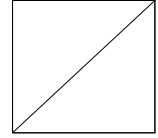


공 개



의안번호	제 1 호	심 의 사 항
심 의 연 월 일	2026. 4. 27. (제 6 회)	

제6기 나노기술종합발전계획(안)

국가과학기술자문회의
심의회

제 출 자	과학기술정보통신부 장관 배경훈	해양수산부 장관 황종우
	산업통상부 장관 김정관	중소벤처기업부 장관 한성숙
	교육부 장관 최교진	우주항공청 청장 오태석
	농림축산식품부 장관 송미령	농촌진흥청 청장 이승돈
	보건복지부 장관 정은경	산림청 청장 박은식
	기후에너지환경부 장관 김성환	방위사업청 청장 이용철
	국토교통부 장관 김윤덕	지식재산청 청장 김용선
제출 연월일	2026. 4. 27.	

1. 의결주문

- 「제6기 나노기술종합발전계획(안)」을 별지와 같이 의결함

2. 제안이유

- 「나노기술개발 촉진법」 제4조에 따라, 향후 10년 나노기술 발전의 비전과 목표, 이를 실행하기 위한 전략과 추진과제를 반영하여 「제6기 나노기술종합발전계획('26~'35)」을 수립·추진하고자 함
※ 과기정통부, 산업부, 교육부, 중기부, 기후부, 복지부 등 14개 부처·청 공동 수립

3. 주요내용

가. 수립 배경

- 나노기술종합발전계획은 나노기술 연구기반 조성 및 체계적인 육성·발전을 위해 5년마다 수립·추진하는 범부처 종합계획
 - '01년 1기를 시작으로 총 5차례 수립, 우리나라 나노기술 글로벌 경쟁력 확보와 나노융합산업 성장을 견인
 - ※ [나노 분야 R&D 투자] 1,052억원('01) → 2,534억원('11) → 1조 689억원('21) → 1조 309억원('24)
[나노기술 수준(최고 선도국 美 대비)] 25%('01) → 75%('08) → 81.5%('14) → 85.7%('19) → 82.4%('25)
[나노융합산업 매출액] 101.3조원('11) → 165.6조원('21) → 166.5조원('24)
 - 나노기술은 새로운 발견과 융합 연구의 토양, 정보·전자, 에너지·환경, 바이오 등 다양한 분야의 범용 핵심 기반기술로 적용·확산
 - 나아가 미래 기술산업 융복합 환경에서 문제해결의 열쇠이자 핵심 기반기술로 역할 확대 전망
 - ※ 나노 분야에서 노벨상 8회 수상, 차세대 반도체, 고효율 나노촉매, 지질나노입자 mRNA 백신, 경량·고내구성 복합소재 등에 폭넓게 활용되며 과학과 산업 혁신을 주도
- ⇒ 대한민국 기술 주도 혁신성장을 위해 미래 사회에 나노기술의 영향력을 확산하는 중장기 종합계획을 마련

나. 수립 경과

- (추진 체계) 과기정통부가 주관하여 산학연관 전문가로 기획위원회 구성·운영, 기본방향 설정, 주요 추진과제 발굴 및 구체화
 - ※ 기획위, 4대 분과위 등에 60여 명 전문가 참여, 총 27회 기획회의 개최
 - 관계부처 추진계획 반영, 종합계획(안)에 대한 의견수렴 병행
- (추진 일정) 사전 기획연구('24.4월~'25.3월) → 5기 계획 성과분석('24.12월~'25.6월) → 기획위 및 분과위 운영('25.5월~'26.1월) → 관계부처 의견수렴(1차, '25.12월) → 대국민 공청회('26.2월) → 관계부처 의견수렴(2차, '26.3월)

다. 지난 5기 계획 성과와 한계

- (연구개발) 나노소재 기초·원천 투자 확대*, 나노기술지도('23~'32) 수립 등 R&D 규모 확대 및 전략적 투자 기반 마련
 - * [기초연구(나노 분야)] ('20) 1,913억원 → ('25) 2,424억원 (연평균 4.9% 증가)
[나노소재기술개발] ('20) 2,309억원 → ('25) 3,004억원 (연평균 5.4% 증가)
 - 학술적 성과의 양적 성장*에도 불구하고, 주요국과 기술 수준 격차는 확대 평가**
 - * '24년 나노 분야 SCI 논문과 미국 특허청 등록 특허 기준, 세계 4위 연구 역량 추적
 - ** 나노기술 수준 전문가 델파이 조사 결과, 미국(100%) 대비 85.7%('19) → 82.4%('25)
- (산업화) 나노융합2020+ 추진*, 나노 소재·부품 수요·공급처 협력 체계 구축 및 나노융합국가산업단지 조성 추진
 - * 과기산업부 공동으로 나노 원천기술을 이전받은 중소기업의 사업화 R&D 지원('21~'23)
 - 분절적인 기술 사업화 지원체계, 공정·실증 등 사업화 지원은 불충분
- (인프라) 나노기술법 개정으로 공공 나노팹 지원 근거 마련, 나노팹 서비스를 온라인에서 원스톱으로 제공하는 모아팹 운영 개시('24~)
 - 나노인프라 양적 확대 및 질적 성장에 대한 현장 요구는 여전
- (기반 확충) 나노인프라 활용 인력양성, 안전성 평가 및 글로벌 규제 대응 인프라인 나노소재제품안전성평가지원센터 준공('25)
 - 팬데믹으로 인해 글로벌 공동연구, 나노기업 해외진출 지원은 미흡

라. 글로벌 정책 동향

- 나노기술을 경제 성장과 글로벌 도전과제 해결을 위한 핵심기술로 인식하고 연구개발, 응용 촉진, 첨단 신소재 개발 등에 집중 투자



- '01년부터 나노기술 국가 전략 NNI(National Nanotechnology Initiative)를 통해 지속 투자
- 기초연구, 상용화, 연구 인프라, 인력양성, 영향평가·안전성 5대 부문 지원
- '25년 사상 최대 금액인 22억 달러, '01년부터 누적 450억 달러 투자



- 「중국 나노과학 2035 발전계획」 발표('23), 신소재, 생체공학, 나노촉매, 소자, 센서 등 다양한 분야 응용 촉진



- 나노기술과 재료를 '머티리얼'로 통합 육성하여 경제 성장과 사회문제 해결을 위한 핵심기술로 위상 강화, 「나노기술·재료 분야 핵심 연구개발 전략」 발표('24)



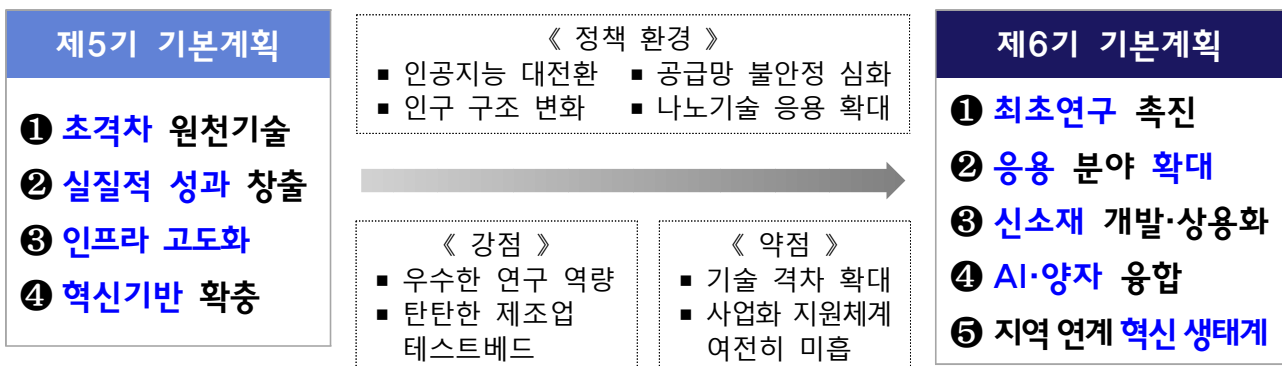
- 글로벌 도전과제 해결을 위해 나노를 핵심 기반기술로 주목하고 전자공학, 소재 등과 연계해 투자, 「EU 그래핀 플래그십」, 「IAM4EU(The Innovative Advanced Materials for Europe)」 추진

마. 대내외 정책 환경

- (공급망) 미중 기술 패권 경쟁에 따라 무역 규제 강화 및 공급망 불안정 심화 → 소·부·장 기술 내재화 필요성 증대
- (인구 구조) 저출생과 빠른 고령화 → 성장 잠재력 약화 우려
- (인공지능) 생성형 AI 확산, 피지컬 AI로 진화 등 AI 발전 가속화 → 산업과 일상뿐 아니라 연구개발 환경도 근본적으로 변화시킬 전망

바. 기본방향

- 5기 계획 기본 틀(연구개발, 산업화, 기반 확충)을 이어가되, 정책 환경 변화를 고려하고 강점 및 약점을 분석하여 기본방향 도출



사. 비전 및 전략

비전	'30년, 세계를 이끄는 나노기술 3대 강국으로 도약 ※ '25년, 연구성과(논문·특허) 세계 4위, 나노기술 수준(전문가 델파이 조사) 세계 5위	
목표	① 나노과학 5대* 분야 최초연구 지원 * 서브 나노, 나노 지능화, 나노 전환, 인공 나노물질, 나노-바이오 하이브리드 ② 나노융합산업 연 5% 지속 성장 ※ 5기('20~'24) 연평균 2.9% 증가 ③ 나노기술로 AI·양자 대전환 물리적 기반 구축	
연구개발	전략1.	산업화
나노 융합으로 글로벌 기술 선도		기술로 성장하는 나노융합산업 육성
① 나노 분야 최초연구 촉진 ② 전략기술 나노 융합 활성화 ③ 나노 기반 인류 난제 해결에 도전		① 실험실에서 시장으로 나노기술 상용화 ② 나노소재 제조공정 고도화로 사업화 가속 ③ 나노기술 사업화 전주기 지원 강화
AI·양자 융합	전략3.	생태계
AI·양자 대전환 나노 융합 확대		지속가능한 나노 혁신 생태계 조성
① 나노기술 접목으로 AI 확산 지원 ② AI·데이터 기반 나노소재 기술개발 촉진 ③ 나노기술로 양자 대전환 지원		① 나노인프라를 혁신의 장으로 고도화 ② 나노기술 혁신 인재 양성 ③ 안전한 나노기술 확산 기반 조성 ④ 나노기술 활용 저변 확대

아. 주요 추진과제

전략 1 나노 융합으로 글로벌 기술 선도

- (최초연구 촉진) 미래 학문·산업을 여는 나노과학 최초연구 도전 지원
 - ※ (예) 서브 나노(크기/공간), 나노 지능화(지능/연산), 나노 전환(에너지/환경), 인공 나노물질(물성/구조), 나노-바이오 하이브리드(생명 융합)
 - 기초연구 사업 나노 분야 투자 지속 확대, 신분야·산업 개척을 위한 미래 신소재 연구개발 추진 ※ 미래소재디스커버리지원+('26~)
- (전략기술 나노 융합) 나노 기반 반도체·디스플레이·배터리 주력산업 고도화, 우주항공·첨단 모빌리티 등 미래 유망 신산업 견인
 - ※ (예) 고집적·초미세 차세대 반도체, 초소형·고해상 디스플레이, 우주항공 나노융복합 소재 등
 - 공급망 급변에도 대응할 수 있는 전략적 나노소재 연구개발 추진 ※ 국가전략기술 연계 100대 첨단소재·100대 미래소재 집중 지원

- (인류 난제 해결) 나노기술 활용 인류 도전과제 해결(예. 탈탄소 사회 실현, 건강한 삶)을 위한 「가칭 NT MAP(NanoTech Mission & Action Project)」 기획 추진
 - ※ 도전과제 선정(나노기술지도 9대 빅퀘스천 중) → 임무 설정(최종목표, 기술개발 세부목표 구체화) → 임무 지향 나노융합 R&D 추진
 - 에너지 대전환, 탄소중립·친환경, 고령화 및 질병 극복을 위한 나노기술 개발 확대, 삶의 질 향상을 위한 나노 융합연구 촉진
 - ※ (예) 탄소나노소재 활용 저손실·고전도 송전 케이블, 나노다공성소재 기반 온실가스 포집·전환, 정밀표적 나노 치료제, 고기능·친환경 화장품, 생산성 향상 나노비료 등

전략 2 **기술로 성장하는 나노융합산업 육성**

- (나노기술 상용화) 수요-공급자 밀착형 「가칭 수요기업 초기 참여형 나노 소재·부품·장비 상용화 기술개발」 기획 추진
 - ※ 기술 공급자와 최종 수요자 간 △상용화 목표 합의서 체결, △단계별 공동 기술개발 및 중간점검, △수요기업 병행 실증 등 목표 설정부터 최종 제품화까지 긴밀 협력
 - 정부 연구개발 과제 우수성과 조기 상용화를 위한 과기정통부·산업부·중기부 간 이어달리기 적극 추진
- (제조공정 고도화) 나노소재 사업화 병목을 해소할 「가칭 나노 신소재 신공정기술 개발 및 평가인증 시범체계 구축」 기획 추진
 - ※ 신소재 제조 공정 공통 요소기술 도출 → 소재별 공정기술 개발 R&D → 소재별 표준 공정 인프라 구축 → 공정 레시피 기반으로 제조 매뉴얼화 및 오픈 DB로 개방
- (사업화 지원) 나노융합제품 실증 및 인·검증 지원 확대, 나노혁신 기업 인증제 도입, 산학연 협력 클러스터(국가나노산단 내) 조성

전략 3 **AI·양자 대전환 나노 융합 확대**

- (NANO for AI) 초거대 AI 인프라 나노소재* 기술개발, 피지컬 AI 구현 핵심 나노기술** 확보 → AI 확산의 하드웨어 기반 제공
 - * (예) [통신] 차세대 광전 변환 소재, [전력망] 저손실·고효율 변압기 신소재 등
 - ** (예) [지능] 고성능 Si반도체, [지각] 다중감각 인지 나노센서, [구동] 초경량·정밀 제어 휴머노이드 인공 근육

- (AI for NANO) 소재 다중 물성 예측 AI 개발 및 자율실험실 확산, 데이터 공유·활용 기반 확충* → AI-데이터 기반 나노소재 R&D 활성화
 - * 소재 HUB 등을 통해 고품질 데이터 확보, '소재 연구데이터 생태계 플랫폼' 본격 가동('27~), 슈퍼컴 6호기 등 전용 GPU 지원
- (NANO for QUANTUM) 나노 역량을 활용한 양자 칩 제조공정 기술* 확보, 큐비트 구현 신물질 연구 → 양자기술 상용화 지원
 - * 조셉슨 접합 구현 양자 칩 제조공정, 광자 제어 초정밀 광집적회로 및 나노 패터닝

전략 4 지속가능한 나노 혁신 생태계 조성

- (나노인프라 고도화) 전문분야* 및 지역별** 특화, 공공 펌 공정·측정 데이터의 수집·활용 체계 구축
 - * 반도체, 양자, 국방·우주, 융복합소재 등 특화 분야 중심으로 전문화된 시설·장비, 서비스 및 인력 확충, 실증 및 사업화 지원
 - ** 수원(화합물반도체), 철원(나노소재), 지역 과기원 연계 나노인프라 확충 및 인력 양성
- (혁신 융합인재 양성) AI-데이터 활용 역량과 소재 지식을 겸비한 신소재 고급인력 양성 ※ 데이터융합형신소재고급인력양성('26~)
 - Brain to Korea 연계 나노 분야 해외 석학·신진 연구자 유치, 국가 나노인력 DB를 구축하여 인재 식별·발굴 지원
- (안전한 나노기술 확산) 나노물질·나노융합제품의 안전성 연구 및 안전성 평가 기술개발, 유해 저감·대체 기술개발 확대
 - 신형 첨단소재의 안전성 확보를 위한 기술개발 및 국제 표준화 활동으로, 미래소재 글로벌 표준 선점
- (저변 확대) 미래세대 나노 교육 강화* 및 나노기술영향평가 제도 개선**
 - * 초·중·등 나노기술 교육 자료 개발·배포, 나노코리아 기간 중 청소년 프로그램 확대
 - ** [현재] 비정기 실시, 정성평가 위주, 정책 활용 저조 → [개선] 5년 주기 정기 실시, 정량+정성평가 병행, 기본계획 및 기술지도 등 정책 전반에 활용

4. 참고사항

가. 관계부처 협의(1차: '25.12월, 2차: '26.3월)

나. 소관 전문위 검토(양자반도체, 기계소재: '26.3~4월)

다. 운영위 심의('26.4.16.)

라. 과학기술기본계획 및 유관 계획 간 연계성 검토 결과

구분	부처 검토의견
「5차 과학기술 기본계획」 연계 현황 ※ 17개 추진과제와 연계 현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ (3-5) 글로벌 공급망 재편 대응 및 선점, (3-1) 탄소중립 선도 및 지속가능한 환경으로 전환, (3-2) 디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약, (3-3) 100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진 등 “전략 ③ 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응” 전반
과학기술기본계획 외 유관 계획 현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ (상위 계획명) 「과학기술 기본계획」 ○ (하위 계획명) 해당 없음 ○ (기타 유관계획명) 「기초연구 진흥 종합계획」, 「소재부품장비 산업 경쟁력 강화 기본계획」, 「융합연구개발 활성화 기본계획」, 「국가전략기술 육성 기본계획」

별지

제6기 나노기술종합발전계획 ['26~'35, 5+5](안)

— 대한민국 나노 25년, 새로운 25년을 향해 —

2026. 4.



관계부처 합동

목 차

I. 수립 개요	1
II. 국내외 동향	4
III. 현황 및 진단	11
IV. 시사점 및 추진방향	22
V. 비전 및 목표	24
VI. 추진계획(안)	26
VII. 이행방안	60
VIII. 기대효과	61
IX. 추진과제별 소관부처	62

I. 수립 개요

1 수립 배경

□ 변화와 위기의 시대, 과학기술은 미래 성장의 원천

- 인공지능 대전환*과 치열한 기술 패권 경쟁 속, 인류는 온난화, 이상기후 등 기후변화로 인한 전 지구적 위기에 직면
 - * 생성형AI 확산, 피지컬AI로 진화 등 AI 발전은 산업과 일상을 근본적으로 변화시킬 전망
- 대한민국은 저출생과 빠른 고령화로 성장 잠재력 약화 우려
- 과학기술은 이러한 대내외 환경 대응과 저성장을 극복하기 위한 국가 생존전략이자 유일한 돌파구

□ 나노는 신생기술에서 성숙기술로 변모하며 산업 전반에 확산

- 나노 크기의 과학은 세상을 바꾸는 새로운 발견과 융합 연구의 토양으로, 연구개발 혁명을 촉진하고 물질세계의 지평을 확장
 - ※ 나노 분야에서 8차례 노벨상 수상('86 주사터널링현미경, '96 풀러렌, '00 집적회로, '10 그래핀, '16 분자기계, '22 클릭화학, '23 양자점, '25 금속-유기 골격체)
- '90년대 나노 크기 물질(탄소나노튜브)의 독특한 성질에 주목하여 고유 분야 형성 후, 30년이 지난 현재 과학과 산업 전반에 적용 확산
 - 반도체, mRNA 백신*, 첨단 에너지 신소재 등 다양한 분야의 범용 기반 기술로서 일상과 산업 곳곳에서 관찰
 - * 지질나노입자(LNP)는 mRNA 전달 매개체로 코로나19 백신 개발에 결정적 역할, 암, 유전병 치료제 등의 활용 연구도 진행 중

□ 대한민국 혁신성장을 위해 나노기술 지속 발전 및 응용 확대 필요

- 광범위한 응용 가능성을 지닌 나노기술은, 기술·산업 융복합 환경에서 문제해결의 열쇠 기술이자 핵심 기반 기술로 역할 증대 기대

⇒ **대한민국의 기술 주도 혁신성장을 위해 전 산업과 미래 사회에 나노기술의 영향력을 확산하는 중장기 종합 발전계획을 마련**

2

수립 근거 및 위상

□ 수립 근거

- 「나노기술개발촉진법」 제4조 및 동 법 시행령 제2조에 따라 과기정통부가 관계부처의 계획을 종합하여 5년 주기로 수립

- 「나노기술개발 촉진법」 제4조(나노기술종합발전계획의 수립)
 - ① 정부는 나노기술의 연구개발을 촉진하기 위한 나노기술종합발전계획을 세우고 이를 추진하여야 한다.
- 「나노기술개발 촉진법 시행령」 제2조(나노기술종합발전계획)
 - ① 과학기술정보통신부 장관은 「나노기술개발 촉진법」 제4조제1항에 따른 나노기술종합발전계획을 5년마다 수립해야 한다.

□ 타 계획과의 관계

- 과학기술 정책 최상위 계획인 「과학기술기본계획」과 종적으로, 과학기술 세부 분야별 기본계획과 횡적으로 연관
- 다수의 과학기술 분야 중장기 계획에 나노기술 관련 내용 포함

분야	유관계획
기초 기반	기초연구 진흥 종합계획, 과학기술 인재 육성·지원 기본계획
기계 소재	소재부품장비 산업 경쟁력 강화 기본계획
에너지 환경	기후변화 대응 기술개발 기본계획, 에너지 기술개발 계획, 환경기술 환경산업 환경기술인력 육성계획
생명 의료	생명공학 육성 기본계획, 보건의료기술 육성 기본계획, 농림식품 과학기술 육성 종합계획
공공 우주	우주개발 진흥 기본계획, 해양수산 과학기술 육성 기본계획
ICT 융합 등	융합연구개발 활성화 기본계획, 국가전략기술 육성 기본계획, 양자과학기술 및 양자산업 육성 종합계획

3

수립 체계

- (기획위 운영) 과기정통부를 주관으로 민간 전문가, 유관기관 등과 함께 민관 공동 기획위원회를 구성하여 발전계획(안) 총괄 검토
- 기획위원회 산하 4개 분과위원회를 통해 추진과제 도출 및 세부 내용 구체화

- **(부처 협력)** 관계부처 추진계획 제출 요청, 발전계획(안)에 대한 의견 수렴을 통해 유관부처의 소관 분야 추진계획 반영



4 수립 경과

- 사전 기획연구('24.4월~'25.3월)
 - 산학연 전문가 정책 자문(총 7회), 기본방향 탐색 연구
- 제5기 나노기술종합발전계획 성과분석('24.12월~'25.6월)
- 기획위원회 킥오프('25.5.9.)
 - 수립 계획(안) 공유, 기본방향 및 중점 추진과제(안) 논의
- 분과위원회 기획 활동('25.6월~12월)
 - ▲연구개발, ▲산업화, ▲인프라, ▲생태계 각 분과 핵심 이슈 선정, 제6기 계획 추진과제(안) 도출 및 구체화
 - ※ 기획회의 총 27회 개최(분과위 18회, 총괄기획팀 4회, 자문위 1회, 간담회.인터뷰 4회)
- 관계부처 1차 회람 및 의견 수렴('25.12.4.~12.17.)
- 기획위원회 개최('26.1.27.~1.29.)
- 대국민 공청회 개최('26.2.13.)
- 관계부처 2차 회람 및 의견 수렴('26.3.12.~3.18.)

II. 국내외 동향

1 나노기술 발전 경과

- 나노기술은 나노미터(10^{-9} m) 크기에서 물질을 조작·제어하여 나타나는 새롭거나 개선된 물리화학적 특성과 기능을 활용하는 기술
 - 독특한 현상으로 인해 새로운 응용이 가능하며, 나노 수준에서의 측정 및 가공, 모델링, 이미징 기술 등이 포함
- ※ 「나노기술개발 촉진법」 제2조(정의)
 - 물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작·분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적·화학적·생물학적 특성을 나타내는 소재·소자 또는 시스템을 만들어 내는 과학기술
 - 소재 등을 나노미터 크기의 범주에서 미세하게 가공하는 과학기술



- 1990년대 들어 신생기술로 등장하여 나노 단위의 새로운 현상의 이해와 원리 규명에 초점을 둔 기초연구 중심으로 발전
 - 기술 발전 초기에는 나노소재 합성, 나노구조 분석 및 나노패터닝과 같은 기초 기술 확보가 주된 목표, 산업 응용은 제한적
- 2010년대 나노기술은 신흥기술에서 성숙한 범용기술로 도약하며 전산업으로 융합 확산
 - 이를 통해 기술 발전과 산업 고도화를 동시에 견인하며 실질적인 경제·사회적 효과를 창출
- ※ '22년 한 해 미국 나노기술 관련 기업의 매출액은 670~830억 달러로 추산되며, 20년('02~'22) 간 누적 매출액은 1조 달러에 육박한 것으로 평가(20년 간 나노기술 투자에 대한 경제적 영향 평가, NNI, '23)

- 나노는 특정 분야에 한정하지 않고 과학과 기술, 다양한 산업을 연결, 융합하며 혁신을 가속하는 핵심 기반 기술로 본격 부상
 - 나노 단위 정밀 제어와 분석 기술을 통해 물질의 새로운 특성과 현상을 규명, 기초과학의 발전을 이끌고 지식의 지평을 확장
 - 정보전자, 에너지, 환경, 바이오 등 다양한 영역에 스며들어 새로운 산업을 열고 인류와 사회의 난제를 해결
 - 핵심 주력산업 소재·부품·장비의 성능과 효율을 획기적으로 개선하여 국가 안보, 산업·경제 성장에도 기여

분야	나노기술 성과 및 역할
기초연구	노벨상 8회 수상(물리학상('86, '00, '10), 화학상('96, '16, '22, '23, '25))
반도체, 전자산업	초미세 나노공정은 최첨단 반도체 제조의 핵심 역할 수행, 나노기술은 인공지능, 양자컴퓨터 등 신기술 구현에 필수적
에너지, 환경	나노소재 기반 고효율 태양전지, 고성능 나노필터, 탄소나노튜브 기반 고용량 배터리 등을 통해 기후 위기에 대응
의료·바이오	지질나노입자(LNP) 기반 mRNA 백신 기술은 글로벌 팬데믹 극복에 기여, 맞춤형 치료제 개발 등 지질나노입자 응용 분야 확장
항공·우주, 모빌리티	나노복합소재와 초박막 나노코팅 기술은 부품 경량화, 내구성 강화, 연비 향상 등에 기여하며 대기오염과 탄소배출을 저감

- 나노는 기술 주권 확보와 미래 성장동력 창출을 위한 범용 기반 기술이자 글로벌 난제 극복의 도구로서 전략적 가치가 더욱 확대될 전망
 - 차세대 반도체와 로봇, 첨단소재, 나노로봇, 나노의학 등 퍼지컬 AI 확산과 바이오경제 시대를 뒷받침할 핵심 기반 기술로 기대

“2030년대에는 자율 성장형 AI와 나노기술의 발전으로 인간과 기계가 유례없는 수준으로 결합되고, 그와 동시에 기대와 위험이 더욱 크게 부각될 것이다. 만약 이러한 발전이 제기하는 과학적, 윤리적, 사회적, 정치적 도전 과제에 우리가 잘 대응한다면, 2045년 무렵에 지구에서의 삶은 훨씬 더 나은 쪽으로 변화할 것이다. 반대로 실패한다면, 우리의 생존 자체가 위험에 처할 수 있다. ... ”

- 레이 커즈와일, 《마침내 특이점이 시작된다(The Singularity is Nearer: When We Merge with AI)》 중 발췌



나노기술 발전 역사 및 전망



<p>나노로봇</p>	<p>고기능 첨단 소재</p>	<p>피지컬 AI</p>	<p>에너지 변환·저장</p>
--------------------	-------------------------	----------------------	-------------------------



미국

NNI*를 통해 나노기술에 지속 투자하는 한편, 다양한 기술과의 융합으로 산업 혁신, 글로벌 이슈 해결 등 도전적 실행 지속

* National Nanotechnology Initiative

- 트럼프 2기 행정부는 반도체법, AI 행정명령, 인플레이션 감축법 등을 통해 친환경 정책 축소, 미국 중심 보호무역과 기술 자립을 강조
 - 트럼프는 백악관 과학기술정책실에 보낸 서한('25.3월)에서 규제 해소, 민간 주도 R&D 강화, 공급망과 제조 역량 자립 등 정책방향 제시
- NNI는 미국 나노기술 육성 국가 전략으로 클린턴 정부에서 '00년 세계 최초 발표, 「21세기 나노기술 연구개발법」 제정('03) 토대로 6차례 수립
 - 20여 부처·기관 사업의 연계 정책으로 범부처 차원 나노기술 연구 개발 정책 방향을 제시하는 청사진 역할
 - 비전과 목표* 아래, △기초연구, △상용화, △연구 인프라, △교육·인력양성, △영향평가·안전성 5대 부문으로 나뉘 추진

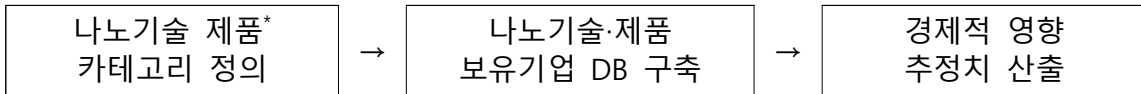
* 실험실에서 발견한 나노기술이 상업적, 공익적 이익을 위한 신제품으로 발전하고, 더 많은 학생과 교사가 나노기술 교육에 참여토록 장려하며, 나노기술 발전을 위한 숙련인력과 지원 인프라를 창출하고, 나노기술의 책임감 있는 개발을 지원
 - NNI 예산은 '25년 사상 최대 금액인 22억 달러*, '01년부터 누적 투자는 450억 달러 돌파
 - * 기초연구(45%), 상용화(40%), 연구 인프라(12%), 교육·인력양성(1%), 영향평가·안전성(2%)
- 나노기술 투자 및 정책 연계는 반도체, mRNA 백신, 차세대 에너지 등 신산업 창출과 함께 다양한 사회경제적 혜택을 제공했다 평가
 - 나노기술의 확산·융합으로 거의 모든 첨단 과학기술에 나노기술이 통합될 것으로 전망
 - 나노기술 분야 글로벌 리더십 유지를 위해 연방정부 차원의 지속 투자와 융합 인재 양성, 인프라 지원 필요성 강조

[참고] 미국, 20년 간 나노기술 투자에 대한 경제적 영향 평가

□ (개요) NNI는 지난 20년 간('02~'22) 연방정부의 나노기술 투자 약 400억 달러에 대한 경제적 영향을 분석한 보고서 발간('23)

□ (분석 방법론) 보수적이고 재현 가능한 상향식 접근법 적용

○ 나노기술의 정의·범위에 대한 합의 부족, 기업 매출 자료 접근의 한계 등 제약을 고려하여 분석 대상 범위 설정



* 나노기술 제품 분류

구분	정의	예시
핵심나노	100nm 이하 의도적으로 설계된 재료들	그래핀, 양자점, 탄소나노튜브
통합나노	나노기술 없이 기능할 수 없는 제품	반도체, mRNA백신
나노지원	나노기술로 성능이 개선된 완제품	자동차, 제약, 자외선 차단제
나노장비	제품개발, 연구용 나노기술 기반 장비	원자현미경, 나노스케일계측기

□ (분석 결과) 나노기업의 매출, 고용 및 임금을 조사하여 미국 경제에 끼친 영향을 다각도로 분석

○ (매출 추정) '22년 기준, ①나노기술 R&D 업종 기준 보수적 추정치, ②나노 기업 매출 반영 확대 추정치, ③반도체 부문 추정치를 도출

①보수적 추정치*	②확대 추정치**	③반도체 부문 추정치***
208억 달러	670~830억 달러	2,680~2,970억 달러

* NAICS 코드(North American Industry Classification System, 북미 산업 분류 시스템) 기준 '나노기술 R&D 업종'으로 분류된 기업 매출 총합

** '핵심나노', '나노장비'를 다루거나 나노기술 관련 특허를 다수 보유한 기업 매출 총합

*** 나노기술에 의존하는 반도체·마이크로일렉트로닉스 산업의 매출 별도 반영

○ (고용 및 임금) 나노기술 관련 고용은 '02년 이후 꾸준히 증가, '22년 기준 37억 4천만 달러의 임금 창출

- (종사자 수) '02년 17,800명에서 '23년 29,000명으로 63% 증가

- (임금) 평균 연봉은 61,210달러~128,440달러, '21년 미국 중간 가구 소득 69,717달러 대비 고임금으로 평가



중국 나노기술을 포함하여 과학기술 전반에 대해 집중 투자함으로써
내수시장 육성 및 자립형 공급망 구축 추진

- 국가 핵심계획 「제14차 5개년 계획('21~'25)」은 과학기술 혁신과 자립·자강을 최우선 목표로 설정
 - 이를 위해 연구개발 투자 대폭 확대, 인재 육성 체계 개혁, 국가 주도 대규모 과학기술 프로젝트 추진
- 나노과학 기초연구의 세계 최고 수준 도약을 목표로, 「중국 나노과학 2035 발전계획」을 발표('23년)
 - 신소재, 생체공학, 나노촉매, 소자센서 등 다양한 분야 응용 촉진, 나노 바이오 활성화를 위한 안전성 평가체계 구축 등 포함



일본 나노기술과 재료를 머티리얼로 통합 육성하여 나노기술을
국가 경제성장과 사회문제 해결을 위한 핵심기술로 위상 강화

- 「제6기 과학기술·이노베이션 기본계획('21~'25)」의 중점 육성 분야* 중 하나로 기존 나노기술·재료를 머티리얼로 확대 개편
 - * △AI기술, △생명공학, △양자기술, △머티리얼(舊 나노기술·재료), △건강 및 의료
- 「나노기술·재료 분야 핵심 연구개발 전략」을 발표('24년), 나노기술·재료를 통한 일본 사회 발전, 과학기술·산업 청사진 제시



EU 질병, 기후변화 등 글로벌 도전과제 해결을 위해 나노기술을
핵심 기반기술로 주목하고, 전자공학, 소재 등과 연계해 투자

- 「제9차 Horizon Europe('21~'27)」은 과학기술 혁신을 통해 글로벌 과제 해결과 미래 위기에 대응하여 유럽의 경쟁력 강화를 도모
 - EU 전방위 산업 발전을 위한 성장동력으로, 나노기술 기반 전자공학, 첨단소재 등을 핵심 기반기술(Key Enabling Tech)*로 선정
 - * 첨단제조, 마이크로·나노 전자공학, 인공지능, 첨단소재, 생명과학, 보안 및 네트워크
- 「EU 그래핀 플래그십('13년~)」, 「IAM4EU(The Innovative Advanced Materials for Europe) Partnership」 등 나노소재 분야 지속 투자

3

국내 과학기술 정책 동향

□ 제5차 과학기술 기본계획('23~'27)

- “과학기술 혁신이 선도하는 담대한 미래” 를 비전으로, ①국가 R&D 전략성 강화, ②민간 중심 혁신생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결 3대 전략, 17개 과제 추진

《제5차 과학기술 기본계획 세부 추진과제》

과학기술 혁신	전략1 질적 성장을 위한 과학기술체계 고도화 <ul style="list-style-type: none"> · 임무중심 문제해결을 위한 R&D 전략성 강화 · 자율과 창의를 높이는 연구환경 개선 · R&D 성과 창출·확산 및 활용·보호 기반 강화 · 미래 핵심인재 양성·확보 · 국민과 함께하는 과학문화 활성화 	전략2 혁신주체의역량제고 및 개방형생태계조성 <ul style="list-style-type: none"> · 민간 주도 혁신을 통한 성장동력 확보 · 대학·공공연구기관의 혁신거점 역할 강화 · 신기술·신산업 중심의 창업 및 성장 지원 · 균형발전과 혁신성장을 이끄는 지역 혁신체계 구축 · 과학기술 외교·협력 리더십 확보
	전략3 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응 <ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 ·탄소중립 선도 및 지속가능한 환경으로 전환 디지털전환 ·디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약 의료/복지 ·100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진 재난/위기 ·미래위험 대응 및 안전사회 구현 공급망/자원 ·글로벌 공급망 재편 대응 및 선점 국방/안보 ·과학기술 강군 육성 및 사이버 주권 수호 우주/해양 ·우주·해양·극지 개척을 통한 과학영토 확대 	
문제 해결		

□ 제1차 국가전략기술 육성 기본계획('24~'28)

- 인공지능, 반도체, 첨단바이오, 양자 등 12대 국가전략기술 대상 5년간 30조 원 이상 투자 추진, 플래그십 프로젝트 본격화로 신속 사업화 뒷받침
- △공급망·통상 대응, △신산업 육성, △외교안보 중요성을 기준으로 민관이 함께 12대 국가전략기술을 선정

《12대 국가전략기술》

혁신선도	반도체·디스플레이	이차전지	차세대 원자력	첨단 모빌리티
미래도전	우주항공·해양	첨단바이오	사이버보안	수소
필수기반	인공지능	차세대 통신	첨단로봇·제조	양자

III. 현황 및 진단

1 나노기술 정책 추진 현황

- **(법령 제정)** 나노기술 연구기반 조성 및 체계적인 육성·발전을 위해 나노기술개발촉진법('02년)과 동법 시행령('03년) 제정
 - 종합발전계획 수립·추진, 기술지도, 나노팹센터 구축, 측정표준체계 확립, 연구단지 조성, 기술영향평가 등이 주요 골자
- **(나노기술종합발전계획)** '01년부터 5년 주기로 5차례 수립·추진
 - **(‘01~‘10년, 추격기)** 선진국 대비 부족한 △나노기술 연구개발 투자 확대, △나노팹, 인력양성 등 연구기반 구축에 집중
 - '09년까지 연구개발 투자 142% 증가, 6개 나노팹 인프라 구축
 - 반도체와 디스플레이는 초정밀 나노기술 혁신을 통해 세계 수준의 국가 주력산업으로 발전
 - **(‘11~‘25년, 성장기)** 양적 성장과 병행하여 △차세대 나노기술 연구 개발, △나노기술 융합 및 △산업화 촉진 등 질적 성장 추구
 - 미래나노기술 30 선정, 과기정통부·산업부 공동으로 나노기술 사업화 지원사업(나노융합2020) 추진

1기('01~'10)	2기('06~'15)	3기('11~'20)	4기('16~'25)	5기('21~'30)
선진 5개국 기술 경쟁력 확보, 주요 인프라 구축	선진 3개국 기술 경쟁력 확보, 교육, 공용 인프라 구축	나노기술 선도국가 진입, 연구개발 책무성 강화	나노기술 산업화, 미래 나노기술 확보, 기반확충	창의도전적 나노연구, 나노융합산업 경쟁력 강화, 인프라 고도화

- **(국가나노기술지도)** 제1기('08~'17)를 시작으로 제4기('23~'32)까지 4차례 기술지도 작성, 유망기술 발굴, 정책 및 과제 기획 등에 활용

1기('08~'17)	2기('14~'25)	3기('18~'27)	4기('23~'32)
4대 분야(소자, 바이오, 공정장비, 소재), 47개 중분류 기술지도 작성	에너지·환경 추가해 5대 분야, 25개 중분류 기술 전개	안전성 포함해 6대 분야, 26개 중분류 기술 전개	9대 Big Questions에 대한 나노기술 역할과 미래상 제시

2

연구개발 투자 및 성과

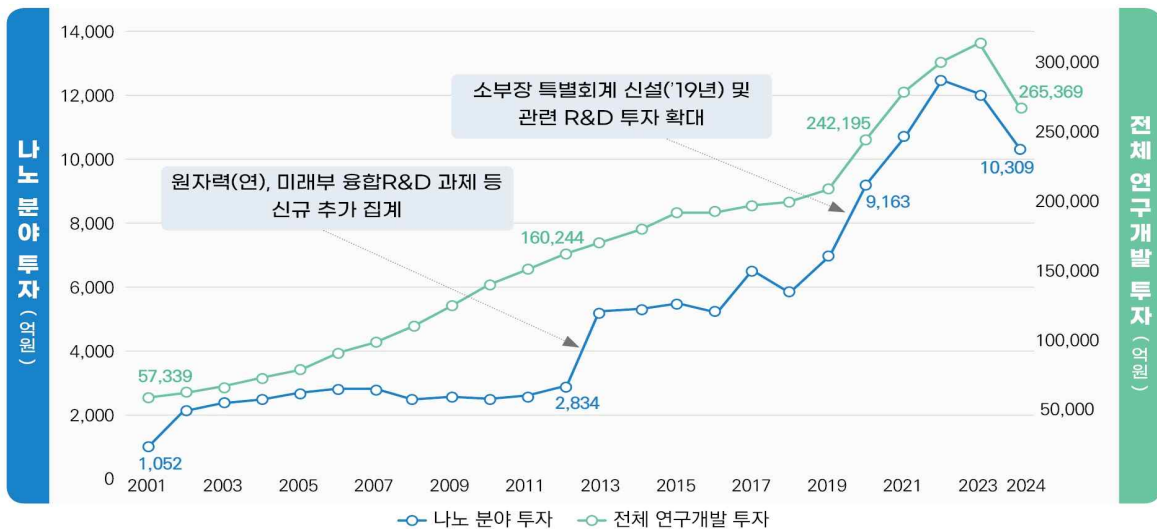
- **(투자)** '24년 기준 나노기술 분야 정부 투자액은 1조 309억 원*으로, 정부 R&D 총 투자액(26조 5,000억 원)의 3.9%를 차지

* [부문별 투자액] 연구개발 6,400억(62.1%), 산업화 2,318억(22.5%), 팹 인프라 517억(5.0%), 기반 확충 1,074억(10.4%)

- 최근 5년('20~'24) 나노기술 정부 투자액은 총 5조 4,693억 원이며 연평균 증가율은 3.0%, 과거 5년('16~'20, 15.3%) 대비 증가율 둔화

나노 분야 연구개발 투자 추이

- '01년부터 '24년까지 나노기술 분야 연구개발 투자 연평균 증가율은 10.4%
- '10년대 주춤했던 나노 분야 투자는 '19년 일본 반도체 소재 수출 규제 사태 계기, 소부장 R&D 확대에 의해 다시 반등



- **(논문)** '24년 한국의 나노 분야 SCI 논문은 전년보다 8.8% 증가한 10,487편으로 세계 4위*, 주요 경쟁국 총 연구개발비 대비로는 2위**

* 1위 중국(100,986), 2위 인도(21,901), 3위 미국(19,586), 5위 사우디아라비아(10,162)

** OECD MSTI DB 활용 중국·미국·독일·일본·한국 대상 조사, 1위는 중국

- 최근 5년('20~'24) 누적, 한국의 나노 분야 SCI 논문은 49,620편으로 전체 논문의 14.9%를 점유하며 세계 4위를 기록

※ 1위 중국(431,105), 2위 미국(106,105), 3위 인도(85,999), 5위 독일(40,412)

- '24년 기준, 나노 분야 피인용 상위 1% 논문 중 국내기관 연구자가 포함된 논문은 124편, 피인용 상위 1% 논문의 5.5%에 국내 저자 포함

※ 1위 중국(71.7%), 2위 미국(10.9%), 3위 사우디아라비아(9.7%), 4위 인도(7.5%)

- **(특허)** '24년 미국 특허청의 나노 분야 한국 등록 특허는 1,156건*으로 '21년부터 세계 4위 유지, '23년 주요국 연구개발비 대비 세계 1위
 - * 1위 미국(6,498), 2위 중국(1,692), 3위 일본(1,277), 5위 대만(898)
 - 최근 5년('20~'24) 누적으로는 5,281건으로 전체 나노 분야 특허의 7.3%를 차지, 세계 4위 수준
 - ※ 1위 미국(34,150), 2위 중국(6,566), 3위 일본(6,341), 5위 대만(3,713)
- **(사업화)** '23년 나노 분야 기술이전은 768건, 기술료 징수액은 164.7억 원(1건 당 0.21억), 사업화 건수는 총 1,499건으로 집계
 - 최근 5년('19~'23) 누적 기술이전 2,975건(연평균 증가율 11.4%), 기술료 징수액 901억 원(2.6%), 사업화 건수 총 8,288건(△4.0%)
- **(인프라)** '24년, 특화 분야 및 지역별 서비스 거점인 6대 나노팹을 통해 총 81,687건의 공정, 측정, 실증 서비스 제공
 - 최근 5년('20~'24) 누적으로는 총 380,380건의 산학연 서비스 제공
 - * 산 186,001건(48.9%), 학 110,065건(28.9%), 연 84,314건(22.2%)

《전국 6대 나노팹 구축 현황》



- **(인력)** '23년 나노 분야 핵심연구인력*은 전년보다 5.0% 증가한 16,357명, 나노 관련 학과 대학(원) 재학생은 2.8% 증가한 44,855명
 - * NT 연구과제 수행 정부출연연구소 및 대학 연구원 수
 - 최근 5년('19~'23) 나노 분야 핵심연구인력은 연평균 8.0%, 재학생 수는 3.3% 증가 추세

[참고] 주요국 나노기술 수준 평가 결과

※ 출처 : 나노기술 수준 평가, 국가나노기술정책센터, '25

- 조사항목 : 기술개발 단계별(기초 / 응용 / 개발), 나노기술지도 분류별(정보전자 / 에너지 / 환경 / 바이오 / 공정·분석·장비) 기술 수준 평가, 응답 확산도, 정책 우선순위 등 조사
- 대상국가 : 미국, 중국, 일본, 유럽, 한국
- 참여규모 : 2차례 전문가 델파이 조사 진행, 1차 577명, 2차 443명 참여

□ (기술 수준) 나노기술의 최고 선도국은 미국, 한국은 미국 대비 82.4% 수준으로 이전 조사('19년) 보다 3.3% 감소, 대상 국가 중 5위로 평가

※ 미국(100%) > 중국(89.2%) > 일본(86.2%) > 유럽(85.7%) > 한국(82.4%)

○ 5대 나노기술 분야* 기준 모든 분야 최고 선도국은 미국, 한국은 5대 분야의 모든 기술 수준이 5위로 조사

* 나노정보전자, 나노에너지, 나노환경, 나노바이오, 나노공정·분석·장비

○ 기술개발 전 단계에서도 미국이 최고 수준 기술 보유국으로 평가, 한국은 기초연구(81.6%, 2.8년), 응용연구(81.9%, 2.5년), 상용화 연구(83.4%, 2.4년), 전체 5위 수준으로 평가

□ (기술 격차) 한국과 미국 간 기술 격차는 2.6년으로, '19년 대비 0.1년 증가하여 기술 수준과 기술 격차 모두 미국 대비 확대

○ 한국은 5대 나노 분야 중 나노정보전자가 가장 격차가 작은 것으로 평가되어, 한국 반도체 산업 경쟁력의 위상 재확인

○ 중국은 미국 대비 1.6년 열위로, '19년보다 기술 격차가 1.5년 감소, 미국과의 격차를 맹추격하며 5위에서 2위로 급상승

○ 일본과 유럽(독일*)은 각각 미국 대비 1.9년, 2.0년 열위로 '19년 대비 격차는 증가

* '16년, '19년 수준조사는 독일을 대상국으로, '25년은 유럽 전체를 대상국으로 조사

구분	'16년 기준			'19년 기준			'25년 기준		
	기술수준 (%)*	기술수준 그룹**	기술격차 (년)	기술수준 (%)	기술수준 그룹	기술격차 (년)	기술수준 (%)	기술수준 그룹	기술격차 (년)
미국	100.0	최고	0.0	100.0	최고	0.0	100.0	최고	0.0
한국	83.1	선도	-2.7	85.7	선도	-2.5	82.4	선도	-2.6
중국	75.6	추격	-3.8	81.4	선도	-3.1	89.2	선도	-1.6
일본	93.4	선도	-1.0	92.0	선도	-1.3	86.2	선도	-1.9
유럽(독일)	91.4	선도	-1.5	90.2	선도	-1.6	85.7	선도	-2.0

* 최고 기술국인 미국의 기술 수준을 100%로 하여 각 국가의 기술 수준을 평가

** 선도(100%) 세계 최고 수준 / 선도그룹(80~100%) 기술분야 선도 / 추격그룹(60~80%) 모방·개량 수준 / 후발그룹(40~60%) 선진기술 도입·적용 / 추격그룹(40% 이하) 기술역량 취약

※ 출처 : 2025 나노융합산업조사

- (개요) 나노융합산업* 부문 공식 산업통계, 매년 조사 발표
- * 나노기술을 기존기술에 접목하여 기존제품을 개선·혁신(Nano-enabled) 하거나 전혀 새로운 나노기능을 발현(Nano-dominated)하는 제품을 창출하는 산업
- (조사주체) 산업부, 한국탄소나노산업협회
- (조사대상) 나노융합기술 분야 관련 제품 매출이 발생하는 928개 사업체
- (조사항목) 사업체 일반현황, 고용, 생산 및 거래구조, 투자, 연구개발 현황 등

- **(매출액)** '24년 나노융합기업의 총 매출액은 166.5조 원으로 최근 5년('20~'24) 연평균 2.9%로 성장
 - '20년부터 '24년까지 업체 수는 꾸준히 증가하였으나, 매출액은 '23년 감소 후 '24년에는 전년('23년 147.9조 원) 대비 12.6% 증가
 - 분야별로는 나노전자가 81.0%, 나노소재 9.1%, 나노에너지·환경 5.4%, 나노장비·기기 3.2% , 나노바이오·의료 1.2% 비중 차지
- **(기업 수)** 국내 나노융합산업의 사업체 수는 최근 5년('20~'24) 연평균 1.9% 성장하여 '24년 928개로 집계
 - 규모별로는 중소기업이 86.6%(804개), 중견기업 11.7%(109개), 대기업 1.6%(15개) 순으로 중소기업 위주의 생태계를 형성
 - 분야별로는 나노소재 기업이 36.7%, 나노장비·기기 29.3%, 나노전자 14.3%, 나노바이오·의료 13.5%, 나노에너지·환경 6.1% 순
 - ※ 대기업은 나노전자 분야(46.7%)의 비중이 높은 반면, 중소기업과 중견기업은 나노소재 분야 비중이 각각 37.3%, 33.0%로 가장 높은 비중을 차지
- **(고용)** '24년 나노융합산업 종사자 수는 전년 대비 2.5% 감소한 16만 1,285명 수준으로 최근 5년('20~'24) 연평균 0.8% 증가
 - 나노전자 분야가 전체 고용의 75.8%를 차지, 나노소재 9.8%, 나노장비·기기 6.5%, 나노에너지·환경 4.5%, 나노바이오·의료 3.4% 순

《나노융합산업 최근 5년('20~'24) 주요 지표 변화》



□ **(연구개발 활동)** 나노융합기업 연구개발 투자는 최근 5년('20~'24) 연평균 16.4%로 증가하여 '24년 28조 3,706억 원에 도달

※ '24년 연구개발 투자액은 전년 대비 80.8% 증가하여, 8.8% 감소했던 '23년 연구개발 투자액(15조 6,892억 원)을 크게 상회하는 수준으로 반등

○ 나노융합기업 연구개발 집약도*는 17.0%로 전년 대비 6.4% 증가, 전체 국내기업 연구개발 집약도(3.9%) 보다 상당히 높은 수준

* 매출액 대비 연구개발 지출액 비중

○ 연구개발 활동을 하지 않는 업체의 비율은 12.9%, 대기업은 모두 자체 연구소 혹은 전담부서 운영 중, 중소기업은 14.4%가 미수행
- 자체 연구소 운영이 67.1%로 가장 많고, 전담부서 운영 13.7%, 비상시적 수행 6.3% 순

《나노융합산업 최근 5년('20~'24) 연구개발 투자 동향》



□ 성과 및 한계 분석

- **(연구개발)** 나노소재 기초·원천 투자 확대*, 나노기술지도('23~'32) 수립, 소재 데이터 플랫폼 구축** 등 R&D 확대 및 전략적 투자 기반 마련
 - * 기초연구(나노 분야) ('20) 1,913억 원 → ('25) 2,424억 원(연평균 4.9% 증가)
나노소재기술개발 ('20) 2,309억 원 → ('25) 3,004억 원(연평균 5.4% 증가)
 - ** 「소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략」 발표('24), K-MDS를 소재 연구데이터 생태계 플랫폼으로 확대 개편, 소재 허브 과제 추진
- 논문, 특허 등 다수의 학술적 성과에도 불구하고, 사업화 성과는 상대적으로 저조
- **(산업화)** 산업 생태계 활성화를 위해 나노융합2020+*, 나노 소재부품 수요·공급처 협력체계 구축**, 밀양 나노융합국가산업단지 조성 등 추진
 - * 과기산업부 공동, 나노 원천기술을 이전받은 중소기업의 사업화 R&D 지원('21~'23년)
 - ** 수요처 20개 사(현대자동차, LG전자, 삼성SDI 등)와 공급처 30개 사(아모그린텍, 제이오 등)가 참여하여 혁신 컨소시엄 발족('21년~)
- 산업부 중심으로 추진되고 있으나, 기술·산업 분류 체계 차이 등으로 인해 범정부 정책에서는 충분히 포괄되지 못하는 상황
- **(인프라)** 모아팸* 운영 개시, 공공 나노팸센터 지원 근거 마련을 위한 나노기술법 개정 등 나노팸 지원체계 고도화를 위해 노력
 - * 서비스 신청, 예약 시간 추천, 장비 정보 제공 등 국가 나노팸 서비스를 온라인에서 원스톱으로 제공('24년~), 나노종합기술원, 한국나노기술원, 나노융합기술원 등 참여
- 이용자 편의성 증진, 공동 활용 확대, 첨단설비 확충 등 양적·질적 성장에 대한 현장 요구는 여전
- **(기반 확충)** 인력양성 지속 추진, 나노코리아 등 산학연 교류·협력의 장 마련, 나노소재제품안전성평가지원센터* 준공 등은 성과
 - * 나노소재·제품의 국내외 규제 대응 지원을 위해 밀양 산단 내 센터 준공('25년)
- 팬데믹 등으로 인해 글로벌 공동연구, 나노기업 해외진출 지원 등 국제협력 관련 과제는 목표 대비 성과 저조

□ 목표 대비 달성도

- **(과학기술 발전지표)** 기술 수준은 선도국과 격차 확대 평가, 나노 분야 R&D 투자는 꾸준히 증가
 - 핵심연구인력은 '30년 목표의 86% 수준 도달, 미국 특허청 등록 특허는 증가 추이 고려 시 '30년 목표 달성이 어려울 것으로 전망
- **(산업 발전지표)** 나노융합제품 매출액과 기업 수는 '30년 목표 대비 각각 83%, 62% 수준으로 집계
 - 나노융합산업 종사자 수는 증가세 감안할 때, '30년 목표를 달성 가능할 것으로 예상

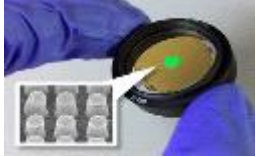

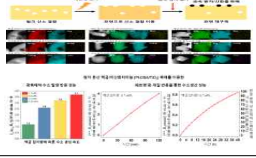
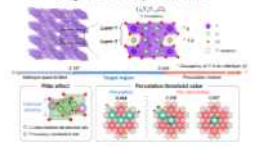
구분		'20년	'25년 (실적)	'30년 (목표)	비고
과학기술 발전 지표	나노 과학기술 수준	85.7%	82.4%	93%	나노기술 수준평가
	나노기술 분야 정부 R&D 투자 (정부 R&D 대비 비중)	6,994억 원 (3.4%)	1조 309억 원 (3.9%)	1.5조 원 (4%)	'25년 시행계획
	핵심연구인력	12,007명	16,357명	19,000명	나노기술인력 현황조사
	미국 특허청 등록특허 수	1,121건 5,298건 ('15~'19 누적)	1,156건 5,281건 ('20~'24 누적)	1,500건 13,200건 ('20~'29 누적)	미국 특허청
산업 발전 지표	나노융합제품 매출액	142.5조 원	166.5조 원	200조 원	나노융합 산업조사
	나노융합 기업 수	809개	928개	1,500개	
	나노융합산업 종사자 수	15.2만 명	16.1만 명	17만 명	

※ '20년 수치와 '30년 목표치는 제5기 계획 상 실적과 목표

※ 연도는 집계 수행년도(Y)이고 집계 대상은 전년도(Y-1) 실적이나, 핵심연구인력은 Y-2년 실적치

□ 우수성과 사례

○ 연구개발 성과

구분	주요 내용
나노 정보전자	 <ul style="list-style-type: none"> · 세계 최고 화학 기상 증착 방식 가시광 저손실 고굴절 실리콘 개발 ※ Advanced Materials(IF=30.849, '21) 등 13건
나노 바이오	 <ul style="list-style-type: none"> · 세계 최초 나노로봇에 클러치 장치 탑재 성공 ※ Nature Nanotechnology(IF=38.1, '24)
나노 에너지·환경	 <ul style="list-style-type: none"> · 세계 최고 효율 촉매 합성 및 페플라스틱의 98%를 수소로 전환 성공 ※ Nature Materials(IF=37.2, '24)
나노소재	 <ul style="list-style-type: none"> · 세계 최초 리튬 초이온 전도체의 메커니즘 규명 및 신소재 개발 ※ Science(IF=56.9, '23)

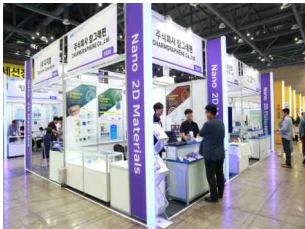


○ 사업화 성과

구분	주요 내용
도금 공정 대체 친환경 융복합 나노코팅 장비 개발	 <ul style="list-style-type: none"> · 표면 평탄화 나노분산제를 이용하여 독성 물질 및 오폐수 발생 없이 고품위 색상을 구현하는 고신뢰성 대면적 인라인 금속코팅 장비 개발, 친환경 코팅기술 개발로 50% 원가 절감('21) ※ 사업화 매출 206억 원
기능성 나노필터를 이용한 백연 저감 장치 개발	 <ul style="list-style-type: none"> · 수증기 포집용 나노필터를 개발하여 저습도 상태로 공기를 배출시키는 백연 저감 장치 사업화, 경쟁제품 대비 저감 성능 20% 향상 및 수명 연장('22) ※ 사업화 매출 49억 원
실내 유해인자 제거용 고성능 활성탄 필터 개발	 <ul style="list-style-type: none"> · 활성탄에 이종원자 기술을 필터에 적용하여 포름알데히드 청정공기 공급 및 세균 제거율이 향상된 필터 개발로 경쟁시장에서 우위 선점('23) ※ 사업화 매출 42.4억 원

○ 인프라 지원 성과

구분	주요 내용
나노 메디컬 센서 플랫폼 나노종합기술원	 <ul style="list-style-type: none"> 전기화학 기반 나노 면역센싱 플랫폼, 나노웰, 필터, 캡센서 핵심 플랫폼 확보·지원 기술이전(M社 2억 원) 및 사업화 지원(아임뉴런, JHK, LG전자)
MEMS 기반의 열전도식 수소가스 검출 소자 개발 광주나노기술집적센터	 <ul style="list-style-type: none"> 수소 센서 박막, 패턴 형성 및 가공 공정 지원 멤브레인 박막 물성 및 구조에 따른 수소가스 검출 최적화 CES 2024 INNOVATION AWARDS 수상
와이드 밴드갭 소재 기반 전력반도체 일괄공정 플랫폼 나노융합기술원	 <ul style="list-style-type: none"> 전력반도체(Si 및 SiC, GaN) 8인치 공정 기술 확보 및 플랫폼 기반 구축, 4종 장비 신규 도입 첨단 제조 플랫폼 기반 ICT 혁신 제품화, SiC Trench MOSFET 시제품 개발 등 지원(15건)
디스플레이용 화소형성 공정기술 플랫폼 전북나노기술집적센터	 <ul style="list-style-type: none"> OLED용 Bank 및 잉크젯 공정기술 확보를 통한 기업 지원 및 시제품 제작 지원 기술개발 및 사업화 지원(2건) <ul style="list-style-type: none"> (D社) 세계 최초 OLED용 Black PDL 양산화 성공 (S社) WOLED용 BM 패턴 시제품 대형 패널사 납품 평가

○ 기타 성과

구분	주요 내용
나노코리아	 <ul style="list-style-type: none"> 최신 나노기술 트렌드 공유, 연구성과 교류와 산업화 촉진을 위해 글로벌 컨퍼런스 및 대규모 통합 전시회 개최 매년 과기정통부·산업부 공동 개최 <ul style="list-style-type: none"> 컨퍼런스 년 2천여 명 참여, 1만여 명 전시 관람
나노융합성과전, 나노·소재 분야 R&D성과 공유회	 <ul style="list-style-type: none"> 나노융합성과전, 알성달성 성과교류회 등을 통해 나노소재 분야 우수성과 확산 및 국민 이해도 증진, 나노기술의 중요성 인식 제고
대국민 나노기술 홍보	 <ul style="list-style-type: none"> 인지도 높은 유튜버와 협업하여 과학 영상 제작·배포(총 11건, 최다 조회수 110만 ↑), 나노기술 이해 증진 및 활용 저변 확대

[참고] 나노기술 정책방향 현장 전문가 주요의견

□ 제6기 나노기술종합발전계획 비전TF

- ※ 산·학·연 전문가 및 협·단체 관계자 16명 참여, 나노기술의 현재와 나노기술 정책이 나아갈 방향 논의(2회, '25.3.12., 3.26.)
- 크기 중심 정의의 한계로 나노기술 정체성 이해에 제약, 프로세싱, 엔지니어링 기반 재정의와 나노 역할 재정립 요구
- 미래 핵심기술 병목 해결을 위한 전략적 기술로 나노의 위상 강화와 함께 고유 특성·역할에 대한 사회적 공감대 형성 추진
 - 신물질 창출, 초저전력·초고속 구현, 상반 특성 문제해결 등 나노기술의 궁극적 역할과 가치에 대한 인식 확대
- Nano for Convergence(Health, Earth, AI, Quantum) 개념으로 전략적 융합 가능성 제시, 나노기술을 거대 융합의 축으로 활용해 국가전략기술 개발
- 완제품 편중과 산학연 연계 부족으로 나노기술 산업화 파이프라인이 취약, 중간재 중심 정책 전환 필요
- 부처 간 연계 미흡과 사업 단절로 정책 연계성 부족, 통합 운영체계 확립과 범부처 공동재원 체계 필요

□ 나노기술 정책방향 전문가 간담회

- ※ 나노기술 현장 전문가 12명 참여, 향후 10년 나노기술 정책방향 논의('25.4.15.)
- 다양한 분야에 적용가능한 파급력 높은 세계 최초 미래소재 개발을 위한 전략적 투자 중요
- 나노기술 Intra-nano 융합*과 Extra-nano 융합**의 조화 필요
 - * 나노기술의 실용성을 높이기 위한 나노기술 세부 영역 간 융합
 - ** 반도체, AI, 바이오, 에너지 등 나노기술을 혁신의 모멘텀으로 활용할 영역과의 융합
- 원천 나노기술 확보를 위한 안정적 기초연구 지원, 나노기술 상용화·사업화를 위한 목표지향적 나노융합연구 투자 확대
- 산업·경제 발전을 위한 기술개발에서 나아가 국민 수요 중심의 사회문제 해결형 기술개발에도 집중
- 나노인프라를 연구지원 중심에서 융합 아이디어 구현의 장으로 전환, 국가 전략기술 개발 인프라로 체계적 고도화 추진
- 나노 분야 연구개발, 연구성과 활용을 위한 관계부처 참여 확대, 산학연 연계·협력 체계 강화

IV. 시사점 및 추진방향

1

SWOT 분석

		기회(O)	위협(T)
외부환경		<ul style="list-style-type: none"> ■ AI는 양자, 로봇, 첨단 바이오 등 신기술 개발, 산업 혁신을 촉발하는 기폭제 ■ 과학기술 활용 글로벌 난제 및 사회 문제 해결 수요 증대 ■ 범용 기반 기술인 나노와 타 분야 간 융합·연결 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경쟁국의 막대한 투자 속 글로벌 기술 경쟁 가속화 ■ 글로벌 기술 패권 경쟁 심화에 따른 무역규제 강화 및 공급망 불안정 ■ 저출생·고령화에 따른 급격한 인구 구조 변화 ■ 나노소재·제품에 대한 사회적 수용성 문제
내부환경			
강점 (S)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정부 주도의 꾸준한 R&D 투자와 인프라 구축 ■ 세계 수준의 논문·특허, 인력 등 연구 역량 축적 ■ 반도체, 디스플레이, 배터리 등 나노기술을 직접 활용하는 글로벌 제조업 기반 보유 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 나노 기초연구 확대, 신산업 패러다임 선도, 미래 기술 주도권 확보 ✓ 전략기술과 주력산업에 나노기술 융합으로, 기술로 지속 성장하는 산업 생태계 구축 ✓ 인류 공통 과제 해결에 도전, 국가 위상 제고 및 기술의 사회적 가치 증명 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 우수한 연구 역량과 탄탄한 제조업 기반으로, 나노소재 기술 중심의 공급망 재편 선제 대응 ✓ 나노 안전성 연구 촉진 및 관리체계 고도화로 사회적 수용성 증진 ✓ 융합 연구인력 양성과 해외 우수인재 유치 등 전략적 인재 육성
		SO 전략	ST 전략
		WO 전략	WT 전략
약점 (W)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기술 선도국과의 격차 확대 ■ 공공 R&D 성과의 산업으로의 연계 활용 미흡 ■ 실증 지원체계 미흡, 양산까지 이르는 공정기술 난제 ■ 나노기술의 전략적 중요성에 대한 공감대 저하 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 기술 격차를 빠르게 줄이기 위한 기초기반 역량 확보 ✓ 미래 신산업 수요 기반 연구성과 사업화 확대 ✓ 공정, 실증 등 기술에서 산업에 이르는 핵심단계 지원 강화 ✓ 연구자-중소-대기업 상생 나노기술 응용 및 확장 생태계 조성 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 산학연 협력 활성화를 위한 정보제공 강화, 클러스터 육성 등 유무형 정책 확대 ✓ 초중고 교육, 기술영향 평가 등을 통해 나노기술 대국민 인식 제고

2

시사점 및 추진방향

- 나노 선도국으로서 연구 역량을 강화하는 한편, 나노 기반으로 산업화, 사회문제 해결 등 경제사회 가치 창출을 위한 정책에 집중할 필요
 - ⇒ 최초·최고를 목표로 미개척·신분야에 도전하는 선도형 R&D로 전환
 - ⇒ 나노기술을 전략기술, 주력산업에서 생활·환경 산업에 이르기까지 전 기술·산업 영역에 적용 확산
 - ⇒ 나노기술을 에너지, 기후 위기, 질병 등 인류 난제 해결에 활용
 - ⇒ 특히, 산업의 기반인 나노소재 기술의 내재화, 미래소재 확보에 집중
 - ⇒ AI 확산을 위한 든든한 기술적 토대를 제공, 데이터·AI 활용 확대
- 나노기술 상용화 과정의 난제인 공정기술 확보, 제품화를 위한 실증 강화 등 기술 상용화·산업화 지원 확대 필요
 - ⇒ 나노소재 사업화 스케일업 단계별 맞춤형 지원 강화
 - ⇒ 연구기관, 수요·공급기업 긴밀 연계를 통한 실증, 기술 상용화 확대
- 글로벌 기술 패권 경쟁 속 지속가능한 나노기술 생태계 조성을 위해 전략적 나노인프라 구축, 융합 인재 양성, 사회적 수용성 제고 필요
 - ⇒ 연계·협력 확대, 시설·장비 확충 등 세계 최고의 나노인프라로 도약
 - ⇒ 나노 융합 인재 확보, 나노소재·제품의 안전성 연구 확대 등 나노 기술 확산을 위한 혁신 생태계 조성

제5기 기본계획

- ① 초격차 원천기술
- ② 실질적 성과 창출
- ③ 인프라 고도화
- ④ 혁신기반 확충

《 정책 환경 》

- 인공지능 대전환 ▪ 공급망 불안정 심화
- 인구 구조 변화 ▪ 나노기술 응용 확대

《 강점 》

- 우수한 연구 역량
- 탄탄한 제조업 테스트베드

《 약점 》

- 기술 격차 확대
- 사업화 지원체계 여전히 미흡

제6기 기본계획

- ① 최초연구 촉진
- ② 응용 분야 확대
- ③ 신소재 개발·상용화
- ④ AI·양자 융합
- ⑤ 지역 연계 혁신 생태계

V. 비전 및 목표

비전	<p>'30년, 세계를 이끄는 나노기술 3대 강국으로 도약</p> <p>※ '25년, 연구성과(논문·특허) 세계 4위, 나노기술 수준(전문가 델파이 조사) 세계 5위</p>
목표	<p>① 나노과학 5대* 분야 최초연구 지원</p> <p>* 서브 나노, 나노 지능화, 나노 전환, 인공 나노물질, 나노-바이오 하이브리드</p> <p>② 나노융합산업 연 5% 지속 성장 ※ 5기('20~'24) 연평균 2.9% 증가</p> <p>③ 나노기술로 AI·양자 대전환 물리적 기반 구축</p>

전략	추진과제
연구개발	
<p>① 나노 융합으로 글로벌 기술 선도</p>	<p>1-1. 나노 분야 최초연구 촉진</p> <p>1-2. 전략기술 나노 융합 활성화</p> <p>1-3. 나노 기반 인류 난제 해결에 도전</p>
산업화	
<p>② 기술로 성장하는 나노융합산업 육성</p>	<p>2-1. 실험실에서 시장으로 나노기술 상용화</p> <p>2-2. 나노소재 제조공정 고도화로 사업화 가속</p> <p>2-3. 나노기술 사업화 전주기 지원 강화</p>
AI·양자 융합	
<p>③ AI·양자 대전환 나노 융합 확대</p>	<p>3-1. 나노기술 접목으로 AI 확산 지원</p> <p>3-2. AI·데이터 기반 나노소재 기술개발 촉진</p> <p>3-3. 나노기술로 양자 대전환 지원</p>
생태계	
<p>④ 지속가능한 나노 혁신 생태계 조성</p>	<p>4-1. 나노인프라를 혁신의 장으로 고도화</p> <p>4-2. 나노기술 혁신 인재 양성</p> <p>4-3. 안전한 나노기술 확산 기반 조성</p> <p>4-4. 나노기술 활용 저변 확대</p>

《제6기 나노기술종합발전계획(안) 전략 간 연계도》



《제6기 나노기술종합발전계획(안) 과학기술 및 산업화 정량목표》

구분		2025년	2030년	2035년
과학기술 발전 지표	나노 과학기술 수준	82.4%	90%	93%
	나노 분야 정부 R&D 투자 (총 R&D 대비 비중)	1조 309억 원 (3.9%)	1조 3,814억 원 (4%)	1조 5,676억 원 (4%)
	핵심 연구인력	16,357명	18,028명	18,447명
	미국 특허청 등록 특허 수	1,156건	1,300건	1,500건
	글로벌 탐티어 연구성과	15건	20건	25건
산업 발전 지표	나노융합산업 매출액	166.5조 원	212.5조 원	271.2조 원
	나노융합기업 수	928개 사	1,020개 사	1,120개 사
	나노융합산업 종사자 수	16.1만 명	16.8만 명	17.4만 명
	나노 혁신 제품	8건	10건	12건

※ 목표연도는 집계 수행년도, 집계대상은 전년도 혹은 전전년도 실적

VI. 추진계획(안)

1 나노 융합으로 글로벌 기술 선도

□ 현황 및 추진방향

- 나노는 원자 및 초분자 수준의 이해, 측정, 제어를 통해 새로운 분자 조직, 특성과 기능을 가진 재료, 장치와 시스템을 만드는 과학기술
 - 고부가가치 산업뿐 아니라 일상생활 혁신 기술에 이르기까지 타 기술과 산업에 광범위하게 응용 활용
- 대한민국 나노기술 수준은 반도체 산업 성장과 연구 성과의 양적 확대에도 불구하고, 질적 도약 측면에서는 불충분하다 평가
 - ※ SCI 논문과 미국 특허청 특허 수 기준 세계 4위 수준의 연구 성과를 보이나, 전문가 델파이 조사에서는 선도국 대비 기술 격차가 확대되었다 평가
- 범용 기반 기술로 자리매김한 나노는 더 깊게, 보다 넓게, 타 학문 및 산업을 가로지르며 모든 분야에 통합될 전망
 - 이를 통해 과학의 지평을 확장하고 연구개발 전반을 혁신하며, 새로운 산업을 창출하고 기존 산업을 고도화할 것으로 기대

→ 축적된 연구 역량을 바탕으로 나노 분야 최초·최고 연구에 도전하고, 기술과 산업, 일상에 나노 융합 확대로 대한민국 나노 르네상스를 실현

□ 중점 추진과제

중점 추진과제	세부 실행과제
나노 분야 최초연구 촉진	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세계 최초 지향 나노 기초연구 확대 ■ 미래 글로벌 선도 나노·소재 원천기술 확보
전략기술 나노 융합 활성화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노 융합으로 전략기술 및 주력산업 고도화 ■ 나노기술 활용 미래 유망 신산업 견인 ■ 공급망 대응 전략적 첨단·미래소재 기술개발
나노 기반 인류 난제 해결에 도전	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노기술 활용 인류 난제 극복 프로젝트 기획·추진 ■ 에너지 대전환을 위한 나노기술 개발 추진 ■ 탄소중립·친환경 나노기술 개발 추진 ■ 고령화 및 질병 극복을 위한 나노기술 개발 추진 ■ 삶의 질 향상을 위한 나노 융합연구 촉진

1-1. 나노 분야 최초연구 촉진

□ 세계 최초 지향 나노 기초연구 확대

- **(나노과학)** 나노 단위 연구는 분자·원자·양자 수준의 현상을 이해·제어하는 물질 연구의 기반이자 공학적 기초연구의 토대
 - 새로운 학문과 산업을 여는 나노과학 최초연구를 지원하여 독창적 원천기술 확보, 한계를 돌파하고 새 길을 여는 도전적 연구 문화 확산

《나노과학 최초연구 지원 분야(안)》

나노에서 원자·양자로 ① 서브 나노 제어	나노 수준 물질·에너지 전이 ② 나노 전환	스스로 구동하는 나노 구조체 ③ 나노 지능화
단원자 제어 연속 나노 반응기, 원자 스케일 3D 프린팅	상온 질소 전환 촉매, 페플라스틱 단량체 가위, PFAS 무해화 나노자임	자율 지능 나노로봇, 자율 치유 스킨, 비정형 구조 뉴로모픽
자연계에 없는 ④ 인공 나노 물질	생물 속 나노과학 ⑤ 나노-바이오 하이브리드	
열 방향성 제어 메타물질, 카이럴 소재 양자 스핀 제어	공간·시간 논리 기반 유전자 편집, 세포 내 소기관 표적형 나노공장, 생체 에너지로 작동하는 나노 변환기	

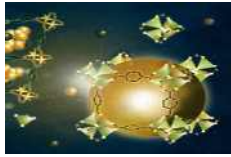
- **(개인집단 연구)** 나노 분야 창의·도전적 기초연구 지속 확대, 과학적 연구성과 축적으로 나노 응용 분야 다양화 및 신분야 개척 추진
- **(대형연구)** 기초과학연구원, 국가연구소 육성을 통해 학제 간 융합 활성화, 나노 분야 세계 최초의 혁신 연구성과 창출

《나노 분야 기초과학연구원 연구단 현황》

연구단명	주요 연구내용
나노입자	화학적 방법을 이용한 나노입자 합성, 어셈블리, 에너지 및 의료 응용
원자제어저차원전자계	원자 수준에서 창조되고 제어된 인공 저차원 전자계의 신 양자물성 연구
다차원탄소재료	새로운 탄소동소체의 디자인, 합성 및 특성 분석
나노의학	나노과학을 이용한 생명현상의 관찰, 이해 및 의학적 응용연구
양자나노과학	표면 위 단일 원자의 양자 상태 및 기능 제어
반데르발스양자물질	새로운 반데르발스 양자 물질 합성과 양자 소자 연구

[참고] 노벨상 수상 나노연구 성과

- 나노 수준의 물질 제어 기술은 다수의 노벨상 수상으로 그 가치를 입증하며 현재와 미래의 과학 및 산업 혁신을 주도



금속-유기 골격체
Metal-Organic Frameworks

- 분자를 흡착·저장할 수 있는 나노 다공성 구조
- 유해물질 분리, 수분 포집, 약물 전달 등에 응용

2025 화학상

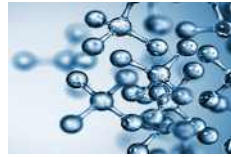


양자점

Quantum Dots

- 양자 거동을 보이는 나노 결정
- LED, 디스플레이, 영상·의료 분야에 응용

2023 화학상

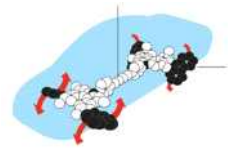


클릭 화학

Click Chemistry

- 분자들을 빠르고 정밀하게 '결합 (Click)' 시키는 화학적 방법론
- 약물 구조 설계와 합성 등 의료 분야 응용

2022 화학상

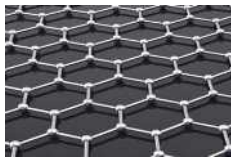


분자 기계

Molecular Machine

- 빛, 열 등 자극에 반응하여 움직이는 나노 스케일 인공 모터
- 약물 전달, 센서, 전자소자 등 응용

2016 화학상

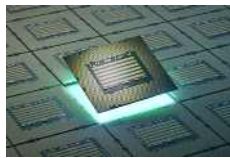


그래핀

Graphene

- 탁월한 기계·전기·광학적 특성을 지닌 단원자층 탄소 소재
- 터치스크린, 배터리 등 다양한 제품에 활용

2010 물리학상



집적회로

The Integrated Circuit

- 전자회로를 단일 칩에 나노 단위로 집적한 발명으로 디지털 시대 개막
- 전자기기의 소형화, 고속화, 저비용화 견인

2000 물리학상



풀러렌

Fullerene

- 독특한 특성을 가진 나노 크기 축구공 모양 탄소 분자
- 광학 센서, 특수 윤활제, 웰니스 분야 등 응용

1996 화학상



주사터널링현미경

Scanning Tunneling Microscope

- 개별 원자를 이미지화할 수 있는 획기적인 장비
- 원자 수준에서 물질의 관찰·조작을 가능케 하여 나노기술의 문을 엮

1986 물리학상

* 출처 : National Nanotechnology Initiative, *Nobel-winning Nano Discoveries*, www.nano.gov

□ 미래 글로벌 선도 나노·소재 원천기술 확보

- (신소재) 연구자의 창의적 아이디어와 신연구방법론에 기초하여 새로운 물성과 기능을 구현하는 신소재 개발 추진

※ 미래소재디스커버리+(플러스)('26년~)

《미래소재디스커버리+사업 3대 중점 지원 분야(안)》

중점분야	개념	예시
미지 개척 신물질 소재	기존 물리적·화학적 특성을 초월하거나 기존에 없던 특성을 구현하는 혁신 신소재	양자구조, 위상물질 등 신개념 물리현상 구현 소재
신체한계 극복 인간증강 소재	인간과 로봇의 공존, 고령사회 도래에 따라 인간의 질병, 신체적 한계를 보완하는 소재	체내 삽입형 신경인터페이스, 휴머노이드 연동 지능형 소재
환경 친화 지속가능 소재	환경과 조화를 이루며 자원 효율성과 순환성을 바탕으로 지속가능한 사회에 기여하는 소재	탄소중립·저에너지 소재, 재활용·생분해성·순환 소재

○ **(원천기술)** 미래 나노기술·산업 트렌드에 부합하는 나노미래소재 선도기술 확보

- 기술 및 산업 준비도를 고려하여 **선도형**(산학연 및 다학제 공동연구), **경쟁형**(복수연구단 경쟁), **도전형**(창의적 연구주체) 3개 유형으로 지원

《나노미래소재원천기술개발 사업 대표성과》

<p>하이드로젤 기반의 소프트 액추에이터</p> 	<p>SnO₂ 나노 박막층 제어 고효율 태양전지 제조</p> 	<p>완전 삽입형 무선·무전원 신경 인터페이스</p> 	<p>2D 소재 기반 초소형 μLED 수직 적층 기술</p> 	<p>나선형 고분자 나노섬유 기반 편광 검출 기술</p> 
--	--	---	--	---

1-2. 전략기술 나노 융합 활성화

□ 나노 융합으로 전략기술 및 주력산업 고도화

○ **(반도체)** 나노는 반도체 산업 경쟁력 강화 및 혁신을 이끄는 근본 기술

- 소자 미세화, 신소재 발굴, 신구조 반도체 소자 구현, 첨단 공정 등 나노기술 활용 차세대 신개념 반도체 연구개발 확대

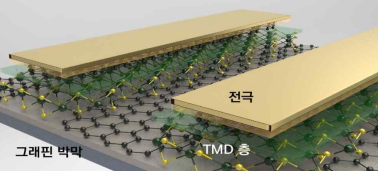
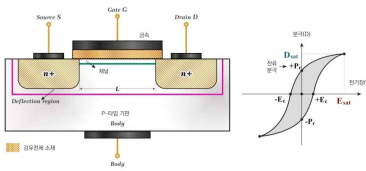
※ K-문샷(반도체), 「초고도화 극미세·적층형 반도체 기술개발」 기획·추진

《차세대 반도체 나노기술 적용 혁신사례》

[1] 소자 신구조 및 첨단 패키징 기반 반도체 초격차 기술

<p>차세대 GAA(Gate-All-Around) 구조의 3nm 수준 초미세 반도체 기술</p> 	<p>나노 공정 D램을 차세대 3차원 패키징 기술로 통합한 고대역폭 메모리</p> 
---	--

[2] 나노 신소재 활용 차세대 반도체 소자

<p>2차원 TMD 나노 반도체 소재를 활용한 차세대 전자 소자</p> 	<p>강유전체 나노소재 기반 차세대 고집적 반도체 소자</p> 
---	---

[3] 차세대 고성능·저전력 AI 반도체

<p>인간 뇌를 모방한 지능형·저전력 뉴로모픽 나노소자</p>	<p>데이터 이동을 최소화한 초고속 메모리-연산 통합(PIM) 나노 반도체</p>
	


- **(디스플레이)** 안정성·안전성이 담보된 나노 물질, 소재, 구조를 활용한 광학 제어로 디스플레이 성능 향상 및 미래 디스플레이 개발 추진
- **(배터리)** 안전성, 에너지밀도, 출력 등 기존 성능 한계를 뛰어넘는 나노 기반 차세대 이차전지 핵심부품 개발 추진
- **(통신)** 초고속, 초저지연, 대규모 연결 등 나노기술 활용 6G 상용화 기술 및 차세대 통신 핵심부품 개발 추진

《디스플레이, 이차전지 및 차세대 통신 나노기술 적용 혁신사례》

[1] 디스플레이

<p>실리콘 기판 위에 OLED를 나노 수준으로 집적한 초소형 고해상 디스플레이 기술</p>	<p>기존 사각 형태를 벗어나 원형·곡선 등 유연·신축 변형 가능 디스플레이</p>
	

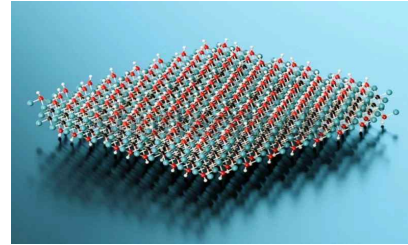
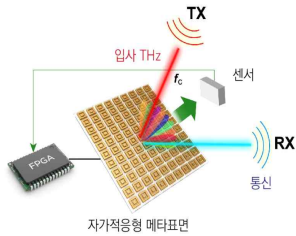
[2] 이차전지

<p>CNT를 전극재로 활용하여 전도성과 안정성을 극대화한 리튬이온 배터리</p>	<p>차세대 나노구조 고체 전해질 적용 배터리, 낮은 폭발 위험과 고에너지 밀도 구현</p>
	

[3] 차세대 통신

메타 물질의 미세 구조 조절 기반으로 THz파를 효과적으로 제어

맥신 나노소재 활용으로 6G 통신의 전자파를 효과적으로 차단·흡수



□ 나노기술 활용 미래 유망 신산업 견인

- **(모빌리티, 우주·항공)** 나노융복합 소재, 첨단센서, 나노 코팅 등을 통해 첨단 모빌리티, 우주·항공 분야 기술혁신 추진
- **(열관리)** 미래 모빌리티 및 전략산업 분야의 방열, 난연·불연 성능을 갖춘 나노 복합 소재·부품 개발 추진

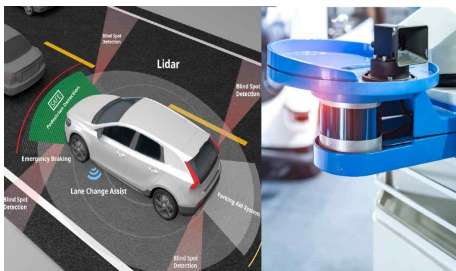
※ 나노소재 기반 핵심전략산업 열관리 기술개발('26년~)

《미래 유망 신산업 분야 나노기술 활용 사례》

[1] 첨단 모빌리티

메타물질 기반 초소형 고감도 라이다 (LIDAR) 나노센서로 자율주행차 구현

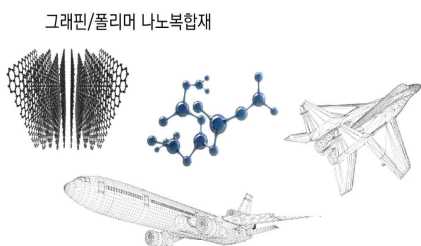
탄소 나노 복합재로 차체의 고강도·초경량화 통해 주행거리 및 연비 향상



[2] 우주·항공

CNT, Graphene 나노복합재 기반의 경량·고강도 항공체 소재

나노코팅·나노복합재의 활용으로 방사선, 극한환경 등 우주 환경 대응



□ 공급망 대응 전략적 첨단·미래소재 기술개발

- **(첨단소재)** 향후 5년 내 글로벌 공급망 재편에 대응하여 소부장 핵심품목 중심 100대 첨단소재를 도출, 원천기술 확보 추진

100대 첨단소재 (향후 5년 내외)			
반도체 주권	▲공정기술 자립화 ▲고신뢰성 ▲열특성 제어 관련 → 총 20개		모빌리티 안전
바이오 자립	▲안정성 제고 ▲다기능 구현 ▲제조 신기술 관련 → 총 10개		제조 고도화
에너지 안보	▲원료수급 안정 ▲장수명 제고 ▲친환경 공정 관련 → 총 19개		극한기술 확보
			▲배터리 안전성 ▲신소재 대체 ▲新 특성 구현 관련 → 총 23개
			▲제조공정 스마트화 ▲고출력 ▲다기능 관련 → 총 18개
			▲원소재 의존도 완화 ▲독자 제조 (수출통제 대응 등) 관련 → 총 10개

- **(미래소재)** 국가 전략기술 분야별 우선 확보해야 하는 미래소재를 발굴, 10년 뒤 초격차 목표달성과 기술난제 극복 추진

100대 미래소재 (향후 10년 내외)			
3대 게임 체인저 분야		산업 기반 분야	
AI 반도체	▲초고집적 ▲초고속·고전력 반도체 ▲AI 모델 개발 등 관련 → 총 14개		모빌리티 · 로봇
첨단 바이오	▲재활·증강(난치성 질환) ▲디지털 치료 ▲예측·진단 등 관련 → 총 9개		ICT (이차전지, 통신, 디스플레이)
양자	▲오류 최소화 ▲고온 동작(컴퓨팅) ▲초고감도(센서) 등 관련 → 총 6개		우주 · 에너지
			▲초연결(자율주행) ▲사용자 안전 ▲인간 친화 등 관련 → 총 17개
			▲최고성능 ▲지속가능 ▲초실감 ▲폼팩터 혁신 등 관련 → 총 27개
			▲극한 환경 ▲제조 혁신 ▲수소 ▲무한 연료 등 관련 → 총 27개

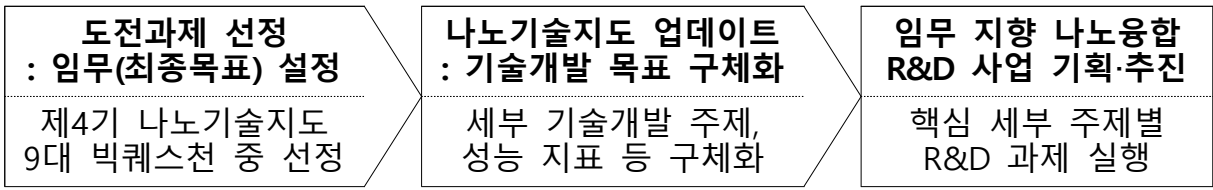
- **(신진연구)** 해외기관과의 협업을 통한 신진 연구자의 미래소재 연구를 지원, 나노소재 기술 난제 조기 해결 추진

※ 소재 글로벌 영커넥트('24년~)

1-3. 나노 기반 인류 난제 해결에 도전

□ 나노기술 활용 인류 난제 극복 프로젝트 기획·추진

- **(NT MAP)** 인류 공통의 도전과제를 나노기술 기반으로 해결할 수 있도록 ^{가칭}NT MAP(NanoTech Mission & Action Project) 기획 추진
 - (도전과제) 제4기 나노기술지도('23~'32)에서 제시한 9대 Big Questions 중 시급성, 파급효과, 나노 기여도 등을 고려하여 도전과제 선정
 - (기술지도) 해당 도전과제의 기술적 제약요인, 나노기술 역할, 기술개발 주제 및 목표 등 나노기술지도 업데이트
 - (프로젝트) 도전과제별 전개한 상세 나노기술지도를 활용하여 임무 지향형 나노융합 R&D 기획 추진



제4기 국가나노기술지도('23~'32) 개요

- 국가 현안 및 글로벌 난제 분석을 토대로 9대 Big Questions을 선정하고, 이들 도전과제 해결을 위한 나노기술 주제와 미래상 제시




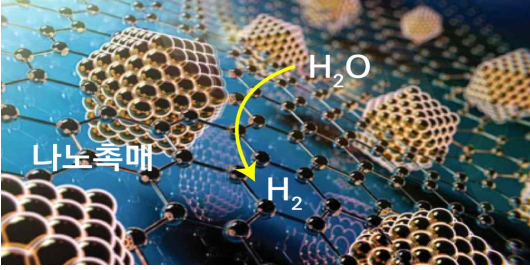

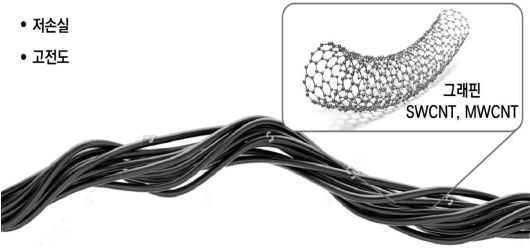


- 도전과제별 △정의, △관련 현황, △기술적 한계, △한계 극복을 위한 나노기술 주제, △주제별 성능 지표, △연도별 핵심 요소기술 개발 목표 등 나노기술 로드맵 전개

□ 에너지 대전환을 위한 나노기술 개발 추진

- **(재생에너지)** 태양전지, 풍력 등 고효율·고성능 재생에너지 시스템 구축을 위한 핵심 나노기술 개발
- **(저장·변환)** 나노소재 활용 및 나노구조 제어를 통한 차세대 에너지 저장 및 변환 기술개발 추진
- **(효율 향상)** 첨단 나노소재, 차세대 나노기술 등 기반으로 에너지 절감 및 효율 관리 기술 혁신

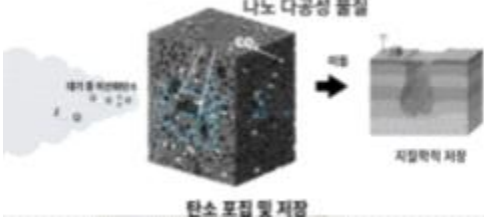
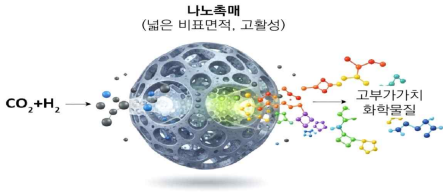

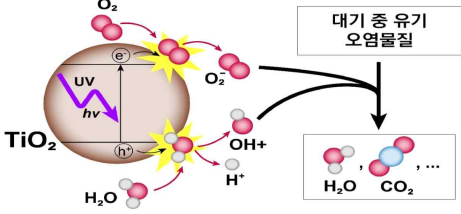
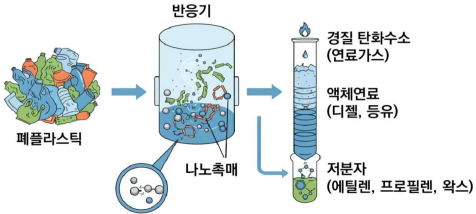
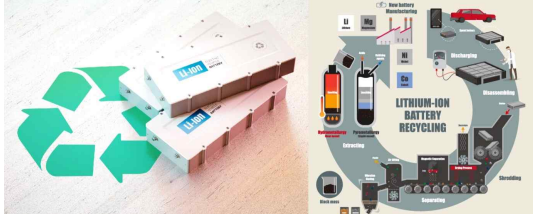
《에너지 분야 나노기술 적용 사례》

[1] 고효율·고성능 재생에너지 시스템	
나노 전도층 최적화 기반 고효율 페로브스카이트, 실리콘 탠덤 태양전지	탄소 나노소재 기반 초경량·고강도 블레이드 적용 풍력 터빈
	
[2] 차세대 에너지 저장·변환 기술	
나노소재 활용 및 나노구조 제어를 통한 초고용량·초급속 충전 이차전지	고활성 나노촉매를 이용한 고효율·저비용 그린수소 생산 기술
	
[3] 에너지 절감 및 효율 관리 기술	
전기변색 나노소재 기반 스마트 윈도우 적용으로 제로에너지 빌딩 실현	탄소나노소재(CNT, 그래핀 등) 기반 저손실·고전도 차세대 송전 케이블
	<ul style="list-style-type: none"> • 저손실 • 고전도 

□ 탄소중립·친환경 나노기술 개발 추진

- **(탄소중립)** 고효율 나노 촉매, 나노 다공성 흡착제 등을 통해 온실가스 포집·전환, 재활용 기술을 획기적으로 향상
- **(친환경)** 나노 필터, 나노 촉매 등을 활용하여 환경 오염 저감 및 정화 기술개발 추진
 - ※ 상수도 과불화화합물 제거 및 무해화 기술개발('26년~)
- **(자원 선순환)** 고부가가치 재활용, 재활용 효율 증대 등 자원 선순환을 위한 나노소재 기술개발 추진

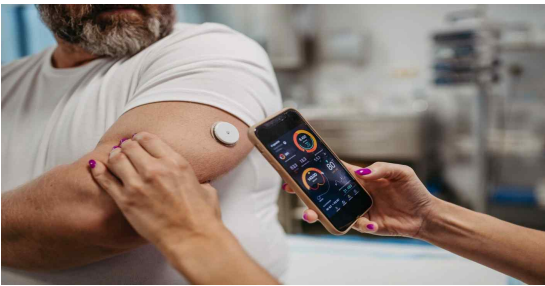

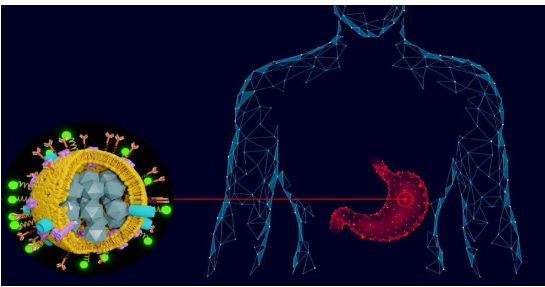

《탄소중립·친환경 분야 나노기술 적용 예시》

[1] 온실가스 포집·전환·활용	
나노 다공성 소재(MOF, 제올라이트 등) 기반 온실가스 선택적 포집·저장 기술	넓은 비표면적 및 고효성 나노촉매 활용 CO ₂ 의 고부가가치 화학물질 전환 기술
 <p>나노 다공성 물질 탄소 포집 및 저장</p>	 <p>나노촉매 (넓은 비표면적, 고효성) CO₂ + H₂ → 고부가가치 화학물질</p>
[2] 환경 오염 저감·정화	
나노 기공 정밀 제어 멤브레인 기반 초미세 오염물질 제거 수처리 기술	대기오염물질을 분해·제거하는 고효성 나노 광촉매 기반 대기정화 기술
 <p>NANO FILTER</p>	 <p>대기 중 유기 오염물질 TiO₂ + UV (hv) → OH· + H· H₂O → OH· + H· OH· + H· → H₂O, CO₂, ...</p>
[3] 고부가 업사이클링 및 자원 선순환	
폐플라스틱의 화학결합을 분해하여 고부가 원료·연료로 전환하는 나노촉매 기술	나노구조 분리막으로 폐배터리 핵심 광물의 고효율·선택적 회수 기술
 <p>폐플라스틱 → 반응기 (나노촉매) → 경질 탄화수소 (연료가스), 액체연료 (디젤, 등유), 저분자 (에틸렌, 프로필렌, 왁스)</p>	 <p>LITHIUM-ION BATTERY RECYCLING</p>

□ 고령화 및 질병 극복을 위한 나노기술 개발 추진

- **(진단·예측)** 나노바이오센서 기반 초고감도·비침습적 정밀 진단 등 질병 조기 진단·예측 의료 기술개발
- **(치료)** 맞춤형 항암 치료제, 세포·유전자 치료용 나노 전달체, 자율구동 나노로봇 등 나노기술 기반 혁신 치료제 개발
- **(감염병)** 신·변종 감염병 출현에 대비 차세대 백신 개발 및 판(Pan) 바이러스 진단·치료 기술* 개발 추진
 - * 특정 바이러스뿐 아니라 다양한 종류의 바이러스와 변이에 관계 없이 한 번에 적용 가능한 백신·진단·치료 기술
- **(재생의료)** 고령화 사회에 대응하여 조직 재생용 나노소재, 적응형 스마트 임플란트, 의료기기 등 나노 재생의료 및 치료 장비 개발

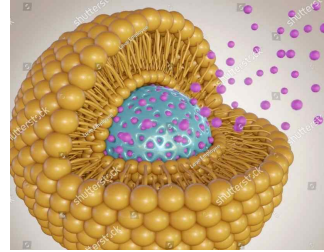
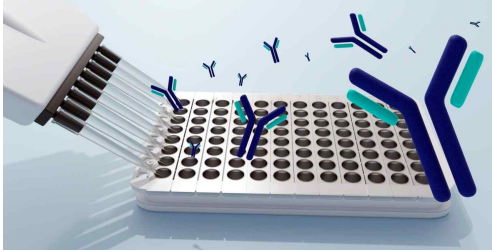
《고령화 및 질병 극복 나노 바이오 기술 예시》

[1] 나노센서 기반 질병 조기 진단·예측 기술	
비침습·고감도 나노센서를 활용한 질병 상시 모니터링 및 진단 기술	AI-나노센서 융합 초저농도 바이오마커 검출 기반 질병 조기 진단 플랫폼
	
[2] 차세대 정밀표적 나노 치료제	
엑소좀·LNP 등 차세대 나노 전달체를 이용한 표적 항암 및 유전자 치료 기술	질병 부위로 스스로 찾아가는 자율구동형 나노로봇 기술
	

[3] 판 바이러스 진단·치료 및 차세대 백신 기술

변이와 무관한 바이러스 고유 특성을 감지 또는 표적하는 나노소재 기반 진단·치료기술

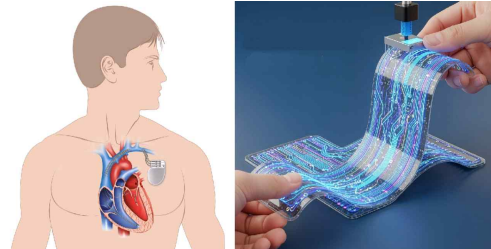
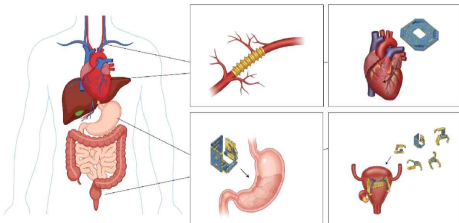
mRNA 백신의 안정성과 전달효율 극대화를 위한 차세대 나노캐리어 기술



[4] 나노 기반 지능형 재생의료 기술

손상된 인체 조직 및 장기 기능 재생을 위한 지능형 나노소재 기술

난치성 질환 실시간 진단 및 치료를 위한 유연·전도성 나노복합체 임플란트



□ 삶의 질 향상을 위한 나노 융합연구 촉진

- **(일상생활)** 화장품, 의류, 식품·농업, 건축자재, 문화예술 등 일상 속 나노기술 확산을 위한 융합연구 활성화

《일상 속 나노기술 적용 사례》

화장품		식품	농업
백탁 없는 자외선 차단제	주름 개선 및 탄력 강화 크림	항균·항산화 생분해성 포장재	다공성 실리카 나노비료
실리카 구형 나노 입자 합성 및 조립 → 자외선 차단 효과 향상	주름 개선 성분을 나노좀 캡슐화하여 표피 깊이 침투	기존 생분해성 필름 약점 보완 및 항균·항산화 기능 확보	식물의 영양소 흡수 효율 향상으로 작물 생산성 향상
			

- **(삶의 질)** 유망 나노기술*을 활용하여 국민 생활을 풍요롭게 변화 시킬, △주력산업, △바이오, △생활·환경 분야 도전과제 발굴 지원

* 향후 10년 내 사업화까지 가능할 것으로 전망되는 최신 나노기술 중심으로 선정

[참고] 최신 유망 나노기술(예시)

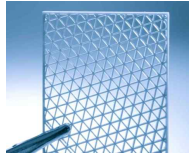
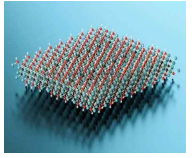
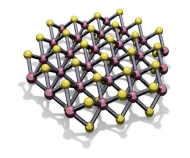
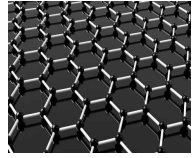
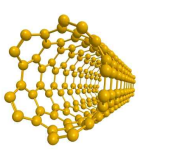
新나노구조체 : 나노구조에 의한 고유특성 발현

1. 新나노

초격자, 2차원 등 다양한 구조의 탄소 외 나노물질

2. 탄소나노

탄소 원소 기반 다양한 구조의 나노물질

메타	맥신(MXene)	TMD	그래핀	CNT
				
물리적 특성을 조절 및 제어할 수 있는 신물질	전이금속에 탄소 또는 질소 결합 2차원 물질 높은 전기전도도 및 친수성 보유	하나 이상의 칼코겐 이온(Te, Se, S)과 금속 원소를 포함하는 화합물 전자-광학-반도체 특성과 유연성 보유	육각형 격자의 2차원 탄소구조체 경량, 높은 전기전도 및 열전도성, 탄성 보유	탄소 원자들이 육각형으로 결합된 원통형 튜브 구조체 기계적·전기적·열적 특성이 우수
초음파 활용 이미징, 스텔스기술, 위·변조 방지	고용량 이차전지 도전재, 자기파 차폐	반도체, 센서 등	경량 고강도 소재, 유연 디스플레이, 태양전지	경량 고강도 소재, 이차전지 양극재, 반도체

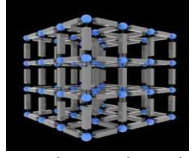
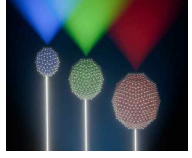
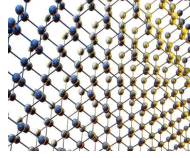

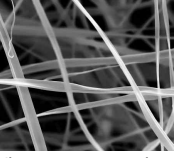
新나노입자 : 나노 성분·물질에 의한 고유특성 발현

1. 무기나노

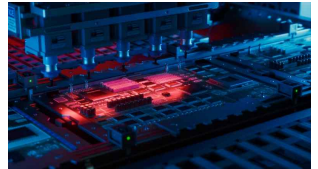

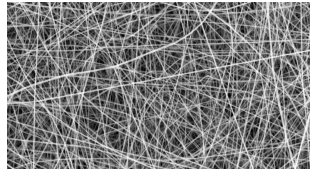
무기물질(금속 및 세라믹 소재) 기반 나노구조 형성

2. 유기나노

유기물질(생체 및 고분자 소재) 기반 나노구조 형성

나노포러스	양자점	다성분계 나노합금	지질나노입자 (LNP)	나노셀룰로오스
				
금속 이온-유기 분자의 하이브리드 결정 구조 물질 고내구성, 기공에 따른 물질 저장·흡착 가능 가스 센서, 액체 분리 및 정제, 전기화학 에너지 저장, 촉매 작용 및 약물 전달	지름 수십 나노미터의 반도체 결정물질 크기에 따라 전기·광학적 성질 변화	여러 종류의 금속 원소가 반응하여 생성되는 나노합금 (HEA 등)	인지질 및 콜레스테롤로 이루어진 나노입자 약물-RNA 등을 입자 내부에 봉입하여 체내 전달 가능	셀룰로오스를 나노 수준으로 분해한 고분자 물질 높은 결합력과 강도, 생체 친화도 보유
	디스플레이, 태양전지, 광촉매	촉매, 고강도 소재	표적 약물 전달체, mRNA 백신, 암 치료제	센서, 건축자재 강화재료, 연료전지, 의공학 소재

新나노공정 : 나노구조 제작 및 물리 화학적 특성을 개질하는 나노기술

나노조립·패터닝	나노박막공정	나노섬유공정
		
나노미터 단위의 물질을 3D 프린팅하거나 블록 공중 합체를 이용한 초미세 패터닝 기술	평면, 구면 및 3차원 구조까지 나노미터 수준의 얇은 막을 증착하는 기술	나노미터 스케일의 복합섬유를 제조하는 공정
차세대 메모리 고집적 극미세 패턴 구현, 디스플레이, 센서 등 대면적 미세패턴 구현 기술	바이오, 에너지, 환경, 식품산업 등 다양한 산업군의 핵심 요소기술	헬스케어, 가스센서, 신축성 디스플레이

□ 현황 및 추진방향

- 다양한 요소기술이 집약된 나노제품은 연구개발, 상용화, 양산을 거쳐 제품화되기까지 타 제품 대비 긴 시간과 투자 필요*

* 나노기술 제품화로 매출 발생까지 평균 12.4년 이상 소요(2023 나노융합산업조사)

- 특히, 나노소재의 사업화는 재현성·안정성·신뢰성을 확보해 가는 스케일업 공정이 제품화 성공의 주요 변수

※ 나노제품 가치사슬별 특징

구분	나노 원소재	나노 중간제품	나노융합 최종제품
제품 형태	합성 상태의 나노구조 소재	추가 공정을 거친 나노 제품	나노기술 적용 최종 제품
주요 이슈	대량 제조, 수율(원가)	공정 수용성, 신뢰성, 원가	혁신성, 차별성, 가격
주요 공정	화학, 합성 공정	혼합·분산, 성형, 인쇄 공정	조립·패키징, 코팅 공정
주요 제품	나노분말, CNT, 양자점	코팅 필름, 나노센서, 섬유	반도체, 디스플레이

- 나노 분야 또한, 우수한 기초원천 연구성과가 산업 생태계로 유입되어 제품화·사업화로 이어지는 사례 저조

- 이는 기술 공급자 중심의 연구개발, 실증 기반 부족, 각 단계 연계 및 주체 간 협력 미비, 분절적 지원체계 등에 기인

→ 연구자·수요·공급기업 밀착형 기술 상용화, 신공정기술 확보, 체계적 사업화 지원을 통해 역동적인 나노융합산업 생태계 조성

□ 중점 추진과제

중점 추진과제	세부 실행과제
실험실에서 시장으로 나노기술 상용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수요기업 참여형 나노 소부장 상용화 기술개발 ■ 우수 연구성과 연계 나노기술 상용화 촉진
나노소재 제조공정 고도화로 사업화 가속	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노소재 신공정 기술개발 및 역량 제고 ■ AI 활용 나노제품 설계·제조 및 실증 플랫폼 구축
나노기술 사업화 전주기 지원 강화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노융합 스케일업 단계별 사업화 지원 ■ 나노융합제품 체계적 실증 및 나노기업 인증제 도입 ■ 산학연 협력 클러스터 조성 및 통합정보 제공

2-1. 실험실에서 시장으로 나노기술 상용화

□ 수요기업 참여형 나노 소부장 상용화 기술개발

- **(수요-공급 밀착)** 기술개발 초기부터 공급자가 최종 수요자와 협력하여 목표 설정에서 제품화까지 전 과정을 함께하는 나노 소부장 R&D 추진
 - 상용화 목표 합의서 체결, 단계별 공동개발 및 중간점검, 수요기업 병행 엔지니어링 및 리스크 관리 등을 통해 상용화 성공률 제고

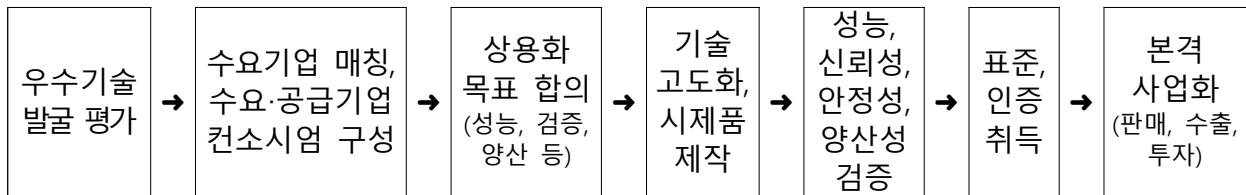
구분	참여기관	역할
수요자	대·중견기업	상용화 목표 스펙 제시, 중간 성능 검증 테스트베드 제공, 개발 성공 시 구매 연계 및 사업화 지원, 양산 가능한 기술 수준(TRL 7~8) 확보
공급자	대학, 연구소, 중소·벤처	수요기업 제시 제품 사양에 맞춰 시제품 설계 및 상용화 공정 개발, 상용화 직전 단계(TRL 6~7)까지 기술 완성

※ '(가칭)수요기업 초기 참여형 나노소재·부품·장비 상용화 기술개발' 추진

□ 우수 연구성과 연계 나노기술 상용화 촉진

- **(이어달리기 & 함께달리기)** 기초·원천·응용 연구에서 도출된 우수 나노기술 발굴, 산업 수요에 맞춰 고도화, 검증, 양산 등 상용화 전주기 지원
 - 국가 연구개발 사업 성과 중 기술성·시장성·양산성 평가를 거쳐 상용화 가능성이 높은 우수기술 후보군 발굴
 - 수요-공급기업 연계 및 공동 제품개발, 실증, 사업화 등 후속 지원

《기초·원천 연구성과 상용화 연계 지원(안)》



- **(기술 실증 연구)** 대학·연구기관이 보유한 나노·소재 원천연구 성과를 제품으로 시연하는 나노소재 기술 실증 연구 지원
 - 기술 공급자가 주관하고 수요자가 공동으로 참여하여 나노기술 적용 시작품 제작, 원천기술 완성도 향상 및 산업 수용성 제고

※ 나노커넥트(21년~)

2-2. 나노소재 제조공정 고도화로 사업화 가속

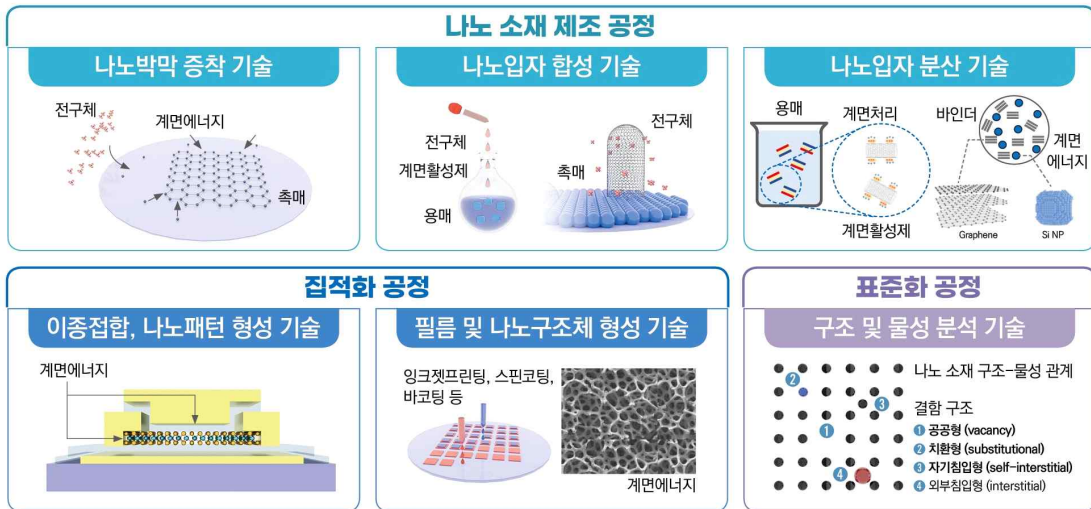
□ 나노소재 신공정 기술개발 및 역량 제고

- **(신공정)** 나노 신소재* 상용화 촉진을 위해 소재 대량 합성, 분산, 이종접합 등 계면 제어, 구조 분석에 특화된 신공정 기술 확보 추진

* CNT, 나노실리카, 그래핀, 나노셀룰로오스, 맥신, 페로브스카이트 등

- 나노소재 생산 공정의 핵심 공통 요소기술을 도출, 소재별 기업 맞춤형 공정기술 개발과제 지원

《나노소재 공정 공통 요소기술(안)》



- 각 소재의 합성-정제-분산-박막화-분석 표준 공정 인프라 구축
- 실험 결과 및 공정 레시피를 기반으로 제조 매뉴얼 제작, 오픈 DB로 체계화

※ '(가칭)나노 신소재 신공정기술 개발 및 평가·인증 파일럿 라인 구축' 추진

□ AI 활용 나노제품 설계·제조 및 실증 플랫폼 구축

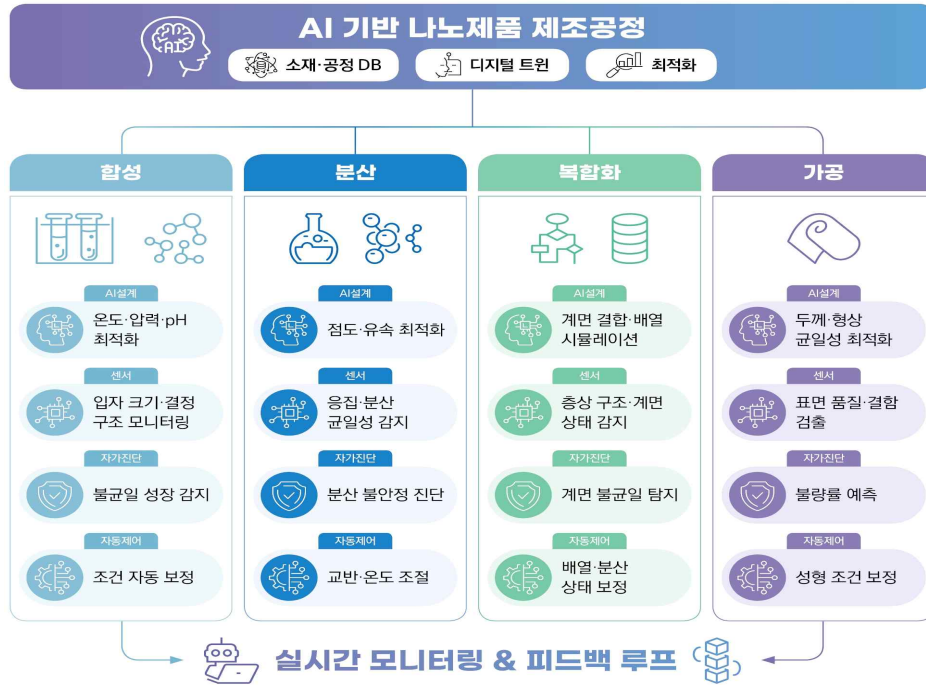
- **(AI 기반 설계·실증)** 나노소재 제품의 합성, 분산, 복합화, 가공에 이르는 전주기 공정을 대상으로 AI 기반 정밀 설계제조 기술개발 지원

- 제조 공정별 공정 조건과 성능 결과 데이터 축적, 데이터-AI모델 자동 연계 학습체계 구축 및 시각화

- 축적된 데이터 기반 설계·제조 실증 플랫폼 구축 및 기업 대상 실증·지원 프로그램 운영

※ AI 기반 나노입자 가상제조 및 기업지원 실증 플랫폼 구축 추진('26년~)

《AI 기반 나노제품 실증 플랫폼 구축(안)》



2-3. 나노기술 사업화 전주기 지원 강화

□ 나노융합 스케일업 단계별 사업화 지원

- **(창업)** 나노 연구성과 기반 실험실 창업, 딥테크 창업 촉진으로 나노융합산업 생태계의 역동성 강화

※ 나노소재 분야 팁스(TIPS, Tech Incubator Program for Startup Korea) 지원기업 현황

기업명	주요 사업	창업년도	비고
이비에스스퀘어	전고체 배터리용 나노실리콘소재	'23년	'24 딥테크 팁스
에이엔폴리	나노셀룰로오스 대량 생산	'17년	'24 스케일업 팁스
디알큐어	방사선 치료 보조용 산화망간 나노입자	'20년	'23 딥테크 팁스
내일테크놀로지	질화붕소나노튜브(BNNT) 대량 생산 기술	'15년	'23 스케일업 팁스
제이제이엔에스	방음용 메타소재 개발	'20년	'22 팁스
이노맥신	배터리용 맥신소재 양산	'21년	'21 팁스
알파그래핀	진공기판 그래핀 전사기술, 대량생산 공정장비	'17년	'21 팁스
파인나노	전도성 금속 나노잉크, 금나노입자 개발	'18년	'19 팁스

- **(성장단계)** 기술개발 → 실증 → 인증 → 후속투자 등 나노융합 신제품 개발 단계별 맞춤형 사업화 지원

《나노기술 제품화 단계별 사업화 지원(안)》

구분	지원 방안
기술개발	관련 협·단체 연계 시장 수요 정보 제공, BM 기획, 나노제품(원소재, 중간재, 최종제품) 단계별 사업화 전략
실증	사전공정설계, 나노인프라 활용 시제품 검증, 전문서비스기업 바우처
인증	NEP, NET, RoHS 등 국내외 인증 지원
후속투자	IR 설명회, 공공 연구성과 사업화 정책펀드 연계

- **(특허)** 국내·외 핵심 특허 확보 목적의 전략적 R&D*를 지원하여 수요기업에 나노 분야 우수 특허기술 이전 및 사업화 촉진

* (IP-R&D) 특허정보 분석을 출발점으로 해외특허 회피를 통한 분쟁 예방, 공백 영역 우수 특허 선점을 위한 효율적 R&D 전략 제시

- **(해외진출)** 나노 소부장 기업의 글로벌 시장 진출을 위해 해외 수요 맞춤형 인·검증, 화학물질 등록, 특허 등 신시장 창출 전략 수립 지원

□ 나노융합제품 체계적 실증 및 나노기업 인증제 도입

- **(사업화 실증)** 공급-수요기업이 공동 참여하여 나노융합제품 사업화 성공을 위한 체계적 실증체계 마련 및 실증 과정 고도화

- 사전 실증계획 수립, IP 분석 및 기술사업화 로드맵 수립, 나노제품 트랙레코드* 기반 실증 등 전략적 실증체계 구축

* 성능, 신뢰성, 사용경험 등 제품의 실사용 데이터는 시장 진출 및 경쟁력 확보에 필수적, 이를 확보할 만한 실증 정보 플랫폼은 부재

- **(인증)** 나노혁신기업 인증 제도* 도입으로 기술력을 갖춘 나노융합 기업 성장 지원 및 나노제품 인식 제고

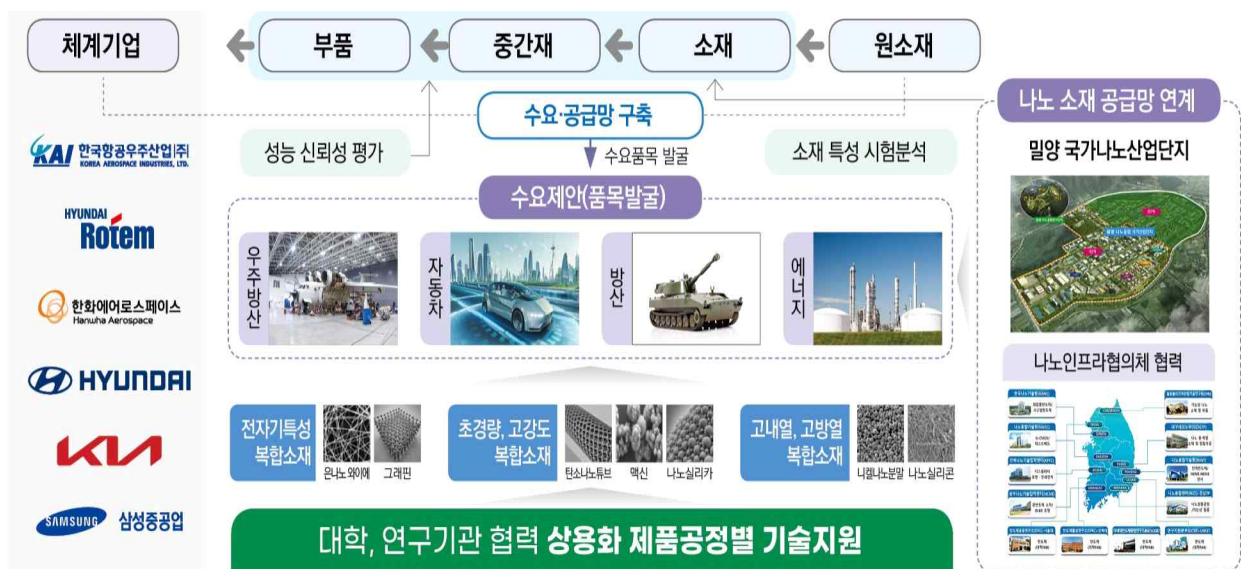
* 나노기술 혁신성 및 사업화 성과를 평가하여 나노혁신기업 인증 부여, 인증기업 대상 금융 및 정책자금 지원 연계

- **(그래핀 사업화)** 수요 기반 그래핀 소재 시제품 개발, 성능평가 지원 등 미래 신소재 그래핀의 응용·수요 확산 및 안정적 공급체계 마련
※ 그래핀 상용화 추진단 구성·운영('25.9월~)

□ 산학연 협력 클러스터 조성 및 통합정보 제공

- **(클러스터)** 밀양 국가나노산단* 중심의 나노소재 산학연 클러스터 조성 및 실수요 기반 상용화 협력체계 구축으로 수요-공급망 연계
* 밀양시 부북면 일원에 165만㎡ 규모로 조성 중
 - 나노 수요-공급기업, 대학, 연구기관 등을 밀양 산단 근거리에 집적하여 산학연 협력 시너지 극대화
 - 밀양 산단 내 나노소재·제품 안전성평가 지원센터 본격 가동, 수소 환경 소재·부품 기업지원센터 구축 등 나노융합기업 시장진출 지원
 - 나노 소재 수요-공급 협의체를 통해 소재·부품 수요 지속 발굴, 대학·연구기관 협력 기반 기술 상용화 촉진
 ※ 첨단 나노소재 상용화 허브 구축('26년~)

《나노소재 수요-공급기업 협력 체계》



- **(정보)** 나노기술 통합 정보 플랫폼(nanoin.or.kr)을 통해 나노기술 동향, 기술이전 우수사례, 기업지원 정책, 나노인프라 등 정보 제공

□ 현황 및 추진방향

- AI 기술은 생성형 AI 개화, 에이전틱 AI와 피지컬 AI 부상 등 3대 축을 중심으로 빠르게 발전 중
 - AI는 산업과 일상뿐 아니라 과학연구와 기술개발 환경, 방법론을 근본적으로 변화시킬 전망
 - ※ 실험실에서 수년이 걸리던 단백질 3차원 구조 예측을 수시간 내 가능케 하고, AI와 로봇으로 신소재 발굴 및 테스트를 24시간 자율 수행
 - AI를 연구개발 혁신의 도구로 인식한 주요국의 정책* 전개도 치열
 - * 韓 '과학기술×AI 국가전략' 발표('25.11), 美 트럼프 '제네시스 미션' 서명('25.11)
- 나노는 제조업 범용 기반 기술로서 소·부·장 기술개발을 비롯, 다양한 산업과의 융합을 통해 AI를 확산하는 데 주요한 역할
 - 나노기술은 반도체, 통신, 전력망 등 초거대 AI 인프라를 정밀하고 촘촘하게 구축할 기반 기술
 - 피지컬 AI가 물리적 세계와 정교하게 상호작용하고 자율적으로 행동할 수 있도록 핵심 하드웨어 기반을 제공
- 양자기술은 산업·안보 등 패러다임을 바꿀 파괴적 전략기술이자 미래 성장동력, 우리를 포함 선도국은 기술산업 생태계 조성에 박차
 - 나노 기초·원천 연구는 양자기술을 구현할 신물질 개발의 터전
 - 또한, 양자 칩 제조, 공정 등 양자기술 상용화를 이끌 주요 수단

→ 나노+AI 양방향 융합, 나노기술로 양자기술 상용화를 지원함으로써, AI·양자 대전환 시대의 핵심 기반기술로 나노의 역할을 강화

□ 중점 추진과제

중점 추진과제	세부 실행과제
나노기술 접목으로 AI 확산 지원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 초거대 AI 인프라를 위한 나노소재 기술개발 ■ 피지컬 AI 구현을 위한 핵심 나노기술 확보
AI-데이터 기반 나노소재 기술개발 촉진	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노소재 기술개발에 AI 활용 확대 ■ 나노소재 연구데이터 공유·활용 기반 조성
나노기술로 양자 대전환 지원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노기술·인프라 기반 양자 칩 제조 역량 확보 ■ 나노소재 기초·원천 연구로 양자기술 도약 지원

3-1. 나노기술 접목으로 AI 확산 지원

□ 초거대 AI 인프라를 위한 나노소재 기술개발

- **(연산)** AI 반도체 및 대용량·고집적 메모리 구현을 위한 나노소재 기술개발 추진
- **(통신)** 저전력·장거리 AI 데이터 전송을 위한 차세대 광소자·광전 변환 소재, 초대역폭 신호처리 소자용 고속·저손실 소재 등 개발
- **(전력망)** 고전도 케이블, 고내전압 절연재, 저손실·고효율 변압기 소재 등 고부하 전력망 대응 신소재 개발 추진

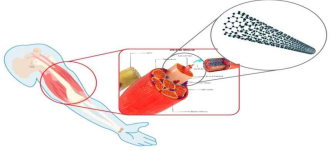
《AI 인프라 나노소재 기술 예시》

[1] 연산	
실리콘 한계를 넘어서는 SiGe/Ge 및 2D 소재(MoS ₂ , WS ₂) 기반 고이동도 채널 기술	고유전율 및 저응력 절연 소재 기반 고용량·고적층 3D 메모리 구현
	
[2] 통신	
전력 소모와 신호 손실을 최소화하는 Si/SiN 기반 차세대 광소자·광전 변환 소재	고대역폭 신호처리를 위한 저유전율 소재 기반 고출력 RF 소자
	
[3] 전력망	
전력손실 최소화를 위한 나노결정·비정질 자성합금 기반 고효율 변압기	송전 용량 증대 및 수송 안정성 확보를 위한 고전도·고내구성 전력 케이블 소재
	

□ 피지컬 AI 구현을 위한 핵심 나노기술 확보

- (지능, 지각, 구동) 엣지 AI 디바이스, 초소형 이미지·촉각 센서, 경량 구동체 등 나노기술을 활용하여 똑똑하고 민첩한 피지컬 AI 구현
- (에너지) 나노 발전기, 나노 구조 배터리 등을 활용한 피지컬 AI 에너지 공급 향상 기술개발 추진

《피지컬 AI 구현 나노기술 예시》

[1] 고성능 AI 연산·컴퓨팅 기술	
인공 시냅스 나노소자 기반 NPU칩 → 스스로 학습·판단하는 온-디바이스 AI 구현	저장·연산 동시 수행 인-메모리 컴퓨팅 → 저전력·초고속 엣지 AI 디바이스
	
[2] 나노센서 기반 초감각 인지 기술	
양자점, 메타렌즈 등 기반 초소형·고해상도 이미지 센서	압력·온도·질감 등 다중 감각 인지 다기능 나노센서
	
[3] 생체 모방 물리적 구동 기술	
초경량, 정밀 동작 제어 피지컬 AI 인공 근육 섬유 구현	곤충, 동물 등 생물학적 시스템 모방 액추에이터 기반의 초소형 로봇
	
[4] 피지컬 AI 에너지 공급 향상 기술	
초박막 고용량 나노구조 배터리	열전·압전, 마찰전기 등 나노 발전기 기반 자가 전원 공급 시스템
	

3-2. AI-데이터 기반 나노소재 기술개발 촉진

□ 나노소재 기술개발에 AI 활용 확대

- **(소재 물성 AI)** 대규모 멀티모달 소재 데이터를 활용하여 다양한 소재의 주요 특성을 예측·분석하기 위한 6대* 물성 AI 모델 개발

* ①전기적, ②열적, ③기계적, ④광학, ⑤자기적, ⑥화학적 물성 모델

- 멀티모달(실험, 시뮬레이션, 문헌 등) 데이터 기반 물성 예측, 물성 간 연관성을 반영한 멀티 학습 기반 물성 동시 예측최적화 체계 개발


- **(응용 분야별 특화 AI)** 특정 산업 맞춤형 신소재 개발을 위한 소재 특화 AI 모델 개발 추진

《응용 분야 소재 특화 AI 모델 개발 예시》

반도체	디스플레이	이차전지	우주·항공
증착 조건, 박막 특성 예측 모델	광변환층 손실 최소화 및 고흡수계수 충족 특화모델	용량·수명·부피팽창 등 핵심 성능 예측 모델	열전도도, 기계적 강도 동시 최적화 특화 모델

- **(자율실험실)** AI와 로봇 기술을 결합하여 가설 설정 - 실험설계 - 수행 - 결과분석 - 최적화 등 전주기 수행 나노소재 자율실험실 확산

《나노소재 자율실험실 사례》

이차전지 소재 탐색	신소재 발굴 및 테스트
배터리 양극소재 자율 탐색 실험실 (KAIST-포스코홀딩스)	AI와 로봇공학 활용 자율 실험실 A*-Lab (버클리대 LBNL-구글 DeepMind) *AI, Automated, Accelerated
	
연구자 주도 84일 대비 약 6일로 개발 기간 단축, 소재 개발 속도 12배 ↑	로봇팔 3개, 용해로 8개, 전자현미경 등 24시간 운영, 약 10억 개의 물질을 시뮬레이션하여 800년 분량의 새로운 물질 발견

□ 나노소재 연구데이터 공유·활용 기반 조성

○ **(고품질 데이터)** 소재 HUB* 등 데이터 수집·생산을 위한 과제 확대로 고품질 데이터 지속 축적 및 AI 모델 확보

* 반도체, 이차전지, 첨단모빌리티 등 11대 분야 금속·화학·세라믹 소재 고품질 연구 데이터 대량 수집·생산을 위한 연구과제('24년~), 과제 수행을 통해 축적된 데이터는 '소재 연구데이터 생태계 플랫폼' 통해 개방 예정

- 나노소재 R&D 과제에서 생산된 연구데이터의 수집-관리-활용 근거 마련을 위해 「나노기술개발 촉진법」 개정 추진

○ **(플랫폼)** '소재 연구데이터 생태계 플랫폼' 본격 가동('27년~)을 통해 연구데이터 수집·개방, 국내외 소재DB 연계, 소재 예측 AI 모델 등 제공

- 소재 연구데이터 생태계 플랫폼 중심으로 연구데이터 표준화, 데이터 수집·활용 등 데이터 관리체계 일원화

⇒ 소재 연구데이터의 생산-수집-관리-활용 선순환을 통해 지속가능한 AI 활용 소재연구 생태계 구축



○ **(컴퓨팅 자원)** AI 접목 신소재 연구에 슈퍼컴 6호기, 소재 맞춤형 대용량 메모리 GPU를 지원하여 소재 데이터 활용 가치 극대화

3-3. 나노기술로 양자 대전환 지원

□ 나노기술·인프라 기반 양자 칩 제조 역량 확보

- **(양자 칩)** 나노공정을 활용한 양자 컴퓨팅 제조공정 혁신으로 양자 칩 제조국 도약 지원

《양자 컴퓨팅 플랫폼별 나노 제조공정 주요기술》

플랫폼	주요 요소기술
초전도 큐비트	조셉슨 접합 절연체 제어(1nm 수준), Al/Nb 원자층 증착
반도체 스핀 큐비트	MBE(분자선 에피택시) 공정 기반 초고순도 결정 성장
단일 광자 큐비트	칩 단위 광자 제어를 위한 초정밀 광집적회로 및 나노 패터닝
이온 트랩, 중성 원자 큐비트	대규모 큐비트 집적을 위한 초정밀 미세가공 및 칩 집적 공정

- **(팹 인프라)** 기구축한 나노 인프라와 연계하여, 양자 칩 제조 및 공정기술 고도화, 산업 확산을 위한 개방형 양자 인프라 확충

《나노 인프라 연계 양자 인프라 구축 사례》

UNIST 양자 팹	<ul style="list-style-type: none"> ■ 양자소자 연구 속도를 가속화할 권역별 수요 기반의 개방형 인프라 구축 ■ 양자 집적 광소자 공정 및 서비스 플랫폼 구축, 인력양성 추진
미국 NSF, NQNI*	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국가나노기술인프라(NNCI, '15~'25) 후속 프로그램, 기존 나노 인프라를 양자, 인공지능 등 미래 첨단기술 융합 인프라로 혁신 촉진 ※ 나노 칩, 나노소재, 합성생물학 등 나노 시스템 이종 통합, 양자소재 개발·합성, 양자 제조공정 등 시설 구축 ■ '26년부터 8~16곳에 최대 10년(5+5), 인력 양성, 장비 구축, 네트워크 지원 <p>* National Quantum and Nanotechnology Infrastructure</p>

- **(소·부·장)** 나노 기반 양자 컴퓨팅, 센서, 통신 각 분야 소재·부품·장비 기술개발로, 양자기술 산업화 역량 축적 및 기술 내재화

□ 나노소재 기초·원천 연구로 양자기술 도약 지원

- **(기초연구)** 새로운 초전도체, 신물질 개발 등 나노소재 기초연구를 통해 양자기술 난제 해결 및 양자과학 기초체력 확보
- **(신소재)** 차세대 양자 컴퓨팅, 장거리 양자 통신, 초고감도 양자 센서 등 구현을 위한 전략적 미래 양자소재 개발 추진

4

지속가능한 나노 혁신 생태계 조성

□ 현황 및 추진방향

- 나노인프라는 나노 분야 연구개발과 산업화의 핵심 기반 시설, 기초원천 연구와 시험·실증, 인력양성, 기업 서비스를 지원
 - 신흥 첨단 분야 실험장이자 기술-산업-인력을 연계하는 혁신의 플랫폼으로 지속적인 운영 혁신과 수요 반영 필요
- 글로벌 기술 패권 경쟁과 인재 쏠림, 학령인구 감소*와 같은 인구 구조 변화 속, 연구계와 산업 현장 모두 전문인력 부족** 심화
 - * 750만 명('22) → 412만 명('40) → 278만 명('72) 급감 전망(데이터처, '23)
 - ** 이공계 석사생은 '27년(6.3만 명)을 정점으로 감소하여 '50년경 3.3만 명, 박사생은 '30년(4.9만 명)을 정점으로 '50년경 2.8만 명으로 줄어들 전망(STEPI, '25)
 - 융복합 기술 환경에서 연구 및 산업 전반의 양적, 질적 인재 부족에 대비한 선제적 정책 추진이 시급
- 나노소재·제품의 시장으로의 확산을 위해서는 유해성과 환경 영향 정보 기반의 안전성 확보, 대국민 인식 제고 등이 중요
 - 안전성 연구, 국제 표준 대응 등을 통해 나노기술의 건강한 확산, 기업의 시장 진출 및 수출 경쟁력 강화 지원 필요

→ 인프라-인력-안전성-제도 4대 축을 중심으로 나노기술과 기존 산업, 미래 신산업이 역동적으로 선순환하는 나노 혁신 생태계 조성

□ 중점 추진과제

중점 추진과제	세부 실행과제
나노인프라를 혁신의 장으로 고도화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전문 분야별 나노인프라 특화 ■ 지역 기반 나노인프라 지속 확충 ■ 연계·협력 및 사용자 중심 서비스 강화 ■ 나노인프라 공정 데이터 수집·활용 촉진
나노기술 혁신 인재 양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구개발 나노융합 전문인력 양성 ■ 산업수요 대응 나노 전문인력 양성 ■ 해외 우수인재 전략적 유치
안전한 나노기술 확산 기반 조성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노 안전성 연구 및 기술개발 확대 ■ 나노 안전 관리 기반 확충 ■ 나노 분야 국제 표준화 활동 주도
나노기술 활용 저변 확대	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산학연 교류 협력 활성화 ■ 미래세대 나노기술 교육 강화 ■ 나노기술 영향평가 제도 개선

4-1. 나노인프라를 혁신의 장으로 고도화

□ 전문 분야별 나노인프라 특화

- **(전문 분야)** 반도체, 양자, 국방·우주, 융복합소재 등 각 기관 특화 분야 중심의 시설·장비 고도화, 공정기술 투자 및 전문인력 확충

- 특화 분야에 최적화된 소·부·장 실증, 기술 사업화 지원 추진

※ 중장기 수요 고려 12인치 소부장 테스트베드 고도화, 12인치 반도체 첨단 패키징 인프라 구축 추진

□ 지역 기반 나노인프라 지속 확충

- **(과기원)** 지역 교육·연구 거점인 전국 과학기술특성화대의 나노 팹 인프라 시설·장비 고도화 및 특화 서비스 강화

- KAIST(나노융합기술원)를 포함, 남부권 반도체 벨트, 지역 수요기업과 협력 연계하여 R&D, 산업화 실증 및 인력양성 집중 지원

《과기원 나노인프라 서비스 분야 및 향후 계획(안)》

구분	KAIST 부설 나노융합기술원	GIST 광융합 나노공정센터	DGIST 차세대 반도체융합연구소	UNIST 연구지원본부	POSTECH 나노융합기술원
대표 분야	Si-CMOS, MEMS, 공정 실증	이종집적 및 패키징	CMOS 기반 융합 디바이스	광소자, 양자소자	전력 반도체
향후 계획	첨단 패키징 인프라 구축	설계 인력 양성, 패키징 팹 확충	CMOS 기반 양자 파운드리	양자 분야 시설서비스 고도화, 인력 양성	나노소재 상용화 및 실증 기반 구축

- **(지역산업)** 수원(화합물반도체), 철원(나노소재) 등 지역 전략산업 연계, 시설·장비 구축 확대 및 지역 산업 경쟁력 강화 지원

※ 초정밀 나노기술 적용 전자유리 부품 소재 상용화 기반 구축, 그래핀 소재·부품 실증 기반 구축 등



□ 연계·협력 및 사용자 중심 서비스 강화

○ **(연계·협력)** 모아팍(moafab) 참여기관 지속 확대 및 서비스 고도화

- 사용자 접근성 및 편의성 제고를 위해 모아팍 내 장비·공정 현황 지도 제공, 경험과 노하우 공유를 위한 커뮤니티 운영

《모아팍 개요 및 참여기관 현황》

- (개요) 전국에 산재한 국가 나노팍 서비스를 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 장비·지원인력 정보, 서비스 신청·관리 등을 온라인에서 원스톱으로 제공하는 플랫폼(moafab.kr), 국가나노인프라협의체 14개 회원기관 참여*
 - * 나노종합기술원, 한국나노기술원, 나노융합기술원, 서울대 반도체공동연구소, 대구경북과학기술원 차세대반도체융합연구소, 한국전자통신연구원 반도체소부장기술센터, 한국전자기술연구원 전북 나노기술집적센터, 한국생산기술연구원 광주나노기술집적센터, 대구테크노파크 나노공정기술센터, 울산과학기술원 연구장비교육지원처, 전북대 반도체물성연구소, 한국과학기술연구원 연구융합지원본부, 철원플라즈마산업기술연구원, 경남테크노파크 나노융합센터
- (제공 서비스) 팍 서비스 신청·관리, 서비스 진행 현황 실시간 모니터링, 예약시간 추천, 기관별 장비·지원 인력 정보 제공, 나노팍 지원사업 신청 등

○ **(개방형 서비스)** 모든 사용자가 동등하게 시설·장비를 활용하고 공정 데이터와 기술 정보를 자유롭게 공유하는 이용자향 개방형 서비스 확대

□ 나노인프라 공정 데이터 수집·활용 촉진

○ **(공정 데이터)** 공공 인프라가 보유한 최첨단 장비 기반으로 생산된 나노·반도체 공정 데이터의 수집 - 관리 - 활용 체계 구축

- ※ 6대 나노인프라는 서비스 기준 연간 약 6만 건, 장비 기준 연간 약 10만 건 이상의 데이터를 생산하나 이를 축적·정제·활용할 수 있는 기반 부재
- 연구개발 특화형 실시간 측정·공정·공간 데이터 수집, 통합 관리 시스템 도입, 데이터 연계 및 보안 체계 강화
- 축적된 데이터와 체계적으로 구축된 시스템 기반으로, 이용자 대상 데이터 공유·활용 및 인프라 운영 효율화 도모

⇒ 공공 나노인프라를 공정 데이터 수집 및 활용 학습 기지로 전환

4-2. 나노기술 혁신 인재 양성

□ 연구개발 나노융합 전문인력 양성

- **(과학기술)** 두뇌한국21, 과학기술원 등을 통한 나노 분야 과학기술 인재 양성 추진
- **(주력·미래산업)** 주력산업* 및 미래 유망기술** 분야 혁신성장을 주도할 나노기술 융합 고급 전문인력 양성
 - * 반도체, 디스플레이, 이차전지 등
 - ** 차세대 반도체, 차세대 원자력, 첨단 모빌리티, 첨단 로봇제조, 양자, 첨단 바이오, 미래 에너지 등
- **(소재+AI)** 소재 전문지식과 AI·데이터 활용 능력을 동시에 갖춘 석·박사급 신소재 고급인력 양성 추진
 - 마이크로디그리 과정 설치·운영, 소재 연구 특화 AI·데이터 교육 과정 개발·운영 등

※ 데이터 융합형 신소재 고급인력 양성('26년~)



□ 산업수요 대응 나노 전문인력 양성

- **(산업인력)** 반도체, 디스플레이, 나노소재, 측정·분석 등 나노융합 산업 수요 및 직무 수준을 반영한 현장 맞춤형 전문인력 양성
 - 특성화고 및 전문대생 대상으로 나노인프라 첨단장비를 활용한 산업 맞춤형 기술 인력 양성
 - 석·박사 학위과정 개발·운영 및 산학 프로젝트 수행 등 나노융합 산업 맞춤형 인재 양성
 - 나노융합산업 산학협력 기반의 중소기업 맞춤형 인력 양성 지원

- **(나노인프라)** 전국 나노인프라 연계·활용, 나노·반도체 현장 실습 중심의 전문 교육 강화

《나노인프라 활용 나노·반도체 인력양성》

구분	주요내용
대학(원)생	직무 기반 문제해결 능력과 실무 역량 향상을 위한 인턴십, 프로젝트 중심 교육 지원
재직자	AI, 양자, 신소재 등 최신 나노융합 기술 변화와 연계한 교육과정 개발·운영
취업 연계형	산업계 수요 기반의 채용 연계 인턴십, 연수과정 운영
고경력 인력 활용	나노 분야 고경력 우수인력의 풍부한 경험을 바탕으로 기술자문 및 애로사항 해결 지원
해외 연구기관 연계	해외 우수 연구기관과 인재 교류, 글로벌 공동연구 추진

□ 해외 우수인재 전략적 유치

- **(해외인재)** 「과학기술 인재 확보 전략」 연계, 해외 우수인재의 발굴 부터 유치, 국내 안착까지 나노 분야 석학·신진 인재 유치 추진

※ 탄소나노튜브, 그래핀 등 2D 소재 세계적 권위자이자 '05년 국가석학 1호로 선정된 성균관대 석좌교수는 정년퇴임 후 중국 대학 임용

《「과학기술 인재 확보 전략(25.11)」 중 '해외 우수인재 전략적 유치' 주요내용》

- **(기본방향)** 미국이탈 우수인재 및 동남아 등 개도국 인재를 중심으로 전략적 국내 유치를 강화하고, 우수 외국인 유학생의 국내 정착 지원

※ '30년까지 해외 인재 총 2천 명 유치(70%를 한인 과학자로 유치)

→ AI 등 첨단기술 분야 인재, 잠재력이 뛰어난 신진 인재를 중심으로 타게팅

- **(중점과제)** 해외 유치 인재의 안정적 연구환경과 비자 등 맞춤형 지원을 강화하고, 해외 유학생 등에 취업·연구귀화 지원을 확대

구분	주요 내용
해외 우수인재 전략적 유치	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 해외유치 사업을 신설·다양화하고 재정 투자를 확대 ▶ 대학·출연연을 통해 안정적 연구환경을 제공하고 채용 TO 특례, 인건비 특례(최대 10억 지원 가능) 등 제도 개선 ▶ 탐티어 비자 제도 확대(연구부문 신설) 및 교육·주거 등 정주 지원 강화 ▶ 탐티어 비자 발급 대상자의 배우자에 취업이 자유로운 거주권 제공 ▶ Brain to Korea 홍보 로드쇼 개최

- **(나노인력 DB)** 국가 나노인력 DB 및 수급 예측 시스템을 구축하여 인력 부족 분야 식별 및 해외인재 유치 우선순위 설정 지원

- 재외과학·학회, 논문·특허 등을 기반으로 해외 체류 나노인력 DB 구축, 기술·산업별 세분화된 수요-공급 예측 모델 개발·활용

4-3. 안전한 나노기술 확산 기반 조성

□ 나노 안전성 연구 및 기술개발 확대

- **(안전성)** 나노기술 신뢰 확보와 나노 소재제품 글로벌 경쟁력 강화를 위해 ▲독성연구 및 영향평가, ▲안전성 평가기술, ▲위해 저감 및 ▲대체 기술 개발 추진

《제4기 국가나노기술지도('23~'32) 안전성 부문 기술 로드맵》

나노기술 예시 주제	핵심요소기술									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
인체에 대한 나노물질 전주기 노출 평가기술	제품 내이탈락 평가기술		인체 노출 매체에서 특성분석 기술		나노물질 인체 노출평가 자료 구축 및 활용 기술					
나노물질의 환경 변환 거동 평가 및 이를 반영한 유해성평가기술	환경 매체 내 나노물질 변환 거동 평가 및 흔재상 예측 기술		나노물질의 변환거동이 연계된 유해성평가 기술		나노물질의 거동특성이 반영된 유해성 자료 생산					
나노제품 전주기 DB 구축 기술	나노제품 인벤토리 정보구축 기술		나노제품 안전한 사용/폐기에 관한 DB구축 기술		나노제품 재활용 DB구축 기술					
나노물질 작업장 노출평가기술	나노물질 작업장 특성 평가기술		작업장 나노물질 포집 및 측정기술		나노물질 작업장 노출평가기술					
나노물질 작업자 보호 기술	작업장 나노물질 발생 환경 제어기술		보호구 제작 및 성능 평가기술		나노물질 작업자 건강모니터링 기술					
나노제품 안전성 판단기준 정립 및 인증시스템 구축 기술	나노제품 분류체계 확립		안전성 판단기준 및 인증 절차 수립		나노제품 안전성 인증제도 운영					
안전성기반 나노제품 설계를 위한 e-플랫폼 구축 기술	의사결정지원 시스템 개발 기술		e-플랫폼 구축 기술		e-플랫폼 적용/검증 기술					
in silico 기반 복합구성 나노물질의 안전성 예측 기술	나노 혼합특성 DB 구축/ 안전성 예측 기술		예측모델 고도화 기술		예측률 적용/검증 기술					
나노물질 물리·화학적 특성 평가기술	평가를 위한 시료 전처리 기술		물리적(크기, 크기분포, 모양 등)/화학적(표면특성, 구성, 농도 등) 특성 평가기술							
기존 및 신규 나노물질에 대한 환경 유해성 평가기술	매체별 시험계 노출 기술		매체별 특성 평가기술		특성규명을 위한 cutting-Edge 기술					
고속 대량 나노안전성 평가기술	나노물질 특이적 바이오마커 개발 기술		고속 대량 스크리닝 알고리즘 개발 기술							
개인맞춤형 나노안전성 평가기술	나노물질 특성유발 기전 규명 개인차에 따른 특성영향 요소 발굴		개인 맞춤형 나노안전성 평가기술							

AI 활용 PFAS 대체 분자 설계, IBM의 MatGFN-PFAS 프로젝트

- 반도체 공정에 사용되는 PFAS(과불화화합물)와 비슷한 기능을 유지하면서 독성·지속성은 낮은 친환경 분자를 생성형 AI로 디자인하는 연구 추진
 - 분자 생성 모델로 PFAS 대체 후보 분자 생성 → 화학 언어모델을 활용해 생성된 분자의 물성 예측 → 산성도 및 독성을 기준으로 생성 모델을 반복 강화 학습
 - PFAS 역할을 대체할 수 있는 분자를 완전히 새로 설계하는 방식으로 반도체 공정용 PFAS 이외의 다른 PFAS 계열로 확장 가능

- **(첨단소재)** 신형 첨단소재의 표준 선점 및 기술 주도권 확보를 위해 첨단소재 안전성 관련 기술개발 지원 확대

※ 첨단소재 정의 및 범위 설정, 평가 체계 마련, 표준화 활동 등 포함

- **(전주기)** 나노 소재·제품 개발 초기 단계부터 제품화 전주기에 안전하고 지속가능한 설계(SSbD*) 개념 도입

* Safe and Sustainable by Design, 제품 개발 초기부터 전 수명 주기에 걸쳐 인체와 환경에 미치는 영향을 최소화하도록 설계하는 접근법, 사전 예방적이고 지속가능성 관점의 접근법으로 EU의 화학물질 전략의 핵심개념으로 확산

□ 나노 안전 관리 기반 확충

- **(부처 협력)** 기후부, 과기정통부, 산업부 등 유관부처 협력을 통해 나노 안전 정책과제 발굴, 통합 관리체계 마련 및 정책 이행력 제고
- **(정보 제공)** 국내 나노 안전성 DB 지속 업데이트 및 고도화, 국내 DB 간 연계 및 해외 DB와의 연계 확대

※ 나노소재의 독성·노출·성능 데이터를 통합 관리하는 원스톱 안전 DB 구축, EU NanoData, OECD eChemPortal과 연계

《나노 안전성 관련 국내 DB 현황》

구분	화학물질정보처리시스템 (기후부) ※ kreach.me.go.kr	나노안전성기술지원센터 나노안전DB 포털 (한국표준과학연구원)	나노제품 안전성 및 성능평가 통합관리 시스템 (나노융합산업연구조합)
제공 정보	· 나노 안전성 개요 (나노 기술·제품·위해성 등) · 국내외 제도 현황 · 나노물질 검색	· 국내외 나노 안전성 데이터 (인증표준물질, 특성·독성 절차서) · 나노물질 독성 예측, 판정 등 의사결정시스템	· 나노물질·제품 국내외 규제 현황 · 신고·등록, 시험평가방법 · 국내 관련기관 정보
주요 특징	웹 사이트 내 '화학물질 정보 제공' 항목 중 '나노 안전성' 페이지 별도 운영	나노물질 안전성 연구 지원 특화 정보 제공	기업의 나노제품 국내외 규제 대응 맞춤형 정보 제공

□ 나노 분야 국제 표준화 활동 주도

- **(표준화)** 표준은 규제의 기준이자 혁신을 촉진하는 매개, 국제표준의 국내 도입 및 산업계 전파와 함께 국제 표준화 활동 적극 전개
 - 이를 통해 글로벌 인증 기간 단축 및 규제 대응 비용 절감, 나노 분야 세계 표준을 선점

《나노 안전성 관련 국제 표준화 활동 현황》

- (EU) Horizon Europe 나노 안전성 분야 국제 공동 연구 8개 과제 참여
 - PATOROS(나노 안전 관리 규제에 활용되는 생체 독성 평가시스템 구축), NanoHarmony(나노 안전성 OECD 시험법, 지침서 개발) 등
- (미국) 표준연(한)과 NIST(미) 간 국제표준개발(2건), 공동 제안(1건) 등 협력
- (국제표준) OECD WPMN(제조나노물질 작업반), ISO(국제표준화기구) TC 229, IEC(국제전기기술위원회) TC113에 참여, 표준 개발 및 나노플라스틱 안전성 평가법 개발

4-4. 나노기술 활용 저변 확대

□ 산학연 교류 협력 활성화

- **(교류·협력)** 학연산 연구자와 나노융합산업 종사자 간 교류의 장인 나노코리아*를 글로벌 산학연 협력 허브로 고도화
 - * 국내 최대 나노기술 국제 행사, 연구성과, 기술 동향, 산업 응용제품 등을 한자리에서 만날 수 있는 컨퍼런스와 전시회로 구성, '03년부터 매년 개최
 - 컨퍼런스 및 전시 연계 프로그램 확대, 국내외 우수 연구자 초청, 해외 수출기업, 바이어 및 참관객 유치 등 국제 교류의 폭 확대
- **(성과 확산)** 나노융합성과전*을 정기 개최하여 연구성과 지속 확산 및 우수 연구성과의 기술이전 촉진
 - * 나노 R&D 사업 성과 공유, 사업화 연계를 위해 과기정통부·산업부 공동으로 개최
- **(정보 제공)** 나노코리아, 나노융합성과전 등의 전시, 상담 데이터를 통합 DB로 구축하고 연구성과 검색, 인력·장비·투자 등 매칭 지원

□ 미래세대 나노기술 교육 강화

- **(교육 자료)** 초중등 과학 교육 현장에서 활용할 수 있도록 나노기술 교육 자료 개발·배포
 - ※ [기존] 물질·입자 단원에서 나노 개념을 간략히 소개하는 수준 → [향후] 나노기술 이해·응용 관련 교육시간 및 체험형 교육 확대(예. 입자 크기 체험, 탄소나노튜브 전도 실험)
- **(체험 프로그램)** 나노코리아 기간 중 **가칭 주니어 나노랩** 운영, 멘토링 부스 설치, 진로 상담 등 청소년 대상 프로그램 확대

《나노코리아 2025 퍼블릭 프로그램》

□ 나노기술 영향평가 제도 개선

- **(정례화)** 나노기술 혁신 방향성 정립과 대국민 소통 강화를 위해 나노기술 전반의 발전 및 영향을 주제로 나노기술 영향평가 정기 실시
 - 정기평가와 별도로 수시평가를 시행하되, 수시평가는 특정 영역 또는 주제에 대해 평가 추진
 - 특히, 나노기술 발전이 경제 및 환경에 미치는 영향에 대해 다각도로 심층 검토하여 증거 기반 나노기술 사업화 정책 고도화 등에 활용

그간 나노기술 영향평가 추진 현황

- 과학기술기본법 제14조(기술영향평가 및 기술수준평가)에 따라, KISTEP 주관으로 총 3차례 영향평가 실시('03년 'NBIT', '05년 '나노기술', '06년 '나노소재')



- 최근 10년 국가나노기술정책센터를 통해 '19년 '수소경제 관련 나노기술 영향' 평가 실시, '24년부터 '나노기술 전주기 영향평가 방법 및 활용 방안 연구' 진행 중

- **(결과 활용)** 영향평가 결과를 나노기술종합발전계획, 국가나노기술 지도에 반영하여 나노기술 정책 실효성 강화 및 국민 신뢰도 제고

《나노기술 영향평가 개선 방안(안)》

구분	현재	개선(안)
평가 시기	비정기 실시	5년 주기로 정기 실시
평가 대상	나노기술 관련 특정 영역 또는 주제* 한정 * 나노소재, 수소경제 관련 나노기술 영향	나노기술 발전이 경제, 환경, 사회, 문화에 미치는 영향 전반
평가 방법	정성평가 위주	정량평가+정성평가 병행
결과 활용	정책 활용 저조	기본계획 수립, 기술지도 등 정책 전반에 활용

VII. 이행방안

1 투자 계획(안)

□ 「제6기 나노기술종합발전계획(안)」 추진을 위해 향후 10년간('26~'35) 약 14조 원 투자

○ 차기 계획 수립 시까지는 5년간('26~'30) 약 6.5조 원 투자

※ 연도별 정부 R&D 투자액 전망치에 나노기술 투자 비중 목표치(4%) 적용

《나노기술 관련 정부 투자 계획(안)》

(단위: 억 원)

구분	'26	'27	'28	'29	'30	'31~'35	합계
나노 분야 R&D 투자	12,263	12,633	13,015	13,409	13,814	74,900	140,034

※ 투자 계획은 예산 심의 과정에서 변경될 수 있음

2 시행 관리

□ 나노기술 관련 사업·정책 추진부처 및 연구기관 등이 참여하여 각 전략과 주요 추진과제에 대한 연도별 시행계획 수립

○ 「제6기 나노기술종합발전계획」 전략별로 전년도 추진실적을 점검하고 당해연도 추진계획을 마련

○ 매해 개최하는 나노기술 관련 행사(나노코리아, 나노융합성과전 등) 계기로, 동 계획 추진실적 및 성과 공유·확산

VIII. 기대효과

“나노기술 융합으로 여는 미래 사회”

정보전자

똑똑하고 편리한 지능형 사회



- 초정밀 나노 소자로 진화하는
- ❖ 피지컬 AI와 로봇
- 나노 공정 기반 초저전력·고성능
- ❖ 차세대 AI 반도체
- 나노 기술로 한계를 넘는
- ❖ 초고속 6G 네트워크

에너지

탄소 중립 실현 지속가능 사회



- 나노 융합 소재로 만드는
- ❖ 고효율 태양광·풍력 발전
- 탄소 나노 신소재로 구현하는
- ❖ 고성능 배터리
- 저손실·고효율 나노 소재 기반
- ❖ AI 인프라용 전력망 체계

환경

유해물질 없는 청정 안심 사회



- 고성능 나노 필터로 정화한
- ❖ 깨끗하고 안전한 물
- 다공성 나노 소재를 활용한
- ❖ 온실가스·탄소 포집
- 자연에서 분해되는
- ❖ 생체 친화형 나노 소재

바이오

질병 걱정 없는 건강한 수명 연장



- 표적 나노 치료제로
- ❖ 암·난치병 극복
- 지능형 나노 로봇으로 누리는
- ❖ 실시간 질병 예방·관리
- 정밀 나노 의료 기술로 완성하는
- ❖ 개인 맞춤형 정밀 치료

IX. 추진과제별 소관부처

4대 전략 및 추진과제		소관부처
전략1. 나노 융합으로 글로벌 기술 선도		
1-1. 나노 분야 최초연구 촉진		
①	세계 최초 지향 나노 기초연구 확대	과기정통부, 교육부
②	미래 글로벌 선도 나노·소재 원천기술 확보	과기정통부
1-2. 전략기술 나노 융합 활성화		
①	나노 융합으로 전략기술 및 주력산업 고도화	과기정통부, 산업부
②	나노기술 활용 미래 유망 신산업 견인	과기정통부, 산업부, 국토부, 우주청, 방사청
③	공급망 대응 전략적 첨단·미래소재 기술개발	과기정통부, 산업부
1-3. 나노 기반 인류 난제 해결에 도전		
①	나노기술 활용 인류 난제 극복 프로젝트 기획·추진	과기정통부
②	에너지 대전환을 위한 나노기술 개발 추진	과기정통부, 산업부, 기후부
③	탄소중립·친환경 나노기술 개발 추진	과기정통부, 산업부, 기후부, 산림청, 농진청
④	고령화 및 질병 극복을 위한 나노기술 개발 추진	과기정통부, 산업부, 복지부, 해수부
⑤	삶의 질 향상을 위한 나노 융합연구 촉진	과기정통부, 산업부, 복지부, 농식품부, 농진청
전략2. 기술로 성장하는 나노융합산업 육성		
2-1. 실험실에서 시장으로 나노기술 상용화		
①	수요기업 참여형 나노 소부장 상용화 기술개발	산업부, 중기부
②	우수 연구성과 연계 나노기술 상용화 촉진	과기정통부, 산업부, 중기부
2-2. 나노소재 제조공정 고도화로 사업화 가속		
①	나노소재 신공정 기술개발 및 역량 제고	산업부
②	AI 활용 나노제품 설계·제조 및 실증 플랫폼 구축	
2-3. 나노기술 사업화 전주기 지원 강화		
①	나노융합 스케일업 단계별 사업화 지원	과기정통부, 산업부, 중기부, 지재처
②	나노융합제품 체계적 실증 및 나노기업 인증제 도입	산업부
③	산학연 협력 클러스터 조성 및 통합정보 제공	

4대 전략 및 추진과제		소관부처
전략3. AI·양자 대전환 나노 융합 확대		
3-1. 나노기술 접목으로 AI 확산 지원		
①	초거대 AI 인프라를 위한 나노소재 기술개발	과기정통부, 산업부
②	피지컬 AI 구현을 위한 핵심 나노기술 확보	
3-2. AI·데이터 기반 나노소재 기술개발 촉진		
①	나노소재 기술개발에 AI 활용 확대	과기정통부, 산업부
②	나노소재 연구데이터 공유·활용 기반 조성	과기정통부
3-3. 나노기술로 양자 대전환 지원		
①	나노기술·인프라 기반 양자 칩 제조 역량 확보	과기정통부
②	나노소재 기초·원천 연구로 양자기술 도약 지원	과기정통부
전략4. 지속가능한 나노 혁신 생태계 조성		
4-1. 나노인프라를 혁신의 장으로 고도화		
①	전문 분야별 나노인프라 특화	과기정통부, 산업부
②	지역 기반 나노인프라 지속 확충	
③	연계·협력 및 사용자 중심 서비스 강화	
④	나노인프라 공정 데이터 수집·활용 촉진	
4-2. 나노기술 혁신 인재 양성		
①	연구개발 나노융합 전문인력 양성	과기정통부, 교육부, 산업부
②	산업수요 대응 나노 전문인력 양성	과기정통부, 산업부, 중기부
③	해외 우수인재 전략적 유치	과기정통부, 교육부
4-3. 안전한 나노기술 확산 기반 조성		
①	나노 안전성 연구 및 기술개발 확대	과기정통부, 산업부, 기후부
②	나노 안전 관리 기반 확충	
③	나노 분야 국제 표준화 활동 주도	
4-4. 나노기술 활용 저변 확대		
①	산학연 교류 협력 활성화	과기정통부, 산업부
②	미래세대 나노기술 교육 강화	과기정통부
③	나노기술 영향평가 제도 개선	과기정통부

과학기술정보통신부
기초원천연구정책관 원천기술과

담당과장	이강우 과장
담당자	임영주 사무관
연락처	전 화 : 044-202-4599 E-mail : catduet@korea.kr