



국가원자력기술지도 작성 배경과 목표 및 추진 현황

이태준¹⁾ · 신재인²⁾

2030년까지 우리 나라 원자력 과학 기술 활동의 미래 비전을 수립하기 위한 국가원자력기술지도 (NuTRM)가 개발되고 있다. 2003년 5월부터 시작하여 지난 1월에는 포항 · 대전 · 전주 · 서울 등에서 지역 공청회를 통해 각계의 의견을 수렴하였고, 3월 5일에는 서울 전경련회관에서 대공청회를 개최하여 국가적 차원에서 각계의 의견을 다시 한번 종합적으로 수렴하였다. 본고에서는 NuTRM 개발 작성 배경과 목표, 그리고 추진 현황에 대해서 설명하고자 한다.

국가원자력기술지도(NuTRM) 작성 배경

1. 과학 기술 중심 사회 도래

기술 진보는 자본과 노동의 생산성 향상, 새로운 상품 및 서비스 창출을 통해서 산업 발전 및 국가 경제 성장의 중추 동력이 되고 있다. 기술 진보가 미국 경제의 장기적 성장에 미친 영향을 연구하면서, Solow (1957)는 1910년경부터 1949년까지 약 40년 동안 미국 경제 발전의 약 90퍼센트가 기술 진보 덕택이었음을 밝혀내었다.³⁾

또한 Mitchell(1999)에 따르면, 20세기 후반 약 50년 동안 국가 경제에 대한 기술 발전의 기여도는 미국에서 약 50%였으며, 프랑스에서는 76%, 서독 78%, 영국 73%, 그리고 일본에서는 경제 성장의 55%에 달한 것으로 분석되었다.

21세기에는 정보 통신 기술(IT), 생명 공학 기술(BT), 나노 기술(NT), 환경 기술(ET) 등의 신기술이 과학 기술과 경제 · 사회 변화를 통하여 더욱더 문명의 발전을 주도할 것으로 전망된다.

더욱이 정보 통신 기술의 발달과

함께 과학-산업 기술 간 그리고 학제 간 상호 작용이 증대하면서, 기술 변화 속도가 빨라지고, 기술 분야간 융합화와 시너지 효과가 증대하면서 과학 지식 기반 사회로의 전이가 가속화될 수 있다.

신기술 혁명이 본격화됨에 따라 산업의 경쟁력 구도가 유망 과학 기술의 핵심 역량을 바탕으로 재편될 전망이다. 따라서 이들 분야의 기술 혁신 벡터가 국가의 경제 · 사회 발전에 결정적인 영향을 미치게 될 것이다.

이처럼 과학 기술 경쟁력이 국가

1) 국가원자력기술지도과제 TF팀장

2) 국가원자력기술지도과제 책임자

3) Rosenberg(1982)와 Patel(1995)에서 인용함.

경제 발전에 가장 핵심적인 요소라는 평가와 인식이 더욱 확산되면서 국가 연구 개발 사업의 추진에 있어서도 기술·경제성이 크게 강조되고 있으며 연구 개발 과정의 효율성보다도 그 결과의 효과적 활용이 국가 차원에서 매우 중요한 정책 현안으로 대두되고 있다.

특히 21세기 과학 기술 중심 사회에서는 과학 기술이 인간의 삶의 변화를 주도하며 과학 기술 발전이 미래 국가의 흥망성쇠를 결정할 것으로 전망되고 있으며, 각국은 미래에 사회 경제적으로 수요 가치가 큰 기술 분야에서 국가 경쟁력을 확보·강화하기 위한 노력을 경주하고 있다.

2. 국가 과학 기술 활동의 패러다임 변화

패러다임(Paradigm)이라는 용어에 대한 보편적인 개념은 토마스 쿤(Thomas S. Kuhn)의 저서인 「과학 혁명의 구조 (The Structure of Scientific Revolution)」에서 인용되고 있다.

쿤에 따르면, 패러다임은 어느 주어진 과학자 사회의 구성원들에 의

해서 공유되는 신념·가치·기술 등의 집합으로서 문제 해결의 기본 모형 또는 방식을 의미한다 (Kuhn/김명자역, 1999).⁴⁾

이러한 정의하에서 과학 혁명(Scientific Revolution)은 '패러다임의 변화'로 개념화되며 기존의 패러다임과 양립되지 않는 새로운 패러다임에 의해서 전반적으로 또는 유의(significant)할 정도의 부분적으로 비연속적·비점진적·비축적적인 과학의 발전을 의미한다.

과학 혁명은 자연 현상에 대한 다각적인 탐사에서 기존의 패러다임이 더 이상 적절하게 구실하지 못한다는 위기 의식이 과학자 사회에서 점차로 증대되면서 시작된다.

즉 기존 패러다임의 기능적 결함을 깨닫는 것이 과학 혁명의 전제 조건이 된다(Kuhn/김명자역, 1999: 141-2).⁵⁾

과학 혁명을 보다 사회적으로 보편화시키기 위해서 본 연구에서는 쿤의 정의에서 명시된 '과학자 사회'를 '전문가 사회'로 대치하고 패러다임을 '어느 주어진 전문가 사회의 구성원들에 의해서 공유되는 신념·가치·기술 등의 집합으로서 자

연과 사회 상황에 의해서 제기되는 과제(mission)나 문제(problem)를 해결하는 데 쓰이는 전문가 사회에서 공유되는 모형(model)이나 패턴(pattern)'으로 개념화 한다.

이렇게 할 때, 국가 연구 개발 사업의 패러다임 변화는 국가 연구 개발 사업을 통한 과학 기술과 사회간의 관계(social contract for science and technology)에 대한 사회의 공유된 신념·가치와 과정에 대한 변화를 의미한다.

대규모 연구 개발 활동이 조직적으로 확산되기 시작한 1945년부터 1980년대 까지 과학 활동은 'Vannevar Bush social contract'라고 불리는 패러다임하에서 수행되었다.

국가 연구 개발 사업의 암묵적·잠재적 성과를 기대하는 패러다임하에서 정부는 과학 기술 활동에 대하여 자금을 제공하면서, 과학 기술 연구가 궁극적으로 국가의 부(富)와 보건 그리고 안보를 위한 혜택을 생산할 것이라고 기대한다.

그러면서도 정확히 언제 그리고 어떤 형태의 혜택이 얻어질 수 있는지는 분명하게 설정되지 않는다

4) 쿤(Kuhn)은 과학 사학자이자 과학 철학자로서 20세기 후반의 현대 사상사에 가장 큰 영향을 미친 인물 가운데 한 사람으로 인정되고 있음. 그의 저서 「과학 혁명의 구조」는 1962년에 초판이 인쇄되었고 본 연구에서 인용한 것은 1970년의 증보판을 김명자(1999)가 번역한 것임.

5) 이러한 개념을 바탕으로 이탈리아 경제학자인 도시(Giovanni Dosi)는 기술 패러다임(Technological paradigm)을 '선정된 자연 과학의 원리나 재료 기술에 근거하여 기술 문제를 해결하는 모델과 패턴(model and a pattern of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies)'으로 정의하였음(Dosi, 1982: 152).



(Martin, 2001).⁶⁾

그러나 1980년대 초에 미국의 대외 무역 수지 적자가 누적되고, 산업의 생산성이 낙후되는 등 미국의 국가 경쟁력이 약화되면서 의회를 중심으로 국가 연구 개발 투자에 대한 효과성에 의문을 제기하게 되었고, 그 결과 국가 연구 개발을 수행하면서 개발된 기술을 민간에게 적극적으로 이전해 줄 것을 요청 받게 되었다(Wu, 1994).

특히 WTO 출범 이후에 과학 기술 경쟁력이 국가 경제 발전에 가장 핵심적인 요소라는 평가와 인식이 더욱 확산되면서 국가 연구 개발 사업의 추진에 있어서도 생산성과 경제성이 크게 강조되었으며 연구 결과의 효과적 활용이 국가 차원의 매우 중요한 정책 현안으로 대두되었다(NAS, 1992).

한편, 국가 연구 개발 사업의 산업 경제적 활용에 대한 중요성이 이처럼 증가되어 왔음에도 불구하고 그 성과가 미흡한 이유는 연구 개발 사업의 계획 수립 및 추진시에 개발된 기술 혁신에 대한 전략적 고려가 충분하지 못했기 때문으로 분석되었다(Brown & Wilson, 1993; Chiang, 1992).

이에 따라 국가 과학 기술 능력을 선도해 온 국가 연구 개발 사업의 역

할은 사업의 성공적 수행을 통한 과학 기술 지식 창출 및 기반 확충과 함께, 획득된 혁신적인 연구 결과를 공공 또는 민간에 효과적으로 기술 이전하여 산업화함으로써 국가 산업·경제 발전에 더욱 적극적으로 기여해 줄 것을 요청 받기 시작했다(Luchsinger & Bios, 1989).

즉 국가의 과학 기술에 대한 투자에 대하여 정부는 보다 분명하고 구체적인 성과를 요구하게 된 것이다.

이러한 패러다임의 변화는 글로벌화와 시장 경쟁이 증가되면서 가속화되었다(Martin, 2001).

지구 차원의 치열한 경쟁에서 과학 기술은 지금까지의 어떤 것보다도 가치 있는 경쟁 자원으로, 더 나아가 미래 지식 기반 경제의 성장 엔진으로 인정되면서, 과학 기술 투자의 성과가 미래 국가의 흥망 성쇠를 가늠하는 결정 요인으로 부각되었다.

따라서 국가 연구 개발 사업은 미래 사회를 선도하거나 미래 사회의 수요가 증폭될 것으로 예상되는 분야의 기술 경쟁력을 확보·강화하기 위한 노력을 경주하면서, 급변하는 미래 기술의 방향을 고려하고 효율적인 기술 개발을 위해서 미래 기술을 예측하고 그 중 가장 이득을 창출할 수 있는 전략 기술 과제

(Strategic Technology)를 도출해서 연구와 기술 개발 계획을 수립하고 추진되어야 함이 더욱 강조되고 있다.

즉 국가 연구 개발 계획은 현재의 기술 경쟁력을 발전시키는 것뿐만 아니라 미래 사회 수요의 정도 및 크기를 가능한 한 정확히 전망하고 이를 충족시킬 수 있는 연구 개발 사업 - 기술 혁신 - 미래 국가 사회 발전과의 관계를 보다 구체적으로 명확화 하는 것이 국가 연구 개발 사업의 대규모 투자 타당성을 증진시키는 데 핵심적인 요인으로 인정되고 있다.

이처럼 변화된 패러다임하에서 공적 자금을 제공받는 국가 연구 개발 활동은 분명한 책임을 부여받게 되었다.

다시 말해서 국가 연구 개발 사업은 투자 경제성과 사회적 효용에 대한 체계적 관리를 동시에 요구받게 되었다.

첫째, 투자 경제성 측면에서 정부는 국가 연구 개발 사업의 자금을 지원하면서 연구자들이 그들 연구 결과에 대한 잠재적 손해나 이용자를 규명하고, 동시에 이용자와 함께 그들의 연구 개발 결과가 신속하고 효과적으로 이용되어 최대한 경제적 사회적 혜택을 산출할 수 있음

6) Martin (1999)는 Guston and Keniston (1994)를 인용함: Guston, D. H. and Keniston, K. (eds) (1994), *The Fragile Contract*, Cambridge and London: MIT press.

을 확산할 것을 요구하게 되었다 (Martin, 2001).

둘째, 사회적 효용 관리 측면에서 연구 개발과 기술 혁신 과정 및 혁신 결과의 사회 적용 과정에서 이루어졌던 시행 착오에 의해서 발생하는 과학 기술 투자의 부정적 효과를 줄이면서 기술 혁신 투자의 효율성을 제고하는 것이 국가 연구 개발 사업 추진의 의사 결정 과정에서 또한 중요하게 인식되어 가고 있다.

요약하면, 국가 연구 개발 사업 관리에 대한 패러다임이 국가 발전에 대한 암묵적·잠재적 성과 기대에서 구체적·명시적 계약으로 변화되고 있으며, 이에 따라 국가 연구 개발 사업의 투자 경제성과 사회적 효용 가치에 대한 체계적 관리의 필요성이 강조되고 있다.

3. 원자력의 사회 경제적 가치에 대한 논의 지속

최근에 지구 환경 문제와 화석 연료의 자원 가용성의 한계, 그리고 미래 사회의 디지털화에 따른 전력 수요의 증가 등이 예측되면서 미래 사회에서 원자력의 역할에 대한 기대가 다시 높아지고 있다.

또한 기술 혁신에 따른 원전의 이용률 향상과 수명 연장 등 경제성이 향상되면서, 미국의 경우에 발전 원

가 면에서 타발전원에 대한 경쟁력을 가지게 되었다.⁷⁾

이처럼 원자력 에너지 시스템이 경제성을 갖추게 될 때, 장기적인 관점에서 원자력 발전은 에너지 공급/관리 측면에서의 안정성과 CO₂ 배출 저감에 대한 장점 때문에 21세기에 그 이용이 확대될 것으로 전망되면서, 미국을 비롯한 원자력 주요국들은 원자력 이용 활성화를 위한 국가 원자력 기술 개발 정책을 재검토하기 시작하였고 제4세대 원전 개발 (Gen-IV) 및 혁신적 원자로/핵연료 주기(INPRO) 기술 개발을 위한 국제 기술 협력이 추진되기 시작하였다.

그러나 1950년대부터 개발되기 시작한 원자력 에너지 이용 산업은 1970년대 후반부를 정점으로 침체되어 왔다.

스리마일 아일랜드와 체르노빌에서 일어난 사고가 핵발전소에 대한 불안감을 거의 보편적인 두려움으로 바꾸어 놓았으며, 그리고 지난 20~30년간 원자력 에너지 이용 기술의 획기적인 기술 돌파가 이루어지지 않으면서 원자력은 프랑스와 일본 등을 제외한 많은 선진국의 경우 쇠퇴 산업으로 접어들었다.

독일의 경우를 보면, 발전 능력 2,350만kW, 20기의 원자력발전소

를 보유하고 있는 세계 4위의 원전 설비 보유국으로서 1999년 독일의 총발전량은 1,697억kWh로 원자력이 약 1/3을 차지하고 있다. 이로 인해 이산화탄소의 배출 억제량이 연간 1억 7천만 톤에 달해 지구 온난화 방지에도 크게 공헌을 하고 있는 것으로 평가되고 있다.

그럼에도 불구하고 1998년 사회민주당과 녹색당의 연립 정권 등장 이후 2000년 6월 RWE·EnBW·Veba·Viag 등 주요 전력 4개 회사와 협의하여 현재 운영중인 원자력 발전소를 단계적으로 폐쇄(Phase out)하기로 발표하였다.

이러한 상황은 미래 사회에서 원자력의 역할을 예견하는 데 무시할 수 없는 사실이다. 이처럼 원자력 이용 개발과 관련된 상반된 움직임이 교차하는 상황에서 원자력 에너지가 미래의 핵심 동력으로서 그 역할을 증진시키기 위한 전략을 발굴하는 것이 국가 원자력 기술 지도 과제의 주요 관심사이다.

NuTRM 작성 목적 및 가치

1. 목적 및 목표

기술지도는 연구 개발과 산업화를 포함한 기술 혁신을 수요 지향적으로 관리하는 과학 기술 활동에 대

7) 미국에서 최근 원자력발전소 매매 가격은 kW당 \$400~\$500 수준까지 대체로 신행 가스 터빈 복합 발전소 (gas-fired turbines with combined cycles) 비용과 비슷한 정도로 하락하였음 (Yeager, 2001).



한 전략 경영 기법으로서, 해당 기술의 기술·경제적 또는 전략적 가치를 장기적으로 평가하고, 이러한 미래 가치 창출을 제고하기 위한 제품을 발굴하여 연구 개발 및 산업 활동을 체계적으로 관리하는 매우 효과적인 수단으로 인정되고 있다.

이러한 장점 때문에 미국의 반도체협회(1992), DOE 9개 산업, 가속기 미임계 핵변환 시스템(1999), GEN IV(2002), 그리고 캐나다의 항공 산업과 벨기에의 가속기 미임계 핵변환 시스템(2001) 등의 기술 개발에 기술지도가 적극적으로 활용되고 있다.

국내에서도 1999년 정보통신부의 정보 통신 기술 부문에서 29개의 기술지도가 작성된 바 있으며 2000년부터 기초기술연구회 주도로 생명공학 분야의 Nano/MEMS 등 4개 기술지도와 2001년부터 산업자원부 중심으로 무선 통신·단백질·전자, 광섬유·디지털 가전과 로봇 등 6개 분야의 기술지도가 작성되었다.

또한 2002년에는 과학기술부에서도 미래 산업의 원동력이 될 전략 분야로서 정보 통신 기술, 생명공학 기술, 에너지 환경 기술, 주력 산업 기술, 국가 전략 기반 등 5개 기술 부문에서 49개의 전략 제품의 99개 핵심 기술에 대한 기술지도를 작성하여 국가 연구 개발 사업의 관리에 활용하고 있다.

원자력 분야의 경우에, 원자력 연



한국표준형 원전 중앙제어실. 국가원자력기술지도(Nuclear Technology Road Map, NuTRM)는 미래 원자력 이용 개발 환경 변화에 능동적으로 대처하면서 미래 국가 발전에 대한 기여도를 증진시키기 위한 관점에서, 국가 원자력 연구 개발 활동의 장기 비전 방향과 전략 개발 및 추진 체제를 구축하는 것을 기본 목적으로 삼고 있다.

구 개발 중장기 계획 사업은 1992년부터 시작되어 2006년까지 계획되고 있는 장기 국가 연구 개발 사업으로서 국가 원자력 기술의 고도화 및 선진화를 목표로 하고 있다.

그러나 원자력 연구 개발 사업의 산업 경제적 성과를 증진시키기 위해서는 그 목표를 보다 수요 지향적으로 구체화 하고 연구 개발 활동을 전략적으로 체계화 할 필요가 있다.

특히 원자력 기술 개발처럼 장기적으로 대규모 투자가 필요한 경우에는 미래에 개발될 기술의 가치와 이에 필요한 연구 개발 및 산업 활동을 체계적으로 연계시킬 수 있는 기술지도를 개발하고 이를 적극적으로 운용할 필요가 있다.

이러한 상황에서 국가원자력기술지도(Nuclear Technology Road Map, NuTRM)는 미래 원자력 이용 개발 환경 변화에 능동적으로 대처하면서 미래 국가 발전에 대한 기여도를 증진시키기 위한 관점에서, 국가 원자력 연구 개발 활동의 장기 비전 방향과 전략 개발 및 추진 체제를 구축하는 것을 기본 목적으로 삼고 있다.

이러한 목적하에 국가원자력기술지도 개발의 목표는 2030년까지 미래 국가 발전의 유망 성장 동력이 되기 위하여 원자력 과학 기술 비전과 고부가 가치 전략 제품을 체계적으로 발굴하고 이를 연-산-학-관이 효율적으로 개발하기 위한 연구 개

발 및 기술 혁신 계획서를 작성하는 것이다.

2. 개발 및 활용 가치

기술지도는 목표 대상 기간 동안 관련 기술 및 수요의 변화를 예측·분석하고, 연구 개발의 준비 단계부터 기술 혁신 목표 달성 및 결과의 최종 활용까지의 정부와 산·학·연 주체들이 공유할 수 있는 합리적인 원자력 기술 혁신과 확산의 이정표를 제시한다.

국가 차원에서 작성·관리될 때, 기술 지도의 대표적인 장점은 기술 개발 환경이 특히 위협적일 때 과학 기술 투자의 효과성과 효율성을 증대시키는 데 유용하다는 것이다.

즉 기술 경쟁이 심화되고 조직 또는 산업의 R&D 투자가 감소되며 및 경제 사회적 수요의 불확실성이 커질 때, 그리고 이러한 위협적인 기술 환경을 타개할 수 있는 기술적 대안이 분명하지 않을 때, 기술지도는 국가 차원에서 21세기 미래 사회를 주도할 제품과 기술을 규명하고 자원을 효율적으로 이용하여 이들을 확보하고 그 결과를 효과적으로 촉진하기 위한 기술 혁신 투자 및 관리 전략을 개발 추진하는 데 사용될 수 있다.

이와 같은 기술 지도의 장점을 바탕으로 NuTRM 또한 개발과 운영 과정에서 다음과 같은 가치를 가지게 된다.

첫째, 국가 원자력 R&D 및 기술 투자의 효과성을 증진시킨다.

NuTRM상의 전략의 핵심은 '미래 세계(국내) 시장에서 원자력 기술 제품의 국제 경쟁력 확보 및 강화'이다.

다시 말해서 NuTRM의 연구 개발 과제는 계획 단계부터 국제 경쟁력이 있는 기술 혁신성과 달성을 목표로 한다.⁸⁾

이에 적합한 기술 제품을 개발하기 위하여 NuTRM에서는 미래 사회 및 기술 수요의 변화를 예측·분석하고 대규모 고부가 가치의 전략 제품과 핵심 기술, 그리고 이를 개발할 연구 개발 과제를 발굴하는 과정을 체계적으로 수행한다.

이렇게 함으로써 NuTRM의 개발과 운영은 국가 연구 개발 및 기술 개발 과제의 산업 경제적 투자 효과를 크게 증진시키게 될 것이다.

둘째, 원자력 R&D를 포함한 국가 기술 혁신 체제를 확보할 수 있다.

국가 연구 개발 사업의 기술 혁신 성과는 연구 개발 결과가 실용화하여 국가 산업 발전에 기여할 수 있는

유용한 제품이나 공정 혁신에 연계됨으로써 이루어진다.

또한 연구 개발 단계부터 민간 또는 공공 기업에서의 실용화 및 혁신 완성 단계까지 기술 혁신의 전 과정이 체계적으로 관리될 때 그 성과가 증진될 수 있다 (Chiang, 1992; Johnson, 1982).

이와 같은 맥락에서 원자력 기술 지도는 국가 연구 개발 사업의 추진, 결과 활용, 기술 혁신 및 비전 달성까지 국가 차원의 전주기 기술 혁신 체제를 구축 또는 강화하는 데 기여할 수 있다.

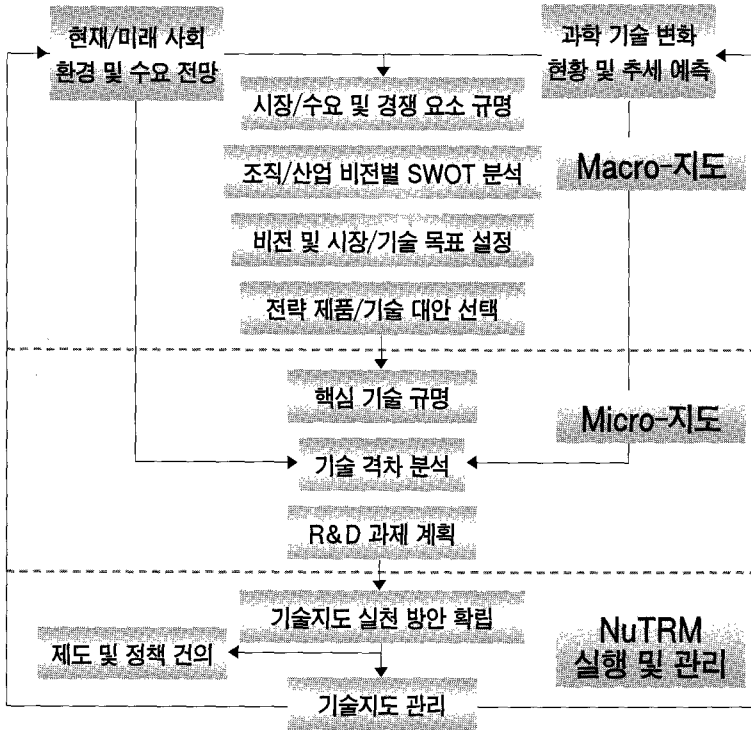
셋째, 조직·산업 및 국가 차원의 원자력 기술 혁신 능력이 향상된다.

기술 혁신 능력은 NuTRM의 원자력 과학 기술 활동에 참여한 조직/산업/국가에 새로운 기술 능력이 구축되거나 기존의 기술 능력이 확장되는 것과 관련된다.

NuTRM에 참여한 R&D 조직은 개발한 기술의 실증 기회를 가지며, 또한 실용화 활동을 통해서 얻어진 엔지니어링 기술 등과 경험을 다시 연구 개발 조직(parent R&D organization)의 활동에 활용한다.

또한 연구원들이 산업 기술자들과 밀접히 접촉함으로써 새로운 연구 개발 아이디어를 창출해내고 연구

8) 연구 개발 계획과 수행 단계에서 결과의 활용성을 우선적으로 고려하지 못할 경우에는 기술 제공자인 출연(연)의 기술 능력과 기업의 기술 능력이 우수함에도 불구하고 기술 혁신 성과는 낮게 나타나는 것으로 분석되고 있음(NRC, 1992).



〈그림 1〉 NuTRM 작성 단계 및 절차

와 미래 수요 및 효과간의 연계성을 구체적이고 합리적으로 보여준다.

국가 원자력 연구 개발 사업의 성과가 연구 개발 조직을 넘어서 국가 경제 및 산업 발전에 기여하는 경로를 체계화함으로써 원자력 과학 기술 투자에 대한 국민적 이해를 증진시킬 수 있다.

NuTRM 작성 과정

NuTRM은 원자력 과학 기술 활동의 국가 경제 발전에 대한 실질적 공헌을 높이기 위하여 수요 지향적(Demand Pull) 원자력 국가 기술 혁신 체계 구축을 궁극적인 목적으로 한다.

이를 바탕으로 NuTRM의 목표는 2030년까지 원자력 과학 기술 활동을 통하여 국가 경쟁력 강화, 지속가능한 국가 발전, 국민의 삶의 질 향상 등 국가 사회·경제 발전에 크게 기여할 수 있도록 원자력 개발 비전, 전략 제품, 핵심 기술, 그리고 연구 개발 과제에 이르는 기술 혁신의 전략 경영 체계를 합리적으로 발굴하고, 이를 연-산-학-관이 효율적으로 개발할 수 있는 국가 혁신 체계를 계획하는 것이다.

NuTRM를 개발하기 위해서는 원자력 비전의 전략 환경을 분석하고 수요 측면(사회 경제적)과 공급 측면(기술적)에서 가시적인 비전 목표를 수립한 후에 이를 달성할 전략 제

개발 프로젝트 수행시 개발되는 기술의 활용을 증시하여 혁신 지향적 연구 개발을 추진하게 된다(Robert & Malone, 1996 ; Chapman, 1994 ; Mitchell, 1994).

산업체의 경우에는 단기적으로는 기술 능력 향상, 제품 설계와 생산 경험 습득 및 비용 절감 혜택을 얻으며 장기적으로는 제품과 공정의 개선, 신규 산업 진출, 사업 기반 구조의 강화 등의 형태로 기술 혁신 능력을 향상시키게 된다 (Chiang, 1982).

이처럼, 관련 주체들의 협력 강화 과정에서 개별 조직은 물론 조직간 기술 학습의 시너지 효과가 증대되

어 국가 차원의 기술 혁신 능력이 증진된다.

넷째, 원자력 R&D 및 산업 기술 개발의 효율성을 향상시킨다.

원자력 과학 기술 활동의 국가 혁신 체제하에서, 연-산-학-관이 원자력 연구 개발 및 기술 혁신과 확산의 경로에 대한 합의를 도출하고, 관련 주체들간의 기능과 협력 체제를 점검함으로써 국가 차원의 과학 기술 활동의 투자 중복과 누락을 방지할 수 있다.

마지막으로, 원자력 대형 R&D 투자에 대한 국민 수용성을 증진시킬 수 있다.

NuTRM은 국가 연구 개발 투자

〈표 1〉 NuTRM 대비전-소비전 구성 체계

대비전	비전 개념	소비전위원회
(비전A) 미래 청정 에너지	사회 환경의 변화에 적응하면서 환경 친화적이고 깨끗한 에너지를 경제적 으로 공급	A-1. 상용 원전 A-2. 미래 원전 A-3. 핵연료 주기 및 방사성 폐기물 A-4. 원자력 안전 및 규제
(비전 B) 국민 삶의 질 향상	의/식/주의 안정화 및 선진화 그리고 건강한 생명 사회 구현	B-1. 방사선 의학 B-2. 방사선 생명·자원·환경 B-3. 방사선 산업 기술
(비전 C) 국가 발전 및 위상 제고	과학 기술 집약적 원자력 기술의 선진 산업국으로서 국가 발전 및 국가 위상 증진	C-1. 원자력 정책 및 국제 협력 C-2. 원자력 통제, 방사선 방호 및 민·군 겸용 기술 C-3. 국민 이해 및 인력 양성
(비전 D) 인류 지적 자산 형성의 원천 기술	기초 과학 측면에서 원자력 지적 자산 형성의 원천 기술 확보를 뒷받침할 수 있는 기술 기반 구축	D-1. 미래 원천 기술 D-2. 신산업군 창출 D-3. 기반 시설
(비전 E) 미래 유망 기술로서 원자력	미래 사회 환경 변화시 사회 경제적 가치가 큰 기술 잠재력 보유한 6T 분야의 미래 원천 기술	E-1. 핵융합 기술 E-2. 첨단 및 원자력 융합 기술

품-핵심 기술-연구 개발 과제를 도출하고 관련된 과학 기술 활동 경로가 시계열적으로 네트워크화 되어야 한다.

이러한 과정은 크게 두 단계로 구분된다. 우선 매크로 기술 지도(Macro-NuTRM)는 국내외적으로 미래 원자력 과학 기술과 산업의 전략 환경을 분석하여 국가 원자력 시장/수요의 전략적 nich를 발굴하고 이들 nich를 지배하거나 선도할 수 있는 전략 제품을 발굴하는 것이 목표이다.

선정된 전략 제품에 대해서 세부 기술 지도(Micro-NuTRM)가 작성

되며 여기서 전략 제품의 성능과 핵심 기술 기술을 도출하고 이를 개발할 연구 개발 과제의 계획을 수립하게 된다.

추진 현황 및 향후 계획

1. 추진 체계 및 조직

NuTRM은 ▲미래 청정 에너지로서의 원자력 ▲국민의 삶의 질 향상을 위한 원자력 ▲국가 산업 발전 및 위상 제고를 위한 원자력 ▲인류 지적 자산 형성의 원천 기술로서의 원자력 ▲미래 첨단 기반 기술로서의 원자력 등 5개 비전으로 구성되어

있으며, 대비전 산하에 총15개 소비전 분야로 구성되어 있다.

NuTRM 작성시에는 원자력 관련 산-연-학의 광범위한 전문 능력을 통합하고자 하였다.

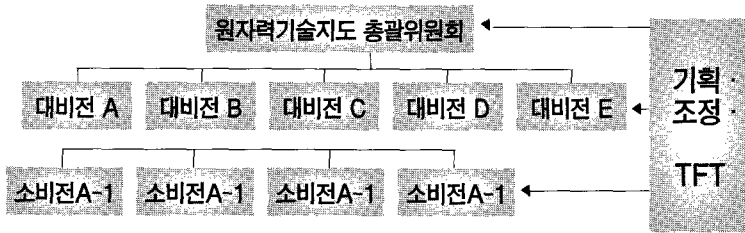
우선 해당 기술/정책 분야의 전문가가 로드맵 작성 주체가 되도록 하여 연구 개발 계획의 전문성을 제고하고, 산-연-학에서 선발하여 NuTRM의 신뢰성 확보 및 활용성을 증진시키면서, 원자력 중장기 계획에 참여하는 전문가를 최대한 활용하여 원자력 중장기 계획과의 연계성을 강화 제고하고자 하였다.

총 258명의 전문가들로 〈그림 2〉와 같이, 총괄위원회, 대/소비전위원회 그리고 기획·조정 태스크포스팀(TF팀)을 구성·운영하고 있다.

최상위 의사 결정 조직으로서 총괄위원회는 원자력과 비원자력 분야에서 약 27명으로 구성되었으며 대/소비전위원회와 기획·지원 TF팀에서 작성, 제출한 NuTRM 작성 내용과 과정에 대한 최종 검토, 조정 및 승인을 담당하고 있다.

기술지도 작성 실무를 위하여 산·학 연관 전문가 221여명으로 조직된 5개 대비전과 15개 소위원회에서는 매크로-기술지도와 세부 기술 지도를 작성하고 있다.

TF팀은 NuTRM 작성 매뉴얼 및 추진/평가 절차를 개발하고, 과제의 내용과 일정을 기획·관리하는 역할을 수행하고 있다.



	총괄위원회	대비전/소비전위원회	기획·조정 TF팀
역할	최상위 의사 결정 조직 NuTRM 내용과 과정 검토, 조정 및 승인	비전별 매크로 NuTRM, 전략 제품/기술별 세부 NuTRM 작성	TRM 작성 매뉴얼 및 추진 /평가 절차 개발 총괄위원회, 비전위원회 업무 내용 /일정 기획·지원
구성	원자력(16)/비원자력(11) 위원(27명) -대비전위원장, 간사 포함	산/학/연 전문가(221명) 대비전위원장/ 소비전위원장(간사)	기관별 실무진(10명): KAERI, KISTEP, KEPRI, KINS, KIRAM, KNS, KHNP
운영	비정기적으로 안건에 따라 수시 운영	각 비전의 진행 상황에 따른 비상실 운영 조직	작성 초기부터 최종 보고서 작성까지 상시 운영

〈그림 2〉 NuTRM 작성 조직 체계

2. 추진 경위 및 향후 일정

NuTRM은 과학기술부 후원하에 한국원자력연구소와 한국과학기술 평가원이 주최하고 한국원자력학회(과제책임자, 신재인)가 주관하여 개발하고 있다.

우선, 2002년 9월부터 2003년 1월까지 국가원자력기술지도 작성 방향 그리고 원자력 장기 비전 및 전략 기술/제품 탐색 등을 위한 1단계(예비) 작업이 수행된 바 있다.

이를 토대로 2003년 5월부터 NuTRM 제2단계 작업이 수행중에 있으며, 2004년 4월까지 미래 원자력 이용 개발 환경 분석을 통한 고부가 가치 전략 제품을 발굴하는 국가 원자력매크로기술지도 (Macro-

NuTRM)와 2004년 6월까지 전략 제품의 핵심 기술 개발 계획을 수립하는 세부 기술지도 (Micro-NuTRM)를 완료할 예정이다.

2003년 7월 18일에는 제2단계 과제 착수 회의를 개최하여 그동안 도출된 5개 분야의 원자력 과학기술 비전을 공유하고 이를 성공적으로 실현하기 위한 실행 방안을 논의하였다.

2003년 12월 31일까지 Macro-NuTRM의 초안이 작성되었으며 2004년 1월에 비전별로 지역 공청회(포항·전주·대전·서울)를 개최하여 비전별 작성 내용을 검토하고 의견을 수렴하였다.

2003년 3월 5일에는 과학기술부

장관과 국회 과학기술정보통신위원장이 참석한 가운데 Macro-NuTRM에 대한 대공청회를 개최하여 Macro-NuTRM 작성 과정, 방법 그리고 결과에 대한 총체적 점검과 국가 차원의 의견 수렴 및 원자력 이용 개발의 미래 비전에 대한 이해 증진 과정을 거친 바 있다.

향후 계획을 보면, 2004년 3월 말에 전략 제품을 최종적으로 선정하고 2004년 4월 말까지 Macro-NuTRM을 완성할 계획이다.

전략 제품을 개발하기 위한 연구 개발 과제의 도출 및 계획하는 Micro-NuTRM을 2004년 6월까지 작성할 계획이다.

국가 원자력기술지도가 완성되면 2005년도 원자력 연구 개발 사업 기획과 방사선 및 방사성 동위원소 이용 진흥 계획에 반영될 전망이다.

장기적으로는 현재의 원자력 진흥 종합 계획을 보완하면서 2030년까지 국가 사회 경제 발전과 국민 복지 향상에 이바지할 수 있는 원자력 개발 마스터 플랜이 될 것으로 기대되고 있다.

따라서 NuTRM이 작성되면 이를 실행 관리하기 위한 방안이 시급히 마련되어야 한다. 전략 제품-연구 개발 과제의 성과 및 진도 관리 체계를 개발하고 NuTRM 관리의 전산화를 포함한 운영(상시 또는 연도별/단계별 Rolling-planning) 방안이 마련되어야 한다.

동시에 NuTRM 연구 개발 과제와 기존의 원자력 연구 개발 사업의 연계 관계를 포함한 국가 원자력 연구 개발 기획·평가 및 원자력 진흥 종합 계획 보완·개선 방안에 대한 연구가 이루어져야 한다. ☞

〈참고 문헌〉

Kuhn, T. S./김명자譯(1999), 과학혁명의 구조, 까치: 서울.

Brown, M. A. and C.R. Wilson (1993) 'R&D spinoffs : Serendipity vs. A

Managed Process,' Technology Transfer, Sum-Fall, , 5-15.

Chapman, R. L. (1994), 'An Exploration of the Spin-back Phenomenon,' Technology Transfer, Dec. , pp.18-86.

Dosi, G. (1982) 'Technological paradigms and technological trajectories: the determinants and directions of technical change and the transformation of the economy,' Research Policy, 11, 147-162.

Chiang, J.-T. (1992) 'Technological Spin-Off : Its Mechanisms and National Contexts,' Technological Forecasting and Social Change, 41, 365-390.

Jonson F. D. (1982) 'NASA Technology Utilization Program : A Concept Paper on Option,' Technology Transfer, 7(1), 1-4.

Luchsinger, V. P. & J. V. Blois (1989) 'Spin-offs from Military : Past and Future,' Int. J. Technology Management, 4(1), 21-29.

Martin, B. (2001) 'Matching Societal Needs and Technological Capabilities: Research Foresight and the Implications for Social Sciences,' Paper presented at the OECD Workshop on Social Science and Innovation, United Nations University, Tokyo, 29 November-2 December 2000, Electronic Working Paper Series, Paper No. 60, Science and Technology Policy Research (SPRU), University of Sussex.

Mitchell, J. (1994) 'NASP Program Technology : An Example of Transfer Benefit for the Medical Industry and Spinback Benefit for the Govern-ment,' Technology Transfer, Dec., 51-53.

Mitchell, G. R. (1999) 'Global Technology Policies for Economic Growth,' Technological Forecasting and Social Change, 60(3), 205-214.

National Academy of Science (NAS) (1992), The Government Role in Civilian Technology, Committee on Science, Engineering, and Public Policy.

National Research Council (NRC)

(1992), U.S-Japan Strategic Alliances in the Semiconductor Industry : TT, Competition, and Public Policy, National Academy Press.

Patel, S. J. (1995), Technological Transformation - Volume V: The Historic Process, United Nations University, Avebury.

Robert, E. B. and E. E. Malone (1996) 'Policies and Structures for Spinning Off New Companies,' R & D Management, 26(1), 17-48.

Rosenberg, N. (1982), Inside the Black Box: Technology and Economics, Cambridge: Cambridge University Press.

Solow, R. M. (1957) 'Technical Change and the Aggregate Production Function,' Review of Economics and Statics, 39, August, 312-20.

Wu, K. (1994) 'A Partnership Approach to Successful, Cost-Effective Technology Transfer,' Technology Transfer, Dec., 4-12.

Yeager, K. E. (2001) 'Electricity Technology Development for a Sustainable World: Bridging the Digital Divide,' World Energy Council 18th Congress, 21-25 Octo-ber.

[http://www.epri.com/journal / search_results.asp](http://www.epri.com/journal/search_results.asp)