

발 간 등 록 번 호

11-1543000-004180-01

© 2021-70 | 2021. 12. |

# 저탄소농업 활성화 방안 연구

연구기관  
한국농촌경제연구원

A large graphic on the left side of the page features a circular design with concentric lines and a blue-to-white gradient. The letters 'KREI' are prominently displayed in the center of this graphic.

**KREI**

The logo of the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, featuring a stylized Korean Taegeukgi symbol in red and blue.

농림축산식품부

## 연구 담당

---

**정학균** | 연구위원 | 연구 총괄, 제1, 3, 4, 6, 7, 8장 집필

**성재훈** | 부연구위원 | 제2, 3, 4, 7장 집필

**임영아** | 부연구위원 | 제4장 집필

**김현정** | 연구원 | 자료수집 및 분석, 제2, 5장 집필

수탁연구보고 C2021-70

## 저탄소농업 활성화 방안 연구

---

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2021. 12.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | (주)프리비

※ 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.

무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 「저탄소농업 활성화 방안 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2021년 12월

연구 기관: 한국농촌경제연구원

연구 책임자: 정 학 균 (연구위원)

연구 참여자: 성 재 훈 (부연구위원)

임 영 아 (부연구위원)

김 현 정 (연구원)



## 연구 목적

- 2050 탄소중립이 2020년 10월에 선언된 이후 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법안」이 2021년 9월에 공포되어 탄소중립 추진의 법적 근거를 갖추게 되었음. 이어서 ‘2050 탄소중립 시나리오 최종안」이 확정되어 2050년 농축수산부문 탄소 배출량은 2018년 2,470만 톤CO<sub>2</sub>eq 대비 37.7% 줄어든 1,540만 톤CO<sub>2</sub>eq이 될 전망이다. 따라서 농업 분야에서도 감축목표를 달성하기 위해 온실가스 감축 수단을 농업 현장에 효과적으로 적용할 수 있는 정책 수단 개발이 시급해졌음.
- 현재 농업인의 온실가스 감축을 지원하기 위한 사업이 추진 중이지만 시설원예 등 에너지를 이용하는 일부 농업인만 참여하는 등 활성화되지 못하고 있는 실정임. 이 연구는 이와 같은 배경에서 2050년 탄소중립 실현을 위한 농업 분야 온실가스 감축 정책사업 발굴 및 제도 개선 방안을 도출하기 위해 추진되었음. 구체적으로 2030년 국가 온실가스 감축목표와 2050 탄소중립 시나리오 상의 감축 수단을 진단하고, 저탄소농업 관련 정책 수단을 체계적으로 평가하는 것을 목적으로 함. 그리고 농업인들의 온실가스 감축에 대한 인식, 감축 기술 수용성, 감축 기술 적용의 애로사항 등을 파악하고, 해외 주요국의 온실가스 감축 수단 및 정책을 살펴봄으로써 효과적인 저탄소농업 활성화 방안을 도출하는 것을 목적으로 함.

## 연구 방법

- 이 연구는 저탄소농업 기술 및 관련 정책에 대한 국내외 문헌을 검토하고 저탄소농업 정책 관련 통계자료를 분석함. 2030년 국가 온실가스 감축목표와 2050 탄소중립 시나리오 상의 감축 수단을 진단하기 위해 농촌진흥청 전문가에게 원고 위탁을 추진함. 그리고 저탄소농업에 대한 지원사업 참여농가를 대상으로 사업에 대한 만족도, 사업 참여시 애로사항, 사업 개선 사항 등에 관한 설문조사를 실시함.

- 바이든 정부가 들어서면서 미국이 신기후체제에 복귀하고 탄소중립을 선언하는 등 국제 기후변화 대응의 리더십을 회복하고 있는 점을 감안하여 미국의 농업분야 저탄소농업 감축 및 정책 수단을 알아보기 위해 전문가에게 원고 위탁을 추진함. 정책담당자와 전문가들을 대상으로 분석 결과의 타당성과 정책대안의 적절성을 알아보기 위해 전문가 협의회를 수시로 개최함.

## 연구 결과

- 2018년 농업분야 배출량은 2,120만 톤CO<sub>2</sub>eq으로 국가 총배출량의 2.9%를 차지하고 있으며, 농작물 재배(경종)에 의한 배출량(벼재배, 농경지 토양, 작물잔사소각)은 소폭 감소하지만 축산(장내 발효, 가축분뇨 처리) 배출량 증가로 과거 10여 년간(2008년~2018년) 일정한 수준을 유지한 것으로 나타났음. 경종 재배면적은 줄어들지만 축산 사육두수가 늘어날 것으로 예상됨에 따라 농축산분야 비에너지부문 배출량은 2050년까지 조금씩 증가할 것으로 전망됨.
- 2020년 기준 2030 감축 로드맵을 평가한 결과, 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화 시설, 양질조사료, 에너지 절감 시설의 경우 목표를 달성하였으나, 논물관리, 신재생에너지 시설의 경우 목표를 달성하지 못한 것으로 나타남. 또한 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화 시설의 경우 목표는 달성하였으나 2030년 목표를 달성하기에는 2020년 목표가 매우 낮은 수준으로 평가됨. 따라서 탄소중립 선언으로 2030년 감축목표가 상향된 점을 고려할 때 향후 감축목표 달성이 쉽지 않을 것으로 판단됨.
- 감축 수단별로 정책 추진과 관련된 고려사항을 진단한 결과는 아래와 같음.
  - 모니터링의 경우 대부분 간소화가 가능한 것으로 진단되었으나 축산생산성 향상 등 간소화가 쉽지 않은 수단도 있는 것으로 나타났음.

- 배출계수는 저메탄사료 보급 등 아직 개발되지 않은 수단도 있어 배출계수 개발이 필요한 것으로 나타남.
- 적용 단위는 대부분 농가 단위와 지역단위가 가능한 것으로 보이며, 이행비용의 경우 대체로 시설이 투입되는 수단의 경우에 높게 나타났음.
- 공간 타켓팅의 경우에는 질소질비료나 가축분 퇴액비에서 유래한 환경오염이 있는 경우 필요한 것으로 제시되었음.
- 농가 규모의 경우 대부분의 수단이 대규모와 소규모 모두에 적용하는 것이 가능한 것으로 나타났음.
- 대부분의 수단에서 공적 편익이 발생하는 것으로 제시되었으며, 사적 편익의 경우는 존재하는 수단도 있지만, 자료 부족 등으로 판단하기 쉽지 않은 경우도 있었음.
- 시설투자의 경우 논물 얇게 대기, 축산생산성 향상, 에너지화 및 정확율 제고, 고효율설비 증가, 농기계 경유/등유 사용률 감소 등의 수단이 필요한 것으로 나타났음.

○ 저탄소농업 지원정책 추진실적을 평가한 결과를 보면, 2020년 기준 자발적 온실가스 감축사업의 경우 감축량이 9,700 톤CO<sub>2</sub>eq으로 크게 낮았음. 저탄소 농축산물 인증을 받은 농가는 4,700여 농가로 전체 사업대상자의 2.7% 정도로 나타났고, 탄소배출권거래제 외부사업의 경우 실적이 늘어나는 추세이지만 2020년 기준 3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq에 그침.

- 농가 규모별 지원정책 추진현황을 보면 저탄소 농축산물 인증은 10 ha 이상이 71.0%로 가장 큰 비중을 차지하며, 자발적 감축사업과 외부사업은 1 ha 미만이 각각 78.8%, 81.3%로 가장 큰 비중을 차지함.
- 농가 감축 규모별 지원정책 추진현황(농가 수)을 보면, 저탄소 농축산물 인증은 10~100 톤 CO<sub>2</sub>eq 미만과 100 톤CO<sub>2</sub>eq 이상의 비중이, 자발적 감축사업은 10~100 톤CO<sub>2</sub>eq 미만의 비중이, 외부사업은 10~100 톤CO<sub>2</sub>eq 미만과 100 톤CO<sub>2</sub>eq 이상의 비중이 많았음.

- 2050 온실가스 감축 수단과 공익직불제, 농업환경보전프로그램의 관계를 비교한 결과, 질소질비료 사용 절감의 경우 기존 제도, 기본직불제의 준수사항인 ‘화학비료 사용기준 준수’와 선택직불제 중 ‘친환경농업직불의 유기농업’, 농업환경보전프로그램의 ‘외부양분 투입 감축’, ‘적정 양분 투입’ 활동과 중복되는 것으로 나타남. 농기계 경유/등유 사용률 감소는 선택직불제 중 친환경농업직불의 유기 과수재배와 농업환경보전프로그램의 무경운, 최소경운 활동과 중복이 되나, 기존 제도의 경우 지원 대상이 한정적이고 농기계 사용률 감소를 통한 경유/등유 수요 절감을 의미함. 2050 온실가스 감축 수단으로 제시된 농기계 전기·수소 전환 방안과는 차이가 있는 것으로 나타남.
  
- 농업인을 대상으로 저탄소농업 기술 수용의 애로사항을 조사한 결과 감축 수단별로 차이가 나타났으며, 조사 결과는 저탄소농업 기술 수용률 제고를 위해 초기 비용 지원, 경제적 인센티브 제공, 홍보 및 교육 등이 필요함을 시사함.
  - 간단관개 기술, 무경운 및 최소경운 기술, 녹비 작물 재배기술: ‘농산물 생산량 감소’, ‘노동력 등 생산비 증가’, ‘해당 기술 잘 모름’
  - 순환식 수막재배 기술, 지열히트펌프 기술, 다겹보온커튼 기술: 초기 높은 설치비, 경영비 부담
  - 공동자원화시설: 비싼 처리비용; 양질조사료: 볏짚에 비해 비싼 가격; 메탄 저감/적정단백질 사료: 경영비 상승
  
- 해외 주요국의 감축 정책을 조사한 결과, 주요국은 저탄소농업을 실천하는 농업인 지원을 확대하고 있으며, 조사 결과는 우리나라도 기존의 농업환경보전 관련 정책을 보강함으로써 저탄소농업 실천농가를 적극적으로 지원할 필요가 있음을 시사함.
  - 유럽연합(EU): 온실가스 감축 지원 지속 확대, 생태 제도와 농업·환경·기후 책무(AECC) 직불을 통해 지원 추진



- 미국: 재정적 인센티브 관련 정보 제공하며, 보전유보 프로그램과 보전책무 프로그램 강화로 저탄소농업 실천농가 지원

## 정책 제언

- 탄소 의무감축 이행에 대응한 저탄소농업 활성화의 비전은 “저탄소농업 활성화를 통한 지속가능한 농업 실현”으로 설정되었으며, 비전 실현을 위한 저탄소농업 활성화의 목표는 2030년도와 2050년도의 농축산분야 온실가스 감축목표로 설정됨.
- 저탄소농업 활성화를 위한 정책 추진의 기본방향으로는 맞춤형 추진, 단계적 추진, 우선순위에 따른 추진, 경제적 인센티브 제공, 시장 활용, 홍보와 교육, MRV 시스템 및 통계 기반 구축 등으로 설정함. 핵심적으로 추진할 과제로는 법/제도 측면에서 기후변화 대응의 정책 우선순위 향상, 기후변화 대응을 타겟팅 한 농업환경지불금제도 설계가 필요하고, 경제적 인센티브 측면에서 감축활동에 대한 직접지불, 저탄소농업 지원사업 개선(농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업의 인센티브 상향 검토, 농가-기업간 협력을 통한 배출권거래제 외부사업 활성화, 서류 준비의 간소화 및 저탄소 농축산물의 시장차별화), 시설설치 지원정책 개선 등이 필요함. 뿐만 아니라 연구/개발, 교육/홍보, 산정·보고·검증 시스템 측면에서 적절한 정책을 반드시 추진할 필요가 있음.

**제1장 서론**

1. 연구의 배경 및 목적 ..... 1  
2. 선행연구 검토 및 차별성 ..... 5  
3. 연구방법 및 범위 ..... 10

**제2장 온실가스 감축의 이론적 접근**

1. 농업환경정책 수단 결정 ..... 13  
2. 저탄소직불제 도입의 이론적 근거 ..... 21  
3. 농업환경정책 설계 원리 ..... 23

**제3장 온실가스 감축 수단 분석**

1. 온실가스 배출현황 및 감축목표 ..... 31  
2. 온실가스 감축 수단 진단 ..... 35

**제4장 저탄소농업 정책 수단 분석**

1. 저탄소농업 관련 정책 현황 ..... 39  
2. 저탄소농업 관련 정책 평가 ..... 61

**제5장 농업인 인식조사 분석**

1. 농업인 ..... 67  
2. 저탄소농업 활성화 관련 지원사업 참여 농업인 ..... 70

**제6장 주요국의 감축 및 정책 수단**

1. 유럽연합(EU) ..... 83  
 2. 미국 ..... 91  
 3. 시사점 ..... 94

**제7장 저탄소농업 활성화 방안**

1. 비전 및 목표 ..... 95  
 2. 기본방향 ..... 97  
 3. 핵심 추진과제 ..... 100

**제8장 결론 ..... 115**

**부록**

1. 2050 탄소 중립 시나리오에 따른 감축 기술 분석 ..... 121  
 2. 온실가스 감축 수단 ..... 122  
 3. 예산 제약 하에서 적정 보상 수준 설정 ..... 123  
 4. 감축 수단의 비용과 편익 추정 결과 ..... 125  
 5. 설문조사표 - 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 ..... 128  
 6. 설문조사표 - 배출권거래제 외부사업 ..... 133  
 7. 설문조사표 - 저탄소 농축산물 인증제도 ..... 135  
 8. 최적 정책도출을 위한 감축 수단 진단- 경종 ..... 137  
 9. 최적 정책도출을 위한 감축 수단 진단- 축산 ..... 145  
 10. 사료 관리 계획의 개발과 실행의 5단계 ..... 153

**참고문헌 ..... 157**

## 표 차례

### 제1장

- 〈표 1-1〉 (약칭) 「탄소중립기본법」의 주요 내용 ..... 2
- 〈표 1-2〉 2050 탄소중립 시나리오의 농축수산부문 배출량 ..... 2

### 제2장

- 〈표 2-1〉 농업환경정책 수단 ..... 16
- 〈표 2-2〉 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 한 농업환경정책 수단 적용 ..... 19
- 〈표 2-3〉 정책 범위(policy spectrum) ..... 23
- 〈표 2-4〉 비용 효과적인 농업환경지불금 체계의 관점 ..... 24
- 〈표 2-5〉 동질성 및 이질성 조건에 따른 지불금 유형 ..... 28
- 〈표 2-6〉 비용효과성을 기준으로 지불금 설계 옵션의 정성적 평가 ..... 29

### 제3장

- 〈표 3-1〉 감축 수단 정의 ..... 35
- 〈표 3-2〉 감축 수단별 고려사항 진단 ..... 37

### 제4장

- 〈표 4-1〉 농축산 비에너지부문 감축목표 달성도 ..... 40
- 〈표 4-2〉 농축산 에너지부문 목표 달성도 ..... 41
- 〈표 4-3〉 인증 가능 품목 ..... 44
- 〈표 4-4〉 에너지절감량 목표 및 달성 현황 ..... 45
- 〈표 4-5〉 유기질비료지원사업 지급단가(국고) ..... 46
- 〈표 4-6〉 연차별 지원 한도 ..... 49
- 〈표 4-7〉 농업환경보전프로그램 활동 내용 ..... 49
- 〈표 4-8〉 농업환경보전프로그램 실증연구 지역 생태환경의 변화 ..... 51

〈표 4-9〉 연도별 가축분뇨 발생량 및 처리현황 ..... 53  
 〈표 4-10〉 연도별 재정투입 계획 ..... 54  
 〈표 4-11〉 공익직불제 기본구조 ..... 55  
 〈표 4-12〉 기본직불제 준수사항 ..... 56  
 〈표 4-13〉 경관보전직불제 대상작물 및 지급단가 ..... 58  
 〈표 4-14〉 선택직불제 주요 내용 ..... 59  
 〈표 4-15〉 저탄소 농업 기술별 지원정책 추진현황(2020년) ..... 62  
 〈표 4-16〉 농가 규모별 지원정책 추진현황(2020년) ..... 62  
 〈표 4-17〉 품목별 지원정책 추진현황(2020년) ..... 63  
 〈표 4-18〉 감축량별 지원정책 추진현황(2020년) ..... 64  
 〈표 4-19〉 기존 제도와 2050 감축 수단 관계 ..... 65

**제5장**

〈표 5-1〉 기술별 농가 수용성 ..... 69  
 〈표 5-2〉 저탄소농업 기술 도입 시점 및 주요 적용 기술 ..... 71  
 〈표 5-3〉 저탄소농업 직불제 도입 찬반 의견(지원사업 참여농가) ..... 72  
 〈표 5-4〉 직불금 단가 산정 방법(지원사업 참여농가) ..... 73  
 〈표 5-5〉 저탄소농업 활성화 지원사업 참여 계기 ..... 73  
 〈표 5-6〉 저탄소농업 활성화 지원사업 참여 요인 ..... 74  
 〈표 5-7〉 자발적 온실가스 감축사업 참여시 애로사항 ..... 75  
 〈표 5-8〉 배출권거래제 참여시 애로사항 ..... 75  
 〈표 5-9〉 저탄소 농축산물 인증제도 참여시 애로사항 ..... 76  
 〈표 5-10〉 자발적 온실가스 감축사업 참여 만족도 ..... 77  
 〈표 5-11〉 배출권거래제 참여 만족도 ..... 77  
 〈표 5-12〉 저탄소 인증제 참여 만족도 ..... 78  
 〈표 5-13〉 기술 도입 후 영농비용 절감 및 생산량 증가 여부 ..... 79

〈표 5-14〉 저탄소 농축산물 인증 적용 후 농산물 판매량 및 가격 증가 여부 .....	79
〈표 5-15〉 향후 지원사업 참여 의향 .....	80
〈표 5-16〉 자발적 온실가스 감축사업 활성화 방안 .....	81
〈표 5-17〉 저탄소 농축산물 인증제 활성화 방안 .....	82

## 제6장

〈표 6-1〉 농업 및 토지이용의 잠재적 완화 옵션 .....	84
〈표 6-2〉 향상된 조건성의 준수사항: 기후변화 대응 관련 .....	85
〈표 6-3〉 미국 NCRS 보전 활동 중 주요 온실가스 감축 및 에너지 절감 활동 .....	91

## 제7장

〈표 7-1〉 농축산부문 2030 국가 온실가스 감축목표 .....	96
〈표 7-2〉 (약칭) 「탄소중립기본법」의 주요 내용 .....	101
〈표 7-3〉 농업환경보전프로그램 사업대상 평가 및 선정 기준 .....	102
〈표 7-4〉 농업부문 탄소 감축활동(안) .....	105

**제1장**

〈그림 1-1〉 연구흐름도 ..... 11

**제2장**

〈그림 2-1〉 농업환경정책 수단과 타겟팅 ..... 14

〈그림 2-2〉 투입재 바탕 구조와 성과 바탕 구조 ..... 15

〈그림 2-3〉 환경적 목표와 준거점 ..... 17

〈그림 2-4〉 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 한 농업환경정책 수단 분석 ..... 18

〈그림 2-5〉 자원 비용 및 목적 달성과 무관한 비용에 대한 그래프  
(후생 극대화화 이전 극소화) ..... 20

〈그림 2-6〉 저탄소직불제의 외부효과 분석 ..... 22

**제3장**

〈그림 3-1〉 농업 부문의 탄소순환 구조 ..... 32

〈그림 3-2〉 농업분야 부문별 온실가스 배출량(1990~2018) ..... 33

〈그림 3-3〉 농업분야 온실가스별 배출량(1990~2018) ..... 33

**제5장**

〈그림 5-1〉 자발적 온실가스 감축사업 인센티브 현재 수준의 적절성 ..... 80

〈그림 5-2〉 인센티브 희망 수준(①번 응답자) ..... 81

〈그림 5-3〉 감축 규모 선호 구분 기준(②번 응답자) ..... 82

〈그림 5-4〉 에너지 대비 비에너지 분야 인센티브 수준 (③번 응답자) ..... 82

**제6장**

〈그림 6-1〉 EU의 부문별 온실가스 배출량 ..... 83

---

〈그림 6-2〉 농업환경지불정책 예시: 온실가스 감축을 중심으로 ..... 87

## 제7장

〈그림 7-1〉 저탄소농업 활성화 기본방향 ..... 99

〈그림 7-2〉 공동농업정책의 9가지 목표 ..... 100

〈그림 7-3〉 영상물꼬 활용 물관리 시스템 구성 ..... 107



# 1

## 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

#### 1.1. 연구 배경

- 한국판 뉴딜 종합계획(2020년 7월)을 통해 기후변화 대응을 목표로 환경적 지속가능성을 달성하기 위한 '그린뉴딜'이 제안되었으며, 문재인 대통령은 2050년 탄소중립 목표를 선언함.
  - 정부는 탄소중립 사회로의 전환을 위한 「2050 탄소중립 추진전략」을 발표함(2020.12.7.)
  - 농림축산식품부는 2050 탄소중립을 위한 농식품분야 계획수립을 2021년에 추진기로 함.
  - 「기후 위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법안」(이하 「탄소중립기본법」) 국회 통과(2021.8.31.)하였고, 9월에 공포되었음. 「탄소중립기본법」은 2050년 탄소중립과 함께 2030년까지 2018년 대비 35% 이상 온실가스 감축을 법에 명시하였음. 또한 이를 달성하기 위한 수단으로 기후변화 영향평가, 온실가스 감축 인지 예산제도 등을 제시했음. 동법 제45조는 농림수산업의 전환 시책과 농업·농촌 및 식품산업 발전계획에 온실가스 감축과 기후 회복력 향상을 위한 시책을 반영하도록 명시함.

〈표 1-1〉 (약칭) 「탄소중립기본법」의 주요 내용

	주요 내용
제 7조	• 2050년 탄소중립 국가 비전 설정
제 8조, 제 9조	• 2030년까지 2018년 대비 35% 이상 감축, 이행 점검(매년) 및 재검토(5년)
제 23조	• 기후변화 영향평가
제 24조	• 온실가스 감축 인지 예산제도
제 26조, 제 27조	• 공공부문 및 관리 업체의 온실가스 목표 관리
제 33조	• 탄소흡수원 등의 확충
제 37조, 제 39조, 제 41조	• 기후위기 적응 대책 수립, 탄소중립 녹색성장 위원회의 심의, 공공기관의 기후위기 적응 대책
제 43조	• 기후위기에 대응을 위한 물 관리: 안정적인 수자원 확보 등
제 45조	• 농림수산 전환 시책 수립 및 시행 • 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제14조에 따른 농업·농촌 및 식품산업 발전계획을 수립·시행할 경우 온실가스 감축과 기후 회복력을 높이는 시책 반영

자료: 저자 작성.

- ‘2050 탄소중립 시나리오 최종안’이 확정되어 2050년 농축수산부문 탄소 배출량은 2018년 2,470만 톤CO<sub>2</sub>eq 대비 37.7% 줄어든 1,540만 톤CO<sub>2</sub>eq임(2021.10.18.).

〈표 1-2〉 2050 탄소중립 시나리오의 농축수산부문 배출량

단위: 백만 톤CO<sub>2</sub>eq

구분	부문	'18년	A안	B안
	배출량	686.3	0	0
배출	농축수산(합계)	24.7	15.4	15.4
	농축수산(에너지)	3.5	0.2	0.2
	농축수산(비에너지)	21.2	15.2	15.2

자료: 2050 탄소중립 시나리오(관계부처 합동, 2021).

- 2050 탄소중립 선언으로 농업분야 온실가스 감축 기술을 농업 현장에 효과적으로 적용할 수 있는 정책 수단 발굴이 시급함. 농촌진흥청을 중심으로 농업 생산과정에서 발생하는 온실가스 감축 기술(논물관리, 질소질비료 사용 경감, 가축분뇨 순환 확대 등)을 연구·개발<sup>1)</sup>하고 있으나, 현재 농업 현장 적용은 미흡한 상황임.

1) 논물관리(간단관개, 논물알게대기), 질소질비료 사용 경감(완효성비료 사용, 녹비작물 재배 등), 가축분뇨 순환 확대(퇴액비화, 에너지화), 토양 탄소저장(경운최소화 등)

○ 농업인의 온실가스 감축을 지원하기 위한 사업을 추진 중이나, 시설원예 농가 등 에너지를 집중적으로 이용하는 일부 농업인만 참여하는 등 대중화가 미흡한 상황임.

- 2020년 기준 자발적 온실가스 감축사업은 35건 등록 31건 인증 9,738 톤CO<sub>2</sub>eq 감축으로 매우 낮은 수준임. 저탄소 농축산물 인증 농가는 4,700여 농가에 그치고 있으며, 탄소배출권거래제 외부사업은 154개 농가(3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq) 정도임.

- 2019년을 기준으로 국가 온실가스 감축 로드맵 상 감축 수단의 이행실적을 보면<sup>2)</sup>, 논 간단관개의 경우 목표치(89.1%)보다 다소 낮은 87.3%였으며, 가축분뇨 에너지화 및 자원화시설 설치는 각각 33%, 51%였음. 양질조사료 보급 81%, 신재생에너지인 지열히트펌프와 목재펠릿 보일러 보급 각각 60%, 74%로 나타남. 에너지 절감 시설설치에는 다겹보온커튼, 순환식 수막 시스템, 보온터널 자동 개폐 장치 보급이 해당하며 각각 143%, 35%, 130%로 나타남. 초과 달성한 수단을 제외할 경우, 감축 수단의 보급에 따른 당초 온실가스 감축량 목표는 2019년 기준 68만 3,800 톤CO<sub>2</sub>eq이었는데 실제 감축량은 43만 9,800 톤CO<sub>2</sub>eq으로 감축량 목표 달성률은 64.3%였음(초과 달성한 수단까지 포함하면 103.1%).

○ 한편, 정부는 농가 소득 안정과 공익 증진을 위해 “공익형 직불제”를 2019년에 도입하고, 기본형·선택형으로 구분하여 현재 운영 중임. 환경·생태·공동체 보존 등 농업인 준수 사항<sup>3)</sup>을 정하여 미준수 시 직불금 감액 등의 조치를 취하고 있으나, 탄소중립 실천과는 적지 않은 괴리가 존재함.

○ 농업분야의 국가 탄소중립 목표 실현을 위해서는 저탄소농업의 활성화가 매우 긴요한 상황이며, 이를 위해 국내외 농업분야의 감축 및 정책 수단을 체계적으로 분석하고, 2050 탄소중립 실현을 위한 농업 분야 온실가스 감축 정책사업 발굴 및 제도 개선 방안을 제시하는 연구가 필요함.

2) 정학균·임영아·최진용·강경수(2020).

3) 화학비료 사용기준 준수, 비료 적정 관리, 가축분뇨 퇴액비 살포기준 준수, 공공수역 농약·가축분뇨 배출금지, 유해물질 잔류허용기준 준수, 영농폐기물의 적정 처리 등

## 1.2. 연구 목적

- 이 연구는 2050 탄소중립 실현을 위해 농업 분야 온실가스 감축 기술을 농업 현장에 효과적으로 적용할 수 있는 정책 수단 발굴이 시급한 가운데 추진됨. 연구의 주요 목적은 우선 감축 및 정책 수단을 체계적으로 분석하는 데 있음.
  - 2050 탄소중립 시나리오에 제시된 농업분야 온실가스 감축 수단 및 주요 선진국 농업 분야 온실가스 감축 수단 분석
  - 농업분야 온실가스 감축 기술 수요 조사·분석
  - 온실가스 감축 수단의 농업 현장 적용을 위한 국내외 정책 수단 분석
  
- 다음으로 2050 탄소중립 실현을 위한 농업 분야 온실가스 감축 정책사업 발굴 및 제도 개선 방안을 제시하는 데 있음.
  - 2050 탄소중립 실현을 위한 농업 분야 정책 수단 제시
  - 농업분야 온실가스 감축 수단 보급을 위한 신규사업 제안 및 제도 개선 방안 제안

## 2. 선행연구 검토 및 차별성

### 2.1. 국내외 연구 동향

#### 2.1.1. 온실가스 감축 수단 관련 선행연구

- 농업과학기술원(2005)은 농업부문의 온실가스 배출 저감 기술개발에 관한 5개년 연구 과제의 종합보고서에서 농경지 배출 온실가스 모니터링, 밭에서의 아산화질소 배출량 억제, 주요 지역별 농경지의 온실가스 저감 방법, 축산부문의 장내 발효와 가축분뇨에서의 온실가스 배출량 추정 및 저감 방법 등을 제시함.
- 노기안 외 5인(2009)은 농업부문의 온실가스 배출 특성, IPCC의 온실가스 배출추정 방법론의 변천 과정에 대한 소개와 온실가스 시료 채취 및 분석 방법 등을 설명함. 농업부문 온실가스 배출전망치 추정과 관련하여 농경지 유기질비료 사용 증가, 휴경지 보전, 바이오연료 생산을 위한 다년생초목 도입, 무경운 또는 최소경운 실천, 유기농법 확대 등 이용 가능한 방법별로 농경지 단위면적 당 미래의 탄소흡수 잠재량을 추정하였음.
- 농업기술실용화재단(2011)은 물관리 기술, 녹비 작물 재배기술, 맞춤형 비료를 통한 비료 사용량 감축, 온실 빗물 재활용 기술, 토양 탄소 축적기술 등 저탄소 친환경 재배·사양 기술의 온실가스 저감 잠재력, 경제적 분석 등을 시도하였음. 농업기술실용화재단(2019)은 2011년의 보고서를 갱신하였음.
- Niggli et al(2009)은 농업 부문의 연간 온실가스 배출량이 10~12% 정도임을 제시하면서 많은 도전과제에 직면하고 있음을 강조하였음. 온실가스 완화를 위한 방법으로는 무경운 재배와 농업 및 산림의 증가, 경종·축산의 혼합농업, 비료 사용의 감소 등이 있을 수 있으며, 유기농업 방식으로 제안된 기술들을 적극적으로 도입해야 함을 주장하였음.

- Norse(2012)는 온실가스 배출 저감을 위해 농업부문이 중요한 역할을 담당해야 한다는 점을 강조하고, 농업부문의 저탄소 성장을 위한 전략과 정책 방안을 제시하였음. 주요 방안으로는 종합 질소비료와 같이 탄소와 관련된 투입재나 화석연료의 사용 저감, 종합 질소비료를 퇴비 등 농업부산물로 대체하여 온실가스를 줄이는 것과 비료 및 퇴비의 과잉 사용 줄이기, 토양 관리를 통한 탄소고정의 증대 등이 있음.

### 2.1.2. 직접지불제 관련 선행연구

- 이규천 외 8인(1998)은 친환경농업직불제 도입을 위한 기초연구로 친환경농업 지원에 대한 찬반 논의를 정리하고, 친환경농업 실천농가의 생산비 분석을 통한 직불제 지원 단가를 제시하였음. 이를 기반으로 직불제 추진을 위한 법적·제도적 정비 방안 등을 제시함.
- 김창길, 김태영(2003)은 친환경농업 실천 농가와 일반농가의 소득 및 생산비 비교를 통해 친환경농업직불제 지원 단가 조정의 근거와 친환경농업직불금 지원의 연차별 차별화 방안 등을 제시함.
- 박동규 외 5인(2004)은 중장기 직접지불제 확충 방안에 관한 연구에서 친환경축산직불제의 기본 개념, 도입의 필요성, 시범사업에 대한 사전적 평가, 단계적 추진 방안 및 직불제 정착을 위한 핵심과제 등을 제시하였음.
- 김태곤, 정호근, 채광석(2009)은 주요 국가의 직접지불제 실시 동향을 살펴보고, 우리나라 직불제의 개편방안을 제시하였음. 식량자급률 향상을 위한 직불제의 중요성을 강조하였음. 또한 농업·농촌이 가지는 다원적 기능에 대한 국민들의 기대가 높아짐에 따라 농업자원의 유지, 환경보전, 다원적 기능 확산을 위한 ‘공익형’ 직불제의 확충을 강조하였음.
- 김창길 외 4인(2009)은 주요 품목을 대상으로 친환경 농산물 인증 유형별 생산비 및 소득격차의 체계적인 분석을 바탕으로 친환경농업직접지불제의 개선 방안을 도출하였음.

또, 주요국의 다양한 환경기준 준수 사례를 분석하고, 신규 환경적 상호준수(ECC) 정책 도입 방안을 제시하였음.

- 김태곤, 채광석, 허주녕(2010)은 직불제에 의해 공익적 기능이 발휘되고 농산물 가격이 인하되는 등 소비자가 실질적으로 수혜를 받는 효과가 나타나야 함을 강조하면서 이를 고려하여 농가에 대한 소득 보전이 이루어져야 함을 주장하였음. 국가와 지자체의 필요에 따라 다양한 형태의 공익적 기능을 발휘하는 직불제 도입에 대한 세부 프로그램을 제시하였음.
- 경기개발연구원(2010)은 경기도의 농업부문의 온실가스 감축 수단으로 지역별 주요 작물의 탄소 고정 능력을 평가하여 지역단위 인벤토리를 구축하고, 탄소고정 능력이 높은 작물의 재배를 지원하기 위해 저탄소 직불제 시행을 제안함.
- 이진홍(2012)은 경기지역 이모작 작부체계에 따른 탄소고정의 효과를 탄소상쇄 효과와 연계하여 이모작의 영농추가비용을 보전하는 직접지불 방식의 정책적 지원체계 구축 방안을 제시함.
- 김창길 외 3인(2013)은 경제성공학적 방법론을 이용하여 저탄소농업 기술 적용의 추가비용을 분석함으로써 직불금 단가를 설정하였으며, 일본에서 시행 중인 메뉴 방식의 저탄소 직접지불제도(환경보전형농업 직접지원 교부금)를 상세히 조사하고 분석하여 국내 적용방안을 제시하였음. 특히 저탄소 농업육성을 위한 인센티브 지급방안으로 환경적 상호준수 프로그램(ECC, Environmental Cross- Compliance program) 형태의 저탄소 직접지불제도 도입 전략을 제시하였음.
- 김태훈 외 5인(2020)은 농업·농촌의 공익적 역할 제고에 부합하도록 공익직불제의 보완 과제와 운용 방향을 제언하는 연구를 수행함. 특히 공익직불제 개편 취지에 부합하도록 선택 직불의 체계 정립과 확충 방안을 제시함. 개편 중인 공익직불제의 의미와 미진한 부분을 도출하고, 개편 후 공익직불제 운용 방향, 선택 직불 확충 필요성과 체계, 선택 직불의 단계별 추진방안, 그리고 공익직불제 안착을 위한 기반 조성방안을 제시함.

- Lohr and Salonmonsson(2000)은 스웨덴의 농업 사례를 기초로 효용격차모델 (utility difference model)을 이용하여 관행농업에서 유기농업으로의 실질적인 전환이 이루어지기 위해서는 일정 기간의 유기전환 보조금(organic conversion subsidies)이 필요한 것으로 분석하였음. 이러한 분석 결과를 기초로 미국의 유기농업의 경우 시장 지향적 프로그램이 지배하고 있으나 실질적인 유기농업 육성을 위해서는 유기전환 보조금 도입 검토가 필요함을 제시함.
- O'Riordan et al(2001)은 일반농업에서 유기농업으로 전환되는 경우의 환경적인 변화와 경제적인 변화를 체계적으로 분석하였음. 경제적 분석 결과에 따르면 유기농업의 경우 일반농업에 비해 실천경력에 따라 차이가 있으나 생산비와 수익성을 동시에 고려하는 경우 수익성이 약 30% 차이가 발생하므로 유기농업 육성을 위해서는 최소한 수익성 차이를 보전할 수 있는 제도적 장치가 마련되어야 함을 제시함.
- Verschurr and van Well(2001)은 EU 15개국을 대상으로 유기농업을 촉진시키기 위한 경제적·재정적 수단에 대한 종합적인 평가를 시도하였음. 특히 유기농업을 상호준수 (cross-compliance) 프로그램으로 접근하여서 준수요건에 대한 검토와 사후관리(모니터링) 등을 위해 소요된 경제적 비용에 대한 분석도 이루어짐.
- Hermansen(2003)은 EU 유기축산 생산시스템에 대한 공공부분의 기대 요구사항 분석을 통해 안전성과 환경성의 인식도에 따라 관행 시스템에 비해 차별화된 가격 프리미엄 지불이 이루어질 수 있으며, 이러한 프리미엄이 인정되기까지 직불금 지급 등 사회적 관심이 필요함을 제시함.

### 2.1.3. 온실가스 관련 정책

- 김창길 외 4인(2011)은 기후변화가 농업, 산림, 수산업, 수자원, 식품·유통 등에 미치는 영향을 정성적, 정량적으로 분석하고, 농림수산식품산업의 온실가스 감축 잠재량을 산출하였음. 기후변화가 농림수산식품산업에 미치는 부정적인 영향을 최소화하고 긍정



적인 영향을 극대화하기 위한 다양한 대응 전략을 제시하였음. 김창길 외 6인(2011)은 또 농업·농촌 부문의 녹색성장을 실증적으로 분석하고 실효성 있는 녹색성장 추진전략을 제시하였음.

- 정학균 외 2인(2014)은 정책적인 목표를 반영하여 농업·식품 분야의 2020년 온실가스 감축 잠재량을 분석함. 또한 감축목표를 달성하기 위해 저탄소농업 기술의 개발 및 보급, 농업부문 신재생에너지 이용 확대, 농업부문 에너지 절감 시설 확대 등 온실가스 감축을 위한 주요 실천전략을 제시함. 정학균·김창길(2015)은 또 2020년 이후의 온실가스 감축 잠재량을 분석 제시함.
- 정학균 외 2인(2016)은 파리 기후변화협약 이후 농업부문의 온실가스 감축목표 달성을 위한 저탄소농업 활성화 방안을 도출함. 이 연구는 저탄소농업 기술의 적용실태분석, 저탄소인증 농산물에 대한 소비자 인식 조사분석을 기초로 저탄소농업 활성화를 위한 추진과제를 제시함.
- 정학균 외 3인(2018)은 신기후체제하에서 효과적인 기후변화 완화를 위한 농축산식품 부문의 체계적인 대응 전략을 제시함. 이 연구는 온실가스 완화 수단의 경제적 분석, 농업부문 상향식 모형을 활용한 정책 시뮬레이션 분석, 생산자 대응 수단 수용력 분석 등을 토대로 농축산식품부문 기후변화 대응 전략을 제시함.

## 2.2. 선행연구와의 차이점

- 이 연구는 2050년의 탄소중립 목표를 달성하기 위해 탄소중립 시나리오상의 감축 수단을 검토하고, 탄소중립 목표를 실현하기 위한 실행전략을 도출한다는 점에서 선행연구와 차별적임.
- 저탄소농업을 실천하는 농업인의 지원 사업에 대한 개선 방안을 도출하고 저탄소농업을 활성화하기 위한 실효성 있는 정책과제들을 제시한다는 점이 다름.

### 3. 연구방법 및 범위

#### 3.1. 연구방법

##### ○ 관련 문헌 및 기존 연구자료 조사

- 농촌진흥청, 국립농업과학원 유관기관 및 관련분야 학술지의 선행연구 결과물에 대한 검토
- EU, 미국의 농업부문 온실가스 감축 수단 및 감축 정책 관련 문헌 검토

##### ○ 통계자료 분석 및 계량 분석

- 온실가스 감축 정책 관련 통계자료 분석
- 정책 성과 등

##### ○ 설문조사 및 국내외 현지 방문 출장

- 농업부문 온실가스 감축 수단에 대한 농업인의 인식, 감축 수단 수용의사, 감축 정책(사업) 참여 의사, 감축 정책(사업) 개선에 따른 수용의사 등에 대한 설문조사 실시
- 온실가스 감축 수단을 적용하고 있는 농가를 대상으로 경제성, 애로사항 등 조사
- 연구자 직접 및 위탁 조사

##### ○ 정책담당자/전문가 협의회를 통해 분석 결과 및 사업추진 체계에 대한 적절성 의견수렴

- 정책담당자/전문가를 대상으로 실제 적용 가능한 감축 수단 및 관련 감축 정책(사업) 조사
- 정책담당자/전문가 협의회를 통해 분석 결과, 사업추진 체계 등 의견수렴
- 온실가스 감축 관련 연구 과제를 수행하는 기관을 방문하여 관련분야 자료수집

##### ○ 국내외 전문가 세미나 개최 및 관련 전문가에게 원고 위탁 추진

- 국내외 해외의 감축 및 정책 수단 발표
- 우리나라 저탄소농업 활성화를 위한 시사점 도출

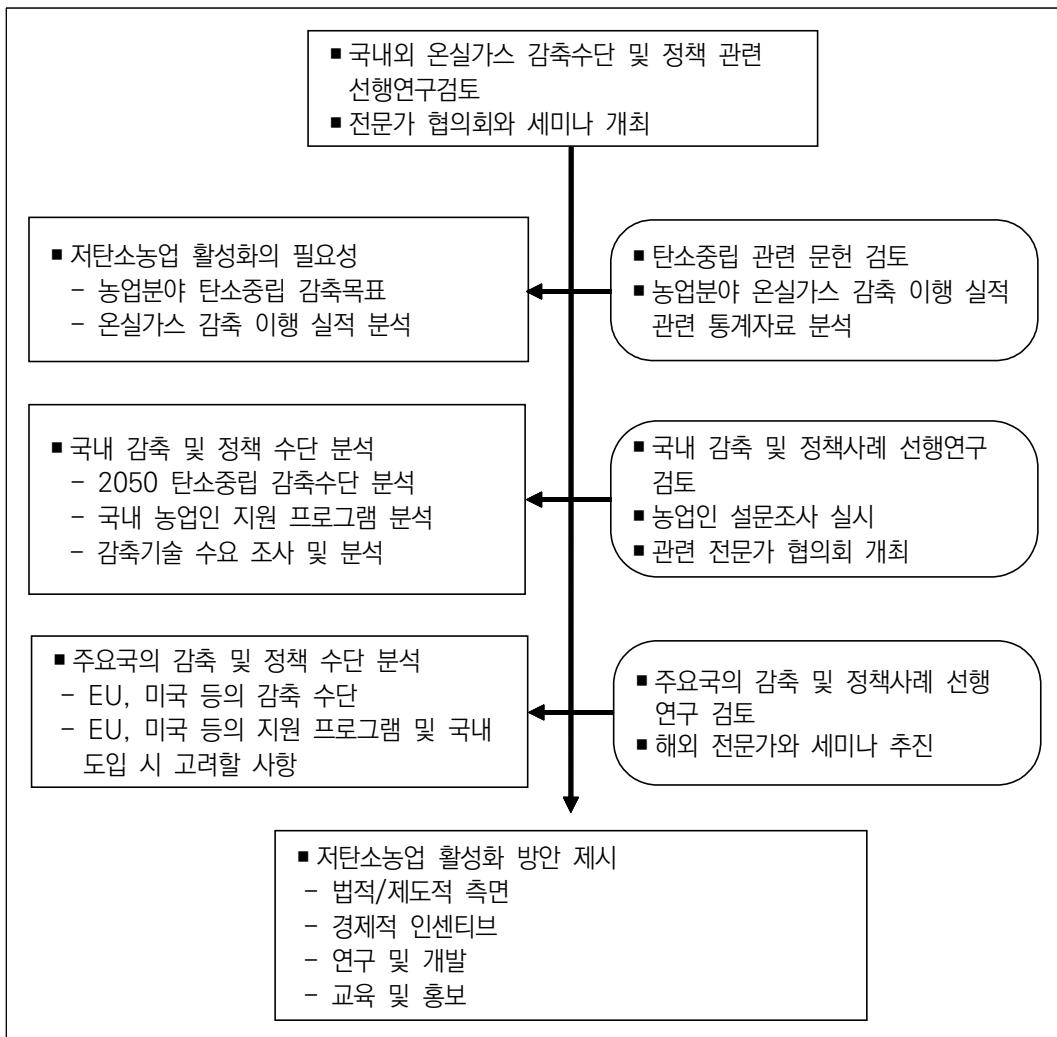
### 3.2. 연구범위

○ 저탄소 농업기술은 농업과 축산을 대상으로 하며 산림과 수산은 제외함.

- 분석 대상 기술은 전문가 조사 및 농가 조사 결과를 기초로 설정함.

○ 시간적 범위는 국가 탄소중립 목표 연도인 2050년까지이며, 공간적 범위는 농촌지역임.

〈그림 1-1〉 연구흐름도





# 2

## 온실가스 감축의 이론적 접근

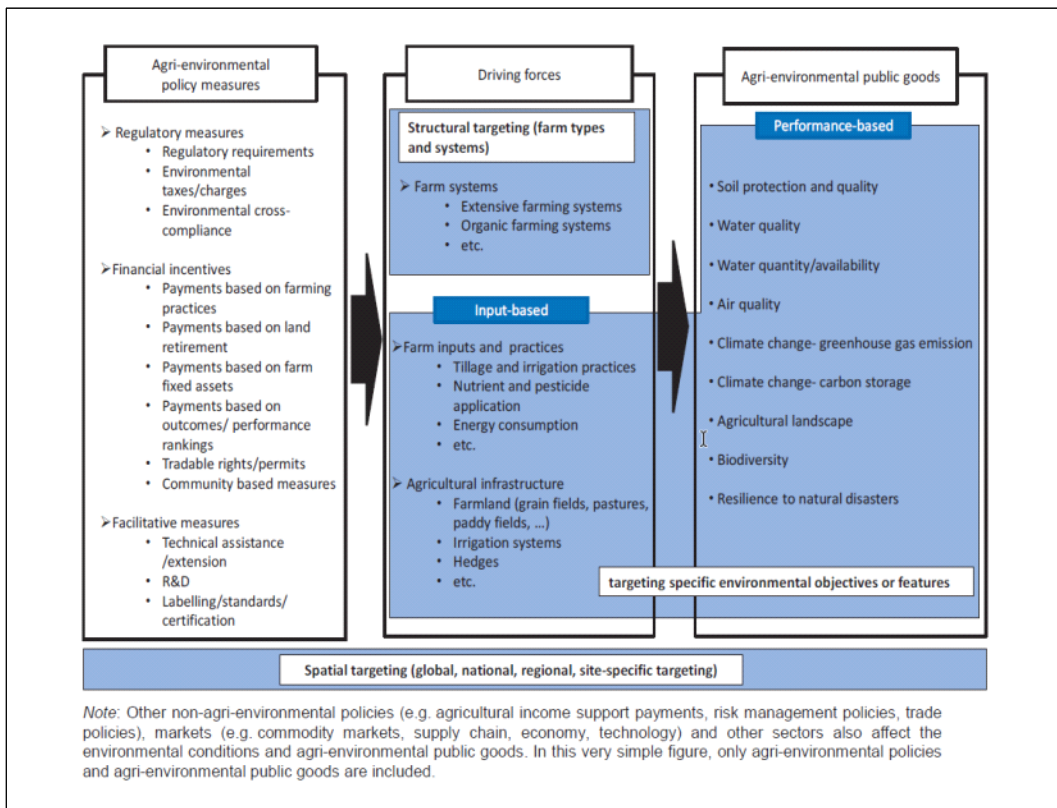
### 1. 농업환경정책 수단 결정

#### 1.1. 농업환경정책 수단 결정에 관한 논의: 타겟팅(targeting)을 중심으로

- 상호준수(cross-compliance)와 같이 정책 대상과 범위가 넓으며, 목표로 하는 환경적 결과가 명확하지 않은 정책의 한계를 극복하고, 적은 비용으로 더 나은 환경적 결과를 달성하기 위한 농업환경정책을 타겟팅이라 함.
  - 앞서 언급한 상호준수의 경우, 농가의 정책 이행 비용(transaction cost)·농가에서 생산할 수 있는 공익적 기능의 양과 질의 차이를 고려하지 못하는 반면, 타겟팅은 농가와 농업의 공익적 기능의 이질성 등과 같은 정책 대상의 맥락 특이성을 고려한다는 장점을 가짐.
- 농업환경정책의 타겟팅에는 세 가지 유형이 있음: 1) 공간적 타겟팅(spatial targeting), 2) 구조적 타겟팅(structural targeting), 3) 환경적 목표와 특징에 대한 타겟팅(targeting environmental objectives or features)

- 공간적 타겟팅은 정책 수단을 적용할 공간적 범위를 지정하는 것임. 이는 농업 부문의 부정적 외부효과가 심각한 지역을 중심으로 정책 수단을 적용하는 것뿐만 아니라 온실 가스 감축과 같은 국제적 이슈에 대한 대응 역시 포함됨. 즉, 공간적 타겟팅은 대상 지역의 크기와 공간적 분포, 그리고 적절한 행정 단위까지 고려하는 것으로 의미함.
- 구조적 타겟팅은 대상 지역 내의 정책 대상 품목, 생산시스템, 그리고 농가 유형을 설정하는 것을 의미함. 또한 이러한 구조적 타겟팅의 대상은 개별 농가뿐만 아니라 협동조합, 지역의 집합적 행위까지 포함함.
- 마지막으로 환경적 목표 혹은 특징에 대한 타겟팅은 정책 목표 혹은 타겟팅 대상이 되는 목표 변수(target variable)를 설정하는 것을 의미하며, 이러한 변수의 설정은 농업환경정책을 설계하고 수단을 선택하는 데에 큰 영향을 미침.

〈그림 2-1〉 농업환경정책 수단과 타겟팅



- 환경적 목표 혹은 특징에 대한 타겟팅의 정책 수단으로는 정책 목표에 직접적으로 영향을 주는 성과 바탕(performance-based)의 도구와 정책 목표에 간접적으로 영향을 주는 투입재 바탕(input-based)의 도구가 있으며, 수단별 장단점은 아래 <그림 2-2>와 같음.

<그림 2-2> 투입재 바탕 구조와 성과 바탕 구조

	Input-based instruments	Performance-based instruments
<b>Targeting</b>	<b>Means (driving forces)</b>	<b>Ends (agri-environmental public goods)</b>
Targeting variables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farm practices</li> <li>• Farm inputs (pesticides, fertilisers, fuels etc.)</li> <li>• Agricultural infrastructure (irrigation system, hedges etc.)</li> <li>• Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Water quality (nutrient runoff)</li> <li>• Soil protection and quality (sediment erosion)</li> <li>• Etc.</li> </ul>
Examples	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First-generation environmental policies for air and water quality protection (i.e. those enacted in the late 1960s and 1970s) such as the US Clean Water Act and Clean Air Act. These policies included bans on some pesticides, and regulations governing uses and practices for others.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Policy measures targeting performance estimated by annual average gross soil loss (soil protection and quality), estimates of nutrient surplus (water quality), and estimates of carbon being sequestered under various practices (carbon storage).</li> </ul>
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Easier to develop and can be the only feasible option.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gives farmers flexibility to choose the means, for which they will have incentives to do so at the minimum cost.</li> </ul>
Problems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limit the flexibility of farms to choose cost-effective options.</li> <li>• Reduced efficiency.</li> <li>• Risk of failure to achieve environmental objectives due to the focus on means rather than ends.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncertainty. The regulator is unable to observe or measure farmers' contributions to many agri-environmental public goods.</li> <li>• Lack of appropriate data or proxies.</li> <li>• Difficulty of designing policies.</li> </ul>

Source: Adapted from OECD (2010a), OECD (2010), *Guidelines for Cost-effective Agri-environmental Policy Measures*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086845-en>.

- 정책의 비용효과성 향상을 위해 정책 수단은 정책 목표와 가깝거나 직접적으로 연관되어 있어야 하며, 이를 달성하기 위한 정책 간의 조합은 필수적임.
  - 다만, 비용효과적인 정책 조합 구성을 위해 정책 조합으로 인해 발생하는 추가적인 비용과 효과(additionality)를 고려해야 하며, 다양한 정책 목표 간의 상충 관계를 조정할 수 있는 장치(mechanism) 역시 필요함.
- 효과적인 타겟팅과 정책 조합을 위해서는 앞서 언급한 정책적인 요소들뿐만 아니라 정책의 의도하지 않은 효과와 정책 대상들의 특징을 역시 추가적으로 고려해야 함.
  - 우선 타겟팅은 정책 수혜 대상이 제한적이기 때문에 형평성에 관한 문제가 있을 수 있다는 단점이 있음. 따라서 정책 수립에 있어 형평성에 대한 고려가 필요함.
  - 또한 농가들의 내적인 요소(관습 혹은 수단에 대한 인지 과정 등)와 사회적 요소(규범과 문화 등)에 대해서도 고려해야 함.

## 1.2. 농업환경정책 수단의 종류

○ 농업정책 수단은 크게 경제적 수단, 규제, 지원 및 기관 정책으로 구분할 수 있으며 그 구체적인 내용은 아래 <표 2-1>과 같음.

<표 2-1> 농업환경정책 수단

농업환경정책 수단		내용
경제적 수단	농업환경지불금	<ul style="list-style-type: none"> <li>농업환경자원을 관리하기 위해 농가에게 보조금을 지급함.</li> <li>농업환경정책에 자발적으로 참여한 농업인들은 보조금을 수령하는 대신 정책에서 명시된 특정 행위를 계약의 조건으로 이행해야 함.</li> </ul>
	환경세/환경부과금	<ul style="list-style-type: none"> <li>투입재 및 산출물에 세금을 부과하여 환경부하를 일으키는 투입재의 사용량 또는 산출물의 생산량을 조절함.</li> <li>단, 비점오염이 대부분을 차지하는 농업환경 오염의 특징, 농약과 비료 수요의 가격 비탄력성으로 인해 정책의 비용효과성이 떨어짐.</li> </ul>
	배출권거래제	<ul style="list-style-type: none"> <li>오염물질의 총량을 직접 규제하는 정책, 오염물질 총량을 설정하고, 각 오염원이 배출할 수 있는 상한을 부여</li> <li>각 오염원의 경우, 설정된 배출권 상한 내에서 배출권을 서로 거래할 수 있는 권리를 가짐</li> <li>정부는 물질 배출 총량 및 각 오염원의 상한 설정, 배출권 거래 시장 조성 및 관리의 역할</li> </ul>
규제	규제 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경정책이 목표로 하는 특정 환경 수준을 달성하기 위해 모든 경제 주체가 '의무적으로' 지켜야 하는 행위 규정</li> <li>법, 등록제, 허가제, 벌금 등의 법적·행정적 수단을 바탕으로 경제주체들의 행위를 제약하는 경직된 정책 수단</li> </ul>
	상호 준수	<ul style="list-style-type: none"> <li>목적이 다른 두 가지 이상의 정책을 서로 연계시키는 정책(예를 들어, 환경규제 기준을 소득 정책의 수급 조건과 연계)</li> <li>소득 보전 정책의 지원 수준이 높을 경우, 사실상 규제와 동일한 정책 수단으로 작용</li> <li>환경 기준을 만족시키는 수준까지 소요되는 농업환경자원관리 비용은 농업인들이 부담</li> </ul>
지원 및 기관 정책	기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별 농가에서 적용할 수 있는 새로운 농법 혹은 기술을 개발</li> <li>규제 수준을 설정이나 다른 정책 수단 활용에 필요한 과학적 근거 축적</li> </ul>
	기술 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>공약적 가치 관리 및 제고를 위해 새로운 농법 혹은 기술에 관한 정보 및 교육을 농업인에게 제공</li> <li>기술에 대한 직접적 지원뿐만 아니라 금전적 지원도 포함</li> </ul>
	표시제 및 인증제	<ul style="list-style-type: none"> <li>공약적 가치에 대한 정보를 공급자와 수요자에게 제공에 중점</li> </ul>

자료: 조원주(2018)의 내용을 저자가 인용 및 요약함.

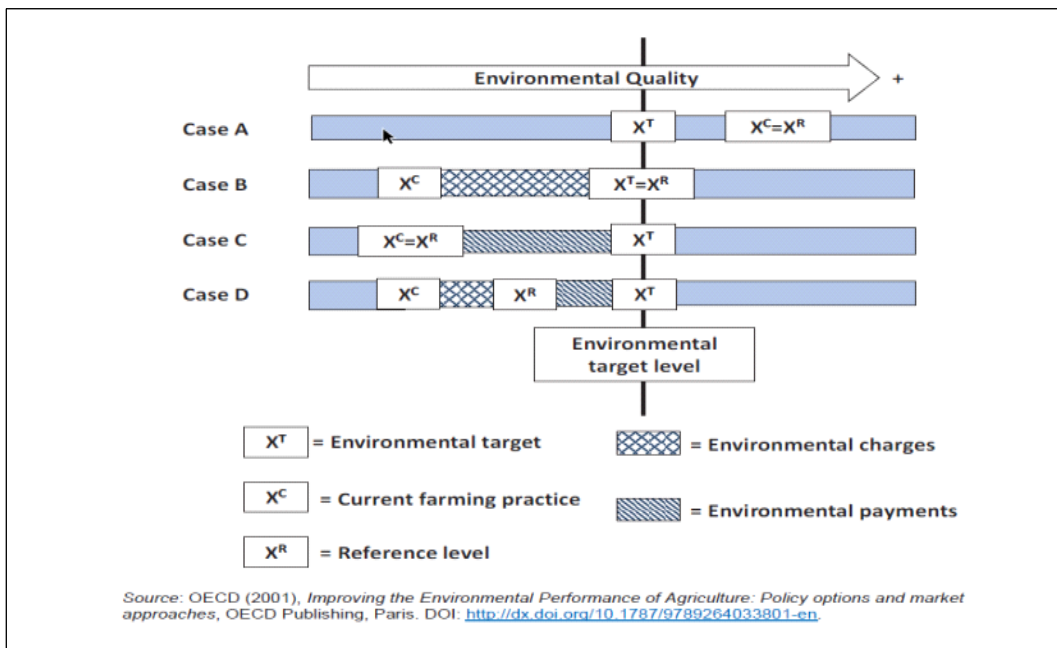


### 1.3. 농업환경정책 수단 결정: 정책 수단 결정을 위한 틀

○ 농업환경정책 수단 결정을 위한 첫 번째 방법으로 준거점을 바탕으로 한 틀(reference level framework)을 이용할 수 있음.

- 준거점을 기준으로 현재 환경의 질이 준거점보다 낮을 경우, 현재 상태를 준거점까지 개선하는 비용을 상호 준수, 규제 등을 통해 농가가 부담함. 하지만 환경의 질을 준거점에서 목표까지 개선하기 위해서는 정부가 농업환경지불금, 기술지원 등을 통해 농가를 지원함.
- 준거점은 환경적 질이라는 결과지표뿐만 아니라 앞서 언급한 투입재 바탕으로의 도구들(예를 들어, 현재 우리나라의 공익형 직불제)을 바탕으로 설정할 수 있으며, 농업환경의 이질성을 고려하기 위해 국가 단위보다는 지역 단위로 설정하는 것이 효과적임.
- 마지막으로 준거점의 설정을 위해서는 오염자 부담 원칙, 수혜자 부담 원칙, 비용 분담과 공동체 참여와 같은 경제적 환경적 측면뿐만 아니라 수단 이행으로 인한 형평성, 그리고 재산권 관련 문제 역시 고려하여야 함.

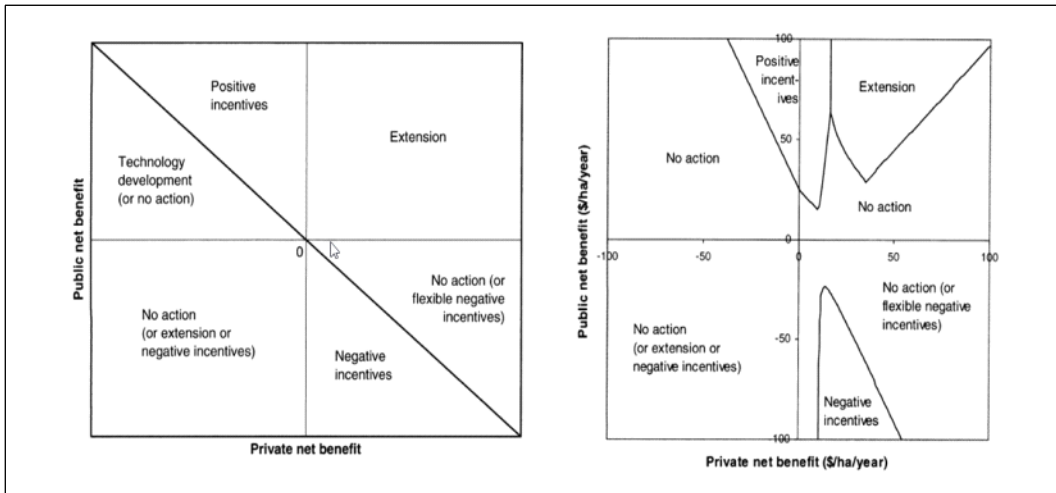
〈그림 2-3〉 환경적 목표와 준거점



○ 두 번째로 Pannell(2008)은 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 한 농업환경정책 수단 결정을 위한 분석 틀을 아래 <그림 2-4>와 같이 제시함.

- 여기서 공적 순편익은 정책 시행에 따른 편익에서 민간부문 편익을 제외하고 정부가 부담해야 하는 비용을 차감한 것을 의미하며, 사적 순편익은 정책 시행으로 발생한 민간부문의 편익에서 민간부문이 지불해야 하는 비용을 차감한 것을 의미함.

<그림 2-4> 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 한 농업환경정책 수단 분석



자료: Pannell(2008)

○ 농업환경정책 수단은 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 지도사업, 긍정적 유인, 부정적 유인, 기술개발로 구분되며, 그 구체적인 내용은 아래 <표 2-2>와 같음.

- 단, 정책 이행 비용을 고려할 경우, 농업환경정책 수단이 필요한 영역은 크게 변화하며, 이는 정책 이행 비용이 공적 순편익과 사적 순편익과 더불어 정책 수단 결정의 중요한 지표가 될 수 있음을 의미함.

〈표 2-2〉 공적 순편익과 사적 순편익을 바탕으로 한 농업환경정책 수단 적용

영역	설명
긍정적 유인 (Positive incentive)	양(+)의 공공 순이익이 충분히 크고, 부(-)의 민간 순이익이 0에 수렴 ⇒ 민간 부문에 피해를 최소화하는 범위에서 공공의 이익이 큰 경우
부정적 유인 (Negative incentive)	부(-)의 공공 순이익 < 양(+)의 민간 순이익 ⇒ 공공 부문에서 순이익이 음(-)의 값을 가지지만, 민간 부문에서 순이익이 양(+)의 값을 가지기 때문에 민간 입장에서는 해당 정책에 대해 부정적인 입장(No action 가능)
지도사업 (Extension)	공공 순이익과 민간 순이익 모두 양(+)의 값 ⇒ 공공 부문과 민간 부문 모두에서 정책을 실행하는 것이 이익이기 때문에 정책 범위 확대
기술개발(Technology development)	부(-)의 민간 순이익 ≥ 양(+)의 공공 순이익 ⇒ 공공 부문에서 양(+)의 순이익을 가지지만, 민간 부문에서 음(-)의 순이익을 가지기 때문에 정책 실행을 위해 민간 부문의 순이익을 높일 수 있는 기술 개발 필요
정책 필요 없음 (No action)	공공 순이익과 민간 순이익 모두 음(-)의 값 양(+)의 민간 순이익 > 부(-)의 공공 순이익

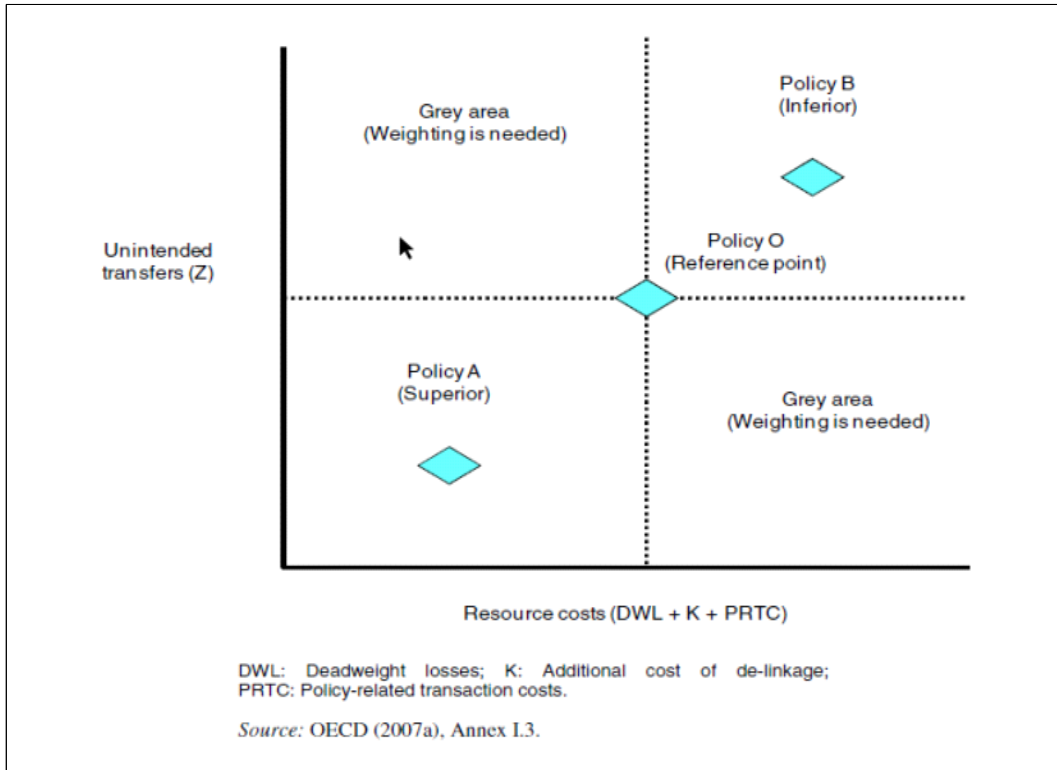
자료: Pannell(2008)

○ 마지막으로 OECD(2007)는 분배와 경제적 효율성 그리고 정책 이행 비용을 고려한 정책 수단 결정 방법을 제시함.

- 구체적으로 OECD(2007)는 정책 목적 달성과 연관된 비용(intended transfer, 이하 Z), 정책 목적 달성과 무관한 비용(unintended transfer, 이하 Y), 자중 손실(deadweight loss, 이하 DWL), 결합 생산 시 추가로 생산되는 공공재를 생산하기 위한 비용(additional cost of de-linkage, 이하 K)<sup>4)</sup>, 정책 이행 비용(PRTC)을 고려한 정책 선택을 제안함.

4) 결합 생산 시 추가로 생산되는 공공재를 생산하기 위한 비용은 결합생산으로 생산되는 공공재를 별도로 생산하는 경우 추가되는 비용을 의미함.

〈그림 2-5〉 자원 비용 및 목적 달성과 무관한 비용에 대한 그래프(후생 극대화와 이전 극소화)



## 2. 저탄소직불제 도입의 이론적 근거<sup>5)</sup>

- 저탄소농업 실천에 따라 긍정적 외부효과가 발생하는 경우 외부한계편익만큼 보조금을 지급함으로써 사회적 편익을 극대화하는 최적 의사결정 문제

$$Max_Q SW(Q) = PB(Q) + EB(Q) - PC(Q). \quad (1)$$

SW(Q): Q 생산(또는 소비)에 따른 사회적 편익

PB(Q): Q 생산(또는 소비)에 따른 사적 편익

EB(Q): Q 생산에 따른 환경적 편익(긍정적 외부효과)

PC(Q): Q 생산(또는 소비)에 따른 비용

- (1)식의 최적화를 위한 일계조건

$$PB_Q + EB_Q - PC_Q = 0 \quad (2)$$

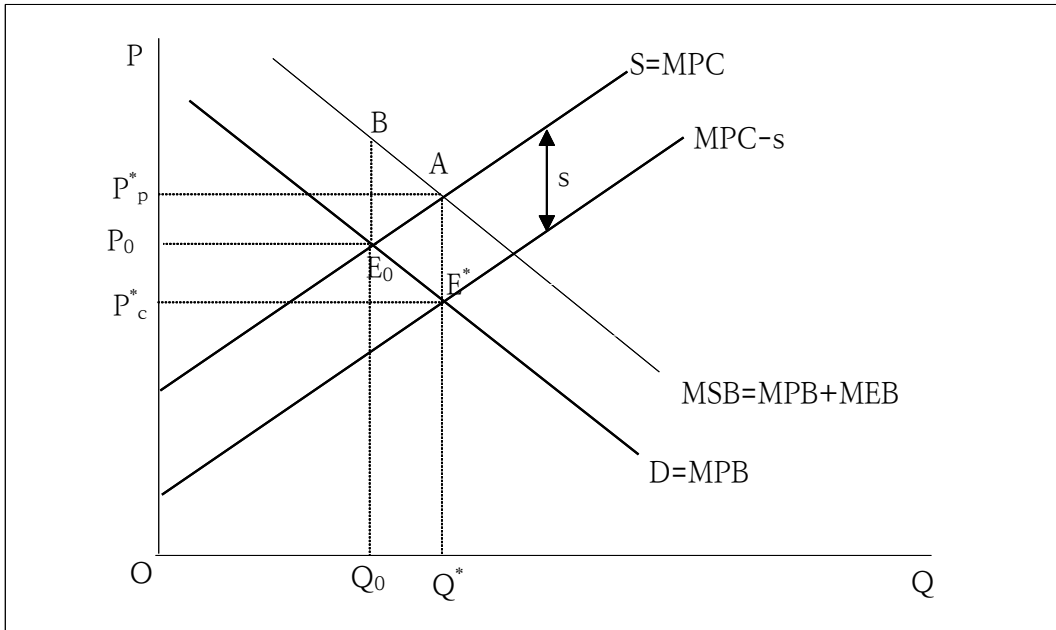
- $MPB + MEB = MSB$ . 사회적 최적생산량(소비량)  $Q^*$ 에서  $MC(Q^*) = MSB(Q^*)$ 이 됨. 최적 직불금은  $s = P^*p - P^*c$ , 즉,  $MEB(Q^*)$ 가 됨. 사회적 최적해는  $MSB = MC$  인  $E^*$ 에서 직불금 규모인  $S = MEB(Q^*)$ 가 결정됨.

- 소비자 이득 =  $P^*CP_0E_0E^*$
- 환경적 이득 =  $BAE_0E^*$
- 순사회적 이득 =  $BAE_0$
- 생산자 이득 =  $P_0P^*PAE_0$
- 직불금 비용 =  $P^*CP^*PAE^*$

- 저탄소 직불제를 통해 농업부문에서 적절한 온실가스 감축이 이루어지는 경우 사회적으로 보면  $BAE_0$ 만큼 이득이 됨.

<sup>5)</sup> 김창길 외. 2013. 저탄소농업 직접지불제도 도입 방안. 한국농촌경제연구원.

〈그림 2-6〉 저탄소직불제의 외부효과 분석



### 3. 농업환경정책 설계 원리

- 농업환경지불금은 다양한 요소를 통해 설계되며, 농업인에게 인센티브를 지급하는 방법과 지급 시기로 기준을 구분함.
- 지불금 지급은 크게 환경적 결과(성과) 달성 정도(여부), 농업환경 보전 활동 이행 여부, 환경적 성과와 활동 이행 여부의 결합(하이브리드)을 근거로 함.
  - 농업환경보전활동은 비료 사용 감소, 지피작물(cover crop) 활용, 보전경운, 합의된 요구사항에 따른 유기농업 등 농장 관리 활동과 환경재 제공 또는 환경적 피해를 방지 및 완화하기 위한 기반 시설설치와 관리(울타리, 완충대, 습지 구성 등)를 포함함.
  - 환경 결과 기반(results-based)과 성과 기반(performance-based)의 주된 차이점은 전자는 직접적으로 측정되는 구체적인 결과에 근거하지만, 후자는 잠재적인 결과에 대한 대응물, 지표에 의해 측정된 수준에 근거함.

〈표 2-3〉 정책 범위(policy spectrum)

구분	내용
단일 활동 및 이행활동 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지정된 활동을 수행하는 것에 따라 조건적 지급</li> <li>• 개인 또는 지역에 따라 차별화되지 않음</li> <li>• 일반적으로 지불금은 개인 지급하나, 협동을 장려하기 위해 공동체 추가지불금, 구역 중심 자격 규칙과 같은 특성 적용 가능</li> </ul>
표적 활동 및 이행활동 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지정된 활동을 수행하는 것에 따라 조건적 지급</li> <li>• 다양한 타겟팅 유형에 근거하여 지불금 차등 지급</li> <li>• 일반적으로 지불금은 개인 지급하나, 협동을 장려하기 위해 공동체 추가지불금, 구역 중심 자격 규칙과 같은 특성 적용 가능</li> </ul>
성과 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농가 수준 환경성과에서 추정 또는 측정된 개선 여부나 정도에 따라 지불금 지급</li> <li>• 다양한 수준의 성과를 기반으로 차등 지급하거나 구체적인 성과의 한계 달성을 조건으로 균일한 지불금 지급 가능</li> <li>• 일반적으로 지불금은 개인 지급하나, 협동을 장려하기 위해 공동체 추가지불금, 구역 중심 자격 규칙과 같은 특성 적용 가능</li> </ul>
지역 및 농가수준 결과 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추정 또는 측정된 지역 또는 농가 수준 환경결과에 따라 지급</li> <li>• 다양한 수준의 결과를 기반으로 차등 지급하거나 구체적인 결과의 한계 달성을 조건으로 균일한 지불금 지급 가능</li> <li>• 일반적으로 지불금은 개인 지급하나, 협동을 장려하기 위해 공동체 추가지불금, 구역 중심 자격 규칙과 같은 특성 적용 가능</li> </ul>
통합 지역 수준 결과 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추정 또는 측정된 통합지역 수준의 환경결과에 따라 지불금 지급</li> <li>• 다양한 수준의 결과를 기반으로 차등 지급하거나 구체적인 결과의 한계 달성을 조건으로 균일한 지불금 지급 가능</li> <li>• 개인 또는 집단을 지급 가능</li> </ul>

자료: OECD(2021:8)의 내용을 수정·번역함.

○ 농업환경지불금 설계를 위한 기준으로 비용효과성을 사용함. 비용효과성은 환경 효과성, 준수 비용과 정책 관련 거래비용 등의 다양한 종류의 비용을 고려하고 동적인 고려사항을 통합할 수 있는 전체론적인 개념임.

- 비용효과성은 “이익과 손실에 대한 보상에 앞서 환경목표를 달성하기 위한 비용의 최소화”로 규정함. 비용 효과적 정책 수단은 환경목표를 달성하는 동안 규정 준수 비용을 최소화하는 수단으로 정의함.

○ 비용효과성을 달성하는 데 중요하다고 고려되는 농업환경 정책의 주요 관점을 1) 명확한 정책 목표 설정, 2) 타겟팅, 3) 자격, 4) 행동 요인, 5) 부가성, 6) 조정, 7) 제약과 시행 7가지로 정리함.

〈표 2-4〉 비용 효과적인 농업환경지불금 체계의 관점

정책 특성	세목	주요 설계 옵션
명확한 정책목표 설정	목표의 수	단일/다수
	목표의 정량화 가능성	모니터링 및 정량화가 쉬움/어렵고 비용이 많이 들
타겟팅	공간적 타겟팅	환경적 민감도에 근거한 지역 타겟팅
	비용 타겟팅	등록심사에서 준수비용 한계
	편익-비용 타겟팅	환경편익 기반/환경편익지수(EBIs)/환경편익과 준수비용의 비율
자격	수혜자	개인/집단 또는 공동체
	농가 유형	집약적 농가/조방적 농가
	기타 자격 기준	농업인 소득/연령
행동	성향 요인	변화에 대한 거부감/유연성/위험태도/환경적 관심
	사회 요인	단체 행동/주변 영향
	인지요인	비용, 편익, 위험인식
부가성	기준선 정의	역사적 기준/현재 환경성과 기준/분석적 기준선 동적 기준선/활동기준 또는 성과요건
조정	지불금 비율 계산	준수비용/환경편익 가치/환경성과 또는 결과/입찰기준
	균일 지불금	평균 준수 비용 추정치 기준
	차등 지불금	준수비용 또는 환경편익 추정치 기준 입찰, 경매체계
	자문 체계	커뮤니케이션 및 정보 공유 플랫폼/컨설팅/훈련 및 교육
	협약 설계	계약 길이/유연성
	하이브리드 방식	활동기반과 성과 또는 결과기반을 혼합한 지불금/ 고정지불금/추가지불금
제약과 시행	모니터링	현장검사/디지털기술/자가 및 단체 모니터링
	제재	미래 지불금 지급 민료/과거 지불금 상환

자료: OECD(2021:10) 의 내용을 수정·번역함.



- 정책 목표 설정 시, 정책의 초점을 맞추어야 하는 목표의 수를 고려하여야 하고, 목표가 비용 효과적으로 달성되었는지에 대해 측정이 가능하도록 정량화할 수 있어야 함.
  - 다수의 목표를 설정하면 각각의 목표 사이에 상승효과를 이용할 수 있으나 목표를 달성하기 위한 행동이 서로 완벽하게 상관관계가 있을 확률이 낮아 상승효과와 상충 관계가 모두 발생할 수 있음. 또한 정책을 복잡하게 만들어 시행을 어렵게 하고 거래비용을 증가시켜 비용효과성을 방해함.
  - 적절한 지표를 설정할 수 있는 경우 성과기반 및 결과기반 접근이 유리하고 비용 효과적인 결과를 제공함. 모니터링이 불가능하거나 비용이 많이 소요되는 결과가 있거나, 기상 조건과 같은 외부요인에 크게 의존하는 목표의 경우, 활동 기반의 접근이 더 적합할 수 있음.
  
- 농업과 환경을 연결할 때 이질성은 자연스러운 특징임. 정책의 비용효과성과 환경 효과를 강화하기 위해 준수 비용과 환경편익을 고려한 정책 대상 디자인이 필요함.
  - 생산성과 환경적 민감도는 공간적 편차가 큰 편으로 이를 반영하기 위해 준수비용과 환경적 민감도에 대한 질 좋은 자료가 필요함. 이는 결과적으로 행정상 업무를 증대시켜 관리 비용을 증가시킴. 따라서 보호지역 또는 습지 인근 지역과 같이 지리적 기준을 이용한 지역 기반 접근이 개별 농가 수준보다 상대적으로 저렴함.
  - 환경 특성이 지역 내에서 크게 이질적인 경우, 위치별 환경 점수(site-specific environmental scores)가 유리함. 지역 내에서 농업인의 준수 비용이 상이한 경우, 저비용 지역을 타겟으로 하여 더 높은 환경성적을 달성함이 적합함. 지역 또는 농가 필지 전체에 걸쳐 환경편익이 유사한 수준이면 비용 타겟팅이, 농가 간 준수 비용과 환경편익이 이질적이라면 비용-편익 타겟팅이 적합함.
  
- 농업 및 농업환경 정책은 대개 농업인 또는 토지소유자를 대상으로 하며, 지불금은 개별 농업인들의 보전 노력에 대해 지급되지만, 지역 수준의 공동 활동이나 환경 결과를 위한 보상으로 농업인단체 혹은 공동농장을 대상으로 할 수 있음.

- 공동 활동이나 협약을 통해 환경성과나 제도 효과를 높일 수 있음. 인접 지역으로의 환경오염 확대를 방지할 수 있고 상호학습, 사회적 자본 창출을 가능하게 함. 상호 모니터링을 활성화하고 준수 및 시행에 긍정적인 영향을 미쳐 관리비용을 절감할 수 있도록 함.
- 그러나 공동 활동이나 공동체 협약은 중간 지원조직이나 자문시스템의 중요성이 강조되고 제도 수행기관의 관리비용을 증가시킨다는 단점이 있음.

○ 농업인의 참여를 확보하기 위해 비경제적인 요인을 고려하여 지불금을 설계할 수 있으며, 경제적 이유 외에 농업인의 의사결정에 영향을 미치는 요인을 기질적 요인, 사회적 요인과 인식적 요인으로 구분할 수 있음(Dessart, Barreiro-Hurle and van Bavel, 2019)

○ 기질적 요인은 농업인의 성격, 유연성에 대한 선호, 변화에 대한 거부감, 위험 선호도 및 환경적 관심 등을 포함함.

- 농업인은 변화에 대한 거부감이 있어 지속가능한 활동을 점진적으로 증가시키고 진입조건을 상대적으로 낮추는 것이 해결책이 될 수 있음.
- 관리 규정의 높은 엄격성은 농업인의 농업환경제도 참여를 억제할 수 있음. 결과기반 제도는 농업인이 가장 적합하다고 생각하는 기준을 가진 환경 결과를 달성하기 위한 활동을 자유롭게 선정할 수 있으므로 유연성을 부여하는 효과적인 방법임.
- 위험선호도는 협약 선택에 중요한 역할을 하고 제도 활용을 감소시킬 수 있음. 결과기반 제도는 농업인에게 지불금액에 대한 높은 불확실성을 접하게 하고, 이로 인해 위험 프리미엄이 요구됨.

○ 사회적 요인은 주변 농업인들과의 상호작용에 대한 선호도, 사회적 규범과 기대 등을 포함함. 주변인의 행동과 압력, 사회적 규범은 참여 결정에 영향을 미치며, 주변인의 판단에 대한 두려움이 제도 수용 가능성을 증가시킬 수 있음. 동료효과는 새로운 이행 활동의 확산에 도움을 줌.

○ 인식적 요인은 비용과 편익, 위험에 대한 이해, 결과에 대한 신뢰, 특정 목표를 달성할 수 있는 능력 등을 의미함.

- 농업인은 즉각적인 편익을 미래의 것보다 가치를 높게 여기고, 발생 확률은 낮지만, 영향이 큰 위험은 과대평가하는 경향이 있음. 이는 교육과 훈련을 통해 해결 가능함.
- 관련성이 있고 신뢰할 만한 정보에 대한 접근성도 참가 결정에 영향을 미침. 정확한 정보를 수집하고 자문체계의 제공은 소통 비용의 절감에 기여하여 정책 효과성을 높일 수 있음.

○ 부가성(Additionality)은 '목표로 하는 결과를 얻기 위해 정책이 필요한 정도'로 정의함. 부가성을 보장하기 위해 명확한 기준선과 근거가 필요함. 기준선은 협약 초기의 환경조건과 프로그램이 없는 경우 발생할 토지 사용, 외부요인의 예상 변화를 통합하여야 함.

- 보통의 이행 활동은 역사적 기준선(historic baseline)을 사용하며, 쉽게 산정될 수 있으나 미래의 변화를 반영할 가능성 낮음. 환경편익 지수와 같은 농가별 기준선을 계산하여 실제 개선 정도를 측정하고 보상을 지급할 수 있음.
- 정확한 기준선의 설정은 어렵고 지역 또는 농가 수준의 자료와 모형의 가용성이 필요함. 이는 시간이 많이 들고 높은 거래비용을 수반함. 기준선 설정의 시행 가능성은 활동 기반 또는 결과기반 지불금의 적합 여부에 영향을 미침.
- 행정력이 높고 합리적인 가격에 자료 이용이 가능한 경우, 결과기반 지불금이 더 효과적인 환경보호로 이어질 수 있으나, 이러한 경우가 아니라면 환경개선에 대한 신뢰할 만한 모니터링을 요구하지 않는 활동 기반의 지불금이 더 나은 대안임.

○ 관리 규정의 유연성 허용 정도에 따라 필요한 보상의 수준이 결정되고 유연성의 향상은 전체 예산의 비용을 줄일 수 있음.

- 결과기반 지불금은 환경 결과 달성을 위한 이행 활동의 자유로운 선택이 가능하여 효율적인 옵션을 식별하는 데 필요한 비용은 낮지만 높은 불확실성을 제공하여 위험 프리미엄이 요구될 수 있음. 위험 프리미엄이 유연성 감소에 필요한 보상보다 크면 활동 기반 제도가 지불금 수준을 낮출 수 있음.

- 단기간 협약은 향후 농가 관리에 유연성을 제공하여 농업인이 선호하는 옵션으로 활동 기반 제도에 유리하며, 생물다양성 보존과 같은 환경적 목표는 장기간 협약이 필요하며, 결과 중심 제도가 적합함.

○ 목표로 하는 환경적 질과 참여자들 간 기회비용이 동질적인지, 이질적인지에 따라 지불금의 적합한 디자인이 달라질 수 있음.

- 단일 고정 지불금은 적은 정보가 필요하여 적은 거래비용으로 구현이 쉽다는 장점이 있음. 환경적 질과 준수 비용이 동질적이고 합리적 추정이 가능한 상황에서 권장하며 이질적인 경우, 역선택과 높은 정보 이용료로 예산의 비용효과성이 감소함.
- 농업인들 사이에 높은 변동성이 있는 상황에서 지불금은 준수 비용과 환경편익을 기준으로 차별화될 수 있음. 단일 지불금보다 더 많은 정보를 요구하여 높은 거래비용을 가지고 정책입안자와 농업인들에게 공정하지 못하다 평가될 수 있음.
- 준수 비용을 근거로 차별화된 경우, 개별 농업인의 준수비용에 대한 정보가 필요하지만, 농업인은 실제 비용을 공개할 인센티브가 없어 정보의 비대칭 문제가 발생함. 수행기관이 다양한 유형을 제공하고 농업인이 그들의 특성에 따라 선택하는 자가 선택 협약이 유용하며, 선택과정에서 선호나 준수 비용이 드러남.
- 다른 방법은 경매와 같은 입찰 체계임. 농업환경 협약에 대한 경쟁 입찰을 거치면서 농업인들은 그들의 준수 비용에 대한 정보를 드러내어 정보 이용료와 과잉 보상 지급 가능성을 줄여 비용효과성을 증가시킬 수 있음. 경매의 예산 비용효율성의 향상은 간단한 지불금 디자인에 비해 추가 거래비용의 규모에 크게 의존함.

〈표 2-5〉 동질성 및 이질성 조건에 따른 지불금 유형

환경적 질	기회비용	
	동질	이질
동질	단일지불금	준수 비용 기준 지불금 차등 지급
이질	환경편익을 기준으로 지불금 차등지급	환경편익-준수비용 기준 지불금 차등 지급
	환경편익 기준 경매	환경편익-준수비용 기준 경매
	환경편익 기준 결과 기반 지불금	환경편익-준수비용 기준 결과 기반 지불금

자료: OECD(2021:23)의 내용을 번역함.

○ 패널티는 일반적으로 미래 지불금 지급 취소나 과거 지급액의 상환이 포함되며, 패널티는 목표로 한 준수 수준을 달성하기 위함이지만, 패널티를 과도하게 부과하면 농업인의 의욕을 꺾어 활동 준수나 참여를 감소시킬 수 있음. 제도의 참여를 줄이지 않고 농업인의 행동을 통제할 수 있는 기준을 설정하는 것이 필요함.

○ 비용효과성 관점에서 지불금 설계 옵션의 정성적 평가는 다음과 같음

〈표 2-6〉 비용효과성을 기준으로 지불금 설계 옵션의 정성적 평가

설계요소	단일활동 및 이행활동 기반	성과 기반	결과 기반	복합
정량화 가능한 정책목표	이행활동이 환경성과 및 결과와 높은 상관성이 있고 정량적 목표가 설정된 경우 작동	적절한 성과 지표가 이용 가능한 경우 비용효과성이 향상되며, 직접적인 환경 결과를 측정할 수 없는 경우 적합한 옵션임. (예, 환경편익지수, 양분균형)	환경 결과를 신뢰할 수 있게 측정할 수 있고 적절한 지표 접근이 가능하다면 비용효율성이 향상됨. (예, 생물다양성)	순수한 이행활동 기반 접근 방식에 비해 비용효율성이 향상됨.
타겟팅	단일 지불금은 준수 비용에 공간적 이질성이 있는 경우 비용효과성이 낮음. 환경 편익 목표 이행 활동 기반 지불금은 단일 지불금에 비해 비용효과성이 향상됨.	환경적 지표를 기반으로 공간적 타겟팅을 허용함으로써 비용효과성이 향상됨.	비용-편익 비율이나 환경 편익을 기반으로 공간적 타겟팅을 허용함으로써 비용효과성이 향상됨.	비용-편익 비율이나 환경 편익을 기반으로 공간적 타겟팅을 허용함으로써 비용효과성이 향상됨.
조정	준수 비용이 동질적인 경우 작동하며 매우 드뭄.	환경적 성과에 근거하여 차별화된 비율을 제공하는 등 비율을 조정할 수 있음. 입찰(경매) 및 환경편익지수의 결합은 입찰체계가 정보이용료를 줄이고 환경편익지수가 높은 편익 지역을 대상으로 하여 비용효과성이 크게 향상되는 비용-편익 타겟팅이 가능함.	달성된 환경 결과를 반영하여 비율을 조정할 수 있으므로 비용효과성이 향상됨. 결과 달성 관련 불확실성으로 위험 회피적인 농업인에게 위험 프리미엄이 필요할 수 있어, 예산의 비용효과성을 감소시킴.	지급 비율은 이행활동 선택의 준수 비용과 달성된 환경적 성과에 따라 조정될 수 있음.
부가성	환경성과 및 결과 측정이 매우 어렵거나 비용이 많이 드는 경우에만 선택함. 이행활동이 환경성과나 결과에 높은 상관관계가 있고 지불금 없이 선택되지 않을 경우, 부가성을 제공할 수 있음.	환경성과 개선에 대해 지불을 할 수 있게 하여, 환경 효과성, 부가성, 예산의 비용효과성을 높임.	결과 기반 지불금은 환경 결과와 지불금이 연결되므로 높은 부가성 환경 효과, 예산의 비용효과성을 달성할 수 있는 잠재력이 있음. 그러나 지불금이 이미 달성된 결과를 유지하는 것과 연결이 된다면 부가성은 낮음.	추가 지불금(결과 기반 지불금)은 직접적으로 환경결과와 연결되어 있어, 부가성에 대한 높은 잠재력을 가짐.

(계속)

설계요소	단일활동 및 이행활동 기반	성과 기반	결과 기반	복합
시행	모니터링과 시행은 상대적으로 쉽게 관찰가능한 수단이어야 함. 화학비료, 살충제, 거름 살포 강도 등 관찰 불가능한 조치는 어려움. 이행활동이 성과 및 결과기반 지불금보다 더 낮은 거래비용으로 쉽게 모니터링되고 시행될 수 있는 경우 더 선호됨	환경 성과 개선이 명확히 정의되고 모니터링된다면, 성과 기반 지불금이 유용함. 명확한 성과 지표를 정의하는 것이 불가능하거나 성과 모니터링이 활동 모니터링보다 비용이 많이 드는 경우, 활동 기반 지불금이 시행하기 쉽고 더 적절함.	결과가 명확히 정의되고 모니터링될 수 있다면, 결과 기반 지불금이 유용함. 결과에 대한 명확한 지표 설정이 불가능하거나 결과 모니터링이 활동 모니터링보다 비용이 많이 드는 경우 활동 기반 지불금이 시행하기 더 쉽고 적절함	이행활동이 쉽게 관찰, 모니터링 및 시행이 된다면 유용할 수 있음.
거래비용	거래비용은 상대적으로 낮음. 특히 활동의 관찰, 모니터링 및 시행이 상대적으로 쉬운 경우 그러함. 활동 설정에 잠재적인 환경편익의 공간적 편차에 대한 정보가 요구되므로 목표 단일 지불금은 거래비용이 다소 증가함.	차별화 된 지불금과 입찰은 환경편익 및 준수비용의 공간적 편차 관련 더 많은 정보가 요구되므로 높은 거래비용을 가짐. 지역 상황에 따라 조정되는 적합한 환경성과 지표 개발은 거래비용과 복잡성을 늘림.	최신 자료에 근거한 신뢰할 수 있는 결과지표를 쉽게 사용할 수 있고 이러한 지표를 농업인이 쉽게 이해하고 측정할 수 있다면 자가 모니터링이 가능하므로 거래비용을 절감할 수 있음.	이행 활동과 결과가 모두 모니터링되고 시행되어야 하므로 거래비용이 높을 수 있음.
행동 요인	목표 달성을 위해 반드시 가장 비용이 적게 드는 유연성 없이 엄격한 관리 규정을 제 공함 혁신에 대한 인센티브는 제공되지 않음. 특히 환경성과와 결과는 농업인의 통제를 벗어난 외부 요인에 의존하여, 성과 및 결과 기반 지불금보다 재무 위험이 낮음.	유연성을 높이고 혁신을 촉진하여 환경성과 목표의 최소비용 달성을 유도함. 환경성과가 농업인의 통제를 벗어나는 외부요인에 의존하는 경우, 활동 기반 지불금에 비해 재무위험이 높아질 수 있음.	유연성을 높이고 혁신을 촉진하여 환경 결과의 최소비용 달성을 유도함. 활동 기반 지불금과 비교하여 사회적 네트워킹, 지식 공유, 환경보전에 대한 내재적 동기 증가 등의 경향을 보임. 그러나 활동 기반 지불금에 비해 농업인의 재무위험이 증가하므로 위험회피자가 요구하는 위험 프리미엄이 늘어날 수 있음	순수한 결과 기반 지불금에 비해 유연성과 혁신이 감소하여 잠재적으로 비용효과성이 감소함. 다른 한편으로는 위험회피 농업인들에게 덜 위험한 옵션으로의 수용과 참여를 늘릴 수 있음.

자료: OECD(2021:26)의 내용을 수정·번역함.

# 3

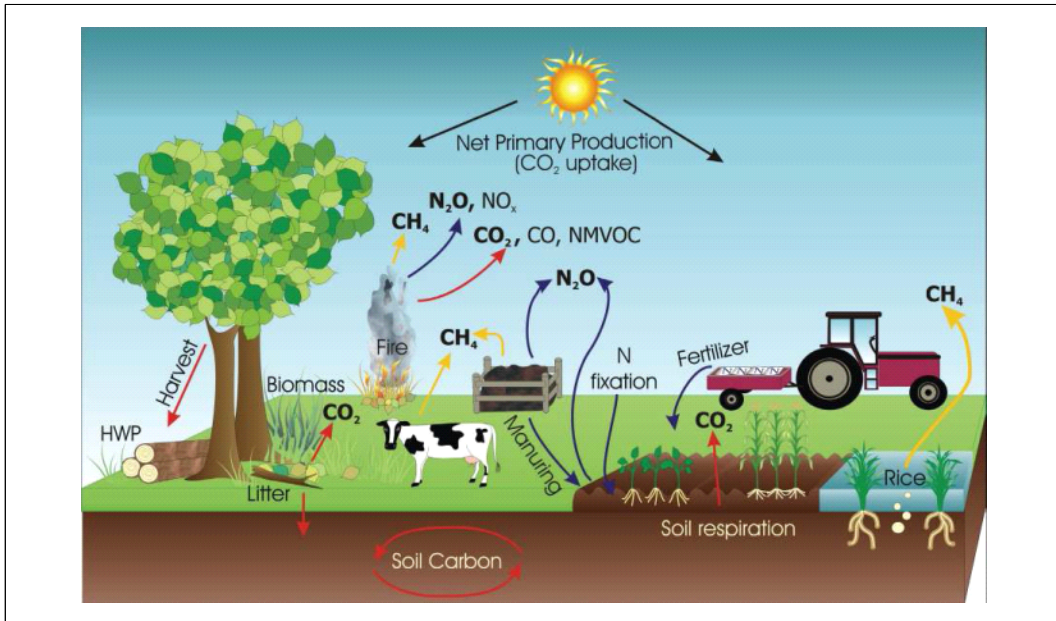
## 온실가스 감축 수단 분석

### 1. 온실가스 배출현황 및 감축목표

#### 1.1. 농업부문 온실가스 배출 구조

- 농업부문에서 발생하는 온실가스는 이산화탄소, 아산화질소, 메탄임(〈그림 3-1〉).
  - 대기와 생태계 사이의 이산화탄소 흐름은 기본적으로 식물 광합성을 통한 흡입과 호흡에 따른 배출, 유기물의 분해와 연소에 의해 통제됨.
  - 아산화질소는 기본적으로 질산화 작용과 탈질화의 부산물로서 생태계로부터 배출되며 질소가 투입된 농경지에서 배출되거나 가축분뇨 처리 과정에서 배출됨.
  - 메탄은 물에 담긴 논과 같은 혐기성 조건 하에서, 가축 장내 발효를 통해, 유기물이 소각될 때 불완전한 연소 동안에 메탄 발생 작용을 통해 배출됨.
  - 농업부문의 온실가스로 메탄과 아산화질소만을 대상으로 하고 있으며, 화석연료 연소에 의한 이산화탄소 배출은 에너지 부문에 포함됨.

〈그림 3-1〉 농업 부문의 탄소순환 구조



자료: IPCC(2019), Chapter 1의 p.1.6.

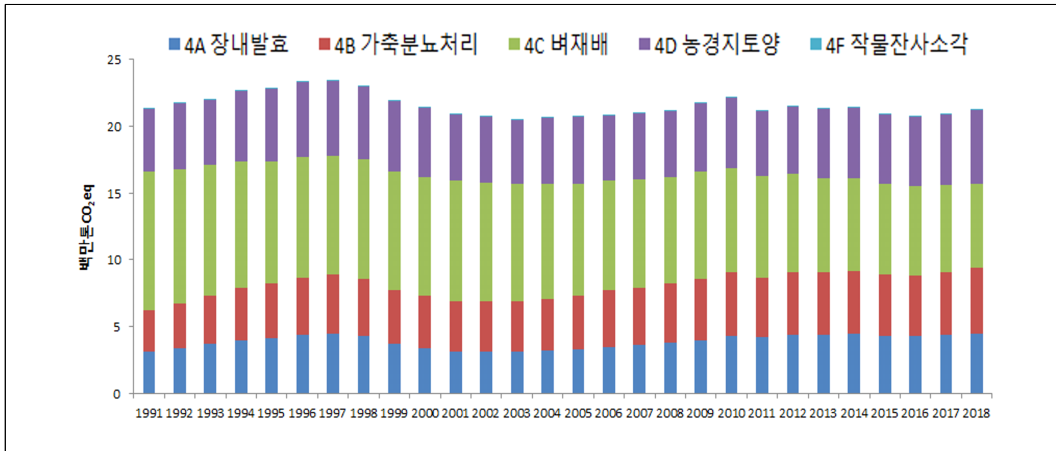
## 1.2 온실가스 배출량 현황

○ 농업 분야 온실가스 총배출량은 2018년도 기준으로 2,120 만 톤CO<sub>2</sub>eq임. 이는 국가 전체 배출량의 2.9%를 차지함(재배(경종): 55.6%, 축산: 44.4%).

- 2018년 농작물 재배(경종)에 의한 배출량(벼재배, 농경지토양, 작물잔사소각)은 1990년 대비 22.3% 감소한 1,180 만 톤CO<sub>2</sub>eq으로 주로 벼재배 면적 감소에 기인함.
- 축산(장내 발효, 가축분뇨처리) 부문에서는 1990년 대비 62.0% 증가한 940만 톤 CO<sub>2</sub>eq을 배출하였는데 이는 지속적인 육류 소비 증가에 따라 가축 사육두수가 증가했기 때문임.
- 경종 재배면적은 줄어들지만 축산 사육두수가 늘어날 것으로 예상됨에 따라 농축산 분야 비에너지부문 배출량은 2050년까지 조금씩 증가할 것으로 전망됨(농축산식품부 내부자료 2021).



〈그림 3-2〉 농업분야 부문별 온실가스 배출량(1990~2018)



자료: 온실가스종합정보센터(2020.12).

○ 농업 분야의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량 비중은 1990년 68.3%에서 2018년 57.4%로 감소하였는데 이는 벼재배 면적의 감소로 인한 것임. 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량 비중은 1990년 31.7%에서 2018년 42.6%로 증가하였는데, 이는 가축 사육두수의 증가로 인해 농경지 가축분뇨 사용과 가축분뇨 처리시설의 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량이 증가했기 때문임.

〈그림 3-3〉 농업분야 온실가스별 배출량(1990~2018)



자료: 온실가스종합정보센터(2020.12).

### 1.3. 온실가스 감축목표

- 2050년 탄소중립 시나리오에 따르면 농축수산부문은 2018년 2,470 만 톤CO<sub>2</sub>eq에서 2050년 1,540 만 톤CO<sub>2</sub>eq으로 37.7% 감축을 목표로 제시함. 2030년 농축수산 감축은 2018년 2,470 만 톤CO<sub>2</sub>eq에서 2030년 1,800 만 톤CO<sub>2</sub>eq로 27.1% 감축을 목표로 제시함. 이는 당초 1,940 만 톤CO<sub>2</sub>eq이었을 때보다 140 만 톤CO<sub>2</sub>eq(5.5%) 더 감축해야 함.
  
- 온실가스 세부 배출원과 감축 수단을 정리하면 <부표 1-2>와 같음. 감축 수단들 가운데 2050 탄소중립 시나리오와 2030 감축 로드맵에 있는 온실가스 감축 수단은 비에너지 경종, 비에너지 축산, 에너지 분야별로 다음과 같음.
  - 비에너지 경종: 간단관개 및 논물 얇게 대기 보급, 질소질비료 사용 절감, 바이오차 토양개량제 보급, 퇴액비 투입률 감소 등
  - 비에너지 축산: 저메탄사료 보급, 분뇨 내 질소 저감, 에너지화·정화율 제고, 축산생산성 향상 등
  - 에너지: 고효율설비 증가, 기계 경유/등유 사용률 감소, 부산물 수거량 증가, 분뇨 전력 전환 등

## 2. 온실가스 감축 수단 진단

### 2.1. 감축 수단 개요

○ 2050 탄소중립 시나리오와 2030 감축 로드맵에 있는 온실가스 감축 수단의 정의 혹은 감축 원리를 아래 <표 3-1>과 같이 정리함. 크게 비에너지와 에너지로 구분되고 비에너지는 다시 논물관리, 농경지, 장내발효, 가축분뇨, 생산성 향상으로 구분됨.

<표 3-1> 감축 수단 정의

구분		감축 수단 정의 혹은 감축 원리	
비 에 너 지	논물 관리	간단관개	담수로 인해 환원된 토양에 산소를 공급하여 메탄생성균의 활성을 억제
		논물 알게 대기	벼 이앙 후 한 달간 논물을 깊이 대고 이후부터는 논물을 알게(3~5cm) 대어 논 토양에 산소를 주기적으로 공급하여 메탄 발생을 저감
	농경지	질소질비료 저감	질소비료를 대체하는 풋거름 작물, 완효성비료, 부산물비료 등을 이용하여 비료생산 과정과 토양에서 발생하는 아산화질소 배출을 줄임
		바이오차 보급	미생물에 의한 분해가 어려운 바이오차 형태로 유기물을 탄화시켜 토양에 투입하여 토양에 탄소를 격리, 대기 중 온실가스를 저감
		농경지 투입 분뇨량 저감	가축분뇨 퇴액비를 경종 재배에 투입하는 양을 감소시킴으로써 온실가스를 감축
	장내 발효	저메탄사료 보급	메탄 저감 물질 첨가 등 메탄 발생량을 감소시키는 사료를 사용하여 반추가축(한·육우 및 젖소) 장내 발효 메탄 발생량 감소
		분뇨 내 질소 저감	적정 단백질 사료 급여로 분뇨 질소 배출량 저감
	가축 분뇨	비농업계 이동 (에너지화·정화처리)	가축분뇨 에너지화, 정화율을 제고시킴으로써 가축분뇨로부터 발생하는 온실가스를 감축
	생산성 향상	식단변화 가축 감소	식단변화에 따른 가축 사육두수 감소
		축산생산성 향상 (스마트축사 보급)	주요 축종(한·육우, 젖소, 돼지, 닭) 대상 스마트축사 보급을 중심으로 디지털 축산 경영을 통한 가축 정밀 사양, 폐사율 감소 등을 통해 축산의 생산성을 높여 축산업의 지속가능성 향상
		대체식품	대체가공식품(배양육, 식물 성분 고기, 곤충원료 등) 이용 증가로 가축 사육 두수 감소
	에 너 지	에너지	고효율 에너지 설비 (등유감소)
농기계(경유/등유 수요)			농기계에 경유/등유 대신 전기, 바이오에너지를 사용함으로써 경유/등유 사용량을 줄이고 온실가스 배출을 줄임.

주: 에너지의 부산물 수거량 증가, 분뇨 전력 전환은 제외함.

자료: 2050 탄소중립 시나리오 세부 산출 근거(관계부처 합동, 2021)를 참조하여 저자 작성.

## 2.2. 감축 수단별 고려사항 진단

- <표 3-2>는 국립농업과학원, 국립축산과학원 등의 전문가에게 위탁원고를 추진하여 수단별로 모니터링 방법, 배출계수 존재 유무, 적용 가능 단위, 이행 비용 등을 조사한 결과를 정리하였고<부록 참조> 전문가 협의회를 개최하여 진단 결과의 타당성을 검토하였음.
- 고려사항 진단 결과를 이용하면 감축 수단별 맞춤형 최적 정책을 도출할 수 있음.
  - 모니터링의 경우 대부분 간소화가 가능한 것으로 진단되었으나 축산생산성 향상 등 4가지 수단은 간소화가 쉽지 않은 것으로 나타났음.
  - 배출계수는 저메탄사료 보급 등 3가지 수단이 아직 개발되지 않았음.
  - 적용 단위는 대부분 농가 단위와 지역단위가 가능한 것으로 보이며, 이행 비용의 경우 대체로 시설이 투입되는 수단의 경우에 높게 나타났음.
  - 공간 타켓팅의 경우에는 질소질비료나 가축분 퇴액비에서 유래한 환경오염이 있는 경우 필요한 것으로 제시되었음.
  - 농가 규모의 경우 대부분의 수단이 대규모와 소규모 모두에 적용하는 것이 가능한 것으로 나타났음.
  - 대부분의 수단에서 공편익이 발생하는 것으로 제시되었으며, 사적 편익의 경우는 존재하는 수단도 있지만, 자료 부족 등으로 판단하기 쉽지 않은 경우도 있었음.
  - 시설투자의 경우 논물 얇게 대기, 축산생산성 향상, 에너지화 및 정화율 제고, 고효율 설비 증가, 농기계 경유/등유 사용률 감소 등의 수단이 필요한 것으로 나타났음.

〈표 3-2〉 감축 수단별 고려사항 진단

	모니터링	배출계수	적용단위	이행비용	공간타겟팅	농가규모	공편익/상충	사적편익	시설투자(농가 기준)
간단관계	간소화	존재	농가/지역	적음	불필요	대/소	공편익(수량 및 수질)	△*	불필요
논물 알게 대기	간소화	존재	농가/지역	적음	불필요	대/소		△*	필요
질소질비료 사용 절감	간소화	존재	농가/지역	많음	필요	대/소	공편익(수질)	△**	불필요
바이오차 토양 개량제 보급	간소화	존재	농가/지역	적음	불필요	대/소	공편익(토지개량)	감소(현재)	불필요
퇴액비 투입률 감소	간소화	존재	농가	많음 적음	필요	대/소	공편익(수질)	△** △ or -\$	불필요
저메탄사료 보급	간소화	-	농가/사료 회사	적음	불필요	대/소	-	△ or +\$	불필요
분뇨 내 질소 저감	간소화	-	농가/사료 회사	적음	필요	대/소	공편익(대기)	△*	불필요
축산생산성 향상	-	-	농가	많음	-	대	공편익(폐사율 감소)	증가	필요
에너지화 및 정화율 제고	-	존재	농가/지역	많음 적음	필요	대 대/소	공편익(화석연료 ↓)	증가*** +\$\$	필요
고효율설비 증가	-	존재	농가/지역	많음	-	대	공편익(화석연료 ↓)	증가***	필요
농기계 경유/등유 사용률 감소	-	존재	농가/지역	많음	-	대	공편익(화석연료 ↓)	증가	필요

주 1) 이행비용 '많음'은 현장검사를 통한 3자 인증이 포함됨.

2) 이행비용 '적음'은 행태증명 시스템 구축이 전제됨.

3) 저메탄사료 보급의 경우 공간 타겟팅이 필요/불필요임.

4) 농가 규모는 평균 이상을 대규모로, 평균 이하를 소규모로 분류함.

5) 사적 편익은 단위면적당 생산량, 단위 면적당 생산비 변화로 표시

\*는 사적 편익의 변화에 대한 자료가 부족하다는 의미임.

\*\*는 생산 감소하지만, 비용 역시 감소하여 사적 편익의 감소를 일괄적으로 판단할 수 없다는 의미임.

\*\*\*는 시설비를 제외할 경우, 생산비가 감소함을 의미함.

\*\*\*\*는 노동투입증가로 인한 생산비 증가를 의미함.

6) 공편익 '-'는 공편익 여부를 판단하기 어려움

7) 사적 편익은 단위면적당 생산량, 단위 면적당 생산비 변화로 표시(+: 증가, -: 감소, △: 변화 없음)

\$는 비용 증가/감소 정도가 적음, \$\$는 비용 증가/감소 정도가 중간, \$\$\$는 비용 증가/감소 정도가 많음

8) 에너지의 부산물 수거량 증가, 분뇨전략 전환은 제외함.

자료: 국립농업과학원의 권효숙 연구사와 국립축산과학원 이유경 연구사에게 원고를 위탁하여 작성된 보고서 "최적 정책 도출을 위한 감축 수단 진단"의 주요 내용을 요약하여 작성함.



# 4

## 저탄소농업 정책 수단 분석

### 1. 저탄소농업 관련 정책 현황

#### 1.1. 2030 국가 온실가스 감축 기본 로드맵

- 2030 감축 로드맵에 포함된 감축 수단은 비에너지의 경종과 축산, 에너지의 신재생에너지와 에너지절감시설 설치 등으로 아래와 같음.
  - (비에너지-경종) 논물관리: 논 중간물떼기(간단관개), 논 중간물떼기 후 걸러대기(논물얹게대기)
  - (비에너지-축산) 가축분뇨 및 사료 관리: 가축분뇨 에너지화 시설, 가축분뇨 자원화 시설, 양질조사료 보급, 저메탄사료 보급
  - (에너지-신재생에너지시설설치) 지열히트펌프, 목재펠릿
  - (에너지-에너지절감시설설치) 다겹보온커튼, 순환식 수막 시스템, 보온터널 자동 개폐장치
  
- 농축산부문의 정량적 이행은 ‘논 중간낙수 면적 비율(%)’, ‘논물 얹게 대기 면적 비율(%)’, ‘가축분뇨 자원순환 촉진’, ‘양질조사료, 저메탄사료 공급’ 등이 있음.

- 2020년 논 중간낙수 면적 비율은 농림어업총조사에 대한 마이크로데이터가 공표되지 않아 실적 산정이 되지 않음. 2020년을 제외한 2018~2019년 2개년 평균 실적은 1.5% 부족하여 목표를 달성하지 못함.
- 논물 알개 대기 면적 비율은 2025년부터 추진될 예정임.
- 2018년에 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화 시설을 82개소 운영하였으며, 이후 2020년까지 매년 1개소씩 증가시켜 운영하여 목표 달성함.
- 양질조사료 보급량은 2018년에 191만 5,000 톤, 2019년에 193만 8000 톤, 2020년에 198만 8000 톤으로 나타나, 3개년도 모두 목표를 100% 이상 초과하여 달성함.

〈표 4-1〉 농축산 비에너지부문 감축목표 달성도

구분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030	
	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	
정량 지표	논 중간낙수 면적 비율(%)	88.2	87.3	89.1	87.0	90	-	88.7	87.2	97
	논물 알개대기 면적 비율(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	가축분뇨 자원순환 촉진 공동자원화 시설 (개소)	82	82	83	83	84	84	83	83	119
	양질조사료, 저메탄사료 공급 양질조사료 보급량 (천톤)	1,910	1,915	1,930	1,938	1,950	1,988	1,930	1,947	2,169

자료: GIR, 2021. '2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가'.

○ 농축산업에서 에너지 효율화를 위해 신재생에너지 시설(지열, 목재펠릿 등)과 에너지 절감시설(보온덮개, 다겹보온커튼 등) 설치 확대가 목표로 제시됨.

- 신재생에너지 시설의 보급실적은 2018년 991 ha와 2019년 1,019 ha로 목표와 동일하게 달성하였으며, 2020년은 1,035 ha로 당초 목표인 1,039 ha에 조금 못 미치는 것으로 나타남.
- 에너지 절감 시설의 경우, 매년 목표를 달성하였으며, 3개년 평균적으로 12,100 ha를 보급하여 당초 목표치인 11,995 ha보다 추가 달성한 것으로 나타났음.



〈표 4-2〉 농축산 에너지부문 목표 달성도

구분		2018년		2019년		2020년		3개년		2030
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
친환경 에너지 시설 설치 확대	신재생에너지 시설 설치 확대 보급면적 (ha)	991	991	1,019	1,019	1,039	1,035	1,106	1,015	1,239
	에너지 절감 시설 설치 확대 보급면적 (ha)	11,304	11,304	12,066	12,066	12,616	12,931	11,995	12,100	18,116

자료: GIR, 2021. '2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가'.

## 1.2. 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업

○ 자발적 온실가스 감축사업은 저탄소 농업기술을 확산하고 온실가스 감축 역량을 강화하기 위한 사업으로, 농가의 자발적 온실가스 감축 실적 모니터링, 인센티브 지급 등을 주요한 내용으로 하고 있음. 농업·농촌 온실가스 감축사업은 2012년 처음 시행되었으며, 온실가스 감축사업 방법론으로 15가지가 등록되어 적용되고 있음.

### ○ 지원내용

- 감축사업 등록, 모니터링, 검증 지원: 사업계획서 작성 컨설팅 지원, 감축사업 사업대상자 교육 지원, 컨설팅 및 제3자 검증 지원
- 발생한 온실가스 감축량에 따른 인센티브 지급: 온실가스 감축량 1톤CO<sub>2</sub>eq당 1만원 지급
- 인센티브 지급 기간은 최대 3년임.

### ○ 연도별 재정투입 현황

- 자원: 100% 국고
- 재정투입(백만 원): 1,254(2018) → 1,086(2019) → 1,086(2020) → 1,210(2021)

### ○ 추진실적

- 자발적 온실가스 감축사업에는 2020년 말까지 총 763 농가가 참여하였으며, 총 약 9만 7000 톤CO<sub>2</sub>eq를 감축하였음.
- 사업 시행 이후 감축량이 꾸준히 증가하여 2016년과 2017년 1만 6,500 톤CO<sub>2</sub>eq을 감축하였으나, 이후 다시 감축량이 감소하는 모습을 보이고 있음. 2020년에는 2014년 이후 가장 적은 감축량인 9,700 톤CO<sub>2</sub>eq을 기록함.

### ○ 평가

- 온실가스 감축사업이 농가에서 적극적으로 받아들여지지 않고 있음. 이는 초기 투자 비용 대비 기술적응의 어려움으로 투자 효과를 보기가 어렵고, 감축량 인정을 위해 필요한 측정·보고·검증 체계 구축에 어려움이 있기 때문으로 파악됨(정학균 외 2018).

## 1.3. 농업부문 배출권거래제 외부사업

○ 농업부문 배출권거래제 외부사업은 2016년 이후 본격적으로 이루어짐. 농업부문에서는 서부발전, 농림축산식품부, 농업기술실용화재단이 협약을 체결하고 농가를 지원함으로써 사업 발굴이 시작됨(정학균 외 2018).

### ○ 지원내용

- 감축사업 등록 지원, 모니터링 지원: 사업계획서 작성 컨설팅 지원, 감축사업 사업대상자 교육 지원, 모니터링 보고서 작성 컨설팅 지원
- 발생된 온실가스 감축량에 따른 인증서 발급
- 발급된 인증서는 배출권거래소를 통해 시장거래가 가능함. 2020년 거래가 기준 온실가스 감축량 1톤CO<sub>2</sub>eq당 2~3만 원 내외에서 거래됨.

○ 추진실적

- 2017년 2개 농가가 참여한 이후, 참여 농가 수가 크게 증가하는 추세를 보이고 있으며, 2020년에는 154개 농가가 참여함. 참여 농가 수 증가에 따라 감축량도 크게 증가하였으며, 2017년 3,200 톤CO<sub>2</sub>eq에서 2020년 3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq로 증가한 것을 알 수 있음.

1.4. 저탄소 농축산물 인증제

○ 농업분야에서의 저탄소 농업기술을 확산하고 온실가스 감축 역량 강화를 목적으로 함. 생산과정에서 저탄소 농업기술을 적용하여 온실가스를 감축하는 농업경영체를 대상으로 함(친환경이나 GAP 인증을 사전에 취득한 농가).

○ 저탄소농업 기술 이용 농산물에 대한 인증 컨설팅과 심사 등 인증 취득과 유통을 지원함.

- 저탄소 농업기술: 농업 생산 전반에 투입되는 비료, 농약, 농자재 및 에너지 절감을 통해 온실가스 배출을 줄이는 영농방법과 기술을 나타냄.

○ 연도별 재정투입 현황

- 자원: 100% 국고
- 재정투입(백만 원): 1,254(2018) → 1,086(2019) → 1,086(2020) → 1,210(2021)

○ 저탄소 농축산물 인증이 가능한 품목은 총 51개로 아래 <표 4-3>과 같음.

〈표 4-3〉 인증 가능 품목

구분	농산물
식량작물(6)	감자, 고구마, 벼, 보리, 옥수수, 콩
채소(24)	가지, 고추, 단고추(피망), 당근, 들깻잎, 딸기, 마늘, 멜론, 무, 방울토마토, 배추, 부추, 상추, 생강, 수박, 시금치, 양배추, 양파, 오이, 착색단고추(파프리카), 참외, 토마토, 파, 호박
과수(12)	감귤, 단감, 만감, 매실, 배, 복분자, 복숭아, 사과, 유자, 자두, 참다래, 포도
특용약용작물(9)	녹차, 느타리버섯, 더덕, 땅콩, 새송이버섯, 양송이버섯, 오미자, 인삼, 참깨

자료: 최윤실(2018).

### ○ 추진실적

- 저탄소 농축산물 인증제의 실적은 2012년 이후 지속적으로 개선되고 있는 것으로 조사되었으며, 2020년에는 총 4,700개 농가가 참여하여, 7만 7,800 톤CO<sub>2</sub>eq을 감축하였음.
- 그러나 2018년 6만 8,500 톤CO<sub>2</sub>eq을 감축한 이후 감축량 증가 속도가 다소 감소한 것으로 나타남.

## 1.5. 농업 에너지이용효율화사업

○ 농업에너지이용효율화사업은 신재생에너지 이용기술의 농업분야 적용을 통해 온실가스 감축 및 농가 경영비 부담 절감을 목적으로 함. 사업은 신재생에너지 시설과 에너지절감 시설의 설치 및 에너지 진단 컨설팅 비용을 지원함. 지열·폐열 신규 설치 기준 사업 기간은 2년으로 1년차에 50%, 2년차에 50%를 지원함.

### ○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 국고 20~60%, 지방비 20~30%, 용자 10~30%, 자부담 10~20%
- 예산이 지속적으로 감소하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 2021년 예산은 2018년 예산 수준의 약 46%임.

○ 추진실적

- 신재생에너지시설에 대한 실적은 2011년을 기점으로 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있음. 2019년 기준 지열, 지중열, 폐열에 대한 지원 실적은 21ha, 목재펠릿난방기 지원 실적은 5ha에 그친 것으로 나타남.
- 에너지절감시설의 경우, 다점보온커튼과 자동보온덮개에 대한 지원이 가장 많았음. 다점보온커튼은 2019년 624ha가 지원되었으며, 여전히 다른 시설에 비해 지원 실적이 큰 것으로 나타남. 자동보온덮개는 2014년 992ha가 지원된 이후 계속 실적이 감소하여, 2019년에는 138ha 지원에 그친 것으로 나타남.

○ 목표 대비 달성률을 살펴보면, 2009년부터 2015년까지 100.0% 이상의 성과를 보이는 것으로 나타남.

- 2016년의 경우, 전년 대비 보조금 예산이 30% 축소되었음에도, 연간 목표에 반영되지 않아 달성률이 상대적으로 낮게 나타남.

〈표 4-4〉 에너지절감량 목표 및 달성 현황

단위: 천TOE, %

연도	목표		실적		달성률	
	연간	누적	연간	누적	연간	누적
2009	25	25	27	27	108.0	108.0
2010	40	67	40	67	100.0	100.0
2011	51	118	62	128	121.6	108.5
2012	73	201	74	202	101.4	100.5
2013	78	280	78	280	100.0	100.0
2014	82	362	83	363	101.2	100.3
2015	84	447	84	447	100.0	100.0
2016	85	532	65	512	76.5	96.2

자료: 국승용 외(2016) 재인용.

○ 또한 B/C분석으로 2009년부터 2016년까지의 사업 효과성을 평가한 결과, 순편익의 현재가치 합이 ha당 1.24억 원으로 산출되어 경제성이 확보된 사업으로 평가됨(국승용 외 2016).

## 1.6. 유기질비료 지원사업

- 유기질비료 지원사업은 농림축산부산물물의 자원화를 촉진하고 토양유기물 공급을 통해 토양환경을 보전하여 지속가능한 농업 추진을 목적으로 함.
- 농업경영정보를 등록한 농업경영체로 부산물비료(유기질비료, 부속유기질비료)를 농산물 생산에 사용하는 자를 지원 대상으로 함.
  - 지원대상 비료는 유기질비료 3종(혼합유박, 혼합유기질, 유기복합비료), 부속유기질비료 2종(가축분퇴비, 퇴비)이며, 이외 비료 종류는 지원대상이 아님.
  - 지원단가는 아래 <표 4-5>와 같음.

<표 4-5> 유기질비료지원사업 지급단가(국고)

단위: 원/20kg

구분	특등급	1등급	2등급
유기질비료		1,000	
부속유기질비료	1,000	900	700

자료: 농림축산식품부(2021).

### ○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 62.5% 국고, 자부담 37.5%
- 재정투입(백만 원): 149,000(2018) → 134,100(2019) → 134,100(2020) → 113,000(2021)

### ○ 평가

- 유기질비료 지원사업은 화학비료를 대체하는 효과가 있으며, 화학비료 소비량은 2012~2017년 기간 동안 질소비료의 경우 1.8%, 인산비료의 경우 0.9% 감소한 결과를 가져온 것으로 나타남. 또한 지원사업은 화학비료 사용량 감소를 통해 토양의 양분수지를 일부 개선하는 것으로 분석됨(김미복 외 2019).

- 한편, 비료 생산업체와 농업인에 대한 설문조사 결과, 유기질비료지원사업의 등급별 지원액 간 차이의 부족, 부산물비료 지원 양, 부산물비료의 낮은 효과 및 효능에 대해서는 지속적인 개선이 필요한 것으로 조사됨(성재훈 외 2020).

## 1.7. 유기농업자재 지원사업

- 유기농업자재 지원사업은 친환경농업인 등에게 유기농업자재, 녹비 작물 종자 등의 구입비용을 일부 지원함으로써 농가의 경영비 부담을 줄이고 지속가능한 농업을 실현하는 것을 목적으로 함.
- 사업대상은 녹비 작물 재배를 희망하거나 유기·무농약 농산물 인증을 받은 농업인 및 농업법인임.
  - 단, 유기질비료 지원사업 신청농지는 토양개량 및 작물생육 목적의 자재 원료와 유기농업자재로 공시된 유기질비료·부숙유기질비료는 지원 대상에서 제외함.
- 지원대상은 녹비종자, 유기농업자재, 자재원료, 천적 등으로 아래와 같음.
  - 녹비종자(5종): 헤어리베치, 녹비(청)보리, 호밀, 자운영, 수단그라스
  - 유기농업자재: 「친환경농어업법」에서 정한 기준에 따른 공시 또는 품질 인증 자재(상토는 지원 대상에서 제외함)
  - 자재원료: 유기농업자재로 사용 가능한 허용물질
  - 천적 25종
- 녹비작물 종자 지원 한도는 ha당 헤어리베치 60kg, 녹비(청)보리 140kg, 호밀 160kg, 자운영 50kg, 수단그라스 50kg이며, 유기농업자재 및 자재원료 지원 한도는 총 구입비 기준 ha당 유기인증 200만 원, 무농약 인증 150만 원임.

○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 국고 20.0%, 지방비 30%, 자부담 50%
- 재정투입(국고 기준, 백만 원): 3,105(2018) → 3,105(2019) → 3,105(2020) → 3,105(2021)

○ 유기농업자재 지원사업은 예산 중 많은 부분이 녹비작물 종자 구입비용 보조로 이용되고 있어 지원사업을 통해 유기농업자재 시장을 확대하는 것에는 한계가 있을 것으로 평가됨(성재훈 외 2020).

○ 또한 수수료의 대금 결제 간 시차, 그리고 낮은 가격이 주요 애로사항으로 제시됨. 친환경 농가 설문조사 결과, 친환경농가의 유기농업자재 지원사업에 대한 만족도는 평균 이하인 2.7로 나타났으며, 주된 이유로 유기농업자재 지원사업을 통해 공급되는 유기농업자재가 충분하지 않으며, 가격 또한 비싸기 때문이라는 의견이 다수를 구성하였음(성재훈 외 2020).

### 1.8. 농업환경보전프로그램

○ 농업환경보전프로그램은 농업인의 농업환경보전 인식을 제고하고 지역단위 농업환경 관리를 추진함으로써 농업환경을 보전하고 개선하는 것을 목적으로 함. 농업환경 보전을 위한 주민 활동비, 사업추진을 위한 환경진단, 교육·컨설팅, 사업계획 수립 등 사업관리 및 운영비를 지원하며, 사업대상 마을별로 5년간 총 6억 5천만 원을 지원함.

- 주민활동비는 활동별 단가에 따라 주민들에 지급하며, 개인활동비는 연간 200만 원 한도로 설정됨.
- 사업관리·운영비는 총 사업비의 30% 이내로 지출하여야 함.



〈표 4-6〉 연차별 지원 한도

단위: 백만 원

구분	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	총사업비
지원액	50	150	150	150	150	650

자료: 농림축산식품부(2021).

○ 사업은 농촌지역 내 마을 단위를 대상지역으로 하며, 사업대상은 사업지 내 마을의 농업인과 주민임.

- 참여농경지 20ha 이상으로 구성된 마을 단위가 참여 가능함.
- 20인 이상이 참여하여야 하며, 5명 이상으로 이루어진 주민협의체가 구성된 곳이어야 함.

○ 농업환경보전프로그램은 농업환경 개선이 필요한 지역을 대상으로 사업 시행 계획을 수립하고 토양, 용수, 생태, 경관 등 다양한 환경보전 활동을 시행함.

- 개인 및 공동 활동 중 필수 활동을 각각 2개 이상 의무적으로 참여하여야 함.

〈표 4-7〉 농업환경보전프로그램 활동 내용

구분	분야	단위과제	세부활동	필수 여부
개인활동	토양	적정 양분 투입	완효성 비료 사용하기	필수
			외부양분 투입 감축	농사 후 남은 농업부산물 잘라 논밭에 환원
		토양침식 및 양분유출 방지	휴경기 녹비 작물 재배 및 토양환원	필수
			벗짚 등 농업부산물로 경사진 밭 덮기	선택
			경사진 밭 들레에 빗물이 돌아가는 이랑 만들기	선택
			경사진 밭 끝에 초생대 설치하기	선택
	생태	농약사용 저감	경사진 밭 끝에 침사구 설치하기	필수
			천적으로 해충 방지하기	선택
			제조제 없이 잡초 제거하기	필수
			과수원에서 초생 재배하기	선택
	대기	온실가스 감축	태양열로 토양 소독하기	선택
			시설하우스에 방충망 설치하기	선택
			경운 최소화	선택
			미생물 제제 사용하여 악취 저감	선택

(계속)

구분	분야	단위과제	세부활동	필수 여부
공동활동	용수	농업용수 수질개선 양분유출 방지 등	오염된 하천·저수지 청소 및 수생식물 식재	필수
			논 배수물꼬 설치 및 물관리	필수
	생활	생활환경 개선	영농폐기물 공동수거 및 분리배출	선택
			생활폐기물 공동수거 및 분리배출	선택
	생태	농업생태계 보호	생태계에 유해한 생물 제거	필수
			덤병(물웅덩이) 조성 및 관리 *개인활동 가능	필수
			농경지 이용 멸종위기종 조류 먹이공급	필수
	경관	농촌경관 개선	공동공간 관리 및 청소	선택
			공동공간에 꽃과 나무 심기	선택
			빈집 및 불량시설 경관 정비	선택
	유산	농업유산 보전	농경의례 및 공동체문화 전승	선택
			전통적 농업기술의 유지 및 계승	선택
			전통적 토지이용 경관의 보전	선택
			전통적 수리관개시설의 활용 및 보전	선택

자료: 농림축산식품부(2021).

### ○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 국고 50.0%, 지방비 50%
- 재정투입(국고, 백만 원): 750(2019) → 875(2020) → 1,875(2021)

### ○ 실적

- 2017년 추진계획 수립 → 2018년 연구용역 3개소(보령, 함평, 문경) → 2019년 본사업 5개소(기존 3개소에 홍성, 상주 추가) → 2020년 25개소(기존 5개소에 세종 1곳, 강원 2곳, 충북 4곳, 전북 3곳, 전남 4곳, 경북 3곳, 경남 3곳 추가)로 확대함(임영아 외 2020a).

### ○ 평가

- 농업환경보전프로그램은 환경적·사회적 지속가능성을 높였다고 볼 수 있음. 환경적으로는 생물다양성 증대 효과가 있다는 분석 결과가 존재하며, 사회적으로는 농촌공동체 활성화의 효과가 있었음(임영아 외 2020b).

- 2018년도 농업환경보전프로그램 실시 지역의 생태환경이 개선된 것으로 확인됨. 대조필지에 비해 보전필지에서 관측되는 조류, 양서류, 포유류의 종류가 더 많았음. 식물과 수서생물의 경우 충남 농업생태환경 프로그램에 참여하면서 유사한 활동은 3년째 이어온 보령 장현마을의 경우 신규 활동을 시작한 다른 두 마을에 비하여 개체 수와 출현종 수에서 유의미한 차이를 보임(임영아 외 2020a).

〈표 4-8〉 농업환경보전프로그램 실증연구 지역 생태환경의 변화

구분	보령 장현마을		함평 백년마을		문경 희양산마을	
	보전필지	대조필지	보전필지	대조필지	보전필지	대조필지
조류 (물새류)	11종 77개체 물총새 등	4종 5개체	9종 47개체 꼬마물떼새 등	2종 8개체	유의미한 차이 없음 (통합) 31종 207개체 원앙 등	650
양서류	4종 135개체 금개구리(115)	2종 20개체 금개구리(1)	2종 6개체 참개구리 등	1종 3개체	2종 56개체 참개구리 등	1종 4개체
포유류	황룡천인근 수달, 고라니 발견		목교저수지인근 삵 관찰		양산천인근 수달 발견	
식물	53.0(±9.4) 개체 수	26.6(±13.1) 개체 수	유의미한 차이 없음		유의미한 차이 없음	
수서생물	10.4(±2.9) 출현종수	6.8(±3.0) 출 현종수	유의미한 차이 없음		유의미한 차이 없음	

자료: 임영아 외(2020b).

### 1.9. 가축분뇨자원화시설 지원사업

- 가축분뇨처리 지원사업은 가축분뇨를 퇴비, 액비, 에너지 등으로 자원화하여 자연순환 농업을 활성화하고 농업 생산으로 인한 환경오염을 방지하는 것을 목적으로 하며, 1991년부터 추진됨.
- 사업 시행 초기에는 축산농가를 대상으로 가축분뇨자원화시설의 설치지원이 중심이었으나, 한 미 FTA 체결 및 2012년 가축분뇨 해양투기 금지에 대비해 가축분뇨 관리대책(2007년)을 마련하면서 공동처리시설과 공동자원화시설 지원으로 지원 대상을 확대하였음(국승용 외 2017).

○ 본 사업은 가축분뇨 처리를 위한 시설 및 장비 등을 지원하는 것으로 다양한 세부사업으로 구성되어 있음.

- 축산악취개선: 퇴액비화시설, 정화개보수, 액비저장조 등
- 악취측정 ICT 기계·장비: 악취감지센서, 기상장비 등
- 공동자원화시설: 퇴액비화, 바이오가스 연계, 에너지화, 마을형 공동퇴비장 등
- 퇴액비살포비: 퇴액비를 살포한 면적에 따라 살포비 지원

○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 국고 20~100%, 지방비 20~50%, 용자 20~70%, 자부담 0~30%
- 재정투입(국고, 백만 원): 36,908(2018) → 35,050(2019) → 45,049(2020) → 49,401(2021)

○ 사업에 대한 성과는 가축분뇨 자원화율로 평가하며, 축종별 분뇨발생량 등을 분석하여 자원화율을 측정함.

○ 평가

- 가축분뇨자원화 시설 지원사업은 화학비료 대체효과가 상당히 크며, 재정지원액이 1% 증가하면 가축분뇨자원화율은 0.08% 증가하는 것으로 분석됨(김현중 외 2018). 특히 액비화와 관련된 지원은 액비화율을 증가시키는 데 큰 영향을 미치는 것으로 나타남(김현중 외 2018).
- 가축분뇨자원화율은 2010년 86.6%에서 2019년 91.4%로 매년 0.5~1.0%씩 증가한 것으로 나타남.

〈표 4-9〉 연도별 가축분뇨 발생량 및 처리현황

단위: 천 톤, %

연도	가축분뇨 발생량	자원화			
		소계		퇴비	액비
2010	46,534	40,286	86.6	37,220	3,066
2011	42,685	37,396	87.6	34,393	3,003
2012	46,489	41,236	88.7	37,656	3,580
2013	47,235	42,129	89.2	38,132	3,997
2014	46,233	41,469	89.7	37,495	3,974
2015	46,530	41,991	90.2	37,244	4,747
2016	46,988	42,576	90.6	37,417	5,159
2017	48,460	44,104	91.0	38,848	5,256
2018	51,013	46,530	91.2	40,647	5,884
2019	51,838	47,404	91.4	41,428	5,976

자료: 정학균 외(2020).

### 1.10. 조사료생산기반확충사업

○ 이 사업은 국산 조사료 생산 및 이용을 활성화하여 생산비를 절감하는 등 축산업 경쟁력 강화를 목적으로 함. 이 사업은 조사료 사일리지 제조·운송비, 장거리 유통비 등을 지원함.

- 제조·운송비 지원: 비닐 또는 장비 등을 이용하여 사일리지 등을 제조하여 축산농가 까지 단거리(50km 미만) 운송하는 데 소요되는 비용을 지원함. 지원해 주는 단가는 6만 원/톤(18톤/ha)임.
- 이 밖에도 장거리 유통비 지원, 기계·장비 지원, 종자구입 지원을 함.

○ 연도별 재정투입 현황

- 재원: 국고는 20~50%를, 지방비는 30~60%를, 용자는 30~100%를, 자부담은 10~70%를 지원
- 재정투입액은 2018년 이후 일부 감소함(2021년 기준 약 801.7억 원).

〈표 4-10〉 연도별 재정투입 계획

단위: 100만 원

구분	2018	2019	2020	2021
합계	97,093	87,384	83,679	80,170
보조	80,435	76,577	76,742	76,779
용자	16,658	10,807	6,937	3,391

자료: 농림축산식품부(2021).

- 조사료생산기반확충사업은 국내 조사료 공급량을 늘리고 조사료 자급율을 제고하는데 긍정적인 효과가 있는 것으로 평가됨(안병일·한석호 2016). 그러나 국제 곡물가격 상승 등의 여건 변화는 사료작물 재배에 대한 보조금 지급 등의 직접적 인센티브를 통해 생산 기반을 장기적으로 유지하기 어려울 것으로 판단되며, 안정적 조사료 생산을 위한 공유지 활용, 초지관리 및 조성 등에 더 많은 예산을 할당할 필요가 있음(안병일·한석호 2016).

### 1.11. 공익직불제

- 공익직불제란 농업활동을 통해 농업·농촌의 공익기능을 증진하도록 농업인 등에게 보조금을 지급하는 제도를 의미함.
  - 문재인 정부 출범 이후 생산주의 농정에서 사람과 환경 중심의 지속가능한 농정으로의 전환을 지향함에 따라 기존 직불제도 농업·농촌의 공익기능을 증진할 수 있도록 개편이 요구됨.
  - 공익직불제는 ‘농업·농촌의 공익기능 증진’과 ‘농업인 등의 소득안정’을 목적으로 함. 기존의 직접지불제는 농업정책 개편에 대한 보상으로 농가경영 위험 관리 수단의 의미가 강하였으나, 개편 이후 공익기능 증진 기여에 대한 보상의 의미가 강화됨.

○ 공익직불제는 ‘농업인 소득안정’을 목적으로 하는 기본형 공익직불제와 ‘농업·농촌의 공익기능 증진’을 목적으로 하는 선택형 공익직불제로 구성됨.

- 기존 9개의 직불제 중 6개를 통합하여 ‘기본형’과 ‘선택형’으로 개편하였음. 농업구조개선을 목적으로 운용 중인 ‘경영이양직불’, ‘FTA 폐업지원’ 및 ‘FTA 피해보전직불’ 등 3개 제도는 별도로 유지함.
- 2021년도 공익직불금 예산은 2조 3,609억 원으로 기본형 공익직불은 2조 2,804억 원, 선택형 공익직불은 805억 원이 배정받음.

〈표 4-11〉 공익직불제 기본구조

개편 전		개편 후	
경관보전직불		선택형 공익직불	친환경농업직불
친환경농업직불			친환경안전축산직불
친환경안전축산직불			경관보전직불
			논활용(논이모작)직불
쌀소득 보전직불	고정	기본형 공익직불	면적직불
	변동		
밭농업직불	고정		소농직불
	논이모작		
조건불리지역직불		경영이양직불	
경영이양직불		FTA피해보전직불	
FTA피해보전직불		FTA폐업지원	
FTA폐업지원			

자료: 국립농산물품질관리원(2020), 『공익직불제 종합지침서』, p 12.

○ 기본형 공익직불제는 ‘쌀소득보전직불제(고정·변동)’, ‘밭고정직불제’, ‘조건불리직불제’가 통합하여 ‘소농직불금’과 ‘면적직불금’으로 구성됨. 소농에게 경영규모와 관계없이 일정한 금액을 지급하고 면적에 역진적 단가체계를 적용하며, 농업의 공익기능 수행을 통한 보상을 지급하는 등의 특징을 지님.

- 기본형 공익직불금 수령을 위해서는 농업인들이 의무적으로 지켜야 하는 준수사항이 존재함. 농업·농촌의 공익기능에 대한 국민의 기대를 충족하기 위하여 공익기능을 증진할 수 있도록 관련 준수 의무를 강화하였음.

- 과거 주로 농지 형상 및 기능 유지 정도였던 준수사항을 환경·생태계보호, 마을공동체 활성화, 먹거리 안전, 영농활동 준수 등 5개 분야 17개 사항으로 확대함. 준수사항 이행점검을 통해 농업인의 이행 여부를 확인하여 직불금을 지급하고 미이행 시 직불금 총액의 10%를 감액하며 최대 100%까지 감액을 적용함.

〈표 4-12〉 기본직불제 준수사항

분야	준수사항	내용 및 관련법 조항
환경	화학비료 사용기준 준수	- 농촌진흥청장이 정하여 고시하는 농경지 토양화학성분 기준 준수 - 지방자치단체장이 토양검사결과에 따라 권장하는 비료량 기준 준수
	비료 적정 보관·관리	- 비료의 적절한 보관과 관리 - 관련법:「비료관리법 제19조의2제1항」
	가축분뇨 퇴비·액비화 및 살포기준 준수	- 퇴비액비화기준에 적합한 퇴비액비 사용, 액비 살포기준 준수 - 관련법:「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」
	공공수역 농약·가축분뇨 배출금지	- 공공수역에 농약 및 가축분뇨 배출 금지 - 관련법:「물환경보전법 제15조제1항」, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제10조제1항」
	하천수 이용기준 준수	- 적절한 하천수 관리(「하천법」 제도 준수)
	지하수 이용기준 준수	- 적절한 지하수 관리(「지하수법」 제도 준수)
생태	농지의 형상 및 기능 유지	- 농작물 생산이 가능하도록 토양 유지·관리
	생태교란 생물의 반입·사육·재배금지	- 생태계교란 생물의 반입·사육·재배 금지 준수 - 관련법:「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률 제24조」
	방제대상 병해충 발생 시 신고	- 등록된 농지 주변 규제병해충, 방제대상 병해충 등 발견 시 신고 - 관련법:「식물방역법 제30조의2」
공동체	마을공동체 공동활동 실시	- 마을에서 자율적으로 자치회 구성하여 공동활동
	영농폐기물의 적정처리	- 영농폐기물 방치 금지 및 공동보관 등 적정 처리
먹거리 안전	농약 안전사용 및 잔류허용기준 준수	- 생산·유통단계 농산물에 대한 농약의 잔류허용기준 준수 - 관련법:「농약관리법 제23조」, 「농수산물 품질관리법 제61조」, 「식품위생법 제7조」
	기타 유해물질 잔류허용기준 준수	- 이산화황 등 기타 유해물질의 임의사용으로 인하여 잔류허용기준 준수 - 관련법:「식품위생법 제7조」
	농산물 출하제한 명령 준수	- 출하연기, 폐기 등의 출하제한 명령 준수 - 관련법:「농수산물 품질관리법 제63조제1항제1호」, 「농수산물 유통 및 가격안정에 관한 법률 제38조의1제2항」
영농활동 준수	영농기록 작성 및 보관	- 영농활동을 재배기간 동안 매월 1회 이상 기록, 2년 이상 보관
	농업·농촌 공익증진 교육 이수	- 농업·농촌의 공익기능 관련 교육 2시간 이상 이수
	경영체 등록·변경 신고	- 농업경영정보를 변경이 발생한 시점 이후 14일 이내에 변경 신고 - 관련법:「농어업경영체육성법 제4조」

자료: 농림축산식품부(2021), 『2021 기본형 공익직접지불사업 시행지침서』를 참조하여 저자작성.



○ 선택형 공익직불제는 농업·농촌의 공익기능을 더욱 발휘하도록 하는 추가적인 지원의 의미로 설계됨. 현행 선택형 공익직불제의 주요 내용은 다음과 같음.

- ‘친환경농업직불제’, ‘친환경안전축산직불제’, ‘경관보전직불제’와 ‘논이모작직불제’가 ‘논활용직불제’로 명칭을 변경하여 포함됨. 선택형 공익직불제의 제도별 지급조건과 내용 등의 제도 운용은 기존과 동일함.

○ 친환경농업직불제와 친환경안전축산직불제

- 친환경 농축산업 실천 농가에 초기 소득 감소분과 생산비를 보전하여 친환경 농축산업의 확산을 도모하고 환경 보전 등 농업의 공익기능 제고를 목적으로 함.
- 인증단계, 품목, 축종에 따라 지급단가에 차등을 둬. 친환경 농산물을 계속하여 생산하는 경우 농가당 0.1~5ha의 필지에 대하여 3~5년간, 친환경 축산물은 농가당 최대 연 3천만 원을 5년간 지급하며, 불연속인 경우 횡수로 지급함. 유지지속직불금은 지급 기한에 제한 없음.
- 2021년도 예산 기준 친환경농업직불금은 228억 3,200만 원, 친환경안전축산직불금은 15억 8,500만 원을 배정받았으며, 선택직불 예산의 30.3%를 차지함.

○ 경관보전직불제

- 지역별로 특색있는 경관작물을 재배하여 농촌 경관을 형성·유지·관리하고 이를 지역 축제·농촌관광·도농교류 등과 연계하여 지역경제를 활성화하는 것을 목적으로 함.
- 마을 단위 경관보전 추진위원회를 구성하여 경관보전협약을 체결하고 협약사항을 준수하여 경관작물을 재배하는 농업인을 대상으로 작물 종류에 따라 단가를 달리하여 식재 면적에 직불금을 지급함.
- 경관을 형성·유지·개선하기 위한 작물은 경관작물, 준경관작물, 준경관초지작물로 구분되며, 작물간 혼작, 간작, 색동재배, 디자인재배가 가능함. 지급단가는 작물별로 차등 지급하고 경관작물과 준경관작물을 혼작하는 경우 준경관작물로 간주함.
- 경관보전직불금은 직불제 중 유일하게 지방비 부담이 있음. 경관·준경관작물은 국비 50%, 지방비 50%, 준경관초지작물은 국비 80%, 지방비 20%로 지원함. 2021년 기

준 예산은 189억 5,000만 원으로 국고가 98억 8,000만 원, 지방비가 90억 7,000만 원으로 구성됨.

〈표 4-13〉 경관보전직불제 대상작물 및 지급단가

지목	농지		초지
작물	경관작물	준경관작물	준경관초지작물
대상작물	갯, 구절초, 국화류, 꽃양귀비, 꿀풀(하고초), 달맞이꽃, 라벤더, 메밀, 유채, 자운영, 코스모스, 해바라기, 헤어리비치, 감국, 안개초, 백일홍, 설악초 등	밀, 보리(겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 청보리 등), 연꽃, 이탈리아라이그라스, 호밀 등	경관, 준경관작물 중 사료작물로 활용이 가능한 작물 및 목초

자료: 국립농산물관리원(2020), 『공익직불제 종합지침서』, p. 294.

○ 논활용(논이모작)직불제

- 주요 발작물 재배 농업인의 소득안정과 공익기능 및 식량자급률 증진을 목적으로 함.
- 논활용직불금의 지급대상 품목은 보리(겉보리, 쌀보리, 맥주보리), 밀, 호밀, 귀리, 콩, 옥수수, 감자 등의 식량작물과 청보리, 이탈리아 라이그라스, 알팔파 등의 사료작물 및 목초류가 포함됨. 수확까지 이루어져야 하며, 녹비용으로 작물을 재배하는 경우 제외됨.
- 지급단가는 1ha당 50만 원으로 지급대상 농지 면적에 단가를 곱하여 필지별 직불금을 계산하고 10원 미만 절사 후 개인별로 합산하여 지급함. 농업인은 30ha, 농업법인인 50ha, 들녘경영체 운영법인인 400ha의 지급면적 상한이 있음.
- 재원은 국고보조 100%이며, 2021년 기준 논활용직불금 예산은 462억 원으로, 선택형 공익직불제 총예산 중 57.4%로 가장 큰 비중을 차지함.

〈표 4-14〉 선택직불제 주요 내용

구분	친환경농업직불제	친환경안전축산직불제	경관보전직불제	논활용직불제(논이모작)
사업 목적	친환경농업 실천 농업인에게 소득 감소분 및 생산비를 보전하여 친환경농업 확산을 도모하고 농업환경 보전 등 공익적 기능 제고	친환경축산 실천 농업인에게 소득 감소분 및 생산비를 보전하여 친환경 축산 확산을 도모하고 환경보전을 통한 지속가능한 축산 기반 구축	지역별 특색있는 경관작물을 재배하여 농촌의 경관을 아름답게 형성·유지·개선하고 이를 지역축제·농촌관광·도농교류 등과 연계하여 지역경제 활성화 도모	논을 활용·관리하는 농업인 등의 소득안정과 농업·농촌 공익기능 및 식량자급률 증진
근거 법령	「농업·농촌 공익기능 증진 직접지불제도 운영에 관한 법률」 제21조, 시행령 제20조, 시행규칙 제21조~23조	「농업·농촌 공익기능 증진 직접지불제도 운영에 관한 법률」 제21조, 시행령 제21조~제33조, 시행규칙 제24조~26조	「농업·농촌 공익기능 증진 직접지불제도 운영에 관한 법률」 제21조, 시행령 제34조~제41조, 시행규칙 제27조~31조	「농업·농촌 공익기능 증진 직접지불제도 운영에 관한 법률」 제21조, 시행령 제42조~제50조, 시행규칙 제32조~39조
주요 내용	인증단계별, 품목군별 지급 단가에 따라 재배면적에 비례하여 3~5년간 직불금 지급(불연속인 경우 3~5회 지급), 유기지속직접지불금은 기한없음	신청일 기준 HACCP농장인증과 친환경축산물인증(유기)을 받은 농업인에게 직불금 지급	마을경관보전추진위원회를 구성하고 시장·군수와 마을단위 경관보전협약을 체결한 후 지급대상 농지에 협약 사항을 준수하여 경관작물을 재배·관리하는 농업인 등에게 직불금 지급	식량자급률 증진, 쌀 과잉문제 대응 등을 위하여 논활용작물을 재배하는 농업인에게 직불금 지급
지원 자격 및 요건	친환경농산물인증을 받고 지자체 및 인증기관의 이행 점검 결과 당해연도 기간 중 인증이 유효한 것으로 통보 받은 자	HACCP농장인증과 친환경축산물인증을 받아 관리기관 등의 이행점검 결과 당해연도 기간 중 인증 취소 등의 처분을 받지 아니한 자	농업경영체로 등록된 자로서 경관보전직불금 지급대상 농지 등에서 경관작물을 재배·관리하는 농업인 또는 농업법인	지급대상 농지: 종전의 쌀고정 또는 밭고정직불금 지급대상 농지로서 현재 논으로 활용할 수 있는 농지 지급대상 품목: 논에서 동계에 재배하는 식량·사료작물
지원 내용	농가 당 지급한도 면적: 0.1~5.0ha - 유기: 논 70만 원/ha, 밭(과수) 140만 원/ha, 밭(채소·특작·기타) 130만 원/ha - 무농약: 논 50만 원/ha, 밭(과수) 120만 원/ha, 밭(채소·특작·기타) 110만 원/ha - 유기지속: 논 35만 원/ha, 밭(과수) 70만 원/ha, 밭(채소·특작·기타) 65만 원/ha	농가 당 지급한도액: 3,000만 원/년(총 5회) - 한우: 유기 17만 원/마리 - 젖소(우유): 유기 50원/L - 돼지: 유기 1만6천 원/마리 - 산란계(계란): 유기 10원/개 - 육계: 유기 200원/마리 - 오리: 유기 400원/마리 - 오리알: 유기 20원/개	지급단가: - 경관작물 170만 원/ha - 준경관작물 100만 원/ha, 준경관초지작물 45만 원/ha 지급상한면적: - 농업인 30ha, 농업법인 50ha	지급단가 : 1ha 당 50만 원 지급상한면적: - 농업인 30ha, - 농업법인 50ha, - 공동농업경영체 농업법인 400ha
재원	국고 100% (228억 3,200만 원)	국고 100% (15억 8,500만 원)	경관, 준경관작물 - 국고 50%, 지방비 50% 준경관초지작물 - 국고 80%, 지방비 20% (189억 5,000만 원)	국고 100% (462억 원)

자료: 1. 국립농산물품질관리원(2020), 「공익직불제 종합지침서」  
 2. 김기홍 외(2020), 「농업·농촌의 공익기능 증진을 위한 선택형 직불 확대방안」  
 3. 농림축산식품부(2021), 「2021년도 논활용[논이모작] 직접지불사업 시행지침서」  
 4. 농림축산식품부(2021), 「2021년 농림축산식품사업 시행지침서」  
 5. 농림축산식품부(2021), 「2021년도 경관보전직접지불사업 시행지침서」

○ 2020년 개편된 공익직불제는 기본형 직불제에 초점을 두고 설계되어 있고 현행 선택형 직불제는 기존의 방식을 유지하고 있어 농업·농촌의 공익기능 증진에는 한계가 있음.

- 현행 선택형 공익직불제는 공통적으로 사업목적에 맞는 성과지표를 제시하지 않고, 농업·농촌의 공익기능 증진 활동에 대한 보상과 농가소득 보전을 목적으로 하고 있으나 주로 소득 보전에 초점을 맞추고 있다는 인식이 강함(김기홍 외, 2020).

○ 선택형 직불제별 성과와 한계를 살펴보면 다음과 같음.

- 먼저 친환경농업직불제 및 친환경축산직불제는 친환경 농축산업의 생산을 확대하고 이를 통해 먹거리 안전, 농업환경보전 등 농업의 공익기능 제고 역할을 성과로 평가할 수 있음.
- 반면 인증중심의 성과 평가로 인해 영농과정에서 환경보호 중요성에 대한 가치를 인식하고 환경보전활동을 확산하는 것은 미흡하였음. 또한 기본형 직불금에 비해 예산의 규모가 작은 편이지만 금전적 보상 위주의 동기를 제공하여 예산의 변동에 따라 효과가 제한될 수 있음.
- 경관보전직불제의 성과로는 경관보전 활동을 통한 환경·생태보호, 토양의 지력 증진, 경관작물 재배를 통한 관광수익 증가, 마을 공동체 활성화 등이 있음.
- 그러나 전국적으로 유사한 작물을 식재하면서, 지역 특성과 여건을 반영하지 못한 경관 조성 과 타 직불금과 달리 지방비 부담이 있어 신청지역이 미흡한 편임. 또한 마을 단위 관리체계가 미흡하고 관리역량을 키우는 시간이 부족하여 제대로 된 경관 창출에 한계가 있음(김기홍 외, 2020).

## 2. 저탄소농업 관련 정책 평가

### 2.1. 2030 감축 로드맵 평가

- 2020년 2030 감축 로드맵을 평가한 결과, 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화시설, 양질 조사료, 에너지절감 시설의 경우 목표를 달성하였으나, 논물관리, 신재생에너지 시설의 경우 목표를 달성하지 못한 것으로 나타남(정학균 외, 2020).
- 또한 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화시설의 경우 목표는 달성하였으나 2030년 목표를 달성하기에는 2020년 목표가 낮은 수준임. 따라서 탄소중립 선언으로 2030년 감축 목표가 상향된 상황이어서 향후 감축목표 달성이 쉽지 않을 것으로 판단됨.

### 2.2. 저탄소농업 지원정책 추진실적 평가

#### □ 추진실적

- 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업의 경우 감축량은 9,700 톤CO<sub>2</sub>eq(2020년 기준)으로 낮은 수준임. 저탄소 농축산물 인증제도는 2020년 기준, 저탄소농축산물 인증제도의 경우 4,700여 인증농가에 그침. 또한 농업부문 배출권거래제 외부사업의 경우 2020년 3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq으로 절대량으로 보면 적은 수준임.

#### □ 세부 추진실적<sup>6)</sup>

- 저탄소 농업 기술별 지원정책 추진현황은 <표 4-15>와 같음.
  - 저탄소 농축산물 인증제도는 풋거름 작물 재배가 650건으로 가장 많았고 다음으로 자가제조 농자재 사용농법, 다겹보온커튼 및 보온터널 자동개폐장치 순으로 나타남.

<sup>6)</sup> 농업기술실용화재단 내부자료(2021.8.30.)를 이용함.

- 자발적 감축사업은 고효율보온자재(다겹보온커튼)을 적용한 농가가 233호로 가장 많은 수를 차지하였으며, 토지이용방법전환(논밭전환), 지열히트펌프 순으로 나타남.
- 농업부문 배출권거래제 외부사업은 공기열 히트펌프를 적용한 농가가 56호로 가장 많았고 지열 히트펌프, 바이오가스 플랜트 순으로 나타남.

〈표 4-15〉 저탄소 농업 기술별 지원정책 추진현황(2020년)

구분	저탄소 농축산물 인증 (인증 건수)		농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업(호)		농업부문 배출권 거래제 외부사업(호)	
	1순위	뜻거름 작물재배	650	고효율보온자재 (다겹보온커튼)	233	공기열 히트펌프
2순위	자가제조 농자재 사용농법	168	토지이용방법전환 (논밭전환)	67	지열 히트펌프	42
3순위	다겹보온커튼 및 보온터널 자동개폐장치	134	지열히트펌프	17	바이오가스 플랜트	7

주 1) 저탄소 농축산물 인증제는 단체 농가의 경우 1건으로 계산  
 자료: 농업기술실용화재단 내부자료(2021.08.30.).

○ 농가 규모별 지원정책 추진현황은 〈표 4-16〉과 같음. 농업·농촌 자발적 온실가스 감축 사업과 농업부문 배출권거래제 외부사업은 상대적으로 면적이 적은 1ha 미만의 농가가 각각 78.8%, 81.3%를 차지함. 저탄소 농축산물 인증제는 주로 1~10ha 미만의 농가가 56.3%를 차지함.

〈표 4-16〉 농가 규모별 지원정책 추진현황(2020년)

단위: 호, %

구분	저탄소 농축산물 인증 (인증 건수)	농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	농업부문 배출권 거래제 외부사업
1ha 미만	230 (28.0)	252 (78.8)	139 (81.3)
1~10ha 미만	462 (56.3)	66 (20.6)	32 (18.7)
10ha 이상	129 (15.7)	2 (0.6)	0 (0.0)
전체	821 (100.0)	320 (100.0)	171 (100.0)

주 1) 저탄소 농축산물 인증제는 단체농가의 경우 1건으로 계산  
 2) 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업과 농업부문 배출권거래제 외부사업에서 규모를 알 수 없는 농가(각각 14호, 7호)를 1ha 미만으로 기록함  
 3) ( )는 구성비임.  
 자료: 농업기술실용화재단 내부자료(2021.08.30.).

○ 품목별 추진현황을 살펴보면 주로 과수, 과채, 곡류 재배 농가가 가장 많은 수를 차지함 (표 4-17).

- 저탄소 농축산물 인증제는 사과 재배 농가가 1,427호로 가장 많았고 면적 역시 1,698ha로 1순위를 차지함.
- 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업의 경우 농가 수를 기준으로 할 때 딸기 재배 농가가 81호로 가장 많았으며, 면적 기준은 콩 재배면적이 255.9ha로 가장 많았음.
- 농업부문 배출권거래제 외부사업은 토마토 재배 농가가 55호로 가장 많았고 면적 기준은 파프리카가 34.2ha로 가장 많았음.

〈표 4-17〉 품목별 지원정책 추진현황(2020년)

단위: 호, ha

구분	순위	저탄소 농축산물 인증		농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업		농업부문 배출권 거래제 외부사업	
		품목	농가수	품목	농가수	품목	면적
농가수	1순위	사과	1,427	딸기	81	토마토	55
	2순위	벼	772	파프리카	54	감귤	39
	3순위	포도	590	토마토류	54	파프리카	17
면적	1순위	사과	1,698	콩	255.9	파프리카	34.2
	2순위	벼	1,340	딸기	24.4	토마토	31.8
	3순위	배	551	마늘	23.8	감귤	16.4

주 1) 저탄소 농축산물 인증제는 다품목 인증 농가의 경우 중복하여 계산

2) 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업은 면적을 모르는 지열에너지(2농가, 5,000㎡), 다겹보온커튼(12농가, 3,300㎡) 일괄 적용

자료: 농업기술실용화재단 내부자료(2021.08.30.).

○ 감축량별 추진현황을 살펴보면, 주로 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만이 가장 큰 비율을 차지함.

- 저탄소 농축산물 인증제는 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만이 40%로 가장 많았고 다음으로 100톤CO<sub>2</sub>eq 이상, 1~10톤CO<sub>2</sub>eq 미만, 1톤CO<sub>2</sub>eq 미만 순으로 나타남.
- 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업은 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만이 64.1%로 가장 많았으며 1~10톤CO<sub>2</sub>eq 미만, 100톤CO<sub>2</sub>eq 이상, 1톤CO<sub>2</sub>eq 미만 순으로 나타남.
- 농업부문 배출권거래제 외부사업은 10~100톤CO<sub>2</sub>eq과 100톤CO<sub>2</sub>eq 이상이 전체의 90.1%로 가장 많았음.

〈표 4-18〉 감축량별 지원정책 추진현황(2020년)

단위: 호, %

구분	저탄소 농축산물 인증 (인증건수)	농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	농업부문 배출권 거래제 외부사업
1톤 미만	79 (4.0)	2 (0.6)	0 (0.0)
1~10톤 미만	335 (17.1)	97 (30.3)	17 (9.9)
10~100톤 미만	263 (40.0)	205 (64.1)	81 (47.4)
100톤 이상	108 (38.9)	16 (5.0)	73 (42.7)
전체	785 (100.0)	320 (100.0)	171 (100.0)

- 주 1) 저탄소 농축산물 인증제는 단체농가의 경우 1건으로 계산  
 2) 저탄소 농축산물 인증의 경우 새송이버섯 인증 36건을 제외함.  
 3) ( )는 구성비임.

자료: 농업기술실용화재단 내부자료(2021.08.30.).

### 2.3. 시설설치 지원사업 추진실적 평가

- 가축분뇨자원화시설 지원사업: 가축분뇨 처리를 위한 시설 및 장비 등을 지원하며, 재정 투입은 지속적으로 증가하는 추세임.
- 조사료생산기반확충사업: 조사료 사일리지제조·운송비, 장거리 유통비, 기계·장비 및 가공·유통시설, 종자 구입, 초지 조성 및 기반시설, 전문단지 조성 등을 지원하며, 재정 투입액은 2018년 이후 일부 감소함.
- 농업에너지이용효율화사업: 신재생에너지시설과 에너지절감시설의 설치 및 에너지 진단 컨설팅 비용을 지원하며, 재정투입액은 지속적으로 감소하고 있으며, 2021년 예산은 2018년 예산 수준의 46% 정도에 불과함.



## 2.4. 2050 감축 수단과 기본직불/선택직불/농업환경보전프로그램 관계 검토 결과

- 중복 지원으로 인한 예산 낭비 가능성을 낮추기 위해 농업환경정책에 해당하는 2050 온실가스 감축 수단과 공익직불제, 농업환경보전프로그램의 관계를 비교한 결과는 <표 4-19>와 같음.
  - 질소질비료 사용 절감의 경우 기존 제도, 기본직불제의 준수사항인 ‘화학비료 사용기준 준수’와 선택직불제 중 ‘친환경농업직불의 유기농업’, 농업환경보전프로그램의 ‘외부 양분 투입 감축’, ‘적정 양분 투입’ 활동과 중복됨.
  - 농기계 경유/등유 사용률 감소는 선택직불제 중 친환경농업직불의 유기 과수재배와 농업환경보전프로그램의 무경운, 최소경운 활동과 중복이 되나, 기존 제도의 경우 지원 대상이 한정적이고 농기계 사용률 감소를 통한 경유/등유 수요 절감을 의미함. 2050 감축 수단으로 제시된 농기계 전기·수소 전환 방안과는 차이가 있음.

<표 4-19> 기존 제도와 2050 감축 수단 관계

	기본직불 조건	선택직불 (친환경농업직불)	농업환경보전프로그램
간단관계			
논물 알게 대기			
질소질비료 사용 절감	○	○	○ (외부양분 투입 감축, 적정양분투입)
바이오차 토양개량제 보급			
퇴액비 투입률 감소			
저메탄사료 보급			
분뇨내 질소저감			
축산 생산성 향상			
에너지화 및 정화율 제고			
고효율설비 등유 사용률 감소			
농기계 경유/등유 사용률 감소		○	○ (무경운, 최소경운)
부산물 수거량 증가			
분뇨전력 전환			

주: 농기계 경유/등유 사용률 감소와 관련된 선택직불은 과수재배로 한정됨.(SS기 사용)



# 5

## 농업인 인식조사 분석

### 1. 농업인<sup>7)</sup>

○ 농가의 기술 수용 의향을 알아보기 위해 설문조사를 실시함. 설문조사 주요 내용은 온실가스 감축 인식, 기술 사용현황 및 수용 의향 등이었음.

#### 1.1. 온실가스 감축 관련 일반적 인식

○ 기후변화 완화를 위해 온실가스 감축 노력 필요성 인지 여부를 질문한 결과 논벼 농가 76.1%, 시설재배농가 77.6%, 축산농가 87.4%가 인지하고 있다고 응답함. 탄소중립 목표 인지 여부의 경우 논벼농가 31.0%, 시설재배농가 38.6%, 축산농가 58.3%로 나타남.

<sup>7)</sup> 이 조사는 한국농촌경제연구원에서 일반과제로 수행하고 있는 「농림업부문 녹색경제 활성화방안 연구」의 일환으로 진행된 설문조사 결과의 주요 내용을 인용함.

○ 농업에서의 온실가스 발생 인지 여부의 경우 벼농가는 ‘들어만 보았음’(37.9%), ‘조금 알고 있음’(32.5%)으로 응답했고, 시설농가와 축산농가는 ‘조금 알고 있음’(39.5%, 48.6%)으로 응답함. 또 시설농가는 ‘들어만 보았음’(36.3%), 축산농가는 ‘잘 알고 있음’(25.1%) 등으로 응답함. 감축목표 동참 여부에 대한 긍정적 응답 비율은 논벼 농가 76.6%, 시설재배농가 79.0%, 축산농가 70.3% 등으로 나타남.

## 1.2. 농가 유형별 온실가스 감축 기술 수용성

○ 감축 기술별 농가 수용성에 대한 응답 결과를 보면, 논벼 농가의 경우 간단관개(82.4%), 시설재배 농가의 경우 순환식 수막재배(28.6%), 축산농가의 경우 적정 단백질 사료(80%)로 수용성이 가장 높은 기술로 나타남.

- 수용성이 낮은 주요 이유는 기술별로 차이가 있으며, 논벼 농가의 경우 주로 ‘생산량 감소 및 생산비 증가 우려’, ‘기술을 잘 모름’ 등이 제시됨. 시설재배 농가의 경우 모든 기술에 대해 ‘초기 설치비 부담이 큼’이 가장 큰 비중을 차지하였으며, 축산농가의 경우 주로 ‘경영비 상승 우려’, ‘비싼 처리비용’, ‘기술을 잘 모름’의 비율이 높게 나타났음.

〈표 5-1〉 기술별 농가 수용성

		사용(의향) 비율	현재 기술사용 안 한 주요 이유 (사용 의향 없는 이유)
벼	간단관개	82.4%	기술을 잘 모름(32.8%), 생산량이 감소하게 됨(32.8%)
	무경운/최소경운	29.1%	생산량 감소(47.4%), 기술을 몰라서(22.8%)
	녹비작물 재배	20.1%	생산량 감소(30.3%), 생산비 증가 우려(25.6%)
	바이오차 활용	56.8%	토양개량효과에 대한 확신이 없어(45.5%), 바이오차를 활용한 토양개량 기술을 잘 모름(19.1%)
	정부노력		초기투자비 지원(30.4%), 판로확보 지원(23.1%)
시설	지열히트펌프	9.9%	초기 설치비 부담이 크기 때문(70.0%)
	다겹보온커튼	23.3%	초기 설치비 부담이 크기 때문(65.2%)
	순환식 수막재배	28.6%	초기 설치비 부담이 크기 때문(58.6%)
	정부노력		초기투자비 지원(35.5%), 판로확보 지원(22.9%)
축산	퇴·액비 공동자원화 시설	51.4%	가축분뇨 처리비용이 비싸기 때문( 37.3%), 공동자원화 시설이 멀음( 24.1%)
	바이오에너지 공동자원화 시설	18.3%	가축분뇨 처리비용이 비싸기 때문( 37.9%), 공동자원화 시설이 멀음(30.0%)
	양질의 조사료	64.0%	벼짚에 비해 비싼 가격(46.2%), 양질의 조사료가 무엇인지 모름(38.5%)
	메탄저감 사료	69.7%	경영비 상승 우려( 52.9%), 메탄저감 사료가 무엇인지 모름(17.6%)
	적정단백질 사료	80.0%	경영비 상승 우려(47.4%), 기술 잘 모르거나 생산성 감소 우려(15.8%)
	정부노력		직불제 등 인센티브 제공에 대한 응답률(27.6%), 홍보 및 교육 (23.8%), 초기투자비 지원(23.4%)로 비슷한 수준임.

자료: 정학균 외(2021).

## 2. 저탄소농업 활성화 관련 지원사업 참여 농업인

- 지원사업 참여 농업인을 대상으로 인식도, 만족도, 애로사항 등을 조사하고 저탄소농업 직접지불제의 도입에 대한 의견수렴과 적정 단가 산정 등 도입방안을 도출하기 위해 설문조사를 실시하였음.
- 설문조사 기간은 2021년 9월 29일~2021년 10월 20일이며, 구조화된 설문지를 이용한 인터넷 및 전화조사 방식을 사용함. 조사 대상은 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 참여 농가 100명, 배출권거래제 외부사업 참여 농가 53명, 저탄소 농축산물 인증제도 참여 농가 110명 등 총 263명이었으며, 이 가운데 총 200명이 설문에 응답하였음.
- 사업별 저탄소농업 기술 도입 시점을 조사한 결과, 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업은 2017~2021년이 40.0%, 배출권거래제 외부사업과 저탄소 농축산물 인증제도는 2012~2016년이 각각 43.6%, 72.5%로 가장 많았음.
- 주로 적용하고 있는 기술을 조사한 결과, 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업은 ‘고효율보온자재’가 74.3%, 배출권거래제 외부사업은 ‘공기열히트펌프’가 56.4%로 가장 많았고, 저탄소 농축산물 인증제도의 경우 ‘푹거름재배’ 40.7%, ‘모름’ 35.2% 등의 순으로 나타남.

〈표 5-2〉 저탄소농업 기술 도입 시점 및 주요 적용 기술

단위: %

항목		농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	배출권거래제 외부사업	저탄소 농축산물 인증제도
기술 도입 시점	2012년 이전	27.1	17.9	15.4
	2012~2016년	32.9	43.6	72.5
	2017년~2021년	40.0	38.5	12.1
주로 적용하고 있는 기술	지열히트펌프	25.7	25.6	1.1
	고효율보온자재	74.3	-	-
	폐열히트펌프	-	2.6	-
	공기열히트펌프	-	56.4	3.3
	다겹보온커튼/덮개	-	5.1	-
	바이오가스 플랜트	-	10.3	-
	풋거름재배	-	-	40.7
	무경운 농업	-	-	4.4
	경축순환농법	-	-	4.4
	쌀겨농법	-	-	1.1
	유기농법	-	-	4.4
	녹비작물	-	-	4.4
	발효농법	-	-	1.1
	무제초제	-	-	1.1
	액비 자가제조	-	-	5.5
	농업방제 자가제조	-	-	1.1
	무가온재배	-	-	1.1
	농자재 자가제조	-	-	3.3
	최적비료 사용	-	-	1.1
	모름	-	-	35.2

주: 저탄소 농축산물 인증제도는 주로 적용하고 있는 기술 3가지를 조사함

## 2.1. 저탄소농업 직불제 도입 찬반 의견

○ 지원사업 참여 농가를 대상으로 저탄소농업 직접지불제의 도입에 대한 찬반 의견을 조사한 결과, 전체 응답자의 93.0%가 찬성한다는 견해를 보임. 이러한 조사 결과는 김창길 외(2013)가 수행한 「저탄소농업 직접지불제도 도입 방안」연구의 농가조사 결과와도 유사함〈글상자 1〉.

〈표 5-3〉 저탄소농업 직불제 도입 찬반 의견(지원사업 참여농가)

단위: %

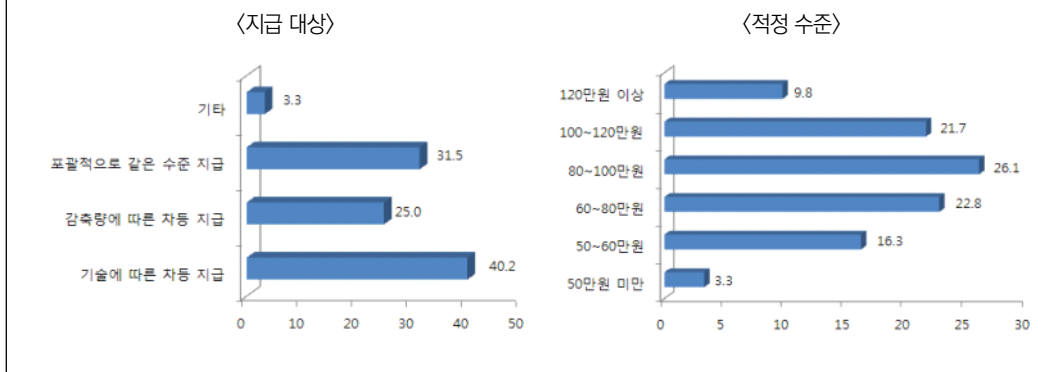
	찬성	반대	모름
전체	93.0	3.0	4.0
농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	94.3	2.9	2.9
배출권거래제 외부사업	87.2	2.6	10.3
저탄소 농축산물 인증제도	94.5	3.3	2.2

○ 지원사업 참여 농가를 대상으로 저탄소농업 직불금 지급단가를 산정하는 방법을 파악하기 위해 산정 방법에 대하여 질문한 결과, '저탄소농업 도입에 따른 추가비용 보전과 환경적 편익을 고려하여야 한다'는 의견이 41.5%로 가장 높았고, '온실가스 감축량 환산' 39.0%, '추가비용 보전' 19.5%로 나타남.

〈글상자 1〉 김창길 외(2013), 「저탄소농업 직접지불제도 도입 방안」연구의 농가조사 결과

- 이 연구의 농가조사대상은 한국농촌경제연구원 현지통신원 친환경농업 실천 농가(우편) 150명, 저탄소농업 실천농가(우편 및 면접) 190명 등 총 340농가였으며, 이 가운데 총 92농가가 설문에 응답하였고, 저탄소농업 직접지불제도에 대한 찬반 의견에 대해 응답자의 97.8%가 찬성한다는 견해를 보였음.
- 정부가 저탄소 농업직불제를 도입하면서 저탄소농업을 적용하는 면적(ha 기준)당 직불금을 지급하려 할 때 그 지급대상에 대해 질문한 결과, '저탄소농업 기술에 따른 차등 지급' 40.2%, '적용 기술 혹은 온실가스 감축량에 상관없이 포괄적으로 같은 수준으로 지급' 31.5%, '온실가스 감축량에 따른 차등 지급' 25.0% 등으로 나타났음.
- 농가에서 생각하는 저탄소 농업직불금의 적정규모를 파악하기 위해 저탄소 농업직불제를 도입할 경우 ha당 적정수준의 직불금에 대하여 질문한 결과, '80~100만 원'이 26.1%로 가장 많았고, '60~80만 원' 22.8%, '100~120만 원' 21.7% 등으로 각각 나타났음.

〈글상자 그림 1〉 저탄소농업 직불금의 지급대상 및 적정수준





- 온실가스 감축량을 산정하여야 하는 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업과 배출권거래제 외부사업 응답자는 저탄소농업 도입에 따른 온실가스 감축량 환산 방법이 각각 38.6%, 46.2%로 비중이 높게 나타남.

〈표 5-4〉 직불금 단가 산정 방법(지원사업 참여농가)

단위: %

	저탄소농업 도입에 따른 추가비용을 보전하는 수준에서 직불금을 산정해야 한다.	저탄소농업 도입에 따른 추가비용을 보전하고, 여기에 환경적 편익을 고려하여 직불금을 산정해야 한다.	저탄소농업 도입에 따른 온실가스 감축량을 금액으로 환산하여 직불금을 산정해야 한다.
전체	19.5	41.5	39.0
농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	25.7	35.7	38.6
배출권거래제 외부사업	15.4	38.5	46.2
저탄소 농축산물 인증제도	16.5	47.3	36.3

## 2.2. 지원사업 참여 요인

- 지원사업 참여계기는 자발적 온실가스 감축사업의 경우 ‘농업기술센터의 홍보’가 40.0%, 배출권거래제 외부사업과 저탄소 인증제도는 ‘컨설팅 등 관련 전문가의 권유’가 각각 53.8%, 38.5%로 가장 높게 나타남(표 5-5).

- 지원사업 참여 의사결정에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로 ‘영농비용 절감’이 자발적 감축사업 54.3%, 외부사업 48.7%로 가장 높았고, 저탄소 인증제도의 경우 ‘판매 농산물의 이미지 개선’이 48.4%를 보임. 농가 의사결정 요인으로 생산비 절감, 농산물 이미지 개선을 통한 수요 증대에 따른 소득증대 등 경제적 요인이 가장 큰 것으로 보임(표 5-6).

〈표 5-5〉 저탄소농업 활성화 지원사업 참여 계기

단위: %

	이웃 농가 권유	농업기술 센터 홍보	시·군 관계자 홍보	컨설팅 등 관련 전문가 권유	기타
농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	14.3	40.0	14.3	25.7	5.7
배출권거래제 외부사업	23.1	10.3	10.3	53.8	2.6
저탄소 농축산물 인증제도	14.3	11.0	14.3	38.5	22.0

〈표 5-6〉 저탄소농업 활성화 지원사업 참여 요인

단위: %

	영농비용 절감/ 판매 농산물 이미지 개선*	기후변화 등 환경 문제에 대한 관심	정부의 탄소 감축 의무 노력에 동참	온실가스 감축에 대한 인센티브 지급/ 판매가격 상승**
농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	54.3	14.3	7.1	24.3
배출권거래제 외부사업	48.7	5.1	10.3	35.9
저탄소 농축산물 인증제도	48.4	35.2	8.8	7.7

\*: 저탄소 농축산물 인증제도는 판매 농산물의 이미지 개선

\*\* : 저탄소 농축산물 인증제도는 판매가격 상승

### 2.3. 지원사업 참여시 애로사항

- 지원사업 참여시 주로 ‘등록 및 인증 용도의 자료 구비’에 어려움을 겪는 비중이 높았음. 자발적 온실가스 감축사업 응답자 중 ‘사업 등록 및 감축량 인증을 위한 자료 준비 어려움’이 42.9%로 가장 많았음. 70대 이상인 응답자와 영농경력 20~30년 미만인 응답자는 ‘사업 관련 정보 취득 절차에 어려움’을 겪는 비중이 상대적으로 높았음(표 5-7). 기타 의견으로 ‘시설변경 및 재투자 자금이 부담스러움’이 있음.
- 배출권거래제 응답자 중 ‘사업 등록 및 감축량 인증을 위한 자료 준비 어려움’이 30.8%로 가장 많았고, ‘행정절차에 긴 시간 소요’ 28.2%, ‘사업 관련 취득 절차에 어려움’ 25.6% 등의 순서로 나타남(표 5-8).
  - 기술 도입 시기에 따라 주로 겪는 애로사항에 차이가 있음. 2012년 이전 참여자는 주로 행정절차에, 2017~2021년 참여자는 정보 취득에 어려움을 겪는 비중이 높았음.
  - 기타 의견으로 ‘시설물 수리 비용 발생에 대한 부담’이 있음

○ 저탄소 인증제 응답자 중 ‘인증을 위한 자료 준비 어려움’이 46.2%로 가장 많았음(표 5-9).

- 전년도 농업소득이 1천만~3천만 원 미만인 응답자와 신규 기술 도입 응답자(2017~2021년)는 추가적인 시간이 필요하다는 의견의 비중이 높았음
- 영농경력이 50년 이상인 응답자는 인증 절차가 까다롭다는 의견이 많았음.
- 기타 의견으로는 악용 사례, 소비자의 낮은 관심, 농가에 인센티브 없음 등이 있음.

〈표 5-7〉 자발적 온실가스 감축사업 참여시 애로사항

단위: %

구분		사업 등록 및 감축량 인증을 위한 자료 준비가 어려움	행정절차에 긴 시간이 소요됨	사업 관련 정보의 취득 절차가 어려움	사업 등록 및 감축량 인증 절차가 복잡함	기타
연령	30대	50.0	0.0	33.3	0.0	16.7
	40대	50.0	30.0	20.0	0.0	0.0
	50대	37.9	17.2	24.1	10.3	10.3
	60대	50.0	10.0	5.0	30.0	5.0
	70대 이상	20.0	0.0	40.0	20.0	20.0
영농경력	10년 미만	44.4	11.1	33.3	0.0	11.1
	10년~20년 미만	37.5	25.0	18.8	12.5	6.3
	20년~30년 미만	21.4	14.3	28.6	28.6	7.1
	30년~40년 미만	59.1	9.1	13.6	9.1	9.1
	40년~50년 미만	37.5	12.5	12.5	25.0	12.5
	50년 이상	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
전체		42.9	14.3	20.0	14.3	8.6

〈표 5-8〉 배출권거래제 참여시 애로사항

단위: %

구분		사업 등록 및 감축량 인증을 위한 자료 준비가 어려움	행정절차에 긴 시간이 소요됨	사업 관련 정보의 취득 절차가 어려움	인증을 위한 비용 발생에 대한 부담	기타
기술 도입 시점	2012년 이전	28.6	57.1	14.3	0.0	0.0
	2012~2016년	41.2	29.4	11.8	11.8	5.9
	2017년~2021년	20.0	13.3	46.7	13.3	6.7
전체		30.8	28.2	25.6	10.3	5.2

〈표 5-9〉 저탄소 농축산물 인증제도 참여시 애로사항

단위: %

구분	인증을 위해 갖춰야 할 자료 준비가 어려움	추가적인 시간이 필요	인증절차가 까다로움	기타	
영농경력	10년~20년 미만	44.4	16.7	11.1	27.8
	20년~30년 미만	44.8	20.7	27.6	6.9
	30년~40년 미만	52.4	14.3	14.3	19.0
	40년~50년 미만	56.3	12.5	18.8	12.5
	50년 이상	14.3	28.6	42.9	14.3
전년도 농업소득	1천만 원 미만	50.0	50.0	0.0	0.0
	1천만~3천만 원 미만	0.0	40.0	30.0	30.0
	3천만~5천만 원 미만	31.3	12.5	31.3	25.0
	5천만~7천만 원 미만	45.5	18.2	27.3	9.1
	7천만~1억 원 미만	61.1	5.6	22.2	11.1
	1억 원 이상	58.8	17.6	11.8	11.8
기술도입 시점	2012년 이전	28.6	14.3	14.3	42.9
	2012~2016년	53.0	15.2	21.2	10.6
	2017~2021년	27.3	36.4	27.3	9.1
전체	46.2	17.6	20.9	15.4	

## 2.4. 지원사업 만족도

- 자발적 온실가스 감축사업은 만족하다고 응답한 비중은 45.7%, 보통 45.7%로 동일한 비중을 보임. 전년도 농업소득 3천만 원 미만, 2017~2021년 기술 도입, 고효율보온자재 기술 도입 응답자의 만족도는 상대적으로 낮았음(표 5-10).
- 배출권거래제는 보통이 51.3%, 만족(①+②) 43.6%, 불만족(④+⑤) 5.1% 순으로 나타나 상대적으로 낮은 만족도를 보임. 주로 전년도 농업소득 3천만~5천만 미만, 정보화 기구 미사용, 농업 교육 경험 5회 이상, 폐열히트펌프와 다겹보온커튼/덮개 기술을 도입한 응답자가 만족 집단(①+②)의 비중이 높게 나타남(표 5-11).
- 저탄소 인증제도에 대해 전반적으로 만족한다(①+②)고 응답한 비중은 53.8%로 나타나 사업과 비교하여 상대적으로 높은 만족도를 보였으며, 농가의 사회경제적 특성과 관계없이 만족한다는 비중이 고르게 높았음. 주로 30대, 전년도 농업소득 1천만 원 미만, 농업 교육 경험이 없는 응답자의 만족도가 상대적으로 낮게 나타남(표 5-12).

〈표 5-10〉 자발적 온실가스 감축사업 참여 만족도

단위: %

구분		①매우 만족 (5점)	②만족 (4점)	①+②	③보통 (3점)	④불만족 (2점)	평점 (5점 만점)
전년도농업 소득	1천만 원 미만	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	3.0
	1천만~3천만 원 미만	0.0	25.0	25.0	50.0	25.0	3.0
	3천만~5천만 원 미만	22.2	33.3	55.6	44.4	0.0	3.8
	5천만~7천만 원 미만	0.0	43.8	43.8	50.0	6.3	3.4
	7천만~1억 원 미만	9.1	63.6	72.7	27.3	0.0	3.8
	1억 원 이상	10.3	27.6	37.9	48.3	13.8	3.3
기술 도입 시점	2012년 이전	10.5	36.8	47.4	47.4	5.3	3.5
	2012~2016년	17.4	43.5	60.9	30.4	8.7	3.7
	2017~2021년	0.0	32.1	32.1	57.1	10.7	3.2
기술 명칭	지열히트펌프	16.7	50.0	66.7	27.8	5.6	3.8
	고효율보온자재	5.8	32.7	38.5	51.9	9.6	3.4
전체		8.6	37.1	45.7	45.7	8.6	3.5

〈표 5-11〉 배출권거래제 참여 만족도

단위: %

구분		①매우 만족 (5점)	②만족 (4점)	①+②	③보통 (3점)	④불만족 (2점)	⑤매우 불만족 (1점)	④+⑤	평점 (5점 만점)
전년도 농업 소득	3천만~5천만원미만	12.5	50.0	62.5	25.0	0.0	12.5	12.5	3.5
	5천만~7천만원미만	0.0	25.0	25.0	50.0	25.0	0.0	25.0	3.0
	7천만~1억 원 미만	0.0	37.5	37.5	62.5	0.0	0.0	0.0	3.4
	1억 원 이상	0.0	42.1	42.1	57.9	0.0	0.0	0.0	3.4
정보화 기구	사용	0.0	39.4	39.4	54.5	3.0	3.0	6.1	3.3
	미사용	16.7	50.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	3.8
교육/ 기술지도 횟수	없음	0.0	26.7	26.7	73.3	0.0	0.0	0.0	3.3
	1회~2회 미만	9.1	36.4	45.5	45.5	0.0	9.1	9.1	3.4
	2회~3회 미만	0.0	50.0	50.0	25.0	25.0	0.0	25.0	3.3
	3회~5회 미만	0.0	33.3	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	3.3
	5회 이상	0.0	83.3	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	3.8
기술 명칭	폐열히트펌프	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
	지열히트펌프	0.0	30.0	30.0	50.0	10.0	10.0	20.0	3.0
	공기열히트펌프	4.5	40.9	45.5	54.5	0.0	0.0	0.0	3.5
	다겹보온커튼/덮개	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
	바이오가스플랜트	0.0	25.0	25.0	75.0	0.0	0.0	0.0	3.3
전체		2.6	41.0	43.6	51.3	2.6	2.6	5.1	3.4

〈표 5-12〉 저탄소 인증제 참여 만족도

단위: %

구분		①매우 만족 (5점)	②만족 (4점)	①+②	③보통 (3점)	④불만족 (2점)	⑤매우 불만족 (1점)	④+⑤	평점 (5점 만점)
연령	30대	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.0
	40대	16.7	25.0	41.7	41.7	16.7	0.0	41.7	3.4
	50대	10.7	42.9	53.6	32.1	10.7	3.6	53.6	3.5
	60대	17.1	42.9	60.0	37.1	2.9	0.0	60.0	3.7
	70대 이상	0.0	53.3	53.3	46.7	0.0	0.0	53.3	3.5
영농경력	10년~20년 미만	16.7	33.3	50.0	33.3	16.7	0.0	50.0	3.5
	20년~30년 미만	6.9	41.4	48.3	44.8	6.9	0.0	48.3	3.5
	30년~40년 미만	14.3	28.6	42.9	47.6	4.8	4.8	42.9	3.4
	40년~50년 미만	18.8	50.0	68.8	31.3	0.0	0.0	68.8	3.9
	50년 이상	0.0	85.7	85.7	14.3	0.0	0.0	85.7	3.9
전년도 농업소득	1천만 원 미만	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.0
	1천만~3천만 원 미만	10.0	40.0	50.0	40.0	10.0	0.0	50.0	3.5
	3천만~5천만 원 미만	6.3	50.0	56.3	31.3	6.3	6.3	56.3	3.4
	5천만~7천만 원 미만	27.3	27.3	54.5	36.4	9.1	0.0	54.5	3.7
	7천만~1억 원 미만	5.6	61.1	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	3.7
	1억 원 이상	14.7	35.3	50.0	41.2	8.8	0.0	50.0	3.6
교육/기술지도 횟수	없음	0.0	30.8	30.8	53.8	7.7	7.7	30.8	3.1
	1회~2회 미만	9.7	41.9	51.6	38.7	9.7	0.0	51.6	3.5
	2회~3회 미만	10.0	55.0	65.0	35.0	0.0	0.0	65.0	3.8
	3회~5회 미만	30.8	38.5	69.2	23.1	7.7	0.0	69.2	3.9
	5회 이상	14.3	35.7	50.0	42.9	7.1	0.0	50.0	3.6
기술 도입 시점	2012년 이전	7.1	35.7	42.9	50.0	7.1	0.0	42.9	3.4
	2012~2016년	13.6	43.9	57.6	33.3	7.6	1.5	57.6	3.6
	2017년~2021년	9.1	36.4	45.5	54.5	0.0	0.0	45.5	3.6
전체		12.1	41.8	53.8	38.5	6.6	1.1	7.7	3.6

## 2.5. 지원사업 참여 후 영농활동 변화

○ 지원사업 참여로 인한 영농활동의 변화를 조사함. 자발적 온실가스 감축사업과 배출권 거래제는 생산, 저탄소 인증제는 판매와 관련한 변화를 조사함.

- 기술 도입 후 영농비용(에너지 비용)이 감소하였다고 인지한 비중(④+⑤)은 배출권거래제 53.8%, 자발적 온실가스 감축사업 51.4%로 나타남.

- 저탄소 인증제도 참여 후 농산물 판매량이 증가하였다고 인지한 비중(④+⑤)은 31.9%로 판매량에 변화가 없다고 응답한 비중(①+②) 36.3%보다 낮았음. 판매가격의 변화가 없다고 인지한 비중도 37.4%로 나타나 영농활동에 직접적인 영향을 미치는 정도가 다른 사업에 비해 작은 것으로 나타남.
- 자발적 온실가스 감축사업은 기술 도입 후 생산량이 증가하였다는 의견(④+⑤)이 그렇지 않은 경우(①+②)보다 높은 비중을 차지하였으나 배출권거래제의 경우 두 집단의 차이가 작은 것으로 나타남.

〈표 5-13〉 기술 도입 후 영농비용 절감 및 생산량 증가 여부

단위: %

구분		①전혀 그렇지 않다	②그렇지 않다	①+②	③보통이다	④그렇다	⑤매우 그렇다	④+⑤
자발적 온실가스 감축사업	영농비용 절감	1.4	10.0	11.4	37.1	37.1	14.3	51.4
	생산량 증가	1.4	12.9	14.3	42.9	40.0	2.9	42.9
배출권거래제 외부 사업	영농비용 절감	7.7	7.7	15.4	30.8	38.5	15.4	53.8
	생산량 증가	2.6	17.9	20.5	51.3	25.6	2.6	28.2

〈표 5-14〉 저탄소 농축산물 인증 적용 후 농산물 판매량 및 가격 증가 여부

단위: %

구분	①전혀 그렇지 않다	②그렇지 않다	①+②	③보통이다	④그렇다	⑤매우 그렇다	④+⑤
농산물 판매량 증가	13.2	24.2	37.4	37.4	18.7	6.6	25.3
농산물 판매가격 증가	11.0	25.3	36.3	31.9	23.1	8.8	31.9

## 2.6. 향후 지원사업 참여 의향 및 활성화 방안

- 지원사업 참여농가의 향후 참여 의향을 조사한 결과 ‘현 수준의 기술과 인증면적으로 계속 참여할 계획임’이 자발적 온실가스 감축사업 34.3%, 배출권거래제 38.5%, 저탄소 인증제 64.8%로 높게 나타났음.

〈표 5-15〉 향후 지원사업 참여 의향

단위: %

구분	현 수준의 기술 적용, 면적으로 계속 참여할 계획이다	계속 참여하면서 저탄소농업기술 적용 시설 (면적/용량 등)도 증가시킬 계획이다	계속 참여하면서 추가적인 저탄소 농업기술을 적용하여 감축사업을 확대 등록할 계획이다*	앞으로 참여하지 않을 계획이다	모름
농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	34.3	25.7	31.4	7.1	1.4
배출권거래제 외부사업	38.5	23.1	30.8	5.1	2.6
저탄소 농축산물 인증제	64.8	30.8	3.3	0.0	1.1

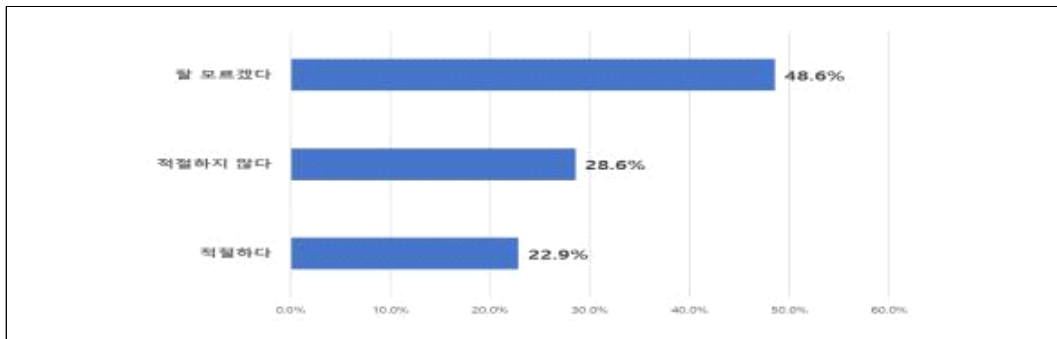
\*: 저탄소 농축산물 인증제는 '계속 참여하지만 인증면적 감소 계획'을 의미

○ 자발적 온실가스 감축사업 참여 농가에게 현재 인센티브 수준(톤당 1만 원)의 적절성을 평가하게 하였으며, 모르겠다고 응답한 비중이 48.6%로 가장 높게 나타났고 적절하지 않음 28.6%, 적절함 22.8%의 순을 보임.

- 연령, 영농경력, 농업소득 등의 사회경제적 특성과 관계없이 모르겠다는 응답이 고르게 높았음.

〈그림 5-1〉 자발적 온실가스 감축사업 인센티브 현재 수준의 적절성

단위: %



○ 자발적 온실가스 감축사업의 활성화를 위한 인센티브 산정 방식에 대한 선호를 조사함. 인센티브 수준을 '배출권거래제 시장가격을 고려하여 현실화해야 함' 38.6%, '배출권 거래제 시장가격을 고려하되, 감축기술 적용이 상대적으로 어려운 비에너지 분야 감축에 대한 인센티브를 더 많이 지급해야 함' 37.1%로 나타남.



- 배출권거래제 시장가격을 고려하여야 한다는 응답자는 인센티브 수준에 대해 톤당 3만 원이 적절하다(29.5%)는 의견이 가장 많았고 2만 원과 1만 5천 원 25.9%, 2만 5천 원 18.5%로 뒤를 이음.
- 비에너지 분야 감축에 더 많은 인센티브를 지급해야 한다는 응답자는 에너지 분야와 2배 이상이 적절하다(38.5%)는 의견이 가장 많았고 1.4배, 1.6배 각각 23.1%, 1.2배, 1.8배 각각 7.7%의 수준으로 나타남.
- 차등화하여 지급하여야 한다는 응답자를 대상으로 감축 규모의 선호 구분 기준 조사한 결과, '10톤CO<sub>2</sub>eq 이하, 10~30톤CO<sub>2</sub>eq, 30~100톤CO<sub>2</sub>eq'이 58.8%로 가장 높았고 '20톤CO<sub>2</sub>eq 이하, 20~40톤CO<sub>2</sub>eq, 40~100톤CO<sub>2</sub>eq' 35.3%, '30톤CO<sub>2</sub>eq 이하, 30~50톤CO<sub>2</sub>eq, 50~100톤CO<sub>2</sub>eq' 5.9% 순으로 나타남.

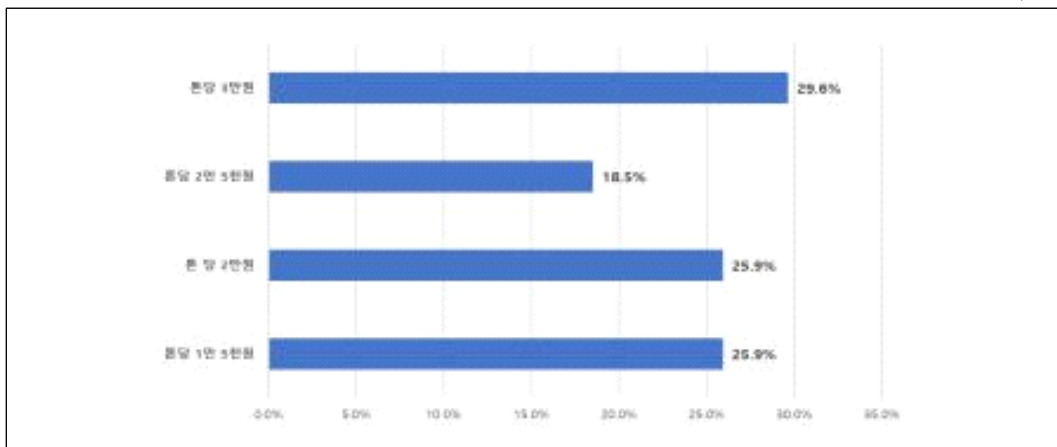
〈표 5-16〉 자발적 온실가스 감축사업 활성화 방안

단위: %

구분	① 배출권거래제 시장 가격을 고려하여 현실화해야 한다.	② 배출권거래제 시장 가격을 고려하여 현실화하되 감축규모에 따라 차등화하여 지급해야 한다.	③ 배출권거래제 시장 가격을 고려하여 현실화하되 에너지분야보다 감축기술 적용이 상대적으로 어려운 비에너지 분야 감축에 대한 인센티브를 더 많이 지급해야 한다.
자발적 온실가스 감축사업	38.6	24.3	37.1

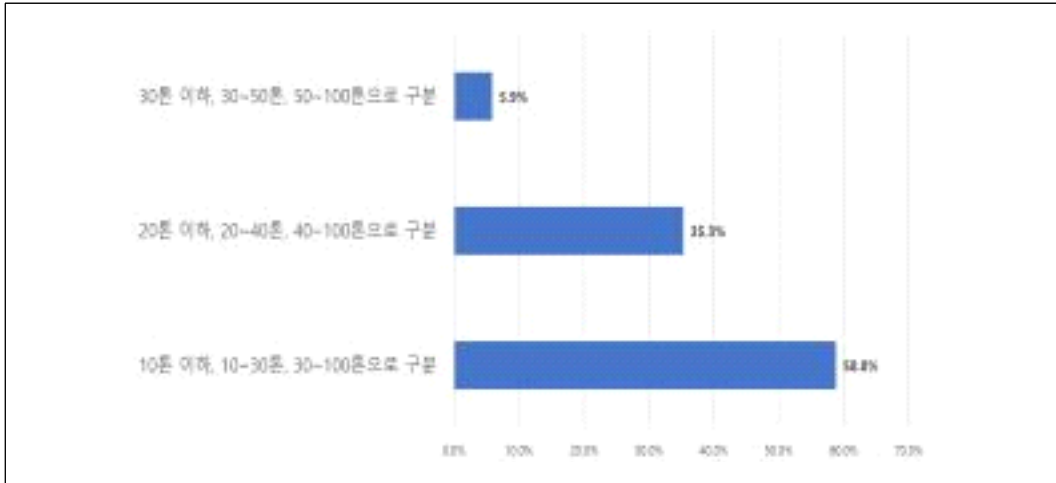
〈그림 5-2〉 인센티브 희망 수준(①번 응답자)

단위: %



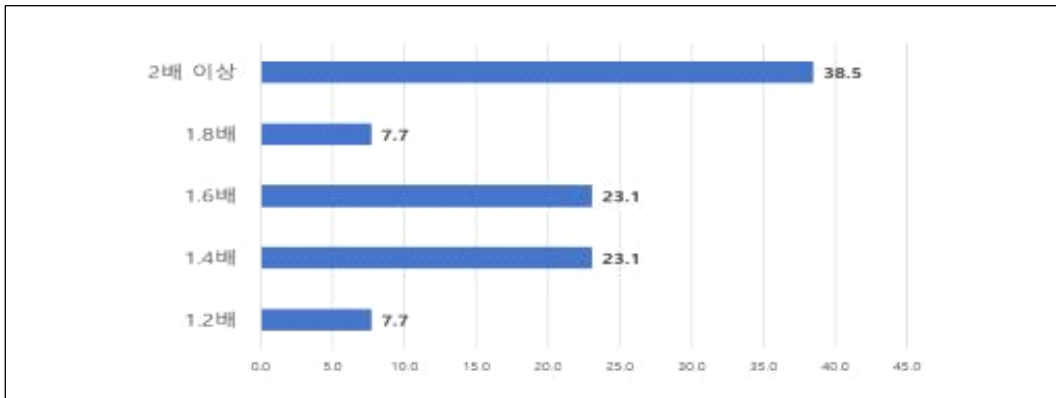
〈그림 5-3〉 감축 규모 선호 구분 기준(②번 응답자)

단위: %



〈그림 5-4〉 에너지 대비 비에너지 분야 인센티브 수준 (③번 응답자)

단위: %



○ 저탄소 농축산물 인증제 참여 농가를 대상으로 활성화 방안을 살펴본 결과, ‘인증농산물의 시장 차별화’가 70.3%로 높게 나타났음. 인증제 참여 후 판매량과 가격에 변화가 없다고 인지한 비중이 높은 것과 연결되며 인증농산물 소비 활성화 정책 마련이 요구됨.

〈표 5-17〉 저탄소 농축산물 인증제 활성화 방안

단위: %

구분	인증 농산물 시장 차별화되어야 한다	그린카드 포인트를 9%에서 더 높여야 한다	인증 농산물의 품목을 다양화해야 한다	인증절차를 보다 간소화해야 한다
저탄소 농축산물 인증제	70.3	17.6	2.2	9.9

# 6

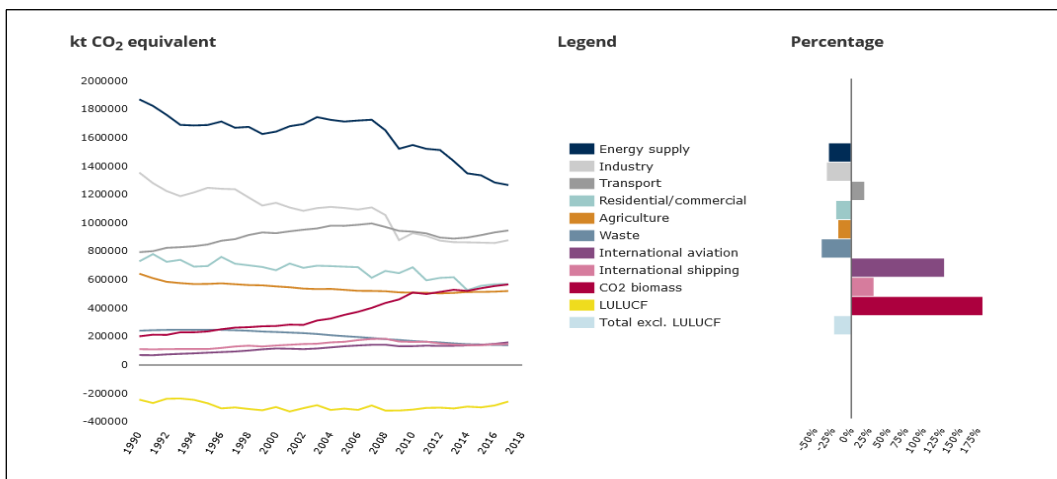
## 주요국의 감축 및 정책 수단

### 1. 유럽연합(EU)

#### 1.1. 배출현황 및 감축 수단

○ 2018년 기준 EU 농업생산에 의해 직접 배출되는 양은 3억 9,400만 톤CO<sub>2</sub>eq임. 이는 EU 전체 배출량의 10%를 차지함.

〈그림 6-1〉 EU의 부문별 온실가스 배출량



출처: EEA, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ghg-emissions-by-aggregated-sector-5#tab-dashboard-02>.

○ EU는 농업 및 토지이용에 있어 잠재적 완화 옵션들을 가지고 있음. 잠재적 감축 옵션은 작물생산, 가축생산, 영양 및 토양관리, 에너지 등으로 구분되어 아래 <표 6-1>과 같이 제시될 수 있음.

<표 6-1> 농업 및 토지이용의 잠재적 완화 옵션

범주	잠재적 완화 조치
작물 생산	피복작물 이용을 포함한 보존 농업
	벼 생산으로부터의 온실가스 배출감소
가축 생산	반추동물의 메탄 배출감소
	반추동물용 사료 첨가제
	최적화된 가축 사료 공급 전략, 저질소 사료
	반추위의 메탄 생성 박테리아 예방 접종
영양 및 토양 관리	혐기성 소화(분뇨처리 중 GHG 배출감소)
	윤작 및 잔디 혼합에서 생물학적 질소 고정
	질소 억제제 사용
	질소 효율 개선(예: 비료 사용 시기 개선)
에너지	토양에 바이오 숯 사용
	농장 에너지 효율 개선

자료: Martineau et al.(2016); Pérez Domínguez et al.(2020).

## 1.2. 온실가스 감축정책

○ 2021년 6월 25일 EU 의회와 EU 이사회는 2018년 EU 집행위원회가 제안한 새로운 공동농업정책(2023-2027)에 대해 합의하였음. 2023년 시행될 공동농업정책의 가장 큰 특징은 1) 농업환경지불금제도 수립에 있어 회원국들의 권한을 극대화했으며 2) 기존의 녹색 직불금(greening payment)을 대신하여 새로운 농업환경지불금제도인 생태제도(Eco-scheme)를 도입하였다는 점임. 구체적으로 새로운 EU 공동농업정책의 농업환경지불금 제도는 1) 향상된 조건성(enhanced conditionality), 2) 생태제도(Eco-scheme), 3) 농업·환경·기후 책무에 대한 지불로 구성됨.

○ 향상된 조건성은 교차준수의 성격을 가진. 즉, 제 1지주의 기본직불금과 제 2지주의 직불금 수령의 조건으로 농업인들은 의무 혹은 준수사항을 이행하여야 함.

- 농업인들에게 부여하는 준수사항은 공동농업정책에 명시되어 있는 토지를 농업 및 환경적 상태로 유지하기 위한 기준들(Standards for good agricultural and environmental condition of land, 이하 GAEC)이나 EU의 법정관리 요구사항들(Statutory management requirement, 이하 SMR)을 바탕으로 하며, 각국은 각자의 공동농업정책 전략 계획(CAP strategic plan)에 해당 기준들을 어떻게 이행할 것인지, 그리고 이러한 기준들이 공동농업정책 전략 계획의 목표를 달성하는 데에 얼마나 기여하는지를 기술해야 함.
- 향상된 조건성의 준수사항은 1) 기후 및 환경(climate and environment) 2) 공공, 동물, 그리고 식물의 건강(public health, animal and plant health), 3) 동물 복지(animal welfare) 관련 활동으로 구성되어 있으며, 기후변화 대응과 직접적으로 관련된 활동은 아래 <표 6-2>와 같음.

<표 6-2> 향상된 조건성의 준수사항: 기후변화 대응 관련

요구사항 및 기준		목적
GAEC1	농경지와 영구초지 비율을 바탕으로 한 영구 초지 유지	영구초지의 탄소저장을 유지하기 위해 영구초지에서 다른 작물로의 전환을 막는 보호 장치
GAEC2	습지와 이탄지대에 대한 적절한 보호	탄소가 많이 저장되어 있는 토양을 보호
GAEC3	작물 전사에 대한 소각 금지 (단, 작물의 건강을 위한 목적은 제외)	토양의 유기물을 유지

자료: EC(2018b: 13~16)

○ 앞서 언급한 향상된 조건성과는 달리 생태제도는 농업인들의 자발적인 참여를 바탕으로 환경과 기후변화 대응에 보다 초점을 맞추고 있음.

- 회원국들은 그들의 공동농업정책 전략 계획에 생태제도를 포함해야 하며, 생태제도에 포함되는 구체적인 농업활동 리스트를 구축하여야 함.
- 생태제도를 통해 지불금이 지급되는 활동들은 다음 4가지 조건을 충족시켜야 함: 1) GAEC 혹은 SMR에서 제시한 환경 및 기후변화 대응 기준이나 요구사항을 뛰어넘는 농업활동, 2) 작물보호제나 비료 사용, 동물복지 관련 최소 요구사항과 각국과 유럽

연합 법에 명시된 기타 강제적 요구사항을 넘어서는 농업활동, 3) 농경지를 일반적인 농작업 외에 추가적인 준비작업 없이 방목과 경작에 가능하게끔 유지하는 것 이상의 농업활동, 4) 농업·환경·기후·책무에 대한 지불에 해당하지 않는 활동

- 생태제도는 헥타르당 매년 지급되며, 기본직불금에 추가로 지불되거나 활동에 따른 추가적인 비용이나 소득의 감소분을 보상함.

○ 제 2지주의 농업·환경·기후 책무에 대한 지불은 앞서 언급한 생태제도와 지불금을 지원하는 활동 기준은 유사하나<sup>8)</sup>, 그 방법과 계약 조건이 서로 상이함.

- 제 2지주는 생태제도와는 달리 정책 시행에 따른 거래비용까지 고려할 수 있으며, 계약 기간이 아닌 다년차 계약으로 진행되어, 우리나라의 농업환경보전프로그램과 유사한 특징을 가짐.
- 또한 제 2지주의 농업·환경·기후 책무에 대한 지불은 농업환경지불금 정책 수립에 있어 결과 중심 지불금 체계(result-based) 그리고 집합적 체계(collective scheme) 적용을 강조함.

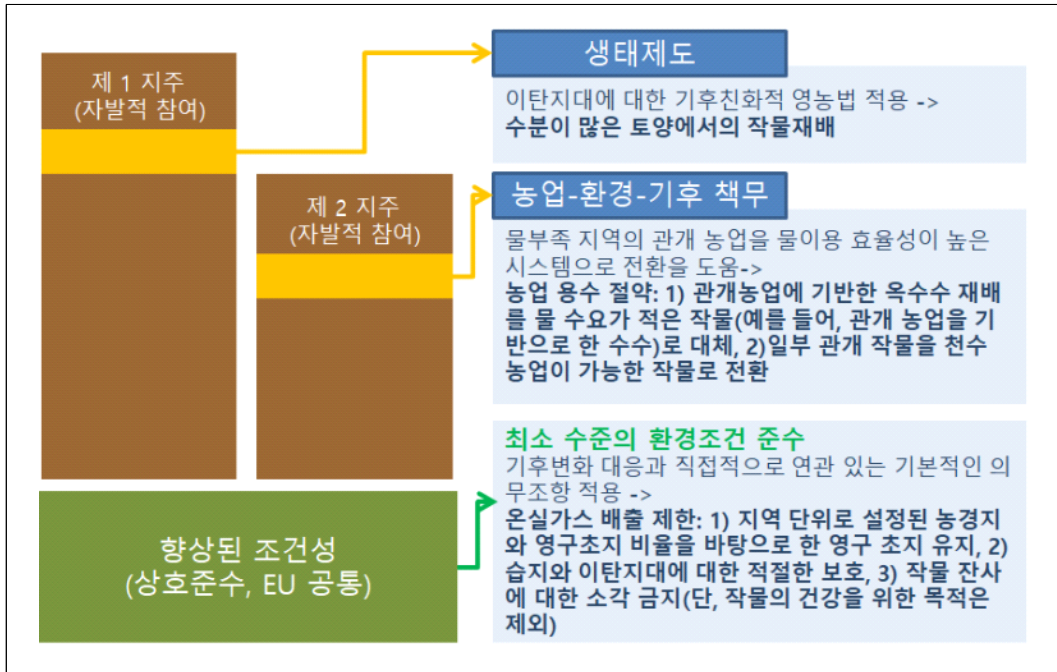
○ 앞서 언급한 내용을 종합한 농업부문 온실가스 감축 정책 예시는 <그림 6-2>와 같음.

- 구체적으로 EU 집행위원회는 향상된 조건성으로 대표되는 최소 이행조건만을 제시할 뿐 제 1지주와 제2 지주의 농업환경지불금은 회원국들이 기준을 수립함.
- 제 1지주와 제2 지주의 농업환경지불금의 적용 역시 <그림 6-2>에서 나타난 방법뿐만 아니라 다양하게 나타날 수 있음. 예를 들어, 제 2지주 활동을 제 1지주 활동보다 심화된 활동으로 설정할 수 있으며, 다수의 제 1지주 및 제2 지주의 활동들을 동시에 포함시킬 수도 있음.

---

8) 농업-환경-기후 책무 대한 지불 조건과 생태제도의 지불 조건은 마지막 조건을 제외한 모든 조건이 일치함. 또한 농업-환경-기후 책무 대한 지불의 마지막 조건은 생태제도에 속한 활동과 차별성을 보여야 한다는 것이며, 이는 생태제도와 농업-환경-기후 책무 대한 지불이 서로 겹치는 것으로 배제하기 위한 항목임.

〈그림 6-2〉 농업환경지불정책 예시: 온실가스 감축을 중심으로

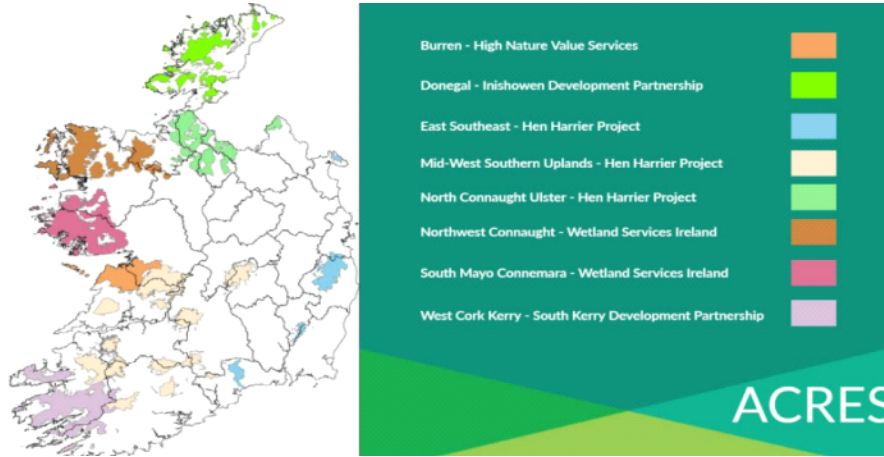


자료: EC(2019:12)의 내용을 수정·번역함.

〈글상자 2〉 아일랜드 CAP 계획: 농촌환경계획(ACRES)

- 아일랜드 CAP 계획 초안으로 제안된 새로운 농업환경기후 계획으로 EU 위원회의 아일랜드 CAP 계획 승인에 따라 농업인을 대신하여 고문(advisor)이 2022년 10~11월 신청할 수 있으며, 승인되면 2023년 1월부터 시작할 수 있도록 계약함. 모든 농업인을 대상으로 하며 ACRES 일반(general)과 협동(co-operation) 두 가지 방식으로 신청할 수 있음.
  - ACRES 일반은 ACRES 협동에서 정의된 우선순위가 높은 지역 이외의 전국 지역을 대상으로 하며 모든 개별 농업인을 대상으로 다양한 활동을 제공함. ACRES 협동은 〈글상자 그림2〉에서 색칠된 우선순위가 높은 지역의 농업인을 대상으로 하며, 맞춤형 농장 및 조정 활동, 결과기반 지불이 포함됨. 협동 프로젝트의 관리를 위한 계약을 체결하고 농업인은 해당 지역에 대한 지역 활동 계획을 개발해 줄 새로운 팀의 지원을 받음.
  - 두 방식 모두 농장 지속가능성 계획(Farm Sustainability Plan)을 ACRES 고문이 작성하고 제출해야 함. ACRES 협동 지역 내에서 2021년 기본지불제도(Basic payment scheme)에서 식량/서식지로 지정된 농장 소유지가 3 ha 이상이거나 20% 이상을 보유한 경우에만 ACRES 협동으로 신청할 수 있음.

〈글상자 그림 2〉 ACRES의 우선 순위가 높은 지역



자료: 아일랜드 ACRES([gov.ie](http://gov.ie) - Agri-Climate Rural Environment Scheme (ACRES) ([www.gov.ie](http://www.gov.ie)), 검색일 2022.9.2)

- ACRES의 지원 자격은 다음과 같음.
  - 지원서 제출일 기준 만 18세 이상임.
  - 활동적인 사업체 ID(active Business ID)를 소유해야 하고 herd owner 상태여야 함.
  - 통합 관리 및 제어 시스템(Integrated Administration and Control System)에 신청자의 이름으로 모든 경작지를 신고해야 함.
  - 2021년 기본지불제도에 유효한 신청자를 제출해야 함.
  - 2022년 기본지불제도에 계획에 포함된 모든 토지를 신고해야 하며, 이후 모든 참가 연도에 대해 지속가능성을 위한 기본 소득 지원 계획(Basic Income Support for Sustainability scheme)을 신청서에 신고해야 함.
  - 또한 신청 농업인을 대신하여 서류를 작성할 ACRES 고문을 고용해야 함.
- ACRES 일반과 협동에 포함된 활동 및 지원 단가는 〈글상자 표 1〉, 〈글상자 표2〉와 같음. ACRES 일반은 연간 최대 7,311 유로를 지원하며, 수행된 활동의 지급 비율에 따라 금액 수준이 결정됨. ACRES 협동은 결과기반(result based) 지불로 최대 7,000유로/년과 비생산적 투자 및 경관 활동으로 최대 3,500유로/년을 지원하며 지역과 토지 유형에 맞게 설계된 결과 기반 점수 카드와 비생산적 투자 및 경관 활동에 따라 금액 수준이 결정됨.
  - 기본 자격 요건 이상으로 새끼를 출산한 암컷을 사육하는 경우 전체 최대 지급 한도 내에서 등록된 새끼 한 마리당 75유로를 추가로 지원받을 수 있음.
  - 결과기반 점수와 관계없이 초기 20ha에 대해 참가 지불은 50유로/ha로 설정되며, 10ha 미만 공유지의 참가 지불금액은 120유로/ha임.

〈글상자 표 1〉 농업-기후 농촌환경계획(ACRES)의 일반 활동 및 지원 단가

ACRES 일반 활동	너비 구분 (m)	m/년 당 €	ha/년 당 €	단위/년당 €	m <sup>3</sup> /년 당 €
원숭이 올빼미(Barn owl) 등지 상자				36.48	
배추속 식물(brassica) 그루터기 사료 이용			120		
간작(catch crop)			173.2		
희귀 품종의 보존(가축단위(LU) 당)				200	
경작 가능한 휴경지의 환경관리			1,047		
대규모 방목지			200		
거위와 백조			205		



ACRES 일반 활동	너비 구분 (m)	m/년 당 €	ha/년 당 €	단위/년 당 €	m <sup>3</sup> /년 당 €
경작지 경계 주변의 훼손되지 않은 초목 지구 (grass margin arable)	3m	0.38			
	4m	0.51			
	6m	0.76			
	8m	1.01			
초지 경계 주변의 훼손되지 않은 초목 지구 (grass margin grassland)	2m	1			
	3m	1.1			
	6m	1.37			
저목림 울타리(Coppicing of Hedgerows)		2.87			
울타리 배치		5.47			
저배출 슬러리 살포					1.2
수로 옆 집약초지 관리			502		
최소 경작			40		
새로운 울타리 심기		5.29			
전통 과수원 심기				27.49	
수변 완충지대에 나무 심기				3.18	
나무 심기				6.21	
고고학 기념물의 보호 및 유지 - 경작지				209	
고고학 기념물의 보호 및 유지 - 초원				125	
겨울 동안 그루터기 남김			86		
수변 완충지대 - 경작지	3m	0.38			
	4m	0.51			
	6m	0.77			
	8m	1.02			
수변 완충지대 - 초원	1.5m	1.3			
	3m	1.71			
	6m	2.11			
수변 완충지대 - 경작지			1,242		
수변 완충지대 - 초원			1,530		
새를 위한 라이그래스(ryegrass) 종자 제공		1.37			
전통 마른 돌담 유지 보수		0.76			
농장 지대에서 암모니아를 포집하기 위한 나무 벨트 (0.18 - 0.5ha)(최대 €2514/년)				5,028	
곡물 미수확 지역(Unharvested cereal headlands)	12m	1.26			
	21m	2.2			
	24m	2.52			
	30m	3.15			
겨울 새 먹이터			1,000		
겨울 새 먹이 제공 지역	6m	0.98			
	8m	1.31			

자료: 아일랜드 ACRES(gov.ie - Agri-Climate Rural Environment Scheme (ACRES) (www.gov.ie), 검색일 2022.9.2)

〈붙임자 표 2〉 농업-기후 농촌환경계획(ACRES)의 결과기반 활동 및 지원 단가

구분	활동 단가	필드 스코어							
		10	9	8	7	6	5	4	< 4
acres 일반	저투입 초지(€/ha)	400	375	350	325	300	275	250	0
	저투입 이탄 초지((Peat Grassland), €/ha)	400	375	350	325	300	275	250	0
acres 협동	초지, 이탄지, 관목지(€/ha)	400	350	300	250	205	175	150	0
	초지, 이탄지, 관목지 참여 유기 농업 지원 수혜 농업인(€/ha)	150	100	50	0	0	0	0	0
acres 일반 및 협동	공용지(€/ha)	220	180	145	115	90	70	60	0
	10ha 미만 공용지(€/ha)	220							

자료: 아일랜드 ACRES([gov.ie](http://gov.ie) - Agri-Climate Rural Environment Scheme (ACRES) ([www.gov.ie](http://www.gov.ie)), 검색일 2022.9.2)

## 2. 미국

### 2.1. 배출현황 및 감축 수단<sup>9)</sup>

○ 2019년을 기준으로 미국의 농업부문에서 배출되는 온실가스량은 총 6억 2,860만 톤 CO<sub>2</sub>eq임. 이는 미국 전체 배출량의 9.6%임.

- 농업토양관리(3억 4,460만 톤 CO<sub>2</sub>eq), 가축 장내 발효(1억 7,860만 톤 CO<sub>2</sub>eq), 분뇨 관리(6,240만 톤 CO<sub>2</sub>eq) 등

○ 미국 NRCS 보전 활동(160여 개) 중 주요 온실가스 감축 및 에너지 절감 활동은 아래와 같이 정리할 수 있음. 이러한 활동을 이행하는 농업인은 다음에 소개할 보전책무 프로그램(Conservation Stewardship Program: CStP), 환경질개선지원 프로그램(EQIP) 등을 통해 지원을 받음. <부록>은 사료관리 활동을 하는 축산인이 환경질개선지원 프로그램을 통해 지원을 받는 과정을 제시하고 있음.

<표 6-3> 미국 NRCS 보전 활동 중 주요 온실가스 감축 및 에너지 절감 활동

구분	활동 이름 (단위) (코드) (발표일)	활동 개요	온실가스 감축
비에너지	혐기 소화조 Anaerobic Digester (No.) (366) (10/2017)	혐기상태에서 가축분뇨를 생물학적으로 처리하는 시설	연소에 의해 메탄이 이산화탄소로 전환되면서 순온실가스배출을 줄임.
에너지	연소 시스템 개선 Combustion System Improvement (No.) (372) (5/2019)	농업에 이용하는 연소(燃燒)시스템을 교체, 엔진교환, 새로운 부품 장착 등을 통해 개선	화석연료 사용 감소에 따른 이산화탄소 감축

<sup>9)</sup> 미국 University of California(Davis)의 이현정 박사과정에게 원고 위탁하여 작성된 보고서 “미국 농업분야의 온실가스 감축수단과 정책 및 시사점”의 주요 내용을 요약하여 제시함.

(계속)

구분	활동 이름 (단위) (코드) (발표일)	활동 개요	온실가스 감축
비에너지	퇴비화 설비 Composting Facility (No.) (317) (9/2020)	미생물에 의한 가축분뇨 혹은 다른 유기물 분해를 용이하게 하는 장치 혹은 구조물	적절한 퇴비화는 이산화탄소 배출을 증가시키지만 메탄과 아산화질소 생성 잠재력을 줄일 수 있음.
비에너지	피복 작물 Cover Crop (Ac.) (340) (9/2014)	계절에 따른 식생피복(seasonal vegetative cover)을 위해 재배되는 풀, 콩과식물, 광엽(廣葉) 초본 등	식물이 대기중의 이산화탄소를 제거하여 초목(plants)과 토양에 탄소의 형태로 저장함.
비에너지	사료 관리 Feed Management (AUs Affected) (592) (9/2016)	가축과 가금류에게 먹이로 공급되는 영양분, 사료 혹은 첨가제의 양과 질을 조종하고 조절하는 일	사료 관리는 질소 배출을 줄여서 아산화질소 배출잠재량을 감소시킴. 반추동물의 사료 급여 관리는 또한 메탄 배출을 감소시킴.
에너지	에너지효율적 농업활동 Energy Efficient Agricultural Operation (No.) (374) (7/2021)	농장 에너지 사용의 효율성을 향상시키거나 에너지 사용을 줄이는 활동의 발굴과 실행	에너지 사용 감소에 따른 온실가스 감축
에너지	펌프 장치 Pumping Plant(No.)(533) (9/2020)	물을 설계 압력(designed pressure 및 유속(flow rate)으로 퍼 올리는 시설	구식 펌프 장치를 보다 효율적인 내부 연소 엔진 혹은 전기 모터로 바꾸면 이산화탄소 배출을 줄임. 하지만 내부 연소 엔진의 교체는 이산화탄소를 증가시킬 수 있음.
비에너지 /에너지	농업부산물 및 경운 관리, 무경운(Ac.)(329) (9/16)	농업부산물(작물 잔사 등)을 관리하고 경운을 줄이거나 하지 않는 활동	농기계 사용 감소에 따른 이산화탄소 배출 감소함. 그리고 토양탄소 저장 증가함.
비에너지 /에너지	목질 잔여 처리 (Ac.) (384) (10/17)	산림 관리 활동이나 자연적인 어떤 상황으로 생성되는 목질 잔여물의 처리	산불 발생 및 이산화탄소 배출 위험을 줄임.

자료: 미국 NRCS(<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/national/technical/cp/ncps/>, 검색일 2022.2.20.)

## 2.2. 농업부문 온실가스 감축정책

○ 2013년 미국의 농무부는 ICF International과 협업을 통해 농업인이 특정 완화 관행 및 기술을 채택할 경우 필요한 재정적 인센티브에 대한 정보를 제공함. 또한 바이든 행정부는 보전책무 프로그램(Conservation Stewardship Program: CStP)<sup>10)</sup>을 통해 저탄소농업을 지원하겠다고 밝힘.

- 보전책무 프로그램(CStP)은 토양, 물, 공기, 에너지, 동식물의 보전 및 향상과 사유 경작지의 보전을 목적으로 재정 및 기술을 지원함.

<sup>10)</sup> 임영아 외(2018)의 보전책무 프로그램을 요약 정리함.

- 지불금은 기존의 보전 활동에 대한 개선/유지/관리에 대해 지급함. 또한 추가 보전 활동의 설치·도입 시 지급됨.

○ 환경질개선지원 프로그램(EQIP)<sup>11)</sup>은 자발적 환경보전 프로그램으로 생산자가 토양, 물, 공기 등 환경질을 보전하면서 영농에 종사할 수 있도록 재정 및 기술을 지원함.

- 신청자는 자연자원보전청(NRCS)의 도움을 받아 보전계획을 수립하고, 제출된 신청서는 순위가 매겨진 후 우선순위에 따라 환경보전 활동으로 인해 소요되는 경비의 일부를 지원받게 됨.
- 대상 토지는 경지, 초지, 방목지, 목초지, 습지, 비(非)산업용 사유 임지 또는 농산물/임산물/축산물이 생산되는 토지임. 농업인, 비(非)산업용 사유 임지의 소유자, 인디언 부족 또는 농림업에 관심 있는 자이면 자유롭게 신청할 수 있음. 이 밖에 신청자는 농업진흥청(FSA)을 통해 신청자와 대상 토지에 대한 농업 기록(farm record)을 보유해야 함. 이때 신청자에 대한 농업 기록은 다음 세 가지 사항을 명시해야 함. 첫째, 대상 토지를 지배하거나 소유함. 둘째, 조정 후 총소득(adjusted gross income: AGI) 및 지급 제한 기준을 충족함. 셋째, 침식우려지 및 습지 보전(Highly Erodible Land and Wetland Conservation provisions) 요건에 부합함.
- 신청이 승인되면 신청자는 자연자원보전청의 컨설팅을 통해 적어도 하나의 자연자원 문제를 해결하는 환경질개선지원 프로그램 계획을 수립해야 함.

---

<sup>11)</sup> 임영아외(2018).

### 3. 시사점

○ EU는 2023-2027 시행될 CAP의 경우 농업환경직불금은 강화된 조건성, 생태 제도 등에 대한 지불을 통해 지원할 계획임. EU 사례를 통해 우리나라도 온실가스를 감축하는 농업인을 직불금을 통해 지원할 필요가 있음.

- 강화된 조건성은 교차준수의 성격을 가지면, 제 1지주의 기본직불금과 제 2지주의 직불금 수령의 조건으로 농업인들은 의무 혹은 준수사항을 이행하여야 함.
- 생태제도는 농업인들의 자발적인 참여를 바탕으로 환경과 기후변화 대응에 보다 초점을 맞추고 있으며, 회원국들은 그들의 공동농업정책 전략 계획에 생태제도를 포함해야 하며, 생태제도에 포함되는 구체적인 농업활동 리스트를 구축하여야 함.
- 제 2지주의 농업-환경-기후 책무에 대한 지불은 앞서 언급한 생태제도와 지불금을 지원하는 활동 기준은 유사하나<sup>12)</sup>, 그 방법과 계약 조건이 서로 상이함.

○ 미국은 탄소 격리를 포함한 환경보전 활동 지원, 정보제공 등을 저탄소농업을 지원하고 있음.

- 농업부문에서 보전책무 프로그램(CStP)과 환경질개선지원 프로그램(EQIP)을 크게 확대하여 농업인이 탄소 격리를 포함한 환경보전활동에 대해 비용을 지급하려 함. 우리나라도 기존의 농업환경보전 프로그램에 탄소감축 수단을 추가하여 지원을 확대할 수 있음.
- 생산자가 온실가스 완화 관행 및 기술을 채택하는 데 농가가 참조할 수 있도록 관련 정보를 제공하고 있음. 우리나라도 조사 사업을 통해 정보를 생성하고 이를 가공하여 생산자에게 제공할 필요가 있음. 이렇게 정보를 제공하면 생산자와의 공감대 형성이 이루어질 것이고 생산자와의 파트너십 구축이 이루어질 것임.

---

<sup>12)</sup> 농업-환경-기후 책무 대한 지불 조건과 생태제도의 지불 조건은 마지막 조건을 제외한 모든 조건이 일치함. 또한 농업-환경-기후 책무 대한 지불의 마지막 조건은 생태제도에 속한 활동과 차별성을 보여야 한다는 것이며, 이는 생태제도와 농업-환경-기후 책무 대한 지불이 서로 겹치는 것으로 배제하기 위한 항목임.

# 7

## 저탄소농업 활성화 방안

### 1. 비전 및 목표

- 기후위기에 대응하기 위해 세계 127개 국가는 지구 평균기온을 산업화 이전 대비 1.5℃로 제한하기 위해 2050년까지 탄소중립을 선언했음. 우리나라도 2020년 10월 2050년 탄소중립 목표가 선언됨. 이에 따라 농업부문에서도 온실가스 감축의무를 이행해야 하며 온실가스 감축의무 이행은 선택이 아닌 필수가 됨.
- 국가 탄소중립 목표 실현을 위해서는 저탄소농업 활성화가 반드시 필요함. 농업인들에게 비용효과적인 저탄소농업기술을 보급하는 경우 온실가스를 감축시키면서도 또한 경제적 파급효과도 발생하는 것으로 나타남(정학균 외 2021). 이와 같이 환경적 문제를 해결하면서도 경제적으로도 편익이 발생한다면 지속가능한 농업이 될 수 있을 것임. 따라서 탄소 의무감축 이행에 대응한 저탄소농업 활성화의 비전을 “저탄소농업 활성화를 통한 지속가능한 농업 실현”으로 설정하였음.
- 비전 실현을 위해서는 2030년도와 2050년도의 농축산분야 온실가스 감축목표를 저탄소농업 활성화의 목표로 설정할 수 있음. ‘2030 NDC 상향안’을 보면 농축수산분야

2030년 배출량 목표는 2018년보다 27.1% 감소한 1,800만 톤CO<sub>2</sub>eq임. 목표 달성을 위한 감축 수단 및 감축량은 <표 7-1>과 같음.

<표 7-1> 농축산부문 2030 국가 온실가스 감축목표

구분	감축 수단	감축량
저탄소농업	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 논물 관리방식 개선</li> <li>■ 질소질비료 사용 저감</li> <li>■ 바이오차 보급 확대 등</li> <li>* 2주 이상의 간단관개 비율을 61%까지 확대</li> </ul>	2.5백만 톤CO <sub>2</sub> eq
가축관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가축분뇨에너지·정화처리 시설 확대, 저메탄사로 공급 확대 등</li> <li>■ 분뇨 내 질소 저감과 식생활 전환</li> </ul>	약 3.3백만 톤CO <sub>2</sub> eq
고효율 설비 보급	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고효율 에너지설비 보급</li> <li>■ 농기계 전기·수소 전환</li> </ul>	0.9백만 톤CO <sub>2</sub> eq

자료: 관계부처 합동, 2021.

- ‘2050 탄소중립 시나리오’를 보면 농축수산부문 2050년 배출 목표는 1,540만 톤CO<sub>2</sub>eq으로 2018년 배출량보다 37.7% 감축한 수준임. 이 목표를 달성하기 위해 전기나 수소를 농기계 연료로 이용하는 것이 포함되었을 뿐만 아니라 고효율 에너지 설비 보급, 바이오매스 에너지화 등이 제시됨. 또한 영농업 개선을 통해 온실가스를 줄이는 것으로 제시되었는데 여기에는 화학비료 저감, 친환경농법 시행 확대 등이 해당됨. 그리고 가축분뇨 자원순환 확대, 저탄소 가축관리시스템 구축 등의 가축관리도 포함됨.
- 저탄소농업이 환경적, 경제적 편익이 발생함에도 불구하고, 농업이 저탄소농업 기술을 수용하는 데는 적지 않은 애로사항이 있는 것으로 분석됨. 관행농업 기술에 비해 생산성이 감소하기도 하고, 초기 고비용 투자비용이 발생하기도 하며, 생산비가 증가하기도 함. 그리고 인식이 부족하고 정보가 부족하여 저탄소농업 기술을 수용하지 못하는 경우도 발생함. 온실가스 감축활동 이행실적을 모니터링하는 데도 많은 비용이 발생하기도 함. 이러한 애로 요인을 해결할 수 있도록 하기 위해서는 적절한 정책 수단이 요구됨.

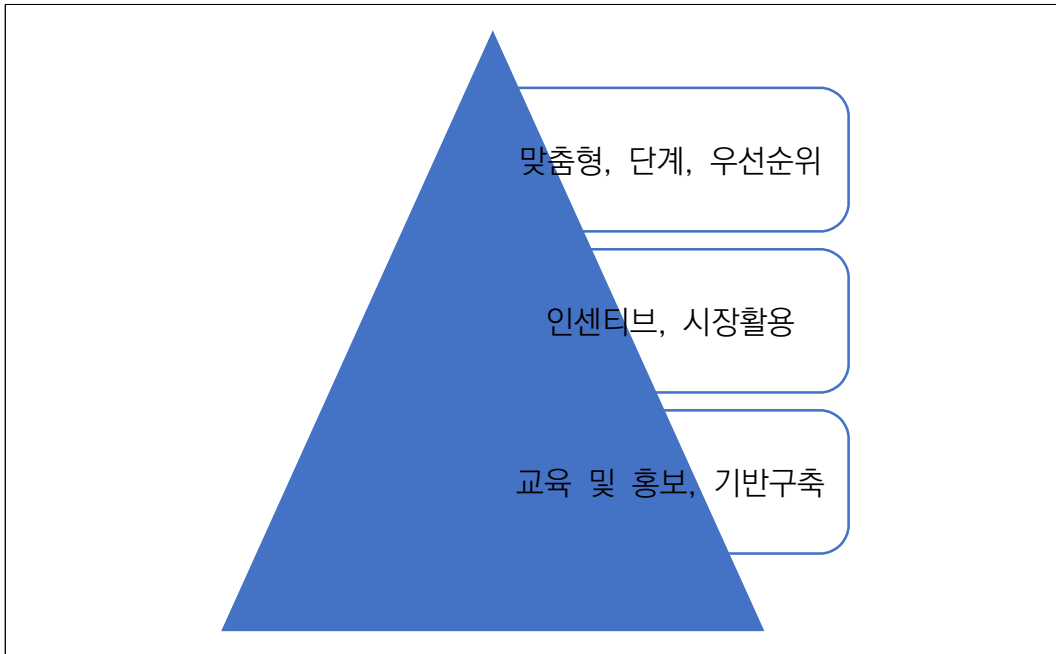


## 2. 기본방향

- 지속가능한 농업 실현을 위해서는 저탄소농업 활성화가 필요하며, 이를 위한 기본방향을 다음과 같이 설정할 수 있음.
  
- 첫째, 저탄소농업을 활성화시키기 위해서는 감축 수단의 고려사항(배출계수, 모니터링 등)에 대한 정확한 진단을 기초로 맞춤형 정책을 추진하는 것이 필요함. 앞에서 2050 탄소중립 시나리오상의 감축 수단의 고려사항 진단을 기초로 도출한 최적 정책은 다음과 같음.
  - 농업환경지불금(현행 농업환경지불금 제도에 포함된 수단은 제외): 모니터링 간소화가 가능하고, 배출계수가 존재하며, 이행비용이 적은 수단을 선정하였으며, 간단관계, 논물 얇게 대기, 바이오차 토양개량제 보급, 저메탄사료 보급, 분뇨 내 질소 저감 등으로 나타남.
  - 교육 및 홍보: 사적 편익과 공적 편익을 동시에 증가시킬 수 있으나, 감축 기술에 대한 낮은 이해도와 접근성으로 인해 감축 기술 확산에 어려움이 있는 경우이며, 간단관계, 논물 얇게 대기, 에너지화 및 정화율 제고, 퇴액비 투입률 감소, 고효율설비 증가, 농기계 경유/등유 사용률 감소 등을 선정함.
  - 보급사업: 공편익이 있거나 보급사업으로 추진할 때보다 확대가 용이한 수단으로 바이오차 토양개량제 보급, 저메탄사료 보급 등을 선정함.
  - 기술개발: 향후 배출계수 개발, 효율성 제고 등의 기술이 필요한 경우로 저메탄사료, 분뇨 내 질소 저감, 고효율설비 증가, 축산 생산성 향상 등을 선정함.
  - 시설 투자 및 지원: 시설투자가 필요한 수단들로 에너지화 및 정화율 제고, 고효율설비 증가, 농기계 경유/등유 사용률 감소, 축산 생산성 향상 등이 선정됨.
  
- 둘째, 저탄소농업 활성화를 단계적으로 추진하는 것이 필요함. 감축목표 달성은 2030년을 단기로 2050년을 중장기로 구분하고 감축기술 개발 및 정책 수단 적용 등을 추진할 필요가 있음.

- 셋째 효과적인 감축 수단의 선정임. 즉 보급해야 할 감축 수단의 우선순위를 정할 필요가 있는데 이때 한계감축비용 분석 결과가 기준이 될 수 있음. 바이오차 내 부산물 이용기술, 무경운 농법 기술, 적정 비료의 사용 기술, 풋거름 재배기술 등의 한계감축비용이 낮은 것으로 나타남(정학균 외 2021). 따라서 이러한 기술들을 우선 보급할 필요가 있음.
- 넷째, 농업인의 저탄소농업 기술 수용 여부에 경제적 요인(생산량, 생산비, 초기 투자비 등)이 가장 중요한 것으로 나타남. 그러므로 경제적 인센티브 제공을 통해 농업인의 감축 기술 채택을 유도해야 함.
- 다섯째, 시장을 활용하는 전략이 요구됨. 배출권거래제 외부사업은 시장 활용의 중요한 사례이며, 외부사업의 저해 요인을 파악하고 그에 대응한 적절한 정책 수단을 강구 할 필요가 있음.
- 여섯째, 농업인과 소비자를 대상으로 하는 적극적인 홍보와 교육이 필요함. 소비자들뿐만 아니라 농업인들조차도 농업 부문이 온실가스 감축 의무산업이라는 사실도 잘 모르고 있음. 또한 농업인들의 저탄소농업 기술 및 관련 정책에 대한 인식이 매우 낮음. 따라서 홍보와 교육을 통해 저탄소농업 활성화에 대한 공감대를 형성할 필요가 있음.
- 일곱째, 온실가스 감축 실적을 인정받기 위한 기반 구축이 필요함. 감축목표를 달성하기 위해서는 농업인의 저탄소농업 활동에 대해 감축량을 객관적으로 인정받을 필요가 있음. 따라서 이와 관련된 시스템과 통계를 시급히 구축할 필요가 있음.

〈그림 7-1〉 저탄소농업 활성화 기본방향



자료: 저자 작성.

### 3. 핵심 추진과제

#### 3.1. 법/제도

##### 3.1.1. 기후변화 대응의 정책 우선순위 향상

- EU의 새로운 공동농업정책(2023-2027)은 온실가스 감축, 기후변화 적응, 재생에너지 생산을 주요 목표로 설정하였으며, 이를 농업환경지불금 정책의 지불 기준으로 포함시킴.

〈그림 7-2〉 공동농업정책의 9가지 목표



자료: [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/new-cap-2023-27/key-policy-objectives-new-cap\\_en](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/new-cap-2023-27/key-policy-objectives-new-cap_en) (접속일: 2021.12.08.)

- (약칭) 「탄소중립기본법」 제45조는 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제14조에 따른 농업·농촌 및 식품산업 발전계획 수립 및 시행 시 온실가스 감축과 기후 회복력을 높이는 시책을 반영하도록 명시함.

〈표 7-2〉 (약칭) 「탄소중립기본법」의 주요 내용

	주요 내용
제 7조	• 2050년 탄소중립 국가 비전 설정
제 8조, 제 9조	• 2030년까지 2018년 대비 35% 이상 감축, 이행 점검(매년) 및 재검토(5년)
제 23조	• 기후변화영향평가
제 24조	• 온실가스 감축 인지 예산제도
제 26조, 제 27조	• 공공부문 및 관리 업체의 온실가스 목표 관리
제 33조	• 탄소흡수원 등의 확충
제 37조, 제 39조, 제 41조	• 기후위기 적응 대책 수립, 탄소중립녹색성장위원회의 심의, 공공기관의 기후위기 적응 대책(제 41조)
제 43조	• 기후위기에 대응을 위한 물 관리: 안정적인 수자원 확보 등
제 45조	• 농림수산 전환 시책 수립 및 시행 • 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제14조에 따른 농업·농촌 및 식품산업 발전계획을 수립·시행할 경우 온실가스 감축과 기후 회복력을 높이는 시책 반영

자료: 저자 작성

○ (약칭) 「탄소중립기본법」과 2050 탄소중립시나리오와 같은 외부여건 변화로 인해 기후변화 대응에 대한 정치적 관심이 증가함. 하지만 중요 농업 정책 예를 들어, 직불금 정책의 기후변화 고려 정도는 매우 부족하며, 2050 탄소중립시나리오에 속한 감축 수단들의 정책화 역시 더딘 상황임.

○ 따라서 신속하며 효과적인 기후변화 대응을 위해 정책 우선순위를 향상시킬 필요가 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같음: 1) (약칭) 「탄소중립기본법」에 따른 농업·농촌 및 식품산업 발전계획의 목표뿐만 아니라 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」에도 기후변화 대응을 명시화, 2) 온실가스 감축 인지 예산제도, 기후변화영향평가 제도에 능동적으로 대응하기 위해 농업정책 의사결정 과정 중 온실가스 감축과 기후변화 영향을 고려하는 것을 제도화, 3) 2050 탄소중립 시나리오에 속한 감축 수단의 정책화

### 3.1.2. 기후변화 대응을 타겟팅 한 농업환경지불금제도 설계

○ 현재 국내 농업환경지불금 제도의 대부분은 기본형 공익직불과 선택형 공익직불로 나누어지며, 직불제 예산의 대부분은 기본형 공익직불에 속하는 면적직불과 소농직불에 투입되고 있음<sup>13)</sup>. 하지만 기본형 공익직불이 속하는 상호준수는 정책 대상과 범위가 넓

은 반면 환경적 결과가 명확하지 않은 한계가 있음.

- 선택형 공익직불은 친환경농업직불, 친환경안전축산직불, 경관보전직불, 논활용(논이 모작)직불로 구성되어 있으며, 기본형 공익직불에 비해 예산이나 적용 범위가 상대적으로 작고 기후변화 대응과 연관성이 적음.

〈표 7-3〉 농업환경보전프로그램 사업대상 평가 및 선정 기준

항목	배점	평가기준	점수
1. 주민 참여/지자체 관심(30)	15	• 주민들의 사업 참여율과 사업추진 의지는 높은가?	
	15	• 사업에 대한 지자체의 관심이 높고, 시·군 농업행정부서와 농업기술센터 간 긴밀한 협력이 이루어지고 있는가?	
2. 사업 시급성(30)	15	• 토양, 용수 등 농업환경 오염 악화가 우려되는가?	
	15	• 농업유산/생태/경관 등 보전가치가 높은 자원을 보유하고 있고, 체계적인 관리가 필요한가?	
3. 실현 가능성(20)	10	• 친환경농업이 활성화되어 있고, 관련 사업 등을 통해 환경친화적인 실천기반을 보유하고 있는가?	
	10	• 사업후보지의 농업환경 문제에 대한 주민들과 지자체의 이해도가 높고, 이에 대한 해결방안이 적정한가?	
4. 사업 효과(20)	10	• 사업의 목적 달성 및 성과지표 도출 등에 적절한 요건을 갖추었는가?	
	10	• 종합적인 농업환경개선 활동을 통해 농업의 공익적 가치 및 다원적 기능 실현 가능성이 높은가?	
5. 가점	1	• 농식품부에서 추진하는 '사회적농업활성화지원사업'의 1)사업대상자, 2)사업신청자, 3)사업대상자나 사업신청자와 네트워크를 구축한 주민·조직·단체 등이 참여하는 마을	
	1	• 농업환경보전프로그램에 직접적으로 참여하여 전문적으로 환경관리를 지원하고 있거나, 이를 지원할 수 있는 현장 활동가·전문가 등 인적자원 보유 여부	
	1	• 농식품부에서 지정한 '국가중요농업유산'을 보유한 마을이 사업을 신청한 경우	
	1	• 상수원보호구역 등 법령 등에 따른 비점 오염 관리 및 환경·생태보전 관련 지구에 포함된 마을	
총합계	100점		

자료: '21년도 농업환경보전프로그램 사업신청 가이드라인, 농림축산식품부, 2020.05

13) 2021년 기준 기본형 공익지불 예산은 2조 2,769억 원이며, 선택형 공익지불 예산은 795억 원임.(<https://www.mafra.go.kr/mafra/293/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGbwWFmcmEIMkY2OCUyRjMyNTgyMiUyRmFydGNsVmllldy5kbyUzRg%3D%3D>, 접속일: 2021.12.08)

- 농업환경보전프로그램 역시 기후변화 대응에 대한 고려가 부족함.
  - <표 7-3>은 농업환경보전프로그램의 사업대상 평가 및 선정 기준을 나타냄. 농업환경보전프로그램은 주민 참여/지자체 관심, 사업 시급성, 실현 가능성, 사업효과를 기준으로 정책 대상 마을을 선정함.
  - 농업환경보전프로그램의 사업대상 평가 및 선정 기준에는 기후변화 대응과 거리가 먼 실현 가능성과 주민 참여/지자체 관심에 보다 많은 배점을 부과하고 있음. 정책 목표와 연관된 사업의 시급성 역시 온실가스 감축을 포함한 기후변화 대응을 명시하고 있지 않으며, 환경적 목표와 관련된 사업효과 역시 모호하게 설정되어 있음.
  - 사업 신청 시 제출하는 농업환경 현황 조사 역시 토양(화학성, 물리성), 수질, 생태, 경관, 생활, 농업유산 분야만을 고려하고 있음.
  
- 요약하자면 저탄소농업 관련 정책의 비용효과성을 향상시키기 위해서는 온실가스 감축을 타겟팅한 정책 설계가 필요하며, 이를 위해 저탄소농업 1) 사업대상 및 지역 선정 2) 농가 선별과 지원 수준 설정, 3) 정책 모니터링 및 평가에 기후변화 대응 관련 지표를 적극 활용할 필요가 있음.

## 3.2. 경제적 인센티브

### 3.2.1. 감축활동에 대한 직접지불

#### □ 제안 배경

- 2050 탄소중립 시나리오를 보면 논물 관리방식 개선과 함께 질소질비료의 사용 저감, 바이오차 보급 확대 등으로 온실가스를 약 250만 톤CO<sub>2</sub>e<sub>q</sub> 감축하는 목표가 제시됨. 뿐만 아니라 가축관리로 약 330만 톤CO<sub>2</sub>e<sub>q</sub>을 감축하는 목표가 제시됨. 가축관리에는 저메탄사료 공급과 저단백질 사료 보급이 포함됨. 전문가들의 녹색기술 중요도 평가 조사 결과<sup>14)</sup>를 보면 2030년과 2050년에 대하여 ‘물 이용’과 ‘가축분뇨’가 매우 높은 우선순위를 보여 앞으로 보다 적극적으로 보급을 확대할 필요가 있음.

- 감축 기술 수용 의향의 저해요인<sup>15)</sup>을 보면, ‘생산량 감소’(벼 간단관개), ‘경영비(사료비) 상승’(메탄저감 사료와 적정단백질 사료) 등이 가장 높은 응답 비중을 보임. 그러므로 농업인의 감축기술 채택률을 높이기 위해 경제적 인센티브가 필요함. EU와 미국은 기존의 지불프로그램을 활용하여 저탄소농업 실천농가들을 지원하고 있음.
- 우리나라는 현재 농업환경보전프로그램이 실행되고 있으며, 총 30개의 활동 중에서 온실가스 감축과 연관되어 있는 활동은 매우 적음. 따라서 온실가스 감축 수단을 이러한 활동에 추가하는 방식으로 온실가스 감축 이행 농가를 지원할 수 있음. 그런데 현재의 농업환경보전프로그램 속에 온실가스 감축 활동을 포함하는 경우 농업인들이 온실가스 감축 수단을 선호하지 않을 경우 정책 목표 달성이 쉽지 않을 수 있음. 이 경우를 고려할 때 탄소 감축만을 지원할 수 있는 별도의 지원정책, 예를 들어 탄소감축 프로그램이 필요함.

#### □ 추가 수단 선정

- 지원 활동으로는 실효성(감축효과 검증, 배출계수 존재 등), 이행비용, 수용성, 모니터링 등을 검토해 결정할 수 있음. 에너지분야 활동은 시설투자가 이루어지는 경우 중복지원 문제 발생하므로 비에너지 분야의 활동을 우선 고려할 수 있음. 또한 이미 기본직불/선택직불/농업환경보전프로그램에 있는 활동(질소질비료 사용 절감)과 농업환경보전 프로그램에 있는 활동(최소경운, 바이오차 토양개량제 보급)을 우선 선정할 수 있음.
- 단기(2023년~2024년)에는 간단관개, 논물 얇게 대기, 최소경운, 질소질비료 감축 및 대체, 바이오차 보급, 분뇨 내 질소 저감, 면세유 사용 절감, 농사용 전기 사용 절감 등을 고려할 수 있음. 중장기(2025년 이후)에는 퇴액비 투입감소, 초지 보전 및 조성, 소규모 경축순환, 사육기간 단축, 저메탄사료 등을 고려할 수 있음.

14) 정학균 외. 2021. 농림업부문 녹색경제 활성화 방안 연구.

15) 정학균 외. 2021. 농림업부문 녹색경제 활성화 방안 연구.



〈표 7-4〉 농업부문 탄소 감축활동(안)

감축 활동		단기 (2023-2024)	중장기 (2025-)
논물 관리	간단관개	○	○
	논물 알게 대기	○	○
농경지	최소 경운 <sup>#</sup>	○	○
	질소비료 감축·대체	○	○
	바이오차 보급	○	○
	퇴액비 투입감소		○
초지 보전 및 조성 <sup>#</sup>			○
소규모 경축순환 <sup>#</sup>			○
사육기간 단축 <sup>#</sup>			○
장내 발효	저메탄사료 보급		○
	분뇨 내 질소 저감	○	
에너지	면세유 사용 절감	○	
	농사용 전기 사용 절감	○	

주: <sup>#</sup>는 2050 탄소중립 추진전략에 포함되지 않은 추가 활동을 나타냄.

#### □ 정책 설계 방향

○ 비용효과적 정책 추진을 위해서는 온실가스 감축을 마을 선정, 예산 할당, 지불금 산정 등에 정책 목표를 보다 적극적으로 고려할 필요가 있음.

- 현재 농식품부는 농업환경보전프로그램의 정책 관련 지표로 종 다양성과 탄소저장을 선정하였으며, 정책 모니터링과 평가를 위해 탄소저장량 계산기, 종 다양성 측정과 관련된 방법론을 구축하고 있음.
- 따라서 구축된 탄소저장 모니터링 툴을 바탕으로 현재의 경직된 협약 조건 혹은 체계를 유연하게 만들 필요가 있음. 우선, 결과기반의 지불금 체계를 도입할 필요가 있음. 앞서 언급하였듯이 결과기반의 지불금 체계는 이행기반 혹은 복합 지불금 체계에 비해 비용효율적임. 또한 지역 선정 시 지역의 탄소저장 역량 혹은 감축 역량을 마을 선정 기준에 보다 적극적으로 반영할 필요가 있음.
- 마지막으로 지역 단위 협약의 장점을 살리기 위한 추가적인 노력이 필요함. 앞서 언급하였듯이 공동 활동과 협약은 상호 모니터링을 활성화하고 준수 및 시행에 긍정적인 영향을 미쳐 관리비용 절감 시키는 장점이 있음. 따라서 마을 선정에 있어서도 지역 단위

협약의 장점을 최대한 살릴 필요가 있음. 예를 들어, 논물관리를 최소한의 시설 설치(예를 들어, 자동 물꼬 장치 등)를 통해 모니터링할 수 있는 지역을 우선 고려할 필요가 있음.

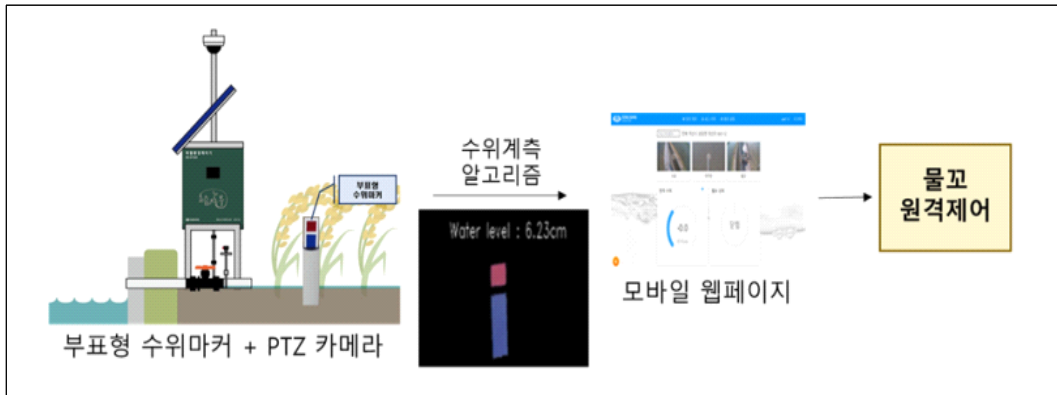
#### □ 단가 산정

- WTO 농업협정 규정에 따르면 간단관개와 논물 얇게 대기는 WTO 농업협정 규정 부속서 2조 12항에 따라 추가비용과 소득손실을 기준으로 지원 단가 설정이 가능함.
- 또한 지원 단가를 높이기 위해 최소허용보조나 감축보조를 통해 인센티브 지급 가능함. 이와 같이 지급 단가는 적게는 추가비용과 소득손실을 기준으로 많게는 추가비용과 소득손실에 인센티브를 함께 지급하는 안을 고려할 수 있음.

#### □ 모니터링 방안

- (1안) 간단관개의 경우 행태 증명사진을 찍어 전송하는 방법이 있음. 현재 농업환경보전 프로그램에서 앱 구축 중임.
- (2안) 자동영상물꼬장치를 도입하여 모니터링하는 방법<그림 7-3>. 자동영상물꼬장치를 기술보급사업으로 별도로 추진하는 것이 필요함.
  - 일반적으로 경지 정리된 논 1필지는 약 3,000㎡(900평) 또는 약 4,000㎡(1,200평)으로 구성되어 있으며 1개의 물꼬가 설치됨
  - 많은 논은 행태는 관개수로에 PVC 파이프가 플룸관에 직각으로 매설되어 용수를 공급하며 용수공급 개폐는 대부분 논둑 밖에서 수동으로 조작함.
  - 관개수로에 PVC 파이프가 정상적으로 매입되어 있는 경우 영상물꼬의 설치에 용이함.
  - 영상 물꼬 도입비용은 500만 원/1ea, 대량으로 영상 물꼬 보급시 네트워크 제어 포함 200~300만 원 수준이 될 것으로 전망됨.

〈그림 7-3〉 영상물꼬 활용 물관리 시스템 구성



자료: 국립식량과학원 내부자료.

### 3.2.2. 저탄소농업 지원사업 개선

#### □ 개선 배경

- 농업기술실용화재단에서 추진하고 있는 저탄소농업 지원사업으로 ‘농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업’, ‘탄소배출권거래제 외부사업’, ‘저탄소농축산물 인증제도’ 등이 있음. 전문가를 대상으로 저탄소농업 관련 정책에 대해 그 중요도를 평가하게 한 결과<sup>16)</sup> 2030년과 2050년에 대하여 가장 중요한 정책 수단으로 모두 ‘저탄소농업 지원’을 꼽음.
- 하지만 앞서도 살펴보았듯이 2020년 기준 자발적 감축사업에 의해 인증된 감축량은 2020년 기준으로 9,700 톤CO<sub>2</sub>eq이며, 외부사업은 3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq 정도임. 그리고 사업대상자의 2.7%만이 저탄소 농축산물 인증을 받은 것으로 나타남.
- 사업참여 농가 조사결과, 인증제도의 경우 91.2%가, 자발적 감축사업은 66.7%가, 외부사업은 61.5%가 사업을 인지하고 있는 것으로 나타남. 이는 자발적 감축사업과 외부사업의 인지도 제고가 필요함을 시사함. 자발적 감축사업과 외부사업은 생산비가 절감되기 때문에 사업에 참여하게 되었다고 주로 응답하였으며, 저탄소 인증제도는 농산물 이미지 개선을 통해 소득증대라고 응답하였음. 지원사업 참여시 저해 요인으로 세 사업 모

<sup>16)</sup> 정학균 외. 2021. 농림업부문 녹색경제활성화방안. 결과 보고 세미나 자료.

두 '등록 및 인증 용도의 자료 구비'의 응답 비중이 높았음. 저탄소농업 지원사업 활성화를 위해 농업인들은 자발적 감축사업의 경우 '인센티브 단가 현실화'를 저탄소 인증제의 경우 '인증농산물의 시장 차별화'를 가장 높은 비중으로 응답함.

#### □ 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업의 인센티브 상향 검토

- 현재의 인센티브 수준(톤당 만 원)은 참여 농가들의 의견을 고려했을 때 낮은 수준으로 보임. 하지만 현재 자발적 감축사업의 MRV 비용을 정부가 지원하고 있으며, 따라서 인센티브 수준을 상향하는 경우 탄소 감축에 대한 정부 재정투입의 비용효과성이 낮아질 가능성이 존재함. 따라서 배출권거래시장 가격을 고려한 인센티브 현실화를 검토하면서 비용과 편익 측면에서 배출권거래제 외부사업과 비교 분석하는 연구가 선행될 필요가 있음.

#### □ 농가-기업간 협력을 통한 배출권거래제 외부사업 활성화

- 농가는 자본이 부족하고 기업은 탄소 배출을 의무 감축해야 하는 상황에서 농가와 기업간 협력 프로그램을 추진할 필요가 있음. 정부와 지자체가 시설설치비를 지원하고 온실가스 의무감축을 해야 하는 기업은 저탄소농업 기술 및 운영비를 지원하는 상생협력 프로그램이 있으나 온실가스 감축활동 이전의 배출량 산정에 기술적인 어려움이 있고(과거 기반 데이터의 부재), 감축효과를 산정하는 MRV 기반이 취약하며, 외부사업 참여자인 농가의 이해도가 상대적으로 낮은 편이어서 실적이 미미한 수준임(정학균 외 2019).
- 농가와 기업간 협력 프로그램은 기업의 역할이 매우 중요함. 탄소배출권 거래시장 가격이 상승할수록 의무감축 기업의 협력 프로그램에 대한 수요는 증가할 것으로 예상됨에 따라 기업의 역할을 보다 구체적으로 명시하여 추진하는 것이 필요함. 기업은 '온실가스 배출현황 진단→ 감축을 위한 시설설치→ 운영→ 측정→ 인증' 등의 역할을 담당할 수 있음(사회적가치연구원 2021). 이때 기업은 상생협력 프로그램에서 나타난 문제점(과거 기반 데이터의 부재, MRV 기반 구축)을 해결해야 하고 운영비를 지원해야 함. 이는 기업에게 추가적인 비용이 발생하는 것을 의미하며 기업의 입장에서 추가되는 비용에 비해 감축되는 탄소량이 크지 않다면 사업에 참여하지 않을 가능성이 매우 높음. 하지만

배출권거래시장의 탄소 가격이 높을수록 기업은 이와 같은 협업사업을 통해 온실가스를 감축시키는 비용이 낮을 것이고 참여도가 높아지게 될 것임.

#### □ 서류 준비의 간소화 및 저탄소 인증 농축산물의 시장차별화

- 참여 농업인 설문조사 결과를 보면, 농업인들이 세 가지 사업 모두에 대해 서류 구비에 있어 어려움이 존재하는 것으로 나타났음. 따라서 서류 준비를 보다 간소화시킬 필요가 있음. 저탄소 농축산물 인증제도의 경우 출하 품목 수 및 물량이 소비자를 만족시킬만한 수준이 아니나 농가 입장에서는 시장에서 차별화되지 않아 인증제도 참여를 꺼리고 있음. 따라서 ‘저탄소 인증 농산물의 시장 차별화’ 방안을 모색할 필요가 있음. 또한 다양한 매체를 통해 소비자들에게 인증 제품을 홍보할 필요가 있음.

### 3.2.3. 시설설치 지원정책 개선<sup>17)</sup>

- 농축산분야의 온실가스 감축사업의 경우 시설원예의 농업 에너지 이용 효율화 시설이나 축산의 가축분뇨 처리시설과 같이 시설설치 지원사업과 밀접하게 관련되어 있음. 축산 인들은 가축분뇨 처리비용이 비싸기 때문에 바이오에너지 공동자원화시설 이용을 꺼리고 있음. 또 시설재배 농가는 지열히트펌프, 다겹보온커튼 등 에너지효율화 사업의 초기설치비 부담을 애로사항으로 제시함.
- 따라서 개선사항으로는 먼저 지열히트펌프, 다겹보온커튼 등의 시설설치 지원 비중을 보다 확대할 필요가 있음. 더 나아가 비용 절감 기술개발을 추진할 필요가 있음. 가축분뇨 자원화시설은 퇴액비 저장시설 개선, 퇴액비원료 표시 등이 요구됨. 조사료생산기반 구축은 경제성이 부족한 것으로 나타나고 있으므로 우수단지 인센티브를 부여하여 활성화할 필요가 있음. 또한 안정적 조사료 생산을 위한 공유지 활용, 초지 관리 및 조성 등에 더 많은 예산을 할당할 필요가 있음(안병일·한석호 2016).
- 신재생에너지, 에너지 이용효율화, 가축분뇨 에너지화 및 정화처리 시설은 고비용 초기

<sup>17)</sup> 정학균 외(2018a)와 정학균 외(2020a)의 내용을 참조하여 작성하였음.

시설 투자비를 필요로 함. 따라서 여기에는 다양한 세제 혜택, 녹색금융 투자, 리스크 관리 방안 등이 고려되어야 함.

### 3.3. 연구/개발

○ 바이오차는 농경지 토양의 탄소저장 및 격리 능력을 증진하는 효과가 있으나 상대적으로 높은 가격으로 인하여 시설재배 농가를 중심으로 보급되었음. 농가의 바이오차 이용 확대를 위한 다각적인 검토가 필요함. IPCC 지침의 배출계수 기본값의 사용이 가능하지만, 국내 농업환경에 맞는 계수개발이 필요함. 또한 국내 여건을 반영한 바이오차의 경제성 분석을 통해 종합적인 활성화 방안을 마련하여야 함.

- 농우바이오, 노블젠 등을 중심으로 토양개량제 형태로 판매 중이며, 대부분 제품이 1포당 1만 5천 원에서 2만 원 수준임(전문가 자문 결과). 자발적 온실가스 감축사업의 대상 기술로 포함되어 구매비용 중 일부를 환원받을 수 있으나 인센티브가 낮아 유인력이 낮음.

- Robert et al.(2010)은 바이오차의 경제성에 영향을 미치는 요인으로 원료, 열분해 조건, 탄소거래가격, 수송비용을 지적하였으며, 원료 물질로 버려지는 부산물을 사용하는 경우, 최대 1톤당 69달러의 수익을 발생할 수 있고 운송 거리 10km마다 0.8달러의 비용이 증가하는 것으로 나타남. 바이오차의 경제성을 분석한 국내 연구는 이루어지지 않아 정확한 비용은 다를 수 있으나 연구 결과를 토대로 본다면 발전부산물 등을 이용하여 바이오차를 생산<sup>18)</sup>하거나 제조시설 및 물류비 지원 등을 통해 공급가격 인하 방안을 마련할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 저탄소 가축관리시스템의 구축을 위해 저메탄 사료, 적정 단백질 사료 등 환경부담 저감 사료 관련 다양한 연구가 진행되고 있음. 지속적인 환경부담 저감효과를 증명하기 위해 다년차 연구 결과가 축적되어야 하며, 국내 여건에 맞는 배출계수 개발이 필요함.

<sup>18)</sup> 한국농어민신문. "토양개량제 바이오차 반값에 공급" 2020.12.04.

- 메탄 저감 기술로는 사료 급여 수준 및 종류 조절, 지방산, 환원적 초산생성균, 식물 유래 기능성 첨가제 등이 주로 연구된 방법임(오영균, 2011). 지금까지 개발된 메탄 저감 물질로는 네덜란드 DSM사의 3-NOP(Nitrooxypropanol)과 호주(James Cook 대학, CSIRO), 미국(UC Davis) 등에서 연구한 해조류(바다고리풀)을 이용한 첨가제가 대표적인 사례임. 소의 개체별, 성장단계별 메탄 배출량 등에 차이가 있어 사료 급여에 따른 효과도 다를 수 있어 국내 축산 여건에 적합한 메탄 저감 후보물질 개발 및 급여 방식에 관한 연구가 필요하며, 장기적인 관점에서 온실가스 감축에 적합한 축종을 선발하고 지속적인 개량 및 다양한 감축 기술개발이 뒷받침되어야 함(이용건, 2021).
- 축종별 배합사료 내 적정 단백질 수준을 설정하기 위한 연구가 진행 중이며 양돈사료 내 단백질 함량을 1% 감축 시, 퇴비 부숙 과정에서 발생하는 아산화질소를 낮춰 연간 온실가스 35만 5천 톤CO<sub>2</sub>eq의 감축이 가능하며, 단백질 원료 사용을 줄여 3~4원/kg(2021년 6월 기준)의 사료비 감소 효과가 있는 것으로 나타남<sup>19)</sup>.

○ 고효율에너지설비는 공통적으로 초기 설치비용이 높아 농가의 자부담액이 크고 효과에 대한 불확실성으로 새로운 기술에 대한 투자의 유인이 적어 보급에 어려움이 있으며, 지열 히트펌프 등의 경우 적용 면적에 제한(1,000㎡ 이상)이 있어 중소규모 농가는 도입할 수 없다는 한계가 있음(정학균 외, 2018). 이러한 한계를 극복하고 보급을 확대하기 위해 초기 설치비용의 지원과 함께 설비기계에 대한 지속적인 연구개발을 통해 부품 공급 단가를 낮추어야 하며, 기술 도입이 경영비, 작물 생산성 등에 미치는 영향을 입증할 수 있도록 연구 결과 축적되어야 함.

○ 농기계 경유/등유 사용률 감소를 위한 기술개발

- 내연기관 중심의 농기계 동력원을 전기·수소 등 친환경 동력원으로 대체·적용하여 등유, 경유 사용량을 줄이고 온실가스를 감축하는 방식임. 전기동력은 주로 소형 운반차량의 주행 동력원으로 이용되어왔으며, 농작업기의 도입은 미흡한 실정임. 전기 농

<sup>19)</sup> 농림축산식품부. “사료내 잉여질소 감축으로 ① 분뇨 악취 저감, ② 온실가스 감축 ③ 사료비 절감 등 1석 3조 효과 기대”. 2021.7.23.

기계로의 전환을 촉진하기 위해 농작업기 구동이 가능한 모터 및 배터리 개발과 플랫폼 설계 기술이 필요함. 또한 먼지, 수분 등이 많은 농작업 환경에 대응할 수 있는 패키징 기술과 고령화된 농업인이 사용하기에 쉽고 빠르게 충전이 가능한 충전시스템 기술을 개발하여야 함.

- 수소연료 적용은 고출력 확보가 필요한 100마력 이상의 중대형 농기계를 대상으로 하며, 국내의 경우 관련 핵심기술과 인프라가 부족한 상태로 수소 농기계 개발을 위해 기존 자동차 산업과의 연계하여 플랫폼과 연료전지 보조기술 등 핵심기술을 확보하고 농작업에 적합한 기술을 개발하여야 함. 또한 산업부와의 연계를 통해 충전소 등 인프라 구축이 뒷받침되어야 함(이경환, 2021).

○ 스마트 축사는 축사의 내·외부 환경모니터링 및 조절 장치 등 정보통신기술(ICT)을 도입하여 생산성 향상을 통해 산업 전 과정에서 발생하는 온실가스를 감축할 수 있으나 현재 국내 스마트팜 및 농업 분야 ICT 연구는 정부 주도로 이루어져 기업의 정부 예산 의존율이 높아 연구개발 역량과 기술 수준이 해외에 비해 낮아 부품의 해외의존도가 높은 편임(장영주, 김태우, 2019). 예를 들어 양돈의 경우 가스로 인한 부식 발생으로 최소 3~4년 주기로 부품 교체가 발생하지만, 장비 부품 간 호환성 부족으로 교체의 어려움이 있음(농림축산식품부, 2019). 비용을 줄일 수 있는 국산 제품의 개발과 함께 현재 상용화된 제품들의 규격을 표준화하여 상호 호환성을 높이고 연구개발 활용도를 높이기 위해 다년간의 데이터 축적 및 국내 현장에 맞는 모델을 마련하여야 함.

### 3.4. 교육/홍보

○ 농업인 조사 결과를 살펴보면, 기술을 잘 모른다는 응답이 많았음. 그러므로 기술교육 및 정책 홍보를 보다 강화시킬 필요가 있음. 교육 아이টে็ม으로는 기후변화의 원인, 국가 탄소중립 목표와 농축산부문의 역할, 감축 기술의 경제적 그리고 환경적 편익 등을 포함할 수 있음. 또한 농업인에게 우수한 선도농가 농업현장 방문 기회의 제공도 필요함. 더 나아가 농업인뿐만 아니라 소비자를 대상으로 교육을 통해 탄소 감축 소비를 유도할 필



요가 있음. 즉 대체육 소비, 저탄소 식단 등의 교육을 실행할 필요가 있음.

- EU는 기술 자문, 농업환경 관리 교육 등을 위해 농가에게 기후변화 완화와 적응, 생물 다양성 및 수자원 보호와 관련된 자문을 제공하기 위해 농가 자문시스템을 구축하고 있음. 2009년부터 EU는 농가 자문제도(FAS)를 각국에 설치하도록 하였고, 이를 통해 농업지식혁신체계(Agricultural Knowledge and Innovation System: AKIS)<sup>20)</sup>가 구축하였음(정학균 외 2020c). 우리도 탄소중립 의무 및 기후변화에 효과적으로 대응하기 위해 농가 자문 및 컨설팅을 체계적으로 추진할 목적으로 종합적인 농축산부문 기후변화 대응 교육 및 자문 지원 시스템을 국가 차원에서 갖추는 방안도 모색할 필요가 있음. 뿐만 아니라 국내 농업부문 온실가스 감축 관련 종합적인 정보 제공을 목적으로 하는 데이터 통합 관리 플랫폼이 필요함. 이를 통해 농촌진흥청, 도 농업기술원, 대학교 등에 산재된 데이터를 통합하여 중복 생산 방지, 농업기후 빅데이터 분석 연구 지원, 유관 기관 간 온실가스 감축정책의 시너지 도출 등 역할을 할 수 있음.

### 3.5. 산정·보고·검증 시스템 및 통계기반 구축

- 감축 실적을 객관적으로 인정받기 위해서는 산정·보고·검증(Measurable, Reportable, Verifiable, MRV) 시스템 구축이 필수임. MRV시스템 구축과 더불어 믿을 수 있는 통계자료 구축이 요구됨. 벼논의 물 관리 현황, 농가 에너지 사용 현황, 유기물 및 화학비료 투입량 등이 필요함.
- 농업총조사에서 5년 단위로 물관리 방법에 관한 통계자료를 구축하고 있으나 이를 매년 구축하는 것이 필요함. 축산부문에서의 인벤토리를 고도화하려면 배출량 활동자료를 보다 정확하게 수집해야 함. 예를 들어 퇴비 설비와 액비 설비를 구분지어서 시설보급현황이나 분뇨처리량 자료를 보고할 필요가 있음.

---

<sup>20)</sup> AKIS는 농업 관련 기술·지식·정보를 창출하고 교류를 촉진하기 위하여 개인과 조직을 연계하는 체계를 말하며, 농업인, 농업 교육자, 연구자, 비학계 전문가, 공공·민간 전문가, 공급망 관계자 등을 포괄함(정학균 외 2020c).



# 8

## 결론

- 기후변화에 대응하여 지구 평균기온 상승을 산업화 이전보다 1.5℃ 상승으로 제한하기 위해 많은 국가들이 탄소중립을 선언하였음. 우리나라도 2020년 10월에 2050 탄소중립을 선언하였으며, 2021년 9월에 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법안」을 공포함으로써 탄소중립 추진의 법적 근거를 갖추게 되었음. 이어서 ‘2050 탄소중립 시나리오 최종안’이 확정되어 2050년 농축수산부문 탄소 배출량은 2018년 2,470만 톤CO<sub>2</sub>eq 대비 37.7% 줄어든 1,540만 톤CO<sub>2</sub>eq이 될 전망이다.
- 농업분야에서도 감축목표를 달성하기 위해 온실가스 감축 수단을 농업현장에 효과적으로 적용할 수 있는 정책 수단 개발이 시급해졌음. 현재 농업인의 온실가스 감축을 지원하기 위한 사업이 추진 중이지만 시설원예 등 에너지를 이용하는 일부 농업인만 참여하는 등 활성화되지 못하고 있는 실정임.
- 이 연구는 이와 같은 배경에서 2050년 탄소중립 실현을 위한 농업분야 온실가스 감축 정책사업 발굴 및 제도 개선 방안을 도출하기 위해 추진되었음. 이 연구의 목적은 2030년 국가 온실가스 감축목표와 2050 탄소중립 시나리오상의 감축 수단을 진단하고, 저탄소농업 관련 정책 수단을 체계적으로 평가하며, 농업인 인식조사, 해외 사례 분석 등을 기초로 효과적인 저탄소농업 활성화 방안을 도출하는 데 있음.

- 연구 목적을 달성하기 위해 다양한 연구 방법을 이용하였음. 우선 저탄소농업 기술 및 관련 정책에 대한 국내외 문헌을 검토하고 저탄소농업 정책 관련 통계자료를 분석함. 그리고 2030년 국가 온실가스 감축목표와 2050 탄소중립 시나리오 상의 감축 수단을 진단하기 위해 농촌진흥청 전문가에게 원고 위탁을 추진함. 더 나아가 저탄소농업에 대한 지원사업 참여농가를 대상으로 사업에 대한 만족도, 사업 참여시 애로사항, 사업 개선 사항 등에 관한 설문조사를 실시함. 뿐만 아니라 미국의 농업분야 저탄소농업 감축 및 정책 수단을 알아보기 위해 전문가에게 원고 위탁을 추진함. 정책담당자와 전문가들을 대상으로 분석 결과의 타당성과 정책대안의 적절성을 알아보기 위해 전문가 협의회를 개최함.
- 문헌 검토, 정책 평가, 설문조사, 전문가 활용 등을 통해 다음과 같은 연구 결과를 도출하였음. 첫째, 2018년 농업분야 배출량은 2,120만 톤CO<sub>2</sub>eq으로 국가 총배출량의 2.9%를 차지하고 있으며, 농작물 재배에 의한 배출량은 소폭 감소하지만 축산 배출량 증가로 과거 10여 년간(2008~2018년) 일정한 수준을 유지한 것으로 나타났음. 경종 재배면적은 줄어들지만 축산 사육두수가 늘어날 것으로 예상됨에 따라 농축산분야 비에너지부문 배출량은 2050년까지 조금씩 증가할 것으로 전망됨.
- 둘째, 2030 감축 로드맵을 2020년을 기준으로 평가한 결과, 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화 시설, 양질조사료, 에너지 절감 시설의 경우 목표를 달성하였으나, 논물관리, 신재생에너지 시설의 경우 목표를 달성하지 못한 것으로 나타남. 또한 가축분뇨 처리를 위한 공동자원화시설의 경우 목표는 달성하였으나 2030년 목표를 달성하기에는 2020년 목표가 매우 낮은 수준으로 평가됨. 2030 감축 로드맵 평가 결과는 탄소중립 선언으로 2030년 감축목표가 상향된 점을 고려할 때 향후 감축목표 달성이 쉽지 않을 것임을 시사함.
- 셋째, 전문가 원고 위탁과 전문가 협의회를 통해 감축수단별로 정책 추진과 관련된 고려사항을 진단한 결과는 아래와 같음.
  - 모니터링의 경우 대부분 간소화가 가능한 것으로 진단되었으나 축산생산성 향상 등 간소화가 쉽지 않은 수단도 있는 것으로 나타났음.

- 배출계수는 저메탄사료 보급 등 아직 개발되지 않은 수단도 있어 배출계수 개발이 필요한 것으로 나타남.
- 적용 단위는 대부분 농가 단위와 지역단위가 가능한 것으로 보이며, 이행비용의 경우 대체로 시설이 투입되는 수단의 경우에 높게 나타났음.
- 공간 타켓팅의 경우에는 질소질비료나 가축분 퇴액비에서 유래한 환경오염이 있는 경우 필요한 것으로 제시되었음.
- 농가 규모의 경우 대부분의 수단이 대규모와 소규모 모두에 적용하는 것이 가능한 것으로 나타났음.
- 대부분의 수단에서 공편익이 발생하는 것으로 제시되었으며, 사적 편익의 경우는 존재하는 수단도 있지만 자료 부족 등으로 판단하기 쉽지 않은 경우도 있었음.
- 시설투자의 경우 논물 얇게 대기, 축산생산성 향상, 에너지화 및 정화율 제고, 고효율 설비 증가, 농기계 경유/등유 사용률 감소 등의 수단이 필요한 것으로 나타났음.

○ 넷째, 저탄소농업 지원정책(농업·농촌 자발적 온실가스감축사업, 저탄소농축산물 인증제도, 탄소배출권거래제 외부사업)의 추진실적을 평가한 결과를 보면, 2020년 기준 자발적 온실가스 감축사업의 경우 인증된 감축량이 9,700 톤CO<sub>2</sub>eq으로 매우 낮은 수준으로 나타남. 저탄소농축산물 인증을 받은 농가는 4,700여 농가로 전체 사업대상자(친환경농산물 인증과 GAP 인증을 받은 자)의 2.7% 정도로 나타났고, 탄소배출권거래제 외부사업의 경우 실적이 늘어나는 추세이지만 2020년 기준 3만 5,600 톤CO<sub>2</sub>eq으로 절대량은 적은 것으로 나타남.

- 농가 규모별 지원정책 추진현황을 보면 저탄소농축산물 인증은 10ha 이상이 71.0%로 가장 큰 비중을 차지하며, 자발적 감축사업과 외부사업은 1ha미만이 각각 78.8%, 81.3%로 가장 큰 비중을 차지함.
- 농가 감축 규모별 지원정책 추진현황(농가 수)을 보면, 저탄소농축산물 인증은 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만과 100톤CO<sub>2</sub>eq 이상의 비중이, 자발적 감축사업은 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만의 비중이, 외부사업은 10~100톤CO<sub>2</sub>eq 미만과 100톤CO<sub>2</sub>eq 이상의

비중이 많았음.

- 다섯째, 2050 온실가스 감축 수단과 공익직불제, 농업환경보전프로그램의 관계를 비교한 결과, 질소질비료 사용 절감의 경우 기존 제도, 기본직불제의 준수사항인 '화학비료 사용기준 준수'와 선택직불제 중 '친환경농업직불의 유기농업', 농업환경보전프로그램의 '외부양분 투입 감축', '적정 양분 투입' 활동과 중복되는 것으로 나타남. 농기계 경유/등유 사용률 감소는 선택직불제 중 친환경농업직불의 유기 과수재배와 농업환경보전프로그램의 무경운, 최소경운 활동과 중복이 되나, 기존 제도의 경우 지원 대상이 한정적이고 농기계 사용률 감소를 통한 경유/등유 수요 절감을 의미하였음. 따라서 2050 감축 수단으로 제시된 농기계 전기·수소 전환 방안과는 차이가 있는 것으로 나타남.
  
- 여섯째, 농업인을 대상으로 저탄소농업 기술 수용의 애로사항을 조사한 결과, 아래와 같이 기술별로 다양한 애로사항이 존재하는 것으로 나타남. 또한 조사 결과는 저탄소농업 기술 수용률 제고를 위해 초기 비용 지원, 경제적 인센티브 제공, 홍보 및 교육 등이 필요함을 시사함.
  - 간단관개 기술, 무경운 및 최소경운 기술, 녹비작물 재배기술: '농산물 생산량 감소', '노동력 등 생산비 증가', '해당 기술 잘 모름'
  - 순환식 수막재배 기술, 지열히트펌프 기술, 다겹보온커튼 기술: 초기 높은 설치비, 경영비 부담
  - 공동자원화시설: 비싼 처리비용; 양질조사료: 볏짚에 비해 비싼 가격; 메탄저감/적정 단백질 사료: 경영비 상승
  
- 일곱째, 해외 주요국의 감축 정책을 조사한 결과, 저탄소농업을 실천하는 농가에 대한 지원을 확대하고 있는 것으로 나타남. 주요국 결과는 우리나라도 기존의 농업환경보전 관련 정책을 보강함으로써 저탄소농업 실천농가를 적극적으로 지원할 필요가 있을 시사함.
  - 유럽연합(EU): 온실가스 감축 지원 지속 확대, 생태 제도와 농업-환경-기후 책무 지불을 통해 지원 추진

- 미국: 재정적 인센티브 관련 정보 제공하며, 보전유보 프로그램과 보전채무 프로그램 강화로 저탄소농업 실천농가 지원

○ 온실가스 감축 정책은 환경을 개선하면서도 농업경제 활성화도 기대할 수 있음. 따라서 탄소 의무감축 이행에 대응한 저탄소농업 활성화의 비전은 “저탄소농업 활성화를 통한 지속가능한 농업 실현”으로 설정되었으며, 비전 실현을 위한 저탄소농업 활성화의 목표는 2030년도와 2050년도의 농축산분야 온실가스 감축목표로 설정됨.

○ 저탄소농업 활성화를 위한 정책 추진의 기본방향으로는 맞춤형 추진, 단계적 추진, 우선순위에 따른 추진, 경제적 인센티브 제공, 시장 활용, 홍보와 교육, MRV 시스템 및 통계기반 구축 등으로 설정됨.

- 핵심적으로 추진할 과제로는 법/제도 측면에서 기후변화 대응의 정책 우선순위 향상, 기후변화 대응을 타겟팅한 농업환경지불금제도 설계가 필요함.
- 경제적 인센티브 측면에서 감축활동에 대한 직접지불, 저탄소농업 지원사업 개선(농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업의 인센티브 상향 검토, 농가-기업간 협력을 통한 배출권거래제 외부사업 활성화, 서류 준비의 간소화 및 저탄소농축산물의 시장차별화), 시설설치 지원정책 개선 등이 필요함.
- 뿐만 아니라 연구/개발, 교육/홍보, 산정·보고·검증 시스템 및 통계기반 구축 측면에서 적절한 정책을 반드시 추진할 필요가 있음.





# 부 록

## 1. 2050 탄소 중립 시나리오에 따른 감축 기술 분석

〈부표 1-1〉 2050 탄소중립 시나리오에 따른 감축기술 분석

부문	감축기술	감축량 (A)	환경 편익* (Ax2만 원)	경제적 편익(B)	비용 (C)	경제성 (B-C)	참고문헌			
							감축량 자료	경제성 자료		
재배	저탄소 농업기술 개발·보급	간단관개	0.12톤CO <sub>2</sub> eq /10a/연	2,400원 /10a/연	49,082원 /10a	143,799원 /10a	-94,717원 /10a	d	d	
		논물 알게 대기	0.26톤CO <sub>2</sub> eq /10a/연	3,200원 /10a/연	88,316원 /10a	963,020원 /10a	-7,984원 /10a	d	d	
		질소질 비료 사용 절감 (적정비료)	0.03톤CO <sub>2</sub> eq /10a/연	600원 /10a/연	0	-1,400원 /10a	1,400원 /10a	b	i, j	
	토양 탄소저장 확대	바이오차 토양개량제	관련연구 없음							
축산	가축분뇨 자원순환 확대	에너지화	0.08톤CO <sub>2</sub> eq/ 두/연	1,600원/ 두/연	9,205~16,088원 /m <sup>3</sup>	2,990~43,069원 /m <sup>3</sup>	-26,981~6,225원 /m <sup>3</sup>	g	f	
	저탄소 가축관리시스템 구축	가축사양 단계관리 (혼합급여)	0.43톤CO <sub>2</sub> eq/ 두/연	8,600원/ 두/연	관련연구 없음					
에너지	에너지 절감 및 신재생 에너지 활용	고효율 에너지 설비 보급	공기열 히트펌프	17.78톤 CO <sub>2</sub> eq/10a/연	355,600원 /10a/연	91,982천 원/ha	65,786천 원/ha	26,196천 원/ha	b	c
		농기계 전기·수소전환	전기·수소 구동계 전환	관련연구 없음						

\*: 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 거래가격(2020) 기준 1톤CO<sub>2</sub>eq당 2만~3만원 중 보수적 금액인 2만 원으로 산정  
 주 1) 2050 탄소중립 시나리오에 따라 부문을 분류함. 감축기술은 분류된 부문과 가장 유사한 현재 사용 가능한 기술을 선정함.  
 2) 경제성은 환경편익을 고려하지 않음.  
 3) 가축분뇨 자원순환 확대의 돼지 가축분뇨 배출원단위는 952.65kg/두/연(환경부 수생태보전과-867(2008.12.23.))이며, 경제적 편익 계산 시 부피 단위(m<sup>3</sup>)를 무게 단위(톤)으로 치환해 비교함.  
 4) 윤영만 외(2012)는 환경적 편익도 계산하였으나 해양배출 감축 효과에 따른 해양환경 개선 부과금(1,100원/톤)으로 계산함. 따라서 온실가스 감축에 적합한 농업기술실용화재단(2019)를 이용해 환경 편익을 계산함.  
 5) 이상민 외(2017)는 편익을 제외한 비용만 순현재가치법을 적용해 분석하였으나 본문에는 적용하지 않고 비용만 산정함.  
 자료: a. 김연중 외(2018); b. 농업기술실용화재단(2019); c. 농촌진흥청 국립농업과학원(2015); d. 박우균 외(2016); e. 이길재 외(2012); f. 윤영만 외(2012); g. 이상민(2017); h. 이유경 외(2017); i. 정학균 외(2016); j. 충청남도 도청 내부자료

## 2. 온실가스 감축 수단

〈부표 2-1〉 온실가스 세부 배출원과 감축 수단

구분	온실가스 배출원	감축수단
비에너지 경종	농자재 이용 (요소 및 석회석 사용 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 풋거름재배(밭, 과수원)</li> <li>• 적정비료량 사용</li> <li>• 병짐 제거</li> <li>• 양분관리를 위한 자가제조 액비 활용</li> <li>• 토양개량제(규산질, 석회질, 질산화 억제제, 바이오차, 요소분해억제제)</li> </ul>
	물 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물관리(간단관개, 논물 얇게 대기)</li> <li>• 토지이용전환(논 타작물 재배)</li> <li>• 휴림건답직파재배</li> </ul>
	토양 탄소 고정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보존경운(무경운, 최소경운)</li> <li>• 가을경운</li> <li>• 토지이용전환(휴경지 확대)</li> <li>• 초지 확대</li> </ul>
	농작물 잔사 소각	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잔사 소각 줄이기</li> <li>• 농축산부산물 및 바이오매스 활용한 에너지화(왕겨 이용 RPC 곡물 건조, 커피박펠릿 보일러)</li> </ul>
비에너지 축산	가축분뇨	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가축분뇨 퇴·액비화(두엄, 교반, 에어블로잉),</li> <li>• 가축분뇨 에너지화</li> </ul>
	가축장내 발효	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양질조사료 급여</li> <li>• 저메탄사료 급여</li> <li>• 저단백 사료 급여</li> </ul>
에너지 경종 및 축산	농기계·축산기자재 에너지이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노후 농기계·축산기자재 교체</li> </ul>
	가온시설 하우스· 축사 에너지 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지(지열, 목재펠릿, 태양열, 공기열) 이용</li> <li>• 에너지절감시설(다겹보온커튼, 보온터널 자동개폐장치, 순환식수막시설, 미활용 열에너지, LED 조명교체, 농업용 열 회수 환기장치, 온풍난방기 배기열 회수장치, 국소난방을 이용한 난방에너지 절감기술)</li> <li>• ICT/AI 기술 적용</li> </ul>
	저장시설 에너지 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지(지열, 태양열, 공기열) 이용</li> <li>• 냉난방 효율화</li> </ul>
	창고 등 건물 에너지 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지(지열, 태양열, 공기열) 이용</li> <li>• 냉난방 효율화(LED 센서 활용 장애제거, 열회수장치)</li> </ul>
산림	온실가스 흡수	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국산제재목 이용 확대</li> <li>• 산림바이오매스 이용</li> <li>• 산림경영</li> </ul>
	녹색산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지산업, 친환경농산업, 분자농업, 종자산업, 정밀농업</li> </ul>
	에너지 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영농형 태양광 발전기술</li> </ul>

주: 휴림건답직파: 마른논에 이랑을 만들어 바로 볍씨를 뿌리는 일.

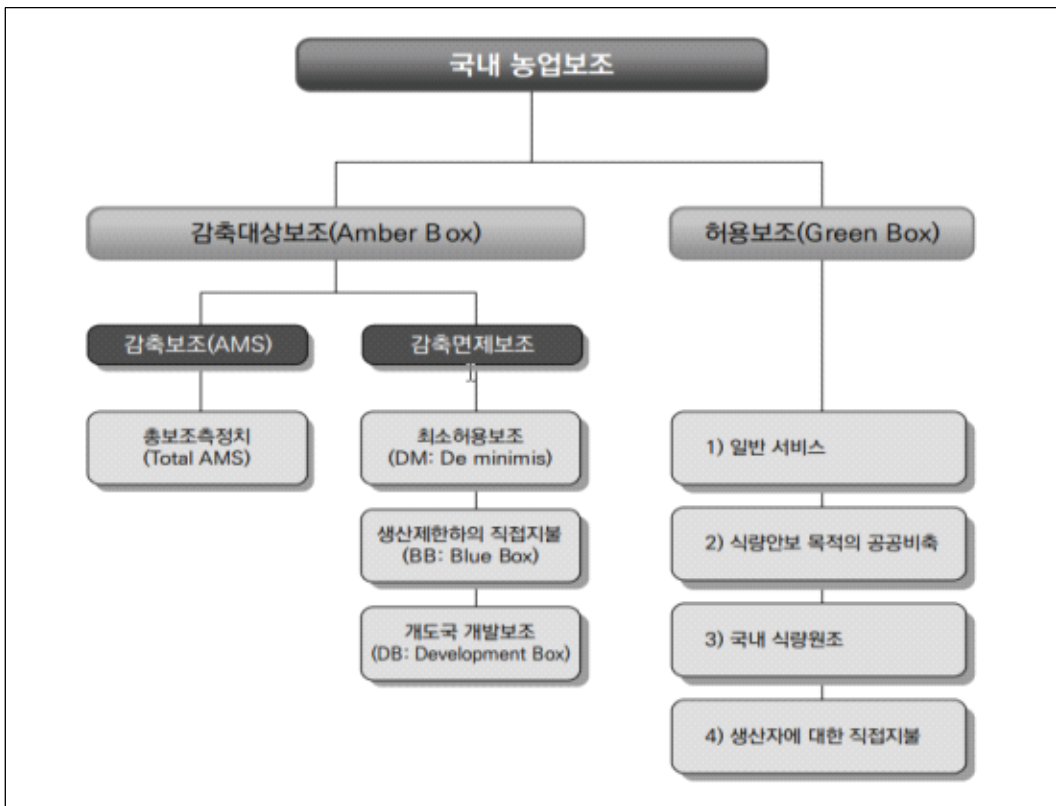
자료 : 김창길 외(2013), 남재작(2009), 저탄소 농축산물 인증제 운영규정(www.law.go.kr), 정학균 외(2016),

한국환경공단(www.keco.or.kr) 재구성하였음. 정학균 외(2018)에서 재구성 및 추가함.

### 3. 예산 제약 하에서 적정 보상 수준 설정

○ 간단관개와 논물 얇게 대기에 대한 선택형 직불 단가 설정을 위해 WTO 농업보조 규범을 우선적으로 고려할 필요가 있음.

〈부도 3-1〉 WTO농업보조의 종류



자료: 서진교 외(2019), “WTO 개혁 쟁점 연구: 농업보조 통보 및 개도국 세분화”, 대외경제정책연구원

○ 우선, 간단관개와 논물 얇게 대기를 대상으로 하는 저탄소직불은 허용보조의 생산자에 대한 직접지불 중 환경보전지원에 속함. 따라서 WTO 농업협정 규정 부속서 2조 12항에 따라 추가비용과 소득손실을 기준으로 지원단가를 설정할 수 있음. 다만, 추가비용과 소득손실을 기준으로 직불금 지원 단가를 설정할 경우, 낮은 단가로 인해 농가들의 참여가 제한적일 수 있음.

- 두 번째로는 지원 단가를 높이기 위해 최소허용보조나 감축보조를 통해 인센티브를 제공해줄 수도 있음<sup>21)</sup>. 구체적으로 최소허용보조는 지급 규모가 쌀 생산액의 10%(개도국 기준) 이하일 경우 적용할 수 있음. 또한 최소허용보조 이상의 금액을 지원할 경우에는 감축보조 지급 상한 내에서 인센티브를 지급할 수 있음.
  - 국내의 감축보조 상한은 1조 4,900억 원인데 비해 2018년 기준 현행 감축보조 지급액은 29.1억 원 밖에 되지 않음(WTO 2021).
  - 다만 향후 1) 2050 탄소중립 시나리오 상의 논물 얇게 대기와 간단관개 목표 면적과 2) 우리나라의 지위가 개도국에서 선진국으로 바뀔 경우, 최소허용보조가 5%로 줄어들다는 점, 3) 감축보조 한도 역시 줄어들 수 있다는 점을 감안할 필요가 있음.
  - 즉, 저탄소직불 정책 외적인 요소가 탄소 직불금 확산의 장애요인으로 작용할 수 있음.

### 〈글상자 3〉 공동농업정책 개혁안의 생태제도 단가 설정

공동농업정책 개혁안에 새로이 도입된 생태제도는 면적당 지급되며, 또한 기본직불금과는 달리 지불금 수량의 상한이 존재하지 않음. 생태제도 지불금 조건은 다음과 같음(Article 28): 1) GAEC(Standards for good agricultural and environmental condition of land) 혹은 EU의 SMR(Statutory management requirement)에서 제시한 환경 및 기후 변화 대응 기준이나 요구사항을 뛰어넘는 농업활동, 2) 작물보호제나 비료 사용, 동물복지 관련 최소 요구사항과 각국과 유럽 연합 법에 명시된 기타 강제적 요구사항을 넘어서는 농업활동, 3) 농경지를 일반적인 농작업 외에 추가적인 준비작업 없이 방목과 경작에 가능하게끔 유지하는 것 이상의 농업활동, 4) 농업-환경-기후 책무(agri-environment-climate commitment) 대한 지불에 해당하지 않는 활동

생태제도의 지불금 지급 방식은 인센티브(Article 28(6)a)와 보상(Article 28(6)b) 형태가 있음. 우선, 기본소득보조의 “top-up”지불금에 대해서는 계산과정을 제공하지 않아도 되지만, 단가가 공동농업정책 전략 계획의 목표 달성에 미치는 영향을 설명하여야 함. 즉, “공동농업정책 전략 계획의 재정적 지원은 공동농업정책 전략 계획의 목표와 생태제도 하에서의 활동들, 그리고 우선순위에 상응해야 한다(Article 97(1)d)”를 명시하고 보조금 단가를 설정해야 함. 또한 증가하는 환경의 질에 따라 단가의 차이를 둘 수 있으며, 환경의 질이 매년 증가한다면, 지불금 단가 역시 증가할 수 있음. 즉, 회원국들의 여건에 맞는 농업환경지불금 정책을 설계할 수 있음. 둘째, 추가적인 생산비와 감소한 소득에 대한 보상은 Article 76에 명시되어 있는 “적합하고 정확한 지불금 계산” 방식을 따라야 하며 이행을 담당하는 행정 조직과는 별개의 전문가 혹은 조직이 이를 담당해야 함. 단, 인센티브 형태로 지급되는 지불금은 WTO 농업협정 부속서 2조 6항(그린박스 기준)을 준수해야 함. 즉, 지불금의 크기가 생산량과 관계가 없어야 하며(e.g. 특정 곡물과 생산방식에 대한 지불은 불가능함), 지불금을 받기 위한 조건으로 농업 생산이 필요하지 않음.

또한 보상금 형태의 지불금은 WTO 농업 협정 부속서 2조 12항(환경프로그램들에 대한 지불)에 따라 농업환경프로그램에 이행에 드는 추가적인 비용과 소득 손실 이상의 지불금은 지불할 수 없다.

21) 생산제한하의 직접직불은 쌀을 대상으로 한 생산제한정책이 부재한 상황에서는 적용이 불가능하다고 판단됨.

## 4. 감축 수단의 비용과 편익 추정 결과

### □ 간단관개: 논 벼 중간낙수 2주 이상 증가

- 간단관개는 수량의 변화가 없다고 가정함(근거는 대다수의 농가들이 현재 간단관개를 시행하고 있음).
- 감축 편익은 2주 이상 간단관개 감축량(0.24톤CO<sub>2</sub>eq/10a)에 톤당 탄소가격(2만 원)을 곱하여 산정한 결과 4,811원임.
- 물꼬 조절은 1~2주를 하거나 2주 이상을 하거나 차이가 없음. 1~2주 간단관개를 하는 농가가 2주 이상 실시한다고 가정함.
- 잡초제거비는 2020년 농산물생산비통계 자료를 이용함. 논벼 10a당 노동시간은 제초 1.53시간, 방제 0.33시간임. 제초는 제초와 관련된 일체의 작업시간으로 논 제초제 살포, 피뽑기, 논두렁 풀베기, 논두렁 제초제 살포 등을 포함함. 간단관개로 잡초 제거에 소요되는 추가 노동시간은 방제의 1/2수준인 0.17시간으로 가정함(피뽑기, 논두렁 관련 추가 노동시간은 고려하지 않음). 10당 고용노력비는 18,024원, 10a당 고용 노력시간은 1.23시간(남녀 합계)이므로 10당 1시간 노력비는 14,654원임. 따라서 간단관개에 의한 추가노력비는 2,418원임. 다음으로 논벼 10a당 농약비는 30,483원이며, 제초제 비용은 1/3수준으로 가정하여 10,161원임. 따라서 추가되는 노력비와 제초제 농약비 전체 12,579원임.
- 따라서 순손실은 추가 비용(12,579원)에서 감축 편익(4,811원)을 제외한 7,768원으로 나타남.

〈부표 4-1〉 2주 이상 간단관개 비용편익분석(노동력)

		손실 원/10a	편익 원/10a
추가 소득			
	온실가스 감축편익		4,811
	소계		4,811
비용 감축			
	소계		
소득 감소			
	소계		
추가비용			
	물꼬조절 노동력		
	잡초제거비	12,579	
	소계	12,579	
	총계	12,579	4,811

주 1) 감축편익은 2주 이상 간단관개 감축량 적용(0.24톤CO<sub>2</sub>eq\*20,000원)

2) 잡초제거비(재료비 및 노력비)는 이상호·박우균(2015)자료 참조

□ 논물 알게 대기

○ 논물 알게 대기는 수량의 변화가 없다고 가정함.

○ 감축편익은 논물 알게 대기 감축량(0.32톤CO<sub>2</sub>eq/10a)에 톤당 탄소가격(2만 원)을 곱하여 산정한 결과 6,489원임.

○ 물꼬 조절에 소요되는 노동력은 1ha당 8시간임(8번 물꼬 관리를 하며, 1번에 1시간 가정함). 10a당 노동력은 0.8시간이 되고, 1시간당 노력비가 14,654원이므로 추가노력비는 11,723원임.

○ 논물 알게 대기의 경우 잡초가 벼 생육에 영향을 미치지 않는다고 가정함.

○ 따라서 순손실은 추가비용(11,723원)에서 감축편익(6,489원)을 제외한 5,234원으로 나타남.

〈부표 4-2〉 논물 알계 대기 비용편익분석(노동력)

		손실 원/10a	편익 원/10a
추가 소득		-	-
	온실가스 감축편익	-	6,489
	소계	-	6,489
비용 감축		-	-
	소계	-	-
소득 감소		-	-
	수량감소	-	-
	소계	-	-
추가비용		-	-
	물꼬조절 노동력	11,723	-
	잡초제거비	-	-
	소계	11,723	-
	총계	11,723	6,489

주 1) 온실가스 감축편익은 간단판개 대비 논물 알계 대기 감축률 38% 적용

## 5. 설문조사표 - 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 금번 저희 연구원에서는 농림축산식품부에서 발주한 『저탄소농업 활성화 방안 연구』를 수행하고 있습니다.

본 설문조사는 **농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업**에 참여하고 있는 농가를 대상으로 만족도, 애로사항 등을 조사하고 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 개선방안을 도출하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일체 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문 조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 환경자원연구부  
주소: (우)58321, 전라남도 나주시 빛가람로 601  
조사관련 문의: 정학균 연구위원 061-820-2248, hak8247@krei.re.kr

PART SQ. (공통 질문) 다음은 귀하의 인적사항에 대해 알아보고자 합니다.

SQ1. 귀하의 거주 지역은 어디입니까?

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| ① 서울 | ② 부산 | ③ 대구 | ④ 인천 | ⑤ 광주 | ⑥ 대전 |
| ⑦ 울산 | ⑧ 경기 | ⑨ 강원 | ⑩ 충북 | ⑪ 충남 | ⑫ 전북 |
| ⑬ 전남 | ⑭ 경북 | ⑮ 경남 | ⑯ 제주 |      |      |

SQ2. 귀하의 성별은 무엇입니까?      ① 남성   ② 여성

SQ3. 귀하의 최종 학력은 무엇입니까?

- |          |             |           |
|----------|-------------|-----------|
| ① 초졸 이하  | ② 중학교 졸업    | ③ 고등학교 졸업 |
| ④ 대학교 졸업 | ⑤ 대학원 졸업 이상 |           |

SQ4-1. 귀하의 출생년도는 어떻게 되십니까? \_\_\_\_\_년

SQ4-2. 귀하의 영농경력(총 몇 년)은 몇 년입니까? \_\_\_\_년

SQ5. 2020년 한 해 농업소득(작물 재배+가축 사육)은 얼마 정도입니까?

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| ① 1천만 원 미만     | ② 1천만~3천만 원 미만 | ③ 3천만~5천만 원 미만 |
| ④ 5천만~7천만 원 미만 | ⑤ 7천만~1억 원 미만  | ⑥ 1억 원 이상      |









③ 온실가스 감축 인센티브를 배출권거래제시장 가격을 고려하여 현실화하되 에너지분야보다 감축기술 적용이 상대적으로 어려운 비에너지분야 감축에 대한 인센티브를 더 많이 지급해야 한다.

B10-1. (B10=①번 응답자만) 온실가스 감축 인센티브는 어느 수준이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 톤당 1만 5천원    ② 톤 당 2만원                      ③ 톤당 2만 5천원    ④ 톤당 3만원

B10-2. (B10=②번 응답자만) 차등화하여 지급하기 위해 감축규모는 어떻게 구분하는 것이 적절하다고 생각하십니까? 여기에서 ‘차등화하여 지급’이란 감축규모가 클수록 인센티브 단가(온실가스 감축 단위당 가격)를 낮게 지급하는 것을 말합니다.

- ① 10톤 이하, 10~30톤, 30~100톤으로 구분  
② 20톤 이하, 20~40톤, 40~100톤으로 구분  
③ 30톤 이하, 30~50톤, 50~100톤으로 구분

B10-3. (B10=③번 응답자만) 비에너지분야를 더 많이 지급해야 한다면 몇 배정도가 적절하다고 생각하십니까?

- ① 1.2배    ② 1.4배                      ③ 1.6배                      ④ 1.8배                      ⑤ 2배 이상

**PART E. (공통 질문) 다음은 정부가 향후 추진을 검토하고 있는 정책에 대한 질문입니다.**

E1. 정부는 저탄소농업을 실천하는 농업인에게 직불금 지급을 검토하고 있습니다. 귀하께서는 이러한 정책에 동의하십니까?

- ① 동의한다                                      ② 동의하지 않는다                      ③ 잘 모르겠음.

E2. 직불금 지급단가는 어떻게 산정하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 저탄소농업 도입에 따른 추가비용을 보전하는 수준에서 직불금을 산정해야 한다.  
② 저탄소농업 도입에 따른 추가비용을 보전하고, 여기에 환경적 편익을 고려하여 직불금을 산정해야 한다.  
③ 저탄소농업 도입에 따른 온실가스 감축량을 금액으로 환산하여 직불금을 산정해야 한다.

## 6. 설문조사표 - 배출권거래제 외부사업

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 금번 저희 연구원에서는 농림축산식품부에서 발주한 『저탄소농업 활성화 방안 연구』를 수행하고 있습니다.

본 설문조사는 배출권거래제외부사업에 참여하고 있는 농가를 대상으로 만족도, 애로사항 등을 조사하고 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 개선방안을 도출하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일체 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문 조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 환경자원연구부  
주소: (우)58321, 전라남도 나주시 빛가람로 601  
조사관련 문의: 정학균 연구위원 061-820-2248, hak8247@krei.re.kr

### PART SQ. (공통 질문) 질문 제시

※ 저탄소농업 기술이란 현재 온실가스 감축 방법론으로 승인된 저탄소농업기술(지열에너지, 미활용열에너지, 목재펠릿보일러, 바이오가스플랜트, 다겹보온커튼 등)을 의미합니다.

[to prog : 상단의 박스 설명은 A,B그룹과 C그룹 내용이 다름]

### PART A. (공통 질문) 질문 제시

[ PART C는 : 그룹 2만 질문하는 파트]

PART C. (배출권거래제 외부사업 참여 농가 질문) 귀하가 참여하고 있는 배출권거래제 외부사업에 대한 질문입니다.

C1. 귀하께서는 배출권거래제 외부사업에 대해 잘 알고 계십니까?

- ① 조금 알고 있다                      ② 어느정도 알고 있다                      ④ 매우 잘 알고 있다

C2. 귀하께서 배출권거래제 외부사업에 대해 어떤 계기로 참여하게 되었습니까?

- ① 이웃 농가 권유                      ② 농업기술센터 홍보                      ③ 시·군 관계자 홍보  
④ 컨설팅 등 관련 전문가 권유    ⑤ 기타(                      )



## 7. 설문조사표 - 저탄소 농축산물 인증제도

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 금번 저희 연구원에서는 농림축산식품부에서 발주한 『저탄소농업 활성화 방안 연구』를 수행하고 있습니다.

본 설문조사는 저탄소농축산물인증제도에 참여하고 있는 농가를 대상으로 만족도, 애로사항 등을 조사하고 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 개선방안을 도출하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일체 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문 조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 환경자원연구부

주소: (우)58321, 전라남도 나주시 빛가람로 601

조사관련 문의: 정학균 연구위원 061-820-2248, hak8247@krei.re.kr

### PART SQ. (공통 질문) 질문 제시

※ 저탄소 농업기술이란 현재 저탄소 농축산물 인증제에서 지정한 온실가스 감축기술(꽃거름 작물재배, 다겹보온커튼 및 보온터널 자동개폐장치, 수막재배 시스템, 농업용 열 회수형 환기장치, 자가제조 농자재 사용농법 등)을 의미합니다

[to prog : 상단의 박스 설명은 A,B그룹과 C그룹 내용이 다름]

### PART A. (공통 질문) 질문 제시

[ PART D는 : 그룹 3만 질문하는 파트]

PART D. (저탄소농축산물 인증제도 참여농가 질문)귀하가 참여하고 있는 저탄소농축산물 인증제도에 대한 질문입니다.

D1. 귀하께서는 저탄소농축산물 인증제도에 대해 잘 알고 계십니까?

- ① 조금 알고 있다                      ② 어느정도 알고 있다                      ④ 매우 잘 알고 있다

D2. 귀하께서 저탄소농축산물 인증제도에 대해 어떤 계기로 참여하게 되었습니까?

- ① 이웃 농가 권유                      ② 농업기술센터 홍보                      ③ 시·군 관계자 홍보  
④ 컨설팅 등 관련 전문가 권유                      ⑤ 기타(                      )

D3. 귀하께서 저탄소농축산물 인증제도에 **참여**하시게 된 **가장 큰 요인**은 무엇이었습니까?

- ① 판매 농산물의 이미지 개선                      ② 기후변화 등 환경문제에 대한 관심
- ③ 정부의 탄소 감축 의무 노력에 동참              ④ 판매가격 상승
- ⑤ 기타 (                      )

D4. 저탄소농축산물 인증제도에 참여하시면서 **어떤 어려움**을 느끼십니까?

- ① 인증을 위해 갖춰야 할 자료 준비가 어려움
- ② 추가적인 시간이 필요
- ③ 인증절차가 까다로움
- ④ 기타 (                      )

D5. 귀하께서는 저탄소농축산물 **인증제도**에 대해 어느 정도 **만족**하십니까?

- ① 매우 불만족                      ② 불만족                      ③ 보통
- ④ 만족                      ⑤ 매우 만족

D6. 저탄소농축산물 인증제도에 **참여한 결과** 귀하의 **농산물 판매량**이 확대되었습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다                      ② 그렇지 않다                      ③ 보통이다
- ④ 그렇다                      ⑤ 매우 그렇다

D7. 저탄소농축산물 인증제도에 **참여한 결과** 귀하의 **농산물 판매가격**이 상승했습니까?

- ① 전혀 그렇지 않다                      ② 그렇지 않다                      ③ 보통이다
- ④ 그렇다                      ⑤ 매우 그렇다

D8. **향후** 저탄소농축산물 인증제도 **참여 의향**은 어떻습니까?

- ① 현 수준의 인증면적으로 계속 참여할 계획이다
- ② 계속 참여하면서 인증면적도 증가시킬 계획이다
- ③ 계속 참여하지만 인증면적은 감소시킬 계획이다
- ④ 앞으로 참여하지 않을 계획이다
- ⑤ 기타(                      )

D9. 귀하는 저탄소농축산물 인증제도 **활성화**를 위해 어떠한 정책이 가장 우선적으로 필요하다고 생각하십니까?

- ① 인증 농산물이 시장에서 차별화되어야 한다
- ② 소비자에게 제공하는 그린카드 포인트 지급을 현재의 9%에서 더 높여야 한다
- ③ 인증 농산물의 품목을 보다 다양화해야 한다
- ④ 인증절차를 보다 간소화해야 한다

#### PART E. (공통 질문) 질문 제시



## 8. 최적 정책도출을 위한 감축 수단 진단- 경종

### 1.1. 간단관개(중간낙수 또는 중간물떼기)

#### □ 감축원리

- 담수로 인해 환원된 토양에 산소를 공급하여 메탄생성균\*의 활성을 억제, 메탄 배출이 감소함.
  - 담수상태의 논은 강한 혐기적 환경(무산소)이 발달하며, 메탄생성균<sup>22)</sup>이 활성화되어 메탄 배출이 증가함. 중간물떼기를 실시하면 토양 내 기체의 확산으로 산소 유효도가 증가하여 토양환경이 호기적으로 변함. 호기적 환경에서는 메탄생성균의 활성 감소 및 메탄산화균<sup>23)</sup>\*의 활성 증가로 메탄 배출이 감소함(Ma & Lu, 2011; Gwon et al., 2019).

#### □ 모니터링

- 현재 가능한 모니터링 방법
  - 기존 농가들은 수동물꼬가 설치되어 있어, 객관적 모니터링을 위해서는 사람이 직접 확인해야 함. 사람이 직접 모니터링하는 것이 어려운 경우에는 농민이 물관리를 하는 논의 전후 사진을 찍고, 영농일지에 기록하는 것으로 확인 가능함.
- 향후 가능한 모니터링 방법
  - 자동영상물꼬시스템(자동물꼬시스템)이 보급되면 사람이 직접 확인하지 않아도 영상으로 모니터링 가능함. 자동영상물꼬시스템은 물관리 확인을 위한 CCTV가 포함되므로 측정 시간 설정을 통해 자동 영상 송출 및 수집 가능함.

---

22) 혐기적 환경에서 유기산 등을 기질로 사용하여 메탄을 생성하는 균

23) 메탄을 기질로 사용하여 이산화탄소를 산화하는 균

□ 배출계수(극가고유계수 적용)

〈부표 8-1〉 간단관개 배출계수

구분	배출계수 명		계수 값	관련 연구
간단관개 (중간낙수)	상시담수		1	국가고유계수 개발 및 저감효과 관련 참고문헌 농과원 연구보고서 (정현철, 2012) 농과원 연구보고서 (최은정, 2017) 국가인벤토리보고서 (GIR, 2020) 연구논문 (Jeong et al., 2014) 연구논문 (Kim et al., 2014)
	1회 간단관개	중간낙수 (1주 미만)	0.83	
		중간낙수 (1주 이상-2주 미만)	0.66	
	2회 간단관개	중간낙수 (2주 이상)	0.49	

□ 적용 단위

○ 농가 또는 마을 단위

□ 이행비용

〈부표 8-2〉 간단관개 이행비용

요소	수단 미적용 시	수단 적용 시	이행비용 추가여부
노동력	- 상시담수 농가: 해당사항 없음 - 중간낙수 농가: 물꼬올리기 및 내리기를 위해 적용 논까지 가는 노동력, 완전 낙수를 위해 물길을 만드는 노동력	- 상시담수 농가: 중간낙수에 필요한 노동력 추가 필요 - 중간낙수 농가: 중간낙수를 하는 농가는 기간이 연장되어도 필요한 노동력은 동일함	- 상시담수 농가: 중간낙수를 위해 논까지 이동하는 이동수단, 노동력에 대한 비용 추가 - 중간낙수 농가: 해당사항 없음
자재(농약, 농기계사용, 그 밖에 영농에 필요한 물품 등)투입	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음
감축 수단 이행을 위한 필요 장비 구축	- 해당사항 없음	- 기존에 있는 수동물꼬 적용 시 해당사항 없음 - 자동영상물꼬시스템 적용 시 관련 장비 추가	- 자동영상물꼬시스템에 대한 비용

## 1.2. 논물 얇게 대기(중간낙수 후 걸러대기)

### □ 감축원리

- 논물의 담수 깊이를 얇게 유지하여 자연 감소시킴으로써(증발, 증산, 침투), 논 토양을 간헐적으로 산화상태로 만드는 원리임. 논물이 자연적으로 감소해 토양이 산화상태가 되면, 토양으로의 산소 확산도 함께 증가되어 메탄생성균의 활성을 억제, 메탄 배출이 감소함.

### □ 모니터링

#### ○ 현재 가능한 모니터링 방법

- 기존 농기들은 수동물꼬가 설치되어 있어, 객관적 모니터링을 위해서는 사람이 직접 확인해야 함. 사람이 직접 모니터링하는 것이 어려운 경우에는 농민이 물관리를 하는 논의 전후 사진을 찍고, 영농일지에 기록하는 것으로 확인 가능함

#### ○ 향후 가능한 모니터링 방법

- 자동영상물꼬시스템(자동물꼬시스템)이 보급되면 사람이 직접 확인하지 않아도 영상으로 모니터링 가능함. 자동영상물꼬시스템은 물관리 확인을 위한 CCTV가 포함되므로 측정 시간 설정을 통해 자동 영상 송출 및 수집 가능함.

### □ 배출계수

#### ○ IPCC default 및 국가고유계수 없음, 연구결과 존재

#### ○ 우리나라 농업환경에 맞는 계수개발이 필요함

- 선행 연구문헌 자료를 활용하여 감축량 산정에 활용. 계수가 없어서 각 연구 결과의 대조구 대비 감축 비율을 적용함.

〈부표 8-3〉 논물 알개 대기 배출계수 관련 연구

구분	배출계수 명	계수 값	출처
논물 알개 대기 (중간낙수+걸러대기)	(유기물 무시용) 중간물떼기+걸러대기	0.397	농과원 연구보고서 (김건엽, 2014) * 2013년 결과 중 간단단계 대비 초기담수+논물 알개 대기 결과값 사용
	(유기물 사용) 중간물떼기+걸러대기	0.0764	농과원 연구보고서 (권효숙, 2020) * 벚짐에 대한 연구결과가 없어서 헤어리배치를 넣었을 때 결과값 사용

□ 적용 단위

○ 농가 또는 마을 단위

□ 이행비용

〈부표 8-4〉 논물 알개 대기 이행비용

요소	수단 미적용 시	수단 적용 시	이행비용 추가여부
노동력	- 상시담수 농가: 추가 노동력 없음 - 중간낙수 농가: 추가 노동력 없음	- 상시담수 농가: 중간낙수에 투입되는 노동력 + 물이 들어오는 시기에 맞춰 물꼬를 올리고 내리러 가는 노동력 (중간낙수 후 약 4회 예상) - 중간낙수 농가: 물이 들어오는 시기에 맞춰 물꼬를 올리고 내리러 가는 노동력 (중간낙수 후 약 4회 예상)	- 상시담수 농가: 중간낙수와 걸러대기를 위해 논까지 이동하는 이동수단, 노동력에 대한 비용 추가 - 중간낙수 농가: 걸러대기를 위해 논까지 이동하는 이동수단, 노동력에 대한 비용 추가
자재(농약, 농기계사용, 그 밖에 영농에 필요한 물품 등)투입	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음
감축 수단 이행을 위한 필요 장비 구축	- 해당사항 없음	- 기존에 있는 수동물꼬 적용 시 해당사항 없음 - 자동영상물꼬시스템 적용 시 관련 장비 추가	- 자동영상물꼬시스템에 대한 비용

### 1.3. 질소질비료 사용 절감

#### □ 감축원리

- 질소비료를 대체하는 풋거름작물, 완효성비료, 부산물 비료 등을 이용하여 비료생산에 과정과 토양에서 발생하는 아산화질소 배출을 줄임.
  - 농경지에서 발생하는 아산화질소는 질소비료의 질산화 및 탈질화 과정에서 발생하여 대기로 배출됨. 질소질비료 사용 절감은 농경지 아산화질소 배출원 자체를 줄일 수 있으며, 질소비료 제작 과정에서 발생하는 온실가스를 감축할 수 있음.
  - 풋거름작물 이용<sup>24)</sup>: 질소고정이 가능한 두과의 풋거름작물을 재배, 토양에 환원함으로써 질소비료를 대체하여 온실가스 배출량을 줄임
  - 완효성비료 이용: 비료 손실률이 낮고 비료효과가 길어 일반 질소비료 대비 약 23% 사용량 절감 가능 (국립농업과학원, 2019)
  - 부산물비료<sup>25)</sup>\* 이용: 질소질비료 대신 사용하여 질소질비료의 사용량을 절감

#### □ 모니터링

- 현재 가능한 모니터링 방법
  - 비료를 적게 시비한 증명서(예. 구매영수증, 영농일지)
  - 시비 처리 전·후 토양검정서
- 향후 가능한 모니터링 방법
  - 위성영상 또는 무인기 영상을 활용한 질소량 평가(현재 드론 영상을 활용한 벼 생육 관측 연구 수행 중)
  - 비료 봉투에 바코드를 입력해 공급량 및 판매량을 전체 총괄하는 시스템이 구축되면

24) 풋거름작물(두과류): 헤어리베치, 자운영, 알파파 등

25) 부산물비료: 농업·임업·축산업 등에서 발생하는 부산물, 사람의 분뇨, 음식물류 폐기물, 토양활성제, 토양미생물 제제 등을 이용하여 제조한 비료 (「비료관리법」 법률 제13135호, 제2조 3항)

농가에서 구매한 비료량 모니터링 가능

□ 배출계수

○ 질소비료를 다른 질소원으로 대체시 사용 가능한 계수

- 녹비작물은 국가고유배출계수로 등록되었으나 완효성비료, 부산물비료는 선행연구의 결과임

〈부표 8-5〉 질소질비료 절감 배출계수 관련 연구

구분	배출계수 명	계수 값	출처
녹비(팻거름) 작물	녹비 사용량별 보정계수(SFo)	(0Mg/ha) 1.00 (3Mg/ha) 2.96	국가고유배출계수 개발 연구보고서 - 농과원 연구보고서 (김건엽, 2014)
		(6Mg/ha) 4.92 (9Mg/ha) 6.88	
		(12Mg/ha) 8.84	
완효성비료	논토양 완효성비료 투입에 따른 메탄(CH <sub>4</sub> ) 배출계수	1.13 kg /ha·day	- 연구논문 (유가영 등, 2013)
부산물비료	퇴비(Compost)에 의한 배출계수	0.189 kg CO <sub>2</sub> -eq/kg	- 연구논문 (유가영 등, 2014)

□ 적용 단위

○ 농가 또는 마을 단위

□ 이행비용

〈부표 8-6〉 질소질비료 절감 이행비용

요소	수단 미적용 시	수단 적용 시	이행비용 추가여부
노동력	- 추가되는 노동력 없음	- 비료 대신 질소원으로 팻거름, 부산물비료 투입 시 팻거름을 재배하는 노동력, 부산물을 생산하는 노동력, 생산된 부산물을 시비하는 노동력 필요	- 팻거름 종자 구매 및 재배에 따른 비용, 부산물비료 생산 및 시비하는데 필요한 비용이 추가되거나 화학비료 미구입에 따른 비용은 절감됨
자재(농약, 농기계사용, 그 밖에 영농에 필요한 물품 등)투입	- 해당사항 없음	- 팻거름을 재배한 후 토양으로 환원하기 위한 농기계 사용, 부산물을 퇴비로 생산하기 위한 물품 투입 필요	- 농기계 유류 구매비용
감축 수단 이행을 위한 필요 장비 구축	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음	

## 1.4. 바이오차 토양개량제 보급

### □ 감축원리

- 미생물에 의한 분해가 어려운 바이오차 형태로 유기물을 탄화시켜 토양에 투입하여 토양에 탄소를 격리, 대기 중 온실가스를 저감함.
  - 바이오차는 구조적으로 안정된 방향족 형태로, 토양 미생물에 의한 분해가 쉽지 않아 탄소를 반영구적으로 토양 속에 격리 가능하며, 특히, 제작 조건에 따라 100년 뒤의 잔존 탄소량이 65%~89%로 평가됨. 부가적으로 토양 통기성 개선, pH 증진, 질소 부동화 증진, 질산화와 탈질에 영향을 주는 미생물을 촉진하여 농경지 토양에서 배출되는 아산화질소를 저감함.

### □ 모니터링

- 현재 가능한 모니터링 방법
  - 비료를 적게 시비한 증명서(예. 구매영수증, 영농일지)
  - 시비 처리 전·후 토양검정서
- 향후 가능한 모니터링 방법
  - 해당사항 없음

### □ 배출계수

- 2019 IPCC 지침에서 처음으로 바이오차의 탄소 저장능력에 관해 언급함. 현재로서는 IPCC 지침의 default 값 사용이 가능하나, 우리나라 농업환경에 맞는 계수 개발이 필요함.

#### 〈부표 8-7〉 바이오차 토양개량제 배출계수

구분	계수 명	계수 값	출처
바이오차	바이오차의 유기물원료(가축분뇨, 우드, 쌀겨 등), 탄화 온도(>600℃, 450-600, 350-450℃)별 유기탄소 함량	- 유기물원료별로 상이 - 탄화 온도별로 상이	- 2019 IPCC GL, volume4, Ap4.1
	왕겨, 옥수수대로부터 전환된 바이오차 펠릿을 사용한 논 토양에서 탄소격리량	2.94 ton/ha	- 연구논문 (Shin et al., 2019) - 연구논문 (신중두 등, 2020)

□ 적용 단위

○ 농가 또는 마을 단위

□ 이행비용

〈부표 8-8〉 바이오차 토양개량제 이행비용

요소	수단 미적용 시	수단 적용 시	이행비용 추가여부
노동력	- 추가되는 노동력 없음	- 바이오차를 투입하는 노동력	
자재(농약, 농기계사용, 그 밖에 영농에 필요한 물품 등)투입	- 해당사항 없음	- 바이오차 - 바이오차를 투입하는데 사용되는 농기계(트랙터)	- 바이오차를 구입하는 비용 * 바이오차 자가 생산 또는 지자체 무상 공급 시는 제외 - 농기계 사용에 따른 유류 구입 비용
감축 수단 이행을 위한 필요 장비 구축	- 해당사항 없음	- 해당사항 없음	



## 9. 최적 정책도출을 위한 감축 수단 진단- 축산

### 1.1. 저메탄사료 보급

#### □ 감축원리

○ 사료에 메탄 저감 물질을 첨가하거나, 영양소 조절을 통해 장내 발효 메탄 발생량을 줄이는 사료를 사용하여 반추가축(한·육우 및 젖소) 장내 발효 메탄 발생량 감소함.

- 감축량 산정 예시

젖소 사육두수 × 사료 보급률(%) × 배출계수(118 kg CH<sub>4</sub>/두/년) × 저감효과

한·육우 사육두수 × 사료 보급률(%) × 배출계수(47 kg CH<sub>4</sub>/두/년) × 저감효과

○ 관련 기술 현황

- 3-NOP(nitrooxypropanol)

- 네덜란드 DSM社 개발 유기화합물. 현재 가승인 상태(실험실 생산단계). 젖소(dairy cattle)에서 39.0%, 비육우(beef cattle)에서 22.2% 메탄 저감

- 바다고리풀(해조류, *Asparagopsis Taxiformis*)

- 호주(James Cook 대학, CSIRO) 및 미국(UC Davis 대학) 등에서 연구. 비육우에서 69.8~80.0%, 착유우에서 26.4~67.2% 메탄 저감. 대량생산(양식)을 위한 호주 내 FutureFeed 설립(상용화 준비)

〈부도 9-1〉 3-NOP의 메탄 저감 효과(메타분석결과)

Table 2. Estimates of overall 3-nitrooxypropanol (NOP) effect size and of explanatory variables<sup>1</sup> from random- and mixed-effect models for relative mean difference<sup>2</sup> (MD) in CH<sub>4</sub> production (g/d) and yield (g/kg of DMI)

Variable and model	CH <sub>4</sub> production				CH <sub>4</sub> yield			
	Mean	SE	P-value	τ <sup>2</sup>	Mean	SE	P-value	τ <sup>2</sup>
Random-effect model								
Overall NOP effect size	-32.5	5.74	<0.001	569	-29.3	5.63	<0.001	416
Mixed-effect model, 1 explanatory variable <sup>3</sup>								
Overall NOP effect size	-30.5	4.79	<0.001	285	-28.2	5.17	<0.001	360
NOP dose (mg/kg of DM)	-0.176	0.0441	0.016		-0.158	0.0544	0.043	
Final mixed-effect model <sup>4</sup>								
Dairy cattle	-39.0	5.40	0.002	69.4	-38.8	5.49	0.001	173
Beef cattle	-22.2	3.33	0.003		-17.1	4.23	0.016	
NOP dose (mg/kg of DM)	-0.256	0.0550	0.006		-0.248	0.0734	0.022	
NDF content (g/kg of DM)	0.164	0.0330	0.016		0.152	0.0406	0.029	

<sup>1</sup>Explanatory variables centered on the mean, except variable cattle type. Mean values: NOP dose = 123 mg/kg of DM; dietary NDF content = 331 g/kg of DM; dietary CP content = 147 g/kg of DM; roughage proportion = 47% of diet DM; DMI = 22.3 kg/d, BW = 527 kg.  
<sup>2</sup>MD is NOP treatment mean CH<sub>4</sub> production or yield - control group mean CH<sub>4</sub> production or yield; relative MD is MD as a fraction (%) of control; control group average CH<sub>4</sub> production is 429 and 154 g/d for dairy cattle and beef cattle, respectively. Control group average CH<sub>4</sub> yield is 19.6 and 21.3 g/kg of DM for dairy cattle and beef cattle, respectively.  
<sup>3</sup>In mixed-effect models with 1 explanatory variable, the variables cattle type (*P* = 0.973), measurement technique (*P* = 0.393), DMI (*P* = 0.984), BW (*P* = 0.519), dietary CP content (*P* = 0.909), roughage proportion (*P* = 0.381), and NDF content (*P* = 0.131) were not significant for CH<sub>4</sub> production. The variables cattle type (*P* = 0.715), measurement technique (*P* = 0.365), DMI (*P* = 0.672), BW (*P* = 0.267), dietary CP content (*P* = 0.963), roughage proportion (*P* = 0.640), and NDF content (*P* = 0.165) were not significant for CH<sub>4</sub> yield.  
<sup>4</sup>Species effect *P*-value <0.001 for both CH<sub>4</sub> production and yield.

자료: Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type, J. Dijkstra 등, 2018

〈부표 9-1〉 바다고리플의 메탄 저감 효과

축종	첨가수준 (% OM)	메탄 저감율(%)	연구 논문
비육우 (실험실 내)	17% * 동결건조 분말	-98.9%	Machado et. al. 2014
착유우 (실험실 내)	5% * 동결건조 분말	-74%	Brooke et. al., 2018
비육우 (실험실 내)	5% * 동결건조 분말	-95%	Roque et. al., 2018
착유우 (급여 시험)	0.5% 1%	-26.4% -67.2%	Roque et al., 2019
비육우 (급여 시험)	0.25% 0.5%	-69.8% -80.0%	Roque et al., 2021

## □ 모니터링

### ○ 향후 가능한 모니터링 방법

- 저메탄사료 보급률(또는 적용 두수), 메탄저감 효과 연구 결과 등
- “사료 판매량”을 모니터링 지표로 활용할 경우 “배합사료 및 원료사료 생산통계” 활용 가능(사료협회·단미사료협회 등에서 통계 생산 - 농식품부 관리)

## □ 배출계수

### ○ 관련 연구 종료 또는 시제품 상용화 이후 배출계수 개발 필요

## □ 적용 단위

### ○ 농가 또는 사료회사

- 모니터링 및 재정지원 효율화를 위해서는 사료회사 단위 적용도 고려할 필요성이 있음. 예를 들어 사료 생산 시 메탄 저감물질 혼합, 저감제 비용은 정부(또는 일부 사료 회사) 부담, 농가는 동일한 가격으로 사료 사용, 사료 매출액(판매량)으로 활동자료 도출함. 사료회사의 경우, ESG 경영, 감축사업 지원 등을 통한 참여 유도가 가능할 것으로 판단

## □ 이행비용

- 상용화된 제품이 없어 정확한 비용을 평가하기 어려우나, 추가 비용 발생가능성 높음. 추가되는 비용은 물질별 상이할 것으로 생각됨. 예를 들어, 3-NOP의 경우 비교적 저렴(유기화합물로 대량생산용이), 해조류 및 식물유래 기능성 물질의 경우 원료생산단가가 높아 비용이 높게 책정될 가능성이 있음. 추가비용에 대한 재정지원 필요.

## 1.2. 분뇨 내 질소 저감

### □ 감축원리

○ 적정 단백질 사료(가축의 성장에 필요한 만큼의 단백질을 공급하여, 분뇨로 배출되는 과잉 양분을 줄이는 사료) 급여로 분뇨 질소 배출량 저감

- 기술 효과: 사료 내 단백질 저감 → 분뇨 질소(N) 배출량 감소 → 분뇨 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 배출량 감소. 사료 단백질 감축비율을 아산화질소 배출량 감소에 반영

### ○ 관련 기술 현황

- (축산원 연구 진행)한우 비육후기 사료 조단백질 급여 수준 조절: 15 → 12.5%
  - 분뇨 질소 배출량 감소 효과(추정): -9.94%
- 가축분뇨처리 아산화질소 배출량 산정 시 “사육두수 × 분뇨 내 질소 배출량 × 분뇨 처리시설 이용비율 × 처리시설별 아산화질소 배출계수 × 아산화질소 환산계수”로 계산하므로, 분뇨 질소 배출량 감소가 그대로 아산화질소 배출량 감소로 연계

〈부표 9-2〉 양돈 사료 내 조단백질 함량 조정안

현행			개정안			
명칭	사용범위 및 용도	등록성분	명칭	사용범위 및 용도	등록성분	비고
포유자돈	이유 이전	조단백질 23%이하	포유자돈	~이유 초기	조단백질 20%이하	△3%
이유돈전기	7~11kg	21%이하	이유돈	이유 초기 ~25kg	18%이하	△2%
이유돈후기	11~25kg	20%이하	육성돈	25~65kg	16%이하	△2~3%
육성돈전기	25~45kg	19%이하	비육돈	65kg~출하,	14%이하	△2~3%
육성돈후기	45~65kg	18%이하				
비육돈전기	65~85kg	17%이하	삭제(사용없음)			-
비육돈후기	85kg~출하	16%이하	번식용모돈	25kg이상	15%이하	△1%
번식용용돈	25kg이상	14%이하	임신모돈	임신중	13%이하	△3%
번식용모돈	25kg이상	16%이하	포유모돈	포유중	19%이하	△1%
임신모돈	임신중	16%이하				
포유모돈	포유중	20%이하				

자료: 농림축산식품부, 2021.7. 홍보자료

주: 한우, 젓소, 닭, 오리 등에 대해서는 현재 최소량 기준만 있어 상한 기준을 추가 신설할 계획

## □ 모니터링

### ○ 향후 가능한 모니터링 방법

- 단백질 저감 사료 보급률, 분뇨 내 질소 저감효과 연구결과 등
- “사료 판매량”을 모니터링 지표로 활용할 경우 “배합사료 및 원료사료 생산통계” 활용 가능(사료협회·단미사료협회 등에서 통계 생산 - 농식품부 관리)

## □ 배출계수

- 관련 과제(거세 비육우의 비육기간 단축을 위한 성장단계별 최적 영양관리 모델 개발, '19~'21, 국립축산과학원) 종료 이후 배출계수 개발 필요

## □ 적용 단위

- 농가 또는 분뇨처리단위(영농조합, 지자체 등), 사료회사 단위
- 단백질 저감 사료를 급여하는 것은 농가규모(대/소)에 상관없이 적용 가능하나, 분뇨 내 질소 함량 감소확인을 위해서는 일정 공간 타깃팅이 필요할 것으로 판단됨.

## □ 이행비용

- 단백질 원료사료 저감에 따른 생산비(사료비) 감소, 가축 생산성 변화에 따른 비용 손실 없음. 가축이 필요로 하는 영양소를 충족하되, 과잉 공급되는 질소원 감소로 생산성 변화는 없을 것으로 판단

## □ 공편익

- 분뇨 질소 저감에 따른 대기 중 암모니아 등 질소 산화물 감소 → 미세먼지 저감

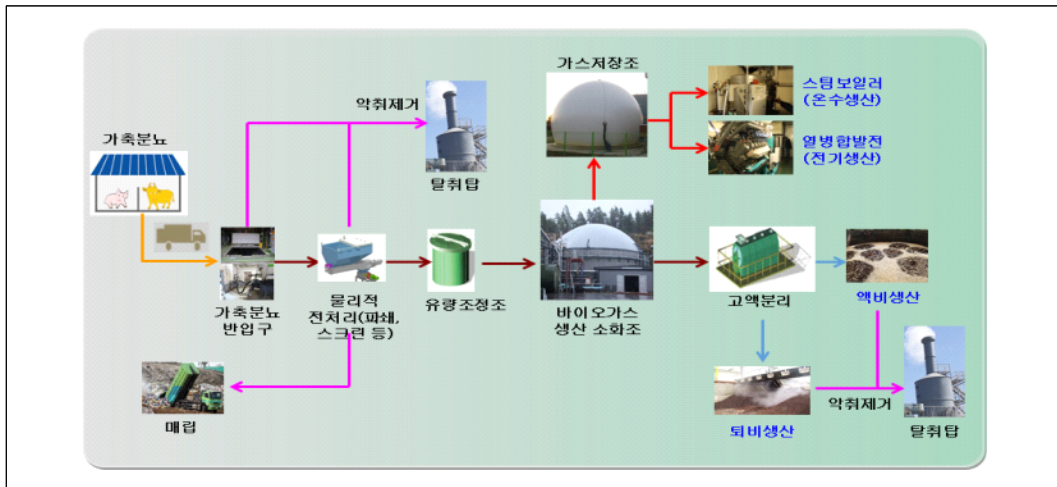
### 1.3. 축산분뇨 에너지화 및 정화율 제고<sup>26)</sup>

#### □ 감축원리

○ 가축분뇨, 농축산부산물, 음식물폐기물 등의 유기성폐자원을 혐기 소화시키는 과정에서 발생하는 바이오가스를 신재생에너지원으로 이용하고 혐기소화 잔존물은 작물 생산에 필요한 양질의 퇴·액비로 자원화하는 기술

- 기술 효과: 가축분뇨 발생 총량의 일부(에너지화, 정화처리)를 온실가스 인벤토리 농업분야 내 가축분뇨 삭감량으로 반영

〈부도 9-2〉 가축분뇨를 이용한 바이오가스 생산 공정



- 관련정책: 가축분뇨처리 지원 사업(농식품부, 에너지화 및 바이오가스화 시설) 지역 단위통합관리센터 자원화 사업(환경부)→ 농식품부(또는 환경부) 지원 사업을 통해 보조금 지급

- 보급 현황

<sup>26)</sup> “농경지 퇴·액비 투입을 감소” 및 “분뇨전력전환”은 “축산분뇨 에너지화 및 정화율 제고”의 파생기술로 사료됨

〈부표 9-3〉 2020년 유기성 폐자원 바이오가스화 시설 현황

연번	시도	시군구	시설명	처리용량 (톤/일)	바이오가스 생산·이용 현황 (천Sm <sup>3</sup> /년)		
					생산량	이용량	기타 단순 소각 처리량
가축분뇨(소계)		(5개소)		630	929	865	64
1	전북	고창군	고창바이오가스발전소	50	-	-	0
2	경남	양산시	양산바이오가스열병합발전소	70	827	827	0
3	제주	제주시	제주시가축분뇨공공처리장	200	99	34	64
4	전남	담양군	담양그린영농조합법인	160	3	3	0
5	전북	장수군	장수바이오가스열병합시설	150	-	-	0
통합소화(소계)		46개소		37,673	179,729	155,391	24,339
1	강원	홍천군	홍천가축분뇨자원화시설	100	999	999	0
2	충남	논산시	논산계룡축협자연순환농업센터	150	3,971	3,712	260
3	전북	정읍시	(우)친환경대현그린	250	1,233	1,233	0
4	경기	연천군	연천가축분뇨에너지화시설	98	655	655	0

□ 모니터링

○ 현재 가능한 모니터링 방법

- 에너지화(정화처리) 시설 개소 수, 전기 생산량, 탄소 저감효과 등
- 가축분뇨 처리 비율의 경우 농식품부(축산환경자원과 내부자료), 환경부(물환경관리과 내부자료), 통계청 농림어업조사(마이크로데이터) 등에서 조사하고 있음.

□ 배출계수

○ 가축분뇨 에너지화에 따른 배출계수는 IPCC 2006 지침(2019 개선보고서) 등에 “연료 연소” 또는 “폐기물 소각” 범주로 기술. 혐기성 소화조의 경우 메탄 및 이산화탄소 환원으로 보고 배출계수를 “0”으로 하고 있으나, 국내 실정에 맞는 정화처리 배출계수 개발 고려 필요

- cf. (현행) 가축분뇨 생산 전량(100%)이 농경지로 투입된다는 가정으로 온실가스 인벤토리 과다산정.

□ 적용 단위

○ 시설 또는 지역

- 양돈농가 또는 대규모 축산농가의 경우 자체 처리시설을 일부 운영. 소규모 농가의 경우 영농조합 등을 통해 분뇨처리시설 운영. 최근 소형 에너지화시설의 보급도 확대 되고 있어 적용단위 및 농가규모에 대해서는 다양한 범위 설정 가능

□ 이행비용

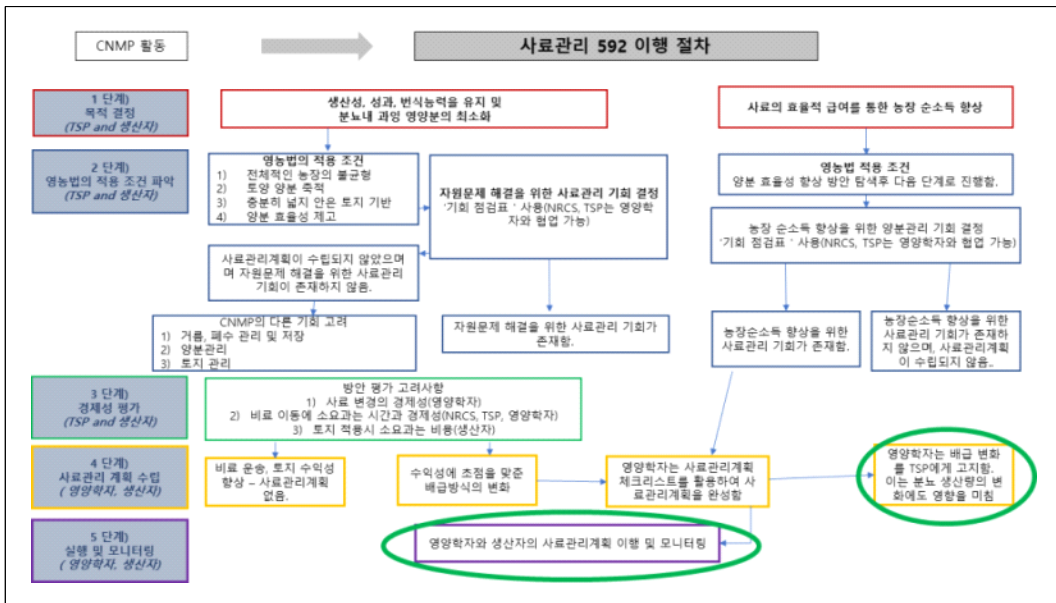
○ 초기 시설투자비 발생(자부담 + 국비·지방비 보조 + 용자)



## 10. 사료 관리 계획의 개발과 실행의 5단계

○ 이 자료는 자연자원보전청(NRCS)의 먹이 관리 592 영농활동 표준의 실행을 지원하기 위해 개발되었음. 사료 관리 592 영농법 표준은 가축과 가금류 운영에 대한 자원 문제를 해결하기 위한 또 다른 도구로 2003년에 NRCS에 의해 채택되었다. 사료 관리는 농장으로의 영양분의 수입을 줄이고 거름의 영양분 배설을 줄이는 데 도움을 줄 수 있다.

### □ 사료 관리의 개발과 실행의 5단계



### □ 1단계

○ 첫 번째 단계는 특정 농장의 사료 관리 기준을 고려하는 목적을 정의하는 데 초점을 맞추고 있음. 목적은 1) 생산성, 성과 그리고 번식능력을 유지하면서 분뇨내 과잉 영양분을 최소화하거나 2) 보다 효율적으로 사료를 급여함으로써 농장 순소득을 향상시키는 것임.

○ 1단계에서 주요 참여자는 생산자, 영양 관리 플래너, NRCS 직원이 됨.

## □ 2단계

- 흐름도의 두 번째 단계는 그 영농법이 적용되는 조건을 파악하고 사료 관리 계획의 완벽한 개발에 대한 기회의 초기 평가에 초점을 맞추고 있음. 표준 592에 언급한 바와 같이 그 영농법이 적용되는 조건은 다음과 같음.
  - 1) 전체적인 농장 불균형
  - 2) 토양 양분 축적
  - 3) 충분히 넓지 않은 토지 기반
  - 4) 양분 효율성 제고의 추구
  
- 592 표준의 사용 조건을 정의한 후, 완벽한 사료 관리 계획 수립에 대한 초기 평가를 위해 기회 점검표를 사용함. 기회 점검표는 “사료 관리 계획 개발에 있어 기회점검표의 사용”이라는 제목의 자료표에 제시되어 있으며, 소, 낙농, 가금류, 돼지에 대한 특정 축종 별로 있음.
  
- 2단계에서 주요 참여자는 생산자, 양분 관리 플래너, NRCS 직원이 됨.

## □ 3단계

- 흐름도의 세 번째 단계는 농장에 사용되는 분뇨의 양분을 어떻게 줄일 것인가에 초점을 맞춤. 이 단계는 모든 농장에 의해서 고려되지 않음. 농장에 사용되는 분뇨의 양분을 감소시킬 수 있는 두 가지 주요 방법은 사료의 성분을 통해서 하는 것과 분뇨를 비농업계로 이동시키는 것임. 사료의 배합비율을 변경시키는 것과 분뇨를 비농업계로 이동시키는 것은 주요한 경제적 함축성을 가짐.
  
- 전자 의사결정 보조 도구가 개발되어 그 결정(사료의 배합비율 변경 vs 분뇨의 비농업계 이동)을 돕게 됨. 이 도구의 이름은 FNMP\$이며, 설명서 및 지침서는 “Feed Nutrient Management Planning Economics (FNMP\$)”라는 이름을 가진 자료표에 제시되어 있음. 이 스프레드시트 도구는 사료 프로그램과 가축사육 성과에 대한 사용자 입력에 근

거하여 배출되는 가축분뇨의 질소, 인, 그리고 고형물의 양을 추정함. 게다가 작물 수확량과 작물 이용 가능 양분량이 추정됨. 그리고 이 정보는 1) 분뇨의 작물재배 활용을 위한 토지 요건 2) 토지 적용을 위한 시간 요건 그리고 3) 토지 적용과 연관된 비용 및 분뇨의 잠재적인 양분 가치(N 및 P만)를 도출하는 데 사용됨.

○ 3단계의 주요 참여자는 생산자, 양분 관리 플래너, 그리고 영양학자임.

#### □ 4단계

○ 흐름도의 네 번째 단계는 사료 관리 계획 개발에 초점을 맞춤. 계획서 작성을 지원하는 핵심적인 도구는 사료 관리 계획(FMP) 체크리스트임. FMP 체크리스트는 “Use of the Feed Management Plan Checklist in Feed Management Plan Development”라는 제목의 자료표에 제시되어 있음. 그 체크리스트는 소, 낙농, 가금류, 돼지에 대한 특정 축종별로 제시되어 있음.

○ 국가 사료 관리계획 템플릿이 개발되었으며, “National Feed Management Plan Template”라는 제목의 자료표에 제시되어 있음.

○ 4단계의 주요 참여자는 생산자와 영양학자임.

#### □ 5단계

○ 흐름도의 다섯 번째 단계는 사료 관리 계획 실행 및 모니터링에 초점을 맞춤. 이 단계는 1단계에서 선정된 목적을 달성하는 데 도움이 되는 영농법의 실행에 초점을 맞춤. 게다가 검토 일자를 설정하여 FMP가 하나의 유효한 관리 도구로 활용될 수 있도록 함.

○ 사료 관리 계획의 결과는 분뇨의 양과 양분의 구성과 관련이 되므로 양분 관리 플래너에게 전달되는 것이 중요함. 결국 이는 재배 권장 사항에 영향을 미치게 됨.

○ 5단계의 주요 참여자는 생산자와 영양학자임.



## 참고문헌

- 경기개발연구원. 2010. 「경기도 기후변화 대응 종합계획」.
- 관계부처 합동. 2021. 『2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안』
- 국립농산물관리원. 2020. 「공익직불제 종합지침서」.
- 권효숙 등, 2020. 벼논에서 논물 및 투입 양분관리 복합기술을 통한 효율적 온실가스 감축 연구. 농촌진흥청.
- 김건엽 등, 2014. 국가 고유 온실가스 배출계수의 품질관리 연구. 국립농업과학원.
- 김건엽 등, 2014. 벼논에서 온실가스 감축기술 개발과 현장평가 연구. 농촌진흥청.
- 김기흥·강마야·강수현. 2020. 「농업·농촌 공익증진을 위한 선택형 직불확대방안」. 대통령직속 농업·농어특별위원회
- 김연중·김수석·채광석·서대석·박지연·송성환·추성민. 2018. 『농촌 태양광 보급의 문제점과 개선 방안 연구』. P252. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 3인. 2013. 「저탄소농업 직접지불제도 도입 방안」. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 4인. 2009. 「친환경농업 직접지불제 개편 및 환경기준 준수조건 지원정책 도입방안 연구」. 연구보고서 C2009-63. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 4인. 2011. 「기후변화 대응을 위한 농림수산식품산업 전략수립 연구」. 연구보고서 C2011-32. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 6인. 2011. 「농업·농촌부문 녹색성장 추진전략 개발(2/2차 연도)」. 연구보고서R636. 한국농촌경제연구원.
- 김창길·김태영. 2003. 「친환경농산물 생산비 및 소득차이 비교 분석」. 연구보고서 C2003-36, 한국농촌경제연구원.
- 김태곤·정호근·채광석. 2009. 「농가단위 소득안정제 실시방안 및 직불제도 개편방안 연구」. 연구보고서 C2009-68. 한국농촌경제연구원
- 김태곤·채광석·허주녕. 2010. 「공익형직불제 세부실시 프로그램 연구」. 연구보고서 C2010-29. 한국농촌경제연구원
- 김태훈·유찬희·김종인·임영아·오내원·김유나. 2020. 「직불제 중심의 농정방향 개편 연구- 농업·농촌의 공익적 역할 제고를 위한 직불제 개편과 과제」. 한국농촌경제연구원.
- 노기안 외 5인. 2009. 「기후변화협약 대응 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가」. 국립농업과학원.
- 농림축산식품부. 2020. '21년도 농업환경보전프로그램 사업신청 가이드라인,
- 농림축산식품부. 2021. 「2021년도 논활용[논이모작] 직접지불사업 시행지침서」.
- 농림축산식품부. 2021a. 「2021 기본형 공익직접지불사업 시행지침서」.
- 농림축산식품부. 2021b. 「2021년도 농림축산식품사업 시행지침서」.
- 농림축산식품부. 2021c. 「2021년도 경관보전직불지불사업 시행지침서」.
- 농림축산식품부. EPIS. 농림수산식품교육문화정보원. 2019. 2019년 축산 스마트팜 우수농가 사례집.

- 농업과학기술원. 2005. 「농업부문 온실가스 배출저감 기술개발」.
- 농업기술실용화재단. 2011. 「녹색농업기술편람-저탄소·친환경 농업기술 실용화」.
- 농업기술실용화재단. 2019. 「저탄소 농업기술 편람」.
- 농업기술실용화재단. 2019. 『저탄소농업기술편람』.
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2015. 『시설원에 난방기기의 효율적 운용기술 연구』.
- 박동규 외 5인. 2004. 「중장기 직접지불제 확충방안 연구」. 연구보고서 C2004-6. 한국농촌경제연구원.
- 박우균·이선일·신중두·김진엽. 2016. 『농경지 온실가스 감축 기술별 비용 및 편익 분석 연구』. 농촌진흥청 국립농업과학원.
- 신중두 등, 2017. 바이오차를 활용한 탄소격리 기술 개발. 국립농업과학원.
- 신중두 등, 2020. 벼 재배 시 바이오차 펠릿 사용 수준에 따른 농업 환경 영향 및 토양 탄소격리 평가. 국립농업과학원.
- 안병일·한석호. 2016. “조사료 생산기반 확충사업이 조사료 시장에 미친 효과 분석.” 「농업경제연구」. 57(3): 55-78.
- 오영균. 2011. “기후변화 대응 가축 장내발효 메탄 저감 연구 소개” 『사료』 제49호. 56-59. 한국사료협회.
- 온실가스종합정보센터. 2020. 「2020년 국가 온실가스 인벤토리(1990~2018) 보고서」.
- 유가영 등, 2013. 농경지 메탄수지 평가 및 메탄 소화력 증진기술 개발. 경희대학교산학협력단
- 유가영 등, 2014. 바이오차의 농업적 적용을 위한 전과정 평가의 국내 적용방법 개발. 경희대학교 산학협력단.
- 유찬희·박준기·김종인·박지연. 2016. 「직접지불제 효과 분석과 개선 방안 연구(1/2차년도)」. R800.
- 윤영만·박현태·김연중·한혜성. 2012. 바이오가스 생산시설의 비용 편익 사례 분석. 농촌경제 35(4): 97-116
- 이경환. 2021. “전기·수소기반 친환경 농기계 개발 서두르자”, 한국농기계신문.
- 이규천 외 8인. 1998. 「조건불리지역 및 환경보전에 대한 직접지불제도 조사연구 - 환경보전직불제」. 연구보고서 C98-4-3. 한국농촌경제연구원.
- 이상민·임영아·성재훈·안현진·이현정·이혜진. 2017. 『신기후체제에 따른 농축산식품부영향과 대응전략(1/2차년도)』. 한국농촌경제연구원.
- 이용건. 2021. “소의 온실가스 배출 저감, 저메탄사료만이 해결책인가?”, KREI 논단.
- 이유경·오영균·김민석. 2017. 『사료급여 방식 차이에 의한 반추가축 분야 온실가스 발생량 변화 조사』. 농촌진흥청 국립축산과학원.
- 이진홍. 2012. “농업의 탄소시장 접근방안 및 정책적 지원체계 - 경기지역 이모작 작부체계를 중심으로.” 「GRI 연구논총」 제14권 제1호: 346-372.
- 임영아·정학균·김부영·이현정. 2018. 『지역 단위 농업환경 관리 정책 도입 방안 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 장영주, 김태우. 2019. “스마트팜 확산·보급 사업 현황과 과제-농업분야 ICT 융복합사업을 중심으로-”. 국회입법조사처

- 정학균 외 2인. 2014. 「농업·식품분야 온실가스 감축잠재량 분석과 감축목표 달성전략」. 한국농촌경제연구원.
- 정학균 외 2인. 2016. 「신기후체제에 대응한 저탄소농업 활성화 방안」. 한국농촌경제연구원.
- 정학균 외 2인. 2021. “그린뉴딜시대, 저탄소농업으로의 전환.” 「농업전망 2021」. 한국농촌경제연구원.
- 정학균 외 3인. 2018. 「신기후체제에 따른 농축산식품부문 영향과 대응전략」. 한국농촌경제연구원.
- 정학균. 2021. “농업부문 탄소중립 관련 정책 추진현황과 쟁점.” 농촌진흥청-KREI 정책실무협의회 발표자료.
- 정학균·김연중·이혜진. 2016. 『신기후체제에 대응한 저탄소농업 활성화 방안』. 한국농촌경제연구원.
- 정학균·김창길. 2015. 「농업분야 국가 온실가스 장기 감축목표 설정 연구」. 한국농촌경제연구원.
- 정학균·이용건·이상민·정선화. 2021. 『농림업부문 녹색경제 활성화방안 연구(3의 1차년도)』. 한국농촌경제연구원.
- 정학균·임영아·최진용·강경수. 2020. 「기후변화 대응을 위한 농축산부문 2030 온실가스 감축로드맵 이행평가」. 한국농촌경제연구원.
- 정현철 등, 2012. 농경지 메탄 배출계수 개발 및 배출량 평가. 농촌진흥청.
- 최은정 등, 2017. IPCC Tier 3 수준의 온실가스 배출량 평가 및 적용성 평가 연구. 농촌진흥청.
- 한국농촌경제연구원. 2020. 12. 주간농업농촌식품동향: 유럽 농업·농촌·식품 동향, 공동농업정책과 Eco- scheme.
- 한국농어민신문. 2020. “토양개량제 바이오차 반값에 공급”.
- Guyomard, H., J.C., Bureau, V., Chatellier, C., Detang-Dessendre, P. Dupraz, F., Jacquet, X. Reboud, V. Requillart, L.G.G., Soler and M. Tysebaert. 2020. Research for AGRI Committee. The Green Deal and the CAP: policy implications to adapt farming practices and to preserve the EU’s natural resources. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Gwon et al., 2019. Evaluation of greenhouse gas emission characteristics and intensity by management of water and nutrients in rice paddy soil during cropping season. 10(4):347-355.
- Hermansen, J. E. 2003. “Organic Livestock Production System and Appropriate Development in Relation to Public Expectation.” Livestock Production Science, 80(1): 3-15.
- IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019 IPCC GL, volume4, Ap4.1
- Jeong et al., 2014. A comparison of the changes of greenhouse gas emissions to the develop country-specific emission factors and scaling factors in agricultural sector. Journal of Climate Change Research. 5(4):349-357.
- Kim et al., 2014. Effect of intermittent drainage on methane and nitrous oxide emissions

- under different fertilization in a temperate paddy soil during rice cultivation. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 57(2):229-236.
- Lohr, Luanne and Lennart Salomonsson. 2000. "Conversion Subsidies for Organic Production: Results from Sweden and Lessons for the United States." *Agricultural Economics*, 22: 133-146.
- Ma K and Lu Y., 2011. Regulation of microbial methane production and oxidation by intermittent drainage in rice field soil. *FEMS Microbiology Ecology*. 75(3):446-456.
- Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P. and Scialabba, N. 2009. *Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems*. FAO, April 2009, Rev. 2.
- Norse, D. 2012. "Low Carbon Agriculture: Objective and policy pathways". *Environmental Development* 1:25-39.
- O'Riordan, T. and Cobb. D. 2001. "Assessing the Consequences of Converting to Organic Agriculture." *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 52, No. 1: 22-35.
- Roberts, K. G., Gloy, B. A., Joseph, S., Scott, N. R., & Lehmann, J. 2010. "Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential". *Environmental science & technology*, 44(2), 827-833.
- Shin et al., 2019. Agro-environmental impacts, carbon sequestration and profit analysis of blended biochar pellet application in the paddy soil-water system. *Journal of Environmental Management*.
- Verschurr, G. W. and E. A. P. van Well. 2001. *Stimulating Organic Farming in the EU: With Economic and Fiscal Instruments*. Center for Agriculture and Environment. Netherlands.

#### 〈보도자료〉

- 농림축산식품부. 2021. 7. 23.. "사료 내 잉여질소 감축으로 ①분뇨 악취 저감, ②온실가스 감축, ③ 사료비 절감 등 1석 3조 효과 기대"
- 농림축산식품부. 2021. 8. 17.. "농식품부, 바이오차 활용으로 넷제로(Net-zero) 앞당긴다."