

# 나노기술의 윤리적·법적·사회적 쟁점(ELSI) 동향



이 중 원 (서울시립대학교 철학과 교수)



나노기술의  
윤리적·법적·사회적  
쟁점(ELSI) 동향

이 중 원 (서울시립대학교 철학과 교수)





# C O N T E N T S

## I. 나노기술 ELSI의 정의 및 배경

..... 4

## II. 나노기술 ELSI의 국제 동향

- 1. 미국 동향 ..... 6
- 2. 유럽 연합(EU) 동향 ..... 14

## III. 나노기술 ELSI의 국내 동향

..... 22

## IV. 정책적 시사점 및 과제 제언

- 1. 나노기술 ELSI 사업의 정책적 시사점 ..... 26
- 2. 향후 과제 제언 ..... 28
  - [1] 나노기술 영향평가 강화 ..... 28
  - [2] 나노기술에 대한 대중 이해증진 확대 ..... 30

## I. 나노기술 ELSI의 정의 및 배경



### ≡ 나노기술의 ELSI란

- ELSI(Ethical, Legal, Social Issues 혹은 Ethical, Legal, Societal Implications)란 윤리적·법적·사회적 쟁점들 혹은 영향들을 지칭하는 말로, 1990년 미국에서 게놈 프로젝트가 출범할 당시 유전체에 대한 과학적·공학적 연구와 더불어 그러한 연구가 가져올 윤리적·법적·사회적 영향들을 병행해서 연구할 필요성이 대두되면서 처음으로 언급되었음. 이후로 주로 유전공학기술, 나노기술, 로봇기술 등 첨단 과학기술이 인간의 삶에 미칠 총체적 영향 및 관련 쟁점을 언급할 때 사용되고 있음
- 나노기술의 ELSI란 나노기술의 연구와 개발, 산업화 그리고 상용화 과정에서 나타날 수 있는 인간 삶에 끼치는 윤리적·법적·사회적 영향들을 분석·평가하고 관련 쟁점들을 해결하기 위해 수행되는 연구 및 교육 그리고 대중 활동을 의미함
- 주요 범위는 나노기술의 (윤리적·법적·사회적) 영향평가, 나노 안전성 관련 이해당사자 간 사회적 거버넌스 체계, 나노 안전 관련 윤리적·법적 규제들, 나노기술에 대한 대중 이해 증진 등임

### ≡ 나노기술의 ELSI는 왜 필요한가

- 첫째, 사회적으로 책임 있고 지속가능한 나노기술의 연구와 개발, 산업화, 상용화에 대한 요구가 존재함. 가령 미국의 경우 책임 있는 나노기술의 발전을 미국의 나노기술 발전을 위한 4대 목적 가운데 하나로 설정하고 있으며, 이를 위한 나노기술의 윤리적·법적·사회적 영향에 대한 숙고를 핵심적 요소로 강조하고 있음. EU의 경우도 나노과학과 나노기술의 책임 있는 연구 및 개발의 강화를 EU의 나노기술 발전의 중요한 목표로 삼고 있음
- 둘째, 나노기술의 ELSI에 대한 사전의 선제적 대응은 대중의 신뢰 확보와 그에 기반 한 나노제품의 상업화 촉진 및 기술 혁신에 매우 중요함. 나노기술의 ELSI 연구 및 활동은 나노산업의 육성(Promotion)과 나노 위험에 대한 통제(Control) 사이의 긴장 관계를 조정 하고 완화하는 역할을 수행할 수 있음. 나노기술은 인간의 생활양식을 긍정적으로 변화 시킬 잠재력을 갖고 있는 만큼 강력한 육성 추진이 필요하지만, 생활양식의 변화가 기존의 사회 제도나 규범과 충돌함으로써 양자 간에 긴장관계가 조성될 수 있거나, 안전 문제 등 사회에 부정적인 영향을 끼칠 가능성이 존재하기 때문임
- 셋째, 나노기술의 ELSI 연구 및 활동은 단지 부정적인 영향에 대한 소극적이고 수동적인 대응(소극적 관점)에 머물지 않고, 기술혁신이 사회 문제 해결에 적극적으로 기여 할 수 있다는 관점(적극적 관점)에서 보다 능동적인 역할을 수행할 수 있음. 나노기술이 함께 할 수 있는 또는 지향하는 사회적 도전과 가치들을 찾아내고 이에 기반 하여 나노 기술의 개발 전략을 수립·추진하며, 나노기술을 통해 사회문제 해결을 포함한 어떤 사회 혁신들이 가능한지 구체적으로 정립할 수 있음

## ▶ II. 나노기술 ELSI의 국제 동향



### 1. 미국 동향

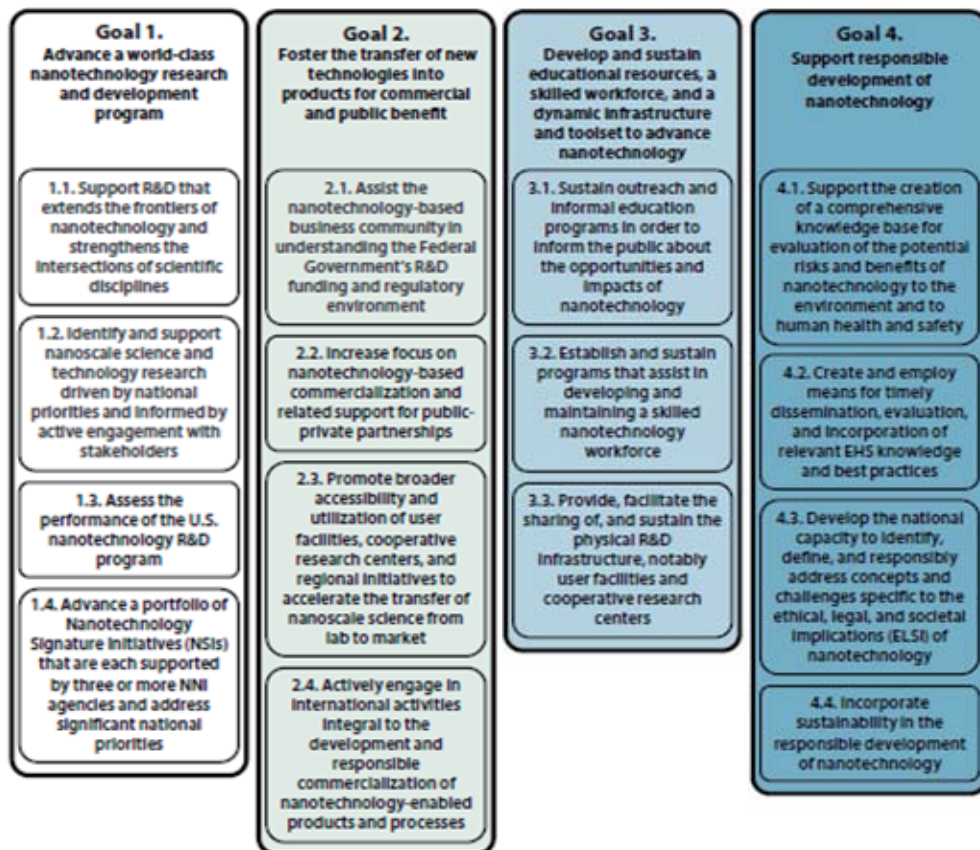
#### ≡ 법적 근거 또는 배경

- 2003년 제정된 <21세기 나노기술 연구개발법> 안에 나노기술의 윤리적, 법적, 환경적 및 기타 사회적 관심에 적절히 대응함을 명시하고, 나노기술에 대한 사회문화적 영향평가 전담 센터를 설립하여 지원하도록 법제화하고 있음
- 2009년에 수정된 <국가 나노기술 이니셔티브 법>(National Nanotechnology Initiative)에서 나노기술의 ELSI 관련 연구 강화, 일반인에 대한 정보 제공 강화, 나노기술의 사회적 영향에 있어 조정자의 역할, ELSI 파트너십 형성, ELSI 교육용 프로그램 개발 및 운영, 기관 간 working group 구축 등을 구체적으로 명시하고 있음
- 「2014 NNI 나노기술 발전 전략계획」의 네 가지 목적(goal) 가운데 세 번째 및 네 번째 목적이 ELSI 연구 및 활동과 직접 관련돼 있음(아래 [표\_01] 참조)
  - <세 번째 목적>(goal)은 “나노기술의 선진화를 위한 교육자원, 숙련 연구자, 기반 시설 및 장비의 개발과 지원”이며, 이를 위해 “대중에게 나노기술의 기회와 충격을 동시에 알리기 위한 봉사활동(public outreach, 시민참여방식) 및 비공식적 교육 프로그램을 개발하고 지원함”을 <목표 (3.1)>(objective)로 설정하고 있음
  - <네 번째 목적>은 “책임 있는 나노기술의 발전 지원”이며, 이를 위한 <목표 (4.3)>에서



“나노기술의 ELSI 쟁점들에 특화된 개념이나 도전들을 규정하고 책임 있게 다룰 수 있는 국가의 능력을 개발함”을 명시적으로 강조하고 있음. 나아가 <목표 (4.3)>의 세부 목표들로, “나노기술의 ELSI 연구를 위한 지식기반 창출과 인프라 개발 및 전문 연구자 육성”(세부목표 (4.3.1)), “이해 당사자들(제조사, 규제자, NGO, 근로자, 일반 대중)을 대상으로 한 ELSI에 대한 교육 및 인지도 증진과 이해당사자들 간 숙고적인 협력 구축”(세부목표 (4.3.2)), <세부목표 (4.3.3)>, 이 외에도 “지적 자산 관련 윤리적·법적 문제”, “나노기반 특허와 기업 비밀 관련 윤리적 문제들에 관한 정보 리소스 구축” 등을 강조하고 있음

표\_01 2014년 NNI 전략계획에 제시된 NNI 사업의 목적 및 목표



A summary of NNI goals and objectives from the 2014 NNI Strategic Plan.

- 나노기술의 ELSI를 이렇게 법적 차원에서까지 명시적이고 공식적으로 강조하는 이유는, 첫째 ELSI에 대한 사전의 선제적 대응은 나노기술에 관한 대중적 신뢰를 확립시키고 나노 제품의 상업화 및 혁신에 매우 중요하다는 점이고, 둘째 나노 위험에 대한 인지가 과학만으로 해결될 문제가 아니며 다양하고 복잡한 이해관계를 갖는 이해당사자들과 함께 진행될 필요가 있다는 점이며, 셋째 나노기술에 대한 거버넌스 체계 구축을 위해 나노 기술에 대한 대중적 이해(public understanding) 증진이 필요하다는 점 때문이다

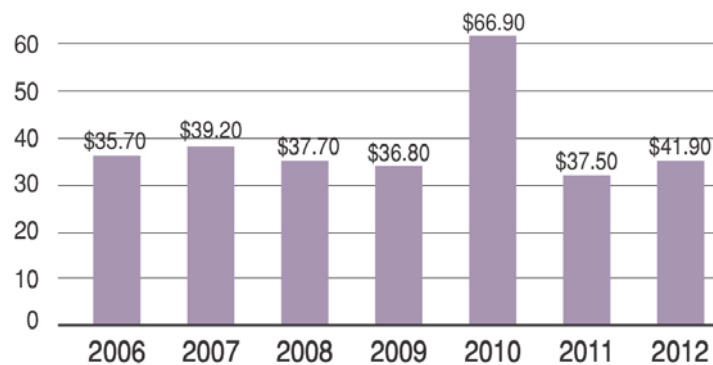
### ≡ NNI가 추진하는 주요 ELSI 사업 및 관련 예산

#### ■ 주요 ELSI 사업

- 첫째, 나노기술의 ELSI에 대한 연구 및 관련 인프라 구축 사업
- 둘째, 나노기술의 ELSI 교육 사업
- 셋째, 나노기술에 대한 대중적 이해(public understanding) 증진 사업

- 2006년 이래로 투자된 연도별 총예산 규모를 보면 아래의 [그림\_01]과 같음

그림\_01 EdELSI에 투자된 NNI 연도별 총 예산(단위 백만 달러)



[그림 1]에서 'EdELSI'는 교육(Education)과 ELSI를 합친 영역을 의미하며, 교육의 경우 나노과학기술을 전공하는 대학생들에 대한 교육지원 외에도 일반 대중을 위한 나노기술에 대한 이해 증진 교육 및 Outreach 프로그램을 포함하고 있고, ELSI의 경우 순수 연구에만 2010년 5.85백만 달러, 2011년 5.85 백만달러, 2012년 5.28백만 달러가 투자되었음.

### ≡ 나노기술의 ELSI에 대한 연구 및 관련 인프라 구축 사업

- 2006년 ELSI 연구 거점으로서의 <사회속의 나노기술 센터>(Center for Nano in Society)를 설립하여 이를 중심으로 현재 ELSI 관련 각종 연구와 활동을 지원하고 있음
- ELSI 연구 활성화를 위해 2개의 CNS를 아리조나 주립대학(ASU)과 산타바바라 대학(UCSB)에 각각 설립하여, 2006년부터 2015년 까지 지원하였음. 2010년까지 두 센터 지원 예산은 총 12.3백만 달러이고, 2011년부터 2015년까지 13.7백만 달러임
- ELSI 연구와 새로운 나노기술 R&D 프로그램과의 결합을 추진하고 있음.  
사회적으로 책임 있는 나노기술 혁신을 추진하고 나노과학 기술과 인문·사회과학적 연구 간의 융합을 촉진하고자 2개의 프로젝트, 곧 TRC(Thematic Research Clusters)와 IRG(Interdisciplinary Research Group) 프로그램을 수행하고 있음. 각각의 프로젝트들의 핵심 내용을 소개하면 아래와 같음

표\_02

영역(주제)	주요 내용 및 활동
TRC 1 (Equity, Equality & Responsibility)	나노기술의 발전이 서로 다른 국가들에서 사회적·경제적 불평등을 심화시키거나 혹은 완화시키는 방식에 대한 연구(개발도상국과 선진국에서 사례 분석 포함), 그리고 나노기술이 공적인 가치인 공평과 평등 그리고 사회적 책임감에 기여할 수 있는 방식들에 대한 연구
TRC2 (Urban Design, Materials & the Built Environment)	나노기술을 통해 실현 가능한 미래 도시의 비전을 연구함. 도시 개발과 관련하여, 나노 기술이 가진 잠재적 이익과 위험을 고려하여, 도시를 어떻게 발전시켜야 하는지에 대한 비전을 제시함.
IRG1 (Origins, Institutions, and Communities)	나노기술 개발 국가들에 대한 연구로, 국가별 과학자들의 역량, 연구 기관, 연구 시설, 과학 기술 정책, 대중들의 인지 등을 역사적인 맥락에서 이해하는 프로젝트 수행(나노기술의 역사/대표 나노과학자에 대한 구술사/미국사회 변화와 과학기술정책사 등)
IRG2 (Globalization and Nanotechnology)	국가별 나노기술 R&D 및 상용화 정책을 비교 분석하는 연구(세계화와 관련하여 미국, 중국, 일본, 인도, 한국 및 일부 남미국가들을 비교 연구/연구, 개발, 상업화 촉진 위한 각국 정책 및 정책 변화 연구/국제 협력 효과 연구/각국에서 나노기술의 확산 과정 연구 등)

<p>IRG3 (Nanotechnology Risk Perception and Social Response)</p>	<p>위험 인지의 측면에서 대중과 전문가들이 가지고 있는 차이, 그 차이를 야기하는 여러 가지 요소들의 상호작용을 이해하려는 사회과학 연구 그룹(나노기술에 대한 위험과 이익 인식 연구 / 관련된 이해 당사자들의 사회적 행동 연구 / 미국적 맥락 하에서 대중 참여 방법 개발 등)</p>
--	---

- 나노기술의 광범위한 경제적·문화적·교육적·윤리적·법적 영향들을 포함한 나노기술의 사회적 영향(긍정적/부정적 영향들)에 대한 정량적 분석 및 연구를 지원하고 있음
- 실시간 기술영향평가(Real Time Technology Assessment, RTTA) 프로그램을 지원하고 있음. 실험실에 인문·사회과학자들을 참여시켜 나노기술의 R&D에 대한 실시간 사회적·윤리적 영향 평가 및 이에 기초하여 사회적인 책임을 지면서 지속가능한 미래지향적 실험실 모델을 설계·제공하고 있음. 이는 크게 네 영역으로 나누어 있는데, 그 각각의 주요 내용은 다음과 같음

표_03	
영역(주제)	주요 내용 및 활동
<p>RTTA1 (Research &amp; Innovation Systems Analysis)</p>	<p>나노기술 연구 및 응용과 관련한 조직, 구조, 발전 경로, 상업화, 사회적 영향 등에 관한 연구 프로그램(문헌 조사, 인터뷰 등을 통해 나노 과학 기술 문헌 데이터베이스 개발 / 특허 데이터베이스 및 지도 개발 / 상용화 데이터베이스 구축 등)</p>
<p>RTTA2 (Public Opinion and Values)</p>	<p>나노기술 연구자 및 대중을 대상으로 나노기술에 대한 이해 및 사회적 영향과 관련한 가치들의 변화를 모니터링하고, 그러한 이해 및 성찰에서 미디어의 역할에 관한 조사·연구 프로그램(대중과 과학자 및 미디어 간 상호관계 연구 등)</p>
<p>RTTA3 (Anticipation &amp; Deliberation)</p>	<p>대중과 연구자들이 함께 참여하는 교호적인 교육적 행사를 통해, 나노 기술이 만들어 낼 다양한 미래상과 대중이 선호하는 대안들을 조사하고 연구하는 프로그램, 특히 다양한 이해 당사자들이 미래의 가능한 나노 기술의 발전에 대해 심사숙고하는 것을 포함한 예견적인 통합 거버넌스 체계 중점 연구</p>
<p>RTTA4 (Integration &amp; Reflexivity)</p>	<p>나노 과학기술 연구자들에 대한 관찰 및 인터뷰 등을 통해, 나노 과학 기술 활동의 역학을 이해하기 위한 연구 프로그램(NSE 연구자들의 연구와 교육 통합 활동 / 실험실 연구와 참여 결합한 STIR 연구 등)</p>

### ≡ 나노기술의 ELSI에 대한 교육사업

- 이 사업은 나노기술 ELSI에 관한 교육 프로그램 개발 및 운영과 일반 대중을 위한 Outreach(봉사활동) 프로그램으로 주로 구성되어 있음
- 첫째, 교육 프로그램으로 나노 과학자 및 기술자, post-doc, 대학생 및 대학원생에 대한 나노기술 ELSI 관련 교육 프로그램을 개발하고 이를 널리 보급하면서 동시에 교육을 실시하고 있음. 주요 내용은 아래와 같음

표\_04

교육 프로그램	나노 과학자 및 기술자에 대한 나노기술의 ELSI 교육 프로그램
	CNS의 연구와 관련 다양한 이론과 방법, 실제적 실험을 소개하고 훈련하는 프로그램
	나노과학기술분야 종사자(대학, 기업, 정부연구소 등) 대상 사회적 쟁점 교육 : 'Winter School' / '책임 있는 혁신'(Responsible Innovation) 과정 운영 등
	학부생 및 대학원생 그리고 박사 후 연구자를 위한 나노기술의 ELSI 교육 및 훈련 프로그램
	나노기술의 사회적 영향 관련 학제 간 교육 프로그램 운영 : 대학생과 대학원생을 대상으로 한 팔로우업 프로그램
	Postdoctoral Scholars and Researchers Program

- 둘째, Outreach(봉사활동) 프로그램으로 일반 대중, 나노기업, 제조자 및 연구자, NGO, 법조계, 과학정책 결정자 등과 함께 하는 나노기술의 ELSI 주제에 관한 소통 프로그램을 개발하고 이를 운영하고 있음. 주요 내용은 아래와 같음

표_05          outreach 프로그램	<b>Industry/ Private Sector</b>
	나노산업 관계자들을 대상으로 “Nano technology, Business and Anticipatory Governance” 주제 워크숍 개최 등
	<b>The Virtual Institute for Responsible Innovation(VIRI)</b>
	지역적으로 떨어져있는 연구자들 간의 웹-기반 커뮤니티로서, 책임 있는 기술혁신 개념을 공유하고 거버넌스에 공헌할 수 있도록 하는 프로젝트
	<b>이해당사자 그룹 간 소통 프로그램</b>
나노과학기술과 관련한 다양한 이해당사자 그룹을 대상으로 다양한 소통 프로그램 개발 및 운영 : 특히 애리조나 주 내의 의회, 위원회, 워크숍, 인터뷰 등에 policy groups, nongovernmental organizations(NGOs)들과 공동 참여	
<b>나노과학기술의 사회적 쟁점들에 대한 심화된 이해 증진을 위한 봉사활동들</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovation Space : 학생들에게 사회의 요구에 부응하고 환경적 영향을 최소화 하면서 시장 가치를 창출할 수 있는 상품을 어떻게 개발하는지를 가르침</li> <li>• Future City Tour (FCT) (기술에 대중이 참여하는 혁신적 방법으로, 시민들이 주변 환경을 직접 탐색하고 나노기술로 가능한 변화와 기술적 선택, 선호, 결과의 복잡성 등에 대해 숙고토록 하는 프로그램) 등</li> </ul>	

### ≡ 나노기술에 대한 대중적 이해(public understanding) 증진 사업

- 이 사업은 대중(대학생 포함)교육을 위한 교육용 자료를 개발하고 프로그램을 운영하며, 이의 확산을 위한 정보 네트워크를 구축하고, 전시회, 브로슈어, 정기간행물, 라디오 및 TV 프로그램, 기타 교육 매스미디어와 같은 비공식적인 교육 자원들을 창출하기 위해 NNI의 모든 기관들이 대중 및 사설 단체들과의 파트너십을 지속하는 것을 주요 내용으로 하고 있음
- 첫째, 가장 큰 규모의 사업이 STARnet program임. 6개 대학을 잇는 멀티 센터를 구축하여 대중교육(seminars and webcasts)과 봉사활동(companies, government labs 대상)을 수행하고, 연구결과를 전문적인 저널 외에 비전문적인 저널·잡지·책의 형태로 출판하고 있음

- 둘째, 나노과학기술에 대한 심화된 이해를 위한 대중 교육활동 및 outreach 프로그램을 개발·운영하고 있음. 주요 내용은 아래와 같음

표_06	
교육 프로그램	<p style="text-align: center;"><b>Informal Science Education</b></p> <p>고등학생 및 일반 대중을 위한 나노과학기술 교육 프로그램</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Science Café</b></p> <p>대중들과 연구자들 간 비형식적인 토론 프로그램 (주요 토론 주제는 지속가능성, 수자원과 에너지, 기후변화, 과학, 종교 등)</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Nanoquestions</b></p> <p>나노기술과 관련하여 대중들이 자주 묻는 질문들(FAQ)을 목록화하고 그에 대한 답변을 웹상에서 제공</p>
outreach 프로그램	<p style="text-align: center;"><b>암 관련 나노기술에 대한 public outreach</b></p> <p>NCI Alliance for Nano technology in cancer에서 추진하는 일반인, 환자, 기타 의료 사회를 대상으로 한 outreach 활동 (가령 일반인을 위한 one-day mini-symposium 등)</p>
	<p style="text-align: center;"><b>나노-바이오 기술 관련 public outreach</b></p> <p>“Nanotechnology Town Halls” 프로그램 (Northwestern University) / “Nanobiomotors : Structures, Mechanisms and Clinical Implications” (University of Kentucky) / “The Art of Systems Biology and Nanoscience Days for Kids and Evenings for Grownups” events (University of New Mexico) / 나노의학 이수 과정 개발 및 운영 등</p> <p>기타 연구소 탐방 행사, NanoDays 행사, 시민 발표, Nano Equity Card Game, Speed-dating with Scientists, Three Angry Scientist 연극 등</p>

- 셋째, 확산을 위한 정보 네트워크 구축 활동도 진행되고 있음. 나노기술 전문가들과 비공식적 과학자 집단을 위한 2개의 국립 네트워크의 운영을 지원하고 있음. 가령 하버드 대학 (1,600만 달러)이 중심이 되어 Nanobank 개발과 나노정보 제공 Database를 구축하였고, Nanotechnology Applications and Career Knowledge (NACK)와 Nanoscale Informal Science Education Network (NISE Net)이 구축되었음

## 2. 유럽 연합(EU) 동향

### ≡ 법적 근거 또는 배경

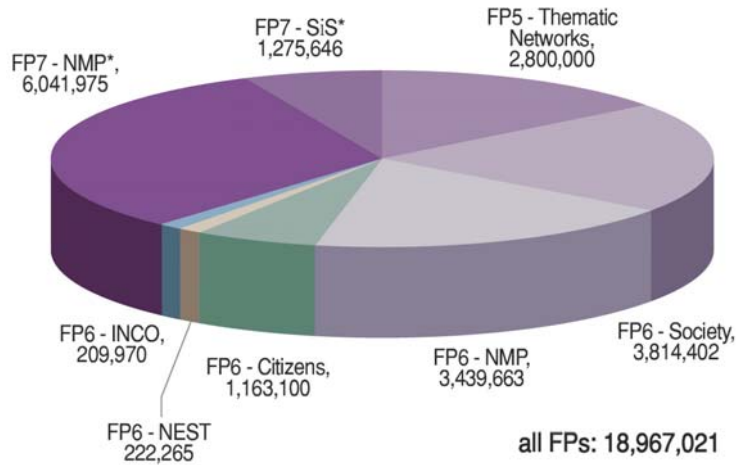
- 유럽은 1998년부터 2002년까지 추진된 <5차 연구 및 기술 개발을 위한 프레임 워크 프로그램>(5th Framework Programme for Research and Technological Development, FP5)을 시작으로, <FP6(2002-2006)> 그리고 <FP7(2007-2013)>에서 나노기술의 ELSI 연구 및 활동을 지원하고 있음
- 2014년부터 2020년까지는 프레임워크 프로그램 대신 <Horizon 2020>을 실행함. <Horizon 2020>은 모두 8가지 프로그램 영역(section)으로 구성되어 있는데, 그 가운데 나노기술의 ELSI 연구 및 활동은 (1) 2번째 프로그램 영역인 ‘Industrial Leadership’의 세부 영역 “Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing” 내의 work programme인 NMP 32번 “Societal engagement on responsible nanotechnology”와, (2) 6번째 프로그램 영역인 ‘Science with and for Society’을 통해서 수행되고 있음

### ≡ 주요 ELSI 사업 및 관련 예산

- 미국의 경우와 유사하게 내용은 크게 연구 프로젝트, 교육 프로그램 그리고 이해당사자 간 소통 및 거버넌스 구축 프로그램으로 구성되어 있음
- FP5에서 FP7까지 EU에서 나노기술의 ELSI 연구 및 활동에 지출한 총 예산 및 주제 혹은 분야별 배분 예산은 아래의 [그림\_02]와 같음. [그림\_03]은 나노기술의 거버넌스 구축 및 ELSI 연구에 투자된 연도별 예산을 보여 줌. 한편 Horizon 2020에서 편성된 2014년 예산은 2,230만 유로, 2015년 예산은 2,750만 유로임

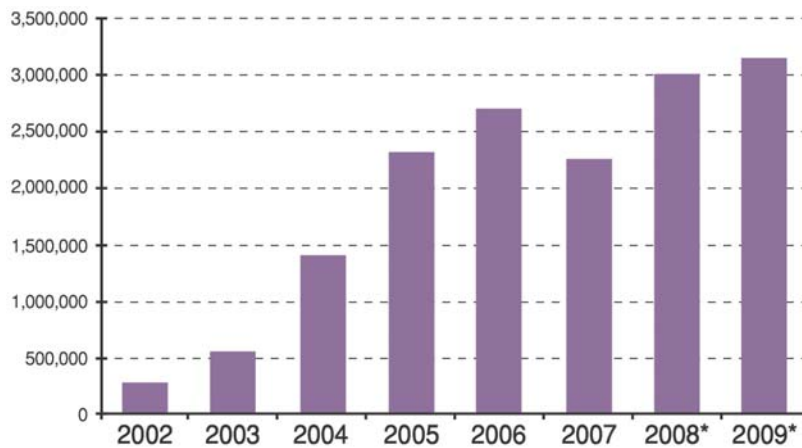


그림\_02 ELSI 연구 및 활동에 대한 EU 편성 예산 (FP5~FP7)



Notes: Includes funding from 2001 to 2012. Amount has been estimated according the share directly related to nanotechnology, see also Annex 1. \* Data for FP7 are not complete.

그림\_03 ELSI 연구 및 활동에 대한 연도별 편성 예산



Notes: Includes funding from PF5 to FP7. Amount has been estimated according the share directly related to nanotechnology, see also Annex 1. \* Data for 2008 and 2009 are not complete.

- EU의 경우 기본적으로 나노기술을 포함하여 모든 과학기술의 연구 개발 과정에 윤리적 평가(Ethics Review)를 포함시키고 있음<sup>1</sup>
  - FP7에서는 연구비 지원 결정 단계에서 윤리 전문가에 의한 검토를 포함하고 있으며, 심각한 윤리적 문제를 야기할 수 있는 연구들을 지원 대상에서 제외시키고 있음
  - Horizon 2020에서도 예산을 지원받는 모든 나노기술 연구들은 윤리적 영향 평가를 의무적으로 거쳐야 함
  - 윤리적 영향 평가는 다음의 두 단계로 이루어짐.
    - (단계1) 자체-평가 및 스크리닝(Ethics self-assessment & Screening) : 연구자는 연구가 야기할 수 있는 잠재적인 윤리적 쟁점들을 설정하고, 연구 계획 단계에서 그 쟁점들을 어떻게 처리할 것인지 세부적인 계획을 갖추고 있어야 하며, 이를 윤리 전문가가 평가하도록 함
    - (단계2) 윤리 평가(Ethics Review : Ethics Screening & Assessment) : 1단계를 통과하지 못한 연구들, 즉 심각한 윤리적 쟁점을 야기할 수 있는 연구들에 대한 평가를 실시 하되, 윤리적으로 부정적인 영향을 줄일 수 있는 방안이 없는 경우 연구를 기각시킴

### ≡ 주요 연구 프로젝트(FP5-FP7, 1998~2013)

표_07	
프로젝트	주요 내용 및 활동
NANOBIO-RAISE (2005.11.01.~ 2007.10.31.)	(Nanobiotechnology-Responsible Action on Issues in Society and Ethics) 나노생명공학자, 윤리학자, 커뮤니케이션 전문가가 함께하는 학제 간 연구 프로젝트로, 나노생명공학 기술이 야기할 수 있는 사회적 윤리적 쟁점들을 예측하여 이 쟁점들에 대한 대응전략과 권고안 제시
NANOLOGUE (2005.02.01.~ 2006.10.31.)	나노기술의 윤리적·법적·사회적 측면에 대한 이해를 위해, 나노기술의 ELSA 연구에 대한 지도 작성, 연구기관 대표와 기업 대표 그리고 시민 대표의 나노기술의 ELSA에 대한 입장 조사, 나노과학의 미래에 대한 세 가지 시나리오 개발

1\_ [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/89908/integrating-ethics\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/89908/integrating-ethics_en.pdf)

<p>KNOWLEDGE NBIC (2006.04.01.~ 2009.03.31.)</p>	<p>이 프로젝트는 NBIC 융합기술 연구의 사회적 영향 연구</p>
<p>DEEPEN (2006.10.01.~ 2009.09.30.)</p>	<p>(Deepen Ethical Engagement and Participation in Emerging Nano technology) : 나노기술로 인해 야기된 윤리적 쟁점들에 대한 통합적인 이해를 목적으로, 시민 사회와 나노과학자 사회가 윤리적 쟁점을 이해할 수 있는 도구 개발하고, 나노기술의 연구 및 거버넌스에서 고려되어야 할 윤리적 권고안 개발</p>
<p>NANOPLAT (2008.01.01.~ 2009.06.30.)</p>	<p>나노제품 숙의과정 개발(나노제품을 시장에 출시할 때, 인간과 환경의 안전, 윤리적 딜레마, 위험 인지, 책임을 숙의하는 과정 개발) 연구 및 개발</p>
<p>FRAMINGNANO (2008.05.01.~ 2010.05.31.)</p>	<p>책임 있는 나노기술 개발을 위한 국제적인 이해당사자간 대화 플랫폼 및 거버넌스 구축에 필요한 실천과제 도출 연구 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가별 나노 과학기술에 적용되고 있는 기존 규제 및 새로운 규제들, 각국의 과학정책과 EHS 및 ELSI 연구 계획 등 분석</li> <li>• 나노기술 관련 쟁점들에 대한 이해당사자의 의견과 요구사항 분석</li> <li>• 책임있는 나노기술 개발을 위한 거버넌스 계획 제안</li> </ul>
<p>NANOMED ROUND TABLE (2009.01.01.~ 2009.12.31.)</p>	<p>나노의학(Nanomedicine) 관련 윤리적·사회적·경제적 쟁점 도출 및 나노의학기술 정책 권고안 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노의학기술의 윤리적·사회적 쟁점 연구</li> <li>• 나노의학기술의 경제적 영향 연구</li> <li>• 나노의료기술의 규제에 관한 연구</li> <li>• 나노의료기술 관련 이해당사자 의사소통을 위한 실천과제 연구</li> </ul>
<p>SIAMPI (2009.03.01.~ 2011.02.28.)</p>	<p>(Social impact assessment methods for research and funding instruments through the study of productive interactions between science and society) 과학기술의 사회적 영향 평가를 위한 방법론을 발전시키기 위해 나노기술, ICT, 의료기술, 사회과학 분야에 대한 문헌 연구와 case 스터디를 수행</p>
<p>HIGHTECH EUROPE (2009.05.01.~ 2013.12.31.)</p>	<p>식품 산업에서의 첨단 기술(bio, nano, ICT)의 적용을 활성화하기 위한 프로젝트로, 나노 식품과 관련된 ELSI 쟁점 및 대중들의 인지 상황을 포함한 백서 발간</p>
<p>ETHENTECH (2009.07.01.~ 2012.06.30.)</p>	<p>나노 바이오 영역에 신경 임플란트(neural implant) 기술과 인간 능력 향상 기술에 대한 윤리적 평가를 위한 프레임 워크를 발전시키려는 프로젝트</p>

<p>NanoCode &amp; CodeMeter (2010.01.01.~ 2011.11.30)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 책임 있는 나노기술을 위한 행동강령(Code of Conduct for responsible N&amp;N research)의 성공적인 실행을 가능하게 하는 프레임 워크 개발</li> <li>• 과학자사회, 기업, 시민단체 등 이해당사자들을 파악하고, 나노 행동 강령의 실천을 위해 필요한 지식, 태도, 실천 방법 등을 상담하는 활동과 나노 행동 강령의 실천 여부를 평가할 수 있는 지표들을 고안</li> <li>• EU의 나노코드 프로젝트에서는 나노행동강령의 일반원칙들이 얼마나 잘 지켜지고 있는지 판단할 수 있는 나노윤리지표(CodeMeter) 개발 (2011년)</li> </ul>
<p>PRACTIS (2010.01.01.~ 2013.03.31.)</p>	<p>첨단 NBIC 기술(nano, bio, info and cognition)로 인해 발생할 수 있는 프라이버시 쟁점의 변화를 확인하고, 잠재적인 프라이버시 위협 문제를 해소할 수 있는 윤리적 프레임 워크를 제공하려는 데 있고, 이를 위해 개인들의 요구에 응답할 수 있는 프라이버시 보호 정책, 기술 개발이나 법 제정 시에 사용될 수 있는 윤리적 프레임 워크를 탐구</p>
<p>EPOCH (2010.11.01.~ 2012.10.31.)</p>	<p>인간 능력 향상을 주제로 첨단 과학기술(bio-, neuro-, nano-) 거버넌스에 있어서 윤리학이 어떤 역할을 할 것인지를 확인하고 이에 맞게 윤리적 지식의 영역을 확장하려는 프로젝트</p>
<p>EST-Framework (2012.01.01.~ 2013.12.31.)</p>	<p>나노식품을 중심으로 사회적 영향 평가 기법과 기술 평가를 위한 방법론을 발전시키고 윤리적으로 건전한 기술 개발에 공헌하고자 하는 프로젝트</p>

≡ 주요 교육 프로그램(FP5-FP7, 1998~2013)

표_08	프로그램	주요 내용 및 활동
<p>ETHICSCHOOL (2007.09.01.~ 2009.02.28.)</p>	<p>(Summer schools on Nano Technologies and Converging Technologies) 나노기술 개발 관련 윤리적 문제, 융합기술(나노기술, 생명공학기술, 정보 및 의사소통 기술, 인지과학) 관련 윤리적 문제 교육 (교육자료 개발 및 온라인 교육 활용)</p>	
<p>HIERARCHY (2008.11.01.~ 2012.10.31.)</p>	<p>빠르게 성장하고 있는 나노과학 분야, 특히 hierarchical self-assembly 분야의 젊은 과학자들을 훈련하고 교육시키는 프로그램으로 젊은 과학자들의 직업 능력 개발을 위한 non-scientific issues들을 포함하고 있음</p>	

<p>NANOYOU (2009.04.01.~ 2011.06.30.)</p>	<p>유럽의 젊은이들을 대상으로 한 교육 프로젝트로, 11~18세 학생을 대상으로 하는 교육 프로그램과 19~25세 젊은이들을 위한 과학 센터 프로그램으로 구성됨</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생 교육 프로그램 : 400여개 학교에서 25,000명 학생 대상</li> <li>• 과학 센터 프로그램 : 4,000명의 젊은이를 대상</li> <li>• 전시회, 컴퓨터 게임, 실험, 온라인 콘텐츠와 ELSI 쟁점에 대한 이해를 증진시킬 수 있는 워크숍 포함</li> </ul>
<p>GLOBAL excursion (2011.09.01.~ 2014.02.28.)</p>	<p>교사와 학생들에게 나노기술과 바이오기술에 대한 교육용 자료들을 제공하기 위한 프로젝트로 GLOBAL Virtual Science Hub(VISH)를 통해 교사와 학생들을 위한 교육용 콘텐츠를 제공하고 있으며, 콘텐츠 안에 ELSI 쟁점에 대한 내용 포함시키고 있음</p>
<p>NanoELS (2012.11.01.~ 2015.10.31.)</p>	<p>(Nanotechnology Education for Industry and Society) : 산업 및 사회에서의 나노 기술 인력 수요를 분석하고, 이에 토대하여 대학, 직업교육 센터, 중고등 학교에서의 나노기술 교육을 위한 커리큘럼을 개발하는 프로젝트</p>

≡ 이해당사자간 소통 및 거버넌스 구축 프로그램(FP5~FP7, 1998~2013)

표_09	프로그램	주요 내용 및 활동
<p>NANOFORUM (2002.07.08.~ 2007.07.07)</p>	<p>나노기술 관련 뉴스, 보고서, 이벤트, 투자 등에 대한 정보를 웹사이트를 통해서 연구자, 기업, 정책 결정자, 일반시민들에게 제공</p>	
<p>NANODIALOGUE (2005.03.01.~ 2007.02.28)</p>	<p>나노기술 발전에 대한 대중들의 이해수준을 높이고, 연구자, 시민, 다른 사회적 행위자 사이의 토론을 통해 ELSI 쟁점들을 확인하고, 이를 European Commission에 전달</p>	
<p>OBSERVATORY NANO (2008.04.01.~ 2012.03.31)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정책 결정자, 경제 전문가를 포함한 이해당사자들이 나노기술과 관련된 의사결정을 수행할 수 있도록, 나노기술과 관련 연구 개발 동향 정보, 규제동향 정보, 기술관련 EHS 및 ELSI 쟁점 등 신뢰할 만한 정보들을 수집하여 온라인으로 제공하는 프로젝트</li> <li>• 10개 나노기술 각 분야별로 파급효과, 상용화에서 요구되는 실천 과제, 출판 문헌 통계, 특허 활동, 관련된 EHS, ELSI 쟁점들에 관한 정보 제공</li> </ul>	

<p>PERARES (2010.05.01.~ 2014.04.30.)</p>	<p>시민 사회 기구(Civil Society Organisations, CSO)가 연구 아젠다 설정이나 연구 과정에 직접 참여하는 연구 속의 대중 참여(public engagement in research, PER) 프로젝트</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 연구기관들과 시민단체들이 공동 참여하는 토론 네트워크인 science shop network 구축</li> <li>• 대중이 참여할 수 있는 다섯 가지 연구 사례, 사례들에서의 구체적인 쟁점을 선정 토론회 진행 및 토론회 웹사이트 구축</li> </ul>
<p>FRAMINGNANO</p>	<p>나노과학기술과 거버넌스에 대한 이해당사자들의 관심과 의사소통을 증진하려는 목적으로 워크숍을 개최하고 언론홍보, 뉴스레터, 웹사이트 등을 활용하여, 나노과학기술과 거버넌스에 대한 의사소통 프로그램을 운영</p>
<p>NANOMED ROUND TABLE</p>	<p>책임 있는 나노 의료 기술의 발전을 위하여, 핵심적인 이해당사자들로서 일반인들과 나노의료 기술 전문가, 의료보험 관계자, 정책 결정권자, 윤리학자, 법학자, 사회학자, 경제학자 등이 참여하는 의사결정 목적의 토론회 개최</p>
<p>NANOCHANNELS (2011.01.01.~ 2012.06.30)</p>	<p>나노기술의 ELSI와 관련되어 있는 다양한 이해당사자들(일반인, 과학자, NGO, 교사 등) 간의 의사소통을 증진시키기 위한 캠페인이나 이벤트를 수행하는 프로그램으로, 생방송 토론회나 온라인 토론(페이스북 이용)을 진행</p>

### ≡ Horizon 2020 (2014~2020)

#### ■ FP로부터 계속 이어지는 사업들

- 「GLOBAL excursion」
- 「NanoEIS (Nanotechnology Education for Industry and Society)」
- 「PERARES」
- 「NANODIODE」 : 유럽의 나노기술 거버넌스를 지원하기 위해서, 혁신 가치 사슬 (innovation value chain) 구축에 이해당사자를 참여시키는 프로젝트로, 연구 및 개발 전 단계에서의 나노기술에 대한 사회적 요구를 밝히는 기획 단계의(upstream) 대중 참여, 연구 및 개발 중간 단계에서의(midstream) 대중 참여, 교육과 의사소통을 위한 최종 단계의(downstream) 대중 참여 등으로 구성(2013.07.01.~2016.06.30.)

- 2번째 프로그램 영역 ‘산업선도’ (Industrial Leadership)
  - 세부영역인 "나노기술, 신물질, 생명기술 그리고 선진 제조과정" (Nano technologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing) 내의 작업 프로그램(work programme)인 NMP 32번 “책임 있는 나노기술을 위한 사회적 참여” (Societal engagement on responsible nanotechnology)에서 ELSI 연구 활동 추진
  - 이해당사자간의 플랫폼 구축(EU 차원과 개별국가 차원)을 위한 사회 참여적 실천 과제를 도출하고 이를 시행함
  - 다양한 행위자 간의 나노기술 관련 지식 격차를 줄이고 지식의 잠재적인 공동 생산을 위한 이해당사자 간 대화와 훈련 프로그램을 개발하고 시행함
  
- 6번째 프로그램 영역 ‘Science with and for Society’
  - (세부영역1) Science Education and Careers Attractive for Young People
  - (세부영역2) Promoting Gender Equality in Research and Innovation
  - (세부영역3) Integrating Society in Science and Innovation
  - (세부영역4) Developing governance for the advancement of Responsible Research and Innovation
  
- 과학기술의 ELSI와 관련이 있는 (세부영역4)의 과제들은 다음과 같음.
  - GARRI.1 (2014) : “현행 연구와 혁신 체계 안에서의 RRI에 대한 이해 고취하기”
  - GARRI.2 (2015) : “산업계에서의 책임 있는 연구와 혁신”
  - GARRI.3 (2014) : “디지털 시대의 과학적 정보 : 텍스트, 데이터 Mining(TDM)”
  - GARRI.4 (2015) : “연구 성과를 확산시키고 그것의 영향을 측정하는 혁신적 접근 방안”

## Ⅲ. 나노기술 ELSI의 국내 동향

### ≡ 법적 근거 또는 배경

- 우리나라의 나노기술 ELSI 연구 및 활동은 <나노기술개발촉진법(이하 촉진법)>에 그 근거를 두고 있음. 2011년에 개정된 촉진법에는 나노기술 영향평가를 주기적으로 권하고 있고 영향평가 시 “나노기술의 발전과 산업화가 경제·사회·문화·윤리 및 환경에 미치는 영향을 미리 평가”하도록 하고 있으며 그 결과를 정책에 반드시 반영하게끔 규정하고 있음. 2013년에 재개정된 나노기술개발촉진법에서는 나노기술 영향평가의 범위 및 절차를 보다 세분화하고 구체화하여 규정하고 있음

**표\_10** 나노기술개발촉진법과 시행령

나노기술개발촉진법	나노기술개발촉진법 시행령
<p>제19조(나노기술 영향평가) 정부는 대통령령으로 정하는 바에 따라 나노기술의 발전과 산업화가 경제·사회·문화·윤리 및 환경에 미치는 영향 등을 미리 평가하고 그 결과를 정책에 반영하여야 한다.</p>	<p>제17조(나노기술 영향평가의 범위 및 절차) ① 미래창조과학부장관은 법 제19조의 규정에 따른 나노기술 영향평가를 위하여 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 시행계획을 세우고, 나노기술 관련 법인·단체 또는 기관으로 하여금 이를 실시하게 할 수 있다. &lt;개정 2008.2.29, 2013.3.23&gt; ② 나노기술 영향평가에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 나노기술의 발전과 산업화가 국민생활의 편익증진 및 관련 산업의 발전에 미치는 영향 2. 나노기술의 발전과 산업화가 국가사회 전반에 미치는 영향 3. 나노기술이 초래할 수 있는 부정적 영향 및 그 방지방안</p>



### ≡ 주요 ELSI 사업

- KISTEP이 중심의 나노기술 영향평가
- 나노소재기술개발 프론티어 사업단(CNMT)의 ELSI 연구 및 활동(2008년~12년)
- 기타 ELSI 사업들

### ≡ KISTEP의 나노기술 영향평가

- 2003년 NBIT 기술영향 평가 실시하여 NBIT 융합의 산업경제, 사회문화, 환경, 법적 규율 및 윤리 문제에 대한 정책제언을 하였음. 2005년 나노기술 일반에 대한 기술영향 평가를 실시하여 산업·경제적 관점의 사회·문화 분과의 정책제언을 하였음. 2006년에는 나노소재에 대한 기술영향평가 실시하여 산업, 개인의 삶, 사회·안전, 에너지·환경 분야에 미치는 영향 분석, 물리적인 위험에 대한 대처와 대중의 참여를 보장하기 위한 인프라의 필요성과 나노소재로 인한 사생활 침해 가능성 및 사회적 격차 심화 문제 지적하였음
- 2003년 NBIT 기술영향 평가
  - 인력 양성 프로그램과 제도 도입
  - 연구자 윤리 헌장 마련
  - 빈부격차 해소 방안 마련
  - 나노기술 종사자 및 대중 교육 프로그램 개발
  - 환경위해성 평가 실시
  - 일반인 참여 확대와 리스크 커뮤니케이션 필요
- 2005년 나노기술 영향 평가
  - 나노기술개발 총괄 조정·지원 체제 구축
  - 국가연구비 중 일정비율을 기반연구에 배정
  - 안전성 연구
  - 사회문화적 연구

- 대중이해연구
- 대국민 교육 및 커뮤니케이션 채널 확보
- 나노기술의 오용방지용 제도적 장치 마련
- 2006년 나노소재기술 영향 평가
  - 나노소재의 특성을 전문가와 대중에게 이해시키기
  - 나노소재 특성의 규격화, 인증 문제
  - 나노소재 기술영향평가센터 설치
  - 나노소재의 사회적 영향을 분석, 평가하여, 나노소재의 개발·활용을 위한 지침 및 정책 대안 제시
- 과학기술 전문가 이외에 사회영역, 경제영역의 다양한 전문가들이 기술의 영향을 평가하고 보완점 및 대책을 제시. 일반 대중들의 참여 결여 및 사회적 소통의 한계, 개별 기술의 세분화된 윤리/사회/법적 평가 부재, 기술영향평가의 국가 정책 반영 미흡 등의 한계 노정

### ≡ 나노소재기술개발 프론티어 사업단(CNMT)의 ELSI 연구 및 활동(2008년~12년)

- 나노소재의 안전성 확보를 위한 제조 및 활용기준 확립과 사회적 영향 연구 [2008.4.1. ~ 2009.3.31.] : 국제 동향 조사 및 문헌 조사와 국내 설문조사를 통해서 나노소재의 안전성 확보에 필요한 활동들을 확인할 목적으로, 나노소재의 사회적 영향에 관한 국제적인 연구동향 조사, 나노소재 국제윤리 워크숍 개최, 나노재료에 대한 대중 인식도 조사와 문헌 자료들을 수집 분석함
- 나노물질 안전 가이드북 개발 [2009.4.1. ~ 2010.3.31.] : 연구자나 기업이 활용할 수 있는 나노물질 안전 가이드북을 개발함. 이 가이드북은 나노기술의 책임 있는 개발과 안전한 사용을 위해 적용될 수 있는 7가지 윤리적 원칙들(principles), 윤리적 원칙들에 근거하여 제정된 7가지 항목의 행위 강령들(code of conduct), 그리고 이 강령을 연구실험실 상황에 구체적으로 적용한 나노물질의 환경 보건 안전(EHS) 지침(guideline or good practices)으로 구성됨

- 나노제품 소비자 모니터링 프로그램 운영 [2010.1.18. ~ 2010.2.11.] : 이공계 출신 주부들로 구성된 모니터 요원 22명이 일상생활에 사용되는 나노제품 167개를 모니터링 함. 이 프로그램은 나노제품 안전 거버넌스를 위한 시민 참여 모델의 하나임. 참여한 주부 들은 모니터링 경험을 토대로 정부가 나노제품의 안전성을 입증해주는 인증 제도를 조속히 도입할 것을 촉구하고, 기업이 나노제품의 설명서에 상세하고 신뢰감 있는 내용을 담을 것을 요구함
- 나노프렌즈 웹사이트 구축 [2010.4.1. ~ 2011.3.31.] : 나노기술에 대한 사회적 인식을 제고 하고 각계각층의 이해당사자와의 소통을 증진하려는 목적으로, 나노기술의 잠재적 이익을 설명하고 EHS 및 ELSI 연구 및 동향을 소개하는 웹페이지(<http://www.nanofriends.or.kr/>), 일명 ‘나노프렌즈’(nanofriends)를 개발함. 이 웹페이지는 나노기술 개발과 직접적인 관련을 맺고 있는 전문가들 및 일반 대중들이 나노기술에 대한 인식을 확장할 수 있도록 다양한 정보를 제공하고 있음
- 나노 안전 이해당사자 포럼 [2011.4.1. ~ 2012.3.31.] : 나노기술 관련 이해당사자간 의사소통을 위한 포럼을 국외 나노안전 거버넌스 관련 이해당사자 참여 모델에 대한 분석과 국내 전문가들의 자문을 통해 설계함. 소비자(시민), 정부, 기업, 그리고 연구자 등 이해당사자를 중심으로 ‘나노안전 이해당사자 포럼’을 개최함.
- 우리나라에서 처음으로 다양한 형태의 ELSI 사업을 체계적으로 추진하였다는 소기의 성과 에도 불구하고, 프런티어 사업 종료와 함께 끝나버리는 단기성/일회성의 한계와 안전성을 중심으로 한 좁은 영역의 ELSI 논의에 그치는 한계 노정

### ≡ 기타

- 과학창의재단 주관 ‘STS 아카데미 : 지속가능한 나노기술 발전을 위한 시민자문회의 (2009)’, ‘나노제품 안전성 센터 구축 운영 방안 연구’ (2012.6 ~ 2013.7, 당시 지식경제부 주관), 국가나노기술정책센터(NNPC)의 ‘나노기술 연구윤리 지침 안’ 개발(2011.12, 당시 교 육과학기술부 주관) 등

## IV. 정책적 시사점 및 과제 제언

### 1. 나노기술 ELSI 사업의 정책적 시사점

- 나노기술의 EHS 외에 ELSI 연구 및 교육 그리고 활동을 체계적으로 수행하기 위한 정부 차원의 Nano-ELSI 정책 수립 및 지원책이 필요함. ELSI 연구는 EHS 연구와 함께 나노기술의 책임 있고 지속가능한 발전을 위한 정책 수립에 직·간접적으로 필요함. 따라서 이를 독립시켜 별도로 체계적으로 추진할 필요가 있음. 나노 선진국답게 미국과 EU는 중장기 사업 계획에 ELSI 연구 로드맵을 만들어 이와 직접 관련된 연구 영역들을 설정하고 있으며, 세부 영역 및 작업 프로그램에서도 다양한 주제의 ELSI 연구 과제들을 제시하고 이를 추진함으로써, 앞으로 발생 가능한 윤리적·법적·사회적 문제들에 적극 대처하고 있음
- 나노기술의 ELSI 연구 및 활동을 위한 인적/물적-인프라 구축이 가장 시급하게 필요함. 전문적인 ELSI 연구센터를 직접 설립하거나(미국) 기존의 인문·사회과학 연구센터들을 적극 활용하는 방식으로(EU) ELSI 연구를 조직적이고 효율적으로 지원할 필요가 있을 뿐 아니라, 관련 전문 연구자 양성 등 연구 인프라를 한층 강화할 필요가 있음. 또한 시급하게 미국이나 EU 등 기존의 Nano-ELSI 연구 및 활동 관련 자료와 정보들을 수집·분석·활용할 수 있는 Database 시스템 구축 및 Nano-ELSI 연구자 네트워크 같은 인적 인프라 구축도 필요함
- 단기적으로 본다면, Nano-ELSI에 대한 연구 및 교육 그리고 다양한 outreach 소통 활동을 위해 예산 확보와 사업단 구성 등 국가 차원의 재정적 지원이 당장 시급함.

그런 연유로 2011년 제3기 국가나노기술종합발전계획에서는 EHS 연구가 강조되었던 만큼, 2016년 제4기 국가나노기술종합발전계획에서는 ELSI 연구가 보다 적극적으로 강조될 필요가 있음.

- 새로운 기술영향평가 방식에 대한 연구 개발이 필요함. 나노기술 개발에 따른 윤리적, 법적, 사회적 영향들에 대한 발굴된 이슈들을 나노기술의 연구, 개발, 상용화 단계에 적용하여 다양한 주체들의 참여를 통한 공론화 및 해결방안을 제시하고, 더 나아가 나노기술을 통한 사회적 문제 해결까지 가능할 수 있도록 하는 새로운 기술영향평가 방안에 대한 연구가 필요함. 그리고 이렇게 새로 개발된 방안으로 나노기술에 대한 기술영향평가를 실효성 있게 실시할 필요가 있음
- Nano-ELSI 연구 및 활동은 Nano-EHS와 달리 사회적 가치를 반영하므로 문화적, 역사적, 지역적 특수성과 국내 실정을 반영한 Nano-ELSI 연구 주제 및 내용 그리고 방법론의 개발이 필요함
- 나노기술 연구자를 위한 연구윤리 매뉴얼과 ‘책임있는’(responsible) 연구를 확립하기 위한 유럽식의 Ethical Review 제도에 대한 분석과 우리에게 적용 가능한 제도에 대한 연구 개발이 시급함
- 연구 외에도 ELSI 관련 교육 프로그램 개발 및 운영, 대중소통 활성화 및 거버넌스 구축을 위한 다양한 대중 참여 프로그램 개발 및 운영 등도 적극 추진해야 할 사업임. 미국이나 EU의 경우 이 부분에 전체 나노예산 가운데 5% 비중 안팎으로 많은 재정을 실제로 투자하고 있음
- 한마디로 나노 선진국인 우리나라도 미국과 EU처럼 ELSI 연구 전략 및 로드맵을 수립하고, 전문적인 나노 ELSI 연구 센터 설립을 통해 ELSI 연구 역량 및 인프라를 강화함으로써 보다 체계적이고 효율적이며 조직적으로 ELSI 연구를 수행할 수 있도록 적극적인 투자가 필요한 시점임

## 2. 향후 과제 제언

이러한 시사점을 바탕으로 제4기 나노기술종합발전계획에서 다루어지길 기대하는 두 가지 과제를 제안하고자 함

### (1) 나노기술 영향평가 강화

#### ≡ 나노기술의 선순환적 사회적 영향평가 체계 구축

- 기술영향평가의 목표는 긍정적인 효과를 달성하고 부정적인 효과를 감소시킴으로써 나노 기술 발전을 통한 사회 혁신을 추구하는 것임
  - 기술영향평가는 기술 혁신에 대해서 수동적인 자세로 특정 기술의 금지만을 고려할 것이 아니라, 기술혁신이 사회 문제 해결에 기여할 수 있도록 능동적인 관점에서 기술영향 평가를 고려
- 영향평가 결과로부터 쟁점 도출 및 공론화 과정을 거쳐 논의 결과를 정책에 직접 반영하는 일련의 선순환적 기술영향 평가체계 구축
  - 정기적인 영향 평가를 통해 단기적인 영향과 중장기적인 영향을 분석·도출해 내고, 긍정적인 영향은 극대화하고 부정적인 영향은 그때그때 최소화하는 정책 수립 및 추진 필요
- 평가기법과 관련해서 실시간 기술영향평가(Real-Time Technology Assessment, RTTA)와 같은 새로운 기법의 개발 및 활용 필요
  - 실시간 기술영향평가란 기존 기술영향평가에 예측가능성을 보완한 것으로 사회와 나노 기술 사이의 미래의 상호작용을 예측하고자, 나노 신기술에 대한 각종 동향을 파악하고,

이에 대한 연구자·제조사·일반대중의 인식 및 태도와 가치 등의 변화를 현장에서 실시간으로 모니터링하여 미래의 잠재적인 사회적 영향을 평가하는 활동임

- 이를 위해서는 나노의 다양한 세부 기술들에 대한 영향평가 뿐 아니라 이를 응용해서 만들어진 제품 및 상업화로 인한 영향평가, 그로 인한 사회적 가치평가 등 다양한 수준에서의 영향평가가 함께 이루어져야 함

### ≡ 이해 당사자간 협력 소통 등 사회적 거버넌스 체계 구축

- 예견적 거버넌스(Anticipatory Governance, AG) 구축
  - 책임있는 연구와 혁신(Responsible Research and Innovation, RRI)의 관점에서 나노기술에 의한 미래 사회의 혁신과 관련, 잠재적 영향과 사회적 기대를 예견하고 평가하여 상호 간에 통합과 조화를 이루도록, 나노기술에 의한 혁신의 전 과정에 사회의 다양한 주체들이 함께 참여하는 거버넌스를 구축할 필요
  - 사회 안의 나노기술이 아닌 사회를 위한, 사회와 함께하는 나노기술의 발전을 추구함
- 나노 안전과 관련하여 모든 이해당사자들이 함께 참여하여 협의하는 시민합의회의와 같은 다양한 형태의 사회 안전 거버넌스 체계 구축
  - 정부-기업-연구소가 상호 연결된 광범위한 나노안전 사회적 네트워크 체계를 구축할 필요

### ≡ 나노기술의 사회적 영향 관련 국제협력 활성화

- 미국이나 EU 등과 나노기술의 ELSI 관련 국제협력 확대 강화 : 다양한 관련 국제회의를 통한 공동 협력 체계 구축, 국제적인 차원에서 Nano-ELSI 연구자 네트워크 추진, 기존의 Nano-ELSI 연구 및 활동 관련 자료와 정보들을 수집·분석·활용할 수 있는 국제적인 Database 시스템 구축 등

### ≡ 나노기술의 사회적 영향 연구 및 평가를 위한 전문 인력 양성 및 지원시스템 구축

- 나노기술의 ELSI 연구 및 활동을 위한 인적/물적-인프라 구축
  - 우리나라의 경우 나노기술의 ELSI에 관한 전문적인 연구 및 활동을 수행할 인력은 현재 매우 드문 만큼, 이를 실질적으로 추진할 인적 자원의 확보 및 양성 시급함
  - 나노기술의 ELSI 관련 연구 및 활동의 활성화를 통해 보다 전문적인 인력들을 모으고 배출하는 전문가 양성 정책 필요
- 단기적으로 나노기술의 ELSI 연구를 효과적으로 수행할 수 있도록 연구자에 대한 연구지원 시스템 필요
- 중장기적으로 나노기술의 ELSI 연구와 교육 및 활동들을 체계적이고 조직적으로 수행할 전문적인 연구기관 필요

## (2) 나노기술에 대한 대중 이해증진 확대

### ≡ 나노기술의 대중적 이해 증진을 위한 교육활동 확대 강화

- 대중 매체를 활용한 나노기술에 대한 대중 인지도 제고
- 나노기술 이해 증진을 위한 각종 대중교육 프로그램 개발 및 운영
- 나노기술 이해 증진을 위한 온라인 나노기술 웹사이트 구축 확대 및 스마트 질의 응답 시스템 구축(네이버나 다음 등 기존 포털 사이트 활용)



### ≡ 나노기술의 대중적 이해 증진을 위한 outreach 활동 확대 강화

- 나노기술 연구소를 중심으로 연구 성과에 관한 대중 공감대 형성을 위해 시민 참여형 outreach 활동 적극 추진
- 나노기술 연구소를 중심으로 학생을 대상으로 한 체험형 활동 프로그램 개발 및 적극 추진

### ≡ 나노 안전 관련 나노기술 연구윤리 및 자기적합성 선언 지침 마련

- 나노기술의 책임 있고 안전하며 지속가능한 발전을 위해 연구자, 제조자, 정부 등 이해 당사자들이 준수해야 할 포괄적인 윤리적 원리를 담은 윤리강령의 제정 및 준수 권고 필요
- 나노제품을 생산하는 기업 스스로 책임 있고 안전한 나노제품의 생산 및 관리를 위한 자발적인 자기적합성 선언 마련 권장 필요

참고문헌

이중원 외, “한국에서 나노기술의 사회적 수용 제고를 위한 ELSI 정책 연구”, 국가나노기술 정책센터 정책브리프, 2015.03

이중원, “나노기술의 ELSI 연구 및 활동 동향”, 나노기술연감 2014, 국가나노기술정책센터, 2015.06

이중원 외, “정책제도분과 EHS/ELSI팀 보고서”, 제4기 국가나노기술종합발전계획(안) 별첨자료, 미래부, 2016(출판 준비 중)

CNS-ASU, Annual Report for the Period September 1, 2013 to August 31, 2014.

CNS-UCSB, Annual Report for the Period March 16, 2013 to March 15, 2014.

[http://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nni\\_2011\\_ehs\\_research\\_strategy.pdf](http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_2011_ehs_research_strategy.pdf)

<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation>

[http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/89908/integrating-ethics\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/89908/integrating-ethics_en.pdf)





나노기술의 윤리적 · 법적 · 사회적 쟁점(ELSI) 동향

