

탄소중립



참가신청



에너지 전환 포럼

| 일시 | 2024. 10. 15 (화) 14:00~16:00 | 장소 | 컨벤션 설악



개 회 식 14:00~14:10

개회사 오 성 환 당진시장

축 사 서 영 훈 당진시의회 의장

주제발표 14:10~15:25

① 지자체 탄소중립 도시 추진 방향

| 김 재 민 지역경제녹색얼라이언스 대표

② 에너지전환(수소)을 통한 탄소중립 방안

| 강 영 택 한국수소연합 정책지원실장

③ 수소 및 암모니아 정책 및 기술전망

| 주 형 국 단국대학교 에너지공학과/수소에너지학과 교수

④ 수소에너지로의 전환 및 보급 확대 사례

| 삼성물산

⑤ 화력발전소의 탄소중립 사례

| 동서발전 당진화력본부

토 론 15:25~16:00

좌 장 권 이 군 국립공주대학교 교수

김 명 회 당진시의회 탄소중립·녹색성장 특별위원회 위원장

황 성 렬 당진시 탄소중립·녹색성장위원장

김 영 수 (주)가비 소장

최 지 원 기후위기 대응·에너지전환 지방정부협의회 사무국장

발표자 전원

| 주최 |



기후위기 대응·에너지전환
지방정부협의회

지자체 탄소중립 추진 전략

2024년 10월 15일

김재민
(사)지역 경제녹색 얼라이언스 대표

주요 약력: 한국해양대 브레인풀 프로그램 초빙 교수
영국 스트라스클라이드 대학 선임연구원
한국 건설기술연구원 연구원
일본 시바우라대학 공학연구소 연구원

목차

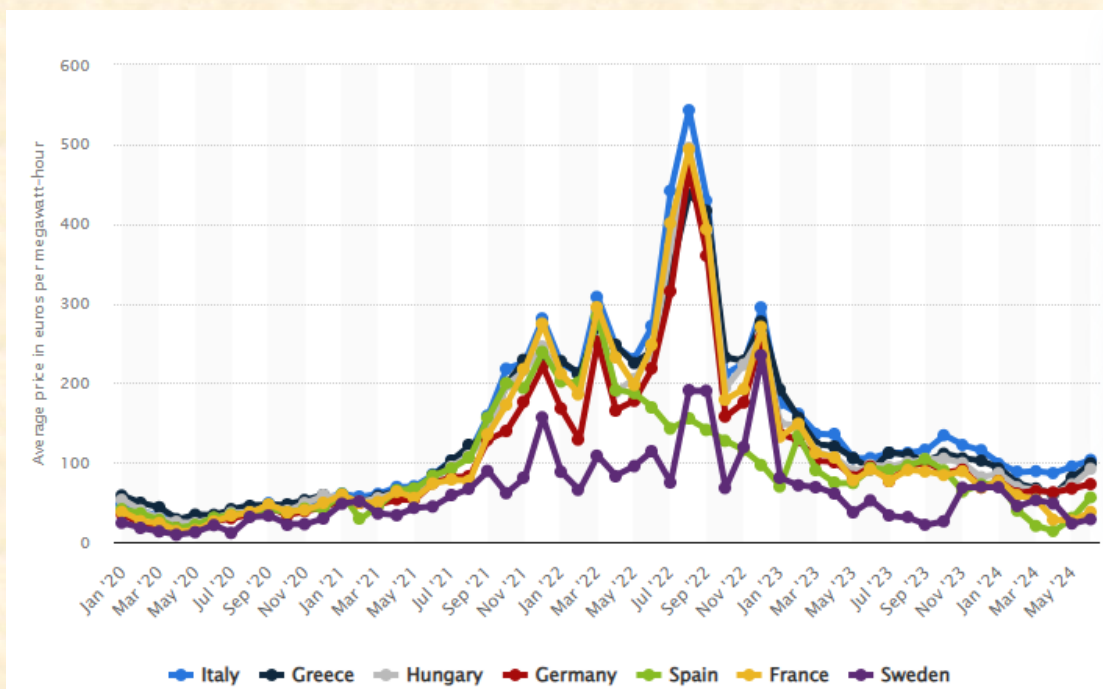
- 유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?
- 도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?
- 도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

탄소 국경세



유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

유럽 전력 도매 가격의 추이



유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

Subscribe to the EUISS Newsletter

Follow Us [f](#) [t](#) [in](#) [wi](#)

euiss
European Union
Institute for
Security Studies
100 YEARS

About Us Publications Activities Topics Regions

Search this site

AN EU AGENCY

Home > Publications > Briefs > Europe's energy crisis conundrum



TABLE OF CONTENTS

- 1 Introduction
- 2 A perfect storm?
- 3 The fallout
- 4 The way forward
- 5 Conclusions
- 6 References

< >

[Download Brief](#)

EUROPE'S ENERGY CRISIS CONUNDRUM

Origins, impact and way forward

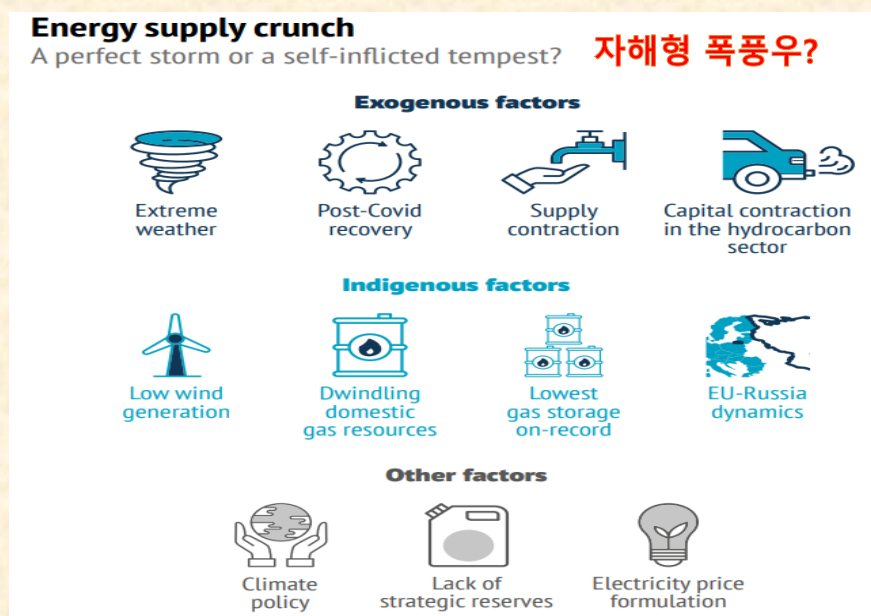
28 January 2022 By Yana Popkostova

A PERFECT STORM?

Gas supply and demand cycles are impacted by weather and economic activity. The winter season in 2020/21 was unusually cold in both Asia and Europe – the two main competing markets for liquefied natural gas (LNG). Competition was accentuated by severe contraction of supply. Periodic shortages in Europe at the beginning of the season led to concerns about the resilience of

(출처: EUROPE'S ENERGY CRISIS CONUNDRUM-Origins, impact and way forward,
<https://www.iss.europa.eu/content/europes-energy-crisis-conundrum>)

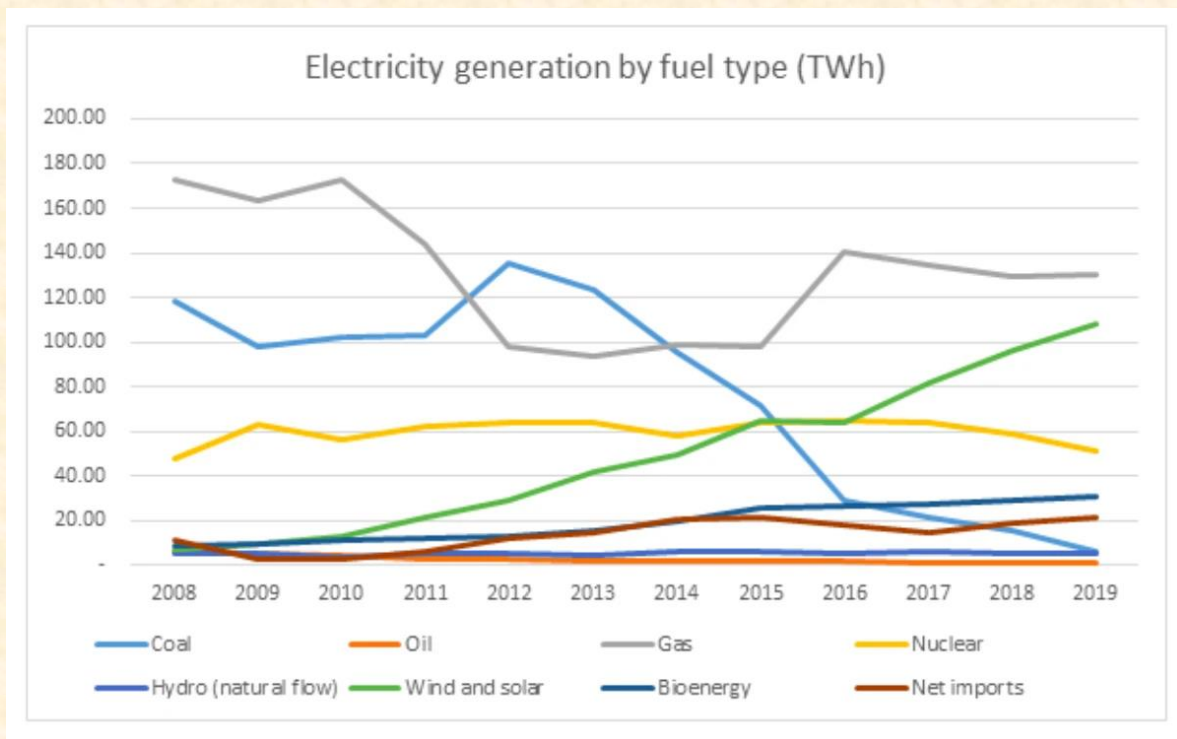
유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?



(출처: EUROPE'S ENERGY CRISIS CONUNDRUM-Origins, impact and way forward,
<https://www.iss.europa.eu/content/europes-energy-crisis-conundrum>)

유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

영국 연료별 연간 발전 추이



유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

영국 연료별 발전 현황 (2024년 9월 4일)



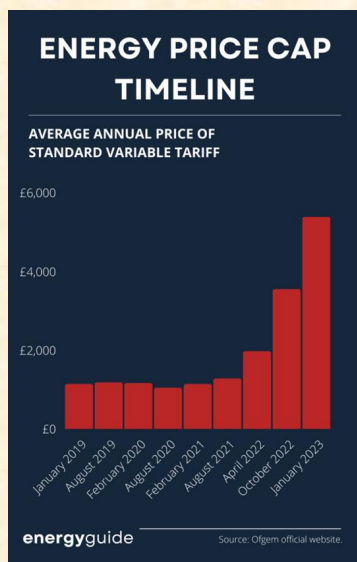
유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

영국 천연가스 가격의 추이

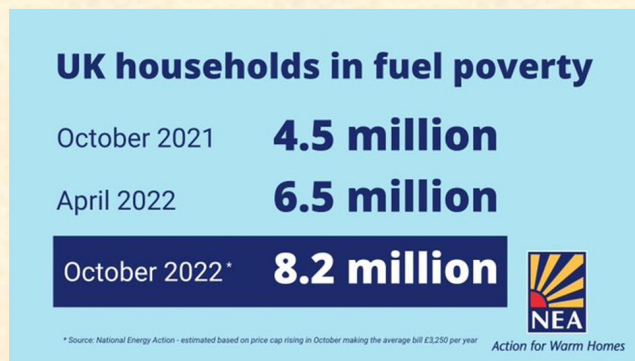


유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

영국 에너지 빈곤 가구수 증가



A household is in fuel poverty if it needs to spend 10% or more of its income on energy in order to maintain a satisfactory heating regime.



UK Total: 28.2 million households

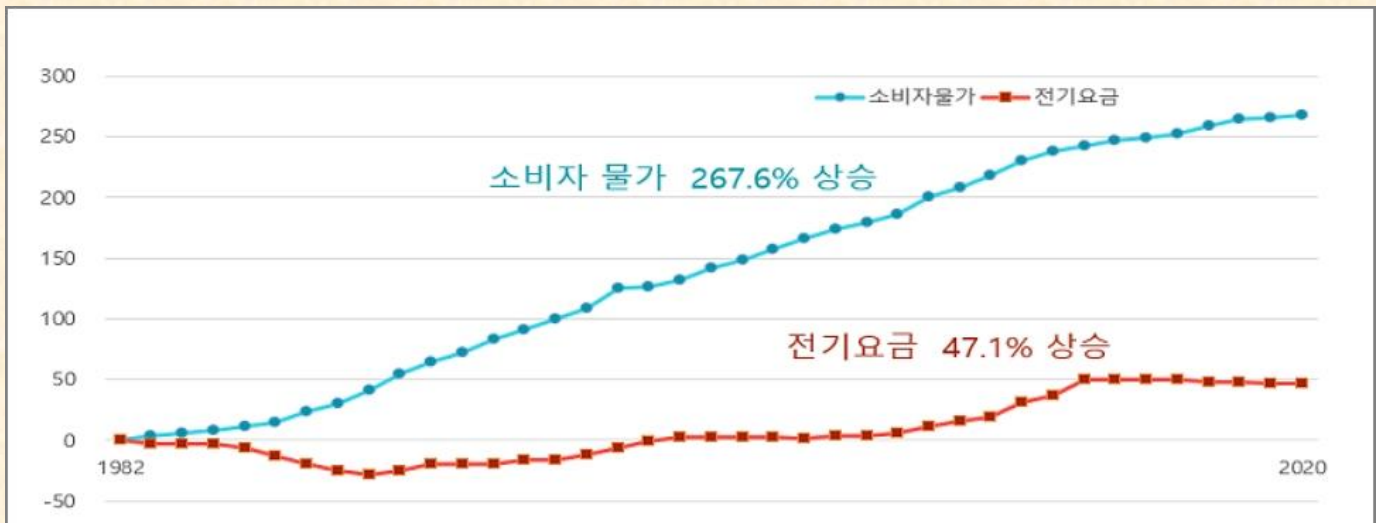
유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

영국 반불법이민 폭동 (2024년), 프랑스 유류세 인상 반대 노란조끼 운동(2018년)



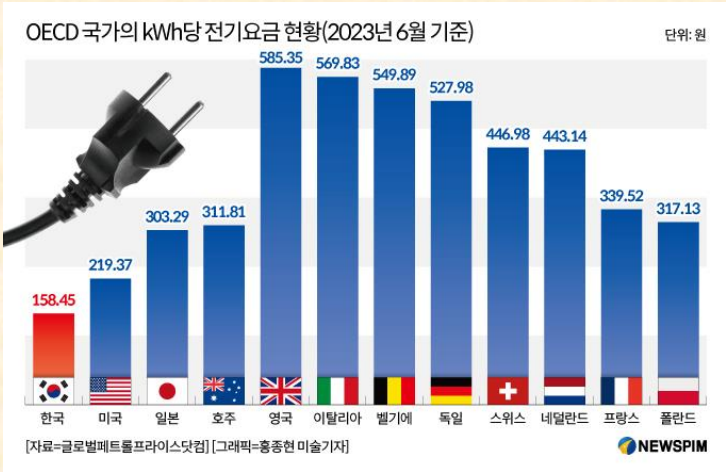
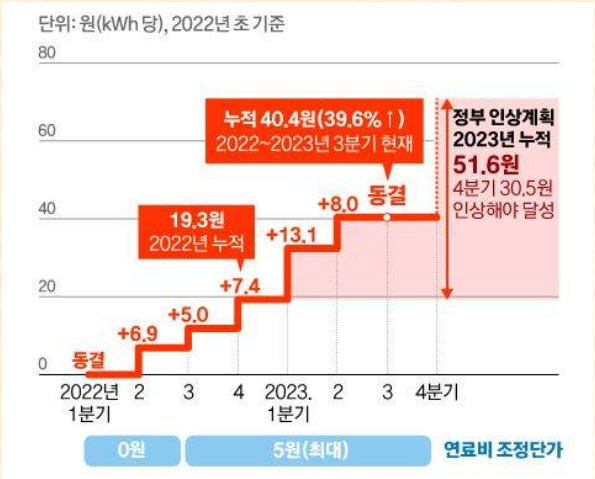
유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

한국 1982-2020년까지 전기 요금 인상률



유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

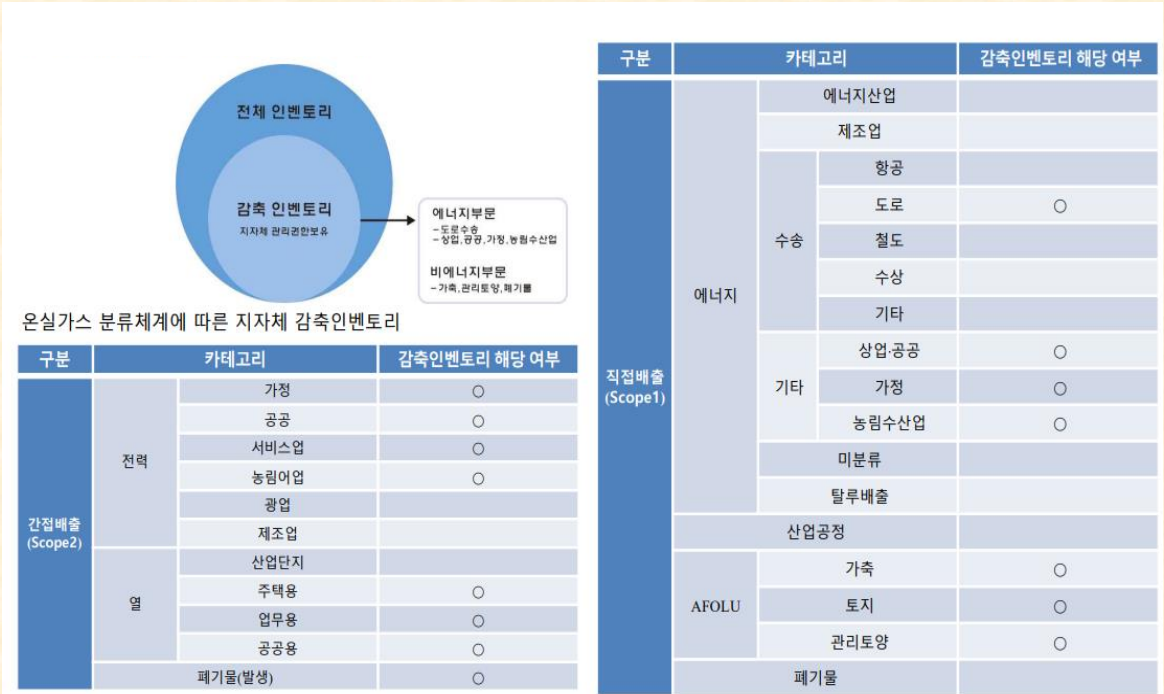
2022년 이후 전기 요금 인상률



자료 출처: 한국 전력 제공 데이터를 중앙일보, NEWSPIN에서 가공

유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?

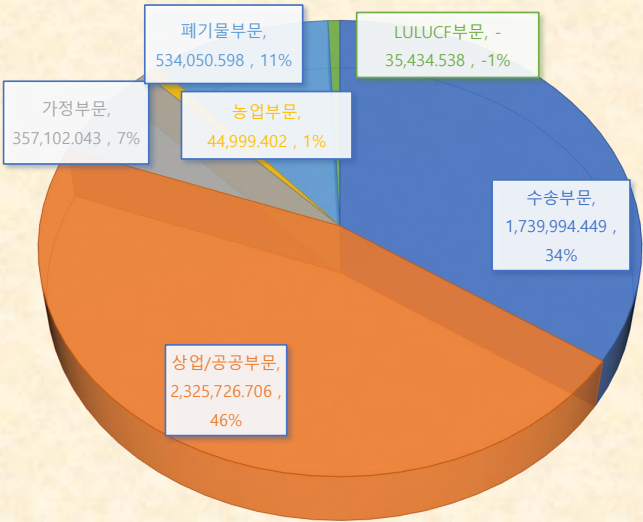
기초지자체 온실가스 감축 인벤토리



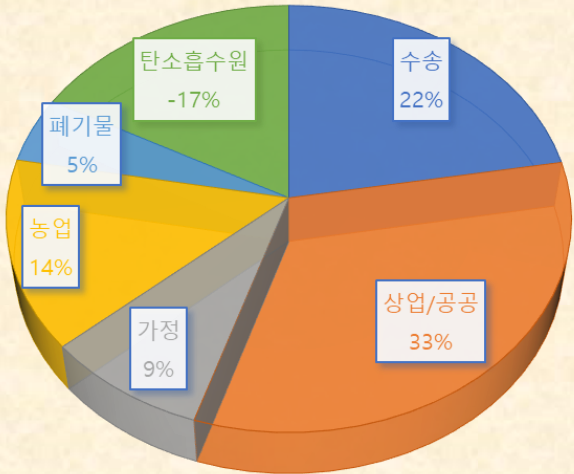
도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

고양시 온실가스 배출 특성

- 건물(상업, 가정) 및 공공 서비스에 의한 배출량 비율이 높은 에너지 소비 도시형으로 구분됨.
- 건물 부문 배출량 비율이 53% 로 주요 감축 대상임.



고양시 부문별 온실가스 배출량 비율(2018)

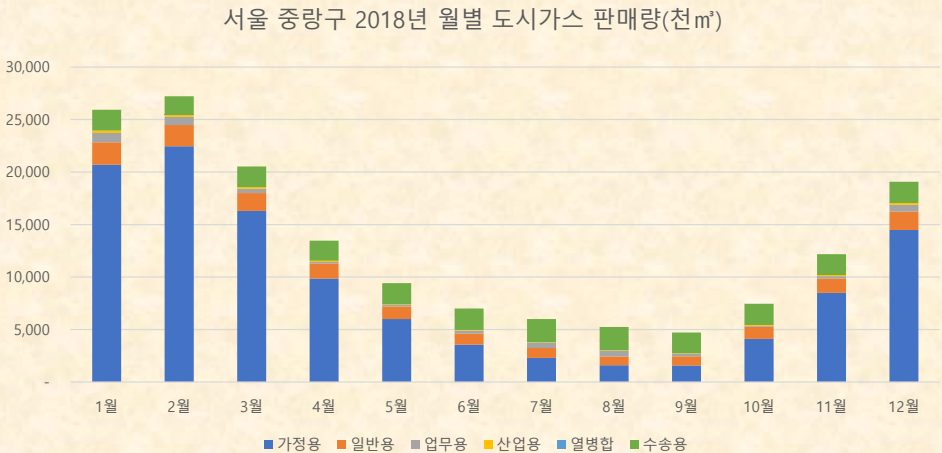


경기도 포천시 부문별 온실가스 배출량 비율(2018)

도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

도시가스 에너지 소비

- 월별 소비 패턴상 도시 가스는 주로 건물 (가정, 일반, 업무) 난방용으로 사용.
- 직접 배출원으로 건물의 난방 도시 가스 소비량을 감축 하기 위한 대책 우선.
- 공동주택과 지구단위로 열병합 사업 기획 고려필요.



도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

기초지자체 온실가스 감축 이행과제 목록(예)

부문	과제 번호	종류	이행과제목록(사업명)	2030년 누적 감축량(tCO ₂ eq)		주관부서
흡수원	1-1-1	정량	도시숲 조성사업	366.80	0.21%	일자리경제과
흡수원	1-1-2	정량	바다숲 조성사업지 사후관리	398.50	0.23%	해양수산과
흡수원	1-2-1	정량	산림 임목 시비사업	5.83	0.00%	일자리경제과
건물	2-1-1	정량	공공건축물 그린리모델링	75.40	0.04%	건축과
건물	2-1-2	정량	에너지홈닥터 운영	6,243.84	3.62%	일자리경제과
건물	2-1-3	정량	스마트전력 플랫폼 사업(스마트 미터기 보급)	1,248.00	0.72%	일자리경제과
건물	2-1-4	정량	취약계층 에너지복지사업(LED 조명등 보급)	62.70	0.04%	일자리경제과
건물	2-1-5	정량	폭염완화 쿨루프 사업	14.74	0.01%	환경위생과
건물	2-1-6	정량	비산업부문 온실가스 진단 컨설팅	2,521.90	1.46%	환경위생과
건물	2-1-7	정량	공공부문 온실가스-에너지 목표관리제	1,248.30	0.72%	환경위생과
건물	2-1-8	정량	탄소포인트제 운영	4,500.00	2.61%	환경위생과
건물	2-1-9	정성	찾아가는 Eco-School	-	-	환경위생과
건물	2-1-10	정량	친환경보일러 보급사업	1,875.20	1.09%	환경위생과
건물	2-1-11	정성	녹색제품 구매 활성화	-	-	환경위생과
건물	2-2-1	정량	민간 업무시설 리모델링(외단열 미적용)	444.80	0.26%	환경위생과

출처 : (사)부산경남생태도시 생명마당 & 이젠파트너스 & 지아이, 부산광역시 영도구 기후변화대응계획 최종보고서, 2022년 9월

도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

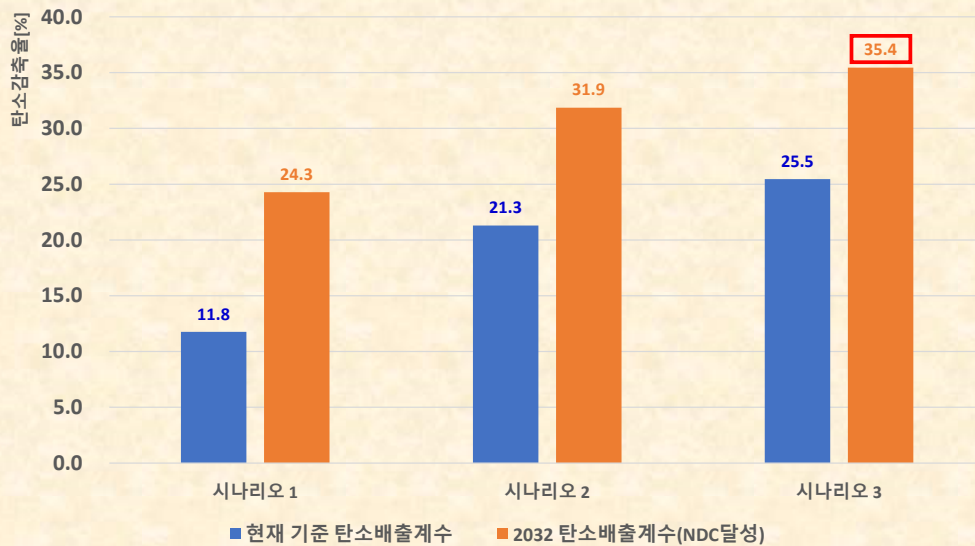
기초지자체 온실가스 감축 이행과제 목록 (예)

부문	과제 번호	종류	이행과제목록(사업명)	2030년 누적 감축량(tCO ₂ eq)		주관부서
건물	2-2-2	정량	공동주택 단지 리모델링 사업	78,834.00	45.75%	건축과
건물	2-2-3	정성	탄소저감형 도시재생사업	-	-	도시재생과
농축산	3-1-1	정성	친환경 어선 에너지절감장비 보급	-	-	해양수산과
농축산	3-1-2	정성	관공선 친환경 선박 보급	-	-	해양수산과
수송	4-1-1	정성	공영주차장 전기충전소 설치	-	-	교통과
수송	4-1-2	정량	승용차요일제 활성화 강화	1,227.60	0.71%	교통과
수송	4-1-3	정량	자전거도로 이용 활성화	32.30	0.02%	교통과
수송	4-1-4	정량	관용차량 친환경차 구매	37.79	0.02%	행정지원과
수송	4-2-1	정량	수소 시내버스 보급사업	764.20	0.44%	교통과
수송	4-2-2	정량	시내버스 전기차 교체사업	3,345.99	1.94%	교통과
수송	4-2-3	정량	전기이륜차 구매지원	5,948.80	3.45%	환경위생과
수송	4-2-4	정량	친환경차량 보급	13,303.00	7.72%	환경위생과
폐기물	5-1-1	정량	음식물쓰레기 저감 캠페인	1.60	0.00%	청소행정과
폐기물	5-1-2	정량	플라스틱 없는 영도만들기	113.60	0.07%	청소행정과
전환	6-1-1	정량	친환경 에너지 선도도시 조성	4,410.00	2.56%	일자리경제과
전환	6-1-2	정량	공동주택 미니태양광 보급사업	1,305.60	0.76%	일자리경제과
전환	6-1-3	정량	공영주차장 신재생에너지 설치	350.00	0.20%	교통과
전환	6-2-1	정량	우리동네(학교) 태양광 발전사업	484.00	0.28%	일자리경제과
전환	6-2-2	정량	부유형 해상풍력 및 그린수소 생산기지 조성	-	-	일자리경제과
전환	6-2-3	정량	환경기초시설 태양광발전시설 설치	853.05	0.50%	환경위생과
전환	6-2-4	정량	영도구 입주 공공기관 태양광 협력사업	2,310.00	1.34%	일자리경제과
전환	6-2-5	정량	건물(옥상) 태양광 발전사업	13,310.00	7.72%	일자리경제과
전환	6-2-6	정량	연료전지 열병합 발전사업	26,673.00	15.48%	일자리경제과
기반조성	7-2-1	정성	영도구 탄소중립지원센터 설립	-	-	환경위생과
감축량 합계				172,310.54		

출처 : (사)부산경남생태도시 생명마당 & 이젠파트너스 & 지아이, 부산광역시 영도구 기후변화대응계획 최종보고서, 2022년 9월

도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

- 국가 NDC상의 2032년까지의 발전 분야의 **저탄소 발전원으로 전환**을 통해 전력 소비의 배출계수값이 낮아짐으로 전기 사용기기에 의한 탄소배출량 감소 기대.
- 아래 그래프는 건물 부문에서의 전기 소비량만을 기준으로 국가 전력 부문 탄소배출계수 현재와 NDC 달성시의 정책 수단 시나리오별 탄소배출 감축률 비교임.



도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?

도시가스 소비량의 감축 우선

가정 및 상업 부문의 냉난방에너지 연료인 **도시가스 소비량의 감소**를 **우선**으로 두고 에너지 절감 정책을 추진하는 것이 필요.

- 중앙 정부의 NDC 상의 전환부문의 감축 목표 달성도에 따라 전기는 자연적으로 탄소배출량이 감축됨.
- 기초지자체의 경우 관내의 직접 배출량(건물의 도시가스, 내연 자동차)은 직접적 책임 범위.
- 수송 부문은 경기도의 친환경 자동차 보급 프로그램에 의하여 진행되고 있음.
- 건물 부문의 도시가스 감축은 지자체가 직접 담당해야할 부문임.

도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

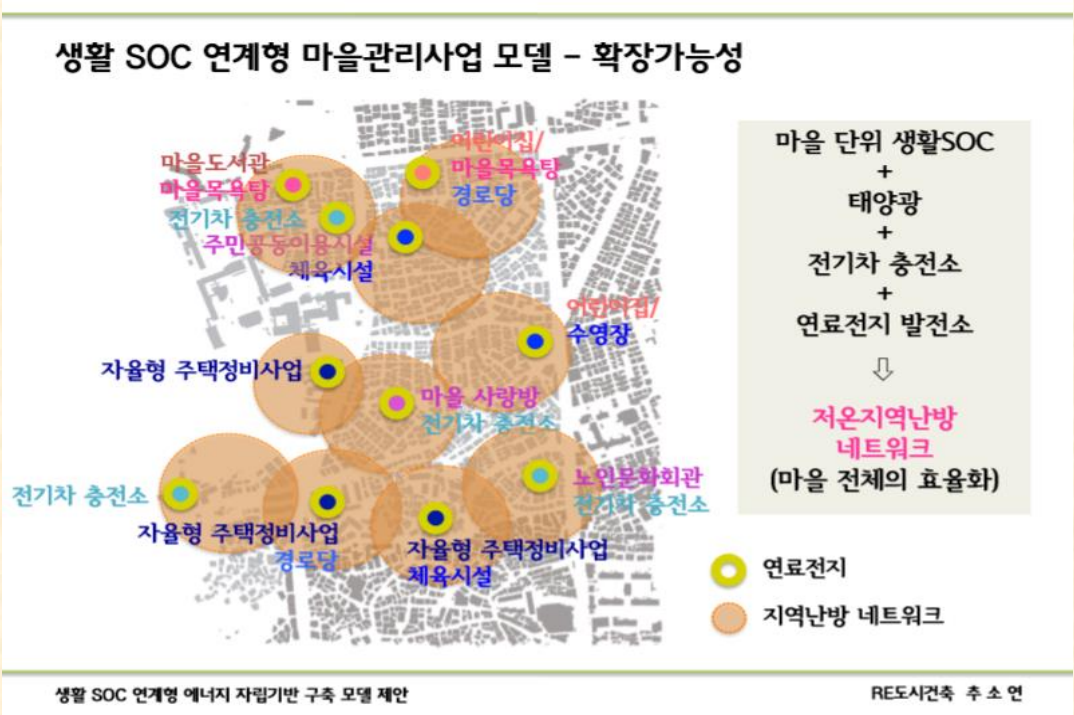
도시 친환경 소형 열병합 에너지 시스템 사례 (경남 거창 갯지스 사우나)



국내 설치 사례 200-300 kW (사우나장)

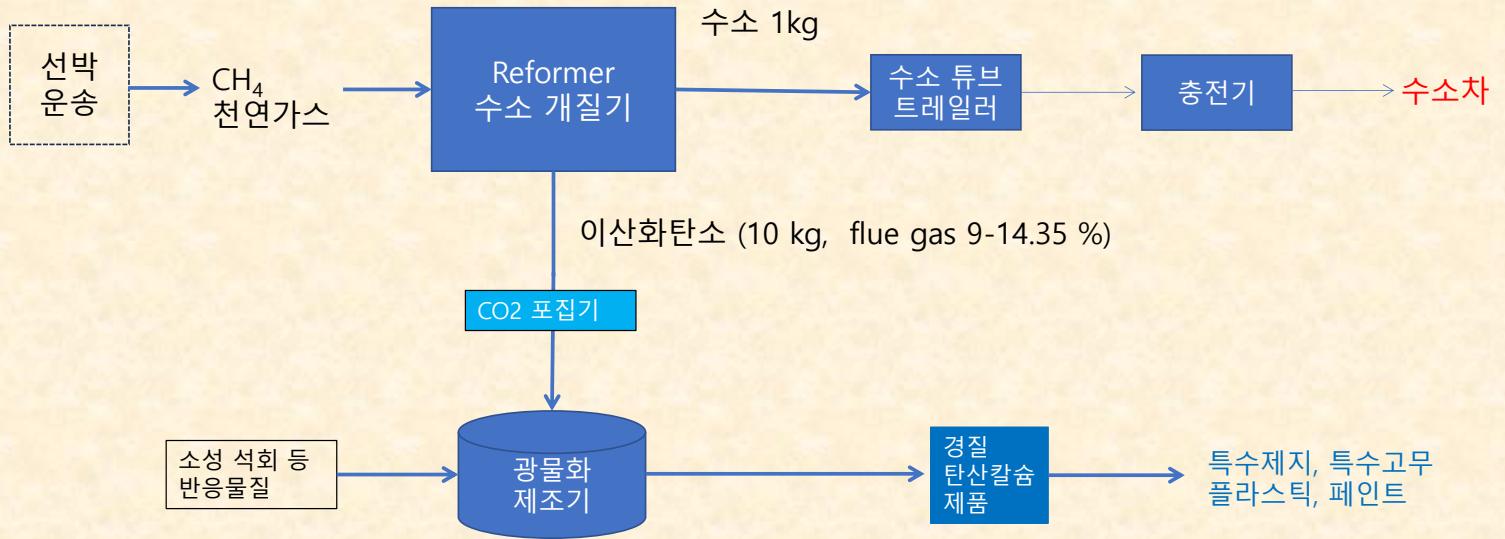
도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

스마트 시티 에너지 시스템



도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

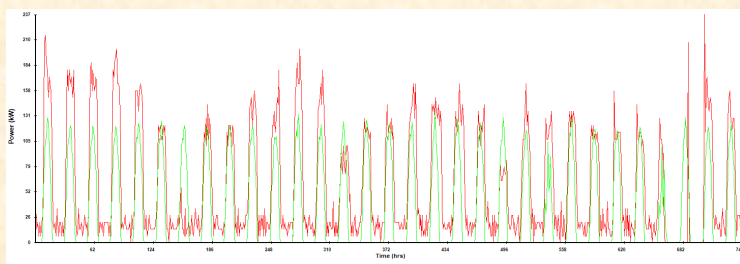
블루 수소 기반 도심형 온사이트 수소 충전시스템



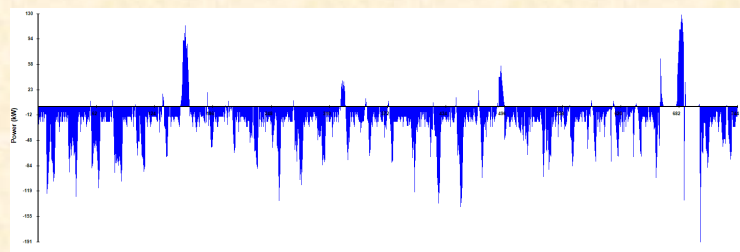
블루 수소 생산시의 부산물의 사용이나 폐기시 발생할 수 있는 CO2e의량은 최소 40% 미만이어야 함

도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

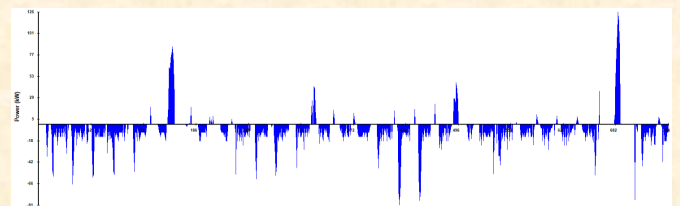
건물 수요 대응 융복합 에너지 시스템 수요 공급 발란스



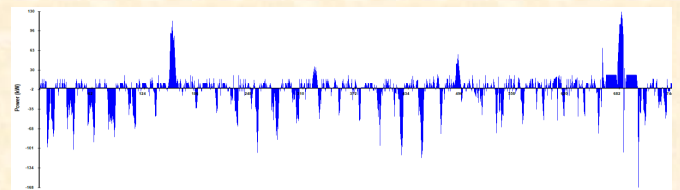
건물 전력 수요: 태양광



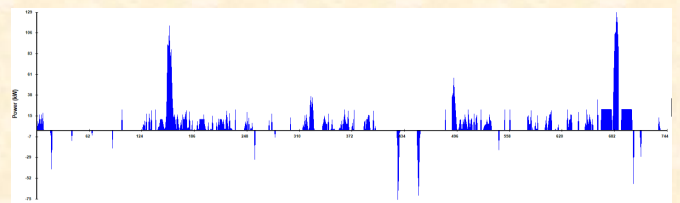
태양광 잉여발전과 한전수전



태양광+ESS



태양광+연료전지



태양광+연료전지+동적 수요관리

도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

시민 수용성 이슈

- 대형 발전소에 대한 저항감(태양광, 연료전지)
- 부동산 가치 하락에 대한 우려
- 시민 배제 수익모델 (시민 자산화?)
- 이웃 전기의 구매를 통한 공동체 편익성 보장 필요



도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

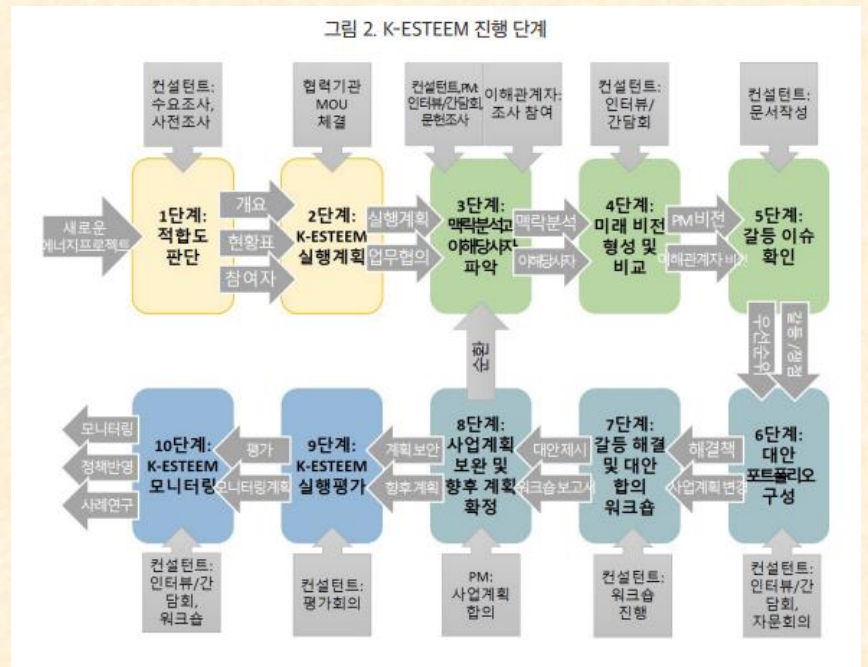
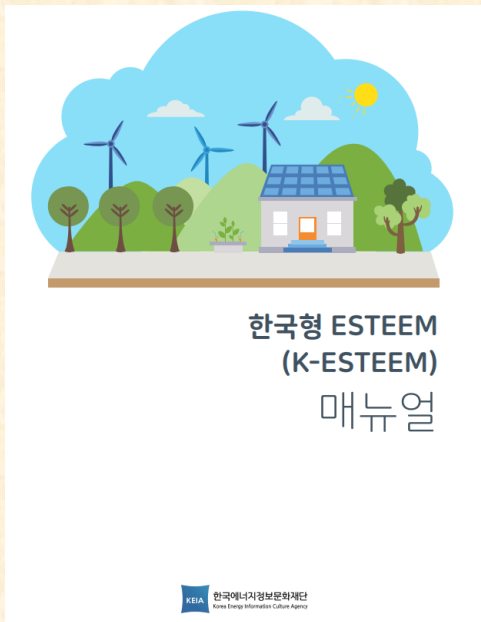
유럽의 풍력 발전에 대한 시민들의 저항



European Platform Against Windfarm <http://www.epaw.org>

도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

주민 수용성 개선: 갈등 영향 분석과 해소 프로세스(ESTEEM)



마무리

- 유럽의 탄소중립 정책은 성공한 모델인가?
- 도시의 탄소중립은 어떻게 가능한가?
- 도심형 탄소중립 융복합 에너지 시스템

수소산업 정책추진 동향

2024. 10. 15

강영택
Director of Policy Advisory Division
(사)한국수소연합



목 차

Contents



목 차



탄소중립과 수소경제



국내외 수소정책 동향



국내 수소산업 현황



수소경제 현황과 방향



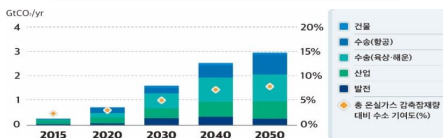
1. 탄소중립과 수소경제

수소경제의 필요성

탄소중립 핵심수단

- 온실가스, 미세먼지 등 배출이 없는 친환경 에너지
- 에너지 다소비 산업에 새로운 탄소저감 수단 제공

수소에너지 온실가스 저감 잠재량 (IEA, '20)



산업 경쟁력 제고

- 발전(연료전지 등), 수송(수소차 등), 산업공정 등 활용
- 신산업 창출과 전통 산업의 재도약 기회 제공

수소 소요 전망



전력계통 안정화

- 수소 저장기술 등을 활용하여 전력 공급 불균형 해소
- 전력망-가스망 상호보완으로 계통의 신뢰성 확보



에너지안보 강화

- 화석연료 대체로 에너지 수입 의존도 경감 (現 93.5%)
- 해외현지생산기술 적용, 수소 도입으로 에너지자립도 확대

수소 도입 네트워크 선설



2. 국내외 수소정책 동향

글로벌 수소경제 동향

- ▶ 러-우 사태 등 최근 에너지 시장 위기로 인해 세계 주요국들은 수소 자원안보·산업 육성 차원에서 수소 분야 재정·제도적 지원 강화

자원안보·산업 육성

재정·제도적 지원



미국

청정수소 생산 지원을 포함한 인플레이션 감축법안(IRA)을 통과('22.8) 시키며, 온실가스 배출량에 따라 인센티브 차등지원 제도 마련

전주기 배출량이 4kg 이내의 수소생산 적격시설에서의 배출수준에 따라 청정수소 kg 당 기본 \$0.6 생산세 공제, 일정 요건 충족 시, 최대 \$3의 10년 간 생산세 공제(PTC)



EU

러시아 천연가스 의존도를 해소하기 위한 계획인

RePower EU('22.3)에서 30년 수소 소비량 목표를 4배로 확대 (500→2,000만톤)

역내 청정수소 생산설비와 저장시설을 설치하여 1,000만톤 생산, 수소 수출입을 위한 항만 인프라를 마련하여 1,000만톤 수입 계획



독일

1.1 조원 규모의 국제수소 거래 제도를 마련하고,

이를 기반으로 UAE, 노르웨이, 호주 등 수소 생산 강국과 공급망 협력 강화*

독일은 높은 수소 수요량으로 약 80% 이상의 청정수소를 수입에 의존 예정

▶ 우리나라 수소경제 추진경과



▶ 국내 수소경제 목표 비교

2019 수소경제 활성화 로드맵

연도별 수소수요 ('22) 47만톤, ('30) 194만톤, ('40) 526만톤
→ 수출/이외만 구분

수소 공급 (만톤)	수출			
	부생	그린	블루	해외
'22	47			0
'40	158	368		

수소 수요 (만톤)	수출		
	전환	수송	합계
'22	44.1	2.9	47
'40	424	102	526

전환 ('22) 연료전지 44.1만톤(발전1GW, 건물가정50MW)
('40) 연료전지 424만톤(발전8GW, 건물가정2GW)

수송 ('22) 승용 6.5만대 + 버스 0.2만대
('40) 승용 275만대 + 택시 8만대 + 버스 4만대 + 트럭 3만대

산업 -

2021 수소경제 이행 기본계획 (2050 탄소중립 시나리오, NDC 상황안)

*수소경제 이행 기본계획은 탄중위, NDC 상황안 전망에 근거함

연도별 수소수요 ('30) 390만톤, ('50) 2,790만톤
→ 청정수소별 목표 구체적 제시

수소 공급 (만톤)	수출			
	부생	그린	블루	해외
'30	77	17	25	75
'50	-	300	200	2,290

수소 수요 (만톤)	수출			
	전환	산업	수송	CCUS
'30	353	-	37.7	-
'50	1,350	1,060	220	160

전환 ('30) 연료전지 157만톤 + NH₃혼소 196만톤
('50) 연료전지 520만톤 + 수소터빈 830만톤

수송 ('30) 승용 84만대 + 택시 1만대 + 버스 2만대 + 트럭 1만대
('50) 승용 505만대 + 택시 10만대 + 버스 6만대 + 트럭 5만대 + e-fuel 53만대

산업 ('50) 철강 350만톤 + 석유화학 671만톤 + 시멘트 38만톤

▶ **새정부 수소경제 정책방향('22.11)**

국정과제

청정수소 공급망 구축 및 세계 1등 수소산업 육성

정책방향

수소경제 성장을 위한 3대 전략 (3UP)



현재 (As-is)

향후 (To-be)

① Scale UP! (규모·범위) ▶ 발전·수송 생태계 성장을 위한 대규모 수요 창출

수송	수소승용차 중심 보급	2021년 19,270대	수소버스·트럭 등 상용차 확산	2030년 30,000대
발전	소규모 연료전지	2021년 767.1MW	대규모 집중형 발전 (수소터빈, 암모니아 혼소 등)	2036년 청정발전 7.1%
생산	국내 그레이 수소 생산		국내외 대규모 청정수소 생산기지 구축	

② Build UP! (인프라·제도) ▶ 청정수소 기반 생태계 전환을 위한 인프라·제도 구축

유통	기체방식으로 운송·충전	2021년 기체충전소141기	액체 방식으로 대량 저장·운송 (액화플랜트·액화충전소 구축)	2030년 액화충전소 70개소
공급	LNG 공급망 활용		암모니아·액화수소 인수기지, 수소전용 배관망 구축	
제도	수소법 제정	2020년 2월	2023년 수소발전 입찰시장 개설, 수소사업법 제정 추진 2024년 청정수소 인증제 시행	

③ Level UP! (산업·기술) ▶ 수소산업의 선도국가 도약을 위한 신성장동력 육성

기술	수소차·연료전지 위주 기술개발	2021년 75%(선진국 대비)	수소 전주기 핵심기술 확보 (7대 전략분야 육성)	2030년 100%(선진국 대비)
생태계	수소전문기업 도입	2021년 30개	수소 전문기업 집중 육성	2030년 600개
수출	국내 트랙레코드 확보	2021년 2개 (글로벌 시장 1위 품목)	해외 수출 본격화	2030년 10개 (글로벌 시장 1위 품목)

▶ **제6차 수소경제위원회**

제1호안건 “청정수소 인증제 운영방안”

기 본 방 향	①실효적 탄소 감축, ②기술 중립, ③국내 특수성 고려 ① 국가 온실가스 감축 목표(NDC)에 실질적 기여 유도 ② 수소생산전과정(도입, 불투과 및 무관여 온실가스 전과정평가(LCA) 기반 인증 ③ 국내 자원현황, 기술·인프라 여건 등 국내 특수성 고려
목 표	청정수소 수요량 청정수소 발전비중 거점 프로젝트
추 진 과 제	1. [인증방향] 수소생산시 전과정 배출량 기준 마련 ⇒ Well-to-Gate(원료채굴~수소생산), 4kgCO₂e/kgH₂ 이하 2. [추진체계] 법정 인증기관 지정 → 인증제 운영·관리 ⇒ 인증운영기관(제도운영·관리), 시험평가기관(제3자 검증) 3. [인증절차/관리방식] 투명하고 객관적인 인증절차 운영 ⇒ 인증결과와 객관성 확보를 위한 인증절차 마련 ⇒ 플랫폼 기반 체계적 인증관리 및 제도 연계성 확보 4. [인증 기반구축] 전용시스템 개발 및 시범사업 추진 ⇒ 배출량 자가산정 Tool을 제공하여 인증 편의성 제고 ⇒ 예비·시범인증 사업 추진 5. [연계 지원방안] 청정수소 기술성·경제성 확보 지원 ⇒ 해외 생산거점 확보를 위한 정부 출자 및 금융 지원 ⇒ 세제, R&D·실증 지원, 생산비용 보전 검토

제2호안건 “수소산업 소부장 육성 전략”

비 전	✓ 세계 1등 수소산업 육성을 뒷받침하기 위한 소부장 생태계 구축
목 표	✓ '30년 10대 전략분야 소부장 국산화를 80% 달성 ('22년 40%) ✓ '30년 글로벌 수소 소부장기업 20개사 육성 ('22년 2개)
추 진 과 제	핵심 소부장 원천기술 확보 - 범부처 연계 지원 강화 - 수소연료전지 R&D 지원 체계 혁신 - 미래 원천 소부장기술 확보 지원 - 해외 기업과의 인수합병 및 기술제휴·투자유치 지원 개발된 기술의 사업화 촉진 - 초기수요 창출 - 규제개선 - 사업화 기반 확충 - 수소 전문인력 양성 글로벌 소부장 공급망 강화 - 수소산업 핵심광물 공급 관리 강화 - 공급망 상사 관리 체계 도입 - 국내 기업의 해외 GVC 참여 지원 - 글로벌 소부장기업 발굴·육성

2. 국내외 수소정책 동향



▶ 제6차 수소경제위원회

제3호안건 “수소전기차 보급확대 방안”

비전 수소전기자동차 보급 확대로 탄소중립 및 대기질 개선 기여

목표	수소차 보급	수소충전소 구축
	(‘23.11월) 3.4만대 → (‘30년) 30만대	(‘23.11월) 274기 → (‘30년) 660기 이상

- 추진 과제**
- ① **(전략적 보급)** 상용차 중심의 수소차 보급 확대
▶ 수소버스 보급 대폭 확대, 화물·특장차 보급 시범사업 발굴
 - ② **(전주거 관리)** 고성능 수소차 시장 출시 및 사후관리 강화
▶ 고성능화 유도, 시장공급 및 생산 확대, 사후관리 인프라 구축
 - ③ **(보급지원 강화)** 재정·금융 지원으로 수소차 구매 매력도 향상
▶ 구매·운영 비용 지원, 경유버스의 전환 가속화
 - ④ **(사용편의 제고)** 수소충전소 확대 및 충전서비스 품질 제고
▶ 충전소 확대, 편의성·안전성 제고, 민간투자 및 중실사업 지원
 - ⑤ **(수급 관리)** 수소충전소의 안정적 운영을 위한 대응체계 마련
▶ 수급 대응, 공급 다변화 및 유통체계 개선
 - ⑥ **(인식개선)** 수소차 홍보 강화 및 보급모델 확산
▶ 수소차 안전성 신뢰도 제고, 수소차 보급모델 개발·확산

제4호안건 “국가수소중점연구실 운영방안”

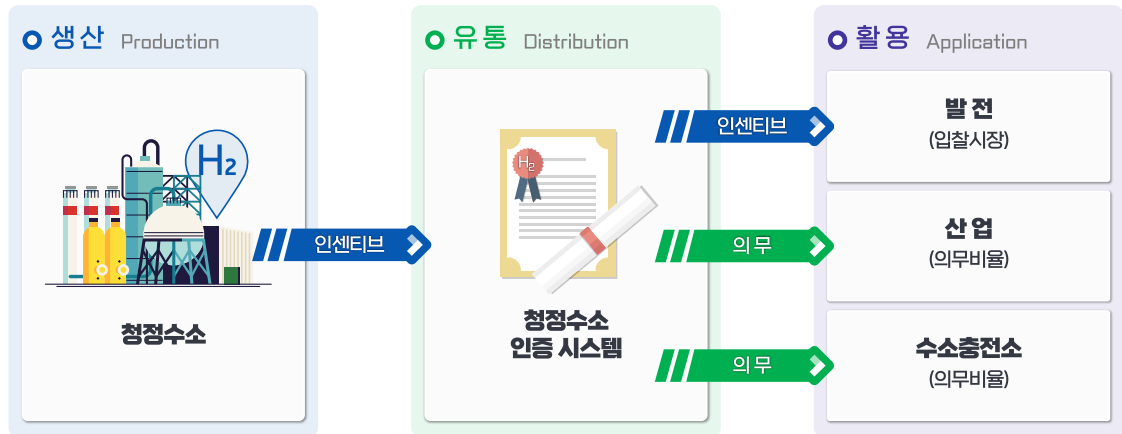


▶ 청정수소경제 흐름도

◆ 인센티브를 통한 청정수소 활용처 분류

◆ 생산 및 활용 단계의 인센티브 구분

- 1. **생산** 세금공제, 수입 부담금 등
- 2. **활용** 발전(입찰), 수송 및 산업(의무비율)



▶ 청정수소 축진을 위한 제도기반 마련

● 2023년 수소발전 입찰시장 개설

- 전력수급기본계획, 국가온실가스감축목표 등을 고려하여 연도별 수소발전량 설정



● 수소사업법 제정을 통한 석유·가스·전기 분야와 같이 수소사업에 관한 법적 기반 마련

- 생산, 수출입 등 유통단계별 사업자 정의, 인허가 기준, 공급의무, 시설·안전관리 등 준수사항 규정
- 분야별 수급계획 수립, 사업자별 생산·소비물량 보고, 검증체계 도입, 비축의무 부여 등

● 청정수소 인증·운영체계 마련

- 청정수소 기준 및 인센티브 자원제도 마련
- 인증기관 지정, 인증서 거래 등 운영·관리체계 검토



▶ 해외청정수소 공급망 확보

● 국내기업 청정수소 생산 공급망 확보를 위한 사업추진

청정수소시장 선점, 자체 수요조달 등 목적으로 해외 사업 추진
동남아, 중동, 호주 등 수소 생산사업 환경이 양호한 국가 중심으로 프로젝트 추진

국가	지역	참여기업	내용
말레이시아	사라왁	롯데케미칼, 삼성엔지니어링, 포스코홀딩스 등	재생에너지 기반 청정수소 생산 후 암모니아 형태로 국내 도입
오만	두쿰	포스코홀딩스, 삼성엔지니어링, 한국남부발전 등	재생에너지 기반 청정수소 생산 후 암모니아 형태로 국내 도입
사우디	자푸라	한전, 포스코 등	저탄소 청정암모니아 국내 도입

● 민·관합동 시범사업 추진

민·관의 해외 진출역량을 결집하여 국내 기술, 자본 주도의 청정수소 해외 생산 거점 확보 추진

- 민·관 시범사업 내용 -

1. 그린암모니아 생산·도입 시범사업(말레이시아)
 - 사업시기/물량: 23년 ~ 27년 / 암모니아 60만톤
 - 참여사: 포스코홀딩스, 롯데케미칼, 삼성ENG, 석유공사 등
2. 블루암모니아 생산·도입 시범사업(UAE)
 - 사업시기/물량: 23년 ~ 27년 / 암모니아 20만톤
 - 참여사: 포스코홀딩스, 삼성ENG, SK가스, 석유공사 등

- 암모니아 인수기지 및 저장설비 구축 -
서해/동해/남해 3개 지역 거점화 및 대규모 인수 저장설비 구축('27년 110만톤 / '30년 400만톤)



▶ 우리나라 수소경제 동향

SK E&S, 액화수소플랜트(인천) 건설



사진: SK E&S

현대자동차, 친환경 바이오가스 수소 생산



포스코, 수소환원제철 계획 발표



사진: 포스코

HDR한국조선해양, 암모니아 추진선 수주



사진: HDR한국조선해양

한화, 가스터빈 수소혼소 발전 성공(59.5%)



사진: 한화

두산에너지빌리티, 수소전소터빈 개발 추진

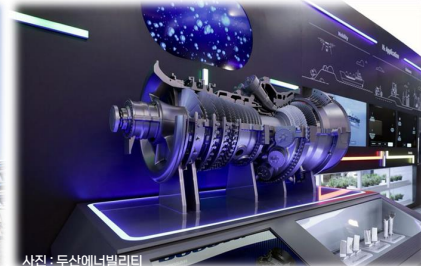


사진: 두산에너지빌리티

2. 국내외 수소정책 동향

3. 국내 수소산업 현황

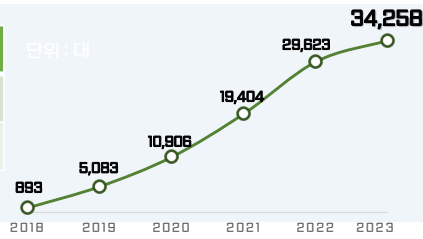
3. 국내 수소산업 현황

▶ 우리나라 수소경제 성과

수소차

분류	연도					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
합계(누적)	893	5,083	10,906	19,404	29,623	34,258

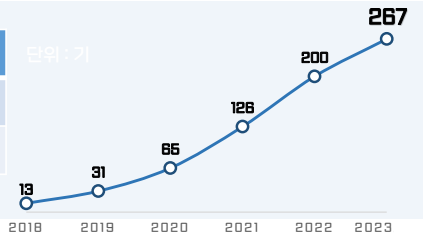
■ 국토교통부



수소충전소

분류	연도					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
합계(누적)	13	31	65	126	200	267

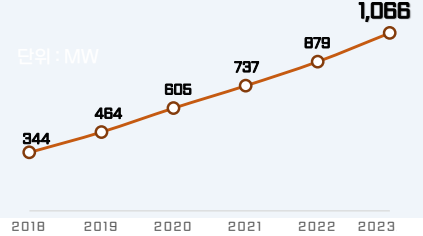
■ 수소경제 종합정보 포털



연료전지발전

분류	연도					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
합계(누적)	344	464	605	737	879	1,066

■ 전력통계정보시스템



4. 수소경제 현황과 방향

▶ 우리나라 현황 분석

수소 생산

현황	한계
부생·추출수소 중심공급 인프라 확충 석유화학단지(울산, 여수, 대산) 중심 연간 210만톤 수소 활용 중	그린·블루수소 생산·도입 인프라 부족 선도국 대비 그린수소 5~7년, 블루수소 4년 기술격차 존재

개선방향 ▶ **그린수소 중심 공급체계 전환, 해외 공급망 지원체계 고도화**

수소 저장·운송

현황	한계
저장/운송 기술력은 경쟁국 대비 미흡 (IEA'23)저장/운송 특허출원 점유율 EU33%, 일본22%, 한국5% 민간 참여 활성화 제도 정비 연료비 보조, 수소 공동구매 등 수소충전사업자 지원체계 마련	저장/운송 관련 예산 부족 ('22년 예산)인프라50%, 활용36%, 생산5%, 저장운송4% 수소충전소 적자운영 심각 현실적인 수소판매가격 반영필요

개선방향 ▶ **경쟁력 강화를 위한 R&D 예산 확대 및 수소충전소 운영 대책마련**

▶ 우리나라 현황 분석

4.
수소경제
현황과 방향



수소 활용

현황
수소차, 연료전지 보급속도 세계 1위
한계
신규 수요 견인과 단가저감에 한계
개선방향 ▶ 발전 · 산업 · 모빌리티 활용처 다변화



기반조성

현황	한계
세계 최초 수소법 제정(20.2) 및 민간투자 대폭 확대 SK, 현대차, 포스코, 한화, 효성 등 약 43조원의 대규모 투자계획 수립	사업자 정의, 인프라 자원마련 등을 위한 수소사업에 관한 법적 기반 부재 수소 전문인력 규모 한정
개선방향 ▶ 법적 기반 강화 및 전문기업 · 인력 등 수소산업 생태계 강화	

감사합니다



수소 및 암모니아 정책 및 기술 전망

주형국 (Prof. Dr. HyungKuk Ju)

Email: hyungkuk.ju@dankook.ac.kr

단국대학교 과학기술대학 에너지공학과
단국대학교 일반대학학원 수소에너지학과

Department of Energy Engineering, Dankook University

Department of Hydrogen Energy, Dankook University



| 1.0 | 충청남도 탄소중립경제특별도 선언



- 충청남도는 국내 화력발전소의 48%가 집중(한국 중부/서부/동서발전 본사 위치)된 지역으로, 온실가스 배출량 및 에너지 생산량 국내 1위 기록하고 있음.
- 충청남도는 국내 최초로 탄소중립경제 특별도를 선언하고, "친환경 에너지 전환" 정책 전략을 통해 수소 산업육성을 중점으로 한 혁신적인 정책적 지원을 하고 있음.
- 충청남도는 '45년까지 30조원을 투자해 석탄발전 비중을 낮추고, 재생에너지 비율을 현재 10%에서 50%로 상향, 수소에너지 융복합산업 경제발전을 계획하고 있으며, '30년 당진/태안에 암모니아 300톤/년(32%)을 수입 예정임.



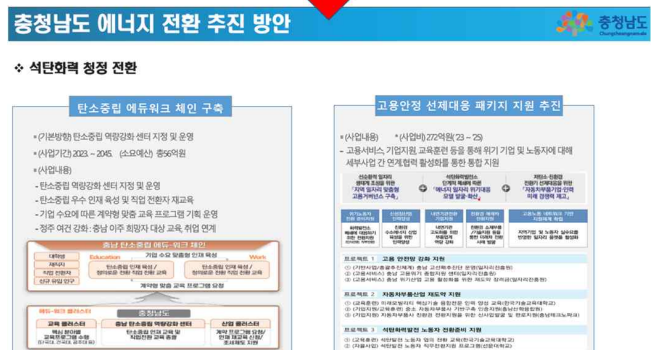
1.1 | 충청남도 - 수소 규제특구, 수소 클러스터, 수소도시



[탄소중립경제특별도 충청남도]
[서울신문, 2023.11.06. 한반도 중심 충남... 경기·전북 잇는 '초광역권' 핵심으로 우뚝]

1.2 | 충청남도 탄소중립 정책과 일자리 전환

- 충청남도는 수소 산업육성을 위한 실증, R&D, 기업유치가 활발하게 진행되고 있으나 지역 수소 전문인력 부족
- 충청남도의 탈석탄발전지역에서의 일자리 전환 뿐만 아니라 지역경제의 침체에 대응하기 위한 신산업 육성, 전문인력양성과 인프라 확충 등에 대한 정책이 긴밀하고 계획적으로 실현되어야 함

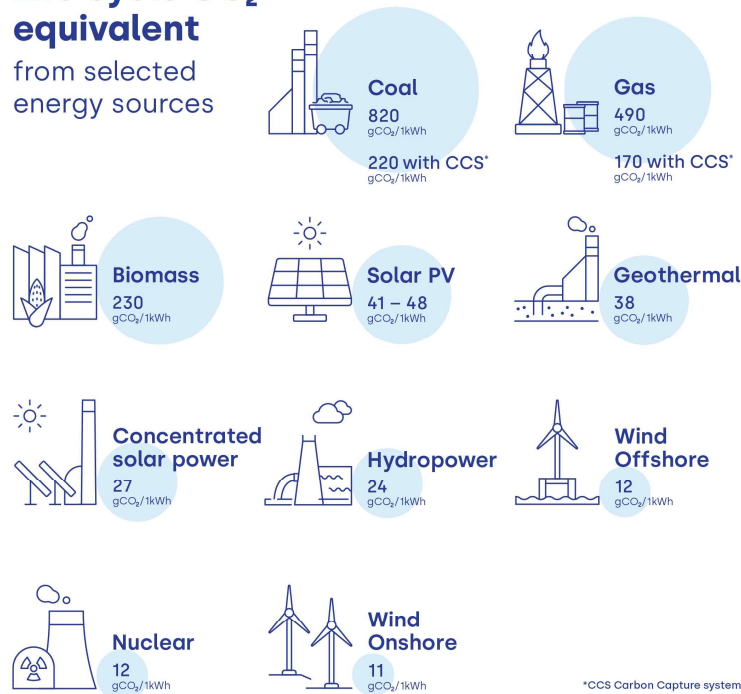


1.3 | Renewable Energy & CO₂

- Any CO₂ Free?

Life cycle CO₂ equivalent

from selected energy sources

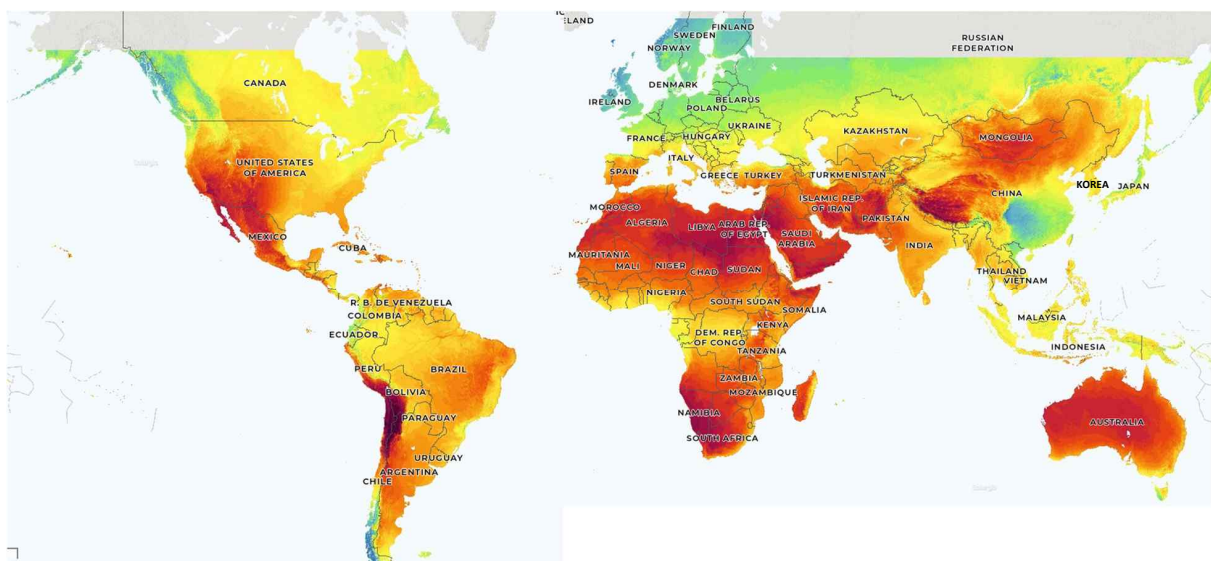


[<https://www.fuergy.com/blog/the-footprint-of-renewable-energy>]

7

1.4 | Renewable Energy & Region

- World map of global horizontal solar radiation
- The amount of solar energy intercepted by the earth in 1 hour is more than the annual world energy consumption
- Solar energy resources are abundant in most parts of Africa, the Middle East, Australia, South America, the Indian subcontinent, and Central America
- These areas receive more than 6 kWh m⁻² of solar radiation per day



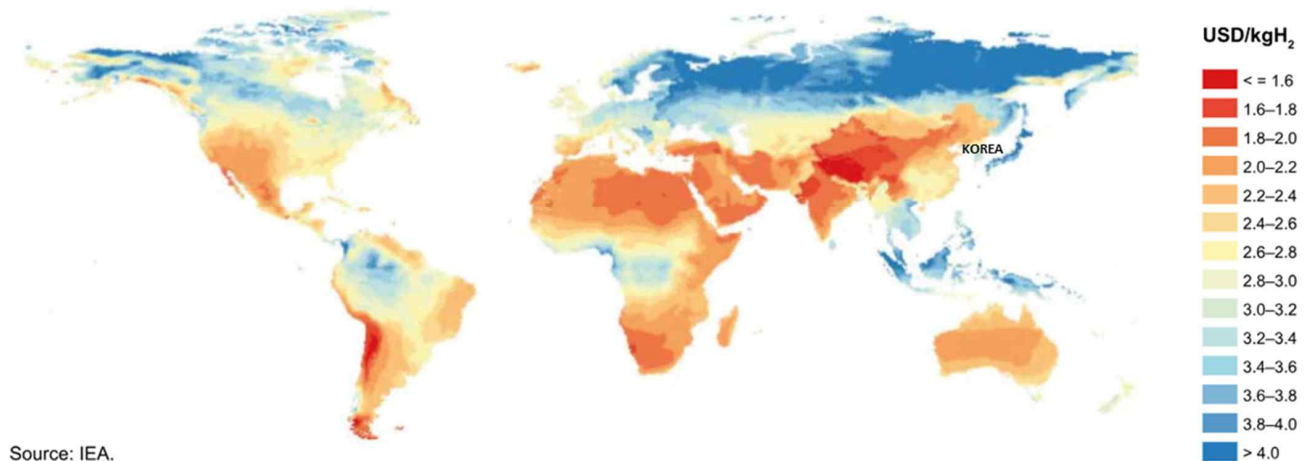
[GLOBAL SOLAR ATLAS, <https://globalsolaratlas.info/map?c=9.709057,-70.3125,3>]

8

1.4 | Renewable Energy & Region

- To some extent, countries that have planned hydrogen futures for themselves – **Japan and South Korea** as frontrunners – are evolving as technology exporters for fuel cell vehicles and fuel cell technology, **while their hydrogen visions are mainly based on imports** (from Australia and the Middle East). This complementarity is acknowledged through hydrogen vision documents of both importer and exporter groups.

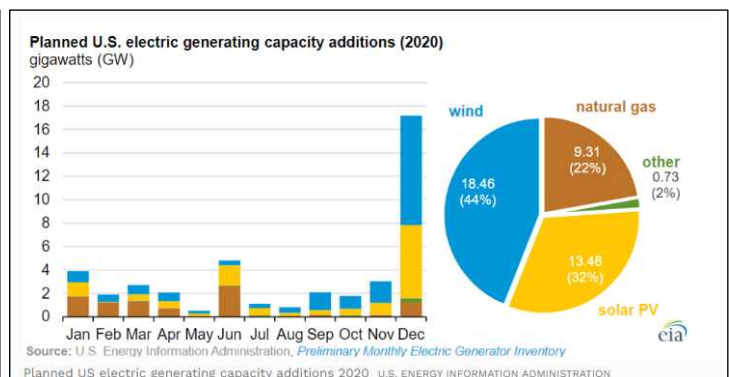
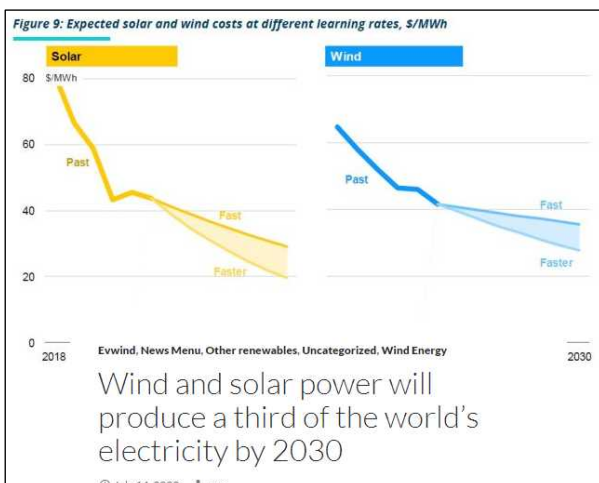
Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term.



[<https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2021/01/geographic-hydrogen-hotspots.html>] 9

1.5 | Renewable Energy & Price

- Rapid growth in the deployment of solar, wind and battery power means the global electricity system could deliver on an ambitious net-zero trajectory by 2030
- New U.S. Energy Information Administration (EIA) [data](#) predict solar and wind energy will dominate America's new generation in 2020, making up 76% of new generation and adding 42 gigawatts (GW) of zero emission capacity, while coal and natural gas will dominate 2020 retirements with 85% of plant closures.



[<https://www.evwind.es/2023/07/14/wind-and-solar-power-will-produce-a-third-of-the-worlds-electricity-by-2030/92809/>

<https://www.forbes.com/sites/energyinnovation/2020/01/21/renewable-energy-prices-hit-record-lows-how-can-utilities-benefit-from-unstoppable-solar-and-wind/?sh=1185cd2d2c84>]

1.6 | How to store renewable energy ?



[<https://reneweconomy.com.au/south-australias-stunning-renewable-energy-transition-and-what-comes-next-79597/>]

Blue Ocean in Energy Sector

ESS Market Emerging as Blue Ocean Thanks to Government's Energy Change Policies

By Michael Herb | January 16, 2018, 01:00



ESS holds the key to raising the efficiency of unstable renewable energy sources as the Korean government is strongly moving forward with energy conversion policies to expand the proportion of new and renewable energy.

Ads by Google

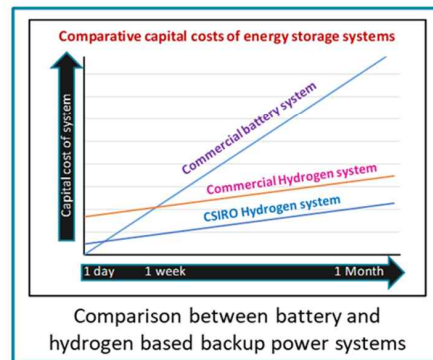
Stop viewing this ad

Why this ad?

POPULAR

- 1 SK Group Likely to Hit Jackpot Again in
- 2 Built EV Hubs First Place in Imported EV
- 3 YG Entertainment: Unrivaled Fan Base
- 4 CS Wind Capacity Additions to Drive EV
- 5 Hyundai Oilbank Expanding Penetration

[<http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=20287>]



[CSIRO, CHES]

11

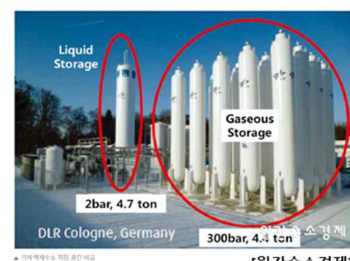
1.6 | How to store renewable energy ?

- RE fuels under consideration (media/feedstock)

Fuel	kWh/kg	kWh/L
Hydrogen	33.3	2.1
Compressed H ₂ @700 bar	33.3	2.4
Ammonia (NH ₃)	5.2	3.5
Methanol (CH ₃ OH)	5.6	4.4
Dimethyl ether (DME)	7.9	5.3
Diesel (C ₁₀ H ₂₀ to C ₁₅ H ₂₈)	12.0	9.9

- Current electrolysis units typically produce hydrogen at 100 to 300 psig (7-20 bar) and stack can be operated 300 to 1,000 psi (20-70 bar)
- Hydrogen must be **compressed to high pressures (> 700 bar)** for delivery to H₂ refueling station (Hyundai IX 35: 5.6 kg of H₂ tank at 700 bar (10,000 psi))
- Liquid H₂: it needs to be cooled down to **20.28 K (-252.8°C)**
- Liquid ammonia: it stays in a liquid form at **room temperature and ca. 10 bar pressure**
- Liquid organic hydrogen carriers (LOHCs): Pure H₂ is obtained from LOHC dehydrogenation.

→ 수소의 장기 저장 및 국가간 장거리 운송은 가능한가?



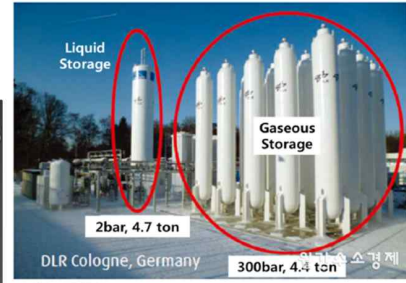
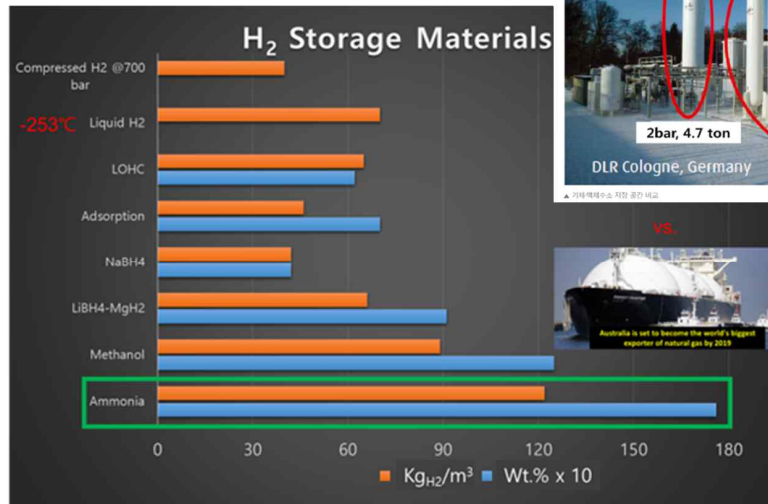
[월간수소경제]

12

1.7 | H₂ storage materials

Why NH₃?

- Mass production, storage, transportation



- Easy handling and storage exploiting existing infrastructure (liquefied ~10 bar or cooling to -33°C)
- High energy density (4.32 kWh/L for liquid NH₃) and high H₂ content (17.8 wt%)
- 2~3 ton CO₂ / ton-NH₃**
- Energy consumption ~38 GJ/ton**

[IJHE, 44 (2019) 11901 / COAG Energy Council, Australia's National Hydrogen Strategy, 2019 / 월간수소경제]

13

1.7 | H₂ storage materials

Why NH₃?

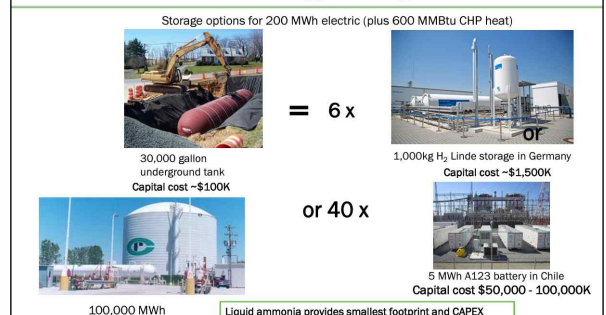
- Mass production, storage, transportation

고압기체 저장기술	액화 저장기술	화학적 저장기술
고압(-900Bar) 기체상태로 저장 (상용화기술)	-253°C 극저온에서 액화 상태로 저장 (소규모 실증)	유기화합물 수소저장기술 (연구개발)
장점 - 현재 가장 보편화 기술 - 수소차 및 버스에 적용 가능	장점 - 상압(3bar)에서 저장 가능 - 체적당 에너지저장 밀도 높음	장점 - 상온, 고압에서 취급 - 대용량 수소저장 가능
단점 - 고압저장시 대량에너지 필요 - 체적당 에너지저장 밀도 낮음	단점 - 수소기화 손실 발생 - 액화시 대량에너지 필요	단점 - 유기화합물 재생공정 필요 - 수소화, 탈수소화 설비 필요

기체수소 vs 액체수소 생태계 비교



Use of ammonia for energy storage



[DOE, May 27, 2021, The #H2IQ Hour, Today's Topic: Ammonia: From Fertilizer to Energy Carrier]

[「수소기술 미래전략」, 2022. 11. 09, 관계부처 합동]

14

Strategy



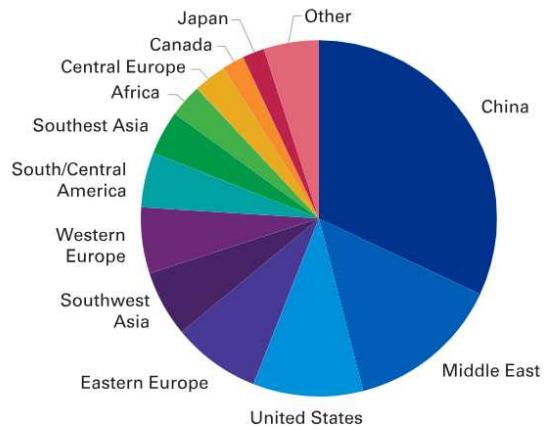
Geographic split of hydrogen consumption

In 2017, the largest regional consumers of hydrogen, in descending order, were Asia, the Middle East, Europe and the US, with China alone comprising roughly one third of the total consumption.

This coincides well with the use of hydrogen in refineries as well as heavy and (petro)chemical industries, being located predominantly in these regions. Thus, African nations, along with South and Central America, currently account for just minor shares of the global consumption.



Geographic split of hydrogen consumption, 2017.



Source: IHS Markit

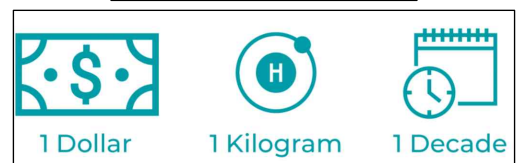
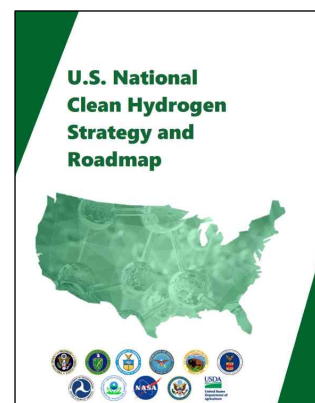
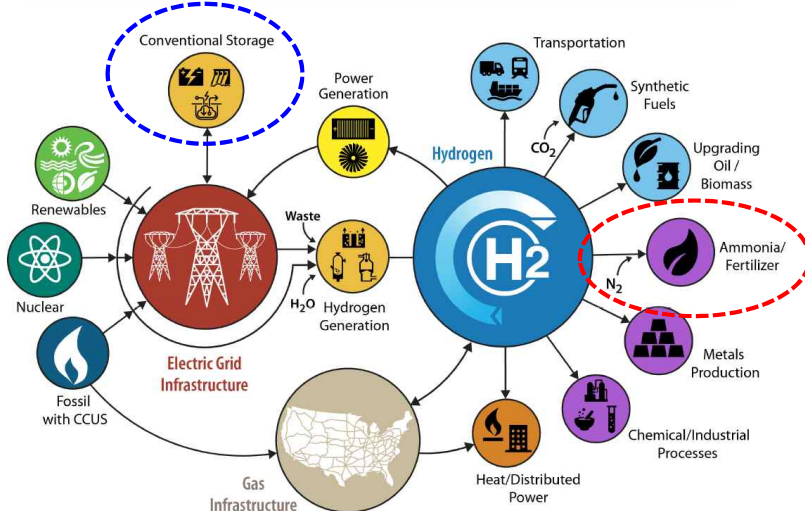
[<https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2021/01/geographic-hydrogen-hotspots.html>]

15

| 2.0 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – US

- REs H₂
- REs → H₂ : clean storage media
- Clean fuel : zero carbon

H2@Scale provides vision to guide how hydrogen can enable clean-energy pathways across applications and sectors



| 2.1 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – AU

□ Australia

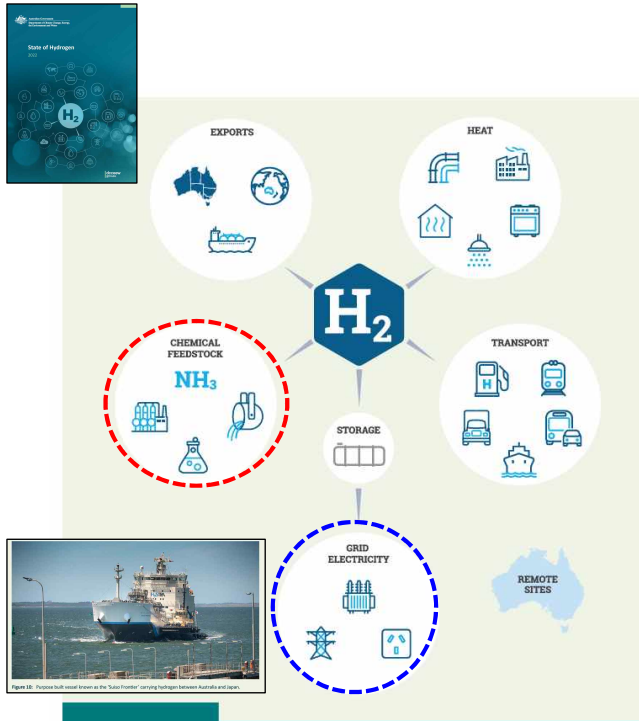
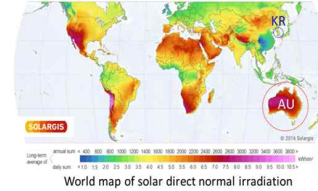


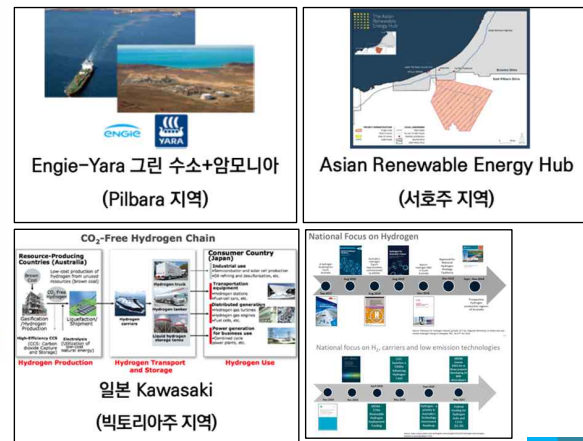
Figure 3: Hydrogen can help decarbonise multiple sectors including "hard to decarbonise" sectors.

[Australia, Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, State of Hydrogen 2022]

- 미래를 위한 국가적 새로운 수출 과제
- 2019.11 호주 국가수소전략(Australia's National Hydrogen Strategy) 발표
- 연구혁신을 통해 2030년까지 수소분야로의 새로운 주요 에너지 자원 전환 목표
- 호주 연방 및 각 주별로 글로벌 실증 사업 계획 및 진행 착수
- 그린 암모니아 수출가능 국가와 국제협력 및 컨소시엄 구성을 통한 실증 진행
- 해외 재생에너지(그린수소) 수출은 액화형태의 암모니아가 주 고려 대상

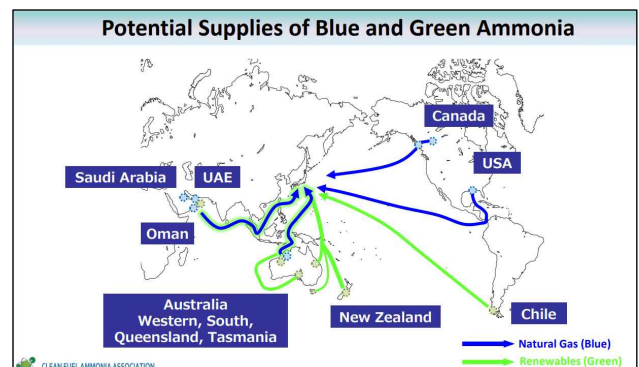
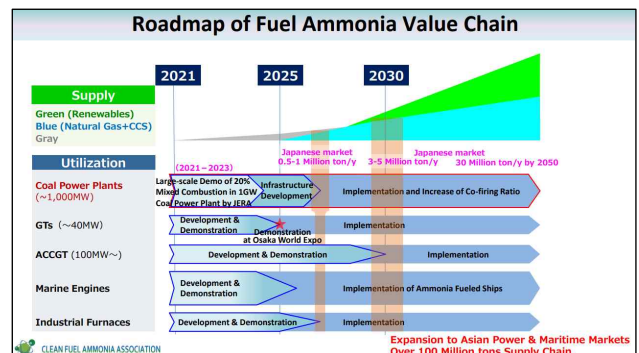
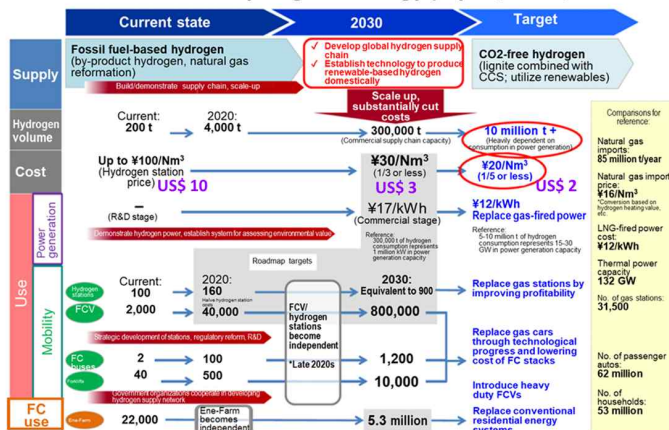


[Giddey, et al., ACS Sustainable Chem. Eng. 2017, 5, 10231–10239 / <https://arena.gov.au/projects/hydrogen-to-ammonia/> <http://global.kawasaki.com/en/hydrogen/>]



| 2.2 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – JP

Scenarios in the Basic Hydrogen Strategy (Japan, METI, Dec 2017)



| 2.3 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – KOREA

Chapter 1

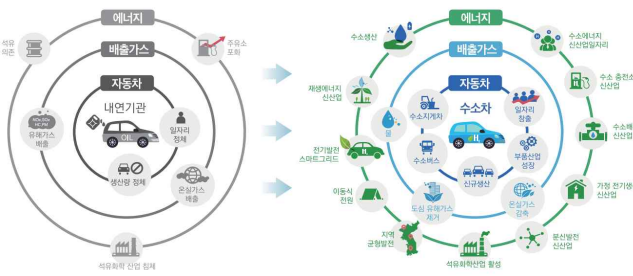
ACHIEVEMENTS AND VISION OF
KOREA'S HYDROGEN ECONOMY POLICY

탄소중립 시대 수소경제의 역할

- 1 수소는 산소와 반응하여 열과 전기를 생산하고, 온실가스·미세먼지 등 유해 물질 없이 부산물로 물만을 배출하는 **친환경 에너지**
- 2 그린수소 등 무탄소 전원을 활용해 만든 수소를 발전(연료전지·가스터빈), 저장(ESS), 수송(수소차·열차·선박), 산업공정(원료·연소) 등 산업 전반에 활용하여 **탄소중립 생태계 조성**
- 3 에너지 생산 - 전달 - 소비(산업·건물·수송) 활용으로 **친환경 신산업 창출** 및 **전통산업의 탈탄소화** 기회
- 4 태양광·풍력 등 재생에너지의 간헐성·변동성을 보완하는 매개체로 실시간 생산·소비인 전력을 수소로 변환하여 **에너지를 장기간·대용량 저장** 가능
- 5 자국의 기술로 에너지원 확보가 가능하며, 화석연료 소비 대체로 **에너지 수입 의존도 경감**

현재 우리의 모습

미래 우리의 모습



비전·목표 수소경제 전주기 생태계 구축으로 청정수소경제 선도

- 청정수소 공급체계로 전환
- 효율적 저장·운송 수단 확보
- 수소 활용처 다변화
- 수소산업 육성 저변 강화

4대전략 15대 과제

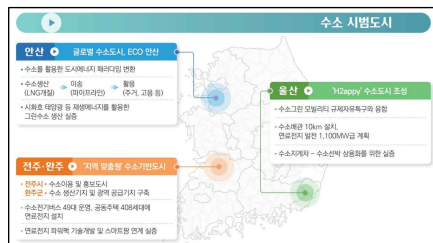
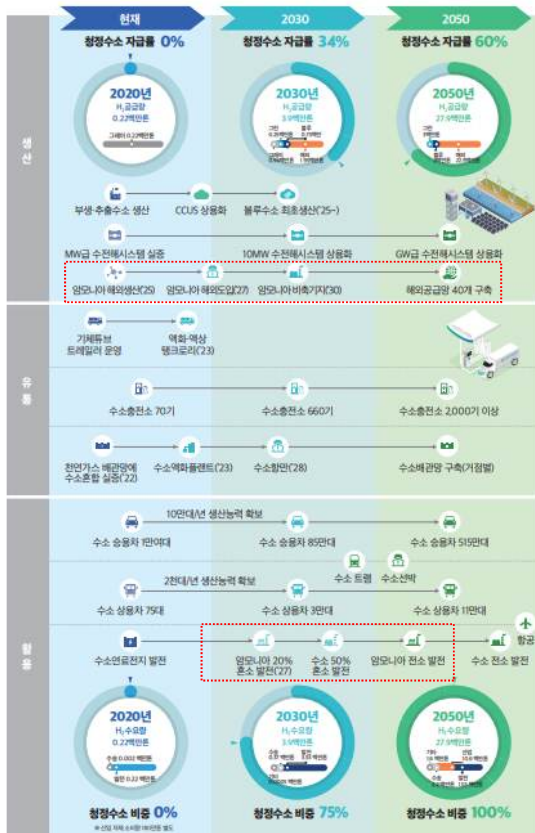
- 1 국내·외 청정수소 생산수도**
 - 1 그린수소 생산
 - 2 블루수소 생산
 - 3 해외 청정수소 생산
- 2 빈틈없는 인프라 구축**
 - 1 수소 유통 인프라 구축
 - 2 수소 배관망 구축
 - 3 수소 충전소 확대
- 3 모든 일상에서 수소 활용**
 - 1 수소발전 본격 확대
 - 2 수소 모빌리티 세계시장 선도
 - 3 산업분야 수소활용 기반 마련
- 4 생태계 기반 강화**
 - 1 기술개발/인력양성/표준화
 - 2 세계최고 수소 안전성 확보
 - 3 글로벌 협력 주도
 - 4 수소전문기업 육성 및 금융 활성화
 - 5 수소 클러스터·도시·규제특구 확산
 - 6 정책기반 구축 및 국민수용성 제고

[대한민국 수소경제 정책 성과 및 비전, 산업통산자원부, 2022.05]

19

| 2.3 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – KOREA

수소경제 이정보



[대한민국 수소경제 정책 성과 및 비전, 산업통산자원부, 2022.05]

20

□ 수소의 공급 방안

- 세계적으로 탄소중립을 위한 경제적·사회적 정책이 강화되면서, 국내에서도 무탄소 재생에너지로의 전환을 위한 노력이 확대되는 중
- 탄소중립 달성을 위해서는 무탄소 재생에너지로의 전환이 필요하나, 국내 생산여력이 부족하므로 해외 재생에너지 수입 필요
- * 국내 수소 사용은 '50년 2,790만톤으로 증가, 이 중 2,290만톤은 해외 도입 예정

II

수소 기술(생산·저장·운송·활용) 개념 및 현황

1 수소 생산기술

참고 수소의 정의 및 특징

1
H
수소

- ▶ 우주의 75%를 차지하며 크기가 작고 가벼운 것이 특징
- ▶ 1839년 수소와 산소를 반응시켜 전류를 생산한 것이 시초
- ▶ 에너지 생산 후 물만 배출하므로 환경 친화적
- ▶ 다만, 화합물 형태로 존재하므로 가공 필요

- (수소 생산) 화석연료, 폐자원·바이오매스, 물 등의 원료로부터 열화학반응, 전기분해 등의 방법을 통해 수소를 생산하는 기술



- 수소 공급·활용 분야에서 국산화가 시급한 기술을 개발하고, 민·관이 협력하여 지속적으로 시너지를 낼 수 있는 기술전략 마련에 초점

현황	추진방향
① 여전히 탄소배출 증인 국내 수소생산 * 국내 수소 생산 대부분은 부생수소와 개질수소 (95%)이므로 그린수소 본격생산 필요	청정수소 대량생산 국산화 기술개발
② 해외 수소 도입을 위한 인프라 부재 * 수소운반선 기자재 개발부터 실증까지 3천억원 소요가 예상되나, 관련연구 누적 지원규모 380억원에 불과	해외 수소 공급 기술 확보를 위한 R&D 본격 추진
③ 수소 모빌리티 다양화를 위한 R&D 부족 * 국내 수소승용차는 넥쏘 1종류뿐이며, 연료전지 리패키징 기술 한계로 수소열차·선박 등 종류 다양화 시도 부족	수소 모빌리티 초격차 기술 확보
④ 국제 수소표준·인증 선점 노력 부족 * 일본은 UN 국제기술표준 개정 과정에서 자국의 수소·연료전지 기술표준을 내세우며 국제표준을 주도할 전망	과학적 근거 기반 수소 기술 국제표준 선점

[「수소기술 미래전략」, 2022. 11. 09, 관계부처 합동] 21

□ 수소의 공급 방안

〈표 2-4〉 제1차 수소경제 이행 기본 계획의 부문별 주요 목표

	2030년	2050년
생산	그린 수소 ▪ 3,500원/kg, 25만 톤 ▪ 10MW 수전해 시스템 상용화 블루 수소 ▪ (25)CCS 상용화, 블루수소 최초 생산 75만 톤 ▪ CCS 비용 \$64~71/tCO ₂ ▪ 국내 탄소저장소 확대(9억톤 이상) 해외 청정 수소 ▪ H2STAR 프로젝트 추진 ▪ 암모니아 해외 생산·도입 ▪ 해외도입 인프라 구축(선박, 인수기지, 비축기지)	▪ 2,500원/kg, 300만 톤 ▪ GW급 수전해 시스템 상용화 ▪ 200만 톤 생산 ▪ 해외 탄소저장소 발굴 ▪ 해외 공급망 40개 구축 ▪ 수소자급률 60% 이상 확보
유통	유통 인프라 ▪ 수소 할당도시 9개소 ▪ 석탄발전소 연계 암모니아 도입 설비 ▪ 수소 액화물류센터 구축, 국내 기술 확보 ▪ 암모니아-수소 변환 기술 확보 수소 배관망 ▪ 수소 생산·도입 지역 수소 배관망 구축 ▪ 도시가스 수소 혼합 실증 수소 충전소 ▪ 수소충전소 660기 ▪ 공공주도 균형 배치 ▪ 용복합 충전소 구축	▪ 수소할당도시 14개소 ▪ LNG 발전소, 산업단지 연계 수소도입 설비 ▪ 거점별 수소배관망 구축 ▪ 수소충전소 2,000기 이상 ▪ 민간주도 배치
활용	수소 발전 ▪ (연료전지) 수요창출·분산·유연성 지원으로 보급 ▪ (암모니아) 석탄발전기 암모니아 20% 혼소 실증 및 상용화 ▪ (수소) LNG 터빈 수소 50% 혼소(소형 상용화, 중대형 실증) ▪ CHPS 도입, 전력시장 개편 수소 모빌리티 ▪ 수소 승용차 85만 대 ▪ 수소 상용차 3만 대 산업 부문 수소 활용 ▪ (철강) 100만 톤급 수소환원제철 실증 ▪ (석유화학) 연료/원료 전환 기술 개발 및 실증 ▪ (시멘트) 친환경 열원 실증	▪ (암모니아) 암모니아 전소 ▪ (수소) 대형(270MW 이상) 전소 상용화 ▪ 수소 승용차 515만 대 ▪ 수소 상용차 11만 대 ▪ 수소 트럭, 수소 선박 개발 ▪ (철강) 수소환원제철 3,847만 톤 생산 ▪ (석유화학) 부생가스 활용 기술 고도화, 그린 화학제품 생산 상용화 ▪ (시멘트) 바이오+수소 열원 활용 시멘트 5,026만 톤 생산

〈표 2-5〉 청정수소 밸류체인 프로젝트(H2STAR 프로젝트) 계획

국내 거점	진출 지역	2030년 도입 규모(만 톤, 암모니아)
당진/태안	호주	300
영흥/인천	칠레, 사우디, 호주	87
삼척	호주, 사우디, 오만, 말레이시아	440
동해	UAE	114
	합계	941

주: 암모니아 생산·도입량은 모두 1년 단위

월간수소경제

2030년 수소 사용량 390만 톤으로 확대

수소경제 로드맵 목표보다 2배가량 늘어난 수치
H2 STAR 프로젝트 가동, 글로벌 수소공급망 구축

성재경 기자 h2jinn@h2news.kr 등록 2021.10.08 09:49:57

▲ H2 STAR 프로젝트를 통한 해외 청정수소 개발 개념도(그린=산업용)

| 2.3 | H₂ Economy & Carbon Neutrality – KOREA

생산 수소 생산방식 다양화 및 국내외 생산기지 구축	(국내) 재생에너지*·원전** 연계 수전해 기술개발 및 실증, LNG 활용 블루수소 플랜트 구축 및 CCS 기술 실증, 청정수소 인증제 도입 * 재생에너지 10MW급('22~'26), 100MW급(전북새만금 '23~'27) 실증, 대규모 그린수소 생산기지(에너지섬) 인프라 구축 검토 ** 원전 연계 수소생산을 위한 기반연구('22~'24) 결과를 바탕으로 실증 검토 (해외) 국내 자본·기술에 기반한 수소 해외생산 타당성 조사·시범사업 등 추진, 국가간 협력채널 활성화 및 민간·공공 협력 강화
유통 생산-활용 부문을 원활하게 연결하기 위한 인프라 완비	(인수·저장) 기존 석유 비축기지, LNG 인수기지 등을 활용하여 암모니아·액화수소 인수기지, 저장설비 등 인프라 구축 (배관) 도시가스 배관에 수소 혼합 실증(20% 목표)을 통해 일반 국민도 가정에서 일상적으로 수소를 사용할 수 있도록 상용화 추진 (충전소) 기존 주유소·LPG 충전소를 활용하여 태양광·연료전지 등 분산형 발전과 수소·전기 충전기를 설치하는 융복합 충전소 확대
활용 수소버스·트럭 등 상용차 중심으로 확산, 암모니아 혼소 등 수소발전 본격화	(수송) 상용차 중심 보급 확산* 및 수소선박·드론 등 기술 개발 * 승용차 연 10만대 생산, 상용차 연 2천대 생산('25) (발전) 수소·암모니아 발전 기술개발·실증* 및 규제 개선, 분산형 연료전지 공급, 전력시장 개편과 연계한 수소발전 입찰시장 개설 * 한전·발전기업 중심 석탄-암모니아 혼소, LNG-수소 혼소 실증 후 상용화 추진 - 인천, 전북, 강원, 울산, 경북 5개 지역 수소 클러스터 조성('27)

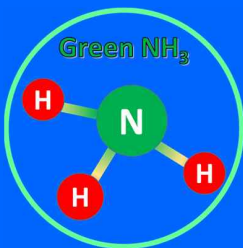
안정적이고 경제적인 수소공급망 구축 및 공급처 다변화를 위한 협력도 진행 중입니다.

	호주	· 현대차-포테스-CSIRO 수소공급 인프라 협력 MOU 체결 · 포스코-FMG-ORIGIN 그린수소 생산 및 V/C 협력 MOU 체결
	UAE	· GS에너지-ADNOC 블루수소·암모니아 공급망 사업 파트너십 구축 · 석유공사-SKT·ADNOC 저탄소 수소·암모니아 공동연구(USA) 수행
	사우디	· 현대중공업-아람코 수소·암모니아 생산·활용 협력 MOU 체결 · 한전-아람코 블루수소·암모니아 개발 협력 MOU 체결 · 포스코-삼원물산-PJF 그린수소 개발 타당성조사 추진 MOU 체결 · 현대오일뱅크-아람코 블루수소·암모니아 개발 협력 MOU 체결 · S-Oil-아람코 수소공급망 구축 협력 MOU 체결
	미국	· 삼성엔지니어링-롯데케미칼-포스코-SEDC 사리락비 청정수소 프로젝트 개발 MOU 체결
	이란	· 한국가스기술공사-오만 석유회사 OQ·한재원·그린수소·암모니아 사업화 MOU 체결
	프랑스	· 포스코-프랑스 에너지기업 ENGIE 수소공급망 프로젝트 개발 MOU 체결

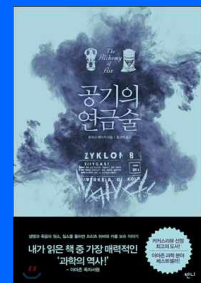
'22.5월 수소법 개정안이 국회 상임위원회에서 통과되었으며, 이에 따라 청정수소 중심의 생태계 구축과 수소 산업 육성이 더욱 활성화될 것으로 기대됩니다.

[대한민국 수소경제 정책 성과 및 비전, 산업통산자원부, 2022.05]

23



Ammonia



Orica Kooragang Island, Australia



CSIRO + Orica for Green NH₃

현재 기술: 철 촉매 기반 Haber-Bosch. 고온(300-500°C), 고압(150-200 bar), 세계 에너지 생산량의 2% 소비 (수소 생산·정제비용 ↑), 3.5억톤 이상의 온실가스 배출 (CCS 적용시 ~USD 100/ton-NH₃ 상승). 재생에너지 전력을 통한 수전해 설비 직접 연계가 어려움 (부하변동 대응 촉매 및 반응 공정 必).

24

| 3.0 | H₂ & NH₃ future technologies

- CSIRO Report 2021.12, Hydrogen Research, Development and Demonstration (RD&D): Priorities and Opportunities for Australia



Figure 28: Chemical storage technologies

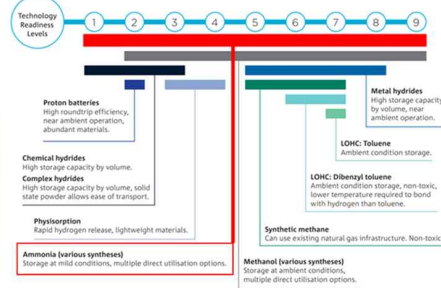


Figure 29: Direct use of hydrogen carriers

UTILISATION	METHANE (CH ₄)	AMMONIA (NH ₃)	METHANOL (CH ₃ OH)	DMS* (CH ₃ SOCH ₃)	FORMIC ACID (HCOOH)
Gas network injection					
Transport fuel					
Fuel cell input					
Feedstock					
Electricity via combustion					

■ Developed ■ Developing

Figure 22: Direct hydrogen carrier production technologies

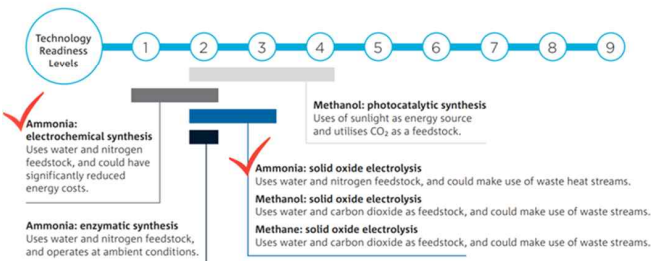
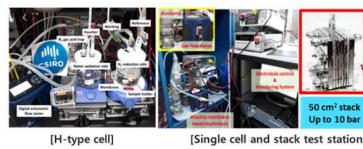
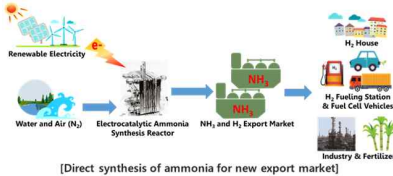
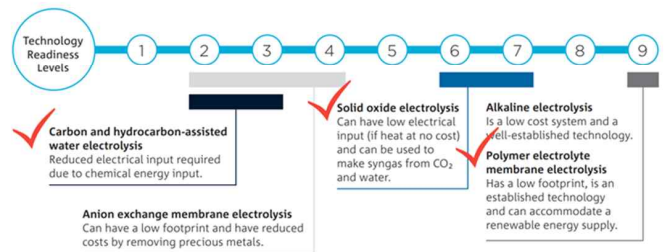


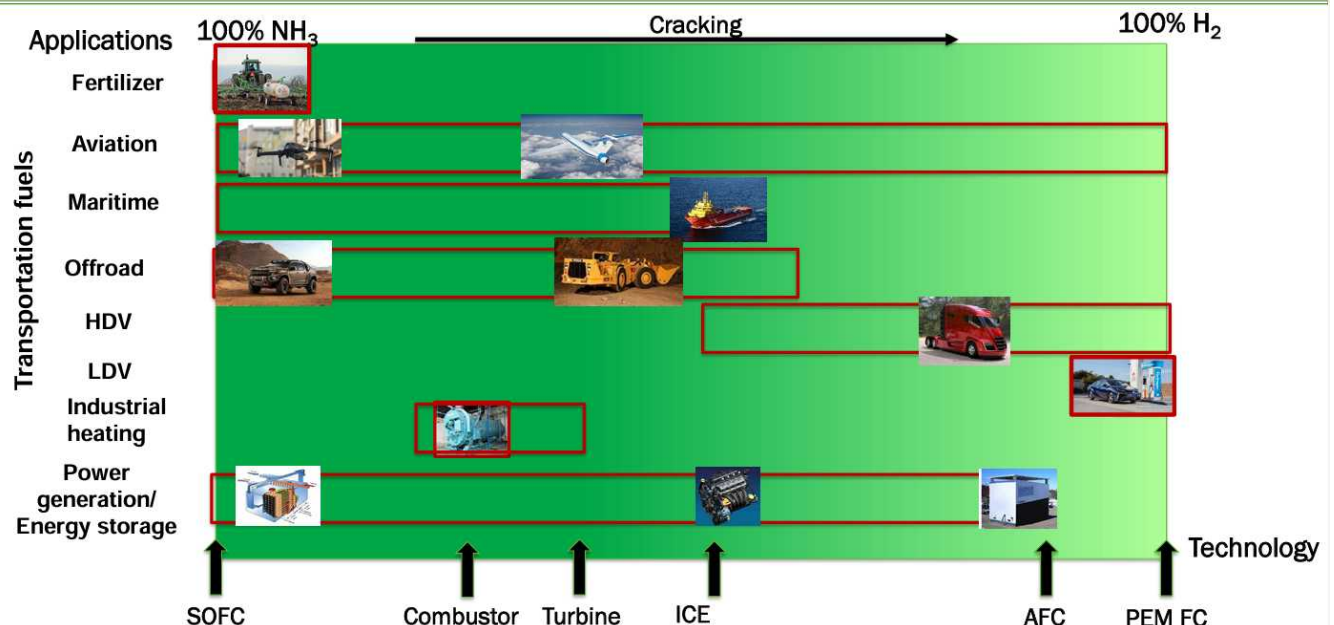
Figure 19: Electrolysis technologies



25

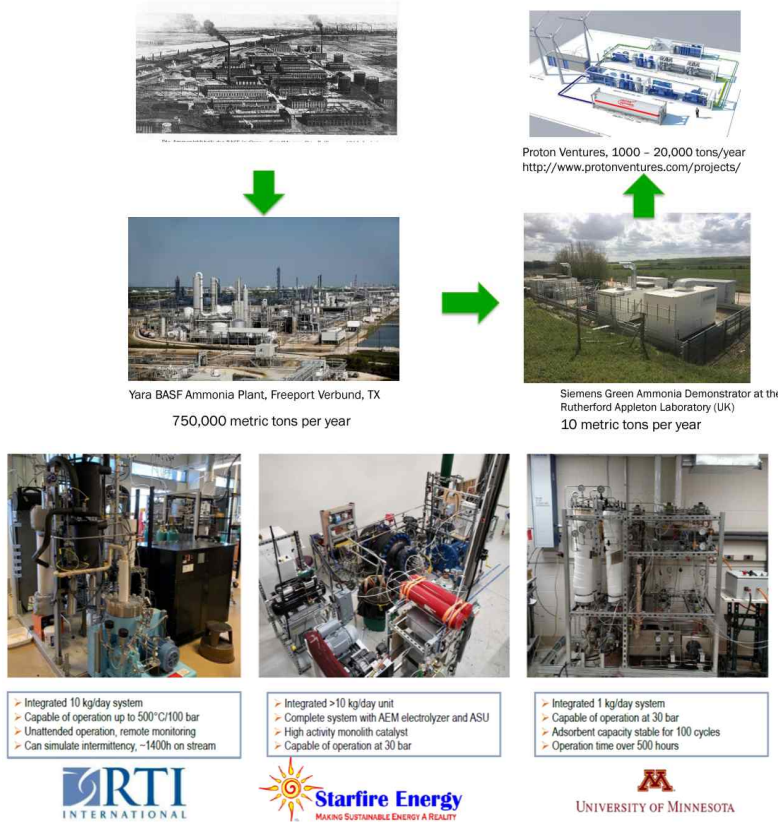
| 3.3 | H₂ to NH₃ – Ammonia Value Chains

Zero-carbon ammonia application space



| 3.4 | H₂ to NH₃ – Ammonia Production

Up and down in scale of ammonia production



[DOE, May 27, 2021, The #H2IQ Hour, Today's Topic: Ammonia: From Fertilizer to Energy Carrier]

27

| 3.5 | NH₃ to H₂ – Ammonia Cracking

CSIRO, Australia



2020년 8월 현대차, CSIRO, FMG가 혁신적 수소 생산기술 개발을 위한 MOU 체결. CSIRO에서 개발된 금속 분리막 기반기술 암모니아로 부터 고순도 수소를 추출하여 상용 연료전지 차량에 실증
[현대자동차 보도자료. 2020.08, <https://young.hyundai.com/hyundai/news/detail.do?seq=7295>]

호주 FFI와 CSIRO가 개발한 금속 멤브레인

- 지멘스 에너지 (SIEMENS Energy)가 영국 뉴캐슬에 약 US\$4.3M의 암모니아 크래커 시제품에 대한 컨소시엄을 주도하기로 함
- 영국 정부는 2050년까지 국가 에너지 중 20~35%를 수소 기반이 될 것으로 예상
- 수소의 저장 및 운송에 대한 과제를 해결하기 위해서 하버-보슈 공정을 통한 암모니아 합성으로 그린 수소 생산 계획
- 본 컨소시엄은 금속 멤브레인 기반 크래커를 통해서 200 kg의 그린 수소 생산하며, 호주 FFI(Fortescue Future Industries)와 CSIRO의 기술을 사용함



CSIRO의 금속 멤브레인 기반 암모니아 크래킹 원리
컨소시엄 파트너인 GeoPura사의 고품질 수소 동력 장치(HPU)

<https://www.thechemicalengineer.com/news/consortium-develops-35m-ammonia-cracker/>
<https://www.greencarcongress.com/2022/11/20221125-siemens.html>

호주 CSIRO 2020년 프로젝트 진행 사항

Lead participants: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	Classification: Research and development	Status: Technology development final phase	Estimated cost: AUD\$1.4 million – Technology development final phase
Research partners: BSC, Toyota and Hyundai	Main supply chain category: Hydrogen carrier	Location: Queensland, Australia	Announced funding: Technology development final phase • AUD\$1.7 million – Science and Industry Endowment Fund (SIEF) • AUD\$0.7 million – CSIRO



- 2017년부터 연료전지 차량에 수소를 공급하기 위해서 암모니아를 초고순도 수소로 전환하는 금속막 기술 연구 진행
- 암모니아에서 수소 전환 방법은 두 단계를 거쳐서 이루어짐. 1) 루테튬 촉매를 통한 암모니아 분해, 2) 바나듐 기반 금속막을 통한 수소 분리
- 2018년 8월 도요타 미라이와 현대 넥쏘 연료전지 차량에 수소 공급 '로드쇼 진행'
- 2018년 11월 CSIRO는 FMG와 수소 기술 발전 및 상용화를 위해서 AUD\$20 규모의 MoU 체결

<https://research.csiro.au/hydrogen/ammonia-to-hydrogen-metal-membrane-separation-technology/>
<https://ecos.csiro.au/hydrogen-roadmap/>

호주 CSIRO 수소암모니아 관련 진행 과제

Task	Start	End	Status	Notes
Ammonia cracking technology development	2017	2020	Completed	
Hydrogen storage and transport technology development	2018	2021	In Progress	
Hydrogen distribution network development	2019	2022	In Progress	
Hydrogen refueling station development	2020	2023	In Progress	
Hydrogen fuel cell vehicle development	2017	2020	Completed	
Hydrogen fuel cell vehicle demonstration	2018	2021	In Progress	
Hydrogen fuel cell vehicle commercialization	2021	2024	In Progress	

[RD20, October 8th, 2021, The 3rd Research and Development 20 for clean energy technologies, https://rd20.aist.go.jp/rd20_cms/wp-content/uploads/2022/02/%E2%98%85Now-Future-2021_final.pdf]

28

| 3.6 | NH₃ for Fuel – Ammonia Utilization

International Maritime Organization (IMO)

- 2022년 4월에 개최된 IMO 제105차 해사안전위원회 (Maritime Safety Committee, 이하 MSC)에서는 대체 연료로서 암모니아를 사용하는 선박에 대한 가이드라인을 검토하는 것이 제안되었다. 심의 결과 2023년 작업 완료를 목표로 암모니아 연료 추진선의 안전에 관한 가이드라인을 검토해 나가기로 합의되었다. 이에 관하여 2022년 9월 8차 CCC 소위원회 (CCC 8 Sub-Committee)에서 암모니아 연료 추진선의 안전대책이 검토되었으며, Agenda item 13 guidelines for the safety of ships using ammonia as fuel에 대한 논의가 진행되었다

2023.02

KR 특전 vol.219



그림 1. 암모니아 기술문서

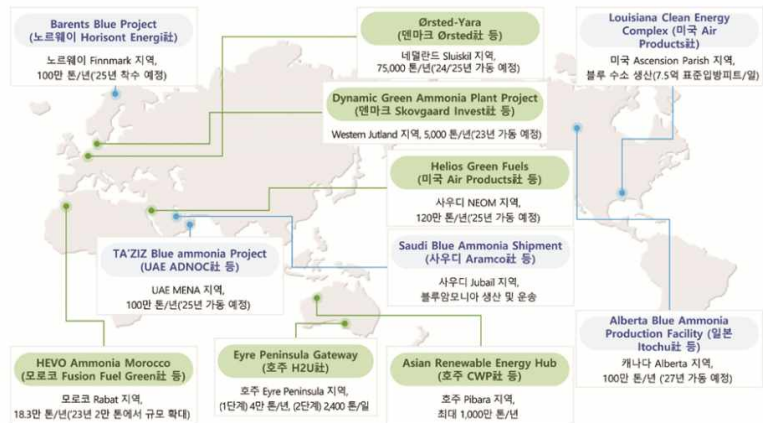


그림 3. 주요 암모니아 생산 및 수송 프로젝트 주요 현황

[<https://www.krs.co.kr/kor/Webzine/View.aspx?WMDR=322&WCDR=5554>] 29

| 3.6 | NH₃ for Fuel – Ammonia Utilization

Ammonia as fuel: current status



Wartsila 4 stroke engine fueled by NH₃, 2020

<https://www.swzmaritime.nl/news/2020/06/30/marine-engine-to-be-tested-running-on-ammonia/?gclid=deny>



MAN 2 stroke engine fueled by NH₃, 2020

<https://man-es.com/marine/products/>



John Deere 6400 tractor fueled by NH₃, Morris, MN, 2019

<https://www.mprnews.org/story/2019/06/19/can-fertilizer-fuel-greener-tractors>



Mitsubishi Power 40-MW class ammonia gas turbine, 2021

<https://www.powermag.com/mitubishi-power-developing-100-ammonia-capable-gas-turbine/>



IHI 70% liquid NH₃ cofiring 2MW-class gas turbine, 2020

<https://www.ihi.co.jp/>



Thank you for your kind attention



감사의글

본 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국수소연합(H2KOREA)의 지원을 받아 수행된 연구임(2024수소산업-003, 지역연계형 수소산업 혁신인재양성사업).

친환경 수소에너지 활용 확대 방안

'24. 10. 15 (화)

Contents

- I** 당진시 발전설비 현황
- II** 청정 에너지 수요처 동향
- III** 지역기반 『청정에너지 복합단지』 추진

I 당진시 발전설비 현황

당진시는 국내 최대의 화력발전(석탄+LNG) 설비를 보유하고 있음 (총 8.6GW)

* 단일 자치단체 기준

* 석탄화력 6.0GW + LNG복합 2.6GW

☞ 당진시는 '23년 기준 35TWh의 전기를 생산하여 우리나라 총 발전량(588TWh)의 6%를 담당하는 최대 발전 지역임



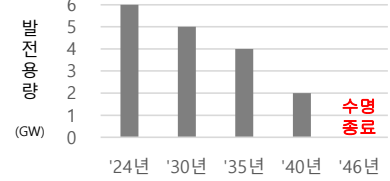
◆ 동서발전 당진화력

- 발전사 : 한국동서발전
- 소재지 : 당진시 석문면
- 연 혁 : 1호기 준공('99년)
10호기 준공('16년)

종류	구분	용량	합계
석탄화력	1~8호기	0.5GW * 8기	4.0GW
	9,10호기	1.0GW * 2기	2.0GW
합계		10기	6.0GW

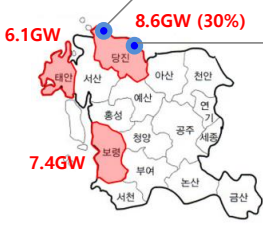
① '23년 당진시 발전설비에서 발생한 온실가스는 2,600만톤
→ 우리나라 발전산업분야 발생량의 13%를 차지

② 당진화력발전소 수명종료에 따라 발전설비는 점차 축소
→ '46년까지 완전 폐지



□ 충청남도 발전설비 용량

구분	용량	%
석탄	19.7 GW	71 %
LNG	4.2 GW	15 %
신재생	4.0 GW	14 %
합계	27.9 GW	



☞ 화력발전 비율 86%

※ 충남도는 전국 최대 규모의 발전설비와 안정적인 송전망을 보유, 수도권 전력수급 안정에 기여



◆ GS EPS 당진복합화력

- 발전사 : GS EPS
- 소재지 : 당진시 송악읍
- 연 혁 : 1호기 준공('01년)
Bio2호기 준공('21년)

종류	구분	용량	합계
LNG복합	1~4호기	0.4 ~ 0.9GW	2.4GW
	Bio1,2호기	0.1GW * 2기	0.2GW
합계		6기	2.6GW

전국 최대 석탄화력 발전단지에서 청정 無탄소 발전단지로 대전환 필요

[참고] 국내 화력발전(석탄+LNG) 설비 현황

11차 전력수급기본계획(실무案)은 '38년까지 설비용량을 157.8GW까지 확대키로 함

* 신재생 설비용량은 120GW → 실효용량 13GW

☞ 화력발전(LNG+석탄)은 '10차 전기기본('36년)과 동일하게 90GW로 하여 추가로 늘어나지 않도록 관리할 것을 권고

『'10차'에서 확정된 노후 석탄의 LNG 전환은 유지하면서, '37~'38년에 설계수명 30년이 도래하는 석탄 발전 12기는 양수·수소발전 등 무탄소 전원으로 전환하는 계획을 반영하였다.
불가피하게 LNG 등으로 전환 하더라도 열공급 등 공익적 사유가 명확한 경우에, 수소 혼소 전환 조건부 LNG로 제한하여 화력 발전의 총용량은 늘어나지 않도록 관리할 것을 권고 하였다.』
* 설비용량 90GW
- '24.5.31, 산업통상자원부 보도자료 -

□ 발전 공기업 보유 화력발전소 현황

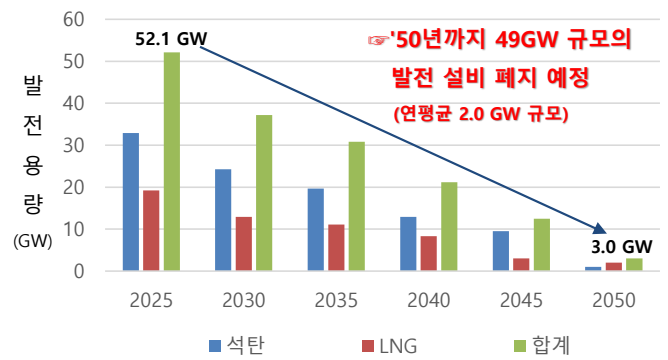
단위 : GW

구분	'25년	'30년	'35년	'40년	'45년	'50년
석탄	32.9	24.3	19.7	12.9	9.5	1.0
LNG	19.2	12.9	11.1	8.3	3.0	2.0
합계	52.1	37.2	30.8	21.2	12.5	3.0
감소분	-	14.9	6.4	9.6	8.7	9.5

< 발전량 및 발전비중(안) (단위: TWh, %) >

구분	원전	석탄	LNG	신재생	수소 암모니아	기타	합계	탄소	무탄소
2030년	204.2 (31.8%)	111.9 (17.4%)	160.8 (25.1%)	138.4 (21.6%)	15.5 (2.4%)	10.6 (1.7%)	641.4 (100%)	301.9 (47.1%)	339.4 (52.9%)
2038년	249.7 (35.6%)	72.0 (10.3%)	78.1 (11.1%)	230.8 (32.9%)	38.5 (5.5%)	32.5 (4.6%)	701.7 (100%)	209.1 (29.8%)	492.6 (70.2%)

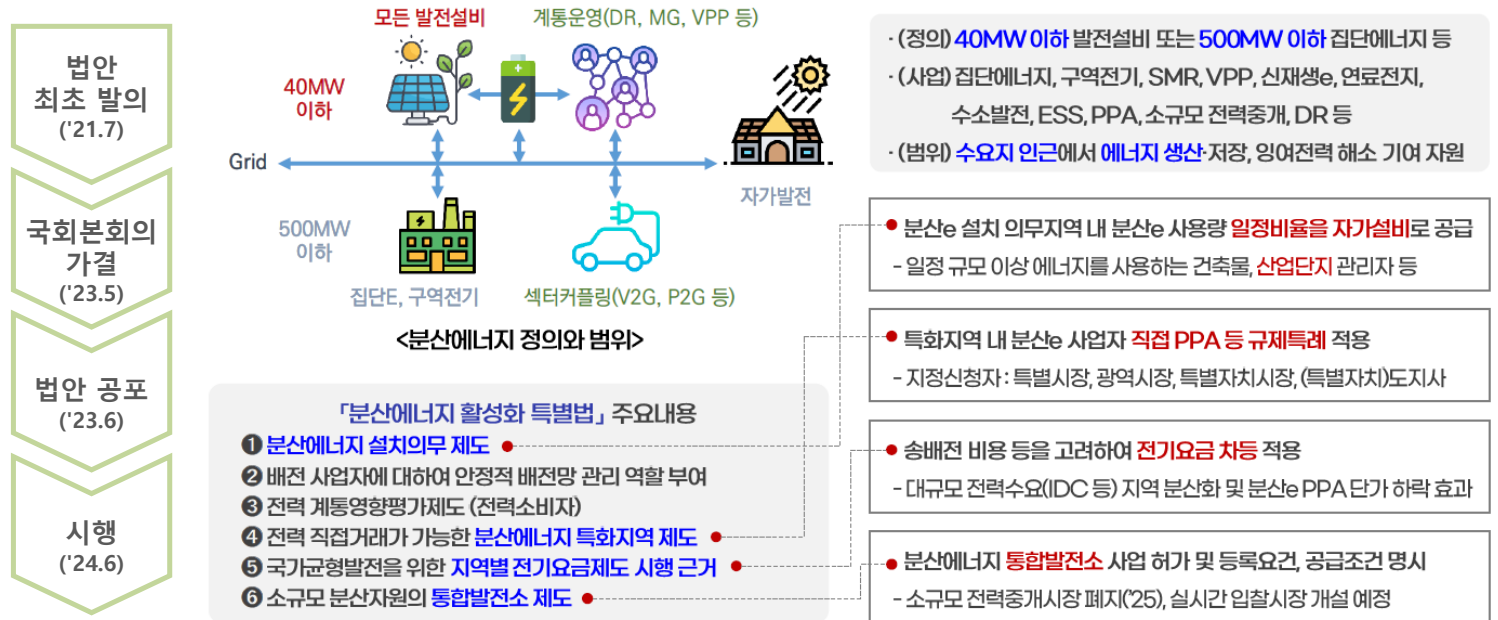
* 화력발전 : '30년 273TWh → '38년 150TWh ('30년 대비 55% 수준)



[참고] 분산에너지 활성화 특별법

지역단위의 에너지 생산과 소비를 일치 시키기 위한 지역 주도형 에너지 시스템 구축

☞ 다양한 분산에너지 확산을 통해 대규모 송전망 건설의 회피 가능 → 에너지 공급체계 안정성 강화 및 저탄소화 기여



II 청정 에너지 수요처 동향

2050 탄소중립(Net-Zero) 달성을 위해 청정 에너지의 수요처는 지속 확대될 전망

☞ 전 세계적으로 RE100에 가입한 기업은 435개에 달하고 있으며, EU의 탄소국경세(CBAM)는 '26년부터 본격 시행 예정임
* 국내기업 36개 ('24.9월)

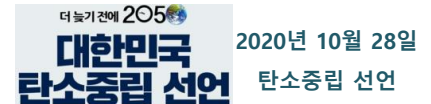


- Wind;
- Solar;
- Geothermal;
- Sustainably sourced biomass (including biogas); and
- Sustainable hydropower.

수소는 에너지캐리어이므로
5가지 재생에너지를 활용해서
생산한 그린수소를 연료로
사용한 전기는 RE100으로
인정



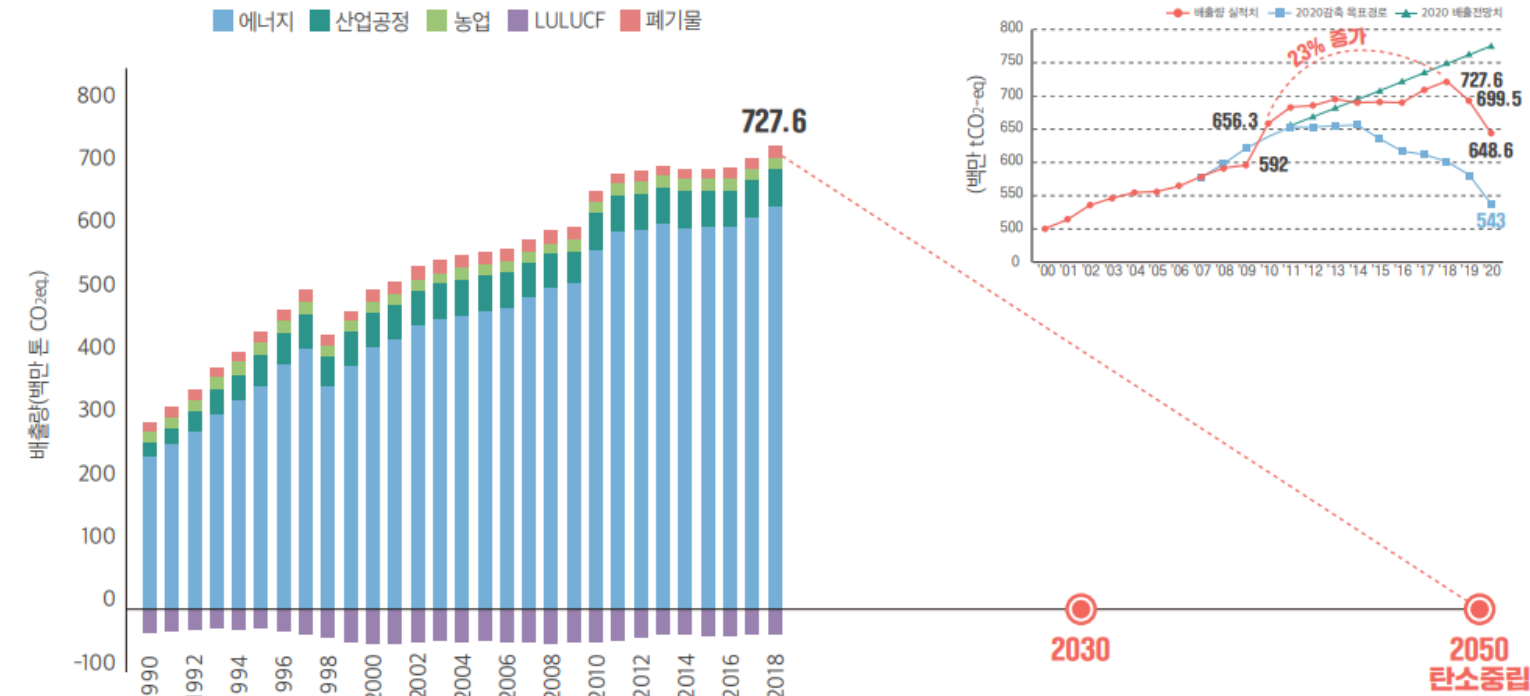
적용품목 (전환기간)		전환기간	확정기간
구분	보고	2023-10-01	2026-01-01
	의무	CBAM 보고서 제출 (배출량 산정 결과만 포함)	CBAM 신고서 및 인증서 제출 (배출량 산정 결과도 포함)
사항	검증	검증 불필요 (의무 아님. 자발적 검증 가능)	현장검증(연 1회) 및 검증보고서 제출 의무
	보고 주기	분기별 보고 (분기 종료 후 1개월 이내)	연 1회 보고 (차년도 5월 31일까지)
과징금		배출량 미보고 시 부과	CBAM 인증서 미제출 시 부과



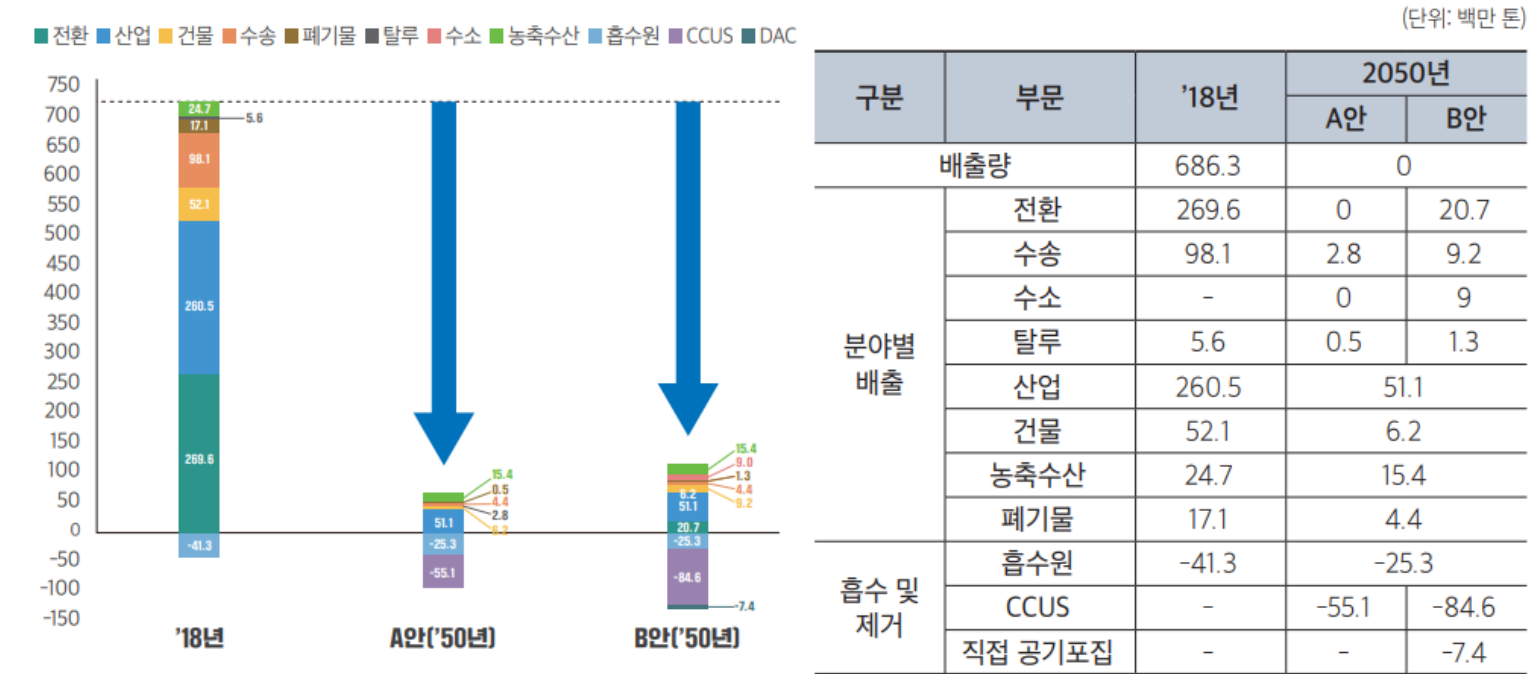
온실가스 배출 상위 10개 기업
2021년 온실가스 배출량 (단위: tCO₂-eq)

포스코	78,490,207
한국남동발전	37,228,227
한국남부발전	34,457,856
한국서부발전	33,358,236
한국중부발전	33,093,129
한국동서발전	32,808,320
현대제철	28,489,305
삼성전자	14,494,447
쌍용씨앤이	10,610,902
S-Oil	10,036,497

[참고] 2050 탄소중립 목표 가상 경로



[참고] 2050 탄소중립 시나리오



출처: 2050 탄소중립위원회, '2050 탄소중립 시나리오' 재구성

II 청정 에너지 수요처 동향

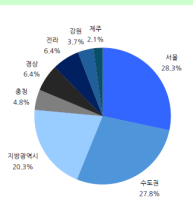
Builder를 넘어 Creator로
Creating FutureScape

디지털 경제의 핵심 인프라 『데이터 센터』 등 새로운 대규모 전력 수요처 등장

☞ AI 수요 및 디지털화에 따라 '32년까지 국내에 1,200개 이상의 Data Center가 구축될 것으로 전망 (산업통상자원부)

D/C 최근 이슈 및 주요 요구 사항

수도권 편중(56.1%)



대규모/고집적화



친환경 + RE100



요구 사항

- ✓ 수도권 및 산업단지 근접한 지역 (수도권 과밀 분산 필요)
- ✓ 주거지와 이격된 충분한 부지 확보 가능 지역 (민원 저감)
- ✓ 안정적 송전망 보유 및 **친환경 전력 공급 가능한 지역**

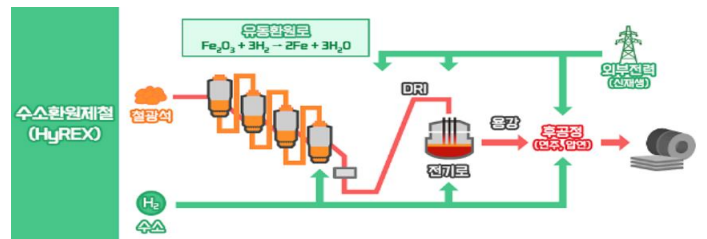
Green Steel 수요 증가

철강업계 메가트렌드

트렌드 요소	설명
탈탄소화	· 친환경공정 전환 · 재생에너지 산업 내 강제 시장 성장 · 경량화·고강도 자동차 소재
뉴모빌리티	· 내연기관 철강 감소 · 배터리팩, 수소차용 강재 등 신수요 발생
ESG경영 확산	· 안전경영, 산업안전정책 등에 대한 요구 커져

출처: 한국철강협회, 포스코알렉 기술정보리서치그룹

전기로 방식



III 지역기반 『청정에너지 복합단지』 추진

Builder를 넘어 Creator로
Creating FutureScape

당진은 수도권 및 대규모 산업단지에 근접해 있어, 청정 에너지 수요처 확보가 용이

☞ 바다와 접하고 있어 항만/터미널 등 청정에너지 도입 인프라 시설이 용이하며, 안정적인 송전망이 구축되어 있음



청정 연료 도입

연료 터미널

- 당진 송산 수소화합물 탱크 터미널

- 3만톤급 암모니아 탱크 8기 (총 24만톤급)
- 암모니아 크래킹 설비 및 BOP



친환경 전력 생산

수소 발전소

- 중형급(300MW) 수소 전소 발전소

- 중형급 수소 전소 발전주기국책과제 진행 중
- 무탄소 친환경 전력 수요 증가에 적극 대응



BESS + 태양광

- BESS + 태양광 발전 단지

- 충청권 장주기 BESS 입찰 예정
- 당진시내 태양광 개발사업과 연계 필요



데이터 센터

- 대규모 데이터 센터 단지 유치

- 수도권 근접, 안정적인 송전망 활용 가능
- 친환경 전력 대규모 수요처



산업 단지

- 당진시내 산단 및 용인반도체산단

- 당진철강산단 및 송산, 석문 일반산단 등
- 용인/수원/화성 반도체산단 (50km 이내)

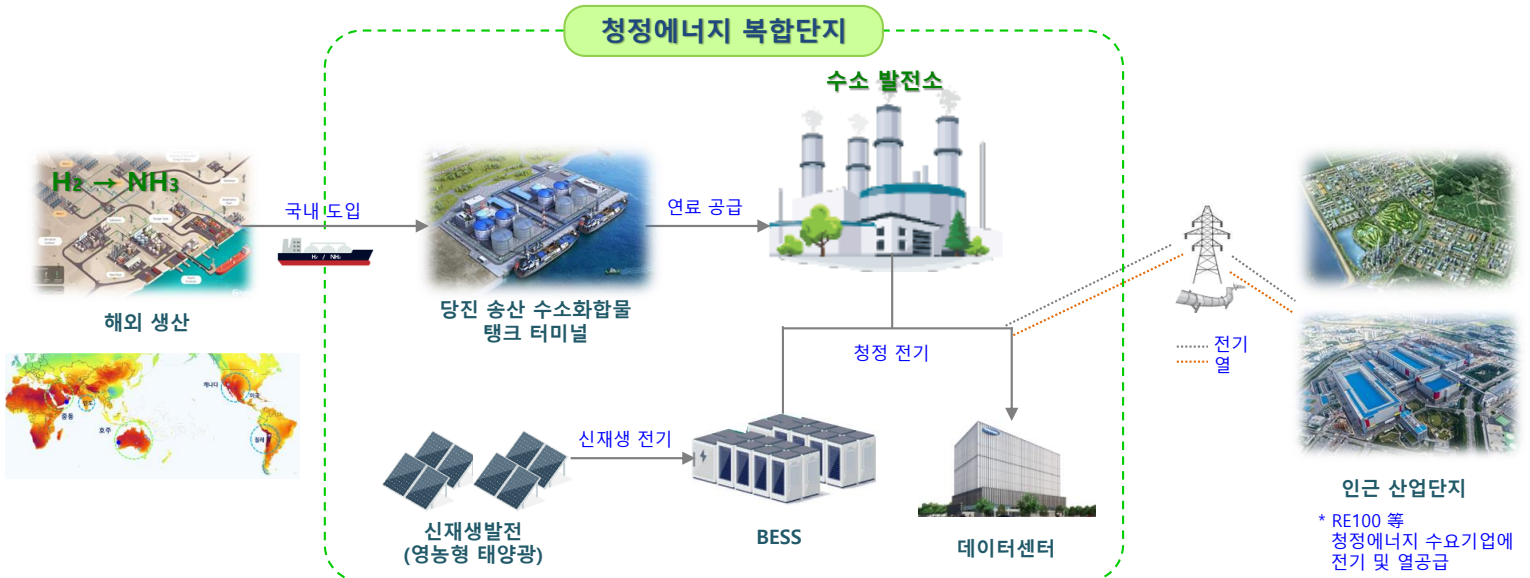


Ⅲ 지역기반 『청정에너지 복합단지』 추진

Builder를 넘어 Creator로
Creating FutureScape

수소 발전소를 주축으로 하여 대규모 수요처와 연계한 『청정에너지 복합단지』 추진

☞ 연료 도입/공급을 위한 탱크 터미널 및 생산된 전력의 대량 수요처를 직접 연결하여 동일 단지內에 배치



감사합니다.