



# 국가원자력기술지도 작성 방법론

이태준<sup>1)</sup> · 홍정진<sup>2)</sup>

국가원자력기술지도(NuTRM) 작성은 국가 차원에서 원자력 과학 기술 활동의 미래 국가 사회에 대한 기여를 높이기 위해서 어떠한 목적을 가지고 수행되어야 하며 이러한 목적을 달성하기 위한 전략적인 수단은 무엇인가를 탐색·발굴하는 데 초점을 두고 있다. 이를 위해서, NuTRM 작성 방법론은 원자력 기술 개발 과정에서는 그 효율성을 높이고 개발이 완료된 기술에 대해서는 그 이용 효과를 제고하며 궁극적으로 원자력 기술 개발 활동의 산업 경제적 가치를 증대시키기 위한 전략적 기술 경로와 경영·정책적 프로세스를 체계화하고자 하였다.

## 국가 연구 개발 사업의 전략 경영

기술지도는 미래 사회의 수요에 부응하는 해당 산업 및 조직의 장기 비전과 임무를 설정한 후 이를 구현할 수 있는 목표 제품과 기술 분야를 선택하고 가용 자원을 집중적으로 투입하여 요구되는 미래 시점에 기술과 제품이 합목적으로 사용될 때까지 기술 개발 및 활용 경로를 전략적으로 계획하는 기술경영 기법이다.

기술 혁신 관리 수단으로서 기술 지도는 두 가지 주요한 특징을 가진다.

첫째, 기술 지도는 수요 지향적(needs-driven) 기술 혁신에 초점을 둔다.

기술 지도는 과학 기술 활동의 목적으로서 미래 수요를 만족시킬 수 있는 기술 제품을 개발하는 것을 강조한다. R&D 등 기술 혁신 프로젝트가 얼마나 효율적으로 완수되었는가보다도, 그 결과물들이 얼마나

사회 수요를 만족시키면서 사용되는데 초점을 둔다.

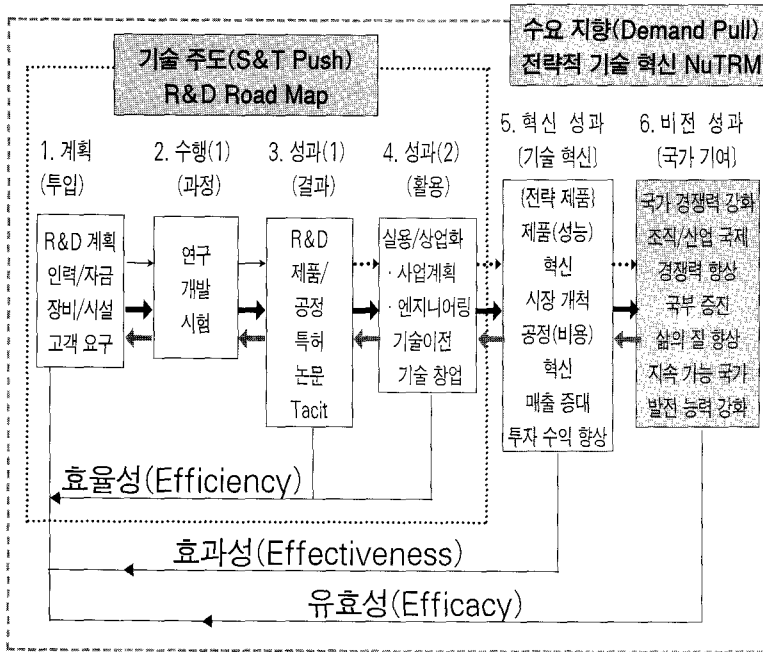
둘째, 기술 지도는 전략 계획 방식의 기술 혁신 관리를 추구한다.

외부 기술 경쟁 환경과 내부의 기술 능력 여건의 변화에 동태적으로 대처하면서 기술 혁신 계획 및 조직의 비전과 목표를 완수하기 위한 임계 경로(Critical Path)를 관리하기 위한 것이다 (Garcia & Bray, 1997).

이러한 장점 때문에 기술 지도 기

1) 국가원자력기술지도과제 TF팀장, 과학기술정책학 박사, 한국원자력연구소 책임연구원 tilee@kaeri.re.kr

2) 국가원자력기술지도과제 TF팀원, 이학 박사, 한국원자력연구소 선임연구원 whale@kaeri.re.kr



(그림 1) 국가 연구 개발 사업을 통한 원자력기술지도의 전략 경영 체계

법은 국가 연구 개발 사업의 전략 경영에 적합하며, 따라서 국가 연구 개발 사업을 바탕으로 하는 미래 원자력 과학 기술 활동의 비전과 전략을 수립하는 데 있어서도 매우 효과적으로 활용될 수 있다.

기술 혁신의 전략 경영의 관점에서 볼 때, 국가 연구 개발 사업은 우선적으로 국가 정책에 부합하는 기술 혁신을 선도할 수 있도록 과학 기술 및 지식의 창출을 위한 연구 개발 과제가 계획되고, 연구 개발 과정에서 개발·획득한 기술을 최대한 산업의 기술 혁신에 효과적으로 활용함으로써 국가 발전에 기여할 수 있도록 추진되어야 한다.

따라서 국가 연구 개발 사업의 전략 경영 메커니즘은 단순히 연구 개발된 기술의 탐색적 흐름이 아니라, 연구 개발된 기술이 체계적으로 혁신적 가치를 창출하는 과정으로서 그 성과가 전략적으로 관리되어야 한다(〈그림 1〉 참조).

이처럼 국가 연구 개발 사업을 기술 혁신의 전략 경영 관점에서 다루게 되면, 국가 연구 개발 사업의 연구개발 성과는 연구 개발 수행의 효율성(efficiency)과 연구 개발 결과의 효과성(effectiveness), 연구 개발 수행과 연구 개발 결과의 최종 활용(가치)간의 유효성(Efficacy)으로 측정될 수 있다.

연구 개발 수행의 효율성이란 계획된 비용 및 시간 내에서 기술적 목표가 얼마나 성공적으로 달성되었는지에 관한 것이다.

연구 개발 결과의 효과성이란 연구 개발 결과가 얼마나 성공적으로 잘 활용되는가의 정도를 말한다.

즉, 국가 연구 개발 사업의 연구

결과가 후속 과제에 활용되거나, 공공 또는 민간 산업을 위한 기술 혁신으로 연결되어서 신제품 개발이나 제품 성능이 크게 증진되거나 공정 혁신등으로 제품 생산 비용을 절감하여 제품의 시장 경쟁력을 증진시킬 수 있는 성과를 의미한다.

유효성이란 연구 개발과 기술 혁신 그리고 최종 사회 경제적 가치 실현까지의 전략적 연계성을 의미한다.

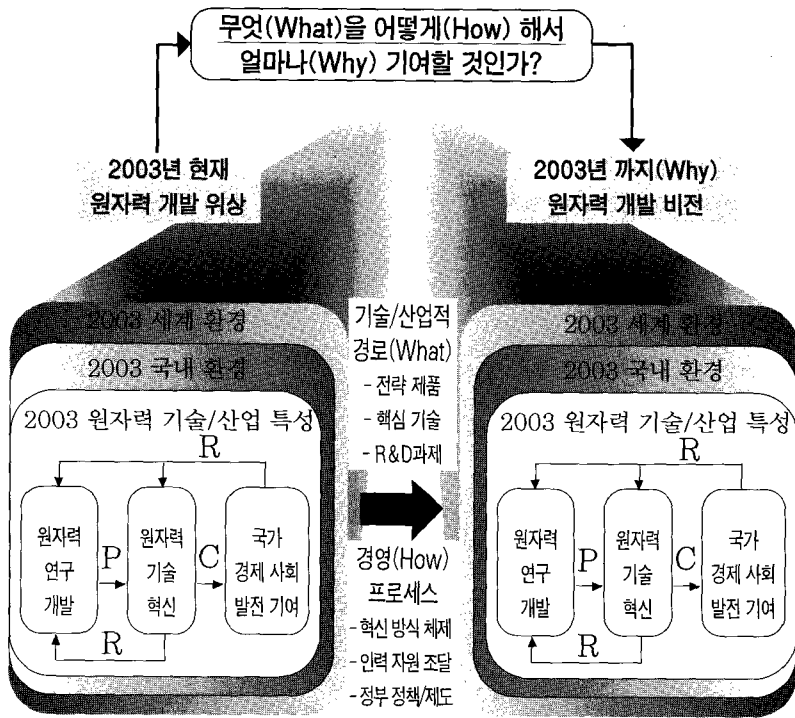
연구 개발 결과가 국가 연구 개발 사업을 주도하고 있는 출연(연)뿐만 아니라 국가 장기 발전 목표에 전략적 수단이 되어야 함을 강조한다.

### 국가원자력기술지도 작성 개념

NuTRM은 미래 국가의 국제 경쟁력 제고와 지속 가능한 발전을 위한 유망 성장 동력으로서의 원자력 과학 기술의 사회 경제적 기여를 증진시키고 우리 나라 원자력 연구 개발 및 산업의 세계적 위상을 제고하기 위한 원자력 기술 혁신의 장기 전략 계획을 수립하는 것을 그 목표로 하고 있다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 NuTRM에서는 국가 연구 개발 사업의 전략 경영 체제를 바탕으로 근본적으로 다음의 연구 문제에 대한 해답을 찾고자 하였다.

‘미래 국가 사회는 원자력 연구 개발/기술 혁신으로부터 무엇을 기



〈그림 2〉 NuTRM 작성 기본 개념틀

대하고 있는가?', 즉 '원자력 연구 개발/기술 혁신 활동은 무엇을 가지고 국가 사회 발전에 어떻게/언제 기여를 하는가?'

미래 원자력 이용 개발 비전과 전략을 수립하기 위한 NuTRM의 개념틀은 〈그림 2〉와 같다. 이러한 개념틀을 가지고 NuTRM의 비전과 전략을 수립하는 과정은 다음과 같이 크게 네 가지 요소가 포함되어야 한다.

첫째, 원자력의 미래 수요를 예측한다.

원자력 기술 혁신의 미래 활용 가치 영역을 탐색하고 이들 영역에서 원자력 과학 기술의 역할을 증진시킬 수 있는 수요를 발굴해야 한다.

이 때 미래 상황의 불확실성을 고려하여 출현 가능성이 높은 시나리

오를 설계하고 미래 사회 경제 환경의 주요 구성 요소와 이들간의 상호 영향 관계를 분석할 필요가 있다. 이렇게 한 후에 시나리오별로 원자력 이용의 관련된 수요 기대 분야와 그 규모 및 성장 잠재성을 예견해야 한다.

NuTRM에서 평화적 목적의 원자력 기술이 미래 사회에 기여할 수 있는 용도는 크게 세 가지로 예측되고 있다.

첫째는 에너지 공급이고, 둘째는 방사선 및 방사성 동위원소의 산업적·의학적 활용이며 나머지는 상기 분야의 기술 활동 결과 파급된 관련 과학 기술 발전이다(Christensen et al., 2000).

둘째, 원자력 연구 개발/기술 혁신 장기 비전을 설정한다.

비전(vision)은 본다(see)는 뜻을 가진 라틴어의 'vide'에서 유래하였다(Lynn & Akgun, 2001).

그러나 비전은 희망적이고 감탄적인 의미를 가지면서 단순한 일상적인 시각으로 보는 것을 훨씬 뛰어넘는다. 즉 비전은 지식(knowledge)과 통찰력(foresight)을 가지고 어떤 대상에 대한 미래의 바람직한 상태를 기술하는 것이다(Cummmings & Davies, 1994; Rice et al., 1998).

보다 구체적으로 비전은 미래의 바람직한 상태로서 '개인이나 조직의 활동(activity)의 결과가 미래 목표 시점(target year)에 사회에 기여하는 바람직한 가치(contribution)와 이에 따른 개인이나 조직의 발전상(reward)을 설정하는 상호 과정'으로 개념적으로 정의될 수 있다.

특히 국가 연구 개발 사업의 패러다임이 특히 연구 개발 성과에 대한 암묵적 잠재적 기대에서 구체적 명시적 계약으로 변화되는 환경하에서, NuTRM 비전은 개인이나 조직 활동의 궁극적인 목적으로서 조직 활동의 사회 공헌이 조직의 미래 발전상에 우선적인 가치를 가지는 개념으로 설정된다.

조직의 미래 발전상은 조직 활동

3)본 연구에서 원자력의 기술의 용도는 기술·경제적 가치 생산에 한정하였음. 다른 한편으로 원자력이 가질 수도 있는 군사적·전략적 용도는 배제하였음.

의 사회 공헌에 대해서 수단과 목적의 상호 관계(Means-End Chain)로 설정된다.

이러한 개념하에서 모든 계획활동은 목적(goal), 즉 '무엇을 위한 계획이냐'에 대한 개념 규정으로부터 출발해야 하며 목적이 설정된 후에 계획의 형식과 내용을 결정되어야 함이 강조된다.

이러한 맥락에서, NuTRM에서는 원자력 과학 기술 활동의 비전 개념을 '미래 시점에서 국내 원자력 기술 활동의 성과(Performance, P)가 국가 사회에 기여하는 가치(Contribution, C)와 원자력 과학 기술·산업계의 발전상(Reward, R)'으로 설정하였다.

분석 단위를 국가 차원의 원자력 산업으로 할 때, 원자력 연구 개발 장기 비전에는 연구 개발(활동)이 미래 설정된 시점(2020년 또는 2030년)에 사회 경제적으로 국가에 어떻게 기여할(예를 들면, 국가 총발전량의 50% 점유, 국가 총수소 생산 20% 점유 등) 수 있으며 이러한 기여 가치를 바탕으로 원자력 연구 개발 조직 및 산업의 국제 경쟁력과 위상이 어떻게 얼마나 증진될 수 있을지가 포함되어야 한다.

아울러 보다 실천적인 원자력 장기 비전의 수립을 위해서는 비전을 달성을 측정하고 관리할 수 있는 비전 지표를 규명해야 한다.

미래 사회 공헌 측면에서 미래 사

회에 가치 있는 원자력 과학 기술의 수요(needs)와 용도(uses)를 탐색하고, 과학 기술과 미래 활용 가치 간의 관계를 강화할 수 있는 비전 지표와 달성 목표치를 설정해야 한다.

셋째, 미래 국가 사회에 대한 기여와 원자력 기술 활동 간의, 즉 기여-목적-수단간의 합리적 타당성에 대한 논의를 토대로 비전 달성을 위한 구체적인 전략 제품의 혁신 및 확산(연구 개발-기술 혁신-산업·경제적 성과까지)에 대한 연계 경로(technical path)가 밝혀져야 한다.

우선 비전 목표를 구현할 전략 제품과 이를 위한 핵심 기술을 개발할 연구 개발 과제 및 그들의 추진 계획이 체계화되어야 한다.

수요 측면과 기술 성능에 관한 비전 목표가 설정되면 이를 충족하기에 가장 적합한 전략 제품을 규명한다. 이들 전략 제품의 혁신을 어떻게 어떻게 달성해 갈 수 있는지, 그 기술적 경로를 규명해야 한다.

이때 '현행 원자력 기술 제품을 진화적으로 발전시키면 되는지(Incremental evolution)' 아니면 '현재의 기술 성능을 근본적으로 변화시키는 기술 혁신을 필요로 하는지(Radical revolution)'를 검토해야 한다.

이렇게 기술 혁신 내용 및 정도가 검토된 후에는 연구 개발부터 상

용화까지, 기초 해석·설계·제작·시험 및 생산 등 개발되어야 할 기술 기능들의 네트워크가 파악되어야 한다.

마지막으로, 비전 달성을 위한 전략적 기술 혁신 능력 목표와 전략 제품의 경로를 성공적으로 이행할 수 있는 효율적 추진 방안이 마련되어야 한다.

이러한 NuTRM 경영 시스템을 구축할 때에는 '기술 혁신 목표를 완수하기 위해서 어떻게 조직적·경영적 노력이 경주되어야 하는가?'에 대한 해답을 찾아야 하며 특히 다음의 사항이 포함되어야 한다.

① 연구 개발 및 기술 혁신의 비전의 전략 경영(Strategic Management): 설정된 기술 혁신 경로(연구 개발-핵심 기술-전략 제품)의 목표 관리뿐만 아니라 및 개발된 기술의 새로운 수요 개척도 추진할 수 있도록 운영되어야 한다.

② 연구 개발 및 기술 혁신의 방식(Efficient Way of Learning): 국가 차원의 기술 도입, 자체 개발 및 국제 공동 개발 등 기술 혁신 방식의 효율적 활용을 제고해야 한다.

③ 국가 혁신 시스템 구축(National Innovation System): 국내 기술/산업 경쟁력을 강화하기 위한 혁신 체제 및 제도(산-학-연-관 협력 체제)를 강화하고 장기간의 연구 개발/ 기술 혁신에 필요한 자원 공급 체계(특히 인적/재정적 자원



〈표 1〉 NuTRM 전략 제품 투자 효과 측정 기준

<b>1) 전략(산업) 제품 : 매출액 = 시장 규모 * 경쟁력(시장 점유율)</b> - 이후 타제품/기술/산업에의 spin-off와 계량화 가능한 사회 경제적 가치 추가 가능		
<b>2) 전략(기반) 제품 : 직접 효과 및 대체 효과 기준</b> ▶ 전략(시장) 제품의 개발에 대한 활용도 우선 평가 - 직접 효과 : 이용료 수입, 용역 대가, 관련 제품 매출 - 대체 효과 : 대체 수단 대비 <u>기반 제품/기술의 활용 가치</u> 타당하고 신뢰성 있게 산정		
구분	정의	
직접 효과	이용료 수입	기반/이용 시설의 이용료 수입
	용역 대가	기반/이용 시설을 이용한 수탁 용역 과제 수입
	관련 제품 매출	기반/이용 시설이 생산 시설로서 사용되는 경우 관련 산업/시장 제품의 매출액
대체 효과	대체 기술/서비스 효과	기반/이용 시설을 확보하지 못하여 다른 방법 사용시 드는 비용 대체 효과
	대체 연구 효과	기반/이용 시설을 확보하지 못하여 외국에서 연구 자제를 수행하는 데 드는 비용 대체 효과
	대체 시장 효과	기반/이용 시설이 이차적으로 관련된 산업/시장 제품의 국내 시장 가격(하락)에 기여 효과

공급과 과학 기술 하부 구조 확보)를 구축하는 방안이 강구되어야 한다.

**전략 제품의 정의 및 선정 기준**

NuTRM은 원자력 과학 기술 활동의 사회 경제적 공헌을 높이기 위한 원자력 연구 개발의 전략 계획을 수립하는 데 초점을 두고 있다.

따라서 NuTRM의 전략 제품을 '원자력 제품/기술로서 고부가 가치를 가지는데, 과학 기술적 난이도가 매우 높아서 민간이 단독으로 수행하기가 어렵기 때문에, 국가의 과학 기술 능력을 총집결하여 국가 연구 개발 사업으로 추진되어야 함을

설득력 있게 주장할 수 있는 제품/기술'로 정의하고 다음과 같은 구체적인 선정 기준을 적용하고 있다. 첫째는 전략 제품의 고부가 가치성이다.

NuTRM의 전략 제품은 우선적으로 국가 정책에 부합되고 해당 비전에 대한 기여도(efficacy)가 커야 하며, 그 중에서도 높은 산업 경제적 가치 (시장 규모 + 경쟁력 또는 수요 크기 + 경쟁력)(effectiveness)를 창출할 수 있어야 한다.

즉 고부가 가치의 창출은 전략 제품의 시장/이용 수요가 매우 크고 동시에 해당 제품/기술의 경쟁력이 높아서 시장/수요에서 높은 점유율/활용도를 차지함을 의미해야 한

다.

NuTRM 투자 효과 측정 방법에는 여러가지가 있으나, NuTRM에서는 비용-효과 분석(cost-benefit analysis) 방법을 택한다.

기본적으로 비용은 R&D 투자비용을, 효과는 매출액을 반드시 포함하되, 추가로 다른 측면에서의 사회 경제적 가치를 포함할 수 있다.

예를 들면, APR1400 개량형 원전 (APR1400+)의 경우, APR1400+의 수요가 얼마나 될 수 있을지(매출액)를 우선적으로 산정해야 한다. 그리고 나서 추가적으로 타제품/기술 또는 타산업에 미치는 사회 경제적 가치를 계량화 하여 투자 효과에 포함시킬 수 있다.

만일 수익 사업이 아닌 경우(예: 사용후핵연료 중간 저장 시설 등), 즉 매출액을 산정하기가 어려운 경우에는 제품/기술의 활용 가치를 기존의 수단/방법 또는 다른 대체 수단과 비교해서 얼마나 해당 기술이 가치가 있는지, 만일 그 제품/기술이 없다면 어떤 대가를 치러야 하는지, 또는 다른 수단으로 대체한다면 어느 정도의 비용이 드는지 등을 적합하고 합리적인 방법으로 추정하여 투자 효과를 산정할 수 있다.

둘째는 국가 연구 개발 사업의 역할에 대한 적합성이다.

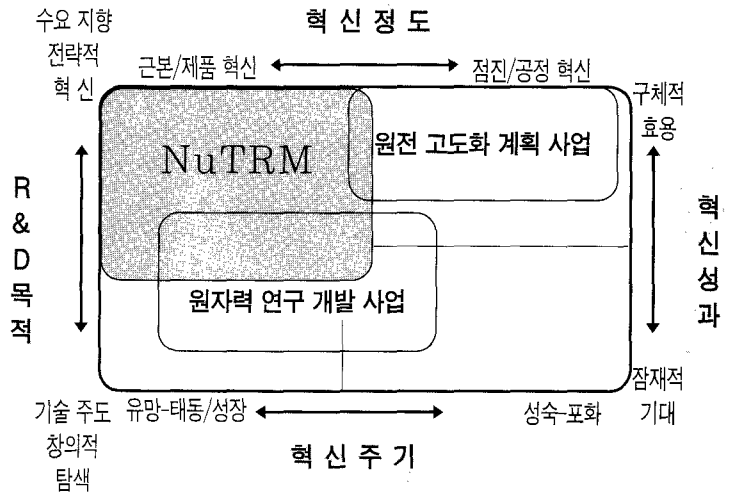
고부가 가치 제품/기술 중에서 상대적으로 이미 산업 또는 시장이 성숙되어 있고 기술이 표준화되어

있어서 개발 위험(시장의 불확실성과 기술 개발 난이도)이 낮은 것은 민간 산업체(연구소 포함)가 수행하는 것으로 가정하였다.

이에 반하여, NuTRM의 전략 제품은 '현재 또는 미래에 태동 가능성이 있거나 유망한 기술 제품 중에서 대규모 고부가 가치의 수요를 창출할 것으로 전망되지만, 개발 위험이 높은, 특히 과학 기술적 난이도가 매우 높고 대규모 투자 비용 때문에 민간이 단독으로 투자하기가 어려운 제품/기술 개발을, 과학 기술 능력이 뛰어난 출연(연)-대학-산업체가 국가 혁신 체제를 구축하고 국가가 투자하여 국가 연구 개발 사업으로 수행하는 것이 효율적(Efficiency)이다' 라는 논리에 부합되어야 한다(〈그림 3〉 참조).

종합하면, 향후 몇 년 동안 국가 연구 개발 사업을 통해서 국가 과학 기술 능력 (인력 포함)을 결집하여 과학 기술자들의 각고의 노력 끝에 전략 제품과 핵심 기술 능력 개발을 완수하고 이것이 시장/수요에서 높은 경쟁력을 가지면서 막대한 경제적 가치를 창출하여 국가의 부와 국민의 삶의 증진에 크게 기여할 수 있기 때문에, 정부는 비록 상당한 규모의 예산이지만 해당 전략 제품과 기술 개발에 투자비를 제공해야 함을 논리적으로 주장할 수 있어야 한다.

이러한 점을 고려할 때 다음과 같



〈그림 3〉 원자력 과학 기술 활동과 NuTRM의 위상

은 경우에는 NuTRM의 전략 제품으로 고려되기 어렵다.

첫째, 현재 확보된 기술을 점진적 조금씩 발전시켜서 연구 개발 직후 또는 1년 이후부터 산업적으로 활용이 가능한 기술은 국가 연구 개발 사업으로 전략적으로 추진해야 할 당위성을 확보하기가 어렵다.

둘째, 또한 미래에 지속적으로 기술 개발이 필요하되 개발 과정과 산업적 활용이 동시에 이루어지는 기술, 즉 연구 개발 기간과 투자 효과 발생 기간이 거의 동일한 제품/기술은 전략 제품으로서의 당위성을 주장하기가 어렵다.

셋째, 수익 사업이 아닌 이유로 인하여 투자 효과를 산정하지 않는 경우에도 전략 제품/기술로서 고려되기 어렵다.

기술지도는 전략적 기술 혁신을 추구하고 있기 때문에 이 경우에는 차라리 기술지도에 따른 프로그램

이 아니라 다른 연구 개발 프로그램, 예를 들면 창의적 탐색 기초-응용 및 기반 연구 프로그램 등에 의해서 별도로 기획·관리하는 것이 바람직하다.

넷째, 전략 제품을 세분화한 경우에는 전략 제품의 산업적 용도가 분명히 구분됨을 설명할 수 있어야 한다. 만일 유사한 목적의 유사한 용도를 가진다면 대표적인 전략 제품/기술로 통합하는 것이 바람직하다.

아울러 전략 제품의 투자 효과를 산정할 때에는, ① 연구 개발 기간은 활용 및 수요/시장 관점에서 개발 목적에 가장 크게 부합되는 전략 제품의 개발 완성도(연구 결과)를 중심으로 R&D 내용과 기간을 산정하고, ② 산업적 이용/활용(투자 효과)기간은 연구 개발의 결과물, 즉 어떤 전략제품을 가지고 언제 그리고 어떻게 산업적 활용이 시작되는



지를 설명해야 한다.

**NuTRM 작성 체계 및 세부 방법**

국가원자력기술지도는 '원자력 미래 사회 수요 충족과 원자력 비전 달성에 적합한 전략 제품과 핵심 기술을 개발하기 위한 연구 개발-기술 혁신 전주기 전략 계획 문서'로 정의된다.

NuTRM의 작성은 기술 및 산업/수요의 정의, 이용 개발 시나리오 예측 및 전략 환경 분석, 비전 정의, 전략 제품 정의 및 선택 등 네 개의 장으로 구성된다.

**1. 기술 및 산업의 개요**

비전 분야의 기술/산업 정의와 본 NuTRM에서의 작성 범위를 정한다. 아울러 비전 분야의 기술 개발 및 산업 발전과 관련된 주요 특징을 분석한다.

비전 기술의 사회-경제적 시장/용도/수요에 입각하여 기술의 정의와 개념을 설명한다.

최종 용도를 실현하기 위하여 필요한 기술 시스템 구성을 요약 정리하고, 최종 용도를 포함한 주요 계통도를 도식한다(상용 원전 경우: 핵연료 + 원전 = 전기생산).

비전 기술 개발의 주요 특징으로서 기술 시스템의 개발 및 이용 측면에서 포괄적(과학적 공학적) 특징을 기술한다.

즉 연구 개발 및 산업 활동의 난이도에 영향을 미칠 수 있는 소비전 기술 시스템의 독특한 특징을 기술한다.

여기서는 특히 다음의 특징이 포함되도록 하였다. 첫째, 기술 시스템의 복잡성이다. 최초 개발/획득뿐만 아니라 확보된 기술의 산업적 운영에 있어서의 난이도에 관련된 것으로 시스템 구성의 전후방 연계(시스템 네트워크, 예를 들면, 핵연료 제작-원자로 설치 및 운전-후행 핵연료 주기) 및 단위 장치의 계층 구조 복잡성(시스템 hierarchy, 예를 들면 원전-주요 계통-하위 계통의 계층 구조를 가지며 약 10만개 이상의 기기/배관/부품이 결합됨)을 기술한다.

둘째, 기술 혁신 단계는 대상 기술의 성숙도에 보다 초점을 둔 것으로, 선진국을 포함한 세계적 차원에서 기술 시스템의 연구 개발 및 산업 발전 단계를 평가와 관련된다.

NuTRM에서는 현재 세계적으로 가장 진보된 기술을 기준으로 ① 연구 개발 초기, ② 연구 개발 후기 또는 상용화/산업화 직전, ③ 상용화/산업화 초기, ④ 산업적 성장 단계, 그리고 ⑤ 산업적 쇠퇴 단계 등으로 구분한다.

셋째, 과학 기술 집약도는 기술 시스템의 연구 개발 및 산업 활동에서 얼마나 연구 개발(R&D) 활동이 중요한지를 평가하기 위한 것이다.

즉 산업 기술의 획득 및 운영 활동에 얼마나 전문적인 그리고 얼마나 많은 과학 기술 지식이 요구되는지를 평가하고자 하였다.

상기에 언급한 복잡성, 혁신 단계, 과학 기술 지식-집약도 이외에 연구 개발과 산업 활동에 중요하게 영향을 미칠 수 있는 기술 시스템의 특성을 추가로 설명한다.

예를 들면 원전의 경우, 시스템의 안전성, 핵확산성 등이 이에 속한다. 산업의 정의 및 특징에 대해서는 해당 비전 기술이 실제로 활용·거래되는 산업을 정의하고 그 범위를 규정한다. 특히 해당 산업의 경쟁력 결정 인자 등 산업 발전의 중요한 특징을 정리한다.

**2. 미래 사회의 이용 개발 시나리오와 전략 환경 예측**

국내외적으로 비전 기술/산업이 생산하는 시장/용도/수요에서 타기술/산업(예를 들면 석탄 화력·태양력·풍력 등)과의 경쟁 환경을 분석한다.

비전별 경쟁 환경 분석과 시나리오를 설정할 때는, 우선 국내외적으로 2003년 현재 사회와 2030년까지의 미래 사회를 지배할 결정인자들을 선정하고 그 영향을 분석·기술한 후 이를 요약한다.<sup>4)</sup>

이때 가능하면 정치(Political), 경제(Economic), 사회(social), 기술(Technological), 생태(Eco-

〈표 2〉 국내외 미래 사회의 결정 인자 참고 사항(예)

구분	미래 결정 인자(예)
정치적	- 세계 차원의 지배 구조 : 세계화 vs. 민족화 - 세계 질서 : 국제 관계, 무역 질서, 핵비확산 체제, 기후변화협약 등 - 국내 지배 구조 : 중앙 집중 vs. 지방화 - 한반도 주변 질서 (통일 등)
사회적	- 사회적 가치 형태 변화 : 개발과 보존, 과학 기술의 양면성에 대한 trade-off에 대한 태도 - 과학 기술 개발 의사 결정에 대한 사회의 참여 증대 : 일반 대중 영향력 확대
경제적	- 경제 성장, 관련 경제 요소 (demography, 에너지 수급 전망 등), 산업 및 무역 구조
과학 기술적	- 미래 사회를 지배할 기술/산업을 시기별 전망 - 과학 기술 수요 및 공급(개발) 특성 - 유망 과학 기술 및 지배 기술 및 산업
생태적	- 국제 환경 규제 현황 형태 (개발 vs. 보존) 등

logical) 및 기타로 구분한다, (〈표 3〉 참조).

특히 수요 지향적 관점에서, 이들 결정 인자들이 현재 사회에서 소비전 기술/산업 발전에 미친 영향 및 현안을 분석한다. 그리고 2030년까지 이들 결정 인자들의 발생 가능성을 시기별로 예측하고, 이러한 환경에서 비전 기술/산업의 발전 시나리오를 전망한다.

비전 기술/산업 발전 현황 및 시나리오 예측에서는 2003년 현재 국내외 사회의 주요 특징과 비전 기술의 이용 개발 메카니즘의 현황을 검토하고 2030년까지 사회 변화와 기술 변화 메커니즘을 전망한다.

비전 기술/산업에 초점을 두고 세계적으로 2003년 현재 사회를 지배하고 있는 주요 결정 인자들을 선정·분석한 후에 비전 기술/산업 탄생과 발전 과정을 주요한 외부 환경과 내부 여건 변화 요인과 함께 정리한다.

즉 비전과 관련된 과학 기술과 산업의 태생부터 현재까지, 국내외적으로 어떠한 기술 경로로 진화되어 왔고 이 과정에서 어떤 외부 환경의 영향을 받았으며, 또한 내부적으로 어떤 요소들이 진화 경로에 영향을 미쳤는지를 정리한다. 그리고 현재의 전략하에 고려/계획되고 있는

미래 발전 경로를 전망한다. 이 후에 2030년까지 미래 사회 특징과 비전에 대한 영향을 예측하고 2030년까지 세계 기술/산업의 발전 시나리오를 전망한다.

미래 사회의 비전의 용도/수요 특성(내용 및 크기)을 규명할 때는, 현재/미래 사회에서 비전 기술의 시장/사용처와 그 중요성(가치)을 분석하고 국내 및 세계적으로 그 수요 규모를 예측한다. 이때 경제적 수요를 우선적으로 규명한 다음 비경제적 수요를 발굴한다.

미래 사회 변화와 기술 변화에 대한 시나리오 예측을 토대로 비전 기술/산업에 대한 전략 환경(SWOT: Strength, Weakness, Opportunity and Threat)을 분석한다.

기술 개발의 전략 환경을 전망하는 이유는 기술/산업 환경 변화에 능동적으로 대처하면서 연구 개발 및 기술 혁신 활동의 성과를 증진시키기 위함이다.

NuTRM에서는 2003년 현재와 2030년 미래 시점까지 시장/용도/수요 측면에서 국내외적으로 소비전 기술/산업의 주경쟁자와 비교하여 비전 기술/산업 발전에 관련된 외부 환경중에서 유리한 점(기회 요인, Opportunity)과 불리한 점(위협 요인, Threat)을 분석한다.

또한 2003년 현재와 2030년 미래 시점까지 비전 기술/산업이 주요 경쟁자에 대해서 가지는 강점과 약점을 분석한다.

이를 토대로 기술 개발 성과와 관

4) 시나리오는 미래 상황에 대한 신뢰 범위를 규명하고 미래 시점에 가능한 공간에서 대표적인 사회상을 묘사하는 미래 예측 기법임.





련된 외부 환경의 기회 요인을 더욱 잘 활용하고 위협 요인은 가능한 한 줄이거나 회피하면서 시스템 내부의 강점을 증대시키고 약점을 보완하기 위한 기술적·경영적 방안을 제시한다.

### 3. 비전 정립

미래 사회 시나리오 및 상용 원전 이용 개발 전략환경 분석을 토대로 해당 용도/시장/수요에 대해서 국내 기술/산업의 국제 경쟁력을 높이고 이를 통해서 국가의 미래 사회 발전에 공헌하기 위한 방안을 발굴한다.

우선 비전명과 비전 개념을 정립한다. 비전명은 해당 기술 개발이 미래 목표 시점까지 추구하는 궁극적인 목표, 즉 사회에 기여하는 가치와 조직의 발전상을 함축적으로 설정하고 한다.

주요 개념은 비전명이 내포하는 기술-사회-경제적 핵심 의미와 개념을 그 논리적 연계성과 함께 합리적으로 설명한다.

다음으로 비전 목표와 비전(평가)지표를 개발하고 그 목표치를 설정한다.

비전 목표와 지표는 미래 전략 환경에서 상용 원전의 비전 성과를 증진하기 위한 궁극적이고 구체적인 목표이며, 반드시 공급(기술적) 목표와 수요/시장(경제 사회적) 목표와 평가 지표가 함께 포함되어야 한

다.

비전 평가 지표는 전략 제품/기술의 비전 적합성(Efficacy)을 평가하는 기준이 되며, 따라서 전략 제품/기술의 우선 순위를 평가할 때 가장 강조된다.

### 4. 전략 제품 정의 및 선택

비전 달성을 위해서 기존 전략하에 국내외적으로 예측되는 공급 기술·산업의 발전 현황 및 방향을 전망한 후에 전략 제품을 발굴하고, 전략 제품의 비전달성 성과를 증진하기 위한 핵심 기술과 그 성능 요건 및 이를 개발하기 위한 연구 개발 과제를 도출한다.

첫째, 전략 제품의 비전 목표와의 적합성(efficacy)을 검토한다.

우선 전략 제품의 정의·기술·산업적 특성을 정리한다. 이 때 전략 제품/기술을 가장 잘 설명할 수 있는 그림들을 삽입한다.

그리고 나서 전략 제품의 비전 지표에 대한 기여도, 즉 비전 목표와 전략 제품/기술과의 적합성(efficacy)을 분석한다.

NuTRM에서 전략 제품의 가치는 우선적으로 전략 제품/기술이 상용적으로 개발 완료된 후에 사회경제적으로 활용될 때 그것이 속한 상위 비전의 목표에 얼마나 공헌하는가로 판단된다.

둘째, 전략 제품 개발의 투자 효과(effectiveness)를 분석한다.

전략 제품의 개발 투자효과는 연구 개발 또는 기술 개발 된 결과가 사회-경제적으로 실제 사용된 가치를 화폐 가치로 변환하여 산정하며 기본적으로 <표 3>을 기준으로 한다.

투자 부문을 계산할 때는 투자 예상 기간과 금액(단위: 억원)을, 효과 부문 또한 예상되는 매출 또는 경제적 가치 발생 기간과 금액(단위: 백만원)을 명시해야 하며 그 산정 근거를 제시해야 한다.

그리고 마지막으로 투자 대비 수익률을 평가한다. 투자 기간은 최장 2030년까지 연장될 수 있으며, 효과 기간은 2050년까지 고려할 수 있다.

셋째, 전략 제품 개발 계획을 수립한다.

먼저 기술 개발 목표로서 연구 개발 및 산업화 기술의 최종 개발 목표 및 단계별 목표를 구체적으로 기술한다.

최종 목표는 (공공 산업용 또는 민간 산업용에 관계없이) 산업적으로 직접 활용이 가능한 제품/공정 기술 개발을 대상으로 해야하며,

단계별 목표는 최종 목표를 달성하기 까지 functional technologies (예를 들면, 설계·제작/시험·설치/건설 및 시운전/시험 등)가 기술 혁신 단계별(연구 개발 단계, 실용화 및 상용화 단계)별로 계획되어야 한다.

전체 또는 단계별 기술 목표가 설정되면, 이를 언제까지 얼마의 예산으로 완료할 수 또는 완료되어야 하는지에 대한 기간 및 예산에 관한 목표를 설정한다.

마지막으로는 주어진 기간과 예산 범위 내에서 기술/산업적 기술 개발 목표에 대한 달성 가능성을 가용 자원 확보 가용성 측면에서 분석한다.

기술 능력, 주요 시설 또는 infra, 그리고 고급 인력 핵심 입력 자원의 요구 사항 대비 가용성을 분석한다.

넷째, 전략 제품 대안들의 가치와 달성 가능성을 평가하고 개발 우선 순위를 정한 다음, 선정된 대안들의 추진 일정과 상관 관계를 고려해서 비전 분야별(예; 상용 원전)의 Macro 기술지도 네트워크를 그린다.

**결론**

원자력기술지도는 기본적으로 미래 국가 사회 발전에 대한 기여도 증진 목적하에 관련 원자력 기술/산업의 국제 경쟁력을 제고하는 것을 가장 중요한 목표로 삼고 있다.

이를 위해서 NuTRM 작성 방법론은 '미래 사회에서 원자력의 니즈는 무엇이며 이에 요구되는 원자력 기술의 전략 제품은 무엇인가?' 그리고 '우리 나라가 추구해야 할

미래 원자력 이용 개발 비전 및 기술 혁신과 연구 개발 과제는 무엇인가?'에 대한 의문을 푸는 데 초점을 두었다.

이를 위해서, NuTRM 작성 방법론은 원자력 기술 개발 과정에서는 그 효율성을 높이고 개발이 완료된 기술에 대해서는 그 이용 효과를 제고하며 궁극적으로 원자력 기술 개발 활동의 산업 경제적 가치를 증대시키기 위한 전략적 기술 경로와 경영·정책적 프로세스를 체계화하고자 하였다.

따라서 국가원자력기술 지도가 작성 운영되면 국가 발전과 국내외 미래 원자력 환경 변화에 대응하는 수요 지향적 국가 장기 원자력 비전 달성 전략적 추진을 위한 원자력 연구 개발 사업의 전략 경영의 핵심 수단으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 본고에서는 NuTRM에서는 연구 내용을 다음과 같이 한정하였다. 첫째, 본고에서 NuTRM 작성 방법은 Macro-NuTRM에 한정하였다.

전략 제품 선정후에 이를 개발하기 위한 R&D 과제 도출하는 Micro-NuTRM 작성 방법이 현재 개발중에 있다.

그리고 NuTRM의 성과에 대한 보상으로서 얻게 되는 원자력 연구 개발 조직 및 산업의 위상에 대한 예측, 예를 들면 '원자력 국제 경쟁

력 G5 달성' '세계 원자력 혁신 3대 플랫폼 구축'이 포함되지 않았다. 이에 대한 각각의 위상에 대한 정의와 달성 방안이 후속적으로 연구될 필요가 있다. ☞

〈참고 문헌〉

Christensen, D.C. et al.(2000), Managing the National's Nuclear Materials : The 2025 Vision for the Department of Energy, LA-UR-00-3489.

Cummings S and Davies, J. (1994) 'Mission, Vision, Fusion,' Long Range Planning, 27(6), 147-150.

Garcia, L. and Bray, O. L. (1997), Fundamentals of Technology Roadmapping, Sandia Report, Sandia National Laboratory, US.

Lynn, G. S. and Akgun, A. E. (2001) 'Project visioning: Its components and impact on new product success,' The Journal of Product Innovation Management, 18, 374-387.

Rice, M. P., O'Connor, G. C. and Peters, L. S. (1998) 'Managing Discontinuous Innovation,' Research Technology Management, 41, 52-58.