

< 표 지 >

	<p>위여백 2cm</p> <p>나노융합 기술 산업화 촉진을 위한 기반구축 방안 연구</p> <p>나노융 합산업 연구조 합</p> <p>아래 여백 2cm</p>	<p>가로 21.0 cm 세로 29.7 cm</p> <p>나노융합기술 산업화 촉진을 위한 기반구축 방안 연구</p> <p>2009.7</p> <p>(나노융합산업연구조합)</p> <p>지식경제부</p>
--	---	---

## 제 출 문

지식경제부 장관 귀하

본 용역 보고서를 “나노융합기술 산업화 촉진을 위한 기반구축 방안 연구” 기획 보고서(용역기간 : 2009.4.15. ~ 2009.7.31.)로 제출합니다.

2009. 7. 31.

용역 위탁기관 : 나노융합산업연구조합 이 회 국 (인)

위탁책임자 : 한 상 록(나노융합산업연구조합 사무국)

기획 위원(위원장) : 박 종 구(KIST)

기획 위원 : 소 대 섭(KISTI)

” : 정 은 미(산업연구원)

” : 윤 완 수(한국표준과학연구원)

” : 박 의 석(산업기술진흥원)

” : 박 배 호(건국대학교)

” : 유 일 재(호서대학교)

” : 최 영 진(명지대학교)

” : 송 규 호(대구나노부품실용화센터)

기술기획 간사 : 강 민 식(주관기관)

# 【목 차】

<요 약> .....	4
<b>제 1 장. 나노융합기술과 산업</b> .....	20
1. 나노융합기술의 의미 및 중요성 .....	20
가. 나노기술 및 산업의 중요성 .....	20
나. 국내·외 나노기술산업 현황 및 전망 .....	24
2. 국내·외 정책 동향 .....	27
가. 국외 동향 .....	27
나. 국내 동향 .....	32
<b>제 2 장. 그간 나노융합산업의 성과 및 평가</b> .....	35
1. 주요 성과(기술/산업/정책) .....	35
2. 미비점 및 향후 보완과제 .....	44
3. 나노융합산업발전전략 수립 배경 .....	47
4. 국내 나노융합산업의 당면 과제 .....	52
<b>제 3 장. 세부 추진과제 및 정책적 제언</b> .....	59
1. 나노융합산업 기술 청사진 시스템 구축 및 운영 .....	59
2. 나노분야 중간조직 활성화 .....	75
3. 나노기술 표준화 로드맵 활용 .....	103
4. 나노융합제품 민간인증제 도입 .....	117
5. 나노산업 정보 인프라 구축 .....	137
6. 나노융합 분야 新성장동력 펀드 활용 .....	149
7. 나노융합산업관련 국제협력 활성화 .....	162
8. 나노산업단지 운영 및 활성화 .....	190

## 【요 약】

- 본 보고서는 국내 나노융합산업의 육성 및 발전을 위해 '08.12月 수립된 “나노융합산업발전전략”의 세부과제 실행계획 수립을 목적으로 함.
- 이를 통한, “나노융합산업발전전략”의 효과적 시행/추진으로 2015년까지 나노융합산업 3大 강국 실현, 세계 7위 경제국 도약, 지속 가능한 발전을 위한 나노융합산업 기반구축을 실현

### 제 1 장. 나노융합기술과 산업

#### □ 나노융합기술의 중요성

- 나노융합기술은 신성장동력 창출의 원천기반기술로서 핵심적인 위치
  - 2014년까지 일반제품의 4%, 전자 및 IT제품의 50%, 생명과학 제품의 16%가 나노기술을 응용하고, 1천만개의 제조업 일자리 창출 전망
- 나노융합산업은 산업별 가치사슬에서의 수평적 통합과 더불어 다른 산업과의 융합으로 불연속적인 발전과정을 통해 산업구조 및 생산방식, 제품구조, 생산자원 결합 방식에 관한 산업패러다임을 전면적으로 변화
- 기술 융복합화에 의한 신산업 창출, 지구적 환경변화에 대응할 녹색기술의 필요성에 따라 나노융합기술의 중요성 부각
  - 나노기술은 에너지, 환경, 바이오, 정보통신 등의 분야와 융합을 통한 신성장동력 확충뿐만 아니라 녹색성장, 삶의 질 향상의 기반

#### □ 국내 현황

- 2005.12月 정부는 제2기 나노기술종합발전 계획('06~'15)을 발표하고 「2015년 나노기술 선진 3대국 기술경쟁력 확보」라는 비전 제시
- 2008.12月 나노기술의 체계적 육성 및 현 산업 트렌드를 고려한 경쟁력 있고 포괄적인 “나노융합산업발전전략” 수립
- 산업화 가능성이 높은 분야를 중심으로 기술개발을 추진한 결과 소재, 전자, 바이오 등에서 일부 상용화 제품 출시
- 그 동안의 정부투자는 기초 R&D 성과와 인프라 확충에 어느 정도 기여했으나, 연구분야의 다양화와 산업화 연계 노력은 부진

- 국내 나노기술 수준(미국 100일 때 75.5%)은 미국, 일본, 독일에 이어 세계 4위 수준이며 3위인 독일을 따라잡고 뒤따라오는 중국과 격차를 벌이는 것이 당면 과제임.

#### □ 국외 현황

- 최근 선진국들은 정부의 집중적인 투자와 민간의 참여확대 유도를 통해 나노기술의 산업융합에 의한 신시장 창출을 추진
- 해외 각국의 나노기술 제품의 시장진출 급증 및 제품 수준의 고도화에 따른 주요국의 나노기술 산업화 촉진 활동 본격화
- 미국의 국가나노기술전략(NNI) 발표(2000.1) 이후 러시아, 대만, 중국 등 신흥국에서도 국가차원의 나노기술전략을 수립하고, 정부 투자를 지속적으로 확대 中

### 제 2 장. 그간 나노융합산업의 성과 및 평가

#### □ 주요 성과(기술/산업/정책적 측면)

- 지난 9년간의 나노기술 주요성과는 선진국 기술수준으로 급성장하고 있으며 세계 3大 나노기술선진국을 목표로 기술경쟁력 확보에 노력
  - 제1기 ('01~'05) 및 제2기 ('06~'10) 나노기술종합발전계획의 지원에 의해 글로벌 경쟁력 확보하는 데 결정적인 역할 제공, 산업은 나노기술과 융합 기술을 바탕으로 한 산업적 육성정책이 매우 중요한 실천과제이며, 정책적 성과로서는 국제 기술경쟁력 세계 4위 달성

#### □ 미비점 및 향후 보완과제

- 나노기술의 투자규모 및 연구개발 내용은 매우 다양한 성과를 얻고 있지만, 투자액 대비 기술의 산업화는 아직 부족한 실정
- 나노기술의 기술적인 특징은 기반기술로써 직접적인 산업화를 추진하는 것은 기술적인 한계와 수요시장의 미개척 등이 있지만, 주요국들의 산업기술 개발과 상용화 노력에 비해 우리는 체계적 산업화 전략 수립과 추진 동력 확보 노력 미흡

#### □ 국내 나노융합산업의 당면 과제

- “나노융합산업기술센터”설립하여 추진주체로서 역할을 부여하고, 나노융합산업연구조합, 나노기술연구협의회 등과 연계하여 산·학·연 협력사업 추진

- 나노융합기술의 산업화, 연구성과 확산, 마케팅지원, 기술개발 등 종합적인 사업 추진에 필요한 6大 당면과제 추진

① 연구개발 산업화, ② 세계시장 선점, ③ 글로벌 경쟁력확보, ④ 산·학·연 연계협력, ⑤ 인프라 활용, ⑥ 체계적인 교육

### 제 3 장. 세부 추진과제 및 정책적 제언

#### 1. 나노융합산업 기술 청사진 시스템 구축 및 운영

##### □ 쌍방향 청사진 수립 시스템 구축

##### ○ 개방형 구조의 운영시스템

- 나노기술정보시스템과 연동, 웹상에 나노기술 연구개발 청사진의 틀을 제공하고, 점진적으로 기술공급자와 수요자가 청사진을 함께 완성해가는 개방형 구조 채택

##### ○ 분야별 특성에 따라 이원화된 청사진 시스템 운영

- 전략분야와 공통기반 분야에 대한 기술개발 청사진 작성 체계의 이원화  
- 전략분야는 탑다운 방식을 중심으로, 공통기반 분야는 Bottom-up 방식을 중심으로 운영

##### ○ 연구개발 과제 도출과 연계

- 전략분야의 경우 일차적으로 나노기술이 결정적인 기여를 할 수 있는 전략적 제품/산업군을 선정, 기구축된 나노기술로드맵 상의 요소기술들을 제품/산업군에 따라 배치한 후, 연구개발 및 사업화 환경에 대한 포트폴리오 분석을 통해 핵심 요소기술을 연구개발 과제화

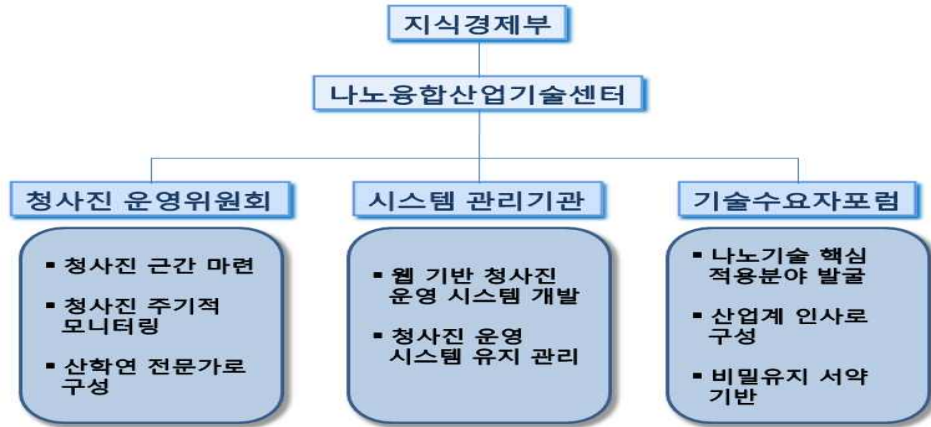
##### ○ 기술공급자와 수요자를 매개하는 역동적 시스템 구축

- 단지 국가 연구과제 도출을 위한 참고자료 수준에 머무르는 것이 아닌, 기술공급자와 수요자를 연결시켜 줄 수 있는 입체적인 청사진 시스템 구축

##### ○ 기술공급자 및 수요자의 자발적 적극 참여를 유인할 수 있는 시스템 구축

- 제품목표 타겟 등을 공개하는 기술수요자에 대해서는 기술공급자와의 연계를 우선적으로 안내하고, 나노융합 2.0 프로그램에서 지원 가능한 각종 혜택을 우선적으로 배정

□ 추진 체계

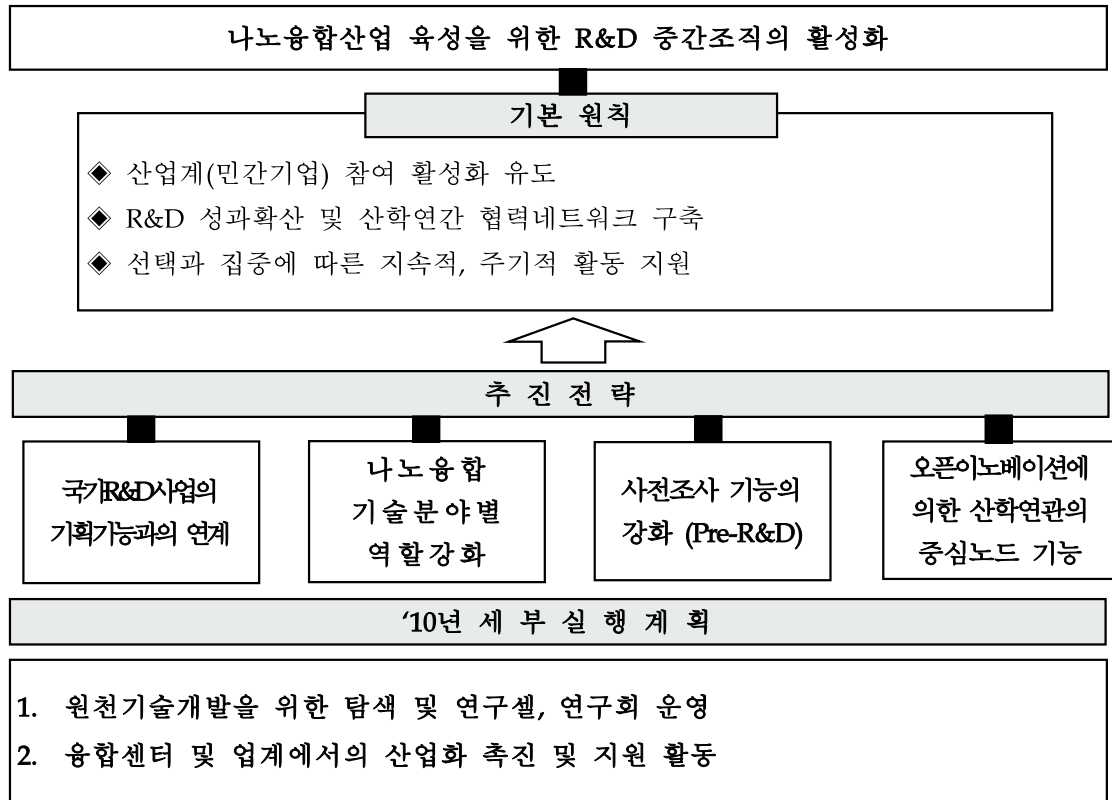


- 나노융합산업기술센터
  - 청사진 시스템 총괄 운영
  - 청사진 운영위원회 및 기술수요자 포럼 운영
- 시스템 관리 기관
  - 웹 기반의 청사진 운영 시스템 개발
  - 청사진 운영시스템 유지 관리
- 청사진 운영위원회
  - 청사진 골격(back-bone) 마련
  - 쌍방향 청사진에 대한 주기적 모니터링(오류 수정 및 방향 점검)
- 기술수요자 포럼
  - 나노기술이 핵심적인 역할을 함으로써 제품의 기능이나 가격 경쟁력을 높일 수 있는 분야 발굴 및 공유
  - 산업계 인사만으로 구성하고, 포럼 결과에 대해서는 비밀 유지를 기본으로 하되, 공개가 필요한 경우는 참여자 전원의 합의를 기반으로 공개



## 2. 나노분야 중간조직 활성화

### □ 중점 추진전략 및 방향



### □ 국가연구개발사업의 기획기능과 중간조직의 연계

- 산업계 연구개발 중간조직이 민간과 연계하여 탐색 및 기획기능을 수행토록 제도적으로 지원
- 국가연구개발사업의 기획 단계에서 정부와 산업계 연구개발 중간조직이 적극 참여하여 Design-In 시스템으로 발전할 수 있도록 유인책을 마련
- 연구개발 중간조직이 연구개발기획, 조사 활동에 자발적·적극적으로 참여할 수 있도록 소요 자금 지원 마련

### □ 나노융합 기술분야별 관련 중간조직의 역할 강화

- 특정 분야의 기술개발을 위하여 자발적으로 운영되는 소규모의 연구개발 중간조직 육성·활성화 및 이들 중간조직의 구심체를 구성하여 기획·탐색 작업이 공동연구로 이어지도록 체계적으로 지원

- 스스로 필요성을 느낀 기업들이 참여하고 성과를 내도록 유·무형적 하부 구조 형성 지원

□ 사전조사(Feasibility Study) 기능강화를 위한 Pre-R&D 사업

- 신기술의 발굴 및 미래 시장 탐색을 통한 전략적 R&D 기획을 위해 산업계 차원의 선행조사체계 확보 및 지원강화
- 국가연구개발사업의 R&D 기획시 사전조사의 기능을 강화하고, 이에 필요한 경비를 지원, 조사결과를 활용케 함으로서 산업계 주도의 적극적인 과제기획능력을 제고
- 장기적인 산업계 기술경쟁력 제고를 위해 연구개발 중간조직을 중심으로 한 해당업종 혹은 기술 분야의 CTI 기능 지원 강화

□ 오픈이노베이션 도입으로 산학연관 네트워크의 중심노드 기능 부여

- 산·학·연 연구 개발 활동의 혁신활동 촉진을 위해 중간조직을 중심으로 한 네트워크의 구축 및 활성화를 위한 커뮤니케이션의 핵심 노드 기능 수행
- 연구개발 중간조직의 조사 기획 활동, 연구 개발 활동, 기술교류 및 성과 확산활동 등 산업계 주도 연구 개발 활동 및 기반환경 구축에 기여할 수 있도록 운영

3. 나노기술 표준화 로드맵 활용

□ 목적

- 표준선점을 통한 나노융합산업 국제경쟁력 확보 및 개발기술 상용화
- 나노융합기술개발과 연계한 전략적 표준개발로 산업발전 기반 구축

□ 필요성

- 나노기술 관련 제품의 유효성을 검증하고 환경 및 인체에 대한 안전성 평가 기준 제시요구 등 측정표준개발 및 표준화 수요 증대
- 자유무역 추구에 따른 무역의 기본 틀인 국제표준의 중요성이 점차로 증대되면서 국제표준의 주도 여부가 국가의 국제 경쟁력과 직결
- 기술개발 초기단계부터 신시장 창출과 미래 시장선점을 위해 표준개발을 통한 국제표준화 주도가 필수적이며, 무역의 자유화에 따른 거대 다국적 기업의 진출에 대한 자국의 시장 및 생산자 보호 수단으로서 표준 활용이 요구

□ 표준화로드맵 추진

- 나노기반 통합기술청사진에 근거하여, 나노소자, 나노융합소재, 나노융합장비, 의료바이오융합, 나노융합에너지환경 등의 5대 기술 분야의 표준개발 및 표준화 로드맵을 작성
- 국가 전략 산업분야 및 제품군을 선정하고 이에 근간한 나노융합기술 표준화 로드맵 내용의 기본 틀을 구성하는 방식을 취하되 신산업과 신제품의 표준개발 및 표준화 수요에 대응할 수 있는 채널을 포함하는 형태의 로드맵 개발을 추진
- 기술공급자 중심의 일방적인 방식의 표준화 지도의 전개 방식에 치중하던 기존의 방식에서 한걸음 발전한 형태로서 쌍방향(interactive)의 개방형(open) 로드맵을 추구
- 표준화를 위한 개방형 로드맵 작업 중 발생할 수 있는 기술 유출(특히 산업계의 비밀 유출)을 미연에 방지하기 위한 개방형 및 비개방형 작업그룹을 동시 운영

□ 기술개발과 연계한 표준화 추진을 위한 제언

- 기술개발과 표준화 연계를 위한 체계 정립
  - 연구개발과 표준추진 주체 간의 연계협력을 위한 기구/위원회 설치
  - 나노기반 통합기술청사진에 근거한 실질적인 표준화 로드맵 구축
  - 일정 규모 이상의 과제 수행 시 표준개발/표준화 포함을 의무화
- 나노표준화 연계 R&D 프로세스 정립
  - 연구개발의 전 과정에 표준화 전문가 참여를 권장
  - 기존 R&D 프로세스에 표준화 활동 연계
  - 표준화 동향조사 결과 반영 및 자체 진행경과 보고
- 나노표준화 전문가 양성 및 참여 확대
  - R&D 기획단계부터 전 프로세스에 참여
  - 기존 전문가 + 후보를 새로운 연계사업에 투입하여 전문가 양성
  - 분야 별 전문가 Pool 구성 및 국제 표준화 전문가 양성 지원
- 지원시스템 운영
  - 범 부처 및 부처 차원의 표준화 지식정보 지원

- 산업/기술별 표준화 전문가 및 전문 기법 지원
- 국제표준 선점을 위한 산/학/연/관 협력위원회 구성/운영
- 법적/제도적 지원

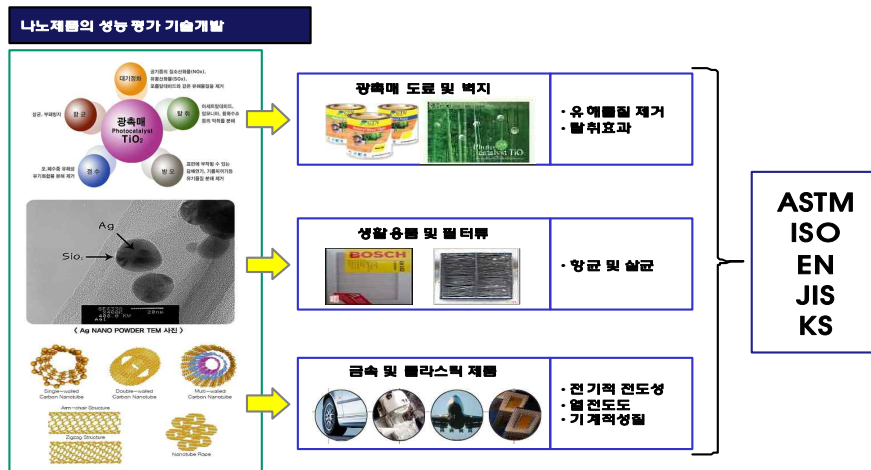
#### 4. 나노융합제품 민간인증제 도입

##### □ 필요성

- 나노제품에 대한 시장의 불신 해소
- 나노제품에 대한 안전성 요구 증대
- 우수한 나노제품 육성 및 시장 확대를 통한 나노기술의 산업화

##### □ 추진전략

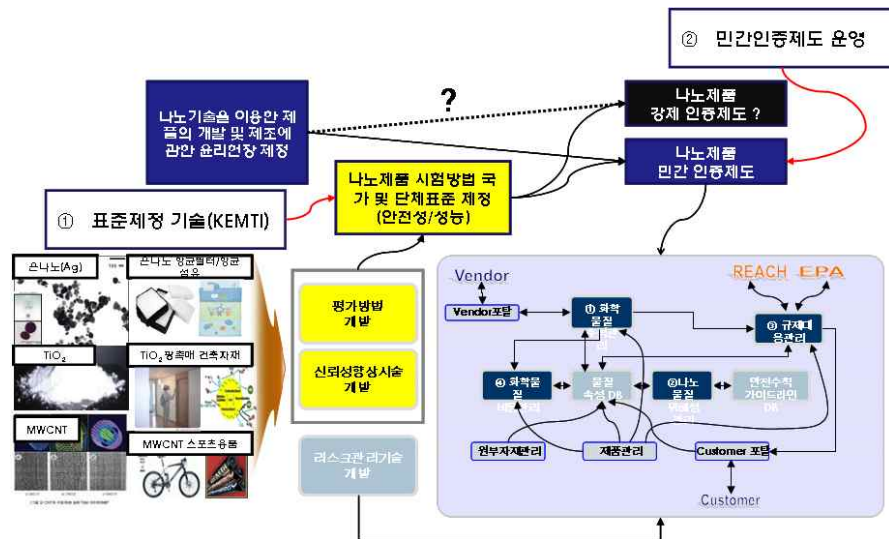
- 나노제품의 민간인증제 도입을 위해서는 나노제품의 성능평가 기술개발과 안전성 확보가 필요
- 개발된 성능표준과 안전성 평가기술표준에 기반을 두어 인증제도를 시행하는 전략이 필요



15/28

- 기존의 ASTM, ISO, EN, JIS, KS 등의 이용 가능한 규격을 적용하거나 나노 제품에 적합한 성능평가 기술개발이 필요하며 나노제품의 전주기적 안전성 평가기술 개발을 실시
- 궁극적으로는 나노제품의 민간 인증제도를 실시하는 전략

- 추진단계는 1단계의 나노제품의 전주기적 안전성 평가 및 인증시스템 개발, 2단계의 나노제품인증센터 구축, 3단계의 나노제품 인증단계로 진행



□ 세부 실행계획

단계	년도	주요 추진사항
나노제품의 전주기적 안전성 평가 및 인증시스템 구축	10-12	- 나노물질의 특성평가 기술개발 - 나노제품유효성평가기술개발 - 나노제품안전성평가기술개발
나노제품인증센터 구축	13-14	- 나노제품 인증기술개발 - 나노제품 표시(labeling)기술개발 - 인증시스템구축
나노제품 인증	15-16	- 나노제품 시장 모니터링기술 (market monitoring) 개발 - 나노제품 LCA평가 기술개발 - 나노제품 위해성관리 시스템 인증 기술개발

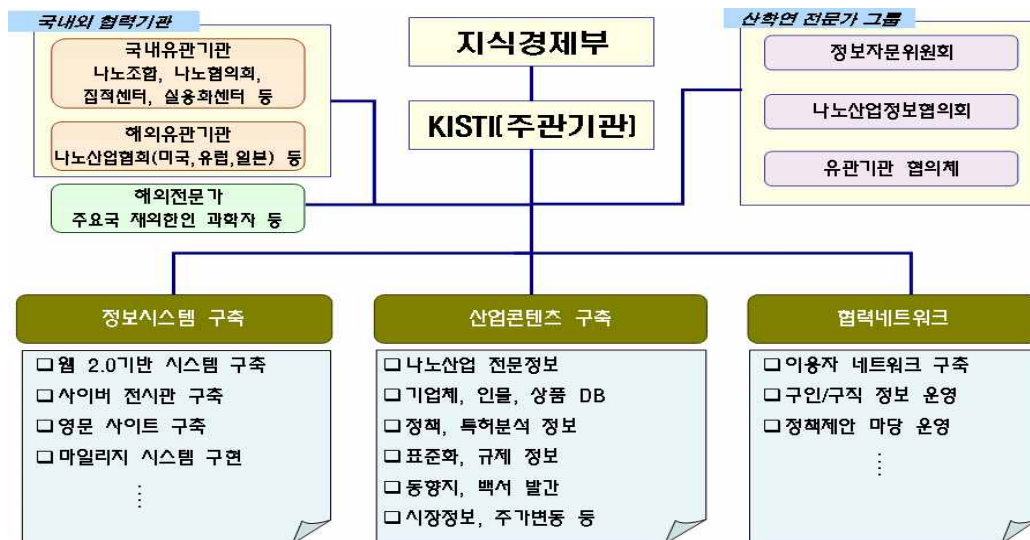
□ 정책적 제언

- 나노물질/기술의 유효성을 검증할 수 있는 기술에 대한 표준화가 진행되어야 하며, 나노제품의 안전성을 검증할 수 있는 기술의 표준화 시급
- 나노기술의 규제는 먼저 나노물질의 함유를 소비자/근로자에게 알릴 수 있는 표시제도 (labelling)의 선도입 및 시행 필요
- 제품에서 나노물질의 함유를 검증하여 표시할 수 있는 기술의 표준화가 실시 되어야 하며 이에 따라 표시된 제품의 유효성에 대한 표준, 그리고 안전성 문제가 해결되어야 함.
- 향후 나노제품 인증제도는 민간인증과 국가주도의 인증제도가 있을 것이나, 국가의 인증에 대한 책임 부담을 줄이기 위해 민간인증제가 바람직

## 5. 나노산업 정보 인프라 구축

### □ 추진전략

- 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 운영 중인 나노기술 정보포탈(나노넷)을 연계하여 초기단계의 투자비용을 최소화하고, 산업화와 R&D 간의 시너지 효과를 극대화
- 既 구축된 KISTI 내부자원을 연계 활용
  - MiSO 포탈, KOSEN, GTB, S&T GPS, NTIS, ReSEAT 등
- 정부(지식경제부), 나노융합산업연구조합, 나노기술연구협의회, 나노기술집적센터, 나노기술사업단 등 유관기관과의 유기적 협력 네트워크를 구축하여 공동사업 추진 및 정보 교환 등을 통해 상호 시너지를 창출
- 기업과 산업계의 수요를 반영한 콘텐츠 목록을 구성하고, 정보 수요자들이 직접 참여할 수 있는 이용자 참여형 시스템을 구축하여 주요 콘텐츠를 제작할 때 이용자들이 직접 참여하도록 유도
- 이를 위하여 온/오프라인 협의체를 운영·지원하며, 정보제공자에게 마일리지(정보이용 시 혜택) 또는 인센티브(정부 과제 참여 시 혜택) 등을 부여
- 추진체계



### □ 세부 실행계획

- 이용자 참여형 WEB 2.0 정보시스템 구축
- 산업정책 정보, 기술수요조사, 정책수요조사 도구로 활용되는 정보 시스템 구축

- 특허정보, 연구개발 및 산업투자 동향, 산업화 현황 및 전망, 나노기업, 나노제품 등 나노산업 종합정보 포털 구축
- 정보 서비스의 체계성, 신속성, 이용자 편의성(참여형, 쌍방향 소통형)을 구현하여 국내외 나노정보를 산업계(주 수요자)에 제공하여 나노기술의 조기 산업화를 촉진

□ 정책적 제언

- 특허정보, 기업체 정보, 제품정보 등 나노기술산업의 성과정보들을 신속하고 체계적으로 DB로 구축하고, 이를 연구개발자 및 산업현장에 신속하게 제공하여 나노기술의 조기 산업화를 달성
- 국내외 나노기술 산업화 정책에 대한 연구, 분석을 통해 정부의 나노기술 산업 정책 수립에 기초자료를 제공
- 나노기업정보 및 제품정보를 확산함으로써 나노산업의 활성화를 꾀하고, 관련 기술이전기반을 구축함으로써 산업분야간, 기술개발자간의 협력네트워크를 구축
- 나노산업정보에 관한 종합적인 포털시스템을 구축함으로써 나노기술의 조기 산업화를 촉진하고 국가 산업경쟁력 제고에 이바지

6. 나노융합 분야 新성장동력 펀드 활용

□ 세부 추진전략

- 관련 산업간의 Value Chain별 수요와 견인에 의한 자생적 펀드생태계 조성



- <단기 실행전략> 기존 기술에 나노융합기술을 응용하여 고부가가치화 및 조기상용화 촉진
  - 기존 산업-제품-기술과의 연관성 분석을 통한 관련 산업의 동반성장 촉진
  - Funding에 대한 수요가 급격히 증대되는 Spin-off, Licensing 등에 적극 운용
  - 대학 및 연구기관의 기술이전을 통한 기술상용화에 적극 투자
- <중장기 실행전략> 특허경쟁력 등 기술력이 높은 원천기술 확보로 미래 경쟁력 강화
  - 나노기술 표준화 로드맵에 의한 기본 투자방향 설정 및 펀드 운용
  - 시장견인을 위한 미래 선도형 R&BD 기술의 사업화 지원
- 글로벌 기술기업 창출·육성
  - 여타 신성장동력펀드 대비 업체당 평균 투자금액 증대를 통한 집중화 전략
  - 토털 패키지화 펀딩을 통한 사업화 가능성 증대
- Value Chain간 병행/동시 투자 및 관련 중간조직 활성화
  - 대기업-중견기업-중소기업간 상생의 발전방향 제시
  - NT와 BT, IT 등 이종간 융합기술에 대한 기술 교류의 기회 창출
  - TP, 지역 특화센터 등 중간조직을 통한 펀드운용의 시너지 효과 창출
- 나노융합산업 관련 펀드 운용 모델 제시
  - 펀드 운용에 따른 투자수익 모델의 다변화 유도
  - 기업의 투자상황, 회수기간, 수익률 등을 고려한 단계적 펀드운용 및 전략 실행
  - 나노융합펀드 운용 모델 예시
- 정책적 제언
  - 정부의 각종 지원정책과 연계 추진으로 정책간 연결고리 형성
  - 광역경제권 내 기존 기업지원 기관 중 펀드운영을 위한 특화기술별 거점기관 선정 및 운영
  - 신성장동력 펀드 투자분야간 나노융합형 사업화 과제에 대한 우선 투자시 인센티브 부여 방안 모색
  - 펀딩을 전제로 한 기술가치평가 지원사업 활성화를 통한 투자환경 조성
- 선순환적 투자환경 구축을 통한 자생적 펀드생태계 조성



- 펀드운용 수익 공유를 위한 법적·제도적 근거 마련 등을 통하여 펀드운용 기관과 펀드운용사와의 운용수익 공유를 통한 기관 자립화를 증대 및 적극적인 투자 의지 고취
- 기술이전, 글로벌 기업 육성 등에 의한 기존 개발기술의 상용화 촉진 및 투자 자금에 대한 조기수익성 확보
- 펀드운용의 일관성 및 전문성 증대
  - 나노기술 표준화 로드맵, Value Chain 분석, 펀드운용사와 투자협력위원회간 동반자적 역할 정립
  - 원천기술 상용화에서 글로벌 마케팅에 이르는 토털패키지화 펀딩
- 향후 실행방안
  - 광역경제권 내 펀드 운영을 위한 거점 기관 선정
  - 나노융합형 광역권 선도 사업과의 효율적 연계방안 등을 고려하여 광역경제권 내 지역별 유관기관의 인프라, R&D 및 기업지원 역량, 사업화 능력 등을 검토하여 거점 기관을 선정
  - 특히 거점 기관별 펀드 운용관련 금융 전문인력을 배치하여 펀드운용사와의 효율적인 의사소통은 물론 전문적 펀딩을 통한 성과창출 극대화를 도모
- 중간조직으로 선정된 거점 기관의 역할 및 펀드 운영 방향
  - 펀드운용 거점 기관과 펀드운용사와의 명확한 역할분담을 통한 펀드운용으로 펀드운용 주체간 시너지 효과 창출

< 펀드운용 추진 로드맵 >

사전준비	거점기관 선정	운영 기획 및 펀딩	자생적 펀드생태계 조성
거점기관 선정기준(안) 마련 - 투자협력위원회	광역경제권내 거점기관 선정 - 대상 : TP, RIC, RTTC 등 - 기준 : 인프라, R&D역량, 사업화 능력, 펀드 운용경험, 광역경제권 사업과 연계방안	패키지형 지원체계 구축 - 거점기관과 펀드운용사간 역할 정립 및 네트워크 형성 - 광역경제권별 전문심사역 구성 - Value Chain 분석	선순환적 투자환경 구축 - 적극적인 투자자금 회수방안 운영 (M&A, Spin-off에 대한 지분출자 등) - 각종 지원 정책과의 연계를 통한 펀드 수혜 기업의 전방위적 지원 - 수혜 기업의 글로벌화 촉진

7. 나노융합산업관련 국제협력 활성화

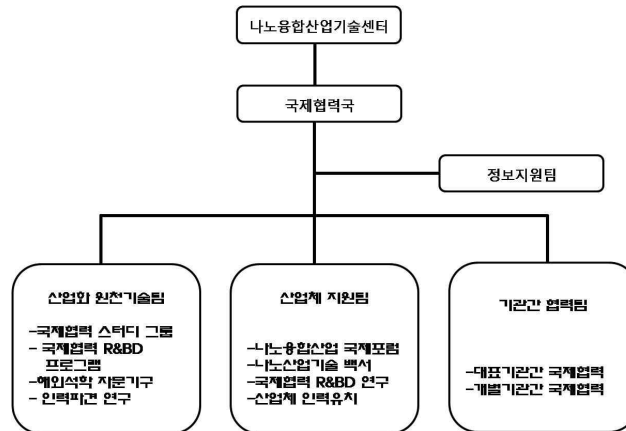
□ 주요 추진전략

- 나노기술에 강점을 가지고 있거나 나노기술 개발에 관심이 있는 국가에서 나노기술의 산업화를 목표로 하는 국가 기관들이 설립되고 있으므로, 이들

기관과 대응되는 국내 기관의 설립이 시급하며 이 기관을 중심으로 “기관 간 국제협력 사업”을 추진

- 각국의 나노관련 중요 연구기관들에 대한 Database를 확보하고 국내 개별 연구기관들과 연결해 주는 가교 역할을 수행하는 기관이 필요
- 국내에 이미 World Class University(WCU) 사업이 진행되어 많은 우수한 외국인 과학자들이 입국해서 교육과 연구 활동을 진행하고 있을 뿐만 아니라 국내 소속 기관들과 일정한 양식의 지적 재산권 협약을 맺고 있고, 이들 중 다수가 나노관련 과학자이므로 이러한 나노 관련 외국인 석학들을 활용할 수 있는 국제협력과제 혹은 자문기구 신설이 시급
- 국내 뛰어난 탑-다운 방식 반도체 제조기술을 활용하고 해외의 개발 초기 단계 바텀-업 방식을 결합하여 시제품을 생산하는 국제협력 필요
- 나노기술 인프라를 활용하여 해외 나노 관련 인프라 및 연구 기관들과 상호 보완적인 연구를 진행할 수 있는 국제협력 추진

□ 세부 실행계획



□ 나노융합산업 국제협력부서 설립

- 나노융합산업의 국제협력 업무를 전담한 국제협력부서(가칭 국제협력국)를 신설되는 "나노융합산업기술센터" 내에 설립
- 국가적 차원의 나노융합산업 로드맵 및 표준화 로드맵을 근간으로 하고, 실시간으로 업데이트되는 나노분야 커뮤니티의 의견을 반영하여 나노융합 산업 국제협력의 전체적 방향 설정

□ 산업화 관련 원천기술 확보를 위한 국제협력 프로그램

- 나노기술 산업화를 위한 국제협력 스터디 그룹

- 국내 나노기술 전문가와 해외 석학들이 정기적으로 모여서 나노기술 산업화를 위한 특정 분야의 국제적 동향을 수시로 점검
  - 산업화 관련 원천기술 확보를 위한 국제협력 R&BD 프로그램
    - 국내 나노기술 전문가와 해외 석학들의 국제협력 R&BD 과제 운영
  - 해외석학의 자문 기구 설립
    - 국내에 상주하는 해외 석학을 활용하여 국내 나노관련 정책기관, 심사기관, 산업체의 자문위원 및 심사위원으로의 활용을 매개하는 자문 기구 설립
  - 파견연구 프로그램
    - 개별 연구자 혹은 기관 차원이 아니라 국가 전체적 차원의 나노융합산업 발전 관점에서 특정 분야의 앞서가는 연구를 진행하는 기관에 최적의 대학/연구소/산업체 연구원을 파견하는 맞춤형 국제협력 프로그램 운영
  - 국내 제조기술의 장점을 활용하는 국제협력 프로그램
    - 나노융합산업 국제포럼 개최
      - 나노융합산업 관련 산업체 주도의 국제포럼 매년 개최
      - 국내 제조업체와 해외 나노기술 확보 기관간의 국제협력을 매개하는 기술거래 장터의 역할을 수행하게 될 것으로 기대함.
    - 산업체의 나노기술 백서 편찬 사업
      - 국내 나노기술 개발 산업체가 확보한 기술 및 개발한 제품에 관한 홍보용 영문백서를 발간
    - 산업체 참여 혹은 주도의 국제협력 R&BD 연구실 설립
      - 국내 산업체의 수요를 바탕으로 해외 기술을 도입하고 외국인 연구원들이 상주해서 연구하는 국제협력 R&BD 연구실 설립 프로그램 운영
    - 해외 기술인력 산업체 유치 프로그램
      - 해외 우수 연구기관 및 산업체에서 나노관련 기술을 개발한 경험이 있는 숙련된 인력을 국내 산업체에 유치
8. 나노산업단지 운영 및 활성화
- 국내외 주요현황

- 선진국을 추격하고 독자적인 나노융합기술-산업기반 구축을 위해 기초과학연구와 산업간 연계성을 확대해야 하며, 이러한 관점에서 나노융합산업단지를 조망
  - 나노융합화에 따른 신시장을 선점하기 위해 나노융합형 기술의 발굴·확산과 아울러 산업화와 연계하는 전략 필요
  - 산업 연계형 과학도시의 형성과 성장에는 연구기반과 산업간의 유기적인 네트워크 체계를 형성하고 촉진하는 것이 필요
- 국내에서는 나노산업단지의 구축사례는 아직 없지만 대전, 밀양, 장성지역에서 나노산업단지 조성을 추진 중
- 해외에서 나노산업단지 구축 및 성공사례는 뚜렷하게 구분되지 않는 대신 첨단산업단지 구축사례로서 IT 혹은 BT와의 융합을 통해 성공 사례 창출
  - 일본의 쓰꾸바 연구/공업단지, 독일 드레스덴 지역, 미국의 RTP(Research Triangle Park)

□ 주요 시사점 및 평가

- 드레스덴과 RPT가 과학과 산업이 성공적으로 어우러진 지역으로 부상한 것은 기초연구-응용연구-산업과의 연계체제가 성공적으로 구축된 것에 기인
- 기존 산업의 조정과정에서 유연성과 효율성을 향상시키고 새로운 차원의 첨단제품을 출시하는 등 시장 지배력을 획기적으로 변화시킬 수 있는 사례 창출에 성공하였으며, 이를 통해 수요확대를 도모
- 세계 최고 수준의 연구개발 성과 및 우수인력의 공급을 통해 첨단기술 기업의 유치

□ 추진전략

- 첨단과학분야와 산업화를 병행하여 추진한다는 관점에서 나노융합 관련 기술역량의 확보 및 상시적인 활용시스템 확보
- 관련 연구인력 및 연구기관의 경우 국내에서는 물론이고 세계적인 경쟁력을 갖추고 전문화 분야에서 기술개발뿐 아니라 제품·공정기술의 기업애로 및 기술지원이 가능하도록 확보
- 전후방산업과의 연계를 통한 나노융합산업단지의 특성화와 전문화
- 사업화를 지원하기 위한 나노융합 사업화지원센터를 설립하여 벤처창업 및 기업지원서비스를 뒷받침
- 산업단지의 특성을 최대한 살리되 산업단지간 연계를 통한 시너지 효과 강화를 도모하기 위해 상시적인 연계활동이 이루어질 수 있도록 중앙정부가 재정지원, 사업추진은 별도의 중립적 조직이 실행

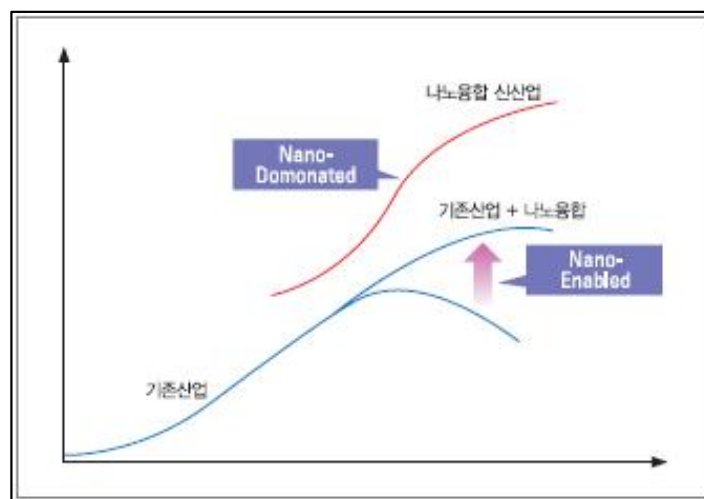
## 제 1 장. 나노융합기술과 산업

### I. 나노융합기술의 의미 및 중요성

#### 가. 나노기술 및 산업의 중요성

- 나노기술은 1-100nm 영역에서 물질을 조립, 조작, 관찰 및 제어하는 기술
  - 나노 재료는 새로운 구조나 특성을 발현
  - 나노공정은 나노미터 크기의 원하는 모양을 형성
  - 나노소자는 양자효과를 특성 활용 응용소자 구현
  
- 나노기술은 신성장동력 창출의 원천기반기술로서 핵심적인 위치를 차지
  - 2014년까지 일반제품의 4%, 전자 및 IT제품의 50%, 생명과학 제품의 16%가 나노기술을 응용하고, 1천만개의 제조업 일자리 창출 전망 (2004년 Lux Research)
  
- 2005.12월 정부는 제2기 나노기술종합발전 계획('06~'15)을 발표하고 「2015년 나노기술 선진 3대국 기술경쟁력 확보」라는 비전 제시
  - \* 제1기 나노기술종합발전 계획('01~'05)은 5개년 계획으로 '01.7월 수립
  - '01~'08년간 우리 정부는 1.9조원을 투입(지식경제부 4천9백억원)
    - \* R&D 1.3조원(71%), 인프라 4,415억원(23%), 인력양성 1,012억원(5%)
  - 나노소재 및 나노공정장비, 나노일렉트로닉스(반도체 중심) 등의 분야에서 일부 산업화 성과가 있으나 본격적 산업화는 지연
  
- 국내 나노기술 수준은 미국, 일본, 독일에 이어 세계 4위 수준
  - 2008년도 나노기술 수준 비교 분석에 따르면 2004년 미국 대비 61.3%에서 2008년 75.5%로 약 14%의 기술력 향상을 보였으나 3위인 독일의 벽을 넘는 것과 뒤따라오는 중국의 추격을 따돌려야하는 당면과제에 직면
    - \* 미국 대비 소재 81%, 소자 77.5%, 바이오 75.8%, 보건·의료 72.5%, 환경·에너지 74.5 등(2008년 KIST 나노기술수준비교)

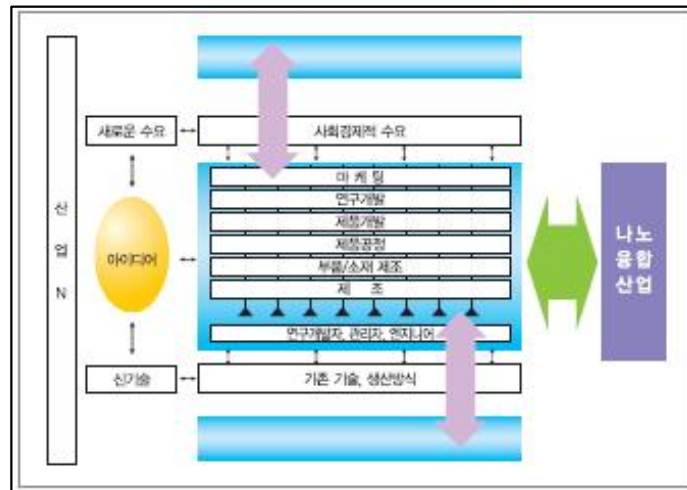
- 그 동안의 정부투자는 기초 R&D 성과와 인프라 확충에 어느 정도 기여했으나, 연구분야의 다양화와 산업화 연계 노력은 부진
  - 나노종합팹센터, 나노소자특화팹센터\* 등의 인프라들은 반도체 공정 위주로 구축되었으며, 각 인프라 간의 연계성 미흡 및 중복투자 논란
    - \* 나노종합팹(실리콘계 소자), 나노소자특화팹(화합물계 소자), 포항집적센터(소재 개발), 전북집적센터(패터닝·에칭 장비개발), 광주 집적센터(증착·확산 장비개발) 등
  - 대학, 출연연을 중심으로 연구개발을 적극 추진 중이나, 다학제적 협력 연구체제가 취약하고 기업들의 투자와 참여가 부진
  
- 나노융합기술은 나노기술을 기존기술에 접목하여 기존 제품의 성능 개선·혁신(Nano-enabled)하거나 전혀 새로운 나노기능에 의존(Nano-dominated)하는 제품을 창출하는 기술로 정의
  - 기초소재산업이 나노기술을 활용하여(Nano-enabled) 산업용 섬유, 신 금속 등 첨단소재산업으로 생산구조가 재편



<나노융합과 산업발전 경로의 변화(2009년 Nano Inside Vol3.)>

- 나노융합산업은 산업별 가치사슬에서의 수평적 통합과 더불어 다른 산업과의 융합으로 불연속적인 발전과정을 통해 산업구조 및 생산방식, 제품구조, 생산자원 결합 방식에 관한 산업 패러다임을 전면적으로 변화

- 나노융합산업은 다른 산업과 융·복합화를 통해 새로운 산업의 창출과 기존 산업의 산업발전 경로를 변화



<나노융합화와 산업패러다임의 변화(2009년 Nano Inside Vol 3.)>

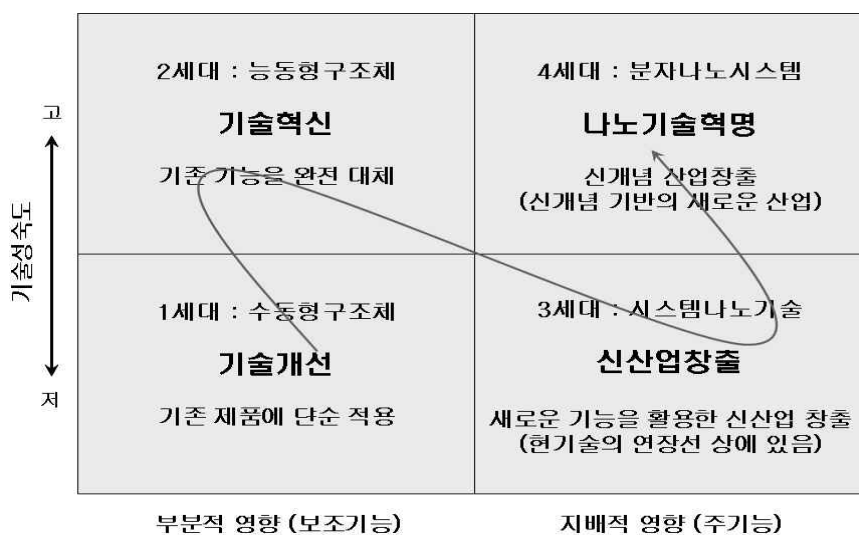
- 융합화의 확산으로 산업별 가치사슬 내에서 수평적 통합이 일어나는 동시에 다른 산업의 가치사슬로의 수직적 확장 및 영역을 재구성
  - 혁신자원에서도 산업융합의 고도화로 단일기업 혹은 산업이 R&D, 기술개발, 사업화, 생산, 마케팅 등을 독자적으로 수행하기보다는 네트워크형·개방형 R&D·사업화체제가 확대되는 방향으로 변화
- 기술 융복합화에 의한 신산업 창출, 지구적 환경변화에 대응할 녹색기술의 필요성에 따라 나노융합기술의 중요성 부각
- 나노융합산업은 나노기술을 타 산업에 접목하여 고부가가치를 창출하는 유망 산업임.
  - 나노기술은 에너지, 환경, 바이오, 정보통신 등의 분야와 융합(나노융합산업)을 통한 신성장 동력 확충뿐만 아니라 녹색성장, 삶의 질 향상의 기반
    - 신성장동력 확충을 위한 신산업 창출 : 아키텍처 창출형 나노제품 개발
    - 녹색성장 : ES<sub>2</sub>(Energy saving & storage), 희소자원 대체, 환경보전 기술
    - 삶의 질 향상 : 나노바이오 진단·치료·극한분석 기술, 나노바이오 생활소재

- 미국, 일본, 유럽, 러시아 등에서는 나노융합산업기술개발과 상용화에 국가적 노력을 경주하는 반면, 국내에서는 체계적 산업화 전략 수립과 추진동력 확보에 대한 노력이 미흡



<나노융합산업현황(2009년 신성장동력박람회)>

- 세계 나노융합산업은 2015년까지 2.95조달러 규모(반도체 제외시 1.5조 달러)에 이를 것으로 전망
- 나노기술의 발전단계는 현재 능동형 나노구조시대(2세대, 2005~) 기술 혁신 단계로 기존제품의 개선·혁신(Nano-enabled)이 이루어지고 있음



<나노기술의 발전 단계>



- 전혀 새로운 나노기능에 의존(Nano-dominated)하는 나노융합산업이 더욱 활발할 것으로 예측
- 본격적으로 나노신산업창출 단계로서 시스템 나노기술이 활발할 것으로 예측
- 국내는 2020년까지 연평균 22.6%의 성장률 전망(2005년 KISTEP)

나. 국내·외 나노기술산업 현황 및 전망

□ 국내 나노기술기업의 지속적인 증가

- 78개 기업('01년)에서 274개 기업('06년)으로 증가
- 나노기술 산업화 사례도 소재, 소자, 섬유, 바이오, 생활용품 등 다양한 분야에서 사업화

연도	2001년	2004년	2005년	2006년
대기업	45	18	32	37
중소기업		28	56	92
벤처기업	33	78	126	145
계	78	124	214	274
증가율 (전년대비)	-	△59% (2001년대비)	△72.6%	△28.0%

<국내 산업화 현황(2009년 국회 신성장산업 포럼)>

- 산업화 가능성이 높은 분야를 중심으로 기술개발을 추진한 결과 소재, 전자, 바이오 등에서 일부 상용화 제품 출시
  - 나노기술 상업화 건수(2004년~2007년, 삼성전자 39개, 태평양 5개)
- 현재 국내는 나노 관련제품 생산기업은 총 550개(대기업 39개)이며, 나노기술 전문기업은 약 200개로 파악(나노조합, '08)
  - 최근 대구·경북지역 나노관련 기업 100여개 社가 「대경나노산업연합회」 구성('08.6月)
  - 그러나 대부분의 산업화 사례는 높은 기술 수준을 요구하지 않고, 시

장 진입이 상대적으로 용이한 생활소재 분야 중심으로 진행

\* 치약·비누·화장품·섬유·세탁기 등 생활용품 : '06년 출시 나노제품 79건 중 59%

□ 국내 나노융합산업의 전망('15년 나노융합산업 3대 강국 도약)

- 세계 나노융합산업 시장 15% 점유(2,300억불 수준)
- 나노기술전문기업 500개, 글로벌 중핵기업 10개 육성
- 30개 이상 세계 최고 나노융합기술 및 혁신제품 창출
  - 기존 제품에 나노융합기술의 단순적용('09년 - '11년)
  - 기존기능을 나노융합기술로 완전대체('12년 - '14년)
  - 나노융합기술을 활용한 신시장 창출('15년 - '18년)



<나노융합산업발전전망>

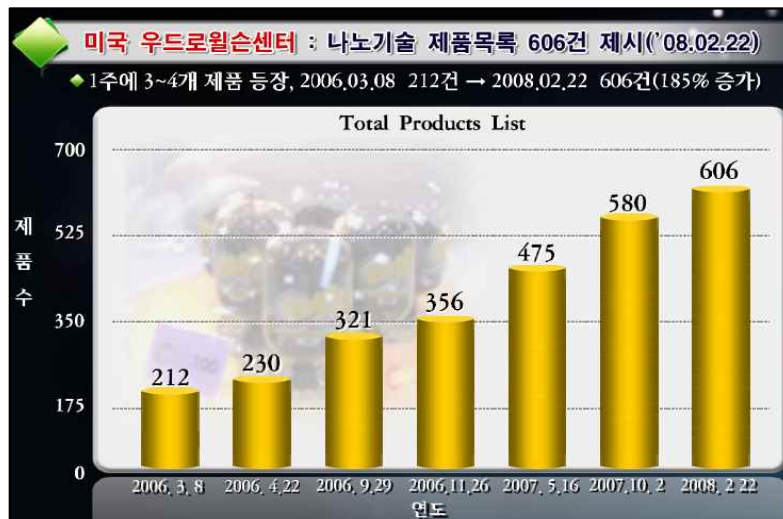
□ 최근 선진국들은 정부의 집중적인 투자와 민간의 참여확대 유도를 통해 나노기술의 산업융합에 의한 신시장 창출을 추진

□ 해외 각국의 나노기술 제품의 시장진출 급증 및 제품 수준의 고도화에 따른 주요국의 나노기술 산업화 촉진 활동 본격화

\* 나노기술 제품 중점부문 이동 : 수동형 나노구조체 → 능동형 나노 구조체 및 나노시스템

- **미 국** 나노기술 연구성과의 산업계 촉진을 위한 산업계연락그룹 (Industry Liaison group) 구성 및 나노랩의 기업 시제품 제작 지원 방침

- **EU** 나노기술 산업화 촉진을 위해 ① 산·학·연 연계, ② 산업계 EU 프로젝트 참여확대, ③ 나노기술 정보확산, ④ 표준제작, ⑤ 지적재산권 강화 등에 중점을 두고 정책 추진
- **일본** 산·학·관 연계 및 부(府)·성(省)연계 사업 추진에 중점을 두고 나노기술 산업화 추진
  - 나노기술·첨단부품실용화 연구개발(NEDO) : 기초·응용 단계부터 대학, 국가연구소, 기업 참가가 필수 조건
  - 異업종 · 異분야 연계 틀 마련 및 실용화에 중점
  - 혁신적 의약품·의료기기 창출을 위한 5개년 전략(문부과학성 · 후생노동성 · 경제산업성) : 벤처 기업의 육성, 임상연구·치료의 환경 정비, 심사 신속화 등 사업화 촉진시책 포괄 등



<The Project on Emerging Nanotechnologies>

- 해외 각국의 나노기술 제품의 지역별 제품수는 미국(327건)이 제일 많고, 동아시아(197건), 유럽(95건), 기타 33건으로 분포

□ 분야별 제품수는 건강/보건(369건), 가정용품(69건) 순으로 분포

□ 해외 제품화 사례는 전자, 화장품, 공기청정기, 의류 등 다양하게 분포

\* 아이팟 나노 낸드플래시(애플 컴퓨터), C60 화장품크림(Zelens), NanoBreeze 공기청정기 (NanoTwin technologies) 등



<해외 지역별 산업화된 제품수(2009년 국회 신성장산업 포럼)>



<해외의 산업화된 분야별 제품수(2009년 국회 신성장산업 포럼)>

## 2. 국내·외 정책동향

### 가. 국외 동향

□ 미국의 국가나노기술전략(NNI) 발표(2000.1) 이후 러시아, 대만 등 신흥 국에서도 국가차원의 나노기술전략을 수립하고, 정부 투자를 지속적으로 확대 중

○ **미국** NNI(National Nanotechnology Initiative)의 '09년 예산 청구

규모는 15억 2,700만 달러로 NNI 초기연도('01년)의 3.2배

- 총 누적 투자규모 : 100억 달러
- '00.1월 국가나노기술전략(NNI) 비전 제시 이래 '07.12월 4대 목표와 8대 프로그램으로 구성된 「NNI 전략계획」 발표
- 4대 목표는 ① 세계수준의 연구개발 프로그램 유지, ② 신기술의 제품화 촉진을 통한 산업화, ③ 교육 및 기반시설 구축, ④ 나노기술의 사회적 영향분석과 책임 완수
- 8대 프로그램은 5대 연구분야 및 3대 연구지원분야로 구성
- 5대 연구분야 : 나노 기초연구, 나노소재, 나노소자와 시스템, 장비·측정·표준, 나노제조
- 3대 연구지원분야 : 연구시설 및 장비 구축, 환경·건강·안전, 교육 및 사회적 문제

4대 목표	세부 전략 프로그램
① 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탐색연구지원: 기초연구, 시뮬레이션 장비개발</li> <li>- 연구진의 교류 촉진 : 산·학·연 연계, 기존센터 및 네트워크 활용</li> <li>- 국제공동연구 : 유학생 유치, 연구자의 미국방문 비자 문제 해결</li> </ul>
② 산업화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산·학·관 연구자의 상호활동 촉진을 위한 사용자 시설 설립</li> <li>- 과학재단 지원 나노공학센터의 필수조건은 산업계 파트너 확보 여부</li> <li>- 나노기술기업 지원 및 기술이전체계 구축</li> <li>- 표준화 작업 및 나노기술특허분류체계 수립</li> <li>- 나노제조센터 설립</li> </ul>
③ 교육 및 기반시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 계층에 나노기술 교육 전개</li> <li>- 공동연구시설 구축 및 정보 공개</li> <li>- 암 연구용 나노연구시설 구축 및 나노기술교육센터 설립</li> </ul>
④ 기술영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노소재의 인체유해성 연구 및 나노소재취급 안전지침서 발행</li> <li>- 나노기술에 대한 일반인의 태도 및 인식 조사</li> <li>- 나노기술사회센터 설립</li> </ul>

- **EU** 제7차 프레임워크프로그램(FP7, '07~'13, 전체예산 505.2억 유로)에서는 나노분야에 34.67억 유로를 투자 계획(제6차 프로그램(FP6, '02~'06)의 13억 유로보다 2배 이상 증액)
- 미국, 일본 등과 견주어 산업화 부분에서는 다소 미흡
- 나노기술의 산업계 확산을 위해 나노기술로드맵을 개발, 구체적인 산업과 나노기술과의 관계를 알리는 사업 전개
  - Nanoroadmap 사업('06.6月)은 10년 후 나노기술이 나노소재, 보건 및 의료시스템, 에너지 산업에 어떻게 응용될지를 전망
  - NanoRoadSME 사업('06.3月)은 중소기업의 나노기술 산업화 촉진을 목적으로 나노기술 적용가능 분야와 시장 전망 포함
- **일본** '09년도 나노기술 및 재료분야에 전년대비 1.8% 증가한 881억엔 투자계획(전체 과학기술예산은 0.02% 감소)
  - 나노기술·첨단부품실용화 연구개발(NEDO) : 기초·응용 단계부터 대학, 국가연구소, 기업 참가가 필수 조건
  - 異업종·異분야 연계 틀 마련 및 실용화에 중점
  - 혁신적 의약품·의료기기 창출을 위한 5개년 전략(문부과학성·후생노동성·경제산업성) : 벤처 기업의 육성, 임상연구·치료의 환경 정비, 심사 신속화 등 사업화 촉진시책포괄 등
- 「제 3기 과학기술기본계획('06~'10)」의 4대 중점분야의 하나로써 “나노기술·재료” 선정
  - 동 부문은 5대 연구분야 별로 총 29개 중요연구개발과제와 10개 전략 중점기술 선정
  - 추진전략으로 연구개발거점 형성, 학제연계인재양성, 도전적인 기초연구의 지원, 연구자금 배분제도의 재검토 등을 제시

<5대 연구분야 29개 중요 연구개발과제 주요내용>

5대 연구 분야	주요내용
① 나노전자	- 차세대 실리콘 기반 나노 전자공학기술 - 나노일렉트로닉스 부품소재의 저가격화 기술 - 환경에너지 나노 전자공학기술
② 나노재료	- 고효율 에너지 이용을 위한 혁신적 나노재료기술 - 희소자원·부족 자원대체 및 효율적 이용 기술 - 환경개선·보전을 위한 나노재료기술 - 세계를 리드할 전자기기를 위한 나노재료기술
③ 나노바이오· 생체재료	- 생체 구조·기능을 해명하는 분자 이미징 기술 - 생체에 우수한 고안전·고기능성 생체 디바이스 - 초미세가공기술을 이용한 의료 기기
④ 나노기술 추진기반	- 혁신적 나노계측·가공기술 - 물성·기능 발현 지향을 위한 시뮬레이션 기술 - 인재육성과 연구환경 조성
⑤ 나노물질과학	- 양자계산기술, 계면의 기능 해명·제어, 생체나노시스템 해명

- 민간 주도의 NBCI(나노비즈니스 추진협의회)\*에서는 나노기술산업화 전략을 수립·추진하면서 참여기업에게만 전략을 공개

\* '03.10월 히타치, 미츠비시상사 등 대기업, 중소 및 벤처기업 등 나노산업 관련 300여개의 기업들이 나노기술 실용화 목적으로 설립

- **러시아** 러시아 나노기술공사(Rusnano) 설립(2007.7) 및 50억 달러 지원, 나노기술개발계획안 승인(2008.1)
- '07.4월 대통령 발의로 「나노산업발전전략('08~'15)」 수립
  - '11년까지 산업화와 생산이 가능한 나노기술제품 개발, 나노기술의 지적재산권 확보 및 상업화 시스템 구축

- '15년까지 새로운 형태의 나노기술제품 생산을 확대할 수 있는 환경 조성, 세계 하이테크 시장으로 러시아 관련 기업들 진출
- 핵심 타겟 : 나노구조 및 나노기능성 재료, 의료용 나노소재, 환경용 나노소재, 에너지 및 그 절약을 위한 나노소재, 기계 분야의 나노소재, 나노전자와 나노광전자
- '07.12月 나노산업 진흥 전담기구인 「러시어나노기술공사」를 설립하여 R&D 과제 지원, 산업화 지원, 전문인력 양성 추진
  - \* 추진 예산 : '08~'15년간 40억불
- **대만** 나노기술 국가전략 1단계 계획(2003-2008, 6억 달러 지원) 추진 완료 및 2단계 계획(2009-2014, 7.2억 달러) 추진 예정
- 해외 각국의 나노기술 제품의 시장진출 급증 및 제품 수준의 고도화에 따른 주요국의 나노기술 산업화 촉진 활동 본격화
  - 나노기술 제품 중점부문 이동 : 수동형 나노구조체 → 능동형 나노구조체 및 나노시스템
  - **미 국** 나노기술 연구성과의 산업계 촉진을 위한 산업계 연락그룹 (Industry Liaison group) 구성 및 나노팸의 기업 시제품 제작 지원 방침
  - **E U** 나노기술 산업화 촉진을 위해 ① 산·학·연 연계, ② 산업계 EU 프로젝트 참여확대, ③ 나노기술 정보확산, ④ 표준 제작, ⑤ 지적재산권 강화 등에 중점을 두고 정책추진
  - **일 본** 산·학·관 연계 및 부(府)·성(省)연계 사업 추진에 중점을 두고 나노기술 산업화 추진



나. 국내 동향

- 나노기술의 단순응용(수동형)에서 나노특성을 직접 이용(시스템화)한 고부가가치 제품으로의 이진을 위한 선택과 집중
  - 기존 주력분야인 반도체, 소재, 공정·장비 외에 신성장 분야인 에너지·환경, 바이오메디컬을 포함 5대 분야 설정
  - 타겟 기술을 기술성숙도와 시장 수요도에 따라 4개 그룹으로 분류하여, R&D 지원 및 기타 정책수단 지원 방식 차별화

◇ 네트워크형 융합기술 연구개발 지원 - 사회적수요 해결을 위한 응용 범위 확대	↑ <b>기 술 수 준</b>	◇ 기업주도 중소기업형 연구개발 지원 - 시험검사/인증/표준/마케팅 패키지형 지원
◇ 탐색형 연구개발 지원 - 국내외 네트워크 확장에 의한 추세 대응		◇ 전략사업단형 연구개발 지원 - 국제 공동연구 및 Licensing in/out 활성화

**시장수요 →**

- 나노기술개발 성과의 조속한 산업화를 위해 산업계 수요중심의 나노융합산업 활성화 지원
  - 산·학·연 협력을 유도하면서 산업기술 R&D 및 수요기업에 대한 지원을 담당할 추진주체 정립
- 나노융합제품의 안전성·유해성 관련 국제 규제 대응 및 검증 시스템 구축 지원
  - 나노안전성 관련 기초·원천기술개발 지원강화
  - 선진국과 협력을 통해 안전성 및 유해성을 측정할 수 있는 시험 규격 및 검사 방법 확보
- 핵심 추진과제 : 시장선점을 위한 기술역량 확보
  - 나노기술 상용화를 위한 [나노융합 2.0] 프로젝트 추진

- 한계 돌파형 나노융합 기초원천기술개발
- 국내 나노융합산업은 산업계 수요보다는 연구자들의 기초연구 위주로 진행됨에 따라 산업발전 기여에 미흡
- 국내 민관 역할분담 방안
  - (정부) 신소재·나노융합기술개발을 위한 공공기반조성, 법·제도 개선, 육성전략 마련, 핵심원천기술 R&D, 협력네트워크 구축 등 성장기반 마련
    - \* 시장 진입 촉진을 위한 TEST BED 사업 등
  - (민간) 개발소재 상용화를 위한 투자확대, 신규인력 고용, 신소재·나노융합산업 미래수요예측 등 국가정책 발굴 제안

**< 민관 역할 분담 계획 >**

정부 측	민간 측
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 종합기획, 예산통계, 성과측정 등 정책기반 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 미래 수요산업 예측, 국가정책에 대한 의견 수렴</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· R&amp;D(응용 및 핵심원천기술) 투자 계획 수립</li> <li>· 원천기술개발 등 중장기 기반조성</li> <li>· 시장창출을 위한 공공수요 활용, 시범사업 및 인프라 확충과 사업발굴</li> <li>· 국제협력 사업 발굴 및 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시장 Needs 파악 및 로드맵·기술트리 발굴</li> <li>· 선진국 및 시장동향 파악 및 인력교류를 통한 선도 기술확보</li> <li>· 상용화 및 시장개척 등 사업화 추진</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 규제개혁·시장활성화 등을 위한 제도개선</li> <li>· 민간의 투자확대 유도를 위한 지원</li> <li>· 산(수요/생산)학연관 네트워크 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업확대를 통한 시설투자 및 일자리 창출</li> </ul>

□ 나노융합 스타 브랜드 육성

- 나노탄소융합소재 : 에너지, 환경, 전자·정보, 우주항공 등에 광범위하게 활용되어 국산화를 통해 소재분야 국제경쟁력 확보
  - 기능성 나노필름 : Flexible 디스플레이, 태양전지, 2차전지 등에 활용하여 신수요 창출 및 주거환경 및 도시 환경개선으로 인한 삶의 질 향상
  - 나노융합바이오머신 : 나노융합바이오 시스템개발을 통하여 초소형 감지기, 구동기 등 기존 시장을 대체하여 고수익 창출 가능
- \* 특히 나노융합기술 5대분야 위주로 기술추세 및 시장여건을 고려하여 타겟팅 전략 추진

<나노기술 5대 분야 및 향후 타겟팅 / 추진전략>

나노기술 5대분야	기술추세	타겟팅 전략
① 나노일렉트로닉스	새로운 나노소자의 대량생산, 3차원 다기능화, 초고속화 실현으로 첨단부품의 기술한계 극복	타기술과의 융합으로 아키텍처 창출형 제품개발로 신산업 창출
② 나노소재	나노원천소재의 단순응용 단계를 넘어 개별 나노구조체를 제어하여 기능을 극대화하는 단계로 발전	새로운 물성의 산업적 응용 과 산업적 수요에 부합하는 물성 개발
③ 나노공정 및 측정장비	연구·산업용 나노공정 장비에서 점차 인공지능형 공정장비 및 개인맞춤형 진단장비의 형태로 진화	최고 수준의 나노 공정·측정 장비 제작 기반과 표준화 구축 전략을 동시 진행
④ 에너지·환경	효율적 에너지 사용 및 무공해 시대를 주도하기 위한 에너지·환경 기술 한계 극복	효율적 에너지 이용을 위한 ES <sub>2</sub> 기술개발 및 환경 보전기술 개발
⑤ 바이오·메디컬	바이오기술과 융합하면서 개인맞춤형 의료시스템 및 생활소재 형태로 진화	고령화 사회에 부응하는 질병 진단·치료 분야와의 융합 전략과 수요지향적 생활나노소재 개발

## 제 2 장. 그간 나노융합산업의 성과 및 평가

### 1. 주요 성과(기술/산업/정책)

#### 가. 기술개발

##### 1) 나노기술연구 부문

- 지난 9년간의 나노기술 기초연구의 성과는 선진국 기술수준으로 급성장하고 있으며 “세계 3대 나노기술 선진국”을 목표로 기술경쟁력 확보에 노력
  - 기초연구 지원은 제1기 나노기술종합발전계획(‘01~’05)과 제2기 나노기술종합발전계획(‘06~’10)의 지원에 의해 글로벌 경쟁력 확보하는 데 결정적인 역할 제공
    - 나노분야 SCI 논문 : ‘01년 408편 ⇒ ‘04년 1,128편 ⇒ ‘08년 2,639편 (‘01년 세계 8위에서 ‘04년 세계 4위 진입, ‘08년 세계 4위 유지)
    - 국내 나노기술 지원관련 대형인프라는 지역적인 균형배치와 연구분야별 서비스영역을 차별화하여 구축·운영 中
    - 나노기술연구는 ‘프론티어 연구개발사업단’의 연구성과를 비롯하여 많은 나노기술저변확대가 이루어졌음.

사업단	사업기간	예산	주요개발성과
테라급나노소자 개발사업단	2000~2010 (10년)	1,400억 (국비 900억)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40나노 32기가 낸드플래시 핵심 기반 기술 개발</li> <li>• 세계최고속 15 nm NANO HEMT(fT=610GHz) 개발</li> <li>• 나노튜브로 제조된 투명하고 유연한 트랜지스터 개발</li> <li>• 테라급 광연결 플랫폼 기술 개발</li> </ul>
나노소재기술 개발사업단	2002~2012 (10년)	1,131억 (국비 898억)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고강도 세라믹 나노복합재료 기술 개발</li> <li>• 강자성 코발트실리콘 나노선 합성법 최초 개발</li> <li>• 고효율 광원용 전계방출 나노소재</li> <li>• 정보 저장 광고분자 나노소재 개발</li> </ul>
나노메카트로닉스 기술개발사업단	2002~2012 (10년)	1,286억 (국비 1,000억)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sub-50 nm급 ReRAM 개발</li> <li>• 30 nm급 금속나노스탬프 제작기술 확보</li> <li>• 6인치 웨이퍼급의 Overlay 정밀도 25nm 구현 및 2 nm급 2축 나노스테이지 기술개발</li> </ul>

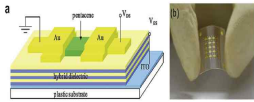
- 나노기술은 미래신성장동력의 기반기술로서 기술저변확대를 통한 다양한 산업적응용이 기대되므로 기술교육을 습득한 인력의 전문성이 매우 중요
  - 기술의 저변확대를 위한 지속적인 홍보와 연구개발을 통한 적용사례 발굴 등에 핵심은 나노인력이므로 이에 대한 지속적인 프로그램 개발 및 지원 요구
  - 대학의 나노기술학과는 '08年 59개로 지속적으로 증가추세, 나노기술학과 추이 : 3개('01年) → 43개('06年) → 59개('08年), 총 재학생수 7,015명(학부 : 5,802, 석사 : 884, 박사 : 329명)

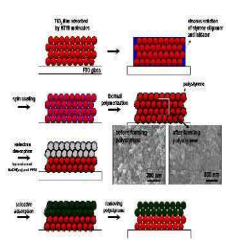
## 2) 융합기술연구 부문

- 산·학·연·관이 융합기술연구에 투자를 시작하고 있으나 체계적이고 조직적인 정책지원 및 연구는 최근에 필요성이 인식되고 있는 실정
  - 7개 부처를 중심으로 융합기술개발 관련 육성정책이 추진되고 있으나, 범부처적인 협의 및 조정이 필요한 실정
  - '08年 융합분야 R&D 예산(인력부문포함) 규모 : 약 9,680억원(정부 R&D예산의 8.74% 수준)
- 선진국 대비 우리나라 기술은 50%~80% 수준이지만, 나노기술과의 시너지효과로 급속하게 성장을 기대
  - 융합분야 SCI 논문 : 전체적으로 세계 10위권 유지, '01~'07년간 융합기술 관련 SCI 게재 논문 86,154편 중 우리나라 2,651편으로 3.1% 점유(10위)
- 정부에서도 융합기술 발전을 위한 계획의 필요성을 인식하고 체계적인 추진을 위하여 '08년에 “국가융합기술발전 기본계획” 수립완료
  - 차세대 NT, BT, IT, ET 등 6T 기술간 또는 타 기술 분야와의 협력을 통한 원천융합기술 수준 향상을 위한 기술경쟁력 확보, 미래주도형 융합 신산업 창출을 위한 목표 설정
  - \* 신성장동력 및 녹색성장 추진을 통한 글로벌 경쟁력을 확보하고 국가융합기술개발사업의 중장기적인 지원체제의 수립을 통한 기획, 평가, 예산배분 등 실천전략으로 활용

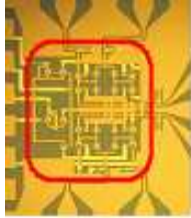
나. 분야별 주요 연구개발 성과


□ 나노소재 · 환경 · 에너지 분야

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 플라스틱 전자소자용 유기-무기 복합 나노라미네이트 박막 개발(한양대학교/ 성명모)</li> <li>- MLD-ALD 기술을 이용하여 저온에서 제조한 고품질의 유기-무기 나노라미네이트 복합 박막을 제조. 플라스틱 전자소자 제작에 활용가능.</li> <li>※ 「Organic Electronics」誌 게재 ('08. 10)</li> </ul>
---	---

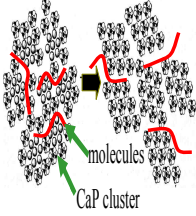
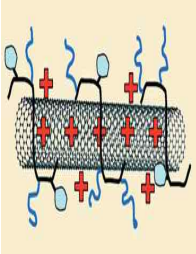
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 염료감응 태양전지 핵심소재 및 공정기술 개발(한국과학기술연구원/박남규)</li> <li>- 다양한 흡수파장을 가지는 염료들을 하나의 광전극에 흡착하는 기술을 개발. 광파장 흡수 염료감응형 태양전지 원천기술 확보</li> <li>※ (주)동진세미켄에 28억원에 기술이전 ((주)MMT, '08.7)</li> </ul>
--	---

□ 나노소자분야

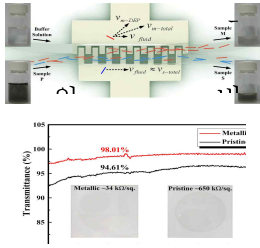
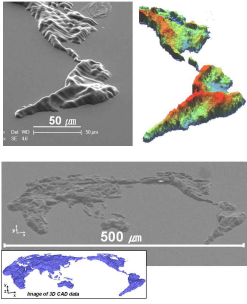
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계최초 양자 효과 소자를 이용한 통신시스템용 초고속 IC 원천기술 개발(한국과학기술원/양경훈)</li> <li>- 공명터널다이오드(RTD)를 이용하여 40Gb/s급 저전력/초고속 멀티플렉서 집적회로 원천기술개발</li> <li>※ IEEE 국제컨퍼런스에 발표('08.8) 및 NANO KOREA 2008 교육과학기술부 장관상 수상</li> </ul>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 그래핀 대면적 합성법 첫 개발(성균관대학교/홍병희)</li> <li>- 반도체 공정에 적용 가능한 지름 10cm 크기의 대면적 그래핀 합성기술과 이를 이용해 회로 등을 구성하는 패터닝 기술을 세계 최초 개발</li> <li>※ 「Nature」誌 게재 ('09. 1)</li> </ul>
---	--

□ 나노바이오분야

	<p>○ 골융합을 촉진/유도하는 생체나노박막 개발(연세대학교/이인섭)</p> <p>- 기존 임플란트의 표면 특성을 유지하면서, 다양한 생리활성 물질과 나노복합체를 형성할 수 있는 나노구조의 인산칼슘 박막을 세계 최초 개발</p> <p>※ 「Biomaterials」誌 게재 ('08.5)</p>
	<p>○ 약물운송을 위한 코팅기술 개발(광주과학기술원/전상용)</p> <p>- 표적세포에 효과적으로 약물을 운송할 수 있는 탄소나노튜브 특수 코팅기술 개발. 탄소나노튜브가 응집되지 않고 혈액 내에서 일정시간 동안 분산 상태를 유지</p> <p>※ 「Biomaterials」誌 게재 ('08.5)</p>

□ 나노공정 · 장비분야

	<p>○ 탄소나노튜브 고순도 대량 분리 기술 개발 (한국기계연구원/한창수)</p> <p>- 금속 및 반도체 성분의 탄소나노튜브를 동시에 고순도 대량 분리하는 원천기술을 세계 최초로 개발</p> <p>※ 「Nano Letters」誌 게재 ('08.10)</p>
	<p>○ 대면적 3차원 형상 제작기술 개발(한국과학기술원/양동열)</p> <p>- 800 × 800 μm 영역 (기존기술대비 20배 개선)의 3차원 입체 형상 제작을 위한 대면적 나노스테레오리소 그래피 공정을 개발함. 폴리머, 세라믹, 금속 등 다양한 재료의 응용소재 개발에 적용 가능함.</p> <p>※ 「Applied Physics A」誌 게재 ('08. 6)</p>

\* 자료 : '09년 나노기술발전시행계획

## 다. 나노기술의 산업화

### 1) 나노기술의 산업화

□ 나노융합산업은 나노기술과 융합기술을 바탕으로 한 산업적 육성정책이 매우 중요한 실천과제

- 연구개발은 대학 및 연구소 중심이었으나 산업화는 수요발생에 의해 기업이 주도적으로 산업화 기술개발을 추진 중
  - 바이오칩/랩온어칩(삼성전자), 바이오인포메틱스(LG화학) 등
  - NT-IT, NT-BT, NT-ET 등 수요중심의 시장이 확대되고 있어 산업화 촉진을 유도하고 있음.

□ 나노소재, 나노일렉트로닉스, 나노측정장비, 바이오나노 등 나노기술산업화는 시장이 우선적으로 확대되는 기술과 분야를 중심으로 제품이 출시

#### ① 나노소재

- 다양한 소재분야에서 실용화에 진입하였고, 탄소나노튜브 등은 연구개발의 상용화를 위한 국제적 경쟁력 확보
  - CNT, 은나노, 광촉매 등은 생활용품(화장품, 주방용품 등), 환경관련 제품, 바이오 분야 등 다양한 분야로 확대 추세

#### ② 나노일렉트로닉스

- 데이터 저장의 고용량화, 처리의 고속화에 따라 첨단 나노공정이 뒷받침된 고용량 메모리 제품들이 지속적으로 출시
  - 삼성전자의 64G NAND Flash, 잉크테크의 RFID Tag 등
- 또한, 일반 조명보다 친환경·고효율의 성능을 낼 수 있는 CNT-기반 면광원 시제품 출시 예정(나노퍼시픽)
  - CNT-기반 면광원(무수은, 고효율) : 지경부 에너지기술개발사업 2단계 성과



### ③ 나노 측정·장비

- 소재분야와 함께 측정·장비 분야의 동반 발전
  - 엔앤디 : 나노임프린팅장비, 엠포시스 : 원자현미경 등
- 반도체 및 디스플레이 산업의 고도화 및 원가절감 압박 등 신기술 수요의 급증과 함께 관련 장비산업의 지속 성장

### ④ 나노바이오

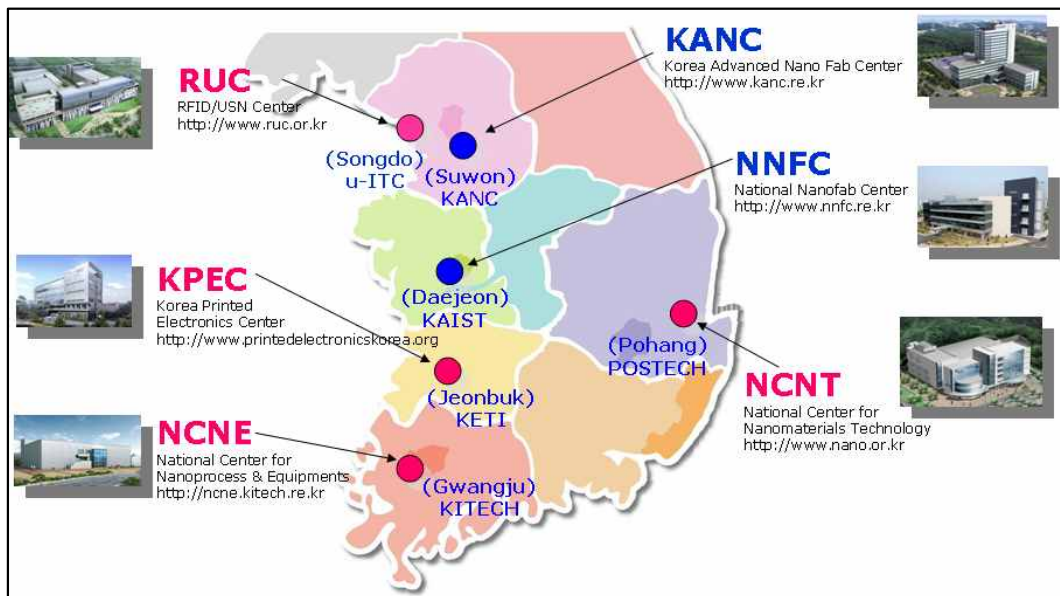
- 최근 진단용 DNA칩 및 혈액을 이용한 진단기, 뼈이식재, 항염제 등 나노바이오 융합제품의 상용화 활발
  - 삼성종합기술원 : 혈액검사기, 마크로젠 : 진단용 DNA칩
- 향후 환경·에너지 분야와 함께 시장이 급속도로 확대될 전망

## 2) 융합기술의 산업화

- 나노기술 및 융합기술 등 정부의 체계적인 투자는 기초 R&D 성과와 인프라 확충에 어느 정도 기여했으나, 연구분야의 다양화와 산업화 연계 노력은 부진
  - 대학, 출연(연)을 중심으로 연구개발을 적극 추진 중이나, 다학제적 협력연구체제가 취약하고 기업들의 투자와 참여가 부진
- 나노융합산업은 나노기술을 기반으로 한 타 분야 기술과의 융합에 의해 신산업의 창출이 가능한 첨단기술의 산업화 분야
  - 기존사업의 고도화를 통한 융합신기술 개발을 위하여 기존사업에 NT, BT, IT, ET 등의 신기술을 접목하여 고부가가치 실현
    - 나노바이오반도체칩, 그린카, 유비쿼터스 융복합시스템 등 나노융합산업화 제품개발 활성화

### 3) 산업화 지원 인프라 구축

- 국내 나노기술 관련 대형 인프라는 지역적인 균형 배치와 연구분야별 서비스영역을 차별화하여 구축·운영 중에 있으며, 구축 기간 종료 후에는 산업화를 위한 인프라로서 활용
  - 교육과학기술부는 나노종합팹센터(대전)와 나노소자특화팹센터(수원), 지식경제부는 나노기술집적센터 3개(포항, 전주, 광주) 및 과거 정보통신부에서 설립한 RFID/USN센터(송도)를 이관 받아 운영 중에 있으며, 산업화를 위한 준비를 착실하게 추진 중에 있음
  - 6개 나노융합관련 인프라는 2002년 구축사업 추진이래 총사업비 10,366억원(정부 : 4,930억원, 민간 : 5,436억원)을 투자하여 성공적인 구축이 진행 중에 있으며 현재 1개 센터 구축완료, 5개 센터 인프라 구축 85% 완성



<나노융합 연구개발 및 산업화지원 인프라>

## 라. 정책지원

### 1) 나노기술 부문

- 미국의 NNI 발표이후 우리나라도 선진국 기술에 가장 근접하고 글로벌 경쟁이 가능한 분야의 하나로 나노기술을 선정하여 지난 9년 간 꾸준한 정책적인 지원 실시
  - 나노기술의 발전을 위한 정책은 연구개발, 교육, 인프라 등 나노기반 조성 3大 핵심사업을 중심으로 추진
    - 지속적인 투자 : '01年 1,052억원 ⇒ '04年 2,480억원 ⇒ '08年 2,766억원 ('09年 2,598억원 전년도 대비 6.1% 감소하였으나 연구개발에 2,296억원(88.4%), 인프라에 112억원(4.3%) 인력양성에 190억원(7.3%) 투자예정
    - '09년도는 인프라투자 부분이 완성단계에 있어 '08年 투자 412억원에서 '09年 112억원으로 투자감소가 있었으나, 연구개발 및 인력양성은 실질 투자액 증가

### 2) 융합기술 부문

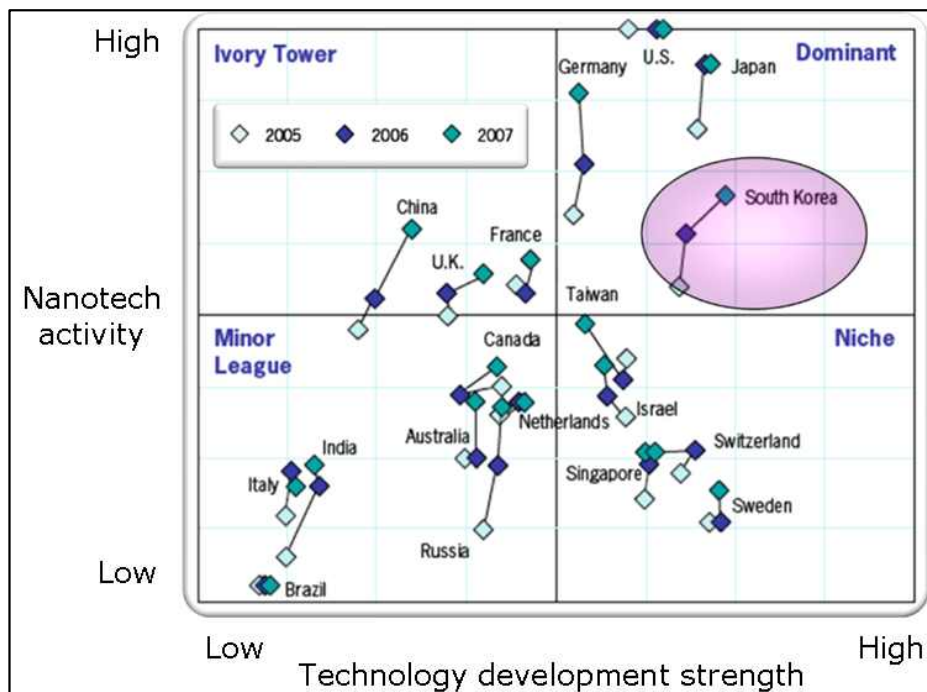
- '08년 융합기술의 체계적인 발전을 유도하기 위하여 “국가융합기술 기본계획('09~'13年)”이 수립되었으며, 6T기술 및 신기술과의 결합을 통한 융합기술의 체계적인 기본계획 수립 및 지원 실시
  - 국가융합기술 발전 기본방침에 의거 종합적이고 체계적으로 융합기술의 육성 및 중장기 전략 차원에서 기본계획을 수립하여 실천예정
    - '07年 선진국 대비 50%~80%인 원천융합기술 수준을 '13년에는 70%~90%로 향상하며, 제조업 수출액 중 첨단기술제품 비중을 '08年 8위에서 '13年 5위 달성을 통한 미래주도형 융합 신산업 창출을 도모

### 3) 나노융합산업 부문

- 나노융합산업은 나노기술과 융합기술을 바탕으로 한 산업적 육성정책

이 매우 중요한 실천과제의 하나이므로 “나노융합산업 발전전략”을 수립하여 첨단기술의 산업화 실현을 통한 국가 경제성장 및 글로벌 원천 기술 산업화

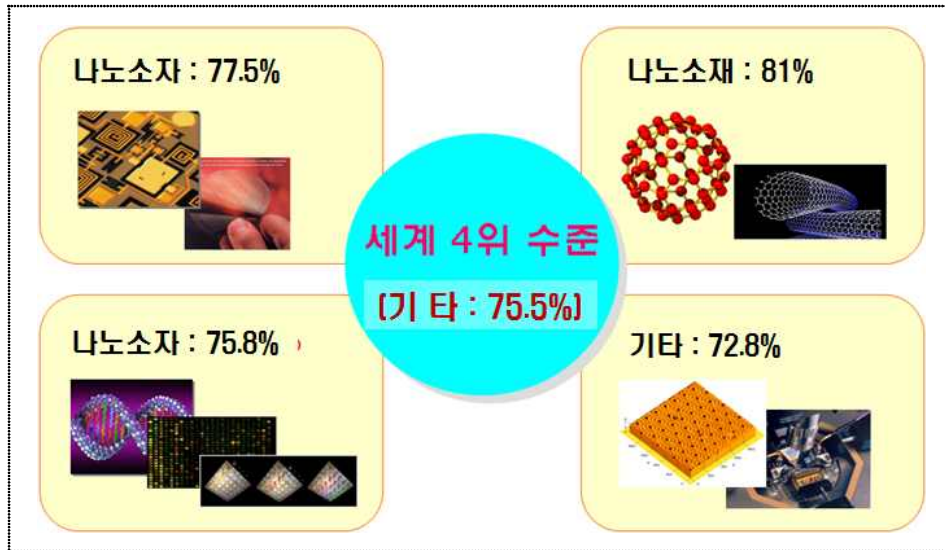
- 현재 우리나라는 나노기술분야에 있어서 기술경쟁력은 세계 4위로써, 세계화 기술에 대한 투자, 기술력, 기술개발능력이 우수하다고 평가



<나노기술분야 글로벌 기술경쟁력 우위선점>

\* 자료 : Lux Research

- 글로벌 기술경쟁력 확보는 세계시장 선점에 있어서 매우 중요한 기반이 되며, 각 기술영역에서 그 동안 투자 대비 실적이 매우 우수함.
- 정책적 성과로서는 나노소자, 나노소재, 나노바이오, 공정/장비 국제 기술경쟁력 세계 4위 달성
- 나노기술 글로벌수준 : 선진국(미국=100) 대비 75.5% 수준으로 국가경쟁력 성장(나노소자 77.5%, 나노소재 81%, 나노바이오 75.8% 등)



<정책적 성과 : 2008年 기준 세계 4위 나노기술력>

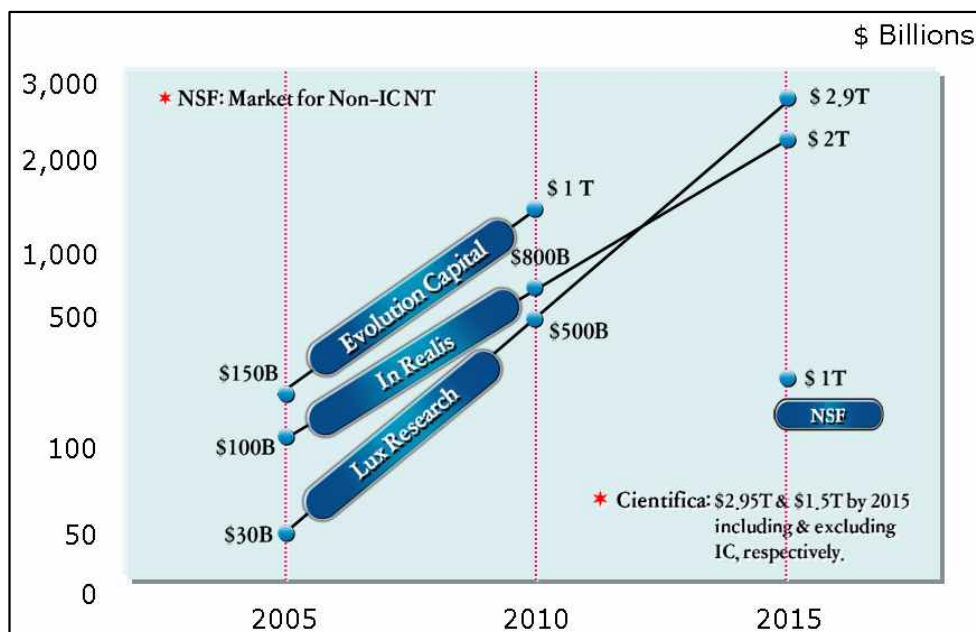
- 국가 연구개발사업을 통해 개발된 나노융합 신기술의 산업화 후속연구 지원강화, 수용지향성 연구지원 추진
  - 우선 산업화가 가능한 나노융합기술 R&D 성과를 중심으로 비즈니스 모델 창출 및 성능평가 검증 기반조성 강화
  - 기초연구성과 중에서 나노융합 산업화에 적합한 기술을 발굴하여 시제품 수준의 제작 및 지원을 통한 조기 수요시장 선점

## 2. 미비점 및 향후 보완과제

### 가. 연구개발의 산업화

- 나노기술의 투자규모 및 연구개발 내용은 매우 다양한 성과를 얻고 있지만, 투자액 대비 기술의 산업화는 아직 부족한 실정
  - 나노기술의 기술적인 특징은 기반기술로써 직접적인 산업화를 추진하는 것은 기술적인 한계와 수요시장의 미개척 등이 있지만, 나노융합기술의 산업화는 수용지향성 기술개발, 개발기술의 상용화 등을 지원한다면 단기간에 성과를 얻는 것이 가능함

- 정부의 주도적인 지원에 의해 민간도 연구개발 지원의 성과를 바탕으로 산업화가 가능한 기술에 대한 관심을 갖기 시작하였으며, 신성장동력 및 녹색성장 정책을 중심으로 나노융합기술의 산업화 추진한다면 우수한 성과를 얻는 것이 가능
- 그러나 주요국들의 산업기술개발과 상용화 노력에 비해 우리는 체계적 산업화 전략 수립과 추진동력 확보 노력 미흡
  - 미국 : '07.12월 NNI 전략계획 발표, 민간 투자 활성화 유도
  - 일본 : 과학기술계획 4대 중점분야의 하나, 민간주도 나노기술산업화 전략
  - 러시아 : 나노공사 설립 및 적극적 산업화 지원 (예산 : '08~15년 40억불)
- 그러나 나노기술 기술경쟁력 세계 4위를 바탕으로 산업화를 통한 도약을 시도할 시점이 도래하고 있어 세계시장은 급속도로 확대되고 있음
  - Lux Research는 '15년 세계시장을 \$2.9조불로 예상



<세계 나노기술 시장전망>

#### 나. 산업화중심 지원전략

- 나노융합기술의 특징은 특정기술을 이용한 산업화가 어렵고 산학연이 협력하여 제품화를 위한 나노융합형태의 산업화 추진 요구
  - 과거의 기술개발이나 산업화는 제조, 생산 등 실질적인 산업적 측면은 모두 기업의 역할로 간주되었으나, 나노융합산업은 산학연이 협력하여 산업화를 추진하지 않으면 달성하기 어려운 신산업분야의 하나
- 연구개발을 통한 기술의 산업화는 산학연 공동협력 산업화기술 개발 사업의 추진이 필요하며, 지속적인 산업화 요구는 연구개발 성과를 산업화로 연결하는 촉진제 역할을 하여 제품화를 앞당기는 역할이 가능함
  - 시장수요에 대응하는 산업화는 수용지향성 연구개발의 추진이 요구되며, 산업화를 위한 지원전략 수립이 매우 중요함

#### 다. 민간주도형 투자

- 정부투자는 정책적인 연구개발, 인프라확충, 인력양성 등에 집중해 왔으나 나노융합기술의 산업화를 위해서는 민간투자 활성화를 통한 시장 기반 조성이 매우 중요함
  - 나노융합분야 벤처기업의 육성지원, 산업단지 집적화 추진, 나노융합분야 투자활성화를 위한 글로벌 나노융합화 추진
    - 국내외 기업간 투자 활성화 지원을 위한 '글로벌 M&A 데스크'를 통해 선진 나노기업의 국내투자 지원 및 유치

#### 라. 글로벌 경쟁력 확보

- 나노융합산업 선진 10개국을 중심으로 기술경쟁력을 확보하기 위한 대응전략을 수립하고 기술 경쟁력 세계 4위에서 나노융합산업화, 제품화를 통한 시장선점 수출 세계 4위의 달성 추진
  - 나노융합산업은 선진국형 산업구조에 가장 근접한 기술경쟁력 확보 분야로써 글로벌 산업화 경쟁력 확보를 지속적으로 추진할 필요성이 있음.

- 나노융합 제품화를 통한 선진 10개국의 경쟁 속에서 글로벌 산업선진국으로 성장하는 전략수립 및 지원



<글로벌 나노융합산업 선진국>

### 3. 나노융합산업발전전략 수립 배경

#### 가. 산업 패러다임의 변화

- '05.12月 정부는 제2기 나노기술종합발전 계획('06~'15)을 발표하고 「2015년 나노기술 선진 3대국 기술경쟁력 확보」라는 비전 제시
  - \* 제1기 나노기술종합발전 계획('01~'05)은 5개년 계획으로 '01.7월 수립
  - '01~'08년간 우리 정부는 1.9조원\*을 투입
    - \* R&D 1.3조원(71%), 인프라 4,415억원(23%), 인력양성 1,012억원(5%)
  - 나노소재 및 나노공정장비, 나노일렉트로닉스(반도체 중심) 등의 분야에서 일부 산업화 성과가 있으나 본격적 산업화는 지연
  - 미국, 일본, 러시아 등에서는 나노융합산업기술개발과 상용화에 국가적 노력을 경주하는 반면, 우리는 체계적 산업화 전략 수립과 추진동력 확보에 대한 노력이 미흡



- 기술 융복합화에 의한 신산업 창출, 지구적 환경변화에 대응할 녹색기술의 필요성에 따라 나노융합기술의 중요성 부각
  - 나노기술은 에너지, 환경, 바이오, 정보통신 등의 분야와 융합(나노융합산업)을 통한 신성장 동력 확충뿐만 아니라 녹색성장, 삶의 질 향상의 기반
    - 신성장동력 확충을 위한 신산업 창출 : 아키텍처 창출형 나노제품 개발
    - 녹색성장 : ES2(Energy saving & storage), 희소자원 대체, 환경보전 기술
    - 삶의 질 향상 : 나노바이오 진단·치료·극한분석 기술, 나노바이오 생활소재
  - '15년 약 3조 달러(연평균 20% 성장)로 예상되는 세계 나노융합 시장의 선점을 위한 선제적 산업육성 전략 수립 및 추진 필요

#### 나. 국외 산업화 현황

- 국외 산업화사례 제품은 매우 다양한 산업영역으로 확대되고 있으며, 의류, 전자제품, 화장품, 스포츠 등 우리의 일상가까이와 있음을 알 수 있음.
  - 미국 우드로윌슨센터의 자료에 의하면 '08년 국외 나노기술 제품목록은 606건으로 제시된 바 있으며, 1주에 3~4개의 제품이 등장하며, '06년 212건에서 '08년 606건으로 제품화가 가속화되고 있음
    - 국외 산업화제품은 미국이 327건 동아시아 149건, 유럽 95건, 기타 33건 등이 있으며, 분야별로는 건강/보건 369건, 가정용품 69건, 전자/컴퓨터 51건, 음식/음료 68건, 크로스커팅 45건 등이 있음
  - 대표적인 제품으로는 주름방지 의류, 나노크림, 나노기능 선글라스, 나노기술 DVD도서, 초경량 고강도 드라이버, 나노제약품, 초소수성 스프레이, CNT 배트, 나노공기청정기 등 매우 다양한 시장이 개척되고 있음.



<국외 산업화 사례>

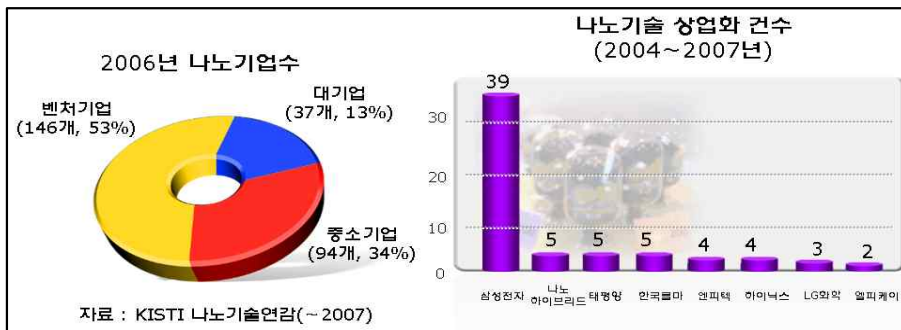
- 2001년 나노기술의 연구개발과 투자를 시작으로 2006년부터는 초기연구 단계를 벗어나 민간기업 중심의 산업화에 많은 노력을 경주하고 있음.
- 미국, EU, 일본 등은 산업화 기업이 늘어나고 있으며, 산업화제품에도 많은 상품이 수요중심의 공급이 시작되고 있음
- 국외 산업화 대표기업으로는 우리가 잘 알고 있는 글로벌 기업 중에 많은 기업이 미래산업과 기술선점을 통하여 시장개척을 시도하고 있음



<국외 산업화 대표기업>

다. 국내 산업화 현황

- 나노기술은 IT에 이어 차세대 국가경쟁력 확보의 핵심이자 대부분의 산업에 적용되는 다목적기술로서 기존산업의 기술혁신, 신산업창출의 근간
  - 향후 10년 이내에 나노기술과 융합기술이 적용된 제품과 산업규모가 급속히 성장할 것으로 전망되는 나노융합기술 산업 및 시장 선점 필요
  - '15년 나노기술 산업규모 : 2.9조\$(Lux Research 예측)
- 정부의 “나노기술산업화전략” 계획수립(2001.6)과 '06.10월 수립된 “나노기반전략기술”을 토대로 '15년 나노융합시장 선점을 위한 종합적이고 체계적인 “나노융합산업발전전략” 수립이 필요
  - 전략적 추진을 통해 정부정책 발굴 및 연구개발의 투자 효율성을 높이고, 나노융합기술의 조기 산업화 촉진
- 나노기술분야 1.9조원을 투입한 결과로 나노소재, 나노일렉트로닉스, 나노측정분석, 나노바이오 등의 분야에서 산업화가 진행
  - 나노융합기술분야 중에서 산업화 가능성이 높은 분야를 중심으로 지속적인 지원에 의해 상용화 제품 출시
- 국내 산업화사례 제품은 아직 초보적인 단계이며, 시장수요가 작아 산업화 속도가 매우 느리지만, 나노융합시장의 확대가 예상되는 '15년에는 30개 대표기술을 중심으로 산업화 성과를 얻을 수 있을 것으로 기대



<국내 나노기업수 및 상업화 건수>

- 국내 산업화 기업은 '01년 78개에서 '06년 274개로 기업 수가 증가되고 있으며, '04~'07년 나노기술의 상업화는 67건이 있음.
- 국내 산업화 사례 제품은 나노소재, 나노소자, 나노섬유 등에서 실질적인 산업화가 진행되었으며, 현재 나노융합기술을 적용한 신기술의 제품화가 이루어지고 있음.

• 나노소재	• 나노소자	• 나노섬유
 CMT 리튬 가공기 부품 : 대원공업 등 (2006)  고급 나노코팅, 알칼리 : 아이앤에이 (2005)	 CMT 전극의 LED : 압나노시스 (2008)	 다기능 나노 섬유 : 유관영일 (2005)
 다공성 나노소재 : 이비엔 (2005)  반사막 : 두산인자 (2006)  나노 입자 : SILC (2006)	 30nm GIG(AVD) 칩 : 삼성전자 (2007)  RFID Tag : 영코테크 (2007)	 나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 이온PT (2005)
 CMT 필름 스프레이 : 압나노시스 (2007)  나노 리튬이온 2차전지 : 니코본 (2006)  경도상 나노입자 : 연아케이 (2006)	 SAIT KIT : 삼성전자 (2009)  CMT 전극판 : 압나노시스 (2006)	 다기능 나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 유니콤 (2005)  나노 섬유 : 연안 (2005)

<국내 산업화 사례 : 나노소재, 나노소자, 나노섬유>

• 나노바이오	• 생활용품	• 나노의약품
 입술링 : 영코테크 (2007)  나노 섬유 : 이비엔 (2005)	 온나노 드럼세탁기 : 삼성전자 (2009)  온나노 필터 : 유진 (2005)	 나노 의약품 : 연안 (2005)  나노 의약품 : 연안 (2005)
 나노 섬유 : 김하스 (2006)  나노 섬유 : 이비엔 (2005)  나노 섬유 : 이비엔 (2005)	 나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 연안 (2005)	 나노 의약품 : 연안 (2005)  나노 의약품 : 연안 (2005)
 나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 연안 (2005)	 나노 섬유 : 연안 (2005)  나노 섬유 : 연안 (2005)	 나노 의약품 : 연안 (2005)  나노 의약품 : 연안 (2005)

<국내 산업화 사례 : 나노바이오, 생활용품, 나노의약품>

\* 자료 : 나노융합산업 발전전략

## 라. 국내외 산업화 대응

- 2015년까지 나노산업 3대 강국 실현으로 세계 7위 경제국 도약 및 지속가능한 발전을 위한 융합산업기반구축을 위하여 나노융합산업화가 매우 시급함.
- 치열한 국제 경쟁 속에서 시장 및 기술선점을 위하여 산업패러다임 변화에 대처하고 지속적인 정책추진, 전략실천 등 선진국형 산업구조를 시스템으로 갖추는 것이 중요
  - 연구개발, 인프라, 교육을 바탕으로 산업화를 추가하여 나노융합산업 선진국으로 도약하기 위한 기반마련
- 국가 나노융합산업의 중장기적인 비전과 전략의 실천을 통한 녹색성장을 주도하고 경제의 지속성장 가능성에 대한 목표달성 추진
  - '10년 나노융합산업기술 시행계획 수립 : 발전전략을 실천하기 위한 예산, 시스템, 전략주체 등에 대한 구체적인 사업 추진
  - '10년 국가융합기술발전 시행계획 수립 : 국가융합기술 기본계획의 목표달성을 위한 산학연관 공동추진 시행계획 수립 및 실천
  - '10년 나노융합산업화 실천전략 수립 : 연구개발 중심의 나노융합산업의 패러다임전환을 모색하고 산업화를 통한 가시적인 성공사업 추진
  - '10년 제3기 나노기술종합발전계획 수립 : 지난 10년간의 투자 평가 및 미래 10년간의 나노기술분야 종합평가, 계획 수립 실시

## 4. 국내 나노융합산업의 당면 과제

### 가. 종합 지원체제 구축

- 나노융합산업의 산학연 협력강화의 추진주체로서 “나노융합산업기술센터”설립하고 이를 통한 추진조직을 중심으로 종합 지원체제를 구축하여 효과적으로 산업화 추진을 선도
- “나노융합산업기술센터”는 나노융합산업연구조합, 나노기술연구협의회

등과 연계하여 산·학·연 협력사업을 추진하고, 나노융합기술의 산업화, 연구성과 확산, 마케팅지원, 기술개발 등 종합적인 사업 추진

- “나노융합산업기술센터”는 H/W 보다는 S/W적 지원에 중점을 두고 나노융합기술의 산업화를 위한 기능 수행을 목표로 추진

□ 나노융합산업이 추진주체인 “나노융합산업기술센터” 나노융합산업 핵심 7대 당면과제의 실천하고 세부추진과제를 달성하는 데 노력 경주

- ① 연구개발 산업화, ② 세계시장 선점, ③ 글로벌 경쟁력확보, ④ 산학연 연계협력, ⑤ 인프라 활용, ⑥ 체계적인 교육



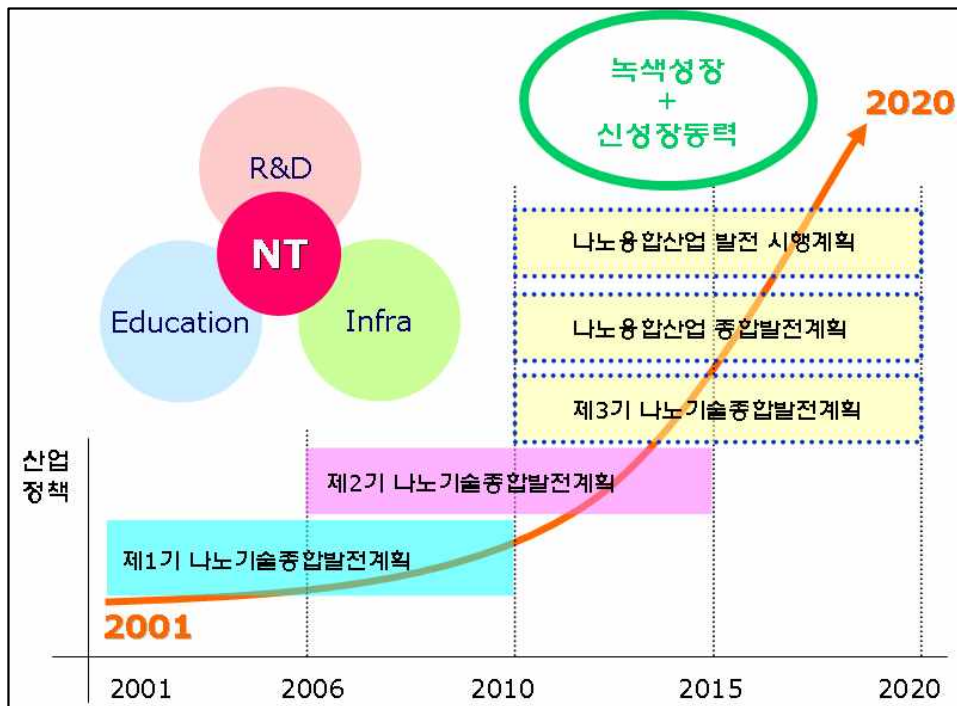
<나노융합산업 핵심 6대 당면과제>

□ 나노융합산업 당면과제 달성을 위한 세부추진과제는 종합적인 발전전략에 의거 나노융합산업 발전을 위한 실천사업 중심으로 추진

- 나노융합산업의 육성 및 기술의 산업화 촉진을 위한 세부추진과제를 선정하고 체계적인 지원과 추진주체에 의한 지속적인 관리 실시

- ① 나노융합산업 기술·시장 청사진 도출
- ② 나노분야 중간조직 활성화 방안 도출
- ③ 세계시장 주도권 확보를 위한 나노기술 표준화 로드맵 수정·보완
- ④ 나노융합제품 민간인증제 도입 방안

- ⑤ 나노산업 정보 인프라 구축
- ⑥ 나노융합 분야 新성장동력 펀드 활용 방안
- ⑦ 나노융합산업관련 국제협력 활성화 방안 제시
- ⑧ 나노융합산업의 집적화를 위한 나노산업단지 조성 방안 도출



<나노융합산업 종합발전전략>

### 1) 연구개발 산업화

- 나노융합산업은 연구개발의 성과를 제품화까지 지원하는 산업화를 목적으로 추진하는 것이 나노융합산업분야에 있어서 선진국형 산업구조를 만들 수 있는 기반
  - 연구개발을 통한 개발기술의 산업화는 수요지향성 기술개발, 개발기술의 제품화, 시장성을 감안한 산업화, 지속성장 가능제품의 발굴 등 시장중심, 산업중심의 추진이 매우 중요한 발전전략의 하나
  - 수요지향성 기술개발을 추진하고 민간투자를 활성화 할 수 있도록 정책적인 지원과 제도적인 뒷받침을 구축하며, 중장기적으로 나노융합산업화를 촉진하는 시스템을 구축

- 산업화추진의 핵심은 기술의 제품화와 동시에 나노융합 전문기업의 육성, 글로벌 경쟁력을 갖춘 중핵기업 육성사업도 동시 진행을 추진

### 1) 세계시장 선점

- 나노융합기술은 나노기술 70여개 투자국에서 가장 먼저 수요발생 및 공급 경쟁 등 시장이 형성될 것으로 예측되고 있기에 기술의 제품화를 통한 시장 선점이 중요
  - 나노기술 세계 4위 수준의 역량과 융합기술 세계 10위, 수출 세계 9위 등 세계시장을 대상으로 제품화를 한다면 단시간에 세계시장 선점이 가능함.
- 2015년 세계 최고수준 실용화 30대 기술을 바탕으로 세계 나노융합시장 15% 점유를 목표로 나노융합산업화 추진

<2015년도 세계 최고수준 실용화 30대 기술>

분 야	세부 기술
나노소자 (14개)	나노소자 CMOS, 나노 플래시 기억소자, 상변화 기억소자(PRAM), 나노 플로팅게이트 기억소자(NFGM), 나노 화합물 반도체 소자, 단 전자소자, 탄소나노튜브(CNT), 저항기억소자((ReRAM), 나노 자성기억소자(MRAM), 나노 화합물 반도체 광소자, 나노 실리콘 광소자, 나노광결정 광소자, 나노 산화물 광소자, 나노 폴리머 기억소자 (PoRAM)
나노소재/ 환경/에너지 (10개)	CMP 용 나노분말 연마제, 고연신 비정질 기지 in-situ, 복합재료, 탄소나노튜브/금속 나노복합재료, 나노구조 스프레이 코팅기술, 상온 탄소나노튜브 합성 기술, 반응/분리 복합기능 나노 멤브레인 제조 기술, 고효율 배기가스 탈질용 나노 촉매, 다공성 신구조 촉매, 고효율 백색 전기발광 나노소재, 고효율 광원용 전계방출 나노소재
나노바이오 (3개)	바이오 단분자 레벨 수준 정밀진단 기술, 암세포 전이 이전초기 이미징 기술, 나노구조와 Wi-Fi를 이용한 휴대용 나노바이오 센서 시스템 기술
나노공정/장비 (8개)	나노임프린트 공정장비, 나노패키징 시스템, 표면처리 및 분석장비, 나노박막의 기계적 물성 측정 장비, 빔 응용 분석 및 평가장치, 나노부품 조립 장비, 대면적 고속 프린팅 장비, Roll-to-Roll 패턴닝 장비

\* 자료 : KISTI, 주요나노기술의 현황과 산업화 동향



### 3) 글로벌 경쟁력 확보

- 세계를 산업시장으로 하는 나노융합산업은 글로벌 기술경쟁력을 갖추고 기술의 제품화를 통한 나노융합시장의 점유율을 높이는 계기 마련
  - 나노시장을 시작으로 세계는 이미 나노제품의 경쟁을 시작하였으며, 융합기술과의 시너지가 발생하여 나노융합산업은 향후 우리생활의 많은 부분을 차지하는 핵심 산업의 하나로 성장예정
  - 수요지향성 핵심 R&D 추진을 통한 기술선점, 세계시장을 대상으로 하는 글로벌경쟁력을 확보하며, 신성장동력 및 녹색성장 실천으로 나노융합산업 3대 강국으로의 도약 및 실현

### 4) 산·학·연 연계 협력

- 조합 및 단체를 통한 산업화의 구심적 역할을 수행하고 성공적인 나노융합산업의 창출, 세계시장 선점, 기술개발지원 등 발전전략의 실천 추진주체를 지원할 필요성이 있음
  - 나노융합산업연구조합을 통한 산업화연구거점으로 활용 기술개발, 산업화 추진과, 산학연관 연계지원을 통한 나노융합산업이 종합적인 발전할 수 있도록 실행거점기관 역할을 수행
  - \* 산·학·연 연계협력 종합적인 추진주체는 “나노융합산업기술센터” 설립이며, 나노융합산업연구조합, 나노기술연구협의회 등은 실행거점으로써 사업지원

### 5) 인프라 활용

- 나노융합기술 개발 및 산업화 지원을 위해서는 첨단장비와 클린룸시설이 갖추어져야 하는 특수한 환경을 요구하고 있으므로 국내 6개 나노융합관련 센터의 성공적인 구축을 기반으로 연구개발, 산업화추진에 활용이 요구됨.
  - 나노융합지원 인프라는 연구개발뿐만 아니라 기업의 산업화 지원, 인력양성의 교육의 장으로써 활용 등 인프라가 갖추고 있는 장비 및 시설의 우수성을 최대한 활용하는 방향으로 사업 추진

- 6개 나노융합관련 산업화 지원 인프라의 중점 및 특화분야를 활용한 “산학연 나노팹시설 활용사업”, “나노융합기술 전문인력양성센터” 등으로 활용 효율성 극대화 추진

<산업화지원 인프라>

구 분	기관	주관기관	중점분야	특화분야
교육과학 기술부	나노종합팹 (대전)	KAIST	실리콘계 나노소자	나노바이오, NEMS 단위/일괄공정
	나노특화팹 (수원)	독립법인	화합물계(GaAs) 나노소자	광소자 원천공정
지식 경제부	포항나노기술 집적센터	포항공대	포항 방사광가속기 활용 나노소재 개발지원	나노전자소재 및 측정
	전북나노기술 집적센터	전자부품 연구원	나노패터닝/에칭장비 개발지원	잉크젯 프린팅 기술 및 장비지원
	광주나노기술 집적센터	생산기술 연구원	나노증착/확산장비 개발지원	유리기판 태양전지(DSC) 후공정 개발
	RFID/USN 센터(송도)	한국전자 거래진흥원	RFID/USN, MEMS	RFID/USN, MEMS

\* 자료 : '09나노기술발전시행계획

6) 체계적인 교육

□ 나노융합산업의 핵심은 우수인재의 육성에 있으며, 나노기술 및 융합기술의 전문화된 인력의 양성이 기술선진국, 기술산업화의 기반

- 나노융합기술 연구인력 증가 및 양성을 위한 노력의 일환으로 대학의 나노기술학과는 '08년 59개로 지속적으로 증가추세에 있으며, 2단계 BK21사업, 학문후속세대 양성사업 등 다양한 사업을 통해 나노기술 분야 고급인력 양성 추진

- 나노기술학과 설치추이 : 3개('01) → 43개('06) → 59개('08')

- 총 재학생수 7,015명(학부 5,802, 석사 884, 박사 329명)

- '09년 나노기술발전시행계획의 나노기술 인력 공급 및 수급전망에 의하면 향후 나노학과 및 유관학과 등에서 전문인력이 지속적으로 공급예정이며, 나노관련 기업체의 나노기술 인력의 수요는 연평균 10.5% 이상 증가할 것으로 전망
  - '04년부터 '13년까지 나노기술 분야 공급 인력은 총 95,368명이며, 연평균 증가율은 약 1.5%정도로 전망
  - 특히, 나노고급인력에 대한 수요가 '13년에도 전체의 41% ('08년 46%)로 이르는 등 지속적인 고급인력 양성정책이 요구
  
- 따라서, '08년 국가융합기술발전기본계획, '09년 나노융합산업발전전략, '09년 나노기술발전시행계획 등에서 인력의 중요성을 언급
  - 체계적이고 지속적인 교육, 프로그램 개발, 전문인력 및 산업인력 재교육 등에도 정책적인 지원에 의한 인력양성 요구
    - 나노융합 인력양성은 특성상 타 기술 분야들과 복합적으로 연계되어 있어 다양한 인력양성 프로그램 개발이 필요하며,
    - 나노인프라들을 활용한 “나노융합기술 전문인력양성 센터”로 지정, 운영하여 효율성 극대화 추진

## 제 3 장. 세부 추진과제 및 정책적 제언

### 1. 나노융합산업 기술 청사진 시스템 구축 및 운영

#### 가. 기 추진 현황 및 시사점

##### □ 국가나노기술지도

###### ○ 추진경과

- 2007년에서 2008년에 걸쳐 교육과학기술부가 국가나노기술지도 수립

###### ○ 작성개요

- 제2차 나노기술종합발전계획에 제시된 기술분류체계\*를 따라 대분류 수준에서 기술분야를 정의하고 각 기술분야가 포괄하는 중분류 수준의 기술범위를 설정.

\* 나노소재기술(나노재료/환경/에너지기술), 나노소자기술, 나노바이오기술, 나노공정/장비/측정기술

- 분야별 미래 시나리오를 전개하여 2020년경의 전략제품·기능에 대한 수요예측을 함으로써 각 기술 분야별 비전 및 목표를 설정.
- 관련 산업 및 기술의 동향과 전망을 분석함으로써, 로드맵 전개의 토대를 구축
- 실질적인 로드맵은 중분류 수준의 기술을 대상으로 미래발전 추세(global trend)에 따른 핵심요구사항을 달성하기 위한 핵심기술 영역 및 요소기술을 도출하여, 이의 성능목표를 시간 축 상에 배열하는 방식으로 전개
- 이렇게 중분류 기술별로 전개된 개괄적인 로드맵을 통합하여 각 대분류 기술별로 한 개의 대분류 기술 로드맵으로 정리.
- 기술개발 전략을 수립하기 위해 기술경쟁력 및 기술성숙도를 분석하고, 기술개발의 제약요인을 분석하였으며, 이를 통해 필요기술 확보방안을 제시

<나노소재 분야 국가나노기술지도>

<p>미래전망</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 혁신적으로 개선된 물성을 가진 나노소재가 기존 소재를 대체 함으로써 첨단산업의 기술경쟁력이 강화됨.</li> <li>○ 새로운 특이 물성을 가진 나노소재의 경제적인 제조가 가능해지고 새로운 특성을 가진 상품 제조에 응용됨으로써 새로운 제조업이 창출됨.</li> </ul>	
<p>제품/기능</p>		
	<p>2006      2008      2010      2012      2014      2016      2018      2020</p>	
<p>핵심 기술 / 중 분 류</p>	<p>기반 나노소재</p>	<p>2006: 기반 나노소재의 제조 기술 개발 2008: 나노분말 / 덴드리머 나노 박막 2010: 기반 나노소재의 양산 제조기술 개발 2012: 나노선 (탄소 나노튜브) 나노벌크 2014: 기반 나노소재의 응용기술 개발 2016: 하이브리드화 / 복합화</p>
	<p>계층구조 나노소재</p>	<p>2006: 나노 구축단위 (building block)의 제어기술 개발 2008: 표면개질, 층진(혼합) 2010: 계층구조화 / 복합화 기술 개발 2012: 배열(분포) 제어 2014: 계층구조 나노소재의 응용기술 개발 2016: 후가공 / 부품화</p>
	<p>구조기능 나노소재</p>	<p>2006: 복합구조화 기술 개발 (구조제어 기술) 2008: 공구용 나노소재 2010: 저가화 / 양산화 기술 개발 2012: 고강도 고분자 나노복합소재 2014: 구조기능 응용기술 개발 2016: 고강도 경량 금속 / 세라믹 나노소재</p>
	<p>IT 응용 나노소재</p>	<p>2006: 기반 나노소재 기술 개발 2008: 기반 나노소재 응용 기술 개발 2010: 기반 나노소재 응용 제품화 기술 개발</p>
	<p>환경응용 나노소재</p>	<p>2006: 나노분말, 나노선 (나노튜브), 나노판 등 직접 혹은 후공정을 거쳐 IT, ET, 에너지 산업에 활용되는 나노소재 기술 2008: 나노분말, 나노선 (나노튜브), 나노판 등의 균일한 분산 (혼합; 복합화), 성형(패턴화), 코팅(입자공정), 치밀화 기술 (구조제어 기술) 2010: 소자화 모듈화 패키징 (조립) 코팅 후가공</p>
	<p>에너지 응용 나노소재</p>	<p>2006: 나노분말, 나노선 (나노튜브), 나노판 등 직접 혹은 후공정을 거쳐 IT, ET, 에너지 산업에 활용되는 나노소재 기술 2008: 나노분말, 나노선 (나노튜브), 나노판 등의 균일한 분산 (혼합; 복합화), 성형(패턴화), 코팅(입자공정), 치밀화 기술 (구조제어 기술) 2010: 소자화 모듈화 패키징 (조립) 코팅 후가공</p>

<나노소자 분야 국가나노기술지도>

미 래 전 망		<p>○ 초고속/초고집적/초저소비 전력 나노소자 개발로 초미니 슈퍼컴퓨터, 유비쿼터스 컴퓨터, 인식/추론 가능 로봇 및 3-D 가상현실 산업 창출</p> <p>○ 정보-지식-지능화 사회 구현</p>								
제 품 / 기 능										
		2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
핵심 기술 / 중분류	단전자 소자	소자 패터닝 및 자기 정렬 제어 모델링 및 특성 분석			전하 노이즈 및 가변성 제어 회로 강건설계 기술		기초응용분야 상용화 및 응용분야 확장			
	RRAM 집적화 기술	저항체 물질 최적화 및 적층 공정/설계 기술 개발			Multi-level 개발 및 아키텍처 개발		High density, high speed 비휘발성 메모리 제품개발			
	PRAM 집적화 기술	접촉부 크기 감소, 소자 배열/방열 구조 개선		신소재 기반 기록전류 저감 기술 및 고속동작 등 성능 개선			나노선/나노점 기반 고집적화			
	플로팅 게이트 메모리	다치화 기술 개발 및 high-k 물질 탐색		Sub-10 nm Tr. 제작 기술 및 high-k 물질/공정 안정화			Fusion memory for Ubiquitous			
	나노 센서 소자	센서 감지 나노 소재 기술 및 NEMS 설계/평가 기술			센서 감지 분자 소재 기술 및 나노소자 설계/평가 기술			Fusion nano sensor		
	인쇄 소자	RLC, RFID antenna TFT			TFT for ePaper, thin-film solar Cell, memory, sensor			SRAM, CPU, Complete RFID 회로, SOC		
	나노 광소자	고효율 나노 구조 물질 성장 및 분석 기술		나노 구조 배열 기술 및 이종 기판 기술			나노 광소자 산업화 양산 기술			
	나노 자기 소자	강자성체/비자성체 접합기술 및 자성 나노구조 개발			스핀 주입 효율 극대화 및 임계 전류 최소화			고집적 설계 기술 및 초고주파 도파로 제작 기술		
	나노 분자 소자	분자 논리 및 메모리 단일 소자			분자논리 및 메모리 어레이 소자			분자메모리 및 회로 아키텍처 개발		
	나노 양자 소자	1 qubit control 소자 패터닝, 모델링 및 특성 분석			논리 회로 및 에러 보정			Quantum memory & repeater Qubit간 양자정보전송		

## <나노바이오 분야 국가나노기술지도>

미래전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 나노바이오 검지 및 치료 기술을 이용하여 암 등 난치병 정복</li> <li>○ 나노바이오 농림수산, 나노바이오 전자, 로봇, 등 새로운 나노바이오 기술을 바탕으로 하는 블루 오션 산업 창출</li> <li>○ 나노바이오 에너지, 환경영향평가 기술을 이용한 생체 친화적인 환경/에너지 구현</li> </ul>								
제품 \ 기능									
년도	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
핵심 기술 \ 중분류	검지 및 정제	나노 검지체 기술 → 바이오 물질 검지 실현 → 임상 실험 및 신뢰성 향상 → 나노바이오 진단 시스템 나노 수송, 분리, 반응 기술 → 바이오 물질 나노 정제 기술 →							
	치료 및 임플란트	약물전달용 나노구조체 기술 → 표적지향 나노 약물전달 기술 → 임상 실험 생체 친화적 나노구조체 기술 → 나노구조체를 이용한 치료 기술 → 임상 실험 생체 친화적인 표면 처리 기술 → 생체적합 임플란트 나노소자 및 인공장기 개발							
	정보	바이오 분자 전자회로 제작 기술 → 바이오 분자 전자회로 특성 최적화 → 바이오 전자회로 응용기술 바이오 분자를 이용한 정보처리 및 저장 원천기술 → 바이오 정보 응용 기술							
	에너지	바이오 매스 에너지 변환 원천 나노 기술 → 바이오 에너지 나노 활용 기술							
	극한제어 및 분석	극한 분석 기술 → 단위 생체 구조 분석 → 단위 생체 구조 분석 장비 극한 제어 기술 → 단위 생체 구조 제어 → 단위 생체 구조 제어 장비 생체친화적 무기를 표면처리 기술 → 무기를-바이오 분자 융합 기술 → 바이오 대체 물질 개발							
	생필품	식품, 화장품 및 그 밖의 생필품 나노 처리 기술 → 나노 생필품 → 안전성 및 환경 영향 평가							
	농림	동식물용 나노바이오 센서 및 칩 → 농작물 및 가축 병 조기 진단 기술 가축용 약물 및 살충제 나노 전달체 기술 → 환경 친화적인 가축 치료 및 살충제 개발 농식품 및 농림 재료 나노처리 기술 → 나노 농식품 및 사료 개발							
	수산	호르몬 및 항생제의 나노전달체 → 환경 친화적인 수산 호르몬 및 항생제 식품 특성 감지 나노바이오 센서 → 수산 식품 안전성 평가 기술							
	중합나노 바이오 기술-암정복용	초고감도 나노 센서 및 진단 칩 기술 → 암 발병 조기 진단 및 예측 기술 → 임상 실험 및 신뢰성 향상 나노구조를 이용한 초고감도 바이오 이미징기술 → 표적 지향적 암치료 기술 → 임상 실험 및 신뢰성 향상 암세포 인식체 기술 → 표적 지향적 암치료 기술 → 임상 실험 및 신뢰성 향상 지능형 약재/분자 전달체 → 표적 지향적 암치료 기술 → 임상 실험 및 신뢰성 향상							
	안전성, 영향 평가 및 표준화	나노구조의 인체 영향 평가 기술 → 나노기술 안전성 평가 기술 → 나노제품 안전성 및 환경 영향 평가 기술 나노구조의 환경 영향 평가 기술 → 나노제품 환경 영향 평가 기술 → 나노 제품 안전성 및 환경 영향 평가 기술 나노 재료 규격 표준화 → 나노 소자 성능 및 규격 표준화 → 나노 바이오 기기 규격 표준화							

### <나노공정/측정/장비 분야 국가나노기술지도>

미래전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 독창적이고 선도적인 나노공정/측정/장비 기술의 확보를 통한 나노 기술을 선도하는 국가의 위치 확립</li> <li>○ 나노공정/측정/장비 기술을 중심으로 한 나노기술 기반을 바탕으로 한 차세대 메모리, FET, display, 고성능 소자, solar cell 등을 바탕으로 한 고부가가치형 제품들의 산업화</li> </ul>																										
제품/기능																											
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2006</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2008</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2010</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2012</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2014</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2016</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2018</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">2020</td> </tr> </table>	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020																		
2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020																				
핵심 기술 / 중분류	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; padding: 5px;">나노 patterning</td> <td style="padding: 5px;">대면적 Nano imprinting/inkjet printing, 자기 조립 Nanotemplate 정렬, 위치제어 → Roll to roll printing, Nanotemplate 소자 공정 → Innovative technology Nanolitho+nanotemplate</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 박막 증착</td> <td style="padding: 5px;">두께 및 단차 피복성 향상 저 damage 증착 기술 → 표면 개질 및 선택적 증착 기술 SCF 등 신개념 증착 기술 → 양산화 기술 대면적, 저가 증착 기술</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노선</td> <td style="padding: 5px;">Top-down, Bottom-up 방식의 나노선 성장 → 나노선의 전자전도 특성 분석 기법 및 화학물 반도체 제어/합성 장비 기술 → 수직 수평 및 자기조립 나노선 성장 기법</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노점</td> <td style="padding: 5px;">그라인딩, 밀링, CVD 등을 이용한 제조 기술 → 입경 분포 측정 기술 및 Nano DNA 기술 → 나노입자 형태제어 기술 및 조성 측정 기술</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 식각</td> <td style="padding: 5px;">Gate, Metal 식각 장비 및 ICP&amp;HF-CCP source → 고압, 저밀도 에너지 조절 장비 개발, 고효율 증착화 방법 개발 → 무결점 장비 및 EUV 장비 개발</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">저가 대면적 공정</td> <td style="padding: 5px;">초대형, 저원가 TV Integrated Mobile Display → Wall Paper Display Flexible &amp; Disposable Display → Human Display Virtual Reality</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 화학, 구조 분석</td> <td style="padding: 5px;">20µm print 해상도 잉크젯 장비 개발 → 1µm print 해상도 및 Microfluidic/Ultrasound 기술 개발 → 나노 스케일 print 해상도 분자단위 electronic 기술</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 역학 특성 분석</td> <td style="padding: 5px;">나노 사이즈 분석 영역 실현 측정 시간 단축, 고감도화 → 초미량 분석, 분위기 TEM 공간분해능 향상 → Hybrid chemical analysis 원자단위 구조 해석</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">자기조립 공정</td> <td style="padding: 5px;">협선서 제작 및 변위 측정 시료 자동화 기술 → 나노 조작 기술 예측 모델링 기술 → 나노 측정/분석 기술을 이용한 응용 기기 개발</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 광 특성</td> <td style="padding: 5px;">자기조립 나노 템플레이트 기본 공정 개발 → 장거리 주기성 확보 → 나노 융합공정에 의한 나노 소자 및 소재 공정</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">나노 전기적 특성</td> <td style="padding: 5px;">나노광학 명상기술 확립 → 영상/분광기술 최적화 → 복합 장비 및 일반적 시료에 적용</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SPM 기반 측정</td> <td style="padding: 5px;">전산모사 및 검지 능력 → 통합 시스템의 측정 기술 개발 → 측정 신뢰성 제고</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">SPM 측정 신기술 개발 → SPM 기반 복합 장비 및 자동화 → 신뢰성/재현성 구현 → 산업용 공정/측정 장비 → 의료/진단 및 응용</td> </tr> </table>	나노 patterning	대면적 Nano imprinting/inkjet printing, 자기 조립 Nanotemplate 정렬, 위치제어 → Roll to roll printing, Nanotemplate 소자 공정 → Innovative technology Nanolitho+nanotemplate	나노 박막 증착	두께 및 단차 피복성 향상 저 damage 증착 기술 → 표면 개질 및 선택적 증착 기술 SCF 등 신개념 증착 기술 → 양산화 기술 대면적, 저가 증착 기술	나노선	Top-down, Bottom-up 방식의 나노선 성장 → 나노선의 전자전도 특성 분석 기법 및 화학물 반도체 제어/합성 장비 기술 → 수직 수평 및 자기조립 나노선 성장 기법	나노점	그라인딩, 밀링, CVD 등을 이용한 제조 기술 → 입경 분포 측정 기술 및 Nano DNA 기술 → 나노입자 형태제어 기술 및 조성 측정 기술	나노 식각	Gate, Metal 식각 장비 및 ICP&HF-CCP source → 고압, 저밀도 에너지 조절 장비 개발, 고효율 증착화 방법 개발 → 무결점 장비 및 EUV 장비 개발	저가 대면적 공정	초대형, 저원가 TV Integrated Mobile Display → Wall Paper Display Flexible & Disposable Display → Human Display Virtual Reality	나노 화학, 구조 분석	20µm print 해상도 잉크젯 장비 개발 → 1µm print 해상도 및 Microfluidic/Ultrasound 기술 개발 → 나노 스케일 print 해상도 분자단위 electronic 기술	나노 역학 특성 분석	나노 사이즈 분석 영역 실현 측정 시간 단축, 고감도화 → 초미량 분석, 분위기 TEM 공간분해능 향상 → Hybrid chemical analysis 원자단위 구조 해석	자기조립 공정	협선서 제작 및 변위 측정 시료 자동화 기술 → 나노 조작 기술 예측 모델링 기술 → 나노 측정/분석 기술을 이용한 응용 기기 개발	나노 광 특성	자기조립 나노 템플레이트 기본 공정 개발 → 장거리 주기성 확보 → 나노 융합공정에 의한 나노 소자 및 소재 공정	나노 전기적 특성	나노광학 명상기술 확립 → 영상/분광기술 최적화 → 복합 장비 및 일반적 시료에 적용	SPM 기반 측정	전산모사 및 검지 능력 → 통합 시스템의 측정 기술 개발 → 측정 신뢰성 제고		SPM 측정 신기술 개발 → SPM 기반 복합 장비 및 자동화 → 신뢰성/재현성 구현 → 산업용 공정/측정 장비 → 의료/진단 및 응용
나노 patterning	대면적 Nano imprinting/inkjet printing, 자기 조립 Nanotemplate 정렬, 위치제어 → Roll to roll printing, Nanotemplate 소자 공정 → Innovative technology Nanolitho+nanotemplate																										
나노 박막 증착	두께 및 단차 피복성 향상 저 damage 증착 기술 → 표면 개질 및 선택적 증착 기술 SCF 등 신개념 증착 기술 → 양산화 기술 대면적, 저가 증착 기술																										
나노선	Top-down, Bottom-up 방식의 나노선 성장 → 나노선의 전자전도 특성 분석 기법 및 화학물 반도체 제어/합성 장비 기술 → 수직 수평 및 자기조립 나노선 성장 기법																										
나노점	그라인딩, 밀링, CVD 등을 이용한 제조 기술 → 입경 분포 측정 기술 및 Nano DNA 기술 → 나노입자 형태제어 기술 및 조성 측정 기술																										
나노 식각	Gate, Metal 식각 장비 및 ICP&HF-CCP source → 고압, 저밀도 에너지 조절 장비 개발, 고효율 증착화 방법 개발 → 무결점 장비 및 EUV 장비 개발																										
저가 대면적 공정	초대형, 저원가 TV Integrated Mobile Display → Wall Paper Display Flexible & Disposable Display → Human Display Virtual Reality																										
나노 화학, 구조 분석	20µm print 해상도 잉크젯 장비 개발 → 1µm print 해상도 및 Microfluidic/Ultrasound 기술 개발 → 나노 스케일 print 해상도 분자단위 electronic 기술																										
나노 역학 특성 분석	나노 사이즈 분석 영역 실현 측정 시간 단축, 고감도화 → 초미량 분석, 분위기 TEM 공간분해능 향상 → Hybrid chemical analysis 원자단위 구조 해석																										
자기조립 공정	협선서 제작 및 변위 측정 시료 자동화 기술 → 나노 조작 기술 예측 모델링 기술 → 나노 측정/분석 기술을 이용한 응용 기기 개발																										
나노 광 특성	자기조립 나노 템플레이트 기본 공정 개발 → 장거리 주기성 확보 → 나노 융합공정에 의한 나노 소자 및 소재 공정																										
나노 전기적 특성	나노광학 명상기술 확립 → 영상/분광기술 최적화 → 복합 장비 및 일반적 시료에 적용																										
SPM 기반 측정	전산모사 및 검지 능력 → 통합 시스템의 측정 기술 개발 → 측정 신뢰성 제고																										
	SPM 측정 신기술 개발 → SPM 기반 복합 장비 및 자동화 → 신뢰성/재현성 구현 → 산업용 공정/측정 장비 → 의료/진단 및 응용																										



□ 나노기반전략기술 통합기술 청사진

○ 추진경과

- 2007년 지식경제부가 나노기반전략기술 통합기술청사진 수립.

○ 작성개요

- 나노기술분야를 나노소재, 나노소자, 나노공정/장비/측정, 나노융합 등 4개의 분야로 나누어 2020년까지 나노기술 산업화 촉진을 위한 기술로드맵을 작성

\* 나노기술의 가치사슬체계 내에서 가장 바탕이 되는 나노소재 분야, 그리고 이를 제조/가공/측정함으로써 기능을 부여하게 되는 나노공정/장비/측정 분야, end-product인 나노소자 분야 및 나노융합분야 등 총 4개를 대분류로 정의

- 메가트렌드(기존 산업에서의 기술적 한계 직면, 사회변화에 따른 새로운 제품 및 서비스에 대한 수요 증가, 에너지 및 환경 문제 해결 필요)를 분석함으로써 향후 2020년까지 나노기술이 나아가야 할 방향을 모색

전략기술분야	2007 현재	2010	2015	분야별 목표, Vision
나노기반 전략 기술	 <p>나노 CMOS기술</p>	 <p>저차원 나노 소자기술</p>	 <p>단전자/단원자 소자기술</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #ffffcc;"> <p>2015년 선진 3대국 기술경쟁력 확보 - IT, BT, ET 등 타기술과의 융합 및 시너지로 신기술 선점 - 인간 삶의 질 향상</p> </div> <p>• 비교우위를 갖는 최소 30개 이상의 최고수준 실용화 기술 확보 • 신기술의 상품화 촉진을 통한 산업경쟁력 강화 : 2014년 세계 나노 관련 시장에서 20% 수준 점유 (5천억불 수준)</p>
	 <p>소재의 물성개선 (초고경도 렌즈코팅)</p>	 <p>고성능 소재개발 (초소형 로봇용 소재)</p>	 <p>혁신소재개발 (나노 로봇용 소재)</p>	
	 <p>공정 장비 미세화 측정 신 기술 개발</p>	 <p>공정 (양산화, 미세화) 측정 (복합장비, 자동화)</p>	 <p>공정 (자가, 대면적, 자기조립) 측정 (의료/진단, 유비쿼터스)</p>	
	 <p>초고감도 신속진단과 표적지향 치료 Protocol</p>	 <p>“癌” 진단 NT 난치병 조기진단 나노기술</p>	 <p>“나”를 위한 NT 개인맞춤형 나노의료</p>	

<나노기반전략기술 통합기술청사진의 비전 및 목표>

□ 산업기술융합 통합청사진

○ 추진경과

- 2008년 나노기반 전략기술이 산업기술융합으로 흡수되면서 나노기반 통합기술청사진을 산업기술융합 통합청사진으로 재편

○ 작성개요

- 나노기반 통합기술청사진을 근간으로 하되, 나노융합에너지환경 분야를 나노소재분야에서 독립시켜, 나노융합에너지환경, 나노융합소재, 나노융합장비, 나노소자, 의료 바이오 융합 등 5대 분야로 분류
- 메가트렌드 분석에서 한발 더 나가, 기술별 핵심제품에 대한 대표 이미지를 제시하고, 2017년까지 달성해야 하는 주요 성능지표를 연도별로 전개

메가트렌드	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17		
에너지 고갈 문제 해결								에너지 효율 향상을 위한 고성능 나노융합 에너지저장(M-1) (에너지저장용/대규모집중/저장용)				분산형·하이브리드형·공인성에너지 생산, 저장, 변환 (나노융합소자(M1-2)에너지저장용/수요·demand·storage)						유비쿼터스 에너지 생산, 변환, 저장 나노융합소자 (M-3)에너지저장용/수요·demand·storage, 개인별	
환경문제 해결								친환경 고효율 나노융합소재(M2-1)(효율 80%)				환경정화 및 복원용 나노융합소재(M2-2)(효율 90%)						무공해 시대 주도형 나노융합소재(M2-3)(효율 100%)	
미래를 여는 융합장비								공기오염을 신속·정확하게 측정·분석·진단하는 나노융합 센서(M3-1) (10 nm Line Cell Array)			나노 제조 생산, 품질, 분석 장비(M3-2)(Full automatic 300nm water inspection) (1nm)							인공지능형 공정관리/개인 맞춤형 진단장비(M3-3) (Self Pattern Creation Mechanism of 1 nm, 1 bit per pixel for A/D Amplifier)	
개인맞춤형 디지털 나노의료 시스템								의료 진단 및 분석용 칩 센서(M4-1)(최적검출도 1000, 암배이러스, 미생물 0.001검출, 10공정/칩)											
								선택적 질병 치료용 나노 메디슨(M4-2)(100 nm 급, 생체적합, 표적화 나노 메디슨)											
								나노바이오 이미징소재 및 현미경(M4-3)(세포 이하 단위, 실시간, 1 nm 분해능의 생체 이미징)											
								생물학 생활 나노 소재(M4-4)(식생활 최적화, 최적 가격화에 적용 소재)											나노바이오 정보 소재/소재(M4-5)생체 분자 표형소재급 최적정보화
								나노바이오 implant 및 생체모방 이식 재료(M4-6)(생체 적합률 70%이상, immune-free 3차원화)											
Bottom-up/Top-down 융합을 통한 나노소자 기반의 반도체/디스플레이 기술한계극복								나노스케일(M5-1)(개념 및 아이디어 검증)Pilot 규모 공중/대량생산 및 기존소자/부품 대체											
								구조 및 기능성(M5-2)(Planer/ Stand-alone) 3D, 변형화/다기능											
								고속 및 고에너지효율(M5-3)(40 ps/function & 0.5pJ/state) > 20 ps/function & 0.3pJ/state > 10 ps/function & 0.1pJ/state											
지능화							맞춤형(M6-1)(Personalized)				적응형(M6-2)(Adaptive)						자율형(M6-3)(Autonomous)		
융합화								나노 융합(M7-1)				기술융합(M7-2)						산업 융합(M7-3)	

<산업기술융합 통합청사진의 메가트렌드 분석>

## □ 한계 및 시사점

### ○ 기술공급자 중심 로드맵 전개의 한계

- 소재/소자/장비/바이오 등으로 분과를 나누고 한정된 전문가 집단이 분과별로 독자적인 기술지도를 전개함으로써 분야 간 크로스오버 되는 기술이나 시너지효과가 발생할 수 있는 기술에 대한 기술지도 전개 미흡

### ○ 백과사전식 로드맵 전개의 한계

- 나노기술 전반을 모두 아우를 수 있는 로드맵을 제시했다는 측면에서 긍정적이나, 국가 발전전략에 따른 방향성 제시보다는 사전식 나열에 치중함으로써 인해 현실적인 기술개발 타겟화에는 미흡

### ○ 쌍방향형(interactive) 기술개발 청사진 체계 필요

- 기존의 기술공급자 중심의 로드맵에 덧붙여, 기술수요를 바탕으로 공급 가능한 기술을 배치하는 수요지향적 기술개발 청사진 작성 필요
- 미래지향적이며 기술발전의 속도가 빠른 나노기술의 특성상 완결된 형태의 로드맵이 아닌, 기술공급자와 수요자에 의해 항시적으로 수정보완 될 수 있으며, 이로부터 연구개발 과제 도출 및 기술공급자와 수요자를 연계가 가능한 입체적 로드맵 운영 시스템 구축 필요

## 나. 해외사례 분석 및 시사점

### □ 일본 나노테크 기술전략 맵

#### ○ 일본 경제산업성에서는 신산업 창출을 목표로 한 전략 맵 설정

- 2020년까지 세계 최첨단 제조국가를 목표로 하는 동시에 나노기술에 의한 신산업 창출을 목표로 함
- 2006년 작성 후 매년 수정 보완 중임
- 3대 응용분야 및 3대 기반기술 분야로 나누어 기술지도 전개.

○ 나노기술의 출구(제품)를 의식한 전략 맵 책정

- 신산업 창조전략에 근거하여 나노기술의 주요 응용분야로 환경·에너지, 전자·정보, 바이오·의료 등 3개 분야 설정

\* 전자·정보분야는 반도체, 메모리·스토리지, 광디바이스, 디스플레이 등 4대 주요 응용분야로 나누어 기술지도 전개하였으며, 환경·에너지 분야에서는 연료전지를, 바이오·의료분야에서는 재생의료 분야를 기술지도 전개의 대상으로 삼음.

- 이들 3 분야에 대해 나노기술이 기여할 영역을 추출하여, 그 영역에 요구되는 기술 중심으로 로드맵을 전개

○ 공통기반 기술에 대한 기술지도 전개

- 3대 응용분야에 공통적으로 필요한 가공기술, 계측기술, 시뮬레이션 기술 등 3개 공통기반 기술에 대해 기술지도 전개

○ 기술분야별 특성에 따른 기술개발 중요도 설정

- 나노가공 분야, 전자·정보 분야, 환경·에너지 분야, 나노 시뮬레이션 분야 등은 주로 시장의 수요가 높은 순으로 기술개발 중요도 설정.
- 바이오·의료 분야, 나노계측 분야 등은 정책적·기술적 수요가 높은 순으로 기술개발 중요도 설정.

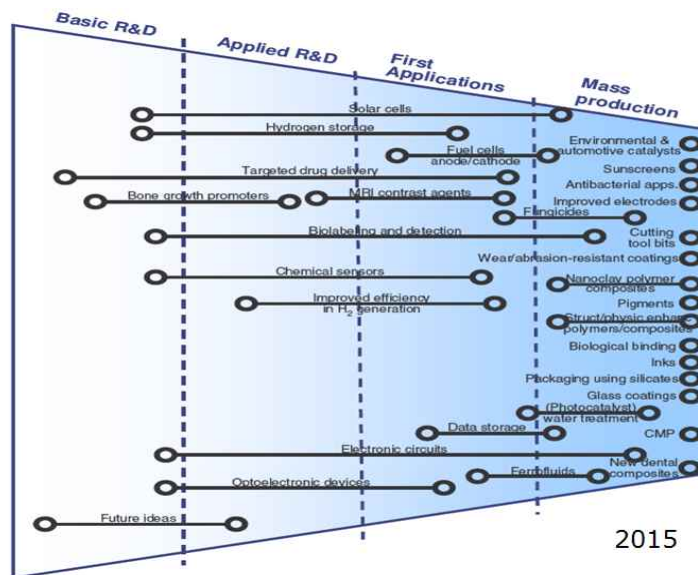
기술영역	기능	기술과제	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
핵심 나노소재	표표사항	판별의 변역단(가)기						판별변역단 가: 6.5													
		해상도							-80nm			60nm이상 주사선4000									
		사이즈	50nm	20nm						100				200							
	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	나노 입자 및 분산막 금속막	멀티 레이어 및 나노 패턴																		
		메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술																		
		메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술																		
	신규 대형 상 업용 TFT	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	6 / 7 G급																	
		메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술	메시 중간 및 연속 불연속 형상 기술																		
	투명 전극막	투명 전극막	투명 전극막																		
		투명 전극막	투명 전극막																		
배리어	배리어	배리어																			
	배리어	배리어																			
배리어	배리어	배리어																			
	배리어	배리어																			

<일본 나노테크 기술전략 맵 예시>

□ 유럽 Nano Roadmap(2005년 12월 발표)

○ 나노기술의 산업적 응용측면에서 접근하여 로드맵 전개

- 소재, 의료/건강, 에너지 등 3대 분야에서 나노기술의 발전 로드맵을 제시
- 먼저 대상기술에 대한 정의를 내리고 대상기술의 특징과 응용처를 기술한 후, 해당 응용제품의 개발 시점을 제시하고, 제품 개발에 대한 기술적/사회적 장벽들을 기술한 후, 마지막으로 로드맵을 제시하는 순서로 구성
- 개개의 기술이 시간에 따라 정량적으로 어떻게 발전해 나갈 것인가에 대한 예측보다는 2015년까지 시간에 따라 기술이 어떤 단계(기초, 응용, 시제품, 대량생산)로 성숙해 가게 될 것인가에 초점을 맞추고 있음.



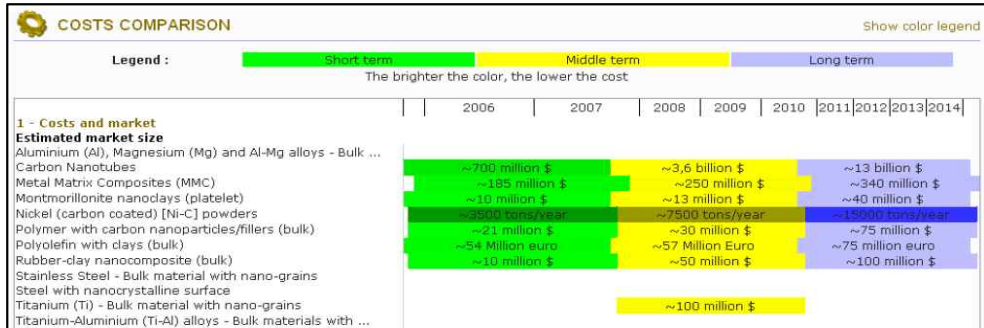
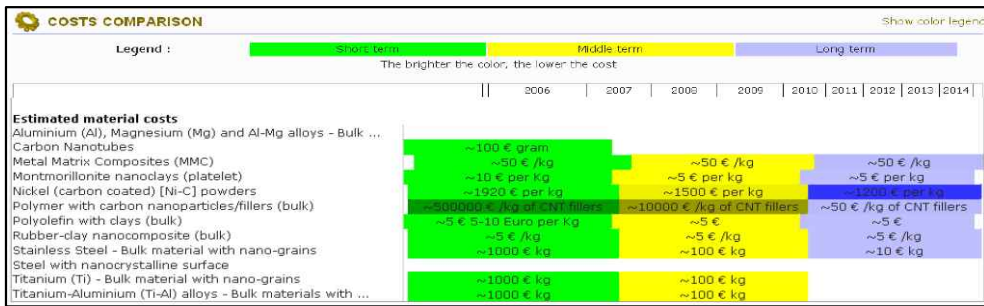
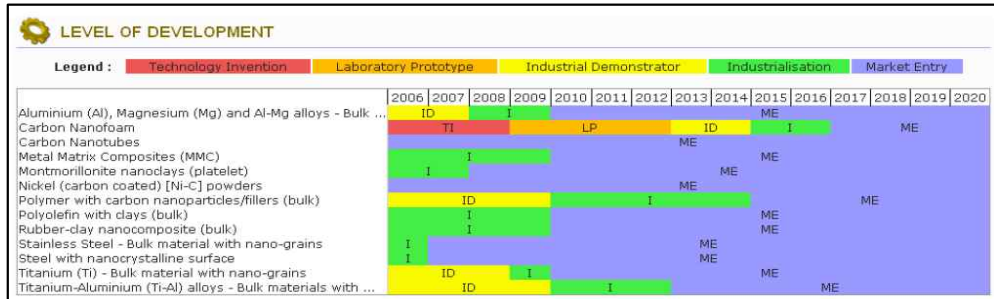
<유럽 Nanoroadmap의 예 - 나노소재 분야 중 나노입자 및 복합재 분야의 예>

□ 유럽 Nano RoadSME(2006년 3월 발표)

○ 나노소재의 산업적 응용 중심 로드맵 전개

- 자동차, 항공, 의료/건강, 에너지 분야를 대상으로 산업수요적인 측면과 기술공급적인 면을 동시에 고려하여 나노소재의 산업적 응용 중심의 로드맵을 전개함.

- 이 로드맵의 특징은 연도별로 각 소재의 기술개발 성숙도와 소재 가격 및 시장규모를 표기하고, 이에 따른 산업적 응용처를 연도별로 제시함.



### APPLICATIONS

List of specific applications corresponding to search criteria

	Unspecified	0 - 2 years	3 - 5 years	6 - 10 years
Aluminium (Al), Magnesium (Mg) and Al-Mg alloys - Bulk materials with nano-grains			- Structural material	
Carbon Nanofoam				- Strong lightweight material
Carbon Nanotubes				- Light weight components through foams with carbon nanotubes
Metal Matrix Composites (MMC)			- light and strong material	
Montmorillonite nanoclays (platelet)		- Strong light weight materials		
Nickel (carbon coated) [Ni-C] powders		- Automotive applications		
Polymer with carbon nanoparticles/fillers (bulk)				- bumpers and fenders - frames and bodies - interior parts
Polyolefin with clays (bulk)		- Roofing membranes, protective coverings and wall down gauging		
Rubber-clay nanocomposite (bulk)				- Reinforcement of mechanical parts
Stainless Steel - Bulk material with nano-grains			- Strong mechanical parts	
Steel with nanocrystalline surface		- light weight strong steel sheets		
Titanium (Ti) - Bulk material with nano-grains	- Strong light weight structure elements			
Titanium-Aluminium (Ti-Al) alloys - Bulk materials with nano-grains			- Strong light weight body parts	

<유럽 NanoRoadSME의 예 - 자동차 분야 중 차체 응용 나노소재의 예>

## □ 시사점

- 국가 전략에 기반을 둔 청사진 수립 대상 분야 선정 필요
  - 일본의 예에서 보듯이 저인망식, 백과사전식 기술개발 청사진 보다는 국가 전략 제품/산업 분야를 선정하고 탐다운 방식으로 청사진 작성 필요
- 전략분야와 공통기반 분야에 대한 기술개발 청사진 작성 체계의 이원화 필요
  - 기술개발 청사진이 전략 제품/산업 분야에만 한정되면, 나노기술의 자기개발 경로에 따른 신산업 창출의 가능성을 간과할 위험이 존재
  - 전략분야는 탐다운 방식을 중심으로, 공통기반 분야는 바텀업 방식을 중심으로 기술개발 청사진 작성 필요

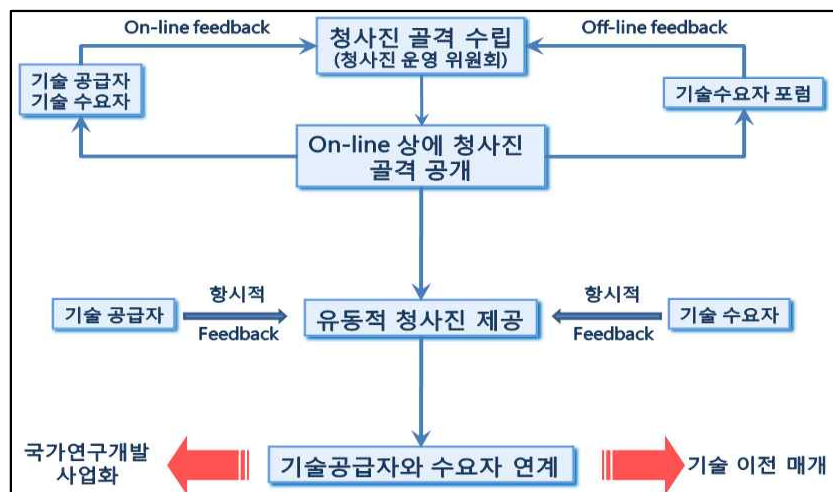
## 다. 쌍방향 청사진 수립 시스템 구축

### □ 시스템 개요

- 개방형 구조의 운영시스템
  - 나노기술정보시스템과 연동하여 웹상에 나노기술 연구개발 청사진의 틀을 제공하고, 점진적으로 기술공급자와 수요자가 청사진을 함께 완성해가는 개방형 구조 채택
- 분야별 특성에 따라 이원화된 청사진 시스템 운영
  - 전략분야와 공통기반 분야에 대한 기술개발 청사진 작성 체계의 이원화
  - 전략분야는 탐다운 방식을 중심으로, 공통기반 분야는 바텀업 방식을 중심으로 청사진 시스템 운영하되, 상호 참조가 가능한 구조 도입
- 연구개발 과제 도출과 연계
  - 전략분야의 경우 일차적으로 나노기술이 결정적인 기여를 할 수 있는 전략적 제품/산업군을 선정하고, 기 구축된 나노기술로드맵 상의 요소기술들을 제품/산업군에 따라 배치한 후, 연구개발 및 사업화 환경에 대한 포트폴리오 분석을 통해 핵심 요소기술을 연구개발 과제화 함

- 공통기반 분야의 경우 파급효과 중심의 우선순위를 선정하고 연구개발 사업과 연계
- 기술공급자와 수요자를 매개하는 역동적 시스템 구축
  - 단지 국가 연구과제 도출을 위한 참고자료 수준에 머무르는 것이 아닌, 기술공급자와 수요자를 연결시켜 줄 수 있는 입체적인 청사진 시스템 구축
  - 기술나열식의 평면적인 기존 로드맵에서 탈피하여, 핵심요소기술별로 기술공급자의 DB 검색이 가능하도록 함으로써 기술수요자가 손쉽게 기술공급자를 탐색할 수 있는 시스템 운영
- 기술공급자 및 수요자의 자발적 적극 참여를 유인할 수 있는 시스템 구축
  - 나노융합 2.0 프로그램으로 지원되는 국가 연구개발 수행자(기술공급자)들의 DB 제공 의무화
  - 자발적 DB 제공자(기술공급자)들에 대한 연구개발 사업 신청 시 가점 부여
  - 제품목표 타겟 등을 공개하는 기술수요자에 대해서는 기술공급자와의 연계를 우선적으로 안내하고, 나노융합 2.0 프로그램에서 지원 가능한 각종 혜택을 우선적으로 배정

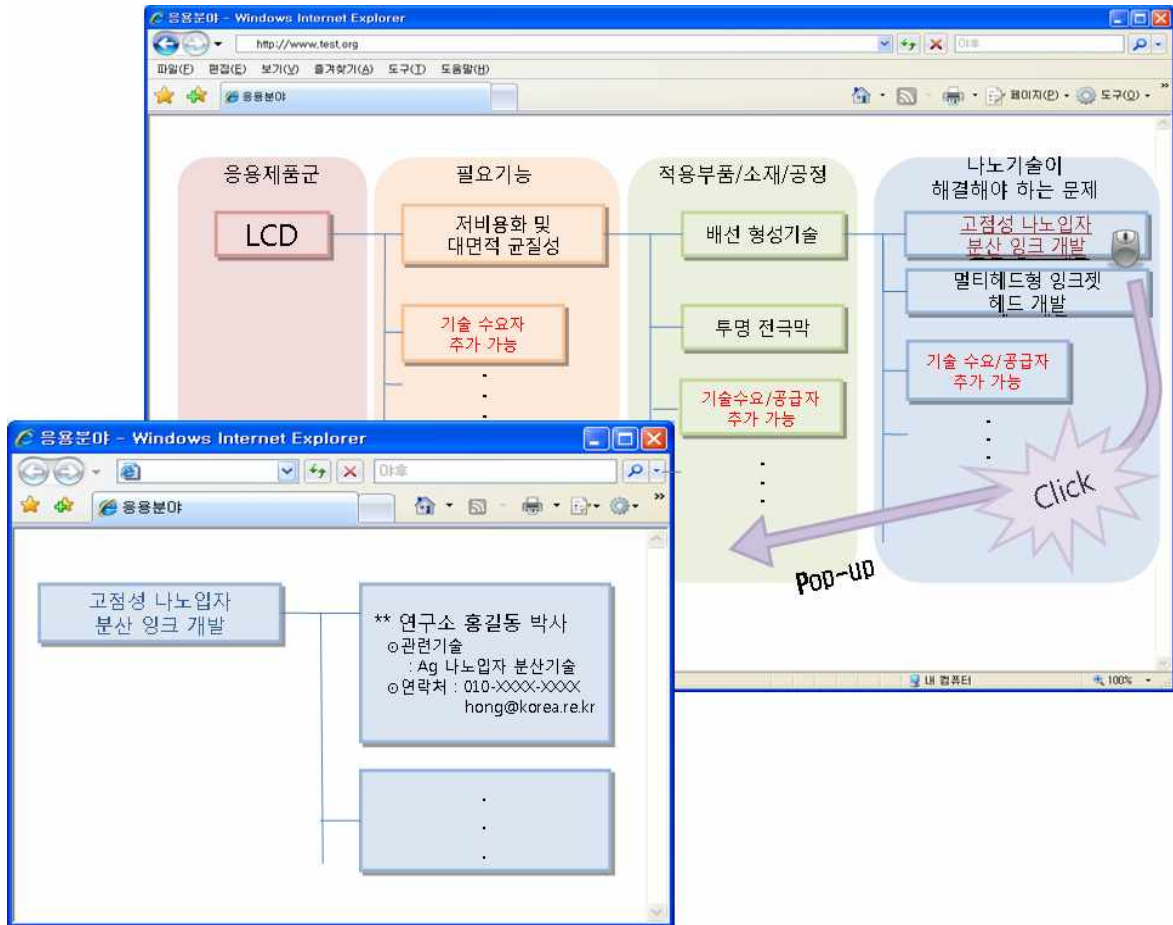
□ 시스템 운영 프로세스



<시스템 운영 프로세스>



□ 시스템 운영 예



<웹2.0에 기반한 시스템 방식>

라. 추진 체계

□ 나노융합산업기술센터

○ 역할

- 청사진 시스템 총괄 운영
- 청사진 운영위원회 및 기술수요자 포럼 운영

○ 추진 주체

- 나노융합산업기술센터 내 청사진 운영 전담조직 구성

□ 시스템 관리 기관

○ 역할

- 웹 기반의 청사진 운영 시스템 개발
- 청사진 운영시스템 유지 관리

○ 추진 주체

- 웹 2.0 프로그램과 연동하여 청사진 시스템을 유지 관리할 수 있는 전담 기관

□ 청사진 운영위원회

○ 역할

- 청사진 골격(back-bone) 마련
- 쌍방향 청사진에 대한 주기적 모니터링(오류 수정 및 방향 점검)

○ 구성

- 산·학·연 전문가 20명 규모로 구성
- 위원회 활동의 연속성을 보장하기 위하여 임기제로 운영

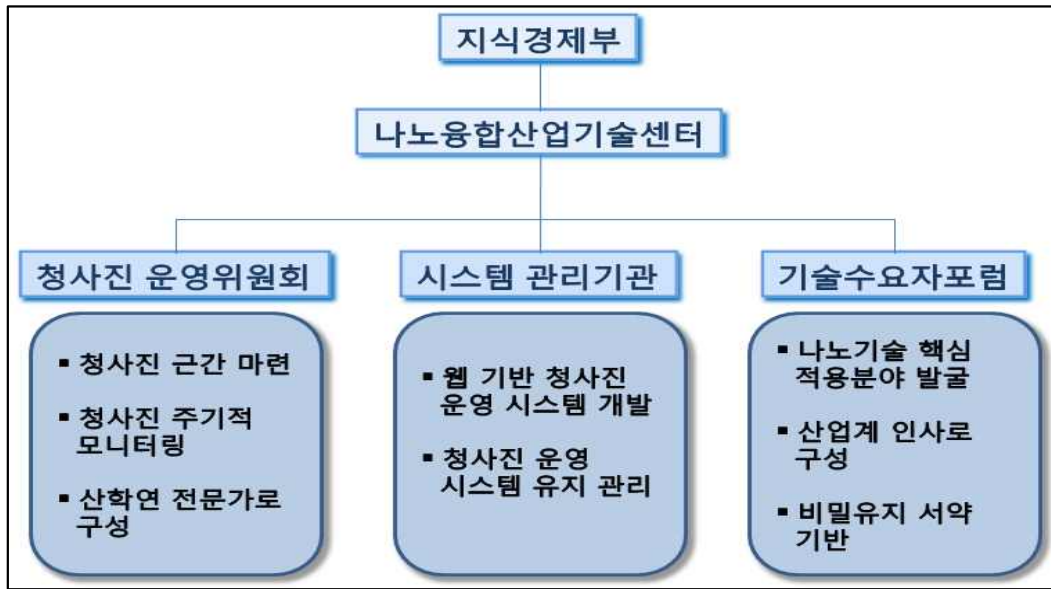
□ 기술수요자 포럼

○ 역할

- 나노기술이 핵심적인 역할을 함으로써 제품의 기능이나 가격경쟁력을 높일 수 있는 분야 발굴 및 공유

○ 구성

- 산업계 인사만으로 구성하고, 포럼 결과에 대해서는 비밀 유지를 기본으로 하되, 공개가 필요한 경우는 참여자 전원의 합의를 기반으로 공개



<추진체계 모식도>

마. 추진 일정 및 소요 예산

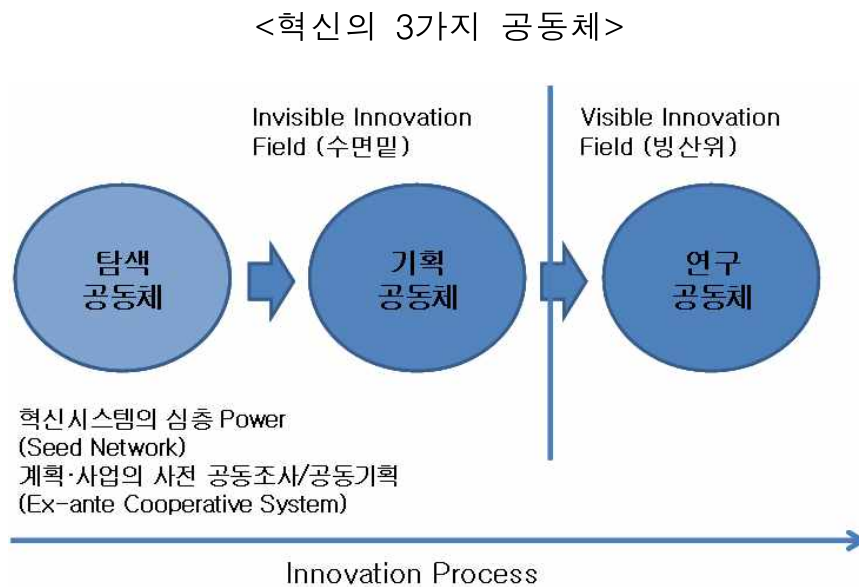
사업 내용	2010년	2011년	2012년 이후
웹기반 청사진 운영 시스템 설계	3억	-	-
청사진 골격 설계	2억	-	-
청사진 시스템 시범 운영	-	5억	-
쌍방향 청사진 운영	-	-	5억/년
계	5억	5억	5억/년

## 2. 나노분야 중간조직 활성화

### 가. 중간조직 개요 및 현황

#### □ 중간조직의 정의

- '중간조직'은 여러 경제 조정 메커니즘 중 Association governance에 해당하며, 분배적 기능과 생산적 기능 수행
- '연구개발 중간조직'은 '공동의 "기획 및 탐색활동"'을 통해 새로운 지식의 공동창출과 활용을 이룩하여 "혁신주체간의 연구개발협력"을 촉진하는 조직'으로 정의
  - 공동연구 형성의 3단계 발전론 즉 "탐색공동체-기획공동체-연구공동체"의 개념에서, '연구개발 중간조직'은 공동체들이 활동하기 좋게 다양한 장의 기회를 제공하거나 조직적으로 추진하기 위한 협력체
  - 연구개발 중간조직의 여부는 다수의 회원이 참여하는 탐색·기획공동체가 존재하느냐 그렇지 않느냐의 여부에 달려 있음



\* 자료 : STEPI(2003), 국가연구개발사업에 대한 민간기업 참여 효율화 방안연구

- "산업계 연구개발 중간조직의 모형 개발"(Stepi, 2005)에 따르면 연구개발 중간조직은 산업기술연구조합, 협회/조합, 이업종 교류회, 중소기업

기술연구회, 기업연구클러스터, 포럼 등 총 6가지 유형으로 분류되나, 대체로 앞서 4가지 유형을 중간조직으로 통칭

### <유형별 중간조직의 정의 및 범위>

#### ① 산업기술연구조합

- 1986년 산업기술연구조합 육성법에 근거하여 인가된 비영리법인, 특별법인, 사단법인

#### ② 협회

- “공익법인설립운영에 관한 법률”, “비영리민간단체 지원법”에 근거하여 주무관청에 설립인가 된 사단법인, 비영리단체
- 협의회, 중앙회, 연합회 포함

#### ③ 조합

##### i) 중소기업협동조합 및 중소기업협동조합연합회

- 주무관청(주부부처장관, 시도 관청)의 설립인가 후, “중소기업협동조합중앙회”에 등록

##### ii) 수출입 조합 및 공제조합

- 수출입조합 : 대외무역법 55조 3·4항에 근거 하여 설립신고된 법인
- 공제 조합 : 조합원이 상부상조하기 위해 만든 상호부조단체

##### iii) 기타 조합

- 주무관청(주부부처장관, 시도 관청)에 설립인가되고 “중소기업협동조합중앙회”에는 등록된 협동조합

#### ④ 이업종 교류회

- 1989 상공부 이업종 교류 지원으로 시작하여, 1990 중소기업진흥공단 교류지원과 신설 이후 지원 시작

#### ⑤ 중소기업기술연구회

- 2001 중소기업기술혁신촉진법에 법적 근거를 두고 중소기업청에서 2002년부터 연구회 사업 실시

○ 중간조직 관련 법 및 제도

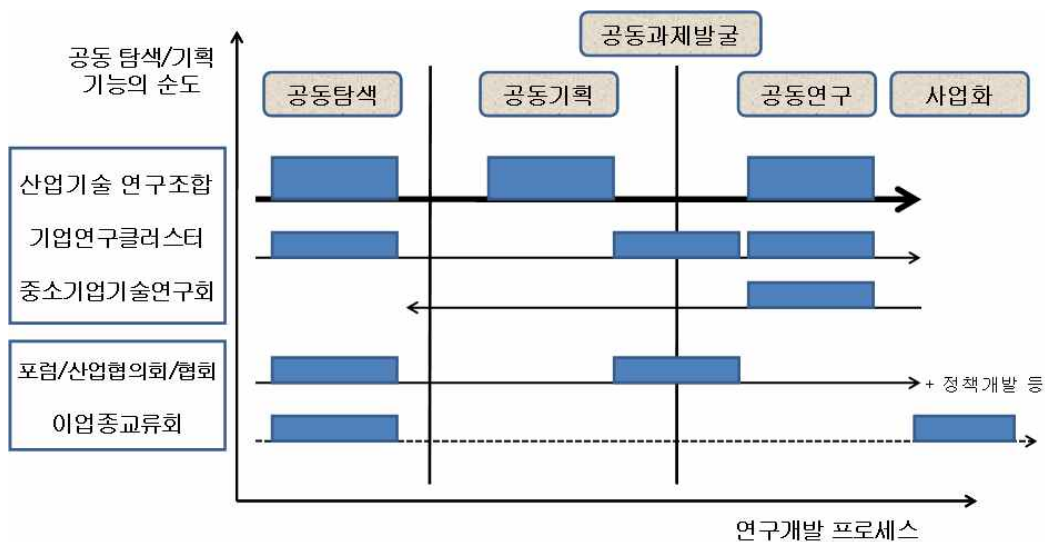
년도	법 및 제도	주요 내용
1986	- 『산업기술연구조합육성법』 제정	-산업기술연구조합 설립
1989 ~ 1995	- 이업종교류지원 - 이업종교류연합회 창설(1995)	
2000 ~	- 신성장동력/기술 위주의 포럼지원	* 정통부, 산자부 중심
2001	- 『중소기업기술혁신촉진법』 제정	-중소기업 기술연구회의 기반
2002	- 『산업기술연구조합육성법』 개정	-산학연 협력활동 강화+국가연구개발사업의 우선적 참여
2002 ~	- 기업연구클러스터 지원사업	-지원단 설립 * 과기부 중심
2006	- 『산업기술혁신촉진법』 제정 - 산자부의 R&D중간조직 지원사업	-기술혁신 중간조직 활성화 명시

□ 연구개발 중간조직의 역할

- 선진국의 산학연 공동 연구개발은 공공 부문이 주도하기보다는 산업계가 업계차원에서 요구하고 주도하는 것이 일반적임.
- 선진국의 산학연 공동연구의 핵심 추진주체는 산업계의 연구개발 중간조직으로서 연구에 참여하는 기업, 대학, 연구소 등 혁신주체들을 공통의 지식기반 하에서 협력적 탐색·기획·연구 활동 등을 주도
- 국내 연구개발 중간조직의 주요 역할은 이들의 설립주체 및 기능에 따라 파악 가능
- 설립 특성을 기준으로 민간 부문 주도형과 관련 부처와 직·간접적으로 연계된 공공 부문 주도형으로 구분되며, 국내 연구개발 중간조직의 상당수는 공공 부문 주도형의 조직
- 주요 기능을 기준으로 공동탐색, 공동기획, 공동연구 등으로 나눌 수 있으며 국내 연구개발 중간조직은 공동탐색기능은 대부분 수행하고 있으나 공동기획, 과제 발굴 기능은 대체로 미흡

- 산업기술연구조합은 공동탐색, 공동기획 및 공동연구의 기능을 모두 보유
- 중소기업기술연구회는 공동연구에 주력
- 산업 협의회/협회/이업종 교류회 등은 연구개발 중간조직으로서의 기능 외에도 업계 단체로서의 기능도 보유
- 기업연구클러스터는 공동 탐색, 기획, 연구 기능을 모두 보유하고 있으나 강도 및 자원투자 정도는 상대적으로 낮으며 공동 조사 연구를 통한 과제발굴은 미흡
- 포럼은 기술/지식 정보교류 등 공동탐색기능에 주력

<주요 기능별 연구개발 중간조직 유형화>



\* 자료 : STEPI(2005), 산업계 연구개발 중간조직의 모형 개발

- 최근 R&D 기획기능이 강조되면서 새로운 형태의 중간조직 발아
  - 지식경제부 산업별 로드맵 등의 기획 사업을 통해 협회 단체/연구조합 등의 공동 기획 및 과제 발굴 역할 강화
  - 연구개발사업 상의 기획 과정에서 중간조직 역할 강화
  - 신산업 분야를 중심으로 한 자생적 전문 조합의 발달

□ 중간조직의 현황

- 조사된 산업기술연구조합, 협회/조합, 이업종 교류회, 중소기업기술연구회의 총 개수는 1,112개이며, 산업기술연구조합은 70개, 조합은 252개, 협회단체는 371개, 이업종 교류회는 384개, 중소기업기술연구회가 44개

\* 중간조직 현황 조사는 산업기술재단 정책센터(2006.3월)의 내부자료를 인용

- 조합 중 중소기업협동조합중앙회에 등록된 전국조합 및 협동조합연합회는 총 203개, 그 외 조사된 미등록 조합(수출·공제조합 및 기타 협동조합)이 49개를 차지

<중간조직 전체 현황>

(단위 : 개)

분류	산업기술 연구조합 (2005. 11)	조합 (2005.12)	협회 (2005.12)	이업종 교류회 (2005.10)	중소기업기 술연구회 (2005.3)	합계
광업	-	1	1		-	
제조업	63	201	240		44	
도소매업	-	30	17		-	
서비스업 및 기타	7	20	113		-	
합계	70	252	371	384	44	1,121

\* 산업분류는 “중소기업협동조합중앙회”의 분류를 중용하였으나, 분류 중 서비스업 및 기타 분류에 대한 정의는 중소기업협동조합중앙회의 것과 산업기술연구조합 및 조합의 것이 상이할 수 있음.

- 이 중 중간조직의 대표적인 형태인 산업기술연구조합, 조합 및 협회는 총 693개로서, 그 중 중소기업중앙회 등록 단체(조합)는 203개, 舊산업자원부에 등록된 단체(조합 및 협회)는 220개

<협회 및 조합의 현황>

구분	산업기술 연구조합	조합	협회	합계
중소기업중앙회 등록 단체	-	203	-	203
산업자원부에 등록 단체	-	9	211	220
특허청에 등록 단체	-	-	6	6
(사)산업기술연구조합협의회에 등록 단체	70	-	-	70
기타 조사 자료	-	40	154	194
총 개	70	252	371	693



- 중분류 이하 산업별로 분류하면, 협회, 조합, 산업기술연구조합은 제조업과 사업서비스업에 각각 504개, 102개 분포
- 제조업의 경우, 협회, 조합, 산업기술연구조합은 전기전자,의료,정밀, 광학기기 산업에 134개로 가장 많이 분포하고 있으며, 코크스 석유정제품, 핵연료 및 화학물·화학제품 산업이 73개로 그 다음을 차지
  - \* 협회 및 조합은 전기전자,의료,정밀, 광학기기 산업 및 코크스 석유정제품, 핵연료 및 화학물·화학제품 산업에 가장 많이 존재함.
  - \* 산업기술연구조합은 전기전자,의료,정밀, 광학기기 산업(34개) 및 조립금속,기타기계 및 장비 산업(14개)에 가장 많이 존재함.

<산업별로 분류한 협회, 조합, 산업기술연구조합의 현황>

(단위 : 개)

표준산업분류*		연구조합	조합**	협회***	합계
광업	광업	-	1	1	2
제조업	음·식료품,담배	-	23	15	38
	섬유	-	16	16	32
	의복,모피,가죽,가방 및 신발	2	6	6	14
	목재 및 나무제품	-	2	1	3
	펄프, 종이 및 종이제품	1	7	6	14
	출판,인쇄 및 기록매체 복제업	-	14	5	19
	코크스 석유정제품, 핵연료,화학물·화학제품	7	21	45	73
	고무 및 플라스틱 제품	1	6	2	9
	비금속광물	-	19	6	25
	1차금속	1	12	7	20
	조립금속,기타기계 및 장비	14	27	21	62
	전기전자,의료,정밀,광학기기	34	21	79	134
	자동차,기타운송장비	1	8	13	22
	가구 및 기타	-	13	8	21
	재생용가공원료	2	6	10	18
전기, 가스 및 수도사업	전기, 가스 및 수도사업	-	4	2	6
건설업	건설업	2	3	14	19
도소매업	도매 및 소매업	-	30	17	47
부동산 및 임대업	부동산 및 임대업	-	1	-	1
사업서비스업	사업서비스업	5	9	88	102
보건 및 복지사업	보건 및 복지사업	-	1	6	7
오락문화 및 운동관련 서비스업	오락문화 및 운동관련 서비스업	-	2	3	5
<b>합 계</b>		<b>70</b>	<b>252</b>	<b>371</b>	<b>693</b>

\* 표준산업분류 중 제조업의 경우 STEPI(2005)에 기재된 분류를 중용

\*\* 전국조합, 협동조합연합회 및 수출입, 공제, 기타 조합 포괄

\*\*\* 연합회, 중앙회, 협의회 포괄

나. 해외 중간조직

- 미국, 일본, 독일 등 연구개발투자 세계 1, 2, 3위 국가들의 혁신시스템은 치열한 시장경쟁체제 속에서도 고도의 산업계 협력시스템을 병행 발전시킴으로써 가속화를 지속적으로 추구
  - 주요 선진국의 연구시스템은 산업계 차원의 요구를 수렴하고 지속적으로 발전시키는 산학연 협력시스템으로서 국가적인 시스템 보다 더 핵심적인 기능을 수행하고 있으며 이런 구조로 되어있는 점이 경쟁력의 원천으로 간주

□ 미국의 중간조직 현황

- 미국의 협회단체는 이익공동체로서 회원기업에게 필요하고 유익한 것을 산·학·연 협력을 통해 적극적으로 도모할 수 있는 중간조직의 기능 수행
  - 미국의 협회단체는 정부와의 연계성이 낮다는 점에서 일본 또는 독일 협회단체운영과 근본적 차이점이 발생
- 미국의 대표적인 중간조직 형태인 연구합작기업(RJV : Research Joint Venture)은 기업공동연구의 필요성에 따라 1984년부터 활성화되기 시작

<RJV 협력 형태와 규모>

(단위 : 개)

회원사	기업만	기업-정부	기업-정부-대학	기업-대학	합계
1-3	302	7	0	13	322
4-10	196	11	8	41	256
11-25	86	21	10	16	133
26-50	16	10	3	3	32
51-100	8	4	7	4	23
101명이상	7	7	13	3	30
합계	615	60	41	80	796

- 합작회사(partnership), 연구컨소시엄, 산업협회(industrial association), 협동연구(ersearch agerrment) 등 공동행위 등 2개 이상의 참여자가 공동 연구개발 프로젝트 수행

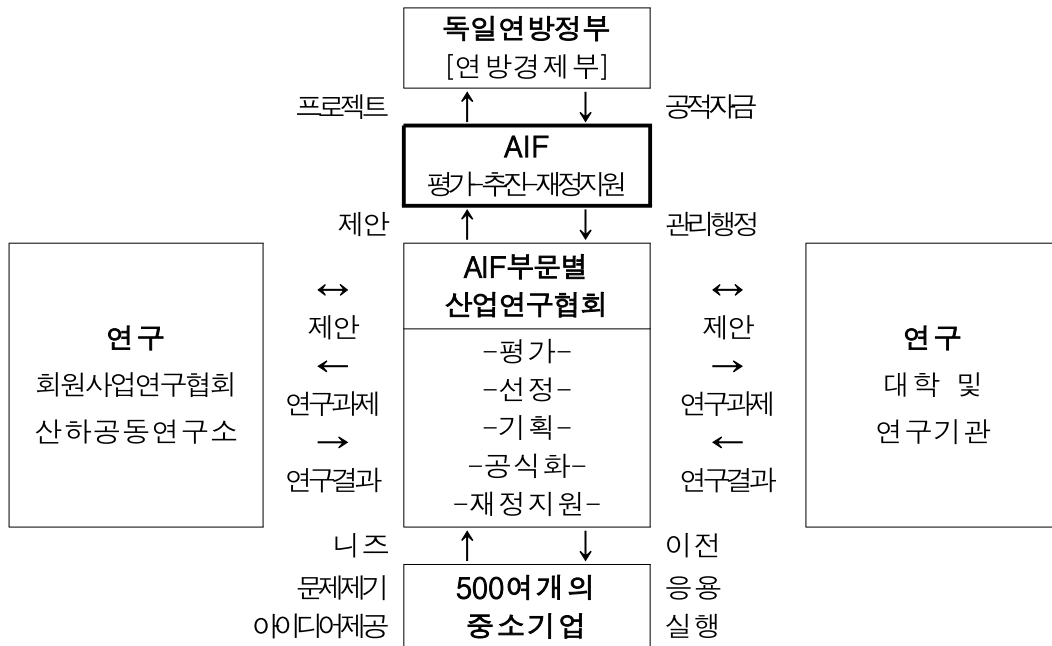
- 796개의 RJV의 산업별 분포 중 부품 소재산업분야가 452개로 약 57%, 통신기술분야 18%, 자동차, 신소재, 환경기술, 에너지기술 등 각각 9% 비중 차지
- 일반적으로 2개의 참여자가 공동으로 연구개발 프로젝트를 수행하며, 전체적으로 5개 이하의 참여자를 가진 소규모 형태의 RJV가 전체의 반 이상을 차지
- 또한 협력 형태에서는 기업간 협력형태가 가장 큰 비율을 차지하며, 이 경우 대부분은 10개사 이하의 소규모 형태
- RJV를 통한 산학연간 활발한 연구활동을 중심으로 공통 연구주제 개발, 연구자원 발굴을 위한 탐색·기획 공동체 역할 수행 및 참여기업의 지속적 협동 연구를 도모
- 활발한 RJV활동을 장려하기 위해 기반기술, 경쟁 이전 단계(pre-competitive) 기술연구개발에 주·연방 정부 지원이 집중되는 특징

□ 독일의 연구개발 중간조직 : AiF

- 독일 기술혁신시스템 안에서 산학연 협력의 탐색공동체-기획공동체-연구공동체로 연결되는 프로세스가 하나의 큰 틀 속에서 연계되도록 제도화된 거대한 협력시스템
- 독일은 산업계 중심의 협동조직화를 통해 산업계, 학계, 연구계의 혁신주체를 다층적 네트워크로 연결하여 연구공동체를 형성
- 독일의 대표적인 연구개발 중간조직인 AiF(독일 산업연구협회연합회)는 약 5만개의 기업이 104개의 산업연구협회가 하나의 연합회도 조직된 단체
  - AiF는 회원기업들이 공동연구를 수행할 수 있는 자체 연구소를 보유하고 이용도 매우 활성화되어 있음
  - 37개 연구협회가 독자적인 연구시설을 갖추고 있고 57개 자체 연구소를 운영하고 있음

- AiF는 산업계 중간조직과 정부 Agency기능을 결합시킨 제도로 운영되며, 이러한 제도적 장치가 산업계의 자발적인 탐색→기획→연구동체 형성을 가능케 함
- AiF는 독일 BMWi(연방경제기술성)의 정부연구개발사업의 집행을 담당하는 연구사업 관리전담기관(Agency) 기능까지 수행
- 다양한 프로그램을 창안하여 중소기업의 연구개발을 지원하며, 산학연 협력을 통한 공동연구 활성화를 주도

<독일 산업연구협회연합회(AiF)를 중심으로 한 산·학·연·관 연계도>



□ 독일의 연구개발 중간조직 : Networks of Competence

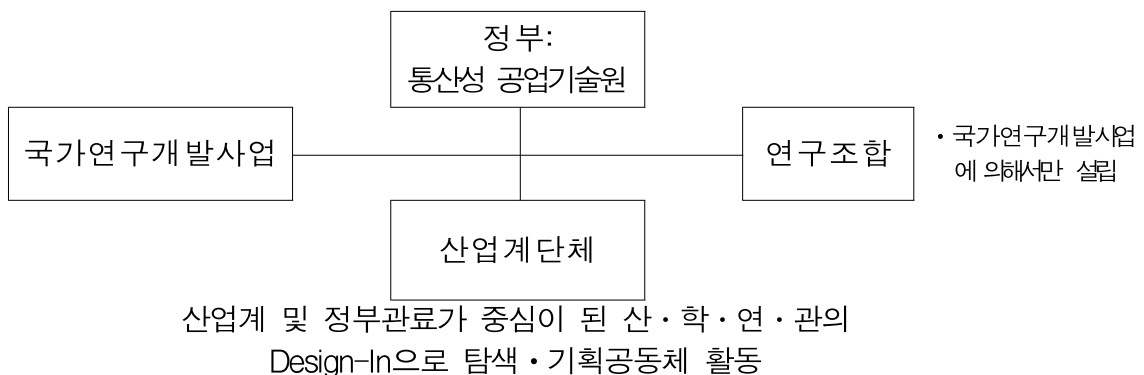
- 독일 연방정부 BMWi(경제기술성)과 BMBF(교육과학성)는 지역별로 위치한 산·학·연 혁신주체의 공동연구 촉진하기 위한 Technology Platform으로 Networks of Competence를 구성·운영
- 현재 30개 지역, 16개 산업 분야에 총 116개의 Networks of Competence가 존재하며 Networks of Competence에는 6000여개의 회사와 1600 이상의 연구소가 Networks of Competence의 일원으로 포함.

- Networks of Competence는 정부의 장기적 공동연구개발 프로젝트에 참여하고 수행하는 과정에 있어 기획 및 탐색 활동을 담당
  - 중소기업의 핵심 기술에 대한 수요와 공동 개발할 수 있는 적절한 연구소와 대학을 연결하고 이를 통해 공동 연구테마를 기획하는 기능 수행
  - 기술개발 이후 기술이전에 따른 사업화 촉진과 인력의 고용 및 교육으로 그 효과를 전파하는 통합기능 보유

□ 일본의 연구개발 중간조직

- 경제 산업성의 R&D재단법인은 장기대형의 국가적 연구개발과제를 추진하는 모체로서 연구조합은 약 3할, R&D재단법인은 약 7할 정도로 활용하고 있음.
- 연구만 수행할 때는 연구조합 방식을 취하고 연구만이 아니라 신산업 창출로 이어질 때까지 다양한 비즈니스촉진사업을 지속적으로 활동하게 만들 때는 R&D재단법인 방식을 활용하고 있음.
- 이 방식은 1980년대 초 캐치업이 끝나고 기술입국론을 주창하면서 도입된 것으로 현재 제 1, 2차 과학기술기본계획으로 대규모 투자가 이루어지는 과정 속에서도 변함없는 중심적인 추진모체로 되어 있음.
- 이 추진모체의 개념은 기업과 기업 그리고 기업과 협회 사이의 신뢰와 협력을 강하게 필요로 하는 것임

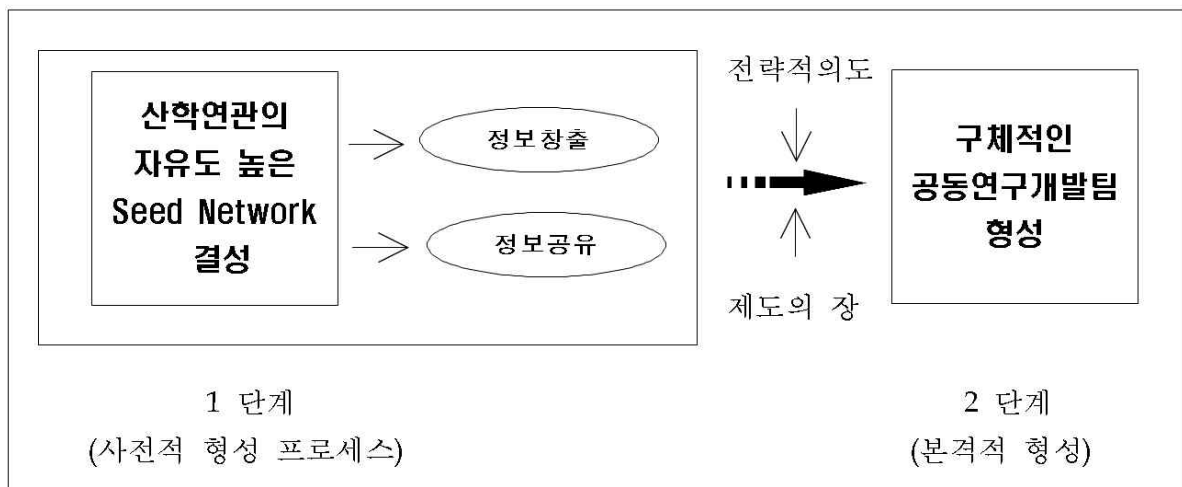
<일본 연구조합의 형성과정 및 기능>



○ 정보의 공동창출과 사전적 정보공유 중심의 활동

- 일본의 업계단체는 다른 나라에 비하여 특히 기술개발에 관한 업계공통 문제를 스스로 사전에 조사·연구하는 활동이 매우 활발
- 이를 위한 조직으로서 연구회 조직이 산·학·관 협력을 토대로 업계단체 내에 결성되어 있으며, 그 연구회 조직이 업계단체의 실질적인 활동주체로 되어 있음.
- 공유성 정보의 창출을 도모하는 조직간의 연계가 이노베이션을 수행하는 프로세스에서는 본질이라는 점에 정합성이 높은 조직원리에 기초를 두고 일본의 업계 단체가 운영되고 있음.

<사전적 Seed Network를 통한 공동연구개발의 조직화 과정>



\* 시드(Seed) 네트워크 : 미래의 산업기술에 유용할 가능성이 있는 기술 Seeds 및 연구개발에 대한 Needs에 관한 지식과 정보를 산·학·연·관의 연구자가 공동으로 탐색하고 교환하는 개방된 네트워크

다. 주요 시사점 및 정책적 제언

- 우리나라의 산·학·연 협력시스템은 양적 발전에 비해 아직 "실질적 활성화"가 크게 미흡하며 질적인 발전은 제자리걸음인 고질적인 문제가 지속화
- '80년대 이후부터 산업계의 연구개발시스템이 크게 발전한 구조변화가 있음에도 불구하고, 지난 40여 년간 정부출연(연)과 대학 등, 공공부문

이 주도하는 협력시스템에만 의존하는 패턴에는 변함이 없음.

- 산업계 스스로가 노력하여 "산학연 협력을 산업계가 주도"하는 협력시스템이 거의 발달하지 못한 점에 오늘날과 같은 비효율성이 지속되는 근본원인이 있음.
  - 국가 연구개발사업을 통한 산학연 협력의 경우, 정부출연연구소 주도의 지식을 공동창출·활용하는 공동연구를 위한 협력구조화로 진화시켜야 하며, 연구 주체간 신뢰기반 형성과 지식기반 구축이 시급
- 기업의 기술혁신 능력 향상을 위한 정부 및 민간, R&D중간조직 활용 전략의 취약성
- 기업들이 시장의 잠재적 수요를 파악하여 기술혁신을 끊임없이 창출해 낼 수 있는 아키텍처 차원의 전략 미흡으로 담보적 상태를 지속적으로 유지
  - R&D 중간조직의 많은 유형과 기구가 존재하지만 공동의 '기획 및 탐색' 활동을 통해 새로운 지식의 공동창출과 '혁신주체간 연구개발 협력'을 촉진하는 기능 및 기관은 부족
  - 현재의 중간조직으로 활동하는 기관은 대부분 해당 산업의 이익대표 기능, 분배적 기능 등에 초점을 맞춰 활동함에 따라 특정집단 중심의 운영되거나, 공동지식기반 부재, 창출성과 미비 등으로 R&D 중간조직으로서의 본래의 목적 및 기능을 수행하지 못하고 있음
- 산·학·연 인적교류를 위한 학회의 기능 미약
- 우수 R&D인력이 대학을 선호하여 국내 총 연구개발비의 약 20%를 사용하는 대학의 우수 R&D 인력의 70% 보유로 편중현상 심화, 따라서 기업연구소는 기술혁신을 위한 R&D 인력확보에 어려움 발생
  - 관련학회가 인력교류 촉진을 위한 Brain Pool의 역할을 해야 하나 국내 학회의 경우 인력 및 예산의 부족으로 그 기능을 충분히 수행하고 있지 못한 실정임.
  - 중소기업의 창의적인 연구 활동을 추진하기 위해서는 기업자체의 연



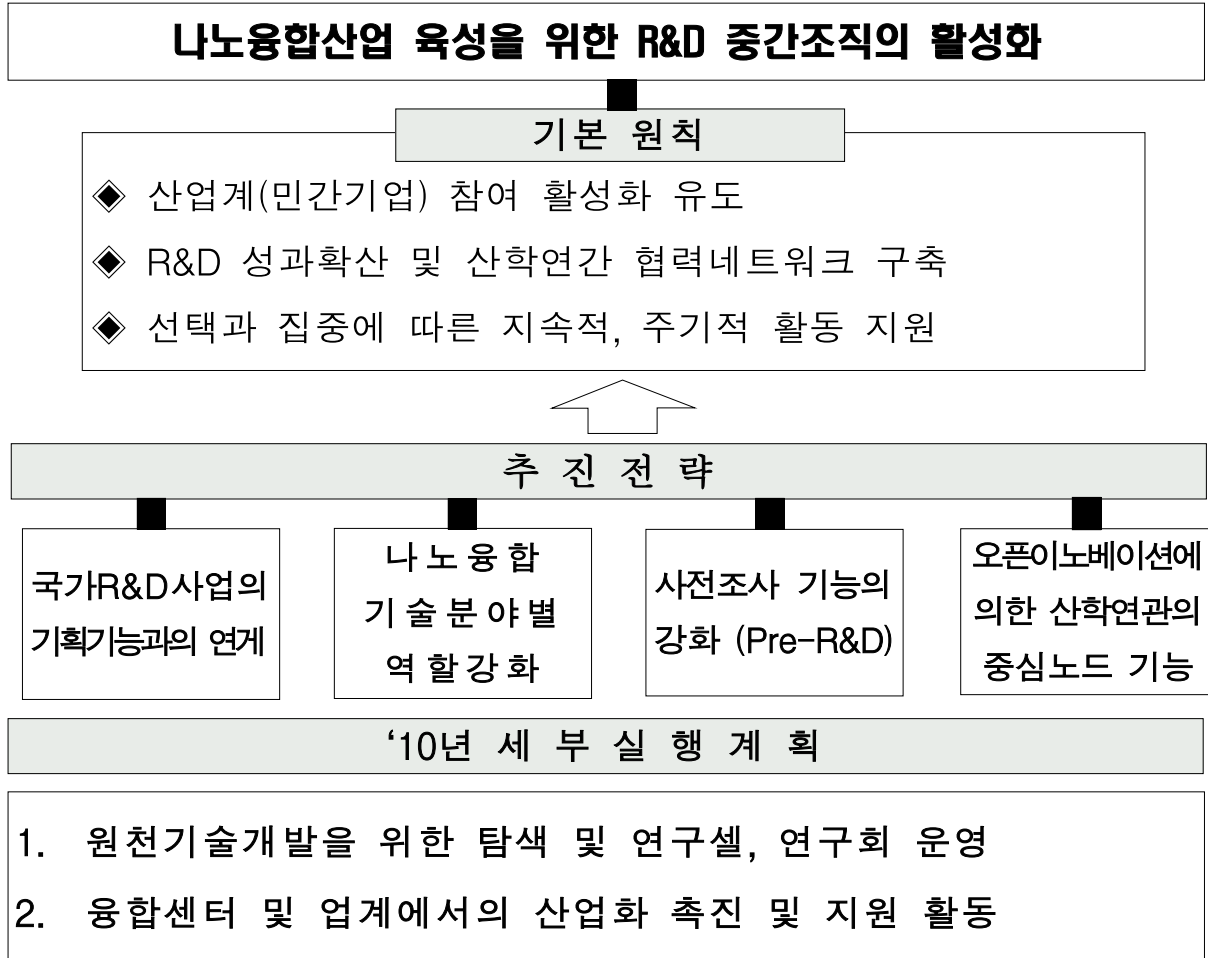
구자원으로는 한계가 발생되고 있어 다수의 R&D 인력을 보유한 대학 및 외부연구기관의 인력을 활용하기 위한 중개창구가 절실

□ 중간조직 활성화의 애로요인

- 중간조직의 기획 기능이 상대적으로 미약하여 탐색 → 기획 → 연구 공동체로의 진화가 효과적으로 이루어지지 않고 있음
  - 이는 중간조직의 역할이 단순 Networker 즉, 정보, 인력 연계 등의 역할에 머무르지 않고 Integrator 즉, 프로젝트 플래닝을 통한 자금조달 (funding) 기능까지 확대되는 것을 의미하나 현재까지는 미흡
  - 국가연구개발사업의 기획 시 중간조직은 수동적인 입장에서 과제를 수탁, 자금 배분의 역할에 주력
- 중간조직이 자발적·경쟁적으로 연구개발 과제를 기획하고 도출하기 위한 유인책이 부족
  - 정부의 압력이나 직접적인 지원에 의해 수동적인 참여보다는 스스로의 필요에 의해 기업들이 자발적으로 참여토록 하기 위한 유인책 부족
- 연구개발 중간조직의 활성화를 위한 하부구조 구축 미비
  - 공동탐색, 기획활동을 수행하는 데 필요한 공간, 기초적인 운영비용 조달의 애로
  - 신기술 변화 추이, 시장 수요 조사 등 효율적 기획·탐색을 위한 사전 조사 및 분석활동 강화를 위한 지원 미비
- 공동탐색, 공동기획, 연구과정을 통합적으로 이끌어 나갈 전문가 (Integrator)의 부족
  - 중간조직을 연구기획시스템의 중간·보조 조직으로서 기능토록 하기 위해서는 이를 수행할 Integrator의 양성과 확보가 시급

라. 추진 전략

□ 중점 추진방향



□ 주요 목표

- ① R&D 중간조직을 거점으로 한 산·학·연간 협력네트워크 구축과 성과확산 활동으로, 산업분야별 핵심이슈 제안 및 신규정책과제 발굴
- ② 산업분야별 성과공유·확산, 상호벤치마킹, 시너지 극대화 등 사전적 활동(탐색, 조사, 분석 등)지원을 통해 정방향으로 나아갈 수 있는 기술혁신형 R&D 중간조직 활성화 촉진
- ③ 연구개발성과의 산업계 확산 및 R&D 사업화 유도 등 생산성 향상을 위한 활동 지원

## 마. 추진 전략

### 1) 국가 연구개발사업의 기획기능과 중간조직의 연계

#### □ 추진 필요성

- 현 국가 연구개발사업의 기획 프로세스는 공공부문의 기획이 주를 이루고 있으며 연구를 수행할 주체(기업 또는 대학 등)의 의사나 기술 준비도(firm's strategic intent or technology readiness)는 미흡
- 연구개발 중간조직은 본연의 목적이 다수의 회원이 참여하는 탐색·기획 공동체로 활동해야 하나 실질적으로는 공공부문이 기획한 사업에 제안서를 제출하고 과제를 수탁하는 창구 역할에 불과
- 따라서 중간조직이 공동기획, 탐색 기능을 수행하는 조직으로 진화할 수 있도록 현 단계에서 제도적인 배려가 필요
  - 최근 일부 사업(산업원천기술개발사업 등)에서는 기획단계에서 중간조직을 적극 활용하기 위한 시도를 하고 있음.

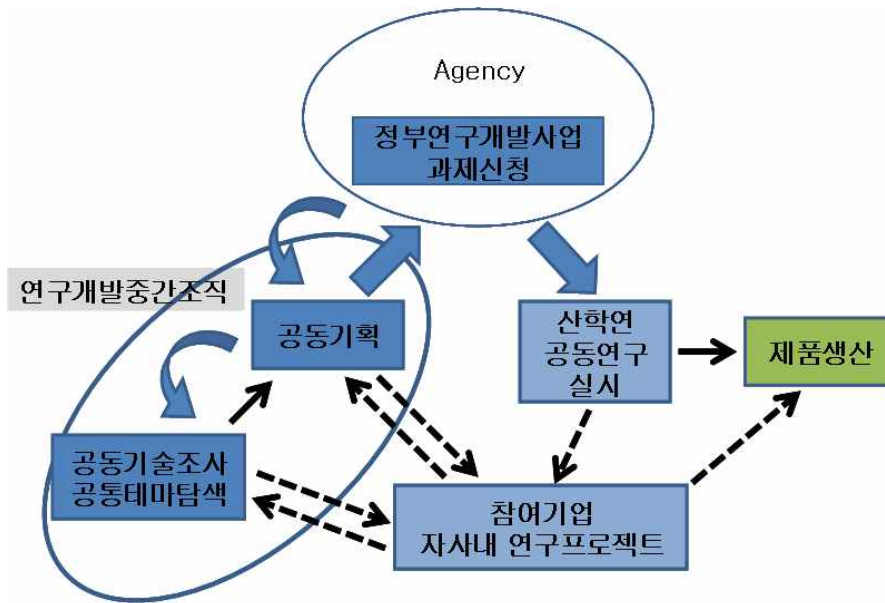
#### □ 목표

- 산업계 연구개발 중간조직이 민간과 연계하여 탐색 및 기획기능을 수행토록 제도적으로 지원

#### □ 추진내용

- 국가연구개발사업의 기획 단계에서 정부와 산업계 연구개발 중간조직이 적극 참여하여 Design-In 시스템으로 발전할 수 있도록 유인책을 마련
  - 우선 현재 국가 연구개발사업에서 사업공고(RFP) 후에야 참여하는 중간조직을 사업기획 단계에서 기획보조 Agency로 적극 활용
  - 장기적으로는 중간조직의 기획능력을 향상시킴으로 중간조직이 산업계 차원의 수렴된 의견을 자체 기획활동을 통해 새로운 과제로 발굴하고 이를 국가 연구개발사업 측에 설명, 설득하는 과제세일즈 활동까지 가능토록 함.

<연구개발 중간조직이 참여하는 연구개발사업 운영시스템>



\* 자료 : STEPI(2003), 국가연구개발사업에 대한 민간기업 참여 효율화 방안연구

- 연구개발 중간조직이 연구개발기획, 조사 활동에 자발적·적극적으로 참여할 수 있도록 소요 자금 지원 마련

□ 기대효과

- 민간의 수요와 혁신주체의 역량 결집이 효율적으로 이루어져 정부 연구개발사업의 투자효율성 및 생산성 제고에 기여
- 민간의 연구 컨소시엄이 자생적으로 발달하도록 유도함과 동시에 유기적으로 연결된 네트워크를 기초로 창발적 진화가 가능하도록 유도

## 2) 나노융합 기술분야별 관련 중간조직의 역할 강화

### □ 추진 필요성

- 공동연구개발은 공동테마를 탐색하고 공동테마를 연구테마로 구체화시키는 기획과정을 거쳐 자원이 본격 투입되는 연구실시 과정으로 연결
  - 그러나 기업의 입장에서 탐색 및 기획과정에 참여하는 것은 연구에 참여하는 것과 비교하여 명확한 이득이 없음.
- 따라서 탐색 및 기획과정의 참여가 정보 및 지식교류뿐 아니라 실질적인 연구에 이어질 수 있도록 타겟이 명확한 기술 분야별로 또는 세부 업종 단위로 중간조직 구성을 촉진, 지원할 필요가 있음.
  - 특히 나노기술이나 융합산업의 경우 다수의 중간조직이 관련되어 있으므로 각각의 중간조직들을 연계시키는 구심체의 역할이 중요

### □ 목표

- 특정 분야의 기술개발을 위하여 자발적으로 운영되는 소규모의 연구개발 중간조직 육성·활성화 및 이들 중간조직의 구심체를 구성하여 기획·탐색 작업이 공동연구로 이어지도록 체계적으로 지원

### □ 추진내용

- 스스로 필요성을 느낀 기업들이 참여하고 성과를 내도록 유·무형적 하부구조 형성 지원
  - 기업들이 공동 탐색 및 기획활동을 수행하는 데 필요한 공간이나 중간조직을 운영하는데 필요한 운영비용 등 유형적 하부구조 구축
  - 조사·분석·기획을 지원해 줄 수 있는 정보지원시스템 마련
  - 연구개발 중간조직의 일하는 방식의 Best practice 발굴 및 확산
  - 연구개발 중간조직 참여 활동에 대한 사회적 평판 제고 등 무형적 하부구조 제공

□ 기대효과

- 탐색 및 기획기능이 공공부문의 주도에서 산업계로 확대·발전해 나가도록 유도
- 연구개발 중간조직이 단순 정보교류, 정보제공, 이익 대변 활동 등을 넘어 지식 집약적인 공동의 탐색·기획 활동을 수행함으로써 탐색공동체 → 기획공동체 → 연구공동체의 진화가 효과적으로 이루어지고 결국 NIS 전체 차원의 진화와 발달을 유도

3) 사전조사(Feasibility Study) 기능강화를 위한 Pre-R&D 사업

□ 필요성

- 국가연구개발사업의 효과적인 과제 기획 및 연구수행을 위해서는 산업계 차원의 신기술 수요 및 시장 니즈의 탐색이 중요한 역할을 수행
  - 기술혁신 촉진을 위한 전략적 R&D 기획을 위해서는, 민간부문을 통해 이루어지는 기술 및 시장에 대한 사전조사(Feasibility Study)의 결과 및 기획단계의 반영이 중요해 짐.
- 그러나 기술과 시장에 대한 미래 수요를 예측하고 분석하는 조사기반이 취약하여, 장기적인 기술변화와 글로벌 트렌드를 파악하는 다양한 수요 조사 확보 및 지원체계의 강화가 필요
  - 이를 위해서는 산업계 중심의 연구주체들로 구성되어 있는 연구개발 중간조직을 활용한 선행조사(Feasibility Study) 시행과 그 결과를 국가 연구개발사업에 반영케 함으로서 기획에서 R&D 수행에 이르기까지 산업계 참여의 체계화가 필요
  - 그러나 현재의 연구개발 중간조직은 공동탐색, 공동기획, 공동연구를 일부 수행하고 있지만, 그 강도 및 자원 투자정도는 상대적으로 낮아 공동조사연구를 통한 과제발굴 및 지원체계의 강화가 필요

□ 목표

- 신기술의 발굴 및 미래 시장 탐색을 통한 전략적 R&D 기획을 위해 산업계 차원의 선행조사체계 확보 및 지원강화

□ 추진내용

- 국가연구개발사업의 R&D 기획시 사전조사의 기능을 강화하고, 이에 필요한 경비를 지원, 조사결과를 활용케 함으로서 산업계 주도의 적극적인 과제기획능력을 제고
  - 기술로드맵의 선행특허연구와 같이, R&D 기획 전단계에 연구개발 중간조직을 대상으로 한 가칭 '미래수요 조사사업' 혹은 '글로벌 기술 탐색사업' 등의 경쟁적 프로젝트를 통해 결과를 기획단계에 반영
- 장기적인 산업계 기술경쟁력 제고를 위해 연구개발 중간조직을 중심으로 한 해당업종 혹은 기술분야의 CTI 기능 지원 강화
  - 새로운 신기술 및 비즈니스 등장에 대응한 모니터링 및 분석활동 강화를 통한 중간조직의 연구개발 기획기능 강화
  - \* CTI(Competitive Intelligence Analysis) : 전 세계적으로 어떠한 새로운 기술 또한 비즈니스가 등장하고 있는지 초기단계에 모니터링하고, 비즈니스 파급효과 등을 분석하여 체계적으로 대응하기 위한 정보분석

□ 기대효과

- 민간부문이 중심이 되어 공동의 탐색 및 기획을 통해 새로운 지식의 공동창출과 활용을 촉진함으로써 국가연구개발사업의 내실화를 기함
- R&D 기획시 산업계 차원의 선행조사 기반을 확보하고, 이를 활용함으로써 정부와 산학연이 공동으로 연구의 전단계를 수행하는 개방형 R&D시스템의 구축

#### 4) 오픈 이노베이션 도입으로 산·학·연·관 네트워크 중심노드 기능 부여

##### □ 필요성

- 글로벌 기술경쟁이 심화됨에 따라 과거 폐쇄형 기술혁신체제에서 개방형 혁신체제로의 전환이 가속화 되고 있으며, 이에 대응하여 R&D시스템 또한 산학연의 협력체계를 기반으로 개방형 시스템으로 변화되는 추세
- 혁신주체간 연계를 기반으로 한 연구개발활동의 중요성이 확대됨에 따라 기존의 R&D(Research & Development) 개념이 외부 R&D자원의 유효 활용 측면을 강조한 C&D(Connect & Development)개념으로 변화
- 연구개발 중간조직은 산업계 주도의 산학연 기술협력체계 활성화에 기여함으로써, 개방형 혁신체제로의 변화에 핵심적인 역할을 수행할 수 있으며, C&D 전략의 효율적 실행이 가능

##### □ 목표

- 산·학·연 연구개발 활동의 혁신활동 촉진을 위해 중간조직을 중심으로 한 네트워크의 구축 및 활성화를 위한 커뮤니케이션의 핵심 노드 기능 수행

##### □ 추진내용

- 연구개발 중간조직의 조사기획 활동, 연구개발 활동, 기술교류 및 성과확산활동 등 산업계 주도 연구개발 활동 및 기반환경 구축에 기여할 수 있도록 운영

##### □ 기대효과

- 산업계 차원의 다양한 혁신활동을 지원하고, 성장여건을 마련해줌으로써 국가혁신자원의 효율적 배분 및 혁신 주체간 네트워크 강화·확대를 유도
- 연구개발 중간조직 참여기업의 자발적 연구개발 환경을 조성하고, R&D 활동을 촉진시킴으로서, 산업계가 주도하는 기술혁신체제의 기반을 구축



## 마. 세부 추진 과제

### 1) 원천기술개발을 위한 탐색 및 연구셀, 연구회 운영

#### □ 사업 개요

- 나노융합산업의 이해 부족에 따른 기술기획 역량의 부족으로 관련 정부 R&D 프로그램이 자유 공모형으로 추진되는 경우가 허다하고, 기술개발목표가 포괄적으로 정의되어 국가차원의 성과목표관리가 어려울 뿐만 아니라 산업계로의 실질적인 도움이 되고 있지 못한 실정

#### □ 목적 및 필요성

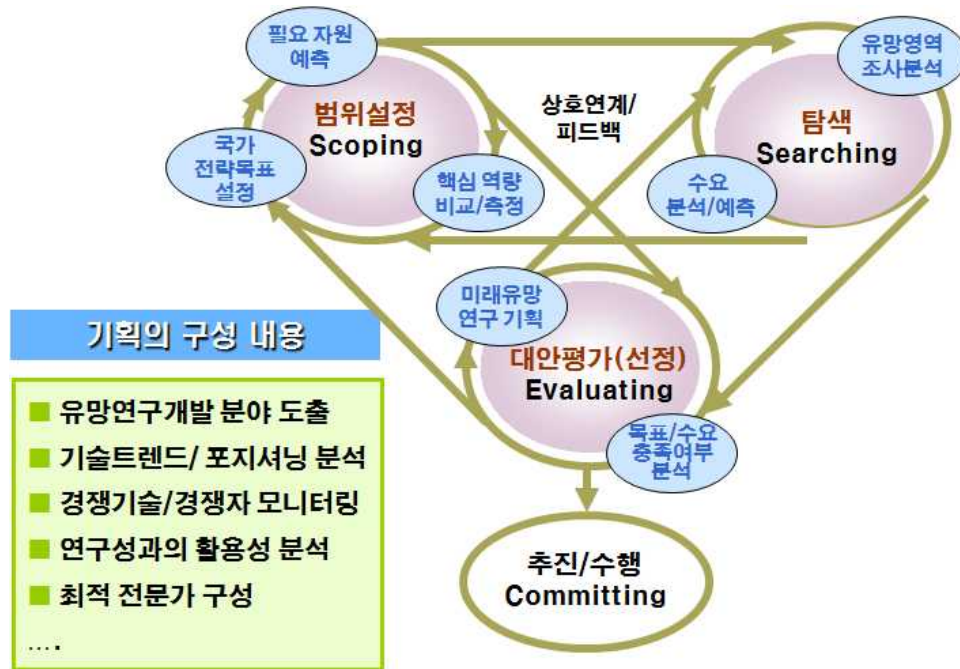
- (목적) NT를 중심으로 IT, BT 등 신기술의 접목·융합을 통한 새로운 기회의 등장으로 산업계의 한계 타파를 위한 신 성장엔진기술(Application Platform)과 제품경쟁력 한계극복을 위한 핵심원천기술(Technology Platform)개발의 구체적인 방향 설정
- (필요성) 주요 선진국들은 미래핵심산업기술분야로서 나노기술분야의 전략적 투자 확대하고 있으며, 강대국 대비 기술투자역량이 부족한 우리나라가 글로벌 기술경쟁을 위해서는 “선택과 집중”할 분야에 대한 탐색, 사전기획의 기능이 절실히 필요

#### □ 사업 내용

- (탐색공동체) 유망영역/조사·분석, 수요분석/예측 등을 추진하며, 나노융합기술의 국가적이고 산업전반의 비전 및 추진방향에 따른 선택과 집중할 기술분야의 지속적인 탐색
- (연구셀) 유망 연구개발분야, 기술트렌드/포지셔닝 분석, 경쟁기술/경쟁자/경쟁국 모니터링, 연구성과 경쟁력 분석, 최적의 전문가 구성 등
- (연구회) 산업계 수요를 반영한 공동 기획 활동을 통해 실증적, 기술적인 정책연구 수행

- 산·학·연 협력을 통해 이업종 융합기술연구, 산업기술분야 R&D과제 발굴 활성화
- 관련 분야의 국내외 산업현황 및 문제점 분석을 통한 경쟁력 강화 방안 제시, 혁신적 발전전략 및 정책 제안

<연구기획 방법>



- (나노기술 정보자산 확산) 시장·산업동향 등의 정보자산인프라를 구축하여 산업계와 연구계에서 공유·활용할 수 있는 체제를 확립
- 산업정보, 시장정보, 기술동향정보, 신제품 정보, 정부기술개발의 성과 정보 등에 대한 산업기술혁신 인프라가 취약하여, 정부정책기획 및 기업·연구계의 신사업 기획에 장애요인으로 작용

□ 사업기간 : 2009.7.1~2010.6.31

□ 총사업비 : 200백만원

□ 2010년 계획 및 추진업무

- 나노융합기술분야별 탐색공동체, 연구셀, 연구회등의 사전적 활동(정보공유, 탐색, 조사 등) 및 기획결과물의 성과 공유, 확산활동 전반을 추진
  - 국내외 컨퍼런스, 심포지엄, 세미나, 워크샵, 포럼 등
- 지식경제 통합기술청사진에서 나노기반은 다른 산업과의 연계성 및 파급효과가 매우 크므로 관련산업과의 연관성 차원에서의 상호 정보 교류 활동 추진
  - 나노기술을 포함한 산업융합기술을 중심으로 25개 타산업과의 핵심기술간 상호 연관이 큰 것으로 분석됨.
    - \* 특히 수요가능 기술은 바이오, 공급가능 기술은 반도체, 상호 수요공급을 통해 R&D 추진에 있어 시너지효과의 극대화가 높은 기술분야도 반도체가 밀접한 것으로 분석됨
  - 2007 일본 전략맵에서는 부재 및 나노기술과의 연계성을 강조하고 있으며, 기반기술의 성격으로서(나노기술 => 부품소재)와의 연계를 강조
- 나노기술분야별 동향 및 사례, 시장조사 등을 산업계와 연구계에 피드백
  - 정보화를 체계적으로 추진함으로써 R&D정책개발 및 산업계 등의 공유의 유용한 정보자산으로 활용하게 됨으로서 전반적 기술혁신 활동의 효율화를 추구

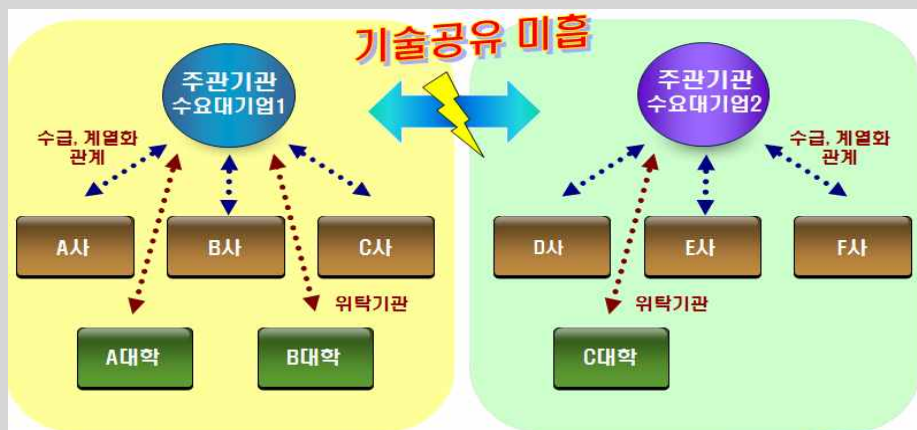
2) R&D 협력거점을 통한 융합센터 및 산업계의 조기 산업화 촉진 및 지원 활동

□ 사업 개요

○ 기존 R&D 사업 추진방식

- 개별 연구 또는 수급기업간 공동개발 형태
- 단기적 성과 위주의 제품화 개발에 치중
- 산업별 특성 없이 단발성 추진 또는 과제간 유기적 관계 부재

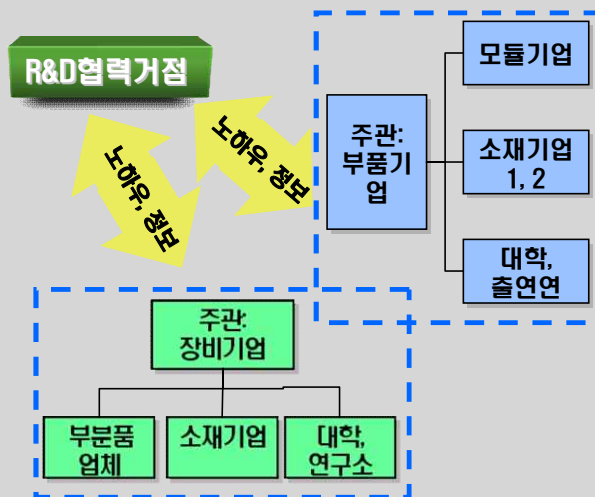
< 기존 R&D 추진방식 예시 >



○ 새로운 R&D 사업 추진방식

- R&D협력거점과 R&D 컨소시엄간의 유기적인 협력관계를 통해, 기술 개발 노하우 및 정보가 축적, 공유되는 체제임

R&D협력거점을 통한 사업연계



□ 목적

- 나노융합산업기술 R&D의 위상 정립을 위한 R&D협력거점을 통해 공동연구의 원활한 활동을 지원하며, 개발기술을 포함한 R&D 결과를 축적하고 활용할 수 있는 기능을 통해 조기 산업화 촉진

<R&D협력거점 구축·활용>

그간의 R&D	R&D협력거점
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구자 중심으로 추진되어 관리 및 경험이 공유되지 못하고 단발성 연구 및 성과에 불과</li> <li>○ 개별기업단위의 기술개발 역시 개발성과물의 산업계 전반으로의 파급이 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ R&amp;D 초기 탐색·기획단계부터 거점을 통한 정보교류가 활발히 이뤄짐으로서 공동 R&amp;D가 가능하며 이후 기술개발 결과의 축적 및 공동활용</li> <li>○ 전문화된 R&amp;D협력거점을 연구기반의 기능을 수행하게 함으로서 공동연구활성화 및 개발성과물의 산업계 전반으로의 파급을 극대화</li> </ul>

- (현황) 민간의 기술개발역량이 빠르게 성장하여 산업계 혁신주체는 기업부설 연구소 기준으로 10,000여개가 설립·운영되며, 대부분의 업종별 대기업 등이 R&D사업에 참여하고 있으나 나노기술의 산업화는 다양한 요인에 의해 매우 부진

□ 사업 기본방향 및 내용

- ① 미래 성장동력 개발·지원을 위한 전략핵심기술 발굴 : 녹색성장정책 및 신성장동력 등의 기술개발 방향과의 정합성을 유지하는 나노기술 R&D 전략 수립
- ② 신기술사업화 촉진을 통한 미래유망산업 조기 지원 : NT, 부품소재, BT 신산업, 비즈니스서비스산업 등 신기술신산업의 전략적 육성을 위한 나노기술의 위상 정립
- ③ 연관성이 깊은 주력기간산업 기술혁신활동 촉진 : 반도체, 디스플레이, 자동차, 조선, 섬유화학 등 기존 주력기간산업의 기술혁신과의 연계성 강화를 통해 나노기술의 조기 산업화 극대화

- ④ 나노기술관련 혁신인프라 구축 : 나노융합산업 전반의 기술혁신 생산성 제고를 위한 산업기술 혁신인프라 개발 및 네트워킹
- ⑤ 광역선도산업 및 지역전략산업과의 연계 : 나노융합산업관련 지역정책과의 연계 및 네트워킹 강화를 통해 중앙정부 차원의 나노융합정책과 지역정책간의 일관성 유지

□ 사업기간 : 2009.7.1~2010.6.31

□ 총사업비 : 200백만원

□ 2010년 계획 및 추진업무

- (국가차원의 나노융합산업의 위상정립) 미래 사회모습과 서비스 산업분석

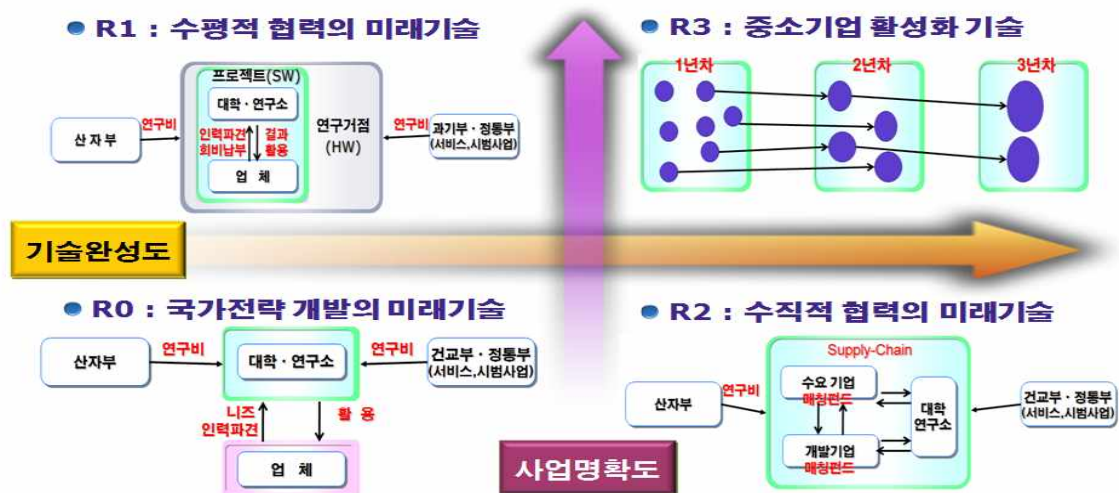
미래사회변화요인	추진정책	미래생활모습	시스템·서비스 산업
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경제·산업적 측면               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지식기반서비스 산업화</li> <li>· 바이오 경제의 도래</li> </ul> </li> </ul>	<b>감성 정보통신사회</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 즐거운 사이버 세상</li> <li>○ 초소형 위치확인 일반화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통신·방송 융합</li> <li>○ 디지털콘텐츠</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사회적 측면               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인구구조의 고령화</li> <li>· 환경과 에너지·자원 문제의 심각화</li> </ul> </li> </ul>	<b>물류교통 선진사회</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자기진단·충돌회피 차량</li> <li>○ RFID기반 물류 자동화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지능형 물류</li> <li>○ 텔레메틱스</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술적 측면               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 디지털·네트워크기술의 성숙</li> </ul> </li> </ul>	<b>건강복지 사회</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재택 질병진단 및 치료</li> <li>○ 잡일은 로봇이 해결</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원격진단·진료</li> <li>○ 로봇행복 도우미</li> </ul>
	<b>재해재난 방재사회</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경센서 기반 재난방지</li> <li>○ 국가재난 모니터링 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설진단경보</li> <li>○ 자연환경관리</li> </ul>
	<b>친환경 에너지사회</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 태양광 충전용 창문</li> <li>○ 고효율 조명 및 전력계통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지 발전</li> <li>○ 에너지 관리</li> </ul>

○ 미세화·소형화기술	○ 융합화·복합화기술
-------------	-------------

- (유기적 네트워크 구축) 산업계 전반의 공통애로기술, 관련 첨단기술 등에 대한 기술적 과제를 기술혁신 주체들 간에 상호 협동·해결할 수 있는 유기적인 네트워크 구축
- 전문가 D/B를 통해 산업체, 대학 및 연구소의 우수한 전문가를 개발 사업에 적극 활용

- (공동연구 강화) 글로벌 경쟁력 확보 및 유연성, 리스크 확보를 위해 R&D 협력거점으로서 공동 R&D를 위한 기술혁신 주체간의 정보공유를 통해 연계 강화에 의한 동반발전 추구
  - 산업계의 Biz. 모델 공유 : [경쟁 → 공동창조적 발상]의 이종업종 제휴 네트워크 활동 활성화
  - 관련 기업간 상호 경쟁적이지 않으면서 상호간에 공동의 Win-Win형 협력 지향
  - 상호 보완적인 개발 컨소시엄 발굴·구성을 통하여 동반발전이 가능한 사업 추진 가능
- (인프라 구축 또는 연계) S/W적인 인력사업·국제협력·기술사업화 사업 등과 H/W적인 기반조성 사업간의 연계 강화를 통해 R&D 이외의 산업계 요구사항 및 애로를 기술개발 전주기 차원에서 종합적으로 해결
- (나노융합산업을 고려한 차별화된 R&D 매니지먼트) 다양한 나노융합산업의 특성을 고려한 R&D 매니지먼트 전략 제시
  - 기존의 획일적인 R&D방식에서 탈피하여 나노융합산업의 분야별 특성 및 산업화 정도에 부합하는 적절한 R&D 매니지먼트 가이드라인 수립·제시함으로써 컨설팅형 관리로 전환 유도

<분야별 특성을 고려한 매니지먼트 방식의 다양화(예시)>



### 3. 나노기술 표준화 로드맵 활용

#### 가. 나노융합 산업 5大 분야별 현황

##### □ 나노일렉트로닉스

- 나노재료 및 공정 기술을 이용하여 목표한 기능을 수행할 수 있도록 제작된 것이 나노소자임.
- 나노소자분야의 대표적인 기술로는 초고밀도 메모리소자, 초고속 연산소자, 광/통신소자, 초저소비 전력소자 등이 있음.
- 나노기술 기반의 초미니/유비쿼터스 컴퓨터, 인식/추론 로봇 및 가상 현실 산업 창출을 위한 초고속/초고집적/저전력성을 지닌 차세대 소자 구현이 요구되고 있으며, 특히 최근에는 저에너지, 고효율 소자 기술 수요가 크게 증대되고 있음.
- 2005년 ITRS에서 Emerging Research Devices 중 저전력 특성을 지닌 차세대 소자(Carbon Nanoelectronics, 분자소자, 양자소자, 열전소자 등)가 제시된 이후, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 우리나라는 세계 최고의 메모리 소자 기술을 유지 발전하기 위하여 테라급 나노전자소자 프론티어 사업에서 나노 CMOS 소자, MRAM 소자, 지경부 System IC 2010 사업을 통한 나노급 시스템 IC 개발 등 장기적 연구 및 기술개발 사업을 진행하여 왔음.

##### □ 나노소재

- 나노미터 수준에서 다양한 재료를 제어하거나 새로운 물질 구조를 합성하여 현저히 향상된 새로운 물성 유도하거나 이러한 물성을 응용하는 기술을 말함.
- 2020년경 세계 나노융합소재 시장은 약 4000억불에 이를 것으로 전망되며, 최근에는 녹색기술과 연계된 에너지 및 환경 소재 분야에 대한 나노융합소재에 대한 연구의 필요성이 집중적으로 제기되고 있음.



- 나노기반 산업원천기술개발사업 및 성장동력사업을 통하여 신산업 및 신시장 창출을 위하여 교과부 및 지경부 공동으로 “나노융합 2.0” 프로젝트를 추진 중임.

#### □ 에너지·환경

- 나노미터 수준의 소재, 구조, 또는 공정 기술 등을 활용하여 에너지를 발생시키거나 저장하는 등의 기능을 갖는 소재, 소자 및 그 응용기술을 의미
- 노벨상 수상자 리처드 스몰리는 신재생에너지 비율은 2004년 0.5%에서 2050년에는 48%까지 증가할 것으로 예측하였는데, 화석에너지의 고갈과 CO<sub>2</sub> 저감을 위한 대체에너지원의 필요성이 강화되고 이에 따른 수요가 급격히 증가할 것임.
- UC Berkeley, Caltech, GE 등에서 Si 나노선 p-n 접합을 이용한 태양전지를, U of Delaware 등은 듀폰사 등과 컨소시엄을 구성하여 InGaN 다중접합 태양전지를, Lawrence Berkeley Nat. Lab., 하버드 대학 등에서는 InGaN 나노선 태양전지를 개발하고 있으며, 연료전지의 경우 일본은 고온(750°C) 동작 고체산화물 연료전지(SOFC)를 상용화하여 현재 저온동작 연료전지 개발에 박차를 가하고 있음.

#### □ 바이오·메디컬

- 나노바이오 기술은, 나노소자/소재/측정 기술이 바이오 기술과 융합된 생체친화, 친환경, 청정 기술로서, 나노기술에 기초한 국가의 녹색 성장을 견인하는 중점기술의 하나임.
- 기후변화와 화석에너지 고갈에 따라 친환경 저에너지 기술 수요는 꾸준히 증가할 것이며, 이에 따라 나노바이오 기술에 근간한 저오염, 생분해, 고효율 산업 수요가 지속적으로 확대될 것임.
- 삶의 질 향상과 신성장동력 창출 노력에 힘입어 크게 주목받고 있는 나노바이오 분야는, 최근 들어, 친환경, 저오염, 고효율, 고생산성 등 전형적인 녹색기술 특성을 띠는 분야를 중심으로 세계 각국의 기술개발

발 경쟁이 치열하게 전개되고 있으며, 국내 나노바이오 분야는, 나노 기술의 경쟁력이 향상과 그 궤를 같이하여 점차로 그 기술수준을 높여가고 있음.

#### □ 나노공정 및 측정 장비

- 나노공정 및 측정 장비 기술은 나노융합 제품의 고성능화 및 대량생산을 위한 공정기술과 측정/평가 및 해석/설계기술 및 이와 관련한 장비 기술을 의미
- 첨단그린도시 조성을 위한 융합 IT제품 및 신재생에너지 제품의 고효율화를 위해서는 나노공정장비의 개발이 선행되어야 하며, 나노측정 및 해석기술은 나노기술 연구의 토대가 되는 중요한 기반기술이며, 시장성장 또한 예상되고 있어 기술의 실용화 추진 필요성이 높음.
- 나노공정 기술과 관련하여, 국내외 대학 및 연구기관에서는 나노 광미징과 같은 신개념 나노 패터닝 공정 및 3차원 그린 나노박막 공정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 21C 프론티어사업(나노메카트로닉스기술개발사업단, 나노소재기술개발사업단)에서 나노측정(형상, 물성 등) 및 다중스케일 해석기술 개발과 이에 기반한 국제표준화 추진 등의 연구를 수행하여 일부 기술은 현재 세계적 수준에 근접함.
- 나노측정 기술과 관련하여 선진국에서는 매우 활발히 기술개발이 진행 중이며, 일례로, 미국 신재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory) 산하의 태양광연구소에는 고성능 태양광 소재, 시스템개발과 더불어 측정 및 신뢰성 평가가 매우 활발하게 연구되고 있으나, 국내에서는 일부 측정 기술 및 해석 기술이 나노원천기술개발사업의 창의, 핵심중점 연구로 일부 산발적으로 진행되고 있으나, 실용화를 위한 노력은 미흡한 편임.

## 나. 나노표준개발 현황

### (1) 국내 나노표준개발 현황

#### □ 국가연구개발사업과 표준개발을 연계한 정부정책 변화

- 2010年 국내 시장규모(104.9조원)는 전세계 시장(132조엔)의 10%를 차지할 전망이며 나노기술종합발전계획상 2014년 세계 나노시장에는 20%(5천억불) 점유를 목표로 하고 있어 나노기술의 기반기술인 측정 표준과 나노제품의 안전성 및 유효성 평가를 위한 기준제시가 요구되고 있음.
- 국제적으로도 나노기술표준화는 2005년부터 진행되기 시작하여 국제 표준채택, 국제표준화 기구 의장단 진출 확대, 경제적 파급효과가 큰 우수 표준특허 확보에 주력함으로써 우리나라가 국제 나노표준을 주도할 수 있는 좋은 기회임.
  - 현재 ISO/TC 229(나노기술, '05년도 설립)과 IEC/TC113(전기·전자제품의 나노기술, '06年 설립) 국제 기술위원회가 설립됨.
  - 독일은 국가표준화 전략을 수립하고 미국은 국가 기술이전 및 촉진법을 제정하여 기술개발 초기부터 표준화 연계를 통해 국제표준을 선점하고 시장점유율 확대 전략을 추진하고 있으며 독일 지멘스, 미국 IBM 등, 글로벌 기업들은 연구개발-특허-표준 연계로 로열티 수입 등, 부가가치 극대화
- 국가 연구개발사업에 표준화를 연계하여 연구개발 성과의 극대화과 투자효율성을 높이고 연구개발과 표준을 병행 추진하여 개발기술의 실용화를 촉진하고자 나노기반 분야를 시범사업으로 전략기술 개발사업 시작('08)
  - 표준화 연계를 통한 기술혁신을 주도하는 선순환구조를 형성하도록 표준화 연계전략 수립추진이 필요함에 따라 나노기술 분야에 대한 체계적인 로드맵 개발이 요구되고 있음.

□ 나노기술의 시장규모와 산업화 특성에 따른 표준화전망(2010年 기준)

- 전자통신 분야에서의 국내 시장규모가 나노산업 전체의 54%를 차지하고 기반산업 분야인 소재산업은 전체시장의 21%를 차지하므로 비중이 큰 전자통신 및 소재분야에서의 표준화를 중점적으로 추진해야 할 것으로 판단됨.
- 산업화와 밀접한 관련이 있는 특허출원 비중이 나노소재 39%, 공정·장비 29%, 소자 19%, 바이오 7%, 환경·에너지 6%이며 소재분야는 은(銀)나노 분야가, 공정·장비는 연구소·대학에서의 다양한 공정개발에 의한 소재·소자 관련 특허가 큰 비중을 차지하므로 향후 산업화 추세에 따른 표준화 추진전략 개발 필요
- 나노산업의 특성에 따라 시장에 존재하는 제품과는 차별화된 대기업 중심의 아키텍처 창출형과 파급효과 및 시장진입 장벽이 낮은 부품장비 개발형, 근간이 되므로 선행되어야 하는 신소재 개발형으로 나누어 전략적인 표준화 추진이 요구됨.
- 아키텍처 창출형 : 단전자소자(SET), 디스플레이(CNT-FED, OLED), 연료전지·태양전지, 메모리반도체 등
- 부품 장비개발형 : ALD장비, 리소그래피 장비, 나노이미지센서, OLED 패널 등으로 중견기업 위주의 표준화 추진이 적합
- 신소재개발형 : 플러렌, CNT, OLED 고분자, 나노복합재 등으로 대기업 또는 협력 중소기업 기술 및 제품의 표준화에 적합한 경우와 투자 규모 및 개발-회수 기간이 짧고 진입장벽이 낮은 소비재 분야인 은(銀)나노 전자제품 및 생활용품, 나노화장품, 나노섬유 등은 개인 중소기업 위주 표준화 추진이 적합
- 바이오 의약개발형 : 약물전달시스템, 생체·의약용 소재, 단백질 고분자, 바이러스 증식·공격 기구 등으로 우리나라가 매우 취약한 분야지만 국민 건강과 직결되어 유해성과 부작용에 대한 엄격한 기준 마련이 필요하므로 정부 주도의 표준화 추진이 적합

## □ 국내에서의 나노기술 표준화 활동

- ISO와 IEC 국제표준화 기구에 나노기술과 직, 간접으로 관련된 많은 기술위원회가 있으며 현재 우리나라는 나노스케일의 표준을 직접적으로 다루는 ISO/TC201(표면분석)과 ISO/TC202(마이크로빔 분석), ISO/TC229(나노기술), ISO/TC24/SC4(체가름의 입자크기 결정), IEC/TC 113(전기전자제품의 나노기술)과 IEC/TC 47(반도체 소자) 등에서 활동을 하고 있음.
- 기술위원회에 대응하는 전문위원회를 운영을 통한 국제표준 문건 코멘트 대응을 위한 의견수렴 및 국제표준화 회의에 전문가 파견
- 최근 설립된 ISO/TC 229와 IEC/TC 113에 대응하기 위한 “나노기술 전문위원회”를 설치 운영하여 국제문건 코멘트 대응을 위한 의견수렴 및 국제표준화회의 참석
- 우리나라는 나노박막 두께 측정규격, 나노입자의 흡입독성 평가 방법 및 탄소나노튜브의 순도측정평가 방법 등 활발한 규격제안 활동 수행하고 있음.
- \* 현재 ISO의 나노관련 규격 39종 중 우리나라가 제안하여 제정된 규격은 1종(2.5%)이나 진행 중인 20 종의 규격 중 우리나라가 제안한 규격은 4 종으로 20%를 차지
- 현재 ISO/TC 201/SC9(원자현미경)에서 의장 및 간사를 한국이 수입하고 있으며 ISO/TC201/SC1(ESCA)에서 의장수입, ISO/TC 229/WG3에서 은 나노 입자의 흡입독성 평가방법 프로젝트를 맡고 있는 컨비너 등, 우리나라가 나노기술분야에서 국제의장단 진출을 확대하고 있음.

## (2) 국외 나노표준개발 현황 및 전망

<국제 나노표준화 동향>

## □ 선진국의 연구개발과 나노표준화 연계 현황

- 유럽은 나노분야의 연구개발 시 표준화 연계를 위한 STAR (STandardization And Research, 연구개발과 표준화 동시추진 프로

그럼) 프로그램을 도입·추진

- 미국은 정부주도의 첨단기술개발 시 산업경쟁력 강화를 위해 연구결과  
의 시장잠재력, 향후 상용화 계획 등의 표준화 연계 평가를 실시
  - CEN과 표준화의 연계 추진을 위해 ATP(Advanced Technology  
Program, 첨단기술개발 프로그램)을 NIST가 주관 하에 프로그램 도입
- 독일은 기술개발 초기단계에서 표준화를 선행하여 투자효율을 확보하  
고 제품의 시장성을 극대화
  - 성장분야에 대한 표준화에 집중하고 연구개발과 표준화 동시추진
- 일본은 국제경쟁력 강화를 위한 국가정책으로 국가연구개발과 국제표  
준화 연계 전략 추진
  - 사전·중간 및 사후평가 시 국제표준화 대응방안 평가
  - \* 『일본의 국제표준 종합 전략(안)』, (일본 총무성, '06.12)

□ 선진국의 나노표준화 추진현황

- 미국은 대통령실 산하 과학기술정책실(OSTP : Office of Science and  
Technology Policy) 의장의 요청에 의해 ANSI에 NSP  
(Nanotechnology Standardization Panel) 설립하였으며 ASTM E56(나  
노기술)을 설립하여 실질적인 표준개발 진행
- 일본은 경제산업성 지원 하에 JSA에 NSP를 설립하여 AIST 등 주요  
연구기관이 표준개발에 적극적으로 참여(국제표준화 추진 및 측정표  
준분야 투자비는 '07年 28억엔 책정)
- 유럽은 CEN TC352를 설립하여 BSI를 중심으로 전략적 표준화 추진
- 중국은 SAC(Standardization Administration of China)에 나노기술표  
준위원회를 구성하고 4개의 WT(Working Team)을 두어 국가표준개발  
전담함.
- ISO(TC 229)는 REMSO 및 IEC(TC113), OECD 및 CEN 등과 연계하  
여 표준선점을 위해 상호견제와 전략적 협력 진행

□ ISO(International Organization for Standardizations, 국제표준화기구)의 나노기술 표준화 현황

- 현재 ISO 내 200여개의 TC(Technical Committee)에서 전기, 전자산업을 제외한 전 산업분야의 표준을 다루고 있으며 많은 분야가 직·간접적으로 나노기술과 관련되어 있으며 직접적으로 나노스케일의 표준을 다루는 TC는 TC201(나노분석기술)과 TC202(마이크로빔 분석), TC229(나노기술)를 포함하여 많지는 않음.
- ISO/TC229(나노기술)은 '05年 1월 BSI(영국표준협회)의 제안에 의해 '05年 4월 신설되었으며 3개의 작업반(JWG1, JWG2, WG3)이 구성되어 활동 중이며 나노기술 표준화를 총괄하는 기술위원회로 입지를 구축하고 있음.

\* JWG1(용어 및 분류), JWG2(측정 및 특성평가), WG3(안전, 건강, 환경)

- ISO/TC 229/WG1(용어 및 분류)에서 “나노스케일”을 정의하고 “나노입자”와 나노기술 관련 “핵심용어” 표준화 작업이 추진 되고 있으며 기술시방서와 기술보고서로 발간할 계획임.
- ISO/TC 229/WG2(측정 및 특성평가)에서 SEM, TEM, UV-VIS-NIR, TGA를 이용한 탄소나노튜브의 순도평가 및 특성평가방법에 대한 표준화 작업이 추진되고 있음.
- ISO/TC 229/WG3(환경, 건강, 안전성)에서 나노물질의 직업적 노출관리 및 은(銀)나노입자의 흡입독성평가 방법 등 나노기술의 안전성에 대한 표준화 작업이 진행되고 있음.

□ IEC(International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회)의 나노기술 표준화 동향

- 현재 IEC 내의 직접적으로 나노스케일의 표준을 다루는 TC는 TC47(반도체소자), TC 110(디스플레이), TC113(전기전자제품의 나노기술) 등이 있음.
- TC 113은 2006년에 설립되어 2007년 3월 창립총회를 독일에서 개최하

고 ISO/TC229와 공동으로 활동하는 JWG1, JWG2와 WG3(전자제품에 적용되는 나노소재의 성능평가)를 구성함.

- JWG1과 JWG2는 '07年 12월 개최되는 ISO/TC229 회의에서 공동으로 활동을 개시하고 WG3에 한국이 신규 국제규격을 제안할 계획임.

#### 다. 나노융합기술 표준화 로드맵 작성의 목적

**“표준선점을 통한 나노융합산업 국제경쟁력 확보 및  
개발기술의 조기 상용화 지원”**

- 나노융합기술개발과 연계한 전략적 표준개발을 통해 효율적 표준화 정책 및 산업발전 기반 구축
  - 나노기술 및 관련 산업의 미래 세계시장에서 경쟁력 확보
    - 국외 표준화 선점을 통한 나노기술 및 관련 산업기술의 기득권 확보
    - 나노기술의 표준화를 통하여 나노재료의 상업화를 위한 기준 제시 및 산업기술에의 적용을 활성화하기 위한 기반 확립
  - 나노기술 관련 산업의 세계시장 지배력 강화
    - 나노기술의 표준화를 통한 나노기술 및 제품의 신뢰성 평가 기준을 확립함으로써 세계 나노산업에서 핵심 표준 선점
  - 국내 나노 산업화 촉진 및 국제경쟁력 확보를 통한 신시장 선점
    - 나노기술 관련 산업기술의 기득권 확보
    - 나노기술 및 제품의 상업화를 위한 기준 제시
    - 나노기술 관련 산업기술에 적용하기 위한 기반 확립

#### 라. 나노기술 표준화의 필요성

- 시장 및 기술적 측면
  - 기술개발 초기단계부터 신시장 창출과 미래 시장선점을 위해 표준개



발을 통한 국제표준화 주도가 필수적임.

- 나노기술의 독점성으로 인해 시장선점을 위한 선진국의 전략적인 국제 표준선점 경쟁이 진행되고 있음.
- 나노기술 측정방법, 평가방법 등 표준의 부재로 실험결과와 결론에 대한 실험실 간 비교가 어려워 효율적인 기술 및 제품개발 인프라 구축이 어려움.
- 제조자와 기술자 간의 합의에 의한 표준사용은 원활한 의사소통으로 나노기술을 접목한 제품의 개발 및 상업화를 촉진함.
- 자국의 시장 및 생산자 보호
  - 무역의 자유화에 따른 거대 다국적 기업의 진출에 대한 시장방어 수단으로 표준을 활용하여 국내 생산자 보호

#### □ 국제환경의 변화 측면

- 자유무역 추구에 따른 무역의 기본 틀인 국제표준의 위상강화로 표준 주도가 국가의 국제경쟁력과 직결
  - 무역상 기술장벽에 관한 협정(WTO/TBT)에서 비관세 장벽 철폐와 함께 각국이 강제기준으로서 규격을 제정 시에 국제표준을 따를 것을 의무화함으로써 법률로서의 국제표준의 영향력은 강화되고 있음.
  - 국가별로 자국의 특정상황 또는 국내시장의 보호를 목적으로 상이한 표준 제도를 가지고 있어, 상품의 자유스러운 이동을 저해함으로써 생기는 무역장벽으로 인한 마찰을 줄이고 시장통합을 이루어 내기 위한 수단으로 국제표준을 권장함.
- 나노기술의 개발 및 적용에 국제표준을 통한 경제 및 사회적 통합이 진행

## □ 국민경제 측면

- 유해한 나노제품으로부터 소비자를 보호하기 위하여 상용화 된 나노제품의 안전성 평가를 위한 평가방법 표준화가 시급히 요구되고 있음.
- 나노제품의 나노특성의 유효성을 검증하기 위한 평가방법의 표준화 니즈가 증가
- 삶의 질을 중시하게 됨에 따라 행복한 삶을 영위하기 위한 안전·건강·환경보호 등의 표준화 중요성 증가
- 안전평가 기준을 제정함으로써 국내 뿐 아니라 수입되는 제품에 대한 소비자 보호

## 마. 표준개발/표준화 로드맵 사업 추진

### □ 로드맵 사업 추진의 기본 원칙

- 나노기반 통합기술청사진에 근거하여, 나노소자, 나노융합소재, 나노융합장비, 의료바이오융합, 나노융합에너지환경 등의 5대 기술 분야의 표준개발 및 표준화 로드맵을 작성함.
- 국가 전략 산업분야 및 제품군을 선정하고 이에 근간한 나노융합기술 표준화 로드맵 내용의 기본 틀을 구성하는 방식을 취하되 신산업과 신제품의 표준개발 및 표준화 수요에 대응할 수 있는 채널을 포함하는 형태의 로드맵 개발을 추진함.
- 수요와 적정성 및 시급성을 고려하여 표준개발 및 표준화 타겟을 제시함으로써 현실적인 요구에 부합하는 실질적 로드맵을 제시함.

### □ 로드맵 사업 추진 방법

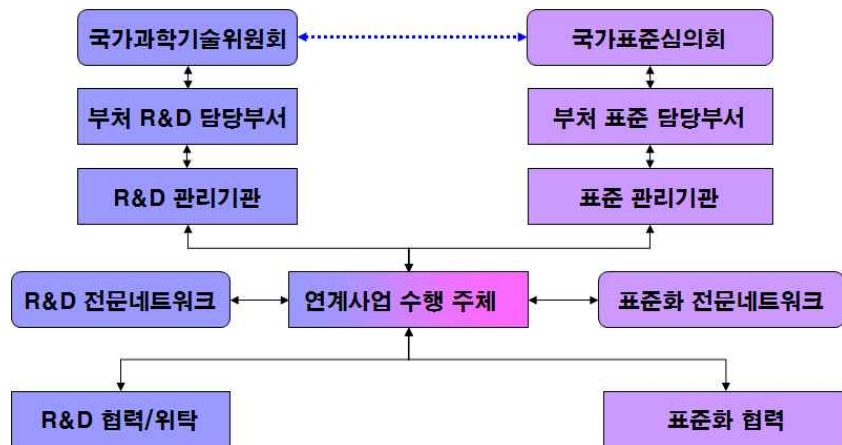
- 나노융합기술의 빠른 발전 속도와 범위 확대를 반영할 수 있도록 미래지향적이며 개선 가능한 형식을 도입하여 기술의 공급자와 수요자 모두에 의해 지속적으로 수정 보완이 가능한 로드맵 운영시스템을 구축함.

- 기술공급자 중심의 일방적인 방식의 표준화 지도의 전개 방식에 치중 하던 기존의 방식에서 한걸음 발전한 형태로서 쌍방향(interactive)의 개방형(open) 로드맵을 추구함으로써, 기술수요가 적절히 반영된 표준 개발 및 표준화 로드맵을 구축함.
- 표준화를 위한 개방형 로드맵 작업 중 발생할 수 있는 기술 유출(특히 산업계의 비밀 유출)을 미연에 방지하기 위한 개방형 및 비개방형 작업그룹을 동시 운영함.

바. 정책 제언

□ 나노산업 3大 강국실현과 세계 7위의 경제국 도약의 근간이 될 나노융합산업 발전은 기술개발과 병행한 표준개발 및 표준화 추진에 의해 가속될 것임.

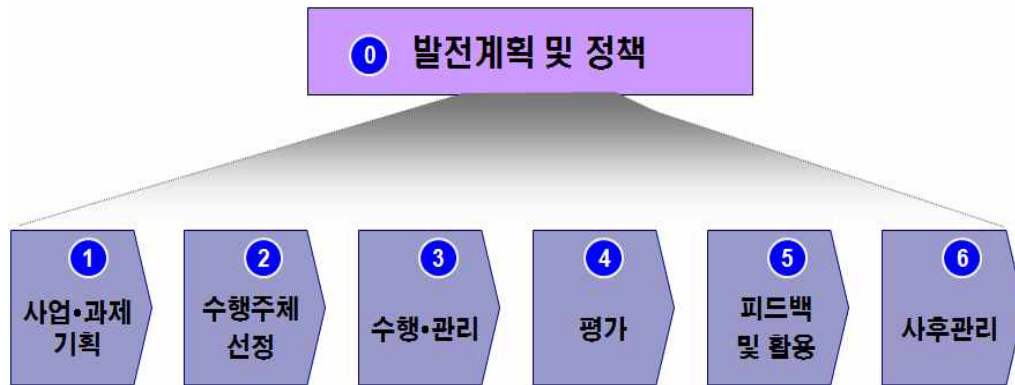
- 나노표준화 연계 나노기술 R&D 체계 정립
  - 연구개발과 표준추진 주체 간의 연계협력을 위한 기구/위원회 설치
  - 나노기반 통합기술청사진에 근거한 실질적인 표준화 로드맵 구축
  - 연구개발과 표준개발 및 표준화의 병행 추진
- \* R&D 과제 수행 시 표준개발/표준화 포함을 의무화 : 일정 규모 이상의 과제 수행 시 연구개발 목표 및 내용에 포함시키고 일정 이상의 비용 책정을 의무화



<연구개발과 표준개발·표준화의 병행 절차>

□ 나노표준화 연계 R&D 프로세스 정립

- 연구개발의 전 과정에 표준화 전문가 참여를 권장
- 기존 R&D 프로세스에 표준화 활동 연계
- 표준화 동향조사 결과 반영 및 자체 진행경과 보고



<나노표준화 연계 R&D 프로세스>

□ 나노표준화 전문가 양성 및 참여 확대

- R&D 기획 단계부터 전 프로세스에 참여
- 기존 전문가 + 후보를 새로운 연계사업에 투입하여 전문가 양성
- 분야 별 전문가 Pool 구성
- 국제 표준화 전문가 양성을 위한 지원

□ 지원시스템 운영

- 범 부처 및 부처 차원의 표준화 동향조사 결과 제공(지식정보 지원)
- 산업·기술별 표준화 로드맵 작성을 위한 전문가 지원(인적 지원)
- 표준화 로드맵 작성을 위한 전문 기법 제공 : 모니터링, 분석, 예측
- 국제표준 선점을 위한 산·학·연·관 협력위원회 구성/운영
- 법적/제도적 지원

□ 추진 일정 및 소요 예산

(단위: 백만원)

사업 내용	2010	2011	2012	2013	2014	계
나노융합산업 발전을 위한 표준화 로드맵 정립	200	150	150	150	150	800
나노표준화 연계 R&D 프로세스 지원	100	100	100	100	100	500
나노융합기술 표준화 인력 양성 및 활동지원	300	300	300	300	300	1,500
나노융합기술 표준화 지원시스템 구축 지원	100	100	100	100	100	500

#### 4. 나노융합제품 민간인증제 도입

##### 가. 필요성 및 현황(국내·외)

###### □ 필요성

- 나노제품에 대한 시장의 불신해소 : 나노물질을 함유에 의한 유효성이 나 제품의 기능성에 대한 시뮬 및 평가 기준 부재
- 나노제품에 대한 안전성 요구증대 : 나노제품의 안전성에 대한 막연한 의문과, 최근의 나노제품 안전성에 대한 국제적 규제강화 움직임에 대한 대비 필요
- 우수한 나노제품 육성 및 시장확대를 통한 필요가 나노기술의 산업화

###### □ 국내

- 나노제품은 증대하고 있으나 이의 안전성과 효능이 의심받고 있으며, 인증이나 안전성평가 기준이 없음.
- 나노기술의 표준화가 진행되고 있지만 아직 나노제품의 효능과 안전성 평가방법에 대한 표준화가 초기 단계임.
- 국내에 예상되는 나노물질/제품관련 규제법을 위해성평가, 유해성전달, 위해성관리 측면에서 분석하고 나노물질/제품규제 관련성을 다음의 표에 나타냄.
- 나노물질/제품 안전성 및 인증 관련 연관성이 높은 규제법으로는 산업안전보건법, 약사법, 화장품법, 식품첨가물법, 의료기기관리법, 연구실안전환경조성법, 유해화학물질관리법, 품질경영 및 공산품안전관리법이 있으며, 나노제품 (소비자제품)의 안전성 및 인증과 가장 관련이 있는 법은 공산품 안전관리법임.

**<예상되는 나노물질/제품 관련 규제법>**

\* HI, hazard identification(유해성확인); DR, dose response relationship(용량반응관계); EA, exposure assessment(노출평가); RC, risk characterization(위해특성화); HC, hazard communication(유해성전달); RM, risk management(위해성관리)

법	소관부처	목적	대상물질	위해성평가				HC	RM	나노규제 관련성
				HI	DR	EA	RC			
산업안전보건법	노동부	근로자 안전보건	유해인자	유해성조사 유해인자관리	유해성조사, 유해인자관리	작업환경 측정,역학 조사	역학조사 유해인자관리	MSDS, 경고 표시	노출기준, 건강진단, 제조허가, 금지	high
약사법, 화장품법	식약청	의약품, 화장품관리	의약품, 화장품	허가심사	허가심사	허가심사	허가심사	표시	용량기준, 모니터링사업, 금지	high
식품첨가물법	식약청	식품첨가물관리	식품첨가물	허가심사	허가심사	허가심사	허가심사	표시	용량기준, 모니터링사업, 금지	high
의료기기 관리법	식약청	의료기기관리	의료기기	허가심사		허가심사	허가심사	표시	모니터링사업,	high
연구실안전 환경조성법	교과부	연구실 안전	유해위험물질	-	-	-	-		건강검진	high
유해화학 물질관리법	환경부	국민건강 및 환경상의 위해를 예방, 유해화학물질 적정관리	유해화학물질	유해성심사	유해성심사			표시	취급제한금지,관 찰물질, 사고대비물질	high
환경보건 법	환경부	국민건강과 생태계의 건전성을 보호·유지	환경오염물질	-	-	역학조사	역학조사	어린이 용품 표시	환경기준, 국민환경보건기초 조사, 환경질환조사서 금지,제한	Medium
농약관리 법	농림부	농약안전관리 · 농업생산과 생활환경보전	농약	농약등록심사	농약등록 심사	-	-	표시	안전사용기준, 취급제한기준	Medium
농산물 품질관리법	농림부	농산물의 적정한 품질관리	농산물	-	-	-잔류량조사	-	표시	출하연기,용도전 환, 폐기	low
품질경영 및 공산품안 전관리법	지경부	공산품안전관 리에 의한 소비자어린이 보호	공산품, 어린이보호 포장공산품 (유해화학물질, 내분비계장애 물질)	안전성조사	-	-	-	표시	판매사용금지 판매제한	High
소비자기 본법	재경부	소비자권익증 진	물품	안전조사	-	-	-	표시	표시기준, 파기, 수거	Medium
위험물안 전관리법	방재청	위험물안전관 리	위험물	분류	-	-	-	표시	안전기준	Low
선박안전 법	국토해양 부	선박위험물안 전관리	위험물, 독성물질,유 해성물질	분류	-	-	-	표시	안전기준	Low

□ 국제

- OECD WPMN(working party on manufactured nanomaterial)에서 제조나노물질 안전성평가사업을 추진하고 있으며 , 제조나노물질의 안전성평가 스폰서 프로그램을 운영

- ISO/TC 229에서 나노제품의 산업화를 위해서 선결되어야 할 안전성 확보지원을 위한 표준화 진행
  - 특히 나노기술관련으로 기술표준화에 대한 표준화는 ISO/TC 229(nanotechnology)가 담당하고 있으며, 특히 ISO/TC 229 WG 3(working group 3) 보건, 안전, 환경(Health, safety, environment)에서 독성평가, 스크리닝, 노출평가, 측정기술을 위한 표준개발이 진행

<나노기술안전성 분야 국제표준 및 국가표준개발 동향>

규격번호	규격명	비고
PD 6699-1	Good practice guide for specifying manufactured nanomaterials	영국
PD 6699-2	Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials	영국
PAS 130	Guidance on the labeling of manufactured nanoparticles and products containing manufactured nanoparticles	영국
BSOHSAS 18001	Occupational health and safety management systems	영국
ASTM E2526-08	Standard Test Method for Evaluation of Cytotoxicity of Nanoparticulate Materials in Porcine Kidney Cells and Human Hepatocarcinoma Cells	미국
ASTM E2524-08	Standard Test Method for Analysis of Hemolytic Properties of Nanoparticles	미국
ASTM WK8985	Guide for Handling Unbound Engineered Nanoparticles in Occupational Settings	미국
KSD2716	Measurement of nanoparticle diameter - Transmission electron microscope	한국
KS A 6202	Health and safety practices of nano materials in workplace & laboratories	한국
ISO/TR 16875	Health & safety practices in occupational setting relevant to nanotechnologies	ISO/TC229
*ISO/CD 10801	Generation of nanoparticles in Inhalation toxicity testing	ISO/TC229
*ISO/CD 10808	Monitoring nanoparticles in Inhalation toxicity testing	ISO/TC229
ISO/CD 29701	Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro system	ISO/TC229
ISO/AWI/TR 130141	Guidance on Physico-chemical characterization of engineered nanoscale materials	ISO/TC229
ISO/AWI/TS 12901	Guide to Safe Handling and disposal of manufactured Nanomaterials	ISO/TC229
ISO/AWI/TR 13121	Nanomaterial risk evaluation framework	ISO/TC229
ISO TS 12901-2	Guidelines for occupational risk management applied to engineered nanomaterials based on a "control banding approach"	ISO/TC229
ISO TR 13329	Preparation of MSDS for Nanomaterials	ISO/TC229
*TR 13329	Preparation of MSDS for Nanomaterials	

\* 한국이 제안한 국제표준



- ISO TC 229에서는 나노제품의 인증에 대해서는 아직 본격적인 작업이 추진되고 있지 않지만,
  - Project group 7에서는 나노물질의 위해성평가 프레임워크(Nanomaterial Risk Evaluation Framework)이라는 작업이 진행되고 있어 제품단계의 인증은 아니지만 물질단계의 위해성 평가 진행
  - ISO TC 229 8차 회의(시애틀)에서 스위스의 Innovationsgesellschaft, St. Gallen, Switzerland과 TUV SUD에서 제안한 나노기술의 위해성관리 인증 표준(CENARIOS)을 제안함으로써는 제품의 인증에 대한 국제표준(가이드라인) 개발로 추진 예상
  - 제품의 인증표준을 실시하고 있는 나라는 대만으로서 nanomark라는 정부주관의 인증제도를 실시하여 나노제품의 인증을 추진하고 있음.

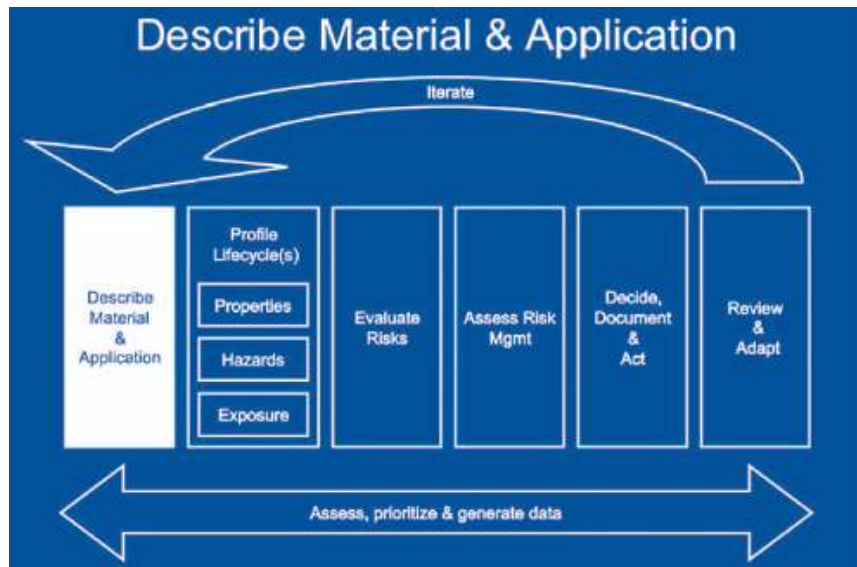
#### 나. 나노제품 인증 관련 동향

##### □ 나노물질의 위해성 관리 프레임워크(framework)

- 이 작업은 미국의 Dupont과 Environmental Defense Fund가 공동으로 나노물질의 책임개발과 생산, 사용, 폐기 또는 전 생애관리(Life cycle assessment, LCA)를 위해 제안하기 위하여 작업한 것임.
  - 현재 ISO/TC 229에서 표준문건으로 제안되어 국제표준으로 개발되고 있음.
- 이 위해성관리 framework은 6단계로 구성되어있으며

##### <1단계 : 물질 사양과 응용>

- 나노물질의 일반적인 성상과, 의도적인 사용(산업적 응용분야를) 기술하며 2단계에서의 물질의 특성, 유해성, 및 노출에 관련된 데이터에서 평가 수 데이터가 부족한 것에 대하여 데이터의 필요성을 인식하게 하고, 유사물질(또는 대체물질)의 존재를 확인하거나 응용하도록 검토하는 단계



### <물질 사양과 응용>

#### <2단계 : 전 생애 분석>

- 나노물질의 전 생애를 통해 생산에서 폐기, 재사용까지 나노물질의 물리·화학적 성질, 건강 및 환경 유해성, 노출에 대한 자료를 집적하여 검토하는 단계

#### <3단계 : 유해성 평가>

- 여기에서는 2단계에서 생산된 정보를 분석하고 특정나노물질의 유해성의 성질, 크기, 유해성의 확률을 분석하는 단계
- 이러한 분석을 통해 전 생애 분석을 위한 데이터 부족이나, 문제점을 확인하고 문제점의 해결을 위한 데이터를 생산과, 최악의 경우(worst case scenario)를 가정하는 단계

#### <4단계 : 유해성관리 평가>

- 3단계에서 확인된 유해성을 관리하기 위한 이용 가능한 수단들을 평가하는 과정
- 이용 가능한 수단은 공학적 관리, 보호구, 유해성 전달, 제조/생산 공정 변경임.

<5단계 : 결정, 문서화, 시행>

- 적절한 평가 팀의 자문을 얻어 제품의 개발단계에서 제품개발을 실시할 것인지를 결정하는 단계
- 의사결정단계의 투명성과 의사결정단계의 문서화와 내외부의 이해 당사간의 정보교환을 포함하며, 추가 정보의 필요성을 결정하고, 시행에 옮기며 향후 위해성평가와 위해성관리의 최신화(update)의 시기와 조건을 결정

<6단계 : 검토와 적용>

- 주기적인 검토와 재검토, 위해성평가의 최신화(update)와 재시행이 위해성관리시스템이 예정대로 시행됨을 확인하며, 새로운 상황(변경된 노출양상 같은)에 대한 새로운 정보를 검토하고 적용함.
- 혁신적 개발, 생산 및 사용의 변경, 유해성이나 노출의 새로운 데이터 같은 새로운 상황이 발생했을 때에는 재검토되어야 하며, 이 과정도 5단계와 같이 이해당사자와의 정보공유가 필요함.

○ Risk evaluation framework과 현행 법체제에서의 나노물질 관리 관련성

단계	내용	관련법
1	물질의 사양과 응용	산업안전보건법, 유해물질관리법, 약사법, 의료기기관리법, 식품첨가물법, 품공법
2	전생애분석	유해물질관리법, 환경보건법, 약사법, 품공법
3	위해성평가	산업안전보건법, 약사법, 의료기기관리법, 식품첨가물법, 유해물질관리법, 환경보건법, 품공법
4	위해성관리평가	산업안전보건법, 유해물질관리법, 약사법, 의료기기관리법, 식품첨가물법, 품공법
5	결정, 문서화, 시행	-
6	검토와 적용	-

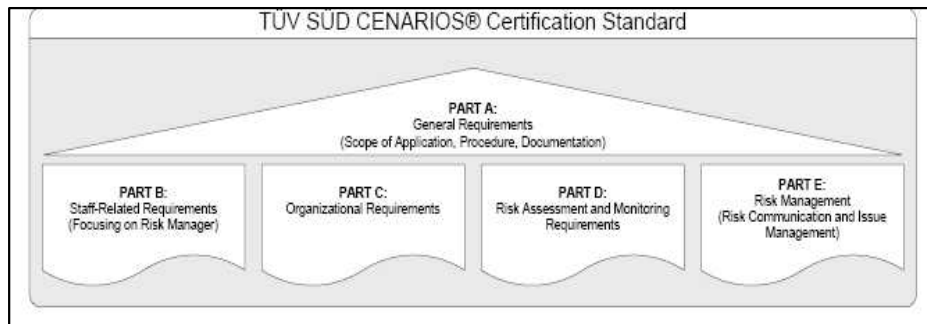
□ 스위스의 CENARIOS(나노의 risk management 인증 표준)

- 이 인증시스템은 스위스의 Innovation society와 TUV/SUD에서 채택한 시스템으로 나노물질이나 제품의 risk management 인증표준이며 CENARIOS는 5개 부분으로 되어있으며

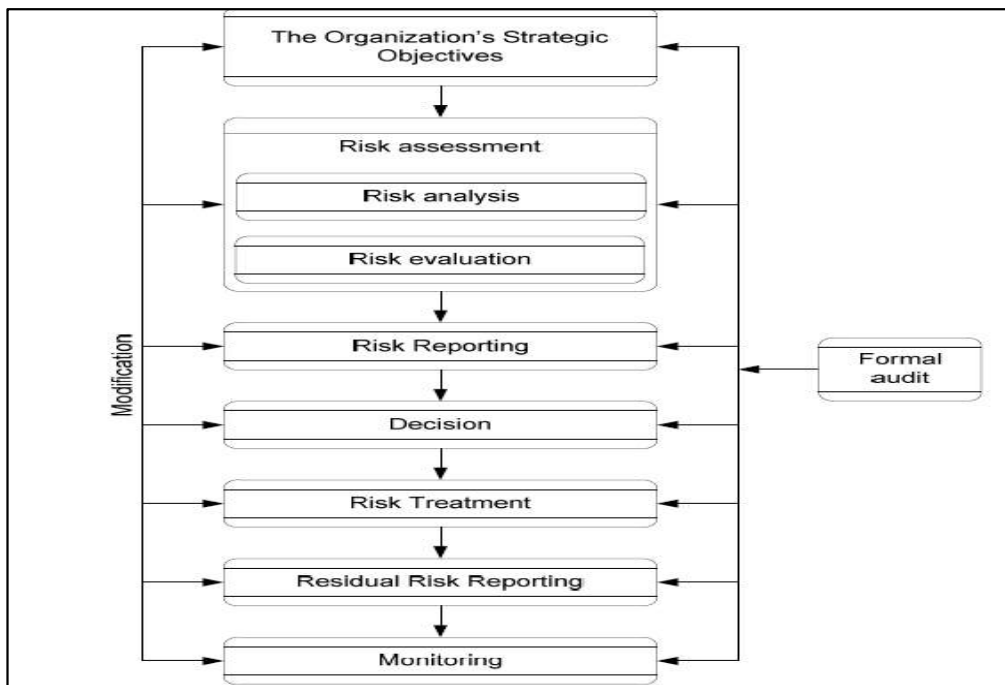
- A. 일반적 요구사항, 범위, 절차, 문서화
- B. 인적관련 요구사항
- C. 조직적 요구사항
- D. 위해성 평가와 모니터링 요구사항
- E. 위해성 전달과 문제점 관리에 관련 요구사항으로 구성되어 있음

○ CENARIOS는 아래의 그림과 같은 체제를 가지고 있음.

<스위스 CENARIOS의 체제>



<스위스 CENARIOS의 위해성관리 체제>

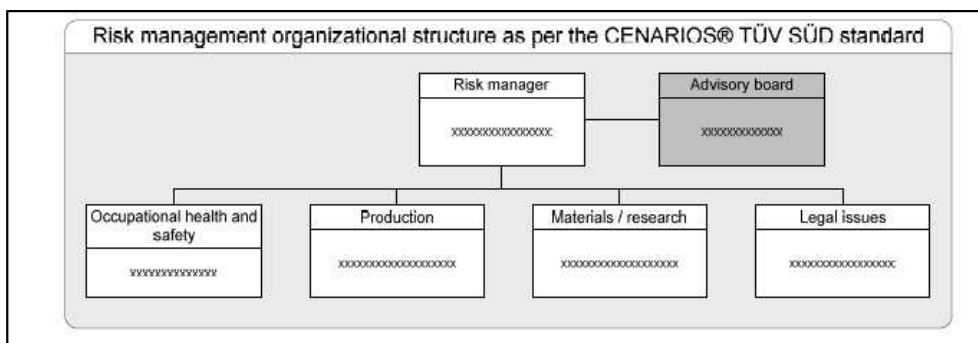


- 조직의 전략적 목표에서부터 위해성평가, 위해성 보고, 결정, 위해성 처리, 잔여(residual) 위해성보고, 모니터링의 과정과 전 과정에 대한 공식적인 감사체제를 가지고 있음.
- CENARIOS의 위해성관리과정의 주요 요소는 위해성 분석, 위해성 평가, 위해성 저감, 위해성 관리, 위해성 모니터링, 위해성 처리 과정임.



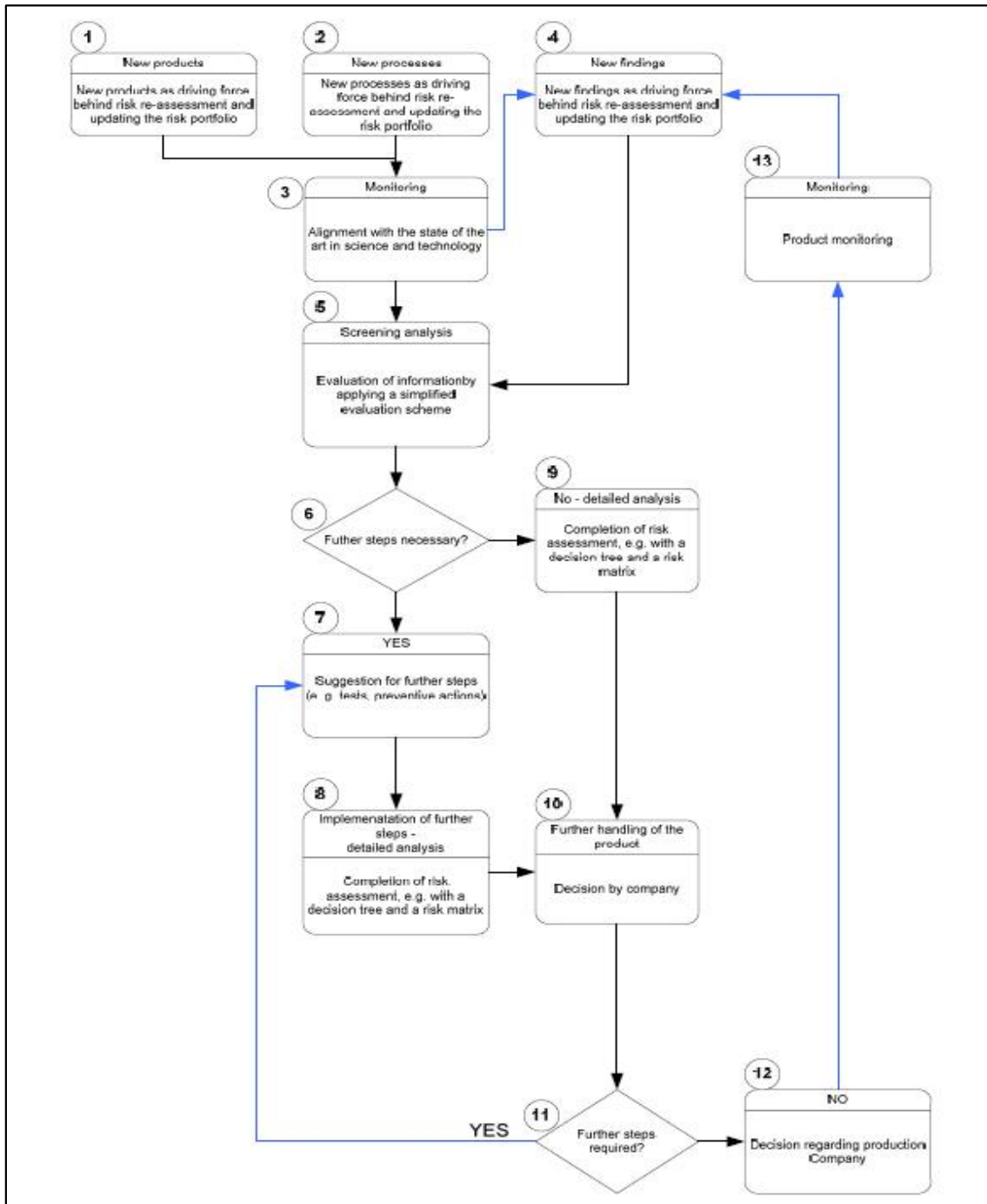
<CENARIOS의 위해성관리과정의 주요 요소>

- CENARIOS의 위해성관리 구조는 아래의 그림과 같이 자문위원회와 위해성관리자 하에 산업안전보건부서, 생산부서, 물질연구부서와 법무부서로 구성되어 있음.



<CENARIOS의 위해성관리 구조>

○ CENARIOS의 인정과정은 아래의 그림과 같으며



<CENARIOS의 인정 절차>

○ CENARIOS의 인증과정은 13개의 과정으로 되어있는데

(1) 신상품 : 회사가 신상품을 출시하면 이 제품에 대해 모니터링 과정을 실시해야함.

- (2) 새로운 생산과정 : 새로운 생산과정이 적용되면 모니터링 실시
- (3) 모니터링(최신의 과학기술 사용)
- 과정 1, 2는 반드시 모니터링이 되어야 한다. 최신의 과학기술로 모니터링되어야 하며, 추가적 평가를 위해 사용되는 데이터베이스를 밝혀야 함.
- (4) 진행 되는 1, 2 모니터링에서 제품이나 생산과정에 대한 새로운 사실을 밝힐 수도 있는데, 새로운 발견은 추가적 위해성평가를 요구 함.
- (5) 스크리닝 분석
- 과정3에서 정한 데이터베이스에 기반을 두어 평가기준을 정해야 함. 이런 기준들을 만들면서, 데이터베이스가 충분한지 또는 순차적인 위해성평가 확보를 위한 추가적 정보가 필요한지에 대한 확인을 하며, 추가적 정보가 충분한지에 대한 분석을 하며, 정보 부족시 추가적인 물질의 시험에 의해 정보를 얻을 수 도 있음.
- (6) 추가적 단계 필요성 검토 : 추가적 검토가 필요 없다면, 위해성평가를 종료하고, 필요하다면 7단계로 이행
- (7) 추가적 과정의 이행 : 추가적 과정(예, 시험)이 필요하다면 5, 6 과정을 실시, 그리고 추가적 과정의 상세분석 단계로 이행
- (8) 추가적 단계의 상세분석(중간과정의 이행을 포함) : 시험결과에 의해 확장된 데이터베이스에 기반을 두어 위해성평가를 실시, 5-7의 과정이 결정에 반영이 되고, 예측 가능한 결론을 도출하기 위한 진로를 결정함. 발생빈도를 추정한 후, 여러 가지 다양한 사건의 경우가 포함된 위해 매트릭스를 이용하여 위해도를 분석하고, 위해도 범주를 할당함.
- (9) 상세분석(중간과정의 이행을 포함하지 않고) : 5-6의 과정이 추가적 시험을 필요로 하지 않으면, 위해성평가는 과정 3(모니터링)에 정한 데이터베이스에 의해 실시
- (10) 제품의 추가적 취급 : 위해성평가에서 얻은 결과에 기반을 두어 회사는 추가적 행동을 결정
- (11) 추가적 과정이 필요성 : 과정 5의 결과와 같이 위해성분석(과정 9)이

추가적 과정(물질시험 등)을 필요로 할 수 있음.

- 특히 위해성분석에서 위해성이 높거나 받아들일 수 없는 위해성이 나오면 과정 7을 실시하며 높은 위해성은 case-by-case로 받아들일 수 있으나, 결정을 내릴 때는 결정에 대한 타당한 이유를 밝혀야 함.

(12) 생산관련 결정 : 과정 11에서 추가적 시험이 필요하지 않다면, 회사는 위해성평가 결과에 기반을 두어 생산을 시작함.

(13) 모니터링(제품모니터링) : 위해성관리의 범위 내에서 모든 제품은 진행되면서 모니터링 되어야 하며 만약 제품 모니터링에 의해 새로운 사실이 밝혀진다면, 과정 4를 다시 시작

○ 인증의 유효기간

- 인증서의 유효기간은 1년이며, 1년 후에는 반드시 재 인증 받아야 함. 재 인증 없이는 인증서를 취소하며 인증서가 다른 목적이나 다른 업무 목적으로 사용될 때에도 취소함.
- 인증마크는 회사의 위해성관리 시스템이 인증되었다는 사실을 언급 하면서 회사의 선전 전단지에 이용할 수 있으나 제품에 인증마크를 사용하는 것은 불허

□ 대만의 나노제품 인증제도

○ 대만의 경제성의 산업개발국(IDB)은 2003년부터 "나노 기술 산업화 추진 계획"에 나노 기술의 산업화 촉진을 적극적으로 실행하기 위해 나노제품 인증제도를 산업 기술 연구원(ITRI) 위탁함.

- 국내 제조업체가 2004년 저명한 나노 제품을 개발하고 나노 제품의 소비자들의 수용, 업그레이드를 추진하기 위해서 시행

○ NanoMark의 의의

- 이 nanoMark 무제한 "∞"기호는 나노 및 나노 기술의 응용 프로그램의 무제한 미세크기를 나타내는 나노와 나노기술의 macro 크기를 나타내는 무제한이며 "Flying 8"은 변형 발전을 상징하며 영어 단어인 나노는 국제 인식을 증진하고자 사용됨.



○ 목표

- 소비자의 복지를 보호하고, 품질과 nanoproducts의 이미지를 업그레이드하고 국내 나노 산업의 건전한 발전을 촉진하고자 함에 있음.

○ 기본 원리

- (1) nanoMarks는 제조업체가 자발적으로 참여하는 제품 인증 시스템의 형태를 가지고 있다. ITRI 규정에 따라 자발적으로 실시함.
- (2) 나노제품의 현지 평가 기준은 통상 인정되는 국제적 품질 표준을 따라 서로 다른 특성을 가진 나노제품들을 평가하며, 별도 요구 사항에 따른 사양 확인을 공식화함.
- (3) 나노제품의 검사는 국내 및 해외 표준에 따라 실시되어야함.
  - 만약 표준이 없는 경우는 학술 연구 기관, 산업 또는 나노제품 인증 시스템 기준을 참조할 수 있음.
  - 검사의 주안점은 나노제품의 특성과 기능성에 주안점을 두지만 제품의 안전성은 주무 기관(ITRI)에 의해 검토되며 나노제품이 합법적으로 지정된 물품으로 관리될 경우에는, 그것과 별도로 관련 법령의 요구 사항을 준수하여야 함.

○ 자격 및 구비서류

- 모든 합법적으로 설립된 국내 기업, 기업, 학계 및 연구 기관

- 구비서류

- (1) 나노기술 응용 프로그램 및 관련 상표
- (2) 공장 등록 증명서, 회사의 면허증, 사업자 등록증 또는 기타 합법적인 라이선스 복사본
- (3) 품질 경영 시스템, 예 ISO 9001, GMP, 일 QS ...
- (4) 나노 제품의 품질을 제조 또는 품질 관리 계획 설명서
- (5) 품질 및 안전 관련 법률 및 규정 또는 자기적 합성선언과 같은 규정

(6) 기능성 나노 제품 적용 확인서

(7) 신청 수수료

○ 나노마크제품이 되기 위한 요구사항

(1) 기본적 요구사항

- 나노크기(원칙적으로 100 nm이하) 물질 함유

- 나노로 인한 독특한 성질 나타낼 것

(2) 품질시스템여부

(3) 안전문제가 없을 것, 추적 가능할 것

(4) 나노마크 사용에 대한 계약

○ 나노마크 사용의 예

<광촉매 항균 타일의 예>

(1) 항균성시험 박테리아

- Staphylococcus aureus : ATCC 6538P, BCRC 10451

- E. Coli : ATCC 8739, BCRC 11634

(2) 유효성

- 달성도

- 시험법(조건, 소재 및 최종제품)

- .356 nm UV, 0.2 mW/cm<sup>2</sup>/24h

- .543 nm 1000 lx/24h 에서 90% 이상 항균성

(3) 포장에 명시해야 할 것

- 사용방법, 사용장소, 사용자, 적용 및 유지 방법, 보증

○ 실제 예로서 T627 타일의 경우

- 사용자 : 건설회사, 일반인
- 사용장소 : 실외
- 사용방법 : 부착하고, 더러우면 젖은 걸레로 청소
- 보증 : 5년간 보증
- 시험방법 :
  - 원료물질 32nm TiO<sub>2</sub>
  - 항균성: S. aureus 99.99%, E.coli 99.99% at 365 nm UV, 0.2mW/cm<sup>2</sup>/24h
  - 품질시스템: ISO 9001
  - 안전 : CNS 9732
- 대만에서는 19개 회사에서 14가지 범주에서 233개의 제품이 나노마크 인증을 받았음.
- 이용규격
  - TN-018- 금속 항부식
  - TN-017 은나노항균시험-양말
  - TN-016 은나노항균시험- 대리석
  - TN-015 물세척용이 차 왁스 확인시험
  - TN-014 향기계기름연기방출시험
  - TN-013 은나노항균시험-섬유 가구
  - TN-011 광촉매공기청정기시험
  - TN-010 광촉매공기청정필터시험
  - TN-009 광촉매공기정화등시험
  - CNS 6532 (2003) 인테리어 건축 자재 인화성 테스트
  - CNS 9007 (1995) 일반 시험 페인트 - 샘플링 및 테스트의 일반적인 조건
  - CNS 9725 (1994) 일반 시험 페인트 - 페인트 성상
  - CNS 10728 (2000) 건축용방화도료
  - CNS 10756 (1994) 일반 시험 도료(페인트 필름) 테스트

- CNS 10757 (1995) 시험 방법의 물리적, 화학적 저항 일반 시험 코팅
- ISO 13321 (1996) 입자 크기 분석 - 광자 상관 분광학
- ISO 16700(2004) Microbeam 분석 - 주사 전자 현미경 - 이미지 배율 조정을 위한 지침

#### <나노마크의 산업에 대한 영향>

- 나노마크를 받음으로써 광고비가 적게 들며, 시장 점유율 확대(21%), 이익창출(13%), 고객인식(32%), 회사 이미지 개선(34%)의 효과
- 시험법개발과 시험연구기관의 활성화를 촉진하며
- 자기규제적인 마크를 강화하는 효과가 있음.

#### 다. 주요 시사점 및 평가

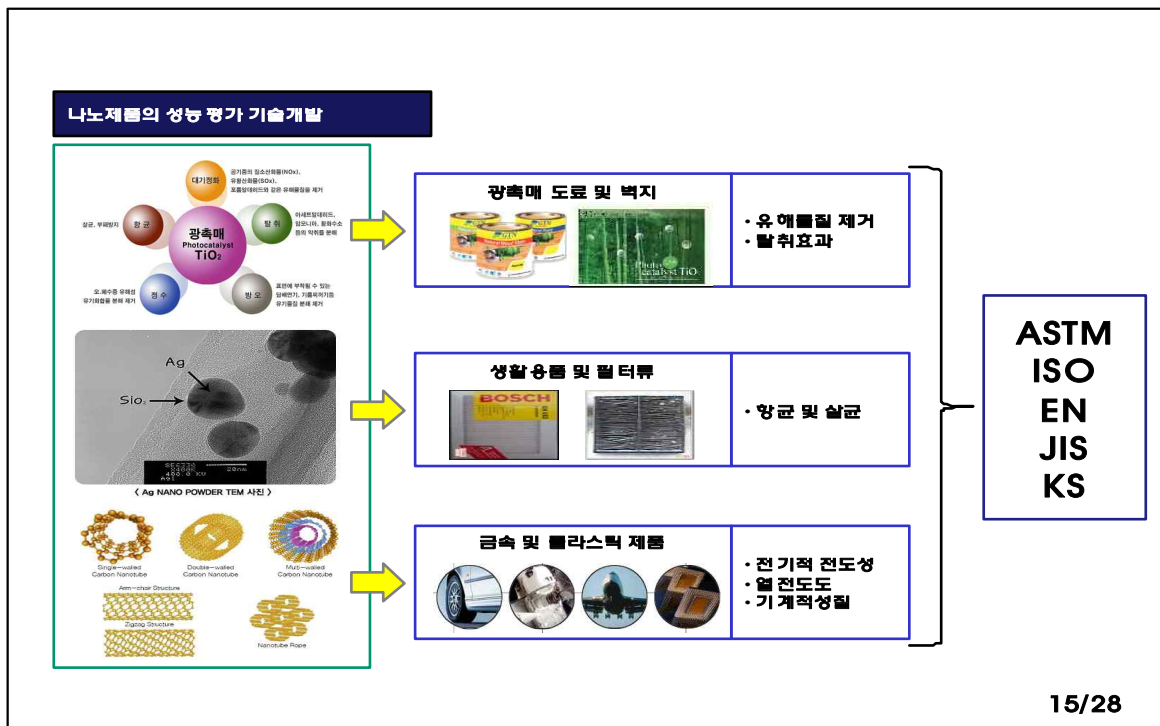
- 나노제품의 인증은 지금은 태동기에 있음.
  - 나노제품의 인증은 현재는 제품 및 제품생산의 위해성관리를 인증하는 것으로 시작하고 있으며 특히 Du pont과 Environment Defense Fund가 제안한 나노물질의 위해성평가 framework이나, TUV-SUD와 스위스의 Innovation society의 나노제품 생산의 위해성관리를 위한 CENARIOS도 위해성관리 시스템을 인증하는 것임.
- 제품을 인증하는 제도는 대만의 나노마크제도로써 관주도의 마크 제도를 운영하고 있음.
  - CENARIOS도 인증마크를 부여하고 있지만, risk management system에 대한 인증이지 제품을 인증하는 마크로는 사용을 불허하고 있음.
- 나노제품의 유효성과 안전성을 동시에 인증하고 있는 제도는 대만의 나노마크제도로써 나노물질을 함유한 제품의 유효성과 안전성을 동시에 검증하여 마크를 주는 제도임.
  - 이 마크부여에 의해 소비자에게 나노제품의 차별성을 주고 선전효과도 거두고 있으며, 시장에서의 가격 경쟁력도 가지고 있다고 함.

- 그러나 이 나노마크제도의 가장 큰 문제점은 안전성 문제라고 할 수 있고 나노물질의 안전성평가에 대한 아직 뚜렷한 기준이나 표준이 없으며, 나노물질의 유해성과 나노제품으로부터의 나노물질에 대한 노출에 대한 아무런 자료가 없는 상태에서 몇 가지 실험에 의해 안전성을 검증한다는 것은 다소 무리가 있으며, 좀 더 상세한 안전성 기준이 마련될 필요성이 있음.
- ISO/TC 229에서도 대만의 나노마크 도입에 대한 의견이 2006年 도쿄 회의에서 논의가 있었으나 나노마크의 부여가 시장에서 안전성을 보장한다는 의미를 줄 수 있다는 곡해 할 수 있어 도입이 시기상조임을 여러 회원국에서 제시한 바가 있음.

라. 추진전략

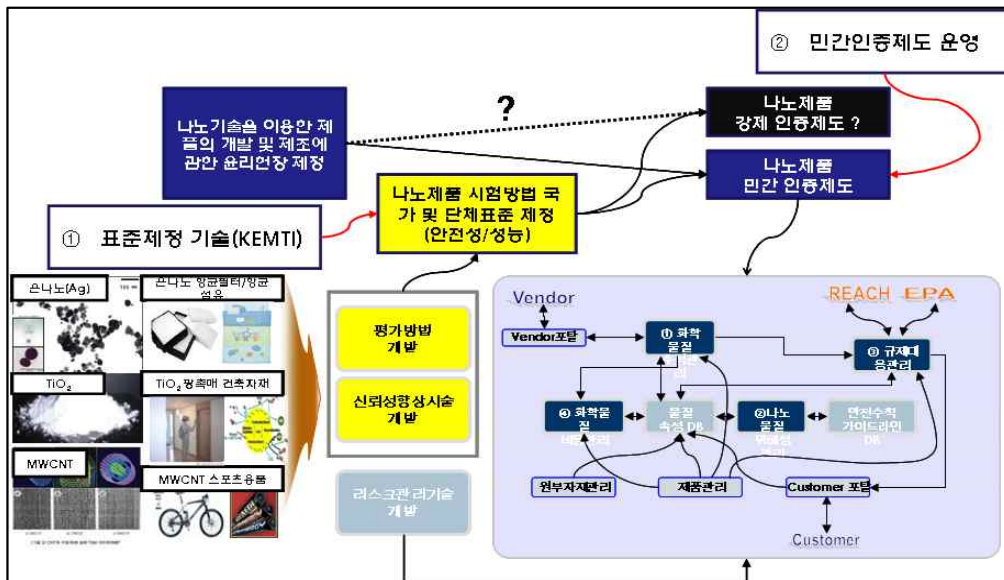
- 나노제품의 민간인증제 도입을 위해서는 아래 그림에서 보이는 나노제품의 성능평가 기술개발과 안전성확보가 필요하며 개발된 성능표준과 안전성 평가 기술 표준에 기반을 두어 아래 그림에서 처럼 인증제도를 시행하는 전략이 필요함.

<나노제품의 성능평가 기술개발>



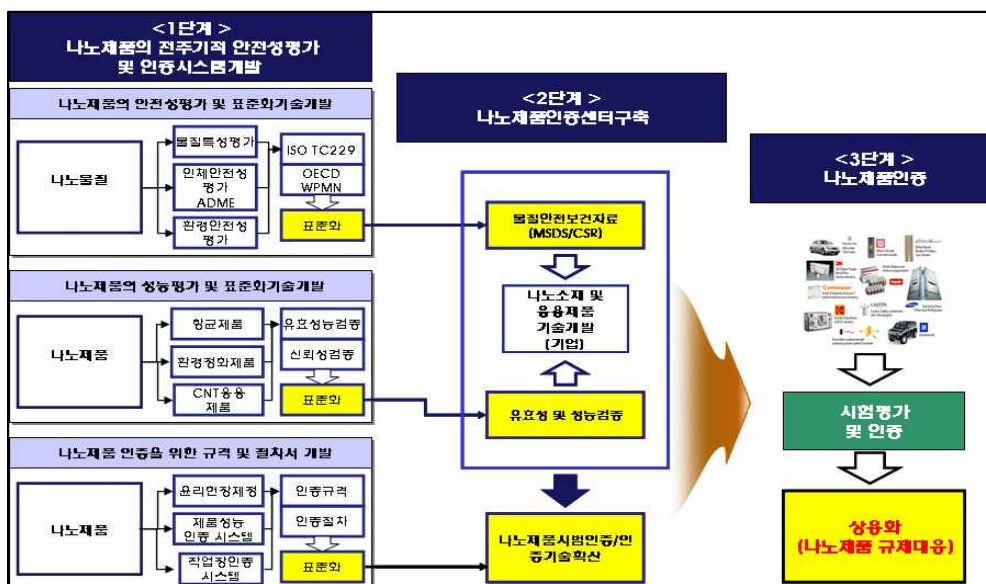
- 기존의 ASTM, ISO, EN, JIS, KS 등의 이용 가능한 규격을 적용하거나 나노제품에 적합한 성능평가 기술개발이 필요하며 나노제품의 전주기적 안전성 평가기술 개발을 실시하며, 궁극적으로는 나노제품의 민간 인증제도를 실시하는 전략을 가지고 있음.

<나노제품 민간 인증제 실시 전략>



- 추진단계는 1단계의 나노제품의 전주기적 안전성평가 및 인증시스템 개발, 2단계의 나노제품인증센터 구축, 3단계의 나노제품인증단계로 진행함.

<나노제품의 민간 인증제도 추진 프로세스>



라. 세부실행계획

□ 아래의 표와 같은 단계가 있으며, 이를 위한 기술개발에 대한 투자가 선행되어야 한다고 생각됨.

단계	년도	주요추진사항	대상
나노제품의 전주기적 안전성 평가 및 인증시스템 구축	10-12	- 나노물질의 특성평가 기술개발 - 나노제품유효성평가기술개발 - 나노제품안전성평가기술개발	시험연구원
나노제품인증센터 구축	13-14	- 나노제품 인증기술개발 - 나노제품 표시(labeling)기술개발 - 인증시스템구축	인증기관
나노제품 인증	15-16	- 나노제품 시장 모니터링기술(market monitoring) 개발 - 나노제품 LCA평가 기술개발 - 나노제품 위해성관리 시스템 인증 기술개발	시험연구원 + 인증기관

□ 나노제품의 전주기적 안전성 평가 및 인증시스템 구축('10-'12年)

- 나노제품인증센터의 S/W를 구축하는 단계로 나노제품의 인증을 위한 나노물질의 특성화, 측정을 위한 표준개발과, 인체건강 유해성, 환경유해성, 물리·화학적 성질, 나노제품의 소비자노출평가 등을 평가할 수 있는 표준과, 나노제품의 나노성질에 기인한 기존 제품과의 차별성을 검증할 수 있는 기술을 개발하는 단계임.

□ 나노제품인증센터 구축('13-'14年)

- 나노제품의 인증을 위한 나노제품의 표지기술, 나노제품의 인증시스템 구축 및 인증을 위한 기술을 개발하는 시기
- 특히 나노제품인증 기반구축에서 구축된 S/W를 적용하여 나노제품의 인증체제를 갖추고, 제조자로부터 인증의뢰를 받아, 시험연구원에서 생산된 자료에 의해 나노제품을 평가하고 인증하는 센터의 역할을 수행함.

□ 나노제품인증('15-'16年)

- 나노제품의 인증을 본격적으로 실시하고, 유통되는 인증된 나노제품의 시장 모니터링을 수행하여, 신뢰성 있는 나노제품이 유통되게 하며, 나노제품의 LCA의 평가와, 나노제품의 위해성관리 시스템을 인증함.

□ 소요 예산

단계	년도	주요 추진사항	예산
나노제품인증 기반 구축	10-12	-나노표준기술개발	30억
		-나노제품유효성평가기술개발	30억
		-나노제품안전성평가기술개발	30억
나노제품인증 센터 구축	13-14	-나노제품 인증기술개발	20억
		-나노제품 표시기술개발	20억
		-인증시스템구축	50억
나노제품 인증	15-16	-나노제품 시장모니터링기술개발	20억
		-나노제품 LCA평가 기술개발	30억
		-나노제품 위해성관리 시스템 인증 기술개발	30억

마. 정책적 제언

- 나노기술의 산업화를 이루기 위해서는 다른 여타 기술과 마찬가지로 표준화가 선행되어야 함.
- 나노물질의 특성 때문에 안전성이 확보되어야만 나노기술의 산업화가 성공될 수 있으리라고 생각됨.
- 특히, 나노물질/기술의 유효성을 검증할 수 있는 기술에 대한 표준화



가 진행되어야 하며, 나노제품의 안전성을 검증할 수 있는 기술의 표준화도 시급

- 나노기술의 규제는 먼저 나노물질의 함유를 소비자/근로자에게 알릴 수 있는 표시제도(labeling)의 도입이 제일 먼저 시행되어야 한다고 봄.
- 따라서 제품에서 나노물질의 함유를 검증하여 표시할 수 있는 기술의 표준화가 실시되어야 하며 이에 따라 표시된 제품의 유효성에 대한 표준, 그리고 안전성 문제가 해결되어야 된다고 생각됨.
- 지식경제부에서 나노융합기술의 발전을 위해 시범사업으로 실시될 플랫폼개발기술사업 중 “그린나노제품의 위해성관리 기술개발”의 궁극적인 목적이 나노제품의 안전성과 유효성을 검증할 수 있는 기술 확보와 표준 확보가 되어야 할 것임.
- 향후 나노제품 인증제도는 민간인증과 국가주도의 인증제도가 있을 것이나, 국가의 인증에 대한 책임 부담을 줄이기 위해 민간인증제가 바람직 한 것으로 생각됨.

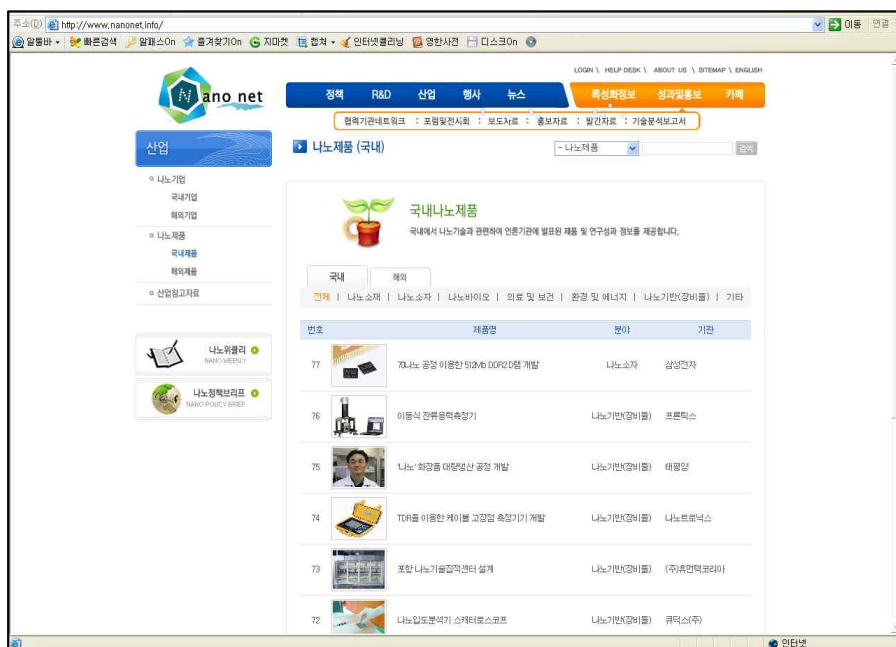
## 5. 나노산업 정보 인프라 구축

### 가. 국내외 현황

#### □ 국내

- 우리나라가 나노기술을 본격적으로 추진하기 시작한 지 8년이 지난 현재, 현재 나노기술은 연구개발 단계에서 서서히 산업화 단계로 진입하고 있으며, 융합기술/산업으로 발전하고 있음.
- 미국, 유럽 등 선진국들은 그 동안의 연구성과를 산업화로 연결시키고, 경제적 효과를 창출하기 위한 노력을 경주하고 있음.
- 우리나라도 나노기술의 연구성과의 산업화 촉진과 함께, 녹색성장을 위한 기반기술로서 나노기술의 역할이 매우 필요한 상황임.
- 현재, 국내에서는 KISTI에서 운영 중인 나노넷([www.nanonet.info](http://www.nanonet.info))에서 산업, 제품, 기업 정보가 제공되고 있으나, 이는 교육과학기술부 지원 사업으로서 연구개발자 및 연구성과 중심으로 콘텐츠가 구성되어 있어 산업화 정보는 미흡한 실정임.

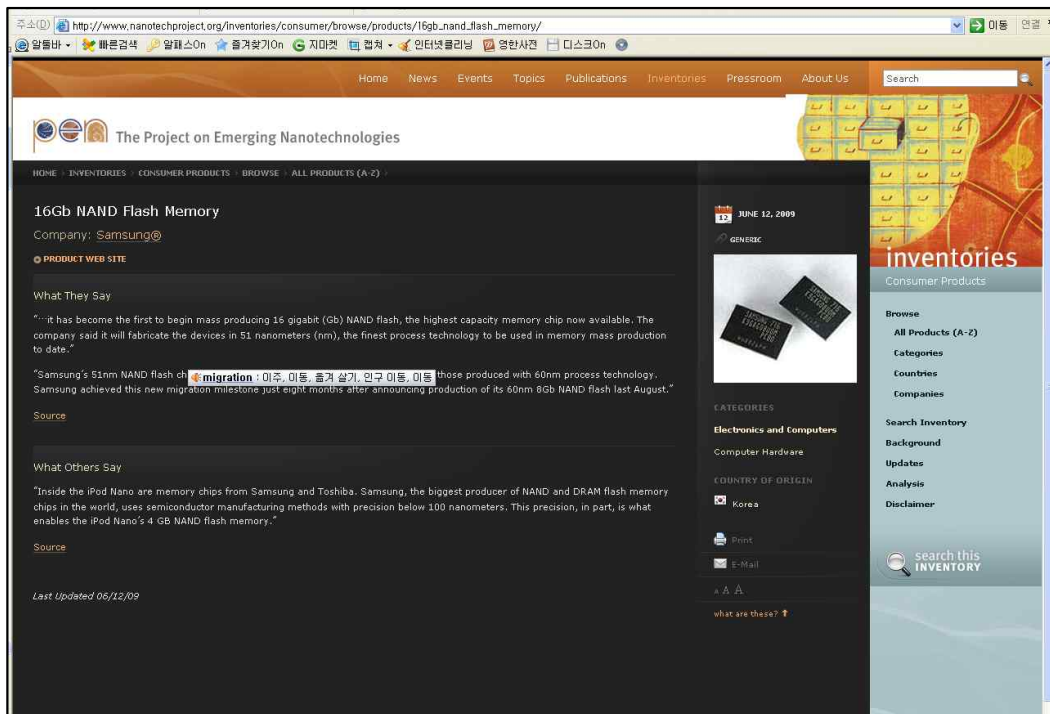
#### <KISTI에서 운영 중인 나노넷 웹페이지>



□ 국외

- 현재, 미국, 일본, 영국 등의 주요 국가들은 급속하게 발전하고 있는 나노기술개발의 산업화 주도권을 확보하기 위하여 연구개발에 관련된 정보의 생산·확산·공유뿐만 아니라, 나노기술의 산업화 지원을 위한 국가적 정보기반 확충을 위한 방향으로 연구방향이 이동하고 있음.
- 2000년대 초반에는 산업계 및 전문가 그룹에게 기술정보의 확산에 초점을 두었다면, 지금은 제품 및 산업정보의 확산으로 관심분야가 확장되었으며, 네트워크 구축 및 기술이전 등 교류협력을 통한 산업화 정보지원 중심의 인프라 구축에 많은 관심을 가지고 있음.
- 미국의 우드로 윌슨센터에서는 “The Project on Emerging Nanotechnology”라는 프로젝트를 통해 전 세계의 나노제품 및 기업 정보를 구축하고 있으며, 특히 본 사이트 (<http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>)는 자사 제품정보를 이용자들이 직접 로딩 할 수 있는 Web 2.0 기반의 DB를 구축, 서비스 하고 있음.

<우드로윌슨센터에서 운영 중인 나노산업정보 사이트>



○ 우드로 윌슨센터의 나노기술 소비자 제품 조사결과 800개 이상의 제품 등록('08.8月)

(1) 소비자가 쉽게 구매할 수 있어야 함.

(2) 제조업체 또는 다른 소스에서 나노에 기반 했다고 밝힘.

(3) 나노에 기반 했다는 주장이 근거가 있어야 함.

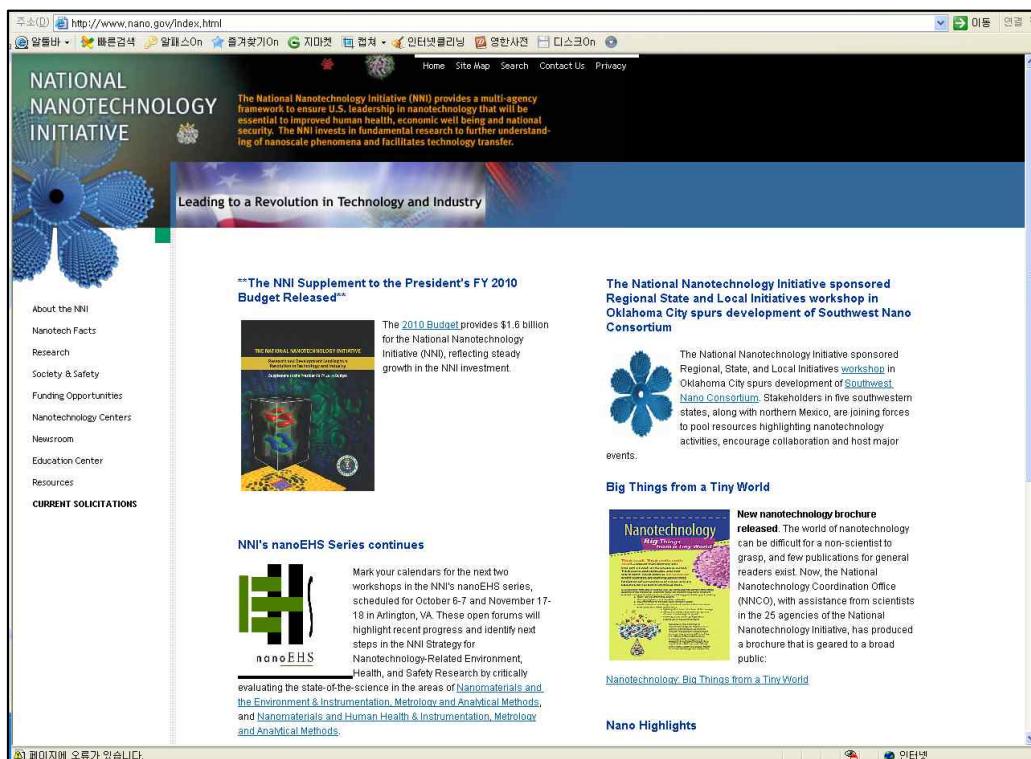
- 컴퓨터 프로세스 칩과 같은 일반적인 제품(generic)도 포함함.

- 같은 기업에서 여러 개의 유사한 나노제품을 제시하는 경우, 중복을 피하고자 몇 개의 샘플만 취함.

- '나노'라고 주장하는 제품 중 근거 없는 것은 제거했지만, 엄밀한 테스트를 시행한 것은 아니기에 오류가 존재할 수 있음.

○ 미국 정부는 국가나노기술전략(NNI) 홈페이지(<http://www.nano.gov/>)를 운영하고 있으며, 주로 국가 나노기술 정책 및 연구개발 활동 및 교육에 관한 정보를 제공 하고 있음.

### <미 국가나노기술전략(NNI) 홈페이지>



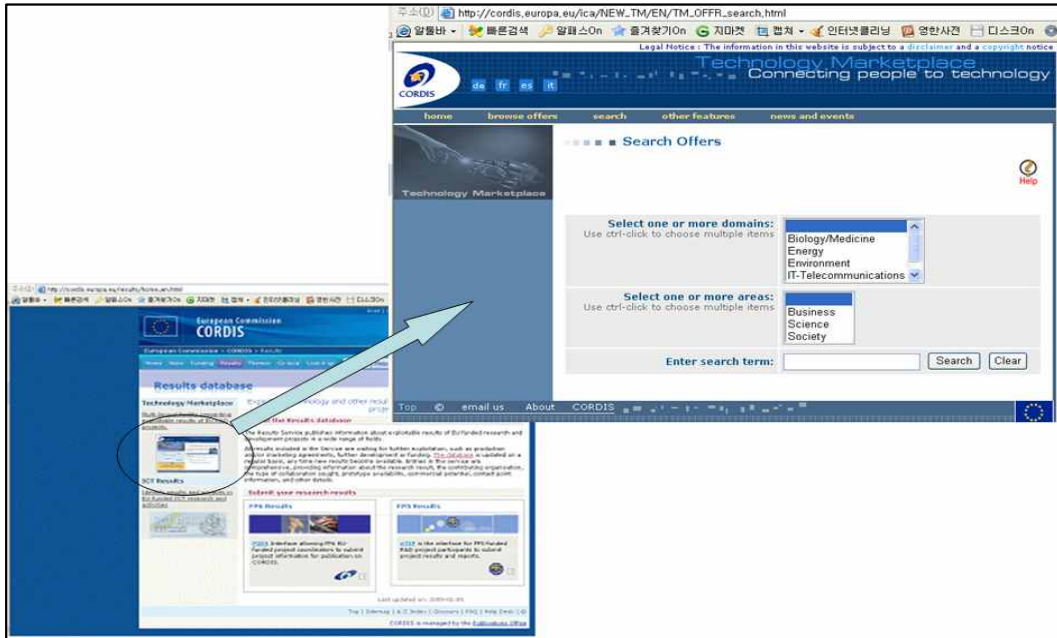
- 나노기술의 발전경로에 대한 미국 NNI의 시각은 나노기술 제품의 산업화 예측 시기와 결부되어 있음.
- NSET 의장인 M. C. Roco는 나노기술 제품을 발전에 따라 5가지 세대 제품(generation products)으로 구분하고 있음.

<나노기술 제품의 세대>

분류	시기	분야
1세대 - 수동형 나노구조체	2000년~	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조체 코팅, 나노입자 분산, 나노 구조체 금속, 폴리머, 세라믹 등 수동형 나노구조체 연구</li> <li>• 페인트, 화장품, 자동차 소재, 나노구조체 코팅 및 필터 등에 응용</li> </ul>
2세대 - 능동형 나노구조체	2005년~	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 트랜지스터, 증폭기, 목적지향 약물, 화학제품, 액추에이터, 적응형 구조 연구</li> <li>• 나노바이오센서, 분자기계용 소자 및 장비, 시뮬레이션, 나노전자공학, 에너지 변환 및 저장, NT-IT-BT-인지과학 수렴분야에 응용</li> </ul>
3세대 - 시스템화	2010년~	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성기술(바이오조립 등), 이종 나노구조체, 초분자 시스템공학 연구</li> <li>• 자기조립, 인공 조직(tissue) 및 신경 시스템, 양자 상호작용, NEMS 등에 응용</li> </ul>
4세대 - 분자 나노시스템	2015~ 2020년	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노시스템 내의 분자 구조체의 기능구현 연구</li> <li>• 초분자체 시스템 및 분자설계를 위한 원자조작, 단분자 동력학, 분자 기계, 잡종 분자시스템 설계, 양자제어, 인간-기계 인터페이스, NT-IT-BT-인지 과학 수렴에 응용</li> </ul>
5세대 - 융합기술	2020~	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노, 바이오, 정보기술, 인지과학의 융합</li> </ul>

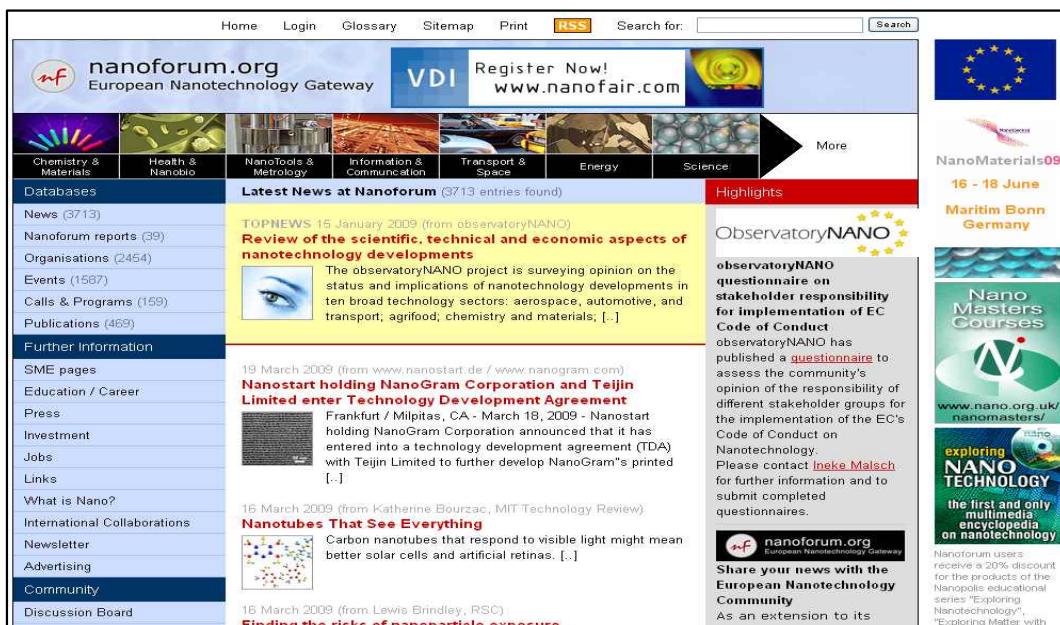
- EU집행위원회(European Commission)의 웹사이트([http://cordis.europa.eu/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/home_en.html))에서는 Technology Market Places를 통해 기술 공급자와 수요자를 연결 해 주고 있음.

## <EU의 Technology Market Places>



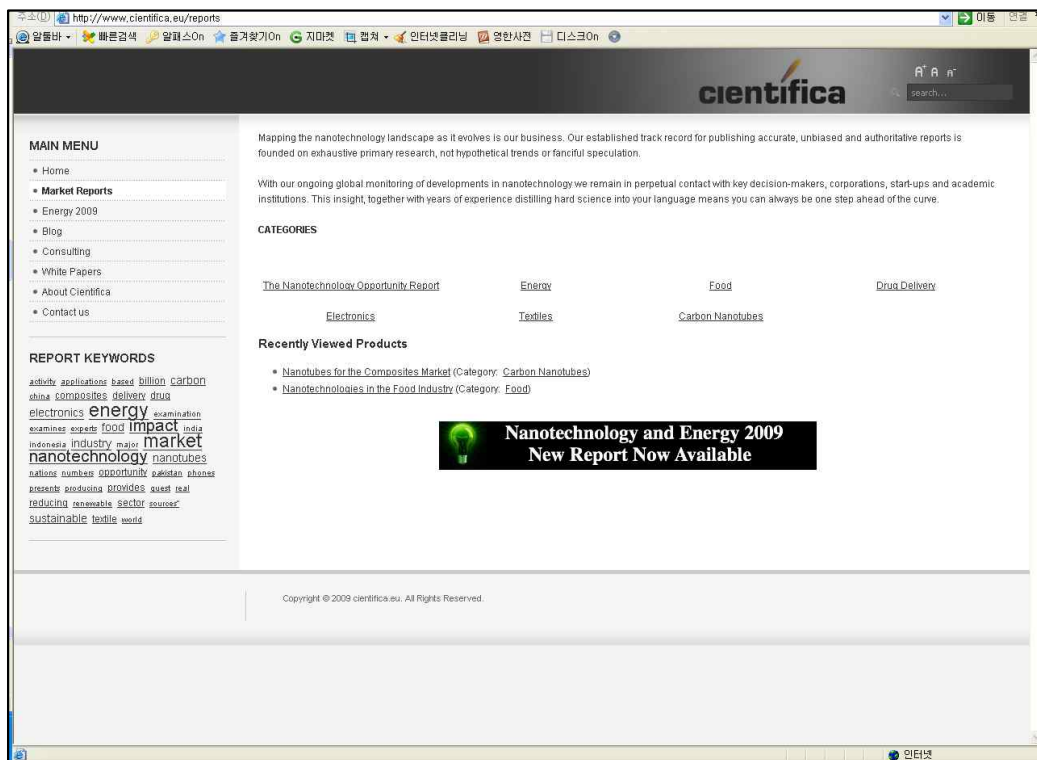
- 범 유럽지역의 나노기술 정보확산 및 교류협력을 촉진하기 위하여 나노포럼 Nanoforum 사업을 지원하고 있음.
- 나노포럼 웹사이트(nanoforum.org)를 통하여 관련 정보 확산 및 교류협력 활동 지원하며 주된 이용자는 연구계, 산업계, 정책담당자 등임.

## <나노포럼 웹사이트>



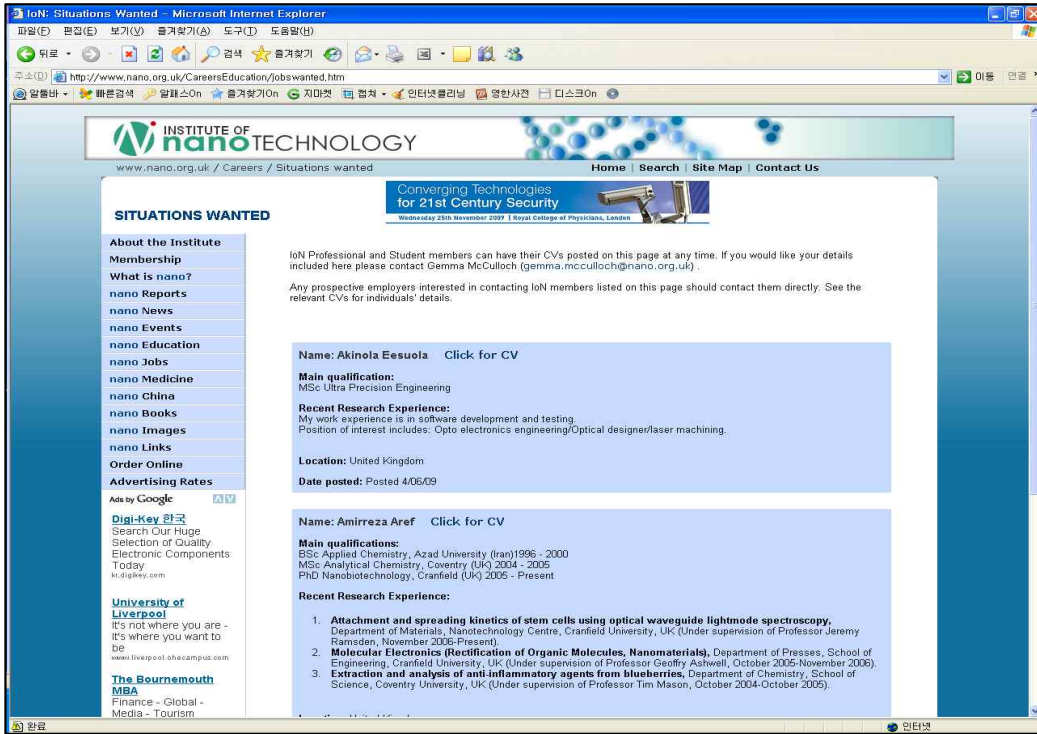
- 유럽연합의 FP7의 NMP 프로그램 중 Nanoroad SME, Nanoroad Map, NanoDialogue, NanoLogue, NanoforumEULA 등이 있음.
- 이들 사업은 나노기술 관련 중소기업 기술로드맵 및 핵심 산업 기술로드맵은 산업 전망을 예측하는 데 초점을 둠.
- 영국에 소재하고 있는 민간 컨설팅 기업인 Cientifica는 나노기술 관련 시장 분석과 그 연구 결과를 고가의 보고서로 판매하고 있음.

<Cientifica 웹 페이지>



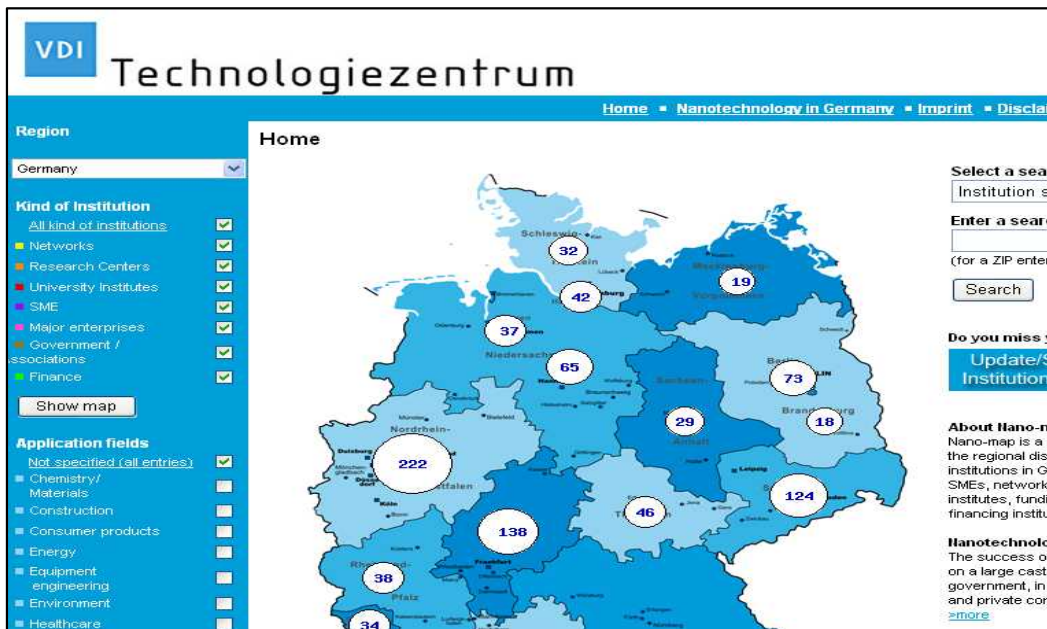
- 영국의 나노기술연구소(Institute of Nanotechnology)는 정부에서 지원하는 민간기관으로서 국내외 나노기술 정책에 대한 연구와 그 결과를 정부와 민간에 제공하고 있음.
- 또한, 유럽 나노기술 무역 연합(The European Nanotechnology Trade Alliance, <http://www.euronanotrade.com/>)를 주관하여 나노기술의 산업화를 주도하며 관련 정보 인프라를 구축하고 있음.

<EU의 나노기술 무역 연합 나노산업 정보제공 사이트>



- 독일은 나노기술 관련 대기업, 중소기업, 네트워크, 연구센터, 대학, 연구소, 펀딩기관, 기술이전 및 파이낸싱 기관 정보를 제공하는 나노맵 (<http://www.nano-map.de>) 사이트 운영

<독일의 나노맵 사이트>





- 일본 나노테크놀로지선단연구거점네트워크(<http://nanonet.mext.go.jp>)  
는 문부과학성 산하 물질재료기구(NIMS) 내에 설립
- 나노기술정보의 수집 및 제공, 연구자의 교류촉진, 시설공동이용 업무  
의 지원, 연구시설 지원 활동 및 나노기술의 산업화를 위한 연구성과  
이전에 관한 지원을 담당하고 있음.

<일본 나노테크놀로지선단연구거점네트워크 사이트>



□ 추진 근거(나노융합산업 발전전략)

- 산업 실태 및 통계 등 정보 인프라 구축('09년 하반기)
  - 특허정보, 투자 및 기술 동향, 고용·생산 등 산업화 부문에 특화된 콘텐츠로 정보를 제공하는 종합정보 DB 구축
  - \* 과학기술정보연구원(KISTI)에서 운영 중인 nanonet.info의 현행 나노기술 정보 구축실태 점검 후 동 사이트 활용
  - 업계 실태와 애로사항 파악 후 추가적 정책과제 발굴

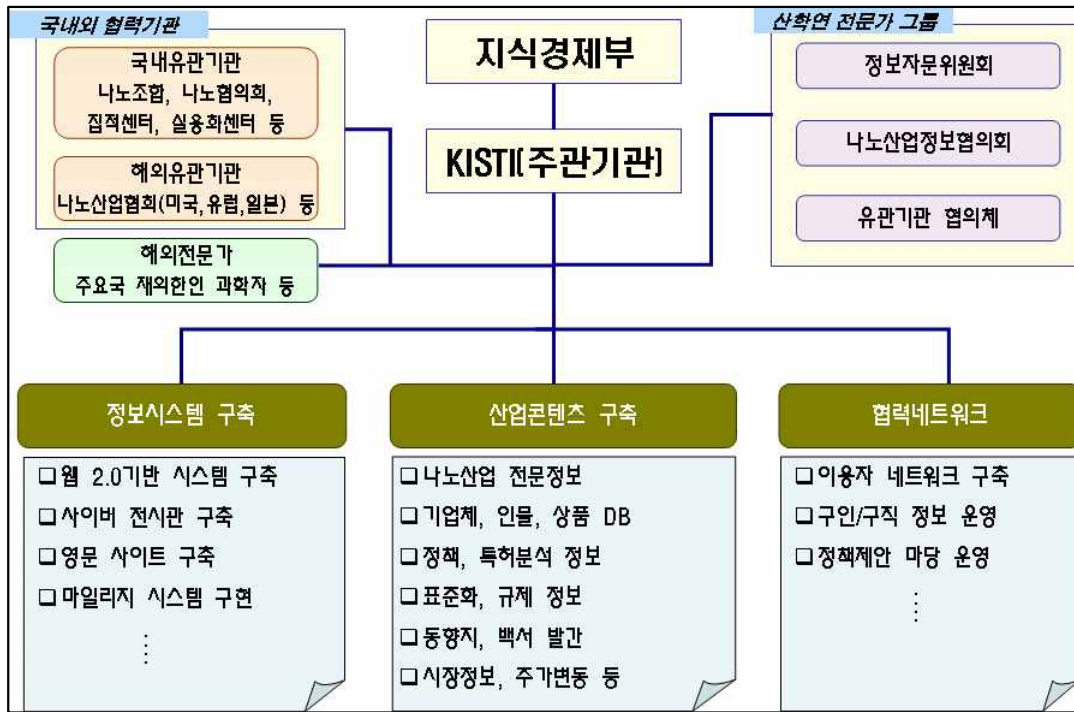
#### 나. 시사점 및 평가

- 나노기술 산업은 분야간, 학문간, 산업간의 복합기술로서 서로의 장벽을 없애고 협력의 기반을 제공할 수 있는 나노산업정보 인프라의 구축이 요구되고 있음.
- 급변하는 나노기술의 국제적 환경변화와 조기산업화에 부응하기 위하여, 나노기술산업 정보를 신속하고 체계적으로 제공하고 연구성과 및 산업화 결과에 대한 활용이 매우 중요한 문제가 되고 있으며, 이를 위한 국가적인 나노산업정보 허브에 대한 필요성이 크게 대두되고 있음.
- 나노기술산업정보의 효율적 활용을 위한 체계적인 정보인프라의 구축은 R&D 기술 및 제품개발 만큼 중요하며, 이를 통해 세계적 나노산업 경쟁에서 우위를 확보하고 시장을 선점할 수 있는 기반을 마련할 수 있음.

#### 다. 추진전략

- 현재 한국과학기술정보연구원에서 운영 중인 나노기술 정보포털(나노넷)을 연계하여 초기단계의 투자비용을 최소화하고, 산업화와 R&D 간의 시너지 효과를 극대화함.
- 기구축된 KISTI 내부자원을 연계 활용 : MiSO 포털(NT, BT, IT, ST 등 기술 및 정책동향), KOSEN(회색문헌, 전시회, 컨퍼런스, 과학기술 리뷰 등), GTB(세계 과학기술 신문 기사 번역), S&T GPS(세계 과학기술 정책동향), NTIS(NT, BT, IT, ST 등 연구성과정보, 인력, 장비 등), ReSEAT(과학기술동향, 심층분석) 등
- 정부(지식경제부), 나노융합산업조합, 나노기술연구협의회, 나노기술집적센터, 나노기술사업단 등 유관기관과의 유기적 협력 네트워크를 구축하여 공동사업의 추진 및 정보 교환 등을 통해 상호 시너지를 창출함.
- 기업과 산업계의 수요를 반영한 콘텐츠 목록을 구성하고, 정보 수요자들이 직접 참여할 수 있는 이용자 참여형 시스템을 구축하여 주요 콘텐츠를 제작할 때 이용자들이 직접 참여하도록 유도함.

- 이를 위하여 온/오프라인 협의체를 운영, 지원하며, 정보제공자에게 마일리지(정보이용 시 혜택) 또는 인센티브(정부 과제 참여 시 혜택) 등을 부여함.
- 추진체계도



라. 세부 실행계획

- 사업 목표
  - 이용자 참여형 WEB 2.0 정보시스템 구축
  - 산업정책 정보, 기술수요조사, 정책수요조사 도구로 활용되는 정보 시스템 구축
  - 특허정보, 연구개발 및 산업투자 동향, 산업화 현황 및 전망, 나노기업, 나노제품 등 나노산업 종합정보 포털 구축
  - 정보 서비스의 체계성, 신속성, 이용자 편의성(참여형, 쌍방향 소통형)을 구현하여 국내외 나노정보를 산업계(주 수요자)에 제공하여 나노기술의 조기 산업화를 촉진

○ 사업 내용

주요 사업	세부 내용	비고
정보 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Web 2.0 기반 정보 시스템 구축 : 이용자 참여형 시스템 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 참여자 마일리지, B2B, B2C 이용자 중개서비스</li> <li>· 통계, 선택형 pushmail 시스템, 정보보안 시스템, 멀티 서버 및 통신시스템 구축</li> <li>· 데일리 푸쉬 서비스</li> </ul> </li> <li>- 나노 산업 사이버 전시관 구축 :               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 나노 기업, 제품을 인터넷 상에서 홍보, 판매할 수 있는 장을 제공</li> <li>· 나노기업, 제품 중개서비스(나노기술 복덕방, 벼룩시장, 제품홍보)</li> </ul> </li> <li>- 해외 홍보용 영문 사이트 구축</li> <li>- 참여(기여) 이용자에 대한 혜택 구현 시스템 설계 : 마일리지 등</li> </ul>	
산업 콘텐츠 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문기술 정보 : 특허 정보(기존 나노넷 연동 활용), 산업화 정책 보고서 등</li> <li>- 기업체, 인물, 상품 DB : 이용자 직접 참여형 DB 제작</li> <li>- 심층 분석 및 연구 : 나노산업화 정책, 주요특허분석</li> <li>- 나노기술 표준화, 규제 : 나노기술 국제 표준 및 규제, 법령 등</li> <li>- 나노산업 백서 : 산업화 통계 및 현황 조사</li> <li>- 나노산업동향지 발간 : 최신 동향 및 이슈를 브리프로 발간 배포</li> <li>- 나노시장정보 : 주요 기업 주가 정보(주가 변동, 실적 변화)</li> <li>- 전시회, 행사정보(나노코리아2009, Nanotech Japan, Nano business 2009, Nano Euro 2009 등)</li> </ul>	이용자 참여시 콘텐츠 구축비용 지급
이용자 참여 네트워크 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노산업 이용자 정보네트워크 구축 : 온/오프라인 협력 네트워크               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산업분류별, 기관특성별, 지역별 동아리 조직 및 운영</li> </ul> </li> <li>- 구인/구직 정보 운영</li> <li>- 정책 제안 마당 운영</li> </ul>	나노산업 조합과 공동추진

○ 소요예산

(단위 : 백만원)

사업명	사업비 구분	1단계(4년)				2단계(3년)	3단계(3년)	합계
		2010	2011	2012	2013	2014~2016	2017~2019	2010~2019
나노산업 정보인프라 구축	정부	1,000	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	10,000
	민간	100	100	100	100	300	300	1,000
	소계	1,100	1,100	1,100	1,100	3,300	3,300	11,000

※ 유관기관협력(콘텐츠 제공 및 공동추진), 이용자 참여 콘텐츠 제작 비용 포함.

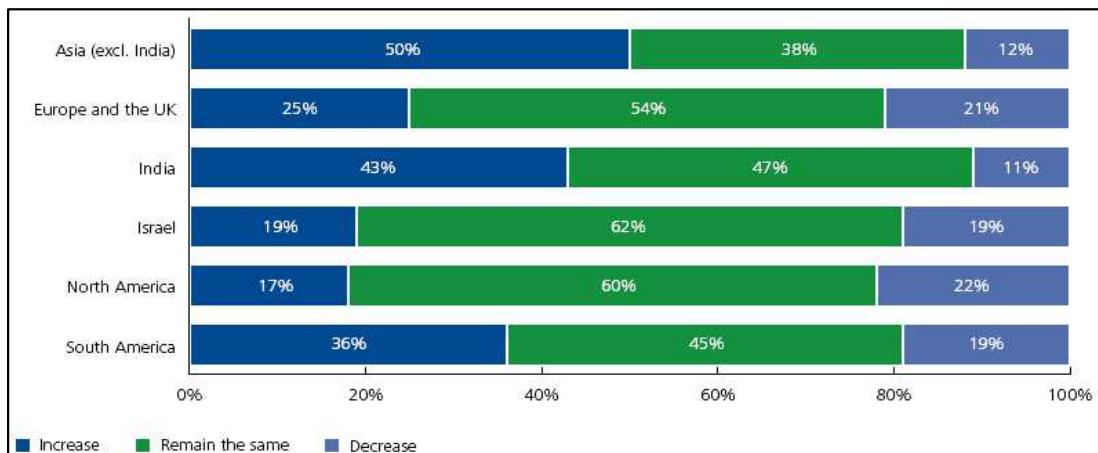
마. 정책적 제언

- 특허정보, 기업체 정보, 제품정보 등 나노기술산업의 성과정보들을 신속하고 체계적으로 DB로 구축하고, 이를 연구개발자 및 산업현장에 신속하게 제공하여 나노기술의 조기 산업화를 달성함.
- 국내외 나노기술 산업화 정책에 대한 연구, 분석을 통해 정부의 나노기술산업 정책 수립에 기초자료를 제공함.
- 나노기업정보 및 제품정보를 확산함으로써 나노산업의 활성화를 꾀하고, 관련 기술이전기반을 구축함으로써 산업분야간, 기술개발자간의 협력네트워크를 구축함.
- 나노산업정보에 관한 종합적인 포털시스템을 구축함으로써 나노기술의 조기 산업화를 촉진하고 국가 산업경쟁력 제고에 이바지함.

## 6. 나노융합 분야 新성장동력 펀드 활용

### 가. 국내·외 현황

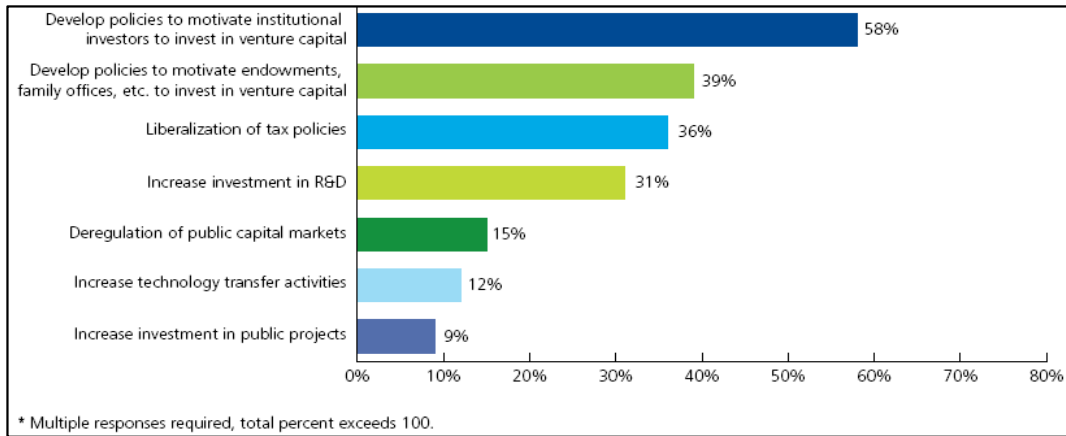
- 세계 벤처캐피탈 투자기관들은 향후 투자 시장을 낙관적으로 전망하고 있음.
- 2008년에서 2009년에 계속된 최근의 세계 경기침체에도 불구하고 투자시장에 대한 낙관론이 투자전문가들 사이에서 조심스럽게 대두되고 있음.
- 특히, 아시아 지역은 투자의향 조사에서 향후 3년간 50% 정도의 투자기관이 투자규모가 증가될 것으로 예상하여, 유럽·영국 및 미국 등에 비해 활발한 벤처캐피탈 시장 및 펀드조성이 이루어질 것으로 기대됨.



#### <세계 벤처캐피탈 투자기관들의 아시아 지역 투자의향 조사 결과>

- \* 상기 자료의 출처인 『Global trends in venture capital-2009 global report』는 Deloitte사에서 전세계 725개 벤처캐피탈 전문투자기관을 대상으로 한 설문조사로 응답기관 중 아시아는 16% 정도를 차지함.

- 세계는 제도개선, 세제감면, 규제완화, 기술이전 및 공공 프로젝트 증대 등 민간자본의 투자활성화를 위해 국가 차원에서 다양한 노력을 펼치고 있음.



<전 세계 민간자본 투자활성화에 대한 국가 차원에서 다양한 노력 분석>

\* 출처 : Global trends in venture capital-2009 global report, Deloitte

□ 국내 현황

○ 최근 신규투자 현황 및 실적

- 나노융합 산업과 직접적 연관이 있는 정보통신, 일반제조, 생명공학 분야에 대한 신규투자 업체 수는 최근 3년간 전체 투자업체수의 64.1%(1,108개 업체), 신규투자 금액은 전체 투자금액의 63.5%(15,561개 업체) 정도를 차지하여 펀드운용 및 투자활성화를 위한 여건은 마련되어 있는 상황임.

(단위 : 기업수, 억원)

업종구분	2006년		2007년		2008년	
	업체	금액	업체	금액	업체	금액
정보통신	271	2,713	227	3,137	163	2,105
일반제조	106	1,503	141	2,701	96	1,808
생명공학	46	609	35	585	23	400
그 외 업종	194	2,508	212	3,494	214	2,934
합계	617	7,333	615	9,917	496	7,247

<출처 : 벤처투자정보센터 vcic.kvca.or.kr>

\* 그 외 업종 : 엔터테인먼트, 서비스교육, 유통, 원료재생/환경복원, 기타

- 업력별 벤처투자 실적면에서는 3년 이하 기업에 40.1%, 3~7년 정도의 기업에 35.2%, 7년 초과 기업에 24.7% 정도로 초기 및 중기 투자실적이 전체의 약 76% 정도를 차지함.
- 전체 상장기업 중 창투자 투자기업의 상장 비율은 2003년 이후 60% 이상을 꾸준히 기록하고 있으며, 투자를 받은 기업이 미투자기업에 비해 IPO(Initial Public Offering)까지의 소요기간이 상대적으로 짧게 나타나, 투자가 시장선도형 중핵기업 발굴 및 육성의 중요한 요소로 작용하고 있음.

(단위 : 기업수, 년)

구 분	2004년		2005년		2006년		2007년	
	기업수	IPO	기업수	IPO	기업수	IPO	기업수	IPO
전 체	48	9.3	69	9	53	9	67	10.1
<b>창투자 투자기업</b>	<b>33</b>	<b>7.2</b>	<b>49</b>	<b>7.6</b>	<b>37</b>	<b>7.9</b>	<b>45</b>	<b>8.5</b>
창투자 미투자기업	15	13.8	20	12.4	16	11.5	22	13.4

<출처 : 벤처투자정보센터 vcic.kvca.or.kr>

- 정부 新성장동력 투자펀드 개요
  - 정부는 2013년까지 민관 공동으로 최대 3조원의 신성장동력 펀드 조성 목표
  - 2009년도는 정부재원 500억원 및 거래소 자산 100억원으로 민간투자 2,400억원을 유도하여 총 3,000억원의 투자재원을 조성
  - 최소 1,000억원 이상 규모의 대형펀드를 3개 이내에서 조성 추진

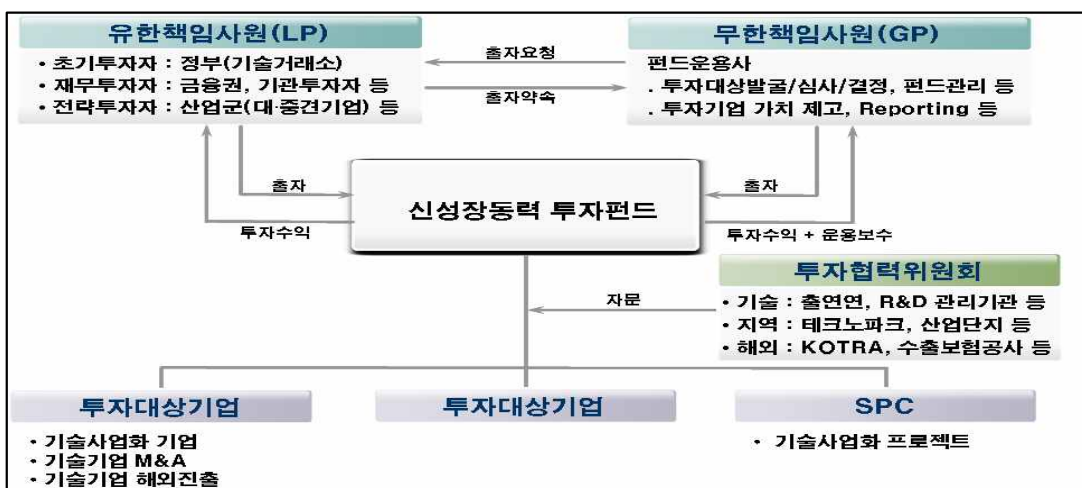
<펀드조성 및 정부재원 조달 계획(안)> (단위 : 억원)

구 분	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	합 계
운용규모	3,000	5,000	7,000	7,500	7,500	30,000
정부(기술거래소)	600	1,000	1,400	1,500	1,500	6,000
민간(금융,산업,해외 등)	2,400	4,000	5,600	6,000	6,000	24,000



- 공공기관은 초기 투자자(Anchor Investor) 및 유한책임사원(LP : Limited Partner)으로 참여하며, 펀드운영에 대한 관리·감독 실시
- 펀드운용사는 무한책임사원인 업무집행사원(GP : General Partner)로서 투자대상의 심사, 투자결정 및 투자금 회수, 펀드 관리 등 수행
- 펀드구조로 사모투자전문회사(PEF : Private Equity Fund) 등을 도입
- \* 중소기업창업투자조합, 신기술사업투자조합, 유한회사, 역외(Off-Shore) 펀드 등도 포괄 허용

<신성장동력 투자펀드 운용구조>



나. 추진과제 도출 및 세부 추진전략

< 나노융합펀드 활용 전략 >

관련 산업간의 Value Chain별 수요와 견인에 의한 자생적 펀드생태계 조성



- 기존 기술에 나노융합기술을 응용하여 고부가가치화 및 조기상용화 촉진(단기 실행 전략)
  - 기존 산업-제품-기술과의 연관성 분석을 통한 관련 산업의 동반성장 촉진
    - 민간·정부투자분에 대한 조기수익성 확보 및 지속적인 투자분위기 조성
  - Funding에 대한 수요가 급격히 증대되는 Spin-off, Licensing 등에 적극 운용
  - 대학 및 연구기관의 기술이전을 통한 기술상용화에 적극 투자
    - 기술 지주회사 설립요건 완화 등 국내 기술이전 시장 활성화 및 R&D 개발기간 단축
  
- 특허경쟁력 등 기술력이 높은 원천기술 확보로 미래 경쟁력 강화(중장기 실행 전략)
  - 나노기술 표준화 로드맵에 의한 기본 투자방향 설정 및 펀드 운용
    - 로드맵상 도출된 핵심기술에 대한 적극적인 펀드 운용을 통해 R&BD 가속화
    - 기술거래시장과의 연계를 통한 경쟁력 있는 기술을 적극 발굴
  - 시장견인을 위한 미래 선도형 R&BD 기술의 사업화 지원
    - 원천기술 확보를 통한 미래 시장 선점의 선기획 포착
    - 특허 및 핵심기술을 보유한 High-risk 기업에 대한 투자 모델 수립
  - 나노융합산업 관련 전문 심사역 구성을 통한 펀드운용의 전문성 제고
    - 해당 기술의 심도 있는 기술가치 평가에 따른 펀드 수익성 확보
  
- 글로벌 기술기업 창출·육성
  - 여타 신성장동력 펀드대비 업체당 평균 투자금액 증대를 통한 집중화 전략

- 기업 성격 및 성장 단계별 업체당 평균 투자 금액 증액 필요
  - \* 국내 벤처캐피탈의 업체당 평균 투자금액(억원) : ('01年) 8.0 → ('03年) 10.0 → ('05年) 11.9 → ('07年) 16.1
  - \* 중기청 모태펀드의 자펀드 규모(08.8월) : 264.4억원, 업체당 평균 투자금액(08.8월) : 13.9억원
  - \* 신성장동력 펀드의 펀드당 규모 : 1,000억원 이상, 업체당 평균 투자금액 : 50~100억원
- 이를 위해서는 첨단융합펀드 내에 속해있는 IT융합, 바이오제약·의료기기, 로봇 응용 등과의 사업화 과제 발굴은 물론 신재생에너지 등의 녹색성장 펀드와의 공동 펀드 운용을 통한 시너지 효과 창출이 절실히 필요함.

<신성장동력 펀드 투자분야>

펀드명	3대 산업	신성장동력 투자분야	
		주력 분야	전문 분야
녹색성장 펀드	녹색기술 산업	신재생에너지, 탄소저감에너지	그린수송시스템, LED 응용 등
첨단융합 펀드	첨단융합 산업	IT융합시스템, 방송통신융합산업	바이오제약(자원)·의료기기, 신소재·나노 융합, 로봇 응용 등
지식서비스 펀드	고부가 서비스 산업	-	콘텐츠·소프트웨어 등

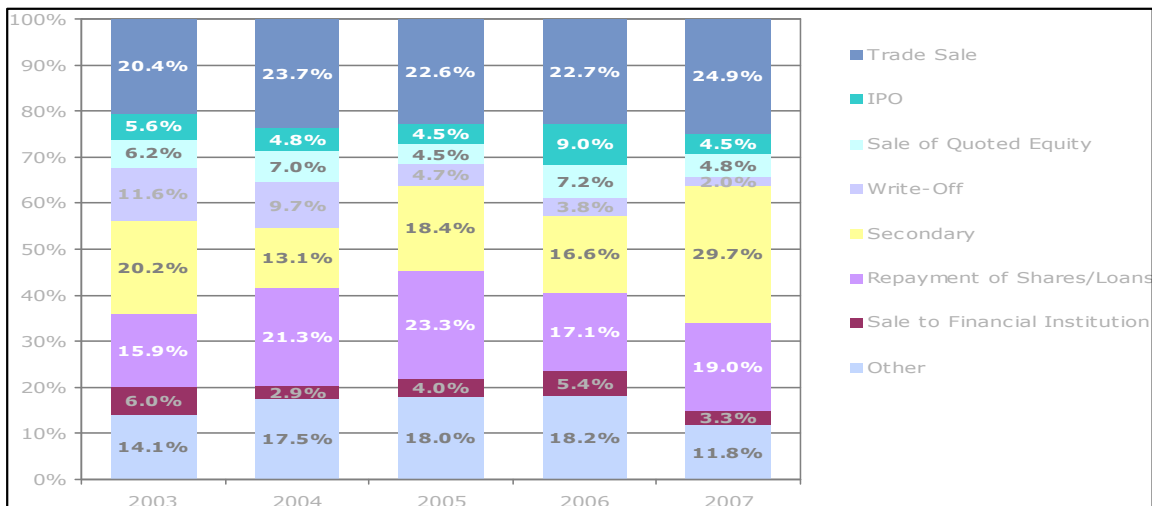
- 토털패키지화 펀딩을 통한 사업화 가능성 증대
  - 원천기술의 상용화에서 글로벌 마케팅에 이르는 전주기적 자금 지원
  - 글로벌 중핵기업 육성을 통한 관련 전후방 연계산업의 병행 투자를 유도하여 초기 투자 Risk에 대한 위험 부담 감소
- 투자심사시 선택과 집중에 근거한 인센티브 부여
  - 나노융합 관련 플랫폼 기술개발, 해외 R&D 분야, 신성장동력 펀드간 공동 사업
  - Value Chain간 컨소시엄 구성을 통한 사업화 제시 등
- Value Chain간 병행/동시 투자 및 관련 중간조직 활성화
  - 대기업-중견기업-중소기업간 상생의 발전방향 제시

- 중소기업을 포함한 컨소시엄 구성시 적극적인 투자 및 투자 인센티브 부여
- 현장 밀착형 수요파악, 사업아이템 발굴, 투자 위험부담 경감 도모
- NT와 BT, IT 등 이종간 융합기술에 대한 기술 교류의 기회 창출
  - 우수 기술기업간 신사업 발굴 기회의 장으로 활용
- TP, 지역 특화센터 등 중간조직을 통한 펀드운용의 시너지 효과 창출
  - 광역경제권 단위로 중간조직을 선정하여 광역경제권 선도사업과의 연계
  - 수익적 운용 및 유입자금 채투자로 지속적인 투자분위기 조성

□ 나노융합산업 관련 펀드 운용 모델 제시

- 펀드 운용에 따른 투자수익 모델의 다변화 유도
    - IPO 위주의 관행에서 벗어나 M&A, PEF, CB, 기술지주회사 설립 등 다양한 회수시장 형성이 필요함.
- \* 2007년을 기준으로 회수시장 비교시 한국은 IPO가 88.0%, 미국은 M&A가 71.1%의 비율을 보이고 있으며, 유럽의 경우 EU체제 등 경제적 특성상 IPO는 4.5% 정도에 그치고 있음

<€23.3 Billion European Divestment at Cost, All Private Equity>

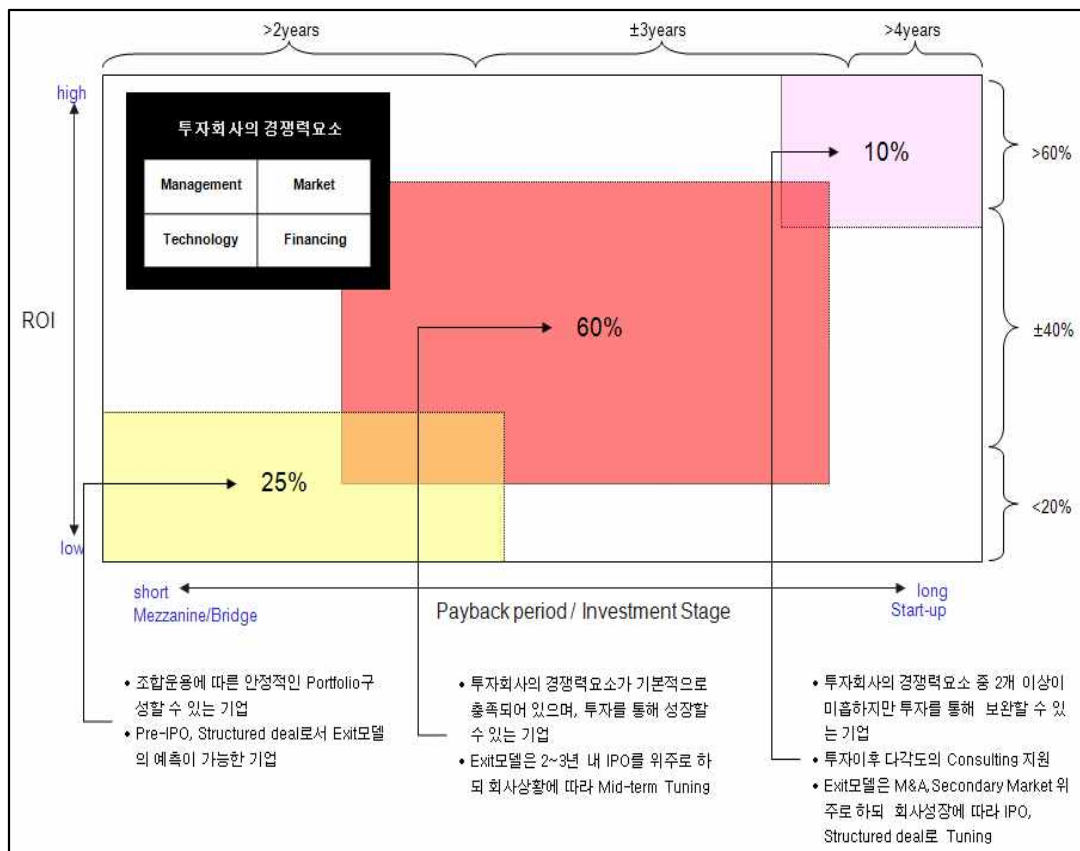


\* 출처 PEREP\_Analytics for 2007 figures>

- 기업의 투자상황, 회수기간, 수익률 등을 고려한 단계적 펀드운용 및 전략 실행

- 투자여부 판단을 위한 경쟁력요소 중 미흡한 부분을 투자를 통해 보완이 가능한 기업의 경우, 다각도의 컨설팅 지원 및 중장기적인 적극적 투자를 유도하여 산업활성화를 도모함.
- \* 투자여부 판단을 위한 경쟁력요소 : Management, Market, Financing, Technology 등
- 경영역량, 마케팅 능력, 기술력 등 경쟁력 요소가 기본적으로 충족되어 있는 기업의 경우, 펀드운용을 통해 2~3년 내에 가시적 성과 창출을 유도함.
- 성장단계에 있어 펀드운용에 따라 안정적인 투자자금 회수가 가능할 경우, 민간·정부투자분에 대한 조기수익성 확보 및 지속적인 투자분위기 조성 차원에서 투자를 고려함.

### <Strategic Investment Map>



### ○ 나노융합펀드 운용 모델 예시

- 펀드규모 : 첨단융합펀드 2,200억원 중 나노융합펀드로 800억원을 활용함.
- \* 업체 혹은 프로젝트당 평균 투자금액은 최소 50억원 이상 투자

- 투자대상 : 우선 투자대상 분야를 선정하여 펀드결성 금액의 60% 이상을 투자함.

\* 우선 투자대상 분야 : 기존 개발완료 기술 및 기술이전을 통한 사업화 과제, 광역경제권 선도산업 및 나노기술 표준화 로드맵 기술 관련 과제 등

<펀드 운용 포트폴리오>

(단위 : 억원, 개)

구 분	단계별 투자기업/프로젝트 수				합계	평 균 투자액	투자 합계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도			
우선 투자대상 분야	2	2	3	3	10	50	500
그 외 발굴된 기업/프로젝트 등	1	1	2	2	6	50	300
합 계	3	3	5	5	16	-	800

○ 출자금 납입 방식, 존속기간, 투자기간, 손실충당/성과배분, 운용보수 등은 지식경제부 『신성장동력 투자펀드 사업계획(안)』을 준용함.

- 출자금 납입 방식은 수시납(Capital Call)을 기본으로 하되, 일시납/분할납 허용함.

- 존속기간은 8년 이상(2년 연장가능), 투자기간은 4년(1년 연장가능)으로 설정

- 손실충당은 출자지분율에 따라 정함.

\* 중기청 모태펀드, 국민연금, 우본 등 국내 주요 투자자는 우선 손실을 충당하지 않으며, 우선 손실충당은 글로벌 스탠더드에도 위배

- 성과배분은 출자지분율에 따라 정함.

\* 투자기간 내에 정부지분을 “5년 만기 국고채 금리 + 1%” 수준에서 GP 또는 他 LP가 매입할 수 있는 옵션제 도입

- 운용보수는 현행 벤처캐피탈 수준으로 제공함

\* 관리보수 : 투자기간 동안은 펀드 약정총액의 2.5% 이내

\* 성공보수 : 기준수익률을 초과하는 수익의 20% 지급

다. 정책적 제언

□ 정부의 각종 지원정책과 연계 추진으로 정책간 연결고리 형성

- 광역경제권 내 기존 기업지원 기관 중 펀드운영을 위한 특화기술별 거점기관 선정 및 운영

- 기존 TP 기업지원단의 일반적인 지원과는 다른 펀드 관련 컨택 창구 역할은 물론, 펀드 수혜기업에 대한 기술개발/마케팅지원 및 기술 사업화 자금지원에 이르는 일체형 기업지원 실현



- 광역경제권 선도산업을 통해 파생되는 기술의 나노융합화 및 사업화 가능성 제고

- 신성장동력 펀드 투자분야간 나노융합형 사업화 과제에 대한 우선 투자 시 인센티브 부여 방안 모색

- NIT(NT+IT 융합기술), NBIC(NT+BT+IT+Cognitive Science 융합기술) 등

- 펀딩을 전제로 한 기술가치평가 지원사업 활성화를 통한 투자환경 조성

- 한국발명진흥회, 기술보증기금, TP, 지역기술이전센터, KISTI 등의 지원사업과 연계

□ 선순환적 투자환경 구축을 통한 자생적 펀드생태계 조성

- 성과창출시 펀드운용 거점기관 및 참여한 지역 특화센터 등의 유관기관이 펀드운용사와의 운용수익 공유를 통한 기관 자립화율 증대 및 적극적인 투자의지 고취

- 펀드운용 수익 공유를 위한 법적·제도적 근거 마련

- 기술지주회사 설립 완화, 대학·기관에서의 spin-off 활성화 지원정책 마련 등

- 기존 개발기술의 상용화 촉진 및 투자자금에 대한 조기수익성 확보

- 대학 및 연구기관의 기술이전을 통한 조기사업화 과제 발굴
- 기술료 수익 이외 다양한 수익채널 확보로 기관의 자립화율 제고
- 7년 이상 업력을 가진 기업들에 대한 펀딩을 통한 글로벌 기업 육성 등

□ 펀드운용의 일관성 및 전문성 증대

- 나노기술 표준화 로드맵에 의한 펀드운용의 기본 방향 설정
- 시장견인형 R&BD 기술의 조기사업화 지원
- Value Chain 분석을 통한 관련 산업간 동반성장 촉진 및 활성화 유도
- 펀드운용사와 투자협력위원회간 동반자적 역할 정립
  - 펀드운용사 : 기술지주회사, M&A 등 회수시장의 다변화 방안 모색
  - 투자협력위원회 : 투자 희망 기업 발굴 및 투자환경 조성 등
- 원천기술 상용화에서 글로벌 마케팅에 이르는 토털패키지화 펀딩
  - 단순 자금지원 차원을 넘어선 전주기적 기업지원 실현
    - \* 즉, 투자 후 운영자금(working capital) 조달까지를 포함한 전주기적 자금지원 전략 수립을 통한 상용화 실현

라. 향후 계획

□ 광역경제권 내 펀드 운영을 위한 거점 기관 선정

- 광역경제권 내 지역별 TP의 인프라, 지역 특화센터의 R&D 및 기업지원 역량, 지역기술이전센터의 사업화 능력 등을 면밀히 검토하여 거점기관을 선정함.
- 선정시 대경권의 그린에너지·IT융복합, 동남권의 융합부품소재, 호남권의 신재생에너지·친환경 부품소재, 충청권의 의약바이오, 강원권의 의료융합 등 나노융합형 광역권 선도사업과의 효율적 연계방안 등을 중요시함.
- 특히 거점 기관별 펀드 운용관련 금융 전문인력을 배치하여 펀드운용



사와의 효율적인 의사소통은 물론 전문적 펀딩을 통한 성과창출 극대화를 도모함.

- (사례1) 영국 Isis College Fund의 경우 Isis Innovation Ltd.라는 전문 회사를 통해 펀드 운용이 이루어지며, 2008년 4.7백만파운드(£4.7m)수입 중 2.5백만파운드(£2.5m)가 대학으로 재유입되는 성과를 창출하였음

\* Isis College Fund : 1999년 영국 옥스퍼드 대학에서 천백만파운드(£11m) 규모로 결성, 대학의 spin-out 기업을 위한 자금지원을 주 목적으로 함.

- (사례2) 세계적 연구소로 평가받고 있는 이스라엘 와이즈만(Weizmann) 연구소의 경우 기술이전·사업화 지원을 전담하는 독립회사인 Yeda Research and Development Company를 설립하여 영리를 바탕으로 기술이전·사업화 업무를 수행하였음

\* Yozma Fund : 1993년 이스라엘 정부가 이스라엘 하이테크 산업에 투자할 외국인 본 유치를 위해 설립한 이스라엘의 대표적인 공공투자 프로그램

□ 중간조직으로 선정된 거점 기관의 역할 및 펀드 운영 방향

- 펀드운용 거점 기관과 펀드운용사와의 명확한 역할분담을 통한 펀드운용으로 펀드운용 주체간 시너지 효과 창출

<펀드운용 주체간 역할>

구 분	선정된 거점 기관	펀드운용사
	투자대상 기업/기술 발굴, 투자기업 사후 관리	
역 할	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 펀드운용사와 희망 기업간 매개체</li> <li>· 광역권별 대상기업 추천 및 선별</li> <li>· 실제적, 현장지향적 투자 기회 조성</li> <li>· 지역 R&amp;D기관과의 공동 과제 추진</li> <li>· 각종 지원정책과의 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단계별 투자심사</li> <li>· 펀드 관리</li> <li>· 펀드 운용현황 보고</li> <li>· 전주기적 자금 지원</li> </ul>

- 수익적 펀드운영을 통한 기관 운영의 내실화 제고

- 펀드운용 수익을 통한 기관 자립화율 증대 및 유입자금의 재투자 실시

- 조기수익성 확보 및 지속적 투자분위기 조성을 위해 기술료 수익 이외에 지분출자 등 기관의 적극적인 투자자금 회수방안 운영
- 펀드 투자대상 기업의 세계시장 진출 가속화 유도
- 펀드운용사의 해외 DB 및 네트워크를 통한 해외 진출의 성공가능성 증대
- 중소기업진흥공단의 수출기반 지원에서 글로벌기업으로의 성장 지원에 이르는 단계별 지원사업 등 정부의 글로벌화 지원정책과 연계

□ 추진 로드맵

- 추진간 광역경제권별 적시의 편당이 이루어질 수 있도록 권별협의체를 구성하여 운영함.
- 협의체를 통해 광역경제권 선도사업과의 연계방안 모색 및 Value Chain을 도출하여 펀드운용의 방향성을 제시함.
- 펀드 운용기획 단계에서 민간·정부 투자분에 대한 조기수익성 확보 및 지속적인 투자분위기 조성을 위한 적극적인 투자자금 회수방안을 모색함.

<펀드운용 추진 로드맵>

사전준비	거점기관 선정	운영 기획 및 편당	자생적 펀드생태계 조성
거점기관 선정기준(안) 마련 - 투자협력위원회	광역경제권내 거점기관 선정 - 대상 : TP, RIC, RTTC 등 - 기준 : 인프라, R&D역량, 사업화 능력, 펀드 운용경험, 광역경제권 사업과 연계방안	패키지형 지원체계 구축 - 거점기관과 펀드운용사간 역할 정립 및 네트워크 형성 - 광역경제권별 전문심사역 구성 - Value Chain 분석	선순환적 투자환경 구축 - 적극적인 투자자금 회수방안 운영 (M&A, Spin-off에 대한 지분출자 등) - 각종 지원 정책과의 연계를 통한 펀드 수혜 기업의 전방위적 지원 - 수혜 기업의 글로벌화 촉진

## 7. 나노융합산업관련 국제협력 활성화

### 가. 나노기술 산업화의 국제 동향

#### □ 전반적 동향

- 나노기술이 태동기를 벗어나 급격하게 발전하는 시점에서 나노기술의 산업화는 세계적으로 중요한 화두로 등장하고 있으며, 많은 국가들이 나노기술의 산업화에서 주도권을 장악하고 나노기술 시장을 선점하기 위해서 치열한 경쟁을 벌이고 있음.
- 세계적 기업들은 주요 시장이 위치한 지역에 R&D 거점 확보 및 네트워크화와 산업특성에 따라 지역 R&D outsourcing, 차별화 등 상호보완을 위한 전략적 제휴 형태의 global R&D 협력을 추진하고 있음.
- 국내 나노기술의 경우, 나노소재인 은나노와 광촉매 분야에서 먼저 산업화에 성공하였고 다양한 나노소재 관련 제품들이 등장하고 있으며 삼성전자를 비롯한 세계적 수준의 반도체 관련 기업들이 나노기술 적용 제품을 개발하고 있음.
- 하지만, 고부가가치의 나노 관련 제품을 대량 생산하기 위해서는 여전히 해결해야 할 문제점들이 많이 남아 있는 상태이며 이러한 관점에서 우리도 세계적 나노기술 산업화 경쟁의 중심에 서 있다고 할 수 있음.
- 이러한 글로벌 나노기술 산업화 경쟁에서 살아남기 위해서는 나노기술에 강점을 가지고 있거나 나노기술 개발에 많은 예산을 투입하고 있는 국가들의 나노기술 산업화 동향 및 장/단점을 파악하고 이를 기반으로 하는 전략적 제휴 및 협력이 반드시 필요하며 이를 효과적으로 추진하는 국내 시스템 구축이 시급

## □ 주요 국가별 동향

### (1) 미국의 나노기술 산업화 동향

- 미국은 가장 탁월하고 폭 넓은 나노기술 전략의 본고장임. 대부분의 선진국들이 자국의 프로그램을 미국의 나노전략(NNI, National Nanotechnology Initiative)에 바탕하고 있음.
  - 나노기술과 관련해 350여개의 기업, 거대한 이용자 시설, 수십 개의 전문연구센터, 대학, 기관들이 있는 미국은 나노기술의 연구개발의 규모와 범위에 있어 타의 추종을 불허
- 미국의 나노기술 투자는 2001年 이래로 매년 증가해오고 있음.
  - NNI에 참여하는 정부 부처들의 2008年 예산은 거의 15억 달러에 이릅니다. 이는 2001년에 지출된 4억 6,400만 달러의 약 3배에 해당, 또 연방정부 외에도 개별 주들이 나노기술개발을 지원하고 있음.
- 민간 투자도 활발하여 전 세계의 나노기술투자 중 민간부문 지출(기업투자, 벤처캐피탈)의 약 절반은 미국 기업들에 의한 것임.
- 미국은 나노기술 부문에서 세계적으로 가장 산업화 지향적인 국가이며, 현재 나노기술 연구개발비 지출에 있어서 세계 선도 국가임.
  - \* 연방정부만 약 10억 달러로 주정부와 민간 부문을 합하면 전체 20억 달러규모)
- 현재 미국의 나노 시장은 초기 단계의 나노 제품에 대한 연구 개발이 상당히 진행되고 있는 신생 시장임. 나노기술의 산업화가 추진되고 있는 주된 분야는 생명과학, 보건의료, 에너지, ITC 분야임.
- 미국 기업의 나노기술에 대한 투자규모는 18억2천만 달러로 전세계에서 가장 크며, 이들 기업의 투자 방식은 다양한데, 집중화된 나노기술 연구그룹을 갖고 있거나, 나노사업을 기존의 개별 부서에 맡기거나 새로운 사업부서를 만들기도 하고, 창업사와 합작투자를 하거나, 대학 연구자들에게 자금을 공급하기도 함.
- GE, DuPont, Hewlett-Packard, IBM 등과 같은 거대한 나노기술 R&D 프로그램을 갖고 있는 미국 기업들이 나노기술연구개발에 대한 가장

큰 비정부 투자원이 되고 있으며, 정부 투자와 거의 맞먹는 규모임. 연구개발에 거액을 기꺼이 투입하려는 혁신적 미국 기업들의 의지가 나노기술로 옮겨오고 있는 것으로 볼 수 있음.

- 나노기술개발과 그 응용에 참여하려는 미국 중소기업들의 활동도 활발하며, 최근 첨단기술력을 지닌 다수의 나노기술 벤처기업들이 미국 전역에서 생겨나고 있음.
- 이중 일부 기업은 Honey, DuPont, BASF, GE, Bayer, Rohm and Haas, DSM, Mitsubishi 등 주요 화학기업과 제휴하고 있음.
- 미국 나노산업조합(US NanoBusiness Alliance, NBA)은 신생 나노기술 및 마이크로시스템 산업을 발전시키기 위해 설립되었으며, 250여개의 기업, 대학, 비영리 기업들이 가입되어 있음.
- 임무는 신생 나노산업을 위해 한 목소리를 내고 나노산업계를 지원, 강화하기 위한 전략을 개발하는 것임.

## (2) EU의 나노기술 산업화 동향

- EU의 나노기술개발은 유럽연합집행위원회(EC)가 수립한 나노기술전략과 시행계획에 기반하고 있음.
- EU는 2004년 5월 나노기술개발전략을 발표하였으며, 1년 후인 2005년 6월 나노기술개발시행계획(2005-2009)을 추가로 수립하여 발표하였음.
- 이러한 전략은 EU 각료이사회와 유럽의회 등의 전폭적인 지지를 받았으며 연구개발의 지속적인 추진과 인프라구축, 인력양성, 국제협력활동에 대한 전략안이 지지를 받은 것임.
- EU의 나노기술 산업화 정책의 세부내용은 산업화를 촉진하기 위한 "산학연 연계", "산업계의 EU 프로젝트 참여확대", "나노기술 정보확산", "표준 제작", "지적재산권 강화"로 구체화되어 있음.
- 산·학·연 연계강화는 산업계, 연구계, 학계와 특히 금융계의 긴밀한 연계체제 구축을 통하여 연구개발성과를 빠르게 산업화한다는 것이 기본 전략임.

- 이해 당사자를 결집하여 나노기술 산업화의 성공사례를 교환하는 활동을 전개하고 나노기술을 산업화하는 활동을 강화하는 것을 모색하는 것임.
- 이러한 연계 속에서 산업계와 연구개발기관 사이의 사용허가계약에 관한 협약을 촉진하고, 산업화에 장애를 주는 유럽의 사회적, 정치적, 심리학적 장벽 문제에 관한 해결책을 모색하게 됨.
- 유럽 내에는 300개의 나노기술 기업이 있으며 이중 1/3은 독일 내에 위치하고 있음.
- 독일과 영국의 나노기술 기업수가 다른 국가에 비해 월등히 많은 것으로 나타나며, 이들 기업 중 나노기술 제품이 있는 기업의 시장분야는 보건 및 생명과학(25%), 소비재 제품(10%), 화학제품(9%), 국방 및 보안(7%), 에너지(6%), 자동차 및 교통(6%) 순임.
- 유럽의 선도기업인 BASF, Degussa, Nokia, Philips 등은 가시적인 나노기술활동을 전개하고 있지만, 아직까지는 유럽 산업계의 활동이 미국이나 일본의 광범위한 산업계의 활동보다 미미하다는 분석임.
- 유럽지역의 나노기술 제품은 보건 분야에서부터 화장품/샴푸 등의 개인보호용품, 자동차, 항공기에 이르기까지 다양한 제품이 시장에 진출해 있음.
- 이 중 보건/생명과학 분야(25%)가 1/4가량이 시장을 차지하며 다음으로는 소비재(10%), 화학제품(9%) 순임.
- EU의 나노기술 산업화활동의 부진은 공공부문의 연구비 지원의 부족에서 기인하기 보다는 산업화를 향한 제도적 지원 장치 및 민간의 나노기술 투자가 적기 때문으로 분석되고 있음.
- 즉, 유럽의 공공부문 나노기술 연구비 투자는 40억 유로를 상회하는데, 이는 미국, 일본과 비교해도 결코 뒤지지 않는 수준이지만, 산업계의 투자는 부족한 실정임.
- 유럽연합 차원의 나노기술 산업화 지원은 나노기술 실행계획을 통해

더욱 강화되고 있고 유럽연합 집행위원회는 2003년부터 격년으로 행사를 개최하고 있는 EuroNanoForum을 2007년에는 "나노기술의 산업 응용"에 주제를 맞춤.

- 유럽연합 집행위원회(EC)와 독일 BMBF는 유럽지역의 학계와 산업계를 집결하여 나노기술의 산업화 현황에 대한 정보확산을 통한 나노기술 산업화를 촉진하기 위하여 본 행사를 개최함.
- 유럽연합의 지원을 받고 있는 Nanoforum이 2007년 들어 유럽지역 나노기술 산업화의 장애요인과 극복방안 마련을 위한 3번의 워크숍과 서베이 조사를 실시하여 유럽의 나노기술 산업화의 문제점을 규명하고 극복방안에 대한 정책제언을 제시하였음.
- 두 가지 핵심 요구사항은 기업, 대학, 지역정부, 중앙정부, 유럽연합 기구 등이 나노기술 산업화의 기회를 인식할 수 있도록 돕는 나노기술사업포럼 구축과 유럽연합 프레임워크 프로그램 내에 나노기술 성과를 증대하는 연구 컨소시엄의 지원을 최우선 정책요구사항으로 선정하였음.
- 이 외에도 기술이전 프로그램 지원, 학생의 경영교육 지원, 환경, 보건, 라이프-사이클 분석과 안전도 테스트의 활용법 탐구, 나노기술 경영전략 개발, 나노기술 윤리와 지적재산에 대한 정책 검토, 나노기술 지원 메커니즘에 대한 인식도 제고 지원, 나노기술 패키징 및 프로토타입핑 프로그램 지원 등 정책제언을 지시하였음.

### (3) 일본의 나노기술 산업화 동향

- 일본은 현재 제3기 "과학기술기본계획(2006-2010年)"에 따른 나노기술/재료 관련 프로젝트들이 진행되고 있음.
- 이 계획에 의하면, "나노기술/재료" 분야는 광범위한 과학기술 분야의 비약적인 발전의 기반을 지탱하는 중요한 분야로 특히, 나노기술은 21세기 과학기술의 근간을 이룰 것으로 기대하면서, 생명과학, 정보통신, 환경과 함께 4大 중점 연구 분야로 선정하였음.

- 일본은 이미 2002年 12월에 "나노기술/재료분야 산업발굴전략"을 수립 하였음.
  - 이 전략은 나노기술/재료 분야의 "5개의 산업"으로 일본이 10年 후에 세계 시장을 주도할 기업군을 창출하는 것을 목표로 하고 있음.
  - 5개의 산업은 네트워크/나노 소자 산업, 나노바이오 산업, 나노 환경/에너지 산업, 혁신적 재료 산업, 나노 계측/가공 산업임.
- 문부과학성, 산업경제성 등의 정부 주도의 구체적인 프로젝트로는 나노기술의 산업화를 위하여 연구개발 및 이의 산업화의 3개 축인 산·학·관이 상호 협력하는 프로그램인 "부성 연계 프로젝트", 문부과학성의 "나노기술 종합지원프로젝트" 등이 현재 진행 중임.
- 이러한 프로젝트들에 의하여 나노기술에 대한 추진 프로젝트의 선정, 연구개발, 실용화·산업화를 위한 주변 환경 정비, 그리고 사업화가 이루어지고 있음.
- 산업계의 주도 조직인 일본 경제단체연합은 일본 정부의 나노기술에 대한 육성 의지를 뒷받침하기 위해 2000年 7월에 "21세기를 개척하는 나노기술"이라는 성명서를 발표한 이후, 2001年 3월에 n-Plan21 "나노기술이 만드는 미래사회", 2002年 11월에 n-Plan2002 "나노기술이 만드는 신사업", 2003年 2월에 "산업경쟁력 강화를 위한 바이오/나노 시뮬레이션 기술의 활용에 대하여" 등의 전략을 수립하여 나노기술에 대한 산업계의 의견을 정부에 적극적으로 개진함.
- 2003年 10월에는 300여개의 기업이 중심이 된 "나노기술 비즈니스 추진협의회"가 설립되어 나노기술의 산업화를 향한 활동이 활발하게 진행 중임.
- 나노기술 비즈니스 추진협의회(NBCI)는 2010년에 20~26조엔으로 예측되는 나노기술 분야 시장에서의 산업경쟁력 강화와 나노기술의 기술 혁신성과 범용성에 의한 하나의 시드 기술이 다방면으로 제품화, 복수의 기술 시드(seed)가 조합되어 새로운 제품을 만들어내는 등의 제품화에 종래의 산업과 기업 등의 조직을 넘어선 활동이 필요하다는 취지에서 설립됨.



- 즉, 나노기술의 국제 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서 기업 규모나 종래의 업종 구별에 얽매이지 않는 새로운 조직(분야 융합, 수직 통합 등)이 필요하다는 것임.
- 또한, 최종 소비제품 뿐만 아니라 기업, 대학 등의 연구 조직의 첨단 연구 장비의 수요 또한 중요한 비즈니스이지만 기업 간 연계, 산학연계, 시장 정보의 부족 등이 비즈니스를 저해함.
- 이러한 점에서 새로운 비즈니스 모델의 창출이 필요하게 됨.
- 일본은 나노기술의 특징으로 '기초적인 연구에 의해 유지되는 첨단기술이지만, 과학적 발견에서 산업화까지 속도는 매우 빠르다'고 보고 있음.
- 일본이 선도하고 있는 분야를 예로 들어 보면 1995년에 탄소나노튜브에서 전계방출이 보고되고, 디스플레이 디바이스에의 응용이 제안되었음.
- 이를 받아서 실제로 CNT 냉음극 발광디스플레이가 시제작된 것이 3년 후인 1998년이며 그 후 같은 해 2극형 FED 패널이 시제작 되었고 다음해인 1999년에 2극형 컬러 FED패널 및 3극형 컬러 FED 패널이 시제작 됨.
- 또한, 탄소나노튜브의 발견은 1998년이지만 2001년에 이것을 이용한 연료전지의 전극이 시제작 되었음.
- 광촉매는 과학/기술적으로 일본이 우위에 있는 나노기술 분야이다. 이 분야의 R&D 전개를 보면, 1995년 광조사에 의한 표면의 활성화 보고의 과학적인 발견으로부터 상품화되는 하이드로테크 기술까지 3년 정도의 기간이 걸렸음.
- 또한, 차세대 자기기록 재료는 가장 시장성이 기대되어 통상 10년 정도의 기간이 제품화에 소요됨에 비해, 유력한 나노기술의 응용분야인 강자성 터널자기저항효과(TMR)에서는 약 4년 정도가 제품화에 소요되고 있음.
- 여기서 재료의 발견 및 현상의 발견으로부터 제품의 제작까지 3-4년

정도 밖에 소요되지 않고 있음을 알 수 있음.

- 지금까지 일본의 성공사례를 보면, 물질 혹은 물성을 숙지한 연구자가 기업과 직접 관계하는 것이 나노기술의 실용화에 있어 매우 중요한 요건임을 알 수 있음.
- 따라서, 일본 기업 내의 초일류 연구자와 대학과의 연계가 한층 중요해 질 것임.
- 일본에서 산업응용이 유망한 나노기술 분야는 연구분야를 초월하는 융합영역으로, 일렉트로닉스와 바이오/의료의 융합영역, 화학과 일렉트로닉스의 융합영역, 에너지와 화학/바이오의 융합영역 등이 앞으로 커다란 시장을 형성할 것으로 기대
- 따라서 연구개발의 현장에서 이종 분야 연구자와의 연계는 불가결, 그러나 미국, 유럽과 비교하면 일본의 연구자는 매우 다른 영역의 연구자와의 연계는 잘 이루어지지 않고 있는 것이 현실
- 일본의 나노기술 사업화에 있어 본질적인 문제점은 기초적인 지식의 양이 부족하기보다는 이 지식을 기술, 특히 전략기술까지 심화시키지 못하고 있다는 점
- 미국에서는 실리콘 벨리나 보스턴 지구 어디서나 나노기술 시드(seed)를 산업화로 결합시키기 위한 커뮤니티가 존재
- 이런 커뮤니티 안에서 정보의 교류는 매우 빠르고, 또한 기술시드를 재구축하여 비즈니스화로 결합시키는 노력이 일상적으로 대학 및 국립연구소에서도 요구되고 있음.
- 일본은 이런 미국의 스피드에 대항할 수 있는 시스템의 구축이 필요
- 일본의 기업은 사업전개를 고려할 때 나노기술을 빼놓으면 커다란 기회를 놓칠 가능성이 높다는 인식이 점점 확대
- 그럼에도 불구하고 일본에서 실제로 나노기술을 직접 비즈니스로 연결시킨 기업은 그다지 많지 않으나 사업화라는 관점에서 보면 미국에 비해 상당히 뒤져 있는 것으로 보임.

- 이러한 차이는 미국과 일본의 나노기술 비즈니스 유형이 다르다는 것, 미국의 나노기술 비즈니스에는 "대학의 기술이전형"(TLO형)과 "나노기술에 공동경쟁관계에 있는 대기업형"(대기업 core 사업형)의 2가지가 존재하며, 국가전략 및 주 정부의 시책과 잘 연계한 사업의 전개가 이루어지고 있음.
- 일본이 이에 대응하기 위해서는 종래의 비즈니스 스타일과 전혀 다른 사업형태의 변혁이 필요함.
- 현재 일본에서는 독자적인 3개의 새로운 나노기술 비즈니스 모델이 출현하고 있음.
- 제1모델은 '종합상사형 모델'임. 미쓰비시상사는 미쓰비시화학과 공동으로 폴리렌의 제조판매 회사인 프런티어카본사(FCC)를 설립하였으며 미쓰이물산은 2000.7월 바이오 나노테크리서치인스티튜트(BNRI)와 카본나노테크리서치인스티튜트(CNRI)의 2개의 나노테크놀로지 연구개발 회사를 설립하였고, 스미모토상사는 단층 카본나노튜브를 제조하는 미국 카본나노테크놀러지사(CNI)와 제휴했으며, 마루베니도 나노바이오 분야에 관한 해외벤처와의 연계를 추진하고 있음.
- 제2모델은 '기업 내 벤처모델'임. 일본의 산업계에 있어 첨단과학기술 분야의 연구개발은 이른바 대기업이 이끌어 왔음. 이 때문에 노하우의 대부분은 대기업에 축적되어 있는 것이 현실임.
  - 특히, 기초연구에 가까운 영역에서는 이런 경향이 강함. 다만, 나노기술을 산업화하기 위해서는 '스피드와 기동성'이 불가결한 여건이며, 종래의 대기업에서는 대응하기 어려운 측면이 있음. 이 때문에 특정의 나노기술 분야를 독립시켜서, 기업 내의 벤처로 육성하려고 하는 움직임이 나타나고 있음.
- 제3모델은 각 기업의 사업 재구축 중에 나노기술을 도입하려고 하는 사고방식임. 경쟁력 있는 분야를 중심으로 새로운 사업전개를 탐색할 때 키워드를 나노기술에 두고 있는 기업이 출현하고 있음.

- 최초에 자신의 핵심역량을 분석하여 무엇을 중심으로 둘 것인가를 설정한 후, 전략적으로 제품 이미지를 굳혀 시장을 분석하고 나노기술 연구개발 목표를 설정함.

#### (4) 중국의 나노기술 산업화 동향

- 중국정부의 나노기술개발은 2000년대 이후 주요한 정책지원 분야로 부상하였음. 10차 5개년 경제발전계획(2001-2005)에서 나노소재 분야를 중요 연구개발 분야로 선정하였으며, '국가 중장기과학기술발전계획'(2006-2020)에서도 나노기술을 핵심적인 연구개발 분야로 선정하였음.
- 세부적으로 국가중점기초연구발전계획(973계획), 국가첨단기술연구개발계획(863계획) 등을 통하여 나노기술개발이 추진되었음.
- 또한, 체계적 연구개발과 산업화를 위하여 2000년 10월, 과학기술부, 교육부, 중국과학원(CAS), 국가발전계획위원회, 국가자연과학기금위원회(NSFC)의 5개 기관 밑에 국가나노과기협조지도위원회를 조직하였음.
- 중국은 나노기술 제품화 촉진을 위한 '실험실 국가인증 위원회' 산하에 '국가 나노기술인증위원회'를 설립(2004.5)하여 정부차원의 나노기술 표준화 사업도 추진하였음.
- 나노재료 정의 및 검측방법 등 7가지 나노재료국가표준을 발표(2005.2)하고 국가 표준화위원회 산하에 나노기술표준화기술위원회를 설립(2005.6)하였음.
- 이러한 정부의 지원 속에 중국의 나노기술분야 연구논문 발표는 세계 선두권을 차지하고 있음.
- 중국은 나노기술 연구수준은 매우 높지만, 연구 성과를 산업화하는 활동이 미국, 일본에 비해서 활발하지 않은 실정임.
- 중국의 마크로전자 산업화 수준과 투자 집중도의 한계로 인해 나노전자, 나노바이오 소자 분야의 경우 선진국과의 격차가 확대되고 있음.
- 제 10차 5개년 계획 기간에 나노공정 및 표면측정장비 등의 대형 연구

장비 등의 부족으로 나노기술개발의 발전이 제약을 받았다는 평가를 받고 있음.

- 나노기술 기업의 현황은 중국 내에는 적어도 300개의 나노기업이 활동하고 있는데, 이중 90% 이상은 50명 이하의 소기업
- 중국의 나노기술개발 산업화는 주요 도시를 중심으로 형성되어 가고 있음.
  - 나노기업의 지역분포는 북경, 천진을 중심으로 하는 경진지역, 상해를 중심으로 하는 장강삼각주 지역, 광주/심수를 중심으로 하는 주장삼각주 지역 등 세 개 지역이 대표적임.
  - 이 세 개 지역에 분포된 나노업체의 기업 수는 중국 나노업체 총 수의 80%를 차지함.
- 중국정부는 863계획의 나노소재 전문프로젝트를 통하여 나노소재 생산의 산업화에 성과를 보이고 있음.
  - 대표적인 산업화 사례로 사파이어 기관, 탄화규소/규소기관의 소규모 양산화(일일 생산량 40만개) 실현, 운남대학, 길림대학, 곤명운대생물기술유한공사가 공동으로 의약시험지 개발(변종 B형 간염 진단시험지, HIV-1/2 항체 진단시험지, 나노자기 B형 간염 진단시험지, HIV-1/2 항체 진단시험지), 주사탐침 현미경 집적시스템의 연구개발, 나노 PAA(poly acrylic acid)계 고성능 수용성 목재가구 도료 등의 개발을 제시하고 있음.
- 특히, 상해지역은 나노기술개발이 지역정부의 제도적인 뒷받침으로 매우 활성화 되어 있음.
  - 중국 상해시 정부는 2001.7월 상해지역의 나노기술산업화를 촉진시키기 위하여 나노기술산업발전추진센터를 설립하였음.
  - 상해의 7개 대학과 연구소, 9개의 기업이 참여하고 있으며, 프로젝트 관리, 산·학연계, 상하이지역 나노기술정보교류촉진, 국내 및 국제협력 체제 구축 등의 임무를 수행하고 있음.
- 2006.1.12, 상해시는 향후 15년간 상해시의 과학기술 연구와 개발사업

의 근간이 되는 "상해 중/장기 과학기술 발전계획 개요(2006-202年)"를 발표하였음.

- 또한, 상해시 과학기술위원회는 2006년도 상해시 나노기술 프로젝트 지침서를 발표했음.
- 상해시는 나노기술 표준화를 위한 체계도 구축하여 운영 중인데, 2006년 3월 16일 전국 나노기술 표준화 기술위원회 "상해 나노기술 테스트 포스팀"이 정식으로 설립되었음.
- 이는 중국 최초로 지역명이 명명된 표준화 TFT이며, 전국 나노기술 표준화 기술위원회와 협조하여 상해지역 나노기술 표준화 사업을 관리함.

#### (5) 인도의 나노기술 산업화 동향

- 인도의 과학기술 연구개발은 과학기술국(DST), 과학산업연구국(DSIR) 산하 과학산업연구위원회(CSIR), 생물공학국(DBT), 우주국(DOS), 원자력국(DAE), 해운개발국(Department of Ocean Development) 등의 정부부처를 통해 주로 추진하고 있으며, 과학기술국(DST)이 주도적으로 나노기술 연구개발 전략의 수립과 관련 연구개발 예산을 지원하고 있음.
- 과학기술국(DST)은 2001년 나노소재과학기술전략(NSTI)을 수립
  - 5년간 1,500만 달러를 지원한 NSTI는 인도 최초의 나노기술 국가연구 프로그램으로서 주요 목표로는 △우선연구분야지원(합성, 특성화, 나노 리소그래피, 약물전달, DNA 칩, 나노구조 고강도 재료, 양자 구조체 등), △국가차원의 나노기술 인프라 시설 확충, △국내 및 국제 컨퍼런스, 심포지움, 워크숍 개최 지원 및 인력양성, △학계 및 산업계의 협력활동 촉진 등을 설정
- NSTI는 현재 인도전역의 연구소를 통하여 100여개의 나노기술 연구프로젝트를 지원하고 있으며, 6개의 나노기술센터 및 1개의 전사과학센터를 수립하는 등 인도 나노기술 개발의 기반을 구축하였음.

- 또한, 미국, 독일, 이탈리아, EU, 대만 등과의 협력활동을 지원하여 인도의 나노기술 국제 교류협력 활동을 증진시키는데 기여하였음.
- 인도의 나노기술 산업화는 EU, 미국 및 다국적 기업과의 교류를 통하여 이루어지고 있음.
- 2006年 11월 유럽연합집행위원회(EC)는 인도의 뉴델리를 방문하여, 관련분야의 협력정책에 대하여 논의하였음. 인도는 현재 영국, 프랑스, 독일, 네덜란드, 벨기에 등과의 공동연구협력활동을 추진하며 국제협력을 통한 나노기술 연구개발과 산업화를 추진하고 있음.
- 미국 내 인도계 과학자 등을 위시한 네트워크가 활성화되어 있고, 2005年 12월 인도와 캐나다는 첨단기술 분야의 공동연구와 기술의 상업화를 지원하는 과학기술협력협정을 체결하였음.
- 나노기술은 공동 연구분야로 선정되었는데, 의료기술 분야의 협력을 통하여 말라리아, 암, 당뇨병 등의 질병들에 대한 피로법을 획기적으로 개선하겠다는 구상에 합의했음.
- 인도에 미국계 다국적 기업으로는 General Electric, Hewlet Packard 등이 있음.
- 그 외 Tata Honeywell, Veeco 등이 있는데, 2005年 미국의 Veeco는 JNCASR에 비코-인도 나노기술 연구소(Veeco-India Nanotechnology Laboratory)을 설립하였음.
- 인도계 기업으로는 Infosys Technologies, Titan Industries 등이 있음.

#### (6) 러시아의 나노기술 산업화 동향(러시어나노기술공사)

- 전통 과학에 강점을 가지고 있지만, 나노기술에 있어서는 후발 주자라 할 수 있는 러시아의 경우, 2007年 푸틴 전 러시아 대통령의 "나노기술 개발 및 산업화 촉진 정책" 일환으로 러시아 나노기술공사(Russian Corporation of Nanotechnologies, RUSNANO)를 설립
- 나노기술공사는 나노기술의 신속한 개발을 위한 연구과제 지원 및 산업화, 인력양성, 시설인프라 구축, 나노기술 위험요소 평가 등을 담당

- 러시아 나노기술공사의 설립 목적은 러시아의 나노기술 관련 산업을 육성하고 나노기술 분야에서의 혁신적 개발 성과를 달성하여 나노기술 분야에서 러시아가 세계적 선도 국가로 성장시키고자 하는 목적임.
- 자본 투자 프로젝트가 나노기술공사의 주요 활동이 될 것이며 이를 통해서 러시아 나노산업의 경쟁력을 높이고 사회적 개발 및 발전 요구에 대응하고자 함.
  - 특히, 기존에 러시아가 경쟁력 우위에 있는 산업인 우주선 제조, 로켓 및 우주 정거장, 핵 관련 산업, 에너지 관련 산업의 지속적인 발전을 위해 개발이 필요한 나노기술에 집중적으로 투자할 계획을 가지고 있음.
- 나노산업의 경우에는 투자 실패의 위험이 높고, 시장과 기술의 불확실성이 크기 때문에 민간 자본 주관의 투자가 활발히 진행되기 어려우므로 나노기술공사가 이러한 산업화 초기 단계의 나노기술 및 산업에 대한 적극적인 투자 주체가 될 것임.
  - 향후 개별 기술에 대한 민간 자본 주관의 독립적인 투자가 유치되는 경우, 나노기술공사는 가능한 빠른 시기에 투자를 중지하고 기존에 투입된 자본의 일부를 미리 정해 좋은 규정에 의해 돌려받음과 동시에 개발의 주체가 민간 자본으로 넘어가게 됨.
- 러시아 나노기술공사는 나노기술 로드맵 작성, 나노기술 인프라 구축, R&D 프로그램 개발 및 관리, 나노 관련 지적 재산권 관리, 교육 프로그램 개발 및 관리, 나노 관련 시장 조사 및 예측, 나노관련 인증 및 표준화 작업, 나노 제품의 안정성 관련 규정 개발, 대중에 대한 나노기술 및 산업 관련 교육 및 홍보, 나노 관련 정보 수집 및 관리, 나노산업에 호의적인 법안 개발, 국제 공동 연구 프로그램 개발 및 관리, 국제 나노 포럼 개최 등의 실질적인 활동을 진행하고 있음.
- 나노기술공사의 2008년부터 2015년까지의 활동을 위해 연방정부에 130 billion rubles (5조6천억원)의 예산을 신청한 상태임.
  - 나노기술공사는 단기(2008-2010), 중기(2008-2015), 장기(2008-2025) 발전 방향을 가지고 있으며, 단기는 나노산업 연구 분야에서 경쟁력 있는 분야를



확립하고 지적 재산을 상용화하는 효과적 시스템을 구축하는 것임.

- 중기 발전 방향은 나노산업 생산 품목의 대량 증가를 위한 여건을 구축하고 러시아의 핵심적 연구 기관들을 세계의 첨단 기술 시장에 진입시키는 것임.
- 장기 발전 방향은 러시아 연방에 첨단 기술 산업을 주축으로 하는 경제적 기반을 확립하는 것
- 러시아 나노기술 공사의 대표단은 2008年 7월에 중국을 공식 방문하여 중국 국가 과학기술부, 중국과학원 등 기관 담당자들과 양국 간 나노기술 분야 협력을 추진하는 데 대한 논의를 진행하였고, "러시아-중국 나노기술 협력 협정"을 체결하기로 합의하였음.
- 뿐만 아니라, 각자 나노기술 분야에서의 강점을 효과적으로 결합하여 양국의 나노기술 분야 우세를 충분히 발휘하고 양국 간의 협력을 대폭 강화하여 양국이 나노기술 산업 분야에서의 세계적인 순위를 향상시켜야 한다는데 합의

#### (7) 벨기에의 나노기술 산업화 동향(IMEC의 예)

- IMEC는 벨기에 지방정부가 플랑드르 지역의 전자산업육성을 위해 1984년에 설립한 비영리기관으로 현재 마이크로전자, 나노기술, IT 기술 분야에서 유럽 최대의 독립적 연구기관으로 성장
- IMEC는 반도체 공정 기술, 실리콘 기술 및 장비 통합, 마이크로시스템, 구성 요소 및 패키징, 교육훈련과 같은 통합 정보통신 시스템설계 기술 개발에 초점
- IMEC는 이미 전세계 회사들이 참여하는 국제 공동 연구 개발 프로그램(IIAP)를 시행하고 있으며 이 프로그램을 통해서 IMEC의 포물러, 테크놀러지를 전수
- 또한, 삼성전자를 비롯한 세계 반도체 선두업체 30개사가 참여한 193nm 리소그래피 컨소시엄을 주도하고 있고, 기업에서 수요되는 것보다 약 3-10年 앞선 연구를 수행하고 있으며, 전세계에 500개 이상의

R&D 파트너가 있음.

- IMEC는 공공기관의 성격보다는 기업의 성격이 강하여 강력한 마케팅과 홍보를 하고 있는 동시에 단순 서비스의 개념이 아닌 연구 성격이 결합되어 다른 곳보다 앞서나간다는 개념이 명확

#### 나. 나노기술 산업화를 위한 국제협력 추진 동향

##### □ 전반적 동향

- 나노 분야를 비롯한 국내 대학의 과학 기술 분야 수준을 한 단계 끌어올리고 산업화를 위한 원천기술을 확보하기 위해서 World Class University(WCU) 사업이 교육과학기술부 주도로 시작되어 많은 외국인 석학들이 국내 대학에서 교육 및 연구 활동을 개시하였고, 외국인 석학의 원소속 기관과 다양한 국제 협력이 이루어지고 있음.
- 이들 외국인 석학들은 대부분 선도 기술 개발에 성공한 경험이 있는 우수한 과학자들이어서 이들의 지식과 경험을 국내에 전수함과 동시에 해당 국가의 우수한 과학기술 정책을 도입하는 데 중요한 역할을 수행
- 우리나라는 지금까지 뛰어난 제조 기술을 바탕으로 해외에서 개발된 원천기술을 도입하여 상용화하는 기술을 개발해 왔으며, 그 결과 대표적인 산업인 반도체 산업의 경우 원천 기술의 부재로 인하여 관련 기술 사용에 대한 기술료로서 반도체 매출의 12%는 미국의 텍사스인스트루먼트 등에, 컴퓨터는 그 값의 10% 정도를 IBM 등에 지불하고 있어, 원천기술 확보에 경제적, 사회적 요구가 아주 높으며 산업화 원천 기술 확보를 위한 국제협력연구 가능성을 많은 연구기관들과 탐색하고 있음.
- 우리나라의 뛰어난 반도체 제조기술은 세계적으로 인정받고 있으며, 각 국의 나노관련 연구 기관들은 개발된 나노기술의 산업적 가능성을 검증하기 위해 국내 반도체 회사들과의 공동 연구를 여러 가지 방법으로 시도

□ 국제협력 추진 주요 동향

(1) 한-중 나노기술 공동연구센터 사업

○ 사업추진배경

- 제8차 한중과학기술공동위원회에서 나노기술분야 교류 협력을 위해 한·중 나노기술공동연구센터 설립에 관한 MOU 체결, 한국 나노종합팹센터 내에 한·중 나노기술공동연구센터 설치('05.7月)

○ 주요 추진실적

- 중국 기술조사단 운영('06.9.10 - 9.17)
  - 방문목적 : 나노기술의 실용화촉진을 위한 협력방안 조사 및 협의
  - 방문기관 : 중국과학원, 국가나노과학센터, 상해나노기술촉진센터, 북단대학, 소주공업원구(생물나노원)
- 상해지역 나노 연구개발동향 및 산업현황조사('06.11 - '07.3)
  - 조사내용 : 상해지역 나노기술 연구개발 동향, 지원시책 및 예산, 지원 계획, 관련 산업체 현황 등
- 한·중 나노소재기술 공동워크샵 개최
  - 일시 및 장소 : '07.3.16, 대전, 나노종합팹센터
  - 참가자 : Wang Chen 교수(중국 국가나노과학센터) 등 7명
  - 분야 : 나노소재기술
- 중·한 나노기술공동연구센터 개소
  - 일시 및 장소 : '07.7.2, 중국 북경 중국과학원
  - 주요참석자 : 김우식 과기부총리 등 한·중 관계자 20여명
  - 협의사항 : 한·중 양국간 나노기술분야에 적극적인 협력방안
- 북경, 천진지역 나노연구개발동향 조사('07.8-12)

- 조사내용 : 북경, 천진지역 나노연구개발 동향, 지원시책 및 예산, 관련연구기관 현황, 주요산업체 현황 등
- 제2회 중·한 나노기술공동워크샵 개최
  - 일시 및 장소 : '08.1.30 - 2.1, 중국 북경, 국가나노과학센터
  - 참가자 : 김상욱 교수(KAIST) 등 10명
  - 분야 : 나노소재 기술
- 1차년도 나노재료 융합기술 공동연구 추진('08.3 - '09.2)
  - 과제명 : 나노재료 융합기술 공동연구
  - 연구내용 : 나노재료분야에 나노융합기술(나노공정, 합성, 분석과 융합)에 대한 공동연구
  - 참여기관 : (한국)나노종합플랫폼센터, KAIST, 화학(연), (중국)국가나노과학센터, 중국과학원
- 2차년도 나노재료 융합기술 공동연구 추진('09.3 - '10.2)
- 추진 경과 및 시사점
  - 중국과의 공동연구 등 본격적인 국제협력을 위해 3년간의 한·중 공동 워크샵 개최, 기술조사단 운영, 연구 및 산업현황 조사 등을 통해 나노기술교류 및 기술자료 수집
  - 이러한 네트워크 교류 활동을 통하여 나노재료분야의 한·중 양국의 강점 기술들을 서로 이해하였으며, 나노재료 분야의 양국 참여기관 간의 장점들을 활용하는 공동 연구가 진행될 수 있었음.
  - 한·중간 국제협력은 공동연구를 통하여 중국의 강점기술인 나노소재 분야에 있어 기초원천기술을 확보하고 나아가 산업체 참여 등을 통해 기술/인력교류와 산업화 촉진 기능을 수행하고자 함.

## (2) 한·독 나노기술협력촉진 사업

### ○ 사업추진배경

- 나노종합팹센터는 나노기술 협력의 국제화를 위해 지난 2005년 2월 독일 IHP 연구소와 기술협약을 체결함으로써 협력 기반마련
  - \* IHP 연구소는 광통신분야, 공정기술, 회로시스템개발 등에 집중투자하고 있으며, 재료개발에서 시스템 개발까지 구현할 수 있는 혁신적인 연구소임.
  - \* 무선통신, 재료 및 전자분야의 연구개발 성과와 동향 등을 파악함으로써 국내 관련분야의 연구개발 및 산업화에 기여
- 세부내용으로 나노관련장비 및 시설 공동활용, 축적된 전문기술 경험에 대한 교류, 신진연구원 교환, 공동연구수행 등을 합의

### ○ 추진실적

- 본격적인 공동연구/협력을 추진하기 위해 2006년 2월(독일), 2007년 11월(한국), 2008년 6월(독일)과 8월(한국)에서 공동워크숍을 개최한 바 있으며, 2009년에도 개최기로 합의
- 양 기관간의 정기적인 공동워크숍/기술세미나를 통해 나노기술분야별 연구개발 발표와 협의를 통해 상호 협력 가능한 기술분야와 공동연구개발 과제를 발굴
- 궁극적으로 양국 및 양 기관 간 공동워크숍을 통해 상호교류협력과 공동연구, 기술이전 등 나노과학기술 산업화 협력사업을 확대하고자 함

### ○ 추진경과 및 시사점

- 독일 IHP 연구소는 전자재료, 공정기술, 회로디자인, 시스템과 관련된 마이크로 전자기술분야에 세계적으로 탁월한 연구성과를 보이고 있으며 200여명의 연구개발 전문인력이 활동 중임.
- 이러한 공동워크숍/세미나를 통해 CMOS, 나노소자, 임베디스 등 분야에 전문가가 참여함으로써 선진기술 습득과 협력방안을 도출함은 물론이고, 그 동안 공동연구 및 협력으로 이루어진 기술분야의 발전 방향 등에 관해 심도 있는 논의가 가능

- 현재 진행 중인 부분적인 협력연구를 연구과제화하여 추진(연구비는 양 기관이 공동분담, 양기관 연구시설 및 인력활용)
- 연구수행을 위한 상호간 인력파견 추진(대학 석·박사 과정 연계)
- 연구결과 발표 및 향후 추진계획협의 등을 위한 한·독간 나노기술 공동 워크샵 정례 개최

### (3) 한·헝가리 나노기술분야 공동연구

- 2008年 4월에 한·헝가리 양국은 헝가리 부다페스트에서 '한·헝가리 나노기술 공동세미나'를 갖고 기술개발 공동 프로젝트(EU-FP7)의 제안서 준비 등 나노기술분야에서 공동협력 방안을 논의
- 한·헝가리 과학기술협력센터는 지난 1989年 11월 양국이 출연한 기금으로 설립된 이래 26차례에 걸쳐 재료공학, 생명공학, 핵에너지 등 여러 분야에서 연구 성과를 상호 교환
- 최근에는 EU의 연구 기술개발을 위한 새로운 프로그램(EU FP7) 시행에 따른 새로운 전략을 수립하고 나노기술 분야를 중심으로 협력 방안을 모색하는 한편, 한국은 동구권과 과학기술정보 교류, 학자 네트워크 구축 및 미래의 과학기술 과제에 대한 탐색과 이해를 증진하는 기회로 활용
- 한·헝가리 양국은 공공세미나에 앞서 “한·헝가리 과학기술협력센터” 이사회를 개최

### (4) 기타

- 인도와의 나노기술 공동연구개발이 모색, 2006年 2월 우리나라와 인도는 새로운 과학기술협력 협정을 체결하여 과학기술협력을 적극 활성화 하도록 하였음.
- 양국 과학기술부는 2005年 8월 서울에서 개최된 제1차 한·인도 과학기술공동위원회의에서 합의한 공동연구 추진, 기술조사단 상호파견, 과학기술 인력교류 등 양국간 과학기술협력사업을 보다 구체적으로 실현

해 나가기 위한 과학기술협력프로그램을 마련하는 작업을 추진

- 이러한 과학기술협력프로그램에는 나노기술, 바이오기술, 정보기술 등의 중점 협력분야와 협력사업별 연간 교류인원 및 비용부담 방법 등 2006~2009년간 추진할 양국 과학기술협력사업에 대한 구체적 사항을 담을 예정
- 러시아 나노기술공사(Russian Corporation of Nanotechnologies, RUSNANO)의 아나톨리 추바이스 사장이 2008年 10월에 나노관련 연구기관 및 기업을 방문하여 국제협력의 가능성을 점검하고 돌아갔음.
- 2009年 5월에는 벨기에 왕세자 등이 한국을 방문하여 유럽 최대의 나노연구기관인 IMEC와 국내 연구기관들의 국제공동연구에 대한 가능성을 타진

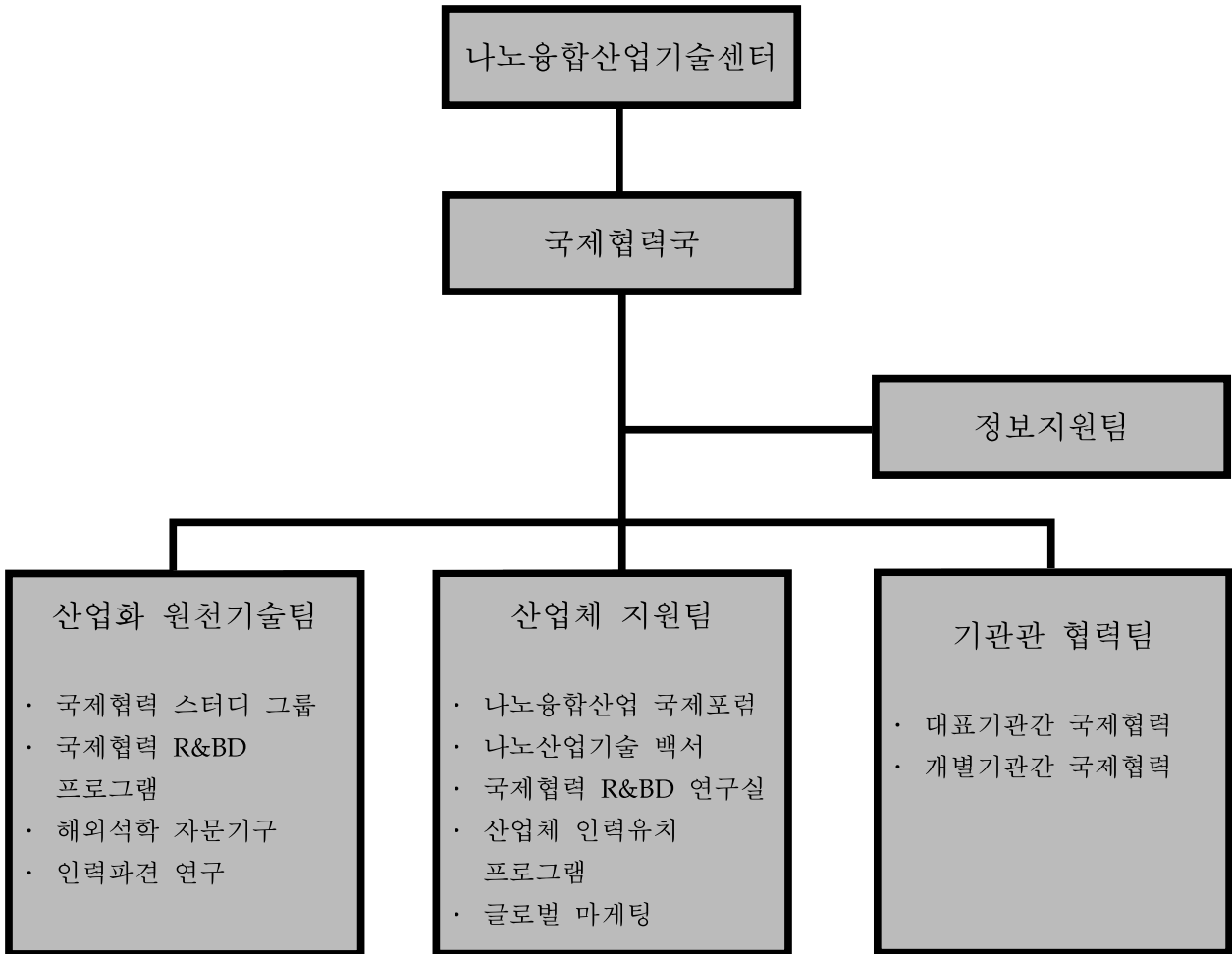
#### 다. 주요 시사점 및 전략

- 나노기술에 강점을 가지고 있거나 나노기술 개발에 관심이 있는 국가에서 나노기술의 산업화를 목표로 하는 국가 기관들이 설립되고 있으므로, 이들 기관과 대응되는 국내 기관의 설립이 시급하며 이 기관을 중심으로 “기관 간 국제협력 사업”을 추진하는 것이 바람직해 보임.
- 특히, 러시아 나노기술공사와 같이 국가 나노기술 발전과 관련된 모든 업무를 주관하는 기관과의 국제협력의 경우, 국내 개별 기관이나 연구자가 국제협력을 추진하는 것은 국내 개발 기술 유출의 가능성을 가지고 있어 바람직하지 않으며, 지적재산권 관련 협약들이 기관 대 기관으로 협의된 후 잘 정비된 시스템 하에서 진행해야 함.
- 벨기에의 IMEC과 같은 개별 연구기관의 경우, 국내 개별연구기관들 중 IMEC과의 국제협력에 관심이 있는 기관들이 개별적으로 접촉해서 필요한 부분의 국제협력을 논의하는 방법도 있으나, 각국의 나노관련 중요 연구기관들에 대한 database를 확보하고 국내 개별연구기관들과 연결해 주는 가교 역할을 수행하는 기관이 필요

- 이 기관은 국가 전체의 시각에서 국내 개별연구기관과 해외 개별연구기관의 국제 협력을 추진하고 매개할 수 있으므로 중복협력을 막을 수 있고 효율적인 국제협력 네트워크를 구성할 수 있는 장점이 있을 뿐만 아니라, 국내 전체 나노 커뮤니티의 의견을 실시간으로 수렴하여 국가적 차원의 국제협력 방향을 결정할 수 있다는 장점이 있음.
- 현재 개념 정립 단계 혹은 초기 발전 단계라 할 수 있는 나노분야에서의 원천기술에 대한 지적 재산권의 확보는 국내 산업의 국제 경쟁력 또는 생존을 위한 중요 전략 수단으로서 현재 큰 비중을 차지하고 있는 국내 반도체 산업의 세계시장 점유율을 지속적으로 유지 혹은 도약시킬 수 있으므로, 원천기술 확보를 목표로 하는 국제협력이 필요
- 국내에 이미 World Class University(WCU) 사업이 진행되어 많은 우수한 외국인 과학자들이 입국해서 교육과 연구 활동을 진행하고 있을 뿐만 아니라 국내 소속 기관들과 일정한 양식의 지적 재산권 협약을 맺고 있고, 이들 중 다수가 나노관련 과학자이므로 이러한 나노 관련 외국인 석학들을 활용할 수 있는 국제협력과제 혹은 자문기구의 신설이 시급
- 나노기술을 이용한 산업화에 있어서 어느 한 분야, 소수의 기술만으로는 힘들고, 지금까지 한국이 강점을 보여 온 탑-다운 방식 반도체 제조기술의 지속적인 발전을 바탕으로, 획기적인 바텀-업 방식의 개발과 이들을 결합하는 융합 기술의 개발이 필수적이므로, 국내의 뛰어난 탑-다운 방식 반도체 제조기술을 활용하고 해외의 개발 초기 단계 바텀-업 방식을 결합하여 시제품을 생산하는 국제협력도 필요
- 국내에 나노기술이 도입될 초기에 전국적 규모로 설치한 나노 관련 인프라는 세계적으로도 뒤떨어지지 않는 규모와 설비 및 인력을 확보하고 있으므로, 이들을 활용하여 해외 나노 관련 인프라 및 연구 기관들과 상호 보완적인 연구를 진행할 수 있는 국제협력이 필요



라. 세부 실행계획



(1) 나노융합산업 국제협력부서 설립

- 나노융합산업의 국제협력 업무를 전담한 국제협력부서(가칭 국제협력국)를 신설되는 "나노융합산업기술센터" 내에 설립해야 함.
- 국가적 차원의 나노융합산업 로드맵 및 표준화 로드맵을 근간으로 하고, 실시간으로 업데이트되는 나노분야 커뮤니티의 의견을 반영하여 나노융합산업 국제협력의 전체적 방향 설정
- 나노융합산업의 분야별 국내 기술 수준 및 해외 기술 수준을 정기적으로 분석하여 국제협력이 필요한 분야를 선정

- 나노기술 산업화에 있어 국가별로 중점적으로 추진하는 분야 및 전략이 상이하므로 국가별 나노분야 정책을 분석하여 국가별 맞춤형 국제협력 프로그램을 기획/운영하는 주체가 되어야 함.
- 나노기술에 강점이 있거나 투자를 집중적으로 하고 있는 국가의 나노기술 분야 전문가를 외국인 자문으로 임명하여 해외 기술 동향에 신속하게 대처하는 시스템 도입
- 나노기술의 산업화에 관심이 높은 국내 기업을 회원사로 영입하여 국내 기업과 외국 기관과의 국제협력을 매개하는 전문 기관으로서의 입지 확보
- 아래에서 언급하는 프로그램을 포함하는 모든 종류의 나노융합산업 국제협력 프로그램에 대한 기획, 선정, 관리 업무를 전담

## (2) 산업화 관련 원천기술 확보를 위한 국제협력 프로그램

- 나노기술 산업화를 위한 국제협력 스터디 그룹
  - 국내 나노기술 전문가와 해외 석학들이 정기적으로 모여서 나노기술 산업화를 위한 특정 분야의 국제적 동향을 수시로 점검
  - 개별 스터디 그룹에 관련 국내 산업체 전문가가 반드시 포함되어 산업화를 위해 개발 및 도입이 필요한 기술에 대한 정확한 분류가 가능하도록 함.
  - 국내 전문가들의 소속기관과 해외 석학이 포함된 해외기관의 장점 기술을 파악하여 상호 보완을 통한 원천기술 확보를 목표로 국제협력 방안 모색
- 산업화 관련 원천기술 확보를 위한 국제협력 R&BD 프로그램
  - 국내 나노기술 전문가와 해외 석학들의 국제협력 R&BD 과제 운영
  - 예상되는 나노제품의 요소기술 분야에서 원천기술 확보를 위한 도전적인 국제협력 연구이어야 하며, 철저한 연차평가 및 관리 시스템을 도입하여 단계별 진입 시 성공가능성이 낮은 과제는 과감히 탈락시키고 성공가능성이 높은 소수 과제의 연구비 규모가 증액되도록 설정

- 단계별 진입 시에는 반드시 관련 산업체에 자문을 구하여 개발된 원천 기술의 산업화 가능성을 평가받게 해야 함.
- 추격기술이 아니라 선도기술을 개발하여 원천 특허를 확보하고 향후 나노기술의 산업화 과정에서 발생할 지적 재산권 경쟁에서 우위를 차지하게 함.

○ 해외석학의 자문 기구 설립

- 국내에 상주하는 해외석학을 활용하여 국내 나노관련 정책기관, 심사기관, 산업체의 자문위원 및 심사위원으로의 활용을 매개하는 자문 기구 설립
- 해외석학들은 이미 관련 분야에서 성공한 연구의 경험이 있고, 각국 나노관련 정책을 수립하고 산업화관련 기술을 개발하는 데 참여한 경험이 있는 사람들이 많으므로 이들의 지식과 경험을 활용하는 좋은 기회가 될 것임.
- 특히, 온라인으로 국내 산업체의 수요를 실시간으로 파악하여 필요한 부분에 최적의 해외석학을 파견함.

○ 파견연구 프로그램

- 선도적인 나노기술을 습득하고 최첨단 장비의 사용에 익숙한 숙련된 연구 인력이 나노기술의 산업화 주역이 될 것으로 판단됨.
- 개별 연구자 혹은 기관 차원이 아니라 국가 전체적 차원의 나노융합산업 발전 관점에서 특정 분야의 앞서가는 연구를 진행하는 기관에 최적의 대학/연구소/산업체 연구원을 파견하는 맞춤형 국제협력 프로그램 운영
- 파견된 연구원의 이력을 사후에도 관리하여 파견 연구의 결과를 지속적으로 관리하고 발전시키는 시스템 도입

(3) 국내 제조기술의 장점을 활용하는 국제협력 프로그램

○ 나노융합산업 국제포럼 개최

- 나노융합산업 관련 산업체 주도의 국제포럼 매년 개최

- 국제포럼의 각 세션의 주제는 개별 나노융합제품이 될 것이며, 산업체의 개발 현황을 소개하고 애로기술에 대한 해결책을 고민하는 기회를 제공하며 자연스럽게 국제적 네트워크를 형성하여 산업체간 국제 협력을 촉진하게 될 것임.
- 국내 제조업체와 해외 나노기술 확보 기관간의 국제협력을 매개하는 기술 거래 장터의 역할을 수행하게 될 것으로 기대함.
- 산업체에서 큰 관심을 가지고 있는 해외석학들을 기조 강연자 혹은 초청 강연자로 초빙하여 산업체의 참여도를 높이는 것이 성공의 관건임.
- 산업체의 나노기술 백서 편찬 사업
  - 국내 나노기술 개발 산업체가 확보한 기술 및 개발한 제품에 관한 홍보용 영문백서를 발간함.
  - 해외 나노기술 관련 기관 및 산업체에 배포하여 국내 나노기술 실용화의 수준을 홍보하고 국내 산업체에 대한 해외 기관의 관심도를 향상시킴.
  - 국내 산업체와의 협력을 원하는 해외기관의 수요를 파악할 수 있도록 게시판 운영
- 산업체 참여 혹은 주도의 국제협력 R&BD 연구실 설립
  - 국내 산업체의 수요를 바탕으로 해외 기술을 도입하고 외국인 연구원들이 상주해서 연구하는 국제협력 R&BD 연구실 설립 프로그램 운영
  - 분야별로 국내 산업체의 기술 수요를 정기적으로 조사/확보하고 해외 기관의 기술 확보 현황을 조사하여 국제협력 R&BD 연구실을 기획/선정/관리
  - 산업체가 필요로 하는 해외 석학 및 기관을 매개하여 산업체의 참여의지를 높이는 것이 사업 성공의 관건이며 연구소의 목표는 해당 제품의 산업화 및 관련 지적 재산권 확보될 것임.
- 해외 기술인력 산업체 유치 프로그램
  - 해외 우수 연구기관 및 산업체에서 나노관련 기술을 개발한 경험이 있는 숙련된 인력을 국내 산업체에 유치하는 프로그램
  - 산업체별로 인력 유치를 필요로 하는 분야를 파악하고 해외 연구 인력의 실태를 파악하는 실시간 조사/분석이 중요

○ 글로벌 마케팅 담당 부서 설립

- 나노융합산업기술센터 내에 설치될 국제 협력국에 글로벌 마케팅 담당 부서 설립
- 국내 나노기술의 강점을 소개할 기술이전 설명회 기획 및 수요 회사 파악
- 해외 상용화 및 추가개발 가능기술을 발굴하고 KOTRA, 해외 상공회의소, 에이전시, 투자자 등을 대상으로 하는 로드쇼 기획 및 수요 발굴
- 국내 나노기술의 해외시장 진출과 자금조달 경로개발을 위한 채널 확보

(4) 기관 간 국제협력 프로그램

○ 대표기관 간 국제협력 프로그램

- 러시아 나노기술공사와 같이 국가적으로 나노관련 기술 개발, 정책, 산업화, 인프라, 인력양성 등 모든 부분을 책임지는 대표 기관의 경우, 나노관련 모든 부분의 국제협력을 담당할 수 있는 대표기관이 있어야 함.
- R&D, 표준화 및 인증 관련 작업, 정책개발, 인프라 구축, 인력양성 등 다양한 부분에서의 국가 간 협력을 체계적으로 조율할 수 있음.

○ 개별기관 간 국제협력 프로그램

- 벨기에의 IMEC과 같이 국제적으로 앞서가는 나노기술 관련 연구기관의 경우, 국내 관련 산업체나 연구소 등에서 개별적으로 접촉해서 국제협력을 시도하여 다양한 국제협력이 이루어지고는 있으나, 체계적으로 이루어지지 않는 단점이 있음.
- 개별기관 간 국제협력 프로그램도 국제협력을 담당하는 대표기관에서 확보한 해외기관들 및 국내기관들에 대한 정보를 바탕으로 체계적인 계획 하에 운영하는 것이 바람직함.
- 이 과정에서 개별기관의 수요를 반영할 수 있는 온라인 창구를 열어두고, 개별기관의 수요를 점검하여 프로그램의 운영 방식 및 국제 협력 대상 기관을 적절히 조절해 나가야 함.

#### 마. 정책 제언

- 나노기술은 원천기술의 개발에서부터 산업화에 이르는 시간이 기존 기술 분야에 비해서 월등히 짧을 것으로 기대되므로, 나노기술 산업화에 대한 세계적 경쟁이 다른 분야에 비해 치열할 것으로 예측
- 나노기술은 그 자체가 목적이 아니라 다른 기술의 개발을 위한 도구적 성격이 강한 기술이므로 여러 분야의 노력이 필요한 융합기술임.
  - 따라서 각 분야별로 강점을 가지고 있는 국가들의 전략적 국제협력이 반드시 필요하며 어떠한 전략적 파트너와 어떠한 국제협력을 선도적으로 시작하느냐가 중요해질 것임.
- 국내/외 나노기술 및 산업화 수준을 실시간으로 파악하고 국내/외 기관별 국제협력 수요를 파악하여 국가적 차원에서 나노기술 산업화를 위한 다양한 국제협력 프로그램을 기획/선정/관리할 책임기관을 설립하는 것이 필요
- 지금까지 진행되어온 대부분의 국제협력 프로그램과는 달리 산업화를 위한 국제협력 프로그램을 개발해야 하고 이를 위해서는 장기 프로그램보다는 확대 가능성을 열어둔 단기 프로그램 위주로 진행하여 산업화에 직접 기여할 수 있는 지를 지속적으로 점검
- 나노기술의 발전 속도를 감안할 때, 각 국의 나노기술 산업화 관련 정책이 급변하고 이에 따라 산업화를 위해 적절한 국제협력 프로그램은 해마다 변화해야 할 것으로 기대되므로 관련 국내 나노관련 커뮤니티가 매년 원하는 국제협력 프로그램의 형태를 직접 제안할 수 있는 시스템 도입 필요

## 8. 나노산업단지 운영 및 활성화

### 가. 국내외 현황

#### □ 산업발전의 트렌드와 나노-산업간 연계의 중요성

- 미래 신기술산업의 부상과 경쟁 심화
  - 선진국들은 신기술산업의 비교우위 확보를 위해 신기술산업을 적극 육성하고 있는 반면, 우리나라는 미래 신기술산업의 원천기술이 취약
  - 나노융합기술은 전통 제조업 중심의 성장한계를 극복하고 신성장동력 산업으로서의 발돋움 도모하기에 최적의 분야
  - 과학기술의 발전을 통한 핵심 원천기술의 확보와 사업화 촉진으로 선진국과의 기술격차 축소와 아울러 산업화 기간을 단축하는 것이 관건
- 신기술 융합화와 산업의 융복합화 가속
  - 산업의 융복합화 추세는 새로운 신시장을 창출하는 것이며 특히 나노융합은 산업발전과 경제성장에 큰 영향 기대
  - 나노융합화에 따른 신시장을 선점하기 위해서는 나노융합형 기술의 발굴·확산과 아울러 산업화와 연계하는 전략 필요
- 나노융합산업의 발전
  - 나노기술 자체 및 신기술 혹은 기존 산업분야와의 융합에 의해 기술사업화를 통해 신산업 창출이 기대되는 분야로서, 과학과 기술의 수렴현상으로 기술사업화의 프로세스가 단축되는 특성
- 기술패권주의의 심화와 나노-산업 연계의 중요성
  - 나노분야에서의 국가간 경쟁이 심화되고 있으며, 기존의 기술, 표준에서 시스템, 공정, 제품 등으로 경쟁범위 확대 추세
- 선진국을 추격하고 독자적인 나노융합기술-산업 기반을 구축하기 위해서는 기초과학연구와 산업간 연계성을 확대해야 하며, 이러한 관점에서 나노융합산업단지를 조명

## □ 나노융합산업단지의 특성

- 나노융합산업단지는 산업연계형 과학도시 혹은 첨단산업단지로 논의될 수 있으며, 산업과 첨단과학 분야의 결합이라는 측면에서 공통적
  - 산업연계형 과학도시는 과학도시중에서 초기부터 연구기반과 산업의 동시발전을 진행하면서 발전
  - 첨단산업단지는 첨단산업을 중심으로 생산활동의 연계가 발생하고 사전적으로 계획되어 조성된 산업단지로 정의
- 산업연계형 과학도시는 정부주도형 계획도시와 자연발생적인 형태로 2분화
  - 정부의 주도적 역할에 의해 형성되는 거점형(국가주도적) 계획도시의 경우 인접 지역과의 연계성이 미흡하고 지역발전 동력형성에 장기간이 소요
  - 산업연계형 과학도시는 과학연구 및 기술개발 기반과 연계성이 강한 특정 산업부문 중심의 클러스터를 형성하는 것으로 독일 드레스덴의 반도체, 프랑스의 소피아앙티폴리스 등은 거점형으로, 미국의 리서치 트라이앵글은 네트워크형으로 조성
  - 산업연계형 과학도시의 형성과 성장에는 연구기반과 산업간의 유기적인 네트워크 체계를 형성하고 촉진하는 것이 필요
    - \* 과학도시는 연구중심형(과학연구도시)과 산업연계형(과학산업도시)으로 구분되며, 우리나라에서는 대덕연구단지가 대표적인 과학연구도시이며, 과학산업단지와 유사한 개념으로는 첨단산업단지를 들 수 있음.
- 첨단과학산업단지는 전통적인 제조업의 집적지와 대비되어 생산 및 판매활동을 포함한 경제활동에 대해 첨단과학 관련 지식의 창출과 생산활동의 연계가 강화된 산업집적지를 의미
  - 첨단산업단지는 대부분 사전적으로 계획되어 조성된 산업단지를 의미하기도 하는데, 첨단산업단지의 효시는 실리콘 벨리의 모태가 된 스탠포드 리서치 파크(프레드릭 터만에 의해 1951년 설립)



## □ 국내 나노산업단지 구축계획

- 국내에서는 나노산업단지가 구축된 적은 아직 없지만 대전, 밀양, 장성지역에서 나노산업단지 조성을 추진 중
  - 대전, 밀양, 장성 지역은 지금으로서는 제조업 기반이 다른 지역에 비해 상대적으로 취약한 지역이지만 첨단기술분야이자 국가전략분야인 나노융합산업단지의 조성을 통해 산업구조 고도화와 지역경제 활성화를 도모
- 밀양은 2011년까지 나노과학기술연구 및 생산단지 조성을 추진 중
  - 밀양의 나노산업단지는 105만평 규모에 나노 및 부품소재 생산단지를 조성할 계획 추진 중
  - 유치업종은 나노관련업종 40%, 기타 제조업 60%로 계획 중인데, 대부분의 제조업 분야를 포함
    - \* 나노관련 : 화합물 및 화학제품, 제1차 금속, 전자부품, 영상 음향 및 통신장비, 의료정밀/광학기기 등
    - \* 기타 제조업 : 조립금속, 기타 기계 및 장비, 전기기계 및 전기변환장치
    - \* 이외에 지역특화 및 수요를 반영하여 비금속, 섬유, 조립금속, 재생원료, 음식료품, 기타기계장비 등의 산업을 유치업종으로 선정
  - 국가산업단지로서의 조성을 추진 중이며, 밀양권 및 동남권 지역산업구조 고도화 및 지역경제 활성화 촉진과 지역고용의 확대, 동남권의 균형발전 및 지역네트워크 활성화 촉진 기대
    - \* 밀양시 사업계획에 따르면, 동 산업단지의 조성을 통해 밀양은 생산유발 4조 7,329억원, 부가가치 유발 2조 3,580억원, 고용유발 4만 4,635명으로 예상
- 대전은 2013년까지 대덕특구 2단계 개발을 추진하면서 국가산업단지 내에 신동지구 1,700m<sup>2</sup> 규모로 나노산업단지 조성 추진
  - 나노산업단지 내 유치, 특화분야는 아직 제시되지 않고 있으나 대전시의 전략산업인 나노/특수화학소재, 바이오(생물의약) 등이 유망
  - 대전의 경우 대덕연구단지 및 연구개발특구사업과의 연계하여 기초-실용연구-산업화까지의 기반은 우수한 것으로 평가

- 장성에서 나노기술 일반산업단지를 2012년까지 27.2만평 규모로 조성 추진
  - 장성은 공영개발 형식으로 지방산업단지로 조성 추진
  - 유치업종은 나노관련 기업으로 하여 IT, NT, BT, ET 등 신기술기반 산업 분야로 정하고 있으며, 관련 연구센터 및 연구소 유치 계획
  - 27,2만평 규모에 산업시설용지 42.4%, 공공시설용지 21.8%, 녹지시설용지 11.1% 등 거점 및 기능도시 기능을 모두 포함
  - \* 나노생물소재실용화센터가 산업단지 내에 입지
- 그 밖에 국내 첨단산업단지는 1990년대 초 추진된 첨단산업단지와의 후 지역에서 추진한 일부 단지를 지칭
  - 지방첨단산업단지와의 테크노파크사업은 첨단산업단지가 첨단기업 중심의 산업단지 조성을 목표로 하는 반면 테크노파크는 첨단기업을 육성하는 것에 주력한다는 점에서 차이
  - 전국에 첨단산업단지는 17개소로, 이중 10개는 완료 및 조성중이며, 나머지 7개소는 계획 또는 미착수 상태
  - 대부분의 첨단산업단지가 2000년 이후 지정되어 조성중에 있으며, 주요 업종은 기계장비, 화학, IT, 소프트웨어 등 다양
- 현재 나노기술 기반 기업들의 분포를 살펴보면 서울 및 경기지역에 대한 집적도가 76%로 압도적으로 높아 계획이 추진 중인 지역 나노산업단지로서의 분산을 위해서는 중장기적인 접근이 필요
  - 과학기술기반이 잘 갖추어져 있는 대전이 그나마 6.8%의 비중을 점하고 있으며, 장성, 밀양이 위치한 지역의 나노기업의 집적도는 낮은 편
  - 장성에 인접한 광주·전남 지역의 나노기업 분포는 전국의 1.7%에 불과
  - 밀양에 인접한 경남·부산 지역은 기계, 부품산업의 집적지인데 힘입어 나노관련 기업이 6.4%의 비중을 점하지만 여전히 상대적 비중에서 서울경기, 대전·충남권에 비해 비중 미약

<지역별 나노관련 기업 분포 현황>

(단위 : %, 개)

대전	충남	충북	광주	전북	전남	부산	울산	대구	경남	경북	강원	서울/ 경기	전국
6.8	2.1	1.7	1.2	0.5	0.2	1.9	0.9	1.0	4.5	2.4	0.7	75.9	100%

\* 2008年 12월 기준

□ 해외 첨단과학산업단지 구축사례

- 해외에서 나노산업단지 구축 및 성공사례는 뚜렷하게 구분되지 않는 대신 첨단산업단지 구축사례로서 IT 혹은 BT와의 융합을 통해 성공한 사례가 보고되고 있으므로 첨단과학산업단지의 사례를 중심으로 비교
- 일본의 쓰꾸바 연구·공업단지
  - 쓰꾸바의 연구·공업단지 개발은 1980년대에 본격화하였는데, 동 시기는 쓰꾸바 연구학원도시에 제 2차 연구소 입지 붐이 시작된 시기
  - 쓰꾸바 연구교육 기관과의 연계를 고려하여 주변 개발지구에 대한 기업연구소의 입지수요가 증가하면서 8개 지구에 대해 연구·공업단지를 조성
  - \* 쓰꾸바 연구학원도시는 1963년에 건설 결정, 1973년 쓰꾸바대학 개학, 2000년에는 약 50개의 국공립 및 민간연구소 입주, 종사자수 2.5만명, 인구 18.8만명이 상시거주
- 독일 드레스덴
  - 구동독 최고의 공과대학이던 드레스덴공대와 공공연구기관이 전략적으로 입지한 드레스덴 지역이 산업활성화를 통해 독일의 대표적인 과학산업도시로 부상
  - 반도체, 신소재 및 나노, 생물공학 부문에 특화하고 있으며, 지멘스, 모토로라, 인피니온 등 거대기업들의 반도체 생산시설을 유치하면서 유럽의 실리콘밸리로 부상
  - 1천명 이상의 소재과학분야 연구원들이 나노기술, 생체재료, 폴리머, 세라믹, 고온 포전도체, 경량구조물 분야 등을 중점적으로 연구하면서 독일 전체 나노기술기업 500개 중 80개가 동 지역에 입주

- 공공 연구기관 및 실용화를 위한 연구소가 집적하고 있으며, 드레스덴 대학의 우수인력이 기업들의 집적화를 촉진한 요인으로 작용
- 미국의 RTP(Research Triangle Park)
  - 미국 노스캐롤라이나주 랠리(Raleigh)시의 노스캐롤라이나 주립대, 더 램(Durham)시의 듀크대, 채플힐(Chaple Hill)시의 사립노스캐롤라이나 대학을 연결한 삼각지대의 중심에 건설된 과학산업단지
  - 1959년 조성된 후 현재 145개의 세계적인 첨단기업과 119개의 기업연구소에 4만 여명이 종사
  - RTP성공에는 연구중심의 대학이 존재하는 가운데 유기적인 산·학·연·관 네트워크와 종합적인 지원체계를 높이 평가
  - RTP Partnership이 1990年 지역공동체로 출범하여 노스캐롤라이나주 13개 카운티, 관련 정부기관, 경제개발기구, 기업협회 등이 참여하여 지역내 기업들이 성장할 수 있도록 다양한 서비스를 제공하고 기업의 요구사항을 충족하기 위해 경제개발기구들이 상호협력
  - 국립환경 보건원, IBM 등의 앵커기관이 입지한 뒤 급속하게 발전하기 시작, 현재는 락소, 시스코, 모토롤라 등 세계적인 IT-BT 기업들이 집적
- 중국은 3개의 나노관련 산업지대 형성을 추진중
  - 중국은 나노기술을 '국가 중장기 과학기술발전계획'에서 핵심연구개발 분야로 선정하고, 향후 15년간 중국 과학기술 연구개발 전략을 수립
  - 북경, 천진을 중심으로 하는 경진지역, 상해를 중심으로 하는 장강삼각주지역, 광주와 삼수를 중심으로 하는 주장삼각주지역 등의 산업지대 형성 사업을 추진 중

## 나. 주요 시사점 및 평가

### □ 과학과 산업간의 네트워크형 산업단지 조성

- 드레스덴과 RPT가 과학과 산업이 성공적으로 어우러진 지역으로 부상한 것은 기초연구-응용연구-산업과의 연계체제가 잘 구축된 것에 기

- 지역 내 연구소, 기업들의 집적으로 다양한 형태의 협력이 가능하며, 공동프로젝트의 추진, 물리적 공간의 집약화에서 비롯되는 아이디어와 인적자원의 상시적인 교류 가능
  - 독일 드레스덴의 실리콘 삭소니(Silicon Saxony)는 유럽의 일렉트로닉스 부문 중 가장 큰 기업네트워크로, 230명의 회원들이 협력하여 정보통신 기반구축, 공동 마케팅을 통한 혁신 및 전문정보의 교류까지 다양한 활동
  - Nano-CC-UFS 등도 산·학·연 정보교류와 기술이전을 통한 시너지효과 극대화를 도모
- 나노기술을 포함하여 신기술분야의 사업화에는 매우 넓고 깊은 혁신의 격차(Valley of Death)를 극복하는 것이 관건
  - 기업의 사업화 확률은 통계적으로 3,000개의 아이디어 중 1개가 상업적으로 성공
  - 기초과학연구의 사업화 단계(총 7단계)중 초기 1~4단계의 단계별 사업율은 평균 85.6%

#### □ 산업성장 생태계 형성을 통한 산업단지 육성

- 성공한 첨단산업단지 혹은 도시들이 모두 세계적인 수준의 과학연구 기반과 환경을 갖추는 것 못지않게 계획의 초기부터 산업성장 환경을 동시에 마련
  - 특히 나노융합분야의 경우 과학연구기반과 산업기반을 동시에 발전시키는 것이 중요
- 산업단지의 첨단성의 부각과 아울러 성장 유망분야에 대한 전문화와 특성화를 통한 지속성장 기반 구축이 필요
  - 대부분의 첨단산업단지 조성을 위해 막대한 초기투자비가 투입되지만 입주업체의 지속적인 생산성 및 매출증가가 확보되지 않는다면 초기 투자비 외에 후속적인 성장기반 강화가 난관에 봉착 가능

□ 기존의 일반 산업단지와의 차별화를 통해 지역경제의 구조고도화를 도모

- 기존 산업의 조정과정에서 유연성과 효율성을 향상시키고 새로운 차원의 첨단제품을 출시하는 등 시장지배력을 획기적으로 변화시킬 수 있는 사례창출이 필요하며, 이를 통해 수요확대를 도모
- 세계화와 신기술의 발전 추세에 대응하는 연구개발과 기업들의 활발한 네트워크 체제 강화를 통해 연구개발, 생산, 경영, 마케팅 등의 유기적인 연계를 통해 부가가치 높은 생산방식 도입 필요

□ 나노융합분야의 창업, spin-offs 촉진 시스템 구축

- 연구개발기반 강화를 통한 관련 산업의 경쟁력 강화
- 세계 최고 수준의 연구개발 성과 및 우수인력의 공급을 통해 첨단기술 기업의 유치
- 기초과학연구의 사업화한 과학지식이 후속 연구개발과 엔지니어링을 거쳐 생산(사업화)으로 연결되는 과정에서 중간조직 강화
- 중간조직 활성화를 통한 지역-산업단지의 기술혁신역량을 연계하고, 산업계의 협동적인 탐색-기획 시스템을 보강

다. 추진전략

□ 나노융합기술확보 및 활용을 고려한 산업단지의 기술지원 전략 수립

- 나노산업단지는 첨단과학분야와 산업화를 병행하여 추진한다는 관점에서 나노융합 관련 기술역량의 확보 및 상시적인 활용시스템이 전체
- 이와 관련하여 나노산업단지의 조성과정에서는 혁신자원의 확보 및 활용을 위한 구체적인 계획이 수립되어 단지조성 과정에서부터 적용 필요
- 나노 및 나노융합 관련 연구인력의 확보방안, 공공연구기관 및 기업연구소의 유치가 초기부터 이루어져 단지 내 입주기업에게 실질적인 유인을 제공

- 관련 연구인력 및 연구기관의 경우 국내에서는 물론이고 세계적인 경쟁력을 갖추고 전문화 분야에서 기술개발뿐 아니라 제품·공정기술의 기업애로 및 기술지원이 가능하도록 확보
  - 기초연구기반을 갖춘 숙련된 석박사급 인력의 유치를 통해 기초과학과 산업간의 단기적인 연결고리를 형성
  - 중장기적으로도 지역 내에서 고급인력의 배출기능을 담당할 수 있도록 해야 하며, 이는 단지 내 유치기업의 인력수요에 대응하는 것이 긴요
- 신규로 조성되는 나노산업단지의 경우 나노관련 연구 혹은 산업화지원을 위한 기술개발기관을 추가적으로 만들기보다는 기존의 나노팹센터, 나노기술산업화지원센터 등 지역적으로 입지한 기관과 연계하여 기술역량 확보전략을 추진
  - 초기에는 기존 기관과 연계하여 활용하며, 지역 내 수요가 충분히 확대된 이후 산단 내 혹은 인근 지역에 기관을 설립하여 초기의 과도한 투자 및 이후 운영비 부담을 최소화
  - 기술수요에 입각하여 연구개발부터 산업화까지 일괄지원하기 위한 나노기술집적센터의 경우 포항, 전주, 광주에 입지('04.8~'09.7 구축)
  - 지역전통산업의 나노기술 접목을 위한 나노부품실용화센터(대구), 지역기술혁신센터(호서대) 등

□ 단지별로 나노융합 사업화지원센터 운영

- 단지별 사업화를 지원하기 위한 나노융합 사업화지원센터를 설립하여 벤처창업 및 기업지원서비스를 추진
  - 센터의 주요한 기능은 나노융합기술의 산업화 촉진, 나노기술 핵심장비 및 설비이용 서비스 정보제공, 벤처기업의 사업화 및 컨설팅 기능 등 사업화에 필요한 정보·경영·제도적 지원
  - 나노융합센터의 경우 초기투자비가 대규모로 소요되고, 첨단분야의 산업화를 지원하는 것을 주요 기능으로 설정하고 있으며, 관련 기업들의 성장이 초기단계라는 점을 고려하면 단기적으로 재정자립이 어려워 중

양 및 지방정부의 지원이 필수적이므로 적정 수준에서의 공공부문의 역할과 참여범위를 설정하는 것이 필요하며 중앙 및 지방정부, 산업화 촉진을 지원하는 공공부문이 센터 운영에 기여할 수 있는 방안과 해당 분야를 사전에 도출 필요

- 사업화지원센터는 단지 내 입주기업들의 기술, 마케팅, 금융, 수출 등 업체들의 창업 및 사업화 과정에서의 기본적인 컨설팅 및 외부 전문가와의 연계를 지원
  - 비즈니스지원팀은 나노분야 외부 자원과의 즉각적이면서도 광범한 연계를 통해 단지 운영에 필요한 외부자원을 활용할 수 있도록 하며, 이러한 과정에서 필요한 정보수집 및 가공업무를 담당
  - 대외협력팀은 외부 전문가 집단에 대하여 책임자를 탐색, 선정하고 수요기업과의 연계를 담당하며, 고도의 전문인력을 선발
  - 정보지원팀은 센터 내 입주기업들이 필요로 하는 기술 및 국내외 시장, 비즈니스 컨설팅 관련 정보를 수집·가공하여 활용할 수 있도록 공급함.
  - 교육·훈련 등 단지 내 관련 수요에 대응하며, 센터조직으로 대응이 어려운 전문분야인 경우에는 기술자문단 등 외부전문가를 적극 활용하여 수준 높은 서비스를 제공할 수 있도록 지원하며, 이 과정에서 필요하다면 센터 의사결정 과정에 참여하도록 제도화
  - 센터의 지속적인 운영 및 발전을 위한 기반을 마련하기 위해 센터 운영 전반에 걸쳐 평가시스템을 도입할 것을 제안
- 센터운영의 기본방향은 공공의 계획성과 민간의 효율성을 동시 추구, 철저한 자율운영체계 구축, 기업지향의 서비스제공, 센터간 연계체계 구축 등
  - 나노융합 사업화지원센터의 운영이 본 궤도에 오르기까지는 중앙정부, 지방정부를 비롯한 공공부문의 계획적인 지원
  - 센터의 설립목적이 나노융합기업의 산업화를 지원하는 데 있는 만큼 경영 및 나노기술분야에 전문성을 갖춘 사람을 법인의 책임자로 선정하는 것이 운영의 효율성을 제고하는 데 중요



- 센터가 해당 지역의 산업단지 뿐만 아니라 우리나라 나노융합산업을 선도한다는 관점에서 운영되어야 하며, 기업의 신속한 의사결정이 제품의 시장 진출시 경쟁력에 많은 영향을 주므로 센터의 지원방식도 유연한 체계를 갖추어 신속한 서비스를 제공
- 대학, 연구소, 기업체 등 나노융합산업 관련 기관과의 네트워크 구축을 통해 기업의 필요를 충족시키고 동시에 인력, 장비, 기능의 중복을 지양함으로써 효율성을 제고
- 센터가 설립되고 안정적인 운영기반을 갖춘 뒤에는 자체수익으로 경상 경비를 충당할 수 있도록 함으로써 재정적 자립을 달성 도모
- 센터 운영비용은 연간 인건비(5명 내외) 및 사업비(사업화 지원서비스, 정보수집·분석, 특허출원 대행, 재무·경영 컨설팅, 기관간 네트워크 체제운영 등)를 포함하여 센터별로 연간 10억원에서 출발하되 산업단지 내 입주기업 규모, 센터 활동 범위 등을 고려하여 단계적으로 조정
- 중앙정부와 지방정부가 매칭 펀드 형식으로 하여 재원조달
- 센터설립은 산업단지 구축과정에 H/W 비용으로 산입하며 운영비용에서 제외

<나노융합 사업화지원센터>

단위 : 억원

구분	2011	2012	2013	2014	2015
중앙정부	5	5	5	5	5
지방정부	5	5	5	5	5

\* 센터당 예산규모이며, 인건비(4~5명 기준), 사업비, 잡비 등을 포함

- 전후방 산업과의 연계를 통한 나노융합산업단지의 특성화와 전문화
  - 현재 추진 중인 일부 나노산업단지의 경우 나노기술 분야에 대한 특성화 계획이 부족하여 근접 지역 내 산업과의 연계성을 고려하여 나노융합분야의 전문화 분야를 신중하게 선정 필요

- 지역의 나노산업단지 조성 및 운영과정에서 전국적인 범위에서의 산업 지형을 고려할 필요
- 산업단지를 조성하는 지역의 현재의 산업 발전 수준을 우선적으로 고려해야 하는데, 이는 향후 나노산업단지에 입주할 기업들의 초기 수요를 가늠하는 척도로도 이용 가능
- 동시에 향후 성장 가능성이 높은 전략산업을 고려하여 신규로 나노융합분야에 진출하고자 하는 기업들의 입주수요를 예상
- 대규모 시설투자에 주력하고 있어 지역별로 전문화되거나 특성화되지 못하면서 일반 산업단지와 차별화에 실패하는 경우를 배제
- 사업추진을 위한 법적 기반, 인센티브, 지원수단 등 제도적 기반이 취약하고, 단지 내 종사자 입주 위주로 계획되었던 주택용지도 미분양을 우려하여 일반인을 대상으로 분양되어 종사자의 직주근접을 기대하기 어려움.
- 이러한 측면에서 현재 추진 중인 지역의 나노융합산업단지의 발전을 위한 기본방향을 다음과 같이 제시
- 장성의 경우 시장성이 높은 광소재·연료전지·나노복합체 등에 특화하면서 인근 광주, 전남 지역의 광산업과 전자부품, 기능성 경량소재 산업과의 선순환적 발전을 도모
- 동 분야는 소재·부품 분야로, 정부의 소재·부품의 발전계획 수립 등을 통해 정책적인 지원이 집중되는 분야이며, 자동차, 전자, 기계, 의료 등 관련 산업의 성장성도 높아 조기 사업화가 가능한 분야
- 그러나 인접한 광주·전남 지역에 입지한 나노관련 기업이 8개사로 다른 지역에 비해 지역 내 나노관련 기업역량이 취약한 수준이므로 호남권을 벗어난 충청권 혹은 수도권 지역의 인력 및 기업의 혁신역량의 활용을 강화할 필요가 있음.
- 지역 내 나노관련 기업의 분포는 광주·전남에서 전북으로 확대한다 하더라도 11개사에 불과하므로 다른 지역과의 연계를 고려한 중장기 성장비전 수립 필요

<호남권 지역의 지역전략산업 진흥사업(2008년 ~2012년)>

지역	전자정보	바이오/환경	기계/부품	소재	기타
광주	정보가전 및 부품	-	자동차부품(금형 및 전장모듈)	광	RFT 이용소재 (방사선)
전북	-	생물 (LOHAS지향 바이오식품)	자동차기계 (고기능 경량소재부품)	신소재/조선 (기능성 경량소재)	-
전남	-	생물 (건강지향식품)	-	-	-

- 밀양의 경우 동남권의 선도산업인 수송기계, 융합형 부품·소재산업과의 연계성을 강화할 수 있는 나노융합분야를 도출해야 할 것이며, 이에는 고기능성 소재 및 부품, 장비 분야가 유망
- 인근 부산 및 경남지역에 위치한 나노관련 기업들은 37개사이며, 그중 51%가 나노소재 및 나노공정 및 장비에 특화하고 있으므로 기존 나노관련 기업과의 연계성도 충분히 높은 것으로 평가
- 밀양의 경우 인근 울산, 부산지역과의 연계를 통한 나노산업단지의 활성화를 계획하고 있으나 현재 유치대상 업종은 일반 산업단지와 차별성이 없으며, 나노융합 관련해서도 뚜렷한 특성화 분야 제시에 미흡
- 밀양은 기초과학 및 기술개발 관련 기관의 유치 및 고급인력의 공급계획 강화 필요

<동남권 지역의 지역전략산업 진흥사업(2008년 ~2012년)>

지역	전자정보	바이오/환경	기계/부품	소재
부산	영상/IT (초정밀융합부품)	해양바이오	기계부품소재 (자동차, 조선기자재)	
울산			자동차 (고기능성자동차부품)	정밀화학 (특수화학소재)
		환경 (청정생산기술)	조선(조선기자재부품)	
경남	지능형 홈	바이오 (생물화학)	지식기반기계(부품)	
			로봇(제조용로봇)	

- 대전은 과학기술기반이 가장 잘 구축된 지역으로 평가받고 있으며, 나노기술을 포함한 첨단기술 분야에서의 우수인력, 기업 및 연구소를 확보하고 있으므로 이를 충분히 활용할 수 있는 분야로 집중 필요
- 반도체, 전자부품 분야는 국내 산업에서 점하는 비중이 높을 뿐만 아니라 향후에도 성장성이 가장 높은 분야로서, 반도체·전자부품 및 관련 장비 분야에 대한 나노산업단지 조성은 집적에 의한 시너지효과도 클 것으로 기대
- 국내 나노기술분야중 시장수요의 성장성이 크고 기술수준 역시 높은 분야로는 반도체, 디스플레이형 나노소자/공정/장비 분야이며, 반도체, 전자부품의 제조업 내 산업비중은 10.1%(생산액 기준)로 자동차 산업(11.1%) 다음으로 큼.(’07년 기준)
- 대전지역에 위치한 나노 관련 기업의 30% 정도가 나노기반 장비 제조업체이며, 20%는 나노소재 관련 기업이므로, 반도체 및 관련 부품과 장비제조업의 집적이 유망
- 동 분야는 기업주도에 의한 컨소시엄형 연구개발이 가능한 분야로서 시험/검사/인증/표준/마케팅 등의 정책적 지원을 통해 사업화가 가능한 분야로 구분되는데 대전은 이러한 측면에서도 경쟁력이 있음.

<충청권 지역의 지역전략산업 진흥사업(2008년 ~ 2012년)>

지역	전자정보	바이오/환경	기계/부품	소재	기타
대전	정보통신 (고주파)	바이오 (생물의약)	메카트로닉스 (서비스/국방로봇)	부품소재 (나노/화학소재)	
충남	전자정보 (디스플레이 및 소자제조장비)	농축산바이오 (가공/자원화)	자동차부품 (의장/편의부품)		첨단 문화 (디지털 컨텐츠 및 응용 솔루션)
충북	반도체 (IC 및 소자)	바이오 (생물의약)	차세대전지		
	전기전자 융합부품 (U전자부품)				

## □ 산업 중심의 네트워크 체계 형성

- 나노융합분야 선도기업과 핵심 앵커기업의 유치
  - 산업단지 내에 입주가 예상되는 기업에는 반드시 지역 내 혹은 전국적 범위에서 나노융합분야에 선도기업을 유치
  - 유치기업들의 산업적 연계형성을 위해 핵심 앵커기업 및 제조기업 유치에 노력 필요
- 산업단지 내의 콘텐츠를 부각시켜 산재한 기술, 인력, 기업의 가시화된 네트워크의 중심으로 기능
  - 정부 주도로 조성된 산업단지의 경우 분양을 촉진하기 위해 기업유치 과정에서 대상산업 및 기업 선정과정에 소홀한 경향이 있으며, 이러한 행태가 나노산업단지에도 적용된다면 특성화 및 성공 가능성을 낮추는 요인으로 작용 우려
- 단지 내 유관기관들의 네트워크 체계를 활성화할 수 있는 민간과 공공부문에서의 협력체제를 강화
  - 산업단지간에도 기술개발정보교류를 활성화하고 국내외 마케팅정보, 사업화지원서비스 등을 공유하기 위하여 협의체를 구성하여 상시적인 교류 촉진
  - 기관간 공동 세미나, 포럼, 교육훈련 과정 운영 등 다양한 수준과 형태로 교류 도모
- 지역 산단간 연관성이 높은 특화분야는 공동으로 사업추진
  - 지역의 특화분야와 주력기업에 대한 정보가 교류될 수 있도록 연계체계를 구축하며, 이를 통해 공동과제를 도출하고 국내외 시장을 창출할 수 있는 분야에 역량 집중 도모
- 산업단지의 특성을 최대한 살리되 산업단지간 연계를 통한 시너지 효과가 강화를 도모하기 위해 상시적인 연계활동이 이루어질 수 있도록 중앙정부가 재정지원을 하되 사업추진은 정부와 민간간의 중계 역할

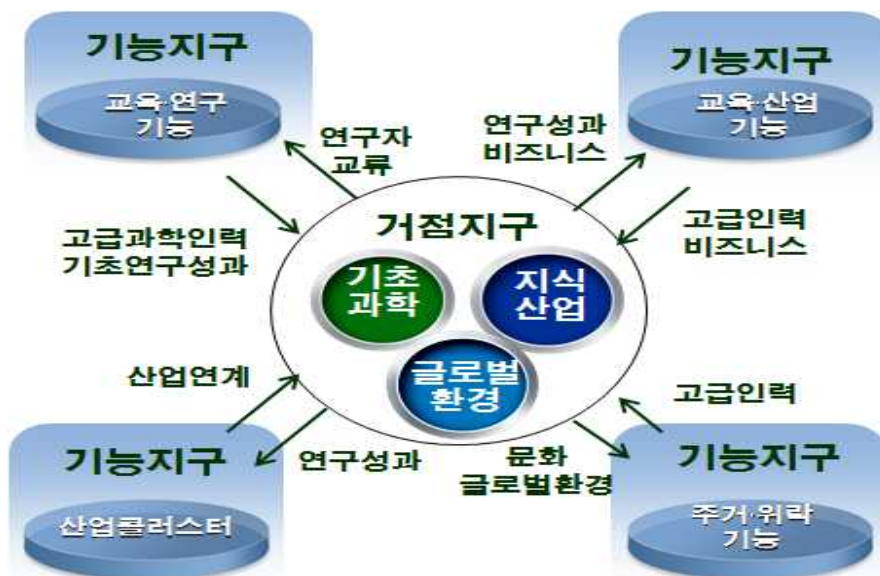
을 할 수 있는 중립적 기관이 실행함.

- 지역편재 혹은 집중에 의한 연계활동의 편향성을 회피하고 국가 전체적으로 진행되는 나노융합산업 관련 활동들과의 관련성을 높이는 효과 기대
- 이 경우 기존 조직과 인력, 경험을 활용할 수 있다는 장점을 가지므로 예산절감효과
- 세미나, 포럼, 지역전시회 등을 추진하기 위해 연간 5~10억원의 재원 확보 필요(국비 : 5억원, 지방비 : 5억원)

□ 가치사슬상의 전주기적 연계시스템을 구축

- 나노융합분야의 창업 및 사업화의 성공가능성을 높이기 위한 펀딩프로그램의 적용 도모
- 나노융합기반 산업을 육성하기 위한 초기 사업화 지원 인프라의 확충(창업 및 경영/비즈니스 컨설팅 등)과 아울러 재정·금융적 지원을 할 수 있는 산단 내 펀드 등

<네트워크형 첨단산업도시 조성>



- 거점지구와 기능지구의 효과적인 결합 필요
  - 거점 지구는 기초과학, 지식산업, 글로벌 환경 등의 요건을 충족
  - 기능 지구는 교육연구기능, 교육/산업기능, 산업클러스터, 주거/위탁 기능

## 라. 정책적 제언

### □ 국가적 관점에서 나노융합산업단지 지원

- 나노산업단지 지정 혹은 정책추진 과정에서 지역분배 원칙보다는 효율성과 성장가능성을 고려하여 나노융합산업 혹은 기업의 집적지로서 기능할 수 있도록 전략적인 접근 필요
  - 지역의 산업발전 단계에 대한 이해에서 출발하여 지역뿐만 아니라 전국적 범위에서의 산업경쟁력 향상 목표
  - 전 과정에서 국가의 중장기 산업발전 목표와 조화 필요

### □ 나노융합산업단지의 전문화 유도

- 시장수요와 기술성숙도를 고려하여 개발기술의 제품화 단계 진입이 가능한 분야를 중심으로 나노산업단지의 전문화·특성화를 유도
  - 나노산업단지의 사업성과를 극대화하기 위해서는 성공사례를 창출해야 하며, 이를 위해 시장성이 높은 분야를 우선적으로 추진
- 국내외 최초의 나노융합산업단지로서 성공사례를 창출하기 위해서는 최고의 국제경쟁력을 갖춘 기업(제품)의 획기적인 성공을 통해 모범사례 창출이 긴요
  - 나노산업단지를 통해 산업단지의 입주율을 높이기 위해 지역 내 비관련 기업의 입주비율을 높이거나, 국제 경쟁력은 고사하고 국내 시장에서의 경쟁력 우위조차 갖지 못하는 기업들의 입주는 제한하도록 지방 정부 혹은 산업단지와의 협의

### □ 수요-지역여건을 고려한 나노융합산업단지의 전략적 접근

- 지역별로 추진되는 나노산업단지 관련하여 단지간 연계체제 구축 이외에 단지의 특성화와 전문화를 위해 다음과 같은 방향에서 전략적인 조정이 필요
- 나노융합산업의 시장창출과 이를 통한 산업화를 촉진하기 위해서는 연관산업 여건을 고려하여 산업단지가 입지해야 하며, 지역의 기술-인력 공급체계가 대응할 수 있도록 중앙정부와 지방정부가 뒷받침

□ 수요창출의 공공부문 지원

- 나노산업단지를 통해 나노기술융합-응용제품개발-사업화가 원활하게 연계되는 선순환구조를 구축하기 위해서는 첨단 기술분야에 민간투자를 활성화할 수 있도록 하기 위한 시장의 불확실성을 최대한 낮추는 것이 필요
- 나노융합제품의 시장 출시를 지원하기 위한 펀드를 산업단지 내 기업들에 우선적으로 적용
- 기업 중심형 기술개발과제 도출 후 대학-출연연-특화센터 등을 연계하여 기술개발 지원자금 배정
- 정부주도의 시장수요 창출(LED 사례 참조)