

에너지 기술확산 전략로드맵

2026.



기후에너지환경부

한국에너지기술평가원

순 서

I. 추진 배경	1
II. 전략로드맵 목적 및 현황	2
III. 에너지 기술확산 추진방향	4
IV. 4대 부문 10대 분야 전략로드맵	5
① 발전 부문	5
② 계통 부문	17
③ 소비 부문	23
④ 전환 부문	29

I. 추진 배경

- 기후부는 재생e 중심 「에너지 대전환」(‘26.4월), 「한국형 녹색대전환(K-GX)」(‘26.4분기 잠정) 등 탄소중립과 경제성장 동시 실현의 기후에너지 중점 방향 제시
 - 국가 온실가스 감축목표(NDC) 이행을 산업·경제 대도약의 기회로 삼고자 탈탄소 산업 전환을 가속화하는 기후에너지 기술 지원 강화
 - * 청정에너지 기술혁신으로 에너지자립, 글로벌 변화 선도(제6차 과학기술기본계획(범부처), 6월)
 - 화석연료 의존 탈피, 전기국가(Electrostate) 실현, 녹색산업 육성 등 정책의 성공적 실현을 위해선 신기술 조기 현장 적용 및 보급 필수
 - * 에너지 수입 의존을 획기적으로 낮출 수 있는 새로운 에너지 안보 체계 필요(에너지대전환, 반도체, AI데이터센터 등 첨단산업 핵심은 안정적 전기 공급(3대 메가프로젝트 국민보고회, 6월)
- 에너지 전환의 성패는 기술 확보와 함께 기술의 신속한 시장 안착과 대규모 확산에 좌우됨에 따라 기술개발-실증-보급 연계 중요성 증대
 - * 시장 활성화와 인프라 병목 해소를 위한 정책적 지원이 기술의 신속한 보급 건인(IEA ETP, '26)
 - 기술확보 중심의 기존 로드맵*을 보완하여 ‘기술개발→실증→보급’이 단절없이 이어지도록 하는 기술확산(기술개발+기반조성) 전략 요구
 - * 「에너지법」에 따라 '24.12월 제5차 에너지기술개발계획('24~'33) 수립(5년 주기) 후, 이를 이행하기 위한 핵심기술 발굴의 기술로드맵 발표('25.3월)

【기존 기술로드맵과의 비교】

구분	제5차 에너지기술개발계획 로드맵	에너지 기술확산 전략로드맵
목적	기술 경쟁력 강화 및 국산화 자립 (기술 확보 중심)	NDC 2030/2035 실질적 기여 및 확산 (보급·이행 중심)
구성	분야별 핵심기술의 기술개발 목표, 성능 지표 등 제시	핵심 보급 기술군에 집중, 장애 요인 및 해소 방안 추가 고려

II. 전략로드맵 목적 및 현황

1

전략로드맵 목적

□ 2030년까지는 NDC 이행 및 에너지 전환의 골든타임으로써, 기후 에너지 핵심기술의 보급·확산으로 탄소중립 달성에 기여

○ 新기술 확보에 중점을 뒀던 기존 R&D 전략과 차별화하여 실제 현장에 적용하기 위한 단·중기 마일스톤*과 장애요인 개선방안** 마련

* NDC 시기를 고려하여 단기(~2030년), 중기(~2035년) ** R&D, 제도·인프라 등

- (정책 이행경로) K-GX 전략 등 정책 목표를 고려한 10개 기술분야의 마일스톤으로 구체화 ⇨ 사업화 실현 가능한 R&D과제로의 전환

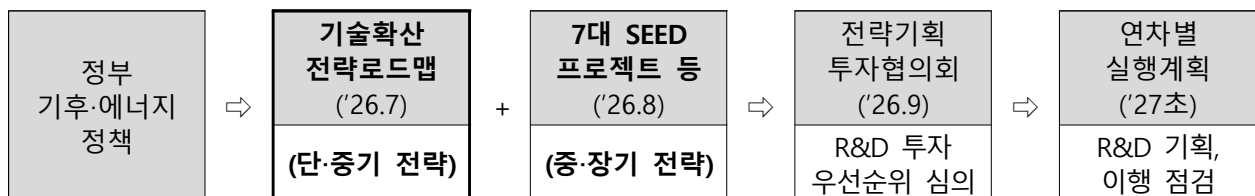
- (기술확산 점검) 분야별 장애요인(기술개발 및 기반조성 측면)과 단계별 개선방안 제시 ⇨ 연차별 실행계획 수립 및 이행실적 점검·환류

○ 정책목표와 중장기 기술개발계획을 연계하여 R&D 투자 포트폴리오 구성, 예산 배분 등 투자 효율성·효과성 제고의 전략적 기준

- (R&D 투자방향) 시급성 고려된 단·중기 전략(로드맵)과 미래성장 기반 확보의 중·장기 전략(7대 SEED, 제5차 에너지기술개발계획 등)을 토대로 신규 예산 포트폴리오 구성 ⇨ 전주기 R&D 투자 효과성 제고

- (공공부문 협력) 에너지분야 정부-공기업 간 R&D과제 정보공유·연계 통해 예산의 효율적 운용 및 주요과제 간 시너지·실증 강화

* '26년 공공부문 에너지 R&D 예산 약 2.7조원 규모 (정부 1.26조원 + 공기업 1.42조원)



◆ NDC 시기를 고려하여 2030년·2035년 단·중기 성과 창출에 집중
⇒ 신기술의 ▲보급~확산과 ▲현장적용에 방점을 둔 전략로드맵 구축

2

현장의 목소리

* 주요 산업계 전문가(90명) 및 에너지분야 PD 등 117명 참여('26.3~7월)

- **【발전 부문】** 신규 발전설비의 입지·인허가·수용성과 공급망 기반이 부족하고 기술확산을 위한 실증·인증 인프라 및 운영 실적도 불충분

< 기업 전문가 제언 >

- ▶ A社 : 탠덤 태양광 관련 표준·인증 제도 구축 및 국산제품 보급 환경 조성 필요
- ▶ B社 : 풍력 수요처 R&D 참여를 통한 기업 부담 완화 및 국내 기술 활용 확대 방안 마련 필요
- ▶ C社 : SMR 생태계 구축 및 보급 확산을 위한 인허가 간소화 필요
- ▶ D社 : 석탄발전 폐지 시 안전사고, 인프라 좌초자산, 지역 경쟁력 약화 해소방안 필요

- **【계통 부문】** 신기술 도입을 위해서는 고도의 신뢰성이 요구되나 실증 기반이 불충분하고 시험·평가 인프라와 핵심 기자재 공급망도 부족

< 기업 전문가 제언 >

- ▶ E社 : 직류망 관련 표준·기준이 부재하고 핵심 전력기기와 전력반도체 국산화 필요
- ▶ F社 : 차세대 ESS의 특성별/자원별 안전 기준 마련과 대용량화 실증 필요

- **【소비 부문】** 저탄소 설비 도입을 위한 초기 투자비용이 높고, 보급 지원 관련 제도와 기준이 미흡하며, 에너지 데이터 표준 및 활용 인프라 미성숙

< 기업 전문가 제언 >

- ▶ G社 : 고효율 설비 표준·인증제 적기 대응 및 대표 적용사례 발굴 지원 필요
- ▶ H社 : 수요관리시장 참여 인센티브 확대, 전기요금제 고도화 등으로 경제성 확보 필요

- **【전환 부문】** 높은 생산·설비비와 인증·인허가 체계 미비로 인한 수용성 저조와 기반 인프라 부족, 수익모델 불확실성 등이 보급을 저해

< 기업 전문가 제언 >

- ▶ I社 : 청정수소 생태계 확산을 위해 제도적 지원과 공급망 구축이 선행될 필요
- ▶ J社 : 기술 혁신과 함께 인프라 구축으로 산업 생태계 활성화 필요

III. 에너지 기술확산 추진방향

전략적 방향 전환: 기술확보 → 기술확산

- ▶ 기존의 한계 : 기술개발과 사업화 간 분절, 기술확산 기반 미흡
- ▶ 로드맵의 차별성 : 기술개발-실증-보급이 이어지는 **기술확산** 전략

비전

K-GX 이행을 위한 에너지 전환 기술의 조기확산 생태계 구현

핵심 목표

①에너지전환 핵심기술의 조기 가치 창출 ②기술혁신 성과의 현장 활용 확대 ③지속가능한 혁신역량 및 인프라 확보

발전 부문

재생에너지 비중 확대 위한 차세대 기술 확보 및 조기 상용화



태양광

탠덤 태양전지/모듈,
사용처 다변화 시스템



풍력

초대형 해상풍력
분산형 육상풍력



원자력

미래 원자력
안전 활용
원전 환경



폐자석탄화력

해체 안전기술
인프라 활용기술
무탄소 공급기술

기술개발

탠덤 초고효율화, 20MW+ 풍력 국산화, i-SMR 및 혁신제조 실증 등

기반조성

공공주도 대규모 계획입지, 표준·인증 패키지 지원 등

계통 부문

고효율·안정적 전력 수급 위한 차세대 전력망 고도화



전력계통

직류(DC) 송배전망
차세대 분산형 전력망
지능형 계통 안정운영



ESS

차세대 배터리
장주기 비전지계

기술개발

전압형 HVDC 국산화, 차세대 AC/DC 복합망, 비리튬계 및 장주기 ESS 대용량화 등

기반조성

직류 연계 표준·인증 정립, ESS 기술 특성별 소방안전 규제 등

소비 부문

에너지 AI 기반 수요-공급 연계 최적화 및 활용 생태계 구축



효율향상

다소비 설비 고효율화
열설비 탈탄소 전환



수요관리

소비 지능화
복합 에너지 네트워크
수요 유연화

기술개발

적용처 맞춤형 고효율 설비 실증, AI 기반 xEMS 통합제어, 수요자원 계통연계 등

기반조성

고효율 설비 효율등급제 고도화 및 표준·인증 제도 정비, 열에너지 기반 구축 등

전환 부문

난감축 분야 탈탄소화를 위한 연료전환 기술 혁신



청정수소

수전해
수소모빌리티



CCUS

탄소 포집
탄소 저장
탄소 활용

기술개발

대규모(수십MW급) 수전해 플랜트 실증, 수소 모빌리티 다각화, 준상용급 통합 포집 및 대규모 지중저장 실증 등

기반조성

대용량 수전해 스택 표준 및 안전기준 마련, 다부처 CCUS 실증 특례 확대 등

실행 체계 (전략로드맵 활용 방안)



정책 이행 마일스톤 : 단·중기(2030, 2035) 성과 창출에 집중하여 신기술 시장 진입 촉진



R&D 투자방향 : 중장기 기술개발계획과 연계하여 투자 효율성/효과성 제고의 전략적 기준

IV. 4대 부문 10대 분야 전략로드맵

① 발전 재생에너지 비중 확대 위한 차세대 기술 확보 및 조기 상용화

태양광

□ 산업·정책 동향

- (산업) 결정질 실리콘 시장은 가격경쟁력 열위 상태(중국 독과점)로 국내 기업은 '28년 탠덤 태양전지 상용화를 목표로 경쟁력 확보 중
 - (정책) '30년 태양광 87GW 보급을 위해 차세대 기술 확보와 유휴 부지 중심의 보급 확대, 제도·인증 개선 및 산업생태계 구축에 초점
- * 제1차 재생에너지기본계획('26), 초혁신경제 15대 선도프로젝트 추진계획Ⅲ('25)

□ 주요 현안

- 보급 및 기술경쟁력 목표('30년 누적 87GW, '35년 모듈 국산화 80% ↑) 달성을 위한 산업생태계 육성, 사업성 제고 및 표준·제도 개선 필요

 **기업의목소리** "기술개발 성과의 ▲신속한 사업화와 시장 확산을 위한 ▲표준인증, 제도 기반 미흡에 따른 ▲산업생태계 활성화 및 ▲경쟁력 강화 한계 존재"

기술개발

- (탠덤 태양전지) 탠덤 태양전지 조기 상용화를 위한 초고효율·상용면적 셀·모듈 기술 선점 및 핵심 소부장 국산화를 통한 공급망 구축 병행 필요
- (사용처 다변화) 보급 확대에 있어 입지 제약 해소와 전력망 부담 완화를 위한 건물·영농·수상 태양광의 다양한 표준모델 마련 필요

기반조성

- (탠덤 태양전지) 신기술 개발 대비 표준·인증체계 구축 지연에 따른 사업화 제약, 선도기업-소부장 기업 간 기술격차(5년 이상)로 산업생태계의 균형적 성장 기반 미흡 및 실증 경험 부족
- (사용처 다변화) 설비 안전성 확보 및 건물 적용 기준 미비, 사업자별 인버터·발전 데이터 분산관리 및 해외 플랫폼 의존 심화

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 탠덤 태양전지/모듈	· 상용화에 적합한 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지/모듈의 초고효율과 실환경 안정성 확보('30년 1.7m ² , 효율 28%↑)
② 사용처 다변화 시스템	· 태양광 입지 확대를 위한 건물형·영농형·수상형·수송형 태양광 시스템의 안전성 확보, 설비 이용률 향상, 단가저감

□ 기술확산 추진방향

구분	달성	추진중	목표
기술개발	탠덤 사용처 다변화	대면적/장수명 양산기술 및 소재·장비 국산화 中 보급확산 대응 표준모델 개발 및 공급망 확충 中	세계최초 상용화('28) 및 효율 35% 달성('30) 산단·공장지붕, 영농·수상 등 유휴부지 태양광 44GW 설치('30)
기반조성	신제품·서비스 개발 후 표준·인증 연계 현황 점검	기술개발·표준·인증 연계 협력체계 구축방안 마련	기술개발과 표준·인증을 연계한 패키지형 사업 발굴·지원

기술군	단기방향(~'30)	중기방향(~'35)
① 탠덤 태양전지/모듈	모듈 상용면적(1.7m ²) 효율 28% 달성	저탄소 탠덤 모듈 개발, 대면적화, 추가 출력 향상, 안정성 확보
	셀 고효율 양면형, 3단자 태양전지 등 개발	사용처 다변형, 안정성, 단가저감 등 상용화 기술개발 및 실증
	소부장 핵심소재·부품·장비 국산화	안정성, 단가저감 등 양산기술 개발
	기업공동 AI 기반 효율·안정성 최적화	AI 기반 탠덤 모듈 제조기술 고도화
	R&D-표준화 유관기관 협력 체계 구축 (기술개발·표준·인증 패키지 지원방안 마련 등) 기업공동활용연구센터(대전) 활용 소재/장비/부품 기술개발	
② 사용처 다변화 시스템	건물 용도별(지붕/입면/창호) 표준모델 개발	장수명 및 화재 안전성 강화 제품 상용화
	영농 적용처별(논/밭/과수원) 시스템 개발	최적운영 및 단가저감 기술개발
	수상 동서형 및 해상환경 모듈 기술개발	추적식 수상 태양광 시스템 개발
	수송 차체일체형 경량 모듈 시스템 개발	대형차 일체형 모듈 시스템 개발
	RSD(Rapid Shutdown) 기능 표준화, 건물일체형(BIPV) 태양광 성능·내화기준 수립 등 전기안전성 및 소방안전성 확보 태양광 운영 데이터 표준화 및 보안 관리 기준 마련	
기술개발	기반조성	

□ 기술확산 전략로드맵

태양광 핵심기술		연차별 추진 계획											
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표	
탠덤 태양전지/ 모듈	• (효율) 탠덤 태양전지 - 30.2%(면적 331cm²) • (가격) 결정질 실리콘 모듈: 0.09\$/Wp * 중국<한국<EU<미국 • (수명) 결정질 실리콘 모듈: 25년 이상 • 대면적/ 장수명 탠덤 모듈 실증 및 소재·부품 장비 국산화중	상용면적 모듈 기술 및 실증			대면적 신뢰성 확보를 위한 핵심소재·장비 국산화			탠덤 모듈 저가/ 경량화 소재			저탄소 모듈, 대면적화, 출력 향상, 안정성 확보		• (효율) - (30) 탠덤 태양전지: 35% (면적≥331cm²) - (30) 탠덤 모듈: 28% (면적≥1.7m²) • (가격) 탠덤 모듈(30): ≤0.1\$/Wp * 한국=중국<EU<미국 • (수명) 탠덤 모듈(30): 25년 이상 • 세계최초 상용화(28) 및 모듈 효율 35% 달성(30)
		양면형 탠덤 태양전지 기술			3단자 탠덤 태양전지 및 후면전극 모듈			경제성 확보 멀티켓 핵심장비 및 멀티셀 모듈			대규모 양산용 상부셀 핵심장비		
		AI 기반 효율·안정성 최적화 (기업공동활용연구센터)			AI 기반 탠덤 모듈 제조기술 고도화 (기업공동활용연구센터)			적용처 확대, 안정성 확보, 단가저감(중)					
		R&D-표준화 유관기관 협력체계 구축(기술개발-표준인증 패키지 지원방안 등)											
		기업공동활용연구센터(대전) 활용 소재/ 장비/ 부품 기술개발											
사용처 다변화 시스템	• (시스템 LCOE) 지상< 수상<영농<건물(BIPV)<수송 - 지상: 0.1\$/kWh * 중국<EU<미국<한국 • (이용률) - (건물) 지붕 14% - (영농) 15% - (수상) 15.7% - (수송) 1kW/대 • 보급확산 대응 표준모델 및 LCOE 저감기술개발중	(건물) 커튼월록 BAPV 시스템			리모델링용 경량 BAPV 시스템(중)			장수명 및 화재 안전성 강화 제품 상용화					• (시스템 LCOE) 지상≤영농≤수상≤건물(BIPV)<수송 - (30) 지상≤0.05\$/kWh - (35) 지상≤0.043\$/kWh * 중국≤한국<EU<미국 • (이용률) '35년 - (건물) 지붕 15% - (영농) 16% - (수상) 17.5% - (수송) 2kW/대
		(영농) 스마트팜용 시스템			간헐지 동서형 수직 태양광 시스템(중)			최적운영 및 단가저감 제품 상용화					
		(수상) 동서형 수상 태양광 시스템 및 수력 연계 교차발전			(수상) 해상환경 모듈 기술								
		(수상) 해상환경 모듈 기술			계류 및 단축추적 시스템								
								성능 안정성 검증 및 평가기술					
		(수송) 차체일체형 경량 모듈 시스템											
					대형차 일체형 모듈 시스템								
		RSD(Rapid Shutdown) 기능 표준화, 건물일체형(BIPV) 태양광 성능·내화기준 수립 등 전기안전성 및 소방안전성 확보											
		태양광 운영 데이터 표준화 및 보안 관리 기준 마련											

진행중

기술개발

기반조성



공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

※ 공기업 자체 R&D와의 중복 투자 방지 목적이며 기술개발 주체의 제한 없음(이하동일)

풍력

□ 산업·정책 동향

- (산업) ^{해상}10MW급 상용화 단계, 해외 주력의 15MW급을 넘어 미래 시장인 20MW+급 기술 확보 희망, ^{육상}최대 4.5MW급 기술 수준으로 외산 의존 해소를 위한 6MW급 국산 터빈 개발 추진
- ^{부유식}시장 초기 형성 단계이나, 철강, 중공업, 건설 등 부유식 하부 구조물 엔지니어링 경쟁력을 활용한 글로벌 시장 선점 희망(S社 등)
- (정책) 제1차 재생에너지기본계획('26)은 기술 경쟁력 확보와 계통 연계 인프라, 공급망 경쟁력 강화 및 계획입지 기반 보급 확대에 중점
- * (관련 정책) 육상풍력 발전 활성화 전략('25), 해상풍력 인프라 확충 및 보급 계획('25) 등

□ 주요 현안

- 정부의 풍력 보급 목표* 달성을 위해 공급-수요 연계 R&D, 계획 입지 확대 등을 통한 사업성 제고와 산업생태계 경쟁력 강화 필요
- * ('30년) 육상 6GW, 해상 10.5GW(준·착공), ('35년) 육상 12GW, 해상 25GW

 **기업의목소리** "풍력 보급 확대를 뒷받침하는 ▲수요처 참여형 기술개발·실증사업화 체계와 ▲계획입지·인허가 기반이 미흡하여 ▲사업성 제고 및 ▲경쟁력 강화에 제약 존재"

기술개발

- (해상풍력) 국내외 시장 확대를 위한 풍력 시스템 대형화, 공급망 국산화 기반의 LCOE 저감 및 표준·보안체계 구축 시급
- (육상풍력) 국산 터빈 경쟁력 확보 및 핵심부품 국산화를 상향과 함께 대형풍력 적용 불가 지역(도심, 도서 등)에 적합한 분산형 풍력 기술 필요

기반조성

- (해상풍력) 수요처(발전, EPC社)의 R&D참여 및 신기술 수용 부족으로 공급자(터빈社) 기술확산 지연과 외산 중심 시장 구조로 국내 기술 적용 제약
- (육상풍력) 입지 확보·인허가 과정의 불확실성으로 사업화 한계 존재 및 신기술 실증·검증 테스트베드 부족

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 초대형 해상풍력	· 국내외 시장 확대를 위해 초대형 해상풍력 및 부유식 시스템·핵심 기자재·부품 국산화 기술개발
② 분산형 육상풍력	· 육상풍력 용량·국산화율 증대를 통한 공급망 확대 및 국내 적합 분산형 풍력 기술·산업 생태계 구축

□ 기술확산 추진방향

구분	달성	추진중	목표
기술개발	해상 10MW급 대형 해상풍력 터빈 국제인증 취득('25)	20MW+ 초대형 풍력 기술 확보 및 부유식 해상풍력 실증 추진中	20MW+급 초대형, 부유식 해상풍력 국산화 및 상용화
	육상 4.2MW 육상풍력 시스템 개발 보급('25)	6MW 육상풍력 시스템 국산화 기술개발 中	6MW+ 용량 다변화 풍력 터빈 국산화 기술 확보
기반조성	해상풍력특별법('26) 제정, 육상풍력 발전 활성화 전략('25) 등	육해상풍력 대규모 계획 입지 발굴 및 인허가 지원 방안 확대	공공주도 계획입지 기반 풍력 보급 신속 확대

기술군	단기방향(~'30)	중기방향(~'35)
① 해상풍력	시스템 10MW급 경쟁력 확보 및 상용화	20MW+급 시스템 기술개발 및 상용화
	부유식 3MW 설계, 제작 및 실증	10MW+급 시스템 실증 및 대형화
	공급망 * 핵심부품·기자재 국산화 및 표준화 * 하부구조물, 계류시스템, 부유체, 동적케이블 등	단가저감 및 해상 설치/엔지니어링
	단지 단지 인증 표준화 및 안보·보안체계 개발	계획입지 등 대규모 실증 단지 구축
	수요처(발전사, EPC사 등) 참여형 R&D 확대, 계획입지 부지 연계 기술개발 및 실증 R&D 성과물 활용 시 입찰 인센티브 제공 방안 마련	
② 육상풍력	시스템 6MW급 기술개발 및 실증	국산 터빈기술 신뢰도 향상 및 보급 안정화
	공급망 * 핵심부품 설계 및 기술개발 * 블레이드, 메인베어링 등	국산화율 증대, 기술자립 및 공급망 안정화
	단지 계획입지 기반 단지 설계	친환경 기반 계통친화 단지개발
	분산형 국내적합 중소형 분산형 터빈 개발	지속가능 분산형 풍력 기술/산업 생태계 구축
	공공주도 대규모 계획입지 발굴 및 인허가 지원 확대 방안 도출 육상풍력 신기술 검증을 위한 실증단지 구축사업 발굴	

기술개발

기반조성

□ 기술확산 전략로드맵

풍력 핵심기술		연차별 추진 계획										목표
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	
초대형 해상풍력	• (터빈) 10MW급 기술 개발 중 - (가격) 20억원/MW - (수명) 20년 * 국제인증 취득 완료 • (부유식) 3MW급 실증 중 • (공급망) 국산화 70% * 10MW 기준 • (누적보급) 0.4GW	10MW급 터빈 경쟁력 확보										• (터빈) 20MW+급 기술 개발 및 상용화('33) - (가격) 20억원/MW - (수명) 30년 이상 • (부유식) 10MW+급 실증('30) • (공급망) 국산화 70% * 20MW+ 기준('33) • (누적보급) - ('30) 10.5GW - ('35) 25GW
		20MW+급 터빈 기본설계										
		20MW+급 터빈 및 핵심부품·실증설계					실증 및 상용화 (제조·시험·인증)					
		* 블레이드, 드라이브트레인, 발전기 등 풍력시스템 및 핵심부품(블레이드 등) 제조자동화 기술										
		부유식 3MW급 실증										
		부유식 10MW+급 실증㉔										
		국산 계류시스템 상용화 기술										
		500MW 이상 부유식 변전소 표준모델										
		다이나믹 해저케이블 안전성강화 평가 기술										
		부유식 핵심부품·국내 공급망 기술 기준					부유식 해상풍력 단가저감 기술					
분산형 육상풍력	• (터빈) 6MW급 기술 개발 중 * 현재 4.5MW 수준 • (누적보급) 2.1GW	* 부유체, 계류시스템, 동척케이블 등 LCOE 저감 하부구조물(석션버켓자켓) 국산화 및 실증										• (터빈) 6MW급 기술 개발 및 상용화('30) • (누적보급) - ('30) 6GW - ('35) 12GW
		해상보호조사(MWS) 기술 지침서 국내 표준화					해상 설치/엔지니어링 기술 고도화 및 단가저감					
		단지인증 평가기법 및 안보/보안체계										
		대규모 해상풍력 시험설비·실증단지 구축㉔										
		수요처(발전사, EPC사 등) 참여형 R&D 확대, 계획 입지 부지 연계 기술개발 및 실증										
		R&D 성과를 활용 시 입찰 인센티브 제공 방안 마련										
		6MW급 터빈 기술 및 실증										
		블레이드 다변화 설계 및 제작 기술										
		메인베어링 상세설계 및 시험 기술					핵심부품 국산화율 증대, 기술 자립 및 공급망 안정화					
		* 메인베어링, 전력변환장치 등										
분산형 육상풍력	• (터빈) 6MW급 기술 개발 중 * 현재 4.5MW 수준 • (누적보급) 2.1GW	계획입지 기반 단지설계					친환경 기반 계통친화 운전기술					• (터빈) 6MW급 기술 개발 및 상용화('30) • (누적보급) - ('30) 6GW - ('35) 12GW
		국내적합 중소형 분산형 터빈㉔					지속가능 분산형 풍력 생태계 구축					
		공공주도 대규모 계획입지 발굴 및 인허가 지원 확대 방안 수립										
		육상풍력 신기술 검증용 실증단지 구축사업 발굴 및 지원										
		6MW급 터빈 기술 및 실증										
		블레이드 다변화 설계 및 제작 기술										
		메인베어링 상세설계 및 시험 기술										
		* 메인베어링, 전력변환장치 등										
		계획입지 기반 단지설계										
		친환경 기반 계통친화 운전기술										
		국내적합 중소형 분산형 터빈㉔										
		지속가능 분산형 풍력 생태계 구축										
		공공주도 대규모 계획입지 발굴 및 인허가 지원 확대 방안 수립										
		육상풍력 신기술 검증용 실증단지 구축사업 발굴 및 지원										

진행중

기술개발

기반조성

㉔ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

원자력

□ 산업·정책 동향

- (산업) 기후부/과기부 공동으로 SMR 노형개발(경수)를 추진 중이며, SMR 생태계 구축을 위한 제작지원센터 3개소(부산, 창원, 경주) 선정
- (정책) 방폐물관리체계 구축, ATF 적용 등을 조건으로 한국형 녹색분류 체계에 원자력 포함, 제11차 전력수급기본계획 반영 원전 건설 지속 추진

□ 주요 현안

- 전력수요 증가, 에너지 안보 및 화력발전 감축으로 원전 역할 강조, 재생e 확산에 따른 계통 변동성에 대한 대응력 확보 요구

 **기업의목소리** "SMR 적기 도입을 위한 ▲선제적 규제 대응과 원전 기자재 시장의 ▲장주기/고품질/소량제조 특성으로 중소기업의 지속성 확보를 위한 ▲공급망 기반 강화 필요"

기술개발

- (미래원자력) 표준설계 인가 신청(26.2), 건설후보부지 선정(26.6) 등 SMR 보급이 가시화됨에 따라, 신뢰성·안전성 검증을 위한 설계/설비 및 부품 실증 필요
- (원전활용) 재생에너지 발전과의 조화를 위한 출력조절 능력과 더불어, 보다 안전한 원전 운영을 위해 사고저항성 핵연료 요구
- (원전환경) 고준위 방폐물 안전관리를 위한 운반, 저장, 최종처분 관련 기술 확보 필요, 중·저준위 방폐물 복합처분시설의 효율적 이용과 고도화 추진 필요

기반조성

- (미래원자력) 국내 원전 제조 공급망은 대형 원전 기기 중심으로 구축되어 SMR 반복건설·수출 확산을 위한 고유 생태계 구축 필요
- (원전활용) 탄력운전과 사고저항성핵연료(ATF) 관련 핵심기술 검증과 운전 경험 확보를 위해 시범운전/실증 및 시험·평가 기반 필요
- (원전환경) 처분적합성 미충족 방폐물 인수/처리 관련 법·제도적 기준 및 인허가 절차의 공백 영역 존재

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 미래 원자력	· 기존 원전 대비 소형·모듈화 된 혁신형 SMR의 설계·건설·운영 및 원전 부품을 경제적이고 효율적으로 제작하는 혁신제조 기술
② 원전 활용	· 원전의 활용성과 안전성, 지속가능성을 극대화하는 탄력운전 및 사고저항성핵연료(ATF) 기술의 상용화
③ 원전 환경	· 다양한 방사성폐기물을 체계적으로 관리하고 안전하게 처분하여 방사성 물질 누출이나 오염이 없는 안전한 후행 주기 관리 기술

□ 기술확산 추진방향

구분	달성	추진중	목표
기술개발	미래 원자력	i-SMR 표준설계 개발 및 인가 신청('26.2)	i-SMR '28년 표준설계인가 취득 및 '35년 초도호기 준공
	원전 활용	ATF 시범집합체 제조	탄력운전 기술개발 및 ATF 실증 추진 중
	원전 환경	중·저준위 방폐물 표층 처분시설(2단계) 구축('26.5)	원전 50% 출력제어('32) 및 상용원전 ATF 적용('34)
기반조성		심층처분시스템 기술개발 및 연구용 URL 구축, 중저준위 방폐물 복합처분	'38년 SF최종부지 선정 기술 기반 확보, 중저준위 방폐물 3단계 매립처분시설운영('31)
		SMR 제작지원센터 선정, 고준위 방폐물 특별법 제정	i-SMR, 혁신제조, 탄력운전, ATF 등 신기술/신소재 적용 인허가·규제 적기 대응

기술군	단기방향(~'30)	중기방향(~'35)
① 미래 원자력	SMR	i-SMR 노심·계통·종합설계 및 노심설계·기계설비·계전설비 개발/실증
	혁신 제조	PM-HIP, EBW, DLC 등 첨단 제조 공정 개발 및 설비 국산화
	i-SMR 종합 실증, 혁신제조 적용 SMR 부품 생산	
② 원전활용	i-SMR 인허가 신청 및 대응	
	탄력운전	
	기존 원전기업 SMR 기기 제작역량 강화 지원 및 인력양성 확대	
③ 원전환경	탄력 운전	노심설계, 계통 영향평가 및 제어기술, 운영 절차 개발
	ATF	인허가 대응을 위한 실증 및 장기 운전 신뢰성 검증
	실규모 시험·평가 시설 구축	
	고준위	국내 고유의 심층처분시스템 설계 기술 개발 및 안전성 실증 기반 마련
	중저준위	연구용 지하연구시설(URL) 구축 등
	방폐물 처분적합성 향상 및 유용소재 재활용, 처분시설 운영 최적화	
	처분적합성 판단체계 구축, 방폐물 인수기준 고도화	
	방폐물 인수기준 마련 및 관련 제도 정비	
	고준위방폐물 연구용 지하연구시설 구축	

기술개발	기반조성
------	------

□ 기술확산 전략로드맵

원자력 핵심기술		연차별 추진 계획											
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표	
미래원자력 ㉠	• (i-SMR) 표준설계 개발 및 인가신청(26.2) • (혁신제조) 기술개발 진행 중	i-SMR 기술			i-SMR 상용화 기술							(‘30) • (i-SMR) ‘28년 표준설계인가 취득 ‘30년 건설허가 취득 • (혁신제조) 혁신제조 공정 및 장비 개발	
		SMR 혁신제조 국산화 (PM-HIP, EBW, DLC 등)										(‘35) • i-SMR 상용운전 개시	
		i-SMR 인허가 신청 및 대응											
		기존 원전기업 SMR 기기 제작역량 강화 지원 및 인력양성											
원전활용 ㉡	• (탄력운전) 경부하기 계획적 감발 (80%) • (사고저항성핵연료) 시험집합체 제조	탄력운전 상용화 기술			탄력운전 실증 시범운영							(‘30) • (탄력운전) 실증운전 인허가 신청 • (사고저항성핵연료) ATF 조사후시험 수행	
		사고저항성핵연료(ATF) 인허가 대응										(‘35) • (탄력운전) ‘32년 50% 출력제어 적용 ‘34년 상용원전 확대적용	
		사고저항성핵연료 조사후시험			인허가보고서 작성 및 제출							• (사고저항성핵연료) ‘34년 상용원전 적용	
		실규모 시험·평가시설 구축											
탄력운전을 위한 인허가 신청/대응 등													
원전환경	• (고준위 방폐물) 건식저장 열특성평가 시험기술 개발 중 • (중저준위 방폐물) 표층처분시설 구축	한국형 관리시설 설계	사용후핵연료 저장처분 안전성 확보									(‘30) • 사용후핵연료 건식저장 기술기반 확보	
		고준위 처분부지환경 장기변화 예측			고준위 처분시스템 제작 및 실증기반 구축								• 중·저준위 방폐물 인수-처리-평가기술 확보
		연구용 URL 부지 지질특성 조사 해석기술 고도화										(‘35) • ‘33년 고준위 방폐물 연구용 URL 본격운영	
		복합처분 시설 안전 관리 강화	복합처분시설 처분 용량 최적화									• 고준위 방폐물 처분시설 부지선정단계 종합안전성 입증체계 개발	
		처분 적합성 신뢰향상 및 유용소재업사이클링 ㉢										• 중저준위 방폐물 3단계 복합처분시설 운영	
		신규폐기물 수용 확대를 위한 인수기준 고도화											
		방폐물 인수기준 마련 및 관련 제도 정비											
		고준위방폐물 연구용 지하연구시설 구축											
진행중	기술개발	기반조성										㉠ : 공공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역	

진행중

기술개발

기반조성

㉠ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

폐지석탄화력

□ 정책·시장 동향

- (정책) '38년까지 석탄화력발전 40기 순차적 폐지(전력수급기본계획), '30년 재생에너지 100GW 조기 보급(재생e 기본계획) 정책 이행 본격화
- (시장) 기존 인프라 자산 좌초화, 전력계통 안정성에 대한 시장의 우려

□ 주요 현안

- 석탄화력 발전소의 단계적 폐지에 따른 기존 자산의 좌초화 방지와 안정적 무탄소e 전환을 위한 기술 관점의 대안 마련 필요



기업의목소리

"정부정책에 따른 ▲석탄발전 중심에서 ▲무탄소발전 체제로의 급격한 전환 이행 시, ▲해체·철거 안전사고, ▲인프라 좌초자산, ▲지역 경쟁력 약화 등 한계 상존"

기술개발

- (해체 안전기술) 발전소 해체 경험 및 기술축적 부재, 오염 폐기물 발생, 복잡한 연계 구조로 인한 해체 시 안정성 위협요인 존재
- (인프라 활용기술) 발전사별 활용방안 다양, 인프라별 최적 전환 기술(모델) 부재 등으로 국가 중추 인프라의 유희화 및 자산 사장 우려
- (무탄소e 공급기술) 부지·지역별 특성과 계통안정성을 고려한 발전소별 최적 무탄소e 전환 모델 발굴 필요

기반조성

- (해체 안전기술) 발전소 규모 및 설비 유형별 해체 절차의 표준화, 대형 플랜트 해체 수행 역량 평가·인증을 통한 전문기업 육성 필요
- (인프라 활용기술) 기존 인프라 재활용에 따른 계통보강 등 비용 절감효과가 사업성에 반영될 수 있도록 제도 개선 필요
- (무탄소e 공급기술) 폐지 발전소 전환사업에 대한 용도변경, 계통 접속 등 통합 인허가·협의 체계 마련 필요

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 해체 안전기술	· 폐지대상 석탄화력발전소에 대한 안전하고 체계적인 Decommissioning 및 해체 통합 기술 확보
② 인프라 활용기술	· 기존 발전소 운영 인프라(발전설비, 냉각설비, 송배전 설비 등)를 활용한 신규 에너지 산업 기반 구축
③ 무탄소e 공급기술	· 기존 발전소의 유휴부지를 활용하여 석탄화력발전의 전력공급 능력과 유연성을 보완할 무탄소에너지 공급기술 확산

□ 기술확산 추진방향

구분	이슈	현황	목표
기술개발	해체 안전기술	발전사별 해체 R&D 논의 단계 * '29년부터 순차적 해체철거 시점 도래	해체 안전 공정 표준 가이드라인 개발
	인프라 활용기술	기존 인프라와 부지 활용을 통한 좌초 자산 리스크 최소화 필요	인프라 단위 최적 활용기술 확보
	무탄소e 공급기술	재생e, 그린수소 등 무탄소e 단위기술별 R&D는 성숙단계	무탄소e 확산을 통한 지역 거점화
기반조성	석탄화력폐지 관련 특별법, 정부정책 등 수립 단계	· 특별법(국회 상임위 통과(5월)) · 제12차 전기본('26下 발표 예상)	기존 자산의 활용을 통한 재생e 중심 에너지 전환 기여

기술군	단기방향(~'30)	중기방향(~'35)
① 해체 안전기술	발전설비 해체·안전 기술 표준화	폐지계획에 따른 순차적 표준 해체공정 기술 도입 및 적용
	핵심설비 재활용 기술개발	
	(단기) 해체 공정 표준화 기술 확보 → (중·장기) 발전소별 공정 최적화·활용	
② 인프라 활용기술	(터빈) 장주기 카르노배터리 기술개발	발전소별 인프라 활용 표준 모델 고도화 및 최적화 적용
	(해수냉각설비) 데이터센터 연계 기술개발	
	(송변전망) HVDC 연계 기술개발	
(단기) 파일럿 규모 기술개발 및 실증 → (중·장기) 발전소별 표준 모델 최적화·활용		
③ 무탄소e 공급기술	(부지별 특성) 무탄소e 최적배치·공급 기술개발	발전소별 최적 전환 모델 검토 및 무탄소e 전환(보급) 착수
	(지역별 특성) 무탄소e 수요-공급 최적화 기술개발(용량, 계통 등 고려)	
	(단기) 발전소별 최적배치 및 전환 모델 도출 → (중·장기) 테스트베드 구축 및 지역 거점화	

기술개발	확산·보급 (공기업 협력)	전략/목표
------	-------------------	-------

□ 기술확산 전략로드맵

폐지석탄화력 핵심기술		연차별 추진 계획										
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표
해체 안전기술 (공)	• 발전사 중심 기초 R&D 논의 단계			발전설비 해체 공정 표준화 기술		AI 로봇 기반 해체 자동화 기술						• ('30) 해체 공정 표준 가이드라인 확립 • ('35) 공기업별 공정 최적화 및 활용
				핵심설비 고부가가치 부품 재활용 기술		해체 공정 최적화 및 활용						
인프라 활용기술 (공)	• 발전소 인프라 연계 실증 경험 전무	터빈 등 인프라 활용 카르노배터리 기술			카르노배터리 Scale-Up 연계 실증							• ('30) 인프라 단위 활용 기술 확보(파일럿 규모) • ('35) 공기업별 인프라 활용 복합운영 모델 고도화
		냉각설비 등 인프라 활용 데이터센터 기술			데이터센터-ESS 양방향 계통지원 기술 & 하이퍼스케일급 데이터센터 Scale-Up 연계 실증							
		송변전망 등 인프라 활용 계통안정화 연계 기술			인프라 활용 복합운영 표준모델 고도화 및 실증							
무탄소 ^e 공급기술 (공)	• 에너지원별 TRL : 7~9 단계 (태양광, 풍력, 알카라인 수전해 기준) • 공기업별 부지활용 및 전환계획 수립 단계			부지특성 기반 재생 ^e 최적 배치설계 기술		유류부지 활용 무탄소 ^e 전환 테스트베드 구축 및 통합 실증					• ('30) 유류부지 활용 무탄소 ^e 전환 모델 확보 • ('35) 공기업별 에너지 전환 모델 거점화	
				지역별 계통 안정성 고려 최적화 기술								
				해수/담수 활용 P2G 기반 그린수소 생산 기술								
						에너지 전환 모델 확립 및 지역별 거점화						
진행중		기술개발		공기업 활용		(공) : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역						

② 계통 고효율·안정적 전력 수급을 위한 차세대 전력망 고도화

전력계통

□ 산업·정책 동향

- (산업) ①HVDC 핵심부품(DC송전)은 글로벌 3社* 과점, 국내 신속 추격 중, ②DC 배전은 해외 초기 상용화 단계, 국내 세계최초 실계통급 실증으로 시장 선도 要
- * 히타치(스웨덴), 지멘스(독일), GE(미국)이 전압형HVDC 시장 약 90% 점유(케이블 제외)
- (정책) 전력망 확충계획·계통혁신대책 기조에 따라, 대규모 재생e 적기 수용을 위한 유연 전력망 구축 및 분산에너지 핵심 인프라 기술 확보에 집중

□ 주요 현안

- 재생에너지 급증 및 첨단산업 전력수요 대응을 위한 직류(DC) 전력망 적기 구축, 지산지소형 차세대 분산형 전력망 확충, 지능형 계통 안정운영 체계 고도화 및 기여도별 시장 가치화 정립 필요

 **기업의목소리** "교류(AC) 중심 망에 직류(DC)·AI 신기술 적용을 위한 ▲표준·기준이 부재하고, 초기 투자비 대비 ▲가치화 체계 미비로 ▲민간 투자 위축 한계 존재"

기술개발

- (직류(DC) 송배전망) 재생에너지 포화 및 송전 지연 해소를 위한 고압 전압형 HVDC 국산화와 배전급 AC/DC 복합망 인프라 구축 시급
- (차세대 분산형 전력망) 인버터 자원 급증에 따른 관성 저하 방지용 그리드포밍, 다중 마이크로그리드·VPP 유연자원 통합 제어 시스템 구현 필요
- (지능형 계통 안정운영) 복합망 간섭·공진 해결 및 신뢰도 향상을 위한 플라이휠 동기조상기·SST 실계통 연계, 고해상도 감시·해석 체계 확보 필요

기반조성

- (직류(DC) 송배전망) 핵심 기자재의 높은 해외 의존도, 실증 실적 부족 및 기존 교류 중심 기준에 따른 접속 가이드라인과 인증 체계 미비
- (차세대 분산형 전력망) 제조사별 로직 차이에 따른 통합 한계 및 유연성 자원의 민간 참여 유인책(세제 혜택 등) 제도화 지연
- (지능형 계통 안정운영) 관성·SST 검증 전용 시험 인프라 부족과 전력 시장 내 계통 제어 기여도(관성·전압 등)에 대한 정량적 가치화 미흡

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 직류(DC) 송배전망	· HVDC 설비(변압기, 변환기 등) 상용화 및 다중(multi) HVDC 보호협조 기술 확보, 수용 확대를 위한 배전급 AC/DC 복합망 인프라 구축
② 차세대 분산형 전력망	· 가상관성 확보용 그리드포밍(GFM) 기술 고도화, 분산특구 연계 다중 마이크로 그리드(MG) 자율 최적화 및 가상발전소(VPP)-유연자원 통합 플랫폼 구현
③ 지능형 계통 안정운영	· 물리관성 공급용 플라이휠 동기조상기 국산화, 차세대 반도체 변압기(SST) 일부하 실계통 실증 및 고해상도 감시·해석 기반 실시간 동적 보안 체계 고도화

□ 기술확산 추진방향

구분		달성	추진중	목표
기술개발	직류 송배전	고압 설비 기초기술 및 HVDC 200MW급 확보	500kV 변압기 국산화 및 복합망 테스트베드 구축中	HVDC 국산 기자재 완수 및 복합 배전망 전국 확산
	차세대 분산형 전력망	배전지능화(ADMS) 인프라 및 분산자원 연계 기반 마련	VPP-P2X 실계통 연계 실증 및 그리드포밍 활용 고도화 中	AI 분산전력망 자율제어 및 특구 중심 지산지소 완결형 생태계 완비
	지능형 계통안정 운영	인버터 역률제어 및 국지적 전압 보상 운영 실적 확보	AI 기반 전력망 감시·해석 기술개발 中	계통 안정화 기술 상용화 및 디지털트윈 기반 실시간 종합해석 확립
기반조성		재생e 연계 기준 마련 및 직류 기기 성능평가 인프라 구축	직류 기술 기준 정립 및 테스트베드 연계 인증·인허가 간소화 中	계통 기여도별 가치 현실화

기술군	단기방향(~'30)		중기방향(~'35)	
① 직류(DC) 송배전망	직류 송전	500kV급 변압기 국산화 및 서해안 프로젝트 조기 실계통 연계	다중 직류망 보호제어 고도화 및 다중망 연계 통합 제어 시스템 안정적 확보	
	직류 배전	복합망 테스트베드 적기 완공 기반 기자재 공인 인증 체계 정립	도심 맞춤형 복합 배전망 표준 모델 전국 확대 및 패키지화	
	직류 요소기기 신제품 인증·표준 정립			
	실계통급 시험장 확충(한전 고창시험장 또는 추가 시설) 필요			
② 차세대 분산형 전력망	GFM	GFM 활용기술 고도화, 단일 기기 성능 실증 및 제조사 무관 파라미터 표준화	다중 GFM 설비 간 상호작용 해석 모델 적용 및 광역 단위 자율 제어 체계 상용화	
	VPP·MG통합	MG 단위 상용 모델 보급, VPP-P2X 양방향 통합 협조제어 표준 플랫폼 수립	실시간 분산 유연자원 평가 플랫폼 상용화 및 지산지소형 분산자원 통합 운영 고도화	
	ESS 등 유연성 자원의 민간 유인을 위한 인센티브 제도 수립			
③ 지능형 계통 안정운영	관성·SST	플라이휠 동기조상기 기술자립	초고압 배전 선로 적용을 위한 모듈형 멀티레벨 SST 상용 기술 전국망 확대	
	감시·운영	고해상도 측정데이터 기반 전력망 감시·해석 기술 확보 및 실시간 감시 시스템 안정적 구축	디지털트윈 및 AI Agent 기반 전력망 감시·운영 Co-pilot 연계 전국 단위 자율 운영 체계 상용화	
	단순 송배전량이 아닌 관성 제공, 전압 제어, 송전제약 완화 등 '계통 안정도 기여도'를 정량화한 가치 현실화 마련			
기술개발	기반조성			

□ 기술확산 전략로드맵

전력계통 핵심기술		연차별 추진 계획												
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표		
직류(DC) 송배전망	• 200MW급 전압형 BTB HVDC 스테이션 기술 확보	HVDC 변압기 기술		서해안 HVDC 1단계 설치 Ⓢ								(‘30) • GW/±525kV급 스테이션 실증·운영 • 서해안 HVDC 1단계 구축		
		HVDC 밸브 제어기 기술				Multi-HVDC 보호협조 및 통합운영 기술								
	• 1.5kV LVDC급 실증		차세대 AC/DC 복합 배전 네트워크 기술개발									(‘35) • Multi-HVDC 시스템 엔지니어링 기술 확보		
	• 감시제어 및 데이터 취득, 보안 기기 외산 활용 중			도심 AC/DC 복합 배전망 확산 적용 Ⓢ				외산 대체형 AI 감시제어 핵심 기술 Ⓢ				국산 AI-SCADA 실계통 연계 및 안정성 검증 Ⓢ	• ±20kV급 AC/DC 복합 배전망 적용 확산	
				핵심 보안 모듈 기술 확보 Ⓢ		사이버보안 기술 자립 및 실계통 실증 Ⓢ						• SCADA 핵심 기기와 사이버보안 기술 자립화 및 공급망 내재화		
		직류 요소기기 신제품 인증·표준 정립												
		실계통급 시험장 확충 필요												
차세대 분산형 전력망	• GFM, IBR 실시간 운전 해석 및 검증 미흡	PoC 예비 설계		재생E 접속확대·출력제어 정밀 해석 기술				분산전력망 광역 동적특성 해석·검증 기술				(‘30) • 지산지소형 분산전력망 구현을 위한 핵심 요소 기술 확보 (분산전력망 가상화 검증 체계, 배전망 유연성 확보용 고성능 전력설비, AI 기반 통합 분산자원 운용 기술 등)		
	• 통합발전소(VPP) - 계통운영자(ISO) - 배전운영자(DSO) 협조 체계 개발			GFM 병렬 운전 및 공진 해석		ESS·VPP 기술 연계 실증 및 표준·인증 정립		EMS-ADMS-VPP 연계 및 운영 기술 Ⓢ				(‘35) • 지역 단위 유연성 확보 및 능동형 인프라 혁신		
	• EMS-ADMS-VPP 연계 단절	VPP 운영		분산자원 통합 유연성 운영 기술 Ⓢ		다중 MG, 산단MG, 군MG 기술		공급-수요 VPP 운영 기술					• 국가기간망(송 배전망) 운영 안정성 신뢰도 제고	
	• 배전망 정적 운영			차세대 분산형 전력망 기획연구		분산전력망 능동형 인프라 구축		SOP·다기능 변압기 기술		Full 디지털 변전 기술 Ⓢ		• 재생E 출력제어 최소화 및 사이버 복원력 제고		
	• 전력망 폐쇄성 및 보안 내재화 미흡					154kV 그린 허브 기술 및 실증								
			ESS 등 유연성 자원의 민간 유인을 위한 인센티브 제도 수립											
지능형 계통 안정운영	• 송전제약 완화용 STATCOM(국산), ESS(국산), TCSC(외산) 활용 중			플라이휠 동기조상기 기술 자립								(‘30) • 관성자원 100MVA급 이상		
	• 관성자원 30MVA급 이하		모듈형 전력반도체 소자 기술			차세대 반도체 변압기(SST) 계통 연계 실증						• 배전급 전력용 반도체 변압기 22.9kV/3.0MVA 상용품 개발		
	• 배전급 전력용 반도체 변압기 22.9kV/1.0MVA 연구용 개발		고해상도 감시해석 기술	K-EMS 연계 고해상도 감시·종합해석 시스템 구축 및 적용 Ⓢ				안정도 분석 기반 자율운영 기술 Ⓢ				• 직류송배전 연계망 고해상도 WMU 감시 및 안정도 종합 해석		
	• AC계통 PMU 기반 안정화 기술 확보 (수도권 중심 51개 구축)													(‘35) • 재생에너지 100% 수용 가능한 안정적 유연 전력망 구축
			단순 송배전망이 아닌 관성 제공, 송전제약 완화 등 '계통 안정도 기여도'를 정량화한 가치 현실화 마련											

진행중

기술개발

기반조성

㉠ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

□ 산업·정책 동향

- (산업) ①리튬계 중국산 저가 LFP 대응 위해 K-배터리 3사 제조설비 투자 확대, ②비리튬계·비전지 재생e 확대에 따른 장주기·대용량 ESS 수요 증가로 리튬계 대안 기술 확보를 위한 정부 주도의 R&D 지원 중
- (정책) 재생에너지 변동성 대응을 위해 제11차 전력수급기본계획 기반의 장주기·비리튬계 ESS 기술 다변화 및 대규모 확산 기반 마련

□ 주요 현안

- 재생에너지 보급 확대에 따른 계통 간헐성 흡수를 위한 차세대·장주기 ESS 확충, 안전 규제 합리화 및 기여도별 가치화 구축 필요

 **기업의목소리** “리튬전지 중심의 ▲획일적 안전 규제와 장주기 자원에 대한 ▲계통 기여도 가치 체계 미비로 인해, 신기술 ESS의 ▲대용량화 실증 및 자발적 민간 투자 유인에 한계 존재”

기술개발

- (차세대 배터리) 리튬전지 공급망 극복을 위해 나트륨계(SIB)·바나듐계 대안 전지의 고효율·저가화 및 대용량화 기술 확보가 시급
- (장주기 비전지계) 전력망 불균형 및 재생e 출력제어 완화를 위해 열저장(카르노배터리), 기계식 저장 등 장주기 다각화용 기술 자립 필수

기반조성

- (차세대 배터리) 기술 특성별 차등 소방 규제 부재 및 완제품 중심 인증 체계로 비리튬계 신기술 시장 진입 및 초기 보급 지연
- (장주기 비전지계) 대규모 실증 부지 확보 난항과 다부처 복잡 인허가 구조에 따른 비즈니스 모델 미비

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 차세대 배터리	· 나트륨계·바나듐계 등 비리튬계 조기 상용화(원가 절감·고효율화), 국내 조기 보급 및 수출사업화 기반 구축
② 장주기 비전지계	· 열저장, 기계식 저장 등 비전지계 ESS의 기술 경쟁력 강화 및 실계통 실증

□ 기술확산 추진방향

구분		달성	추진중	목표
기술개발	차세대 배터리	리튬(삼원계) 상용화, 바나듐흐름전지 개발	수MW급 바나듐흐름 전지(VRFB) 실증 中	SIB(나트륨계), VIB(바나듐계) 상용급 개발·실증 및 저가화·대용량화 완수
	장주기 비전지	열저장, 기계식 저장 등 장주기 ESS 기초 연구	10MMWh급 카르노배터리, 1.5MWh급 액화공기저장 개발 中	카르노배터리 스케일업, 기계식 저장 등 기술다변화
기반조성		리튬계 ESS 수냉식·액침냉각 적용 안전성 기준 지침 마련	기술 특성별 차등 소방 규제 및 부품 사전인증제 연구 中	인허가 원스톱 단일화 및 LCOS 기반 시장 평가 도입

기술군	단기방향(~'30)	중기방향(~'35)
① 차세대 배터리	나트륨(산화물계)·바나듐(흐름, 이온) 전지 저가화 기술개발 및 유틸리티급 실증·보급	비리튬계 전지 기반 대용량화 및 ESS 실계통 연계급 상용 고도화
	LiB 기반 안전성 강화 및 대용량 ESS 시스템 해외인증 지원 기반 구축	비리튬계 전지 광범위 상용화 및 양산 안정성 기술 확보
	구성품 인증과 시스템 통합검증을 연계한 모듈형 ESS 인증·현장검사 체계 구축 계통 유연성 기여도 보상체계 정립	
② 장주기 비전지계	10MWh급 카르노배터리 고온 열저장 및 P2H2P 핵심기술 검증	수백MWh급 카르노배터리 스케일업 플랜트 구축 및 실제 발전소 연계 실증
	공기저장(기계식), 양수발전 시스템 기술 실증	공기 기반 장주기 에너지저장 기술 다변화, 양수발전 스케일업
	카르노배터리·공기저장 등 실증 부지 적기 확보 기술기준 정비 및 통합 인허가 지원체계 구축 장주기 ESS 특성을 반영한 총수명주기비용(LCOS) 기반 가치 현실화 및 성능보증·국가 주도 표준계약(위험 분담형) 기준 도입	

기술개발	기반조성
------	------

□ 기술확산 전략로드맵

ESS 핵심기술		연차별 추진 계획										
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표
차세대 배터리	<나트륨 전지> • (가격) \$200~600/kWh • (수명) 5~15년 • (보급) ≤ 수MWh <수계 전지> • (성능, 가격) 초기상용화, 시스템 \$445/kWh • (실증) 20MWh • (보급) 수MWh <안전> • (BESS 시스템 단위 에너지밀도) 82.5kWh/㎡			나트륨 전지 ESS 상용화 ㉠					차세대 BESS 실계통 연계·통합운영 기술 및 실증 ㉠			<나트륨 전지> • (가격) ≤ \$80/kWh • (수명) ≥ 20년 • (보급) ≥ 1GWh <수계 전지> • (성능, 가격) 광범위 상용화, 시스템 \$200/kWh • (실증) 200MWh급 • (보급) 1,000MWh <안전> • (BESS 시스템 단위 에너지밀도) 130.9kWh/㎡
				바나듐 전지 저가화·고효율화 기술 및 대용량화 실증 ㉠								
				슈퍼커패시터 핵심소재 국산화 및 계통안정화 실증								
			LiB기반 안정성 강화 기술									
			극한환경 대응 BESS 안전기술									
			대용량 ESS 시스템 해외 인증 지원									
장주기 비전지계	<카르노배터리> • 기초 연구 <공기저장> • 기초 연구 <CO₂ ESS> • 개념설계 <양수> • 30MW급 수력 주기기 국산화 기술 개발 중	10MWh급 카르노배터리 핵심기술 및 파일럿 실증				카르노배터리 대형화(Scale-up) 및 통합 운영 실증 ㉠						<카르노배터리> • LCOS \$0.1/kWh, 수백MWh급 화력 레트로핏 카르노배터리 실증 <공기저장> • 200MW급 6hr급 실증/상용화 <CO₂ ESS> • 글로벌 수준 효율(75%↑) 확보 <양수> • 50MW급 이상 가변속 양수 주기기 기술 확보 및 실증
				공기저장 기술 실증 ㉠				공기 기반 장주기 에너지저장 기술 다변화 ㉠				
				CO ₂ ESS 기술 및 실증 ㉠								
				중형 가변속 양수발전 시스템 기술 및 실증				대형 가변속 양수발전 국산화 기술 및 실증 ㉠				
			카르노배터리·공기저장 등 실증 부지 확보									
			기술기준 정비 및 통합 인허가 지원체계 구축									
		총수명주기비용(LCOS) 기반 가치 현실화 및 성능보증 표준계약 기준 도입										
진행중		기술개발										
		기반조성										
㉠ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역												

진행중

기술개발

기반조성

㉠ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

효율향상

□ 산업·정책 동향

- (산업) 산업용 히트펌프는 취약한 국내 기반을 R&D로 추격 중이며, 가정·건물용의 경우 경쟁력은 확보 중이나 내수 시장의 활성화 필요
- (정책) 제7차 에너지이용 합리화 기본계획 등을 통해 효율관리제도를 확대/강화하고 열산업 전기화 전환을 위한 히트펌프 보급목표*를 설정

* '35년까지 히트펌프 350만대 보급(1단계('26~'29) 42만대, 2단계('30~'35) 308만대)

□ 주요 현안

- 에너지 다소비 산업/건물의 고효율화 및 친환경 전환을 위해 차세대 시스템 국산화와 보급 확산 관련 법·제도 기반 마련 필요

 **기업의목소리** "기업 단독으로 다양한 적용처별 ▲레퍼런스 발굴 불가, 고효율 설비 업체에 대한 ▲세제 지원, ▲인센티브 지급 등 경제적 유인책 도입과 정착 지원 필요"

기술개발

- (다소비 설비) 선진국 대비 경쟁력이 부족한 고효율 설비 및 부품 기술자립화 및 데이터센터 등 다소비 건물에 특화된 맞춤형 지원 필요
- (열설비 전환) 적용처별 특성을 반영한 히트펌프 시스템과 실증 데이터 확보, 국내외 냉매 규제와 공급망 현황 등을 고려한 핵심부품 국산화 지원 시급

* 열원(폐열/재생열), 활용처(산업·고온수/스팀, 건물·냉·난방/급탕), 설치형태(개별식/중앙식) 등

기반조성

- (다소비 설비) 고효율 설비 보급을 강제할 수 있는 정책적 기준과 신기술에 대한 표준·인증 등 제도적 기반 미비로 인한 보급확산 지연
- (열설비 전환) 설치 기준, 표준·인증제도 등 제도적 공백 영역 존재, 인허가 절차 및 안전규제 확대 적용 등 부담으로 현장 수용성 저조

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 다소비 설비 고효율화	- 에너지 소비량이 많은 산업공정 및 대형 건축물의 주요 설비들을 고효율화·저전력화하고 종합적으로 관리하는 기술 * (다소비기기) 전동기·유체기기·전력변환기 등 * (다소비건물) 데이터센터, 물류센터, 종합병원 등
② 열설비 탈탄소 전환	- 산업건물 등 소비 영역에서 필요한 열에너지를 생산하는 가열설비를 화석연료 기반에서 전기로 전환하여 온실가스를 감축하는 기술 * 히트펌프, 전기 보일러/증류기/가열로/건조기 등

□ 기술확산 추진방향

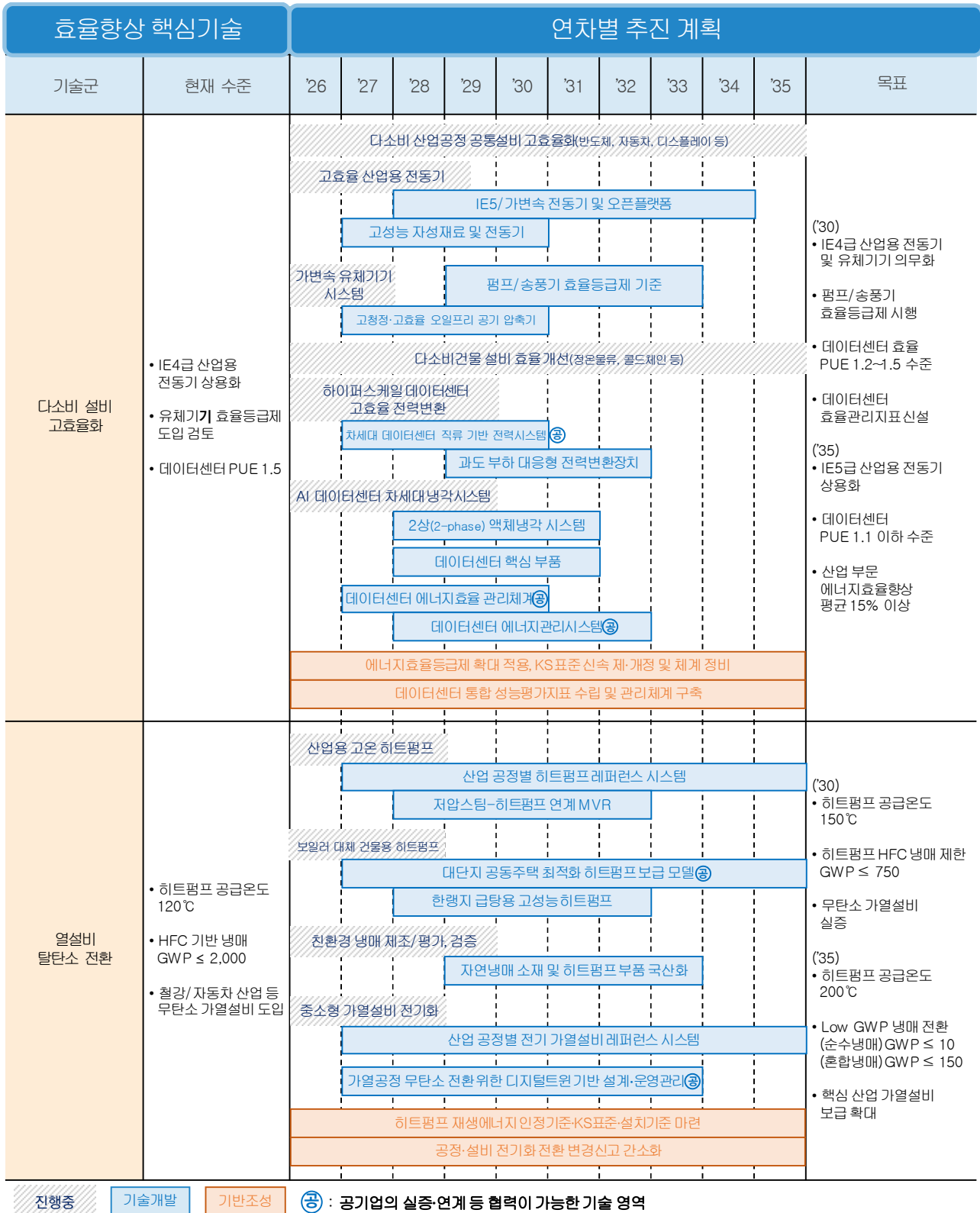
구분		달성	추진중	목표
기술개발	다소비설비	IE4전동기 및 WBG전력변환기 설계 플랫폼('24)	주요산업 공통설비 및 DC 냉각·전력 효율화	에너지다소비 부문 원단위 개선, 고효율 설비 기술자립
	열설비	히트펌프, 전기로, 전기보일러 등 일부 상용화	연소기, 전기로, 소둔로 등 업종별 전환설비 개발	산업 전기 가열공정 설비 국산화
	히트펌프	저온열원 히트펌프('21), GWP<10 냉매 개발('25)	산업용 히트펌프 실증, AI 활용 냉매물질 개발	고성능·대용량 히트펌프 상용화, 업종별 히트펌프 대표모델 발굴
기반조성		고효율기자재인증, 효율등급표시 등 운영 중	효율등급제도 고도화(주요설비 도입/전환)	히트펌프 보급 기준/제도 마련, 의무화 도입 등

기술군	단기방향(~'30)		중기방향(~'35)
① 다소비 설비 고효율화	산업	주력산업 공통설비 고효율화 및 기술자립화	대상 주력산업 공통설비 추가 발굴
		고효율 전동기/유체기기 개발	IE5 전동기 개발 및 오픈플랫폼 구축, 유체기기 효율등급제 기준 개발 및 실증
	건물	데이터센터, 물류센터 등 건물설비 효율 개선	대상 다소비건물 설비 추가 발굴
		AI 데이터센터 차세대 냉각설비 개발 및 부품 국산화	데이터센터 차세대 설비 실증, 데이터센터 에너지 통합관리시스템 개발
	에너지효율등급제 확대(대상확대/기준강화) 및 KS표준 신속 제·개정 및 체계 정비		
데이터센터 통합 성능평가지표 수립			

② 열설비 탈탄소 전환	히트 펌프	재생열 활용 고온·대용량 산업용 히트펌프 국산화 건물 급탕용 공기-물(ATW) 히트펌프 실증 AI 활용 친환경 냉매 개발 및 검증	산업공정별 히트펌프 대표모델 실증 공동주택 히트펌프 대표모델 실증, 한랭지 급탕용 고성능 히트펌프 개발 자연냉매 및 주요 부품 국산화
	전기 가열	금속, 화학 등 업종별 전기 가열설비 개발 디지털트윈 기반 전주기 설계·운영관리	공정별 전기 가열설비 대표모델 실증 디지털트윈 기반 가열공정 효율향상 실증
	히트펌프 재생에너지 인정기준·KS표준·설치기준 마련		
	공정·설비 전기화 전환 변경신고 간소화		

기술개발	기반조성
------	------

□ 기술확산 전략로드맵



수요관리

□ 산업·정책 동향

- (산업) 국내 전력 및 유연성 자원 거래는 전력거래소 중심으로 진행되며, 제주 지역 차세대 전력시장 시범운영으로 국내 수요관리 시장 본격화
- (정책) 제7차 에너지이용 합리화 기본계획('25), 에너지 디지털·인공지능 전환 추진전략('26)을 통해 AI/데이터 중심 수요관리 시스템 고도화 추진

□ 주요 현안

- 산업·건물·수송 부문 전반의 에너지소비 최적화를 위한 AI·디지털화 확산 및 유연자원을 통한 재생e 변동성 대응 강화

 **기업의목소리** "시간/계절별 ▲전력요금 편차나 ▲DR 참여 인센티브가 낮아 수요관리 서비스 경제성 저조, 기업이 원하는 ▲소비 데이터 공개 미흡으로 신규 서비스 창출 제약"

기술개발

- (지능화) 기기/설비별 세부 영역 간 데이터 분절로 설비별 상호운용성이 부족하고, 단순 계측과 분석 위주의 에너지관리시스템 활용도가 제한적
- (네트워크) 재생에너지 보급 편중 및 전력 생산-소비 불균형 심화, 다소비 산업/건물 전기화 확대에 의한 수요변동성 증가 대응 필요
- (유연화) 예측 불가능한 전력부하를 계통에 기여하는 유연성 자원으로 전환하고, 실시간 전력거래시장에 대응하는 수요관리시스템 고도화 필요

기반조성

- (지능화) 다양한 산업에서 생산 중인 데이터의 통합관리 및 공개/활용 미흡, 중소규모 사업장과 민간건물은 운영인력과 예산의 제약으로 도입 의지 부족
- (네트워크) 소비비중이 높은 열에너지 관련 통계, 시장, 배관망 등 인프라 부족, 재생열에너지 인증·거래를 위한 제도적 기반 마련 필요
- (유연화) 다양한 참여주체 간 역할 분담 및 수용성 부족, 수요관리 설비의 초기투자 비용이 높고 경제성 미흡, 수요자원 고장·열화 관련 기준 부재

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 소비 지능화 (DX/AX)	· 소비 영역에서 사용되는 에너지를 실시간으로 계측하고 AI·IoT를 활용하여 사용량을 최적화하는 통합 제어 시스템 기술
② 복합 에너지 네트워크	· 지역 네트워크를 기반으로 전기·열·가스 등 다양한 에너지를 생산·전달·전환·거래하여 에너지시스템 전체의 유연성을 확대하는 기술
③ 수요 유연화	· 다양한 수요자원을 발굴하여 효율적으로 집합·관리하고, 수요자원과 계통 간 연계를 통해 전력망 운영 안정성을 향상시키는 기술

□ 기술확산 추진방향

구분	달성	추진중	목표
기술개발	지능화	업종별 FEMS 실증('25), AI BEMS 개발('26)	산업 업종별 AI 데이터 파이프라인 구축 지원
	네트워크	산단 폐자원활용 복합 에너지 네트워크 실증('25)	건물군 열에너지 수요 관리 기술개발 및 실증
	유연화	양방향 EV충전기 개발 및 상용차 V2G 실증('23)	MW급 대규모 V2G 실증 및 데이터센터 수요자원화
기반조성	제주 실시간 전력시장, 계시별 전기요금제 도입	수요자원거래시장 개편, 열에너지법 제정	시장참여 기준 마련 및 시장 경제성 제고

기술군	단기방향(~'30)		중기방향(~'35)
① 소비 지능화	기반	업종별 데이터 파이프라인 구축 및 레거시 설비 프로토콜 통합	산업별 에너지데이터 스페이스 구축
	시스템	에너지 AI 기반 범용 xEMS 개발 실시간 탄소 추적 및 디지털인증	AI 기반 최적운전, 고장진단·예측 등 에너지 통합제어 및 탄소관리 실증
	데이터 공개 기준 및 정보보호/규제대응 방안 마련 xEMS 단계적 의무화 시행 및 확대 적용		
② 복합 에너지 네트워크	네트워크	공동주택 적용 히트펌프 기반 열네트워크 실증	전기화 공동주택 보급 모델 개발
		전력·열·가스 복합에너지 시스템 구축	대규모 P2H 전력시장 연계 실증
		데이터센터 활용 P2H 섹터커플링	재생에너지 인증·거래 제도 마련
③ 수요 유연화	수요자원	데이터센터/항만/물류센터 등 유연자원 확대	계통연계기준에 맞는 수요자원 최적화 AI 기반 유연자원 통합제어
	DR	적용처 맞춤형 수요반응 자동화 기술	수요반응 자동화 적용처 추가 발굴
		지역단위 유연성자원 통합관리	최적운영 및 지역계통 연계 안정화 서비스 실증
	V2G	V2G 자원예측·제어기술 개발 양방향 V2X 기반 도매시장 대응 VPP 자원검증	전력시장 연계 및 대규모 실증/검증
	계약·정산·소유권 및 책임·보상 등 시장참여 가이드라인 마련 수요자원 및 유연성 시장 경제성 제고		
기술개발		기반조성	

□ 기술확산 전략로드맵

수요관리 핵심기술		연차별 추진 계획												
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표		
소비 지능화 ㉔	• AMI/BEMS/열공급망 데이터 구축 및 제한적 공유 • 계측/분석 중심 EMS 보급	데이터 파이프라인 구축 및 표준화				에너지데이터스페이스						• 부문별 데이터스페이스 구축 • AI 기반 실시간 에너지설비 제어 • 시스템별 탄소배출 실시간 추적 및 인증		
		AI 기반 에너지진단/관리 시스템		AI 기반 에너지설비 통합제어 시스템										
		실시간 탄소 추적 및 디지털인증												
		AI 기반 전력시장 연계 에너지 관리 최적화												
		데이터 공개 기준 및 정보보호/규제대응 방안 마련												
xEMS 단계적 의무화 시행 및 확대 적용														
복합 에너지 네트워크	• P2H,P2G 등 개별자원 단위 기술 실증	전기화 공동주택 제로에너지화		전기화 공동주택 보급 모델								• 전기/열/가스 등 복합에너지 융복합시스템 구축		
		건물군/산업단지 열네트워크												
		미활용열원 기반 집단에너지시스템												
		데이터센터 폐열 활용 열네트워크 ㉔												
		10MW급 복합에너지시스템												
		대규모 P2H 전력시장 연계 실증 ㉔												
재생에너지인입·거래 제도 마련														
수요 유연화	• 수요 감축/증대를 통한 DR시장 참여 • V1G DR시장 참여 및 V2G 실증단계	대규모 수요자원 발굴				AI 기반 유연자원 통합 제어 ㉔						• 차세대 전력시장 연계 수요반응 유연화 (예비력/보조서비스) • 대규모 유연성자원 신뢰성 검증 완료 • VPP-DR 자원 통합 제어 기술 확보		
		계통연계기준에 맞는 수요자원 최적화 ㉔												
		적용처 맞춤형 AI 기반 양방향 ADR												
		지역단위 유연성자원 통합관리		최적운영 및 지역계통 연계 안정화 서비스 ㉔										
		V2G 실증 및 가치평가		전력시장 연계 및 대규모 실증/검증										
		도매시장 대응 VPP 자원검증 ㉔												
		계약·정산·소유권 및 책임·보상 등 시장참여 가이드라인 마련												
		수요자원 및 유연성 시장 경제성 제고												
진행중	기술개발	기반조성										㉔ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역		

진행중

기술개발

기반조성

㉔ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

4 전환 난감축 분야 탈탄소화를 위한 연료전환 기술 혁신

청정수소

□ 산업·정책 동향

- (산업) 대규모 수전해 프로젝트와 생산 기반 확대를 추진중에 있으며, 수소차(승용) 보급은 세계 1위이나 지속 성장중인 대형 모빌리티는 열위
* 200MW 수전해 플랜트(H社, 새만금), 500MW급 알칼라인 수전해 설비 생산 공장(B社, 함안) 계획
- (정책) 국가온실가스감축목표(NDC)는 청정수소 공급체계 구축과 대형 모빌리티·수소환원제철 등 탄소 난감축 분야의 수소 활용 확산 초점

□ 주요 현안

- 청정수소 생태계 조성을 위한 대규모 그린수소 생산체계 구축, 대형 모빌리티(항만·선박·건설기계 등) 다각화 등 수소 활용 확산 필요

 **기업의목소리** "국내 청정수소 생태계 구축을 위한 ▲기술, ▲표준·인증, ▲안전·인허가 기반 미흡에 따른 ▲안정적 공급망 구축 및 ▲신속한 사업화·시장확산 한계 존재"

기술개발

- (수전해) 국내 수소 자립 기반 강화 및 안정적 공급망 확보를 위해 수전해 타입별* 시스템 대형화 및 플랜트 운영 등 대규모 생산체계 기반 필요
* 양이온 교환막 수전해(PEMEC), 알칼라인 수전해(ALKEC), 고체산화물 수전해(SOEC) 등
- (수소모빌리티) 모빌리티 분야의 탄소중립 요구가 높아짐에 따라 다양한 대형 모빌리티의 운행 환경에 적합한 성능 구현 기술 확보 필요

기반조성

- (수전해) 대용량 스택 표준 부재로 제품 신뢰성 확보 및 시장 진입 애로, 실증 기반·제도적 지원 부족으로 수요 창출 및 사업모델 검증 한계
- (수소모빌리티) 안전·인허가 기준 미비로 기술개발 성과의 사업화 지연, 항만·선박 실증 환경 부족으로 수소 활용·확산 제약

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 수전해	· 청정수소의 대량생산과 부하변동 대응성 개선을 위해 대용량 스택 핵심소재 및 부품 양산기술, 내구성 확보와 시스템 단위 효율화 등
② 수소모빌리티	· 대형 수소모빌리티용 연료전지 시스템의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 고성능·고내구성 파워팩 개발 및 제품 다각화 기술

□ 기술확산 추진방향

구분	달성	추진중	목표
기술개발	수전해 시스템 개발 알칼라인 2MW, PEM 1MW	50MW 수전해 단지 구축 및 그린수소 생산 실증	수백MW급 수전해 단지 구축 및 운영
	세계 최초 14톤급 수소 굴삭기 개발 및 실증	대형 모빌리티용 고내구· 고효율·저가 스택 개발 등	탄소 난감축 분야 중심 수소모빌리티 제품 다각화
기반조성	수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률 시행('21)	수소 제품·설비 인증 및 안전·인허가 체계 운영 中	안전 기준 세분화 및 인허가 제도 정비 방안 수립

기술군	단기방향(~'30)		중기방향(~'35)	
① 수전해	PEMEC, ALKEC	5MW급 시스템 기술개발	플랜트형 BOP(주변기기) 등 개발	
	SOEC	3MW급 플랜트 설계 및 실증	10MW 플랜트 운영 실증	
	플랜트	15MW급 그린수소 생산 플랜트 구축 및 실증	플랜트 대형화(50MW급) 및 운영 실증	
	대용량 수전해 스택 표준 개발 방안 수립 (표준 평가모델 수립 및 검증 인프라 고도화)			
	수요연계형 비즈니스모델 실증R&D 및 시스템 실증을 위한 규제자유특구 지정			
② 수소 모빌리티	비도로	수소 지게차·중대형 굴착기 실증	상용화 및 비도로 모빌리티 다각화	
	항만	수소 기반 항만 물류장비 개발 및 검증	장기운전 및 무인 자율주행 신뢰성 검증	
	선박	액화수소 추진 선박 시스템 개발	대형 액화수소 추진 선박 신뢰성 검증	
	수소 보급 확대를 위한 안전기준 세분화 및 인허가 제도 정비방안 수립			
	수소 기반 친환경 항만 물류체계 및 선박 실증 환경 조성			

기술개발

기반조성

□ 기술확산 전략로드맵

청정수소 핵심기술		연차별 추진 계획												
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표		
수전해	• 시스템 용량 - (PEMEC) 1MW - (ALKEC) 2MW - (SOEC) 100kW • 시스템 효율 - (PEMEC/ALKEC) 60kWh/kgH₂ - (SOEC) 42kWh/kgH₂ • 수전해 시스템 개발 및 국산화 추진 중	PEMEC 5MW급 시스템										• 시스템 용량('35) - (PEM/ALKEC) 20MW - (SOEC) 10MW • 시스템 효율('35) - (PEM/ALKEC) 52kWh/kgH₂ - (SOEC) 38kWh/kgH₂ • 플랜트 규모 - ('30) 15MW - ('35) 50MW		
		ALKEC 5MW급 시스템												
		E-BOP(전력변환기 등)												
		M-BOP(수소정제기 등)		플랜트형 BOP(주변 기기) 등										
		(플랜트) 15MW급 플랜트 구축 및 실증		50MW급 그린수소 생산 플랜트 운영 실증										
SOEC 100kW급 시스템		3MW급 플랜트 설계 및 실증		10MW급 플랜트 운영 실증										
		대용량 수전해 스택 표준 개발 방안 수립(표준평가모델 수립 및 검증 인프라고도화)												
		수요연계형 비즈니스모델 실증R&D 및 시스템 실증을 위한 규제자유특구 지정												
수소모빌리티	• 출력 밀도 : 2.5kW/L • 내구 : 10년 • 효율 : 55% • 연비 : 13km/kgH₂ • 대형 모빌리티용 고내구·고효율·저가 스택 개발 중	(비도로) 수소 지게차 실증										• 출력 밀도 - ('30) 4.0kW/L - ('35) 6.76kW/L • 내구 - ('30) 10년 - ('35) 15년 • 효율 - ('30) 60% - ('35) 65% • 연비 - ('30) 15km/kgH₂ - ('35) 18km/kgH₂ * 상용 엔진 수준의 내구성, 경제성 확보		
		(비도로) 수소 기반 중대형 굴착기 장기 실증												
		(항만) 청정수소 항만 물류 운송 장비 파워팩												
		수소 기반 항만 물류장비 기술 및 검증		장기운전 및 무인 자율주행 신뢰성 검증										
		(선박) 200kW급 선박용 파워팩												
		액화수소 추진 선박 시스템		대형 액화수소 추진 선박 신뢰성 검증										
		수소 보급 확대를 위한 안전기준세분화 및 인허가 제도 정비방안 수립												
		수소 기반 친환경 항만 물류체계 및 선박 실증 환경 조성												
진행중	기술개발	기반조성										Ⓢ : 공공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역		

진행중

기술개발

기반조성

Ⓢ : 공공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역

□ 산업·정책 동향

- (산업) 핵심기술은 정부 R&D를 통해 추격하였으나, 기술 상용화 및 규모의 경제 확보를 위한 상용급 실증사업 추진 필요
- (정책) 이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률(CCUS법) 제정 후 온실가스 감축목표 달성 가속화 위해 하위법령 정비, 권역별 클러스터 구축계획 수립 및 재정·제도적 종합 지원체계 마련 추진 중

□ 주요 현안

- 국가 온실가스 감축목표('30년 1,120만톤, '35년 최대 2,030만톤) 달성을 위한 전주기 통합 실증, 제도·재정지원 체계 마련 등 산업생태계 조성 필요

 **기업의목소리** "기술 혁신과 함께 인프라 구축으로 산업 생태계 활성화 필요"

기술개발

- (포집) 대형 배출원 대상 준상용급(연 40만톤) 통합 포집 공정 최적화 및 직접공기포집(DAC)·BECCS 등 차세대 혁신소재 기술 확보 필요
- (저장) 중규모 실증 및 추가 저장소와 전주기(포집-수송-저장) 연계 기술 및 인프라 구축 확보 필요
- (활용) 광물탄산화 기반 건설제품의 조기 상용화와 철강, 시멘트, 석유화학 부생가스 내 유용성분 이용 메탄올, 폴리에틸렌 등 화학적 전환 실증 다변화가 요구

기반조성

- (포집) 설비 대형화에 따른 초기 투자·운영비(CAPEX/OPEX) 부담 가중 및 감축량 인정 기준 미비로 인한 민간의 자발적 투자 유인 부족
- (저장) 국경 통과 CCS 제도적 공백과 다부처 복잡 인허가 체계, 허브·배관망 등 대규모 공용 인프라 구축 지연
- (활용) 기술 유형별 배출권 산정 표준체계 부재 및 기존 제품 대비 높은 원가 열위로 인해 초기 판로 개척 및 시장 형성 지연

□ 핵심 기술

기술군	주요내용
① 탄소 포집(Capture)	· 난감축 산업(철강, 시멘트, 석화 등) 및 발전 대규모 배출원 대상 저비용·고효율 포집 기술 등(연 40만톤, 30% 이상 비용저감, ~'30)
② 탄소 저장(Storage)	· 대용량 저장소 확보(탐사·평가), 저장소 구축·운영(수송·주입), 모니터링 기술 등(연120만톤, 처리비용 33% 이상 절감, ~'35)
③ 탄소 활용(Utilization)	· 광물탄산화(콘크리트, 건설제품 등) 상용화, 석화 공급망 다변화 위한 화학적 전환(e-Fuel 등) 기술 등(연 3.7만톤, ~'30)

□ 기술확산 추진방향

구분		달성	추진중	목표
기술 개발	포집	10MW급 발전 습식 연속운전 및 상용급 설계기술 확보	다배출 업종(철강·시멘트·정유 등) 맞춤형 소규모 포집 실증 中	준상용급(연 40만톤) 통합 포집 실증 및 비용 30% 이상 저감(30)
	저장	해양 소규모(100톤급) 주입 및 서해 대륙붕 저장소 탐사	다배출원 전처리-액화-병커링 허브터미널 실증 中	중규모(연 40만톤) 통합 실증
	활용	메탄올 제조(45톤/일) 및 건설 소재 광물화(40톤/일) 운전	광물탄산화 CCU건설제품 상용화 및 연료전환 실증 中	포집 연계 준상용급(100톤/일) CCU 생산 시스템 통합 실증
기반조성		CCUS법 제정·공표를 통한 기본 틀 완비	CCUS 고시·기본계획 및 공동 인프라 구축 中	감축량 산정 인증 및 산업 지원 제도(금융, 보조 등) 마련

기술군	단기방향(~'31)	중기방향(~'35)
① 탄소 포집	준상용급(연 40만톤) 통합 포집 설비 실증 다배출 업종별(철강·시멘트·정유 등) 공정 최적화 기술 확보	대규모 상용급(연 100만톤 이상) 설비 보급 저비용 고효율 포집 원천기술 고도화를 통한 포집 단가 및 운영 비용 30% 이상 저감 달성
	CCUS법 하위법령 정비 및 배출권 인정 확립 탄소차액보상제(CCFD) 지원	
② 탄소 저장	CO ₂ 저장 적정성 평가 및 주입 기술 내재화	대규모 상용급 지중저장 통합 실증 체계 고도화
	다중배출원 전처리-액화-병커링 허브 기술 국산화	대규모 CCS 저장소 인프라 구축·운영
	저장소 확보 및 CCUS 집적화 단지 조성을 통한 지원체계 강화 다부처 CCUS 실증 특례 확대 및 사업기준 정립	
③ 탄소 활용	CCU건설제품(시멘트, 콘크리트 등) 상용화 기술 및 품질인증체계 확보	산업 연·원료화(e-Fuel 등) 및 고품위 폴리올·폴리우레탄 화학적 전환 제조 상용급 실증
	부생가스 활용 메탄올 제조 및 화합물 전환 실증	
	부처 합동 'CCU 기술·제품 인증제' 수립 저탄소 제품 공공조달 의무비율 신설 및 구매 보조금 기반 초기 수요 견인	
기술개발	기반조성	

□ 기술확산 전략로드맵

- (포집-저장·활용 연계) 탄소 저장 및 활용 기술의 실효성 확보를 위해 포집 공정과의 유기적 연계가 필수적임에 따라, 본 마일스톤에서는 '포집 연계형 저장 및 활용' 체계로 통합 이행 계획 수립

CCUS 핵심기술		연차별 추진 계획												
기술군	현재 수준	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	목표		
탄소 저장 (포집 연계) ㉔	• 포집 일 최대 200톤 규모 • 주입 100톤 이력	CO ₂ 전처리-액화-병커링 실증기술										(‘30) • 포집 일 최대 1천톤급 규모		
		LNG 배가스 포집	LNG 복합발전 연5만톤급 CO ₂ 포집설비 유연운전 기술				난감축 산업 단지 상용급 포집 실증(연 80만톤급)					(‘35) • 포집 일 최대 3천톤급 규모		
		폐경도 육상 저장		CO ₂ 저장용량 실측·정밀 평가 및 고정밀·고안전성 주입 기술								• 연 120만톤 규모 저장소 구축·운영		
							CCS 모니터링 기술통합 및 실증							
							연 120만톤 대규모 CCS 저장소 구축·운영(재정예타)							
저장소 확보 추진 및 CCUS 집적화 단지 조성을 통한 지원체계 강화														
다부처 CCUS 실증 특례 확대 및 사업기준 정립														
탄소 활용 (포집 연계) ㉔	• 기존 제품 대비 활용 제품 가격경쟁력 180% 이상 • 포집 연계 활용 1~20톤/일 수준	메탄올 제조	철강 부생가스 내 유용성분 이용 CO ₂ 저감 기술									(‘30) • 활용 제품 가격경쟁력 140% 이하		
			시멘트·콘크리트 CCU 건설제품 상용화									• 포집 연계 활용 100톤/일 수준		
		폴리우레탄 제조	CO ₂ 기반 고품위 폴리올·폴리우레탄 제조 및 공정 패키지 기술 및 실증											
			원료가변 CCU 탄산염 공정 및 소재화 실증											
		부처 합동 ‘CCU 기술·제품 인증제’ 수립												(‘40) • 활용 제품 가격경쟁력 100%
		저탄소 제품 공공조달 의무비율 신설 및 구매 보조금 기반 초기 수요 견인												• 포집 연계 활용 1,000톤/일 수준
진행중	기술개발	기반조성		㉔ : 공기업의 실증·연계 등 협력이 가능한 기술 영역										