기획조사 005-038

독일의 나노기술산업 육성 동향 및 시사점

2005.8

kotra 해외조사팀

목　　　차

Ⅰ. 세계 나노기술 동향 /1

1. 전세계적인 동향 /1
2. 주요국 나노기술 동향 /7

Ⅱ. 독일의 나노기술산업 육성 동향 /12

1. 나노기술산업의 경쟁력 분석 /12
2. 독일의 나노기술 R&D 현황 /14
3. 주요 연구지원 및 응용분야 /19
4. 경쟁력 강화 방안 /22

Ⅲ. 시사점 /27

1. 한국의 나노기술 동향 /27
2. 시사점 /29

Ⅰ. 세계 나노기술 동향

1. 전세계적인 동향

□ 나노기술의 중요성에 대한 인식 확산

○ 세계 주요 국가들은 21세기의 혁신 및 경제 번영을 이끌어 갈 핵심기술로 나노기술의 잠재성 및 중요성을 인식하고 일찍부터 다양한 육성 정책을 수립 및 지원

- 세계적인 컨설팅그룹인 Deloitte사도 2005년 기술, 미디어와 통신의 주요 트랜드 중 하나로 나노기술산업의 급부상을 꼽았음

□ 세계 주요국 나노기술 **R&D** 지원 활발

○ 국제적으로 나노기술 R&D 지원이 다각적으로 이루어지고 있으나, 국가마다 접근방법 및 전략이 상이함

- 미국, 일본과 독일과 같은 주요 경제대국의 경우 나노기술(nanotechnology)과 나노과학(nanoscience)의 다양한 분야의 다각적인 연구를 지원하고 있음

- 반면, 경제규모가 더 작은 국가들은 특정 영역에 대한 연구만 중점적으로 지원
  - **한국의 경우 나노전자공학 메모리칩의 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 호주는 나노규모의 광결정(nanoscale photonic)에 대한 연구를 주요 정부 투자 대상으로 선정**

<국가별 나노기술 중점 지원 분야>

국가	재료/제조	전자&광학	에너지&환경	바이오테크/의료	장비 개발	교육
아르헨티나	○					
호주	○	○	○	○		
오스트리아						
벨기에	○	○		○		
브라질	○	○		○		
캐나다	○	○		○		
체크	○	○		○		
EU*)	○	○	○	○	○	○
프랑스	○			○		
독일	○	○		○	○	
인도	○	○		○	○	○
아일랜드	○	○	○	○		
이스라엘	○			○		
이태리	○	○		○	○	
일본	○	○		○	○	
한국	○	○				
멕시코	○					
네덜란드	○	○		○	○	
뉴질랜드	○					
루마니아	○			○		
남아공	○		○	○		
스위스	○	○		○	○	
대만	○	○		○		
영국	○	○		○		
미국	○	○	○	○	○	○

(자료원 : NNI, 2005)

주 : *) EU의 경우 포괄적인 프로그램을 추구하고 있는 반면, 개별 EU회원국은 특정분야를 지원하는 경향이 있음

○ 국가간 협력사업 또한 활발하게 이루어지고 있음

- 미국의 NSF(연방 과학재단) 및 EU는 정기적으로 나노기술 제조방법, 나노기술 혁신, 재료 등 관련 워크샵을 개최

- 일본, 대만 등은 산업협력을 통해서 나노규모의 가장 효율적인 제조 방법 및 적용방법과 기준들을 중점적으로 공동연구

- 미국, EU, 한국과 캐나다는 나노기술 인력 양성에 협력

□ 나노기술의 경제적 영향력 및 파급효과 지대

○ 나노기술 관련 상품시장은 무한대의 잠재력을 보유하고 있음

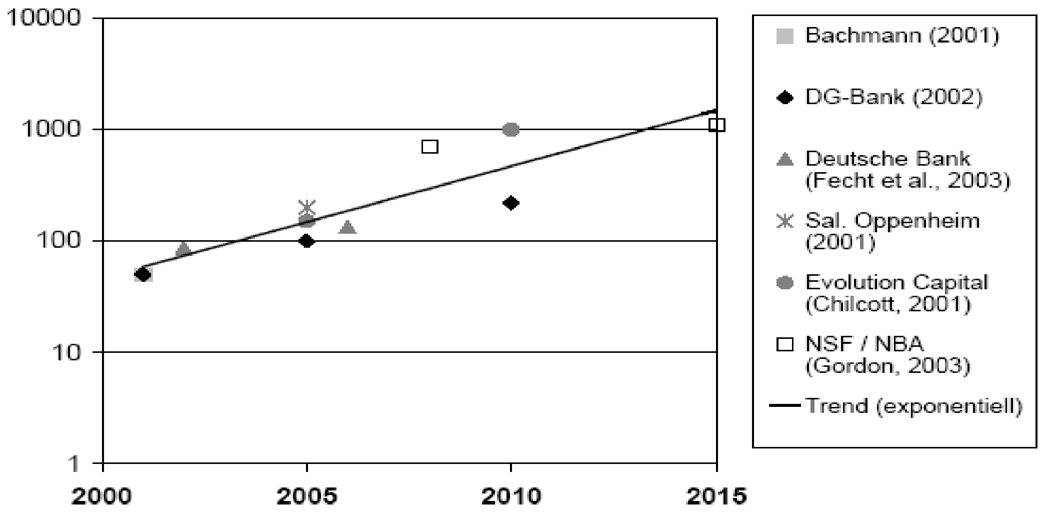
- 나노기술 R&D의 집중 육성을 통한 고부가가치의 품목 개발은 신상품시장 창출 및 확보를 가능케 함

○ 일반적으로 나노기술 시장규모가 2015년에 1조불에 달할 것이라는 전망이 지배적

- 나노기술 관련 제품의 세계시장규모에 대해서는 다양한 예측이 나오고 있으며 그 규모는 2005년 90억불(BCC Business Communication Company 2001년도 전망치)부터 2015년 1조불(National Science Foundation 2001년도 전망치)에 이르고 있음

<주요 컨설팅사별 나노기술시장규모 전망치>

(단위 : 억불)



<나노기술의 정의 >

나노기술은 물질을 나노크기의 수준에서 조작·분석하고 이를 제어할 수 있는 과학과 기술을 지칭

물질을 나노미터(10^{-9}m) 크기인 원자·분자수준에서 현상을 규명하고, 구조 및 구성요소를 조작·제어하는 기술

※ 1959년 미국의 파인만 박사가 소형화의 개념을 처음 제시한 후 1980년대에 개발된 주사형검침현미경을 이용한 미국, 일본, 유럽 각국을 중심으로 본격적인 연구에 착수

※ 나노미터 : 나노는 희랍어인 나노스(난쟁이)에서 유래되었으며, 1 나노미터는 머리카락 두께의 약 5만분의 1

□ 주요 나노기술 응용분야

○ 나노기술의 응용분야로 다음 분야에 대한 집중 투자가 이루어지고 있음

1) 의료분야 : 조기진단을 가능하게 하는 미소환부직접진단, 생체이식기기에의 생체친화성 나노코팅, 장기생체친화성을 가지는 나노조직체, 환부에 직접 약제치료할 수 있는 약제딜리버리 등

2) 정보기술 : 초고밀도 기억매체, 플렉시블 플라스틱 표시장치, 나노엘렉트로닉스, 스핀트로닉스, 전자 컴퓨터 등

3) 에너지 생산, 저장 : 신형 연료전지와 수소저장경량난구조 재료, 고효율저비용태양전지, 단열, 수송, 조명(발광다이오드) 등의 에너지절약 기술 등

4) 재료과학 : 초고강도, 살균력 있고 나노구조를 이용한 재료표면처리기술, 바이오센서와 나노일렉트로닉스 디바이스의 나노고분자 재료, 극한환경에 강한 항공우주산업에의 응용 등

5) 제조기술 : 마이크로 시스템과 소형화 프로세스기술(top down 기술), 원자.분자 수준의 프로세스 응용 기술(bottom up 기술) 등

6) 계측기 : 주사형 터널 전자현미경의 발명 등으로 대표되는 나노기술용 계측장치 등

7) 식.수.환경 : 수입 식품재의 추적을 가능하게 하는 나노라벨, 물, 토양의 오염제거를 하는 광촉매 등과 같은 환경수복기술에의 응용 등

8) 안전 : 분자.원자 수준에서의 생물.화학물질 탐지, 나노테그에 의한 화폐위조방지, 데이터 통신 암호화 기술 등

※ 연구영역

대 분 류	중 분 류	소 분 류
나노공정 (nano-processing)	화학적 방법	전구체 합성, 자기조립, 용액화학(sol-gel), 화학증착, 화학증기응축(CVC), 식각
	물리적 방법	물리증착, 열분해, 증발-응축, 아크, 식각
	기계적 방법	기계적 합금화, 강전단변형, 분쇄(극저온분쇄)
	광학적 방법	리소그라피, 광합성
	생체적 방법	자기복제, 생체모사공정
	기타	기계화학적 공정(MCP)
나노구조 (nano-structuring)	0차원 구조체	양자점, 나노분말, 나노석출체(분산체)
	1차원 구조체	양자선, 나노튜브, 극미세사
	2차원 구조체	양자우물, 나노박막(단층/다층, 단일/복합), 층상화합물, 표면개질
	3차원 구조체	벌크(치밀체, 다공체), 자기조립체, 복합체
	기타	분산체(자성유체 등), 경사구조체
나노기능 (nano-functions)	기계적 기능	고강도, 고경도, 고인성, 저마찰, 고탄성, 분리
	전자적 기능	단전자 거동, 전자방출
	자기적 기능	스핀거동, 정보저장
	화학적 기능	분자검진, 촉매, 분리막, 수송전달체
	광학적 기능	형광, 발광, 분광, 비선형 광학기능
	열적 기능	열차폐성, 난연성, 내열성
	생체적 기능	분자인식
나노부품 및 시스템 (nano-components & systems)	나노소자	단전자 소자, 나노 CMOS, 스핀소자, 나노광소자, 분자소자, 생체소자
	나노센서	화학나노센서, 바이오센서, 자기나노센서, 광센서, 역학센서
	lab-on-a-chip	바이오칩, DNA 칩
	NEMS	나노구동기
	에너지시스템	태양전지, 연료전지, supercapacitor
나노기반 (nano -infrastructures)	측정장비개발	제어시스템(위치 등)
	나노측정	물성・구조(결함 포함) 및 성분 분석
	전산모사	나노수준 모사(물성, 기능, 공정)
	인력 양성	연구계 및 산업계에 종사할 인력 양성, 재교육

(자료원 : 과학기술부 나노기술종합발전계획안)

2. 주요국 나노기술 동향

□ 주요국 나노기술 연구 지원 현황

○ 유럽, 미국, 일본 등은 나노기술을 21세기를 주도할 핵심기술로 판단하고 정부 및 민간차원에서 투자를 지속 확대

- 지난 8년간 지역별 나노기술 R&D 투자가 9배 이상 급증
  · 1997년 432백만불 → 2005년 약 41 억불

<1997-2004년 지역별 나노기술 R&D 투자 현황>

(단위 : 백만불)

지역	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
EU	126	151	179	200	~225	~400	~650	~950	~1,050
일본	120	135	157	245	~465	~720	~800	~900	~950
미국	116	190	255	270	465	697	862	989	1,082
기타	70	83	96	110	~380	~550	~800	~900	~1,000
총	432	559	687	825	~1,535	~2350	~3,100	~3,700	~4,100
증가율*)	**100%**	**129%**	**159%**	**191%**	**355%**	**547%**	**720%**	**866%**	**945%**

(자료원 : National Science Foundation) *) 증가율은 1997년 대비 증가율

○ 유럽, 미국, 일본 중 선두주자를 가려내기가 어려운 상황이지만 대체로 다음과 같은 경쟁 동향을 보이고 있음 :

- 1997-1999년간 나노과학 관련 논문수는 세계의 32%를 차지하는 반면, 미국은 24%, 일본은 12%를 차지하고 있음

- 반면, 산업화와 직결되는 나노기술의 특허수(1991-1999년)를 보면, 유럽의 특허비율은 세계의 36%로 미국의 42%보다 낮고, 기술개발 성과의 산업화에서도 뒤떨어지고 있음

□ 미국

○ 미국은 2000년에 클린턴(Clinton) 정부가 나노기술을 국가기술전략사업으로 선정함에 따라 예산을 매년마다 확대 편성하고 있음

○ 미국의 이러한 장기적인 투자 계획은 “21st Century Nanotechnology Development Act"에 의해서 뒷받침되며 2005-2008년간 총 37억불을 5개의 기관(NSF, DoE, NASA, NIST, EPA)에 지원할 수 있도록 배정

- 부시 대통령의 요청에 따라 2005년도 나노기술 R&D 예산으로 총 9.8억불을 요청하였으나 National Nanotechnology Initiative의 추측에 따르면 총 예산은 12.3억불에 이를 것으로 전망

<미국 주요 기관별 나노기술 R&D 예산 지원 현황>

(단위 : 백만불)

기관	2003	2004	2005	2006
National Science Foundation	221	256	338	344
Department of Defense	403	394	407	230
Department of Energy	134	202	210	207
Health and Human Services (NIH)	78	108	143	145
Department of Commerce	64	77	75	75
NASA	36	47	45	32
US Department of Agriculture	5	2	3	8
Environmental Protection Agency	5	5	5	5

Health and Human Services(NIOSH)			3	3
Department of Justice	1	2	2	2
Department of Homeland Security		1	1	1
총	943	1,094	1,230	1,052

자료원 : NNI

□ 일본

○ 일본 정부는 1980년대부터 나노기술 연구를 지원해왔으며 2001년에 주요 연구 분야로 선정

- Hayas Ultra-fine Particle ERATO 프로젝트(1981-86)
- Yoshida Nano-mechanism ERATO 프로젝트(1985-1990)
- Quantum Functional Devices(1991-2001)
- Ultimate Manipulation of Atoms and Molecules(1992-2002)
  - **일본의 경제산업성이 지원하고 있는 최대 나노테크 프로그램으로서 10년간 총 250백만불 지원**

○ 일본 경제산업성이 지원하고 있는 나노기술 프로그램은 4가지 분야, 즉 소재, IT, 생활 과학 및 환경에 초점을 맞추고 있음

○ 일본정부가 나노기술 R&D에 편성된 2003년도 예산은 약 8억불이었으며 이중 경제산업성의 예산은 372백만불 차지

- 이는 2002년 대비 20%이상 증가한 수치이며, 2001년 대비 85% 증가한 수치임

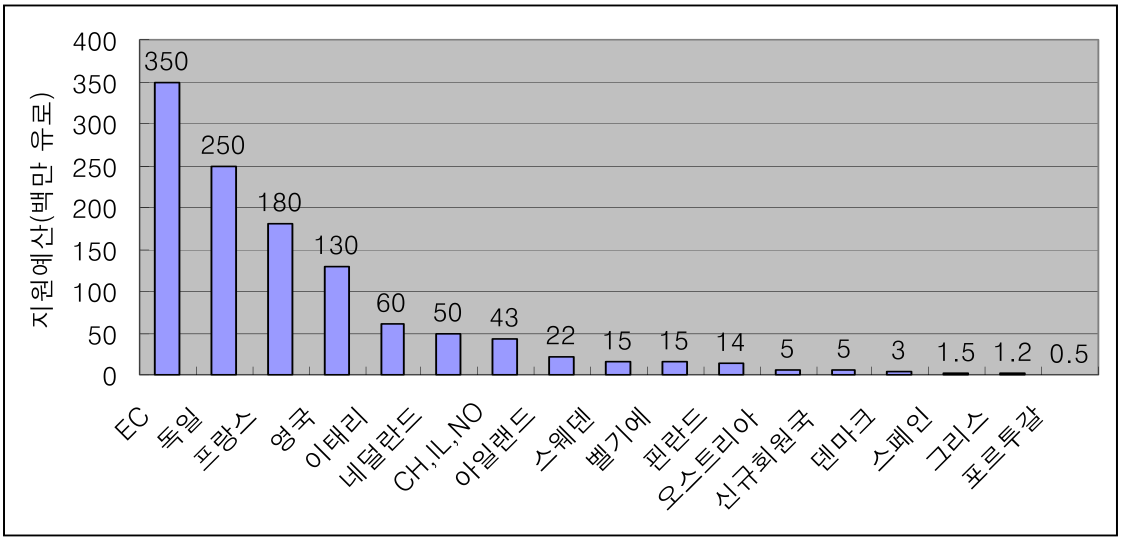
□ EU

○ 유럽 국가들은 나노기술의 잠재성을 이른 단계에 인식하여 1990년 후반부터 나노과학 연구 프로그램을 지원해왔음

- 특정 나노기술 연구개발 관련 계획이 없는 국가도 생명공학, 마이크로기술 등 관련 있는 분야와의 연계를 통하여 연구를 지속적으로 수행

<EU 주요 국가별 나노기술 지원 예산 현황(2003년)>

(단위 : 백만 유로)



자료원 : EU 집행위원회

○ EU 집행위원회의 연구 DG(Research Direction Generale)는 범유럽차원의 나노기술 지원을 위하여 미국과 일본의 수준에 버금가는 2003년 기준 약 700백만 유로의 예산을 편성

- EU 집행위원회는 제 6차 EU 연구개발지원 프로그램(FP6) 하에서 나노기술관련 연구 활동에 2006년까지 연간 700-750 백만 유로를 지원

- 제 7차 EU연구개발지원 프로그램안은 나노기술 R&D에 2007년-2013년 간 총 4270백만 유로를 배정할 계획

○ 나노기술 R&D의 지원 수준은 EU회원국마다 상이한 것으로 나타남

- 독일은 연간 약 250백만 유로씩 지원함으로써 유럽 내에 가장 높은 예산을 지원하고 있는 반면 스페인과 그리스는 그 규모가 각각 1.5백만유로와 1.2백만유로에 불과함

- 영국정부도 2003-2009년까지 총 540백만 파운드(연간 약 130백만 유로)를 나노기술 R&D에 지원하기로 결정

<영국 정부의 나노기술 지원 계획(2003-2009)>

(단위 : 백만 파운드)

예산출처	금액
Research Councils	180
Government via MNT Initiative	90
Industry	90
Regional Development Agencies	180
총	540

자료원 : Evidence Q15

Ⅱ. 독일의 나노기술산업 육성 동향

1. 독일 나노기술산업의 경쟁력 분석

□ 독일 나노기술산업 경쟁력 현황

○ 독일은 대부분의 첨단기술 분야의 토대를 형성하였을 뿐만 아니라 이 기술을 응용한 신제품의 개발 및 활용은 세계 최고의 수준을 자랑하고 있음

○ 나노기술 R&D 분야에서 독일은 미국과 일본과 비슷한 위치에 있으나 나노기술의 응용 및 상업화 면에서 아직 미국에 뒤처지고 있는 것으로 나타남

- 나노기술 관련 논문 및 특허 등록수 등을 보면, 독일은 응용 및 제품 관련 R&D 분야보다는 나노기술의 과학적인 부분을 더 중점적으로 다루고 있음
  - **일본보다 과학적인 접근의 논문수가 적으며 미국에 비해 응용 부분을 덜 중요시하고 있음**

□ 독일산업에 있어서 나노기술의 중요성

○ 독일의 주요 산업인 자동차산업, IT, 화학, 약학산업, 광학 등에 있어서 제품의 미래 경쟁력은 나노기술의 개척에 달려 있음

- 2002년 기준 화학산업, 기계제조, 전기전자산업, IT 및 통신기술, 자동차제조업이 총 GDP의 36%이나 차지

- 동 산업의 수출이 독일의 총수출에서 차지하는 비중이 50% 육박하고 있으나 R&D 비집약적인 산업 분야는 약 25% 차지

○ 나노기술과 같은 핵심기술은 독일 경제의 주요산업들의 성장뿐만 아니라 고용창출 효과와도 연결되어, 장기적으로 독일 경쟁력의 원동력으로 작용할 전망

○ 다른 저임금국에 비해서 경쟁력을 유지하기 위해서는 기술과 혁신과 같은 부문에 투자 확대할 필요가 있음

- 국가경쟁력이 얼마나 첨단기술의 개발 및 활용에 근거하고 있는지는 미국의 예가 보여주고 있음 : 개인 자본의 60% 이상은 1970년 이후에 형성되어 세계 최대 기업들이 생긴지 30년도 안 되었으며 대부분은 기술기업들로서 혁신적인 기술을 생산하고 상품화하고 있음

□ R&D를 통한 나노기술의 시장성 및 고용창출 효과

○ 나노기술의 경제효과는 약 1000억 유로, 즉 50만개의 일자리에 달할 것으로 추정되고 있음

○ 일반적으로 나노기술시장은 몇 개 분야에 한정되어 있으며 가장 많은 영향을 받을 산업은 오늘날 가장 많은 인원(약 2백만명)을 고용하고 있는 IT산업, 자동차산업 및 화학산업임

- 이들 산업의 국제 경쟁력은 기술 혁신을 통해 경쟁자들보다 소비자 수요에 발빠르게 대비하는 지식 및 연구 집약적인 산업분야에 기초하고 있음

○ 광학, 생명공학, 의약 등과 같은 R&D 집약적인 부문에서도 나노기술의 역할이 커질 전망이며 미래 제품의 시장 포지셔닝(market positioning)에 있어서 결정적인 역할을 할 것임

2. 독일의 나노기술 R&D 현황

□ 독일 내 나노기술 연구 지원 현황(종합)

○ 2004년 독일 내에서 나노기술 개발 및 연구에 지원된 금액이 290 백만 유로로 2002년 대비 25.3% 증가, 정부 및 연구소 지원이 매년마다 증가하고 있는 것으로 나타남

<독일 내 나노기술 지원 현황>

(단위 : 백만 유로)

	2002	2003	2004	2005
독일 연방교육연구부 지원	73.9	88.2	123.8	129.2
독일 연방경제노동부 지원	21.1	24.5	24.5	23.7
연구소 지원	143.1	144.2	144.8	145.4
총 지원금액	238.1	256.9	293.1	298.3

자료원 : 독일 연방교육연구부

□ 독일 정부 나노기술 연구 지원 현황

○ 독일 연방교육연구부는 1980년대부터 “소재연구 및 물리학적 기술 개발”이라는 프로그램 하에서 나노기술 관련 R&D를 지원해왔음

- 중점 연구분야는 나노소재의 생산, 나노분석화학 분석방법

개발 등

- 그 이후 나노기술 관련 연구는 다른 분야와 연계하여 이루어지기도 함

○ 1998-2004년 사이에 나노기술 연구지원금이 4배로 급증하여 총 130백만 유로에 이르게 되었음

<독일 연방교육연구부 나노기술 프로젝트 지원 현황>

(단위 : 백만 유로)

	1998	2002	2003	2004	2005
나노소재		19.2	20.3	32.7	38.1
생산기술		0.2	0.8	2.2	2.2
광학기술		18.5	25.2	26	26
초소형 기계제작기술		7	7	9.4	10.2
통신공학		4.3	4	3.6	3.4
나노전자공학		19.9	25	44.7	46.2
나노생물공학		4.6	5.4	5	3.1
혁신 및 기술 분석		0.2	0.5	0.2	
총	27.6	73.9	88.2	123.8	129.2

자료원 : 독일 연방교육연구부

○ 그 외에도 독일 정부는 중소기업들의 나노기술개발관련 혁신능력 개발 프로그램 PRO INNO를 지원하여 2001년 기준 총 6백만 유로의 예산을 배정

□ 독일 정부 지원 나노기술 네트워크 현황

○ 1998년 독일 연방교육연구부는 1998년에 연간 약 2백만 유로가 지원하며 6개의 Kompetenzcenter를 설립

- 2003년 가을 기준 9개의 KC가 지역 클러스터와 연계되어 나노기술의 주요 분야와 협력사업을 추진 :

  · Dresden (Ultrathin functional layers)
  · Saarbruecken (Nanomaterials : Functionality by chemistry)
  · Braunschweig (Ultraprecise surface processing)
  · Muenster (Nanobioanalytics)
  · Hamburg (HanseNanoTec)
  · Muenchen (Nanoanalytics)
  · Berlin (Nanostructures in optoelectronics-NanOp)
  · Kaiserslautern (NanoBioTech)
  · Karlsruhe (NanoMat)

- Kompetenzcenter의 주요 목적은 잠정적인 사용자와 나노기술 연구원간의 최적의 매치메이킹(match-making)을 통하여 나노기술 관련 지식과 혁신 과정을 효율적으로 통합하여 상업화하는 것임

- 현재 대학교(29%), 연구기관(23%), 대기업(12%), 중소기업(31%) 및 금융계, 컨설턴트 및 협회(5%) 등 총 440개의 가담자가 네트워크에 참여하고 있음
  · **특히 중소기업에게는 네트워크를 통한 정보교류가 최신 나노기술 개발 동향 파악하는데 많은 도움이 되고 있음**

○ 독일 정부에서 지원된 네트워크 이외에도 목적 및 지역에 따라 네트워크가 따로 형성되고 있음

- 주로 대학교와 연구기관들이 지역 네트워크를 형성하여 나노기술 연구를 공동으로 수행하고 있음
  · **CeNS(Muenchen), CINSAT(Kassel), SNI(Julich), CFN (Karlsruhe)**

□ 나노기술 관련 연구소 현황

○ 독일의 4대 연구소인 Max Planck협회(MPG), Fraunhofer연구협회(FHG), Helmholtz연구소(HGF)와 G.W. Leibniz협회(WGL)에서도 다양한 연구프로젝트 및 워킹 그룹(working group)을 통하여 나노기술 관련 연구를 수행하고 있음

<주요 연구소별 나노기술 관련 연구 지원현황>

(단위 : 백만 유로)

	2002	2003	2004	2005
DFG 독일 연구협회	60	60	60	60
WGL G.W. Leibniz 협회	23.7	23.6	23.4	23.5
HGF Helmholtz 연구소	38.2	37.1	37.4	37.8
MPG Max Planck 협회	14.8	14.8	14.8	14.8
FhG Fraunhofer 연구협회	4.6	5.4	5.2	4.9
Caesar	1.8	3.3	4	4.4
총	143.1	144.2	144.8	145.4

자료원 : BMBF

○ 라이브니쯔(G.W. Leibniz) 협회, 헬름홀츠 연구소(HGF), 막스 플랑크 협회(MPG)의 중점 연구 분야는 나노소재/재료인 반면, 프라운호퍼 협회(FhG)는 나노기술의 모든 분야에 대해서 연구를 수행해왔음

□ 나노기술 관련 기업 지원 현황

○ 연구소 외에도 Infineon, DaimlerChrysler, Carl Zeiss, Siemens, BASF, Bayer, Henkel, Schott사 등 다수의 대기업들이 나노기술 관련 연구를 수행하고 있음

○ 대부분의 화학기업들은 나노소재 개발 연구에 종사하고 있

으며 다음과 같이 다양한 방법으로 연구를 수행하고 있음 :

(1) 기술 연구, 개발 및 마케팅의 아웃소싱

- Henkel사의 경우 나노소재 개발 및 응용과 마케팅을 Sus Tech사와 Phenion사에(다암슈타트(Darmstadt)과 프랑크푸르트(Frankfurt) 대학교와의 협력 하에) outsourcing 하고 있음

(2) 지역 대학교와의 연구 협력

- Degussa사는 나노기술 적용방법부터 시작해서 나노기술 관련 제품들의 응용단계까지의 연구를 지역 대학교들과의 협력을 통해서 이루고 있음

(3) 연구 및 특허 등록의 토탈 아웃소싱

- Bayer AG는 나노기술의 연구 수행 및 특허 등록 등의 토탈 아웃소싱을 전담회사인 Sunyx에 맡김

(4) 기업 내부 나노기술 연구부서 설치

- Infineon AG는 기업 내부에 나노기술 연구부서를 설치하여 나노기술 연구 수행 및 연구성과의 적용 및 응용을 전적으로 담당하게 함

○ 대기업은 주로 매출기대가 높은 시스템 솔류션(system solution)에 관심이 있는 반면, 중소기업들은 주로 제조, 분석, 기계기술 등에 집중하고 있음

- 예를 들면, Nanogate Technologies GmbH는 다양한 용도의 나노소재(easy-to clean 표면물질, 미접착 물질 등)를 개발하였으며, HL-Planar사는 마이크로 시스템을 위한 초미세 막 분야의 다양한 센서와 매개체의 개발을 위하여 나노기술을 응용하고 있음

○ 그 외에 다양한 대학교 및 연구소에서 배출한 창업기업들이 독일 내에 나노기술 응용 및 연구 관련 주체로 활동하고 있음

3. 주요 연구지원 및 응용분야

□ 나노기술 강점 분야

○ 독일은 화학, 자동차제조, 전자, 광학, 생명과학에 강점을 보유하고 있으며 이 분야에서 나노기술의 연구를 적극 지원하고 있음

(1) 나노전자공학

○ 전자공학은 오늘날 대부분의 혁신기술의 토대를 이루고 있으며, 관련 독일 전자제품 및 부품 시장은 약 200억 유로에 달하고 있음

- 현자 전자제품 시장은 CMOS(금속산화물반도체) 기술에 의해서 지배가 되고 있지만, 2006년까지 나노전자공학의 비중이 총 CMOS시장의 10%를 차지할 것으로 전망

○ 전자산업은 모든 제조산업 중 창출부가가치가 가장 높으며

혁신기술 제품들을 세계시장에 출시하기 위해서는 전자공학이 가치사슬의 주요 부분을 차지하고 있으며 미래에도 그 중요성이 변함없을 것

(2) 자동차산업

○ 자동차제조산업에서 나노기술의 시장성에 대해서는 아직까지 기대치가 낮은 것으로 나타남

- 다양한 모델의 시리즈 기술개발 기간 및 혁신기간이 매우 길기 때문에 시장성이 낮게 평가되고 있는 상황

○ 그럼에도 불구하고 나노기술은 자동차산업에서 다양하게 활용 및 응용되고 있으며 장기적으로 나노기술 노우하우(know-how)가 특히 환경관련 부분(에너지 절감형 엔진 개발, 유해물질 감축 등) 및 안전과 편의(디자인, 엔터테인먼트 등)에서 경쟁 우위를 확보할 것으로 전망

○ 독일 자동차산업은 세계 최고의 수준을 자랑하고 있으며 독일 경제 성장의 원동력

- 지난 10년동안 자동차 제조업계의 매출은 약 80% 증가하여, 타 산업에 비해 무려 4배 이상의 증가를 시현
  · **2001년 기준 총 77만명의 노동자들이 약 2020억 유로의 매출을 달성**

- 세계 자동차시장에서 차지하는 비중은 외국기업과의 M&A를 포함해서 약 23%
  · **전세계에 판매된 독일 자동차는 약 7.3억 대로, 향후 인도와 중국의 자동차수요는 약 6억 대로 추정**

- 독일 자동차산업의 경쟁력은 첨단기술 개발을 통해서만 유지가 가능하며, 이를 위해서 신기술 R&D에 집중적으로 투자할 필요가 있음

(3) 광학산업

○ 독일 광학산업은 IT 및 통신기술, 의학, 생물학, 조명기술 및 감지기술 등 다양한 미래산업과 연관되어 있으며 세계의 광학산업을 주도하고 있음

- 광학산업에서 나노기술의 시장성은 반도체 관련 초미세 광학, LED, 디스플레이 분야에 있음

○ 이러한 위치를 유지하기 위해서 관련기업들이 연간 총 매출액의 9%를 R&D에 투자하고 있음

- 새로 개발된 첨단제품을 통하여 매출규모가 연간 10-15% 성장할 것으로 전망

○ 광학산업의 경제적인 잠재력은 무한하며, 일반 조명의 세계시장 규모는 총 120억 유로로, 독일시장이 이중 약 5억 유로를 차지하고 있음

- 관련제품의 세계 매출은 2006년 수십억불에 이를 것으로 예상

(4) 생명과학산업

○ 생명과학분야는 장기적으로 나노기술의 제일 중요한 시장으로 평가받고 있으나, 현재까지 화학, 광학 혹은 전자 분야의

나노기술 제품보다는 매출 잠재력이 낮게 분류되고 있음

○ 독일의 생명과학 분야는 1990년대부터 급격하게 발전해왔으나, 아직 유럽은 미국에 뒤처지고 있는 상황

- 전세계적으로 약 4,300개의 생명공학 관련 기업들이 존재하고 있으며 이중 360개가 독일에 위치
  · 대부분의 관련 업체는 고용인원이 50명 미만인 중소기업

○ 생명과학 분야에 대한 R&D 투자가 활발하게 진행되고 있으며, 2002년에 600개의 상장사들이 약 220억불을 R&D에 투자하여 총 450억불의 매출을 기록

4. 경쟁력 강화 방안

□ SWOT 분석을 통한 나노기술의 강점과 약점 파악

○ 나노기술 개발 및 상업화의 국제 경쟁이 치열해질 것으로 전망되고 있는 가운데 독일은 이러한 경쟁에서 살아남기 위해서 약점을 극복하고 위협에 적절하게 대처해야 함

○ 독일 나노기술산업은 연구분야에서 다른 국가들에 비해서 우위를 차지고 하고 있는 반면, 연구결과의 활용 및 상업화에는 미국과 일본에 뒤처지고 있음

- 독일은 연구 및 연구결과물의 상업화 여건이 탁월함에도 불구하고 제대로 활용하지 못한 것으로 나타남

<독일 나노기술의 SWOT 분석 결과>

Strengths	Weaknesses
- 많은 소기업들이 나노기술 관련 분야에 참여 - 특히 화학/재료 분야에서 강점을 보유하고 있음 - 나노기술 연구분야에서 우위를 차지	- 나노기술 관련 분야에 종사하고 있는 중형기업들이 상대적으로 적음 - 전통적으로 강한 산업(기계산업 등) 의 나노기술 참여율이 약함
Opportunities	**Threats**
- 향후 특출한 연구결과의 상업화에 대한 투자가 더 요구됨	- 나노기술에 대한 충분한 투자가 향후 나노기술 발달에 관건 - 관련인력 혹은 협력파트너가 아직 턱없이 부족한 상황

자료원 : Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, 2005

□ 연구기관과의 협력사업 추진

○ 경쟁력 있는 연구기관과의 R&D 협력사업 추진을 통해서 서로의 강점을 활용함으로써 제품 혁신기간의 단축, 시간경영 개선, 비용 및 위험 분담, 노우하우(know-how) 공유

- 이를 통해서 연구기관의 경쟁력 향상, 기업 창업의 적극적인 지원 및 육성

○ 이미 주요국들은 나노기술 산업단지 설립, 각종 연구프로그램 지원 등을 통해서 나노기술 R&D를 적극적으로 지원해오고 있음

□ 기술·과학적인 기초연구 기반 확장

○ 기초연구는 모든 혁신의 근거가 되며, 나노기술 연구 분야에서 경쟁력 유지하기 위해서는 기초연구를 통한 구체적인 응용분야 파악이 중요하며 이와 관련된 나노기술 연구 인프라의 개발·확장 필요성 대두

- R&D를 통한 나노기술 관련 지식 확충, 타 분야와의 연계를 통한 지식기반 구축

□ 국제적인 협력가능성 발굴 및 활용

○ 나노기술 연구 분야에서의 국제적인 협력을 통해서 외국과의 경제협력관계 또한 증진될 수 있음

○ 독일정부는 이를 위해서 EU차원에서 지원되고 있는 FRP-6프로그램을 적극 활용할 것을 기업들에 권고하고 있음

□ 중소기업들의 역할 확충

○ 중소기업들은 독일 경제 및 혁신의 주요 원동력이긴 하지만, 연구개발 능력이 대기업 비해서 현저하게 떨어지기 때문에 정부 지원 및 연구 결과에 대한 접근 가능성을 열어줄 필요성 대두

○ 최근 몇 년간 나노기술 관련 젊은 기업들이 많이 생겨났으며, 나노기술 R&D에 대한 관심 또한 지대

- 이미 100개 이상의 중소기업들이 나노기술 클러스터에 참여

○ 특히 프로젝트 구성, 시스템 통합, 특허 등록 및 판매에 있어서 중소기업들은 정부의 지원이 절실히 필요함

□ 회사 설립 절차 간소화 및 산업단지 참여 지원

○ 나노기술 분야의 창업을 대학교와 연구소를 통해서 지원함으로써 이 분야의 기업설립을 초기 단계부터 보장하고 있음

- 대학생들의 나노기술 창업 붐이 두드러지고 있으며, 현재 약 40개의 회사들이 대학교를 통해서 설립되었음
  · 이는 나노기술 Kompetenzcenter의 적극적인 지원을 통해서 가능

○ 독일 기업뿐만 아니라 해외기업들도 산업단지에 참여할 수 있도록 지원하고 있음

- R&D 강자인 독일에서 해외기업들이 과학 및 기술 집약적인 분야에 특화를 하기 위해서는 나노기술 관련 기초연구 결과물을 적극 활용할 필요가 있음

- R&D의 기반 확충을 통해서 국내 산업 및 연구 인력의 해외유출 또한 막을 수 있음

○ 지난 몇 년간의 긍정적인 발전에도 불구하고 나노기술 분야의 큰 부분을 차지하고 있는 젊은 나노기술 업체들의 기반이 아직 약함

- 이들 기업에 자하기 전에 나노기술의 연구결과를 활용 및

응용단계까지 발전시켜 나가야 하기 때문임

□ **나노기술 연구 인력 양성**

○ 현재 나노기술은 초기 연구 및 응용 단계에 있기 때문에, 아직 연구 인력이 턱없이 부족한 상황

○ 젊은 나노기술 연구 인력을 초기단계부터 양성하는 것이 향후 나노기술의 발전 및 경쟁력을 크게 좌우할 것이라는 견해 확산

- 대학교에 나노기술 과정 신설, 타 학과(물리, 화학 등)간의 연계를 통하여 나노기술 교육 강화

Ⅲ. 시사점

1. 한국의 나노기술 동향

□ 한국 정부, 전략적으로 나노기술산업 육성

○ 정부는 나노기술 개발 촉진을 위하여 2002년 12월에 "나노기술개발촉진법"을 제정, 2003년 "나노기술종합발전계획"을 수립 나노기술을 전략적으로 육성할 계획

○ 한국 정부는 2010년까지 세계 5대 NT강국 진입을 목표로 3단계를 거쳐 나노기술 관련 연구, 교육 및 인프라에 꾸준히 투자를 하여 국내 나노기술 기반 구축, 나노기술 선진국 입지확보

- 2006년까지 국내 나노기술 연구를 나노기술 선진국인 미국, 일본, EU국가들의 나노기술 R&D 수준의 50%, 2010년까지 80% 수준까지 끌어올릴 것을 목적으로 하고 있음

- 현재 제 2단계에 돌입

[각 단계별 나노기술종합발전계획]

1단계(2001～2004)	2단계(2005～2007)	3단계(2008～2010)
○ 시급하고 핵심적 기술 연구 중점추진 ○ 저변확보 차원의 연구준비 및 시설·인력 양성 ○ 정부지원중심의 연구추진	○ 타분야 파급효과가 큰 기술 분야 연구 추가착수 ○ 핵심기술의 연구결과에 대한 산업적 활용 모색 ○ 민간공동 참여유도	○ 기술개발결과의 산업적 활용 착수 ○ 비교연구분야 연구의 확대 발굴·추진 ○ 민간중심 상품화 유도

(자료원 : 나노기술종합발전계획)

□ 한국 나노기술 개발 및 상용화 선진기술국에 비해 떨어짐

○ 이런 정부의 노력에도 불구하고 우리나라의 나노기술 개발 및 상용화 수준은 미국, EU국가들에 비해 뒤처지고 있는 상황

○ 뿐만 아니라 이미 아시아지역 내에서 한국은 나노기술 관련 논문수 및 특허 등록건수에서 일본 및 중국에 비해 뒤처지고 있는 것으로 나타남

- 나노기술 핵심기술논문 건수 : 한국 1,263편, 일본 3,010편, 중국 3,621편

- 나노기술 특허등록건수 : 한국 952건, 중국 1,009건, 일본 3,440건

□ 선진국과의 충분한 국제협력 및 네트워킹 부재

○ 한국은 응용과학기술 분야에 강점을 보유하고 있으나 전통산업 기반이 미국, 일본 등에 비해 취약할 뿐만 아니라 이 분야에 선진 기술을 보유한 국가들과의 국제협력 및 네트워킹이 충분히 이루어지고 있지 않음

- 나노기술 세계 5대 강국에 진입하기 위해서는 선진기술 보유국과의 국제협력과 네트워킹을 통하여 나노과학 및 나노기술 기반 확충

- 최근 한-중 과학기술위원회에서 양국간 나노기술 공동 연구를 위하여 한-중 나노 공동 연구센터를 카이스트에 설치하기로 합의

2. 시사점

□ 나노기술의 성장 잠재성의 활용

○ 나노기술이 적용된 상품의 대규모 상업화는 아직 몇 년이 더 지나야 가능하겠지만 나노기술은 향후 상당한 성장 잠재력을 보유하고 있음

- 10년 후 세계 나노기술 시장규모는 약 1000억 유로로 추정

○ 이러한 성장잠재성이 있는 분야를 충분히 검토 및 활용할 필요가 있으나, 현재 우리나라는 특정 분야의 연구에만 투자하고 있는 상황이며, 상용화 면에서도 아직 미국, 일본, EU국가 등에 비해 뒤처지고 있는 상황

□ 미국, EU국가 등과 전략적 및 지역적 협력관계 구축

○ 국가마다 주력하는 나노기술 분야가 다르기 때문에 서로 정보 공유하는 차원에서 선진기술 보유국과 전략적으로 협력관계를 구축할 필요성 대두

○ 이미 미국과 EU국가들은 공동 연구 프로젝트 등을 지원하고 있으며, 한국도 최근에 중국과 공동 연구 센터 설립을 추진하기로 한 바 있음

□ 강점 보유 나노기술 연구 분야 집중 육성

○ 한국의 주력 연구 분야(메모리칩 등)를 한정시키지 않은 상황

에서 중점 연구 분야를 정하여 집중 투자함으로써 대표 산업으로 육성

○ 동시에 미래 유망 산업에 대한 연구개발, 교육 등에 대한 투자를 확장시킬 필요 있음

□ 나노기술 전문인력의 체계적 양성

○ 현재 나노기술은 초기 연구 및 응용 단계에 있기 때문에, 아직 연구 인력이 턱없이 부족한 상황

○ 젊은 나노기술 연구 인력을 초기단계부터 양성하는 것이 향후 나노기술의 발전 및 경쟁력을 크게 좌우할 것이라는 견해 확산

- 대학교에 나노기술 과정 신설, 타 학과(물리, 화학 등)간의 연계를 통하여 나노기술 교육 강화

작 성 자

◈ 김한나 책임연구원 (해외조사팀)

독일의 나노기술산업 육성 동향 및 시사점

발행인 : 홍기화
발행처 : KOTRA
인쇄처 : 학림사 02)752-0463

발행일 : 2005년 7월

주 소 : 서울시 서초구 염곡동 300-9
(우 137-749)
전 화 : 02)3460-7114(대표)
홈페이지 : www.kotra.or.kr

Copyright ⓒ 2005 by kotra. All rights reserved.
이 책의 저작권은 kotra에 있습니다.
저작권법에 의하여 한국 내에서 보호를 받는
저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금합니다.