편익보다 큰 것으로 분석되었고, 이에 따라 한우농가를 규제 대상으로 삼아 직접적으로 환경규제를 가하는 것은 효율적이지 않다는 결론을 내릴 수 있음.

참고문헌

- 권오상. 2010. “ CO_2 배출량을 감안한 화력발전소의 생산성 변화 분석: Luenberger 지수 접근법”. 자원환경경제연구 19(4): 733-752.
- 김원년·박원양·제상영. 2019. “국내 육류 수요탄력성 추정에 관한 연구”. JKDAS 21(2): 849-857.
- 김윤경. 2011. “환경산업연관표 2005를 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO_2) 배출 분석”, 자원·환경경제연구 20(1): 1-33.
- 김윤식. 2006. “부분균형모델에서 대체효과를 고려한 FTA 효과분석”. 농업경제연구 47(3): 31-51.
- 김은순. 2003. “농가유형별 생산기술 효율 및 환경성과 비교분석”. 토의용논문: 1-66. 한국농촌경제연구원.
- 김충실, 이현근. 2009. “농업부문 에너지 소비의 CO_2 배출량 분석”. 농촌경제 32(1): 41-61.
- 농림수산물식품부·환경부·농협중앙회. 2008. 「가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)」
- 농림축산식품부. 2020. 「농림축산식품 주요통계」. 농림축산식품부·농림수산물식품교육문화정보원
- 농림축산식품부. 2020. “악취농가 집중관리 등으로 축산악취 개선한다”. 보도자료 (2020.6.18.).
- 농림축산식품부. 2022. “지역단위 축산악취개선 활동 결실 맺어”. 보도자료 (2022.12.15.).
- 오리마을. 2019. “축산수첩-깨끗한 축산농장 지정 및 사후관리 방안”. Monthly Duck's Village 190:34-40. 한국오리협회.
- 오승환·제상영. 2021. “2차 준 이상 수요체계(QUAIDS)를 이용한 한국 육류상품시장의 대체 관계 분석”. 금융공학연구 20(1): 143-158.
- 이병오·권오욱·정경수·이종인·최종두. 2006. 「한미 FTA 협정이 한국 쇠고기산업에

- 미치는 파급영향과 대응전략」. 한우자조금관리위원회.
- 이용건. 2020. 「낙농산업의 지역·환경 영향 평가」. 한국농촌경제연구원.
- 이용건. 2022. “일본의 축산분야 온실가스 감축 기술 동향과 시사점”. e-세계농업 제 14호. 한국농촌경제연구원.
- 이정환·김명환·표유리. 2017. “한우 일관사육구조의 진실”. 시선집중 GSnJ 231: 1-22.
- 이형우·지선우·김충현·강지석. 2022. “한육우, 돼지, 젖소 수급 동향과 전망”. 「농업전망 2022(2권): 농업·농촌, 새 희망을 보다」. 한국농촌경제연구원.
- 이흥립. 2015. “균형대체모형(EDM)을 이용한 구제역 발생의 후생효과 분석 - 2010년 -2011년 구제역 발생을 중심으로”. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 장영주·편지은. 2020. “농업분야 기후변화 영향 및 온실가스 배출 현황과 시사점”. NARS 지표로 보는 이슈 제159호. 국회입법조사처.
- 전병수. 2010. “친환경축산 현황과 전망”. 서울우유(12월호) 기고문. 국립축산과학원.
- 정민국·김현중. 2011. 「쇠고기·돼지고기 수급구조 분석 및 정책 시뮬레이션 모형 개발」. 한국농촌경제연구원.
- 정민국·이명기·황윤재·김윤희·김현중·이용건. 2011. 「축산업 선진화 방안 연구」. 한국농촌경제연구원.
- 정민국·이용건·최진용. 2021. 「축산업 환경영향 분석과 정책과제」. 한국농촌경제연구원.
- 지해명. 2007. “수요승수(final demand multiplier)와 생산승수(Ritz-Spaulding multiplier) 비교분석: 문화산업과 지식기반산업을 중심으로”. 경제학연구 55(1): 135-154.
- 환경부 온실가스종합정보센터. 2019. 「2019 배출권거래제 운영결과보고서」. 환경부.
- 환경부 온실가스종합정보센터. 2021. 「2021 국가 온실가스 인벤토리 보고서」. 환경부.
- Caves, D. W., L. R. Christensen, W. E. Diewert. 1982. “The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity”. The Economic Journal 92(365): 73-86.
- Chung, Y., R. Färe, and S. Grosskopf. 1997. Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. Journal of Environmental Management 51(3): 229-240.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. 1998, “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis”, Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., S. Grosskopf, C. Pasurka. 1986. “Effects on relative efficiency in electric power generation due to environmental controls”, Resources and Energy 8(2): 167-184.

Färe, R., S. Grosskopf, C. K. Lovell, C. Pasurka. 1989. “Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach”. The review of economics and statistics 71(1): 90-98.

Fare. R., S. Grosskopf, Pasurka. Jr. Carl A., 2001, “Accounting for air pollution emission in measures of state manufacturing productivity growth”, Journal of regional science, 41(3): 381-409.

국가법령정보센터 홈페이지<<https://law.go.kr/>>

내일신문<http://m.naeil.com/m_news_view.php?id_art=436639; 검색일: 2022.10.11.>

농림축산식품부 홈페이지<<https://www.mafra.go.kr>>

농민신문<<https://www.nongmin.com/article/20210311334842>; 검색일: 2022.5.10.>. 축산
농가 “퇴비사 증축·장비 구입 부담…지원 절실”. 2021.03.12. 신문기사

농수축산신문<<https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=202995>; 검색일:
2022.10.1.>

농협축산정보센터 홈페이지<livestock.nonghyup.com>

양돈타임스<<http://www.pigtimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=46280>; 검색일: 2022.
11.10.>

영농자재신문<<http://www.newsfm.kr/news/article.html?no=2102>; 검색일: 2022.11.20>.
지역단위 양분총량제 이렇게 생각한다. 2017.06.13. 신문기사

전국한우협회 한우정책연구소<<https://www.ihanwoo.org/board/sub4?Ncode=publication>>

축산물품질관리원 등급관정통계<<https://www.ekapepia.com>>

통계청 KOSIS<<https://kosis.kr>>. 가축동향조사

통계청 KOSIS<<https://kosis.kr>>. 농림어업조사

통계청<https://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/7/index.board>. 축산물생산비조사

팜인사이트<<http://www.farminsight.net/news/articleView.html?idxno=7137>; 검색일: 2022.5.
20.>. 농업 그리고 축산업의 전후방산업 세계. 2020.12.30. 신문기사

한우마당<<https://www.ihanwoo.kr/news/articleView.html?idxno=1552>; 검색일: 2022.10.
10.> “2021년 소고기 수입량 사상 최대 기록”, 2022.03.16. 신문기사

한국육류유통수출협회 홈페이지. <<http://www.kmta.or.kr/kr/main/main.php>>

한우자조금관리위원회 홈페이지<<https://www.hanwooboard.or.kr>>

환경부 국가미세먼지정보센터 홈페이지<www.air.co.kr>

부 록

1. 농가 유형 규모별 투입물 변수 및 산출물 변수 기초통계량

〈부표 1〉 총수입 기초통계량

단위: 천 원

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	124,990	.	114,713	120,879
	표준편차	107,480	.	60,259	91,072
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	196,288	256,283	280,480	252,637
	표준편차	102,513	50,996	170,608	151,824
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	384,714	510,483	528,999	507,993
	표준편차	160,407	476,833	187,466	241,974
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	855,118	855,118
	표준편차	.	.	401,275	401,275
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	892,917	595,278
	표준편차	.	0	485,064	588,540
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	192,515	364,929	478,445	395,778
	표준편차	142,809	402,408	348,864	335,763
	빈도수	81	21	207	309

〈부표 2〉 사료비 기초통계량

단위: 천 원

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	41,203	.	43,287	42,037
	표준편차	30,203	.	18,058	25,871
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	80,641	77,253	91,709	87,405
	표준편차	30,743	14,763	39,569	36,222
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	147,413	156,980	195,505	184,328
	표준편차	56,638	128,287	70,880	80,210
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	287,106	287,106
	표준편차	.	.	121,232	121,232
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	286,184	190,790
	표준편차	.	0	22,098	144,155
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	73,005	111,775	165,976	137,922
	표준편차	50,278	112,088	111,136	106,851
	빈도수	81	21	207	30

〈부표 3〉 기타 경비 기초통계량

단위: 천 원

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	10,984	.	4,814	8,516
	표준편차	30,818	.	1,995	23,964
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	10,179	4,246	11,185	10,473
	표준편차	7,092	1,001	13,595	11,560
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	16,410	13,064	26,792	23,681
	표준편차	7,508	13,622	37,082	32,774
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	30,559	30,559
	표준편차	.	.	29,755	29,755
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	19,479	12,986
	표준편차	.	0	6,178	10,895
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	11,460	8,678	19,820	16,871
	표준편차	21,162	11,447	27,924	25,777
	빈도수	81	21	207	309

〈부표 4〉 자가노동임금 기초통계량

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	44314.606	.	48690.603	46065.005
	표준편차	6271.784	.	8595.3589	7537.1731
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	58085.485	47483.421	73701.852	67295.655
	표준편차	10324.957	9203.5554	10637.832	13535.405
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	80747.245	59800.777	107011.93	97531.178
	표준편차	15920.223	28409.997	19694.508	26520.552
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	138645.03	138645.03
	표준편차	.	.	18871.038	18871.038
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	216295.52	157077.98	176817.16
	표준편차	.	14076.089	11553.171	31774.763
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	55322.392	78637.924	97498.933	85161.131
	표준편차	15790.529	61898.595	34408.786	38010.358
	빈도수	81	21	207	309

〈부표 5〉 거세우 출하량 기초통계량

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	1.0277778	.	4.1666667	2.2833333
	표준편차	3.3507876	.	3.9194794	3.8799426
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	0.87878788	29	9.469697	7.8857143
	표준편차	2.0272761	12.899612	17.916232	15.898908
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	0.75	36.5	20.275362	19.849462
	표준편차	2.5980762	41.624949	11.432518	19.709271
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	47.47619	47.47619
	표준편차	.	.	34.184748	34.184748
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	39.333333	26.222222
	표준편차	.	0	37.834728	35.797269
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균				
	표준편차	0.92592593	29.142857	21.033816	16.313916
	빈도수	2.7375983	33.976883	25.337026	24.387334

〈부표 6〉 비육암소 출하량 기초통계량

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	4.9722222	.	2.875	4.1333333
	표준편차	7.8793985	.	3.0261541	6.4399881
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	6.4242424	3	9.1818182	7.9619048
	표준편차	8.470649	4.2895221	8.7528617	8.6000043
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	10	5.6666667	14.608696	12.860215
	표준편차	12.416997	12.935739	17.127736	16.290562
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	21.428571	21.428571
	표준편차	.	.	24.901898	24.901898
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	18.5	12.333333
	표준편차	.	0	9.9548983	12.144958
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	6.308642	4.0952381	13.014493	10.650485
	표준편차	8.9395777	10.049402	16.754214	15.05663
	빈도수	81	21	207	309

〈부표 7〉 송아지 출하량 기초통계량

사육규모	통계량	농가 유형			
		번식	비육	일관	Total
20-	평균	22.194444	.	15	19.316667
	표준편차	14.423828	.	5.413349	12.143899
	빈도수	36	0	24	60
50-	평균	37.757576	1.8333333	34.590909	33.714286
	표준편차	12.356755	2.857738	13.831933	15.207358
	빈도수	33	6	66	105
100-	평균	73.083333	1.6666667	56.246377	51.376344
	표준편차	19.532995	4.4381268	20.51069	27.576736
	빈도수	12	12	69	93
200-	평균	.	.	88.404762	88.404762
	표준편차	.	.	34.09031	34.09031
	빈도수	0	0	42	42
300-	평균	.	0	86.5	57.666667
	표준편차	.	0	24.386472	47.352402
	빈도수	0	3	6	9
Total	평균	36.074074	1.4761905	51.961353	44.365696
	표준편차	22.312988	3.6416898	31.870924	31.493231
	빈도수	81	21	207	309

2. 농가구입비 가격지수

- 통계청에서 제공하는 [농가판매 및 구입가격조사]를 참고하여 2015년을 기준으로 하는 가격지수로 투입물 변수를 디플레이트하여 실질가치화 하였음.

〈부표 8〉 2019~2021년 농가구입가격 지수

(2015=100)

연도	2019	2020	2021
총지수	104.1	106.1	111.1
가계용품	104.9	106.1	108.9
재료비	95.6	101.8	110.0
노무비	119.6	124.2	135.3
경비	106.6	103.3	107.5
자산구입비	112.4	113.2	118.6

3. 한육우 산업부문 중심의 환경산업연관표 작성 결과

- 2019년 산업연관표 연장표를 활용하여 한육우 산업 중심의 환경산업연관표를 작성하기 위해 32개 부문으로 재통합하였음. 에너지 부문은 석탄, 석유, 전력, 신재생에너지 등 19개 부문으로 구성됨.
 - 온실가스 배출량 상세표는 에너지 투입과 연관된 연료연소로 인한 온실가스 배출량과 이밖에 탈루, 산업공정, LULUCF(산림지, 농경지 등), 폐기물과 농업(장내 발효, 가축분뇨처리, 벼재배, 농경지도양, 작물잔사소각)으로 인해 발생하는 온실가스 배출량이 포함됨.

〈부표 9〉 환경산업연관표 작성 결과

(단위: 백만 원)	국물 및 식량작물, 기타작물	채소 및 과실	농산물	축우(한우)	기타 축산	영림	원목	임산물	수산물
국물 및 식량작물, 기타작물	442,126	359,150	81,138	216,739	235,757	1,108	0	1,212	1,160
채소 및 과실	329	711	50	147	3,621	14	11	9	885
농산물	3,381	3,684	1,372	3,494	0	3,494	0	0	0
축우(한우)	211,340	394,477	843	51,452	0	51,452	0	0	0
기타 축산(양돈, 기금, 기타축산)	5,697	17,339	0	0	615,719	0	615,719	0	0
영림	0	0	0	0	0	13,572	75,664	0	253
원목	20	6,181	0	0	323	0	0	924	12,041
임산물	8,407	3,370	727	208	3,889	0	0	0	0
수산물	114	106	18	51	91	5	5	3	80,473
농림어업 서비스	296,766	297,908	28,869	70,555	211,439	43,521	13,660	88,004	127,823
음식료품	10,643	8,815	871,293	2,831,065	5,218,300	207	337	266	460,161
목재	439	1,546	555	54	2,737	0	0	10	3,130
목제품	14,270	8,501	309	82	24,363	- 1,191	- 415	737	244,695
펄프	0	0	0	0	0	0	0	0	0
종이류 및 종이제품, 인쇄	56,711	220,590	132	1,024	54,660	2,179	416	688	19,740
목재가구	0	0	0	0	0	0	0	0	19
농업 및 건설용 기계	36,537	15,488	5,306	2,665	24,799	2,893	740	3,050	75
석탄 및 석유제품	151,199	208,781	2,126	8,882	33,833	7,550	5,489	2,916	877,206
시멘트 및 콘크리트 제품	229	26	4	13	10,734	1	1	1	78
철강1차제품	3,637	16,344	1,848	9,499	9,683	7	0	12	5,190
금속기공제품	10,534	5,209	629	3,929	8,699	83	19,600	1,439	14,020
기타 제조업	1,216,883	1,885,087	30,778	115,998	338,937	45,914	12,995	80,087	1,102,721
전력, 가스 및 증기	131,451	123,303	33,680	87,505	183,662	7,093	4,590	10,876	145,022
신재생에너지	8,750	8,168	2,157	5,942	12,460	422	299	705	9,810
수도	582	83	615	1,768	25,902	188	62	52	13,888
폐기물 처리 및 자원재활용서비스	5,088	400	0	1,726	17,273	88	0	0	14,046
광산물	234	0	93	29	0	0	0	0	204
건설	12,859	4,886	519	1,556	24,232	10,769	390	7,625	17,203
도소매 및 상품중개서비스	321,998	490,667	106,021	337,338	667,249	13,603	18,383	17,404	281,329
운송서비스	68,763	108,990	17,304	39,926	224,877	10,886	16,893	2,792	218,809
음식점 및 음료점(외식)	66,316	79,904	6,079	33,590	86,276	8,024	4,722	7,110	139,192
서비스 및 기타	460,535	320,276	117,619	285,187	1,082,796	23,043	10,866	27,614	870,976
중간투입계	3,544,838	4,589,990	1,310,084	4,110,424	9,122,311	189,979	184,708	253,536	4,660,149
부가가치계	10,040,373	11,381,959	1,219,585	4,140,253	2,568,321	962,236	256,250	915,653	2,958,522
총투입계	13,971,947	16,524,253	2,578,031	5,676,397	11,775,091	1,169,819	442,342	1,172,864	8,367,664

에너지원 투입액 (단위: 백만 원)	곡물 및 식량작물, 기타작물	채소 및 과일	낙농	축우(한우)	기타 축산	영림	원목	임산물	수산물
무연탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0
유연탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0
연탄	336	4,595	0	0	4,974	0	0	0	2,162
원유	0	0	0	0	0	0	0	0	0
나프타	0	0	0	0	0	0	0	0	0
휘발유	21,029	16,109	473	1,290	6,607	879	897	1,599	11,246
제트유	0	0	0	0	0	3,867	0	0	0
등유	2,466	105,786	565	3,979	1,694	3	132	78	6,496
경유	124,790	77,377	920	1,860	18,077	2,703	3,734	1,063	788,063
중유	2,218	4,697	0	16	187	9	11	6	17,174
액화석유가스	144	183	114	64	395	7	150	23	1,340
수력	1,685	1,585	433	1,125	2,359	91	59	140	1,856
화력	105,813	99,392	27,155	70,540	148,049	5,719	3,701	8,765	116,456
원자력	23,735	22,293	6,088	15,822	33,206	1,283	830	1,967	26,122
자기발전	0	0	0	0	0	0	0	0	0
신재생에너지	8,750	8,168	2,157	5,942	12,460	422	299	705	9,810
천연가스(LNG)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
도시가스	218	33	4	18	48	0	0	4	588
증기 및 온수공급	0	0	0	0	0	0	0	0	0
에너지원 투입액 합계	291,184	340,218	37,909	100,656	228,056	14,983	9,813	14,350	981,313
온실가스 순배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	8,641,000	7,584,690	1,678,188	5,209,053	2,992,598	-43,215,698	10,729	15,690	2,851,000
온실가스 총배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	8,641,000	3,527,930	1,685,448	5,209,053	2,992,598	16,382	10,729	15,690	2,848,000

(단위: 백만 원)	농림어업 서비스	음식료품	목재	목제품	펠프	종이류 및 종이제품, 인쇄	목재가구
곡물 및 식량작물, 기타작물	37,214	10,325,437	368	462	1	2,403	303
채소 및 과일	357	2,464,631	162	134	11	1,135	120
낙농	0	2,421,103	0	0	0	0	0
축우(원육우)	0	4,864,321	0	0	0	0	0
기타 축산(양돈, 가금, 기타축산)	0	8,092,050	0	0	0	0	0
영입	271	1,023	67	82	1	865	67
원목	0	91	262,974	75,018	0	0	4,125
임산물	0	231,793	0	1,447	0	567	1,508
수산물	124	2,357,685	57	46	4	395	1,431
농림어업 서비스	0	3,506	0	0	0	0	0
음식료품	11,401	16,254,161	3,609	4,090	79	43,792	2,805
목재	819	12,300	190,468	428,901	10,656	3,705	1,013,436
목제품	896	97,406	-2,901	57,967	0	15,299	49,034
펠프	0	-1,252	-47	-44	17,040	669,168	-74
종이류 및 종이제품, 인쇄	18,026	2,703,517	51,379	72,585	716	8,134,993	160,826
목재가구	444	583	2	0	0	14	130,168
농업 및 건설용 기계	12,254	3,655	0	0	0	62	60
석탄 및 석유제품	61,654	400,353	11,481	10,491	4,809	145,417	22,494
시멘트 및 콘크리트 제품	31	19,567	5,922	306	1	353	2,665
철강1차제품	5,220	5,361	1,057	16,441	470	19,318	63,149
금속가공제품	5,339	1,655,311	61,367	161,166	970	85,095	509,500
기타 제조업	194,927	9,641,859	836,795	535,659	-25,022	3,927,914	1,696,524
전력, 가스 및 증기	30,148	1,354,102	128,737	40,568	34,672	1,256,490	70,528
신재생에너지	1,995	78,323	7,889	2,577	1,193	63,374	4,610
수도	12,543	24,505	1,554	821	239	4,441	1,010
폐기물 처리 및 자원재활용서비스	13,037	512,702	6,807	15,297	28,504	416,599	12,243
광산품	0	19,381	0	0	0	3,111	430
건설	1,754	96,322	6,092	3,351	768	21,750	5,627
도소매 및 상품중개서비스	56,469	9,929,792	166,152	203,914	6,620	1,770,334	831,724
운송서비스	28,174	4,904,944	226,032	151,899	47,611	1,764,516	249,698
음식점 및 음료점(외식)	37,470	529,134	47,354	52,002	3,174	429,172	48,557
서비스 및 기타	288,005	7,448,923	355,854	282,833	15,614	2,435,905	687,641
중간투입계	818,572	86,452,589	2,369,231	2,118,013	148,131	21,216,187	5,570,209
부가가치계	408,993	35,310,997	1,186,819	1,085,239	11,104	12,747,442	2,193,130
총투입계	1,254,972	137,965,864	4,320,230	3,978,835	182,876	38,130,726	8,375,748

에너지원 투입액 (단위: 백만 원)	농림어업 서비스	음식료품	목재	목제품	펄프	종이류 및 종이제품, 인쇄	목재가구
무연탄	0	0	0	0	0	0	0
유연탄	0	0	0	0	0	0	0
연탄	0	3	0	0	0	0	0
원유	0	0	0	0	0	0	0
나프타	0	0	0	0	0	0	0
휘발유	24,691	105,178	2,164	2,313	492	46,005	4,650
제트유	0	0	0	0	0	0	0
등유	4,708	19,430	464	885	445	4,263	1,004
경유	26,404	184,990	3,786	5,526	1,637	45,041	12,790
중유	2,080	47,866	2,641	652	771	23,085	1,483
액화석유가스	3,368	30,472	730	536	1,365	7,019	1,802
수력	374	14,887	1,506	499	221	12,195	887
화력	23,409	907,054	94,831	31,495	13,849	771,360	55,695
원자력	5,251	203,956	21,236	7,059	3,106	172,813	12,492
자가발전	0	3,298	2,408	0	13,832	24,474	0
신재생에너지	1,995	78,323	7,889	2,577	1,193	63,374	4,610
천연가스(LNG)	0	0	0	0	0	0	0
도시가스	494	196,949	8,756	1,515	3,664	65,818	1,454
증기 및 온수공급	620	27,958	0	0	0	209,830	0
에너지원 투입액 합계	93,394	1,820,364	146,411	53,057	40,575	1,445,277	96,867
온실가스 순배출량 (단위: 톤 CO_2eq /년)	35,125	1,900,350	-708,927	17,827	18,629	748,291	68,332
온실가스 총배출량 (단위: 톤 CO_2eq /년)	35,125	1,900,350	51,073	17,827	18,629	677,291	68,332

(단위: 백만 원)	농업 및 건설용 기계	석탄 및 석유제품	시멘트 및 콘크리트 제품	철강·차제품	금속·기공제품	제조업	전력, 가스 및 증기
곡물 및 식량작물, 기타작물	982	4,176	1,500	3,925	4,425	407,565	2,915
채소 및 과실	242	822	494	1,894	3,215	143,735	817
낙농	0	0	0	0	0	1,423	0
축육(한우·우)	0	0	0	0	0	1,317	0
기타 축산(양돈, 가금, 기타축산)	0	0	0	0	0	117,603	0
영림	126	450	332	861	1,240	12,318	575
원목	0	0	89	0	419	9,772	0
임산물	0	0	0	0	4	24,865	0
수산물	84	284	172	667	1,115	59,108	283
농림어업 서비스	0	0	0	0	0	0	0
음식료품	4,821	21,218	12,557	50,374	68,291	1,530,584	29,891
목재	1,343	32	4,898	10,251	32,023	147,227	2,575
목제품	16,385	17,792	22,005	47,032	147,236	562,605	3,656
별표	-133	-1,011	-219	-950	-1,114	-7,211	0
종이류 및 종이제품, 인쇄	16,859	151,245	56,885	96,429	544,830	4,471,457	18,606
목재·가구	734	47	5	3	537	71,024	128
농업 및 건설용 기계	1,135,169	507	36,291	12,451	2,945	130,610	0
석탄 및 석유제품	21,619	2,930,953	395,571	340,102	532,886	20,583,225	2,801,210
시멘트 및 콘크리트 제품	139	43,585	3,179,502	65,989	90,507	229,000	3,911
철강·차제품	650,683	237,451	639,132	18,400,231	12,019,538	22,112,607	75,645
금속·기공제품	1,058,581	1,415,814	315,354	701,492	13,230,269	36,835,044	464,053
기타 제조업	3,456,084	4,214,395	1,254,374	7,565,619	17,998,490	368,764,076	3,919,689
전력, 가스 및 증기	99,728	2,496,297	540,491	5,234,602	1,602,280	16,379,766	13,857,113
신재생에너지	6,010	63,635	32,601	205,801	83,548	875,050	62,998
수도	739	18,235	9,575	53,581	46,417	149,655	15,056
폐기물 처리 및 자원재활용서비스	9,139	92,027	96,693	1,831,990	403,259	3,783,163	90,021
광산물	13	62,691	2,332,304	285,535	12,083	888,201	469,544
건설	9,507	72,636	9,242	119,716	102,241	775,492	484,609
도소매 및 상품중개서비스	643,269	1,279,557	625,894	1,819,824	3,075,882	46,967,233	592,360
운송서비스	379,783	1,055,468	3,727,935	2,996,375	2,457,331	29,025,098	300,150
음식점 및 음료점(외식)	75,365	388,177	145,436	551,769	926,053	7,340,785	295,135
서비스 및 기타	709,406	5,923,590	1,615,474	7,205,645	6,204,374	63,976,200	4,864,921
중간투입계	8,296,677	20,490,073	15,054,587	47,601,198	59,590,324	626,368,597	28,355,861
부가가치계	3,037,324	34,359,169	5,210,686	19,182,213	36,802,290	381,702,223	25,720,318
총투입계	13,413,756	136,929,850	20,740,355	95,280,130	103,432,450	1,257,070,864	93,070,639

에너지원 투입액 (단위: 백만 원)	농업 및 건설용 기계	석탄 및 석유제품	시멘트 및 콘크리트 제품	철강1차제품	금속가공제품	제조업	전력, 가스 및 증기
무연탄	0	35,894	0	54,082	0	21,573	6,042
유연탄	0	0	0	0	0	0	0
연탄	0	0	0	0	0	350	0
원유	0	7,673	0	0	0	1,329	0
나프타	0	0	0	0	0	13,282,099	0
휘발유	7,926	168,641	26,039	29,667	100,247	747,802	69,342
제트유	0	0	0	0	0	416,726	0
등유	855	18,443	3,566	10,010	14,779	106,829	61,967
경유	6,549	207,553	255,889	50,276	175,805	1,401,237	326,780
중유	658	224,429	22,893	8,882	9,604	456,723	2,100,972
액화석유가스	1,697	15,321	8,377	36,101	58,776	412,205	221,679
수력	1,163	12,068	6,436	40,377	16,242	170,532	11,870
화력	72,948	759,148	403,796	2,447,811	1,018,833	10,372,862	751,043
원자력	16,374	171,104	90,572	571,686	228,591	2,366,469	168,344
자가발전	0	98,096	24,507	1,680,307	895	217,494	0
신재생에너지	6,010	63,635	32,601	205,801	83,548	875,050	62,998
천연가스(LNG)	0	0	0	0	0	0	462,542
도시가스	9,243	47,479	15,180	494,421	337,719	1,859,541	11,236,402
증기 및 온수공급	0	1,408,402	0	0	0	1,392,868	1,689,454
에너지원 투입액 합계	123,423	3,237,886	889,856	5,629,421	2,045,039	34,101,689	17,169,435
온실가스 순배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	87,466	58,100,658	25,708,610	96,601,110	4,937,880	66,637,855	247,927,090
온실가스 총배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	87,466	58,100,658	25,708,610	96,601,110	4,937,880	66,637,855	247,927,090

(단위: 백만 원)	신재생에너지	수도	폐기물 처리 및 자원재활용서비스	광산품	건설	도소매 및 상품중개서비스	운송서비스
곡물 및 식량작물, 기타작물	530	246	1,323	1,267	39,458	29,355	11,775
채소 및 과실	62	171	1,597	425	5,233	17,920	3,952
낙농	0	0	0	0	0	0	0
축육(한우)	0	0	0	0	0	0	0
기타 축산(양돈, 가금, 기타축산)	0	0	0	0	0	0	0
영림	112	44	908	149	227,750	24,515	4,014
원목	0	0	0	2,322	57,168	0	0
임산물	0	125	0	0	0	0	0
수산물	22	59	554	147	1,815	4,300	1,371
농림어업 서비스	0	0	0	0	177	0	0
음식료품	9,547	5,069	5,440	8,084	82,868	971,530	237,675
목재	7,599	0	7,769	2,735	2,106,811	10,243	49,964
목제품	50,385	-648	2,772	1,433	1,153,945	123,457	632,337
별표	0	0	-28,407	0	0	-38,253	-1,872
종이류 및 종이제품, 인쇄	7,594	13,074	65,245	6,564	450,142	2,768,728	659,849
목재가구	0	15	4,575	0	1,342,893	96,005	46,538
농업 및 건설용 기계	0	353	5,129	40,102	87,796	4,602	1,141
석탄 및 석유제품	65,148	27,617	363,055	110,826	2,212,653	5,360,389	17,904,741
시멘트 및 콘크리트 제품	4	3,625	21,005	5,945	16,097,991	7,476	67,767
철강(1차제품)	317	45,728	-22,532	5,944	14,170,388	-7,750	21,657
금속가공제품	369,782	2,671	127,799	60,580	21,005,015	498,828	792,744
기타 제조업	1,597,785	807,088	1,571,991	409,905	36,419,704	8,852,472	13,029,119
전력, 가스 및 증기	109,907	552,382	536,276	91,178	849,495	3,554,540	2,145,218
신재생에너지	6,109	36,897	34,380	5,873	50,161	219,890	106,353
수도	0	13,460	55,536	8,194	27,148	62,660	64,178
폐기물 처리 및 자원재활용서비스	73,573	5,907	732,574	3,344	125,984	42,218	297,896
광산품	0	0	36,200	2,180	207,971	0	0
건설	11,028	15,303	28,991	16,648	87,266	302,953	216,840
도소매 및 상품중개서비스	168,156	78,608	301,485	56,316	8,231,588	11,439,875	2,843,913
운송서비스	12,804	3,434	1,434,821	620,409	2,400,474	20,834,978	10,416,996
음식점 및 음료점(외식)	133,897	33,162	396,724	90,633	1,033,439	11,591,092	1,830,343
서비스 및 기타	513,178	184,296	2,859,509	687,399	35,138,246	57,648,624	18,704,871
중간투입계	3,137,539	1,828,686	8,534,719	2,238,602	143,613,579	124,420,647	70,089,380
부가가치계	708,955	2,712,059	10,705,761	2,024,019	121,496,631	152,061,985	56,486,777
총투입계	4,004,716	4,603,472	19,505,588	4,286,453	275,140,433	285,538,557	155,289,962

에너지원 투입액 (단위: 백만 원)	신재생에너지	수도	폐기물 처리 및 자원재활용서비스	광산품	건설	도소매 및 상품중개서비스	운송서비스
무연탄	0	0	20,028	1,762	0	0	0
유연탄	0	0	0	0	0	0	0
연탄	0	0	0	0	1,149	9	8,640
원유	0	0	0	0	0	0	0
나프타	0	0	0	0	0	0	0
휘발유	11,892	2,345	32,904	6,785	148,537	2,021,623	246,719
제트유	0	0	0	0	0	3,045	3,888,822
등유	3,540	322	3,508	1,056	22,249	137,625	26,975
경유	11,314	23,413	301,823	85,434	1,718,476	3,038,133	11,964,747
중유	15,606	380	3,444	7,136	20,112	21,309	508,950
액화석유가스	22,288	1,075	5,827	3,965	25,268	83,489	747,148
수력	1,121	7,040	6,474	1,139	9,674	42,298	20,277
화력	70,898	441,692	401,704	71,392	600,016	2,676,912	1,277,554
원자력	15,880	99,073	91,098	16,018	136,441	599,781	286,376
자기발전	0	0	19,336	637	0	0	3
신재생에너지	6,109	36,897	34,380	5,873	50,161	219,890	106,353
천연가스(LNG)	0	0	0	0	0	0	0
도시가스	22,008	4,577	17,369	1,992	71,228	105,511	536,728
증기 및 온수공급	0	0	295	0	32,136	130,038	24,280
에너지원 투입액 합계	180,656	616,814	938,190	203,189	2,835,447	9,079,663	19,643,572
온실가스 순배출량 (단위: 톤 CO_2e /년)	818,690	199,386	17,218,333	4,341,668	2,136,740	3,107,937	100,988,890
온실가스 총배출량 (단위: 톤 CO_2e /년)	818,690	199,386	17,218,333	4,341,668	2,136,740	3,107,937	100,988,890

(단위: 백만 원)	음식점 및 음료점(외식)	서비스 및 기타	중간누요계	최종누요계	총누요계	총산출액
국물 및 서빙차량, 기타차량	719,655	983,169	13,916,844	55,103	13,971,947	13,971,947
채소 및 과일	3,955,473	329,048	6,937,427	9,586,826	16,524,253	16,524,253
농산물	0	0	2,434,457	143,574	2,578,031	2,578,031
축우(한우)	0	133,837	5,657,587	18,810	5,676,397	5,676,397
기타 축산(양돈, 가금, 기타축산)	721,942	331,928	9,902,278	1,872,813	11,775,091	11,775,091
영업	6,820	47,338	419,417	750,402	1,169,819	1,169,819
원목	0	586	432,053	10,289	442,342	442,342
임산물	423,283	21,968	722,161	450,703	1,172,864	1,172,864
수산물	2,903,858	243,269	5,657,706	2,709,958	8,367,664	8,367,664
농림어업 서비스	0	68,328	1,249,556	5,416	1,254,972	1,254,972
음식료품	40,019,642	7,101,491	75,880,106	62,085,758	137,965,864	137,965,864
목재	5,066	79,048	4,136,340	183,890	4,320,230	4,320,230
목제품	192,512	92,910	3,574,866	403,969	3,978,835	3,978,835
펄프	-1,798	-270,265	333,558	-150,682	182,876	182,876
종이류 및 종이제품, 인쇄	654,877	10,940,033	32,420,599	5,710,127	38,130,726	38,130,726
목재가구	165,685	1,952,919	3,812,338	4,563,410	8,375,748	8,375,748
농업 및 건설용 기계	0	132,557	1,697,237	11,716,519	13,413,756	13,413,756
석탄 및 석유제품	1,347,616	12,587,399	69,529,691	67,400,159	136,929,850	136,929,850
시멘트 및 콘크리트 제품	118,191	374,892	20,349,461	390,894	20,740,355	20,740,355
철강(차제품)	-2,076	328,913	68,833,112	26,447,018	95,280,130	95,280,130
금속가공제품	799,012	3,449,712	83,669,640	19,762,810	103,432,450	103,432,450
기타 제조업	5,659,892	89,984,655	587,143,394	669,927,470	1,257,070,864	1,257,070,864
전력, 가스 및 증기	2,380,997	22,096,592	76,169,289	16,901,350	93,070,639	93,070,639
신재생에너지	95,245	1,082,422	3,175,647	829,069	4,004,716	4,004,716
수도	380,864	1,600,003	2,593,554	2,009,918	4,603,472	4,603,472
폐기물 처리 및 자원재활용서비스	1,625,299	4,319,718	14,576,615	4,928,973	19,505,588	19,505,588
광산품	2,106	28,169	4,350,479	-64,026	4,286,453	4,286,453
건설	253,142	11,710,615	14,431,932	260,708,501	275,140,433	275,140,433
도소매 및 상품중개서비스	13,027,112	36,474,296	142,844,365	142,694,192	285,538,557	285,538,557
운송서비스	1,045,887	14,343,503	99,137,560	56,152,402	155,289,962	155,289,962
음식점 및 음료점(외식)	1,551,613	39,049,473	67,011,172	91,255,073	158,266,245	158,266,245
서비스 및 기타	19,872,698	264,287,645	505,109,763	978,346,373	1,483,456,136	1,483,456,136
증권투입계	97,924,613	523,906,171	1,928,110,204	2,437,807,061	4,365,917,265	4,365,917,265
부가가치계	51,570,908	912,302,710	1,900,740,904			
총투입계	158,266,245	1,483,456,136	4,365,917,265			

에너지원 투입액 (단위: 백만 원)	음식점 및 음료점(외식)	서비스 및 기타	중간누요계
무연탄	0	4,324	143,705
유연탄	0	0	0
연탄	28,897	14,043	65,158
원유	0	0	9,002
나프타	0	1	13,282,100
휘발유	118,849	2,989,643	6,974,583
제트유	0	348,625	4,661,085
등유	450,770	757,792	1,772,684
경유	339,132	6,273,456	27,478,778
중유	12,588	533,888	4,050,470
액화석유가스	384,766	1,397,335	3,473,029
수력	17,979	283,605	688,197
화력	1,137,636	14,677,011	39,664,539
원자력	254,857	2,890,621	8,560,544
자기발전	0	546,954	2,632,241
신재생에너지	95,245	1,082,422	3,175,647
천연가스(LNG)	0	0	462,542
도시가스	933,623	3,400,682	19,373,266
증기 및 온수공급	36,902	297,719	5,250,502
에너지원 투입액 합계	3,811,244	35,498,121	141,718,072
온실가스 순배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	1,401,144	11,797,946	629,857,790
온실가스 총배출량 (단위: 톤 $CO_2eq./년$)	1,401,144	11,797,946	669,407,380

본 보고서에 대한 지적재산권은 한우자조금관리위원회에 있으며,
본 연구결과 및 내용의 일부 또는 전부를 인용하는 경우에는 한우
자조금관리위원회 자료 인용에 대한 내용을 명기한 경우에만 사전
승인 없이 무상으로 인용할 수 있음

