

# 2025년도 중장기 기술개발 로드맵

Mid/Long-Term Technology Development Roadmap



# 01

---

1. 추진 개요	1
2. 추진 전략	4
3. 기술분류 체계 정립	5

# 02

---

<b>Chapter1. 본원사업 기술 로드맵</b>	
1. 본원사업 기술 로드맵 개요	7
2. 새정부 정책 분석	8
3. 기술목표 도출	10
4. 기술 목표별 로드맵	12

# 03

---

<b>Chapter2. 신사업 기술 로드맵</b>	
1. 신사업 기술 로드맵 개요	94
2. 에너지분야 미래기술 트렌드 분석	96
3. 에너지 신사업 현황 분석	99
4. 기술목표 도출	103
5. 신사업 기술 로드맵	107
6. 신사업 기술 사업화 전략	132



# 01

## 중장기 기술개발 로드맵 추진 개요

### 1. 추진 배경

- 새정부의 정책과 연계한 로드맵 수립으로 국가 성장동력 강화에 기여
- 본원 사업의 경쟁력을 강화하고 유망기술의 선제적 발굴 및 집중 육성
- 「기술개발규정」 및 「연구개발지침」에서 기술개발 전략 수립·운영 명시

- ☑ 「기술개발규정」 주관부서장은 연구개발을 위한 연구개발 사업계획과 중장기 전력기술 개발전략에 관한 계획을 수립, 운영하여야 한다.
- ☑ 「연구개발지침」 주관부서는 회사의 중장기 경영목표와 연계하여 중장기 연구개발전략을 수립하고 운영한다.

### 2. 로드맵 수립 방향

● **본원사업 기술과 신사업 기술 두 축을 중심으로 추진** ●

- 기존 R&D 로드맵의 한계
  - 기존 로드맵은 기술 자체의 개발에 초점을 맞추고 있어 해당 기술이 왜 필요한지에 대한 전략적 타당성이나 시장·사업과의 연계성이 부족
  - 그로 인해 R&D 로드맵이 수립되어도 해당 기술개발이 원활하게 진행되지 못 하거나, 기술개발이 되어도 활용이 어려워지는 한계 존재
    - ※ 최근 3년('19~'21) 주력연구과제 성과활용도는 85% (91건 중 77건)

#### <참고. 그간의 로드맵 추진 현황>

- 2014 ... 전력에너지 R&D 로드맵
- 2016 ... 10대 핵심전력기술 확보 로드맵
- 2019 ... H<sub>2</sub> R&D 비전 로드맵
- 2019 ... 전력그룹사 공동 미세먼지 저감기술 개발 로드맵
- 2020 ... 2030 중장기 기술전략
- 2021 ... 에너지전환 선도 핵심기술 개발전략
- 2022 ... 차세대 전력반도체 기술개발 로드맵

□ 전력시장 환경변화

- 오늘날의 전력시스템은 다양한 전원과 AC-DC 혼용 등 복잡성 증가로 전력시스템에서 발생하는 문제는 과거보다 복잡하고 다차원적이기 때문에 단위 기술개발 중심의 기술로드맵의 한계점 봉착
- 민간기업 및 글로벌 빅테크의 에너지 시장 진입 등 새로운 경쟁자 등장과 'Big Blur' 현상으로 인한 산업 경계의 붕괴로 기존 사업모델만으로는 지속가능한 성장을 담보하기 어려움

□ 로드맵 수립 범위

- (본원사업) 사업부서의 사업계획을 분석하고, 이를 기반으로 핵심 기술개발 목표를 설정 후 목표 달성을 위한 기술개발 전략 구체화
- (신사업) 재생에너지(풍력, 태양광 등), 분산에너지 자원 관리, 데이터센터, ESS, 암모니아 연료전지 5개 분야의 신성장동력 기술을 포괄
- 중장기 기술개발 로드맵은 10년 이상을 계획기간으로 하는 기본계획을 수립하고 수시로 롤링하며, 2년 주기 또는 필요시 전체 로드맵 갱신

▮ 로드맵 수립 방향 변화 ▮



- ① 전주기 기술('14년 이전) : 에너지 분야의 전 기술 영역에 포트폴리오를 구성하고 Tech-Tree 방식으로 로드맵 수립
- ② 핵심기술 중심('14년~'24년) : 핵심기술의 국산화 확보, 기술혁신 촉진, 사업화 연계 등 회사 정책과의 정합성을 고려한 기술전략 수립
- ③ 사업목표 중심('25년 이후) : 본원사업에 대한 현장의 활용성을 높이기 위해 활용부서의 사업목표와 연계된 R&D 전략의 필요성 부각

□ 로드맵 수립 방향 전환

- (As-Is) 단위 기술 중심으로 각 기술은 독립적이며 목적 연계가 미약
- (To-Be) 여러 기술이 하나의 기술목표 달성을 위해 유기적으로 정렬

▮ 로드맵 수립 방향 전환 전후 비교 ▮



### 3. 그간의 추진 경과

- 중장기 기술개발 로드맵 추진계획 수립 ('25.02.17)
  - 본원사업 기반의 R&D와 신성장 동력 발굴 R&D 두 축으로 로드맵 수립
- 기술개발 로드맵 T/F 구성 및 착수회의 ('25.02.27)
  - 활용부서·전력연구원과 T/F를 구성하여 수행(본원사업, 신성장 분과)
- 신성장 기술 발굴 전문가 자문회의 시행 ('25.03.18)
  - 학계, 기업체, 연구소 등 사외전문가 78명 면담
- 활용부서 사업계획 수립 및 검토 ('25.03.29)
  - 본사 15개 처·실(송변전, 배전, 안전 등) 에 대한 사업계획 수립
- 전력연구원 합동 기술도출 회의 ('25.04.09 ~ 04.11)
  - 활용부서 사업계획과 전문가 자문회의 결과를 기반으로 기술분류체계 마련 및 필요기술 도출
- 신성장 기술 '기술자문위원회' 구성 및 착수회의 시행 ('25.05)
  - 기초전력연구원 공동 수행으로 분야별 분과 구성 후 비즈니스 모델 검증 및 필요기술 도출
- 중장기 기술로드맵 타당성 검토 집중회의 ('25.05.28~05.30)
  - 도출된 기술목표 및 로드맵 분석과 활용부서의 의견 수렴
- 활용부서 처·실별 1차 공청회 시행 ('25.08.18~09.03)
  - 활용부서 대상(15개 처·실) 개별 공청회 시행 및 의견 수렴
- 활용부서 처·실 대상 최종 공청회 시행 ('25.11.4)
  - 단·처·실장 및 연구원장 외 관심직원 대상 로드맵 의견수렴 및 반영
- 기술경영회의 심의·의결 ('25.12월/CEO, 경영진 등 참석)

## 02

### 중장기 기술개발 로드맵 추진 전략

비전	본원사업을 뒷받침하고 기술 주도의 성장 견인	
방향	본원사업 기술 로드맵	신사업 기술 로드맵
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 필요한 기술을 적시에 제공</li> <li>◆ 기술별 전략과제 도출/전략 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 사업성과 창출 가능한 기술 개발</li> <li>◆ 보유 기술 활용, New R&amp;D 제시</li> </ul>
목표	◆ [정책사업 연계 강화] 정부 에너지정책 및 활용부서 사업계획과 정합성 확보	
	◆ [핵심 기술 경쟁력 제고] 본원 핵심기술 자립 및 미래 신사업 기술 선도	
	◆ [투자 효율 제고] 중복투자 방지, 우선순위 기반의 전략적 투자체계 확립	
	◆ [성과활용 및 확산 촉진] 사업화를 통한 실질적 산업 파급효과 창출	
전략	◆ [본원사업] 활용부서 사업계획 및 정부 정책을 선제적으로 반영하는 체제 전환	
	◆ [신 사업] 목적성이 명확한 기술개발 체계 마련 및 시장성 고려	

#### 기대효과

- ✓ 비용효과적으로 전력망 적기 건설을 지원하고 전력계통 안정성 강화
- ✓ AI 기반 업무효율 향상, 설비관리 고도화, 중대재해 예방, 사이버 위협 대응
- ✓ 청정연료 연소기술 개발과 석탄화력을 단계적으로 폐지하는 정부 정책 대응
- ✓ 산업 성장이 예상되는 재생에너지 분야의 경쟁력 확보와 사업 다각화 반영
- ✓ 신수익을 창출할 수 있는 사업 발굴로 미래 환경변화 선제적 대응

## 03

### 기술 분류 체계 정립

**본원 사업** 회사의 핵심 사업 영역으로, 장기간 축적된 기술력과 인프라를 바탕으로 안정적인 수익을 창출하는 분야

- **송변전 분야** 발전소에서 생산한 전력을 주요 부하지역으로 효율적으로 전송하고, 변압기, 차단기, 송전선로 등 전력설비 운영하는 기술
- **배전 분야** 변전소에서 가정, 공장 등 최종 수요처까지 전력을 안정적으로 공급하기 위한 배전망 설계, 제어 및 유지보수 기술을 포함
- **ICT 분야** 전력산업 환경 변화에 대응하기 위한 AI, 클라우드, 빅데이터 등 디지털 전환 기술과 설비 운영 및 업무 효율화를 지원하기 위한 기술
- **발전 분야** 화력, 수력, 신재생 등을 포함한 전력 생산 기술과 관련된 운영, 효율 향상, 온실가스 저감, 폐지화력 활용 등의 탄소중립 기술

**신 사업** 본원사업과 연계성을 바탕으로 새로운 매출을 일으킬 수 있는 미래 신성장 분야로 회사의 이익과 국익을 동시에 추구

- **e신사업 분야** 활용부서가 비즈니스 모델을 확보하여 사업을 통해 수익을 발생시키는 분야의 기술 (해상풍력, 태양광, EVC, MG 등)
- **新수익 창출 분야** 향후 시장 확대에 따른 수익구조 다변화의 기회가 있는 분야로 기반 기술이 있으나 비즈니스 모델이 요구되는 기술(데이터센터, 장주기 ESS, 연료전지 등)



Chapter.1

# 본원사업 기술 로드맵



# 01

## 본원사업 기술 로드맵 추진 개요

### 1. 구성체계

□ 로드맵 T/F 구성 : 기술기획처 주관, 활용부서 및 전력연구원 협업

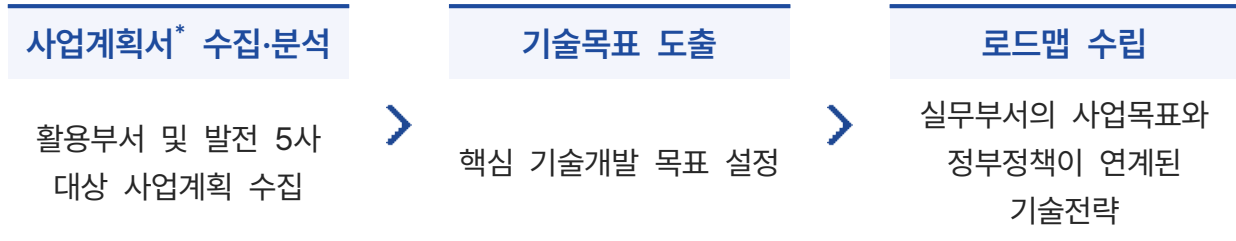


· (활용부서) 연구과제 수요가 있는 본사 15개 처·실\* 및 발전 5사\*\*

\* 본사 : 전력시장처, 정보보안처, 안전혁신단, 배전계획처, 배전운영처, 배전망사업실, ICT기획처, 송변전건설단, 계통기획처, 송변전운영처, 신송전개발처, 계통기술실, 해상풍력사업처, 에너지신사업처, 발전기술처

\*\* 발전 5사 : 남동발전, 중부발전, 서부발전, 남부발전, 동서발전

### 2. 추진절차



\* 사업계획서 : 본사 활용부서가 해결하고자 하는 문제점 달성을 위한 법·제도적, 기술적, 조직·인적, 재정적 등의 다양한 측면에서의 실행 방안을 제시

- ① (사업계획 수집·분석) 활용부서의 문제점·실행 방안 분석 및 니즈 도출
  - 활용부서가 달성하고자 하는 다양한 방안 중 기술적인 부분을 분석
- ② (기술목표 도출) 사업계획서 상 핵심기술 도출 및 개발 목표 설정
  - 세부 필요 기술별 기술개발 일정, 소요 예산, 성과지표 (KPI) 등 설정
- ③ (로드맵 수립) 기술목표 중심의 중장기 기술개발 로드맵 수립
  - 보유 기술 연계성, 활용성 및 사업성 등 검토 후 개발 우선순위 결정

## 02

### 새정부 정책 분석

#### 에너지 고속도로 2030년 서해안 에너지고속도로 및 2040년 U자형 한반도에너지 고속도로 건설

- 기획된 송배전 국가기간 전력망의 적기 건설 및 신규 전력망 확충으로 재생에너지 전력계통 접속 보장 및 안정성 강화
- AI·빅데이터·클라우드 등 ICT가 결합한 재생에너지 생산단지와 대규모 산업지역을 연결하는 분산형 지능형 전력망 인프라 구축
- 해상풍력 등 재생에너지 연계 장거리 송전과 미래 전력계통을 위해 HVDC (초고압 직류송전)를 적극 추진

☑ 해저 송전망의 장거리 송전 효율 향상과 수요지로의 안정적인 전력공급이 가능한 전력망 확보 필요

- GW급 전압형 HVDC 대용량화 (200MW→GW급) 기술 자립
- 조류제어 유연성과 계통 이용률 향상을 위한 다연계 고전압 직류송전 (Multi-terminal HVDC, MTDC) 요소기기 및 엔지니어링 기술 확보

#### AI 고속도로 AI 데이터센터를 국가 SOC로 규정하고, 최신 GPU를 확보한 AI 데이터센터 건설 지원

- 차세대 AI반도체 개발을 지원해 AI 분야 가치사슬의 핵심 분야로 육성
- 정부 예산과 국민편드를 마중물로 100조원 규모의 AI 투자 조성
- 인프라 투자 및 데이터 공유를 위한 글로벌 협력체계 구축

☑ AI 데이터 센터를 국가적 SOC로 규정함에 따라 데이터센터가 급증이 전망되고 이를 위한 전력공급 방안 마련 필요

- 데이터센터 UPS전원 (ESS)을 전력계통 유연자원 (DR, VPP 등)으로 활용
- 많은 전력을 사용하는 데이터센터의 전력을 친환경 에너지로 공급
- 데이터센터 자체 전력 소비효율을 향상하여 전력공급 부담 경감

## 지역 분산형 에너지 체계 수요의 분산으로 지역 기반 에너지 생태계 활성화

- 수요지에서 생산하는 재생e 보급 확대로 안정적·균형적 에너지 공급
- 소규모 분산전원을 하나의 발전소처럼 운영하는 통합발전소 (VPP) 구축
- RE100과 분산전원을 고려한 지역연계형 데이터센터 구축 및 지자체 주민 인센티브 마련

☑ 분산에너지 활용 수요지 인근 재생e 발전량을 지역 내 배분하여 전력망 건설 최소화 및 e자립도 제고 필요

- VPP 사업 범위를 PV, ESS 외 DR, V2G 등 다양한 재원으로 확대
- ISO-DSO 연계 공급 및 수요혼합형 VPP 운영기술 개발 및 실증

## 재생e 공급확대 재생e 확대에 따른 전력공급 유연성 및 전력 ICT 강화

- 섹터 커플링에 대한 연구개발 확대, 전기자동차 배터리 (이동형 ESS)를 활용한 유연성 확보, 태양광·풍력을 국가전략기술에 포함

☑ 다양한 분산 전원 자원과 유연성 자원을 실시간 감시제어가 가능한 기술 필요

- 양방향 충방전을 위한 V2G (Vehicle to Grid) 기술 고도화
- 태양광, 풍력 등 다양한 멀티에너지의 최적화 운영 모델 개발
- 대규모 해상풍력단지 공동접속설비 설치·운영에 관한 가이드라인 제정

## 03

# 기술목표 도출 (3개 분야 17대 기술목표)

### 기술분야

새정부 정책과 활용부서의 사업계획서를 토대로 도출

#### 1. 지속가능한 전력망

- 에너지 고속도로 정부 정책을 이행하기 위한 전압형 HVDC 기술개발과 재생e, ESS 등의 분산 에너지를 실시간으로 제어할 수 있는 차세대 지능형 DC 배전망 구축 요구
- 급증하는 재생e 발전량을 수요처로 공급하기 위해 적기에 전력망을 건설해야 하고, 무분별한 전력망 건설 지양 및 건설 여건 악화에 따른 지연 상황에 대비 필요
- 인버터 기반 설비 (IBR)가 급증함에 따라 전력망의 안정도가 저하가 예상되어 안정도 향상을 위한 설비와 관련 기술이 요구

#### 2. AI for Energy

- 전력망과 IBR기반 설비 증가로 지속적으로 취약해지는 전력망의 관리 업무에 AI를 접목하여 운영효율화와 고장 최소화를 추구
- 현장의 위험 요소로부터 산업재해를 근본적으로 예방하고, 외부 사이버 공격에 대응하기 위한 AI 보안기술 접목 선제적 예측·예방

#### 3. 탄소중립 실현

- 2040년까지 석탄화력을 폐지하는 정부정책에 따라 기구축된 기존 발전소 부지의 장점을 활용하는 방안 마련 필요
- NDC (국가 온실가스 감축목표) 달성을 위해 지속적이고 실질적인 온실가스 감축 노력이 필요

□ 세부 기술목표

01  
Sustainable  
Grid  
지속가능한  
전력망

▪ 신속한 전력망 건설

- 기술목표1 에너지 고속도로와 차세대 DC 전력망 기반 구축
- 기술목표2 전력망 건설 기술 혁신과 주민수용성 향상
- 기술목표3 지역단위 재생e 및 수요 예측 통한 정밀한 계통계획

▪ 재생에너지 접속 확대 및 통합 관제

- 기술목표4 송전제약 완화를 위한 송전용량 증대 기술 개발
- 기술목표5 재생e 및 전력망 실시간 통합 관제 체계 구축

▪ 전력계통 안정도 향상

- 기술목표6 재생e 연계 계통 전기품질 유지와 전력설비 고성능화
- 기술목표7 유연자원 개발·운영 및 협조체계 구축

02  
AI for Energy  
에너지를 위한 AI

▪ 전력설비 관리 고도화

- 기술목표8 업무 효율 향상을 위한 전력특화 AI 개발
- 기술목표9 AI 기반 전력설비 자산관리를 통한 투자 최적화
- 기술목표10 지능형 디지털 발·변전소 및 전력망 자율운전 기술 확보

▪ 중대재해 근절 및 사이버 위협 대비

- 기술목표11 자율적 위협 대응이 가능한 지능형 안전관리
- 기술목표12 외부 공격의 탐지·방어를 위한 차세대 사이버 보안 기술

03  
Net Zero  
Energy  
탄소중립 실현

▪ 석탄화력 용도 전환

- 기술목표13 석탄화력 암모니아 혼소·전소 기술개발 및 실증
- 기술목표14 폐지 석탄화력 발전소의 용도 전환

▪ 온실가스 및 미세먼지 저감

- 기술목표15 CO<sub>2</sub> 포집·활용 및 친환경 절연가스 관리기술 개발
- 기술목표16 미세먼지 저감을 위한 NOX/SOX 제거 기술 개발

▪ 고효율 저탄소 연료 확대

- 기술목표17 가스복합 수소/암모니아 혼소·전소 및 수소 생산 기술

# 04 기술목표별 로드맵

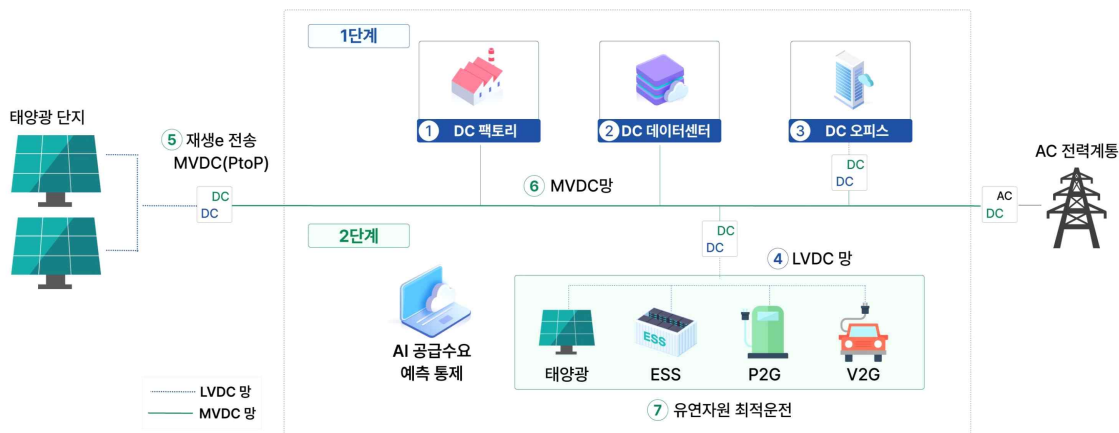
## 기술목표1

## 에너지 고속도로와 차세대 DC 전력망 기반 구축

### 1. 목표 개요

- 에너지 고속도로 정부 정책 이행을 위한 GW급 전압형 HVDC 국산화 및 대용량화
- MVDC Test-bed 구축 및 운영기술 실증으로 한국형 차세대 전력망 구현 기반 마련
- 정부 국정과제로 추진하는 RE100 산단을 DC-MG로 구축하고 MV-LVDC 복합망 운영

■ DC기반 RE100 산단 개념도 ■



### 2. 핵심이슈 분석

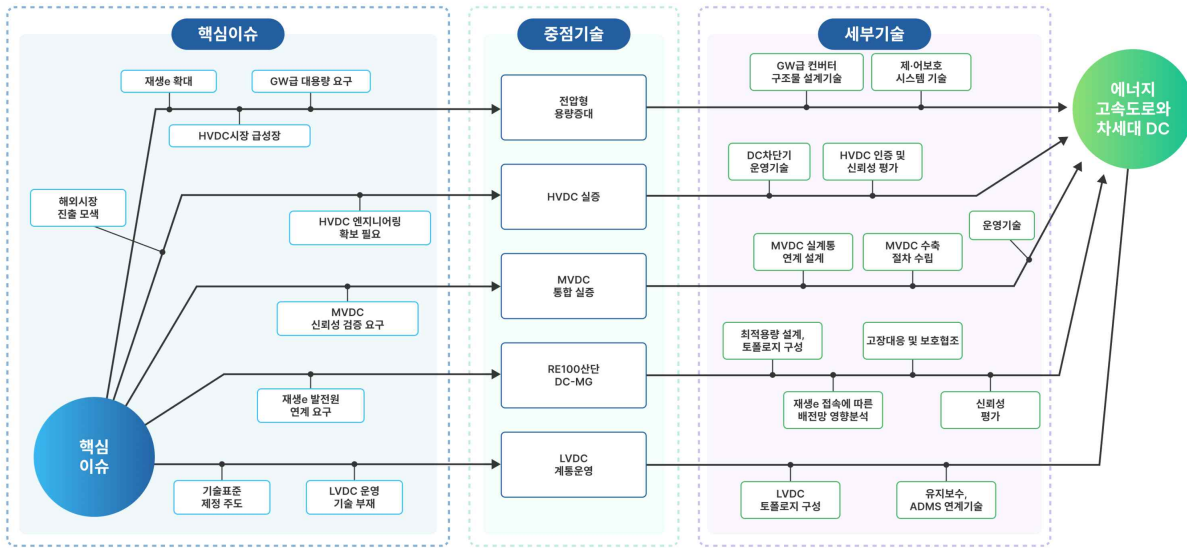
- **HVDC 용량 증대** 재생e 등 변동성에 약한 계통에는 전압형 HVDC 기술이 요구되나 국내 수준은 200MW로 GW급 이상의 용량 증대 필요
  - Bi-Pole 변환용 변압기 국내는 DC 절연해석 및 설계경험이 없고, 기술장벽이 높아 자체 개발에 어려움이 예상 ⇒ 국책 연구과제 추진
    - \* (선행기술) 양주 BTB HVDC를 통한 200MW급 전압형 HVDC 기반 기술 확보('24.3)
    - \* (선행기술) 제주 #3 HVDC 변환설비 적용 및 운영 기술 개발('24.10)
- **HVDC 실증** 국내 기업은 2GW Bi-pole HVDC 시스템 실증 레퍼런스 확보와 해외 기술 사업화 기반을 위한 국내 실증사업 계획 수립
  - \* 새만금-서화성 HVDC 사업을 실증사업으로 추진(잠정)

\* (선행기술) 제주 #1 HVDC 온라인 해석모델 및 협조제어 기술개발('23)

\* (선행기술) 500kV HVDC 변환설비 표준설계 및 설계기준 개발('13)

- **MVDC 통합 실증** MVDC는 단위 기술로 개발되어 확보된 기술의 실계통 연계 통합 실증을 통하여 MVDC 전주기 신뢰성 검증 필요
  - MVDC 설계, 운영, 평가, 진단 등 확보한 요소기술을 바탕으로 한국형 차세대 전력망 구현을 위한 실계통-재생e 연계형 MVDC 인프라 구축 및 운영기술 통합 실증
    - \* (선행기술) MVDC 실증을 통한 운영기술 확보('23.3)
    - \* (선행기술) AC/DC 하이브리드 배전망 설계 및 해석 기술 개발(~'25.8)
    - \* (선행기술) AC/DC 하이브리드 배전망 운영시스템, 성능평가 기술 개발(~'27.8)
  
- **RE100 산단 DC-MG 조성** RE100 산단 구현을 위하여 재생e 발전원 연계가 요구되나, 산단지역 재생e 구축 한계 및 장거리 송전에 따른 손실 발생으로 이에 따른 정부 시범사업에 MVDC 적용 필요
  - 장거리 재생에너지 발전원의 산단 전력공급을 위한 설계·운영기술 확보
  - AI 기반 전력조류 제어 및 실시간 관제가 가능한 지능형 RE100 구축
  
- **LVDC 계통운영** DC 기술 활성화 기반 구축 및 생태계 조성을 위한 국내외 기술표준 제정을 주도하고, 저압 직류배전 계통 운영 기술 마련
  - LVDC 사업화 환경 조성 및 시장 활성화를 위하여 기술표준, 공급약관, 요금제도, 기준, 절차서 등 법적·제도적 기반 마련
    - \* (선행기술) 저압 직류배전망 독립섬(서거차도) 실증 연구('19.3)
    - \* (선행기술) 1MW 컨버터스테이션 개발 및 DC 빌딩 공급 실증('24.6)
  - 장거리·소용량 및 산불취약선로(산악지 등)에 특고압 선로를 대체할 비용효율적인 저압 직류배전 운영기술 도입으로 선로 안정성 확보
    - \* (선행기술) 직류수용가 모델의 배전계통 영향평가 연구('22.9)
  - ESS, V2G 등 유연자원의 MV-LVDC 복합망 운영으로 전 계통 DC 구현

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

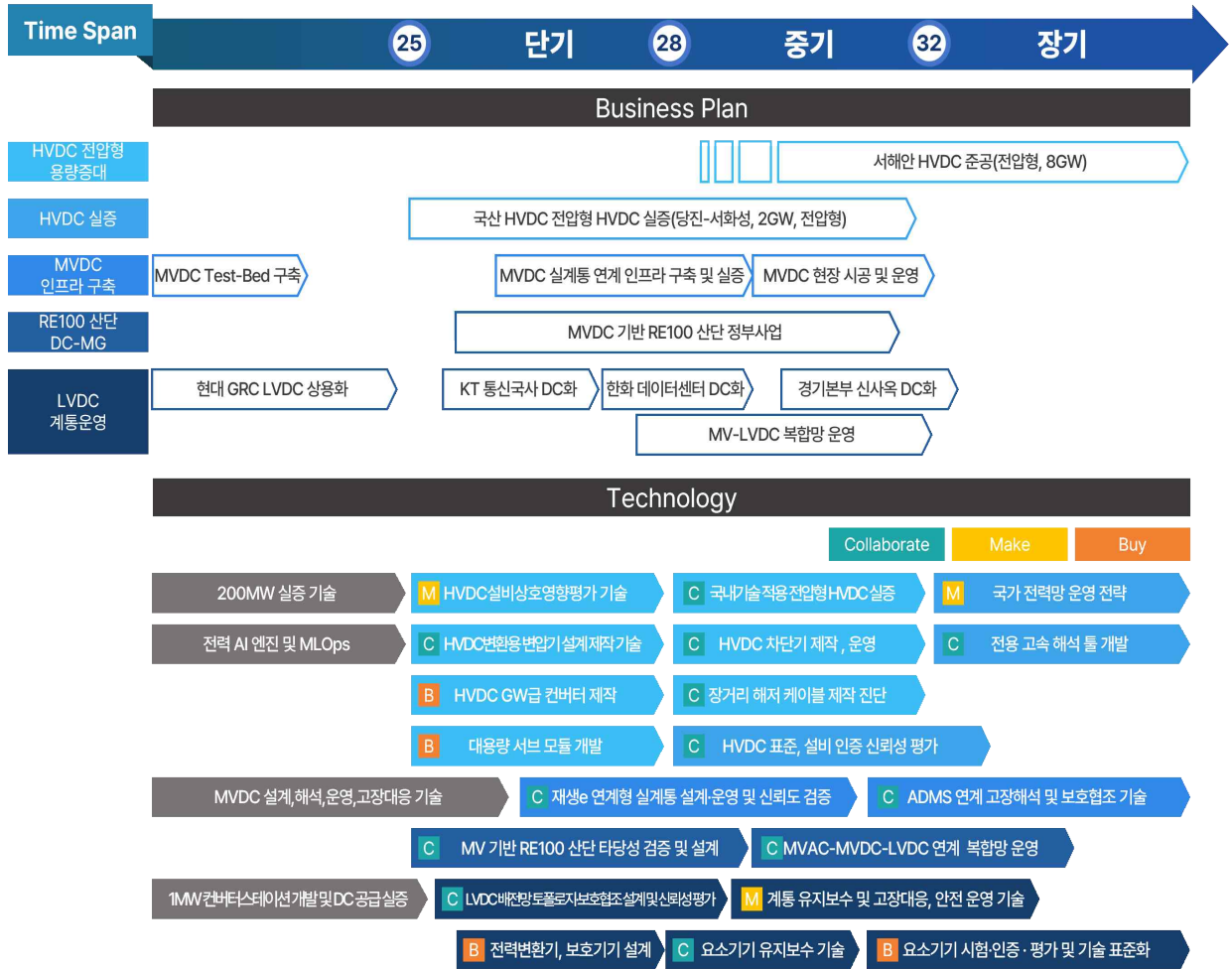


3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 전압형 용량 증대	1-1 GW급 컨버터 구조물의 전기·구조 설계 해석 기술	□단기
	1-2 제어 & 보호 시스템 기술(핵심기술)	□단기
	1-3 Bi-Pole 변환용 변압기 설계 기술	□단기
	1-4 HVDC 용 DC 차단기 제작 및 운영 기술(핵심기술)	□중기
2 HVDC 실증	2-1 국내 기술 적용 2GW 전압형 HVDC 수용성 향상 및 실증	□중기
	2-2 HVDC 그리드 설계 계통 해석 국가 전력망 운영 기술	□장기
	2-3 HVDC 설비 인증, 표준화, 신뢰성 평가(핵심기술)	□중기
3 MVDC 통합 실증	3-1 계통해석 기반 MVDC 시스템 실계통 연계 설계(선로, 변환설비 등)	□단기
	3-2 기설 AC선로의 MVDC 구축 절차 수립, 보호협조 및 설비검증	□단기
	3-3 ADMS 연계 MVDC 상태감시, 전력망 운영 및 고장대응 기술	□단기
	3-4 MVDC Test-Bed 운전데이터 기반 시스템 신뢰성 평가 기술	□단기
4 RE100 산단 DC-MG	4-1 재생e 및 산단 부하 특성 고려 최적 용량 설계 및 토폴로지 구성	□단기
	4-2 대규모 재생e 접속에 따른 배전망 영향분석 및 산단 보호협조 설계	□단기
	4-3 강화학습 접목 상정사고 대응 및 HILS 기반 보호협조-제어 검증	□단기
	4-4 MVAC-MVDC-LVDC 연계 복합망 설계, 구축, 운영 기술	□중기
	4-5 ADMS 기반 MG-EMS 감시, 고장제거 및 복구 기술	□중기
	4-6 MG 내 변환설비 밀집에 따른 상호영향 분석 및 장기 신뢰성 평가	□중기
5 LVDC 계통운영	5-1 LVDC 배전망 토폴로지 및 보호협조 설계 및 신뢰성 검증	□단기
	5-2 LVDC 배전망 유지보수, 고장 대응 및 ADMS 연계 기술	□중기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	500kV급 전압형 HVDC 변환용 변압기 기술개발	580억	650	4년	정부	'25년 (기획完)
1-1~3	2GW급 Bipole HVDC 컨버터 변압기 제어기 규격 제정 및 검증	5억	11	1년	자체	'25년
1-1	컨버터 밸브 등 변환설비 내진설계 기준 및 규격, 시험 등	30억	180	3년	자체	'26년
1-2	2GW급 전압형 HVDC 바이폴 제어 및 운영 기술 개발	60억	86	3년	자체	'25년
3-1~4	MVDC ±35kV 운영기술 및 성능 확보를 위한 실계통 실증	180억	248	4년	자체	'25년
4-1~3	MVDC 기반 RE100 산단 타당성 검증	30억	84	2년	정부	'26년

5-1	LVDC 배전계통 최적화 설계 및 신뢰성 평가	59억	108	2년	자체	'26년
4-4	AI 기반 다중 배전망 운영기술 개발	30억	84	2년	정부	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-4	다기(Multi infeed) HVDC 협조 제어 기술 개발	80억	160	3년	자체	
1-4	전압형 HVDC 설비 소음 저감 기술	20억	100	3년	자체	
1-3	Multi-Vender 대비 변환설비 규격, 통신 프로토콜 표준화 기술	20억	100	3년	자체	
2-3	DC 변환설비 신뢰성 평가 및 진단 기술 개발	30억	250	3년	자체	
4-4~6	MVDC 기반 RE100 산단 시범사업	300억	384	4년	정부	
4-4	MV-LVDC 배전망 운영기준 수립 및 상태진단 기술 개발	36억	72	2년	공동	
4-5	AI 기반 MVDC 실시간 감시진단 기술 실증 및 고도화	30억	80	3년	자체	
5-2	LVDC 배전계통 운영시스템 및 유지보수 절차 개발	15억	48	2년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
2-2	다기의 전력변환설비를 포함한 AC-DC 차세대 계통 해석 및 운영 기술 개발	50억	300	4년	자체	
2-1	IBR, HVDC 복합해석을 위한 EMT(RTDS)-TSA 하이브리드 해석 툴 개발	100억	400	3년	자체	

## R&D 투자계획

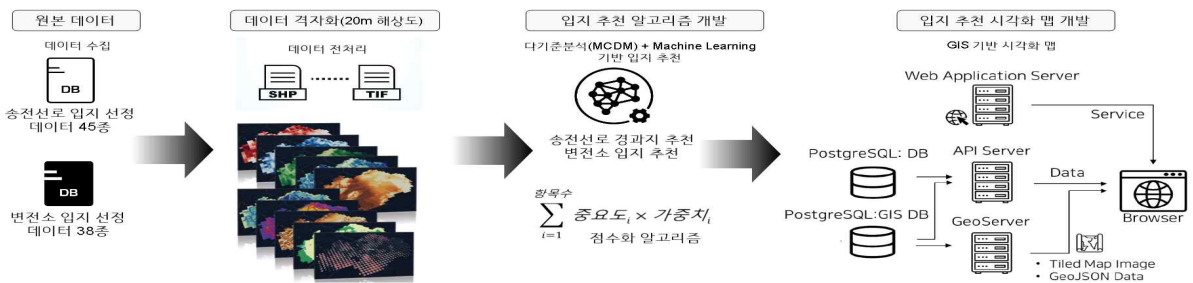
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	825	119	30	531	150
인 력	995	372	84	1,194	700

1. 목표 개요

- 효율적 인허가 및 민원대응을 위해 데이터 기반 객관적·중립적 입지선정 알고리즘 개발
- 3D·AI 기반 디지털 설계와 로봇·드론 시공 기술을 활용한 전력망 건설 (半) 자동화
- 지중화 확대에 따른 공기단축 Key-Factor인 터널공사 최적·고속화 기술개발
- 주민수용성 지속 확보를 위한 친환경 자재·공법 및 과학적 전자파 관리·저감 기술 개발

■ 전력망 입지추천 알고리즘 개념도 ■



2. 핵심이슈 분석

- **입지선정 및 설계기간 단축** 효율적 인허가 및 민원대응을 위해 데이터 기반 객관적·중립적 입지선정 알고리즘 개발이 필요하며, 설계 기간 단축 및 편의성과 정확도 향상을 위해 GUI 기반 3D 설계 시스템과 오류 검토 기능 등 설계 자동화 기술 확보 필요
  - \* (선행기술) GIS 데이터 기반 송전선로 및 변전소 입지 추천 알고리즘 및 시각화 맵 개발 (~'26.6)
- **시공 단축 - 가공송전** 현장 작업 최소화를 위해 Pre-Fab 공법\* 확대 적용이 필요하며 이를 위한 경량·컴팩트한 시공장비 개발이 요구 되고 험지에서 작업자의 안전 및 효율성 확보를 위한 로봇·드론 등 인력 대체 작업 기기 도입 필요
  - \* (Pre-Fab) 자재를 사전에 미리 제작·조립하여 현장작업을 최소화 하기 위한 공법
  - \* (선행기술) 가공송전선 전주기 연신률 특성 기반 승탑작업 최소화 기술 개발(~'26.6)
  - \* (선행기술) Pre-Fab用 정밀 이도/실장 설계기술 및 설계 S/W 개발('24.8)
- **시공 단축 - 지중건설** 공기 지연 최소화를 위해 전력구 현장 조건에 최적화된 TBM 설계 및 운영과 지반침하 방지 기술이 요구됨
  - \* (선행기술) TBM 현장굴진자료 DATA 분석을 통한 굴진성능 예측 및 산정기법('20)
  - \* (선행기술) 인공위성 활용 전력설비 위험 예측 시스템 개발('23)
  - \* (선행기술) 전력구 공사 안전확보를 위한 디스크커터 마모측정 및 수명예측 기술 개발('25)

- \* (선행기술) 수직구 기계식 굴착 설계기준 수립('21)
- \* (선행기술) 전력구 터널 지반 위험예측 기술 개발('21)

□ **전기환경 관리** 전력설비 건설 전후 전기환경 (전자파·소음 등) 측정·관리 체계가 부재하고 과학적 데이터 부족으로 주민 수용성 확보 및 민원 대응이 어려운 실정으로 국내 환경에 적합한 설비별 (가공·지중·변전·배전) 맞춤형 기준 운영 필요

- \* (선행기술) 765kV 송전선로 선하 건조물 전기안전 및 환경영향 실증연구('17.12)
- \* (선행기술) 전력설비 종사자 전자계 노출량 평가 및 관리방안 수립('19.1)

□ **전자파 저감** 지중선로 (주거지 인근 설치)에 대한 전자파 민원이 증가 추세이나 기존 기술 (전력구 내벽 금속 차폐)로는 보편적 적용이 어려우므로 전자파 저감 기술의 설비 (규모, 토목형태)·지역별 (도심, 주거지 근접 등) 우선 적용 대상 기준 수립 및 비용 대비 효과 (공사지연 손실 vs 투자비)에 대한 명확한 기준 수립 필요

- \* (선행기술) 지중송전선로 및 배전 전력설비 자계 노출량 저감 실증연구('22.12)
- \* (선행기술) 전자계 노출량 최소화 기술개발 및 설비운영방안 수립('13.10)

□ **친환경 공법·기기** 환경 훼손을 최소화하고 주민 수용성을 높이기 위해 친환경 철탑 설계 및 공법을 고도화하고, 미래 환경 변화에 대응할 수 있는 친환경 기자재의 지속 개발과 적용 체계를 확립 필요

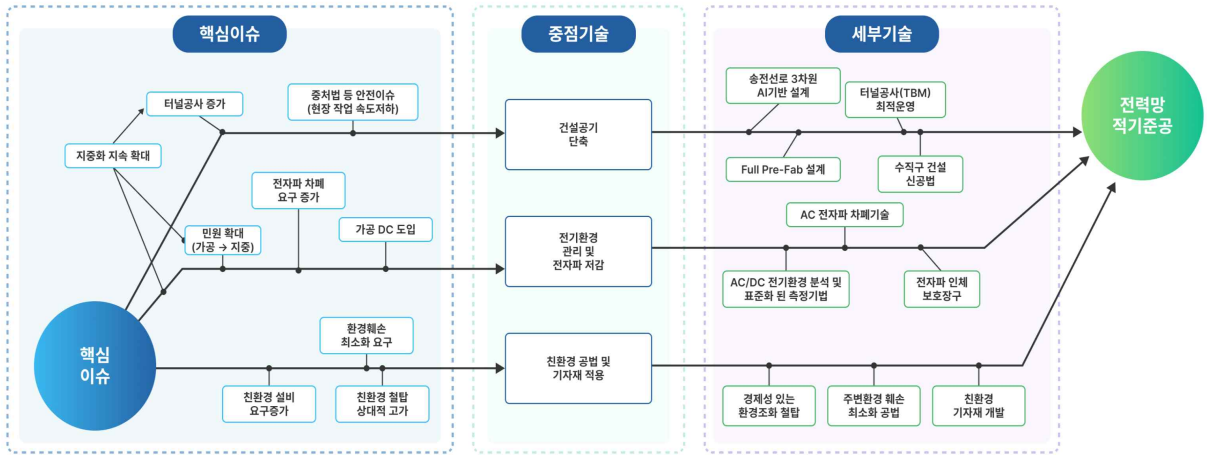
· 기존 사면 복구 공법의 환경적 한계 (훼손지 大)와 시공 효율성이 부족하고 시공비가 과다하여 친환경 복구 기술로 대체 필요

- \* (선행기술) 철탑기초 사면 안전성 확보를 위한 옹벽구조물 설계기준 수립 연구('19.9)
- \* (선행기술) 철탑부지 유실방지를 위한 토목섬유 사면보강 설계기준 수립('27.2)
- \* (선행기술) 철탑 상부 및 기초의 파괴확률 기반 최적 설계기준(LRFD) 개발('24.6)

· 기 개발된 154kV급 친환경 기자재를 고도화하고 345kV급 기자재 개발을 통해 친환경 기자재 확대 적용과 기술자립 필요

- \* (선행기술) 친환경 개폐장치용 170kV 진공차단기술 개발('20.4)
- \* (선행기술) 170kV 식물유 변압기 개발(사외)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

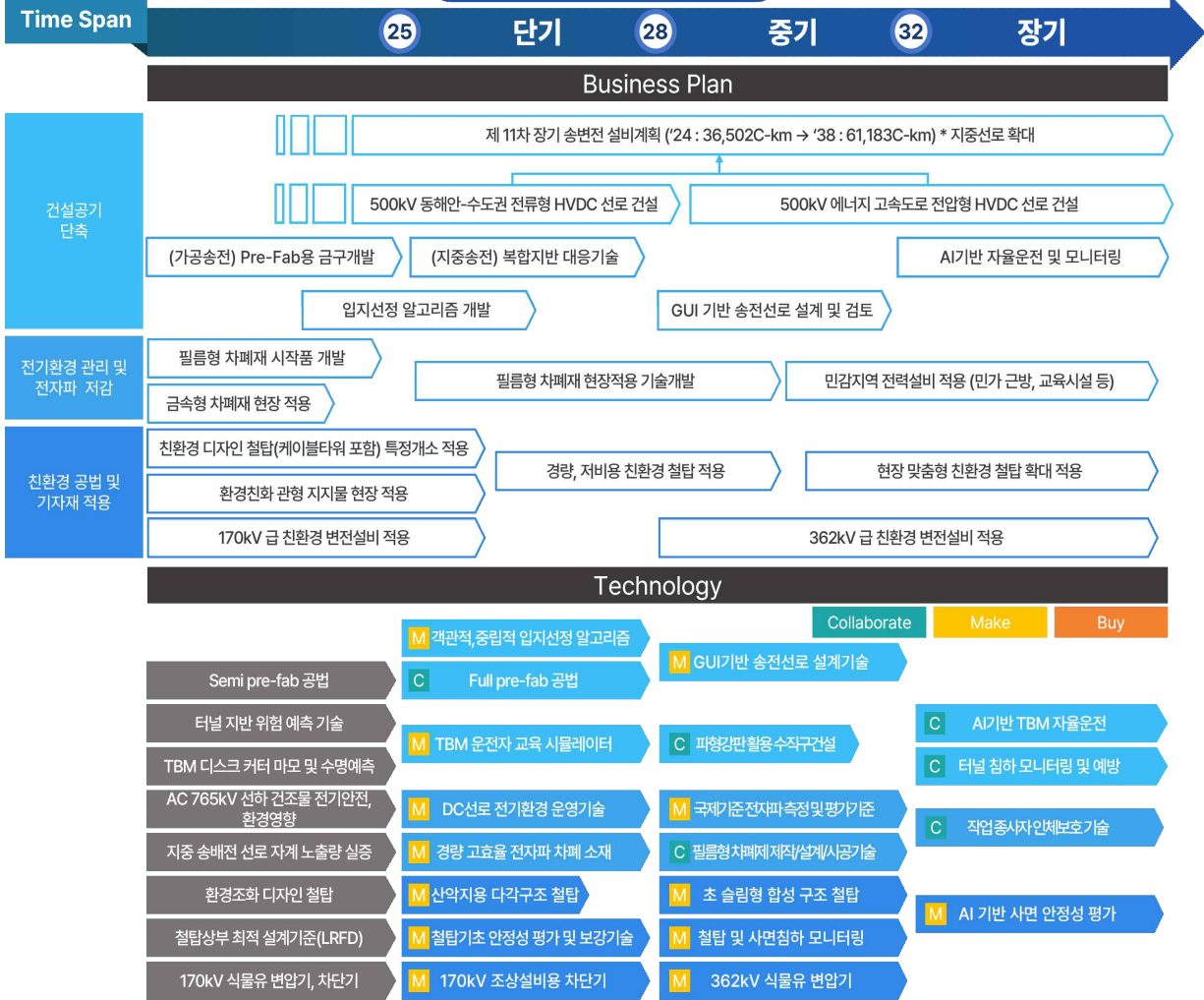


### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 건설 공기단축	1-1 송전선로 3차원/AI기반 설계 기술	□단기, 중기
	1-2 가공 시공 장비 콤팩트화 및 Full Pre-Fab 정밀 설계 기술	□단기
	1-3 지중 전력구 터널(TBM) 최적 운영 및 지반침하 예방 기술	□단기, 장기
	1-4 수직구 건설 신 공법	□중기
2 전기환경 관리 및 전자파 저감	2-1 전기환경(전자파, 소음, 전파 등) 분석기술	□단기, 중기
	2-2 극저주파 전자파의 영향 분석 및 방호기술	□중기, 장기
	2-3 전자파 차폐기술 고도화	□단기, 중기
	2-4 전력설비 전자파 표준 측정·최적화 설계기술	□중기
	2-5 전자계 인체 보호 장구 개발	□장기
3 친환경 공법 및 기자재 적용	3-1 환경조화형 철탑 설계 기술 및 표준화	□단기, 중기, 장기
	3-2 훼손지 최소화 사면 및 옹벽 보강공법	□단기, 장기
	3-3 친환경 개폐장치 및 변압기 개발	□단기, 중기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	Pre-Fab 적용을 위한 3D 정밀설계 및 장치 개발	35억	140	2년	공동	'27년
1-3	전력구 터널 운전자 시뮬레이터 개발	20억	65	3년	자체	'26년
1-3	복합지반 대응 쉴드TBM 설계 기술 개발	20억	65	3년	자체	'27년
1-1	송변전 입지선정 S/W 고도화 및 운영시스템 구축	40억	258	3년	자체	'26년
2-1	송전선로 건설 전후 전기환경 DB 구축 및 운영기준 개발	30억	60	3년	자체	'26년
2-3	경량·고효율 차폐 소재 현장 적용 기술개발	28억	100	3년	자체	기획完
3-1	관형지지물 대체용 다각 구조 철탑 설계기술 개발	35억	120	2년	자체	기획完
3-2	가공송전철탑 기초 안정성 평가 및 경량장비를 활용한 보강 기술 개발	18억	90	3년	자체	'26년
3-3	362kV 친환경 GIS 개발 및 품질관리기준 고도화	100억	216	3년	공동	'27년
3-3	조상설비용 170kV 친환경 차단기 개발 (삼상 개별 구동 Compact형)	20억	100	3년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	GUI 기반 가공 송전선로 설계 및 검토 플랫폼 개발	100억	220	2년	자체	
3-1	철탑 및 사면 침하 상태 모니터링 기술 개발	20억	65	3년	자체	
1-4	파형강판 활용 수직구 설계 및 시공기술 개발	40억	170	5년	정부	
2-2	국제기준(일반인, 직업인) 전자파 실태조사 및 평가기준 개발	20억	30	3년	자체	
2-1	전기환경 실측 기반 AI 통합 예측 모니터링 플랫폼 개발	30억	60	3년	공동	
2-3~4	전력설비 차폐기술 고도화 및 최적화 설계 기술개발	40억	60	3년	자체	
3-1	환경조화 철탑 확대적용 기술 개발	30억	60	3년	자체	
3-1	초 슬림형 합성구조(Steel, FRP+Con'c) 철탑 개발	65억	140	3년	자체	
3-3	345kV 식물유 변압기 개발	60억	90	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	AI기반 TBM 자율운전 및 자동화시공 기술 개발	50억	108	5년	정부	
1-3	터널 지반 침하 모니터링 및 예방기술 개발	30억	108	5년	정부	
2-5	전력설비 종사자 보호를 위한 기준 및 보호대책 개발	20억	60	3년	공동	
3-1	신뢰성 기반 송전철탑 최적화 및 Slim 기술 개발	85억	140	3년	자체	
3-2	AI기반 전력설비 인근사면 안정성 평가 기술 개발	20억	60	3년	자체	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	63	108	175	405	205
인 력	220	473	521	895	476

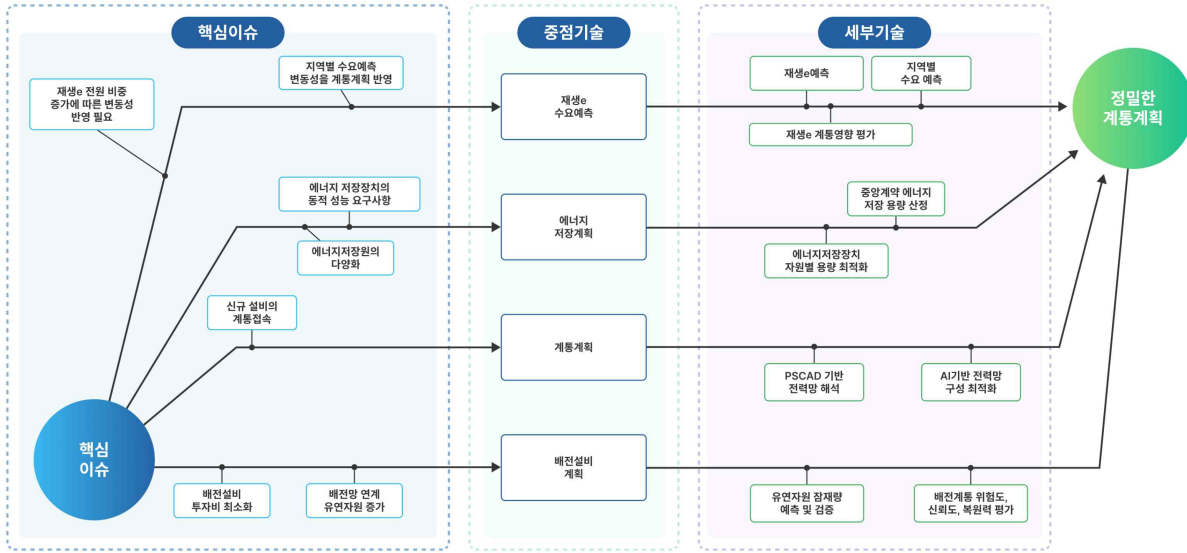
1. 목표 개요

- 지역별 재생에너지 발전량과 수요 예측의 고도화를 통해 재생e 연계 전력망 계획
- 다양한 에너지저장자원과 주파수 응답 자원의 목적별 용량 최적화로 경제적인 전력망 계획
- 배전설비 투자 최소화를 위하여 유연자원 (ESS, DR 등)을 활용한 배전설비계획 수립

2. 핵심이슈 분석

- **재생e-수요 예측** 재생e 전원의 비중이 증가함에 따라 전력망 계획의 불확실성이 증가하여 이를 고려한 전력망 설계 필요
  - 안정적이고 경제적인 전력망 설계를 위해 재생e 발전량과 전력수요의 예측을 고도화하고 계통에 미치는 영향을 평가하는 기술 필요
    - \* (선행기술) 중장기 송전망 재생e 수용 능력 종합 해석기술 및 자동화 툴 개발(~'25.7)
  - 정부 정책목표를 반영한 배전망 수요·발전량 성장률 시나리오 예측 개발
    - \* (선행기술) 상태추론 기반 배전설비 예지기술 및 엔진 개발('21.12)
    - \* (선행기술) 수용률 산출체계 고도화 기반 신규 송전 솔루션 기술 개발('25.1~)
- **에너지저장계획** 재생e의 출력 변동에 대응하여 주파수를 안정적으로 유지하기 위해 에너지저장장치와 주파수 응답 자원의 활용목적별로 필요한 적정용량을 산정하고 동적 성능 요구사항에 대한 최적화 연구 필요
- **유연자원 활용 배전설비 계획수립** 배전설비 투자 최소화를 위하여 유연자원을 활용한 계획 솔루션 확보 필요
  - 유연자원 활용을 위해 지역별 특성에 적합한 유연자원 잠재량 예측 및 가치평가 기반의 포트폴리오 구성과 효용성 검증체계 확보
    - \* (선행기술) 지역 분산형 전력망 구축 전략 및 R&D 추진계획 수립 ('24.10)

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 재생e 발전량과 전력수요 예측, 에너지저장계획 계통 계획	1-1 재생e 발전량 장기 예측	□단기
	1-2 지역별 전력수요 예측 고도화	□단기
	1-3 재생e를 고려한 장기 계통 영향 평가 및 수용력 해석	□단기, 중기
	1-4 에너지저장장치 자원별 용량 최적화 계획	□단기, 중기
	1-5 지역별 전력계통 무효전력 필요량 전망	□단기, 중기
	1-6 AI 기반 전력망 구성 최적화	□장기
	1-7 배전망 설계·운영 연계, 통합DB 구축	□중기
	1-8 배전망 투자모형 기반 배전망 최적 투자 의사결정 기술	□장기
	1-9 지역에너지 계획연계 투자 우선순위 자동화	□장기
2 유연자원 활용 배전설비 계획 수립	2-1 유연자원 잠재량 예측 및 가치평가·성능검증 기술	□단기
	2-2 유연자원 고려 배전계통 위험도·신뢰도·복원력 평가	□단기
	2-3 NWAs 포트폴리오 설계 Tool	□중기
	2-4 배전망 유연성 요금제 기반 배전망 계획 솔루션	□장기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	REDFOS 지역별 수요예측 시스템 고도화	10억	72	2년	자체	'26년
1-3	PSCAD 기반 전국 전력망 계통 최적화 기술개발	10억	95	2년	자체	'27년
1-4	주파수 응답자원 다양화에 따른 설비 복잡성 해소를 위해 자원별 역할 정의 및 용량 최적화	20억	180	3년	자체	'25년
1-1	재생e 지역예측 시스템 고도화	15억	80	2년	자체	'25년
1-3	대규모 해상풍력 단지제어 기술 기반 계통영향 분석	25억	120	2년	자체	'25년
1-3	대규모 태양광 공동접속 기반 계통영향 분석	10억	36	2년	자체	'27년
1-3	계통관점 대규모 재생e 설비용량 및 수용용량의 적정규모 산정	25억	130	2년	자체	'25년
1-4	중앙계약 전기저장장치 필요용량 산정방안 연구	10억	72	2년	자체	'27년
1-1,2 2-1,2	유연자원 계획 기반 배전계획시스템 고도화	110억	855	3년	자체	'26년
2-1,2	지역 배전망 기반 유연자원 가치평가 및 검증체계 개발	85억	655	3년	공동	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-4	주파수 응답자원 다양화에 따른 설비 복잡성 해소를 위해 자원별 최적용량 산정 고도화	15억	96	2년	공동	
1-4	재생e, 주파수 응답자원을 반영한 PSCAD 기반 전국 전력망 최적계통 고도화	10억	64	2년	자체	
1-7	배전망 전주기 시스템 연계 통합계획 솔루션 개발	305억	1,660	4년	자체	
2-3	NWAs 계획체계 수립 및 배전망 유연자원 포트폴리오 최적 설계 Tool 개발	100억	900	4년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-6	AI 기반 전력망 구성 최적화 기술 개발	10억	124	3년	자체	
1-8,9 2-4	AI 기반 지역 에너지 계획 연계 배전망 통합계획	205억	1,300	6년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	85	205	30	430	215
인 력	510	1,582	203	2,720	1,424

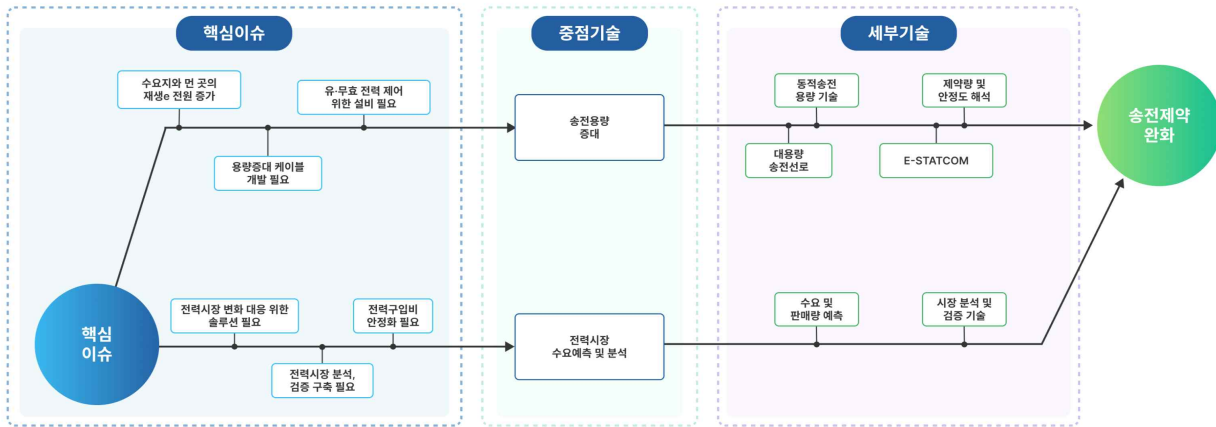
1. 목표 개요

- 증가하는 재생e 발전량을 수요지로 송전하고 제약을 완화하기 위해 송전용량 증대 기술 개발
- 전력시장의 체계적이고 고도화된 수요예측과 분석·검증으로 재생e 수용력 증대 기여

2. 핵심이슈 분석

- **송전용량 증대** 재생e 발전원과 전력수요의 증가에 대응하여 발전량을 수요지로 송전하기 위해 송전용량 증대 및 제약완화를 위한 기술 개발 필요
  - 가공송전선로는 기후조건(온도, 일사량, 풍속 등)을 고려하여 용량을 증대하고, 지중송전선로는 용량증대 케이블 개발 필요
  - 무효전력보상을 통해 AC전압을 제어하는 STATCOM에 에너지저장 기능을 추가하여 유효전력의 저장과 공급이 가능한 E-STATCOM, 송전임피던스를 직접 제어하는 MSSSC\* 설비 개발 필요
    - \* (선행기술) 신영주, 신제천 TCSC 적용 계통의 보호 및 운영 기술 개발 완료('20.3)
    - \* (선행기술) 동적안정도 기반의 온라인 발전제약 평가시스템 개발 및 실증(~'26.8)
    - \* Mobile Static Synchronous Series Compensator : 모듈형 직렬 임피던스 보상장치로 모듈형태로 구성되며 임피던스 조정을 통해 송전량을 제어
- **전력시장 수요예측 및 분석** 재생e 수용력 증대가 요구되고 급변하는 전력시장(실시간·보조서비스, 양방향 시장) 상황에 대응하기 위하여 체계적이고 고도화된 전력시장 수요예측 및 분석·검증 기술 개발 필요
  - 한전이 SMP 결정에 직접 참여함에 따라, 전력 구입비를 최소화 하는 수요예측 및 입찰 전략 기술 개발 필요
    - \* (선행기술) 지능형 판매량 예측 및 실시간 전력수요 예측 기술개발(~'26.1)
  - 시장전환 리스크 최소화를 위한 종합 시장 분석 및 시장가격 급등·급락, 가격 변동폭 확대, 사업자 시장 교란행위 검증기술 개발
    - \* (선행기술) 전력시장 구입비 분석 및 예측시스템 개발('22.2)
    - \* (선행기술) 실시간 전력시장의 비용분석 및 에너지계획 최적화 기술 개발(~'28.12)

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

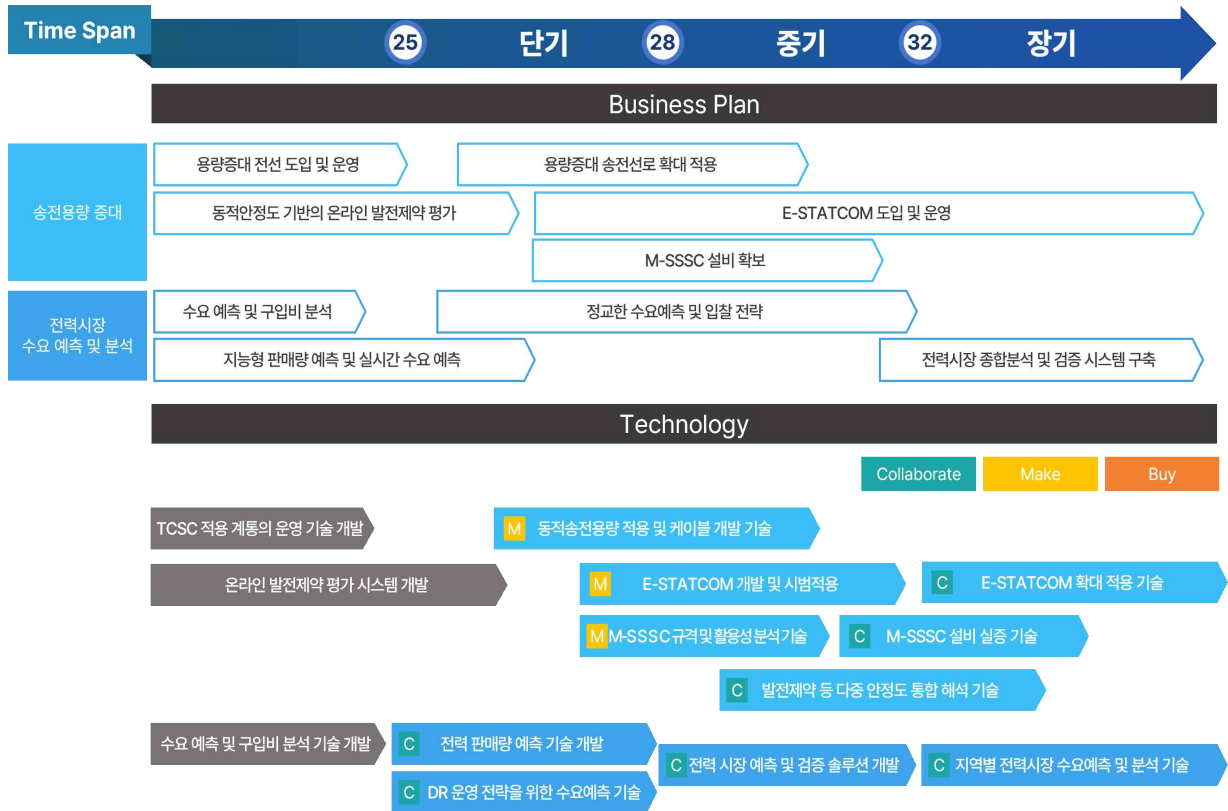


### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 송전용량 증대	1-1 동적송전용량 및 다중 안정도 해석 기술	□단기, 중기
	1-2 FACTs 및 E-STATCOM 개발	□단기, 중기, 장기
	1-3 대용량 송전선로 개발	□단기
2 전력시장 수요예측 및 분석	2-1 주간 수요 및 중장기 판매량 예측 기술	□단기, 중기
	2-2 지역별가격제 등 전력시장 분석·검증 기술	□장기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	가공송전선로 동적송전용량 실계통 적용 기술개발	40억	87	2년	자체	'25년 (기획完)
1-2	유·무효전력 제어 가능 STATCOM 기술 개발	17억	140	1.7년	자체	'25년 (기획完)
1-2	M-SSSC 적용을 위한 기기 사양 및 활용성 검토	5억	30	1년	자체	'26년
1-3	345kV 지중송전선로 용량증대 기술 개발	20억	100	2년	공동	'25년 (기획完)
1-3	新소재(그래핀/GLCP) 기반 핵심 전력기기 기술개발	250억	325	5년	정부	'26년
2-1	정책 대응 및 경영계획 수립을 위한 중장기 판매량 예측 기술 개발	25억	200	3년	자체	'27년
2-1	수요자원 운영 입찰전략 지원을 위한 주간 수요예측 기술 개발	25억	200	3년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	발전제약, 유통전력 등 다중 안정도 통합해석 및 운영여유 최적화	20억	122	3년	자체	
1-2	25MW/50Mvar e-STATCOM 시범 적용 연구	300억	200	3년	자체	
2-1	계약기반 거래제도 및 차기 전력시장 예측·검증 솔루션 개발	30억	270	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	e-STATCOM 실계통 확대 적용 기술 및 동기발전기 등 대규모 관성자원 대체 기술 확보	30억	200	3년	자체	
2-2	도매시장 지역 세분화를 반영한 수요예측·입찰 및 가격·구입비 분석 기술 개발	75억	660	3년	자체	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	77	280	25	350	105
인 력	327	555	200	592	860

### 1. 목표 개요

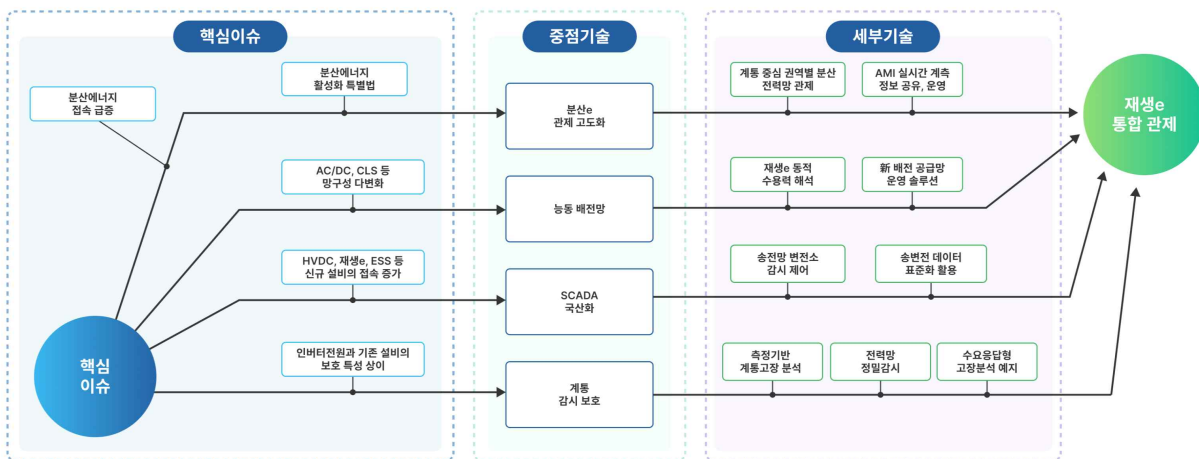
- 분산e 전원 비중의 증가에 따라 한전-거래소 간 효과적인 재생e 관제 체계 구축
- 분산형전원 및 유연자원 증가에 대응한 지역별 안정적이고 유연한 배전망 관제 추진
- 미래전력망의 안정적 감시·제어를 위한 SCADA 국산화 및 보호협조 체계 구축

### 2. 핵심이슈 분석

- **분산e 관제** 분산에너지 특별법에 따라 재생에너지 기반 지역 내 에너지 생산·소비 통합 관리체계 구축을 위하여 기존 설비 중심 배전망 관리 체계에서 에너지 중심 지역 전력망 관제 체계 개편 필요
  - 본부가 운영하는 설비 단위 DB를 전국 23kV 이상 특고압 계통단위 통합 DB를 구축하여 분산형 전력망의 에너지 관제 체계 확보
  - 특고압 계통에 연계된 분산e 통합감시/제어 체계 확보로 분산형 전력망의 설비제약을 고려한 권역별 최적 에너지 관제 기술 개발
    - \* (선행기술) 차세대 배전망 관리시스템 (ADMS 1.0) 개발('21.12)
    - \* (선행기술) 분산e 통합관제 및 배전망 유연성 확보를 위한 ADMS2.0 개발(~'26.1)
  - 배전 시스템 (ADMS)에 저압단위의 전력정보를 실시간 제공하기 위한 정보연계 인터페이스 및 데이터관리 플랫폼 구축 기술 필요
    - \* (선행기술) 배전계통 분산전원 출력제어를 위한 SMGW에 재생e제어 실증('22.12)
    - \* (선행기술) AMI기반 분산전원 관제 및 실시간 연계기술('25.1)
- **능동 배전망 운영** DC배전, 네트워크 배전 등 배전망 구성 다변화 및 ESS, EVC 등 유연성 자원 활성화를 위한 배전망 변화 대응 기술 확보
  - 新공급 방식 (AC/DC Hybrid, 네트워크 방식)을 활용한 적기 배전망 사업을 위하여 ADMS 정보모델 및 운영솔루션 기능 개선
  - 사내·외 유연성 자원 활용을 위한 외부 플랫폼과의 실시간 정보연계 인터페이스 고도화 추진 및 분산e 중심 계통 최적 관리 솔루션 개발
  - IT 신기술 도입 (AI)을 위한 신뢰성 있는 이력 데이터를 확보·관리하고 실제 운영 상황을 디지털 트윈 환경에서 학습한 Grid AI 운영 솔루션 개발
    - \* (선행기술) 분산e 통합관제 및 배전망 유연성 확보를 위한 ADMS2.0 개발(~'26.1)

- SCADA 국산화 HVDC, 재생e, ESS 등을 포함한 미래 복합전력망의 안정적인 감시제어와 보안성 확보, 적기 유지보수를 위해 SCADA 국산화 개발 필요
  - EMS (전력거래소), ADMS (배전), MDMS (판매) 등 SCADA 외 전력계통 시스템과 유연한 연계를 통해 안정적 전력망 운영 추진
  
- 계통 감시 보호 인버터 전원이 다수 포함된 미래 전력망에서 고장에 대한 상세 분석과 고장 파급 예상 시나리오를 개발하여, 신속한 고장 제거 성능 확보와 고도화된 보호협조 체계 구축이 필요
  - \* (선행기술) 계통보호용 송전선로 임피던스 계산 프로그램 고도화 완료('20.9)
  - \* (선행기술) 재생E 연계 송전계통(154kV/345kV변압기) 보호신뢰도 진단/개선안(~'25)
  - 인버터 기반 전원의 높은 제어 속도에 따라 전력망 이상징후의 파급속도가 빨라지며, 이를 신속히 인지하고 대응하기 위해 고정밀 전력계통 감시체계 개발
    - \* (선행기술) 차세대 광역계통 실시간 감시 및 제어시스템(WAMAC) 기술 개발(~'27.12)
  - 중앙 재생e 관제시스템과 지역 재생e 관제 시스템(LRMS)과 연계하여 협조 운영 및 거래소 EMS 연계 운영 기술 필요
    - \* (선행기술) 신재생 발전 지역 관제시스템 구축 및 실증('24.11)
    - \* (선행기술) 재생e 연계계통 안정성 확보를 위한 관제 시스템 현장적용 완료('24.12)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

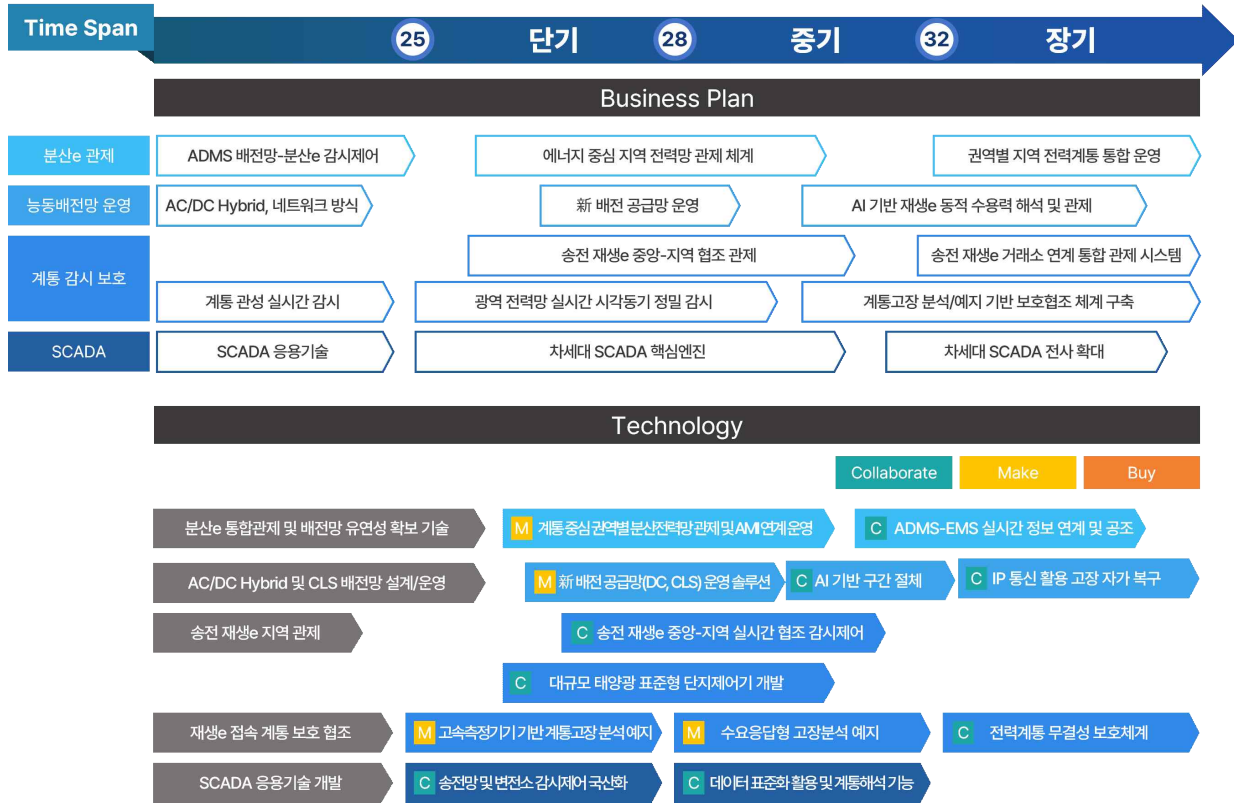


### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 분산e 관제 고도화	1-1 계통 중심 권역별 분산전력망 에너지 관리	□단기
	1-2 유연성 플랫폼(MG, EVC 등) 연계 운영 기술	□단기
	1-3 분산e 로컬 제어장치 (Fail Safe, 그룹제어)	□중기, 장기
	1-4 AMI 실시간 계측 정보 공유, 운영 연계 시스템 구축 기술	□단기
	1-5 ADMS-EMS 실시간 정보 연계 및 공조 체계	□단기, 중기
	1-6 분산자원 고수용성 배전망 하이브리드 시뮬레이션 및 운영	□단기
2 능동 배전망 운영	2-1 배전계통 상정해석 기술	□단기
	2-2 Agentic AI 기반 구간 절체 기술	□중기
	2-3 재생e 동적 수용력 해석 기술	□장기
	2-4 新 배전 공급망(MVDC, CLS 등) 운영 솔루션	□단기, 중기
	2-5 IP 통신 활용 고장 자가 복구 기술	□장기
3 SCADA 국산화 개발	3-1 송전망 및 변전소 감시 제어 기술	□단기
	3-2 송변전 데이터 연계 및 통합 기술	□단기
	3-3 테스트베드 및 신뢰성 검증 기술	□중기
	3-4 데이터 표준화, 저장, 활용 및 계통해석 기술	□중기, 장기
4 계통 감시 보호	4-1 고속측정기기 기반 계통고장 분석 및 예지기술	□단기
	4-2 고장분석 기술 기반 수요응답형 고장분석/예지 기술	□중기
	4-3 전력계통 무결성 보호체계 구축기술	□장기
	4-4 전력망 정밀 감시 기반 전력망 상황인지 및 정수추정	□단기, 중기
	4-5 송전 재생e LRMS-EMS 실시간 협조 감시제어	□단기, 중기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1~2	지역단위 에너지 관리를 위한 ADMS 3.0 개발	80억	288	3년	공동	'26년
2-1~2						
1-4	미터링 기반 실시간 배전망 품질 계측 및 운영 고도화 솔루션 개발	120억	288	3년	공동	'25년
4-5	신재생에너지 통합 관제 체계 및 운영시스템 개발	40억	276	3년	자체	'26년
4-5	재생e(태양광)발전단지 적용 표준형 단지제어기 개발 및 사업화	11억	140	2년	자체	'26년
4-1	계통보호 기술기반 수요응답형 고장분석기술 개발	15억	30	2년	공동	'25년
4-4	측정기반 전력설비 모델링 및 정수추정 기술 개발	15억	120	3년	자체	'25년
3-1~2	차세대 SCADA 핵심엔진 개발	125억	290	3년	자체	'26년
2-3	MMDC 배전망 운영을 위한 정보체계 및 솔루션 고도화	20억	72	2년	자체	'26년
1-3	배전망 연계 분산e 동적 수용력 분석 및 제어기술 고도화	25억	72	2년	자체	'26년
2-3						
1-6	분산자원 확충을 위한 AI 기반 배전망 안정도 강화기술 개발	8억	36	2년	공동	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	전력계통 실시간 안정도 고려 지역간 신재생e 협조제어 기술 개발	25억	160	2년	자체	
1-5	분산형 전력망 통합 최적 구성 기반 ADMS-EMS 관제공조 기술 개발	50억	180	3년	자체	
2-3	AI 기반 배전망 운영 솔루션 개발 환경 구축	40억	140	2년	자체	
2-4	다중 감시 자원(한전+사외)기반 경제적 배전망 감시 기술	60억	144	3년	공동	
3-2	송변전 SCADA 이중화 및 신뢰성 검증기술 개발	50억	100	2년	자체	
3-2	Cloud/AI-applied 전력계통 응용 서비스 개발	100억	240	2년	공동	
3-2	송변전 SCADA 테스트베드 구축 및 신뢰검증절차 개발	20억	50	2년	자체	
4-5	해석모델-현장시험 적합성 평가기술 개발	27억	240	3년	자체	
4-3	계통 이상 징후 조기인지 기술 개발	40억	120	3년	자체	
4-2	수요응답형 전력계통 고장분석/예지 기술개발	25억	50	3년	공동	
4-4	측정데이터를 기반(PMU 등)으로 한 계통상황인지 및 정수추정 기술 고도화	40억	120	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
4-3	우리나라 전계통 보호무결성(SIPS, System Integrity Protection Sys.) 체계 설계, 해석, 진단, 운영 통합기술	10억	30	3년	자체	
4-3	보호무결성 기반 고장분석/예지 시스템 구축 및 개발	10억	50	5년	공동	
3-3	신규 SCADA 광역계통운영센터 확대구축	150억	360	2년	자체	
3-4						
3-4	SCADA 사업화 솔루션 개발	50억	100	1년	공동	
2-3, 5	차세대 신기술인프라(AI, 통신 등) 기반 지능형 고장 대응 기술 개발	60억	144	3년	자체	
1-1~5	권역별 지역 전력계통 통합 구성 및 운영체계 구축	50억	200	3년	자체	

## R&D 투자계획

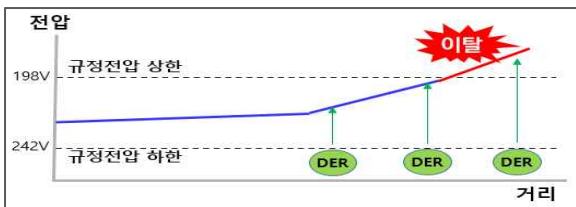
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	150	309	-	477	330
인 력	438	1,174	-	1,544	884

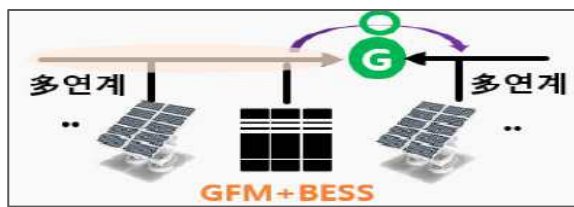
1. 목표 개요

- 재생e 연계에 따른 전압 변동성 대응을 위한 실시간 전압 관리체계 구축
- ESS와 연계한 배전용 GFM 기술 개발로 분산자원 연계력 증대 및 안정화
- 설비안정성 제고 및 신뢰도 향상을 위한 전력설비 고품질, 고성능 추진

■ 재생e 연계 전압 변동성 ■



■ ESS활용 계통안정화 ■



2. 핵심이슈 분석

□ **전기품질관리** 분산에너지 접속 증가에 따라 단방향에서 양방향으로 전력계통의 조류 변화가 발생하여 특정구간에서 과전압이 발생, 전압유지율 준수를 위한 소계통 전압관리방안 선진화 필요

\* (선행기술) AMI기반의 전압유지율 평가체계 및 운영시스템 구축('25.3)

- 지역별 전압패턴 예측에 기반한 중장기 전압관리 대응전략 및 전압조정자원 (SVR 등)간의 협조를 통한 최적 운영체계 구축
- 정전기여도 (고장율, 정전비용, 부하 중요성 등) 평가에 기반한 지역별 공급신뢰도 (호당정전시간) 목표 및 관리체계 재정립
- 배전망 이용요금 부과, 제3자 직접거래 등 새로운 형태의 사업대상 요금정책 반영을 위한 손실체계 개선

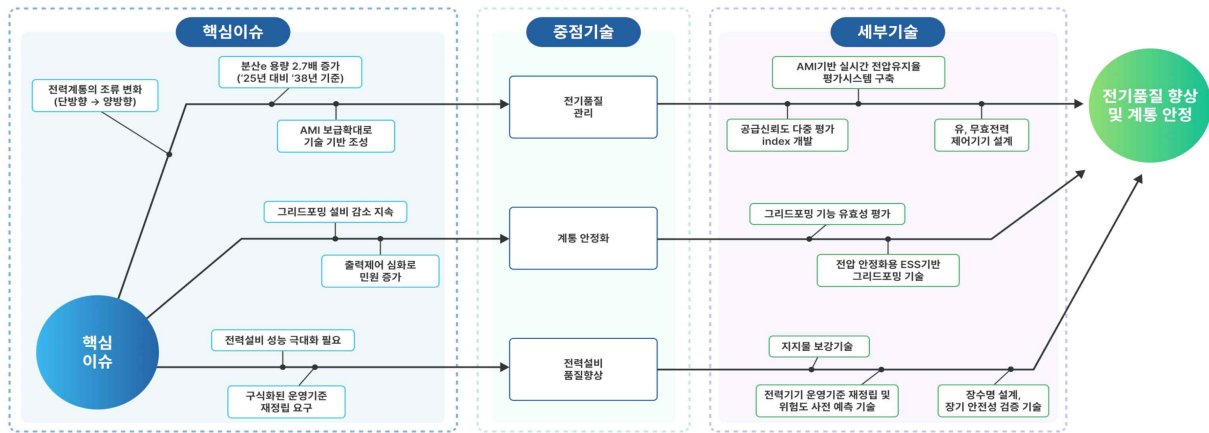
□ **계통 안정화** 재생e 확대에 따른 동기발전기 등 그리드포밍 설비의 감소로 계통안정화 약화 및 출력제어 이슈가 심화되고 있어 수용력 제고, 연계용량 상향 등을 위해 배전용 ESS 활용기술 확보 필요

\* (선행기술) 인공관성을 이용한 태양광 연계 GFM 기술개발 및 실증('25.9)

- 정부 재생에너지 확대정책 능동적 이행을 위해 ESS 기반 배전선로 연계용량 상향 및 전압 안정화 기술 개발
- 배전망 내 배전용 ESS, PV 등 발전원을 이용하여 광역 정전시 배전단의 재난 대응 비상전력공급 자원으로 활용 추진

- **전력설비 품질향상** 분산에너지 연계로 인한 망 운영 변화에 따라 안정성과 신뢰성이 향상된 친환경, 고품질 기자재 개발 및 보강공법, 기준 재정립, 진단 고도화 등으로 전력설비의 성능 극대화 필요
  - \* (선행기술) 배전용 콘크리트 전주 H.I. 인자 및 B종 강관전주 기초 최적화(~'26.7)
  - \* (선행기술) 접속부 장기 신뢰성 확보를 위한 시공품질 최적화 기술 개발(~'26.8)
- 성능향상, 수명개선 등 고품질 신소재 및 탄소배출을 저감하는 친환경 소재를 적용한 기자재 개발 및 시험기준 마련
- 재생e 수용 확대를 위해 주요 전력기자재(변압기, 개폐기, 전선 등)의 구식화된 운영기준 재정립과 진단기법 고도화 추진

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

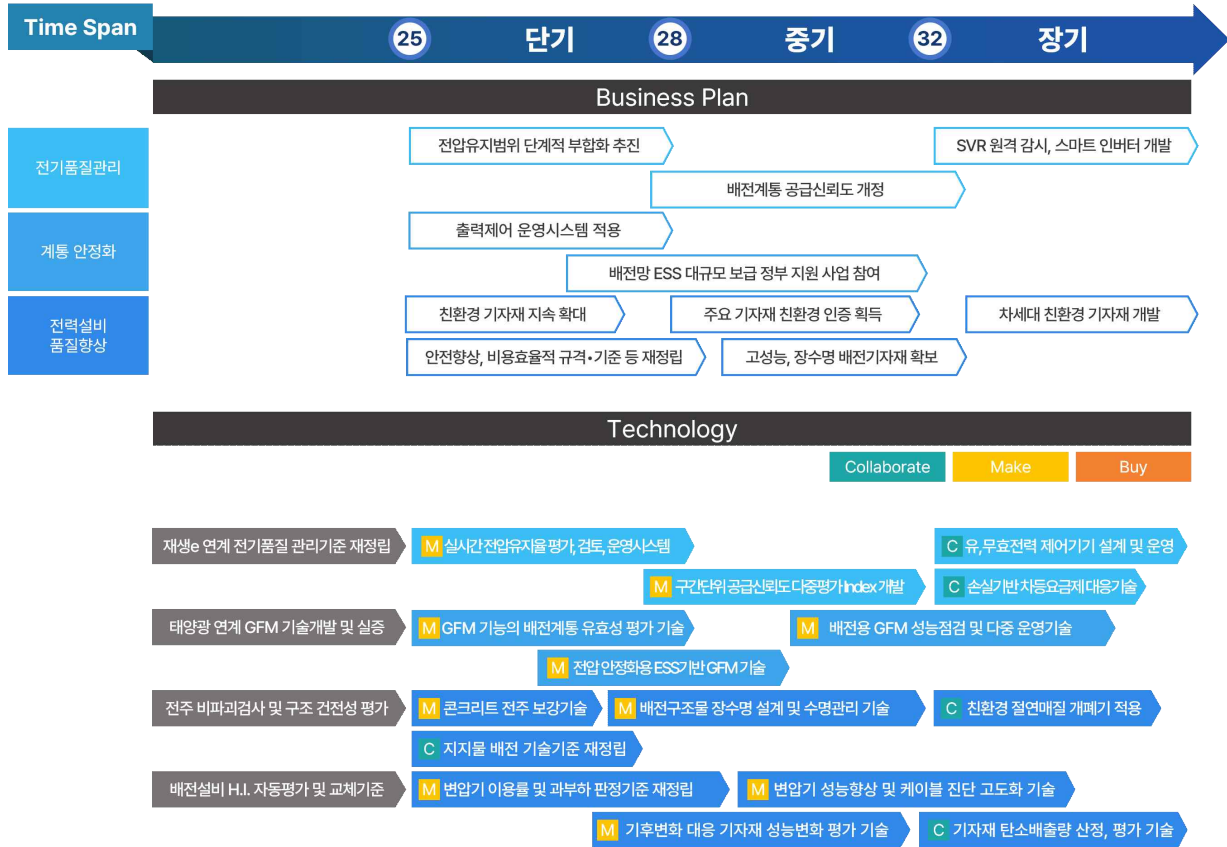


### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
<b>1</b> 전기품질관리	<b>1</b> -1 AMI기반의 실시간 전압유지율 평가, 검토, 운영시스템 구축	□단기
	<b>1</b> -2 구간단위 공급신뢰도 다중평가 Index 개발 및 지역별 공급신뢰도 관리기준 수립	□중기
	<b>1</b> -3 분산자원 관리를 위한 유,무효전력 제어기기 설계 및 운영기술	□장기
<b>2</b> 계통 안정화	<b>2</b> -1 그리드포밍 기능의 배전계통 적용 유효성 평가 기술	□단기
	<b>2</b> -2 재생e 연계용량 상향 및 전압 안정화용 ESS기반 그리드포밍 기술	□단기
	<b>2</b> -3 그리드포밍 탑재형 배전용 ESS의 다중 운영 안정화 기술	□중기
<b>3</b> 전력설비 품질향상	<b>3</b> -1 노후화, 균열, 단면손실, 내력 저하 등에 의한 지지물 보강기술	□단기
	<b>3</b> -2 전력기기 운영기준 재정립 및 위험도 사전 예측기술 (케이블 열화진단 고도화, 개폐기 고장예측, 변압기 과부하 기준 등)	□단기
	<b>3</b> -3 기자재 교체주기 분석 및 품질관리, 장수명 설계, 장기 안전성 검증 기술	□중기
	<b>3</b> -4 기후변화 조건의 기자재 용량 감소계수 및 성능변화 평가 기술	□중기
	<b>3</b> -5 친환경 절연매질 개폐기 적용 기술	□장기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	배전망 운영환경 변화에 대응하는 지역별 전기품질 관리시스템 고도화 및 신배전망 운영기준 수립	45억	210	3년	자체	'25년
1-1	설비보강 투자효과를 반영한 SAI 중장기 목표수립	10억	54	1.5년	자체	'26년
2-2	분산e 통합 배전망 구현을 위한 배전용 GFM-BESS의 grid-support 기술 개발	52억	141	3년	자체	'25년
3-1	편하중/노후 콘크리트 전주 보강공법 및 설계기준 개발	30억	174	2.5년	자체	'26년
3-2	저압선로 고장구간 축소 보호기기 운영기준 수립	2.9억	18	1년	자체	'25년
3-2	특수구간 노후 지중케이블 최적 교체연한 정립	1.3억	8	0.6년	자체	'25년
3-2	자상개폐기 상태판정기준 고도화 및 위험도 예측기술 개발	25억	150	2년	자체	'26년
3-2	배전용 변압기 전산이용률 및 과부하 판정기준 재정립	21억	134	2년	자체	'25년
3-1	엔지니어링 기반 지저물 배전 기술기준 재정립에 관한 연구	4.3억	26	1년	공동	'25년
3-3	기자재 핵심부품 관리기법 및 품질유지 기준 정립	23억	132	2년	자체	'26년
3-3	철거기자재 경제성 기반 재사용 평가기술 개발	20억	100	3년	자체	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	전압유지율 AI여측 및 전압관리 설비투자 중장기 계획수립	20억	144	3년	자체	
1-2	지역별 공급신뢰도 차등관리를 위한 설비보강 계획 및 분산전원 운전기준 개선	30억	144	2년	자체	
2-3	배전용 GFM(DiGFI) 성능점검 및 다중 운영기술 개발	30억	84	3년	자체	
3-3	배전기자재 품질보증 방안 및 접지 평가기준 재정립	18억	108	4년	자체	
3-2	변압기 성능향상 및 전선·케이블 진단 고도화 기술 개발	20억	120	4년	자체	
3-3	배전구조물 장수명 설계 및 수명관리 기술 개발	40억	190	3년	자체	
3-4	기후변화 대응 기자재 운영환경 분석 및 규격기준 재정립	24억	240	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	배전망 전기품질 관리를 위한 제어기기 개발	50억	144	3년	공동	
1-1	구간단위 공급신뢰도 및 전기품질 관리등급별 차등요금제 도입	10억	144	2년	공동	
3-5	친환경 개폐기, 환경영향평가 및 탄소배출량 산정 기술개발	100억	600	4년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	127	88	20	182	160
인 력	537	510	100	1,030	888

1. 목표 개요

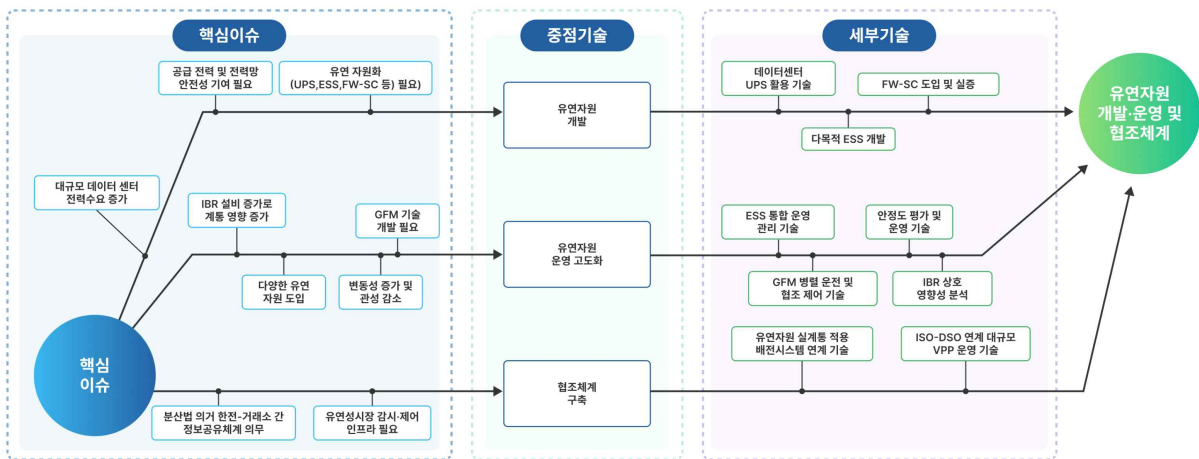
- 대규모 첨단부하를 활용한 전력수요 유연자원화를 통해 전력망의 안정성에 기여
- FACTs, 플라이휠-동기조상기, ESS 등 유연자원을 개발하고 통합 운영하여 효과적으로 활용
- 전력계통의 관성 감소, 변동성 증대를 해소하기 위한 계통 유연성 및 안정화 기술 개발
- 배전망 연계 유연성 시장 촉진과 주도를 위한 ISO-DSO-VPP 협조체계 구축 및 운영

2. 핵심이슈 분석

- **유연자원 개발** 재생e 전원과 대규모 부하가 증가하면서 전력망의 안정성에 기여할 수 있는 다양한 형태의 유연자원 개발 필요
  - 데이터센터 등 첨단부하의 무정전 전원공급장치 (UPS), 에너지저장장치 (ESS) 등을 활용하여 전력수요 유연자원화 기술 필요
    - \* (선행기술) DC 전력수요 차단을 활용한 유연 자원 확보 타당성 분석 연구('25.9)
  - IBR 자원 증가와 기존 화력발전기의 폐지로 계통 관성 부족을 대응하기 위해 폐지 화력발전기의 동기조상기로의 용도 전환 기술 및 제도, 플라이휠을 적용한 동기조상기 도입 필요
    - \* (선행기술) 폐지 화력발전소의 발전설비 동기조상기 용도 변환('25.6)
- **유연자원 운영 고도화** 전력망을 안정적으로 운영하기 위해 GFM, ESS, FACTs, 동기조상기 등 유연자원이 계통에 접속되고 있으며, 이를 효과적으로 활용하기 위해 운영 고도화가 필요
  - 기존의 인버터 기반 전원의 기능을 GFM 기술 개발을 통해 고도화하여 전력망을 안정적으로 운영하는데 기여하고, 설비 간 상호영향을 해소하기 위한 대책을 마련
    - \* (선행기술) 전력계통 무효전력 관리시스템 개발('10.9)
    - \* (선행기술) 특수설비(FACTs) 레플리카 제어기-RTDS 연계시험 기술개발 완료('18.4)
    - \* (선행기술) 도서지역 계통 안정도 확보를 위한 GFM 기술개발 및 현장실증 완료('22.11)
    - \* (선행기술) 인공관성을 이용한 태양광 연계 GFM(Grid-Forming) 기술 개발 및 적용('25.9)
  - 다양한 유연자원의 계통 지원 기능을 협조 제어하여 효과적으로 운영 및 관리하기 위한 통합 운영 기술 개발
    - \* (선행기술) 계통안정화용 ESS의 운영알고리즘 개발 및 설치 시험 완료('24.8)
  - 재생e 증가에 따른 관성 감소 등에 의해 전압·주파수 변동성이 증가하고 있으며, 이를 해소하기 위해 전력망 안정화 기술 필요

- 협조체계 구축 전력시장 참여 사업자의 자원 제어 및 발전계획 정보공유를 위한 ISO-DSO-VPP 간 협조체계 및 감시·제어 인프라 필요
  - VPP 입찰 전 배전계약 검토를 통한 분산에너지 사업자 입찰계획 최적화 및 급전지시 이행을 위해 상호 정보공유 및 시스템 연계 추진
    - \* (선행기술) 배전계통 혼잡관리를 위한 DSO 계통운영규칙 및 운영기술 개발('23.9)
    - \* (선행기술) 유연자원 서비스화를 위한 VPP 통합플랫폼, ISO-DSO 협조운영시스템(~'26.12)
  - 감시제어 단말장치 설치 의무가 있는 신규 분산e 사업자와 달리 기설 발전사에 대한 관리 방안 (계약갱신시 제어설비 구비의무 등) 마련

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

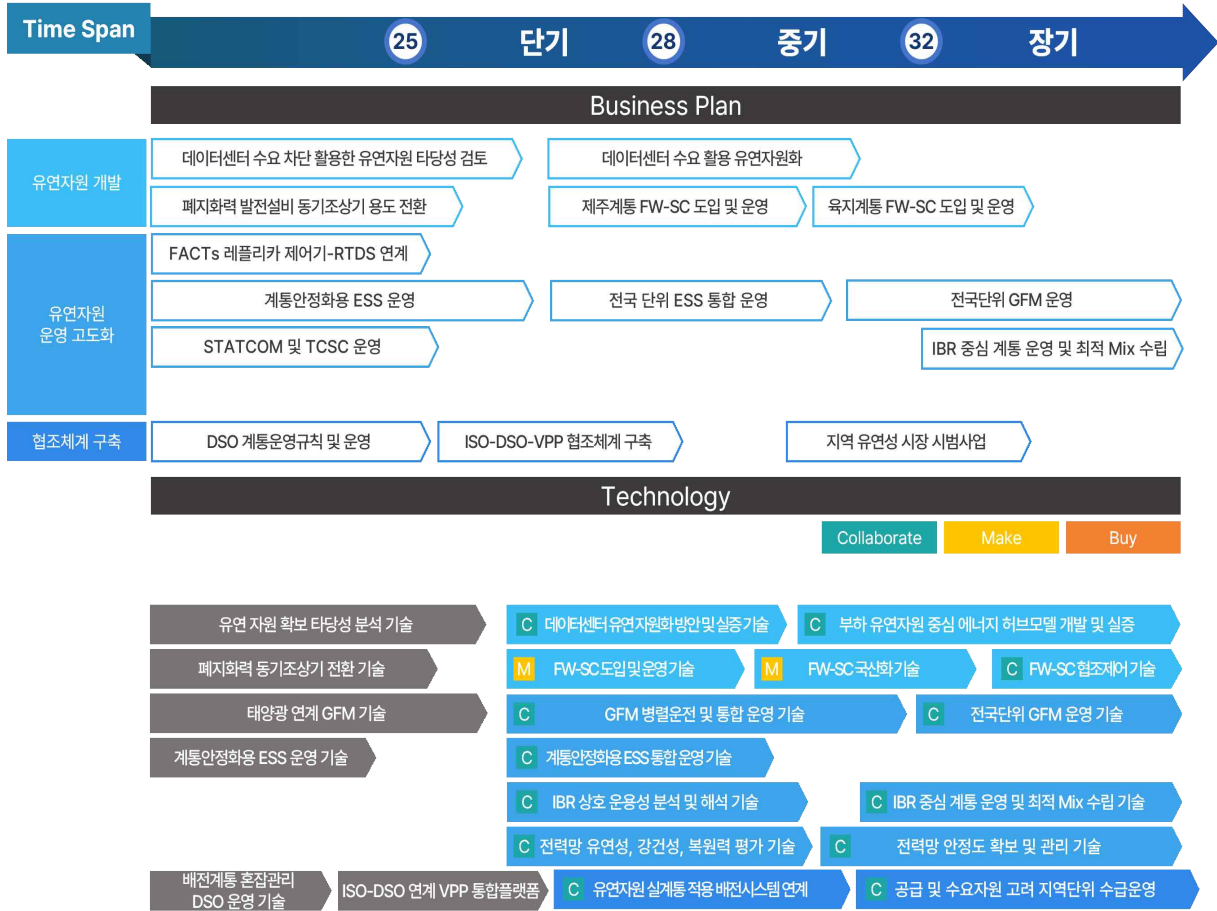


### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 유연자원 개발	1-1 전력망 유연자원 개발	□단기, 중기
	1-2 유연자원 설비 고도화	□단기, 중기
2 유연자원 운영 고도화	2-1 유연자원 계통 연계 기술	□단기, 중기
	2-2 유연자원 관리 및 운영 기술	□단기, 중기, 장기
	2-3 동기조상기 운영 기술	□단기, 중기, 장기
	2-4 계통 유연성 및 안정도 향상 기술	□단기, 중기, 장기
3 협조체계 구축	3-1 유연자원 실행용 배전시스템(ADPS, ADMS 등) 연계 기술	□중기
	3-2 공급자원과 수요자원 고려 지역단위 수급운영 기술	□중기
	3-3 P2X 유연자원 확보 및 인프라 연계 유연자원화 기술	□중기
	3-4 분산e 특구 지정 육자계통 실증사이트 운영 모델 성능 검증	□중기
	3-5 재생e, P2X 등 다양한 자원 특성 고려 유연자원 거래 모델	□단기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	데이터센터 전력수요 활용 계통유연성 자원화 방안 발굴 및 실증	30억	86	2년	공동	'26년
1-2						
2-1	GFM 병렬운전 기술개발 및 기존 계통 자원과의 주파수 안정도 협조운영방안 개발	40억	260	4년	공동	'25년
2-1	계통안정화용 ESS 최적운영기술 및 전국단위 통합운영 기술개발	20억	150	2년	자체	'26년
2-2						
2-1	IBR 상호운용성 분석 시뮬레이터 구축 및 해석 기술 개발	35억	175	3년	자체	'25년 (기획完)
2-2						
2-4	미래 전력망 유연성, 강건성, 복원력 평가 기술 개발	24억	120	2년	자체	'26년
2-4	HILF 이벤트 예측, 전력망 평가 방법 및 지표 개발	10억	100	2년	자체	'26년
2-4	제주계통 주파수 안정도 최적화 관련 연구	10억	120	2년	자체	'27년

2-4	인버터 기반 전원 확대에 따른 계통관성 평가방안 구체화 및 임계관성 산정 연구	10억	120	2년	자체	'26년
2-4	대규모 재생에너지 단지 IBR Block 방지를 위한 V-Wall 구축 및 지역별 무효전력 필요량, 강건도 전망 시스템 개발	20억	120	3년	자체	'25년
2-4	계통운영의 혼잡 관리를 위한 송전망 최적화 기술 개발	20억	180	3년	자체	'25년
3-5	지역 유연성자원 거래모델 개발 및 실증	73억	195	4년	공동	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	부하 유연자원 중심 변동성 전원 연계 제어를 위한 에너지 허브모델(SPV) 개발 및 실증	30억	114	3년	자체	
1-2 2-3	FW-SC 시스템 국산화 기술 개발	450억	350	5년	정부	
2-2	계통안정도 확보를 위한 GFM 자원 다각화 및 통합운영 기술 개발	28억	220	3년	자체	
2-4	미래 불확실성에 대비한 전력망 유연성, 강건성, 복원력 확보 방안 개발	36억	180	3년	자체	
2-4	복원력 강화 및 비용편익 분석 방안, 전력망 신뢰도 평가 및 관리 절차 제시	36억	180	3년	자체	
2-4	'지역+중앙' 계층구조를 갖는 협조제어 기술 개발	20억	120	3년	자체	
2-4	IBR Block 방지를 포함하는 지역별 전압 제어 시스템 실증	60억	200	4년	자체	
3-1 3-3	유연자원 배전분야 시스템 통합 연계 및 계약체계 개발	117억	187	5년	공동	
3-2~4	ISO-DSO 연계 공급-수요혼합형 대규모 VPP 운영플랫폼 개발	118억	186	5년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
2-2	전국 단위 GFM 운영 및 보호협조 시스템 개발	30억	300	4년	공동	
2-2	인버터 중심 계통 운영 방안 및 최적 Mix 수립 기술 개발	22억	140	2년	자체	
2-3	FW-SC 협조제어 및 최적화 운영기술 개발	100억	110	4년	자체	
2-4	공급측, 송전망 및 수요측 유연성 평가 및 관리시스템 개발	100억	250	5년	자체	
2-4	전력망의 최적 운영을 위한 계층적 전압제어 시스템 구축	100억	200	4년	자체	
2-4	강화학습 및 multi-agent 기반 차세대 지능운영 시스템 개발	100억	200	4년	자체	

2-4	경제성-안정성 통합 해석을 위한 온라인 전력시장 연계 안정도 해석 기술	20억	122	3년	자체
2-4	전력망 자동복구 제어기술 개발	40억	146	3년	자체

## R&D 투자계획

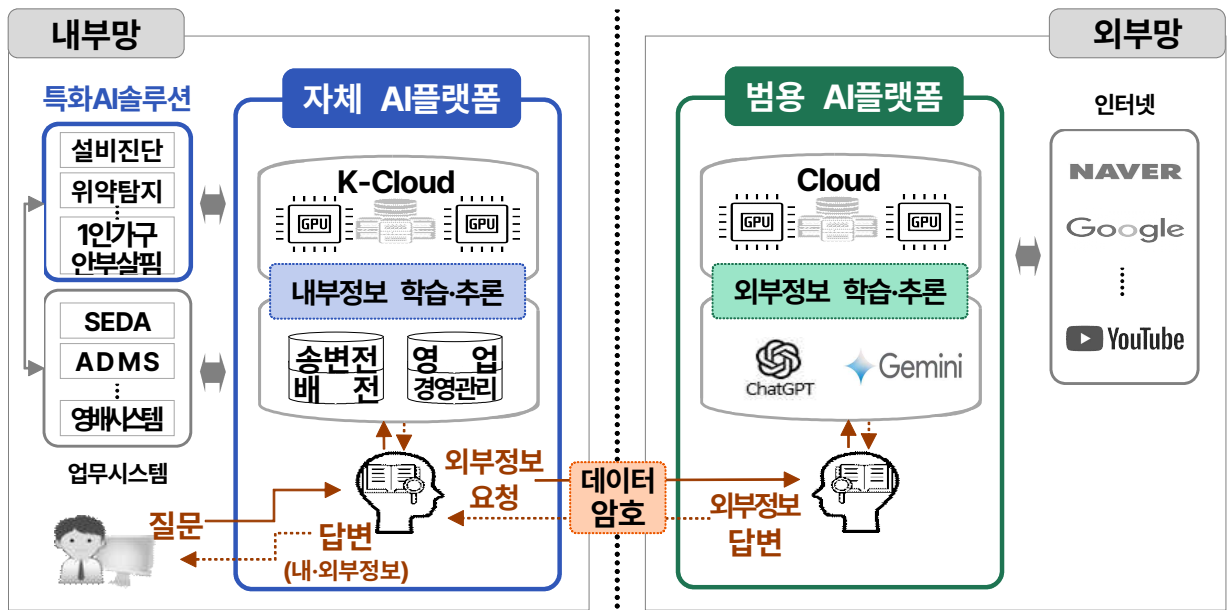
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	115	167	10	895	512
인력	735	771	120	1,737	1,468

1. 목표 개요

- 전력시스템에 대규모 AI 모델 개발·운영을 위한 플랫폼 및 Agentic AI 기술 확보
- 고품질 데이터를 확보하여 LLM기반 지식베이스 구축 및 전력업무 전문가 AI 개발
- 자체 AI플랫폼과 범용 AI플랫폼을 연계하여 사내외 통합 전력특화 AI 솔루션 구현

■ 전력특화 AI 솔루션 운영 개념도 ■

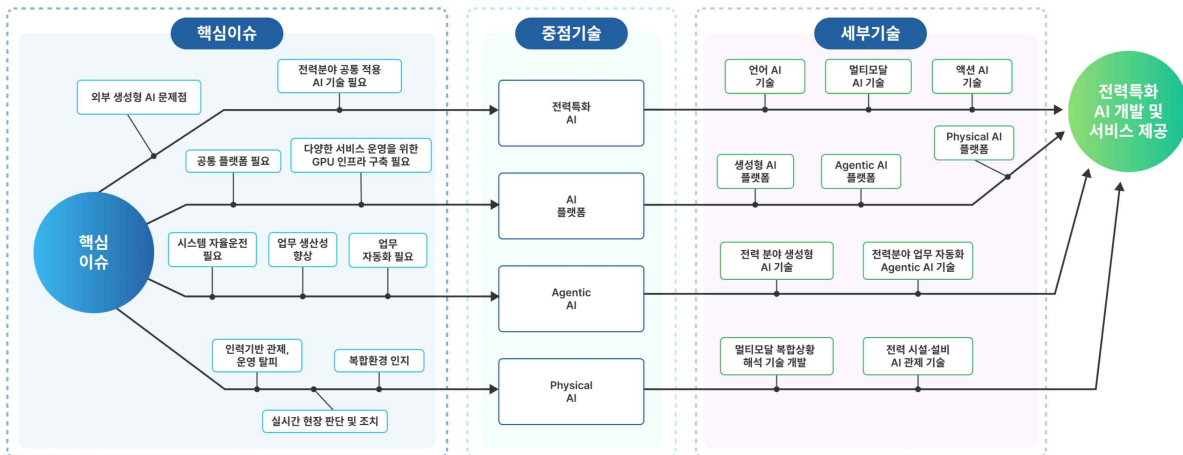


2. 핵심이슈 분석

- 전력특화 AI 자체(내부)·범용(외부) AI간에 협업하여 전력분야 전반에 AI 적용을 위한 하이브리드 AI 플랫폼 운영기술 필요
  - 다수의 sLLM기반 AI 서비스가 빠르게 도입될 것으로 예상되나, 전력계통, 설비제원, 운영기준 등 AI 학습을 위한 지식베이스 부재
  - 사내 학습용 데이터 관리·순환 체계 구축 및 자체범용 AI 협업 모델 학습 프레임워크 개발 필요
  - Foundation LLM 모델의 커스터마이징 및 고도화를 통한 전력 특화 AI 모델 및 서비스 개발 필요
    - \* (선행기술) 연구분야 활용을 위한 생성형 AI 구축 및 Pilot 서비스 개발('24.11)
- AI 플랫폼 업무 전반에 미래 AI 기술 적용을 위한 대용량 데이터 저장·전처리, 모델 개발·학습, AI 서비스 전주기 통합 관리 플랫폼 부재
  - AI 기술의 적기 활용을 위해서는 데이터의 품질이 중요하나, 우리 회사 데이터의 무결성·정합성은 개선 필요

- 시계열, 텍스트, 이미지 등의 데이터 관리·순환 체계 정립 및 벡터 기반 저장·전처리, 모델 파인튜닝, 대규모 분산학습을 위한 인프라 필요
  - 데이터 수집부터 모델 개발, 서비스 운영까지 전주기를 관리하고, 미래 AI (생성형, Agentic 등) 기술 활용 가능한 AI·빅데이터 통합형 플랫폼 필요
    - \* (선행기술) KEPCO 전력 소프트웨어 공용 플랫폼 기술 개발('23.12)
    - \* (선행기술) 플랫폼 정합화, 전력 AI 라이브러리 기술 및 서비스 개발('23.12)
- **Agentic AI** 시스템 간 연계를 통해 AI Agent를 적용한 업무 효율화를 위해 AI의 실시간성, 신뢰성 확보 기술 개발 필요
- Agent는 다수의 전문가 AI의 역할 및 관계에 따라 수행하는 작업으로, AI 간 협업을 위해 실시간 오케스트레이션(통합 관리·조율) 및 연계 필요
  - AI의 급격한 발전으로 인한 기술 비표준화, AI 자율성으로 인한 신뢰도·안정성 저하 문제 해결을 위한 점진적, 단계적 적용 필요
- **(Physical AI) 인력 기반의 전력시설 관제 및 설비운영 탈피를 위해 시설, 현장, 설비의 복합 상황 인지 및 현장 판단 AI 기술개발 필요**
- 영상, 음성, IoT 센서 데이터 통합을 통한 멀티모달 분석 및 복합 데이터를 언어적 의미로 해석하는 VLM(Vision-Language Model) 확산
  - 현장 및 설비에 설치된 디바이스에 탑재된 AI 모델을 통해 실시간으로 판단하고 조치하기 위한 Edge(단말) 기반의 기술개발 필요
    - \* (선행기술) 발전소 안전환경 정착을 위한 IoT기반 작업안전관리플랫폼 개발('24.4)
    - \* (선행기술) 가공배전선로 활선작업 로봇 시스템 개발('25.5)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 전력 특화 AI	1-1 언어 AI 기술	□단기
	1-2 멀티모달 AI 기술	□중기
	1-3 액션 AI 기술	□장기
2 AI 플랫폼	2-1 Agentic AI 플랫폼	□단기
	2-2 Physical AI 플랫폼	□중기
3 Agentic AI	3-1 전력 분야 생성형 AI 기술	□단기
	3-2 전력분야 업무 자동화 Agentic AI 기술	□중기
	3-3 자율운전 Agentic AI 기술	□장기
4 Physical AI	4-1 멀티모달 기반 복합상황 해석기술	□단기
	4-2 전력 시설·설비 AI 관제 기술	□중기, 장기

### 로드맵 수립결과



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	전력 특화 하이브리드 생성형AI 기술 개발	100억	180	3년	공동	'26년
3-1	전력기술 AI Assistants 개발	40억	120	2년	자체	'25년
4-1	전력 시설 관제를 위한 멀티모달 기반 복합상황 해석기술 개발	30억	100	3년	자체	'25년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	전력 특화 하이브리드 대형멀티모달(LMM) 기술 개발	150억	180	3년	공동	
2-1	전력 특화 Agentic AI 플랫폼 및 시스템 연계 기술	80억	108	3년	공동	
3-2	전력운영 업무 자동화 Agent 개발	80억	108	3년	자체	
4-2	전력 시설 및 설비 AI 기반 관제 시스템	30억	100	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	전력 특화 하이브리드 대형행동모델(LAM) 개발	200억	180	3년	공동	
2-3	전력 특화 Physical AI 플랫폼 기술 개발	100억	108	3년	공동	
3-3	전력시스템 자율운전 AI 개발	250억	2,400	4년	공동	
4-2	Edge AI 기반 자율 판단형 관제 시스템	50억	100	3년	자체	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	70	100	0	340	600
인 력	220	180	0	496	2,788

1. 목표 개요

- AI·드론 기반 무인 진단체계 고도화를 통한 송·변전·배전 설비 진단 자동화
- HVDC·MVDC 및 친환경 신소재 설비까지 확장가능한 차세대 진단 체계 구축
- 기후재난 대응을 위한 전력설비 실시간 건전성 모니터링 및 회복탄력성 강화
- 다중센서·빅데이터 기반 상태진단과 수명 예측을 통합한 자산관리 플랫폼 구축

AI 진단기술 개념도



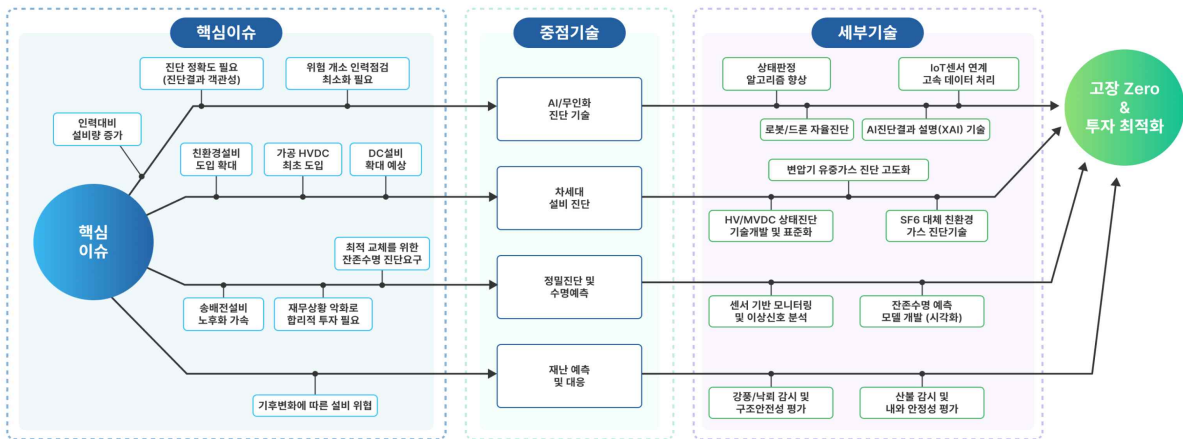
2. 핵심이슈 분석

- AI·무인화 진단 송·배전설비는 지속적 증가하고 있으나 인력은 정체되어 있으며 진단자의 숙련도에 따라 진단결과가 달라질 수 있으므로 AI기반의 진단기술 도입으로 진단효율 및 판정 정확도 향상이 필요
  - 송변전 설비의 경우 SEDA (변전종합예방진단시스템) 등 솔루션 확대 적용 중이나 일부 판정 알고리즘에 대한 정확도 제고가 요구되며, AI기반 판정 결과의 일관성 부족 및 현상에 대한 설명 어려움으로 진단장비 기능개선 및 상태판정 알고리즘의 신뢰성 향상 필요
    - \* (선행기술) 장기사용 ACSR 전선 상태진단 및 수명평가 기술 개발('19.12)
    - \* (선행기술) 송전용 케이블 및 전선의 수명평가를 위한 실증 연구('23.5)
    - \* (선행기술) 변압기 부상 절연열화 신 진단기술 개발('22)
    - \* (선행기술) 변전 종합예방진단(SEDA) 연계를 위한 부상 On-line 진단기술 개발('24)
  - 배전설비는 영상 기반의 설비진단 및 지상개폐기 AI진단 기법 적용 중이나 자동 설비인식 기술 및 상태판정의 정확도 향상이 요구되며 진단대상 기자재 확대 등 추가 개발 필요
    - \* (선행기술) AI 영상인식 기반 데이터 전처리 및 자동 진단체계 구축('24.5)
    - \* (선행기술) 배전설비(COS, 피뢰기, 애자 등) 열화상진단 AI판정 알고리즘('24.12)
    - \* (선행기술) AI를 활용한 배전설비 초음파 진단 고도화 기술('21.5)
    - \* (선행기술) 지중배전설비(SW,케이블) 진성PD/유입PD/노이즈 자동판단('24.4)
  - 인력점검이 어려운 고위험 구간은 드론 기반의 무인 진단기술 적용필요

- **진단범위 확장** 새롭게 도입되고 있는 HVDC, MVDC 등 DC설비 및 친환경 설비에 대한 진단 체계의 정립이 필요
  - 대용량 HVDC 도입에 따라 기존 AC 진단기술로 대응이 불가하고, MVDC의 경우도 절연특성이 AC설비와 상이하야 맞춤형 진단기술 개발 및 도입이 필요함
    - \* (선행기술) HVDC 변환용 변압기 혼재구간 고장예방을 위한 신 진단기술(~'26)
    - \* (선행기술) 복합센서를 활용한 실시간 송전선로 애자오염 진단시스템 개발('23.10)
    - \* (선행기술) Aging of 765kV Polymer Insulator at KEPCO's Gochang Test Facility('17.3)
    - \* (선행기술) 동해안 전력 수송을 위한 ±500kV HVDC XLPE 케이블 개발('21.6)
    - \* (선행기술) 해외 DC애자 누설전류 측정센서 시작품의 성능검증 수행
  - SF<sub>6</sub> 가스 대체 EGIS, 식물유 변압기 등 친환경신소재 도입에 따른 진단 및 운영 기술 및 기준 필요
    - \* (선행기술) 불소계 혼합가스적용 SF<sub>6</sub> Free Eco GIS 및 운영기술('21.12)
    - \* (선행기술) C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N 기반 EGIS 상태진단 및 주입회수기술 개발('25.5)
    - \* (선행기술) 지상변압기 고분자 감응 열화진단기술 고도화 및 수명평가 모델 개발('25.7)
    - \* (선행기술) 154kV 변압기 절연유 리트로필 기술 개발('25.10)
  
- **수명 예측** 기 운영중인 송배전 설비의 노후화가 가속화됨에 따라 설비의 상태진단을 통한 설비 안정성을 정밀 감시하고 최적 교체시기 산출 기술이 요구됨
  - 기존 노후 전통적 설비 지속적 운영을 위한 고정밀 진단 및 대용량·복잡화 되는 설비에 대한 다센서 기반 실시간 모니터링 체계 필요
    - \* (선행기술) 누설전류 peak 값을 이용한 AC애자 오손도 기반 경보 시스템 검증
    - \* (선행기술) 누설전류 r.m.s 값을 이용한 AC애자 진단장비 개발(중기협력과제)
    - \* (선행기술) 식물유 변압기 유증가스 관리기준 설정연구('16.4)
    - \* (선행기술) 지중송전 OF 케이블 절연열화 新진단기법 타당성 연구('19.5)
    - \* (선행기술) SF<sub>6</sub> 분해가스 분석에 의한 진단기술 개발 및 기준제정('20.2)
    - \* (선행기술) 케이블 잔여수명 예측을 위한 화학적 진단기법 개발('23.5)
    - \* (선행기술) 지중송전 케이블 유지접속함 에폭시 건전성 평가기술 개발('25.7)
    - \* (선행기술) 변압기 부싱 절연유 관리기준 및 예방점검 기술개발('23.12)
    - \* (선행기술) 23kV 친환경 개폐장치 절연가스(Dry Air) 열화진단 및 누기감지(~'27.5)
    - \* (선행기술) 복합센서를 활용한 실시간 송전선로 애자오염 진단시스템 개발('23.10)

- 열화인자 평가기술과 데이터를 바탕으로 잔존수명 진단 기술과 최적의 교체시기 산출기법 개발 및 IoT & AI진단으로 수명예측
  - \* (선행기술) 지상변압기 해체점검을 통한 퓨란-중합도-수명 상관관계 평가('25.5)
  - \* (선행기술) 배전설비 AMS 검증을 위한 설비 수명평가 기술('23.10)
  - \* (선행기술) 송전용 케이블 및 전선의 수명평가를 위한 실증 연구('23.5)
  - \* (선행기술) 장기사용 ACSR 전선 상태진단 및 수명평가 기술 개발('19.12)
- **기후재난 대응** 최근 태풍·폭염·산불 등 기후재난의 빈도와 강도가 증가하고 있으나 이에 대한 설비 안정성 검증과 모니터링 체계 미흡
  - 태풍·폭염·산불 등의 빈도 증가에 따라 전력설비의 기후 대응 설계강화 및 AI와 IoT를 활용 모니터링 기술 확보 필요
    - \* (선행기술) 전력구조물의 기후위기 적응을 위한 안전성 평가 기술 개발('17.4)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

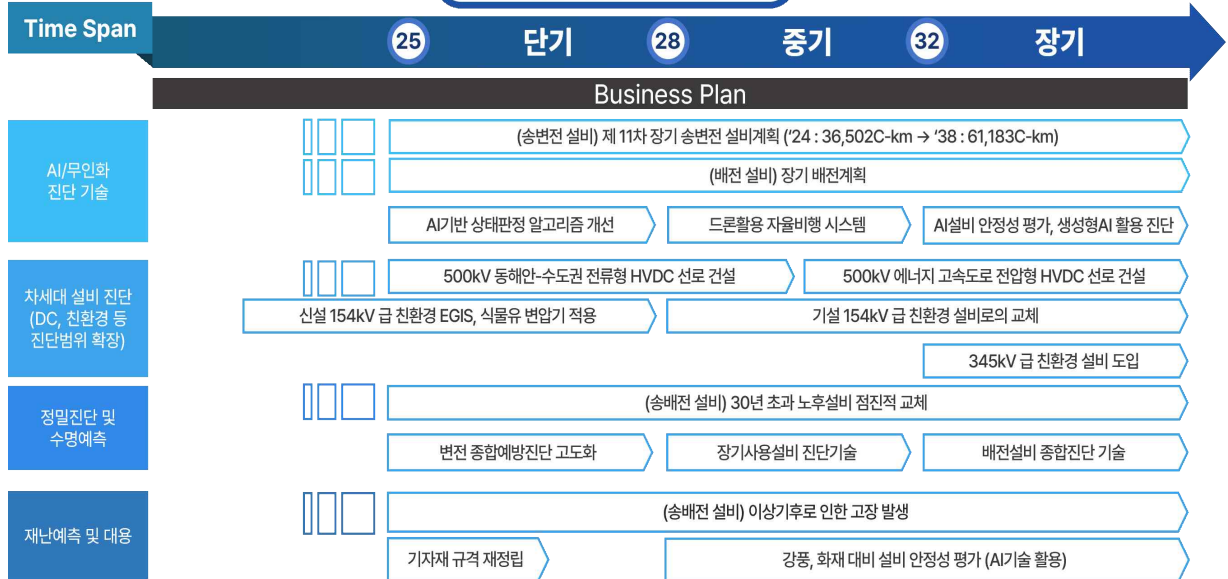


### 3. 중점기술 선정

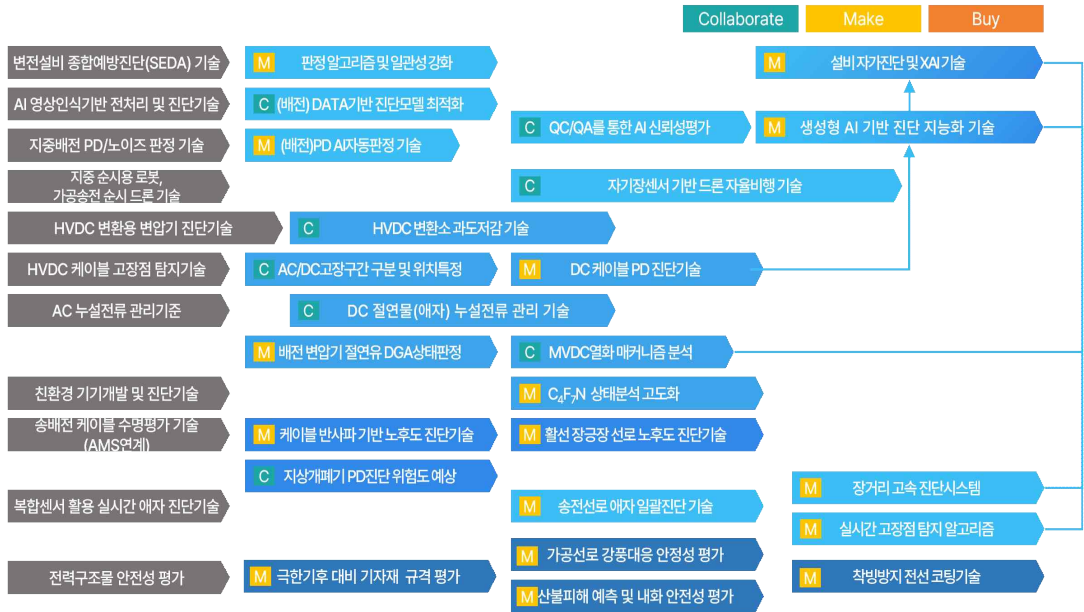
중점기술	세부기술	비고
1 AI / 무인화 진단기술	1-1 AI 영상음향 기반 자동설비 인식 및 상태판정 알고리즘	<input type="checkbox"/> 단기, 중기, 장기
	1-2 드론·로봇 기반 고위험 구간 무인 진단·정비 기술	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
	1-3 IoT 센서 연계 실시간 데이터 수집·자동 전처리 체계	<input type="checkbox"/> 단기, 장기
	1-4 AI 진단 정확도 향상을 위한 학습용 데이터셋 구축	<input type="checkbox"/> 장기
	1-5 AI 진단 결과의 설명가능성(Explainable AI) 확보 기술	<input type="checkbox"/> 중기, 장기
	1-6 ICT기술 적용 실시간 원격 송전설비 통합 관리 플랫폼 개발	<input type="checkbox"/> 단기, 장기
2 차세대 설비 진단	2-1 HVDC 케이블·변환설비 맞춤형 상태진단 기술	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
	2-2 MVDC 설비 전용 절연특성 기반 열화진단 기법	<input type="checkbox"/> 중기, 장기
	2-3 가스분석 등 송배전 변압기 진단 기술	<input type="checkbox"/> 단기
	2-4 SF <sub>6</sub> 대체 절연가스 진단 기술	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
3 정밀진단 및 수명예측	3-1 (다중)센서 기반 건전성 모니터링 및 이상신호 분석	<input type="checkbox"/> 단기, 중기, 장기
	3-2 핵심 설비 진단 및 잔존수명 예측 모델	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
	3-3 열화인자 종합 평가 및 교체시기 최적화 기법	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
	3-4 AI·빅데이터 기반 설비 리스크 평가	<input type="checkbox"/> 단기, 장기
	3-5 디지털 트윈 기반 장기운영 설비 시뮬레이션	<input type="checkbox"/> 장기
4 재난 예측 및 대응	4-1 강풍·낙뢰 감시 및 구조 안정성 평가기술	<input type="checkbox"/> 단기, 중기, 장기
	4-2 산불 감시 및 내화 안정성 평가기술	<input type="checkbox"/> 단기, 중기
	4-3 AI·빅데이터 기반 송변전 재난위험 예측 관리기술 고도화	<input type="checkbox"/> 중기, 장기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



## Technology



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1 3-4	변전설비 종합 예방진단 기술 신뢰성 고도화 사업 추진	20억	90	2년	자체	'27년
2-4	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 기반 EGIS 신절연가스 상태진단 고도화	2억	18	1년	자체	'26년
3-1	지중선로 반사파 계측 기반 新진단기술 개발	19억	173	3년	자체	'26년
3-1	접속함 미세 부분방전 신호 취득을 위한 고감도 센서 개발	20억	120	3년	자체	'27년
1-1	가설 광케이블 활용 분포음향 측정을 통한 외상고장 모니터링 기술 개발	20억	120	3년	자체	'27년
2-3	배전용 변압기 절연유 DGA 상태판정 기준 개발	10억	30	3년	자체	'26년
1-1	AI 기반 상태진단 및 복합소재 센서 개발	10억	40	3년	자체	'27년
3-4	AMS 상태평가 기준 고도화를 위한 송배전 진단 공통기술 개발	15억	80	2년	자체	'27년
3-4	배전 고압전선 및 고압전주 AMS 성능평가 알고리즘 개발	18억	216	3년	자체	'26년
3-1	애자 누설전류 해석 알고리즘 개발	5억	30	1년	공동	'26년
2-1	HVDC 변환소 과도 스트레스 저감 기술 개발	30억	150	3년	공동	'26년
2-1	HVDC 고장점 탐지 시스템 고도화 및 실선로 실증	1억	50	1년	공동	'25년 (기획完)
2-1	장거리 지중선로 충전 개폐전류 해소방안	10억	30	2년	자체	'26년
2-3	친환경 합성에스테르 절연유 전력설비 적용 및 신뢰성 평가	15억	50	3년	공동	'26년
4-1	가공송전선로 낙뢰감시 시스템 최산화 및 피뢰기 운용 기준 개발	100억	286	3년	자체	'26년
3-3	변전설비 부분방전 진단 센서 표준화 및 장치 수명연구	10억	40	2년	자체	'26년
4-1,2	극한기후 및 전력망 확장 대비 기자재 규격 재정립	3억	30	1년	자체	'25년 (Q&R&D)
1-6	ICT기술 적용 실시간 원격 송전설비 통합 관리 플랫폼 개발	20억	60	3년	자체	'27년
1-2	드론·로봇 기반 고위험 구간 무인 진단·정비 기술	15억	50	2년	자체	'26년
3-2	철탑 등 핵심 설비 진단기술 및 성능평가 알고리즘 개발	15억	45	2년	자체	'26년
1-1	지상개폐기 PD진단 판정기준 고도화 및 위험도 예측기술 개발	25억	200	3년	공동	'26년
1-3	전력설비 진단데이터 통합관리 플랫폼 및 AI기반 진단기술 개발	53억	250	3년	공동	'26년
3-2	반사파기반 활선 장공장 케이블(해저,지중) 열화진단 및 노후도 측정 기술 개발	25억	200	3년	공동	'26년
3-1	지중 개폐기 및 케이블의 진성PD AI자동판정 기법 시범선로 구축	0.5억	60	2년	자체	'26년
1-1	생성형 AI 시각 지능화 기술 고도화	30억	220	3년	공동	'27년
1-1	영상 AI기반 전력설비 아크 탐지 솔루션 개발	0.3억	16	1년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
3-1	접속부 편심 정밀 진단 센서 모듈 개발	15억	48	2년	공동	
1-2	자기장센서 기반 드론 자율 비행 진단 시스템 개발	35억	96	4년	공동	
1-2	드론활용 선하지 산불위험목 진단 및 전지 기술 고도화 개발	20억	100	2년	자체	
4-1	송전선로 긴급복구를 위한 신공법 및 보강기술 개발	15억	80	2년	자체	
3-1	송전선로 애자 및 접속부 포함 전체 설비 일괄진단 기술 개발	40억	120	4년	자체	
3-2	장기사용 피뢰기 진단기술 개발 및 유지보수방안 수립	20억	100	2년	자체	
4-3	사-빅데이터 기반 송변전 재난위험 예측 관리기술 고도화 개발	20억	100	2년	자체	
1-1	지중송전 고장 신속복구를 위한 고장점 자동탐지 기술 고도화	20억	100	2년	자체	
2-4	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 기반 EGIS 가스분석을 통한 상태진단기법 개발	15억	126	3년	자체	
2-4	신 절연가스 최적 품질 관리기술 및 응급복구기술 개발	20억	100	2년	자체	
3-2	기자재별/단위부품별 수명평가, 전주기 관리기술 개발	20억	100	4년	자체	
2-1	HVDC 애자 최적 세정주기 및 세정 방안 개발	20억	100	2년	자체	
3-1						
3-1	사내망 기반 감시시스템 구축, 모니터링 시스템 양산기술	5억	30	1년	자체	
2-1	XLPE 케이블 고장의 부분방전 패턴기술 확보, 실선로 실증 - HVDC 케이블 PD 진단 기술	30억	200	3년	자체	
4-1	기후변화에 따른 강풍 대응 송전철탑 안전성 평가기술 개발	30억	80	3년	자체	
4-2	송전철탑 구조물 산불피해 예측 및 내화 안전성 평가기술 개발	45억	120	4년	자체	
4-1	송전철탑기초 마이크로파일 활용 보강기술 개발	20억	100	3년	자체	
3-1	상시 모니터링 시스템 적용 및 취약구간 집중 감시	100억	300	5년	자체	
2-2	MVDC 배전케이블 절연열화 메커니즘 분석 및 PD진단 원천기술 개발	28억	150	2.5년	공동	
3-2	활선 장공장 케이블 진단기준 및 수명예측 기법 개발	25억	100	3년	자체	
3-3	반사파 기반 열화진단 기술 가공절연전선 적용 및 기준 수립	20억	120	3년	자체	
2-2	DC케이블 절연 열화진단 기술 개발 및 상태판정 진단기준	36억	150	2.5년	공동	
1-1,5	QA/QC를 통한 AI 신뢰성 평가기술 개발 및 표준화	16억	100	2년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	송전선로 등 원격 실시간 진단 데이터 전송 및 제어 플랫폼	40억	120	5년	자체	
1-6	재난 복구역량 확보를 위한 체험형 가상현실 교육훈련 플랫폼 개발	30억	120	3년	자체	
3-5	장거리 송전선로용 고속 진단시스템 개발	80억	120	3년	자체	
3-1	실시간 고장점 탐지 알고리즘, 탐지시스템, 실선로 실증	30억	120	2년	자체	
1-4	변전설비 자가진단·복구 알고리즘 고도화	100억	300	5년	자체	
1-5						
3-1	극한태풍 대응 송전철탑 실시간 상태진단 기술 개발	45억	80	4년	자체	
3-5						
3-5	AI 활용 이미지 기반 송전철탑 내화 안전성 평가 시스템 개발	45억	95	3년	자체	
4-1	착빙 방지 전선 코팅기술 및 공법 개발	30억	60	3년	자체	
1-5	배전종합 진단 자동화 및 운영 플랫폼 구축	28억	180	2년	공동	
3-4						
1-1,5	생성형 AI기반 DC설비 진단 지능화 기술 실증	25억	200	3년	공동	
2-2						
1-1,5	ADMS-AMI 연동 자율진단 지능화 배전설비 개발	50억	250	3년	공동	
3-4						

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	4	353	135	615	503
인 력	80	1,844	730	2,620	1,645

# 기술목표10 | 지능형 디지털 발·변전소 및 전력망 자율운전 기술 확보

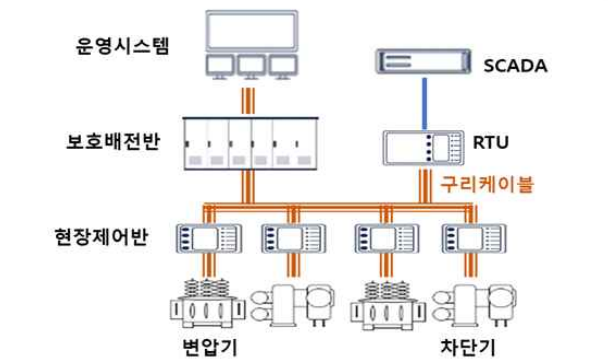
## 1. 목표 개요

- 시 기반 스마트 O&M 기술 확보를 통한 발전소 운영 최적화 및 자산가치 극대화
- 발전설비 국산화와 수소 혼소·전소 대응을 위한 신뢰·진단·운영 기술 확보
- 디지털트윈 및 IoT기반 지능형 변전소 구현을 통한 운영·감시 기술 확보

### ■ 디지털발전소(上) 및 디지털변전소(下) 개념도 ■

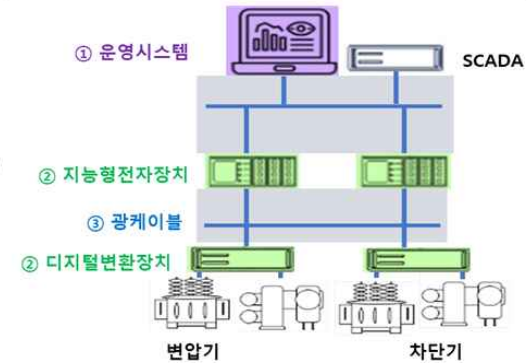


### ■ 기존 변전소 ■



① 운영방식	정의된 규칙에 의한 수동 운영
② 회로구성	전기회로를 통한 1:1 제어
③ 전송방식	구리선으로 아날로그 신호 전송

### ■ Full 디지털변전소 ■



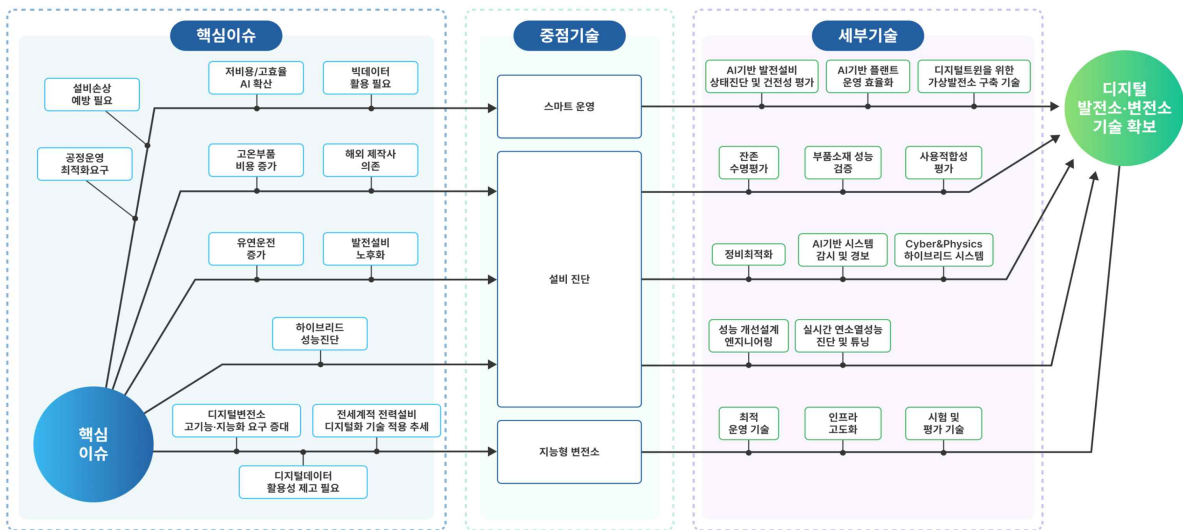
디지털 데이터 기반 능동적 운영
광 네트워크를 통한 1:N 제어
광케이블 이용 디지털 데이터 전송

## 2. 핵심이슈 분석

- **스마트 운영** 발전소 운영 환경 변화에 적극적으로 대응하기 위해, 운전데이터 기반의 선제적 고장 대응과 정비 효율 향상, 발전설비 전반을 통합적이고 체계적으로 관리할 수 있는 운영 기술 확보 필요
  - 과잉 예방정비로 인해 인력 운영의 비효율성과 부품의 조기 교체가 발생하고 있으며, 시스템 전반의 정비 효율성을 높이기 위한 통합 O&M 솔루션 구축 요구
    - \* (선행기술) 표준 가스복합발전 플랜트 운영 최적화 기술개발(~'26.6)
    - \* (선행기술) 300MW급 수소혼소(50%) 복합발전 운영 최적화 솔루션 고도화(~'27.12)
  - 잦은 기동·정지 운전으로 고장 패턴이 다양화되고 있으며, 비계획 불시 정지 시 약 2.5억원 (35시간 정지) 규모의 용량요금·전력량 손실이 발생하는 바, 설비 이상에 대한 선제적 대응 체계 요구
    - \* (선행기술) 블레이드 진동 빅데이터 통계 기반 고장 감시시스템 개발 및 실증('20.12)
    - \* (선행기술) AI기반 발전소 센서 건전성 진단기술 개발 및 발전사 실증('24.8)
  
- **설비 진단** 발전설비 신뢰성 확보를 위해, 발전설비 핵심 성능과 상태를 실시간으로 감시하고 주요 핵심 부품 수명을 정밀하게 예측하여 설비 성능을 개선할 수 있는 핵심 기술 고도화 필요
  - 국산화 및 재생정비 부품의 성능 검증 및 인증체계 마련이 필요하며, 사용 부품에 대한 잔여수명 평가를 통한 사용주기 최적화 요구
    - \* (선행기술) 1350°C, F급 이상 가스터빈 블레이드 시제품 성능 검증기술개발('24.9)
  - 암모니아·수소 혼소 부품의 성능 검증과 수명평가는 연소환경과 손상 주기를 고려한 감시·평가 기술 요구
    - \* (선행기술) 인천복합 고온부품 최적 교체주기 수립을 위한 잔존수명평가(~'26.9)
  - 온라인 AI 감시기술과 오프라인 건전성 평가를 결합한 하이브리드 상태 진단 기술 확보 추진 필요
    - \* (선행기술) 가스터빈 발전기 회전자 인입상태 고정자 웨지 건전성 평가시스템 개발(~'26.11)
  - 통계적 신뢰도 기반의 손상 진단, 현장 문제의 성능 개선 기술개발 필요
    - \* (선행기술) 고온변형 센싱기술을 활용한 보일러 고온고압부 진단 실증(~'25.12)
  - 청정수소·암모니아 플랜트와 신재생 연계 복합플랜트의 효율적 최적 설계를 위해 설계 자동화 시스템 개발 필요
    - \* (선행기술) 해외 청정수소·암모니아 사업용 플랜트 공정설계 엔지니어링 툴 개발('25.6)
  - 해외 발전사업 운영 효율성 및 품질 향상을 위해 오너스 엔지니어링 시스템 개발 필요
    - \* (선행기술) 발전시스템 성능개선 전문 엔지니어링 기술 및 툴 개발('24.6)
  
- **지능형 변전소** 디지털 기반 정보 수집·활용 등 송변전설비 운영 고도화 및 (半)자동화를 위해서 선진국 중심으로 전력설비 전반에 디지털 기술을 적용하고 있음

- 당사도 효율적 설비운영 및 미래의 전력망 자율 운전을 대비하기 위해 신속한 Full 디지털 변전소로의 전환이 필요하며 이를 위한 시험기술, 연관기술 등의 데이터 응용기술 개발 필요
  - \* (선행기술) 디지털변전소 상호운용성 검증시스템 및 평가기술 개발('20)
  - \* (선행기술) 디지털변전소 IED 대상 IEC 61850 통신적합성 시험도구 개선 연구('22)
  - \* (선행기술) 디지털변전소 Process bus 기반 네트워크 시스템 설계 및 검증기술 개발('22)
  - \* (선행기술) Full 디지털변전소 KEPCO 프로토타입 개발 및 실증('24)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 스마트 운영	1-1 [운영효율화] 복합화력 제어 및 운영 솔루션 고도화 및 실증	□단기, 중기, 장기
	1-2 [가상발전소] 자율형 AI 기반 감시·예측·진단·평가 기술	□장기
	1-3 [통합플랫폼] 솔루션의 연계·운영 및 패키징·배포·서비스	□단기, 중기, 장기
2 설비 진단	2-1 [수명] 부품 신뢰성 평가, 수소혼소 취성평가, 전소 시험·검증	□단기, 중기, 장기
	2-2 [성능·상태진단] 부식 억제 로봇 평가, 혼소 손상 개선 코팅·AI 진단	□단기, 중기, 장기
	2-3 [최적설계] 성능 실증 전주기 엔지니어링 실시간 성능 진단·자동 튜닝	□단기, 중기, 장기
3 지능형 변전소	3-1 디지털변전소 최적 운영 기술	□단기, 중기, 장기
	3-2 디지털변전소 인프라 고도화 기술	□중기, 장기
	3-3 디지털변전소 시험 및 평가 기술	□중기, 장기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	발전설비 기동 최적화를 위한 AI 기반 터빈 열응력 제어 기술 개발	14억	60	3년	공동	'26년
1-1	실증 확산 및 신사업 기반 구축을 위한 가스복합발전 운영 최적화 솔루션 고도화	10억	60	3년	공동	'25년
1-3	IDPP플랫폼 Global 솔루션화를 위한 요소기술 개발 및 실증	28억	40	3년	자체	'26년
1-3	Beacon·스마트 PPE 기반 발전소 안전관리솔루션 개발	10억	20	3년	공동	'26년

2-1	발전설비 국산화 및 재생정비 부품 특성평가 및 신뢰성 평가 체계 구축	20억	80	3년	정부	'26년
2-2	유연운전에 따른 고온고압기기 고합금강 용접 손상부 진단 및 최적 정비절차 개발	10억	60	3년	공동	'25년
2-2	유연운전에 의한 수계통 튜브 내면 부식생성물 과다 성장 억제 연구	8억	55	3년	공동	'25년
2-2	보일러 기계적 건전성 평가용 지능형 로봇시스템 개발	10억	70	3년	공동	'26년
2-3	한전 해외운영 발전소 하이브리드 성능진단 시스템 실증	10억	40	2년	자체	'26년
2-3	국내복합화력 부분부하 성능 및 운전유연성 기술실증	10억	70	3년	공동	'27년
3-2	변전소 지능화를 위한 SA 통합관리시스템 개발	24억	120	2년	자체	'25년 (기획 完)
3-1	중앙집중형 보호·제어 시스템 및 시험 기술 개발	60억	188	3년	공동	'25년
3-3	Full 디지털변전시스템 종합 감시 및 진단 시스템 개발	24억	72	2년	자체	'26년
2-3	해외 발전사업 DB구축 및 문서검색시스템 개발	1억	20	1년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	발전분야 생성형 AI 기반 Code Agent 서비스 개발	14억	60	3년	공동	
1-1	프롬프트 기반 데이터 분석 자동화 기술 개발	19억	60	3년	공동	
1-1	국내 최초 표준화 가스복합 대상 `운영 최적화 솔루션` 실증 확대	6억	100	3년	공동	
1-3	시스템 사용률 추정, 컨테이너 기반 인프라 최적 자원 모델링	8억	40	3년	자체	
1-3	IDPP 발전 App 개발 지원 AI, 플랫폼 자동 모니터링 AI	13억	38	3년	자체	
1-3	멀티 Agent 기반 대용량 시계열 센서 이상탐지 워크플로우 자동화	7억	30	3년	자체	
2-1	가스터빈 수소혼소 환경 고온수소취성 신뢰성평가 기술개발	40억	90	5년	정부	
2-2	암모니아/수소 혼소 손상 개선 코팅 기술개발	13억	40	3년	공동	
2-2	암모니아/수소 혼소에 따른 AI 진단시스템 개발	13억	50	3년	공동	
2-3	복합화력 및 하이브리드발전사업 전주기 엔지니어링 시스템	20억	80	3년	자체	
3-1	디지털 트윈 플랫폼 및 운영 고도화 기술 개발	51억	372	3년	공동	

3-2	광역 디지털변전소 구현을 위한 SDN (Software-Defined Networking) 기술 개발	30억	96	2년	자체
3-3	Full 디지털변전소 상호운용성 실증시험장 구축 및 시험 기술 개발	30억	144	2년	자체

## □ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	프롬프트 기반 발전운영 컨설팅 AI 기술 개발	33억	120	5년	공동	
1-2	자율형 AI 기반 감사진단·여측평가를 통한 '맞춤형 솔루션' 확산	20억	150	5년	공동	
1-3	스크립트 코드 기반 인프라모듈 정의, 원격 배포 및 형상 관리	8억	40	3년	자체	
1-3	웹 HMI 개발 등 플랫폼 컨트롤 자동화, 고객지원 자동화	7억	30	3년	자체	
2-1	전소 발전환경 모사시험 시스템 설계 및 성능검증 프로토콜 개발	50억	120	5년	정부	
2-2	AI 진단 및 기계적 건전성 평가 통합 시스템 개발	60억	80	3년	자체	
2-3	실시간 하이브리드 연소열성능 진단 및 자동 튜닝 시스템	10억	60	3년	공동	
3-1	IoT 기반 3차원 디지털변전소 운영·감시 시스템 개발	30억	144	2년	자체	
3-3		30억	144	2년	자체	
3-1	변전소 자율운전을 포함한 운영 고도화를 위한 디지털 트윈 기반 광역 디지털변전소 기술 개발	100억	360	3년	공동	
3-3		100억	360	3년	공동	
3-2	3차원 디지털 트윈 변전소 구현을 위한 IoT 센서 개발	20억	144	2년	기업	
3-3	S/W 기반 적응형 광역 보호 기술 및 지능형 고장예지기술 개발	50억	360	3년	자체	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

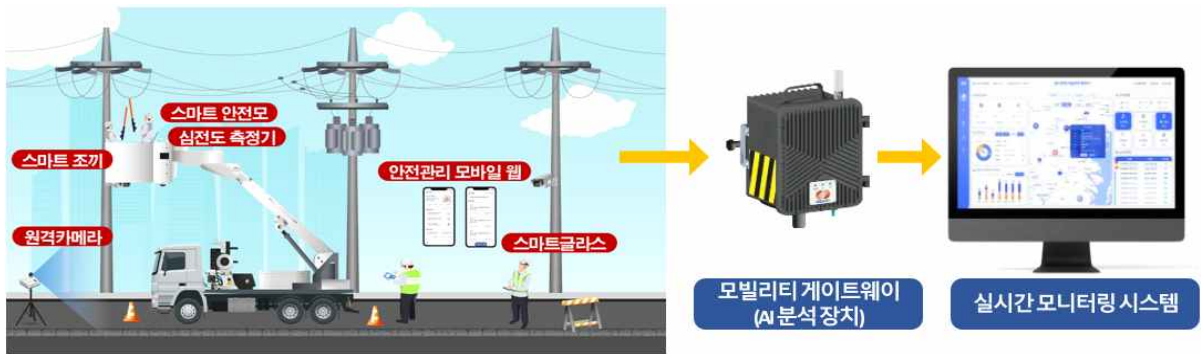
구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	112	117	10	264	388
인력	483	402	70	1,200	1,608

# 기술목표11 자율적으로 위험 대응이 가능한 지능형 안전관리

## 1. 목표 개요

- 사후 조치에서 사전 예측 기반의 선제적 안전관리 체계 구축으로 중대재해 근절
- 고위험작업의 인력대체로 작업안전 확보 및 안전관리 시스템화로 업무효율 제고

■ SI기반 자율안전 솔루션 개념도 ■

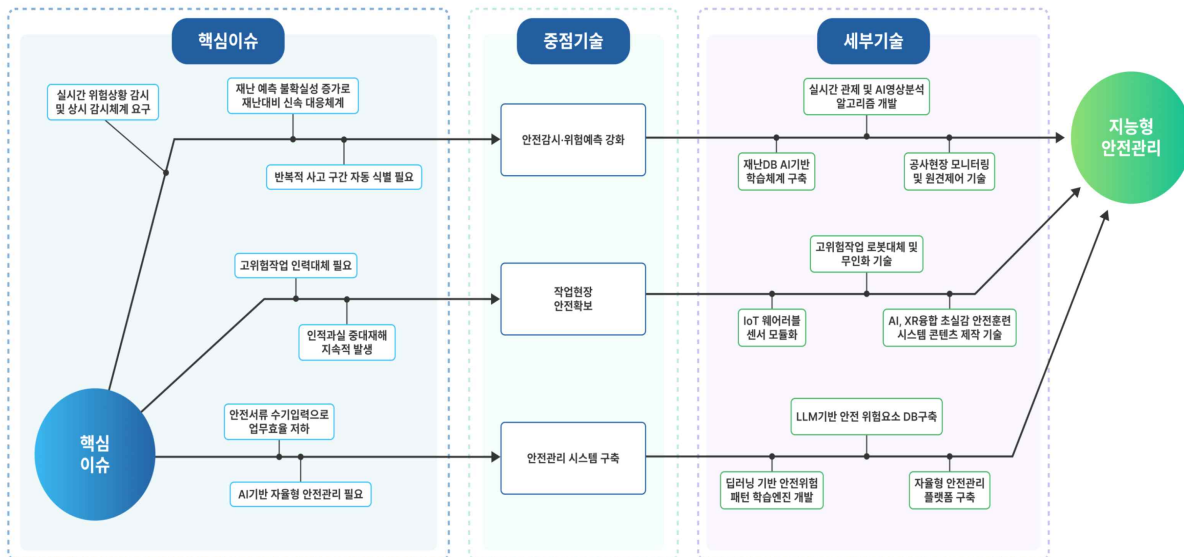


## 2. 핵심이슈 분석

- **안전감시·위험예측 강화** 작업자 행동 및 재난 예측 솔루션 부족 및 음영개소에 대한 중대재해가 여전히 발생하고 있어 감시 및 예측 기반의 선제적인 안전관리 체계 도입이 필요
  - 작업자의 미인지 위험요소를 관제할 수 있는 실시간 위험상황 감시, 예측 및 전력설비 시설에 대한 상시 감시체계 기술 개발
    - \* (선행기술) 위험성 평가기반 공사현장 자율안전 솔루션 개발('25.4)
  - 기후변화로 인한 극한 기상현상 발생 및 재난 예측 불확실성 증가로 신종·복합·대형 등 다양한 재난에 대비한 신속 대응체계 구축
    - \* (선행기술) 위험도 평가 기반의 재난관리 플랫폼 개발 사전 연구('24.3)
  - 과거 고장 이력 및 운영 데이터를 SI기반으로 분석하여 반복적으로 발생한 구간을 자동 식별하고 선제적 대응기술 확보 필요
    - \* (선행기술) 인공지능 산불감시시스템을 통한 화재 감지 및 조기대응('23.12)
- **작업현장 안전확보** 공사현장의 작업여건 열악 및 작업자의 안전수칙 미준수 등으로 발생하는 안전사고를 줄이기 위해 활선 등 고난이도 작업의 인력 대체와 작업자의 안전을 확보할 수 있는 기술 개발 요구
  - 전력설비 작업 중 감전, 추락, 끼임사고 등 중대재해 예방을 위한 고위험작업 대체를 위한 로봇기반 작업체계 구축 필요
    - \* (선행기술) 간접활선용 반자동 협조로봇 및 다기능 선단공구부 개발('22.11)
    - \* (선행기술) 가공배전선로 활선작업 로봇 시스템 개발 1단계('25.5)

- 작업자의 건강상태 파악 및 현장에서 발생하는 돌발적인 사고 위험을 사전 대처할 수 있는 웨어러블 스마트 안전기기 개발
    - \* (선행기술) 안전관리 모빌리티 지능형 솔루션 개발('25.4)
  - 인적과실 (작업자, 운전자 등)에 의한 안전사고 예방을 위해 이론 및 영상 교육에서 AI 및 XR융합 체험형 안전교육 시스템 전환
    - \* (선행기술) 작업자 안전사고 예방을 위한 초실감 훈련시스템 개발('23.12)
- **안전관리 시스템 구축** 공사관리를 위한 필수 안전서류가 방대해짐에 따라 체계적인 데이터 수집, 저장, 관리를 통한 데이터 기반의 안전 문화를 정착하고 AI기반의 현장중심 안전경영체계 확립 필요
- 작업 현장에서 필수 안전서류 (TBM, 작업안전 체크리스트) 등 수기 입력에 따른 업무 부담을 시스템화하여 안전관리업무 집중 필요
    - \* (선행기술) 한전특화 안전관리체계 및 위험성 평가기법 개발('25.4)
  - 위험요소 프로파일 DB구축을 통해 위험성 추정, 감소대책 자동 생성 및 결과분석으로 AI기반의 자율형 안전관리 체계 구축

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 안전감사·위험예측 강화	1-1 실시간 관제를 통한 AI영상분석 알고리즘 개발 및 감시,탐지, 해석 아키텍처 설계	□단기
	1-2 영상, 열화상, 설비운영 정보기반 상태판정 및 진단기술	□단기
	1-3 차량 탑재 공사현장 모니터링 및 원격제어 기술	□중기
	1-4 재난 DB AI학습체계 구축, 피해특성 사전 예측 및 위험구간 시각화를 통한 위험성 평가 및 예방점검 기술	□중기, 장기
2 작업현장 안전확보	2-1 고위험작업 로봇 대체 및 작업처리 무인화 기술 (활선전용 로봇팔, 버킷 자동제어, 자율주행 무인지게차 등)	□단기, 중기
	2-2 AI, XR융합 초실감 안전훈련 시스템 콘텐츠 제작 기술	□단기
	2-3 IoT 웨어러블센서 모듈화, 인체공학적 착용 설계 및 다중 센서기반 안전장비 착용여부 인식 기술	□단기, 중기
3 안전관리 시스템 구축	3-1 LLM기반 안전 위험요소 DB구축 및 위험성 자동추정과 위험감소대책 자동 생성 기술	□단기
	3-2 딥러닝 기반의 안전위험 패턴 학습엔진 개발 및 전력설비 빅데이터 분석을 통한 지능형 의사결정 지원	□중기
	3-3 AI기반 안전 Data 분석,처리 및 자율형 안전관리 플랫폼 구축	□중기, 장기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
3-1	PDCA(Plan-Do-Check-Act)기반 위험성평가 전주기 자동화 시스템 개발	40억	370	3년	자체	'25년
2-1	전주 설치·제거 작업중 안전사고 및 설비고장 예방을 위한 전주 가이드용 안전집게 개발	12억	66	2년	자체	'26년
2-1	가공배전선로 활선작업 로봇 시스템 개발(2단계)	120억	500	45년	정부	'25년
2-1	물류센터 안전관리 향상을 위한 CCTV 및 AIoT 기술 개발	22억	115	2년	자체	'25년
1-1	전력 ICT 센터 로봇 적용기준 수립 및 실증	3.1억	22	1년	자체	'25년
1-1	국가 중요시설 유, 무인 복합방호체계 실증 및 표준화	138억	250	3년	공동	'26년
1-2	발전설비 관리시스템 연계형 멀티모달 점검 및 안전관리 기술 개발	24억	130	2년	발전 통합	'26년
2-1	다중 로봇 활용 전력설비 순시 인프라 구축 및 실증	1억	10	1년	사외 용역	'26년

2-2	위험성평가기반 전력설비 작업자 AI, XR융합 종합안전체험 훈련센터 개발	110억	485	3년	정부	'26년
1-1	외부위험 반복사고 감지 모듈 개발	30억	120	2년	공동	'26년
3-1	현장 안전 데이터 표준화 및 통합 모니터링 시스템 설계	53억	400	3년	정부	'27년
2-3	스마트PPE기반 공종별 안전보건관리 센서 융합 모듈개발	43억	390	3년	정부	'27년

#### □ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
3-2	전력산업 특화 AI안전판단 엔진 고도화	65억	420	3년	자체	
1-1	멀티모달 AI기반 자율안전 솔루션 모델 고도화(2단계)	48억	410	3년	자체	
3-3	글로벌 표준기반 전력안전 데이터 허브 구축	38억	450	3년	정부	
1-3	멀티센서 탑재 차량기반 안전관제 모델 고도화(2단계)	50억	120	3년	자체	
1-2	멀티 에이전트(CCTV, 로봇, 드론 등) 통합제어 및 감시	40억	150	3년	자체	
1-4	환경기반 설비 위험 진단 모듈 개발	40억	160	3년	공동	
1-4	극한 기상예 따른 AI기반 전력설비 피해예측 기술 개발	30억	100	3년	자체	
1-4	빅데이터 DB기반 화재 예측 알고리즘 개발	35억	140	3년	자체	

#### □ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
2-1	가공배전선로 활선작업 로봇 시스템 개발(3단계)	120억	600	5년	공동	
3-3	전력산업 특화 LLM모델 디지털 Safety Agent 개발	120억	950	3년	정부	
3-3	전력산업 전역 AIoT 안전 생태계 플랫폼 구축	75억	850	4년	정부	
1-4	전력설비 기후위기 적응대책 영향성 평가 기술	36억	140	3년	자체	

### R&D 투자계획

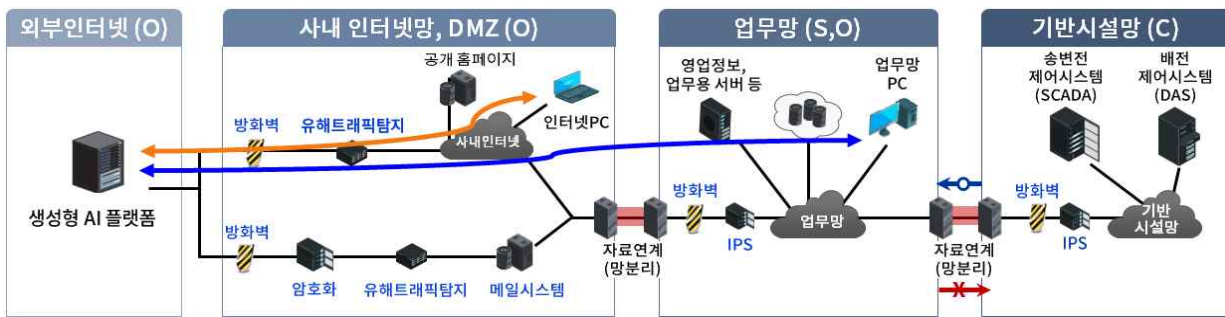
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	185	315	96	346	351
인력	1,007	1,061	790	1,950	2,540

1. 목표 개요

- 지능화 되는 사이버 위협에 대응하기 위해 AI 기반 위협 예측 및 방어시스템 구축
- IoT기기 보안을 위한 진단기준 마련과 보안 솔루션 개발로 시스템 연계 보안 확보
- 개인정보 유출 및 내부자 이상행위 대응을 위한 개인정보 보호 솔루션 구축

■ AI기반 차세대 사이버 보안 통합관리 체계 ■

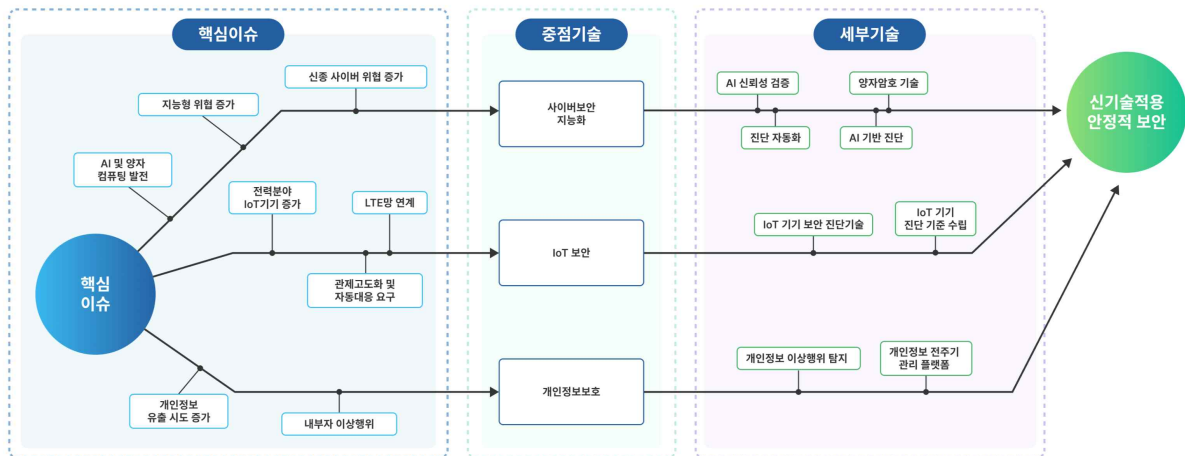


2. 핵심이슈 분석

- **사이버 보안 지능화** 기존 패턴 기반 관제로는 신종 공격·내부자 위협 대응한계로 최신 취약점 진단과 연계된 AI 기반의 보안관제 고도화 필요
  - AI 기술의 발전에 따라 기존 보안 체계 무력화 위협 증가로 인해 이에 대응하는 차세대 보안기술 확보 요구
    - \* (선행기술) 전력망 보안성 강화를 위한 양자암호통신 기반기술 연구 ('21.3)
    - \* (선행기술) 양자 응용암호 기반기술 개발 및 활용연구('23.2)
  - 최근 사이버 위협은 정상행위로 위장한 탐지 우회, 비인가 내부자를 통한 공격과 같이 지능화되어 규칙기반(Rule-Based) 탐지로는 대응한계
    - \* (선행기술) 지능형 위협헌팅 플랫폼 및 사이버공격 대응자동화 시스템 개발 ('24.12)
  - 알려지지 않은(Zero-day) 취약점 악용 위협 탐지를 위한 실시간 최신 취약점 진단 체계 및 AI 기반의 분석·탐지 기술개발 필요
    - \* (선행기술) 인공지능기술기반 보안관제시스템 개발 ('20.12)
- **IoT 보안** 전력 IoT 기기 증가로 인한 사이버 위협 대응 기술개발 필요
  - LTE망 연계, 송배전 설비의 디지털화로 인한 해킹 위협 증가로 주요 시스템 IoT 현장 기기의 보안진단 기준 및 체계 수립 필요

- **개인정보보호** 현재 우리회사 정보보호 체계는 외부 공격 대응 및 취약점 진단에 포커스가 맞춰져 있으며 내부자 이상행위에 대한 보호수준은 낮은 편임
  - 시스템 및 보안 솔루션 로그 분석의 경우 빅데이터 처리에 따른 관련 기술 및 역량이 요구되며 기업의 환경 및 업무 특성을 고려한 위협 시나리오 도출이 필요
  - \* (선행기술) 지능형 위협헌팅 플랫폼 및 사이버공격 대응자동화 시스템 개발 ('24.12)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 사이버보안 지능화	1-1 AI 신뢰성 검증 및 설명가능한 AI 기술(XAI)	<input type="checkbox"/> 단기, <input type="checkbox"/> 중기, <input type="checkbox"/> 장기
	1-2 양자암호인프라 통합 관리	<input type="checkbox"/> 장기
	1-3 AI기반 보안취약점 진단 기술	<input type="checkbox"/> 단기
2 IoT 보안	2-1 IoT 기기 보안취약점 진단 기술	<input type="checkbox"/> 중기
3 개인정보 보호	3-1 개인정보 이상행위 탐지기술	<input type="checkbox"/> 중기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



#### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	AI 신뢰성 검증 체계 수립 및 검증방안 연구	30억	126	3년	공동	'27년
1-3	시스템 취약점 진단 자동화 솔루션 개발	40억	198	4년	자체	'26년

#### □ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	AI기반 보안취약점 진단 기술 개발	50억	130	3년	자체	
1-1	고영향·생성형 AI 시스템 자동검증 샌드박스 구축	80억	190	2년	공동	
3-1	개인정보 이상행위 탐지 시나리오 및 플랫폼 연구개발	15억	40	2년	자체	
2-1	IoT 기기 보안취약점 진단 체계 및 기준 수립	25억	60	2년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
11-2	양자암호통신 인프라 통합관리 플랫폼 연구	80억	90	5년	공동	
11-1	eXplainable AI(XAI) 투명성 및 추적가능성 지원 시스템 구축·실증	120억	110	3년	공동	

## R&D 투자계획

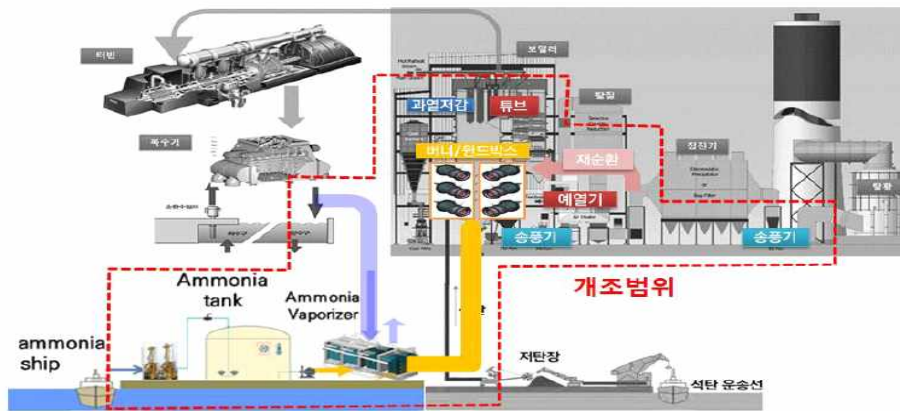
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	0	40	30	170	200
인 력	0	198	126	420	200

1. 목표 개요

- 석탄화력발전소를 무탄소 발전으로 전환하기 위한 연소 및 설계 기술 개발
- 암모니아 연료 연소에 따른 성능진단과 안전관리·정비기술 개발로 운영 최적화

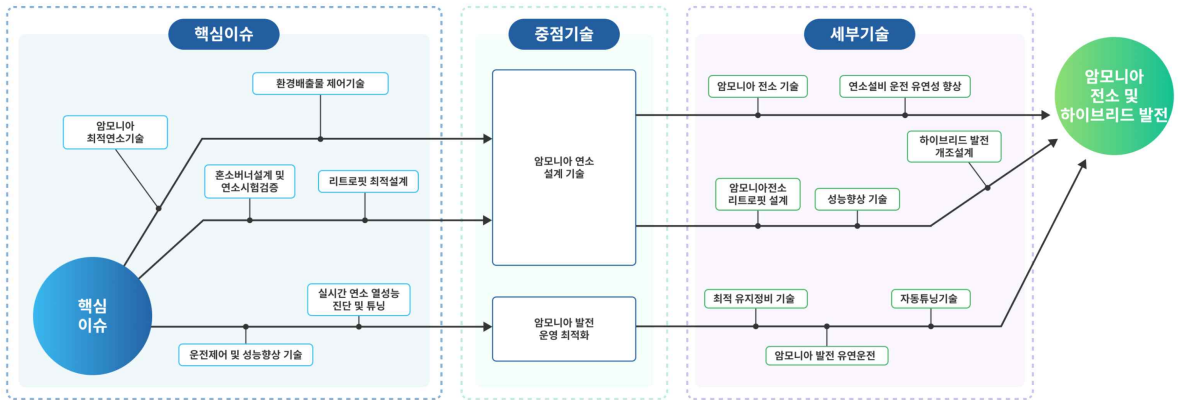
■ 석탄화력발전소 암모니아 혼소·전소 개념도 ■



2. 핵심이슈 분석

- **암모니아 연소 및 설계 기술** 탄소중립 이행을 위해 석탄화력 발전소 단계적 감축 계획에 따라 기존 설비의 좌초자산방지와 에너지 공급 안정성 확보를 위해 무탄소 발전원으로 전환이 필요
  - MW급 파일럿 연소시험 결과를 상용급 석탄화력 설비에 반영하고 발전소 파일럿 테스트 후 20% 혼소 실증으로 연계
  - 기존 석탄발전소의 안정적인 연료 전환을 위해 발전소 현장 실증을 통해 기술 검증과 최적화 필요
    - \* (선행기술) 암모니아 20%혼소 발전소실증 및 연소열성능 최적튜닝기술 개발(~'27.12)
    - \* (선행기술) 발전용 순환유동층 보일러 암모니아 20% 혼소기술 최적화 및 실증(~'27.12)
    - \* (선행기술) 500MW급 접선연소 발전소 암모니아 혼소기술 개발('25.6)
    - \* (선행기술) Carbon-Free 친환경 암모니아 발전기술 개발('24.7)
- **암모니아발전 운영최적화** 안정적인 운영을 위해 운전 방안과 유지정비 기술 등 운영 최적화를 통한 기술경제성 확보 필요
  - 암모니아 연료 혼소에 따라 화염 안정성 유지를 위해 최적 연소튜닝 기술과 정비 기술 확보
  - 유독물질인 암모니아 연소에 따라 안전 관리를 위한 플랫폼을 구축하고 경제성을 제고하기 위해 성능 향상을 위한 기술 개발 필요
    - \* (선행기술) 해외 청정수소암모니아 사업용 플랜트 공정설계 엔지니어링 툴 개발('25.6)
    - \* (선행기술) 발전시스템 성능개선 전문 엔지니어링 기술 개발('24.6)

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 암모니아 연소 및 설계 기술	1-1 암모니아 혼소·전소 연소시스템 설계	□단기, 중기
	1-2 암모니아 혼소·전소 발전시스템 및 인프라 설계	□단기, 중기, 장기
2 암모니아 혼소 운영 최적화	2-1 암모니아 연소 성능진단 및 최적 튜닝기술	□단기, 중기
	2-2 암모니아 혼소 발전시스템 유연운전 기술	□장기
	2-3 암모니아 혼소발전시스템 유지정비 기술	□장기
	2-4 암모니아 혼소 안전관리플랫폼	□중기, 장기

### 로드맵 수립결과



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	암모니아 고훈소·전소 버너 설계 및 파일럿 테스트	25억	120	3년	공동	'25년
1-2	암모니아 20% 혼소 발전시스템 및 연료공급 인프라 설계	5억	40	3년	공동	'26년
2-1	암모니아 혼소 발전소 실시간 열성능 진단 및 튜닝기술 개발	5억	40	3년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	암모니아 고훈소·전소 버너 발전소 실증	16억	100	3년	공동	
1-2	고혼소·전소 발전시스템 및 연료공급 인프라 설계	5억	30	3년	공동	
2-4	암모니아 누출 탐지 및 실시간 안전 모니터링 플랫폼 구축	10억	50	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
2-2	부하 변동 및 연료 혼합비 변화 대응 하이브리드 유연운전 기술 개발 및 실증	20억	200	5년	공동	
2-3	장기 운영 데이터 활용 AI 기반 유지보수 시스템 개발	10억	60	3년	공동	
2-4	다중 발전소 통합 관리를 위한 중앙 집중형 안전 플랫폼 구축	15억	100	3년	공동	

## R&D 투자계획

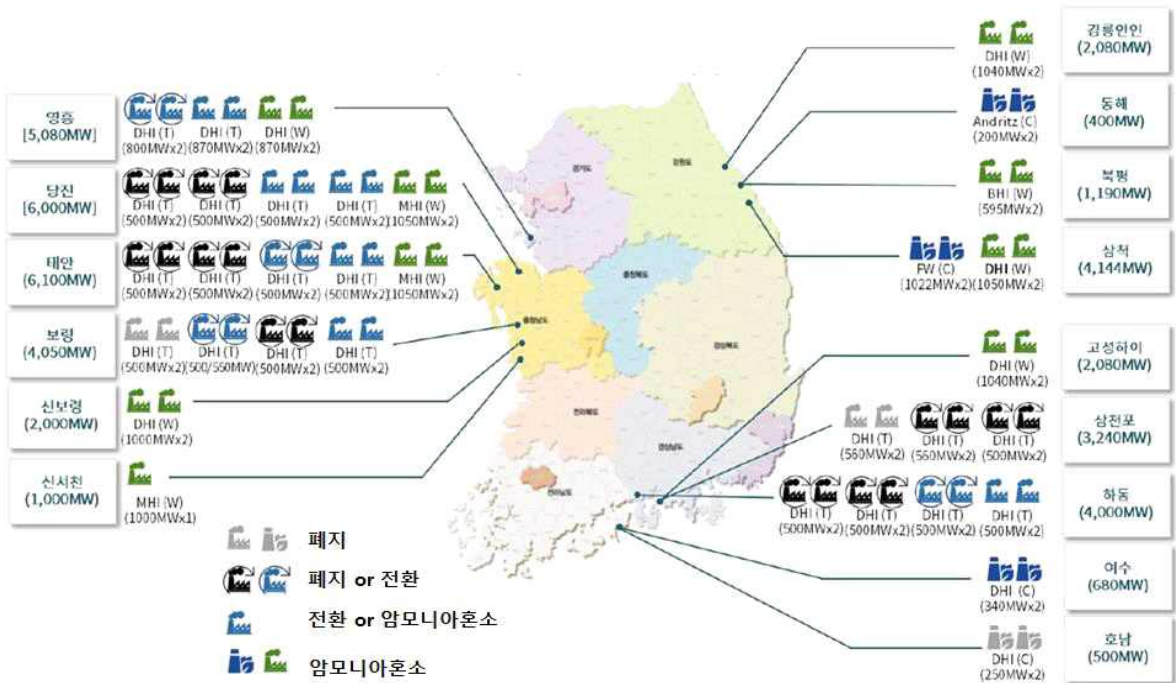
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	25	5	5	31	45
인 력	120	40	40	180	360

1. 목표 개요

- 석탄발전 단계적 폐지 대응을 위한 발전소 용도전환 및 계통안정 기술 확보
- 휴지보존 발전소 재기동·최적 운영 기술 확보를 통한 자산 활용 극대화

■ 국내 석탄화력발전소 운영 현황 ■



2. 핵심이슈 분석

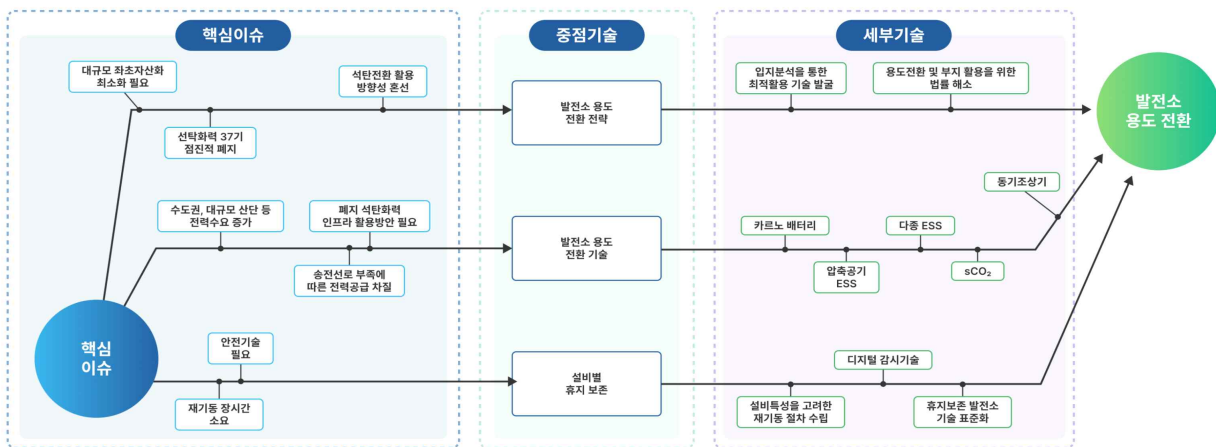
- 발전소 용도전환 전략
  - 석탄발전 폐지 시 발생하는 송변전·발전설비 등의 대규모 좌초자산화 최소화를 위한 전략 수립 필요
  - 석탄발전의 용도 전환을 촉진하기 위한 정부 차원의 지원 정책 마련 필요
- 발전소 용도전환 기술
  - 온실가스 감축을 위한 석탄발전의 단계적 폐지에 대응하여 주요 설비의 전략적 활용 방안 수립 필요
  - 계통 관성 및 전압 조정 기술, 주파수 조정 기술 확보 필요
    - \* (선행기술) (카르노) 2.5MW 열저장 매체 개발 및 400MW 시스템 설계(SDP, '24.9)
    - \* (선행기술) (CAES) 공압식 양수발전이 결합된 정압식 압축공기 에너지저장 기술개발('25.10)
    - \* (선행기술) (다중 ESS) 상용 ESS 실증 및 성능평가 기준 개발('25.7)

\* (선행기술) (SCO<sub>2</sub>) 디젤/가스엔진 폐열 이용 2MW급 초임계 CO<sub>2</sub> 발전시스템 개발('21.3)

\* (선행기술) (동기조상기) 플라이휠 동기조상기 실증 및 운영기술 개발(~'26.11)

- **설비별 휴지보존** 제작사에서 제공한 간략한 휴지보존 절차서에 의존한 채 휴지보존을 시행하고 있으며, 1~2회 재기동 후 폐지 수순을 따를 가능성이 높은 상황
  - 발전설비 특성 및 용량 등을 고려한 휴지보존 세부 절차서 개발 필요
  - 긴급상황 발생 시 예비전력 확보와 계통 건전성 유지를 위해 발전소 재기동 절차 체계화 필요
  - 최단 시간 내 재기동을 가능하게 하는 필수 O&M 및 기동 절차 관련 기술 표준화 필요

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

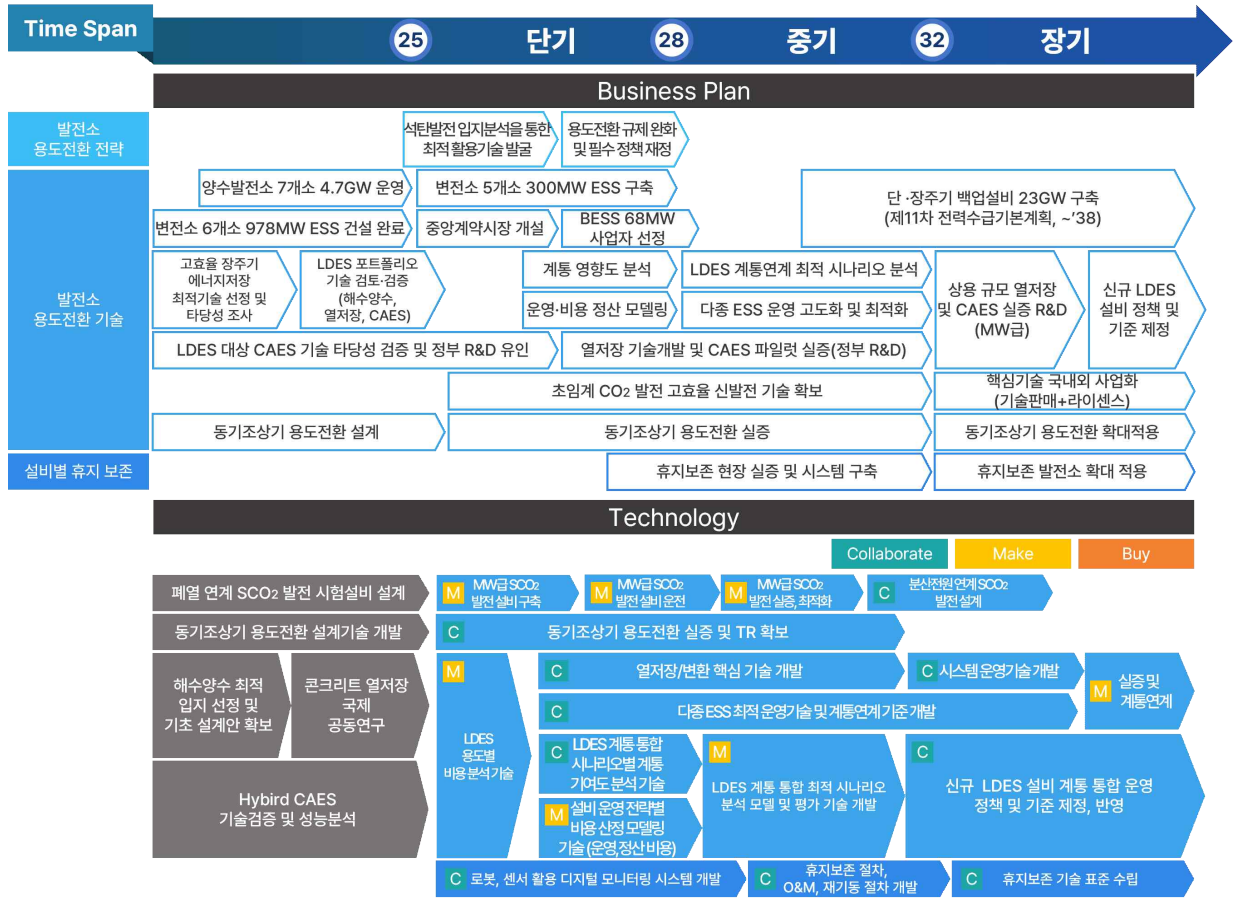


3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고	
1 발전소 용도전환 전략	1-1 재생e 입지분석을 통한 석탄발전 최적 활용 후보기술 발굴	□단기	
	2-1 [카본노배터리] 열저장 모듈 설계, 시스템 Scale-up 및 실증	□단기, 중기, 장기	
	2-2 [CAES] 출력제한 해소, 상용화 실증	□단기, 중기, 장기	
	2-3 [다중 ESS] 재생e 연계.하이브리드 ESS 최적화, 열저장 + CAES + BESS 통합 및 BM 확보	□단기, 중기, 장기	
	2-4 [초임계 CO <sub>2</sub> ] 실증·모듈화, 수소터빈 연계 사이클·요소기술, 무탄소 열원 연계 복합발전	□중기, 장기	
2 발전소 용도전환 기술	2-5 [동기조상기] 실증, 표준화·확대적용	□단기, 중기	
	3 설비별 휴지보존	3-1 [절차] O&M·재기동 절차, 기술 표준 수립	□단기, 중기, 장기
		3-2 [감시기술] 로봇·센서 모니터링, 휴지보존 실증	□단기
3-3 [고도화] 재기동 절차 수립 및 고도화		□중기	

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산 (한천)	MM (한천)	기간		
1-1	석탄화력발전소의 입지분석을 통한 최적 활용기술 도출 및 용도전환 규제 완화, 필수 정책 개발	2억	30	2년	자체	'26년
2-1	열 에너지 저장/단열, 열↔전기 변환, 모듈 설계 등	60억	150	4년	정부	'26년
2-2	출력제한 해소용 CAES 핵심기술 개발	5억	29	4년	정부	'26년
2-3	정부 사업 수주경쟁력 강화를 위한 다중 ESS 설계운영 기술	35억	30	3년	공동	'27년
2-5	동기조상기 용도전환 실증	20억	50	4년	정부	'27년
3-2	로봇, 센서를 활용한 디지털 모니터링 시스템 개발	10억	70	3년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산 (한전)	MM (한전)	기간		
2-1	열저장 Scale-up, 시스템 설계/구축/최적화, 상태진단, 실증	400억	160	4년	정부	
2-2	상용 규모 CAES 실증	80억	70	4년	정부	
2-3	재생E 연계 ESS 및 하이브리드 ESS 최적 설계 및 운영 기술	30억	80	4년	공동	
2-4	초임계 CO <sub>2</sub> 복합발전시스템 실증 및 모듈화 기술	30억	135	3년	정부	
2-4	수소터빈 연계 초임계 CO <sub>2</sub> 발전 사이클 및 요소기술 개발	15억	72	2년	정부	
2-5	동기조상기 용도전환 표준화 및 확대적용	25억	50	4년	공동	
3-1	휴지보존 절차 / 최적 O&M / 재기동 절차 개발	20억	100	3년	정부	
3-2	휴지보존 현장 실증 및 모니터링 시스템 구축	20억	100	3년	정부	
3-3						
3-2	IOT, AI기술에 기반한 디지털 트윈 구축 및 설비 감시	10억	40	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산 (한전)	MM (한전)	기간		
2-1	열저장+CAES+BESS 계통연계 및 국내외 최적 BM 개발	80억	100	5년	공동	
2-2						
2-3						
2-4	무탄소 열원 연계 초임계 CO <sub>2</sub> 복합발전 기술개발	30억	150	4년	정부	
3-1	휴지보존 발전소 확대적용을 위한 기술 표준 수립	10억	50	3년	정부	

## R&D 투자계획

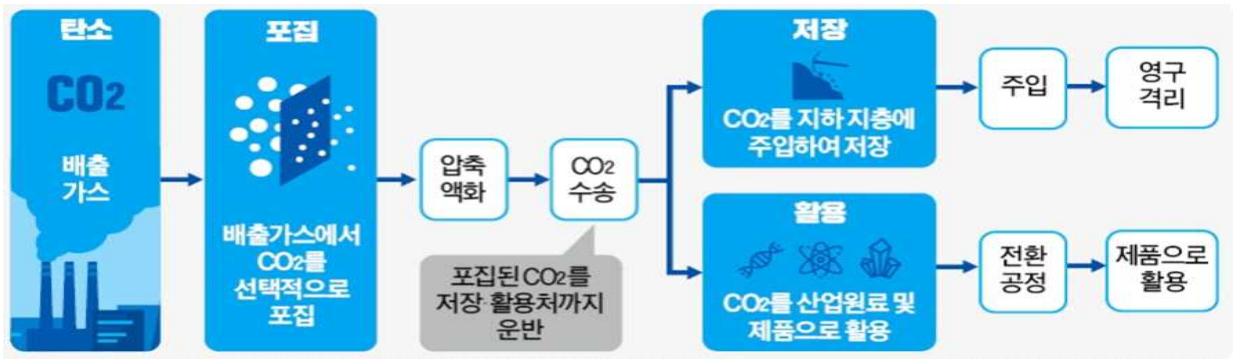
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	0	67	65	630	120
인 력	0	209	150	807	300

1. 목표 개요

- 화력발전 대상 고효율 CO<sub>2</sub> 포집 및 활용기술 개발을 통한 온실가스 배출 최소화
- 전력기자재 온실가스 저감을 위한 SF<sub>6</sub> 대체 EGIS 확대 적용 및 관리체계 구축

■ CCUS 및 SF<sub>6</sub> 정제·분해 기술 개념도 ■



【CO<sub>2</sub> 포집·활용·저장(CCUS) 기술】



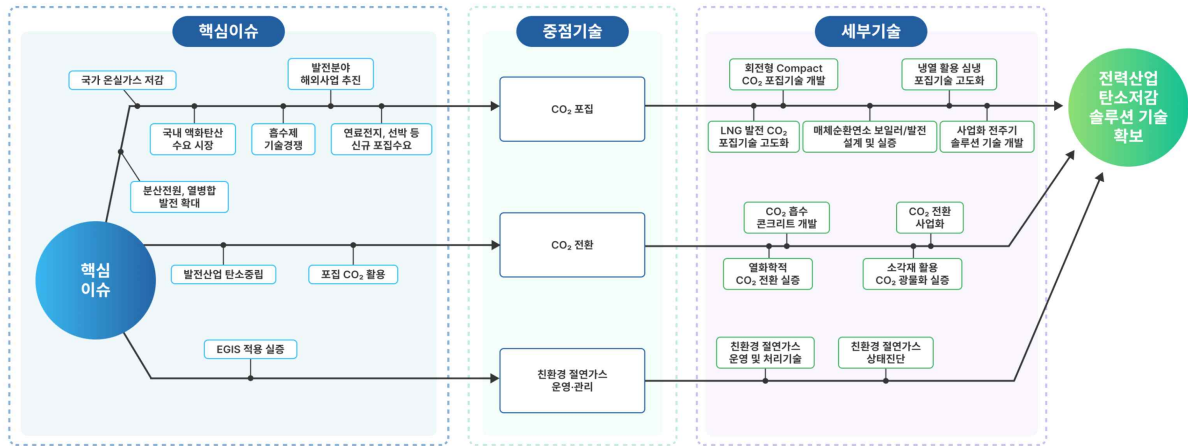
【SF<sub>6</sub> 정제·분해 기술】

2. 핵심이슈 분석

- CO<sub>2</sub> 포집 탄소중립 이행 가속화와 국제적 감축 의무 확대에 따라 탄소포집·저장 기술의 상용화 기반 마련이 시급하고, 이로 인해 대용량 포집 기술의 통합 실증 및 사업 다각화 추진 필요
  - 정부 주도의 대용량 탄소포집 통합실증 사업에 선제적으로 참여함으로써, 실증 경험과 기술 신뢰도를 확보하고 이를 바탕으로 향후 국내외 대형 CCS 사업 수주 경쟁력 강화 요구
  - 기존 상용화된 습식아민 포집공정의 한계(대규모 부지&높은 초기 투자비) 고려, 도심지 인근 LNG 발전소 및 여유부지가 없는 기존 설비에 적용 가능한 컴팩트 CO<sub>2</sub> 포집기술 개발 필요
    - \* (선행기술) CCS 통합실증을 위한 중규모 연소후 습식 CO<sub>2</sub> 포집기술 고도화('21.11)
    - \* (선행기술) LNG 발전의 연소 후 습식 CO<sub>2</sub> 포집기술 개발 및 격상설계(~'25.10)

- 분산전원과 열병합발전 확대에 따라 소규모.분산형 배출원에 적용 가능한 고효율.컴팩트형 CO<sub>2</sub> 포집 기술 확보 필요
  - 실증급 매체순환연소 시스템의 장기 연속운전을 통해 기술의 안정성과 신뢰성을 입증하고, CO<sub>2</sub> 포집 비용 절감과 상용화 가능성 확보 필요
    - \* (선행기술) 3MWth 매체순환연소 스팀생산 기술개발('25)
- CO<sub>2</sub> 전환 포집된 CO<sub>2</sub>의 활용을 위해 전력산업 공정특성을 반영한 맞춤형 전환기술 확보 필요
- 포집된 CO<sub>2</sub>의 효율적 활용을 위해 합성가스 제조, 광물탄산화 등 전력산업에 활용 가능한 전환기술 확보 필요
    - \* (선행기술) 대량 CO<sub>2</sub> 개질 수소 및 CO 생산기술 개발('24.8)
    - \* (선행기술) 발전 소각재 활용 CO<sub>2</sub> 광물탄산화 유용자원 생산기술 개발(~'27.3)
- 친환경 절연가스 운영·관리 폐 SF<sub>6</sub> 처리기술 및 친환경 절연가스의 운영·관리기술 부족
- SF<sub>6</sub> 폐가스 처리 및 무해화 기술 부족
    - 온실가스 거래제 (K-ETS) 시행 이후 SF<sub>6</sub> 처리 부담 증가
    - 실증 및 확대 보급 과정에서 재사용 불가 폐 SF<sub>6</sub> 처리 기술 필요
    - 기존 정제·분해 기술의 실증 운영 기반 확대 요구
      - \* (선행기술) 기후변화대응을 위한 SF<sub>6</sub> 감축기술 개발 및 전주기 관리방안 연구('19.6)
      - \* (선행기술) 고농도 SF<sub>6</sub> 분해 및 무해화(LPG 활용 60톤/년급) 기술개발('23.6)
      - \* (선행기술) H<sub>2</sub> 활용, Net-Zero SF<sub>6</sub> 분해시스템 개발 및 실증(~'26.2)
  - 친환경 절연가스 (C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N + CO)의 정제 및 무해화 기술 부족
    - Pilot 수준의 정제기술 외, 본격 운영 가능한 분리·정제·무해화 기술 미비
    - 기존 정제/분해기술 기반 고도화 및 폐가스 관리체계 구축 필요
      - \* (선행기술) SF<sub>6</sub> free 변전설비 구축을 위한 불소계 혼합가스 조성별 절연특성 연구('16.7)
      - \* (선행기술) 불소계 혼합가스적용 SF<sub>6</sub> Free Eco GIS 및 운영기술개발('21.12)
      - \* (선행기술) C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N 기반 친환경 절연가스 적용 EGIS 상태진단 및 주입회수기술 개발('25.5)
  - 친환경 개폐기 도입 확대에 따른 최적운영 기술 부재
    - C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N 기반 EGIS 확대 적용 중으로 SF<sub>6</sub> 수준의 신뢰성과 친환경성을 동시에 확보하는 운전 기준 필요
      - \* (선행기술) 불소계 혼합가스 적용 SF<sub>6</sub> Free Eco GIS 및 운영기술 개발('22.7)
      - \* (선행기술) C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>N 기반 친환경 절연가스 적용 EGIS 주입회수기술 개발('25.5)

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

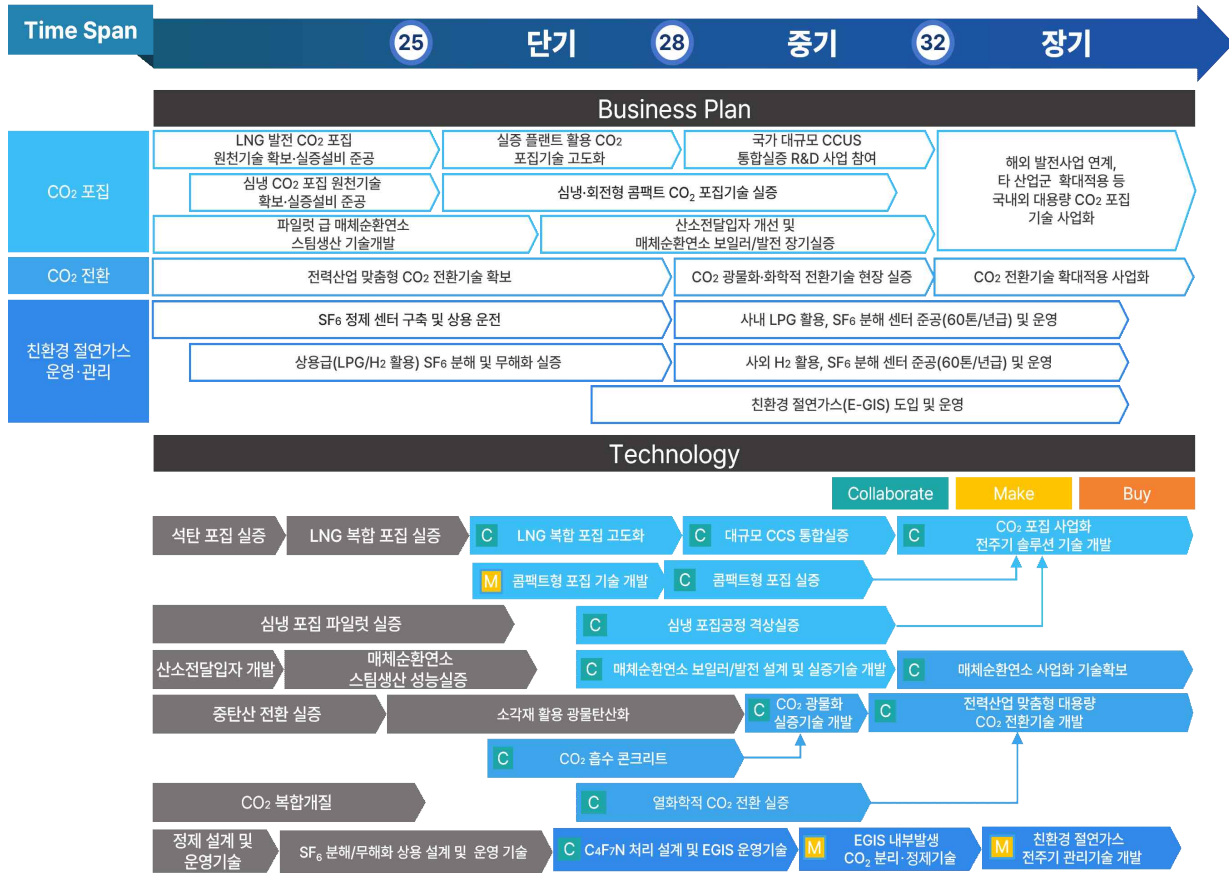


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 CO <sub>2</sub> 포집	1-1 LNG 발전 CO <sub>2</sub> 포집기술 고도화 및 실증	□단기, 중기
	1-2 회전형 Compact CO <sub>2</sub> 포집기술 개발	□단기, 중기
	1-3 냉열 활용 심냉 포집기술 고도화	□중기
	1-4 CO <sub>2</sub> 포집 사업화 전주기 솔루션 기술 개발	□장기
	1-5 매체순환연소 보일러/발전 설계 및 실증기술	□중기, 장기
2 CO <sub>2</sub> 전환	2-1 CO <sub>2</sub> 흡수 콘크리트 기술 개발	□단기
	2-2 열화학적 CO <sub>2</sub> 전환 실증기술 개발	□중기, 장기
	2-3 광물탄산화 상용화 기술 개발	□중기
	2-4 전력산업 맞춤형 CO <sub>2</sub> 전환 사업화 기술 개발	□장기
3 친환경 절연가스 운영·관리	3-1 친환경 절연가스 상태진단 및 운영·처리기술 개발	□단기, 중기, 장기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	LNG 발전 CO <sub>2</sub> 포집 고도화 및 플랜트 최적운영 기술 개발	10억	70	2년	공동	'25년
1-2	회전형 Compact CO <sub>2</sub> 포집기술 개발	3억	60	2년	공동	'25년
2-1	CO <sub>2</sub> 흡수 콘크리트 및 이를 적용한 건설공법 개발	20억	60	3년	자체	'27년
3-1	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 처리 설계 및 EGIS 운영 기술 개발 - C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 혼합가스 처리(정제 또는 분해) 기초 기술 개발 - 신절연가스 품질관리 및 응급 복구 기술 개발	50억	120	3년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	동해가스전 연계 CCS 통합실증(25MW급, 부산복합)	100억	100	5년	공동	
1-2	실증규모 회전형 Compact 포집기술 개발	5억	60	3년	공동	
1-3	LNG 기화 냉열 활용 심냉 CO <sub>2</sub> 포집공정 실증	20억	90	4년	공동	
1-5	매체순환연소 보일러/발전 설계 및 실증기술	30억	108	3년	정부	
2-2	열화학적 CO <sub>2</sub> 전환 실증기술 개발	20억	90	3년	공동	
2-3	CO <sub>2</sub> 흡수 콘크리트 및 건설 실증기술 개발	10억	50	3년	공동	
3-1	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 기반 친환경절연가스 내 CO <sub>2</sub> 분리장치 제작	10억	36	2년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-4	CO <sub>2</sub> 포집 사업화 전주기 솔루션 기술개발	10억	60	4년	정부	
1-5	상용급 매체순환연소 보일러/발전 실증	350억	180	5년	정부	
2-4	전력산업 연계 CO <sub>2</sub> 전환 사업화 기술개발	50억	80	3년	공동	
3-1	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> N 기반 친환경 가스 회수분리정제분해 전주기 개발	20억	40	4년	자체	

## R&D 투자계획

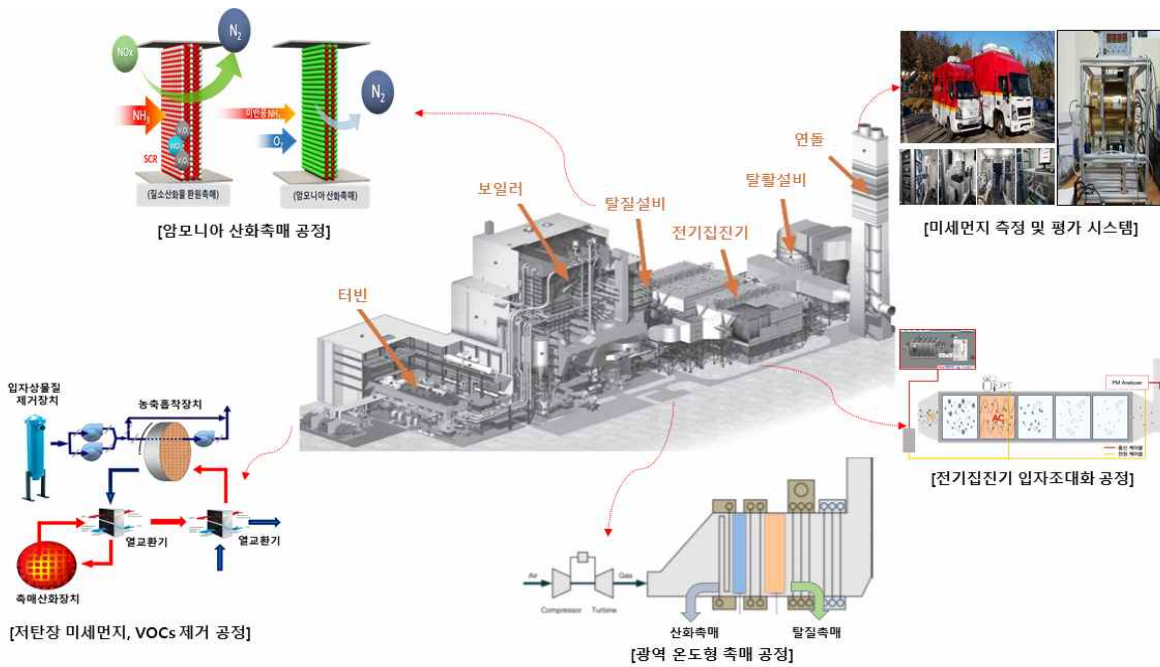
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	13	50	20	195	430
인 력	130	120	60	534	360

1. 목표 개요

- 재생e 확대에 따른 화력발전 유연운전 및 무탄소 연료 혼소발전 대응 환경설비 고도화
- 화력발전 미세먼지 저감을 위한 대기환경설비 통합제어 및 최적 운영 방안 수립

■ 화력발전 미세먼지 측정 및 저감기술 개념도 ■

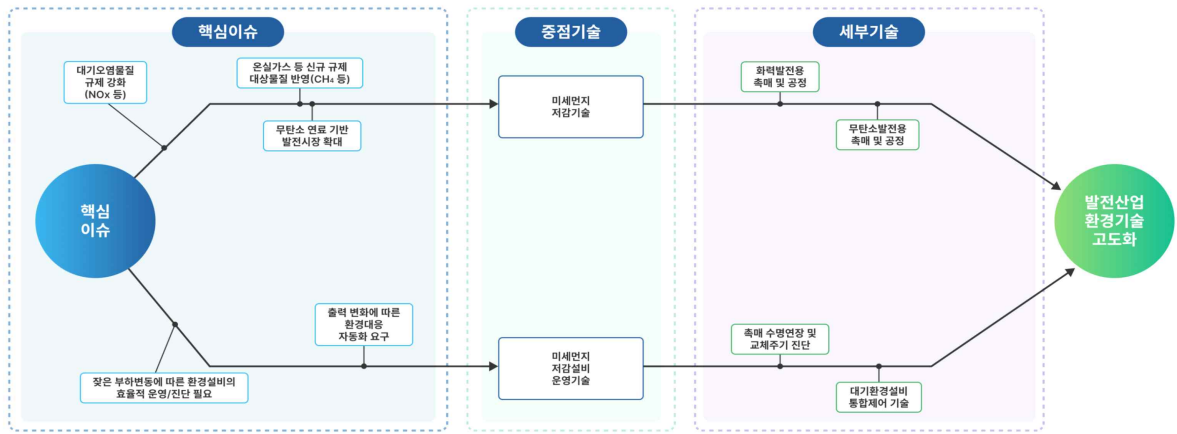


2. 핵심이슈 분석

- **저감기술** 안정적인 전력공급을 위한 대기오염물질 저감 기술 개발과 개발 기술의 안정적인 현장 적용을 위한 실증 병행 필요
  - 지속적 강화되는 환경규제에 대응하기 위한 기술 고도화 연구 필요
    - \* (선행기술) 화력발전 대응량 옥내저탄장 미세먼지 저감 기술개발('22.6)
    - \* (선행기술) 복합화력 대기오염물질 저감 광역온도형 촉매 및 공정 개발(1단계)('24.6)
    - \* (선행기술) 고농도 대기오염물질 저감을 위한 환경촉매 개발(1단계)(~'26.9)
  - 잦은 석탄화력 기동·정지에 따른 대기오염물질 대응 기술개발 요구
    - \* (선행기술) 산화촉매를 이용한 발전소 탈질설비 슬립 암모니아 저감 기술 개발('23.7)
  - 도서발전 환경규제 선제적 대응을 위한 맞춤형 저감 솔루션 확보 필요
    - \* (선행기술) 내연기관용 미세먼지/질소산화물 동시처리 촉매필터 기술개발('20.12)

- **운영기술** 정부의 환경규제 강화에 대응하고 경제성을 확보하기 위해 환경설비의 체계적 운영 및 고도화 요구
    - (발전) 환경설비의 공정 최적화를 통해 성능 유지와 운영비용 절감 요구
    - (도서) 대기오염물질 저감설비 장기운전에 따른 운영고도화 기술 확보 필요
- \* (선행기술) 도서발전 촉매.필터 복합재생 기술개발('25.3)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 미세먼지 저감기술	1-1 유연운전 대응 화력발전용 촉매 및 공정 기술	□단기
	1-2 무탄소 연료 혼소·전소 발전용 촉매 및 공정 기술	□중기, 장기
2 미세먼지 저감설비 운영기술	2-1 미세먼지 저감설비 촉매 수명연장 및 교체주기 진단	□단기, 중기
	2-2 대기환경설비 통합제어 및 최적 운영기술	□단기, 장기

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



#### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	복합화력 대기오염물질 저감 광역온도형 촉매 및 공정 개발 (2단계)	15억	50	3년	공동	'26년
1-1	탈황설비 이용 저온탈질(NOx 저감) 기술개발	12억	70	3년	공동	'25년
2-1	대기오염물질 저감촉매 성능저하 대응기술 개발	2억	50	3년	공동	'27년
2-2	환경설비 성능진단 및 AI 기반 수명예측 기술 개발	7억	90	3년	공동	'26년

#### □ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	신규 규제대상 오염물질 저감기술 개발	15억	170	3년	공동	
2-1	고농도 대기오염물질 저감용 촉매 Pilot 평가	7억	110	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	무탄소발전용 탈질촉매 현장실증 및 사업화 기술개발	10억	150	3년	공동	
2-2	발전출력/농도별 암모니아 환원제 분사 자동제어 운영기술	15억	140	3년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	12	22	2	22	25
인 력	70	140	50	280	290

1. 목표 개요

- 가스터빈을 무탄소 연료로 연소하기 위한 설계 및 연소 튜닝 기술 개발
- 무탄소 가스터빈의 유지정비 기술과 안전관리플랫폼 구축으로 운영 최적화
- 무탄소 연료의 안정적 수급을 위한 생산 기술과 연료 수급 전략 수립 추진

■ 가스복합 수소/암모니아 발전 개념도 ■

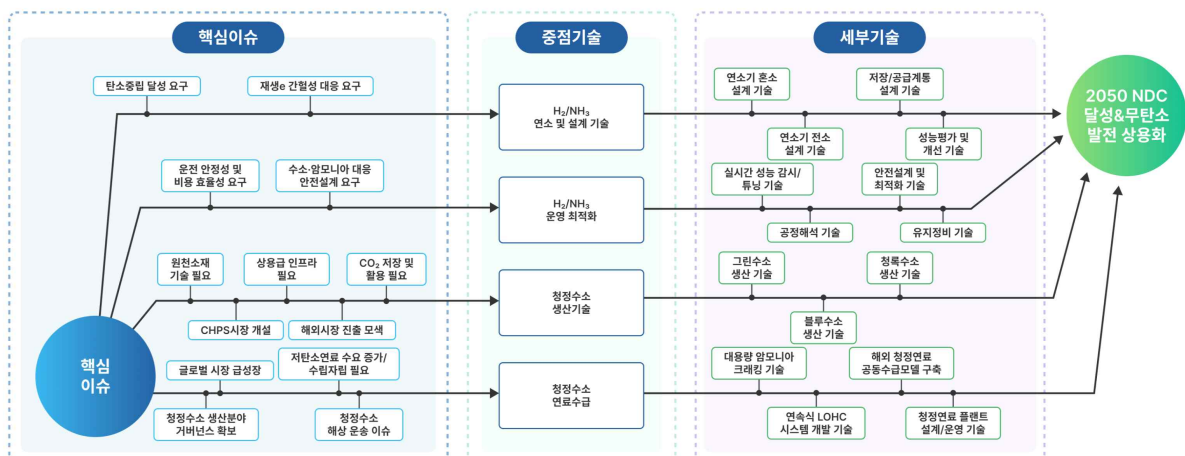


2. 핵심이슈 분석

- 수소/암모니아 연소 및 설계기술 기존 가스터빈에서 무탄소 연료인 수소·암모니아로 연소하기 위해서는 발전설비의 개조가 필요
  - 수소의 높은 반응성으로 인해 수소를 50% 이상 혼소시 화염 역화 방지와 NOx 배출을 억제하기 위해 연소기 개발이 필수
  - 암모니아는 연료 내 질소(N) 성분을 포함하고 있어 기존 가스터빈 연소기에서 혼소 시 고농도 NOx가 배출되어 암모니아 전용 연소기 개발이 필수
- 수소/암모니아 운영최적화 국외 선진 제작사 (GE, MHI, IHI 등)에서는 관련 기술을 일부 확보하고 있으며, 국내에서도 기술 개발이 활발히 진행 중이나, 실증 및 사업화를 위해서는 수소·암모니아 저장 및 공급 인프라 구축에 있어서 정책적인 지원이 필요
  - 수소·암모니아 가스터빈의 실증 Track-record 확보를 위해서는 수소·암모니아 저장 및 공급 인프라의 구축이 필요하나, 높은 구축 비용으로 정책적인 지원이 필요
    - \* (선행기술) 가스터빈 수소혼소 한계평가 및 연소최적화 기술개발('24.6)
    - \* (선행기술) Carbon-Free 친환경 암모니아 발전기술 개발('24.7)
- 청정수소 생산기술 차세대 블루/청록 수소 기술의 성능을 결정하는 소재 (촉매) 및 생산기술에 대한 상용급 기술 확보 필요
  - 블루/청록수소 사업화를 위해 파일럿 규모의 분산형시스템 Track Records를 확보하고, 중·소규모 실증을 통해 기술 검증 필요
    - \* 블루/청록수소 파일럿 플랜트 운영결과 분석을 통한 비교우위 기술 선택

- 청록수소와 같이 생산되는 탄소부산물물은 수소단가를 낮추는데 기여하므로, 이를 활용한 고부가 소재 제품화 필요
    - \* (선행기술) 10kg/일급 블루수소 생산기술 개발('22.8)
    - \* (선행기술) 금속촉매를 이용한 10kg/일급 청록수소 생산기술 개발('24.6)
  - 또한, 그린수소 생산을 위한 수전해 시스템의 국산화와 대용량화를 통해 상용급 청정수소 생산기술 확보
    - \* (선행기술) 대면적 알카라인 수전해 시스템 개발('23.4~'26.12)
- **청정수소 연료수급** 글로벌 청정연료 수요 급증에 따른 수급 불안정, 수입 의존도 증가, 청정연료의 생산·운송·전환·저장의 효율 저하 등 안정적인 청정수소 연료 확보를 위한 기술 개발 필요
- 암모니아 크래킹에 대한 국내기술 부재에 따른 해외 기술 종속과 국내 시장 잠식에 대비하여 전용 촉매와 설계 기술 확보 필요
  - 글로벌 청정 연료 수요 급증으로 안정적인 연료 수급을 위해 해외 청정연료 공동 사업 모델 구축과 청정연료 시장 활성화 전략/지원제도 개발 등 청정연료의 도입 전략 수립이 필요
  - 확대되는 청정연료 생산 시장의 선점과 사업성 확보를 위해 청정연료 생산 플랜트의 엔지니어링 및 운영 기술을 개발하고 대규모 청정연료 수입에 대비하여 고밀도의 저장 기술 확보 필요
  - 청정 연료의 생산 사업 거버넌스 확보를 통한 경제적이고 안정적인 연료 수급으로 에너지 자립도 향상
    - \* (선행기술) 수소발전 맞춤형 무탄소연소 기반 암모니아 크래킹 기술개발(~'26.12)
    - \* (선행기술) 전력그룹사 해외 청정수소 수급모델 정책 개발('25.8)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

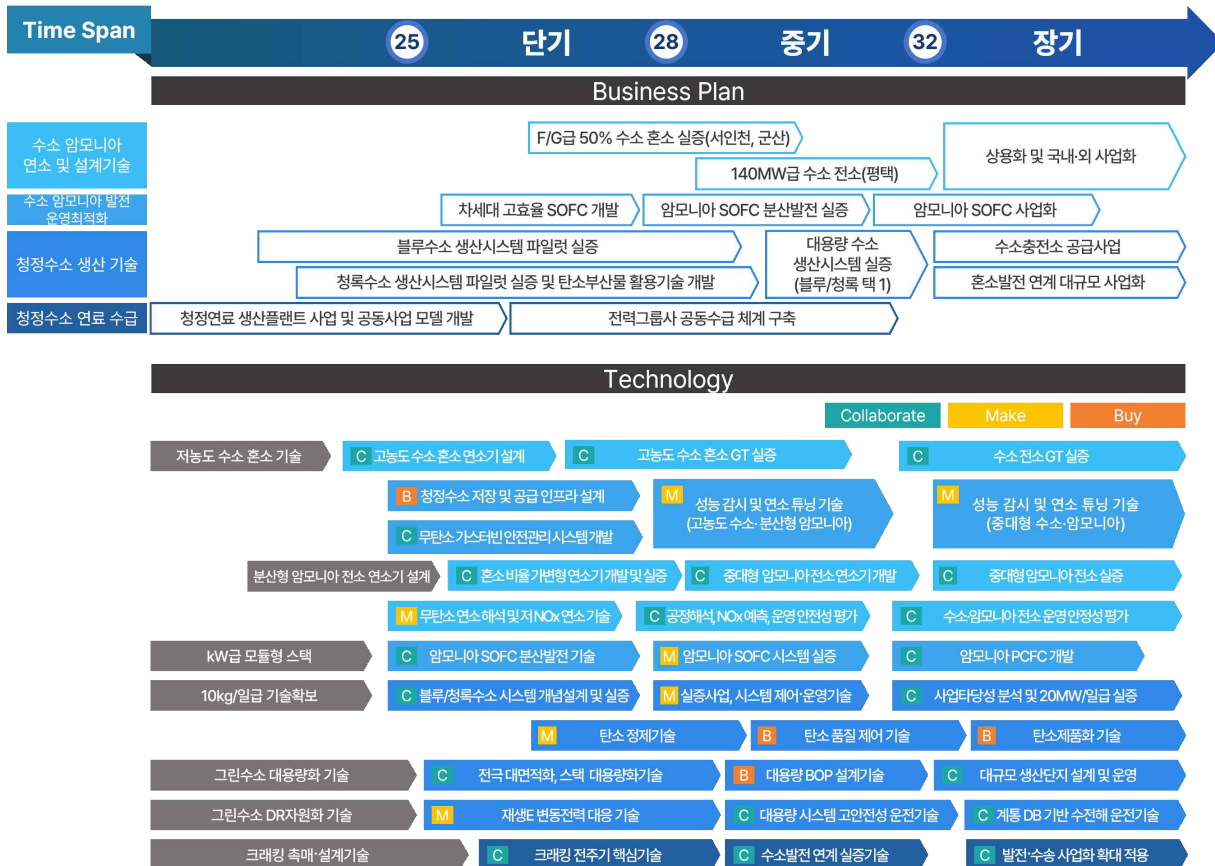


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 수소/암모니아 설계 및 성능평가	1-1 수소/암모니아 혼소 설계 기술	□단기
	1-2 수소/암모니아 전소 설계 기술	□중기, 장기
2 수소/암모니아 운영 최적화	2-1 실시간 성능 감시 및 튜닝 기술	□중기
	2-2 수소/암모니아 유지정비 기술	□장기
	2-3 수소 혼소·전소 안전관리플랫폼	□단기, 중기
3 저탄소 수소 생산	3-1 블루/청록수소 생산기술	□단기, 중기, 장기
	3-2 그린수소 생산기술	□중기, 장기
4 저탄소 연료 수급	4-1 암모니아 크래킹 기술	□단기, 중기, 장기
	4-2 해외 청정연료 공동수급 모델 구축	□단기, 중기
	4-3 청정연료 생산플랜트 설계/운영 기술	□단기, 중기, 장기

### 로드맵 수립결과

#### 기술개발 로드맵



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	암모니아 혼소 비율 가변형 가스터빈 연소기 개발	45억	50	5년	공동	'27년
2-3	사고DB구축, 위험성평가안 도출 및 안전관리 시스템 개발	9억	30	3년	공동	'27년
3-1	분산형 청정수소발전 연계 청록수소 생산기술 개발	30억	200	4년	공동	'25년 (기획 중)
4-1	1TPD 암모니아 크래킹 조기실증 및 운영기술 확보	30억	108	3년	공동	'27년
4-2	청정연료 시장의 조기 활성화 및 공급안정화 전략·제도 개발	3억	30	2년	공동	'26년
4-3	입지/용량대별 최적 공정 표준 모델 개발, 표준 공정모델 검증	10억	30	2년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	분산형 암모니아 전소 가스터빈 발전시스템 개발 및 실증 (연소기 성능감시, 연소튜닝, 공정해석 기술개발 포함)	50억	50	4년	공동	
1-2	중대형급 수소·암모니아 전소 가스터빈 연소기 개발	20억	50	5년	공동	
2-1	고농도 수소 혼소 가스터빈 실증(연소기 성능감시, 연소튜닝, 공정해석 기술개발 포함)	10억	50	3년	공동	
2-3	무탄소 가스터빈 안전관리시스템 개발(사고DB구축, 위험성 평가 포함)	10억	20	3년	공동	
3-1	저에너지 소비형 수소생산(블루/청록수소 중 택1) 공정 및 고효성 촉매기술 개발	20억	220	4년	공동	
3-1	1톤/일급 수소생산기지 실증사업 및 표준화	30억	120	3년	공동	
3-2	재생e 변동성 대응형 수전해 시스템 실증 운전 기술개발	30억	80	3년	공동	
4-1	F급 가스터빈 연계 암모니아 크래킹 실증 및 TR 확보	80억	200	4년	공동	
4-2	수소자원개발 지원제도 도출, 수요통합 기반 계약관리 및 통합수급	8억	40	3년	공동	
4-3	청정 연료생산 플랜트 운영 최적화 및 생산성 향상 기술개발	15억	40	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	중대형급 수소·암모니아 전소 가스터빈 연소기 실증 (연소기 성능감시, 연소튜닝, 공정해석, 연소최적 운영전략 확보, 공급계통 운영 안정성 평가, 실증 전·후 고온부품 건전성 평가 포함)	30억	50	5년	공동	
2-2	무탄소 가스터빈 핵심부품 유지정비 기술 개발	20억	30	4년	공동	
3-1	20MW/일급 저탄소수소 청정수소 발전용 시스템 실증	30억	140	4년	공동	
3-2	DR 기반 재생e-수전해 통합운전 플랫폼 개발 및 실증	50억	90	3년	공동	
4-2	Biz 모델별 촉매 다변화 및 설계 표준화	30억	150	3년	공동	
4-3	KEPCO 표준 청정연료플랜트 규격개발, 패키지용 주기기 설계	20억	90	3년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	30	13	84	273	180
인 력	200	60	188	870	550



Chapter.2

# 신사업 기술 로드맵



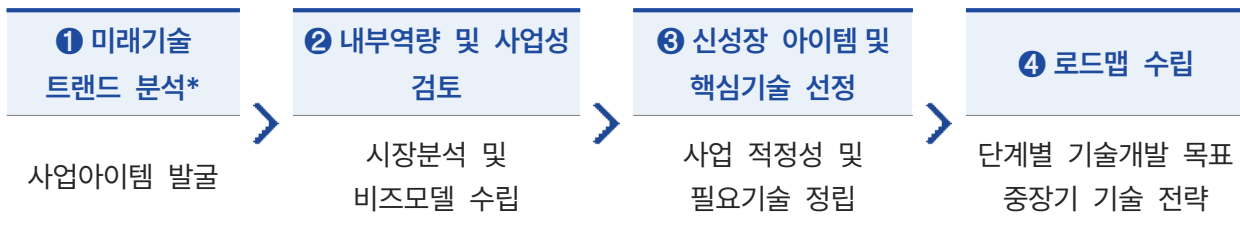
# 01

## 신사업 기술 로드맵 개요

### 1. 추진 배경

- 글로벌 에너지 위기 이후 각국은 재생에너지 중심의 에너지 전환, 분산e 활성화, 에너지 신사업 육성을 목표로 에너지 정책 수립 중
- 한전은 본연의 사명인 안정적인 전력공급을 지속적으로 실천하기 위해 고강도 재무개선과 경영 전반의 혁신을 추진하고 있음
- 한전의 본원사업을 차질없이 성공적으로 추진하기 위해서 에너지신사업 및 전력망 신사업을 통한 중장기 수익구조 개선이 필요
- 신성장사업 기반의 新수익을 창출하여 전기요금 의존도를 축소하고, 국가의 새로운 성장동력이 될 수 있도록 중추적 역할 수행 추진

### 2. 추진 절차



\* Deloitte, WEF, McKinsey 등 국내외 보고서 기술 동향 분석

- ① (미래기술 분석) 전력산업 환경변화 대응 미래유망기술 트렌드 분석
  - 글로벌 기술동향 분석 및 기술개발 로드맵 수립 후보 아이템 발굴
- ② (사업성 검토) 한전 기술 수준 및 시장분석으로 사업추진 가능성 확인
  - 사내외 기술 자문을 통해 후보 아이템에 대한 비즈니스 모델 수립
- ③ (아이템 선정) 신사업 추진을 위한 핵심기술 도출 및 개발목표 설정
  - 신성장 사업 추진을 위한 필요 기술 정립 및 비즈니스모델 구체화
- ④ (로드맵 수립) 기술목표 중심의 기술개발 로드맵 및 사업화전략 수립

### 3. 추진 내용

□ (추진체계) T/F 구성 (기술기획처, 전력研, 기술자문위원회)

#### ■ 기술자문위원회 ■



□ (추진방향) e신사업 확대와 新 수익 창출을 위한 기술개발 전략 수립

	e신사업 확대	新 수익 창출
<b>전략</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">해상풍력</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">태양광</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">EVC</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">MG</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">데이터센터</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">ESS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">암모니아</div> </div>
<b>추진 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신재생, 전기차 충전, MG 관련 보유기술 고도화 기술개발 전략 수립</li> <li>· 데이터센터, 대용량·장주기 ESS, 암모니아 연료전지 사업화 기술 개발</li> </ul>	

□ (로드맵 수립) 신성장 기술 2대 분야 5개 신성장 기술 목표 설정

- 기술목표 달성을 위한 요소 기술별 단·중·장기 기술 확보 전략 수립

01 에너지 신사업 확대 전략과제	<p>1. <b>[재생에너지]</b> 재생에너지 확대를 위한 설계·운영기술 고도화</p> <p>2. <b>[분산에너지 자원 관리]</b> 친환경 전력공급을 위한 분산e 통합 관리기술 개발</p>
02 新 수익 창출 전략과제	<p>3. <b>[데이터센터]</b> 전력계통 참여형 데이터센터 구축 사업화</p> <p>4. <b>[VPL]</b> ESS활용 가상송전서비스 사업화</p> <p>5. <b>[연료전지]</b> 암모니아 연료전지 시스템 상용화</p>

### 4. 활용 계획

□ (활용방안) R&D 투자 우선순위 설정 및 신사업 포트폴리오 강화

□ (유지보수) 외부 환경변화 모니터링, 정기적인 검토 및 업데이트(매월)

## 02

### 에너지분야 미래기술 트렌드 분석

#### 재생에너지 확대 압도적인 성장세를 보이는 태양광 및 풍력발전

- (정치) 탄소중립 목표 법제화, 온실가스 감축목표 상향, 에너지 안보 등 재생e 확대는 에너지 자립도를 높이는 중요한 전략으로 부상
- (경제) 재생e 발전단가 하락, 기업의 RE100 참여 등 재생e 사용은 기업의 경쟁력을 높이는 필수요소로 부각, ESG 경영 투자 확대
- (사회) 환경문제에 대한 인식 제고, 에너지 프로슈머 시대에 대응하여 재생에너지 수용성을 높이는 사회 전반적인 인식의 변화
- (기술) 페로브스카이트 태양전지, 부유식 해상풍력 등 차세대 재생e 발전 기술개발과 에너지 저장 기술의 혁신으로 계통 안정성 확보

☑ 재생에너지 시장에서 기술 경쟁력을 확보하여 미래 신성장 동력 창출 필요

- 해상풍력 산업 생태계 구축과 신사업을 확대하고, 경제성 향상 기술 확보 필요
- 차세대 태양광 기술 상용화와 다양한 형태의 사업 모델 개발 필요

#### 전력시스템 지능화 지능형 에너지관리 시스템 및 디지털전환 가속화

- (정치) 정부는 에너지 전환 목표 달성을 위해 스마트그리드 구축과 전력설비의 디지털화를 추진 중이며 전력시스템에 AI 도입 확대
- (경제) AI와 빅데이터 기술을 활용하여 운영효율성 향상과 비용 절감, 에너지 효율 관리 서비스 등 새로운 비즈니스 모델 창출
- (사회) e소비패턴 변화로 에너지 효율향상에 대한 대중 참여 유도, 첨단산업 발달, 개인정보보호 문제로 전력시스템 지능화 요구 증가
- (기술) AI 및 빅데이터 기술, IoT 및 센서 기술, 디지털트윈 기술활용 전력시스템 최적 운영 및 신속한 사고 복구 방안 도출

☑ 신기술 활용 전력시스템 지능화로 데이터 기반의 의사결정 체계 구축 필요

- BTM(EVC, AMI 등) 정보를 활용하여 전력망 안정화를 위한 기술 개발 필요
- 디지털 전환 가속화로 데이터센터 및 전력수요 증가에 대응한 기술 개발

## 에너지 휴게소 장주기 에너지 저장 기술의 혁신 및 상용화

- (정치) 재생e 보급 확대를 위한 ESS 설치의무화 및 전력망 안정성 유지 및 유연자원화 규제 마련, 에너지 휴게소 등 정부 정책 확대
- (경제) 배터리 가격 하락 등 ESS 경제성이 향상되어 ESS시장 확대, 非전력회사의 ESS 시장에 대한 투자 및 장주기ESS 기술 투자확대
- (사회) ESS는 에너지 자립과 분산화의 핵심 요소이며, 에너지 소비자의 역할 변화를 주도, 화재 안전성 등 신뢰 회복 선결 필요
- (기술) 바나듐 흐름전지, 압축공기 저장 등 차세대 배터리 기술 연구가 활발히 진행, 열 폭주 방지를 위한 냉각·소화 시스템 개발, ESS를 기반으로 한 마이크로그리드, 가상발전소 제어기술 발전

### 장주기 ESS 기술 개발로 재생e 간헐성 보완 및 전력망 안정성 향상 필요

- LiB기반 ESS 성능 향상 및 Post LiB 기술개발, 차세대 배터리 기술 상용화 추진
- 전기차 배터리 활용 V2G 기술, ESS 활용 송전선로 건설 지연 회피 기술 개발

## 청정연료 확대 탄소중립 목표 달성을 위한 수소경제 활성화

- (정치) 국가별 수소 로드맵 수립, 보조금 및 세제 지원 강화 정책, 수소의 국제적 교역을 위한 안전관련 기술 인증 및 규제 표준 마련
- (경제) 그린 수소 생산의 경제성 개선, 수전해 장치, 연료전지 등 핵심기술의 양산화가 진행되며 대규모 투자 및 시장 형성 중
- (사회) 청정 에너지원으로서 대기오염 및 기후변화 해결에 기여할 수 있다는 기대감과 가연성 물질로서 안전성에 대한 우려 상존
- (기술) 그린(재생e)·블루(탄소포집) 수소 등 다양한 수소 생산과 암모니아 활용 수소 운송 기술 상용화, 모빌리티·발전분야 등 활용 확대

### 수소 생산-유통-활용의 통합 생태계 구축 및 비즈니스 모델 개발 필요

- 수소 및 암모니아 연료전지 시스템 기술 및 안전성 확보 기술 개발
- 활용 분야별 연료전지 시스템 현황 관리 및 통합 모니터링 사업화 기술 확보

## 에너지 효율향상 에너지 효율향상 및 수요관리 기술 확산

- (정치) 건물에너지 효율등급제, 고효율 가전제품 활성화 등 에너지 절약을 의무화하고 있으며, 에너지 효율 향상 이행 평가 시행
- (경제) 고유가 및 전기요금 인상 등 에너지 비용 부담 증가로 에너지 효율 개선은 기업과 가계의 직접적인 비용 절감의 수단
- (사회) 기후변화에 대한 사회적 인식이 높아지고 에너지 절약을 탄소중립 및 환경보호 실천으로 인식하는 사회적 분위기 확산
- (기술) 에너지 소비를 최소화하고 에너지를 자체 생산하는 ZEB 기술이 확산되고 있으며, 고효율 소재 및 부품기술 발달

### ☑ 디지털 기술과의 융합을 통한 에너지 효율 향상의 혁신 필요

- AI, IoT, 빅데이터 등 첨단 디지털 기술 융합 에너지 관리시스템 고도화 필요
- 산업·건물·수송 등 각 부문별 에너지 효율화 솔루션(섹터커플링, 히트펌프 등) 필요

## 03

### 에너지 신사업 현황 분석

#### 해상풍력 국내 해상풍력 산업 생태계 구축 및 경제성 향상

- 국내 운영 중인 해상풍력은 325.7MW('25. 6)로 목표('30년)의 2.2% 수준이며 공공주도 사업 부족으로 국내 산업 생태계 구축 미흡
- 해상풍력 기술개발 초기단계로 시장성속도가 낮고 경제성이 저조
  - \* LCOE는 290원/kwh로 주요국 중 가장 높은 수준(유럽 160원/kwh, 중국 95원/kwh)
  - \* 터빈 기술격차 50%(국내 10MW급, 해외 20MW+급) 이상이며, 국산화율 약 35%
- 계획입지에 관한 법령 제정 등 정부주도 해상풍력 확대 준비 중이며, 공동 접속설비 先구축 비용부담 및 관련 시행규칙 부재로 적기건설 난항

#### ☑ 해상풍력 산업생태계 구축을 위한 한전의 역할 정립과 공공사업 확대 필요

- 수익성과 직결된 핵심 공급망 육성 및 O&M 효율화 등 경제성 향상 기술 개발
- 지속가능한 해상풍력 추진을 위한 이익공유·공존 사업모델 개발 필요
- 해상풍력 사업 확대를 위한 법·제도 개선 필요하며 정책 개발 연구과제 필요

#### 태양광 유희·공공부지 활용 태양광 발전사업 추진 및 기술 확보

- 정부는 '23년 태양광 누적용량 23.9GW에서 '30년 신재생 발전비중 21.6% 달성을 위해 태양광 설비용량 목표를 55.6GW로 설정\*
  - \* 출처 : 제11차 전력수급기본계획('24)
- 특정지역 재생e 집중(호남 40%, 경상 23%)으로 계통불안정 심화되고 있으며, 사업자 주도 재생e 확대로 난개발 초래 및 환경문제 대두
- 소규모 발전소 중심 REC 정책 개편으로 중대규모 발전소의 경제성 개선을 추진, 제주 재생e 입찰시장 도입 등 출력제한 해소 대책 마련
  - \* 태양광·풍력 間 발전량 기준을 '21년 87:13 → '30년 60:40로 개선

#### ☑ 화력발전을 대체하는 유망 분야로 재생e 정책변화와 관계없이 지속 가능한 태양광 보급 체계 구축 및 merchant 사업 추진 필요

- 공동농지 활용 영농형 태양광 발전사업 경제성 확보를 위한 기술개발 필요
- 페로브스카이트, BIPV 등 차세대 태양전지 및 태양광 입지 다변화 기술 개발

## 전기차충전 EVC 플랫폼 서비스 및 유연성 자원화 확대

- 국가 차원의 EVC 도입 초기 지원정책은 축소중이나 인프라 확대 위주 정책과 함께 민간 중심으로 EVC 시장은 성장
  - \* '23년 0.9조원에서 '30년 6.3조원으로 확대 예상(SNE Research, '23)
- V2G 활용 발전 및 송배전건설 투자비 회피 효과 약 0.6조원 예상
- 전기사업법에 따라 EVC사업을 전기신사업으로 분류되며, EV 판매 둔화에도 불구하고 선제적인 EV 충전 인프라 확대 기조 유지
- V1G 기술을 활용한 플러스DR 등 전국 확대로 추가 실증 요구
  - \* 플러스DR 8회(18h), 국민DR 18회(18h) 참여를 통한 98MWh 확보

- ☑ 수송부문 탈탄소화, 전력계통 안정화를 위한 전기차 활용 필요성 증가
  - 상용급 V2G 제어시스템 개발 및 전력거래 플랫폼 사업모델 검증 기술 필요
  - 전기차 제조를 제외한 충전사업 분야 V2G 쉐주기(인프라, 플랫폼, 자원화) 기술 확보

## 마이크로그리드 정부정책 대응 MG 구축사업 추진

- '23년 글로벌 시장 규모는 747억 달러 규모였으며, 이후 연평균 17.1% 성장하여 '30년에는 2,243억 달러 달성 전망\*
  - \* 출처: Microgrid Market Size, Share & Trend Analysis Report 2024-2030, Grand View Reserch('23)
- 에너지 자급자족에 대한 니즈가 확대되고 있어 MG의 수요 증가
  - \* (국외) 섬 등 독립형 MG 도입, (국내) 정부주도 산업단지 MG 구축
- 분산에너지 활성화 특별법(분특법) 시행('24. 6월)에 따른 규제 해소로 특화지역에서 MG 플랫폼을 활용한 다양한 비즈니스\* 출현 전망
  - \* 분산e VPP(통합발전소), 개인간 전력거래, 저장전기판매, V2G 전력거래 등

- ☑ 마이크로그리드 지속 확대로 MG기반 플랫폼 서비스의 사업 확대 필요
  - 독립형 MG 설계·운영 기술과 계통연계형 MG 운영·거래 기술개발 및 실증 추진
  - MG 구축·운영 관련 엔지니어링 기술 및 플랫폼 서비스 기술 확보

## 수소 탄소중립 이행 수단 및 에너지 안보 차원의 수소경제 활성화

- 수소·암모니아는 재생에너지 저장 수단, 화력발전소 개조를 통한 활용, 탈탄소화 한계 극복 에너지원으로 각광 받고 있음
- 글로벌 시장 규모는 '23년 2,427억 달러에서 연평균 7.8% 성장해 '30년에는 4,106억 달러로 증가, 수소 수요는 1.5억 톤으로 전망\*
  - \* 출처 : Hydrogen Market Global forecast to 2030, Markets and Markets('23)
- 정부는 수소경제이행 기본계획 및 제11차 전력수급 기본계획을 통해 수소생태계 육성 전략\* 및 수소·암모니아 발전 계획\*\* 발표
  - \* 대규모 수요창출 (발전소 연료전환 등), 국내·외 공급망 구축, 제도적 기반 마련 등
  - \*\* 수소·암모니아 발전량 : '30년 13TWh → '38년 43.9TWh

### ☑ 국내 운송·저장 분야를 제외한 수소사업 분야 쏠주기 기술 확보

- 수소·암모니아 발전 개시('27년) 대비 혼소발전 상용화 기술 개발 필요
- 수소 생산기술 실증 및 사업모델 개발 필요

## 데이터센터 데이터센터 수요 및 전력수요 급증, 지역 분산화 추진

- AI 경쟁력 확보, 인프라 구축 등 「AI 고속도로」선포로 수요증가
  - \* 투자 세액공제 확대, AI 데이터센터 법률 제정 등 AI 생태계 혁신
- 데이터센터 전력수요 급증으로 인한 대규모 전력망 공급에 부담
  - \* 데이터센터 전력소비량 전망 : 2.7TWh ('25) → 10TWh ('30) → 15.5TWh ('38)
- 전력 다소비 시설의 탄소중립 이행을 위한 친환경e 사용 요구 증가
- 대용량 부하의 계통 연계·탈락에 의한 계통영향 대응 기술 필요
- 데이터센터 서버 구동시 발생하는 폐열은 대부분 미활용으로 배출
  - \* 폐열(30~50°C)을 재가열하여 자체 난방 및 외부로 열 공급 가능

### ☑ 데이터센터의 에너지 변화에 대응하고 효율적인 에너지 사용 기술이 필요

- 데이터센터 친환경 전원 공급기술(초전도 송전, DC배전, MG) 확보 필요
- 차세대 냉각솔루션 및 에너지관리시스템 등 데이터센터 내부 e효율향상 기술 필요
- 폐열 재활용 및 데이터센터 비상전원 유연자원화 솔루션을 통한 수익 창출

## 대용량 ESS

### 안정적 계통운영 및 수익창출 목적의 구축·운영 추진

- 주요국들은 재생e 비중 증가에 대응한 ESS 보급 및 활용 증가에 따라 시장제도 개선, 설치 의무화 등 정책으로 ESS 도입 활성화
  - \* 재생e 연계 및 수용가 ESS 의무설치 비율 설정, 설치비 세액공제(최대 60%)
- '36년까지 재생e 백업설비 구성을 약 (Low)29~(High)45조원 투자 추진\*
  - \* 출처 : 제10차 전력수급 기본계획('23)
- 화재로 인해 ESS 시장 성장이 침체 상황이나 정부는 분특법을 통해 ESS 활성화를 위한 제도 마련('23.6)
  - \* 용자, 세제지원, 보조금 등을 통한 수용가용 ESS 설비지원 확대 등

#### ESS 운영기술 보유, 차세대 ESS 개발을 위한 R&D 추진

- 예비력 확보, 안정적 계통 운영 및 구입전력비 절감 목적 장주기 ESS 기술 개발
- ESS활용 가상송전선로 구축 및 운영기술 확보 및 신시장 제도 수립

## 암모니아

### 수소경제 활성화 정책으로 암모니아 연료전지 지원

- 수소를 저장하고 운송하기 위한 매체로 암모니아를 활용하여 발전 및 수송 부문에서 직접 연료로 사용하는 정책 수립
  - \* 분특법, 신재생e 설치의무화 및 ZEB 인증제도에 연료전지 포함
- 암모니아 연료전지 scale-up 및 수송·선박용 실증/사업화 추진
  - \* 아모지사는 암모니아 분해 기술과 PEMFC를 연계하여 패키지 상품화
- 정부지원 다수의 기초·응용 과제를 통해 기술개발 진행 중
  - \* HD현대사에서 친환경 컨테이너선 추진원으로 암모니아 SOFC 탑재 추진

#### 청정에너지 사용 의무화 등 무탄소 전원 공급 방안 마련, 암모니아 직접활용 연료전지 시스템 기술선점 및 경쟁력 확보 필요

- 암모니아 SOFC 시스템 기술 개발 및 공급망 구축 등 상용화 추진 필요
- 미반응 암모니아 처리 기술 개발을 통한 시스템 안전성 확보 및 안전기준 수립

# 04

## 기술목표 도출

### 1. 기술목표 및 중점기술 선정

#### 1. 재생에너지 경쟁력 강화

<p><b>S</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 전력시스템 운영역량 및 계통연계</li> <li>• 초기 투자 및 자금 조달 능력 우수</li> <li>• 정부·지자체 대상 높은 협상력 확보</li> </ul>	<p><b>W</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 경직된 의사결정 구조 및 시장변화 민첩성 부족</li> <li>• 태양광 자재 생산·EPC 능력 미보유</li> <li>• 해외 유틸리티 대비 재생에너지 사업 비중↓</li> </ul>
<p><b>O</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 강력한 재생에너지 확대 정책</li> <li>• RE100 기업 등 재생에너지 구매수요 증가</li> <li>• 국가 염해농지 영농형 PV 잠재량 6.2GW</li> </ul>	<p><b>T</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 선도시의 국내시장 진출 가속화</li> <li>• 어업인 등 지역 주민과의 갈등 심화</li> <li>• 글로벌 탈탄소화로 전력부문 탄소배출 규제</li> </ul>

#### 기술목표1 재생에너지 확대를 위한 설계·운영기술 고도화

- **(개발목표)** 수십 MW급 재생에너지 프로젝트 이행을 위한 기술 확보와 공급망, 설치·운송 개선 통한 LCOE 저감 추진, 공공 중심 영농형 태양광 실증 및 RE100 수요 반영 BTM 기반의 전력 거래 체계 마련
- **(중점기술)** 계획입지 평가, 사업개발 최적화 및 운영 고도화
  - ① 계획입지 도입을 위한 입지설계 평가기술, 단지설계 기술 고도화
  - ② 해상풍력 전주기 최적화 솔루션 및 무인화, 원격화 기반 O&M 고도화
  - ③ BIPV 대면적화 및 양산공정 기술 확보, 영농형 태양광 Biz모델 개발

### 2. 분산에너지 자원 관리 기술 사업화

<p><b>S</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유연성 자원화 사업 레퍼런스 보유</li> <li>• MG 설계·운영 기술 개발 및 상용화</li> <li>• 국내 유일 전력계통 운영능력 보유</li> </ul>	<p><b>W</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 통합발전소사업자 지위 확보 어려움</li> <li>• 발전·판매 겸업 금지로 발전사업 불가</li> <li>• 계통연계형 MG 상업운전 경험 無</li> </ul>
<p><b>O</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지 증가에 따른 유연성 자원 필요</li> <li>• 송배전 회피 등 본원사업과 시너지 우수</li> <li>• 분특법 시행에 따라 지속 성장 전망</li> </ul>	<p><b>T</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V2G 상용화 기술 및 사업모델 검증 필요</li> <li>• 저렴한 전기요금으로 BM개발 한계</li> <li>• 선도기업 시장선점에 따른 높은 진입장벽</li> </ul>

**기술목표2** 친환경 전력공급을 위한 분산e 통합 관리기술 개발

- **(개발목표)** 에너지 다소비지역, 지자체 대상 MG 플랫폼 기반 RE100 이행, DSO 연계, EVC-VPP 연계, 도시e 계획·운영 솔루션 개발로 사업 확대 및 新정부 에너지 정책 효율 향상을 위한 차세대 ESS 개발
- **(중점기술)** 전력계통 유연자원화 및 그리스서비스 발굴, 산업단지 MG 플랫폼 및 도시에너지 계획 서비스 개발
  - ① V2G, P2X 유연자원화 및 최적 제어기술 개발, 표준 및 시장제도 개선
  - ② 차세대 ESS 개발 및 배터리 수명관리(예측) 기술 개발
  - ③ 도시에너지 유연성 자원관리 및 AI 기반 에너지 효율화 기술

**3. 데이터센터 구축 사업**

<b>S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고신뢰성/고효율 전력 공급 가능</li> <li>• 전국단위 부지 보유 및 접근성 용이</li> </ul>	<b>W</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간 대비 사업 민첩성 부족</li> <li>• 민간 대비 브랜드 인지도 부족(Naver, AWS 등)</li> </ul>
<b>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 AI 및 디지털전환 정책 확대</li> <li>• 지역 균형발전과 연계 가능</li> </ul>	<b>T</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높은 초기 투자비 및 장기 회수 구조</li> <li>• 에너지 소비 규제 및 탄소 배출 이슈</li> </ul>

**기술목표3** 전력계통 참여형 친환경 데이터센터 구축

**기술목표3-1** 데이터센터 친환경·고품질 전력공급 솔루션 개발

- **(개발목표)** 에너지자립형 데이터센터 MG 구축 및 최적 운영플랫폼
- **(중점기술)** MG 구축 및 운영 플랫폼, 전력공급 효율화 기술 개발
  - ① 데이터센터용 최적 계통연계(초전도 송전, DC배전) 기술 개발
  - ② 친환경 전원 Mix 및 MG 구축 기술, 신재생에너지 최적제어 기술

**기술목표3-2** 데이터센터 에너지 사용 효율화 솔루션 개발

- **(개발목표)** 데이터센터 에너지비용 절감형 냉각시스템 및 EMS 적용
- **(중점기술)** 데이터센터 냉각 효율 향상 및 에너지 관리시스템 개발
  - ① 차세대 액침 냉각 솔루션 개발 및 공조시스템 효율 개선
  - ② DCIM(Data Center Infrastructure Management)+EMS 시스템 통합 및 자율운전 솔루션 개발

### 기술목표3-3 데이터센터 에너지 유연자원화 솔루션 개발

- **(개발목표)** 데이터센터 內 자원 활용 전력·열 생산 및 외부 판매
- **(중점기술)** 폐열 재활용 및 비상 전원의 유연자원화 기술 개발
  - ① 저온 폐열을 회수하여 히트펌프 기반의 열 수요 연계, ORC발전
  - ② 데이터센터 UPS 활용 전력 계통 안정화 자원 활용 기술

## 4. ESS 사업

<b>S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력망 인프라 및 운영 노하우 보유</li> <li>• 대규모 설비투자 여력과 조달 능력</li> </ul>	<b>W</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 송전설비 투자비 회수 모델과 수익구조 불일치</li> <li>• 가상송전선로 제도적 정의와 요금 부재</li> </ul>
<b>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생e 확대와 송전제약 해소 수단</li> <li>• 기술 진보에 따른 ESS 비용 하락</li> </ul>	<b>T</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간 ESS 사업자와의 경쟁 및 역할 중복</li> <li>• 배터리 ESS 수급 및 안정성, 부지확보</li> </ul>

### 기술목표4 ESS활용 가상송전서비스(VPL) 구축 및 운영

- **(개발목표)** 혼잡 송전선로 양단에 ESS를 구축하고 고도화된 운영 기술을 통해 송전선로 증설의 효과를 내는 가상 송전 서비스 제공
- **(중점기술)** ESS 경제성·안정성 향상 기술, 전력계통 활용기술 개발
  - ① VPL 구축 및 최적 운영전략, 운영플랫폼 및 제어 기술 개발
  - ② VPL 안정성 향상 및 성능기준, 전력시장 연계 전력 거래 제도 개선

## 4. 암모니아 연료전지 사업

<b>S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SOFC 스택 및 시스템 개발 기술 보유</li> <li>• 자체 연료전지 평가 인프라 보유</li> </ul>	<b>W</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암모니아 SOFC 운전 경험 미보유</li> <li>• 암모니아 공급, 취급 인프라 부족</li> </ul>
<b>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2050 탄소중립 대응 기술 개발</li> <li>• 그린 암모니아-SOFC 연계 사업 가능</li> </ul>	<b>T</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 경쟁기업 대비 기술 개발 속도</li> <li>• 암모니아 가격 및 공급망 변동성</li> </ul>

### 기술목표5 암모니아 연료전지 시스템 상용화

- **(개발목표)** 암모니아를 직접 사용하여 전력 및 열을 생산·공급
- **(중점기술)** 암모니아 SOFC 시스템, O&M 및 통합 관제 기술개발
  - ① 암모니아 직접 연료전지 단위셀, 스택, 시스템 개발
  - ② 안전기준 수립 및 미반응 암모니아 처리(재활용) 기술 개발

## 2. 미래기술 트렌드 기반 기술목표

### 01 e신사업 확대

기술목표1 재생에너지 확대를 위한 설계·운영기술 고도화

기술목표2 친환경 전력공급을 위한 분산e 통합 관리기술 개발

### 02 新수익 창출

기술목표3 전력계통 참여형 데이터센터 구축

3-1. 데이터센터 친환경·고품질 전력공급 기술 개발

3-2. 데이터센터 에너지 사용 효율화 기술 개발

3-3. 데이터센터 에너지 유연자원화 기술 개발

기술목표4 ESS활용 가상송전서비스 구축 및 운영

기술목표5 암모니아 연료전지 시스템 상용화

# 05

## 신사업 기술개발 로드맵

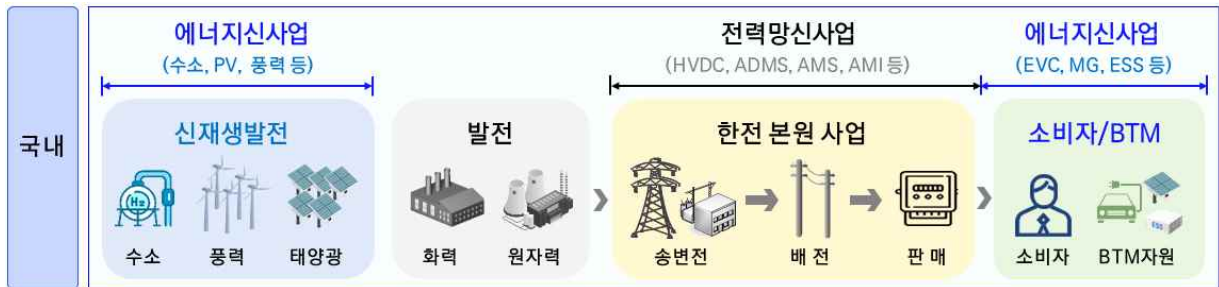
### 기술목표 1

### 재생에너지 확대를 위한 설계·운영기술 고도화

#### 1. 목표 개요

- 국내 해상풍력·태양광 사업을 위한 설계·시공·운영 기술 내재화 및 공정기술 개발
- 국내외 설치 환경을 고려하여 O&M 효율화 및 재생에너지 단지 운영관리 체계 구축

#### ■ 해상풍력 및 태양광 기반 재생에너지 확대 ■



#### 2. 핵심이슈 분석

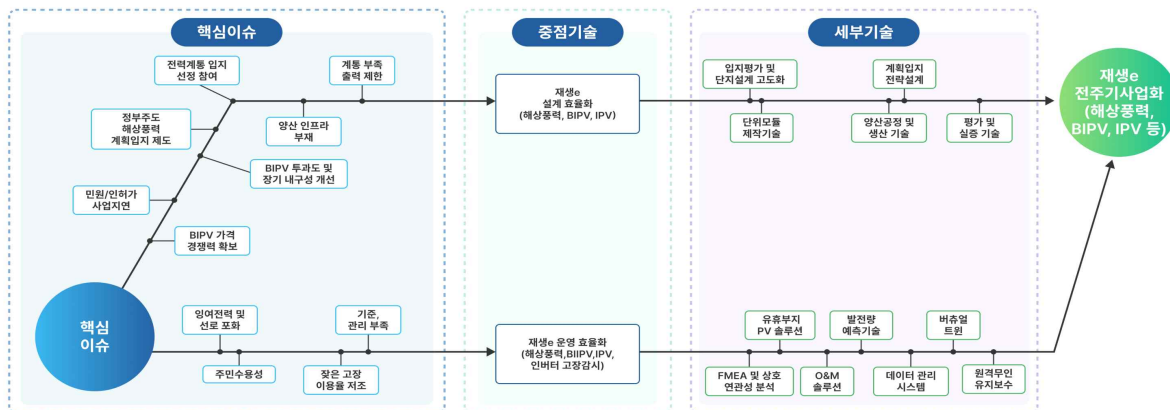
- **설계 효율화** 해상풍력/태양광 사업의 경제적 개발을 위해 공공주도의 입지 발굴 및 평가 기술 강화, 설계기술의 효율화가 필요
  - (해상풍력) 국내 해상풍력 사업의 사업성과 경쟁력 강화를 위해 전주기 (설계·시공·운영) 최적화 솔루션을 내재화하여 시장 경쟁력 확보
    - \* (선행기술) 서남해 2.5GW 해상풍력 개발을 위한 실증단계 연구('11~'18)
    - \* (선행기술) 풍력발전시스템 상태감시 진단시스템 개발('16~'19)
  - 자체역량 확보 및 수용성 제고를 위해 단지설계, 에너지 아일랜드 등 설계기술과 지지구조, 시공기술, 사내표준 등 친환경 공존기술 개발 추진
    - \* (선행기술) 해상풍력 수산업 공존 연구('20~'22, '22~'25)
    - \* (선행기술) 해상풍력 환경모니터링 및 분석 기술 개발('16~'19, '20~'24)
    - \* (선행기술) 중대수심 지지구조 급속설치용 모듈형 석션펌프시스템 개발('22~'25)
    - \* (선행기술) 해상풍력 지지구조 최적화 설계기술 개발('22~'25)
  - (태양광) 반투명 태양전지 사업화를 위한 양산 공정기술 확보와 실증을 통해 성능, 안정성, 구조적·형태적 기술 고도화 필요

- \* (선행기술) 모듈 성능 테스트(IEC 61646) 및 성능 유지(20년간 90%이상) 시험 통과('25.4)
- \* (선행기술) 상용화를 위한 반투명 페로브스카이트 모듈 제작 요소기술 확보('25.4)

□ **운영 효율화** 대규모 해상풍력의 안정적인 연계 및 운영, 관리, 원격 관리체계 고도화와 인버터 기반 발전원의 변동성 완화 필요

- (해상풍력) 효율적·안정적인 해상풍력 발전을 위한 해상 전력계통 기술 및 단지 운영기술 확보 추진(계통안정화, 공동접속, 모듈형 변전소, 기자재)
  - \* (선행기술) 발전량 예측, 해저케이블 감시 기술 개발('22~'25)
  - \* (선행기술) 국내 환경에 적용 가능한 친환경 기술 개발('22~'25)
- 안전과 효율 등 관리 기술과 디지털 트윈 기반 해상풍력단지 감시 및 진단 등 운영관리 기술 고도화 및 단지 운영 효율성 제고 추진
  - \* (선행기술) 풍력발전시스템 상태감시 진단시스템 개발을 통한 CMS 국산화('19. 9)
  - \* (선행기술) 이상상태 조기감지 기술 개발을 통한 신규 감시센서 3종 개발('25. 3)
  - \* (선행기술) 해상풍력 터빈 원격검사 무인화 시스템 개발 및 실증(~'25.12)
- (태양광) 설치부지 확보 난항 및 난개발에 따른 주민 수용성이 악화되고 있어, 입지 다변화 태양광 사업모델 개발 필요
  - \* (선행기술) 최대 25m 장경간 구조 영농형 태양광 구조물 개발('22)
  - \* (선행기술) 한전형 영농형 태양광 모델 개발('22), 수직형 태양광 실증('24)
  - \* (선행기술) 수직형 태양광 활용 출력패턴 기반 배전선로 수용성 증대효과 분석('24)
- IBR(Inverter Based Resource)기반의 그리드 포밍 제어를 통한 계통 지원 및 IBR 증가에 따른 상호 운영전략 및 광역 감시 기술 개발 필요.
  - \* (선행기술) 용량 태양광 인버터의 IGBT 고장 패턴 분석 알고리즘 개발 중('25.02~)
- 운영 및 정지에 대한 필수 Data(발전량, 가동률, 인버터별 고장 및 정비손실 등) 선정 및 표준화를 통한 실시간 감시 관리체계 구축 필요

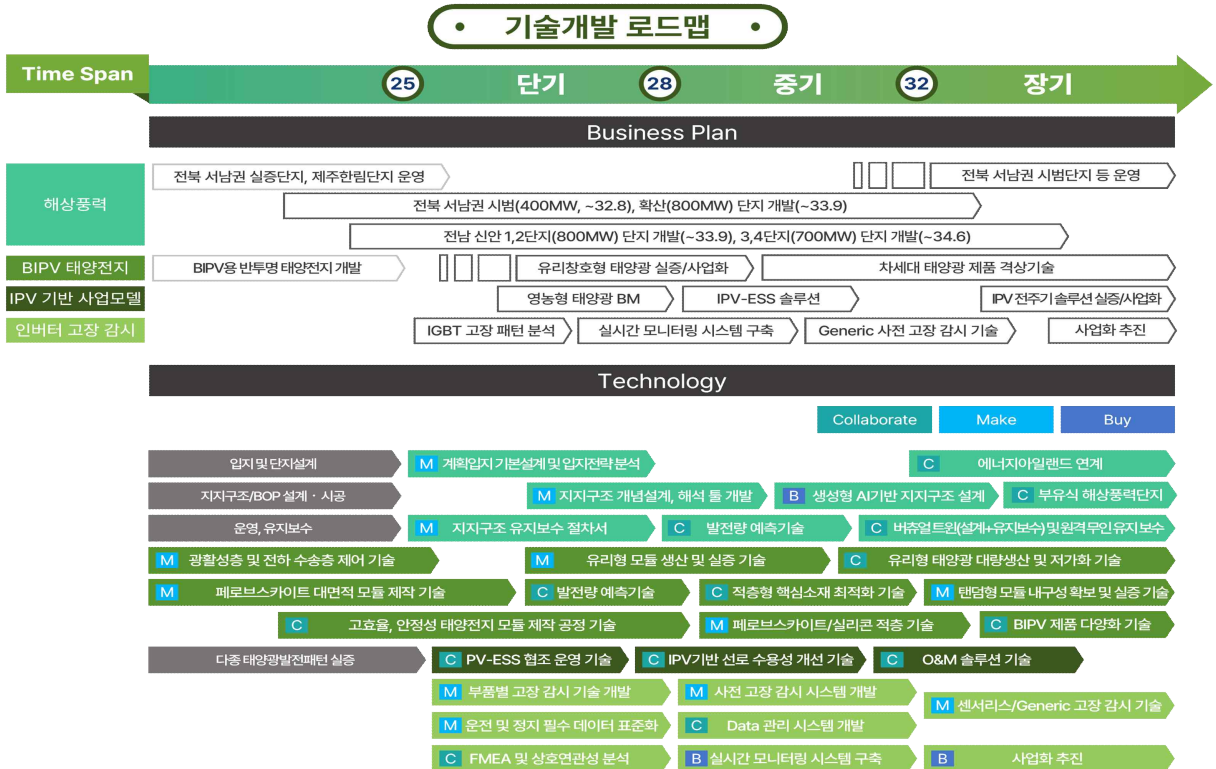
■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■



### 3. 중점기술 선정

중점기술	세부기술	비고
1 재생e 설계 효율화 (해상풍력, BIPV, IPV)	1-1 해상풍력 입지평가·분석 및 단지설계, 클러스터 설계	□단기, 중기, 장기
	1-2 발전량, 입찰시장 예측 기술	□단기
	1-3 해상풍력 지지구조 설계·시공·진단 기술	□중기, 장기
	1-4 에너지아일랜드(융복합단지) 연계 기술	□장기
	1-5 BIPV 모듈(예시 15x15cm) 효율 및 장기내구성 확보	□단기, 중기
	1-6 BIPV 자동화 양산 공정 설계 및 생산 시스템 개발	□중기
	1-7 BIPV 제품 Track Record 확보 및 성능 검증	□중기
	1-8 다중 소재 BIPV 제품 다양화 기술	□중기, 장기
2 재생e 운영 효율화 (해상풍력, BIPV, IPV, 인버터 고장감시)	2-1 해상풍력단지 O&M 및 모사 기술(디지털 트윈) 확보	□단기, 장기
	2-2 안정적인 전력계통 연계·운영 기술	□장기
	2-3 유휴부지 활용 PV 솔루션 확보	□단기, 중기, 장기
	2-4 IPV 구조물 경량 최적 설계 및 선로 수용성 개선 기술	□단기, 중기
	2-5 인버터 고장원인 및 주요 부품별 고장 감시, 진단 기술	□단기
	2-6 태양광발전소 실시간 모니터링 및 데이터 관리 시스템	□중기
	2-7 센서리스 데이터 분석 및 사전 고장 감시 기술 확보	□중기
	2-8 국내외 재생에너지(풍력, 태양광) 및 ESS 타켓 사업화	□장기

### 로드맵 수립결과



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	정부주도 해상풍력 계획입지 기본계획 설계 연구 - 해상풍력 입지분석 및 단지설계(정부) - 부유식 라이다 설치 및 풍향계측(기업/연구소)	50억	96	1년	공동	'26년
1-1	해상풍력 계획입지 전략분석 지원도구 개발 - 입지평가 및 설계도구 개발(정부) - 입지정보도 연계 분석 웹플랫폼 구축(기업/연구소)	100억	108	3년	공동	'26년
1-3	해상풍력 지지구조-BOP 유지보수 절차 개발	50억	48	2년	자체	'27년
2-1	- 구조물 상태 판정기준 및 최적 진단절차주기 개발(자체)					
1-5	단기 및 중장기 유리창호형 태양광 실증/사업화	120억	336	4년	공동	'26년
2-3	PV-ESS 협조 운영 기술 개발	135억	18	1.5년	공동	'25년
2-4						
2-4	IPV 구조물 최적 설계 기술	25억	18	3년	공동	'25년
2-5	태양광 인버터 실시간 감시 시스템 개발	20억	96	3년	공동	'25년
2-5	해외 태양광발전소 실시간 모니터링 시스템 구축	20억	97	2년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	해상풍력 지지구조 PAD(Preliminary Analysis & Design) 개발 - 지지력·공진회피 설계 방안, 변수 민감도 분석(자체) - 형식선정 툴 개발(기업)	50억	48	3년	공동	
1-2	경제성 평가를 위한 지지구조 설계 기술(tool) 개발	100억	72	2년	공동	
1-3	- 생성형 AI기반 고정식 지지구조 최적설계(자체, 공동)					
1-1	공기관리 및 안전확보를 위한 해상활동 위험도 관리기술 개발 - 해양기반 작업가능일 분석, 해상활동 위험도 측평가(자체)	50억	48	2년	자체	
1-1	풍력단지 발전량 예측 기술 및 실증 - 하루전, 실시간 입찰시장 대응 해상풍력단지 기후·운전 데이터 분석, 예측 AI개발(자체, 공동)	200억	168	2년	공동	
1-2						
1-5	페로브스카이트/실리콘 또는 유기소재 모듈 제작 기술	120억	360	3년	자체	
1-7						
1-6	패널 제작 생산 시스템 개발 및 시제품 검증	30억	154	3년	공동	
1-7						
2-3	IPV 기반 연계선로 수용성 개선 기술	100억	100	2년	자체	
2-5						
2-7	태양광 인버터의 Generic 사전 고장 감시 시스템 개발	70억	90	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	에너지아일랜드 연계형 해상풍력 클러스터 설계 기술 개발					
1-4	- 해상태양광, ESS, P2X 등 연계(자체)	50억	48	4년	공동	
2-2	- 배후항만 및 인프라 구축(기업/연구소)					
1-3	부유식 해상풍력 및 BOP 설계·시공 기술 개발 - 대용량 해상풍력·해상변전소 부유체 플랫폼(정부) - 부유체 계류시스템 최적화, 안정성 해석기법, 시공기술(자체)	50억	48	5년	공동	
2-1	해상풍력 단지 유지보수 원격 무인화 기술 개발 - 주요 기자재 자율감시 및 원격 수리, 교체공법 개발(자체) - 자율 정지점검 로봇 및 수리, 교체 시스템 개발(기업)	50억	48	5년	공동	
2-1	해상풍력 버추얼 트윈 시스템 개발 - 시스템 종합설계·실증, 부품 고장진단 및 예측 고도화(자체)	200억	192	4년	공동	
2-2	- 해상풍력단지 디지털트윈·사이버 물리시스템 개발(기업)					
1-8	유리창호형 BIPV 사업화 및 탠덤형 태양전지	70억	360	3년	공동	
2-3	IPV O&M 솔루션 개발	200억	100	2년	공동	
2-6	사업화 추진 : 국내외 태양광 및 ESS 시장	30억	90	3년	공동	
2-8						

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	180	270	70	720	650
인 력	132	540	145	1,040	886

1. 목표 개요

- MG 플랫폼 서비스 기반 산업단지의 디지털화 및 도시에너지 계획 솔루션 사업화
- 新유연자원(V2G, 차세대 ESS 등) 발굴 및 그리드 서비스 사업을 통한 수익 지속 창출

■ 분산에너지 통합 관리 사업화 개요 ■

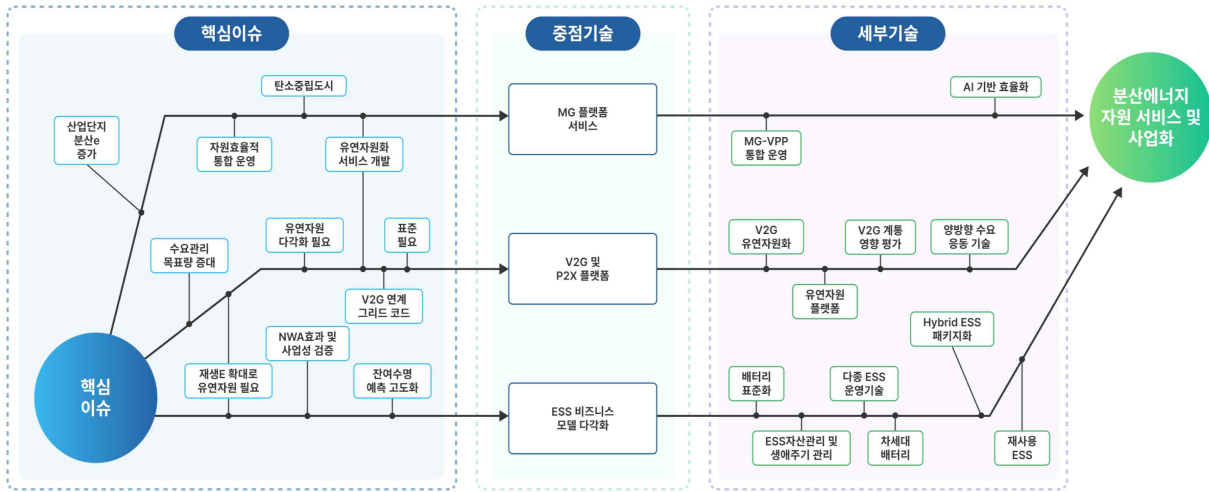


2. 핵심이슈 분석

- MG 플랫폼 서비스 정부는 기존 산업단지의 디지털화를 통한 무탄소 에너지 자립화를 위해 스마트그린산단을 지정하여 확산 추진
  - 본원사업 중심의 수익구조 다변화를 위해 MG 기술을 활용하여 국내 산업단지(구미, 여수, 대구, 광양)에 EMS 구축 사업 추진 중
    - \* (선행기술) 마이크로그리드용 공통 플랫폼 기술 개발 ('18.5)
    - \* (선행기술) 산업단지 MG용 EMS 개발 및 실시간 전력시장 운영서비스 해외 실증('22.2)
  - EMS 사업의 확대를 위해 기업 맞춤형 RE100 이행관리, 탄소 배출권 인증·거래 간소화, MG 및 VPP 등 통합 운영 솔루션 제공 필요
    - \* (선행기술) 산업단지 에너지 클라우드 통합 플랫폼 개발 및 실증 (~'26.3)
  - 탄소중립 선도도시 사업(노원구) 참여를 통해 MG, EMS, 스마트시티 등 기술을 활용한 도심형 에너지 전환 사업 추진 요구
  - 도시e 효율화를 위한 계획 수립, AI 기반 효율화 및 운전 최적화, 전주기 탄소 배출량 관리, 재생 e연계 통합 관제 기술 개발 필요
    - \* (선행기술) 스마트시티 통합 에너지운영 시스템 개발 ('19.8)
    - \* (선행기술) 서울시 마곡지구 스마트시티 에너지 통합플랫폼 구축 ('22.7)
    - \* (선행기술) 디지털트윈 기반 스마트시티 에너지 플랫폼 구축 및 실증('22.10)

- **V2G 및 P2X 플랫폼** 수요관리 이행수단 다각화 및 양방향 수요자원 유연자원화 필요
  - 既 확보된 요소기술(P2X, V2G 등)을 바탕으로 수요자원 확보를 통한 실효성 높은 수요관리와 증가하는 수요관리 목표량 안정적 대응
    - \* (선행기술) EV 수요자원화를 위한 통합제어 시스템 개발 및 V2G 실증('23.9)
  - 플랫폼간 거버넌스 정립을 통한 컨트롤 타워 역할 수행이 가능한 수요자원 통합운영 One Platform 개발 및 구축
  - V2G 기술(현 TRL6)은 상업화를 위해 기술, 표준, 규제, 시장제도 및 사회적 수용성 확보 필요
- **ESS 비즈니스 모델 다각화** 국내 ESS 설비는 리튬배터리에 집중되어 있어, 효과적인 설비 구성을 위해 다양한 배터리 및 非배터리를 활용한 비즈니스 모델 개발 필요
  - 주파수 조정용 MW급 슈퍼커패시터 시스템 개발을 통한 새로운 ESS 기술을 확보하여, 新전력설비 적용을 통한 ESS 대규모화 및 해외사업을 통한 신사업 창출에 기여
    - \* (선행기술) 주파수 조정용 대용량 슈퍼커패시터 100kW 시스템 개발('20.04)
    - \* (선행기술) MW급 고용량 슈퍼커패시터 시스템 개발 및 실증('24.03)
  - 고안전성 망간 수계, 바나듐계 전지 고밀도저가화, Na계 전지 고효율화 등 배터리 분야 新기술 선점을 위한 경제적이고 고안전성을 갖는 ESS 기술의 포트폴리오 검증 및 표준화가 필요
    - \* (선행기술) LiB, VRFB, NaS 등 ESS 성능/경제성 평가 기술 개발(~'25)
    - \* (선행기술) 저가 고안전성 Zn-MnO<sub>2</sub> 수계 이차전지 개발 중(~'26)
    - \* (선행기술) 100kW/1MWh급 스택 제작, 유로해석 기술 및 실증 완료(~'22)
  - EV용 LiB 수요는 전력용 ESS와 비교시 10배 이상으로 향후 사용 후 배터리에 대한 활용 요구 역시 증가할 것으로 예측되며, 이를 위해 전력 산업 용도로 재사용이 가능한지 기술적 검증 필요
    - \* (선행기술) EV 폐배터리 진단 및 재사용 ESS 활용기술 개발 중(~'25)
  - 공유형 ESS 실증을 통한 NWAs 효과 및 투자비 대비 혼잡 완화 비용 효과 분석과 요금 체계 개선 연계가 필요하며, 대규모 DC전원 계통 연계 시 저주파 진동 등의 영향 검증 필요
  - 현재 1.4GW ESS의 배터리 설비를 운영 중이며, 초기에 설치된 FR용 ESS 성능보증 기한이 임박하여 교체 시기 수립을 위한 진단 기술이 요구되고 있으며, 376MW('15~17년 준공) ESS 정밀 진단을 통한 배터리 교체 및 수명 연장 방안 제시
  - 신규 설치된 1GW 계통안정화용 ESS(6개소)의 배터리 생애주기 관리가 필요하며, 이를 통한 화재 사고 예방 및 운영자 중심의 O&M 기술 현장 적용 필요
    - \* (선행기술) ESS용 리튬이차전지 성능평가 및 수명예측 기술 개발('18.10)
    - \* (선행기술) ESS 운전 능력 향상을 위한 배터리 모의 인프라 구축 및 BMS 개발('20.2)
    - \* (선행기술) Grid-ESS용 배터리 열화관리 시스템 개발 중('24.4~)
  - 해외 ESS 시장에서 LFP 배터리 중심(점유율 90%, '24~)으로 재편됨에 따라 LFP 진단 기술 개발을 통한 해외 사업화 확대 추진 필요

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

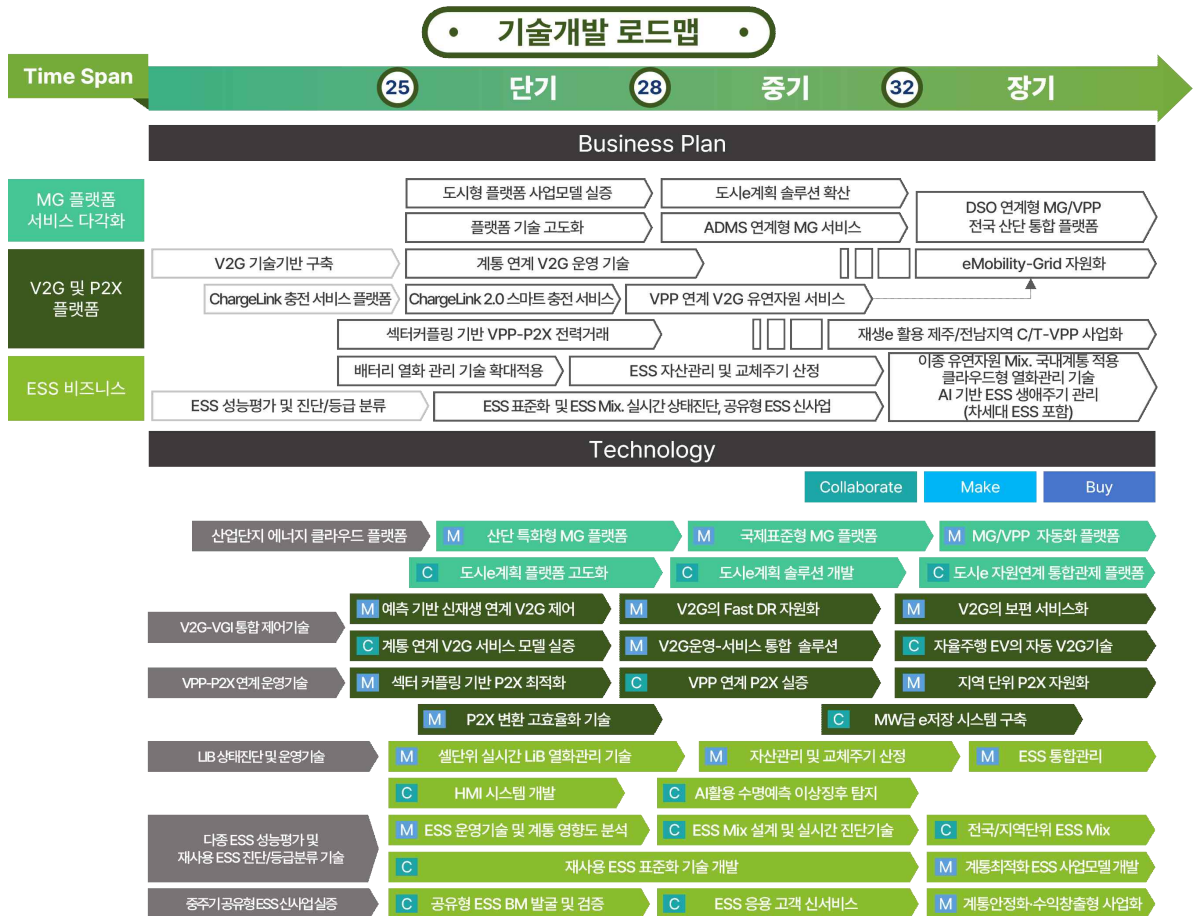


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 MG 플랫폼 서비스	1-1 클라우드-Edge 기반 플랫폼 및 표준화 기술	□단기, 중기, 장기
	1-2 MG-VPP 통합 운영 및 에너지 거래 기술	□단기, 중기, 장기
	1-3 RE100 계획·이행 관리 및 추적·인증 기술	□단기, 중기, 장기
	1-4 도시 에너지 통합 빅데이터 처리 및 AI 기반 에너지 효율화 기술	□단기
	1-5 전주기 탄소배출량, 도시 유연성 자원 관리 및 섹터커플링 기술	□중기
	1-6 Full Scale 에너지 공급·수요자원 연계 기술	□장기
2 V2G 및 P2X 플랫폼	2-1 K-BEMS 기반 수요자원 확보 및 통합 운영 기술	□단기, 중기, 장기
	2-2 수요자원 통합운영 시스템(K-DLMS) 구축	□중기
	2-3 차량 및 충전기 총방전 손실 최소화 기술	□단기
	2-4 V2G 그리드 코드 및 상호 운영성 기술	□단기, 중기
	2-5 V2G 계통 유연자원화 및 최적 제어 기술	□중기
	2-6 예측 기반 V2G 집합자원 운영 및 통합 기술	□중기, 장기
	2-7 대규모 분산전원, P2X 집합자원 운영 플랫폼 및 유연자원화 기술	□단기, 중기
	2-8 VPP 연계 중개거래 및 지역/선로 단위 규모별 수요자원화	□중기, 장기
3 ESS 비즈니스 모델 다각화	3-1 다중 ESS(LiB/VRFB/NaS) 실증 및 하이브리드 ESS 운영기술	□단기, 중기

중분류	소분류	비고
	3-2 사용후 배터리 재사용 ESS 표준화 및 투자비 절감 기술	□단기
	3-3 이중 ESS 협조운전 운영 및 Hybrid ESS 토탈 패키징 기술	□중기, 장기
	3-4 사용후 배터리 ESS 전력망 활용 기술	□단기, 중기
	3-5 다목적 공유형 ESS 운영 실증 및 제도 개선	□단기, 중기
	3-6 新유연자원의 주파수 안정 효용성 평가 기술	□단기
	3-7 ESS 자산관리 및 교체주기 산정, AI 기반 배터리 생애주기 관리	□단기, 중기, 장기
	3-8 LFP 기반 열화관리 기술(BIMS) 개발	□단기
	3-9 해외사업화 클라우드형 열화관리 통합시스템 개발	□중기
	3-10 배터리 화재 안전 플랫폼 구축	□단기

## 로드맵 수립결과



□ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1~2	대규모 국가 산단 특화형 MG 운영 플랫폼 최적화 기술 개발	50억	120	3년	자체	'26년
1-1	해외수출형 전력·부하 통합 MG 운영 플랫폼 개발	50억	120	3년	자체	'25년
1-1~2	한국형 차세대 전력망(마이크로그리드) 구축 (전남권 산단, 농공단지, 캠퍼스, 육군 등)	60억	50	1년	자체	'26년
1-1~2	DSO 연계형 AI 기술기반 VPP-EMS 가상 테스트베드 개발	50억	120	3년	공동	'26년
1-4	노원구 사업용 도사계획 플랫폼 고도화 및 캠퍼스 MG 구축	60억	120	3년	공동	'26년
2-1	수요자원 직접제어 기술개발, 실증 및 운영시스템 구축	65억	122	4년	공동	'25년
2-3	V2G 유연자원 유스케이스 기반 장기 영향평가 및 제어 기술 개발	28억	120	3년	공동	'26년
2-4	V2G 그리드 코드 및 상호 운영성 시험기준 개발	30억	160	4년	자체	'27년
2-7	대규모 분산전원, P2X 집합자원 플랫폼 개발	87억	220	4년	공동	'25년
3-6	국내 주파수 조정용 슈퍼캡 협조운전 기술 시범사업 실증	15억	100	2년	자체	'27년
3-6	Cell-to-rack 기반 슈퍼캡 설계 및 운영 시스템 개발	39억	120	3년	공동	'27년
3-1	단중주기 하이브리드 ESS 및 중주기 ESS 최적 운영 기술	40억	50	3년	공동	'26년
3-2	재사용 ESS 표준화 및 운영 기술	60억	100	3년	공동	'27년
3-5	재생E 수용력 증대를 위한 재생E 연계 ESS 실증	50억	90	3년	공동	'26년
3-5	공유형 ESS 사업모델 실증 및 타당성 검증	20억	45	3년	공동	'26년
3-7	Grid-ESS용 배터리 열화관리 기술	58억	232	4년	자체	'25년
3-7	슈퍼캡-ESS 실시간 예지 진단시스템 개발	20억	120	3년	공동	'26년
3-8	LFP 기반 수출형 열화관리 기술(BiMS) 개발	30억	100	3년	자체	'26년
3-10	EV 배터리 화재 조기경보 시스템 개발	14억	120	3년	자체	'26년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1~3	국제표준 기반 전국 산단 통합 관리 운영 서비스 개발 및 실증	150억	200	4년	자체	
1-5	지자체 확산 사업화를 위한 도시e계획 솔루션 기술 개발	100억	150	4년	공동	
2-2	수요자원 통합운영 시스템(K-DLMS) 구축	32억	90	3년	공동	
2-5	V2G 계통 유연자원화 및 최적 제어 기술 개발	42억	320	4년	공동	
2-7	P2X 인프라 연계운영 플랫폼 및 유연자원화 개발	21억	60	3년	자체	
2-8	VPP 연계 멀티 P2X 중개 플랫폼 개발	33억	120	4년	공동	
3-1	고효율·고직접 모듈리스 슈퍼캡 ESS 시스템 실증	50억	120	3년	공동	
3-1	에너지스토리지 Mx 최적 설계 및 단중주기 ESS 운영기술 개발	60억	145	4년	자체	
3-3	ESS 고객 신서비스 및 계통안정화수익창출형 사업화 기술 개발	40억	110	3년	공동	
3-7	ESS 자산관리 및 교체주기 산정 기술 개발	20억	180	3년	공동	
3-9	해외사업화 클라우드형 열화관리(BiMS) 통합시스템 개발	30억	100	3년	자체	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-3	계통연계형 MG/VPP 자동화 시스템 개발 및 실증	90억	150	3년	자체	
2-1	수요자원 확보 및 수요자원 통합운영	50억	120	4년	공동	
2-6	V2G 집합자원 운영기술 및 ChargeLink 플랫폼 적용	23억	80	3년	자체	
2-8	100MW급 섹터커플링 기반 지역/선로 단위 수요자원화	66억	200	5년	자체	
1-6	도시 전반 Full Scale 에너지 자원 연계 및 통합관리 기술 개발	50억	150	3년	공동	
3-3	재생e 연계형 슈퍼커패시터 운영기술 개발 및 실증	35억	120	3년	공동	
3-7	AI 기반 배터리 생애주기 경제성 최적화 설계 및 관리	30억	180	3년	자체	

## R&D 투자계획

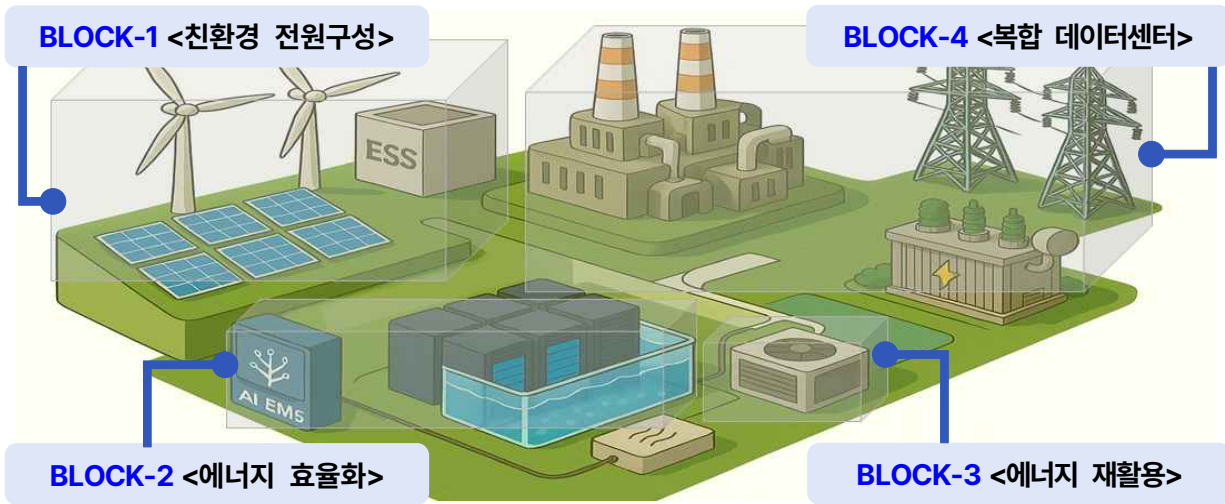
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	260	422	144	578	344
인 력	694	1,055	480	1,595	1,000

1. 목표 개요

- 데이터센터 친환경(재생에너지)·고품질(직류배전) 전력공급 솔루션 개발
- 데이터센터 내부 에너지 최적 관리 및 소비 효율화 플랫폼 사업화
- 데이터센터 에너지 유연자원화 및 전력·폐열 공급 자원화 기술 개발

■ 친환경 데이터센터 구축 사업화 개념도 ■



2. 핵심이슈 분석

목표 3-1

데이터센터 친환경·고품질 전력공급 기술 개발

- **고효율 전력공급** 데이터센터의 수요는 증가하고 있으나 전력망 부족 등으로 적기 공급이 어려운 상황. 이에 따라 송전용량 증대와, 변환 손실을 최소화하여 공급효율을 향상하는 전력공급 솔루션 필요
  - 송전용량을 증대시키고, 특고압 배전망 증설회피를 위한 MVDC기술 및 건물 에너지 효율 상상을 위한 LVDC 전력공급기술 필요
    - \* (선행기술) MVDC 설계, 해석, 운영, 감시진단 기술 ('22.12)
    - \* (선행기술) LVDC 빌딩 직류전원 개발/실증
  - 기존 전력망의 제약을 극복하고 재생에너지 확대와 전력수요 증가에 대응하기 위해 송전용량 증대기술 요구
    - \* (선행기술) 23kV 동축 초전도케이블 설계/실증, 초전도케이블 성능평가, 시스템 운영
- **친환경 전력공급** 전력 다소비 시설인 데이터센터의 탄소중립 이행과 RE100 달성을 위해 친환경 전력 사용 요구 급증

- 데이터센터의 친환경 전원구성을 위한 입지별 특성을 분석하고 최적 발전용량을 선정하여 전원을 구성하는 기술 요구
  - \* (선행기술) IoT 기반 캠퍼스 마이크로그리드 구축 및 실증('19.11),
- 친환경 전원 수용을 위한 DC기반 마이크로그리드 설계·운영 기술 및 발전원/부하 제어로 안정적인 데이터센터 운영 및 공급신뢰도 제고
  - \* (선행기술) DC 마이크로그리드 실증, 가사도 에너지자립섬
- 데이터센터 입지와 전력 사용 특성을 고려하여 적용 가능한 친환경 발전원(암모니아 연료전지 등)의 개발 요구
  - \* (선행기술) 20kW 고체산화물 연료전지시스템 개발('19.1)

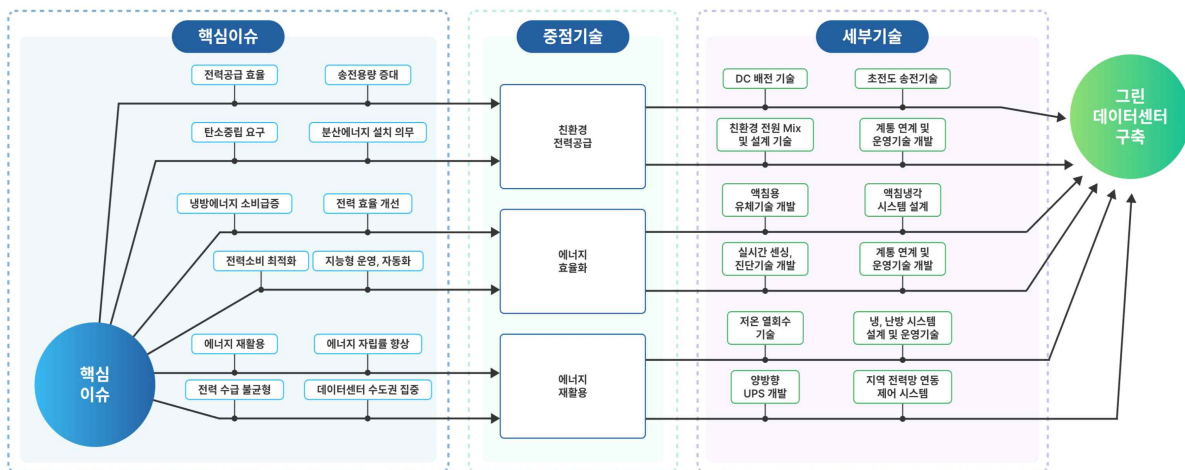
### 목표 3-2

### 데이터센터 에너지 효율화 기술 개발

- **냉각 효율화** AI 기반 고성능 서버 확산과 랙 단위 전력밀도 증가로 인해 데이터센터의 냉각 수요가 급격히 증가
  - 냉각 성능을 유지하면서도 전력 소모를 최소화하고, 고집적 환경에 적합한 차세대 냉각 시스템 개발이 필수적임
  - 고정속 압축기를 적용한 향온향습기는 부하에 따른 에너지 낭비가 발생할 수 있어, 인버터 기반 가변제어 냉각시스템 전환 요구
  - 고밀도 서버 환경에서 냉각 효율이 저하되는 한계가 있으며, 이에 따라 랙 단위 및 열원 연동형 냉각 기술로의 전환이 요구됨.
    - 고발열 서버 대응을 위한 Liquid Cooling\* 기술
      - \* 액침 냉각, Direct-to-Chip 냉각, 리어도어 및 쿨링플레이트 기반 냉각 등
      - \* (선행기술) 송전용량 증대를 위한 전력구 냉각기술 개발, 변전소 냉매 냉각기술
  - 액침냉각 시스템에 적용되는 광유 기반의 냉각유는 생산시 탄소배출 등 환경문제가 발생됨에 따라 친환경 냉각유 생산기술이 필요
    - \* (선행기술) 전기절연유용 에스테르 생산·특성분석 및 유입식 전력설비 운영기술
- **에너지 최적 관리** 전력 다소비 시설인 데이터센터의 탄소중립 실현을 위해 데이터센터 내부의 에너지 정보수집, 실시간 모니터링 및 분석·제어하는 에너지 관리시스템 개발 필요
  - 데이터센터의 에너지 효율화를 위해 전력 사용량을 모니터링하고 사용량을 분석하여 에너지 낭비를 줄이고 최적 운영방안 도출
    - \* (선행기술) 부하패턴 정량화 및 시각화 기법 개발, 고객 부하량 예측 및 분석
  - AI 기반의 전력수요, 냉각 부하, 장비 고장 등을 예측하고, 냉각 속도, 전력공급 등을 자동으로 최적화하는 시스템 개발 필요
    - \* (선행기술) ESS 공조장치의 소비전력 저감 기술('17.8), 에너지효율화 컨설팅 모델 개발

- **폐열 재활용** 데이터센터 서버 구동 과정에서 발생하는 폐열은 대부분 미활용 상태로 배출되고 있으며, 이를 효과적으로 회수·활용할 경우 데이터센터의 에너지효율 (PUE) 향상 및 탄소배출 저감 기여
  - 데이터센터의 저온 폐열을 회수하여 히트펌프 기반의 지역 열수요 연계 (난방, 급탕 등)에 활용 시, 열에너지의 실질적 활용률 제고 가능
    - \* (선행기술) 주택용 냉·난방·급탕 일체형 히트펌프 실증 및 표준화 ('26)
    - \* (선행기술) 발전소 폐열 활용 온도차발전 실증('22.2), 폐열 이용 ORC 발전설비 개발('18.11)
  - 흡수식 냉동기 또는 흡착식 냉방 시스템과 연계하여, 폐열을 냉방에 재투입하는 방식의 free-cooling 보완 수단으로의 활용 검토, 폐열 재활용 활성화를 위해 폐열 회수-전환-이용 간의 통합 제어 기술 필요
- **유연 자원화** 지역간 전력수급 불균형 심화와 재생e의 변동성 증가, 전력망 부족에 따른 발전제약 심화 등에 따라 전력계통 불확실성 증가 등의 문제에 대비하여 계통유연성 자원 발굴 필요성 대두
  - 데이터센터의 IT 및 냉각부하의 관리를 통한 수요반응자원 (DR) 활용하거나 UPS를 활용하여 주파수 응답 자원으로 활용
    - \* (선행기술) 유효/무효전력 제어 스마트 인버터 개발, UPS 유연자원화 기술타당성 검증
  - 전력시장의 요구사항 (수요반응, 주파수조정 등)에 따라 자동으로 시장에 참여 가능한 플랫폼 개발 필요
    - \* (선행기술) 캠퍼스 내 다중 MG거래 플랫폼, 양방향 전력중계장치 개발

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

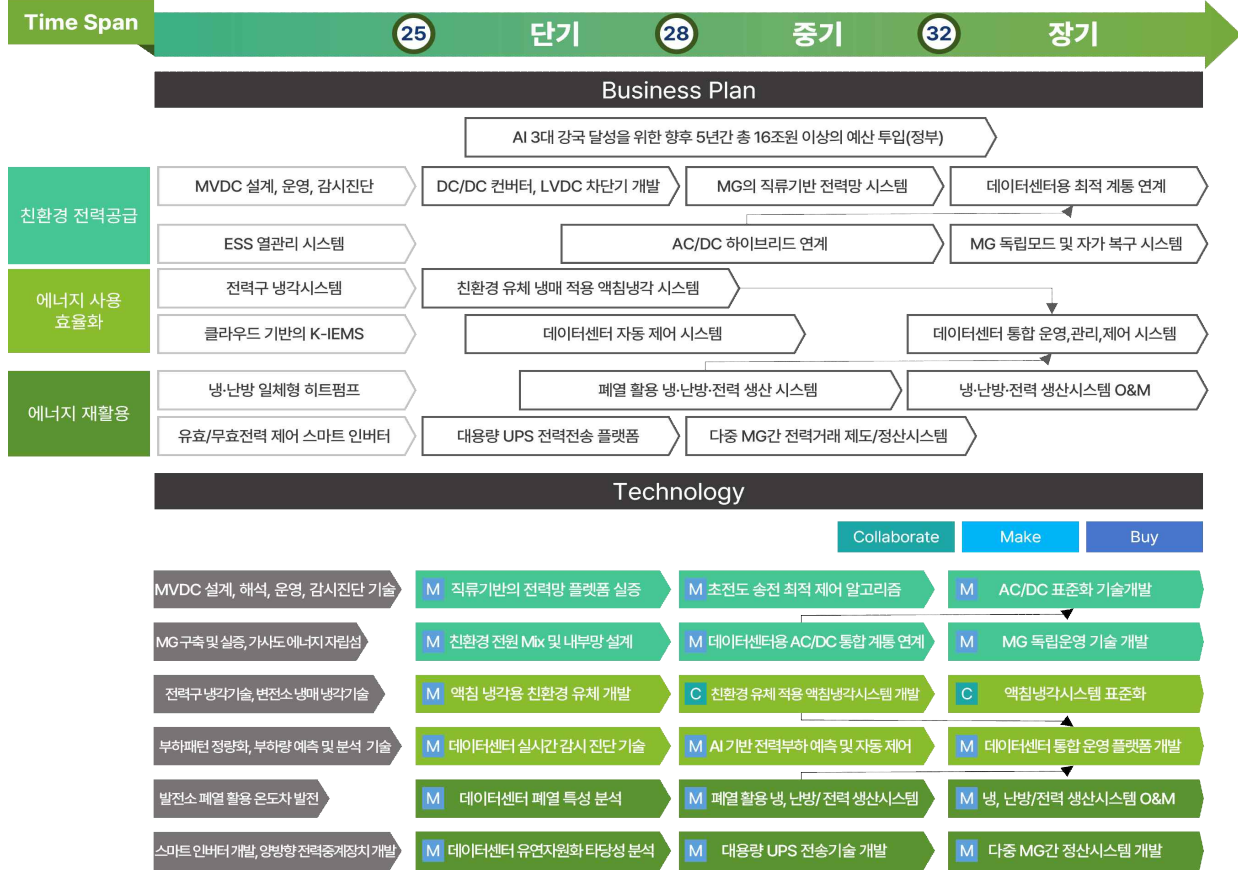


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 친환경 전력공급	1-1 DC/DC 컨버터, LVDC 차단기 개발	<input type="checkbox"/> 단기
	1-2 직류기반 전력망 플랫폼 개발	<input type="checkbox"/> 중기
	1-3 데이터센터용 최적 계통 연계(AC/DC 통합 기술)	<input type="checkbox"/> 중기
	1-4 친환경 전원 Mix 및 내부망 설계 기술	<input type="checkbox"/> 단기
	1-5 친환경 데이터센터 내부망 설계 표준화	<input type="checkbox"/> 중기
	1-6 신재생에너지 최적제어 및 열관리 기술	<input type="checkbox"/> 중기
	1-7 마이크로그리드 독립운영 및 복원력 향상 기술 실증	<input type="checkbox"/> 장기
2 에너지 효율화	2-1 DC 액침 냉각용 친환경 유체 및 생산기술 개발	<input type="checkbox"/> 단기
	2-2 친환경 냉각유체 적용 DC 시스템 설계 개발	<input type="checkbox"/> 중기
	2-3 액침 냉각 DC 장기신뢰성 실증 및 표준화	<input type="checkbox"/> 장기
	2-4 데이터센터 디지털트윈 및 통합 관제·진단 기술	<input type="checkbox"/> 단기
	2-5 전력 부하 및 수요 예측을 통한 자동제어 기술	<input type="checkbox"/> 중기
	2-6 데이터센터의 통합 운영·관리·제어 플랫폼 개발	<input type="checkbox"/> 중기
3 에너지 재활용	3-1 히트펌프 기반 저온열 회수 및 현장 자체 활용 기술	<input type="checkbox"/> 단기
	3-2 히트펌프 기반 저온열 회수 및 지역난방 등 대용량 열원 연계 기술	<input type="checkbox"/> 중기
	3-3 데이터센터 폐열 활용 ORC 발전시스템 기술	<input type="checkbox"/> 중기
	3-4 데이터센터 통합에너지관리 기반 폐열-전기-냉방 하이브리드 최적 제어 기술	<input type="checkbox"/> 중~장기
	3-5 데이터센터 자원 활용 유연성 기여 Application	<input type="checkbox"/> 단기
	3-6 데이터센터 유연자원 인센티브/거래시장 설계	<input type="checkbox"/> 단기
	3-7 전력망 유연성 기여를 위한 데이터센터 운영기술	<input type="checkbox"/> 중기
	3-8 시장기반 전력망 유연자원 통합 관리 플랫폼	<input type="checkbox"/> 장기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	데이터센터용 고효율 DC/DC 컨버터 개발	35억	72	3년	공동	'27년
1-1	고신뢰 LVDC 차단기 및 보호협조 기술개발	30억	72	3년	공동	'27년
1-2	3상 동축 초전도케이블시스템 개발 및 Biz 모델 구축	368억	485	9년	자체	'25년
2-1	데이터 센터 액침냉각용 친환경 에스테르 유체 개발	20억	60	3년	자체	'27년
2-4	K-BEMS 기반의 수요자원 직접제어 및 성과검증 기술개발	45억	83	3년	정부	'26년
2-4	데이터센터 인프라 실시간 데이터 연계 및 디지털트윈 구축	30억	60	2년	공동	'26년
3-1	히트펌프 기반 저온 폐열 회수 및 현장 급탕공조 활용 기술 실증	50억	90	3년	공동	'26년
3-5	UPS 활용 데이터센터 유연자원화 기술 개발 및 실증	30억	92	3년	공동	'26년
3-5	NTAs 활용을 위한 제어기술 개발 및 기술요구사항 정립	15억	58	2년	공동	'27년
3-6	데이터센터 유연자원화 비용, 편익 분석	10억	54	2년	자체	'27년
3-6	유연자원 확대를 위한 인센티브 및 시장설계	10억	66	3년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2	AC/DC 통합 계통연계 및 최적 제어기술 실증	45억	108	3년	자체	
1-5	친환경 데이터센터 내부망 설계 표준화	15억	72	3년	정부	
1-6	신재생에너지, 부하 최적제어 및 열관리 기술 실증	25억	108	3년	공동	
2-2	新 에스테르 냉매 적용 액침냉각 시스템 개발	20억	60	3년	공동	
2-5	에너지다소비사업자 수요여측 기반의 에너지 최적운영 기술개발	60억	110	4년	정부	
2-5	AI 기반의 설비 통합 관제·제어 기술 개발	40억	80	2년	공동	
3-2	데이터센터 폐열의 지역 연계(지역난방 등)를 위한 대용량 열원 활용기술 개발	65억	120	4년	정부	
3-3	데이터센터 저온 폐열 활용 ORC 발전시스템 및 계통 연계 실증	80억	120	4년	공동	
3-4	통합 에너지관리 기반 폐열-전기-냉방 하이브리드 최적 제어 시스템 개발	90억	150	4년	공동	
3-7	UPS/비상발전기 자원 관리 전략	30억	72	2년	자체	
3-7	데이터센터 전력망 연계기준 개발	10억	68	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-7	마이크로그리드 독립운영 및 복원력 향상 기술 실증	70억	120	5년	정부	
2-3	액침냉각 시스템 장기 신뢰성 실증 및 표준화	50억	80	3년	공동	
2-6	데이터센터 최적 운영을 위한 배전운영시스템과의 계층적 연계 기술개발	70억	120	4년	자체	
1-7	전력망 데이터센터 유연자원 종합관리 플랫폼 구축	50억	84	3년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	368	155	120	480	240
인 력	485	325	382	1,068	404

### 1. 목표 개요

- 경제적이고 안정적인 ESS 가상송전선로 구축 및 최적 송전운영 알고리즘 개발
- 수익구조 다변화를 위한 ESS 활용 VPL 수익모델 개발 및 시장제도 개선

#### ESS활용 가상송전 서비스 개념도

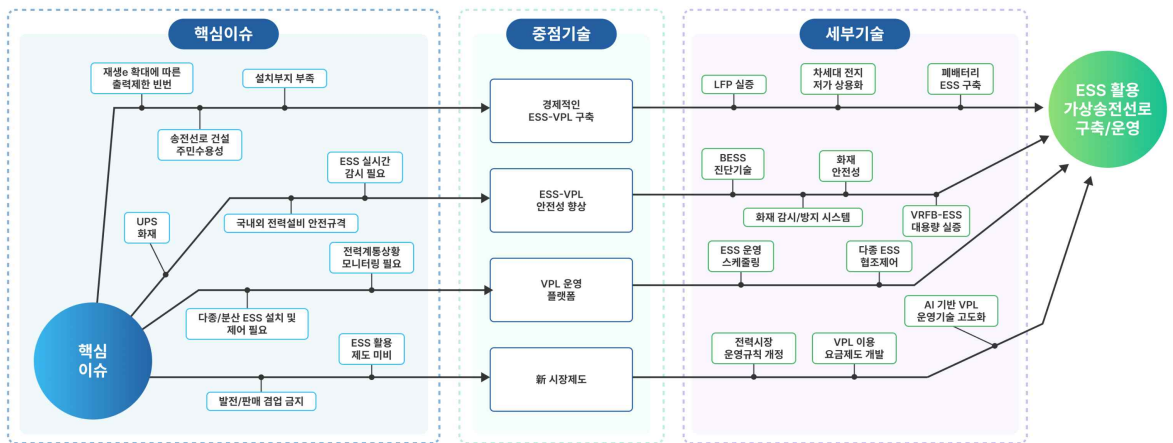


### 2. 핵심이슈 분석

- VPL 적용 ESS
  - 가격↓, 화재 안전성↑, 대용량(수백MW급), 장주기(4H~)
  - 높은 에너지 밀도로 설치공간 대비 높은 저장 효율성 확보 및 장주기 운전 능력, 대용량 시스템 설계, 구축 능력 요구
    - \* (선행기술) 56MW급 계통안정화용 ESS 표준 설계('25.07)
    - \* (선행기술) 100kW/1MWh급 VRFB 스택 및 시스템('22.10)
    - \* (선행기술) 압축공기+양수 결합 Hybrid-CAES('25.10)
    - \* (선행기술) ESS용 리튬이차전지 충방전 성능평가 및 수명예측 모델 개발('18.10)
    - \* (선행기술) 상용 ESS 실증 및 성능평가 기준 개발('25.07)
- VPL 플랫폼
  - 고도화된 전력망 데이터 수집 및 분석, 제어시스템 필요
  - 속응성 및 제어 정밀도, 급변하는 발전량 변동시 출력 품질 유지와, AI 기반 운영 최적화 및 SOC 관리로 최적의 에너지 흐름 유지
    - \* (선행기술) ESS를 활용한 다목적 NTAs 운영기술 개발 및 실증('24.03)
- 안정성
  - 화재 및 폭발 위험 최소화 및 국내외 안전규격 준수 필요
  - 안전인증 취득 및 KS 표준 대응, 화재 감시.방지시스템 구비
    - \* (선행기술) 배터리 정밀 열화관리 및 SoH 평가('23.09)

- **VPL 소유권** 가상 송전선의 법적 개념 및 사업자 지위 확립
  - 성능 기준 및 시험 인증 절차 등 기술인증 기준 마련 필요
    - \* (선행기술) 주파수 조정용 대용량 그래핀 슈퍼커패시터 모듈 개발('20.04)
- **시장제도** 가상 송전선 사업자 시장 참여 허용
  - 선로 혼잡 완화에 기여할 경우 보상 또는 거래 권한 부여
  - 혼잡지역 수요자원, DER을 활용한 경제적 인센티브 제공
    - \* (선행기술) DSO-MD(Distribution System Operator-Market&Dispatch) 시장관계 시스템('24.05)

■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

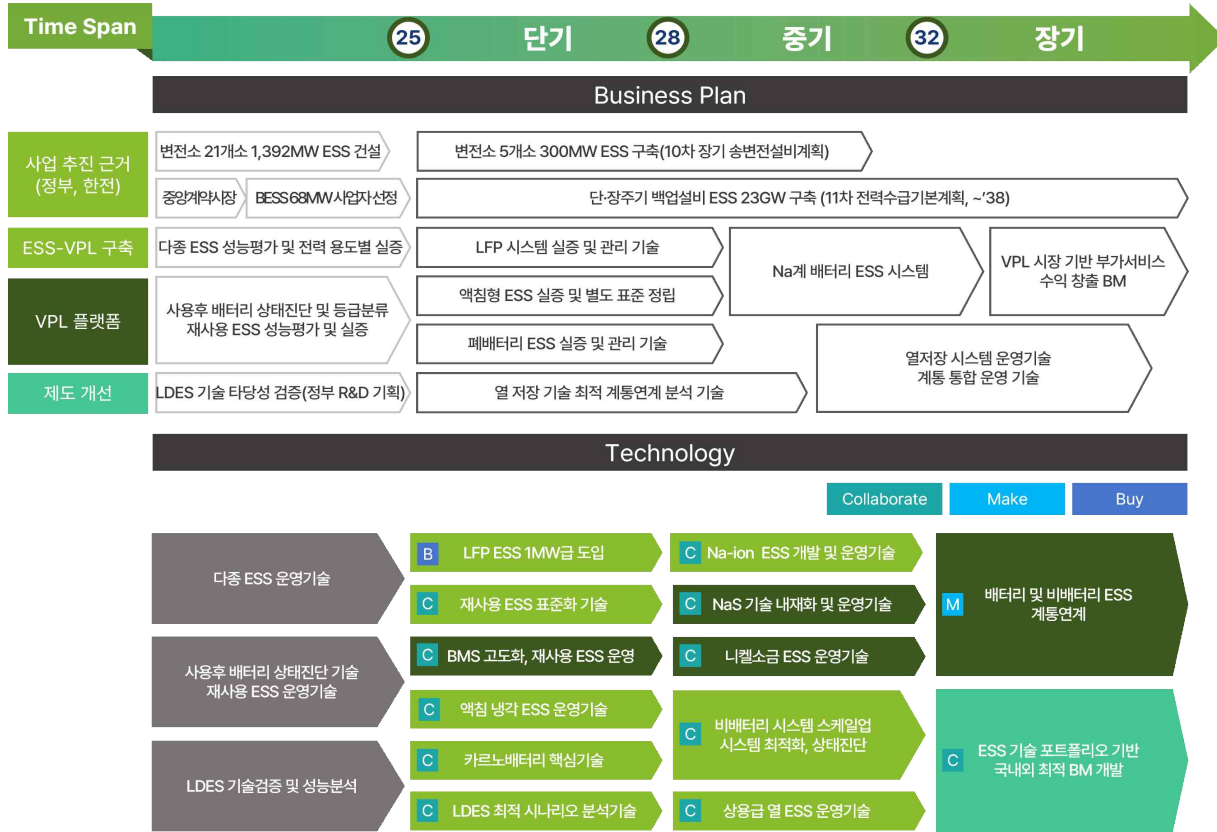


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
1 경제적 ESS-VPL 구축	1-1 리튬계 전지(LFP, post LFP) 기반 대용량 ESS 실증	□단기
	1-2 차세대 전지(Na계, 수계) 기반 ESS 저가.상용화	□단기, 중기
	1-3 페배터리 활용 Grid-ESS 구축 및 실증	□중기
	1-4 VPL ESS 최적입지 선정	□단기
	1-5 (정부) 가변속-대형 양수 기술 국산화	□중기
	1-6 (정부) 폐지화력 연계 고온 열저장 기반 대용량 ESS	□단기, 중기
2 ESS 안전성 향상	2-1 ESS 안정성 확보 기술	□단기, 중기
3 VPL 운영 플랫폼	3-1 선로 과부하 해소 운영전략 및 최적 운전점 도출	□단기
	3-2 Grid-ESS 협조제어 운영	□단기
4 제도 개선	4-1 VPL 수익모델 개발	□단기
	4-2 전력시장 운영규칙 개선	□단기

# 로드맵 수립결과

## 기술개발 로드맵



### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	LFP 및 post-LFP 시스템 실증 및 관리 기술	80억	110	3년	공동	'26년
2-1	BESS 초정밀 진단 기술 개발 및 실증	20억	50	2.5년	자체	'27년
2-1	BESS 열관리 경제성 최적화 기술	20억	50	2.5년	자체	'27년
1-2	Na계 전지 핵심기술 개발	10억	25	2년	공동	'26년
2-1	폐배터리 ESS 시스템 실증 및 관리 기술 개발	300억	100	3년	정부	'27년
2-1	액침형 ESS 실증 및 별도 표준 정립	20억	25	2년	공동	'26년
1-3	폐지 석탄화력 연계 카르노배터리 핵심기술 개발	60억	150	4년	공동	'26년
1-4	VPL 최적 입지 분석 및 위치 선정 알고리즘 개발	20억	50	2년	자체	'26년
1-6						
1-5	중장주기 ESS 최적 운영기술 및 계통연계 영향도 분석	345억	75	4년	정부	'27년
3-4						
3-5	최적 배터리 충방전 및 OPF(Optima Power Flow) 기술	30억	40	2년	공동	'27년

□ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-2 2-1	Na계 배터리 ESS 시스템 개발	525억	300	5년	정부	
2-2	액침 냉각 기술 개발	30억	60	3년	자체	
3-1	VPL 시장통합 활용을 위한 최적 운전 알고리즘 개발	20억	40	3년	공동	
3-2	AI 기반 배터리 최적 충방전 및 OPF 고도화 기술 개발	20억	40	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	망간 수계 이차 전지 시스템 개발	50억	80	5년	자체	
2-2	VPL의 시장 기반 부가서비스 발굴 및 수익화 방안 연구	300억	200	5년	공동	

## R&D 투자계획

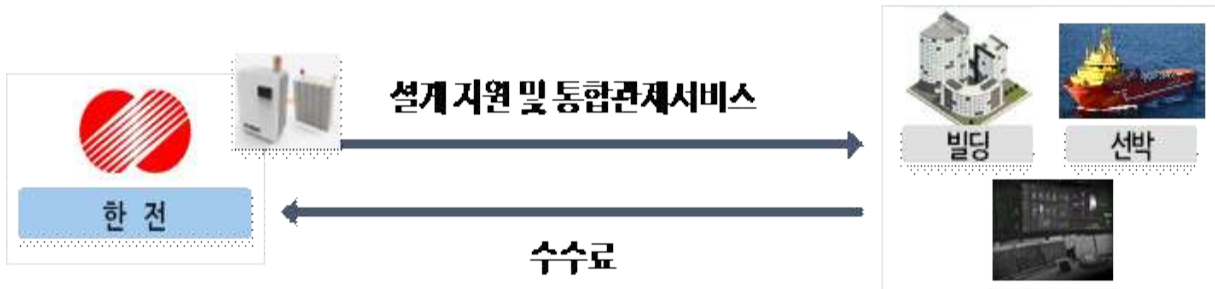
(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	-	190	715	595	350
인 력	-	360	315	440	280

1. 목표 개요

- 발전/수송분야 미래시장 선점을 위한 암모니아 연료전지 시스템 개발
- 연료전지 시스템 통합관제 서비스 및 최적 운영 모니터링 기술 사업화 추진

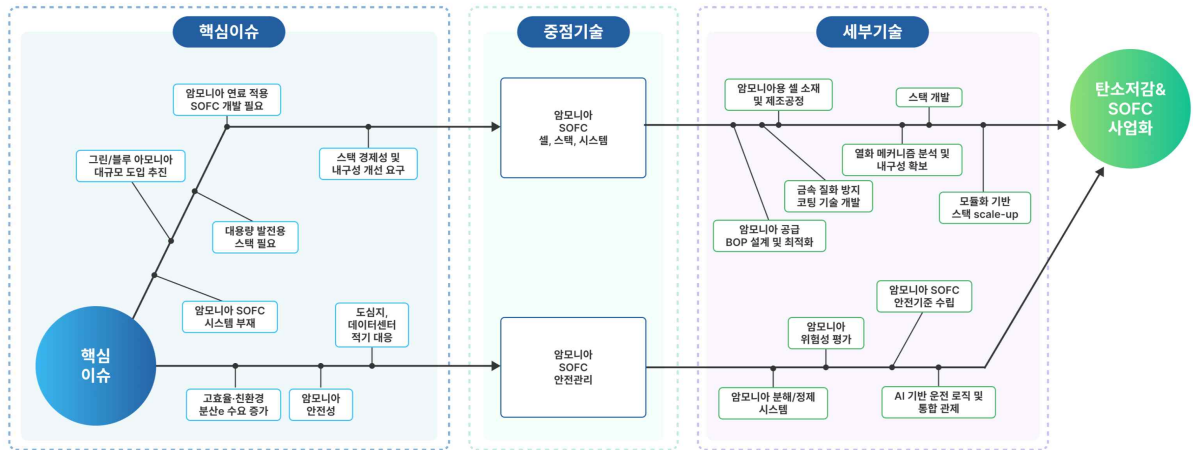
■ 암모니아 연료전지 시스템 상용화 개념도 ■



2. 핵심이슈 분석

- **연료전지 셀, 스택, 시스템** 국내 기업과 발전용 시장이 현재의 연료전지 산업을 주도하고 있으나, SOFC의 셀 및 스택에 대한 핵심 기술은 해외 기업이 보유 중임
  - SOFC 시스템은 소재, 스택, 시스템 설계, 공정 해석, 제어·운전 등 다양한 기술 및 대규모 설비투자가 필요하여 스택 및 시스템 제작이 가능한 다수 제작사와의 협업을 통한 양산 기술 확보가 요구됨
    - \* (선행기술) 중소형 고체산화물 연료전지(SOFC) 발전시스템 개발('19.01)
  - 기존 연료전지 시스템의 개량 없이 암모니아를 사용하면 효율 저하, 촉매 피독, 분리판 부식 등의 문제가 발생하기 때문에 소재 및 스택에 대한 추가 연구가 필요함
    - \* (선행기술) 고신뢰성 평판형 SOFC 및 kW급 모듈형 스택 개발('24.09)
  - 핵심기술 개발을 위한 산학연 공동 R&D 및 Pilot 테스트/실증을 통한 MW급 암모니아 SOFC 데모 단계 상용화 검증 요구
- **안전관리** 암모니아의 경우 독성·인화성 물질로 누출·폭발 등 안전 이슈가 존재하며, 암모니아를 직접 연료로 사용하는 연료전지는 수소법이 적용되는 수소용품이기 때문에 KGS 검사기준 수립 필요
  - 국내 기준 부재로 안전기준 수립과 인증절차 도입을 위한 선제적 대응이 필요하며, 암모니아 실시간 누출 감지 및 시스템 내부의 미반응 암모니아에 대한 처리 기술 확보 필요
    - \* (선행기술) 수소발전 맞춤형 무탄소연소 기반 암모니아 크래킹 기술개발 중
    - \* (선행기술) 수소 생산용 산화환원 소재의 성능 평가방법 국제표준 개발('24.12)

## ■ 핵심이슈 기반 기술목표 도출 ■

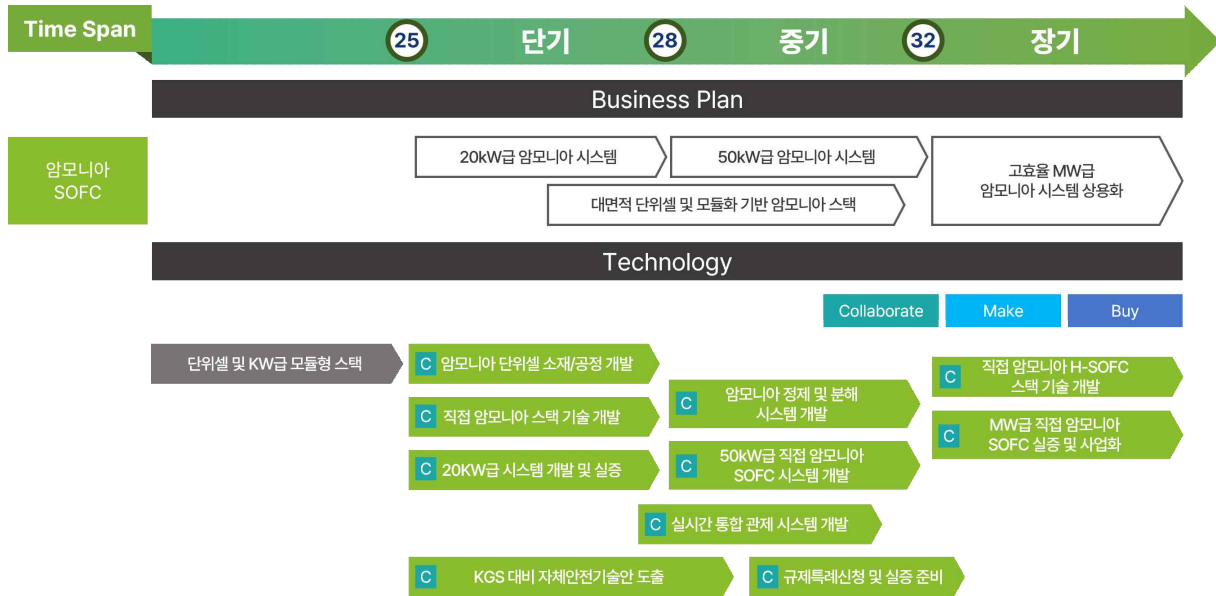


### 3. 중점기술 선정

중분류	소분류	비고
<b>1</b> 암모니아 SOFC 셀, 스택, 시스템	<b>1</b> -1 암모니아 대응 전극/촉매 및 전해질 소재 확보	□단기
	<b>1</b> -2 대면적 셀 제조 공정 최적화	□중기, 장기
	<b>1</b> -3 열화 메커니즘 분석 및 내구성 확보	□중기, 장기
	<b>1</b> -4 금속 질화 방지 코팅 소재 및 공정 개발	□단기
	<b>1</b> -5 스택 구조 설계 및 적층 공정 최적화	□중기, 장기
	<b>1</b> -6 모듈화 기반 스택 scale-up	□장기(정부)
	<b>1</b> -7 AI 기반 스택 열관리 및 운전 최적화	□중기, 장기
	<b>1</b> -8 암모니아 분해 및 정제 시스템 확보	□단기
	<b>1</b> -9 암모니아 공급 BOP 설계 및 최적화	□단기
	<b>1</b> -10 시스템 열/공정 설계 및 패키징	□중기, 장기
	<b>1</b> -11 AI 기반 운전 로직 및 통합관제(원격모니터링)	□중기, 장기
<b>2</b> 암모니아 SOFC 안전관리	<b>2</b> -1 미반응 암모니아 처리(리사이클/활용)	□중기, 장기
	<b>2</b> -2 암모니아 안전기준 수립 및 KGS code 발급	□중장기(정부)

## 로드맵 수립결과

### 기술개발 로드맵



#### □ 단 기 (2025~2027)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-1	암모니아 대응 SOFC 소재 및 단위셀 제조 공정 개발	10억	36	3년	공동	'25년
1-2						
1-3						
1-4	직접 암모니아용 SOFC 스택 기술 개발	50억	72	3년	공동	'26년
1-8	20kW급 개질형 암모니아 SOFC 시스템 개발 및 실증	70억	120	3년	공동	'26년
1-9						
2-2	KGS 코드 대비 암모니아 SOFC 자체 안전기술안 도출	10억	36	3년	공동	'27년

#### □ 중 기 (2028~2031)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-5	암모니아 발전용 모듈화 기반 SOFC 스택 개발	50억	72	3년	공동	
1-7						
1-10						
1-11	50kW급 직접 암모니아 SOFC 및 통합관제 시스템 개발	100억	120	3년	공동	
1-1	암모니아 활용 H-SOFC 기술 개발	20억	36	3년	공동	
2-1						
2-2	KGS 코드 발급을 위한 규제특례신청 및 실증 준비	10억	36	3년	공동	

□ 장 기 (2032~2035)

소분류	과제명	투입자원			수행 방법	비고
		예산	MM	기간		
1-6 1-11	MW급 고효율 직접 암모니아 SOFC 시스템 실증	300억	240	4년	공동	
1-5 2-1	직접 암모니아 H-SOFC 스택 개발	10억	36	3년	공동	

## R&D 투자계획

(단위 : 억원, M/M)

구분	단기(~'27년)			중기(~'31년)	장기(~'35년)
	'25년	'26년	'27년		
연구비	10	120	10	180	310
인 력	36	192	36	264	276

## 06

# 신사업 기술 사업화 전략

### 사업 1

### 전력계통 참여형 데이터센터 구축 사업

기술전략 연계

기술목표3 전력계통 참여형 데이터센터 구축

#### 1. 추진 배경

- 디지털 신산업의 급속한 성장으로 기술선점을 위해 대규모 데이터센터 구축 필요
- 다만, 전력 다소비 시설의 데이터센터의 탄소중립 이행이 요구되고 있어 에너지 소비 구조의 혁신과 신재생에너지 전원의 구성 등 친환경 데이터센터 구축이 요구
  - \* 한전은 신재생에너지와 에너지저장장치 등을 융합한 친환경 데이터센터 설계 가능
- 또한, 수도권에 집중된 데이터센터의 지역 분산화를 위해 한전의 변전소·발전소 부지에 데이터센터를 구축함으로써 전력망 효율화와 지역경제 활성화에 기여
- 대기업 중심의 데이터센터 시장에서 한전이 공공목적형 데이터센터를 구축함으로써 중소기업, 공공기관, 스타트업 등 산업 전반에 디지털 전환 기반 제공

#### 2. 추진 내용

- (정의) 우리의 보유기술을 활용하여 데이터센터 사업자별/입지별 필요 요소에 대한 최적의 솔루션 (BLOCKs)을 제공해주는 사업



### 3. 사업성 분석

#### ■ 데이터센터 사업성 분석 결과 ■

데이터센터의 과도한 전력사용에 따른 탄소배출 문제와 非 전문기업로의 생태계 확장 등에 따라 에너지 효율화의 기술요구는 증대 중이며, 한전이 보유한 전력 효율화, 신재생e 연계 기술을 활용할 경우 데이터센터 시장에서 경쟁력 확보 가능

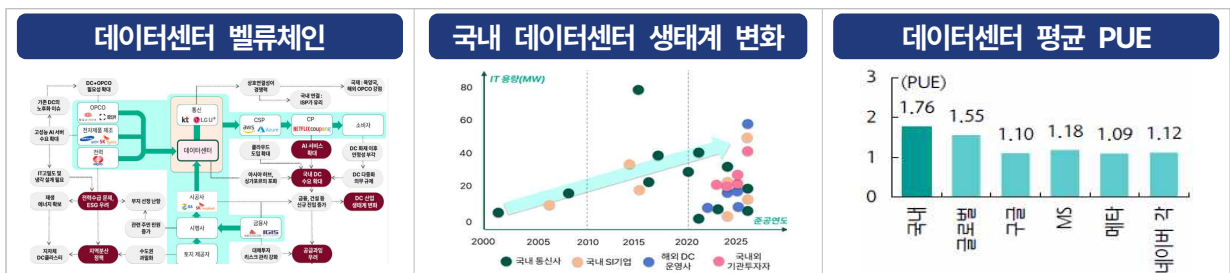
#### ① 기술 동향



- **(국외) 해저 냉각, 폐열 재활용 등 냉각 전력 효율화 기술개발 중**
  - 해저 데이터센터 시험가동(마이크로소프트, 미국), 데이터센터 폐열 활용 온수 변환 기술개발 중(딥그린, 영국), 태양열 전력 데이터센터 구축(JRE, 일본)
- **(국내) 친환경 데이터센터 핵심 기술 확보를 위한 기술개발 추진**
  - 친환경 데이터센터 활성화를 위해 고효율 전력시스템 개발과 액침 냉각 등 냉각 기술, 재생에너지 연계 방안 등 탄소배출 저감을 위한 기술 개발

[시사점] 데이터센터 내 에너지 효율향상과 친환경 전원 구성을 위한 기술개발 추진

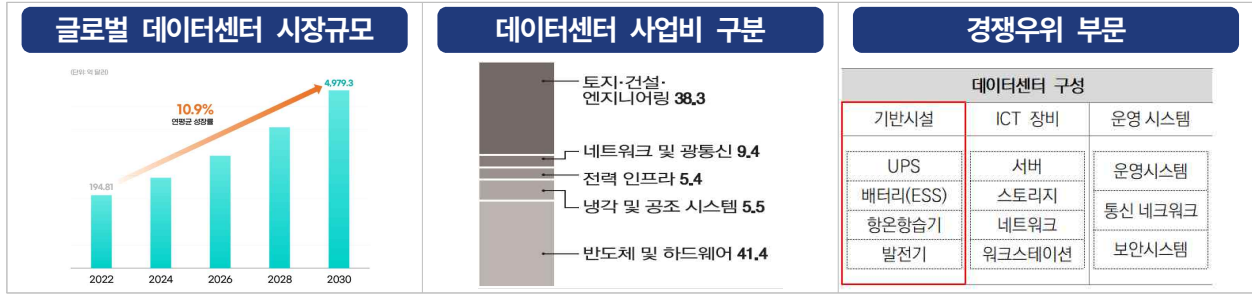
#### ② 시장 현황



- **국내 상업용 데이터센터는 통신망을 보유한 통신사(KT, LGU, SKT)가 주도**
    - 데이터센터 점유율 : 통신사 60%, SI 업체 30%, 독립형 IDC기업 10%
  - **팬데믹 이후 급속한 디지털 전환으로 건설사, 투자사 등 신규 진입자 발생**
    - 건설, 투자사 등은 운영능력 부족으로 데이터센터 구축 후 제3자 위탁 운영
  - **탄소중립 이행을 위해 데이터센터의 에너지효율화와 친환경에너지 사용 요구**
    - 데이터센터 전력사용효율지수(PUE)\* 개선을 위해 에너지효율화 기술개발 집중
- \* PUE = 데이터센터 에너지 총 소비량(연간) / IT 장비 에너지 소비량(연간)

[시사점] 다양한 주체로 데이터센터 산업 생태계가 확장되고 있으며, 전력 효율화와 친환경에너지 구성은 데이터센터 구축에 핵심 요소

### ③ 사업 여건



- **글로벌 데이터센터 시장규모는 AI 성장과 같이 지속 성장 전망**
  - 하이퍼스케일(80MW·서버 10만대 이상)의 대용량 데이터센터 성장 가속화
- **데이터센터 사업비는 IT 용량 1MW당 100~150억으로 40%가 토지, 건설 비용**
  - 한전의 변전소·발전소 부지를 활용할 경우 데이터센터 구축 사업비 절감 가능
- **국내 통신사·건설사 대비 전력/친환경 분야에서 기술적 강점을 보유**
  - 한전은 전원 구성, 에너지 효율화 등 기반시설 구축과 관련된 기술 보유

[시사점] 데이터센터 산업에 한전은 비용 효율성과 전력 기술 측면에서 우위 확보 가능

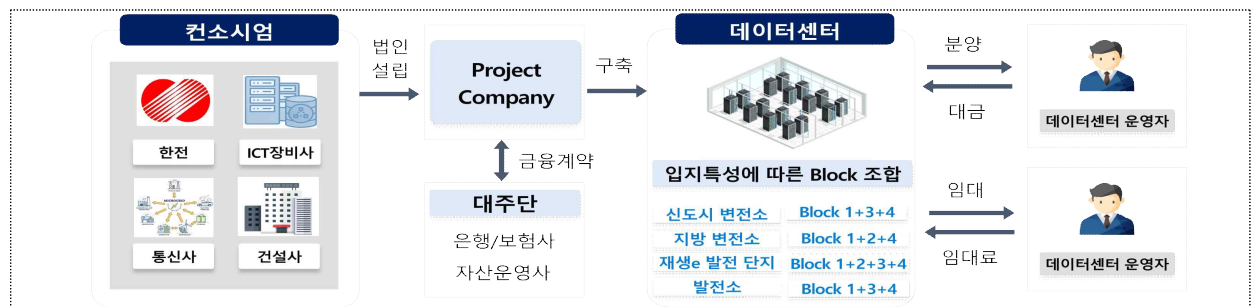
## 4. 사업화 전략

### 4-1. 비즈니스 모델

- 3년 내 사업화 가능한 단기 BM 설정(데이터센터산업 특성상 시장선점 중요)
  - 요소기술별 선도기관 모집, 컨소시엄 구성하여 데이터센터 구축사업 입찰·수주
- 요소기술 자체개발 최소화 및 developer로써 사업개발·관리에 집중 전략
  - R&D는 컨소시엄 참여기관과 요소기술별 고도화 중심으로 추진

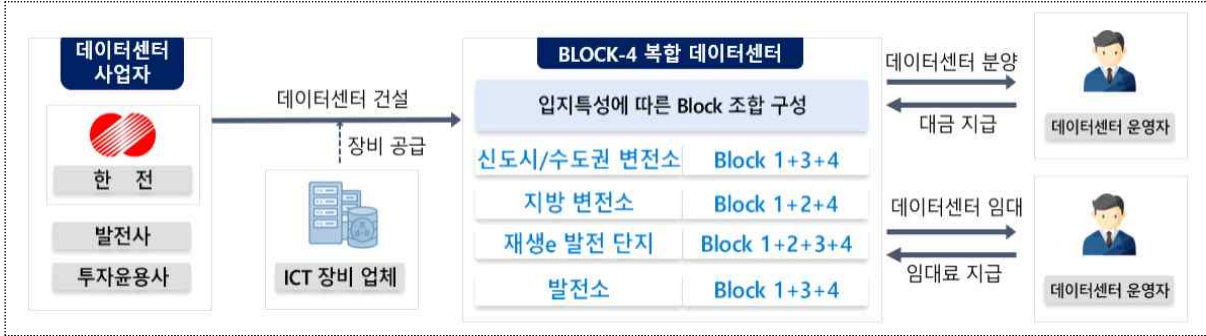
□ (단기) 컨소시엄 구성을 통해 데이터센터 구축 후 분양·임대를 통한 수익 창출

- **한 전** 전력 공급 및 자본조달(PF) 등 데이터센터 구축 사업 총괄
- **통신사** 통신 네트워크 및 클라우드 연계 인프라 구축, 서버 운영
- **ICT 장비** 서버 및 스토리지 구축, 냉각-에너지관리 솔루션 공급
- **건설사** 친환경, 고밀도 데이터센터 구조물 설계 및 시공



□ (중·장기) 변전소·발전소 건설 예정부지에 한전이 데이터센터를 직접 구축

- **한 전** 전력공급, 자본조달(PF), 냉각·에너지관리 솔루션 공급
- **통신사** 통신 네트워크 및 클라우드 연계 인프라 구축, 서버 운영
- **건설사** 친환경, 고밀도 데이터센터 구조물 설계 및 시공



4-2. 수익화 방안

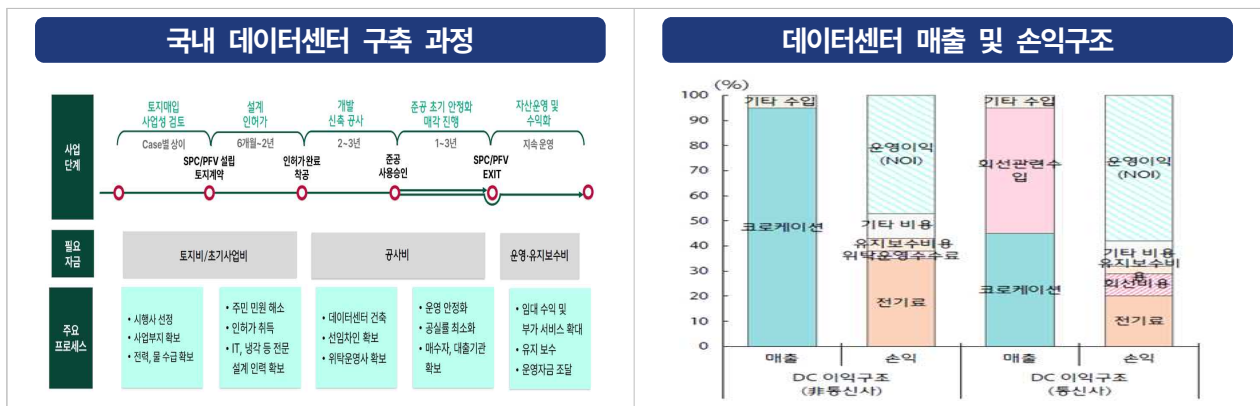
구분	수익항목	세 부 내 용	기대수익 모델
1	코로케이션 (Colocation)	데이터센터 수요자에게 랙 단위 공간, 전력, 냉각 등의 기본 인프라 제공	임대료/건축대금
2	에너지 솔루션 서비스	데이터센터 사업자에게 스마트 그리드, 전력효율화 시스템 구축	기술서비스 이용료
3	유연자원화	데이터센터의 정전 대비 UPS·ESS 설비를 전력 유연자원으로 활용	전력구입비 절감
4	부대시설 수익	데이터센터의 폐열을 활용하여 냉·난방 및 전력 생산	냉·난방비 /전력구입비 절감

□ (코로케이션) 데이터센터를 직접 구축하여 수요자에게 임대서비스 제공

- **대상고객** 금융사, 게임사 등 자체적으로 서버를 운영하고자 하는 기업
- **전 략** 데이터센터 수요는 단기 급증할 것으로 전망되어 컨소시엄 구성
  - ※ 한전은 금융조달, 전력공급을 담당하고 장비사·건설사·통신사 등과 협업 추진
- **수익모델** 임대료는 수도권은 1kW당 약 20만원이며, 지방은 10~20만원 수준

## ■ 데이터센터 구축 사업비 현황 ■

사 업 명	캠스퀘어안산 DC	액티스안산 DC	솔라시도 DC
위 치	안산시	안산시	해남군
수전용량(MW)	80	100	1,000
사업부지	2.7만평	2.2만평	48만평
사업비	1조원	1조 7천억	15조원



### □ (에너지 솔루션 서비스) 데이터센터 사업자에게 에너지 솔루션 서비스 제공

- **대상고객** 데이터센터 운영자 및 신규 데이터센터 구축 예정 사업자
- **전 략** 에너지 효율화 등의 한전 개발 SI 모델을 패키징하여 판매
  - ※ 에너지 모니터링, 전력설비 건전성 진단, 에너지 효율화 등 서비스 제공
- **수익모델** 월 구독형 요금제 및 구축형 설치 수익 확보

### □ (유연자원화) 데이터센터의 UPS·ESS 설비를 전력 유연자원으로 활용

- **전 략** 예비전원을 활용하여 수요반응(DR) 및 가상발전 시장(VPP) 참여
  - ※ 데이터센터는 전력 부하가 크기 때문에 유연자원 제공에 유리한 구조
- **수익모델** 전력구입비 절감

### □ (부대시설 수익) 데이터센터의 폐열을 활용하여 냉·난방 및 전력 생산

- **대상고객** 산업단지, 지역난방 등 데이터센터 인근 냉·난방/전력 수요자
- **전 략** 데이터센터 폐열을 열원으로 전력/냉·난방 생산기술 개발
- **수익모델** 전력구입비 절감 및 열 판매 수익

## 사업 2

## ESS활용 가상송전서비스 사업

기술전략 연계

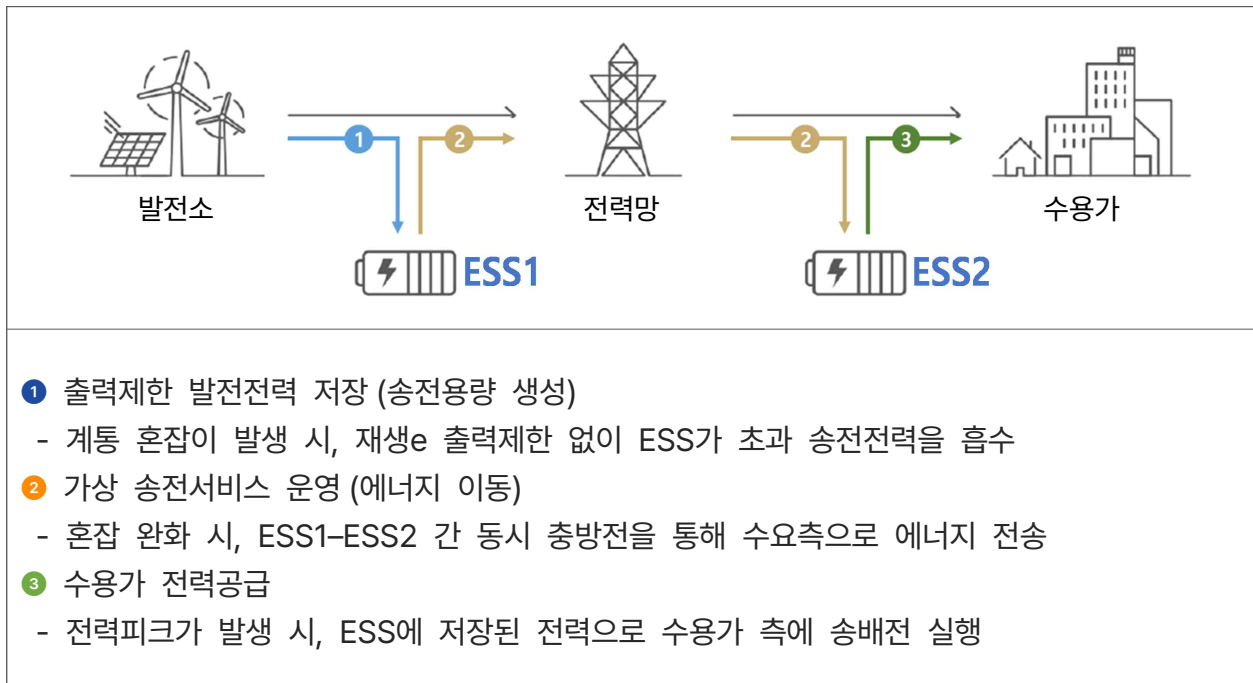
기술목표4 ESS활용 가상송전선로 구축 및 운영

### 1. 추진 배경

- 급증하는 전력 수요 대응을 위해 단기간 내 활용가능한 기존 전력망 기반 송전용량 증대기술 확보 추진 (제11차 전력수급기본계획 4. 송·변전설비)
- 본원사업 內 전력 구입비용 절감과 新수익 창출을 위한 사업 아이템 발굴 필요

### 2. 추진 내용

- (정의) 송전선로 병목 구간 양단에 대용량 에너지저장장치(ESS)를 설치, 가상 송전서비스와 계통 안정화 기능을 제공
- (효과) 기존 송전망에 추가 송전선 건설 없이 ESS의 충방전으로 능력 통해 더 많은 전력의 흐름을 연출하여 송전용량을 증대



### 3. 사업성 분석

#### ESS활용 VPL 사업성 분석 결과

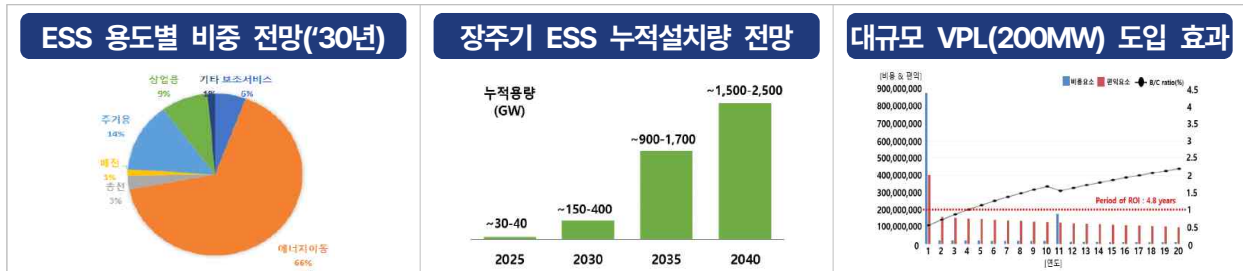
- 국내 전력계통 상황을 고려 재생e 연계에 따른 송배전 계통 운영제약이 발생하는 선로를 대상으로 우선적으로 VPL을 도입하여 사업 추진
- 전력망 혼잡 완화 뿐만 아니라 다양한 계통운영 서비스, 최적 송방전 스케줄링을 통한 운영 등 비즈니스 모델 개발을 통해 사업 추진시 수익 창출 가능

#### ㉠ 사업 여건



- 국내 재생e 보급 현황은 전체용량 34GW중 26GW(76%)가 배전망 접속 중
  - 배전망은 태양광(약 90만개) 위주, 송전망은 대규모 풍력발전 위주 접속
- 호남 태양광 발전량 증가 시 연계선로 고장에 따른 송전제약 발생 예상
  - 호남-충청 유통선로 제약 1개선로 고장시, 전압불안정 및 재생E 출력제한
- 무탄소전원 생산전력을 타지역으로 수송하기 위한 유통선로 보강 추진
  - 호남-수도권 1,551Km, 동해안-수도권 261Km, HVDC 1,130Km 등

#### ㉡ 시장 전망



- (국내) '50년 ESS 누적 설비용량은 32GW(113GWh)로 예상되며, 주로 재생e 확대에 따른 잉여전력 저장 중심으로 증가 전망
  - ESS 설비는 신재생연계용으로 보급, 피크저감, 에너지이동용 순 보급 확대
- (국외) 재생e 비중 증가에 대응한 적극적인 ESS 보급으로 글로벌 ESS 설비 및 시장은 급격하게 성장할 것으로 전망
  - (설비규모) '22년 43.8GW에서 '30년 508GW으로 10배이상 시장 증가 전망
  - (용도별) '30년까지 재생e 연계 에너지이동용 ESS 비중 증가 (54% → 66%)
- 망 건설 대체를 위한 VPL 글로벌 요구는 26년까지 14.3GW에 도달 전망
  - VPL은 전 세계적으로 3GW 설치 및 저장용량 제공 중이며, 호주, 이탈리아, 프랑스 미국은 재생e 전력 감축을 줄이기 위해 VPL 시범적으로 운영 중

#### 4. 비즈니스 모델



발전계약 완화	ESS 총방전 차익 거래
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (수익모델) 발전기 탈락시 계통안정화 목적의 ESS 운영으로 전력구입비 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (수익모델) SMP가 쌀 때 ESS에 충전, 비쌀 때 ESS 방전 (판매대금 - 전력구입비)</li> </ul>

#### □ (발전계약 완화) 혼잡 발생 선로 대상 VPL 구축 및 송전계약 해소

##### ■ ESS 건설사업의 필요성 ■

구분	현안	주요 효과
주파수 유지능력 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 태양광, 풍력 등 재생e 확대</li> <li>· 계통관성 감소로 안정성 저하</li> </ul>	· 대규모 정전 예방
예비력 확보		· 재생에너지 수용 증대
발전계약 완화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신규 발전설비 및 주요 송전선로 준공 지연으로 발전계약 발생</li> </ul>	· 송전용량 증대 운용
설비에비율 개선		· 신규발전소 건설 최소화
해외사례	· 재생e 증가로 계통안정성 저하	· 재생에너지 수용 증대

- **후보선로** 전압 안정도 제약이 빈번히 발생하는 호남지역 선로 집중 검토
  - ※ 동해안, 서해안 선로 조류량 고려 GW급 설비 필요, 설비투자 대비 제약효과 미비
- **전략** 대용량 VPL을 구축하여 발전계약 완화 송전서비스 운영
- **수익모델** 전력구입비 절감

#### □ (ESS 총방전 차익거래) ESS 총방전 최적 스케줄링을 통한 에너지 거래

- **ESS구축** (발전축) 신재생 연계 운영, (수용가축) 수요관리 연계 운영
- **전략** 시간대별 요금 분석, 전력시장 보조서비스 참여 부가 수익 창출
  - ※ 유휴시간대 활용 발전축 ESS와 수용가축 ESS로 에너지 이동 수행
- **수익모델** 전력판매 대금(방전시)과 전력구입 금액(충전시)의 차를 극대화

### 1. 추진 배경

- 정부 수소경제 활성화 로드맵 ('19.12)에서 '40년까지 발전용 연료전지는 15GW, 가정·건물용 연료전지는 2.1GW 규모의 보급 목표임
- 기존 LNG 연료전지는 CO<sub>2</sub> 배출로 인한 규제 (국제해사기구 등) 증가로 미래시장 선점을 위해 암모니아 직접 발전 연료전지 개발 필요

### 2. 추진 내용

□ (정의) 암모니아를 연료로 고체산화물 연료전지(SOFC) 내에서 전기화학 반응으로 중간 변환 단계 없이 직접 전력과 열을 생산·공급하는 사업

※ 전기화학 반응 : 산화(전자 방출) 및 환원(전자 결합) 반응으로 전자가 한쪽에서 다른 쪽으로 이동

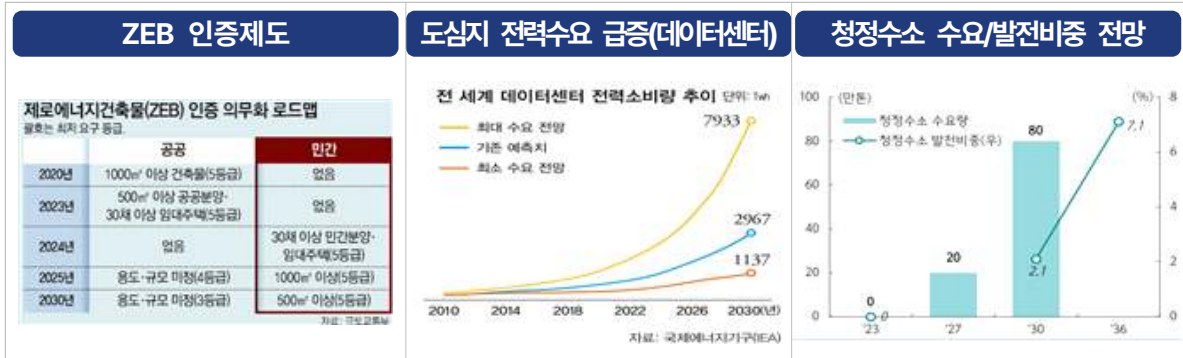
[ 암모니아 분해 장치 적용 SOFC ]	[ 직접 암모니아 SOFC ]
[사업내용]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>① 청정수소분산e 그린 데이터센터, ZEB 사업자 대상 분산전원(전력/열/냉방)</li> <li>② 운송수단 탄소감축 규제대상 운송수단 (선박, 버스 등) 연료전지 적용</li> <li>③ 통합관제 빌딩 또는 운송업자 대상 원격 통합 관제서비스 제공</li> </ul>	

### 3. 사업성 분석

#### ■ 암모니아 SOFC 사업성 분석 ■

- 국내 연료전지 스택 개발 상황을 고려하여 단기에는 기 개발된 스택 활용 **암모니아 개질기가 포함된 SOFC 시스템**을 우선적으로 개발하여 사업 추진
- 장기적으로는 목표로 하는 암모니아 직접 공급 SOFC 셀, 스택, 시스템을 개발하여 전주기 암모니아 SOFC 기술 확보를 통한 라이선스 판매와 장기유지보수 계약을 통한 원격 모니터링 및 통합관제 사업 추진

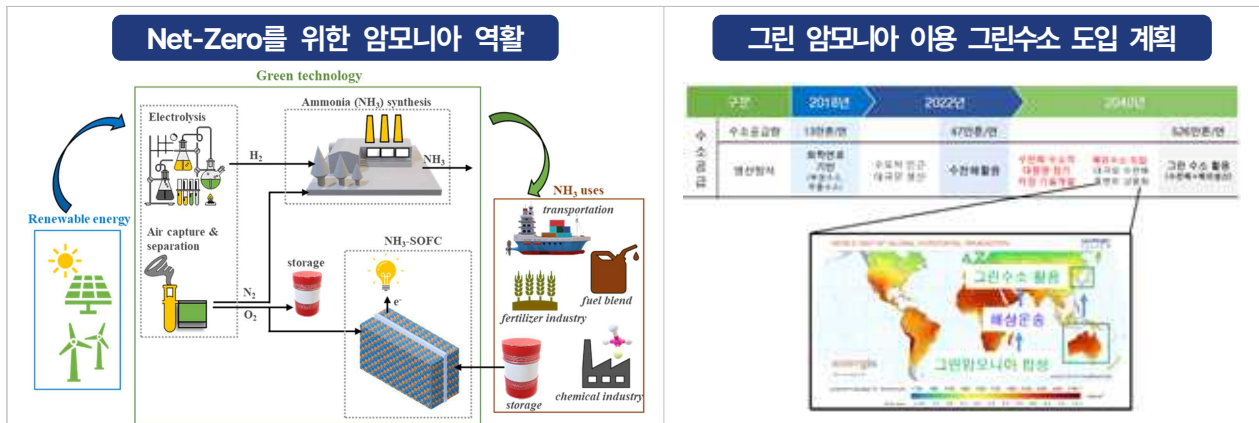
## ☐ 사업 여건



- 분산에너지 활성화 특별법 시행('24년) 및 ZEB 인증제도 확대 시행
  - ZEB 인증 공공건물 의무화 확대, 민간 건물 의무화 단계적 추진 및 인센티브 제공
- 데이터센터, 전기차, 반도체산업 등 전력수요 급증으로 친환경 전력 필요성 증대
  - '22년 전 세계 데이터센터의 전력소비량 340TWh이며, '30년 최대 7,933TWh 전망
- 청정수소발전 입찰시장 개설('24년) 및 청정수소 수요/발전비중 증가 전망
  - 석탄/암모니아 혼소 발전 선정, 그린/블루 암모니아 대규모 국내 도입 추진

[시사점] 청정 암모니아를 연료로 사용하는 고효율 분산전원 사업의 시장 확대 전망

## ☐ 사업구조



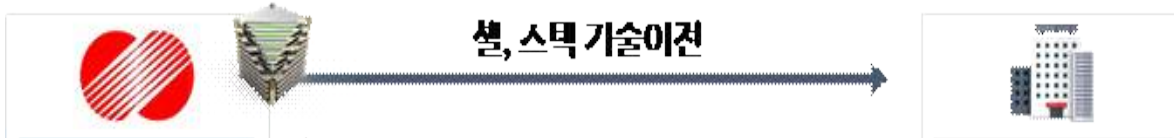
- 국제해사기구(IMO) Net-Zero 목표 대응을 위해 암모니아 연료전지 투자 확대
  - 해양 하이브리드 추진 시장 '22년 462억 달러에서 '30년 1,159억 달러 성장 전망
- 발전/수송 분야 CO<sub>2</sub> 저감을 위해 청정 암모니아 SOFC 보급 증가 전망
  - 고효율 발전과 암모니아 활용에 강점을 가진 SOFC 기술개발/사업화 증가 추세

[시사점] 전력수요 적기 공급 및 청정 암모니아 시장 확대 대응 SOFC 기술개발 필요

#### 4. 비즈니스 모델

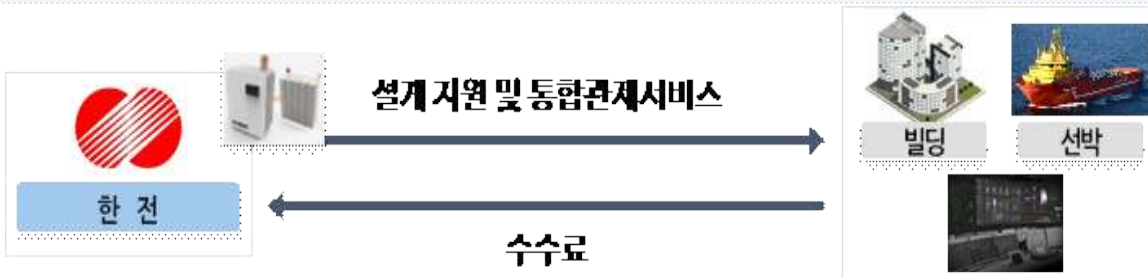
- 스택, 시스템 개발을 통한 **IP 라이선싱(기술이전)** 및 소규모 발전시스템 대상 **원격 모니터링(통합관제) 서비스 제공**

##### ① (BM1) 기술이전



- 대상고객 : 연료전지 시스템 개발업체
- 수익모델 : 연료전지 스택이 필요한 기업 대상 기술이전 및 운영 수익

##### ② (BM2) 통합관제



- 대상고객 : 연료전지 시스템을 필요로 하는 건설사 또는 건물주, 운송업체
- 수익모델 : 건축 시공사, 건물주 등 연료전지 **설계 및 통합관제 제공**

- (기술이전/제품개발) 파일럿 실증, 제품 개발, 양산화 및 기술지원

- 암모니아 연료전지 **기술이전 통한 라이선싱/로열티** 사업화
  - 국내외 기업 대상 라이선스 판매 : 로열티 및 계약금 수익 발생

- (원격 모니터링/통합관제) 시스템 운영이 필요한 고객들 대상 서비스 제공

- 암모니아 연료전지 설계, **통합관제 및 기술 컨설팅**
  - 시험평가 지원, 24시간 통합 관제 및 운영 지원
  - 국제표준 대응 자문 : 글로벌 진출 기업 대상 고부가가치 서비스화
- 청정수소발전, 산업용 분산전원, 선박용 등 **정책/규제 시장 우선 공략**
  - 건물용 자가발전(ZEB), 마이크로그리드 시장으로 단계적 확대

■ 연료전지별 LTSA(장기유지보수비용) 추정치 ■

연료전지	LTSA 단가	스택 비용 비중	비 고
SOFC	70~100원/kWh	약 60~70%	모니터링 비용 약 5%
MCFC	60~80원/kWh	약 50%	
PAFC	50~70원/kWh	약 50%	

□ (해외 사례 벤치마킹) Ceres Power(英) 社 SOFC 원천기술 확보 후 글로벌 제작사와 파트너십(제품 공동개발, 상용화) 및 기술 라이선스를 통한 수익 창출

- 수익 : 라이선스 수수료, 기술지원 비용, 제품 판매에 따른 로열티
- 파트너사 : (獨)Bosch, (中)Weichai, (韓)Doosan, (일)Miura, (EU)Shell 등

