

나노기술 정책 및 산업 동향

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
김남현 (knh0579@kdb.co.kr)

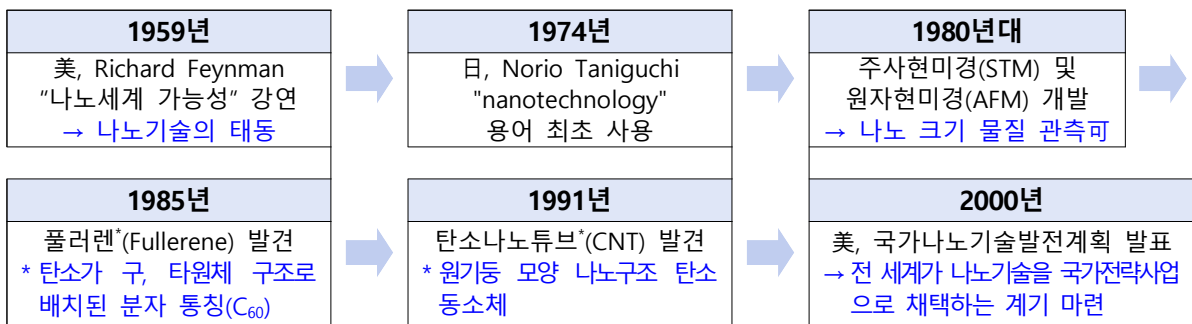
- ◆ 나노기술은 나노 크기를 활용한 기술로, 미국을 중심으로 해외 국가들은 나노기술을 국가 전략산업으로 육성 중이며 국내도 관련 종합계획과 로드맵을 마련하여 추진 중
- ◆ 나노기술은 소재 기술을 기반으로 반도체(미세공정), 이차전지(음극재), 디스플레이(퀀텀닷) 등 국가 중점 산업의 기초 기술로 활용되는 등 응용분야가 다양하여 신성장산업 동력원으로서 높은 잠재력 보유

□ 나노(nano)는 10억분의 1(10⁻⁹)을 의미하는 접두어로, 물질의 나노 크기를 활용한 과학기술을 나노기술로 명명

- **(나노)** 그리스어 nanos(난쟁이)에서 유래된 10억분의 1(10⁻⁹)을 의미하는 접두어로, 머리카락 굵기의 약 10만분의 1의 크기
- **(나노기술)** 나노미터 크기 범주에서 물질을 조작·분석하고 제어하여 새롭거나 개선된 물리·화학·생물학적 특성을 나타내는 소재·소자 또는 시스템을 만드는 기술(「나노기술개발 촉진법」)

* 학문적으로는 1~100nm(nanoscale) 수준에서 물질을 제어하는 과학기술로 정의

나노기술의 발전사



자료 : 국가나노기술정책센터

나노기술의 특징

연구분야	■ 기존 학문(물리, 화학 등)을 횡적으로 연결하여 학문 간 경계 無
높은 기술집약도	■ 물질의 분석, 제어, 합성 등 전과정을 나노수준에서 제어
경제적 파급성	■ 재료, 전자, 소재, 에너지 등 거의 모든 산업분야 응용 가능
핵심기술	■ BT, IT, ET 등의 기반 기술이며, 융합산업을 선도할 핵심기술

자료 : 국가나노기술정책센터

□ (미국) 국가나노기술개발전략(NNI)을 기반으로 글로벌 나노연구 선도

- (NNI) “21세기 나노기술 연구개발법”에 근거한 국가단위 나노기술개발전략 (National Nanotechnology Initiative)**으로 범부처 차원의 연구개발 가이드라인 제시
 - * '03년 성립되어 국가 나노기술 프로그램의 전략적 계획을 수립하고, 매3년마다 계획을 업데이트 하도록 명문화
 - ** 美 연방부처, 위원회 등이 협력하여 나노스케일에서 물질을 이해하고 제어하여 기술과 산업의 지속적 혁명을 이루려는 미래 비전
- 美정부는 '23년까지 NNI에 총 407억 달러를 투자했으며, 자국의 경제·사회적 이익 실현을 위한 新나노기술 발전에 주력 중임
- 최근 개정된 6차 개발전략은 나노기술의 중요성과 경제적 영향성을 강조하며 관련 투자 확대 및 비전 실현을 위한 5대 목표* 제시
 - * ①나노기술 연구·개발분야 세계 선두 유지, ②나노기술 연구·개발의 상용화, ③나노기술 연구·개발 인프라 지원, ④대중의 참여 유도 및 나노기술 인력 확대, ⑤나노기술의 책임 있는 개발 보장

□ (중국) 국가 新성장 동력원으로 나노기술에 대한 기반 조성 및 연구개발 지원

- 국가나노과학기술지도 조정위원회 설립('01), 중국과학원, 과학기술부 등 5개 부처 공동 “국가나노 과학기술발전 요강(01~10)” 발표
 - 요강에 의거 국가 3대 과학기술 계획을 수립하고 '973', '863' 등 세부 계획을 통해 관련 사업 지원 중
 - 특히, 800곳 이상 기관의 7,000명 이상 인재가 참여하여 국가 주도로 나노 선진국 도약을 위한 기반 연구에 집중
- 중국과학원은 기초·원천 연구개발 지속 강화하여 기술개발 능력을 확보하기 위해 나노분야 기초연구 프로젝트 투자 지원 중
 - (프로젝트) 나노산업화 기술 도약을 목표로 나노 선도형 프로젝트*(20년) 추진
 - * ①전략적 선도형 나노기술, ②나노기술 연구·개발 상용화, ③나노기술 연구·개발 인프라 지원
 - (연구지원) 범부처 참여 나노기술 중점특별 프로젝트*를 실시하고 연구성과의 사업화 촉진을 위해 '21년 4,500만 위안 지원
 - * (주요 추진 분야) 신형 나노제조 및 가공기술, 나노특성화 및 표준, 나노바이오의약, 나노정보재료 및 소자, 에너지나노물질, 환경나노물질 등
 - (발전로드맵) 세계 선도 및 전략적 수요를 충족하는 나노기술의 역할을 강조한 「2050 나노기술발전로드맵」 발표
 - * (1단계) 경쟁력 강화 → (2단계) 병행추진 → (3단계) 세계선도

□ (일본) 국가 경제 발전 및 사회 문제 해결을 위한 전략사업으로 나노기술 및 첨단재료를 핵심 기반 기술로 선정

- (구성) 일본 나노기술 관련 기관은 문부과학성, 경제산업성, 내각부로 구성
 - * 문부과학성은 학술 관련 프로젝트, 경제산업성은 기업 및 산업 관련 프로젝트, 내각부는 그 외 프로젝트를 주로 담당
- (정책기조) 나노기술을 원자·분자 단위 현상 이해를 기본으로 나노 크기에서 물질 제어 및 새로운 기능을 실현하는 기술로 정의
- 또한, 산업 응용 분야로 재료기술을 채택, 정책 수립 시 재료분야를 통합
- (과학기술기본계획*) 일본 과학기술정책의 최상위 계획에 나노기술을 반영
 - * 과학기술 및 혁신 관련 중장기적인 방향 및 목표를 제시하고 정부의 과학기술정책 및 연구개발 정책에 대한 기반을 마련하는 중요 역할
- 나노기술은 제2기 기본계획부터 중점과제로 채택되었으며, 최근 제6기에서는 목표사회(Society 5.0*) 달성을 위한 기반 기술로 의미 부여
 - * (Society 5.0) 사이버 공간(가상사회)과 물리적 공간(현실사회)을 고도로 융합하여 과학기술을 통한 '경제발전'과 '사회과제 해결' 목표를 달성하기 위한 수단

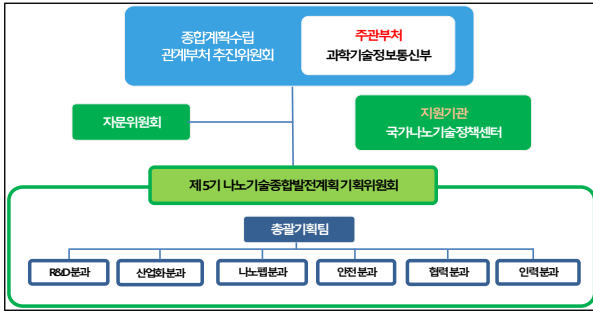
□ (유럽) 나노기술을 핵심기반기술*(Key Enabling Technologies) 중 첨단소재 분야로 포함하여 기술개발 발전 전략 수립

- * 첨단소재(나노기술 포함), 마이크로 전자-광자, 인공지능, 첨단제조, 생명과학, 보안 및 연결
- 유럽은 나노기술만을 위한 전용 정책은 별도로 없으나, 관련 계획·정책·포럼 등을 통해 육성 방향 제시
 - * ①나노과학기술 실행계획(05~09), ②핵심기반기술 정책(12~), ③유로나노포럼(03~)
- 최근 “2030 첨단소재 선언(22)”, “그린딜산업계획(23)” 등을 통해 나노소재의 중요성을 강조하고 이에 따른 발전전략(24) 수립
 - (첨단소재 선언) ‘30년까지 첨단소재 연구와 혁신을 촉진하고 지속가능 산업 생태계를 구축하기 위해 발표한 선언으로, 나노기술이 첨단소재의 혁신을 이끄는 중요한 수단임을 언급
 - (그린딜 산업계획) EU의 기후 중립 목표를 달성하기 위한 친환경 산업 육성 전략으로 나노기술은 전략 달성의 주요 역할을 담당
 - (발전전략 수립) 첨단소재 분야의 혁신을 통해 산업 경쟁력을 강화하기 위한 전략적 접근으로, 나노기술은 고성능 소재 개발, 에너지 효율성 개선, 의료 및 생명과학 응용 등의 분야에 적용

□ (국내) 「나노기술개발 촉진법」에 의거 나노기술종합계획을 마련하고 국가나노기술지도를 통해 중장기 개발 전략 및 투자 방향성 설정

- (나노기술종합계획) 국내 나노기술 최상위 계획으로, 현재 제5기 계획(‘21년~’30년) 수립되었으며 국내 나노기술의 성장 방향을 제시

나노기술종합발전계획 체계



제5기 나노기술종합발전계획 요약

비전	나노기술 혁신으로 글로벌 미래와의 선도			
비전	나노융합산업 글로벌 리더로서의 도약 ('30)	글로벌 미래선도 나노기술 경쟁력 확보 ('30)		
핵심 목표	세계최고 대비 나노과학기술 수준 93%	나노융합산업 매출액 200조원		
	세계최고 수준 원천기술 20개 확보	나노융합기업 1,500개		
전략과제	장대 도약적 글로벌 선도 나노기술 확보	혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화	나노융합 인력 양산 기반 고도화	나노기술 혁신기반 확충
	나노 기술 발전 연구역량 강화	선도적 나노융합 산업화 지원체계 고도화	나노융합 인력 양산 지원체계 고도화	나노기술 전문 인력 양성 강화
	나노 기반 미래 기술 애용형 연구개발 추진	나노기업의 기술 사업화 지원 강화	나노융합 인력 양산 지원체계 고도화	개발형 혁신을 위한 국제협력 확대
	나노기술 투자 전략 고도화	나노기업의 기술 사업화 지원 강화	나노융합 인력 양산 지원체계 고도화	글로벌 나노인력 및 표준화 주도
	나노기술 정책 기반 강화	나노기업의 기술 사업화 지원 강화	나노융합 인력 양산 지원체계 고도화	글로벌 나노인력 및 표준화 주도
	나노기술 정책 기반 강화	나노기업의 기술 사업화 지원 강화	나노융합 인력 양산 지원체계 고도화	글로벌 나노인력 및 표준화 주도

자료 : 과학기술정보통신부(24. 7. 3) "2023 나노기술연감"

- (나노기술발전시행계획) 나노기술종합계획에 따라 매년 전년도 실적점검을 점검하고 당해년도 나노기술 발전 세부 추진계획 수립

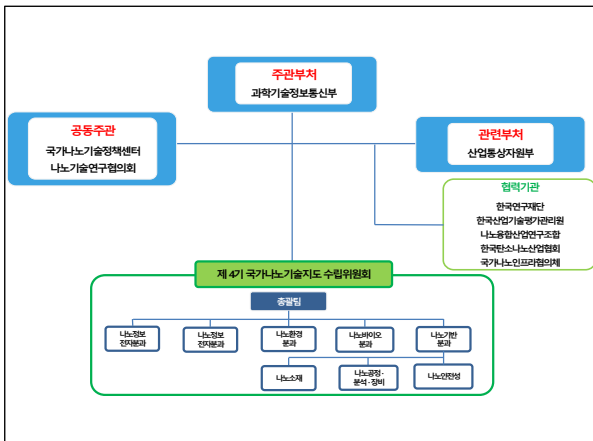
'23년 나노기술 분야별 주요 성과

정부 투자	<ul style="list-style-type: none"> ▪ '23년 나노기술 분야 정부 투자액 총 1조 2,055억원 · (부처별) 과기부 6,633억원(55%), 산자부 2,932억원(24%), 교육부 618억원(5%) 순 · (부문별) R&D 7,155억원(59%), 산업화 2,663억원(22%), 기반확충 1,652억원(14%) 순
연구 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (특허) 미국특허청 기준 '23년 1,121건으로 세계 4위, 누적건수 기준 세계 3위 ▪ (논문) SCI급 논문 기준 '23년 9,497편으로 세계 4위, 누적건수 기준 세계 4위
인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6대 나노 인프라를 활용하여 산·학·연 이용자들에게 '23년 81,436건 펌서비스 제공 · 연구분야 및 지역별 서비스 거점으로 6대* 나노인프라 구축

자료 : 과학기술정보통신부(24. 7. 3) "2023 나노기술연감"

- (국가나노기술지도) '08년(1기) 시작으로 현재 4기('23)까지 발표, 주무부처는 관계 부처와 5년마다 향후 10년의 나노기술지도 수립

국가나노기술지도 수립 체계



제4기 국가나노기술지도 요약

비전	나노기술 혁신을 통한 새로운 전환(Transformation)		
비전	나노기술 기반 3차산업 선도, 국가나노기술지도	나노기술 혁신을 통한 새로운 전환(Transformation)	
핵심 목표	나노융합산업 매출액 200조원	나노융합산업 매출액 200조원	
	나노융합기업 1,500개	나노융합기업 1,500개	
Big Questions	나노융합산업 매출액 200조원 달성 가능한가?	나노융합기업 1,500개 달성 가능한가?	상세 나노기술지도
	장대 도약적 글로벌 선도 나노기술 확보 가능한가?	혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화 가능한가?	
	나노 기반 미래 기술 애용형 연구개발 추진 가능한가?	나노기업의 기술 사업화 지원 강화 가능한가?	
	나노기술 투자 전략 고도화 가능한가?	나노기업의 기술 사업화 지원 강화 가능한가?	
	나노기술 정책 기반 강화 가능한가?	나노기업의 기술 사업화 지원 강화 가능한가?	
	나노기술 정책 기반 강화 가능한가?	나노기업의 기술 사업화 지원 강화 가능한가?	

자료 : 과학기술정보통신부(24. 7. 3) "2023 나노기술연감"

□ 나노기술은 다양한 산업의 기초기술로 활용되는 등 응용 가능성이 높아, 정부 및 관련 기업의 지속적인 연구개발이 이루어질 전망

- (반도체) 반도체 산업에서 나노기술은 초미세공정 등에 활용되며, 기존 미세공정 개선을 위한 2차원 나노소재 반도체에 대한 연구개발 중

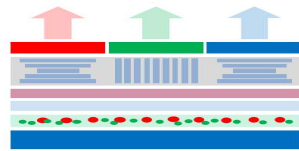

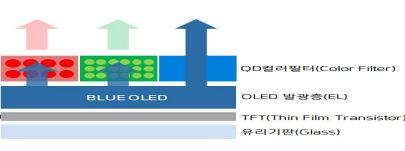
2차원 반도체 관련 국내 연구개발 사례

연구기관	주요 내용
UNIST	■ 전하이동도가 우수한 2차원 유기 반도체 소재 합성
한국과학기술연구원	■ 2차원 신소재 기반 인공 시냅스 반도체 소자 개발
KAIST	■ 차세대 2차원 반도체 다기능 전자 소자 개발

자료 : 국가나노기술정책센터, 업계자료

- (디스플레이) 디스플레이 산업에서 나노기술은 색 구현을 위한 양자점(QD) 등에 활용되며, 대형 디스플레이 위주로 제품 개발 및 상용화 중

QD 활용 디스플레이

종 류	QDEF-LCD	QDCF-LCD	QD-OLED
모식도			
설 명	<ul style="list-style-type: none"> ■ BLU에 QDEF를 추가해 색 재현성을 향상 시킨 LCD 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CF(Color Filter)에도 퀀텀닷 적용 LCD 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CF(Color Filter)에 퀀텀닷을 적용한 것은 QDCF-LCD와 같지만, BLU 대신 블루 OLED를 광원으로 사용함

자료 : 키움증권 리서치센터

- (이차전지) 이차전지 산업에서 나노기술은 음극재 제조 등에 활용되며, 흑연 대비 고에너지 밀도를 가지는 실리콘계 나노소재 연구개발 중

나노 기술 활용 실리콘 음극재 사례

구분	실리콘 산화물(SiOx)	실리콘 카본 복합체(SiC)	실리콘 합금(Si alloy)
구조			
제조	■ 고온 기상 증착	■ 기계적 복합화	■ 기계적 합금화
장점	■ 안정적인 수명	■ 높은 용량	■ 고밀도 전극
단점	■ 낮은 초기효율	■ 고가 나노 실리콘	■ 수명 열세

자료 : 산업기술리서치센터 작성

- 아울러, 의료기기*, 항공우주** 등의 다양한 산업에서 활용 중인 바, 지속적인 연구개발이 이루어질 전망

* (의료기기) 정밀 체외진단(액체생검) 및 환자의 예후 향상을 위한 표면처리(임플란트) 기술 등에 활용

** (항공우주) 경량화고감도 항공 부품 제조 등에 활용될 수 있음(나노센서, 우주용 CNT 등)