

나노기술 분야 국가연구개발 투자현황 분석 및 정책적 시사점

An Analysis of National R&D Investment in Nanotechnology area and Its Policy Implications

김진호*·정상기**·이우진***
Jinho Kim·Sanki Chung·Woojin Lee

Abstract

The government has invested national resources in nano technology actively since 2000 to promote the R&D of nano technology. In addition, the government reorganized the science and technology administration system recently enacting new laws related with science and technology to promote the efficient policy of science and technology. At this point, we need to understand the status of national R&D expenditures for the efficient priority setting and budget coordination of national R&D resources in nano technology.

This paper performs the analysis of the government R&D expenditures by the concerned variables such as program objectives, sector of performance, character of work and technology fields and suggests the policy implications

I. 서론

최근 몇 년 동안 나노기술 (NanoTechnology)은 세계적인 큰 흐름으로 자리매김을 하며 발전해 왔다. 미국이 지난 2000년 NNI (National Nanotechnology Initiative)를 선포한 이후 일본, 유럽 (EU) 등에서는 차세대 미래기술로서 나노기술에 대한 투자를 꾸준히 증가시켜왔다. 세계 각국은 미래 산업에 대한 주도권을 확보하기 위한 전략으로 나노기술을 채택하였으며 각각의 분야에서 맹렬히 경쟁하고 있다.

나노기술의 정의는 나라마다 그리고 전략에 따라 약간의 차이가 있을 수 있으나 공통적으로 "0.1-100 nm 수준의 극미의 물질을 조작하는데 이용되는 기술과 공정"으로 규정한다. 드렉슬러 (Drexler) 등에 따르면 나노기술이 실생활에 폭넓게 적용되는 시기(범용화 시기)는 연구 분야에 따라 다소 차이는 있을지 몰라도 대략 2010년에서 2040년 사이에 실현될 것으로 예측하고 있다. 물론 나노기술이 이미 실용화된 예도 있어서 그 시기는 분야별, 재료별로 차이가 있을 수 있다.

나노기술은 근본적으로 원자 혹은 분자를 하나씩 제어하는 기술이므로 환경측면에서 나노 구조체, 소자 또는 시스템을 제조하는 과정에서 소비되는 자원의 손실을 최소화할 수 있는 가장 경제 적이며 친환경적인 기술이다. 학문적 측면에서는 원자, 분자현상의 해석, 조작, 응용(제품화)를 위 해서는 수학, 물리, 화학, 의학, 전자, 재료 등 여러 분야의 학문(또는 기술)이 복합적으로 결합되 는 다 학제적 연구 분야로서 기존의 단일 학문에 의한 연구로 성과를 기대할 수 있는 분야는 아 니다. 산업적 측면에서 나노기술은 단순히 기존기술의 연장선상이 아닌 과학기술적 한계를 뛰어넘 을 수 있는 잠재력이 큰 기술이기 때문에 어떤 분야에서든 나노기술 실현은 기존시장을 완전히 대체하거나 신규 시장을 창출할 수 있는 잠재력이 큰 기술이다.

* 김진호, 한국과학기술기획평가원 & 부연구위원, 02-589-2237, jinho@kistep.re.kr

** 정상기, 한국과학기술기획평가원 & 부연구위원, 02-589-2249, sjeong@kistep.re.kr

*** 이우진, 과기부 혁신본부, 02-2110-3716, wjlee@most.go.kr

1. 국내외 정책 및 연구개발 동향

미국의 나노기술정책은 백악관 내의 국가과학기술위원회와 과학기술정책실에서 주도하고 있으며 매년 나노기술개발계획 조정 작업을 한다. 대략 10여개 정부부처에서 나노기술개발에 참여하고 있으며 2004년도에는 9억 달러 이상의 연구비가 투입되었고 이는 미 연방정부 전체 연구개발비의 0.6%에 해당한다. 미국정부는 끊임없이 기초연구비를 증가시키고 있으며 동시에 과학적 연구 성과에 초점을 맞춘 나노소재·소자 등 9개 세부기술분야에 투자를 아끼지 않고 있다. 이외에도 공동인프라 구축을 위한 NNIN (National Nanofabrication Infrastructure Network) 설립을 추진중에 있다. SRI (Stanford Research Institute) 리포트에 의하면 미국의 나노기술은 HEC(Human Equivalent Computer, 인간등가컴퓨터)를 위한 나노소자 및 유전자 (DNA) 조작기술개발을 Keyword로 하여 추진중에 있는 것으로 예측된다.

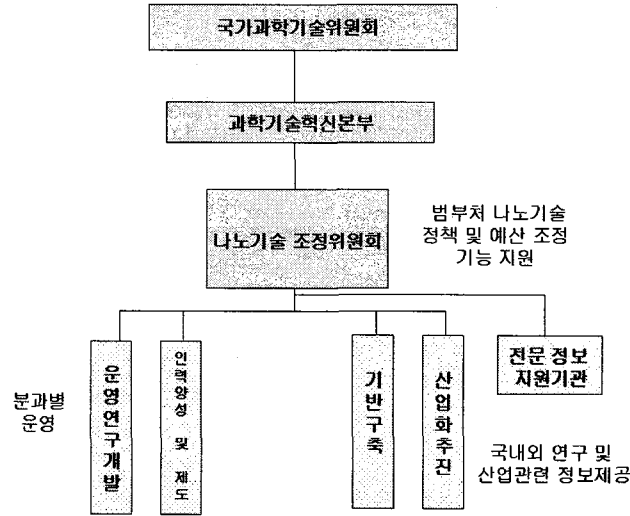
일본은 미국이 NNI를 발표한 이후 곧이어 2001년에 기본계획을 수립하고 나노 소재·소자 등 5개 전략 분야에서 미국과 경쟁해 오고 있다. 특히 재료기술에 대한 튼튼한 기초기술을 확보하고 있는 일본에서는 나노기술재료분야 추진전략을 확정하여 “국제산업경쟁력의 강화와 지속적인 경제발전”, “환경에너지문제, 저출산 고령화사회 대비” 그리고 “국가안전보장” 등, 일본사회의 요구사항에 맞는 중점영역을 설정하고 이에 대응하는 기술로 “차세대정보통신 시스템용 나노 디바이스재료”, “환경보전에너지 이용 고도화재료”, “의료용 극소 시스템재료, 생물메커니즘을 활용하여 제어하는 나노바이올로지”의 3영역을 설정하여 5-10년후의 실용화 및 산업화를 목표로 추진하고 있다. 또한 산업계에서는 종합상사형 모델, 기업내 벤처모델, 등 새로운 비즈니스 모델을 통하여 나노기술의 실용화를 착실히 전개하고 있다.

유럽은 1985년 최초로 STM(주사전자현미경) 기술을 선 보인 후 바이오, 화학 등 강력한 기초기반 기술을 바탕으로 미국 일본과는 별도로 나노기술발전에 대한 독자적인 전략을 추진해 왔다. 반도체 기술이 그리 강하지 않은 유럽에서는 그 한계를 미리 설정하고 나노기술이 충분히 이를 뛰어넘을 수 있을 것으로 간주하고 기술선점을 위해 일본투자의 두배가 넘는 과감한 투자를 하고 있다. 특히 EU가 중요시하고 있는 분야는 나노과학과 나노기술로 컴퓨터 자동설계에 의한 대기능 재료를 만들어 내는 생산기술이며 또한 환경과 에너지를 고려하고 있는 점이 일본 등과는 구별된다고 할 수 있다.

한편 우리나라의 경우 1996년 특정연구개발사업의 미래원천연구사업 일환으로 “극미세구조 기술사업단”발족, 1997년 창의적연구진흥사업내 “나노기억매체연구단”, “지능초분자연구단”, “나노 입자제어연구단”등 나노기술 관련 연구단 구성, 1999년 프론티어연구개발사업내 “테라급나노소자 연구개발사업”착수 등 과학기술부 연구개발사업을 중심으로 프로그램별로 추진되기 시작하였다. 2001년 7월, 과학기술부를 중심으로 8개 부처가 공동으로 참여하여 수립한 정부차원의 국가 『나노기술종합발전계획』은 2010년까지 1조 4,850억원을 투자를 계획하였다. 이후 2002년 12월 “나노기술개발촉진법”을 제정함으로써 나노기술 촉진의 법적 근거를 마련하였고, 2003년 12월에 산·학·연 나노기술 전문가를 중심으로 “나노기술연구협의회”가 창립되면서 나노기술 연구를 위한 법·제도적 장치마련 및 인적 네트워크 구성 등 효율적인 연구개발 추진체제를 구축해 나아가고 있다. 또한 나노인프라 구축을 위한 연구기반사업으로 “나노Fab센터구축사업”이 2002년부터 본격적으로 전개되기 시작하였고 동시에 과학기술부에서는 본격적인 나노 연구의 서막을 “나노핵심기반기술개발사업”을 통해 드러내기 시작하였다. 또한 2004년 10월, 과기부가 부총리 부서로 승격하고, 과학기술 혁신본부가 신설되어, 그동안 개별 부처별로 추진하는 정책을 범부처적으로 조정하는 체계가 마련되었다. 그리고 혁신본부는 제1기(01~05) 나노기술 종합발전계획을 수정 보완한 제2기(06~15) 나노기술종합발전계획의 후속조치로서, 06년 4월 11일 범부처 나노기술관련 종합관리 체계인 「나노기술 조정위원회」를 구성하였다. 새로 구성된 「나노기술 조정위원회」(이하 위원회)는 2년의 임기동안 나노기술 관련 신규 정책 및 기술을 발굴하고, 기존 시책의 개선과 전문가 의견 및 여론을 국가과학기술위원회에 보고하고 관계부처에 제공하며, 나노기술 종합발전계획에

따라 각 부처별 시행계획이 원활 하게 추진될 수 있도록 범부처적 관점에서 정책 및 예산 조정을 지원하는 역할을 할 것으로 기대된다.

<그림 1> 나노 기술 정책 조정체계



2. 투자현황 분석의 필요성

앞서 전술한 바와 같이 1990년대 말부터 미국, 일본, EU를 포함하여 전 세계적으로 나노기술 연구 개발에 국가의 운명을 걸고 연구개발이 진행되어 오고 있으며 우리나라도 5년 전 2001년 7월 국가나노기술종합발전계획을 수립하고 나노기술개발을 적극적으로 추진하여 왔다. 2002년부터 2005년까지 범부처적으로 나노기술분야에는 약 9,748억 정도가 투자됨으로써 수립 당시 선진국 대비 25% 기술수준을 현재 66% 수준으로, 논문의 수는 세계 8위 수준에서 세계 5위 수준까지 끌어 올렸다. 하지만, 미래유망 신기술 중의 하나인 나노 분야의 경우 개별 부처(청) 혹은 사업 단위로 연구개발이 수행되고 있는 바, 통합적 조정 및 관리가 이루어지지 않아 부처간 사업의 중복문제에 대한 우려 등 연구개발 투자의 효율성 문제가 대두되고 있다.

최근 들어 국내외 환경변화 및 과학기술 행정체계의 변화에 따른 당초 계획의 수정 보완을 위하여 제 2기 나노종합발전계획을 수립하고 부처간 역할분담 및 공동대응을 통해 효율적 추진체계를 구축하기 위한 노력을 경주하고 있다.

이러한 시점에서 국가차원의 나노기술 분야 연구개발 현황 및 방향에 대한 정확한 이해를 도모하고, 향후 다양한 부처(청)에서 경쟁적으로 진행되고 있는 국가연구개발사업에 대한 상호조정이나 연계를 추진하기 위해서는 나노기술 분야 국가연구개발 사업의 정확한 투자현황 진단이 현 시점에서는 절실하다고 할 수 있다. 특히, 최근 들어 나노기술분야의 정부연구개발투자가 지속적으로 증가하고 여러 부처에서 다양한 형태로 연구개발사업을 추진하게 됨에 따라, 이들에 대한 현행 투자배분 상태를 파악하고 이를 체계적으로 분석하여 국가연구개발사업의 종합조정을 위한 기본적인 정보를 제공할 필요성이 더욱 증가하고 있다.

조현대 외의 연구에서는 국가연구개발사업에 대한 투자현황 분석을 최초로 시도하였다. 이 연구에서는 1992년부터 1996년까지 5년 동안을 대상으로 과학기술부 선도기술개발사업과 특정연구개발사업, 산업자원부의 공업기반기술개발사업, 정보통신부의 정보통신연구개발사업 등 주요 국가연구개발사업의 투자현황을 분석하였다.

손병호 외의 “정부연구개발사업 투자현황 분석 및 정책적 시사점”의 연구에서는 2001년 실시된 2000년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과를 바탕으로 국가연구개발사업의 투자현

황을 경제사회목적, 사업목적, 기술분야, 연구수행주체별 등 주요 기준변수를 설정하여 분석하고 향후 정부연구개발 투자방향 설정에 필요한 정책적 시사점을 도출하였다. 모든 기술분야를 대상으로 하였으나, 나노기술 분야의 국가연구개발사업의 규모와 투자현황을 심도있게 분석하는 데는 한계가 있었다

오동훈 외의 “BT 분야 국가연구개발 심층분석 및 평가에 관한 연구”의 연구에서는 1994년부터 2002년까지의 개별 국가연구개발사업에 포함되어 있는 BT 분야 세부과제들을 하나의 ‘BT 분야 국가연구개발’로 재구성하여 심층분석을 수행하고 향후 정책방향 등을 도출하였다. 하지만, NT분야에서는 이와 같은 심층적인 분석이 아직 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 본 연구에서는 2006년에 실시된 “2005년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과”를 바탕으로 우리나라의 나노기술 관련 국가연구개발사업의 투자현황을 부처 사업목적, 기술분야, 연구수행주체별 등으로 분석하고 향후 국가연구개발사업의 투자조정 및 배분, 투자방향 등을 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

II. 분석방법

1. 분석 대상

한국과학기술기획평가원 (KISTEP) 주관으로 시행된 '06 조사·분석은 '05년 정부연구개발투자 중 OECD 기준에 의거 과학기술연구개발사업으로 분류한 일반회계 및 특별회계 사업, 관련 기금사업 (원자력 연구개발기금, 과학기술진흥기금, 정보통신진흥기금, 전력산업기금)을 대상으로 하였다. 대상사업 규모는 31개 부·청의 7조 7,904억원으로 390개 연구사업과 30,425개의 세부연구과제를 포함한다. 하지만, 본 연구에서는 인문사회계 연구사업 및 교육공무원 인건비를 제외한 7조 2,218억원만을 대상으로 부처(청)의 연구개발사업에 포함되어 있는 나노기술 분야 세부과제들을 하나의 ‘나노기술 분야 국가연구개발’로 간주하여 분석을 수행하였다. 2005년을 기준으로 할 때, 나노기술 분야 세부과제를 1개 이상 포함하고 있는 부처(청)의 연구개발사업은 9개 부처(청)의 88개 사업으로, 투자 규모는 총 1395 과제에 3191억원이 투입되었다.

2. 분석변수

본 연구에서 분석을 위한 도출한 주요 변수와 내용은 <표1>과 같다. <표1>에 제시되어 있는 변수들은 한국과학기술기획평가원에서 매년 실시하고 있는 조사·분석의 항목과 나노기술종합발전계획에서 제시된 분류를 함께 사용하였다.

< 표1 > 국가연구개발사업 투자현황 분석을 위한 주요변수와 내용

주요변수	변수별 내용 (예시)
1. 사업목적	연구/인프라/인력양성으로 분류
2. 주관부처	과학기술부, 산업자원부 등 9개 부처(청)
3. 연구개발단계	기초연구/응용연구/개발연구/기타 (OECD 기준)
4. 연구수행주체	국공립(연)/출연(연)/대학/중소기업/대기업/기타로 분류
5. 기술분야	나노기술소재/나노기술소자/공정장비/나노기술바이오로 분류

※기술분야 분류의 기준은 제 2기 나노기술종합발전계획(2005)를 참조하였음.

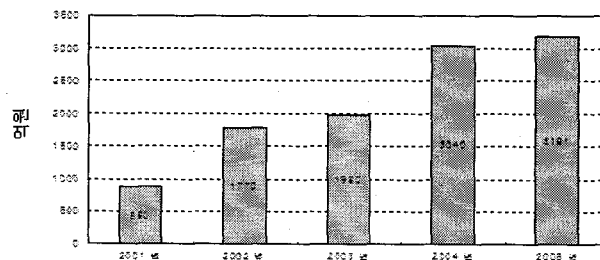
III. 분석결과

1. 국가연구개발 자원투입에서의 위상 분석

국가연구개발 자원투입에서 나노기술 분야의 위상은 2001년 나노기술종합발전계획 수립 이후로 지속적으로 증가하고 있다. (<그림 2> 참고). 즉, 국가차원에서 나노기술 분야의 비중은 2005년 조사·분석 데이터 기준으로는 3,191억원으로 2005년 국가연구개발 사업 투자의 7조 7,904억의 4.1%규모로 성장하였다. 나노기술시행계획상의 2005년 투자는 2,767억원으로서 조분평과는 약 451억 정도의 차이를 내며 당초 계획을 상회하고 있다. 이는 부처별 나노기술시행계획이외의 나노기술관련 과제들이 여러 국가연구개발사업에서 실제로 수행되고 있음을 보여주며 시행계획 수립시의 나노기술의 범위와는 다소 차이가 있음을 타나낸다. 미국의 경우 bottom-up 위주의 기초 R&D관련 프로그램을 나노 투자로 산출하는 반면 일본과의 경우는 우리와 유사한 범위와 비중으로 투자하고 있는 실정이다. 특히 EU의 경우에는 마이크로 기술에서 나노기술의 영역에 까지 광범위하게 분포하고 있어 실제 나노 영역의 투자를 파악하기 어렵다. 다만 지금까지의 논의에서와 같이 우리나라의 나노 관련 투자가 절대적인 규모에 있어서는 미국의 1/15, 일본의 1/3, 영국의 1/2 수준이나 전체 연구개발 투자에 대한 비중에 있어서는 오히려 우리나라가 4% 정도의 수준으로 높은 수준을 나타내고 있다.

<그림3>와 <표2>에서 보는 바와 같이 부처(청)차원에서는, 2005년 기준으로 연구개발사업을 수행하고 있는 전체 31개 부처(청) 가운데 9개 부처(청)들이 경쟁적으로 나노기술 분야에 투자하고 있으며, 과학기술부는 26개의 사업에 걸쳐 1756억원, 산업자원부는 28개의 사업의 걸쳐 1050억원, 교육인적자원부는 15개의 사업에 걸쳐 329억원을 나노기술에 투자하고 있다. 사업차원에서 2005년 기준으로 전체 367개 연구개발사업의 30,568개 세부과제 가운데 88개 나노기술 관련 사업에서 1395개의 나노기술 분야 연구개발과제를 수행중이다. 하지만, 나노기술 분야 연구개발만을 목적으로 하는 사업은 6개 (나노기술종합 fab. 구축, 나노기술특화 fab. 구축, 방사광가속기공동이용 연구지원, 첨단연구분석장비개발, 광양자연구시시설치, 나노기술기술클러스터조성)에 불과하고, 이들 사업은 모두 직접적인 연구개발과 관련이 적은 센터 건설사업과 같은 기반조성사업으로 나노기술 분야뿐만이 아니라 바이오, IT, 융합 등 광범위한 분야에 대한 기반조성의 성격을 지니고 있다. 특히, 2005년도 기준으로 나노기술 분야 연구개발과제를 포함하는 88개 연구개발사업 (34,838억원 규모)에서 나노기술 분야가 차지하는 평균 비중은 연구비 기준으로 9.2%이며, 이로부터 대부분의 나노기술 분야 연구개발이 나노기술 목적이 아닌 사업의 일부로서 다른 기술 분야와 함께 추진되고 있음을 알 수 있다. 이는 우리나라 대부분의 프로그램이 경제사회적 목적에 따라 기획되기 때문이고 나노기술이 기반 기술적 성격을 가지고 있기 때문인 것에 기인한다.

<그림 2> 나노기술분야 국가연구개발 투자현황

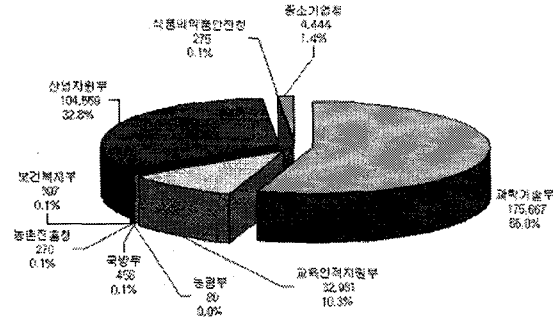


※ 2001년~2003년 : 나노기술기술종합발전계획

※ 2004년, 2005년 : 국가연구개발사업 종합관리시스템

<그림 3> 나노기술 분야 부처별 투자 현황

[단위:백만원]



[표 2] 2005년 기준 NT 관련 부처의 NT관련 투자 및 비중

[단위: 백만원]

부처	R&D 투자	나노기술 관련 투자	비중
과학기술부	1,954,934	175,667	9 %
산업자원부	1,839,261	104,559	5.7 %
국방부	911,225	458	0.05 %
교육인적자원부	820,907	32,981	4 %
농촌진흥청	313,645	270	0.08 %
중소기업청	228,068	4,444	1.9 %
보건복지부	166,329	397	0.24 %
농림부	62,246	80	0.13 %
식품의약품안전청	44,263	275	6.2 %

[표 3]은 6T 분야별 2005년 국가연구개발 투자 현황을 보여준다. 미래유망기술 6T 분야에 국가연구개발사업 투자의 52%인 4조 559억이 투자되고 있으며, IT분야에 1조 4748 억원으로 가장 많은 투자되고 있고, BT 분야에 1조 967억원, ET 분야에 6842억원, ST 분야에 4270억원이 투자되고 있다. NT 분야에 대한 투자는 해마다 지속적으로 증가하고 있지만, 5개의 과학 및 공학 분야 (IT, BT, ET, ST, NT) 에서는 NT 분야에 가장 적게 투자되고 있다. 또한 NT 분야의 과제당 연구비로는 2.3 억원으로써 6T 평균 (2.4 억원)과 전체 평균 (2.5 억원)에 조금 못 미치고 있다. 인프라 관련사업 (나노 종합 fab 구축, 나노 특화 fab 구축 등)의 사업이 하나의 단위 과제라는 점을 감안할 때, 실제 과제당 연구비는 2.3 억원보다 낮을 것으로 예상되며 따라서 소규모 중심의 연구개발이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

[표3] 6T 분야별 2005년 국가연구개발 투자 현황

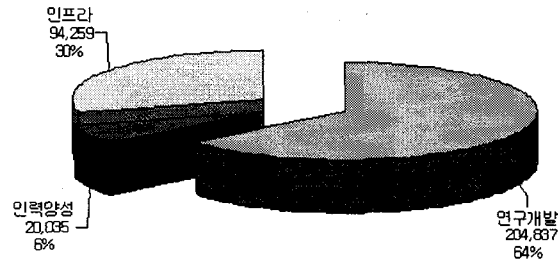
분류	투자 (억원)	과제수	과제당 연구비 (억원)
IT	14,748	5,157	2.9
BT	10,967	6,567	1.9
ET	6,842	2,942	2.3
ST	4,270	593	7.2
NT	3,191	1,395	2.3
CT	541	321	1.9
6T전체	40,559	16,975	2.4
정부투자전체	77,904	30,568	2.5

2. 사업목적별 투자현황 분석

나노기술 분야 투자의 사업목적별 투자 현황은 <그림 4>에서 보는 바와 같다. 나노기술 분야 전체 투자의 64%에 해당하는 2048억원이 연구에 투자되고, 인프라 (942억원)와 인력양성 (200억원) 순으로 투자되고 있다.

<그림 4> 사업목적별 투자 비중

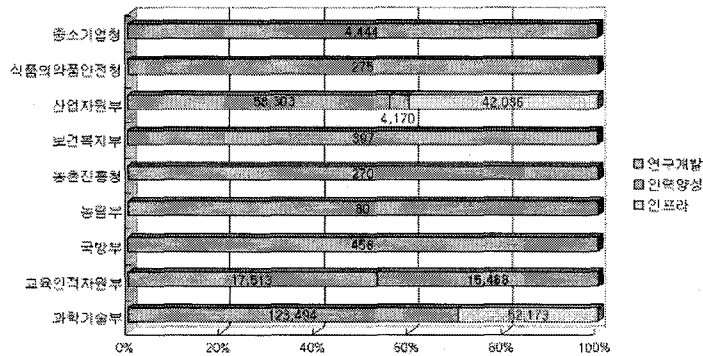
[단위:백만원]



부처별로 살펴보면 <그림 5>에서 보여주는 바와 같이 전 부처에 걸쳐 연구개발에 가장 많은 투자가 이루어지고 있다. 산자부와 과기부의 경우 나노기술종합팩, 나노기술특화팩, 나노기술직접센터 등 인프라구축에 30% 이상의 재원이 투입되고 있다. 또한, 교육부의 경우 부처 고유의 목적에 따라 타 부처에 비해 인력양성 분야에 높게 투자되고 있음을 알 수 있고, 산업자원부의 경우도 지역산업인력양성 등의 사업을 통해 나노기술 관련 산업인력 양성에 투자하고 있는 실정이다

<그림 5> 부처별 사업목적별 투자 비중

[단위: 백만원]



3. 기술분야별 투자현황 분석

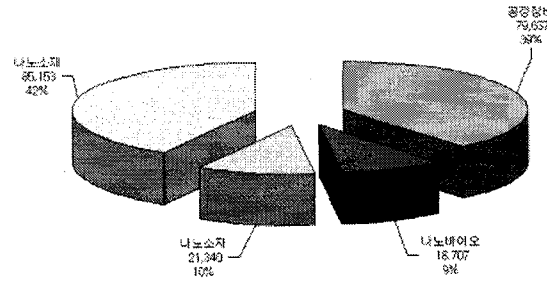
나노기술 연구 분야의 기술 분야별 투자의 투자 분석은 <그림 6>에서 보는 바와 같다. 전체 연구분야의 투자 2,048억 중 851억원에 해당하는 가장 많은 재원이 나노 소재에 투입되고, 공정장비 (796억원)와 나노소자 (213 억원), 나노바이오(187 억원) 순으로 투자되고 있다.

최근 기술 수준의 향상이 두드러진 분야는 환경/에너지 관련 기술 및 나노소자 분야이며 이는 우리나라 IT 및 기능성 소재산업의 강점에 기인한다고 할 수 있다. 그러나 나노바이오 분야의

경우 투자 비중도 작을 뿐만 아니라 경쟁력도 미국의 40% 이하로 나타나고 있어 전체 나노 분야의 평균 기술수준인 61%에도 못 미치고 있다. 이러한 기술수준의 저하가 직접적으로 투자비중과도 연계 될 수 있어 향후, 이 분야에 대한 정밀한 진단이 요구된다고 할 수 있다

[그림 6] 기술분야별 투자 비중

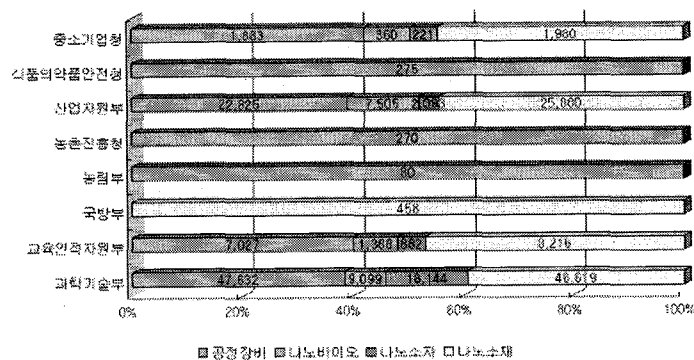
[단위: 백만원]



<그림 7>는 부처별 기술분야별 투자 현황을 보여주고 있다. 타 부처에 비해 나노기술관련 투자가 높은 산자부, 교육부, 과기부 세 부처 모두 공정장비와 나노소재의 투자비율이 높고 보건복지부와 농진청은 나노바이오에, 군사용 나노소재 연구개발이 활발한 국방부의 경우에는 나노소재 분야에 100%의 재원을 투입하고 있다. 기술 분야별로 제 2기 나노기술중합발전계획상의 주요 부처의 정책목표 및 중점투자방향을 살펴보면 과학기술부의 경우 창의적 연구개발을 통한 핵심원천기술 창출을 정책목표로 삼아 기초·핵심연구에 중점투자방향을 설정하고 있고, 산업자원부는 제품 지향적 기술개발을 통한 산업경쟁력 향상을 위한 연구, 그리고 정보통신부는 IT-NT 원천기술 확보 및 연구에 중점적으로 투자를 계획하고 있다. 하지만, 실제 투자 현황을 살펴보면, 과학기술부와 산업자원부의 기술별 투자의 차별성은 뚜렷하지 않음을 알 수 있다. 과학기술부에서는 선진국대비 기술수준이 미약하고 미래원천기술 성격이 강한 나노바이오 분야에 좀 더 투자를 확대시킬 필요가 있다고 사료된다.

<그림 7> 부처별 기술분야별 투자 비중

[단위: 백만원]



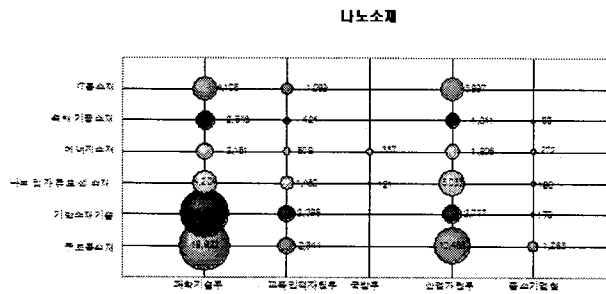
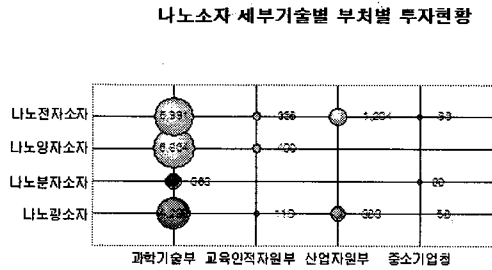
<그림 8>은 세부기술별 부처별 투자현황을 보여주고 있다. 세부기술별 투자현황도 나노소재, 나노소재, 공정장비, 나노바이오 네 분야 모두에서 산업자원부와 과학기술부는 투자액의 차이만 있을 뿐 전반적인 투자동향은 비슷함을 알 수 있다. 앞에서 언급했듯 부처별 고유기능에 적절한 중점투자 방향 조정이 시급한 실정이다.

나노기술 분야의 표준기술분류별 투자현황을 살펴보면, 재료분야에 871억원 (27.3%)로 가장

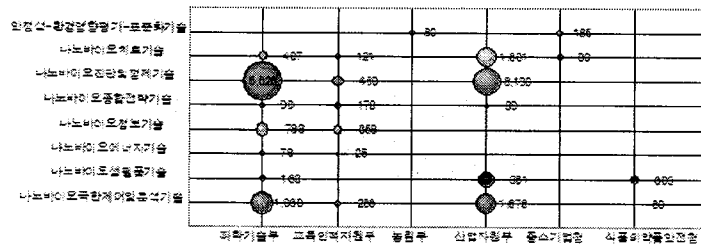
많이 투자되었으며, 물리학, 전기전자 분야, 기계에 각각 583 (18.3%), 554억원 (17.4%), 356억원 (11.2%)이 투자되었다. 이는, 나노기술은 그 자체로서 상품화될 수 있는 제품기술이기보다는 작게 만듦으로써 기계기술, 전기전자 기술 등의 기존의 다양한 산업기술을 향상시키는 기반기술임을 확인 할 수 있다 (<그림 9> 참고).

< 그림 8> 세부기술별 부처별 투자현황

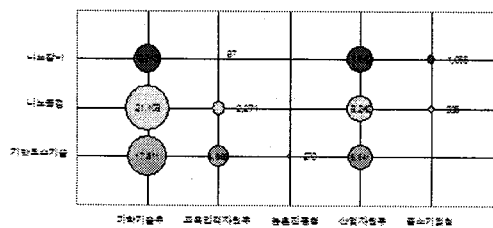
[단위: 백만원]



나노바이오 세부기술별 부처별 투자현황

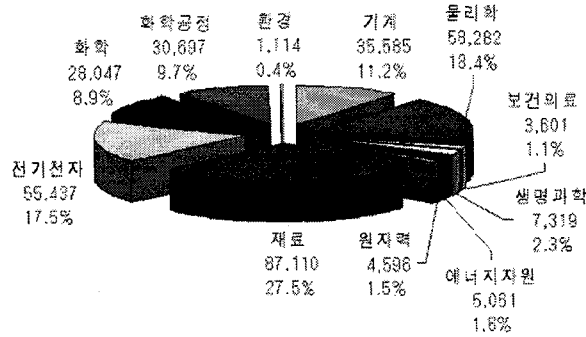


공정장비 세부기술별 부처별 투자현황



<그림9> 표준기술분류별 투자 분포

[단위: 백만원]



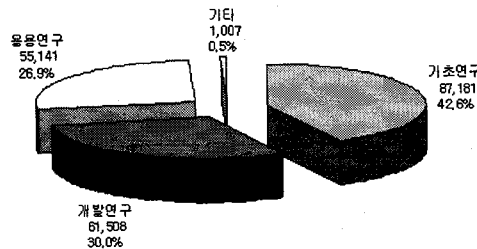
4. 연구단계별 투자현황 분석

나노기술 연구 분야의 연구단계별 투자 분석은 <그림 10>에서 보는 바와 같다. 나노기술 연구분야의 투자액 2048억 중 43%에 해당하는 871억이 기초연구단계에 투입되고, 개발연구단계와 응용연구단계에 각각 615억원과 551억원이 투자되고 있다.

국가연구개발사업 전체 기초연구단계의 평균 투자비중은 17%에 불과하며, 정부가 2007년도 까지 목표한 기초연구의 비중은 25%이다. 이에 비하면, 나노기술 분야의 기초비중은 43%로 정부의 목표치보다도 18% 높고 전체 평균보다는 무려 24%가 높은 수치이다. 이는 나노기술이 미래유망기술임을 감안할 때 적절한 기초비중이라고 할 수 있다.

<그림 10> 연구단계별 투자 비중

[단위: 백만원]



<표 4>는 6T분야의 2004~2005년의 연구단계별 투자현황을 보여준다. 2005년도 6T 분야별 연구개발 투자현황을 살펴보면, NT분야의 기초비중이 가장 높고, 또한 NT와 BT분야는 기초연구에 대한 투자가 높은 반면, 나머지 분야는 개발연구에 대한 비중이 높다. 또한 2004년도 대비 6T 분야 중 기초연구는 IT 분야를 제외한 모든 분야가 전반적으로 증가추세를 보이고, 개발연구는 다른 모든 분야에서는 증가추세를 보이는 데, NT분야는 20.4%(209억원) 감소되었다.

부처별 연구단계별 투자 현황은 <그림 11>와 같다. 기초연구를 지원하는 교육인적자원부 및 과학기술부 등의 기초연구 비중이 50% 이상을 차지하고 산업화를 지향하는 산자부의 개발연구 비중이 50% 이상의 높은 비율을 차지하고 있다. 따라서 부처별 고유영역에 따라 기초, 응용, 개발 연구단계의 투자 포트폴리오가 적절하게 구성되어 있음을 보여주고 있다.

<표 4> 6T 분야 연구개발단계별 투자현황 분포('04~'05년)

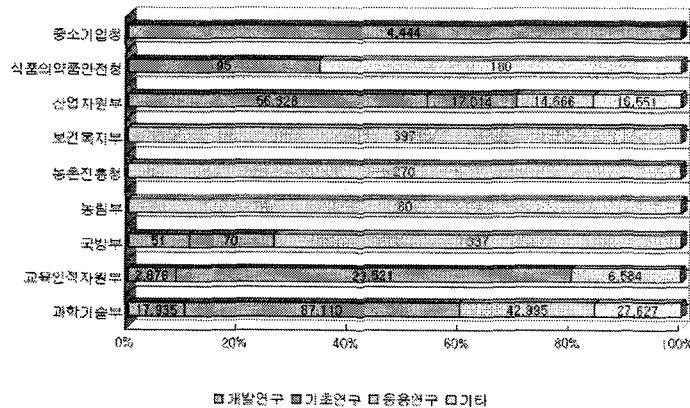
(단위 : 억원(%))

구분	2004년			2005년			증감		
	기초연구	응용연구	개발연구	기초연구	응용연구	개발연구	기초연구	응용연구	개발연구
IT	1,277 (9.6)	3,208 (24.2)	8,757 (66.1)	1,271 (9.3)	3,277 (24.0)	9,128 (66.7)	△7 (△0.5)	69 (2.1)	371 (4.2)
BT	3,289 (42.6)	2,457 (31.8)	1,969 (25.5)	4,415 (42.4)	2,671 (25.6)	3,336 (32.0)	1,125 (34.2)	214 (8.7)	1,366 (69.4)
NT	1,033 (37.0)	732 (26.2)	1,025 (36.7)	1,278 (46.5)	653 (23.8)	816 (29.7)	245 (23.7)	△79 (△10.8)	△209 (△20.4)
ST	127 (5.0)	781 (30.6)	1,642 (64.4)	224 (6.9)	536 (16.5)	2,484 (76.6)	97 (76.4)	△245 (△31.4)	841 (51.2)
ET	904 (16.5)	1,662 (30.4)	2,902 (53.1)	1,263 (19.2)	1,519 (23.1)	3,809 (57.8)	359 (39.7)	△143 (△8.6)	906 (31.2)
CT	26 (5.6)	234 (49.7)	211 (44.7)	117 (27.3)	76 (17.7)	237 (55.0)	91 (345.5)	△158 (△67.4)	26 (12.4)
합계	6,657 (20.6)	9,075 (28.1)	16,507 (51.2)	8,567 (23.1)	8,733 (23.5)	19,809 (53.4)	1,911 (28.7)	△342 (△3.8)	3,303 (20.0)

※ △는 감소를 나타냄

<그림 11> 부처별 연구단계별 투자 현황

[단위: 백만원]



5. 연구수행주체별 투자현황 분석

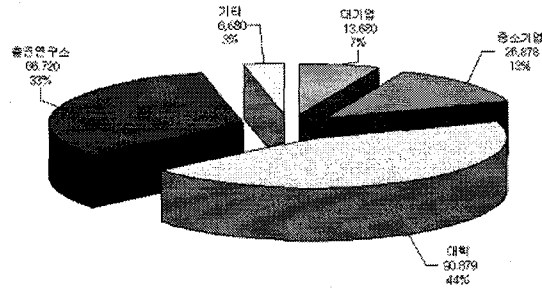
나노기술 분야 연구수행주체별 투자현황은 <그림 12>에서 보는 바와 같다. 전체의 44%에 해당하는 908억원이 대학에 투자되고, 667억원 (전체 대비 33%)의 재원이 국가 출연(연)에 투자되고 있다. 국가연구개발사업 전체 평균은 출연(연)에 44%, 대학에 23%의 투자되는 것과 비교해 나노 기술 관련 투자는 대학에 집중되고 있음을 알 수 있다.

연구수행 주체별 연구단계별 투자현황은 <그림 13>에서 보는 바와 같다. 대학에서는 기초연구 비중이 50%가 넘고 기업에서는 개발연구단계가 월등히 높은 비중을 차지하고 있어 연구수행 주체별로 연구단계의 비중이 적절한 투자 포트폴리오로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한, 기술 분야별로는 전체적으로 나노소재 및 공정장비 분야의 연구개발이 가장 활발하게 진행되고 있는 실정이며, 다른 연구수행 주체와 비교하여 대기업의 경우 IT분야에서 산업화가 가장 많이 진행되

고 있는 나노소자 분야의 연구가 활발한 편이다. 반면, 중소기업의 경우 정부의 바이오 벤처산업 육성정책과 관련하여 나노바이오 분야에 많은 투자가 이루어지고 있다는 점이 특이할 만한 사항이다 (<그림 14> 참고).

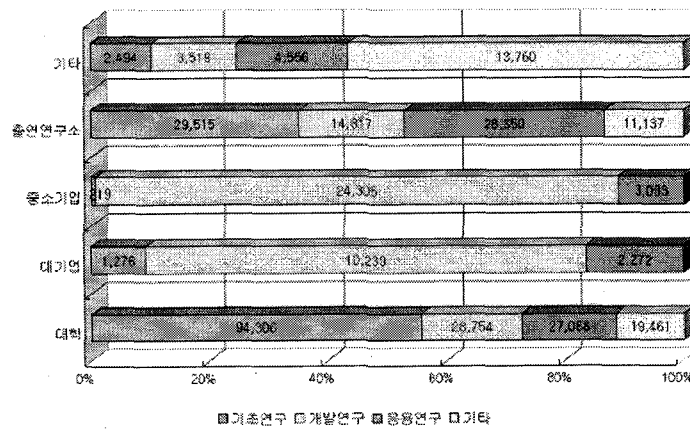
<그림 12> 연구수행주체별 투자 현황

[단위: 백만원]



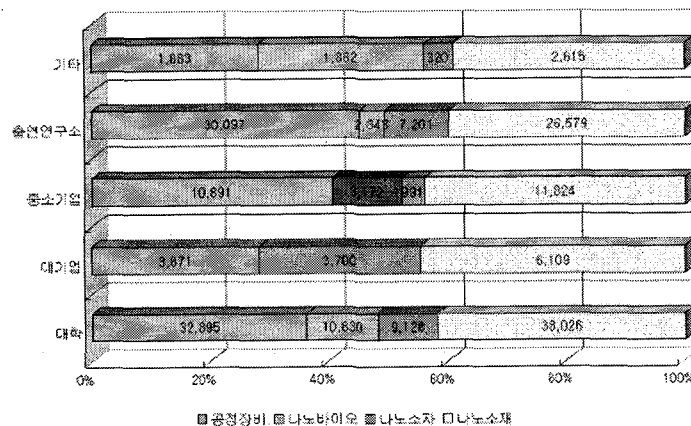
<그림 13> 연구수행 주체별 연구단계별 투자 비중

[단위: 백만원]



<그림 14> 연구수행 주체별 기술분야별 투자 현황

[단위: 백만]



<표5>는 산·학·연 협동연구 투자 현황을 보여준다. 산·학·연 협동연구 투자비중은 전체 투자의 51.5%로 6T 전체평균 58.4%보다는 7%가량 못 미치는 실정이다. 이중 산·학의 비중이

13.1%로 가장 높고, 그 다음으로는 산·학·연 모두가 참여하는 협동연구의 투자 비중이 10%를 조금 상회하고 있다. 나노기술의 산·학·연 협력을 촉진시키기 위해서는 산·학·연 간에 역할분담과 함께, 정보공유 및 네트워크 형성 등이 요구된다. 즉, 산업계는 시장수요에 맞는 사업화제품에 중점을 두는 반면, 대학 및 연구소는 기초·원천연구, 인력양성, 및 산업계와의 공동개발 등 사업화를 측면에서 지원하는 역할을 수행해야 할 것이다. 연구대상에 있어서도 대학이 기초적 창의적 나노기술연구, 실패가능성이 높은 기술을 주로 담당하고, 산업계는 사업화를 목적으로 성공가능성이 높은 기술을, 출연연구소는 대형국책과제 중심으로 산·학의 중간역할을 하는 것이 필요하다고 사료된다. 또한, 산·학·연이 공동으로 하나의 연구개발과제를 수행함에 있어서도 대학 및 연구소는 보유하고 있는 기술 및 자료, 정보를 바탕으로 산업체를 지원하도록 하여 산업체가 시장분석에 근거하여 주도적으로 연구개발을 추진하도록 하여야 할 것이다.

<표5 > 산·학·연 협동연구 투자분포

(단위: 억원(%))

구분	투자액	구분	투자액	구분	투자액	구분	투자액
산·산	47 (1.5)	산·학	385 (13.1)	산·기타	32 (1.1)	산·학·연	1,275 (10.7)
학·학	287 (9.7)	산·연	123 (4.2)	학·기타	8 (0.3)	협력없음	1,430 (48.5%)
연·연	31 (1.1)	학·연	254 (8.6)	연·기타	28 (1.0)	총계	2,948

※ 연구수행주체에서 기타를 제외한 통계임

IV. 종합분석 및 제언

총 9개 부처 국가연구개발 88개 사업에 걸쳐 나노기술의 연구개발이 이루어지고 있는 실정이나, 나노기술 연구개발만을 목적으로 하는 사업은 인프라 구축관련 6개뿐이고, 나노기술 관련 88개의 연구개발사업에서 나노기술 분야가 차지하는 평균 비중은 연구비 기준으로 9.2%에 불과하다. 즉, 경제·사회 목적별로 이루어진 기존의 국가연구 개발 사업 특성상 대부분의 나노기술 분야 연구개발이 나노기술만의 목적이 아닌 사업의 일부로서 다른 기술 분야와 함께 추진되고 있고, 이 때문에 사업의 예산조정을 통한 나노기술에 대한 예산조정·배분이 쉽지 않은 상황임을 알 수 있다.

따라서, 효율적인 예산 조정·배분을 위해서는 부처별 나노 총괄 사업의 기획·추진이 필요하지만 나노기술의 특성상 기반기술임을 감안할 때 이 또한 쉽지 않은 실정이다. 또한 나노기술은 그 범위 내에 이미 타 기술과의 융합 기술적 성격을 지니고 있어 이러한 경우 타 기술 분야에서도 동시에 조정의 대상으로 하려 한다는 점이다. 현실적으로 가장 효율적인 방법은 차년도 사업 평가 시 나노기술에 대한 예산조정 개선사항의 이행여부를 심층 검토함으로써 나노기술에 대한 예산조정에 반영해야 한다고 사료된다. 예산확대가 필요한 사업의 경우 나노분야의 예산확대를 통한 사업의 전체 예산확대 등이 검토되어야 할 것이다. 또한, 나노 관련 정책 및 예산 조정을 지원하는 범부처 나노기술관련 종합관리 체계인 「나노기술 조정위원회」의 조타수 역할이 절실히 요구되는 시점이라고 사료된다.

나노기술분야 투자의 80% 이상을 수행하고 있는 과학기술부와 산업자원부의 투자현황을 살펴보면 과학기술부는 기초연구에 그리고 산업자원부는 개발연구에 50% 이상의 집중 투자를 하고 있다. 이는 핵심원천기술 창출을 정책목표로 삼고 있는 과학기술부와 산업경쟁력 향상을 위한 연구를 정책목표로 삼고 있는 산업자원부 모두 각각의 부처별 정책목표와 부합되어 적절히 투자되

고 있다고 사료된다. 다만, 과학기술부와 산업자원부의 기술 분야별 투자의 차별성은 뚜렷하지 않다. 과학기술부에서는 선진국대비 기술수준이 미약하고 미래원천기술 성격이 강한 나노바이오 분야에 좀 더 투자를 확대시킬 필요가 있다고 사료된다.

연구개발의 단계상 아직까지는 산업화를 강조하기에는 이른 감이 있으나 4 세대적 연구개발의 특성을 고려한 측면의 투자 기획이 필요하다. 즉, 기획단계에 대한 투자를 강화하는 동시에 미래 수요적 측면을 언제나 고려하는 혁신적 정책이 동시에 마련 될 필요성이 있다. 정부의 역할이 단순한 시드(Seeds)를 제공하는 것 뿐만이 아니라 니즈(Needs)를 창출할 수 있도록 유도하여 실용화 및 사업화 장벽을 극복 하도록 해주어야 하며 이를 위하여 특히 민간기업과의 전략적 제휴도 필요하다고 할 수 있다. 단순히 시드적 성격을 가지는 대학의 기초연구에만 몰두하기 보다는 협력 연구에 대한 투자비중을 강화하여 공공부문의 연구개발에 대한 역할분담을 명확히 하고 이를 위한 실효성 있는 투자정책을 마련 할 필요성 있다. 또 한가지 중요한 사항은 90 년대 이전에 그 역할이 중요했던 정부출연(연)의 약화에 따라 이들 연구소의 기능을 원활하게 하기위하여 이들과 산업체와의 협력연구를 활성화하여 많은 시너지 효과를 창출할 수 있도록 유도함이 중요하다고 할 수 있다.

대부분의 사업들이 추구하는 사업의 목적이나 전략목표는 매우 달성하기 어려울 뿐만이 아니라 구체성이 결여되어 있어 측정 또한 곤란한 상황이다. 이들 사업에 대한 투자 효과를 측정하기 위하여는 반드시 사업의 성격이나 분야, 목표에 따라 투자조정과 투자기획이 마련되어야 한다는 점을 감안하여 이들에 대한 재정비가 필요한 상황이라 할 수 있다.

V. 참고문헌

1. “『나노기술종합발전계획 2002』
2. “국가나노기술개발계획 2006
3. “나노기술종합발전계획에 대한 실행계획 수립연구 2001.12
4. “나노기술종합발전계획 체계적 보완기획에 관한 연구, KISTEP, 2006
5. “나노기술영향평가보고서, KISTEP, 2006
6. “국가R&D 기술 기획보고서, KISTEP, 2001.12
7. “2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가결과, 2003.8
8. “2004년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가결과, 2005.8
9. “나노기술개발의 최근동향 2003. 10
10. “국내 나노기술 정보자원 현황 및 수요조사 연구 2004. 3
11. “나노기술발전시행계획 2006.”
12. 나노테크 활용기술의 모든 것, 大英社, 2004
13. 나노기술 정책 및 연구동향, KISTI, 2004
14. 나노기술연감 2004, KISTI
15. “There's Plenty of Room at the Bottom (Richard Feynman)”
- <http://nano.xerox.com/nanotech/feynman.html>
16. “Engines of Creation -The Coming Era of Nanotechnology (K. Eric Drexler)”
- <http://www.foresight.org/EOC/index.html> ~ [EOC_References.html](http://www.foresight.org/EOC/References.html).
17. “Unbounding the Future:the Nanotechnology Revolution(Eric K. Drexler and Chris Peterson)”
- http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/index.html ~ [/Glossary.html](http://www.foresight.org/UTF/Glossary.html)