

보도시점 2024.12.18.(수) 06:00 < 12.18.(수) 석간 > 배포 2024. 12. 17.(화)

탄소중립·에너지 안정성을 위한 중장기 에너지기술개발 청사진 마련

- 「제5차 에너지기술개발계획」, 12월 18일 국가과학기술자문회의에서 확정
- 경제적 파급효과 59조원, 기술자립화율 80→90%, 사업화율 42→50% 상향 추진

탄소중립·에너지 안정성 제고를 위한 에너지기술개발의 중장기 청사진이 관계부처 합동으로 수립되었다. 산업통상자원부(장관 안덕근, 이하 산업부)는 12월 18일(수) 국가과학기술자문회의 운영위원회에서 중장기 에너지 연구개발(R&D) 투자전략을 담은 「제5차 에너지기술개발계획(안)(이하 에너지기술개발계획)」을 확정하였다.

「에너지기술개발계획」은 ‘탄소중립·에너지 안정성 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성’을 중장기 비전으로 설정하고, 에너지 ‘공급-전달체계-수요’ 부문의 전주기 기술개발과 연구개발(R&D) 생태계 조성을 내용으로 한 4대 전략과 14대 과제를 수립하였다. 이번 계획의 중점 추진 사항은 다음과 같다.

첫째, 합리적인 에너지 전환을 위해 무탄소 에너지의 기술경쟁력을 강화한다. 차세대 원자력, 재생에너지, 청정수소 등 주요 무탄소에너지의 핵심기술 확보를 추진한다. 소형 모듈형 원자로(SMR), 차세대 탠덤전지 등의 기술개발을 지원하여, 원전의 활용도 증가와 재생에너지의 체계적인 확대 등을 추진한다. 이를 통해 국내 에너지산업의 수출동력화를 도모한다.

둘째, 전력사용 확대에 따라 유연하고, 안정적인 에너지망을 확보한다. 기후변화·전기화 등에 따른 전력 수요 급증에 대응하여 송전제약 완화를 위한 고압직류송전기술(HVDC) 대용량화를 추진한다. 또한, 전력계통 감시·해석기술 고도화, AC/DC 혼용 배전망, 에너지저장 시스템 다각화 등으로 계통의 강건성과 유연성을 제고한다.

셋째, 탄소중립 이행을 위해 고효율·청정 에너지 사용구조로 전환한다. 차세대 전동기 등 효율향상 기술개발과 고효율 제품 보급을 연계하여 에너지 사용의 초고효율화를 추진한다. 또한, 업종별, 건물별 특성에 맞춘 수요관리

기술 및 히트펌프 개발 등을 통해 산업·건물 부문 에너지 사용 최적화를 달성한다. 아울러, 수소 모빌리티 적용처 확대와 재생합성연료(e-fuel) 등의 대체연료를 개발하여 비배터리 수송 분야의 연료전환을 지원한다.

넷째, 미래지향적이고 성과중심적인 에너지 연구개발(R&D) 생태계를 조성한다. 세계 최초·최고에 도전하는 도전혁신 연구개발(R&D) 투자를 확대하고, 규제개선으로 시장병목을 해소하여 연구개발(R&D) 성과의 확산을 지원한다. 또한, 안전시험 검증센터를 통해 실증·사업화 단계의 안전성을 제고 한다. 아울러, 최정상급 융합인력양성 프로그램 확대 등으로 에너지산업의 인재를 육성하고, 글로벌 시장 선점을 위해 주요국과의 국제 공동연구를 확대한다.

최연우 에너지정책관은 “제5차 에너지기술개발계획의 차질없는 이행을 위해 연차별 실행계획 수립·이행은 물론, 향후 에너지 연구개발(R&D) 투자방향에 적극 반영함으로써 에너지기술을 통해 탄소중립과 에너지 안보 달성을 가속화해 나가겠다”고 밝혔다.

- 【붙임】 1. 제5차 에너지기술개발계획 주요내용
2. 에너지기술개발 로드맵 기술분야별 추진전략

담당 부서	에너지정책관 에너지기술과	책임자	과 장	서성태 (044-203-5150)
		담당자	사무관	남경석 (044-203-5155)
		담당자	사무관	정지훈 (044-203-5151)



붙임 1 「제5차 에너지기술개발계획(안)('24~'33)(안)」 주요내용

1. 수립배경

- **(이유)** '새정부 에너지정책 방향' 등 주요 정책의 목표 달성을 위해 중장기 R&D 투자전략 및 제도운영에 대한 계획 수립
 - 효율적이고 환경친화적인 에너지수급 구조를 실현하기 위한 에너지 기술개발의 중장기 목표, 기본방향 및 중점과제 등을 반영
- **(근거)** 「에너지법」 제11조에 따라, 효율적이고 환경친화적인 에너지 수급 구조를 실현하기 위해 5년 주기로 10년 단위 법정계획 수립
- **(경과)** 분과위원회 운영*을 통해 에너지기술개발계획안 마련('24.4월~9월), 이후 에너지기술기반전문위원회(11.15) 검토 및 공청회 개최(11.22) 완료
 - * 산학연 전문가 75명으로 구성된 6개 분과(에너지 공급·망·수요·열·순환·총괄) 20회 개최, 또한 본 계획에 이어 발표되는 기술로드맵 수립을 위해 총 110명 9개 분과 운영중(~'25.1월)

2. 주요내용

① 대내·외 에너지 환경변화

- **(탄소중립)** 주요국의 탄소중립 법제화 등 기후변화 대응 체제 본격화
- **(에너지안보)** 글로벌 에너지 공급망 위기 대응 및 무탄소 전원 확보 가속화
- **(디지털 확산)** 디지털을 활용한 탄소중립 촉진과 전력 수요 감축 노력
- **(혁신형 R&D)** 경제·사회 난제 해결을 위한 R&D 전략성 강화

② 비전 및 목표

- **(비전)** 탄소중립·에너지 안정성 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성
- **(목표)** ① 국내 에너지산업 글로벌 경쟁력 확보(경제적 파급효과 59조원 달성)
 - ② 무탄소에너지 시스템의 기술자립화 실현(기술자립화율 상향 10%p ↑)
 - ③ 에너지R&D 사업화 성과 제고(기술사업화율 제고 10%p ↑)

3 현황 및 개선방향

- 무탄소에너지 확보, 안정적인 에너지 시스템 구축, 온실가스 저감 등 에너지안보 강화와 탄소중립 이행을 위한 에너지기술개발 방향 제시

< 에너지 분야별 현황 및 개선방향 >

현황 및 한계점	개선방향
1 에너지 공급 <ul style="list-style-type: none"> ○ 중국산 저가 태양광 공세로 산업공급망 약화 ○ 원전 성능향상 및 차세대 기술확보 지연 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 청정에너지의 안정적 공급 기반 구축 ○ 선도적 기술개발로 글로벌 시장 경쟁력 강화
2 에너지 망 <ul style="list-style-type: none"> ○ 신재생 발전 비중 확대로 전력망 안정성 저하 ○ 유연한 전력망 운영기술의 상용화 지연 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기화, 분산자원 확대 등에 대응 유연하고 안정적인 에너지망 구축을 위한 기술개발
3 에너지 수요 <ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지 수요 부문 R&D의 경제적 성과 저조 ○ R&D 성과물 사용 부진 등 현장 수용성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지 설비의 고효율화 및 부문별 에너지 사용 최적화 기술 확보 ○ 산업·건물·수송 시장의 기술 수용성 강화
4 에너지R&D 혁신기반 조성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술 수준 및 경제적 파급효과 정체 ○ 인허가 등 규제 장벽으로 실증연구 지연 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 임무형·도전혁신 R&D 확대 ○ 에너지R&D 전주기 관리 강화

4 중점 추진전략 : 4대 전략 · 14대 과제

전략 1 무탄소에너지 확대를 위한 기술경쟁력 강화

- ① **(원자력)** 원전 활용 확대 및 안정성 강화를 위한 SMR, 혁신제조, 차세대 핵연료, 탄력운전 등 기술개발, 원전수출을 위한 설계 고도화
- ② **(재생e)** 태양광의 사용처 다변화 기술 및 초대형 해상풍력 시스템·단지 개발, 차세대 초고효율 탠덤 태양전지의 조기 상용화
- ③ **(수소)** 청정수소의 경제성 확보를 위해 대용량 청정수소 생산 시스템 개발, 대규모 청정수소 저장·운송·활용 등 전주기 기술 혁신
- ④ **(청정화력)** 에너지공급 시스템의 무탄소화 촉진을 위해 고효율 수소 전소터빈, 암모니아 고훈소 기술, CCUS 실증 및 기술개발 추진

전략 2 유연하고 안정적인 에너지망 구축

- ① **(송전제약 완화)** 급증하는 전력수요 충족을 위해 기존 전력망 기반 송전용량 증대 기술 확보 및 GW급 HVDC 기술 개발
- ② **(계통 강건성 확보)** 분산전원 확대에 의한 계통 불안정 대응을 위해 계통 안정화 설비 및 스마트 감시·해석기술 개발, 전기설비 안전 고도화
- ③ **(배전 유연성 제고)** 지능형 배전 운영 기술 개발, AC/DC 혼용 배전 기술 확보, 유연자원 운영 모델 최적화로 분산자원 계통수용성 제고
- ④ **(에너지 저장 확대)** 전지 활용 에너지저장 시스템의 경제성·안전성 제고, 양수·압축공기·열 등 비전지 기반 에너지저장 시스템 다각화

전략 3 에너지 사용의 고효율·청정화

- ① **(기기 고효율화)** 에너지 다소비 기기 및 시스템의 초고효율화 및 고효율 제품의 보급 연계 강화 R&D 추진을 통해 에너지 사용량 저감 촉진
- ② **(수요관리 최적화)** 고효율 에너지 설비 개발, 지역 단위 실시간 수요 예측 및 반응 기술 확보를 통해 에너지 수요관리 최적화
- ③ **(열사용 최적화)** 산업·건물 부문 열에너지 공급·순환·회수 시스템 설계 및 이용 최적화 기술 및 고효율 전기 히트펌프 개발
- ④ **(수송 연료전환)** 수송분야 탄소중립을 위해 수소 활용 차세대 모빌리티 시스템 및 바이오, e-fuel 등 대체연료의 경제적 생산기술 개발

전략 4 R&D 혁신 생태계 조성

- ① **(통합지원)** R&D 결과물의 시장 진입 및 파급효과 촉진 지원
 - 세계최고, 세계최초에 도전하는 도전혁신 R&D 확대
 - 시장진입 병목 해소로 R&D 성과의 시장확산 가속화
 - 데이터 기반 R&D 기획 등 전략적 의사결정 체계 구축
- ② **(생태계)** 미래지향적 에너지R&D 생태계 구축
 - 미래 에너지산업 수요에 기반한 글로벌 융합인재 육성
 - 글로벌 협력 주도로 K-ET(Energy Technology) 브랜드 확산
 - 순환경제를 위한 탄소발자국, 핵심광물 재자원화, 제품 재사용 기반구축

5 기대효과

경제적 파급효과

59조원 달성



기술자립화율 상향

80.6%

90%

2023

2033

기술사업화율 제고

42.9%

50%

2023

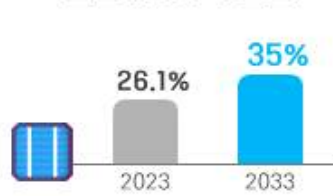
2033

1. 무탄소에너지 확대를 위한 기술경쟁력 강화

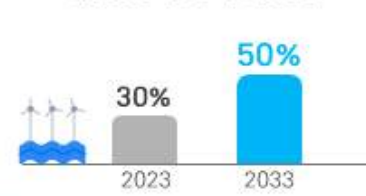
차세대 SMR 건설단가



탠덤태양전지 효율



해상풍력단지 이용률



청정수소 생산 시스템 대형화

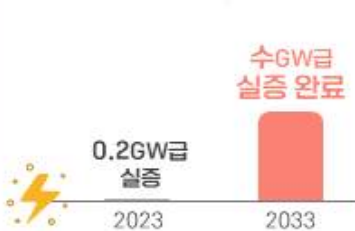


수소 전소터빈 상용화



2. 유연하고 안정적인 에너지망 구축

송전손실 저감을 위한 HVDC 기술



분산전원 연계 효율성 제고



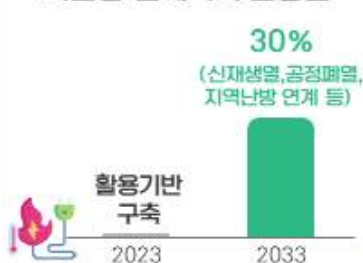
ESS 안전성 제고

ESS 안전 기술 국제 표준 및 국가표준 제·개정 완료
안전기술 클러스터 구축

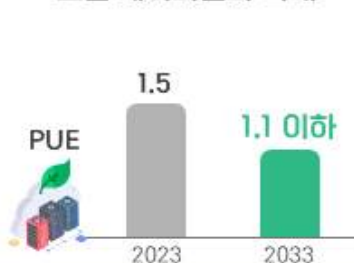


3. 에너지사용의 고효율·청정화

미활용 열에너지 활용률



그린 데이터센터 확대



전기차

V2G 상용화



수소모빌리티

항공모빌리티 실증



대체연료

SAF 확대

전략	기술분야	R&D 전략과제	R&D 목표('33)
무탄소 에너지 확대를 위한 기술 경쟁력 강화	원자력 (11)	① 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)	· ('28) 표준설계 인허가 → ('33) 건설 인허가
		② 다목적/고도화 소형모듈원자로(SMR)	· 내륙용/다목적 SMR 실증/인허가
		③ 차세대 경수로 핵연료(LEU+)	· 농축도, 연소도 ('24) 5% 이하, 제한된 연소도 ('33) 7~8%, 68GWD/MTU
		④ 대형원전의 탄력운전	· 일일부하추종 기능 강화
		⑤ 원전 연계 청정수소 생산	· 10MW급 저온수전해 연계기술, 고온수전해 연계 기술 확보
		⑥ 대형원전의 수출경쟁력 및 활용성 강화	· 최신 유럽요건 반영 APR 원전의 핵심안전기술 적용
		⑦ 원전 혁신제조 공정, 소재·설비	· 핵심 제조 설비 국산화 및 제조 공정 기술 표준화
		⑧ 원전해체 기술 자립화	· 대형원전 대상 제염/절단 및 철거 경험 축적
		⑨ 고준위 방폐물의 전주기 핵심기술 개발	· 심도 500m 이상 지하연구시설을 활용한 처분 기술 실증
		⑩ 중저준위 방폐물 복합처분시설 안정성 강화	· 중저준위 방폐물 처분안전 관리 고도화
		⑪ 가동원전 안전성 향상	· 고장/사고 최소화를 위한 혁신 예측 기술 개발 및 실증
	수소 (8)	① 대용량 청정수소 생산 시스템 상용화	· ALKEC, PEMEC 시스템 100MW 실증 · AEMEC 시스템 5MW 실증 · SOEC 시스템 10MW 실증
		② 수소충전 인프라 기술 고도화	· 최대 충전 속도 : G2G(180g/s), L2G(180g/s), L2L(400g/s)
		③ 암모니아 기반 고효율 수소추출	· 추출 공정 효율 ('24) >75% → ('29) >85%
		④ 배관망 운송기술 고도화	· 수송배관 항복강도, 구경 485MPa, 16inch (SUS배관)
		⑤ 건물 에너지자립율 향상 위한 저온형 연료전지	· (효율) 도시가스 기준 40%, 수소기준 60% · (내구성) 스택기준 10년 · (가격) 시스템 기준 600만원/kw · 종합효율 90%
		⑥ 분산전원용 고온형 연료전지의 경제성 확보	· (효율) 도시가스 기준 60%, 수소기준 60% · (내구성) 스택기준 7년 · (가격) 시스템 기준 300만원/kw
		⑦ 수소 모빌리티용 연료전지 시스템 고도화	· 스택 출력밀도/효율 향상 ('24) 2.5kW/L, 60% → ('33) 5kW/L, 65%
⑧ 수소 전주기 안전관리 강화	· 자율안전관리 ALFUS Level : Level 7~8 · 수소 전주기디지털 검사 인증 체계(신뢰도 95%)		

유연하고 안정적인 에너지망 구축	태양광 (4)	① 초고효율 탠덤 태양전지 및 모듈	• 태양전지 효율 향상 (24) 26.1%(260cm ²) → (33) 35%(≥274cm ²) 상용화
		② 사용처 다변화 태양광 시스템	• 시스템 LCOE 0.03\$/kWh
		③ 디지털 기반 태양광 O&M 표준 연계 기술	• 태양광 O&M 표준 제정
		④ 태양광 전주기 탄소배출 최소화	• 시스템 전주기(30년) 탄소발자국 20g-CO ₂ eq/kWh
	풍력 (4)	① 해상풍력 시스템 제조 경쟁력 강화	• 터빈용량 20MW 이상
		② 부유식 해상풍력 상용화 및 국산화	• 부유식풍력 용량 15MW 실증
		③ 해상풍력 단지개발 기반구축	• LCOE : 유럽>한국>대만 • 이용률 : 50%
		④ 단지운영기술 고도화	• 인력 개입 최소화 자율형 단지 운영
	청정 화력 (3)	① 고효율 수소전소 가스터빈 발전시스템	• 400MW급 수소터빈 기반 효율 65%급 복합발전 상용화
		② 50% 이상 고흡소율 암모니아 혼소 발전	• 1,000MW급 보일러 암모니아 혼소 50% 실증 및 보급
		③ 고효율/친환경 암모니아 가스터빈	• 40MW급 유연발전용 암모니아 가스터빈 개발
	전력 (8)	① 비증설 대안 기술	• 비증설 대안 기술 국산화
② HVDC		• GW/±525kV급 스테이션실증운영 • MDC 시스템 엔지니어링 기술 확보	
③ 계통안정화 설비		• 관성자원 100MVA급 이상 확보	
④ 안정도 고도화를 위한 감시·해석기술		• 직류송배전 연계망 고해상도 WMU 감시 및 안정도 종합 해석	
⑤ 전기 안전 관리		• 전기화재 15%이하 저감 및 재해정보시스템 구축 운영 • 원격점검/검사/위험예측시스템 구축(신뢰도 95%)	
⑥ 지능형 배전 운영		• 빅데이터AI 기반 배전망 해석 및 구간별 다중고장 복구	
⑦ MVDC		• ±20kV급 AC/DC Hybrid 배전망 적용 확산	
⑧ 유연자원 운영		• VPP 자원 확대 및 총용량 수십GW급 운용 • 100% 신재생 IBR 기반 소규모 전력망 시스템 기술 확보	

	ESS (8)	① 리튬계 전지 기반 ESS 안전성 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 전고체 전지 20피트 컨테이너 기준 8MWh • LiB 기준, 전지 \$50/kWh, 시스템 \$150/kWh • 내구성 20년, 누적 100GWh 보급
		② 비리튬계(나트륨계) 전지 기반 ESS 저가화	<ul style="list-style-type: none"> • 가격 ≤\$80/kWh • 내구성≥20년, 보급≥1GWh
		③ 비리튬계(수계) 전지 기반 ESS 저가화	<ul style="list-style-type: none"> • 광범위 상용화, 시스템 \$200/kWh • 200MMh급 실증, 1,000MMh 보급
		④ Utility급 BESS 운용기술	<ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터/AI 기반 BESS 수명예측 • ESS 대용량·고출력화, 다각화
		⑤ BESS 안전 기술	<ul style="list-style-type: none"> • BESS+UPS시스템 단위 안전성평가 인증 체계 구축 • AI기반 위험예측 진단/자율운전 시스템 구축 * 신뢰도 95%+에너지 손실률≤15%
		⑥ 가변속/대형 양수 기술 국산화	<ul style="list-style-type: none"> • 50MMW급 이상 가변속 양수 주기기 기술 확보 및 실증
		⑦ 입지제약 해소형 압축공기 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 200MMW급 6hr급 D-CAES 상용화 • 무복공 정압식 2MM급 ACAES 실증
		⑧ 고온 열저장 기반 대용량 ESS 기술	<ul style="list-style-type: none"> • LCOS \$0.1/kWh, GWh급 화력 레트로핏 카르노배터리 실증
에너지 사용의 고효율· 청정화	효율 향상 (7)	① 산업용 설비전력사용량 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 전동기 및 유체기기 IE5급 효율 향상 • 유체기기 소비에너지 30% 이상 저감 • 전력변환설비 효율 96~98% 이상
		② 산업용 열설비 탈탄소화	<ul style="list-style-type: none"> • 히트펌프 공급온도 (고온) 200°C, (저온) -120°C • 친환경냉매 GWP (순수) 10이하, (혼합) 150이하 • 무탄소 연료 전소 상용급 실증 완료
		③ 산업 공정에너지 최적화	<ul style="list-style-type: none"> • 미활용에너지 활용비율 30% 이상 • 에너지효율향상 평균 15% 이상
		④ 건물 에너지 효율 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 전전화(全電化) 비율 : 90% • 난방수온 : 35~45°C 적용
		⑤ 건물에너지 최적화	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지자립율 : 120% 이상 • 건물 탄소배출량 감축 : 50% 이상
		⑥ 전기차 충전 인프라 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • 전기차 충전기 효율 : (23) 95% → (33) 96.5%
		⑦ 수송 내연기관 연료 전환을 위한 생산기술	<ul style="list-style-type: none"> • SAF 공정 상용화, e-fuel 상용급 규모 실증
	수요 관리 (4)	① 에너지 AI·빅데이터 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 부문별 전주기 실시간 사용량 데이터 처리 및 활용
		② 지역단위 유연성자원 발굴·운영	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 유연성 자원 신뢰성 검증 완료
		③ AutoDR 도입 및 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 소비자 무자각, 맞춤형 감축 이행 가능한 수요자원 확대
		④ VGI 기술 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • VPP-DR 자원 통합을 통한 VGI 운영 완전 자율화