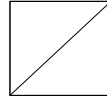


공 개



보도시점 : 2021. 5. 1.(토) 오전, 온라인 4. 30. 17:30  
※ 엠바고에 유의부탁드립니다

의안번호	제 1 호	심 의 사 항
심 의 연 월 일	2021. 4. 30. (제 00 회)	

제5기 나노기술종합발전계획(안)  
(2021~2030, 5+5 계획)  
- 글로벌 미래선도 나노 2030 -

국가과학기술자문회의  
심의회

제 출 자	기 획 재 정 부 장 관 홍남기 과학기술정보통신부장관 최기영 산업통상자원부장관 성윤모 중소벤처기업부장관 권칠승 식품의약품안전처장 김강립	교 육 부 장 관 유은혜 농림축산식품부장관 김현수 보 건 복 지 부 장 관 권덕철 환 경 부 장 관 한정애
	제출 연월일 2021. 4. 30.	

## 1. 의결주문

- 「제5기 나노기술종합발전계획(안)」을 별지와 같이 의결함

## 2. 제안이유

- 「나노기술개발촉진법」 제4조 및 동법 시행령 제2조에 따라, 대한민국 향후 10년 나노기술발전의 비전과 목표를 제시하고 이를 실행하기 위한 전략과 중점과제를 수립·추진하고자 함

## 3. 주요내용

### 가. 수립 배경

- 나노기술종합발전계획은 「나노기술개발촉진법」에 근거하여 수립하는 대한민국 나노기술 분야의 최상위 계획으로,
  - '01년 제1기 계획 수립이래, 국가나노기술 성장을 전인해 왔으며, 현재의 기술경쟁력 확보에 결정적 기여(세계 4위, 미국 대비 85.7%)
    - \* (나노R&D 투자) 1,052억원('01년) → 2,427억원('10년) → 6,994억원('19년)
    - \* (나노기술수준) 25%('01년) → 75%('08년) → 85.7%('19년)
    - \* (나노융합기업) 78개('01년) → 541개('13년) → 809개('19년)
- 나노기술은 범용기술(General Purpose Technology)로서 파급력이 크고, 소재·부품·장비, 반도체 등 주요 제조업과도 전방위적으로 연계
  - 정부의 20여개 과학기술 관련 계획에 나노기술 관련 과제 포함
- 또한, 글로벌 팬데믹, 미-중 무역분쟁, 일본수출규제 등 공급망 재편에 따른 글로벌 경쟁 가속화로 기술혁신을 통한 돌파구 마련 필요

☞ 축적된 나노기술 역량을 포스트코로나 시대를 대비하는데 실질적으로 활용하고, 초격차를 지닌 글로벌 나노강국으로 자리매김 필요

## 나. 수립 경과

- (수립체계) 과기정통부를 주무부처로 하는 관계부처 추진위 및 산·학·연·관 전문가들로 구성된 기획위원회 구성·운영
  - ※ (관계부처 추진위) 기획재정부, 과학기술정보통신부, 교육부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 보건복지부, 환경부, 중소벤처기업부, 식품의약품안전처
  - ※ (기획위) 6개 분과 및 총괄기획팀 운영 등 전문가 105명 참여
- (추진경과) 성과분석('20.1~5) → 관계부처 추진위('20.6) → 전문가 기획위 운영('20.7~12, 총괄·분과회의 총51회) → 온라인 공청회('20.12) → 관계부처 의견수렴('21.2) → 자문회의 전문위 사전검토('21.2~3)

## 다. 지난 4기 계획의 주요성과 및 반성





- (전략 1 : 혁신주도 나노산업화 확산) 과기정통부·산업부 협력사업인 나노융합2020사업('12~'20)을 통해 기술사업화 매출 6,853억원 달성
  - \* 정부 예산 1,437억원 대비 477%의 매출 발생, 83건 사업화 및 사업화 기간 2.3년 단축
  - 그래핀 상용화 및 나노팹 스마트화 추진은 목표 대비 성과 미흡
- (전략 2 : 미래선도 나노기술 확보) 제3기 국가나노기술지도를 수립('18) 하고, 과기부·산업부 간 이어달리기 R&D를 통해 성과 확산 체계 마련
  - \* 과기부 나노소재기술개발사업 성과 → 산업부 나노융합혁신제품기술개발사업 연계
  - 관련 사업 일몰 등으로 나노기술개발과제의 전략적 지원 미흡
- (전략 3 : 나노혁신 기반 확충) 나노안전성 관련 7종 인증표준물질을 개발·보급하고 표준화를 위한 국제협력 논의에 적극 참여
  - 이용자 중심의 일원화된 나노기술 정보제공 체계 구축·운영은 미흡

< 나노기술 관련 투자 및 주요성과 >

부문	성과	비고
R&D 투자	('15) 5,457억원 → ('19) 6,994억원	정부R&D의 3.4%
논문성과	('15) 8,800건 → ('19) 9,569건	세계 4위
특허성과	('15) 985건 → ('19) 1,121건	세계 3위, 미국특허 기준
기술사업화	('15) 913건 → ('19) 1,472건	건당 약 4천만원 기술료
기업수	('15) 609개 → ('19) 809개	중소·중견기업이 97.8%
기업매출액	('15) 133조원 → ('19) 143조원	제조업의 10%수준

## 라. 글로벌 정책동향

- 미국, 중국, EU 등 주요국들은 나노기술의 혁신성과 파급력을 인정하여, 지속적인 투자를 통해 기초·원천연구와 상용화를 중점 추진 중

	'01년부터 범부처적인 'NNI(National Nanotechnology Initiative)'를 수립하여 나노기술개발 체계적으로 지원. '21년 바이든 정부에서 6차 NNI 수립 예정. 특히, 나노인프라 보유기관 네트워크를 형성하여 연구·교육을 체계적 지원.
	국가중장기과학기술발전계획을 바탕으로 '06년부터 7대 나노기술 분야에 대한 중점특별프로젝트를 진행하고 있으며, '15년 수립한 '중국제조 2025' 계획을 통해 신소재 산업부문에서 나노기술개발을 폭넓게 지원 중
	주요 R&D 프로그램 'Horizon Europe(21~27)' 통해 유럽의 성장 촉진. 동 프로그램 관련 핵심요소기술(KETs)로 나노기술, 마이크로 및 나노전자공학, 첨단소재, 포토닉스 등 포함, R&D 예산의 35% 이상을 기후변화 이슈대응에 투입할 예정.
	'제6기 과학기술기본계획(2021~2025)'에서 나노기술, 재료, 디바이스를 모두 포괄하는 'Material Technology'를 통해 사회혁명 비전 제시.

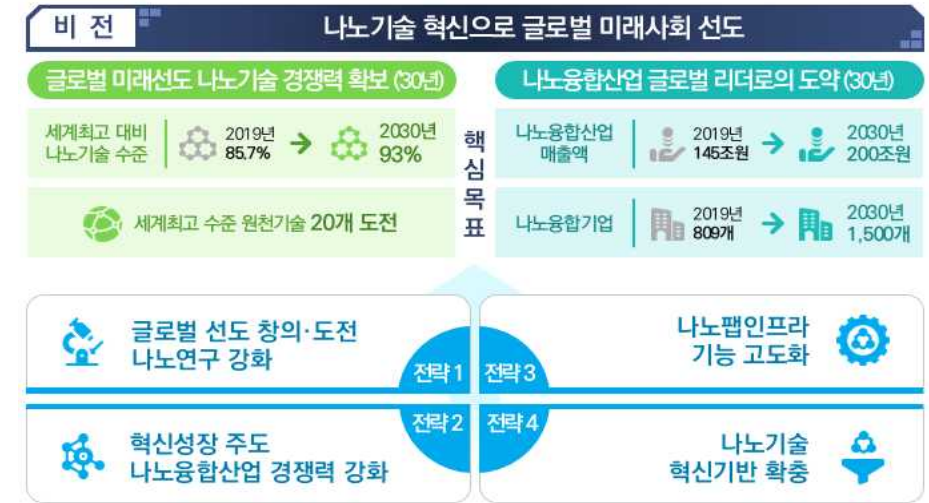
## 마. 국내 정책환경

- (소부장 대응) 일본 수출규제, 미-중 무역분쟁 등에 따른 글로벌 공급망 재편에 따라 핵심품목 국산화·자립화 필요
- (코로나 극복) 글로벌 팬데믹으로 나노기술에 기반한 진단기기, 치료제, 백신 개발이 국가적 최우선 과제로 부상
- (탄소중립 실현) 기후변화 대응, 지속가능한 성장을 위해서는 산업의 기반을 탄소중립·친환경으로 전환할 필요성 증대
- (반도체 강국) 메모리반도체 제조강국을 넘어 시스템반도체에서도 글로벌 시장을 석권할 수 있는 기술혁신과 인재개발 필요

## 바. 정책적 시사점

- (연구개발) 그간의 양적·질적 성장을 기반으로 하여 초격차를 가진 나노원천기술을 개발하고, 사회적 현안해결에도 기여할 필요
- (산업화) 기술사업화 프로그램을 통해 실질적인 성과창출을 지속 지원하고, 미래 신산업을 선점할 수 있는 핵심기술 선점 지원
- (인프라) 나노팹인프라 고도화를 통해 선도적인 연구개발을 지원

## 사. 비전 및 전략



## 아. 주요 추진과제

### 전략1 창의·도전적 글로벌 선도 나노연구 강화

#### ① 나노 기초·원천 연구 투자 강화

- (미래기술) 나노분야의 창의·도전적 기초연구를 확대하고, 미래사회 이슈를 기술혁신으로 돌파할 수 있는 '난제해결형' 원천기술개발 추진
  - ※ (기초연구) '19년 2,750억원 → '25년 3,600억원 수준까지 확대
  - ※ (원천기술) 난제해결형 '미래기술연구실'을 '20년 8개 → '25년 100개 수준 확대(누적)
- (핵심기술) 소부장 新공급망 창출을 위한 품목연계형 핵심기술개발을 지원하고, 부처간 이어달리기, 함께달리기를 통해 연구성과 확산
  - ※ (품목연계) 국가핵심소재연구단을 '20년 32개 → '25년 100개로 확대(누적) 지원

#### ② 나노기반 이슈해결형 연구개발 추진

- (나노전자) 디지털 시대로의 전환을 위해 기존 전자소자 한계를 극복할 수 있는 초저전력·고성능 나노소자 기술개발 추진
  - ※ 예) 차세대 지능형 반도체, 가상·증강현실 구현 나노메타기술, 나노촉각센서 등

- (나노바이오) 감염병, 고령화 질병 등에 대응하기 위한 나노기술 기반 고감도 신속진단용 소재/센서 및 분석·공정 장비 개발 지원  
※ 예) 감염병 신속진단용 나노소재, 질병 조기진단 센서, 바이오칩 구현 공정 장비 등
- (나노에너지) 탄소중립 실현을 위해 에너지 생산~소비 전과정에서 탄소배출을 최소화할 수 있는 친환경 나노그린 에너지기술 개발  
※ 예)脫실리콘 태양전지, 자연에너지 활용 냉난방기술, 대기 중 H<sub>2</sub>O 기반 전력발전 소자 등

### 3 나노기술 R&D 투자전략 고도화

- (나노기술지도) 국내외 기술동향, 사회이슈, 국가전략, 산업수요 등을 고려하여 나노기술 발전방향이 담긴 '제4기 국가나노기술지도' 마련
- (분석체계 고도화) 나노기술분류체계를 현실에 맞게 개선하고, 데이터 기반 투자·성과 분석 및 기술예측 시스템 도입·운영

### 4 데이터·AI 기반 나노·소재 데이터플랫폼 구축·서비스

- (소재데이터) 나노·소재 탐색 및 설계 → 합성·구현 → 양산 전주기 데이터 플랫폼 구축 및 서비스를 통한 연구개발 효율화 추진  
※ 탐색·설계, 측정·분석, 공정·설계 등 3개 분야 플랫폼기술 상호연계 서비스 구축

## 전략2 혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화

### 1 선도적 나노융합 산업화기술 확보

- (혁신제품) 미래신산업(미래차, 디스플레이, 신에너지·환경, 바이오헬스)과 연계하여 완제품에 장착 가능한 부품·모듈 수준 산업화 R&D 추진  
※ 나노융합혁신제품개발사업에 1,782억원 투자 ('21~'25년)
- (차세대 첨단제품) 나노기술로 해결 가능한 미래 신산업 유망 제품을 예측하여 'Next 소부장 첨단제품' 발굴·기획

### 2 나노융합 중소기업의 기술 사업화 촉진

- (사업화촉진) 나노 기초·원천 우수연구성과를 활용하여 성능을 실증하고 시장수요에 부합한 매출창출형 기술사업화 프로그램 운영  
※ 대학·출연연 보유 원천기술의 사업화 가능성을 실증하는 연구개발 병행 지원

- (지원시스템) 제조공정·측정분석 서비스, 수요기업 현장실증 지원, 나노제품 성능·안전 평가시험법 개발 등 기업지원 시스템 운영

### 3 나노융합산업 생태계 조성 촉진

- (정보제공 강화) 유관기관 연계를 통해 이용자 중심 나노통합정보 시스템(기술·정책정보, 산업정보 등) 구축, 실효성 있는 기업지원 정보 제공
- (클러스터) 나노융합산업단지(밀양) 중심 산·학·연 연계 클러스터 조성

## 전략3 나노팹인프라 기능 고도화

### 1 나노팹인프라 지원 체계 고도화

- (KNCI\*구축) 소재·부품·장비 기술자립화, 시스템반도체 기술선도 등 국가 핵심현안의 원활한 지원을 위해 '국가나노인프라' 확대  
\* Korea Nanotechnology Coordinated Infrastructure  
※ (기존) 6대 나노인프라 → (확대) 대학·출연연 보유 나노인프라 10개 내외 추가
- (권역체계구축) 권역별 교육·연구 상시수요 지원체계 구축·운영  
※ 권역內 해결이 어려운 첨단연구·상용화 수요는 특화분야별 연계지원 체계 활용

### 2 나노팹인프라 지원 기능 고도화

- (공정능력) 대학·출연연과 나노팹 공동연구를 통한 공정능력 향상, 실리콘, 화합물반도체 등 나노인프라별 특화 지원분야 활성화
- (테스트베드) 반도체 기술자립 지원 12인치 공공테스트베드 및 나노팹 노후·공백장비 구축을 통한 시스템반도체 공정서비스 제공  
※ 우수성과를 수요기업이 채택하여 활용할 수 있도록 산학연관 협력체계 구축

### 3 나노팹인프라 혁신 및 중장기 발전전략 마련

- (서비스고도화) 나노인프라 서비스 품질향상을 위한 시설·장비 고도화, 장비개방 및 이용시간 확대, 데이터 축적·활용 등 지원
- (중장기 발전전략) 인프라 현황, 산학연 수요, IMEC 등 해외 우수사례 등을 종합적으로 분석하여 '국가나노인프라 발전전략' 마련

## 전략4 나노기술 혁신 기반 확충

### ① 나노기술 전문인력 양성 강화

- (연구) 나노인프라 활용 이론·실습 교육, 시스템반도체 설계교육
- (산업) 특성화고·이공계대학생 취업연계 산업현장 맞춤형 인력 양성

### ② 개방형 혁신을 위한 국제협력 확대

- (국제협력) 미국, EU 등 과학기술 선도국과 기존 협력사업 유지·발전, 신북방/신남방 신흥국과의 맞춤형 협력사업 발굴·추진
  - (해외진출) 현지화R&D, 판로개척, 투자유치 등 해외기술사업화 지원
- ※ 나노코리아(한), Techconnect(미) 등 대형국제행사 교류·협력 실효성 제고

### ③ 글로벌 나노안전 및 표준화 주도

- (국제표준) 국민건강과 생태환경을 보호하는 동시에 산업발전을 촉진할 수 있도록 나노안전성 평가·관리 기술개발 및 국제표준 선점
- (안전인증) 나노안전 데이터를 축적하고, 나노제품 전주기평가기법을 활용한 안전관리 등급화 및 나노안전 공공인증체계 마련 연구 추진

### ④ 국민체감 향상 및 제도개선

- (체험학습) 학생, 교사 대상 체험형 나노기술 교육프로그램 운영을 통해 첨단기술 흥미유발 및 지식습득으로 미래인재로의 성장가능성 제고
- (홍보확대) 어려운 나노기술 콘텐츠를 국민 눈높이로 제작, 유튜브·팟캐스트 등 접근성 좋은 채널을 널리 활용하여 홍보콘텐츠 확산
- (제도개선) 기술·산업 동향·수요 고려한 법·제도 정비, 민·관 공동 나노기술발전협의회를 구성·운영하여 범정부 추진동력 확보

## 4. 참고사항

- ☐ 근거법령 : 나노기술개발촉진법 제4조 및 동법 시행령 제2조
- ☐ 관계부처 협의 완료 ('21. 2월)

## 제5기 나노기술종합발전계획 (’21~’30, 5+5) 글로벌 미래선도 나노 2030

2021. 4.



### 목 차

I. 수립 개요 .....	1
II. 그간의 성과와 반성 .....	8
III. 국내외 동향 분석 및 시사점 .....	25
IV. 비전 및 목표 .....	35
V. 추진전략 및 과제 .....	37
1. 창의·도전적인 글로벌 선도 나노연구 강화 .....	37
2. 혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화 .....	50
3. 나노팹인프라 기능 고도화 .....	56
4. 나노기술 혁신기반 확충 .....	63
VI. 이행방안 .....	72
VII. 기대효과 .....	73
VIII. 중점과제별 소관부처 .....	74



# I 수립 개요

## 1 수립 배경

### □ Next Normal\* 시대의 불확실한 미래, 기술혁신으로 돌파구 마련

- 글로벌 팬데믹(Pandemic), 미·중(G2) 기술·무역전쟁 등 글로벌 가치사슬 재편에 따른 새로운 노멀(Next Normal) 시대 도래

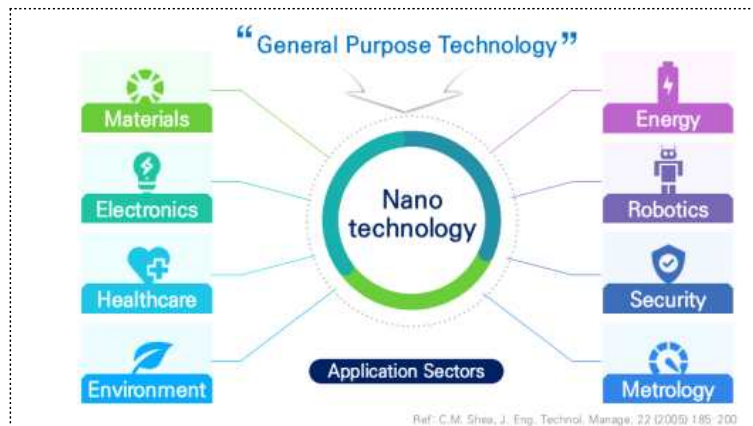
구 분	뉴노멀(New Normal)	넥스트 노멀(Next Normal)* (Mckinsey2020)
원 인	2008년 글로벌 금융위기	글로벌 팬데믹(코로나19)
특 징	금융·경제 부문에 국한	경제·사회 전반
영 향	제조업 중심	제조업+디지털/저탄소 산업

\* 포스트 코로나 시대 5대 변화 트렌드: △탈세계화의 가속화 △효율성보다는 회복탄력성 △디지털 전환 촉진 △소득수준 및 건강관심도에 따른 소비행태 변화 △높아진 신뢰의 중요성

- 위기 속에 새롭게 펼쳐질 미래를, 예측가능한 시대로 만들어 내는 것은 과학·기술, 그리고 이를 기반으로 만들어지는 다양한 제품

### □ 나노기술은 범용기술(General Purpose Tech)이자 파급력이 큰 첨단기술

- 나노기술은 다양한 기술분야와 상호작용하며, AI·바이오·에너지 등 주요제조업 전반에도 적용이 가능 (OECD STI Outlook, 2018)



- 첨단기술의 속성상 성공시 그 효과를 가늠하기 어려운 파괴력 보유, 범용기술의 속성상 다양한 기술·산업과 융합하여 파급력 확산

### ◇ 나노기술의 정의

- 나노미터(1~100nm) 크기에서 물질 제조 및 장비 조작 등을 통해 제품에 새롭거나 개선된 성능을 부여하는 기술

### ◇ 나노기술 적용분야

구분	6대 분야	기술 특징
응용 기술	나노소재(전자)	나노 단위의 회로 폭 감소를 통해 고 집적도 및 낮은 소비 전력 실현
	나노에너지·환경	나노 입자 적용으로 에너지 저장량 및 효율 증대
	나노바이오	나노 크기의 구조체로 신속 정확한 진단 및 인체 적합성 조직 개발
기반 기술	나노소재	원자 수준에서의 구조 제어로 새로운 물성과 기능 발현
	나노공정·측정장비	나노 소재의 대량제조, 특징기능 부여 및 나노스케일 분석
	나노안전	안전한 나노소재·제품의 활용을 위한 체계 구축 및 과학적 근거 마련

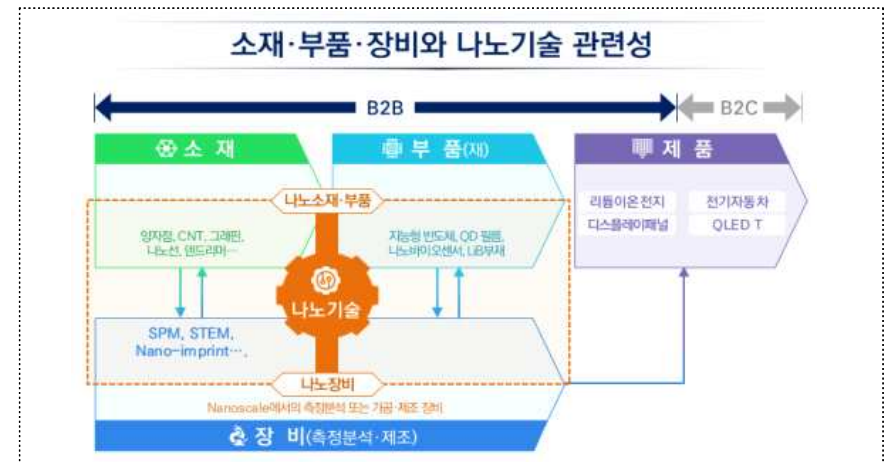
### □ 또한, 국가적 현안 소부장·반도체 산업과도 전방위적인 연계기술

- 나노기술의 성과물은 대부분 (나노)소재·부품으로 구현\*되며, 반도체 기술은 대표적인 나노 소재·공정 기술이 적용된 분야

\* 정부투자 나노융합2020사업은 소재 70%, 장비 20%, 부품 등 10% 비율로 구성

- 이에 나노기술을 통한 6대 주력산업 분야\*의 글로벌 가치사슬 변화 대응과 시스템반도체 등 신산업 육성 촉진에 연계기여 가능

\* 반도체, 디스플레이, 자동차, 전기전자, 기계금속, 기초화학



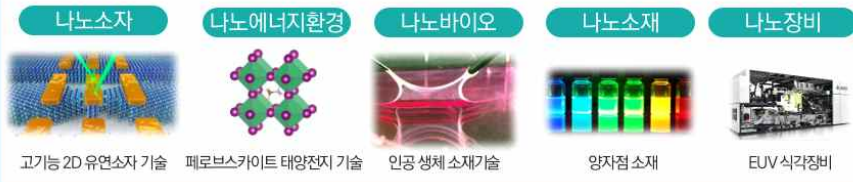
## 참고1 나노기술 발전 현황

### ▶ 나노기술은 첨단과학기술의 근간, 미래산업 경쟁력의 원천

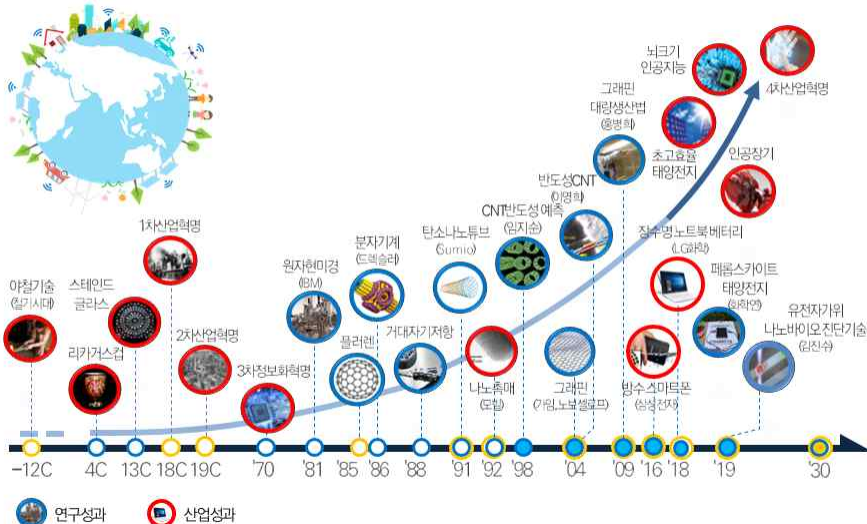
#### 나노기술

**정의** 나노미터(1~100nm) 크기에서 물질 제조/조작을 통해 새롭거나 개선된 성질을 이용하는 기술

**특징** IT, ET, BT 등 핵심기술과 융합을 바탕으로 혁신적 소재, 부품, 시스템 구현을 통해 제조업 경쟁력 강화 및 신산업 창출



### ▶ 나노기술의 발전과 인류문명의 진보



## 참고2 나노기술과 미래사회

### ▶ ICT·반도체와 융합으로 초연결·초지능 시대로 진입



### ▶ 바이오 기술과 융합으로 예방·진단·치료의 일상화 시대로 진입



### ▶ 에너지/환경 기술과 융합으로 친환경·고효율 에너지·자원시대로 진입





## 2 수립 근거 및 위상

- 정부는 **나노기술개발촉진법**\*에 따라 나노기술에 대해 5년마다 관계 부처·기관의 관련 시책과 사업 등을 종합한 계획 수립 필요
  - 나노기술개발촉진법('02.12.26) 및 동법 시행령('03.06.25)에 의거, 5년 주기로 나노기술종합발전계획을 수정·보완하도록 함

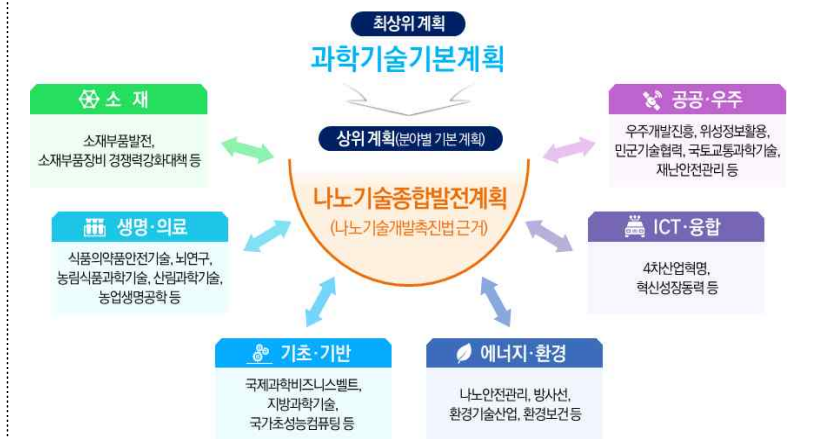
### 【나노기술개발촉진법】

**제4조(나노기술종합발전계획의 수립)** ① 정부는 나노기술의 연구개발을 촉진하기 위한 나노기술종합발전계획을 세우고 이를 추진하여야 한다.

⑤ 정부는 나노기술의 발전추세 및 연구개발 여건의 변화에 따라 필요한 경우에 제3항의 규정에 따른 절차에 준하여 종합발전계획을 수정·보완하여야 한다.

- 나노기술종합발전계획은 우리나라 과학기술 분야 중 나노분야에서의 최상위 계획인 동시에, 다수 기본계획과 횡적으로 많은 연관성 보유
    - NTIS 6대분류\*상 정부부처 20여개 기본계획에 나노기술 내용 포함
- \* 기계·소재, 생명·의료, 기초·기반, 에너지·환경, ICT·융합, 공공·우주

### 한국 과학기술정책에서의 나노기술종합발전계획 위상



## 3 수립 체계 및 경과

- (계획수립 추진체계) 과학기술정보통신부를 주관부처로 하여 관계부처 추진위 조직, 부처·유관기관·나노기술전문가들로 구성된 **기획위원회**를 구성하여 「제5기 나노기술종합발전계획(안)」 마련

※ (관련부처) 기획재정부, 과학기술정보통신부, 교육부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 보건복지부, 환경부, 중소벤처기업부, 식품의약품안전처

### 【제5기 종합계획 수립 추진체계】



### ○ 기획위원회 분과별 역할

분과	추진 내용
총괄기획팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 계획(안) 총괄 검토, 전략 및 과제간 체계 조정</li> </ul>
R&D	R&D전략 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 창의·도전적인 글로벌 선도 나노연구 전략 및 과제 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>* IBS 단장 등 나노분야 리더급 연구자 간담회 개최 등</li> </ul> </li> </ul>
	미래R&D <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 신진연구자 참여 관련분야 주요 R&amp;D이슈 발제 및 논의               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 바이오, 에너지, ICT 관련 신규R&amp;D 후보 발굴 및 검토</li> </ul> </li> </ul>
산업화	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화 구체화               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 나노분야 수요기업 및 공급기업 임원 간담회 개최</li> </ul> </li> </ul>
나노팜인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노팜인프라 체계 재정립 및 운영 고도화 구체화</li> </ul>
인력	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노기술 전문인력 양성 전략 마련</li> </ul>
협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개방형 혁신을 위한 글로벌 협력전략 마련</li> </ul>
안전·표준	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노안전 및 표준화 주도 관련 전략 마련</li> </ul>
홍보TF	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노기술에 대한 국민체감도 제고방안 마련</li> </ul>

## □ 추진 경과

총 105명의 나노분야 산학연 전문가가 총괄기획팀 및 6개 전문분과 참여, 50회 이상 회의를 통해 분과별 추진과제 도출 및 전략 제시

추진경과		주요내용			
'20.1~3월		제4기 계획 성과분석	- 4기 나노기술종합발전계획 성과분석 추진 - 해외 나노기술정책동향 분석		
'20.4~5월		5기 나노기술종합발전계획 수립 비전TF 활동	- 5기 나중발 비전/목표/과제 및 분과 추진 방향 논의 기획 - 5기 나중발 기획위원회 구성		
'20.6.22		관계부처 추진위원회 Kick-off	- 9개 부처 및 주요전문가 중심 5기 계획수립 추진계획 협의		
		기획위원회 (총괄팀 및 분과) 기획 활동	- 총괄팀 및 관련분과 7개 구성 및 계획(안) 작성 - 총괄팀 및 각 분과별 회의 총 50여회 개최(~11.31 기준)		
			8.28	총괄팀 1차 회의 개최	- 전략/과제별 구성(안) 검토
			10.12	총괄워크숍 회의 개최	- 전략체계 조정, 세부과제 내용검토
			11.2~4	안건 집체작업	- 전략별 세부과제 집중 수정·보완
			11.4	총괄팀 2차 회의 개최	- 안건 집체작업 결과 검토회의
'20.11~'21.01		온라인 공청회 개최 (2회)	- 2021년도 나노융합성과전 발표(11.26) - 국가나노기술정책센터 홈페이지 게시 및 산학연 의견수렴 ('20.12~'21.1)		
'21. 2월		부처의견 수렴	- 관계부처 안건 의견수렴		
'21. 2월		심의회의 전문위	- ICT/융합 전문위원회 사전검토		
'21. 3월		심의회의 운영위	- 심의회의 운영위 사전검토		
'21. 4월		심의회의 민간위원간담회	- 심의회의 민간위원 사전간담회		
'21. 4월		국가과학기술자문회의 심의회의 안건 상정	- 제5기 계획(안) 상정		
'21. 5월~		책자발간 및 홍보	- 관계부처, 유관기관 및 산학연 관계자 대상 홍보		

## II

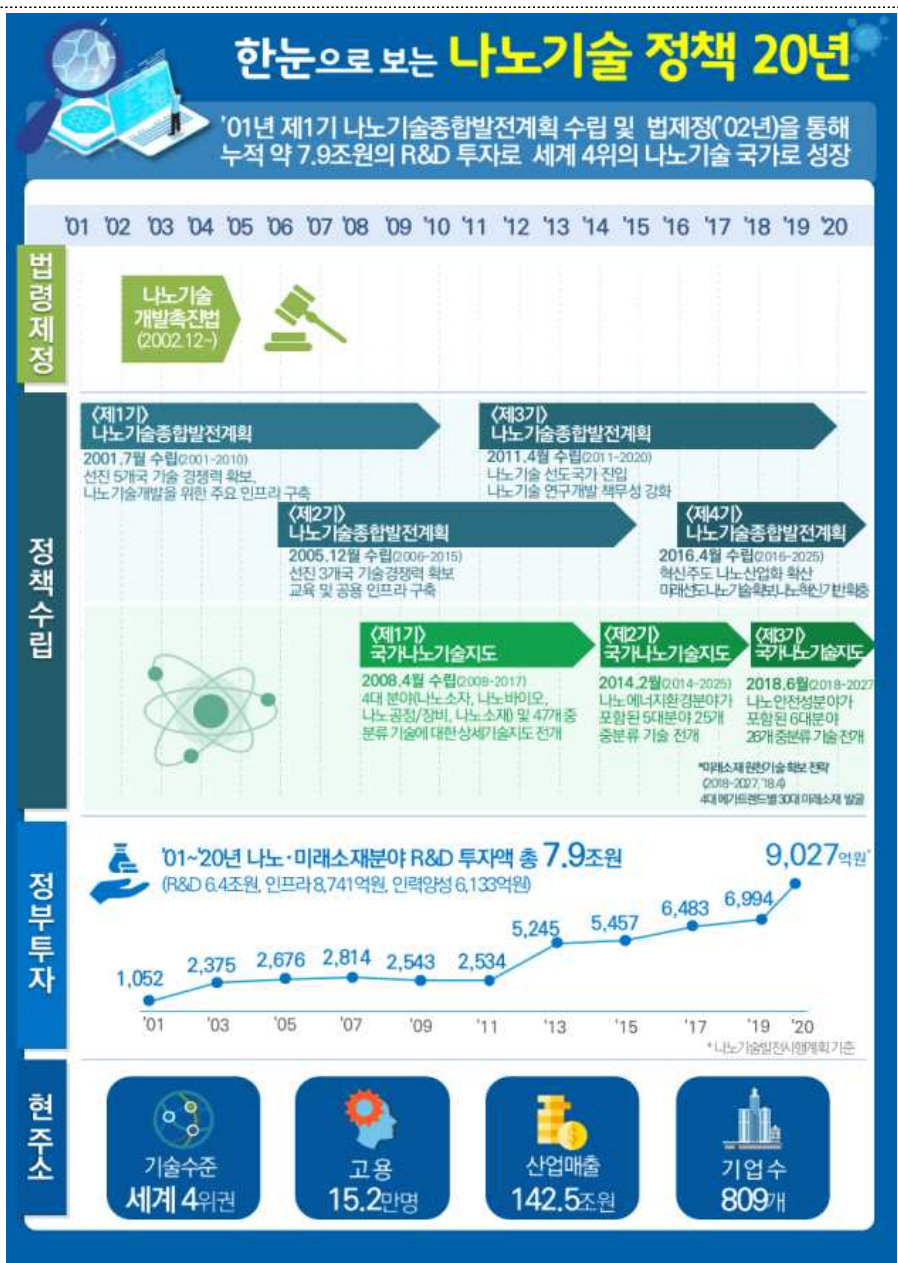
## 그간의 성과와 반성

### 1

## 1~4기 나노기술종합발전계획 경과



- ('01~'10년, 추격기) 추격의 시기로서, 선진국 대비 부족한 나노기술 R&D 투자 확대, 나노랩, 인력양성 등 연구기반을 구축하는 데 집중
  - '09년까지 연구개발 투자 142% 증가, 6대 나노인프라 구축 등으로 나노기술 수준은 미국 대비 25%에서 75%로 성장
  - 반도체와 디스플레이 산업분야는 초정밀 나노기술 혁신을 통해 세계적 수준의 국가 주력산업으로 발전
- ('11~'20년, 성장기) 양적인 성장과 병행하여 나노기술 융합 분야의 사업화 촉진과 차세대 나노기술 연구개발 등 질적 성장도 추구
  - 제3기 계획부터 투자비중, 인력규모 등 계량적인 목표치 제시
  - 미래나노기술30 등 미래중점 나노기술 개발, 과기정통부·산업부 공동협력 나노기술사업화(나노융합2020) 프로그램 운영 등



😊 : 우수, 😐 : 보통, ☹ : 미흡

### 【전략 1】 혁신주도 나노산업화 확산

- (😊 기업의 기술사업화 지원) 과기정통부·산업부 공동협력사업인 나노융합2020사업을 통해 우수 나노기술의 사업화 성과 달성
- 사업화 매출 6,853억원(기여율 반영금액 / 실제 총매출 1조 1,677억원), 사업화 건수 83개, 특히 615건, 고용창출 740명 등 달성 ('20.12월, 총과제 93개)
  - 정부투입(1,437억원) 대비 477% 누적매출, 사업화 소요 기간 2.3년 단축

제품명	지문인식 모듈	고굴절 프리즘 코팅액/필름	나노다공성 수소발생기	투명전극 코팅장비	고온초전도 선재	공기질 개선형 시스템
성과내용	경제효과 (17개 글로벌 스마트폰사 탑재)	세계 1위 제품 (8K TV)	미래성장동력 (수소 제조)	실험실 창업 성공	세계 1위 성능/경제성	사회 이슈해결 (마세먼지)
제품 사진						
누적 매출액	2,978억 원	260억 원	61억 원	143억 원	146억 원	93억 원

- (😊 산업화 촉진 핵심기술 확보) 7대 전략분야 산업화 촉진 및 그래핀 사업화 관련 핵심기술은 확보, 상용화 연계실적은 다소 부족
- 7대 전략분야\* 관련 산업화 핵심기술을 확보하고, 나노융합산업 분야의 기술사업화 연계로 누적매출 총 3,334억원('19년 누적기준) 달성
- \* 3D 나노전자소재, IoT 적용 환경 나노센서, 식품안전 나노센서, 기능성 나노섬유, 脫귀금속 촉매용 나노소재, 脫희유원소 산업용 나노소재, 저에너지 수처리 시스템
- 그래핀은 원천기술 확보, 11건의 응용제품 개발 등 성과가 있었으나, 실제 매출로 이어지는 성과는 다소 부족, 향후 지속적 수요처 발굴 필요
- (☹ 나노융합 확산 인프라 강화) 팹 데이터 축적·관리, 시뮬레이션 기술 등을 활용한 팹공정 스마트화는 예산 부족으로 인해 미추진

☞ 탁월한 성과를 달성한 우수나노기술 사업화 프로그램 발전적 계승, 기술수준과 시장(산업)성숙도를 고려한 맞춤형 R&D 기획·추진, 연구·산업 수요를 해소하는 나노인프라 지원 체계·기능 고도화



## 【전략 2】 미래선도 나노기술 확보

- (☺ 국가나노기술 투자의 체계화) 제4차 산업혁명 도래, 고령화, 지구 온난화 등 새로운 사회 변화에 선제적으로 대응하고, 나노기술 투자전략 효율화를 위해 나노분야 연구개발의 전략적 방향 설정
  - \* 30대 미래기술 및 70개 핵심나노기술을 전개한 전략적 기술지도와 함께, 최근 기술 변화를 반영하여 나노기술 6대 분야의 사전적 기술지도 수립
- (☺ 정부투자의 효율적 운영 및 민간 혁신활동 연계) 과기부·산업부 공동사업 및 상시협력체계를 중심으로 산학연관 연계·협력 원활
  - \* 다만 나노기술 개발 효율적 추진을 위한 나노기술발전협의회 미운영은 아쉬운 대목

☞ 국내외 기술·산업 동향변화를 반영한 제4기 국가나노기술지도 마련, 효율적인 나노기술 개발 추진을 위한 범부처 소통체계 운영 필요

## 【전략 3】 나노혁신 기반 확충

- (☺ 나노안전 관리체계 확보) 나노안전 평가기술 표준화 및 국제협력 확대로, 7종 인증표준물질 개발 및 보급 등 나노안전 평가기술을 표준화하고, NANoREG, EU Horizon 2020 등 국제협력연구 확대
- (☺ 新글로벌 협력체계 구축) 글로벌 협력체계 구축 강화를 위해 기존 한·중·일 협력에서 일부 ASEAN 국가까지 확대
  - 매년 한-미, 한-EU 정기워크숍을 통한 연구자간 네트워킹 지속, 나노코리아 국제학술대회 및 전시회 개최, 기술·산업 교류·협력
- (☹ 혁신지원 정보체계 구축) 이용자 중심의 일원화된 정보제공 체계 구축·운영은 이해관계자들간의 거버넌스 문제 등으로 미추진

☞ 나노제품 안전 및 국제표준 선점 필요성 증대에 따라 나노안전성 연구 가속화, 나노기술 국제적 위상에 걸맞는 국제협력 활성화, 데이터에 기반한 기술개발 추세에 맞는 정보체계 마련

## 참고1

## 제4기 나노기술종합발전계획 과제별 평가결과

●:High, ○:Middle, ○:Low

전략	과제	주요성과 및 반영
1. 혁신주도 나노산업화 확산	1 산업화 촉진 핵심기술 확보	● <ul style="list-style-type: none"> <li>7대 전략분야 산업화 촉진을 위해 주요 나노·소재 관련 사업과의 연계를 통해 창출된 누적매출 총계 3,334억원 ('19년 누적)</li> <li>그래핀 상용화를 추진하였으나 결정적인 상용화 품목 (Killer Application) 발굴 미흡으로 계획 대비 기대성과 저조</li> </ul>
	2 기업의 기술 사업화 지원	● <ul style="list-style-type: none"> <li>나노융합2020사업을 통해 우수 나노기술의 사업화 성과 창출                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부투자 1,437억원 대비 사업화 매출 6,853억원 달성(477%)</li> <li>- 총과제 93개 중 사업화성공 건수 83개, 사업화기간 2.3년 단축</li> </ul> </li> <li>원천기술 사업화 지원의 성공적인 플랫폼(모델) 구축</li> </ul>
	3 나노융합 확산 인프라 강화	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>나노랩 정보시스템은 구축하였으나 사례분석 통한 프로세스 개발, 데이터 분석 및 공정 시뮬레이션 활용한 신공정 개발 등 미추진</li> <li>나노혁신 클러스터 활성화를 위해 신규 인프라로 경남 밀양지역에 나노융합 국가산업단지 2016년부터 조성 중</li> </ul>
	4 사업화 장애요인 돌파	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>'T+2B사업' 통해 나노기업-수요기업 간 연계협력 기반 구축, 기업과 함께 하는 나노플러스를 통해 기업 애로기술 해결지원</li> <li>나노바이오커넥트 사업은 우수 나노바이오 기술의 사업화를 위해 진단기기군, 치료물질 관련 과제 소규모 시범으로 수행</li> </ul>
2. 미래선도 나노기술 확보	1 전략적 나노기초연구 추진	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>정부 나노기초투자의 전략성 강화를 위해 나노기초연구 발전전략 보고서(2017) 발간, 나노·미래소재 원천기술개발사업 기획에 활용</li> <li>나노기술연구협의회의 주관 5개 분회 운영, 매년 NCC (Nano Convergence Conference) 개최를 통해 연구자 네트워크 강화</li> </ul>
	2 미래나노기술 30 개발	● <ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 연구·산업 동향을 반영한 미래나노기술30을 제3기, 제4기 계획에 걸쳐 지속 보완하여 연구개발 사업 기획에 활용 중</li> <li>'16~'18년 동안 정부 나노분야 R&amp;D 투자금액 중 '미래나노기술30'에 해당하는 투자비는 약 89% 수준으로 매칭</li> </ul>
	3 4대 나노 챌린지 프로젝트	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>4대 나노챌린지 프로젝트 중 초저전력 미래반도체, 신개념 혁신 나노소재 등 2개 프로젝트는 사업수준으로 추진 중                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생체삽입부착형 나노바이오소재, 초고용량 차세대 이차전지 등 2건은 개별과제 수준에서 추진</li> </ul> </li> </ul>
	4 국가나노기술 투자의 체계화	● <ul style="list-style-type: none"> <li>대내외 급변하는 경제사회환경에서 선제적으로 대응하고, 나노기술 투자전략 효율화를 위해 국가나노기술지도 수립하였으며, 나노분야 연구개발의 전략적 방향 설정에 기여</li> </ul>
3. 나노혁신 기반 확충	1 현장형 '나노인' 양성	● <ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 나노융합 연구인력 및 현장 맞춤형 전문인력 양성 지속 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노기술 관련 온라인 교육(e-나노) 운영, 국가나노랩시설을 활용한 전문인력양성 및 4ever NT-School 등 추진</li> </ul> </li> <li>일반인과 청소년을 대상으로 하는 나노코리아 퍼블릭 프로그램, 나노코리아 특별관, 10대 나노기술 선정 및 나노영챌린지 운영 등</li> </ul>
	2 新글로벌 협력체계 구축	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>매년 나노코리아 국제학술대회 및 전시회 개최, 기술·산업 교류·협력</li> <li>한-미, 한-EU 정기 나노워크숍을 통해 선도국과 네트워킹 지속</li> <li>기존 한·중·일 협력에서 일부 ASEAN 국가까지 민간협력 확대</li> </ul>
	3 나노안전 관리체계 확보	● <ul style="list-style-type: none"> <li>나노안전 평가기술 표준화 및 국제협력 확대로, 7종 인증표준물질 개발 및 보급 등 나노안전 평가기술을 표준화하고, NANoREG, EU Horizon 2020 등과 국제협력연구 확대</li> </ul>
	4 혁신지원 정보체계 구축	○ <ul style="list-style-type: none"> <li>나노융합산업조사 고도화로 통계 신뢰성 강화, 산업통계 일관성과 신뢰성 확보에 주력</li> <li>이용자 중심의 일원화된 정보제공 체계 구축·운영은 이해관계자들간의 거버넌스 문제 등으로 미추진</li> </ul>

## 참고2 우수성과 사례

### □ R&D 성과


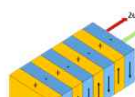



나노 소자		<b>칩 일체형 고집적 초소형 마이크로슈퍼커패시터 기술(UNIST)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노소재 기반 잉크 및 초정밀 전기수력학 프린팅 공정을 이용한 칩 일체형 고집적 초소형 마이크로슈퍼커패시터 개발</li> </ul>
		<b>색과 소리를 동시 조절할 수 있는 유연 포토닉 나노소자(서울대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유전탄성체를 통해 소리를, 소자 격자 간격 변화를 통해 색을 동시에 조절하는 "포토닉 크리스탈" 기술</li> </ul>
		<b>양자점/비정질 나노복합 반도체를 이용한 다진법 트랜지스터(한양대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초격자 구조로 적용된 나노복합 산화아연층을 구성하고, 전기장 크기에 따라 계단식으로 전류를 제어하여 정보를 저장하는 방식으로 구동되는 다진법 트랜지스터 기술</li> </ul>
		<b>나노섬유 소재 기반 유해환경 및 호흡가스 분석 센서 기술(KAIST)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3nm 이하의 고성능 촉매를 나노섬유 표면에 균일하게 결합시킨 초소형, 초저전력 나노센서를 통해 "1 ppm 이하의 극미량 기체도 감지"하는 기술</li> </ul>
		<b>세계최고 양자 효율의 진청색 OLED 소재 및 소자 기술 (성균관대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 청색 인광형광 발광 재료를 개발하여 기존 소자 대비 3배 이상의 효율을 구현(세계 최고 효율 달성)</li> </ul>
		<b>높은 에너지 밀도를 가진 이차전지 신소재 기술(서울대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이차전지 내 산소층을 재배열을 통한 전이금속의 대칭적인 이동 특성을 확보하여 기존 소재 대비 3배 이상 우수한 고성능의 전극 소재 개발</li> </ul>
나노 에너지 환경		<b>전기없이 작동하는 플렉서블 색채 냉각복사 나노소재 개발(GIST)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>절연체인 질화규소와 이산화규소를 순차적으로 쌓아 효과적으로 열을 냉각시키고, 이산화규소층의 두께 조절을 통해 색을 나타내는 나노 소재 기술</li> </ul>
		<b>고에너지밀도 리튬-황 전지용 카본 나노튜브 스펀지 입자 제조 기술(서강대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>카본나노튜브가 묻혀진 필름에 기공구조를 제어하여 황 흡수가 용이한 나노구조소재를 개발하고, 이를 리튬-황 전지 전극에 적용하여 기존 리튬전지 대비 두 배 이상의 고에너지 밀도 달성</li> </ul>
		<b>초음파 유도 정전기 기반 인체 삽입형 의료기기 충전 기술(성균관대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초음파로 유도되는 정전기로 발전과 충전이 가능한 인체 삽입형 나노발전 소자 개발</li> </ul>
나노 바이오		<b>RNA-나노구조체를 이용한 고감도 암진단 바이오센싱 기술(서강대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>단일 3방향접합RNA/금나노입자 결합체를 이용하여 기존 기술에 비해 마이크로RNA 검출 감도를 7배 이상 향상시킨 전기화학-표면증강라만분광 바이오센서 개발</li> </ul>
나노 바이오		<b>유기나노소재를 이용한 생체모방형 인공신경기술(서울대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 센서 촉각 수용체로 전달된 압력 정보를 인공 뉴런을 거쳐 인공 시냅스로 전달시키는 생체모방 신경기술</li> </ul>
		<b>광감응 나노 입자를 이용한 상처치유 및 피부 접합 기술 (포스텍)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>근적외선에 감응하는 나노 입자를 이용한(하여) 피부 내부의 콜라겐 접합을 유도하여(를 통해) 피부절단 부위를 간편하고 빠르게 접합하는 광의학 기술</li> </ul>
		<b>나노코팅된 인간면역세포를 활용한 생리 물질 전달 기술(중앙대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계 최초로 면역세포에 개별로 나노두개의 필름을 코팅하여 생리물질 전달 및 면역세포치료의 가능성 확인</li> </ul>
		<b>저가형 금속/그래핀 복합잉크 제조기술(한국전기연구원)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>은 대비 전기전도도는 유사하지만 가격은 1/10배 저렴한 구리의 치명적인 산화 단점을 그래핀 산화방지막 액상합성을 통해 해결한 상용화기술 개발</li> </ul>
나노 소재		<b>나노 물질 설계 용이한 웹기반 나노 시뮬레이션 플랫폼기술(KIST)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양자역학이나 분자동역학을 바탕으로 한 나노물질 설계 및 공정 시뮬레이션 기반 주제별 웹기반 나노설계 플랫폼 구축, 본 플랫폼 기술을 바탕으로 (주)버추얼랩을 창업하여 사업화</li> </ul>
		<b>단백질을 모방한 3차원 금속 나노입자 합성 기술(서울대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>단백질과 금 특정 표면의 상호작용에 대한 이해를 바탕으로, 인공적으로 만들 수 없었던 카이랄 구조가 구현된 균일한 금 나노입자를 세계 최초 합성하여 나노 구조체 제작에 새로운 패러다임을 제시</li> </ul>
나노 공장·측정·장비		<b>유연한 포토마스크를 이용한 비평면 포토리소그래피 기술(연세대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기판에 밀착할 수 있는 유연한 포토마스크를 이용해 고가의 노광장비 없이 수십나노미터 수준의 회절한계 이하 패턴 형성 및 기존에 불가능하였던 비평면기판 패터닝 기술 개발</li> </ul>
		<b>20초이내 Perovskite 태양전지 대면적 고속코팅기술(성균관대)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>페로브스카이트 클러스터 나노분말을 포함하는 코팅용액을 제조하여 단시간 박막 코팅시킨 대면적 태양전지 제조 기술</li> </ul>



## □ 산업화 성과

나노 소자		<b>3D 풀-컬러 홀로그램 대면적 회절광학소자 설계 · 제조기술(기계연)</b> • 넓은 시야각의 3차원 컬러 홀로그램 구현이 가능한 필름 및 소자 제품의 대면적, 저가 제조 플랫폼 기술
		<b>초고속 구동형 CNT 기반 전계방출 엑스선소스 기술((주)브이에스아이)</b> • 기존 필라멘트 대신, 탄소나노튜브를 활용하여 엑스선을 정확한 펄스 형태로 고속제어 할 수 있는 세계 최초의 100% 디지털화된 소형화, 경량화 가능한 "저피폭, 고내구성 엑스선 소스" 기술
나노 에너지 환경		<b>전기차 효율 향상을 위한 나노발열소재 및 유연 필름히터 기술((주)테라온)</b> • 전기차의 에너지 효율 및 주행거리 향상을 위한 나노탄소 기반 고효율 유연 발열소재 및 필름히터 기술 개발
		<b>고효율 나노다공성 수소발생 촉매기술 (주)엘캠텍</b> • 물 분해 촉매역할을 하는 양극의 미세구조를 전기화학적 탈합금 방식으로 나노다공구조화, 이를 적용하여 수소발생효율 90%이상 소비전력 20% 절감한 세계최대규모의 수소제조장치 사업화
나노 바이오		<b>금속 나노패턴센서 기반 휴대형 실시간 식품 독소 측정기 제품화 기술 (주)텔트론</b> • 금속 나노패턴 기반의 국부 플라스몬 발생원리를 이용하여 식품에 미량 잔류하는 독소, 잔류 농약 등을 현장에서 실시간 검출하는 검사기기 제품화 기술
나노 소재		<b>고굴절 나노 복합체 프리즘 코팅액 및 고휘도 프리즘 필름 개발(에스엠에스(주))</b> • 친수성 나노입자 표면에 소수성 화합물을 결합 분산성이 개선된 고굴절·고휘도 프리즘 코팅액을 제조하고 이를 필름화시킨 유·무기 나노 복합체 기술 ※ 매출 300억원, 2019년 소재부품장비 강소기업 선정, 특허 11건
		<b>형상제어가 가능한 탄소나노튜브 섬유 제조기술((주)아텍시스템)</b> • 센서용 필라멘트 및 저발영 저장체 적용을 위한 탄소나노튜브 섬유 제작기술 개발
나노 공정·측정·장비		<b>도금공정 대체 친환경 금속코팅 장비 개발((주)셀코스)</b> • 표면 평탄화 나노분산제를 이용하여 독성 물질 및 오퍼수 발생 없이 고품위 색상을 구현하는 고신뢰성 대면적 인라인 금속코팅 장비 사업화 ※ 매출 205억원, 특허 4건
		<b>전도성 나노잉크 활용한 스트레처블 히팅모듈 및 아웃도어 의류 적용 기술((주)파루)</b> • 전도성 나노잉크 활용 롤투롤 인쇄기술을 유연신축 기판에 적용한 스트레처블 히팅모듈 및 아웃도어 의류 적용기술 개발
		<b>반도체 인라인 나노계측 솔루션 제공 원자현미경 기술(파크시스템즈)</b> • 반도체 공정 개발·검사를 위한 나노계측용 자동원자현미경을 개발하여 전세계 반도체 글로벌기업들을 대상으로 사업화를 추진

## □ 나노인프라 지원성과

기관	기술	지원 성과
나노종합 기술원		<b>초소형 비냉각형 열영상 센서 양산성공((주)트루윈)</b> ◇ 나노인프라의 원천기술 활용 및 시스템반도체 사업화 성공 ▪ 기존 MEMS공정과 차별화된 반도체(CMOS) 호환공정 적용 → 초미세화 및 수율 향상 ▪ 해외 기술(미국 Honeywell社) 특허 회피, 초소형화저가격화 ▶ '20년 국내외 10만개 판매(매출 약 145억원) ▶ 국내 수 천억원 대 수입비중(86%)을 가지는 열화상카메라 수입 대체 효과
	 <웨이퍼 레벨 패키지(WLP)>	<b>파장변환소자 제조 기술이전을 통한 기술창업 지원 (라운모아)</b> ◇ 나노인프라 보유 원천기술 활용 및 사업화 성공 지원 ▪ UV 레이저 광원 분야 특허 기술이전을 통한 핵심요소기술 확보, 창업지원 및 애로기술 컨설팅, 시제품 제작 지원 등 ▶ UV LED Epi 공정기술 확보 및 구조개선을 통한 제품경쟁력 확보 ▶ 265nm 대역 UV-C LED 사용을 통한 살균효과 극대화 ▶ LED 구동 드라이버 및 SMPS의 일체화를 통한 구동회로의 최적설계 구현
한국나노 기술원	 <파장변환소자의 분극교차구조 개념도>	<b>SiC 전력반도체 (SiC MPS Diode 및 SiC MOSFET) 시제품 제작 지원((주)에스파워테크닉스)</b> ◇ 나노인프라 장비활용 공정최적화 서비스를 통한 사업화 성공 ▪ 이온주입 Hard Mask 구조 형성을 위한 Photolithography 공정, Hard Mask Etch Profile 공정 최적화 등 지원 ▶ SiC MPS Diode 및 SiC MOSFET 시제품 제작 및 시제품 신뢰성 테스트를 통한 시장 진출(신제품 출시)
나노융합 기술원	 <650V급 SiC MPS Diode 시제품>  <1200V급 SiC MOSFET 시제품>	<b>공동 R&amp;D, 기술, 인프라지원을 통한 글로벌 강소기업성장 지원(주)에스테크)</b> ◇ 기존 단순 공정장비 제작에서 현재 장비 핵심부품개발 ▪ 태양광 및 반도체용 단결정 실리콘 잉곳 생산장비(Ingot Grower) ▪ 12~18년(7년간) R&D 공동기술개발 ▪ 14~18년(5년간) 센터 주요 기업지원사업 지원 ▪ 2018년 글로벌 강소기업 지원 ▶ 매출 423억원, 수출 30,000천달러(18년 기준) ▶ 산업재산권 : 국내 26건, 국외 2건, TUV/CE 인증
나노융합 실용화 센터	 <태양광/반도체용 실리콘 잉곳 성장기>	

### 3 국내 나노기술 투자 및 성과 현황

- (투자) 최근 5년('15~'19년) 나노기술 분야에 약 2조 9,977억 원을 투자하였으며, 특히 연구개발에 2조 5,311억 원(84.4%)을 투자
  - '19년 나노기술 분야에 대한 정부 투자액은 총 6,994억 원으로 정부 연구개발 총 투자액 20조 5,000억 원의 3.4%를 차지
    - ※ (부문별) 연구개발 5,836억원(83.4%), 인력양성 592억원(8.5%), 인프라 566억원(8.1%)
- (논문성과) 최근 5년('15~'19년) 누적 기준, 한국의 나노기술 SCI 논문은 46,060건으로, 글로벌 전체 논문(총 750,496건) 대비 6.1%이며, 중국, 미국, 인도에 이어 세계 4위 수준
  - ※ 논문건수('15~'19년 누적): 중국(282,779), 미국(120,179), 인도(55,807), 독일(42,317)
  - ※ 주요국 논문피인용 상위1% 논문건수('15~'19년 누적): 중국(1위, 6,258), 미국(2위, 3,053), 독일(3위, 601), 한국(7위, 498), 일본(10위, 420)
  - '19년 우리나라의 나노분야 SCI급 논문 수는 전년대비 0.4% 증가한 9,569편으로 세계 4위 수준
    - ※ ('19년) 1위 중국(72,706), 2위 미국(24,244), 3위 인도(12,906), 5위 독일(8,568)
  - 주요경쟁국 연구개발비(PPP달러) 대비 SCI 논문 세계 2위(1위 중국)
- (특허성과) 최근 5년('15~'19년) 누적 기준, 미국특허청(USPTO)에 등록된 한국 국적의 출원인이 등록한 특허는 5,298건으로 전체 (총 71,198건)의 7.4%를 차지하며, 미국, 일본에 이어 세계 3위 수준
  - ※ '15~'19년 누적건수: 미국(36,262), 일본(7,551), 중국(3,767), 독일 (3,290)
  - ※ 주요국 특허인용도 지수(CPP, '15~'19년 누적) 비교: 미국(5.11), 중국(4.03), 일본(3.20), 독일(2.99), 한국(2.74)
  - '19년 미국특허청(USPTO)에 등록된 우리나라 나노분야 특허건수는 전년대비 6.8% 증가한 1,121건으로, 2008년 이후 3위 수준 유지
    - ※ ('19년) 1위 미국(7,811), 2위 일본(1,510), 4위 중국(1,047), 5위 독일(720)
  - 주요 경쟁국 연구개발비(PPP달러) 대비 특허건수는 세계 2위(1위 미국)

- (인프라) 최근 5년('15~'19년) 누적 서비스 제공은 총 303,121건으로 산 148,833건(49.1%), 학 98,793건(32.6%), 연 55,495건(18.3%)을 제공
  - 연구 분야 및 지역별 서비스 거점으로 6개 나노랩\*을 활용하여 '19년 총 67,565건(전년 대비 8.3% ↑)의 산·학·연 서비스 제공
    - \* 나노융합기술원(대전), 한국나노기술원(수원), 나노융합기술원(포항), 전북나노기술집적센터(전주), 광주나노기술집적센터(광주), 나노융합실용화센터(대구)
    - ※ 산업체 36,853건(16.7% ↑), 대학 18,031건(4.9% ↓), 연구계 12,681건(6.9% ↑)
- (기술료 및 사업화 성과) 최근 5년간('14~'18년) 나노분야의 기술이전 2,168건, 기술료 징수액 859억원 발생 및 사업화 건수는 총 6,436건으로 각각 연평균 8.8% 증가
  - '18년도 기술이전 503건, 징수액은 195.4억 원, 1건당 기술료 징수액은 0.39억 원이며, 사업화 건수는 총 1,472건으로 전년(1,539건) 대비 감소
    - ※ '14년 기술이전 358건, 사업화 1,049건
- (인력양성) 최근 5년('15~'19년)간 핵심연구인력은 연평균 7.1%, 재학생수는 연평균 3.7% 증가
  - ※ '15년 핵심연구인력 9,142명, 재학생수 32,994명 기준
  - \* 핵심연구인력 기준 : NT과제 수행 정부출연연구원 및 대학연구실 연구원 수
  - '19년 핵심연구인력은 전년대비 21.0% 증가한 12,007명, 재학생수는 전년 대비 0.7% 증가한 38,087명 수준

<나노기술 투자 및 성과 현황>

구 분	투자	논문성과	특허성과	인력양성	인프라 서비스	기술이전	사업화
단 년 도	'19년	6,994억	9,569건	1,121건	12,007명	67,565건	1,472건 ('18)
	'15년	5,457억	8,800건	985건	9,142명	55,197건	913건
	증가율 (CAGR)	6.4%	2.1%	3.3%	7.1%	5.2%	8.2%
누 적	4기 ('16~'19)	24,520억	37,260건	4,313건	-	247,924건	1,413 ('16~'18)
	3기 ('11~'14)	15,926억	28,965건	2,574건	-	203,477건	651 ('11~'13)
	증가율	54.0%	28.6%	67.6%	-	21.8%	117.1%

\* '20년도 성과는 집계 전이므로, '19년 통계 대비 5년 주기로 비교, 누적은 4년 누적치 적용

#### 4 국내 나노융합산업 현황<sup>1)</sup>

국내 나노융합산업 규모는 143조원(19년), 기업수는 나노소재, 나노장비 분야가 다수 차지, 매출액은 반도체·디스플레이 등 나노전자에 집중

- (나노융합기업 수) 국내 나노융합기업 수는 연평균 7.4%(15~19년) 성장, 현재 809개에 도달하였으며, 중소·중견기업이 97.8%를 차지
  - 분야별로 보면, 나노소재 332개(41.0%), 나노장비·기기 252개(31.1%), 나노전자 117개(16.3%), 나노바이오·의료 70개(9.7%) 순
- (나노융합기업 매출액) 기업의 매출액은 연평균 1.7%(15~19년) 성장, 현재 142조 5,286억 원 수준으로 제조업 전체 대비 10% 내외
  - 분야별로 보면, 나노전자 매출 비중이 83.1%로 대부분이며, 이어서 나노소재(13.8%), 나노장비·기기(2.5%), 나노바이오·의료(0.7%) 순
  - 중소·중견기업의 매출 비중은 8.5% 수준이며, 사업시작 후 매출 발생까지 8.7년 소요되어, 산업 생태계 강화를 위해 중장기 관점의 투자지원이 필요
- (고용인력) 종업원 수는 연평균 2%(15~19년) 성장하여 현재 15만 2,271명 수준



1) 2019년 나노융합산업조사결과; 나노융합산업조사는 2012년부터 실시한 정부통계로, 나노기술 적용 제품이 큰 시장을 형성함에 따라 '나노융합산업'을 별도산업으로 분류하고 매년 조사를 실시

#### 나노기업 애로사항 설문조사

##### ◇ 나노기업 226개사를 대상으로 애로사항 설문조사

- (R&D)연구개발 수행 시, 사업화 추진 과정에서, 나노제품 성능·안전성 규제 대응 관련 애로사항에 대한 설문조사
- \* '2020 나노기업(나노공급기업, 수요기업) 애로사항 설문조사', 나노융합산업연구조합

##### □ (R&D 애로사항) 나노기업 226개사 대상 R&D 애로사항 설문조사

- 'R&D 자금 부족' 23.2%, '우수연구인력 부족' 20.1%, '시장(고객) 정보 부족' 17.9% 순으로 자금부족에 대한 어려움 호소



- 나노기술 관련 정부 연구개발 재원 배분의 우선순위는 '상용화기술' 26.9%, '기초·원천기술' 25.2%, '시험·분석·측정기술' 17.6% 순서로 조사



##### □ (사업화 애로사항) 나노공급기업 224개사와 수요기업 79개사를 대상으로 사업화 과정에서의 애로사항에 대해 설문조사

- 나노공급기업 224개사 대상으로 사업화 애로사항 조사 결과, '기술개발 및 생산 설비에 투자할 건강한 자금 부족'이 25.6%로 가장 높게 조사



- 수요기업 79개사 대상으로 사업화의 애로사항을 조사한 결과, '나노기술 적용 시 성능 개선이나 원가 절감 효과가 위험을 감수할 만큼 크지 않음'이 18.0%로 가장 높았고, '높은 가격'과 '품질 보장에 대한 의구심' 순으로 조사



- 최근 3년간 매출실적이 하락한 나노기업 54개사를 대상으로 매출 실적 하락 원인을 조사한 결과, '관련 시장 축소'라는 응답이 24.0%로 가장 높게 나타났고 이어 '신규 수요기업 발굴 미흡' 22.2%, '기존 납품처 거래감소 18.5%' 순으로 나타나 여전히 수요처 확보의 어려움 호소



- '나노제품 안전성 규제에 대한 경험'이 있는 기업은 31개사로 다양한 유형별로 조사 되었으며, '나노융합제품의 성능·안전성

인증제도 및 센터의 필요성'에 대해서는 57.1%가 중요하다고 응답하여 장기적으로는 준비가 필요할 것으로 평가 됨

## □ 시사점

- '정부 연구개발 사업의 자원 배분 우선순위' 항목에 있어 상용화기술 26.9%, 기초·원천기술 25.2%로 보유기술의 상용화뿐만 아니라 중·장기적인 기초원천기술에 투자 필요성도 공존

☞ 나노기업은 아직 시장도입 시기이며, 시장적용 확대를 위해서는 지원전략뿐만 아니라 경쟁력 있는 차별화된 기술개발 필요

※ 기존 기업들이 점유하고 있는 치열한 시장에서 경쟁하기보다는 새로운 나노융합제품 시장을 개척하기 위해 World First, World Best 전략 중심의 기술 비즈니스 시도 중

- '자금부족의 어려움 호소'는 오랜 기간 연구 및 사업화 지연에 따른 매출 부족에서 기인한 것으로, 이에 대한 대응방안 마련이 필요

☞ 공급기업의 대부분이 아직도 연구개발 단계에 있다는 것을 의미하며, 실제 사업화에 더욱 다가갈 수 있는 정책 마련이 필요

※ 연구개발 시 어떤 비용이 부족한지, 어떤 장비 투자가 필요한지 등을 세분화해서, 자금지원 외에도 공동 연구시설 및 테스트베드 활용 등으로 지원할 필요

- '나노기술 적용 시 성능 개선이나 원가 절감 효과가 위험을 감수할 만큼 크지 않음'에 대해 수요기업의 인식전환 필요

☞ 나노기술 적용에 대한 수요-공급기업간 입장차가 큰 데서 기인한 것으로서, 능동적 시장진입과 새로운 시장창출을 위해서는 기존 제품을 단순히 개선하는 수준이 아닌, 획기적인 성능향상과 가격 경쟁력 확보가 필수적이며, 이를 위해 첨단 나노기술 활용이 필수적이라는 공감대 형성이 중요, 아울러 개발 초기부터 수요-공급 기업이 함께 참여하는 방식의 나노융합혁신제품 개발이 필요

- '나노융합제품의 성능·안전성 인증제도 및 센터의 필요성'에 대해서는 과반수가 중요하다고 응답, 장기적 준비와 대책마련 필요



## 5 국내 나노기술 기술수준평가

- (기술수준) 전체 나노기술의 최고기술국은 미국이며, 한국은 미국 대비 85.7%(선도그룹)로 2014년 조사 대비 약 4.2%p가 향상되었으나 여전히 4위의 기술수준을 보유하고 있는 것으로 평가

\* 미국(100%) > 일본(92.0%) > 독일(90.2%) > 한국(85.7%) > 중국(81.4%) 순

- 5대 나노분야(중분류) 기준으로 5대 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국은 5대 분야의 모든 기술수준이 4위

- (기술격차) 한국과 미국간 기술격차는 2.5년으로 2014년 대비 0.5년 감소하여 기술수준과 연계된 결과로 판단

- 일본과 독일은 각각 미국 대비 1.3년, 1.6년 열위로 2014년 대비 격차는 동일

- 5대 나노분야(중분류)\* 기술격차는 최고기술국인 미국 대비 상대적 기술격차가 3년 내외로 평가

\* 미래수요 대응 차세대 나노소재 기술, 건강한 삶을 구현하는 나노바이오 기술, 지속가능한 사회를 위한 나노에너지·환경 기술, 미래산업의 기반이 되는 나노소재 기술, 제조업을 선도하는 나노공정·측정·장비 기술

- 5대 분야 중 '미래수요대응 차세대 나노소재 기술'이 가장 격차가 작은 것으로 평가되어, 한국의 반도체 산업 경쟁력의 위상 재확인

구분	2014년 기준			2016년 기준			2019년 기준		
	기술 수준(%)	기술수준 그룹	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술수준 그룹	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술수준 그룹 <sup>2)</sup>	기술 격차(년)
미국	100(1)	최고	0.0	100.0(1)	최고	0.0	100	최고	0.0
한국	81.5(4)	선도	3.0	83.1(4)	선도	2.7	85.7	선도	2.5
일본	91.9(2)	선도	1.3	93.4(2)	선도	1.0	92	선도	1.3
중국	71.0(5)	추격	4.4	75.6(5)	추격	3.8	81.4	선도	3.1
독일	89.4(3)	선도	1.6	91.4(3)	선도	1.5	90.2	선도	1.6

(출처: 나노기술 수준평가, 국가나노기술정책센터(2019))

2) 선도(100%): 세계최고 수준, 선도그룹(80%초과~100%미만): 기술분야를 선도하는 그룹, 추격그룹(60%초과~80% 이하): 선진기술의 모방개량이 가능한 수준, 후발그룹(40%초과~60%이하): 선진기술의 도입적용이 가능한 수준, 낙후그룹(40% 이하): 연구개발 능력이 취약한 수준

## 6 제4기 계획 목표 대비 현재 수준

- (과학기술발전지표) 투자규모는 목표달성 가능, 나노기술수준은 상위로 향상될수록 수준 차이를 좁히는데 더욱 많은 투자와 노력 필요

- 핵심연구인력 및 미국특허청 등록 수는 이미 성과 목표에 도달함

- (산업화발전지표) 기업수와 매출비중은 2025년 목표 달성이 예상되나, 이에 수반되는 종사자 인력은 목표 달성이 요원

구분		2015	2019[현재]	2025	비고
과학기술발전지표	나노 과학기술수준	81%	85.7%	92%	2019년 미래나노기술30 기술수준평가 결과기준
	나노기술분야 정부 R&D 투자 (정부 R&D 투자 비중)	5,457억원 (2.9%)	6,994억원 (3.4%)	8,800억원 (4%)	2020년 나노기술발전 시행계획 기준
	핵심연구인력	9,142명	12,007명	12,000명	나노기술연감 기준
	미국특허청 등록수	985 (세계3위)	1,121 (세계3위) 5,298건 ('15~'19누적, 세계 3위)	5,000건 ('15~'24누적)	주요국 실적 ('15~'19누적) 미국: 36,262 일본: 7,551 독일: 3,290 중국: 3,767 대만: 3,075 2020년 나노기술발전 시행계획 기준
산업화발전지표		2015	2019	2025	산업통상자원부, 2020 나노융합 산업조사('20년)
	나노융합제품 매출비중 (국내 제조업 100%)	9.3%	9.7% ('18년)	12%	
	나노융합 기업 수	609	809	1,000	
	나노융합산업 종사자 수(명)	149,529	152,807	250,000	

※ 2025년 목표치는 제4기 나노기술융합발전계획 상 목표



### III 국내외 동향 분석 및 시사점

#### 1 해외 나노기술 정책 동향



##### 미국

▶ **바이든 행정부는 경기부양 및 글로벌 기술패권 유지를 위해 첨단 나노기술 개발을 포함한 연방정부 공공R&D 확대 기조**

- **바이든 정부는 과학기술정책 관련 정부기능 강화를 통해 넥스트 코로나 시대 대비, 친환경 에너지로 전환, 글로벌 기술패권 우위 기조**
  - 코로나로 위축된 경기 부양을 위해 **연방차원의 투자 확대**와 미래 도전을 위한 **High-risk, High-return형 연구프로젝트 강화** 예상
    - 나노기술·재료, 정보과학기술, 생명·임상의학, 환경·에너지 등의 R&D 지속, 특히 '01년부터 지속된 **나노기술정책(NNI) 확대** 전망
    - ※ 그린뉴딜, 청정에너지, 바이오, 우주, 중소기업 혁신 등은 오바마 정부와 유사

■ **바이든 행정부 과학기술정책의 5대 특징(NICHE) (KISTEP 보고서, 2021.01)**

- (N-넥스트 코로나) ①공공 R&D 인프라 확대와 출연(연) 중심의 재난대응 신속 R&D 체계 마련, ②국가위기상황 발생 시 과학기술계 자문기능 활성화
- (I-산업 혁신) ①공정 경쟁에 기반한 국산 제품·기술의 국제 경쟁력 강화, ②안정적 공급망 확보로 바이든 행정부의 자국보호 정책 대비
- (C-미·중 패권경쟁) ①5G, AI, 바이오 등 주요 기술패권 분야 국제협력 강화, ②기술역량 강화를 위한 지속적 R&D투자 확대
- (H-과학기술 인재) ①과학기술 분야 고숙련 인재 확보, ②해외우수인재 적극 유치
- (E-에너지·기후변화) ①화석에너지 규제 강화 수출타격 대비, ②청정에너지 산업 미국 내 밸류체인 편입 전략 수립, ③청정에너지 R&D 인력 수급 강화

- '01년부터 시작된 NNI(National Nanotechnology Initiative), 현재 5차 추진 중
  - '비전-목표-세부목표-프로그램(PCA)' 체계로 구성되며, 비전 및 목표는 '04년부터 현재까지 큰 변화 없이 유지
  - (예산) '13년 이후부터 매년 약 15억달러(약 1조8천억원) 이상 투자

- 독립적인 R&D 프로그램이 아닌 부처별 사업의 연계정책으로 추진
  - 나노기술은 제조산업의 경쟁력을 획기적으로 높일 수 있는 핵심 기반기술로써 미국의 산업경쟁력 향상을 위한 핵심으로 인식
  - NNI는 범부처 차원에서 부처별 추진되는 나노기술 관련 연구개발 방향을 제시하는 청사진으로서의 역할도 수행
- 세부목표 달성을 위해 5개의 프로그램(PCA)을 통하여 실행
  - 5개의 프로그램(PCA)은 ①나노기술 시그니처 전략 및 그랜드 챌린지, ②기초연구, ③나노기술지원 응용, ④연구기반시설 및 도구, ⑤환경 및 보건안전으로 구성
    - PCA2(기초 연구) 부문은 NNI 초기부터 현재까지 지속 강조하고 있으며, 가장 많은 예산이 배정(총예산의 40% 내외)
  - 5차 NNI에서는 데이터의 저장·공유·활용에 관한 인프라가 새롭게 등장



##### 중국

▶ **나노기술 등 첨단과학기술 투자 강화를 통해 미중 무역전쟁을 극복하는 한편, 2049년(신중국 수립 100주년) 현대화 강국 수립**

- 국가핵심 계획인 '**제14차 5개년 계획(21~25)**'은 사회주의 현대화 실현을 목표로, '**내수 위주의 쌍순환 전략**'을 경제운영 기본원칙으로 발표
  - (쌍순환 전략) 新수요 발굴을 통해 내수시장 육성 및 자립형 공급망 구축
    - \* 유망산업 : 디지털경제, 친환경, 실버, 언택트 분야의 산업 수요 증가 전망
- **2035년까지 과학기술 강국 건설을 목표**하며, 14차 5개년 계획에서 과학기술혁신을 최우선 순위로 과학기술 자립·자강에 집중
  - 과학기술역량 제고를 위해 과학기술부는 **8대 전략방향\*** 제시

\* 1) 과학기술혁신 체계화 능력제고, 2) 국가 전략적 과학기술 역량 구축, 3) 기초연구 강화, 4) 기업 기술혁신력 제고, 5) 과기혁신 체제 개선, 6) 과기인력 혁신, 7) 기풍·학풍 육성, 8) 개방형 협력 강화

□ 중국은 5개년계획, 국가중장기과학기술발전계획, 중국제조 2025 등을 통해 나노기술을 포함한 과학기술 정책 추진 중

- (기초연구) 국가중장기과학기술발전계획 - 나노과학기술중점특별 프로젝트를 통해 7대 나노기술 분야\* 연구

\* 1) 나노재료의 제어 가능한 제조·자동조립·기능화, 2) 나노물질 메커니즘, 특성 및 제어 메커니즘, 3) 나노가공 및 통합원리, 4) 개념 및 원리단계 나노소자, 나노전자공학, 나노바이오·의학, 5) 분자집합체와 생물분자의 광학적, 전기적, 전자적 특성과 정보의 전달, 6) 단일분자의 거동 및 제어, 7) 분자 기계, 나노계측

- (산업화연구) 중국제조 2025(재료분야 과기혁신특별계획)의 10대 성장동력 산업 중 신소재 부문에 나노기술을 포함하여 산업화 연구 수행
  - 신소재 분야는 첨단 신소재 및 핵심기술 개발을 통한 기반 재료 개선 및 대체 재료 가속화를 목표로 제시
- (기반조성) 5개년 계획에 나노기술을 포함한 과학기술 분야 전반에 대한 기반조성 내용을 반영하여 운영 중
- (인재육성) 개별 프로그램 수준에서 인재육성이 이뤄지고 있음

□ 한편, 재료분야 과기혁신특별계획에서는 나노기술 기초·원천 연구 개발 강화를 통해 글로벌 경쟁력을 갖는 질적 성장에도 초점

- 중국이 샤오캉사회 진입 목적의 재료 분야 혁신 추진을 위해 나노기술을 기반으로 한 첨단기술 융합, 환경보건안전, 사업화에 초점

#### < 재료분야 과기혁신특별계획 핵심 기술 >

1) 그래핀 탄소재료기술, 2) 정보전자 나노재료기술, 3) 에너지전환 및 저장 나노재료기술, 4) 나노바이오의료용재료기술, 5) 전통산업 고도화 및 에너지 절감 오염물 배출용 나노재료기술, 6) 나노가공, 제조, 특성화, 안전평가, 표준기술 및 장비



EU

#### ▶ 기후 변화 대응 및 순환 경제로의 전환 등의 사회적 이슈들을 과학기술 혁신을 통해 해결하고 이를 산업 경쟁력 제고에 활용

- 'Horizon Europe(21~27)' 통해 성장 촉진 및 경제·사회적 파급력 기대
  - 총 950억유로 예산 중 35% 이상을 기후변화 대응 목표달성에 활용, 경제·사회적 파급력을 기대하며 이를 위해 3대 방향\* 제시

\* 1) EU의 과학경쟁력 향상 우수한 과학(Excellence Science) 지향, 2) 글로벌 사회문제 해결형 도전과제 지원, 클러스터를 통한 기술·산업역량 강화, 3) 유럽 혁신생태계 개발 및 지식통합 등으로 혁신환경 구축(Innovative Europe)

- 나노기술은 EU 정책의 핵심요소기술(Key Enabling Technologies)로서 탄소전환 촉진 등 범국가적 이슈 및 산업 경쟁력 제고에 공통 활용
  - 나노기술은 글로벌 도전 및 산업 경쟁력 관련 5개 클러스터\* 성장을 촉진하며, 기초원천연구를 통한 탁월한 과학역량을 제고

\* 건강, 포용적이며 안전한 사회, 디지털 및 산업, 기후, 에너지 및 모빌리티, 식량 및 자원



일본

#### ▶ 국가경제 지속발전과 국민 삶의 질 개선을 위한 과학기술을 지향함에 따라 나노기술의 타 분야와 융합·협력 강조

- '제6기 과학기술기본계획(2021~2025)'에서는 나노기술·재료의 영역을 주요 첨단 기술분야로 확대하여 위상 강화
  - 나노기술, 재료, 디바이스를 모두 포괄하는 'Material 테크놀로지'라는 용어로 제안, '첨단재료를 통한 사회혁명(Material 혁명)' 비전 제시
- 나노기술 자체적 발전보다는 타 분야와의 융합·협력을 강조
  - 국가적 차원에서의 나노기술 역량 결집을 위한 협력거점 구축
    - 세계적인 연구개발 및 오픈이노베이션 거점인 츠쿠바 이노베이션 아레나(TIA) 구축하여 산업계 가교 역할 및 인재육성
    - 이공계 인력 배출 축소 추세에 들어서면서 우수 나노기술 인력양성을 위해 각 학교에서 나노기술 교육 프로그램 확대 및 국제협력 강화

## 2 국내 정책동향

▶ 첨단기술인 나노기술을 활용하여 미래원천기술을 개발함과 동시, 소부장 기술자립, 시스템반도체 개발, 탄소중립 등 현안대응 요구

- **(제4차 과학기술기본계획)** 새로운 과학기술 혁신과 도전을 부제로 제안하며, 국민 삶의 질과 관련된 내용도 포함되어 운용
  - 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 활발한 과학기술 혁신 생태계 조성, 과학기술 기반 신산업·일자리 창출, 과학기술로 행복한 삶 구현 등 제시, 다양한 분야에 과학기술혁신 적용 강조
- **(코로나 팬데믹)** '20년도 초부터 전세계를 휩쓸고 있는 코로나로 인해 확진자와 사망자 폭발적 증가, 진단기기·치료제·백신 개발 및 보급이 전세계적인 화두가 되었으며 선점시 천문학적 경제효과 예상
- **(소부장 기술자립)** 위기를 기회로 삼아 글로벌 소부장 강국으로의 도약을 위해 글로벌 공급망 재편대응 및 미래시장 선점 추진
  - **(소부장 산업 경쟁력 강화)** 일본 수출규제를 넘어, 對세계 소재·부품·장비 글로벌 가치 사슬(GVC) 대응을 위해 핵심품목 확대
    - 기존 6대 주력분야(반도체, 디스플레이, 자동차, 전기·전자, 기계·금속, 기초화학) 100대 품목에서 Big 3(시스템반도체, 바이오, 미래차), 환경·에너지, SW·통신 등 신산업분야 338대 품목으로 확대(소부장 2.0)
  - **(소부장 R&D 고도화)** 현재의 공급망 안정을 위해 확대된 핵심 품목을 단기간 내 개발함과 동시에, 중장기적인 미래 신공급망 창출·선점을 위해 미래선도품목 선제적 발굴 및 초격차 R&D 추진
- **(차세대 지능형 반도체 개발)** 미래 수요대응, 신시장 선점을 위한 차세대 지능형 반도체 핵심 원천기술 확보 추진
  - 인공지능(AI) 반도체, 주력산업용 첨단 반도체, 저전력·고성능 신소자, 원자 수준의 미세공정 기술 등 차세대지능형 반도체 기술 개발사업에 10년간('20-'29) 총사업비 1조 96억원이 투입

- **(과학기술 미래전략2045)** 국민 삶과 경제성장의 질을 높이고 인류 사회에 기여하는 과학기술 도전과제를 거시적 시각에서 제시
  - ①안전하고 건강한 사회, ②풍요롭고 편리한 사회, ③공정하고 차별 없는 소통·신뢰 사회, ④인류사회에 기여하는 대한민국 등 3가지 미래상과 그에 따른 8가지 과학기술 도전과제 제시

[미래 이슈(Big Questions)를 해결하기 위한 과학기술]

미래상	Big Questions	과학기술 도전과제
안전하고 건강한 사회	(자연) 인류를 위협하는 외부요인에 어떻게 대처할 수 있을까?	기후변화, 재난재해, 감염병 등 인류의 생존 위협에 대처
	(오염) 환경오염 없이 인류가 문명을 지속번영시킬 수 있을까?	폐기물 및 방사능 등 환경오염에 대응한 지속가능성 확보
	(건강) 인간이 몇 살까지 건강하게 살 수 있을까?	차세대 바이오·의료 기술로 건강한 삶 실현
풍요롭고 편리한 사회	(능력) 과학기술은 인간의 신체적·정신적 능력을 어디까지 발전시킬까?	인간의 신체적·지적 능력 보완·확장
	(자원) 인류는 생존에 필요한 것을 지속적으로 확보할 수 있을까?	자원고갈에 대비한 농어업·제조업·에너지 혁신
	(이동) 생활권을 어디까지 넓어지고 이동은 얼마나 편리해질까?	우주 생활권 실현과 안전하고 편리한 이동
공정하고 차별 없는 소통·신뢰 사회	(소통) 사람은 어디서 어떻게 소통할까?	다양한 소통방식과 신뢰할 수 있는 네트워크
인류사회에 기여하는 대한민국	(확장) 인류의 활동영역은 어디까지 확장될까?	새로운 삶의 영역을 확보하기 위한 미지의 공간 개척
	상기 도전과제 해결의 토대가 되는 기초과학의 주요 난제에 도전	

- **(한국판 그린 뉴딜)** 탄소중립(Net-zero)을 지향하여 그린경제로의 전환 가속화, 과학기술 및 산업 정책방향을 저탄소·친환경으로 전환
  - 에너지 절약과 환경 개선, 신재생 에너지 확산 등의 기반이 되는 “그린 에너지담” 등 친환경 에너지 인프라 구축
    - 도시·공간·생활 인프라 녹색 전환, 저탄소·분산형 에너지 확산, 녹색산업 혁신 생태계 구축 등

## 나노기술 오피니언 리더 의견

### ◇ 나노기술분야 오피니언 리더급 연구자 간담회 (총5회)

- 나노분야 IBS단장 등을 중심으로 나노과학기술의 비전 청취 및 간담회
  - ※ IBS 나노구조물리단장, IBS 나노입자연구단장, IBS 나노의학연구단장, IBS 나노물질 및 화학반응 연구단장, 포항공대 부총장 등

### □ (R&D) 나노과학기술이 가장 임팩트를 줄 수 있을 것이라고 전망하는 분야로 **바이오, 에너지/환경** 등의 분야를 전망

- (바이오) 전염병 대처, 치매 조기 진단 등
  - \* 조기 진단, 신속 진단, 대량 진단 등의 키워드에 나노기술이 대응
- (에너지) 배터리
  - \* 이미 리튬이온전지 소재의 상당 부분은 나노소재로 구성되어 있으며, 이후 기술적 혁신도 나노소재를 통해서 가능
- (환경) 이산화탄소 저감 및 재활용
  - \* 사회적 중요성에 비해 국내 나노연구자들의 연구활동이 상대적으로 미진

### □ (사업화) 나노기술을 통한 사업화 성공사례 축적 필요

- 나노기술이 가장 핵심이 되는 나노기술 주도의 Killer Application 발굴 기초하에 100억 대 규모의 작은 시장(Nano enabled product)에서의 성공 경험을 많이 쌓는 것이 필요
  - \* (CNT의 사례) 여전히 반도체 소자로서의 꿈을 유지하는 연구그룹 존재, 반면 이차전지 전극소재로 시장 진입에 성공
- 산업유형별로 기술 상용화 전략에 차별화 필요
  - \* (에너지/반도체) 이미 성숙한 산업분야는 해당 분야 선도기업과의 협업이 중요하고, 기술이전 중심의 사업화 전략이 적합
  - \* (바이오 메디컬) 대기업/중견기업이 부재한 분야는 가급적 많은 스타트업이 생길 수 있는 환경 제공이 필요

## 3 국내 나노기술 SWOT 분석





## 4 시사점

▶ 그간의 과감하고 도전적인 투자를 통한 양적 성장 잘 갈무리, 질적 도약과 함께 기술혁신을 통한 실질적 성과창출로 나아가야

**R&D** 양적으로 축적된 나노기술 역량을 질적 도약의 발판으로 활용

- Fast Follower 시기의 과감하고 도전적인 투자를 통해 이룩한 양적 성장을 잘 갈무리하고, First Mover로의 패러다임 정착
- 범용 기반기술로서의 특성과 장점을 최대한 살려 나노기술이 타 기술·산업 발전에 결정적으로 기여할 수 있도록 활용 극대화
  - 소부장 기술자립, 감염병 극복 및 비대면 시대의 기반기술 개발, 전세계적 화두인 탄소·에너지 이슈 등 핵심현안 해결에도 적극 기여
- 글로벌 수준 나노기술 역량 유지·발전을 위한 지속적인 R&D투자 확대

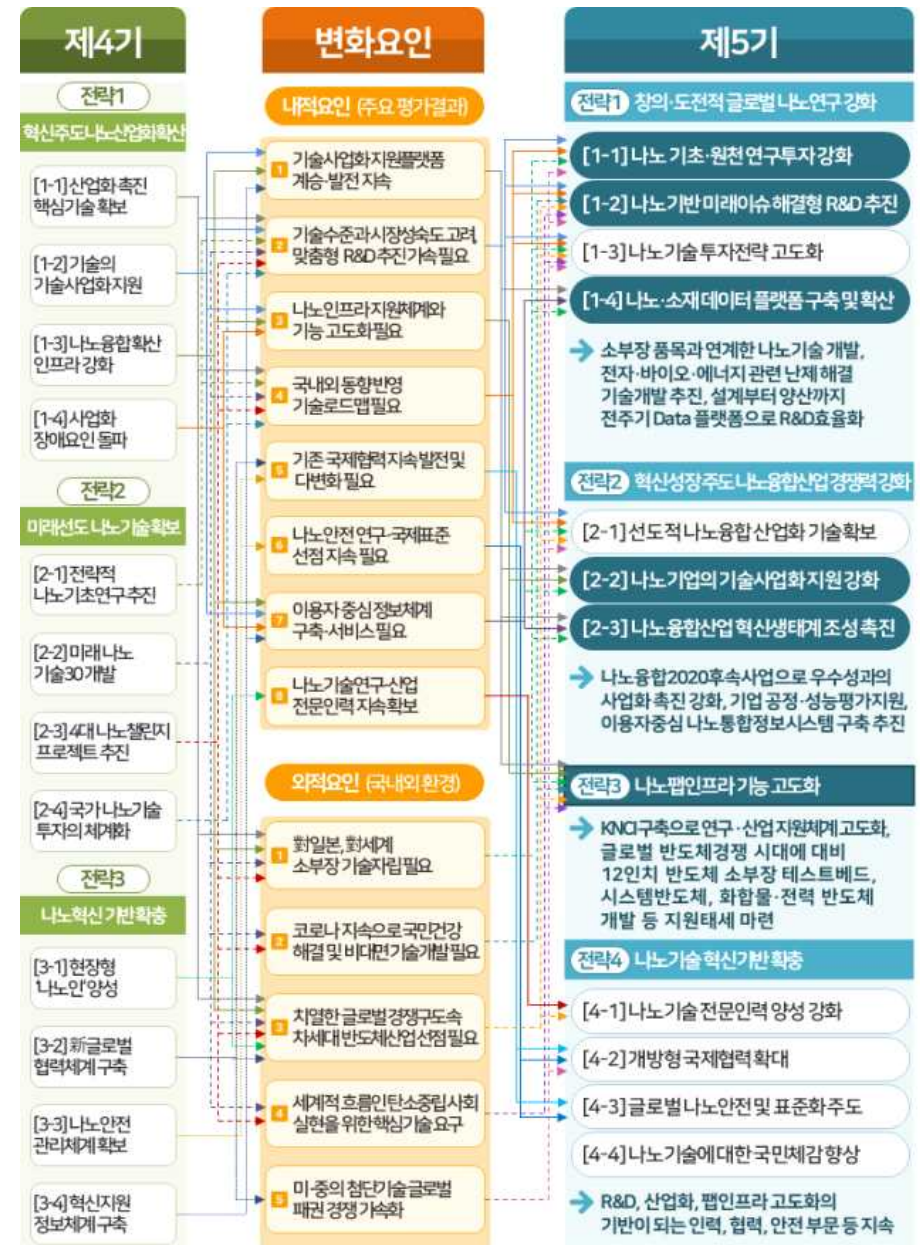
**산업화** 산업화 핵심기술 확보뿐만 아니라 R&D성과를 기술사업화로 추동할 수 있는 지원 프로그램, 산업혁신을 위한 전반적 생태계 조성도 필요

- 나노기술이 아니면 해결하기 어려운 미래산업 핵심기술 발굴·개발
- 사업화 과정에서 부딪히게 되는 추가R&D, BM개발, 실증 등 단계별 걸림돌을 극복할 수 있는 전주기 지원체계 운영 필요
- 미래산업 수요 발굴, 기업활동 정보제공 등 체계적인 지원 생태계 정착

**나노인프라** 대학, 출연연의 연구개발 뿐만 아니라 기업의 제품개발 등 산·학·연의 다양한 수요를 지원할 수 있도록 인프라 고도화 필요

- **(웹 시설)** 전국적인 나노 연구·산업 수요를 감당할 수 있도록 권역별로 기본 수준 이상의 웹 시설과 서비스 시스템 구축·지원
  - 특히 국가 시책인 소부장, 반도체 분야는 전략적·능동적 대응체계 마련
- **(기반확충)** 연구·산업 발전의 근간인 인력양성 강화, 우리나라 경제·과학기술 수준에 걸맞는 다양한 방식의 국제협력 확대
  - 점차 증대되고 있는 나노제품 안전성, 표준화 이슈에도 적극 대응

## 참고 제4기 계획 대비 변화된 모습





## IV 비전 및 목표

### 비전

#### 나노기술 혁신으로 글로벌 미래사회 선도

글로벌 미래선도 나노기술  
경쟁력 확보 (30년)

핵심  
목표

나노융합산업 글로벌  
리더로의 도약 (30년)

세계최고 대비 나노과학기술수준 93%  
(\*19년) 85.7%

나노융합산업 매출액 200조원  
(\*19년) 143조원

세계최고 수준 원천기술 20개 확보

나노융합기업 1,500개  
(\*19년) 809개

#### 전략과제



창의·도전적  
글로벌 선도  
나노연구 강화

- 1 나노 기초·원천 연구 투자 강화
- 2 나노 기반 미래 이슈 해결형 연구 개발 추진
- 3 나노기술 투자 전략 고도화
- 4 나노·소재 데이터 플랫폼 구축 및 확산



혁신성장 주도  
나노융합산업  
경쟁력 강화

- 1 선도적 나노융합 산업화 기술 확보
- 2 나노기업의 기술 사업화 지원 강화
- 3 나노융합산업 혁신생태계 조성 촉진



나노팜인프라  
기능 고도화

- 1 나노팜인프라 지원체계 고도화
- 2 나노팜인프라 지원기능 고도화
- 3 나노팜인프라 혁신 및 중장기 발전전략 마련



나노기술  
혁신기반 확충

- 1 나노기술 전문 인력 양성 강화
- 2 개방형 혁신을 위한 국제협력 확대
- 3 글로벌 나노안전 및 표준화 주도
- 4 나노기술에 대한 국민 체감 향상

## 발전지표

## 나노과학기술 및 산업화 정량목표

		2020	2025	2030
과학 기술 발전 지표	나노과학기술수준	85.7%	90%	93%
	나노기술분야 정부 R&D 투자 (전체 R&D 투자 대비 비중)	6,994억원 (3.4%)	1.2조원 (4%)	1.5조원 (4%)
	핵심연구인력	12,007명	16,000명	19,000명
	미국특허청 등록수	1,121 (세계3위) 5,298건 (*15~19누적)	1,300 (세계3위) 6,100건 (*20~24누적)	1,500 (세계3위) 13,200건 (*20~29누적)
	세계최고 수준 나노원천기술 (20~29누적)	-	10건	20건
		2020	2025	2030
산업 발전 지표	나노융합제품 매출액	142.5조원	170조원	200조원
	나노융합 기업 수	809개	1,100개	1,500개
	나노융합산업 종사자 수	15.2만명	16.2만명	17만명

※ 목표연도는 집계 수행년도, 집계대상은 전년도 성과

## V 추진 전략 및 과제

## 1 창의·도전적인 글로벌 선도 나노연구 강화

## 1-1 나노 기초·원천연구 투자 강화

▶ 나노 과학기술 수준향상을 위한 기초연구 투자 확대, 미래산업과 소부장 현안대응에 기여할 수 있는 핵심 원천기술 개발 강화

☐ 나노분야 기초연구 투자규모 확대

- 나노분야 과학기술 수준을 전반적으로 향상시키고 도전적인 미래 기술을 확보하기 위해 나노기초연구 사업규모를 지속적으로 확대
  - ※ ('19년) 2,459개 과제 2,351억원 지원 → ('25년) 2,600개 과제 3,000억원 수준
- 특히 학제간 융합기반 창의적·혁신적 기초연구 활성화 및 실효성 확보를 위해 나노분야 집단기초연구사업 투자확대 중점 추진
  - ※ ('19년) 54개 과제 399억원 지원 → ('25년) 75개 과제 600억원 수준

☐ 미래수요 대응 선제적 원천기술 개발

- 10년 이후의 미래사회 주요 이슈\*에 대비하기 위해 나노·소재 분야 ‘미래유망기술’을 발굴하고, 해당 분야별 기술난제 도출
  - \* (예시) 양자컴퓨팅, 미래디스플레이, 그린에너지, 에너지저장, 바이오생체소재, 순환형 플라스틱 등
- 미래유망기술 기술난제 해결을 위해 ‘25년까지 나노·소재 분야 ‘미래기술연구실’\* 100개 이상(누적)을 선정하여 전략적인 연구개발 수행 지원
  - \* 기술수준, 산업성숙도 등을 고려하여 연구주제별 맞춤형 과제 기획 추진
- 단기적 문제해결에 그치지 않고, 해당 분야의 장기적 원천기술 축적과 연구집단 육성을 위해 ‘개신형 오래달리기’\* 과제 운영 도입
  - \* 기존 3~5년 단위의 프로젝트성 지원에서 탈피하여 해당 분야 원천기술개발 성과의 타월성, 산업파급력 등을 평가하여 지속 지원 여부 결정

☐ 소재·부품·장비 공급망 창출을 위한 핵심기술 확보

- 소부장 분야 글로벌 공급망 창출 및 선점을 위한 핵심 R&D품목 (185개)과 연계하여 나노기반 핵심기술 개발 지원
  - \* 주력산업(5개 분야) : 반도체, 디스플레이, 전기/전자, 자동차, 기계/금속
  - \*\* 신산업(4개 분야) : 미래소재, 바이오, 그린에너지, 비대면 디지털
- 산학연 협력 모델에 기반한 ‘국가핵심소재연구단’을 확대 지정(‘20년 32개 → ‘25년 100개(누적))하고, 부처간 이어달리기, 함께달리기를 통해 연구성과 확산
  - 공공연구기관, 대학, 기업이 한 팀이 되어 핵심품목 자립화를 위해 특화형, 플랫폼형 형태로 원천기술 확보 추진
  - 연구 착수 전에 해당분야의 지식재산권을 분석하고, 착수 이후 기술획득 전략 및 특허회피 설계하는 등 전략적인 IP R&D 지원
  - 소재뿐 아니라 개발한 소재를 적용한 공정·부품·시스템까지 패키지 개발하고, 연구기간(5년) 내 기술이전(연구단별 10억원) 완료 목표 설정

< 국가핵심소재연구단 지원 형태 >

☐ 나노기술 분야 전문연구회 운영

- 산학연 전문가 등 다수 집단 지성이 참여하는 '나노기술 분야별 전문 연구회'를 운영하여 나노 분야 연구주제 발굴 과정을 체계화
- 소수 연구자가 제안하는 연구주제 발굴 방식에서 탈피하여 공개 워크숍 개최 등 개방형 형태로 연구현장 수요를 상시 반영

### < 기술수요 조사 및 연구주제 선정 방식 >

구분	현행	개선
기술수요 조사	연구자 개인의 관심사를 기술수요로 제출	전문연구회를 통해 연구제안자 뿐만 아니라 다양한 전문가의 의견을 반영
연구주제 선정	소수 전문가가 연구주제 선정	공개 워크숍 등을 통해 해당 분야 연구자들의 의견을 종합하여 최종 선정

## 미래유망 원천기술 (예시)

국가나노기술지도, 미래소재 원천기술 확보전략 등에 근거, 미래 나노기술 트렌드에 부합하는 글로벌 수준 원천기술 개발 (新IoT, 건강100세, 공공안전, 그린에너지 등 4대 분야)

분 야	원천기술명	기술 개요 (적용분야/특장점)
新IoT	 양자컴퓨팅용 밸리트로닉스 소자기술	2차원 나노소재에서 발견되는 밸리 홀 효과 등을 이용하여 이진법 정보를 저장할 수 있을 뿐 아니라 중첩된 양자 정보까지 저장할 수 있어 양자컴퓨팅에 활용 가능
	 스마트 모빌리티 센서 네트워크를 위한 자율전원 기술	나노소재 및 나노구조체를 이용하여 주변의 미소에너지를 수확함으로써 무선센서 모듈에 안정적으로 전력공급
	 차세대 디스플레이용 페로브스카이트 발광 소재 및 소자 기술	차세대 고성능 디스플레이 표준인 REC2020 기준을 만족할 수 있는 유력한 기술적 대안이며, 기존 OLED 대비 광학특성 우수
	 홀로그래밍 복소 광변조 능동 메타소재 기술	실시간으로 제어 가능한 나노 구조체로 고화질 광시야각 홀로그래밍을 가능케 하는 능동 메타소재
	 차세대 통신용 고출력 고방열 초고주파 소재 기술	6G 통신에 활용될 기온소재의 물리적 한계를 뛰어넘을 수 있는 신호 저손실, 고방열, 저유전 특성 등에 부합되는 신소재
그린 에너지	 암모니아 연료전지용 나노촉매소재 기술	암모니아를 직접 연료로 적용 가능하게 하는 연료 전지 촉매 소재로 기존 연료전지가 갖는 순수수 사용 문제 극복 가능
	 고효율 수소 제조 및 분리 위한 무독성 광전극 기술	안정성이 확보된 나노촉매를 기반으로, 태양광을 직접적으로 사용하여 부산물 없이 고순도의 수소를 생산
공공안전	 초분광 영상용 광대역 적외선 센서 소재기술	화합물 반도체를 기반으로하는 근/중/장파장 적외선(IR)대역 검출 에피 기판소재로 지질 성분분석, 농작물식생분포, 가스누출모니터링, 해양오염 등 새로운 식별 및 분석 가능
	 폐플라스틱 재활용을 위한 동적 결합 가교 고분자 소재 및 공정 기술	기존의 열경화성 수지가 지니는 우수한 물성과 화학적 안정성을 잃지 않으면서 반복적 형태 변화, 재활용, 분해를 통한 단량체 회수가 가능
건강 100세	 3차원 인공조직 소재 기술	혈관을 포함한 3차원 인공조직을 구현하여 체내 삽입형 의료기기의 성능을 생체 밖에서 평가할 수 있도록 함으로써, 다양한 의료기기 개발에 활용 가능
	 난치성 질환 타겟 디지털치료-피드백센서 통합 시스템 기술	나노공정 및 소재 기술을 기반으로 생체신호를 인위적으로 제어하여 난치성 질병을 치료할 수 있을 뿐 아니라 치료제의 효능을 즉각적으로 피드백함으로써, 디지털 치료제의 효능을 극대화

## 핵심품목 연계 원천기술 (예시)

주력산업 품목 연계 핵심기술 확보를 위해 ①특화형(특정품목의 성능구현을 위한 대체기술) ②플랫폼형(복수의 품목 성능향상에 기반이 되는 범용기술)으로 구분 지원

분 야	원천기술명	기술 개요(적용분야/특장점)
반도체	 의료용 반도체 레이저 핵심 소재 기술	의료기기용 화합물 반도체 광전소자 기반의 레이저 광원 원천 소재 개발
디스플레이	 차세대 디스플레이용 롤투롤 가능 glass 기술	플렉시블 디스플레이 기판의 봉지용 고내충격·고경도 유연성 투명필름 개발
자동차	 위험요소 탐지용 자동차 광센서 핵심부품 기술	자율주행 자동차용 광대역 광모듈 및 고민감도 광학 감지 센서 개발
전기전자	 고방열 저손실 다층 방열 회로기판 기술	차세대 전자기기용 밀리미터파 대응 인쇄회로기판 및 부품 패키지 개발
기계금속	 수송기기용 알루미늄 소재 기술	차세대 수송기기(자동차, 항공기)용 조직제어 및 합금설계를 활용한 알루미늄 판재 개발
기초화학	 가소성 바이오매스 천연고분자 기술	친환경 자동차용 생분해 및 재활용이 가능한 바이오매스 기반의 고성능 천연 고분자 플라스틱 개발
환경	 유해환경 모니터링을 위한 고성능 가스 센서 기술	대기오염물질·질소산화물 감지 센서용 나노소재 기반의 고감도 감지 소재 및 센서 소재 개발
에너지	 차세대 태양전지용 대면적 페로브스카이트 기술	고효율·고안정성 태양전지 용 실리콘 대체 페로브스카이트 웨이퍼 및 태양 전지 제조



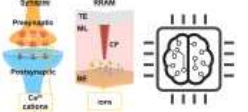

## 1-2 나노기반 이슈해결형 연구개발 추진

### ▶ 사회·경제적 주요 이슈에 대해 나노기술이 기술적 솔루션을 제공할 수 있는 R&D 주제 발굴 및 프로그램 추진

#### □ 비대면 시대의 기반이 되는 나노전자소자 기술개발 추진


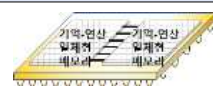
- 디지털 전환의 핵심인 ABC(AI, Bigdata, Cloud) 기술구현을 위해 기존 전자소자 한계(전력소비, 성능 등) 극복 **나노소자기술 개발 추진**
  - ※ 차세대지능형반도체 기술개발(신소자) 사업(과기정통부) 추진
  - 인공지능 구현을 위한 초저전력·고성능의 나노 신소자 원천기술 개발 및 웨이퍼 레벨의 집적·검증 기술개발까지 연계 추진

##### 【1】차세대 지능형 반도체 기술 및 적용분야

나노기술기반 지능형반도체		차세대 초저전력·고성능 나노 소자	
AI 연산을 초고속 저전력으로 수행하는 클라우드 데이터 센터, PC, IoT, 로봇틱스 기기		차세대 메모리와 로직 반도체, 차세대 센서 및 바이오칩	

- 반도체의 새로운 패러다임인 기억(메모리)과 연산(프로세서)을 통합한 신개념 반도체(PIM, Processing in Memory) 소자 핵심기술 확보 추진

##### 【2】기억/연산 통합형 반도체 기술 및 적용분야

기억-연산 통합형 near-memory 컴퓨팅		기억-연산 일체형 in-memory 컴퓨팅	
계산집약적 인공지능 관련분야, 하드웨어 기반 인공지능 시스템		하드웨어적 한계의 극복이 필요한 beyond von Neumann 구조의 차세대 인공지능 시스템	

- 비대면 또는 비접촉 인지 및 제어를 위해 가상·증강현실 구현\*이 가능한 고감도, 저전력소모 나노센서 및 나노구동기술 개발 추진
  - \* (예시) 시각 및 청각 뿐만 아니라 촉각, 미각, 후각 등을 모사

##### 【3】가상/증강현실 구현 나노센서/구동기술 및 적용분야

가상/증강 현실 구현 나노메타 기술		나노촉각센서 기술	
가상/증강/혼합현실 기기용 디스플레이, 홀로그램 디스플레이, 3차원 게임기		IoT 센서, 인공보철, 로봇, 웨어러블 센서	

#### □ 팬데믹 및 고령화 사회에 대비하는 나노바이오 기술개발 추진

- 팬데믹 감염병 및 고령화 질병 등에 대응하기 위한 나노기술 기반 고감도 신속 현장진단 및 환자 맞춤형 치료기술 개발 추진
  - ※ 범부처 치매극복연구개발사업('20-'29년) 및 전주기 의료기기 연구개발사업('20-'25년) 內 나노바이오 분야 기술개발과 연계
- 나노융합기술의 바이오산업 수용성을 높이고, 감염병 극복에 필요한 기술구현 촉진을 위한 원천기술 완성도제고형 나노바이오 R&D 추진
  - 나노바이오 원천기술을 바탕으로 시작품\* 제작, 유효성 평가·실증
    - \* 기술성능 유효성을 검증할 수 있도록 소재·부품·장비 형태로 구체화

##### 【나노바이오 분야 실증형 원천기술 개발】

- (목표) 나노바이오 원천기술의 산업적 수용성을 제고하여 사업화 촉진에 기여
- (내용) 나노기술의 바이오산업 적용 유효성 검증 및 평가를 통하여 기술사업화가 가능한 연구주제에 대한 실증과제 지원 (기술적 실증, TRL6 진입)
- (범위) 의료분야: 진단, 치료 / 비의료분야: 분석·공정, 생활용품·환경, 농수산식품
- (수행방식) 기술공급자(연구자) 주관 + 기술수요자(기업) 참여 → 결과물 이전 연계

##### 【1】초고감도 신속 진단, 동시 진단·치료, 미용 생활용품 나노바이오소재 및 적용분야

신속진단용 나노소재		동시진단치료용 나노바이오소재	
질병 진단센서, 항바이러스 및 항균 소재		암 조기진단 및 치료, 혈관 질환 진단 및 치료	

##### 【2】언제 어디서나 건강체크를 할 수 있는 나노바이오 센서/부품 및 적용분야

COVID-19 진단 나노바이오센서		치매 조기진단 반도체소자 센서	
변이 COVID-19 신속현장 진단 다양한 감염병 바이러스 동시 진단		피 한방울로 치매 및 파킨슨병 조기진단	

##### 【3】안전, 환경유해인자 다중분석, 고부가가치 바이오칩 구현 공정장비

식품, 대기유해인자 검출 장비		고정밀 분석 바이오칩 구현 공정 장비	
식품 안전성 분석장비, 슈퍼 박테리아 또는 곰팡이 현장 검출 장비		형광분석 바이오칩 장비, 환경유해인자 분석 공정장비	

[그림] 나노바이오커넥트 기술(예시)

## □ 지속가능한 미래를 위한 나노그린에너지원 기술개발 추진

- 온실가스 감축중심의 “적응적(Adaptive) 감축”에서 새로운 경제·사회 시스템으로의 “능동적(Proactive) 대응”으로 전환된 탄소중립 시책과 연동
- 신재생에너지, CCUS, ICT 활용 융합·혁신 등 ‘탄소중립 R&D 전략’ 추진에 기여할 수 있는 나노그린에너지원 핵심기술 개발
- 에너지·자원 생산뿐만 아니라 소비까지의 순과정\*에서 탄소배출을 최소화할 수 있는 나노기술 기반 신에너지·자원기술 개발 추진

### 【 탄소 Zero<sup>2</sup> 나노에너지 기술개발 】

- (배경) ①에너지원은 친환경적이나 에너지장치의 생산부터 폐기까지 순과정 고려시 그렇지 않은 요소 다수, ②환경오염을 근본해결 가능한 신에너지원 개발도 필요, ③비용대비 효율 최적화가 아닌 환경최우선 “Net Zero Carbon” 으로 개념전환 필요
- (내용) 나노기술 기반의 혁신적 탄소배출 저감 신에너지원 기술 또는 자연에너지를 사용하여 필요자원을 생산할 수 있는 포스트 에너지기술
- ① 기존 탄소배출량을 획기적으로 감축시키거나, 에너지변환장치의 제조공정-에너지 변환-에너지사용-장치폐기 등 일련의 과정에서 모두 탄소가 배출되지 않는 신기술
- ② 화석연료기반 에너지를 사용하지 않고도 필수자원을 확보할 수 있는 신생산기술 개발
- ③ AI 기반으로 자연순환계에서 에너지를 수확할 수 있는 신에너지원 기술 효용성 검증



### 【1】친환경소재를 이용한 그린에너지 발전기술

<p>脫실리콘 태양전지 나노소재</p> 	<p>천연소재 나노이온분리막 해수 전력발전</p> 
--	--

친환경 에너지 발전 시스템

해수 전력발전 시스템

### 【2】필요자원/환경을 외부에너지원 없이 얻을 수 있는 신개념기술

<p>자연에너지를 이용한 깨끗한 물 포집, 정화</p> 	<p>자연에너지를 이용한 냉난방 기술</p> 
--	--

물 부족 국가 식수 공급

Zero energy 빌딩

### 【3】자연순환계에서 에너지를 수확할 수 있는 신에너지원 기술

<p>대기 중 H<sub>2</sub>O 기반 전력 발전 나노소재·소자</p> 	<p>대기 중 수소포집 나노기술</p> 
---	---

휴대용 소형 전원

수소에너지 발전

[그림] 나노그린에너지 기술(예시)

## 1-3 나노기술 투자전략 고도화

### ▶ 국내외 기술·산업 동향을 반영한 나노기술개발 중장기로드맵과 나노기술분류체계 마련을 통해 국가나노기술 R&D 투자전략 강화

## □ 나노기술 전략 고도화를 위한 국가나노기술지도 수립 ('23. 上)

- 나노기술 연계 주요분야별 국가전략\*, 국내외 기술동향, 미래기술 발전방향, 산업수요, 글로벌이슈 등을 고려한 나노기술로드맵 마련
- \* 소부장, 반도체, ICT·융합, 탄소중립, 생명·의료 등 주요 연구·산업 분야
- 급변하는 대내외 환경과 국가 분류체계(NTIS)와의 연계성을 높인 국가나노기술지도 수립으로 나노기술 투자전략 고도화

### 【 제4기 국가나노기술지도 수립 방향 】

- (수립근거) 나노기술개발촉진법 제6조 및 시행령 제5조에 의거하여 5년마다 수립
- 수립방향
- ① 대내외 정책환경 변화를 기술지도에 반영하여 적응적 기술전략(안) 확보
  - 나노기술기반 미래 소재·부품·장비 유망품목(미래선도품목) 발굴, 그린뉴딜 및 「탄소중립 2050」과 연계한 주제 제시, 포스트 코로나 대응 유망 나노기술 등
- ② NTIS와 연동된 나노기술분류체계로 재정비하여 정책적 활용성 제고
  - 현재 NTIS 분류와 상이하여 나노기술 관련 투자 및 성과분석에 혼선

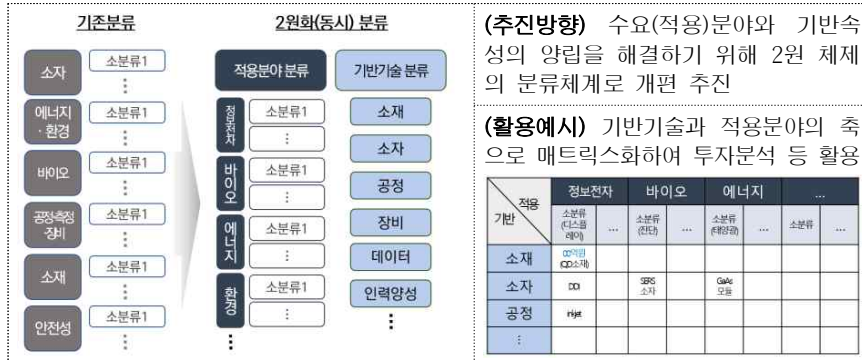
	제1기 국가나노기술지도 ('08~'17)	제2기 국가나노기술지도 ('14~'25)	제3기 국가나노기술지도 ('18~'27)
특징	○ 4대 기술분야 47개 중분류 기술에 대한 정량적 지표 중심의 상세기술지도 전개	○ 산업경쟁력 강화 및 미래사회 수요 대응을 위한 중점나노기술 도출 및 기술로드맵 전개 ○ 6대 기술분야 33개 중분류 기술에 대한 상세 기술지도 전개	○ (전략적 기술지도) 30대 미래기술 구현을 위한 70대 나노기술 ○ (사전적 상세기술지도) 나노기술 전반에 대한 미래기술개발 방향을 제시하는 6대분야 97개 기술지도
한계	나열식 기술지도	기술정보의 정량적 시각화 및 조직화에 제한적	NTIS와 연계성 및 기술분류의 상호배타성 제한적

[표] 제1~3기 국가나노기술지도 개요



## □ 나노기술 분류체계 재정비

- 기반기술로서의 특성과 연구·산업 현장에서 실질적으로 적용되고 있는 현황을 분류에 반영하고, 국가나노기술지도에도 연계 적용



[그림] 나노기술분류 개선(예시)

- 개선된 분류체계를 NTIS NT분류체계에도 반영하여 정부R&D에 대한 효율적인 투자 및 성과 분석을 통한 나노기술 투자전략 고도화

\* 現 NTIS NT분류체계는 '01년 수립된 이후 20년간 그대로 유지

NTIS NT분류체계 (대분류)			국가나노기술지도 (사전적 상세분류)	
기존	변경		응용	기반
나노소자 및 시스템	나노소자 및 시스템	▷	나노소자	나노소자
나노바이오/보건	나노바이오/보건		나노에너지·환경	나노에너지·환경
나노기반/공정	나노기반/공정		나노바이오	나노바이오
나노소재	나노소재		나노공정	나노공정
	나노에너지·환경		나노소재	나노소재
	나노안전성		나노안전성	나노안전성

[그림] NTIS 나노기술분류체계 개선안(예시)

## □ 나노기술 정보 및 통계 분석 강화

- (투자 포트폴리오 구축) R&D부터 사업화까지 전주기에 대한 투자 및 성과 분석 체계를 토대로 정책적 투자 전략 마련
  - 기초·원천 연구성과, 사업화 지원성과 분석뿐만 아니라 성공·실패 사례에 대한 트랙 조사·분석 결과를 주기적으로 업데이트
- 데이터·AI, 텍스트 마이닝 등 다각적·체계적 기술예측기법 도입·적용하여 나노분야 기술개발 및 투자전략 수립에 활용

## 제3기 나노기술지도 개요

### □ 제3기 국가나노기술지도 ('18~'27, '18.6월 확정)

- (배경) 제4차 산업혁명 도래로 초연결, 초저전력, 대용량, 고기능화 등 기술적 한계 돌파를 위한 나노기술의 역할과 중요성이 재부각
  - 그러나 우리나라 나노기술 수준 정체\*, 나노전자 분야로 사업화 성과가 편중\*\*, 더욱이 매출 대부분은 대기업이 차지, 중소기업 시장형성 부족
- \* 나노기술 SCI논문 수 순위: '01년 8위→'13년 3위→'17년 4위(중국, 미국, 인도, 한국 순)
- \*\* 분야별 매출비중: 나노전자(90.1%), 나노소재(7.5%), 나노장비·기기(1.7%), 기타(0.7%)
- (주요내용) 국내외 환경변화 및 정책 추진방향을 반영하고 미래사회 유망기술을 고려하여 ① '전략적 기술지도(30대 미래기술, 70개 핵심 나노기술) 수립, ② 6대 분야 사전적 기술지도 업데이트
  - 6대분야\* 사전적 기술지도는 26개 중분류, 97대 소분류 기술로 구성
- \* ① 나노소재, ② 나노소자, ③ 나노바이오, ④ 나노에너지·환경, ⑤ 나노공정·측정·장비, ⑥ 나노안전성

### <제3기 나노기술지도 중 전략적 기술지도 개요>



## 1-4 나노·소재 데이터 플랫폼 구축 및 확산

▶ 디지털 뉴딜을 기회로, 나노·소재 탐색 및 설계 → 합성·구현 → 양산까지  
 전주기 데이터 플랫폼 구축 및 운영을 통한 연구개발 효율화 추진



[그림] 나노·소재 데이터 플랫폼 통합 개념도

### □ 나노·소재 탐색·설계 서비스 개발 및 운영

- 데이터·AI 활용, 조성 → 구조 → 특성의 상관관계를 신속한 예측·구현(순방향 설계) 및 원하는 특성의 나노·소재 조성 설계·고도화(역방향 설계)
- 실험, 계산과학 기반 나노·소재 활용분야별, 수요산업별 특화 DB (성분, 합성조건 등) 생성 및 수집하여 신소재 발굴 및 상용소재 고도화
- 조성·공정·구조·물성간 상관관계를 분석·예측할 수 있는 AI 탐색·설계 모델 개발 및 서비스 제공으로 개발 시간 단축

데이터 고속 스크리닝		역설계를 통한 신소재 발굴
p-type 반도체 특성 후보물질 탐색 (Chem. Mater.'19)	우주·항공 부품 적층제조용 알루미늄 합금 설계 (미국 HRL)	기존 DB에 없는, 새로운 VxOy 물질 구조 설계 (Matter, '19)
▶ 소재 탐색 소요시간 97% 절감	▶ '17년 Nature에 발표된 기초 연구결과를 2년만에 상용화	▶ 소재 탐색·설계 소요시간 99.97% 절감

[그림] 데이터 활용 신소재 탐색·설계 가속화 사례

### □ 공정·설계 서비스 구축 및 운영

- 실험실에서 설계된 나노·소재 특성이 스케일업(Scale-up) 공정으로 구현되어 상업적 활용 가능 여부를 신속 검증(Lab to Market 간극 해소)
- 집적계산공학·조합실험·인공지능 등 신연구방법론 활용, 최적의 공정 설계 솔루션 개발 및 적용하여 공정레시피 확립 및 상용화 검증

(1단계) Lab-scale 실험 검증	(2단계) Scale-up 공정 실현	(3단계) 테스트베드 검증
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 계산과학 기반 가상공정 실험</li> <li>▶ Lab-scale 공정 파라미터 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Scale-up 방향성 탐색</li> <li>▶ 최적 공정조건 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AI 기반 Scale-up 공정 최적화</li> <li>▶ 테스트베드 검증 및 시제품 제작</li> </ul>

- 가상공간에서의 시뮬레이션 활용 공정최적화 솔루션 개발로 공정 최적화 모델링 및 테스트베드 검증을 통한 기업 기술지원

\* 모델링, 해석(구조·열·유체·극한해석 등), 공정 예측, 분석평가 가능 전산환경

소재혁신 AI 플랫폼	가상공학 플랫폼	실증 및 상용화
▶ 가상공학 해석용 물성 예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 공정 최적화 (열·유동해석)</li> <li>▶ 부품·모듈 최적화 (구조해석)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 테스트베드 검증 및 시제품 제작</li> <li>▶ 기업 기술지원</li> </ul>

- (스마트팩토리 연계) 소재설계 → 공정설계 및 최적화 → 상용 제품 양산(제조)의 데이터 및 성과 “이어달리기” 추진

\* 중기부 AI 제조 플랫폼(KAMP, Korea AI Manufacturing Platform) 활용

소재 특성 예측 시뮬레이션 SW 플랫폼을 활용, 친환경·고효율 타이어 제조 (일본 브릿지스톤)	가상 알루미늄 주조 플랫폼 활용, 자동차 엔진블럭 제조공정 개발 (미국 포드)	새로운 AI-Cu 합금 조합법 활용, 자동차 엔진용 알루미늄 합금 개발 (미국 OCNL)
▶ 연구기간(3년) 단축, 개발비(3억달러) 절감	▶ 연구기간(25%) 단축, 개발비(1억달러) 절감	▶ 차세대 4기통 엔진 프로토타입 제작 성공

[그림] 신연구방법론을 활용한 공정개발 사례

## □ 측정·분석 서비스 구축 및 운영

- 데이터·AI 활용, 설계한 소재 및 공정에 대해 측정·분석 기술을 통해 실제로 특성과 성능이 구현되는지 검증
- 일부 연구자가 취득·보유하고 있는 고난도 측정·분석 노하우를 표준정보항목으로 프로토콜화하고, 공유·활용하도록 플랫폼 탑재·확산

[표] 표준정보항목(프로토콜) 예시: 단결정 X선 회절분석법

표준정보	대분류	표준정보	대분류
측정·분석 조건	시료 크기/모양	측정·분석 대상범위	무기물
	전처리 조건		유기물
	오퍼레이팅 조건		유무기복합물
데이터 해석	사용 프로그램/수식	분석기법 장단점	장점/단점
	관련 논문/특허	관련 시설 및 전문가	장비/시스템 현황
	전문가 해석 노하우		기관명/성명/연락처

- 측정·분석 서비스 플랫폼 중심으로 소재별·물성별·응용분야별 인적·\* 물적 네트워크를 구축하여 애로기술 자문 및 장비의 원스탑 활용 지원
- \* 측정·분석 및 소재 전문가팀이 실험데이터 해석 가이드라인 제시 및 자문 수행
- 한계를 뛰어넘는 새로운 측정·분석 기술 개발하고, 표준화 연계 (KS, ASTM, ISO 등)를 통해 특성검증 정확도 향상

측정·분석 기법 공유		新측정·분석 기술개발	
소재개념연구전략(MGI)의 일환, 소재 측정·분석 정보 플랫폼 운영 (미국 NIST)		상압환경에서의 전자구조 측정기술 기반 촉매반응 메커니즘 규명 (JACS, '11)	TEM으로 액상에서의 나노입자 3차원 구조 관찰 (Science, '20)
			
측정·분석 정보 제공	화학소재 표준물질 DB	상압광전자 분광기	상압 실시간 산화환원 측정
▶ 연구기간(30%) 단축, 개발비(2억달러) 절감		▶ 공정·설계 단계별 검증 및 적용가능	
		▶ 소재물성 탐색영역 확장, 신소재 개발 가속화	

[그림] 측정·분석 기술 공유 및 개발 성공사례

## 2 혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화

### 2-1 선도적 나노융합 산업화기술 확보

- ▶ 소부장 글로벌 가치사슬 재편과 미래산업 구조 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 선도적 나노융합 산업화 기술 확보

## □ 미래 신산업 연계 나노융합 혁신제품 개발

- 수요-공급 기업간 미스매칭 및 갭 감소를 위한 기술개발 패러다임 전환\*, 새로운 시장이 기대되는 유망 신산업 분야로 나노융합시장 개척
- \* 기존 나노소재, 중간재 등 단위기술 개발에서 완제품에 직접 장착 가능한 핵심 부품이나 모듈 형태의 나노융합 혁신제품 개발 중심으로 전환
- 다양한 산업분야로의 나노기술 공급·확산을 위한 수요-공급기업 간 협력모델을 구축하고, 이를 통한 전략적 비즈니스 창출

◇ 나노융합혁신제품기술개발사업(산업부) : '21~'25년, 총 1,782억원







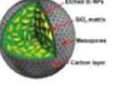
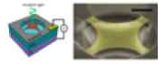









미래차 분야	디스플레이 분야
 <p>미래차 핵심 부품</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 회로류 저감 고속역 소형 조향 모터</li> <li>○ 11kW급 고효율 전력변환소자</li> <li>○ 전기차 배터리를 연상발열히터</li> <li>○ 파워모듈 구동안정 방열부품</li> <li>○ 5G 전자기파 차폐/흡수 부품</li> <li>○ 감시방 방자 고안전 전조등</li> <li>○ CID용 오염방지 투명 렌즈</li> <li>○ 실감형 고속강 크래쉬패드</li> </ul>	 <p>차세대 디스플레이 부품</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유연 나노신발광 소자</li> <li>○ 고신축성 나노투명전극</li> <li>○ 터치입력장치용 고기능성 기판</li> <li>○ 자동차용 3차원 자유곡면 터치입력장치</li> </ul>
신 에너지·환경 분야	바이오·헬스 분야
 <p>탄소중립·미세먼지 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고효율 장수명 이차전지</li> <li>○ 나노고체전해질 이차전지</li> <li>○ 리튬금속 이차전지</li> <li>○ 수소전기차 연료전지 모듈</li> <li>○ 발전용 PAFC 전극</li> <li>○ 재생가능 고효율 필터 미디어</li> <li>○ 초저농도 VOC 제거 농축기</li> </ul>	 <p>실시간 검지 센서</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신/변종 바이러스 검출 시스템</li> <li>○ 대증 모니터링 유연/신속센서</li> <li>○ 개인맞춤형 스마트진단기 및 뷰티케어 화장품</li> </ul>

[그림] 나노융합혁신제품기술개발사업 미래유망 신산업 분야

- 미래 수요 기반 성능 한계 돌파를 통하여 신기능·신시장 창출이 기대되는 '나노융합 Next 소부장 첨단제품' 발굴·기획 추진(신규)
- 신산업 미래유망제품을 예측하고 이를 구현하기 위한 나노융합 첨단 소재·부품·장비를 선제적으로 개발하여 신공급망 창출 견인



## Next 소부장 첨단제품기술(예시)

적용산업	미래 산업수요 예측		첨단나노소재 (예시)	첨단나노부품 (예시)	첨단나노장비 (예시)
	현재	2030년			
반도체/ 디스플레이 (센서포함)	· Si/화합물 반도체 · 유연(폴러블, 플러블) 디스플레이 · 마이크로LED 디스플레이	· 극한성능 구현 첨단 반도체 · 고신축 (스트레처블) 디스플레이 · 나노 LED 디스플레이	고신축 디스플레이용 초탄성 전극 소재 	극한환경(우주 등) 구현 반도체 소자 	나노LED용 UV 나노임프린터 
전기전자	· 5G용 고주파 통신	· 6G용 초고주파 통신	고초고주파용 전자파차폐/방열소재  6G 기지국 안테나용 저유전 손실 소재 	6G 전력반도체용 원자층 증착장비 (ALD) 	
미래차	· 고용량 이차전지 · 레벨 2수준 부분 자율차	· 정수명, 초고용량, 고안전성 이차전지 · 레벨 4수준 완전 자율차	고용량/장수명/고안전 이차전지용 나노음극소재  악천후 환경 속 구동 초고감도 열화상 감지 소자 	이차전지용 나노코팅용 스퍼터링 장비 	
바이오 헬스 분야	· 피부 진단 · 생체 침습 진단 · 고성능 진단시스템	· 피부 재생 · 패치형 비침습진단 · 실시간 현장 진단시스템	피부 주름 /탄력개선 나노 니오즘  탈/부착형 생체전극  디지털검사장비용 CNT X선광원  초고속 실시간 감염병 진단센서 	분자센싱 바이오소자용 3차원 나노 패터닝장비 	
신에너지 · 환경	· 열차폐 필름 · 단순 미세먼지 제거 필터	· 스마트변색 단열필름 · 친환경, 항균/ 항바이러스 고기능성 필터	전기변색 투과도 조절 스마트 필름  항균용 나노버블발생장치 	고기능성 필터용 나노섬유 복합소재 연소재조설비 	

## 2-2 나노기업의 기술사업화 지원 강화

▶ 공공부문의 우수 기술 사업화 연계, 제품 개발 전주기 지원, 신규성능 검증 및 규제 대응 지원 등 나노기술 사업화 촉진

### □ 나노분야 우수 기초·원천기술의 사업화 지원 강화

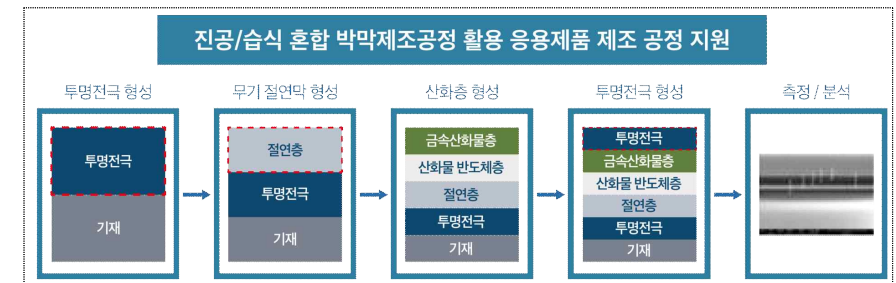
- 나노 기초·원천 우수연구성과를 기업의 사업화수요와 연계하여 BM 개발, 추가R&D, 기타 장애요인 극복 등 전주기 밀착지원형 사업운영
- 공공부문 R&D역량 및 산업계 신제품 개발수요 결합시너지 극대화
- 응용분야별 BM개발 강화, 기업 주관의 자율·책임 사업화, 특허·시장 분석, 투자유치, 기술컨설팅 등 사업화지원 플랫폼기능 강화

◇ (가칭) ‘나노융합 기술사업화 지원사업’ 추진

- 실험실 원천기술 보유 대학·출연연 주도로 기술유효성 실증 R&D\*를 강화, 완성도 높은 기술을 다수 배출시켜 사업화 기회·가능성 제고
- \* (나노커넥트) NT-IT, NT-BT, NT-ET 등 나노응용분야 대상 (‘21년 8개 과제 시범운영)

### □ 나노융합제품 제조공정·측정·분석·실증 지원 활성화

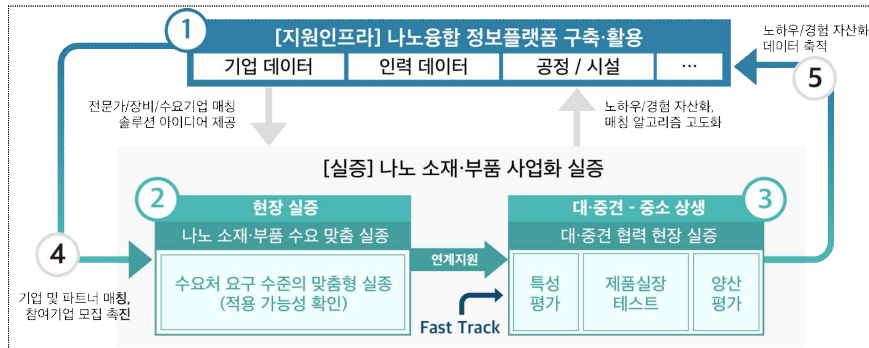
- 국가나노인프라 보유 시설·장비·인력·기술 등 수요기업에 적극 지원
- 기술개발부터 사업화 과정에서의 효율적인 완성제품 제작을 위해 단위공정들이 결합된 일괄 제조공정·측정분석(인증) 패키지 지원



[그림] 일괄공정과 측정·분석을 패키지 지원(예시)

- 수요기업별 요구에 따른 맞춤형 제품기술 개발, 신뢰성 및 양산 적합성 검증·인정 등 제품실증 지원을 통한 비즈니스 창출 활성화

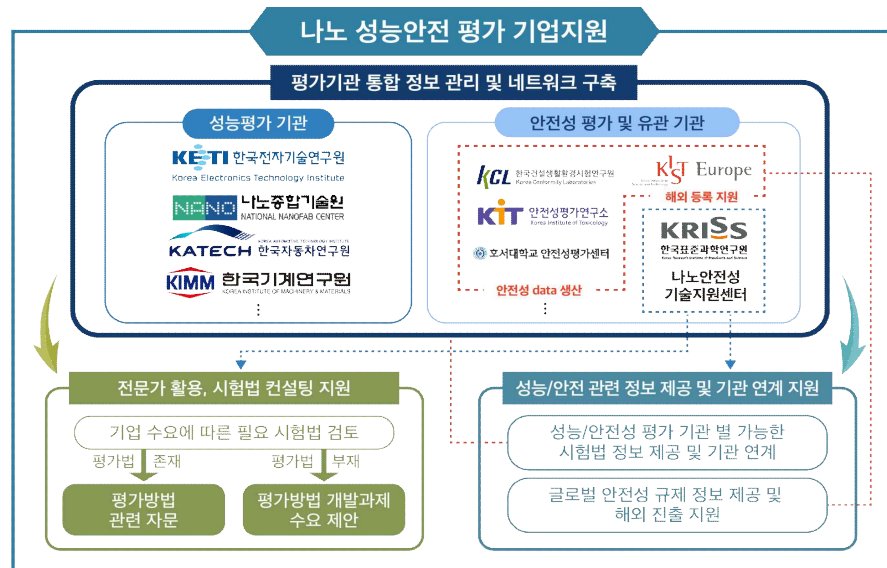




[그림] 나노융합 현장수요기반 실증지원

## □ 나노제품 상용화 촉진 성능평가 및 규제대응 지원

- 나노중소기업의 국내외 시장진출 촉진 및 글로벌 규제대응 지원을 위한 나노제품의 성능·안전 평가 시험법 개발과 기업지원 시스템 운영
- 공통 활용 가능 공신력 있는 성능평가 시험법 개발지원 및 보급·확산
- \* '25년까지 30건 이상의 未확보된 성능·안전 평가기술 개발 및 보급
- ※ 연간 9개 내외 신규·계속과제 추진(과제별 2~3년, 4억원/년 내외)



[그림] 나노 성능안전 평가 기업지원

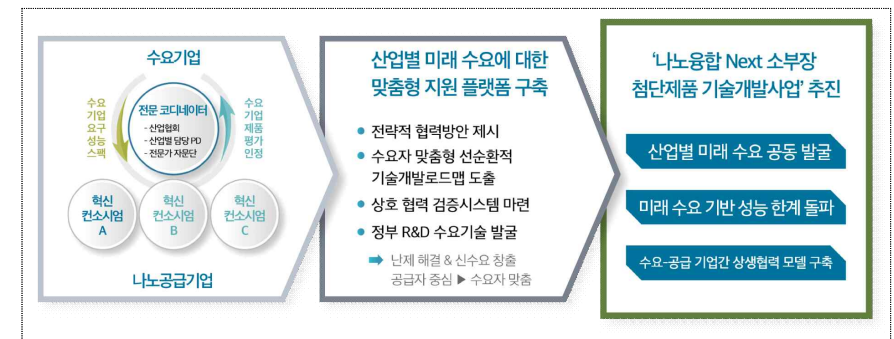
## 2-3 나노융합산업 혁신생태계 조성 촉진

▶ 미래유망 신산업 연계 혁신컨소시엄 운영, 나노융합 통합정보시스템, 나노융합 클러스터 조성을 통해 나노융합산업 생태계 조성 촉진

### □ 미래유망제품 상시적 발굴을 위한 혁신컨소시엄 구성·운영

- 수요기업 및 나노공급 기업이 미래유망 신산업\* 수요를 공동으로 발굴하고, 기술적 난제 해결을 위한 기술개발로드맵 제시
- \* ①반도체(센서포함) ②디스플레이 ③미래차 ④바이오·헬스케어 ⑤에너지 ⑥환경(그린뉴딜) 등

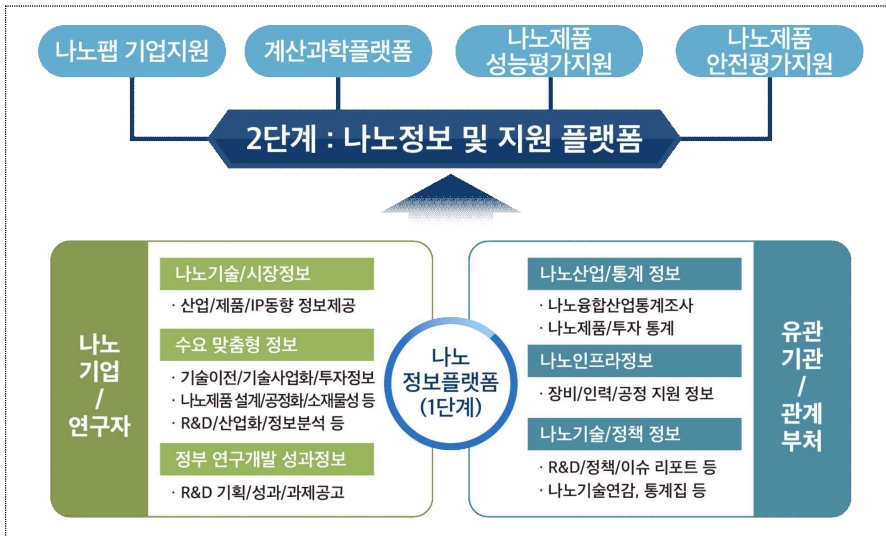
※ '나노융합산업 생태계 촉진 지원 사업' 신규 추진



[그림] 나노융합 혁신컨소시엄 추진 (예시)

### □ 실효성 있는 기업지원 통합정보시스템 구축

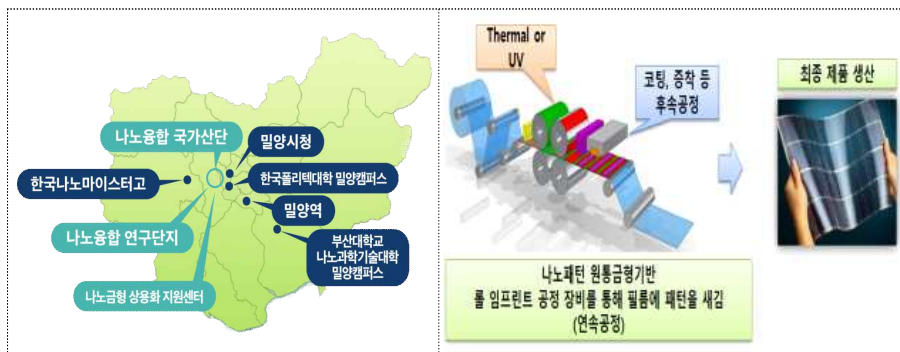
- 유관기관간 상호연계를 통해 이용자 중심의 통합형 나노통합정보 시스템 마련, 실효성 있는 기술·정책\*, 산업\*\* 정보 생산·가공·제공
- \* (기술·정책 정보) 해외 R&D 및 정책동향, 트렌드 분석, 주요 이슈 등
- \*\* (산업정보) 신기술, 제품 시장, 인프라 정보, 통계, 기업성과 등
- 분산된 기술·정책 및 산업 정보를 우선적으로 통합·제공하며, 나노랩 기업지원, 연구데이터 플랫폼 등 지원서비스 점진 확대
- 기술사업화 큐레이터\* 풀(pool), 수요자 맞춤형 전문정보 제공 등 협업 비즈니스 시스템(Nano-BizMate) 구축·운영
- \* (기술사업화 큐레이터) 정부출연 연구원, 교수, 20년 이상의 기업 퇴직자, 기술가치평가사, 기술사업화(기술경영사/기술평가사/기술지도사) 전문가 등



[그림] 나노기술 통합정보 및 지원 플랫폼 개념

### □ 산·학·연 연계시너지 극대화 나노융합 클러스터 조성

- 나노융합국가산업단지(밀양)를 중심으로 나노기업, 수요기업, 대학, 연구기관 등을 근접 거리에 집적하여 산업적 시너지 효과 극대화
  - \* 밀양 나노융합 국가산업단지 조성(~'23년): 밀양시 부북면 일원(165만㎡)
  - \* (클러스터협의체) 산업부, 경남도, 밀양시(주관기관), 재료연(간사기관), 경남TP 등
- 나노금형기반상용화지원센터를 구축('19.8월)하여 나노패턴 원통금형 응용제품(기능성필름, 센서, 필터 등) 시제품 제작, 인력양성 등 지원



[그림] 밀양 나노융합 국가산업단지 & 나노금형기반상용화지원센터 개요

## 3 나노팜인프라 기능 고도화

### 3-1 나노팜인프라 지원 체계 고도화

▶ 나노인프라 참여기관 확대, 이를 바탕으로 권역별 지원체제와 타권역간 연계 지원체제를 가동하여 전국적 연구개발 지원

#### □ 한국형 나노인프라 지원체제(KNCI\*) 기반 조성

\* Korea Nanotechnology Coordinated Infrastructure

- 소재·부품·장비 기술자립, 시스템반도체 기술혁신 등 주요 R&D 전략을 효율적으로 지원하기 위해 국가나노인프라 참여기관 확대
  - 현재의 국가나노인프라 뿐만 아니라, 나노분야 시설·장비를 보유하고 연구역량을 갖춘 대학, 출연연 등을 협의체에 포함
  - \* 국가나노인프라에 매년 2~3개씩 '25년까지 10개 내외 기관 추가
- 국가나노인프라에 새로 참여한 기관에 대해서는 나노인프라 고도화를 지원하여 나노기술 분야 교육·연구·서비스 역량 강화
  - 기존 장비와 함께 나노 공정서비스를 개선할 수 있거나, 지역 내 나노기술 분야 인력양성에 기여할 수 있는 부분을 우선 지원
  - \* '나노인프라 고도화 사업'을 통해 '21년 3개 기관 지원 예정



[그림] 한국형 나노인프라 지원체제(KNCI) 기반 조성

## □ 권역별 나노인프라 지원체계 구축

- 권역內 나노·반도체 관련 상시적 교육·연구·산업 수요에 대응할 수 있는 권역별 나노인프라 지원체계 구축·운영
  - 권역內 인프라 보유기관 中 교육·연구 능력, 공정/시험·분석 능력, 시설·장비 구축현황 등 종합역량 갖춘 기관을 권역허브로 지정
  - 허브기관을 중심으로 인프라 보유 협력기관들과 연계·협력체계 마련
- 권역체계 총괄지원을 위해 국가나노인프라협의체 조직·기능 개편



## □ 특화분야별 나노인프라 협력체계 마련

- 권역內 나노인프라만으로 개발수요 충족이 어려운 첨단연구·상용화 수요는 권역 구분없는 연계·협력체계를 통한 기술개발 지원
  - 인프라기관별 특화분야를 개발단계별로 상호 연계하여 대학·출연연(기초·원천) → 공공나노랩(상용화)을 통한 막힘없는 개발 지원

### 【타권역 기관간 연계·협력 지원체계】

- (필요성) 권역內 인프라의 특화분야 또는 설비수준이 연구·산업 수요를 충족하지 못하는 경우, 해당수요 충족이 가능한 타권역 기관간 연계·협력 지원 필요
- (연계체계) 특화된 분야별(예:Si반도체, 화합물반도체 등)로 강점이 있는 대학, 연구소, 나노랩을 엮어서, 'R&D+공정기술+장비' 통합형 지원체계 구축
  - (개발단계별 협력) 대학은 기초연구→연구소는 응용연구→나노랩은 스케일업



## (美) NNCI 지원체계

- (개요) NNCI(National Nanotechnology Coordinated Infrastructure)는 중소기업 및 기관에 사용자 중심 나노인프라 활용 지원하고자 설립된 국가 네트워크 기구
  - 나노 R&D에 필요한 시설인프라가 연구중심 대학교나 국립연구소에 편중된 상황에서, 중소기업 또는 소규모 학술 기관의 활용 극대화를 위해 NSF가 2015년에 NNIN 후속으로 추진 (연 16백만달러 규모 지원)
- (구성) NNCI 네트워크는 미국내 17개 주에 16개 Site로 구성되어있으며, 29개 대학 및 파트너 조직으로 구성



- (기능) NNCI 각 Site의 시설은, 산학연의 학술 연구, 제품 및 프로세스 개발을 지원하며, 미국 및 전세계 학생·전문가가 액세스 가능
  - NNCI의 모든 시설은 기존 또는 신생기업에 대해서도 축적된 기술역량을 토대로 기술 혁신 및 상업화를 지원
    - (예시) SINGH Center for Nanotechnology(U. Penn)의 연구영역은 Nanophotonics, Mechanics, Microfluidics, Nanomaterials, Biological Applications, and Microsystems.
- (목표) 1) 최신 나노 제조 및 특성화 시설을 통해 미국내 장비 및 전문 지식에 대한 공개 액세스 제공, 2) 교육 및 봉사활동 지원을 위한 리소스를 제공, 3) 나노 기술의 사회 및 윤리적 영향을 교육(SEI)하는 프로그램 리소스 지원
- (성과) 200개 이상 교육 기관, 900개 이상 중소기업, 50개 이상 정부 및 비영리 기관 및 46개 외국 기관을 포함하여 13,000명 이상 사용자가 NNCI 프로그램에 참여 (3년간 5000명 이상의 사용자를 교육)



### 3-2 나노팜인프라 지원기능 고도화

▶ 반도체 테스트베드, 차세대반도체 개발 등 시급한 현안 대응에 주력하는 한편, 나노인프라별 특화분야 역량개발을 강화하여 공정 지원능력을 향상하고 기술사업화 성과창출 제고

#### □ 소재·부품·장비 반도체 테스트베드 지원 강화

- 반도체 후방산업(소재·부품·장비)의 기술자립화를 위해, 양산 수준의 소재·부품·장비 공공테스트베드(12인치) 구축 및 시험·성능평가 지원
- 유기적인 연계·협력체계 운영을 통한 테스트베드 실효성 강화
  - 테스트베드 실증 결과를 수요기업(대기업)의 사용으로 원활하게 연결하기 위해 과기정통부-산업부 간 협력체계(MoU) 운영

#### 【반도체 소재·부품·장비 개발 지원】

- (구축장비) ArF Immersion Scanner, 박막증착, 측정·분석 등 12인치 핵심장비 10대
- (서비스내용) 감광제 평가, 40nm급 반도체 소재 평가, 평가용 패터닝웨이퍼 제작 등
- (MoU) 반도체 소재부품장비 산업 경쟁력 강화 및 건전한 생태계 구축 협력 (참여기관 : 과기정통부, 산업부, 나노종합기술원, 융합혁신지원단, 반도체협회)



【그림】반도체 소부장 기술자립화 업무협력 체계

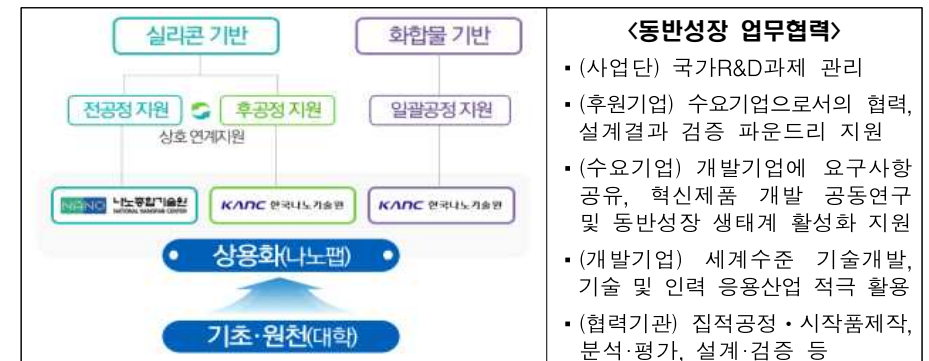
#### □ 차세대 반도체 개발지원 강화

- 차세대 시스템반도체 개발을 원활하게 지원하기 위해, Si·화합물계·전력반도체 관련 나노팜 시설·장비 고도화 및 R&D 지원체계 구축

- (Si) 나노종합기술원(FEOL)→한국나노기술원(BEOL) 전후공정 연계(8인치)
- (화합물) 한국나노기술원 화합물 반도체 공정장비 고도화·활용(4/6인치)
  - ※ 나노융합기술원의 전력반도체(Si·화합물계 복합) 공정장비 고도화·활용
- 대학·출연연 기초·원천 연구와 나노팜 공정지원 연계 활성화
  - 다양한 종류의 신소자 개발은 대학·출연연(6인치 이하), 대구경 웨이퍼 집적·성능평가는 공공나노팜(8인치)이 연계 지원
    - ※ 차세대지능형반도체사업단 연구과제의 원활한 수행 지원 포함
- 차세대반도체 기술개발 성공을 위해 국내 반도체 산업의 생태계 강화와 동반발전을 위한 사업단-기업-공공팜 협력체계(MoU) 운영

#### 【차세대 반도체 개발 지원】

- (구축) 8인치 실리콘반도체 90 nm급 전공정(FEOL), 130 nm급 후공정(BEOL)
  - 화합물반도체 4인치 250 nm급 시스템반도체 제작 지원체계 구축
- (서비스내용) 시스템반도체 신소자, IoT 센서 등 융복합 소자 시제품 제작 (Si기반)
  - GaN, InGaAs(InP) 기반 다품종 소량생산 초고속 전자소자 등 개발 (화합물기반)
- (MoU) 차세대 지능형반도체 동반성장 생태계 구축과 확산을 위해 상호 협력 (참여기관 : 사업단, 후원기업 3, 수요기업 4, 개발기업 4, 나노인프라협의체, 반도체협회)



【그림】차세대반도체 테스트베드 지원 및 업무협력 체계

#### □ 나노인프라 공정능력 및 기술사업화 강화

- ① 대학·출연연-나노팜 공동연구를 통한 공정능력 향상
  - 대학·출연연의 실험실 원천기술을 나노팜의 대구경 공정기술을 활용하여 대학-출연연-나노팜 간 스케일업 공동연구 추진
    - ※ 대기업 수행이 어려운 중장기 원천기술, 다품종소량 고난이도 융합연구



- 대학·출연연과 나노팹이 협력과제 도출 및 기관간 매칭을 통한 과제 추진시, 안정적인 과제운용을 위해 정부 매칭투자
- 축적역량은 공정서비스로, 개발기술은 기술이전·창업으로 연계·활용

대구경 신소재기반 양자정보과학 핵심소자		차세대 반도체용 핵심 소재 탐색 및 공정개발	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 출연(연)과 나노팹이 공동으로 대구경 신소재 양자정보과학 핵심소자 제작기술 확보 필요</li> <li>○ 웨이퍼 성장 기술 및 소자 공정기술을 확보하여 양자통신 분야 글로벌 리더 기술 확보</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 대기업에서 하기 어려운 신소재 설계 합성을 이용한 후보소재 탐색 연구 필요</li> <li>○ (예시) 화학연과 소재기업의 전구체 개발 → 기계연의 장비 지원 → 나노인프라 성능 평가</li> </ul>
PIM 인공지능 반도체용 신소재 개발		차세대 소자용 EUV 관련소재 개발 플랫폼	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 연구개발 수요를 충족 하기 위한 메모리 파운드리 연구 인프라 확보 필요</li> <li>○ PIM 인공지능 반도체 개발 환경 제공 등을 통해 PIM 초격차 핵심 선도기술 확보</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 차세대 EUV 개발을 위해 블랭크마스크, 반사막, PR 등 다양한 소재의 개발 필요</li> <li>○ EUV 광원 및 측정장비를 나노 인프라에 갖추어 출연(연), 대학 등과 함께 소재 탐색</li> </ul>

[그림] 대학·출연연-나노팹 공동연구 유망기술(예시)

## ② 나노인프라별 특화분야 기술사업화 활성화

- 주력분야, 보유장비, 개발역량 등에 최적화된 상용화기술 지원
- '기업의 사업화 수요+연구자의 기술전문성+나노인프라의 공정 기술'을 융합하여 실질적인 산업화 성과 달성

나노융합기술원(대전)	한국나노기술원(수원)	나노융합기술원(포항)
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시물인자용 광전면원소자</li> <li>• 유연하이브리드소자</li> <li>• 모듈형 나노바이오센서</li> </ul> <p>[Si-CMOS]</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Q-LED 디스플레이용 GaN 나노LED 소자</li> <li>• 마이크로 LED 소자</li> <li>• 5G/6G용 GaAs BiFET (HEMT+HBT)</li> </ul> <p>[화합물 소자]</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• SiC 전력반도체 6인치 핵심 표준공정</li> <li>• 반도체 중성자 테스트 국제인증</li> <li>• 5G 와이드밴드용 반도체 상용화</li> </ul> <p>[전력반도체]</p>
전북나노기술집적센터	광주나노기술집적센터	나노융합실용화센터(대구)
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 투명 디스플레이 소자 backplane 일괄공정</li> <li>• 마이크로 OLED 디스플레이</li> <li>• 향상 맞춤형 유연·신축 전자부품</li> </ul> <p>[디스플레이]</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 초고속·대용량 광통신용 광반도체</li> <li>• 유연, 대면적 OLED 배선 플랫폼</li> <li>• MEMS/NEMS 기술 적용 융합센터</li> </ul> <p>[광소자/OLED조명]</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 차세대 디스플레이용 광소자 종합성능평가 플랫폼</li> <li>• 다메이스트리얼 방열소재평가 플랫폼</li> <li>• 세라믹기반 단파/신화/절화물 정밀가공 기술</li> </ul> <p>[나노융합소재]</p>

[그림] 나노인프라별 주력분야 및 지원능력

## 3-3 나노팹인프라 혁신 및 중장기 발전전략 마련

▶ 노후 시설·장비 교체 및 유지관리 지속, 이용자 편의성 증진 등을 통해 인프라서비스 고품질화, 중장기 전략마련을 통한 미래대비

### □ 나노인프라 시설·장비 및 서비스 고도화

- 확대된 나노인프라를 대상으로 노후장비 교체 및 유지관리 지속
  - 매년 나노인프라 보유장비 현황 분석을 통해, 교체 및 신규지원 대상 기관·장비에 대한 우선순위 도출·지원
  - 고품질의 장비상태 유지·관리를 위한 장비엔지니어 도입·운영
- 나노인프라 서비스 장비개방 및 이용시간 확대
  - 고가·특수 장비를 제외한 일반 장비는 단계별로 개방건수 확대
  - 장비이용 수요를 고려하여 기관별 장비 이용시간 확대
    - ※ 이용자에 대한 장비교육 강화를 통해 서비스 확대(장비수·시간) 실효성 제고
- 나노인프라 장비사용에 따른 공정·측정·분석 관련 연구데이터를 축적·가공·활용하여 팹서비스 시간단축 및 품질향상으로 연계
  - ※ 연구데이터 플랫폼과 연계하여 나노·소재 전 분야로 활용 확대
- 반도체산업 고경력 퇴직자를 활용하여 장비운용·팹서비스 질적수준 향상
- 신진·여성·지방 연구자, 중소나노기업 나노팹시설 활용지원 강화

### □ 글로벌 선도 국가나노인프라 발전전략 마련

- 인프라 현황, 산학연 수요, 해외 우수사례 등을 종합적으로 분석하여 우리나라 실정에 맞는 「국가나노인프라 발전전략」 마련('24년)
  - 기존 인프라 성과와 한계, 산·학·연 구체적 수요, 민간기업 연구시설의 기능과 공공연구 활용범위, 상호 연계방안 등 조사·분석
  - IMEC, TSRI, 알바니, 레티, 프라운호퍼 등 유사기능 해외사례 분석
    - ※ 국내외 현황 종합분석 결과에 따른 한국형 나노융합연구소 구축전략 도출

## 4 나노기술 혁신기반 확충

### 4-1 나노기술 전문인력 양성 강화

#### ▶ 나노기술의 차세대 핵심연구인력 및 수요대응형 산업전문인력을 양성하여 나노R&D 및 나노융합산업 촉진에 기여

#### □ 연구개발 전문인력 양성

- 국가나노인프라를 활용한 나노기술 전문인력 양성
  - 권역·산업별 6대 국가나노인프라\* 및 대학공공인프라 시설을 활용하여 융·복합 실무능력을 겸비한 나노기술 전문인력 양성
  - \* 나노종합기술원(대전, NNFC), 한국나노기술원(수원, KANC), 나노융합기술원(포항, NINT), 전북·광주 나노기술집적센터(NCNE), 나노융합실용화센터(대구, NPAC)
  - 나노소자공정 및 측정·분석 기술에 대한 기초-응용-고급 단계별 맞춤형 교육 및 취업 연계형 고급 교육과정 시행

#### 【국가나노인프라를 활용한 나노기술 전문인력 양성】

- (사업목표) 권역·산업별로 특화된 6대 국가나노인프라 시설 및 대학공공인프라 시설을 활용하여 융·복합 실무능력을 겸비한 나노기술 전문인력의 전국단위 양성
- (사업기간) '20 ~ '25년(6년)
- (사업내용) 권역·산업별로 특화된 6대 국가나노인프라 시설 및 대학공공인프라 시설을 활용하여 권역·산업별 특성에 맞도록 특화된 응용실습교육 실시
- 기초-응용-고급 단계별 교육과정을 편성하여 수준별 맞춤형 융합 교육을 통해 나노융합산업에서 필요로 하는 맞춤형 나노기술 전문인력 6,390명 양성 목표

- 시스템반도체 융합 전문인력 육성
  - 대학, 기업, 연구소 등이 참여하는 시스템반도체 융합 전문인력 육성센터를 설립하여 석·박사급 반도체 R&D 전문인력 양성
  - 인공지능, IoT 등 시스템반도체 활용 유망분야 전공교육, 반도체 소자·회로·설계 및 HW·SW 융합 교육 등 통합적 교과과정 지원

#### 【시스템반도체 융합 전문인력 육성】

- (사업목표) 시스템반도체 유망분야의 융합전문인력을 양성하여 반도체 기술분야 미래시장 개척 및 산업경쟁력 강화
- (사업기간) '20 ~ '26년(7년), 센터별 6년 지원
  - \* 20년 기선정 : 인공지능(서울대등), IoT(성균관대 등), 바이오(포항공대 등)
- (사업내용) 시스템반도체 유망분야 전문지식 및 반도체 소자·회로·설계 및 HW/SW 융합의 통합적 능력을 키우기 위한 기본/심화/융합 교육과정 구축
- 참여기업 수요 및 기술 변화를 고려한 산학 연계 프로젝트 주제를 발굴하여 수행하는 현장중심형 PBL(Project Based Learning) 교육과정 동시 추진

#### □ 산업화 지원 전문인력 양성

- 특성화고 대상 나노융합 기술인력 양성
  - 특성화고 대상으로 지역별 국가나노기술인프라 시설을 활용하여 첨단 나노사업에 적합한 현장 실무인력 양성 및 공급
  - 지역 특화산업과 연계한 현장실무인력 수요 반영 및 첨단 나노장비 운용기술 습득을 위한 교육생 주도형 실습교육 실시
- 취업연계형 나노전문인력 양성
  - 이공계 대졸 예정자·미취업자 대상으로 나노인프라기관의 첨단장비를 활용한 인턴십 교육을 통해 산업 현장 맞춤형 전문인력 양성 및 실용성 있는 일자리 창출 지원
  - 4차산업혁명 핵심 분야인 나노융합기술 분야(반도체, 첨단센서 등)와 연계된 장비 실습 및 소자 제작 전문 실습 교육
- 산업계 수요와 직무 수준을 반영한 나노기술 자격제도 신설 및 교육 시행
  - 나노기술 전문인력의 지식 검증 및 산업현장 요구 인력의 질적 수준을 증빙할 수 있는 민간 또는 국가검정 기능·기술 자격증 신설
  - 나노기술 자격제도 응시 대상자(한국나노마이스터고, 특성화고, 대학생, 재직자 등)에 대한 사전 이론 및 실무교육 실시

## 4-2 개방형 혁신을 위한 국제협력 확대

▶ 축적된 기술·산업 역량, 국제협력 경험을 바탕으로 '참여하는 국가'에서 '주도하는 국가'로의 전환을 위한 변화와 혁신 도모

### □ 나노과학기술 국제협력 주도

- 국별 나노기술 수준과 특성을 고려한 국제공동연구 추진
  - (나노기술 선도국) 기술역량과 가속기, 대형 나노인프라 등을 보유한 선도국과의 기술협력을 통한 나노기술 분야 新기술 개발

【선도국과의 협력 추진 방향】

국가	협력 현황	향후 확대 방향
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노소재, 나노바이오 등 기술 개발</li> <li>■ (채널) [국내] 정부 / (현지) 산·학·연</li> <li>○ 한·미 나노포럼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노 핵심기술 공동연구개발</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 기술협력</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 산학연 협력 국제 공동기술개발</li> <li>○ 로봇, 경량화 건축소재/탄소, 바이오, 신재생 에너지, 제조기술 등</li> <li>■ (채널) [국내] 정부기관, 산·학·연 / [현지] 정부기관, 유럽R&amp;D네트워크</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 실용화 기술 공동개발, 해외진출</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 선진 기술력 확보</li> </ul>

- (ODA 협력 확대) 나노기술 선도국으로 신남방/신북방/아세안국가 등 후발국과의 나노기술 연구개발 협력을 통한 글로벌 주도권 확보
- (남북협력 준비) 남북한 나노기술분야 학술교류, 공동행사 등 단계적인 협력사업 추진으로 평화와 번영의 공동발전 계기 마련
  - \* 남북한 협력여건을 고려한 중장기적인 계획 수립과 협력전략 선제적 마련

【개발도상국 및 남북 협력 추진 방향】

국가	협력 현황	향후 방향
신남방/북방 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ASEAN 및 동유럽국가와 나노기술 협력(기술개발, 인프라구축)</li> <li>■ (채널) [국내] 산·학·연 / [현지] 정부기관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 나노정책 수립 등 공동연구</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 신시장 개척</li> </ul>
북한	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 남북간 일부 학술교류</li> <li>■ (채널) [국내] 연구자 / (현지) 연구자</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 학술대회, 기술개발, 인력양성, 인프라구축 등</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 신시장 개척</li> </ul>

### □ 국내의 허브를 활용한 기업의 해외진출 지원

- (국내 허브) 나노조합, 탄소나노협회, KOTRA 등을 통한 글로벌 기업육성 프로그램 운영 지원
  - 국가별, 제품별 시장개척, 나노기업 해외진출 맞춤형 지원
- (해외 허브) 해외 현지 지원기관(KIC, KOTRA)을 나노기업의 해외현지 허브로 활용 및 역할 확대 추진
  - KIC, KOTRA 등 해외 허브와 연계하여 현지 수요에 적합한 나노 제품화 R&D와 생산/판매 등 현지화 지원 프로그램 운영
    - \* 현지 사정에 적합한 R&D, 기업간 협력, 인력채용 지원
- (남북 협력) 남한의 기술력·경제력과 북한의 인적·물적 자원을 발전적으로 결합하여 차세대 공동경제발전을 위한 협력모델 발굴
  - \* 남북한 협력여건을 고려하여 협력모델 발굴부터 단계적으로 확대·발전 추진

### □ 국제협력 플랫폼 강화를 통한 협력 확대

- (국내) 나노코리아 혁신 프로그램 운영, 한-미/한-EU 등 기존 협력국과의 지속적인 협력 추진 및 강화
  - 산학연 네트워크의 거점역할을 한 나노코리아의 성과 활용 방안 마련과 포스트코로나 시대 대비 프로그램 발전방안 개발 운영
  - 한-미 나노포럼, 한-EU 나노워크숍 등 학술분야의 교류협력을 지속적으로 강화하면서 나노선도국과의 교류 확대
- (해외) 우리가 참여하는 해외 행사에서 기업참여, 바이어상담 확대, 공동제품 개발 등 실질적인 교류협력 추진
  - Techconnect(미국), nanotech(일본), CHInano(중국), RUSNANO(러시아) 등 전시회에서 한국의 글로벌 네트워크 강화 추진
  - 글로벌 공동연구, 기업간교류, 제품연계협력 등 기업의 글로벌 경쟁력 강화와 협력관계 구축 강화

## 나노기술 국제협력 전략

### □ 주요 권역별 국제협력 및 해외진출 전략

#### ○ 미국 및 유럽 권역

- (협력방향) 국제협력, 시장창출, 선진기술력 확보, 글로벌 커뮤니티 형성
- (기존현황) 해외R&D 기관과의 국제공동연구 지원을 통해, 첨단기술 확보 및 해외시장 진출을 통한 산업경쟁력 고도화
- (유망분야) 신재생에너지, 바이오, AI, 빅데이터, 비메모리반도체 등

구 분	미국	독일	영국/스위스
협력 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 나노기술 개발 [나노소재, 나노바이오]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> <li>- (현지) 산·학·연</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 산학연 협력 국제공동기술개발 [로봇, 경량화 건축소재/탄소]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> <li>- (현지) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 산학연 협력 국제공동기술개발 [바이오, 신재생 에너지, 제조기술]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 산·학·연</li> <li>- (현지) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>
유망 분야	나노소재, 나노소자	반도체, 에너지, 자율주행, 항공우주	바이오, 스마트 재료, 제조기술
향후 협력 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 나노 핵심기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 경험 공유 및 기술협력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) R&amp;D</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 선진 기술력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 스마트팩토리 기술확보</li> </ul>

구 분	프랑스/네덜란드	스웨덴/노르웨이	체코/폴란드	러시아/벨라루스
협력 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 산업기술 국제협력 [바이오, 스마트그리드]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> <li>- (현지) 유럽R&amp;D 네트워크</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 산학연 협력 국제 공동기술개발 [바이오, 소재]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 산·학·연</li> <li>- (현지) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 첨단기술 확보 및 해외시장 진출을 통한 산업경쟁력 고도화 [비메모리 반도체, 자율주행]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 산·학·연</li> <li>- (현지) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 산업기술 국제협력 [바이오 헬스, 신재생 에너지]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> <li>- (현지) 유럽R&amp;D 네트워크</li> </ul> </li> </ul>
유망 분야	디지털헬스, 자율주행, 나노기술, 연택트기술	바이오, 양자물질	EV/HEV, 항공우주	신재생 에너지, 자율주행, 빅데이터
향후 협력 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 해외진출</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 선진 기술력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 선진 기술력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 해외진출</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 산업 경쟁력 고도화, 지적재산권 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 해외진출</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 국제 시장 점유율 증가, 선진 기술력 확보</li> </ul>

#### ○ 아시아 권역

구 분	중국	일본	인도	호주
협력 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 과학기술 경쟁력 강화 [BT, 신재생 에너지, 항공우주]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 나노기술 개발 [나노소재, 나노바이오]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 공동기술 개발 [바이오헬스, 디지털전환]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 신기술 발굴 [친환경 에너지]</li> <li>■ (채널) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국내) 정부기관</li> </ul> </li> </ul>

구 분	미국	독일	영국/스위스	프랑스/네덜란드
유망 분야	자율주행, 에너지, EV/HEV	나노소재, 나노소자	디지털헬스, 수소전기차	친환경 에너지
향후 협력 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) R&amp;D</li> <li>■ (기대효과) 선진기술력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 나노 핵심기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 기술협력</li> <li>■ (고려사항) 나노기술협력 신규사업 추진 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 실용화 기술 개발</li> <li>■ (기대효과) 산업 경쟁력 고도화, 지적재산권 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 실용화 연구 개발</li> <li>■ (기대효과) 산업 경쟁력 고도화</li> </ul>

### □ ODA 협력

- (협력방향) 나노과학기술 연구개발 수요지원 및 상호발전 전략 마련
- (기존현황) 후발 주자로서의 신기술 적용제품에 대한 시장확대에 따라, 기술혁신 관련 양국의 지식, 경험, 기타자원 등을 활용하여 글로벌 협력 강화 및 상호 시장진출을 위한 기반 마련
- (유망분야) 헬스케어, 친환경 에너지, 신재생 에너지

구 분	신남방/신북방
협력 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) ASEAN 및 동유럽국가와 나노기술 협력(기술개발, 인프라구축)</li> <li>■ (채널) (국내) 산·학·연 / (현지) 정부기관</li> </ul>
유망 분야	헬스케어, 친환경 에너지, 신재생 에너지
향후 협력 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 나노기술발전 정책 수립</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 신시장 창출</li> <li>■ (고려사항) 나노기술협력 신규사업 추진 필요</li> </ul>

### □ 남북 협력

- (협력방향) 단계적인 협력사업 추진, 평화와 번영의 공동발전

구 분	남북한(신규)
협력 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (내용) 일부 학술교류</li> <li>■ (채널) (국내) 연구자 / (현지) 연구자</li> </ul>
유망 분야	나노기술 연구, 나노기술 교육, 나노인프라 구축
향후 협력 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (유형) 공동연구</li> <li>■ (내용) 남북과학기술협력 중 나노기술 협력을 시범사업으로 단계별 추진 (학술대회, 기술개발, 인력양성, 인프라구축 등)</li> <li>■ (기대효과) 나노기술 강국 경험 공유 및 신시장 개척</li> <li>■ (고려사항) 대북제재, 국제정세, 협정 등 고려</li> </ul>



#### 4-3 글로벌 나노안전 및 표준화 주도

▶ 나노제품 안전에 대한 국민적 관심 제고에 따라 나노 안전관리 체계 구축을 강화하고 국민건강과 나노산업 국제경쟁력 확보

##### □ 나노안전성 평가기술 개발 및 표준화 주도

- 미세플라스틱, 미세먼지, 첨단물질, 바이오킬로물질 등 신규 나노물질과 나노제품에 대한 안전성평가 기술개발 및 국제협력 추진

##### 【나노안전성 국제협력 현황】

- (미국) 한국 KRISS - 미국 NIST 간, 나노물질의 광촉매 활성 측정방법 국제표준 개발, 나노물질의 광촉매 활성으로 인한 세포독성 측정방법을 공동 개발 중
- (EU) PATROLS, ACEnano, Gov4Nano, NanoSolveIT, NanoHarmony, SUNSHINE 등 6개 나노안전성 관련 EU Horizon 2020 사업에 공동협력참여
- (국제표준) OECD WPMN, ISO/TC229 · TC113에 적극 참여, 국제표준 가이드라인 제정

- 나노물질의 물리화학적 특성 및 독성 평가방법의 개발 및 지속적인 업데이트를 통해, 최신 나노안전성 평가기술의 확보·보급·표준화

※ 환경 수용체(인체·생태계)에 대한 노출 및 위해성 평가기술 개발도 병행

##### □ 나노안전 관리기반 구축

- 부처별 나노소재 및 제품 관련 나노안전성 DB간 연계성을 강화하고 해외 나노소재 및 제품 안전관련 DB들과의 협력체계 구축
  - 나노안전성 관련 축적데이터를 나노소재 연구데이터, 생물학DB 등과의 연계를 통해, 저(무)위해 나노물질·제품 설계 및 제작 지원
- 대표적 나노제품 선정 및 전주기\* 평가기법 적용, 컨트롤 벤딩기법 (작업장·소비자·환경 등 전체대상 유해/노출/위해 평가) 안전관리 등급화 연구
  - ※ (기존) 나노물질의 유해성과 노출 위주의 기존 연구는 나노물질을 이용한 생물체 실험/모사 실험 중심 ⇨ 제조-생산-사용-폐기 중 제조와 사용에만 제한 (향후) 나노소비제품 '생산'과 사용에 따른 '폐기'까지 전주기 종합 위해평가
- 나노물질 및 제품 안전성에 대한 공공인증 필요성 증대에 따라 안전성 인증 관련 분류체계 및 절차, 추진방안 등에 대한 연구 추진

#### 4-4 나노기술에 대한 국민 체감 향상

▶ 나노기술 관련 체험형 교육과 문화콘텐츠 개발·홍보 강화를 통해 나노기술 저변 확대, 첨단기술 이해도 증진, 안전한 제품사용 도모

##### □ 초·중·고등생 및 교육자 대상 체험형 나노기술 교육 프로그램 운영

- 일반 학생, 과학교사들이 첨단 나노기술에 친숙하게 접근할 수 있도록 하여, 흥미유발과 함께 기초지식 습득으로 미래인재로 성장가능성 제고
- 권역별 나노인프라와 연계를 통해 나노 STEM 프로그램 운영 및 초·중·고 교사 대상 나노기술 연구동향·학과 커리큘럼 강연 등 체험형 교육 운영
  - \* 이론교육은 온라인 교육으로 개설하여 이론과 실습 병행 지원

##### 【교육프로그램 운영 방향】

- (초·중고 학생대상 교육 추진방향) 국가나노인프라 시설과 대학 등을 활용하여 교육 네트워크를 구축하고, 초·중·고 학생들이 쉽게 과학을 접할 수 있는 체험형 프로그램을 자유학년제에 맞춰 2~3교시 형태의 프로그램으로 제공
- (과학교사대상 교육 추진방향) 초·중고 교사를 대상으로 나노기술 현장 강연 및 최신연구 동향, 나노학과 진학요령 등 대상에 맞는 교육을 통해 초·중고 학생의 흥미를 유발할 수 있는 과학적 사례 등 다양한 방법 안내

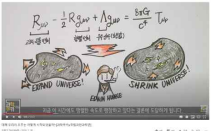

##### □ 홍보활동의 체계적 관리를 통한 성과 확산 강화

- 기존 분산된 홍보사업\*간의 긴밀한 연계를 통해 나노기술 신규 성과에 대한 정리 및 확산 등 장기적 관점의 시민체감 활동 강화
  - \* 나노코리아, 영첼린지, 나노융합성과전, 세상을 바꾸는 15분 등

##### □ 상호소통형·시민밀착형 홍보콘텐츠 개발 및 확산

- 기술공급자 관점에서 일방향으로 제공되어 왔던 나노기술 정보 및 성과확산을 시민 수요에 집중한 상호소통형으로 전환
  - 과학 유튜브·팟캐스트 등의 인지도 높은 채널을 활용하여 체험형 나노기술 홍보 콘텐츠를 제작하고, 광범위하게 확산

## 【상호소통형·시민밀착형 홍보콘텐츠 개발 및 확산】

■ **(홍보 방향)** 인지도가 높고, 적극적인 의견 공유가 가능한 미디어를 활용하여 콘텐츠 제작 및 확산을 통해 나노기술 홍보 강화

- 구독자를 일정 수준 이상 확보한 과학 유튜브, 팟캐스트와 나노 콘텐츠를 공동 기획·방송하여 제감향상 활동 극대화

과학퀴즈X국립과천과학관  
파인만 특별전시 기획 영상

과학하는 사람들  
영화 특집 기획

## □ 나노기술촉진 관련 법·제도 정비

- 나노기술개발촉진법 제정 이후 20여 년간의 나노기술 발전과 환경 변화를 반영한 나노기술개발촉진법 개정
  - 산학연 의견수렴을 통해 국내외 기술 및 산업발전 동향에 부합하고, 나노기술 정책추진에 핵심적으로 필요한 사항\*을 도출·정비
- \* 나노기술 R&D 혁신 및 상용화 지원, 나노안전성 연구 및 국제표준 선점, 지속성 있는 정책지원을 위한 나노기술정책센터 지정에 관한 사항 등
- 급변하는 대외환경과 글로벌 메가트렌드(4차 산업혁명, 코로나 등) 현상 해결을 주도할 수 있는 정책·제도\* 마련
- \* (예시) 나노물질·제품 안전성 확보를 위한 등록·평가·인증 기준 표준화 등
- (민관 협력체계 구성) 정부 부처와 민간이 공동으로 참여하는 “(가칭) 나노기술발전협의회”를 구성하여 나노기술발전 범부처 추진동력 확보
- \* 나노기술발전협의회는 나노관련 주요 정부부처, 대학·출연연, 민간의 협회·단체·조합, 기업, 나노인프라기관 등이 참여하는 협의기구

## VI 이행방안

### 1 투자계획(안)

- 「제5기 나노기술종합발전계획」 추진을 위해 향후 10년간(‘21~’30년) 약 12.7조원을 투자 (차기계획 수립시까지 5년간(‘21~’25) 약 5.6조원 투자)
  - R&D에 10조 3,279억원, 인프라에 1조 1,105억원, 인력양성에 1조 2,256억원
  - \* (산정기준) 기존 나노기술시행계획의 연도별 투자규모에 근거하여 제시한 투자 확대 규모(‘20 → ’24)의 연평균 증가율(5.0%)을 적용하여 산정

### 〈나노기술관련 정부투자계획(안)〉

(단위: 억원)

구분	’21	’22	’23	’24	’25	’26~’30	합계
총 투자액	10,068	10,572	11,100	11,655	12,238	71,005	126,638
R&D	8,211	8,622	9,053	9,505	9,981	57,907	103,279
인프라	883	927	973	1,022	1,073	6,226	11,104
인력양성	974	1,023	1,074	1,128	1,184	6,872	12,255

※ 투자계획은 예산당국과 협의과정에서 변경될 수 있음

### 2 시행 관리

#### □ 시행계획 수립 및 성과관리

- 나노기술종합발전계획의 실효성 강화를 위해 나노기술 추진부처 및 연구기관 등이 참여하여 각 전략 및 과제 관련 연도별 시행계획 수립
  - 제5기 나노기술종합발전계획의 전년도 사업추진 실적을 전략별로 점검하고 당해년도 사업추진 계획을 시행계획 수립에 반영
- 매년 개최되는 나노행사를 계기로 우수성과 선정, 공유·확산 추진
  - (나노코리아) 학술성과, 산업성과에 대한 글로벌 교류·협력의 장
  - (나노융합성과전) 매년 기술·산업 우수성과 선정·공유, 축하·격려

## VII 기대효과 (나노기술로 여는 미래사회 모습)



## VIII 중점과제별 소관부처

4대 전략 및 중점과제		소관부처
전략1. 창의·도전적 글로벌 선도 나노연구 강화		
1-1. 나노 기초·원천 연구 투자 강화		
①	나노분야 기초연구 투자규모 확대	과기부,교육부
②	미래수요 대응 선제적 원천기술 개발	과기부
③	소재·부품·장비 공급망 창출을 위한 핵심기술 확보	과기부,산업부
④	나노기술 분야 전문연구회 육성	과기부
1-2. 나노기반 이슈해결형 연구개발 추진		
①	비대면 시대의 기반이 되는 나노전자소자 기술개발 추진	과기부,교육부, 산업부,복지부, 식약처,환경부, 농림부
②	팬데믹 및 고령화 사회에 대비하는 나노바이오 기술개발 추진	
③	지속가능한 미래를 위한 나노그린에너지원 기술개발 추진	
1-3. 나노기술 투자전략 고도화		
①	나노기술 전략 고도화를 위한 국가나노기술지도 수립	과기부,산업부
②	나노기술 분류체계 재정비	
③	나노기술 정보 및 통계 분석 강화	
1-4. 나노·소재 데이터 플랫폼 구축 및 확산		
①	나노·소재 탐색·설계 서비스 개발 및 운영	과기부,산업부
②	공정·설계 서비스 구축 및 운영	
③	측정·분석 서비스 구축 및 운영	
전략2. 혁신성장 주도 나노융합산업 경쟁력 강화		
2-1. 선도적 나노융합 산업화기술 확보		
①	미래 신산업 연계 나노융합 혁신제품 개발	산업부
②	나노융합 Next 소재·부품·장비 첨단제품 개발	산업부,과기부
2-2. 나노기업의 기술사업화 지원 강화		
①	나노분야 우수 기초·원천기술의 사업화 지원 프로그램 운영	산업부 과기부 중기부
②	나노융합제품 제조공정·측정·분석·실증 지원 강화	
③	나노제품 상용화 촉진 성능평가 및 규제대응 지원	
2-3. 나노융합산업 혁신생태계 조성 촉진		
①	미래유망제품 상시적 발굴을 위한 혁신컨소시엄 구성·운영	산업부 과기부 중기부
②	실효성 있는 기업지원 통합정보시스템 구축	
③	산·학·연 연계시너지 극대화 나노융합 클러스터 조성	

4대 전략 및 중점과제		소관부처
전략3. 나노팹인프라 기능 고도화		
3-1. 나노팹인프라 지원 체계 고도화		
①	한국형 나노인프라 지원체계(KNCI) 기반 조성	과기부,산업부
②	권역별 나노인프라 지원체계 구축	
③	특화분야별 나노인프라 협력체계 마련	
3-2. 나노팹인프라 지원기능 고도화		
①	소재.부품.장비 반도체 테스트베드 지원 강화	과기부,산업부
②	차세대 반도체 개발지원 강화	
③	나노인프라 공정능력 및 기술사업화 강화	
3-3. 나노팹인프라 혁신 및 중장기 발전전략 마련		
①	나노인프라 시설.장비 및 서비스 고도화	과기부,산업부
②	글로벌 선도 국가나노인프라 발전전략 마련	
전략4. 나노기술 혁신기반 확충		
4-1. 나노기술 전문인력 양성 강화		
1	연구개발 전문인력 양성	과기부
2	산업화 지원 전문인력 양성	과기부,산업부
4-2. 개방형 혁신을 위한 국제협력 확대		
①	나노과학기술 국제협력 주도	과기부,산업부
②	국내외 허브를 활용한 기업의 해외진출 지원	
③	국제협력 플랫폼 강화를 통한 협력 확대	
4-3. 글로벌 나노안전 및 표준화 주도		
①	나노안전성 평가기술 개발 및 표준화 주도	과기부,산업부 환경부
②	나노안전 관리기반 구축	
4-4. 나노기술에 대한 국민 체감 향상		
①	초.중.고 학생 및 교육자 대상 체험형 나노기술 교육 프로그램 운영	과기부
②	기존 홍보활동의 체계적 관리를 통한 성과 확산 강화	과기부,산업부
③	상호소통형.시민밀착형 홍보콘텐츠 개발 및 확산	과기부
④	나노기술촉진 관련 법.제도 정비	과기부

과학기술정보통신부 기초원천연구정책관 융합기술과	
담당자	홍석범 사무관
연락처	전 화 : 044-202-4575 E-mail : doinbul@korea.kr