

# 제2기 국가나노기술지도 총괄보고서

2014. 2

미래창조과학부  
나노기술연구협의회  
국가나노기술정책센터

# - 목 차 -

<b>I</b>	<b>추진개요</b> .....	<b>1</b>
	제 1절 수립배경 .....	1
	제 2절 수립 목표 및 기본방향 .....	2
	제 3절 추진 체계 및 경과 .....	3
<b>II</b>	<b>주요국 나노기술지도 현황 분석</b> .....	<b>5</b>
	제 1절 유럽연합(EU) .....	5
	제 2절 미국 .....	6
	제 3절 일본 .....	6
<b>III</b>	<b>우리나라 나노기술 현황</b> .....	<b>7</b>
	제 1절 나노기술의 정의 및 범위 .....	7
	제 2절 관련 산업 현황 및 전망 .....	11
	제 3절 기술경쟁력 .....	14
	제 4절 나노기술지도 구축 현황 및 성과 .....	16
<b>IV</b>	<b>미래 사회환경변화와 나노기술의 역할</b> .....	<b>18</b>
	제 1절 미래 환경변화 전망 .....	18
	제 2절 미래사회 유망산업과 나노기술의 역할 .....	22

<b>V</b>	<b>중점 나노기술개발 전략로드맵 .....</b>	<b>61</b>
	제 1절 국가 중점나노기술 .....	61
	제 2절 중점기술 전략로드맵 전개 .....	63
<b>VI</b>	<b>기대효과 및 활용방안 .....</b>	<b>94</b>
	제 1절 기대효과 .....	94
	제 2절 활용방안 .....	94

**별첨 1. 중점나노기술 요약서**

**별첨 2. 중점나노기술별 세부내용**

**별첨 3. 제3기 나노기술종합발전계획과 연계성**

**별첨 4. 국가중점과학기술 전략로드맵과 연계성**

**별첨 5. 창조경제 실현과제 비중표**

**별첨 6. 분야별 상세 나노기술지도**

**별첨 7. 국가나노기술지도 작성 위원명단**

# I. 추진개요

## 제1절 수립배경

### ■ 수립 필요성

- '01년도부터 국가차원에서 추진되고 있는 나노기술 분야에 대한 현황 진단 및 미래 사회수요와 시장 전망 등을 종합적으로 반영하여,
  - 나노기술지도(로드맵)를 수립하여 정부 정책 추진 및 민간의 연구개발 방향 설정에 전략적으로 활용
- \* 미국, EU, 일본 등도 나노기술지도를 수립하여 전략적 투자방향을 설정

### ■ 추진 근거

- 나노기술개발촉진법 제6조 및 시행령 제5조에 의거 5년 마다 작성
- \* '08. 4월, 제1기 국가나노기술지도를 수립(주관 : 나노기술연구협의회)

### 참고

### 나노기술개발촉진법 및 시행령 상 기술지도 작성 관련 조항

#### <나노기술개발촉진법>

제6조 ③ 미래창조과학부장관은 기술개발 전략의 수립, 연구개발 투자방향의 설정 등을 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 나노기술 분야의 종합적인 기술지도(技術地圖)를 작성하여야 한다.

#### <시행령>

제5조 ① 미래창조과학부장관은 법 제6조제3항의 규정에 따른 나노기술분야의 종합적인 기술지도(이하 “기술지도”라 한다)를 5년마다 작성하고, 이를 관계중앙행정기관의 장에게 통보하여야 한다.

## 제2절 수립 목표 및 기본방향

### 1. 수립 목표

#### ■ 산업경쟁력 강화 및 미래사회 수요에 대응하는 중점나노기술 개발 전략 도출

- 미래 산업 환경변화에 선제적으로 대응할 수 있는 중점나노기술 도출 및 기술 획득을 위한 전략로드맵 작성
- 과학기술적 난제 해결 및 국민 행복을 위한 나노기술 개발 전략 수립

### 2. 수립 기본방향

#### ■ 국내외 환경변화와 신정부의 과기정책 추진 방향을 반영

- 미래 환경변화 전망을 통해 중요 미래수요 발굴
- '미래창조', '융합신산업 창출' 등 신정부의 과학기술정책 방향과 정합성 확보

#### ■ 나노기술지도의 활용 및 실효성을 높이기 위해 중점나노기술 도출 및 이를 중심으로 한 전략 로드맵 작성

- 나노기술의 산업적 파급효과를 고려한 목표지향형 기술지도 작성
  - 기존 기술트리\*로부터 출발하는 기술지도 전개가 아닌 국내 주요산업에 부가가치를 창출하는 핵심나노기술에 대한 기술지도 전개 및 R&D 투자전략 제시
- \* 나노소재, 나노소자, 나노바이오, 나노공정/장비/측정 등 4대 분야
- 국가차원의 인프라 조성이 필요한 원천기반기술 분야에 대한 기술지도 전개

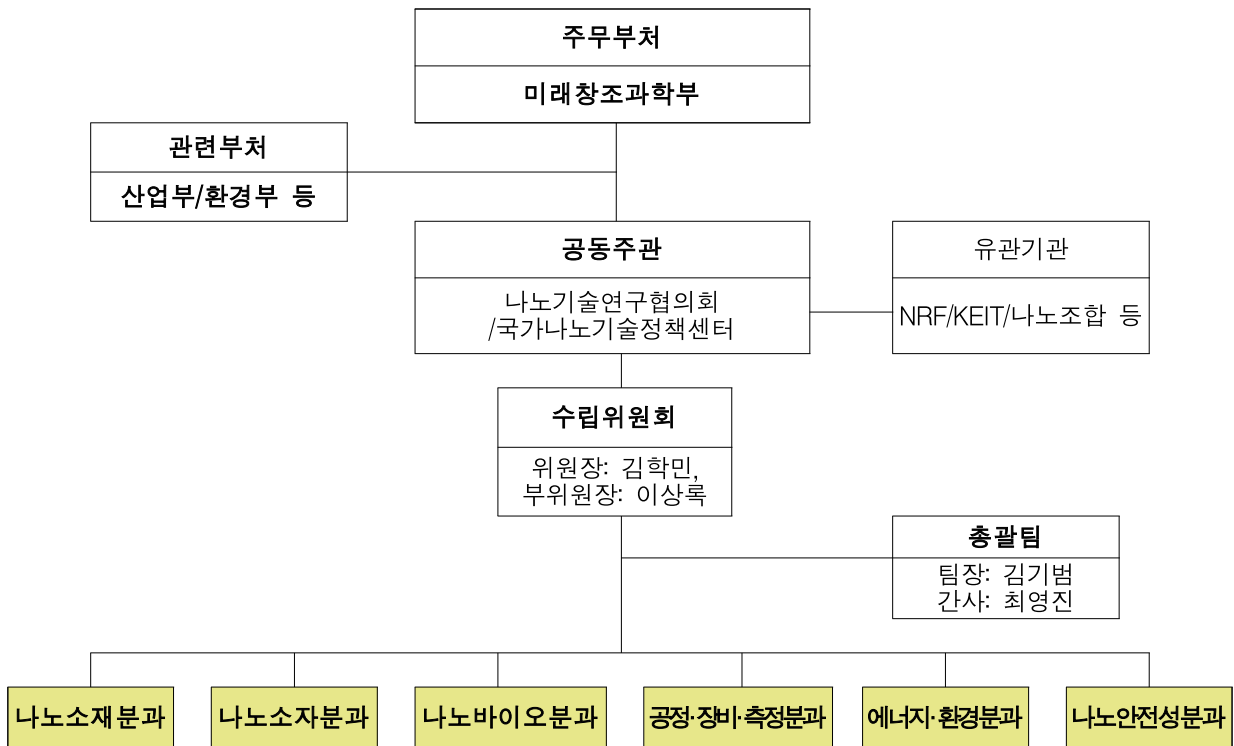
#### ■ 나노기술전반에 대한 기술분야별 상세 기술지도도 병행하여 수립

- 제 1기 국가 나노기술를 기반으로 변화된 환경을 반영하여 사전적 상세 기술 지도 전개
  - 나노기술 전반에 대한 사전적 나노기술 트리\*를 작성하고, '25년까지 핵심요소 기술별 정량적 달성목표를 제시
- \* 나노소재, 나노소자, 나노바이오, 나노에너지·환경, 나노공정/장비/측정, 나노안전성 등 6대 분야

# 제3절 추진 체계 및 경과

## 1. 추진 체계

### ■ 추진 체계도



\* 각 분과별 위원은 위원장, 간사 포함하여 약 8~10명 구성

### ■ 운영

#### ○ 주관

- 나노분야 커뮤니티 조성·지원을 하고 있는 나노기술연구협의회와 정책지원 기능을 하고 있는 국가나노기술정책센터가 공동주관

#### ○ 수립위원회

- 위원장 : 나노분야의 명망 있는 외부 전문가
- 위원 : 관련부처(과장급) 및 산·학·연 전문가 10여명
- 역할 : 기술지도 추진방향 및 작성 결과의 검토·조정 등

○ 총괄팀

- 팀장 : 나노기술지도 작성에 있어 총체적이고 실질적인 업무를 담당하는 실무형 전문가 (총괄 간사가 작업 전반에 협력)
- 구성 : 총괄팀은 나노기술정책전문가, 나노산업계전문가, 각 기술분과 간사 등으로 구성
- 역할 : 전체 작업을 총괄하며, 중점나노기술 도출 및 전략로드맵 작성

○ 기술분과

- 분과장 : 각 해당 기술분야의 기술전문가임과 동시에 정책적인 통찰력을 갖춘 기획 전문가로 구성
- 구성 : 기술분과는 나노소재 등 6개 분과로 운영하며, 기술분야별 상세 기술지도 작성을 담당, 또한 글로벌 프론티어사업단을 각 기술분과에 배치하여 작업효율성 강화
  - \* 나노기반 소프트일렉트로닉스 연구단 등 5개 연구단 활용
- 역할 : 분야별 기술동향·정보 등을 토대로 기술지도 수립, 산·학·연·정 관계자들 대상으로 의견수렴을 통한 개방성 제고

## 2. 주요 추진 경과

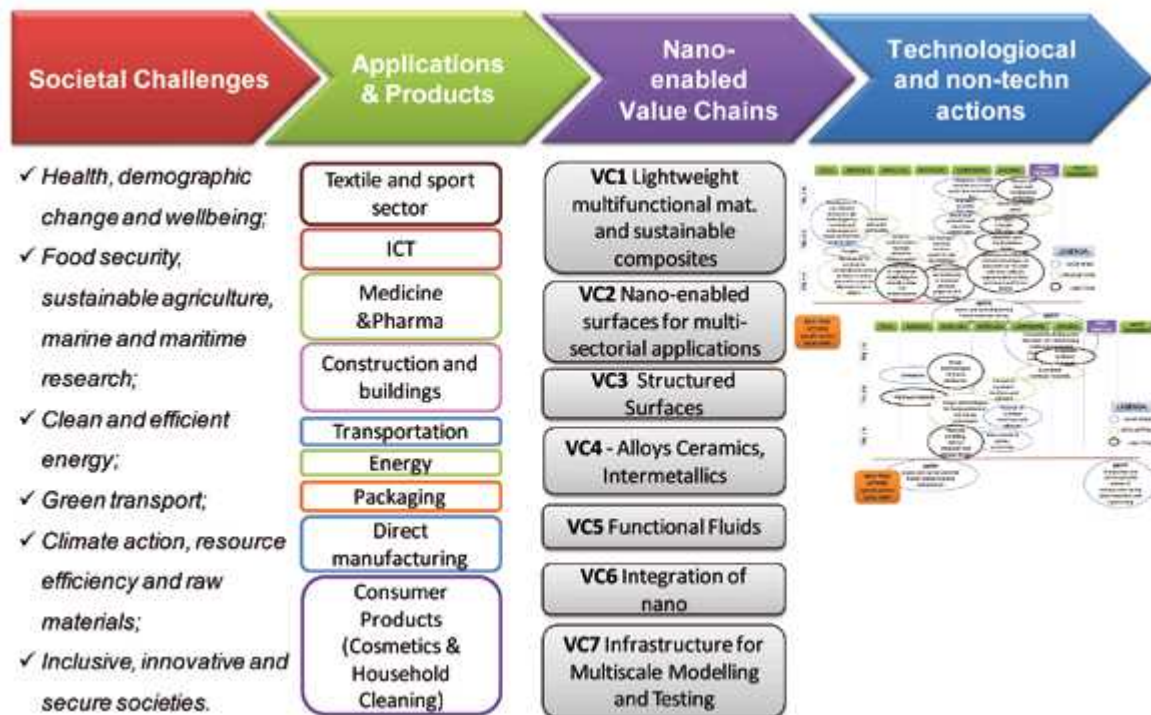
- '13. 08, 제2기 국가나노기술지도 기본계획 수립
- '13. 08, 수립위원회 분과구성, 세부 추진전략 확정
- '13. 08, kick-off 회의개최
- '13. 11, 로드맵작성 작업
- '13. 12, 중간보고회 개최
- '14. 01, 공청회 및 최종안 마련
- '14. 02, 국가과학기술위원회 심의·확정 (예정)

## II. 주요국 나노기술지도 현황 분석

### 제1절 유럽연합 (EU)<sup>1)</sup>

#### 2025년까지 EU가 집중해야 할 나노기술 영역에 대한 로드맵 수립

- 세부기술별 정량지표 중심의 로드맵이 아닌 가치사슬(value chain) 중심의 로드맵 전개
  - 7개\*의 나노기반 가치사슬 도출
    - \* 경량 다기능 소재, 나노기반 표면, 구조화된 표면, 기능성 합금/세라믹, 기능성 유체, 나노집적화, 다차원 모델링/테스트
  - 각 가치사슬을 “도구, 소재, 모델링, 측정, 부품, 조립, 최종제품” 등의 7단계로 나누고, 각 단계에서 필요한 나노기술을 배치
- 통념적으로 가치사슬은 최종제품을 중심으로 구성하나, 본 로드맵에서는 나노기술로부터 출발하는 가치사슬(nano-enabled VC)을 구성
  - 최종제품이 다양하기 때문에 한 개의 가치사슬 내에서도 여러 개의 로드맵이 도출됨. 이로 인해 로드맵을 한 눈에 파악하기 난이



1) Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology, 2012.7



## 제2절 미국2)

### ■ NNI 추진에 대한 평가 및 2020년까지의 NNI 추진 방향에 대한 제언

- 총 14개 분야\*에 있어 2000년 이후 달성된 주요성과와 2020년까지 달성하고자 하는 목표를 정성적으로 제안

\* 이론/모델링/전산모사, 측정/장비/표준, 합성/조립/제조, 안전성, 환경/기후/자원, 에너지, 의료, 나노전자, 나노포토닉스, 나노구조 촉매, 이미징 나노소재, 연구시설인프라, 교육, 거버넌스 등

(예시) 합성/조립/제조

2000년 이후 달성된 주요 성과	2020년까지 달성하고자 하는 목표
상대적으로 간단한 자기조립 나노구조 제작	자기조립이 이루어지는 경로에 대한 원천적인 이해 및 자기조립을 이끄는 촉매활동에 대한 보다 진전된 이해

## 제3절 일본3)

### ■ 30개 중점기술영역을 발굴하여 기술지도 전개

- 기술적 관점에서 5개 대분야\*로 분류하고, 혁신/응용 관점에서 3개 대분야\*\*로 분류한 후 이를 매트릭스형으로 배치하여 30개의 중점영역을 도출하고 이에 대해 로드맵을 제시

\* 나노시스템, 나노디바이스, 프로세스·제조, 재료, 나노재료·과학기술기초기반

\*\* 라이프 이노베이션, 그린 이노베이션, 부흥·재생/국가기반 등

	라이프 이노베이션 (선제의료, 암의 조기진단·치료, 새로운 의료기술, 보호·자립지원 등)	그린 이노베이션 (재생가능에너지 이용, 고효율충전, 대용량축전, 저소비 에너지 등)	부흥·재생/국가기반 등 (부흥·재생, 방재, 안전, 식량, 물, 자원, 외)
나노시스템	·재생의료 ·치료/보호용 로봇 ·웨어러블 디바이스 ■ 바이오나노 계측 ■ 진단 디바이스 ■ 약물송달시스템	■ 태양전지 ■ 인공광합성 ■ 연료전지 ■ 열전발전기 ■ 초저소비전력 나노일렉트로닉스 디바이스 ■ 이종기능 삼차원 적층 칩	·재해구조로봇 ·비파괴검사장치 ·물 정화장치 ·테라헤르츠소자 ·압전소자 ·분리막 ■ 원소전략 ■ 희소원소대체기술
나노디바이스	·진단용 바이오칩 ·나노머신, DNA감정 ·분석/진단/보호용 센서	■ 이차전지·충전 디바이스 ■ 파워디바이스 ■ 초전도충전 ■ 화학에너지 변환·저장 ■ 초저소비전력 나노일렉트로닉스 디바이스 ■ 이종기능 삼차원 적층 칩	■ 센싱 디바이스 시스템 ·양자계산소자 ·양자통신소자 ·양자화학촉매 ·분리막 ■ 원소전략 ■ 희소원소대체기술
프로세스·제조	·리토그래피 ·자기조직화	■ MEMS-NEMS ■ 그린 프로세스 촉매	■ 원소전략 ■ 희소원소대체기술 ■ 물의 분리·정화
재료	·초분자·소분자 ■ 생체재료 ·고분자·이온·라디칼 ·나노공간·포러스 재료 ·촉매재료	■ 분자기술 ■ 공간·공격구조 제어재료 ■ 바이오미메틱스	■ 나노조직구조 제어재료 ·결정·비결정·메타물질 ·유기전체재료 ·초전도체 ·초경량 재료
나노·재료 과학기술기반	■ 바이오이미징 ·플루이딕스 ·트라이볼로지	■ 신재료검색·설계(계산이론) ■ 나노표면·계면 제어 ■ 바텀업형 프로세스 ■ 나노 계측	·계산·물리계산, 분자동력학법 ·메타물질·멀티피직스 ·시뮬레이션

공통과제(인프라·국제전략·EHS·ELSI·교육)

2) Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020, 2010.9

3) 나노테크놀로지·재료분야 부감위크숍 보고서, 2013.1

## Ⅲ. 우리나라 나노기술 현황

### 제1절 나노기술의 정의 및 범위

#### 1. 정의

<나노기술개발 촉진법 제2조>

“나노기술“이란 다음 각 목의 기술을 말한다.

가. 물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작·분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적·화학적·생물학적 특성을 나타내는 소재·소자(素子) 또는 시스템(이하 “소재등“이라 한다)을 만들어 내는 과학기술

나. 소재등을 나노미터 크기의 범주에서 미세하게 가공하는 과학기술

#### 2. 범위

##### ■ 나노소재기술

- 나노미터 스케일에서 기존 재료를 제어·조합하거나, 새로운 물질 구조를 합성·조합하여 물성이 현저히 향상되거나, 새로운 물성과 기능이 발현되는 소재기술로서, 6T 산업전반에 걸쳐 활용되는 소재기술을 포함
  - 나노기반소재 기술: 나노소재를 구성하는 가장 기본적인 형태로 단독으로 쓰이거나 다른 형태의 나노소재를 제조하는데 필요한 바탕이 되는 소재(예: 나노입자(분말), 나노선(막대, 튜브, 섬유), 나노판(박막), 나노기공소재 및 나노벌크소재)의 합성, 형상 및 특성제어를 위한 기술
  - 나노응용소재 기술: 기반나노소재 또는 계층구조 나노소재의 혁신적 물성이나 신규 물성의 발현/개선을 통해 환경/건강/물/식량 산업용, 구조기능용, IT 산업용, ET 산업용, 에너지 산업용으로 활용하는 것에 관련된 소재공정 및 응용 기술
  - 나노하이브리드 소재 기술: 기반나노소재간 또는 나노소재와 기존소재들간의 복합화(하이브리드화)를 위한 이종물질간 인터페이스 설계 및 제어, 다

차원 구조화 및 복합화 공정기술 등을 통해, 복합성능/한계 성능을 구현하기 위한 소재기술

## ■ 나노소자기술

- 나노기술을 적용하여 전자소자의 기능 고도화, 신기능소자, 신공정을 개발하여 반도체, 디스플레이, 광, 조명, 투명전극에 활용함으로써 인류의 편리하고 건강한 삶을 영위하는데 기여할 수 있는 기술
  - 나노반도체: 나노미터 크기의 구조에서 전자가 지닌 고전적 혹은 양자역학적 전기 특성을 이용하여 정보처리를 수행하는 소자
  - 인쇄 플렉서블 디스플레이: 유연 기판위에 인쇄기술로 제조된 디스플레이
  - 고에너지 효율 면조명: 나노기술을 이용한 2차원 면발광 형태의 고에너지 효율을 지닌 조명 소자
  - 나노센서: 외부의 다양한 자극 요인을 감지하여 이에 대한 정보를 전기적, 광학적 신호로 변화시키는 소자
  - 인쇄 투명전극: 광학적으로 80% 이상의 투과도를 지니면서 면저항이  $1000\Omega/\square$  이하인, 인쇄기술로 제조된 전도성 박막전극

## ■ 나노바이오기술

- 나노기술을 적용하여 생명현상을 규명하고 바이오 및 의료 분야에 활용함으로써 질병 조기 진단 및 치료, 건강한 먹거리 생산에 기여할 수 있는 기술
  - 개인 맞춤형 나노진단 기술: 나노기술을 이용하여 특정 바이오물질을 검지하거나, 병을 진단하는 기술
  - 지능형 나노치료제 (Smart Nanodrug): 나노 기술을 이용하여 병을 치료하는 기술
  - 생체분자 나노분석/제어: 바이오 단분자의 이미징 등, 바이오 분자 제어 및 분석을 위한 현재 기술의 한계성을 극복하게 해주는 기술
  - 나노기반 농수산 고도화 기술 (Nano Agriculture): 바이오 나노기술을 적용하여 고품질 농산물·수산물·식품을 생산하는 기술

- 나노 웰빙 제품 생산 기술: 나노기술을 응용하여 기능이 획기적으로 개선된 화장품, 생활용품 관련 기술

## ■ 나노에너지·환경기술

- 나노기술을 적용하여 에너지고갈, 지구온난화 등 에너지·환경 분야가 직면하고 있는 기술적 한계를 돌파하고 쾌적하고 지속가능한 안정된 사회를 실현할 수 있는 기술
  - 에너지생산/변환기술: 연료전지, 태양전지 등 청정 에너지를 대상으로 에너지 변환효율을 극대화시키기 위해 나노융합 핵심소재를 개발하고 이를 기반으로 한 고효율 발전시스템을 구축하는 기술
  - 에너지저장: 청정에너지를 고용량, 급속충전 방식으로 저장하기 위하여 나노융합 이차전지, 슈퍼캐패시터 등 에너지 저장용 원천소재를 중심으로 한 저장장치를 구현하는 기술
  - 융합형에너지: 극미소 전원, 에너지 하베스팅 등 에너지를 충전/발전 할 수 있는 기술을 이용하여 모바일기기, 소형가전제품 등 첨단 기기를 대상으로 에너지를 효율적으로 활용하기 위한 기술
  - 에너지효율향상: 냉난방 부하저감을 통해 제로에너지빌딩을 구현할 수 있는 에너지절약 고단열소재 및 고효율 전력변환 기술
  - 나노환경정화: 나노환경 촉매 및 친환경 소재를 이용하여 대기/실내 환경을 개선하기 위한 기술
  - 나노자원순환: 나노흡착·분리소재, 수질감시/진단 기술을 기반으로 자원 회수 및 수질개선을 통한 청정 환경을 구축하기 위한 기술
  - 나노환경감시: 대기오염물질의 정량/정성적 측정을 통해 대기환경을 감시/진단하기 위한 기술

## ■ 나노공정·측정·장비기술

- 나노소재 또는 소자 제조에 필요한 기본요소(building block)를 제조하거나, 이를 조립 또는 가공함으로써 기능을 부여하는 장비를 의미함. 또한 나노크기 영역에서 물질의 특성을 측정하고 분석할 수 있는 기술을 포함
  - 나노박막기술: 나노물질 증착 및 도핑을 통하여 나노박막을 형성하는 기술

- 나노점·선 합성 및 정렬기술: 나노점·선을 합성하거나 집적화하는 기술
- 나노패터닝기술: 탑다운기술과 바텀업기술 또는 융합기술로 나노구조체를 형성하는 기술
- 나노 화학·구조 분석기술: 나노물질, 소재, 소자 시료의 형상을 나노미터 또는 원자 수준에서 관찰하거나, 구조 및 성분을 분석하는 기술
- SPM·광융합 나노측정기술: 근접장 및 원격장 광측정기술, 비선형 분광 분광 기술 등 기존 광학현미경의 해상도를 극복하는 기술
- 나노물성측정기술: 나노물질, 소재, 소자 시료의 광학·역학 특성을 분석하는 기술

## ■ 나노안전성기술

- 안전한 나노소재/나노제품의 활용을 위해 나노안전성 기준을 설정하고 인증시스템을 구축하여 안심하고 사용할 수 있는 나노제품이 시장에 출시되도록 법제화 및 나노안전관리 체계구축을 위한 과학적 근거를 제공하는 기술
  - 나노물질 안전 DB 구축 기술
  - 나노물질 특성측정, 독성평가 및 나노제품에서의 노출평가 기술
  - 나노제품의 전주기 평가 기술
  - 나노소재 안전성 예측기술

## 제2절 관련 산업 현황 및 전망

### ■ (나노소재) 나노기술 가운데 실용화가 가장 활발하게 진행된 분야로 단순 생활소재 분야에서 최근 전자재료, 에너지 소재, 각종 기계구조용 소재로 응용범위가 확대

- 스마트폰과 태블릿 PC 산업의 성장에 따라 핵심부품인 디지털라이저 및 다층형 유연인쇄회로기판(Flexible Printed Circuit Board)의 국내·외 수요가 지속적으로 증가할 것으로 전망되며, 인쇄기법에 의한 나노소재 및 공정 혁신이 가속화될 것으로 전망
  - 국내 FPCB 제조사가 세계 3위권의 시장 점유율을 가지고 있는 등 다수의 국내 PCB 제조사들이 지속 성장을 유지하며 중위권을 장악하고 있음
  - 스마트폰 및 태블릿 PC의 핵심부품인 디지털라이저 시장은 2013년 삼성전자를 시장만 해도 약 6,500억원 규모로 추정, 세계시장은 2조원 이상 추정됨
- 기능성 나노구조 필름의 경우 표면 나노구조물에 의한 반사방지, 내오염 기능이 구비된 필름을 통한 터치패널 및 디스플레이, 태양전지 표면에 적용한 시제품 제시 등으로 시장 진입을 시도하고 있음
  - \* Saint Gobain(프랑스), Lintec(일본), Liquidia(미국)에서도 표면 구조제어 등을 통한 자기정화 필름을 개발 중임
- 고전도성 나노복합소재는 전기전도 및 열전도 특성을 활용한 LED 방열소재 시장으로 형성되고 있으나, 최근 나노탄소/고무복합체를 블래더, UHP 타이어 등에 적용하여 수년 내 상용화가 가능할 전망

### ■ (나노소자) 삼성, 하이닉스와 같은 반도체 대기업 주도로 나노전자소자 시장이 활성화되고 있으며, 타 소자분야로의 시장이 확대될 전망

- 기존 반도체 소자의 기술적 한계에 극복하기 위해서 나노기술을 활용하여 저전력, 고속, 고집적화를 실현하려는 시도를 활발히 진행하고 있으며, 5년 내에 상용화 될 것으로 기대됨. 신개념 소자로 양자상태 제어소자, 신경모방소자, 스핀 제어소자, 분자전자소자에 대해 초기단계의 연구를 하고 있으나 시장 창출은 미약함
- 평판 디스플레이 기술에 나노기술을 접목하여 플렉시블, 투명성의 신기능성을 부여하고, 인쇄공정으로 제조 가능한 플렉시블 디스플레이 개발을 대기업 중심으로 활발히 진행하고 있으며, 관련 소재 기술을 중소/중견기업이 지원하고 있음

- 현재 초기 형태의 곡면형 디스플레이는 상용화 되었으며 완벽한 플렉시블 디스플레이는 7년에 상용화 될 것으로 기대됨
- 기존 조명소자의 에너지 효율 향상 및 IT기술 접목을 위해서 나노기술을 활용한 OLED, 양자점을 이용한 차세대 면조명소자의 개발이 활발히 진행되고 있으며 3년 내에 본격적으로 산업화 할 것으로 전망됨. 향후 가격경쟁력 확보를 통해 시장의 지배기술로 발전할 것으로 기대됨

■ (나노바이오) 그 간 국내 기업의 투자가 미진하였으나, 최근 대기업 등에서 관련분야 투자가 진행되면서 기술개발이 활성화되고 있음

- 분자진단의 원천기술들(real time PCR, Boom technology)의 특허만료시점이 도래함에 따라, 과거 중소기업 및 벤처 위주의 산업구조에서 삼성, LG, SK 등 대기업들의 바이오전자, 바이오칩 등 분야 M&A 및 기술투자 등을 통해 전방위적으로 시장 진출을 모색 중
- 국내 나노바이오칩은 마크로젠, 굿젠, 바이오코아 등 중소·중견기업 주도로 추진되다가 삼성에서 LabCD를 2009년에 사업화하였고, 시료준비기능이 연계된 real time PCR 출시를 위해 사업부를 구성함
- 또한, 중소·중견기업들도 그간의 기술력을 기반으로 유비쿼터스 헬스케어 제품, 분자진단 바이오 칩 등 사업 활성화를 위해 노력중임
- \* (주)미코바이오메드 IVT(In Vitro Test)소자 및 제품개발, (주)케이맥 분자진단 특허 등록, 인포피아의 분자진단사업 시작 등

■ (나노에너지·환경) 태양전지, 이차전지를 중심으로 나노기술이 적용되어 시장이 형성되고 있으며, 스마트윈도우 신규시장이 본격화 될 것으로 예상

- 기존 결정질 실리콘 태양전지에 나노기술을 적용하는 방향과 더불어 나노기술 기반의 플렉시블 태양전지, 염료감응 태양전지가 주목받고 있음.
- (주)코오롱은 고안전성 유기태양전지 모듈 제조기술을 개발하고 있으며 세계최고 효율인 11.3%(cell 기준)를 달성하였음. 현재 R2R 플렉시블 유기태양전지 양산라인 구축 중
- (주)동진세미켄은 염료감응 태양전지를 이용하여 창호맞춤형 BIPV 고투과 박막 태양전지 모듈을 개발 중에 있으며 향후 에너지 절감 빌딩용 창호시스템에 적용할 용도로 상용제품 개발 예정임

- 하이브리드 자동차 및 전기차용 리튬 이차전지의 수요가 크게 증가할 것으로 전망되어 나노기술을 적용한 고용량 슈퍼커패시터 개발 경쟁이 가속화되고 있음.
  - 삼성 SDI, LG화학 등에서는 해외 자동차업체(Chrysler 피아트, GM Volt)과 손잡고 전기자동차용 배터리 개발에 총력을 기울이고 있음.
  - 태양전지용/전기자동차용 슈퍼커패시터 등 고용량 슈퍼커패시터의 수요가 증가할 것으로 예상됨
- 스마트윈도우 수요증대
  - (주)DM Display는 1999년에 액정표시장치용 고분자 조합 액정기술을 적용하여 명암비(contrast)를 대폭 개선하고 반응속도도 크게 향상된 스마트윈도우를 개발했음. 기능물질이 고체로 이루어져 일정하게 투과율을 유지할 수 있어 빛의 투과를 5~90%까지 조절 가능함.

■ (나노공정·측정·장비) 아직 성장초기 단계이나 향후 5~10년 내에 다양한 분야에서 나노기술의 사업화가 이루어짐에 따라 산업성장 가능성이 높음

- 국내 나노공정 및 측정장비 시장은 나노기술 상업화가 본격 추진되면서 성장 초기에 접어들고 있음
  - 반도체, 디스플레이, 에너지 소자 등의 분야에서 나노기술이 채용됨에 따라, 세계 및 국내 수요에 대응하는 제품 생산을 위한 나노 공정 및 측정·장비 시장이 크게 확대 될 것으로 기대
  - 나노기술의 발전이 분석·측정장비의 분해능/측정 및 검출한계를 추월함에 따라 나노기술 및 제품의 분석에 대응하기 위해서 측정기법과 분석기술의 한계를 극복하는 기술개발이 필요한 상황임
    - \* 나노융합 제품의 물성 및 특성을 평가하기 위해 새로운 측정분석 기술 또는 융합측정 기술이 요구됨
    - \* 나노측정분석 기술의 발전추세는 원자단위에서 구조 및 성분의 3차원 분석기술과 실시간 분석기술이고, 이를 통해서 나노분석 기술 적용의 한계를 극복할 수 있음
  - 나노기술 적용 대면적 나노패터닝, 초고분해능 측정장비 등은 고생산성/저원가의 시장요구에 대응하기 위해 지속적인 연구개발이 필요, 향후 세계시장 창출과 선도적 기술 경쟁력 제고가 필요
    - \* 현재 나노임프린트 및 프린팅장비, 나노식각장비, 원자현미경장비 등은 세계적인 경쟁력 확보 및 사업화 진행 중

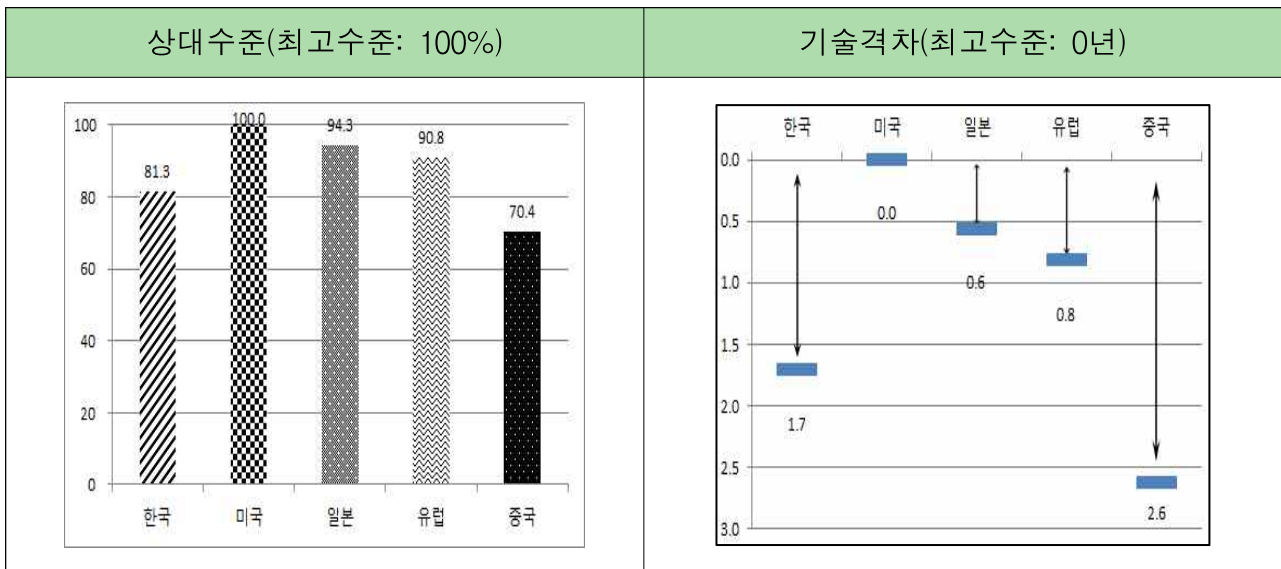


## 제3절 기술경쟁력

### ■ 전반적 기술수준

- 주력산업과 밀접한 관계가 있는 나노소자, 나노소재, 나노에너지·환경, 나노공정·측정·장비 분야의 상승폭 확대에 따라 한국의 기술수준은 세계 최고수준 대비 2010년 74.1%에서 2011년 81.3%로 전반적으로 상승
  - 대부분 미국이 최고 기술수준을 보이나, 나노소재분야는 일본이 최고 수준임
- 세계 최고 수준인 미국과의 격차가 좁혀지고 있는 상황으로 특히, 중국은 2010년 59.5%에서 2011년 70.4%로 상승폭이 다른 나라보다 높아, 중국의 추격이 본격화되고 있는 것으로 판단
  - 나노기술 선진국의 기술력 향상보다 중국, 러시아 등 후발국가의 기술이 크게 발전하여 선진국과의 격차를 좁히고 있는 상황으로 러시아는 나노공사(RUSNANO)를 설립하여 나노기술 산업화를 적극 추진 중

<국가별 나노기술 수준비교>



출처 : 2011년도 「통합 산업기술수준조사」 결과보고서

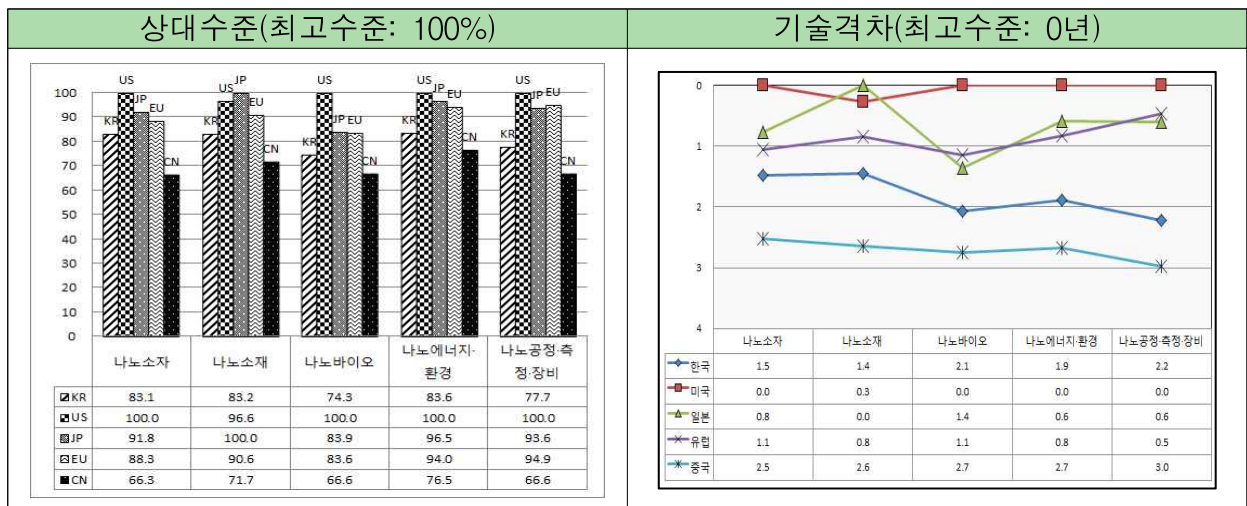
### ■ 분야별 기술수준

- (나노소자) 나노소자의 기술수준이 크게 상승하였는데 이는 관련 분야인 반도체, 디스플레이 분야의 국내 기술수준 상승과 관련이 있으며, 유

연기관 소자 등 나노소자분야에 투자를 확대한 영향이 있음

- (나노소재) 나노소재의 경우도 기술수준이 상승하였고 이는 디스플레이, 반도체, 이차전지, 태양전지 등 전자재료와 에너지 소재 분야에서 나노소재 활용이 증가함에 따라 R&D 투자가 확대되었기 때문인 것으로 분석
- (나노바이오) 바이오기술과 동반성장이 필요한 분야이지만, 바이오분야의 국내 수준이 2011년 73.5%에 불과하여 나노바이오 분야도 상대적으로 낮은 기술수준인 것으로 분석
- (나노에너지·환경) 나노에너지·환경분야의 기술수준은 2011년 83.5%로 나노융합분야 중 수준이 가장 높으며, 이는 이차전지산업이 세계적인 경쟁력을 갖추에 따라 높은 나노융합 이차전지 기술이 전체 기술수준의 상승을 견인하고 있음
- (나노공정·측정·장비) 나노공정·측정·장비분야는 기술수준이 낮은 편인데, 이는 핵심기술부족으로 인해 나노공정·분석장비를 대부분 수입에 의존하기 때문임

<분야별 기술 수준비교>



출처 : 2011년도 「통합 산업기술수준조사」 결과보고서

## 제4절 나노기술지도 구축 현황 및 성과

### ■ 제 1기 국가나노기술지도 개요

- 2008년 제 1기 국가나노기술지도 수립
  - 2006~2020년까지 나노기술 전 분야\*에 대한 정량적 지표 중심의 상세기술 지도를 전개한 후, 기술수준 및 국내경쟁력을 바탕으로 새로운 기술 창출 분야(원천 및 기반기술)와 부가가치 창출분야(실용화기술)로 나누어 투자 전략 제시
    - \* 나노소자, 나노소재/환경/에너지, 나노바이오, 나노공정/측정/장비 등
- 중점 연구개발 분야 예시
  - 기반기술개발 분야 : 나노소재 물성 측정 및 해석 등 63개 기술
  - 원천기술개발 분야 : 양자컴퓨터 등 53개 기술
  - 실용화기술개발 분야 : 나노소재의 경제적 양산 제조 등 51개 기술

### ■ 활용사례

- 2008년 교과부 "나노기초·원천기술중기전략"에 반영되어 "나노소재기술개발 사업" 과제 발굴에 활용
  - 제1기 국가나노기술지도를 기반으로 기초·원천투자가 필요한 7대 중점 지원 분야, 35개 국가그린나노기술 선정
- 2011년~2012년 지경부 "산업기술로드맵(나노융합분야)"에 반영되어 "나노융합산업원천기술개발사업" 과제 발굴에 활용
  - 제1기 국가나노기술지도를 기반으로 5대 분야(나노융합소자, 나노융합소재, 나노융합바이오, 나노융합에너지환경, 나노융합장비)별 유망 산업기술 로드맵을 전개하고, 이로부터 핵심타깃제품을 도출하여 산업화 R&D와 연계 지원

[참고] 35대 국가그린나노기술 목록

중점분야	국가그린나노기술
① 나노융합소재(6)	① 집광 광증폭 나노소재 ② 나노투명산화물 전극소재 ③ 수소저장 및 CO <sub>2</sub> 제거 융합소재 ④ 고발광 나노 형광체 소재 ⑤ 그린환경 NT/BT 융합소재 ⑥ 초임계공정 이용 나노입자연속생성
② 물성평가해석(4)	⑦ 그린 나노소재 표준화 ⑧ 신재생에너지소자 고속/대면적 측정 ⑨ 고효율 나노 광촉매 물성해석 및 설계 ⑩ 고효율 LED 설계 및 특성평가
③ 안전성 평가(4)	⑪ 인체 독성평가 ⑫ 환경독성평가 ⑬ 생태안전망구축 ⑭ 노출평가 및 저감
④ 차세대 소자(6)	⑮ 나노 열전소자 ⑯ 그래핀 소자 ⑰ 나노안테나 소자 ⑱ 나노 LED 소자 ⑲ 나노 환경센서 ⑳ 산화물 소자
⑤ 나노공정/장비(4)	㉑ 나노분해능 청정 가공장비 핵심기술 ㉒ 고순도 나노박막 청정 형성 장비 기술 ㉓ 차세대 IT융합소자용 20nm급 그린 나노패터닝 공정장비 핵심기술 ㉔ 3차원 직접 묘화기반 그린 공정장비 핵심기술
⑥ 나노 바이오(6)	㉕ 유해 병원체 검출 칩 ㉖ 친환경 나노 바이오소재 ㉗ in-vivo 동역학 ㉘ 유해물질 고속검지 ㉙ 다기능나노입자 ㉚ 그린 나노 구동
⑦ 나노 에너지(5)	㉛ 나노전극 고효율 Si 태양전지 ㉜ III-V 나노선 고효율 태양전지 ㉝ Si 나노선 저가 태양전지 ㉞ 나노전극플라스틱 태양전지 ㉟ 저온 고체산화물 연료전지

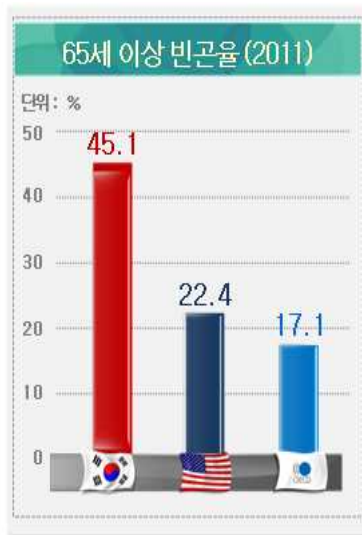
## IV. 미래 사회환경변화와 나노기술의 역할

### 제1절 미래 환경변화 전망4)

#### ■ 미래사회의 불확실성 증대

- 기후변화로 인한 재난재해, 양극화로 인한 계층간·국가간 갈등 심화, 초고령화·저출산으로 인한 인구구조 변화, 에너지자원 고갈 등 미래사회 불확실성 증대

\* 과학기술중장기발전전략('12)에서 제시한 7대 환경변화 : ① 세계 경제·정치질서의 재편, ② 갈등의 심화, ③ 위험관리 중요성 증대, ④ 인구구조의 변화, ⑤ 사회가치 및 정서의 변화, ⑥ 에너지·자원 및 환경문제의 심화, ⑦ 기술과 사회의 공존



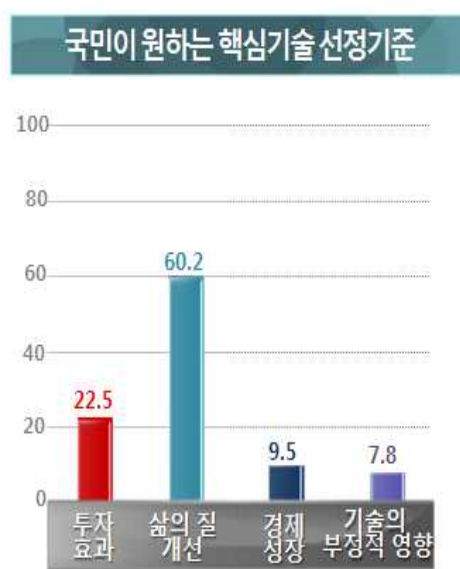
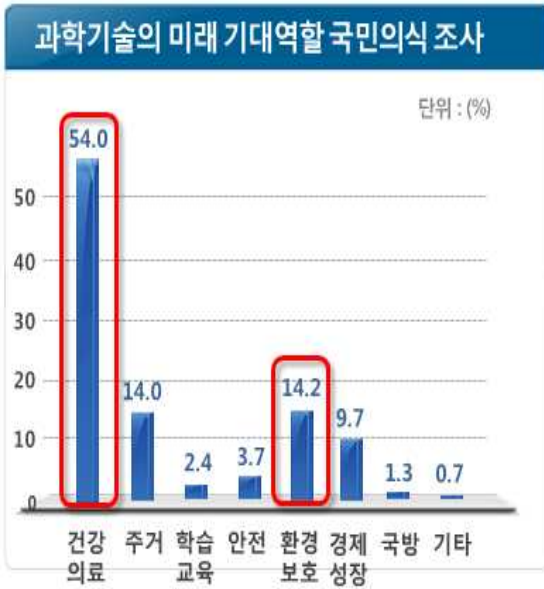
출처 : KISTEP, 2012 공청회

4) 최근 국가차원에서 제시된 미래 환경변화분석 결과를 종합하여 검토 (제4회 과학기술예측조사(2011), 과학기술아젠다발굴(2011), 과학기술미래비전2040(2010), 중장기발전전략(국과위, 2012) 등)

## ■ 미래사회 문제 해결을 위한 과학기술적 대응 요구 증가

- 삶의 질 향상에 대한 사회적 요구 증대로 건강의료, 사회안전, 환경보호 등 사회문제 해결과 편안한 삶을 위한 과학기술적 대응 요구 증대
- 인간중심적 가치와 감성적 상호작용 및 즐거움 요구 증대, 지속가능한 인류를 위한 환경과 경제 등 사회적 문제 해결을 위한 과학기술 기여 요구 증대, 과학기술 융복합화 가속화 및 기술·산업·사회의 융합으로 확대

### 사회문제 해결과 편안한 삶을 위한 과학기술



소외계층 지원을 위한 기술개발

ASHOKA 1981 The American Foundation

출처 : KISTEP, 2012 공청회

## ■ 미래환경 변화에 대한 과학기술 대응 방향

- 미래이슈 중 과학기술 관련성, 사회·경제·정치·생태적 측면의 파급효과, 대응의 시급성 등을 평가하여 미래 핵심이슈 선정하고 사회적 가치인 미래니즈 및 과학기술 추진 방향성 도출

출처: 과학기술 중장기발전전략(2012, KISTEP)

환경변화	미래 핵심이슈	미래 니즈
세계 경제 질서 재편	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세계시장의 통합</li> <li>- 중국 등 개도국의 부상</li> <li>- 선진국의 경제적 영향력 감소</li> <li>- 지식기반경제 강화와 자재권 중요성 급증</li> <li>- 세계 경제의 불확실성 심화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래첨단산업의 글로벌 경쟁력 확보</li> <li>- 고부가가치 지식기반산업의 육성</li> <li>- 창의인재양성 시스템 구축</li> <li>- 지식재산권 관리 및 국제표준화 지원시스템 구축</li> </ul>
갈등의 심화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 양극화 심화</li> <li>- 세대간의 소통불화</li> <li>- 남북한 문제의 지속</li> <li>- 일자리 부족문제의 심화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세대간 소통을 위한 기술개발</li> <li>- 기술창업, 신개념 비즈니스모델개발 등을 통한 일자리 창출 확대</li> <li>- 남북통일 대비 과학기술분야 중장기 대응전략 마련</li> </ul>
위험관리 중요성 증대	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신종 전염병의 등장 및 확산</li> <li>- 먹거리 안전성 중요</li> <li>- 원전 및 신기술위험성 대두</li> <li>- 자연재해의 대응성 중요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신종전염병 예방·진단·치료기술개발</li> <li>- 식량안보 및 식품안전성 강화</li> <li>- 원전 및 신기술 안전성 확보방안 마련</li> <li>- 기후 및 자연재해 예측시스템 구축</li> </ul>
인구구조 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저출산 고령화의 지속</li> <li>- 인력이동의 글로벌화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 의료비 감축위한 선진 의료체계 구축</li> <li>- 노년층의 삶의 질 향상 방안 마련</li> </ul>
사회기치와 정서의 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평생교육시스템 필요성 대두</li> <li>- 복지와 성장의 조화 지향</li> <li>- 여가생활의 중요성 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온라인 평생교육시스템 구축</li> <li>- 문화컨텐츠산업 활성화</li> </ul>
에너지·자원 및 환경문제의 심화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지·자원 수요의 증가</li> <li>- 물·식량 부족의 심화</li> <li>- 온난화의 심화 및 이상기후현상의 증가</li> <li>- 환경오염의 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지·자원 및 대체물질 개발</li> <li>- 물·식량산업 경쟁력 강화</li> <li>- 온실가스 감축을 위한 기술개발</li> <li>- 환경오염 감시 및 대응시스템 구축</li> <li>- 환경무역 규제에 대한 선제적 대응</li> </ul>
기술과 사회의 공존	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소셜네트워킹(SNS) 및 사이버레이션 가속화</li> <li>- 적정기술의 관심증대</li> <li>- 주거 및 교통수단의 변화</li> <li>- 과학기술 융합 가속화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초연결사회 진입을 위한 IT기술의 혁신</li> <li>- 인간을 위한 따뜻한 기술, 적정 기술 개발 확대</li> <li>- 창의적, 도전적 연구개발 확대</li> </ul>

## ■ 미래 사회 변화전망을 토대로 본 나노기술의 기여방향

- 현재 나노기술은 차세대 기술혁명의 원천으로 여겨지고 있으며 나노기술로 제조되는 물질들은 보다 자원 효율적이며 지속적인 생산과 소비를 유도할 것으로 기대됨.
- 건강과 편리한 삶, 감성적 상호작용을 위한 기술, 고령인구 실버기술, 재난재해위험관리기술, 신종전염병 대응기술체계, 미래세대를 위한 에너지, 수십억 인구의 물 문제 해결, 환경복원 및 폐기물 비용절감 등 다양한 산업분야에 침투하여 활용이 기대되는 융합기술로,
- 특히 IT, BT, ET, CT 등 첨단기술과의 융합을 통하여 나노기술이라는 제한된 영역에서 탈피하여 융합기술의 기반으로 주목받기 시작하였음.
- 다만, 새로운 기술혁신이 진전되기 전에 지속성이라는 관점에서 윤리적, 환경적, 사회적 측면에서의 평가로서 대중 수용 여부, 잠재적 위해성 등이 규명되어야 하는 신기술로서의 사회적 책임이 요구되고 있음.



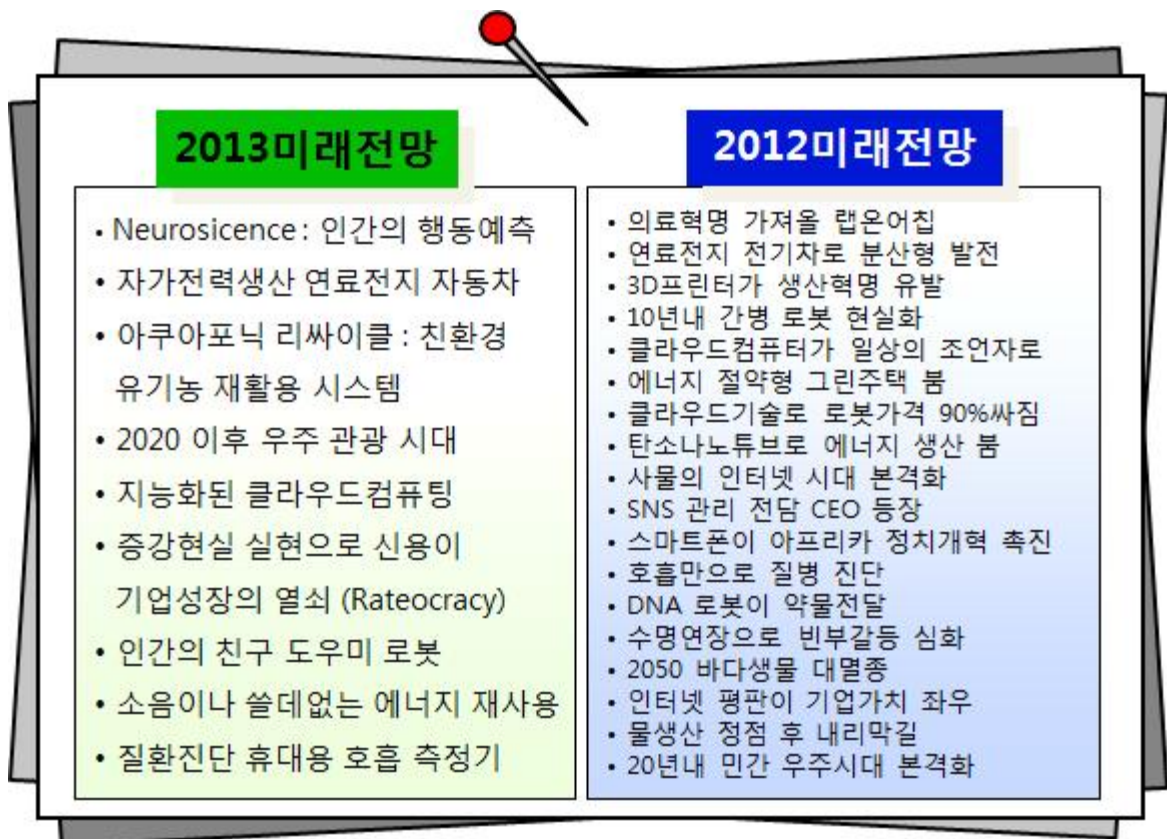
## 제2절 미래사회 유망산업과 나노기술의 역할

### 1. 환경 변화에 따른 중장기적 산업구조 변화 방향

#### ■ 미래사회 산업 구조 변화의 주요 특징<sup>5)</sup>

- 21세기는 미래 사회 환경변화에 따른 건강·안전·생활편의 등 삶의 질 향상에 대한 소비자 욕구 변화와 고도화·지능화·융복합화 등 신기술발달의 특성, 지식정보시대의 특성으로 요약됨.
- 이에 따라 되는 미래에는 정보통신, 생명의료복지, 환경, 문화레저, 교육 및 경영서비스 산업분야가 IT/BT/NT 등 첨단기술의 혁신을 통해 사회경제와 생활방식을 주도적으로 변화시킬 것으로 대부분의 예측기관에서 공통적으로 강조

<미래 핵심변화 요인에 따른 기술·산업·사회전망<sup>6)</sup>>



5) <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=careerhub&logNo=70074813932>

6) World Future Society, Forecasts, <http://blog.daum.net/ahrdus93/18347417>, <http://anan21c.blog.me/177590225>

## ■ 최근 미래사회 핵심변화 요인에 따른 기술·산업 전망

- 최근 수년간의 지속적인 미래사회 변화 전망에 대한 세계미래학회 연구결과를 종합적으로 살펴보면,
  - 첫째, 유전공학 등 생명공학의 발달과 IT의 융합, 또는 나노기술과의 융합을 통한 의료기기 및 의약품, 진료시스템의 발달로 바이오 의학, 질병예측, 생명연장 등 다양한 신기술창출과 신산업 업종이 태동할 것으로 전망됨.
  - 둘째, 에너지의 중요성이 부각되면서 다양한 에너지원의 발달, 에너지 효율향상기술의 발달 등이 나노기술과의 융합을 통해 더욱 촉진될 것으로 전망됨.
  - 셋째, 환경 보존에 대한 중요성이 인식되면서 전기자동차 및 친환경 농업 등 환경 친화적인 기술의 발달과 관련 신산업의 창출 촉진될 것으로 전망
  - 넷째, 인간의 생활과 밀접하게 관련되어 생활편의를 증진시키는 컴퓨터, 자동차 등 생활과 밀착된 제품의 지능화·감성화 등이 더욱 촉진될 것으로 전망되고 또 다른 생활공간인 인터넷 세상의 중요성 및 실생활 속에서 인간과 같이 생활하는 로봇산업 등이 현실화될 것으로 전망
  - 다양한 전망 가운데 많은 기술개발 동향이 나노기술과 직간접으로 연관되고 있으며 특히, 나노기술과의 융합이 중요한 화두가 될 것으로 예측되고 있음.

## ■ 주요국 정책 추진 현황을 바탕으로 바라보는 글로벌 산업구조 전망

- 산업리더쉽 확보와 사회적 도전과제 극복을 위한 과학기술의 중요성 및 책무성이 더욱 강조되고 있어 과학기술이 향후 미래사회 산업구조를 변화 시킬 것으로 전망됨.
  - 대부분의 선진국에서 중점분야로 정보통신, 나노, 바이오, 첨단제조업, 소재, 우주보건, 식품안전, 에너지, 스마트그린 교통과 관련된 기술 및 제품 서비스 등의 분야에 대한 투자 강조
  - 미국 및 유럽 선진국들은 첨단제조업에 대한 강조와 에너지/환경 분야 및 바이오 분야에 대한 산업화를 강조하고 미래 성장동력화를 위한 기반마련에 중점
  - 중국, 일본의 경우 삶의 질 혁신, 에너지/환경 등에 대한 중점영역을 설정하고 정책 추진 중이며 향후 산업이 영향을 받을 것으로 전망

## ■ 우리나라 산업구조 변화 전망

- 향후 우리경제는 고령화 가속화와 생산방식의 변화에 의해 투자 및 수출입 증가율이 둔화하는 대신 민간소비 증가에 의한 성장기여도가 높은 선진국형 경제구조로 전환 예상
  - 인구구조의 고령화로 제조업 생산 증가율이 낮아지고 투자둔화로 이어질 것으로 전망되며, 원료 및 자본집약형 산업에서 지식 및 기술집약적 산업으로의 구조로 이행 가속화
  - 에너지 및 자원부족에 대한 우려는 원료절약적인 생산공정으로의 전환을 촉진할 것이며, 신재생에너지산업 등 신산업의 성장을 촉진할 것으로 예상
  - 국내 생산기반의 고도화와 선진화에 힘입어 소재·부품·기계 부문에서의 국내생산이 확대되면서 급속한 수입대체와 해외시장 진출 전망
- 소비패턴의 고급화, 삶의 질 향상에 대한 요구가 증가하면서 신기술·신제품의 등장이 가속화될 것으로 예측되며, 중국을 중심으로 하는 후발개도국추격에 대응하기 위해 새로운 부가가치와 고용창출의 중요성 강화 예상
  - 성장가능성이 높은 산업의 특징은 개별화, 미세화, 초박화, 안전화, 건강화, 친환경, 유비쿼터스화로 요약되며, 이는 융복합형 신산업(제품)의 등장과 아울러 나노·마이크로산업, 환경·에너지산업, 보건·의료산업, 감성산업, 서비스업의 확장으로 나타날 것임.
  - 성숙단계에 진입한 부품·소재산업, 정보가전에서도 NT 등 첨단기술의 적용에 의해 산업발전 주기상 새로운 성장단계로 진입할 것이며, 콘텐츠, 컨설팅 및 디자인도 융복합화를 통해 새로운 가치를 제공 전망
- NBIC 기술로 대표되는 융합형 신기술은 미래 산업발전을 견인할 원천으로서의 역할이 더욱 커질 것으로 전망되며, 기술 및 산업의 융복합화로 제품 및 산업혁신의 속도는 더욱 가속화되고 그 파급효과도 더욱 커질 것으로 예측
  - 첨단 융합기술은 현재의 경제적·기술적 정체상태를 돌파하고 새로운 지평을 열게 되며, 노동, 자본, 기술과 같은 기존의 생산요소 및 산업혁신자원을 재구성하게 되면서 가치사슬에 변화 초래

## 2. 나노기술의 혁신이 크게 기여할 수 있는 산업군 도출

### ■ 우리나라 산업현황

- 국내 제조업에서 생산 비중이 높고 세계적인 경쟁력을 갖춘 주력산업에는 자동차·조선·플랜트와 같은 기계산업군, 금속 및 화학과 같은 기초소재 산업군, 그리고 반도체·디스플레이·광·전자부품 및 통신기기와 같은 IT 부품 및 제품산업군이 해당됨.

\* 자동차(9.9%), 조선(4.3%), 일반기계(7.7%), 철강(13.3%), 석유화학(6.6%), 디스플레이(4.7%), 반도체(3.5%), 음식료(5.1%) ('11. 제조업 내 생산비중)

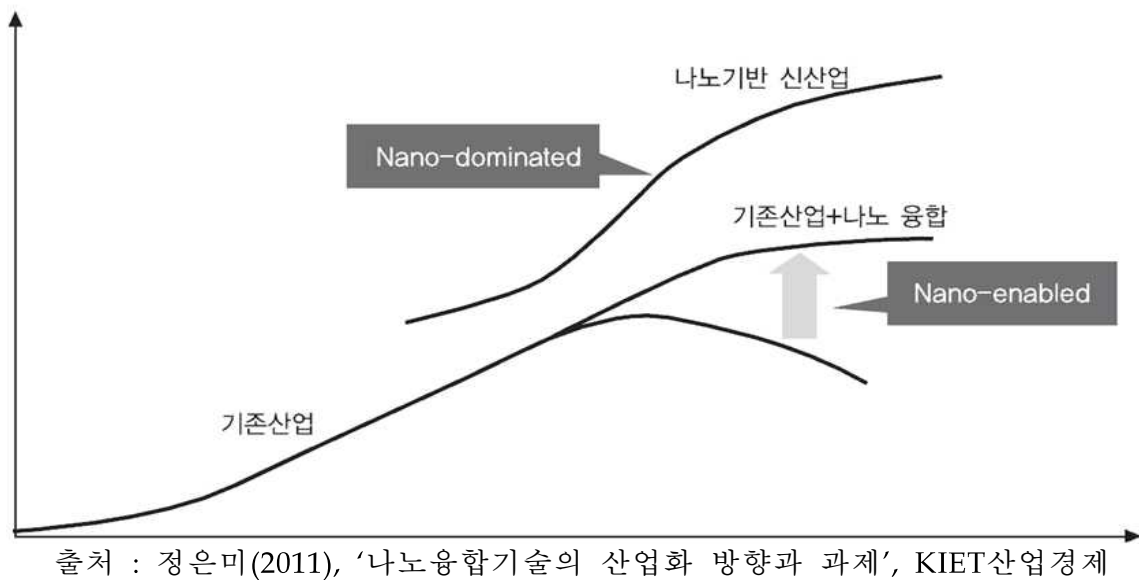
- 산업혁신을 견인하는 산업으로 부가가치 및 파급효과 등 중요성 측면에서 살펴보면 고기능성 소재(합금, 첨단세라믹, 고분자화합물, 정밀화학), 핵심부품(기계부품, 전지, 광/전자부품), 정밀기계 등 **중간재·기초소재** 등이 해당됨.
  - 정밀기계, 기계부품 등은 최종재산업의 성장을 위해 고도화·정밀화가 필요하며, 최종재와 부품의 발전을 위해서는 비철·희유금속, 세라믹, 고분자화합물, 정밀화학과 같은 고기능·정밀소재의 품질·기술수준의 강화가 필수
  - 정밀소재와 정밀부품은 자동차, 조선, 통신 등 주력산업의 성장을 위해 필요하며, 품질·기술경쟁력 뿐만 아니라 저렴하면서도 안정적인 국내 소재·부품 공급기반 마련, 국내 잔존 부가가치의 확대, 고용창출 효과를 가짐.

구분	최종재	중간재	기초소재
기계/장비	전기기기		
	정밀기계 (분석, 진단, 측정, 평가)		
	일반기계(제조, 공정)		
기계부품/플랜트			
수송기계	자동차		
	조선		
	철도, 항공		
비철/희유금속			
전자/정보통신	컴퓨터	전지	복합소재
		광/전자부품	플라스틱
		반도체	고분자화합물
	통신기기	디스플레이	
	가전		정밀화학
의약			
생활/소비	의류		섬유
	음식료		
	기타		

(세로폭 : 생산비중)

- 현재는 산업화 초기나 연구개발단계로 국가차원에서 집중 육성하고 있으며 미래먹거리를 제공할 성장동력산업군으로 전기차, 로봇, 전지, LED조명, 복합소재, 바이오헬스, 진단/분석/측정장비, 플랜트, 첨단센서 등이 전망되고 있음.

### 나노융합과 산업발전 경로의 변화



### ■ 나노기술과 산업혁신 전망

- 나노기술은 대표적인 융합형 기술로서 제조업 전반의 생산 과정에 영향을 미칠 것으로 예상되며 새로운 도약단계로 진입하려는 주력산업군에 우선적으로 적용될 가능성이 높음.
  - 자동차에서 친환경 전기차로의 이행, 운항한계를 돌파하는 쇄빙선과 같이 주력산업에서 나노기술은 기술혁신을 넘어서 새로운 제품혁신 및 산업혁신을 가져올 것으로 전망
  - 쇠퇴기에 진입했던 섬유산업이 탄소나노섬유, 초극세사 등을 생산하면서 새로운 성장단계로 진입하고, 1차 가공에 머물던 음료산업이 나노기술의 적용으로 제조·유통 단계에서의 산업혁신 추진 가능
- 아직 국내 생산 비중이 낮고 국제경쟁력이 열위이지만 산업구조 선진화를 위해 중요한 산업군에서도 나노기술은 공급구조 고도화를 위한 기반을 구축하는 역할을 하게 될 것으로 예측

- 미래성장동력으로 새로 창출될 신산업 분야에서 나노기술의 혁신은 소재, 소자, 부품, 공정 및 장비 등 전 영역에 걸쳐 기여하게 될 것으로 예상
  - 나노기술의 적극적 활용으로 전기차, 로봇, 전지, LED조명, 복합소재, 바이오헬스, 진단/분석/측정장비, 플랜트, 광, 첨단센서 등이 신산업군으로 부상하고 있으며, 기술의 융복합화에 의해 환경·에너지 효율성 제고 전망

## ■ 미래 유망 NT 산업군 선정 기준 및 도출 결과

- 국가 차원의 산업현황 및 전망을 바탕으로 미래 경쟁력을 유지 또는 강화 하거나 신산업을 창출하여 경제사회적 파급효과가 클 것으로 전망되는 유망 산업군을 중심으로 NT 혁신 기여도 평가<sup>7)</sup>를 통하여 유망산업 도출
- 도출 기준은 2020년 이후 나노기술 혁신을 통해 경제사회적인 기여도가 크게 전망되는 나노유망산업으로 세부적인 산업 선정기준은 아래와 같음.
  - 나노기술을 기존기술에 접목하여 기존제품의 개선·혁신(Nano-enabled)이 가능한 산업군
  - 현재는 R&D 단계, 기술개발 초기단계(도입기), 산업화 초기단계에 있는 미래 성장동력 산업군 중 나노기술의 혁신을 통해 전혀 새로운 나노기능에 의존(Nano-dominated)하는 제품을 창출하여 향후 경제적, 사회적 파급효과가 지대할 것으로 예측되는 산업군
  - 나노기술의 직접적 활용 분야를 우선시하고 가치사슬에서 여타 나노 제품의 응용이나 부분적 투입에 의해 구현된 제품(산업)은 최대한 제외
- 나노기술의 혁신이 크게 기여할 수 있는 산업군은 크게 의료·바이오산업군, 기계산업군, 전자산업군, 에너지·환경산업군, 소재산업군 등으로 구분
  - 의료·바이오산업군으로는 의료기기, 의약품, 식품 등이 해당
  - 기계산업군에서는 자동차와 같은 수송기계에서 플랜트, 공정장비와 측정·분석장비 등 정밀기계가 해당
  - 전자산업군은 반도체, 디스플레이, 광 등의 부품 및 중간재, 소자 등을 포함
  - 태양광, 전지, 에너지효율성 향상, 청정기반 등은 에너지·환경산업군에 해당
  - 소재산업군은 금속, 세라믹, 복합소재를 포함

7) 사전 조사로 기존 및 유망산업군 pool 도출 후 전문가 브레인스토밍을 통하여 최종 선정



<미래 유망 NT 산업군>

### 3. 미래 유망산업과 나노기술의 역할

#### (1) 의료기기 산업

##### ■ 미래 전망 시나리오

- 고령화 및 도시화/인구밀집화로 인하여 암 또는 전염성/감염성 질병의 대규모 유행 가능성이 높아짐
- 생명과 삶의 질을 위협하는 다양한 질병군에 대한 적극적인 대처로, 안전하고 건강한 삶을 확보하기 위한 질병의 조기진단 및 안전한 치료에 대한 요구 증대
- 현재 사용되고 있는 조기진단 기술은 진단자체의 불편함과 불안전성, 치료와 연계문제 등으로 인하여 여러 가지 단점이 존재
- 따라서 원격진료가 가능하고, 진단 시 부작용이 없으며, 매우 민감한 진단이 가능할 뿐만 아니라, 즉각적인 치료가 동반될 수 있도록 하는 방향으로 의료기술의 진화가 일어날 것으로 예상



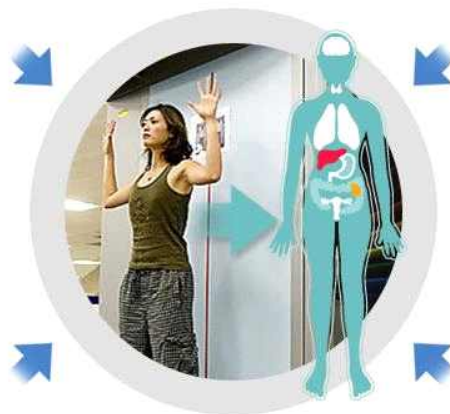
나노기반 현장형  
초고감도 원격진료장비



국소진단 치료기 개발



나노기반 진단/치료용  
임플란팅 의료로봇



고감도, 고안전, 고신뢰  
진단기술로 진화



나노기반 고안전성 진단영상 장비 및 신호마커



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

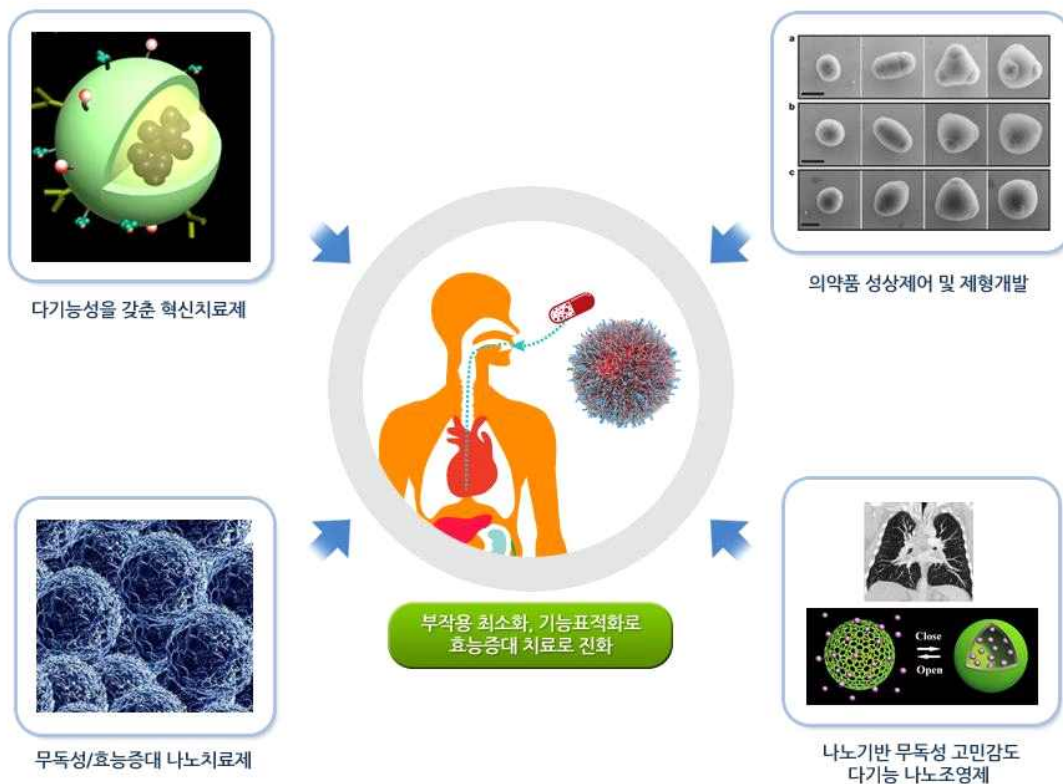
- 의료기기산업에서 나노기술이 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 초고감도 현장형 나노바이오센서이며, 중장기적으로는 영상진단장비 및 임플란트 바이오칩이 될 것으로 전망됨
  - 체외진단용 바이오센서는 현재 바이오키트/자동화 대형장비의 대안으로 각광을 받고 있으며, 차세대 진료방식으로 고려되고 있는 원격진료에 대비하기 위하여 현장형 초고감도 바이오센서개발이 요구됨
  - 나노기반 신호발생표지자 및 바이오 측정원리 개발은 나노표지자의 재현성 있는 대량생산 및 생산효율 증대로 인한 저가화, 그리고 나노물질의 기능화, 위치조절기술이 필수임
  - 체내삽입 바이오센서는 연속측정기술, 신호전달, 에너지재생 기술 등 원천기술이 선행개발되어야 할 것임

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
저방사능 진단기	비방사능 사용	광학	비가시광선 영역 나노물질	생체투과가능한 광학특성을 가진 나노물질 개발
		체외진단용 마커	초민감 체외진단용 신호발생소재	자가신호증폭이 가능한 나노물질
원격진단기	진단장비의 소형화	초고감도 POCT	나노바이오센서/칩	초고감도가 가능한 신호발생 나노물질
		스마트 진단	다중바이오 진단기	다중측정이 가능한 코딩신호와 센서신호가 구별되는 나노소재
국소진단 치료기	동시 진단치료	다기능화	다기능 나노소재	동시 진단치료 가능 소재 외부에너지 교환 가능 소재
		기능분석 및 제어	정밀분석 및 제어	다기능 구현을 통한 진단 치료 기기
임플란팅 의료로봇	다기능화	생체적합표면	생체모사나노표면	생체내에서 면역기능에 영향을 주지 않는 생체 적합 표면/소재
		이미징/약물전달	약물전달 나노소재	생체내에서 적절한 시기에 함유된 약물을 방출할 수 있는 나노소재 탑재

## (2) 의약품 · 화장품 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 약물의 독성과 부작용이 없거나 최소화된 인체 친화적 의약품에 대한 요구가 꾸준히 증대되어, 표적지향성 나노의약품과 생물의약품 개발 등을 통하여 약물 독성을 저감하고 효능을 극대화한 새로운 의약품의 출현 예상
- 조직이나 장기에서 발현되는 증상을 치료하는데 주로 역점을 두었던 의약품에서 분자 차원에서 능동적인 작용 기전을 지닌 의약품으로 진화
- 소득수준의 향상, 고령화, 삶의 질 향상 요구 증대, 개인 맞춤형 제품 선호 등에 따라 고기능성 고부가가치 화장품 수요의 지속적 증대 예상
- 나노리포좀 등의 기능성 나노바이오소재의 적용을 통하여, 노화억제, 미백, 주름제거 등등 화장품의 기능성이 현격히 강화되면서도 부작용이 없고 감성적이며 인체 친화적인 화장품의 지속적 출현과 개선
- 나노제형화, 기존 제형과 차별화된 개량신약 및 화장품의 개발, 생리기능을 지속적으로 발현하는 나노의약품 및 화장품의 개발 등을 통한 질병치료와 삶의 질 개선의 새로운 환경 구축



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 나노의약품 및 화장품 산업에서 나노기술 기여 제품은 단기적으로 효능 증대를 위한 개량신약 및 고기능성 화장품 분야이며, 중장기적으로는 생체친화적인 맞춤형 신기능 나노의약품 및 화장품이 될 것으로 전망됨
  - 고치료효율 및 무부작용을 지향하는 신바이오의약품은 다양한 질병군을 대상으로 현재 개발 중에 있으며, 수술이 아닌 제재투여 방식의약품개발의 개발이 최종 지향점임
  - 기존 바이오의약품의 치료효율 향상을 위하여 새로운 제형기술이 요구되며, 고표면적 생성 및 생체친화형 표면제어 등 나노기술을 이용한 의약품 제형공정을 혁신할 수 있는 개량기술이 요구됨
  - 효능을 극대화하기 위하여 기능성 나노바이오물질의 거동 제어, 위치 및 농도제어가 가능한 전달소재가 요구되며, 약물 및 화장품용 물질과 융합되어 획기적 효과를 가지는 신기능 가능성을 모색함
  - 화장품의 기능을 높이고 부작용을 최소화하기 위하여, 선택적 물질 방출이 나노수준에서 가능한 신물질과 구조체 및 제형의 개발이 요구됨
  - 체내진단을 위해서는 기능적으로는 높은 인정을 받고 있는 나노조영제의 안전성확보가 선행되어야 하며, 치료가 진단과 동시에 이루어질 수 있도록 약물전달 등 다양한 기능이 융합될 수 있도록 다기능화 기술이 개발되어야 할 것임

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
표적지향 치료제	인체친화	부작용/독성 저감 및 효능 극대화	표적지향 약물	질한별 표적지향 약물전달용 나노소재
			약물 기능 개선	약물의 체내 거동 역학 조절용 기능성 나노소재
개량신약	신약 제품화	생물의약품 제품화	생물의약품의 안정화 포물레이션	의약품을 안정하게 봉입하거나 conjugate를 형성하는 나노소재
			의약품 제품화	의약품을 타게팅 효율을 높인 나노소재 기존의약품의 개량 나노의약품
생체모사 의약	새로운 기전의 치료	질병 조직 작용기전에서 분자적 작용기전으로 전환	조직, 기관, 세포 내에서 원하는 치료 효과 발현	DNA 백신 등의 나노제형화 및 새로운 치료물질 약물전달 선택제어 나노소재
			고기능성 나노전달체	인체친화적인 나노소재를 적용한 기능성 화장품의 성능 구현
기능성 화장품	고기능	부작용 없는 기능 강화	나노소재 안전성개선	나노소재의 물성 개선을 통한 화장품의 효능 개선 및 안전성 확보
			조영제 소재	생체안전성이 확보된 복합소재
조영제	무독성	신나노물질 개발	나노조영제 코팅	생체안전성 및 생체내 안정성이 확보된 코팅제재 및 기술
		무독성 물질 코팅	다기능 소재 균일도	물질 특성 (자성 등) 및 크기가 균일한 나노물질
	고민감도	물질합성	균일도, 안정성	고정화된 생체물질의 양 및 특성의 제어
		생체 기능성		

### (3) 식품 산업

#### ■ 미래 전망 시나리오

- 영양분 섭취라는 식품의 고유 기능을 넘어 최근 웰빙에 대한 국민들의 높은 관심으로 식품의 안전성, 질병발생 위험 감소 및 노화 억제 분야에 대한 관심이 집중되고 있음
  - 미세유체구조 및 나노구조체 형성과 생체인식물질의 최적 고정화 기술 및 나노입자 응용 기술이 융합된 현장에서 실시간 식품위해물질 검출기 개발이 필요
  - 식품유통 정보화에 기여할 수 있는 복제, 제거가 불가능한 나노-바이오 바코드 개발 필요
  - 질병 및 노화 억제 효과가 있는 나노기술 적용 식품 개발과 이들의 효능 측정 및 표준화된 안정성 평가 시스템 개발이 요구됨
  - 식품 보존기간 연장 및 친환경 식품안전성 증대를 위해 고향균 천연소재의 나노캡슐화와 생분해성 포장재료를 응용한 새로운 개념의 친환경 식품포장재 개발 필요



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 식품산업에서 나노기술이 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 고기능성 물질의 나노제품화를 위한 소재 및 공정개발분야이며, 중장기적으로는 식품안전성을 측정/검사/모니터링 할 수 있는 식품유해물질 나노검출기분야 및 식품의 유통을 최적화할 수 있는 유통이력 및 포장재 기술이 개발될 것으로 예상됨. 의료비 증가에 따른 국가 부담가중, 노령화 사회 진입, 소비자의 건강관심 고조, 식품산업계의 신제품 개발 방향 등을 고려할 때 나노기술을 이용한 건강기능식품의 개발 및 수요가 지속적으로 증가될 것으로 전망되고 있음
- 학교, 군대, 회사와 같이 대량급식을 제공하는 곳에서 현장에서 실시간으로 식품위해물질을 검출할 수 있는 바이오센서와 같은 휴대용 식품위해물질 검출기의 개발 요구 증대
- 먹거리 신뢰 향상을 위해 원산지 판별 시 복제, 제거가 불가능한 나노바코드를 제작 등으로 식품유통정보화를 실현
- 천연 향균제가 포함된 생분해성 친환경 포장기술 개발로 식품의 안정성 증가, 유통기간 증가, 환경오염 감소 등의 효과를 구현하고, 영양소나 생리활성물질의 생체 내 활성을 높이거나 장시간 유지를 위해 식품소재의 나노화 및 나노 캡슐화로 발전

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
식품유해물질 검출기	실시간 검출	휴대형	시료 전처리와 검출기 일체형	미세유체구조/나노구조체
		고감도	나노입자 소재	나노입자 소재/생체인식물질 고정화
식품이력 바코드	식품유통 정보화	복제, 제거 불가능	나노-바이오 바코드	생체물질의 나노 캡슐화
식품 포장재	친환경 식품안전	항균 생분해성 포장재	생분해성 포장소재, 고향균 천연소재	천연항균제의 안정화
기능성 식품	고기능성	질병발생 위험 감소, 노화 억제	식품소재의 생체내 안정화 증대	식품소재의 나노 스케일, 나노 캡슐화

## (4) 자동차 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 인류사회 전반적으로 안락하고 편리한 삶에 대한 욕구가 강해지고, 화석자원 고갈에 따른 유가급증과 대기오염 문제를 해결할 수 있는 신 에너지원이 대중화됨
- 선진국을 중심으로 자동차산업 분야에서 환경오염, 연비에 대한 규제가 지속적으로 강화되며, 자동차의 역할이 단순 수송기능에서 생활·사무실 기능까지 요구하는 시대로 변모
- 나노기술 융합을 통해 친환경, 고연비, 스마트 기능을 갖는 차세대 고품의 자동차가 개발되어, 자동차 인명사고와 연료소비가 획기적으로 감소할 것으로 전망



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 자동차산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 나노소재기반 초경량·고방열 구조체 부품이 될 것이며, 중기적으로는 고용량·급속충전 배터리, 장기적으로는 수소저장시스템이 될 것으로 전망
  - 나노융합 전력자동차의 혁신방향은 친환경화로 혁신적 에너지 절감을 위한 고기능성과 고신뢰성이 겸비된 나노복합 구조소재와 고기능성과 고안정성이 겸비된 나노복합 전극소재의 개발이 필요함
  - 나노융합 스마트카의 혁신방향은 고안정성과 고편의성 확보로 민감도와 신뢰도가 획기적으로 향상된 나노센서와 긴급 상황변화에 신속대응이 가능한 안전시스템기술 개발이 필요함

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
나노융합 전력기반차	친환경화	초경량 및 고방열 신소재 탐색	초경량/고방열 구조체 부품소재	초경량화소재로 고기능성 과 고신뢰성이 겸비된 나 노복합 구조소재
		전기자동차	고용량/급속충전 배터리	고기능성과 고안정성이 겸 비된 나노복합 전극소재
		수소자동차	수소저장시스템	대용량 수소저장이 가능한 나노복합 수소저장소재
나노융합 스마트카	고안전성 확보	주변 상황인지	고민감도 주변상황인지센서	민감도와 신뢰도가 획기적 으로 향상된 나노센서
	고편의성 확보	위험상황 자율대응	고성능 사고예방 안전시스템	긴급 상황변화에 신속대응 이 가능한 안전시스템기술

## (5) 플랜트 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 2025년 52개국 27억명(세계 인구의 1/5)이 물 부족 인구가 될 전망되며, 전세계 모든 국가는 물 부족 문제의 근본적 해결책 마련의 필요성을 인식
- 기상 이변과 환경오염으로 물 부족과 물 값 상승이 가속화되어 수자원 생산에도 신재생에너지의 활용 필요성이 증대됨
- 따라서 저에너지 소모, 친환경 수처리 플랜트기술이 요구되며, 이의 성공적 개발로 물 부족 인구수가 획기적으로 감소하고 관련시장이 메가 성장을 이룰 것으로 전망





## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 플랜트산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 저에너지 지능형 막분리시스템이 될 것이며, 중기적으로는 신재생에너지 연계 수처리시스템, 장기적으로는 친환경 미래 수처리 시스템이 될 것으로 전망됨
- 나노기반 신재생에너지 연계 수처리시스템의 혁신방향은 고효율화로, 열 공정/막공정의 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 나노기반 신재생에너지 기술개발과 대용량 담수공정에 적용가능한 나노기반 신재생에너지 기술 개발이 필요
- 친환경 미래 수처리시스템의 혁신방향은 친환경화로, 고효율 신개념 나노막기술, 초순수 제조용 나노막기술, 생물기원 정수처리용 신 나노물질 기술개발이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
나노기반 신재생에너지 연계 수처리시스템	고효율화	고효율 대용량 공정	나노기술기반 신재생에너지 연계 열공정/막공정	고 에너지 효율 나노기반 열공정/막공정 기술
			신재생에너지 채용 담수공정	대용량 담수공정에 적용가능 저가 나노기반 신재생에너지기술
친환경 미래 수처리시스템	친환경화	고효율 친환경 신소재 탐색	신개념 막	고효율 저가 나노막기술
	대용량	친환경 대용량 공정	초순수 제조용 나노막	저가 대용량 초순수 제조용 나노막기술
			생물기원 신개념 정수처리용 나노소재	저가 대용량 생물기원 정수처리용 나노소재기술

## (6) 정밀기계 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 고친환경 저가 대량 나노공정장비 개발로 나노융합제품이 대중화됨에 따라 관련시장이 획기적으로 확대됨
- 고비용 고진공 장비기술에서 저비용 대기압 장비기술로의 환경변화가 이루어짐
- 제조기술의 발달로 측정 대상의 대면적화 및 초소형화가 진행됨에 따라 현재의 측정기술이 한계에 부딪혀, 이 측정한계를 극복하는 것이 산업발전을 좌우하게 됨
- 3D 나노측정·분석 장비의 개발로 3D 나노융합소자 개발 비용과 시간이 획기적으로 절감되며, 혁신적 토폴기반 연속 나노제조장비 개발로 저가 나노융합제품이 대중화됨



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

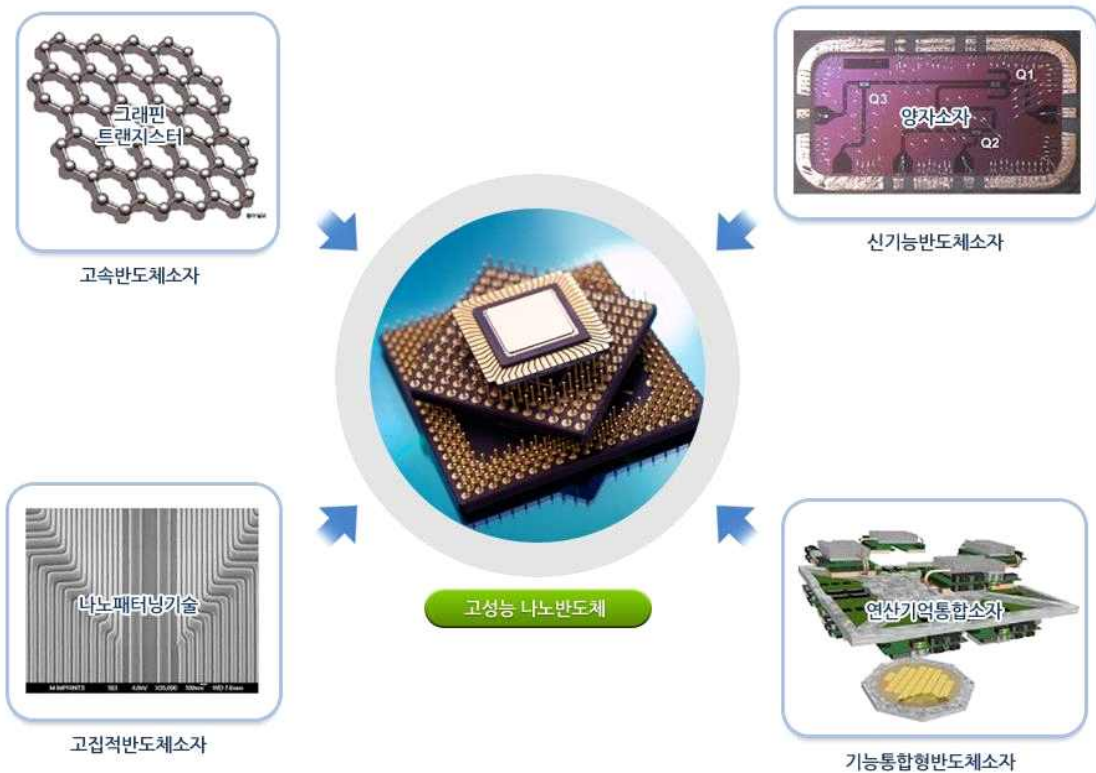
- 정밀기계산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 고속 대면적 연속 공정·측정장비가 될 것이며, 중기적으로는 스마트 나노 공정·측정장비, 장기적으로는 친환경 나노공정·측정장비가 될 것으로 전망
- 연속 나노박막장비, 나노점·선 합성장비 및 정렬장비, 나노패터닝장비의 혁신방향은 고속화, 대면적화, 친환경화로 연속공정 나노장비, 친환경 나노소재 합성장비, 대면적 공정장비의 개발이 필요
- 나노측정 및 공정 모니터링장비, 나노3D형상 및 나노결합 측정장비, 융합형 나노측정 및 실시간 분석장비의 혁신방향은 고속화, 대면적화, 스마트화로 대면적 공정을 위한 다중기술 통합 및 고속 자동화 측정&공정 모니터링 장비기술, 나노측정 장비 및 도구의 3D 측정 모델링 보완 및 정량화와 정밀화기술, 해상도 및 측정속도 개선을 위한 여러 측정기술의 융합 및 실시간 분석기술개발이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
연속 나노박막장비	고정밀화	연속 박막공정장비	연속공정용 나노박막소재 및 장비	나노박막 증착 공정 및 저온 화기술
				In-situ 도핑 기술
				대면적 및 유연성 소자용 원자층 증착기술
나노점·선 합성 및 정렬장비	다층 집적화	친환경 합성·정렬장비 개발	고속 대면적 나노점·선 합성 및 정렬장비	실시간 나노점·선 어레이 제작기술
				나노점·선 집적 나노소자공정 기술
				실시간 나노입자 측정기술
나노패터닝장비	저가화	연속 패터닝장비 개발	연속 대면적 나노패터닝장비	나노패터닝공정간 융합기술
				나노식각기술
				나노임프린트 및 프린팅기술
나노측정 및 공정 모니터링 장비	대면적화	대면적 측정 및 공정 모니터링장비	대면적 나노측정 및 공정 모니터링장비	대면적 공정을 위한 다중기술 통합 및 고속 자동화 측정&공정 모니터링 장비기술
나노 3D 형상 및 나노결합 측정장비	3차원화	3D 나노측정장비	나노 3D 형상 및 나노결합측정장비	나노측정 장비 및 도구의 3D 측정 모델링 보완 및 정량화와 정밀화기술
실시간 나노측정·분석 장비	실시간 모니터링	융합형 나노 측정·분석장비	융합형 실시간 나노측정·분석장비	한가지 측정기술로 해결하지 못하는 해상도 및 측정속도 개선을 다양한 측정기술의 융합 및 실시간 분석기술

## (7) 반도체 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 미래사회에는 모바일 컴퓨팅이 보편화 되는 사회가 기대되며 인간이 보다 편리함을 누릴 수 있는 방향으로 기술이 발전될 것으로 예측됨
  - 따라서 미래의 반도체산업은 에너지효율 향상, 저전력 소모, 저장용량 극대화, 처리속도 향상 등 성능의 고도화와 플렉시블화, 인체친화 웨어러블화, 투명화, 경량화 등 신기능성 부여 방향으로 발전할 것으로 기대됨
- 또한 고령화에 따른 생체 신호 감지 시스템이나 다양한 환경적 유해요소의 조기 감지에 대한 수요가 급격히 증가할 것이며, 이러한 센서의 휴대성이 극대화될 방향으로 기술발전이 이루어질 것으로 기대됨
- 한편, 보다 많은 데이터 용량을 짧은 시간에 처리하고 보관하고 저장하는 반도체기반 컴퓨팅 기술이 보편화 될 것으로 판단됨



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 반도체산업에서 나노기술이 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 고성능 트랜지스터 및 메모리 소자이며, 중장기적으로는 인쇄 반도체소자가 될 것으로 전망됨.
  - 소비전력을 낮추고 고집적화가 가능하며, 고속 연산이 가능한 고성능 트랜지스터 구현을 위해서는 나노소재개발, 소자의 구조 혁신 등이 필요
  - 메모리 반도체의 저장용량을 높이기 위해서는 나노기술을 통한 고해상도 패터닝 공정개발, 나노소재를 통한 소자 구조의 나노집적화의 기술이 필요하며, 또한 멤리스터, 자성메모리, 분자메모리 등 신개념 메모리소자 개발이 필요
  - 인쇄 반도체소자의 실현을 위해서는 용액공정이 가능한 기능성 나노소재의 개발이 선행되어야 하며, 이를 통해서 소자를 구현하는 용액공정기술이 필요
  - 또한 기존 반도체 소자에 유연성, 투명성의 신기능성을 부여하기 위해서 유연하고 투명한 전자기능성 소재의 개발과 유연성, 투명성이 부여된 반도체 소자 기술 개발이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
고성능 트랜지스터 & 메모리 소자	저전력화	나노소재사용	저전력소비 소재	소자물성 최적화 나노소재
		소자 구조혁신	신소자구조	나노 물리 이해
	고집적화	고해상도 패터닝	패터닝 공정	고해상도 패터닝
		나노소재 사용	나노집적화소재	고해상도 집적가능
인쇄 반도체 소자	저가격화	용액공정기반	용액공정기술	대면적 박막 나노제어 기술
		인쇄소재 개발	나노 인쇄소재	소재 가격의 경제성
	신기능성 부여	유연성 부여	인쇄 소재	저온공정 가능
		투명성 부여	투명 인쇄 소재	고 투명성 용액공정가능

## (8) 디스플레이 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 미래사회에는 다양한 모바일 소자들이 보편화될 것이며, 이에 따라 소형 디스플레이 기술은 인간이 보다 편리함을 추구할 수 있는 방향으로 발전될 것으로 예측됨
  - 휴대용 소형 디스플레이는 인간이 보다 쉽게 지니고 다닐 수 있도록 경량화, 유연화의 방향으로 발전될 것으로 기대됨
  - 웨어러블 소자 및 디스플레이에 대한 기대가 점점 커지고 있고 향후 시계나 안경 외에도 의류 일체형 등 인간이 지니는 악세사리나 의복에 디스플레이 기능이 첨가된 wearable computer 단말기로써의 디스플레이가 개발될 것으로 예측됨
- 대형 디스플레이에 경우 크기의 대형화, 해상도의 향상, 다양한 기능성의 탑재, 저 전력소비 친환경의 방향으로 발전될 것으로 기대됨.



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 디스플레이산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 고해상도 대형 평판디스플레이이며, 중장기적으로 나노기술 기반 인쇄 플렉서블 디스플레이가 될 것으로 전망됨
  - 현재 디스플레이 해상도를 크게 뛰어넘는 고해상도 디스플레이 구현을 위해서는 나노패터닝공정의 도입, 새로운 나노소자구조의 도입, 고해상도 나노발광소재 개발이 필요
  - 터치 센싱이 가능하고 나아가 인간의 감성을 전달할 수 있는 다양한 센싱기술이 결합된 대형 디스플레이 개발을 위해서는 나노기술을 통해 고감도 터치센서 및 다양한 감성센서 구현 기술이 필요
  - 인쇄 플렉서블 디스플레이의 실현을 위해서는 인쇄 가능한 다양한 나노 유연 전자재료의 개발이 선행되어야 하며, 소자에 유연한 특성을 부여하는 유연 나노소자의 개발이 필요
  - 나아가 인간의 곡선성에 부합하는 신축가능한 디스플레이의 구현이 필요하며 이를 위해서는 신축성 나노소재와 신축가능한 소자기술이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
플렉서블 디스플레이	유연성	유연성 부여	유연한 나노 소자 구조 개발	다차원 구조 소자, 나노 패터닝
		유연소재개발	유연기판/배리어/부품	나노소재를 통한 기능성 부여
	신축가능성	신축성 가능한 구조	신축성 구조 가능 패터닝 공정	다차원 패터닝 가능, 신축성 구조체 형성
		신축성 소재	신축성 기판/배리어/부품	신축성 나노 소재 개발 및 적용
고해상도 대형 디스플레이	고해상도	고 해상도 패터닝	패터닝 공정	나노기술을 통한 패터닝 해상도 향상
		새로운 소자 구조	나노물리적 소자	나노 물리를 통한 신기능 소자
	interactive	터치패널	터치소재 및 공정	나노소재 기반 터치기술
		감성 기반	센서 기술	나노소자 활용 감성 센서 소자

## (9) 광산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 미래 사회는 에너지 및 환경 문제로 인해 에너지의 사용량과 환경오염을 최소화하는 방향으로 조명 기술이 발전할 것으로 전망됨
  - 조명소자의 높은 에너지 효율 달성을 위해서는 비효율적으로 버려지는 빛이 최소화되는 2차원 형태의 면조명이 각광을 받을 것으로 예측됨
  - 또한 보다 편리한 삶을 위해서 인간의 감성에 기반을 둔 조명 소자 제어 기술에 대한 수요가 급격히 증가 할 것으로 전망됨
- 레이저 등 고출력 고성능 광소자 발광 소자 기술은 광에너지 효율향상, 고성능, 친환경 측면으로 발전해 나갈 것으로 예측됨
  - 나노기술 기반 광추출소재를 활용하여 광추출 특성 향상을 견인하고, 나노소자 구조를 적용하여 에너지 효율 향상이 기대됨





## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 광산업에서 나노기술이 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 고성능 광소자, 고효율 면발광조명이며, 중장기적으로는 유연하고 저전력 소비가 가능한 인쇄형 면조명 기술을 들 수 있음
  - 고성능 광소자는 기존의 광소자의 출력을 높이고 광민감도를 높이는 등 나노기술을 통해서 기존광소자의 성능을 고도화 하는 기술로서, 고발광소 재개발, 나노구조체, RGB 고민감 광감응소재의 개발이 필요
  - 고에너지효율 면조명기술의 구현을 위해서는 광추출성 향상기술, 고에너지 효율 발광소재, 저가격화 가능 인쇄기술이 요구됨
  - 또한 면발광조명의 가격경쟁력 향상을 위해서는 인쇄기술 접목이 필수적이며, 이를 위해서는 저가격·경량·유연 면조명소자용 나노소재·구조체·소자기술이 요구됨

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
고효율 면발광조명	에너지효율	광추출성 향상	나노구조체기술	구조체 형성 및 광학성질 제어
		고효율 소재	나노소재 적용	고효율이 가능한 유기소재 개발
	저가격화	인쇄공정적용	나노 인쇄소재	소재의 물성 향상
		소재가격 최소화	저가격 소재	소재의 저가격 생산
고성능 광소자	고출력	발광출력 향상	고발광소재	발광효율
		광학 특성 최적화	나노 구조체적용	광학적 물성제어
	고광민감도	수광 특성 최적화	고효율 수광소재	광민감도
		RGB 고광감응	RGB 고 광감응 소재	파장 민감도

## (10) 태양광 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 화석에너지와 원자력에너지에 대한 규제강화에 따라 신재생에너지에 대한 사회적 니즈 증대
  - 글로벌 에너지 수요 증가에 따라 에너지 부족은 심화될 것으로 전망되며, 우리나라의 경우 해외 에너지 의존도가 높아 향후에도 지속적인 자원부족 현상으로 인해 안정적 국가경제성장에 걸림돌이 될 것으로 전망
  - 지구 온난화 현상의 지속으로 기상이변, 자연재해 등으로 인한 피해가 증가하고 있어 청정하고 안전한 신재생에너지 개발이 매우 중요
  - 태양전지는 무한히 공급가능한 태양에너지를 바탕으로 전력을 생산하기 때문에 대표적인 신재생에너지원이며, 초고효율화 및 저가화를 통하여 그리드 패리티를 달성할 것으로 예상됨
- 플렉서블 전자기기의 보편적 보급으로 인해 플렉시블 에너지 변환장치에 대한 시장의 요구가 커질 것으로 전망됨



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 태양광산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 결정질 실리콘 태양전지이며, 중장기적으로 나노기술 기반 멀티스케일 초고효율 태양전지와 플렉서블 유기, 무기 또는 유무기하이브리드 박막 태양전지가 될 것으로 전망됨
  - 결정질 실리콘 태양전지는 현재 태양광 시장에서 주력인 제품으로 새로운 나노공정 및 소재의 도입을 통한 저가화기술 개발이 필요함
  - 나노기술 기반 멀티스케일 태양전지는 박막형 태양전지의 나노구조화 및 아키텍처링 기술의 도입과 새로운 고흡광성 및 초고속 전하수집 나노소재의 개발을 통하여 초고효율화가 달성될 것으로 전망되며, 저가나노소재 및 공정의 도입을 통한 저가화를 실현하여 그리드 패리티를 달성해야함
  - 플렉서블 박막형 태양전지는 저온공정 가능한 광흡수 및 전하전달 나노소재의 개발을 통하여 구현될 수 있으며, 새로운 유연 투명전도 나노소재 및 공정기술이 매우 중요. 또한 high-throughput의 role-to-role 공정 개발을 통한 저가화 실현이 요구됨

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
결정질 실리콘 태양전지	저가화	박형 웨이퍼 모듈제작	-	-
		Ag 전극 소재 대체	고기능성소재, 복합소재	저가 대량생산 복합소재, 고전도성 소재
	고효율화	up/down conversion	Triplet-Triplet annihilation 소재	입자크기 재현성 및 합성 기술
초고효율 멀티스케일 박막태양전지	저가화	저가 대면적 기술	저가 대면적 나노 아키텍처링 기술	멀티스케일 구조체 형성 하이브리드 기술
	고효율화	광이용 효율 향상	고광흡수 나노소재	고광흡수 신조성 나노소재 및 멀티스케일화 아키텍처링 기술
		초고효율 태양전지 시스템 구현	엑시톤/캐리어 제어	초고속 전하수집 나노소재
플렉서블 박막태양전지 (유기, 무기, 유무기하이브리드, 양자점)	플렉서블화	유연투명전도체 기술	그라핀, 2D소재, 유기전도체 및 하이브리드 소재	유연하고 고투명성 및 고전도성 2차원 소재
		유연 광흡수 및 전하전달체 기술	광흡수 및 전하전달체 저온 형성기술	저온에서 나노구조체 형성 기술

## (11) 전지 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 모바일 컴퓨팅의 확산, 전기자동차의 보급, 에너지의 계절성 수요 급증 등으로 인해 에너지저장장치에 대한 사회적 니즈 증대
  - 모바일 컴퓨팅에 대응하기 위해서는 고용량화, 소형화, 저가화, 플렉서블화 등이 주요 이슈가 됨
  - 전기자동차에 대응하기 위해서는 급속충전, 고용량화, 장수명화, 저가화 등의 문제가 해결되어야 함
  - 에너지의 계절성 수요급증에 대응하기 위해서는 초고용량화, 저가화가 주요 이슈임
- 배터리는 에너지를 물질 내부의 화학 에너지로 변환하여 저장하고 필요할 때 꺼내어 사용할 수 있기 때문에 에너지를 사용하는 거의 모든 디바이스에 적용될 수 있으며, 고용량화 및 저가화를 통하여 그 적용 영역을 더욱 넓혀갈 수 있을 것으로 예상됨



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 배터리산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 모바일 디바이스용 고용량/고출력 소형 배터리에, 중장기적으로 전기 자동차 및 에너지 저장 장치와 다양한 사물 인터넷 디바이스에 대응할 수 있는 플렉서블 배터리 및 차세대 리튬 또는 비리튬계 배터리가 될 것으로 전망됨.
  - 모바일 디바이스용 소형 리튬 배터리는 현재 이차전지 시장에서 주력인 제품으로 기존 소재의 한계 용량 접근으로 인해 새로운 고용량 전극 소재 및 적용 기술의 개발이 필요
  - 전기 자동차 및 에너지 저장 장치용 배터리는 현재의 모바일 디바이스용 소형 리튬 배터리보다 장수명 및 고출력이 요구되고 있어, 전극 활물질 및 전극의 나노 구조화와 모듈 최적화 기술개발을 통하여 해당 요구 특성을 달성할 수 있을 것으로 전망됨
  - 웨어러블 디바이스 등 다양한 형태에 대응하기 위한 플렉서블 배터리는 활물질 이외에도 적절한 기재 및 전극, 배터리 구조에 대한 최적화 기술 개발을 통하여 구현될 수 있음

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
소형 리튬 배터리	저가화	저가 소재 채용	-	-
		고속 양산 기술 적용	-	-
	고용량화	신규 활물질 채용	나노 전극 소재	결정성 및 나노 소재 복합화
전기 자동차 및 에너지 저장 장치용 배터리	저가화	저가 신규 활물질 채용	-	-
	고출력화	전지 구조 개선	-	-
		신규 활물질 채용	신규 전극 소재	입도 및 조성 최적화
플렉서블 배터리	플렉서블화	신규 배터리 구조 적용	도전성 신규 소재	유연하고 고전도성 2차원 소재
차세대 리튬 및 비리튬계 배터리	구조 최적화	전극 표면 구조 제어	전극 표면 코팅 기술	균일한 이온 전도성 나노 코팅

## (12) 에너지효율향상 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 에너지 과소모로 인해 지구 온난화 현상, 기상이변, 자연재해 등으로 인한 피해가 증가함에 따라, 사용 에너지를 최소화하기 위한 에너지효율향상 기술에 대한 수요 증대
- 특히 건축 분야에서는 에너지제로빌딩 구현을 목표로 스마트윈도우와 초고효율 단열소재의 채용이 활발해질 것으로 전망
- 또한 전기자동차의 보급 확대에 따라 한정된 용량의 배터리를 효율적으로 사용할 수 있도록, 자동차 내·외부 간의 열 출입을 통제할 수 있는 스마트 윈도우 장착이 대세를 이룰 것으로 전망



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 건축 및 수송기기 산업분야의 에너지 효율향상을 위해 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 일반 단열 코팅재이며, 중장기적으로 나노기술 기반 스마트윈도우와 초단열 코팅재 기술이 될 것으로 전망됨.
- 일반 단열 코팅재는 현재 건물 및 수송기기에서 주력인 제품으로 새로운 나노공정 및 소재의 도입을 통한 저가화 및 내구성 증진기술 개발이 필요
- 스마트윈도우는 나노 다층박막 구조, 투과도 조절을 이용한 다기능화 기능에 대한 기술 개발이 필요
- 초단열 코팅재는 나노입자 및 도핑 조절, 초단열 기능 첨가, 물질 안정화를 통한 고 효율화 기술이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용영역	나노기술에 대한 요구사항
일반 단열 코팅재	저가화	대면적 코팅공정, 액상기반 롤투를 공정, 페이트화	나노박막 코팅	-
		유기물 혼합체 사용	-	내구성 증진을 위한 passivation 기술
	고효율화	Ag 다층막 형성, 유무기 복합체 사용,	나노입자 무기물 삽입	나노입자 크기 균일성 조절 및 내구성 증진을 위한 passivation 기술
스마트윈도우	저가격화	대면적 진공 롤투를 방식, 나노 중공체	나노두께, 중공체 크기 조절	나노두께, 입자 균일도 향상
	적외선 전 영역 차폐	최소 layer 구성, core-shell 구조 중공체	나노 다층 박막 구조, 투명도 조절	각 layer의 나노두께 조절, 입자 균일도 향상
	다기능화	발열 및 스마트윈도우 적용 전극	TCO 나노박막 코팅	나노입자 도핑을 통한 저저항 구현
초단열 코팅재	감성화	외부 환경 및 감성 변화에 따른 작동 조절	나노입자 첨가	나노입자 첨가 또는 도핑을 통한 다양한 color 구현
	저가격화	필름 기반 대면적화	나노박막에서 전자/정공 전달, 나노입자 조절	나노박막, 나노입자 균일도 향상
	고효율화	저전력 소모를 위한 신소재 적용, clear 상태에서 적외선 차단 기능, 장수명화	나노입자 및 도핑 조절, 초단열 기능 첨가, 물질 안정화	균일한 스마트윈도우 필름화 기술

### (13) 청정기반 산업

#### ■ 미래 전망 시나리오

- 물부족 문제의 심화와 기후변화로 인한 수자원 확보의 안정성 저하 등의 문제로 인하여 세계 수처리 기술 시장은 지속적인 성장이 예상됨
- 전 세계적으로 경제 구조 및 산업 형태의 고도화와 집적화가 진행되고, 인구 밀집 현상이 지속적으로 발생됨에 따라 인류가 영위하고 있는 대기, 물, 토양 등의 환경에서 배출되는 각종 유해화학물질 및 그로 인한 환경오염을 효과적으로 규제하기 위한 보다 새롭고 기능이 향상된 기술 개발이 필요
- 또한 에너지 문제, 물 부족, 슬러지 처리 문제, 영양염류의 제거 및 회수, 기반시설 노후화 및 교체, 신규 오염물질의 출현 등 새로운 이슈의 부각으로 인한 기술혁신 요구 증가





## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

- 청정기반 산업분야에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 초투과성 분리막과 나노독성 선택적 제어물질이며, 중장기적으로 생물기능 모방형 환경정화소재인 아쿠아포린 기술이 전망됨
  - 기존 수처리 기술에 비해 낮은 에너지 비용과 높은 분리능을 가지는 신소재의 개발과 이의 활용기술 확보 필요
  - 기존 수처리 기술로 제거하기 어려운 극미량의 나노물질을 무해화하기 위한 선택적 처리기반의 환경정화 공정 개발하기 위해 CNT 및 그래핀을 이용한 초투과성 분리막 개발과 나노독성 선택적 제어물질 개발이 필요
  - 기존 RO막에 비하여 100배 이상의 투과도를 가지는 것으로 예상되고 있는 생체기능 모방 아쿠아포린 기술은 기초원천기술 확보가 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
초투과성 나노기술 (한계돌파형 환경기능소재)	박막화	탄소계 나노소재 도입	그래핀, 탄소 복합필름	대면적 2차원 탄소계 나노소재 제조 및 기공 형성 제어 기술
		복합화	나노튜브 복합막	탄소나노튜브, BN나노튜브
나노독성 선택적 제어물질	고감도 측정	나노물질에서 유도 및 생성되는 성분 분석	선택적 감응형 센서 소재	감응형 센서 소재의 어레이 및 패턴화
	선택적 흡착	다공성 나노소재를 도입	선택적 흡착기능 다공성 나노 소재	선택적 흡착 특성 제어
생체모방형 수처리 나노복합 분리막	생체물질 복합화	생체막단백질을 수처리 분리막에 코팅	아쿠아포린 생체물질 코팅 기술	단백질을 포함한 복합 멤브레인 제조 기술 개발
		생물기능모방	나노튜브를 포함한 수처리 분리막	나노튜브를 포함한 복합막 소재

## (14) 세라믹 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 세라믹 소재는 디지털 전자, 정보 통신, 자동차, 자동화기기, 디스플레이 등의 다양한 현대 수요 산업이 고도화됨에 따라 더욱더 사용이 확대될 것으로 예상됨
- 미래에는 녹색기술 및 환경기술 대응 신산업 출현에 따른 수요 증가와 함께, IT 기술과의 융합을 통해 더욱 더 고도화되고 복합기능성을 갖춘 융복합기능성제품군의 개발이 이뤄질 것으로 예상됨에 따라, 세라믹 소재에 대한 다기능성의 부여 요구 증대
- 따라서, 고기능성 및 다기능성을 가지는 새로운 나노 세라믹 파우더의 생산 및 세라믹 소결체의 형상의 제어를 통해 부품화가 용이하도록 하는 방향으로 세라믹 기술의 진화가 일어날 것으로 예상



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

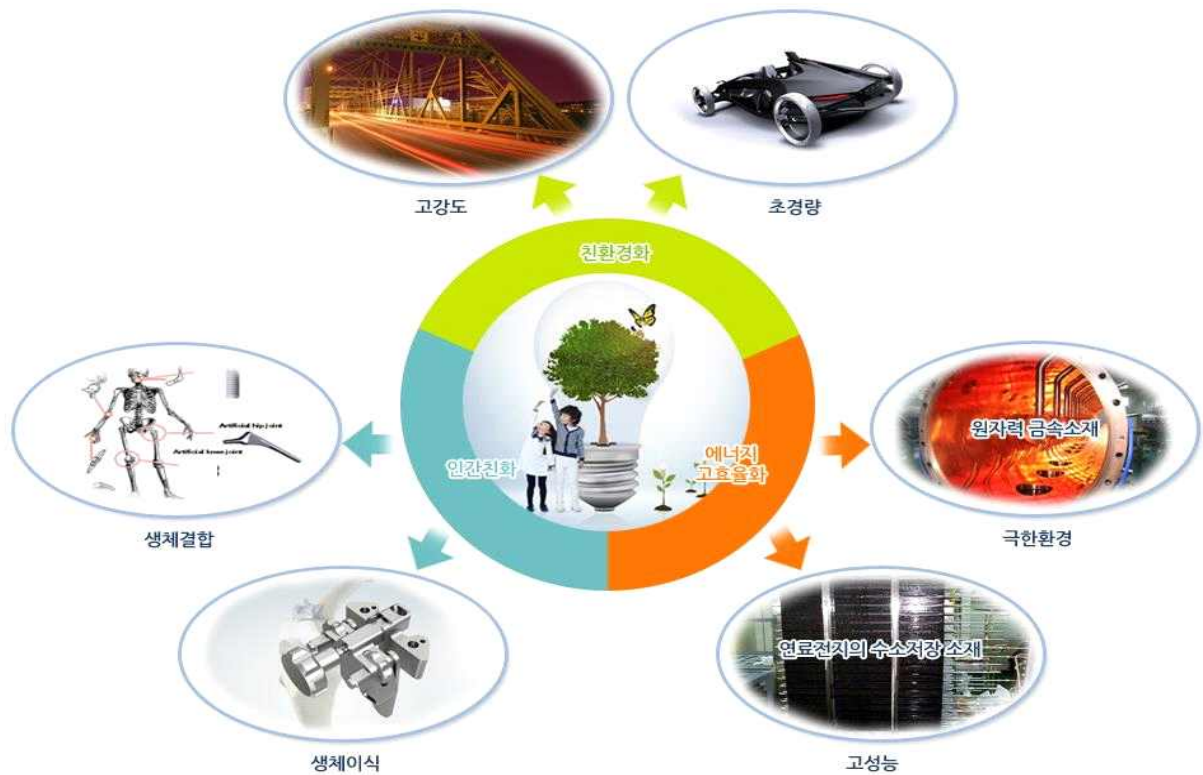
- 세라믹 산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 스마트 윈도우 소재가 될 것이며, 중기적으로는 극한 환경용 세라믹 분리 흡착 소재, 장기적으로는 생체적합형 경조직 소재가 될 것으로 전망됨
- 스마트 윈도우 소재의 경우, 고기능/다기능화가 주요 혁신 방향이므로, 나노 세라믹 파우더의 고품질화, 다기능화, 조성제어 및 미세입자화 기술이 필요
- 극한 환경용 세라믹 분리 흡착 소재의 경우 고효율, 기공조절, 미세구조 제어, 내구성 향상, 표면기능 제어 등이 주요 혁신 방향인 바, 나노 세라믹 소재의 형상 제어, 가공기술, 표면 개질 기술이 필요
- 생체적합형 경조직 소재의 경우 생체 친화성, 유무기 복합, 경도 제어 등이 혁신 방향인 바, 고강도/경량 세라믹 복합체 기술, 생체친화형 나노 세라믹 코팅 기술이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
스마트 윈도우	고품질/미세입자화	고품질 나노세라믹 파우더	나노입자 크기/형상제어	나노 파우더의 크기 및 형상 제어
		투명 전도성 코팅	ITO대체 투명 전도성 세라믹 코팅	친환경 공정을 이용한 ITO 대체 투명 전도성 세라믹 소재 개발 및 유연성 부여
	다기능/고성능	다기능 세라믹 코팅	다기능 소재 균일도	세라믹 미세구조/조성제어를 통한 다기능성 부여
		크기/형상/조성 정밀 제어	고기능성 나노 세라믹 소재	나노크기 및 입계/조성제어를 통한 고효율 기능성 세라믹 소재 개발
극한 성능 멤브레인 소재	기공 형상제어	기공크기/방향 제어	나노단위 기공제어	자기제어 방식을 통한 nm 급 기공 분포 및 크기 제어 기술
		나노 가공기술	나노세라믹 소재의 신가공기술	나노세라믹 소재의 기공형상 가공 기술
	표면개질	고선택성 부여	표면활성/구조화를 통한 특성 향상	분리/흡착 기능향상을 위한 나노 코팅 소재
		내구성개선	세라믹 분리/흡착 소재의 결함제어를 통한 내구성 향상	표면 결함 치유, 보호막 형성을 통한 신공정기술
생체적합형 임플란트 소재	생체적합	생체 친화형 코팅	무독성 생체 친화 소재 균일 코팅	무독성을 가진 생체적합한 나노 코팅 소재 및 3D-공정 기술 개발
		표면 형상 제어	생체반응 강화 표면 제어	바이오세라믹의 표면형상 제어공정
	고강도/경량화	고강도 경량 바이오세라믹 복합체	나노세라믹구조체	3차원 형상 제어가 용이 이한 고강도 나노복합소재

## (15) 금속소재 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 미래에는 구조용 금속 소재뿐만 아니라 기능성 금속 소재의 사용 환경이 다변화됨에 따라서, 극한 환경 (초고온, 고내식, 높은 하중 등) 및 에너지 절감 요구에 대응이 가능한 초경량, 고강도 금속 소재 및 표면처리 기술 개발이 필요.
- 고령화지수가 갈수록 높아짐에 따라 생체재료의 수요가 급증하고 있고 이를 위한 소재 경량화 및 고강도, 고신뢰성을 확보하는 생체적합형 금속소재 및 표면 개질에 대한 요구 증대
- 따라서 향후 글로벌 사회의 산업경제는 에너지 절감형 산업 기반 기술 및 건강, 복지와 같은 인간친화형 기반 기술을 달성할 수 있는 금속소재 기술을 중심으로 발전해 나아갈 것으로 예상



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

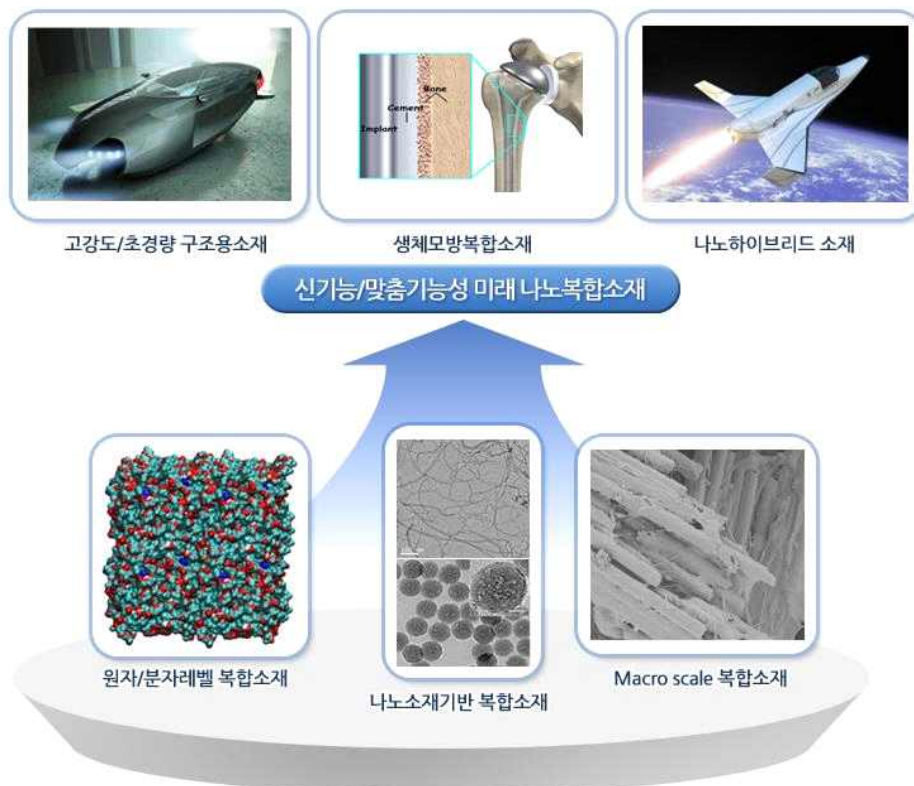
- 금속소재에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 구조/기계소재가 될 것이며, 중기적으로는 에너지소재, 장기적으로는 휴먼소재가 될 것으로 전망됨
  - 구조/기계소재의 경우 경량화/고강도 및 안정성 향상이 주요 혁신방향이므로, 나노상 및 나노입자의 분산을 제어하여 초경량/초강도 특성을 가지며, 복합기능화를 통한 미래 수송기 및 구조물에 사용할 수 있는 소재 및 공정의 개발이 필요
  - 에너지소재의 경우 산업 전반에 걸쳐 경량화를 통한 성능 향상 및 에너지 이용의 고효율화에 대한 요구가 증가함에 따라, 전통 및 신재생 에너지의 생성, 변환, 수송 저장 등에 사용할 수 있는 고성능/송전용 금속소재와 사회 기반에 구축에 요구되는 관련 금속 소재의 개발이 필요
  - 생체소재의 경우 고령화에 따른 생체결합/이식형 신소재에 대한 수요가 증가함에 따라, 인체에 삽입되는 인공 보조물이나 인공 장기용 소재, 이를 시술하기 위해 사용되는 의료기기에 활용되는 의료 기구용 소재를 개발할 수 있도록 나노소재, 표면개질, 융합소재의 개발이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
구조/기계소재	고강도	자원 저감	복합상 제어	결정립 및 이종 나노상 제어 기술
		고내구화	신표면개질	고내식, 초저마찰 표면처리 기술
	초경량	신합금	금속복합소재	이종 금속분말의 통합 및 복합 기술
		부품화	성형 기술	나노금속분말의 액상 성형 기술
에너지소재	고성능	고전도성	초고압용 고전도성 소재	나노스케일 제어 합금소재
		고효율	수소저장 복합소재	하이브리드 구조화 기술
	극한환경	초내열	소재 제조 및 가공 기술	나노스케일 제어 합금소재 설계 및 접합재료
		고내식	고효율 발전용 구조재료	방사능 흡수 복합소재
생체소재	생체친화	생체결합	복합소재	내식성/강도/탄성 제어 나노소재
		생체이식	생체활성소재	생체 분해 및 유도 제어 하이브리드 소재 및 표면처리 기술

## (16) 복합소재 산업

### ■ 미래 전망 시나리오

- 에너지 효율화, 환경대응, 안정성 및 편의성 증가, 기존 산업의 고도화 및 융합화에 따른 미래 사회 변화에 따라 맞춤형 기능성을 가지도록 설계 가능한 복합소재에 대한 요구가 급격히 증가
- 현재 상용화되고 있는 복합소재 기술은 복합소재를 구성하는 요소소재의 특성의 조합을 통해 상호보완 되도록 첨가되는 수준에 머무르고 있으며, 최근 고기능성을 가지는 나노 기반 소재 개발에 따라 이들의 원자/분자 수준의 복합화를 통한 새로운 극한기능성 복합소재 개발 필요성이 증대되고 있음
- 따라서, 단순 상호보완 수준이 아닌, 기존 개별소재보다 우수한 기능성을 가지며, 신기능성의 창출이 가능한 방향으로 복합소재 기술의 진화가 일어날 것으로 예상



## ■ 나노기술 혁신목표 및 제품

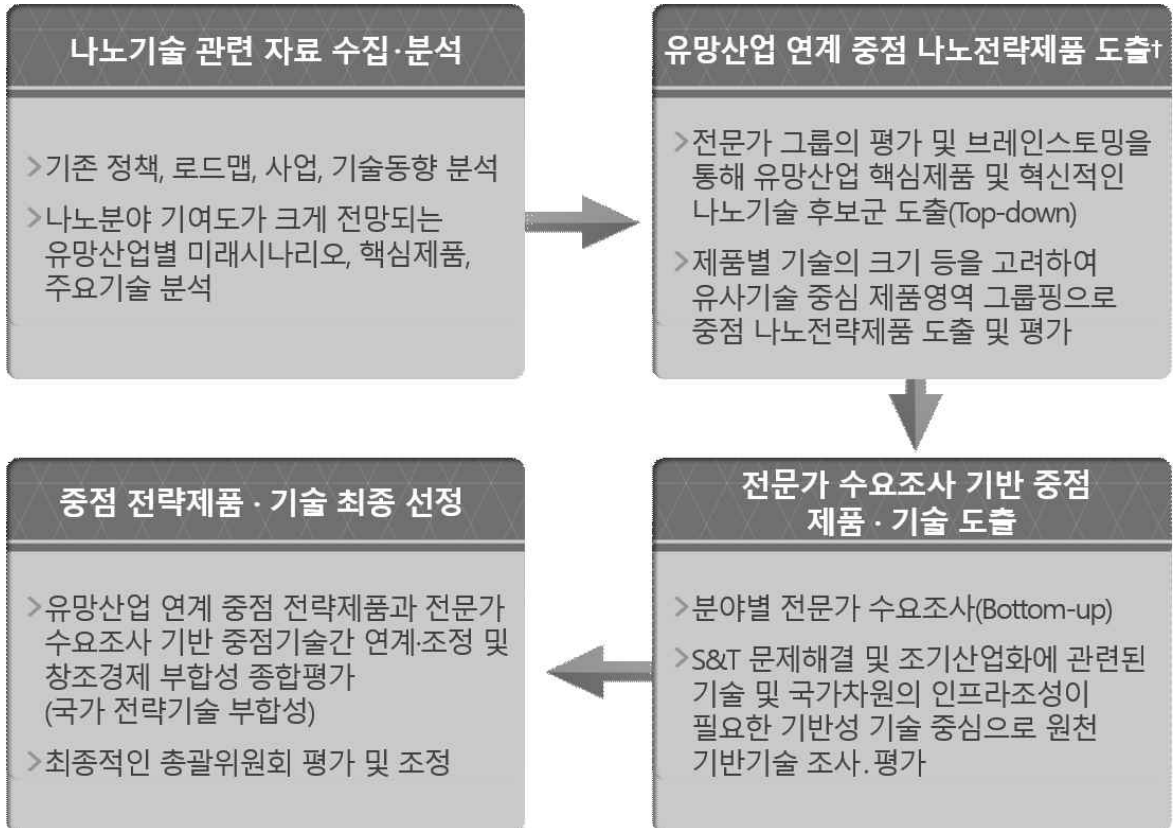
- 복합소재 산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로는 구조용 복합소재가 될 것이며, 중기적으로는 생체모방형 나노복합소재, 장기적으로는 나노하이브리드 복합소재가 될 것으로 전망됨
- 구조용 복합소재의 경우 고강도/초경량이 주요 혁신방향인 바, 나노소재의 분산/배향성 증대, 고속/저가/친환경 나노복합제 성형 공정 기술 개발이 필요
- 생체모방형 나노복합소재의 경우 나노입자/나노선/나노판 소재간 및 이종소재간의 다차원화, 구조화가 주요 혁신방향이므로, 나노 복합소재의 다차원 구조제어기술 및 인터페이스 설계기술 개발이 필요.
- 나노하이브리드 복합소재의 경우 개별 나노소재들의 계면 설계를 통한 고기능성/신기능성 발현이 주요 혁신방향인 바, 이종소재 간 인터페이스 설계, 합성, 가공 기술의 개발이 필요

제품	혁신방향	기술개발 트렌드	나노기술 적용 영역	나노기술에 대한 요구사항
구조용 복합재료	고강도/초경량	고강도 나노강화제 개발	나노강화제의 균일 분산/배향성 조절	나노강화제 표면 및 형상 개질
		경량 기지(matrix) 소재의 고성능화	기지소재의 성능강화	구조제어를 통한 고분자 매트릭스 고성능화
	고속/저가 친환경 공정	고속/저가 강화제 공정	고생산성 나노강화제 생산	나노강화제 분산 및 응집 제어, 새로운 합성 공정
		친환경 복합성형기술	나노복합재료 형상제어 및 recycling	3차원 직조 프리폼 제조 기술, recycling이 가능한 친환경 나노강화제/기지물질 개발
생체모방형 나노복합소재	다차원 구조제어	구조제어공정	나노 아키텍처링	self-assembly, 촉매성장 등을 이용한 나노소재 성장 및 다차원 구조제어기술
		이종소재간 인터페이스 제어	금속/세라믹/폴리머 소재간 인터페이스 제어	나노수준 인터페이스 설계 및 제어
나노하이브리드 소재	고기능성/신기능성	나노 인터페이스 설계 합성	이종소재간 인터페이스 설계 및 합성	원자/분자수준의 인터페이스 설계 및 상호 매칭성 향상을 위한 공정 기술
		나노/마이크로 미세구조 제어	나노/마이크로 미세 복합 구조 제어	이종 미세조직 구현을 위한 복합화 공정

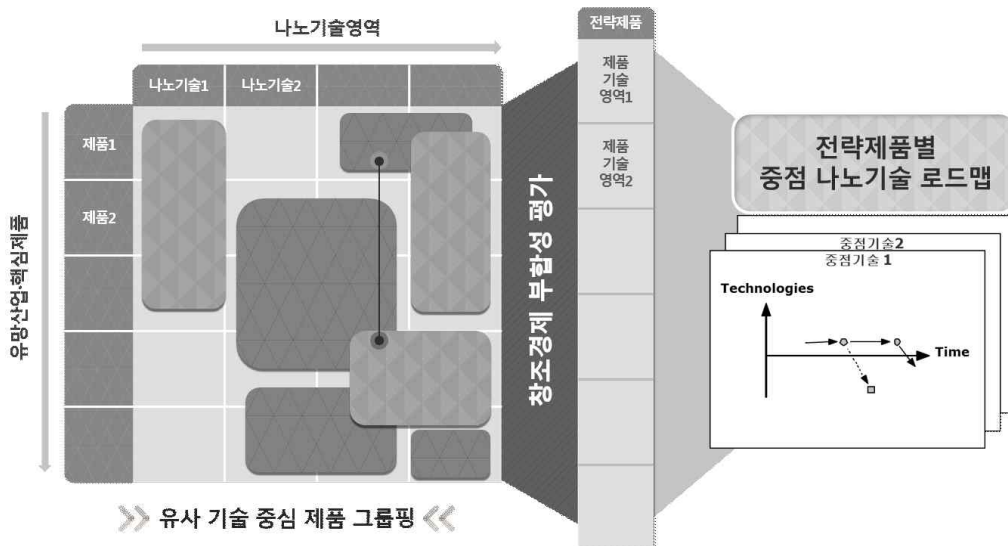
# V. 중점 나노기술개발 전략로드맵

## 제1절 국가 중점나노기술

### 도출 절차 및 방법



† 유망산업 연계 중점 나노 전략제품 도출 개념도





- 기존 산업현황 및 전망, 부처별 추진계획 등 조사·분석된 자료를 바탕으로 국가 차원의 대표 전문가 그룹(기술분과+총괄팀)의 브레인스토밍 및 평가, 분야별 전문가 수요조사 등을 통해 2020 이후 경제사회적으로 파급효과가 크고 신정부의 정책기조에 부합하는 유망기술을 국가 중점 나노기술로 선정

■ 도출 결과: 창조경제 시대의 NT 유망산업전망에 따른 중점 나노전략제품·기술



## 제2절 중점기술 전략로드맵 전개

### 1. 세부 핵심기술 전개방향

#### ■ 창조경제 실현을 위한 과학기술 정책 및 투자전략 연계

- 신정부의 정책기조<sup>8)</sup> 연계를 위하여 국가 주요 기술전략과 투자기조를 고려하여 중점 나노기술별 추진전략 수립 및 핵심기술 전개
  - 5대 전략, 19개 분야, 78개 과제 추진을 고려하고 국가 전략기술의 중요성을 충분히 고려하여 중점 나노기술별 추진 전략 수립
  - 경제부흥과 국민행복을 위한 하이파이브(High Five) 전략을 중점 고려하여 창의적 기초연구, 과학기술 글로벌화를 위한 국제협력, 나노기술 조기산업화를 통한 기술이전 사업화, 일자리 창출이 확대될 수 있는 영역 발굴로 핵심기술 전개

#### ■ 2020년 이후 조기산업화가 가능한 핵심기술 전개 및 추진전략 수립

- 나노기술실현의 장기성을 고려하되 도전적인 연구개발로 2020 조기산업화가 가능한 단기 성장동력화 핵심기술을 선정하고 기술 확보전략을 전개
  - 세계 시장변화에 적극적이고 능동적으로 대응하기위해 시장성 및 기술역량, 각종 규제 등을 고려한 기술개발 전략 수립
  - 민간기업의 기술개발 전략을 고려하고 국내 취약기술, 세계적 신생기술 분야 선점에 주력하기 위한 핵심기술 전개
- 산업화를 이루기 위하여 필요한 핵심 인프라와 국가 차원의 법·제도적 정비 등을 고려하고, 필요시 실증단지 구축과 시범운영 등을 고려하여 기술상용화 전략수립
- 특히, 글로벌 이슈인 나노안전성에 대한 핵심적 필요기술을 전개하고 글로벌 표준 선점을 위한 연구개발도 병행 추진

#### ■ 장기적 관점의 미래 핵심 원천·기초기술 개발 병행 추진

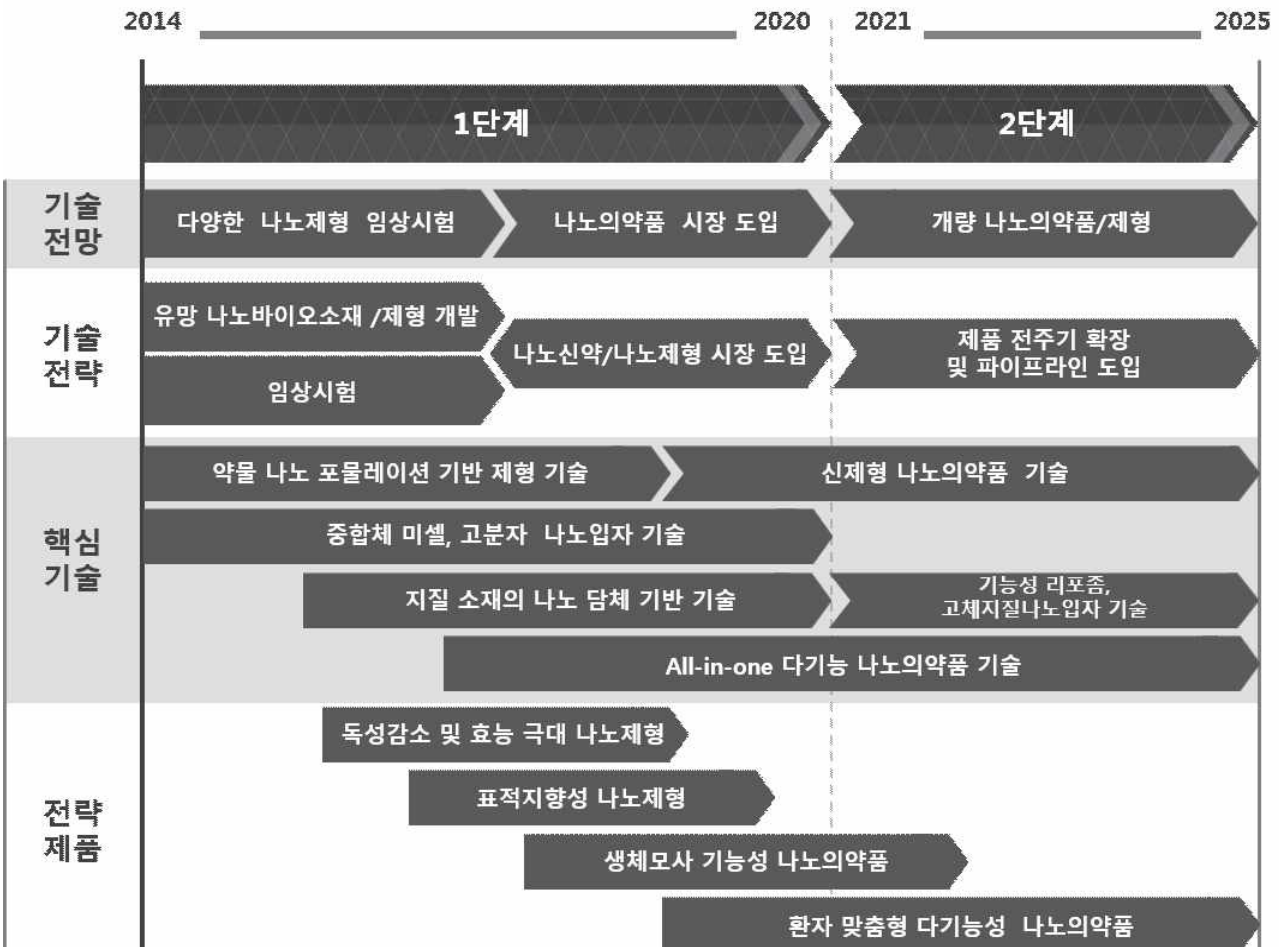
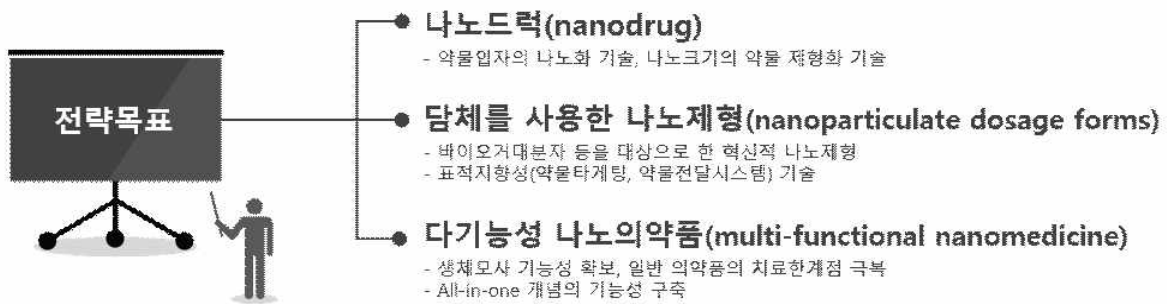
- 과학기술적 난제 혹은 현안이슈 등 당면 문제 해결과 미래사회 파급효과가 지대한 도전적인 기초 핵심기술 발굴 및 전략 수립
- 조기산업화를 이루는 동시에 국가가 지속적으로 추진해야할 장기적인 기초기술을 핵심기술에 포함하여 추진

8) 박근혜 정부 과학기술기본계획(2013) 및 창조경제 실현계획(2013)

## 2. 중점 나노기술 전략로드맵

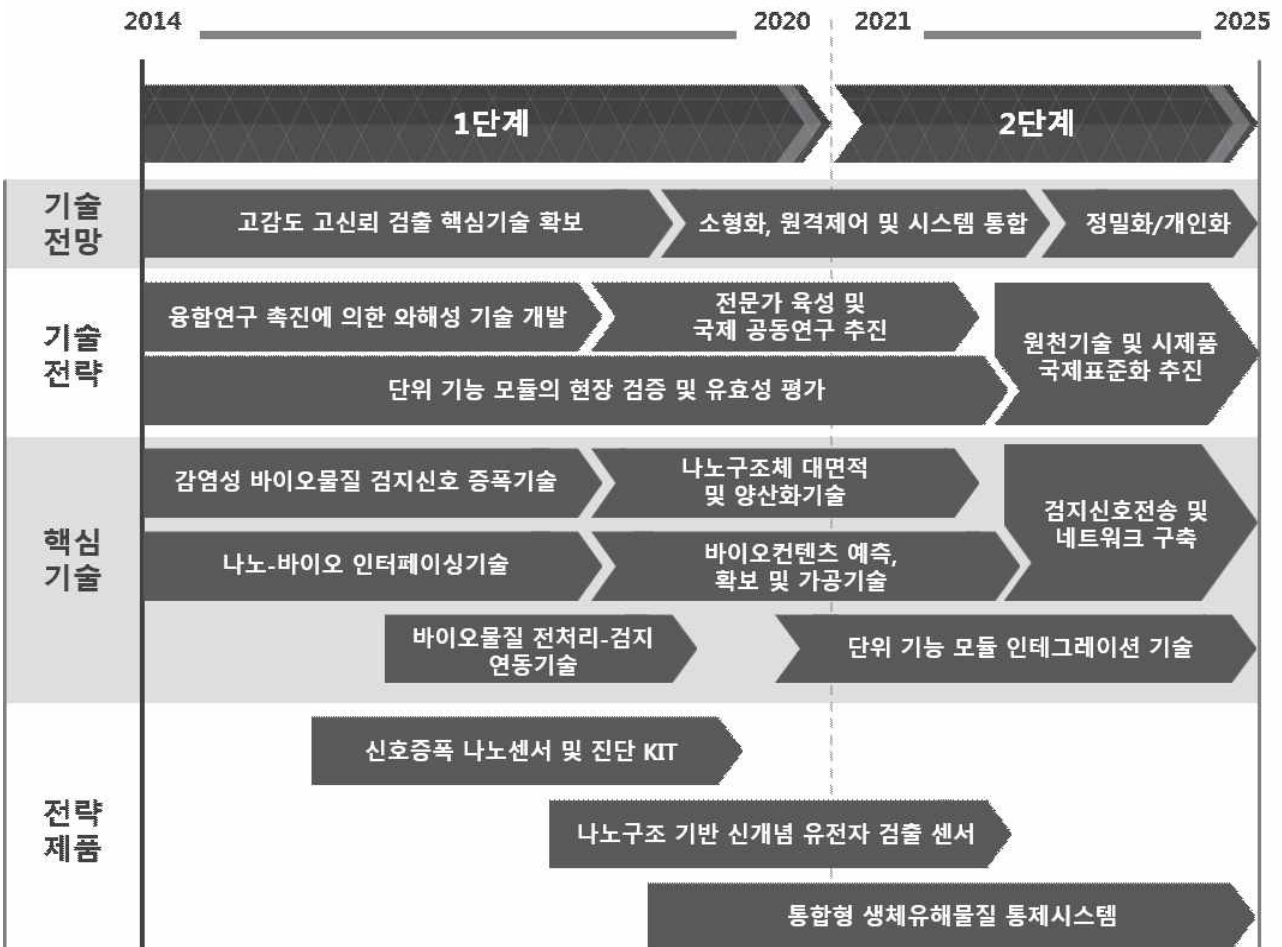
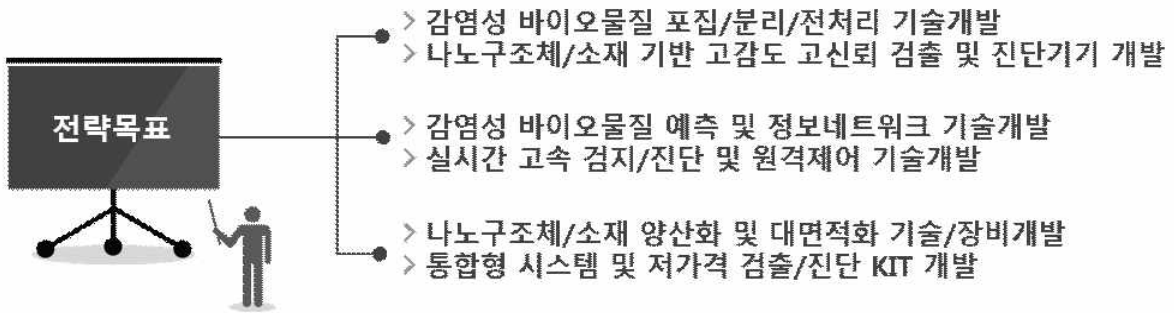
### (1) 나노의약품(Nanomedicine)

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>질병 치료, 진단, 또는 모니터링을 위하여 나노기술을 접목하여 개발한 의약품 (의약품, 동물약품, 및 생물약품 포함함. 여기에서는 의료기기의 경우는 제외함)</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노기술에 기반을 둔 의약품 등장에 따라 예상되는 제약산업 변혁에 대한 선제적 대응             <ul style="list-style-type: none"> <li>약물 독성 저감 및 효능 증가를 극대화할 수 있는 인체친화적 의약품에 대한 요구 증가</li> <li>표적지향성 나노의약품을 개발하여 타겟으로 하는 세포, 기관, 또는 조직에 선택적인 약물 전달</li> <li>바이오거대분자(핵산, 백신, 단백질, 항체 등)를 대상으로 혁신적인 나노의약품 제형 출현</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 나노의약품 제품인 Genexol-PM은 선진국에서 임상실험 중이지만, 현재 다국적 제약사에서 개발된 나노의약품들이 국내 시장에 진입되고 있음</li> <li>나노의약품 개발 능력 및 나노기반 바이오융합 국내 기술분야의 경쟁력은 급상승하고 있음</li> </ul>



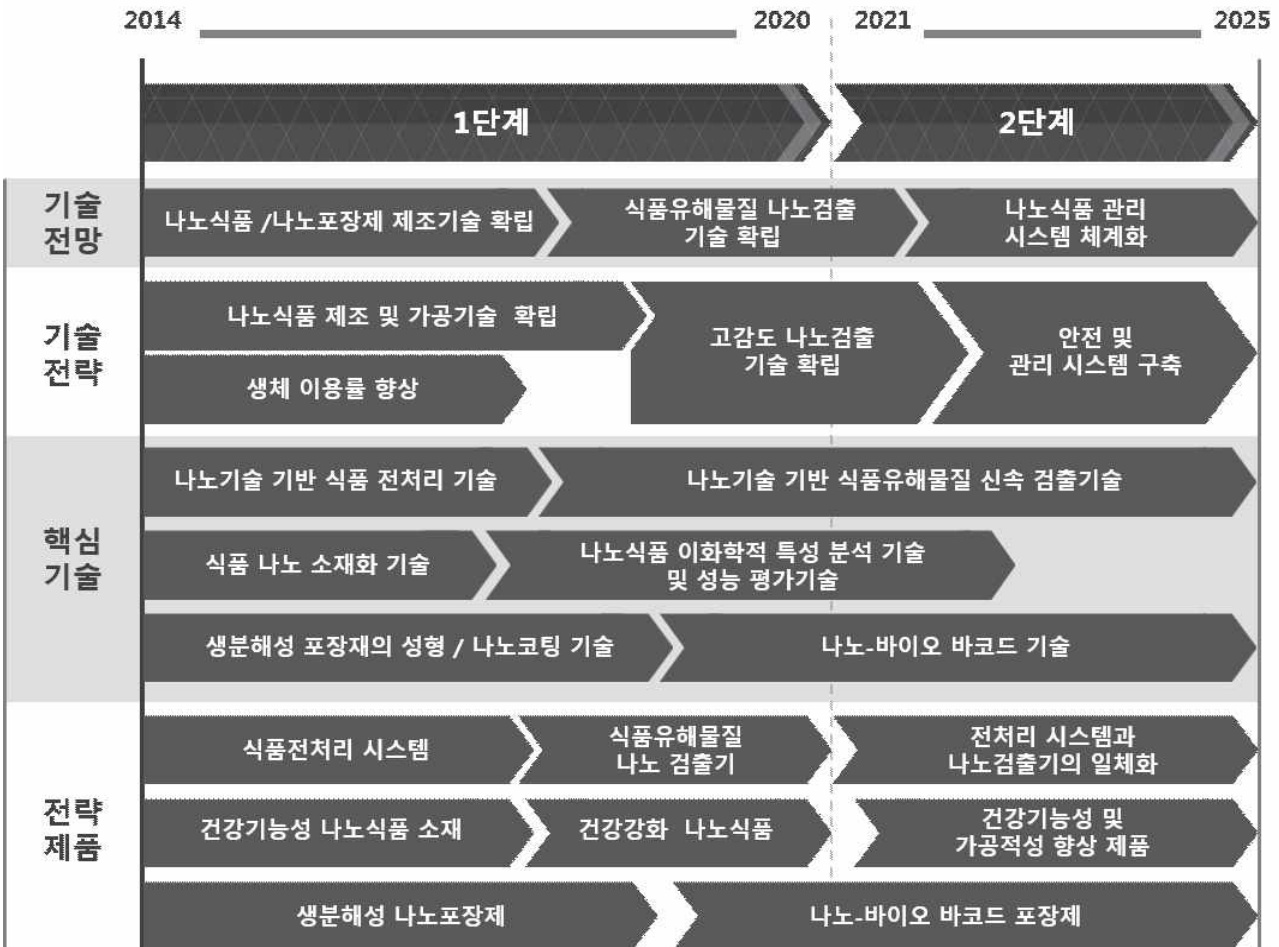
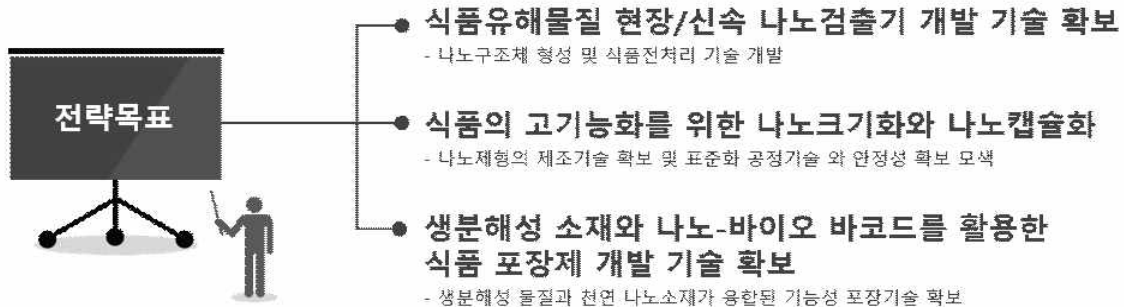
## (2) 감염성 바이오물질 진단 및 모니터링

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체와 환경에 유해한 감염성 바이오물질의 종합적 통제 시스템 구현을 위한 일련의 기술로, 나노기술에 근간한 감염성 바이오물질의 유포예측, 조기검지, 진단 및 신속대응 기술을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>글로벌 이슈 대응:</b> 도시화/산업화 가속, 기후변화, 교역증대 등에 따른 신종 전염/감염병 유해 물질 유포 가능성 증가로 감염성 바이오물질 종합 감시/대응 시스템 구축이 글로벌 이슈로 등장</li> <li>연평균 12.5%의 성장률을 보이는 전 세계 생체유해물질 진단 및 모니터링 시장 (2016년 약 1,300억 달러 예상) 선점 가능</li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 75%수준</li> <li>감염성 바이오물질 신속검지/진단 관련 시장은 미국, 일본, 유럽 등이 선점</li> <li>관련기술 장비 개발 능력 및 나노바이오 융합기술 경쟁력 급상승</li> </ul>



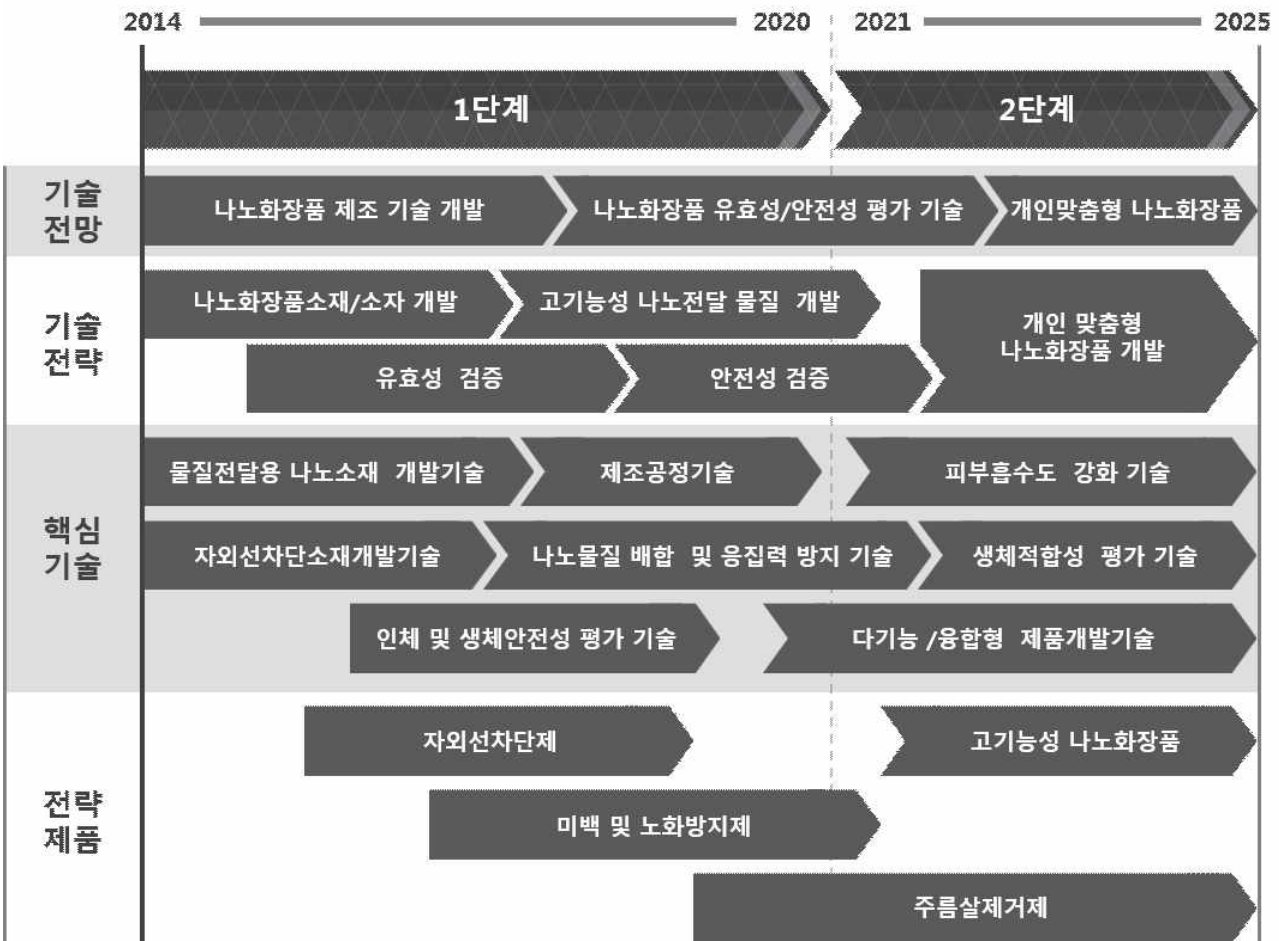
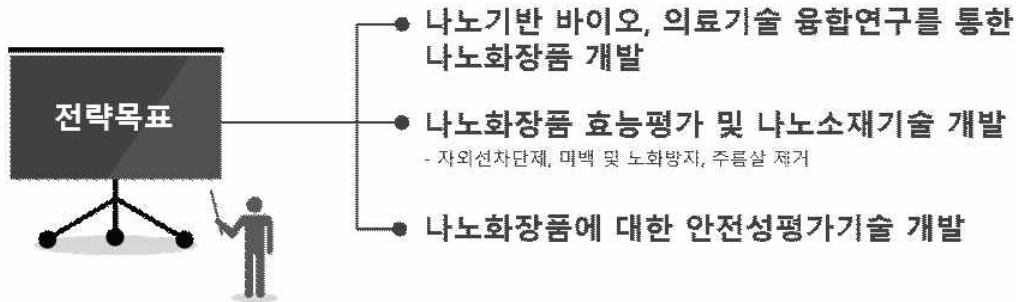
### (3) 식품 나노기술

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>식품분야에 나노기술을 도입하여 식품유해물질 검출, 기능성 식품, 식품포장 및 식품유통 등에서 기존의 한계점을 극복할 수 있게 하는 기술</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 대량급식 단체에 식품유해물질 신속 검출 수요 급증</li> <li><b>식품소재 한계 극복:</b> 기존 식품소재 대비 안전성, 기능성, 생체 이용성 증가 등 다양한 측면에서의 기술개발 가능성 증대</li> <li>관련 신산업 초고속 성장 전망</li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노식품관련 분야의 제조, 유지 및 안전관리 기술은 미흡</li> <li>전세계적으로 나노식품관련 기술개발은 시작단계인 바, 향후 경쟁력 확보 가능</li> </ul>



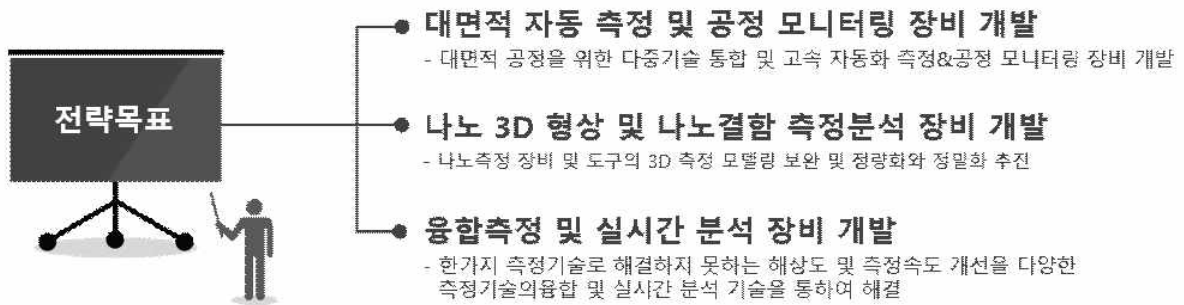
#### (4) 기능성 나노화장품

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노물질이 제품 중에서 응집이 되지 않고 나노크기를 유지하고 있는 화장품 제조기술로 물리화학적 특성이 개선되거나 생물학적 효과가 나타나도록 만드는 기술로 자외선차단, 미백, 주름살개선용 소재개발기술이 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고령인구 증가, 쾌적한 삶 (well-being)에 대한 다양한 요구 증가, 개인 맞춤형 선호 등 국내외 사회, 경제적 상황변화로 나노바이오 기술 적용대상이 화장품으로 증가되고 개발 제품의 시장성 증대</li> <li>자외선차단효과가 있는 나노물질을 활용하거나 나노운반기술을 이용한 영양성분의 피부흡수작용을 활용한 화장품 및 성분이 나노구조체로 되어 있어 흡수가 뛰어난 나노 화장품의 상용화</li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 70%수준</li> <li>나노화장품 관련 시장은 미국, 일본, 유럽 등이 선점</li> <li>관련기술 장비 개발 능력 및 나노기반 바이오융합 기술분야 경쟁력 급상승</li> </ul>



## (5) 나노분석 · 측정장비

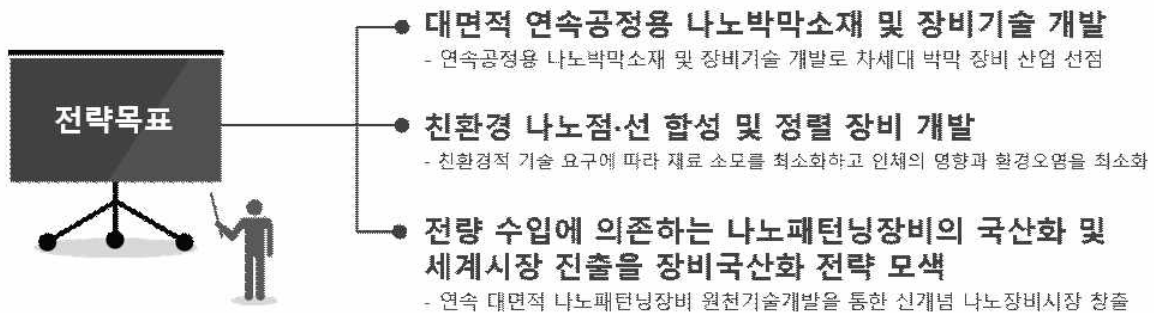
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노미터 수준의 자연현상과 소재 및 가공품 등의 성능, 특성, 결함 등을 측정 및 분석하는 기술로, 나노화학/구조 분석, 나노물성 측정, 나노전기특성 측정, SPM 기반 나노측정 장비 등을 포함함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>한계를 극복하기 위한 측정의 무한경쟁 시대 도래</b> : 반도체 기술 및 공정장비 기술이 측정 장비 기술을 추월함에 따라 측정의 한계를 극복하는 것이 산업발전을 좌우하게 됨             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제조기술의 발달로 측정 대상의 대면적화 초소형화가 진행됨에 따라 측정기술의 한계에 부딪힘</li> <li>- 반도체 및 신약개발을 포함하여 급격하게 증가하는 고비용 생산 비용을 절감하기 위한 새로운 측정 및 분석 기술 또는 융합측정 기술이 요구됨</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석·측정장비 기술은 광학기술이 핵심이고, 이 분야의 국내기술 수준은 유럽, 일본, 미국 등의 선진국에 비교해서 낮으나, SPM 등 일부 장비에 대해서는 경쟁력을 확보하였고, 최근 측정장비 기술개발이 진행되어 저가형 전자현미경, X선현미경 등에서 기술경쟁력을 갖기 시작하였음</li> </ul>



	2014	2020	2021	2025
	<b>1단계</b>		<b>2단계</b>	
<b>기술 전망</b>	융합측정 분석 장비	고속화/대면적화 기술	측정한계 극복	
<b>기술 전략</b>	융합 측정분석 장비 개발	고속 대면적 측정 및 공정 모니터링 장비 개발	스마트 나노측정 장비개발	
<b>핵심 기술</b>	나노전기특성 측정 장비	나노화학/구조 분석 장비	측정 및 분석 자동화 알고리즘	
	SPM 기반 나노측정 장비	나노광학측정 장비 (NSOM, TERS)	나노결합 검지 및 분석 장비	
	나노역학특성 분석 장비	나노융합 측정 및 실시간 분석 장비	포터블 측정 분석 장비	
<b>전략 제품</b>	연구/산업용 나노융합 측정분석 장비		지능형 측정 진단 장비	
	대면적 측정 및 공정 모니터링 장비		극한 환경 극복 측정장비	
	고속 분석 장비	개인 맞춤형 측정 장비	신개념 나노측정 분석 장비	

## (6) 나노공정장비

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 원소재의 대량제조와 제조된 원소재의 조립 및 가공을 통해 특정기능을 부여하는 기술로, 나노박막장비, 나노점,선 합성 및 정렬장비, 나노패터닝장비를 포함함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>나노융합제품 대중화시대 도래</b>: 친환경 저가 대량 나노공정장비개발로 나노융합제품이 대중화됨             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IT, ET, BT 제품의 나노기술 융합화로 관련시장이 대폭 확대됨</li> <li>- 고비용 고진공 장비기술에서 저비용 대기 장비기술로의 환경변화가 이루어짐</li> <li>- 혁신적 롤 기반 연속 나노공정장비 개발로 나노융합제품 보급화 선도</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노융합제품 제조를 위한 주 공정장비인 나노패터닝공정장비의 산업화 미진</li> <li>글로벌 나노공정장비 회사의 독점적 시장 지배력으로 인하여 국내 장비회사의 성장에 큰 어려움을 겪고 있음</li> </ul>

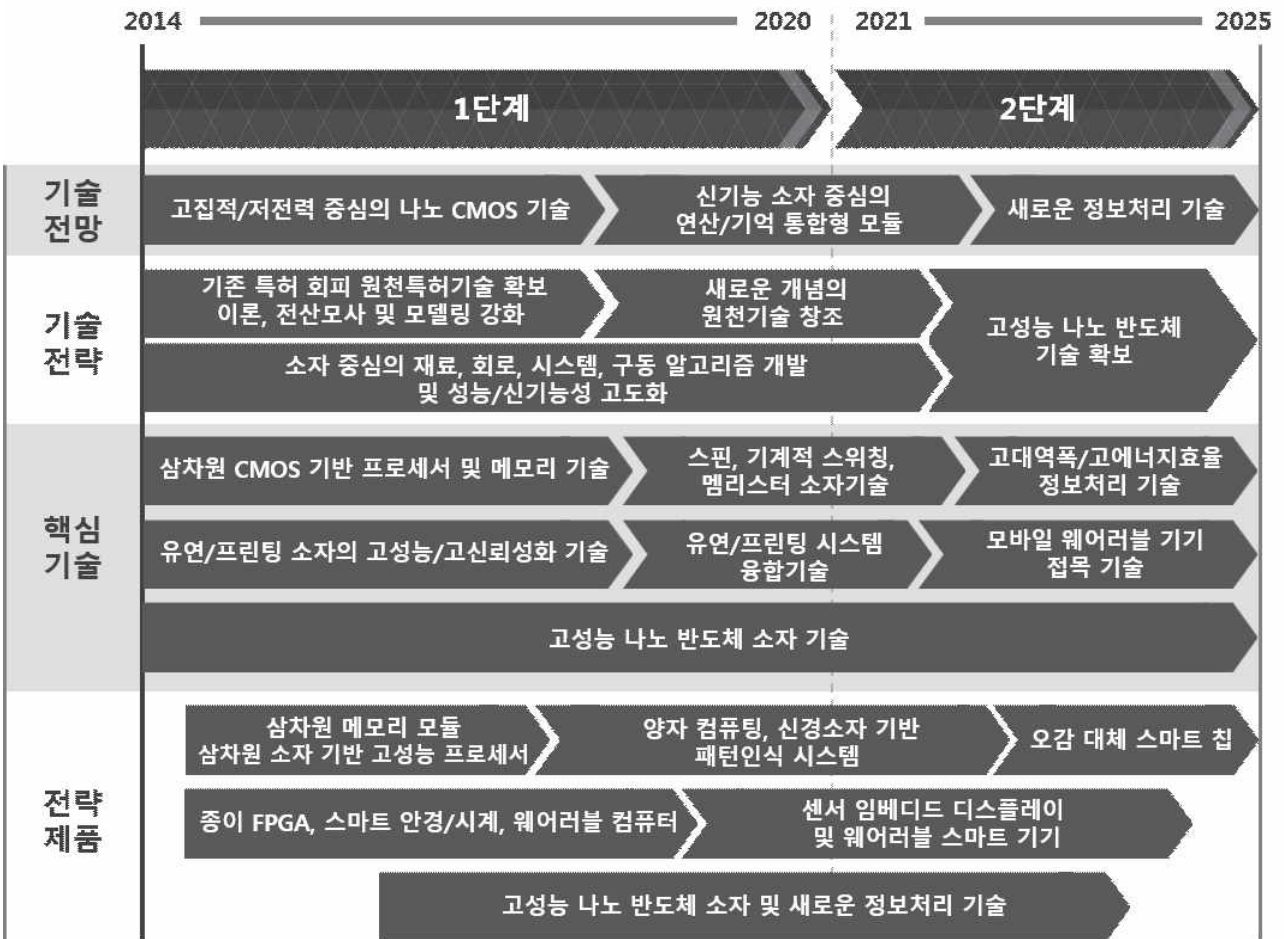
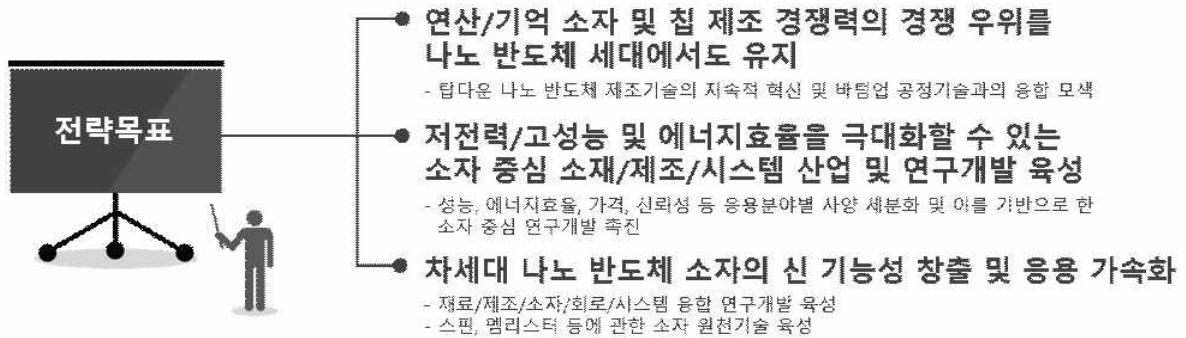


	2014	2020	2021	2025
	<b>1단계</b>		<b>2단계</b>	
<b>기술 전망</b>	고속화/대면적화 기술	스마트화 기술	친환경 기술	
<b>기술 전략</b>	고속 대면적 연속 공정장비개발	스마트 나노공정장비개발	친환경 나노공정장비개발	
<b>핵심 기술</b>	나노박막 증착 공정 및 저온화기술	In-situ 도핑 기술	유연성 소자용 원자층 증착 기술	
	나노점/선 실시간 모니터링기술	실시간 나노점/선 어레이 제작기술	나노점/선 집적 나노소자공정기술	
	나노임프린트 및 프린팅기술	나노식각기술	나노패터닝공정간 융합기술	
<b>전략 제품</b>	대면적 연속 나노박막 장비		대면적 연속 원자층 장비	
	친환경 나노점·선 합성장비		친환경 나노점·선 정렬장비	
	나노임프린트장비	나노프린팅장비	신개념 나노패터닝장비	



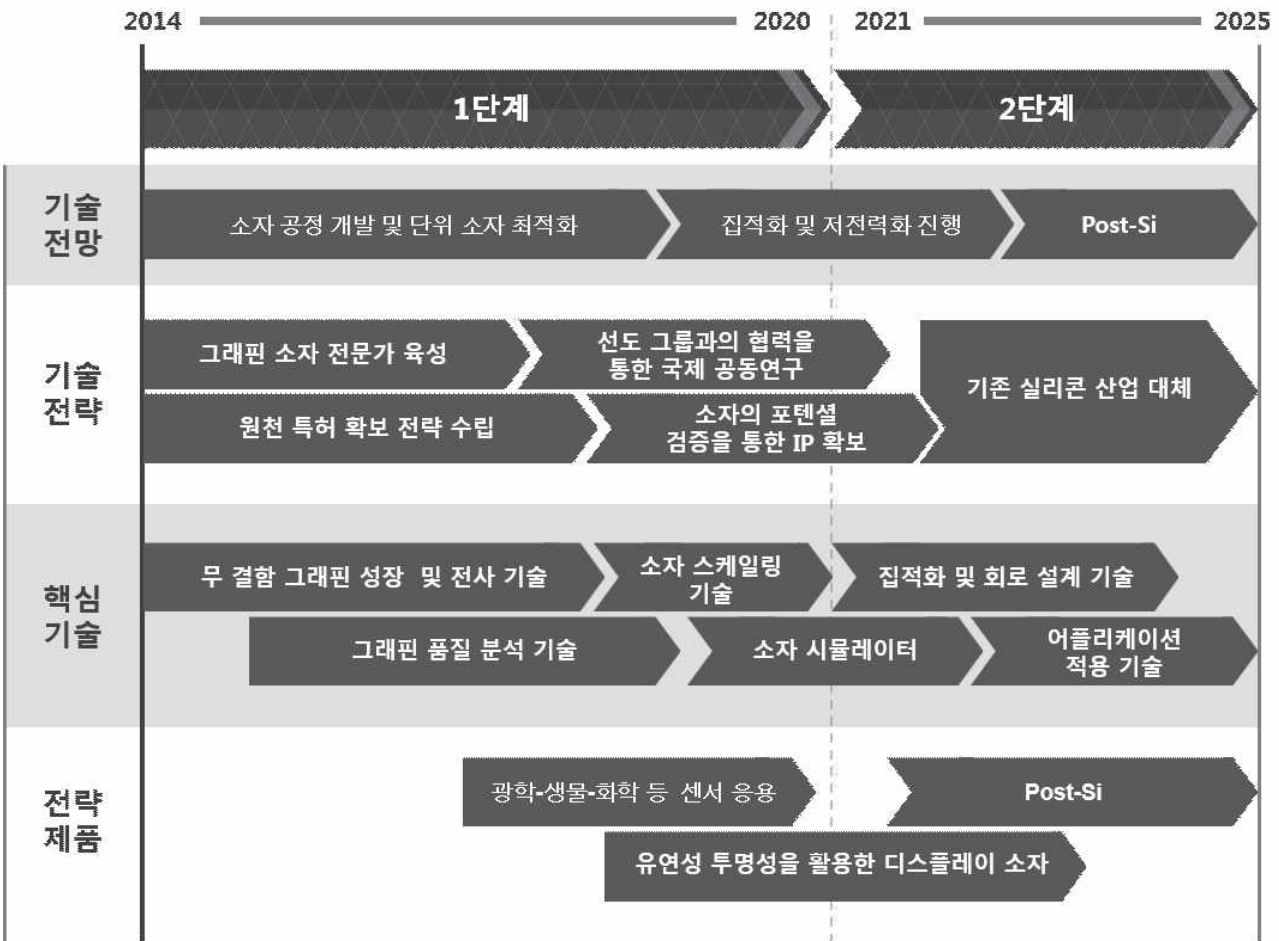
## (7) 나노 반도체 소자

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 반도체 기술을 기반으로 저전력/고속 연산 및 기억 기능을 수행하거나, 새로운 기능성 (예컨대 양자상태 제어나 신경모방, 연산 및 기억 통합, 유연 프린팅 혹은 센서 시스템등과의 집적)을 가지는 반도체 소자의 총칭</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>고도의 정보화 사회와 스마트 기기의 보편화:</b> 인류 삶을 영위하기 위한 정보량 급증.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인류가 질 높은 삶을 영위하고 정보를 공유하기 위해 막대한 데이터의 연산 및 기억 필요성이 급증</li> </ul> </li> <li>데이터 처리 및 기억의 대역폭 뿐 아니라 에너지 효율이 획기적으로 개선된 전자기기 및 시스템이 요구됨</li> <li>이를 위해 새로운 소프트웨어나 하드웨어 구동 방식 및 하드웨어 자체의 급진적 변혁이 요구되며, 이를 지원할 수 있는 새로운 고성능 나노 반도체 소자가 요구됨</li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 90%수준, 제조 및 제품화 기술은 선진국과 동일한 수준임</li> <li>전반적으로 원천기술 및 이론 모델 등에서 취약하며, 장기적으로 이 부분을 계속 경시하면 상용화 기술의 우위도 점하기 어려울 수 있음.</li> </ul>



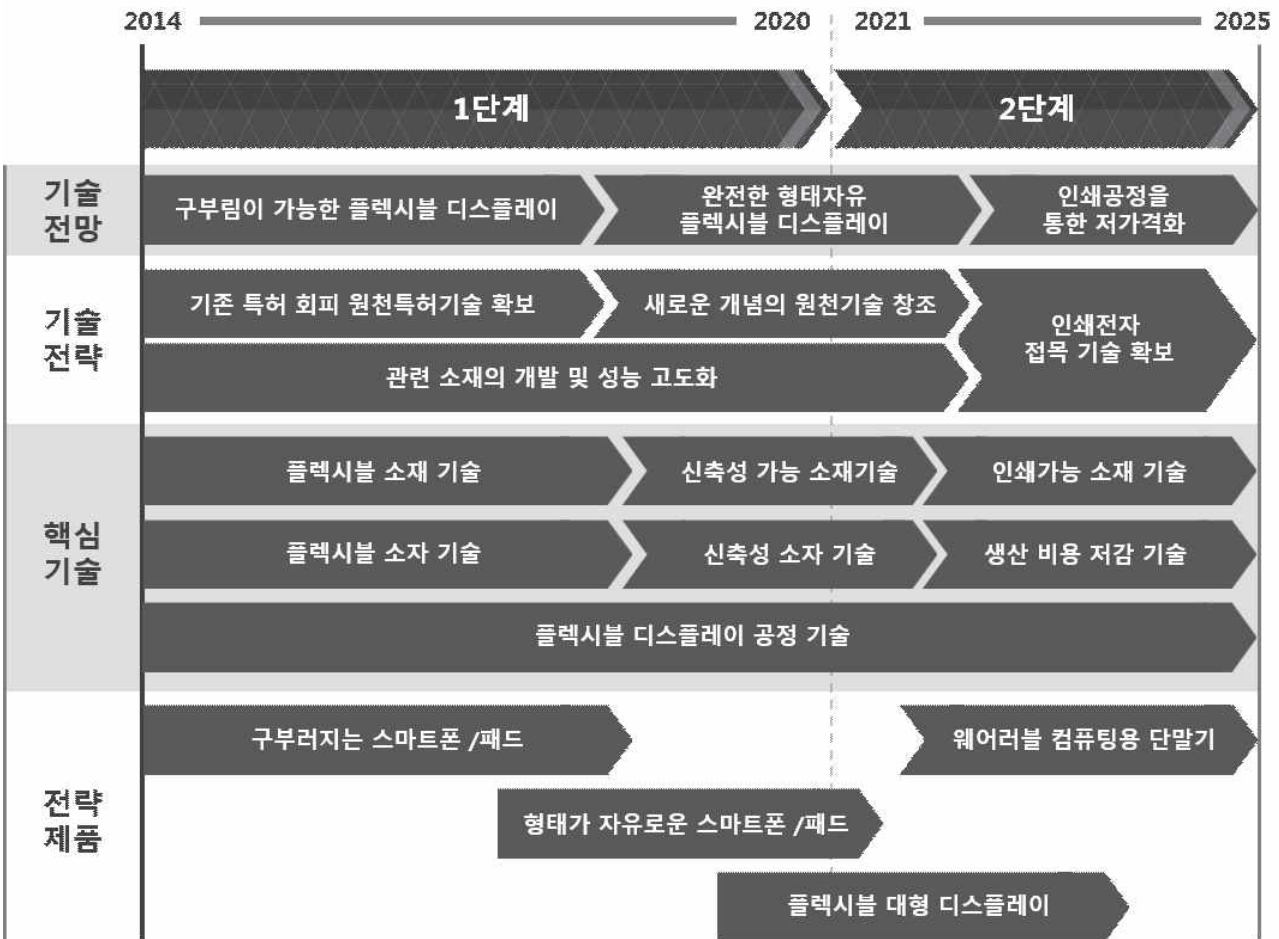
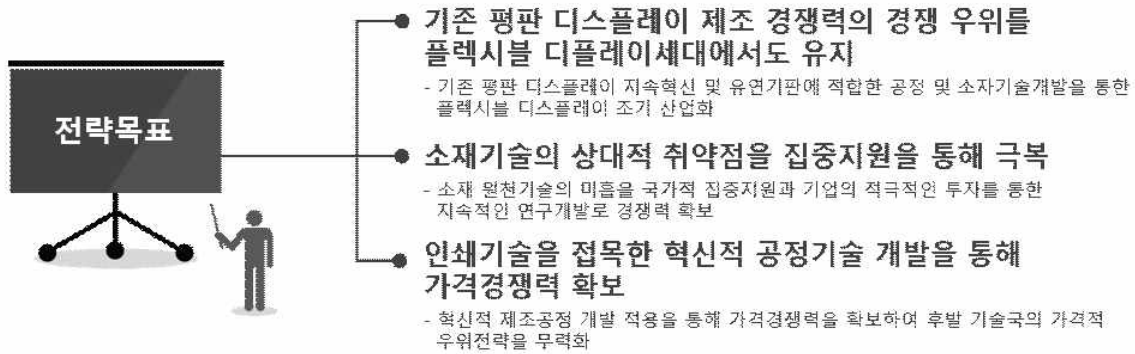
## (8) 그래핀기반 나노소자

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Post-실리콘 시대를 대비하기 위해 그래핀을 이용하여 나노 크기의 집적 소자를 구현하고자 하는 기술로서, 그래핀이 제공하는 미세신호 검출 능력 및 유연하고 투명한 성질을 활용한 여러 응용을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실리콘 기술이 점차 한계에 도달하면서 이를 대체할 소자 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보다 빠르고, 보다 많은 소자가 집적되며, 보다 전력 소모가 적은 소자에 대한 요구 증대</li> <li>- 유연하고 투명한 소자에 대한 요구 증대</li> <li>- 현재 전세계의 반도체 산업을 주도하고 있는 실리콘 소자가 대응하는데 한계에 도달</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기 정부 투자로 그래핀 소재 및 기타 응용 (소자 제외) 분야에서 한국이 주도권을 확보하고 있음</li> <li>• 소자부분에서는 영국의 맨체스터 대학대비 70% 수준임</li> </ul>



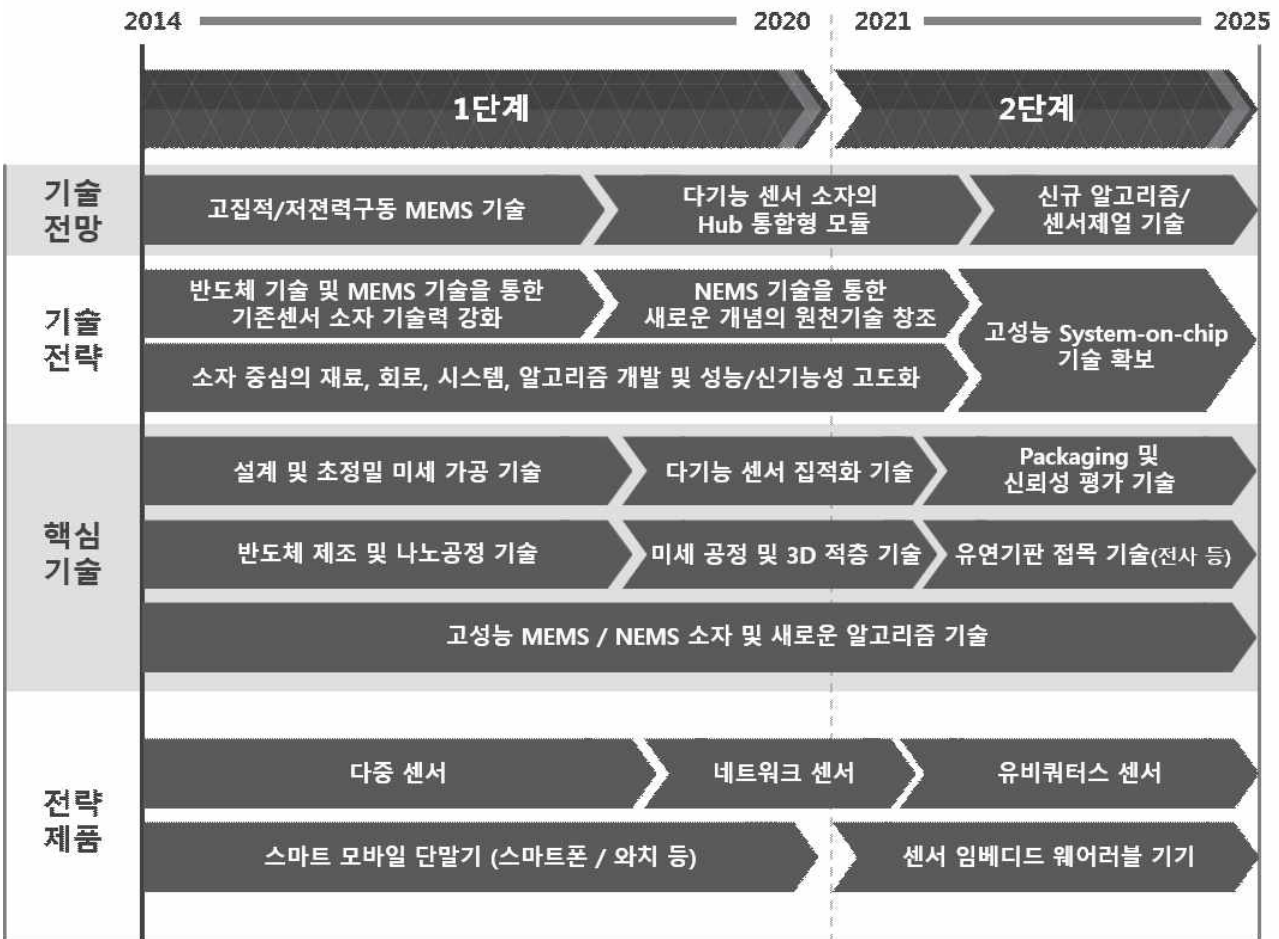
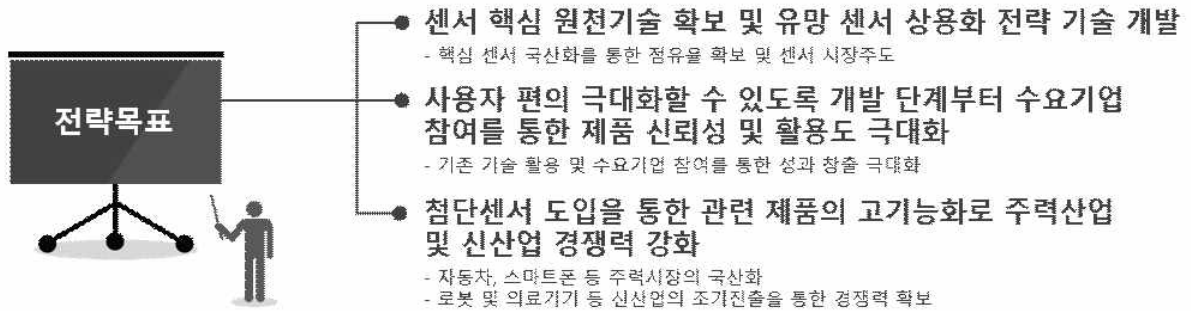
## (9) 인쇄 플렉서블 디스플레이

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 기판 위에 제조된 높은 유연성을 지닌 디스플레이로서, 미래 스마트 모바일 사회에 인간이 쉽게 휴대할 수 있는 초경량, 고강도, 고유연성을 지닌 디스플레이를 의미</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>스마트 모바일 단말기의 급속 발전</b>: 고휴대성에 대화면을 즐길수 있는 디스플레이의 수요 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 웨어러블 컴퓨팅 수준의 다양한 모바일 스마트 단말기에 대한 막대한 수요 기대</li> <li>- 다양한 기능성이 한가지 소자에 혼합된 컨버전스 스마트 기기 출현</li> <li>- 2020년 300억달러 규모의 스마트 모바일 디스플레이 세계 시장 기대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국 대비 국내기술 약 90%수준, 플렉시블 디스플레이 제조에서는 가장 앞선 기술 보유, 다만 원천기술은 약간 보완 필요</li> <li>• 관련 소재/부품기술은 선진국의 85% 수준의 기술 보유</li> <li>• 한국에서 세계 최초 상용화 제품 출시될 가능성은 높음</li> </ul>



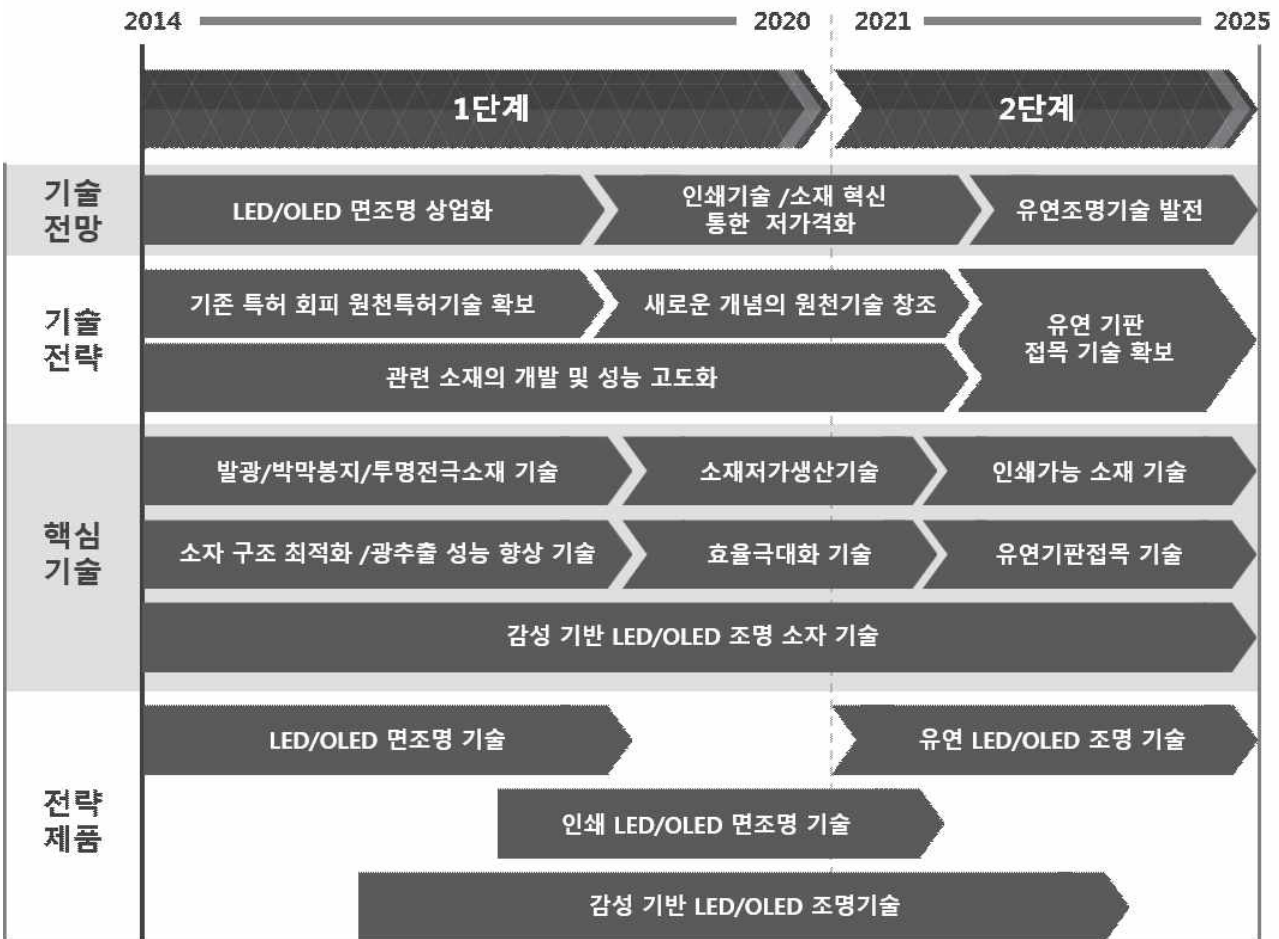
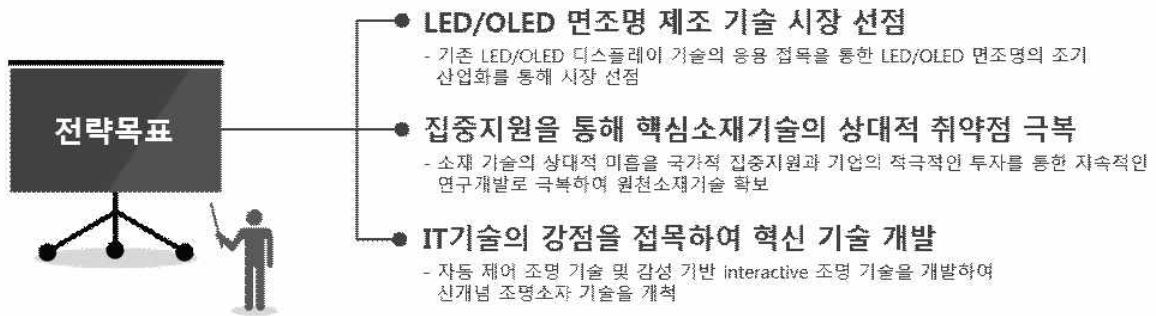
## (10) 나노 오감센서

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부의 환경을 인식하여 관측자 또는 시스템에서 인지할 수 있는 신호체계로 변환하는 정보소자의 총칭. 최근 기기의 고집적화, 첨단화 경향으로 인해 기존 센서에 논리, 판단, 통신 기능이 결합되어 데이터처리, 자동보정, 자가진단 및 의사결정 기능을 수행하는 고성능, 다기능, 고정밀 소자를 의미</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간친화형 나노소재 및 소자기술에 대한 관심 증대로 다양한 형태의 센서소자에 대한 관심 급증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동차, 스마트폰, 로봇산업, 의료기기 산업의 발전 등으로 첨단 센서의 수요가 급증</li> <li>- 특히 스마트폰의 급속한 보급으로 다기능을 통한 새로운 UI/UX의 기대가 높아져 첨단센서에 대한 관심 급증</li> <li>- 2025년 센서 산업시장 규모는 15억 달러에 이를 것으로 전망</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 70% 수준으로 매우 취약</li> <li>특히 자동차 및 스마트폰에 사용되는 핵심 첨단 센서의 경우 국내 수요의 80% 이상을 수입에 의존</li> </ul>



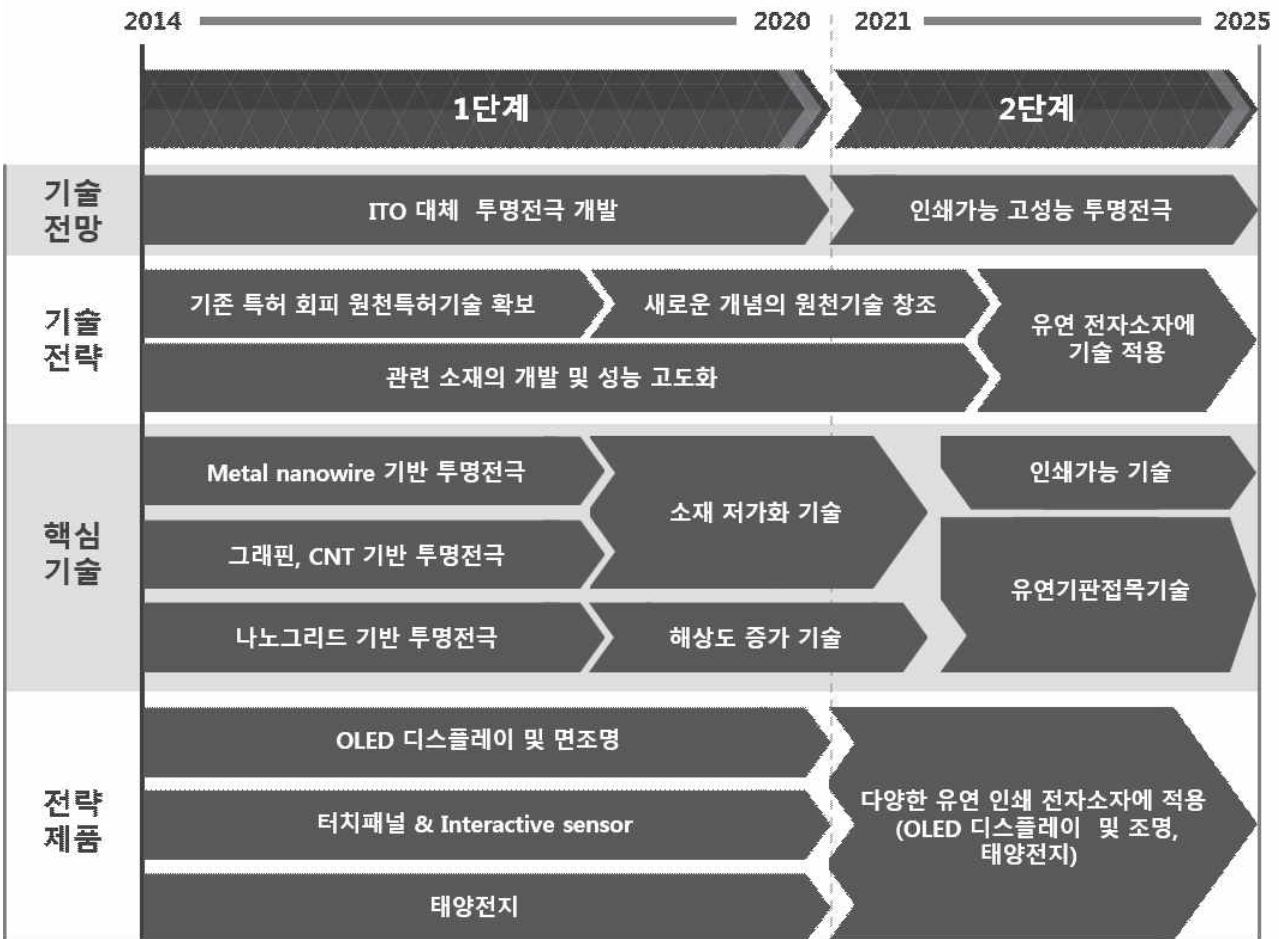
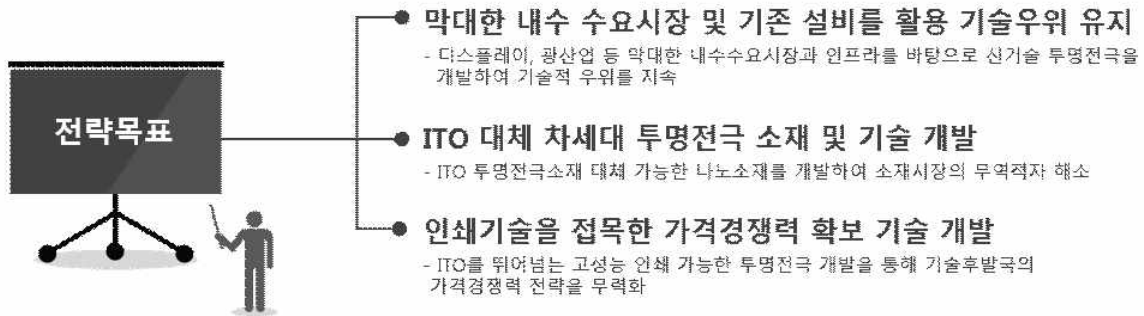
# (11) 고효율 감성 면조명

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차원 면발광 형태의 고에너지 효율을 지닌 조명 소자로서, 나노재료 및 소자기술을 기반으로 하는 면발광 광소자기술, 광추출기술, 패키징 및 봉지기술을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고에너지 효율을 지닌 조명 제품에 대한 수요 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 효율이 우수한 조명 소재에 대한 막대한 수요 기대</li> <li>- 면 발광형태의 자유로운 디자인이 가능하며 인간으로 조절이 가능한 유연성 조명에 대한 관심 증대</li> <li>- 2021년 34억 달러 규모의 고효율 LED/OLED 조명 세계 시장 기대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 90%수준으로, 제조 및 제품화 기술은 선진국과 동일한 수준이며, 소자 기술은 95% 수준이나, 관련 재료 기술은 선진국에 비해 85% 수준으로 다소 미흡</li> </ul>



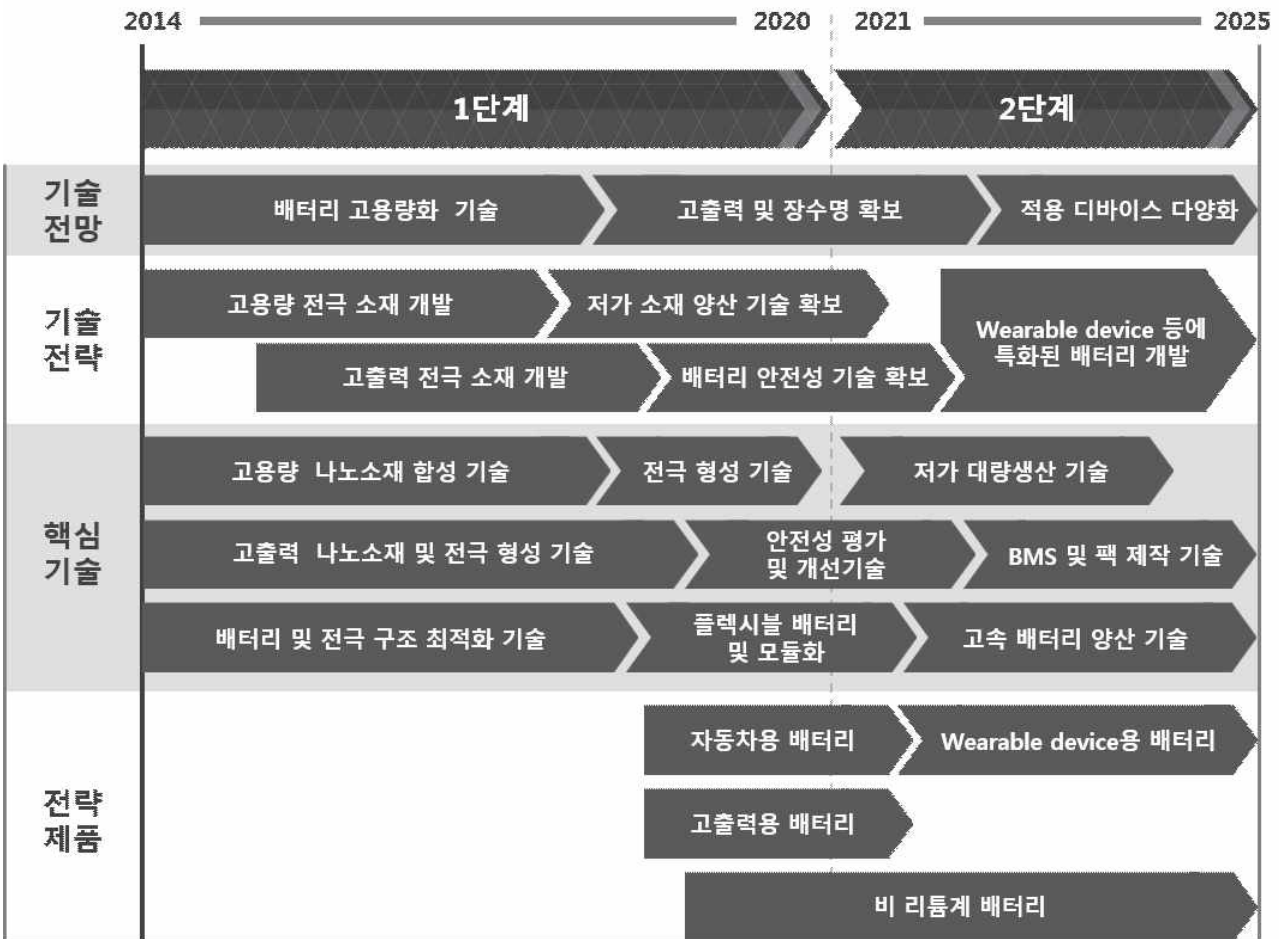
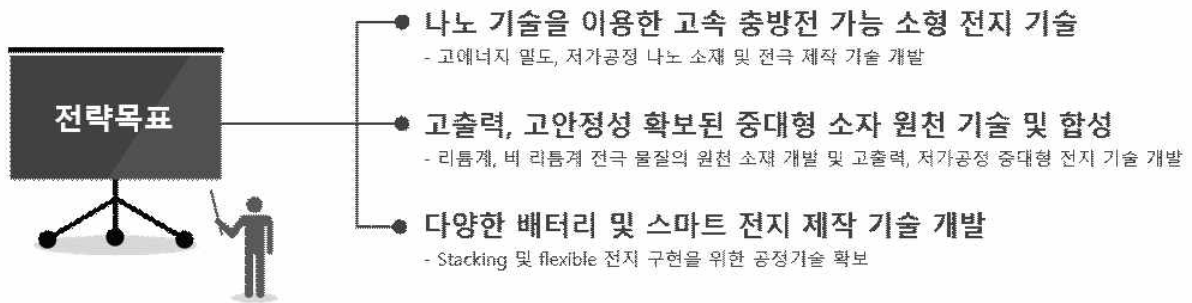
## (12) 인쇄가능 고성능투명전극

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>디스플레이, 면조명, 태양전지 등 다양한 광전자소자에 필수적인 투명전극을 인쇄방법으로 제조하는 기술</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>자원 고갈:</b> ITO에 사용되는 인듐의 매장량이 고갈되고 주생산국이 중국으로 한정됨             <ul style="list-style-type: none"> <li>인듐의 매장량이 한정되어 있어서 가격의 점차 상승하고, 자원 무기화가 이루어짐</li> <li>ITO를 대체할 수 있는 새로운 투명전극 소재에 대한 수요 증대</li> <li>2021년 220억불 규모의 투명전극 세계 시장 기대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITO 기반 투명전극은 선진국 대비 국내기술 약 100%수준</li> <li>ITO를 대체할 수 있는 차세대 투명전극기술은 선진국 대비 85% 정도의 기술수준을 보유</li> </ul>



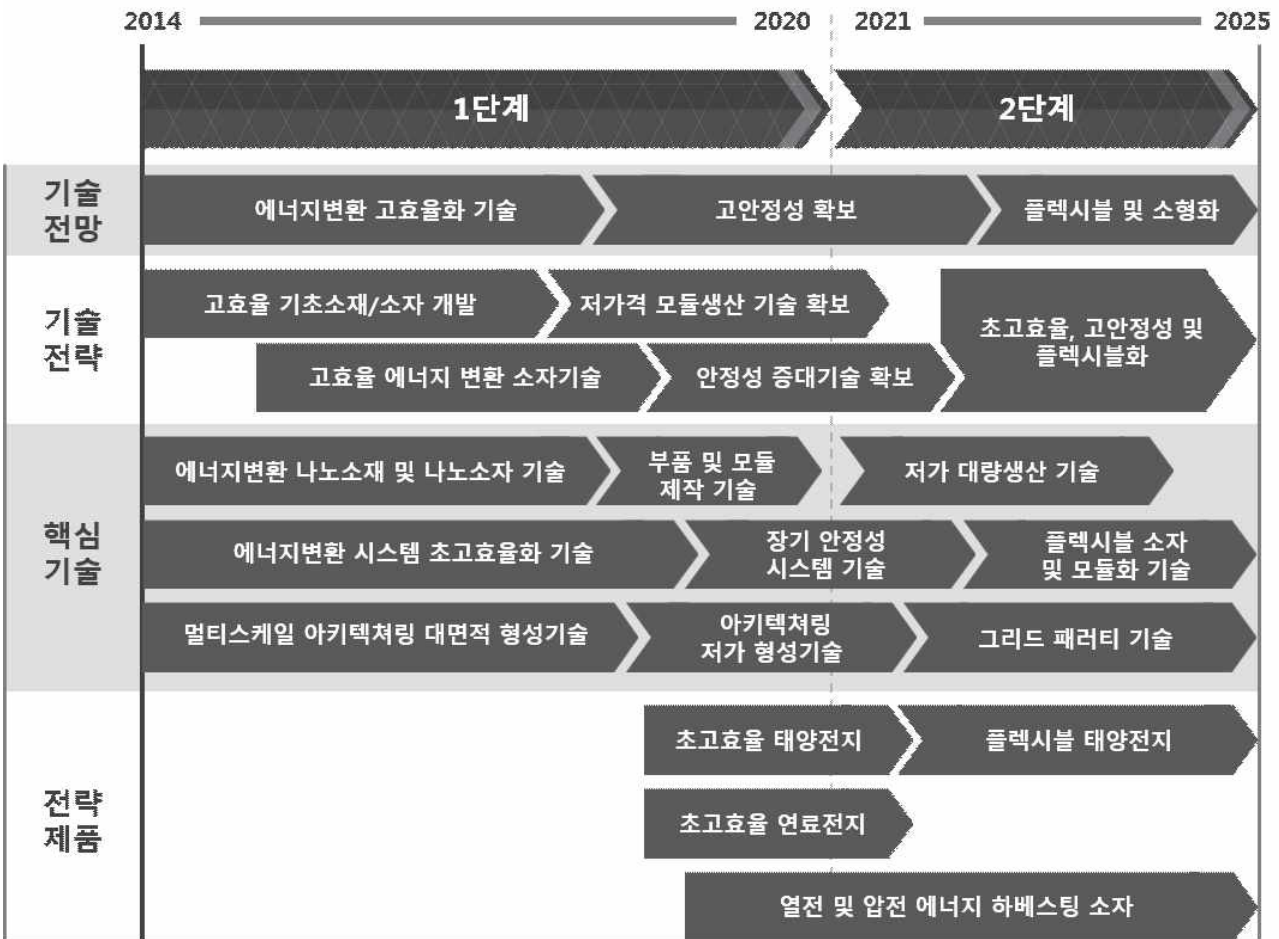
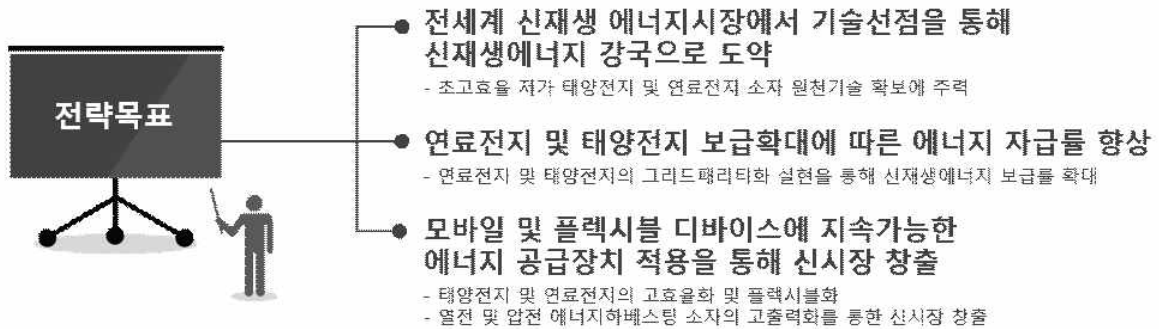
# (13) 나노 기반 배터리

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연계에 존재하는 다양한 에너지를 통해 얻은 전기에너지를 화학적 에너지로 저장시키는 신재생에너지 시스템에 관한 일련의 기술로 전지소재, 전지제조공정 및 스마트전지시스템 기술을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>오일 가격 상승, CO2 규제, 지구 온난화로인한 친환경, 에너지 저장 디바이스에 관한 수요 증가             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 휴대 전자기기의 보편적 보급으로 인한 고에너지 저장 장치에 대한 요구 증대</li> <li>- 전자기기 및 에너지 기술의 다양화로 인한 대응 전지 플랫폼 제작 기술 필요</li> <li>- 현재 2013년 부터 시장 연간 30% 정도의 시장 규모가 확대 될 것으로 예상</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내 양산 기술 약 80% 이상, 우수한 국내 제조기업 보유</li> <li>관련 시장은 한국, 일본, 중국, 미국 등이 분할하고 있으며, 한국의 3년 이상 시장점유 1위 유지 중</li> <li>소재 기술은 80% 수준이며, 저가화 추세에 따라 중국산 소재 발굴 및 도입이 지속 증가 중</li> </ul>



## (14) 에너지변환 나노소자

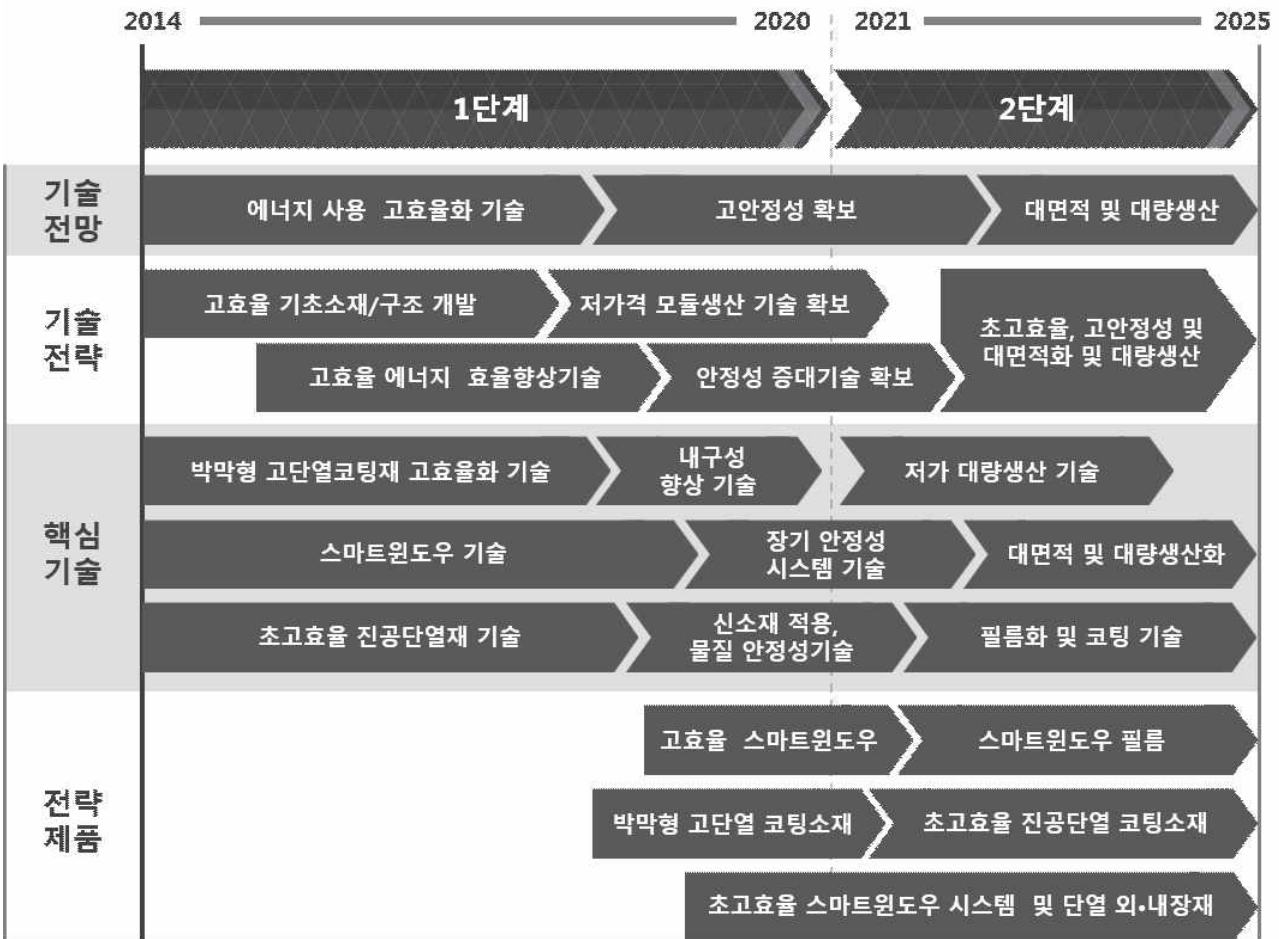
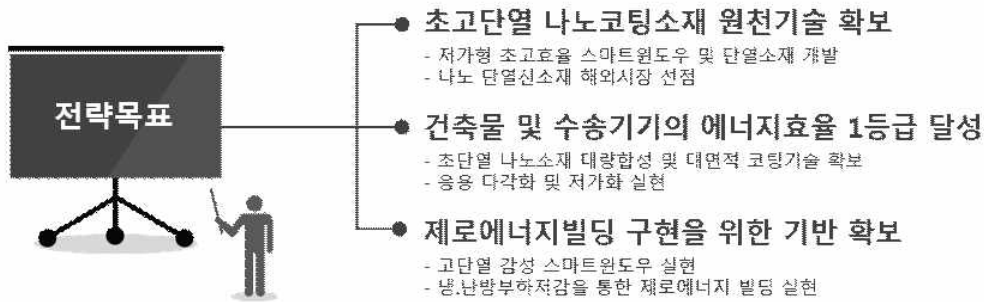
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연계에 존재하는 다양한 에너지원을 전기 또는 화학에너지로 변환시키는 신재생에너지 에너지 변환소자로서, 태양전지, 연료전지, 에너지하베스팅 및 광화학기반 수소생산소자를 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>지속발전 환경 추구:</b> 지속가능하고 청정한 신재생에너지에 대한 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화석에너지와 원자력에너지에 대한 규제강화에 따른 신재생에너지에 대한 수요 증대</li> <li>- 플렉시블 전자기기의 보편적 보급으로 인한 플렉시블 에너지 변환장치에 대한 요구 증대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국 대비 국내기술 약 80%수준, 관련 시장은 미국, 일본, 유럽 등이 선점</li> <li>나노기반 박막형 태양전지 및 연료전지기술은 선진국의 약 90% 수준임.</li> </ul>





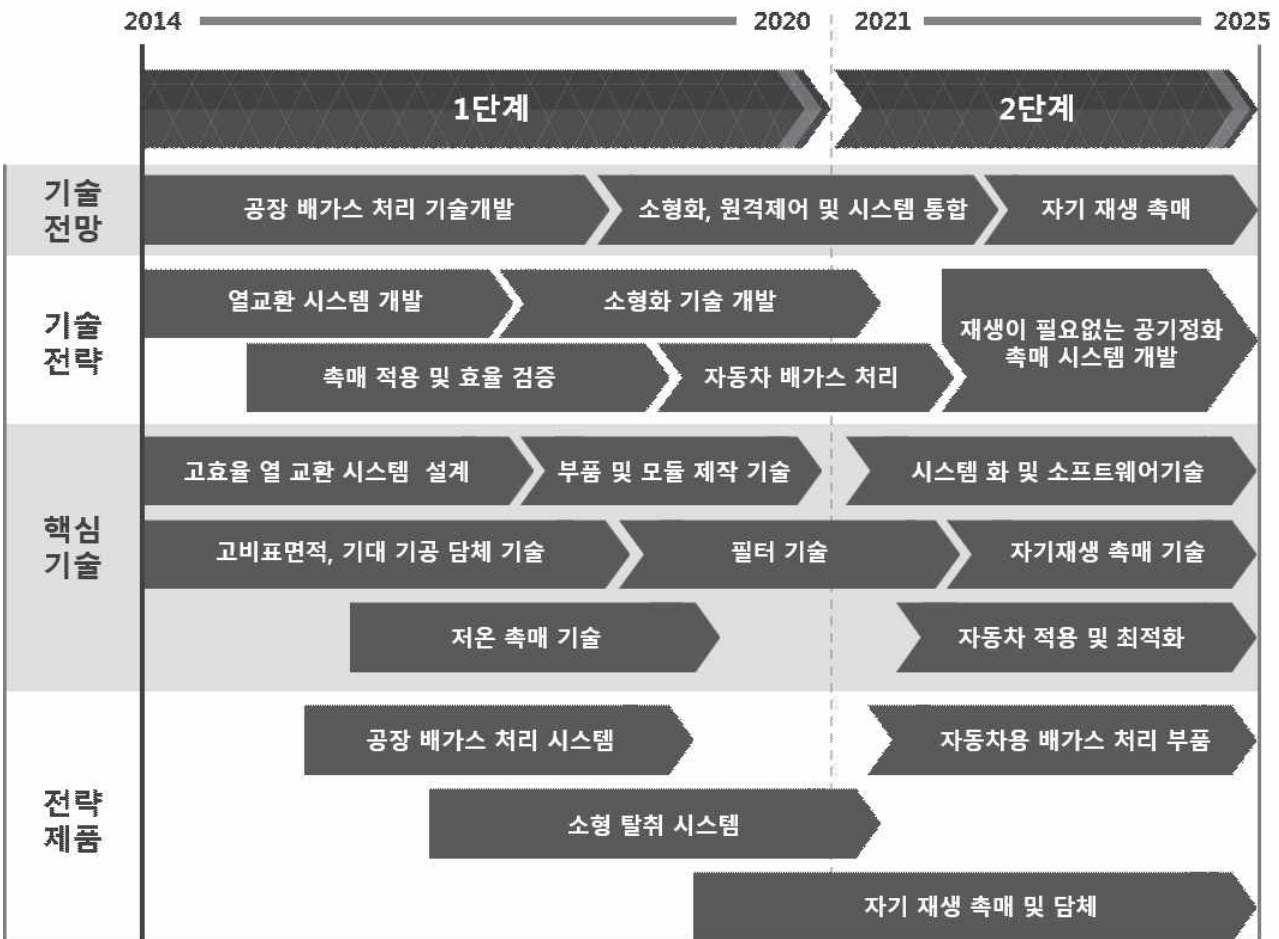
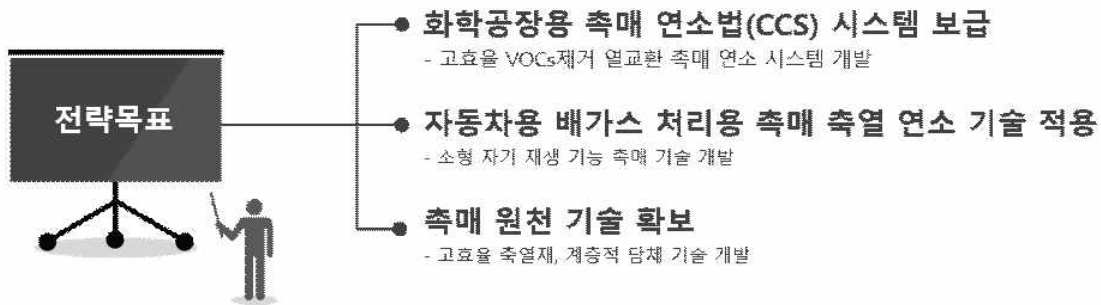
## (15) 스마트 윈도우 및 단열소재

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물 및 수송기기에서 외부와 내부의 열에너지가 유출입되는 부분에 대해 에너지를 차단하는 기능을 갖는 시스템으로서, 유리, 필름, 프레임, 내장재 및 외장재 등이 포함됨</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>에너지 사용 효율화 추구:</b> 에너지 소모를 최소한으로 하는 효율향상에 대한 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 및 수송기기의 에너지 소모 최소화를 위한 효율향상에 대한 수요증대</li> <li>- 에너지 과 소모로 인해 지구 온난화 현상 지속, 기상이변, 자연재해 등의 피해가 증가</li> <li>- 커튼월 방식의 건축물과 전기자동차 보급으로 인한 단열을 통한 에너지 효율향상에 대한 요구 증대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 시장은 미국, 일본, 유럽 등이 선점</li> <li>• 나노소재기반 스마트윈도우 및 단열소재기술은 선진국의 약 50% 수준</li> </ul>



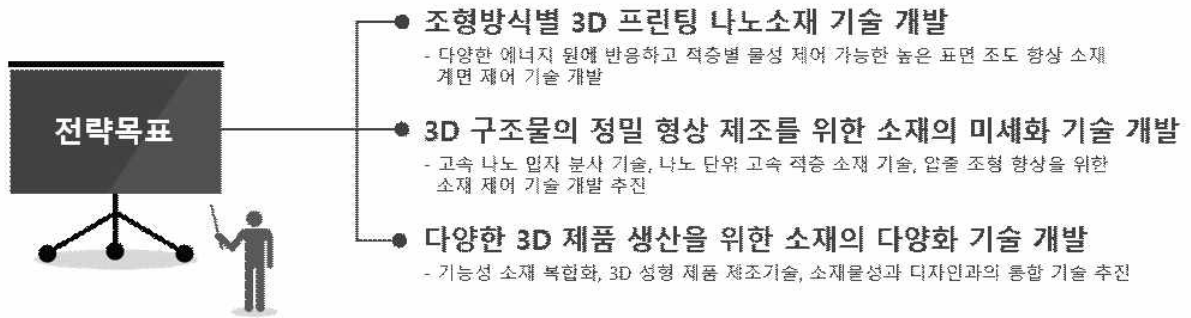
## (16) 대기정화 나노촉매

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔진, 화학공장에서 발생하는 미연탄화수소 및 질소산화물을 제거하기 위해 연소 분해법에 촉매를 도입하여 제거 효율을 높이고 처리 온도를 낮추는데 활용되는 기술</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>보다 건강하고 안전한 삶의 추구:</b> 대기정화 기술 개발 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중국으로부터 발생하는 황사 등의 영향으로 대기오염에 관한 관심 급증</li> <li>- 자동차 배가스 연소에 관한 규제 강화</li> <li>- 아토피 등 신종 피부질환의 등장으로 인한 대기오염에 대한 불안 증대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>화학공정용 촉매 기술의 축적으로 대기정화용 촉매 기술 분야의 기술 경쟁력이 매우 높음.</li> <li>시스템 기술은 아직 낮으나 극복할 수 있을 것으로 기대됨. 선진국 대비 국내기술 약 80%수준</li> </ul>



## (17) 3D프린팅 나노소재

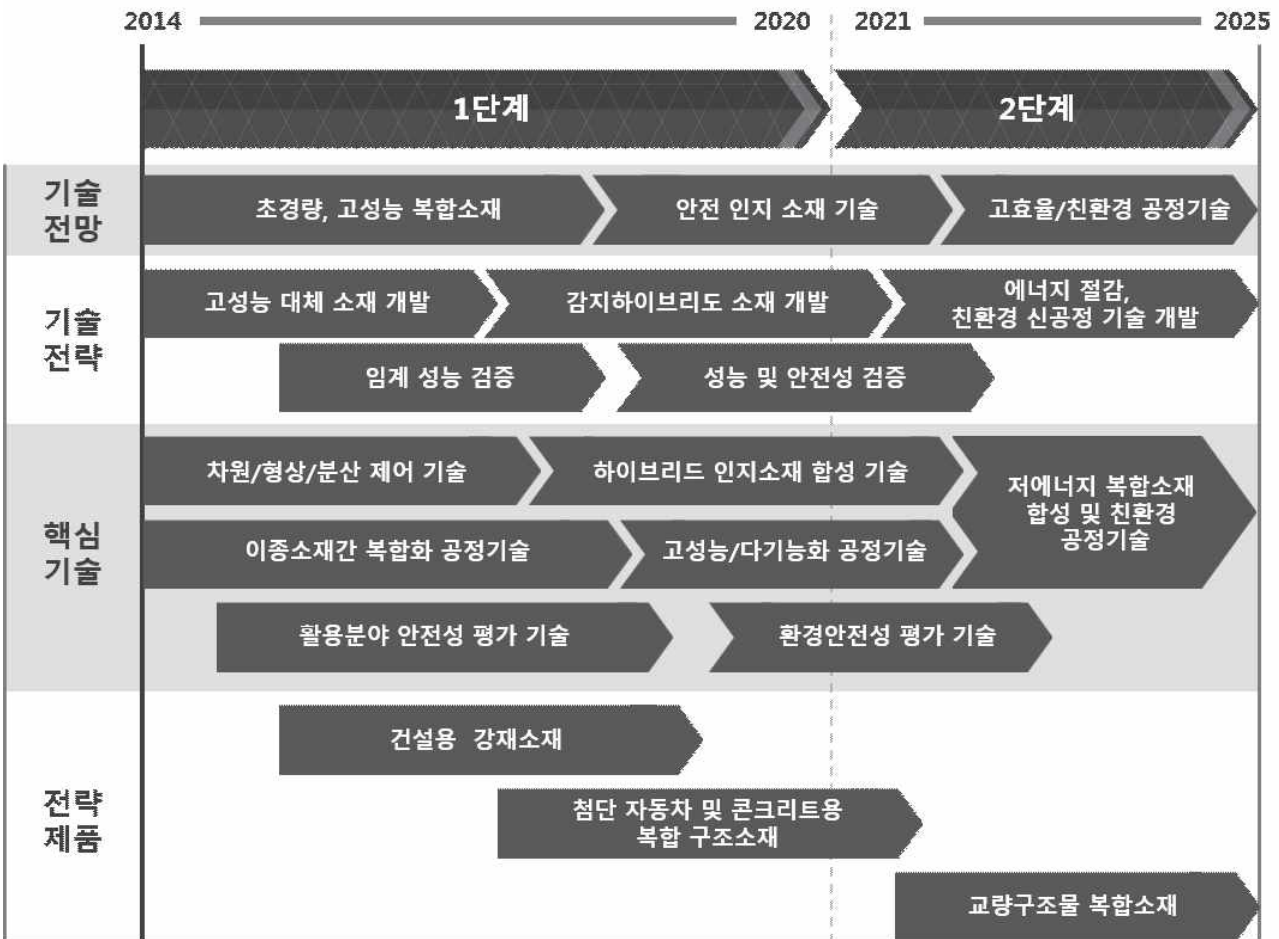
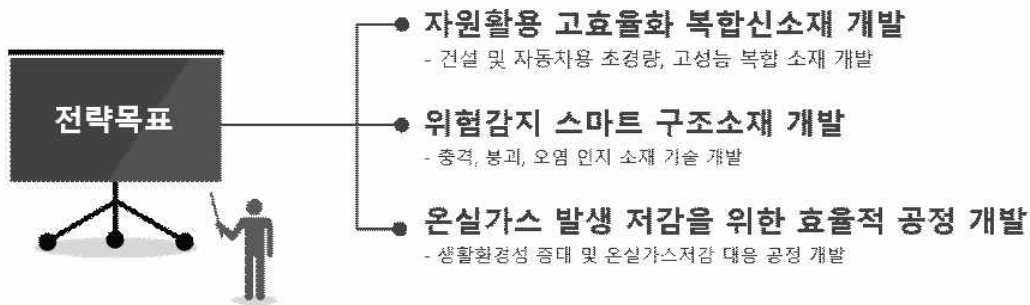
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인 맞춤형 부품 생산 제조 기술인 3차원 프린팅(적층) 제품 제작을 위한 적층 방식별 3D 프린팅 소재, 고정밀 소재, 고정밀 형상 제조를 위한 미세화 기술, 다양한 제품 생산을 위한 소재 기술과 나노 기술이 융합한 기술 분야임</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인 맞춤형 생산 기술의 가속화로 3차 산업혁명 시대 도래 : 소량 생산 체계의 변화 및 웹 기반의 제조업과 창의 산업 구조로 변화가 예상되며, 양질의 일자리 창출이 기대됨</li> <li>- 국내 제조업의 새로운 패러다임 형성으로 나노재료 산업의 신시장 개척 가능</li> <li>- 개성있는 디자인 기반의 창의적 생산 기술 탄생과 차별화된 제품 선호 욕구로 친환경적이고 다양한 상품 출현으로 3D 프린팅 소재 산업의 폭발적인 시장 성장이 전망됨</li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해외 거대 3D 프린팅 업체의 기술 장벽이 높아지고, 국내 3D 프린팅 업체의 기술 수준은 미비함</li> <li>국내의 뛰어난 정보통신 및 의료기술과의 접목으로 3D 프린팅 분야의 경쟁력 확보 가능</li> </ul>



	2014	2020	2021	2025
	<b>1단계</b>		<b>2단계</b>	
<b>기술 전망</b>	나노 정밀도의 3D 소재 기술	고속 적층/기능성 소재 적층 기술	기능성 부품/인공 바이오 부품 생산	
<b>기술 전략</b>	나노소재 합성/계면 제어 기술 개발	고속 분사/복합 소재 멀티 적층기술	전자부품/생체 적합성 분석	
<b>핵심 기술</b>	기능성 나노 소재 적층 기술	기능성 3D 부품 제조 기술	기능성 3D 부품 신뢰성 확보	
	인공 바이오 재생 소재 적층 기술	생체 적합 3D 부품 제조 기술	생체 내 이식 부품의 안전성 분석	
	3D 프린팅 소재 물성 표준화 기술	나노소재-디자인 통합 관리 기술	3D 프린팅 소재 관리 시스템	
<b>전략 제품</b>	기능성 스마트 3D 디바이스 소재		기능성 스마트 3D 부품	
	인공 피부/뼈 재생용 3D 프린팅 소재		인공 피부/뼈 재생용 3D 부품	
	3D 프린팅용 나노소재표준화 기법	소재-디자인 통합 관리 프로토콜	3D 부품-소재-디자인 통합 프로토콜	

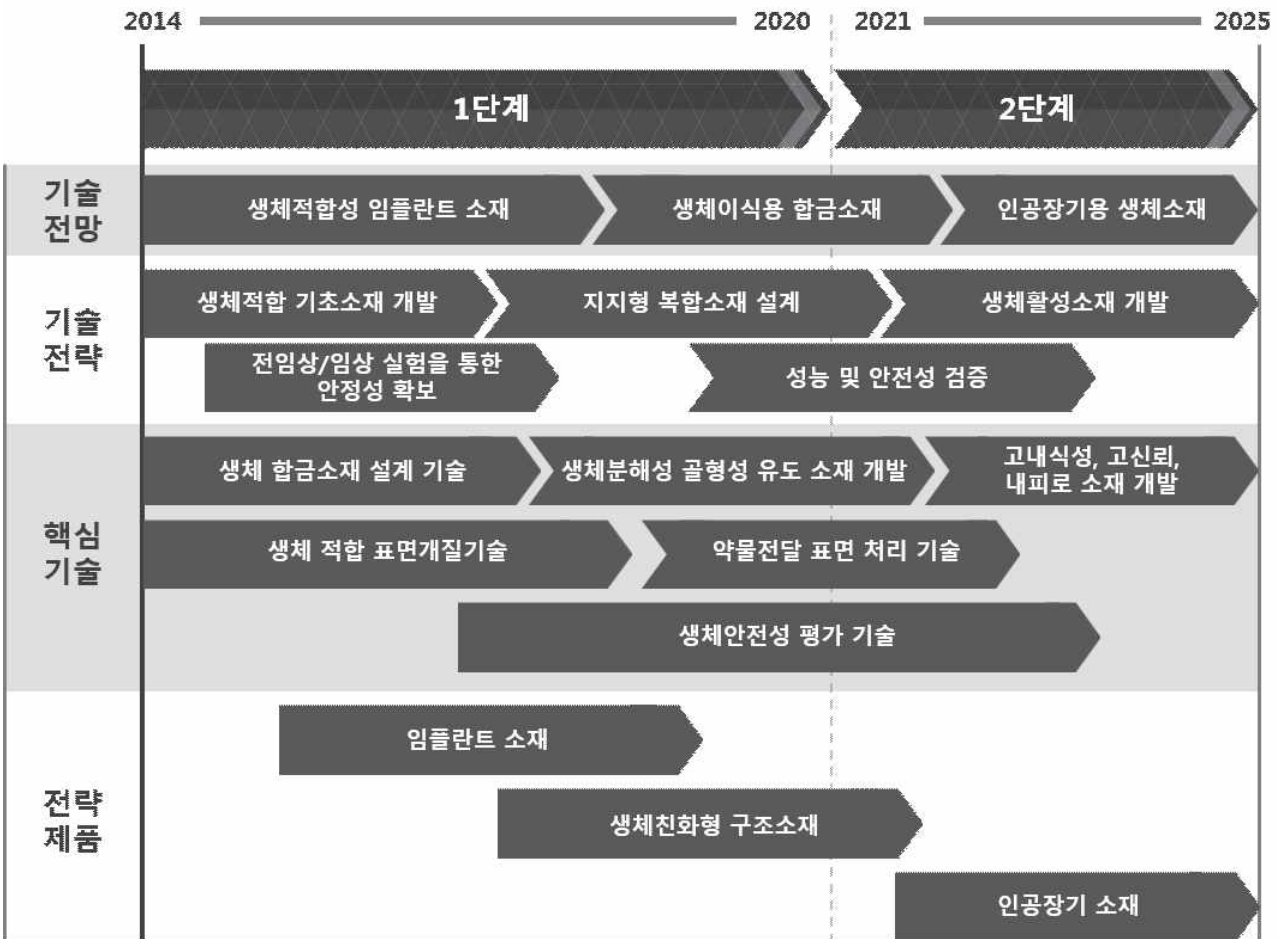
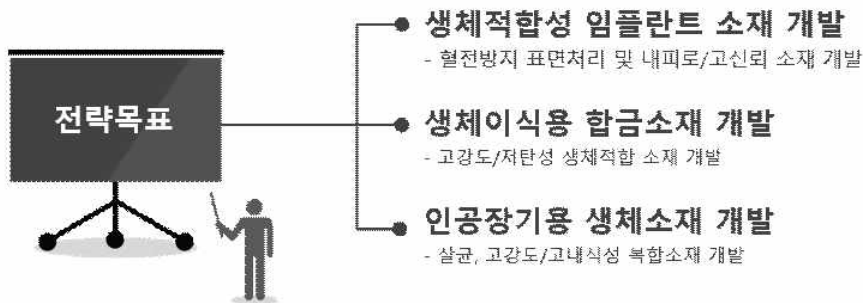
## (18) 초경량 나노 복합 구조소재

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 소재대비 사용량 및 에너지소모량 절감을 구현할 수 있는 나노기반 초경량 구조소재</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>자원의 효율적 사용 및 환경보호에 대한 요구증대</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 고갈과 고유가에 따른 에너지 가격 상승으로 에너지 저감 및 자원 효율향상의 중요성 부각</li> <li>자연재해증가에 따른 붕괴 및 오염 감지에 대한 필요성 증대</li> <li>저탄소 녹색성장의 요구로 생활환경성 및 온실가스 저감에 대한 요구 증대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유럽을 중심으로 첨단 구조소재의 개발이 활발히 진행 중이며 세계 구조소재 시장 주도</li> <li>소재의 고성능/다기능화를 통한 신소재 활용 및 응용 능력 증대로 경쟁력 상승</li> </ul>



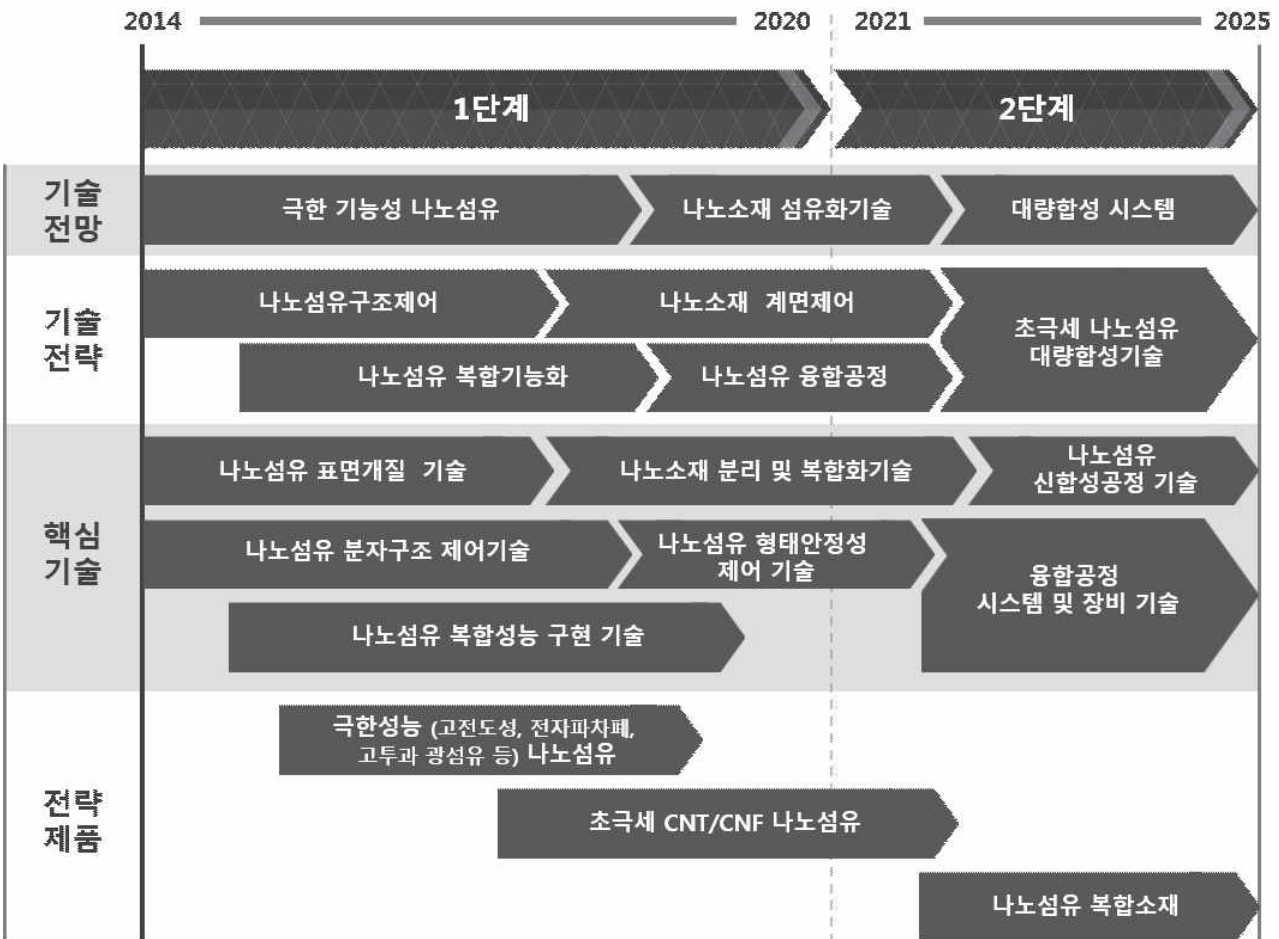
## (19) 임플란트 나노소재

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체삽입이 가능한 생체결합형 금속 소재 기술로서, 인공장기 및 생체이식용 소재 및 표면 개질 기술을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고령화에 따른 생체결합형 신소재 수요 증가                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각종 산업재해, 교통사고, 각종 질병, 노화 등에 따른 손실된 신체에 대한 복구 의지 증대</li> <li>- 인공장기 및 생체이식용 생체재료 수요 급증</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생체소재의 경량화, 가공기술이 요구되나 선진국 기술수준 대비 65%임</li> <li>고성능 생체소재 합성 및 표면처리 공정의 국산화 기술 개발로 경쟁력 상승</li> </ul>



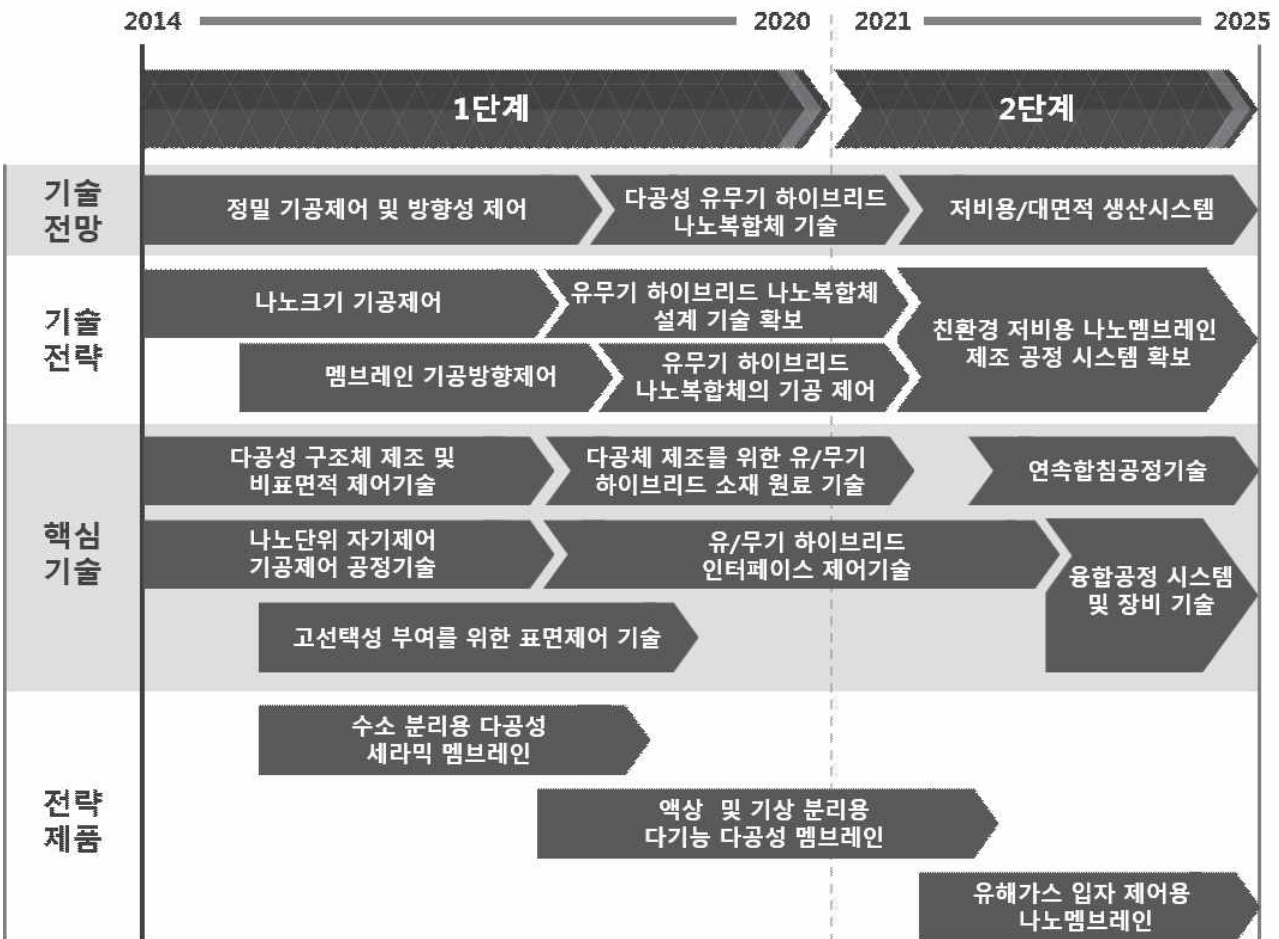
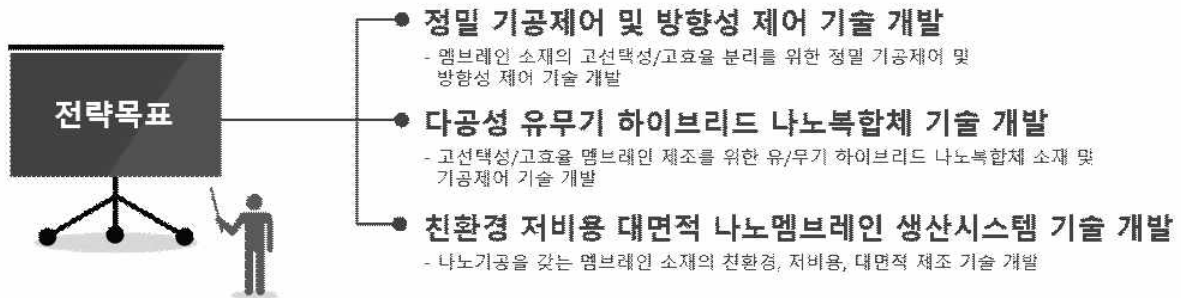
## (20) 고기능성 나노섬유

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업 전반에 기반 소재로 활용되는 나노섬유의 극한 기능성 구현 및 초극세화를 구현할 수 있는 기술로서, 극한기능성 나노섬유 기술, 나노소재의 섬유화 기술, 및 초극세 나노섬유 대량합성기술 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>고성능, 고기능성 섬유 활용이 산업전반으로 확대:</b> 신기능 및 극한 기능성 구현이 가능한 나노섬유 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 나노소재들의 섬유화를 통한 고기능성 신소재 개발에 대한 요구 증대</li> <li>- 전산업의 핵심 부품소재로서 고기능성 나노섬유에 대한 응용 분야 및 시장 확대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노섬유 관련 기술은 미국, 독일, 일본, 러시아가 선도하고 있으나, 최근 국내기술수준이 세계적 수준에 접근하고 있음</li> <li>국내 기업들을 중심으로 나노섬유의 양산이 진행됨에 따라, 관련 제조기술 경쟁력 급상승</li> </ul>



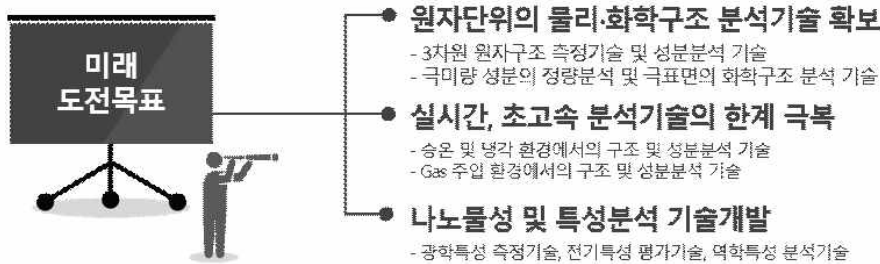
## (21) 나노 멤브레인 소재

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수처리, 기체분리, 연료전지, 에너지 절감공정 등 산업 전반에서 물질의 고선택성 분리 및 고효율 분리를 가능하게 하는 나노소재 기반 멤브레인기술로서, 정밀 기공제어 및 방향성 제어 기술, 다공성 유/무기 하이브리드 나노복합체 기술, 및 저비용 대면적 균일 생산시스템 기술을 포함</li> </ul>
<b>미래전망</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>전세계적인 환경오염과 자원부족 현상을 극복하기 위한 고성능 멤브레인 산업 확대</b>: 전세계적인 환경 규제 강화, 물산업 확대, 고성능 에너지 저장체, 공기청정에 대한 요구 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수처리, 자동차, 항공 조선 산업 및 친환경 제품군의 시장 확대</li> <li>- 고선택성 분리를 통한 고순도/고기능성 물질의 제조에 대한 산업적 니즈 확대</li> </ul> </li> </ul>
<b>기술경쟁력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재 우리나라의 멤브레인 시장은 세계시장의 3%를 차지하고 있으나, 멤브레인 소재 기술의 발전에 따라 경쟁력 및 시장점유율을 높이고 있는 추세임</li> <li>나노 멤브레인 분야의 기초 기술 경쟁력은 이미 세계적 수준에 도달.</li> </ul>



## (22) 나노 측정 · 분석 기술

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노물질, 소재, 소자 등 시료의 형상을 나노미터 또는 원자 수준에서 관찰하거나, 구조 및 성분을 분석하고, 또는 물성 및 특성을 계측하는 기술</li> </ul>
<b>기술현황 및 이슈</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노기술의 발전이 분석·측정장비의 분해능/측정 및 검출한계를 추월함에 따라서 나노기술 및 제품의 분석에 대응하기 위해서 측정기법과 분석기술의 한계를 극복하는 기술개발이 필요한 상황임</li> <li>• 나노융합 제품의 물성 및 특성을 평가하기 위해 새로운 측정분석 기술 또는 융합측정 기술이 요구됨</li> <li>• 나노측정분석 기술의 발전추세는 원자단위에서 구조 및 성분의 3차원 분석기술과 실시간 분석기술이고, 이를 통해서 나노분석 기술 적용의 한계를 극복할 수 있음</li> </ul>
<b>기술의 필요성 및 중요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노영역의 새로운 물리, 화학적 현상을 발견하고 이해할 수 있게 하여 기초과학의 발전에 필요</li> <li>• 나노기술 개발의 가속화에 기여할 수 있고, 제품화 및 산업화 촉진을 위한 필수 기반 기술임</li> <li>• 나노과학과 나노산업을 연결하는 매개체로서의 역할</li> </ul>

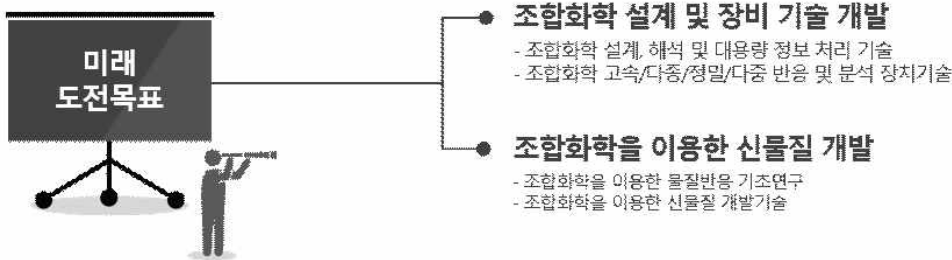


AS-IS	TO-BE : 창조 도약	미래상						
<b>이슈화된 난제</b>  극한 측정분석을 위한 기술 및 장비의 한계	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white;">단계별 달성목표</th> <th style="background-color: #333; color: white;">예상시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계: 원자단위 분석기술의 고도화 실시간 분석기술의 한계 극복 나노물성·특성분석 기술개발</td> <td style="text-align: center;">2020</td> </tr> <tr> <td>2단계: 극한 측정을 위한 기술개발 및 장비구축</td> <td style="text-align: center;">2030</td> </tr> </tbody> </table>	단계별 달성목표	예상시점	1단계: 원자단위 분석기술의 고도화 실시간 분석기술의 한계 극복 나노물성·특성분석 기술개발	2020	2단계: 극한 측정을 위한 기술개발 및 장비구축	2030	> 원자 및 화학 구조를 3차원 또는 실시간에서 용이하고, 효과적으로 분석  > 나노물성 및 특성 변화를 직접 측정할 수 있는 환경 구축
단계별 달성목표	예상시점							
1단계: 원자단위 분석기술의 고도화 실시간 분석기술의 한계 극복 나노물성·특성분석 기술개발	2020							
2단계: 극한 측정을 위한 기술개발 및 장비구축	2030							
<b>세부내용</b>  분석기술의 현실모사한계  실시간 분석기술의 제한된 활용  나노분석 결과의 한계적인 일반성  나노분석 기술의 고난이성  원자단위 분석 장비의 제한된 보급	<b>2020 달성목표 및 기술전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>3차원 원자구조 분석기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원 원자구조 측정 및 전산모사 기술</li> <li>- 전산모사를 통한 측정결과의 신뢰성 검증</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>원자단위의 화학구조 분석기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자단위 화학구조 측정기술</li> <li>- 극미량 및 극표면의 조성 측정기술</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>실시간 초고속 분석 기술의 한계 극복</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도변화, Gas 주입 환경에서의 관찰기술</li> <li>- 펄초 수준의 초고속 측정기술</li> <li>- 원자단위의 실시간, 초고속 측</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>광학특성 측정기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노소재·소자의 광학특성 측정</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>전기특성 평가기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자현미경·원자현미경의 나노프로빙 기술을 이용한 나노소자의 전기적 특성 측정</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>역학특성 분석기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노인덴터, 나노인장·압축을 통한 나노소재의 역학특성 측정</li> </ul> </li> </ul>	<b>파생된 글로벌 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 나노분석 기술의 한계 극복을 통한 나노제품 특성향상 및 나노기술을 이용한 차세대 성장동력 산업 발굴에 기여</li> <li>&gt; 나노현상을 원자단위에서 실시간으로 측정분석하는 기술 및 장비를 구축하고 제공함</li> <li>&gt; 새로운 물리, 화학적 현상을 발견하고 이해함으로써 인류의 과학 발전에 공헌</li> </ul>						



## (23) 조합화학기술

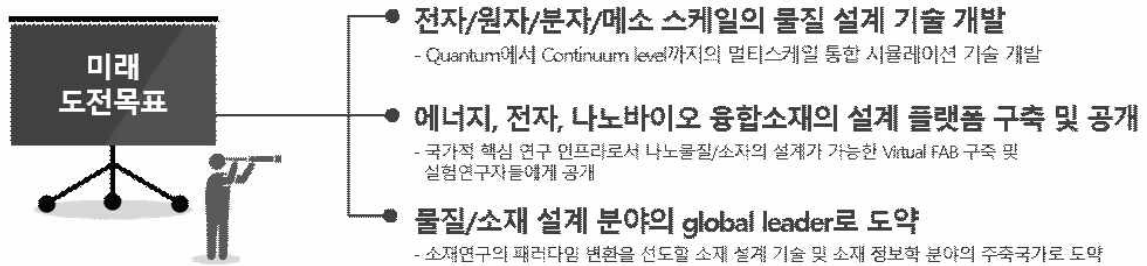
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 물질의 개발에 소요되는 시간과 비용을 획기적으로 개선하기 위한 high throughput 신물질 개발 방법으로 동시에 다성분계 물질의 조합을 고려하여 대량의 실험을 설계하고 목적하는 성능의 신물질을 합성, 평가하는 기술임</li> </ul>
<b>기술현황 및 이슈</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 신물질의 합성과 기존물질의 대체 또는 대안물질 개발 등에 적용 가능한 기술로 재료분야에서 1995년 경 부터 적용되었으며 1986년 노벨화학상을 수상한 제약산업의 신 의약품 개발에 효과적으로 적용되어 온 기술임</li> <li>조합화학의 방법론에 의한 설계/해석기술, 고속/다중/정밀/다중 반응장치기술 및 고속/다중/소량 분석장치기술의 개발, 대용량 정보 처리능력 등이 요구됨</li> </ul>
<b>기술의 필요성 및 중요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신물질의 효과적인 개발을 위하여 저비용, 고효율 방법으로 새로운 형태의 물질개발 및 물질 설계에 혁신적인 방법론을 제공함</li> <li>기술경쟁력을 확보하고 시장의 다양성에 신속한 생산성으로 대응할 수 있는 미래기술임</li> <li>기존산업의 기술한계 극복 및 나노기술 발전을 가속화 시키며, 제품화 및 산업화 촉진을 위한 필수 기반 기술</li> </ul>



AS-IS	TO-BE : 창조 도약	미래상						
<b>이슈화된 난제</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 조합화학 반응 및 분석 장치기술 확보</li> <li>&gt; 조합화학을 이용한 신물질 개발</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>단계별 달성목표</th> <th>예상시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계: 조합화학을 신물질 개발에 적용, - 기초기술 확보 및 가능성 검증</td> <td>2020</td> </tr> <tr> <td>2단계: 신개념 고속/다중/정밀/다중 반응 및 분석 장치기술 개발 - 신개념 나노반응 기술개발</td> <td>2030</td> </tr> </tbody> </table>	단계별 달성목표	예상시점	1단계: 조합화학을 신물질 개발에 적용, - 기초기술 확보 및 가능성 검증	2020	2단계: 신개념 고속/다중/정밀/다중 반응 및 분석 장치기술 개발 - 신개념 나노반응 기술개발	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 조합화학 기술발전을 통한 신물질 개발</li> <li>&gt; 새로운 개념의 반응/분석 기술 개발 및 산업화</li> </ul>
단계별 달성목표	예상시점							
1단계: 조합화학을 신물질 개발에 적용, - 기초기술 확보 및 가능성 검증	2020							
2단계: 신개념 고속/다중/정밀/다중 반응 및 분석 장치기술 개발 - 신개념 나노반응 기술개발	2030							
<b>세부내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>조합화학 기존기술의 적용</li> <li>조합화학 설계, 장비 기초기술의 확보</li> <li>조합화학 반응, 분석 장치기술의 고도화</li> <li>신개념 조합화학 적용 신물질 개발의 적용확대</li> </ul>	<b>2020 달성목표 및 기술전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 조합화학 설계, 해석 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조합화학 방법론 개념정립</li> <li>- 계산화학 등을 통한 실험설계 및 결과예측</li> <li>- 대용량 데이터 처리기술 확보</li> </ul> </li> <li>&gt; 조합화학을 이용한 물질반응 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노크기 물질반응 기초연구</li> <li>- 초고속 신물질 분석기술 연구</li> </ul> </li> <li>&gt; 조합화학 반응, 분석 장치기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속, 다중, 정밀, 다중 반응장치기술</li> <li>- 고속, 다중, 소량 신물질 분석장치 기술</li> <li>- 자동화 및 실시간 분석기술</li> </ul> </li> <li>&gt; 조합화학을 이용한 신물질 개발기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 신물질 및 희소물질 대체기술 등 신물질 개발을 위한 조합화학 적용기술 개발</li> <li>- 나노기술에 의한 고속, 다중, 소량 신물질 반응기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	<b>파생된 글로벌 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 산업계 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신물질의 고속, 저비용 개발기술 확보를 통한 생산효율 증가 및 국제기술경쟁력 확보</li> <li>- 산업계의 기술경쟁력 확보, 빠른 세계시장 변화와 시장의 다양성에 대응하는 유연성 확보 등으로 경제발전에 기여</li> </ul> </li> <li>&gt; 의업계 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물정보학 및 제약 산업의 신약개발의 글로벌 경쟁력 확보에 기여</li> <li>- 약물, 백신, 유전자치료제 등의 개발속도 향상으로 지식기반 고령화사회의 유망산업 발전 및 국민의 삶의 질을 향상</li> </ul> </li> </ul>						

## (24) 컴퓨팅 기반의 물질설계 기술

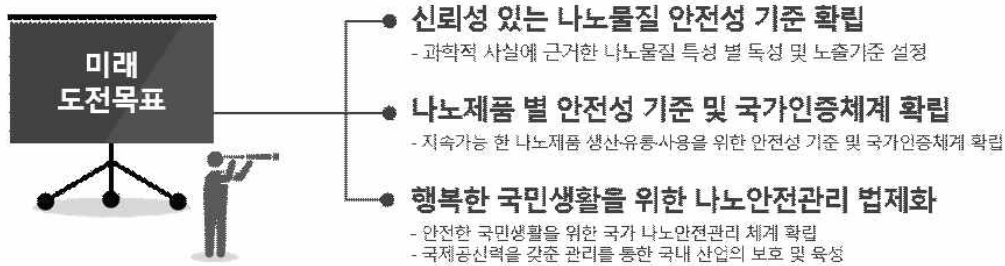
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리 화학 등 기초학문의 물질 이론과 고성능 컴퓨팅 기술과의 접목을 통해 창의적이고 효율적으로 산업적 가치를 지닌 나노물질/소재를 설계하고 탐색하는 기술</li> </ul>
<b>기술현황 및 이슈</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IT 기술과의 접목을 통해 소재개발의 패러다임을 혁신하고, 효율적이고 경제적인 나노소재개발을 달성하는 것이 전세계적인 추세</li> <li>물질/소재 분야의 연구개발 패러다임 변화를 적극 수용하는 국가 R&amp;D 투자 포트폴리오 수립</li> </ul>
<b>기술의 필요성 및 중요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소재분야 R&amp;D 투자가 치우침에 따라 소재산업의 질적 성장이 지연</li> <li>소재설계 분야의 원천기술 확보를 통한 자가 후방기술에 국제경쟁력 및 global leadership 제고</li> </ul>



AS-IS	TO-BE : 창조 도약	미래상						
<p><b>이슈화된 난제</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IT 기술과의 접목을 통한 소재개발 패러다임 변화</li> <li>효율적이고 경제적인 소재개발의 기반 구축</li> </ul>	<p><b>단계별 달성목표</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>단계별 달성목표</th> <th>예상시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 스케일별 시뮬레이션 기반 및 응용기술 확보</td> <td>2020</td> </tr> <tr> <td>&gt; 나노융합소재의 설계 플랫폼 구축 및 공개</td> <td>2025</td> </tr> </tbody> </table>	단계별 달성목표	예상시점	> 스케일별 시뮬레이션 기반 및 응용기술 확보	2020	> 나노융합소재의 설계 플랫폼 구축 및 공개	2025	<p><b>실험연구자가 멀티스케일 계산기법을 자유롭게 활용하여 소재를 설계하고 screening한 뒤 실험적으로 구현하는 창의적이고 경제적인 소재 연구환경 구축</b></p>
단계별 달성목표	예상시점							
> 스케일별 시뮬레이션 기반 및 응용기술 확보	2020							
> 나노융합소재의 설계 플랫폼 구축 및 공개	2025							
→ 도전과제								
<p><b>세부내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>스케일별 컴퓨터 시뮬레이션 첨단기술 개발</li> <li>첨단 가시화를 통한 소재 해석 기술의 개발</li> <li>소재설계를 위한 컴퓨팅 기반 기술 개발</li> <li>나노융합 소재의 설계 플랫폼 구축 및 공개</li> </ul>	<p><b>2020 달성목표 및 기술전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 고유의 병렬화된 계산기법 개발</li> <li>&gt; 계산기법의 응용기술 개발</li> <li>&gt; 핵심 파라미터의 검증</li> <li>&gt; 실험결과의 mimic 기법 개발</li> <li>&gt; Simuloscope 개발</li> <li>&gt; 거대규모 가시화 및 3차원 가시화 기법 개발</li> <li>&gt; Hybrid Computing 기술 개발</li> <li>&gt; 병렬화 기술 개발</li> <li>&gt; Force Field 등 핵심 파라미터 DB 개발</li> <li>&gt; Web 기반의 컴퓨팅 기술 개발</li> <li>&gt; Scale bridging 전략 구축 및 구현</li> <li>&gt; 거대규모 가시화 및 haptic 기법의 개발</li> </ul>	<p><b>파생된 글로벌 성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 현대과학기술의 전분야에서 컴퓨터를 이용한 설계 해석은 연구개발의 효율성 증진을 위해 필수적</li> <li>&gt; 소재분야에서 중요성이 크게 부각 (1998년 및 2013년 노벨화학상)</li> <li>&gt; 소재설계기법의 구축 및 활용을 통해 물질/소재 분야 R&amp;D의 혁신을 주도</li> <li>&gt; 경험위주 소재개발에서 설계위주의 소재개발로 패러다임 전환</li> </ul>						

## (25) 나노 안전성 평가기술

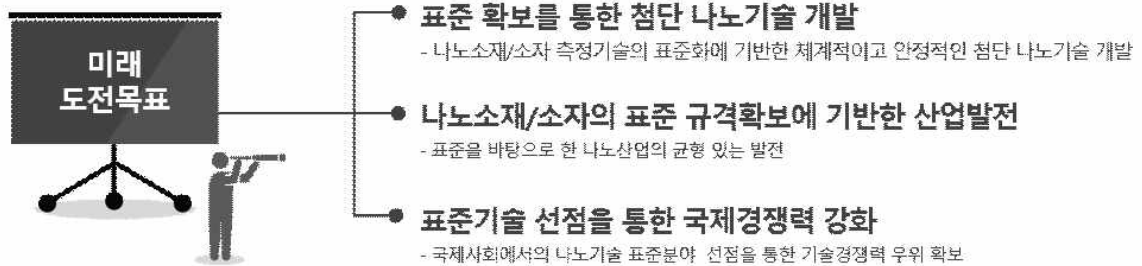
<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전한 나노소재/나노제품의 활용을 위해 나노안전성 기준을 설정하고 인증시스템을 구축</li> </ul>
<b>기술현황 및 이슈</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국, EU 등 주요 선진국을 중심으로 나노물질 안전관리 제도 시행 및 규제 확대를 검토 중</li> <li>OECD, ISO 등 국제기구에서는 주요 나노물질의 안전성 평가와 측정방법 등 국제표준 마련 중</li> <li>나노제품의 안전성을 인증하여 소비자에게 안전한 제품이 보급될 수 있도록 하는 신뢰성 있는 나노제품 안전성 인벤토리(DB) 구축이 시급</li> </ul>
<b>기술의 필요성 및 중요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노안전 분야의 측정기술은 국제적으로 아직 미 확립단계이며 국제공동/비교 연구를 통해 표준기술 개발이 꾸준히 추진중임 (OECD, ISO, EU FP7등)</li> </ul>



AS-IS	TO-BE : 창조 도약	미래상																
<b>이슈화된 난제</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>나노소재/제품 안전성 평가에 대한 체계적 자원이 부재</li> <li>나노소재/제품에 대한 개별적 안전성평가에 따른 방대한 양의 DB 구축이 요구</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>단계별 달성목표</th> <th>예상시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계 달성목표 - 나노물질/제품의 안전성 평가기술 확보</td> <td>2020</td> </tr> <tr> <td>2단계 달성목표 - 나노제품 안전성 인증시스템 구축</td> <td>2030</td> </tr> </tbody> </table>	단계별 달성목표	예상시점	1단계 달성목표 - 나노물질/제품의 안전성 평가기술 확보	2020	2단계 달성목표 - 나노제품 안전성 인증시스템 구축	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 나노안전성 기준 설정 및 인증시스템 구축</li> <li>국민건강·환경보호 및 산업 경쟁력 강화를 위한 나노안전성 확보</li> </ul>										
단계별 달성목표	예상시점																	
1단계 달성목표 - 나노물질/제품의 안전성 평가기술 확보	2020																	
2단계 달성목표 - 나노제품 안전성 인증시스템 구축	2030																	
<b>세부내용</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">나노소재, 제품의 인벤토리 및 안전성 DB 개별적 초기 구축단계</td> <td style="width: 50%;">나노소재·제품 · 안전성 DB 구축</td> </tr> <tr> <td>제한된 표준나노물질 존재, 나노물질 특성평가를 위한 표준 미확립</td> <td>표준나노물질 제조 및 나노물질 물리·화학적 평가</td> </tr> <tr> <td>화학물질 독성평가 방법 활용</td> <td>독성·안전성평가 및 기초자료 생산·수집</td> </tr> <tr> <td>화학물질 노출평가 방법 활용</td> <td>노출평가 기법 개발 및 평가</td> </tr> <tr> <td>전주기적 투입/산출 목록구축 중, 표준화된 평가법 부재</td> <td>나노소재 및 제품의 전주기적 환경 영향평가</td> </tr> <tr> <td>나노물질에 대한 작업환경 및 나노제품 소비자 안전기준 부재</td> <td>소재 및 제품 특성에 따른 안전성 기준</td> </tr> <tr> <td>나노안전성평가를 위한 평가항목 및 범위 설정 연구단계</td> <td>안전성평가 체계 구축</td> </tr> <tr> <td>일반 공산품 관리 체계만 존재</td> <td>나노제품 관리체계 구축</td> </tr> </table>	나노소재, 제품의 인벤토리 및 안전성 DB 개별적 초기 구축단계	나노소재·제품 · 안전성 DB 구축	제한된 표준나노물질 존재, 나노물질 특성평가를 위한 표준 미확립	표준나노물질 제조 및 나노물질 물리·화학적 평가	화학물질 독성평가 방법 활용	독성·안전성평가 및 기초자료 생산·수집	화학물질 노출평가 방법 활용	노출평가 기법 개발 및 평가	전주기적 투입/산출 목록구축 중, 표준화된 평가법 부재	나노소재 및 제품의 전주기적 환경 영향평가	나노물질에 대한 작업환경 및 나노제품 소비자 안전기준 부재	소재 및 제품 특성에 따른 안전성 기준	나노안전성평가를 위한 평가항목 및 범위 설정 연구단계	안전성평가 체계 구축	일반 공산품 관리 체계만 존재	나노제품 관리체계 구축	<b>2020 달성목표 및 기술전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>통합된 나노소재, 제품, 인벤토리 및 안전성 DB 완성</li> <li>OECD WPMN 제시 13종 소재의 표준물질 및 표준측정 기술 확보</li> <li>나노소재에 특화된 독성평가 방법 및 기초자료 확보</li> <li>나노소재에 특성화된 작업장 노출평가 기술 확보</li> <li>나노소재 및 제품의 전주기적 영향에 대한 상대적 정량적 평가방법 구축</li> <li>나노제품의 안전성 인증을 위한 평가항목 및 범위설정을 통한 시스템 구축</li> <li>나노제품의 안전한 사용을 위한 인증 시스템 구축 및 운영</li> <li>다양한 나노제품의 관리체계 구축</li> </ul>	<b>파생된 글로벌 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>나노소재 및 나노제품에 대한 국제규제에 선제적으로 대응하기 위한 체계 마련 및 기술선도</li> <li>안전하게 믿고 사용할 수 있는 나노제품 안전성 인증체계 구축</li> </ul>
나노소재, 제품의 인벤토리 및 안전성 DB 개별적 초기 구축단계	나노소재·제품 · 안전성 DB 구축																	
제한된 표준나노물질 존재, 나노물질 특성평가를 위한 표준 미확립	표준나노물질 제조 및 나노물질 물리·화학적 평가																	
화학물질 독성평가 방법 활용	독성·안전성평가 및 기초자료 생산·수집																	
화학물질 노출평가 방법 활용	노출평가 기법 개발 및 평가																	
전주기적 투입/산출 목록구축 중, 표준화된 평가법 부재	나노소재 및 제품의 전주기적 환경 영향평가																	
나노물질에 대한 작업환경 및 나노제품 소비자 안전기준 부재	소재 및 제품 특성에 따른 안전성 기준																	
나노안전성평가를 위한 평가항목 및 범위 설정 연구단계	안전성평가 체계 구축																	
일반 공산품 관리 체계만 존재	나노제품 관리체계 구축																	

## (26) 나노 표준화 기술

<b>기술개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노물질 또는 나노기술 관련 분야에서 범용으로 사용할 수 있는 기준을 설정</li> </ul>
<b>기술현황 및 이슈</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국, EU 및 일본 등 선진국에서 나노소재의 특성평가를 위한 표준나노물질을 개발/보급하고 있으나 아직은 종류가 다양하지 않음</li> <li>국제기구인 ISO/TC 229과 IEC/TC 113에서 나노기술 표준제정을 위해 활동 중</li> </ul>
<b>기술의 필요성 및 중요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국제표준을 제정하는 나노기술표준위원회 (ISO/TC 229: 나노기술; IEC/TC 113: 나노소재)에서 한국의 전문가들이 활발히 활동하고 있으며, 관련 분야의 의장 및 프로젝트 리더를 수임하고 있음</li> </ul>



AS-IS	TO-BE : 창조 도약	미래상						
<p><b>이슈화된 난제</b></p> <p>▶ 나노측정분야 표준 기술의 부족으로 인해 향후 개별기술간 융합에 난항이 예상</p>	<p><b>단계별 달성목표</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 70%;">단기</th> <th style="width: 30%;">예상시점</th> </tr> <tr> <td>▶ 나노소재/소자 규격의 표준화를 통한 효율적인 나노융합기술 실현</td> <td>2020</td> </tr> <tr> <td>▶ 나노측정기술의 표준화에 기반한 균형있는 나노산업 발전 지원</td> <td>2025</td> </tr> </table>	단기	예상시점	▶ 나노소재/소자 규격의 표준화를 통한 효율적인 나노융합기술 실현	2020	▶ 나노측정기술의 표준화에 기반한 균형있는 나노산업 발전 지원	2025	<p><b>표준화된 나노소재/소자 제조기술과 나노측정 기술을 바탕으로 나노융합 산업의 안정적이고 체계적인 발전을 지원</b></p>
단기	예상시점							
▶ 나노소재/소자 규격의 표준화를 통한 효율적인 나노융합기술 실현	2020							
▶ 나노측정기술의 표준화에 기반한 균형있는 나노산업 발전 지원	2025							
<p>▶ 도전과제</p>								
<p><b>세부내용</b></p> <p>▶ 인증표준나노물질이 제한적으로 보급</p> <p>▶ 나노소자의 규격 부재</p> <p>▶ 나노소재 특성평가 표준 기술이 제한적으로 확립</p> <p>▶ 나노소재 특성평가를 위한 표준측정기술 부재</p> <p>▶ 나노기술 관련 국제표준 제정에 국내 전문가들의 적극적 참여</p>	<p><b>2020 달성목표 및 기술전략</b></p> <p>▶ 다양한 인증표준나노물질 생산 및 보급</p> <p>▶ 나노소자의 표준화된 규격 확보</p> <p>▶ 나노소재 특성평가를 위한 다양한 표준측정 기술 확립</p> <p>▶ 나노소재 특성평가를 위한 표준측정기술 확립</p> <p>▶ 나노기술 관련 국제표준화 기구에서 국내 연구개발 결과의 표준 제정 및 국제표준 선도</p>	<p><b>파생된 글로벌 성과</b></p> <p>▶ 나노기술분야의 국제 경쟁력 확보 및 나노응용 산업의 품질향상</p> <p>▶ 표준기술에 기반 한 균형 있는 나노 산업의 발전</p> <p>▶ 나노융합기술 상용화 촉진 및 산업 활성화를 통한 세계시장 선점</p>						

### 3. 나노기술개발 · 실용화 정부투자 전략 방향성

#### ■ (총량 목표) 2020년까지 연간 투자규모를 現두배 이상 확대

- 현재 국가 전체 R&D 예산의 5% 미만 수준<sup>9)</sup>인 나노분야 투자 비중을 10% 수준으로 확대
  - 안정적인 나노기술 투자로 2020년 이후 국제경쟁력 확보 노력 지속 필요
  - \* 제3기 나노기술종합발전계획에 따르면, 나노기술분야 정부투자를 2020년까지 8,000억 규모로 확대 계획

#### ■ (정부 역할) 민간역량과 시장창출을 고려한 정부 R&D 역할

- 유형화된 정부 역할<sup>10)</sup>을 고려하여 전략제품 · 기술별 추진방향 설정
  - (조기시장창출형) 유형3과 유형4에 해당하는 기술군 중, 단기적으로 경제성이 우수하거나 기존의 정책적 지원으로 인하여 시장 접근성이 용이한 기술군 또는 창조경제의 기반이 되는 기술사업화 및 창업지원이 가능한 중소기업 및 벤처 적합형 기술군
  - (신산업창출형) 주로 유형1에 해당하는 기술로 기초연구가 아직 취약하여 단기간에 시장형성이 어려운 기술군, 시장 형성에 대비한 핵심기술 확보에 중장기적 투자가 필요한 기술군 및 전 세계적으로 미래전망이 불확실하지만 장기적으로 연구개발이 필요한 기술군을 포괄
  - (원천기반형) 전 유형에서 필요로 되는 기술군으로 정부 및 민간 주도 기술 분야의 기초 및 원천적 연구를 지원하는 형태로 과학기술 문제해결 혹은 국가차원의 인프라 조성이 필요한 기술군

		(유형1) 기술공급+시장조성	(유형2) 시장조성
시장창출 가능성	장기	<b>정부 주도 원천기술확보 주력</b> · 기초/응용, 국제협력, 시설장비, 표준화 등	<b>민간 주도 정부는 시장활성화</b> · 초기시장 조성 실증, 규제정비, 표준 등
	단기	<b>(유형3) 기술공급</b> <b>정부 주도 실용화기술 개발</b> · 공공R&D산업체 기술이전, 시설장비 등	<b>(유형4) 민간 기술협력</b> <b>민간 주도 기술개발 정부는 조력자</b> · 차세대제품 산학연 공동연구, 표준화, 기업투자유인 등
		低	高
		민간 연구개발 역량	

<정부 연구개발 역할 유형>

9) 투자비중(2009-2011) : IT(19.4%), BT(19%), ET(16.6%), NT(4.7%), KISTEP 조사분석보고서

10) OECD 혁신정책리뷰(2009), 박근혜 정부 과학기술기본계획(2013)

## ■ (투자전략) 현재의 투자규모, 기술수준, 상용화 시점 등을 종합적으로 고려하여 부처별 연구개발 투자전략 권고

- 조기산업화 가능한 창조경제 핵심과제에 대한 우선 투자 집중
  - 정부의 집중적인 연구개발 자금 유입으로 기술적 문제 해결과 상용화 촉진 기반에 중점을 두고 동시에 민간기업의 투자를 유인
  - 상용화 가능한 기술군에 대한 중소기업 및 벤처생태계 육성 등 적극적인 투자 전략 전개 고려
  - 국가 전체 나노R&D의 많은 부분을 차지하는 대기업 중심, 반도체 일변도<sup>11)</sup>의 성과물 보다는 미흡한 영역에 대한 정부의 보완적인 역할에 중점 투자
- 미래 사회 과급효과를 유도하기 위한 세계적 선도기술, 과학기술 문제해결과 국가차원 인프라 조성에 대한 장기적인 안정적 투자 유도

구분	투자 형태	해당 전략제품·기술 분야 <sup>12)</sup>
조기시장 창출형 (단기집중투자)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 단기에 집중적으로 투자하여 산업화 초기 달성 또는 기술적 목표 달성 후 투자규모 축소</li> <li>◆ 기업 주관으로 민간의 주도적 역할이 필요, 특히 대기업 주관 개발보다는 중소벤처기업이 공공기관 및 대학과의 협력개발을 하는 형태로 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 식품 나노기술</li> <li>▪ 나노공정장비</li> <li>▪ 나노반도체소자</li> <li>▪ 인쇄플렉서블디스플레이</li> <li>▪ 나노 오감센서</li> <li>▪ 고효율 감성면조명</li> <li>▪ 인쇄기능고성능투명전극</li> <li>▪ 나노기반 배터리</li> <li>▪ 스마트윈도우 및 단열소재</li> <li>▪ 고기능성 나노섬유</li> <li>▪ 나노멤브레인소재</li> <li>▪ 기능성 나노화장품</li> </ul>
신산업 창출형 (중장기 중점투자)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 초기에는 꾸준히 일정 규모의 예산을 투입하다가 시장 형성시 집중 투자하여 적기에 시장 진입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노의약품</li> <li>▪ 감염성 바이오물질 진단 및 모니터링</li> <li>▪ 나노분석·측정장비</li> <li>▪ 그래핀기반 나노소자</li> <li>▪ 에너지변환 나노소자</li> <li>▪ 대기정화나노촉매</li> <li>▪ 3D 프린팅 나노소재</li> <li>▪ 초경량나노복합구조소재</li> <li>▪ 임플란트 나노소재</li> </ul>
원천 기반형 (지속투자)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기술 및 시장환경을 주시하면서 장기적으로 꾸준히 일정 규모의 예산 투입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노측정분석기술</li> <li>▪ 조합화학기술</li> <li>▪ 컴퓨팅기반의 물질설계기술</li> <li>▪ 나노안전성평가기술</li> <li>▪ 나노표준화기술</li> </ul>

## ■ R&D사업 추진전략

- 국가 차원의 체계적 사업 구조 및 추진체계 정립
  - 정부역할, 투자전략, 현 사업 추진 및 투자현황을 바탕으로 범부처적인 사업 추진전략이 필요
  - 기존 사업의 구조를 고려한 연계 체계 및 투자 강화, 조기산업화 진행에 따른 창조경제 적합형 신규 사업 제안 등의 필요성 제기

11) 국가 전체 연구개발 중 민간(90%), 정부(10%), 민간의 연구개발 중 반도체(78%), 대기업(93%)이 대부분을 차지(연구개발활동조사, 2011)

12) 기술환경변화, 시장변화 등 역량과 현황 변화에 따라 지속적인 관찰과 수정보완이 필요

사업특성에 따른 유형구분

R&D사업유형	연구개발 사업 추진 전략		
	조기시장창출형	신산업창출형	원천기반형
<b>순수연구개발</b> (기초원천)	(소관부처) ■ 기존사업의 성과 중 해당 전략제품과 연관된 우수성과를 전략기술사업에 연계(미래부 나노소재기술개발, 기초연구지원 등)	(소관부처) ■ 기술 발전 방향이 상대적으로 모호하여 불확실성이 큰 영역으로 사업별 포트폴리오에 대한 검토·재구성 (산업부 산업원천, 미래부 글로벌프론티어 등)	(소관부처) ■ 연구개발의 문제해결 촉진을 위한 전산모사 및 조합화학 프로그램 연계 ■ 측정분석 등에 대한 기반사업을 기존 사업에 추가하여 확대 추진 가능
<b>전략기술사업화</b> (응용/개발/실증/시험/기술이전)	(소관부처) ■ 중소/벤처기업의 주체적 역할정립과 민간 투자자본 유도 ■ 적극적 해외진출 모색을 위한 고유기술 브랜드 확보 및 기술 마케팅 지원	(소관부처) ■ 공공연구기관 및 대학이 주도하여 일정기간 동안 기술을 개발 추진하는 기존 사업 지속 보완 (산업부 산업원천, 환경부 미래융합 등)	
<b>복합R&amp;D</b> (연구개발+인프라/인력, 기초-응용-사업화 전주기 개발)	(범부처 공동) ■ 일정기간 동안 산학연 협력 연구개발 후 차세대 전략제품 및 공공기관 기존 성과물의 중소/벤처 이전 사업화 대형과제 추진 필요성	(소관부처) ■ 연구개발보다는 초기시장조성을 위한 일반 재정사업 확대 추진	
<b>조기산업화 국가차원인프라</b>	(범부처 공동) ■ 기존 나노 인프라 관련 기술환경 변화에 적절한 시설 장비 업데이트 필요성 분석 및 창조경제를 위한 중소기업/벤처 활용 극대화 방안 마련 (2005년 이후 인프라 구축 비용은 지속적 감소로 최근 환경변화에 적절한 업그레이드 필요성 탐색)	(범부처 공동) ■ 나노안전성 및 표준화 등 산업화를 위한 기반사업을 별도로 통합하여 범부처인프라 사업 추진	

단기 ← R&D수행기간 → 장기

[회색신규사업기능영역]

○ (실용화기반) 나노융합산업 인프라 구축지원

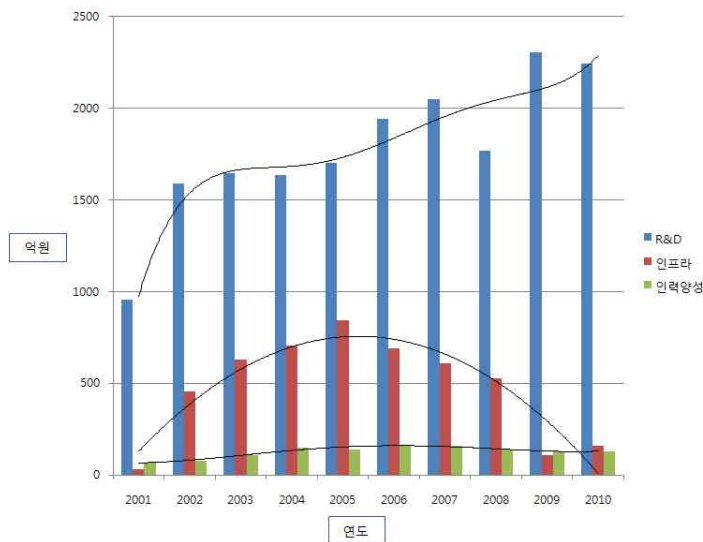
- 나노안전성 측정방법론 개발 및 안전성 기준 정립을 위한 시설, 가칭 '나노 안전성센터' 건립을 통한 시험인증 인프라 지원
- 글로벌 표준선점을 위한 계측 및 기술·제품 표준 핵심 연구개발 지원을 위한 전담센터 지정
- 국가나노인프라의 R&D 기능을 활성화하여 중소·중견기업지원 역량 강화

## ○ (제도보완) 기술혁신지원제도 개선

- 초기시장 형성시 공공구매 촉진 및 나노융합신기술·신제품 인증제도 정립
- 나노융합제품서비스를 출시하는 경우 요구되는 각종 규제 및 기준, 법안 정비 등 초기 시장 진출을 위해 요구되는 법·제도적 정비방안 마련
  - 궁극적으로 「나노기술개발촉진법」을 확대하여 「나노융합신기술·신산업촉진법」 등으로 확대 추진
- 민관 공동펀드 조성, 나노벤처 육성 등을 위한 기술금융지원제도 마련 및 나노신제품 및 우수기업연구소 포상제도 활성화

### [참고] 지난 10 여년 간 나노기술 투자 추이

- 연구개발 투자는 점진적인 증가세를 보이거나 2003년 이후 증가율이 둔화되는 양상을 보임.
- 인프라에 대한 투자는 2005년 이후 지속적인 감소 추세를 보이며 현존 시설장비의 운영 수준에 머무르고 있음.



- 국가 전체에서 나노기술은 대기업 중심 반도체 연구개발에 대한 투자가 대부분인 것으로 조사됨 (국가 연구개발 활동조사(2011))





## VI. 기대효과 및 활용방안

### 제1절 기대효과

- 미래 유망 NT 산업군을 선정하고, 나노기술이 각 산업분야의 혁신에 기여할 수 있는 역할을 전망함으로써, 나노기술과 국가 중점 산업과의 융합을 촉진하고 신산업 창출에 기여
- 나노기술개발 및 실용화에 대한 정부투자의 전략방향성 제시를 통해, 국가 R&D 투자 효과성 제고
- 나노안전성 및 표준화 관련 로드맵 제시를 통해, 책임있는 나노기술 개발에 기여

### 제2절 활용방안

- 국가차원의 나노분야 중장기적 R&D전략 제시로 미래기술 및 정책적 방향 등과 연계
  - 국가중점과학기술 전략로드맵에 반영
  - 각 부처의 정책·사업기획·사업세부전략 수립시, 핵심자료로 활용
- 다부처 R&D 공동기획사업 추진시, 가이드라인으로 활용
  - 다부처 공동기획사업 가능 기술과 부처간 역할분담·협업 방안 등 제시
  - ⇒ 역할분담 가이드라인 미비로 인한 실무적 어려움 해소에 기여

- 별첨 1. 중점나노기술 요약서**
- 별첨 2. 중점나노기술별 세부 내용**
- 별첨 3. 제3기 나노기술종합발전계획과 연계성**
- 별첨 4. 국가중점과학기술 전략로드맵과 연계성**
- 별첨 5. 창조경제 실현과제 비중표**
- 별첨 6. 기술분야별 상세 나노기술지도**
- 별첨 7. 국가나노기술지도 작성 위원명단**