

한·미·일 공공부문의 나노기술 네트워킹 현황

산업혁신팀 이광호 부연구위원(leekh@stepi.re.kr)

서울대학교 재료공학부 BK21사업단 이상범 박사(sblee72@keti.re.kr)

1. 머리말

나노기술은 20세기 말부터 본격적인 연구가 시작되어 현재는 IT, BT와 더불어 우리나라의 차세대 성장 동력에 있어서 반드시 필요한 요소기술로 여겨지고 있다. 이는 나노기술 그 자체로서 산업에 응용되는 효과도 크지만, 기반기술로서의 특징도 가지고 있어서 타 기술과의 융합을 통해 전방위적으로 새로운 산업혁신을 불러올 수 있기 때문이다. 따라서 세계 각국 정부들은 나노기술을 국가적 전략기술로 인식하고 각종 주도 프로그램들을 만들어 집중적으로 지원하고 있다. 우리나라도 2001년 7월에 수립된 '나노기술종합발전계획'에 의해 10년 간 약 1조 4,500억원(정부 8,700억원, 민간 5,800억원) 이상을 투입하여 세계 5위 이내의 나노기술 선진국으로 도약할 계획을 가지고 있으며, 이를 제도적으로 뒷받침하기 위해 2002년에 특별법인 '나노기술개발촉진법'을 제정하여 나노기술 육성에 대한 확고한 의지를 나타내고 있다.

그러나 현재 우리나라의 나노기술 경쟁력은 <표 1>에 나타난 바와 같이, 정부예산 및 기술수준, 연구기반, 연구인력, 산업화 정도에서 일부 반도체 관련 분야를 제외하고는 주요 경쟁국들에 비해 현격한 차이로 뒤쳐져 있음을 알 수 있다. 이는 나노기술이 비교적 최근에 집중적인 관심을 받아온 것을 고려하더라도, 다학제적인(interdisciplinary) 특성을 갖는 나노기술의 기초 기반을 아직 갖추지 못하고 있음을 의미한다. 또한 미국은 모든 나노기술 분야에서 전방위적인 주도권을 갖추기 위해 전략적인 노력을 하고 있지만, 미국을 제외한 그 밖의 국가들은 자국의 역량에 맞는 특정한 분야에 집중하고 있다. 따라서 한정된 인력과 자본을 가지고 있는 우리나라 역시 다양한 정보의 네트워킹과 국제간의 유효한 협력을 통해 부족한 나노기술의 기반을 메우고 연구개발의 효율성을 최대한 높일 수 있어야 한다.

<표 1> 선진국 대비 한국의 나노기술 경쟁력

구 분	미 국	일 본	E U	한 국
국가전략 (수립연도)	NNI (2000)	n-Plan21 (2001)	6th FP 中 일부	나노기술종합 발전계획 (2001)
정부예산 (2004년)	1조 188억원 ¹⁾	9,396억원 ²⁾	3,640억원 ³⁾	2,744억원
기술수준	상	상	중상	중
연구기반	상	상	중상	중
연구인력	상	상	중상	중하
산업화	초기	초기	-	-
비교우위 분야	전분야	전자, 소재	에너지, 환경, 바이오	전자(반도체)

자료 : 산업자원부, 「나노기술 산업화전략의 수립」(2001)에서 일부 인용 후 현재 상황에 맞게 수정

이와 같은 나노기술 네트워킹에 대한 시도는 주로 각국의 공공기관을 중심으로 연구자들 사이에서 먼저 제기되어 산발적으로 진행되어 왔다. 그러나 이러한 연구기관끼리의 인력교류나 공동세미나의 개최와 같은 불연속적인 교류를 통해서는 체계적인 정보의 지속적인 교환이나 수요에 맞는 적절한 공동 관심사를 찾기가 어려운 것이 사실이다. 따라서 나노기술의 국가 간 네트워킹이 효과적으로 성사되기 위해서는 각국의 공동 이해관계에 있는 분야의 설정이 선행되어야 하며 이를 구체적으로 진행시키기 위한 세부 지침이 필요한 실정이다. 본문에서 다룬 “Nanotechnology Networking & International Cooperation”은 이러한 국제적 공동 관심사로부터 출발한 워크숍으로, 세계 각국의 전문가들이 나노기술의 다양한 분야에 대한 새로운 시너지 효과 창출을 위해 모인 것이다. 이와 같은 모임은 비록 재료공학을 연구하는 사람들의 모임이 주축이 되어서 출발하였으나, 나노기술의 효율적인 발전을 위한 국제협력교류의 하나의 모범적인 사례가 되겠다. 본고에서는 2003년 10월에 일본 요코하마에서 개최된 제 2회 워크숍에서 논의된 GNN(Global Nanotechnology Networking)에 대한 구상들과 한국, 미국, 일본의 나노기술 네트워킹 현황들을 비교 분석하여, 국가 간 네트워킹을 통한 나노기술의 경쟁력 향상과 이에 관련된 정책적 시사점들을 논의해 보고자 한다.

1) 미국 예산은 의회 요청 예산임. 총 8억 4,900만 달러(환율 1\$=1,200원 적용)

2) 일본 예산에는 재료과학 분야가 포함되었음. 총 7억 8,300만 달러

3) EU 예산은 ‘제 6차 Framework Programme’에 나노바이오, 나노전자 등이 제외되고 주로 나노소재, 나노공정, 나노측정 위주로 편성된 것임. 5년간 총 13억 유로의 예산을 1년 단위로 환산함(환율 1유로=1,400원 적용)

2. GNN(Global Nanotechnology Networking) Workshop

1) 제1회 나노기술 네트워킹 워크숍

2001년 8월에 멕시코 칸쿤(Cancun)에서 개최된 제 1회 ‘나노기술 네트워킹과 국제협력’에 관한 워크숍에는 미국, 일본, 한국을 비롯한 브라질, 캐나다, 중국, 대만, 아일랜드, 이탈리아, 멕시코, 러시아, 싱가포르 등에서 대학, 산업체, 정부 관계자들이 50여명 이상 참석하였다. 참석자들은 첫 워크숍에서 모임의 기본 목적을 나노기술 커뮤니티에서 국가 간 연계(linkage)를 강화시키기 위한 네트워킹을 설계하는데 초점을 맞추었다. <표 2>에 제1회 워크숍에서 논의된 주요 주제와 여기서 도출된 핵심 제안들을 정리하였다.

<표 2> 제1회 ‘나노기술 네트워킹과 국제협력’에 관한 워크숍에서 논의된 주요 주제 및 핵심 제안

주요 논의 주제	핵심 제안
<ul style="list-style-type: none"> • 나노기술 연구 및 교육 동향 • 협력 프로그램의 유형 • 나노기술 DB • 커뮤니케이션의 필요성 • 가상도구(Virtual tools) 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 주체들에게 필요성을 인식시킬 것 • 인적 네트워킹에 우선순위를 둘 것 • 사이버 공간의 활용 가능성에 대해 검토할 것 • 개발과 평가에 있어서 나노기술 커뮤니티를 최대한 활용할 것 • 지속적인 네트워킹을 유지할 것(sustainability)

<표 2>의 내용을 살펴보면, 제1회 워크숍에서 주로 논의되었던 주제들은 주로 일반적인 과학기술 국제협력의 초기 단계에서 논의될 수 있는 기초적인 것들로부터 시작되었음을 알 수 있다. 즉, 나노기술의 일반적인 연구 현황 및 국가 간 협력의 필요성의 논의에서 시작하여, 이들 협력이 가능한 분야가 어떤 분야가 될 수 있을 것인지, 어떠한 방법으로 협력을 진행시킬 것인지에 대해 개략적인 논의가 진행되었다. 토의 후 합의된 핵심 내용들은 일단 각 국가 및 국가 내의 공공기관의 연구 주체들이 국제협력을 위한 네트워킹의 필요성을 인식하는 것으로부터, 이를 지속적으로 유지하고 발전시키기 위해서는 무엇보다도 개개인 간의 인적 네트워크 구축이 선행되어야 함에 의견이 모아졌다. 흥미로운 것은 사이버 공간을 이용한 가상 실험실(virtual laboratory) 및 장비의 활용 가능성에 대해 대체로 동의한 사실인데, 이는 인터넷과 같은 정보통신기술의 발전에 의해 앞으로 더욱 활용도가 높아질 수 있을 것이다.

2) 제2회 나노기술 네트워킹 워크숍

제1회 워크숍의 성공적인 개최에 힘입어 제2회 워크숍은 2년 뒤 일본 요코하마에서 2003년 10월에 열렸으며, 일본재료연구학회(Material Research Society of

Japan)의 주관으로, 일본 Nanotechnology Researchers Network Center와 미국 NSF 및 해군의 지원 하에 행사가 진행되었으며 그룹별 토의가 이루어 졌다. 참석자들은 캐나다, 중국, 프랑스, 독일, 인도, 아일랜드, 일본, 한국, 뉴질랜드, 싱가포르, 스페인, 대만, 영국, 미국 등에서 온 60여명의 연구자들로 주로 대학 및 정부 연구소와 같은 공공부문에 종사하는 사람들이었다. 제 2회 워크숍의 주요 목적은 제 1회 워크숍에서 제안된 GNN의 발전을 위해 구체적인 계획을 세우고 조직화하는 것이다. 이를 위해서는 첫째, 나노기술 관련 기초과학, 응용기술, 교육 등에 관한 전반적인 정보를 교환하고, 둘째, 나노기술에 대한 공동 연구와 훈련을 촉진시키며, 셋째, 나노기술에 관련된 모든 분야의 사람들(과학자, 교육자, 정부관계자 등)이 새로운 시너지 효과를 창출할 수 있어야 한다는 기본 원칙에 합의하였다. 각국에서 참석한 연구자들은 자기 나라의 나노기술 연구 현황 및 국제협력연구 희망 분야에 대해 의견을 제시하였으며, 투자 기관 및 정책 연구 기관 관련자들은 현재 수행되고 있거나 지원 중인 연구 분야에 대해 토의하였다. 제2회 워크숍에서 논의된 주요 주제 및 핵심 제안들을 <표 3>에 정리하였다.

<표 3> 제2회 ‘나노기술 네트워킹과 국제협력’에 관한
워크숍에서 논의된 주요 주제 및 핵심 제안

주요 논의 주제	핵심 제안
<ul style="list-style-type: none"> • 전문화된 네트워크들과의 실질적인 경험 공유 • GNN의 효율적인 설계 • GNN 지도부의 구성 • GNN의 조직화 및 활동 • cyber-infrastructure • GNN의 포괄 범위 • 기타 이슈들 	<ul style="list-style-type: none"> • 나노기술 관련 산업의 로드맵을 활용할 것 • 나노기술 표준의 정량적인 DB를 개발할 것 • R&D 파트너십을 형성하고 촉진시킬 것 • 전 세계 나노기술 관련 인적자원에 대한 DB를 작성하고 관련 연구에 활용할 것 • 국제적으로 인정받는 교육 관련 프로그램을 시작할 것 • 학생, 교수들의 교환 프로그램을 촉진시킬 것 • 나노기술 관련 연구 뿐 만 아니라 정책, 자본에 대해서도 정보의 중심이 될 것 • 최신 소식과 우수 연구 결과에 대해 항상 연계를 유지할 것

제1회 워크숍과 비교해 볼 때, 논의된 주제들은 좀 더 구체적인 사항에 근접해 있음을 알 수 있다. 즉, 전회에서는 나노기술 국제협력에 대한 필요성의 인식과 협력 형태에 대한 토의가 주된 내용이었지만, 제2회 워크숍에서는 GNN의 성격 및 조직에 대한 정의, 효율적인 설계, GNN 지도부의 구성, cyber-infrastructure의 활용, 다른 네트워크와의 파트너십 형성 등에 대한 보다 실질적이고 구체적인 논의가 진행되었다. 좀 더 자세하게 토의된 내용들은 다음과 같다.

- 1) 전문화된 네트워크들과의 실질적인 경험 공유
 - 이미 널리 사용되고 있는 기존의 네트워크 파악
 - 기존 네트워크들의 연구주제와 네트워킹 강화 전략
 - 기존 네트워크들에서 제공되는 서비스와 연계(linkage)

- 2) GNN의 효율적인 설계
 - GNN의 형태, 조직, 제공되는 서비스, 연계
 - GNN의 공동연구와 네트워킹 강화 방안

- 3) GNN 지도부의 구성
 - 범세계적인 지도부의 구성을 통한 네트워크의 공유권(joint ownership) 확보
 - 네트워크 실무단(Network Planning Group) 구성을 위한 각 지역 자원자들의 확보
 - 화상회의(video conference)를 통한 실무단의 정기적인 모임
 - 유럽에서의 제 3회 워크숍의 준비

- 4) GNN의 조직화 및 활동
 - 선진 연구 기구(Advanced Studies Institutes)의 조직
 - 주제별 워크숍
 - 상호 교환 방문
 - 국제 공동 연구 및 필요 자금의 확보

- 5) Cyber-infrastructure
 - 가상 심포지엄, 컨퍼런스의 실현 가능성
 - 필요한 정보의 확보
 - 교육 콘텐츠의 교환 및 가상 실험실, 장비의 운용
 - 의사소통에 필요한 도구 및 데이터 처리

- 6) GNN의 포괄 범위
 - 국제적인 수준에서 매매가 가능할 수준인 주제별/프로젝트별 영역의 창출
 - 교육 관련 주제, 정보자원의 공유

- 7) 기타 이슈들
 - 지원 사무국의 신설
 - 국제 회원제도의 도입
 - 다른 네트워크와의 파트너십 형성
 - 평가와 혁신에 대한 토의 등

위와 같은 광범위하고 구체적인 주제들에 대한 토의 결과 채택된 핵심 제안들은, <표 3>에 정리된 바와 같이 GNN이 실질적인 역할을 하기 위해서는 다음과 같은 사항이 만족되어야 하는 것을 보여 준다.

첫째, GNN이 나노기술 정보의 중심지가 되어야 한다.

둘째, 나노기술의 표준 및 인력에 대한 기초 DB를 확보하고 있어야 한다.

셋째, 네트워킹을 통해 나노기술을 혁신시키기 위해서는 우수한 교육 프로그램과 혁신주체들 간의 파트너십 형성이 필수적이다.

그 밖에도 참석자들 사이에 합의된 사항에는 GNN은 '비영리기구'의 성격을 가져야 하며, 운영에 필요한 경비는 정부, 기업, 재단 등으로부터 조달하도록 하며, 필요할 경우 사용자들과 회원들이 부담할 수 있도록 하였다. 그리고 GNN의 활발한 운영을 위해서는 GNN이 가지는 정보가 최신의 고급 정보들이어야 하며, GNN 사이트를 통해 다른 연관 사이트들로의 접근이 용이한 사용자 위주의 운영이 되어야 하는 점도 강조하였다.

3. 주요국 나노기술 네트워킹 현황

1) 미국

미국의 나노기술에 대한 정부의 투자 규모는 2004년 약 8억 5천만 달러로 추산되는데, 이는 전 세계 나노기술 개발계획의 모태가 된 NNI(National Nanotechnology Initiative)가 출범할 당시인 2001년에 4억 6천만 달러가 투자된 것과 비교하면 3년 사이에 80% 이상의 급격한 예산 증가가 이루어진 것이다. 미국은 NNI의 기본 목표인 미국의 나노기술 주도권 확보를 위해 전방위적인 연구 활동을 진행하고 있는데, 이를 위해서 각 연구 주체들 간의 네트워크 형성에 각별한 노력을 기울이고 있다. 특히 미국은 광범위한 지역적 특성을 주요 부처가 지원하는 핵심 네트워크 형성을 통해 극복하려 하고 있다. 2001년 이후 지정된 22개의 연구센터들은 NSF, DOD, DOE, NASA 등의 지원 하에 관련 연구기관들과 네트워크 체제를 구축하고 있다. <표 4>에 각 지원 부처 별 주요 연구센터들과 위치를 나타내었다.

<표 4> 미국 나노기술 네트워크 주요 연구센터

지원 부처 및 프로그램명	연구센터	위치
NSF Nanoscale Science and Engineering Center (NSEC)	Institute for Nanotechnology	중부(Illinois)
	Center for Nanoscale Systems in Information Technology	동부(New York State)
	Center for Directed Assembly of Nanostructure	동부(New York State)
	Center for Science of Nanoscale Systems and their Device Applications	동부(Massachusetts)
	Center for Electron Transport in Molecular Nanostructure	동부(New York State)
	Center for Biological and Environmental Nanotechnology	남부(Texas)
NSF National Nanofabrication Users Network (NNUN)	Penn State Nanofabrication Facility	동부(Pennsylvania)
	Cornell Nanofabrication Facility	동부(New York State)
	NNUN-Howard University	동부(Virginia)
	Stanford Nanofabrication Facility	서부(California)
	Nanofabrication Facility at UC Santa Barbara	서부(California)
DOD	Institute for Soldier Nanotechnologies	동부(Massachusetts)
	Institute for Nanoscience	동부(Virginia)
DOE Basic Energy Sciences, Nanoscale Science research Centers	Center for Functional Nanomaterials	동부(New York State)
	Center for Nanophase Materials Sciences	중부(Tennessee)
	Center for Integrated Nanotechnology	남부(New Mexico)
	Molecular Foundry	서부(California)
	Center for Nanoscale Materials	중부(Illinois)
NASA University Research Engineering and Technology Institute (URETI)	Institute for Nanoelectronics and Computing	중부(Indiana)
	Institute for Bio-nanotechnology Materials and Structures for Space Vehicles	동부(New Jersey)
	Institute for Bio-nanotechnology Materials and Structures for Space Vehicles	남부(Texas)
	Institute for Bio-nano-information Technology Fusion	서부(California)

NSF의 지원을 받는 기관은 총 11개로서 그 중 6개 기관은 Nanoscale Science and Engineering Center(NSEC)로, 5개 기관은 National Nanofabrication Users Network(NNUN)로 각기 다른 프로그램에 의해 운영된다. 두 프로그램의 차이는 NNUN은 주로 대학이 중심이 되는 반면, NSEC는 출연연구소가 중심이 되는 것에 있다. DOD는 MIT의 군사 나노기술을 포함한 2개 연구 기관에 지원을 하고 있으

며, DOE는 5개의 연구 기관 외에 6개의 National Lab에도 나노기술에 관한 부분적인 지원을 하는 것으로 알려져 있다. NASA는 우주항공에 필요한 나노기술 분야에 특화시켜서 총 4개 기관에 바이오, 정보통신기술과 융합된 나노기술에 관한 연구 지원을 수행하고 있다.

지역별 분포를 살펴보면 연구기관이 밀집되어 있는 동부에 많은 연구센터들이 집중화되어 있어서 연구 기관 사이의 시너지 효과를 높이는 것을 알 수 있으며, 서부에서는 우수 대학이 산재해 있는 캘리포니아주에 연구센터들이 밀집되어 있다.

이 밖에도 나노기술의 특정 주제 별 네트워크들도 활발하게 조직되고 있는 상황인데, Purdue 대학이 주도하는 7개 대학의 네트워크인 Network for Computational Nanotechnology(NCN) 등을 예로 들 수 있다. 이 네트워크는 ‘원자에서 시스템까지’의 모든 하에 다양한 규모로 다학제 간의 협력 네트워크를 구현하고 있으며 전세계 약 2500여명의 사용자가 이 네트워크를 이용하고 있다.

미국은 현재 30여 개국 이상의 국가가 각기 독자적인 나노기술 프로그램을 운영하는 것을 미국주도의 국제협력으로 발전시키기 위해 현재 INI(International Nanotechnology Initiative)를 구상하고 있다. 이를 위해 EC, APEC 등과 같은 권역별 협력과 더불어, EC 각국, 일본, 중국, 인도, 한국 등과 국제협력 협정을 체결하고 있으며, 미국의 지역과 타국의 지역간(뉴욕주-캐나다 퀘벡) 협력 협정도 활발히 진행시키고 있다. 협력분야와 협력방법은 목적에 따라 다양한 방법으로 추진되고 있는데, 기초학문 분야는 자매결연(twinning) 및 기관 간 네트워킹을 통해, 중점분야 국제협력사업(International Grand Challenges)은 장기적인 협정 체결 및 R&D 컨소시엄 구성을 통해, 교육은 인력 교환이나 국제적인 교육과정 등을 통해, 나노기술과 연관된 다양한 사회적 파급효과(예: 윤리학, 보건, 환경, 에너지, 정수 등)는 지역간 협정을 통해 이루어지고 있다.

중점분야 국제협력사업의 주제로는 나노기술의 이론에서 나노기술을 이용한 제조, 계측, 시뮬레이션, 바이오 등에 이르기까지 나노기술 전 범위에 해당하는 기술분야와 나노기술의 사회적 파급효과와 같은 경제·사회적 분야들도 연구 대상에 포함되어 있다.

2) 일본

일본은 나노기술에 대한 세계의 집중적인 관심이 시작되기 이전부터 일본이 전통적인 강점을 갖는 소재분야 연구의 일환으로 나노기술에 대한 전략적 연구를 진행시켜 왔다. 일본은 미국처럼 전 분야에 대한 주도권 확보보다는 일본이 강점을 갖는 전자와 재료과학 분야 등에 우선순위를 두고 예산 지원을 하고 있다. 2003년에 나노기술 및 재료과학 분야에 투입된 예산은 약 9억 9천만 달러 규모로 동 기간에 미국이 NNI를 통해 나노기술에 지원한 예산이 약 7억 7천만 달러임을 고려할 때, 비록 재료과학 분야의 예산이 합쳐진 것을 감안하더라도, 미국을 제외한 여타 다른 국가들 중에서는 가장 큰 규모로 나노기술에 대한 지원을 아끼지 않고 있음을 알

수 있다. 일본의 나노기술에 대한 주요 지원 부처는 문부과학성(MEXT⁴)과 경제산업성(METI⁵)이며 신에너지 산업기술 종합개발기구(NEDO⁶)의 국제협력 프로그램과 네트워킹 활동 등을 통해 국제협력 사업을 진행하고 있다.

일본의 나노기술 국제협력은 전시회와 컨퍼런스 등을 통한 기본적인 형태의 정보 교환에서부터 미국과의 ‘나노기술 젊은 연구자 교환 프로그램’ 등을 통한 인력양성까지 활발하게 진행되고 있다. 특히 여러 국가가 참여하는 국제 워크숍이나 심포지움을 자국 내에서 개최하는 것을 적극 지원하고 있으며, 이러한 행사가 최신 나노기술에 대한 정보의 확산 및 다학제 연구의 중요한 씨앗이 될 수 있도록 이메일, 웹사이트, 출판물 등으로 다양하게 홍보하고 있다. 2003년 미국과 처음 시작된 ‘나노기술 젊은 연구자 교환 프로그램’은 양국의 고위급 과학기술위원회의 동의와 지지를 바탕으로 나노전자 분야에서 젊은 과학자들 간의 상호교류와 협력을 증진하는데 이바지 하고 있으며, 이 후 대상이 영국과 스웨덴 등으로 확대되어 나노재료, 나노바이오 분야의 젊은 연구자들을 상대 국가의 연구기관에 단기 체류시키는 형식으로 진행되고 있다.

일본에서 진행되고 있는 나노기술 관련 네트워킹 활동으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

첫째, 2001년부터 2007년까지 나노기술 관련 프로젝트와 프로젝트의 결과물들을 체계화시키는 작업이다. 프로젝트에서 나오는 지식들을 최대한 효율적으로 활용하기 위하여 기본 플랫폼을 구축하고 거기에 들어갈 DB를 마련하여, 검색엔진을 이용해 손쉽게 원하는 정보를 추출할 수 있게 만드는 것이다.

둘째, 기업, 대학, 연구원들이 참여하는 나노기술 사업과 프로젝트들 간에 네트워킹을 형성시키는 것이다. 이 들 네트워킹을 통해서 프로젝트 결과물들을 홍보화하고 온/오프라인 모임을 통해 정보를 교환한다는 계획이다. 이러한 계획에 따라 2003년부터 Nano Tech, Nikkei Nanofair 등과 같은 국제 나노기술 종합전시회를 일본에서 매년 개최하고 있다. 또한 일본 지방정부들도 나노기술 네트워크 활동에 참여하고 있는데, Tokai 지역의 100개 이상의 기업과 연구조직들이 지방정부와 시의 협조를 받아 Tokai Nanoprocess and Nanomaterials Society를 설립하여 산학연 네트워크를 구성하고 있다. Kansai 지역에서도 136개 기업이 참여한 Kansai Nanotechnology Initiative가 2001년에 설립되어 나노기술에 대한 정보를 교환하고 신기술들을 평가하며 산·학·연 협력을 모색하고 있다. 이렇게 설립된 지방정부의 지원을 받는 나노기술 산학연 협력체 기구들은 스스로 새로운 프로그램을 설계하여 중앙정부에 실행을 요구하는 등 민간주도의 자발적인 활동이 진행되고 있다.

셋째, 나노기술 관련 기업들의 창업과 육성을 위해 나노기술신산업창업추진위원회(NBCI⁷)를 설립하여 기업들 간의 네트워크 강화를 지원하고 있다. NBCI는 정부

4) MEXT(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology)

5) METI(Ministry of Economy, Trade and Industry)

6) NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)

지원 단체인 NEDO와 산업기술종합연구소(AIST⁸⁾)를 중심으로 대기업과 중소 벤처기업 등, 총 300여개 기업이 참여하여 2003년 10월에 설립한 조직이다. 기업중심의 포럼, 세미나 개최, 벤처기업의 보육 지원, R&D 성과의 상업화를 위한 기업 전략 수립 및 시장관련 자료 작성 등, 기업 네트워크 활동의 중심 역할을 수행하고 있다.

3) 한국

우리나라의 나노기술에 대한 전략적 투자는 머리말에서 언급했듯이, 2001년에 10년 목표의 '나노기술종합발전계획'이 수립되면서부터 본격적으로 시작되었다. 이 후 나노기술을 국가적 차원에서 체계적으로 지원하기 위해 2002년 '나노기술개발촉진법'이 제정되었으며, 2003년에 시행령이 공포되었다. 뒤떨어진 국내 나노기술의 경쟁력 향상을 위해 정부 주도의 R&D 투자는 매년 큰 폭으로 증가하고 있으며, 나노기술 지원 인프라를 구축하기 위한 대규모 집적 연구센터의 설치도 추진되고 있다. 최근 과학기술부가 실리콘계 반도체 제조를 지원하기 위한 '나노기술 종합 팹'과 비실리콘계 화합물 반도체 제조를 지원하기 위한 '나노기술 특화 팹'을 각각 2002년과 2003년에 선정하여 고가 장비의 공동이용을 도모하고 있으며, 산업자원부는 2004년에 나노기술의 산업화를 실질적으로 주도할 수 있는 '나노기술집적센터'를 설립한다는 방침을 표방하고 있다. 하지만 우리나라의 나노기술 국내외 네트워크는 선진국인 미국과 일본에 비교할 때 아직 초기단계에 있는 것으로 판단된다. 해외 연구기관 및 정보제공 기관과의 네트워크는 각 연구기관과의 개별적인 접촉에 의해 산발적으로 진행되고 있으며, 국내 연구자 사이 또는 연구기관끼리의 네트워킹은 주로 정부지원(주로 과학기술부와 산업자원부) 하에 이루어지고 있다.

정부의 지원을 받는 대표적인 네트워킹 조직으로는 과학기술부의 지원으로 2003년에 설립된 '나노기술연구협의회'를 들 수 있다. 나노기술연구협의회는 산·학·연 연구개발 전문가들로 구성되어 네트워크를 형성하고 있으며, 나노기술 관련 종합 기획에서부터 인력양성, 국제협력체계 구축까지 다양한 기능의 수행을 추진하고 있다. 과학기술부가 지원하는 해외 네트워킹 관련 행사로는 '한미나노포럼' 및 '국제나노기술종합 심포지엄' 등이 있으며, 이러한 행사를 통해 나노기술 국제협력의 기반을 조성하려 하고 있다. 이 밖에도 고가의 연구장비를 보유할 예정인 '나노팹'의 활용을 통한 인력 및 정보의 네트워크를 구축하기 위해서 나노종합팹의 시설이 들어서면 2004년부터 국내외 연구자 중심의 이용자협의회를 구성할 계획을 가지고 있다.

산업자원부는 주로 중소기업과 지역산업의 활성화를 도모하기 위한 네트워크 센터를 선정하여 운영하고 있는데, 대표적인 것으로는 '나노기술산업화지원센터'와 '지역기술혁신센터(TIC⁹)'가 있다. 나노기술산업화지원센터는 소자·재료·공정 분야

7) NBCI(Nanotechnology Business Creation Initiative)

8) AIST(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

9) TIC(Technology Innovation Center)

연구에 필요한 핵심장비를 갖추고 중소기업의 나노기술 관련 생산기술 연구를 지원하는 기관으로 포항공대, KIST, KETI 등이 선정되어, 2001~2005년 사이에 총 313억원(정부 129억원, 민간 184억원)이 지원될 전망이다. 지역기술혁신센터 중에 나노기술이 지역산업과 접목되어 부가가치를 향상시킬 수 있도록 유도하는 TIC로는 총 4개가 선정되었다. 이 중 2개 센터는 2003년까지 정부가 지원했으며, 2002년과 2003년에 신규로 선정된 2개 센터는 각각 5년 동안 총 131억(정부 66억원, 민간 65억원)이 투입될 계획이다. 또한 산업자원부는 지역산업진흥사업의 일환으로 '나노부품실용화센터'를 대구에 설립하여 이 지역의 주력산업인 섬유, 기계, 전자부품의 부가가치를 배가시키려는 계획을 가지고 있다. 5년 동안 총 491억원(정부 414억원, 민간 77억원)을 투입하여 지역산업구조의 고도화와 나노기술 전문인력의 양성을 목표로 하고 있으며, 지역 내 나노기술 네트워크의 중심으로 성장되기를 기대하고 있다. 이 밖에도 산업자원부는 'Nano Korea 2003'과 같은 심포지엄 및 기술전시회를 개최하여 나노기술에 대한 사회적 관심과 이해를 증진시키고 업계의 기술 및 정보 교류를 확대시키려는 노력을 하고 있다.

나노기술 정보 교류의 목적으로 활동적인 공공부문의 네트워크 기관으로는 한국과학기술정보연구원(KISTI¹⁰)이 2002년부터 운영하는 '나노기술정보분석실'이 있다. 이 곳에서는 '나노넷'이라는 인터넷 웹사이트를 운영하며 인터넷을 통한 종합 정보 지원체제를 구축하고 있다. 나노넷의 주요 운영 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 국내외 나노기술 관련 정보를 수집하며 이용자들의 수요에 맞는 정보를 가공 둘째, 특허와 같은 지적재산권 관련 정보와 기업을 위한 시장정보 등을 공급

셋째, 국내외 나노기술정보 협력기관과 MOU 등을 통한 연계와 나노기술정보 자문회의의 구성을 통한 국내외 나노기술 정보 협력 네트워크의 구축

나노기술 관련 기업들의 정보 네트워크를 위한 조직으로는 2001년 12월에 '산업기술연구조합육성법'에 의해 설립된 '나노산업기술연구조합'이 있다. 설립 초기에는 주로 나노기술의 산업화에 가장 근접한 전기·전자 분야의 24개 기업들이 회원사로 참여하여 출발하였으나, 현재는 소재·바이오 분야의 기업들도 다수 참가하여 50여 개의 회원사들의 나노기술 정보 교류의 중심 역할을 수행하고 있다. 위에서 언급한 네트워크 조직이나 기관 외에도 나노기술 관련 프론티어 사업단들의 연구과제 수행 시 시너지 효과 창출과 연구효율을 높이기 위한 프론티어과제협의회 등도 자발적으로 생겨나고 있다. <표 5>에 국내 나노기술 관련 주요 네트워크 조직 및 기관들을 정리하였다.

10) KISTI(Korea Institute of Science and Technology Information)

<표 5> 국내 나노기술 관련 주요 네트워크 조직 및 기관

네트워크 기관(조직)	설립연도	주요 업무 및 활동	지원 기관
나노기술연구협의회	2003	<ul style="list-style-type: none"> 산·학·연 전문가 네트워크 종합기획, 국제협력체계 구축 	과학기술부
나노팸이용자협의회 (가칭)	예정	<ul style="list-style-type: none"> 나노종합팸(KAIST), 나노특화팸(수원) 장비 공동 활용을 통한 인력 및 정보 네트워크 구축 	과학기술부 (예정)
나노기술산업화 지원센터	2001~2005	<ul style="list-style-type: none"> 포항공대(나노소자), KIST(나노재료), KETI(나노공정) 중소기업 지원 산업화 포럼 개최 	산업자원부
TIC(나노기술 관련)	1999~2002	<ul style="list-style-type: none"> 산업기술대(나노정밀가공), 포항공대(금속재료), 경원대(나노입자), 호서대(나노소재응용제품) 지역산업과의 연계 	산업자원부
나노기술정보분석실	2002	<ul style="list-style-type: none"> 나노넷의 운영 국내외 나노기술 정보 수집 나노기술정보자문회의 운영 해외 정보기관과의 협력 	한국과학기술 정보연구원
나노산업기술연구조합	2001	<ul style="list-style-type: none"> 나노기술 산업화를 목표 기업체 중심 네트워크 	회원사

4. 결론 및 정책적 시사점

이 글에서는 한·미·일 3개국이 각국 내에서 추진하고 있는 나노기술 네트워킹 현황과 국제적으로 나노기술 네트워킹을 구축하려는 시도 중 하나인 GNN에 대해 살펴보았다. 세계 각국은 자국의 나노기술 수준의 향상과 새로운 타 기술과의 시너지 효과 창출을 위해 적극적으로 자국내 나노기술의 네트워킹을 촉진시킴과 동시에 해외 국가들과의 활발한 네트워킹 조직을 형성하려 하고 있다. 이런 노력의 일환으로 일본 요코하마에서 2003년에 열린 제2회 GNN 워크숍에서는 국제적인 나노기술 네트워킹을 형성하기 위한 구체적인 선행조건들과 GNN의 성격, 체계, 수단, 범위 등에 대한 폭넓은 논의가 진행되었다. 강조된 점은 GNN이 실질적인 역할을 하기 위해서는 최신·최고의 나노기술 정보 중심지가 되어야 하고 표준 및 인력 DB가 확보되어야 하며, 교육 프로그램과 파트너십 형성이 필수적이라는 사실이다.

현재 한국의 나노기술 네트워킹은 정부 정책에 자문을 제공하는 기초적인 협의회 조직과 관련 기업의 혁신활동을 지원하는 연구센터들이 주종을 이루고 있다. 미국과 일본의 네트워킹 조직 및 기구는 다음과 같은 면에서 한국과 차별성을 가지고 있다.

첫째, 국제 나노기술 네트워크의 주도권 확보이다. 미국은 이미 초기 NNI의 구상을 미국주도의 국제협력으로 발전시키기 위해 INI를 구상하고 있으며, 목적에 따른 협력 분야도 대상을 차별화 시키고 있다. 일본도 GNN을 비롯한 국제 워크숍이나 심포지엄의 자국내 개최를 적극 지원함으로써 네트워크의 중심으로 부상하기 위해 노력하고 있다.

둘째, 자국내 공공부문 네트워크 활동이 활성화될 수 있도록 핵심 센터를 발굴하여 집중적인 지원을 아끼지 않고 있다. 미국은 이미 각 지역별 핵심 네트워크 센터를 22개 이상 선정하여 이들 센터들이 각 분야 및 프로그램의 목적에 맞는 연구개발의 중심지 역할을 수행하고 있다. 일본은 지방정부 및 민간기업의 활발한 참여에 상향식(Bottom-up) 연구개발 프로그램을 설계하여 실질적인 산·학·연 연계를 추진하고 있다.

셋째, 미국 네트워크의 근본적인 특징은 최고·최신 나노기술의 집적지(technology reservoir)가 되는 것이며, 일본은 연구개발 성과의 효율적인 활용을 위해 DB 구축을 중요시 하고 있다. 또한 양국은 국내외 네트워크의 핵심은 우수한 연구개발 인력의 양성이 근본이 되고 있음을 숙지하여 인력 양성 및 국제간 인력 교환에 많은 노력을 기울이고 있다.

위와 같은 상황을 고려할 때, 활발한 국내외 네트워크를 통해 우리의 나노기술 경쟁력을 높이기 위해서는 다음과 같은 정책적 사항들이 고려되어야 한다.

첫째, 각 연구주체들의 개별적인 국제적인 네트워크에 앞서, 먼저 국내 연구주체들 간에 긴밀한 네트워크가 선행되어야 한다. 국내의 경우 나노기술 관련 학회의 조직 및 활동이 미약하고 주로 기존 학회의 분과 형태로 활동이 이루어지고 있어서, 다양한 전공 배경을 지닌 연구주체들 간의 연계가 활성화되지 못하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 나노기술 관련 학회에 대한 지원 확대를 통해 실연구자들에 대한 연구 성과의 공유 및 상승효과를 촉진시키는 방안이 일차적으로 모색되어야 한다. 또한 나노기술의 다학제적 특성을 살린 연구 프로그램의 개발 및 재정적 지원이 지속적으로 이루어져야 한다.

둘째, 국제 네트워크의 대상 선정 시 전략적 접근이 필요하다. 인력교류나 관련 행사개최가 일회성 행사로 그치지 않고 지속적인 효과를 거둘 수 있도록 각 연구분야 별 협력 대상 국가와 기관이 구체적으로 선정되어야 하며, 이들과의 중장기적인 연계를 위해 예산 편성 및 지원이 뒤따라야 한다. 특히 이 때 고려되어야 할 점은 공동연구 결과에 대한 지적소유권 문제를 해결하기 위한 제도적·행정적 뒷받침이다.

셋째, 중점 육성 분야에 대한 국제 네트워크에서의 주도권 확보가 필요하다. 나노기술 분야 전반에 걸쳐 기술 주도권을 장악하고자 하는 미국과 소재와 전자 분야에서 특화된 강점을 가지고 있는 일본에 비해, 연구 기반이 취약한 한국으로서는 지금까지 기술 선진국들의 우수 기관이나 우수 연구자와의 관계에 있어서 수동적인 입장을 취해왔다. 그러나 향후 선택과 집중을 통해 경쟁력을 가질 수 있는 분야에

서는, 네트워킹을 능동적으로 조직하는 방향으로의 인식 전환이 이루어져야 한다. 이를 위해서 경쟁력 있는 기업에 종사하는 우수 연구자들의 적극적인 참여가 필수적이며 이를 뒷받침하기 위한 정부·기업간 협력이 모색되어야 한다.

넷째, 국내 나노기술의 네트워킹과 연구역량 강화를 위해서는 우수 인력 양성에 관한 전문 프로그램이 개발되어야 한다. 네트워킹의 핵심은 우수 연구자들 사이의 정보와 인력의 양방향으로의 원활한 소통이다. 빠르게 진행되고 있는 나노기술 관련 연구들은 현재의 교과과정으로 해결하기에는 미진한 부분이 많으며 우수한 연구 인력을 육성하기에 부족한 점이 있다. 이를 해결하기 위해서는 국내에서는 연구 목적에 맞는 학제 간 공동 교과과정 프로그램이 활성화되어야 하며, 국제적으로는 해외 선진 연구기관과의 연구 인력 교환 등을 통한 네트워킹 형성이 반드시 필요하다.

【참고문헌】

이광호·윤문섭(2003), ‘나노기술 정책 동향’, 과학기술정책연구원.

산업자원부(2001), ‘나노기술 산업화 전략의 수립’.

The Materials Research Society of Japan(2003), ‘2nd Workshop on Nanotechnology Networking and International Cooperation’, available at www.nims.go.jp/ws-nanonet.

김상선(2004), ‘미국의 과학기술 동향’, 주미한국대사관.

과학기술부(2002), ‘나노기술개발촉진에 관한 입법조사 연구’.

과학기술부 외(2003), ‘2003년도 나노기술발전시행계획’.

그 외의 자료들은 나노기술정보분석실에서 운영하는 나노넷(www.nanonet.info)에서 발췌하였음.