주요국의 에너지분야 녹색기술 관련 정책

정학균* · 곽혜선**

1. 서론

기후 위기와 환경위기에 대응하여 세계 142개 나라가 탄소중립을 선언[1]하였으며, 이러한 목표를 효과적으로 달성하기 위해 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 그린딜(Green Deal) 혹은 그린뉴딜(Green New Deal) 전략을 통한 녹색경제로의 전환을 추진하고 있다. 우리나라도 세계적 녹색경제로의 전환 움직임에 따라 2020년에 탄소중립 목표[2]를 국제사회에 선언하였고, 탈탄소 녹색경제로의 전환을 제시했다(관계부처 합동, 2020).

녹색경제를 보다 구체적으로 말하면 화석연료의 사용을 단계적으로 축소하고 녹색기술과 녹색산업을 육성함으로써 국가경쟁력을 강화하고 지속가능발전을 추구하는 경제를 말한다(저탄소 녹색성장 기본법: 제22조). 따라서 녹색기술과 녹색산업을 육성하고, 그 이용을 활성화하는 것이 녹색경제의 핵심이라고 할 수 있다(정학균 외, 2021).

우리나라 농업 부문의 온실가스는 국가 탄소중립 목표 달성을 위해 2018년 24.7백만 톤에서 2030년 18.0백만 톤으로 27.1% 감축시키는 것으로 제시되었다(관계부처 합동, 2023). 또한, 도·농간, 빈·부농간 소득격차가 크며, 순수 농업소득이 증가하지 못하고 있다. 이에 따라 농업부문도 환경위기 극복과 농업경제 성장 동력 확보를 위해 녹색경제로의 전환이 필요하다. 농업부문의 녹색기술에는 에너지 분야에 속하는 에너지 절감, 재생에너지 등이 있고 비에너지 분야에 속하는 녹색재배, 녹색축산 등이 있다(정학균 외, 2022). 이러한 녹

* 한국농촌경제연구원 선임연구위원(hak8247@krei.re.kr).
** 한국농촌경제연구원 연구원(hyesunk@krei.re.kr).
본 고는 한국농촌경제연구원 일반과제로 수행된 정학균 외(2022), 농림업 부문 녹색경제 활성화 방안 연구(2/3차년도) 제6장 해외 사례를 정리 및 업데이트하여 작성하였음.
1) NET ZERO TRACKER(https://zerotracker.net/). 검색일: 2025. 3. 12.
2) 문재인 대통령은 10월 28일 국회 시정연설에서 2050년 탄소중립 목표를 국제사회에 선언함.

색기술 활용을 활성화하기 위해서는 비용 효율적인 녹색기술을 개발하고, 농업인의 녹색기술 수용성을 제고시키기 위한 정책 수단이 필요하다.

본 고는 해외의 선진 녹색기술 관련 정책 사례를 살펴보고 우리나라 농업부문 녹색경제 활성화를 위한 시사점을 도출하고자 하였다. 여기에서는 에너지 분야 녹색기술을 대상으로 EU, 독일, 일본의 녹색기술 관련 정책을 살펴본다. EU, 독일, 일본은 우리나라처럼 탄소중립을 추진하고 있으며, 특히 농업부문 재생에너지 및 바이오에너지 관련 정책이 활성화되어 있으므로 우리나라 농업부문의 에너지 분야 녹색기술 이용 활성화 전략 도출을 위해 이들 나라의 정책 사례를 살펴볼 필요가 있다.

2. EU

2.1. 농림업 부문 에너지 관련 현황[3)]

EU의 2022년 농림업 부문 에너지 소비량은 2022년 총 에너지 소비의 3.0%를 차지하며, 국가별 최종에너지 대비 농림업 부문 에너지 소비량은 네덜란드가 7.5%, 라트비아가 5.1% 의 비율로 각각 1위와 2위를 기록했다. 네덜란드의 높은 농림업 부문 에너지 소비 비율은 과일, 채소, 원예 식물의 온실 생산 현황이 반영된 결과로 보인다.

EU의 개정된 '에너지 효율 지침(Energy Efficiency Directive(EU/2023/1791))'은 2030년까지 온실가스 배출 목표를 1990년 수준 대비 최소 55%를 낮추는 것을 목표로 설정하였으며, 러시아로부터의 화석연료 수입에 대한 EU의 의존도를 줄이는 것을 목표로 하는 REPowerEU 계획이 이를 뒷받침 한다. 현재 에너지 효율에 관한 법률은 EU가 2021년 유럽 그린딜 에 따라 설정한 새로운 기후 목표를 달성할 수 있도록 개정되고 있다. 이러한 맥락에서 2022년 EU의 총 에너지 소비량은 전년 대비 3.9% 감소했으며, 동 기간 농림업 부문의 에너지 소비량은 전년 대비 6.3% 감소했다.

3) Eurostat의 Agri-environmental indicator – energy use(https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_energy_use). 검색일: 2025. 3. 4.을 참고하여 작성함.

2022년 기준 석유 및 석유제품이 주요 연료 형태로, EU 농업부문 전체 에너지 소비의 58.4%를 차지했다. 농업부문 전체 에너지 소비에서 재생에너지 및 바이오연료 소비의 비율은 2002년 대비 두 배 이상 증가하여 2022년 12.0%를 기록했다.

2.2. 농업부문 에너지 관련 정책

EU의 농업부문 에너지 효율성을 촉진하는 정책은 두 가지가 있는데, CAP(Common Agricultural Policy)[4] Pillar 2 농촌개발 프로그램 하의 투자 지원(Investment supports)과 CAP Pillar 1과 2에 따른 에너지 집약도가 낮은 농장 영농법(practices) 지원 등이다.

EU의 재생에너지 정책 규정은 '재생에너지 지침(Renewable Energy Directive: RED)'이며, '재생에너지 지침(RED)'은 기본적으로 바이오연료에 대한 인센티브 프로그램으로 구성되어 있으나, 재생에너지 사용 목표를 설정하는 지침의 역할도 한다. 2018년에 설정된 RED II에서는 '2030년까지 전체 에너지에서 재생에너지의 비율 32% 달성 및 이 중 수송(교통) 영역의 비율은 14% 달성'과 '식량작물에 기반한 바이오매스 생산 비율을 7%로 유지'라는 목표가 설정되어 있다.

EU는 다양한 조치를 통해 농업 바이오매스로부터 재생에너지 생산을 촉진하였으며, CAP에 따라 에너지 작물 재배에 대한 인센티브와 바이오에너지 시설에 대한 투자를 지원하고 있다. 특히 가장 중요한 조치는 발전차액지원제도(Feed-in tariff)를 통해 일정 기간 동안 개별 회원국에 가격 보장을 제공하는 것이며, 생산된 에너지를 사용자에게 효율적으로 공급하기 위한 배전망(Grid) 인프라 투자와 보조금 지원, 재생에너지 생산 허가 및 배전망 연결 절차 간소화도 중요한 역할을 담당하고 있다.

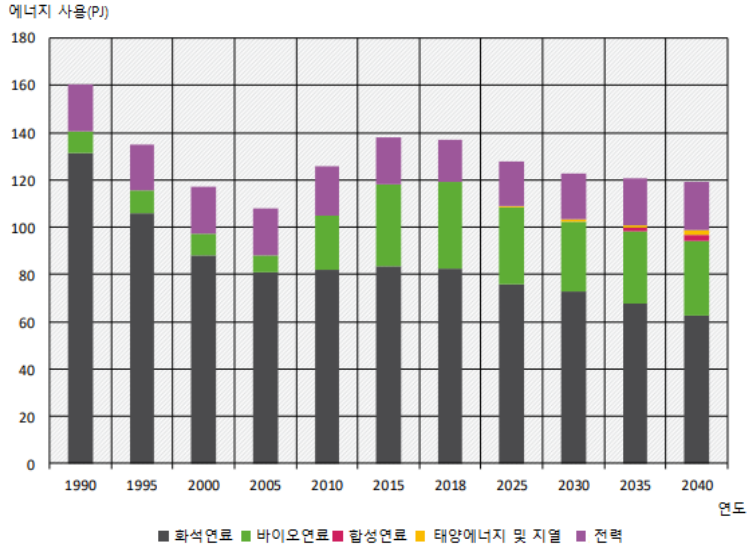
4) CAP(유럽 공동농업정책)는 유럽연합 지역의 안정적인 식량 공급, 농업인의 소득 보호, 환경 보호, 농촌지역 활성화를 위한 사회와 농업 간의 파트너십을 의미함(European Commission(https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_en). 검색일: 2025. 3. 13.).

3. 독일

3.1. 농업부문 에너지 관련 현황

독일의 농업부문 에너지 사용은 1990년의 160PJ(페타줄)에서 2005년까지 계속 하락하여 2005년에 108PJ까지 줄었으나, 이후 다시 증가하여 2018년에는 137PJ 수준에 이르렀다(Öko-Institut et al., 2021, p.287). 독일의 향후 에너지 사용량은 2025년 128PJ, 2030년 123PJ, 2035년 121PJ, 2040년 119PJ로 점진적 감소세를 보일 것으로 전망된다. 에너지 유형별 구성 측면에서는 전반적으로 화석연료의 사용이 감소하는 가운데, 2010년 이후 바이오연료의 사용이 크게 증가했으나, 전망 기간 동안에는 바이오에너지의 추가적인 큰 증가는 나타나지 않을 것으로 예상된다.

〈그림 1〉 독일 농업부문의 에너지 사용 추세 전망



주: 2018년까지는 실제 사용치이고, 그 이후는 '기후보호 프로그램 2030'의 사업이 프로그램대로 실시된다는 전제 하의 전망치임.
자료: Öko-Institut et al.(2021, p.286).

독일의 재생에너지 생산은 2010년 105.4TWh(테라와트시)에서 2024년 284.0TWh로 빠르게 증가했으며, 독일 전력 생산에서 재생에너지가 차지하는 비율은 2021년 39.8%에서 2024년 57.1%로 상승했다. 독일의 재생에너지 구성 현황을 살펴보면, 풍력과 태양광

을 이용한 전력생산은 빠르게 증가하고 있는 반면, 바이오매스를 통한 전력 생산은 2020년 이후 감소세를 보이고 있다.

〈표 1〉 독일 재생에너지 생산 현황

단위: TWh

구분	2005년	2010년	2015년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
수력	19.6	21.0	19.0	18.7	19.7	17.6	19.9	22.2
바이오매스	14.8	33.9	50.4	50.9	50.1	51.7	49.4	48.6
육상풍력	27.8	38.4	72.3	104.8	90.3	99.7	117.9	112.8
해상풍력	0.0	0.2	8.3	27.3	24.4	25.1	23.9	26.1
태양광	1.3	12.0	38.1	49.5	49.3	60.3	63.9	74.1
지력	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
합계	63.4	105.4	188.1	251.5	233.9	254.6	275.1	284.0

자료: AG Energiebilanzen(https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2025/02/Strerz-Abgabe-2025-02.pdf). (2025). Stromerzeugung nach Energieträgern von 1990 bis 2024 Deutschland insgesamt. 검색일: 2025. 3. 6.

3.2. 농업부문 에너지 관련 정책

기후보호 정책의 기본법인 '연방기후보호법(Bundes- Klimaschutzgesetz: KSG)'이 2019년 12월에 제정되면서, 독일의 기후보호 정책은 본격적으로 추진되었다. 2030년까지의 온실가스 감축을 목표로 한 '기후보호 프로그램 2030'의 주요 내용은 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 독일의 기후보호 프로그램 2030 내용

구분	내용
정책적 지원 프로그램	다양한 정책지원 프로그램의 도입 및 확충과 새로운 세제 지원방안 도입 등
이산화탄소 가격책정으로 시장기능 작동	독일 국내 이산화탄소 거래제의 CO2 톤당 가격을 2021년 25유로에서 2025년 55유로로 상승하고, 그 이후에는 55~65유로 사이에서 경매 유도[5]
법적 장치 제도화	시민과 기업들이 장기적으로 신뢰할 수 있는 정책으로 받아들여 실행에 동참할 수 있게 법적 질서를 완비

자료: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz(BMWK)(https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Klimaschutz/Klimaschutzprogramm2030.html). 검색일: 2025. 3. 5.

5) 이것은 EU 차원에서 이루어지는 탄소배출권거래제(ETS)와 별개로 운영되는 거래제로서 독일 국내용 거래제(Nationaler Emissionshandel)임. EU의 ETS가 모든 생산물의 탄소배출을 대상으로 하는 것이 아니라 전력생산과 특정산업 부문으로 한정하여 ETS 대상 탄소배출이 전체의 50% 이하가 됨. 독일 이산화탄소 거래제의 대상은 난방과 교통 부문에서 발생하는 배출임.

농업부문에 2030년에 허용된 CO_2 환산량은 5,800만 톤이며, 이 목표 달성을 위해 총 10가지 사업으로 구성된 농업부문 기후보호 실행프로그램이 운영되고 있다. 이 중 다섯 번째 사업으로 '농업에서 에너지 효율 제고'가 포함되어 있다. 영농활동에 투입되는 에너지에서 발생하는 온실가스를 감축하기 위하여 연방식품농업부(BMEL)는 2020년 10월에 '농업과 원예업에서의 에너지 효율 제고 및 CO_2 저감을 위한 연방프로그램(Bundesprogramm zue Steigerung der Energieeffizienz und CO_2-Einsparung in Landwirtschaft und Gartenbau)'을 마련했다(BMEL, 2021, p.2). 이 프로그램은 에너지 절약을 위한 지도·상담(컨설팅)과 기후보호 관련 투자 지원을 통해 농업경영체의 재생에너지 활용을 촉진하고 하며, 이 프로그램은 CO_2 환산량 연간 90만~150만 톤의 저감 잠재력을 갖는 것으로 평가된다(BMEL, 2020, p.3).

'농업과 원예업에서의 에너지 효율 제고 및 CO_2 저감을 위한 연방프로그램'은 크게 두 가지로 구성된다. 첫째는 에너지 전환을 위한 지도·상담(컨설팅)을 지원, 둘째는 에너지 전환을 위한 시설 투자 지원 및 온실가스 감축 효과에 대한 지원이다. 지도·상담 '완전한 지도·상담'과 '특정 지원사업과 연계된 지도·상담'으로 구분되며, 이를 통해 'CO_2 저감 콘셉트 A'가 전수된다(표 3).

〈표 3〉 '농업과 원예업에서의 에너지 효율 제고 및 CO_2 저감을 위한 연방프로그램' 주요 내용

구분	내용
에너지 전환을 위한 지도·상담(컨설팅)	• 지도·상담을 통해 'CO_2 저감 콘셉트 A'를 전수함. • 전반적인 완전한 지도·상담: 상담과정에서 컨설팅 대상 경영체의 CO_2 환산량(이하 CO_2) 저감 잠재력이 평가되어 이 평가에 상응한 저감방안이 제시됨. • 특정 지원사업과 연계된 지도·상담: 경영체의 CO_2 저감 잠재력이 이미 평가된 상태에서 에너지 효율화 투자 사업과 재생에너지 생산 사업의 구체적 투자방안을 컨설팅함.
에너지 전환을 위한 시설 투자 지원 및 온실가스 감축 효과 지원	① 개별 사업은 CO_2 저감을 위한 일반적 사업들이며, 이 개별 사업의 대상자는 중소 규모의 농업경영체와 특정 요건에 부합하는 농기계공동체(Maschinen gemeinschaft)임. ② 에너지 효율화 투자 사업은 현대화 사업(개별 기계 부품의 직접적 교체, 설치시설의 단열사업), 대체사업(기존의 시설물의 손상을 대체하는 신규 시설사업), 신축사업(기존 시설물의 손상 없이 진행 없이 신규 설치사업) 등이 있으며, 지원의 전제조건은 해당 사업을 통해 CO_2 저감에 기여해야 하는 것인데, 지원대상 경영체의 현재 상태(CO_2 배출 관련)와 비교하여 CO_2 저감이 이루어져야 함(BMEL, 2021b, p.2). ③ 재생에너지 생산 사업은 경영체의 자가 에너지 수요(전력과 열)를 자체적으로 생산하는 재생에너지로 충당하는 시설 설치를 지원함(BMEL, 2021c, p.2). 시설의 용량은 연간 에너지 생산량과 관련되는데, 이 생산량은 해당 경영체가 연간 평균적으로 사용하는 전력 및 열에너지 양[6]을 초과하지 않아야 함.

자료: BMEL(2021a).

독일의 '재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz: EEG)'은 재생에너지의 전력적 이용을 관리하고 육성하기 위한 법적 기반이다. 전력생산자에게 고정가격을 보장하는 '발전차액지원약정(Feed-in Tariffs: FIT)'이 제도화되어 있으며, 이는 에너지원별로 책정된 표준비용을 반영한 '기준가격'보다 재생에너지로 생산한 전력의 거래가격이 낮은 경우, 그 차액을 정부에서 지원하여 경제성을 보장해 주는 제도이다. 다만, FIT는 국가가 일정 기간 동안 정해진 가격을 보장하는 방식이기 때문에, 보급 규모의 예측이 어렵고, 이에 따라 정책의 효과나 예산의 규모를 판단하기가 어렵다는 단점이 있었다. 이러한 한계를 보완하기 위해 독일은 2017년부터 한정된 발전 용량을 대상으로 입찰 공모 방식으로 지원하는 입찰제를 도입해 운영하고 있다. 독일의 '재생에너지법(EEG)'은 국가 전력 안보 차원에서 재생에너지 발전 비율 목표를 설정하고, 이에 따라 에너지원별 재생에너지 설비 용량의 상한을 결정한다.

〈바이오가스 열병합 발전 사례(독일 펠트하임)〉

- 펠트하임(Feldheim der Stadt Treuenbrietzen: Feldheim)은 베를린에서 남서쪽으로 60km 떨어진 농촌마을로 풍력, 바이오가스, 태양광 등 재생에너지 시설 운영과 에코투어를 통해 약 70여 일자리를 창출함.
- 주요 시설 중 하나인 바이오가스 열병합 발전소에서는 전기와 열을 생산하고 있음. 지역의 대부분이 농지로 구성된 펠트하임에서는 감자, 사탕수수, 곡식이 생산됨. 약 1,000여 마리의 소와 돼지를 사육하는 축사의 분뇨는 거름으로 활용됨.
- 2004년부터 곡식, 우유 등의 시장 가격이 하락하고 에너지 가격이 상승하자 주민들은 바이오가스 시설을 운영하기로 결정함. 30명으로 구성된 농업협동조합 플레밍(Fläming eG)은 에네르기퀠레사와 각각 50% 지분을 투자하여 526kW 용량의 바이오가스 시설을 설치함.
- 2008년부터 매년 분뇨, 옥수수, 곡식부산물(짚)을 사용하여 연간 4백만 kWh 전기와 2,275백만 kWh의 열을 생산함. 난방에너지로 절약되는 화석연료(기름)는 매년 25만 9,000리터에 달하며, 바이오가스를 생산하고 남은 폐기물/슬러지는 천연비료로 활용됨.
- 바이오가스 열병합 발전 도입은 농촌 마을의 전기와 열에너지를 공급할 뿐 아니라, 가정경

6) 해당 연간 자가수요(Jahresbedarf)는 CO_2 저감 컨셉트에 따른 완전한 지도·상담이나 사업 특정 지도·상담을 통해 도출됨.

제와 지역경제, 그리고 자원순환을 통한 환경과 기후보호에 상당히 긍정적인 역할을 수행한 것으로 평가됨.

〈그림 2〉 펠트하임 바이오가스 열병합 발전시설

자료: 문기덕(2021).

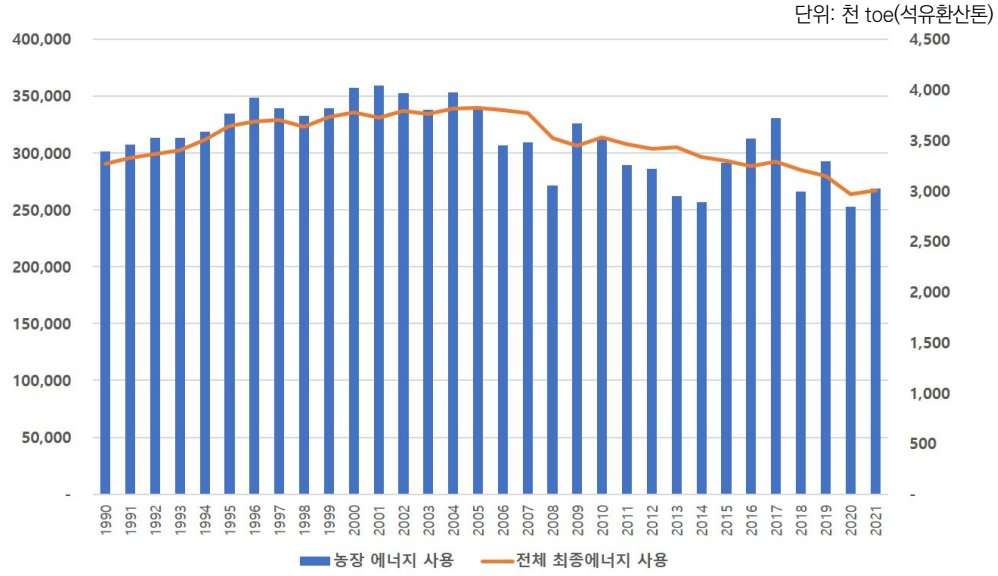
4. 일본

4.1. 농업부문 에너지 관련 현황

일본 농업부문 에너지 사용 추이를 보면, 전체 최종에너지 사용량은 2005년에 3억 3,993만 5천 toe[7]로 최고치를 기록하였으나 이후 연평균 1.5%씩 감소하여 2021년 2억 6,723만 8천 toe를 기록했다. 농장 에너지 사용량은 2001년에 404만 6천 toe로 최고치를 기록한 이후 감소세를 보였으며, 2021년에는 302만 5천 toe로 줄어들었다.

7) TOE(Tone of Oil Equivalent)는 석유환산톤으로 석탄, 석유 등과 같은 어네지원의 발열량을 나타내기 위해 지정한 표준 에너지 단위임.

〈그림 3〉 일본 농업부문 에너지 사용 추이



자료: OECD Statistics(https://www.oecd.org/en/data/datasets/oecd-DE.html). 검색일: 2025. 3. 7.의 데이터를 활용하여 저자 작성.

일본의 재생가능에너지 도입은 2012년 7월 'FIT(고정가격거래제도)'가 도입된 이후 매년 큰 폭으로 증가하고 있다. 2011년 일본의 재생가능에너지 이용량은 1,131억 kWh로 전체 에너지 이용량의 10.4%를 차지했으나, 2022년에는 2,189억 kWh로 증가하여 21.7%를 기록했다. 일본 경제산업성은 2030년에는 전력 구성의 36~38%를 재생가능에너지로 충당할 계획이며, 이는 3,360억~3,530억 kWh에 해당하는 수준이다. 재생가능에너지는 태양광, 지열, 바이오매스, 풍력, 수력을 이용하여 도입하고 있으며 특히 설치하기 쉬운 태양광 발전은 2011년 전체 에너지 이용량의 0.4%에서 2022년 9.2%로 크게 증가했다.

〈표 4〉 일본의 재생가능에너지 도입 추이

구분	2011년	2022년	2030년
재생가능에너지 구성 비율	10.4% (1,131억 kWh)	21.7% (2,189억 kWh)	36~38% (3,360억~3,530억 kWh)
태양광	0.4% (48억 kWh)	9.2% (926억 kWh)	약 14~16% (1,290억~1,460억 kWh)
풍력	0.4% (47억 kWh)	0.9% (93억 kWh)	약 5% (510억 kWh)

구분	2011년	2022년	2030년
수력	7.8% (849억 kWh)	7.6% (768억 kWh)	약 11% (980억 kWh)
지열	0.2% 927억 kWh)	0.3% (30억 kWh)	약 1% (110억 kWh)
바이오매스	1.5% (159억 kWh)	3.7% (372억 kWh)	약 5% (470억 kWh)

자료: 일본 경제산업성(https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/062_01_00.pdf). 검색일: 2025. 3. 7.

4.2. 농업부문 에너지 관련 정책

농림수산성은 2019년 4월에 2050년 이후 탈탄소사회를 위한 농림수산분야의 대응 방향을 제시한 '탈(脫)탄소화 사회를 위한 농림수산분야의 기본적 관점'을 정리하고, 이를 2019년 장기전략에 반영하였다.

2020년 1월에 일본은 장기전략을 바탕으로 에너지·환경 분야에서 비약적인 이노베이션을 창출해 나가기 위해 '혁신적 환경 이노베이션 전략'을 수립했다. 이 전략은 2050년까지 농산어촌의 자원을 최대한 활용하여, 재생가능에너지를 효율적으로 생산하고 농림수산업 등에 안정적으로 공급하는 '지산지소(地産地消)형 에너지 시스템'을 구축하는 것을 목표로 한다. 농림수산분야는 스마트 생태계 활용을 통해 농림수산업의 온실가스 배출량 제로를 실현하고, 혁신 기술을 활용하여 CO_2 흡수원을 확대할 계획이며, 이에 대한 구체적인 내용은 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 일본의 '혁신적 환경 이노베이션 전략' 주요 내용

구분	내용
지산지소형 에너지시스템 구축	• 재생에너지의 활용과 스마트 농림수산업을 실현하기 위해서는 농산어촌에 적합한 지산지소형 에너지시스템 구축, 작업 최적화 등에 의한 연료 및 자재 삭감, 농림업기계 및 어선의 전기화 및 수소연료 전지화를 추진함. • 농산어촌에서는 수자원이나 가축배설물 바이오매스자원 등 재생에너지 잠재력이 매우 크기 때문에 이를 최대한 활용하는 '지산지소형 에너지 시스템'을 구축하는 것이 농산어촌의 온실가스 삭감으로 이어지는 동시에 에너지와 물자의 안정 생산·안정공급에도 기여할 수 있음. • 농림수산업분야에서 배출하는 온실가스 배출량 가운데 연료 연소에 의한 배출이 약 1/3을 차지하는 한편 농림어업 현장에서는 작업부담이 크고 저출산 고령화에 따른 인력 부족 등도 문제가 되고 있음. 소형·경량부하의 농림업 기계·어선의 전동화나 분산화, 데이터 구동에 의한 최적화를 도모함으로써 화석연료나 자원 소비를 삭감하는 데 이바지할 뿐만 아니라, 현장 작업의 효율화·생력화나 노동환경의 개선에 크게 공헌할 수 있음.

구분	내용
탄소 저류	• 농지, 산림, 해양에 의한 CO_2 흡수를 실현하기 위해서는 해조류 증식 및 양식 기술 등 블루카본[8] 창출, 바이오탄의 농지투입이나 조생수 및 엘리트 트리의 개발과 보급, 고층건축물 등의 목조화 및 바이오매스 유래 소재 이용을 통해 탄소를 저류함.
기술 개발	• 농축산업의 메탄·N2O 배출 삭감을 실현하기 위해 쌀 품종, 가축육종 그리고 농지, 가축의 최적 관리기술을 개발함.

자료: 일본 내각부(2020).

2020년 일본은 '2050년 탄소중립'을 선언했으며, 이후 2021년에는 기존에 추진해 오던 '농림수산성 지구온난화대책 계획'을 개정하여, 시설원예 분야의 에너지 절약 대책을 통해 2030년도까지 2013년도 대비 이산화탄소 배출량을 155만 톤 삭감한다는 목표를 제시했다. 농기계의 에너지 절약 대책으로는 농업 기계의 전력화 및 수소화, 자동 운행 장치 보급 등이 있으며, 이외에도 에너지 분야에서는 바이오매스 활용, 농산어촌 지역의 신재생에너지 도입 등의 대책이 제시되었다〈표 6〉.

〈표 6〉 농림수산성 지구온난화대책 계획의 농업부문 에너지분야 주요 내용

구분		세부 대책
농업 분야	시설원예의 에너지 절약 대책	• 에너지 절약 기술을 활용한 생산지 형성 추진 • 태양열, 지열 등 재생 가능 에너지를 이용하는 가온 시스템 도입 촉진
	농기계의 에너지 절약 대책	• 자동 운행 장치 보급 • 농업 기계의 전력화·수소화 등의 추진
공통 분야	바이오매스 활용	• 바이오매스의 특성에 따라 보다 경제적 가치가 높은 제품 등을 창출하는 고도 이용 및 자원재활용이나 부산물 활용 등에 의한 자원의 다단계 이용 • 가축배설물, 식품 폐기물 등을 활용한 바이오가스 발전시설의 추진 • 바이오 액비 이용 촉진을 통한 지역 자원순환 추진 • 성공사례의 수평 전개
	농산어촌 신재생에너지 도입	• 영농에 재생 가능 에너지 활용을 위한 기술개발 및 도입 추진 등 도모 • 신재생에너지를 조합한 안정적인 에너지 공급시스템 구축 및 타지역에 대한 효율적·안정적 공급시스템 구축 도모 • 농업용수를 활용한 소수력발전 등 재생 가능 에너지 도입 촉진 • 국내 생산재를 활용하는 지역 목질바이오매스의 에너지 이용 도모

자료: 정학균 외(2021).

8) 해조류의 증식과 양식기술 등 블루카본의 창출을 위해 해초·해조의 제품 가공 시 발생하는 CO_2 배출량·채산성을 고려한 신소재 개발, 해초·해조의 품종, 자원량, 환경요인 등 지역적 특성을 살린 용도 개발, 코로나19 사태 이후의 자원 자급률 향상, 단백질 공급 문제 해결, 관련 기술의 기계화·에너지 공급 등을 통한 블루경제의 발전 등을 추진함.

농림수산성은 2020년 10월 식량·농림수산업의 생산성 향상과 지속가능성을 동시에 확보하기 위한 혁신전략을 제시했다. 이를 실현하기 위한 새로운 정책방침으로 '녹색식량시스템 전략본부'를 설치하고, 2021년 5월에 '녹색식량시스템 전략'을 수립하였다. 이 전략은 생산, 가공·유통, 소비에 이르는 공급망 전 과정에서 노동력의 감소, 생산성 향상, 지역자원의 최대한 활용, 탈탄소화, 농약 사용 및 화학비료 사용 저감 등을 주요 목표로 삼고 있다.

일본의 바이오매스 이용 및 활용에 대한 법률적인 근거는 2009년 6월에 제정된 「바이오매스활용추진기본법」으로, 이 법은 정부가 바이오매스활용에 관한 종합적인 정책을 수립할 의무를 규정하고 있으며, 이를 통해 바이오매스의 이용 및 활용에 관한 법적 기반을 마련하였다.

이후 「바이오매스활용추진기본법」 제33조에 따라 '바이오매스활용추진기본계획'이 2010년 12월 17일에 각의 결정되었다. 일본의 바이오매스 관련 주요 정책으로는 농산어촌 자원의 활용 촉진을 통한 에너지 생산, 농산어촌자원을 활용한 분산형 에너지 공급체계 구축 등이 있다. 재생에너지 관련 정책으로는 재생가능에너지(태양광, 풍력 등)의 고정가격매수제도(FIT) 등이 있다.

〈바이오가스 플랜트·퇴비화 시설(일본, 홋카이도 도카치지역)〉

- 시카오이 정은 2007년에 가축분뇨의 적정 처리 및 음식물쓰레기·오니(슬러지)의 자원화 등을 도모하기 위해 기존 오니 처리시설을 리모델링하여 바이오가스 플랜트 및 퇴비화 시설을 구축하고 '시카오이 환경보전센터'를 설립하였음.
- 바이오가스를 통해 생산한 전력은 우선적으로 시설 내에서 사용되며, 잉여 전력은 고정가격매입제도(FIT)를 활용하여 홋카이도전력에 전력을 판매하고 있음. 전력 생산 후 남는 소화액은 액비·퇴비 형태로 농지에 환원되어 친환경적인 지역자원 순환형사회 조성에 기여하고 있으며, 잉여열은 온실 재배와 어류양식에도 활용되고 있음.
- 미래 수소사회에 대비하여 2015년부터 바이오가스에서 수소를 제조·이용하는 실증사업(환경성)에도 착수했으며, 바이오가스 플랜트(처리량: 210톤/일, 발전 능력 1,000kW(250kW×4기))가 2016년 4월부터 본격 가동 중임.

〈그림 4〉 바이오가스 플랜트·퇴비화 시설

자료: 일본 농림수산성(2022).

〈목질 펠릿 가스화 열전병합 공급시스템(일본, 군마현 우에노 촌)〉

- 우에노 촌은 마을 면적의 95%를 차지하는 산림지역을 활용하여 목질 펠릿을 제조하고, 이를 이용해 전기나 열을 지역 내에서 자급하고 있음. 제조된 목질 펠릿은 '우에노무라 버섯센터'에서 목질 펠릿 가스화 열전병합 공급시스템을 통하여 버섯 재배에 필요한 전력을 공급하는데 활용됨.
- 목질 펠릿은 마을의 온천시설이나 복지시설 등에서 난방이나 급탕용으로 사용되고 있음. 목재를 공급하는 임업, 목재를 가공하는 제재소와 펠릿 공장, 버섯센터 등에서 지역 고용을 창출하고 있음.

〈그림 5〉 열전병합 공급시스템

자료: 일본 농림수산성(2022).

5. 시사점

우리나라 농업부문 녹색경제 활성화를 위한 시사점을 도출하고자 EU, 독일, 일본을 대상으로 에너지분야 녹색기술 관련 정책을 살펴보았다. 이들 국가는 모두 농업부문의 에너지 사용량 감축을 위한 정책수단을 보유하고 있으며, 재생에너지 생산을 위한 지원제도를 운영하고 있는 것으로 나타났다. 보다 구체적인 내용은 다음과 같다.

EU는 농업부문의 에너지 효율성을 촉진하기 위해 투자 지원(Investment supports)과 에너지 집약도가 낮은 농장 영농법(practices) 지원을 시행하고 있다. EU는 다양한 조치를 통해 농업 바이오매스로부터 재생에너지 생산을 촉진하였는데 CAP에 따라 에너지 작물 재배에 대한 인센티브와 바이오에너지 시설에 대한 투자를 지원하였다. 특히 발전차액지원제도(Feed-in tariff)를 통해 일정 기간 개별 회원국에 가격 보장을 지원하였다.

독일은 농업부문의 에너지 전환(에너지 효율화, 재생에너지 생산)을 위해 적극적인 투자지원을 하고 있다. 에너지 전환에 대한 지도 및 상담을 강화하고, 상담을 기초로 작성된 CO_2 저감 콘셉트에 따라 에너지 시설 투자가 이루어지는 경우 투자사업비의 일부를 지원한다. 그리고 투자사업의 결과 CO_2 저감이 이루어지는 경우 저감량에 따라 추가 지원이 이루어진다. 독일의 에너지 정책은 기후보호정책과 밀접한 연관이 있는데 기후보호정책을 적극적으로 구현하기 위해 재생에너지를 선호하는 형태로 추진하고 있다. 특히 2021년 11월에 구성된 독일의 신정부는 연정협약에서 2030년까지 전력 사용에서 재생에너지의 비율을 80%로 높이고 난방 사용에서도 재생에너지의 비율을 50%로 높일 것을 공약했다. 재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz: EEG)을 통해 재생에너지의 전력적 이용을 관리하고 육성하고 있으며, 특히 발전차액지원약정(Feed-in Tariffs: FIT)을 통해 전력생산자에게 고정가격을 보장함으로써 재생에너지 생산을 지원하고 있다. 독일 사례를 벤치마킹하여, 우리나라도 유사한 방식의 에너지 전환 투자사업을 실시할 필요가 있다. 에너지 전환에는 무엇보다 인식 전환이 선행되어야 하기 때문에 지도·상담을 강화하여 개별 농업경영체가 에너지 전환의 필요성을 인식하게 하고, 이를 실행으로 옮기고자 할 때 경제적(재정적) 지원을 하는 사업체계를 구성할 필요가 있다.

일본 '농림수산성 지구온난화대책 계획'에도 우리나라와 유사하게 시설원예 및 농기계 에너지 절약 대책, 신재생에너지 도입, 바이오매스 활용 등이 제시되어 있다. 일본 농림수

산성 지구온난화대책 계획의 특징은 재생가능에너지(태양광, 풍력 등)를 이용한 가온 시스템 도입 촉진과 재생 가능 에너지 활용을 위한 R&D 확대 등에 있다. 따라서 우리나라도 일본의 에너지 분야의 녹색기술 관련 정책을 자세히 분석하여 효과적인 녹색기술 이용 활성화 전략을 도출할 필요가 있다.

■ 참고문헌

관계부처 합동. 2020.「한국판 뉴딜 종합계획」.

관계부처 합동. 2023.「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」

문기덕. 2021. 유럽 농촌마을 에너지 전환 사례 및 (신)재생에너지 수익사업 사례 분석. 한국농촌경제연구원 위탁 원고.

정학균·성재훈·임영아·임준혁·이상민. 2022. 농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(2/3차년도). R958. 한국농촌경제연구원.

정학균·이상민·이용건·정선화. 2021. 농림업 부문 녹색경제 활성화방안 연구(1/3차년도). R941. 한국농촌경제연구원.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). 2020. BMEL-Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft.

_____. 2021a. Energieeffizienz und CO2-Einsparung in Landwirtschaft und Gartenbau.

_____. 2021b. MERKBLATT Energieeffizienzinvestitionen A.

_____. 2021c. MERKBLATT Erneuerbaren Energieerzeugung und Abwärmenutzung A.

Öko-Institut et al. 2021. Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Berlin.

농림수산성. 2022. 바이오매스의 활용 현황.

내각부. 2020. 혁신적 환경 이노베이션 전략(革新的環境イノベーション戦略).

저탄소 녹색성장 기본법(시행 2022. 3. 25. 법률 제18469호, 2021. 9. 24., 타법폐지) 제22조, 검색일: 2025. 3. 13.

■ 참고사이트

경제산업성(https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/062_01_00.pdf). 검색일: 2025. 3. 7.

AG Energiebilanzen(https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2025/02/Strerz-Abgabe-2025-02.pdf). (2025). Stromerzeugung nach Energieträgern von 1990 bis 2024 Deutschland insgesamt. 검색일: 2025. 3. 6.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz(BMWK)(https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Klimaschutz/Klimaschutzprogramm2030.html). 검색일: 2025. 3. 5.

Eurostat(https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_energy_use). 검색일: 2025. 3. 4.

European Commission(https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_en). 검색일: 2025. 3. 13.
NET ZERO TRACKER(https://zerotracker.net/). 검색일: 2025. 3. 12
OECD Statistics(https://www.oecd.org/en/data/datasets/oecd-DE.html). 검색일: 2025. 3. 7.