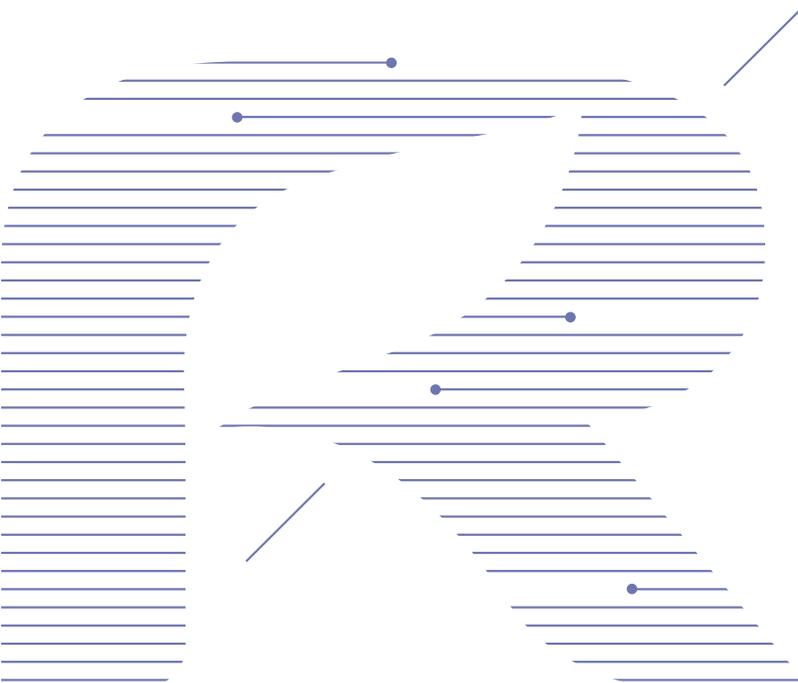


농림업 부문 녹색경제 활성화방안 종합본(2021-2023)

정학균 · 박형호 · 임준혁



농림업 부문 녹색경제 활성화방안 종합본(2021-2023)

정학균 · 박형호 · 임준혁



연구 담당

정학균 | 연구위원 | 연구 총괄, 제1, 2, 5장 집필

박형호 | 부연구위원 | 제3, 4장 집필

임준혁 | 연구원 | 제2장 집필

R995 연구자료-2

농림업 부문 녹색경제 활성화방안 종합본(2021-2023)

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2023. 12.

발 행 인 | 한두봉

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 에이치에이엔컴퍼니

I S B N | 979-11-6149-681-8 95520

※ 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.

기후 및 환경위기에 대응하여 주요 선진국들은 환경관련 사업에의 집중 투자를 통한 녹색경제로의 전환을 추진하고 있다. 글로벌 녹색경제 전환 움직임을 따라 윤석열 정부는 ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환’이라는 국정과제를 제시했다.

농림업 부문도 녹색경제로의 전환이 매우 시급하다고 할 수 있으며, 저탄소농업, 미세먼지 저감농업 등 녹색기술 이용을 활성화할 필요가 있다. ‘농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구’는 1년 차에 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용활성화, 2년 차에 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용활성화, 3년 차에 미세먼지 저감농림업 기술 이용 활성화방안을 연구하였다. 이 보고서는 3년에 걸쳐 수행한 ‘농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구’를 종합하였다. 여기서는 녹색경제의 정의 및 핵심요소, 녹색기술 인벤토리 및 녹색경제 관련 정책, 녹색경제의 경제적 효과 분석, 농업인 인식조사, 주요국 녹색경제 정책 등을 제시했다. 그리고 분석 결과를 기초로 녹색경제 활성화방안을 제시했다. 본 연구가 농림업 부문 녹색경제 활성화방안 마련을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

바쁘신 와중에도 이 연구에 협력해 주신 농림축산식품부 송재원 과장님, 윤광일 과장님, 전북대학교 이덕배 박사님, 서울대학교 김창길 교수님, 한국농업기술진흥원 이길재 박사님, 농협경제연구소 조현경 박사님께 깊이 감사드린다.

2023. 12.

한국농촌경제연구원장 **한두봉**

연구 목적

기후 및 환경위기에 대응하여 선진국을 중심으로 환경관련 사업에의 집중 투자를 통한 녹색경제로의 전환을 지속적으로 하고 있다. 우리나라도 글로벌 녹색경제로의 전환 움직임을 따라 윤석열 정부는 국정과제로 ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환’을 제시하였다.

우리 농림업은 투입재의 과다한 사용과 집약적 축산 등으로 말미암아 토·수질 악화, 대기질 악화 등 환경에 대한 부담이 가중되어왔다. 또한 도·농간, 부농과 빈농간 소득격차가 크고, 노동력의 노령화가 심화되어 왔다. 따라서 농림업 부문도 녹색경제로의 전환이 매우 시급하다고 할 수 있으며, 저탄소농업, 친환경농업, 미세먼지 저감농업 등 농림업 부문 녹색기술을 육성하고 그 이용을 보다 활성화할 필요가 있다.

이 연구의 주요 목적은 농림업 부문 녹색경제 활성화방안을 도출하는 데 있다. 1년 차에는 비에너지 부문의 온실가스 감축기술 이용 활성화방안, 2년 차에는 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화방안, 3년 차에는 미세먼지 저감 농림업 활성화방안을 각각 도출한다.

연구 방법

1년 차인 비에너지분야 온실가스 감축기술 이용 활성화방안 연구를 위해 다양한 연구 방법을 도입하였다. 한계감축비용 분석방법론, Cohort 모형과 최적화모형, 환경산업연관분석법 등을 이용하였다. 또, 설문조사 방법론, 프로빗 모형, SUBP 모형, 델파이법 등을 활용하여 연구 방법으로 활용하였다.

2년 차인 농림업 부문 에너지분야 녹색기술 이용 활성화방안 연구를 위해 여러

가지 연구 방법을 도입하였다. 비용·편익분석법, 한계감축비용분석 방법론, 환경 산업연관분석법, 설문조사 방법론 등을 적용하였다. 또 국내 유관 기관 방문 조사를 실시했으며, 원활한 연구추진을 위해 에너지경제연구원 전문가들과 공동으로 ‘농림업 부문 에너지이용 실태분석과 효율화 방향’을 연구하였다.

3년 차인 농림업 부문 미세먼지 저감농업 기술 이용 활성화방안 연구를 위해 다양한 연구방법이 활용되었다. 통계자료 분석, 패널모형 분석, 비용효과성 분석법, CVM분석, 설문조사방법론 등을 적용하였다. 또 국내 유관기관 방문 조사, 농가 사례조사, 네덜란드, 덴마크 현지 출장 방문 조사 등을 실시하였다. 또, 전문가 원고 위탁을 추진하고 국제심포지엄을 개최하였다.

연구 결과

□ 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

주요 녹색기술들의 한계감축비용을 분석한 결과, 바이오차 내 부산물, 무경운 등이 한계감축비용이 낮은 것으로 나타났다. 산림분야에 있어 탄소흡수 효과를 분석한 결과, 베이스라인 시나리오보다는 목재공급계획 시나리오가, 목재공급계획 시나리오보다는 최적화 시나리오가 탄소흡수 효과가 크게 나타났다. 환경산업연관분석을 시도한 결과를 보면 분석한 기술들의 경제적·환경적 파급효과가 다소 존재하는 것으로 나타났다.

농업인을 대상으로 온실가스 감축기술 애로사항을 분석한 결과, 논벼 농가의 경우 간단관개, 논물얹게대기 등에 대하여 ‘생산량 감소’, ‘생산비 증가’ 등으로 나타났다. 시설재배 농가의 경우 초기 투자비 부담, 경영비 증가 등이 기술 도입의 애로사항이었다. 축산 농가의 경우에는 (공동자원화 시설) 비싼 처리비용, (양

질조사료) 비싼 구입 가격을, (메탄저감 사료와 적정단백질 사료) 경영비 상승을 애로사항으로 꼽았다.

주요 선진국의 사례를 조사한 결과, EU는 농업 부문 온실가스 감축 지원을 계속적으로 늘리고 있으며, 특히 2023~2027년 추진될 공동농업정책(CAP)의 농업환경직불금 제도의 경우 강화된 조건성, 생태 제도, 그리고 농업-환경-기후 책무 직불을 통해 지원할 계획이 존재했다. 미 농무부는 생산자가 온실가스 완화기술을 채택하는 데 필요한 재정적 인센티브에 대한 이해를 향상하기 위한 정보를 정부 차원에서 제공했다. 또 농무부는 보전유보 프로그램과 보전책무 프로그램을 강화해 온실가스 감축기술을 도입하는 농가를 지원하려는 움직임을 보이고 있다. 일본은 기후변화 완화 문제와 관련해 농림수산분야의 지속과 성장을 위한 전략(Strategy) 및 로드맵(Roadmap)을 구체적으로 제시하고 있다.

전문가에 의한 정책 우선순위를 도출한 결과, 단기 및 중장기적으로 저탄소농업 경제적 인센티브 지원을 가장 중요하게 생각한다는 점을 보여주었다. 또한 단기적으로는 시설설치를 위한 경제적 인센티브 지원과 에너지 분야에 대한 연구개발, 중장기적으로는 에너지 및 비에너지 분야에 대한 연구개발 중요성이 높은 것으로 나타났다.

□ 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

우리나라의 농림업 부문 녹색경제를 진단한 결과를 살펴보면, 모든 지표에서 OECD 국가에 비해 부정적 값이 높게 나타났다. 에너지 이용 현황을 보면, 전력 소비에서 석유 소비로 대체되고 있는 것으로 분석되었다. 용도별로 에너지 소비 현황을 살펴보면 장비 및 설비용 에너지 소비가 늘어나는 추세를 보였다. 농림업

부문에서는 가축분뇨의 발생량이 계속 증가하고 있는 것으로 나타났다. 농업 부문 녹색경제 활성화 관련 정책추진 현황을 보면, 예산 규모가 작았고, 예산 집행률이 낮았으며, 정책 성과가 저조한 것으로 나타났다.

주요 녹색기술 보급의 우선순위를 설정키 위해 한계감축비용 분석을 시도한 결과, 바이오가스 플랜트(Biogas Plant), 농업용 열 회수형 환기장치 등의 한계감축비용이 낮았고, 순환식 수막재배시스템, LED 조명 활용, 목질바이오매스 활용 등은 높았다. 환경산업연관분석 결과, 최소경운 직파, 무경운 직파, 산란계사 LED, 공기열 히트펌프 등에서 긍정적 파급효과가 존재하는 것으로 분석되었다.

농업인 및 정책담당자 대상 설문조사 분석 결과, 시설 농가는 자부담 비용과 눈에 보이지 않는 비용을 기술수용의 애로 요인으로 제시했다. 노지 밭작물 농가의 경우에는 기술 습득 및 이용의 어려움, 기술 도입 효과의 불확실성 등을 꼽았다. 정책담당자들은 자부담비, 교육 부족, 규모의 영세성, 고령화 등을 애로 요인으로 제시했다. 행동 및 인식 관련해서는 농업인과 정책담당자들 모두가 생산과 환경간의 상충 효과에 대한 부정적 인식, 농업경영에 있어 상대적으로 낮은 환경보호 우선순위(Priority) 등을 제시했다.

주요 선진국의 에너지분야 관련 정책을 보면, EU는 에너지 효율성을 촉진하기 위해 투자 지원(Investment Supports)과 에너지 집약도가 낮은 농장 영농법(practices) 지원을 추진하고 있다. EU는 에너지 작물 인센티브, 바이오에너지 시설 투자지원, 발전차액지원제도 등을 통해 재생에너지 생산을 장려하고 있다. 독일은 에너지 전환 지도 및 상담 강화, 에너지 시설 투자사업비 일부 지원 등을 추진하고 있다. 독일의 정부는 재생에너지법을 통해 재생에너지의 전력적 이용을 관리하고 육성하고 있다. 일본은 농업 부문 에너지분야 관련 정책으로 시설원

에 및 농기계 에너지 절약 정책, 신재생에너지의 도입 정책 등이 있다. 특히 재생 에너지를 활용하는 가온 시스템 도입 촉진, 신재생에너지 이용을 증대시키기 위한 기술개발 지원 등이 있다.

□ 미세먼지 저감농림업 활성화

현재 우리나라 농업 부문 배출계수 대부분 미국과 유럽의 계수를 의존하고 있어 향후 국내 고유 배출계수 개발이 필요한 것으로 나타났다. 미세먼지 관련 대기 오염 물질 배출량 중 농업 부문 비중이 큰 것으로 나타났다.

축사밀집도가 미세먼지 농도에 미치는 영향을 실증 분석한 결과, 기온, 강수량, 바람 등 기상 요인은 모두 초미세먼지 농도와 유의한 상관관계가 존재하는 것으로 분석되었다. 그리고 축사밀집도가 높아질수록 초미세먼지 농도가 높아지는 것으로 나타났다.

대기환경개선 종합계획에 암모니아 감축목표가 제시되어 있지만 이행 평가가 명확하게 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다. 또 미세먼지 저감관련 사업들을 보면, 에너지절감시설 지원사업은 사업이 축소되고 있고, 공동자원화시설 지원사업의 예산 실적행률이 저조한 것으로 나타났다. 산림청을 중심으로 도시림 면적을 확대시키기 위한 정책적 노력을 기울이고 있지만 도시민 1인당 생활권 도시림 면적은 선진국 주요 도시 수준에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

미세먼지 감축기술의 경제성을 분석한 결과, 공기열히트펌프, 적정 비료 사용, 비육기간 단축, 심층시비의 순으로 비용효과성이 높은 것으로 나타났다. 미세먼지 저감농업 기술의 경제적 파급효과에 대해 1년 차와 2년 차 연구에서 양의 파급 효과가 도출된 적정비료 사용 기술과 공기열히트펌프의 경우 비용변화 없이 암모

니아 저감의 공편익이 본 연구를 통해 산정됨에 따라 파급효과는 보다 커지는 것으로 나타났다.

미세먼지와 도시숲이 호흡계통 질환 조사망률에 미치는 영향을 분석한 결과, 생활권 도시림 면적률과 호흡계통질환 조사망률은 음(-)의, 미세먼지 수준과 호흡계통질환 조사망률은 양(+)의 상관관계가 나타났다. 도시림 면적이 증가하면 그에 따라 사회경제적 비용은 감소하는 것으로 나타났다.

농업인 대상 미세먼지 관련 인식과 기술 수용성 설문조사 분석 결과, 비료나 가축분뇨로부터 미세먼지가 발생함을 알고 있는 농가는 비교적 적은 것으로 나타났다. 또 많은 농가가 미세먼지 악영향을 알고 있음에도, 농작업 전 미세먼지 정보를 확인하지 않았고, 미세먼지 나쁨 혹은 매우 나쁨 예보가 발령되더라도 농작업을 중단하지 않는 것으로 나타났다. 경종농가는 비료사용처방 발급 및 적정비료 사용과 관련하여 기술 적용의 어려움, 생산량 감소 우려 등을 애로사항으로 꼽았고, 완효성 비료 사용의 경우 완효성 비료의 가격이 비싼 것이 가장 큰 어려움으로 응답했다. 축산농가는 가축분뇨처리, 악취저감시설을 설치하지 않는 이유로 비용부담이 크기 때문으로 응답했다.

미세먼지 저감농업 활성화를 위한 기부금 지불의향 조사자료를 기초로 미세먼지 저감농업의 대기환경 개선의 가치를 평가한 결과, 1,574억~5,030억 원으로 분석되었다.

네덜란드는 규제 정도가 다른 국가에 비해 높은 가운데 대부분의 축사에 오염물질 저감조치를 취해야 하며, 신규농가의 경우 더 높은 수준의 의무가 부여되는데 농가의 평균 배출량의 30% 수준 저감 의무가 있다. 덴마크는 가축분뇨를 관리하는 규제 및 정책을 지속적으로 도입하였으며, 미세먼지 저감 측면에서 비료 사

용을 관리하였다. 네덜란드와 덴마크는 해당 농가에 최적적합기술(BAT)이 무엇인지 평가 및 처방하고 BAT를 적용했을 때 허용 배출량을 설정해 주는 것으로 나타났다. 미국은 경종과 축산부문의 오염물질 배출원과 그 영향에 대한 과학적 분석을 통해 여러 가지 기술적인 대책이 제시되고 있다. 작목별 가축별 지역별 특성에 맞는 오염물질 배출 기준을 설정하여 첨단 모니터링과 규정준수 강제 제도를 활용하고 있으며, 더불어 보존 관행을 도입하는 농업인에게는 재정적·기술적 인센티브를 제공하고 있다. 일본은 대기오염 물질의 발생원 정보 및 인벤토리 정비에 꾸준히 추진 중이며, J크레딧 제도, 직불금 지급 등의 보조사업에 이 데이터를 활용하여 과학적으로 검증된 데이터 기반 정책 방향 설정 및 보다 치밀하고 정교한 정책설계에 활용하고 있는 것으로 나타났다.

독일은 슈투트가르트의 바람길숲 조성 정책을 통해 미세먼지 고농도 일수를 크게 감소시켰고, 2017년까지 30%의 미세먼지가 저감된 것으로 나타났다. 미국 환경청(EPA)은 도시림을 이용한 대기질 개선을 위한 전략적 나무 심기(strategy tree planting)를 제시했다. 일본은 도심에 녹지공간을 확대할 수 있는 효과적인 방안으로 옥상정원(green roof)과 수직정원(벽면조경, green wall) 등을 전략적으로 수립하고 있는 것으로 나타났다.

시사점

□ 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

녹색경제 활성화를 위해 경제적 인센티브, 간접적 규제, 기술개발, 교육 및 홍보, 산정·보고·검증 시스템(Measurement, Reporting, Verification: MRV), 및 통계기반 구축 등이 필요한 것으로 제시되었다. 먼저 경제적 인센티브의 경우 농

업환경보전 프로그램 강화, 저탄소농업지원사업 개선, 시설설치 지원정책 개선 등이 요구된다. 간접적 규제로 인배출권거래제 도입을 검토해야 한다. 또한 산림 분야는 적정 면적의 벌채 수준과 벌채계획 마련, 사유림 벌채 증대를 위한 인센티브 제시 방안 마련, 국산 목재 가격 경쟁력 확보, 목재산업 활성화 등이 필요하다.

□ 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

녹색경제 활성화 핵심 과제로 법·제도적 지원 강화와 경제적 지원 확대가 필요한 것으로 제시되었다. 또한 기술개발과 보급, 교육과 홍보 강화 등이 제시되었다. 법·제도적 지원의 경우 국제사회의 화석연료 보조금 축소 논의에 대응하여 면세유와 농사용 전기 제도 개선 방향에 대하여 검토하였으며, 인센티브로 직불제도, 저탄소농축산물인증제도에 대한 개선방안을 제시하였다. 또한 목질바이오매스 에너지 활용 활성화를 위해 폐기물관리법에 대한 개정안을 제시하였다. 이어서 경제적 지원 확대의 경우 인프라 투자사업개선, 온실가스 감축사업 개선, 그리고 선도산림경영단지 지원 확대 등을 제시하였다. 녹색기술 도입 효과의 불확실성, 기술의 현장 적용성 부족, 환경과 생산간 상충 효과에 대한 부정적 인식 등에 대응하기 위해 기술개발 내용을 제안하였다. 또한 기술 습득과 이용의 어려움, 교육 부족 등에 대응하여 교육 및 홍보의 방안을 제시하였다.

□ 미세먼지 저감농림업 활성화

미세먼지 저감농림업 기술 이용 활성화를 위한 주요 과제는 농업 부문과 산림 부문으로 나누어 제시되었다. 우선 농업 부문의 경우 법·제도적 지원, 경제적 인센티브 지급, 기술 개발, 신뢰성 높은 통계자료 구축, 교육 및 홍보 등이 제시되었

다. 법·제도적 지원의 경우 EU, 미국 등의 규제 정책 사례를 참조하여 배출 기준이 설정되어야 하고, 적정 양분 투입을 유도하기 위한 지역단위 양분관리제도가 추진되어야 한다. 경제적 인센티브의 경우 농업인의 미세먼지 저감농업 기술 수용성 제고를 위해 농업환경지불 정책을 활용할 필요가 있고, 악취저감시설 지원사업, 가축분뇨 자원화 사업, 에너지이용효율화사업, 이동식 농기계의 미세먼지 저감사업, 영농잔재물 파쇄작업 지원사업 등 시설설치 지원사업의 자부담 비중을 완화시키는 노력이 필요하다. 또한 영농폐기물 수거·처리 사업을 확대하여 추진할 필요가 있다. 기술개발의 경우 배출량 산정 방법 고도화를 추진해 나가야 하며, 미세먼지 관련 기술을 폭넓게 개발해야 한다. 신뢰성 높은 통계자료 구축과 농업인 및 소비자를 대상으로 하는 미세먼지 관련 교육 및 홍보도 요구된다. 산림 부문의 경우 도시림을 통해 미세먼지를 저감시키기 위해 효율적인 도시림 확대와 체계적인 도시림 관리방안이 제시되었다.

제1장 서론

- 1. 연구의 필요성과 목적 1
- 2. 선행연구 검토 및 차별성 3
- 3. 연구 범위와 방법 5

제2장 녹색경제의 정의 및 핵심 요소

- 1. 녹색경제의 정의 9
- 2. 녹색경제의 핵심요소 11

제3장 녹색기술 인벤토리 및 녹색경제 관련 정책

- 1. 녹색기술 인벤토리 17
- 2. 녹색경제 관련 정책 21

제4장 녹색경제의 경제성 분석

- 1. 1차년도 농업 부문 비에너지분야 녹색기술 35
- 2. 2차년도 농업 부문 에너지분야 녹색기술 39
- 3. 3차년도 농업 부문 미세면지 관련 녹색기술 41

제5장 농업인 인식조사

- 1. 농업인 인식조사 및 분석 45
- 2. 2차년도 농업인 및 정책담당자 인식 분석 51
- 3. 미세면지 저감농림업 정책대상자 수용성 분석 52

제6장 주요국 녹색경제 정책

1. EU	57
2. 미국	61
3. 일본	63

제7장 녹색경제 활성화방안

1. 기본방향	67
2. 핵심과제	69

제8장 요약 및 결론	85
-------------------	----

참고문헌	93
------------	----

제2장

〈표 2-1〉 녹색경제 정의 10

제3장

〈표 3-1〉 농림업 부문 녹색기술 현황 18

〈표 3-2〉 에너지분야 녹색기술 목록 19

〈표 3-3〉 농림업 부문 미세먼지 관련 녹색기술 인벤토리 20

〈표 3-4〉 중앙정부 미세먼지 계획 내(內) 농업 부문 정책 27

〈표 3-5〉 농림축산식품부 미세먼지 관련 지자체·시범사업 28

〈표 3-6〉 농림축산식품부 지원사업 중(中) 미세먼지 저감 관련 사업 28

〈표 3-7〉 ‘2차 도시립 기본계획’에서 미세먼지 저감 정책 30

〈표 3-8〉 산림 부문 미세먼지 정책: ‘그린 인프라 구축 방안’ 추진체계 30

〈표 3-9〉 미세먼지 저감형 도시립 관리방안 33

제4장

〈표 4-1〉 농림축산업의 온실가스 배출유발효과(총배출량 기준) 38

〈표 4-2〉 에너지 부문 한계감축비용 도출 40

〈표 4-3〉 암모니아 감축기술의 비용효과성 42

〈표 4-4〉 경제성 영향 평가 결과 44

제5장

〈표 5-1〉 미세먼지 저감농업에 의한 대기환경 개선의 경제적 가치 55

제1장

〈그림 1-1〉 녹색경제 연구 연차별 주제 및 대상 7
〈그림 1-2〉 연구추진 체계도 8

제2장

〈그림 2-1〉 농림업 부문의 녹색경제 개념도 11

제3장

〈그림 3-1〉 산림 미세먼지 측정넷의 측정소별 연간 미세먼지 저감량
(kg/ha/year) 32

제4장

〈그림 4-1〉 시나리오별 이산화탄소 흡수량 변화 비교 36
〈그림 4-2〉 이 연구의 환경산업연관표 구조 37

제5장

〈그림 5-1〉 농업 부문의 온실가스 감축 및 저탄소농업 관련 불평등 인식 47
〈그림 5-2〉 농업 부문별 불평등 해소를 위한 방안 48
〈그림 5-3〉 녹색기술 확산을 위한 정책과제 분석 틀 51

제7장

〈그림 7-1〉 그린뉴딜 전략에 의한 녹색경제 활성화 비전 68

1

서론

1. 연구의 필요성과 목적

1.1. 연구 필요성

기후 위기와 환경위기에 대응하여 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 환경 관련 사업에의 투자를 통한 녹색경제로의 전환을 추진하고 있다. 우리나라도 세계적 녹색경제로의 전환 움직임에 발맞춰 환경 관련 사업에의 집중투자를 통한 탈탄소 녹색경제¹⁾로의 전환을 제시했다(관계부처 합동, 2020).

녹색경제를 보다 구체적으로 얘기하면 화석연료의 사용을 단계적으로 축소하고 녹색기술과 녹색산업을 육성함으로써 국가경쟁력을 강화하고 지속가능발전을 추구하는 경제를 말한다(저탄소 녹색성장 기본법, 이하 녹색성장법). 따라서 녹색기술과 녹색산업을 육성하고, 그 이용을 활성화하는 것이 핵심이라고 할 수

1) 녹색경제는 경제·사회 전반의 녹색전환을 통해 기후·환경 목표 달성과 함께 국가경쟁력을 강화하기 위한 새로운 공정한 성장전략으로 정의함.

있다(정학균 외, 2021).

우리 농업은 적정수준 이상의 농약·화학비료 사용, 공장형 축산 등으로 환경부담이 가중되어왔다. 2015~2017년 평균 질소 수지는 OECD 평균의 3.2배(1위)이고, 인 수지는 OECD 평균의 6.3배(2위)로 나타났다(임영아 외, 2020). 이로 인한 토·수질 악화는 지속가능한 농업의 장애요인이 되고 있다. 그뿐만 아니라 도·농간 빈·부농간 소득 차이가 크며, 순수 농업소득이 증가하지 못하고 있어 성장 동력이 요구되는 상황이다.

따라서 농업 부문에서도 녹색기술 이용 활성화를 통한 녹색경제로의 전환이 시급하다. 이를 위해 저탄소농업, 미세먼지 저감농업 등을 확대시켜 나가야 하지만 제도 및 정책에 대한 낮은 접근성, 기술 도입에 따른 눈에 보이지 않는 비용 등 도전 과제들이 놓여 있다. 이러한 과제를 해결하기 위해서는 녹색기술 개발에 집중적으로 투자하고, 녹색기술 이용을 활성화하기 위한 여러 가지 정책적 수단이 요구된다. 따라서 농림업 부문 녹색경제 활성화방안을 도출하는 연구가 필요하다.

1.2. 연구 목적

‘농림업 부문의 녹색경제 활성화방안 연구’는 녹색기술 이용 활성화를 위한 효과적인 방안을 도출하기 위해 추진되었다. 녹색기술 이용의 환경적·경제적 효과를 분석하고, 녹색기술 이용의 장애요인들을 심도 있게 분석함으로써 적절한 정책 수단을 도출하는 연구이다.

1년 차에는 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화를, 2년 차에는 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화를 다루었다. 그리고 3년 차에는 미세먼지 저감농림업기술 이용 활성화를 연구하였다.

2. 선행연구 검토 및 차별성

2.1. 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

1년 차 연구인 비에너지 부문 온실가스 감축기술 활성화와 관련하여 녹색경제 관련 연구, 녹색경제의 실증분석 관련 연구, 온실가스 감축의 불평등 완화 관련 등에 대해 연구가 이루어졌다. 탄소중립이 선언됨에 따라 농림업 부문의 탄소중립 목표 실현을 위한 실행계획을 수립한다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다. 그리고 그린뉴딜과 유사한 녹색성장이 추진된 지 10년 정도가 지난 시점에서 관련 사업 및 정책을 체계적으로 평가하고, 녹색경제 활성화를 저해시키는 요인을 분석함으로써 투자효과를 극대화시킬 방안을 도출한다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다. 기존의 연구가 주로 경종분야를 대상으로 단편적이고 부분적인 연구를 수행하였다면 본 연구는 경종, 축산, 산림을 포함하여 종합적으로 농림업 부문의 녹색경제를 실증적으로 분석하고 활성화방안을 다룬다는 점에서 차별성이 있다. 선행연구가 주로 경제성 분석을 중심으로 녹색경제 실증연구를 하였다면 이 연구는 경제성뿐만 아니라 환경적 편익을 분석하고, 더 나아가 녹색기술 도입의 파급효과를 분석한다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다. 녹색경제가 새로운 공정한 성장을 추구하는 경제로 정의됨에 따라 녹색기술 이용과 불평등도 완화 관련 이슈 분석을 시도한다는 점에서 선행연구와 다르다.

2.2. 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

2년 차 연구인 에너지 부문 온실가스 감축기술 활성화 관련하여 녹색경제 지표 관련 연구, 농림업 부문 에너지 이용 실태 관련 연구, 에너지분야 녹색기술 경제성 및 이용 실태, 에너지분야 녹색기술(바이오매스) 경제성 및 이용 실태, 농림업

부문 녹색기술 파급효과 분석 관련 연구, 농림업 부문 에너지분야 녹색기술 활성화방안 연구 등이 이루어졌다. 녹색경제와 유사한 녹색성장 정책이 추진된 지 10년 정도의 기간이 지난 상황에서 관련 정책을 평가하고, 녹색경제 활성화의 애로요인을 분석하며, 녹색경제 활성화방안을 제시한다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다.

선행연구가 경제성 분석 중심으로 실증분석을 시도한 데 비해 이 연구는 경제성과 환경적 편익을 함께 다루고, 또한 기술 도입의 파급효과를 분석한다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다.

농업 부문 에너지 관련 녹색기술 연구는 주로 재생에너지 생산에 초점을 맞추어 수익성과 정책 방향을 주로 다루고 있다. 이 연구는 재생에너지 활용의 저해요인을 분석하고 녹색기술 이용 활성화방안을 도출한다는 점에서 차이가 있다.

2.3. 미세먼지 저감농림업 활성화

선행연구들은 주로 미세먼지 관련 정책에 대한 평가, 미세먼지 발생 특성 분석, 미세먼지 저감 편익 분석 등을 연구하였으나 농업 부문을 대상으로 하는 정책 연구는 매우 제한적이었다.

이 연구는 농업·농촌 분야 대기오염 물질 배출 산정 방법론을 체계적으로 살펴보고, 미세먼지 배출량 산정의 한계점을 제시한다는 점에서 차별성이 있다.

이 연구는 농림업 부문을 대상으로 미세먼지 저감의 경제적 효과를 분석한다는 점에서 차이가 있다. 특히 미세먼지 저감 농업이 가져오는 공편익(Co-benefit)을 추정하며, 도시립 면적에 따른 미세먼지 농도 변화의 경제적 가치를 평가한다. 그뿐만 아니라 일반 국민에 의한 미세먼지 저감농업의 경제적 가치를 분석한다.

이 연구는 또 농업인의 미세먼지 인식 및 미세먼지 저감 농업기술 수용성을 조사 분석하며, 일반 국민을 대상으로 농업·농촌 분야 미세먼지 발생원 인식과

미세먼지 저감 농업에 대한 지불의향 가격을 조사·분석한다는 점에서 선행연구와 다르다.

농업 부문 미세먼지 관련 정책은 그동안 공익직불제, 농업환경보전 프로그램, 가축분뇨처리 지원사업 등으로 다루어졌으나 온실가스 감축, 수질 및 토질 개선과 연계하여 추진되었다. 이 연구는 이러한 기존 정책을 미세먼지 저감의 관점에서 재조명하고 새로운 감축 프로그램, 기술개발 방향, 교육 및 홍보 등 미세먼지 저감농림업 활성화를 위한 방안을 다룬다는 점에서 선행연구와 차별화된다.

3. 연구 범위와 방법

3.1. 연구 범위

이 연구는 '제3차 대기환경개선 종합계획'의 2032년 저감 목표를 달성하기 위한 전략을 제시한다. 따라서 시간적 범위를 2032년으로 설정하였다. 또한 공간적 범위는 농촌을 넘어 산촌까지 설정하였으며, EU(네덜란드, 덴마크), 미국, 일본의 사례를 농림업 부문 녹색경제 활성화의 관점에서 살펴본다.

녹색경제 활성화방안 연구 범위 내에서 미세먼지 연구를 다루게 되며, 따라서 농업 부문 미세먼지 적응과 완화 가운데 미세먼지 완화에 초점을 맞추어 진행하고 적응은 추후 과제로 제시한다.

대기정책지원시스템(CAPSS)²⁾에 따르면, 2020년 기준 전체 대기오염 물질 배출량 중 농업 부문이 차지하는 비중은 암모니아(NH₃) 76.7%, 황산화물(SO_x) 0.3%, 질소산화물(NO_x) 6.1% 수준이다. 미세먼지 전구물질 가운데 가장 배출

²⁾ 국가미세먼지정보센터(<https://www.air.go.kr/main.do>), 검색일: 2023. 3. 23.에서 구축하고 있는 시스템을 말한다.

량 비중이 큰 암모니아를 주 연구 대상으로 하면서 동시에 전반적인 미세먼지 저감방안을 다룬다. 미세먼지는 국내와 해외 요인으로 나뉘지만 농업분야에서 해외를 대상으로 연구하는 데는 한계가 있으므로 이 연구는 국내 연구에 초점을 맞춘다.

미세먼지 저감 농업기술에 초점을 맞추며, 분석대상 기술은 인벤토리 구축 후 전문가 자문을 통하여 현장 적용성이 높다고 판단되는 수단을 대상으로 한다. 또한 미세먼지 저감 농업기술 분석은 현존하는 기술을 대상으로 실시하며, 장래에 개발될 것으로 예상되는 기술은 제외한다.

이 연구는 미세먼지 저감농림업에 대한 연구이며 도시림도 광의의 산림이므로 도시림을 연구범위에 포함한다. 특히 미세먼지가 상대적으로 많은 도시에서의 산림에 대한 수요 및 미세먼지 저감효과가 높기 때문에 도시림을 포함한다.

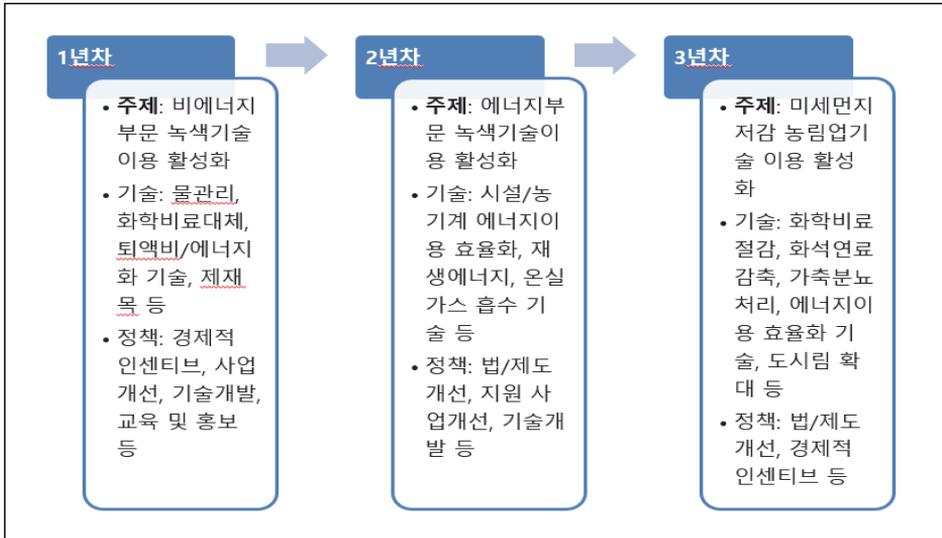
이 연구는 3개년에 걸쳐 이루어져 왔으며 매년 녹색경제의 경제 및 환경적 편익과 파급효과 분석, 활성화 저해 요인분석, 활성화방안을 제시한다.

1년 차는 농림업 분야 비에너지 부문의 온실가스 감축기술, 정책 및 사업을 대상으로 연구했다. 주요 대상 기술은 물관리 기술, 질소질비료 절감 기술, 제재목 이용 기술 등이었고 정책 관련해서는 경제적 인센티브, 교육 및 홍보 등이었다.

2년 차는 농림업 분야 에너지 부문의 온실가스 감축기술, 정책 및 사업을 대상으로 연구했다. 주요 대상 기술은 에너지효율화 기술, 재생에너지 기술, 온실가스 흡수 기술 등이었고, 정책 관련해서는 법/제도 개선, 지원사업 개선 등이었다.

3년 차에는 농업·농촌 분야 미세먼지 저감 농림업기술, 정책 및 사업을 대상으로 연구했다. 주요 대상 기술은 관련 화학비료 절감기술, 화석연료 감축기술, 가축분뇨 처리기술, 도시림 확대 등이었고, 정책 관련해서는 법/제도 개선, 경제적 인센티브, 통계구축, 교육 및 홍보 등이었다.

〈그림 1-1〉 녹색경제 연구 연차별 주제 및 대상



자료: 저자 작성.

3.2. 연구 방법

이 연구는 선행연구 검토, 통계자료 분석, 계량 분석, 설문조사, 해외 출장 조사 등 다양한 연구방법론을 적용하였다.

1년 차의 농림업 부문 비에너지분야 온실가스 감축기술 이용 활성화방안 연구는 한계감축비용 분석방법론, Cohort 모형과 최적화 모형, 환경산업연관분석법 등 이용하였다. 또, 설문조사 방법론, 프로빗(Probit) 모형, SUBP(Seemingly Unrelated Bivariate Probit) 모형, 델파이법 등을 활용하여 연구 방법으로 활용하였다.

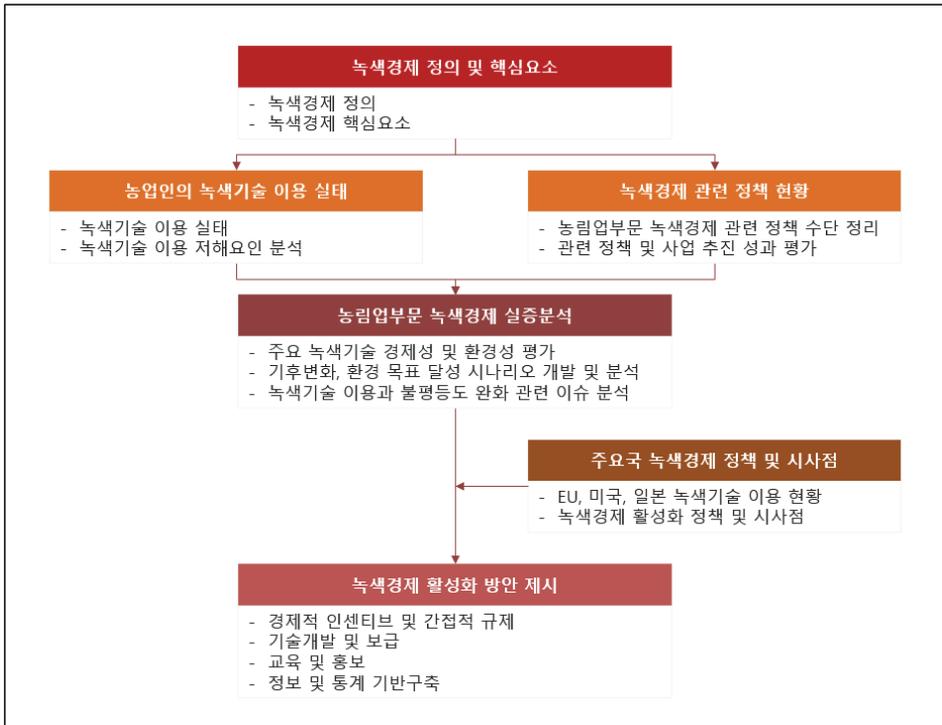
2년 차의 농림업 부문 에너지분야 녹색기술 이용 활성화방안 연구는 비용·편익분석법, 한계감축비용분석 방법론, 환경산업연관분석법, 설문조사 방법론 등을 적용하였다. 국내 유관기관 방문 조사를 추진하였으며, 원활한 연구추진을 위해 에너지경제연구원 전문가와 공동으로 ‘농림업 부문 에너지이용 실태분석과

효율화 방향'을 연구하였다.

3년 차의 농림업 부문 미세먼지 저감농업 기술 이용 활성화방안 연구는 통계자료 분석, 패널모형 분석, 비용효과성 분석법, CVM 분석, 설문조사 방법론 등을 적용하였다. 국내 유관기관 방문 조사, 농가 사례조사, 네덜란드, 덴마크 현지 출장 방문 조사 등을 실시하였다. 또, 전문가 원고 위탁을 추진하고 국제심포지엄을 개최하였다.

3.3. 연구추진 체계

〈그림 1-2〉 연구추진 체계도



자료: 저자 작성.

2

녹색경제의 정의 및 핵심 요소³⁾

1. 녹색경제의 정의

‘녹색성장법’상에서는 녹색경제를 화석연료의 사용을 단계적으로 축소하고 녹색기술과 녹색산업을 육성함으로써 국가경쟁력을 강화하고 지속가능발전을 추구하는 경제로 정의하였다(‘녹색성장법’ 제22조). 여기에서 녹색기술은 사회·경제활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술로 제시되어 있다(‘녹색성장법’ 제2조 제3항). 또한 녹색산업은 에너지와 자원의 효율을 높이고 환경을 개선할 수 있는 재화(財貨)의 생산 및 서비스의 제공 등을 통하여 저탄소 녹색성장의 달성을 위한 모든 산업을 가리키는 것으로 제시되어 있다(‘녹색성장법’ 제2조 제4항).

녹색경제 TF에서는 그린뉴딜에 의한 녹색경제를 “경제·사회 전반의 녹색 전환을 통해 기후·환경 목표 달성과 함께 국가경쟁력을 강화하기 위한 새로운 공

³⁾ 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

정한 성장전략”으로 정의하였다. 이는 ‘녹색성장법’(2018. 12. 31. 타법개정)에 제시되어 있는 녹색경제와 비슷한 개념이라고 할 수 있지만, 그린뉴딜에 의한 녹색경제는 기후·환경 목표 달성에 강조점을 두며, 불평등 완화를 고려한다는 점에서 차이점이 있다.

〈표 2-1〉 녹색경제 정의

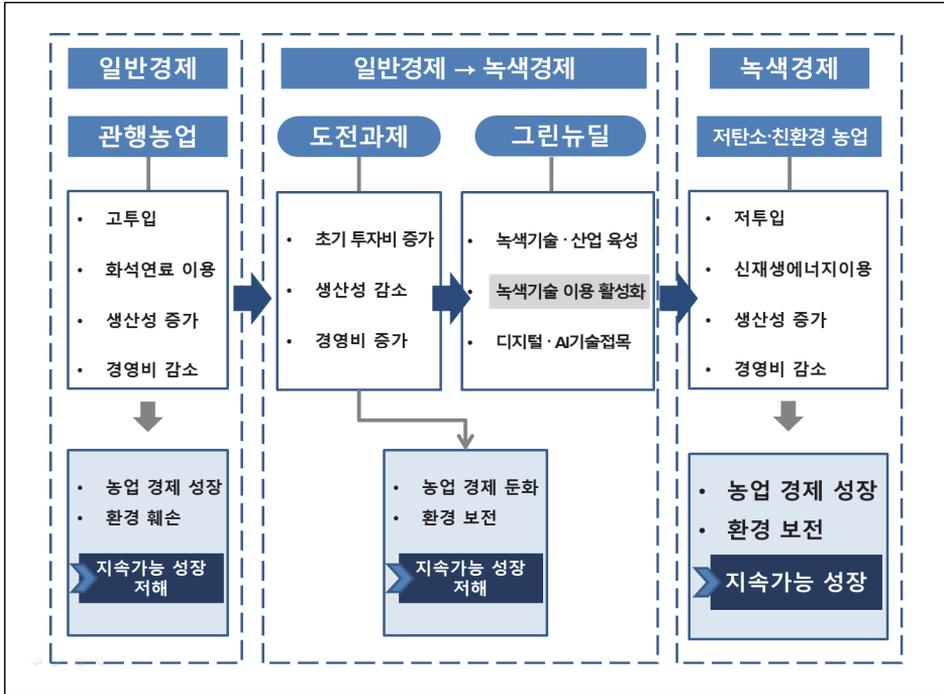
선행연구	정의
‘녹색성장법’ 제22조	화석연료의 사용을 단계적으로 축소하고 녹색기술과 녹색산업을 육성함으로써 국가 경쟁력을 강화하고 지속가능발전을 추구하는 경제
녹색경제 TF	그린뉴딜에 의한 녹색경제를 경제·사회 전반의 녹색 전환을 통해 기후·환경 목표 달성 과 함께 국가경쟁력을 강화하기 위한 새로운 공정한 성장전략으로 정의
이창훈·한미진(2014)	친환경제품을 생산하는 녹색산업과 경제 일반(모든 산업 및 소비)의 녹색화를 포괄
김중호 외(2017)	경제-환경-사회라는 세 가지 축의 조화로운 발전에서 경제와 환경의 축에 초점을 맞추는 개념. 녹색경제와 녹색성장의 개념을 구분하지 않음
이지순(2009)	녹색경제활동은 자연자원의 고갈과 환경 파괴를 미연에 방지, 환경자본 또는 자연자본을 확충하고 지구 생태계를 보호 육성하려는 노력을 지칭함
UNEP(2011)	인간의 행복과 사회적 형평성을 개선하고 환경적 위험 및 생태학적 결핍을 현저히 감소시키는 것
Muro et al.(2011)	환경적 편익을 가진 상품을 생산하는 경제 부문
UN ESCAP(2012)	경제적 번영과 생태적 지속가능성을 함께 실현하는 경제

자료: 저자 작성.

위의 사례들을 종합하여 본 연구에서는 농림업 부문의 녹색경제를 ‘녹색기술과 녹색산업을 육성함으로써 농림업 부문 기후·환경 목표를 달성하고 경쟁력을 강화하기 위한 새로운 공정한 성장을 추구하는 경제’로 정의한다.

〈그림 2-1〉은 농림업 부문 녹색경제 개념도이다. 일반경제에서 녹색경제로 전환하려면 많은 도전과제가 있으며, 이러한 도전과제를 극복하기 위해 그린뉴딜 전략이 필요하다. 그린뉴딜 전략은 녹색기술·산업 육성에 투자를 확대시키고, 녹색기술 이용을 활성화하는 것이 핵심이다.

〈그림 2-1〉 농림업 부문의 녹색경제 개념도



자료: 저자 작성.

2. 녹색경제의 핵심요소

2.1. 농업

관행농업은 에너지 집약적이고 투입물 집약적이다. 높은 생산성(kg/ha)을 얻기 위해 화학비료, 제초제, 살충제, 연료, 물, 지속적인 신규 투자(예: 첨단 종자 품종, 농기계)에 의존한다. 지난 수십 년 동안 '녹색혁명(Green Revolution)'에 의한 상당한 생산성 증가는 관행농업에서 주로 일어났다. 이런 생산성 증가는 농업 연구에 대한 투자와 공공부문 농촌지도 서비스의 확대에 촉발되었다.

녹색혁명으로 생산량이 크게 늘었지만, 비재생 자원 투입물의 과도한 사용으로 많은 환경비용을 수반하는 경우가 많았다. 관행농업은 생산되어 소비자에게 배달된 식품의 체내 열량(인체가 식품의 대사를 통해 얻는 열량) 1칼로리당 평균 10칼로리의 체외 열량(화석연료 에너지원에서 얻음)을 소비한다. 농장에서 사용하는 무기 비료, 연료, 전기에 지급되는 보조금이 이렇게 에너지 집약도가 높아지도록 장려하는 경우가 많았다. 또한, 소수의 작물을 타깃으로 하는 생산 보조금 때문에 생물다양성도 줄어들었다. 관행농업은 농업노동자의 감소도 초래하였으며, 심지어 농업 산출량이 극적으로 증가한 경우에도 마찬가지였다. 농장 기계화를 위한 보조금이 이런 추세 강화에 어느 정도 기여하였다.

고투입·고산출농업인 관행농업은 환경적 부담이 점점 커지고 있고, 화석연료가 고갈되고 있기 때문에 지속가능한 성장을 어렵게 한다. 그래서 우리나라를 비롯한 세계 주요국은 이러한 관행농업으로부터 저탄소·친환경농업으로 전환을 꾀하며 농업 부문에서도 지속가능한 성장을 추구하려 한다. 하지만 저탄소·친환경농업으로 전환하는 데 많은 도전 과제가 또한 존재한다. 생산성이 떨어지고, 노동력 등 경영비가 상승하며, 초기투자 비용이 많이 소요된다. 환경을 보전하는 측면에서는 장점이 있지만, 농업경제 성장을 둔화시키거나 퇴보시키는 결과를 낳게 되는 것이다. 이러한 도전과제를 극복하기 위해서는 농업 부문에서도 그에 대응할 수 있는 전략이 요구된다.

녹색경제에서 제시된 전략은 바로 녹색기술과 녹색산업을 육성하는 것이다. 녹색기술과 녹색산업은 무엇을 말하는가? 앞서서도 제시하였듯이 녹색기술은 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술로 제시되어 있다. 농림업분야에서 이러한 기술은 정밀농업기술, 친환경농업기술, 저탄소농업기술, 경축순환농업기술 등을 말할 수 있을 것이다. 또한 녹색산업은 저탄소 녹색성장을 달성하기 위한 모든 산업을 가리키는 것으로 제시되어 있는데 신재생에너지산업, 친환경농산업 등을 예로 들 수 있을 것이다. 이러한 녹색기술을 육성하기 위해서는 집중적인 투자를 통해 비용효과성이 높은

기술을 개발하고, 이러한 기술개발을 농가가 잘 활용할 수 있도록 정책적 지원을 해주어야 한다. 즉 녹색기술에 대한 수용성 제고를 위해 경제적 인센티브, 새로운 기술개발, 교육 및 홍보, 디지털/AI 기술의 접목 등이 요구된다.

2.2. 산림

산림은 수많은 개발도상국 빈민들의 생활 기반이 된다. 비록 산림에서 생산되는 목재, 열매, 섬유질 생산품 등이 GDP에서 차지하는 비율은 매우 낮지만 이들 생산물은 재생가능하고 재활용 가능하며 생분해되기 때문에 가치가 있다. 또한 지구 생물 중 50% 이상의 서식처를 제공하고, 탄소흡수와 수자원 보호를 통하여 기후 조절에 기여하는 등 산림 생태계로부터 발생하는 서비스는 높은 경제적 가치를 가진다. 따라서 산림은 지구 생태계 기반의 가장 근본적인 부분이며, 산림 생산물과 서비스는 녹색경제의 중요한 구성 요소가 된다.

산림의 녹색경제로의 전환이란 산림 생산물뿐만 아니라 생태계 서비스 등 다양한 사회의 이익을 생산하는 자산으로써 산림을 관리하며 투자하는 것을 의미한다. 높아진 산림자산의 가치를 통하여 다양한 이익이 발생하고 새로운 시장이 창출되는 등 경제적 인센티브가 생기게 되는 것이다.

녹색경제로의 전환에서 산림분야가 직면한 중요한 도전으로는 산림파괴, 토지 이용 경합, 시장 정책 및 거버넌스 실패 등을 들 수 있다. 최근 들어 감소하는 경향을 보이지만 전 세계에서는 여전히 많은 산림이 파괴된다. 산림파괴의 주요 원인은 목재 수요, 작물 재배 및 목장으로의 용도 전환 등이 발생하기 때문이다. 특히 농업과의 토지이용 경쟁은 산림파괴의 직접적 원인이 되며, 이러한 파괴는 가치 있는 산림 생태서비스와 다양한 경제활동 기회를 상실하는 것을 의미한다. 토지 이용 경쟁으로 말미암아 발생하는 산림파괴는 결국 시장, 정책 및 거버넌스 실패 등에 의해 야기되는 것이다. 산림파괴를 멈추고 생태계를 보존하는 것은 산림자

산에 대한 좋은 투자이며, 녹색경제로의 올바른 전환이라 할 수 있다.

현재까지 산림에서 발생하는 공공재에 대한 투자를 이끌어내며, 지속가능한 생산을 보장할 수 있는 명백하고 안정적인 체계는 없는 것으로 알려져 있다. 지역 사회가 산림 공공재를 관리하게 되면 주민들이 산림과 산림생태서비스를 지키면서 새로운 일자리가 창출되고, 생계를 유지할 뿐만 아니라 산림관리를 통하여 이윤이 발생하게 된다. 이러한 것을 위해서는 지역 산림을 관리하기 위한 효과적인 체계뿐만 아니라 REDD+⁴⁾ 표준이 요구되며, 나아가 생활 혜택의 실현을 보장하기 위해서는 이윤이 공평하게 전달되어야 한다. 따라서 국제적으로나 국내적으로나 REDD+ 체제에 대한 협의는 산림을 보호하고 산림의 녹색경제에 기여할 수 있는 가장 좋은 기회이다.

산림이 생산하는 공공재에 대한 이해와 인식, 공공재 생산에 대한 재정적 보상이 늘어나면서 산림의 축적과 변화에 대한 산림 관리자와 정부의 효과적이며 투명한 계상이 중요하게 여겨진다. 따라서 사회 복지에 대한 산림의 기여를 더욱 정교한 방법으로 측정하고 가치를 추정하며, 빈민들의 생계에 대한 기여를 포함한 모든 시장재와 비시장재 및 서비스를 파악하는 것이 필요하다.

지속가능한 산림경영(SFM)과 녹색 투자는 토지이용 경합의 정책 편향뿐만 아니라 지속가능하지 않으며 불법적인 원천에서 얻어진 목재와 임산물로부터 심각한 도전에 직면하였다. 따라서 기술훈련 지원, SFM에 대한 독립적인 인증, 우선적인 정부 조달과 같은 당근과 불법 벌채와 유통에 대한 법률 및 집행 강화 등의 대책이 필요한 실정이다. 또한 농업 보조의 비용편익 등 산림의 이득을 훼손할 수 있는 타 분야 정책의 검토도 동시에 필요하다.

산림 분야 녹색경제로의 이행 상황을 평가하기 위해 다음과 같은 사항을 측정하는 지표를 지속적으로 추적하는 것이 중요하다. ① 산림 생산물과 서비스 소비 비율의 변화, 특히 탄소 발생이 심한 생산물과 산림 생산물의 대체율, ② 산림 생

4) 개도국에서 산림파괴로 발생하는 온실가스를 줄이는 다양한 활동을 말함(산림청 홈페이지(<https://www.forest.go.kr>), 검색일: 2021. 10. 25.).

태계 서비스 시장의 변화, ③ 지속가능한 산림 기업과 생산물에 대한 투자, 특히 지속가능한 상태를 포함한 생태계 서비스에 초점을 맞춘 기업과 생산물, ④ 지역 산림 이해 관련자 그룹을 포함한 산림지와 산림 기업의 소유권 변화, ⑤ 산림 거버넌스 개선, ⑥ 산림경영의 지속가능성.

3

녹색기술 인벤토리 및 녹색경제 관련 정책⁵⁾

1. 녹색기술 인벤토리

1.1. 농림업 부문 녹색기술 현황

농림업 부문 녹색기술 현황은 <표 3-1>과 같이 제시할 수 있다. 녹색기술은 배출원에 따라 분류할 수 있으며, 비에너지 경종은 농자재 이용, 물 이용 등으로 구분할 수 있다. 또한, 비에너지 축산의 경우 가축분뇨와 가축 장내발효로 구분된다. 에너지 경종 및 축산의 경우 농기계·축산기자재 에너지 이용, 가온시설 하우스·축사 에너지 이용, 저장시설 에너지 이용, 창고 등 건물 에너지 이용으로 구분된다(정학균 외, 2021). 한편, 산림은 온실가스 흡수로 구분되어 관련 녹색기술과 산업이 포함된다.

⁵⁾ 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

〈표 3-1〉 농림업 부문 녹색기술 현황

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

자료: 김창길 외(2013); 국가법령정보센터(www.law.go.kr.), 저탄소 농축산물 인증제 운영규정, 검색일: 2021. 9. 20.; 정학균 외(2016); 한국환경공단(www.keco.or.kr.), 검색일: 2021. 9. 20.; 정학균 외(2018); 정학균 외(2021)를 인용하여 저자 재구성.

1.2. 에너지분야 녹색기술 인벤토리

에너지분야 녹색기술은 온실가스 감축 사업들에 나타난 에너지 관련 기술들을 농식품 부문 탄소중립추진 전략상 분류 방법을 따라 분류할 수 있다. 에너지이용 효율화 기술, 농기계 에너지 절감기술, 바이오매스 활용기술 등으로 나눌 수 있다 (정학균 외 2022). 에너지이용 효율화 기술의 경우 다시 에너지 절감기술과 신재생에너지 이용기술로 구분할 수 있다.

〈표 3-2〉 에너지분야 녹색기술 목록

구분		에너지분야 녹색기술
에너지이용 효율화 기술	에너지 절감기술	고효율 보온자재(다겹보온커튼)(인증제/자발적 감축/외부)
		보온터널 자동개폐장치(인증제/자발적 감축/외부)
		축열물주머니 이용 보온장치(인증제)
		(비순환식) 순환식 수막재배시스템(인증제/자발적 감축/외부)
		농업용 열 회수형 환기장치(인증제)
		온풍난방기 배기열 회수장치(인증제)
		미활용 열에너지(온배수)/폐열 재이용 난방시스템(인증제/자발적 감축/외부)
		일사량 감응 전자동 변온관리 시스템(인증제)
	LED 조명 활용(자발적 감축/외부)	
	신재생 에너지 이용기술	지열히트펌프 시스템(인증제/자발적 감축/외부)
		공기열 히트펌프 시스템(외부)
		농촌지역에서 재생에너지 이용 전력생산 및 자가 사용(외부사업)
	농기계 에너지 절감기술	직파재배(인증제)
		무경운 및 부분경운(인증제/자발적)
농기계 전기, 수소 전환		
바이오매스 활용기술	목질바이오매스(목재펠릿보일러 등)(인증제/자발적 감축/외부)	
	(가축분뇨) 바이오매스 에너지화(바이오가스 플랜트 등)(자발적 감축/외부)	
	(농산부산물) 바이오매스 에너지화(왕겨, 커피박 펠릿, 볏짚 에너지화 등) (자발적 감축/외부)	

자료: 저자 작성.

1.3. 미세먼지 저감 녹색기술 인벤토리

본 연구에서의 기술 인벤토리는 미세먼지의 1차 발생을 줄이는 기술과 암모니아를 줄여서 미세먼지의 2차 발생을 줄이는 기술을 의미한다. 농업 분야의 미세먼지 저감 기술이 농업 생산활동에서 발생하는 미세먼지와 암모니아를 저감하는 것이라면, 산림 분야의 미세먼지 저감 기술은 배출원에서 이미 배출되어 대기 중에 포함된 미세먼지의 농도를 낮추는 기술을 의미한다.

〈표 3-3〉에서 보듯이, 미세먼지 저감 기술은 발생원에 따라서 산림-미세먼지 농도 저감, 재배-암모니아 저감·소각 발생물질 저감·비산먼지 저감, 축산-암모니아 저감·비산먼지 저감, 에너지-연소 발생물질 저감으로 나눌 수 있다.

〈표 3-3〉 농림업 부문 미세먼지 관련 녹색기술 인벤토리

구분	중분류	세부활동	작동기제
산림	미세먼지 농도 저감	도시 단위 도시숲 마스터플랜 수립·시행 제도화 및 지원	도시 특성에 맞는 도시숲 조성으로 도시숲 기능 최적 발휘
		산업단지 주변 유휴부지, 도심 내 자투리 공간, 폐가 등을 적극 활용 도시 숲 조성	도시지역 미세먼지 차단 및 미관 개선
		주요 발생원 및 도로 주변에 미세먼지 저감률이 높은 수종 조성	잎 표면이 넓은 수종을 복층 다층으로 주요 발생원과 도로 등에 식재하여 미세먼지 흡착으로 농도 저감
		도시숲 형태 기능에 따른 차별화된 관리 기법 및 품셈 개발 및 보급	도시숲 관리 기술 개발로 기능 최적화
		임령 및 수종별 미세먼지 저감효과 분석	숲가꾸기 기술 고도화로 미세먼지 저감
녹색 재배	암모니아 저감	완효성비료 사용	질소질비료 절감
		부속유기질비료(가축분퇴비, 퇴비, 액비) 사용	질소질비료 절감
		유기질비료(혼합유박, 혼합유기질, 유기복합 등) 사용	질소질비료 절감
		녹비(뜻거름)작물 재배 및 환원	질소질비료 절감
		콩과작물 재배	질소질비료 절감
		농업부산물(볏짚, 콩대 등) 환원	질소질비료 절감
		최적비료 사용	질소질비료 절감
		심층시비	질소질비료 절감

(계속)

구분	중분류	세부활동	작동기제
녹색 재배	소각 발생물질 저감	소각 대상 농업부산물 재활용(예, 비료/사료/연료 이용)	소각에서 발생하는 1, 2차 발생원 저감
		소각 대상 영농폐기물(빈 병, 비닐 등)의 재활용	소각에서 발생하는 1, 2차 발생원 저감
		재활용되지 못하는 농업부산물 및 영농폐기물의 적정 처리	소각에서 발생하는 1, 2차 발생원 저감
	비산먼지 저감	물분사 또는 안개분사 나지 식물 피복	비산먼지 날림 저감 식물을 활용한 비산먼지 날림 저감
녹색 축산	암모니아 저감	축산 암모니아 저감 미생물 제제 사용	가축분뇨 암모니아 저감
		축산 약취 중 암모니아 저감 기술(예, 바이오 커튼, 안개분무 등)	가축분뇨 암모니아 저감
		적정단백질사료 보급	가축분뇨 내 질소 저감
	생산성 향상(예, 양돈 MSY 향상, 한우 비육 기간 단축, 착유량 증가 등)을 통한 사육두수 조절	사육두수 감소로 인한 가축분뇨 및 가축분뇨 유래 암모니아 저감	
비산먼지 저감	물분사 또는 안개분사	비산먼지 날림 저감	
녹색 에너지	연소 발생물질 저감	고정형 시설 신·재생에너지 사용	화석연료 연소로 발생하는 1, 2차 발생원 저감
		이동형 농기계 신·재생에너지 사용	화석연료 연소로 발생하는 1, 2차 발생원 저감
		노후 농기계 교체	농기계 연료 연소로 발생하는 1, 2차 발생원 저감

자료: 저자 작성.

2. 녹색경제 관련 정책

2.1. 에너지분야 녹색경제 관련 정책

2.1.1. 저탄소농림축산식품기반구축사업

□ 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업

이 사업은 농업인에게 탄소감축의 인센티브를 지급함으로써 농업인이 자발적으로 탄소 감축 노력을 하도록 장려하고 이를 통하여서 국가 온실가스 감축목표 달성에 효율적으로 기여하는 것을 목적으로 한다.

농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업은 온실가스 배출 규제 대상이 아닌 농가가 자발적으로 저탄소 농업기술을 통해 저감한 온실가스에 인센티브를 지원하는

정책이다. 사업대상 저탄소 농업기술은 지열히트펌프, 재생에너지를 포함한 총 16개 기술로 구성되어 있고,⁶⁾ 해당 기술을 통해 저감한 온실가스에 톤당 1만 원을 지급하고 있다.

□ 저탄소농축산물인증제

이 인증제는 친환경 농산물 혹은 농산물우수관리(GAP)를 인증받은 농업인을 대상으로 품목별로 설정된 온실가스 배출량 기준보다 온실가스를 적게 배출하여 생산한 농축산물에 저탄소 농축산물 인증을 부여하는 사업이다. 인증제는 농가에 이러한 인증 인센티브를 제공함으로써 탄소 감축을 유도하고 소비자의 윤리적 선택을 확대하려는 것이 목적이다.

인증제의 구체적인 사업 내용으로는 컨설팅과 저탄소농축산물인증으로 구분되는데, 먼저 컨설팅은 농가교육, 데이터 관리 등 인증을 위한 농가 지원 활동을 말하고 인증 심사 및 심의는 서류, 현장심사 등 인증을 부여하는 활동을 말한다.

2.1.2. 농촌재생에너지보급지원사업

□ 영농형태양광 재배모델 실증지원

이 사업은 도농업기술원, 시군농업기술센터에 소규모 태양광 시설을 설치하고 이를 통하여서 영농태양광 재배 연구와 실증을 지원하는 사업을 말한다. 농식품부는 2016년에서 2019년 사이 영농형 태양광 도입의 경제성, 영농형 태양광 구조물의 안전성에 대한 실증연구를 수행했다. 또 산업부에서는 영농형 태양광 시범사업을 시행했으며, 영농형 태양광 재배모델 실증 지원 사업을 2020년에 신규

6) 1. 미활용 열에너지, 2. 순환식 수막재배, 3. LED 조명교체, 4. 고효율 보온자재, 5. 지열히트펌프, 6. 재생에너지, 7. 원효성비료 사용, 8. 부산물비료 사용, 9. 녹비작물, 10. 바이오가스 플랜트, 11. 목재펠릿 보일러, 12. 왕겨이용 RPC 곡물건조, 13. 논벼 재배 시 물관리, 14. 농경지 보존경운, 15. 토지이용 전환, 16. 바이오차.

도입하였다.

실증지원사업은 지역별 품목의 생산성, 재배방법 등의 실증지원과 환경분석 시설·장비 구축지원으로 나눌 수 있다. 2022년 사업은 실증 지원으로 총 5개소(개소당 1.5억 원)를, 환경분석 시설·장비 구축지원으로 총 15개소(개소당 5천만 원)를 지원한다.

□ 농촌재생에너지통계구축

농촌 태양광 발전시설에 관한 통계정보는 여러 기관에 분산 관리되고 있다. 2020년 농촌재생에너지 통계 구축사업이 도입되었으며, 발전시설 현황 등 태양광 관련 정보를 통합·관리하는 것을 목적으로 한다. 이 사업은 ‘공간정보 기반의 농촌 태양광 현황 관리 고도화’, ‘자동 분석 소프트웨어 업데이트 및 시스템 서버 운영관리’를 주요 사업 내용으로 한다(정학균 외 2022).

□ 농업·농촌 RE100 실증지원

이 사업은 사업대상 마을의 에너지 사용 실태를 분석한 후 재생에너지 발전시설 등을 지원함으로써 마을 단위 RE100을 실현토록 하는 것을 사업 목적으로 한다. 이 사업은 마을의 에너지사용 실태 등을 분석하여 지원하는 컨설팅 지원사업, 적합한 재생에너지 시설설치 지원사업 등을 통하여서 재생에너지 이용 확산을 도모한다.

2.1.3. 농업에너지자립형산업모델기술개발(R&D)

□ 에너지자립형생산기술개발

이 사업은 농업에 이용 가능한 지열 등 재생에너지 자립형 모델의 생산 및 소비의 기술개발을 지원함으로써 농업분야의 재생에너지 활용을 확대하는 데에 목적

이 있다. 이 기술개발은 태양열, 지열, 그리고 고체산화물 연료전지를 활용한 에너지 생산과 관리, 그리고 실증모델 구축의 연구 및 개발을 지원한다.

□ 목질계바이오에너지 산업화

이 사업은 목질계 바이오매스의 효율성 높은 연료개발, 관련 첨단소재의 개발 등 연구개발을 지원함으로써 목질계바이오에너지의 농업분야 활용도를 높이는 데에 그 목적이 있다.

□ 친환경동력원적용농기계기술개발

이 사업은 전기동력분야와 대형 농기계분야의 개발 및 연구를 지원하는 사업이다. 기존 내연기관 농기계를 전기구동방식으로 교체하고 수소연료전지를 기반으로 하는 대형 농기계를 개발하는 데에 목적이 있다. 이 기술개발은 전기동력원 적용기술 개발과 수소/전기 범용플랫폼 개발 연구로 구성된다.

2.1.4. 농업에너지이용효율화사업

□ 신재생에너지시설 지원사업

이 지원 사업은 폐열재이용시설, 지열냉난방시설, 그리고 목재펠릿난방기 등 신재생에너지시설의 설치 및 컨설팅을 지원하는 사업이다. 농업분야에서 재생에너지 이용 확산에 그 목적이 있다.

□ 에너지절감시설 지원사업

이 사업은 다겹보온커튼, 자동보온덮개 등 농업분야에서 에너지 절감 관련 시설의 설치를 지원하는 사업이다.

2.1.5. 가축분뇨처리지원(공동자원화시설)

이 사업은 가축분뇨 퇴·액비화, 바이오가스 연계 등을 지원한다. 또한 악취저감을 위한 ICT 기계·지원하는 사업이다. 이러한 지원을 통해 가축분뇨를 안정적으로 처리하고 이를 자원으로 활용함으로써 농업 부문 온실가스를 감축하고 자원순환농업을 확산하는 데에 사업의 목적이 있다.

이 사업은 처리 규모에 따라 지원 수준이 달라진다. 최소 4,300만 원(1일 300톤 처리의 퇴비화시설)에서 최대 1억 1,900만 원(1일 70톤 처리의 에너지화 시설)까지 지원한다.

2.1.6. 농업환경보전프로그램

이 프로그램은 자발적 참여, 지역단위 활동을 기반으로 해서 농업환경 보전과 농업환경 개선을 도모하는 사업이다. 마을 단위의 참여지역 주민은 주민협의회를 결성하여 개인 및 공동 활동을 직접 설정·이행한다. 그리고 활동별 단가에 따른 보조금을 수령한다.

2.2. 미세먼지 저감 녹색경제 관련 정책

2.2.1. 농업 부문

농업 부문 미세먼지 관련 정책은 ① 중앙정부 미세먼지 정책에 포함된 농업 정책과 ② 농식품부에서 시행하는 지원사업 중 미세먼지 관련 지원사업으로 구분할 수 있다.

농식품부는 중앙정부 미세먼지 정책에 참여하여 농업 부문 정책 계획을 수립하

고, 환경부와 협력하여 정책을 시행하고 있다. 따라서 농식품부의 미세먼지 관련 정책은 대부분 대기오염 종합계획 혹은 미세먼지 종합계획으로 시행하고 있고, 일부 지자체에서 미세먼지 저감 및 관리를 위한 시범사업을 시행하고 있다.

미세먼지 관련 중앙정부 계획에는 농업 부문이 독립되어 다뤄지고 있고 일부 계획에서는 타 산업 혹은 타 부문에서 농업 관련 정책이 포함되어 있다. 제3차 대기환경 종합계획에서는 ‘생활 주변 배출원의 효과적 관리 및 저감 지원’ 부문에서 영농잔재물 관리, 불법소각 방지, 가축분뇨 관리 등 미세먼지 관련 농업 정책이 다뤄지고 있고, ‘이동오염원 배출저감 가속화’ 부문에는 농업기계 관련 정책이 포함되어 있다<표 3-5>.

미세먼지 종합계획에서는 ‘비도로 수송부문의 건설·농업기계 저공해조치 확대’, ‘영농폐기물·부산물 불법소각 방지’, ‘축산·경종분야 암모니아 관리 강화’ 부문에 미세먼지 관련 농업정책이 포함되어 있다. 미세먼지 종합계획의 미세먼지 관련 농업 정책은 농업기계, 영농폐기물, 가축분뇨, 비료 관련 정책으로 구성되어 있다<표 3-5>.

권역별 대기환경 기본계획은 미세먼지 종합계획을 기반으로 각 권역의 지역성을 반영하여 계획이 수립되었다. 따라서 미세먼지 관련 농업계획도 큰 틀에서는 미세먼지 종합계획을 따르고 있고, 지역에 적합한 세부계획을 수립하는 형식으로 계획이 수립되었다. 예를 들어 중부권 대기환경 기본계획에서는 영농폐기물 관련 인프라 확충 방안이 수립될 때 해당지역 상황을 반영하여 설치 개소 등 계획 내용을 구체화하였다<표 3-5>.

미세먼지 계절관리제는 미세먼지 관련 농업 정책이 별도 부문으로 독립되어 계획이 수립되었다. 미세먼지 계절관리제는 봄철 고농도 미세먼지 저감을 주목적으로 하므로 미세먼지 관련 농업정책 역시 타 계획 및 정책과 비교하여 단기정책 위주로 구성되었다<표 3-5>.

〈표 3-4〉 중앙정부 미세먼지 계획 내(內) 농업 부문 정책

구분	농업 부문 미세먼지 저감정책
제3차 대기환경 개선 종합계획	<p>이동오염원 배출저감 가속화</p> <ul style="list-style-type: none"> -저공해 및 무공해 농업기계 보급 -경유 사용 농업기계 조기 폐차 <p>생활 주변 배출원의 효과적 관리 및 저감 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> -영농잔재물 관리 -불법소각 방지 -농경 및 가축사육 방식 개선 -가축분뇨 퇴액비 관리 강화 -가축분뇨 에너지화 확대 -농업·축산 등 NH₃ 배출·감축 연구 확대
미세먼지 관리 종합계획	<p>비도로 수송부문의 건설·농업기계 저공해조치 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> -노후 경유 농업기계 관리체계 구축 -저공해조치 시범사업 추진 -배출가스기준 강화 <p>영농폐기물·부산물 불법소각 방지</p> <ul style="list-style-type: none"> -영농폐기물 집중 수거기간 운영 및 지도·점검 강화 -영농폐기물 관련 인프라 확충 <p>축산·경종분야 암모니아 관리 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> -퇴비 유통시스템 구축 -‘깨끗한 축산농장’ 지정 확대 등 농가 자율적 암모니아 저감 관리 유도 -미생물제제의 가축분뇨 살포, 가축 급이 -농업환경보전 프로그램 확대 등 화학비료 사용량 절감 -약취저감시설 설치 확대, 축사관리 환경규제 강화, 축사 현대화 등을 통한 암모니아 저감 추진
권역별 대기환경 관리 기본계획	<p>기본적으로 미세먼지 관리 종합계획을 따르고 지역별 특성 반영하여 세부 계획 수립</p>
제4차 미세먼지 계절관리제	<p>농촌 불법소각 방지</p> <ul style="list-style-type: none"> -영농폐기물 수거시설 확충, 수거보상금 증액, 집중수거기간 운영 및 민관부처 협업 -영농폐비닐 재활용처리시설 추가 신설 및 공동집하장 확충 -영농폐기물 국고지원금 인상 및 수거 물량 확대 -영농폐기물 집중수거기간 운영 및 수거지원사업 협업 -영농폐기물 적정 처리 관련 농가 안내 및 교육, 홍보 -취약계층 영농잔재물 수거 지원

자료: 환경부(2022); 관계부처 합동(2020)을 이용하여 저자 작성.

농식품부의 일부 지원사업은 시범사업 혹은 지자체 사업 형태로 운용되고 있다. 대표적으로 노후 농기계 조기 폐차 지원사업이 2021년부터 시범사업으로 운영되었고 2022년 말 예비타당성 조사를 통과하여 추후 도입 예정이다. 이외에 지자체에서 영농부산물 활용, 파쇄기 지원사업, 소형 농업용차량 지원 사업 등이 운용되고 있다.

〈표 3-5〉 농림축산식품부 미세먼지 관련 지자체·시범사업

구분	농업 부문 미세먼지 저감정책
지자체·시범사업	노후 농기계 조기폐차 지원 보릿짚 활용농가 지원사업 맥류 영농부산물 활용 인센티브 지원 노후 농업기계 미세먼지 저감대책 지원 여성친화형 다목적 소형전기운반차 지원 여성친화형 다목적 소형전기차 지원

자료: 농림정보사업시스템(<https://uni.agrix.go.kr/webportal/main/portalIndex.do>), 검색일: 2023. 5. 2.

농식품부는 미세먼지 저감 및 관리가 주목적인 사업은 아니지만 미세먼지 저감과 관련된 지원사업을 시행하고 있다. 농식품부의 지원사업 중 미세먼지와 관련된 사업은 크게 소각, 비료, 가축분뇨, 신·재생에너지 부문으로 분류할 수 있다.

먼저 소각 부문에는 영농폐기물의 적정처리, 농촌지역 불법소각 방지 활동을 포함하는 지원사업이 포함되었다. 다음으로 비료 부문에서는 적정비료, 유기질 비료, 완효성비료 등을 지원하여 질소질비료 사용을 절감하도록 하는 사업들이 포함되었다. 축산분뇨 부문에는 가축분뇨 저감 및 관리를 통해 암모니아 배출을 저감하는 사업들이 포함되었다. 마지막으로 신재생에너지 부문에서는 화석연료 사용을 줄여 1차 미세먼지를 저감할 수 있는 사업들이 포함되었다(표 3-7).

〈표 3-6〉 농림축산식품부 지원사업 중(中) 미세먼지 저감 관련 사업

구분	미세먼지 관련 시행사업	세부활동
소각	공익직불제(기본직불)	영농폐기물 적정처리
		불법소각 방지
	농업환경보전 프로그램	영농 생활폐기물 공동수거 및 분리배출
비료	공익직불제(친환경직불)	유기농업
	공익직불제(친환경직불)	적정비료 사용
	유기질비료 지원사업	유기질비료 지원
	농업환경보전 프로그램	완효성비료 사용
축산분뇨	가축분뇨처리 지원사업	축산악취개선
		미생물제제 지원
		바이오커튼
	농업환경보전 프로그램	안개분무
		미생물제제 사용

(계속)

구분	미세먼지 관련 시행사업	세부활동
신·재생에너지	농업에너지 이용 효율화사업	화석연료 사용 절감
	농촌재생에너지 보급지원사업	

자료: 농림정보사업시스템(<https://uni.agrix.go.kr/webportal/main/portalIndex.do>). 검색일: 2023. 5. 2.

2.2.2. 산림 부문

산림 부문 미세먼지 저감 정책은 크게 다음과 같은 4개 부분으로 나눌 수 있다. 1) 국제협력을 강화하여 미세먼지 진원지인 몽골과 중국에 숲을 조성, 2) 도시 주변부 숲을 적극적으로 관리, 3) 도시공원의 녹지 기능 최적화, 4) 실내 공기 정화를 위해 식물 관리 방법 등에 대한 찾아가는 컨설팅 제도 운영 등이다. 이 중 가장 주목하여야 하는 부분은 2), 3)과 관련된 도시숲 조성이다.⁷⁾

도시숲은 도시 열섬 및 폭염, 한여름의 열대야, 공기 오염 등으로 도시민의 불편이 가중되자 이에 대한 대책 중 하나로 조성되었다. 2003년 국유지 도시숲 조성을 시작으로 2005년 지자체 도시숲 조성을 추진하여 매년 꾸준히 확대되는 추세이다. 최근 도시숲의 미세먼지 저감효과가 밝혀지면서 미세먼지 저감을 위해 도시숲을 활용하는 정책이 적극적으로 추진되고 있다. 이를 위해 산림청은 2018년 ‘제2차 도시림 기본계획’과 ‘미세먼지 저감 및 품격 있는 도시를 위한 그린 인프라 구축방안’을 마련하였다. 도시숲의 체계적 조성과 관리를 통해 미세먼지 문제를 해결하고 국민의 삶의 질을 높이는데 기여하는 것이 목적이다.

‘제1차 도시림 기본계획’⁸⁾에서는 미세먼지 저감 등 생활 불편 해소를 위한 특화된 도시숲 개발전략이 강조되지 않았으나 ‘제2차 도시림 기본계획(2017~2018)’에서는 도시숲을 통한 미세먼지 저감 전략이 강조되었다.

7) 마운틴뉴스(2018. 5. 11.), “[하이슈 ‘미세먼지, 도시숲이 해결책이다’ <2>정부 정책과 조성계획] 숲, 미세먼지 40.9%까지 저감”.

8) 계획기간 2008~2017년.

〈표 3-7〉 '2차 도시림 기본계획'에서 미세먼지 저감 정책

구분	내용
기본방향	-도시숲의 생태적기능유지와 녹지총량 유지·관리 체계 구축 -도시숲 간 및 외곽 산림과 유기적 연결 확대
목표	2027년까지 1인당 생활권 도시림 1인당 15m ³
추진과제	<p style="text-align: center;">1. 도시숲 네트워크 체계 정립</p> <p>① 미세먼지 저감, 폭염 완화, 재난방재 등 조성목적을 우선 적용하되, 다원적 효과를 고려하여 수종선택·배치 등 설계·조성</p> <p>② 미세먼지 저감 등 도시숲의 기능이 최적으로 발휘 되도록 입체적 조성·관리</p> <p>③ 도시근교·외곽산림의 숲 가장자리는 미세먼지 저감을 위해 상록 침엽수림으로 점진적 수종 갱신</p>
	<p style="text-align: center;">2. 도시숲의 양적 확대</p> <p>① 미세먼지·도시열섬 현상 등을 조기에 분산·저감하기 위해 도시 외곽의 찬바람을 끌어들이며 대기정체를 해소하는 바람길숲 조성</p> <p>② 미세먼지 발생원 도로주변에 미세먼지 저감숲 조성</p> <p>③ 산업단지 내외 방치된 숲의 생태적 건강성 회복, 유휴부지에 숲을 조성하여 미세먼지 차단 등 환경 개선</p> <p>④ 가로수에 미세먼지 저감 수종 식재</p>
	<p style="text-align: center;">3. 도시숲의 활용 확대</p> <p>① 미세먼지 저감 등 도시숲 효과에 대한 국민의식 증진</p>

자료: 산림청(2018b) 《제2차 도시림 기본계획(2018~2027)》 중 미세먼지 관련 정책 저자 정리.

‘미세먼지 저감 및 품격 있는 도시를 위한 그린 인프라 구축방안’(이하 그린 인프라 구축방안)의 세부 내용은 다음과 같다.

〈표 3-8〉 산림 부문 미세먼지 정책: ‘그린 인프라 구축 방안’ 추진체계

구분	내용
기본방향	미세먼지 저감, 폭염완화 등 생활환경 개선을 위해 다양한 유형의 도시숲 등 그린 인프라 확대 및 도시 외곽 산림의 생태적 기능 강화
목표	미세먼지 저감 및 도시의 질적 가치 증진 2022년까지 1인당 생활권 도시림 12.43m ³
추진과제	<p style="text-align: center;">생활권 그린 인프라 지속적인 확충 및 활용 확대</p> <p>① 도시숲 등 그린 인프라의 체계적 확충</p> <p>② 목적형 도시숲 조성모델 개발 및 보급</p> <p>③ 생활권 내 정원 인프라 확충</p> <p>④ 도시숲을 산림복지 서비스 및 관광자원으로 활용 확대</p>
	<p style="text-align: center;">미세먼지 저감을 위한 도시숲 및 외곽 산림 관리 강화</p> <p>① 건강하고 생태적인 도시숲 관리</p> <p>② 도시 근교 산림의 기능별 산림 관리 집중</p> <p>③ 도시 외곽 산림의 건강성 및 경관 유지·증진</p>

(계속)

구분	내용
	지속가능한 도시숲 조성·관리 기반 구축 ① 시민주도 도시숲 조성·관리 체계 마련 ② 부처협업 및 지자체 역할 강화 ③ 법령·제도 정비 및 통계기반 구축

자료: 산림청(2018a).

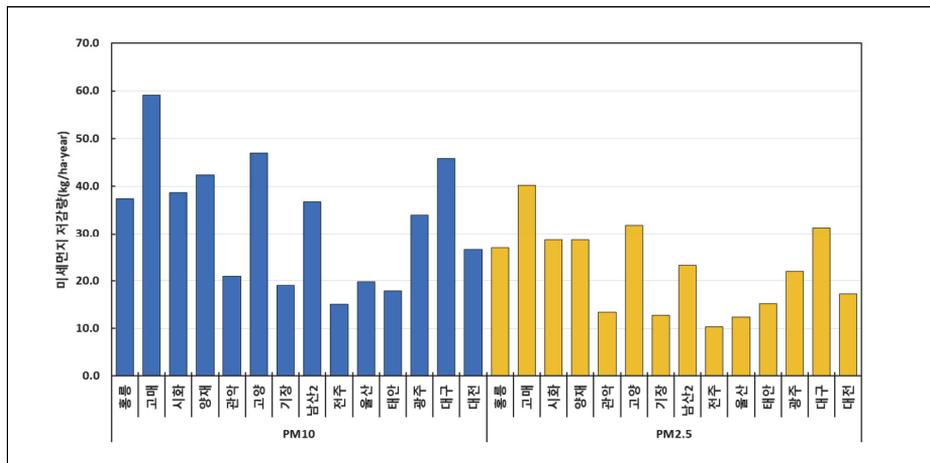
‘제2차 도시림 기본계획’ 및 ‘미세먼지 저감 및 품격 있는 도시를 위한 그린 인프라 구축방안’의 주 내용은 도시숲을 확충하고 도시 외곽 산림을 관리하여 도시 내·외부의 산림을 유기적으로 연결하는 것이다. 도시 외부의 바람이 도시 내부로 전달되도록 하여 대기 정체를 해소하고, 미세먼지를 조기에 분산하도록 한다. 또한 미세먼지 저감 기능 강화를 위해 미세먼지 발원지 주변에 60ha의 차단숲을 신규 조성하고, 학교, 옥상, 벽면 등 도심 내 자투리 공간을 활용한 도시숲 조성을 추진한다. 현재 관리 미흡으로 방치된 숲으로 전략한 도시 주변부의 그린벨트의 생태적 관리를 강화하여 미세먼지 저감 기능을 강화하도록 한다.

우리나라 정부는 미세먼지를 저감하기 위한 도시림 정책으로 차단숲, 저감숲, 바람길숲이라는 세 가지 종류의 도시림을 조성하고 있다. 차단숲은 대기오염물질이 이동하는 것을 차단하는 방식으로 숲을 조성한다. 반면, 저감숲은 대기오염물질을 도심의 숲속으로 유인해 나무의 잎과 줄기에 흡착하거나 토양에 침강하도록 유도한다. 바람길숲은 도시 외곽의 숲의 찬 공기의 흐름을 이용해 도시 내의 오염물질을 외부로 내보내는 산림의 구조를 만드는 방법이다. 산림청은 바람길숲 조성을 위해 시도별 1개소씩 총 17개소의 바람길 숲을 조성하기 위한 예산을 마련하고, 적극적인 행정 노력을 기울이고 있다.

도시림을 통한 미세먼지 관리를 위해서 정부는 ‘산림 미세먼지 측정넷’을 운영하고 있다. 이는 산림과 도시림에 미세먼지 측정장비를 설치하여, 미세먼지 및 기상 정보를 실시간으로 국민들에게 전달하기 위한 관측 시스템이다(최수민 외, 2022). 2019년부터 2022년까지 전국 36개소 108개 지점에 미세먼지 측정넷을 구축하였고, 각 측정점은 오염원·차단숲·주거지역 또는 국가배경농도 지점, 청

정산림 등에 위치하여 숲의 미세먼지 농도 변화를 관측하고 있다. 2020년까지 구축된 20개소 중 14개소의 2021년 측정값을 이용하여 숲의 미세먼지 저감량을 추정하였다. 그 결과, 우리나라 숲의 연간 평균 미세먼지 저감량은 PM10의 경우 32.9kg/ha/year로 추정되었고, PM2.5는 22.4kg/ha/year를 저감하는 것으로 추정하였다. 연간 미세먼지 저감량은 숲의 면적이 넓고 숲을 이루는 수목의 평균수고가 높을수록 높게 나타났다<그림 3-1>. 도시림의 미세먼지 저감 효과를 높이기 위해서 산림 내 공기흐름을 적절히 유도하고, 줄기·가지·잎 등의 접촉면이 최대화될 수 있도록 관리해야 한다. 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률(이하 '도시숲법')에서 도시숲의 기능별 유형에 대한 적절한 관리방안을 제시하고 있는데, 임분 내 원활한 공기 흐름을 유도하기 위해서 적정밀도를 유지해야 하며 상층목과 일부 중층목을 제거하도록 한다(최수민 외, 2022). 특히, 층위별 미세먼지 흡수 및 흡착 효과를 높이기 위해서 하층식생은 최대한 존치하는 것으로 도시림 관리 방향을 제시하고 있다<표 3-7>.

<그림 3-1> 산림 미세먼지 측정넷의 측정소별 연간 미세먼지 저감량(kg/ha/year)



자료: 최수민 외(2022).

〈표 3-9〉 미세먼지 저감형 도시림 관리방안

구분	내용
관리목표	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 발생원으로부터 생활권으로 유입되는 미세먼지 등 오염물질을 차단하거나 흡수·침강 등의 방법으로 저감하는 기능을 가진 도시림(산림)
목표로 하는 산림	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 저감 기능을 최대한 발휘할 수 있는 다층·복엽 혼효림
기능 및 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 발생원에서 배출되는 미세먼지로부터 생활권 체감농도 저감으로 시민의 건강 및 생활환경 개선에 기여 • 향후 도시림 기능별 유형의 위계를 고려하여 '재해방지형'으로의 통합 고려
관리방법	<ul style="list-style-type: none"> • 산림 내 공기흐름을 적절히 유도하고 줄기, 가지, 잎 등의 접촉면이 최대화 될 수 있도록 관리 • 인구밀도가 높은 생활권 주변 산림을 집중적으로 정비하여 미세먼지 저감기능을 극대화하고, 인구밀도가 낮은 도시 외곽지역은 미세먼지 저감 기능과 산림의 다양한 공익적 기능을 복합적으로 증진시킬 수 있도록 유도 • 임분 내 원활한 공기흐름 유도를 위해 적정밀도의 상층목 및 일부 중층목을 제거(미세먼지 흡착을 많이 하는 수종은 존치)하되, 층위별 미세먼지 흡수·흡착 효과를 높이기 위해 작업의 방해가 안 되는 범위 내에서 하층식생은 최대한 존치 • 낙엽활엽수 단순림의 미세먼지 저감 기능 증진을 위해 숲아베기를 실시하며, 공한지 발생 시 미세먼지 저감 효과가 높은 침엽수종을 식재하며 지속적으로 필터링 효과를 유지할 수 있는 침·활 혼효림으로 유도 • 가지치기는 침엽수의 경우 상층목 생지를 대상으로 최대 6m까지 실행하고, 활엽수의 경우 수형의 특성을 고려하여 역지 이하까지 실행

자료: 국립산림과학원(2022).

4

녹색경제의 경제성 분석⁹⁾

1. 1차년도 농업 부문 비에너지분야 녹색기술

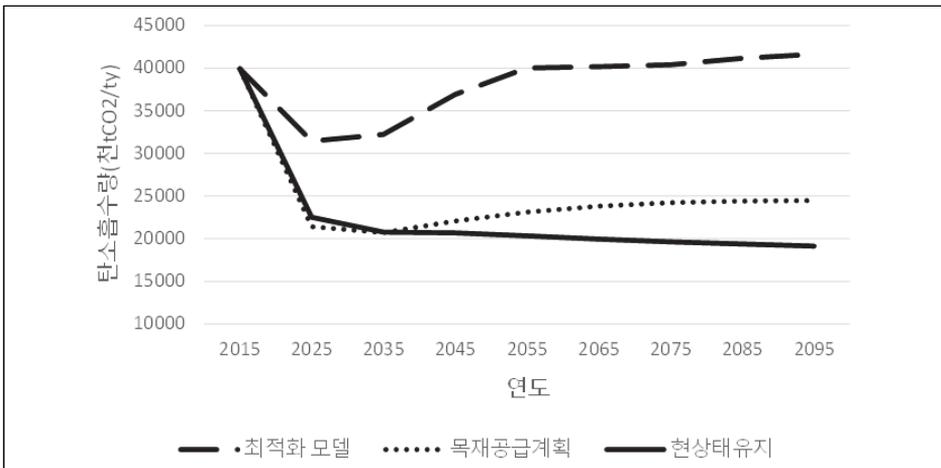
농림업 부문 녹색경제의 실증분석을 위해 여러 가지 방법론을 적용하였는데, 우선 녹색기술 적용의 경제성 분석을 위해 한계감축비용 분석방법론, 산림분야 탄소흡수 효과를 분석하기 위해 Cohort 모형과 최적화 모형, 그리고 경제적 및 환경적 파급효과 분석을 위해 환경산업연관분석법을 이용하였다. 한계감축비용 분석 결과를 보면, 비에너지 부문은 바이오차 내 부산물, 무경운, 풋거름재배, 적정비료사용 등이 한계감축비용이 낮은 것으로 나타났다. 에너지 부문은 목재펠릿 난방장치, 다점보온커튼, 지열히트펌프, 온풍난방기용 배기열 회수 장치 등이 한계감축비용이 낮은 것으로 나타났다. 다양한 녹색기술이 존재하지만 온실가스 감축목표를 효과적으로 추진하기 위해서는 예산제약하에서 한계감축비용이 낮은 기술 보급을 우선적으로 추진할 필요가 있다. 상세 결과는 1차년도 보고서의

⁹⁾ 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

〈표 4-2〉를 참조하기 바란다.

산림분야 탄소흡수 효과를 분석한 결과 베이스라인 대안보다는 목재공급계획 이 대안이, 목재공급계획 대안보다는 최적화 대안이 탄소흡수량과 탄소고정 효과가 모두 크게 나타났다. 구체적으로, 현 상태를 유지할 경우(베이스라인)와 목재공급계획을 따를 경우 모두 2035년까지 이산화탄소 흡수량이 감소하지만, 목재공급계획을 따를 경우, 2035년 이후에 흡수량이 증가하는 것으로 나타났다. 최적화 모델을 따를 경우, 2025년까지 이산화탄소 흡수량이 줄어드나, 그 이후에는 늘어나는 것으로 나타났다. 〈그림 4-1〉을 보면 최적화 모델과 다른 두 시나리오의 이산화탄소 흡수량 차이는 시간이 지남에 따라 늘어나 2015년 약 4천만 톤 CO₂로 계산되었던 이산화탄소 흡수량 차이가 2025년에 약 1천만 톤 CO₂의 차이를 나타냈으며, 2045년에는 1,500만~1,600만 톤 CO₂로 확대되는 것으로 나타났다.

〈그림 4-1〉 시나리오별 이산화탄소 흡수량 변화 비교



자료: 산림청 홈페이지(<https://www.forest.go.kr>), 검색일: 2021. 10. 25.

목제품 탄소고정 효과를 비교한 분석 결과, 미래의 목제품 수요(Demand)를 충족시키기 위해 투입되는 국산 목재 비율은 목재공급계획 시나리오의 경우, 목

제품 종류에 관계없이 침엽수는 1.24배에서 2.67배, 활엽수는 1.24배에서 2.65배 늘어났다. 한편, 최적화 모델 시나리오의 경우 그 비율이 침엽수는 5.9배 늘어나고, 활엽수는 5.55배 늘어나는 것으로 나타났다. 이 비율은 개술개발이 전혀 없다고 하더라도 벌채량이 증가하여 늘어나는 목제품 탄소고정 효과가 된다. 따라서 이러한 결과를 고려하여 향후의 정책을 추진할 필요가 있다. 특히 국산 목재의 소비가 탄소 고정효과를 가지므로 앞으로 국산 목재 활용을 보다 증가시킬 필요가 있음을 시사한다. 상세한 분석 방법 및 결과는 1차년도 보고서 4장 3절을 참조하기 바란다.

〈그림 4-2〉 이 연구의 환경산업연관표 구조



자료: 이용진(2020)의 연구를 참고해 본 연구의 내용과 목적에 맞게 저자 수정 및 보완.

녹색기술 도입의 경제적·환경적 효과를 분석하기 위해 〈그림 4-2〉와 같은 구조의 환경산업연관표를 작성했으며, 크게 ‘연료 연소 부분’, ‘사육 및 재배부분’으로 구분된다. 또한, ‘생산-생산형 모델’의 생산유발계수와 산업(Industry) 부문

별 온실가스 배출원단위를 이용해 도출한 농림축산업의 온실가스 배출유발효과는 산업 부문별 생산 1단위(백만 원) 변화가 전 산업에 직간접적으로 유발하는 온실가스 배출량(톤)을 의미한다(표 4-1). 농림축산업과 주요 연관산업의 온실가스 배출 유발효과는 벼 부문이 1.323으로 가장 크며, 한육우 부문 1.195, 낙농 부문 0.933, 양돈 부문 0.511, 기타축산 부문 0.504, 기타작물 부문 0.438, 곡물 및 식량작물 부문 0.402 등의 순으로 나타났다.

〈표 4-1〉 농림축산업의 온실가스 배출유발효과(총배출량 기준)

단위: 톤 CO₂eq./백만 원

구분	경종농업					
	벼	곡물 및 식량작물	채소	과실	기타작물	경종농업 평균
온실가스 유발효과	1.323	0.402	0.205	0.227	0.438	0.519
자체산업	1.230	0.284	0.091	0.134	0.330	0.414
타 산업	0.093	0.118	0.114	0.094	0.108	0.105
구분	축산업					
	낙농	한육우	양돈	가금	기타축산	축산업 평균
온실가스 유발효과	0.933	1.195	0.511	0.390	0.504	0.707
자체산업	0.677	0.958	0.278	0.184	0.350	0.489
타 산업	0.256	0.237	0.232	0.207	0.155	0.217
구분	임업			주요 연관산업		
	영림, 원목	임산물	임업 평균	비료 및 질소화합물	사료	
온실가스 유발효과	0.107	0.115	0.111	0.398	0.199	
자체산업	0.018	0.007	0.013	0.095	0.016	
타 산업	0.089	0.108	0.099	0.303	0.183	

자료: 이 연구에서 작성한 환경산업연관표 및 '생산-생산형 모델'을 이용하여 저자 작성.

환경산업연관분석은 선행연구와 달리 산업 간 파급되는 영향을 고려하였으며, 분석 결과는 대부분 경제적·환경적 파급효과가 상당히 존재하는 것으로 나타났다. 구체적으로 논벼 최소경운 및 무경운 도입의 경우 벼 재배 농가 중 20%가 도입한다고 가정하면 최소경운 직파는 연간 273,475백만 원, 무경운 직파는 연간 359,384백만 원의 파급효과가 있는 것으로 나타났다. 풋거름재배 도입은 벼 재배 농가와 과수 재배 농가의 20% 도입을 가정할 경우, 환경적 효과와 경제적 파

급효과를 합쳐 각각 연간으로 계산할 때 39,486백만 원, 44,041백만 원으로 나타났다. 벼 재배 적정비료 시비 도입의 온실가스 절감과 경제적 파급효과를 종합해서 계산하면 벼 재배 농가 20% 도입을 가정할 경우 연간 22,081백만 원으로 나타났다. 산란계사 LED 도입에 따른 경제적 효과 및 온실가스 배출 감소 효과를 종합해서 계산해 보면, 20% 농가가 도입했다고 가정할 경우 1,054백만 원으로 나타났다. 한우 거세우 비육후기 저단백사료 급여에 따른 경제적 및 온실가스 배출 감소효과를 종합해서 계산해 보면, 거세우 1마리당 -101,753원으로 나타났다. 마지막으로 2050년 최적화 옵션을 기준으로 할 때 영림원목 부문의 경제적 효과 및 온실가스 배출유발비용을 종합해서 계산하면 2030년에는 8,468,000백만 원, 2040년에는 8,529,000백만 원, 그리고 2050년에는 8,615,800백만 원으로 나타났다. 본 분석에서 제시된 녹색기술 도입은 저단백사료 급여를 제외하고 모두 정의 파급영향이 도출되었다. 이와 같은 결과를 통해 볼 때 녹색기술 보급 확대를 정책적으로 지원할 필요가 있음을 알 수 있다. 한편 지금까지 저단백·저메탄사료 급여가 가축에 미치는 영향을 분석한 연구는 부족하다. 저단백·저메탄사료 급여에 따른 영향분석뿐 아니라 저단백·저메탄사료를 급여하면서 농가 수익성 확보를 위한 기술개발이 필요하다. 녹색기술 도입의 환경산업연관분석의 세부 결과는 1차년도 보고서 4장 4절을 참조하기 바란다.

2. 2차년도 농업 부문 에너지분야 녹색기술

녹색기술의 온실가스 감축효과와 경제적 효과 및 기술 보급의 우선순위 분석을 위해 한계감축비용분석, 그리고 녹색경제의 경제적 및 환경적 파급영향을 분석하기 위해 환경산업연관분석법을 이용하였다.

예산 제약하에서 감축목표를 효율적으로 달성하기 위한 비용효과적인 정책의

추진이 필요하다. 다양한 녹색기술 가운데 어느 기술이 국가 차원에서 먼저 보급해야 할지를 결정할 때 한계감축비용분석이 이용된다. <표 4-2>와 같이 비용 및 편익 자료를 이용하여 분석된 한계감축비용을 보면, 바이오가스 플랜트, 농업용 열 회수형 환기장치, 고효율 보온자재, 지열히트펌프 시스템 등의 한계감축비용이 낮았다. 따라서 이들 기술을 우선적으로 보급할 필요가 있다. 반대로 한계감축비용이 높은 순환식 수막재배시스템, LED 조명 활용, 목질바이오매스 활용 등은 후순위로 보급하는 것이 필요하다.

<표 4-2> 에너지 부문 한계감축비용 도출

단위: 천 원, 천 원/톤 CO₂eq

구분	에너지분야 녹색기술	감축량	비용	추가 비용	한계감축비용	
에너지 이용 효율화 기술	에너지 절감 기술	고효율 보온자재(다검보온커튼)	9.250	11,883	-3,151	-290.75
		중앙권취식 보온터널 자동개폐 장치	-	-	-	현재 생산되지 않음
		축열물주머니 이용 보온장치 (인증제)	-	-	-	-
		순환식 수막재배시스템	0.348	2,250.1	-678.4	1,949.5
		농업용 열 회수형 환기장치	20.848	1002.9	-20,869	-1,001
		온풍난방기 배기열 회수장치	7.696	8,510.3	-728.66	-94.7
		미활용 열에너지(발전온배수)	147.5	15,966.6	10,933.4	74.5
	일사량 감응 전자동 변온관리 시스템	8.628	-	-	다른 환경감응 장치에 포함 되어 별도로 적용되지 않음	
신재생 에너지 이용 기술	신재생 에너지 이용 기술	LED 조명 활용(잎들깨 LED)	5.6	4,518.3	3,919.3	699.9
		LED 조명 활용(산란계사 LED)	65,869.984	817.5	-1,987.6	-0.02
		지열히트펌프 시스템	6.6	1,048	-1,227	-185.96
		공기열 히트펌프 시스템	17.7847	-	-2,620	-147.3
		농촌지역에서 재생에너지 이용 전력생산 및 자가 사용(외부사업)	-	-	-	-
농기계 에너지 절감기술	농기계 에너지 절감기술	직파재배(휴림건답)	0.1946	-	-	-30.67
		무경운 및 부분경운(무경운)	0.85	-	-110	-134.1
		무경운 및 부분경운(최소경운)	0.41	19.6	-14.9	44
		농기계 전기, 수소 전환	-	-	-	-

(계속)

구분	에너지분야 녹색기술	감축량	비용	추가 비용	한계감축비용
바이오매스 활용 기술	목질바이오매스 활용(목재펠릿보일러)	33.912 ¹⁾	-	5,300	156.29
	(가축분뇨) 바이오매스 에너지화	1,378 ²⁾	2,326,544	-664,550~ 6,914,316	-5,017.6~ 482.3 (-2,267.7 ⁴⁾)
	(농산부산물) 바이오매스 에너지화	3,025 ³⁾	100,000	98,502	32.6

주 1) 40MW급 발전소의 1시간당 감축량을 나타냄.

2) 1일 100톤 처리 규모의 바이오가스 플랜트의 연간 감축량을 나타냄.

3) 벼 120톤 건조 시의 감축량을 나타냄.

4) 중간값을 나타냄.

자료: 이상민 외(2017); 정학균 외(2022) 재인용. 볼드체 기술은 본 연구에서 새롭게 추정하여 저자 작성.

에너지분야 녹색기술 보급은 농업 내에서뿐만 아니라 타 산업에까지 영향을 미치게 된다. 환경산업연관분석 결과, 분석대상이 된 모든 에너지분야 녹색기술들의 경제적·환경적 양의 파급효과가 존재하는 것으로 나타났다. 구체적으로 1차년도에 살펴보지 않았던 공기열 히트펌프 등의 경우 시설원예에 도입하면 경제적 파급효과가 존재하는 것으로 나타났다. 녹색기술들의 기존 기술 대비 탄소 감축 효과는 공기열 히트펌프가 경유온풍기 대비 48.9%, 농업용 열 회수형 환기장치의 경우 일반 환기장치 대비 28%, 온풍난방기 배기열 회수장치의 경우 일반보다 15.8%의 온실가스 배출량이 감소한다. 이는 온실가스 감축목표 달성 측면에서 그리고 농가 경영비 감소 측면에서 녹색기술 보급을 보다 적극적으로 추진할 필요가 있음을 시사한다.

3. 3차년도 농업 부문 미세면지 관련 녹색기술

미세면지 저감농업 기술들 가운데 자료가 이용가능한 기술들을 대상으로 암모니아 감축기술의 비용효과성 분석을 시도한 결과, 공기열히트펌프, 적정 비료 사용, 비육기간 단축, 심층시비의 순으로 비용효과성이 높은 것으로 나타났다<표

4-3). 공기열 히트펌프의 경우 초기 설비 투자비가 발생하지만 에너지 절감으로 얻는 추정 수익이 26,196천 원으로 나타났으며, 적정 비료 사용의 경우 약 4천 원의 투입재 비용 절감이 나타났다. 반면, 한우 거세우 비육기간을 2개월 단축하면 사료비는 1마리당 22만 원 절감되지만, 축산물 판매수익은 33만 원 감소하여, 전체적으로 11만 원 손실이 발생하고, 심층시비기 도입 시 추정 수익액은 약 182천 원의 손실이 나타났다. 이는 예산제약하에서 미세먼지 저감농업 기술을 보급할 때는 비용효과성이 높은 기술을 우선적으로 보급할 필요가 있음을 시사한다.

〈표 4-3〉 암모니아 감축기술의 비용효과성

기술	단위	추가비용(A)	암모니아 감축량(B)	비용효과성(A/B)
적정비료 사용	원, kg-NH ₃ /10a/1년	-4,206.50	1.23	-3,420
심층시비	원, kg-NH ₃ /10a/1년	181,902	1.80	101,057
비육기간 단축	원, kg-NH ₃ /마리/1회	107,723	2.70	39,897
공기열히트펌프	원, kg-NH ₃ /ha/1년	-26,196,000	13.27	-1,974,393

주: 공기열 히트펌프의 주 오염물질은 NO_x, SO_x 등이나 여기에서는 분석의 편의를 위해 암모니아 감축량만을 고려함.

자료: 저자 작성.

본 연구에서 추정된 암모니아가 초미세먼지 농도에 미치는 요인 분석 결과를 활용하면, 암모니아 저감 기술들의 암모니아 저감량 1.23~13.27kg은 초미세먼지 농도를 $-0.000014\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim -0.000153\mu\text{g}/\text{m}^3$ 하락시키는 것으로 계산되며, 미세먼지 농도가 낮아지면 경제적 편익이 발생한다(이해춘 외, 2018). 하지만 암모니아가 초미세먼지 농도에 미치는 요인분석 결과는 자료의 제약이 있어 분석결과를 일반화하기는 어렵다. 다만 적정비료 사용 기술과 공기열히트펌프의 경우 1년 차와 2년 차에 수행되었으며 양의 파급효과가 나타났다. 따라서 동일한 기술에 대해 비용변화는 없는 가운데 암모니아 저감효과를 추가하면 파급효과는 더 커질 것으로 예상된다.

미세먼지 및 도시습이 호흡기 질환에 미치는 경제적 영향을 볼 때 도시림의 면적을 늘려간다면 질병으로 인한 사회경제적 비용이 감소할 것으로 보인다. 도시

림은 공기의 질을 개선하고, 미세먼지를 감소시킨다. 이로 인해 호흡기 질환으로 인한 병원 방문 및 입원이 줄어들 수 있으며, 이에 따라 개인과 사회가 부담하는 의료비용이 절감될 수 있다. 호흡기 질환의 발생이 줄어들면 약물 치료에 들어가는 비용도 감소하며, 사용하는 약물의 양도 감소할 수 있다. 호흡기 질환으로 인한 병가나 휴식이 줄어들면 일터에서의 생산성 손실도 감소하게 된다. 이는 국가 경제에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

현재의 생활권 도시립 면적 및 PM10 수준에 따른 경제적 비용과 미세먼지 증가 시나리오와 도시립 확대 시나리오를 비교하였을 때의 비용을 알아보기 위해 미세먼지가 현재 대비 10%, 20%, 30% 증가하는 시나리오와 도시립 면적이 현재 대비 10%, 20%, 30% 확대되는 시나리오를 가정하였다. <표 4-4>와 같이 분석 결과 도시립 확대가 미세먼지 증가에 따른 부정적 영향을 상쇄하는 효과가 있으나 이를 완전히 제거하지는 못하는 것으로 보인다. 도시립 조성비용 및 부지 확보 비용, 관리 비용 등을 감안한다면 추가로 발생하는 미세먼지의 영향을 모두 제거하기에는 한계가 나타날 수 있다. 따라서 S3 시나리오가 S1 시나리오에 비해 증가되는 사회적 비용은 적지만, 미세먼지와 도시립이 같은 비율로 증가하여도 여전히 사회경제적 비용은 증가하는 추세가 나타난다. 따라서 미세먼지 저감 측면에서만 도시립의 효과를 판단하였을 경우 도시립의 효과는 한계가 있으므로 미세먼지가 발생하지 않도록 노력하는 것이 우선적으로 선행되어야 할 것으로 보인다. 또한 미세먼지로 인한 1인당 사회·경제적 비용은 지역별로 차이가 나타나므로 1인당 사회·경제적 비용이 높게 나타난 제주, 대구, 대전 등의 도시에 생활권 도시립을 확대하는 노력이 필요해 보인다. 도시립의 보호와 확장은 장기적으로 사람들의 건강을 개선하고, 다양한 질병에 대한 저항력을 키워 줄 것으로 보인다. 이로 인해 장기적인 건강 관리 비용도 절감될 수 있을 것을 기대한다. 미세먼지 저감농림업의 경제적 효과 분석 방법론과 상세 분석 결과는 3차년도 보고서 4장 2절을 참고하기 바란다.

〈표 4-4〉 경제성 영향 평가 결과

시나리오	도시림 면적	PM ₁₀ 수준 변화	경제적 비용	
베이스라인	생활권 도시림 면적 현 상태 유지	2020년 PM ₂	기존 연구 (90,230억 원)	
S1	2020년 수준 유지	2020년 대비 10% ↑	91,614억 원	+1.53*%
		2020년 대비 20% ↑	92,895억 원	+2.95%
		2020년 대비 30% ↑	94,090억 원	+4.28%
S2	2020년 대비 10% ↑	2020년 수준 유지	89,902억 원	-0.36%
	2020년 대비 20% ↑		89,604억 원	-0.69%
	2020년 대비 30% ↑		89,331억 원	-1.00%
S3	2020년 대비 10% ↑	2020년 대비 10% ↑	91,281억 원	+1.16%
	2020년 대비 20% ↑	2020년 대비 20% ↑	92,251억 원	+2.24%
	2020년 대비 30% ↑	2020년 대비 30% ↑	93,152억 원	+3.24%

자료: 저자 작성.

5

농업인 인식조사¹⁰⁾

1. 농업인 인식조사 및 분석

1.1. 농업인 인식조사

농가의 온실가스 감축에 대한 인식과 감축기술 수용 의향을 알아보기 위해 벼, 시설재배, 축산 농가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 논벼, 시설재배, 축산 농가를 대상 설문조사 결과를 종합해보면, 모든 유형의 농가는 농업경영에서 기후변화의 영향을 체감하며, 앞으로도 지속될 것이라고 예상하였다. 대부분 농가에서 기후변화의 부정적인 영향을 감소시키기 위한 온실가스 감축 노력의 필요성을 잘 인지하고 있었다. 한편, 축산 농가의 경우 타 유형의 농가보다 국가 탄소중립목표와 농축산업의 온실가스 발생에 대해 더 잘 알고 있었으나, 온실가스 목표 동참에 대해서는 긍정적 응답률이 비교적 낮은 수준으로 나타났다(1차년도 보고

10) 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

서 <표 5-4> 참조).

기후변화에 대응하기 위한 온실가스 감축기술 현황 및 수용의 애로사항을 조사한 결과, 논벼 농가의 경우 간단관개와 논물얹게대기(논물걸러대기) 기술의 사용률이 높은 반면, 무경운/최소경운과 녹비작물 재배기술의 사용률은 낮은 수준이었다. 논벼 농가에서 온실가스 감축기술을 사용하지 않는 주된 이유는 생산량 감소를 우려하기 때문이었으며, 다음으로 생산비 증가와 해당 기술을 잘 모르기 때문으로 나타났다. 한편, 바이오차 기술에 대해 대부분 농가에서 수용할 의향이 있었으나, 일부 농가는 토양개량 효과에 대한 불신과 기술 및 국가 보급사업 내용을 모르기 때문에 수용 의향이 없다고 응답하였다.

시설재배 농가의 경우 온실가스 감축기술의 사용률이 낮은 편으로 나타났다. 순환식 수막재배 기술은 지열히트펌프와 다겹보온커튼보다 비교적 많은 농가에서 사용하였으나, 전반적으로 대부분 시설재배 농가는 온실가스 감축기술을 사용하지 않았다. 시설재배 농가에서 온실가스 감축기술을 사용하지 않는 가장 큰 이유는 초기 설치비 부담과 경영비 상승 등 농가 비용부담에 어려움이 크기 때문으로 나타났다.

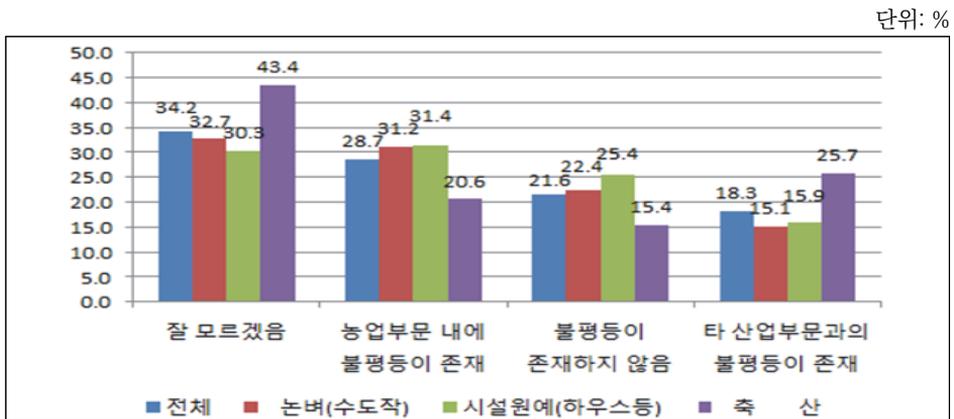
축산 농가의 경우 가축분뇨 처리를 위해 퇴·액비 공동자원화 시설을 활용하는 농가가 다소 많았으나, 바이오에너지 공동자원화 시설을 이용하는 농가는 많은 편이 아니었다. 가축분뇨 처리시설을 이용하지 않는 가장 큰 이유로는 처리비용이 비싸기 때문이었으며, 다음으로 공동자원화 시설이 멀기 때문으로 나타났다. 반추가축을 사육하는 축산 농가에서는 양질의 조사료를 급여하는 농가가 대부분이었으며, 향후 메탄저감 사료와 적정단백질 사료 급여 의향도 높은 수준으로 나타났다. 한편, 양질의 조사료를 급여하지 않는 농가는 볏짚에 비해 비싼 가격 때문이었으며, 메탄저감 사료와 적정단백질 사료의 급여 의향이 없는 농가는 경영비(사료비) 상승에 대한 우려 등 경제적 부담이 가장 큰 애로사항으로 나타났다.

향후 기후변화 대응 온실가스 감축기술에 대한 농가 수용률을 향상하려면 초기 투자비 지원, 안정적인 판로확보 지원, 직불제 및 인센티브 제공 등이 선행되어야

할 것으로 보인다. 또한 농가가 온실가스 감축기술을 이해하고 수용하도록 기술에 대한 홍보 및 교육 지원방안을 마련할 필요가 있다.

불평등과 정책 만족도가 영농경력 수준, 소득수준 등에 따라 상이하게 나타났다. <표 5-1>에서 알 수 있듯이 전체 응답자의 57%가 농업 부문 내 또는 타 산업 부문과의 불평등이 존재한다고 인식하였다. 논벼 분야와 시설원예분야는 타 산업 부문과의 불평등(각각 15.1%, 15.9%)보다 농업 부문 내 불평등(각각 31.2%, 31.4%)이 존재한다는 응답이 높게 나타났다. 반대로 축산분야의 경우, 농업 부문 내 불평등(10.6%)보다 타 산업 부문과의 불평등(25.7%)이 존재한다는 응답이 높게 나타났다.

<그림 5-1> 농업 부문의 온실가스 감축 및 저탄소농업 관련 불평등 인식



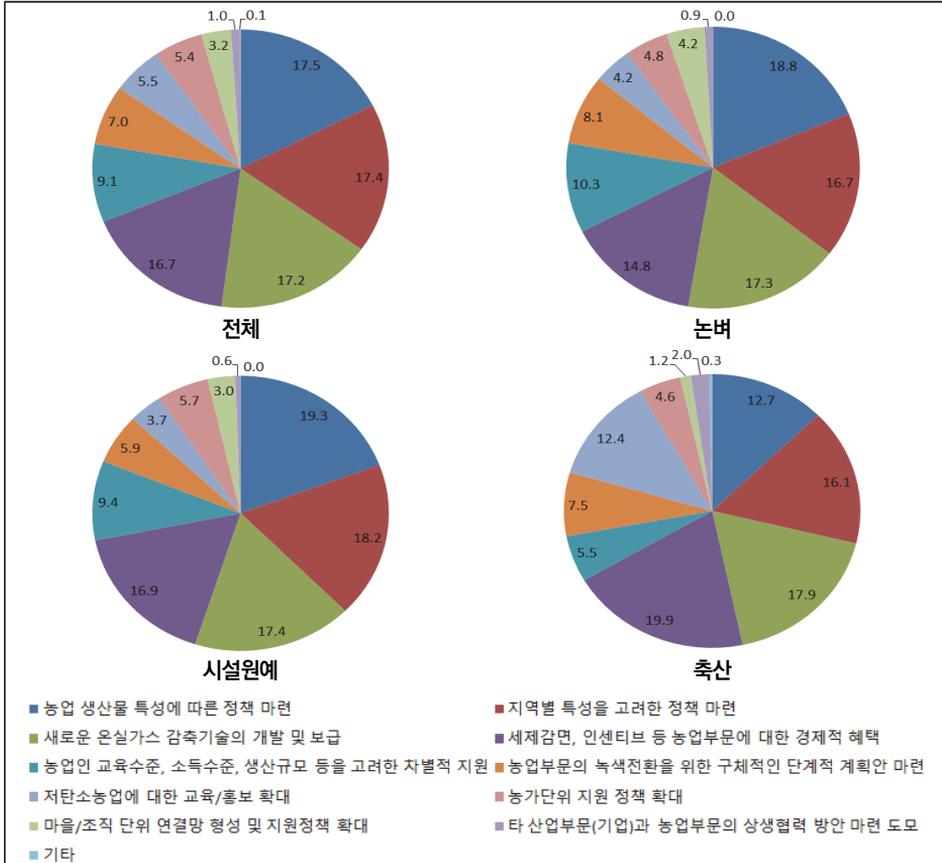
자료: 저자 작성.

농업분야에 관계없이 ‘농업 생산물 특성에 따른 정책 마련’, ‘지역별 특성을 고려한 정책 마련’, ‘새로운 온실가스 감축기술의 개발 및 보급’, ‘세제감면, 인센티브 등 농업 부문에 대한 경제적 혜택’이 유사한 비율으로 높은 응답률을 보였다. 이는 앞에서 도출된 정책 불만족 및 불평등 원인(지역적 특성, 농작물 특성, 기술 및 정책 다양성 부족, 경제적 유인책 부족 등)과 연관이 높다. 또한 농업 내 불평등보다 타 산업과 불평등 인식이 높은 축산의 경우 ‘타 산업 부문(기업)과 농업 부문

의 상생협력 방안 마련 도모'가 전체(5.5%)에 비해 높은 응답률(12.4%)을 보였다.

<그림 5-2> 농업 부문별 불평등 해소를 위한 방안

단위: %



주: 1~2순위 합을 100%로 배분한 결과임.
자료: 저자 작성.

이는 포용사회의 측면에서 불평등을 함께 생각할 필요가 있음을 시사한다. 따라서 온실가스 감축기술 보급 활성화방안은 불평등의 입장에서 정책을 마련할 필요가 있으며, 영농경력, 소득수준, 교육수준 등을 정책 마련 시 고려할 필요가 있다.

1.2. 농업인 조사 계량분석

‘농업인의 온실가스 감축기술 적용 관련 인식’ 설문조사 결과를 바탕으로 녹색 기술 활용 제고를 위한 계량 모형과 농업 부문 온실가스 감축기술 적용의 불평등도 완화 제고를 위한 계량 모형을 각각 독립적으로 추정하였다. 그리고 두 변수의 상관성을 함께 고려한 SUBP(Seemingly Unrelated Bivariate Probit) 모형을 추정하였다. 상세 분석결과 및 변수설정은 1차년도 보고서 5장 2절을 참조하기 바란다.

불평등도를 완화하려면 녹색기술 이용 및 수용 의향을 높일 필요가 있다. 농업인 조사에 대한 계량 분석 결과, 녹색기술 이용 및 수용 의향이 높을수록 불평등도가 완화됨을 알 수 있었다. 농업 부문의 온실가스 감축 및 저탄소농업 정책 불만족 원인으로 ‘녹색기술 등 지원정책의 다양성 부족’이 높은 응답률을 보였을 뿐 아니라, ‘타 산업 부문 대비 온실가스 감축에 대한 기술적 한계 존재’를 타 산업과의 불평등 원인이라고 응답한 농업종사자의 비율도 높은 것을 알 수 있다. 따라서 불평등도 완화를 위해서는 기술적 한계를 개선한 다양한 녹색기술의 개발·보급이 필요하며, 이에 대한 R&D 등 정책지원이 필요할 것으로 판단된다.

다음으로 불평등도 완화를 위해 정책 만족도를 높일 필요가 있다. 이를 위하여 녹색기술 등 지원정책을 다양화하고 세제 감면, 판로개척, 인센티브 등과 같은 경제적 유인책을 확대할 필요가 있다. 이때 농업종사자 및 지역적 특성(농업의 세부 종사 분야, 재배작물, 영농경력, 소득수준, 교육 수준, 지리적 위치, 인적 네트워크 등)에 따라 정책 만족도 및 불평등도가 상이함을 고려할 필요가 있다.

또한 ‘농업 부문의 근본적 녹색 전환에 대한 대응 미흡’을 정책 불만족 원인으로 꼽는 농업종사자 수도 상당수 존재할 뿐 아니라, 타 산업과의 불평등 원인으로 ‘식량안보, 생물다양성 보호 등 농업의 다양한 기능에 대한 고려’ 및 ‘토양, 녹지 등 탄소흡수/저장원에 대한 고려 미흡’을 꼽는 농업종사자 수도 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 이는 농업인들 대부분이 기후변화에 대한 농업 부문

의 영향을 인식하고 있으며, 이에 따라 기후변화 영향 완화를 위한 농촌의 다기능성 및 농업 부문의 근본적 녹색 전환에 대하여 관심 및 인식이 높아진 것이 원인 중 하나라고 사료된다. 즉 획일화된 농촌정책에서 탈피하여 농업종사자 및 지역적 특성을 고려한 다각화/차별화된 농업 부문의 근본적 녹색 전환 정책 마련이 필요하다.

국가 전반적으로 필요한 탄소중립 목표에 대한 교육 및 홍보가 강화될 필요가 있다. 이에 대해 목표에 대한 인식, 교육 정도에 따라서 불평등도 완화에 기여하는 것으로 분석 결과가 나타난 데 반하여, 농업 부문의 온실가스 감축 및 저탄소농업 정책 불만족 원인으로 ‘홍보 등 정보 부족’을 꼽는 응답자 수가 상당수 있었다. 한편, 정보화기기를 소지한 농업종사자가 소지하지 않은 농업종사자에 비하여 불평등도가 높은 것을 확인하였다. 이는 아직 농업 부문의 온실가스 감축 및 저탄소농업 정책에 대한 홍보보다는 농업 부문의 과도한 온실가스 감축목표, 기술적 한계, 타 산업 부문 대비 적은 예산지원 등과 같은 부정적 정보에 농업종사자들이 더욱 노출되어있는 것으로 사료된다.

따라서, 단순히 기술적 교육·홍보뿐 아니라 앞서 언급한 탄소흡수원 등 기후변화 영향 완화를 위한 농업의 다기능성과 근본적인 농업 부문의 녹색 전환 필요성에 대한 교육·홍보가 병행될 경우, 더욱 효과적일 것으로 판단된다. 마지막으로, 관련 농업 정책 마련 시 농업뿐만 아니라 농촌사회에 대한 고려가 필요하다. 농업인들 대부분이 기후변화에 대한 농업 부문의 영향을 인식하고 있었다. 이러한 영향은 농축산물의 생산량 및 품질 등의 문제뿐만 아니라 농촌사회의 고령화, 축소 도시화 등 농촌사회가 직면한 여러 문제와 관련되어 있으므로, 이에 대한 문제가 함께 고려되어야 한다. 앞서 불평등도 완화를 위하여 교육 및 홍보의 중요성이 강조된 것을 고려할 때, 이러한 교육 및 홍보가 농촌사회의 특성을 고려하여 정책화되어야 정책에 대한 체감 및 만족도가 상승할 것으로 사료된다.

2. 2차년도 농업인 및 정책담당자 인식 분석

녹색기술 확산을 목표로 하는 정책과제 도출을 위해 2차년도 연구는 세 단계 분석 틀을 구축하고, 녹색기술의 이용자, 녹색기술 보급을 담당하는 공무원, 그리고 녹색기술 관련 전문가들을 상대로 자문회의와 설문조사를 실시하였다. 우선, 첫 단계는 문헌을 기초로 장애요인 식별을 위한 분석 틀을 설정하고, 이를 활용하여 녹색기술 확산에 따르는 장애요인을 식별하였다. 두 번째는 첫 단계에서 식별된 장애요인을 해결할 수 있는 적절한 정책이 현재 시점에서 존재하는지를 평가하였다. 특히 두 번째 단계에서는 현재 추진되고 있는 녹색기술 정책을 제시하고 정책의 효과와 문제점을 분석하였다. 세 번째는 녹색기술 확산을 위해 요구되는 정책과제를 식별하였다.

〈그림 5-3〉 녹색기술 확산을 위한 정책과제 분석 틀



주: 설문지를 기초로 한 녹색기술 장애요인을 분석해 본 결과, 농업인과 정책담당자 모두 높은 자부담비를 가장 큰 장애요인으로 선택하였다. 또한 농업인들의 에너지분야 녹색기술 도입에 있어 정책 활용도가 매우 낮은 것으로 조사되었다.

자료: 저자 작성.

정책담당자들은 녹색기술 보급 장애요인에 대해 경제적인 요인뿐만 아니라 관련 교육 부족과 현장을 고려하지 않은 기술과 같은 제도적 요인, 더 나아가 영농규모의 영세성과 노령화와 같은 구조적 요소가 큰 장애요인으로 작용함을 알 수 있었다. 하지만 관련 교육 부족과 낮은 현장 적용성이 장애요인으로 작용하고 있음에도 이에 대응하는 교육이나 자문 컨설팅 지원, 녹색기술효과 실증지원에 대한

농가의 활용도는 30% 미만이었다. 이는 농업인들의 정보 수요에 공공부문의 관련 지식 확산 정책이 따라가지 못함을 시사하고 있다.

행동 및 인식 관련 분석 결과, 녹색기술 보급에 있어 생산 혹은 농가운영과 상충 효과가 발생하는 녹색기술에 대한 농가의 수요와 정책을 맡은 공무원의 보급 의지는 상당히 제한적일 것으로 생각된다. 이러한 행동 및 인식관련 요인은 낮은 현장 적용성과 기술효과 실증지원 정책에 대한 낮은 참여율과 밀접히 연관되어 있을 것으로 생각된다. 따라서 상향식 연구 및 개발 등을 통해 녹색기술의 현장 적용성을 개선시키고 기술 도입 효과의 불확실성(Uncertainty)을 제거할 필요가 있다.

마지막으로 정책 수립 및 기술개발 과정에 농업인과 녹색기술 제공자의 적극적인 참여를 보장하고 이를 기초로 상향식(Bottom up) 정책 수립 및 기술개발을 위한 의사결정 과정과 거버넌스(Governance) 구축이 필요할 것으로 생각된다.

3. 미세먼지 저감농림업 정책대상자 수용성 분석

3.1. 미세먼지 관련 경종·축산 농가 인식조사

경종·축산 농가를 대상으로 농업·농촌 부문 미세먼지 관련 현황과 기술 수용성 설문조사 시사점은 다음과 같다. 상세 설문 결과와 분석 내용은 3차년도 보고서 5장 1절을 참고하기 바란다.

첫째, 농업·농촌 부문 미세먼지의 영향과 저감 필요성에 대한 농가 인식 수준이 높았다. 대부분의 농가는 미세먼지가 건강, 농작물, 가축에 미치는 악영향을 알고 있었고 영농폐기물·잔재물, 농기계 등 영농 과정에서 미세먼지가 발생한다는 것도 알고 있었다. 또한 70% 이상의 농가는 다소 비용이 발생하더라도 미세먼지 저

감 노력이 필요하다고 응답하여 미세먼지 저감이 필요하다는 인식이 있는 것으로 나타났다.

다만, 비료나 가축분뇨로부터 미세먼지가 발생함을 알고 있는 농가는 비교적 적었다. 또한 많은 농가가 미세먼지 악영향을 알고 있음에도, 농작업 전 미세먼지 정보를 확인하지 않았고 미세먼지 나쁨 혹은 매우 나쁨 예보가 발령되더라도 농작업을 중단하지 않는 것으로 나타났다.

교차분석 결과 미세먼지가 건강에 영향을 미치는 영향을 안다고 응답한 농가일수록 미세먼지 저감 필요성이 있다고 응답한 비율이 높았고, 미세먼지 (매우)나쁨 예보 시 농작업을 중단하는 비율이 높았다. 또, 비료에서 미세먼지가 발생하는 것을 인지한 농가일수록 미세먼지 저감 관련 비료 기술을 사용하거나 사용할 의향이 높았다. 따라서 농가가 능동적으로 미세먼지에 대응하고, 미세먼지 저감농업에 참여하도록 하기 위해 미세먼지 발생원인, 미세먼지의 영향을 알릴 수 있는 교육 및 홍보가 필요하다.

둘째, 미세먼지 저감농업 기술을 확산하기 위해 각 기술에 적합한 방법으로 지원해야 한다. 미세먼지 저감을 위한 경종·축산부문의 저감기술의 사용현황, 향후 적용 의향, 경험 여부는 각기 달랐고 기술 적용의 어려운 점 또한 기술별로 상이했다. 예를 들어, 경종농가는 비료사용처방 발급 및 적정비료 사용과 관련하여 기술 적용의 어려움, 생산량 감소 우려 등 다양한 요인을 기술 적용의 애로사항으로 꼽았고, 완효성 비료 사용에서는 완효성 비료의 가격이 비싼 것이 가장 큰 어려움으로 응답했다. 축산농가는 가축분뇨처리, 악취저감시설을 설치하지 않는 이유로 비용부담이 크기 때문인 것으로 응답했다. 따라서 기술별로 적용 어려움을 파악하고 이에 적합한 지원방안을 도출해야 한다. 더불어 미세먼지 저감농업 확산을 위해 필요한 지원방법으로 경제적 지원과 시설 지원 이외에도 기술개발 및 교육이 중요하다고 응답한 농가가 많았음을 감안하여, 다양한 미세먼지 저감 기술을 개발·보급하고 교육하는 지원방안도 필요하다.

3.2. 소비자의 미세먼지 저감 인식 및 지불의향

일반 소비자의 과반은 외출 전 미세먼지 정보를 확인하는 것으로 나타났으며, 약 절반 정도는 미세먼지 나쁨 혹은 매우 나쁨 예보 시 야외활동을 자제하는 것으로 나타난 가운데 농업 생산 활동에서 발생하는 미세먼지에 대한 인식도는 부족한 것으로 나타났다. 응답자의 8.5%는 농업 생산 과정에서 미세먼지가 발생함을 전혀 모르고 있다고 응답하였고, 39.3%는 잘 모르고 있다고 응답하였다.

미세먼지 저감농업 활성화를 위한 소비자의 기부금 지불의향 조사자료를 기초로 가상가치평가법을 활용하여 지불 의향 가격에 미치는 요인을 분석한 결과, 연령이 높을수록, 소득이 높을수록, 미세먼지의 건강에 미치는 부정적 영향 인식의 정도가 높을수록, 외출 전 미세먼지 정보 확인 정도가 높을수록 미세먼지 저감농업에 대한 지불의향가격이 높게 나타났다. 분석 결과를 토대로 미세먼지 저감농업의 대기환경 개선의 경제적 가치는 다음 <표 5-1>과 같이 나타났다. 지불의사금액은 평균값이 23,036원(연/가구당), 절단된 평균은 13,986원, 중앙값은 7,211원이다. 미세먼지 저감농업의 대기환경 개선에 대한 지불의사금액을 바탕으로 경제적 가치를 도출할 수 있다. 지불의사금액에 2023년 전국의 총가구 수를 곱하여 최종적인 경제적 가치를 추정한 결과, 1,574~5,030억 원으로 나타났다. 이는 미세먼지 저감농업 활성화를 위해 정부의 재정적 지원이 이루어질 수 있음을 의미한다. 또한 미세먼지의 건강에 미치는 부정적 영향을 제고시키거나 외출 전 미세먼지 정보 확인 정도를 제고시킬 경우 미세먼지 저감농업의 대기환경 개선의 가치는 더 커질 수 있음을 의미한다.

〈표 5-1〉 미세먼지 저감농업에 의한 대기환경 개선의 경제적 가치

단위: 원/연간

구분	가구당 지불의사	미세먼지 저감농업에 의한 대기환경 개선의 경제적 편익
평균	23,036	502,957,127,972
절단 평균값	13,986	305,363,708,622
중앙값	7,211	157,441,563,197

주: 대기환경 개선의 경제적 편익은 통계청 국가통계포털의 2023년 기준 총 가구수(21,833,527호)를 적용하여 산정하였음.

자료: 저자 작성.

6

주요국 녹색경제 정책¹¹⁾

1. EU

1.1. 1차년도 비에너지 부문

EU는 전체 배출량의 약 10%가 농업 생산에 의해 직접적으로 배출되며 반추동물의 장내발효와 분뇨처리 비중이 농업 생산 배출 비중의 60%를 차지해 향후 우리의 축산분야 감축 수단 및 정책 발굴을 위해 EU 사례를 주목할 필요가 있다.

EU는 축산분야 수단으로 반추동물로부터의 메탄 배출감소, 반추동물에 적용하는 사료 첨가제, 최적화된 가축 사료의 제공 전략, 저질소 사료, 반추위의 메탄 생성 박테리아(Bacteria) 예방 접종, 혐기성 소화 등은 앞으로 우리도 주목해야 할 수단들이라고 할 수 있다.

CAP의 기둥(Pillar) 2에 따라 농식품 부문에서 저탄소 및 기후 탄력적 경제로

11) 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

전환과 함께 토양 침식 방지 및 토지 관리 개선 등을 지원하고 있다. 기둥(Pillar) 2 방안은 또한 토지 관리 관행 장려 등 '소프트(soft)' 방안으로 기후 완화를 지원한다. 기술 자문, 농업환경 관리 교육 등을 목적으로 농가에 기후변화 대응, 생물 다양성 및 수자원 보호와 연관된 자문을 공급하기 위해 농가 자문 시스템을 구축하고 있다. 유럽연합은 기후변화 완화 수단 지원을 계속적으로 확대하고 있다. 특별히 2023~2027년 시행될 공동농업정책은 농업환경직불금 제도의 경우에 강화된 조건성 등을 통해 지원할 플랜을 가지고 있다.

유럽연합은 기존의 정책 프로그램을 최대한 활용하여 저탄소농업 기술을 도입하는 농업인을 지원하는 방법을 추구하고 있다. 그리고 점점 지원 대상 옵션을 확대하는 추세이다. 온실가스 감축을 위해 축사, 분뇨 저장 등 자본투자를 지원하며, 농가 자문 시스템을 구축하여 기술 자문, 농업환경 관리 교육을 실시하는 것 또한 우리나라 저탄소농업 정책에 시사하는 바가 크다.

1.2. 2차년도 에너지 부문

EU는 농업 부문의 에너지 효율성을 촉진하기 위해 투자 지원과 에너지 집약도가 낮은 농장 영농법 지원을 시행하고 있다. 여러 가지 조치를 통해 농업 바이오매스로부터 재생에너지 생산을 장려하였는데, 공동농업정책에 따라 에너지 작물 재배와 바이오에너지 시설 투자를 지원하였다. 특히 발전차액지원제도를 통하여서 일정 기간 개별 회원국에 가격 보장을 지원하였다.

독일은 농업 부문의 에너지 전환을 위해 적극적인 투자지원을 하고 있다. 지도 및 상담을 강화하고, 상담을 기초로 에너지 시설 투자가 이루어지는 경우 투자사업비의 일정 부분을 지원한다. 그리고 투자사업의 결과 이산화탄소 저감이 이루어지는 경우 저감량이 어느 정도이냐에 따라 추가 지원이 이루어진다. 독일의 에너지 정책은 기후보호 정책을 적극적으로 구현하기 위해 재생에너지(Renewable

energy)를 선호하는 형태로 추진하고 있다. 재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz: EEG)을 통해 재생에너지의 전력적 이용을 관리하고 육성하고 있다. 우리도 독일 사례를 참조하여 유사한 방식의 에너지 전환 투자사업을 추진할 필요가 있다. 에너지 전환에는 무엇보다 인식 전환이 먼저 이루어져야 하기 때문에 지도·상담을 강화시킴으로써 농가가 에너지 전환의 필요성을 인식하게 하고, 이를 실천하고자 할 때 경제적 지원을 하는 사업체계를 구성할 필요가 있다.

1.3. 3차년도 미세먼지

EU는 1990년대 초반 대기오염의 심각성을 인지하고 EU 회원국이 모두 협력하여 대기환경 개선을 위한 정책을 시행하였다. EU는 2001년 대기질 개선을 목적으로 ‘국가별 배출량 상한 지침’을 처음으로 채택했다. 2016년 개정된 국가별 배출량 상한 지침 가운데 주요 2차 미세먼지 전구물질의 감축목표는 그대로인데, 초미세먼지와 암모니아의 경우 기존 배출량 기준보다 30% 이상의 저감을 요구하고 있다. 유럽지역은 EU 차원에서 먼저 규제를 한 다음 각 국가에 EU 기준을 충족하는 정도에서 해당 국가 여건에 맞게끔 규제를 적용하는 방식을 사용한다. 규제를 지키지 않을 경우 농가는 두 번까지 벌금이 부과되고 세 번째 퇴출되므로 강제성이 높다고 할 수 있다.

네덜란드는 규제 정도가 다른 국가에 비해 높은 가운데 대부분 축사에 오염물질 저감조치를 취해야만 축산업을 할 수 있고, 신규농가는 기존 혹은 평균 농가 배출량과 비교할 때 30%의 배출량 저감 의무를 지니고 있어 더 높은 수준의 의무가 부여된다. 기존 농가도 각 환경규제 기준을 충족해야만 축산 운영이 가능하다. 덴마크는 암모니아 배출과 그로 인한 미세먼지 관련 대기오염 문제가 심각했기 때문에 축산환경, 특히 가축분뇨를 관리하는 규제 및 정책을 지속적으로 도입하였다. 또한 경종농업에서 비료 사용으로 인해 발생하는 질소와 암모니아, 그로 인한

초미세먼지 생성 문제를 인지하고 미세먼지 저감 측면에서 비료 사용을 관리하였다. 덴마크 오르후스 대학의 연구 결과, 덴마크 미세먼지의 70%는 외부에서 유입된 것으로 나타났다. 따라서 덴마크는 대기오염 물질 저감을 위해 자국 대기오염 현안을 대응할뿐만 아니라 주변국과 함께 대기오염 정책을 수행하여 대기오염 물질의 획기적 저감 성과가 있었다.

유럽은 EU 회원국과 비회원국을 포함하여 유럽지역을 포괄하는 대기오염저감 정책을 시행하고 있다. 따라서 유럽 각국은 EU기준을 충족하기 위한 정책을 시행하는 동시에 국가별 중점적으로 해결해야 하는 분야 혹은 문제에 적합한 정책 또한 수립하여 시행한다.

우리나라 또한 주변국으로부터 유입되는 미세먼지를 고려하여, 우리나라에 적합한 지원정책을 수립할 뿐만 아니라 주변국과의 협력을 통해 대기환경 개선 효과성을 증대해야 한다.

도시림을 이용하여 도시의 대기오염물질과 열섬효과를 감소시킨 대표적인 해외 사례는 독일의 슈투트가르트의 바람길숲 조성 정책이다. 슈투트가르트는 1950년부터 꾸준히 인구가 증가하여 2000년에는 도시 전체 면적에서 주거지 면적이 50%를 차지한다. 이와 함께, 연평균 도시 온도 또한 꾸준히 증가하였고, 대기오염과 열섬이라는 지역사회의 문제가 발생했다. 이를 해결하기 위해 슈투트가르트는 철로변 녹화, 가로수 확장, 주차장 녹화, 지붕 녹화, 잔디공원 등의 녹지공간을 조성한다. 이러한 사업은 도시림이 도시의 대기오염물질을 저감하고, 기온, 강수량, 일사량, 바람, 소음 등에 영향을 미친다는 과학적 자료를 근거로 정책을 구현하였다. 독일 슈투트가르트 바람길숲은 조성 결과 미세먼지 고농도 일수가 크게 감소하였고, 2017년까지 30%의 미세먼지가 저감되었다.

2. 미국

2.1. 1차년도 비에너지 부문

미국의 온실가스 완화 수단은 경종 및 축산으로 나뉘어 있으며 경종에서는 경운, 양분관리, 축산 부문에서는 퇴비 관리 등을 주요하게 다룬다는 점에서 우리나라와 유사한 측면이 있다. 반면, 미국은 농지 및 습지 관리를 감축 수단의 큰 축으로 포함하고 있는 것이 우리의 완화 수단과 큰 차이점이라고 볼 수 있다. 따라서 미국의 사례를 우리나라에 곧바로 적용하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다.

미국의 경우 미 농무부에서 컨설팅 회사 및 학계 전문가와 협업을 통해 온실가스 감축 수단별 비용 변화, 수확량 변화, 수익 변화 등을 다루는 보고서를 발간하였다. 이를 통하여서 농가가 온실가스 완화 농법 및 기술을 채택하는 데 필요로 하는 재정적 인센티브에 대한 이해도를 높여주기 위한 관련 정보를 정부 차원에서 제공하고 있다.

국내에서도 파리협정 이후 신기후체제하에서의 기후변화 대응을 위해 완화기술 채택에 따른 경제적 효과 분석을 시도한 바 있다(정학균 외, 2018). 그러나 이는 자료 수집에 있어 한계점이 존재하며, 각 기술 도입에 따른 비용만을 계산하였다는 점에서 농업인에게 완화기술 및 관행 도입을 위한 정보 제공 목적으로는 활용하기 어려운 측면이 존재한다. 따라서 관련 자료를 작성해 도입률이 낮은 기술에 대한 도입률 제고와 새로운 온실가스 완화기술을 발굴해내는 것이 선행되어야 한다.

바이든 행정부 출범 이후 농업 부문에서는 보전유보 프로그램의 강화를 통한 기후 위기 상황에 대응코자 하는 움직임을 보이고 있다. 그리고 보전책무 프로그램을 크게 확대하여 농가가 탄소 격리를 포함한 환경보전 활동에 참여할 경우 지원금을 지급하려 한다. 우리나라에서도 기존의 정책 및 사업을 온실가스 감축을 위해 적극적으로 활용하고자 하는 노력이 요구된다.

2.2. 3차년도 미세먼지

미국의 농업 부문(경종 및 축산)에서 대기 중 PM10과 PM2.5의 배출 비중은 12~22% 수준을 차지하는 것으로 나타나며, 이를 해결하기 위해 규제 조치, 기술 발전, 인센티브, 이해관계자 협력 및 역량강화 등의 다양한 정책 방안이 수립되어 추진된다. 또한, 경종과 축산부문의 오염물질 배출원과 그 영향에 대한 과학적 분석을 통해 여러 가지 기술적인 대책이 제시되고 있다. 작목별 가축별 지역별 특성에 맞는 오염물질 배출 기준을 설정하여 첨단 모니터링과 규정준수 강제 제도를 활용하고 있으며, 더불어 보존 관행을 도입하는 농업인에게는 재정적·기술적 인센티브를 제공하고 있다. 미국 정책 수립의 가장 특징점은 지속적인 데이터 수집과 분석, 이를 바탕으로 한 피드백 루프를 사용한 실시간 모니터링 및 평가 결과를 기반으로 한 정책 조치 개선으로 꼽을 수 있다. 과학에 기반한 정확한 데이터를 이용하여 농업 생산성을 제고할 수 있는 지속 가능한 농업과 국민 건강 확보를 위한 대기질 기준을 충족하는 것의 균형을 잡도록 하는 목표 달성을 위한 정책 입안을 지속하고 있다.

산림 부문에서는 미국 환경청(Environmental Protection Agency: EPA)은 도시의 대기질 개선을 위한 “선도적이고 자발적인 시행을 위한 정부 실행 계획(Incorporating Emerging and Voluntary Measures in a State Implementation Plan: SIP)”을 제안하였고, 여기에는 도시림을 이용한 대기질 개선을 위한 전략적 나무 심기(Strategy tree planting)의 내용을 담고 있다. 전략적 나무 심기와 같은 도시림 조성을 통해 도시의 대기 중 오염물질을 저감하려는 전략이다. EPA는 건강한 나무들을 많이 식재하고 관리함으로써 대기오염의 사회적 비용을 크게 저감하고 지역사회들의 보건 상태를 크게 개선할 수 있다고 주장하였다.

3. 일본

3.1. 1차년도 비에너지 부문

일본은 2021년에 2030년도 온실가스 감축목표로 2013년 대비 46.0% 감축 목표를 제시하며, '녹색 식량시스템 전략' 등을 토대로 '농림수산성 지구온난화 대책 계획'을 개정·공표하였다.

'녹색 식량시스템 전략'은 온실가스 배출 저감과 함께 최근 일본 농업이 직면한 여러 가지 문제를 동시에 해결하기 위한 방안을 제시하고 있다. 여기에는 노동력 절감과 생산성 향상 방안 및 지역자원의 적극 활용, 탈탄소화(온난화 방지), 화학 비료 및 농약 저감, 생산 다양성 보전·재생 등 포괄적인 내용과 구체적인 대응 방안별 로드맵이 제시되어 있다. '녹색 식량시스템 전략'은 각종 정부 방침 등에 반영되고 있다.

일본은 온실가스 배출 문제 등과 관련해 농식품분야의 위축이 아닌 지속과 성장을 목적으로 하는 구체적인 전략 및 로드맵을 제시하였다는 점에서 시사점을 찾을 수 있다. 일본은 '녹색 식량시스템 전략'을 통해 '지속적인 산업 기반 구축', '국민의 풍요로운 식생활 등의 효과를 가져올 것으로 기대하고 있다.

3.2. 2차년도 에너지 부문

일본 '농림수산성 지구온난화대책 계획'에 시설원예 및 농기계 에너지 절약 대책 등이 나타나 있다. 농림수산성 지구온난화대책 플랜에서는 재생가능에너지를 활용한 가온 시스템 도입 장려, 재생 가능 에너지 이용을 위한 연구 및 개발 확대 등을 특징으로 볼 수 있다.

3.3. 3차년도 미세먼지

일본은 이른 경제 성장에 따라 환경오염 문제 발생 시기도 이른 탓에 대기오염 등을 포함한 다양한 환경오염에 대한 관리 역사가 긴 편이다. 대기오염 관리를 일찍부터 시행한 결과 대다수의 대기오염 물질에 대해 전반적으로 기준치 이하로 배출되고 있는 상황이다. 그러나, 농업 분야에서 주로 배출되고 있는 암모니아의 경우 시뮬레이션 모델에 의해서 배출치가 추계되고 있으며, 악취 관리 차원에서의 목표치만 있을 뿐 대기오염 관리 차원에서의 배출 목표치도 별도로 존재하지 않는다. 암모니아의 배출 상황이 정확하게 계측되고 있지 않은 데다가, 암모니아를 제외하면 대기오염 물질에 대한 농업 부문 기여도가 극히 낮은 편이기 때문에, 미세먼지 등 대기오염 관점에서의 농업 부문 대책 논의는 상대적으로 활발하지 않은 편이다. 미세먼지 등 대기오염 관리 차원은 아니지만, 암모니아, 질소산화물과 관련 있는 질소의 저감을 촉진하기 위해 농업 부문에서도 J크레딧 제도 활용, 직불금 지급, 세제 혜택 등 다양한 수단이 시행되고 있다. 이에 더하여 관련 기술의 개발도 중장기적으로 추진하고 있다. 일본 역시 미국과 마찬가지로 대기오염 물질의 발생원 정보나 인벤토리 등의 정비에 꾸준한 노력을 기울이고 있다. 데이터를 기반으로 정책 방향을 설정하는 것은 물론, 보다 치밀하고 정교한 정책을 설계하는 데에도 데이터를 활용한다고 볼 수 있다. 또한, 지역 특이성을 고려하는 점도 특징이라 할 수 있다. 환경 여건은 지역마다 매우 달라서 동일한 정책을 일률적으로 적용하는 데 한계가 있을 수 있다. 일본은 고정발생원 중 매진, SO_x, NO_x에 대해 전국에 공통적으로 적용되는 일반배출기준 외, 지역별로 차등해서 적용되는 기준도 운용하고 있다. 환경보전형 농업 직불금의 경우에도, 직불금을 수령할 수 있는 활동으로 전국공통활동과 더불어 지역특별인정활동을 마련했다. 이를 통해 지역 실정에 좀 더 부합하는 효율적인 환경관리 방안을 수립할 수 있다.

일본은 우리나라와 같이 도시지역에 인구가 밀집하여 높은 인구 밀도를 나타내며, 도시 내에 제한적인 녹지공간을 가지고 있다. 이러한 도심에 녹지공간을 확대

할 수 있는 효과적인 방안으로 옥상정원(green roof)과 수직정원(벽면조경, green wall) 등을 전략적으로 수립하고 있다. 대표적인 것으로는 오사카의 난바파크스(Namba Parks)이다. 쇼핑센터로 건축한 난바파크스는 일본에서 가장 큰 규모를 가진 자연 체험형의 옥상정원이다. 현재 7만 그루의 수목이 식재되어 있다. 도심 속에 조성한 인공림을 통해 지역 주민들에게 쾌적한 휴식공간을 제공하고 있다. 일본에서 도시림 확산을 위한 노력은 정부뿐 아니라 민간 주도로도 나타나고 있다. 현재 일본에서는 민간기구인 ‘공익재단법인 도시녹화기구’가 도쿄를 비롯해 오사카 등 전국 주요 도시의 도시림과 옥상정원, 도시텃밭, 도시정원, 기업녹지 등을 인증하고, ‘가든맵’으로 제작하여 보급하는 등의 도시림 확산 운동을 전개하고 있다.

7

녹색경제 활성화방안¹²⁾

1. 기본방향

1.1. 비전과 목표

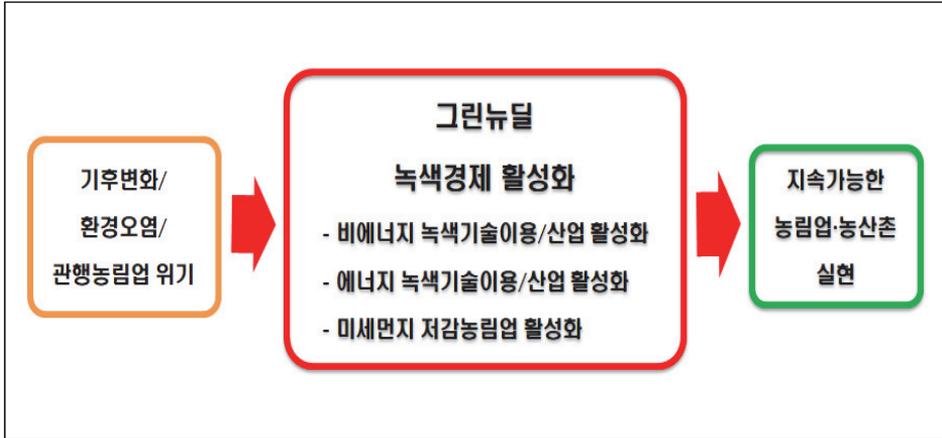
녹색경제로의 전환은 농업환경오염 저감, 온실가스 감축의무 이행, 도농 소득 격차 해소 등을 가능하게 한다. 환경산업연관분석 결과 녹색기술 도입은 환경적 및 경제적으로 긍정적 파급효과가 나타났다.

농림업 부문에서 녹색경제가 활성화된다면 농림업 부문 온실가스 감축의무 이행에 대응할 수 있으며, 농업인에게 새로운 소득원 창출 기회를 줌으로써 소득이 향상될 것이다. 빈농을 고려하는 공정한 성장전략을 추진함에 따라 농가 간 빈부의 격차가 완화될 것이다. 이는 지속가능한 농림업·농산촌을 가능케 할 것이다. 농림업 부문 녹색경제 활성화 비전을 이러한 점을 고려하여 ‘녹색경제 활성화를

12) 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구》 3개년(2021~2023년) 보고서의 핵심적인 내용을 요약하여 제시하였음을 밝힌다.

통한 지속가능한 농림업·농산촌 실현'으로 설정하였다.

〈그림 7-1〉 그린뉴딜 전략에 의한 녹색경제 활성화 비전



자료: 저자 작성.

비전을 실현하기 위해 단기적으로는 2030년 국가 온실가스 감축을, 중장기적으로는 2050년 탄소중립을 목표로 설정할 수 있다. 2021년 10월 18일에 관계부처 합동(2021)으로 발표된 '2050 탄소중립 시나리오'에 따르면 농축수산 부문은 2018년 24.7백만 톤 CO₂eq에서 2050년 15.4백만 톤 CO₂eq으로 37.7% 감축을 목표로 제시하였다. 또 미세먼지의 경우 제3차 대기환경개선 종합계획을 보면, 암모니아 배출량을 2032년에 2021년보다 12.5% 감축하는 것으로 제시되어 있다. 따라서 이러한 목표들을 효과적으로 달성하기 위해서는 기본방향을 설정하고 핵심과제를 추진할 필요가 있다.

1.2. 기본방향

지속가능한 농업을 실현하기 위해서는 녹색기술 이용활성화가 필요하며, 이를

위한 기본방향을 아래와 같이 설정할 수 있다.

첫째, 예산제약하에서 온실가스 감축 및 미세먼지 저감 목표를 효과적으로 달성하기 위해서 우선순위에 따른 효과적인 감축 수단 선정 및 보급 확대가 필요하다.

둘째, 녹색경제 활성화를 위한 법·제도적 문제점을 제대로 파악하고 제도를 적절하게 개선하거나 새로운 제도를 도입할 필요가 있다.

셋째, 농업인의 녹색기술 수용성 제고를 위해 녹색기술 이용의 저해 요인들에 대응하여 요인별로 맞춤형 정책을 추진해야 한다. 이를 위해 경제적 인센티브를 제공하거나 시설설치 사업에 대한 지원을 확대할 필요가 있다.

넷째, 비용효과적이고 수용성 높은 기술개발을 지속적으로 추진할 필요가 있다.

다섯째, 온실가스 감축 및 미세먼지 저감에 대한 정책홍보와 기술 교육을 통해 농업인이 온실가스 감축 및 미세먼지 저감에 대한 공감대를 형성할 수 있도록 돕고, 적극적으로 정부의 정책에 참여할 수 있도록 해야 할 것이다.

여섯째, 산림분야의 경우 재생가능한 자원인 산림은 조림과 생육과 벌채의 순환과정을 되풀이하게 된다. 따라서 산림경영의 목적에 따라 적절한 수령(樹齡)을 선택하여 벌채하는 것이 미래를 포함한 전체적인 산림의 가치를 높이는 것이다.

2. 핵심과제

2.1. 비에너지 부문 저탄소농업기술 이용 활성화

2.1.1. 경제적 지원수단(농업)

가. 농업환경보전 프로그램 강화

농가의 감축기술 수용성 제고를 위해 적절한 경제적 인센티브 지급이 필

요하다. EU는 Eco-scheme을 통해 환경과 기후에 미치는 영향을 감소시키는 농업인을 보상하며, 미국은 보전유보 프로그램(CRP)과 보전책무 프로그램(CSP) 확대를 통해 환경보전활동 지원하고 있다. 이러한 프로그램은 기존의 지불 프로그램을 활용한 사례들이다.

우리나라도 현재 농업환경보전프로그램이 운용되고 있으므로 이를 활용할 필요가 있다. 농업환경보전프로그램을 개정하여 온실가스 감축 수단을 추가함으로써 저탄소농업을 실천하는 농업인을 지원할 수 있다. 추가할 활동으로는 모니터링이 용이하고 이행비용이 적은 수단을 선정할 수 있다. 예를 들어 개인활동으로 바이오차 토양 개량제 보급, 저단백질사료 보급을 선택항목으로 추가하고, 또한 공동활동으로 간단관개, 논물얹게대기를 필수항목으로 추가할 수 있다.

나. 저탄소농업지원사업개선

저탄소농업지원사업 활성화를 위해서는 참여 농업인 설문조사 결과를 근거로 볼 때 자발적 온실가스 감축사업과 배출권거래제 외부사업의 인지도를 높이기 위해 사업을 홍보하고 저탄소영농법교육을 시행할 필요가 있다. 또 세 가지 사업 모두 서류 구비에 어려움이 큰 것으로 나타났으므로 서류 준비 간소화를 추진할 필요가 있다. 농업·농촌의 자발적 온실가스 감축사업의 경우 인센티브 단가의 현실화가 필요할 것으로 보이며 이때 배출권거래시장 가격을 참조할 수 있을 것이다. 또한 신규 방법론 개발(저탄소농자재, 토지형질 전환 등)도 필요하다. 배출권거래제 외부사업이 더 확대되기 위해서는 관련 데이터 축적, 측정-보고-검증(Measurement, Reporting, Verification: MRV) 기반구축이 시급히 요구된다. 저탄소농축산물 인증제도의 경우 출하 물량이 소비자의 선택권을 만족시킬 규모가 아니다. 따라서 미래의 인증 농가를 확대해 소비자의 접근성 개선이 무엇보다 필요하다. 소비자들 대상으로 다양한 매체를 통해 인증 제품을 적극적으로 홍보할 필요가 있다.

다. 시설설치 지원정책 개선¹³⁾

시설설치 지원사업 확대를 통한 온실가스 감축에 기여하려면 몇 가지 개선해야 할 부분이 있다. 농업 에너지 이용 효율화의 경우 시설설치 지원 비중을 더 확대할 필요가 있다. 지열히트펌프 수용률에 관한 연구 결과를 보면, 자부담금액이 10a 당 4,800만 원이라면 수용률은 9.2%인 반면, 자부담금액이 1,600만 원일 경우 수용률이 25.4%로 증가한다. 더 나아가 비용 절감기술을 개발해 정부 보조금을 줄여서 정부의 재정 부담 완화를 꾀해야 한다. 가축분뇨 자원화시설의 경우 공급 측면에서는 가축분뇨 퇴액비저장시설 개선, 부속도 기준 및 중금속 기준 강화 등이 필요하고, 수요 측면에서는 퇴액비원료 표시 및 성분표시 강화, 가축분뇨 퇴액비 친환경 농자재로 활용 등이 요구된다. 또한 인프라 구축 지원 및 시설유지관리 사업 확대의 효과를 보면 재정지원액이 1% 증가할 때 자원화율이 0.08% 상승하는 것으로 분석되었다. 따라서 인프라 지원 및 시설유지관리 사업을 좀 더 확대할 필요가 있다. 조사료생산기반구축의 경우 조사료 생산의 경제성이 부족한 것으로 나타나므로 우수단지 인센티브를 부여하여 활성화할 필요가 있다. 또한 안정적인 조사료 생산을 위한 공유지 활용, 초지 관리 및 조성 등에 더 많은 예산을 할당할 필요가 있다(안병일·한석호, 2016).

신재생에너지, 에너지 이용효율화, 가축분뇨 에너지화 및 정화처리 시설은 고비용 초기시설 투자비를 필요로 한다. 따라서 이러한 시설을 설치하는 농업인 혹은 단체에 다양한 세제 혜택을 부여하고, 녹색금융 투자와 함께 리스크관리를 위한 방안을 더불어 고려할 필요가 있다.

2.1.2. 간접적 규제 수단: 인 배출권거래제 도입(농업)

네덜란드는 발생한 분뇨 관리, 농경지 살포 방법, 관련 R&D에 대한 투자와 더

¹³⁾ 정학균 외(2018, 2020)의 내용을 참조하여 작성하였음.

불어 분노 자체의 발생량을 줄이는 유인정책을 함께 추진하였다. 권오상·정학균 (2021)은 인 배출권거래제를 도입하여 10%의 분노발생량 감축을 추진할 경우의 경제적 효과를 도출하였다. 축산 부문에서 배출되는 인의 10% 감축을 목표로 하 되, 배출권 판매 수입을 재활용하여 농촌 가구의 후생이 변하지 않도록 하면, 도 시 가구에서 연간 지출액의 0.4%가량의 후생 손실이 나타나는 것으로 분석되었 다. 따라서 이러한 연구 결과를 바탕으로 사회적 합의를 도출하고, 네덜란드 사례 를 벤치마킹하여 인 배출권거래제 도입을 모색할 필요가 있다.

2.1.3. 기술개발(농업)

온실가스 감축목표 시점은 단기로는 2030년, 중·장기적으로는 2050년까지이 므로 앞으로 약 10년 후, 30년 후이다. 기술개발이 가속화되고 있으므로 앞으로 30년 후에 어떤 기술이 개발될지 모른다. 따라서 끊임없이 탄소감축 잠재량이 크 고, 경제적 편익이 존재하며, 농가 수용성이 높은 기술들을 개발할 필요가 있다. 한편 불평등도 완화 이슈 분석 결과를 보면, 다양한 온실가스 감축기술개발 및 보 급이 불평등도를 완화하는 것으로 나타났다. 따라서 기술적 한계를 개선한 여러 가지 저탄소농업 기술이 개발될 필요가 있다.

2.1.4. 교육/홍보(농업)

따라서 저탄소농업 지원정책 참여도를 높이기 위해서는 우선 인지도를 제고할 필요가 있다. 이를 위해 정보제공 시스템을 정비해서 농업인이 관련된 정보에 대 한 접근을 용이하게 만들어주는 것이 중요하다.

농업 관련 교육이나 기술지도를 많이 한다면 자발적 온실가스감축사업과 외부 사업 참여도를 제고할 수 있을 것이다. 이때 교육 아이টে모로는 온실가스 감축과 기후변화 완화의 관계, 국가 탄소중립 실현을 위한 농축산 부문의 역할, 저탄소농

업 기술의 경제적 및 환경적 편익 등이 중요하게 다루어져야 할 것이다. 또한 국내외 선도 농가의 농장 방문 기회를 제공함으로써 농업인들이 저탄소농업 기술 및 지원사업에 대해 더 잘 이해할 수 있도록 도울 수 있다. 농업인뿐만 아니라 시·군 농업기술센터의 지도사, 작목반장 또는 선도농업인 등에 대한 체계적인 교육도 실시할 필요가 있다. 더 나아가 소비자를 대상으로 교육해 탄소 감축 소비를 유도할 필요가 있다. 축산물 소비 감소, 대체육 소비 증가 등 온실가스 감축과 국민 건강 증진을 위한 지속가능한 소비를 촉진하기 위해 저탄소 식단개발, 푸드 플랜을 바탕으로 한 저탄소 식품 소비 촉진을 추진할 필요가 있다. 체계적인 홍보와 교육을 위해서는 대상자 맞춤형의 정책홍보 책자나 저탄소농업 기술 매뉴얼을 제작하여 보급할 필요가 있다.

EU는의 농가 자문제도(FAS)를 벤치마킹하여 탄소중립의무 및 기후변화에 효과적으로 대응하기 위해 농가 자문 및 컨설팅을 체계적으로 추진할 목적으로 종합적인 농축산 부문 기후변화 대응 교육 및 자문 지원 시스템을 국가 차원에서 갖추는 방안도 모색할 필요가 있다. 그뿐만 아니라 국내 농업 부문 온실가스 감축 관련 종합적인 정보 제공을 목적으로 하는 데이터 통합 관리 플랫폼이 필요하다. 이를 통해 농촌진흥청, 도농업기술원, 대학교 등에 산재된 데이터를 통합하여 중복 생산 방지, 농업기후 빅데이터 분석 연구 지원, 유관기관 간 온실가스 감축정책의 시너지 도출 등 역할을 할 수 있다.

2.1.5. 산정·보고·검증 시스템 및 통계기반 구축(농업)

농업인들이 저탄소농업 기술들을 적용하였을 때 감축 실적으로 객관적으로 인정받기 위해서는 배출량과 감축량에 대한 산정·보고·검증 시스템 구축은 필수다. 온실가스 감축활동을 예로 들면 감축활동에 대한 객관적인 증빙자료가 필요하고, 이 자료를 기초로 정량화 작업이 필요하며, 이를 제3자가 검증가능한 시스템이 구축되어야 한다. 산정·보고·검증 시스템을 구축하고 이를 제대로 뒷받침하기

위해서는 신뢰할 수 있는 통계자료가 구축되어야만 한다.

2.1.6. 적정 면적의 벌채 수준 및 벌채계획 마련(산림)

수확벌채의 경우 벌기령과 벌채령이 법적으로 마련되어 있으나 경제적 관점에서 볼 때 모두 산림의 경영 목적을 충분히 반영하지는 못하는 것으로 판단된다. 경제림의 경우 경제성을 고려하여 산주의 이익이 극대화되도록 벌기령 및 벌채량이 결정되어야 한다. 또 탄소 및 휴양이 고려되어야 한다면 목재뿐만 아니라 탄소 및 휴양의 경제적 가치(가격)가 고려되어야만 적정 수준의 벌채량과 벌기령을 구할 수 있다. 사유림의 경우 탄소흡수나 휴양의 가치가 벌채량과 벌기령 결정에 고려되지 못하면 수요와 공급의 불균형으로 인한 비효율성을 초래할 것이다. 이를 방지하기 위해서는 일정한 인센티브가 제시되어야만 한다. 본 연구의 최적화 모델 시나리오에서도 일정한 탄소 가격을 가정하였기 때문에 벌기령이 정해지고 벌채량이 크게 늘어났다. 이상의 방법으로 정해진 연간 벌채 수준을 이용하여 벌채계획을 수립할 수 있다.

2.1.7. 사유림 벌채 확대를 위한 인센티브 제시 방안 마련(산림)

산림 생산물의 가치를 통한 소비 극대화 모형은 사유림의 벌채면적을 획기적으로 확대하는 결과를 도출하였으며, 이러한 결과는 적정한 탄소 가격이 제시되었기 때문이다. 흡수를 통한 탄소 감축은 지구온난화를 지연시켜 모두에게 편익을 제공하므로 공익적 사업이라 할 수 있다. 따라서 외부효과가 발생하게 되며, 자원 이용의 비효율성을 초래하게 된다. 외부효과를 없애기 위해서는 탄소흡수에 대한 재정적 인센티브가 제공되어야 한다.

2.1.8. 국산재 가격 경쟁력 확보(산림)

국내에서 생산되는 목재의 경우 대체로 수입산에 비해 품질 대비 가격에서 열세인 상황이다. 하지만 목재제품의 탄소흡수가 인정되면서 국산 목재의 가치는 분명히 높아졌다고 할 수 있다. 따라서 국산 목재의 생산비용을 절감하여 가격 경쟁력을 높이면 국내재를 활용한 목제품 생산은 더욱 늘어날 수 있을 것이다. 장기적으로 우수한 품종의 목재생산을 위해 우리 토양과 기후에 맞는 수종을 개발하여야 한다. 동시에 벌채 비용 절감을 위한 기계화 방안을 모색해야 한다.

2.1.9. 목재산업 활성화(산림)

탄소흡수를 위해 늘어난 벌채량을 소비하기 위해서는 목재산업을 활성화하는 방법이 가장 효과적이다. 그 이유는 목재산업에서 생산되는 목제품은 또다시 탄소흡수원으로 인정받을 수 있기 때문이다. 따라서 목재산업 활성화를 저해하는 요인을 찾아 해결하고 발전할 수 있도록 지원하는 정책이 필요하다.

2.2 에너지 부문 저탄소농업 기술 이용 활성화 과제

2.2.1. 법·제도적 지원 강화

가. 농사용 전기와 면세유 제도 개선

우리나라의 경우 무역 협상에서 농업 부문 피해를 보전해 주기 위해 그동안 면세유와 농사용 전기 혜택이 오히려 강화되어왔다. 한편 경영비에서 에너지 비용이 높은 우리 농업에서 면세유와 농사용 전기 혜택 축소하는 정책은 신중한 접근이 필요하다.

우선 에너지이용효율화사업을 현재 보다 더 확대시킴으로써 농업부문의 면세

유 의존도를 낮추어야 한다. 특히 신재생에너지시설로 농업인들이 전환하지 못하는 원인을 정확히 분석하여 적절한 대안을 도출할 필요가 있다.

나. 선택형 직불을 통한 인센티브 제공

선택형공익직불은 시설투자를 필요로 하지 않는 저탄소 영농법을 이용하는 농가를 대상으로 하는 직접지불제 역할을 할 것으로 예상된다. 선택형공익직불이 앞으로 확대되기 위해서는 녹색기술을 활용하기 이전의 상태에 관한 명확한 정의(Definition)와 농가 현황을 정확히 파악할 수 있는 여러 가지 통계자료가 백업되어야 할 것이다. 또한 녹색기술 활용 이전의 상태와 비교하여 활용할 때 발생하는 추가 비용, 소득 손실 등에 대한 객관적 평가에 근거하여서 단가를 설정할 필요가 있다.

다. 저탄소농축산물인증제도 개선

기존 저탄소농축산물인증제도의 자격요건에 관한 재검토가 필요하다. 특히 국내 탄소중립 목표가 상당히 적극적인 목표치를 반영하고 있으므로, 목표 달성을 위해서는 현재의 저탄소농축산물인증제도의 진입장벽을 낮추어 줌으로써 보다 많은 농가가 저탄소영농법을 이용하도록 촉진할 필요가 있다.

라. 폐기물관리법 개정

목질바이오매스 에너지 이용을 현재 보다 활성화하기 위해서는 목질계 바이오매스를 폐잔재로 분류하지 말고 자원으로 적극적으로 활용하여야 한다. 현재 법에서 정의하는 미이용 산림바이오매스는 목질계 바이오매스의 일부에 불과하다. 그리고 미이용 산림바이오매스는 산림작업을 통해서만 발생한다는 한계점이 있다. 따라서 발생량 확대가 제한적이며, 한국 산림의 지형적인 특성을 생각할 때 수집률을 제고시키는 데에도 어려움이 있다.

목재와 같은 자원에 대해서는 폐기물에 포함하지 말고 ‘폐기물관리법’의 상위

에 특별법을 제정하여 자원을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 근거를 마련하는 것이 요구된다.

마. 농림업 부문 녹색경제 평가체계 구축

농림업 부문 녹색경제에 대한 거시적 모니터링과 평가체계로서 환경경제통합계정을 기초로 한 녹색경제지표체계 구축이 요구된다. 또한 세부분야로서 에너지 분야를 대상으로 하는 녹색기술 모니터링 및 평가체계 구축이 요구된다.

2.2.2. 경제적 지원 확대

가. 인프라 투자사업 개선

고정식 농기계의 경우는 농업인들의 초기 자부담 투자비를 완화시키기 위하여 지원을 보다 확대할 필요가 있다. 이동식 농기계의 경우 노후 농기계 교체 사업을 농기계 임대사업과 연계할 필요가 있다. 바이오매스를 활용한 에너지 생산 기술의 경우 가축분뇨 자원화시설에 대한 인프라 지원 및 시설유지관리 사업 확대가 필요하다.

독일과 일본에서는 재생에너지를 이용하여 전력을 생산하고 그 전력을 농업에 활용하는 경우 시설 설치비를 지원하고 있다. 우리도 이러한 사례를 참조하여 재생에너지 이용을 활성화시킬 필요가 있다.

나. 온실가스 감축사업 개선¹⁴⁾

향후 사업 방향은 자발적 감축사업은 비에너지 부문 기술을 대상으로 하는 것이 바람직하고, 외부사업은 에너지 부문 기술을 대상으로 하는 것이 적절하다. 자발적 감축사업과 배출권거래시장 외부사업의 경우 서류 준비 간소화

14) 정학균 외(2021)의 내용을 참고하여 작성하였다.

가 필요하다. 배출권거래시장 외부사업을 활성화시키기 위해서는 농가와 기업 간 협력프로그램을 추진할 필요가 있다.

다. 선도산림경영단지 지원 확대

목질바이오매스 에너지 이용을 지금보다 활성화하기 위해서는 미 이용 산림바이오매스의 발생량과 미 이용 산림바이오매스의 활용도를 높여야 한다. 발생량을 증가시키기 위해서는 주벌과 수익숙아베기를 통해 발생을 확대할 수 있다. 비용을 감소시키고 효율화된 수집시스템을 구축하며 더 나아가 집약적인 숲가꾸기 작업을 통하여 미 이용 산림바이오매스 수집률을 높이는 방안이 강구되어야 할 것이다. 뿐만아니라 연간 숲가꾸기 작업 면적을 동일한 수준으로 수행할 수 있도록 지속가능성을 반영한 산림경영계획이 필요하다. 집약적인 사업관리를 통하여 수집 비용을 낮추고 수집률을 지금보다 높일 수 있으므로 이러한 선도산림경영단지 사업을 보다 확대시킬 필요가 있다.

2.2.3. 기술개발 및 보급

한계감축비용 분석, 농업인 및 전문가의 농가조사 결과를 종합적으로 볼 때 비용효과성이 높고, 불확실성이 낮으며, 환경과 생산이 상생하는 기술개발이 요구된다. 또한 현재의 기술의 경우 현장 적용성이 낮지만 감축효과가 큰 기술들에 대해서 보완기술을 개발할 필요가 있다. 또 미래 기술의 경우 전문가 의견을 반영함으로써 수요가 보다 높은 기술을 개발할 필요가 있다.

2.2.4. 교육 및 홍보 강화

녹색경제 관련 정책 활용도를 제고시키기 위해서는 시군단위농업기술센터에

석의 에너지분야 녹색기술 교육 콘텐츠를 보다 내실화시킬 필요가 있다. 에너지 분야 녹색기술에 대한 실증 자료 및 매뉴얼, 그리고 성공사례에 대한 입체적인 교육 콘텐츠 개발이 우선적으로 필요하며, 자료에 대한 신뢰도 역시 향상시킬 필요가 있다. 또한 민간부문의 교육 및 컨설팅에 대한 지원이 필요하다. 또한 기술보급 사업 담당 주체로서 시군농업기술센터가 에너지분야 녹색기술 보급을 효과적으로 진행하기 위해서는 기술 보급과 교육을 담당하는 직원들에 대한 능력 배양이 필요할 것으로 생각된다. 더 나아가 온라인 교육 콘텐츠의 다양화와 질적 향상 역시 필요하다.¹⁵⁾ 그리고 에너지분야 녹색기술 확산을 위해 에너지 녹색기술 관련 온라인 콘텐츠 관련 정보를 수집하고 제공하는 일종의 허브(Hub)를 구축할 필요가 있다.

2.3. 미세먼지 저감농림업 활성화 과제

2.3.1. 법·제도적 지원(농업)

가. 대기환경보전법 개선

유럽에서 암모니아 배출 기준을 설정하고 있는 것처럼 우리나라도 이러한 사례를 벤치마킹하여 저감목표를 설정하는 작업이 필요하다. 농장 단위별 암모니아 저감 목표를 설정하는 것은 신규 진입 축산 농가의 농장을 우선 고려할 수 있고 여건이 되면 점진적으로 확대하는 방안을 고려할 수 있다.

농업기계의 미세먼지 배출을 효과적으로 관리하기 위해서는 현재 법적 기준이 마련되지 않은 농업기계를 대상으로 운행차 배출허용기준을 마련하고, 정기적인 배출가스 검사를 실시하는 것을 고려할 수 있다. 이때 저감조치를 위한 법적 근

¹⁵⁾ 예를 들어, 2020년 7월 구글은 한국에서 농업 관련 상위 20개 채널의 조회 수가 전년 대비 4배 증가했다고 발표하였다(한국농정, 2020. 11. 8.).

거, 저감장치 인증기준 마련 등이 필요하다.

나. 양분관리제도 추진

지역단위 양분관리제도는 지역 내 적정 시비와 양분관리를 통해 암모니아 배출을 감소시킬 수 있다. 따라서 지역단위 양분관리제의 추진이 필요하다. 특히 경축순환농업은 지역단위 양분을 관리함으로써 암모니아를 줄일 수 있을 뿐만아니라 경제적 편익도 발생한다. 따라서 경축순환농업의 애로사항을 면밀히 살펴보고 활성화할 수 있는 방안이 요구된다.

2.3.2. 경제적 인센티브(농업)

가. 농업환경지불 정책의 활용

녹색재배, 녹색축산, 녹색에너지 분야 기술을 보급하기 위해서는 농업인의 소득 감소분을 보전할 수 있는 농업환경지불 정책을 검토할 수 있다. 축산농가의 경우 공익형직불제를 활용하기 보다 농업(축산)환경보전 프로그램을 신설하여 암모니아 저감 기술을 확대하는 것을 고려할 수 있다.

나. 시설 설치 지원사업의 개선

악취 저감 시설·장비 지원의 경우 미세먼지(암모니아) 감축 효과를 고려하여 농업인 자부담을 줄여주는 정책적 노력이 요구된다. 또한 악취저감시설 보급 이후 모니터링 시스템을 개선할 필요가 있다.

가축분뇨 자원화(에너지화) 사업을 활성화 하기 위해 생산된 전력을 농작물 생산이나 가축사육 등에 활용하는 경우 시설설치비를 지원하는 방안을 검토할 필요가 있다. 에너지이용효율화사업의 경우 정책지원에 대한 농업인의 수용성을 높이기 위해 농업인들의 자부담 비용을 완화 시킬 필요가 있으며, 유지 보수사업을

확대할 필요가 있다.

이동식 농기계의 경우 트랙터, 콤팩트 등의 농기계를 말하며 미세먼지 저감농업 기술로는 심층시비기 보급사업, 저공해 및 무공해 농업기계 보급 사업, 경유 사용 농업기계 조기 폐차 지원 사업 등이 있다. 조기 폐차 지원 사업의 경우 사업이 중단되었는데 비도로 이동오염원의 배출을 줄이기 위한 중요한 사업이므로 다시 시행되어야 한다. 화석연료 동력의 이동형 농기계를 전기·수소 동력의 농기계로 전환하는 노력이 필요하며 우선 농기계 개발기술이 상용화 단계까지 진행된 뒤 보급을 위한 구체적인 지원 정책(예, 관행 농업기계와의 가격 차이 보조)과 홍보가 필요할 것이다.

영농잔재물 파쇄작업 지원 사업을 보다 확대하되 추가노동력이 최소화될 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. 영농폐기물 수거·처리 사업의 보상금을 위한 예산을 보다 확대하여 영농폐기물 수거·처리가 원활하게 이루어질 수 있도록 해야 한다.

2.3.3. 기술개발(농업)

비용효과성이 높은 기술을 개발할 경우 농가 기술 수용력을 높일 뿐만 아니라 정부 보조금의 축소 및 정부 재정 부담 완화효과도 발생한다(정학균 외, 2021). 농업 부문에서의 미세먼지 발생과 저감에 관한 정책이 보다 정교하게 수립되고 수행되기 위해서는 보다 많은 미세먼지 관련 연구가 필요하다(성재훈, 2019).

지금까지 미세먼지 관련 연구는 주로 미세먼지 발생 특성이나 배출계수를 주로 연구하였고, 저감 기술에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 향후 기술 개발은 배출계수를 고도화하는 연구와 저감기술 연구가 필요하다.

2.3.4. 신뢰성 높은 통계자료 구축(농업)

미국은 지속적인 데이터 수집과 분석, 이를 바탕으로한 피드백 루프를 사용한 실시간 모니터링 및 평가 결과를 기반으로 정책을 추진하고 있고, 일본도 대기오

염 물질의 발생원 정보나 인벤토리 등의 정비에 꾸준한 노력을 기울이고 있다.

데이터를 기반으로 정책 방향을 설정하면서 동시에 보다 치밀하고 정교한 정책을 설계하고 있다. 우리나라도 미국과 일본 사례를 벤치마킹하여 신뢰성 높은 통계자료를 구축하고 이를 정책 방향 설정이나 정책 설계 시 활용할 필요가 있다.

2.3.5. 교육 및 홍보(농업)

농업인들이 미세먼지에 적극적으로 대응하고 미세먼지 저감농업에 참여하도록 미세먼지의 발생원인, 미세먼지의 악영향 등을 정확한 정보에 기초하여 교육할 필요가 있다.

소비자들은 농업 생산 활동에서 발생하는 미세먼지에 대한 인식도는 부족한 것으로 분석되었다. 따라서 소비자들의 인식개선을 통해 농업·농촌 분야의 미세먼지 저감을 위한 소비자들의 적극적인 지원을 유도할 필요가 있다.

정부의 미세먼지 저감 정책에 대한 홍보를 보다 강화함으로써 농업인들이 참여할 수 있도록 유도할 필요가 있다. 미세먼지 저감관련 법/제도, 경제적 인센티브 사업들에 대해 적극적으로 홍보할 필요가 있다.

2.3.6. 효율적 도시림 확대(산림)

도시림의 미세먼지 저감에 다른 경제적 효과를 고려할 때 도시림의 면적을 늘려간다면 질병으로 인한 사회경제적 비용이 감소할 것으로 보인다. 따라서, 새로운 도시림을 조성하고, 기존의 도시림을 잘 관리하고 보호하는 정책을 마련해야 한다. 기술을 활용하여 현재 도시림을 효율적으로 관리하고, 자투리 공간을 활용하여 녹지를 확대하는 정책을 수립하여야 한다.

일반 시민들의 참여를 촉진하기 위해 모바일 애플리케이션 등의 기술을 활용할 수 있다. 모바일 애플리케이션을 통해 시민들이 도시림의 상태를 모니터링하고

지역 도시림에 더욱 관심을 갖게 할 수 있다.

2.3.7. 체계적 도시림 관리(산림)

도시림은 미세먼지 저감을 위한 기능별 구분을 통해 적정 임목 밀도를 조절하며, 수종에 있어서도 차별화된 선택을 하게 된다. 미세먼지 저감 효과를 개선하기 위해 도시림 내 공기의 흐름을 적절하게 유도해야 한다. 또, 식생의 접촉면(잎, 줄기, 가지)이 최대화될 수 있도록 관리하는 것이 중요하다.

미세먼지 저감을 목표로 나무를 식재하거나 도시림을 조성할 때 수종 선택에 주의를 기울여야 한다. 지방 자치단체별 가로수 DB 미구축으로 시스템을 완전히 활용하는 데 한계가 나타나고 있다. 이를 위한 예산 및 기술적 지원을 확대하여야 할 것이다. 효율적 도시림 관리를 위해 위성 이미지와 드론 등을 도시림 모니터링 등에 적극 활용한다면 보다 효율성을 높일 수 있다.

8

요약 및 결론

기후 및 환경위기에 대응하여 선진국을 중심으로 환경 관련 사업에의 집중투자를 통한 녹색경제로의 전환을 보다 가속화하고 있다. 우리나라도 글로벌 녹색경제로의 전환 움직임을 따라 윤석열 정부는 국정과제로 ‘과학적인 탄소중립 이행 방안 마련으로 녹색경제 전환’을 제시하였다. 녹색경제란 화석연료의 사용을 단계적으로 축소하고 녹색기술을 육성함으로써 국가경쟁력 강화 및 지속가능발전을 추구하는 경제를 일컬으며, 녹색기술 이용을 활성화하는 것이 골자라고 할 수 있다(정학균 외, 2021).

우리 농림업은 투입재의 과도한 사용과 집약적 축산 등으로 말미암아 토·수질 악화, 대기질 악화 등 환경에 대한 부담이 가중되어왔다. 또한 도·농간, 부농과 빈농간 소득격차가 크고, 노동력의 노령화가 심화되어 왔다. 따라서 농림업 부문도 녹색경제로의 전환이 매우 시급하다고 할 수 있으며, 저탄소농업, 친환경농업, 미세먼지 저감농업 등 농림업 부문 녹색기술을 육성하고 또한 그 이용을 보다 활성화할 필요가 있다.

‘농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구’는 경제인문사회연구회의 일반과제로 3년간 추진해 왔다. 1년 차에는 비에너지 부문의 온실가스 감축기술 및 정책을,

2년 차에는 에너지 부문 온실가스 감축기술 및 정책을, 3년 차인 올해에는 미세먼
지 저감 농림업 기술 및 정책을 다룬다.

□ 비에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

1년 차인 비에너지분야 온실가스 감축기술 이용 활성화방안 연구는 한계감축
비용 분석방법론, Cohort 모형과 최적화 모형, 환경산업연관분석법 등 이용하였
다. 또, 설문조사 방법론, 프로빗(Probit) 모형, SUBP(Seemingly Unrelated
Bivariate Probit) 모형, 델파이법 등을 활용하여 연구 방법으로 활용하였다.

녹색기술들의 한계감축비용을 분석한 결과, 비에너지 부문의 경우 바이오차
내 부산물, 무경운 등이 한계감축비용이 낮은 것으로 나타났다. 산림분야에 있어
탄소흡수 효과를 분석한 결과, 베이스라인 시나리오보다는 목재공급계획 시나리
오가, 목재공급계획 시나리오보다는 최적화 시나리오가 탄소흡수 효과가 크게
나타났다. 환경산업연관분석을 시도한 결과, 분석한 기술들의 경제적·환경적 파
급효과가 다소 존재하는 것으로 나타났다.

농업인의 온실가스 감축기술 애로사항은 논벼 농가의 경우 간단관개, 논물얹
계대기 등에 대하여 ‘생산량 감소’, ‘생산비 증가’ 등으로 나타났다. 시설재배 농
가의 경우 초기 투자비 부담, 경영비 증가 등이 기술 도입의 애로사항이었다. 축
산 농가의 경우에는 (공동자원화 시설) 비싼 처리비용, (양질조사료) 비싼 구입 가
격을, (메탄저감 사료와 적정단백질 사료) 경영비 상승을 애로사항으로 꼽았다.

주요국의 사례를 살펴본 결과, EU는 농업 부문 온실가스 감축 지원을 계속적으
로 늘리고 있으며, 특히 2023~2027년 추진될 CAP의 농업환경직불금 제도의 경
우 강화된 조건성, 생태 제도, 그리고 농업-환경-기후 책무 직불을 통해 지원할
계획이 있었다. 미 농무부는 생산자가 온실가스 완화기술을 채택하는 데 필요한
재정적 인센티브에 대한 이해를 향상하기 위한 정보를 정부 차원에서 제공하며,
보전유보 프로그램과 보전책무 프로그램을 강화해 온실가스 감축기술을 도입하
는 농가를 지원하려는 움직임을 보이고 있다. 일본은 기후변화 완화 문제와 관련

해 농림수산분야의 지속과 성장을 위한 전략(Strategy) 및 로드맵(Roadmap)을 구체적으로 제시하고 있다.

전문가에 의한 정책 우선순위를 도출한 결과, 단기(2030년) 및 중장기(2050년)적으로 저탄소농업 경제적 인센티브 지원을 가장 중요하게 생각하는 것을 보여주었다. 또한 단기적으로는 시설설치를 위한 경제적 인센티브 지원과 에너지 분야에 대한 연구개발, 중장기적으로는 에너지 및 비에너지 분야에 대한 연구개발 중요성이 높은 것으로 나타났다.

□ 에너지 부문 온실가스 감축기술 이용 활성화

2년 차인 농림업 부문 에너지분야 녹색기술 이용 활성화방안 연구는 비용·편익분석법, 한계감축비용분석 방법론, 환경산업연관분석법, 설문조사 방법론 등을 적용하였다. 국내 유관기관 방문 조사를 실시했으며, 원활한 연구추진을 위해 에너지경제연구원(KEEI) 전문가들과 공동으로 ‘농림업 부문 에너지이용 실태분석과 효율화 방향’을 연구하였다.

농림업 부문 녹색경제를 진단한 결과를 보면, 모든 지표에서 OECD 국가에 비해 부정적 값이 높게 나타났다. 에너지 이용 현황을 살펴본 결과, 전력 소비에서 석유 소비로 대체되고 있는 것으로 나타났다. 용도별 에너지 소비 현황을 보면 장비 및 설비용 에너지 소비가 늘어나는 추세를 보였다. 농림업 부문에서는 가축분뇨의 발생량이 계속 증가하고 있는 것으로 나타났다.

농업 부문 녹색경제 활성화 관련 정책추진 현황을 보면, 예산 규모가 작았고, 예산 집행률이 낮았으며, 정책 성과가 저조한 것으로 나타났다.

녹색기술 보급의 우선순위를 설정키 위해 한계감축비용 분석을 추진한 결과, 바이오가스 플랜트(Biogas Plant), 농업용 열 회수형 환기장치 등의 한계감축비용이 낮았고, 순환식 수막재배시스템, LED 조명 활용, 목질바이오매스 활용 등은 높게 나타났다. 환경산업연관분석 결과, 최소경운 직파, 무경운 직파, 산란계사 LED, 공기열 히트펌프 등에서 긍정적 파급효과가 있는 것으로 분석되었다.

농업인 및 정책담당자 대상 설문조사 분석 결과, 시설 농가는 자부담 비용과 눈에 보이지 않는 비용을 기술수용의 애로 요인으로 제시했다. 노지밭작물 농가의 경우에는 기술 습득 및 이용의 어려움, 기술 도입 효과의 불확실성 등을 꼽았다. 정책담당자들은 자부담비, 교육 부족, 규모의 영세성, 고령화 등을 애로 요인으로 제시했다. 행동 및 인식 관련해서는 농업인과 정책담당자들 모두가 생산과 환경간의 상충 효과에 대한 부정적 인식, 농업경영에 있어 상대적으로 낮은 환경보호 우선순위(Priority) 등을 제시했다.

주요국의 에너지분야 관련 정책을 보면, EU는 에너지 효율성을 촉진하기 위해 투자 지원(Investment supports)과 에너지 집약도가 낮은 농장 영농법(practices) 지원을 시행하고 있다. EU는 에너지 작물 인센티브, 바이오에너지 시설 투자지원, 발전차액지원제도 등을 통해 재생에너지 생산을 증가시키고 있다. 독일은 에너지 전환 지도 및 상담 강화, 에너지 시설 투자 사업비 일부 지원 등을 추진하고 있다. 독일의 정부는 재생에너지법을 통해 재생에너지의 전력적 이용을 관리하고 육성하고 있다. 일본은 농업 부문 에너지분야 관련 정책으로 시설 원예 및 농기계 에너지 절약 정책, 신재생에너지의 도입 정책 등이 있다. 특히 재생에너지를 활용하는 가온 시스템 도입 촉진, 신재생에너지 이용을 증대시키기 위한 기술개발 지원 등이 있다.

녹색경제 활성화 핵심 과제로 법·제도적 지원 강화와 경제적 지원 확대가 필요한 것으로 제시되었다, 또한 기술개발과 보급, 교육과 홍보 강화 등이 제시되었다. 법·제도적 지원의 경우 국제사회의 화석연료 보조금 축소 논의에 대응하여 면세유와 농사용 전기 제도 개선 방향에 대하여 검토하였으며, 인센티브로 직불제도, 저탄소농축산물인증제도에 대한 개선방안을 제시하였다. 또한 목질바이오매스 에너지 활용 활성화를 위해 폐기물관리법에 대한 개정안을 제시하였다. 이어서 경제적 지원 확대의 경우 인프라 투자사업개선, 온실가스 감축사업 개선, 그리고 선도산림경영단지 지원 확대 등을 제시하였다. 녹색기술 도입 효과의 불확실성, 기술의 현장 적용성 부족, 환경과 생산간 상충 효과에 대한 부정적 인식 등에

대응하기 위해 기술개발 내용을 제안하였다. 또한 기술 습득과 이용의 어려움, 교육 부족 등에 대응하여 교육 및 홍보의 방안을 제시하였다.

□ 미세먼지 저감농림업 활성화

이 연구는 농림업 부문의 녹색경제 활성화방안의 3년 차 연구로 농림업 부문 미세먼지 저감농업 기술 이용 활성화방안을 연구했다. 이 연구는 통계자료 분석, 패널모형 분석, 비용효과성 분석법, CVM 분석, 설문조사방법론 등을 적용하였다. 국내 유관기관 방문 조사, 농가 사례조사, 네덜란드, 덴마크 현지 출장 방문 조사 등을 실시하였다. 또, 전문가 원고 위탁을 추진하고 국제심포지엄을 개최하였다.

현재 우리나라 농업 부문 미세먼지 배출량 산정 방법을 살펴본 결과, 농업 부문 배출계수 대부분 미국과 유럽의 계수를 의존하고 있어 향후 국내 고유 배출계수 개발이 필요한 것으로 나타났다. 2020년 기준 미세먼지 관련 대기오염 물질 배출량 중 농업 부문 배출량은 암모니아 76.7%, 미세먼지 17.5%, 초미세먼지 19.9%를 차지하여 농업 부문 미세먼지 배출량이 많은 것으로 나타났다.

축사밀집도가 미세먼지 농도에 미치는 영향을 실증 분석한 결과, 기온, 강수량, 바람 등 기상 요인은 모두 초미세먼지 농도와 유의한 상관관계가 존재하는 것으로 분석되었다. 그리고 축사밀집도(암모니아 배출량)가 높아질수록(많을수록) 초미세먼지 농도가 높아지는 것으로 나타났다.

대기환경개선 종합계획에 암모니아 감축목표가 제시되어 있지만 이행 평가가 명확하게 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다. 또 미세먼지 저감 관련 사업들을 보면, 에너지절감시설 지원사업은 사업이 축소되고 있고, 공동자원화시설 지원 사업의 예산 실행행률이 저조한 것으로 나타났다. 산림청을 중심으로 도시림 면적을 확대시키기 위한 정책적 노력을 기울이고 있지만 도시민 1인당 생활권 도시림 면적은 선진국 주요 도시 수준에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 도시림 면적 확대 관련 도시숲의 물리적 확대보다는 기능의 최적화를 위한 관리에 더욱 힘써야 하며 효율적인 도시림 조성이 필요한 것으로 나타났다.

미세먼지(암모니아) 감축기술의 경제성을 분석한 결과, 공기열히트펌프, 적정 비료 사용, 비육기간 단축, 심층시비의 순으로 비용효과성이 높은 것으로 나타났다. 미세먼지 저감농업 기술의 경제적 파급효과에 대해 1년 차와 2년 차 연구에서 양의 파급효과가 도출된 적정비료 사용 기술과 공기열히트펌프의 경우 비용변화 없이 암모니아 저감의 공편익이 본 연구를 통해 산정됨에 따라 파급효과는 보다 커지는 것으로 나타났다.

미세먼지와 도시숲이 호흡계통 질환 조사망률에 미치는 영향을 분석한 결과, 생활권 도시림 면적률과 호흡계통질환 조사망률은 음(-)의, 미세먼지 수준과 호흡계통질환 조사망률은 양(+의 상관관계가 나타났다. 도시림 면적이 증가하면 그에 따라 사회경제적 비용은 감소하는 것으로 나타났다.

경종·축산 농가를 대상으로 농업·농촌 분야 미세먼지 관련 인식과 기술 수용성 설문조사 분석 결과, 비료나 가축분뇨로부터 미세먼지가 발생함을 알고 있는 농가는 비교적 적은 것으로 나타났다. 또 많은 농가가 미세먼지 악영향을 알고 있음에도, 농작업 전 미세먼지 정보를 확인하지 않았고, 미세먼지 나쁨 혹은 매우 나쁨 예보가 발령되더라도 농작업을 중단하지 않는 것으로 나타났다. 경종농가는 비료사용처방 발급 및 적정비료사용과 관련하여 기술 적용의 어려움, 생산량 감소 우려 등을 애로사항으로 꼽았고, 완효성 비료 사용의 경우 완효성 비료의 가격이 비싼 것이 가장 큰 어려움으로 응답했다. 축산농가는 가축분뇨처리, 약취저감 시설을 설치하지 않는 이유로 비용부담이 크기 때문인 것으로 응답했다.

미세먼지 저감농업 활성화를 위한 기부금 지불의향 조사자료를 기초로 미세먼지 저감농업의 대기환경 개선의 가치를 평가한 결과, 1,574억~5,030억 원으로 분석되었다.

EU는 2016년 개정된 ‘국가별 배출량 상한(National Emission Ceilings: NEC)’ 지침에 초미세먼지와 암모니아 오염물질에 대해서 기존 기준에 비해 30% 이상의 저감을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 네덜란드는 규제 정도가 다른 국가에 비해 높은 가운데 대부분 축사에 오염물질 저감조치를 취해야 하며, 신규농

가의 경우 더 높은 수준의 의무가 부여되는데 농가의 평균 배출량의 30% 수준 저감 의무가 있다. 덴마크는 가축분뇨를 관리하는 규제 및 정책을 지속적으로 도입하였으며, 미세먼지 저감 측면에서 비료 사용을 관리하였다. 네덜란드와 덴마크는 해당 농가에 최적적합기술(BAT)이 무엇인지 평가 및 처방 하고 BAT를 적용했을 때 허용 배출량을 설정해 주는 것으로 나타났다. 미국은 경종과 축산부문의 오염물질 배출원과 그 영향에 대한 과학적 분석을 통해 여러 가지 기술적인 대책이 제시되고 있다. 작목별 가축별 지역별 특성에 맞는 오염물질 배출 기준을 설정하여 첨단 모니터링과 규정준수 강제 제도를 활용하고 있으며, 더불어 보존 관행을 도입하는 농업인에게는 재정적·기술적 인센티브를 제공하고 있다. 일본은 대기오염 물질의 발생원 정보 및 인벤토리 정비에 꾸준히 추진 중이며, J크레딧 제도, 직불금 지급 등의 보조사업에 이 데이터를 활용하여 과학적으로 검증된 데이터 기반 정책 방향 설정 및 보다 치밀하고 정교한 정책설계에 활용하고 있는 것으로 나타났다.

독일은 슈투트가르트의 바람길숲 조성 정책을 통해 미세먼지 고농도 일수를 크게 감소시켰고, 2017년까지 30%의 미세먼지가 저감된 것으로 나타났다. 미국 환경청(EPA)은 도시림을 이용한 대기질 개선을 위한 전략적 나무 심기(strategy tree planting)를 제시했다. 일본은 도심에 녹지공간을 확대할 수 있는 효과적인 방안으로 옥상정원(green roof)과 수직정원(벽면조경, green wall) 등을 전략적으로 수립하고 있는 것으로 나타났다.

미세먼지 저감농림업 기술 이용 활성화를 위한 주요 과제는 농업 부문과 산림 부문으로 나누어 제시되었다. 우선 농업 부문의 경우 법·제도적 지원, 경제적 인센티브 지급, 기술 개발, 신뢰성 높은 통계자료 구축, 교육 및 홍보 등이 제시되었다. 법·제도적 지원의 경우 EU, 미국 등의 규제 정책 사례를 참조하여 배출 기준이 설정되어야 하고, 적정 양분 투입을 유도하기 위한 지역단위 양분관리제도가 추진되어야 한다. 경제적 인센티브의 경우 농업인의 미세먼지 저감농업 기술 수용성 제고를 위해 농업환경지불 정책을 활용할 필요가 있고, 악취저감시설 지원

사업, 가축분뇨 자원화 사업, 에너지이용효율화사업, 이동식 농기계의 미세먼지 저감사업, 영농잔재물 파쇄작업 지원사업 등 시설설치 지원사업의 자부담 비중을 완화시키는 노력이 필요하다. 또한 영농폐기물 수거·처리 사업을 확대하여 추진할 필요가 있다. 기술개발의 경우 배출량 산정 방법 고도화를 추진해 나가야 하며, 미세먼지 관련 기술을 폭넓게 개발해야 한다. 신뢰성 높은 통계자료 구축과 농업인 및 소비자를 대상으로 하는 미세먼지 관련 교육 및 홍보도 요구된다. 산림 부문의 경우 도시림을 통해 미세먼지를 저감시키기 위해 효율적인 도시림 확대와 체계적인 도시림 관리방안이 제시되었다.

참고문헌

- 관계부처 합동(2020), 《한국판 뉴딜 종합계획》.
- _____ (2021), 《2050 탄소중립 시나리오》.
- 국립산림과학원(2022), 《2022 산림·임업 전망》.
- 권오상·정학균(2021), 《가축·비료부문 양분 생성 저감의 경제적 효과》, 한국농촌경제연구원.
- 김종호·김호석·이현지(2017), 《한국의 녹색경제지수 산정》, 한국환경정책·평가연구원.
- 김창길·정학균·김정승·문동현(2013), 《저탄소농업 직접지불제도 도입 방안》, C2013-04, 한국농촌경제연구원.
- 산림청(2018a), 《미세먼지 저감 및 품격 있는 도시를 위한 그린 인프라 구축 방안》.
- _____ (2018b), 《제2차 도시림 기본계획(2018~2027)》.
- 성재훈(2019), “미세먼지 저감을 위한 농업부문 대응방안”, 《미세먼지 저감을 위한 경사연 연구기관 합동 심포지움》.
- 안병일·한석호(2016), “조사료 생산기반 확충사업이 조사료 시장에 미친효과 분석”, 《농업경제연구》, 57(3): 55-78, 한국농업경제학회.
- 이상민·임영아·성재훈·안현진·이현정·이혜진(2017), 《신기후체제에 따른 농축산식품 부문 영향과 대응전략(1/2차년도)》, 한국농촌경제연구원.
- 이용건(2020), 《낙농산업의 지역·환경 영향 평가》, 한국농촌경제연구원.
- 이지순(2009), 《녹색성장과 금융》, 경제·인문사회연구회.
- 이창훈·한미진(2014), 《녹색창조경제의 기반구축 연구》, 한국환경정책·평가연구원.
- 이해춘·안경애·김태영(2018), “미세먼지로 인한 호흡기 질환 발생의 사회경제적 손실 가치 분석: Panel VAR 모형을 중심으로”, 《경영컨설팅연구》 18(4): 173-186, 한국경영컨설팅학회.
- 임영아·성재훈·정학균·추성민(2020), 《친환경농업을 통한 농업환경 보전 기능 강화방안 연구》, 한국농촌경제연구원.
- 정학균·김연중·이혜진(2016), 《신기후체제에 대응한 저탄소농업 활성화방안》, 한국농촌경제연구원.
- 정학균·성재훈·임영아·임준혁·이상민·김은영·김호석·문동현·신용광·손인성(2022), 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(2/3차년도)》, 한국농촌경제연구원.
- 정학균·안현진·채광석·임영아·임준혁·박형호·김창길·심창섭·이요한·조현경(2023), 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(3/3차년도)》, 한국농촌경제연구원.

정학균·이상민·이용건·정선화(2021), 《농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(1/3차년도)》, 한국농촌경제연구원.

정학균·임영아·강경수(2020), 《경축순환농업 실태 분석과 활성화방안》, 한국농촌경제연구원.

정학균·임영아·성재훈·이현정(2018), 《신기후체제에 따른 농축산식품부문 영향과 대응 전략(2/2차년도)》, 한국농촌경제연구원.

최수민·류다운·최은호·정진숙·박찬열(2022), 《고농도 미세먼지 발생시 숲의 미세먼지 저감효과》, 국립산림과학원.

환경부(2022), 《제3차 대기환경개선 종합계획》.

Muro M., J. Rothwell, & D. Saha(2011), Sizing the Clean Economy: A National and Regional Green Jobs Assessment.

UN ESCAP(2012), Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific.

UNEP(2011), Towards a Green Economy – Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.

〈보도자료〉

마운틴뉴스(2018. 5. 11.), “[핫이슈 ‘미세먼지, 도시숲이 해결책이다’ <2>정부 정책과 조성계획] 숲, 미세먼지 40.9%까지 저감”.

한국농정(2020. 11. 8.), “‘농튜버’ 전성시대, 과감하게 시작하라”.

〈온라인 자료〉

국가미세먼지정보센터(<https://www.air.go.kr/main.do>), 검색일: 2023. 3. 23.

국가법령정보센터(www.law.go.kr), 저탄소 농축산물 인증제 운영규정, 검색일: 2021. 9. 20.

농림정보사업시스템(<https://uni.agrix.go.kr/webportal/main/portalIndex.do>), 검색일: 2023. 5. 2.

산림청 홈페이지(<https://www.forest.go.kr>), 검색일: 2021. 10. 25.

한국환경공단(www.keco.or.kr), 검색일: 2021. 9. 20.

〈법령〉

대기환경보전법(법률 제19125호, 2022. 12. 27., 일부개정) (<https://www.law.go.kr>)

/lsSc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&event
Gubun=060101&query=%EB%8C%80%EA%B8%B0%ED%99%98%EA%B
2%BD%EB%B3%B4%EC%A0%84#undefined). 검색일: 2023. 2. 2.

도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률(법률 제 19112호, 2022. 12. 27., 일부개정)
(<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EB%8F%84%EC%8B%9C%EC%88%B2%EB%93%B1%EC%9D%98%EC%A1%B0%EC%84%B1%EB%B0%8F%EA%B4%80%EB%A6%AC%EC%97%90%EA%B4%80%ED%95%9C%EB%B2%95%EB%A5%A0>), 검색일: 2023. 7. 1.

저탄소 녹색성장 기본법(시행 2022. 3. 25., 법률 제18469호, 2021. 9. 24., 타법폐지)
제22조, 검색일: 2023. 4. 30.

KREI

www.krei.re.kr



**농림업 부문 녹색경제
활성화방안 종합본(2021-2023)**

한국농촌경제연구원

전라남도 나주시 빛가람로 601 T.1833-5500 F.061) 820-2211



9 791161 496818
ISBN 979-11-6149-681-8