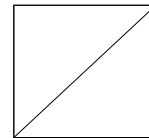


공개



의안번호	제 4 호	의 결 사 항
심 의 연 월 일	2026. 9. 30. (제 13 회)	

K-문샷 전략 로드맵(안)

과학기술관계장관회의

제 출 자	과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 배 경 훈
제출 연월일	2026. 9. 30.

K-문샷 전략 로드맵(안) (요약)

I. 의결주문

- 「K-문샷 전략 로드맵(안)」을 별지와 같이 의결함

II. 제안이유

- 과학 AI를 기반으로 과학 난제를 신속히 해결, '대체불가 대한민국' 달성을 위한 3대 MEGA 및 7대 SEED 프로젝트를 지원하도록 K-문샷 12대 미션을 구체화한 'K-문샷 전략 로드맵(안)' 수립

III. 주요 내용

□ 추진 배경

- 최근 과학 연구는 AI가 가설 생성, 실험 설계, 데이터 수집·분석 등 전 과정에서 혁신을 창출하는 패러다임 대전환에 돌입
- 美, EU, 中 등 주요국은 AI 패권 경쟁 속 과학기술 선도를 위해 과학 AI 기반 국가 주도 임무 지향 R&D로 전환하는 정책* 추진
* (美) 'Science: A New Golden Age('26.7월)' + 'Genesis Mission('25.11월)',
(EU) 'AI in Science + RAISE('25.10월)', (中) 'AI+('25.8월)'
- 우리는 대도약을 위한 3대 MEGA·7대 SEED 프로젝트를 추진 중으로, 임무 중심 R&D와 과학 AI를 결합한 K-문샷으로 목표 달성 지원

□ 주요 추진 경과

- 'AI시대 과학기술 경쟁력 대도약을 위한 K-문샷 추진전략' 발표(AI전략위, '26.2)
- PD 중심 미션 운영 체계 구축
 - K-문샷 추진단 출범 및 총괄지휘자(PD) 위촉('26.5.27)
 - K-문샷 PD 특임연구원 전환 및 전용 사무공간 개소(NST, '26.8.3)
- K-문샷 로드맵 의견수렴 등 현장소통(전문가 900명 이상 참여)

□ 주요 내용

○ 과학기술 AI 연계 미션 지원 체계 고도화

- (데이터) 출연연 실험 데이터 AI-ready 자동 변환 지원(핵융합연 K-STAR 우선 지원, '27~), 보안 연구데이터 활용 위한 안전 분석 환경 구축
- (모델) 독자 파운데이션 모델을 과학 추론에 특화하여 고도화하고, K-문샷 미션별 연구 수요 기반 도메인 특화 AI 에이전트 개발 지원
- (컴퓨팅파워) 슈퍼컴 6호기(GPU 8천여장 규모) 중심 기관 간 GPU 네트워크를 구축('26.4Q~)하고, K-문샷 미션 전용 배분 확보

○ K-문샷 전략로드맵

- (주안점) SEED·MEGA 프로젝트의 과학·기술적 허들을 신속히 돌파하기 위해 임무지향 R&D와 과학기술×AI를 결합한 K-문샷의 마일스톤·산출물을 전략 로드맵으로 제시

※ 총괄지휘자(PD)가 부재중인 AI과학자 미션은 추후 별도 발표 예정

미션	과학 난제(SEED·MEGA)	K-문샷 핵심 전략
신약	생명 실험의 고비용·장기간 구조	설계 가속 : 바이오 AI 모델암면역 미세환경 '28 검증 가속 : 신약 AI 자율실험실('29)
핵융합	복잡한 플라즈마 계산으로 설계·건축 장기화	AI 가상 핵융합로 플랫폼 구축('29) → 혁신 핵융합로 설계 50% 단축('32)
SMR선박	고비용·실현성 문제가 있는 SMR 실험 실증	AI 기반 범용 SMR 가상 원자로 개발('29) → SMR 선박 특화 개발·검증 플랫폼 구축('32)
피지컬AI	사용자 체감이 가능한 인간 수준 피지컬AI 필요	제한 환경·반복작업 피지컬AI 확보('27) → 세계 최고 수준 범용 피지컬 AI 확보('29)

① 신약 미션

- (미션명) AI 주도 신약개발 패러다임 전환으로 혁신신약 창출 가속
- (로드맵) 인간 인지 한계를 극복하는 파운데이션 모델(FM)을 개발하고, 임상 성공률을 2배 향상(1단계(~'29)디지털AI 세포+조직 수준 FM → 2단계(~'32)조직-장기 FM → 3단계(~'35)인체 whole-body FM)

※ [1차(~'29) 목표] 인체 모사(세포조직) 파운데이션 모델 개발 및 AI 신약 고속검증 인프라 구축

② BCI 미션

- (미션명) 사람의 신체·인지 능력을 회복·증강하기 위한 뇌 임플란트 상용화
 - (로드맵) 1단계(~'29) 로봇팔 작동, 뇌질환 치료 목적 BCI 제품의 전임상을 빠르게 완료하고, 2단계(~'32) 다양한 BCI 완제품에 대한 인간 대상 임상을 진행, 3단계(~'35) 사지마비·뇌질환 극복 BCI를 상용화하고 글로벌 시장 진출
- ※ [1차(~'29) 목표] 사지마비 환자 로봇팔 실증 + 뇌질환(뇌전증 등) 치료 BCI 제품 전임상 완료

③ 태양전지 미션

- (미션명) 탄소중립 시대 에너지 전환 선도를 위한 차세대 고효율 태양전지 원천·상용화 기술 선점
 - (로드맵) AI 기반 설계로 태양전지 효율을 세계 최고 수준으로 향상(1단계(~'29) 28% → 2단계(~'32) 33% → 3단계(~'35) 35%)하고, 대면적 공정 인프라를 구축(~'32)해 대면적 태양전지 양산 및 조기상용화 달성(~'35)
- ※ [1차(~'29) 목표] 양산형 실리콘 태양전지의 이론적 효율 수준(28%) 돌파

④ 핵융합 미션

- (미션명) 핵융합로 설계 및 전력 생산 실증을 위한 핵심기술 확보
 - (로드맵) 1단계(~'29) AI 기반 가상핵융합로와, 2단계(~'32) 핵융합 핵심 소부장 검증·데이터 생산 실증 인프라(나주) 구축으로 핵융합로 설계기간을 50% 단축하고, 3단계(~'35) AI 기반 핵융합로 통합 자율 운전 기술 확보
- ※ [1차(~'29) 목표] AI 기반 가상핵융합로 플랫폼 구축 및 AI 기반 제어 기술 개발

⑤ SMR 선박 미션

- (미션명) SMR 선박 건조로 글로벌 해양 新시장 선도
 - (로드맵) 1단계(~'29) 가상 원자로 플랫폼을 구축해 핵심기술과 설계 구체화 및 2단계(~'32) SMR 선박 설계·건조 인허가 준비를 완료하여, 3단계(~'35) SMR 선박 건조에 신속히 착수
- ※ [1차(~'29) 목표] SMR 가상 원자로(SMR 범용) 플랫폼 개발 및 민관 SPC 사업모델 구체화

⑥ 피지컬 AI 미션

- (미션명) 모든 현장과 삶 곁에, 인간과 협력하고 인간의 한계를 넘어서는 피지컬 AI
- (로드맵) 세계적 수준의 피지컬 AI 풀스택 기술을 빠르게 확보해
1단계(~'29)우편·물류 등 명확한 작업에 우선 투입, 2단계(~'32)재해·재난 등
국민 체감 영역을 거쳐 3단계(~'35)가사·돌봄 등 국민 일상에 도입

※ [1차(~'29) 목표] 피지컬 AI 핵심 풀스택 기술 확보(파운데이션 모델, 월드 모델, 데이터)

⑦ 휴머노이드 미션

- (미션명) 미래의 동반자, 휴머노이드와 함께 성장하는 공존사회 실현
- (로드맵) 1단계(~'29)국산 휴머노이드 플랫폼(HW·SW)을 신속히 확보하고,
2단계(~'32)양산형 휴머노이드 플랫폼을 통해 현장 보급·적용을 확대
하여 3단계(~'35)유니콘 기업을 육성하는 등 글로벌 시장 선도

※ [1차(~'29) 목표] 로봇 파운데이션모델(RFM) v2.0 공개 + HW 프로토타입 완성 및 v2.0 공개

⑧ 우주 미션(우주데이터센터)

- (미션명) AI 시대 우주데이터센터 원천기술 확보 및 실증
- (로드맵) 우주데이터 원천기술 개발 및 단계별 궤도 실증을 통해
(1단계(~'29)우주 엡지컴퓨팅 기술검증 및 AI 시연 → 2단계(~'32)우주데이터센터
AI 서비스 시현) 3단계(~'35)우주데이터센터 상용화 기반 구축

※ [1차(~'29) 목표] 대용량 전력계 등 지상모델 개발 및 소형위성 활용 시연

⑨ 소재 미션

- (미션명) 세계 최고 성능의 희토류 대체·저감·재활용 영구자석 개발
- (로드맵) 1단계(~'29)희토류 대체·저감(중희토류 배제, 경희토류 극저감)
영구자석 원천 기술을 확보하고, 2단계(~'33)산업 현장 실증을 거쳐
3단계(~'35)첨단산업·생태계 확산 및 글로벌 기술 선도

※ [1차(~'29) 목표] 중희토류 완전대체 제조 공정 및 친환경 용매 활용 희토류 침출회수 기술 확보

⑩ 반도체 미션

- (미션명) 일상 속 모든 기기에서 성능과 전력의 한계를 허무는 차세대 반도체 원천기술 확보
 - (로드맵) '35년까지 반도체 성능을 100배 향상(^{1단계(~'29)}2배 성능 → ^{2단계(~'32)}16배 성능)하여 'AI 연산 생산성 강국' 도약
- ※ [1차(~'29) 목표] 현세대 반도체의 성능 2배 향상 공정 통합 검증 및 통합 패키징 기술 검증

⑪ 양자 미션

- (미션명) 오류정정 양자컴퓨터 개발 및 과학·산업 난제 해결
 - (로드맵) ^{1단계(~'29)}양자컴 풀스택을 신속히 국산화한 뒤, ^{2단계(~'32)}오류정정 양자컴을 확보해 ^{3단계(~'35)}세계 최고수준으로 고도화하고,
 - ^{1단계(~'29)}과학 난제에 대한 양자 이득 실증 및 ^{2단계(~'32)}핵심 유스 케이스를 확보해 ^{3단계(~'35)}인류 난제 해결에 기여
- ※ [1차(~'29) 목표] QPU 개발 및 오류정정 실증, 국가 양자-HPC 하이브리드 인프라 개시

IV. 향후계획 및 부처 협조사항

○ 미션별 연내 성과 창출

- ※ (예) 누리호 5차 발사 및 우주 실증, 피지컬 AI 모델 로봇 파운데이션 모델 1.0 공개 및 행동 시연, IonQ 양자컴퓨터 클라우드 서비스 개시 등

○ 공백 기술에 대한 '28년 신규 R&D 기획('27.上)

○ K-문샷 미션·연구·PD 성과 평가 체계 마련('27.上)

○ 부처별 미션 유관 사업 성과·데이터 연계 및 제도 공백 상태인 미션(BCI, SMR선박 등)에 대한 제도 협력 추진

과학기술관계장관회의		
회	차	2026 - 9 (4호)

K-문샷 전략 로드맵[안]

2026. 9. 30.



관계부처 합동

목 차

I . 추진 배경	1
II . 주요 추진 경과	4
III . 과학기술×AI 연계 미션 지원 체계 고도화 ...	5
IV . K-문샷 전략 로드맵 개요	10
V . 향후 계획 및 부처 협조 사항	86

I. 추진 배경

□ 인공지능(AI) 기반 R&D 패러다임 확산, 과학기술 × AI 급부상

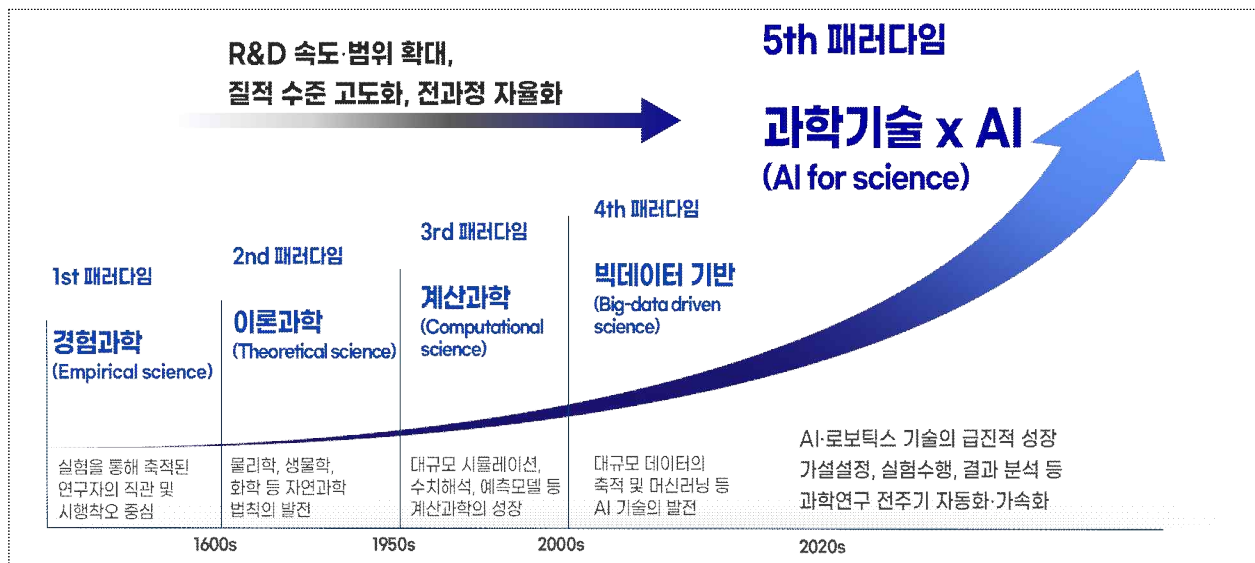
- 최근 과학 연구는 AI가 가설 생성, 실험 설계, 데이터 수집·분석 등 전 과정에서 혁신을 창출하는, 이른바 ‘제5차 패러다임’에 돌입

* 빅데이터 중심 제4차 연구패러다임(07, Jim Gray)에 이은 새로운 연구법으로 AI 논의(24.12, CACM)

- AI 활용으로 연구 속도가 향상*되고, 연구자 성과가 개선**되는 등 효용성이 입증되며 AI는 과학 연구 분야의 기초체력으로 급부상

* AI는 제약, 재료, 항공우주, 반도체 등 R&D 속도를 1.2배 이상 가속(25.6, McKinsey)

** AI 활용 연구자는 미활용 연구자 대비 논문 수 3.02배, 인용 수 4.84배(25.11, arXiv)



□ 패권경쟁의 중심이 된 AI for Science, 글로벌 경쟁구도 재편

- 美, EU, 中 등 주요국은 AI 패권 경쟁 속 과학기술 선도를 위해 과학 AI 기반 국가 주도 임무 지향 R&D로 전환하는 정책 추진

국가 및 정책		주요 내용 및 추진 현황
	Science: A New Golden Age (26.7월)	▶ (내용) 국가 R&D 제도 및 대형 인프라를 AI 중심으로 전면 재편 ▶ (핵심 프로젝트) 26개 과학기술 난제에 도전하는 '제네시스 미션'에 278개 과제 선정(7.3조원 규모)(26.7월)
	AI in Science (25.10월)	▶ (내용) EU 권역 내 AI의 과학 인프라도구화를 위한 생태계 구축 ▶ (핵심 프로젝트) AI 기반 연구를 수행할 연구 네트워크를 선발하는 'RAISE pilot' 추진(2개 네트워크 총 2,780만 유로, 26.1~)
	AI+ (25.8월)	▶ (내용) 국가가 과학 AI 공통 인프라를 구축, 연구생태계에 배포 ▶ (핵심 프로젝트) 중국과학원(CAS) 주도로 국가 AI 인프라 SCNet (30개 이상 슈퍼컴) 구축 및 AI 과학자 ScienceOn(반석) 개발·고도화

- 구글, 오픈AI 등 빅테크도 과학기술×AI 잠재력에 주목, 막강한 기술력·자본력을 바탕으로 과학 AI 혁신 본격화

기업 및 모델		주요 내용
	오픈AI GPT-6	▶ 공개 시기 : '26.9.4. ▶ 주요 특징 - 수학 난제 '나비에 스톡스 방정식' 해법 제시 - 인간-로봇 구분을 위한 CAPTCHA 테스트 48단계 전부 통과
	구글 딥마인드 알파폴드2	▶ 공개 시기 : '20.11월 ▶ 주요 특징 - 오픈소스 공개('22.7월)와 동시에 약 2억개 단백질 구조 예측 - '24년 노벨 화학상 수상
	사카나AI 후구 울트라 V2	▶ 공개 시기 : '26.9.11 ▶ 주요 특징 - 거대 단일 모델 없이 여러 모델을 지능적으로 조합하는 오케스트레이션 시스템으로 프론티어급 성능

□ 과학기술×AI로 MEGA·SEED 달성을 가속하는 K-문샷 추진

- 우리나라는 산업 대도약을 위한 메가성장 동력 육성·활용과, 미래 산업 개척·선점을 위해 3대 MEGA*·7대 SEED** 프로젝트 발표
 - * ❶반도체, ❷피지컬AI, ❸AI 데이터센터 / ** 미래 청정에너지(❶SMR, ❷핵융합, ❸재생E), 차세대 프론티어(❹양자, ❺우주항공, ❻첨단바이오), 대도약의 기반(❼첨단소재·부품/광물자원)
- MEGA·SEED 프로젝트의 핵심 과학 난제를 신속히 해결하기 위해 임무 중심 R&D와 과학 AI를 결합한 K-문샷 추진

< MEGA·SEED 및 K-문샷 간 주요 연계(안) >

미션	과학 난제(SEED·MEGA)	K-문샷 핵심 전략
신약	생명 실험의 고비용·장기간 구조	설계 가속 : 바이오 AI 모델암면역 미세환경 '28) 검증 가속 : 신약 AI 자율실험실('29)
핵융합	복잡한 플라즈마 계산으로 설계·건축 장기화	AI 가상 핵융합로 플랫폼 구축('29) → 혁신 핵융합로 설계 50% 단축('32)
SMR선박	고비용·실현성 문제가 있는 SMR 실험 실증	AI 기반 범용 SMR 가상 원자로 개발('29) → SMR 선박 특화 개발검증 플랫폼 구축('32)
피지컬AI	사용자 체감이 가능한 인간 수준 피지컬AI 필요	제한 환경·반복작업 피지컬AI 확보('27) → 세계 최고 수준 범용 피지컬 AI 확보('29)

참고 1 MEGA · SEED 및 K-문샷 간 연계 체계

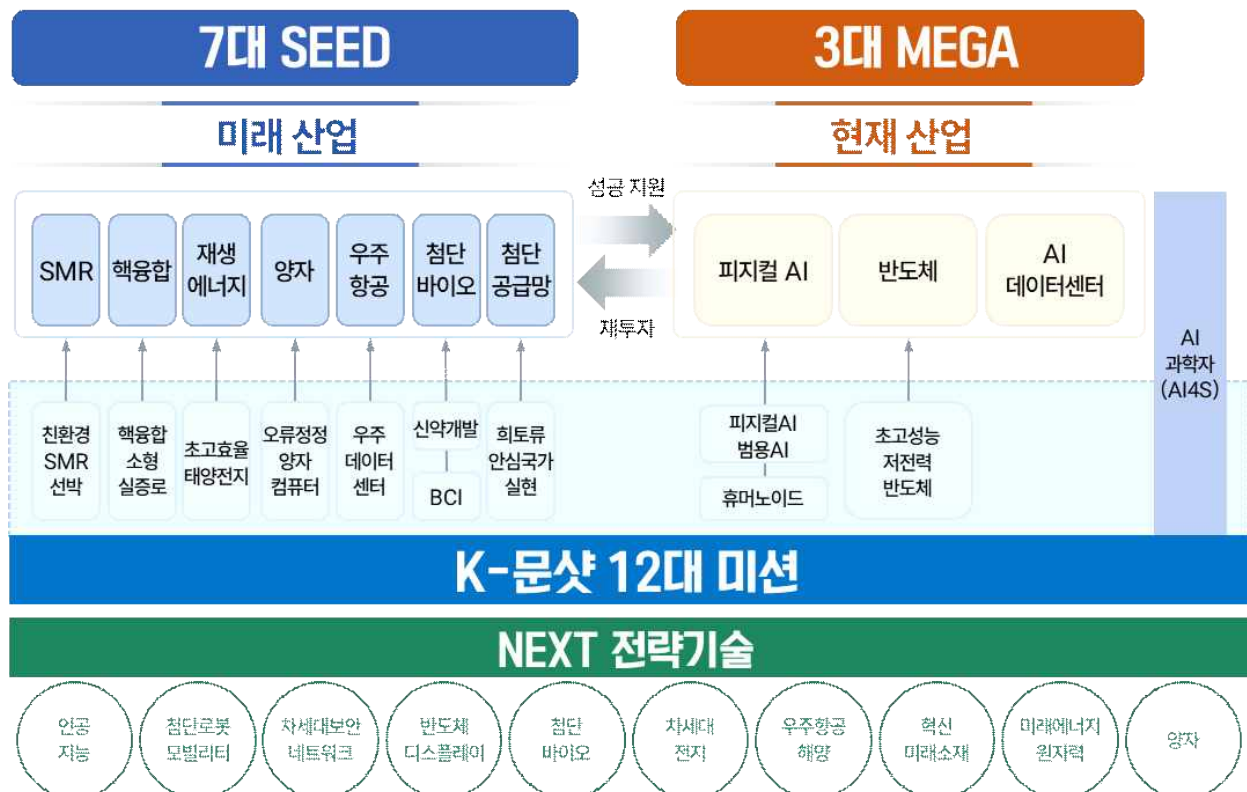
◇ K-문샷은 SEED·메가의 핵심 구성요소(R&D 난제)이면서, SEED가 넥스트 메가로 거듭나도록 연구속도를 가속화하는 매개체(과학기술×AI)로 포지셔닝

- K-문샷은 과학기술×AI, 도전적 미션 등을 실현하는 R&D사업으로 SEED·메가 내에서 중심축(AI역량 활용, R&D성과 극대화 등) 역할 가능
 - 특히 SEED·메가의 투자범위 중 AI 기반의 연구생산성 향상 여부가 가시적인 12대 미션(세부기술)으로 범위를 좁혀* 과학기술×AI 선도

* 예시 : (SEED) SMR → (문샷) SMR선박×AI

(SEED) 첨단바이오 → (문샷) 신약×AI, 뇌과학(BCI)×AI

- K-문샷의 연구 성과가 산업 정책인 MEGA 및 SEED에 연계되도록 수월성 중심 원천기술에 그치기보다는 현장 활용 가능 수준을 목표



Ⅱ. 주요 추진 경과

□ K-문샷 추진 전략* 발표

* 'AI시대 과학기술 경쟁력 대도약을 위한 K-문샷 추진전략'(AI전략위, '26.2.25)

□ 총괄지휘자(PD) 중심 미션 운영 체계 구축

- NST 內 K-문샷 지원단 설치('26.5.1)
- K-문샷 추진단 출범식 개최 및 총괄지휘자(PD) 위촉('26.5.27)
- K-문샷 운영·관리 규정(훈령) 마련('26.6.30)
- K-문샷 PD 특임연구원 전환('26.8.3)

※ AI과학자 PD는 9월 中 선임 예정, 피지컬AI PD는 정보통신기획평가원(IITP) PM이 겸임

- K-문샷 전용 사무공간 개소(세종, '26.8.3)

□ 미션별 전략로드맵 수립

- K-문샷 PD 연석회의('26.6월~, 매주)
- 미션별 운영위원회* 구성·운영('26.7월~)

* PD(위원장), 소관 부처 및 전문기관, 산학연 주요 관계자 등 참여

- K-문샷 로드맵 의견수렴 등 현장소통*(전문가 900명 이상 참여)

* 퀀텀 코리아(양자, 7.1~3), K-문샷 AI 신약 미션 현장 의견수렴회(신약, 7.20), BCI 얼라이언스 출범식(BCI, 8.26), K-문샷 휴머노이드 전문가 회의 및 PI 워크샵(8.25) 등

□ K-문샷 미션 추진 관련 예산 작업(총 1조 3,465억원 규모)

- 12대 미션 추진 관련 총 10,589억원 반영(핵심사업 4,153억원)
- K-문샷 연계 과학기술×AI 관련 총 2,876억원 반영(핵심사업 1,451억원)

Ⅲ. 과학기술 × AI 연계 미션 지원 체계 고도화

- ◆ (추진 목표) 과학기술 AI 핵심 자산(데이터, 컴퓨팅, 모델·에이전트, 자율 실험실) 결집으로 연구 가속, '30년까지 연구생산성 2배 제고
- ◆ (추진 전략) 국가과학AI연구센터(NAIS)를 통해 AI 준비도가 높은 K-문샷 미션 중심으로 신속히 시범 지원 → 전체 미션 및 산학연 확산

1 [데이터] 미션 수요 기반 AI-ready 데이터 선제 확보 및 활용도 제고

□ 원천 데이터의 AI-ready 자동 전환 체계 구축

- 연구 인프라의 방대한 원천 데이터 중 AI 학습에 유의미한 데이터를 추출·정제하여 학습 자산화하는 자율형 파이프라인 구축

※ 한국형 핵융합 연구로(KSTAR)와 연계하여 핵융합 분야 대상 우선 지원 추진

NAIS 수행 과제 예시

■ KSTAR 실험 데이터 AI-ready 자동 정제 파이프라인 구축('26~'27)

- ▶ 매회 GB급, 연간 수천 회 누적되는 원시데이터의 상당수가 정제·표준화 인력의 한계로 분석되지 못한 채 축적되거나 폐기되는 상황
- ▶ 실험 목적별 유의미 데이터를 AI가 자동 검출·선별하고 표준 규격 체계(표준 스키마, 온톨로지 맵 등) 기반의 AI-ready 형식으로 정제
- ▶ 검출·선별 파이프라인은 타 대형 연구인프라로 확산될 수 있도록 공통 기술로 설계

□ 고품질 AI-ready 데이터셋 확보 체계 마련

- 상이한 규격·형태의 원천 연구데이터들을 발굴·정제하는 한편, 과학 특화 모델 학습이 가능한 형태로 표준화·결집하기 위한 체계 마련

NAIS 수행 과제 예시

■ AI-ready 데이터 표준화 체계 마련 및 미활용 축적 데이터 발굴('26~'28)

- ▶ 기관별 상이한 형태의 데이터를 학습 가능한 단일 규격으로 변환하고, 출연연에 축적된 실험기록, 시뮬레이션 산출물 등을 발굴·정제

- 구축된 데이터셋의 활용 목적별 적합성을 진단하고, 보완이 필요한 영역을 분석*하여 개선 방향을 제시하는 시스템 구축

* 결측치 검출, 노이즈 구간 분석, 분포 편향 진단 및 합성데이터 확보 필요 영역 제시 등

※ 바이오 분야(신약 후보물질 발굴 데이터)를 대상으로 우선 지원 추진

(K-MELLODDY 등 기존 사업 구축 데이터와 연계 추진)

NAIS 수행 과제 예시

■ 신약 개발 데이터 품질 진단·증강 시스템 구축('27~'28)

- ▶ 문헌, 오믹스, 화합물 활성 데이터 등을 목적별 지표로 진단하여 결측, 형식 불일치, 성공사례 편향 등의 부족분을 합성데이터로 증강

□ 민감 데이터 활용도 제고

- 보안 규제에 반출·활용이 제한되던 민감 연구데이터를 학습에 활용할 수 있도록 안전 분석 환경 구축·운영

NAIS 수행 과제 예시

■ 과학 데이터 안전 분석 환경 구축·운영('27~)

- ▶ 반출이 곤란해 외부 활용이 어려웠던 분야(원자력 등)의 민감 데이터를 안전한 분석 환경에서 정제·학습할 수 있도록 하고, 학습된 결과물(모델 등)을 참여기관에 제공

2 [컴퓨팅] 학습 · 추론 2-track 지원으로 컴퓨팅 수요 대응 효율화

□ 과학 학습용 고성능 컴퓨팅 지원

- 슈퍼컴 6호기(GPU 8천여 장 규모) 중심 기관 간 GPU 자원 연결 네트워크 구축, 유휴 자원 실시간 재배치 기반 통합 운영 체계 마련
- 컴퓨팅 자원 중 일정 규모를 K-문샷 미션 전용으로 배분하고, 활용 수요 발생 시 즉시 지원하는 체계 마련

NAIS 수행 과제 예시

■ 학습용 GPU 자원 통합 관리 체계 구축·운영('26~'27)

- ▶ 슈퍼컴 6호기, 출연연 GPU 자원 등 국가 과학 연구용 GPU 거버넌스를 구축하여 자원 공동 활용 기반을 조성하고 K-문샷 미션 전용 배분 체계 관리
- ▶ GPU 보유·가동 현황을 실시간 수집·관리하고, GPU 플랫폼 간 자원을 실시간 재배치하는 동적 스케줄링 체계 마련

□ 과학 추론 전용 NPU 서비스 구축·운영

- 컴퓨팅 지원을 학습에서 추론까지 확장, 연구데이터 유출 없이 AI 모델·에이전트를 상시 활용하는 국산 NPU 기반 과학 추론 서비스 구축

NAIS 수행 과제 예시

■ 이기종 컴퓨팅 자원 운영·지원 체계 마련('26~'27)

- ▶ 산업계와 협력하여 GPU·NPU 이기종 컴퓨팅 자원을 연계 운영하는 인프라를 구축하는 한편, 과학 연구 특성(긴 문서·데이터 처리, 여러 도구의 반복 호출, 결과 재검증)에 맞는 모델 경량화 및 실행 환경 공동 개발

3 [모델·에이전트] 범용·특화 도구 개발 및 축적형 확산 생태계 구축

□ 과학 특화 독자 기반 모델 및 에이전트 개발

- 독자 파운데이션 모델을 과학 추론에 특화하여 고도화하고, 문헌 분석·수치해석·논문 작성 등 공통 활용 가능한 연구 지원 에이전트 개발

NAIS 수행 과제 예시

■ 과학 추론 특화 기반 모델 확보('26~'27)

- ▶ 독자 AI 파운데이션 모델 사업의 6대 모델 등 기반, 논문·특허 등 대규모 과학기술 문헌 추가 학습 및 과학 추론·도구 제어 중심 사후 학습을 통해 과학 특화 기반 모델로 고도화

■ 연구 전주기 공통 활용 에이전트 개발('26~'27)

- ▶ 문헌 분석, 가설 도출, 수치해석, 논문 작성 등 연구 전 단계에 공통으로 쓰이는 작업 단위 에이전트 개발

□ K-문샷 미션 도메인 특화 에이전트 개발

- K-문샷 미션별 연구 수요를 기반으로 난제 해결에 직접 활용되는 도메인 특화 AI 에이전트 개발 지원

NAIS 수행 과제 예시

■ 미션별 수요 기반 도메인 특화 AI 에이전트 개발('26~'28)

- ▶ KSTAR 운전 시나리오 탐색, 플라즈마 붕괴 예측 에이전트(핵융합 분야), 인허가 요건 탐색, 규제 문서 질의응답 에이전트(원자력 분야) 등 수요 기반 개발 지원

□ 연구 현장 활용 확산을 위한 플랫폼 구축·운영

- 모델·에이전트를 단일 플랫폼에 결집·서비스하여 연구 전 과정 통합 지원 환경을 제공하고 성과가 플랫폼 자산으로 축적되는 선순환 구축

NAIS 수행 과제 예시

■ 과학 AI-OS 플랫폼 구축·운영('26~)

- ▶ 데이터·컴퓨팅·모델 등을 하나의 연구 실행환경으로 묶어, 연구자 지시에 따라 AI 에이전트가 자원·도구를 스스로 활용하며 연구를 수행하는 플랫폼 개발
- ▶ 연구 과정에서 생성된 데이터·코드·에이전트 실행 기록 등을 플랫폼에 축적하여, 다른 연구자가 활용하고 모델·에이전트 성능 개선에 지속 환류되는 체계 마련

4 [자율실험실] 예측-실증 자율 순환체계 구축으로 연구 속도 혁신

□ 표준 기반 자율실험실 인프라 연계망 구축

- 장비 인터페이스, 실험 프로토콜 기술, 데이터 규격 등 자율실험실 운영에 필수적인 요소에 대한 공통 규격을 마련하여 인프라 간 상호 운용성 확보
- 출연연을 중심으로 도메인별 자율실험실 거점을 선정, 표준·연계 체계 시범 실증·성공 사례를 발굴하고 단계적 확대

NAIS 수행 과제 예시

■ 자율실험실 구축 지원 공통 기반 기술 개발('26~'28)

- ▶ 자율실험실 운영 공통 표준안 마련 및 거점 실증을 통해 검증·보완하는 한편, 자율실험실 설계 및 장비 구성을 지원하는 디지털 트윈 등 개발

□ 자율 실험 연구데이터의 국가 자산화

- 자율실험실에서 생성되는 데이터를 생성 단계부터 표준 형식으로 축적하여 국가 과학 AI 학습 자산으로 체계적 관리

NAIS 수행 과제 예시

■ 자율 실험 데이터 환류 체계 구축('27~)

- ▶ 실험 조건, 장비 로그, 측정값 등을 생성 시점에 자동 수집·기록하는 AI-ready 데이터 규격을 개발하고, 실험 결과 판정·검증 기준과 원데이터 공개 체계를 마련하여 자율실험실 성과의 신뢰성 담보

< 미션 지원을 위한 과학기술×AI 주요 추진계획 요약 >

구 분		'26년	'27년	'28년
① 데 이 터	연구 데이터 AI-Ready 전환	핵융합(연) K-STAR 연계 AI-Ready 자동 정제 파이프라인 구축		대형 연구 시설, 자율 실험 장비 등 연계 파이프라인 구축 확대
	AI-Ready 데이터 표준화 및 품질 관리	AI-Ready 데이터 표준 규격 마련		출연연 축적 데이터 결집 확대
		신약 분야 데이터 품질 진단·강화 시스템 구축	데이터셋 목적 적합도 진단 지표 및 시스템 구축 (바이오 우선 추진('27) → 대상 확대('28))	
	민감 연구 데이터 안전 분석 환경 구축	과학 데이터 안심 구역 지정 요건·운영 모델 설계	과학 데이터 안심 구역 시범 운영	참여 기관 확대
② 컴 퓨 팅	과학 학습용 고성능 컴퓨팅 지원	슈퍼컴 6호기 중심 GPU 거버넌스 구성 및 미션 전용 배분 개시	GPU 자원 동적 스케줄링 체계 기반 통합운영 가동	
	과학 추론용 NPU 서비스 구축·운영	추론 베타 서비스 개시 및 GPU+NPU 이기종 운영 검증	국산 NPU 기반 서비스 확대	
③ 모 델 에 이 전 트	과학 특화 독자 모델·에이전트	독자 파운데이션 모델 기반 과학 특화 기반 모델 확보		
		도메인별 파운데이션 모델 개발 지원		
	K-문샷 도메인 특화 에이전트 개발	과학 연구 범용 에이전트 개발 착수	미션별 연구수요 기반 난제 해결 투입을 위한 도메인 특화 AI 에이전트 개발 지원	
	과학 AI-OS 현장 활용 플랫폼	과학 AI-OS 시범(베타) 서비스	정식 서비스 전환 및 학계·산업계로 단계적 확산	
④ 자 율 실 험 실	자율실험실 표준화 및 상호운용성 확보	산학연 협의체 운영 및 운영·관리 표준 가이드라인 마련	자율연구실 공통 표준 확정·적용	
	자율 실험 연구데이터 국가 자산화	자율실험실 표준 연계 체계 마련	자율 실험 연구데이터 표준화	자율실험 거점 중심 실험데이터 축적 개시

IV. 미션별 전략 로드맵 개요

1 총괄 로드맵

미션		[1단계] 2029년	[2단계] 2032년	[3단계] 2035년
국민 건강	신약	디지털AI 세포+조직 수준 파운데이션 모델	조직-장기 수준 파운데이션 모델	인체 whole-body 파운데이션 모델
	BCI	BCI 기반 로봇팔 작동, 뇌질환치료 등 실증	BCI 완제품의 인간대상 임상 진행	사지마비·뇌질환 극복 BCI 상용화 및 해외진출
에너지 주권	태양전지	기존 태양전지 이론 한계 에너지 효율 돌파(28%↑)	상업화 핵심목표 에너지 효율 돌파(33%↑) 및 대면적 공정 인프라 구축	세계 최고 수준 에너지 효율(35%↑)의 대면적 태양전지 양산
	핵융합	AI 기반 가상핵융합로 구축	핵융합 핵심 소부장 성능 검증 및 데이터 생산 실증 인프라 구축(나주)	AI 기반 한국형 혁신 핵융합로 통합 자율 운전 기술 확보
	SMR선박	가상원자로 플랫폼 기반 핵심기술 및 설계 구체화 완료	SMR 선박 설계 및 건조 인허가 준비 완료	SMR 선박 건조 착수
AI 선도	피지컬AI	제한적 영역 선도 적용	국민 체감형 성과 확대	돌봄·가사 등 적용, 피지컬 AI 일상화
	휴머노이드	국산 휴머노이드의 몸체·두뇌 확보	사람과 협업을 위한 실제 현장 적용	글로벌 휴머노이드 시장·산업 선도
미래 산업 기반	우주	우주 엣지컴퓨팅 기술 검증 및 AI 시연	우주데이터센터 AI 서비스 시현	우주데이터센터 상용화 기반 구축
	소재	중희토류 완전 배제 및 경희토류 극저감 영구자석 제조 기술개발	희토류 대체·저감 영구자석 제조 기술 산업 현장 실증(~33년)	독자 원천기술 글로벌 선도 및 첨단산업 생태계로 확산
	반도체	현세대 2배 성능	현세대 16배 성능	현세대 100배 성능
	양자	국산 풀스택 1세대 양자컴 개발 및 과학난제 양자이득 실증	국산 2세대 오류정정 양자컴 개발 및 산업 난제 핵심 use-case 확보	세계 최고 수준 양자컴 개발 및 인류 난제 해결

2 미션별 세부 로드맵

1. AI신약 미션

□ 추진 배경

- (필요성) AI의 발전과 바이오데이터의 폭발적 증가는 신약개발의 구조적 한계(장기·고비용·고위험)를 극복하는 패러다임 전환*을 견인

* AI는 '누가 더 많은 자본과 시간을 들여 더 많은 시도와 실험을 하는가'의 경쟁을 '누가 더 적은 실험으로 더 정확한 결정을 내리는가'의 경쟁으로 전환

- AI는 새로운 치료표적을 발굴하고 광범위한 후보물질 공간을 탐색·설계하여, 기존에 접근하기 어려웠던 희귀·난치질환의 치료기회 확대
- (글로벌 현황) AI 기반 설계·예측기술과 자동화 실험을 결합하여 신약개발 기간·비용·실패율을 낮추기 위한 경쟁 가속

- (시장) 글로벌 기업은 신약개발 전반으로 AI 도입을 확대하고 있으며, 다양한 모달리티의 설계·예측 및 후보물질 최적화에 AI 적극 활용

※ Insilico Medicine 특발성 폐섬유증 치료제 표적 발굴→임상2상(기존 10년→4년, 60% 단축), 모더나/머크 mRNA암백신 임상 3상 성공(암환자 네오항원동정→mRNA백신생산, 6주소요)

- (정책) 선도국은 고품질 데이터와 특화 AI 모델, 자율실험실 및 디지털 비임상 기술을 접목하여 신약 후보물질의 설계·검증 속도 향상 추진

※ (美·英) 플랫폼화를 위한 국가 차원의 데이터 구축 및 동물대체시험법(NAMs) 도입 추진
(中) AI 모델과 휴머노이드 기반 실험자동화 전반에 걸친 대규모 투자를 통해 표준 선점 시도

- (AI 과학자) 美 중심으로 엔트로픽 Claude Science, 오픈AI GPT-Rosalind, 구글 AI Co-Scientist 등을 활용하여, 신약개발 가속화 및 성공률 제고

- (국내 현황 진단) 지속적인 투자와 기술 축적을 통해 글로벌 경쟁 기반을 확보하였으나, AI 시대에 대응한 질적 도약이 필요한 시점

- 제약·바이오기업의 성장과 신약 파이프라인 확대 등 양적 기반을 구축하고, 일부 뉴모달리티 분야에서는 글로벌 수준의 역량 확보
- 다만, 기관·사업별로 축적된 데이터와 기술을 연계하여 성과로 전환하는 체계가 미흡하며, 신약개발 전주기 데이터 연계, AI 기반 고속검증 인프라 등 AI 신약개발 핵심 기반 확충 필요

참고

전통적 신약 개발 소요 기간 및 비용

- 전통적 방법의 신약 개발 R&D 생산성 연구에 따르면 임상 진입 전까지는 7년 (표적-비임상, 표적발굴 18개월포함), 상용화까지는 평균 15년에 약 24억 달러가 소요

- Nature Reviews Drug Discovery(2010) 발표 논문에서 1개의 신약 개발에 평균적으로 14년의 기간과 17.8억 달러가 소요되는 것으로 분석

< 전통적 신약 개발 평균 소요 시간 및 비용 >

단계	소요기간	비용(백만\$)	단계 성공확률
표적(Target) → 유효물질(Hit)	12개월	94	80%
유효물질(Hit) → 선도물질(Lead)	18개월	166	75%
선도물질 최적화 → 후보물질	24개월	414	85%
비임상(IND-enabling)	12개월	150	69%
임상 1상	18개월	273	54%
임상 2상	30개월	319	34%
임상 3상	30개월	314	70%
승인 신청~ 시장 출시	18개월	48	91%

※ Nature Reviews Drug Discovery, How to improve R&D productivity: the pharmaceutical industry's grand challenge, 2010.2.19. *표적발굴 18개월 평균 소요

- 제약기업의 R&D 효율성을 분석한 연구(2016)에 의하면 신약 1개당 개발 비용은 평균 30억 달러 이상으로 분석

< 글로벌 제약기업의 전통적 신약 개발 R&D 효율성(2006~2014) >

제약기업	총 R&D 지출(백만\$)	FDA 승인 신약 수	효율성(지출/신약수)
Abbott/Abbvie	31,292	1	31,292
Eli Lilly	40,232	4	10,058
Roche	78,340	9	8,704
Sanofi	42,948	6	7,158
Merck & Co.	62,745	9	6,972
Pfizer	72,125	11	6,557
AstraZeneca	45,081	7	6,440
Novartis	72,100	13	5,546
Amgen	30,437	6	5,073
GSK	47,109	12	3,926
Takeda	23,361	6	3,893
Bristol-Myers Squibb	33,006	9	3,667
Boehringer Ingelheim	22,920	7	3,274

※ Journal of Translational Medicine, Changing R&D models in research-based pharmaceutical companies, 2016.4.27.

□ 미션 체계

미션	AI 주도 신약개발 패러다임 전환으로 혁신신약 창출 가속		
목표	'35년까지 ▲후보물질 발굴 10배 가속(기존7년→'358개월) ▲임상성공률 2배 이상 향상		
핵심 마일스톤	목표		난제 해결
	'29	AI가 신약 후보를 찾을 수 있는 혁신 기반 조성	- 분자·세포·조직 수준에서 질환을 통합적으로 이해하는 파운데이션 모델 개발 - AI 기반 분자실험 설계 및 고속 검증 기술 개발 - AI 기반 신규 표적·후보 발굴로 기존에 접근하기 어려웠던 질환에 대한 도전 확대
	'32	AI와 로봇이 함께 신약 후보를 본격적으로 설계하고 실험·검증	- 장기 수준으로 모델을 고도화하여 약물 반응 예측 정확도 향상 - AI·로봇 기반 신약 후보 설계-실험-검증 선순환(조건부 자율) 체계 구현 - 희귀·난치질환 및 신·변종 감염병 신속 대응을 위한 AI 신약개발 역량 확보
	'35	AI가 세계 최초 혁신신약 창출	- AI 기반 인체 모사 시뮬레이션을 통한 신약 설계 체계 구현 - AI가 가설 설정부터 실험·분석까지 자율적으로 수행하는 연구체계 구현 - AI 기반 세계 최초 혁신신약 창출
전략 및 과제	전략 ① AI 기반으로 신약 설계 방식 혁신		① 신약개발에 특화된 AI 두뇌(파운데이션 모델) 개발
			② AI가 질병·약물 데이터를 학습하여 신약 후보 설계
			③ 약효·독성 등을 AI로 미리 예측하여 동물실험 보완대체
			④ 신약개발에 필요한 데이터를 하나로 연결
	전략 ② AI·로봇 기반 자율실험·검증 체계 구축		① AI가 실험을 설계하면 로봇이 자동으로 수행하고 피드백하는 자율실험 원천기술 개발
			② 원천기술을 통합하여 고속검증 체계 구축
			③ 고속검증 체계의 연구·산업현장 적용 및 확산
	전략 ③ 지금까지 없던 혁신적 신약에 도전		① 기존 약으로 접근하기 어려운 새로운 표적 발굴
			② 새로운 방식으로 작용하는 차세대 치료제 개발
			③ 유망 후보물질의 임상 진입 가속화

□ 마일스톤 설정 근거

- ▶ 신약개발 패러다임이 AI 기반 설계·예측과 자동화 실험 중심으로 전환됨에 따라, 데이터·AI·실험을 연계한 차세대 신약개발 역량 확보 필요
- ▶ 장기간·고비용·높은 실패 위험이라는 기존 한계를 극복하고, 미충족 의료수요에 대응하기 위한 AI 기반 혁신신약 개발 체계 마련 필요

① AI 기반 신약개발 기술의 단계적 고도화 필요

- AI 신약개발은 생명현상 이해와 약물 반응 예측 수준을 지속적으로 확장하는 방향으로 발전 중으로, 데이터·AI 모델·실험 결과가 유기적으로 연계되는 연구 기반이 신약개발의 핵심 역량으로 부상
- 이러한 발전 방향에 맞춰 AI 모델과 자율실험 기술을 단계적으로 고도화하며, AI가 설계·검증·학습하며 스스로 성능을 향상시키는 차세대 신약개발 체계 마련 필요

② 신약개발 과정의 장기화와 높은 실패 위험 극복 필요

- 신약개발은 장기간과 막대한 비용이 소요되며, 약효·안전성 검증의 어려움으로 높은 실패 위험을 수반하여 개발 방식의 혁신 필요
 - ※ 신약 하나가 환자에게 전달되기까지 평균 14년 이상과 수조 원 규모의 비용이 소요되며, 임상 진입 후보물질 중 최종 허가까지 성공하는 비율은 10% 내외 수준
- AI 기반 예측과 자동화 실험을 결합하여 후보물질 검증 속도와 정확도를 높이고, 개발*기간 단축 및 성공 가능성 향상 필요

* 임상진입 후보물질 개발까지 약 7년 소요(2010 Nature Review Drug Discovery) - 참고1

③ 미충족 의료수요 대응을 위한 혁신적 접근 필요

- 암·희귀·난치질환 등 기존 치료제로는 한계가 존재하는 분야와 신·변종 감염병 대응을 위해서는 새로운 신약개발 방식 필요
 - ※ 전 세계적으로 약 7천여 종 이상의 희귀질환이 존재하며, 이 중 상당수는 승인 치료제가 없어 새로운 치료 접근 필요
- AI 기반 질병 이해와 치료제 설계 역량을 확보하여 기존 접근이 어려웠던 질환에 대한 새로운 치료 기회 확대 필요

□ 세부 추진 전략

- ◇ (추진 전략) AI 기반 신약 설계와 고속·자동화 검증을 연계한 혁신 플랫폼을 구축하여, 세계 최고 수준의 신약 파이프라인을 지속 창출하는 국가로 도약
- ▶ (전략 방향) 데이터·AI·실험을 연결하여 새로운 지식과 데이터를 지속 학습하고 발전하는 AI 기반 신약개발 플랫폼과 자율 연구체계를 단계적으로 구축
 - ▶ (핵심 목표) '35년까지 기존 치료가 어려웠던 질환을 극복하는 혁신신약 후보물질 발굴을 10배 가속(^{35년}8개월 이내)하고, 임상 성공 가능성을 2배 향상

- (전략① 신약 설계 방식 혁신) 연구자 경험 중심으로 이뤄지던 신약 탐색 방식을 데이터·AI 기반 고정밀 예측·설계 체계로 전환
 - (인체모사 파운데이션 모델) 인체 수준의 생명현상 이해 및 약물 반응 예측이 가능한 파운데이션 모델 개발로 다양한 표적·질환에 대한 신약 설계 정밀도 향상
 - ※ 난치암 등 특정질환군 특화 파운데이션 모델(예: 암면역미세환경 파운데이션 모델 등)을 시작으로 질환·표적을 확장하여, '35년 인체(Whole-body) 파운데이션 모델 완성
 - (자율 고도화 플랫폼) 신약 모달리티별 AI 설계기술*과 AI 과학자 기술을 결합**하여 연구과정에서 지속 학습·발전하는 플랫폼 구현
 - * 저분자신약 → 차세대 모달리티 → 신개념 모달리티 설계로 단계적 확장
 - ** AI 과학자 미션과의 협력을 통해 자율 고도화(Self-Reinforcement) 시스템 구현
 - (비임상 예측 모델) 동물실험을 보완*하고 후보물질의 평가 효율을 높이는 AI 기반 약효·약물동태·독성 예측 기술 확보
 - * 미국·EU의 첨단대체시험법(NAMs; New Approach Methodologies) 동향을 반영하여 국제 수준의 규제 수용성 확보
 - (데이터 구축·활용) 신약개발 전주기 AI-ready 데이터를 확보*하고, 단계별 데이터를 연계·활용하는 공유체계 및 제도 기반 마련**
 - * 모달리티별 공백데이터를 자율실험실 기반 단일 프로토콜로 생산·확보
 - ** 1) 바이오데이터·보건의료데이터의 안전한 활용을 담보하는 데이터 공유·활용 체계의 제도적 기반으로 「바이오데이터법」, 「디지털헬스케어법」 등 제정 추진
 - 2) 제도개선 전이라도 표적발굴·비임상·임상 데이터 AI 활용을 단계적 가속하기 위해 혁신 연구거점을 중심으로 개방 활용을 위한 규제샌드박스 적용 추진

- (**전략2** AI 기반 신약개발 자율화) 신약개발 가속화를 위해 AI 설계
 - 자동화 실험 - 결과 환류가 연계되는 고속 검증 체계를 구축
 - (자율실험 원천기술) AI 기반 실험 설계·관리·제어 기술, AI·로봇 기반 실험 자동화 기술 등 자율실험 구현을 위한 핵심기술 개발
 - ※ 저분자 신약 → 차세대 모달리티(항체·ADC·유전자세포치료제 등)로 적용범위 확장
 - (고속 실험·검증 체계) AI·자동화 기술을 통합하여 후보 설계-실험-분석-재설계가 빠르게 반복되는 체계(Lab-in-the-Loop) 구축
 - (실증·확산) 공공 연구거점과 민간 역량을 연계하여 병원·연구소·CRO·제약기업 대상 실환경 검증 및 플랫폼 확산 추진
 - ※ 'AI 바이오 혁신거점'을 중심으로 데이터·모델·인프라를 연결하여 산업 활용 기반 마련
- (**전략3** 혁신신약 창출 가속화) AI 설계와 고속 검증 성과를 연계하여 기존 한계를 넘어서는 혁신신약 후보 확보 및 임상 진입 가속
 - (새로운 표적 발굴) AI 기반 질병·생명현상 분석을 통해 기존 약물로 공략하기 어려웠던 질병 표적·원인(Undruggable 표적)을 발굴·제어
 - (신개념 모달리티 설계) 기존 치료 방식의 한계를 넘어 새로운 작용 원리와 치료 방식을 갖는 신개념 모달리티 탐색·개발 가속화
 - ※ AI 과학자와의 협업을 통해 질병 기전과 분자 상호작용을 새롭게 이해하고, 기존 방식으로 구현하기 어려웠던 새로운 치료 전략 및 신약 후보 설계
 - (임상진입 가속) AI 신약 설계 플랫폼과 자율실험 기반 고속 검증 체계를 연계하여 유망한 혁신신약 후보의 비임상·임상 진입 가속

< 참고 : AI신약 미션 성과 확산체계 >



□ 주요 사업 현황

○ '27년 핵심사업* 260억원 포함, 총 1,838억원 규모 사업 연계 예정

* 암면역미세환경 파운데이션모델 구축('27년 100억원, '27~'30)

AI-자율실험 기반 차세대 신약 연구거점 구축('27년 160억원, '27~'30)

(단위:백만원)

구 분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략 ① AI 기반으로 신약 설계 방식 혁신	① 파운데이션 모델	(핵심) 암면역미세환경 파운데이션모델 구축	-	10,000
		인공지능 바이오 (과제) 멀티모달 FM 구축, Undruggable 표적 발굴	7,000	9,200
	② 모달리티 설계	인공지능 바이오 (과제) RNA 스크리닝, RNA 신약 개발	3,900	5,200
		미래 의료혁신 대응 (과제) 희귀·난치질환 치료제 개발	2,000	2,000
		차세대 바이오 (과제) 유전체 편집·제어, 차세대 치료기술 개발	17,650	17,150
		전략연구사업 (과제) 하이브리드, 차세대 치료제 개발(생명연)	6,555	13,054
		인공지능 바이오 (과제) 디지털 AI세포, 스마트 전임상 플랫폼	4,950	9,275
	③ 약효·독성 예측	전략연구사업 (과제) 가상 독성평가 플랫폼 개발(독성연)	-	3,009
		국가 통합 바이오 빅데이터 구축사업	42,123	36,566
		인공지능 바이오 (과제) 디지털 분자지도, AI 항체은행, 신약 플랫폼 실용화	9,050	8,400
		미래 의료혁신 대응 (과제) 유전자 라이브러리 약물 스크리닝 플랫폼	5,424	3,024
전략 ② AI·로봇 기반 자율실험 체계 구축	① 자율실험 원천기술	인공지능 바이오 (과제) 자율실험실, AI신약 플랫폼	16,300	21,725
	② 고속실험· 검증 인프라	(핵심) AI-자율실험 차세대신약 연구거점 구축	-	16,000
		인공지능 바이오 (과제) AIxBio 혁신 연구거점 조성	10,200	13,200
		임상 연계 AI 정밀의료 연구거점 구축	-	16,000
	③ 연구·산업 현장 실증	-	-	-
전략 ③ 지금까지 없던 혁신적 신약에 도전	① 새로운 표적 발굴	※ NAIS 협력을 통한 신약개발 특화 AI과학자 플랫폼 구축·개방	-	-
	② 신개념 모달 리티 설계		-	-
	③ 임상진입 가속화	※ 전략①, 전략②에서 구축한 모델·데이터·인프라 종합 활용	-	-
소계			125,152	183,803

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도								
		1단계				2단계			3단계	
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34
① AI 기반으로 신약 설계 방식 혁신	① 파운데이션 모델	세포-조직 수준 파운데이션 모델 개발			조직-장기 수준 파운데이션 모델 개발			인체 수준 파운데이션 모델 개발		
	② 모달리티 설계	신약 모달리티별 후보물질 설계 기술 개발			AI 기반 고정밀 생체분자 신약 개발			AI 기반 신규 표적·모달리티 설계 기술 및 AI Co-Scientist 확보		
	③ 약효·독성 예측	핵심 질환 대응 표준화된 디지털 비임상 기술 확보			국내 인허가용 디지털 비임상 플랫폼 구축			국제 인증용 디지털 비임상 플랫폼 고도화		
	④ 레퍼런스 데이터	신약개발 AI-ready 메머드 데이터셋 확보	바이오데이터 공유·활용 체계 및 제도 개선		질환별 AI 특화 데이터 구축 및 환류·통합활용 체계 고도화			휴먼 디지털 트윈 구현 자율 합성데이터 시스템 구축		
② AI·로봇 기반 자율실험 체계 구축	① 자율실험 원천기술	저분자신약 자율실험실 원천기술 및 체계 확보			뉴모달리티별 자율실험 신약 개발 체계 확보			AI 기반 신규 모달리티 혁신신약 자율실험실 체계 구축		
	② 실험·검증 인프라			혁신신약 고속검증 인프라 확립	혁신신약 Lab-in-the-Loop기반 고속검증 체계 확보			AI-자동화기술 통합 Lab-in-the-Loop기반 고속검증 인프라 구축		
	③ 연구·산업 현장 실증			AI신약 혁신연구 거점 중심 자율실험체계 실증 지원	데이터·AI모델인프라 연결을 통한 AI신약 혁신연구 거점 및 민간중심 실증			데이터·AI모델인프라 연결을 통한 혁신신약 실증/비임상 고속화 및 민간 확산		
③ 지금까지 없던 혁신적 신약에 도전	① 새로운 표적 발굴	Undruggable 표적 극복 가설 생성 및 검증	Undruggable 표적 극복 혁신신약 원천기술 확보		Undruggable 표적 극복 AI기반 혁신신약 개발			노블표적 혁신신약 개발		
	② 신개념 모달리티 설계	뉴/노블 모달리티 가설 생성 및 검증	뉴/노블 모달리티 탐색 및 원천기술 확보		뉴/노블 모달리티 신약 개발					
	③ 임상진입 가속화	희귀질환 노블표적 후보 도출	난치·희귀질환 노블표적 발굴		난치·희귀질환 변이표적 혁신신약 후보물질 발굴			블록버스터급 혁신신약 후보물질 임상 가속화		

2. BCI 미션

□ 추진 배경

- (필요성) AI와 바이오 기술을 바탕으로 인간의 뇌를 이해하고, 로봇·컴퓨터 등 외부 기기와 뇌를 연결하는 BCI*가 미래 핵심기술로 부상

* BCI(Brain-Computer Interface) : 뇌와 컴퓨터가 생각만으로 소통하는 기술

- 현재 의료·산업·국방 등 다양한 분야에서 BCI 활용시장이 형성되는 초기 단계에서, BCI 기술 주도권 확보를 위한 선제적 투자 필요
 - (글로벌 현황) BCI 기술이 성숙단계로 진입하면서, 세계 주요국은 BCI 상용화 및 시장선점을 위한 대규모 투자와 기반조성 진행
 - (기술) 전극·반도체 등 BCI 요소기술은 이미 개발되었으며, 다양한 구조와 여러가지 기능을 가지는 AI 융합형 BCI 제품 개발 중
 - (시장) 뉴럴링크·싱크론 등 글로벌 기업은 대규모 투자를 통한 BCI 제품개발 및 임상시험, 양산체계 구축 등 상용화 경쟁 돌입
 - (기반) 미국·중국은 국가 주도의 BCI 실증인프라 구축, BCI 평가 지침 마련 및 신속심사 등을 통해 BCI 상용화 기반조성
- ※ (미국) 침습형 BCI 지침 마련('21, FDA), 국가영장류센터(NPRC) 운영(2.7만 마리)
(중국) 침습형 BCI 혁신의료기기 특별심사 적용('26, 中 NMPA),
국제영장류뇌연구소(ICPBR) 등 대규모 영장류 전임상시험 인프라 운영
- (현황 진단) 선진국과 BCI 기술·경험격차 존재, BCI 특화 AI모델 및 학습데이터를 확보해야 하며 BCI 상용화를 위한 제도·인프라도 미비
 - (기술·제품) 선행사업을 통해 전극·반도체 등 요소기술은 확보하였으나 선진국과 기술격차가 존재하며, 완제품 설계·개발 경험도 미흡
 - (AI·데이터) 뇌심부·뇌표면·근육 등에서 발생하는 신경신호를 통합·해석하는 AI모델이 미비, 모델 학습을 위한 BCI 실사용 데이터 확보 필요
 - (인프라·제도) 국내 BCI 생태계는 신생 단계로, 선진국대비 BCI 실증·생산 인프라가 부족하고 임상시험 가이드라인 및 인허가 품목군도 미비

□ 미션 체계

미션	사람의 신체·인지 능력을 회복·증강하기 위한 뇌 임플란트 상용화	
목표	사지마비·결손, 감각장애, 뇌질환 환자 능력회복을 지원하는 국산 BCI 제품 상용화 및 글로벌 시장 진출	
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결	제도적 난제 해결
	'29 - 로봇팔 제어 실증 - 뇌전증 발작 30% 감소 - 광점(light spot) 인식수준	'29 - 동물대상 실증(전임상) 완료 - GMP인증 제조시설 확보
	'32 - 분당 150글자 이상 의사소통 - 뇌전증 발작 50% 감소 - 단순 도형 식별 수준	'32 - 인간대상 임상 진행 - 영장류 실증인프라(500두 이상)
	'35 - 사지마비환자 일상회복 - 뇌전증 치료 BCI 상용화 - 일상 사물 식별 수준	'35 - BCI 상용화 및 해외진출 - 실사용데이터(10만 시간 이상)
전략 및 과제	전략 ① BCI 완제품 개발 및 요소기술 고도화	① BCI 완제품 설계 및 실증
		② BCI 요소기술 고도화
	전략 ② 뇌신호해석 AI모델 확보·적용	① 뇌신호 데이터베이스 구축
		② 뇌신호 해석 AI모델 개발·고도화
		③ 개인 맞춤형 AI모델 조정
	전략 ③ BCI 특화 인프라조성, 제도정비	① BCI 특화 제조·실증인프라 확보
		② BCI 규제 합리화 및 임상 지원

□ 마일스톤 설정 근거

- 본 미션의 핵심 목표는 **BCI 제품의 상용화 및 글로벌 시장진출**인 만큼, 단순 연구개발이 아닌 **상용화에 필요한 마일스톤을 설정할 필요**
- 인간 신체능력 증강 유형별 **BCI 제품의 성능목표**와 BCI 상용화를 위한 **인허가 대응·인프라확보** 등을 핵심 마일스톤으로 제시

① 기술적 난제 해결

- 사지마비, 뇌질환, 감각장애 등 환자의 정상인 수준 능력회복을 목표로 삼고, 능력회복을 위한 BCI 제품 성능을 마일스톤으로 설정
 - 현재 세계 최고수준 BCI 제품 성능보다 2배 이상 도전적인 최종 목표를 설정하고, 최종목표 달성을 위한 단계별 목표 제시

구 분	최종 목표	현재 수준	
		국 내	해 외
① 기계작동	100종류의 명령어	4종류	20종류
② 의사소통	분당 30문자/99%	분당 10문자/80%	분당 150문자/95%
③ 시각복원	일상사물 식별	-	알파벳
④ 뇌질환치료	난치성 우울증 / 파킨슨병 60% 개선	-	파킨슨병 치료/ 60% 개선

② 제도적 난제 해결

- BCI 상용화를 위해서는 의료기기 인허가 절차를 따라야 하며, 그 과정에서 요구되는 규제대응·인프라확보를 마일스톤으로 결정
 - 전임상·탐색임상 / 확증임상 / 제조허가 등 단계별 의료기기 인허가 통과 및 실증·생산 인프라 확보를 목표로 제시

구 분	최종 목표	현재 수준	
		국 내	해 외
① 뇌파 데이터	>10만 시간	-	>1만 시간
② 실증인프라	BCI 전용 500두	<10마리	>1000마리
③ 인허가통과	상용화·보험적용 및 해외 진출	표면침습형 BCI 탐색임상	침습형 BCI 상용화(중국)

□ 세부 추진 전략

◇ (추진방향) BCI 요소기술, 완제품, 실증인프라를 확보하고 관련 생태계를 조성하여, 국산 BCI 상용화와 글로벌 BCI 시장 진출 실현

- ▶ (전략방향) 선진국과의 기술격차를 좁히기 위한 대규모 R&D 투자와 동시에, BCI 실사용데이터를 이용한 AI 고도화 및 BCI 인프라구축·규제합리화 병행
- ▶ (핵심목표) 사지마비·뇌질환 극복 BCI제품 상용화·해외진출(~'35), 10만 시간 이상의 BCI 실사용데이터 및 세계 최고 수준 뇌신호해석 AI 확보(~'35)

○ (전략기술·제품) BCI 완제품 설계·실증(~'28), 초격차 요소기술 확보·적용(~'31)

- (완제품) 기존에 개발 완료된 요소기술을 활용하여 다양한 형태의 BCI 완제품*을 설계·실증(3종 이상)하며 설계경험과 데이터 축적

* 표면형(프리티전 뉴로사이언스), 초미세 삽입형(블랙락) 등 기존제품 설계 벤치마킹과 신개념 제품설계·검증 병행, 특히 HW 설계과정에 AI 적극 활용

- (요소기술) 요소기술 전반에 AI를 활용*하는 창의·도전적 연구개발 지원, 완제품 호환성을 높이기 위한 요소기술별 표준 정립

* (예) AI를 활용한 전극소재 탐색, AI 기반의 반도체칩 설계·시뮬레이션, AI로봇을 이용한 BCI 이식수술 자동화·표준화 등

< (참고) 개발대상 BCI 제품 및 제품유형별 핵심 요소기술 >

구 분	핵심 요소기술
사지마비 극복	① 언어, 신체 움직임 등 의사소통 뇌신호 측정 기술
	② 넓은 뇌 부위의 뇌신호 정밀 측정 전극 기술
	③ 외부 기기와의 연결 기술
뇌질환 치료	① 침습형 뇌심부 정밀 자극 기술
	② 뇌신호 기반 뇌 피드백 자극 기술
	③ 질환치료를 위한 뇌부위 매핑 기술
시각장애 극복	① 침습형 다중 뇌부위 정밀 동시 자극 기술
	② 감각복원을 위한 뇌부위 매핑 기술
	③ 감각에 따른 자극 신호 생성 기술
인공 신체	① 센서가 집적된 인공신체
	② 인간신체-인공신체 다중신경 연결기술
	③ 피드백 기반 제어기술

- (**전략2** AI·데이터) BCI 실사용데이터 수집('29~), 세계 최고 뇌신호해석AI 확보(~'35)
 - 개발된 BCI 완제품의 실증*을 단기간에 완료하고, 식약처 컨설팅**을 거쳐 인간 대상의 소규모 연구자 임상에 착수, 실사용데이터 수집
 - * 실험동물(미니돼지, 영장류 등)을 대상으로 제품의 성능 및 안전성 확인
 - ** 혁신제품 사전상담제도 : 연구개발 단계부터 식약처가 직접 인허가전략 컨설팅
 - 공개데이터 기반 초기 AI모델 개발 후 실사용데이터를 활용한 모델 학습·고도화 → 세계 최고 수준의 뇌신호해석 AI모델 확보

< (참고) BCI 특화 AI모델에 필요한 핵심 성능 >

- ① 다양한 유형의 신경신호를 통합적으로 해석하며 사용자 의도를 추론
 - 뇌심부/뇌표면/근육/말초신경 등 다양한 신경신호 유형별 특징과 신호유형 간 상관관계를 이해하고, 여러 신호를 함께 분석하여 사용자 의도를 정확하게 추론
- ② 외부로의 데이터 전송 없이 BCI 기기 내부에서 직접 분석·계산·추론 수행
 - BCI 기기에서의 발열을 최소화하기 위해 적은 계산량으로 많은 작업을 처리할 수 있어야 하며, 반도체 칩의 구조에 최적화된 AI모델 설계 필요
- ③ 개인별 뇌신호의 특성을 반영하여 사용자 맞춤형으로 튜닝
 - BCI 사용 개시 후 단기간 내에 사용자의 고유 특성을 학습하여 모델 정확도를 개선하고, 장기간 사용 과정에서 발생하는 신경신호 특성 변화에도 대응할 필요

- (**전략3** 제도·인프라) BCI 규제 합리화(~'27), BCI 특화 인프라 확보(~'31)
 - (제도) 민·관이 함께 BCI 규제합리화 로드맵*을 기획·확정하고('27), BCI 완제품의 임상시험·신의료기술평가 지원(식약처 혁신제품 사전상담 등)
 - * 규제합리화위원회 전체회의('26.4.) 후속조치, 기술개발에 따른 미래 규제쟁점 예측·대응
 - (인프라) BCI에 특화된 영장류 기반 실증 인프라, BCI 제품 생산을 위한 GMP 인증 생산시설(Fab) 등을 확보하여 실증·제조 지원

< (참고) BCI 인프라 구축·활용방안 >

- (실증) BCI 시제품의 실증을 위한 전임상 인프라와 실험동물 확보
 - (단기) 기존 전임상 실험시설의 증축, 실험동물 확충을 통한 BCI 실증수요 충족
 - (장기) 권역별 뇌산업 특화 전임상인프라 구축, 안정적 실험동물 공급체계 마련
- (생산) BCI 시제품 제작 및 판매용 제품 양산 등을 위한 GMP 생산인프라 구축
 - (단기) GMP시설 보유 연구기관과의 MOU를 통해 연구용 BCI제품 생산시설 확보
 - (장기) BCI 연구 참여기업 보유인프라 등을 활용하여 대규모 양산체계 구축

□ 주요 사업 현황

○ '27년 핵심사업* 295억원 포함, 총 479억원 규모 사업 연계 예정

* 브레인링크 이니셔티브('27년 195억원, '27~'36), 뇌산업 특화 정밀뇌지도 구축('27년 43억원, '27~'33), 뇌산업 특화 전임상 지원센터 구축('27년 57억원, '27~'31)

(단위:백만원)

구 분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략 ① BCI 완제품 개발 및 요소기술 고도화	❶ BCI 완제품 설계 및 실증	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역1) 국민체감 7대 임무중심 프로젝트	-	13,500
	❷ BCI 요소기술 고도화	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역2) BCI 전극,반도체, 임상, 전임상 기술	-	2,550
전략 ② 뇌신호해석 AI 모델 확보·적용	❶ 뇌신호 데이터베이스 구축	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역2) 데이터/수집 관리	-	600
	❷ 뇌신호 해석 AI 모델 개발·고도화	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역2) BCI특화 AI 모델개발	-	300
		(핵심) 뇌산업 특화 정밀 뇌지도 구축	-	4,300
	❸ 개인 맞춤형 AI 조정	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역2) BCI 특화 임상 기술	-	300
전략 ③ BCI 특화 인프라조성, 제도정비	❶ BCI 특화 제조·실증인프라 확보	(핵심) 뇌산업 특화 전임상 지원센터 구축	-	5,700
	❷ BCI 규제합리화 및 임상지원	(핵심) 브레인링크 이니셔티브 (내역3) BCI 사업화 지원	-	2,250
소계				29,500

□ 연차별 로드맵(추진전략 및 과제)

구분			추진연도								
			1단계				2단계			3단계	
			'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34
① 기술·제품	① 완제품 설계·실증			완제품 설계 및 검증		완제품 임상시험 진행, 비즈니스모델 마련				완제품 판매 개시	
	② 요소기술 고도화			BCI 초격차 요소기술 확보				요소기술 적용 및 지속 고도화			
② AI 데이터	① 뇌신호 DB구축			개방데이터 활용		임상을 통한 뇌신호 데이터베이스 확보			뇌신호DB 기반의 AI 학습용 데이터셋 구축		
	② 뇌신호 해석AI	언어		단어 수준 뇌신호 AI 모델 개발		문장 수준 뇌신호 AI 모델 개발		실시간 의사소통 뇌신호 AI 모델 개발			
		운동		팔운동 뇌신호 AI모델 개발		손운동 뇌신호 AI모델 개발		손/팔/다리 운동 뇌신호 AI모델 개발			
	③ 개인맞춤형 AI 조정			적응기간 1개월		적응기간 1주일			적응기간 1일 미만		
③ 인프라 제도	① 인프라 구축	생산		공동활용 GMP FAB 확보		연구목적 소규모 생산인프라 임대		대규모 생산 인프라 운영			
		실증		기존시설 증축·활용		신규시설 신축, 영장류 추가확보		안정적 영장류 수급 및 서비스 제공			
	② 규제합리화, 임상지원			규제 합리화 로드맵 수립	최초인체 적용		탐색임상		확증임상		제조허가 신의료기술 평가

□ 연차별 로드맵(제품유형별 기술개발)

분야	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	'36
① 사지 마비	사지마비 환자 로봇팔 제어			분당 150글자 이상으로 의사소통			사지마비 환자 이동 및 의사소통 플랫폼 상용화			
	삽입형 BCI 전극 개발		뇌의 다중부위 신호 측정 기술 개발			외부 기기와의 연결 기술 개발				
		뇌신호 데이터 분석 기술 개발				스파이크 기반 언어 뇌신호 FM 개발				
② 뇌질환	뇌전증 환자 발작 30% 감소				뇌전증 환자 발작 50% 감소			뇌질환 치료 임플란트 상용화		
	정밀 뇌자극 기술			뇌신호 기반 피드백 자극 기술			파킨슨병, 우울증 등 치료 부위 연구 및 임상시험			
		뇌질환 치료 목적 뇌영역 연구				정밀 자극 기기 임상 허가				
③ 감각 복원	시각장애 환자 광점 인식				시각장애 환자 단순 도형 식별			시각 장애 환자 일상 사물 식별		
	감각복원을 위한 뇌부위 매핑 기술			감각에 따른 자극 신호 생성 기술			침습형 다중 뇌 부위 동시 자극 기술			
		다중 부위 뇌 자극 기기			장기간 안전한 뇌자극 기기 개발					
④ 인공 신체	상지 인공신체 다중신경 연계 연결				상지 인공신체 다중신경 연계 연결			인공신체 일체화율 80% 이상		
			센서가 집적된 인공신체 개발				피드백 기반 제어 기술 개발			
	스파이크 기반 운동 뇌신호 FM 개발					다종의 뇌신호 FM 개발				

3. 태양전지 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 탄소중립 목표 달성을 지원하며 급증하는 전력수요에
동시 대응하기 위해 초고효율 태양광 기반 에너지 전환 시급
 - 재생에너지 확대정책(2035 NDC 등)과 더불어, 첨단산업(반도체·AI 등)
으로 인한 전력수요 증가로 고효율 무탄소 전원기술 확보 필요성 증대
 - 해외 의존도가 높은 기존 실리콘 기반 태양광 시장을 탈피하여
시장·공급망 한계를 돌파할 차세대 태양전지(태양광 소자) 선점 필요
- (글로벌 현황) 중국 실리콘 태양전지 중심의 현 태양광 시장을
돌파하기 위해 차세대 태양전지를 위한 글로벌 기술경쟁 심화
 - (시장) '26년 기준 약 4,000억 달러(500조 원, IEA)이며, 실리콘 태
양전지를 중심(98%)으로 중국 주도의 글로벌 공급망 형성

< 태양전지 밸류체인 중국 점유율(2024) >

폴리실리콘	웨이퍼	셀	패널
중국(95.4%)	중국(96.6%)	중국(90.1%)	중국(86.4%)

※ 2025년 태양광 발전량은 2.7천TWh로 전체 전력 소비량 중 약 8% 점유(IEA, 2026)

- (기술) 주요국들은 차세대 태양전지로 페로브스카이트 태양전지
기술개발을 추진하며 중간단계로서 탠덤 태양전지* 상용화 추진
 - * 기존 실리콘 태양전지의 이론적 효율 한계($\leq 29\%$)를 극복(접합 시 $\geq 40\%$)할 수
있으며 유연성과 저중량, 낮은 원자재가격 특성을 지닌 차세대 태양전지 신소재
- (국내 현황 진단) 페로브스카이트·CIGS 등 차세대 태양전지 분야에서
확보된 세계적 수준의 원천기술을 바탕으로 상용화 기반을 구축할 시점
 - 실험실 규모에서 세계 최고 효율*을 달성하는 등 우수한 성과를 보유
하고 있으나 실사용처 확대 및 대규모 양산을 위한 실증 인프라 부족
 - * 페로브스카이트/CIGS 탠덤 태양전지 세계 최고 효율 26.7% 달성('26.9)
 - 기존 연구방식(Trial and error)을 탈피하고 전주기 데이터를 연계한
AI 활용 자율실험 및 제조 플랫폼을 구축하여 기술개발 가속화 필요

□ 미션 체계

미션	탄소중립 시대 에너지 전환 선도를 위한 차세대 초고효율 태양전지 원천·상용화 기술 선점	
목표	AI 기반 설계로 초고효율 태양전지 원천기술의 신속 고도화 및 인프라 구축을 통한 차세대 태양전지 조기상용화	
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결	사회적 난제 해결
	'29 - 28% 효율 미니모듈 - 공간제약 극복 기반 - 소자 안정성 기준	'29 - 태양광 설치 입지 부족 - 주민·지역 수용성 문제 - 전력수요 증가 대응 한계
	'32 - 33% 효율 스몰모듈 - 사용처 실증 - 소자 장기 안정성 확보	'32 - 도심 발전공간 부족 - 재생에너지 계통 문제 - 지역별 발전·수요 불균형
	'35 - 35% 효율 대형모듈 - 환경 적응형 모델 개발 - 극한 환경 안정성 완성	'35 - 탄소중립 사회적 비용 - 에너지 안보 문제 - 산업·생활 탈탄소화 요구
전략 및 과제	전략 ① 고효율 대면적 다중접합 모듈 개발	① 35% 보급형 다중접합 태양광 모듈 구현 기술 개발
		② 장수명 태양광 모듈 설계 기술 개발
		③ 보급형 스탠다드 모듈 양산 및 실증 기술 개발
		④ AI 기반 고효율·장수명 다중접합 모듈 통합설계 및 확산
	전략 ② 사용처 다변형 태양광 모듈 개발	① 경량유연 다중접합 태양광 모듈 구현 및 사용처 다변형 실증
		② 스펙트럼·입사각 적응 고에너지수율 다중접합 기술개발
		③ 인공표면 광발전 시스템 구축 및 대표수요처 통합 실증 기술
	전략 ③ 초고효율 다중접합 태양전지 실증 센터 구축	① 상용화(스탠다드 급 이상) 대면적 공정 장비 구축 및 실증
		② 다중접합 모듈 특성 평가(Test-Bed) 플랫폼 구축
		③ AI 기반의 무인 - 자율 FAB 구축 및 실증

□ 마일스톤 설정 근거

- 페로브스카이트 태양전지 분야 글로벌 최고 수준 기술 확보
- 차세대 태양전지 개발 및 양산으로 글로벌 태양전지 시장 선도

① 양산 효율 28%의 페로브스카이트 다중접합 태양광 모듈 구현 (혁신기)

- 기존기술의 한계치를 뛰어넘는 신소자 개발 및 소형 스케일 구현
 - 기존 상용화된 N타입 실리콘 태양전지의 이론적 양산 효율의 최대치*인 27.3%를 넘어서는 다중접합 미니모듈(200cm^2) 구현 목표
- * 이론적 한계(29.4%)에서 재결합 손실률 등을 고려하였을 때 단일 실리콘 셀로 만들 수 있는 공학적 한계는 '27.3%'

② 양산 효율 33% 다중접합 태양광 스펙 모듈 구현 (돌파기)

- 국내 기술로 개발한 신소자·기술의 상용화 가능성 검증 및 본격적인 글로벌 차세대 태양전지 시장 선도 입지 확보
 - 기존 태양광 시장을 극복하기 위한 최소 효율은 30% 이상으로 판단되며, 상업화를 위한 핵심 목표 효율은 33%로 예상
- 33% 다중접합 태양광 스펙모듈($\geq 200\text{cm}^2$) 구현을 위한 Pilot 규모 실증 시설 및 대면적 공정 인프라 기반시설 구축

③ 35% 효율 다중접합 태양광 스탠다드모듈($6,500\text{cm}^2$) 구현 및 대형 모듈($25,200\text{cm}^2$) 양산체계 확립 (확산기)

- 현재 상용화를 앞두고 있는 페로브스카이트-실리콘 탠덤 태양전지*를 뛰어넘는 글로벌 태양광 시장 최고수준의 시장성/기술성 확보 목표
- * 중국의 LONGi에서 태양전지 셀효율 35.5%를 달성('26.7)
- ※ 기술발전 속도 및 상용화를 위한 모듈화 시 태양광 발전 효율 감소 등을 고려하였을 때 관련 기술 경쟁국은 2035년 32% 효율 수준의 상용 모듈 보유 예상
- 태양전지의 사용처 별 모듈제작부터 성능 평가·인증 등 상용화 지원을 위한 기업 협력 기반 인프라를 운용하여 태양전지의 보급 추진

□ 세부 추진 전략

- ◇ (추진 전략) 초고효율·장수명 다중접합 태양전지의 핵심 원천기술을 확보하고, 대면적·양산 기술로 확장하여 세계 최고 수준의 차세대 태양전지 시장 경쟁력 확보
 - ▶ (전략 방향) 전주기 데이터 연계 AI 모델을 구축하여 초고효율 태양전지 핵심 기술 개발을 가속화하고, 민간기업과 협력하여 상용화 테스트베드 구축 사업 추진
 - ▶ (핵심 목표) '35년까지 차세대 초고효율($\geq 35\%$) 태양전지 대면적($25,200\text{cm}^2$) 모듈을 개발하고 수요처를 다양화(건물, 차량, 우주 등)하여 조기 상용화를 위한 인프라 구축

- ◇ K-문샷 초격차 태양전지 미션 목표인 ①대면적화, ②생산단가 절감, ③고내구화, ④경량화 및 유연성 제고 달성을 위한 3대 전략 추진

- (전략① 초고효율 대면적화) 차세대 태양전지 AI Foundation 모델을 확립하고, '35년까지 35% 이상의 보급형 모듈 핵심원천기술 확보
 - (모듈 구현) 대면적화에 따른 효율 저하 및 출력 불균일 문제를 해결하여 35% 이상 효율의 대형 모듈($25,200\text{cm}^2$ 급) 기술 확보
 - (내구성) AI를 활용하여 태양전지 모듈의 열화 매커니즘을 분석하고 20년동안 유지(초기출력 대비 80%이상)할 수 있는 소자 구조 확보
 - (양산 실증) 스탠다드급 대면적 모듈 양산을 위한 공정자동화 기술 개발 및 수요처 대상 모듈 현장 실증, 성능 검증 평가기준 확립
 - ※ 양산 수율 90% 이상, 모듈 효율 편차 $\pm 3\%$ 이내
 - (AI 통합설계) 소재조성 · 소자구조 · 공정조건 등 데이터 기반 AI 최적화 통합설계 기술을 개발하여 최적조건 탐색 가속화
- (전략② 사용처다변형) 응용분야 및 활용처 확대를 위한 경량·유연 특성 등 사용처 맞춤형 성능 고도화 및 에너지 자율화 기술 연구 개발
 - (경량·유연) 발전량을 극대화하고 다양한 수요처에 적용하기 위한 경량·유연 다중접합 태양전지 구조 설계 및 물성 최적화 기술개발
 - (모빌리티) 차량 등 모빌리티용 페로브 태양전지의 소재 국산화 및 신규 소재 대량 양산기술, 상용화를 위한 공정 기술 개발

- (에너지자립) 도심 내 방음벽, 캐노피 등 인공구조물에 설치가 용이한 신개념 도심 태양광 발전-저장 일체화 시스템 개발
 - (우주태양광) ①초고비출력(400W/kg) 기술 및 ②우주환경 적응 기술과 ③패키징 원천기술을 확보하여 우주용 태양전지 기술 확보(우주청 연계)
- ※ 응용분야 및 활용처는 시장성숙도·상용화 가능성을 고려하여 선택·집중 기술개발 추진
- (전략3 인프라 구축) 산·학·연과 연계하여 태양전지 분야 모든 연구주체를 위한 전주기(모듈 제작-성능 검증-인증 및 시스템 연계) 지원 인프라 구축
- (공정 실증) 대형 모듈(>25,200 cm²) 다중접합 모듈 제조 장비와 소재·소자·모듈 단계별 통합 실증·평가 라인 구축
 - (테스트베드) 고효율·장수명 다중접합 모듈을 종합 평가(효율·출력·스펙트럼 응답·온도특성·열화 등) 할 수 있는 통합 Test-Bed 구축
 - (자율 FAB) 공정단계별 이상진단과 공정조건을 자동으로 최적화 하는 페루프 자율제조(자동화율 90%) 시스템을 구축하여 24시간 연속운전이 가능한 무인·자율 FAB 구현

< K-문샷 태양전지 프로그램 전략체계도 >



□ 주요 사업 현황

○ '27년 핵심사업* 134억원 포함, 총 367억원 규모 사업 연계 추진

* Net-zero 구현 초격차 태양전지 개발('27년 134억원, '26~'30)

(단위:백만원)

구 분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략① 고효율 대면적 다중접합 모듈	과제① 35% 보급형 태양광 모듈 구현 기술 개발	무탄소에너지 핵심기술 개발 (삼중 페로브 태양전지 원천기술 개발)	811	811
		(핵심) Net-zero구현 초격차 태양전지 개발 (30%향 초고효율 고차 다중접합 태양전지 서브모듈)	-	3,074
	과제② 장수명 태양광 모듈 설계 기술 개발	무탄소에너지 핵심기술 개발 (페로브 단일 장기안정성 기술 개발)	1,182	1,182
	과제③ 보급형 스탠다드 모듈 양상·실증 기술 개발	무탄소에너지 핵심기술 개발 (안티모니 칼코젠 무기박막 태양전지 기술개발)	675	675
		(핵심) Net-zero구현 초격차 태양전지 개발 (용액 공정, 건식 공정 기반 페로브 모듈 제작 기술)	1,875	3,684
전략② 사용처 다변형 태양광 모듈	과제④ AI 기반 고효율·장수명 다중접합 모듈 통합설계 및 확산	(핵심) Net-zero구현 초격차 태양전지 개발 (AI 기반 페로브 태양전지 수명 예측 기술)	625	948
	과제① 경량·유연 다중접합 태양광 모듈 구현 및 사용처 다변형 실증	모빌리티용 페로브 태양전지 상용화 기술 개발(전략, 화학연)	-	7,175
	과제② 스펙트럼·입사각 적응 고에너지 수율 다중접합 기술개발	경량·유연 CIGS계 기반 삼중접합 아키텍처 최적화(전략, 에너지연)	-	4,160
		무탄소에너지 핵심기술 개발 (CIGS 사용처다변형 다중접합 기술 개발)	1,182	1,182
		(핵심) Net-zero구현 초격차 태양전지 개발 (유연 페로브기반 다중접합 태양전지, 스펙트럼-입사각 적응형 태양전지 기반기술, 초저하중 부착·일체형 태양전지 기반기술)	2,500	5,715
	과제③ 인공표면 광발전 시스템 구축 및 대표 수요처 통합 실증	인공표면 대응 가변형상 광발전 시스템 원천 기술 개발(전략, KIST)	4,670	8,154
소계			13,520	36,760

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계				2단계			3단계		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
① 고효율 대면적 다중접합 모듈	① 다중 접합 모듈	28% 다중접합 모듈 원천 기술 개발				33% 다중접합 모듈 원천 기술 개발			35% 다중접합 모듈 원천 기술 개발		
	② 장수명 모듈	장수명모듈 (T60*) 기술 개발				장수명모듈 (T75*) 기술 개발			장수명모듈 (T85*) 기술 개발		
	※ Txx : 20년 기준, 초기 효율 대비 xx% 저하(가속 평가 기준)										
	③ 보급형 모듈	다중접합 대면적화 기술 개발 (미니 모듈, 200cm ²)			다중접합 스몰모듈 제 조 공정 기술 개발 (스몰모듈, 850cm ²)			다중접합 스탠다드 모듈(6,500cm ²) 제조 공정 기술 개발 다중접합 대형 모듈(~25,200 cm ²) 제조 공정 기술 실증			
	④ AI기반 통합 설계	다중접합DB 구축 및 성능-수명 예측 AI 모델 개발			AI 기반 다중접합 제조공 정 최적화 및 복합환경 수명 예측 모델 개발			AI 기반 다중접합 모듈제조 통합 기술 개발 (자동화 실험실 연계)			
② 사용처 다변형 태양광 모듈	① 사용처 다변형 실증	유연·경량 다중접합 태양광 모듈 원천 기술 개발				유연·경량 다중접합 태양광 모듈 기술 개발			사용처 다변형 태양광 모듈 실증		
	② 적응형 高수율	스펙트럼-입사각 적응형 다중접합 기술 개발 (c-Si단일 대비 연간에너지 수율 10% 이상향상)			스펙트럼 적응 고에너지 수율 다중접합 기술 개발 (c-Si단일 대비 연간에너지수 율 30% 이상 향상)			광/구조 환경 적응형 · 실환경 수율표준 (c-Si단일 대비 연간에너지수율 50% 이상 향상)			
	③ 인공 표면 광발전	인공표면 대응 가변형상 광발전 시스템 원천 기술 개발				인공표면 광발전 시스템 평가 인프라 구축			인공표면 광발전 시스템 및 대표수요처 실증		
③ 초고효율 다중접합 태양전지 실증 센터	① 공정 실증	사업추진기반 확보				스탠다드 급 대면적 공정 장비 구축			스탠다드 급 대면적 공정 장비 실증		
	② 테스트 베드					다중접합 태양전지 모듈 특성 평가 플랫폼 구축			극한환경 태양전지 특성 평가 및 실증 플랫폼 구축		
	③ 자율 FAB					AI Foundation 모델 기반 무인 자율 Fab 구축					

4. 핵융합 미션

□ 추진 배경

- (필요성) AI 전환(AX)으로 인한 전력수요 폭증, 기후 위기 및 에너지 안보 문제를 근본적으로 해결하기 위해 핵융합에너지 기술 개발 필요
 - ※ 7대 SEED 프로젝트로 핵융합 분야 선정 — "한국형 혁신 핵융합로(소형 실증로) 개발, 2030년대 핵융합 전력 생산 실현"('26.8월)
 - ※ 가속화 전략('24.7월) 및 핵심기술 개발 로드맵('25.12월)을 통해 집중 육성 추진
- 핵융합에너지는 대규모 전력 생산이 가능하면서도, 발전 과정에서 온실가스 배출이나 방사선 누출의 위험이 없는 차세대 청정에너지원
- 해외 수입 의존으로 연료 수급 리스크가 큰 화력·원자력과 달리, 해수에서 연료를 얻는 핵융합은 기술 확보를 통한 에너지 자립 실현 가능
- (글로벌 현황) 핵융합은 실험실 기초연구를 넘어 상용화 대전환기 진입, 주요국은 '30년대 전력 생산 실증을 목표로 본격 경쟁 중
 - (시장) 민간투자자와 스타트업 창업이 증가*하고, 미국에서는 핵융합 기업과 전력수요 기업이 전력구매계약을 체결**하는 등 사업화 준비 진전
 - * (투자) 2조원('20년)→15조원('25년) / (스타트업) 27개사('21년)→69개사('25년)
 - ** 美 핵융합 기업 CFS는 구글 및 ENI(伊 에너지 기업)와 전력구매계약 체결('25년)
 - (기술) 핵융합 장치 건설 역량을 넘어, AI 기반 핵융합로 설계·운전, 고온 초전도자석 및 연료(삼중수소) 공급 시스템 등 핵심기술 경쟁 중
- (현황 진단) 한국은 핵융합 장치 건설·운영 경험 및 정밀 제조 역량을 보유하나, 전력 생산에 필요한 핵심기술 확보 및 실증시설 보강 필요
 - 20년간의 KSTAR 운전 경험을 기반으로 최고 수준의 데이터를 축적하고, ITER 조달*을 통해 핵융합로 제작을 위한 정밀 제조 기업군 형성
 - * '25년까지 ITER 장치·부품 제작 등 해외 수주 누적 223건, 1조 173억원
 - 삼중수소 생산·공급·회수 시스템 및 고온·중성자를 견디는 소재 등 핵심기술이 부족하고, 핵융합로 유사 환경에서 시험할 실증시설 미비

□ 미션 체계

미션	핵융합로 설계 및 전력 생산 실증을 위한 핵심기술 확보			
목표	AI 가상핵융합로와 정제된 KSTAR 실험 데이터를 활용하여 혁신 핵융합로 설계 전 과정 소요 기간을 50% 단축하고, 민관협력을 통한 핵융합 전력생산 실증·상용화 선도			
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결		사회적·산업적 난제 해결	
	'29	- AI 기반 한국형 혁신 핵융합로 개념설계 완료 - AI 기반 가상핵융합로 플랫폼 구축 - 핵융합 플라즈마 운전 난제 해결 및 데이터 축적	'29	- 규제·인허가 체계 확립 (7-SEED)
	'32	- 핵융합로 소형화 및 에너지 변환 기술 개발 완료(TRL 4-5) - 핵심기술 첨단 실증 인프라(나주) 구축 완료 - 한국형 혁신 핵융합로 공학설계 검증 지원	'32	- 핵융합로 소부장 기업 공급망 참여 본격화 - 토카막 건물 완공 및 한국형 혁신 핵융합로 공학설계 완료(7-SEED)
	'35	- 핵심기술 유사 환경 실증, 한국형 혁신 핵융합로 적용 - AI 기반 한국형 혁신 핵융합로 통합 자율 운전 기술 확보	'35	- 한국형 혁신 핵융합로 완공(7-SEED) 및 전력 생산 운전 실증('39)을 위한 가동 준비 완료
전략 및 과제	① AI 가상 핵융합로 기반 설계 혁신	① AI 가상핵융합로 개발		
		② 한국형 혁신 핵융합로 개념설계 및 AI 최적화		
	② AI-Ready 데이터 및 실시간 AI 제어	① KSTAR AI-Ready 운전데이터 축적		
		② 노심 자율제어·통합운전 AI 에이전트 개발		
		③ KSTAR 업그레이드 및 초고성능 노심 시나리오 검증		
	③ 핵심 소부장 개발 및 유사 환경 실증	① 첨단 실증 인프라(나주) 구축·운영		
		② 핵심 소부장 기술 개발(7대 핵심기술)		
		③ 한국형 혁신 핵융합로 적용·실증 및 상용화 대응 기반 조성		

□ 마일스톤 설정 근거

- 우리나라는 플라즈마 운전, 초전도자석 및 장치 건설 분야는 세계 상위권이나, 에너지 변환 기술(삼중수소 생산·공급·회수 등)은 선도국 대비 기술격차 해소 필요
- 주요국은 '30년대 전력 생산 실증을 목표로 국가 역량을 집중하고 있어, 지금 따라잡지 않으면 미래 에너지 시장의 주도권·경쟁력 상실 우려

① 에너지 변환 기술 확보의 시급성

- 핵융합 전력 생산의 성패는 8대 핵심기술 확보에 좌우되며, 이 중 안전·인허가(7-SEED)를 제외한 핵심기술 개발·실증은 K-문샷 미션
 - 핵융합 반응을 장시간 유지하는 기술뿐만 아니라, 핵융합 연료 삼중수소를 생산·공급·회수하는 등 에너지 변환 기술을 갖춰야 전력 생산 가능
- 개발(TRL 4~5, '32년) → 유사 환경 실증(TRL 6, '35년) → 혁신 핵융합로 적용의 단계적 검증을 통해 부족한 에너지 변환 기술을 체계적으로 확보

② AI 활용의 상대 우위

- 핵융합 상용화 최대 난제인 플라즈마 예측제어는 AI로 혁신 가능한 영역, KSTAR 데이터(400TB)를 보유한 한국이 AI 학습 기반에서 유리
- 美(Genesis Mission)·英·日·中과 같은 출발선, AI 가상핵융합로('29년) 공학 설계('28~'32년)와 병행, 연계하면 설계 기간 50% 단축 실현 가능

③ 연구 성과의 적기 전달을 통한 전력 생산 실현

- 7-SEED(정책, 상용화) - K-문샷(핵심기술 개발, 실증 인프라 구축) 간의 연계를 통해 개발된 연구 성과를 한국형 혁신 핵융합로에 신속 전달
 - ※ 7대 SEED 프로젝트를 통해 민관합작 핵융합 특수목적법인(SPC)을 설립하여, 한국형 혁신 핵융합로 공학설계-건설-운전 등 전력 생산 실증 전주기 전담
- K-문샷 미션의 성과물(개념설계·핵심기술·AI플랫폼·실증데이터)을 관문* 방식으로 핵융합 SPC에 적기 인계하는 일정이 마일스톤의 기준

* Gate, G1 '28년 → G2 '30~'32년 → G3 '34~'35년 → G4 '36년

□ 세부 추진 전략

◇ (추진 전략) 공공의 KSTAR·ITER 기술·데이터와 민간의 세계 최고 제조 역량을 결합한 공공-민간 공동협력 모델로 핵융합에너지 상용화 가속

- ▶ (전략 방향) K-문샷은 핵심기술 개발·실증 및 실증 인프라 구축·운영, 7대 SEED는 민관합작 SPC를 통해 한국형 혁신 핵융합로 공학설계-건설-운전 등 전력 생산 실증
- ▶ (핵심 목표) KSTAR의 대규모 실험 데이터(400TB)와 AI를 결합하여 기술 개발 및 핵융합로 설계 기간을 획기적으로 단축하고, 핵심기술 적기 공급

○ 전략① AI 가상핵융합로 기반 설계 혁신

- (가상핵융합로) 핵융합로 설계과정의 모든 데이터를 통합하고 AI가 데이터의 해석·평가수정을 수행하는 가상 플랫폼 '29년까지 구축
- (개념설계·AI최적화) 국내 고유 LLM 및 고속 물리엔진 활용을 통해 설계를 자동화·최적화하고, 플라즈마 해석 및 설계 검증 즉시 수행

○ 전략② AI-Ready 데이터 및 실시간 AI 제어

- (KSTAR 데이터 축적) KSTAR에 축적된 방대한 원시 데이터(400TB)를 실험 즉시 AI-Ready 데이터로 자동 변환하는 체계 마련
- (자율제어·통합운전) 한국형 혁신 핵융합로의 노심 자율제어 및 통합운전 수행을 위해 NAIS와 협력하여 AI 에이전트 개발
- (KSTAR 업그레이드) KSTAR의 내벽, 진단·제어 장치 및 가열·전류 구동 장치 등을 업그레이드하여 초고성능 노심 데이터 생산 기여

○ 전략③ 핵심 소부장 개발 및 유사 환경 실증

- (실증 인프라) 첨단 실증 인프라(나주) 및 초전도 도체(한전공대)·디버터(대전) 시험시설 기반으로 소부장 시험·검증 및 엔지니어링 데이터* 확보
 - * 데이터를 AI 가상핵융합로 플랫폼에 적용하여 실제 제작 전 가상 검증 및 품질 예측을 수행함으로써, 효율적인 핵심 소부장 기술개발 추진
- (핵심 소부장 기술) 핵융합로 소형화* 및 전력생산**에 필요한 핵심 소부장 기술을 개발(TRL 4-5)하고, 나주 실증 인프라에서 유사 환경 시험·검증(TRL 6)
 - * 초고성능 노심 플라즈마 시나리오 및 고자장 고온 초전도자석 등
 - ** 삼중수소 자립 증식 블랭킷, 고내구 텅스텐 디버터, 연료주기 순환 시스템 등
- (상용화 기반 조성) 검증된 기술과 소부장 성과물을 적기 인계하고, 국제협력, 인력양성 및 수용성 제고 등 핵융합 상용화의 기반 조성 추진

□ 주요 사업 현황

○ '27년 핵심사업* 1,601억원 포함, 총 2,515억원 규모 사업 연계 예정

* 핵융합 핵심기술 개발 및 실증 기반(인프라) 구축 사업('27년 1,601억원, '27~'36)

(단위:백만원)

구 분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략① AI 가상 핵융합로 기반 설계 혁신	❶ AI 가상 핵 융 합 로 개발	AI 기반 디지털 가상핵융합로 플랫폼 개발 사업('26~'30년)	4,500	10,000
		고성능 핵융합 시뮬레이션 연구 (핵융합연 기본사업)	1,483	1,483
	❷ 혁신 핵융합로 개념설계 및 AI 최적화	핵융합 플러그인 프로그램 (한국형 혁신 핵융합로 설계기술 개발 등, '26~'30년)	2,100	8,507
		실증로 최적 기본설계 사업 (핵융합연 기본사업)	2,000	2,000
		실증로 핵심기술 연구개발 (핵융합연 기본사업)	2,642	2,642
전략② AI-Ready 데이터·실시간 AI 제어	❶ 운전 데이터 축적	KSTAR 실험·운전 데이터 IMAS 표준화·AI-Ready 자동 변환 체계 구축 ('28년 신규 후속 기획)	-	-
	❷ 노심 자율제어 통합운전 AI	AI 플랫폼 사업, AI-Ready 변환 체계, NAIS 협력으로 수행, 별도 사업 없음	-	-
	❸ KSTAR 업그레이드	KSTAR 연구사업 (핵융합연 기본사업)	32,447	32,447
전략③ 핵심 소부장 개발·유사 환경 실증	❶ 첨단 실증 인프라	(핵심) 핵융합 핵심기술 개발 및 실증 기반(인프라) 구축 사업('27~'36년, 예타 중)	-	160,100
	❷ 핵심 소부장 기술 개발	초전도 도체 시험 설비 구축 사업('22~'28년)	12,000	10,044
		한국형 핵융합로 고성능 저방사화 구조재 개발 (핵융합연 전략연구사업)	-	-
		핵융합로용 고온초전도 마그네티제작 기술개발 (핵융합연 기본사업)	2,153	2,153
	❸ 혁신핵융합로 적용·공동 실증	글로벌 TOP 전략연구단 (혁신형 디버터, '25~'30년)	20,000	20,000
		텅스텐 환경 플라즈마 성능 한계 극복 국제협력 연구(핵융합연 기본사업)	2,100	2,100
소계			81,425	251,476

* 핵융합연 기본사업 - 고성능 노심플라즈마 연구개발, 대형 토카막 선진 운영 기술개발

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도								
		1단계				2단계			3단계	
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34
전략 ① AI 가상 핵융합로 기반 설계 혁신	① AI 가상 핵융합로	AI 기반 디지털 가상핵융합로 플랫폼 구축			데이터 범위 확장 및 고도화			AI 기반 한국형 핵융합 실증로 통합 운전 기술 개발		
		AI 분석제어 기술 개발설계 최적화 (핵융합 플라즈마 운전 난제 해결·데이터 축적 '29)			AI 분석·제어 범위 확장 및 초고성능 노심 제어 난제 해결					
	② 개념설계 및 AI최적화	혁신 핵융합로 개념설계 및 AI 최적화 (주장치 CDR '27 · 부대장치 '28)						AI 활용 혁신 핵융합로 부품 제작 가속화		
전략 ② AI-Ready 데이터·실 시간 AI 제어	① AI-Ready 데이터	데이터 체계 고도화 및 AI-Ready 데이터 준비		AI 기반 제어 기술 개발		혁신 핵융합로 초고성능 시나리오 개발 및 검증				
	② 노심 자율제어 에이전트									
	③ 초고성능 시나리오 검증	팅스텐 내벽 업그레이드		가열 및 전류구동 장치 업그레이드						
			진단·제어 장치 업그레이드							
	전략 ③ 핵심 소부장 개발· 유사환경 실증	① 핵심 소부장	핵융합로 소형화 핵심기술 개발(TRL 4~5)							
		핵융합로 에너지 변환 핵심 기술 개발(TRL 4~5)								
② 실증 인프라			핵융합 핵심기술 첨단 실증인프라 구축						핵융합 핵심기술 첨단 실증 인프라 운영 및 데이터 생산·활용	
③ 기반구축		인력 양성, 민간 협력, 산업화, 국제 협력, 사회적 수용성 제고								

↑ 연 계 ↓

7 SEED Project	① 공학설계		혁신 핵융합로 공학설계 및 AI 최적화 (주장치 완료·TSER '31 → 전체 완료 '32)			
	② 규제·제도	핵융합로 규제· 인허가 기본방향 마련	한국형 핵융합 실증로 규제· 인허가 체계 확립	한국형 핵융합 실증로 건설 인허가 완료		
	③ 건설			사전 공시	토카막 건물 건설 및 완공 ('32)	
	④ 제작				장치(주장치·부대장치) 제작-AI 활용 제작 가속화 (진공·저온용기 제작 착수 '30 → 초전도자석 제작 착수 '32 → 주장치 제작 완료 '34)	

5. SMR 선박 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 국제해사기구(IMO) 탄소 규제(50년까지 탄소 100% 감축) 대응과 북극항로·해상 데이터센터 등 선점을 위해 **친환경 조선·해양 솔루션** 시급
 - (탈탄소 규제) IMO의 2050 탄소중립 목표와, EU 탄소배출 규제 강화로(EU ETS 및 FuelEU) **화석연료 기반 선박 사업 전환 필요**
 - (산업경쟁) 중국의 세계 선박 수주량 장악* 및 고부가가치 영역으로의 추격에 대응하여, **K-조선의 초격차 경쟁우위 확보 방안 마련 절실**
* 2026년 1월~4월 세계 선박 수주 점유율: 우리나라 18% vs 중국 71%
 - (新시장) 북극항로 개척용 쇄빙선, 해상 데이터센터 등의 **장기간 안정적 운영에 필요한 친환경 해양 에너지원 수요 확대 중**
- (글로벌 현황) 글로벌 상용화 및 표준 선점 경쟁 단계로 진입
 - (정책) 美, 英 등 주요국은 해양 원자력을 개별 R&D를 넘어 국가 주도 산업화 정책으로 전환 중이며, 국가 간 협력도 적극 추진 중
 - (시장) 대체연료(LNG 등) 선박 등 친환경 선박 시장 확대 및 원자력·조선·선사·선급·보험 등 전주기 산업이 연계된 **국제 협력체계*** 성장
* 해양원자력에너지기구(NEMO): 해상 환경(부유식 원전, 원자력 추진 선박 등)에서 원자력 기술의 안전한 개발과 상용화를 촉진하기 위해 설립된 글로벌 민간 협의체
 - (기술) 해양 환경에 적합한 용융염원자로(MSR) 중심 글로벌 경쟁 전개
- (국내 현황 진단) 세계 최고 K-조선·K-원자력 산업 역량을 보유 중이나, 해양용 SMR 기술 개념완성기 및 해상 원자력 안전·인허가 체계 미비
 - (도입 초기) 그간 육상 대형 원전(경수로·고체핵연료) 기술 중심 환경, 비경수로·해상·액체핵연료 등 **MSR 기술 수준은 개념 완성 단계**
 - (규제체계 공백) 국제기구(IAEA, IMO), 한국 원안위(원자력 규제) 및 해수부(선박 규제)는 **SMR 선박 규제 기준 및 경험 전무**
 - (산업생태계 미형성) 높은 민간 관심을 견인할 사업화추진기업(SPC), 인프라(인력·시설 등) **결여** 및 기자재 공급망 미비로 상용화 도약 한계

□ 미션 체계

미션	SMR 선박 건조로 글로벌 해양 新시장 선도		
목표	K-조선·K-원자력 융합 2035년 SMR 선박 건조 착수 및 무탄소 해양 모빌리티·에너지 新산업생태계 구축		
핵심 마일스톤	기술·제도적 난제 해결		사회·산업적 난제 해결
	'29	- 원자로 운전 환경 下 설계 구체화(액체핵연료 특성 평가, 주요기기(펌프, 열교환기 등) 성능 검증, 재료 내부식성 확보 등) - 선급으로부터 SMR 선박의 기본승인(AiP) 획득 - 국내 규제체계 구축 과정(원안위 해수부) 및 국제 안전기준 논의(IMO 원자력상선코드개정, IAEA ATLAS)에 적극 참여	'29 - 사업화 주체 출범(SPC) 및 시장 맞춤형 사업모델 구체화, 초기 공급망 진입 체계 마련 - 차세대 원자력·조선·AI 융복합 전문인력 200명 양성
	'32	- 임계실험용 액체핵연료 제조 및 임계실험장치 구축·운영 - SMR 종합효과시험 & 선박 종합안전성평가 → SMR 선박 종합설계 완성 - 건조허가 서류 완비	'32 - 미래 해양 에너지 과제의 솔루션 SMR 선박 수용성 제고 - 민간투자 유치 SMR 선박 실증선 핵심기자재 공급망 구축
	'35	- SMR 선박 첫호기 건조 착수 - 실증용 액체핵연료 생산 및 MSR 모듈 제작 - 보험·항만규정 등 선박 운항을 위한 제도 기반 구축	'35 - 무탄소 해양 모빌리티·에너지 솔루션의 첫 실물화 착수 - 핵심기자재 공급망 완성 및 납품 新산업생태계 본격 가동
전략 및 과제	전략 ① 기술혁신	① 기술개발	해양용 SMR 및 선박 설계·개발
		② AI활용	개발·인허가 가속화 플랫폼 개발
		③ 인력양성	산학연 전문 인력양성
	전략 ② 제도혁신	① 국내규제	국내 규제체계 마련 적극 지원
		② 국제기준	국제기구(IMO·IAEA) 규정 및 표준 대응
		③ 운항제도	손해배상 및 항만규정 마련
	전략 ③ 산업혁신	① 사업화	사업 주체·모델·인프라 구축
		② 공급망	SMR 선박 전주기 공급망 구축

□ 마일스톤 설정 근거

- [기술·제도적 난제 해결] ‘설계→검증→건조’ 전주기 기술 성과의 가시화
 - ▶ 국내 최초 SMR 선박 실현 + 글로벌 기술·시장 우위 확보
 - ▶ SMR 선박의 실제 운항을 위한 제도적 기반 확립
- [사회·산업적 난제 해결] 민간 참여와 산업생태계의 단계적 고도화
 - ▶ SPC 출범 및 사업화 성과 창출을 통한 대국민·산업계 신뢰도 제고
 - ▶ 신산업 공급망 구축을 통한 일자리·수출 등 국민 체감형 경제 성과 창출

① [기술 성숙기, 2029] 세계의 기준이 될 ‘한국형 SMR 선박’ 설계 구체화

- (글로벌 주도) AI를 활용한 SMR 선박 설계로 재료부식 등 복합난제 해결의 시행착오를 줄여 개발 속도를 높임과 동시에, 국내 독자 설계에 기반한 안전 기준을 국제표준에 선제적으로 반영
- (민간투자 견인) 시장 요구에 부합하고 실현 가능한 기술이 적용된 비즈니스모델(BM) 도출과 사업화 주체(SPC) 출범으로 민관합작 투자 유치

② [통합 검증기, 2032] 국내 최초 SMR 선박 건조를 위한 인허가 준비 완료

- (실제 건조 단계 진입) HALEU 액체핵연료 임계실험을 통한 핵설계 검증과 SMR 선박 종합설계 완성으로, 인허가 승인 요건을 완비하고 ‘연구 단계의 기술’을 ‘실제 만들 수 있는 기술’로 전환
- (수용성 제고) 공인된 선급의 인증, 민간투자(시장성 입증), 공급망(건조·운용 담보) 등의 장치 확보를 통한 SMR 선박의 해양 진입 수용성 확보

③ [건조 착수기, 2035] 대한민국 첫 SMR 선박 본격 건조 착수

- (실적 확보) 용융염 환경 내부식성 확보 등 핵심 기술 난제 해결 및 ‘설계→허가→건조’ 달성으로 향후 글로벌 SMR 선박 수주 경쟁우위 점유
- (조선·원전 신산업 생태계 창출) 첫 호기 건조를 통해 K-조선과 K-원자력 기술을 일자리와 수출로 연결하고, 해운·금융·운영·정비 등을 아우르는 신산업 생태계를 완성

□ 세부 추진 전략

◇ (추진 전략) SMR 선박 First-Mover 도약을 위한 'K-문샷AI 활용 초격차 혁신 기술 확보, 제도적 불확실성 해소 → 7-SEED 민간 주도 국가 산업화 기반 완성'

- ▶ (전략 방향) K-조선·원자력 융합 및 3대 혁신(기술-제도-산업) 병행 추진
- ▶ (핵심 목표) 2035년 대한민국 첫 SMR 선박 건조 착수

○ (전략① 기술혁신) 해양환경에 적합한 SMR-선박 통합기술을 확보하고, AI 기반 설계·검증을 통해 개발·인허가 기간 단축

- (기술개발) 실험역* 환경에서 안전** 운항이 가능한 SMR 탑재 선박의 안전성 검증 및 핵심기술 확보

* 선체운동(6자유도/경사) 및 외력(진동/충격)이 원자로 열유동·노심에 미치는 영향 분석 등

** 충돌, 좌초, 원전 침수 등 해양의 극한사고 상황에서 원자로 안전성 유지 기술 확보

▶ 해양용 용융염원자로(MSR) 모듈* 및 핵연료주기** 기술 개발

* 노심·계통·기기 설계 및 해석 기술 확보, 성능 검증용 실증 시험체계 구축·운영 통해 건설인허가 획득 기반 마련 등

** 용융염 제조, 부식완화, 핵연료-재료 조사시험을 통한 성능평가 및 MSR 핵연료 재순환·방사성폐기물 안전관리 핵심기술 개발

▶ MSR 탑재 선박 종합설계* 및 안전 기술 개발**

* MSR 탑재 선박 시뮬레이터 기술 개발 및 MSR 모듈을 위한 해양 성능 검증 기술 개발

** MSR 탑재 선박의 방사성 물질 누출 사고 분석 및 인허가 대응을 위한 종합 안전성 평가 기술 개발

- (AI 활용) 설계의 복잡성과 반복 과정을 줄이기 위한 AI 기반 설계·검증체계 구축 및 개발 기간 감축

▶ SMR 개발에 활용 가능한 국내 기술 기반의 가상원자로 플랫폼 (V-SMR) 확보 및 해외 기술 대비 고성능 목표 설정

※ 고신뢰도 해석코드, GPU·슈퍼컴퓨팅, 고속가시화 등 국내 원천기술을 활용하여, 해양용 용융염원자로(MSR)에 대한 상세 해석 능력 확보

- (인력양성) 원자력·조선·AI 융합 기술의 지속 발전을 위한 석·박사급 인력 확충 추진 및 향후 실운항 승조원 양성 체계 구축

▶ 既 구축 '용융염원자로 융복합인력 양성센터('25-'29)'와 연계하여 민간수요 기반 융-복합 현장 맞춤형 전문인력 양성 추진

▶ ‘해양 원자력 시스템 공학’ 융합 전공·대학원 과정 기획·개설

※ 원자력공학(노심·차폐·열유동 등)과 조선해양공학(선체구조·복원성·동특성 등)을 아우르는 융합 교과과정 개발 및 학위과정 운영 지원 등

▶ 향후 실선 운항·관제 수요에 대응한 산업 맞춤형 면허·자격 및 교육훈련 체계 수립

※ 선주사 수요 맞춤형 해기사·승조원 안전·운항 교육체계 구축, SMR 선박 특화 법정 해기사 자격 및 국제 표준화 대응

○ (전략2) 제도혁신) SMR 선박 상용 운영에 필요한 국내 규제·인허가, 국제 기준(IMO·IAEA) 및 운항 제도를 단계적으로 완비

- (국내규제) 기술개발 성과가 적기에 인허가 획득으로 연계되도록 국내 규제 체계 구축 활동에 적극 대응·지원

▶ 규제연구반*, 사전검토** 등을 활용한 원자력안전법령 및 기준 개정 지원

* ‘MSR 규제연구반(26.5~, 원안위 주관)’ : 해양 환경 특화 원자로 기준 및 용융염원자로 액체핵연료 특성을 반영한 규제체계·기술기준 제·개정 적극 지원 등

** 건설허가 신청 전 개발자의 설계에 대해 원안위가 안전성을 사전 검토하는 제도

▶ 선급 및 선박 기술기준 상세 검토 및 대응

※ 원자력 및 해상 규제부처 간 협의체(원안위-해수부)를 통해 해양용 SMR 탑재 선박의 구조·설비 안전성을 담보하는 선급 규칙(선체 격벽, 차폐 격납, 보조동력 등) 마련 추진 등

- (국제기준) 글로벌 운항과 시장진입을 위해 국제해사기구(IMO)·국제 원자력기구(IAEA) 등 국제 규정·표준 형성에 선제적으로 대응

▶ 국제해사기구(IMO) 원자력상선안전코드 개정을 위한 작업반에 직접 참여하여 규정 현대화 주도

※ IMO 결의서(A.491) 등 기존 노후화된 원자력선 안전규범을 SMR 및 제4세대 원자로 특성에 맞게 개정·현대화하는 논의에 적극 참여 등

▶ 국제원자력기구(IAEA) ATLAS 참여 및 국제선급연합(IACS)와의 협력을 주도하여, 국내 고유 설계와 통합 안전 기준을 글로벌 원자력 선박 규범·표준에 선제적으로 반영

※ IAEA ATLAS(26.8 출범)에 국내 전문가가 직접 참여하여 국제 원자력선박 규정 표준화 활동에 적극 기여하며, 국내 개발 모델의 설계 특성 선제 반영

※ IACS와의 공동 연구를 통해 선박-원자로 통합 안전해석 및 위험도평가 가이드라인 수립 주도

- (운항제도) 상용화에 필요한 손해배상·보험·입항 관련 제도 기반 마련
 - ▶ 원자력손해배상* 및 해상보험** 체계 정립
 - * 「원자력손해배상법」상 원자력선박의 책임 주체 명확화 및 배상 한도 현실화
 - ** 선주상호보험(P&I), 국제 재보험 연계 금융·보험 모델 개발
 - ▶ 국내외 항만 입항(Port Entry)* 및 비상대응** 제도·인프라 구축
 - * SMR 선박의 국내외 주요 무역항 기항(Call at Port) 허가를 위한 국가 간 양자 표준 협약(Bilateral Agreement) 모델 수립
 - ** 항만 내 방사선 비상계획구역(EPZ) 설정 가이드라인 수립, 선박 모듈 교체·수용을 위한 전용 터미널 인프라 및 보안 체계 정비
- (전략③ 산업혁신) 기술개발부터 사업화 전담 회사 설립을 통한 SMR 선박 상용화 기반 마련, 원자력-조선해양 융합 新산업 생태계 구축
- (사업화) 민간의 투자·건조사업 참여를 촉진하기 위한 사업모델 및 사업화 주체(7-SEED 연계 SPC)·인프라 구축
 - ※ (운영 예시) 공공(원자로 기술 출자·초기 실증 지원), 조선사(선박 건조 및 통합 설계), 해운사·선주(수요 발주 및 실증 운항), 정책금융(초기 건조 자금 매칭) 연계 구조
- ▶ 국내 민간기업 참여 유도 및 지식재산권(IP) 보호·유인 체계 마련
- (공급망) SMR 선박 첫 호기 건조와 후속 확산을 뒷받침하기 위한 핵심 기자재 국산화 및 건조·공급망 인프라 구축
 - ▶ 해양용 SMR 핵심 주기기(순환펌프, 열교환기 등) 및 소부장 국산화
 - ▶ SMR 모듈 제작·선박 탑재를 위한 건조·품질 인프라 구축
 - ▶ HALEU 기반 핵연료 및 특수 정제염 공급망 안정화·자립화

□ 주요 사업 현황

- '27년 핵심사업* 520억원 포함, 총 739억원 규모 사업 연계 추진

* 탄소중립 선도 해양용 MSR 기술개발사업('27년 520억원, '27~'32)

구 분		사업명	투입 예산(백만원)	
			'26년	'27년
전략① 기술 혁신	① 기술개발	(핵심) 탄소중립 선도 해양용 용융염원자로 기술개발사업	-	52,000
	② AI 활용	SMR 가상 원자로 플랫폼(V-SMR) 개발	20,500	20,500
	③ 인력양성	다목적 차세대 용융염원자로 융복합 인력양성센터	1,400	1,400
소계			21,900	73,900

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계				2단계			3단계		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
핵심 마일스톤		• SPC 설립 완료 및 선박 기본승인 획득 • 규제-공급망 기반 확보				• SMR 선박 종합설계·성능검증 완료 • 민간주도 사업화 체계 완성			• 실증선 인허가 및 '35년 SMR 선박 첫 호기 건조 착수 • 상용화 기반 완성		
① 기술 혁신	① 기술 개발	해양용 SMR 개념설계	SMR 선박 기본설계 & 해양 안전성 평가모델 개발			SMR 선박 종합설계 (SMR 설계 + 선박 설계 연계) & SMR 선박 종합 안전성 평가			SMR 선박 상세·제작설계		
		핵연료 원천R&D	핵연료 조사시험 및 안전성 검증			임계실험용 핵연료 생산 → 핵연료 국산화			실증용 핵연료 생산		
		기기·재료 원천R&D	SMR 임계실험 설계, 주요기기 및 재료 성능 검증			임계실험, 종합효과시험 및 관련 주요기기 제작			실증용 주요기기 제작		
	② AI 활용	[진행중] SMR 가상원자로 플랫폼 개발 (SMR 범용)			Agentic AI 기반 SMR 선박 개발·검증 플랫폼 구축 (SMR 선박 특화)			Agentic AI 기반 SMR 선박 개발·검증 플랫폼 활용 및 최적화			
	③ 인력 양성	원자력·조선·AI 융복합 R&D 전문인력 양성 ※ [진행중] 응용염원자로 융복합인력 양성센터 연계('25-'29)									
			해양 원자력 시스템 공학 융합전공·대학원 구축·운영 실선 운항 승조원 교육·면허·자격체계 구축 및 전문인력 양성								
② 제도 혁신	① 국내 규제	MSR·해양환경 특화 위험도·성능기반 규제·기술기준 구축(원안위) 지원				국제 규정 반영한 국내 규제체계 구축(해수부, 원안위)		실증선 건조 인허가 대응			
		기술·규제 Gap 분석 및 규제자·개발자 소통	사전검토 신청	국내 규제기관 협의 및 건조허가 준비							
	② 국제 기준	IMO·IAEA·IACS 국제논의 참여 → 국제규정 개정 대응 → 국내 개발기술 국제기준 반영						글로벌 표준화 선도			
	③ 운항 제도	책임주체·배상한도 정립 및 P&I·재보험 연계 모델 개발									
		Port Entry, 항만 EPZ·비상대응 및 전용 인프라 기준 마련									
국가 간 양자협정 모델 및 해외항만 기항체계 구축											
③ 산업 혁신	① 사업화	민관합작 SPC 설립 및 사업계획 마련	민간투자·IP·사업모델 구체화		실증선 건조사업 추진체계 구축		실증·상용운항 사업모델 검증		첫 호기 건조·후속 상용화 추진		
	② 공급망	첫 호기 플랫폼 결정 및 공급기업 발굴	핵심 주기기·소부장 국산화 및 첫 호기 적용 기자재 확보 (제작기술 확보 → 시제품·성능검증 → 첫 호기 적용)								
		HALEU 및 특수 정제염 공급망 안정화·자립화 (해외 다변화 조달 → 공급계약 → 국내 정제·생산기반 → 첫 호기 공급체계)									
			SMR 모듈 제작·선박 탑재를 위한 건조·품질 인프라 구축 (품질인증·모듈 조립시험 → 특화 야드·탑재 인프라 → 첫 호기 건조지원 → 양산 인프라)								

6. 피지컬 AI 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 피지컬 AI는 산업, 일상, 지역, 공공 등 전 분야에서 생산성을 향상하고 인구구조 변화에 대응하며 국민의 삶의 질을 개선하는 핵심기술
 - ※ 「피지컬 AI 핵심경쟁력 확보 전략」(‘26.5), 「대한민국 3대 메가프로젝트」(피지컬AI, (‘26.6), 「AI 3대 강국 도약」 국정과제 등을 통해 국가 전략기술로 집중 육성 추진
- AI 경쟁의 중심이 기존 ‘디지털 AI’에서 현실 공간에서 상호작용을 통해 자율·적응 행동을 수행하는 ‘피지컬AI’로 전환 중
- (글로벌 현황) 엔비디아 CEO 젠슨황이 에이젠틱 AI를 잇는 차세대 AI로 ‘피지컬 AI’를 제시한 이후(‘25년 CES), 전 세계적으로 빅테크, AI 기업, 휴머노이드 기업 등에서 피지컬 AI 구현을 위한 경쟁 본격화
- (시장) 미·중을 중심으로 범용 AI 플랫폼, 휴머노이드 개발이 확대되고 있으며, 제조·물류 등 다양한 분야에서 개념 검증 중
- (기술) 미국은 범용 AI모델, 월드모델, AI OS, 온디바이스 AI반도체 등 범용 플랫폼 선도, 중국은 정부 주도로 AI와 휴머노이드 대규모 투자
 - ※ 美 NVIDIA, Google, Tesla, Figure AI, 中 Agibot, Unitree, Galbot 등을 중심으로 파운데이션 모델, 월드모델, AI 반도체 등 핵심 원천기술 및 상용화 선도
- 최근에는 ‘로봇 HW’를 넘어 AI 모델·데이터·시뮬레이션·컴퓨팅을 아우르는 ‘피지컬 AI 풀스택’ 기술 경쟁으로 확대
- (국내 현황 진단) 국내는 AI 기술 역량과 다양한 산업 인프라·제조 기반을 보유하고 있으나, 피지컬 AI 풀스택을 구성하는 피지컬 AI 모델, 데이터·로봇 인프라, 그리고 실증·상용화 수준은 초기 단계
- 전 세계적으로 인간 수준과 대비할 때, 피지컬 AI 성능이 현재 통제된 환경에서 제한적인 작업만 가능한 초기 단계임에 따라,
- 우리 강점을 기반으로 생태계 역량을 결집하여 피지컬 AI 플라이휠(선순환체계)를 조기 구축한다면 피지컬 AI 선도국으로 도약 가능

□ 미션 체계

미션	모든 현장과 삶 곁에, 인간과 협력하고 인간의 한계를 넘어서는 피지컬AI	
목표	① 인간 수준 행동·조작 지능 기반 국민 삶의 질 제고 ② 세계적 수준 피지컬 AI 풀스택 확보 및 산업 생태계 조성 ③ 일하면서 배우는 피지컬 AI로 조기 상용화	
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결	사회적 난제 해결
	'29 - 범용 작업·기초 작업학습 - 파운데이션 모델 구조 개발 - 물리정합 월드모델 확보 - 피지컬AI-Ready 데이터셋 구축	'29 - 작업 과정이 비교적 단순·명확하고 변칙적 요소가 제한적인 분야 우선 투입
	'32 - 인간수준 장기작업 RFM - 범용 월드모델 플랫폼 - 현실가상 페루프 시뮬레이션 - 초고속 제어 통합	'32 - 국민 체감형 성과 확대
	'35 - 인간 수준 행동지능모델 - 초능동 AGI급 피지컬AI - 개방형 월드모델 플랫폼 - AGI급 피지컬AI 통합스택	'35 - 돌봄·가사 등 국민 일상에 투입, 피지컬 AI 일상화
전략 및 과제	전략 ① 핵심기술 확보	① [피지컬AI 모델] 인간 수준 행동·조작 지능 피지컬 AI 모델, 자율 운영 AI 모델 개발
		② [월드모델] 실내외 범용 작업과 미세 조작 월드모델 개발, 장기 예측
		③ [피지컬 AI Ready Data] 주요 시나리오별 벤치마크 정의 기반 데이터 생산체계 구축, 데이터 수집 가이드라인 마련 및 표준화
	전략 ② 피지컬 AI 일상화	① 선도 분야부터 현장 체감 성과 창출, 피지컬 AI 데이터 플라이휠 가동 ② 풀스택 플랫폼을 위한 산학연 협력체계 구축

□ 마일스톤 설정 근거

- 범용 피지컬 AI 플랫폼에 대한 외산 의존도가 높은 현 상황을 탈피하고 독자 경쟁력 확보를 위해 생태계 역량을 결집한 핵심기술 내재화 시급
- 선도국 도약을 위해선 개발된 기술을 곧바로 현장에 투입하는 '속도전'이 핵심, 초기 적용 가능 현장부터 전 산업·일상까지 단계적 확산 전략 필요

❶ (국산 피지컬 AI 풀스택 확보) 다양한·미학습 작업 수행과 신속한 현장 적용이 가능한 범용 플랫폼 내재화가 피지컬 AI의 핵심 경쟁력

- 그러나 현재 국내는 피지컬 AI 플랫폼에 대한 외산 의존도가 높은 상황으로, 현 상황이 지속 시 미래 부가가치를 상실할 뿐만 아니라, 데이터를 처리할 플랫폼 종속에 따른 데이터 주권 상실 우려
- 다만, 아직 데이터, 모델 등에서 불확실성이 있는 상황이기에, 생태계 차원에서 다양한 시도를 뒷받침하는 연구개발 체계 필요

☞ 국내 생태계 역량을 결집하여 스스로 계획을 수립해 일상·산업에서 다양한 작업을 수행할 수 있는 세계적 수준의 행동지능모델 확보 필요

❷ (국민 체감형 피지컬 AI 일상화) 피지컬 AI 글로벌 선도국 도약을 위해선 기술개발과 현장 실증을 병행하는 '속도전'이 핵심

- 글로벌 선도국 역시 피지컬 AI 속도전을 위해 완성되지 않은 초기 단계 기술을 먼저 현장에 적용하기 위한 시나리오 발굴에 사활*을 거는 상황

* (美) 자동차 생산 공장에 피규어AI·엠프트로닉 등 휴머노이드 로봇 차체 공정에 투입
(中) 배터리 공장에 겔봇·아지봇 등 주요 휴머노이드 중량물 운반·분류 작업에 투입

- 개발 중 기술이더라도 현장에 빠르게 투입해 초기 체감 성과를 창출하고, 현장 데이터로 모델을 지속 고도화하는 '플라이휠(선순환체계)' 구축 필수
- 다만, 아직은 비교적 통제된 환경에서 제한적 작업만 가능한 수준이기에 기술적 한계를 고려한 선별적 적용 및 기술 고도화, 단계적 확산 필요

☞ 적용이 용이하고 경제·사회적 파급효과가 큰 선도 분야부터 우선 투입, 향후 단계적으로 전 산업과 국민 일상 영역으로 확산

□ 세부 추진 전략

- ◇ (추진방향) 세계적 수준의 피지컬 AI 풀스택 기술 경쟁력을 빠르게 확보하고, 선도 분야부터 곧바로 적용하여 현장 체감 성과를 창출하고 전 분야로 확산
- ▶ (핵심기술 확보) 피지컬 AI 파운데이션 모델·월드모델 등 풀스택 국산화로 외산 의존 탈피 및 인간 수준의 작업이 가능한 피지컬 AI 단계적 구현 추진
 - ▶ (피지컬 AI 일상화) 피지컬 AI 기술 수준을 고려해 단계적으로 적용가능한 현장부터 신속 투입, 실증과 기술개발을 병행하는 속도전으로 확산 가속화

- (전략1 핵심기술 확보) 세계적 수준의 피지컬 AI 풀스택 플랫폼 경쟁력 독자 확보로 외산 의존을 낮추고, 피지컬 AI를 수출하는 글로벌 선도국 도약
 - (피지컬AI 모델) 물류 등 일정한 조건의 작업이 가능한 모델 우선 출시, 일상·산업에서 다양한 작업이 가능한 행동지능모델로 지속 고도화
 - (월드모델) 대규모 합성데이터 생성에 활용될 월드모델 독자 개발, 국내 데이터 학습을 통해 국내 산업·환경에 가장 적합한 모델 확보
 - (데이터) 피지컬 AI Ready Data 확보·관리체계 구축을 위해 시나리오 기반의 벤치마크 정의, 데이터 생산 가이드라인 마련 및 표준화 추진
- (전략2 피지컬 AI 일상화) 피지컬 AI 현장 적용을 통한 전 분야 확산 가속화
 - ⇒ 전 산업과 국민 일상으로 피지컬 AI를 확산하기 위해 적용 가능 분야부터 선도적으로 투입, 단계적으로 전 분야 체감 성과 창출
 - (선도 실증) 초기 단계 피지컬 AI 적용이 가능하고, 경제·사회적 파급효과가 큰 현장부터 적용, 체감 성과 창출 및 기술개발 가속화*
 - * 현장 데이터로 모델이 다시 고도화되는 데이터 플라이휠 가동
 - (산학연 협력체계) 민·관 역량을 결집해 피지컬 AI 기술과 산업 생태계를 연결하는 「피지컬 AI 얼라이언스*」 가동
 - * 산학연 420여개 기관 참여, 3개 분과(기술풀스택, 산업브릿지, 기반거버넌스) 구성·운영

□ 주요 사업 현황

○ '27년 핵심사업* 550억원 포함, 총 1,283억원 규모 사업 연계 예정

* 피지컬AI 핵심기술개발사업('27년 550억원, '27~'31)

(단위:백만원)

구 분	사업명	투입 예산	
		'26년	'27년
전략① 핵심기술 확보	(핵심)피지컬AI 핵심기술개발사업	-	55,000
	피지컬AI 선도기술개발사업	15,000	19,000
	자율행동체 온디바이스 응용지원 핵심기술개발사업	6,000	10,000
	피지컬AI 트레이닝센터 구축	-	40,000
	중소 생산제조 현장의 Man to Robot Skill Transfer 기술개발		4,300
전략② 피지컬AI 일상화	대규모 혁신을 창출하기 위한 플래그십 프로젝트 추진	-	-
소계		21,000	128,300

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계 <핵심역량 확보기>				2단계 <국민체감 확산기>			3단계 <일상화글로벌 선도>		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
전략① 핵심 기술 확보	① AI 모델	다양한 일상·산업에서 작업이 가능한 피지컬AI 파운데이션 모델 확보				다양한 폼팩터 등에 적용 가능한 범용모델로 고도화			범용 행동지능모델 확보 초능동 AGI급 피지컬 AI		
	② 월드모델	국내 산업·환경에 적합한 월드모델 개발				활용 범위 확대, 복합 고정밀 물리 시뮬레이션			실외, 국내외 등 다양한 환경에 대한 범용성 강화		
	③ 피지컬AI Ready Data	데이터 인프라 구축, 피지컬 AI-Ready 데이터셋 구축, 행동데이터 표준체계 마련				실데이터 및 합성데이터 양적 확대			글로벌 확산 개방형 생태계		
전략② 일상화	실증	작업 과정이 비교적 단순·명확하고 변칙적 요소가 제한적인 분야 우선 투입				안전·생활 등 국민 체감형 성과 확대			돌봄·가사 등 국민 일상에 투입, 피지컬 AI 일상화		
	협력체계	민·관 역량을 결집해 피지컬 AI 기술과 산업 생태계를 연결하는 「피지컬 AI 얼라이언스」 가동									

7. 휴머노이드 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 저출산·고령화에 따른 생산가능인구 감소, 제조·돌봄 분야의 인력 부족 등 사회·경제적 변화에 대응한 핵심기술로 '휴머노이드' 부상
 - * '35년까지 65세 이상 30% 초과, 생산가능인구의 감소로 잠재 성장률이 1%로 하락할 전망
- 주요국(미·중 등)은 휴머노이드를 퍼지컬 AI 핵심 플랫폼으로 규정하고 국가 투자 확대 중으로, 국내 독자 플랫폼 미확보 시 외산 종속 우려
 - ※ (美) 테슬라·피규어 등 기업 중심 기술 고도화 및 외국산 휴머노이드의 판매 제한(26.7)
 - (中) 국가 주도 대규모 펀드와 공급망 지원으로 핵심부품 내재화 및 조기 양산 추진
- (글로벌 현황) 미·중 등 주요국은 정부의 전략적 지원과 글로벌 빅테크 주도의 생태계 구축을 통해 휴머노이드 상용화 경쟁 가속화
 - (시장) AI 발전과 부품가격 하락에 힘입어 빠른 성장이 예상되며, 자동차·물류 등 산업현장을 중심으로 실증에서 초기 상용화 단계로 전환
 - ※ 골드만삭스, '35년 글로벌 휴머노이드 시장 예측규모를 380억 달러 → 1,380억 달러로 상향(26.9)
 - (기술) 스스로 판단·행동을 가능케 하는 로봇 파운데이션 모델과 가상·실세계 데이터 학습 기반 제어 기술이 핵심경쟁력으로 부상
 - ※ (美) 엔비디아·구글 등 빅테크 중심으로 로봇 파운데이션 모델과 가상 시뮬레이션 기술 주도
- (현황 진단) 우리나라는 세계적 수준의 제조·산업 기반을 보유하고 있으나, 독자 플랫폼 확보→실환경 검증→양산 보급까지 이어지는 전주기 역량은 미흡
 - ① (플랫폼) 제조공정·반도체·배터리 등 제조·산업 기반은 우수하나, 액추에이터·센서 등 핵심부품과 로봇 파운데이션 모델 등 AI·SW 기술은 선도국 대비 열세이며, 이를 통합한 범용 독자 플랫폼은 부재
 - ※ 우리나라 고성능 휴머노이드 기술력 수준은 미국(100) 대비 85~90 수준(25.2)
 - ② (안전성·신뢰성) 자동차·조선 등 우수한 실증 인프라를 보유했으나, 작업대응 및 내구성 검증이 부족하고 안전·인증 등 제도적 기반 미비
 - ③ (상용화) 완제품 양산 실적이 부재하고, 가격경쟁력과 초기 수요가 부족하여 기술개발이 양산·보급으로 연결되는 선순환 생태계 미형성

□ 미션 체계

미션	미래의 동반자, 휴머노이드와 함께 성장하는 공존사회 실현		
목표	향후 3년 내 독자 플랫폼 확보, 실환경 검증, 조기양산 · 시장창출로 이어지는 전주기 체계 기반 구축으로, K-휴머노이드 생태계 대전환		
핵심 마일스톤	목표 수준		기술적 난제 해결
	'29	<확보기> 우리 손으로 몸체와 두뇌를 완성 국가대표 휴머노이드 플랫폼 1개 이상 확보	'29 - 휴머노이드 지능제어기술 확보 - 고성능 HW 플랫폼 확보 - 데이터 팩토리 구축(25대+) - 제조공공분야 소규모 실환경 검증
	'32	<상용화기> 사람과 함께 실제 현장에서 일하기 시작 양산형 휴머노이드 플랫폼 확보 및 현장 보급	'32 - 지능 고도화 · HW 초경량화 - 고안전·고신뢰성 플랫폼 양산 - 제조공공 분야 대규모 상용화 - 국제 안전인증 획득
	'35	<글로벌 확산기> 세계 시장에서 인정받는 동반자로 성장 글로벌 유니콘 기업 육성	'35 - 인간·로봇 협업 기술 고도화 - 글로벌 유니콘 기업 육성 - 글로벌 기술 표준 선도
전략 및 과제	전략 ① 독자 플랫폼 확보	① (두뇌) 휴머노이드 지능 · 제어 기술 개발	
		② (몸체) 고성능 플랫폼 구축 및 핵심부품 국산화	
		③ (학습) 고품질 데이터 확보	
	전략 ② 안전성·신뢰성 검증	① 단계적 · 장기간 실증	
		② 국제 인증 획득 및 제도 정비	
	전략 ③ 상용화	① 고성능·저비용 휴머노이드 양산·보급	
		② 산업확산 및 글로벌 진출	

□ 마일스톤 설정 근거

- ◆ 휴머노이드 핵심기술 내재화 및 국가대표급 독자 플랫폼 확보
- ◆ 휴머노이드 조기 양산·상용화로 글로벌 시장 선도

① (~'29년 확보기) 국가 대표급 독자 휴머노이드 플랫폼 확보

- ▶ 테슬라^{오퍼티머스}(26 양산), 보스턴 다이내믹스^{아틀라스}(28 양산) 등 선도기업의 상용화 일정을 고려할 때 기술격차가 고착화 되기 전, 독자 기술력 확보 필요
- ▶ 로봇 핵심 AI기술(RFM), 하드웨어(HW), 데이터 구축 등 기초 역량 확보와 함께, '28년 국가대표 후보 플랫폼을 선정하여, '29년까지 국가대표급 독자 휴머노이드 플랫폼 확보
- ▶ 빠르게 진행되는 글로벌 경쟁에 대응할 수 있도록 예산을 조기 집중 투입하여 기존 연구개발 일정 단축 필요

② (~'32년 상용화기) 국내 기업 중심의 공급망 구축 및 상용화

- ▶ 골든타임(향후 5년) 종료 후 3년 내 국내기업 중심 공급망을 구축하여 시장 경쟁력을 확보하는 단계로 설정
- ▶ '29년까지 확보한 국가대표 플랫폼과 핵심기술을 기반으로 부품·모듈·AI·SW·완제품·서비스를 연계하는 국내 기업 중심의 공급망 구축
- ▶ 제조·공공분야 중심으로 실증→제품화→양산으로 이어지는 상용화 체계를 구축하여 국내 레퍼런스를 확보하고 글로벌 시장진출 기반 마련

③ (~'35년 글로벌 확산기) 글로벌 시장 선점 및 유니콘 기업 육성

- ▶ 디바주요 시장 조사기관들이 공통적으로 예측하는 대규모 상용화 본격화 시점(2032년 이후)과 정합성을 갖도록, 최종 미션 목표 시점인 2035년까지 글로벌 유니콘 기업 육성을 목표로 설정
- ▶ 기술·제품·가격 경쟁력을 갖춘 국내 선도기업의 글로벌 진출을 집중 지원하여 '35년까지 세계 시장을 선도하는 휴머노이드 유니콘 기업 육성

□ 세부 추진 전략

◇ (추진 전략) 향후 3년 내 독자 플랫폼 확보, 실환경 검증, 조기양산·시장창출로 이어지는 전주기 체계 기반 구축으로 K-휴머노이드 생태계 대전환

- ▶ (전략방향) 핵심부품 내재화와 현장 데이터 선순환 체계를 바탕으로 기술 완성도를 높이고, 민관 협업을 통한 초기 시장 창출을 단계적으로 추진
- ▶ (핵심목표) '29년까지 국가대표 K-휴머노이드 플랫폼 확보, '32년까지 양산형 플랫폼 확보 및 현장보급, '35년까지 글로벌 유니콘 기업 육성

○ (전략① 독자 플랫폼 확보) 사람처럼 환경을 인지·판단하고 다양한 작업을 자율적으로 수행하는 국가대표 K-휴머노이드 플랫폼 확보

- (두뇌, AI·SW) 주변 환경과 사람의 지시를 이해해 스스로 판단·행동하고 자연스러운 움직임 구현하는 휴머노이드 지능·제어기술 확보

▪ 시각·촉각 정보와 사람의 언어 지시를 종합해 스스로 판단하고 행동하는 휴머노이드 전용 지능 모델(VHLA) 개발

※ 피지컬AI 미션을 통해 개발되는 피지컬AI 파운데이션 모델, 월드모델 등 연계하고, 반도체 미션과 협업하여 휴머노이드 제어·추론 최적화 전용 AI 반도체 개발 추진

▪ 자연스러운 전신 움직임을 구현하는 전신제어 기술, 가상 환경의 학습 결과를 실제 로봇에 적용하는 기술(Sim-to-Real), 다양한 로봇에 공통 적용 가능한 국산 휴머노이드 운영체제 확보

- (몸체, HW) 사람 수준의 이동·조작 성능을 구현하고 다양한 임무 수행이 가능한 고성능 하드웨어 플랫폼 구축 및 핵심부품 국산화

▪ 구동부(휠/보행/복합)와 조작부(양팔+그리퍼/로봇손)를 모듈화하여 작업 목표에 맞게 최적의 형태로 조합할 수 있는 플랫폼 구현

▪ 경량·고출력 액추에이터, 정교한 로봇 손, 힘·촉각 센서 등 3대 취약 핵심부품을 국산화하고 전고체 배터리 등 상용화 기술 확보

※ 인공근육, 소프트 액추에이터 등 고위험·고성과형 도전적 연구 적극 지원

- (학습, Data) 제조·가사 모사환경과 병원, 복지시설 등 실제 현장에서 원격조작·실증을 통해 고품질 데이터를 축적하고 데이터 팩토리를 단계적으로 확대·고도화(~'30년 100대+)

※ 피지컬 AI 미션과 연계, 실제·가상환경의 성공·실패 데이터를 포함한 학습데이터 구축·공유

- (전략2 안전성·신뢰성 검증) 제조·공공 등 실제 현장의 장기 실증을 통해 돌발상황 대응력과 내구성을 검증하고 인증·제도 기반 마련
 - (실증) 제조가사돌봄 등 비정형 실환경에서 단순 작업부터 고난도 작업까지 단계적·장기 실증을 추진하고 실증 범위를 순차 확대(복지부 협업)
 - (인증·제도) 국제 안전인증(ISO25785-1 등)을 선제적으로 확보하고, 유관 부처(산업부·복지부 등)와 협력해 안전규제 및 사고책임 등 법제도 정비
- (전략3 상용화) 핵심부품 내재화, 원가절감을 통해 고성능·저비용 양산형 휴머노이드를 조기 출시하고, 초기시장 창출과 글로벌 진출 지원
 - (양산·보급) 양산형 휴머노이드 개발을 위한 국내 대표기업 간 협력체계를 구축하고, 국산 휴머노이드 대량구매·보급을 통해 초기시장 창출
 - (산업확산) 제조·서비스 등 전 산업·일상 분야로의 적용모델 다변화 및 글로벌 시장진출 지원 등을 통한 휴머노이드 생태계 확장
- 국가대표급 휴머노이드의 양산·원가 최적화, 대·중소 기업 간 협력, 공공·민간 수요 연계를 전담하는 「민관공동투자 SPC」 설립



□ 주요 사업 현황

- '27년 핵심사업(Next-X Challenge) 175억 원을 포함하여 총 610억원 규모 사업 연계 추진

(단위:백만원)

구 분			대표 사업명	투입 예산	
				'26년	'27년
전략 ① 독자 플랫폼 확보	① AI·SW	① AI 모델	민관협력 기반 AI 휴머노이드 원천기술 고도화 등	10,809	12,872
		② 지능고도화	(핵심) Next-X 챌린지 선도기술개발/ 미래개척융합과학기술개발 등 (휴머노이드 과제)	3,140	11,750
	② HW	① 플랫폼	자율성장 AI 휴머노이드 전략연구단 등	9,367	21,402
		② 부품모듈	자율구성 모듈형 휴머노이드 전략개발단 등	6,007	6,276
	③ 데이터	① 데이터 인프라	자율성장 AI 휴머노이드 전략연구단 등	6,000	6,000
전략 ② 안전성· 신뢰성 검증	④ 실증·검증	① 현장 실증	자율성장 AI 휴머노이드 전략연구단 등	800	2,659
		② 안전신뢰 인증	(과제 ②-② 예산에 반영)	-	-
전략 ③ 양산· 상용화	⑤ 사업화· 확산	① 양산·보급	(산업부)대량구매·보급사업과 연계	-	
		② 산업 확산	'29년 신규로 기획 추진	-	
소계				36,123	60,959

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도								
		1단계				2단계			3단계	
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34
전략[1]	① AI	로봇파운데이션 모델 (RFM) V1.0 공개[①] VHLA 개발[②] 최적신체 자율구성 개발 착수[③]		RFM v2.0 공개, 공장·가사용 멀티 모달 모델 확장[①]		RFM 완성[①], 최적신체 자율구성 완성[③]	공장·가사용 작업 실행용 사례 축적[①]			
	② AI·SW	자율 주행·전신 작업 기본 구현[①], HW-AI 통합 제어 체계·피지컬 AI 관리 에이전트 개발착수[④]		장기복합·자율작업 계획 구현[①], 월드모델 기반 피지컬 AI 개발[②] 물리안전 예측제어 작업지능 자산화[④]		운동·작업 지능의 통합[①] RFM 확장[②]	용도별 특화모델 구축[①] 지능공유 플랫폼 기반 RFM 고도화[④]		인간-로봇·로봇-로봇 간 전문가 수준 협업[①]	
전략[2]	① 플랫폼	프로토타입 V1.0 공개[①] 양산형 플랫폼 초도모델[②] 구동기·말단장치 시제품 개발 [③]		프로토타입 완성 및 v2.0 공개[①] 양산형 플랫폼 1단계[②] 신체구성 요소모듈 통합 시제품 [③]		양산형 휴머노이드 개발 (플랫폼+AI통합) [①]	초감각·고안전·고신뢰성 플랫폼 양산화 [①]			
	② 부품·모듈	부품·모듈 국산화, 전산파워 센서 개발 [①] 모듈형 인터페이스 개발[③]		전고체배터리 탑재 로봇 통합, 안정성 확보, 전고체 배터리·국제안전인증 포함 상용화기술 개발 [②]		구동기 초경량화·성능고도화 [①] 국제안전인증 완료 [②] 구동기·말단장치 양산제품화·국제 표준화 추진 [③]	구동부품모듈 시리즈화양산화 [①]			
전략[3]	① 데이터 인프라	데이터팩토리 구축 및 공개, 공장 및 가사용 실증 개시[①] 정밀조작 특화 데이터셋 구축[③]			데이터 획득 및 학습 자동화, 데이터팩토리 완전 개방, 공장 및 가사용 로봇 실증 완료[①] 현장 데이터 회수 체계 구축[④]			자동화 파이프라인 완성, 데이터 팩토리 확대 및 완전 공유[①]		
전략[4]	① 현장 실증		제조 단순작업 실증[①]	가정 모사환경 PoC[②] 정밀제조 실증[③]	고난도·장기작업 실증[①]	파일럿 실증 및 적용 범위 확대[①] 공공실환경 실증 고도화[②]	실증 적용범위 확대 (자동차, 가사 → 보건/의료/조선 등)[①]			
	② 안전·신뢰 인증				실환경 (병원) 파일럿 실증[②]	ISO25785-1 국제안전 인증 획득[②]	1개월+ 연속운용 달성 [②]			
전략[5]	① 양산·보급					양산형 완성 및 확산[①] 선정 플랫폼 정부지원 보급확대 [④]	실행용 사례 공유[①] 정부지원 보급확대 [④]	구동기·말단장치 양산 제품화 [③]		
	② 산업 확산				프로젝트 SPC 추진	숙련작업자 수준 제조 가사 작업 실증[①] 휴머노이드 산업생태계 구축 착수 [②]		제조산업 전분야 확산 [①]	글로벌 K-휴머노이드 기업 육성[②] 정밀제조 수요기업 현장적용[③]	타분야 spin-off [③] 민간중심 사업화·해외진출 [②]

※ [①] 자율성장AI휴머노이드 전략연구단(KIMM), [②] 민관협력기반 AI휴머노이드 원천기술고도화(KIST), [③] 자율구성모듈형 휴머노이드 전략개발단(KIST) [④] Next-X휴머노이드챌린지 선도기술개발('27년 신규)

8. 우주 미션(우주데이터센터)

□ 추진 배경

- (필요성) AI 연산수요 폭증으로 지상데이터센터가 구조적 한계*에 직면함에 따라, 우주데이터센터 개발 경쟁이 세계적으로 치열한 상황
 - * 전력 사용량 급증, 냉각수 확보 곤란, 부지확보 갈등 등 환경적·지리적 제약
- 우주에서 수집된 데이터를 우주에서 바로 처리·분석하는 우주 AI 서비스로 우주-지상 간 데이터 전송 부담과 대응 시간 절감 필요
- 다만, 대규모 AI 연산에 필요한 전력 생산과 방열 기술 확보는 난제
- (글로벌 현황) 주요국이 각자의 아키텍처 등으로 우주데이터센터 개발 경쟁에 뛰어들고 있으나, 궤도실증 사례는 세계적으로 전무
 - (시장) 우주데이터센터 시장이 '35년까지 390.9억 달러 규모(연평균 67.4%)로 성장전망 및 '궤도실증'을 위한 글로벌 기술경쟁 심화
 - ※ (美) SpaceX는 우주데이터센터 개념설계를 발표('26.6월)
 - (기술) 대규모 태양광 발전, 복사냉각, 내방사선 AI 반도체 등 우주 데이터센터의 실질적 운영을 위한 난제기술 극복은 미흡한 상태
 - ※ (美)스타클라우드, (中)삼체위성군은 소규모 엣지컴퓨팅 수준에서 우주 실증 중('25년)
- (현황 진단) 가치사슬 전반에 경쟁력 있는 국내 기업을 보유하여 지금이 기술격차를 단기간에 극복할 수 있는 전략적 골든타임
 - 민간이 초기부터 참여하는 원천기술 개발 및 우주 실증을 통해 민간이 우주 AI 서비스 상용화에 나설 수 있도록 지원 필요
- (기대효과) 우주데이터센터를 활용한 AI 서비스 실현으로 국민이 일상에서 체감할 수 있는 변화 발생과 기술 주도권 확보 가능
 - (더 빠른 재난 대응) 산불·홍수 등 재난 발생 시 위성영상을 우주 궤도에서 즉시 분석하여 위험지역 정보를 신속하게 국민에게 전달
 - (기술주권 확보) 우리 위성을 통해 관측된 데이터를 우리 기술로 우주에서 직접 처리할 수 있는 원천기술을 확보하여 시장 진출

□ 미션 체계

미션	AI 시대 우주데이터센터 원천기술 확보 및 실증	
목표	우주데이터센터 원천기술의 단계별 궤도 실증을 통한 우주 AI 상용화 기반 마련	
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결	사회적 난제 해결
	'29 - 우주 AI 원천기술 개발 (전력·방열·AI연산) - 우주 옛지컴퓨팅 기술 검증 및 AI 기술 시연('28년)	'29 - 우주 저궤도에 대한민국 우주데이터센터 기반 확보
	'32 - 우주데이터센터 원천기술 확보 및 대형화·고도화 - 우주데이터센터 AI 서비스 시현('31년) (경량LLM 수~수십B급 수백~수천 TOPS)	'32 - 대한민국의 AI 서비스 무대를 우주로 확장
	'35 - 우주데이터센터 AI 서비스 상용화 기반 구축('34년) (대형LLM 수십~수백B급 수천TOPS~수POPS) - 민간 중심 산업생태계 전환 기반 마련	'35 - 우주 AI 상용화 시대 전환
전략 및 과제	전략 ① 우주 AI 원천기술 확보	① (전력) 대용량·고효율 태양전력 기술(수십 kW급)
		② (방열) 복사냉각을 활용한 능동·수동 열방출 기술
		③ (AI연산) 우주급 내방사선 AI 연산장치 기술(차폐 등)
		※ (연계) 광통신 기반 위성 간 초고속 연결(ISL)은 저궤도 위성통신기술 개발사업 성과를 활용
	전략 ② 우주 AI 궤도 실증 및 서비스 구현	① 우주 옛지컴퓨팅 기술 검증 및 AI 시연('28년)
		② 우주데이터센터 AI 서비스 시현('31년)
		③ 우주데이터센터 상용화 기반 구축('34년)

□ 마일스톤 설정 근거

- ◇ 우주데이터센터는 대규모 AI 연산에 필요한 전력 생산과 열방출이 어렵고, 우주방사선으로 인한 AI 반도체 오작동 등 난제 극복 필요
- ◇ 우주환경(방사선, 열진공, 미세중력 등)에서 전력·방열·AI연산 성능 확인은 지상 시험만으로 한계가 존재하여, 원천기술 개발과 병행한 단계별 우주 궤도 실증을 통해 핵심기술의 성능 검증이 필요

① 우주 엣지컴퓨팅 기술 검증 및 AI 시연('26~'29년)

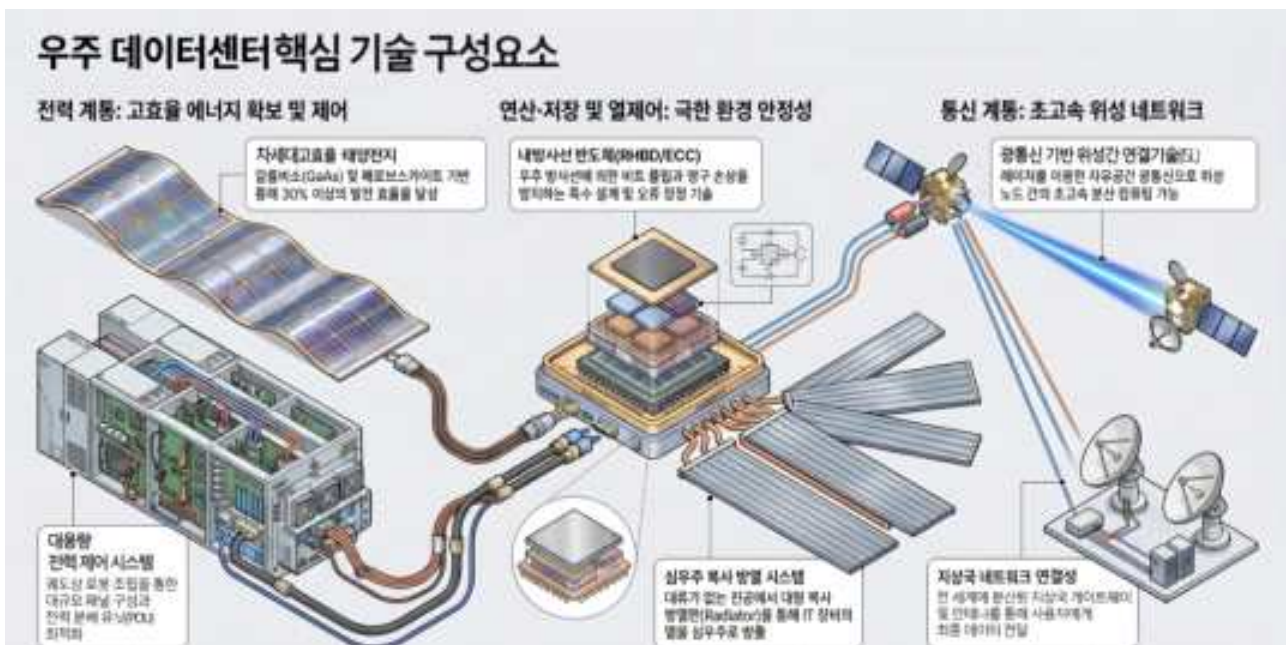
- 우주환경(방사선, 열진공, 미세중력 등)에서 전력·방열·AI연산 기술이 실제로 요구 성능을 발휘하는지는 지상시험만으로 담보할 수 없어, 최소 규모의 초기 궤도 실증을 통한 선행 검증이 불가피
- 큐브위성(누리호 탑재)을 활용한 지상용 반도체 우주실증을 지원하고, 소형위성(100kg급, 1kW급 플랫폼)을 조속히 실증함으로써, 후속 단계로 넘어가기 위한 기술적 위험을 조기에 제거

② 우주데이터센터 AI 서비스 시연('30~'32년)

- 단순 기술검증에만 머무르지 않고 실제 위성 데이터와 연계된 AI 서비스가 우주 궤도상에서 작동 가능한지를 입증하는 단계로 전환
- 주요국들도 '30년 전후로 궤도상 AI 서비스 실증을 추진할 것으로 전망되므로 국내 최초 입증을 통해 기술주권과 초기시장 선점 기대
- 1kW급에서 수십 kW급으로 전환 시 전개 구조와 냉각 방식 등이 전면 수정되어 중간 규모 수준의 궤도 검증 없이 대형 설계 불가
 - (전력) 전력규모가 수십 배로 증가됨에 따라 아키텍처, 조절 방식, 태양전지 전개기술 등이 기존과 전혀 다른 새로운 연구개발을 통해 3~5kW급에서 전력시스템에 전반에 대한 단계적 궤도 검증이 필수
 - (방열) 능동 냉각은 무중력에서의 액체 흐름·기포 거동을 지상 시험으로 재현할 수 없어 중형 단계의 궤도 검증이 불가피

③ 우주데이터센터 상용화 기반 구축('33~'35년)

- 실질적인 비즈니스 모델 창출이 가능한 대용량·상시 운영 규모로의 확장이 필요하며, 민간 상용 서비스를 위한 최소 규모 요건에 해당
- 위성데이터와 연계된 비즈니스 모델을 실현하여, 정부 주도 개발에서 민간 중심의 지속가능한 산업생태계로 전환을 위한 기반 마련 필요
- 개별 기술의 확대에 그치지 않고, 태양광발전·방열·AI연산이 하나의 위성에서 동시에 작동하는지를 처음으로 확인하는 '종합 검증' 단계
 - (전력) 중형(3~5kW급) 대비 태양전지판의 전개 면적이 수 배 이상 확대됨에 따라, 대형 전개 구조물의 궤도 전개 성공 여부와 자세 제어 간섭·발전 성능 유지 여부를 궤도에서 충분히 확인 필요
 - (방열) 냉각 루프 용량 증가와 태양전지판·방열판 간 차폐·열 교환 간섭으로 전력계·열제어계 통합 열모델과 최대 열부하 조건의 방열 여유를 궤도에서 충분히 확인 필요
 - (종합 검증) 전력 생산 → AI 연산 → 방열 → 열 배출 → 데이터 전송의 동시·상시 순환은 개별 시험으로 확인이 불가하여, 중·대형 플랫폼의 체계종합 및 궤도 통합 시험이 상용화 판단의 최종 관문



□ 세부 추진 전략

◇ (추진방향) AI 개발역량을 활용한 원천기술 확보 및 단계별 우주 궤도 실증

- ▶ (전략 방향) 우주데이터센터 원천기술을 확보하고, 단계별 궤도 실증(AI 시연 → 서비스 시현 → 상용화 기반 구축)을 통해 우주 AI 상용화 서비스 기반 마련
- ▶ (핵심 목표) '35년 민간 중심의 우주데이터센터 비즈니스 모델 발굴 및 상용화 서비스를 착수할 수 있도록 우주 궤도 실증 및 산업 생태계 구축

- (전략① 우주 AI 원천기술 확보) 우주에서 AI 연산은 전력 공급, 열방출, 연산 신뢰성이 충족되어야 하므로 원천기술의 자체 확보를 추진
 - (전력) 제한된 위성 면적 내에서 대규모 전력을 안정적 생산·공급
 - [AS-IS] 국내 지구관측 위성의 전력은 약 1kW 안팎의 수준이나, 대규모 AI 연산에는 최소 수십 kW 수준의 전력 확보 필요
 - [TO-BE] 대면적 전개형 태양전지판, 고신뢰성 전력 제어기술 개발
 - (방열) 공기가 없는 진공 상태에서 발생 열을 우주공간으로 방출
 - [AS-IS] 우주에는 대류가 없어 송풍·냉방 방식의 냉각이 불가하며, 열이 축적될 경우, AI 반도체의 성능 저하 및 오류가 발생
 - [TO-BE] 대면적 전개형 방열판으로 열을 적외선 형태로 내보내는 복사냉각 기술, 루프 히트 파이프 및 능동 열제어 기술 개발
 - (AI연산) 우주방사선 환경에서 AI 연산장치의 오작동 없는 성능 확보
 - [AS-IS] 우주방사선 피폭 시 계산오류가 발생하며, 궤도상에서는 부품 교체·수리가 불가능하여 설계 단계의 신뢰성 확보가 필수
 - [TO-BE] AI 반도체에 방사선 차폐, 오류 정정 기술, 동일 연산을 3중으로 수행하여 다수결로 판정하는 삼중화 설계 적용
- ※ [연계] AI 연산 결과의 신속한 전송을 위한 광통신 기반 위성 간 초고속 연결(ISL)은 저궤도 위성통신기술 개발사업 및 후속 네트워크 기술개발 과제의 성과를 활용

- (전략② 우주 AI 궤도실증) 소규모 실증을 통해 기술적 위험을 완화하고 규모를 단계적으로 확대함으로써, 실패 위험과 예산 손실을 최소화
 - (AI 시연, '28년) 우주환경에서의 AI 연산 작동 여부를 검증
 - [AS-IS] 지상용 AI 반도체의 우주환경(방사선) 내구성과 궤도상 AI 연산의 정상 작동 여부가 국내외 모두 미검증 상태
 - [TO-BE] 큐브위성(누리호 탑재)으로 AI 반도체의 내구성을 확인하고, 소형위성을 활용하여 엣지컴퓨팅 기술 검증 및 AI 시연
 - (AI 서비스 시현, '31년) 궤도상에서 AI 서비스의 구현 가능성 입증
 - [AS-IS] 지상검증만으로는 실제 위성 데이터 및 운영 시나리오와 연계된 AI 서비스의 구현 가능성을 판단하기 곤란
 - [TO-BE] 3~5kW급(서버 1대 수준) 플랫폼에 경량 AI 모델을 탑재하여 실제 위성영상과 연계한 분석 결과를 이용자에게 시험 제공
 - (상용화 기반 구축, '34년) 민간 사업화가 가능한 규모의 운영 기반 확보
 - [AS-IS] 시현 단계의 규모로는 상시 운영과 비즈니스 모델 창출이 곤란하여, 상용 서비스 가능성 확인을 위한 대용량 확장이 필요
 - [TO-BE] 수십 kW급(서버 랙 1대 수준) 플랫폼에 대형 AI 모델을 탑재하여 상시 운영이 가능한 규모의 AI 연산을 구현
- ※ 민간의 기술이전을 통한 사업화가 가능하도록 기술·검증 기반을 구축

□ 주요 사업 현황

- '27년 핵심사업* 21억원 규모 연계 예정
 - * 고효율 대용량 방열기술 및 전력제어 핵심기술 개발과 지상검증('27~'31년, 310억원)
(단위:백만원)

구 분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략 ① 원천 기술 확보	① 전력	(핵심) 고효율 대용량 방열기술 및 전력제어 핵심기술 개발과 지상검증	-	2,063
	② 방열			
	③ AI 연산	단계별 궤도실증 사업과 연계 추진	-	-
전략 ② 궤도 실증 및 서비스 구현	① AI 시연	소형위성 활용 우주 엣지컴퓨팅	-	준비중
	② AI 서비스 시현	3~5kW급 우주데이터센터	-	준비중
	③ 상용화 기반	수십kW급 우주데이터센터	-	준비중
소계			-	2,063

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계				2단계			3단계		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
① 우주 AI 원천 기술 확보	① 전력	대용량 전력계 아키텍처 설계		대용량 전력계 지상모델 개발		대용량 전력계 우주환경시험 검증		체계사업을 통한 대용량·고효율·대면적 태양전력 시스템 개발기술 고도화 (수십 kW급 전력)		대용량·고효율·대면적 전력계 원천기술 확보 및 비행모델 궤도 실증	
		고효율·대면적 전개형 태양전지 시제품 설계		고효율·대면적 전개형 태양전지 지상모델 개발		고효율·대면적 전개형 태양전지 우주환경시험 검증					
	② 방열	전개형 방열판 및 루프 히트파이프 네트워크 설계		전개형 방열판 및 루프 히트파이프 지상모델 개발		복사냉각을 활용한 대용량 열방출 우주환경시험 검증		체계사업을 통한 복사냉각 열방출 기술 고도화 (수십 kW급 열부하 대응)		복사냉각 열방출 원천기술 확보 및 비행모델 궤도 실증	
능동 냉각 설계		능동 냉각 지상모델 개발									
	③ AI 연산	큐브위성을 활용한 지상용 AI 반도체 우주실증 (누리호 탑재)						체계사업을 통한 내방사선 AI 연산모듈 확보 (지상 AIDC의 1개 랙 수준)		대규모 우주 AI 연산모듈 궤도 실증	
			소형위성 활용 AI 엣지컴퓨팅 기술 검증		국내 AI 반도체의 내방사선 설계기술 확보 (차폐, ECC, 삼중화 등)						
② 우주 AI 서비스 구현	① AI 시연			소형위성 활용 AI 엣지컴퓨팅 운영 및 우주 시연			우주 시연 결과 분석				
	② 서비스 시현 및 상용화 기반 구축		우주 AI 개념설계	우주 활용 데이터 확보	우주 특화 AI 파운데이션모델 개발 및 적용		우주데이터센터 AI 서비스 시현				
				국내 AI 반도체를 활용한 독자적인 우주 AI 플랫폼 구축				우주데이터센터 상용화 기반 구축			

※ 연계사업* 연구성과를 활용하여 광통신 기반 위성 간 초고속 연결(ISL) 이용

* 저궤도 위성통신기술 개발사업('25~'30년, 약 3,200억, ETRI)

네트워크 기술개발 과제('28~'32년, ETRI 전략연구사업, 신규과제)

9. 소재 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 미·중 패권 경쟁 속 중국이 희토류 공급망을 장악* 하고, '25년 수출통제로 첨단산업 글로벌 공급망 위기를 촉발

* 전체 희토류 채굴 71%, 자석용 희토류 분리·정련 91%, 영구자석 생산 94%

- 희토류(네오디뮴(Nd), 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb))는 전기차, 로봇, 방산 등 첨단산업 모터의 핵심 부품인 고성능 영구자석의 필수 원료

※ 전체 희토류 사용량 90% 이상이 영구자석 제조에 활용

- 우리나라는 희토류와 영구자석 대부분을 중국에서 수입하며 경제 안보와 직결되는 첨단산업 공급망 위기에 상시 직면

⇒ 비축 확대, 자원 확보국 다변화 등 공급망 안정화 정책과 함께 희토류 대체·저감·재활용 영구자석 제조 혁신기술 내재화 필요

- (글로벌 현황) 중국이 희토류 채굴, 정·제련, 영구자석 제조까지 광물에서 제품 생산에 이르는 공급망 전 과정의 핵심기술 보유

- 미국, 일본, EU 등이 희토류 대체·저감, 재활용 기술개발에 집중 투자하기 시작하며, 탈중국을 위한 글로벌 기술 경쟁 본격화

※ (미) 희토류 정·제련에서 영구자석까지 독자 공급망 구축을 위해 DoE는 기술개발·실증(1.3억 달러, '25), DoD는 시설투자(MP Materials 15% 지분 투자) 추진
(일) 경제안보 중요기술 육성 프로그램으로 중희토류 대체저감 R&D 지원('24~'29, 34억 엔)
(EU) Horizon Europe, 혁신기금으로 친환경 정제, 재활용 중심 투자('26~'32, 13억 유로)

- (국내 현황) 공급망 안정화 정책에 집중하는 가운데 희토류 대체·저감·재활용 연구개발은 기초 단계에 머물러 있는 상황

- (대체·저감) 소규모 연구과제를 통해 국내 연구기관이 실험실 수준 중희토류 대체 및 경희토류 저감 영구자석 제조 기술* 확보

* 세계 최고 수준 중희토류(Dy) 배제 영구자석, 경희토류(Nd) 30% 저감 기술 등

- (재활용) 친환경 기술은 개념 정립 단계로서 사실상 미개척 상태

- (현황 진단) 희토류 대체·저감·재활용 영구자석 제조 기초기술 보유, 공급망 급변 속 산업 수요를 충족할 혁신기술 개발 및 실증 시급

□ 미션 체계

미션	세계 최고 성능의 희토류 대체·저감·재활용 영구자석 개발			
목표	① 희토류를 배제·극저감하는 영구자석 제조 공정 기술 확보 ② 도시광산 폐자원으로부터 희토류 친환경 회수 기술 확보			
핵심 마일스톤	기술적 난제 해결		사회적 난제 해결	
	'29	- 대체·저감 희토류 배제·저감(50%) 영구자석 제조기술 확보 - 재활용 무강산·무탄소 재활용 희토류 회수 기술 확보 ※ AI ready 데이터셋 구축, 희토류 소재 AI 특화 모델 개발	'29	- 공급망 희토류 배제·저감 기술 확보로 공급망 리스크 완화 - 환경 친환경 회수 기술로 국내 재활용 산업 토대 마련
	'33	- 대체·저감 희토류 배제·극저감(70%) 기술 고도화, 모터 탑재 실증 - 재활용 친환경 희토류 회수 기술 고도화 및 현장 실증 ※ 희토류 소재 AI 특화 모델 실험 연동 검증 및 활용	'33	- 공급망 산업 현장 실증으로 新영구자석 생산 기반 구축 - 환경 현장 실증 연계해 친환경 재활용 기술 상용화
	'35	- 대체·저감 희토류 배제·극저감 자석 본격 양산 - 재활용 희토류 친환경 회수 기술 산업 현장 활용	'35	- 공급망 희토류 배제·극저감 신기술을 첨단산업에 확산 - 환경 국내 희토류 생산·재활용 선순환 생태계 구축
전략 및 과제	전략 ① 대체·저감	① 중희토류 없는 고성능 영구자석 기술개발		
		② 경희토류 극저감 영구자석 제조 기술개발		
		③ 희토자석 특성 구현 비희토류 자성 소재 개발		
	전략 ② 재활용	① 강산 제로 희토류 산화물 회수 기술개발		
		② 탄소 제로 희토류 금속 회수 기술개발		
		③ 폐자석 성능 회복·향상 기술개발		

□ 마일스톤 설정 근거

- [대체·저감] 공급망 위기 속, 고성능 영구자석에 사용되는 중희토류(Dy, Tb)를 완전 배제(3년 내)하고, 경희토류(Nd)를 극저감(3년 내 50%, 7년 내 70%)하는 영구자석 제조 공정 기술개발에 도전
- [재활용] 글로벌 환경 규제에 선제적으로 대비, 폐자석에 포함된 Nd 자석(NdFeB)에서 Nd(네오디뮴), Dy(디스프로슘) 등을 희토류 순도 99.5% 이상 회수하는 친환경 재활용 기술개발 추진

① 희토류 완전 배제 및 경희토류 극저감

- (중희토류 완전 배제) 현재는 Nd자석에 중희토류(Dy, Tb)를 소량 첨가하여 200℃ 고온에서도 견디는 고성능 자석을 제조
⇒ 새로운 극미세 분말 제조 및 미세구조 제어 기술 등을 개발하여 중희토류를 전혀 사용하지 않고도 고온에서 기존 성능으로 작동하는 영구자석 제조를 목표로 설정
- (경희토류 극저감) 자원이 풍부하고 가격이 저렴한 Ce(세륨), La(란탄)을 활용하여 현 기술 수준으로 Nd를 30%까지 치환 가능하나 치환량이 증가할수록 고유 자기 특성(보자력, 잔류자화, 내열성)이 급격히 저하
⇒ 경희토류를 현 수준보다 70%까지 줄이면서도 기존 성능을 유지하는 영구자석 제조를 목표로 설정

② 희토류 친환경 재활용

- (강산·탄소 제로) 희토류 정제·가공은 대량의 강산을 사용하고 복잡한 과정(탄소전극 전해 공정 등)을 거치며 대량의 폐수와 탄소를 배출
⇒ 강산을 사용하지 않는 친환경 용매로 제련하고 탄소를 발생시키지 않는 신개념 전극을 활용하여, 초고순도로 희토류를 회수하는 기술개발을 목표로 설정
- (폐자석 직접 재활용) 폐자원에서 희토류를 고순도 분리하는 전략과 함께, 폐자석 자체 그대로 성능을 복원시키는 방식을 병행
⇒ 성능이 저하된 폐영구자석을 원소 분리 없이 합금 상태로 직접 회수하여 저하된 성능을 100% 회복, 120%까지 향상시키는 재활용 기술개발을 목표로 설정

□ 세부 추진 전략

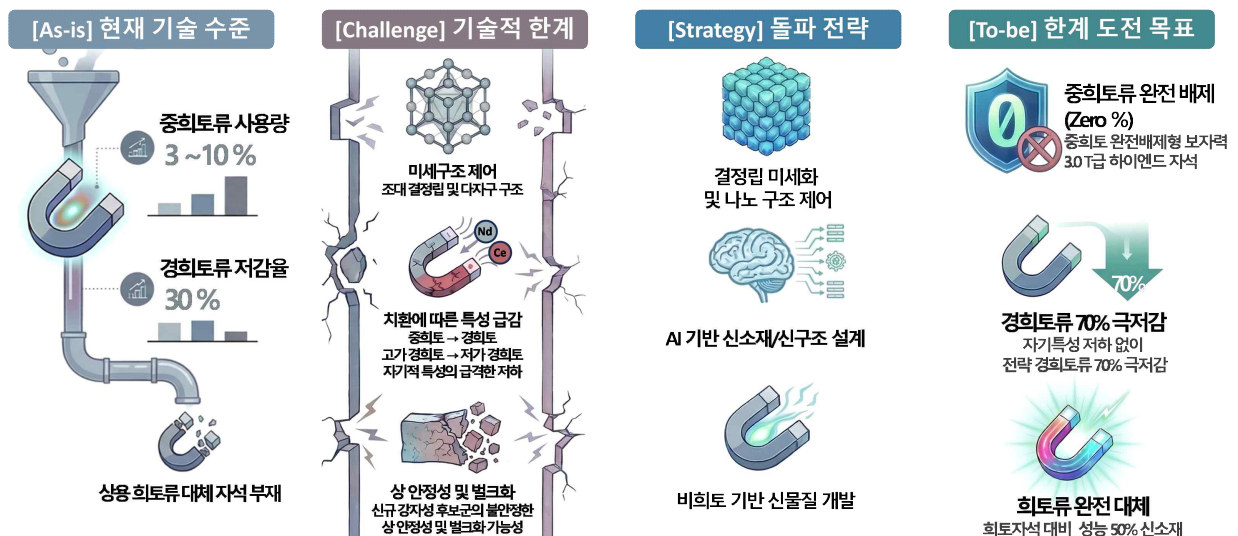
◇ (추진방향) 희토류를 완전 배제·극저감하는 영구자석 제조 기술을 확보하고 폐자석을 친환경 재활용하는 세계 최고기술을 개발

전략 방향	핵심 목표
1단계('27~'29) 기술 확보	- 중희토류 완전 배제, 경희토류 극저감 영구자석 개발 - 고순도 친환경 희토류 회수 혁신기술 개발
2단계('30~'33) 고도화 및 실증	희토류 대체·저감·재활용 기술 고도화 및 산업 현장 실증
3단계(~'35) 성과 확산	- 대체·저감·재활용 영구자석 제조 공정 기술 글로벌 선도 - 첨단산업 생태계로 기술개발 성과 확산

○ (전략① 대체·저감) 극미세 분말 제조 新입계확산*, 미세구조 제어 기술 등을 통해 희토류 완전 배제·극저감 고성능 영구자석 개발

* 금속 내부 원소 간 경계면에 원소가 빠르게 스며드는 현상, 중희토류가 입자 경계면을 따라 확산되어 고성능의 영구자석이 제조

- (중희토류 완전 배제) 중희토류(Dy, Tb)를 사용하지 않고 고온 환경에서 모터 성능을 유지하는 고성능 영구자석 제조 공정 기술개발
- (경희토류 극저감) 경희토류(Nd) 사용량을 극저감(70%)하면서도 상용 자석과 동등 수준의 성능과 신뢰성을 지닌 영구자석 기술개발
- (비희토류 자성 소재) 희토류 원소를 사용하지 않고도 산업 적용이 가능한 수준(희토자석 특성 50% 구현)의 비희토류 영구자석 소재 개발



- (전략2 재활용) 천연 유래 물질을 활용하여 생분해 가능한 용매로 제련, 탄소 저감형 新전극 기술로 강산·탄소 제로 희토류 회수에 도전
 - (무강산) 폐모터, 폐희토자석으로부터 고순도 희토류 원소를 강산 없이 친환경 용매를 이용하여 회수하는 기술 확보
 - (무탄소) 고순도 희토류 원소를 기존 탄소전극을 대체해 친환경 新전극 소재로 회수하는 신개념의 재활용 공정 기술 확보
 - (폐자석 직접 재활용) 폐영구자석을 원소 분리 없이 합금 상태로 직접 회수, 저하된 성능을 회복·향상시키는 재활용 기술 확보

강산 활용·탄소 배출 유해 공정



강산·탄소 제로 친환경 신공정 적용

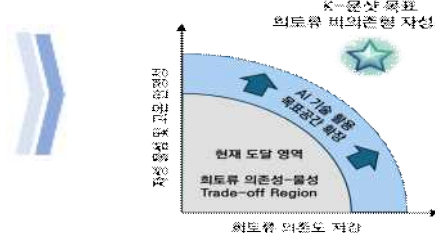


- (전략3 AI 접목) 신소재 후보물질 발굴, 입자 미세구조 설계 시 AI를 활용하여 희토류 대체·저감·재활용 기술개발 가속화

AI 기반 목표 확장 전략

AI Ready 데이터셋 및 지식맵 구축	상보관계 해결 다목표 최적화
희토류 특화 AI 모델 개발 및 고도화	실증 및 검증 환류

신소재 발굴 등 기술개발 촉진



- (추진체계) 산·학·연 역량을 결집하여 1단계 독자 원천기술 확보 → 2단계 기술 고도화 및 현장 실증 추진
 - 1단계('27~'29) 3개 출연(연) 중심으로 희토류 대체·저감·재활용 기술개발
 - ※ 재료연(세계 수준의 극미세 분말 영구자석 제조 기술 보유)·지자연·생기연 전략 연구사업으로 추진하고, 주요 난제 해결을 위해 대학과 공동연구 확대
 - 2단계('30~'33) 수요기업 협력을 통해 기술 고도화 및 실증·상용화 연계
 - ※ 현장 상용화 수준의 kg급 배치 제조공정 확립, 희토류 대체·저감 신영구자석을 구동 모터에 탑재하여 재현성 실증 테스트 실시('33)

□ 주요 사업 현황

○ '27년 「희토류 리스크 제로화 원천기술개발」 본격 추진

※ 재료(연), 지자(연), 생기(연) 3개 출연(연)의 '27년 신규 전략연구사업으로 추진

(단위: 백만원)

구분		과제명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략 ① 대체·저감	과제 ❶	중희토류 없는 고성능 영구자석 기술개발		1,500
	과제 ❷	경희토류 극저감 영구자석 제조 기술개발		1,000
	과제 ❸	희토자석 특성 구현 비희토류 자성 소재 개발		700
전략 ② 재활용	과제 ❶	강산 제로 희토류 산화물 회수 기술개발		1,990
	과제 ❷	탄소 제로 희토류 금속 회수 기술개발		4,818
	과제 ❸	폐자석 성능 회복·향상 기술개발		865
소계				10,873

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도								
		1단계			2단계				3단계	
		'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
전략 ① 대체·저감	과제 ❶ 중희토류 완전 배제	중희토류 완전 배제 제조 공정 기술 확보			기술 고도화 및 구동 모터 탑재 실증				글로벌 첨단산업에 활용·확산	
	과제 ❷ 경희토류 극저감	경희토류 50% 저감 기술 확보			경희토류 70% 극저감 기술 확보 및 구동 모터 탑재 실증					
	과제 ❸ 비희토류 자성소재	희토자석 특성 30% 구현 신소재 개발			비희토류 자석(50% 구현) 시제품 제작 및 실증					
전략 ② 재활용	과제 ❶ 무강산 추출·회수	친환경 용매 활용 희토류 침출·회수 기술개발			무강산 희토류 회수 기술 (순도 99.5%) 확보 및 스케일업 실증				희토류 국내 생산·재활용 순순환 생태계 구축	
	과제 ❷ 무탄소 회수	탄소전극 대체 신전극 활용 희토류 회수 기술개발			무탄소 희토류 회수 기술 (순도 99.5%) 확보 및 장기운전 실증					
	과제 ❸ 폐자석 직접 재활용	폐자석 성능 100% 회복 기술개발			폐자석 성능 120% 회복 기술 확보 및 모터 탑재 실증					

10. 반도체 미션

□ 추진 배경

- (필요성) 반도체는 AI시대의 주권을 좌우하는 핵심 전략 자산으로, 원천기술 확보가 '글로벌 AI 3대 강국(G3)' 도약의 승부처
 - ※ (대내) 3대 메가프로젝트 추진('26.6.)
 - ※ (대외) 미국 매치법 발의('26.4.) 등 첨단 반도체 수출통제 강화로 독자 기술 주권 확보 필요
- '저전력·고효율 AI 연산 생산성'이 AI 경쟁의 핵심축으로 전망됨에 따라, 전력 한계를 극복할 초저전력·고성능 반도체 원천기술 선점 필요
- (글로벌 현황) 단일 칩 미세화 중심에서 '소자·공정·메모리·패키징·시스템'을 수직 통합하는 '반도체 풀스택(Full-stack)' 선점 경쟁으로 전환
 - ※ (시장) 미국은 민간 생태계 중심의 '서비스/SW-GPU/반도체-AIDC' 연결망에 집중 투자 중이며, 중국은 국가 주도 'AI모델/서비스-반도체-전력/인프라' 내재화를 총력 추진 중임
 - ※ (기술) 기술 경쟁 축이 '트랜지스터 미세화'를 넘어 시스템 레벨의 '3D 적층이종집적'으로 이동
- (국내 현황) 최고 수준의 메모리·미세공정 양산 역량을 보유 중이나, 시스템 통합 기술격차와 대외 위협 심화로 선제적 기술 확보 시급

	긍정요인	부정요인
	【 강점 (Strength) 】 세계 최고 메모리 기술력 및 탄탄한 제조 생태계	【 약점 (Weakness) 】 차세대 소자 원천기술 부재 및 전주기 실증 기반 취약
내부 환경	▶ 세계 최고 수준의 메모리(DRAM·HBM) 기술력 및 초고적층 양산 역량) ▶ 글로벌 IDM 및 소재·부품·장비 기업이 밀집한 탄탄한 산업 생태계	▶ 차세대 소자(CFET·2D) 및 원자급 신소재 원천기술 부재 ▶ '소자-칩-패키징' 전주기 연계·통합 검증 기반 및 IP 생태계 취약
	【 기회 (Opportunity) 】 초저전력 반도체 수요 급증 및 한국 공급망 수요 확대	【 위협 (Threat) 】 기술 안보 블록화 및 글로벌 경쟁 격화
외부 환경	▶ 온디바이스·피지컬 AI 확산에 따른 초저전력 반도체 수요 급증 ▶ 글로벌 빅테크 중심의 한국 반도체 공급망 수요 확대	▶ 美 매치법(MATCH Act) 발의 등 글로벌 수출통제 및 기술 블록화 심화. ▶ 주요국(미·중·일·대만)의 대규모 보조금 공세 및 인재 유치 경쟁 전면화

⇒ (진단) AI 연산량의 폭증에 따른 메모리 병목 및 전력 소비급증으로 기술적 한계를 돌파하기 위한 차세대 반도체 원천기술 개발 필요

□ 미션 체계

미션	일상 속 모든 기기에서 성능과 전력의 한계를 허무는 차세대 반도체 원천기술 확보		
목표	반도체 성능을 100배 상승시키는 혁신으로 '메모리 중심 컴퓨팅 패러다임' 구축 및 'AI 연산 생산성(Token/W) 강국' 도약		
핵심 마일스톤	목표 수준		기술적 난제 해결
	'29	현세대 2배 성능 (약 4 Tokens/W)	'29 - 극미세 원자층초미세 공정 원천기술 초고성능 로직 소자 구조 확보 - 적층형 프로세서-메모리 간 병목 완화를 위한 3D 적층형 기술 확보 - 통합플랫폼 2.5D 첨단패키징 검증 기반 소자-칩 연계 실증체계 구축
		연산성능 1.5배, 소모전력 1.3배 개선	
	'32	현세대 16배 성능 (약 32 Tokens/W)	'32 - 극미세 고난도 초미세고적층 소자, 차세대 입체 소자(CFET) 구현 - 적층형 광 인터포저 차세대 고대역폭 메모리 적층 및 3D 이중적층 - 통합플랫폼 메모리-연산 집적 반도체 칩 개발
연산성능 4배, 소모전력 4배 개선			
'35	현세대 100배 성능 (약 200 Tokens/W)	'35 - 극미세 초미세 소자 공정 차세대 입체 소자 칩 집적 및 1nm이하 구조 확보 - 적층형 3D 패키징 기반 차세대 메모리 조합 집적 및 다층 적층 - 통합플랫폼 메모리 중심 컴퓨팅 반도체 시스템 개발	
	연산성능 8.8배, 소모전력 11.4배 개선		
전략 및 과제	① 극미세 반도체	① 극미세 패터닝 공정 기술 확보	
		② 초고성능 로직 소자 구현	
		③ 차세대 메모리 핵심 구조와 물질 확보	
	② 적층형 반도체	① New HBM(HBD+HBF) 원천 기술 개발	
		② 3D 적층형 이중 반도체 집적화 기술	
		③ 3D 적층형 단일 반도체 집적화 구현	
	③ 통합 플랫폼	① 첨단 패키징 기반 엣지디바이스 시스템 구현	
		② 메모리 중심 컴퓨팅향 통합 엣지 시스템 구현	

□ 마일스톤 설정 근거

- 데이터센터 독립형 초인공지능(ASI) 구동을 위한 **저전력·고효율 반도체 독자 원천기술 확보**와 **로직·패키징·시스템 전 영역의 기술 자립**을 통해 **데이터 주권 확보** 및 **글로벌 기술 주권 선점** 필요
- 기술적 난이도와 시스템 통합 성숙도를 고려하여, **소자·공정 단위의 극미세화 원천기술 확보**에서 3D 적층 및 첨단 패키징 기반 **메모리 중심 컴퓨팅(MCC) 실증**으로 **단계적 목표 설정**

① 극미세반도체 기술개발

① 원자 수준 공정 기술 확보

- (극미세 회로 형성) 1나노미터(nm) 이하 초미세 회로 구현을 위한 다중 회로 형성 핵심 공정기술 확보
- (소자 연계·검증) 확보된 회로형성 기술을 차세대 로직 소자 및 수직 메모리 구조에 적용하여 공정-소자 통합 검증

② 초고성능 로직 소자 구현

- (차세대 소자 구현) 현세대 최선단 상용 반도체 소자 기술 이후 미세화 한계를 극복하기 위한 차세대 입체 소자(CFET) 및 2차원 채널 기반 차세대 로직소자 기술 확보
- (단계적 소자 검증) 공공 인프라와 수요기업을 연계하여 차세대 로직소자 제작·평가 및 공정 통합

③ 차세대 메모리 핵심 구조와 물질 확보

- (차세대 메모리 구조) 전하 누설에 따른 동작 오류 등 메모리 미세화 한계 극복을 위한 차세대 소자의 수직 셀 구조 확보
- (新 소재·소자) 차세대 메모리 구현을 위한 산화물 반도체 등 저전력·초저누설 소재·소자 기술 확보

② 적층형반도체 기술개발

① 차세대 고대역폭 메모리 원천기술 개발

- (New HBM) AI 연산 및 에이전트 환경 대응을 위한 New HBM으로서 HBD*(현 시점 HBM)와 HBF**를 수직 함께 쌓는 차세대 메모리 구조 확보
* (HBD) DRAM 기반 고대역폭 적층 메모리, ** (HBF) NAND Flash 기반 고대역폭 적층 메모리
※ 고속연상용 HBD와 대용량 저장용 HBF를 수직으로 함께 쌓는 차세대 메모리 아키텍처 구현
- (시스템 성능 최적화) 메모리와 연산소자의 데이터 이동을 최소화하여 대역폭·지연·전력효율을 시스템 수준에서 최적화

② 3차원 적층형 이종(異種) 반도체 집적화 기술개발

- (로직-메모리 적층) 연산 칩(CPU, NPU, GPU 등)과 메모리를 직접 적층하여 데이터 이동거리·전송에너지를 최소화하는 3차원 이종집적 구현
- (열·전력 최적화) 3차원 적층의 핵심 병목인 발열, 전력, 신뢰성을 고려한 통합 설계·검증

③ 3차원 적층형 단일 반도체 집적화 기술 구현

- (단일집적 기술) 칩을 따로 만들어 적층하는 방식을 넘어, 하나의 반도체 제조 공정 안에서 연산 칩과 메모리를 수직으로 한 번에 쌓는 단일 일체형 적층(Monolithic 3D) 원천기술 확보
- (방열·신뢰성 통합기술) 3차원 고적층에 따른 열집중과 신뢰성 저하에 대응하여 전기-열 통합설계 및 검증기술 확보

③ 통합플랫폼 구현

① 첨단패키징 기반 엣지-디바이스 시스템 구현

- (첨단패키징 플랫폼) 유리기판, 광통신, 연산칩을 하나로 연계하는 한국형 첨단패키징 통합플랫폼 구축
- (통합·실증) 분산된 패키징 요소기술을 공통 인터페이스 기반으로 연계하여 엣지-디바이스 시스템 실증

② 메모리 중심 컴퓨팅향 통합 엣지 시스템 구현

- (메모리 중심 컴퓨팅 시스템 통합) 초저전력 연산칩, 차세대 메모리, 첨단패키징 플랫폼을 결합한 메모리 중심 Physical AI 시스템 구현

□ 세부 추진 전략

◇ (추진 전략) 민간-정부 R&D 연계와 연구 방식 혁신을 통하여 기업의 단독 투자가 어려운 고비용·고위험 미래 원천기술에 국가의 선제 투자 및 실증을 거쳐 산업 적용까지 연계

- ▶ (전략 방향) 차세대 반도체 기술에서의 초격차 유지 및 온디바이스·Physical AI 핵심부품의 기술 실증을 통한 미래 핵심기술 선점
- ▶ (핵심 목표) 반도체 성능을 100배 상승시키는 혁신으로 '메모리 중심 컴퓨팅 패러다임' 구축 및 'AI 연산 생산성(Token/W) 강국' 도약

- (전략① 민간-정부 R&D 연계) 산업계의 기술 수요 기반의 R&D 과제 구성, 최고 수준의 산·학·연 연구진을 활용한 반도체 원천기술 개발 후, 민간-정부 R&D 연계체계를 구축하여 공동 검증·실증체계 강화
 - (과제 설계) 민간 실무 임원급 최고 기술전문가 및 선도연구자가 참여하는 '가칭'반도체 미래기술위원회'를 통한 민간수요 R&D 과제 구성
 - (연구 수행) 우수 연구진의 기초·원천연구 수행 및 산·학·연 연구진 간 공동 특허를 통한 개발 기술의 실제 활용도 제고
 - (산·학·연 통합 실증) 기업 로드맵 연계 산·학·연 통합설계·실증 플랫폼 구축으로 '소자-칩-패키지' 전주기 개념실증(POC) 수행
 - ※ (1단계) 엣지 디바이스 중심 뉴메모리 연계구조(HBF, 칩렛) 검증
 - (2단계) 메모리 중심 컴퓨팅(MCC) 반도체 시스템(연산+메모리 집적, 광패키징) 구현
 - (범부처 협력) 범부처 공동 칩 제작 및 대형 R&D 사업 연계 추진
- (전략② 연구 방식 혁신) 다각적인 연구혁신 기반을 마련하고, 다른 과학기술 분야와의 연계를 통한 융합시너지 창출 가속화 도모
 - (AI 활용 R&D) AI 기반 소자 혁신, 공정·설계 최적화 및 디지털 트윈으로 소자·공정 개발기간 단축 및 반도체 칩의 수율 향상을 도모
 - (개방형 R&D) '가칭'미래 반도체 소자 아이디어 챌린지' 개최를 통한 차세대 신소자 아이디어 발굴 등 미래 원천기술 확보 저변 확대
 - (미션 간 협력) 우주·휴머노이드·양자 미션의 반도체 수요·요구성능을 통합 플랫폼에 반영하여 성능·신뢰성 검증 및 실환경 공동 실증 추진

□ 주요 사업 현황

- '27년 핵심사업(^{27년 신규}극미세·적층형 반도체 기술개발) 250억원 포함,
총 1,479억원 규모 사업 연계 예정

※ (핵심사업) ^{27년 신규}극미세·적층형 반도체 기술개발('27~'34, '27년 250억원)

※ (연계사업) ^{계속}반도체 원천기술개발('20~계속, '27년 1,229억원)

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계				2단계			3단계		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
① 극미세 반도체	① 극미세 회로형성 공정기술 확보	차세대 극미세 회로형성 공정 후보기술 발굴		기초 공정 기술 확보 및 통합 공정 구현·성능검증		차세대 극미세 회로 형성 통합 공정 개발		통합 공정 검증 및 평가		수요기업 기술 적용과 극미세 소자 제작 공정 지원	
	② 초고성능 로직소자 구현	AI 기반 차세대 로직소자 구조 모델링		대면적 소자 제작·평가 및 공정 통합 검증		차세대 로직소자 공정·구조 고도화 및 2차원 채널 물질 확보		극미세 소자 모델링 및 공정 통합		극미세 로직소자 시제품 제작 및 수요기업 공정 평가	
	③ 차세대 메모리 핵심구조 및 물질 확보	차세대 메모리 구조 및 소재 발굴		단위 소자 제작·평가 및 신물질 특성 검증		소자 모델링 및 셀 어레이 제작·평가		테스트 칩 제작·평가		수요기업 연계 메모리 셀 제작·평가 및 적층형 과제와 연계 실증 지원	
② 적층형 반도체	① New HBM 원천기술 확보	차세대 HBM 구조 및 원천기술 발굴 (설계 구조 및 개념)		최적화된 구조 도출 및 필요한 공정 기술 연구		적층 구조 단위 공정 개발 및 부분 시제품 제작		차세대 HBM 적층 구조 설계		제작 구조 평가·개선, 통합 플랫폼 과제에 차세대 HBM 실증	
	② 3차원 적층형 이중 반도체 집적화 기술	로직-메모리 적층 구조 기본 연구 및 가상 테스트베드(시스템 툴) 구축		로직-메모리 적층 최적화 개념 설계		저전력 NPU와 메모리 적층 설계 및 공정 개발		3D 적층 구조 시제품 제작·평가		성능·전력 최적화 및 플랫폼 과제와의 시스템 통합	
	③ 3차원 적층형 단일 반도체 집적화 기술	단일칩 3차원 집적 구조 및 가상 테스트베드 설계		단일 메모리 소자 디자인·제작·평가		인터포저 레벨 광통신 연동		수요회사 협업 기반 3차원 적층 설계 및 공정 확보		국산 로직+메모리 적층 칩 제작·평가 및 개념실증(PoC) 확보	
③ 통합 플랫폼	① 첨단 패키징 기반 엠티 디바이스 시스템 구현	패키징 플랫폼 구조·규격 설계 및 첨단 패키징 공정기술개발		통합 패키징 기술 검증		국산 패키징 플랫폼 시제품 제작 및 시스템 통합 검증		국내 기업 활용 개방형 패키징 플랫폼 실증			
	② 메모리 중심 컴퓨팅향 통합 엠티 시스템 구현	시스템 요구 성능 정의 및 검증 기준 수립		메모리 중심 컴퓨팅향 핵심 부품·모듈 개발		저전력 컴퓨팅 핵심 기술 확보		연산칩+차세대 메모리 통합 시스템 시제품 제작		초저전력·고성능 국산 AI 반도체 시스템 최종 실증	

11. 양자 미션

- (필요성) 양자컴퓨터는 중첩·얽힘 등 양자역학 원리를 활용해 기존 컴퓨터가 풀기 어려운 계산을 수행하는 도구로, AI 이후 판도를 바꿀 핵심 전략기술
 - * 신약 후보물질 탐색, 이차전자·반도체 등 소재 설계, 핵융합 플라즈마 제어 등 기존 고전컴퓨터로 풀기 어려웠던 영역에 대한 정밀 계산 가능
- 또한, 양자컴퓨터는 암호체계·국방안보와 직결되는 비대칭 전략 자산으로, 해외 기술의존 심화·수출통제 시 국가안보 위협으로 직결
- (글로벌 현황) 세계 주요국은 양자컴퓨터 확보를 국가 핵심미션으로 설정하고, 현재 연구실 단계를 실용화 완제품 단계로까지 고도화 추진
 - (기술) 주요국 정부 및 글로벌 빅테크들은 '28~'29년을 목표로 실용화가 가능한 오류정정* 양자컴퓨터(FTQC) 개발 경쟁에 집중
 - * 외부 잡음, 미세한 충격 등으로 쉽게 깨지는 큐비트의 오류를 스스로 감지, 교정하여 정확한 연산을 수행하는 기술
 - ※ 美 에너지부, '28년까지 150~250큐비트 오류정정 과학연구용 양자컴퓨터 개발·배치, DARPA QBI 프로젝트를 통해 '33년까지 산업적 유용성이 검증된 양자컴퓨터 확보
 - (투자) 주요국은 정부 재정을 R&D·제조·조달에 직접 투입하여, 민간 단독으로 창출하기 어려운 초기 시장수요를 정부가 형성
 - ※ (美) 상무부, IBM 등 9개 양자기업에 총 20억 달러 투자지원 의향서 체결('26.5월)
 - (英) 양자컴퓨터 공공조달 프로그램 ProQure에 최대 20억 파운드 투자('26.3월)
- (현황 진단) 우리나라는 비록 미국 등 선도국과 기술격차*가 있는 후발주자이나, 양자컴퓨터는 비교적 초기분야로 '기회의 창'이 개방
 - * 美 IBM 쿼텀 시스템2 양자컴(156큐비트) vs 韓 표준연 20큐비트 양자컴 개발('25년)
- 양자컴퓨팅 HW·SW·소부장·활용기술 등에 대한 정부투자 확대* 및 민간기업 관심·참여 증가에 따라 단기간 내 기술격차 추격 가능
 - * 양자컴퓨팅·소부장 등 기술 투자액(억원): ('25) 534 → ('26) 943 (+76.5%)
- 기술경쟁력이 QPU를 넘어 첨단패키징 및 시스템 통합역량으로 확장되며, 반도체·정밀제조 등 한국의 강점 역량 발휘에 적합

□ 미션 체계

미션	오류정정 양자컴퓨터 개발 및 과학·산업 난제 해결	
목표	① 국내 반도체·정밀제조 역량을 바탕으로 오류정정 양자컴퓨터 독자 개발 ② 양자컴퓨터를 활용해 신소재 개발, 생산·물류 최적화, 핵융합·AI·에너지 문제 등 과학·산업 난제 해결	
핵심 마일스톤	양자컴퓨터 기술 확보	과학·산업 난제 해결
	'29 - 국산 풀스택 양자컴 제작 - 오류정정 알고리즘 실증 - 주요 플랫폼별 QPU 개발	'29 - 양자컴-슈퍼컴 융합인프라 구축 및 서비스 개시 - 분자·소재 시뮬레이션 등 과학난제 양자이득 실증
	'32 - 오류정정 양자컴퓨터 개발 (수백개급 오류정정 큐비트) - 고밀도 패키징 극저온 제어 반도체 기술 확보	'32 - 산업에 특화된 특수목적형 양자컴 인프라 개발·활용 - 산업현장 조건의 제조 공정에서 양자이득 실현
	'35 - 세계 최고 수준의 오류정정 양자컴퓨터 개발 (수천개급 오류정정 큐비트) - 핵심 소재부품장비 국산화	'35 - 개별 연구실 단위 양자컴퓨터 보급·상시활용체계 - 핵융합·초저전력 AI 등 고난도의 난제 해결
전략 및 과제	① 양자컴퓨터 기술 개발	① 주요 플랫폼별 QPU 개발·시험평가
		② AI 기반 오류정정, 논리큐비트 구현
		③ 풀스택 양자컴퓨터 시스템 제조·통합
	② 과학·산업 활용 및 난제해결	① 양자-HPC 하이브리드 인프라 구축
		② 과학산업 난제의 양자문제 전환·정의
		③ 양자-HPC 융합 알고리즘·응용 SW

□ 마일스톤 설정 근거

- 양자컴퓨터의 독자 개발·제조 역량 확보와 과학·산업 난제 해결을 병행하여 기술주권 확보 및 주력산업 경쟁력 강화 필요
- 기술 성숙도와 산업현장 활용 여건을 고려하여, 핵심기술 실증에서 오류정정 구현, 실용화·활용 확산으로 단계적 목표 설정

① 국내 제조 강점 기반 국산 양자컴퓨터 완제품 확보

- 양자컴퓨터는 개별 큐비트의 동작 구현을 넘어 정밀한 부품 제작·연결과 시스템 통합역량이 요구되는 단계로 발전 중
- 반도체·정밀제조 역량을 토대로 '29년까지 국산 완제품을 제작, 이후 고밀도 패키징·극저온 제어 기술 확보, 핵심 소부장 국산화

② 오류정정 고도화를 통한 실용적 연산역량 확보

- 연산 중 발생하는 오류가 안정적인 계산을 제약하므로, 큐비트 규모 확대, 실시간 오류 감지·교정 기술 확보를 연계할 필요
- '29년 오류정정 실증을 거쳐 '32년 수백개급, '35년 수천개급 논리 큐비트로 확장, 세계 최고 수준 양자컴퓨터 시스템 확보 추진

③ 과학·산업 수요 기반 양자이득 창출 및 활용 확산

- 산업계 활용 경험과 기술개발·현장 수요 간 연계가 부족한 만큼, 공공융합 인프라 개방('29), 산업특화 인프라('32), 연구실 단위 상시 활용('35)으로 인프라에 대한 접근성 확대 필요
- 분자·소재 시뮬레이션의 양자이득 실증('29) → 산업현장 적용('32) → 핵융합·초저전력 AI 등 난제 해결('35)로 문제해결 역량 확대

□ 세부 추진 전략

◇ (추진 전략) 국내 반도체·정밀제조 역량 기반 오류정정 양자컴퓨터 확보 및 양자-슈퍼컴퓨터 융합 인프라 활용을 병행하여 과학·산업 난제 해결

- ▶ (전략 방향) 양자칩·오류정정·핵심 부품을 국산 완제품으로 통합하고, 융합 인프라 개방, 산업계 공동 문제정의, 알고리즘 개발·검증을 연계하여 기술 개발과 활용 확산의 선순환 구조 구축
- ▶ (핵심 목표) '35년까지 세계 최고 수준 오류정정 양자컴퓨터와 연구실 상시 양자컴 활용체계를 확보하고, 핵융합·초저전력 AI 등 초고난도 난제 해결

○ (전략①기술) 국내 정밀 제조·엔지니어링 강점을 토대로 안정적 큐비트 확보, 다양한 방식으로 개발된 요소기술을 국산 완제품 시스템으로 통합

- (플랫폼) 초전도·중성원자·이온트랩·광집적회로 등 다양한 방식의 기술적 가능성·우위 검토, 기술확보 경쟁을 통해 상호 기술발전 가속화

※ 개별 방식에서 개발되는 핵심 요소기술이 국산 풀스택 시스템으로 통합되는 선순환 구조 마련

- (오류정정) AI 기반 실시간 오류정정, 큐비트 제어·판독 SW 등을 단계적으로 쌓아올려 세계 최고 수준 오류정정 양자컴퓨터로 고도화

- (완제품화) 국내 정밀 제조·엔지니어링 역량을 기반으로 큐비트 오류를 완화하고, 국산 완제품(풀스택) 양자컴퓨터 시스템 개발

※ 극저온 냉동기, 초전도 케이블, RF 부품·증폭기, 레이저, 극저온 제어반도체 등 양자컴퓨팅 핵심 소부장 중 국내 강점분야 우선 기술 개발·확보

○ (전략②활용) 양자컴퓨터-슈퍼컴퓨터 융합 인프라 구축·개방, 산업계와 함께 문제를 정의·발굴하여 과학·산업난제를 단계적으로 해결

- (인프라) 양자컴퓨터-슈퍼컴퓨터가 결합된 융합 인프라를 구축하고, 국내 산학연 연구자에게 개방하여 활용연구 지원

※ 1단계(~'29년) 국가 양자-HPC 인프라 구축 → 2단계(~'32년) 산업별로 특화된 특수목적형 양자컴퓨터 개발·활용 → 3단계(~'35년) 개별 연구실 단위 양자컴퓨터 보급, 상시 활용체계 확립

※ 양자컴퓨터는 분자 시뮬레이션, 대규모 최적화 등 특정 고난도 계산을 빠르게 처리하는 반면, 고전컴퓨터는 데이터 연산, 처리 등 안정적 작업에 장점이 있어 상호보완적 역할 분담 필요

- (문제정의) 산업계와 양자 전문가가 협력하여 양자이득을 볼 수 있는 문제를 정의하고, 양자컴퓨터가 풀 수 있는 형태로 전환
 - (난제해결) 양자컴퓨터를 기반으로 문제 해결을 위한 알고리즘·솔루션 개발 및 활용 범위 확대
- ※ 1단계(~'29년) 분자·소재 시뮬레이션 등 과학문제 해결 → 2단계(~'32년) 산업현장 조건의 제조공정에서 양자이득 실현 → 3단계(~'35년) 핵융합·초저전력 AI 등 초고난도 난제 해결

□ 주요 사업 현황

- '27년 핵심사업* 195억원 포함, 총 1,177억원 규모 사업 연계 예정

* 국산 양자컴퓨터 그랜드 제조챌린지('27년 175억 원), 양자-AI 융합 도전연구('27년 20억 원) 등
(단위:백만원)

구분		사업명	투입 예산	
			'26년	'27년
전략 ¹ 기술	① QPU	이온트랩·광집적 기반 양자컴퓨팅 프로세서 핵심기술 개발	-	10,000
		양자과학기술 플래그십 프로젝트	43,660	62,518
	② SW	양자과학기술 플래그십 프로젝트	3,510	5,044
	③ 시스템	(핵심) 국산 양자컴퓨터 그랜드 제조챌린지	-	17,500
		양자과학기술 플래그십 프로젝트	2,860	4,109
전략 ² 활용	① 인프라	양자컴퓨팅 서비스 및 활용체계 구축	12,000	16,490
	② 문제정의	(핵심) 양자-AI 융합 도전연구	-	2,000
	③ 알고리즘	-	-	-
소계			62,030	117,661

□ 연차별 로드맵

구분		추진연도									
		1단계				2단계			3단계		
		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
① 기술	① 플랫폼	초전도·중성원자·이온트랩·광집적 등 다양한 방식의 QPU 개발 및 오류정정 실증				논리큐비트 수백개급 QPU 개발			논리큐비트 수천개급 QPU 개발		
	② 오류정정	AI 기반 큐비트 제어, 오류정정 SW 개발				국산 양자 OS·컴파일러 스택 완성					
	③ 풀스택 시스템		국산 양자컴퓨터 1호 제작 극저온 냉동기·케이블 RF 부품 등 자체기술 확보			국산 2세대 오류정정 양자컴퓨터 개발			세계 최고 수준의 양자컴퓨터 개발		
② 활용	① QC-HPC 인프라		국가 양자-HPC 하이브리드 인프라 개시			산업 특화 특수목적형 양자컴 인프라 확산			개별 연구실 단위 양자컴퓨터 보급 및 상시 활용체계 구축		
	② 문제정의	분야 간 협력체계 구축 및 기초 과학문제의 양자 계산문제 정의·발굴				산업현장 수요·제약조건을 반영한 산업문제의 양자 계산문제 구체화			복합 난제의 양자 계산문제 정교화 및 활용성과 기반 후속문제 상시 발굴		
	③ 난제해결	분자·소재 시뮬레이션 등 핵심 과학난제 양자 이득 실증				산업현장 활용 Killer use-case 100건 달성			핵융합·초저전력 AI 등 고난도 난제 솔루션 확보		

참고 3 미션 간 연계 지원 계획(양자)

□ 1단계('26~'29)

협력 미션	협력 내용	요구 인프라
반도체	▶ 양자칩(QPU) 개발에 패키징 기술 적용	오류완화 양자컴퓨터(NISQ*) * Noisy Intermediate Scale Quantum
AI 신약	▶ 분자 시뮬레이션을 통한 후보물질 탐색	
AI 과학자	▶ 양자-AI 융합 알고리즘 모델 등 개발	

□ 2단계, 3단계('30~'35)

협력 미션	협력 내용	요구 인프라
태양전지	▶ 차세대 태양전지 소재 시뮬레이션	오류정정 양자컴퓨터 - 논리큐비트 100개급
AI 신약	▶ AI-양자 융합 기반 분자 시뮬레이션 (후보물질 탐색기간 90% 단축)	
피지컬 AI	▶ 휴머노이드 로봇 행동 제어 최적화	오류정정 양자컴퓨터 - 논리큐비트 1,000개급
우주	▶ 위성 및 우주데이터센터 궤도·스케줄링 최적화	
소재	▶ 희토류 대체 소재 탐색	
반도체	▶ 차세대 반도체 소재·공정·설계 최적화	
핵융합	▶ 핵융합 플라즈마 거동 예측 시뮬레이션	오류정정 양자컴퓨터 - 논리큐비트 10,000개급
AI 과학자	▶ AI 과학자로 양자컴퓨터 오류정정 구현	-

V. 향후 계획 및 부처 협조사항

□ 미션별 연내 성과 창출

- (시범 서비스) ^{신약}신약 발굴 단계 AI 연구동료 시스템 베타 서비스, ^{양자}IonQ 양자컴 클라우드 서비스 개시 등
- (시연) ^{피지컬AI}피지컬AI 1.0 모델 시연, ^{양자}초전도 50큐비트 양자컴 시연
- (기술개발·실증) ^{우주}누리호 5차 발사 및 우주 실증, ^{SMR선박}MSR 개념설계, ^{태양전지}34% 탠덤셀 개발, ^{AI과학자}과학특화 멀티모달 파운데이션 파일럿 개발, ^{소재}중희토류 대체 영구자석 기초 기술(실험실 규모), ^{반도체}New HBM 구조 개념 분석
- (제도·인프라) ^{BCI}BCI 시스템 임상 가이드라인 초안 수립, ^{피지컬AI}피지컬AI 데이터 가이드라인 수립, ^{휴머노이드}전용 데이터팩토리 개소

□ 미션별 공백기술 '28년 신규 R&D 기획('27.上)

□ K-문샷 미션 성과 평가 체계 마련('27.上)

□ 미션별 부처·산학연 협력 확대

- 미션 관련 범부처 유관 사업 연계(연구 성과, 데이터, 제도·인프라 등)를 위한 K-문샷 부처협의체 개최 추진('27)
- 제도 공백 상태인 미션에 대한 제도 협력 추진
 - ※ (예) BCI(과기정통부, 복지부, 식약처 등), SMR선박(과기정통부, 해수부, 원안위 등) 등
- 민관 역량 결집을 위한 산학연 협의체 확대·활성화
 - ※ BCI 얼라이언스, K-문샷 희토류 산학연 협의체, 피지컬AI 얼라이언스 등

과학기술정보통신부 연구개발정책실
미래전략기술정책관 미래전략기술정책과

담당자

여동재 사무관

연락처

전 화 : 044-202-4632

E-mail : yeodj93@korea.kr