

공무국외출장 결과보고서

1. 출장개요

보고서 공개 여부		비공개 사유		
공개				
출장목적	선진국(독일, 네덜란드)의 온실가스 관리 및 정책 추진현황 조사			
출장기간	2024. 5. 29. ~ 2024. 6. 5. (6박 8일)			
출 장 국	독일, 네덜란드			
출 장 자	성명	소속	직급	역할
	김종범	기후변화대응연구센터	책임연구원	현장 자료조사 및 기관방문
	황규철	기후변화대응연구센터	연구원	현장 자료조사 및 기관방문

2. 출장내용

1) 출장 일정

일자	장소	주요내용
5. 29 (수)	인천, 프랑크푸르트	출국 및 현지 이동
5. 30 (목)	에르바흐	바이오가스 시설 및 탄소중립 도시 견학
5. 31 (금)	뒤셀도르프	독일 및 유럽의 탄소중립 추진 현황 조사
6.1 (토)	뒤셀도르프, 암스테르담	독일 → 네덜란드 이동
6. 2 (일)	암스테르담	휴식 및 현지 문화탐방
6. 3 (월)	레이와르던	축산분야 온실가스 감축연구 사례 조사
6. 4 (화)	바헤닝언, 암스테르담	네덜란드 재생에너지 현황 조사 / 입국
6. 5 (수)	인천	해산

2) 출장지별 세부 내역

○ 에르바흐 바이오가스 시설 방문 : 바이오가스 시설 및 탄소중립 도시 견학

- 세계적으로 추진 중에 있는 온실가스 감축 정책이 UNEP에서 시작된 만큼 유럽은 탄소중립 달성을 위한 다양한 정책들을 추진 중에 있음
- 그 중 독일은 재생에너지법(Renewable Energy Sources Act, EEG)를 2000년 제정하여 지속적인 재생에너지에 대한 개발과 추진을 진행해오고 있음
- 2024년 기준 전체 에너지 믹스의 50%를 재생에너지로 유지하고 있으며(한겨레, 2023), 탄소중립 기준연도인 2050년까지 80% 이상 달성이라는 목표를 세우고 장기적인 계획을 진행하고 있음(한국에너지, 2016)
- 이러한 가운데 독일은 2020년 유럽 포함 전 세계에서 가장 많은 9천6백여 바이오가스 플랜트를 운영 중에 있음(외교부, 2023)
- 본 공무국외연수 지역으로 선정된 에르바흐 지역은 지역 내 축산 및 유기성 폐기물, 에너지 작물 등을 활용하여 바이오가스를 생산, 발전과 난방을 동시에 수행함으로써 에너지 자립을 구축한 지역임

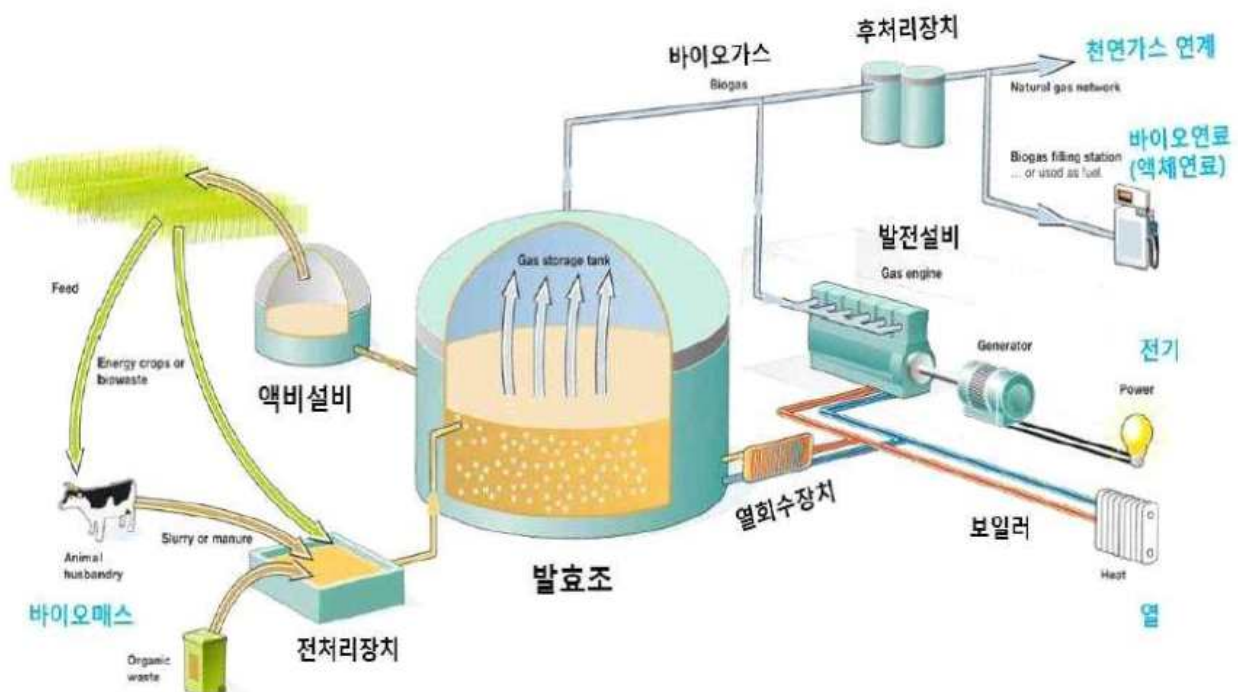


그림 1. 바이오가스 플랜트 공정도 (외교부, 2023)

- 바이오가스는 음식물 폐기물과 가축분뇨, 하수찌꺼기 등 유기물이 혐기성 소화 과정에서 배출되는 가스(메탄, 이산화탄소, 수소, 황화수소 등) 중 정제과정을 통해 순수한 메탄가스를 추출하여 발전 또는 직접 사용하는 형태임
- 기존의 풍력, 태양광과 달리 24시간 가동이 가능하며, 기존 폐기물 처리를 위해 부과적인 처리가 필요한 물질을 자원으로 재사용하는 측면에서 농촌 균형발전 사업으로 각광받고 있음
- 특히 국내 최대 축산지역인 충청남도는 관련 사업을 통해 그 동안 처리에 많은 비용과 노력이 할애되고 있는 폐기물을 친환경 자원으로 재활용이 가능한만큼 관련 기술에 대한 조사 및 적용성 검토가 요구됨
- 해당 마을은 채 1,000 가구가 되지 않은 소규모 마을로 마을 주변에서 발생되는 축산분뇨와 에너지 작물, 음식물쓰레기, 톱밥 등을 활용하여 바이오가스를 생산하고, 생산된 가스를 정제하여 주변 지역 에너지 및 난방(열)로 공급
- 북유럽의 경우 다설(多雪)지역이며 다세대 주택보다는 단독주택이 주를 이루고, 지붕을 경사도가 큰 삼각형 형태를 갖추고 있어 태양광 패널을 설치하기 좋은 구조임
- 각 가정은 재생에너지 활용을 위해 지붕에 태양광 패널을 설치하여 재생에너지를 생산하여 활용하고 있음
- 국내에서도 탄소중립 달성을 위해 에너지 자립마을 추진 사례가 보고되고 있음
- 국내에서 처음으로 에너지 자립마을 사업으로 진행된 가파도는 “에너지 자립 섬 프로젝트”란 명칭으로 주민 220여명, 120가구가 쓸 전력을 태양광과 풍력 설비를 연계하여 단계별로 추진 중에 있음
- 이 외에 충남 내 홍성의 원천마을에서도 2020년 바이오가스 플랜트 설비를 구축 “탄소중립 배출제로 마을”을 목표로 사업이 진행되고 있음. 홍성 내 있는 축산농가의 분뇨를 기반으로 바이오가스를 추출하고, 바이오 가스설비 상단에 태양광 발전시설과 단열 설비를 설치하여 에너지 생산을 하고 있음
- 서울시는 2012년부터 단계별 에너지 자립마을 사업을 추진 중에 있으며, 그 중에는 적극적인 에너지 절약과 생산을 통해 전기요금을 거의 내지 않은 수준까지 도달한 사례도 보고되고 있음
- 본 사업은 서울시의 적극적인 개입 없이 주민들과 친밀도가 높은 마을자치센터나 자치구에서 에너지 공동체를 발굴하여 지원하고 있으며, 주택형 태양광발전

기, 옥상 쿨루프, 태양관 분수대, 생태 텃밭, 에너지 자립마을 축제 등 친환경 사업추진과 더불어 일자리 창출, 환경교육, 등 주민들의 참여를 유도할 수 있는 방안이 같이 모색되고 있음



그림 2. 가파도와 충남 홍성의 에너지 자립마을 추진 사례 (브런치스토리, 2022)



그림 3. 서울의 에너지 자립마을 추진 사례 (브런치스토리, 2022; 한국중부발전, 2021)

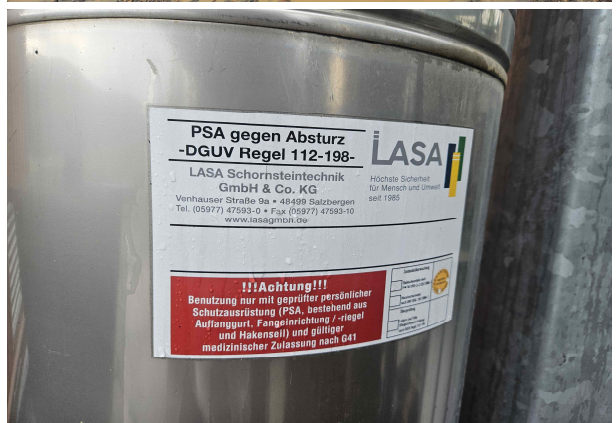


그림 4. 독일 에너지 자립마을 현장 견학 모습

○ 독일 노트르라인 베스트랄렌주 방문 : 독일 및 유럽의 탄소중립 추진현황 조사

- 노트르라인 베스트랄렌주는 독일 면적의 10%, 인구의 20%, 산업의 30%를 차지하고 있으며, 독일의 경우 주정부보다 지방정부의 권한이 더 커 지역별 특성을 고려한 정책수립과 추진이 이루어지고 있음
- 노트르라인 베스트랄렌주는 작은 도시지만 산업의 역사가 오래되고, 산업에 의한 환경문제가 이슈가 되면서 관련 정책이 수립되어 추진 중에 있음.
- 라인강을 이용한 수력발전을 기반으로 중화학, 금속공업이 발달하였고, 석탄 매장량이 풍부하여 독일의 주요 산업도시로 성장
- 최근까지 대규모 기업형 화력발전이 운영되고 있으며, 주 연료는 갈탄을 이용하고 있음
- 유럽을 비롯한 독일정부에서는 기존의 화석연료에서 신재생에너지로의 전환을 추진 중에 있으며, 특히 독일의 경우 풍력과 태양광을 중심으로 재생에너지로의 전환을 추진 중에 있음

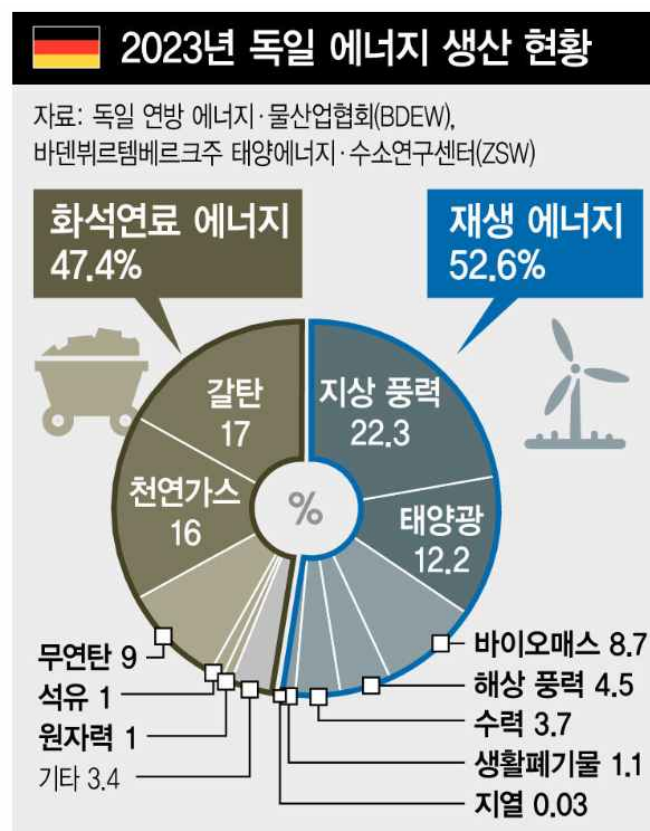


그림 5. 독일의 에너지 생산 현황

- 충청남도의 탄소중립 추진관련 현황자료 발표 (별첨 1)
- 노트르라인 베스트랄렌주의 에너지관련 정책추진 현황 발표 (별첨 2)
- 노트르라인 베스트랄렌주는 20세기 이후 금속과 에너지를 기반으로 도시가 발전하였고, 그 과정에서 에너지사용량이 증가함에 따라 관련 환경문제 또한 증가하기 시작하였음
- 환경개선과 탄소중립 달성을 위해 기존 화석연료 기반에서 친환경 신재생에너지로의 전환이 추진되고 있음
- 이를 위해서는 에너지의 낭비없이 재사용이 추진되어야 하며, 현재 독일의 경우 에너지 믹스가 신재생에너지 60%, 화석연료(석탄+LNG) 40% 수준을 유지하고 있음. 북유럽의 경우 태양광과 풍력발전의 비중이 높은 편인데 지역적 특성으로 일사량이 적어 많은 부분 풍력발전에 의존하고 있음. 특히 독일과 네덜란드 등 북부지역에 대단위 풍력발전이 설치되어 운영되고 있음
- 아직까지 신재생에너지로의 전환이 이루어지지 못한 부분은 갈탄을 이용한 화력발전을 활용하고 있으며, 이 역시 탄소중립 달성을 위해 2050년 이전까지 폐쇄 예정임. 재생에너지 외 부분은 수소에너지로의 전환을 추진 중에 있음



그림 6. 독일과 네덜란드 지역에서 운영 중인 풍력발전 단지

- 독일은 해안가에 인접한 국가, 예를들어 덴마크, 스코틀랜드, 네덜란드, 노르웨이 등에서 생산된 수소를 파이프라인을 통해 내륙쪽으로 운송하여 활용하겠다는 계획을 수립하여 관련 공사가 진행 중에 있음
- 이 과정에서 파이프 라인 설치와 기술개발이 요구되며, 유럽 내 다수 기업에서 관련 기술개발과 실용화가 추진 중에 있음

- 국내의 경우 수소발전이 지역 주민들의 반발로 어려움을 겪고 있으나 유럽의 경우 어릴적부터 환경에 대한 교육과 공동체 의식이 깊게 자리잡고 있어 “NIMBY(Not In My Backyard)” 현상보다는 “IMBYP(In My Backyard, Please)” 현상이 더 주도적으로 나타나고 있으며, 이를 지원하기 위한 정부차원의 사업이 진행되고 있음
- 하지만 최근 수소 센트럴에서 2023년 6개 주요 수소 수출 국가를 대상으로 수소 생산현황을 조사한 결과, 아직까지 수소 수출에 필요한 인프라 및 기술 부족으로 수소 생산이 부진한 상태이며(가스신문, 2024), 그린수소를 당장 에너지 원으로 사용하기에는 무리가 있기에 전환단계의 천연가스 발전소 확대 방안이 제기되고 있음(임팩트 온, 2024)
- 이러한 악조건 속에도 독일의 경우 전체 에너지 생산의 8%를 수소에너지로 전환하여 활용 예정이며, 기업·경제·정부의 네트워크 구축을 통해 비환경적인 에너지 전환을 위해 노력중에 있음. 현재 이 부분이 노트르라인 베스트랄렌주의 중점 사업임
- 충청남도는 국내 3대 제철소 중 1개소가 운영 중에 있으며, 여기서 발생하는 부생가스 중 수소를 추출하여 활용하는 방안을 고민 중에 있음 → 노트르라인 베스트랄렌주 역시 산업도시의 특성을 반영하여 제철분야에서 나오는 부생가스를 활용하는 기술을 개발 중에 있으며, 지속적인 투자를 통해 10~20년 내 실질적인 적용이 가능하게 진행하고자 함 (현재까지는 개발단계라고 함)
- 현재 사용되고 있는 기술은 몇 %라고 할 수 없을 만큼 미미한 수준이지만 모든 계획의 종점을 2045년에 맞추어 추진 중에 있으며, 이는 독일 내 지자체 중 가장 선도적인 수준임
- 한편 세계적인 오일·가스 대기업들도 수소 프로젝트를 추진 중에 있음. 유럽 최대의 그린수소 프로젝트인 “North₂” 는 2030년까지 약 4 GW(40 만톤), 2040년까지 10 GW(100 만톤) 이상의 그린수소 생산을 목표로 진행되고 있으며, 이는 노르웨이의 도로 교통에서 발생하는 연간 온실가스 배출량에 해당함
- 이와 더불어 수소차 생산을 통한 교통 인프라 전환도 추진 중에 있음.
- 플러그 파워와 르노의 합작법인 Hyvia 및 푸조, 시트로엥 등에서 수소밴 개발에 착수하였으며, 에어리퀴드와 토탈에너지는 유럽 내 100개의 상용차량용 수소 충전소 건설을 위한 합작 법인을 설립하였음(수소뉴스, 2023)



그림 7. 유럽에서 추진 중인 North₂ 프로젝트 개요

기업	프로젝트	국가	수소 타입	용량 (Mwe)	시작 시점	협력사
셸 (Shell)	REFYNE	독일	그린	10	운영 중	ITM파워, Sphera
	Zhangjiakou 수소허브	중국	그린	20	운영 중	Zhangjiakou City 교통건설 투자그룹
	NorthH2	네덜란드	그린	4,000	2030년	Equinor, RWE
	홀란드 수소 1	네덜란드	그린	200	2024년	Port of Rotterdam
	Emmen GZI Next	네덜란드	그린	20	2023년	Gasunie
	Acorn	영국	블루	1,300	2025년	Palo Bue Dot Energy
	Humber Hub Blue	영국	블루	720	2025년	Uniper
BP	H2Teeside	영국	블루	1,000	2030년	Northern Gas Networks, Semcorp, 미쓰비시
	HYGreen	영국	그린	500	2023년	Northern Gas Networks, Semcorp, 미쓰비시
	H2-Fifty	네덜란드	그린	250	2030년	HYCC, Port of Rotterdam
	Lingen Green	독일	그린	50	2025년	Orsted
	Castellon	스페인	그린	20	2023년	Enagas
토탈 에너지	Zeeland	네덜란드	블루/그린	1375	2024년	Orsted, Luk Oil
	Antwerp	벨기에	블루		-	Air Liquide
	La Mede	프랑스	그린		2024년	Engie
	Normandy	프랑스	블루/그린		2030년	-
	Grandpuits/Donges	프랑스	블루		2024년	-
	Leuna	독일	그린		-	-
에퀴노르	H2h Saltend	영국	블루	1,800	2027년	ERM, Technip
	NorthH2	네덜란드	그린	4,000	2030년	Shell, Air Liquide
	Hvision	네덜란드	블루	1,500	2030년	Air Liquide, BP
	H2morrow	독일	그린	2,700	2027년	OGE, Thyssenkrupp
	Aurora	노르웨이	그린	-	2024년	BBK, Air Liquide
	Magnum	네덜란드	블루	440	2023년	Gasunie
에니 (Eni)	2 Refinery 파일럿 프로젝트	이탈리아	그린	20	2023년	NA
	Expansion of Strategy	이탈리아	그린	2,000	2030년	NA
	Bilbao	스페인	그린	3	2022년	NA
렘솔 (Repsol)	Tarragona	스페인	그린	NA	-	NA
	Cartagena	스페인	그린	NA	-	NA
	Petronor	스페인	그린	NA	-	NA
	Expansion of Strategy	스페인	그린	1,900	2030년	NA
엑손	Baytown	미국	블루	3,000+	2030년	NA
셰브론	Richmond	미국	그린	750	2030년	
	Aces Delta	미국	그린	1,000	2030년	

그림 8. 세계 주요 에너지회사들의 수소관련 프로젝트 (수소뉴스, 2023)

- 노트르라인 베스트랄렌주의 석탄광산의 메탄가스 모니터링 현황 발표 (별첨 3)
- 루어지역은 주요 광산 밀집지역으로 석탄 채집이 진행되어 왔지만 2018년을 기점으로 독일에서는 더 이상 경제적 사용을 목적으로 채집이 진행되지 않음
- 하지만 약 100 km에 달하는 이 지역에선 메탄이 지속적으로 배출되고 있어 환경적, 보건학적 관리가 필요한 상태이며, 이를 위해 지역 메탄 농도 모니터링을 추진 중에 있음
- 노트르라인 베스트랄렌주에서는 약 40여개소의 측정망을 운영 중에 있으며, 매년 그 양을 산정하여 보고하고 있음

Bezirksregierung
Arnsberg



Principle of the Coal Mine Gas plant / utilization of methane quantities

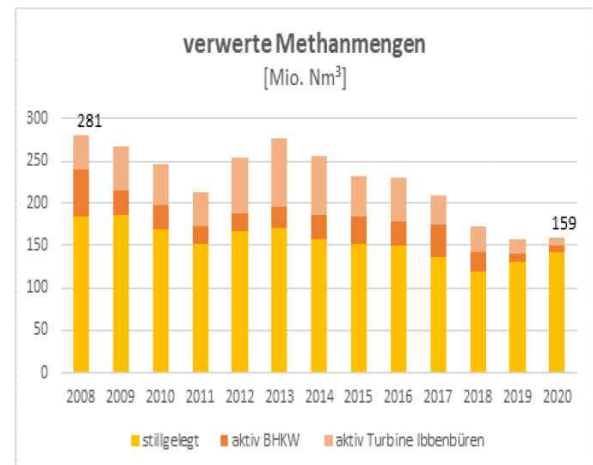
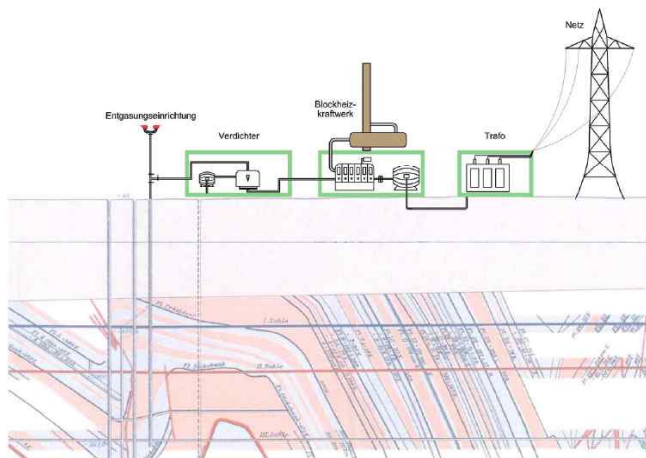


그림 9. 루어지역에서 배출되는 메탄에 대한 모니터링 결과

- 모니터링 결과를 기반으로 메탄 관리 및 처리계획을 수립하여 추진 중에 있음. 메탄 주요 배출원에 파이프 관을 연결하여 포집하여 전기생산의 원료로 사용하고 있음
- 광산 폐광 및 석탄화력 철수에 따라 경제, 일자리 문제가 발생할 수 있지만 독일의 경우 장기적인 계획에 따라 전환을 추진 중에 있음. 기존 근로자들을 대상으로 재사회화 교육을 추진하고, 지역 특별 공공자리나 환경분야 또는 비영리 단체(재단과 같은 형태)를 설립하여 전환을 진행 중임



그림 10. 독일 노트르라인 베스트랄렌주 방문

○ 네덜란드 Dairy Campus 방문 : 축산분야 온실가스 감축연구 사례 조사

- Dairy Campus는 축산, 특히 젖소를 대상으로 사육, 축유하는 시설로 시설 운영 과정에서 배출되는 악취, 메탄 등을 감소시키고, 우유의 품질 재고 등을 목적으로 Wageningen 대학교 등과 공동 연구를 진행하고 있음

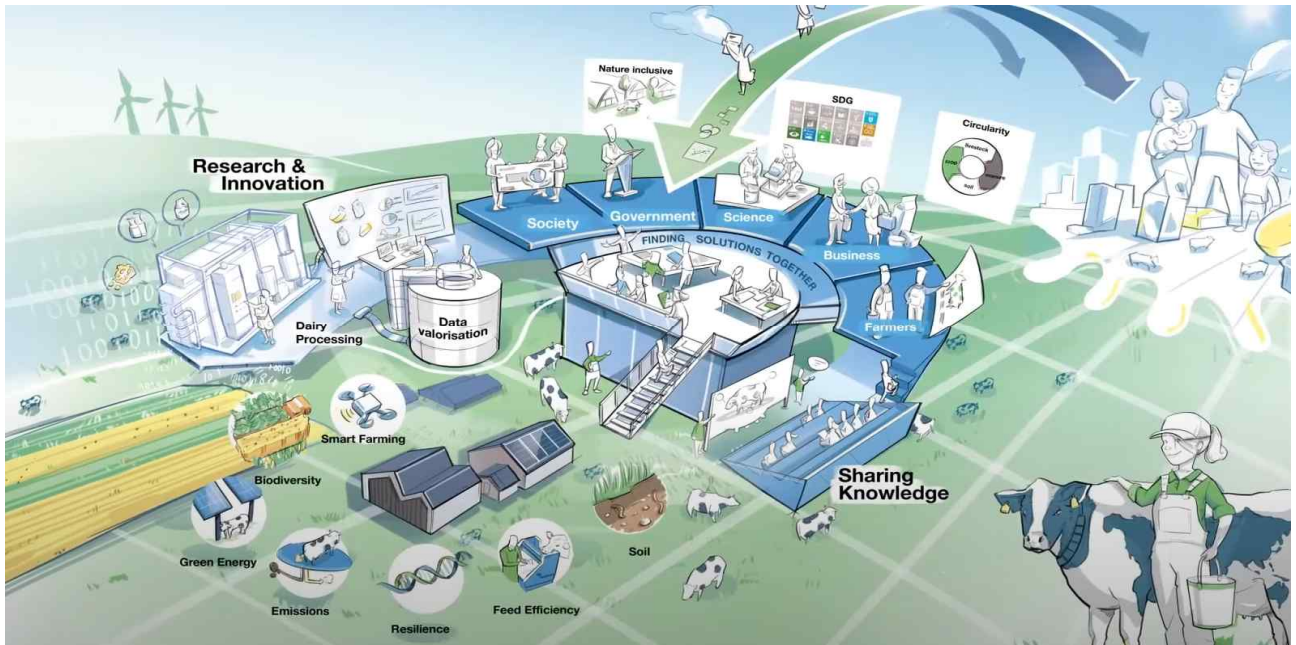


그림 11. Dairy Campus의 비전

- Dairy Campus에서 운영 중인 축사는 개방형 축사로 크게 3가지 분야에 대해 연구를 진행하고 있음. 첫 번째는 축사 내 사육과 방목 사육으로 구분하였고, 두 번째로는 축사 내 환기량 변화, 세 번째는 가축사료 차별화 임
- 첫 번째 연구는 축사 내부와 초원 방목에 따른 우유 품질 및 메탄 발생량 변화를 관찰하였음. 외부 방목의 경우 사료로 허브를 제공. 허브의 경우 사람이 섭취 가능할만큼 안전 식품으로 동물에 무해하고, 다양한 허브가 존재하여 선정하였다고 함. 실험결과 우유의 품질은 일부 향상된 것으로 나타났으나 메탄 감소 효과는 미미한 것으로 확인됨
- 두 번째 연구는 축사 내 환기량 변화에 따른 축사 내 악취 및 배출가스(주로 메탄) 저감효과 분석을 목적으로 수행되고 있었으나 축사 자체가 밀폐형이 아닌 개방형이고, 측정장비가 정교한 기준장비가 아닌 센서를 활용한다는 점, 안에 사육되고 있는 젖소의 사육밀도가 일정하지 않다는 점을 감안하면 정확한

배출량 산정 및 저감효과 분석은 어려울 것으로 판단됨

- 국내에서도 국립축산과학원 및 일부 대학에서 축산환경(온실가스, 악취유발물질)관리를 위한 현황조사와 기술개발이 진행되고 있으나 환경전문가가 아닌 축산분야 연구자들에 의해 진행되다 보니 수요나 필요 대비 양질의 데이터가 생산되지 못하고 있음. 본 대상지 역시 관련 연구에 필요성을 인지하고 추진 중에 있으나 아직 연구 수준이 기초 단계를 벗어나지 못하고 있는 것으로 판단됨
- 세 번째로 진행되고 있는 연구는 사료 조성변화에 따른 메탄 배출 저감 효과 분석으로 주로 젖소의 소화 과정에서 배출되는 메탄 감축을 목적으로 수행되고 있음. 평가방법으로 젖소의 여물통에 메탄 측정기 설치 후 소에게 사료를 제공, 식사 후 되새김질 과정에서 배출되는 메탄 발생량을 측정하는 방법임. 하지만 젖소가 여물통에서 모든 되새김질을 진행하지 않을뿐더러 여물통 역시 개방된 상태로 배출된 메탄의 정량화가 어렵다는 것을 감안하면 정확한 평가는 어려울 것으로 판단됨
- 관련 연구는 유관기관에서 Chamber study로 같이 진행하고 있는데 Chamber study의 경우 약 30~40%의 저감 효과를 보인다고 함



그림 12. 축산 환경관리 분야 및 관리 방안 (김지연, 2022)

- 국내에서는 농림축산식품부를 중심으로 반추동물의 장내 효소에 개입해 메탄

발생을 줄이기 위한 사료개발을 추진 중에 있으며, 2030년까지 소 사료의 30% 이상을 저메탄 사료로 보급 예정임(농림축산식품부, 2023). 하지만 일부 축산업자들은 저메탄 사료의 경우 사육동물에 대한 성장이 더디져 결국 추가적인 영양분을 제공하게 되어 결과적으로는 저감효과가 미미하다는 의견을 피력하고 있어 이에 대한 평가와 반영이 필요할 것으로 판단됨

- 환경부에서는 “제2차 악취방지 종합시책(2019~2028)”을 2018년 수립하여 개방형 축사에 대한 단계적 밀폐화, 분뇨관리 고도화를 통한 친환경 축사 확대, ICT 기술을 적용한 축사시설 현대화 등을 추진해오고 있음. 축사 밀폐화는 환경관리 측면에서 악취유발물질이나 온실가스(메탄, 아산화질소 등)의 외부 반출을 방지하고, 한곳으로 모아 처리 후 외부로 배출시킬 수 있다는 장점이 있음
- 또한 사육동물 입장에서 온습도를 일정하게 유지시켜주고, 축사환경을 쾌적하게 관리함으로써 생산성을 높일 수 있다는 점에서 결과적으로 경제성을 높이는 방법임. 하지만 단기적인 관점에서 초기 투자비용이 필요하고, 밀폐 및 ICT관리의 이점이 아직까지 전파되지 못한 탓에 현장 적용성이 떨어지고 있음



그림 13. 사료개선을 통한 온실가스 감축 (농림축산식품부, 2023; 박피터슨, 2021)

- 축분을 이용한 바이오가스 연구도 일부 수행되고 있음. Dairy Campus에서 사육 중인 젖소는 500두 정도로 젖소에서 나오는 축분 중 분이 40%, 뇨가 60%를 차지하며, 그 중 뇨는 피트 밑에서 분리되어 외부 위탁처리를 진행함. 분의 경우 바로 옆 바이오가스 처리시설에서 인근 지역에서 수집된 음식물쓰레기 등과 혼합하여 처리하고 있음. 하지만 아직까지 pilot 형태의 연구 수준에 머무르고 있으며, 세부적인 처리 효율이나 용량, 상용화에까지는 미치지 못한 수준임



그림 14. ICT 장비를 활용한 축산관리 현대화 컨셉 (돼지와 사람, 2024)

Biogas Leeuwarden

voor hogere opbrengst tegen lagere kosten

De mestvergister op de Dairy Campus in Leeuwarden, die tot twee jaar geleden onder meer biogas leverde voor verwarming van het Leeuwarder buurtschap Techum, wordt nieuw leven ingeblazen met een veelbelovende Amerikaanse technologie.

De opbrengst van biogas uit biomassa is hiermee niet alleen hoger, maar levert ook betere kwaliteit biogas (meer methaan) tegen aanzienlijk lagere totale kosten. Het 6 miljoen euro kostende project heeft een gedeeltelijke financiering van het Fûns Skjinne Fryske Enerzjy ontvangen. Oosterhof Holman BioEnergie bouwde in een kort tijdsbestek de bestaande installatie om.

Directeur Wim Vrieling:
"Biogas Leeuwarden is echt cradle to cradle: duurzaam, groen en gericht op hergebruik zonder kwaliteitsverlies, met een gesloten kringloop"

www.biogasleeuwarden.nl

Onderdelen van de bestaande vergistertanks zijn hergebruikt, en al het equipment is vervangen door het nieuwe Amerikaanse systeem. Het proces wordt gevoed met mest en andere natuurlijke materialen, zoals houtsnippers en boemgras.

Nadat de rundveemest van de Dairy Campus worden andere biomassa componenten - van onder meer de gemeente Leeuwarden en Staatsbosbeheer - aan het proces toegevoegd. De massa wordt getransporteerd naar de bio molmolten waar het verkleind wordt. Vervolgens gaat de massa naar de hydrolysetank, waar het materiaal wordt voorbereid middels verzuuring met een specifieke bacteriecocktail. Tevens wordt een katalysator aan het vergistingsproces toegevoegd.

Daarna wordt de substraat getransporteerd naar de vergistingsinstallatie, die niet iets anders werkt dan de gangbare vergisters. Het is van belang om de desbetreffende bacteriën in de verschillende componenten te behouden, daarom wordt in de vergister op een speciale manier gemist met behulp van mixers en biogasinjectoren. Het product biogas wordt het slot getransporteerd naar de WKK's (Warmte Kracht Koppelingen) die het gas omzetten naar warmte en elektriciteit. Een van de WKK's staat in Techum.

Veelbelovende technologie
Evergreen Energy heeft in samenwerking met de University of Minnesota (US) de innovatieve technologie ontwikkeld. Na de laboratoriumfase is gedurende een aantal jaren op kleine schaal een vergister in bedrijf gehouden en zijn verschillende soorten biomassa, waaronder hout, zeer succesvol en met hoog rendement omgezet naar biogas. Aan Adveno Engineering is door Biogas Leeuwarden opdracht gegeven het proces van de kleine USA vergister te "vertalen" naar een omvang en detaillering die past bij de lokale situatie. In de installatie op de Dairy Campus wordt het proces uitgevoerd met een grotere capaciteit, geschikt voor de schaal die gebruikelijk is in Nederland en Europa.

Facts and Figures

- ✓ Hogere opbrengsten tegen lagere kosten
- ✓ De installatie produceert in minder dan 5 uur genoeg elektriciteit voor een huishouden voor een heel jaar
- ✓ Levert stroom elektriciteit aan 1400 huishoudens
- ✓ En warmte aan 700 huishoudens in Techum

Win-Win in de hele keten
Iedereen wint met Biogas Leeuwarden. Gemeenten besparen op de kosten van groenonderhoud en de grondstoffen voor de mestvergister, wat de productie van biogas stukken goedkoper maakt. De landbouw krijgt uiteindelijk een betere meststof en de consument duurzaam geproduceerde energie. Win-win in de hele keten.

Over Biogas Leeuwarden
Biogas Leeuwarden is een initiatief van Evergreen Energy, Clark Technology en Universal Energy Solutions. Partners zijn de Dairy Campus, Oosterhof Holman, Dwaardraat en Adveno Engineering. De ontwikkeling wordt mede mogelijk gemaakt door Fûns Skjinne Fryske Enerzjy en het Nationaal Groenfonds.

Meer informatie
www.biogasleeuwarden.nl
info@biogasleeuwarden.nl

Biogas Leeuwarden

그림 15. Dairy Campus의 바이오가스 관련 홍보 자료



그림 16. 네덜란드 Dairy Campus 방문 사진

○ 네덜란드 Wageningen Campus 방문 : 네덜란드 및 유럽의 풍력발전 추진사례 조사

- 바헤닝언대학교 & 연구소(Wageningen University & Research)는 1876년 농업기반 대학교로 개원하여 1997년 네덜란드 농림부 산하의 농업연구기관과 통합됨
- 동물과학, 응용커뮤니케이션학, 생물정보학, 기후학, 음식가공학, 식물과학, 영양 및 건강관련 학과가 운영되고 있으며, 학내 연구소로 바헤닝언 환경연구소, 경제연구소, 가축연구소, 해양연구소 등이 있음

The screenshot shows the homepage of Wageningen University & Research. At the top, there is a navigation bar with the university logo and five menu items: Education & Programmes, Research & Results, Value Creation & Cooperation, and About WUR. Below the navigation bar is a green banner with the text "Would you like to know more about a master's programme? Be a Student for a Day and experience what it's like to study in Wageningen." and a "Read more" button. The main content area features a quote: "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Below the quote are three featured articles: an interview with Edgar Suarez Garcia, a news article about the Gaza protest, and a news article about a new professor for the control of disease-transmitting insects. A horizontal menu bar contains links to Themes, News, Calendar, Dossiers, and Blogs. Below this menu are four circular icons representing different achievements: "Most sustainable university in the world", "Best university in The Netherlands", "#64 Best university in the world", and "7 Gold medals EW best university". The footer contains the university logo and a list of links: Library, Vacancies, Contact, Privacy & Cookie statement, General Terms and Conditions, Your profile data, Disclaimer, and Accessibility Statement.

그림 17. 바헤닝언 대학교 & 연구소 홈페이지 (<https://www.wur.nl/en.htm>)

- 연구분야는 크게 1) Landscape and Spatial Quality, 2) Biodiversity and Nature, 3) Agrivoltaics, 4) Engagement, 5) Meteorology, 6) Soil Quality 등 6개 분야로 구분되며, 본 방문에서는 1)번분야 전문가와의 미팅이 진행되었음

- 연구책임자는 Sven, Strermke 교수로 조경건축학을 전공하였으며, 탈탄소화 관점의 조경디자인 분야에 대해 연구를 수행하고 있음. 미팅에는 Sven, Strermke 교수 외 3명의 연구진이 참석하였으며, 4건의 발표가 진행되었음
- 첫 번째 연사는 경제와 지역 거버넌스 관점에서 환경적 접근에 대해 발제하였으며, 두 번째 연사는 유럽 내에서 진행되고 있는 태양광 패널 설치사업에 대해 발제하였음. 세 번째 연사는 태양광 패널에 디자인을 달리하면서 지역 주민들의 반응과 이에 따른 효과분석을 진행하였음. 마지막 연사는 태양광 패널의 설치 면적과 각도 등에 따라 변화하는 효율 특성에 대해 공학적인 관점에서 정량화하여 발표하였음
- 네덜란드는 과거부터 “풍차의 나라”란 별칭에서 알 수 있듯이 바람이 강하게 불고, 해수면보다 낮은 지역이 많아 간척사업이 진행되어 왔음. 또한 하루 중 일조량이 적은 지역적 특성으로 태양광보다 풍력발전에 대한 에너지 집약도가 높을 수밖에 없음. 하지만 항상 균일한 에너지를 공급해주지 않는다는 재생에너지의 특성상 다양한 접근이 시도되고 있으며, 네덜란드 역시 풍력에너지 다음으로 태양광 에너지를 차선택으로 연구를 꾸준히 진행해오고 있음
- 네덜란드는 2021년 대비 2022년 태양광 발전량이 46%나 급증하였고, 태양광 발전 총량은 유럽에서 5위를 차지할 만큼 높은 기여도를 보이고 있음. 산술적으로 1인당 평균 2개의 태양광 패널을 보유하고 있으며, 1인당 발전량은 1 kw가 넘는 것으로 알려져 있음
- 태양광 패널의 거부감을 해소하기 위해 지역의 예술가들과 콜라보하여 태양광 패널의 단면에 여러 가지 그림과 패턴 등을 그려 넣어 태양광 패널에 대한 부정적인 인식을 해소함
- 네덜란드 에너지부에 따르면 네덜란드 200만 가구에서 재생에너지를 생산하고 있으며, 이는 전체 에너지 생산의 14%임(지방정부 tvU, 2023). 네덜란드 정부는 2050년까지 태양광 발전을 통한 에너지 생산량을 180 GW까지 높이겠다는 의지를 보이고 있음(DS New Energy, 2023)
- 네덜란드의 태양광 산업이 커진 이유로 낮은 패널 설치 가격과 정부의 효과적인 에너지 보조금 정책지원을 들고 있음. 앞서 언급한 것처럼 해수면보다 낮은 지역이 많아 대량의 태양광 패널 설치가 어렵자 자동차 주차장, 가정집 지붕, 호수공원, 들판, 농장 등 패널 설치가 가능한 지역을 대상으로 적극적인 설치를

독려하고 있음. 새만금 방조제가 등장하기 전까지 세계 최장의 방조제였던 “자위더르 해 간척사업” 등으로 생긴 호수 위 수상 태양광 발전은 풍력발전과 함께 광범위하게 설치·운영되고 있음

- 특히 수상태양광은 발전측면에서 빛을 잘 반사하고, 온도 상승이 억제되어 기존 대비 10% 이상의 높은 성능을 발휘하는 것으로 알려져 있음(한화, 2018)
- 네덜란드 통계청에 따르면 2022년 기준 태양광 발전 기여도는 17.7%로 풍력 다음으로 높지만 지난 5년간 기여율 변화는 14.0%로 풍력의 10.6% 증가 대비 더 높은 증가율을 보이고 있는 것으로 나타남(산업통상자원부, 2023)



그림 18. 네덜란드의 주차장, 지붕, 호소위에 설치된 태양광 패널 모습

표 1. 네덜란드의 재생에너지원별 발전 비율 (산업통상자원부, 2023) (단위 : %)

에너지원	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2022/2018
풍력	10.6	11.5	15.3	18.0	21.2	10.6
태양광	3.7	5.4	8.6	11.5	17.7	14.0
바이오매스	3.9	5.1	7.9	9.8	8.6	4.7
원자력+기타	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
총계	18.3	22.1	31.9	39.4	47.6	29.3



그림 19. 네덜란드 Wageningen Campus 방문 사진

3. 정책활용 방안 및 시사점

○ “Not In My Backyard” 를 “In My Backyard, Please” 로 바꿀 수 있는 체계적인 환경 교육과 홍보를 통한 지역 주민의 인식 제고 필요

- 과거 우리나라는 외부의 억압과 역경을 국민적 단결과 희생을 통해 이겨냈으나 어느 순간 국가적인 이익보다는 개인의 권리와 이익이 우선되는 풍토가 만연함
- 충청남도에는 다수의 국가 기반시설(석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지)이 위치하고 있어 지역적 환경 피해가 높은 지역임. 하지만 반대로 타 지역 대비 대기업들이 다수 위치함으로써 최근 전국적으로 문제가 되고 있는 인구감소 현상과 반대로 인구가 증가하고 있는 지역임. 다시 말해 지역적 피해와 더불어 경제적 효과도 무시할 수 없다는 결론에 도달할 수 있음
- 서울시는 2025년 인천의 쓰레기매립지 사용이 종료됨에 따라 대체 방안을 찾지 못해 심각한 지역 문제로 대두되고 있으며, 충남 역시 신규로 추진 중인 수소나 SRF 처리시설이 지역 주민들의 반대로 지연되고 있는 사례가 다수 보고되고 있음
- 본 공무출장 기간 동안 환경관련 시설에 “당신들은 환경시설 설립에 따른 지역적 반대를 어떻게 대응하십니까?” 라는 질문에 대부분의 지역에서 “우리 지역에서 그러한 부분은 문제가 되지 않는다. 지역 주민들이 이러한 시설의 설립과 운영은 당연하다는 생각을 가지고 있다.” 라는 동일한 답변을 받았음.
- 환경피해를 야기하는 만큼 그 만큼 그 지역에 대한 보답이 있을 수 있고, 배출자 처리의 원칙에 따라 각 지역에서 발생한 오염피해에 대해서는 그 지역에서 처리하거나 생산하여 사용하는 것이 타당함. 하지만 국가적인 계획이나 지역적 제약으로 일부 지역에 환경시설이 밀집될 경우 무턱대고 반대하기 보다는 어떠한 문제가 발생할 것이고, 이를 타개하기 위해선 어떠한 조치가 필요하며, 이러한 부분에 대해 국가 또는 지자체 차원에서 할 수 있는 지원 대책이 무엇인지에 대한 논의와 추진이 필요해 보임
- 또한 환경시설에 대한 암묵적인 두려움과 선입견을 없애기 위해 교육과 홍보가 필요. 현재 수행되고 있는 단편적인 교육보다는 보다 체계적인 커리큘럼과 교육자재 개발, 전문 인력을 통한 중장기적인 교육과 홍보를 통해 사회 전반적인 인식 제고와 공동체 의식 함양이 필요할 것으로 판단됨

○ 축산환경에 대한 지속적인 관심과 현황 파악, 현장 맞춤형 기술 개발, 지역 상생을 위한 거버넌스 구축 필요

- 우리나라의 에너지 믹스와 온실가스 배출 특성을 감안했을 때 에너지생산과 제조업 부분이 대부분을 차지하고 있으나, 축산분야의 기여도 또한 지속적으로 증가하고 있어 이 부분에 대한 세부 대응방안 마련이 필요함
- 2023년 국내 농업 소비량 중 돼지가 쌀로 대표되는 곡물 소비량을 뛰어넘었고, 최근 소비패턴이 변화하여 돼지, 소 등 육류소비량이 점차 증가하고 있어 향후 관련 문제가 대두될 것으로 예측됨. 국립축산과학원 등을 중심으로 축산설비 개선과 품질 향상을 위한 연구가 지속적으로 진행되어 왔으나 환경관련 이슈, 특히 온실가스(메탄, 이산화질소 등) 감축 노력은 최근에서야 관심을 받기 시작하여 연구 자료가 아직 부족한 상태임. 본 국외공무에서 신재생에너지 및 낙농업 선진국으로 분류되는 독일과 네덜란드 역시 관련 연구에 대해서는 초기 수준인 것으로 확인된 만큼 전 세계적으로 관심 대비 정보나 기술력이 많이 부족한 실정임
- 충청남도는 사육두수 기준 돼지 1위, 닭 2위, 소 4위의 전국 최대 축산지역으로 관련 현황파악과 개선 노력이 시급한 지역임. 전통적으로 문제시되어왔던 악취 부분은 최근 밀폐화와 시설 최신화, ICT 기술을 적용한 관리 전환이 추진되고 있지만, 아직까지 사업주들의 필요성 인지 부족과 적정 대응대책 미비로 미진한 상태임. 축산분야는 기존의 농림축산국 외 산업경제실, 기후환경국 등 다양한 관계부서 합동의 관심과 연구, 자료생산, 전문가 의견수렴, 사업주 및 지역주민과의 거버넌스 구축, 관련 기술개발 및 현장적용 등 다방면의 연구와 사업추진, 거버넌스 운영이 진행되어야 할 것으로 판단됨

○ 지역별 환경조건 조사와 이를 반영한 맞춤형 신재생에너지 계획 수립

- 네덜란드는 해수면보다 낮은 지면의 피해를 막기 위해 다수의 간척사업을 추진하였고, 이렇게 생성된 호수에서 타 지역 대비 강한 바람과 일사량을 활용한 풍력과 태양광 발전을 추진하고 있음
- 독일의 경우 내륙에 위치해 낮은 수소발전 경제성을 타개하기 위해 네덜란드나 덴마크 등과 연계한 수소발전 계획을 수립하여 추진하고 있으며, 많은 논의 피해를 막기 위해 경사가 크게 설치된 지붕에 태양광 패널을 설치해 낮은 일사량에도 불구하고 높은 전력 생산을 나타냄
- 이처럼 독일과 네덜란드는 지역적 특성을 분석한 뒤 그 지역에 맞는 신재생에너지 전환 정책을 추진 중에 있음. 충청남도는 15개 시·군으로 구성되어 있으며, 내륙지역, 바다 인접 지역, 분지지형 등 다양한 형태의 특성을 가지고 있음. 이러한 지역별 특성에 맞게 우리 지역에 적용 가능한 신재생에너지에 대한 조사가 필요할 것으로 판단됨. 일반적으로 비열의 차이가 큰 해안가가 해륙풍의 영향으로 바람이 세게 불 것으로 예상되나, 그 외에도 산맥 아래, 산골 지역, 급격한 경사지대, 지대별 일조량 차이 등 지역적 특성을 고려한 조사와 맞춤형 신재생에너지 추진 계획 수립이 필요함
- 제철소, 석유화학단지가 위치한 당진, 서산 등은 블루나 그린수소 개발 기술의 발전과 시설 안정화 전까지 그레이 수소 발전의 전초기지로 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 축사가 많이 분포해 있는 홍성, 예산, 천안 등은 폐기물 처리설비와 연계하여 바이오가스 시설 설치를 고민해볼 필요가 있음. 풍력의 경우 생활권에서 측정되는 AWS(방재기상관측소)보다는 거시적인 관점에서 ASOS(종관기상관측소)의 자료를 활용한 분석이 요구되며, 가능하다면 드론이나 항공관측 등을 통한 상층부의 기상조건 파악도 필요할 것임
- 지역적 특성파악과 더불어 현재 국내외에서 추진 중인 신재생에너지 개발현황을 파악하여 장기적이되, 경제적인 관점에서 너무 경제성이 떨어지지 않는 기술 선정이 필요함. 이와 더불어 선정된 지역에 나타날 수 있는 문제점을 사전에 파악하여 대응 대책과 정책지원 방안 마련이 동시에 진행되어야 할 것임

○ 주민참여 사업 발굴 : 지역 특성을 고려한 에너지 자립마을 만들기

- 독일의 에너지 자립마을 외에 우리나라에서도 충남의 홍성을 비롯해 서울, 거제도, 제주도 등 다양한 지역에서 에너지 자립마을 사업이 수립되어 추진되고 있음
- 전 세계적으로 나타나고 있는 기후변화에 대한 적응과 완화를 위해서는 다양한 정책과 기술개발이 요구되지만 반대로 지역 주민들의 참여가 우선적으로 수반되어야 함
- 오염물질의 배출량을 감소시키거나 배출허용기준 이내로 만들기 위해서는 다양한 정책과 기술개발이 요구되지만 민간부분의 기후변화 적응대책은 단순하지만 현장에서 실천력이 떨어지면서 달성이 어려운 부분이 많음
- 서울시에서는 2012년부터 에너지 자립마을 지원 사업을 추진 중에 있으며, 최근 3단계 사업을 준비 중에 있음. 현장의 참여를 독려하기 위해 Top-down 방식이 아닌 Bottom-up 방식으로 진행하고 있음
- 국내외적으로 수행되었거나 추진 중에 있는 에너지 자립마을 추진 사업을 조사하고, 지역적 특성 조사를 통해 신규로 발굴할 수 있는 사업을 추가하여 관련 사업 공고 후 이를 민간차원에서 지원, 추진할 수 있는 프로그램 개발 필요
- 민간차원의 자발적인 사업 추진을 원활하게 하기 위해 시·군, 민간환경단체 또는 충남연구원과 같은 전문기관을 매칭시켜 사업 추진을 지원할 수 있도록 구성
- 이와 더불어 목표달성 마을에는 우수사례 발굴과 홍보, 지역 특성화, 관광자원 발굴, 인센티브 제공과 같이 동기부여가 될 수 있게 정책적 지원도 고민이 필요함

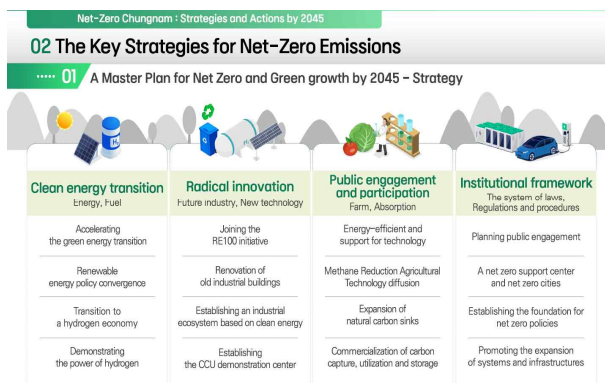
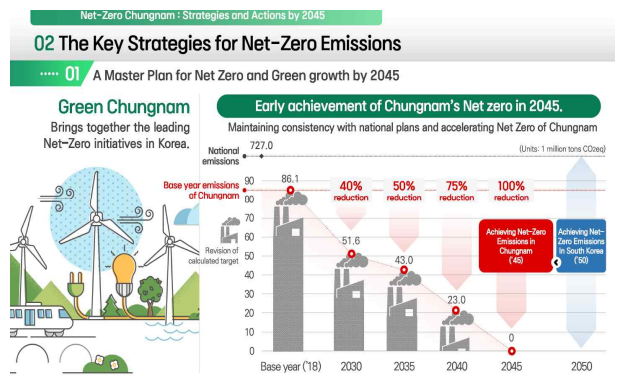
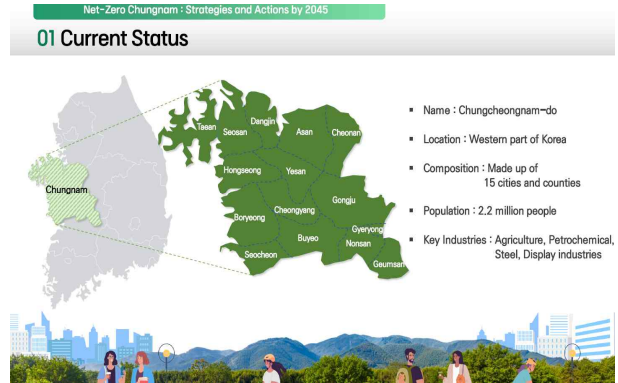
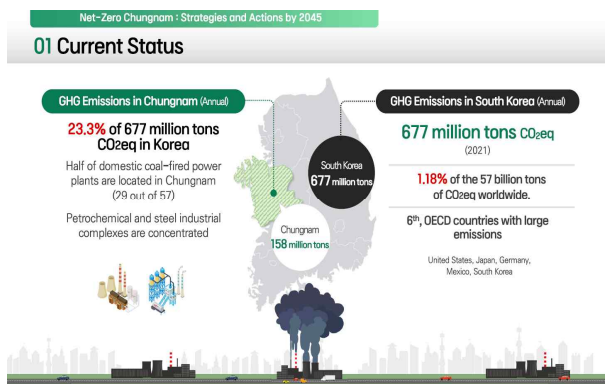
표 2. 서울시 에너지 자립마을 공고내용 (2021년도)

- | |
|--|
| ○ 신청자격 : 3인 이상 주민 모임 또는 단체가 생활공간이 같은 세대(단독30, 공동 50세대 이상)를 모집 후 참여 |
| ○ 사업내용 : 에너지절약, 효율화, 생산, 에너지교육, 캠페인, 온실가스 감축사업 실천 |
| ○ 지원예산 : 1년차 1천만원, 2년차 2천만원, 3년차 3천만원 |
| ○ 접수방법 : 자치구에서 마을신청서 제출 |

4. 참고자료

- 한겨레 (노지원 기자, 2023.12.21.) 독일, 재생에너지 비중 50% 돌파.... 시민들 지지로 이룬 기적
- 외교부 (주함부르크 총영사관, 2023.08.23.) 독일의 바이오가스 플랜트 현황 및 시사점
- 한국에너지 (박성우 저탄소자원순환연구소장, 2016.07.18.) 독일, 농가 바이오가스 지역 에너지원 성곡적 도입
- 브런치스토리 (제이터넥트, 2022.01.03.) 탄소중립을 실현하는 삶, 에너지 자립마을
- 내 손안에 서울 (강사랑 기자, 2021.06.29.) ‘에너지 자립마을’ 흥은동 아파트를 가다!
- 한국중부발전 (2021.02.09.) 서울의 에너지 자립마을 사례
- 가스신문 (양인범 기자, 2024.02.21.) 유럽의 수소계획, “불확실한 수입에 의존”
- IMPACT ON (송준호 기자, 2024.05.21.) 유럽, 그린수소 정책은 위험한 도박이 될 것?... 에너지 전환 자충수 두나
- 수소뉴스 (양인범 기자, 2023.10.11.) EU, 2050년까지 그린수소로 에너지 비중의 23% 목표
- 그리니엄 (김지연 기자, 2022.02.24.) 축산환경 최초의 법정 기본계획, 온실가스 30% 줄일 수 있을까?
- 농림축산식품부 (2023.12.13.) 탄소중립 프로그램 시범사업
- 딜라이트 (박피터슨 기자, 2021.11.20.) 메탄가스 배출 줄이는 소 사료첨가제 조만간 시판
- 돼지와 사람 (2024.06.10.) 축산환경관리원, 2024년 축산악취 측정 ICT 기계·장비 평가 실시
- 한화그룹 (2018.04.12.) 유럽 1위 한화큐셀이 네덜란드 최대 수상태양광 발전소를 채운다!
- 지방정부 tvU (2023.07.12.) 네덜란드는 어떻게 유럽의 태양광 발전 선도국이 됐는가?
- DS New Energy (2023.04.10.) 네덜란드, 2050년까지 태양광 발전 180 GW 설치 예정
- 산업통상자원부 (2023.05.06.) 네덜란드 태양광 패널 시장 동향 및 전망

별첨 1. 충청남도의 탄소중립 관련 방문기관 발표자료

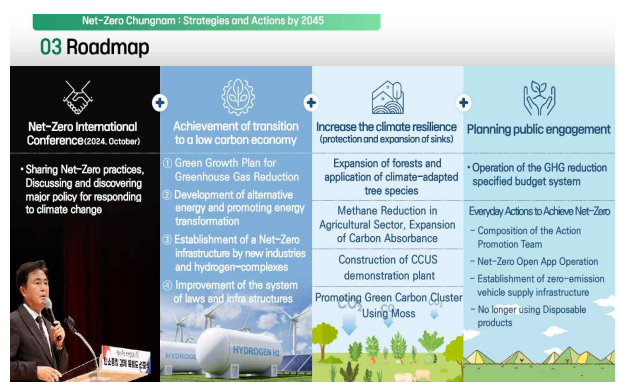
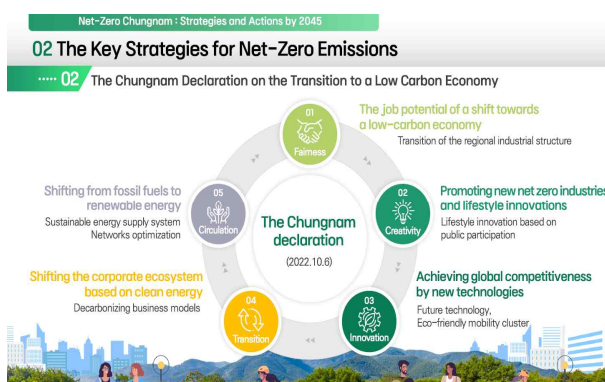


Net-Zero Chungnam : Strategies and Actions by 2045

02 The Key Strategies for Net-Zero Emissions


..... 01 A Master Plan for Net Zero and Green growth by 2045 - Division Plan

Division	The present	Future	Major implementation plan
Transition	Fossil fuel-based energy production	Just energy transition	Abolish coal-fired power plants (20) 2 → (45) 30 locations
Industry	Carbon Emitting Industry Structure	Low Carbon Industrial Structure	renovation of the old industrial complex (22) 0 → (45) 12
Building	An energy-guzzling building	Establishment of an Energy Saving System	Total Energy System for Buildings (24) Plan → (45) Duty
Transportation	Internal combustion engine transport	Carbon-free transportation	Expansion of eco-friendly transportation (22) 11.8% → (45) 50%
Agriculture	GHG emission agriculture	Expansion of carbon-reducing agriculture	Environmentally Friendly Agriculture Expansion (24) 7,000ha → (45) 35,000ha
Waste	Increase in waste	Reduce waste sources	Expansion of public recycling (24) 84,000ton → (33) 383,000ton
Absorption	Forests and mudflats decrease	Expansion of absorption sources	Expansion of carbon absorption afforestation area (24) 15,000ha → (45) 70,000ha
Fulfillment basis	A lack of foundation	A Net-zero society with Public Involvement	Greenhouse Gas Concentration Monitoring (34) 6 → (45) 15 locations



별첨 2. 독일 노트르라인 베스트팔렌주의 발표자료 1

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen




Shaping a net-zero industry in the industrial heart of Europe

Climate-neutral and competitive
Europe's first climate-neutral industrial region by 2045

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 1

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



Starting position

- North Rhine-Westphalia is the economically strongest federal state with a long industrial history. Coal and steel shaped the state in the 20th century
- The energy-intensive industry has a disproportionate share of value added and employees
- North Rhine-Westphalia is one of the few locations in the world that still has complete industrial value chains, which brings major logistical, economic and ecological benefits

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 2

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen


Guidelines for a climate-neutral transformation

- Energy efficiency:** Where can we reduce energy consumption?
- Decarbonisation:** Where can we go carbon-free?
- Defossilisation:** Where can we cover carbon demands with biomass?
- Recycling:** Where can we use secondary raw materials?
- Carbon Capture and Usage:** Where do we need CO2 capture?

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 3

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Ramp-up of renewable energies




- Electricity from renewable energy sources is becoming the standard energy source for industry
- NRW brings forward coal phase-out to 2030 and saves 280 million tons of CO2
- NRW is frontrunner in approvals for onshore wind energy in Germany
- First direct lines for connection to offshore wind farms planned for 2030
- We have simplified procedures for wind energy, lowered hurdles and introduced financial participation by citizens to increase acceptance

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 4

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Hydrogen ramp-up




- A green hydrogen demand of 101 - 193 TWh/a is estimated for NRW in 2045
- A quarter of CO2 emissions in NRW can be saved through the use of green hydrogen
- In industry, green hydrogen is mainly used in the chemical industry for steel production and to generate process heat.
- We have published the Hydrogen Roadmap 2020 and our import strategy will follow in 2024
- We are working on an efficient infrastructure, local electrolyzers and import partnerships for the hydrogen ramp-up.

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 5

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Carbon Capture and Usage or Storage

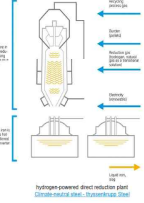


- In 2045, 17 million tons of unavoidable CO2 are expected to be produced in NRW
- These quantities of CO2 are generated particularly in the production of lime and cement and the incineration of waste, and we have to deal with them
- Carbon Capture & Storage (CCS) and Carbon Capture & Utilisation (CCU) are the instruments to prevent the release of this CO2
- We have published our Carbon Management Strategy 2021
- We advocate clear framework conditions and the development of an infrastructure for a functioning carbon economy

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 6

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Measures by the state government to support the transformation

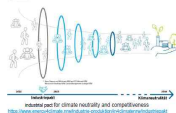



- Accompanying and supporting transformation projects in the industry
- Co-Funding of 7 major projects (PCEI) to ramp up the hydrogen economy and infrastructure. E.g. thH2Steel, hydrogen-powered direct reduction plant at the Duisburg site as the starting point for the hydrogen ramp-up in NRW will save 3.5 million tons of CO2 annually from 2026
- CCS: Supporting GeZero, First completely CO2-emission-neutral cement plant at the Site of GeSeke captures 700,000 tons of CO2 annually from 2029
- CCU: Development of a funding competition for CCU model regions
- Starter package for climate-neutral SMEs supports companies and craft businesses in planning and implementing measures for climate-neutral production

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 7

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Measures by the state government to support the transformation

- Networks and framework conditions
- Establishing international partnerships for the import of hydrogen and CO2 transportation
- With the industrial pact for climate neutrality and competitiveness, industry, associations, technology providers, science and politics have joined forces to work together towards the goal of a climate-neutral industrial location in NRW.
- Influencing strategy and legislative procedures at federal level, e.g. for CO2 infrastructure and H2 approval procedures
- Development of measures for communication and acceptance
- Commitment to lead markets for green industrial products at European and national level

Düsseldorf, 31.05.2024 Net-Zero Industry 8

별첨 3. 독일 노트르라인 베스트팔렌주의 발표자료 2



Measures to reduce emissions from closed coal mines – best practice in the Ruhr Area, Germany

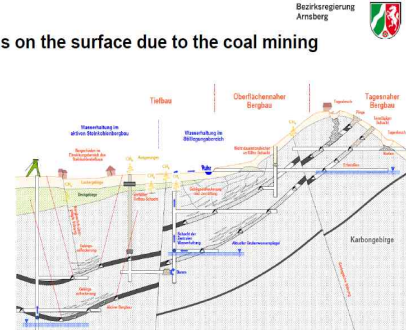
31.05.2024

Bezirksregierung
Arnsberg



Methane emissions on the surface due to the coal mining

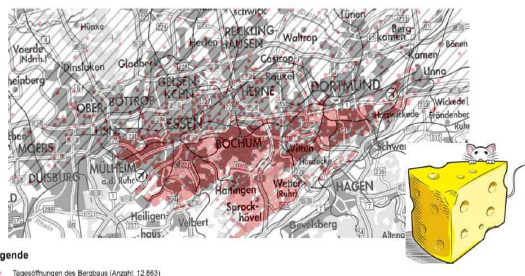
- outgassing areas
 - near-surface mining
 - Deep mining
 - former mines
 - Active mines
- extensive and selective outgassing
- Natural outgassing



Bezirksregierung
Arnsberg



Access to the coal deposit in the Ruhr area



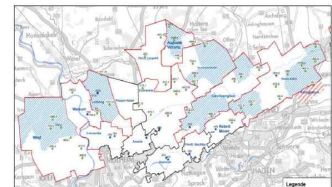
Legende
• Tagesöffnungen des Bergbaus (Anzahl: 12.583)

Bezirksregierung
Arnsberg



Current Program of monitoring and mine gas utilization

- Assessment / identification of gas release and gas discharge
- Monitoring of potential outgassing spots
 - Shafts, geological faults, areas with surface mining / with non sealing overburden
- Protective measures to avoid dangers and risks from gas leaks
 - Degassing by pipes or boreholes
 - extraction for electricity generation
- In large parts of the Ruhr area, the mine gas is extracted and recycled extensively
 - 40 coal mine gas plants active, 2 plants planned

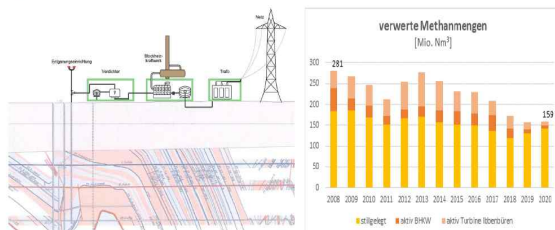


➤ The monitoring program and the mine gas utilization are approved under the terms of the federal mining act

Bezirksregierung
Arnsberg



Principle of the Coal Mine Gas plant / utilization of methane quantities



Bezirksregierung
Arnsberg



Conclusion

- The North Rhine-Westphalian hard coal deposits cannot be closed on the surface against gas leaks
- The methane gas has to be discharged to protect people and property, especially from the risk of explosion in buildings
- The risk of outgassing is part of a monitoring process
- The mine gas is used to generate energy and to contribute to improving the climate
- The energetic recovery of naturally released methane could also make a contribution to climate protection.

Bezirksregierung
Arnsberg

