

원자력정책 연구사업

Nuclear Energy Policy Research Project

21세기 원자력정책발전방향에 관한 연구

**A Study on the Direction for Development of Nuclear Energy
Policy in the 21st Century**

서울행정학회

교육과학기술부

제 출 문

교육과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “ 원자력정책 연구사업”과제 (세부과제 “21세기 원자력정책발전방향에 관한 연구”) 의 보고서로 제출합니다.

2008. 4.

주관연구기관명 : 서울행정학회

주관연구책임자 : 이 창 기

연 구 원 : 곽 현 근

” : 박 광 국

” : 윤 태 범

” : 조 만 형

” : 최 도 립

” : 최 영 출

보고서 초록

과제관리번호		해당단계 연구기간	2007.04.10- 2008.04.09	단계 구분	(해당단계) / (총단계)
연구사업명	중 사업명	원자력연구개발사업			
	세부사업명	원자력연구개발중·장기계획사업			
연구과제명	대 과제명				
	세부과제명	21세기 원자력정책발전방향에 관한 연구			
연구책임자	이창기	해당단계 참여연구원수	총 : 14 명	해당단계 연구비	정부: 150000 천원
			내부 : 14 명		기업: 천원
			외부 : 명		계 : 150000 천원
연구기관명 및 소속부서명	서울행정학회		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)				보고서 면수	290
<p>본 연구의 목표는 에너지분야의 환경변화를 정량적으로 분석하고 수치화된 자료를 통해서 원자력 역할의 중요성을 부각하고, 국내외 원자력 분야의 현황과 성장가능성을 기존 자료의 선별을 통해 전망해보면서 우리나라 원자력정책수립 및 이행체계의 능력을 부문별로 정밀 진단하여 주요정책 과제를 도출하는 것으로 원자력정책수립 및 이행체계의 능력향상을 위한 선진국의 정책체계를 벤치마킹하여 정책시사점을 도출하고 지속가능한 행정체제구축을 위해 시스템 다이내믹스기법을 활용함으로써 21세기 원자력선진국으로 도약하기 위한 원자력정책수립 및 이행체계의 능력을 향상 시킬 부문별 강화방안을 도출하는데 있는 바 향후 지속가능한 원자력 행정체제의 강화방안제시하기 위해 시스템다이내믹스 시뮬레이션에 의한 사용자 인터페이스 개발, 향후 지속가능한 원자력행정체제를 유지하기 위한 구성요소에 대한 체계적 관리방안 제시함과 동시에 우리나라 원자력정책결정 및 집행체제의 현상과 능력제고 방안을 연구하여 제시함</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한글	원자력정책, 안전규제, 외교협력, 원자력행정조직, 원자력정책체제			
	영어	nuclear energy policy, safe소 regulation, diplomacy and cooperation, nuclear energy administrative organization, nuclear energy policy system			

요약문

제1장 서론

- 원자력 환경의 변화에 따른 원자력 정책의 현안문제 분석
 - 원자력은 기술집약적 에너지로서 안정적·경제적 에너지 공급원으로서 프랑스, 일본, 미국 등 선진국들이 주요 에너지원으로 활용
 - 또한 방사선기술의 의료, 농업, 공업, 환경 등에의 이용으로 국민 보건 증진 및 국민 삶의 질 향상에 기여하고, IT/BT/NT/ET 등 첨단기술과 방사선기술 융합을 통한 방사선 이용 확대 및 다양화
 - 원자력발전은 온실가스 배출 감축을 위한 가장 현실적인 대안으로서, 「청정개발과 기후 변화대응을 위한 아태지역 파트너십」에서 원자력을 주요 청정개발 방안으로 천명
 - 이러한 원자력 환경의 변화에 대응하여 우리나라의 국가 원자력정책 이행체제의 확립을 위한 주요 현안의 도출 및 분석
- 21세기를 대비한 원자력 정책의 비전과 목표의 국민적 공감대 형성
 - 제3차 원자력진흥종합계획의 비전을 “에너지안보, 환경 보전, 국민 삶의 질 향상 및 과학기술 발전에 기여함”으로 설정하고 미래 한국의 추진 원동력으로서의 원자력을 활용하고자 함
 - 동 계획에서는 또한 정책목표를, (1)지속가능한 발전을 위한 안정적인 원자력 에너지 공급, (2) 안전성 제고를 통한 국민과 함께 하는 원자력 위상 강화, (3)원자력의 국제경쟁력 확보를 통한 수출산업화 추진, (4)방사선 이용 확대를 통한 국민 보건 증진과 삶의 질 향상, (5)원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반 조성, (6)국가원자력 위상강화를 위한 원자력외교 및 국제협력 추진으로 설정함
 - 원자력 정책의 원활한 추진을 위해서는 이러한 비전과 목표가 사회적으로 국민들의 공감대를 형성할 수 있는 방안을 마련
- 국가 원자력 정책 이행능력(추진체제)의 발전방안 제시
 - 원자력 환경의 변화, 원자력진흥계획, 연구개발추진계획 등을 검토하여, 우리나라 실정에 적합한 원자력 정책의 추진체제 및 정책이행 방안의 구상

- 원자력 정책이행체제를 정책, 사업, 규제, 연구개발, 법행정조직, 국제협력체제 등으로 세분화하여 구체적인 발전방안 제시
 - 국가 원자력정책 이행능력의 강화를 위해서 기본방향의 설정과 적용 방안: 거버넌스, 국가최적화, 사회적 자본, 정책통합성, 국민수용성 등
- 에너지 문제의 해결 대안으로서 원자력의 중요성
- 고유가에 대비하고 지속가능 발전을 뒷받침할 주도형 에너지 공급체계를 확보할 필요가 있음
 - 고유가가 향후 지속될 것으로 전망되는 반면, 우리나라는 에너지의 해외의존도가 높고 에너지 안보가 매우 취약함
 - 우리나라는 에너지 자원 빈국 및 세계 10대 에너지 소비국으로 에너지의 안정적인 개발 및 확보는 국가경제 및 안보에 직결됨
- 원자력과 관련된 정책 환경의 분석 및 진단
- 세계적으로 가동원전의 계속운전과 출력증강 등 원전운영 고도화 추진으로 원자력 발전 원가 경쟁력이 상승되고 있음
 - 세계 각국은 에너지의 안정적인 확보를 위해 친환경, 무한 에너지인 핵융합에너지를 비롯하여 수소, 신재생 에너지 등 대체 에너지 개발에 국가적 역량을 집중하고 있음
 - Gen-IV 등 혁신형 원자력시스템 기술개발 국제협력이 활발하게 추진되고 있음
 - 미국 주도의 국제원자력파트너십(GNEP) 구상의 등장과 국제적인 원자력산업 경쟁 심화 등에 대한 대응이 필요
- 원자력 정책의 이행능력 제고를 위한 중장기적 관리체계 분석
- 국가적으로 원자력의 중요성과 에너지원으로서 비중이 증가함에도 불구하고, 현재의 원자력 정책을 원활하게 추진할 수 있는 강력한 행정체계 미비
 - 지금까지 국가의 원자력 정책의 추진체제를 분석하고, 21세기를 대비하여 국가적으로 원자력 정책 이행능력을 강화할 수 있는 방안이 모색되어야 함
- 본 연구의 주요내용을 요약하면 다음과 같음.
- 에너지분야 환경변화와 원자력의 역할

- 원자력 분야의 국내·외 현황과 발전 전망
 - 원자력정책수립 및 이행체계 분석
 - 선진국 원자력정책수립 및 이행체계 벤치마킹
 - 우리나라 원자력정책수립 및 이행능력의 강화방안
 - 기본방향(과학과 정치부문의 거버넌스, 국가최적화, 사회적 자본 강화, 정책통합성, 국민수용성 고려)
 - 정책부문을 비롯한 6대 부문별 역량 강화방안
- 본 연구에서 활용될 주요 연구방법을 정리하면 다음과 같음.
- 문헌분석
 - 각종 통계분석
 - 시스템 다이내믹스(system dynamics)에 의한 시뮬레이션, 시계열 분석 등
 - 현장방문(미, 일, 프랑스 현지 방문 및 관계자 인터뷰)
 - 설문조사
 - 정치, 행정, 원자력 분야 전문가 대상(1,000명)
 - 심층인터뷰
 - 언론, 국회, 원자력 분야종사자, 공무원, 학계, 시민단체 등(50명)
 - 워크숍 및 공청회를 통한 전문가 의견 수렴

제2장 에너지환경변화와 원자력의 역할

- 석유는 약 40년, 천연가스는 약 60년 정도 쓸 양밖에 남지 않은 상태로써 지구 차원의 에너지자원 부족이 심화됨.
- 에너지자원의 대량 소비로 지구온난화현상과 기후변화, 수질, 쓰레기의 지구환경오염이 심각한 상태임.

- 영국의 국제전략연구소는 21세기 동아시아지역에서 물, 에너지, 식량의 3대 부족현상으로 경제성장의 장애물에 봉착할 것으로 전망함.
 - 세계 교역 12위의 우리나라는 에너지 자원의 97%를 해외에 의존하고 있으며, 이산화탄소 대량발생국으로서 에너지위기에 봉착할 개연성이 큼.
- 원자력은 안정적·경제적 에너지원임
- 국제유가의 지속적인 고공행진으로 세계경제에 부담이 가중되고 있는 가운데 원자력은 양질의 전력을 저렴하고 안정적으로 공급해 줌으로써 국가 경제발전과 물가안정에 기여하고 있음.
- 기후변화 대응의 실질적 수단임
- 정부간 기후변화패널(IPCC)의 연구결과에 따르면 대기 중 이산화탄소 농도는 산업혁명 이전의 280ppm과 비교하여 2000년에는 370ppm으로 약 30% 증가하였음.
 - 지구의 평균기온은 지난 1세기 동안 약 0.6℃ 상승했으며 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8℃ 상승할 것으로 예상되고 있음.
 - 이러한 기후변화는 개별 국가의 문제가 아니라 모든 국가가 함께 영향을 받는 문제로서 범지구적 공동 대응이 필요한 사안임.
- 방사선 이용기술을 통해 삶의 질을 향상시키고 있음
- 방사선이용기술이 기여하는 분야에는 질병의 진단 및 치료 등의 의료분야, 계측기술 및 차세대 에너지원 개발 등의 에너지 분야, 공업 및 환경분야, 식품보존 및 품종개량 등의 식품농업분야, 생명체의 물질대사 및 스트레스 반응 등의 매커니즘규명을 위한 생명과학 분야 그리고 기초과학과 산업적 응용연구분야 등이 있음.

제3장 원자력산업의 현황과 발전방향

- 원자력은 안정적이고 경제적인 에너지 공급원으로서 국가경제발전, 지구환경의 보전, 국민복지의 증진 및 과학기술 진흥에 기여하여 왔음.
- 특히 오늘날 세계각국에서는 방사선 이용기술을 이용하여 질병의 진단 및 치료 등 의료분야, 계측분야 및 차세대 에너지원 개발 등의 에너지 분야, 공업 및 환경분야, 식품보존 및 품종개량 등의 식품농업분야, 생명체의 물질대사 및 스트레스 반응 등의 메커니즘규

명을 위한 생명과학분야, 그리고 기초과학과 산업적 응용연구분야 등에 적극 투자하고 있는 실정임.

- 그러나 이러한 다양한 방사선 이용기술에도 불구하고 우리나라에서는 방사선 이용기술에 대한 투자는 매우 미흡한 것으로 나타나고 있음.
- 이하에서는 RFT산업육성방안을 중심으로 대안을 제시하고자 함.

○ 정책적 고려사항

- RFT 산업은 성숙기에 도달할 때까지 20년 이상의 장기간의 시간이 소요됨. 따라서 정책의 성과를 성급하게 판단하지 말고 지속적으로 정책의 일관성을 유지할 필요가 있음
- 원천기술과 투자재원의 대부분이 중앙정부, RFT 관련 연구소, 우수 기업 등에 있으므로 산업화 초기부터 상호협력 네트워크를 구축하고 RFT클러스터 육성을 정책적으로 지원
- 기존 산업의 특성과 장점을 살리면서 신산업을 접목시키는 정책추진이 필요

○ 추진체계

- 산업육성정책체계도(Policy Map)를 작성, 관리하여 정책의 중복 및 상충을 조정하고, 상호 관련성이 있는 정책간의 연계성을 강화
- 사업평가관리시스템을 구축하여 계획단계부터 계량적 목표를 설정하고 성과를 평가한후, 일정 수준을 충족시키지 못할 경우 기존사업을 포기하고 새로운 사업을 모색

○ 정책적 주안점

- 교육과학기술부 내의 원자력국의 RFT 산업육성 추진전담팀을 요직으로 부각시켜 우수인력을 통한 적극적 지원 유도
- 기술개발의 성공, 우수기업 유치, 산업화 성공 등 성과 실현시 파격적 인센티브 부여지침을 사전에 공식화
- 유망기업, 최고의 전문가 유치에 총력을 경주
- RFT 관련제품의 생산공장 유치전략을 수립하고 적극적으로 유치 활동을 전개
- 중장기적으로 RFT 관련 연구기관에 RFT 관련 국내외 최고의 전문가 영입을 추진

- 차세대 양성자가속기 설치 및 지속적 R&D 전개
- 양성자가속기는 첨단 정보소자는 물론 생명공학분야 등 거의 모든 산업분야에 광범위하게 적용될 수 있는 기반시설로서 RFT 산업육성에 필수적인 시설임
- 양성자가속기를 설치하여 유관 대학 및 연구소를 중심으로 과학계와 산업계의 적극적인 기술개발 노력 및 국가 차세대 전략산업으로서의 RFT 산업 홍보활동이 필요
- 선택과 집중에 의한 RFT 산업의 단계적 육성

제4장 원자력연구개발의 현황과 발전방향

- 우리나라의 원자력연구개발은 비교적 오랜 역사를 거슬러 올라가야 함. 연구개발을 살펴 보기 위해서는 원자력의 특성상 원자력 행정체계를 살펴야하며 우리나라의 원자력연구개발 역사는 원자력연구원의 연구 역사를 중심으로 살펴보는 것이 효과적이며 현실적일 것임.
- 물론 최근에는 정부주도의 연구 외에도 산업체주도의 연구가 한 주류를 이루고 있어 후반에는 그에 대한 부분도 매우 중요한 분야이나 현재까지의 대부분 연구 사업은 원자력연구원을 중심으로 수행해 왔기 때문에 본 연구에서는 원자력연구원의 연구 과정을 중심으로 살펴보며 그를 통한 발전 방향을 제시하고자 함.
- 원자력연구개발은 초기부터 '80년대 까지 기초연구 수준에서 수행해 오다가 특정연구사업이 시작되면서 법적 근거를 가지고 확대되는 과정에서 '70년대에 고리 원자력발전소를 운영한 이래 급속하게 원자력 발전소가 건설됨과 아울러 '80년대에 핵연료 국산화 사업이 출발되었고, 세계적으로도 성공여부에 회의적이었던 당시 여건에서 국내에서도 경제성과 기술능력으로 인하여 반대하는 분위기 이었으나 '70년대에 오일쇼크가 2차에 걸쳐 일어나면서 세계적으로 에너지안보라는 용어가 탄생하고 에너지가 국가의 생존에 직결된다는 것이 널리 인식되어 있던 시기인 만큼 부존자원이 없는 우리나라에서는 기술집약적인 원자력발전에 많은 노력을 할 수 밖에 없었고 그 결과 '90년대 초에 기대 이상의 성공을 보였고 더불어 원자로 설계기술도 국내 기술자립에 성공하였음.
- 그러한 성공의 이면에는 그 업무를 담당했던 전문가들의 노력과 국가적인 강력한 지원이 있었음.
- 원자력 발전기술이 성공적으로 기술 자립되자 그 부가가치와 우리나라 원자력에 대한 국

- 제적 위상은 급격히 부상되었으며, 당시 한국전력공사와 동력자원부는 원자력연구원의 기술을 산업계에 이관하고 연구에 전념할 것을 요구했음.
- 그러나 사업이관은 기술 인력의 반대와 연구원의 반대에 부딪혀 많은 어려움이 있었음.
 - 결국 원자력연구개발기금이 설치되어 연구재원을 마련하는 것과 동시에 650여명의 연구 인력과 모든 기술정보와 기술을 산업체에 이관함과 더불어 소위 원자력연구개발 중장기 계획이 본격적으로 태동했음.
 - 더불어 이에 대한 종합적 발전계획의 정책 방향을 위해서 제1차 원자력진흥종합계획이 수립되고 그 후속으로 원자력연구개발 중장기5개년계획이 수립되었으며 그 세부적으로는 산업체주도과제와 정부주도과제로 구분하여 정부주도과제는 중장기적 연구에, 원자력 발전 사업을 위한 단기적과제는 한국전력공사 주관으로 발전 산업체에서 10년에 약 2조원을 투입하여 수행기로 정리 되었음.
 - 그 당시로는 생각하기 어려운 정도의 큰 규모 연구비였으나, 원자력발전기술자립의 부가가치를 토대로 본격적 연구 사업이 출발하였다고 볼 수 있음.
 - 모든 연구개발을 위한 연구재원은 정부출연금과 원자력연구개발기금으로 충당토록 입안 되었음.
 - 그러한 연구재원을 바탕으로 계획적 원자력연구개발사업이 시작되었고 그 당시의 국내 원자력 계는 최고의 활성화시기를 맞이했다. 그 이후 현재까지 10년 이상을 그 당시 마련한 원자력중장기계획을 5년마다 수정 보완하며 오늘의 연구개발환경을 조성 했음.
 - 뿐만 아니라 그동안 소위 되었던 방사선이용분야의 연구를 집중적으로 육성하여 국민의 삶의 질을 향상시키는 연구에 박차를 가할 수 있는 기반을 마련하였음.
 - 안전성 확보는 필수적으로 높은 비용을 요구하며 이를 안전하게, 경제적으로 발전시키기 위해서는 핵 투명성과 높은 투자 소요 재원을 한나라에서 전액 투자하기에는 어려움을 겪을 수밖에 없어 결국 국제협력을 통한 공동연구가 중요한 이슈로 대두 될 수밖에 없게 되었음.
 - 향후에는 안전하고 핵투명성을 보장 할 수 있는 기술을 개발하고 그것이 저개발국가에 수출되어 국가경제 성장 동력이 될 수 있는 연구가 절실히 필요하며 이는 결국 기초 원천 기술을 보유하지 않으면 불가능한 세계적 연구여건을 극복 할 수 있는 연구 방향을 정립 하여 추진 할 수밖에 없음.

제5장 원자력안전규제의 현황과 발전방향

- 본 연구는 원자력규제의 목표가 기존의 공학적 안전성을 뛰어넘어 국민이 체감할 수 있는 '사회적 안전성'을 포함해야 한다는 전제아래, 그러한 목표를 달성하기 위한 효과적인 규제의 구성요소를 기존의 문헌과 선진국사례들을 통해 살펴보고, 그러한 구성요소들에 비추어 우리나라 규제행정체계의 문제점이 무엇인가를 진단해봄과 동시에 개선방안을 제시하는 것이 목적임
- 원자력 안전규제의 목표는 사회적으로 수용가능한 수준의 원자력 안전성을 달성하는 것임 / 이러한 맥락에서 원자력 안전규제는 사회적 목표(societal goal)를 달성하기 위한 것임 / 이러한 사회적 목표는 원자력 사업자의 노력과 규제기관의 활동에 의하여 확보된 공학적 안전성뿐만 아니라 규제기관에 대한 신뢰, 사업자에 대한 신뢰를 바탕으로 체감 안전성이 형성되고 결과적으로 안전에 대한 국민안심이 이루어지는 상태를 말함
- 본 고에서는 우리나라의 현 안전규제행정체계를 판단하는 일종의 평가기준이라 볼 수 있는 효과적인 원자력 안전규제의 구성요소를 정치적, 법적, 재정적, 기술적, 의사전달적, 책임적, 국제적 측면으로 나누어 정리함
- 또한 국내외 원자력 안전규제 행정체계 및 해외사례의 시사점을 제시하고, 마지막으로 우리나라 원자력 안전규제 행정체계상의 문제점과 개선방안을 논의함

○ 문제점

- ① 독립성: 장기적으로 국제적 기준에 맞추어 독립성의 원칙에 오해의 소지가 없는 방향으로 나아가야 할 필요
- ② 안전규제의 전문성과 일관성: 순환보직제 - 규제기관에 대한 신뢰저하 및 정책의 일관성 유지를 어렵게 함
- ③ 원자력관련 집단의 가족주의화: 원자력을 매개로 한 사업자, 학계, 규제기관 사이에 존재하는 가족적 연대감이 의사결정과정의 건전성(integrity)에 대한 신뢰저하로 연결될 수 있음
- ④ 원자력 위험수준 인지: 원자력 위험수준과 관련하여 원자력 전문가와 국민들 사이에 큰 편차가 있음
- ⑤ 낮은 정부신뢰로 인한 의사전달의 문제: 정부에 대한 신뢰가 낮은 상태에서 규제과정에

의 주민참여는 신뢰를 오히려 저하시킬 가능성이 있기 때문에 신중하게 접근할 필요성

○ 개선방안

- ① 장기적 관점에서의 규제기관의 독립성 확보: 궁극적으로 독립위원회 형태로 나아가는 것이 바람직하다고 판단됨
- ② 전문성 및 역량강화: 과학기술부의 전문성을 향상시키는 것이 필요하나 그것이 여의치 않은 상황에서 원자력안전기술원의 역할과 기능을 강화할 필요
- ③ 원자력 관련 집단의 가족주의적 의식 탈피: 규제기관은 원자력 산업에 대한 방법적 반대자(Devil's advocate) 역할을 수행하여 원자력 안전에 대한 비판적, 보수적 입장 견지
- ④ 사회적 안전성 목표에 초점을 둔 국민신뢰활동의 공식적 강화: 신뢰제고를 통하여 안전성에 만족을 제공하는 것까지 규제의 임무라는 인식을 갖고 공식적·제도적 노력을 통해 그러한 기능을 강화해야 할 것임
- ⑤ 커뮤니케이션의 체계적·전략적 강화: 해당지역의 주재관을 정보관으로 지정하여 설명회를 정례화하여 개최하거나 사회극(sociodrama)과 같은 사회심리학적 방법도 과감히 실험해나가야 할 것임
- ⑥ 원자력규제조직의 변화에 대한 담론을 통해 지금까지의 안전기술위주의 과학적 틀짓기 방식을 벗어나 원자력의 부재시에 발생할 수 있는 '기회편익'개념을 적극적으로 활용하는 새로운 틀짓기의 노력을 기울여야 할 것임

제6장 원자력외교 및 협력체계 정립방안

- 다른 에너지와 달리 원자력의 이용 확대문제는 단순히 경제논리와 국내적 요인에 의하여 결정되지 않음. 국제정치와 외교, 미국의 비확산정책에 크게 영향을 받고 있음.
- 본 연구에서는 원자력의 다자간 협력체계와 우리나라 원자력 협력 현황을 분석하고 선진국 원자력 외교 실태 및 최근경향에 대해 분석을 실시하였으며 우리나라의 원자력 외교체계 확립을 위한 정책적 시사점을 제시하였음.
- 최근 우리나라 원자력 환경 변화는 원자력시설의 양적 증가, 기존원전 활용 증대에 따른 안전성 확인 수요 증가, 다양한 원자력 시설의 등장, 원자력 등의 비상대응체계 강화, 원

자력안전에 대한 국민 관심의 지속적 증가 등으로 요약될 수 있음. 이러한 환경 변화에 따라 우리나라는 2006년 말 현재 22개국과 정부차원의 원자력협력협정 등을 체결하고 있으며, 이 중 20개국과는 협력협정을 체결하고 있음.

- 미국은 기존의 핵정책, 원자력정책, 그리고 비확산체제에 대한 정책을 더욱 강화하여 테러집단들이 핵무기를 취득할 가능성에 대비하는 것에 온 외교력을 집중하게 됨. 이는 불가피하게 원자력의 평화적 이용에 관한 국제적 환경 역시 변화시키는 결과를 가져옴.
- 일본의 원자력 외교정책의 경우 거의 미국의 외교정책과 거의 같은 방향으로 가고 있으며, 미국과 함께 공동원자력 에너지 행동계획의 실행을 위한 노력을 시행중임. 또한 러시아의 최근 원자력 외교정책의 성격은 공격적인 외교정책 방향으로 바뀜.
- 이러한 원자력의 국내외 환경변화에 따라 우리나라의 원자력 외교정책 확립을 위해서는 1) 원자력 정책 역량 강화, 2) 원자력외교 기구의 개선, 3) 원자력외교 및 비확산 정책공동체 구축, 4) 원자력외교 성과관리체제 구축이 필요함.
- 원자력의 독특한 성격으로 인하여 사회의 동의가 필요한 부분이 많아 소기의 목적을 달성하기 위해서는 정부기관간 정책조정과 역할분담이 매우 중요함. 또한 원자력진흥종합계획을 충실히 이행하기 위해서는 국내의 협업뿐만 아니라, 국제협력, 그 중에서도 미국의 협력 없이는 불가능한 부분도 많아 원자력외교는 원자력정책의 필수불가결한 일부를 구성하고 있음.
- 원자력정책의 효과적인 추진을 위하여 정부 내 협조체제가 구축이 필요하고 원자력외교와 관련하여, 대미협력을 강화하기 위하여 정부뿐만 아니라 민간전문가의 참여도 필요함.
- 한국 정부의 원자력 외교 체제 강화를 위해서는 대미 원자력 외교 강화가 중요한 부분을 차지하는 것은 주지의 사실임. 우리나라의 원자력외교 과제는 첫째, 한국의 비확산정책과 의지에 대한 미국과 국제사회의 우려를 최우선적으로 해소해야 한다는 점임. 다음으로, 원자력전문가 중 일부를 외교전문가로 양성하고, 일부 외교전문가도 원자력전문가로 양성하여 외교부·교육과학부·지식경제부가 협력하면서 원자력외교 역량을 증대시키는 방법을 찾아야 함.

제7장 원자력행정체제의 현황과 지속가능성 강화방안

- 미국과 일본 등 주요 외국의 원자력 정책 현황 및 동향에 따른 우리나라 원자력 정책의 몇 가지 시사점을 제시하면 다음과 같음. 첫째, 원자력정책의 효과적인 추진을 위하여 정부 내 협조체제 구축이 전제되어야 함.
- 둘째, 장기적 관점에서 정부행정조직에 있어 원자력 진흥과 원자력 규제를 담당하는 기관의 분리가 필요함. 원자력 산업 발전을 위해서는 원자력에 대한 국민의 신뢰 및 수용성이 확보가 중요함. 이를 위해서는 원자력 정책에 대한 효율성뿐만 아니라 투명성 확보가 무엇보다 중요함. 원자력 산업의 진흥과 원자력 규제를 담당하는 기관의 분리 및 원자력 안전을 규제하는 기관의 독립성 확보가 장기적 관점에서 원자력 산업 및 연구 발전에 기여할 것임.
- 셋째, 원자력기술 협력은 물론 원자력외교협력에서도 많은 관심과 충분한 대비가 요구됨.
- 넷째, 원자력 외교 및 국제 협력 기반 강화를 정부차원뿐만 아니라 민간차원의 거버넌스 협력 모델을 구축할 필요가 있음. 이를 위해서는 원자력 외교 국제협력 협의회를 운영하는 방안을 생각해 볼 수 있음.
- 더불어 해외 사무소를 설치 운영하여 정보수집 등을 위한 해외전진기지 개설을 추진해 향후 우리나라가 가지고 있는 원자력기술 수출 및 산업화에도 대비해야 할 것임. 나아가서 원자력행정체제는 지속가능성을 유지할 수 있도록 하는 것이 중요함.
- 향후에도 정부의 조직개편 시도는 있을 수 있을 것이며 그러한 상황이 도래할 때, 시스템관점에서 정책적 노력을 해 왔느냐 아니냐 하는 점은 조직의 생존에 크게 영향을 미칠 수 있을 것임. 원자력 행정체제를 둘러싸고 직, 간접으로 크고 작은 영향을 미치는 주요 영향요인들을 파악해 내고 이들의 영향관계를 피이드백 구조속에서 이해하는 것은 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있음.
- 이를 위해서 시뮬레이션 모델을 구성하였으며, 실제치와 추정치를 반영한 모델구조 속에서 원자력행정체제의 지속가능성이라는 종속변수를 향후 시나리오별로 추정해 보았음. 이러한 시나리오는 대상의 값의 조합에 따라 무수히 존재할 수 있을 것임. 원자력담당 부서의 자원한계 및 가치판단적인 목표설정 등에 따라 대안선택은 달라질 수 있을 것임. 그러나 중요한 것은 원자력행정체제의 지속가능성이라는 관점에서 시스템적 요소들을 규명하고 이들의 인과관계 속에서 정책적 노력을 하는 체계적 활동이 요구된다는 점임.

제8장 우리나라 원자력정책결정 및 집행체제 현황과 능력제고방안

- 최근에 미국을 비롯한 선진국에서 경제발전을 위한 원자력의 중요성에 관심을 갖기 시작했고 미국 행정부에서는 에너지의 안정적 확보를 위해 원자력 발전소 건설의 당위성에 대한 대국민 홍보를 강화하고 있음.
- 이러한 현상은 선진국에만 국한된 것이 아니며 중국과 같은 신흥공업국에서도 원자력 발전소 건설에 박차를 가하고 있음. 이러한 시점에서 우리나라의 원자력 정책을 점검해 보는 것은 큰 의의를 갖는다고 할 수 있음.
- 이에 비추어 본 연구의 목적은 원자력과 관련된 우리나라의 주요 정책결정 및 집행체제를 살펴보고 나아가야 할 방향을 모색하는 것임. 원자력과 관련된 주요 정책은 크게 4가지로 - 이용개발, 원자력 외교 및 국제협력, 안전관리 및 방재, 원자력통제 - 나누어서 접근함. 추가로 홍보 관련 정책에 대한 검토도 이루어짐. 개선방안을 제시하기 전에 우리나라의 원자력 원자력의 발전, 행정체제, 정책구조 등에 대해서 살펴보기로 함.
- 주요 정책방향을 정책목표를 통하여 살펴볼 수 있음. 첫째, 지속가능한 발전을 위해 안정적으로 에너지를 공급함. 둘째, 안전성 제고를 통해서 국민과 함께 하는 원자력으로서의 위상을 강화함. 셋째, 원자력의 국제경쟁력 확보를 통해서 수출산업화를 추진함. 넷째, 방사선 이용 확대를 통해서 국민 보건의 증진과 삶의 질을 향상시킴. 다섯째, 원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반을 조성함. 마지막으로 국가 원자력 위상강화를 위해서 원자력 외교 및 국제협력을 추진함.
- 교육과학기술부는 연구개발, 국제협력, 원전 및 방사성폐기물 안전규제, 방사능 방재, 핵비확산, 사용 후 핵연료 관리 등 원자력행정을 종합적으로 관장하고 있음. 지식경제부는 원자력발전을 통한 전력생산과 중저준위 폐기물 처분장 부지 선정·운영 등 원자력 이용의 일부분만 담당하고 있음.
- 주요 제안사항은 독립적·협력적 특성을 동시에 발휘하는 체제 구축, 원자력이용정책과 안전규제 담당부서의 분리, 원전사업과 에너지 정책의 분리, 원자력외교협력에 대한 관심, 글로벌 안전규제와 글로벌 인력 양성, 민간차원의 협력 체제 구축, 적극적 홍보활동의 강화 등이다.

Summary

1. Change in the external environment surrounding energy resources and the role of nuclear energy

1) Change in the external environment in energy

(1) A deepening shortage of energy resources worldwide

- Since the Industrial Revolution, the consumption of energy resources throughout the world has increased in geometrical progression, depleting the reserves of the fossil fuels including petroleum.
- It is predicted that the known reserves of the petroleum and the natural gas will be exhausted within 40 and 60 years, respectively.

(2) Environmental pollution and global warming caused by massive consumption of energy resources

- Massive consumption of energy resources has aggravated the quality of air and water, with the result that environmental pollution of the world has reached a critical stage.
- Emission of green house gases such as carbon dioxide has caused global warming and climate change, endangering the sustainability of the life.

(3) The International Institute for Strategic Studies based in the UK has warned that shortages of water, energy and food could be the three major problems which the east Asian countries have to face in the 21st century.

- Mainland China and east Asian countries pursuing rapid economic growth are expected to confront a shortage of energy in the near future, leading them to face difficulties in achieving expected economic growth.

(4) Korea is a country that lacks energy resources as well as generating a massive quantity of carbon dioxide and might be thus in an energy crisis.

- 97 per cent of the energy resources Korea consumes is imported and consequently the

Korean economy is very vulnerable to changes in the price of energy.

- Korea, being ranked 12th in terms of world trade, consumes massive energy resources. At the same time, it is one of the countries being monitored by The Climate Change Agreement for emitting a high amount of carbon dioxide. It follows that Korean exports will be affected if it cannot reduce its carbon emissions.
- Korea is striving to increase solar and wind power as a proportion of total energy consumed to 5% by 2020. However, these forms of energy do not seem to be a realistic alternative source of supply.

2) The role of nuclear energy

(1) Nuclear energy as a stable energy resource

- At a time when oil sells at a high price in the world economy, to the detriment of the national economy, nuclear energy contributes to national economic development and price stability by supplying quality electric power at a low price.

(2) Nuclear energy as a practical means to tackle climate change

- According to a report published by IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), the emission of carbon dioxide in the atmosphere reached 300ppm in 2000, an increase of 30 per cent in comparison with 280ppm before the Industrial Revolution.
- The average temperature of the globe has increased by 0.6°c over the past century and is predicted to increase by between 1.4 to 5.8°c by 2100.
- The climate change has now become an issue which needs to be addressed by a collective effort, not an individual one.

(3) Nuclear energy as a form of radioactive technology that promotes quality of life

- Areas to which radioactive technology contributes include medicine (eg. diagnosis and treatment of disease), energy (eg. measuring technology), industry and industrial application studies, the environment, food and agriculture (eg. food protection and plant improvement), and the science of metabolism and stress response.

2. Towards Future Nuclear Industries in Korea: Realities and Prospects

- This chapter examines the extent to which nuclear industry in Korea has been developed and what kind of areas in the industry can be more potential and more promising especially in terms of strengthening national competitiveness of Korea.
- It is true to say that medical and agricultural industries based on nuclear technology have not received the same attention from academic scholars and ordinary people as has energy industry in Korea.
- In particular, this study emphasizes that from now on there should be enormous areas in which nuclear technology could be applied for better and safe life of people.

3. Nuclear energy R&D : Realities and Prospects

- Nuclear activities were initiated when South Korea became a member of the International Atomic Energy Agency in 1957. In 1958 the Atomic Energy Law was passed and in 1959 the Office of Atomic Energy was established by the government. The first nuclear reactor to achieve criticality in South Korea was a small research unit in 1962.
- Nuclear R&D in Korea started in the late 1950s and focused on basic research until 1980s. With the advent of government R&D programs, nuclear R&D expanded in 1980s which resulted in the localization of PWR and PHWR fuels, the designing and construction of HANARO, which is a world-class research reactor, and the development of Korea Standard Nuclear Plant (KSNP) set new milestones for the nuclear power program in Korea.
- The main roles of nuclear R&D are to ensure that the national energy supply is secure, and to build the country's nuclear technology base so that it becomes a nuclear exporting country by early in the 21st century. - The Korean government has been pushing "Mid-and-Long-term Nuclear R&D Programs" since 1992 with a strong commitment to enhance the capability of nuclear technology development in a

systematic and effective way. The third comprehensive nuclear energy development plan, for 2007-11, projected that South Korea should develop its nuclear industry into one of the top five in the world, with about 60% of electricity from nuclear by 2035. As well as emphasis on production of nuclear fuel, the report envisaged construction of the Korean APR-1400 reactor.

- Particular goals established in 1997 include reactor design and nuclear fuel, nuclear safety, radioactive waste management, radiation and radioisotopes application, and basic technology research.
- Nuclear R&D in Korea makes a great effort in developing technologies for an advanced nuclear reactor, proliferation resistant nuclear fuel cycle, and other advanced nuclear technologies with the prime goal of securing nuclear safety.
- In addition, extensive research works are being carried out in the areas of radioisotope production and applications utilizing HANARO, development of new radiopharmaceuticals as well as the utilization of radioisotopes in agriculture, industry and medicine to promote public welfare.
- Nuclear R&D in Korea also expands its research areas by developing a proton accelerator and facilitate in the commercialization of the technologies developed by our institute by developing Radiation Technology(RT).
- KAERI is the main body responsible for R&D. KAERI has been developing the SMART (System-integrated Modular Advanced Reactor) - a 330 MWt pressurised water reactor with integral steam generators and advanced passive safety features. d, for operation in 2007.
- The Ministry of Education, Science and Technology is responsible for establishing basic policies and short and long-term plans for the development and use of nuclear energy, nuclear safety, controlling acquisition, production, import and export, ownership, and management of nuclear material and nuclear fuel cycle facilities, among other things.
- The Ministry of Knowledge Economy establishes basic policies for nuclear power plant development, overseas nuclear power plant construction and operation, and controls nuclear fuel and other matters related to radioactive wastes.

- Based on the experiences and accumulated knowhow on nuclear power plant construction and operation, Korea established a long-term nuclear R&D program that is being implemented over the next ten years. This program is aimed at developing a wide range of technologies needed for peaceful uses of nuclear energy and also building a foundation for national energy self-sufficiency.

4. Nuclear Safety Regulation

1) Focuses of the study:

- Establishing a new societal goal which goes beyond traditional engineering view of safety
- Building 'effective regulatory components' based on existing literature and foreign regulatory cases
- Diagnosing Korean regulatory problems based on the effective regulatory components as judgment standard and providing suggestions to improve the Korean regulatory system

2) Research results of the study

- Active seeking social safety as societal goal as well as engineering one by regulatory body to establish a trust on regulator and lead people to have a sense of security in terms of nuclear safety matter
- 7 components for Effective Regulation: Political component focusing on independence of regulatory function and decision making ; legal component putting emphasis on legal independence and stable legal authority; financial component to have sufficient resource for independent decision making ; technical component to secure expertise and transparent personnel management ; communication component for effective mutual delivery of message among people, regulator and regulatee ; accountability component for responsible and balanced exercise of authority ; international component for collaboration with international organizations and foreign countries
- Discussing problems in terms of regulatory independence, regulatory expertise and

consistency, nuclear related groups' familism, perception of nuclear safety risk, and low government trust

- Providing suggestions by categorizing as securing regulatory independence in the long-run view, securing expertise and empowerment, overcoming the familism among nuclear-related groups, strengthening formal and institutional effort to seek societal goal, enriching systematic and strategic communication, and building a new frame to see nuclear safety problem

5. Building the Effective Atomic Power Diplomacy and Cooperation System

- Unlike other energy resources, the use of atomic power do not depends on mainly simple economic rationale and domestic factors, but depends on international politics and nonproliferation policy of U.S.
- The main goal of this paper is to analyze multi-parties' cooperation system, Korea's current cooperation system, and the advanced countries' diplomacy of atomic power. and then to suggest the policy alternatives for building the improved atomic power diplomacy.
- Recently, the changing environment of atomic power in Korea can be summarized as quantitative increase in facilities of atomic power, safety increase in old atomic power, the introduction of a variety of atomic power facilities, and nation's awareness to the safety of atomic power. To respond to the changing environment, as of December 31, 2006, Korea has made agreements with 22 countries.
- By reinforcing the existing nuclear policy, atomic power policy, and nonproliferation policy, U.S. put an high emphasis on preventing the terrorist group from getting the nuclear weapon.
- The diplomatic policy of atomic power of Japan is almost same as that of U.S. Based on this policy, Japan tries to make an action plan to utilize atomic power jointly with U.S.

- When considering all the things mentioned above, we have to develop the effective diplomatic policy in terms of the capacity reinforcement of atomic power policy, restructuring the atomic power department, building the policy community for the effective diplomacy of atomic power, and building the performance management system of the atomic power department.

6. Comparative Study of Nuclear Policy Systems in Advanced Countries

- This chapter compares the nuclear policy systems in some advanced countries and puts forward policy implications for Korea especially with regard to the government reshuffling.
- It is found that the size of government organisation responsible for nuclear policy has been decreased significantly because of many reasons including political one.
- This study suggests that the budget and size of government organisation dealing with nuclear policy be increased so that environmental and economic problems facing Korean government could be solved.

7. Making the Nuclear Policy System in Korea More Sustainable: Application of System Dynamics Method

- In developing and strengthening sustainable administrative system for nuclear energy, it is essential to understand the environment in which inter-related components play, the complex interrelationships of the relevant variables and their resulting behaviour.
- This chapter discusses an interactive, systematic decision model regarding administrative system for nuclear energy, highlighting how the change in parameter contained in the model can affect its substantiality over time.

8. To improve capacity in the implementation system and decision making of nuclear Energy policy

- This study seeks to examine some suggestions to improve capacity in the implementation system and decision making of nuclear power policy.

- To achieve above research goals, various research methods such as expert interview, questionnaire survey, literature review, and academic seminar are used.

- Chapter one, introduction, explains the international concerns and importance about nuclear power energy and shows study purpose. Chapter two deals with international concerns and domestic development of nuclear power more specifically than in chapter one.

- Chapter three shows the main areas of nuclear power policy to which government has paid attention and, after reviewing them, tries to find areas on which it has put little emphasis. Chapter four shows administrative systems to implement nuclear power policies.

- Chapter five suggests some alternatives to improve nuclear power policies and its implementing systems.

- Final suggestions are as follows: establishing both an independent and a collaborative system among relevant departments or organizations, separation between usage and safety regulation departments of nuclear power, separation between nuclear power business and energy policy, placing more concerns on international collaboration, safety regulation and personnel training in global level, and building nongovernmental collaborative systems and active public relation.

Contents

1. Introduction	1
2. Research Method	5
3. Change in the external environment surrounding energy resources and the role of nuclear energy	9
4. Towards Future Nuclear Industries in Korea: Realities and Prospects	23
5. Nuclear energy R&D : Realities and Prospects	67
6. Nuclear Safety Regulation: Realities and Prospects	105
7. Building the Effective Atomic Power Diplomacy and Cooperation System	139
8. Comparative Study of Nuclear Policy Systems in Advanced Countries	175
9. Making the Nuclear Policy System in Korea More Sustainable: Application of System Dynamics Method	231
10. Conclusions	299

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구의 목적 및 필요성	3
제2절 연구의 주요내용 및 연구방법	5
제3절 연구의 분석틀 및 추진체계	6
제2장 에너지 분야 환경변화와 원자력의 역할	9
제1절 에너지 분야 환경 변화의 추이와 전망	11
제2절 에너지 분야 환경변화와 원자력의 역할	16
제3장 원자력 산업의 현황과 방향	23
제1절 원자력 산업의 의의	25
제2절 국내 원자력 관련 산업의 현황	26
제3절 원자력 관련 산업의 육성 방향	61
제4장 원자력연구개발의 현황과 전망	67
제1절 원자력연구개발의 의의	69
제2절 원자력연구개발의 변천과 역사	76
제3절 원자력연구개발의 현황과 전망	91
제5장 원자력 안전규제의 현황과 발전방안	105
제1절 원자력 안전규제의 의의	107
제2절 원자력안전규제를 둘러싼 대내·외 환경변화	108

제3절 원자력 안전규제의 의의, 목표 및 구성요소	110
제4절 국내외 원자력 안전규제 행정체계	121
제5절 원자력 안전규제 행정체계의 문제점과 개선방안	130
제6장 원자력 외교 및 협력체계 확립 방안	139
제1절 원자력 협력체계의 의의	141
제2절 원자력 안전조치와 다자간 협력 체계	142
제3절 우리나라 원자력 외교 및 국제협력	153
제4절 선진국의 원자력 외교정책	160
제5절 외교체제 확립을 위한 정책적 제언	168
제7장 원자력행정체제의 현황과 지속가능성 강화방안	175
제1절 주요선진국의 원자력 행정체제현황과 정책	177
제2절 원자력행정체제의 지속가능성 강화 방안: 시스템다이나믹스 방법론의 적용 ..	208
제3절 소결론	228
제8장 우리나라 원자력정책결정 및 집행체제의 현황과 능력제고 방안	231
제1절 설문조사 분석결과	233
제2절 원자력정책결정과 집행체제 분석의 의의	275
제3절 각국의 원자력에 대한 관심과 우리나라 원자력의 발전	277
제4절 우리나라 원자력 정책 현황	279
제5절 우리나라의 원자력 행정체제 및 정책구조	294
제9장 결 론	299
제1절 정책결정과 집행체제의 능력제고 방안	301
제2절 정책적 시사점	311

<표 차례>

<표 1-1> 연구의 추진체계 흐름도	7
<표 2-1> 원자력을 화석연료로 대체할 경우 소요비용(2005)	19
<표 2-2> 발전원별 전기 판매단가(2005)	19
<표 2-3> 원자력 시장규모 비교	21
<표 3-1> 원자력을 화석연료로 대체할 경우 소요비용(2005)	25
<표 3-2> 원자력 시장규모 비교	26
<표 3-3> 원자력공급산업체의 분야별 매출액 추이	28
<표 3-4> 원자력공급산업체의 판매처별·분야별 매출액	29
<표 3-5> 계약연도별·도입국별 계약건수	30
<표 3-6> 계약연도별·도입국별 계약금액	30
<표 3-7> 분야별 기술도입 계약건수 및 계약금액	31
<표 3-8> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 국가별 수출 계약건수	33
<표 3-9> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 국가별 수출액	34
<표 3-10> RFT 산업의 SWOT 분석	35
<표 3-11> 미국과 일본의 방사선 및 방사성동위원소 이용 경제규모	36
<표 3-12> 미국-일본-한국의 RT 관련 산업규모(2000년 기준)	39
<표 3-13> 2005년/2006년도 국내 방사선 및 RI 이용 주요지표	41
<표 3-14> 2006년도 방사선 및 RI 이용분야 매출액 내역	42
<표 3-15> 2006년 제조업 분야의 방사선 및 RI 이용 경제규모	43
<표 3-16> 방사선이용기술 시장/수요지표	48
<표 3-17> 방사선이용기술 기술성능지표	48
<표 3-18> 방사선의학 시장/수요지표	50
<표 3-19> 방사선의학 기술성능지표	50
<표 3-20> 방사선의학 의약품 및 질병영상진단기술 부문 시장/기술지표	51
<표 3-21> 방사선치료 조절기술 부문 시장/기술지표	52
<표 3-22> 방사선의 인체영향 평가 및 손상치료기술 부문 시장/기술지표	53
<표 3-23> 반도체 센서 방사선영상기기 및 응용기술 부문 시장/기술지표	54

<표 3-24> 방사선량 적응형 암치료기기 및 응용기술 부문 시장/기술지표	54
<표 3-25> 방사선 생명·자원·환경기술 시장/수요지표	55
<표 3-26> 방사선 생명·자원·환경기술 기술성능지표	56
<표 3-27> 방사선산업기술 시장/수요지표	58
<표 3-28> 방사선산업기술 기술성능지표	58
<표 4-1> 제3차 원자력진흥종합계획의 정책목표와 추진과제	94
<표 4-2> 원자력연구개발 5개년 계획의 주요내용	95
<표 4-3> 원자력 연구개발사업 투자	96
<표 4-4> 원자력발전기술개발 투자계획(안)	98
<표 5-1> 2002-2007 규제 정책 방향의 목표 비교	115
<표 5-2> 우리나라 원자력 정책 연합의 구성 양태	122
<표 5-3> 국외 원자력안전규제체계	129
<표 6-1> 핵확산금지조약(NPT) 평가회의: 2000년(6차)과 2005년(7차)	150
<표 6-2> 2006년 우리나라 원자력 환경 변화	154
<표 6-3> 우리나라와 원자력협정 체결 현황	155
<표 6-4> IAEA 기술협력사업 추진현황(2007~2008년)	156
<표 6-5> 한·미 원자력 공동위원회 의제 목록(2006년)	158
<표 6-6> 부시 대통령 제안의 개요	163
<표 7-1> 프랑스 원자력 관련 정부 규제 및 감독 기관	198
<표 7-2> 원자력 관련 특별위원회	199
<표 7-3> 원자력 관련 공공 또는 준 공공기관	200
<표 7-4> 원자력 행정체계의 유형 구분	204
<표 7-5> 연도별 세부전공에서 원자력전공자가의 변화 추이	206
<표 7-6> 과학기술표준분류별 연구개발비에서 원자력 연구개발비 비중	206
<표 1> 조사대상자의 일반적 배경	234
<표 2> 원자력 정책의 가장 큰 문제점	235
<표 3> 다른 정책부문과 비교한 정치권의 원자력에 대한 관심	235
<표 4> 원자력 홍보와 관련하여 가장 큰 문제점	236
<표 5> 원자력의 미래 전망	236
<표 6> 원자력 핵심연구개발분야의 교육과학기술부 잔류에 대한 찬반의견	237

<표 7> 원자력 행정체제의 바람직한 방향	237
<표 8> 주요선진국과 비교한 우리나라 원자력 관련 중앙정부 조직의 규모	238
<표 9> 이용개발진흥기관으로부터의 규제기관의 안전규제업무의 독립정도	238
<표 10> 규제기관이 전문성 또는 규제역량을 충분히 갖춘 정도	239
<표 11> 원자력관련 집단의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성 저해여부 ...	240
<표 12> 원자력안전 정보가 이해당사자들에게 투명하게 공개되는가 여부	240
<표 13> 원자력안전 관련 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분히 전달되는가 여부	241
<표 14> 사회적 안전성이 원자력 안전규제의 중요한 목표라 생각하는 정도	241
<표 15> 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처	242
<표 16> 선진국과 비교한 우리나라 원자력 외교정책의 실태	242
<표 17> 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야	243
<표 18> 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모	243
<표 19> 지식경제부의 원자력발전 관련 기술개발사업 투자규모	244
<표 20> 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모	244
<표 21> 원자력 정책의 가장 큰 문제점	245
<표 22> 다른 정책부문과 비교한 정치권의 원자력에 대한 관심	247
<표 23> 원자력 홍보와 관련하여 가장 큰 문제점	248
<표 24> 원자력의 미래전망	249
<표 25> 원자력 핵심연구개발분야의 교육과학기술부 잔류에 대한 찬반의견	250
<표 26> 원자력 행정체제의 바람직한 방향	251
<표 27> 주요선진국과 비교한 우리나라 원자력 관련 중앙정부 조직의 규모	253
<표 28> 이용개발진흥기관으로부터의 규제기관의 안전규제업무의 독립정도	255
<표 29> 규제기관이 전문성 또는 규제역량을 충분히 갖춘 정도	256
<표 30> 원자력관련 집단의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성 저해 여부	258
<표 31> 원자력안전 정보가 이해당사자들에게 투명하게 공개되는가 여부	260
<표 32> 원자력안전 관련 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분히 전달되는가 여부	262
<표 33> 사회적 안전성이 원자력 안전규제의 중요한 목표라 생각하는 정도	264
<표 34> 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처	265

<표 35> 선진국과 비교한 우리나라 원자력 외교정책의 실태	266
<표 36> 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야	268
<표 37> 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모	270
<표 38> 지식경제부의 원자력발전 관련 기술개발사업의 투자규모	271
<표 39> 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모	273
<표 8-20> 원자력기술의 발전단계	278
<표 8-21> 연도별 분야 연구비 지원현황	284
<표 8-22> 원자력 진흥종합계획의 홍보활동	294
<표 8-23> 교육과학기술부와 지식경제부의 기능 비교	297
<표 9-1> 주요 선진국의 원자력행정체제 현황	304

<그림 차례>

<그림 1-1> 21세기 원자력 정책수립 및 이해체계 분석틀	6
<그림 2-1> 발전원별 이산화탄소 배출량	20
<그림 3-1> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체 분야별 매출액 구성도	27
<그림 3-2> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 기술도입 계약건수 및 금액	32
<그림 3-3> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 계약건수 및 금액	32
<그림 3-4> 미국과 일본의 분야별 RFT 산업 규모	36
<그림 3-5> RFT 시장구조 및 주요업체	38
<그림 3-6> 국내 RT 관련 연구 및 지원시설의 지역별 분포	40
<그림 3-7> 방사선의학 매크로 기술지도(안)	49
<그림 3-8> 방사선의학 의약품 및 질병영상진단기술 개발 목표	51
<그림 3-9> 방사선치료 조절기술 개발 목표	51
<그림 3-10> 방사선의 인체영향 평가 및 손상치료기술 개발 목표	52
<그림 3-11> 반도체 센서 방사선영상기기 및 응용기술 개발 목표	53
<그림 3-12> 방사선 생명·자원·환경기술 매크로 기술지도(안)	57
<그림 3-13> 방사선산업기술 매크로 기술지도(안)	59
<그림 4-1> 원자력연구개발사업의 체계	92
<그림 4-2> 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)의 추진체계	97
<그림 5-1> 우리나라의 원자력안전규제 행정체계	124
<그림 6-1> IAEA 사무국 조직도	151
<그림 7-1> 미국 원자력 관련 행정조직	180
<그림 7-2> 미국 에너지부(DOE) 행정체제	182
<그림 7-3> 일본의 원자력 발전소 현황	185
<그림 7-4> 일본 원자력 관련 행정조직	187
<그림 7-5> 러시아의 기본적 전력생산 구조	191
<그림 7-6> 러시아 원자력 발전소 분포	192
<그림 7-7> 러시아 원자력 산업의 조직구조	192
<그림 7-8> 러시아의 원자력안전규제체제	194

<그림 7-9> 프랑스 원자력 발전소 현황	196
<그림 7-10> 캐나다의 원자력 발전소 현황	201
<그림 7-11> 캐나다 원자력 관련 조직연계도	203
<그림 7-12 > 우리나라 원자력발전과 원자력주관부처의 조직변화	207
<그림 7-13> 7대 부문간 인과지도	211
<그림 7-14> 원자력부서의 조직규모	212
<그림 7-15> 원자력관련 학회/협회의 지원	213
<그림 7-16> 원자력에 대한 정치권 지지도	214
<그림 7-17> 환경단체의 반대규모	215
<그림 7-18> 원자력의 안정성 정도	216
<그림 7-19> 원자력행정체제의 외부환경	217
<그림 7-20> 원자력에 대한 국민수용성	218
<그림 7-21> 지속가능한 원자력행정체제의 종합적 인과지도	219
<그림 7-22> 지속가능한 원자력행정체제 분석을 위한 시뮬레이션	221
<그림 7-23> 가장 소극적 대처의 결과	223
<그림 7-24> 적극적 대처	225
<그림 7-25> 중간적 대처(1)	226
<그림 7-26> 중간적 대처(2)	227
<그림 8-1> 원자력 연구개발 사업 6대 분야	282
<그림 8-2> 원자력연구개발 중·장기 계획의 수행체제	283
<그림 8-3> 우리나라 원자력행정체제	295
<그림 8-4> 교과부 원자력조직의 현황 및 기능('08.3 현재)	296
<그림 9-1> 원자력 정책결정과 집행체제의 능력제고 방안	301

제1장

서 론

제1장 서론

제1절 연구의 목적 및 필요성

- 원자력 환경의 변화에 따른 원자력 정책의 현안문제 분석
 - 원자력은 기술집약적 에너지로서 안정적·경제적 에너지 공급원으로서 프랑스, 일본, 미국 등 선진국들이 주요 에너지원으로 활용
 - 또한 방사선기술의 의료, 농업, 공업, 환경 등에의 이용으로 국민 보건 증진 및 국민 삶의 질 향상에 기여하고, IT/BT/NT/ET 등 첨단기술과 방사선기술 융합을 통한 방사선 이용 확대 및 다양화
 - 원자력발전은 온실가스 배출 감축을 위한 가장 현실적인 대안으로서, 「청정개발과 기후 변화대응을 위한 아태지역 파트너십」에서 원자력을 주요 청정개발 방안으로 천명
 - 이러한 원자력 환경의 변화에 대응하여 우리나라의 국가 원자력정책 이행체제의 확립을 위한 주요 현안의 도출 및 분석

- 21세기를 대비한 원자력 정책의 비전과 목표의 국민적 공감대 형성
 - 제3차 원자력진흥종합계획의 비전을 “에너지안보, 환경 보전, 국민 삶의 질 향상 및 과학 기술 발전에 기여함”으로 설정하고 미래 한국의 추진 원동력으로서의 원자력을 활용하고자 함
 - 동 계획에서는 또한 정책목표를, (1)지속가능한 발전을 위한 안정적인 원자력 에너지 공급, (2) 안전성 제고를 통한 국민과 함께 하는 원자력 위상 강화, (3)원자력의 국제경쟁력 확보를 통한 수출산업화 추진, (4)방사선 이용 확대를 통한 국민 보건 증진과 삶의 질 향상, (5)원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반 조성, (6)국가원자력 위상강화를 위한 원자력외교 및 국제협력 추진으로 설정함
 - 원자력 정책의 원활한 추진을 위해서는 이러한 비전과 목표가 사회적으로 국민들의 공감대를 형성할 수 있는 방안을 마련

- 국가 원자력 정책 이행능력(추진체제)의 발전방안 제시
 - 원자력 환경의 변화, 원자력진흥계획, 연구개발추진계획 등을 검토하여, 우리나라 실정에 적합한 원자력 정책의 추진체제 및 정책이행 방안의 구상
 - 원자력 정책이행체제를 정책, 사업, 규제, 연구개발, 법행정조직, 국제협력체제 등으로 세분화하여 구체적인 발전방안 제시
 - 국가 원자력정책 이행능력의 강화를 위해서 기본방향의 설정과 적용 방안: 거버넌스, 국가최적화, 사회적 자본, 정책통합성, 국민수용성 등

- 에너지 문제의 해결 대안으로서 원자력의 중요성
 - 고유가에 대비하고 지속가능 발전을 뒷받침할 주도형 에너지 공급체계를 확보할 필요가 있음
 - 고유가가 향후 지속될 것으로 전망되는 반면, 우리나라는 에너지의 해외의존도가 높고 에너지 안보가 매우 취약함
 - 우리나라는 에너지 자원 빈국 및 세계 10대 에너지 소비국으로 에너지의 안정적인 개발 및 확보는 국가경제 및 안보에 직결됨

- 원자력과 관련된 정책 환경의 분석 및 진단
 - 세계적으로 가동원전의 계속운전과 출력증강 등 원전운영 고도화 추진으로 원자력 발전 원가 경쟁력이 상승되고 있음
 - 세계 각국은 에너지의 안정적인 확보를 위해 친환경, 무한 에너지인 핵융합에너지를 비롯하여 수소, 신재생 에너지 등 대체 에너지 개발에 국가적 역량을 집중하고 있음
 - Gen-IV 등 혁신형 원자력시스템 기술개발 국제협력이 활발하게 추진되고 있음
 - 미국 주도의 국제원자력파트너십(GNEP) 구상의 등장과 국제적인 원자력산업 경쟁 심화 등에 대한 대응이 필요

- 원자력 정책의 이행능력 제고를 위한 중장기적 관리체제 분석

- 국가적으로 원자력의 중요성과 에너지원으로서 비중이 증가함에도 불구하고, 현재의 원자력 정책을 원활하게 추진할 수 있는 강력한 행정체제 미비
- 지금까지 국가의 원자력 정책의 추진체제를 분석하고, 21세기를 대비하여 국가적으로 원자력 정책 이행능력을 강화할 수 있는 방안이 모색되어야 함

제2절 연구의 주요내용 및 연구방법

○ 본 연구의 주요내용을 요약하면 다음과 같음.

- 에너지분야 환경변화와 원자력의 역할
- 원자력 분야의 국내·외 현황과 발전 전망
- 원자력정책수립 및 이행체제 분석
- 선진국 원자력정책수립 및 이행체제 벤치마킹
- 우리나라 원자력정책수립 및 이행능력의 강화방안
 - 기본방향(과학과 정치부문의 거버넌스, 국가최적화, 사회적 자본 강화, 정책통합성, 국민수용성 고려)
 - 정책부문을 비롯한 6대 부문별 역량 강화방안

○ 본 연구에서 활용될 주요 연구방법을 정리하면 다음과 같음.

- 문헌분석
- 각종 통계분석
 - 시스템 다이내믹스(system dynamics)에 의한 시뮬레이션, 시계열 분석 등
- 현장방문(미, 일, 프랑스 현지 방문 및 관계자 인터뷰)
- 설문조사

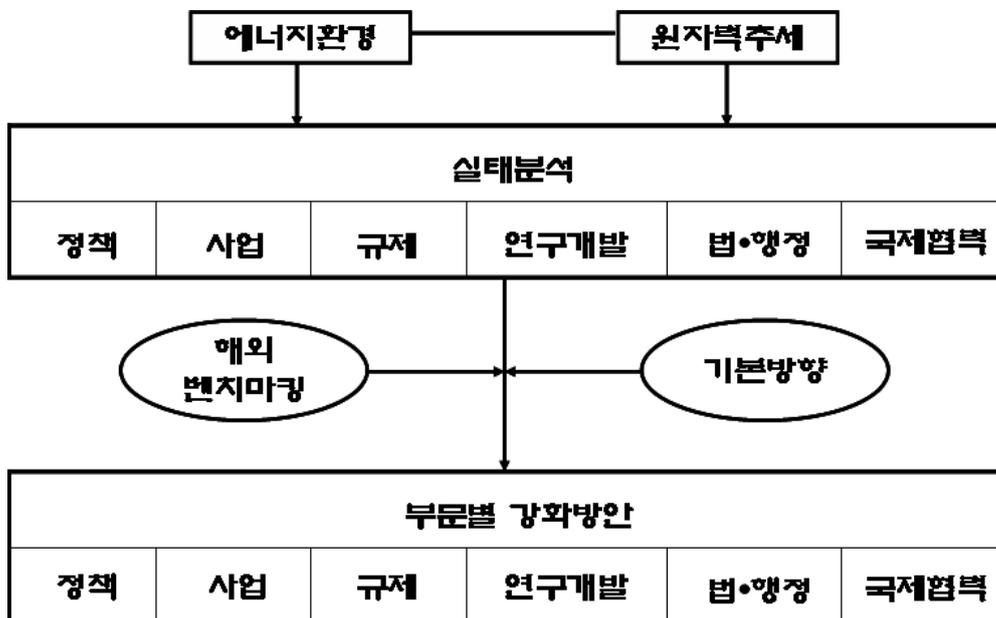
- 정치, 행정, 원자력 분야 전문가 대상(1,000명)
- 심층인터뷰
 - 언론, 국회, 원자력 분야종사자, 공무원, 학계, 시민단체 등(50명)
- 워크숍 및 공청회를 통한 전문가 의견 수렴

제3절 연구의 분석틀 및 추진체계

1. 연구의 분석틀

- 본 연구의 분석틀은 아래 <그림 1>과 같이 제시될 수 있음.

<그림 1-1> 21세기 원자력 정책수립 및 이해체계 분석틀



2. 연구의 추진체계 흐름도

- 본 연구의 추진체계 흐름도는 아래 <표 1>과 같이 제시될 수 있음.

<표 1-1> 연구의 추진체계 흐름도

연구단계	연구내용	연구방법						
1단계 (2007. 4-5)	에너지환경, 원자력분야 추세	문헌연구 델파이						
2단계 (2007. 6-7)	원자력정책 이행 체계 분석 <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 60%; text-align: center;"> <tr> <td>정책</td> <td>규제</td> <td>사업</td> <td>연구 개발</td> <td>법·행정 조직</td> <td>국제 협력</td> </tr> </table>	정책	규제	사업	연구 개발	법·행정 조직	국제 협력	시계열분석 문헌연구 델파이 심층인터뷰 설문조사 워크샵
정책	규제	사업	연구 개발	법·행정 조직	국제 협력			
3단계 (2007. 8-9)	해외벤치마킹 <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 60%; text-align: center;"> <tr> <td>미국</td> <td>일본</td> <td>프랑스</td> </tr> </table>	미국	일본	프랑스	현장방문 (인터뷰, 현장조사) 국제세미나 참석			
미국	일본	프랑스						
중간보고 (2007. 9)								
4단계 (2007. 10-11)	기본방향수립	System Dynamics 전문가 토론회 연구진 · 과기부 공동워크샵						
5단계 (2007. 12 -2008. 3)	부분별 이행 능력 강화 방안	공청회, 워크샵, 브레인스토밍 레슨드로잉(Lesson Drawing)						
최종보고 (2008. 3)	최종보고서 제출							

제2장

에너지 분야 환경변화와
원자력의 역할

제2장 에너지 분야 환경변화와 원자력의 역할

제1절 에너지 분야 환경 변화의 추이와 전망

1. 에너지 분야의 추이

가. 세계화 및 민영화 추세의 확산

- 세계 에너지시장은 80년대 이후 시장경제원리에 따른 에너지산업의 자유화·개방화·구조개편 및 국제적 M&A가 확산됨.
- 국내 에너지산업도 민영화와 개방화에 따라 시장경쟁체제로 전환되고 있고, 석유·가스·전기 등 에너지원간 상호 경쟁하는 복합에너지시대가 본격적으로 도래함에 따라 에너지 시장은 국경과 영역이 없는 무한 경쟁시대로 진입함.

나. 지속가능발전(Sustainable Development 추구)

- '지속가능한 발전'을 추구하는 사회적 목표와 기후변화협약 등 국제사회의 환경에 관한 규제 강화에 따라 기존 화석에너지 사용에 대한 제약은 에너지사용 비용의 증가에 따른 산업경쟁력 저하로 구체화되는 한편, 환경친화적 에너지 신기술과 대체에너지의 개발을 촉진 할 것으로 예상됨.
- 향후 에너지 이용효율의 개선과 환경친화적인 경제구조의 구축이 국가 경제발전 전략의 중요한 과제로 부각될 전망이다.

다. 에너지 기술개발의 중요성 증대

- IT, BT, NT 등 산업분야에서의 기술혁신과 접목되어 에너지 기술개발이 급속도로 진행될 전망이다.

- 화석에너지를 지속적으로 대체해 나가기 위해 연료전지, 태양에너지, 풍력에너지, 해양에너지 등 대체에너지 기술개발이 더욱 강화될 전망이다.
- 온실가스 및 대기오염 물질 배출의 감축을 위한 노력으로 수송에너지의 탈석유화를 위한 기술개발이 강화되어, 전기자동차, 연료전지 자동차, Hybrid차량 등의 보급이 활성화 될 전망이다.

라. 에너지에 대한 소비패턴 및 인식의 변화

- 국민소득 증대로 냉방기기 등의 보급확대, 자동차 대수의 증가, 가스이용의 증가, 소비자들의 편의성 추구에 따라 등으로 에너지 소비의 고급화 현상이 가속화 되고 통합 에너지 서비스 시대가 도래 할 전망이다.
- 국민들의 환경에 대한 인식 고조로 에너지 시설에 대한 사회적 기피현상이 심화됨.

마. 국제 및 지역 에너지 협력의 중요성 부각

- 에너지관련 국제협력기수 참여활동이 더욱 중요해지고, 국제기구 및 다자간 협력의 영향력 확대.
- 중국 및 러시아의 시장경제화와 경제성장에 따라 동북아지역 개발이 향후 세계경제의 주요한 흐름으로 부상함과 동시에 우리나라 에너지산업이 대륙 개방형 시스템으로 변화될 것으로 예상된다.
- 남북경제 교류협력확대에 따른 남북간 에너지협력 활성화

2. 세계 에너지수요 전망

가. 에너지원별 전망

- 세계 에너지 총 소비는 개도국의 높은 소비증가에 힘입어 주 에너지원으로 의 석유는

현재 수준인 40%를 유지하고, 청정연료인 가스의 급성장이 2010년까지 연평균 2.3%씩 꾸준히 증가할 전망이다.

나. 지역별 전망

- 미국 DOE/EIA의 「International Energy Outlook 2002」는 세계 에너지 수요가 2020년에 1999년 대비 60%정도 늘어날 것으로 전망함.
- 전 세계 에너지 소비량 증가의 대부분은 개발도상국들에 의할 것으로 예견되며, 특히 아시아, 중앙/남아메리카에서의 에너지 수요는 2020년에 1999년 소비량의 두 배 이상의 증가가 예상됨.

3. 국내 에너지 소비 전망

가. 에너지 소비 추이

- 총 일차 에너지 소비는 1981년 45.7백만 석유환산톤(TOE)에서 2000년 192.9백만TOE로 4.2배 증가하였으며, 같은 기간의 경제규모 증가추세보다 높은 증가세를 시현하였음.
- 이에 따라 단위 GDP당 에너지원단위는 1981년 0.37TOE/백만원에서 1990년 0.35TOE/백만원로 다소 개선되었으나, 1990년대 들어 연평균 1.4%씩 높아져 2000년에는 0.40TOE/백만원을 기록함.

나. 에너지 소비 전망

(1) 주요 에너지경제 지표

- 총 에너지수요는 2001년부터 2010년까지 연평균 3.1%, 2020년까지 연평균 2.4% 증가하여, 2020년에 311.8백만TOE에 달할 전망이다.

- 전망기간 동안 에너지수요 증가율이 경제성장률보다 낮을 것으로 예상됨에 따라 단위 GDP당 에너지소비(에너지원단위)는 2000년 0.40TOE/백만원(1995년 불변가격 기준)에서 2010년 0.34, 2020년 0.27 수준으로 하락할 전망이다.
- 에너지수요의 GDP 탄성치는 2000년~2010년 기간에 0.62, 2000년~2020년 기간에 0.53로 낮아질 것으로 예상됨.
- 에너지원단위 및 GDP 탄성치가 개선되는 이유는 첫째, 에너지다소비 제품의 생산이 향후 소폭의 증가에 그치며, 둘째, 자동화 및 가전기기 보급이 2010년 이후 거의 포화수준에 이를 것으로 예상되기 때문임.

(2) 원별 전망

- 석유는 그 비중이 2000년 52%에서 2010년에 47%, 2020년에 45%로 계속 감소함에도 불구하고, 수송용 및 산업용 석유수요가 지속적으로 증가함에 따라 여전히 주종의 에너지로서의 역할을 담당할 전망이다.
- 천연가스는 청정연료에 대한 선호도 증가로 수요가 가장 빠르게 증가하여 2000년 10%에서 2010년에 12%, 2020년에 약 15%의 비중을 차지할 것으로 예측됨.
- 전력 수요의 지속적 증가로 인하여 발전용 연료인 원자력과 유연탄의 수요도 지속적으로 증가할 전망이며, 석탄은 발전부문의 수요증가로 2020년까지 20% 내외의 비중을 유지할 것으로 예상됨.

(3) 부문별 전망

- 산업부문은 철강, 석유화학, 시멘트 등 에너지다소비 제품의 성장 둔화와 고부가가치 산업의 비중 확대로 에너지소비증가율이 점진적으로 하락하여 최종에너지소비에서의 비중이 2000년 56%에서 2010년 53%, 2020년 51% 수준으로 하락할 전망이다.
- 수송부문은 승용차의 보급 확대로 최종에너지소비에서의 비중이 2000년 21%에서 2010년에 23%, 2020년에는 25 수준으로 증가할 전망이다.
- 가정부문은 소득증가에 따른 주거면적 및 가전기기의 대형화 추세로 점차 증가할 전망이

나, 최종에너지에서의 비중은 15%대를 유지할 전망이다.

- 상업부문은 서비스산업의 고성장으로 빠르게 증가할 것으로 예상됨.

다. 대내외 에너지소비전망의 시사점

- 석유는 전 세계적으로 주종 에너지원으로서의 위치를 유지할 전망이며, 2010년까지 국내 외적으로 연평균 2% 이상의 소비 증가가 예상됨.
- 가스소비는 환경에 대한 관심증가로 향후 전 세계적으로 증가할 전망이며, 현재는 세계적으로 천연가스 공급이 수요를 초과하고 있으나, 대내외적인 소비증가를 고려할 때 수급불안 요인은 상존하며, 특히 우리나라는 급속하에 증가할 전망을 보이고 있어 이를 위한 비축시설의 확충 등 공급안정기반 확충 노력이 지속적으로 필요함.
- 대체에너지 비중은 환경규제 강화로 빠르게 성장할 것이나, 우리나라의 경우 세계 평균 수준보다 현저히 낮을 것으로 전망됨.

4. 소결론

- 석유는 약 40년, 천연가스는 약 60년 정도 쓸 양밖에 남지 않은 상태로써 지구 차원의 에너지자원 부족이 심화됨.
- 에너지자원의 대량 소비로 지구온난화현상과 기후변화, 수질, 쓰레기의 지구환경오염이 심각한 상태임.
- 영국의 국제전략연구소는 21세기 동아시아지역에서 물, 에너지, 식량의 3대 부족현상으로 경제성장의 장애물에 봉착할 것으로 전망함.
- 세계 교역 12위의 우리나라는 에너지 자원의 97%를 해외에 의존하고 있으며, 이산화탄소 대량발생국으로서 에너지위기에 봉착할 개연성이 큼.

제2절 에너지 분야 환경변화와 원자력의 역할

1. 추진 경과

- 정부는 원자력법(제8조의 2 및 제8조의 3)에 따라 장기적이고 종합적인 계획이 필요한 국가 원자력 정책을 일관성을 갖고 체계적으로 추진하기 위해 1997년부터 매 5년마다 원자력진흥종합계획을 수립하여 추진하고 있음.
- 제1차 원자력진흥종합계획은 '원자력위원회'의 심의를 거쳐 1997년~2001년까지, 제2차 원자력진흥종합계획은 2002년~2006년까지 5년간 국가계획으로 확정되어 시행되었음.
- 지난 제2차 계획기간 동안 신형경수로 APR1400과 경수로용 신형핵연료 개발, '방사선이용진흥법' 제정 및 방사선 이용기술 개발 확대, PET을 위한 권역별 사이클로트론 구축 등의 성과를 거두었음.
- 제3차 원자력진흥종합계획은 제2차 계획의 후속 계획으로써 2007년부터 시행되고 있음.

2. 기본 방향

가. 제3차 원자력진흥종합계획 수립 방향

- 제3차 원자력진흥종합계획의 수립 방향을 설정하기 위해 제2차 계획의 이행실적을 평가 분석하여 향후 발전방향을 도출하였으며, '원자력의 평화적 이용 4원칙' 천명(2004년), '원자력기술지도' 완성(2005년) 등 국내 · 국외 원자력 환경변화를 종합적으로 반영함.

나. 원자력 정책의 비전 및 정책 목표

- 국가 원자력 정책의 기본 목표는 '2030년을 향한 원자력 장기 정책 방향'(1994년)에서 4대 목표가 최초로 설정되어 제1차 원자력진흥종합계획(1997년)에서 재확인된 바 있으며, 제2차 계획에서 5대 목표로 보완 설정됨.
- 제3차 원자력진흥종합계획에서는 1, 2차 계획과의 연속성하에 "에너지 확보, 환경보전,

국민 삶의 질 향상 및 과학 기술 발전에 기여하는 원자력"이라는 비전을 설정하고 이에 따른 6대 정책목표를 설정함.

3. 추진계획

가. 지속가능한 발전을 위한 안정적인 원자력 에너지 공급

- 국내에서 개발한 한국형 표준원전(OPR1000+)과 APR1400을 중심으로 원전 이용을 확대하고 가동원전의 효율적 운영을 통하여 원자력 발전의 발전부문에서의 역할을 강화해 나아감.
- Gen-IV 등 고유의 핵비확산성 원자로 및 핵연료주기 핵심 기술 개발을 추진하고, 해수담수화용 SMART, 원자력 수소 생산, 핵융합 등 원자력 이용을 다변화하여 기술주도형 에너지 공급체계를 구축함.

나. 안전성 제고를 통한 국민과 함께 하는 원자력 위상 강화

- 사전 예방적 안전관리를 통한 최고 수준의 원자력 안전을 확보하고 방사선 방호방재 체계를 강화하고 방사능 재난에 대비한 실전적 대응태세를 확립하고, 원자력시설에 대한 국가 물리적 방호체계 및 대응방안을 확립함.

다. 원자력 국제 경쟁력 확보를 통한 수출산업화 추진

- 해외 시장에 우리의 원자력 기술을 홍보, 마케팅하고 원전 핵심기기 국산화를 통해 원전 수출의 장애요인을 극복하며, 국내 고유의 브랜드 수출상품군 구축과 원전 수출 대상국별 차별화전략을 수립하여 시행함.

라. 방사선 이용 확대를 통한 국민 보건 증진과 삶의 질 향상

- 국가 균형발전 계획과 연계하여 권역별 방사선 광역단지를 조성하여 특성화·전문화하여 효과를 극대화하고, 산학연관이 참여하는 협의체의 구성, 방사선융합 첨단기술의 개발, 방사선 의학기술 선진화, 방사선 산업의 효과적 육성을 위한 지원제도 정착을 시킴.

마. 원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반 조성

- 원자력 전문 인력을 체계적으로 육성하고 인력을 다양하게 활용, '하나로' 양성자가속기 등 대형 연구시설 구축을 통한 새로운 연구 기반을 구축, 원자력 연구개발 투자를 확대하고 효율적 운영을 도모, 원자력에 대한 국민 이해 증진활동 강화, 원자력 이용개발 성과 전시회 등을 개최함.

바. 국가 원자력 위상 강화를 위한 원자력 외교 및 국제 협력 추진

- 국제 원자력계에서 중추적 지위를 확보하기 위한 원자력 외교 강화, 국가 원자력 통제체에 대한 국제 신뢰도 증진, 선진 원자력 기술 확보를 위한 원자력 기술협력을 확대함.

4. 소결론

가. 원자력은 안정적 · 경제적 에너지원임

- 국제유가의 지속적인 고공행진으로 세계경제에 부담이 가중되고 있는 가운데 원자력은 양질의 전력을 저렴하고 안정적으로 공급해 줌으로써 국가 경제발전과 물가안정에 기여하고 있음.

<표 2-1> 원자력을 화석연료로 대체할 경우 소요비용(2005)

구분	수입대체 효과		CO ₂ 배출저감
	물량	금액	
유연탄발전 대비	5,313만 톤	1조 9천 억원	1억 4천만 톤
중유발전 대비	21,694만 톤	7조 2천 억원	1억 1천만 톤
LNG 대비	2,319만 톤	10조원	6천 3백만 톤

출처 : 한국수력원자력(주), 원자력발전백서, 2006

<표 2-2> 발전원별 전기 판매단가(2005)

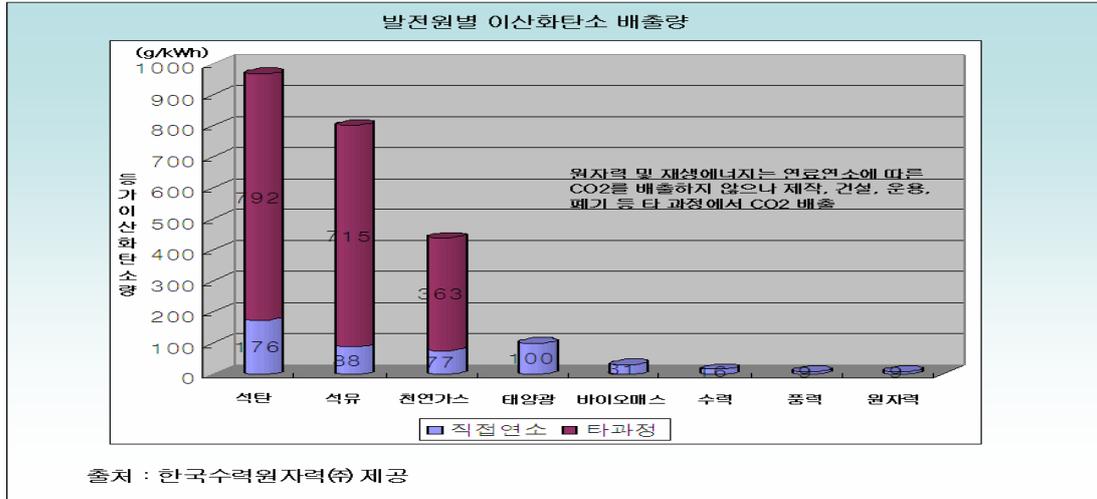
구분	원자력	석탄	LNG복합	태양광	풍력	소수력	매립지가스	조력
판매단가 (원/kWh)	39.41	43.68	86.29	716.40	107.66	73.69	65.20	62.81

출처 : 산자부고시 제 2004-104호, 2004

나. 기후변화 대응의 실질적 수단임

- 정부간 기후변화패널(IPCC)의 연구결과에 따르면 대기 중 이산화탄소 농도는 산업혁명 이전의 280ppm과 비교하여 2000년에는 370ppm으로 약 30% 증가하였음.
- 지구의 평균기온은 지난 1세기 동안 약 0.6℃ 상승했으며 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8℃ 상승할 것으로 예상되고 있음.
- 이러한 기후변화는 개별 국가의 문제가 아니라 모든 국가가 함께 영향을 받는 문제로서 범지구적 공동 대응이 필요한 사안임.

<그림 2-1> 발전원별 이산화탄소 배출량



다. 방사선 이용기술을 통해 삶의 질을 향상시키고 있음

- 방사선이용기술이 기여하는 분야에는 질병의 진단 및 치료 등의 의료분야, 계측기술 및 차세대 에너지원 개발 등의 에너지 분야, 공업 및 환경분야, 식품보존 및 품종개량 등의 식품농업분야, 생명체의 물질대사 및 스트레스 반응 등의 매커니즘규명을 위한 생명과학 분야 그리고 기초과학과 산업적 응용연구분야 등이 있음.

<표 2-3> 원자력 시장규모 비교

구분	미국('97년)	일본('97년)	한국('04년)
·원자력시장규모	1,580억달러	990억달러	133,280억원 (128억달러)
원자력발전	390억달러	470억달러	122,991억원 (118억달러)
방사선이용기술(RT)	1190억달러	520억달러	10,289억원 (10억달러)
원자력발전 : RT	25:75	47:53	92:8
GDP대비 RT 비율(%)	1.4	1	0.13

주) 2005년 US\$=1,044원

출처 : 한국방사성동위원소협회, 방사선 및 방사성동위원소 이용실태조사 및 경제

규모 산출방안에 관한 연구, 2005, 수정인용

제3장

원자력 산업의 현황과 방향

제3장 원자력 산업의 현황과 방향

제1절 원자력 산업의 의의

- 원자력은 안정적이고 경제적인 에너지 공급원으로서 국가경제발전, 지구환경의 보전, 국민복지의 증진 및 과학기술 진흥에 기여하여 왔음. 이러한 원자력 산업은 국제유가의 지속적인 고공행진과 기후변화 대응의 실질적 수단으로 지속적인 발전이 기대되는 분야임.
- 1953년 미국의 아이젠하워(Eisenhower) 대통령이 UN연설에서 '평화를 위한 원자력 (Atoms for Peace)'을 주창한 이래, 원자력 응용 산업은 군사적 목적에서 상업적 발전이라는 새로운 국면으로 접어 들었고 2005년 12월 기준으로 전 세계 32개국에서 443기의 원전이 운전 중에 있으며 24기가 건설중에 있음.
- 우리나라는 현재 총 20기의 원전을 보유한 세계 6위의 원자력 강국으로 자리매김 하였음.
- 세계 각국은 자국의 경제발전과 국가 생존권에 직결되는 에너지의 안정적 확보를 위해 심혈을 기울이고 있으며 우리나라도 이러한 에너지 수입을 위해 막대한 자금을 투자하고 있음. 2004년 498억불을 에너지 수입으로 지출하였으며 2005년에는 고유가로 인해 전년 대비 34%나 증가한 667억불을 에너지 수입에 사용하였음.
- 이 중 원자력발전의 연료인 우라늄에 대한 수입액은 0.4%에 불과하지만 원자력은 1차 에너지의 16%, 전력의 40%를 생산하여 국가 에너지의 해외 의존도를 낮추는데 큰 기여를 하고 있음.

<표 3-1> 원자력을 화석연료로 대체할 경우 소요비용(2005)

구 분	수입대체 효과		CO ₂ 배출저감
	물량	금액	
유연탄발전 대비	5,313만 톤	1조 9천 억원	1억 4천만 톤
중유발전 대비	21,694만 톤	7조 2천 억원	1억 1천만 톤
LNG발전 대비	2,319만 톤	10조원	6천 3백만 톤

출처 : 한국수력원자력(주), 원자력발전백서, 2006

- 또한 원자력은 기후변화의 실질적 대응 수단으로 발전부문의 온실가스 배출을 줄이는 감축수단으로 매우 유용하게 활용될 수 있음.
- 2005년 기준으로 원자력을 유연탄화력으로 공급했다면 우리나라 에너지 부문 온실가스 배출량은 20%이상 증가하였을 것임.
- 뿐만 아니라 방사선 이용기술은 질병의 진단 및 치료 등 의료분야, 계측분야 및 차세대 에너지원 개발 등의 에너지 분야, 공업 및 환경분야, 식품보존 및 품종개량 등의 식품농업분야, 생명체의 물질대사 및 스트레스 반응 등의 메커니즘규명을 위한 생명과학분야, 그리고 기초과학과 산업적 응용연구분야 등에 활용되고 있음.
- 그러나 이러한 다양한 방사선 이용기술에도 불구하고 우리나라에서는 방사선 이용기술에 대한 투자는 매우 미흡한 것으로 나타나고 있음. 2004년 우리나라의 원자력 매출액 중 원자력발전 대 방사선이용기술(RT)의 시장이 차지하는 비율은 1997년도의 미국과 일본에 비해 매우 낮은 수준을 차지하고 있음.

<표 3-2> 원자력 시장규모 비교

구분	미국('97년)	일본('97년)	한국('04년)
원자력시장규모	1,580억달러	990억달러	133,280억원 (128억달러)
원자력발전	390억달러	470억달러	122,991억원 (118억달러)
방사선이용기술(RT)	119억달러	520억달러	10,289억원 (10억달러)
원자력발전 : RT	25 : 75	47 : 53	92 : 8
GDP대비 RT 비율(%)	1.4	1	0.13

주) 2004년 US\$=1,044원

출처 : 한국방사성동위원소협회, 방사선 및 방사성동위원소 이용실태조사 및 경제 규모 산출방안에 관한 연구, 2005, 수정인용

- 본 글에서는 이러한 원자력 관련 산업분야를 발전과 관련된 산업분야와 방사선 이용분야로 나누어 현황과 향후 발전방향에 대하여 살펴보려고 함.

제2절 국내 원자력 관련 산업의 현황

- 2007년도에는 세계 원자력발전량이 28억MWh을 기록한 2006년보다 약 1억MWh 감소하

였고 세계 원전의 중간 이용률은 84.2%였고 상위 25%는 91.5%이상의 이용률을, 미국 원전의 중간 이용률은 91.74%였고 상위 25%의 이용률은 98%이상을 기록함.

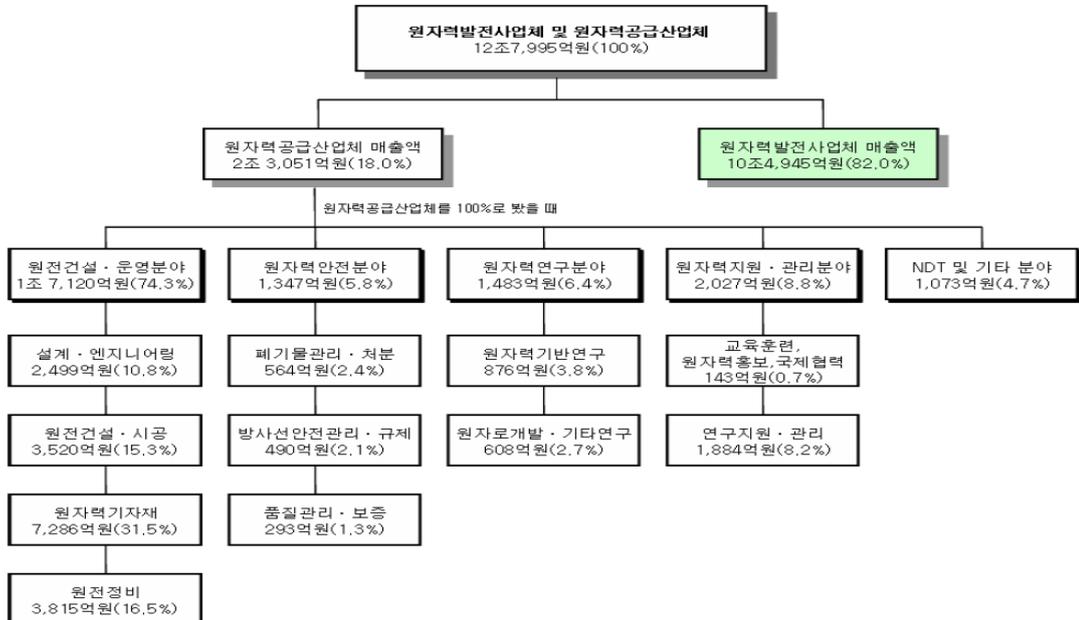
- 한편, 우리나라는 30년간의 인허가 수명이 종료된 고리1호기가 2007년 6월 9일 이후 운전이 중단되어 2006년보다 6백만 MWh 적은 전력을 생산함.
- 우리나라의 이러한 원자력 발전 산업의 현황을 우선 살펴보면 다음과 같음.

1. 원자력 발전 산업의 현황(원자력산업실태조사를 중심으로)

가. 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체 매출액

- 2006년도 우리나라 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체 매출액은 12조 7,995억원으로 원자력발전사업체의 매출액은 10조 4,945억원, 원자력공급산업체의 매출액은 2조 3,051억원임(원자력산업실태조사, 2006)

<그림 3-1> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체 분야별 매출액 구성도



주 : 1. 기자재는 연료재료제조가 포함된 금액임

2. RI 등 이용분야는 RI협회에서 별도 조사됨에 따라 제외.

- 2006년 원자력발전사업체의 매출액은 10조4,945억원으로 전년대비 4.2% 증가하였으며 증가요인으로는 기술수출 증가와 원자력발전량 증가(2005년도 1,468억kWh에서 2006년도는 1,488억kWh)를 들 수 있음
- 2006년 원자력공급산업체의 매출액은 2조3,051억원으로 전년대비 4.1% 증가하였으며 증가요인은 설계 및 엔지니어링 분야와 기자재 분야의 매출액 증가와 연구기관의 원자력기반 및 정책 연구와 공공기관의 원자력안전 분야 등의 매출액 증가에 기인한 것으로, 특히 원자력지원·관리분야의 전년대비 매출액 증가폭(311.9%)이 큰 이유는 2006년도부터 한국과학재단의 연구지원금을 포함하여 매출액을 산정하였기 때문임

<표 3-3> 원자력공급산업체의 분야별 매출액 추이

(단위 : 백만원, %)

연도	분야	원전건설·운영	원자력안전	원자력연구	원자력지원·관리	NDT 및 기타	합계
1997		1,654,727	58,192	168,001	22,927	169,807	2,073,654
1998		1,312,529	70,340	152,082	31,855	166,847	1,733,653
1999		1,819,185	44,010	124,600	15,821	165,677	2,169,293
2000		1,497,901	50,995	149,177	45,834	175,487	1,919,394
2001		1,530,081	83,113	181,570	49,128	186,286	2,030,178
2002		1,632,187	69,008	171,600	45,191	176,507	2,094,493
2003		1,716,344	98,510	173,893	46,415	191,733	2,226,895
2004		1,741,068	116,926	167,145	46,933	218,449	2,290,521
2005	매출액	1,681,235	132,848	143,584	49,221	208,145	2,215,033
	구성비	75.9	5.5	5.5	5.5	7.6	100
2006	매출액	1,712,027	134,705	148,331	202,719	107,288	2,305,070
	구성비	74.3	5.8	6.4	8.8	4.7	100
비교연도	04/05	△3.4	13.6	△14.1	4.9	△4.6	△3.3
	05/06	1.8	1.4	3.3	311.9	△48.5	4.1

- (주) 1. 원전건설·운영분야 : 설계, 기자재제조, 건설, 시공, 원전정비 포함
 2. 원자력안전분야 : 방사선안전관리, 폐기물관리·처분, 원자력품질관리분야 포함
 3. 원자력연구분야 : 원자력기반연구, 원자로개발, 원자력안전성 개선 등 연구사업
 4. 원자력지원·관리분야 : 원자력 사업지원 및 관리, 국제협력, 교육훈련, 홍보, 구매사업 분야

- 판매처별 매출액을 살펴보면 정부 및 원자력발전사업체를 대상으로 한 매출액은 1조 6,555억원으로 전체 매출액의 71.8%를 차지하고 있으며 주요업체는 2,371억원으로 10.3%,

민간업체는 1,450억원으로 6.3%를 차지하고 있음.

<표 3-4> 원자력공급산업체의 판매처별·분야별 매출액

(단위 : 백만원, %)

판 매 처 별 분 야 별	정 부	원자력 발전사업체	주요업체	민간업체	연구기관	해 외	기 타	합 계
원전건설·운영	32,906 (1.4)	1,360,950 (59.0)	196,739 (8.5)	73,329 (3.2)	16,141 (0.7)	31,805 (1.4)	157 -	1,712,027 (74.3)
원자력안전	63,709 (2.9)	37,744 (1.6)	17,224 (0.7)	12,482 (0.5)	2,352 (0.1)	22 -	1,172 (0.1)	134,705 5.8
원자력연구	124,110 (5.4)	13,675 (0.6)	2,068 (0.1)	3,642 (0.2)	4,424 (0.2)	311 -	101 -	148,331 (6.4)
원자력지원·관리	837 -	3,544 (0.2)	30 -	63 -	188,626 (8.2)	33 -	9,586 (0.4)	202,719 (8.8)
NDT 및 기타	9,694 (0.4)	8,321 (0.4)	21,005 (0.9)	55,524 (2.4)	73 -	1,391 (0.1)	11,280 (0.5)	107,288 (4.7)
합계	231,256 (10.0)	1,424,234 (61.8)	237,066 (10.3)	145,040 (6.3)	211,616 (9.2)	33,562 (1.5)	22,296 (1.0)	잘못된 계산식 (100)

- (주) 1. 원전건설·운영분야 : 설계, 기자재제조, 건설, 시공, 원전정비 포함
 2. 원자력안전분야 : 방사선안전관리, 폐기물관리·처분, 원자력품질관리분야 포함
 3. 원자력연구분야 : 원자력기반연구, 원자로개발, 원자력안전성 개선 등 연구사업
 4. 원자력지원·관리분야 : 원자력 사업지원 및 관리, 국제협력, 교육훈련, 홍보, 구매사업 분야
 5. 주요업체 : 두산중공업(주), 한전KPS(주) 한전기술(주), 한전원자력연료(주)

- 업종별 매출액을 살펴보면 총매출액 2조3,051억원 중 제조업 8,290억원(36.0%), 서비스업 3,658억원(15.9%), 건설업 3,520억원(15.3%), 설계업 2,424억원(10.5%), 공공기관 2,822억원(12.2%), 연구기관 2,229억원(9.7%), 무역업 108억원(0.5%)순으로 매출을 기록한 것으로 나타남.

- 공기업 대 민간기업 별 매출액을 비교해 보면 공기업체의 원자력관련 매출액은 1조717억원으로 전체의 46.5%를 차지, 민간기업체는 1조2,334억원으로 53.5%를 차지(공기업체는 한전기술(주), 한전원자력연료(주) 및 한전KPS(주) 등 주요업체와 정부투자기관, 재투자기관 및 출연연구기관, 기타 공공기관 포함)하고 있음.

나. 기술도입 현황(1994~2006.12)

- 1994년부터 2006년 12월 31일까지 도입국별 기술도입 계약건수는 418건, 도입국별 기술도입 계약금액은 4,311억원(계약기준)

• 최다 도입 및 계약국 : 미국 (총도입건수의 56.2%), 미국 3,338억원(총도입액의 77.4%)

- 2006년 기술도입 실적은 21건(13억원)이며 기술도입 분야는 원전정비와 운영분야, 플랜트 설계와 원자로계통 설계, 기타 설계엔지니어링 관련분야, 원자로 기반기술분야 등으로 조사

<표 3-5> 계약연도별 · 도입국별 계약건수

(단위: 건수)

연도 \ 국명	한 국	미 국	영 국	프랑스	캐나다	독 일	일 본	러시아	기 타	합 계
1994~1999	31	165	14	9	6	11	7	8	8	259
2000	2	21	3	-	-	2	1	11	10	50
2001	5	9	-	1	5	3	3	-	-	26
2002	-	6	1	1	2	-	1	-	1	12
2003	2	12	-	2	1	1	1	-	4	23
2004	-	7	1	-	1	-	1	-	1	11
2005	6	10	-	-	-	-	-	-	-	16
2006	12	5	-	-	3	-	-	-	1	21
합 계	58	235	19	13	18	17	14	19	25	418

(주) 1997년의 한국분은 1차 계약자는 국내업체이나 외국업체가 하도급업체로 참여한 것임

<표 3-6> 계약연도별 · 도입국별 계약금액

(단위: 백만원)

연도 \ 국명	한 국	미 국	영 국	프랑스	캐나다	독 일	일 본	러시아	기 타	합 계
1994~1999	45,403	278,745	1,330	5,027	2,807	8,837	682	6,031	412	349,274
2000	186	8,920	269	-	1,162	3,693	37	2,858	211	17,336
2001	12,340	1,103	-	19	229	596	600	-	-	14,887
2002	-	461	108	62	491	-	129	-	6	1,257
2003	35	24,943	-	-	-	8	48	-	1,959	26,993
2004	-	16,530	58	-	321	-	11	-	10	16,930
2005	283	2,828	-	-	-	-	-	-	-	3,111
2006	533	206	-	-	547	-	-	-	3	1,289
합 계	58,780	333,736	1,765	5,108	5,557	13,134	1,507	8,889	2,601	431,077

(주) 1997년의 한국분은 1차 계약자는 국내업체이나 외국업체가 하도급업체로 참여한 것임

다. 분야별 계약금액 및 계약건수

- 분야별 계약금액을 보면 설계 분야(1,617억원), 원자력기자재분야(837억원), 원전정비분야(762억원)순으로 세 분야를 합하면 3,216억원으로 전체 기술도입금액의 74.6%를 차지
- 분야별 계약건수를 보면 원전정비분야 99건, 원자력설계분야와 원자력기자재분야 각 64건, 원자로 안전성개선분야 49건 순으로 조사

<표 3-7> 분야별 기술도입 계약건수 및 계약금액

(단위: 백만원, %)

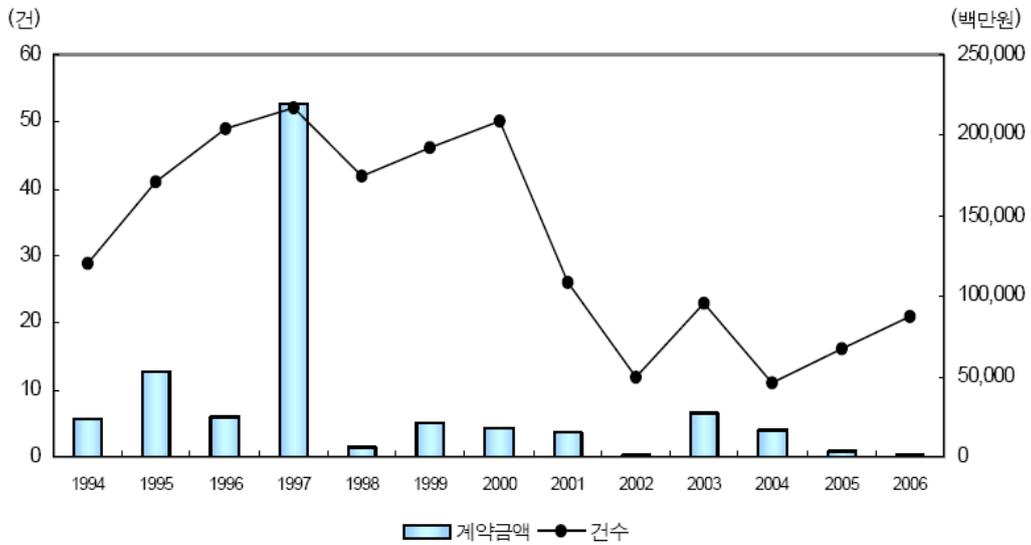
분 야	건수 · 금액	계약건수		계약금액	
		(건)	구성비(%)	(백만원)	구성비(%)
설계분야	플랜트종합설계	14	3.4	69,402	16.2
	원자로계통설계	13	3.2	19,927	4.6
	기타 설계 · 엔지니어링	37	7.4	72,348	16.8
원자력 기자재 분야	1차계통 설비	20	4.7	63,984	14.8
	2차계통 설비	9	1.7	12,161	2.7
	기타 기자재	35	8.6	7,593	1.8
원전 건설기술		14	3.4	8,914	2.1
원전정비		99	23.8	76,221	17.7
원전 운영		13	3.2	4,477	1.0
원전연료 제조 및 관련기술		18	4.4	14,634	3.4
폐기물관리 · 처분기술		15	3.7	7,999	1.9
방사선 피폭관리기술		7	1.7	230	0.1
신 원 자 로 개 발	신형원자로	16	3.9	37,899	8.8
	액체금속로 등	7	1.7	1,146	0.3
원자로 안전성 개선		49	12.0	17,980	4.2
원자력품질보증 · 관리		10	2.2	2,886	0.6
원자력기반기술		27	6.6	9,752	2.3
NDT		13	3.2	2,638	0.6
기 타		2	1.2	886	0.2
합 계		418	100	431,077	100

(주) 본 자료는 1994년부터 2006년 12월 31일까지의 누계임

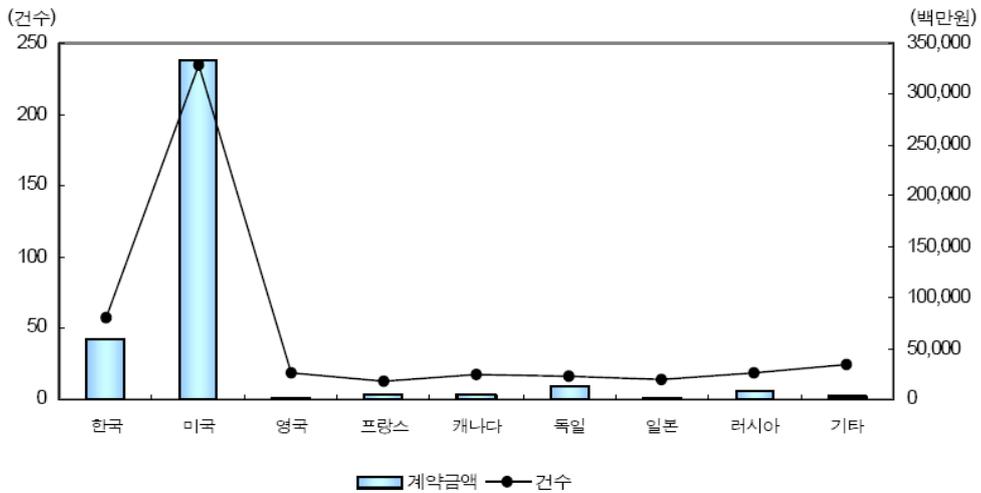
라. 계약연도별 · 도입국별 기술도입 계약건수 및 계약금액 추이

- 2000년 50건(173억원)에서 2006년 21건(12억원)으로 점차 감소하는 추세이며 최다 기술도입국은 미국으로 전체 418건 중 56.2%인 235건, 계약금액은 3,337억원을 차지

<그림 3-2> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 계약연도별 기술도입 계약건수 및 계약금액(1994~2006.12)



<그림 3-3> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 도입국별 계약건수 및 계약금액(1994~2006.12)



마. 해외수출현황(1994~2006.12)

- 1993년부터 2006년까지의 실적(계약금액 기준)은 7억4,879만 달러로 37개국으로 346건을 수출
- 2006년도 실적은 미국, 중국, 일본, 대만 등 17개국으로 총 49건에 3억2,548만 달러를 수출

<표 3-8> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 국가별 수출 계약건수 추이

(단위 : 건)

연도 국 가	2004년 이전	2004	2005	2006	합 계
IAEA			5	2	7
OECD			1		1
나이지리아				1	1
노르웨이			1		1
대만	13	1	2	3	19
독일	3		1		4
러시아	1				1
루마니아			2	2	4
리비아	3			1	4
말레이시아	1				1
멕시코	1				1
미국	99	15	18	19	151
방글라데시	1				1
베네수엘라			1		1
베트남	2	1		1	4
벨기에	3				3
북한	1				1
브라질	3		2	3	8
스위스				1	1
스페인	1				1
슬로베니아	1				1
아랍			1		1
아르헨티나	3				3
이란	2			2	4
이집트	1				1
인도네시아				1	1
일본	7	2	3	6	18
중국	42	3	9	3	57
카타르	1				1
캐나다	12	2	2	1	17
코스타리카			1		1
태국	3	1		1	5
터키	2		1	1	4
투르크메니스탄	1				1
파키스탄	4				4
프랑스	10			1	11
필리핀		1			1
합 계	221	26	50	49	346

(주) 2004년 이전은 1993년부터 2003년까지임

- 주요 수출내용

- 1997년 이전 : 원전건설 컨설팅, 비파괴검사, 전산코드 등
- 1997년~1999년 : 운전원 교육과 시운전 기술지원, 건설기술지원, 탱크, 밸브, 피팅류 등 기자재 등
- 2000년 이후 : 원자로제어봉안내관지지편 교체, 원자로와 증기발생기 검사 및 평가, 원전 연료 교체기술, 핵연료분말, 기자재 등
- 2005년 이후 : 종합설계용역, 시공기술지원, 기술자문, 교육훈련, 원전연료다발지지격자, 증기발생기 전열관 신호평가 및 정비, 초음파 탐상시험 독립평가, 원자로내장품 정비 용역, 중국 제23건설공사 시공관리분야 기술지원 등

<표 3-9> 원자력발전사업체 및 원자력공급산업체의 국가별 수출액 추이

(단위 : 달러)

국 가	연 도	2004년 이전	2004	2005	2006	합 계
IAEA				52,000	45,200	97,200
OECD				9,200		9,200
나이지리아					1,263,000	1,263,000
노르웨이				45,000		45,000
대만		25,744,490	13,000,000	1,079,048	5,958,550	45,782,088
독일		894,839		20,430		915,269
러시아		28,820				28,820
루마니아				257,082	94,572	351,654
리비아		73,241			47,000	120,241
말레이시아		198,000				198,000
멕시코		190,000				190,000
미국		104,318,150	4,065,294	80,148,547	307,732,112	496,264,103
방글라데시		46,000				46,000
베네수엘라				6,870		6,870
베트남		295,000	250,000		33,900	578,900
벨기에		251,756				251,756
북한		61,666				61,666
브라질		350,266		32,127	3,438,578	3,820,971
스페인		15,000				15,000
스위스					300,000	300,000
슬로베니아		297,574				297,574
아르헨티나		80,358				80,358
아랍				40,000		40,000
이란		684,579			96,140	780,719
이집트		820,000				820,000
인도네시아					137,444	137,444
일본		6,430,652	1,279,775	1,494,916	2,781,819	11,987,162
중국		33,361,578	305,280	21,432,621	3,412,679	58,512,158
카타르		483,870				483,870
캐나다		119,794,978	346,764	141,691	58,382	120,341,815
코스타리카				6,870		6,870
태국		3,309,700	250,000		13,950	3,573,650
터키		450,000		30,000	62,570	542,570
투르크메니스탄		140,000				140,000
파키스탄		81,000				81,000
프랑스		602,000			120	602,120
필리핀			17,429			17,429
합 계		299,003,517	19,514,542	104,796,402	325,476,016	748,790,477

(주) 1. 수출금액은 수출당시의 US달러로 환산하여 집계하였음
 2. 2004년 이전은 1993년부터 2003년까지임

2. 방사선 융합기술 산업의 현황

- 방사선 융합기술 산업은 방사선 및 방사선발생장치, 방사성동위원소의 연구개발, 생산 및 제작, 유통, 활용 등 가치사슬 내에서 이루어지는 모든 활동과 관련된 소자, 기기 및 시스템 산업, 응용제품 제조업과 서비스산업을 총칭하는 것으로 정의할 수 있음
- 최근 각 분야에서 기술의 융합화가 가속화되고, 고부가가치에 대한 욕구가 증대됨에 따라 방사선의 응용범위가 확대되고 있으며, RFT 산업이 첨단 신산업으로 성장할 수 있는 잠재력을 가지고 있음.
- RFT 산업은 BT, IT 분야 대비 상대적인 시장 위축 가능성, 인프라 구축에 따른 재정적 부담 가중 등의 약점이 있음에도 불구하고, 미래 첨단기술 분야로 성장할 가능성이 매우 높아 미래 국가 기술경쟁력 강화 측면에서 간과할 수 없는 중요성을 갖고 있음.

<표 3-10> RFT 산업의 SWOT 분석

STRENGTH	WEAKNESS
<ul style="list-style-type: none"> ● 특정분야 시장에서의 독보적 기술 우위 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 의료기기, 식품조사, 멸균, 비파괴검사 등 ● 국가 전략산업으로서의 지위 확보가능 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 미래첨단기술 분야와의 접목으로 국가 기술경쟁력 좌우 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ● 인프라 구축에 막대한 자원 소요 ● 타 산업에 비하여 관련 시장 미성숙 ● 국내의 경우 핵심설비 / 기술의 해외 의존도 높음
OPPORTUNITY	THREAT
<ul style="list-style-type: none"> ● 원자력 발전 분야와 비발전 분야의 균형성장 정책 추진 ● RFT 기술적 응용분야 지속적 확대 ● RFT 적용 확대를 위한 정책 입안 및 추진 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사선의 안정성에 대한 불안감 상존 ● BT, IT 분야 시장 급성장에 따른 상대적 위축 가능성 ● 원자력 부문의 사고 발생시 RFT 산업의 전반적 위축 초래 가능성

가. 주요선진국의 RFT 산업현황

- 선진국을 중심으로 방사선 및 방사성동위원소(RI)의 의학적, 농학적, 공업적 이용이 확대되고 있으며, 세계시장 규모도 2000년 150억달러에서 2006년 300억달러, 2020년에는 약 500억 달러 규모로 빠르게 성장할 것으로 추정됨.

- 또한, 나노기술(NT), 생명공학(BT), 신소재 개발, 방사성폐기물 처리 등에 활용될 양성자 가속기 개발도 활발히 추진되고 있음.
- 세계 방사선 및 방사성동위원소 이용 경제규모
 - 미국과 일본의 방사선 및 방사성동위원소 이용 경제규모는 1997년 기준으로 186조원, 81조원이며, GDP 대비 각각 1.5%와 1%를 차지하고 있음.

<표 3-11> 미국과 일본의 방사선 및 방사성동위원소 이용 경제규모

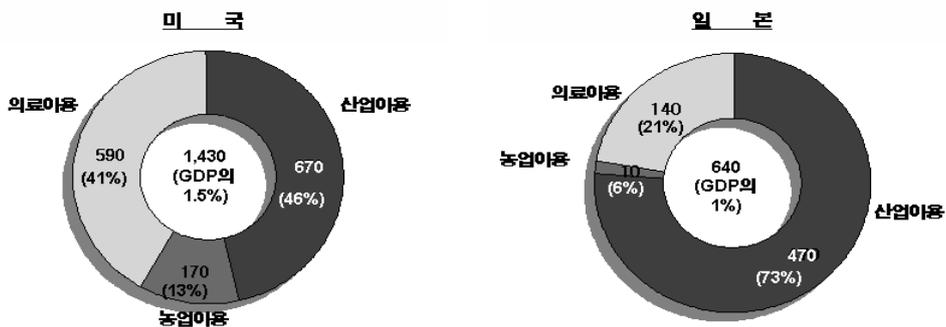
미 국	일 본
186조원 (GDP의 1.5%)	81조원 (GDP의 1.0%)
- 공업이용: 87.1조원 (47%)	- 공업이용: 61.1조원 (76%)
- 의학이용: 76.7조원 (41%)	- 의학이용: 18.2조원 (22%)
- 농업이용: 22.1조원 (12%)	- 농업이용: 1.3조원 (2%)

자료 : 일본원자력연구소 '방사선 이용의 경제규모 - 일미비교', 2001

- 공업적 이용은 반도체 가공과 타이어 경화 분야, 의학적 이용은 영상진단, 의료기기, 조형제 분야에서, 농업적 이용은 돌연변이육종 분야에 매출이 많음.

<그림 3-4> 미국과 일본의 분야별 RFT 산업 규모

(단위 : 억불)



자료 : 일본원자력연구소 Takasaki 연구소

나. 의학적 이용 추세

- 감도와 해상력이 탁월한 SPECT 및 PET를 이용한 핵의학적 진단이 전세계적으로 활발하게 활용되고 있음.
- 감마(γ)선, 양자선 등을 이용한 외부방사선 치료는 암 치료에 널리 사용되고 있으며, 선진국에서는 양성자를 이용한 치료가 시행 중임.
- 감마카메라의 경우 5%, PET의 경우 15%, 동위원소이용치료 10%, 근접치료의 경우 10%의 매출액 증가 추세에 있음.
- 진단용 방사성의약품 시장(전체 11억달러)에서 미국이 47%, 아·태지역이 26%, 유럽20% 등을 차지하고 있으며, 매년 17%씩 성장하고 있음.
- 동위원소를 이용한 고통경감치료법이 연구 개발되고 있으며 신종 동위원소물질을 이용한 치료기술이 연구 중에 있음.

다. 산업적 이용 추세

- 금속, 제지, 플라스틱, 고무산업에서 면밀도 및 면질량 계측기로 사용되며, 석유 정제소, 발전소, 석유화학단지에서 원유성분 분석을 위해 사용되는 등 다양한 제조업에서 활용되고 있음.
- 공기 중 오염물질 채집 및 분석, 제철공정의 습도 및 밀도 분석, 시추공에서 밀도, 공극, 수분 분석 등 성분 분석용으로 사용되고 있음.
- 공항, 항만, 철도에서 폭발물 및 마약을 감지하는데 사용되며, 비상구 표시 형광물질 및 병원, 공항, 박물관, 공연장, 항공기 및 개인 가옥에서 연기감지기로 사용되는 등 보안 및 재해방지에 활용되고 있음.
- 현재 WHO, FAO, IAEA, FDA 등 국제기구에서 식품조사를 승인하고 있으며, 감마조사 시설을 이용하여 세균침투 및 부패 방지, 품질보존 및 안정성 향상을 위한 식품에 방사선 조사를 실시하고 있음.
- 추적자 이용기술은 화학공장, 석유가스공장, 펄프제지공장, 폐기물처리공장에서 물질 전달측정에 이용되며, 오염물질의 거동분석에도 사용되고 있음.

- 감마투과검사는 건설, 석유가스, 보일러제조, 주물, 항공기 및 자동차 산업에서 비파괴검사에 이르기까지 널리 사용되고 있음

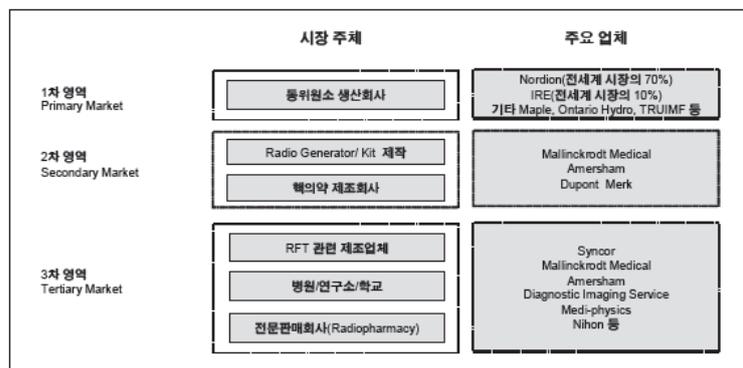
라. 방사성동위원소 생산현황

- 동위원소 생산을 위한 연구용 원자로는 73대가 운전 중이며, 의료용 동위원소 생산을 위한 싸이클로트론은 59대, PET용 싸이클로트론은 167대, 기타 동위원소 생산용 가속기 29대가 운영 중에 있음.
- 오스트리아, 프랑스, 독일, 러시아의 경우 동위원소 생산전용 원자로를 폐쇄할 예정이나, 캐나다는 동위원소생산 목적으로 10MW 출력의 원자로 2기가 신규 운전 중에 있음.

마. RFT 시장구조 및 주요업체 현황

- RFT 시장은 3단계의 영역으로 나뉘어져 있으며, 1차 영역은 원료가 되는 방사성동위원소를 생산하는 것이며, 2차 영역은 제너레이터, 키트를 제작 / 판매하는 영역이며, 3차 영역은 RT를 이용한 의약품 등 완제품의 생산 및 판매시장임.

<그림 3-5> RFT 시장구조 및 주요업체



3. 국내 RFT 시장 현황

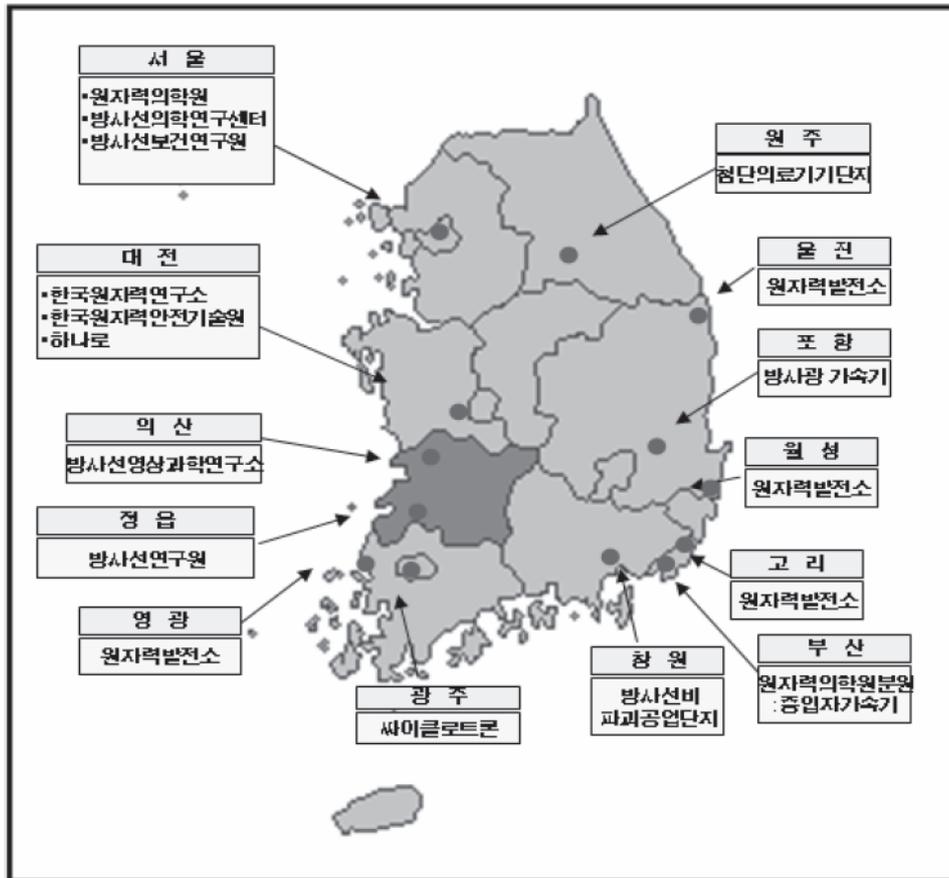
- 우리나라 RFT 산업에 대한 관심은 제2차 원자력진흥종합계획(2002-2006)에서부터 나타났으며 방사선 및 방사선동위원소 이용 증진부문계획에서 의료, 공업, 농업, 식품, 환경, 생명공학 등 다양하고 광범위한 분야에서 방사선 및 방사성동위원소 이용을 확대하고 동위원소의 생산기반을 구축하여 국가경쟁력 제고와 삶의 질 향상에 적극 기여한다는 목표로 정책 추진하게 되었음
- 이후 정부의 기술지원 투자의 확대와 함께 국내 RFT 시장이 기반을 마련하게 되었음
- 방사선기술(RT) 개발계획(2002-2006)에 의하면 우리나라는 원자력 발전부문에서는 세계 6위의 국가지만 상대적으로 RT분야는 매우 취약한 구조를 가지고 있었음. 특히 미국, 일본 등 원자력 선진국은 원자력 발전에 비해 RT 관련 산업분야 규모가 크며 방사선이용 분야에서의 기술선점 및 우위 확보를 위해 투자를 확대하고 있음

<표 3-12> 미국-일본-한국의 RT 관련 산업규모(2000년 기준)

구 분	미국	일본	한국
시장규모	70억불	30억불	1.5억불
GDP 대비	1.5%	1%	0.03%
발전/비발전	2:8	5:5	9:1

자료 : 방사선기술 개발계획, 과학기술부

<그림 3-6> 국내 RT 관련 연구 및 지원시설의 지역별 분포



가. 우리나라 방사선 및 방사성동위원소 이용현황

- 우리나라도 산업기술의 고도화와 산업규모의 확대, 그리고 국민생활 수준의 향상에 따라 방사선 및 RI의 이용이 더욱 더 활성화 되고 있음
- 이에 따라 앞으로도 방사선 및 방사성동위원소의 이용이 국가의 경제발전과 국민생활에 미치는 영향은 점점 더 증대될 것으로 예상됨
- 2006년말 기준으로 방사선 및 방사성동위원소를 이용하는 기관(사업장)은 3,073개로 2005년의 2,723개 기관에 비해 12.9%가 증가하였고 2000년 1,692개와 비교하면 182%나 증가한 수치임
- 방사선 및 RI 이용기관의 분야별 분포를 보면 산업분야에 1,988개(일반산업체 1,739개, 비파괴사업체 43개, 판매기관 169개, 생산기관 37개), 의료분야에 150개 기관, 연구분야에

276개 기관, 교육분야에 220개 기관, 공공분야에 386개 기관, 그리고 군사분야에 53개 기관이 이용하는 것으로 나타남(2006년 말)

- 2006년도에 방사선 및 RI을 이용하여 창출한 매출액은 1조2,392억원으로, 그리고 지출액은 7,959억원으로 조사되었으며, 방사선 및 RI 이용이 산업·경제에 미치는 효과(부가가치)는 제조업분야에서 5조6,043억원, 의료분야에서 1조6,191억원, 그리고 농업분야에서 1,800억원 등 총 7조4,034억원으로 국민총생산의 0.87%로 추정됨

<표 3-13> 2005년/2006년도 국내 방사선 및 RI 이용 주요지표

항 목		단 위	2005	2006	증감율(%)
국내 방사선 및 RI 이용현황	이용기관수	개	2,723	3,073	12.9
	이용산업 매출액	억 원	11,148	12,392	11.2
	이용산업경제규모	억 원	63,976	74,034	15.9
국내 원자력 발전사업 현황	원자력발전 사업체 매출액	억 원	100,074	104,945	4.9
	원자력발전공급사업체 매출액	억 원	22,150	23,051	4.1

자료 : 2006년 방사선/RI 이용실태조사

- 방사선 및 RI 이용에 따른 매출액(2006)을 분야별로 살펴보면 RI매출액이 349억6,600만원으로 총 매출액의 2.8%를 차지하였으며, RI내장기기 매출액이 284억1,400만원으로 2.3%, '과학기술부 고시'에 규제받는 방사선발생장치의 매출액이 3,082억3,900만원으로 총매출액의 24.9%, '보건복지부 고시'에 규제받는 방사선발생장치의 매출액이 3,088억9,100만원으로 총매출액의 24.9%를 차지하고 있음. 이중 가장 많은 매출액을 보인 분야는 의료분야 매출액으로 전체 34.6%를 차지하고 있음

<표 3-14> 2006년도 방사선 및 RI 이용분야 매출액 내역

분야	매출액(백만원)	구성비(%)
• RI 매출액	34,966	2.8
• RI 내장기기 매출액	28,414	2.3
• ‘과학기술부 고시’에 규제받는 방사선 발생장치 매출액	308,239	24.9
• ‘보건복지부 고시’에 규제받는 방사선 발생장치 매출액	308,891	24.9
• NDT 및 조사분야 매출액	130,481	10.5
• 의료분야 매출액	428,300	34.6
합계	1,239,291	100

- 우리나라는 2006년말 기준으로 제조업 분야에서 1,739개 사업장에서 방사성동위원소(RI)와 방사선발생장치(RG)를 이요하고 있는데, 690개 사업장이 RI를, 918개 사업장이 RG를 그리고 131개 사업장이 RI와 RG를 함께 생산공정이나 품질관리공정에 활용하여 경제적 부가가치를 유발시키고 있음
- 제조업분야에서 방사선 및 RI이용의 경제적 효과를 측정한 방사선/RI 이용실태조사에 따르면 2006년 제조업 분야의 방사선 및 RI 의 경제규모는 총5조6,043억원에 달하고 이 중 가장 많은 경제규모를 보이는 부분은 제강/제선 산업분야이며 다음으로 전자부품제조에 방사선 및 RI가 이용되는 것을 알 수 있음

<표 3-15> 2006년 제조업 분야의 방사선 및 RI 이용 경제규모

구 분	분야별 매출액 (억원)	방사선/RI 등의 매출액 기여도(%)	방사선/RI의 경제규모(억원)
산업 1 : 음료/식품	166,530	1.8787	3,129
산업 2 : 펄프/종이	151,722	3.0080	4,563
산업 3 : 석유화학/정유	733,101	1.5051	11,034
산업 5 : 고무/플라스틱	27,925	1.5481	432
산업 6 : 제강/제선	497,779	3.6297	18,068
산업 7 : 전자부품	391,147	3.9864	15,593
산업 8 : 자동차제조	584,952	0.4572	2,674
산업 9 : 중공업	201,779	0.2727	550
합 계	2,754,935		56,043

자료 : 2006년 방사선/RI 이용실태조사

4. 방사성동위원소 및 방사선 이용 분야

가. 공업적 이용

(1) 방사선 이용 재료가공기술

- 초고분자량 폴리에틸렌의 내마모도 향상
- 방사선 그래프트 기술을 이용한 연료전지용 격막제조
- 하이드로겔의 물성 향상

(2) 방사선 이용 환경처리기술

- 방사선을 이용한 하수슬러지의 함수율 저감
- 방사선을 이용한 염색폐수처리시설 플랜트 건설

(3) 방사선 추적자 이용기술

- 고속유체 추적용 Data Acquisition System 개발
- 자동 증류탑 진단장치의 개선
- 하천오염 확산모델 검증시범 추적자 실험
- 연안 해저 표사의 이동추적을 위한 Ir 표지모래 제조

(4) 방사선 계측기술

- 이온챔버와 섬광체 검출기를 기반으로 한 방사선 감시장치의 핵심기술 개발
- 베타선 측정용 섬광체 계측기 개발
- 방사선 계측기 및 감시장치 개발

(5) 비파괴 검사기술

- 감마선 조사장치의 자동화 시스템 개발
- 감마선 투과사진 상질 향상 및 평가기술 개발

나. 농업적 이용

(1) 농업생명공학적 이용

- 방사선 이용 육종연구
 - 방사선 조사 세포주 선발육성에 의한 유용변이 계통의 품종화 및 유전자 탐색
 - 고기능성 돌연변이 작물 품종화
 - 생활친화형 무궁화 및 관상식물의 품종개발

- 신 RT 육종기술 개발을 위한 기반구축
- 저선량 방사선의 식물이용기술 개발
- 작물의 성장촉진 저선량 수준 규명
- 저선량 조사 식물의 생리활성 증가 검정
- 방사선 조사 식물의 항산화물질 분석 및 유전자 탐색
- 방사선 이용 미생물자원 유용화
- 방사선 이용 농업생태계 건전성 평가

(2) 식품생명공학적 이용

- 정부 방사선 조사식품 신규품목 확대 고시(2004.5.24, 식품위생법 제7조 1항)
- 원자력연구개발 성과의 기술출자를 통한 새로운 기술이전 제도 실시
- 방사선 식품 저장 및 가공기술 개발
- 특수식품 및 즉석식품의 위생화 및 안전 저장을 위한 감마선 이용기술 기반 조성
- RT/BT 이용 식품함유 화학적 유해물질 제거기술 연구
- 방사선 조사식품의 국민이해 증진 사업
- 방사선 이용 생체방어 기능성식품 개발
- 방사선 조사식품의 검지기술 표준화 및 검역관리 체계화 연구

다. 의학적 이용

(1) 주요 연혁

- 1959년 3월 원자력법 제정, 동년 6월 갑상선 기능항진증 환자 치료에 방사성 원소를 이
용하면서 방사성동위원소의 의학적 이용 시작

- 1961년 대한핵의학회 창설, 1969년 방사면역측정법 도입, 1986년 단일광자방출단층촬영기 도입
- 1994년 양전자단층촬영기(PET) 도입으로 우리나라의 핵의학 분야가 국제적 수준으로 도약
- 1995년 '하나로' 설치로 다양한 방사성동위원소 생산이 가능해 짐
- 1996년 핵의학 전문의 제도 출범(2004년 현재 173명의 핵의학 전문의 배출)

(2) 의료인력 및 시설

- 2003년 12월 31일 현재 핵의학 근무자는 총 903명
- 의사 164명, 방사선기사 326명, 임상병리기사 235명, 전문 연구인력 55명 등
- 방사성동위원소를 이용하는 의료기관은 2003년말 현재 125개소
- 최첨단 의료장비인 PET는 2003년말 현재 27대가 가동 중

(4) 사용 현황

- 진단분야
 - 2003년 한 해 동안 448,039건의 핵영상검사 시행
 - PET는 허혈성 심질환의 평가, 악성종양의 진단에 가장 많이 이용되어 2003년 한해 동안 총 20,721건의 검사를 시행
- 치료분야
 - 갑상선암 및 갑상선 기능항진증, 악성갈색세포종, 신경아세포종, 갑상선수질암, 암의 뼈전이통증, 간세포암, 관절염 치료 등에 RI를 폭넓게 활용

5. 우리나라의 기술발전 및 시장 전망

가. 방사선 기술지도 - 방사선 이용기술¹⁾

(1) 비전

- 21 세기 건강, 복지, 환경의 선진 사회에 최적으로 부합
- 최상의 의료기술, 식량안보 확보 및 생명자원환경의 핵심문제 해결을 위한 방사선기술을 개발
- 안전성, 경제성 및 환경 친화성 관점에서 세계 최고의 산업기술 성능을 실현
- 사회의 신뢰와 타 기술에 대한 월등한 경쟁우위 획득
- 국내외의 방사선 이용기술 수요를 획기적으로 확장
- 궁극적으로 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 기여

(2) 시장/수요 목표

- 2030년까지 방사선 이용 기술 세계 시장 3.7% 점유, 경쟁력 5위 달성
- 2030, 방사선의료기술 세계시장 6.3%
- 2030, 생명·자원·환경 기술 세계시장 0.25%
(생명자원환경 분야 방사선이용기술 세계시장 7%)
- 2030, 방사선 산업기술 세계시장 8.5%

1) 국가원자력기술지도 대공청회, 한국원자력학회, 2004.3.5.

<표 3-16> 방사선이용기술 시장/수요지표

시장/수요지표		2003	2030
세계	시장규모(억원)	5,266,912	41,444,168
	점유율(%)/순위	0.06/30	3.7/5
국내	시장규모(억원)	15,510	995,616
	점유율(%)	6.6	49.6

(3) 기술성능 목표

- 방사선의학 기술 및 제품 선진화
- 생명·자원·환경 문제 해결
- 방사선 이용기술 산업화
- 방사선 산업기술 선진화

<표 3-17> 방사선이용기술 기술성능지표

기술성능지표	2003	2030
안전성	기초기술	산업적용
경제성	기반확보	산업화
지속성	융합기술이용	융합기술고도화
환경친화성	기초기술	제품에 응용

나. 방사선의학

(1) 비전

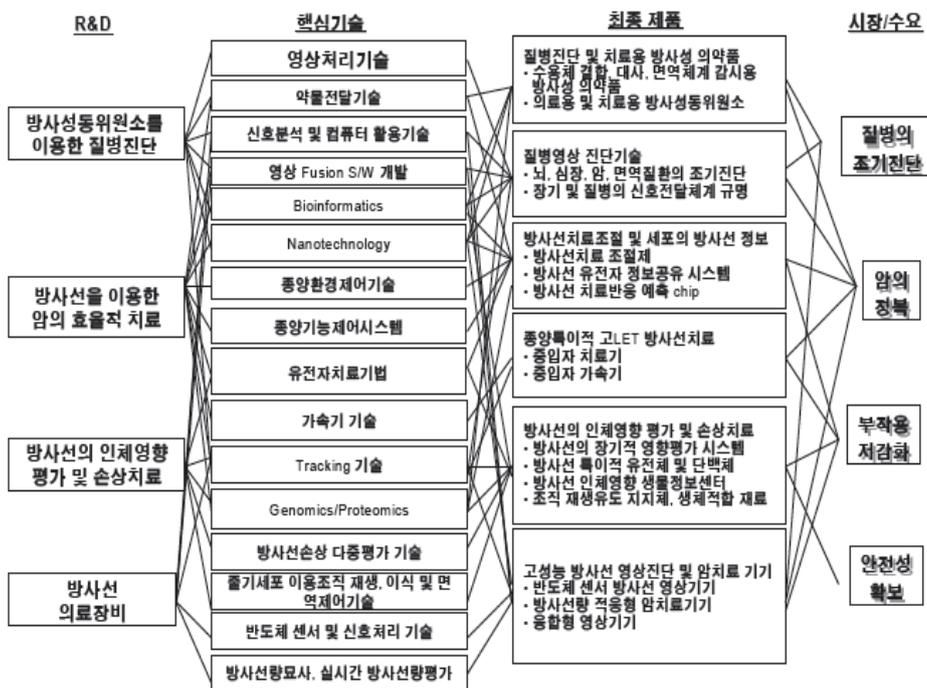
- 방사선을 이용한 질병진단 및 치료기술의 선진화 및 기술우위를 확보하고
- 맞춤의학 시대에 부응하는 특성화된 진단 및 치료법을 개발하며

- 방사성의약품 및 기기의 수출국으로 도약하고
- 방사선의 인체영향 평가와 손상치료기술 확보로 원자력의 평화적 이용에 대한 사회적 호응을 이끌어
- 궁극적으로 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 기여

(2) 시장/수요 목표

- 2020년도 방사성 의학 관련 세계시장의 6.3%, 경쟁력 5위 달성
- 2020, 방사선을 이용한 질병의 조기진단 분야 3%
- 2020, 방사선을 이용한 암의 효율적 치료분야 0.5%
- 2020, 방사선 인체영향 평가 및 손상치료분야 7%
- 2020, 고성능 방사선 영상진단 및 치료 기기분야 16%

<그림 3-7> 방사선의학 매크로 기술지도(안)



<표 3-18> 방사선의학 시장/수요지표

시장/수요지표		2003	2030
세계	시장규모(억원)	3,712,152	22,374,888
	점유율(%)/순위	0.03	6.3
국내	시장규모(억원)	2,346	748,176
	점유율(%)	0.05	57

(3) 기술성능 목표

- 주요 질환 영상 진단율 15% 상승
- 암의 방사선 치료율 20% 상승
- 방사선손상치료 관련 기술이전 10배 증진
- 양전자 방출 단층촬영기 민감도 50% 증진

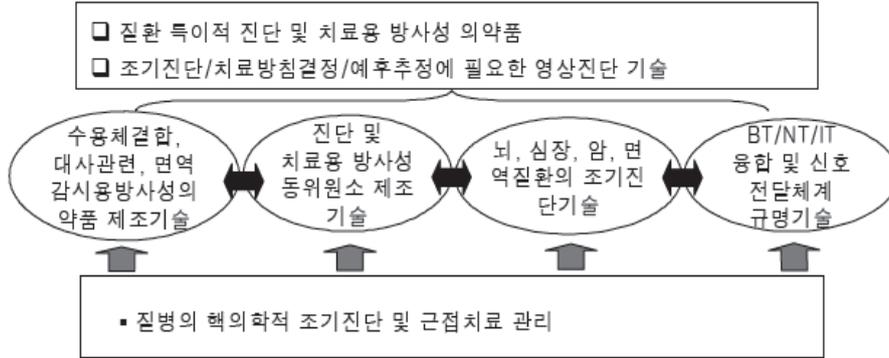
<표 3-19> 방사선의학 기술성능지표

기술성능지표	2003	2030
질병 영상진단율	75%	90%
암의 방사선 치료율	50%	70%
방사선손상치료기술이전	1	10
양전자방출단층촬영기 민감도	-6 kcps/uCi/ml	-9 kcps/uCi/ml

(4) 방사선 의약품 및 질병영상진단기술

- 방사선의약품의 개발, 동위원소, PET, SPECT를 이용한 질병의 효율적인 진단 기술

<그림 3-8> 방사선의학 의약품 및 질병영상진단기술 개발 목표



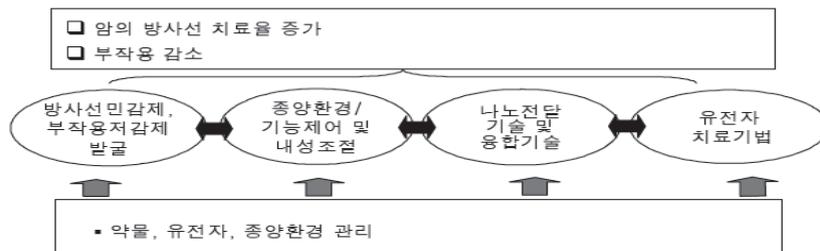
<표 3-20> 방사선의학 의약품 및 질병영상진단기술 부문 시장/기술지표

시장/수요지표			2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	3,712,152	22,374,888
		점유율(%)/순위	0.03	6.3
지표	국내	시장규모(억원)	2,346	748,176
		점유율(%)	0.05	57
기술	영상진단기술의 국산화율		0.1%	5%
	방사성동위원소 영상기술 이용기관수		60	300
지표	방사성동위원소 영상전문가수		200	2,000
	주요질환 영상진단율		75%	90%

(5) 방사선치료 조절기술

- 약제와 유전자, 환경 조절을 통하여 방사선치료효율을 극대화하고 부작용을 최소화하는 기술

<그림 3-9> 방사선치료 조절기술 개발 목표



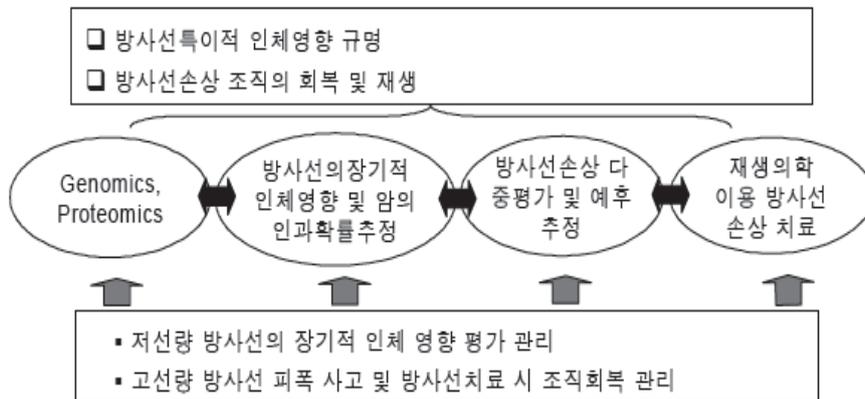
<표 3-21> 방사선치료 조절기술 부문 시장/기술지표

시장/수요지표		2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	26,352
		점유율(%)/순위	0
지표	국내	시장규모(억원)	1,866
		점유율(%)	0
기술 지표	방사선 민감작용 인자 규명		1
	방사선 민감재 발굴		0.5
	방사선부작용 진단마커 발굴		0.2
	방사선 부작용 치료제 개발		0.2
	융합기술 분야의 발전		0.4
	복합 방사선 치료기술		1

(6) 방사선의 인체영향 평가 및 손상치료 기술

- 방사선에 의해 인체에서 일어나는 현상들을 유전체학, 역학, 세포생물학적으로 규명하고 평가하며, 방사선 피폭 후 손상된 조직을 회복시키는 기술

<그림 3-10> 방사선의 인체영향 평가 및 손상치료기술 개발 목표



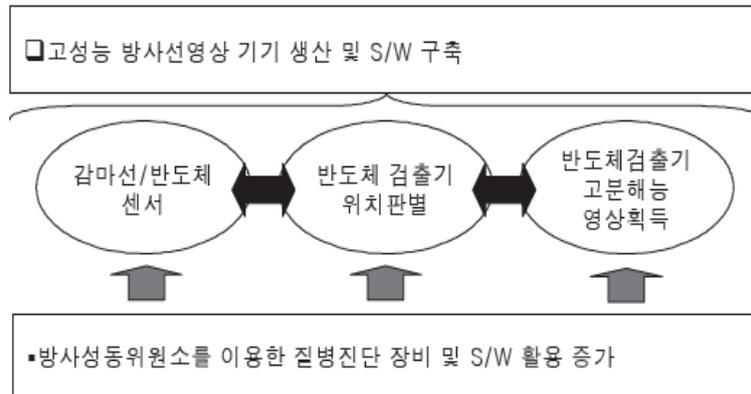
<표 3-22> 방사선의 인체영향 평가 및 손상치료기술 부문 시장/기술지표

시장/수요지표		2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	3,613,200
		점유율(%)/순위	0
지표	국내	시장규모(억원)	596,040
		점유율(%)	N/A
기술	방사선영향평가 기술 국산화율		0.1%
	방사선 손상진단, 치료기술 국산화		0.1%
지표	방사선 손상치료 기술이전		1
	기술관련 특허 수		3

(7) 반도체 센서 방사선영상기기 및 응용기술

- 섬광체와 반도체 광센서를 이용하여 감마선 검출기를 구성하고, 신호처리 및 영상 구성 기술을 통해 감마선 분포의 영상을 획득 및 분석하는 시스템

<그림 3-11> 반도체 센서 방사선영상기기 및 응용기술 개발 목표



<표 3-23> 반도체 센서 방사선영상기기 및 응용기술 부문 시장/기술지표

시장/수요지표			2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	9,600	24,000
		점유율(%)/순위	0	20 / 3
지표	국내	시장규모(억원)	360	720
		점유율(%)	0	30 / 3
기술	양전자 방출 단층 촬영기 민감도		~ 6kcps/ μ Ci/mL	~9kcps/ μ Ci/mL
지표	방사선 손상진단, 치료기술 국산화			

(8) 방사선량 적응형 암치료기 및 응용기술

- 방사선을 이용한 암환자 치료기로 미래지향적인 신개념 치료기와 그와 관련된 S/W등을 총칭함

<표 3-24> 방사선량 적응형 암치료기기 및 응용기술 부문 시장/기술지표

시장/수요지표			2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	0	18,000
		점유율(%)/순위	N/A	10 / 4
지표	국내	시장규모(억원)	0	600
		점유율(%)	N/A	50 / 1
기술	적응형 치료기 기술		선형가속기	3D 적응형 가속기
	방사선량묘사기술		Superposition/con	Monte Carlo
	방사선구동/제어기술		MLC	Controlled tracking
지표	영상융합형 모의치료기기 기술		Simulator	영상융합/치료적응형
	실시간 3차원 선량평가 기술		1차원	3차원
	하전입자 선량평가		Orthogonal X선	Cone Beam CT
	영상로봇 유도 수술		2차원	3차원

다. 방사선 생명·자원·환경기술

(1) 비전

- 생명·자원·환경의 핵심문제 해결을 위하여 친환경적 방사선 기술을 개발, 산업화하고
- 식량자원 확보, 고부가가치 생물자원 및 보건제품 개발, 환경보전기술 개발을 통하여
- 21세기에 국민이 요구하는 풍요로운 보건복지 및 깨끗한 환경을 구축하고
- 방사선 생명자원환경기술을 국가중추산업 및 국제경쟁력 확대의 동력으로 활용함으로써 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 기여

(2) 시장/수요 목표

- 2030년까지 생명·자원·환경산업 세계 시장 0.25% 점유, 방사선이용 생명·자원·환경 기술 경쟁력 7위 달성
- 고부가 식물종자 세계시장 0.23%
- 생활성물질/오염복원미생물 세계시장 0.08%
- 식품생명공학기술 세계시장 0.17%
- 공중보건 소재/대체생의약 세계시장 0.5%
- 생물영향 대응 및 방사선효율 증대시스템 세계시장 1.2%
- 환경오염물질처리 및 재활용시설 4%

<표 3-25> 방사선 생명·자원·환경기술 시장/수요지표

시장/수요지표			2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	1,366,560	18,069,480
		점유율(%)/순위	0.03 / 30	0.25 / 7
지표	국내	시장규모(억원)	7,308	193,000
		점유율(%)	2.8	19.1

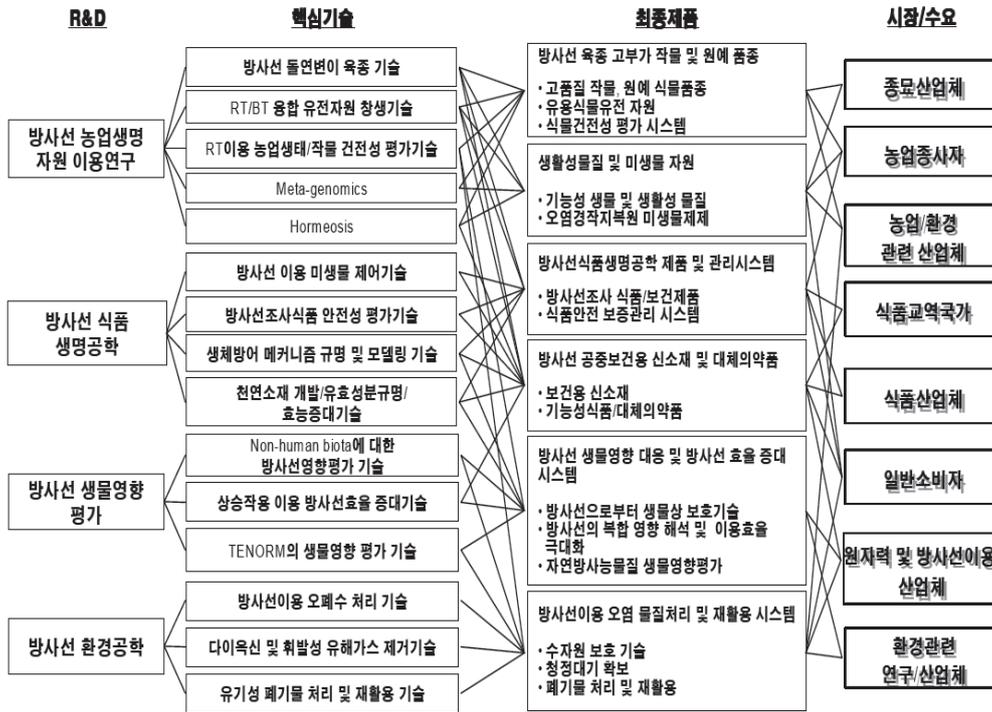
(3) 기술성능 목표

- 다양한 방사선원 이용기술 확보로 방사선이용 기술 및 제품 다각화
- RT/BT/ST/ET 융합기술로 제품 및 기술개발 효율 10배 증진
- 방사선기술 이용 생물자원, 생리활성물질, 신소재 개발 건수 30배 증진
- 환경 평가 및 오염물질 처리 능력 10배 향상

<표 3-26> 방사선 생명·자원·환경기술 기술성능지표

기술성능지표	2003	2030
방사선육종기술	감마선이용 소수 품종 대상	다양한 방사선원 이용 품종다각화
생활성물질 및 미생물자원 개발 기술	소수 미생물 및 유전자 이용	미생물유전체기술, RT/BT 융합기술실용화
방사선식품생명공학기술	식품위생화기술 실용화 기반 확보, 상용화 초기	위해물질 저감기술, 특수식품개발기술, 식품품질 보증시스템
공중보건 소재/대체생의약 개발기술	생리활성 신소재개발 기초 기술 확보	생체질환 모델링기술, 생리활성 신소재 및 대체생의약 실용화
방사선이용 환경평가 및 오염물질 처리기술	생물자원보호, 경평가기술 이론정립, 일부 환경오염 물질 처리 기반 확보	생물자원보호기술, 환경평가 기술 실용화, 대부분의 환경 오염물질 처리기술 실용화

<그림 3-12> 방사선 생명·자원·환경기술 매크로 기술지도(안)



라. 방사선 산업기술

(1) 비전

- 방사선 기술을 이용한 산업 활성화 및 경쟁력 향상
- 방사선을 이용한 첨단 산업 기술을 개발
- 차세대 성장 동력의 핵심 원천 기술로 활용
- 국가의 지속 가능한 발전과 국민의 삶의 질 향상에 기여

(2) 시장/수요 목표

- 2030년까지 친환경적이면서 안정성과 경제성이 획기적으로 개선된 방사선 사업기술을 개발하여 방사선 산업 세계 시장의 8.5%를 점유하고 세계 5위 이내의 국제경쟁력을 확보

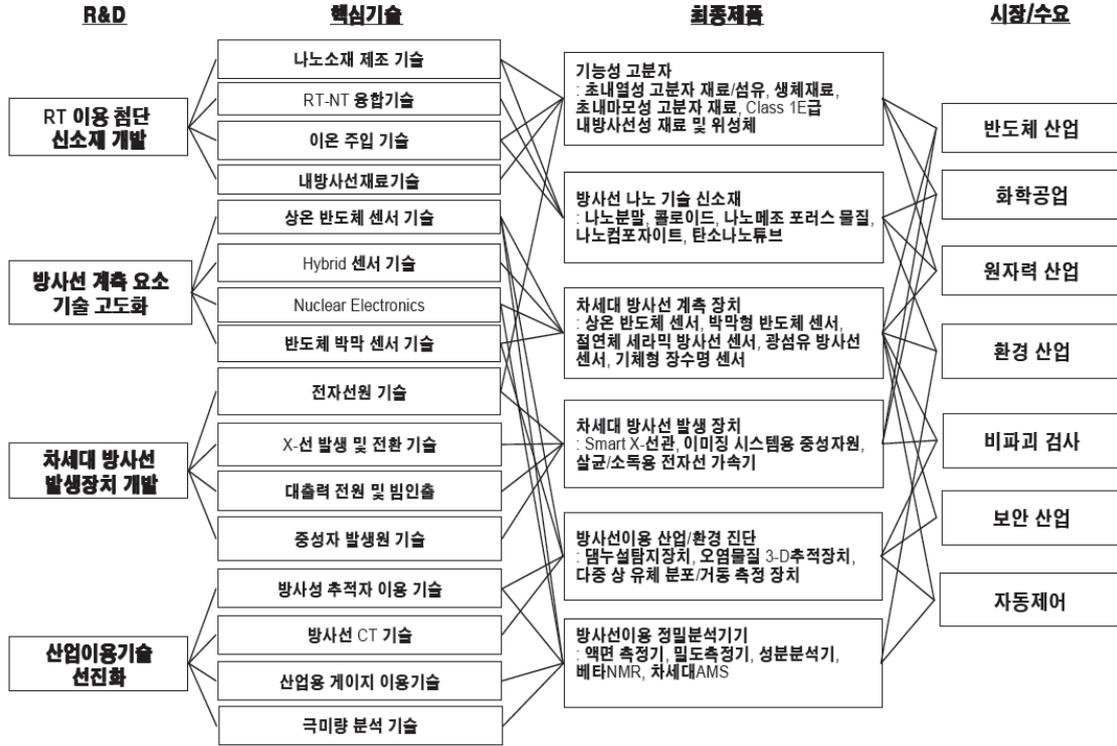
<표 3-27> 방사선산업기술 시장/수요지표

시장/수요지표			2003	2030
시장	세계	시장규모(억원)	179,200	999,800
		점유율(%)/순위	0.85 / 15	8.5 / 5
지표	국내	시장규모(억원)	5,856	54,440
		점유율(%)	14	55.8

<표 3-28> 방사선산업기술 기술성능지표

기술성능지표	2003	2030
기능성 고분자 제조기술	물성 향상 기술확보	인공장기, 분리막 기술 확보
방사선 나노기술 기반 신소재	기초 기술	양산 기술
차세대 반도체 방사선계측기 분해능력	에너지 3% 공간 100 μ m	에너지 0.5% 공간 10 μ m
차세대 방사선 발생장치	mA급 이온원 중성자 10 ¹⁰	수십mA급 이온원 중성자 10 ¹³
방사선 이용 산업/환경 진단	mm급 해상도기술 단일 추적자	μ m급 해상도기술 다중추적자
방사선 이용 정밀분석기	10nm급 측정오차 ~5%	1nm급 측정오차 <1%

<그림 3-13> 방사선산업기술 매크로 기술지도(안)



마. RFT 기술융합화 전망²⁾

- 방사선의 산업적 이용이 확대됨에 따라 NT, BT, ET, ST, IT 등 첨단기술분야에 대한 적용 및 융합이 가속화 되고 있으며 그 예로는 다음과 같은 것들이 있음

(1) NRT

- 나노가공: 기존의 광 또는 전자빔 리소그래피를 이온주입기술로 종횡비 등 개선
- 나노재료: 이온주입으로 다단계복합공정의 나노크리스탈을 단일공정으로 물체 내부의 임의의 위치에 미세조직 구현

2) 양성자 기반공학 기술개발사업단 홈페이지 (<http://www.kaeri.re.kr/npet/network/include/menu1.html>)

양성자 기반공학 기술개발사업단 홈페이지 기술수요조사

- 나노측정 : 기존의 물체 표면정보 파악에서 이온주입을 통해 물체 내부정보 및 단일 원자의 위치 파악 (물질의 3차원 원자의 위치 및 종류의 정보)
- 나노 분말 및 박막 제조
- 표면개질, 나노구조물의 제조
- 반도체의 제조
- 나노 디바이스의 온도 측정을 위한 나노 구조체의 개발
- Ion-cut에 의한 SOI 웨이퍼 제조기술개발 (지질자원연구원)

(2) BRT

- 고LET 공정으로 효과적인 유전자 변형 유발 및 다양한 변종 구현
- 이온주입으로 기존의 분자골격구조 파악에서 수소위치까지 규명함으로써 단백질/DNA의 3차원 구조 규명 (신약개발에 필수)
- 환경 친화적 신종유전자원 개발 및 화해 및 채소작물 고부가 신제품 개발 ((뉴)서울종묘 기술연구소, 순천대, 원자력연구소, 고려대, (주)지노믹트리, 제넨셀 등)
- 의료기기 및 약품개발, 방사선 치료
- 인공고관절, 인공피부, 항암제, 면역강화식품
- 의료용품, 화장품 등의 각종 보건용품의 방사선 살균
- 농작물의 육종과 농수축산물의 위생처리 및 장기안전저장
- 국제교역 농산물의 검역처리
- 유전자 조작 및 변형
- 세포단백질 연구
- 생체의 생명현상 규명이나 생체분자의 구조 규명, 첨단 진단·치료 의약품 개발

(3) ERT

- 오페수나 대기오염물질의 정화, 폐자원 활용 및 환경생태계의 오염물 추적, 분석
- 방사선을 이용한 환경호르몬(내분비교란물질) 분해
- 폐플라스틱의 재활용 및 해수로부터의 금속 회수

(4) SRT

- 항공기/우주선의 안전진단 또는 수명예측
- 인공우주방사선환경재현 시설개발 및 우주부품 내방사선 시험기술개발 (KAIST)
- 전원공급시설

(5) IRT

- 반도체 및 고밀도자기메모리, 거대 자기저항재료
- PACS(Picture Archiving and Communication System) 시스템
- 양성자 균일조사 및 유도결합분석기술 개발 (위덕대, 한양대 등)

제3절 원자력 관련 산업의 육성 방향

1. 원자력 발전 부문 발전방안

가. 비전

- 에너지안보, 환경 보전, 국민 삶의 질 향상 및 과학기술 발전에 기여함

- 미래 한국의 추진 원동력으로서의 원자력 이용

나. 정책여건

- 고유가가 향후 지속될 것으로 전망되는 반면, 우리나라는 에너지 해외 의존도가 높고 에너지안보가 매우 취약함
- 세계적으로 가동원전의 계속운전과 출력증강 등 원전운영 고도화추진으로 원자력발전원가 경쟁력이 상승됨에 따라 이를 고려하는 것이 필요함
- Gen-IV 등 혁신형 원자력시스템 기술개발 국제협력이 활발하게 추진되고 있으며, 우리나라는 소듐냉각고속로 및 초고온가스로 등의 개발에 참여하고 있음
- 미국주도의 국제원자력파트너십(GNEP) 구상의 등장과 국제적인 원자력산업 경쟁심화에 대한 대응이 필요함
- 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지가 확보됨에 따라 처분시설의 효과적인 건설·운영 및 방사성폐기물의 안전관리 대책수립이 요구됨

다. 육성 방안

- 원자력 발전기술은 고도의 기술을 요하는 산업부문으로 가동원전의 성능 및 안전성 제고, 계속운전 기술개발 등을 통한 원전의 경제성 확보와 기술고도화를 동시에 추진해야 할 것임
- Gen-IV 등 국제공동연구 참여를 통해 핵비확산성 핵연료주기 핵심 기반기술 확보에 노력해야 할 것임. 이는 안전성, 경제성, 자원활용성 및 환경친화성을 극대화하고 국제적 투명성이 확보된 고유의 원자력 시스템을 구축하는 방법으로 활용될 수 있음
- 우리나라는 1978년 고리1호기 도입 이후 국내 원전 사업을 꾸준히 추진하여 왔으며 이를 바탕으로 국산화와 표준화를 통한 노형의 설계, 기자재 제작, 건설 사업관리, 시운전 및 운전정비 기술을 독자적으로 보유하게 되었음. 이는 국내 사업 뿐 아니라 국외 사업에도 진출할 수 있는 기반을 마련할 것으로 향후 국내 사업에서 형성된 노하우를 바탕으로 해외 원전 시장에 진출할 수 있도록 노력해야 할 것임

- 노하우를 바탕으로 한국형원전 진출의 선택과 집중을 해야 할 것임. 특히 중국, 루마니아, 인니, 남아공 원전 사업에 정부와 관련 산업체의 유기적인 협조를 통해 진출체계를 구축해야 할 것임
- 수출 가능 상품의 개발 및 적극적인 마케팅으로 기술전수/국산화 경험 상품화, 설계/시공분야 기술지원, 기자재 공급 등 수출을 지속적으로 추진해야 할 것임
- 원자력산업의 지속적인 발전을 위해서는 원자력이용개발의 효율적 추진을 위한 기반이 조성되어야 할 것임. 이러한 기반에는 원자력전문인력의 양성과 대형연구시설부지, 지속적인 투자의 확보, 국민들의 이해 증진이 필수적인 요소임
- 인력수급 분석에 따른 체계적인 인력관리 프로그램에 따라 전문인력을 육성·지원하여 전문인력의 부족을 방지하고 퇴직·이직에 따른 지식과 기술의 손실 방지·관리 대책을 수립해야 할 것임
- 차세대 원자력 연구개발을 위해 대형 연구시설 부지 및 연구개발 기반을 구축해야 할 것임. 이는 차세대 양성자가속기이용 융합기술 개발을 통한 차세대 성장동력의 확충이라는 대명제 아래 추진되어야 할 것이며 치밀한 계획을 통해 지방자치단체의 협조와 대상 부지 주민들에게 정확한 정보를 제공하고 안전성에 대한 신뢰를 얻는 것이 필수적임

2. RFT 산업육성 방안

가. 정책적 고려사항

- RFT 산업은 성숙기에 도달할 때까지 20년 이상의 장기간의 시간이 소요됨. 따라서 정책의 성과를 성급하게 판단하지 말고 지속적으로 정책의 일관성을 유지할 필요가 있음
- 원천기술과 투자재원의 대부분이 중앙정부, RFT 관련 연구소, 우수 기업 등에 있으므로 산업화 초기부터 상호협력 네트워크를 구축하고 RFT클러스터 육성을 정책적으로 지원
- 기존 산업의 특성과 장점을 살리면서 신산업을 접목시키는 정책추진이 필요
- RFT 산업의 성격상 안전성에 대한 모니터링 및 안전관리시스템 구축이 우선적으로 고려되어야 함. 방사선 사고 가능성에 대비하여 긴급재해 대처방안을 매뉴얼화하고 즉각적으로 가동되도록 해야 함

- 계획단계부터 이해 관계자와 전문가를 참여시켜 추진과정의 투명성 및 정당성 확보

나. 추진체계

- 산업육성정책체계도(Policy Map)를 작성, 관리하여 정책의 중복 및 상충을 조정하고, 상호 관련성이 있는 정책간의 연계성을 강화
- 사업평가관리시스템을 구축하여 계획단계부터 계량적 목표를 설정하고 성과를 평가한후, 일정 수준을 충족시키지 못할 경우 기존사업을 포기하고 새로운 사업을 모색
- 환경변화가 비용편익 증감에 미치는 영향을 사전에 검토하고, 사업 진행 단계별로 비용 증가의 정도를 평가

다. 정책과제

- 파격적인 인센티브를 제공하여 적극적이고 창의적인 마케팅 및 홍보 활동을 전개하고 세계적인 외국기업이나 연구소, 대규모 국제자본을 유치
- 수요자 중심의 실질적이고 장기적인 기업 지원서비스 기능 강화
- 지역전략산업과의 연계 촉진방안 강구
- 인력개발, 연구개발, IT, 후생복지 및 문화시설 등의 Soft Infra를 지속적으로 확충
- 사업간 수직적 · 수평적 계열화를 통해 시너지 효과 극대화 도모
- 지속적인 정비, 확충을 통한 클러스터의 노후화, 공동화 방지

라. 정책적 주안점

- 교육과학기술부 내의 원자력국의 RFT 산업육성 추진전담팀을 요직으로 부각시켜 우수인력을 통한 적극적 지원 유도
- 기술개발의 성공, 우수기업 유치, 산업화 성공 등 성과 실현시 파격적 인센티브 부여

침을 사전에 공식화

- 유망기업, 최고의 전문가 유치에 총력을 경주
 - RFT 관련제품의 생산공장 유치전략을 수립하고 적극적으로 유치 활동을 전개
 - 중장기적으로 RFT 관련 연구기관에 RFT 관련 국내외 최고의 전문가 영입을 추진

- 유관기관간 커뮤니케이션 채널을 정례화하고 지속적으로 중앙정부의 정책적 지원을 유도할 수 있는 제도적 기반 마련

- RFT 관련 국내외 주요기관, 우수기업의 동향 정보 실시간 모니터링 시스템 구축

- 차세대 양성자가속기 설치 및 지속적 R&D 전개
 - 양성자가속기는 첨단 정보소자는 물론 생명공학분야 등 거의 모든 산업분야에 광범위하게 적용될 수 있는 기반시설로서 RFT 산업육성에 필수적인 시설임
 - 양성자가속기를 설치하여 유관 대학 및 연구소를 중심으로 과학계와 산업계의 적극적인 기술개발 노력 및 국가 차세대 전략산업으로서의 RFT 산업 홍보활동이 필요

- 선택과 집중에 의한 RFT 산업의 단계적 육성
 - RFT 산업분야의 소프트웨어(장치 응용분야)와 하드웨어(기기 및 장치 개발분야)를 균형 있게 육성하고, 중점 육성분야에 대해 단순 기술개발보다는 구체적인 제품과 서비스 중심으로 집중
 - RFT 산업의 소프트웨어와 관련하여 현재 정읍에 구축된 방사선연구원의 전문인력 및 시설을 효율적으로 활용하고, 연구역량을 극대화할 수 있는 긴밀한 유기적 협력체제 구축이 필요

제4장

원자력연구개발의 현황과 전망

제4장 원자력연구개발의 현황과 전망

제1절 원자력연구개발의 의의

1. 원자력연구개발의 개요

- 우리나라의 원자력연구개발은 비교적 오랜 역사를 거슬러 올라가야 함. 연구개발을 살펴 보기 위해서는 원자력의 특성상 원자력 행정체계를 살펴야하며 우리나라의 원자력연구 개발 역사는 원자력연구원의 연구 역사를 중심으로 살펴보는 것이 효과적이며 현실적인 것임.
- 물론 최근에는 정부주도의 연구 외에도 산업체주도의 연구가 한 주류를 이루고 있어 후반에는 그에 대한 부분도 매우 중요한 분야이나 현재까지의 대부분 연구 사업은 원자력연구원을 중심으로 수행해 왔기 때문에 본 연구에서는 원자력연구원의 연구 과정을 중심으로 살펴보며 그를 통한 발전 방향을 제시하고자 함.
- 1950년대 후반 문교부에서 한개 과로 출발한 원자력 연구 개발 역사로 부터 오늘의 세계 원자력 6위권에 진입한 현재까지의 긴 시간을 전반적으로 더듬어 보아야 하기 때문임.
- 모든 기술 개발 역사가 그렇듯이 이승만 대통령시절 제2차 세계대전의 종식과 더불어 일본의 전격적 항복으로 우리나라가 독립국가가 된 이래 육이오라는 민족 간 힘든 전쟁으로 나라 경제 사정이 어려울 때 원자력연구개발은 태동하기 시작했음.
- 것처럼 어려운 나라사정에도 불구하고 원자력연구개발이 출발 할 수 있었던 것은 당시 국가최고 책임자의 강력한 의지가 있어서 가능 했던 것으로 이해됨.
- 그러나 그 후 원자력 행정 체제가 원자력청으로, 다시 원자력국으로, 원자력실로 그리고 다시 원자력국으로 변화하는 과정과 맥을 같이 하면서 원자력은 영고성쇠를 거듭해 왔음.
- 원자력연구개발은 초기부터 '80년대 까지 기초연구 수준에서 수행해 오다가 특정연구사업이 시작되면서 법적 근거를 가지고 확대되는 과정에서 '70년대에 고리 원자력발전소를 운영한 이래 급속하게 원자력 발전소가 건설됨과 아울러 '80년대에 핵연료 국산화 사업이 출발되었고, 세계적으로도 성공여부에 회의적이었던 당시 여건에서 국내에서도

- 경제성과 기술능력으로 인하여 반대하는 분위기 이었으나 '70년대에 오일쇼크가 2차에 걸쳐 일어나면서 세계적으로 에너지안보라는 용어가 탄생하고 에너지가 국가의 생존에 직결된다는 것이 널리 인식되어 있던 시기인 만큼 부존자원이 없는 우리나라에서는 기술 집약적인 원자력발전에 많은 노력을 할 수 밖에 없었고 그 결과 '90년대 초에 기대 이상의 성공을 보였고 더불어 원자로 설계기술도 국내 기술자립에 성공하였음.
- 그러한 성공의 이면에는 그 업무를 담당했던 전문가들의 노력과 국가적인 강력한 지원이 있었음.
 - 원자력 발전기술이 성공적으로 기술 자립되자 그 부가가치와 우리나라 원자력에 대한 국제적 위상은 급격히 부상되었으며, 당시 한국전력공사와 동력자원부는 원자력연구원의 기술을 산업계에 이관하고 연구에 전념할 것을 요구했음.
 - 그러나 사업이관은 기술 인력의 반대와 연구원의 반대에 부딪혀 많은 어려움이 있었음.
 - 결국 원자력연구개발기금이 설치되어 연구재원을 마련하는 것과 동시에 650여명의 연구 인력과 모든 기술정보와 기술을 산업체에 이관함과 더불어 소위 원자력연구개발 중장기 계획이 본격적으로 태동했음.
 - 더불어 이에 대한 종합적 발전계획의 정책 방향을 위해서 제1차 원자력진흥종합계획이 수립되고 그 후속으로 원자력연구개발 중장기5개년계획이 수립되었으며 그 세부적으로는 산업체주도과제와 정부주도과제로 구분하여 정부주도과제는 중장기적 연구에, 원자력 발전 사업을 위한 단기적과제는 한국전력공사 주관으로 발전 산업체에서 10년에 약 2조원을 투입하여 수행기로 정리 되었음.
 - 그 당시로는 생각하기 어려운 정도의 큰 규모 연구비였으나, 원자력발전기술자립의 부가가치를 토대로 본격적 연구 사업이 출발하였다고 볼 수 있음.
 - 모든 연구개발을 위한 연구재원은 정부출연금과 원자력연구개발기금으로 충당토록 입안 되었음.
 - 그러한 연구재원을 바탕으로 계획적 원자력연구개발사업이 시작되었고 그 당시의 국내 원자력 계는 최고의 활성화시기를 맞이했다. 그 이후 현재까지 10년 이상을 그 당시 마련한 원자력중장기계획을 5년마다 수정 보완하며 오늘의 연구개발환경을 조성 했음.
 - 한편 그 외에 우리나라에는 TRIGA MARK-2, 3라는 이름의 소형연구용 원자로가 서울에 설치되어 활용되었으나 그 한계점으로 인하여 하나로라는 이름의 30MW 급 연구용원자로가 '95년도에 준공되어 지금까지 세계적으로 우수한 연구용원자로로 활용되고 있음.

- 뿐만 아니라 그동안 소외되었던 방사선이용분야의 연구를 집중적으로 육성하여 국민의 삶의 질을 향상시키는 연구에 박차를 가할 수 있는 기반을 마련하였음.
- 특히 이에 대한 법적 근거를 확보하였으며 전라북도 정읍시에 약 11만평의 부지에 새로운 집약적 연구기반을 마련하여 최근 비약적 발전을 거듭하고 있으며, 지역균형발전이라는 현대 조류와 때를 맞추어 지방자치단체에서도 적극 육성하고 있어 연구결과가 산업에 직접 활용되고 산업과 직결되는 연구 산업의 새로운 연계모델을 구축하고 있음.
- 그러나 국민의 의식 수준이 높아가면서 특히 세계적으로 반핵단체의 활동이 활발해 지면서 원자력연구 방향은 새로운 방향정립의 필요성이 대두되고 있으며 세계적으로도 더욱 신뢰 할 수 있고 안전성을 높일 수 있으며 방사성폐기물을 안전하게 처리 할 수 있어야 된다는 명제를 갖게 되었음.
- 안전성 확보는 필수적으로 높은 비용을 요구하며 이를 안전하게, 경제적으로 발전시키기 위해서는 핵 투명성과 높은 투자 소요 재원을 한나라에서 전액 투자하기에는 어려움을 겪을 수밖에 없어 결국 국제협력을 통한 공동연구가 중요한 이슈로 대두 될 수밖에 없게 되었음.
- 향후에는 안전하고 핵투명성을 보장 할 수 있는 기술을 개발하고 그것이 저개발국가에 수출되어 국가경제 성장 동력이 될 수 있는 연구가 절실히 필요하며 이는 결국 기초 원천 기술을 보유하지 않으면 불가능한 세계적 연구여건을 극복 할 수 있는 연구 방향을 정립하여 추진 할 수밖에 없음.

2. 원자력연구개발의 특수성

- 원자력연구개발사업을 이해하기 위해서는 반드시 원자력이 타 분야에 비하여 어떤 특성이 있는지를 먼저 이해하는 것이 중요한 과제임.
- 원자력은 일반인이 보편적으로 알고 있는 바와 같이 양면성이 있음.
- 원자력의 역사는 먼 과거로부터 시작되었지만 세계 제2차 대전을 종식시킨 일본 나가사키와 히로시마에 투여한 미국의 원자폭탄이 결정적으로 원자력의 문제를 부각시켰음.

- 다시 말하면 미국의 맨해튼 프로젝트를 통하여 원자력이 일반인에게 인식되기 시작했으며 그것은 원자력은 가공할만한 파괴력을 가진 군사목적의 무기로서 인식 되었고 현재까지도 그로 인한 많은 문제가 제기되고 있으며 우리나라와 같은 후발국은 그러한 부정적 인식을 불식시키는 노력을 장기간 기울이고 있으나 쉽게 벗어나지 못하고 있음.
- 원자력의 특성을 몇 가지로 구분하여 검토해 보면 우선 우리나라의 국가 원자력정책을 살펴보아야 함.
- 우리나라는 원자력의 평화적 이용에 관한 4원칙이 '04년 9월 천명되었고 이에 따라 양면성을 지닌 원자력을 평화적 목적에만 사용 하도록 정하고 있으며 이는 각종 원자력 정책 뿐만 아니라 연구개발계획에서도 잘 나타나고 있음.
- 연구 분야에서는 국가 원자력의 종합적 최상의 의결기구인 원자력위원회에서 정한 원자력진흥종합계획의 범위 내에서 이를 구체적으로 연구개발계획을 수립한 국가원자력 연구개발 5개년 계획이 수립되었음.
- 국가원자력 연구개발 5개년 계획은 원자력 연구의 구체적 사항을 모두 망라하고 있으며 이를 매년 시행계획을 수립 연구개발 사업을 진행하고 있음.
- 상기에서 기술한 모든 원자력 정책과 연구개발계획은 원자력의 특성과 국제적인 규약을 반영하여 수립 시행하고 있으며 여기서는 그 특성을 간략하게 기술하고자 함.

가. 법적의무성

- 원자력은 상용으로는 원자력발전에서부터 병원의 방사성동위원소 사용 그리고 각종 시설에 이르기 까지 엄격한 기준이 정해져 있고, 연구개발에서도 활용되는 모든 분야와 실험실 그리고 연구내용에까지도 이를 지켜야 하는 법적 의무가 있음.
- 이는 원자력의 가공할만한 위력과 불특정 다수에 막대한 영향을 끼치는 원자력 고유의 문제를 일반인과 지역에 위해를 사전 차단하기 위한 것임.
- 그러나 이로 인한 문제가 여러 가지 측면에서 제기됨.
- 우선 지나치리만큼 엄격한 법적 조치로 인하여 상용 시설뿐만 아니라 연구 분야에 대해서도 막대한 비용과 품질보증 그리고 장기간의 시간이 소요되어 진흥과 갈등을 초래하는 경우도 있음.

나. 다학제성

- 원자력은 하나의 학문 분야로 표면상 분류되어 있지만 한마디로 종합 과학적 성격이 강하다. 따라서 원자력을 연구하고 시설을 활용하기 위해서는 화공, 화학, 물리, 전자, 전기 심지어 농학, 의학, 약학 보건물리 등 거의 모든 분야가 종합적으로 연계되어야만 연구가 가능한 특성이 있음.

다. 대형 연구성

- 원자력 분야가 가지고 있는 가장 중요한 문제가 바로 대형연구성임.
- 원자력은 일반적으로 시스템 형이다. 예를 들어 원자로를 보면 일반적 타 분야에 비하여 안전성 확보가 중요한 사항이기 때문에 차폐 등 비용이 거대하게 소요되며 이로 인한 시설 규모나 연구규모가 클 수밖에 없음.
- 특히 이에 대한 문제는 안전과 직결되므로 자연히 보수적일 수밖에 없고 이로 인한 거대성은 피할 수 없는 당연한 것이며 이러한 특성은 원자력 마케팅 분야에서 극명하게 나타나고 있음.
- 원자력 시설 건설이 국제입찰로 추진 될 경우 국가최고 책임자의 외교적 노력 없이 결정되는 경우가 드문 것으로 보아도 이를 알 수 있음.

라. 국제정치 민감성 및 국제협력 지향성

- 앞에서 기술한 바와 같이 원자력은 양면성이 있으며 과거 '70년대 인도, 파키스탄 핵실험 이후 미국과 서방 원자력 선진국들이 핵무기 확산 금지에 관한 엄격한 통제를 수반하고 있음.
- 특히 국제원자력기구인 IAEA가 엄격한 통제를 추구하고 있을 뿐 아니라 수시로 핵사찰 활동을 하고 있고 최근에는 모든 연구 분야에서도 핵물질 관련 연구에 대해서는 사전 통보가 요구됨.
- 또한 IAEA는 불시에 이를 점검 할 수 있는 제도적 장치가 있으며 따라서 원자력 연구는

국제적 신뢰가 필수적이며 이를 훼손하거나 의심 받을 만한 증거가 포착 될 경우 국제 정치적 문제를 심각하게 수반하여 반드시 엄격한 관리가 필요함.

- 이러한 특성으로 인하여 국제협력은 강력하게 요구되며 또한 원자력의 대형연구성으로 인하여 인적, 물적 자원의 효율적 활용을 위해서도 국제협력은 필수적임.
- 국제협력이 필요한 것은 비단 앞서 기술한 사항 외에도 다분야의 기술정보를 신속하게 확보하고 기술 수준을 유지 개선하기 위하여 필요성이 최근 급증하고 있음.

마. 사회적 수용성 및 안전 지향성

- 원자력의 특성 중 가장 중요한 분야는 안전성 확보에 있다는 것은 당연한 것임.
- 안전이 소홀히 되는 원자력은 생각 할 수도 없고 이 분야에서 종사하는 사람들은 이것이 최우선 지향점이라는 것은 누구도 부인할 수 없음.
- 안전성이 확보 될 수 있을 때 연구나 시설 운영이 가능하기 때문에 무엇보다도 먼저 안전에 관한 연구가 중요시됨.
- 원자력 연구나 시설이 있는 국가는 안전성 점검과 확보를 위해 안전규제 전문기관의 전문적 기술 지원 하에 규제기관이 정부에 설치되어 있다. 안전은 또한 사회적 수용성과 직결되어 있음.
- 우리나라의 경우에도 과거 '70년대와 '80년대 초기에만 해도 사회적 수용성은 중요한 이슈가 아니었으나 발전의 틀에서 사회적 수용성은 우선 과제가 될 수 없었음.
- 그러나 사회가 민주화 되는 과정에서 자연스럽게 사회적 수용성은 무엇보다도 중요한 과제가 되었으며 최근 경주로 결정된 방사성폐기물 처분장의 결정 과정에서 우리나라가 보여준 극렬한 반핵 운동이 이를 잘 보여 주고 있음.
- 향후 원자력 발전 가능성은 사회적 수용성에 의존 한다고 결론지어도 과언이 아닐 만큼 중요한 이슈로 등장한 사회적 수용성은 안전성 확보가 가장 중요한 사항이겠지만 비단 안전성 확보만으로 이를 해결 할 수 있는 것은 아니며 사회적, 문화적, 종교적인 문제와도 결부 되어 있어 상당한 복잡성을 내포하고 있음.
- 오랜 전통과 지역적 특성과 현실적 이해와 결부되어 사회학적 접근이 불가피하며 이로 인하여 앞서 다학제성에서 기술한 종합 과학적 학제 연계성에 이제는 사회학적 관점과

- 정치/행정학적 관점이 어찌면 가장 중요한 분야로서 대두 되었다고 판단됨.
- 다른 면에서 원자력의 특성을 살펴보아야만 하는 부분으로 세계 경제적 측면이 있음.
 - 많은 유력한 인사들이 앞 다투어 향후 세계 경제 판도는 에너지에 의존할 수밖에 없다고 예견하며 실제로 고유가는 하늘 높은 줄 모르고 지속되고 있음.
 - 최근 배럴당 가격이 100달러를 넘기 도하고 향후 10년 이내에 150 달러를 돌파 할 것으로 예측하고 있으며 더구나 가격의 문제가 아니라 확보 여부가 국가의 안보 문제로 대두 될 수밖에 없다고 예견하는 학자들이 많음
 - 돌이켜 보면 70년대 불과 배럴당 가격이 23달러에 불과하던 석유가격이 오늘에 이르러 급등한 현상에서 에너지는 안보 문제로 표현하는데 문제를 제기 할 사람은 많지 않을 것 같으며 또한 지구온난화로 인한 기후변화 협약이 우리로 하여금 화석 연료 사용에 경종을 울리고 있고 이로 인한 예산 부담이 극심할 것으로 쉽게 예측 된다면 해결책은 원자력이 현재로서는 유일한 대안이 될 수밖에 없을 것이임.
 - 지금 세계 선진국들은 신재생 에너지로서 수소를 가장 강력한 대안으로 판단하고 이에 대한 투자를 급속하게 높아가고 있으며 수소를 생산하기 위해서는 거대 동력이 필요한데 이에 대한 동력원으로 가장 효율적인 수단이 원자력인 것으로 인식되고 있음.
 - 이를 위한 국제적 노력이 이루어지고 있으며 수소는 물에서 산소를 분리하여 생산될 수 있기 때문에 자원은 무궁무진 한 것으로 인식하고 있음.
 - 수소가 에너지로 현재에도 사용되고 있으나 경제성 확보가 어려우나 원자력으로 대량 수소 생산이 가능하고 이를 통하여 각종 화석 에너지 사용을 대체 할 수 있다면 미래를 대비한 에너지 문제를 상당 부분 해결 할 수 있을 것이며 이를 통하여 21세기 에너지 문제를 해결 할 수 있을 것으로 예견되는 면이 강함.
 - 한편 하루가 다르게 변해가는 경제 구조에서 새로운 산업을 창출하고 이를 통한 지속적 경제 발전을 추구하기 위하여 선진국에서는 이미 투자를 강화하여 노력중인 방사선 이용 분야에 대한 수요도 급증하고 있으며 이러한 제반 사항을 고려하여 새로운 원자력 중흥기를 맞이하여 원자력이 국가와 국민에게 기여 할 수 있는 노력이 필요함.

제2절 원자력연구개발의 변천과 역사

1. 원자력연구개발 태동기(1960년대)

- 1950년대는 세계적으로 제2차 세계대전 직후 원자력의 평화적 이용을 위하여 노력이 태동하는 시기임.
- UN을 중심으로 원자력 이용을 촉진하기 위한 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency : IAEA)의 창설이 제안되어 1957년 10월 1일, 제1차 IAEA 총회가 오스트리아의 비엔나에서 열렸으며 또한 스위스의 제네바에서 처음 개최된 '원자력의 평화적 이용을 위한 국제회의'에는 세계 각국으로부터 많은 과학자가 참가하였으며, 이를 계기로 원자력 이용을 위한 각종 기술제휴와 정보교류가 세계적으로 확산됨으로써 원자력의 평화적 이용을 위한 기반이 조성됨.
- 이러한 세계적 여건 하에서 우리나라도 원자력의 중요성을 인식하고 1956년 3월 9일 대통령령 제1140호에 의거하여 문교부 기술교육국에 원자력의 연구개발 및 이용을 위한 행정부서로서 원자력과가 신설됨.
- 문교부 원자력과의 주요과제는 우리나라의 원자력 연구를 태동시키는 것이었으며 우리나라에 원자력 분야를 태동시킨 귀하여 원자력법을 제정하고 전담 행정기구의 조직과 직제를 구성하고, 설립될 연구소의 밑그림을 그림으로서 우리나라 원자력 연구의 시작을 알렸다. 원자력법은 미국, 영국 및 일본 등을 토대로 원자력의 연구개발 및 이용과 그 관리에 관한 기본사항을 규정한 것임.
- 원자력원의 발족으로 원자력연구소가 설립되었고 우리나라 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II가 건설 운영 되면서 연구에 실질적인 발판이 마련되었으며 그 후 곧이어 방사선의학연구실과 방사선농학연구실이 신설되었으나 각각 별도의 연구소로 분리 독립함.
- TRIGA Mark-II가 가동되면서부터 원자로에 관한 연구와 방사선 이용연구가 진전을 보였으며 이를 계기로 원자력 연구 성과를 학계에 알리게 되어 주목을 받기 시작 하였음.
- 그 당시 우리나라의 경제적 여건 하에서도 해외 훈련에 적극적인 노력을 기울였던 점은 당시 국가 재정형편을 감안할 때 획기적인 일임.

가. 연구용 원자로(TRIGA Mark-II, TRIGA Mark-III)의 건설

- 원자력법이 제정되고 원자력연구소의 설립이 추진 중이던 1957년부터 문교부에서 연구용 원자로의 도입이 계획되고 있었음.
- 처음에 50 kWt 급의 Water Boiler형을 생각하였으나 원자로의 가격과 활용성 등을 감안하여 TRIGA Mark-II의 도입으로 결정 되었음.
- 1960년부터 원자로의 설치공사는 대부분 연구소 직원이 참여하였으며, 후일에 운영시에 대비하였던 것으로 전해졌으며 준공식은 나라의 경사처럼 치러졌으며 제 2의 연구용 원자로를 도입하려는 계획은 1965년부터 추진되었으며 용량은 MW급 열 출력을 목표로 삼았음.
- 정부의 지원으로 미국으로부터 도입한 제2 연구용 원자로는 1972년 3월에 임계에 도달하여 2 MW 정격출력 운전에 들어갔으며 이로서 우리나라의 연구용 원자로가 2기 가동되어 원자료를 활용한 연구가 본격적으로 출발 할 수 가 있었으며 오늘의 원자력 세계 6대 강국의 초석을 마련한 중요한 출발점이 되었음.

나. 방사선의학연구소 및 방사선농학연구소의 설립

- 원자력원의 창설과 더불어 가장 활발하게 연구를 수행할 수 있었던 분야는 방사성동위원소 이용연구 분야로서 의학적 이용이 두드러졌으며 당시 수입에만 의존하던 상당수의 방사성동위원소가 국내에서 생산 공급 가능하였기 때문임.
- 따라서 자연스럽게 방사선의학분야는 방사선의학연구소로 출범하게 되었으며 원자력 병원의 모체가 될 수 있었음.
- 방사선의학연구소는 1972년 원자력청의 민영화 계획에 의하여 부속 병원만 남기고 한국 원자력연구소에 통합되었으며 부속 암 병원은 원자력병원이란 간판아래 연구소 부설기관으로 새 출발함.
- 원자력연구소는 1963년 처음으로 생물학연구실에서 방사선의 농학적 이용에 관한 연구를 시작하였으며 이 무렵 농학계에서는 방사선농학연구를 집중적으로 확대 수행 할 필요가 있어 이를 적극 추진하여 원자력연구소의 주요 분야로 자리 매김을 할 수 있었음.

- 방사선농학연구소는 정부의 민영화 계획에 따라 1972년 연구소로 통폐합됨.

다. 연구활동

- 이당시의 원자력 연구 분야로서는 물리학, 화학, 생물학, 원자로공학, 전기공학, 보건물리학, 의학 및 농학이 대표적이라 할 수 있으며 특히 물리학을 우선 생각 할 수 있음.
- 원자력 공학이 대학에 설치되지 않았던 점과 원자력이 물리학의 한 분야라는 점으로도 TRIGA Mark-II를 활용한 연구가 주를 이루면서 물리학 연구의 많은 분야가 원자력연구소에서 이루어졌음.
- 화학분야에서는 유기할로젠 화합물 합성 및 반응연구, 표지화합물 합성연구, 방사성동위원소 제조연구, 방사화분석 연구 및 방사선화학 연구 등을 수행하면서 그 결과로서 방사성 동위원소를 유기화합물에 도입하여 표지화합물 합성연구를 수행, 여러 가지 제품을 개발하여 대학과 연구기관에 공급하였으며 특히 1968년부터는 보건사회부로부터 방사성의약품 제조업 면허를 취득함으로써 본격적인 방사성의약품의 제조, 공급업무를 수행하였음.
- 방사화 분석 연구는 1962년부터 TRIGA Mark-II의 가동을 계기로 수행하였는데, 극 미량 분석이 가능하다는 장점을 이용하여 많은 공헌을 함.
- 1960년대 초기, 생물학 분야에서도 원자력 특히 감마선 조사를 이용한 우리나라 산림 방재 연구를 적극적으로 수행하였으며, 연안의 기초생산력 조사연구는 우리나라 연안어업에 귀중한 자료를 마련하였음.
- 또한, 생체의 미생물감염에 의한 면역학적 연구, 방사선조사에 의한 생체의 항체생산에 관한 연구 등의 기초연구를 하였음.
- 원자로공학 및 전기 분야는 후일 우리나라의 원자력발전 산업의 기초를 마련하였으며 특히 한국전력공사의 원자력 발전 사업에 지대한 공헌을 할 수 있어 오늘의 원자력 발전 대국으로 발돋움 하는데 크게 기여 함.
- 보건물리학연구실에서는 1960년대 초부터 주로 연구소의 방사선 안전관리업무를 수행하여 방사선구역 종사자의 체내 오염관리를 위하여 인체의 배설물과 혈액을 정기적으로 채취, 측정하였고, 주요 식품과 환경시료에 포함된 특정 핵종을 정량화하여 기준데이터로 삼음.

- 의학 분야의 연구는 방사성동위원소를 이용한 진단 및 병리학적인 연구를 수행하여 암 치료를 위한 많은 기초 연구를 통하여 원자력 병원이 암 전문 병원으로 성장하는 계기를 마련함.
- 농학연구에서는 유전육종연구, 생리영양연구, 작물보호연구 및 식품조사연구에 노력하였으며, 유전육종 연구 분야에서는 방사선조사에 의한 쌀, 보리, 콩 등 우리나라 주곡의 돌연변이 유기연구를 중점적으로 수행하여 괄목 할 만한 연구가 수행됨.

2. 기반조성기(1970년대)

가. 한국원자력연구소의 발족

- 1967년 3월 30일 과학기술처의 발족으로 원자력원은 과학기술처의 외청인 원자력청으로 개편되었고 원자력청 산하에 3개 연구소, 즉 원자력연구소, 방사선의학연구소 및 방사선농학연구소가 속하게 됨.
- 이 당시 원자력청 기구의 축소개편과 산하 3개 연구소의 통합계획이 세워져 이를 시행하기 위한 작업이 시작됐으며 1973년 1월 15일, 법률 제 2443호로 한국원자력연구소법이 공포됨에 따라 원자력청 산하의 원자력연구소, 방사선의학연구소 및 방사선농학연구소는 특수법인체의 한국원자력연구소로 통합됨.

나. 원자력발전시대의 개막과 연구소의 기여

- 1967년 초에는 원자력청이 제1호기 원자력발전소의 도입을 위한 구체적 작업을 수행함.
- 원자력 전문 인력이 없었던 당시의 상황에서 원자력연구소의 원자력 전문 인력은 우리나라 원자력 발전소 도입에 중요한 기술 집단으로 역할을 수행 할 수밖에 없었음.
- 연구용 원자로를 운영하고 있었던 원자력연구소는 우선 원자력발전소 설계엔지니어링의 국산화가 시급하다고 판단하고 A-E회사의 설립을 추진하였으며 KABAR를 설립하고 많은 기술요원을 이 사업에 참여토록 하였으며 그 후 KABAR는 한국원자력기술주식회사(KNE)로 개편되었고 1982년 한국전력으로 이관될 때까지 연구소가 운영하였으나 현재는

KOPEC으로 발전하여 한국전력공사의 자회사로서 원자력 발전소 설계 기술 전문회사로 발전함.

- 한편 원자력기술 전문 집단으로서 원자로시설의 건설과 운영허가에 필요한 안전심사 및 안전검사업무에 참여하여 원자력안전규제 행정을 기술적 측면에서 지원하여 방사성동위원소 및 원자력 발전소 안전성 확보 측면에 기여함.
- 본 안전 규제 기술 지원은 규제기관인 과학기술부의 원자력 안전규제를 효과적으로 지원하기 위하여 원자력연구소 내에 부설기관으로 준 독립 상태로 존속하였으나 최종적으로 규제기술 전문 기관으로 독립하여 현재의 원자력 안전 기술원이 됨.

다. 핵연료주기기술연구의 착수

- 1972년 원자력연구개발의 최우선 과제를 핵연료주기기술의 확립에 두고 이의 핵심기술이라고 볼 수 있는 핵연료 성형가공기술과 재처리기술의 연구개발에 주력하면서 해외 기술 파트너를 선정함.
- 그 결과 불란서의 SGN사를 재처리연구시설의 협력 선으로 하여 1973년 시험용 재처리 시설의 개념설계 용역계약을 체결했으며 또한 1975년 시설건설을 위한 기술용역 및 공급계약을 체결하였으며, 우라늄 핵연료 성형가공 연구시설의 도입선은 CERCA로 하여 공급계약을 체결함.
- 그러나 당시의 국제적 환경 아래에서는 연구소가 추진하고 있던 연구시설의 도입추진이 어려워 중단되었다. 그 후 재처리연구시설 사업은 수정되어 화학처리 대체사업으로 추진됨.
- 과학기술처는 본 사업을 효과적으로 추진하기 위하여 1976년 12월 1일 한국핵연료개발공단을 특정 연구기관육성법에 근거하여 설립함.
- 이렇게 하여 연구소는 원자력발전계통기술 개발 사업을, 그리고 한국핵연료개발공단은 핵연료주기기술 개발 사업을 중점사업으로 하여 국가 원자력사업의 원활한 추진에 기여하기 위해 새로운 노력을 기울여 나갔으며, 한국핵연료개발공단은 재처리시설이 제외된 대신 우라늄 정련·변환시설, 조사후시험시설, 방사성폐기물시설로 대체하여 도입이 추진됨.

- 1977년 11월 프랑스와의 차관계약을 수정하여 체결하고 그해 6월에는 SGN(후에 COGEMA와 합병)과 이미 체결한 기술용역계약도 발효되었으며 CERCA와의 계약으로 추진되었던 10 톤 규모의 핵연료(우라늄 핵연료) 성형가공시험시설은 계획대로 추진되어 1976년에 설계를 완료하고 외자 2백 80만 불(1천 3백만FF)과 내자 약 9억 원으로 핵연료 가공기기를 구매하였으며 1978년 10월에는 연건평 1천 200 평의 시험시설을 완공함.
- 1978년부터 프랑스 차관사업의 성공적 추진에 전력하는 한편 단기 중점목표를 핵연료의 국산화에 두고 경수로 및 중수로 핵연료 국산화 사업을 추진함.

라. 목적기초연구

(1) 연구개발계획의 변천

- 연구소는 1968년에 작성한 '원자력연구개발이용 장기계획'은 1971년부터 1989년까지 19년간의 계획을 작성한 것이며 주요과제는 국산원자로 개발, 핵연료 및 노재료 개발, 방사선 및 방사성물질 이용연구, 방사선 안전관리, 기초연구 등을 제시함.
- 그 중 국산원자로의 개발에서는 국산 재료시험로의 개발과 발전용 원자로의 개발 등이 포함되었고, 핵연료 및 노재료의 개발로서는 핵연료 성형가공시설, 우라늄 정련시설, 재처리시설 등의 설치를 추진하는 것으로 되어 있었으며, 원자력기술개발의 비전을 처음으로 제시하였다는 점에서 높이 평가되었으나 국제 여건으로 인하여 이중 재처리시설 등은 후에 수정되었음.

(2) 원자력안전연구

- 1970년대에 원자력발전소가 우리나라에 본격 가동되면서 안전연구는 그 중요성이 크게 부각되었으며 원자력발전소의 안전성평가에 필요한 전산코드의 도입과 이의 정비 및 검증 등을 위한 연구가 수행되었음.
- 원자로 구조물과 핵연료 건전성 등 대부분 원자력발전소에 대한 안전성 확보와 이에 대한 연구가 수행되었으며 어쨌든 이 시기에 원자력 안전연구가 체계적으로 수행되기 시작했으며 이를 토대로 원자력 발전소의 안전 운전과 운영에 도움을 줌.

- 뿐만 아니라 환경안전 분야에서는 원자력발전소의 환경영향평가 기술을 개발할 목적으로 원자력발전소에서의 온배수 및 방사성물질의 영향평가, 환경방사선 선량측정평가, 방사성 물질의 확산모델개발 등의 연구를 수행하였음.

(3) 핵연료주기기술연구

- 본 분야는 당시 한국핵연료개발공단을 주축으로 불란서 SGN과 CERCA사와 협력을 통하여 본격적으로 연구가 착수 되었으며 이러한 연구를 위한 시설은 프랑스 차관사업으로 재원을 충당했으며 핵연료가공연구는 1970년대 초기부터 월성 1호기 핵연료를 국산화한다는 목표를 세우고 이를 위하여 핵연료설계연구와 조사시편(照射試片) 제작연구를 수행하여 중수로형 핵연료의 설계 및 제조기술 개발을 추진하였으나 경수로 핵연료 연구 또한 중수로형 핵연료 연구와 더불어 본격적인 연구에 착수하였음.

(4) 방사성동위원소 및 방사선이용연구

- 1971년부터는 진단용 방사성동위원소 의약품 등을 개발, 병원에 공급하는 등 본 분야의 의학적 적용연구가 상당한 진전을 보이고 있었으며 또한 산업용 방사성동위원소로도 생산, 공급하여 원자력 발전소와 공업적으로 활용되기에 이르렀음.
- 방사선 화학연구는 산업계와의 수탁연구로서 1978년 전자가속장치를 이용한 연구를 수행하여 실용화에 성공함.
- 한편 Co-60조사시설을 이용한 연구를 수행하여 실용화를 기하였으며 특히 의료분야에 주로 적용됨.
- 일반 환경관리와 관련하여 농수산물의 독성원소의 분석과 환경시료에 함유된 미량원소의 분석과 관련한 기술개발을 수행하였으며 공산품 물질중의 불순물을 비파괴분석법으로 분석하는 장치를 개발하였음.

(5) 기초연구

- 원자력연구가 물리학을 중심으로 기초연구에서 출발 했으나 원자력 발전소의 도입과 이에 대한 국가적 필요에 의한 실용화 연구가 활발했으나 동기간에 기초연구 분야에서도 TRIGA Mark-III의 가동에 따라 중성자물리학 분야와 중성자산란에 의한 물성 연구 등 많은 진전을 보였음.

3. 기술자립기(1980년대)

가. 원자력연구기관의 통합

- 1960년대와 1970년대가 원자력 연구에서 태동과 기반을 구축했다면 1980년대는 원자력 연구 개발의 역사에서 가장 왕성한 실용화 연구가 있었던 기간으로 분류 할 수 있음.
- 특히 1,2차 석유 파동을 거치면서 에너지의 안전한 확보는 국가 경제의 가장 중요한 문제로 부각되면서 그동안 해외에 의존 해 오던 핵연료를 국산화하기 위한 움직임이 1970년대에 태동하여 본격적으로 시행에 들어가며 관련 연구가 활기를 띠기 시작 했던 것임.
- 당시 핵연료주기 기술을 전담했던 핵연료개발공단이 원자력연구소와 통합 되면서 핵연료와 원자로 기술 분야에 대한 연구가 본격화 되었고 이를 위한 정부의 본격적 재정 지원도 수반되었음.
- 한국핵연료개발공단의 핵연료 국산화의 일차적 목표는 비교적 소규모 예산이 소요되는 중수로핵연료 성형가공부문이었으며 1978년 10월에는 프랑스 CERCA로부터 도입, 설치한 연산 10 톤 규모의 성형가공시험시설의 준공으로 연구개발의 가능성이 현실화 되어 가고 있었음.

나. 핵연료의 국산화

- 원자력 연구소가 그 당시의 국제적 석유 파동을 배경으로 기술 집약형 에너지인 원자력 발전소 소요 핵연료를 개발 국산화 계획을 수립한 것은 시대적 배경과 그간의 연구 개발 경험에서 비롯된 산물로 여길 수 있으며 이를 통한 원자력 연구 개발 능력과 국가 경제 견인이라는 두 목적을 동시에 추구한 것이라 할 수 있음.

- 먼저 출발한 사업이 불란서에서 도입한 년산 10톤 규모의 중수로 핵연료 가공 시험 시설을 이용한 중수로 핵연료 국산화 이었고, 곧 바로 우리나라 원전의 주종을 이루었던 경수로형 원전 연료 국산화 계획이었음.
- 국내/외에서 우려의 목소리가 높았지만 연이어 핵연료 국산화에 성공하였으며 이를 계기로 원자력발전사업 기술자립 계획이 수립되어 그야말로 원자력 중흥기를 맞이했으며 특히 경수로형 핵연료 국산화 사업은 여러 가지 우여곡절을 거치며 사업을 추진하였는데 훈련기간을 단축시키고 훈련경비를 절감하기 위한 방법으로 공동설계의 개념이 도입되었음.
- Siemens-KWU는 처음부터 우리 기술진을 모든 설계분야에 끌고루 참여시켜 설계 사업을 공동으로 추진하되 설계책임은 Siemens-KWU가 진다는 공동설계조항에 동의하였음.
- 결과적으로 우리 설계진이 별도의 훈련 없이 기술도입선인 Siemens-KWU에 파견되어 예비설계업무에 착수할 수 있었고 공동설계 과정을 통하여 실무경험을 축적하게 되었음.
- 그 결과 1989년 2월에 처음으로 우리 기술진에 의하여 고리 2호기 7주기 핵연료의 설계가 진행되어 다음 해 연구소가 설계한 핵연료가 핵연료회사에 의하여 제작되었고 국내 최초의 국산 핵연료 KOFA(Korea Fuel Assembly)를 고리 2호기 7주기에 장전되었음.
- 이러한 핵연료 국산화 사업이 우리나라 원자력 연구에 획기적인 전환점을 마련하는데 결정적인 계기가 되었음.
- 즉 원전사업의 출발이 핵연료국산화 사업이었으며 원전사업이 성공한 결과 산업체에 기술과 인력을 이관한 원전사업이관의 결과로 원자력연구개발기금이 탄생하였으며 이는 원자력 연구개발사에 큰 획을 그을 수 있었던 매우 중요한 계기이었음.

다. 다목적연구로 설계·건조사업

- 연구소는 소형의 연구용원자로인 TRIGA 원자로 2기를 운영하면서 본격적으로 원자력 연구를 위하여 대용량의 연구용 원자로를 보유하기를 강력하게 희망하였으며 1995년 드디어 우여곡절 끝에 30 MW급 연구용 원자로인 하나로를 준공하게 됨.
- 이 하나로 연구로가 갖는 의미는 매우 큰 것이며 본격적인 원자로를 이용한 연구가 가능하게 된 것이다. 중성자를 이용한 각종의 연구에 획기적인 장을 마련한 것이며 이로써 우리나라 원자력 관련 연구는 모든 면에서 체계적 기틀을 마련하였으며 본격적 국가연구개발시대를 열게 됨.

라. 연구개발의 국제화

- 1980년대의 연구개발은 원전기술자립계획과 핵연료국산화계획에 의하여 원자력 기술 능력을 한 단계 도약 시켰으며 이는 연구개발의 규모와 연구개발의 질적 도약을 수반하게 되었으며 국제화를 필연적으로 요구 받게됨.
- 단순한 의미에서의 초기 국제화와는 질적으로 성숙한 연구개발의 국제화가 요구되었으며 기술 정보의 확보와 교류가 국제적으로 필요하게 되었으며 그 결과 많은 국제적 연구가 진행됨.
- 미국을 위시하여 영국, 이탈리아, 벨기에, 독일, 일본, 캐나다, 네덜란드, 스웨덴, 한국, 대만, 스페인, 스위스, 핀란드 등 14개국이 참가한 중대사고 관련 연구를 비롯하여 UO2 핵연료의 열적 성능 공동연구, 고속증식로분야의 한/불 공동연구, 핵연료주기기술개발을 위한 캐나다와의 공동 연구, 국제코르드평가 및 응용 프로그램 공동연구 등 각종의 다방면의 국제 공동연구가 활발하게 진행됨.

4. 기술고도화기(1990년대)

가. 하나로 건설과 원전사업 그리고 사업이관

- 1990년대는 상기에서 기술한바와 같이 경수로핵연료 및 발전로계통설계의 국산화와 함께 우리나라 원자력계의 기술자립기에 해당하며 원자력 연구가 가장 활발하게 구현되었던 기간임.
- 독일의 Siemens -KWU와 미국의 ABB- CE사와 기술도입계약하에 기술 자립이 시행되었으며 이때 기술과 동시에 KNOW-HOW와 KNOW_WHY를 확보 할 수 있어 원자력 기술개발과 연구개발의 가능성을 확보 한 기간임.
- 이는 단순히 기술 자료와 연구 역량을 확보 한 데 그치지 않고 그러한 능력을 보유한 고급 연구 인력이 다양한 원자력 산업체에 확산되었으며 이는 우리나라 원자력 산업과 연구개발 협력 체제를 구축한 결정적 전환점이 되었으며 연구 인력과 산업체의 인력간 협력 범위를 한층 강화했으며 연구에서도 실사구시가 가능한 연구 연건을 조성 했다고 평가 됨.

- 뿐만 아니라 이 기간에 우리나라 원자력 연구의 중심점이 된 하나로가 건설 완료 되었으며 지금도 이용시설이 끊임없이 확충되고 있지만 하나로는 원자력 연구의 대표적 상징물이 됨.
- 앞서 기술한 바와 같이 원전사업으로 추진 된 경수로핵연료 국산화사업과 발전로계통설계사업은 사업과 기술자립이라는 목적과 연구 개발 을 위한 기초 기술을 충분히 확보한 우리나라 원자력 연구개발의 국제적 여건의 기반을 마련함.
- 결국 이러한 과정에서 원자력연구개발기금이 탄생하고 원자력 연구개발 종합계획 탄생했으며 모든 원자력 연구개발사업의 기본 정책인 원자력진흥종합계획이 탄생했음.
- 현재의 우리나라 원자력계의 가장 중요한 과제인 방사성폐기물사업도 이때를 중심으로 시작되며 동시에 큰 화두를 제공함.
- 당시 설립한 원자력환경관리센터는 사업이관 합의에 의해 사업부분을 한국전력으로 이관시키고 연구부분은 연구소에서 수행하고 있으며 특히 연구소에서는 사용후핵연료관리 및 고준위 방사성폐기물처분연구에 주력하고 있음.
- 앞서 기술한 원자력연구에 대한 비판도 거세었으나 연구자가 사업과 병행 하는 연구에 대한 기초연구 관련자들의 비판은 결국 사업이관을 위한 이론적 근거를 제공해 줌.
- 그들의 비판의 주된 내용은 연구는 앞날에 대한 장기적인 연구개발과 학문의 진보에 근본 목적이 있어야 한다는 당위성에 비중을 두고 있어야 한다는 것이었으나 1990년대의 연구는 원자력 발전 사업에 직접 기여하기 위한 실용화 연구에 너무 밀착해 있다는 것임.
- 특히 학계에서는 이러한 연구가 중심이 되고 있었던 당시의 현실에 기초연구가 뒷전에 밀려 연구 본연의 목적에 위배 된다는 강한 비판이 있었음.
- 한편 원자력 발전 사업에 종사하고 있었던 고급 박사급 인력들도 이러한 주장에 동조하는 세력이 나타나게 되었으며 사업과 직접 관련된 연구에 매달리면서 시간과 일정에 쫓기고 발주자의 영향력으로 인한 연구 근본이 흔들리는 현상에 기인한 것임.
- 이러한 종합적인 문제가 공식적으로 표출되면서 원자력 발전 사업을 주관하고 있었던 한국전력과 당시 관할 정부 부처인 동력자원부도 사업은 산업체에서 수행하고 연구는 연구기관에서 미래 대비 연구를 전담 수행 해 줄 것을 강력히 요청하게 되었음.
- 과학기술부도 연구기관이 연구보다는 사업을 지향하고 있는 점에 대한 불만의 목소리가

제기되고 있어 결국 사업과 연구가 분리되는 원전 사업 이관을 정부에서 결정하게 되었음.

- 원전 사업 이관에는 상당한 기간과 논쟁이 있었으나 결국 원전사업 종사자를 일괄적으로 산업체에 넘겨 기술 이전을 실질적으로 구현하게 되었으며 이로써 연구와 사업이 분리되고 동시에 이에 대한 연구재원을 마련하기 위하여 원자력연구개발기금이 설치되고 이를 기반으로 원자력 중장기 연구개발 계획이 탄생하게 됨.
- 그러나 원자력연구개발중장기 사업은 당초 정부주도과제와 산업체주도과제로 구분하여 정부주도과제는 과학기술부 주관 하에 장기 개발 사업으로 수행하고, 산업체주도과제는 동력자원부 주관 하에 한국전력공사와 실용적 연구를 수행하도록 되었기 때문에 연구 분야에 대한 갈등이 끊임없이 지속되어 왔음.
- 상당 부분에서는 이러한 결과로 연구개발의 실적이 저조하다는 오랜 기간 동안의 비판을 감수 할 수밖에 없도록 된 원인을 제공 한 것으로 평가되기도 함.

나. 원자력연구개발 중·장기계획사업의 착수

- 1990년대의 원전사업 기술자립으로 자신감을 얻은 원자력 계와 때를 같이 해 과학기술을 선진 7개국(G7)수준으로 끌어올리기 위한 방법의 일환으로 원자력기술개발의 체계적 연구가 가능한 방법과 중요성이 강조되었음.
- 연구소가 그 동안 제시한 장기연구개발계획안과 과학기술처가 연구소의 의견을 반영하여 국가원자력연구개발계획 수립에 착수하였음. 전반적인 원자력계의 연구를 종합적으로 분석 작성된 본 계획안에는 6개 분야에서 27개 과제를 도출하여 향후 10년간 약 2조원 규모에 달하는 연구개발계획을 작성하게 되었음.
- 앞장에서도 기술 되었듯이 본 계획에는 산업체주도과제와 정부가 주도하는 국가연구개발 사업으로 구분 추진되었음. 동 사업은 1992년 원자력에 대한 국가최고의결기구인 원자력 위원회에서 원자력중·장기계획을 심의 의결하여 본격 추진할 수 있게 되었음.
- 또한 1995년 원자력법이 개정되어 이에 대한 법적 근거를 확보하였으며 발전용원자로 운영자의 원자력연구개발기금과 정부 출연금으로 원자력 연구소요 재원을 충당하게 되었음. 원자력연구개발사업의 큰 축으로 기본이 되고 있는 것은 원자력법과 원자력진흥종합 계획이다 원자력법은 우리나라 모든 원자력 관련 사업 및 연구의 최 상위법으로 연구개

발사업의 법적 근거를 제공하고 있으며, 원자력진흥종합계획은 원자력 전반에 걸친 정책 방향과 사업 추진 기본 방향을 제시해 줌.

- 당초 연구소가 준비한 연구개발 계획안에는 정부 주도로 수행될 과제 중에 일부 원전운영과 관련된 과제가 포함되어 있었음. 관련 기관과 부처 협의 과정에서 정부주도 과제와 산업체주도 과제로 분리하여 수행한다는 원칙에는 합의하였으나 일부과제의 수행 주체에 대하여는 의견을 달리 하였음. 대표적 과제로 '차세대 경수로 개발', '경수로형 개량핵연료 개발' 및 '원자력안전 연구'였음.
- 최종 확정된 원자력연구개발 중·장기 계획사업은 8개 분야에 대하여 20개의 정부주도 과제와 14개의 산업체주도 과제로 구성되며, 1992년부터 2001년까지 10년간, 총 소요연구비는 1조 9천 655억 원을 계획되었음.

(1) 원자력연구개발계획의 착수

- 최초로 원자력위원회를 거쳐 확정된 '원자력연구개발 중·장기 계획사업(1992-2001)'은 원활한 수행을 위한 다음과 같은 기본방침으로 3개의 추진전략을 수립하였음.
- 첫째는 원자력연구개발체제의 확립으로써, 한정된 재원의 효율적 배분과 연구개발의 실효성 제고를 위하여 원자력연구개발사업을 기초 및 개발연구분야는 정부주도 과제로, 그리고 적용 및 실용화연구분야는 산업체주도 과제로 역할분담하며 정부 및 산업체주도 과제를 다음과 같이 분류하였음.
- 즉 정부주도 과제는 (1) 미래형 핵연료개발을 위한 기반기술개발, 미래형 원자로개발 및 실증로개발, 핵연료성형가공을 제외한 핵연료주기관련 기반기술, 기타 원전기술향상을 위한 기반기술개발분야, (2) 방사성폐기물관리사업관련 기술개발분야, (3) 원자력안전규제 기술개발분야, (4) 방사선/방사성동위원소이용기술개발 등 산업체가 직접 수행하기 어려운 분야임.
- 산업체주도 과제는 (1) 원전 건설·운영에 직접 필요한 기술개발분야, (2) 실증로이후의 원자로 및 개량화연구분야, (3) 기존 핵연료개량 및 성형가공기술개발, (4) 원전내 방사성 폐기물관리 기술개발 등임.
- 둘째는 연구개발 재원의 안정적 확보로 정부주도 연구개발비는 정부예산으로 충당하되 과학기술투자 확대정책에 의거 계속적으로 확대 확보하며, 부족분은 정부의 요청에 따라

개발기술의 최종 수혜자인 한국전력이 지원하도록 하였음. 또한 산업체주도 과제의 연구 개발소요자금은 한국전력의 연구개발비로 조달하되 국가선도기술개발과제에 대하여는 일부를 정부가 지원하며, 원전사업 관련업체와 방사성동위원소 이용기관 등 한국전력 이외의 산업체의 연구개발투자는 단계적으로 확대를 유도함.

- 셋째는 연구소의 역할 및 기능을 원자력연구개발의 효율적 수행을 위하여 연구개발중심으로 육성, 지원한다. 이를 추진하기 위하여 (1) 원자력기술의 기초·기반기술연구개발을 활성화하여 원자력기술 선진화의 선도역할을 하며, (2) 원전기술자립과정에서 축적된 기술을 바탕으로 미래지향적 기술개발을 수행하고, (3) 연구개발투자재원 및 인력의 안정적 확보와 조직·제도 등의 개선방안을 강구함. 이로써 연구개발 수행을 위한 역할분담, 재원조달, 그리고 연구소의 연구기능 강화의 전략아래 연구소가 갈망하며 심혈을 기울였던 '원자력연구개발 중·장기 계획사업(1992-2001)'은 1992년 9월 1차년도 사업을 착수하게 되었음.

(2) 연구개발재원의 변화

- 연구소의 연구재원에는 많은 변화가 있었다. 설립이후 1970년대까지는 정부보조금 형식으로 소액의 연구비를 받아 연구를 수행하였으며, 1980년대에 들어서는 정부출연금으로 지원한 10 억 원 규모의 기본연구비에, 1982년에 특정연구개발사업이 과학기술처에 신설되면서 새로운 연구재원을 확보할 수 있었으며, 1980년대 중반부터는 연구소가 원전설계 사업을 수행하면서 사업수입으로 원전관련 연구개발비를 추가로 확보할 수 있었음. 이와 같이 재원은 다변화되었지만 여전히 연구개발 투자규모는 연간 수십억 원에 불과하여 원자력연구개발에 필수적인 실험·실증적 연구는 엄두도 내지 못하였음.
- 이러한 실정에서 안정적인 재원조달을 바탕으로 한 원자력연구개발 중·장기 계획사업의 착수는 이전과는 다른 규모의 연구개발사업을 수행할 수 있게 하였음. 그러나 연구개발 규모는 대폭 증가하였지만 정부재원의 한계로 연구개발비의 상당부분은 한국전력의 지원금 및 방사성폐기물관리기금에 의존할 수밖에 없어 연구내용에 있어 한국전력의 의견에 영향을 받을 수밖에 없었음.
- 사업 이관과 연계하여 기금의 설치를 검토하면서 기금의 규모를 정하기 위하여 과학기술처와 연구소는 원자력발전량 kWh당 2원 이상의 기금규모가 필요하다고 제시 한데 비하여 1원 미만을 제시하는 기금 부담자와의 규모 차이가 커서 합의점을 찾지 못하였음.

결국 전년도 원자력발전량 kWh당 1.2 원의 '원자력연구개발기금'이 결정 되었으며 1996년 6월 25일에 개최된 제245차 원자력위원회에서 의결, 확정되어 1997년부터는 원자력연구개발기금과 정부출연금으로 안정적인 연구개발을 수행할 수 있게 되었음.

(3) 연구개발사업 수행체제의 변천

- 1980년대까지 연구소의 연구개발사업은 소액단위의 기본연구과제, 원전사업관련 원전기술개발사업, 과학기술처의 특정연구개발과제, 그리고 외부기관과의 수탁연구사업 등 소규모의 산발적 연구과제로 구성되어 있었음.
- 1992년, 원자력연구개발 중·장기 계획사업이 착수되면서 그 간의 특정연구개발사업에서 지원받던 정부의 연구비가 중·장기계획의 재원으로 전환되어 연구소의 연구개발 기능을 재원 및 인력 면에서 중·장기계획 중심으로 개편하였음.
- 또한 1994년부터는 체계적이고 안정적인 연구개발을 수행할 수 있도록 원자력법을 개정하여, 향후 수립되는 '원자력진흥종합계획'과 연계하여 연구개발사업을 수행하도록 하였음.
- 이에 따라 원자력진흥종합계획의 수립 작업이 정·산·학·연의 전문가를 총동원하여 1996년 8월에 그 초안이 작성되고, 공청회를 거쳐 1997년 6월 13일, 제247차 원자력위원회의 의결로 최종 확정되었음. 원자력진흥종합계획은 원자력의 이용과 안전관리에 대한 현황과 전망을 토대로 정책목표와 기본방향을 제시하고 이를 효과적으로 달성하기 위한 부문별 과제 및 추진계획 그리고 소요재원의 투자 및 조달계획을 담고 있으며 원자력연구개발 중·장기 계획사업은 원자력진흥종합계획을 근간으로 수행하고 있음.
- 그 간 과학기술부와 연구소는 원자력연구개발 중·장기 계획사업에서 한국전력의 지원비율이 상대적으로 높아 연구개발 방향이 원자력발전사업에 편중됨을 우려하여 정부지원규모의 확대를 모색하게 되었음. 즉 별도의 정부예산 확보 노력을 기울여 1996년에는 별도의 신규 추가사업으로 특정연구개발사업과 동일 수준의 '원자력연구개발 정부출연사업'을 신설하여 연구소주도로 중소형로 개발 등 비 발전분야의 신규 과제를 수행할 수 있도록 하였음.
- 반면 1996년부터는 연구소가 주도하여 수행하여 온 핵융합로 연구가 새로 마련된 국가핵융합개발계획에 의하여 기초과학지원연구소 주도로 추진하도록 결정되어 연구소의 핵융합연구기능을 위축시키는 아쉬움을 남겼음.

- 1992년부터 과학기술부의 방침에 따라 그 간 연구소가 수행하여 온 연구기획 및 평가관리업무를 과학기술정책연구소(현재의 과학기술평가원)로 이관하였음. 이에 따라 1996년에 수행된 원자력연구개발 중·장기 계획사업의 수정, 보완을 위한 기획 작업이 과학기술정책연구소 주도로 약 90명의 산·학·연 전문가가 참여하여 이루어졌음.
- 1997년 6월 13일, 제247차 원자력위원회에서 의결된 '21세기를 향한 원자력연구개발 중·장기 계획사업(1997-2006)'은 체제를 달리하여 정부주도 과제와 산업체주도 과제를 분리하고 정부주도 과제를 7개 분야 32개 과제로 확대하였음.
- 또한 '원자력기초연구사업'과 '연구기획평가사업' 및 '핵융합연구지원사업'을 신설하고, 별도로 수행하던 '원자력국제공동연구사업'과 '원자력정책연구사업'도 단위사업으로 편성하여 원자력연구개발 중·장기계획을 포함한 총 6개의 단위사업으로 '원자력연구개발사업'을 구성하였음.
- 그 후에 원자력연구개발사업의 체제는 필요에 따라 변화하여 1998년에는 '성과이전사업'과 1년 기간의 한시적인 '인턴연구지원사업'이 신설되었으며, 1999년에는 '연구기반사업'을 신설하여 총 8개의 단위사업으로 원자력연구개발사업의 수행체제가 정착되었음.

제3절 원자력연구개발의 현황과 전망

1. 원자력연구개발의 현황

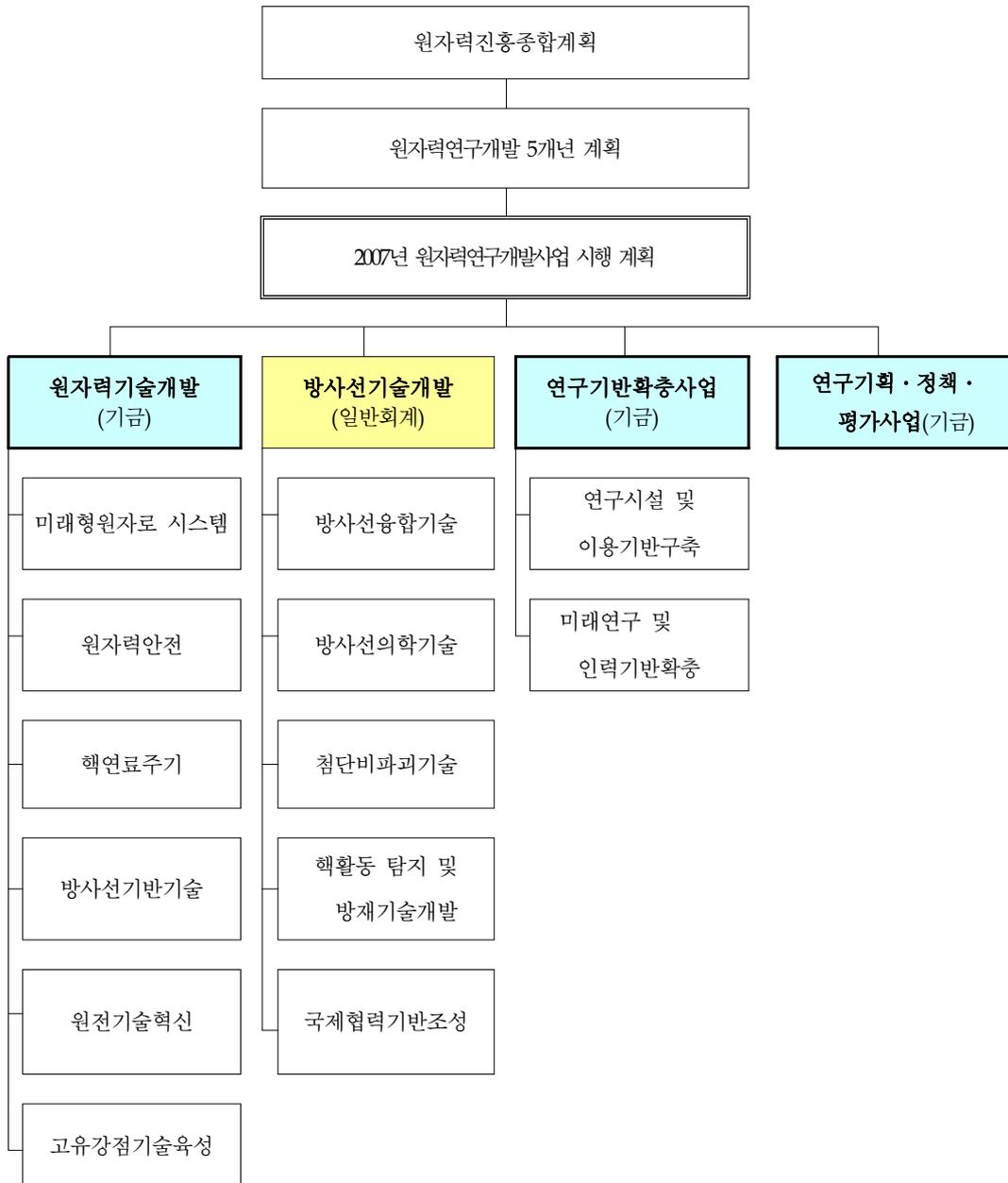
가. 원자력 연구개발사업 체계

- 원자력연구개발은 정부주도의 원자력 분야 연구개발은 2가지 추진체제로 구분됨. 과학기술부가 주관하여 기초기반 연구에 중점을 두고 추진하는 원자력연구개발사업과 산업자원이 주관하여 실용응용 연구에 중점을 두고 추진하는 원자력발전기술개발사업이 있음.
- 한편 정부주도의 원자력 분야 중장기 연구개발과는 별도로 한국수력원자력(주)에서는 전력산업의 경쟁체제 도입과 원자력기술 환경 변화에 능동적으로 대처하고 체계적인 기술개발을 위해 자체적인 중장기발전 계획을 세워서 운영함.

나. 교육과학기술부의 원자력연구개발사업

- 원자력 연구개발은 원자력진흥종합계획 → 원자력연구개발 5개년 계획 → 연도별 원자력연구개발사업의 체계로 연구개발사업이 추진됨.

<그림 4-1> 원자력연구개발사업의 체계

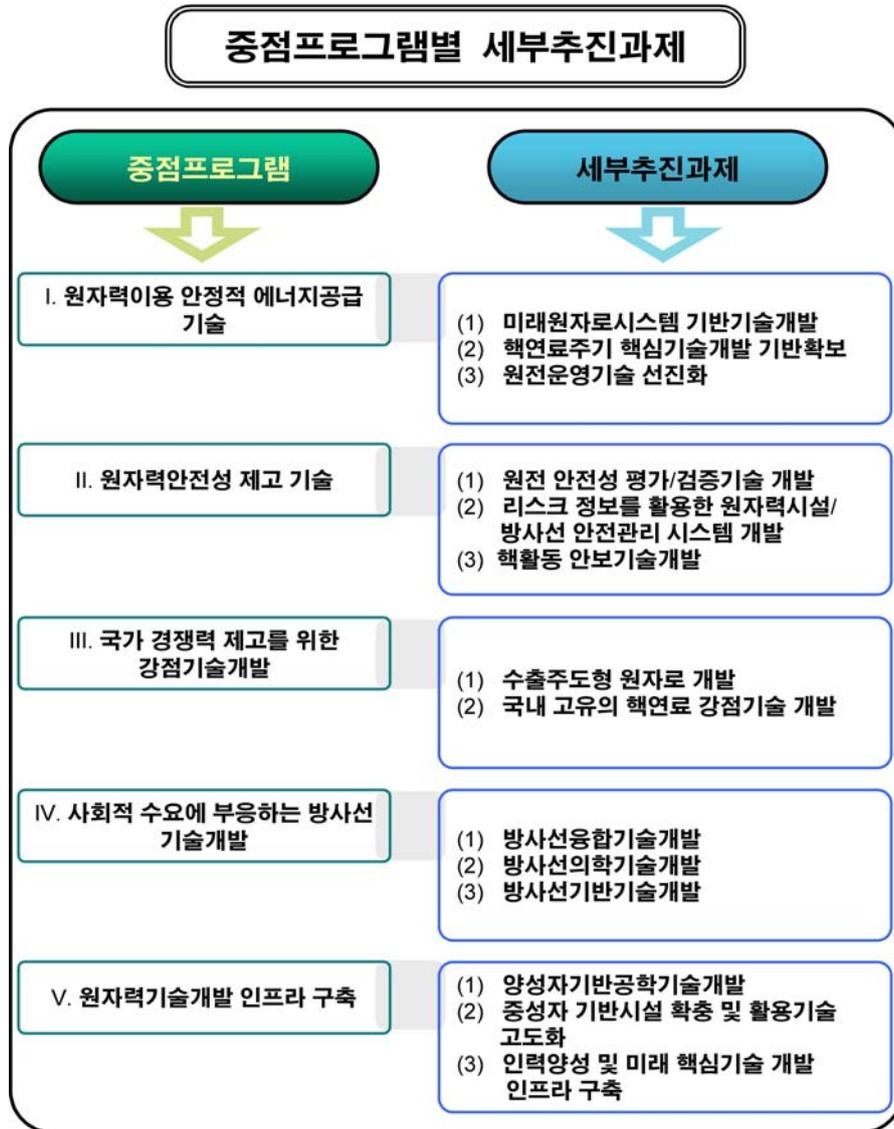


- 정부는 국가 원자력 정책을 일관되고 체계적으로 추진하기 위해 1997년부터 매 5년마다 원자력진흥종합계획을 수립하여 추진함. 원자력진흥종합계획에는 원자력의 이용과 안전관리에 대한 현황과 전망을 토대로 정책 목표와 기본 방향, 이를 효율적으로 달성하기 위한 부문별 과제 및 추진계획, 소요 재원의 투자계획 및 조달계획 등이 포함되어 있음.
- 이 계획은 과학기술부가 산업자원부 등 관계 부처와 협의하여 수립하며, 원자력위원회의 심의·의결을 거쳐 확정되고, 관계 부처는 수립된 종합계획에 따라 부문별 시행계획과 연도별 세부사업계획을 수립하여 추진됨.
- 제1차 원자력진흥종합계획(1997-2001)은 1997년 6월 제247차 원자력위원회의 심의·의결을 거쳐 국가계획으로 확정된 바 있으며 제2차 (2002-2006)를 거쳐 현재 제3차 원자력진흥종합계획(2007-2011)이 시행중임.
- 제3차 원자력진흥종합계획의 내용은 다음과 같음원자력기술 선진국 수준진입과 국가에너지 자립기반 구축을 목표로 제247차 원자력위원회('97. 6)에서 의결되어 추진중인 「원자력연구개발 중장기계획('97~'06)이 완료됨.
- 한편 원자력법 제9조(원자력연구개발사업의 추진)에 근거하여 제3차 원자력진흥종합계획('07-'11)의 부문별 시행계획에 따라 원자력연구개발 5개년 계획('07-'11)을 수립했음.
- 이 계획은 과학기술부 및 한국과학재단 주관으로 작성하고 산·학·연 전문가로 기획위원회 및 기획위원회 산하 기술분야별 5개 분과위원회 구성·운영하여 계획초안 작성한다. 수립 과정은 공청회 등 의견수렴을 거쳐 과학기술부 및 과학재단 주관하에 계획내용 검토 및 조정하고 최종적으로 원자력위원회 심의·의결을 거쳐 확정함.

<표 4-1> 제3차 원자력진흥종합계획의 정책목표와 추진과제

<p>[1] 지속가능한 발전을 위한 안정적인 에너지 공급</p>	<p>(1) 원자력발전 이용 확대와 원자력산업 경쟁력 강화 (2) 고유의 핵비확산성 원자력시스템 핵심기술 확보 (3) 원자력이용 다변화를 통한 기술주도형 에너지공급 체계 추구 (4) 방사성폐기물 책임관리 체계 구축</p>
<p>[2] 안전성 제고를 통한 국민과 함께 하는 원자력 위상 강화</p>	<p>(5) 최상의 원자력안전 수준 확보 및 국민신뢰 증진 (6) 방사선방호·방재 체계 강화 및 효율성 제고 (7) 국가 원자력 방호체계 구축</p>
<p>[3] 원자력의 국제경쟁력 확보를 통한 수출산업화 추진</p>	<p>(8) 원자력기술 수출기반 강화 (9) 원자력 수출상품 다원화</p>
<p>[4] 방사선 이용 확대를 통한 국민보건 증진과 삶의 질 향상</p>	<p>(10) 방사선산업 광역단지 조성 및 특성화 (11) 방사선 기술을 활용한 고부가가치 신산업 창출 (12) 방사선 의학기술 선진화를 통한 국민보건 증진 (13) 방사선산업 육성을 위한 지원제도의 정착</p>
<p>[5] 원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 인프라 구축</p>	<p>(14) 체계적인 원자력 인력양성 추진 (15) 원자력 연구개발 인프라 구축 (16) 원자력 연구개발 재원의 안정적 확보방안 마련 (17) 국민 이해 증진활동 강화</p>
<p>[6] 국가원자력 위상강화를 위한 원자력외교 및 국제협력 추진</p>	<p>(18) 국제 원자력사회에서의 중추적 지위 확보 (19) 국가 원자력통제체제에 대한 국제 신뢰도 증진 (20) 원자력기술협력 확대 및 기반 확충</p>

<표 4-2> 원자력연구개발 5개년 계획의 주요내용



- 원자력연구개발사업의 2007년도 투자규모는 1,909억원('06년도 1,881억원, 1.5% 증가)이었음. 이 중에서 원자력연구개발기금이 1,704억원('06년도 1,688억원), 일반회계가 205억원('06년도 192억원)을 차지함. 방사선치료조절기술개발사업 등 2개 과제(48억원)를 출연기관으로 이관되었음.

<표 4-3> 원자력 연구개발사업 투자

(단위 : 백만원)

재 원	사 업 명	'06실적	'07계획	증감(%)
원자력 연구개발 기금	원자력기술개발사업	143,718	145,000	1,282(0.9)
	- 미래형원자로시스템	43,870 (17,233)	21,200	△22,670(△51.7)
	- 원자력안전	24,222	30,300	6,078(25.1)
	- 방사선방호 및 영향평가	9,330		*원자력안전분야로 통합
	- 방사성폐기물	23,906		*핵연료주기분야로 통합
	- 핵연료주기	(27,574)	27,200	27,200
	- 방사선기본기술 (연구로 및 RT기본기술개발)	26,390	27,100	710(2.7)
	- 원전기술혁신	16,000	16,000	0
	- 고유강점기술육성	-	23,200	23,200
	원자력연구기반확충사업	22,080	22,500	420(1.9)
	- 연구시설 및 이용기반 구축	12,600	10,630	△1,970(△15.6)
	- 미래연구 및 인력기반 구축	9,480	11,870	2,390(25.2)
	연구기획·정책·평가사업	3,000	2,850	△150(△5.0)
	- 연구기획·평가	2,025	2,000	△25(△1.2)
	- 정책연구	975	850	△125(△12.8)
	소 계	168,798	170,350	1,552(0.9)
일반회계	방사선기술개발사업	19,235	20,530	1,295(6.7)
	- 방사선융합기술개발	7,790	5,100	△2,690(△34.5)
	- 방사선의학기술개발	8,725	4,900	△3,615(△43.8)
	- 첨단 비파괴검사기술개발	-	1,000	1,000
	- 핵활동 탐지 및 방재기술개발	-	5,780	5,780
	- 원자력국제협력기반조성	2,720	3,750	1,030(37.9)
소 계	19,235	20,530	1,295(6.7)	
총 계	188,033	190,880	2,847(1.5)	

주) () '07년 계획에 해당하는 과제의 '06년도 지원 금액

가. 산업자원부의 원자력발전기술개발사업

- 원자력발전기술개발사업계획은 원자력법 제8조의2(원자력진흥종합계획의 수립)에 의거, 제247차 원자력위원회(1997. 6)에서 의결된 「원자력진흥종합계획」 중 「원자력산업 육성 및 진흥」 부문계획과 전기사업법 제47조(전력산업기반조성계획) ②항의 2호(전력산업관련 연구개발사업에 관한 사항 등)에 근거한다. 국내 자력산업의 지속성장과 환경변화를

고려하여 국내 원전기술의 중장기적 발전방안 수립을 위한 산업자원부의 기본계획 (Nu-Tech 2015)에 따라 세부 추진방안이 마련되었음.

- 2015년까지의 원자력발전 중장기 연구개발 로드맵을 제시하고, 중점 추진사업 및 기술을 도출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2015년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하여 시행함.
- 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)은 정부 예산(전력산업기반기금 및 원자력연구개발기금)으로 운영되는 실행계획으로 사업계획 및 성과평가에 대한 최종 결정은 정부(지식경제부)가 주도함. 연구개발사업의 특성상 사업계획의 신뢰성 및 성과활용의 극대화를 위하여 한국수력원자력(주)이 총괄관리기관으로 정부의 사업관리를 지원하며 기술수요조사 및 과제관리를 강화함.

<그림 4-2> 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)의 추진체계



- 투자계획(안)을 보면 2015년까지 전력산업연구개발사업의 원자력발전기술개발사업(전력산업기반기금)은 연평균 8.7% 증액, 원자력연구개발사업의 원전기술혁신분야(원자력연구개발기금)는 연평균 4.3% 증액하여 총 8,216억 원을 투자하여 기술개발을 추진할 계획임.

<표 4-4> 원자력발전기술개발 투자계획(안) (단위 : 억원)

구분	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	총계
원자력발전기술개발사업	508	554	602	648	718	789	856	928	989	6,592
원전기술혁신분야	160	160	160	160	162	180	204	214	224	1,624
계	668	714	762	808	880	969	1,060	1,142	1,213	8,216

* 민간부담금(Matching-Fund)은 불포함

- 추진대상 기술은 2국내 원전 기술수준 분석결과를 토대로 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출에 필수적인 기개발과 선진국 수준의 원전운영기술 확보를 위한 기술개발을 대별하여 추진하며, 이와 함께 원전 지속성 보장을 위한 친환경 기술개발을 병행하여 체계적으로 추진할 계획임.

- 원전 국제 경쟁력 제고 핵심기술 개발 분야

- ① APR1400 후속 원전 개발
- ② 해외진출 핵심기술 개발
- ③ 핵심기기 고유브랜드 확보 기술개발

- 선진국 수준 원전 운영기술 개발 분야

- ① 가동원전 성능향상 기술개발
- ② 장기운전 신뢰도 향상 기술개발
- ③ 핵연료 신뢰도 제고 기술개발

- 원전 지속성 보장 친환경 기술개발 분야

- ① 사용후연료 장기관리 기반구축 기술개발
- ② 방사성폐기물 처분장 운영기술 개발

③ 원자력시설 방사선 안전관리 선진화 기술개발

2. 원자력연구개발의 전망

- 원자력연구개발의 전망을 살펴보기 위해서는 먼저 원자력의 주변 여건과 국제적 상황을 소홀히 할 수 없음. 앞장에서 기술한 원자력의 특성으로 국제적 정치 외교적 상황, 화석 연료의 고갈이 예견되는 상황에서 대규모 에너지 공급원으로서의 원자력, 현대 지구 온난화 등으로 환경문제가 첨예한 상황에서 지구환경문제 해결 대안으로서의 원자력, 국민 수준이 높아가는 현실에서 국민의 삶의 질 향상과 경제성장동력이 절실히 요구되는 국제 경제 질서에 대비한 원자력의 다양한 이용 그리고 원자력강대국을 중심으로 점차 강화되어가는 핵 통제 상황에서 핵 비확산체제에서의 원자력이용 전망 하에서 원자력 연구개발사업의 앞날을 분석해야 할 것임.
- 원자력연구개발사업은 추진 목적 및 기술개발 분야에 따라 시스템형 대과제, 단위과제 및 세부과제로 구분하여 추진되고 있으며 매년도 과제별 연구 실적과 여건 변화를 고려하여 전문가 집단의 엄격한 평가결과에 따라 각과제의 통합, 편입, 종료 및 확대를 거듭하며 정부 정책 기조에 의한 조정이 되고 있음.
- 연구개발 예산의 변화과정을 더듬어 보면 원자력 중장기 계획이 원자력연구개발기금의 설치와 동시에 수립된 1997년부터 2006년까지 과거 10년 동안 총 2조 165억 원이 지원되었고 그중 원자력 연구개발기금이 1조 3,705억 원, 정부출연금 3,196억 원이 정부 재원으로 투입되고 3,462억 원의 민간 부담금이 소요 되었음.
- 국가연구개발사업의 정책적 근간을 이루는 원자력진흥종합계획의 2차 계획이 종료되는 2006년도에 연구개발사업 중점 추진 방향을 설정한 바는 향후 원자력연구개발사업의 전망과 방향을 제시하고 있음. 즉 해수담수화용 일체형원자로 사업의 적극적 추진, 원전계측제어시스템의 국산화 및 실용화 추진, 원자력 수소생산 연구 기획을 통한 장기 비전 제시로 나타나는 원자력중장기계획의 전략적 추진과 중점 지원 사업에 전략적 투자, Gen-4의 본격 추진에 따른 국제공동연구 확대지원으로 지향하는 차세대원자로개발을 위한 국제공동연구 가화, 방사선의학연구 및 방사선 융합기술(RFT) 개발로 다타난 방사선 기술 관련 연구개발 확대, 기초원자력공동연구소 및 권역별 싸이클로트론연구소의 집중 지원으로 가시화 된 지방과학기술 균형 발전 및 지방대학 연구개발 확대, 그리고 공개경쟁 과제 확대 및 평가 결과를 반영한 연구비 조정을 통한 연구개발 역량 및 성과제고를

위한 경쟁체제 확립 및 평가 결과 반영 강화라는 5대 중점 목표에서 연구개발의 방향과 지향점을 찾을 수 있음.

- 원자력진흥종합계획의 부문별 시행계획으로 수립된 원자력연구개발 중·장기 계획사업(1997-2006)은 기존 중·장기계획(1992-2001)의 6개 분야 23개 대과제를 7개 분야 32개 대과제로 확대·개편한 것으로 원자력분야 전반에 걸쳐 균형 있게 지원하는 종합계획임. 우리나라는 이 계획에 따라 원자력진흥종합계획의 틀 속에서 중·장기적인 원자력연구개발을 수행하고 있음.
- 이에 대한 각각의 여건에 대하여 종합적으로 원자력연구개발을 분석하여 본다면 1997년의 원자력연구개발 중·장기계획 사업에서는 원자로, 원자력안전, 핵연료, 방사성폐기물, 방사선 및 방사성동위원소 이용, 방사선방호 및 원자력기반기술의 6개 부문에 대한 연구개발 과제를 집중 지원하여 21세기 원자력기술 선진국이 되기 위해 노력하고 있음.
- 원자로 부문에서는 액체금속로 개발과 신형원자로개발이 큰 줄기를 형성하고 있고, 원자력안전 부문에서는 원전 종합안전성 향상을 위한 기술개발과 안전규제기술 개발이 큰 줄기이며, 핵연료 부문에서는 핵 비확산성 핵연료주기기술 개발과 더불어 기존 핵연료의 개량이 주요한 연구 분야이다. 방사성폐기물 분야는 원전 및 원자력시설에서 발생하는 방사성폐기물의 안전관리 기술 개발이 대 전제로 되어 있음.
- 방사선 및 방사성동위원소 이용 부문에서는 연구개발 및 이용 주체의 다양화를 반영하여 방사선의 공업적, 농업적 및 의학적 이용에 대한 다양한 연구를 지원하고 있다. 방사성동위원소 생산과 이용, 방사선 식품공학, 방사선 생명과학, 방사선의 공업적 이용, 싸이클로트론 이용기술, 핵의학, 방사선의 인체영향 연구 등이 주류를 이루고 있으며 최근에는 우주 방사선 환경에서 생존과 우주에서 사용할 식음료와 우주 환경에서 생장의 변화를 위한 연구가 또 하나의 연구 분야로 자리를 찾아가고 있음.
- 방사선방호분야에서는 방사선환경 방호와 핵 물질 계량관리 기술개발을 내용으로 하여 기술개발이 진행되고 있고, 원자력기반기술 부문에서는 원자력재료 개발, 원자력산업용 로봇기술 개발, 양자광학기술 개발, 핵자료 체제구축, 핵종 변환기술 및 장치개발, 연구로 이용기술 개발 등이 주된 내용임.
- 원자력진흥종합계획과 원자력연구개발 중·장기계획 사업에 의거하여 원자력연구개발사업을 수행할 임무를 부여받고 있는 연구 개발은 원자력연구개발사업의 성공적 수행을 통하여 국가 에너지공급의 안정적 확보, 21세기 초 원자력기술 선진국 진입 및 기술수출국 부상, 창의적 과학기술발전 선도 및 국민 삶의 질 향상을 이루고자 하는 것을 기본방향

- 으로 삼아 21세기 세계 원자력기술 주도권을 선도하는 것을 목표로 하여 추진되고 있음.
- 이러한 목표 하에 국가 위상 제고 프로그램, 원자력산업 경쟁력 제고 프로그램 및 원자력기반기술 확충 프로그램으로 구분하여, 국가 위상제고 프로그램은 미래 원자력 이용의 진전에 대비한 새로운 기술의 개발을 통하여 원자력기술 주도권을 확보하기 위한 것으로서, 미래형 원자로 개발과 핵 비확산성 핵연료주기기술개발이 중요한 연구개발 항목임.
 - 미래형 원자로로서는 일체형원자로(SMART) 설계기술 개발과 액체금속로(KALIMER) 개발이 있음. SMART는 330 MWt 규모의 중소형 원자로로서 대단위 공업단지 및 도서지역에 전력공급과 함께 공업용수, 냉난방, 식수문제 등을 동시에 해결할 것으로 기대되는 다목적용 원자로이다. SMART는 해수담수화와 관련한 IAEA 프로젝트를 우리나라가 주도하여 수행할 수 있는 여건을 형성한 대표적 과제라 할 수 있음.
 - 그 외에도 Pyro Processing과 연계한 SFR등이 Gen-4를 통하여 국제공동연구로 수행되고 있으며 이는 사용후핵연료 문제를 동시에 극복 할 수 있을 것으로 기대되며, 21세기를 수소경제 시대라고 표현하는 학자들이 있을 만큼 중요한 미래 에너지로 예견되는 수소생산 동력원으로서 수소 생산용 원자로 개발이 중점적으로 수행 될 것임.
 - 핵 비확산성 핵연료주기 기술로서는 대표적으로 경·중수로연계 핵연료주기기술(DUPIC)을 들 수 있다. DUPIC은 경수로의 사용후핵연료를 핵비확산성 취급을 통하여 중수로의 핵연료로서 사용하고자 하는 획기적 개념의 핵연료주기 기술임.
 - 이 기술은 우리나라같이 중수로와 경수로를 동시에 운영하고 있는 국가에서 사용후핵연료의 발생량을 상당히 줄일 수 있고 핵연료물질의 이용효율을 크게 높일 수 있는 것으로 세계적인 관심 속에서 개발되고 있음.
 - 연구소는 2002년까지 DUPIC 핵연료봉과 소결체를 제조하여 조사시험을 완료할 계획이다. 이와 함께 국내 원전에서 발생하는 경수로 사용후핵연료의 저장·관리의 안전성과 효율성을 제고하기 위해 2006년까지 차세대 관리 종합공정 개발을 목표로 하는 사용후핵연료 관리 이용기술개발을 추진하고 있음.
 - 산업경쟁력 제고 프로그램은 원자력산업체에서 요구되고 있는 산업 수요가 분명한 기술을 개발하여 제공함으로써 산업경쟁력을 제고시키기 위한 것으로서, 연구개발의 중요한 목적인 국가경제 발전의 한 축으로서 연구주요 목적인 바 핵연료 성능 향상과 안전성 제고에 관한 연구와 산업체에서 발생하는 애로 기술과 특히 원자력발전소의 수출산업화를 위하여 산업체에 필수적으로 요구되는 전산 코드 개발 등 원천 기술의 연구가 수행 될 것임.

- 이 분야에 대하여는 실제로는 연구 성과가 책임을 수반하므로 연구원들에 의하여 꺼려지는 분야이며 특히 시간의 제약을 크게 받고 있으나 연구의 근본 목적이 국가경제와 미래 대비라고 한다면 그 한 축을 이루고 있어 향후 국가가 지향해야 하는 분야라 할 수 있음.
- 그러나 이 분야는 또한 정부 부처 간에 일부 소관 문제가 제기 될 수 있다. 방사선·방사성동위원소 이용 복지기술 개발 분야가 최근 국가의 강력한 집중 지원을 받으면서 집약적 연구 여건이 형성되어 향후 연구결과와 산업화간 그리고 지방 균형 발전의 명제를 동시에 충족시킬 수 있으나 아직 그 수준이 선진국의 투자에 비하면 극히 미약한 경우임.
- 경수로용 고연소도 및 고성능의 신형 핵연료를 개발하여 우리나라에서 가동 중인 경수로의 운전 효율을 크게 향상시킴으로써 원전의 경제성과 안전성 제고에 기여하게 될 것임. 원전산업체에서 반드시 요구되는 기술인 사용후핵연료 관련 기술개발은 현재 운전되고 있는 원자력 발전소의 사용후핵연료의 처리 처분에 크게 기여 할 수 있는 분야임.
- 원자력의 이용이 안전성 확보를 전제로 하고 있으며 1999년 일본의 핵연료 변환공장에서 발생한 사고 등의 여파로 원자력안전에 대한 국민적 관심이 증대되고 있는 가운데, 원자력안전에 관한 연구개발의 중요성이 더욱 증대될 전망이다.
- 이에 따라 연구소는 실시간 원전 종합안전성 감시시스템 개발을 비롯하여 중대사고 실증, 열수력 실증 등과 더불어 종합안전성 데이터베이스를 구축하는 등 원자력 안전 분야의 연구개발을 더욱 강화해 나갈 예정임.
- 이와 함께 방사선 및 방사성동위원소를 이용하여 국민복지에 기여하고자 하는 연구개발이 더욱 활성화될 전망이다. 방사선 및 방사성동위원소 이용은 원자력 이용의 태동기에서부터 계속되어 온 것으로 현재에도 많은 분야에서 신기술 개발의 여지가 충분한 분야이다. 연구소는 방사선방어제의 개발, 방사선을 이용한 환경정화기술 개발, 방사선 육종, 방사성의약품 개발, 방사선 생명공학기술 개발, 방사성추적자 개발 등 공업, 농업 및 의학적 분야에 방사선 및 방사성동위원소 이용을 증진하기 위한 연구개발을 활발하게 수행하고 있음.
- 또한 연구소는 주어진 고유의 임무를 원활하게 수행하기 위하여 기관고유사업으로서 ‘하나로’ 운영 등 주요 시설의 운영, 원자력전문요원의 체계적 양성 및 원자력정책 연구 등을 수행하고 있음.
- ‘하나로’는 발전용 원자로의 핵연료, 원자력 구조재료 등에 대한 건전성 시험 등을 수행

하여 원자력기술개발을 효과적으로 이루는데 적극 기여하게 될 것이며 나아가서는 연구소가 확보한 연구로 설계·건조기술을 호주, 대만, 브라질 등의 연구로 건설 사업에 활용하는 길도 열릴 전망이다.

- 결론적으로 연구소는 단기적으로는 산업경쟁력 제고 프로그램을 중점적으로 수행하여 우리나라 원자력기술이 국제적인 경쟁력을 가져 수출산업으로서 각광받을 수 있도록 할 것이며, 중·장기적으로는 원자력이용 증진에 기여하기 위하여 일체형 원자로, SFR과 순환 핵연료 연구, 수소생산연구를 수행할 계획이며, 장기적으로는 미래에 대비한 원자력시스템 기술 등을 핵비확산과 연계하여 국제적으로 원자력 선진 대열에 진입하고 국가 경제 성장 동력으로서의 역할을 담당 할 수 있는 연구 분야 개발이 예견 됨.
- 원자력 연구를 수행함에 있어 과거와는 다른 점이 있다. 즉 과거에는 기술 개발과 국가 경제 발전이라는 절대적 소명으로 많은 것들이 차 순위로 미루어 질 수 있었지만 현대에 접어들면서 무엇보다도 안전성 확보를 통한 사회적 수용성을 높일 수 있도록 연구 분야에 있어서도 많은 노력이 필요함.
- 또한 원자력연구를 통하여 후손에게 물려 줄 수 있는 미래를 대비한 장기적인 과학기술이 될 수 있도록 힘을 모아 노력해야 할 것이며 최종 수요자인 일반 국민에게 세금으로 연구 재원을 마련해준 데에 대한 보답이 될 수 있도록 지혜를 모아야 할 것임. 그리고 투명한 연구를 통하여 국제적 신뢰의 바탕 하에서 연구가 수행되는 것이 바람직하나 우리나라와 같이 부존자원이 거의 전무한 상황에서는 에너지를 국가 안보적 차원에서 다룰 수 있도록 정부 부처와 연구계가 힘을 모아야 할 것임.
- 한편 지구 온난화로 인한 세계적 화두로 등장한 기후변화 협약에 대처하기 위하여 효과적인 방법을 유일한 기술집약적 에너지원인 원자력 연구에서 반듯이 마련하여 국가 경제에 부담을 감소시킬 수 있어야 함.
- 기후변화협약으로 인하여 세계적으로 신재생 에너지에 대한 연구가 적극적으로 수행되고 있지만 현재까지는 경제성과 유용성 측면에서 뚜렷이 대두되고 있는 에너지원이 확보되지 못하고 있는 상황에서 원자력은 아직까지 유일한 대안으로 여겨지고 있음을 감안하여 보다 더 확실한 사회적 수용성을 확보 하여 에너지를 공급할 수 있도록 지혜를 모아야 하는 여건을 고려하여 인문·사회학적 접근에도 연구 분야를 확대 할 필요가 점차 증가하고 있음.
- 상기에서 기술한 여러 가지 측면을 종합하여 현재의 에너지 확보와 미래의 우리 후손에게 에너지를 안정적으로 확보 할 수 있고 국가 경제가 흔들림이 없도록 유지 발전시킬

수 있는 방안을 원자력 연구에서 마련해야 한다. 그러기 위해서는 실험실에 만 의존하는 것을 지양하고 산업 현장과 직접적으로 연계를 통하여 산/연/관의 공동 연구 방안도 함께 고려되어야 함.

제5장

원자력 안전규제의 현황과
발전방안

제5장 원자력 안전규제의 현황과 발전방안

제1절 원자력 안전규제의 의의

- 주요 석유수출국의 정치적 불안정, 지구온난화, 전기수요 증가, 경제성을 가진 대체 에너지 개발의 지연 등으로 인하여, 최근 세계는 다시 유용한 에너지원으로서 원자력에 대한 관심이 높아지고 있음
- 에너지 소비가 급속히 증가하고 있는 중국 등 개발도상국들뿐만 아니라 그 동안 신규 원전의 건설을 중단하거나 기존 원전의 시한부 운영을 결정했던 국가들도 탈원자력 정책을 재검토하고 있는 등 소위 원자력 르네상스시기에 접어들고 있다는 분석이 지배적임(김시환, 2007).³⁾
- 우리나라는 1978년 고리원전 1호기의 가동을 시작으로 현재 20기의 원전에서 전력수요의 약 40%를 생산하고 있는 세계 6위의 원자력발전 대국이며, 6기의 원전을 건설하는 등 향후 상당기간 동안 국가 주력 에너지원으로서 원자력의 이용은 지속될 것으로 예상되고 있음
- 이러한 원자력에 대한 기대에도 불구하고, 원자력 발전의 존재여부를 둘러싼 반핵론자와 친핵론자의 대립이나, 방사선 폐기물 처분장의 입지를 둘러싼 국가와 주민, 시민단체와의 갈등은 우리사회 원자력의 미래가 낙관적일 수만은 없음을 시사하고 있음
- 미국을 비롯한 원자력선진국들이 경쟁적으로 원자력 기술개발과 상용화에 나서고 있는 현실 속에서, 우리나라의 경우 국민들의 원자력에 대한 부정적 인식과 시각이 원자력 산업 발전에 큰 걸림돌이 되고 있음(최병선, 2007).
- 원자력에 대한 불신과 반감은 원자력의 개발과 이용의 여러 측면에서 불필요한 사회적 갈등을 야기하고, 막대한 사회적 비용을 지불하도록 만들고 있음⁴⁾

3) OECD/IEA 자료에 따르면, 2000년대 들어와 원전건설을 적극적으로 추진하고 있는 것으로 분류되는 나라는 미국, 일본, 중국, 인도, 핀란드, 프랑스, 루마니아, 리투아니아 등이며, 긍정적인 검토를 하고 있는 나라는 캐나다, 체코, 슬로바키아, 터키, 영국, 인도네시아, 베트남 등인 것으로 나타났다. 과거 반원전 정책을 추진했으나 정책변동을 보이는 국가로는 스웨덴, 네덜란드, 스페인, 스위스, 폴란드 등으로 나타났으며, 여전히 반원전정책 국가로 분류되는 곳은 벨기에, 독일, 이탈리아인 것으로 나타났다(한국수력원자력, 2007: 7). 더불어 최근 미국의 부시 대통령, 프랑스의 시라크 대통령, 호주의 하워드 총리, 영국의 블레어 총리 및 브라운 신임총리 등 주요선진국 정상들이 잇따라 원자력발전을 지지하는 발언을 하고 있는 것도 원전 필요성에 대한 인식이 제고되고 있음을 뒷받침해주고 있다.

1. 4) 우리사회에서의 원자력에 대한 불신과 반감은 초기 원자력 도입과정에서 전문적인 훈련을 받은 전문가들만이 과학기술과

- 앞으로 원전선진국들과 어깨를 나란히 하기 위해서는 새로운 담론의 형성 또는 틀짓기 (framing)를 통해 원자력에 대한 부정적 인식을 극복해나가는 노력 못지않게 원자력 정책시스템의 개선노력이 병행되어야 할 필요가 있음
- 특히 우리사회에서 원자력에 대한 부정적 담론의 핵심을 이루는 것이 안전성과 관련된 것으로서, 안전규제야말로 원자력 정책시스템 개선의 중요한 초점이 되어야 할 것임
- 본 연구에서는 원자력의 지속가능한 발전과 이용을 위해 가장 중요하다고 판단되는 원자력안전규제의 의의, 목표 및 일반원칙 등을 제시하고, 이러한 안전규제를 수행하는 국내외 행정체계의 특성을 살펴본 후, 국민의 신뢰를 제고할 수 있는 방향에 초점을 맞추어 원자력 안전규제의 발전방향을 모색해보고자 함
- 특히 본 연구에서는 원자력규제의 목표가 기존의 공학적 안전성뿐만 아니라 국민의 체감할 수 있는 사회적 안전성이라는 전제아래, 그러한 목표를 달성하기 위한 효과적 규제의 구성요소를 기존의 문헌과 선진국사례들을 통해 살펴보고, 그러한 구성요소들에 비추어 우리나라의 규제행정체계의 문제점이 무엇인가를 진단해봄과 동시에 개선방안을 제시해보고자 함

제2절 원자력안전규제를 둘러싼 대내·외 환경변화

1. 국제동향

- 고유가 현상이 지속되고 온실가스의 지구온난화 영향이 확인되면서 안정적 에너지공급원으로서, 또한 교토의정서의 의무이행을 위한 현실적인 수단으로서 원자력발전에 대한 관심이 국제적으로 증가하고 있음
- 미국의 쓰리마일 아일랜드(TMI) 원전사고(1979년)와 구소련의 체르노빌 원전사고(1986년)는 국민, 원자력사업자, 안전규제기관의 안전의식을 강화하는 계기가 됨

관련된 결정을 내릴 수 있다는 전문가주의 이데올로기와 함께, 핵무기제조라는 정치군사적 목적과 은밀히 결부되어 개방적 논의구조를 취하기 힘들었고, 결국 이러한 전문가주의에 기반을 둔 기술관료주의적 닫힌 의사결정이 원자력정책에 대한 사회적 수용성을 낮추고, 대중적 신뢰를 떨어뜨린 것과 무관하지 않다(윤순진·오은정, 2006). 특히 원폭의 가공할 위력과 그것이 남기고 간 참담한 광경을 목격하거나 배운 국민들에게 지금도 계속되고 있는 원자력의 안전성과 경제적 강점을 내세우는 원자력계의 '과학적 지식에 입각한 틀짓기'(scientific framing)는 반핵단체와 환경운동가들의 '이념적 틀짓기'(ideological framing)에 눌러 국민의 신뢰를 얻지 못하고 있다(최병선, 2007).

- 원자력안전은 개별국가 차원을 넘어 국제적이고 범지구적인 과제로 대두되었고, 국제적으로 통용되는 안전기준과 원칙을 확립하려는 노력이 경주되어 옴
- 원자력안전과 관련된 각종 국제협약과 행위준칙이 마련되어 국가간 의무이행 사항에 대한 점검이 이루어지고 있으며, 국제원자력규제자협의회(INRA)를 통한 안전규제의 국제화, 국제원자력기구(IAEA)와 서유럽규제자협의회(WEARA)의 안전기준표준화 등과 같은 국제적인 안전협력도 활발히 진행되고 있음
- 원자력 시설의 안전성 확보에 관한 국제규범인 「원자력안전협약」이 1996년 10월에 발효됨 / 원자력안전협약은 전 세계적으로 높은 수준의 원자력안전을 유지하고 방사선장해에 대한 효과적인 방호수단을 확립·유지하여 사고를 예방하고, 만일의 사고 시 그 피해를 최소화하는데 목적이 있음
- 국제원자력기구는 「원자력사고 조기통보 및 사고지원에 관한 협약」을 마련하여 원자력 사고에 대비한 국제대응체제를 구축하였으며, 「원자력손해배상에 관한 비엔나협약」개정과 함께 「사용후핵연료관리의 안전 및 방사성폐기물관리의 안전에 관한 공동협약」을 마련함
- 개별국가에서도 원자력안전규제를 위한 각종 노력이 지속적으로 이루어지고 있음
- 미국 원자력규제위원회는 신규 원자력발전소 건설 인허가를 준비하기 위한 인력과 재원 확보에 많은 노력을 기울임 / 이와 함께 가동중인 원자력발전소의 인허가갱신, 화재방호, 안전문화 규제감독 등에 노력하고 있으며, 리스크정보활동 및 성능기반 규제를 위한 새로운 규제체계를 개발하는 연구에 집중하고 있음
- 프랑스의 경우 기존의 규제체계를 개편하여 규제독립성을 제고하고 원자력 안전정보의 투명성을 향상시키기 위해 2006년 6월 「원자력안전 및 투명성에 관한 법」을 제정하고, 위원회 형태의 독립행정기관인 원자력안전청(ASN)이 2006년 11월 설립됨
- 영국의 보건안전부(HSE)는 신규 원자력발전소 설계에 관한 새로운 평가지침을 마련하고 설계인증 제도를 도입하는 등 새로운 인허가 제도를 개선함
- 일본은 2002년 동경전력 검사부정사건, 2004년 미하마 3호기 배관파단사건, 최근의 시가 원자력 임계은폐 사건 등으로 국민신뢰가 저하된 가운데 리스크정보활용규제의 도입, 내진설계기준의 강화, 핵연료주기시설에 대한 안전규제, 검사제도의 개선 등이 추진되고 있음

2. 국내동향

- 국내의 원자력 이용확대에 따라 원자력안전규제 업무량은 지속적으로 증가하는 추세에 있음 / 또한 원자력안전에 대한 국민적 관심증대로 원자력발전소의 각종 사건·사고에 대한 체계적인 조사와 신속한 공개 등 후속조치를 위한 행정수요도 지속적으로 증대하고 있음
- 원자력발전소의 가동년수가 증가함에 따라 노후화관리를 비롯한 종합적인 안전성 확인을 위하여 2000년 5월 고리 1호기에 대한 '주기적 안전성평가'(PSR) 이루어진 이후, 2001년 개정된 원자력법에 따라 2002년부터 10년이 경과한 국내의 모든 원자력발전소에 대하여 평가를 실시하고 있음
- 2001년 9월 마련된 중대사고 정책의 일환으로 전 원자력발전소에 대한 확률론적 안전성 평가(PAS)가 수행되고 있으며, 이로부터 원자력발전소별 리스크 정보가 점차적으로 확보되어 리스크정보활용 정기검사(RIPI: Risk-Informed Periodic Inspection)의 기반이 확대되고 있음
- 방사선원의 도난과 분실로 인한 피해확산을 최소화하고 국민을 보호하기 위해 위성위치 확인시스템(GPS)를 이용한 방사선원 위치추적시스템을 개발하여 운영하고 있으며, 원자력시설에 대한 국가차원의 물리적 방호 기본계획을 수립하여 물리적 방호 및 방사능테러 대응체제를 강화하고 있음
- 우리사회에서 심화되고 있는 NIMBY(not in my back yard)현상과 환경단체 및 NGO 등 시민·사회단체들의 정책수립과정에서의 참여 및 역할증대에 대응하는 것과 동시에 국민의 알권리를 충족시키고, 원자력안전규제의 투명성 제고를 위해 2002년 11월 원자력안전정보공개센터를 원자력안전기술원에 설립하고, 2003년에는 원전 사고·고장정보, 방사선피폭현황, 전 국토 환경방사능 준위, 원자력안전위원회 활동 등을 실시간으로 공개하기 위한 안전정보공개 사이버시스템을 구축함

제3절 원자력 안전규제의 의의, 목표 및 구성요소

1. 원자력 안전규제의 의의

- 일반적으로 정부규제를 경제적 규제와 사회적 규제로 구분하고 경제적 규제는 기업의 본원적 활동에 대한 규제로 정의하고 사회적 규제를 기업의 본원적 활동으로부터 부수적으로 발생하는 사회적 책임에 대한 규제라고 본다면 원자력 안전규제는 사회적 규제로 구분될 수 있음
- 원자력 안전규제란 원자력의 안전성 확보를 위한 국가 공권력의 행사라 할 수 있음 / 주체는 국가가 되며 목적은 원자력의 안전성 확보 즉 방사선 재해로부터 국민의 건강과 환경을 보호하는 것임
- 원자력시설의 안전성에 대한 일차적이고 최종적인 책임은 그 시설을 운영하는 기관 (예 : 원전 운영회사, 학교, 병원, 동위원소 이용기관 등)에게 있음
- 정부는 원자력 이용·개발 과정에서 발생할 수 있는 재해로부터 국민과 환경을 보호하기 위해 법적, 기술적, 제도적, 행정적 조치들을 취해야 할 책임이 있으며 이와 관련된 제반 활동을 원자력 안전규제라 함
- 우리나라에서 이러한 안전규제의 대상은 운영 중이거나 건설 중인 26기의 원전, 연구용 원자로 핵연료 성형가공시설, 방사성물질 이용기간 등이 포함되며, 또한 원자력시설에 기기와 부품을 공급하는 업체들도 제작검사 등 원자력 안전규제의 대상이 되고 있음
- 원자력 안전규제는 그 목적이 원자력 이용으로부터 국민의 피해를 방지하는 것에 있기 때문에 규제에 대한 국민의 관심과 요구수준이 높으며, 엄정한 규제활동 수행을 위한 규제의 독립성이 요구 되고 있음 / 따라서 사업자의 압력과 간섭이 배제되어야 하며, 객관적이고 공정한 규제기능이 수행되어 의혹과 불신의 소지가 없어야 함
- 원자력 안전규제의 특성인 독립성은 IAEA원자력 안전협약(Convention on Nuclear Safety, 1996년)의 제8조 2항(규제기관), IAEA 원자력시설의 안전원칙, IAEA 원자력발전소 안전기준 등에서 규제조직의 독립, 규제기능의 독립 및 규제 규범상의 원자력 안전규제 독립성으로 언급되고 있음
- 원자력은 안전을 전제로 하는 기술 집약적 산업인 만큼 원자력 안전규제는 고도의 전문성을 필요로 하며, 이를 위해 규제자는 피규제자보다 앞선 정보와 기술을 소유하여야 함 / 원자력 안전규제의 기준이 되는 각종 기술기준과 규제지침 등은 고도의 전문성을 필요로 하며 이러한 독자적이고 기술적인 전문성을 확보하기 위하여 원자력 안전규제 연구가 수행됨

- 원자력 안전규제는 실제로 다음과 같은 개별 활동들을 통해 이행되고 있음

- 원자력 안전규제 정책 및 제도 수립
- 원자력 안전규제 기술기준의 개발
- 원자력시설에 대한 인·허가, 각종검사 및 감시·감독
- 핵물질 및 방사성동위원소 등의 취급에 대한 규제
- 원자력 작업종사자의 방사선피폭관리와 교육 및 자격관리
- 환경방사선 감시, 원자력비상대응체계 구축 및 확인 등

2. 원자력 안전목표 및 원칙

- 국제원자력기구(IAEA)는 원자력의 평화적인 이용과정에서 부수적으로 수반되는 방사선에 의한 잠재적인 영향으로부터 인간과 환경을 보호하기 위하여 국제적인 합의를 통해 원자력 '안전목표'와 이를 달성하기 위한 일련의 '안전원칙'을 국제사회에 권고하고 있음 (IAEA, 2006).

- 기본 안전목표는 방사선의 영향으로부터 인간과 환경을 보호하는 것임 / 다음에 제시된 기본 안전목표는 원자력산업 모든 분야와 모든 단계(계획, 부지선정, 설계, 제작, 건설, 운영, 해체 및 부지복원 등)에 걸쳐 공통적으로 적용되는 개념이며, 방사성물질의 운반과 방사성 폐기물의 관리도 적용 범위에 포함됨 / 이러한 안전목표는 잠재적으로 방사선 위험을 유발할 수 있는 행위나 시설의 운영을 과도하게 제한하지 않고 달성할 수 있어야 함

- ① 인간의 방사선 피폭과 환경으로의 방사성물질 방출에 대한 통제
- ② 원자로심, 노심 내 핵연쇄반응, 노심 내 방사선원 또는 기타 방사선원에 대한 통제의 상실을 야기할 수 있는 사고의 발생 가능성 제한
- ③ 사고발생시 사고의 영향완화

- 기본 안전목표를 달성하기 위해 IAEA가 제시하고 있는 10가지 안전원칙은 아래와 같음 / 우리나라를 포함한 대부분의 원자력 선진국에서는 원자력 이용에 따른 방사선에 의한 영향을 방지하기 위하여 기본 안전원칙에 근거한 규제체계를 수립·이행하고 있음

- ① 안전에 대한 책임으로서 안전의 일차적인 책임은 방사선에 의한 영향을 유발할 수 있는 시설이나 사업활동에 대한 책임자(또는 책임기관)에 있다.
- ② 독립성이 확보되고 효과적인 법령에 근거한 규제기관을 포함한 정부조직이 설치 및 유지 되어야한다.
- ③ 안전에 대한 효율적인 리더십과 관리체계가 수립·유지되어야 한다.
- ④ 방사선에 의한 영향을 유발하는 사업활동이나 시설에 의한 편익을 고려해야 한다. 즉, 사업이나 시설이 유발하는 이득이 방사선에 의한 위험 (비용)보다 클 경우에만 정당화될 수 있다.
- ⑤ 방사선방호는 합리적으로 달성 가능한 최고 수준의 안전을 제공하도록 최적화되어야 한다. 이를 ALARA (As Low As Reasonably Achievable)원칙이라 한다.
- ⑥ 방사선에 의해 개인이 허용수준을 초과하는 피해를 받지 않음을 보장해야 한다. 이를 위해 선량한도 (Dose Limit)를 책정하고 적용한다.
- ⑦ 현재와 미래에 대하여 인간과 환경은 방사선의 위험으로부터 보호되어야 한다.
- ⑧ 원자력사고와 방사선사고를 방지하고 경감하기 위해 모든 실제적 노력이 시행되어야 한다.
- ⑨ 비상대응 사고에 대비한 비상계획을 수립하고, 이행능력을 확보해야 한다.
- ⑩ 현존하거나 미규제 상태의 방사선위험을 감소시키기 위한 보호조치는 최적화되고 정당화되어야 한다.

3. 원자력 안전규제의 목표⁵⁾

2. 5) 본 절은 최광식(2007)의 논문을 중심으로 정리한 것임

가. 국제적인 동향

- 2001년 CNRA 문서 「원자력 안전 규제 효과성의 향상」이라는 책자에서는 '규제기관은 수용 가능한 수준의 안전성(acceptable level of safety)이 유지되고 있음을 확인하고 있을 때, 효과적(effective)'이라고 기술하여 규제의 목표가 수용가능한 수준의 안전성의 유지를 확인하는 것이라고 언급함
- 2002년 「원자력 안전성의 향상과 유지」라는 책자에서는 수용가능성은 '위험과 편익을 고려하여 사회가 결정하는 일'(a matter for society to decide)이라고 정의하고, 규제기관의 과제는 '사회가 생각하는 수용 수준을 찾아내어 이를 규제요건과 규제 감독 활동에 반영하는 것'이라고 함
- OECD/NEA 2005년 '원자력 규제결정'(Nuclear Regulatory Decision Making)에 따르면, 규제기관의 근본목표(fundamental objective)는 '수용 가능한 안전수준을 확증(assure)하는 것'이며, 이를 위하여 각종 규제 활동을 수행함에 있어 체계적이고 종합적인 의사결정체계를 갖는 것이 필요하다고 봄
- 이런 논의 전개와 연장선상에서 2006년 본 문서(green booklet)발간을 CNRA에서 추진하게 됨 / 이 책자의 작성 초점은 '원자력 시설이 수용 가능한 안전 수준을 충족하고 있는지 어떻게 확증(assure)할 것인가'이며, 이를 위해 규제기관이 원자력 시설에서 어떤 정보를 수집하고 수집한 정보를 어떤 방법으로 종합적으로 분석하여 시설에 대한 최종적인 안전수준을 어떻게 판단할 것인가 하는 것임
- 지금까지의 작업결과를 보면 안전요소(safety element)라는 개념을 도입하여 기술적 안전요소(technical safety factor), 인적 및 조직적 안전 요소(human and organizational factor), 그리고 프로그램 및 상호 연계 안전요소(program and cross-cutting safety factor)로 나누어 안전을 논의한 후 이들을 활용한 종합적 안전평가에 대하여 논의하고 있음
- 위의 과정에서 간과되고 있는 부분이 사회심리적인 측면을 고려한 사회적 안전성에 대한 논의가 이루어지지 못하고 있다는 점임 / 이러한 맥락에서 최광식(2007)은 사회가 생각하는 수용 수준을 정하는 데는 공학적 안전성 이상의 '인지 안전'(cognitive safety)과 이들이 사회적으로 통합되는 과정을 거친 사회적 안전성의 수용이 의미가 있다는 견해를 제시함

나. 우리나라 관련법상의 원자력 안전규제의 목표

- 일반적으로 정부규제를 ‘바람직한 경제사회질서 구현을 위해 정부가 개인이나 기업의 행위를 제약하는 것’이라고 한다면(최병선, 2003), 원자력 안전규제의 목표는 원자력의 사용과 관련하여 바람직한 ‘경제사회질서’를 구현하는 것임 / 원자력 안전규제와 관련하여 이러한 ‘바람직한 경제사회질서’의 구체적인 내용이 안전규제의 목표가 될 수 있을 것임
- 현행 우리나라 원자력법에는 제1조(목적)에서 ‘방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다’고 되어 있고, 이 법에 의하여 우리나라 원자력 시설의 안전에 대한 규제가 이루어지고 있으므로 이것이 안전규제의 목표라고 할 수 있음 / 즉 ‘방사선에 의한 재해방지’와 ‘공공안전의 도모’가 바람직한 경제사회질서의 내용을 구성함
- 위의 목표를 원자력 안전 규제기관의 성과관리와 관련하여 최종 결과(outcome)의 관점에서 재해석한다면 안전규제의 목표는 국민의 ‘안전에 대한 안심 혹은 만족’이라고 할 수 있을 것임

다. 원자력 안전규제 정책 방향에 나타난 규제기관의 업무목표

- 우리나라의 경우 매년 원자력 안전규제정책 방향을 정부가 발표하고 있음 / 규제 정책 방향이 매년 바뀌는 것이라고는 볼 수 없으므로 사실상 이는 연간규제업무계획을 발표하는 것임

<표 5-1> 2002-2007 규제 정책 방향의 목표 비교

	정책목표 혹은 지향점
2002	원자력안전현장 정신의 철저한 이행으로 예측 가능하고 효율적인 규제를 통하여 원자력 안전성 증진과 국민이 안심할 수 있는 원자력 안전구현
2003	국민이 안심할 수 있는 원자력 안전 행정구현
2004	최선진형 원자력안전 관리 체제 구현으로 국민이 안심할 수 있는 원자력 안전 행정 달성
2005	부총리 부서로서의 총괄, 종합, 책임 안전 규제로 국민이 안심할 수 있는 원자력 안전 행정 달성
2006	고품질 안전 규제를 통한 국민 신뢰와 최상의 원자력 안전 수준 확보
2007	세계 최고의 안전 수준 확보로 국민 신뢰 정착

자료: 최광식(2007: 33)

- 규제목표라는 용어를 사용하고 있지는 않으나 추구하는 지향점으로서 2002년부터 2005년까지 4년간 '국민의 안심'이라는 말이 계속 나타나고 있음 / 이것은 원자력 시설의 안전성에 대한 국민의 안심이 우리 규제기관의 주요업무목표 혹은 지향점임을 나타내주고 있음
- 2006년과 2007년에는 '안심'이라는 말 대신 '신뢰'라는 말이 사용되고 있음 / 안심이란 말 대신 신뢰라는 단어가 사용되는 것은 우리 규제기관이 국민의 안심을 더 이상 추구하지 않는다는 의미보다는 안심에 이르는 요소로서 신뢰를 추구한다는 의미로 해석할 수 있음
- '원자력 안전에 대한 안심'이란 원자력 시설의 위험에 대한 국민들의 우려가 수용 가능한 수준으로 낮은 상태를 말함

라. 원자력 안전규제의 목표

- 원자력 안전규제의 목표는 사회적으로 수용가능한 수준의 원자력 안전성을 달성하는 것임 / 이러한 맥락에서 원자력 안전규제는 사회적 목표(societal goal)를 달성하기 위한 것임 / 이러한 사회적 목표는 원자력 사업자의 노력과 규제기관의 활동에 의하여 확보된 공학적 안전성뿐만 아니라 규제기관에 대한 신뢰, 사업자에 대한 신뢰를 바탕으로 체감 안전성이 형성되고 결과적으로 안전에 대한 국민안심이 이루어지는 상태를 말함
- 규제기관은 공학적 안전목표를 추구할 뿐만 아니라 이보다 한 걸음 더 나아간 사회적 안전성의 달성을 추구하여야 함 / 규제활동으로 도달한 공학적 안전성에 대한 안심(정부가 규제를 엄정하게 잘 하고 있다는 사실을 인지)까지를 포함하는 사회적 안전성의 달성이 궁극적인 안전규제의 목표가 되어야 함
- 사회적 안전성의 달성이라는 목표와 관련하여 규제기관의 역할을 바라볼 때, 안전에 대한 국민이해향상을 위한 노력과 규제 독립성, 투명성, 신뢰성 등에 관한 논의가 더욱 의미를 가질 수 있음

4. 효과적 원자력 안전규제의 구성요소

- 공학적 안전성뿐만 아니라 사회적 안전성까지를 고려하여 규제목표를 달성하는데 효과적인 원자력 안전규제의 구성요소들을 제시해보면 다음과 같음

가. 정치적 구성요소

- 규제기관이 입법부 또는 행정부에 책임을 져야만 하지만, 규제와 관련된 의사결정의 독립성은 효과적인 원자력안전규제 체계의 가장 근본적인 기준임
- IAEA는 여러 문건에서 원자력 에너지개발 또는 이용과 관련된 다른 기관이나 조직으로부터 규제기관이 기능상 분리되어야 하며, 정치적 영향을 받지 않도록 각국 정부가 적절한 조치를 취할 것을 권고하고 있음 / 또한 원자력 안전협약 역시 안전성 확보를 위해 각국의 원자력 안전규제에서 규제기능의 독립성이 필수적인 요소임을 강조하고 있음
- 정치체계는 규제기관과 원자력산업의 촉진을 위해 책임을 갖는 기관들 사이에 효과적인 분리가 이루어질 수 있도록 보장해야만 함 / 독립성의 보호는 그 나라의 문화적·조직적 선호를 반영하는 다양한 수단을 통하여 달성될 수 있음 / 하지만 어느 체계에 있어서도 규제기관이 국가, 산업, 면허권자 또는 개별 정치인, 미디어와 같은 다른 관련자들에 의한 부당한 영향력이나 압력에 노출되어서는 안 됨

나. 법적 구성요소

- 법적인 틀은 규제기관과 핵에너지 사용을 촉진하는데 책임을 갖고 있는 기관들 사이의 효과적인 분리를 보장해야만 함 / 규제기관의 권한은 법에 뿌리를 두고 있고, 법에 의해 보호를 받을 수 있도록 법적 틀에 의하여 지지되어야만 함
- 효과적인 규제는 독립성과 안정된 법적 인프라를 가진 규제기관을 가지고 있는 것임 / 또한 중앙과 지방, 환경과 보건 및 안전과 같은 관할영역들 사이에 분명한 역할분담과 조화가 이루어져야 함

다. 재정적 요소

- 규제기관 자금의 출처는 그 기관의 독립성과 같은 요소들에 영향을 미치며, 규제기관이 어떻게 인식되는가에 영향을 미치게 됨으로써 실제적인 규제의 효과성에 영향을 미치게 됨
- 규제기관은 적절하고 일관성 있는 규제행위와 과정을 확보하기 위하여 충분한 자원을 가지고 있어야 함 / 규제기관은 어떤 이해당사자에게 유리한 결정에 도달하지 않는다면 예산이 삭감된다는 위협에 노출되지 말아야만 함
- 재정적 구성요소에는 두 가지 측면을 고려해야 함 / 적절한 규제임무를 수행하는데 필요한 예산을 확보하는 것과 규제기관의 종사자들과 관련된 제약이 바로 그것임 / 두 가지 경우 모두에 있어서 투명하고 정치적으로 책임을 질 수 있는 자금조달기제가 있어야만 함
- 규제임무를 수행하는데 필요한 자금의 출처는 규제의 의사결정의 독립성에 영향을 미칠 수 있음 / 규제기관의 예산이 세금에 기초한 것이든 사업자로부터의 수수료에 기초한 것이든 처방된 규제기능을 처리하는데 충분한 것이어야만 하고, 규제와 관련된 안전연구를 충분히 지원할 수 있는 것이어야만 함
- 규제기관 종사자들과 관련해서는 투명한 것이 중요함 / 예를 들면, 규제기관의 책임자가 주어진 임기를 마치고 다른 직장으로 옮기게 되었을 때 규제의 독립성을 타협하는 일이 없도록 사후 제약조건을 정의하는 것이 필요함 / 재정정보의 공개규칙이 명백히 만들어져야 하고, 공동의 소유권을 통한 재정적 관여는 금지되어야 할 것임

라. 기술적 구성요소

- 효과적인 규제는 유능하고 잘 훈련되어 있으며 동기 부여된 규제기관의 구성원들을 필요로 함 / 규제기관의 종사자는 지나친 시간의 지연 없이 모든 이해당사자의 관심사에 대해 균형 잡힌 입장에서 효과적이고 일관성 있는 방식으로 행동할 필요가 있음
- 규제기관은 최신 기술과 지식에 근거하여 규제활동을 수행하고 규제기술능력을 지속적으로 유지, 향상시키며 적기에 명확한 규제판단을 내려야 함
- 건전한 기술상 안전에 관한 의견을 표현하는데 있어서 독립성이 있어야만 함 / 이 영역에 있어서 규제기관의 관계자는 객관적인 기술적 결정을 내릴 수 있어야만 함
- 종종 규제기관 종사자가 피규제산업에서 충원되는 것과 같은 일이 없도록 인사 관행은

투명해야만 함 / 국가별로 서로 다를 수 있는 문화적 선호 또는 사회적 조건과 같은 환경이 피규제자에 대한 검사 프로그램에 부당하게 영향을 미칠 가능성을 줄이기 위해 윤리적 규칙과 제약에 기초한 행동강령을 정하는 것이 필요하다. 이러한 내용에는 검사자의 정기적인 순환, 규제관리자에 의한 검사자의 감독, 상호점검프로그램, 감사팀의 활용, 객관적이고 성문화된 기준에 대한 의존 등을 포함함

- 효율성에 대한 노력이 효과성을 해치지 말아야 함 / 예를 들면 효과적인 면허심사는 명백한 기준의 결과이어야만하며, 정해진 날짜를 맞추기 위한 것이 아니어야만 함 / 명백한 기준은 면허취득을 위한 사업자들이 제시한 자료를 판단하기 위해 필요하며, 이것은 효과성과 효율성 모두에 영향을 미침
- 효과적이기 위해서 규제기관은 모든 수단을 사용하여 안전에 대한 분명한 초점을 유지할 필요가 있음 / 규제기관은 원자력관련 종사자들의 안전성을 최우선으로 하여 업무를 수행할 수 있도록 원자력 안전문화 정착에 노력해야 함⁶⁾ / 규제기관이 사업자의 안전문화를 규제할 수는 없으나, 규제기관은 사업자에 대한 규제업무로 안전성을 향상시키는 것 외에, 사업자들이 안전성을 최우선으로 하는 분위기를 최고경영층부터 직원에 이르기까지 확산시키는 데 노력을 기울여 원자력 안전성의 향상과 사고의 예방을 위해 노력하여야 함

마. 의사전달 구성요소

- 규제기관은 국민이 원자력 안전규제에 대한 신뢰감을 가질 수 있도록 업무 결과를 성실히 공개하여야 함 / 원자력 안전규제는 대중을 위한 활동으로 객관성의 확보를 위해 그 과정, 내용 및 결과를 솔직히 공개해야 함 / 또한 대중은 그 과정에 참여할 권리와 정보를 접할 수 있어야 함 / 이러한 공개채널은 국가내의 정부기관이나 사업자뿐만 아니라 국제 원자력 관련기관 간에도 유지되어야 함
- 효과적인 의사전달의 측면은 이해당사자들의 입장에서 규제자의 신뢰를 회복하는데 매우 중요한 요소임 / 단순하고, 명백한 기준을 가진 하나의 시스템을 운영함으로써 규제기관은 규제과정에 대한 공동의 이해를 만들어낼 수 있음 / 따라서 규제기관은 명백한 기준과 정의 및 분명한 행위의 임계수준을 통하여 사업자들에게 효과적으로 의사를 전달해야만 함

6) 원자력 안전문화는 구 소련의 Chernobyl 사고 이후 INSAG (International Nuclear Safety Group)-4의 권고에 따라 전 세계적으로 취해지고 있는 조치이다. 원자력 안전문화는 '원자력에 관련된 모든 활동에 종사하는 모든 개인과 조직이 안전성에 관련된 모든 정보를 자유롭게 교환할 수 있는 개방된 태도를 가지며, 실수가 있을 경우에는 솔직히 이를 인정하며, 안전에 대한 철저한 인식과 책임의식을 갖고 있는 문화적 풍토'로 규정할 수 있다.

- 규제자는 또한 일반 국민들에게 효과적으로 의사를 전달해야만 함 / 효과적인 의사전달을 위하여 규제기관은 미디어와 일하는 법을 학습해야하고, 내부 구성원들을 훈련해야하며, 광범위한 국민들에게 정보를 제공하기 위하여 노력해야만 함

바. 책임적 구성요소

- 규제기관은 자신의 이해당사자들에게 자신의 의무를 효과적으로 수행하고 있고 자신의 행동에 대해 책임을 지고 있다는 것을 보여주어야만 함 / 규제기관은 자신의 규제와 관련된 권한을 적용하는데 올바른 균형을 확보할 필요가 있음
- 책임성은 투명한 책임라인을 통해 강화될 수 있지만 필요에 따라 자문위원회 또는 정부의 수사기관과 같은 감시시스템을 통해 규제기관의 투명성을 강화하고 규제기관의 중립성과 객관성을 향상시킬 수 있음

사. 국제적 구성요소

- 규제기관은 원자력안전이 국제적인 관심사항임을 인식하고 국제기구 및 외국기관과 긴밀한 협력관계를 유지해야 함 / 원자력안전협약 등의 국제 활동 참여로 국제적인 신인도가 확보되면 이는 국내의 원자력안전에 대한 신뢰의 제고에도 기여함
- 체르노빌의 사고에서 볼 수 있듯이, 원자력사고 발생시 방사능물질이 국경을 넘어 세계 전 지역으로 전파됨에 따라 원자력안전은 세계 각국의 공동관심사가 되었고, 이에 따라 각 국가는 원자력 안전협약, 손해 배상협약, 폐기물 안전관리협약 등의 국제규범에 따를 수밖에 없게 됨
- 원자력 발전소를 공급한 나라의 규제 기관들과 원자력 규제관련 정보를 교환하는 것도 원자력시설의 안전성확보를 위해 중요하며, 주변국들의 방사선 사고로부터 우리 스스로를 보호하기 위해서 아시아 지역국가들의 원자력시설의 안전성에도 관심을 가져야 하는 것이 현실임⁷⁾

7) IAEA는 원자력이용국가 간의 원자력안전 및 방사성 물질안전관리에 대한 기술, 경험, 제도, 정책, 각 국의 원자력 이용현황 및 방사성물질 관리 활동 등의 정보교류를 활성화하기 위하여 “원자력안전협약”과 “사용후 핵연료 및 방사성 폐기물 관리 안전에 관한 공동협약”을 체결하고, 협약국들은 3년에 한 번씩 국가보고서를 제출하여 이를 발표하고 평가하는 협약회의를 개최하여 원자력과 방사선 위험으로부터 인간과 환경을 보호하는데 노력을 경주하고 있다.

- 국제원자력안전기준은 국내규제의 독립성에 대한 제약과 지원의 측면을 동시에 가지고 있음 / 국제기준이 한 국가의 규제기관이 독자적인 기준을 정하는 독립성을 제약할 수 있음 / 이러한 문제점을 최소화하기 위하여 규제기관이 국제 원자력안전기준을 발전시키는데 적극적으로 동참하는 것이 중요함

제4절 국내외 원자력 안전규제 행정체계

1. 국내 원자력 안전규제 행정체계

가. 원자력 안전규제 행정체계의 성격

- 원자력규제는 크게 사업규제, 안전규제 및 환경규제로 구분될 수 있으며, 원자력 시설별로 규제대상 및 책임부서가 다른 것이 특징임
- 원자력의 주요 활용분야인 발전용 원자력시설의 경우 전기사업의 허가 등 사업과 관련된 사업규제는 산업자원부에서, 시설의 건설 및 운영허가, 방사선환경영향평가 등 안전과 관련한 안전규제는 과학기술부에서, 방사선환경영향을 제외한 일반 환경영향평가는 환경부에서 각각 역할을 분담하고 있음
- 그러나 핵연료주기사업, 핵물질의 사용, 방사성동위원소 및 방사선발생장치사용, 방사선 피폭선량의 관독 등에 관한 규제사항은 과학기술부에서 종합적으로 다루고 있음 / 한편 방사선폐기물의 처리, 처분 등에 관한 사업의 규제에 관하여는 산업자원부에서, 방사성폐기물 시설의 건설·운영허가에 관해서는 과학기술부가 주관하고 있음
- 원자력이 시간, 공간, 이해, 활용 등과 관련하여 넓은 스펙트럼을 가지는 만큼 정책의 형태와 규모도 다양한 만큼 개별정책 별로 혹은 정책군들에 따라 정책참여자가 달라짐(김영평 외, 2007) / 이 때, 당사자들 간의 연계나 협조를 위한 정책연합이 형성되게 됨 / 우리나라의 경우 원자력과 관련하여 정책연합을 살펴보면 <표 5-2>와 같이 정리될 수 있음 / 원자력 진흥연합과 원자력 안전규제 연합은 정부사업자 중심의 공식적 원자력 정책연합이며, 환경단체 등의 반핵연합은 비공식적 정책연합이다. 원자력 안전규제 행정체계는 안전규제 연합 중 민간부문을 제외한 기관들로 구성됨

<표 5-2> 우리나라 원자력 정책 연합의 구성 양태

원자력 진흥연합	원자력 안전규제 연합	환경단체 등의 반핵연합
<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자력위원회 및 원자력 이용개발 전문위원회 ○ 산업자원부 ○ 과기부 원자력국의 연구 개발기능 ○ 원자력 연구원 ○ 원자력문화재단 ○ 원자력관련 대학학과 ○ 한국원자력학회 ○ 한수원(주) 및 원자력 관련 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자력안전위원회 및 원자력안전전문위원회 ○ 과기부 원자력 안전과 ○ 한국 원자력안전기술원 ○ 한국 원자력통제기술원 ○ 위협통제 학회 ○ 민간환경 감시기구(산자부 소속) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지방자치단체(사안에 따라 입장이 달라짐) ○ 환경 단체 등 반핵활동을 벌이는 NGO ○ 원자력에 비판적인 지식인 집단 ○ 특종을 찾는 언론사 ○ 시설지역 주민

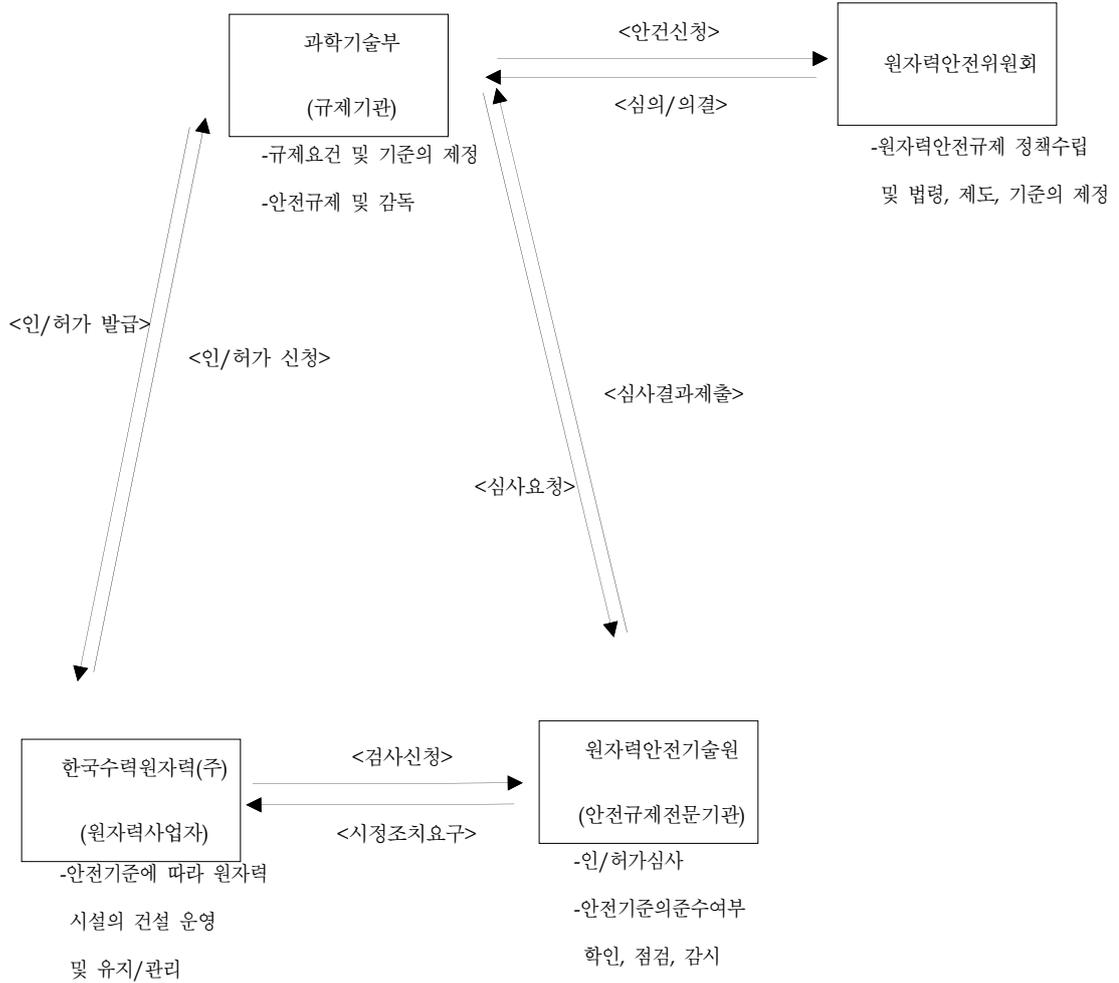
자료: 김영평 외 (2007: 31)

나. 원자력 안전규제 행정체계

- 정부는 원자력안전규제의 목표와 정책을 수립하고 이를 효과적으로 집행하기 위해 법적·제도적 장치를 마련하고 있음
- 과학기술부는 원자력안전규제 종합책임 당국으로서 원자력법, 원자력손해배상법, 원자력손해배상보상에관한법률, 방사선및방사성동위원소이용에관한법, 원자력시설등의방사능방호및방재대책법 등을 시행·관리하고 있음
- 과학기술부는 원자로 및 관계시설, 핵물질, 방사성동위원소 및 방사선발생장치 등의 이용 등에 대한 안전규제 행정 전반을 종합적으로 관장함 / 한편, 원자력시설과 관련된 일반 환경영향평가에 대하여는 환경부에서 업무를 수행하고 있고, 원자력법에서 저선량 방사선으로 분류된 진단용 방사선발생장치에 대해서는 보건복지부와 지방자치단체에서 관리토록 하고 있음
- 우리나라의 원자력 안전규제는 <그림 5-1>에서 보듯이 규제정책 기능 및 시정조치 권한을 가지고 있는 과학기술부와 안전심사, 규제검사, 기준개발 등 규제실무를 담당하는 한국원자력 안전기술원에 의해 수행됨 / 별도의 심의기구로서 원자력안전위원회가 있어 원자력 안전에 있어 중요 정책을 심의·의결함

- 안전규제 관련 일부 업무는 과학기술부에서 직접 수행하고 있지만, 대부분의 업무는 안전규제 전문기관인 원자력안전기술원에 위탁하고 있음 / 원자력 안전기술원은 원자력 법령에 따라 원자력시설에 대한 사용전 검사, 정기검사, 품질보증검사를 과학기술부로부터 위탁받아 수행하고 있으며, 과학기술부가 수시검사(일상검사)를 수행할 때 이를 지원하고 있음

<그림 5-1> 우리나라의 원자력안전규제 행정체계



- 원자력 안전심사는 과학기술부의 의뢰로 원자력안전기술원에서 먼저 심사를 수행한 후 그 결과를 다시 원자력안전위원회에서 심의하고 있다. 과학기술부 장관은 이러한 절차를 통하여 원자력 시설의 허가·승인 등을 발급하고 있음

(1) 과학기술부

- 원자력 안전규제 책임기관인 과학기술부의 임무는 원자력의 원자로시설의 건설 및 운영 허가기준과 운영에 관한 안전조치의 기술기준을 제정하고, 원자로시설의 부지선정단계에서부터 설계, 건설, 시운전, 운전 및 해체에 이르기까지 원자로시설의 전 수명기간동안 이들 기준이 준수되도록 하는 책임을 가지고 있음

- 과학기술부의 원자력관련 조직은 원자력 안전규제에 관한 중요 사항에 대하여 심의·의결하는 원자력 안전위원회가 있고, 계선 조직으로 차관 및 원자력국이 있음

(2) 원자력안전위원회

- 원자력 안전위원회는 1996년 개정된 원자력법에 의해 안전규제의 독립성 및 공정성에 바탕을 두고 원자력안전에 관한 중요사항을 심의·의결하기 위하여 과학기술부장관 소속하에 설립됨
- 원자력안전위원회는 원자력법 제5조의 2항 규정에 따라 원자력안전에 관한 중요 사항을 심의·의결하는 능을 수행하는 위원회임
- 원자력안전위원회는 과학기술부장관이 위원장이 되고 7인 이상 9인 이하의 위원으로 구성됨 / 위원의 임기는 3년으로 연임할 수 있으며, 과학기술부 장관이 산업자원부장관과 협의하여 임명 또는 위촉하는데 발전용 원자로 및 관계시설의 운영에 종사하는 자는 위원으로 위촉할 수 없음
- 원자력안전위원회는 원자력안전규제에 관한 주요정책, 원자력발전소를 포함한 원자력시설에 대한 인·허가 등 안전규제, 핵물질관리에 관한 중요사항, 방사선안전관리에 관한 업무를 최종 심의·의결하는 원자력안전규제의 최고 의결기구임
- 원자력안전위원회에는 소관업무를 전문적으로 조사하고 심의하기 위하여 원자력안전위원회 산하에 원자력안전전문위원회를 두고 있으며, 원자력안전전문위원회는 5개의 전문분과로 나누어 운영됨

(3) 한국원자력안전기술원

- 한국원자력안전기술원은 1990년 2월 ‘한국 원자력안전기술원법’에 의하여 ‘원자력의 생산 및 이용에 따른 방사선의 재해로부터 국민을 보호하고 공공의 안전과 환경보전에 이바지할 것을 목적’으로 독립된 원자력 안전규제 전문기관으로 발족하였으며, 수행하고 있는 업무는 다음과 같음
 - 원자력시설의 인·허가 및 승인에 관련된 안전성 심사

- 원자력시설의 제작, 건설 및 운영에 관한 안전규제 검사
- 원자력시설의 안전규제 관련 기술기준의 연구·개발
- 원자력시설 운전, 핵물질·RI 취급관련 면허시험의 실시
- 방사성동위원소의 사용 관련 허가 또는 신고의 접수 및 심사
- 방사성동위원소 등의 사용에 따른 검사
- 방사성 물질 등의 운반 또는 포장검사
- 전 국토 환경방사선/능 감시 및 평가
- 국가 방사능 비상대응체제의 방사능 방호 기술지원 본부 운영 등

(4) 기타 규제 기관

- 원자력 안전규제 업무의 일부를 담당하는 기관으로 한국방사성 동위원소협회와 한국원자력 통제기술원이 있음
- 방사성 동위원소협회는 방사선작업종사자 피폭기록관리, 방사성 동위원소 수출입신고의 접수 및 조치, 방사성 동위원소 수입현황보고 접수 및 조치, 방사성 동위원소 수출입 추천 등 위탁업무 등을 수행함
- 한국원자력통제기술원은 핵물질 계량관리 및 사찰업무지원, 정부 위탁의 사찰업무 기술 지원 등을 수행하고 있음

2. 선진국의 원자력 안전규제 행정체계

- 세계 주요국의 원자력 안전규제 행정체계는 각국의 행정체계, 원자력 정책, 일반 산업안전과의 관계, 보건·환경과의 연계 등과 같은 다양한 요인들이 고려되어 각국의 실정에 부합하여 다양한 양상을 보임
- 그러나 규제기관의 설치·구성·임무·권한에 대해서는 법적 근거를 분명히 하고 있다는 점에서 공통점이 있음

- 일반적으로 규제기관의 형태와 관련해서는 두 가지 범주로 구분할 수 있음

- 첫째, 규제기관이 중앙정부의 공식기관의 형태를 취하는 경우임 / 규제기관이 중앙정부 안에 통합되어 있는 나라는 2006년 개혁 이전의 프랑스, 일본, 영국, 스위스 등임 일본의 경우 경제산업성(METI) 내에 원자력안전·보안원(NISA)를 두고 있음 / NISA 아래에 독립행정법인 원자력안전기반기구(JNES)를 설립하여 원자력 안전에 관한 전문가 집단을 두고, 원자력관련 시설의 정기검사 및 정기안전관리심사를 수행하고 있음 / 2006년 이전까지 프랑스의 경우도 원자력 안전의 인허가 등 전반적인 규제사항을 산업성 산하의 원자력안전전담 규제기관(DSIN)에서 다루어왔음 이러한 나라들의 규제기관들은 중앙부서의 형태를 취하고 있지만, 핵에너지 산업의 진흥을 담당하는 다른 기관들과는 독립적으로 운영되어 왔음

- 둘째, 캐나다, 2006년 개혁후의 프랑스와 미국은 공식적으로 중앙정부와는 독립적인 규제기관을 가지고 있음 / 캐나다의 경우 캐나다원자력안전위원회(CNSC)는 독립적인 연방기관으로서 연방정부에 의해 위원이 임명됨 / 프랑스의 경우 최근 독립규제기관으로서 고등원자력안전청(HASN)을 설립하여 원자력안전과 방사선방호 및 정보공개에 관한 책임과 권한을 부여하고 있음 / 미국의 경우 1974년에 행정부와는 독립적 위상을 갖는 원자력규제위원회(NRC)가 설립되어 핵물질의 이용에 따른 국민의 건강 및 안전 보장과 관련한 연구와 규제행위를 수행하고 있음

- 이와 같이 주요 원자력선진국은 규제기관의 독립성 확보를 위해 노력하고 있음 / 규제기관이 진흥과 규제를 병행하는 행정부처 소속일 경우 독립성 보완을 위한 방안이 강구되고 있음 / 즉, 일본의 경우 규제기관과는 별도로 내각부 소속의 독립적인 원자력안전위원회를 통하여 원자력안전에 대한 이중 점검장치를 두고 있음 / 또한 최근에는 위원회의 기능강화를 위해 위원회 전임의 사무국을 설치하고, 그 기능을 강화함 / 캐나다의 경우는 자원성 산하에 있던 규제기관이 수상산하로 격상됨

- 규제기관의 규제대상 분야를 토대로 보면, 미국과 캐나다는 원자력안전만을 전담하는 체계를 갖고 있으나 영국의 경우에는 다른 산업안전과 통합하여 단일 규제기관에서 다루고 있음 / 프랑스의 경우에는 원자력안전의 인허가 등 전반적인 규제사항을 원자력안전전담 규제기관(DSIN)에서 다루고 있고, 가동원전의 검사를 포함한 규제는 타 산업의 안전을 동시에 다루는 기관(DRIRE)에서 담당하고 있음 / 일본에서는 원자력안전을 전력, 가스, 광산, 석탄 등 타 산업의 안전과 통합하여 규제하는 기관을 설치한 바 있음

- 원자력 안전규제와 관련된 자문위원회의 활용도 중요함 / 미국, 프랑스, 영국, 캐나다는 원자로, 폐기물, 방사선 등의 안전과 관련된 자문위원회를 운영하고 있으며, 일본의 원자력안전위원회는 독립적으로 2차 안전심사를 담당하고 있음

- 또한 관련 행정기관 및 기술지원기관과의 협조관계도 중요하함 / 프랑스와 캐나다는 방사선 방호와 관련된 업무를 보건성에서 수행하며, 미국과 캐나다는 환경정책과 관련된 업무를 환경담당기관에서 수행함 / 원자력 방재 대책은 대부분의 국가에서 방재전문기관, 지방정부, 내무성 혹은 국무성과 연계되어 수립되어 있음 / 각국은 기술적이고 전문적인 사항에 대해 규제기관을 지원하는 기술지원기관을 두고 적극 활용하고 있음 / 미국은 국립연구소, 대학 등이 NRC를 위해 안전연구 용역을 수행하고 있으며, 일본은 발전설비검사협회와 원자력발전기술기구의 원자력안전해석소가 안전검사 및 안전해석 업무를 각각 수행하고 있음 / 영국에는 국가방사선방호청이라는 정책자문 전문기관을 두고 있으며, 프랑스에서는 원자력안전방호연구소와 전리방사선방호국이 있어 안전규제기관의 기술지원을 담당하고 있음 / 독일에는 방산선방호위원회, 원자로안전위원회, 시설 및 원자로 보안연구소 등에서 기술자문을 수행함

- 이상에서 살펴본 바와 같이, 주요 원자력 선진국은 안전규제에서의 독립성 확보를 위해 각국의 형편에 맞는 체계를 구성하고 있고, 독립성 저해요인이 있을 경우 체계를 개편하거나 보완하는 작업을 추진하고 있음

- 또한 원자력 안전규제를 타 산업안전과 연계하여 환경관점에서 접근하는 경향이 있으며, 규제의 객관성과 공정성 확보를 위해 자문위원회를 활용하고, 전문성과 기술성 확보를 위해 전문기술지원기관을 활용하고 있음

<표 5-3> 국외 원자력안전규제체계

국가	미국	일본	프랑스	영국	캐나다
법적근거	에너지제조조직법	원자로등 규제법	Law 61-842 of 2nd August 1961	작업등에 관한 보건안전법	원자력안전규제법
기관명	원자력규제위원회 (NRC)	원자력안전·보안원(NISA)	원자력시설안전국 (DSIN)-2006년 이전 고등원자력안전청 (HASN)-2006년 이후	보건안전위원회 (HSC)/ 보건안전집행부 (HES)/ 원자력시설검사부 (NII)/	캐나다원자력안전위원회 (CNSC)
소속	대통령소속이나, 기능상 독립 및 의회 직접보고	경제산업성소속	DSIN-산업성소속 HASN-독립규제기관	환경운송지역성 (DETR)	수상산하
조직형태	독립위원회	부처소속의 행정부서	부처소속의 행정부서	부처소속 독립행정부서	독립위원회
규제대상	군사용을 제외한 모든 원자력시설의 규제 및 감독	발전용원자로시설의 규제 및 감독	모든 원자력시설의 규제 및 감독	모든 원자력시설의 규제 및 감독	모든 원자력시설의 규제 및 감독
자문위원회	· 원자로안전자문위원회 · 원자력폐기물자문위원회	*원자력안전위원회(독립적인 2차 안전심사 담당)	· 원자로자문위원회 · 원자로외시설자문위원회 · 방사성폐기물장지 저장자문위원회	· 원자력시설안전자문위원회(NuSAC)	· 방사선방호자문위원회 · 원자력안전자문위원회
관련행정기관	· 연방비상관리청(FEMA):원자력방재 대책수립 · 환경보호청(EPA): 환경정책수립 · 주정부:원자력방재 실무 및 환경감시	· 문부과학성 :연구용 원자로, 방사성등위원소의 규제 · 구토교통성 : 선박용 원자로규제	· 보건성 산하 OPRI. 환경감시 및 방사선방호 · 내무성. 방지대책	보건성 산하 국립방사선방호청 (NRPB):방사선방호 기준 등의 자문 실시, 규제기관은 아님	· 환경성산하 환경영향 평가청(CEAA): 환경영향 평가 수행 · 보건성. 방사선 방호
기술지원기관	국립연수고 등 (안전연구 Project 수행)	· 발전설비검사협회 · 원자력발전기술기구(원자력안전해석소)	원자력안전방호 연구소 (IPSN·원자력청 소속)		국립연구소 등

자료: 한국원자력안전기술원(2002: 489-499)을 재구성함

- 가장 최근에 Bredimas & Nuttall(2007)은 미국을 비롯한 캐나다, 프랑스, 독일, 일본, 영국, 스위스를 포함한 7개 국가의 규제체계를 비교한 뒤, 규제조직과 관련하여 몇 가지 사항을 권고하고 있는데 그 내용은 위에서 보여주는 특징과 크게 다르지 않음 / 그들은 우선 독립적인 규제기관을 갖는 것이 중요하다는 점을 강조하고 있음 / 이러한 독립성이 원자력규제와 관련된 결정이 부적절한 요인에 의해 영향을 받지 않으리라는 것을 시민과 환경론자에게 확신시켜주는데 도움이 됨 / 더불어 원자력안전 규제기관은 특성화된 전문가집단이 될 필요가 있다는 것을 지적하고 있음 / 하지만 원자력은 매우 복잡하고, 정치적·사회적·기술적 문제들을 발생시키기 때문에 규제기관은 외부전문기관과 광범위하게 자문을 구함으로써 외부의 자원과 역량을 결합하려는 노력이 중요하다는 것을 강조하고 있음

제5절 원자력 안전규제 행정체계의 문제점과 개선방안

1. 문제점

- 안전규제목표를 효과적으로 달성하기 위해서는 규제의 근간이 될 수 있는 요소들을 확보하여야 함 / 이는 앞서 '효과적 안전규제의 구성요소'에서 논의하였고, 외국의 사례에서도 보여주듯이 규제기능의 정치적·법적·재정적 독립성, 우수인력 확보 및 규제기술역량으로 공학적 안전성을 확보하는 일, 효과적인 의사전달을 통한 규제과정의 투명성과 공개성을 유지하는 것 등을 포함함 / 이는 원자력안전협약 등 국제적으로도 요구하는 사항이기도 함
- 다음에서는 이러한 효과적 안전규제의 구성요소에 비추어보았을 때, 우리의 안전규제 행정체계상의 몇 가지 문제점과 개선방안을 제시해보고자 함

가. 규제 독립성

- 규제독립성은 규제기관이 안전관련 의사결정에서 사업자 혹은 이용진흥 쪽으로부터 부당한 영향을 받지 않은 것임 / 사실상(de facto)의 독립성뿐만 아니라 가시적으로 들어나는 법적, 제도적(de jure) 독립성이 중요함 / 사실상 독립성이 확보되고 있다 하더라도 법적,

제도적 독립성이 확보되어 있지 않다면, 국민들은 규제기관이 사업자에게 포획되어 주민들을 위하여 규제하지 않는다고 생각하게 됨

- 우리사회에서도 원자력산업의 성장과 더불어 규제기관의 독립성과 신뢰성을 제고해야 한다는 목소리가 학계, 시민단체, 언론 등을 통해 지속적으로 제기되어온 것이 사실임 / 이러한 논란은 현재 한국원자력연구원을 중심으로 하는 원자력 R&D 사업과 원자력 규제임무를 같은 과학기술부가 맡아왔을 뿐만 아니라 원자력진흥을 담당하는 원자력정책과와 그 밖의 원자력 안전을 담당하는 부서들이 같은 원자력국 안에 소속되어 있다는 사실과 관련이 있음 / 또한 한국원자력안전기술원의 한수원으로부터의 비용징수 등도 국내 외에서 지속적으로 지적되어온 문제임
- 원자력의 초기발전단계에서 R&D사업과 안전규제가 분리되지 않은 것이 시너지효과를 만들어내는데 유리한 측면이 있다는 것을 인정하더라도 장기적으로는 국제적 기준에 맞추어 독립성의 원칙에 오해의 소지가 없는 방향으로 나아갈 필요가 있음

나. 안전규제의 전문성과 일관성

- 원자력 안전규제에서 전문성의 확보는 피규제산업에 포획되지 않기 위해, 또한 안전규제의 효율적인 수행을 위해 필수적인 요소임 / 원자력산업은 기술집약적이며 관련기술이 지속적으로 발전하는 산업인 만큼 원자력의 안전규제는 고도의 전문성을 필요로 하는 것임
- 우리정부에 보편적으로 적용되는 순환보직제는 규제기관의 역량을 저하시키고, 규제기관에 대한 신뢰에 대한 영향을 미칠 수 있음 / 이러한 토양위에서 사고가 발생할 경우 신속하고 적절한 대응이 어려울 수 있으며, 규제가 과잉 정치화하는 경향을 보일 수 있음
- 정부관료의 순환보직 등의 이유로 현 규제당국의 원자력안전에 대한 정책의 일관성을 유지하기 힘든 체계임 / 임명되는 관료에 따라 안전정책 기조변화가 가능하며, 장관, 담당국장, 주무담당과장의 빈번한 교체는 정책의 일관성 유지를 어렵게 함
- 주민들은 정부행정의 중점이 원자력 사업의 진흥인지 주민의 안전인지 일관성이 결여되어 있다고 인식할 수 있으며, 이는 원자력안전과 규제에 대한 신뢰저하 요소로 작용할 수 있음

다. 원자력 관련 집단의 가족주의화

- 국내 원자력 커뮤니티의 결속적 집단주의적 속성에 의해 사업자, 학계, 규제기관 사이에 가족적 연대감이 형성되어 있다고 봄 / 이는 커뮤니티 내에서는 신뢰를 증진시키는 효과를 가질 수 있으나 심리학적으로 집단사고 현상을 초래할 수 있음
- 사고 발생시 대응에 있어 '철저한 원인규명과 재발방지, 주민안심 활동'보다는 '수습우선' 접근방식을 취하며 무의식적으로 '전략생산 활동에 차질이 있어서는 안된다'는 집단사고에 매몰될 가능성이 있음
- 규제기관은 사업자에게 부당한 규제부담을 주지 말아야한다는 심리적 부담에 노출될 수 있음 / 이러한 집단적 행위는 주민들에게 인지되고, 원자력관련 집단의 의사결정과정의 건전성(integrity)에 대한 대중들의 신뢰저하로 연결될 수 있음

라. 원자력 위험수준 인지

- 원자력 위험수준(risk)의 인지는 국민, 원자력전문가 사이에 큰 편차가 있음 / 공학적 안전성과 인지 안전성 사이의 괴리와 원전종사자와 주민간의 체감안전성에 괴리가 존재함
- 국민들의 위험수준 인지가 '막연한 불안감'에 근거한다는 일부 원자력전문가들의 인식과는 달리 실제로 주민들에게 그러한 인식은 '명백하고도 현존하는' 위험인 것임
- 지역주민의 원자력 위험에 대한 노출의 비자발성도 문제로 작용하여 체감위험도를 낮게 생각하는 원전사업자에 비해 체감위험도를 높게 생각하는 주민들이 불안해하는 것은 당연한 것임

마. 낮은 정부신뢰로 인한 의사전달의 문제

- 규제에 대한 신뢰는 안전에 대한 안심으로 연결되고 주민들에게 안심과 만족을 제공하는 것은 규제의 중요한 성과 중의 하나임 / 따라서 규제업무수행과 함께 이를 주민들에게 적절히 알리는 것도 중요한 규제업무의 일부임
- 우리나라는 정부에 대한 신뢰가 낮은 상태에서 원자력 규제기관에 대한 신뢰향상을 해야

하는 어려움이 존재함 / 이런 여건에서 규제과정의 주민참여는 신뢰를 오히려 저하시킬 가능성이 있기 때문에 신중하게 접근할 필요성이 있음

- 주민들에 접근하여 이해활동을 강화하는 경우에도 이를 사업자의 원자력수용성 증진활동으로 오해할 가능성이 상존함 / 주민시각에서 규제기관은 원자력의 진흥에 일부 이해를 함께하는 이익집단으로 인식될 수 있음 / 이러한 인식은 불신으로 이어지며, 이를 규제기관의 주장 혹은 자기변명이나 주민과의 커뮤니케이션 강화로 해결하는데 해결하는 데는 근본적인 한계가 있음

2. 개선방안

가. 장기적 관점에서의 규제기관의 독립성 확보

- 규제독립성에 대해서는 국제적으로 그리고 국내의 시민단체나 언론 등에서 지속적으로 논의를 제기하고 있고, 이것이 규제기관에 대한 신뢰와 관련이 있으므로 체계적인 검토가 필요함
- 원자력 안전규제기관의 독립성과 관련하여 가장 최근에 김영평 외(2007)는 장기적인 관점에서 원자력규제조직의 개편에 대한 세 가지 대안을 제시하고 있음

① 현행체계를 유지하면서 보완하는 방법으로서, 책임 있는 규제과학자 집단으로서 원자력안전위원회의 위상 강화 및 개선을 강조함 / 더불어 규제업무와 진흥업무와의 명확한 역할분담을 위하여 원자력안전위원회 위원의 임명 및 위촉과정에서 원자력 진흥업무를 담당하고 있는 산업자원부 장관과의 협의를 거치도록 한 원자력법 규정의 삭제를 권고함 / 또한 원자력 안전규제를 담당하는 과학기술부가 원자력 연구개발사업을 동시에 담당하면서 비판적으로 지적되고 있는 규제업무와 진흥업무의 혼재에 대한 오해의 소지를 줄일 필요가 있으며, 원자력 안전규제를 실질적으로 담당하는 원자력안전기술원이 원자력진흥과 관련이 있는 원자력산업회의의 회원으로 가입되어 있는 점을 시정할 필요가 있음을 지적함

② 국제사회에서는 우리나라의 원자력안전규제수준에 대한 신뢰가 확보된 반면, 국내적 수준에서는 시민단체 등의 지속적인 의혹제기 등으로 규제독립성에 대한 신뢰를 얻지 못하고 있는 상황에서 원자력 안전규제기관의 독립성 및 공정성에 대한 확실한 의지의 가시적 표현으로서 독립적 규제위원회의 설립을 고려해볼 수 있음 / 원자력안전규제위원회의 위상은 국무총리소속으로 하여 안전규제 업무의 위상과 국민의 신뢰를 제고하고, 원자력

안전과 관련된 부처간의 이견을 종합적으로 조정할 수 있도록 하는 것이 바람직함 / 이 경우 원자력안전규제위원회가 원자력 안전규제업무를 독자적으로 담당하고, 과기부가 원자력에 대한 기술개발을 담당하며, 산자부가 원자력 이용개발 등 진흥업무를 담당하게 됨

③ 원자력위원회를 정부조직화하여 국내의 원자력 관련 모든 업무를 총괄·조정·심의할 수 있는 권한을 부여하는 것임 / 이 경우 원자력 관련 정책 연합의 외연을 확장하면 서도 정부 부처간 정책조정 기능을 용이하게 할 수 있다는 장점이 있음 / 더불어 대통령의 지원 속에 정책선도기능이 가능하고 원자력 이용개발의 활성화가 가능하다는 강점이 있다. 이 때 원자력 안전규제 기능은 별도의 정부조직에서 담당하도록 분리할 필요가 있음

- 각각의 대안이 장단점을 가지고 있는 상황 속에서 어느 한 가지를 최선의 것으로 선택하기란 쉬운 일이 아님 / 다만 우리사회의 원자력발전을 위해서는 국제사회로부터의 신뢰 못지않게 국민들로부터의 원자력에 대한 신뢰를 구축하는 것이 원자력규제조직의 개선을 위해 중요한 판단기준이 될 필요가 있음
- 원자력에 대한 국민신뢰 형성의 중요한 부분은 원자력규제기관이 행정부서의 이해관계에 얽매이지 않고 국민의 입장에서 독립적으로 일을 해나간다는 인상을 심어주는 것임 / 이와 관련하여 세계적으로 행정부처로부터 독립된 위원회형태의 조직이 규제행정에서 차지하는 위상이 강화되는 추세를 감안할 때, 우리나라의 경우도 궁극적으로 그러한 방향으로 나아가는 것이 바람직하다고 판단됨
- 현재로서는 원자력안전위원회의 위상을 높여가면서 장기적으로는 행정부처로부터 독립된 위원회형태로 개편해나가는 것이 바람직할 것임 / 단기적으로는 현재 과기부에 소속된 원자력안전위원회를 과기부의 원자력국이나 새로운 원자력안전규제 담당 조직을 설치하여 안전위원회의 사무국기능을 수행하도록 하는 것도 고려해 볼 만함 / 이를 통해 원자력안전위원회는 원자력규제와 관련된 중요한 의사결정을 책임지고, 과기부소속 사무국은 집행을 책임지는 체계를 구축할 수 있을 것임
- 궁극적으로는 원자력안전위원회가 독자적인 규제권한을 갖도록 하고, 안전위원회의 소속을 총리소속으로 격상시키면서 독자적인 사무국을 운영하도록 하는 방향으로 개선해나가는 것이 바람직하다고 판단됨
- 사실 규제체계 또는 독립성의 문제는 이미 규제관계자들이 인식을 못하고 있는데 기인한 문제가 아니라 규제당국의 권한을 벗어난 문제라는 점에서 앞으로 정치적·사회적 여건의 성숙과 더불어 정치적 기회의 창(opportunity window)과 적절하게 맞닿을 때 해결될 수 있을 것으로 사료됨

나. 전문성 및 역량강화

- 원자력 안전문제를 효과적으로 담당할 수 있는 충분한 전문성을 보유하고 있다는 국민들의 인정을 받을 수 있도록 규제기관의 전문적 역량과 규제기관의 집행역량을 보장해야 함 / 규제기관이 충분한 전문인력과 충분한 예산 등의 물적 자원과 외부로부터의 지원을 동원할 수 있어야 함
- 이와 관련하여 과학기술부의 전문성을 향상시키는 것이 필요하나 현 순환보직체제로서는 근본적인 한계가 있으며, 이를 산하의 전문기관이 지원하는 체제가 우리 정부 체제의 특징임
- 이러한 맥락에서 원자력안전분야의 전문기관인 원자력안전기술원의 역할이 특히 중요하며, 규제에 대한 신뢰제고를 위해서는 상당한 권한과 책임이 원자력안전기술원에 부여될 필요가 있다고 판단됨

다. 원자력 관련 집단의 가족주의적 의식의 탈피

- 규제기관은 에너지 확보를 위한 원자력 보호육성이라는 입장에 규제기관까지 동조하는 태도 및 인상을 주지 않는 것이 필요함 / 규제기관이 원자력진흥이 필요하다는 의견을 보이거나 사업자에게 협조적, 우호적으로 비치는 태도를 지양해야할 것임
- 사업자의 경우 규제기관을 원전운동을 도와주는 좋은 파트너라는 생각으로부터 벗어나야 함 / '사업자와 거리를 둔 신뢰받는 규제기관의 존재가 궁극적으로 도움이 된다'는 의식으로 전환하는 것이 필요함
- 규제기관은 원자력산업에 방법적 반대자(Devil's advocate) 역할을 하여 방법적, 의식적으로 원자력안전에 대한 비판적, 보수적 입장을 견지하여야 함 / 조직문화에 대한 자체평가, 객관적 평가 수행 및 그에 근거한 개선방안을 마련 시행하여야 함

라. 사회적 안전성 목표에 초점을 둔 국민신뢰활동의 공식적 강화

- 원자력안전규제의 목적은 원자력안전에 대하여 국민들에게 만족을 제공하는 것이며, 이 '만족'에는 인지측면, 정서적 측면까지 포함되는 것임 / 신뢰제고를 통하여 안전성에 대한 만족을 제공하는 것까지 규제의 임무(mission)라는 인식을 갖는 것이 필요함
- 우리나라 행정체계에서 규제기관은 과학기술부와 원자력안전기술원임 / 국민신뢰를 위

하여 규제기관은 때로 기술적인 판단 이외에 정치적, 정책적 결정도 필요함 / 이 경우 규제당국은 전체적이고 정책적 결정을 하며, 원자력안전기술원은 공학적·기술적 판단을 하되, 업무의 경계가 모호하지 않도록 명확한 영역설정이 되어야 할 것임

- 과학기술부의 경우 규제행정·정책업무와 더불어 국민신뢰 활동을 하여야 하는데 현재 과학기술부의 국민신뢰활동은 그 증가하는 중요성에 비해 미흡함 / 국민신뢰활동은 현재 원자력안전기술원의 정보공개센터운영, 연구부의 과제형태로 일부 수행되고 있는 상황임
- 앞으로 국민신뢰활동을 명확한 규제업무 중 하나로 고려하여 과학기술부에 CTO (Chief Trust Office) 임명하거나 산하 조직을 구성하는 것뿐만 아니라 원자력안전기술원에 체계적인 국민신뢰업무를 위탁(혹은 고유사업화하고 부서 신설)하는 것을 포함하여 신뢰회복을 위한 공식적·제도적 방안을 신중히 고려해야 할 것임

마. 커뮤니케이션의 체계적·전략적 강화

- 커뮤니케이션은 신뢰확보의 기본이며 또한 위기발생시 위기대응 및 관리에서 사업자뿐만 아니라 규제자의 커뮤니케이션 역량은 필수적임
- 국민신뢰를 얻기 위해서는 공학적 안전성의 유지 및 향상을 근간으로 하여 지역주민들과의 관계에 집중하고 그들의 체감안전성을 향상시키는데 주력해야할 것임 / 주민이 바라는 바와 의도를 내재화하고 주민에 대한 염려, 주민의 만족에 대한 인식에 근거한 신뢰를 구축하도록 커뮤니케이션이 이루어져야 함
- 원전이 위치한 해당지역 주민들에게 안전은 최대 관심사로서 법정 정기검사결과에 대한 설명회를 정례화해서 개최할 필요가 있음 / 이를 위해 현장중심의 커뮤니케이션이 이루어질 수 있도록 주재관실을 활용하는 것이 효율적임 / 해당지역에 주재관 중 주민접촉을 위한 공공정보관(public information officer)을 지정하고 이들로 하여금 일상검사의 계획, 활동 및 결과를 주민에게 공지하는 역할을 맡길 수 있을 것임
- 환경단체, 미디어와는 정례간담회를 통하여 규제요원들의 역량과 올바른 규제관 등을 전달함으로써 신뢰를 구축함 / 규제기관-주민, 규제기관-환경단체 등과 목표와 가치를 공유하여 높은 수준의 신뢰단계로 들어가기 위한 수단으로서 사회극(sociodrama)과 같은 사회심리학적 방법도 실험해 볼 수 있을 것임
- 사회과학적인 방법을 통해, 규제의 사회안전성 성과지표로서 절대적 또는 상대적 체감안

전지수를 개발하고, 이를 주기적으로 측정하는 것과 동시에 규제기관에 대한 신뢰수준과의 관계도 규명해봄으로써 보다 체계적이고 객관적인 차원에서 주민의 신뢰향상을 위한 노력이 기울여져야 할 것임

바. 원자력규제에 대한 담론형성을 통한 새로운 틀짓기의 시도

- 국민들 사이에서 광범위하게 공유된 상황에서 원자력이 안전하다는 과학적 호소만으로 그러한 부정적 시각을 불식시키지 못하는 현실을 감안하면, 원자력규제조직의 변화에 대한 담론을 통해 원자력 옹호연합의 외연을 확대하는 계기를 마련해보는 것도 또 다른 차원의 중요한 전략이 될 수 있을 것으로 판단됨
- 특히 다양한 정부부처가 원자력 정책연합에 참여하게 되면, 그 만큼 원자력의 정당성과 필요성에 대한 공론의 형성이 쉬워지고, 각 부처의 산하기관 및 고객집단을 통해 원자력에 대한 정책논의가 빠른 속도로 확산되는 효과를 기대할 수 있을 것임(최병선, 2007)
- 원자력규제기관의 개편과 관련된 담론을 현재 원자력에 대해 깊은 이해관계를 가지고 있는 과학기술부와 산업자원부의 범위를 뛰어넘어 범정부차원에서 이끌어냄으로써 현재로서는 국민정서상 친원자력적 입장을 표명하기 어려운 다른 정부부처들도 원자력의 미래에 대한 공감대를 형성할 수 있는 중요한 계기를 만들어내는 것이 중요함
- 더불어 이러한 담론과정을 통해 국민의 관심을 이끌어내고, 그 과정 속에서 지금까지의 안전기술위주의 과학적 틀짓기 방식을 벗어나 원자력의 부재 시에 발생할 수 있는 '기회편익'(opportunity benefit) 개념을 적극적으로 활용하는 새로운 틀짓기 방식을 시도해볼 수 있을 것임⁸⁾

8) 최병선(2007: 48)에 따르면, 위험의 기회편익이란 '위험하다고 여겨지는 새로운 물질이나 기술의 개발이나 도입을 지체시키거나 거부함으로써 생겨나는 기존위험(existing risks)을 줄일 수 있는 기회의 상실'을 의미한다. 많은 경우 위험이라는 것은 어떠한 비용을 들이더라도 당연히 회피해야 할 성질이기에 때문에 어떤 물질이나 기술이 위험하다고 한다면 그것은 당연히 금지 또는 제한되어야 한다는 사고로 인해 기회편익에 대한 고려가 거의 무시되는 경향이 있다. 같은 맥락에서 원자력에 대한 우리사회의 지배담론은 원자력의 무수한 기회편익은 완전히 무시하는 특성을 보여주고 있다는 것이다. 최병선(2007: 49)에 따르면 "원자력을 포기할 경우 에너지 수급이 막대한 차질이 빚어지고, 그것이 우리나라의 에너지 안보를 얼마나 위태롭게 할 것이며, 가장 큰 피해자는 누가 될지에 대해서는 눈을 감고 있는 것이다." 원전선진국의 경우 반핵단체와 환경단체 운동가들의 영향력이 매우 큼에도 불구하고, 이들 국가에서 원자력의 사회적 수용성이 우리나라보다 크게 나타나는 이유는 이들 국가의 국민들이 원자력의 안전성을 높게 인식하거나 신뢰하고 있어서가 아니라 원자력의 경제성, 환경친화성, 지속가능성, 에너지안보에서의 중요성, 원자력산업의 잠재력 등의 가치들에 대해 균형적 관점을 가질 수 있기 때문이라는 것도 시사하는 바가 크다.

제6장

원자력 외교 및 협력체계
확립 방안

제6장 원자력 외교 및 협력체계 확립 방안

제1절 원자력 협력체계의 의의

- 원자력의 평화적 이용을 확대하는 문제는 이미 우리에게 선택의 문제가 아님. 고유가, 환경, 에너지안보, 자원안보 시대를 맞이하여 원자력의 역할이 더욱 부각되고 있음.
- 원자력은 이미 국내 전기 생산의 40% 수준을 공급하여 에너지안보의 핵심적 역할을 하고 있으며, 방사능 사고 위험을 방지하면서 원자력 에너지의 청정성과 공급 안정성으로서 가치를 더욱 평가받고 있음.
- 다른 에너지와 달리 원자력의 이용 확대문제는 단순히 경제논리와 국내적 요인에 의하여 결정되지 않음. 국제정치와 외교, 그중에서도 미국의 비확산정책에 크게 영향을 받음.
- 이것은 원자력 그 자체는 과학기술과 산업분야에 속하지만, 군사적 용도로 전용될 수 있는 이중성으로 인하여 국제정치와 외교가 그 이용의 범위와 한계를 규정하는 특수한 상황에 놓여있기 때문임.
- 한편 최근 한국의 원자력이 위기를 맞고 있음. 역설적이지만 이러한 위기는 지난 50년에 걸친 한국 원자력의 성공의 결과임. 한국은 세계 6위 원자력발전 대국으로서 원자력산업 분야는 세계 최고 수준이지만, 그 기반이 되는 원천기술개발은 아직 이에 미치지 못하고 있음.
- 일부 연구개발 분야 중에도 세계 최고 수준이 있지만, 특히 핵연료주기 분야는 아직 연구개발의 불모지로 남아있음. 또한 연구용 원자로와 원자력발전소는 독자적인 선진모델을 갖고 있으나, 아직 수출 실적은 증가 추세에 있으나 미흡한 실정임.
- 원자력의 평화적 이용 확대에 있어 이렇게 문제는 명백하나 그 해답은 간단치 않음. 국제정치외교문제가 얽혀 있기 때문임. 2005년 5월 핵비확산조약(이하 'NPT') 평가회의에서 드러났듯이 핵무기를 합법적으로 보유한 핵국과 핵보유가 거부된 비핵국은 비확산과 평화적 이용문제에 있어 첨예하게 대립하고 있음.
- 비확산정책에 대하여 비핵국가들도 대부분 원칙적으로 지지하고 있으나 이로 인하여 평화적 핵 활동이 제한되는 상황을 우려하고 있음.

- 최근 미국이 농축과 재처리의 기술이전을 엄격히 통제하려고 하자 비핵국들이 강력하게 반발하고 나섰다. 만약 이러한 미국의 입장이 관철된다면, 한국도 잠재적 피해자가 가능성이 높음.
- 한국이 에너지안보를 강화하고 원자력산업과 연구개발 분야의 추진 동력을 확보하기 위해서는 핵연료주기와 차세대원자로의 연구개발에 적극 참여해야할 필요가 있음.
- 비록 한국의 농축과 재처리활동은 여러 가지 정치적 규제로 인하여 불가능하지만, 이에 대한 가능성 연구와 IAEA가 제기한 다자적 접근방법에 대한 연구는 지속되어야 할 것임. 이러한 원자력 활동은 한국의 국제원자력협력활동 강화와 대미 원자력외교를 통하여 가능할 것임.
- 이러한 배경에 따라 본 연구에서는 첫째, 원자력 안전조치와 수출통제 현황을 살펴보고, 둘째, 원자력의 다자간 협력체계와 선진국 원자력 외교에 대해 분석함, 그리고 우리나라 외교 체제의 현황과 향후 원자력 외교 확립을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 함

제2절 원자력 안전조치와 다자간 협력 체계

1. 원자력 안전 조치

가. 원자력 관련 안전조치 개념 및 목적

- 원자력은 20세기 인류가 발견한 기존 의존형 대규모 에너지원으로서 소량의 핵물질로부터 막대한 양의 에너지를 얻을 수 있음. 1g의 우라늄 235가 완전 핵분열 했을 때 나오는 에너지는 석유 9드럼 또는 석탄 3톤이 연소하여 나오는 에너지와 같음(한국원자력연구소, 2003).
- 이와 같은 위력을 가진 원자력은 불행히도 군사적인 목적으로 이용되어 사용되고 있음. 1939년 제2차 세계대전이 발발하면서 영국, 미국, 독일, 일본 등 각 전쟁 당사국은 원자력이 무기에 이용될 수 있다는 가능성을 발견하고 핵무기의 개발에 착수하거나 그 가능성을 타진함.

- 미국은 1942년 원자폭탄 개발 프로그램인 맨하탄 프로젝트에 착수하여 1945년 원자폭탄 실험에 성공하였으며, 1945년 8월 일본의 히로시마와 나가사키에 원자폭탄을 투하하였음.
- 물론 원자력은 초기 군사적인 목적으로 사용되기는 했으나 1953년 53차 유엔총회에서 미국 아이젠하워 대통령의 “원자력의 평화적 이용” 선언 이후 평화적·실용적인 목적으로 사용되기도 함. 구체적으로 원자력 발전, 방사선 및 방사선동위원소 이용, 원자력 동력 등과 같이 평화적인 목적으로 이용되고 있으며, 해수담수화 등과 같이 다양한 분야에 이용될 수 있는 무한한 가능성을 가지고 있음.
- 게다가 에너지 수요의 증가, 기후변화에 대비, 안정적인 연료공급 등에 대한 대책으로 원자력에 대한 이용은 세계 각국에서 추진되고 있는 실정임. 미국, 영국, 프랑스, 캐나다 등 기존 원전 보유국 외에도 새로 원전을 도입하려는 개도국들이 늘고 있는 추세임.⁹⁾
- 이와 같이 원자력은 평화적·실용적인 목적과 군사적인 목적으로 공히 이용될 있음. 양쪽에 쓰이는 기술이 서로 다른 것이 아니라 공유될 수 있다는데서 원자력의 양면성이 존재함. 즉, 평화적 목적의 원자력 활동이라 할지라도 원자력을 이용하는 사람의 의도에 따라 군사적인 목적으로 전용될 수 있는 것임. 이는 다른 과학기술의 경우도 마찬가지일 것이나 원자력의 경우 대량살상 무기로 전환 될 수 있는 문제점을 가지고 있음. 그리하여 국제 다자간 협력체계는 이러한 원자력의 양면성을 바탕으로 등장함(한국원자력연구소, 2003).
- 세계2차 대전 이전까지는 국가 간의 협정 및 조약의 준수는 일반적으로 협정 당사자 간의 신의와 성실에 의존하고 있었을 뿐 그 준수 여부를 확인할 수 있는 방법을 제시하지는 않았으나 1945년 핵무기의 위력을 경험한 세계는 원자력 이용과 관련한 의무사항의 준수 여부를 확인할 구체적인 방법을 구축할 필요성을 느끼게 되었음.
- 실제로 미국, 영국, 캐나다는 1945년 원자력의 평화적 이용을 확보하기 위하여 원자력 수출이나 협력에 대해서 안전조치와 사찰을 필수 조건으로 할 것으로 선언하였음. 이에 따라 평화적 목적의 핵물질 및 장비가 군사적인 목적으로 전용되지 않았음을 입증하기 위한 안전조치 개념이 대두됨.
- 우선 ‘핵물질 안전보장 조치 개념은 우리나라의 안전을 확보하기 위한 조치와는 의미가 다르며 일본에서는 이를 ‘보장조치’ 라고 부름. 우리나라의 경우 ‘안전조치’와 ‘보장조치

9) 특히 원자력발전소의 건설이 세계 각국에서 추진되고 있는 데, 구체적으로 세계 원자력 발전소의 운전 현황을 살펴보면 2002년 12월말 세계 31개국에서 440기 원자력 발전소가 가동되고 있으며 세계 전력 생산의 약 16%를 차지함. 2003년 말 세계에서 운전 중인 원자력발전소는 434기, 합계출력 3억 7천628만 6천kW임, 그리고 2004년 6월 세계의 원자력발전소 수는 442개로 총 32개국에서 운영됨(원자력 발전백서, 2004).

'를 혼용하고 있으며, 대중매체에서는 '핵안전조치'라는 용어를 사용함. '안전조치'란 원자력의 평화적 이용에 수반되는 핵물질, 장비, 시설 등이 핵무기나 기타의 핵폭발장치의 제조에 전용되지 못하도록 검증하는 일련의 활동을 의미함(한국원자력연구소, 2003).

- 이러한 안전조치의 목적은 어떤 한 국가의 영역 내 또는 관할 하에서 또는 장소의 여하를 불문하고 그 관할 하에서 행해지는 모든 평화적인 원자력 활동에 관련되는 핵물질에 대하여 그 물질이 핵무기 또는 기타 핵폭발 장치의 제조에 전용되지 않고 있는 것을 검증하는 것임.
- 즉 해당국가의 평화적 이용에 관련된 국제협정이 준수되도록 하기 위하여 국가가 지고 있는 정치적 의무를 다하고 있는 가를 확인하는 제도적 즉 국제법적 수단임. 구체적으로 평화적인 목적으로 사용되고 있는 핵물질 및 물자 등을 정확히 계량화하고 확인함으로써 동 물자들이 핵무기 개발로 전용되지 않았는지를 확인하는 사찰을 실시하는 것임.
- 핵무기 확산은 주로 정치적으로 불안정한 지역에서 일어나는 것이 일반적인 추세이기 때문에 안전조치를 적용함으로써 당사국의 원자력 이용에 관한 투명성을 증진시키고 주변국 및 국제사회를 확신시키는 정치적 목적도 추구하고 있음.
- '안전조치' 실시 문제는 IAEA가 설립되기 이전에는 안전조치 권한을 원자력협력협정 등에 의하여 원자력 공급국이 보유하고 있었으나 1957년 IAEA가 설립되면서부터 그 사찰 권한이 IAEA로 이관되었음. IAEA가 설립된 이후 체결된 원자력협정들에서는 일반적으로 IAEA가 안전조치를 실시하는 것으로 명시하고 있음. 그러나 만약 IAEA가 해체되거나 어떤 다른 이유로 인해 안전조치가 실시되지 못할 경우, '안전조치'권한은 일반적으로 양 당사국의 협의에 따라 결정되도록 규정하고 있음. 물론 이를 fall-back safeguards 라고 부름.

나. 원자력 안전조치의 구체적인 내용

- 원자력 안전조치의 주요 대상은 평화적 목적의 원자력 활동에 수반되는 핵물질, 장비, 시설, 기술 및 이들에 의하여 파생되는 핵물질 등이 있음. 1997년 5월 IAEA 특별이사회가 안전조치 협정의 모델 추가의정서를 채택함에 따라 핵연료주기 관련 연구 개발에 관한 활동 정보도 안전조치의 대상이 되었음. 그러나 핵무기 및 핵폭발 장치를 제외한 기타 군사적 목적의 원자력 활동은 안전조치 대상에서 제외 됨(한국원자력연구소, 2003).

- 이러한 안전조치의 적용대상은 핵물질의 경우 해당 핵물질이 원자력 활동에 이용될 수 없거나 또는 소멸될 때까지 안전조치의 대상이 되며 안전조치의 대상에서 제외되는 시점은 IAEA가 정하거나 원자력 협력협정상의 해당국가의 상호 협의에 의하여 결정함.
- 또한 안전조치의 범위는 크게 두 가지로 분류되는데 하나는 해당 국가가 수입하거나 이전 받은 원자력 시설이나 물질에만 적용하는 경우가 있으며 다른 하나는 해당국의 모든 원자력 시설, 물질, 활동에 적용하는 것임.
- 안전조치를 행하는 구체적인 주요 수단은 사찰인데, 이를 통하여 해당국가가 제공하는 핵물질 보고서를 확인하고 검증함. 이를 위해 핵물질 계량, 격납 및 감시 등이 이루어짐. 그리고 격납의 확인을 위해서 봉인을 하며 봉인 상태나 핵물질의 이동을 감시하기 위하여 감시카메라 등을 설치함. 이러한 활동들은 주로 해당 국가에서 실시되며 IAEA 본부에서는 계량 데이터의 분석 및 확인, 봉인의 파손 여부 확인, 연구 개발 활동정보에 대한 분석 등이 이루어짐. 이들 수단들은 전체적으로 안전조치의 목적을 달성하기 위하여 상호 보완적으로 사용되고 있음.
- 사찰의 경우 핵물질 또는 관련 물자가 실제로 장부상의 기재내용과 일치하는지의 여부를 확인하는데 목적을 가짐. 사찰관은 해당국가가 보고한 보고기록과 사찰을 통해 얻은 정보를 비교·검사함. 구체적으로 핵물질의 위치, 동일성, 수량, 조성비 등을 검사하기 위하여 계량기록 및 작업 기록의 검토, 시료, 채취, 분석, 봉인, 감시수단 등을 사용함. 이러한 사찰의 적용과 시행임무는 IAEA가 담당하고 있음. 사찰의 수준과 횟수는 안전조치협정에 의하여 결정되며, 사찰에는 일반사찰, 수사사찰, 특별사찰의 3종류가 있고, 이라크에 대해 실시한 강제사찰과는 구별됨.
- 핵물질 계량은 일정한 지역 내에 있는 핵물질의 양과 일정한 기간 중에 발생하는 양의 변화를 확인하는데 목적이 있음. 이를 위하여 물질수지구역(MBA)을 지정함. 구체적으로 특정 MBA내에서의 핵물질 및 핵관련 물자의 수량에 대한 정보를 측정, 분석, 기록, 보고, 유지 관리함. 핵물질 및 관련 물자의 재고가 항상 정확히 파악된다면 이들이 군사적 목적으로 전용되지 않았다는 것을 확인할 수 있음. 만약 파악된 재고의 양이 MUF¹⁰⁾를 고려하여도 원래 있어야 할 량과 차이가 난다면 일단 전용을 의심할 수 있음. 정확한 핵물질 계량을 위해서는 신뢰성 있는 계량체제가 구축되어야 함.
- 격납은 핵물질의 이동 및 핵물질에 접근하는 것을 통제 또는 제한하기 위하여 벽, 용기, 탱크 또는 파이프 같은 물리적 방벽을 이용하는 수단임. 핵물질을 포함하고 있는 벽이나 용기의 문이나 뚜껑이 비정상적인 방법으로 열렸는지를 확인하기 위하여 봉인을 사용함.

10) MUF(Material Unaccounted For): 미계량 핵물질

- 감시는 핵물질이나 핵물질을 포함하고 있는 용기 등에 대하여 사람이나 기계의 접근을 감시하는 수단임. 이를 위하여 감시카메라를 설치하며 이를 통하여 핵물질이나 기기 등이 이동되거나 조작되는 상황을 파악함. 이러한 봉인이나 감시 카메라는 IAEA 사찰관이 정기적으로 확인하며, IAEA 본부에 서 정밀하게 분석되고 있음(한국원자력연구소, 2003).

2. 원자력 사업의 수출통제

가. 원자력 사업 수출통제의 배경 및 목적

- 원자력 사업은 어느 한 국가가 독자적으로 추진할 수도 있으나 오늘날과 같은 국제교류가 보편화된 상황에서는 국가 간 교역 또는 국가 간 협력을 통하여 추진하는 것이 일반적인 추세임.
- 원자력수출통제는 모든 것을 자력으로 개발하지 않는 한 다른 나라의 도움을 받지 않을 수 없기 때문에 이 도움을 감시체제하에 두면 핵무기 개발이 불가능하다는 인식에서 출발한 것임.
- 원자력 수출통제는 제2차 세계 대전 중 미국의 우라늄 금수조치와 제2차 대전 이후 제정된 미국의 1946년 원자력법에 따른 수출 금지 조치에서 시작되었음. 미국에서 시작된 원자력 수출통제는 1970년 NPT 발효, 1974년 쟁거위원회 지침발표, 그리고 1978년 원자력 공급국그룹 지침발표를 계기로 국제규범으로서 자리 잡게 되었음. 특히 이라크의 핵무기 개발 프로그램이 독일 등을 통해 비밀리에 수입한 장비를 이용하여 추진되었다는 사실이 발각됨에 따라 수출통제에 대한 국제적인 인식은 더욱 제고되었음(최영록·최영명, 1995).
- 원자력수출통제는 원자력 교역이 특정국가의 핵무기 개발에 기여하지 못하도록 하는 수출통제제도로서 핵무기를 개발하려는 국가가 핵무기 개발에 필요한 핵물질, 장비, 부품, 기술 등을 구입할 수 없도록 하는데 목적이 있음. 따라서 어느 한 국가만이 수출통제를 해서는 소기의 목적을 달성할 수 없고, 원자력 공급능력을 가진 국가들이 모두 수출통제를 해야만 소기의 목적을 달성할 수 있음.

나. 원자력 사업 수출통제의 내용

- 원자력 수출통제는 핵무기 확산 방지를 위하여 핵무기 제조에 필요한 관련 물질, 장비, 기술 등을 공급 측면에서 통제하는 것임. 이를 위하여 국제적인 통제지침과 수출통제 목록이 설정. 수출통제제도의 당사국들은 이러한 국제 규범에 따라 국내 수출통제 제도를 구축하고, 수출에 대한 통제를 실시함으로써 실질적이고 구체적으로 이행하고 있음.
- 따라서 수출통제가 실제로 구현되는 내용은 각 국가의 정책에 따라 조금씩 다름. 미국과 같이 수출통제를 엄격하게 시행하는 국가도 있고 중국과 같이 비교적 느슨하게 운영하는 국가도 있음. 그러나 일반적으로 각국의 수출통제 제도에서 다루고 있는 요소들은 국제적 지침을 다르기 때문에 공통점이 있음.
- 원자력 수출통제의 대상이 되는 품목은 핵확산에 연계될 수 있는 품목에 한함. 여기에는 핵무기 제조에 사용되는 물질의 원천인 핵물질과 핵물질의 생산에 사용될 수 있는 시설·장비·물질 등이 있음. 이들 원자력 전용품목은 일명 트리거 리스트(Trigger List)로 불리고 있음.
- 1990년대 초 이라크의 핵개발 계획에 서방으로부터 수입한 이중사용품목이 사용되었음이 밝혀지면서 이중사용품목도 1992년부터 통제의 대상이 됨. 이중사용품목은 일반 산업용으로 사용되면서 핵개발 프로그램에도 사용될 수 있는 품목을 의미. 또한 1995년부터는 이러한 품목뿐만 아니라 기술에 대해서도 통제를 시행하고 있음. 수출통제 품목에는 원자로, 핵물질, 핵물질을 처리하기 위한 장비 및 부품 등 원자력 전용품목과 핵폭발에 간접적으로 사용될 수 있는 공자기계, 고강도 알루미늄, 내방사선 카메라 등이 포함되어 있음.
- 수출통제는 세계 모든 국가를 대상으로 하며, 일반적으로 수출통제체제에서는 수출제한 국가를 지정하지는 않고 있음. 그러나 수입국의 신뢰성 정도에 따라 수출통제의 강도가 달라질 수 있음. 신뢰성이 높은 국가에 대해서는 수출통제의 강도가 낮고 핵확산 의혹국 이거나 NPT 또는 NSG 등 국제적 비확산 체제에 가입하지 않고 있는 국가에 대한 통제의 강도는 높음(한국원자력연구소, 2003).
- 다음으로 원자력 수출의 조건을 살펴보면, 앞에서 언급한 수출통제의 개념과 연관 지어 생각해보 수 있는데, 수출통제는 수출 금지를 의미하는 것이 아니라 일정한 조건을 만족시킬 경우에만 허가한다는 것을 의미함. 따라서 수출통제는 어떠한 조건을 전제로 하느냐가 주요한 관건임.

- 일반적으로 원자력 교역은 수출통제의 경우 양자간 원자력 협력협정 체결이 전제되고 있으며, IAEA의 안전조치 수용, 수령국 정부의 평화적 이용 보증, 수령국이 해당 품목을 재 이전 할 경우 최초 공급국의 사전 동의, 해당 품목의 도난 등을 방지하기 위한 물리적 방호 등을 요구하고 있음. 이러한 수출 조건들은 대부분 양국 간 체결하는 원자력 협력협정에 반영되고 있으나 경우에 따라서는 상기의 조건을 만족하더라도 수입국의 원자력 개발 프로그램이 핵무기 개발로 전용될 위험이 있을 경우에는 수출금지 조치를 취하고 있음(한국원자력연구소, 2003).
- 그렇다면 우선 수령국 정부의 평화적 이용 보증이란 무엇인가? 평화적 이용 보증이란 수령국 정부가 협정에 따라 이전된 핵물질, 물질, 장비, 그리고 이들로부터 파생된 품목이 평화적 목적으로만 이용될 것이라고 공급국 정부에 보증하는 것이며, 수입국 정부는 평화적 이용에 대한 책임을 지는 것임.
- 그리고 위와 같은 평화적 이용을 검증하기 위하여 수입국으로 이전된 원자력 품목 및 이로부터 파생된 품목에 대해 IAEA 안전조치 적용을 의무화하고 있음.
- 한편 해당 품목의 도난 등을 방지하기 위한 물리적 방호 등을 요구하고 있는데, 물리적 방호조치란 이전된 품목 및 이로부터 파생된 품목에 대하여 수입국이 물리적 방호조치를 적용하도록 의무를 부과하고 있는 것을 뜻함.
- 그리고 이에 사전 동의란 이전된 품목과 관련하여 수령국이 특정의 활동(재이전, 재처리, 농축 등)을 하고자 할 때 공급국으로부터 사전에 동의를 받도록 하는 것으로서 사전 동意的 수준은 국가마다 차이가 있음을 뜻함.
- 원자력 이용의 수출허가를 받아야하는데 수출허가는 수출 통제를 시행하는 각 국가의 수출허가 부서가 담당하고 있음. 일반적으로 수출업자가 필요한 서류를 첨부하여 정부에 수출허가를 신청하면 정부는 국내법에 규정된 절차 및 기준에 따라 이를 심사하고 수출허가 여부를 결정하게 됨.
- 이러한 원자력의 기본 개념과 틀을 바탕으로 원자력 관련 다자간 협력체계는 어떻게 이루어져 있는 살펴보면 다음과 같음.

3. 원자력 관련 다자간 협력체계

- 원자력을 이용한 다자간 협력체계 중 가장 대표적인 체계는 핵비확산체제(Nuclear

Non-Proliferation Regime)로 평화적인 원자력 활동이 핵무기 제조에 전용되는 것을 방지하고, 핵무기의 성능이나 건전성을 향상시키기 위해 실시하는 핵실험을 금지시키는 등 일련의 행위를 법적으로 보장하는 국제적인 조약, 제도, 협정 등을 통합적으로 나타내는 말임.

- 특히 다자간 협력체계로서는 세계 모든 국가가 참여할 수 있는 조약이나 제도에는 핵비확산조약(NPT), 부분적핵실험금지조약(PTBT), 포괄적핵실험금지조약(CTBT), 외기권조약(outer space treaty) 및 심해저조약(sea bed treaty), 핵물질방호협약(PPC), 원자력수출통제체제(NSG) 등이 있음.

가. 핵비확산조약(NPT)

- NPT(핵확산방지조약)의 정식이름은 '핵무기 확산방지조약'(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons)으로서 미·소 양국이 핵무기 보유국 증가 방지를 주목적으로 추진한 조약.
- 또한 핵보유국이 핵무기, 기폭장치, 그 관리를 제3국에 이양하는 것과 비핵보유국이 핵보유국으로부터 핵무기를 수령하거나 자체 개발하는 것을 막기 위한 조약임.
- 구체적으로 1968년 워싱턴, 런던, 모스크바에서 각각 조인했으며, 1970년 3월 5일 발효. 이 조약은 핵보유국과 비핵보유국을 영속화함과 동시에, 미국과 소련 등 핵보유국들의 군축 노력이 보이지 않음에 따라 비핵보유국의 반발을 사움.
- 그런데 25년의 유효기간이 끝나는 1995년 4월 뉴욕 유엔본부에서 개최된 NPT 연장회의에서 NPT 평가절차를 강화하는 내용의 결정안과 핵 비확산 및 핵군축의 원칙이 채택됨으로써 비핵보유국의 불만이 무마됨. NPT 평가절차 강화안은 이 조약의 평가회의를 5년마다 열고 1997년부터 다음 평가회의가 열리는 2000년까지 매년 준비회의를 열도록 명시하고 있음.
- 또 핵 비확산 및 핵군축에 관한 원칙은 핵보유국들이 1996년까지 포괄적 핵실험금지조약(CTBT)을 체결하고 핵물질 생산금지협상을 즉각 개시할 것 등을 내용으로 담고 있음. 이로써 NPT는 만장일치로 무기한 연장됐고, 항구적인 조약으로 새롭게 출발함.
- 한국은 1975년 4월 23일 86번째로 비준국이 됨. 북한은 1985년 12월 12일에 이 조약에 가입했다가 1993년 3월 돌연 탈퇴를 선언해 전세계를 놀라게 했으나 미국과 고위급 회담

을 통해 탈퇴를 유보한 바 있음. 다시 불거진 북한핵개발 문제로 2003년 1월 또다시 탈퇴를 선언. 미가입국은 인도·파키스탄·이스라엘·쿠바 등이 존재함.

<표 6-1> 핵확산금지조약(NPT) 평가회의 : 2000년(6차)과 2005년(7차)

	2000년 회의	2005년 회의
기 간	4월 24일~5월 19일	5월 2~27일
참가국	187개 당사국 중 157개국(84.0%)	189개 당사국 중 150개국(79.4%)
핵관련 상 황	-인도와 파키스탄의 핵실험 (1998년) -포괄적핵실험금지조약(CTBT) 발효 지연 -미국의 국가미사일방어(NMD) 체제 개발 추진	-제2차 북핵 위기(2002.10.~) -이란의 핵 개발 의혹 -핵 암시장의 존재 확인 및 핵 테러 위협 증가
쟁점과 결 론	-핵보유국의 핵 군축 13개 조치 합의 -중동 비핵지대 설치 및 북핵 사찰 문제도 최종문서에 반영 -15년만에 의미 있는 최종선언 채택	-NPT 탈퇴 규제 강화 논란 -미국의 신형 핵무기 개발에 대한 논란 -참가국간 이견으로 회의참가국 이름과 의제만 기재한 형식적 최종보고서 발표

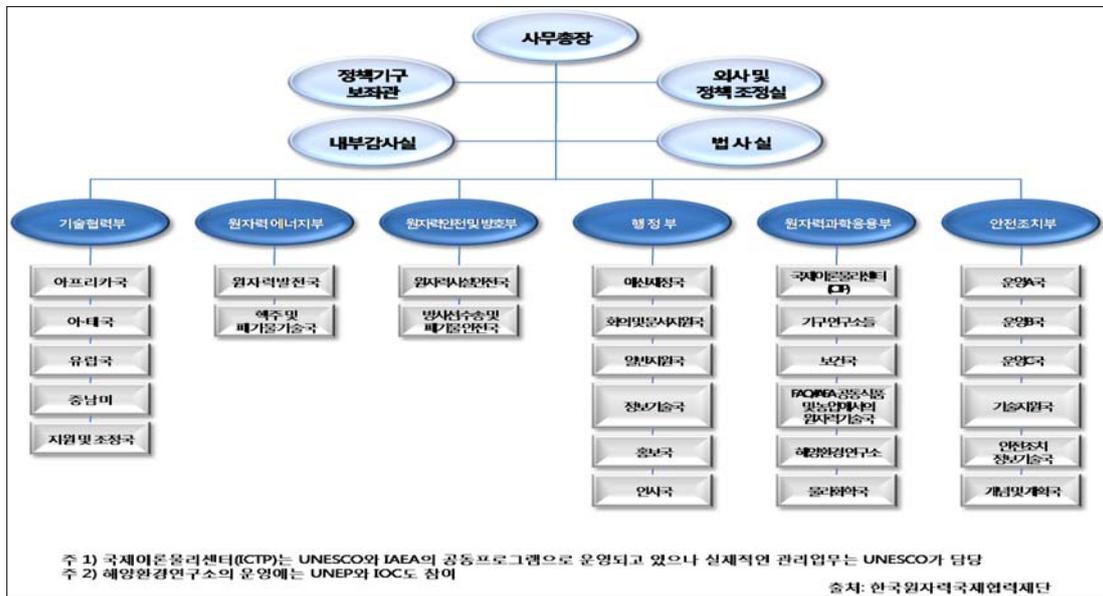
나. IAEA 안전조치체제

- 국제 원자력기구(IAEA: International Atomic Energy Agency)는 1953년 아이젠하워 미국 대통령이 주창한 '평화를 위한 원자력(Atoms for Peace)'운동의 산물로 1957년 정식 출범한 UN산하 전문기구임(과학기술부·한국과학재단, 2007).
- 2006년 말 현재 IAEA는 143개 회원국으로 구성되어 있으며 IAEA 사무국에는 사무총장과 사무차장이 있음. 각 사무차장들은 1개의 부를 관장하고 있는 6개의 부는 기술협력부, 원자력에너지부, 원자력안전및방호부, 행정부, 원자력과학응용부, 안전조치부로 구성되어 있으며 사무국의 정직원인 2300명에 이르고 있음.
- IAEA의 의사결정기구인 35개 이사국으로 구성되어 있는 이사 회의(Board of Governor's Meeting)와 통상 매년 9월 셋째 주에 열리는 총회(General Conference)가 있음. 이사국은 당연이사국과 선출이사국으로 구성됨. 당연이사국으로는 원자력 기술 선진국 (핵무기보

유국)이라고 하는 미국, 영국, 프랑스, 독립국가연합, 중국 그리고 인도가 포함되어 있으며 일본, 이집트, 캐나다, 호주도 당연이사국으로 되어 있음. 나머지는 각 지역별로 선출된 임기 2년의 이사국임. 우리나라는 지역이사국으로 지금까지 수차례 선출되어 활동했음

- IAEA의 조직목표는 크게 세 가지임. 첫째, 원자력의 평화적 이용촉진 및 제도국에 기술 이전 촉진이며 둘째, 원자력 활용에 있어 높은 수준의 안전성을 확보하고, 셋째, 핵물질 및 시설의 평화적 이용 검증임(과학기술부·한국과학재단, 2007).

<그림 6-1> IAEA 사무국 조직도



다. 국제 원자력 수출 통제체제

- 원자력 교역에 관한 최초의 국제적 틀은 1970년의 핵비확산조약(NPT)에 의해 제공되었음. 핵비확산조약의 조항 가운데 원자력 교역에 관한 사항은 제1조에서 제4조 사항에 관련되어 있음. 구체적으로 살펴보면 다음과 같음.

- 제1조와 제2조에서는 핵무기보유국과 비 보유국이 핵무기를 이전하거나 양도받지 못하도록 규정.
- 제3조 2항에서는 핵무기 비보유국으로 이전되는 핵분열성 물질에 대해 IAEA의 안전조치를 적용하도록 규정.

- 제4조는 원자력의 평화적 이용을 위한 교류·협력의 장려를 규정
- 한편 국제 원자력 수출통제체제로 쟁거위원회가 있는데 쟁거위원회란 1970년 NPT가 발효된 후 1971년 NPT 제3조 2항의 시행을 위해 '원자력수출국위원회(Nuclear Exporters' Committee)'가 구성되어 논의를 시작하였으며, 1974년 원자력 수출통제의 기본 규범에 합의함으로써 최초로 실질적인 국제 원자력 수출통제체제가 마련됨. 이 위원회는 초대 의장인 스위스의 쟁거(Claude Zangger) 교수 이름을 따서 '쟁거위원회'라 불리고 있음. 우리나라는 1995년 10월에 가입하였음.
- 쟁거위원회의 수출통제 품목은 핵물질, 원자로 및 부속장비, 원자로용 비핵물질, 재처리 시설, 핵연료 가공시설, 농축시설, 중수 및 관련 생산시설 등이 있으며, 이중사용 품목과 기술은 포함하지 않고 있음.
- 또한 원자력 선진국들은 1970년대 초 원자력 발전소를 도입하는 국가가 증가하고 인도가 핵실험에 성공하자 원자력 수출통제를 더욱 강화하였음. 이러한 추세는 런던클럽으로 불리는 원자력공급국그룹(NSG: Nuclear Suppliers Group)의 설립으로 이어짐.
- 원자력공급국그룹의 설립은 쟁거위원회에 속해 있던 미국, 구소련 등 주요 공급국과 쟁거위원회에 포함되어 있지 않았던 프랑스가 주축이 됨. 이 그룹의 설립목적은 첫째, 프랑스를 국제 원자력 수출통제체제에 참여시키고, 원자력 수출통제에 있어 보다 엄격한 제약을 부과하는 것에 대한 동의를 구하기 위한 것으로 요약됨. 원자력공급국그룹은 1978년 민감한 원자력 품목의 수출에 다음과 같은 조건을 부과하는 것에 합의하게 되었으며, 그 내용을 INFCIRC/254¹¹⁾로 발표함.
- 쟁거위원회의 조건(이전되는 물질 및 장비의 평화적 이용, 안전조치 적용)에 추가하여 이전되는 민감 기술(재처리, 농축, 중수생산)이나 이전된 시설에서 파생된 기술을 이용한 민간시설(재처리와 농축시설)에도 평화적 이용 및 안전조치 조건이 적용되어야 함.
- 통제품목의 물리적 방호(Physical protection)가 정부 간에 합의 되어야 함.
- 공급국들은 민감 물질, 민감 시설의 이전을 억제하여야 함.
- 공급국들은 핵연료를 재처리하고 20%이상 농축하는 것에 대한 사전 동의권을 보유해야 함.
- 이와 같이 엄격한 통제 기준으로 출발하한 원자력공급국그룹은 1978년 이후 활동하지 않다가 1991년 5월 헤이그에서 비공식회의를 개최. 여기서 원자력 수출통제에 있어 중요한

11) INFCIRC/254/Rev.4/Part.1에 의해 발간된 원자력 이전에 관한 지침과 당사자에 의해 합의된 추가개정 및 수정을 말함.

전기가 되는 원자력 이중사용품목의 통제가 논의되었으며, 그 결과 1993년 1월부터 이중 사용품목이 통제대상으로 추가. 또한 1992년 바르샤바에서 개최된 제2차 총회에서는 수출의 전제조건으로 전면안전조치를 요구하기로 결정하였음.

라. 핵물질 방호 관련 체제

- 핵물질방호협약(Physical Protection Convention)은 당사국들이 보유하고 있는 핵물질 및 원자력시설에 대해서 적절한 방호조치를 강구하여 핵물질의 도난 및 분실을 방지하고 분 실시 이를 회수하기 위한 체제를 구축하도록 권고 하고 있음. 핵물질 방호에 대한 권고 사항은 핵물질 방호협약, IAEA의 권고사항 그리고 NSG의 방호지침에 규정되어 있음.

제3절 우리나라 원자력 외교 및 국제협력

- 국제 교류가 보편화된 상황에서 원자력 사업은 국가 간 교역 또는 협력을 통하여 추진하는 것이 일반적인 추세임. 원자력 협력은 일반 과학기술 분야의 협력과 같이 국내 기술 개발 한계를 극복하고 필요한 핵물질 등을 도입하는 동시에 원자력 기술이나 장비 등의 수출을 도모해 나아감으로써 상호국익을 추구하기 위한 것임.
- 초기에 우리나라 원자력 협력은 전력의 안정적 공급을 위한 원자력발전소 도입을 중심으로 이루어졌음. 원자력발전소를 수출한 국가와 국가차원의 원자력협정을 체결하고 원자로기술, 핵연료주기기술, 안전규제기술, 방사성폐기물 관리기술 등 관련기술과 핵연료 공급을 위한 원광 및 농축서비스, 핵물질의 취급에 따른 안전조치기술 및 인력양성 등에 대한 협력을 모색함(한국원자력연구소, 2003).
- 그러나 1990대에 들어 원자력 기술의 자립을 목표로 전방위적 국제협력체제를 확립, 원자력안전 및 차세대원자로 기술개발 등 협력대성 분야가 다양화되고 있으며, 협력형태도 공동연구, 전문가 교환, 정보교류 등 상호 호혜적인 형태로 변모되어 가고 있음.

<표 6-2> 2006년 우리나라 원자력 환경 변화

◆ 원자력시설의 양적 증가
· 가동원전 20기, 건설 중 원전 2기, 신규원전 4기 · RI 이용기관의 수 증가(2,700여개('05)→ 3,100여개('06))
◆ 기존원전 활용 증대에 따른 안전성 확인 수요 증가
· 계속운전, 출력증강, 고연소도 핵연료 사용 등
◆ 다양한 원자력 시설의 등장
· 스마트 연구로(SMART-P), 양성자가속기, 핵융합장치, 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 등
◆ 원자력 등의 비상대응체제 강화
· 방사선사고와 테러에 대비한 국가차원의 관리체제 강화 · 원자력안전 및 방호기준의 규제규범화 추세 확산
◆ 원자력안전에 대한 국민 관심의 지속적 증가
· 원자력안전에 대한 국민의 관심도 및 참여요구 증대

- 현재 우리나라의 양국 간 원자력 협력은 국가군별로 특화 되어 추진되고 있음. 미국, 캐나다, 프랑스 등 원자력 선진국과는 기존의 협력관계를 지속적으로 유지하면서 방사성폐기물관리, 차세대 원자로 등 원자력 관련 첨단 및 최신기술에 관한 기술협력을 추진하고 있음. 러시아, 중국과는 원자력 관련 기초기술 분야의 협력에 중점을 두고 있음. 또한 개발도상국과는 자원 도입과 기술 이전의 입장에서 협력을 추진해가고 있음(한국원자력연구소, 2003).
- 우리나라는 2006년 말 현재 22개국과 정부차원의 원자력협력협정 등을 체결하고 있으며, 이 중 20개국과는 협력협정을 체결하고 있음. 원자력 협력협정 체결국은 미국, 캐나다, 호주, 벨기에, 프랑스, 독일, 영국, 중국, 아르헨티나, 베트남, 터키, 러시아, 브라질, 체코, 우크라이나, 이집트, 칠레, 루마니아, 카자흐스탄, 인도네시아이며 스페인과는 보충협정을 일본과는 협력각서를 체결하고 있음.
- 정부차원의 협력협정 체결 이외에도 한국 과학기술부와 태국 원자력청은 2004년 3월 원자력협력 양해각서를 체결하였으며 우리나라는 2006년 미국, 프랑스, 태국, 베트남, 러시아, 중국 등과 원자력공동위원회를 개최하였음(과학기술부·한국과학재단, 2007).

<표 6-3> 우리나라와 원자력협정 체결 현황

체결년도	국 가	협 정 명
72.11.24 서명 73.3.19 발효	미 국	원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정
76.1.26 서명·발효	캐나다	대한민국 정부와 캐나다 정부 간의 평화적 목적을 위한 원자력의 개발 및 응용에 있어서의 협력을 위한 협정
76.12.10 서명·발효	스페인	원자력의 평화적 이용개발과 응용을 위한 대한민국 원자력위원회와 스페인 원자력 위원회간의 보충 협정
79.5.2 서명·발효	호 주	대한민국 정부와 호주 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 있어서 협력 및 핵물질의 이전에 관한 협정
81.3.3 서명·발효	벨기에	대한민국 정부와 벨기에 정부 간의 핵에너지의 평화적 이용분야에 있어서의 협력에 관한 협정
81.4.4 서명·발효	프랑스	대한민국 정부와 프랑스 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협정
86.4.11 서명·발효	독 일	대한민국 정부와 독일 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정
90.5.15 서명·발효	일 본	대한민국 정부와 일본 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협력각서
91.11.27 서명·발효	영 국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국 정부와 영국 정부 간의 협정
94.10.31서명 95.2.11발효	중 국	대한민국 정부와 중국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정
96.9.9서명 97.9.19발효	아르헨티나	대한민국 정부와 아르헨티나공화국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정
96.11.20서명 97.1.7 발효	베트남	대한민국 정부와 베트남사회주의공화국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 연구에 있어서 협력협정
98.10.26서명 99.6.4 발효	터키	대한민국 정부와 터키 공화국 정부 간 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정
99.5.26 서명 99.10.8 발효	러시아	대한민국 정부와 러시아 연방 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정

1. 국제원자력기구(IAEA)와의 협력

- IAEA 기술협력 프로그램은 국가사업(National Project), 지역내 사업(Regional Project) 및 지역간 사업(inter-regional Project)의 형태로 매 2년 주기로 추진되고 있음. 우리나라는 2007-2008년 동 프로그램 하에 6개의 사업을 수행하고 있음(과학기술부, 2007).

<표 6-4> IAEA 기술협력사업 추진현황(2007~2008년)

코 드	프로젝트명(수행기관)	예산(US\$)
ROK/0/012 (계속사업)	Human Resource Development and Nuclear Technology Support(과학기술부)	89,650
ROK/0/011 (신규사업)	Development of Regulatory Practice for Power Uprates(원자력안전기술원)	91,406
ROK/6/003 (계속사업)	Establishing a Regional Cyclotron Centre (원자력의학원)	73,530
ROK/2/004 (신규사업)	Development of Advanced Radiopharmaceuticals and Therapeutic Radioisotopes(원자력연구원)	98,735
ROK/8/009 (신규사업)	Applicatino of Industrial Process Gamma Tomography in Industrial Plants(원자력연구원)	95,070
ROK/9/046 (신규사업)	The OSART Mission for Units 5 and 6 of the Younnwang Nuclear Power Plants(한국수력원자력주)	87,120
합 계(6개 사업)		534,512

자료: 원자력백서, 2007

- 또한 한·IAEA간 기술협력 강화를 위한 양해각서(1998년 11월 체결)에 근거하여 IAEA가 주관하는 국제기술회의와 개도국 훈련생을 대상으로 하는 IAEA가 주관하는 국제기술회의와 개도국 훈련생을 대상으로 하는 IAEA 지역훈련과정을 국내에 적극 유치하고 있음.
- 우리나라의 대표적인 원자력 연수시설인 한국원자력연구원의 원자력교육훈련센터, 한국 원자력안전기술의 원자력안전학교를 비롯하여 서울대학교 핵의학과, 서강대학교 신문방송학과 등 대학교들도 IAEA 과학자/훈련생 수용에 큰 몫을 담당하고 있음. 특히 서울대학교 핵의학과는 2005년 5월 핵의학부분의 IAEA 협력센터(IAEA Collaborating Center)로 지정받아 다양한 연수과정으로 활발하게 연수과정을 진행하고 있음

2. 경제협력개발기구/원자력기구(OECD/NEA)와의 협력

- OECD 산하의 준 독립기구인 원자력기구(NEA)의 회원국은 2006년 말 현재 28개국임. 1993년 5월 정회국으로 가입한 우리나라는 운영위원회와 7개 상설기술위원회에 참여하고 있으며 그 외에도 관련 전문가들의 활동을 통해 NEA와 상호 협력을 유지하고 있음

- 정책결정기구는 회원국 정부대표로 구성되며 연 2회 회의를 개최하고 있는 NEA 운영위원회는 NEA 사업계획과 예산을 심의하며 동 사업계획 및 예산안은 OECD 이사회에 승인을 위해 제출됨.
- NEA의 2007년도 예산은 약1304만 유로이며 회원국들의 예산 분담금액은 대개 회원국들의 GNP를 기준으로 분할하고 있으나 예외적으로 미국이 약25%, 일본이 약23% 정도를 부담하고 우리나라는 2005년 NEA에 224천(2.2%), Data Bank에 10만2천유로(3.7%)를 분담금으로 부담하였음.
- NEA는 규정에 따라 회원국들의 공동 참여하는 연구사업을 발굴하여 추진하고 있음. 2006년 말 현재 NEA의 국제 공동연구사업 및 정보교환 사업은 Halden Reactor, MASCA-2, MCCI(Melt Coolability and Concrete Interaction) 등을 포함하여 총 17개이다. 우리나라는 이중 13개 국제 공동연구 사업에 참여하고 있음. 이외에도 2006년 말 현재 한국원자력연구원, 원자력안전기술원, 한국수력원자력(주) 등의 국내 주요 연구기관을 통해 전문가를 파견하여 NEA 사무국 지원 및 NEA와의 협력강화에 기여하고 있음.

3. 미국원자력발전협회(INPO)와의 협력

- 한국수력원자력은 미국 INPO에서 운영하는 국제 온라인 정보교환 체계를 활용한 기술 정보 교환, 발전소 운영에 관한 각종 지침 등 INPO 발간물 입수, INPO파견 한수원 주재원을 통한 정보수집, 기술교환 방문(TEV)을 통한 안전점검과 기술지원 및 학술회의, 세미나, 워크샵 등 참석을 통한 기술교류 활동으로 INPO와의 협력을 강화함(원자력발전백서, 2004).
- 1997년 7월부터 인터넷 접속방식으로 변경된 국제 온라인 정보교환 체계(Nuclear Network)는 원전 사고, 고장정보 등 25개의 뉴스그룹으로 구성되어 있으며, 해외 원전 운영경험의 국내반영 차원에서 매우 유용한 정보임. 입수된 기술정보는 환경기술원의 기술정보그룹에서 종합적으로 검토되어 본사 및 각 원자력발전소에서 원전 운영성능 향상을 위해 적극 활용되고 있으며, 기타 INPO에서 발간한 지침서 등 각종 기술정보를 수집하여 업무에 참고하고 있음(한국수력원자력, 2004).
- 한편, 2003년까지 16회 시행된 INPO 기술교환방문 프로그램은 2003년도에 원전 계획에 방정비 최적화 및 안전성확보 분야에 대해서 원자력교육원에서 기술교환이 시행됨. 또한, 매년 하반기에 개최되는 INPO 최고경영자회의와 국제자문위원회 회의에 발전처장 또는

관련 주재원이 참석하여 세계 원자력계의 동향 및 주요 원전운영 현안에 대한 상호 의견 교환과 기술정보 수집의 기회를 가짐.

- 한편, INPO와의 협정을 통해 파견된 주재원을 통하여 현지 기술정보 및 운영경험 수집 활동을 강화함으로써 국내 원전 운영능력 제고에 많은 기여를 하고 있음.

<표 6-5> 한·미 원자력 공동위원회 의제 목록(2006년)

분야	주요의제
양국간 협력	<ul style="list-style-type: none"> · 한·미 원자력정책 및 프로그램 검토 · 한·미 협력에 관한 최근 이슈 · 원자력정책세미나
핵비확산체제	<ul style="list-style-type: none"> · 핵비확산조약(NPT) · NSC, 수출통제 · 핵물질물리적방호협약 · GTRI · 안전조치와 검증에 관한 IAEA Committee · 핵연료 공급보장 · 지역적 핵비확산
국제기구와의 협력	<ul style="list-style-type: none"> · IAEA 강화 · 추가의정서 · 원자력방호 관련사항 · 안전조치와 검증에 관한 IAEA Committee
기타 협약	<ul style="list-style-type: none"> · 원자력안전협약 · 사용후연료 및 방사선편기물 공동협약 · 원자력손해배상 보충협약
제3국과의 원자력협력	<ul style="list-style-type: none"> · 양국 간 원자력협력 현황 · G-8 글로벌 파트너십 등 기타 협력사업 · 미·인도간 원자력협력 이니셔티브

4. 세계원전사업자협회(WANO)와의 협력

- 한국수력원자력은 1989년 WANO 창립 이래 한국수력원자력이 소속된 동경센터 업무에 주도적으로 참여하여 1993년부터 1995년까지 이사장직을 수행하고 사무국 업무에 크게 기여해 왔으며, 1997년에 동경센터 실무책임자회의와 지역 간 워크숍을 국내에서 개최한 것 이외에도 2001년에 지역 간 워크숍, 2002년에 실무책임자 회의를 국내에서 각각 개최함(원자력발전백서, 2004).

- 한국수력원자력은 WANO가 INPO와 공유하고 있는 국제온라인 정보교환 체계를 통하여 국내 원전의 주요정보를 제공하고 있으며, 해외 원전의 주요 운영경험을 입수하여 분석, 평가 후 국내 원전의 성능향상을 위하여 적극 활용함.

원전 운영자간 직접적인 기술교류를 위한 WANO 기술교환방문 프로그램에 따라 2000년 9월 영광 제1발전소 요원이 미국 Diablo Canyon 원전을 방문하였고, 2002년에는 울진1 발전소/본사에서 미국의 Braidwood 원전을 방문하여 정비규정(Maintenance Rule)과 시스템 엔지니어링 분야 등에 대한 정보/자료를 입수하였고, 2003년에는 원자력교육원/본사에서 미국 Farley, Indian Point, Prairie Island, Palo Verde 원전을 방문하여 종사자 교육훈련 및 자격부여 등에 대한 자료를 입수하는 등 2003년말까지 해외 우수원전과 총 20회의 기술 교환방문을 시행하고 있음(원자력발전백서, 2004).

- 또한, 2003년도에는 인도 Rajasthan 원전 등 해외원전에 대한 Peer Review의 점검단 일원으로 참여하여 원전의 안전성 및 신뢰성향상에 기여하였으며, 한수원 인력의 전문성을 해외에 알린 바 있는데, 2003년말까지 40개의 해외 원전 Peer Review에 총 47명이 점검단원으로 참가한 바 있음.

- 이외에도 우수사례 상호교환, 운전지표 교류 프로그램 등에 적극 참여하여 국내원전 안전성 및 신뢰성을 제고하는 데에 노력함. 한편, 새 천년 들어 처음 개최되는 제7차 WANO 격년총회(BGM)가 한수원 주관으로 2002년 3월에 서울에서 개최됨. 서울 총회에는 35개국의 세계전력회사 주요 경영진 및 관계자 약 450여명이 모여 원전산업의 발전에 관하여 의견을 교환하였는데 동 회의를 통해 원자력 선진국으로서의 한수원의 위상을 한껏 드높이는 계기가 됨.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)과의 협력 및 기타 협력 관계

- 한국수력원자력(주)는 국내원전의 안전성과 신뢰성 제고를 위하여 국내원전 원자로를 공급한 각 노형 설계자와 해외 원전운영자들로 구성된 3개의 소유자 그룹(Owners Group)에 가입하여 원전 상호간의 공동협력을 해 오고 있음. 상기 그룹을 통해 한수원(주)는 회원사간 운영경험 등 기술정보 교환, 우수 회원사 원전과의 벤치마킹, 관련 기술회의 및 세미나 참여, 각종 인허가 및 운영현안 사항에 대한 공통사항 해결을 위한 공동 프로그램 추진 등으로 국내 원전의 운영능력 및 신뢰성을 향상시키는데 노력하고 있음(원자력발전백서, 2004).
- 현재 19개 해외 기관들과 협정을 체결하여 정기 기술회의 개최 및 인력, 자료 교류를 통하여 원자력 분야의 상호 협력관계를 활발히 하고 있으며, 10개 해외 원전과도 발전소간 기술협력 협정을 체결하여 발전소 운영을 통해 얻은 경험을 상호 교환함으로써 원전의 안전 운전에 기여하고 있음
- 또한 INPO, WANO, 해외원전 소유자그룹 이외에도 미국원자력에너지협회(NEI), 일본원자력산업회의(JAIF), 우라늄협회(WNA)에도 가입하여 해외 원자력정책 등 기술정보 교류를 통한 국내 원자력산업 향상을 아울러 도모함(원자력발전백서, 2004).

제4절 선진국의 원자력 외교정책

1. 미국의 원자력 외교정책

- 냉전이 종식되고, 강대국 간 핵무기 경쟁이 수그러들면서, 원자력의 평화적 이용에 대한 기대와 합의가 증가할 것이라고 기대되었으나, 2001년 9.11테러가 발생하면서 사태는 급변하였음. 세계 각국, 특히 미국을 비롯한 강대국들은 예상치 못했던 테러집단의 공격에 노출되었고, 특히 대량살상무기를 사용한 테러집단의 공격에 대비하여 안보정책을 근본부터 수정하는 모습을 보임(전재성, 2007).

- 물론 과거 미국의 원자력 관련 외교 정책은 행정부의 변화에 따라 큰 편차를 보이고 있음. 일찍이 1953년 아이젠하워 행정부는 「원자력의 평화적 이용계획(Atoms for Peace)」을 제기하면서 원자력의 평화적 이용뿐만 아니라 핵연료주기 개발도 적극적으로 지원함. 사용후 핵연료의 재처리와 플루토늄의 이용을 장려함. 그러나 1974년 인도의 핵실험 이후, 미국은 핵비확산에 대외 원자력정책의 중점을 두며 본격적으로 국제 비확산정책을 추진.
- 카터 행정부는 원자력의 평화적 이용을 장려하는 정책을 포기하고 통제 위주의 정책을 추구. 그 이후 미국의 국제 원자력정책은 원자력의 평화적 이용보다 비확산을 우위에 두는 전통을 확립하게 됨. 카터 행정부는 플루토늄 이용금지를 주요 내용으로 하는 핵비확산 정책을 발표하고, 국제사회에 이를 수용할 것을 촉구함. 그러나 영국, 프랑스, 일본 등 원자력 선진국은 이에 반발하면서, 원자력의 평화적 이용과 비확산정책을 병행 추구하는 방침을 관철. 카터 행정부는 특히 일본의 재처리정책에 강력히 반대하였으나, 레이건 정부가 등장하면서 다시 플루토늄 이용을 허용하는 정책을 채택.
- 레이건 행정부는 지나친 통제정책으로 인하여 일본 및 유라툼과 원자력협력관계가 손상되었다고 평가하여 이들 국가와 협력을 강화하는 방향으로 정책을 전환. 여기에는 핵비확산체제의 강화를 위해서도 일본, 유라툼 등 원자력 선진국과 협력관계를 강화하는 방향이 필요하다는 판단도 작용한 것으로 보임.
- 한편, 클린턴 행정부는 플루토늄 분리에 반대하는 비확산정책을 채택하면서, 독일과 일본의 상업용 플루토늄 이용에 대해서도 자제를 요구. 미국은 고속증식로에 관하여 오랜 기간 실험로 운전 등으로 높은 수준의 기술력을 보유하고 있으나, 핵비확산 정책, 경제성 등을 이유로 더 이상 가동을 중단한 상태이며, 상업용 재처리 및 플루토늄의 상업이용도 중단하게 됨.
- 원자력 연구개발의 확대에 대한 필요성은 지속적으로 제기. 1997년 11월 「미대통령 과학기술자문단위원회(Committee of Advisors on Science and Technology)」는 「원자력 연구상(Nuclear Energy Research Initiative: NERI)」에서 원자력이용 확대를 위한 원자력 연구개발의 활성화를 제기함.
- 하지만 현재 미국은 기존의 핵정책, 원자력정책, 그리고 비확산체제에 대한 정책을 더욱 강화하여 테러집단들이 핵무기를 취득할 가능성에 대비하는 것에 온 외교력을 집중하게 됨. 이는 불가피하게 원자력의 평화적 이용에 관한 국제적 환경 역시 변화시키는 결과를 가져옴.

- 특히 리비아, 이란, 북한 등 핵무기를 자국의 안보의 중요한 수단으로 삼는 국가들이 등장하게 되면서, 미국은 이들 국가들의 핵물질 유출을 방지하기 위하여 역사상 유래 없는 강경한 반확산, 비확산의 정책을 구사하기 시작함.
- 미국의 부시대통령은 우라늄 농축과 사용후 핵연료의 재처리를 둘러싼 국제규범을 강화하는 한편, 세계의 비확산체제와 검증체제를 강화하여 핵테러의 위협에 대비하는 정책을 펴고 있음.
- 특히 부시행정부는 2003년 3월에 창설된 확산방지구상(PSI, Proliferation Strategic Initiative)을 통해 새로운 핵확산금지의 노력을 기울이는 한편, 2004년 2월 11일 새로운 핵확산 금지에 관한 정책을 천명한 바 있음.
- 이 정책에서 미국은 PSI의 확산; 모든 국가들이 확산을 범죄시하고, 수출통제를 강화할 것, CTR의 확대, 전면적 재처리 기술을 갖지 않은 국가들에게 NSG는 재처리 장비를 판매하지 말 것; 추가의정서 미조인 국가들에게 원자력 품목의 이전을 금지할 것 등을 제안한 바 있음.
- 이러한 제안은 2004년 4월 UN의 안전보장 이사회의 의결1540으로 구체화된 바 있음. 이에 따르면 비국가행위자들이 핵기술에 접근하는 것을 철저히 막고, 원자력 기술보유 국가들은 엄격한 수출통제를 단행하도록 함(전재성, 2007).
- 반면, 미국의 핵무기 개발정책은 일방주의적 성격을 가지고 있음. 이러한 측면은 2005년에 열린 NPT 검토회의에서 표출된 바 있음. 5월 2일부터 27일까지 뉴욕 유엔본부에서 열린 핵확산금지조약(NPT) 7차 검토회의가 핵보유국과 비핵국가의 참여한 이견을 좁히지 못하고, 결국 아무런 성과 없이 끝나고 말았음.
- 미국은 이 NPT 회의를 북한과 이란을 제재할 수 있는 방안을 강구하는 기회로 삼고자 함. NPT를 탈퇴해 핵무기 개발을 시도하고 있는 북한에 대해서는 비난 결의안을 추진했으나, 중국 및 비핵국가들의 동의를 받지 못해 결국 실패. 또한 미국은 핵보유국 등 일부 국가들을 제외하고 나머지 국가들에게는 아예 농축 및 재처리 자체를 불허해야 한다고 주장. 우라늄 농축 프로그램을 이용해 핵무기 개발 의혹을 받고 있는 이란을 겨냥한 것임.
- 이에 대해 이란은 자신의 핵 프로그램은 전력 생산용이라고 주장하면서, NPT 제4조에 평화적 목적의 핵 이용은 <양도할 수 없는 권한>이라고 규정되어 있는 만큼, 우라늄 농축 및 재처리 이용은 보장되어야 한다고 맞섬.

- 한편 미국의 원자력 연구에 있어서는 ‘확산 저항형 핵 에너지 개발 체계 구축’의 노력을 들 수 있음. 우선, 핵무기 확산을 방지하기 위해서는 각국이 핵무기 제조에 직접 이용되는 물질의 생산이 기술적으로 어렵도록 확산 저항형 핵에너지 개발체계 (proliferation-resistant nuclear energy systems)가 구축되어야 한다는 지적이 제기됨.

<표 6-6> 부시 대통령 제언의 개요

1. ‘확산 안전보장 이니셔티브(PSI)’(주 : 2003년 5월에 부시 행정부가 발표한 대량살상 무기 확산 방지를 위한 수출관리 국제협력 프로젝트)의 강화와 확대
2. 핵물질 관리·대량살상무기 확산 방지를 위한 서방선진8개국(G8) 협력 강화
3. 대량살상무기의 확산 방지·규제 강화를 위한 UN 안전보장이사회 결의 체결
4. 농축과 재처리의 규제 강화
5. IAEA의 기능 강화

- 미국의 확산 저항형 핵에너지 체계는 플루토늄 생산이 어려워 핵확산 위험이 비교적 적은 차세대 원자로 개발과 함께 핵물질의 무기생산 전환을 방지하고 핵물질의 비밀생산을 위한 시설·장비의 오용을 막으며 핵 관련시설이 평화적 목적으로만 이용될 수 있도록 감시능력을 제고하는 동시에 기존의 의료용을 위한 우라늄 고농축시설을 점진적으로 그러나 불가역적으로 저농축 시설로 전환하는 것 등을 포함.
- 한편 미국에서는 2006년 2월 원자력발전 확대와 핵비확산의 동시 추진을 목표로 한 선진 사용후 핵연료 사용기술과 고속로 개발 등을 내용으로 한 새로운 구상안인 (GNEP: Global Nuclear Energy Partnership)을 발표함. 부시 행정부의 에너지 정책의 일환인 국제 원자력 에너지 파트너십(GNEP)은 경제적이고 탄소의 사용이 없는 원자력 에너지를 전 세계적으로 확산시키는 데 목적을 두고 있음.

2. 일본의 원자력 외교정책

- 일본은 미국, 프랑스에 이은 세계 제3위의 원자력 발전 대국임. 2006년의 경우 54기(基)의 원자력발전소를 가동하고 있으며 전체 발전의 약 30%, 1차 에너지 발전 공급량의 약 12%를 원자력이 담당하고 있음. 원자로 제작 기술이나 사용후핵연료의 재처리, 원자력 수출 등 원자력의 모든 분야에서 미국과 함께 최선진국의 지위를 굳혀가고 있음.

- 현재 미일 원자력 협정은 1988년 개정된 새로운 협정이다. 개정 이전의 구협정은 1968년에 체결되어 2003년까지 유효한 협정이었음.¹²⁾ 그러나 미일 양국은 일본의 국내 재처리 시설의 가동 및 재처리로부터 발생하는 플루토늄의 국제수송 등을 원활히 하기 위해, 또한 1978년에 성립한 미국의 국내법인 「핵 불확산법(Nuclear Non-Proliferation Act of 1978: NNPA)」의 요구에 근거한 미국의 요청에 의하여 정부 간 교섭을 행해 1988년에 새로운 원자력협력협정을 탄생시킴.
- 새로운 협정의 탄생으로 일본은 미국이 요구한 새로운 규제를 다수 받아 들였으나 재처리 및 플루토늄의 사용 등에 관련한 미국의 동의를 장기간에 걸쳐 일괄적으로 획득하는 소위 「장기적 포괄동의체」의 도입에 성공하였음.
- 일본으로서는 일본의 원자력 프로그램의 장기적인 그리고 안정적인 발전에 필수적인 미국의 동의를 협정 유효기간인 30년에 걸쳐 획득하는 성과를 얻었음. 신 협정은 핵심은 일본의 플루토늄 이용에 관한 권한이 대폭 확대되어, 일본의 자유스런 플루토늄 이용 및 개발이 지속적으로 가능하게 되었다는 점임(전진호, 2005). 개정 전 미일 협정과 비슷한 성격의 원자력 협정을 맺고 있는 우리에게는 미일 원자력협상과 일본의 원자력 외교 사례가 시사하는 바가 큼.
- 또한 일본의 원자력 외교정책의 경우 거의 미국의 외교정책과 거의 같은 방향으로 가고 있으며, 미국과 함께 공동원자력 에너지 행동계획의 실행을 위한 노력을 시행중임. 구체적으로 2006년 4월에 서명한 미국-일본 공동 원자력 에너지 행동 계획 하에서 양자 간의 원자력 에너지 협력을 논의하고, 원자력 조정위원회 모임에서 급속반응로, 연료 사이클 기술의 진전과 민간 핵 반응로의 안전장치 등을 포함한 배출 가스 없는 원자력 에너지 기술의 연구개발에서의 협력 증대에 초점을 맞추고 있음.
- 세부적으로 일본과 미국의 원자력에너지 파트너십의 행동계획에 포함된 네 개의 영역들은 다음과 같음(한국원자력연구소, 2003).
 - 국제 원자력 에너지 파트너십 하에서 원자력 에너지 연구 개발의 협력
 - 새로운 원자력발전소의 건설을 지원할 정책과 프로그램들에서의 협력
 - 원자력 연료 공급 메커니즘이 설립
 - 비남용이라는 원칙 하에서 관심 있는 나라들에서 원자력 에너지의 안전한 확대를 지원

12) 구 협정은 1968년 2월에 조인되었지만(동년 7월 발효, 유효기간은 30년), 1973년의 협정의 일부개정에 의해 협정은 2003년까지 유효하도록 되어 있었다.

하는데 있어서의 협력 등임.

- 한편 2006년 6월 29일 미국과 일본 정상은 21세기의 세계화(Global)시대에서의 화석 연료에 대한 의존 저감과 고속증식로와 신형 재처리를 촉진하는 연구개발 등의 협력을 위한 경제와 에너지의 새로운 미-일 동맹을 선언함.
- 일본은 2006년 2월 미국 에너지부가 발표한 국제원자력파트너십(GNEP)를 적극 지지를 표명한 바 있으며 그동안 GNEP 참여 등 미국과의 협력을 적극 추진해왔음. 2007년 1월9일 워싱턴에서 개최된 미 에너지부 장관과 일본 경제산업성장관 회의에서 에너지 안보협력과 에너지 분야의 공동 공동노력을 협의하고 민간용 핵연료 사이클의 공동연구 등 민간용 원자력 에너지 행동 계획 추진을 합의함. 특히 원자력분야에서는 (1) GNEP의 협력 추진, (2) 원전 신규 건설에서 민간산업체 지원, (3) 원자력 안전규제 및 핵비확산체제의 협력 등에 초점을 두고 4월까지 행동계획을 작성한다고 명기한 바 있음.
- 2007년 4월 24일 민간 핵연료주기의 양국간 협력 증진을 위한 원자력공동행동 계획을 공동 발표함. 미국 에너지부와 일본 경제산업성은 미일 공동원자력행동계획에 대하여 지난 4월 18일 협상 완료와 서명을 하였으며 4월 24일 양국 정상에게 보고와 함께 합의문을 발표함. 미국은 에너지부가, 일본은 경제산업성, 문부과학성,외무성의 이름으로 미일 원자력 에너지 행동계획에 대한 보도 자료를 배포함.
- 미일 공동원자력행동계획 주요 내용을 살펴보면, 행동계획 집행을 위해 원자력운영위원회 설치함. 미국 에너지부와 일본 경제산업성이 양국의 창구역할을 맡으며, 미국(DOE 차관)과 일본(자원에너지청장, 연구개발국장, 군축비확산국장 중)이 공동 의장을 맡게 되며 위원은 미국은 DOE/NE, NNSA, DOS, NRC에서 일본은 경제산업성, 문부과학성, 외무성에서 임명 연구개발 협력의 창구역할은 미국은 에너지부의 핵연료주기관리실(Office of Fuel Cycle Management), 일본은 원자력기구(JAEA)가 맡음. 산하 작업단들은 기존 협력 메커니즘을 최대한 활용하여 행동계획 이행을 지원하고 있음.
- 미국과 일본은 OECD/IEA, APEC 에너지실무 그룹, 아시아태평양 청정개발과 기후에 대한 파트너십(AP6), I-NERI, GIF, 이산화탄소 회수 포럼(the Carbon Sequestration Leadership Forum: CSLF), 국제 수소에너지포럼(IPHE) 등 다양한 채널을 통하여 에너지 분야와 원자력 협력을 해오고 있음.
- 한편 2007년 1월 10일 미 에너지부는 2006년 2월에 발표한 국제원자력파트너십(GNEP)의 목적, 원칙 및 이행 전략을 구체화한 전략계획 을 발표함. 미·일 원자력공동행동계획은 양국간 협력 차원보다는 미국과 일본의 글로벌체제 구축을 위한 전략적 협력으로 평가

됨. 미국은 세계적인 원전 도입 확대에 따른 국제핵비확산체제의 강화와 향후 개도국 원전시장과 소형원자로 원전시장의 주도권 확보, GNEP의 원활한 추진, 이와 함께 인도 및 러시아와의 원자력 협력강화등 국제전략차원에서의 주도적 체제를 구축하는 노력으로 평가됨.

- 이에 일본은 에너지안보와 자원외교 등을 포함 주요국과 원자력협력외교를 강화하고 있으며 원자력국제사회의 위상확보를 위하여 정상외교와 국가 총력을 투입하고 있음.
- 미일 공동 원자력공동 행동계획 발표는 미국의 GNEP 추진력 확보, 핵연료공급보장 제안에 대한 국제적 논의 활성화에의 기여와 함께 국가간 원자력 협력 경쟁에 큰 영향을 줄 것으로 전망됨. 우리나라의 경우 에너지안보와 원전사업의 역할을 고려할 때 미국 및 주요국의 협력전략에 대한 대응이 요구됨. 또한 국제적인 핵연료공급보장에 대한 국제적 논의에 적극적인 참여 및 대응도 중요함.

3. 러시아의 원자력 외교정책

- 러시아의 최근 원자력 외교정책의 성격은 공격적인 외교정책 방향으로 바뀜. 그리하여 제2의 원자력 르네상스를 전망하며 러시아는 우크라이나와 원자력 협력 협정을 체결했고, 호주와 오는 원자력 부문 협정 체결을 추진함.
- 아시아권에서는 인도, 중국에서 이미 원전을 건설 중에 있는 러시아는 최근 버마와 연구용 원자로를 건설하기로 합의했으며, 중앙아시아에서는 카자흐스탄과 우라늄 농축 관련 협정을 체결하였음.
- 또한 러시아는 남아공, 이집트, 사우디아라비아 등의 원전 시장 진출을 추진하는 등 대륙을 뛰어넘는 러시아의 적극적 원자력 세일 행보가 가속화되고 있음 그리고 다음과 같이 세계의 원전 시장을 겨냥한 러시아의 최근 원자력 외교가 진행되고 있음.
- 러시아와 우크라이나는 양국 원자력 회사들 간의 협력 의향 의정서(protocol of intent on cooperation)에 서명했음. 양국은 상호 원자력 에너지 산업에 대해 기존 원전의 수명 연장과 신규 원전의 건설 부문 등에서 과학적, 기술적 협력을 하고, 핵연료 주기 기업의 설립도 추진하기로 합의.
- 양국은 우라늄 탐광, 농축 및 핵연료 제조를 위해 합작회사의 설립을 추진하고 있으며 협력의 범주에는 2020년까지 연간 2,500톤 규모의 우라늄을 생산할 것으로 전망되는

우크라이나 Novokonstantinovsk 광산에서의 우라늄 생산도 포함되어 있음

- 러시아는 유럽에 대해 잠재적으로 전력을 수출할 수 있는 우크라이나의 신규 원전 건설에 투자할 준비가 되어 있으며, 부지는 Khmel'nitski 원전 3,4호기의 부지가 될 것이라고 언급함.
- 러시아-호주, 원자력 조약 체결 추진. 호주 원자력 보안청은 러시아와 호주가 새로운 원자력 에너지 협정의 체결을 준비 중이며, 오는 9월에 서명이 이루어질 가능성이 있다고 밝혔음. 1990년 양국은 호주의 우라늄을 제3국의 용도로 러시아에서 농축을 가능하게 한 협정에 서명한 바 있으나 그러나 동 협정은 호주 우라늄을 러시아가 사용하도록 허용하지는 않았음.
- 호주는 1960년대에 이미 원심분리 농축기를 개발했지만 최근 20여 년간 사용하지 않음. 한편 러시아의 블라디미르 푸틴 대통령은 지난 2월 그의 첫 사우디아라비아 방문 기간 중 전통적 미국의 우방인 사우디에 대해 원전 건설을 제의한 바 있으며 양국의 사업 회의에서 원자력 기술의 제공은 물론 원자력 에너지의 개발 부문에서 협력하기를 희망한다고 밝힌 바 있음.
- 또한 2006년 3월 푸틴 러시아 대통령은 러시아가 2030년까지 원자력 점유율을 25%까지 끌어올릴 계획이라고 밝힌 바 있으며 천연가스를 원자력으로 대체하는 에너지 정책변화를 보여주고 있음.¹³⁾
- 한편 러시아는 세계 원전시장 진출을 주요 정책으로서 강화하고 있는데, 러시아 국영 Atomstroyexport사는 해외 원전 건설을 담당하고 있으며, 중국 티아완(Tiawan), 인도의 쿠단쿨람(Kudankulam), 이란의 부세르(Bushehr) 원전을 건설중에 있고 이와 함께 터키 북부의 Sinop 원전 건설도 2007년부터 착수를 추진중에 있음.
- 런던에서 개최된 31차 세계원자력협회(WNA: World Nuclear Association) 정기회의에서 러시아 원자력청장관은 러시아에서 현재 향후 25년 동안 건설을 계획중인 42-58기의 원전건설에 필요한 원전부품 제조 파트너를 모색할 계획임을 밝혔으며 관련 산업체는 우선 저속터빈제작에 참여가 고려되고 있으며 종합원자력산업체인 Atomprom과 제휴 또는 Joint Venture도 고려하고 있음.

13) 러시아는 2006년 3월 2030년 이내에 신규 원전을 40기 건설하며, 이를 통하여 총발전량중 원전의 비율을 2005년의 15.8%에서 2030년에는 25%까지 확대하기로 하였다. 이와 같은 원자력 에너지 확대 프로그램에 약 700억달러를 투자하기로 하였다. (과학기술부, 내부자료, 2007. 7)

제5절 외교체제 확립을 위한 정책적 제언

1. 원자력 정책 역량 강화

- 원자력 분야의 발전은 장기적이고 대규모 투자가 있어야 가능한 만큼, 정부의 매 5년 마다 '원자력진흥종합계획'의 출간을 통하여 이러한 정책의지를 표명하고 구체적인 투자계획을 제시하여 왔음.
- 반면 원자력의 독특한 성격으로 인하여 사회의 동의가 필요한 부분이 많아 소기의 목적을 달성하기 위해서는 정부기관간 정책조정과 역할분담이 매우 중요함. 또한 원자력진흥종합계획을 충실히 이행하기 위해서는 국내의 협업뿐만 아니라, 국제협력, 그 중에서도 미국의 협력 없이는 불가능한 부분도 많아 원자력외교는 원자력정책의 필수불가결한 일부를 구성하고 있음.
- 우선 원자력정책의 효과적인 추진을 위하여 정부 내 협조체제가 구축이 필요함. 원자력 과학기술 개발, 안전조치, 원자력수출통제, 원자력 사업 분야 등 원자력정책 일반을 관장하는 교육과학기술부·지식경제부, 핵비확산정책, 원자력협정 체결 등을 담당하는 외교통상부 등 부서간 역할 분담과 협업 및 조정체제 구축이 중요함(전재성, 2007).
- 원자력외교와 관련하여, 대미협력을 강화하기 위하여 정부뿐만 아니라 민간전문가의 참여도 필요함. 현재 정부는 원자력 분야에서 이미 다양한 위원회를 운영하고 있으나, 원자력의 국제협력을 강화하는 차원에서 민간인 원자력외교 전문가가 다수 참가하는 '원자력국제협력위원회'를 추가로 설치할 필요가 있음.
- 국회에는 '원자력국제협력특별위원회'를 설치하여 외교통상, 지식경제, 교육과학 기술 소속 의원들의 참여를 확보하여 원자력과학기술, 국내원자력정책, 대외원자력협력분야를 망라한 통합된 원자력정책을 추진하는 방안을 검토해야 함. 그리고 국회 내에서 원자력에 대한 관심을 유지하고 지식을 축적하기 위하여, 의원, 보좌관, 원자력정책, 전문가들이 참여하는 '원자력정책연구회'를 운영하는 것도 원자력정책의 기반조성차원에서 필요함.
- 정부는 매년 원자력의 연구개발에 1500억원 규모의 예산을 투자하고 있음. 그런데 원자력의 독특한 성격으로 인하여, 사회적, 정치적, 외교적 여건이 그 연구의 방향과 한계를 결정하기도 한함. 농축과 재처리, 원자력의 평화적 이용, 방사능폐기물 처분장 부지문제, 원자력발전소 부지문제 등은 단순히 과학기술적 문제가 아니라 정치적, 외교적 정책

사안이기도 함.

- 이러한 점을 감안한다면, 원자력 과학기술이 발전하기 위해서는 원자력 정책과 원자력 외교역량의 발전이 발전 병행되어야 함. 원자력정책과 외교역량의 발전을 위해서는 원자력 연구개발비의 일정 부분을 정책과 외교역량을 육성하는데 투자할 필요가 있음.
- 최근 미국의 원자력정책과 비확산정책이 최근 큰 변화를 보이고 있음. 미국이 국제비확산체제를 강화하는 동시에 원자력의 활용을 확대하려고 함. 이것은 한국의 원자력에 있어 위기이며 기회가 될 수 있음. 미국이 한국의 비확산정책의 대상으로 보고 한국에 대한 규제를 강화할 것인지, 아니면 원자력 발전의 파트너로 보고 협력관계를 강화할 것인지는 상당부분 우리의 원자력정책과 외교역량에 달려있음(전봉근, 2005).
- 이를 위하여 앞으로 최소한 원자력 연구개발기금의 1 퍼센트를 원자력정책과 원자력전문가를 육성하는데 투자하는 방안이 있음. 이 자금은 원자력연구소, 외교안보연구소와 같은 국내 싱크탱크의 정책역량을 강화하는데도 투입될 수도 있음.
- 정책목표를 달성하기 위해서는 시간적 준비와 자원의 투자가 필요함. 큰 국가적 목표를 추구할 경우에는 더욱 많은 시간과 자원이 필요함. 투입되는 시간과 자원을 관리하는 기획능력도 매우 중요한 요소임. 원자력정책과 같이 장시간이 지나야 비로소 성과가 나타나는 경우에는 보다 체계적인 준비와 기획이 필요함.

2. 원자력외교 기구의 개선

- 한국 정부의 원자력 외교 체제 강화를 위해서는 대미 원자력 외교 강화가 중요한 부분을 차지하는 것은 주지의 사실임. 대미 원자력외교를 활성화하기 위해서는 우선 미 정부 내 원자력업무 담당기구에 대한 이해가 필요함.
- 미 정부에서 원자력업무를 담당하는 기관으로 국무부, 에너지부, 원자력규제위원회(NRC) 등이 있음. 국무부는 원자력 외교와 핵비확산이 주요임무이며 원자력 문제를 미국의 외교정책 및 국가안보 관점에서 접근하여 NPT, 지역적 조약 등 국제 다자간 체제, 원자력 협력협정등 양자간 체제, IAEA 보장조치, 기타 국제협약, 수출통제 및 핵물질 이슈 등을 다룬다. 양자간 원자력협력과 비확산문제는 국무부 원자력과(Office of Nuclear Energy Affairs)에서 담당하고 있으며, 따라서 한미 원자력상설공동위원회도 원자력과에서 담당하고 있음(박광국, 2007).

- 에너지부는 원자력 이용 및 개발, 우라늄 농축이 주 임무이며, 핵무기 프로그램과 원자력을 포함한 국가에너지 공급계획 및 각종 관련된 연구수행으로 원자력을 에너지, 과학기술, 환경 차원에서 접근함. 또한 다자 비확산체제 협상시 중요한 역할을 수행하며, 산하 국립연구소를 활용하여 기술적인 지원을 제공함.
- 원자력협력협정은 국무부 주관이나 에너지부의 동의가 필수이며 기술이전, 후속약정 등 외국에 대한 지원활동 허가에도 주무를 담당함.
- 원자력규제위원회는 원자력시설의 인허가를 담당하는 기관으로서 1974년 원자력시설 규제를 위해 설립되어 1996년 1월 통제업무 강화를 위해 조직을 재조정하였음. 원자력규제위원회는 대통령이 의회의 승인을 받아 임명하는 5명의 위원으로 구성되고 행정부와 독립적인 위상으로 대통령과 의회에 동시에 보고함.
- 한미 원자력협력은 한미 원자력상설공동위원회를 중심으로 발전하여 왔음. 따라서 한미 원자력협력 증진을 위한 외교는 상설공동위원회를 중심으로 전개되어야 한다는데 전문가들의 이견이 없음. 그런데 대미 원자력외교의 발전을 위해서는 원자력상설공동위원회에 몇 가지 특징에 대하여 주목할 필요가 있음.
- 우선, 과거 양측의 대표단을 보면, 한국대표단을 과학기술부의 원자력국장이 대표하고 있으나, 미측은 미국무부의 비확산담당 부차관보 또는 원자력과 과장이 되는 경우가 많음. 이것은 한국 측이 원자력전문가를 대표로 내세워 원자력협력 그 자체에 대한 관심을 반영한 반면, 미국은 비확산 측면을 우선시 한다고 볼 수 있음.
- 이러한 미국 측의 비확산적 접근방식에 대응하기 위해서는 한국도 외교부 대표를 내세우는 방안을 고려할 수도 있으나, 외교부 내에는 원자력 전문가 없기 때문에 쉬운 일이 아님. 반대의 경우에도 마찬가지임. 한국의 과학기술부 원자력국에는 외교 또는 핵비확산 전문가가 매우 드물지만, 미국의 에너지부에는 비확산전문가, 또는 외교전문가가 있어 원자력정책의 외교적 측면을 보완하고 있음.
- 미국의 경우, 국무성에 원자력에 정통한 외교관이 있고, 에너지부에는 외교에 정통한 원자력전문가가 있어서 빈틈없이 정책을 추진하고 있음. 우리는 대미 원자력외교의 선진화를 위해서 다음 2가지 사항을 반드시 고려해야 함. 우선 미국은 한미 원자력협력을 추진하면서 비확산 측면에 정책의 우선순위를 둔다는 점임. 둘째, 우리는 미국과 달리 원자력 외교 전문가가 매우 부족하다는 점임. 여기서 우리는 원자력외교의 과제를 찾을 수 있음 (전재성, 2007; 전봉근, 2007).
- 첫째, 한국의 비확산정책과 의지에 대한 미국과 국제사회의 우려를 최우선적으로 해소해

야 한다는 점임. 우리는 한국정부의 비확산의지가 확고하다고 믿고 있으나, 이에 대한 외부의 신뢰는 그리 높지 않은 것 같음. 한국의 원자력외교 선진화를 위해서는 정부뿐만 아니라 민간 차원에서도 핵비확산 정책과 의지를 지속적으로 과시해야 할 필요성이 있음. 일반국민의 핵무기에 대한 막연한 동경과 핵확산에 대한 관용적인 태도를 볼 때, 일반 국민에 대한 비확산 교육도 꼭 필요함.

- 다음으로, 원자력전문가 중 일부를 외교전문가로 양성하고, 일부 외교전문가도 원자력전문가로 양성하여 외교통상부·교육과학기술부·지식경제부가 협력하면서 원자력외교 역량을 증대시키는 방법을 찾아야 함.
- 외교부에 군축비확산국을 설치하는 것도 좋은 방법임. 그런데 정부의 내부 역량을 확충하는 것은 제도적 규제에 인하여 쉽지 않으므로, 당분간 민간인 전문가를 이용하는 방법도 적극 활용해야 함. 이를 위해 원자력연구소 또는 외교안보연구원의 전문 인력을 이용하는 방안도 있음. 특히 미국의 대한국 원자력정책은 북핵문제, 한국정부와 국민의 핵비확산 의지, 한국의 안보상황 등 변수도 감안하고 추진되므로, 국내의 비확산 전문가를 많이 활용해야 함.

3. 원자력외교 및 비확산 정책공동체 구축

- 우리나라는 매년 개최되는 한미 원자력공동상설위원회를 과학기술적으로 접근하지만, 미 정부는 핵비확산적 측면을 더욱 중시한다는 점은 앞서도 지적하였음. 특히 9.11 테러 이후에 두드러진 미 정부의 비확산정책 강화 추세를 감안한다면, 미 정부는 사실상 핵비확산의 틀 내에서 한미 원자력 과학기술협력정책을 추진한다고 볼 수 있음.
- 우리나라도 미국의 이러한 접근방법을 무시할 수 없으며, 오히려 적극적으로 대응하여 미국의 비확산정책에 있어서도 파트너로 만드는 것이 필요함. 이를 위해서 우리의 과학기술적 접근방법에 초점을 맞추는 한편, 공동상설위원회의 하부 회의체로 비확산전문가들이 중심이 된 한미 원자력정책 및 비확산 세미나를 병행 또는 별도로 추진하는 방안을 추진해야 함.
- 이를 통해 한미간 원자력과학자 뿐만 아니라, 외교안보전문가, 비확산전문가들의 교류 기회를 확대하고, 미측의 대한반도 비확산 정책을 분석하는 동시에 미측의 비확산 우려에 해소하는 기회로도 활용할 수 있음.

- 한미 양국 모두에서 과학기술정책이 때로는 외교안보분야의 외연을 깨뜨리기도 하지만, 보통의 경우 사전에 규정된 외교안보정책의 틀 내에서 원자력협력을 추진하는 성향이 강함. 따라서 정기적으로 한미의 고위 외교당국이 직접 나서서 외교안보의 틀이 과도하게 원자력의 과학기술적 협력을 규제하고 있는지 점검할 필요가 있음. 그리고 한미간 정치외교적 협력과 신뢰구축에 진전이 있었다면, 이것이 원자력협력 분야에는 어떻게 반영되어야 하는지도 정기적으로 점검해야 할 것임.
- 이러한 외교적 접근방법을 증시하는 차원에서 한미 양국의 외교안보전문가, 비확산전문가간 교류가 필요함. 정부간 교류와 병행하여 이에 대한 분위기를 조성하기 위해서 양국의 전문가는 한미 공동상설위원회가 개최될 경우, 이의 하위 회의체로서 또는 이와 별도로 만나서 상호 우려사항을 평가하고 신뢰를 구축하는 작업이 필요함.
- 원자력 외교, 특히 한미간 관계는 앞으로 중요한 이정표를 앞두고 있음. 2014년은 한미원자력협력협정이 만료됨. 일본의 경우, 미일원자력협력협정 개정을 위하여 10년간 기획하고 협상하였음. 현재 대미 원자력외교의 환경이 당시 일본의 경우보다 유리하지 않다는 점을 감안한다면 한국은 10년 이상이 걸릴지도 모르는 일임.
- 지난 50년간의 한미협력관계를 평가하고, 향후 50년간 협력에 대한 비전을 로드맵을 만들어야 함. 원자력과학자 뿐만 아니라, 원자력정책과 비확산정책 전문가들도 같이 참여한다면 보다 완전한 비전과 로드맵을 만들 수 있을 것임. 이를 위하여 우선 원자력을 아는 외교안보전문가, 외교를 아는 원자력전문가들이 모여서 지혜를 모을 수 있는 정책공동체가 만들어져야 함.

4. 원자력외교 성과관리체제 구축

- 한국의 원자력외교 역량을 강화하기 위해서는 보다 체계적인 접근방법이 필요함. 더욱이 한국의 원자력 이용정책과 미국의 비확산정책이 갈등하는 상황에서 한국의 원자력을 발전시키기 위해서는 많은 준비가 필요함.
- 원자력 외교 분야에 성과관리 방법론의 일부를 도입한다면 이러한 준비를 보다 체계적으로 하는데 도움이 될 것으로 보임. 즉 원자력외교의 목표를 정하고 이를 달성하기 위한 세부 과제를 채택하고, 그 달성 여부를 계량화하여 측정하는 것임.
- 장기적 전략목표와 단기적 정책과제를 구분하고, 그 각 과제를 충실히 이행하다 보면 한

국의 원자력 외교목표를 달성하게 될 것임. 이렇게 성과관리 방법을 도입할 경우, 중요한 것은 원자력외교 역량을 측정하는 지표를 선택하는 일임. 여기에서는 원자력외교역량을 증대시키는 핵심지표로서 ① 투명성(transparency), ② 신뢰성(reliability), ③ 국제기여(contribution), ④ 원자력 능력(nuclear capability), ⑤ 정책 역량(policy capability) 등 5 가지 지표를 제시함. 각 지표의 의미는 다음과 같음.

- ① 투명성(transparency): 사찰 등을 통한 원자력활동의 투명성의 정도를 말하며, 국가통제 체제, 강화된 사찰 도입 등을 통해 투명성 증가가 가능함.
- ② 신뢰성(reliability): 정부의 원자력정책, 비확산정책에 대한 신뢰성의 정도로서, 북핵문제에 대한 국민의 태도, 정부와 국민의 비핵화 의지, 정치인들의 핵보유 발언, 북핵문제에 대한 한미공조 등이 신뢰성에 영향을 줌.
- ③ 국제기여(contribution): 국제기구, 원자력 선진국, 개도국 등과의 협력은 신뢰성 증대에 기여하고, 국가의 원자력 능력에서 긍정적 효과를 미침.
- ④ 원자력 능력(nuclear capability): 원자력 기술 발전 정도 및 원천·독자기술 보유 여부 등을 말하며, 독자적 능력으로 미국이 설정한 인위적인 장벽을 추월할 경우 미국이 제약을 철회할 가능성이 있으며, 최소한 대미 협상력 강화의 효과가 있음.
- ⑤ 정책 역량(policy capability): 대외 협상력 강화를 위한 기획, 협상 능력으로서, 기술적 역량을 정치적 역량으로 전환하고 극대화하는 능력이며, 협상력에서의 강점과 약점을 분석하여 사전·사후 대응하는 능력을 의미함.

- 원자력외교역량을 극대화하기 위해서는 전술한 5개의 기준 전체가 골고루 만족되어야 할 것이며, 일부가 결여될 경우 협상력 총량에 대한 마이너스 요인으로 작용할 것임. 예를 들어, 우리의 노력으로 핵의 투명성이 증가되었다고 하더라도, 원자력 기술능력과 산업능력이 새로운 원자력 과학기술 개발의 정당성을 정당화하지 못한다면 우리의 원자력 외교 협상력은 약화될 것임. 한편, 핵투명성이 증가하고 원자력 능력이 제고되었다고 하더라도 한국의 원자력정책 전반과 한국정부에 대한 외국 정부의 신뢰성이 떨어진다면 그만큼 한국의 협상력은 약화됨.

- 나아가 다른 모든 조건을 만족시킨다고 하더라도 이러한 기반여건을 활용하여 원자력 외교 협상력 강화로 이를 연결시키는 정책역량과 외교역량이 부족하다면, 이 역시 구슬은 많으나 꿰지 못하여 성과를 내지 못하는 결정적 요인이 됨.

제7장

원자력행정체제의 현황과
지속가능성 강화방안

제7장 원자력행정체제의 현황과 지속가능성 강화방안

제1절 주요선진국의 원자력 행정체제현황과 정책

- 1980년대까지 주종을 이뤄왔던 석유발전은 2차레에 걸친 석유파동에 이어 추진된 에너지원의 다양화 및 탈석유 전원정책에 따라 LNG, 원자력, 그리고 석탄발전으로 꾸준히 대체되어왔다. 특히, 세계 최대 경제강국에 속하는 미국과 일본에서는 최고 정책결정권자를 중심으로 국가경쟁력 차원에서 원자력 정책의 중요성에 대한 관심이 고조되고 있음.
- 지금까지 이들 국가에서는 원자력의 안전성 문제 때문에 원자력 정책이 국가적 의제로 상정되는 데에 상당한 거부감을 가지고 있었던 것이 사실이었음. 하지만 최근 에너지 수요의 급증과 원유 공급의 불안정성으로 인한 수요-공급의 불일치 때문에 주 에너지원으로 원자력에 대한 관심이 고조되었고 또한 원자력 관련 기술의 급속한 발전으로 인해 안전성 문제도 상당 부분 해소되어 원자력에 대한 국민적 반감도 서서히 줄어들고 있음.
- 미국과 일본 등 선진국들과 비교하여 볼 때, 우리나라의 경우는 원자력이 가지는 의미는 훨씬 더 크다고 할 수 있음. 우리나라는 1972년(전력설비 3,880MW, 전력소비 9,992G췌) 대비 2002년에는 전력설비가 14개(53,800MW), 전력소비(278,451GWh)는 28배 성장하였음. 발전원에서 원자력이 차지하는 비중은 석유발전 중심에서 1978년 고리 원자력 1호기 이후 지속적인 증가세를 보여 1990년 원자력발전 비중이 50.3%에 이르렀고 이후 40%대로 감소하였음. 원전운영현황을 살펴보면 2006년말 20기가 운영중이며, 4기의 추가 원전을 건설중에 있어 이는 미국, 프랑스, 일본, 러시아, 독일에 이어 원자력 설비기준 세계 6위의 규모임.
- 하지만 그 동안 원자력이 국내 경제에 미친 크나큰 긍정적 영향에도 불구하고 내부적으로는 원자력 안전성 문제, 핵폐기물 처리 문제 등으로 인해 국민적 지지를 받지 못하고 있는 것이 현실임. 외부적으로는 북한 핵문제로 인해 우리나라는 원자력 산업이나 발전에 있어 미국을 비롯한 강대국들로부터 많은 제약을 받고 있음.
- 최근에 들어와 미국을 비롯한 선진국에서 조차도 경제발전을 위한 원자력의 중요성에 관심을 돌리기 시작했고 미국 부시 행정부에서는 에너지의 안정적 확보를 위해 원자력 발전소 건설의 당위성에 대한 대국민 홍보를 강화하고 있음. 이러한 현상은 비단 선진국에만 국한된 것이 아니며 중국과 같은 신흥 공업국에서도 원자력 발전소 건설에 박차를 가하고 있음.

- 이 시점에서, 본 연구는 원자력 부문 선도국가의 원자력 정책추진체계 전반을 상호비교·분석해 봄으로써 향후 우리나라 원자력 정책이 지향해야 할 방향을 모색하는데 도움을 얻고자 함.
- 이를 위해 먼저, 이들 주요선진국가의 원자력 정책의 패러다임이 변화를 고찰해 보고 둘째, 원자력과 관련한 국정 최고관리자의 관심수준이 어느 정도인가를 정책추진체계 분석을 통해 규명하고자 함. 셋째, 원자력 정책과 관련한 추진체계에 있어 어떠한 유사점과 차이점이 있는지를 살펴보고, 마지막으로 주요 선진국가들의 정책구조를 통해 우리나라의 원자력 행정체제의 향후 방향성과 효율적이고 합리적인 조직체계 정비에 대한 대략의 정책방안을 제시해 보고자 함.

1. 미국

가. 미국의 원자력 발전 산업의 동향

- 미국의 발전량의 20%는 원자력으로부터 생산(2003년 기준)되고 있으며 일리노이, 펜실바니아, 사우스 캐롤라이나, 노우스 캐롤라이나, 뉴욕 등 3개 주에서 원자력 발전의 40%를 생산하고 있음. 1974년대 이후 원자력발전소 신규 건설은 중단된 상황으로 원자력 발전 가동률은 1990년 66%에서 2004년 1/4분기 92.1%까지 상승하고 있음. 이에 따라 원자력 발전은 1973년 830억kwh 규모에서 2003년 1,040억 kwh로 증가하였음.
- 최근 해외 에너지 의존도 증가에 대한 최우선 대안으로 부시대통령은 안전하고 친환경적인 원자력 발전의 건설이 필요하다고 주장하고 있으며, 지난 2002년 11억 불 규모의 신규 원자력발전소 건설계획인 「Nuclear Power 2010 Initiative」를 발표하였음. 「Nuclear Power 2010」은 원자력산업체가 다음 10년간 새로운 원자력발전소를 건설하는 것을 지원한다는 취지로 만들어졌음. 이를 위하여 미국의 에너지부는 두 곳의 상업용 부지와 세 곳의 연방부지에 대한 조사를 완료했으며, NRC의 새로운 설계 인허가 절차를 적용하기 위해 산업체와 협력하고 있음.
- 이에 따라 버지니아, 일리노이, 미시시피의 3개 주가 조기 부지 승인(ESP·Early Site Permit)을 신청했음. 과거 우리나라에서는 투자를 유치하기 위해 각종 인허가를 한 번에 해결해주는 원 스톱 서비스를 도입한 적이 있음. 미국 원자력제도 이러한 제도 도입을 검토하고 있음. 원전 부지 승인이 나면 다음 단계로 건설 및 운영의 동시 인허가

(one-step licensing) 절차가 이뤄질 것을 기대하고 있는 것임.(오근배, 2006).

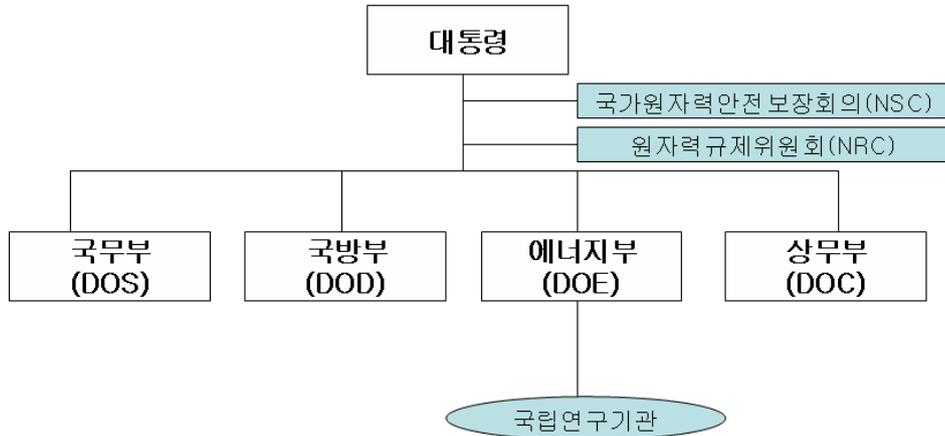
- 부시 대통령은 2005년 4월 원자력발전소 건설의 가장 큰 애로사항인 규제 불확실성 제거를 위해 에너지부에 건설허가 관련규제 개혁을 지시하였음. 또한, 원자력 발전과 관련한 최대 문제점인 고준위 핵폐기물 처리시설을 Yucca Mountain에 건설키로 하고(2003년 12월 부시대통령 관련 예산안 서명), 77,000톤 규모의 핵폐기물 저장시설 건설을 추진 중임.
- 2001년 5월 부시 대통령은 국가에너지정책개발(NEPD: National Energy Policy Development) 그룹이 만든 보고서인 '신(新)국가 에너지 정책'을 성명으로 발표하였음. 이 성명은 원자력 이용 확대 지원정책을 포함하여, 전체 에너지 분야에 대한 총 105개 사항의 권고를 포함하고 있음. 부시 행정부는 이 정책의 입법화를 추진해 하원과 상원의 인준을 거쳐, 2005년 8월 에너지정책법이 발효되었음. 이 법은 미국 에너지원의 다양화, 에너지 효율성의 증대, 새로운 에너지 생산기술 개발, 에너지 인프라 보강 등에 초점을 맞추고 있음.¹⁴⁾
- 또한 최근 미국원자력에너지협회(NEI)는 원자력산업계의 「비전 2020」을 발표하였음. 비전2020에서는 현재의 공해물질 배출 없이 전력비율을 유지하면서 미래의 전력수요에 부응하기 위해서는 2020년까지 50,000MW의 신규 원전건설이 필요하다고 밝히고 있음. 미국에서는 설비이용률 향상과 운전비용 절감을 실현하기 위해 경제성 없는 원전은 조기 폐쇄하고 원전운전기간을 40년에서 60년으로 연장시켰음.
- 또한 원전의 운전관리업무를 공동출자회사에 위탁하고 있음. 2004년 2월 미국원자력에너지협회(NEI), 에너지부(DOE) 및 전력연구소(EPRI)는 원자력 발전용량을 증가시키기 위해 향후 10년간을 전망한 「경수로 연구 개발에 관한 전략계획」을 발표하여 규제개혁과 신형로 개발에 의한 신규건설을 추진하고, 운전 중인 기존 원전의 성능 향상을 위해 노력하고 있음.

나. 원자력 행정조직 및 정책구조

14) 2005 미국의 에너지정책법이 담고 있는 원자력과 관련된 주요 내용은 다음과 같다. ▲원자력 손해배상법인 '프라이스 앤드 스타법'의 효력을 2025년 말까지 연장한다 ▲원전 인허가 지연으로 인한 산업체의 재정적 손실을 보상한다 ▲차세대 원전에 대해서는 가동 후 8년 동안 kWh당 1.8센트의 세금을 감면한다 ▲에너지부의 원자력 핵심 프로그램으로 NERI와 원자력에너지 2010(Nuclear Power 2010) 프로그램, Gen-IV(제4세대 원자로)개발, 수소생산 원자로를 도출한다 ▲첨단 핵연료주기 개발(AFCI·Advanced Fuel Cycle Initiative)을 위하여 관련 핵연료주기의 연구개발 및 실증 프로그램을 수행한다.

- 미국은 세계 최대의 에너지 이용국으로 원자력발전(發電) 규모에서도 세계 1위를 고수하고 있음. 미국의 원자력 정책은 미국뿐만 아니라 전세계의 원자력 이용에 직접적인 영향력을 행사함. 최근 미국은 원자력발전의 진흥을 도모하는 새로운 에너지정책법을 제정함으로써 또 한 번 세계적인 원자력 부흥을 이끌 것으로 기대되고 있음.
- 미국의 원자력 관련 행정업무는 국무부, 에너지부, 국방부, 상무부, 원자력규제위원회(NRC) 등에서 담당하고 있으며 기타관련 부서로는 환경보호청(EPA), 연방비상관리청, 노동부 등을 들 수 있음. 원자력 관련 행정조직 현황을 살펴보면 다음과 같음.
- 국무부(DOS)는 원자력과 관련된 외교를 주로 주관하고 있으며 원자력협력협정 체결에 대해 행정부 내에서 주도적 역할을 담당하고 있음. 국무부 내에서 핵비확산 문제에 대해서는 원자력과(Office of Nuclear Energy Affairs)에서 이에 대한 업무를 담당하고 있음.
- 국방부(DOD)는 원자력을 국방 및 국가 안보차원에서 접근한다. 국방부 내에서 핵비확산 분야는 DTSA(Defense Technology Security Administration)에서 담당하고 있음. 국방부에서는 원자력 수출허가를 직접적으로 발급하지 않으나 부처 간 협의 시 참여 및 검토 역할을 담당하고 있음. 또한 상무부(DOC)는 핵비확산과 관련하여 수출관리국(Bureau of Export Administration)에서 이중사용품목에 대한 수출허가 발급을 주로 담당하고 있음.

<그림 7-1> 미국 원자력 관련 행정조직



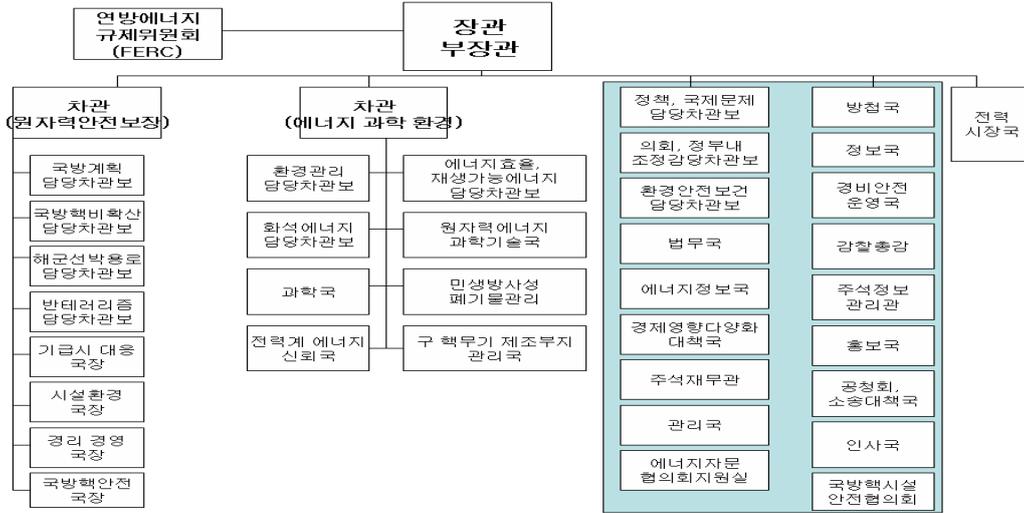
- 원자력규제위원회(NRC)에서는 원자력시설의 인허가를 담당하고 있으며 행정부와는 독립적인 위상을 가지고 대통령과 의회에 원자력 규제 관련 동시보고 업무를 담당하고 있음. 원자력규제위원회(NRC)는 1974년 Energy Reorganization Act of 1974"에 의해 설립된 독립규제기관임.

- 원자력규제위원회(NRC)의 주요 규제업무는 원자로 및 원자력시설의 건설 및 운영에 대한 인허가, 고저 준위방사성폐기물 처분장에 대한 인허가, 발전용 원자로 및 원자로의 원자로 조종사 인허가, 경수형 원자로 안전과 관련된 미 정부의 주요 연수프로그램 수행 등을 담당하고 있음.
- 원자력 산업의 핵심부서인 에너지부(DOE¹⁵⁾)에서는 원자력을 에너지, 과학기술, 환경차원에서 접근하고 있음. 초기의 에너지부(DOE)는 제2차 세계대전 당시 핵무기 개발을 주 임무로 하는 미국원자력위원회(Atomic Energy Commission: AEC) 형태로 발족했음. 70년대 에너지파동 직후 에너지부(DOE)로 개편되었음.
- 에너지부(DOE)의 핵비확산분야는 Office of Nonproliferation & National Security에서 담당하고 있으며 에너지부는 주로 기술이전, 후속약정 등 외국에 대한 지원활동 허가에 대한 주무부처역할을 담당하고 있음. 특히 원자력협력협정은 국무부 주관이나 에너지부의 동의를 필수로 하고 있음.
- 에너지부(DOE)의 원자력 관련 담당업무는 Office of Nuclear Energy(NE)에서 담당하고 있으며 8개 분야로 그 업무를 분담하여 운영하고 있음. 세부적인 업무를 살펴보면 첨단 연구, 응용연구, 국제협력 및 대학 프로그램 운용, 가속기 관련 운영, 원자력시설 전환, 원자로 운전, 평가 및 기술적 지원 업무 등을 수행함. 더불어 시설관련 안전 및 품질보증, RI¹⁶⁾ 동력시스템, 핵연료주기 안보, 우라늄공사 등의 업무를 담당 하고 있음.

15) 1946년에 제정된 원자력법인 맥마혼법(McMahon Act)에 따라 1946년 8월 1일 AEC(Atomic Energy Commission: 미국원자력위원회)로 창설하여 1977년 10월 1일 현재의 명칭으로 변경하였다. 대통령이 임명하는 5명의 위원으로 구성되며 그 중 1명이 위원장을 맡는다. 원자력사업은 제2차 세계대전 때부터 육군이 담당하고 있었으나 AEC 창립으로 그 업무를 이관하였다. 초기 원자력사업이 원자폭탄의 개발·제조에 목적을 둠에 따라 AEC는 핵무기 제조 관련 업무를 맡아보았다. 주로 원자력에 관한 연구·개발·생산·허가 등을 담당하였고, 모든 원자력 물질과 원자력 시설 등을 소유·관리하였다. 그 후 소련과 영국도 핵무기를 보유하고, 각국에서 원자력의 평화적 이용에 대한 개발이 진척됨에 따라, 미국에서도 원자력 개발에 사기업의 참가와 국제적 협력이 필요하게 되었다. 이에 따라 1954년 새로운 원자력법을 제정하였는데 이 법에 따르면 허가를 받은 시설은 민간이 소유할 수 있으며, 핵분열 물질과 핵융합 물질을 포함한 특수물질을 민간에 대여할 수 있었다. 또 광범위한 국제협력에 대한 내용을 포함하고 있다. 군사적 이용 측면에서는 핵무기의 크기·무게 등의 정보를, 평화적 이용 측면에서는 특수 핵물질·원자로 등을 제공할 수 있게 되었다. 그 후 부분적 개정으로 AEC는 핵무기의 개발·제조와 평화적 이용을 목적으로 하는 핵개발 활동을 확대하고, 외국 및 미국 국내 민간과의 협력 관계를 증진하고 있다.

16) RI란 Radioisotope의 약자로 원자를 이루고 있는 핵에 포함되어 있는 양자와 중성자중 양자수는 서로 같고, 중성자 수가 다른 원소를 의미한다. 즉, 양자수가 같으므로 원자번호가 같아 원소기호는 변하지 않고 중성자 수만 다르기 때문에 원자의 질량이 서로 다른 원소를 동위원소라 한다. (예 : C-14와 C-12)

<그림 7-2> 미국 에너지부(DOE) 행정체제



- 그리고 에너지부는 산하에 21개 연구소를 보유하고 있으며 이들 산하 연구소의 연구개발 분야는 원자력의 평화이용에서부터 핵무기생산 등에 이르기까지 광범위한 역할을 담당함. 산하연구소와 관련시설들은 에너지부(DOE)가 소유하고, 운영은 대학과 기업에 경쟁을 통하여 선정, 위탁하는 형태를 취하고 있음. DOE는 경쟁을 통하여 연구과제 모집 및 연구개발 계획을 수립하고 연구와 관련하여 제안된 예산안은 백악관의 검토조정을 거쳐 의회에서 심의 확정하여 결정하도록 하고 있음.
- 그리고 최근 아이다호원자력환경연구소(The Idaho National Engineering and Environmental Laboratory: INEEL)가 미래 원자력 기술인 Gen IV¹⁷⁾, NGNP¹⁸⁾의 개발 주체로 설정되었음. 제4세대 원자로(Generation IV)에 대한 에너지부의 구상은 이미 2000년에 시작되었음. 제4세대 원자로 계통 개발을 선도하고 이러한 원자로가 2010년 이후, 늦어도 2030년 이전에는 상업적으로 배치될 수 있도록 한다는 것임.
- 제4세대 원전의 4대 개발목표는 ▲안전성과 신뢰성의 개선 ▲핵 확산에 대한 저항성 제고와 물리적 방호 능력 개선 ▲경제성 측면의 경쟁력 제고 ▲지속가능 측면의 개선으로 설정되어 있음. 이러한 목표를 달성하기 위해 미국은 제4세대 원자로 개발에 관심 있는 국가들과 GIF(Generation IV International Forum·제4세대 원자로 국제포럼)을 결성해 주도적인 역할을 담당하고 있음.

17) Gen IV 원자로는 현재 세계적으로 가동 중인 원전의 대부분이 퇴역하거나 운전 종료시점에 다다를 2030년경에 세계적으로 전개해나가는 것을 목표로 새롭게 개발할 혁신 개념의 원자로이다.

18) NGNP(Next Generation Nuclear Plant)는 원자력을 이용해 전력과 수소를 동시에 생산하는 초고온가스로(VHTR)를 2019년까지 건설하기 위한 프로젝트이다.

- 미국의 원자력 행정의 기타 관련 기관으로 환경보호청(EPA)은 원자력관련의 환경보전을 책임지고, 연방비상관리청(대통령직속기관)에서는 방재대책을 실시하며, 노동부에서는 원자력종사자 피폭관리를 수행하고 있음.

2. 일본

가. 원자력발전 산업의 동향

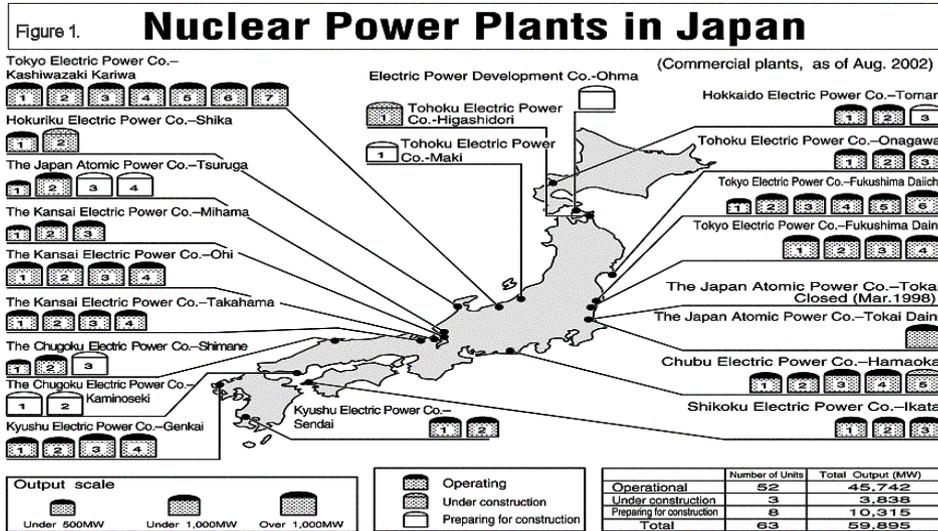
- 일본의 원자력발전은 총 발전전력량의 약 36%를 공급하고 있으며 방사선 및 방사선 동위원소(RI)의 이용은 의료, 농업, 공업, 환경보전, 기초연구 등 광범위하게 보급되고 있는 등 원자력 이용은 일상생활 주변에 깊이 침투되어 있음. 이와 같은 성과는 원자력개발이용에 참여해 온 수 많은 민간 대학, 정부관계, 연구개발기관, 원자력개발시설 입지 자치단체, 정부관계자의 끊임없는 노력, 그리고 지역주민의 이해와 협력 및 정치 지도자의 과감한 결단의 결과였음.
- 그러나 일본의 에너지 공급구조는 지극히 취약함. 에너지 수입의존도는 83.6%이고 에너지의 석유 의존도는 50.8%에 달하며 석유는 거의 전량인 99.6%를 수입에 의존하고 있음. 석탄은 94%, 천연가스는 96%를 수입해 의존하고 있음. 또한 일본은 아시아의 섬나라로 유럽에서와 같이 국경을 넘어서 서로 전력을 융통할 수 없다는 문제점을 지니고 있음.
- 99년에는 52기의 원전이 가동되어 설비용량 4,508.2만kW으로 3,177.9억kWh를 생산하여 총발전량의 35.7%를 공급하였음. 평균이용률은 80.4%이고 1996년 이후 4년간 연속 80%대를 유지하고 있음. 이용률이 낮아진 것은 일본원자력발전 쓰루가 2호기의 장기간에 걸친 고장정지와 동경전력의 후쿠시마1발전소 2호기와 일본 원자력발전의 쓰루가 1호기 부품교체공사로 장기간 운전을 정지한 것이 큰 원인이었음. (원자력 발전 백서, 2000: 366).
- 원자력이 기술집약형 에너지라는 특징 등에 주목한다면 원자력은 준 국산에너지라고 생각 할 수 있기 때문에 일본의 에너지공급구조의 취약성을 극복하는데 공헌하는 중요한 에너지로 판단하여 이를 추진하고 있음.
- 일본은 1966년 7월 처음으로 일본원자력발전(주) 동해발전소가 상업용 원자력 발전소로서 영업운전을 개시하였음. 그 후, 각 전기사업자에 의한 건설이 이루어져 2003년 3월말 52개(전기출력 총계 4,574.2만 kW)의 상업용 원자력 발전소가 운전 중에 있음. 이는 일본 전기

- 의 약 1/3을 점유하고 있음. 일본의 전력생산을 위한 1차 에너지 구성비는 원자력(31.2%), 천연가스(26.6%), 석탄(22.2%), 석유 등(10.2%), 수력(9.0%), 신에너지(0.4%), 지열(0.4%) 등임.
- 일본의 원자력 발전현황은 1963년 10월 일본원자력연구소동력시험로가 처음 원자력발전소를 개시, 1966년 7월 첫 상업용원자력발전소를 개시한 이래 원자력발전은 착실히 성장하여, 2002년 1월에는 동북전력(주) 女川원자력발전소 3호기가 운전을 개시하였고, 일본원자력발전(주) 동해발전소가 1998년 3월에, 핵연료재처리개발기구 신형전환로 후겐발전소가 2003년 3월말에 영업운전을 종료하여 현재 52기가 가동중임.
 - 현재 건설중인 원자력발전소는 핵연료재처리개발기구의 몬주건설소(FBR, 28.0만 kW), 동북전력(주) 東通원자력발전소 1호기(BWR, 110만 kW) 등 5기이며, 건설 준비 중인 원자력발전소는 전원개발(주) 大間원자력발전소(ABWR, 138만 kW), 중국전력(주) 島根원자력발전소 3호기(ABWR, 137.3만 kW), 동북전력(주) 浪江小高원자력발전소(BWR, 82.5만 kW) 및 東通원자력발전소 2호기(BWR, 138.5만 kW) 등 6기가 건설계획 중에 있음. 일본의 2004년도 '전력공급계획'에 따르면, 2013년도까지 원자력발전소 11기(1,446만 kW)가 신증설될 계획임.
 - 2005년도에는 통산산업성 산하 자원에너지청에서 장기에너지정책 및 전원계획 수립을 추진하였음. 원전 건설 및 운영은 9개 전력사와 일본원자력발전(日本原子力發展)등 민간에서 담당하고 있음. 9개 전력사로는 북해(北海道), 동북(東北), 동경(東京) 등에 위치하고 있음. 2005년 10월 개정된 '원자력정책대강'에서 기존의 원자력발전시설을 안전 확보를 전제로 최대한 활용한다는 계획임.
 - 2030년 전후에 도입될 것으로 전망되는 노형으로서는 현행 경수로를 개량한 것을 채용할 계획임. 원자로 출력 규모는 대형경수로를 중심으로 하며 단, 각 전력회사의 수요규모, 수요동향, 경제성에 따라 표준화되는 중형경수로도 선택방안의 하나로 고려되고 있음. 고속증식로는 2050년경 상업운전을 목표로 하고 있으며 만약 도입이 지연될 시 도입 시까지 개량경수로를 도입할 계획임.
 - 경제산업성 자문기관인 종합자원에너지조사회 수급부회에서 2030년까지 에너지 수급 전망에서 8-17기의 신규원전 건설계획을 2004년 5월 발표하였음. 원자력 비율은 2000년은 34%, 2030년은 37%~47%정도가 될 것으로 예상되고 있음. 현재 일본 최초의 개량형경수로(APWR) 쓰루가¹⁹⁾ 3, 4호기 건설 중이다. 출력 153.8MW의 세계 최대급의 원전과 건설비는 7,700억엔(2기-약 7조 7,000억원)이고, 운전개시는 쓰루가 3호기 2014년 3월, 4호기

1) 19) 2002년 일본 후쿠이현의 구리타 유키오 지사는 6월 12일 기자회견에서 일본원자력발전사가 계획하고 있는 쓰루가 3, 4호기 증설에 대해 긴키(近畿)지방 자동차도로 쓰루가선의 조기완성 등을 조건부로 이를 수용할 생각임을 이미 밝힌바 있다.

2015년 3월을 목표로 잡고 있음.

<그림 7-3> 일본의 원자력 발전소 현황



자료 : <http://www.nea.fr/html/general/profiles/japan.html>

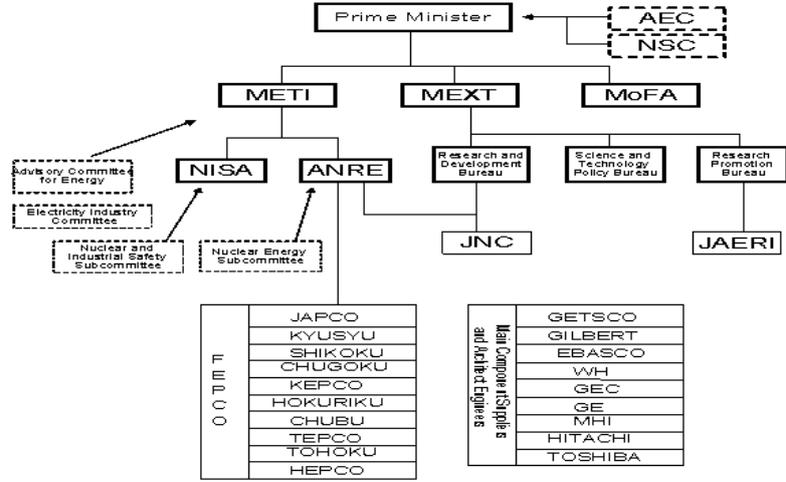
- 일본에 있어서는 당초부터 안전 확보 없이는 원자력개발 이용의 발전이 있을 수 없다는 생각에 무엇보다도 먼저 안전의 확보를 중시하면서 원자력개발이용을 추진해왔음. 사실상 일본의 원자력시설은 안전성이 충분히 확보되어 지금까지 주변 환경에 영향을 미칠 만한 방사성물질의 방출을 수반하는 사고는 전무함.
- 그러나 1999년 9월30일 일본 아바라키현 도카이무라 방사선누출사고는 안전을 신화로 삼아온 일본으로서 큰 충격이었음. 또 발전소나 플루토늄 재처리시설이 아닌 일반 원자력 시설에서도 사고는 있을 수 있다는 것을 보여주었음.
- 1999년 6월 통산성 자원에너지청은 홋카이도 에너지포럼을 열어 처음으로 입지 지역의 일반 주민들로부터 원전의 안전성, 폐기물문제, 사고시 방재대책, 그리고 MOX연료 사용 계획이나 신에너지 대책 등 에너지 문제에 대한 광범위한 의견을 청취했음.
- 홋카이도현은 도마리 3호기의 건설을 최종 승인 할 예정이었으나 JCO 임계사고가 발생하자 안전문제에 관한 추가조치를 요구하고 있음. 홋카이도 전력은 필요한 절차를 거쳐 2002년에 착공하여 2008년에 운전을 개시할 예정임. 중국(中國)전력이 계획 중인 시마네 3호기(ABWR, 137.3만kW)는 1998년 제1차 공청회를 가진 후 지방의회의 협의를 거치는 중이었으나, JCO임계사고의 영향으로 당초계획에 어려움이 있었음.

- 카미노세키 1,2호기(ABWR, 137.3만kW)와 후쿠시마 1발전소의 7,8호기(ABWR, 137.3만 kW)에 대해서는 환경영향평가를 제출한 상태임. 일본원자력발전은 산주가 3, 4호기 건설을 위해 후쿠이현과 산주가시를 대상으로 사전협의를 들어갔는데 일본 최초의 개량가압수로형(APWR)일 뿐만 아니라 단일원자로로서는 세계최대의 용량(153.8만kW)을 가지게 될 것임. 이 원전은 2004년에 착공되어 2009년과 2010년에 각각 운전에 들어갈 예정임.
- 또 일본의 체계적인 원자력 안전평가발전소로 미하마 발전소가 있음. 이 미하마 발전소의 전체 면적은 50만 평방미터로, 녹지가 60%를 차지하고 있음. 발전 용량은 미하마 1호기가 34만kW, 2호기가 50만kW가, 3호기가 82만6000kW로 총 166만kW에 이름. 이 가운데 1, 3호기가 현재 정기 검사 중이고 2호기만 가동되고 있음. 미하마 원전 1,2,3호기 모두 설계수명 30년을 넘겼음. 미하마 1호기가 1970년 11월28일, 2호기가 72년 7월25일, 3호기가 76년 12월1일 가동되기 시작해 지금에 이르고 있음. 설계수명 완료 이후 계속운전을 검토 중인 고리원전 1호기의 벤치마킹 대상이 되고 있음.

나. 원자력 행정조직 및 정책구조

- 일본은 원자력 산업의 대국이다. 핵무기 비보유국으로는 유일하게 산업재처리시설과 상업농축시설, 원자력발전소를 구비한 나라임. 일본의 원자력 관련 행정은 총합과학기술회의, 원자력위원회/원자력안전위원회, 문부과학성, 통산산업성 등을 중심으로 하고 있음.
- 총합과학기술회의는 과학기술 진흥을 위한 기본 정책에 대한 조사·심의 업무를 담당하고 있으며 과학기술 관련예산·인재 등 자원배분을 담당하고 있음. 또한 대규모 연구개발 및 국가적으로 중요한 연구개발에 대한 평가를 실시하고 있음.
- 일본의 행정체제에서 원자력 관련위원회는 원자력위원회와 원자력안전위원회가 있음. 원자력위원회는 1956년 1월 원자력정책결정의 중추기관으로서 발족되었으며, 원자력의 연구·개발·이용에 관한 정책, 관계행정기관의 원자력이용에 관한 사무의 종합조정, 예산의 배분 등 원자력에 관한 중요사항에 대해 기획·심의하고 결정하는 역할을 담당하고 있음. 원자력안전위원회는 원자력의 안전규제에 관한 정책, 원자로, 핵연료물질의 안전규제 등에 관한 사항에 대한 기획, 심의를 결정하고 있음.

<그림 7-4> 일본 원자력 관련 행정조직



AEC	Atomic Energy Commission	KEPCO	Kansai Electric Power Co.
NSC	Nuclear Safety Commission	CHUGOKU	Chugoku Electric Power Co.
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	SHIKOKU	Shikoku Electric Power Co.
ANRE	Agency of Natural Resources and Energy	KYUSHU	Kyushu Electric Power Co.
NISA	Nuclear and Industrial Safety Agency	JAPCO	The Japan Atomic Power Co.
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology	TOSHIBA	Toshiba Corporation
MoFA	Ministry of Foreign Affairs	HITACHI	Hitachi Ltd.
JAERI	Japan Atomic Energy Research Institute	MHI	Mitsubishi Heavy Industries Ltd.
JNC	Japan Nuclear Cycle Development Institute	GE	General Electric Co.
FEPCO	Federation of Electric Power Companies	GEC	The General Electric Co. Ltd.
HEPCO	Hokkaido Electric Power Co.	WH	Westinghouse Electric Corporation
TOHOKU	Tohoku Electric Power Co.	EBASCO	Ebasco Services Incorporated
TEPCO	Tokyo Electric Power Co.	GILBERT	Gilbert/Commonwealth International
CHUBU	Chubu Electric Power Co.	GETSCO	General Electric Technical Services Co.
HOKURIKU	Hokuriku Electric Power Co.		

자료 : <http://www.nea.fr/html/general/profiles/japan.html>

- 문부과학성은 과학기술 및 학술연구로서의 원자력 정책을 관할함. 총합과학기술회의에서 책정된 과학기술 기본방침을 근거로 과학기술 및 원자력관련 연구개발 계획을 수립, 추진하는 역할을 담당하고 있음. 문부과학성의 연구진흥국(기초기반연구과), 연구개발국(원자력계획과, 원자력연구개발과), 과학기술학술정책국(원자력안전과)에서 원자력 업무를 주로 담당하고 있음.
- 또한 문부과학성 산하기관에 독립행정법인 일본원자력연구개발기구(JAEA)와 이화학연구소(RIKEN), 방사선의학총합연구소(NIRS)를 두고 있으며, JAEA는 통산산업성과 공동으로 관리하고 있음. 문부과학성의 원자력 관련 주요업무로는 시험연구용 원자로 및 방사선동위원소 등의 안전규제, 환경방사능을 조사하고 세계 최대강도의 빔을 이용한 대강도양자 가속기를 개발하고 있음. 또한 고속증식원형로 '몬주'를 활용한 핵연료주기 확립을 위한 연구개발을 수행하고 있다. 이 외에 ITER 계획을 포함한 핵융합연구개발과 원자력 평화이용 등의 원자력정책을 담당하고 있음.

- 통산산업성은 에너지이용에 관한 원자력정책을 관할함. 산하기관으로 자원에너지청을 두고 에너지 이용에 관한 원자력정책의 기획, 입안 및 기술개발을 수행하고 있음.
- 또한 핵연료주기 확립을 위한 핵연료주기·상용 원자력시설의 규제 및 관련사업, 시설의 안전 확보, 방사성폐기물 대책 등의 업무를 담당하고 있음. 주요업무로는 에너지 관련 원자력정책, 에너지 이용에 관한 원자력의 기술개발, 핵연료물질의 안정적 공급확보 및 관련 업무를 담당하고 에너지 이용에 관한 핵연료물질, 핵연료물질, 방사성폐기물 관련 기술개발을 수행하며 원자력발전 시설 건설을 추진하고 있음. -자원 에너지청 산하에는 원자력안전보안원을 설치하여 원자력 안전규제를 일원화하기 위해 상업용 원전, 핵연료주기 전반(농축, 가공, 재처리, 폐기물)을 규제하고 있음.

3. 러시아

가. 원자력발전 산업의 동향

- 러시아의 발전부분은 2005년 현재 31기의 원전을 가동중이며 원전설비용량은 23.5GW임. 러시아의 총전력 사용대비 원자력 발전부분이 차지하고 있는 비중은 16%(2002년 기준)이며 Rosener-goatom(러시아 원자력 발전공사)가 원자력발전소 설계, 건설, 운영, 폐로 등 원자력발전 운영 전반에 걸친 업무를 수행하고 있는데 ROSENERGOATOM은 구체적인 업무는 다음과 같음.

- Ensuring the NPP safe operation, namely:
 - development and implementation of NPP safety culture;
 - performance of continuous surveillance over NPP safety;
 - collection and analysis of the information on NPP accidents, equipment failures and human errors development of corrective measures;
 - management of physical protection and fire prevention at nuclear power plants;

- development and management of emergency preparedness plans.

- Support of NPP operation, namely:
 - providing nuclear power plants with necessary material and technical resources;
 - development and performance control for the measures aimed at enhancement of NPP reliability, quality and safe operation;
 - development of normative documentation and scientific support of NPP operation, operation licensing;
 - operating personnel recruiting, initial and continuous training;
 - international activities;
 - legal support.

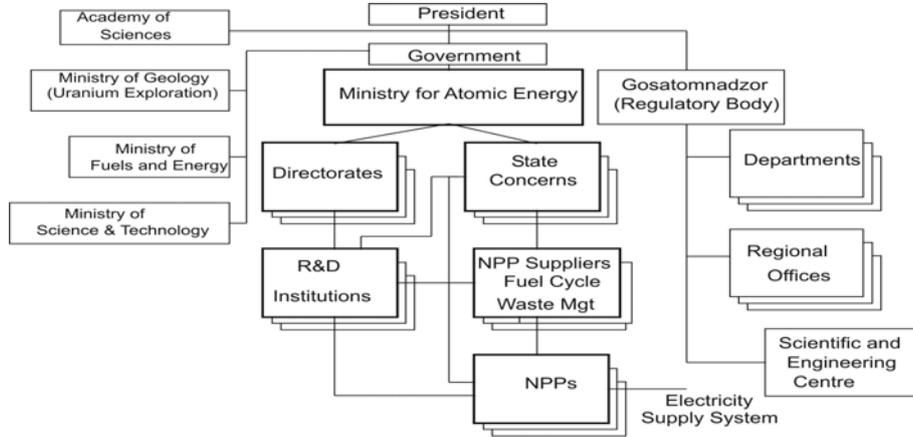
- Nuclear power development, namely:
 - development and implementation of NPP' erection and commissioning program;
 - modernization and upgrading of the operating nuclear power plants;
 - solution of the problems regarding to lifetime extension of the operating nuclear power plants;
 - design & development activities and NPP construction licensing;
 - participation in solution of social issues concerning the nuclear industry employees;

- providing the general public with information on the issues of NPP ecological safety.
- 2006년 3월 푸틴 러시아 대통령은 러시아가 2030년까지 원자력 점유율을 25%까지 끌어 올릴 계획이라고 밝힌 바 있으며 천연가스를 원자력으로 대체하는 에너지 정책변화를 보여주고 있음.²⁰⁾
- 한편 러시아는 세계 원전시장 진출을 주요 정책으로서 강화하고 있는데, 러시아 국영 Atomstroyexport사는 해외 원전 건설을 담당하고 있으며, 중국 티아완(Tiawan), 인도의 쿠단쿨람(Kudankulam), 이란의 부세르(Bushehr) 원전을 건설중에 있고 이와 함께 터키 북부의 Sinop원전 건설도 2007년부터 착수를 추진중에 있음.
- 런던에서 개최된 31차 세계원자력협회(WNA: World Nuclear Association)정기회의에서 러시아 원자력청장관은 러시아에서 현재 향후 25년 동안 건설을 계획중인 42-58기의 원전건설에 필요한 원전부품 제조 파트너를 모색할 계획임을 밝혔으며 관련 산업체는 우선 저속터빈 제작에 참여가 고려되고 있으며 종합원자력산업체인 Atomprom과 제휴 또는 Joint Venture도 고려하고 있다고 함.
- 러시아가 추진중인 국제우라늄농축센터 건설과 관련하여 다른 국가의 투자지분 참여 허용과 외국 산업체에게 건설참여도 개방되어 있다고 밝히면서 이와 관련 러시아는 우라늄 농축을 맡고 있는 Tenex Co.와 우라늄 채굴을 맡고 있는 TVEL Corp. 합병을 계획하고 있음.
- 원전 계획의 경우, 건설 중인 고속로 BN-800은 2012년에 완공할 계획이며, 1,200-1,500 MWe급 원전(가압경수로)은 2007년부터 매년 2기, 그리고 2010년과 2015년 기간 동안 3-4기의 원전 건설을 계획하고 있음.
- 소형 원자로 개발의 경우 과거 원자력쇄빙선에 사용된 KLT-40 원자로에 기본을 둔 40-60 MWe급 바지선 장착 원전을 2009년에 최초로 가동할 예정이며, 또한 원자력 잠수함용 원자로인 VBR-300에 기본을 둔 100-300MW급 원자로는 지역난방과 전력생산 등

20) 러시아는 2006년 3월 2030년 이내에 신규 원전을 40기 건설하며, 이를 통하여 총발전량중 원전의 비율을 2005년의 15.8%에서 2030년에는 25%까지 확대하기로 하였다. 이와 같은 원자력 에너지 확대 프로그램에 약 700억달러를 투자하기로 하였다. (과학기술부, 내부자료, 2007. 7)

다목적 원전으로 카자흐스탄 및 다른 국가에 수출을 추진하고 있음.

<그림 7-5> 러시아의 기본적 전력생산 구조



자료 : IAEA 회원국 개요.

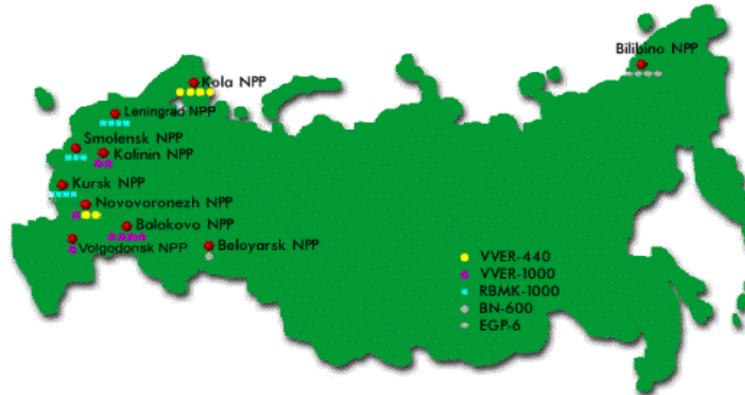
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP_Webpage/countryprofiles/Russian/Russian2003.htm

- 러시아의 최근 전력수요 증가는 과거 예상치인 2%보다 높은 7% 수준이 전망되고 있으며, 현재의 원자력발전 점유율 16% 수준을 2030년까지 유지하기 위해서는 기존 원전의 대체를 포함하여 300기의 원전건설이 필요하다고 전망하고 있음.
- 러시아 원자력청과 산업체는 이와 같은 전망아래 야심찬 계획(NPP -2006)을 세우고 있으며 한편 전력생산에 소비된 천연가스 대체 등 2030년까지 원전 점유율을 22%까지 증가시키기 위해서는 매년 3기의 원전 추가 건설이 필요하다고 전망하고 2010년부터 착수를 위해서는 2008년에 정책결정이 필요할 것으로 전망하고 있음.
- 세계 원자력산업의 러시아 비중은 우라늄 농축서비스의 경우 40%, 핵연료 공급의 경우 러시아 내 31기 원전을 초함하여 76기 원전에 핵연료를 공급 하여 17%를 점유하고 있음.
- 현 러시아 원자력청(ROSATOM) 청장으로 지명된 KirienKo 전 수상은 러시아 원자력산업의 구조개편의 임무를 맡고 있으며 2015년까지 원자력프로그램에 대하여 정부지원이 필수적이나 이후 시장 체제로 추진의사를 표명하고 있으며 구조 개편과 관련하여 정부 소유로부터 원자력 관련 시설 분리를 추진하기 위한 법적인 조치와 이와 함께 군사용 시

설과 민간 시설의 분리도 요구되고 있으나 어려운 과제로 평가되고 있음.

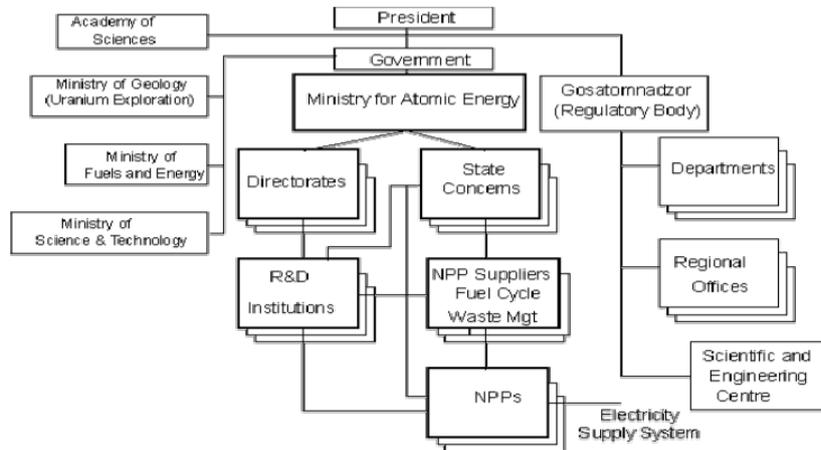
- 러시아의 이와 같은 야심찬 러시아 원자력 계획의 구상에 대하여 자금조달, 정부 행정 조직 개편 및 법적 정비 등 국제원자력계에서는 회의적인 시각을 보이는 견해도 있음.

<그림 7-6> 러시아 원자력 발전소 분포



자료 : IAEA 회원국 개요.

<그림 7-7> 러시아 원자력 산업의 조직구조



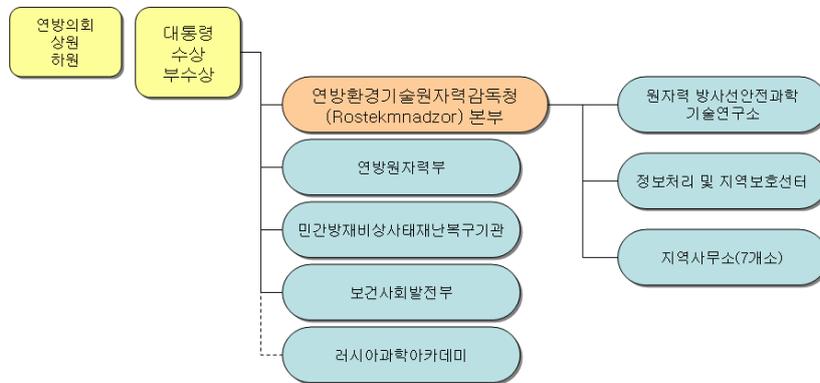
자료 : IAEA 회원국 개요.

나. 원자력 행정조직 및 정책구조

- 러시아 연방의 원자력 개발 및 안전규제 체제는 연방원자력청(ROSATOM)을 핵심으로 하는 국립 연구·개발 및 원자력 산업안전에 관한 조직으로 구성되어 있음. 이 중 원자력안전규제는 다른 행정기관으로부터 독립한 연방정부직할의 연방환경·기술·원자력 감독청(Rostekhnadzor)이 실시하고 있었음.
- ROSATOM은 구 러시아원자력부(MINATOM)의 업무를 승계하여 2004년 3월에 러시아 총리 직속기관으로 설치되었는데, 여기서 원자력 발전 등 원자력 산업, 원자력방위산업단지, 핵연료주기, 원자력 연구개발, 안전, 원자력 관련 국제협력, 원자력 관련 법령의 제개정, 원자력 안전, 원자력 방호 및 통제, 방사선 안전규제 등의 업무를 담당하고 있음.
- 2002년 이후 러시아 원자력 발전소의 보유·운영회사인 Rosenergoatom(러시아 원자력 발전공사)에 그룹화 되어 있으며 Rosenergoatom이 원전의 건설·운전·보수 등의 전반적인 책임을 가지고 있으며 연방환경·기술·원자력 감독청은 러시아 정부조직개편에 의해 2004년 5월까지 원자력안전규제에 관한 사항을 총괄하였음.
- 러시아 원자력 공사인 Rosenergoatom은 연방원자력청(ROSATOM) 산하의 공기업으로서, 원자력발전소 설계, 운영, 폐로 등 원자력 발전 운영 전반에 걸친 안전 업무를 담당하고 있는데, 민영화 추진대상이기도 함.
- 정부조직개편 후 원자력·방사선 안전기관(Gosatomnadzor)이 다른 환경규제와 산업규제 부문과 통합하여 설립되어 연방원자력부 업무를 승계하였으며, 이 조직은 중앙조직 약 700명(원자력 규제부문 약 100명)과 7개 지역조직(약 1,200명)으로 구성되었으며 중앙조직은 원자력발전소, 핵연료재처리시설, 방사선과 관련된 안전규제에 대한 총괄적인 업무를 담당하고 있음.
- 또한 Gosatomnadzor에서는 중앙조직을 기술적으로 지원하는 원자력·방사선 안전 과학 기술센터(SECNRS, 약 300명정도)를 하위 조직으로 설치하여 안전기준의 작성, 기준에 대한 과학적 연구, 그리고 안전과 관련된 매뉴얼 검증 등을 실시하고 있음.
- 또한 원자력 안전규제 체제와는 별도로 원전의 운전 및 건설중 원자로의 안전평거나 사고시의 방사선 환경 영향평가를 위한 과학적 연구를 하는 조직으로 러시아과학아카데미에 원자력 안전연구소(IBRAE)가 있어 긴급상황시 지원센터를 운영할 수 있도록 체제를 마련하였으며 규제당국·민간방위·비상사태·재해 복구기관 및 원자력 발전 공사 등을 지원하고 있음.

- 원자력 관련 법률은 원자력 안전확보를 규정한 연방법인 「원자력이용에관한법률」이 1995년에 제정되었으며 공중의 건강과 안전확보를 위한 연방법 「주민의방사선안전에관한법률」은 1998년에 제정되어 원자력 안전관련 규제가 실시되고 있으며, 이를 구체적으로 대통령령으로 정해 연방환경·기술·원자력 감독청이 연방정부 고시 「원자력에너지이용 분야에 관한 허인가 지침」에 따라 안전규제를 집행하고 있음.
- 러시아는 현재 31기의 원전을 운전중이며 원전설비용량은 23.5Gw이며 원전의 전력비중은 17%를 차지하고 있음.

<그림 7-8> 러시아의 원자력안전규제체제



자료 : 일본원자력연구소 「세계원자력규제에 관한 보고서」, 2005.

4. 프랑스

- 프랑스는 원자력 발전량에서는 미국에 이어서 2위이지만, 연간전력 생산량 중 원자력발전이 차지하는 비중(약 78%)을 고려하면 세계 최대의 원자력발전 국가라고 할 수 있음.
- 특히, 생산된 전력 중 약 15%를 스위스, 독일, 벨기에 등에 수출하여 연간 200억달러 정도를 벌어들이고 있음을 감안하면, 원자력이 프랑스 경제에서 차지하는 비중이 어느 나라보다도 높음을 알 수 있음.
- 프랑스는 1950년대부터 일관되게 원자력정책을 추진하여 왔다. 특히 석탄이나 석유가 발전에 있어서 비경제성을 초래할 것이라는 판단 하에, 원자력 발전을 지속적으로 건립하였음. 원자력에 대한 프랑스 국민들의 지지도도 매우 높아서 국민의 약 70%가 원자력

사업을 높게 평가하고 있는 것으로 조사되기도 하였다(매일경제, 2006. 3. 21). 여러 모로 우리에게 시사하는 바가 매우 크다고 할 수 있음.²¹⁾

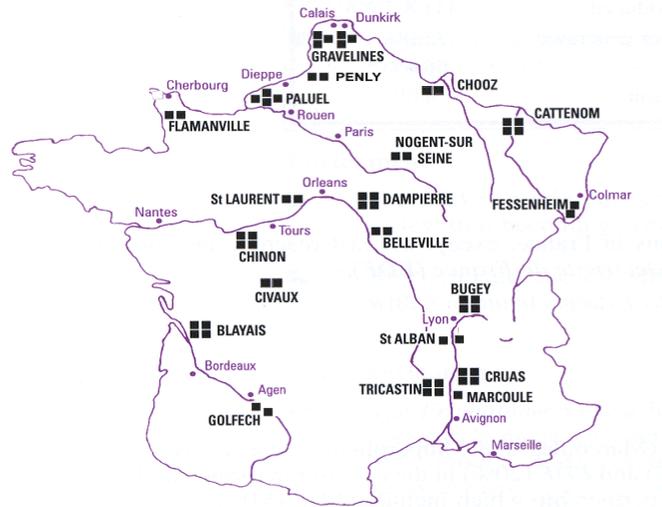
가. 원자력발전 산업의 동향

- 프랑스 전력의 약 78%가 원자력 발전에서 비롯되고 있으며 이는 장기적인 관점에서의 원자력 정책과 에너지 안보에 의한 것이다. 또한 프랑스는 세계적으로 가장 전력을 많이 수출하는 국가이며, 이로 인해 한해 30억 유로의 수입을 올리고 있음. -총발전 전력량의 15% 정도를 스위스, 이탈리아, 독일 등 주변국에 수출하고 있음.²²⁾
- 프랑스는 원자력 기술개발에 있어 매우 적극적이며 핵발전시설과 핵연료 및 서비스의 주요 수출국 중 하나임. 프랑스는 현재 59기의 원전을 EDF(프랑스 전력공사)에 의해 가동 중에 있으며, 발전 능력은 2006년 기준 63,184MW로, 연간 600억-700억KWh을 수출하고 있음.
- 이러한 현재의 상황은 1974년 1차 오일쇼크시 프랑스 정부의 결정에 기인하고 있는데, 당시 프랑스는 원자력 발전 능력을 매우 빠르게 확장하는 정책을 수행하였음. 결과적으로 프랑스는 현재 유럽에서 가장 적은 비용으로 전기를 생산하고 있으며 이산화탄소의 무감축에 있어서도 적은 압력을 받고 있음.
- 프랑스는 원자력 발전에 대한 정책적 지원으로 현재 3세대 원전을 2012년까지 건설하기로 결정하였으며, 제4세대 시제원전을 2020년까지 운용할 수 있도록 CEA에서 추진중에 있으며, 이 원전을 2035-2040년에는 수출할 수 있도록 계획중임.

21) 프랑스, 러시아 등 유럽 국가의 원자력 정책을 이해함에 있어서 참고해야 할 것의 하나가 EC가 2000년 11월에 발행한 보고서(Green Paper)인 “에너지 안보를 위한 유럽의 전략(Towards a European Strategy for secure energy supply)”이다. 이 보고서에서는 원자력의 장점으로서 ① 유럽 연합의 외부 에너지원 의존도를 줄이는 방법 ②유럽연합의 이산화탄소 배출제한에의 기여를 들었다.

22) 독일의 경우, 1998년 발족한 사회민주당과 녹색당의 연립내각은 탈원자력 정책을 채택하고, 2021년까지 원자력발전소를 폐지하기로 결정하였다. 이에 따라서 2002년 원전의 수명을 32년으로 하는 것을 골자로 하는 원자력법을 만들었다.

<그림 7-9> 프랑스 원자력 발전소 현황



- 프랑스 전력공사는 2004년 정부의 이러한 정책에 부응하기 위하여 제3세대 원전인 EPR(European Pressurized Reactor) 건설을 추진하기로 결정하고 1630MWe급 Areva NP EPR을 2007년부터 2012년까지 건설하기로 결정하였음. 또한 2005년에는 2020년부터 58기의 원전을 교체하기로 결정하였음.
- 프랑스는 보건과 환경에 관한 국민들의 의문들에 과학적인 답을 제공하기 위해 이온화 방사선의 생물학적 효과에 관한 연구를 진행시키고 있음.
- 생명체에 대한 방사능의 영향에 관한 연구가 핵심 연구 주제 중 하나이며, 이 연구는 분자와 세포 수준(특히 최근의 분자 생물학적방법과 염색체 기술을 이용하여)의 생물학적 구조를 이해함으로써 이루어지고 있음. 이러한 방법들은 특히 외부 스트레스에 대한 세포 반응과 DNA 복구 메카니즘 연구에 유용하다. 방사능 병리학 연구는 발암 연구에 초점을 맞추고 있음.
- 방사능 독성에 대한 연구에서는 생명체의 방사능 중독의 경로와 중독성에 대한 연구가 생명과학부와 다른 부들의 협동으로 수행되고 있음. 염색체 방법 이외에 새로운 방식을 적용하는 연구 부서가 2000년 5월 Marcoule에 생겼다. 신형 연료들의 독성 또한 EDF와 Cogeme 같은 제조업체들과 협동으로 연구되고 있음.

나. 원자력 행정조직 및 정책구조

- 프랑스의 원자력 정책의 연원은 매우 오래되었으며 안정적임. 즉, 세계 2차 대전 이후 드 골이 주도하는 프랑스 정부에서는 독자적인 원자력 에너지 연구 분야의 필요성을 인지하고 정부의 전폭적인 지원하에 연구개발에 전력하였음. 총리 책임하의 원자력 에너지 위원회(AEC)을 설립하였고(이후 Commissariat à l'énergie atomique - CEA) 프랑스 원자력 정책에 관한 모든 사항을 1969년에 산업부에 이관되기 전까지 총괄하게 되었음.

<표 7-1> 프랑스 원자력 관련 정부 규제 및 감독 기관

규제 및 감독기관	주요업무	비고
대통령	<ul style="list-style-type: none"> • 핵무기와 핵확산 방지의 관점에서 원자력 관련 장비와 물질의 수출입 통제 • 대외원자력정책각료협의회(Council for Foreign Nuclear Policy) 의장 	<ul style="list-style-type: none"> • 총리, 관련장관 및 원자력청장이 구성원 • 대통령비서실장이 간사역할 담당
총리 및 산하위원회	<ul style="list-style-type: none"> • CICNR(원자력안전관련부처위원회)-원자력안전에 대한 일반규정에 대한 결정권, 이후 CICNR로 대체 • SGND-원자력안전과 방위체계 관련 문제 조정 • ITC(부처간기술위원회)-유럽에너지협력문제를 검토하고 유럽원자력공동체와 관련된 사항을 결정하고 집행, CEA의 보조를 받음 • AEC(원자력에너지위원회)-12인의 당연직위원으로 구성되면 CEA의 보조를 받고 있음 	
산업부장관 및 산하위원회	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력에너지 및 산업의 전반적 책임 • 방사선물질의 산업적 이용 장려 • DGEMP(자원에너지총국)-원자력에너지자원총괄책임, CEA, ANDRA(National Agency for the Management of Radioactive Waste), IRSN(방사선방호 원자력 안전연구소, Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety)의 관할권을 가지고 있음, 외국기관들과의 조정협력 실무담당 • DGSNR(원자력안전방사선방호총국)-산업부 및 환경 및 보건부 장관 하 위기관 DSIN, OPRI을 대체하는 기구로 원자력 안전정책을 제안하고 집행, 원자력관련 기술의 규제 및 조정역할 담당 • NETNC-원자력산업부분과 연구부분의 연계 및 조정 역할 담당 	<ul style="list-style-type: none"> • CEA산하 AEC의 장 겸임 • 원자력안전의 실제적 업무 담당
환경부 장관	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력관련 시설부지확정 • 상수원 및 대기환경과 관련된 원자력 규제 • 원자력 시설물설치의 승인권자 • National Radioactive Waste Management Agency의 당연직 구성원 	
연구개발관련 장관	<ul style="list-style-type: none"> • 총리의 요청에 따라 CEA산하 AEC의장이 될 수 있으며 원자력 관련 기술과 연구, 그리고 관련기술자 양성책임을 지님 	
보건부 장관	<ul style="list-style-type: none"> • Health and the General Directorate for Nuclear Safety and Radiation Protection이라는 기구를 통해 원자력 관련 정책에 참여함. 또한 IRSN은 보건부 장관에게 보고할 의무를 가짐 • AFSSAPS(The French Agency for the safety of health products; Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé)는 환경부 장관에게 원자력과 관련된 제조물, 분배, 수출입, 방사선실험물질 등에 관한 사항을 보고 	
관련 부처장관	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 정책과 관련하여 노동부, 내무부, 건설부, 국방부 장관이 참여 • 특히, 국방부장관은 원자력 관련 장비와 활동 등 방사선 방호 및 안전에 대한 책임을 지고 있어 핵무기 통제, 핵추진 선박, 핵실험, 군사적 목적의 핵물질에 대한 통제 책임을 통해 원자력 정책에 참여함 	

- 이후 원자력 연구개발성과가 산업부분에 적용되면서 프랑스 정부는 원자력 관련 정책구조에 대한 정비를 하게 되었는데, AEC와 EDF(프랑스 전력공사)을 양 축으로 관련부처의 연계를 강화하였으며 원자력 에너지에 대한 활용에 있어서 주무장관의 역할과 관련범위, 그리고 허가과 통제 절차에 대한 정비가 이루어 졌으며 부처간 조정위원회 등 다양한 기관들간의 조정기능이 추가되었음.

<표 7-2> 원자력 관련 특별위원회

명칭	주요기능
CIINB (원자력기본시설관련부처연락위원회, Interministerial Commission for Major Nuclear Installations)	행정기관을 지원하는 내부조정기관으로, CEA 산하의 원자력 시설의 건설·운영에 관한 규제 및 설치허가에 대한 심의·자문기관임. 구성원으로서는 관계부처, 국립과학연구센터, CEA, EDF, 원자력 전문가로 구성되며 상원의원이 의장이 됨
Special Commission for Major Nuclear Installations classified as Secret	이 특별위원회는 1999년 설립되었으며 CIINB와 동일한 권한이 부여되어 중요한 원자력 시설의 설치와 현대화 또는 기술의 적용에 대한 의견제시와 허가과 관련된 사항을 심의함.
Higher Council for Nuclear Safety and Information	1973년 설립되었으며 1987년 현재와 같은 이름으로 개명되었음. 이 위원회는 정부관료로 구성되지 않고 핵전문가, 의회의원, 특별기구의 장, 무역연합의 대표, 환경대표 등으로 구성되며 원자력 관련 문제에 관하여 정부기관에 권고를 통해 정부정책에 간접적인 참여를 하고 있으며 국민들에게 정확한 정보를 제공하는 역할을 함.

<표 7-3> 원자력 관련 공공 또는 준 공공기관

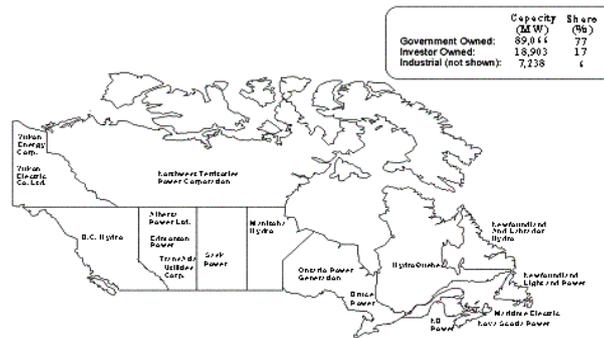
명칭	주요기능
CEA (Atomic Energy Commission, 원자력청)	CEA는 과학기술과 산업기반의 설립을 위해 그 지위가 주어졌으며 현재 행정적으로 재정적으로 독립기관화 되어 있음 TECHNICATOME, COGEMA라는 하위 회사를 설립하였으며 이후에도 독자적으로 원자력 안전과 핵무기의 적용, 원자력관련 기술 개발과 기 반확립을 위한 업무를 수행하고 있음 2001년 9월 AREVA를 설립하였으며 주식중 79%는 CEA가 보유하고 있음. 산하에 AREVA NP, AREVA T&D 등 관련기업과 ST micro-electronics 등의 반도체 회사가 있음
EDF (프랑스 전력공사, Électricité de France)	EDF는 유럽의 발전, 배전, 전력공급분야에서 중요한 위치를 차지하고 있으며 125GW 발전을 하는 유럽에서 3,600만, 전세계에서 4,200만 고객에게 서비스를 제공, 2005년 매출액은 510억 유로에 달함. 2004년 11월까지 공사(EPIC) 형태에서 주식회사 형태로 조직이 변경되었으며, 2005년 11월 주식 일부(12.7%)를 공개하고 주식시장에 상장되었음.
ANDRA (National Radioactive Waste Management Agency, 방사성 폐기물 관리기관)	CEA의 하위 기관으로 1979년 설립되었으며 현재는 환경부와 산업부의 연구개발기관으로 공공기관화되었음. ANDRA는 CEA를 보조하며 방사선 폐기물에 대한 관리 및 기술개발에 대한 책임을 담당하고 있음
IRSN (Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety)	2001년 원전의 안전성과 방사선 방호에 관련하여 원자력 방호 및 안전협 회와 이온화방사선방호사무소를 통합하여 안전성 및 방사선 방호 연구와 모니터링을 책임지는 거대한 조직인 IRSN을 구성하는 법이 의회를 통과하였으며, 2003년에 공식적으로 창설
AFSSE (French Agency for Environmental Health Safety)	2001년 설립된 AFSSE는 환경과 보건에 대한 안전을 모니터링하고 위험을 경고하는 역할을 담당

5. 캐나다

- 캐나다는 정부차원의 에너지 균형정책에 주안을 두고 있으며 다행이도 캐나다는 다양한 에너지 자원을 보유하고 있어 에너지 자원의 지속적인 혼합적 발전을 추구하지 않아도 되었음. 따라서 캐나다는 원자력 에너지에 대한 엄격한 규제와 운영의 책임을 원자력 에너지활용에서 가장 중요한 요소로 강조해 왔음. 그러나 최근 석유와 천연가스 자원의 가격인상과 이산화탄소 배출 및 효율적이고 저렴한 에너지의 수요가 증가하면서 원자력 발전에 대한 새로운 시각을 가지게 되었음.
- 캐나다의 주요 원자력 발전지역인 온타리오의 경우 2007년까지 석탄화력발전소를 전부 폐지하는 계획을 추진하였으며 이의 폐지는 환경문제의 악화에 근거하고 있음. 캐나다에

는 20기의 원전이 있으며 이중 온타리오주에 15기가 위치하고 있음. 이중 5기가 정지한 상태여서 운전실적 저하와 함께 원자력발전의 경제성 악화의 원인으로 지적되고 있음.

<그림 7-10> 캐나다의 원자력 발전소 현황



자료 : <http://www.nea.fr/html/general/profiles/canada.html#org>

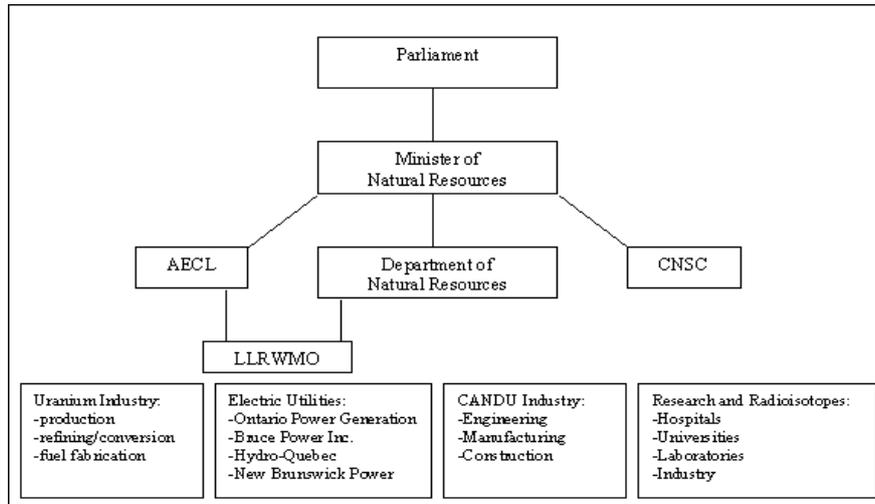
- 현재 캐나다에서 원자력 발전량은 92.5TWh로 전체 전력사용량의 15.6%를 차지하고 있음. 특히 온타리오주 전력의 43%를 공급하는 원자력에 대해서는 기존의 원자력 발전소의 운전기간 연장이 이루어지지 않은 점을 언급하면서 2009년 이후에 신규 원자력 발전소를 건설할 필요가 있음을 지적하고 있음.
- 온타리오주와 관련된 전기사업정책에 관한 보고서 Transforming Ontario's Power Generation Company(2004)에서는 온타리오주정부가 100% 소유하는 Ontario's Power Generation Company가 앞으로 전력시장에서 해야하는 역할, 기업통치형태, 운전정지 중인 피카링 A 원자력발전소의 원전재개 등을 언급하고 있음. 온타리오주의 전력공급이 위기임을 인정하면서 비용을 안정시키기 위해서는 원자력발전소가 필요하므로 신뢰할 수 있는 경쟁력을 갖는 가격의 전력을 장기간에 걸쳐서 공급하기 위해서는 건전한 원자력 전략이 중요하다고 강조하고 있음.
- 노후화된 원자력발전소를 차세대의 원자력기술로 보완하며 마지막에는 새로운 원자력발전소를 교체해 가는 계획을 즉시 입안해야 한다고 언급하고 있는데 이유는 다음과 같음.
 - ① 원자력발전소는 비용효과가 높은 기저부하전원임. 즉, 초기건설비용은 높지만 적절하게 보수운전이 이루어지는 원자력발전소의 운전비용은 비교적 낮고 안정적으로서, 이는

가격이 장기에 걸쳐서 안정적이라는 것을 의미함. ② 온타리오주에는 기저부하전원에 적절한 수력발전소를 새롭게 건설할 수 있는 장소가 거의 없음. ③ 석탄과 가스를 기저부하로 사용하고 있는 곳도 있지만, 온타리오주는 석탄화력을 전부 폐지하려고 함. 현재의 천연가스가격은 높은 수준이고 변동폭이 심하며 앞으로도 이러한 경향이 이어질 것으로 보임. 기저부하전원으로서의 가스화력 이용이 확대되면 전력가격을 상승시키며 동시에 불안정도 높임. ④ 재생가능에너지, 에너지절약, 코제네레이션은 중요하지만 공급부족을 완전하게 채우지는 못한다. ⑤ 원자력발전소는 석탄, 가스와는 달리 온난화가스 등을 배출하지 않음.

- 이러한 차원에서 온타리오주뿐 아니라 캐나다 정부차원에서 원자력 발전소 추가건설에 대한 계획을 하고 있음.
- 온타리오주에는 추가적으로 2기의 원전을 건설할 계획이며 퀘벡주에서는 2기의 사용연장을 실시하고 민간자본의 투자를 유치하여 원자력 발전에 투자할 계획을 세우고 있음.
- 캐나다는 전통적으로 지방정부의 에너지에 대한 책임과 권한이 큰 국가로 국가에서는 전반적인 가이드라인을 작성하고 이를 통해 전체적인 규제를 하고 있는데 이러한 규제 법률은 다음과 같음.

- 1970 Act on Nuclear Third Party Liability
- Canadian Environmental Assessment Act of 23 June 1992
- 1997 Nuclear Safety Control Act
- 2001 Anti-terrorim Act
- 2002 Nuclear Fuel Waste Act

<그림 7-11> 캐나다 원자력 관련 조직연계도



CNDC: Canadian Nuclear Safety Commission

AECL: Atomic Energy of Canada Limited

LLRWMO: Low Level Radioactive Waste Management Office

자료 : <http://www.nea.fr/html/general/profiles/canada.html#org>

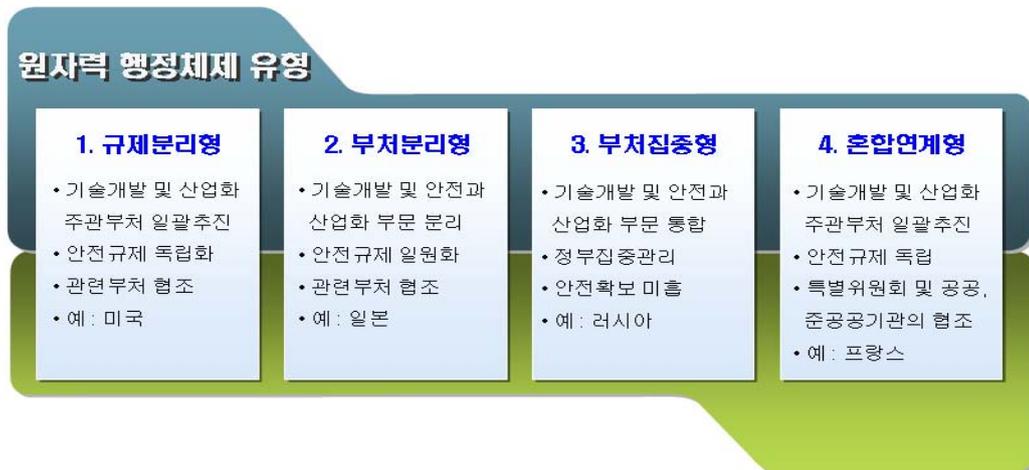
6. 선진국 원자력 행정체제 비교의 시사점

- 주요선진국의 원자력 정책의 관리규제 및 추진체계를 비교하여 살펴보면 몇 가지 유형을 살펴볼 수 있음.
- 첫째, 안전규제를 제외한 기술개발과 산업화 부분을 주관부처에서 일괄 추진하는 방식임. 이러한 방식은 미국의 원자력 정책의 행정체제에서 살펴볼 수 있음. 미국의 경우 에너지 부에서 원자력관련 담당업무를 주관하여 담당하며 산하 21개 연구소에서 기술 및 무기생산 등에 이르기까지 관련 업무를 관장하고 있음.
- 둘째, 기술개발연구와 상업화 및 안전관련 기능이 부처로 분리되어 추진되는 방식임. 이러한 행정체제는 일본과 우리나라에서 찾아 볼 수 있는 정책추진체제라고 할 수 있음. 일본의 경우 문부과학성에서 과학기술 및 학술연구에 관련된 원자력 정책을 관할하고 통산산업성은 에너지이용과 관련된 원자력 정책 및 핵연료주기·상용 원자력시설의 규제 및 관련 사업, 안전확보, 방사성폐기물 대책 등의 업무를 담당함. 또한 통산산업성 산하 자원에너지청에서는 원자력안전보안원을 설치하여 원자력 안전규제의 일원화를 담당하

고 있으며 통산산업성과의 업무협조를 담당하고 있음.

- 셋째, 원자력 관련 정책의 일원화된 추진을 위해 연구개발 및 안전규제를 동일부처에서 추진하는 방식임. 이러한 유형은 러시아의 원자력 정책체계에서 찾아 볼 수 있는데 이러한 구조는 일면 행정의 효율성을 높이고 정책의 일관된 추진에 있어 장점을 가지고 있으나 원자력 이용에 있어 안전성을 유지하기 위한 측면에서는 일말의 불안감을 주는 체제라고 할 수 있음. 물론 러시아의 경우 원자력 산업의 안전을 보장하기 위한 기구가 존재하고 있지만 권한, 독립성이 약한 모습을 보이고 있어 이를 보완하기 위한 작업을 진행 중임.
- 마지막으로 원자력 주관부처를 중심으로 정부위원회, 특별위원회, 공공 또는 준공공기관이 유기적인 협력체계를 형성하는 거버넌스 구조를 가지는 행정체계를 형성하는 방식임. 이러한 방식은 프랑스에서 찾아 볼 수 있는데 원자력청(CEA)을 중심으로 기술연구 및 상업화, 폐기물관리, 안전성 검증을 실시하고 관련 부처에서는 원자력 정책의 국가적 목표 및 방향을 설정하고 이를 행정기관을 지원하는 특별위원회에서 심의 조정하는 구조를 선택하고 있음 또한 이러한 부처간 많은 조직들이 구조적인 측면과 유기적인 측면에서 서로 연관될 수 있도록 배려하고 있는 것이 특징이라고 할 수 있음.

<표 7-4> 원자력 행정체계의 유형 구분



- 이러한 원자력 행정체계를 비교해 보면 현재 우리나라의 원자력 관련 정책체계에 시사점을 줄 수 있음. 우리나라의 원자력 행정체제는 일본의 부처분리형 정책추진체계와 비슷한 구조를 보이고 있는 것으로 보임. 그러나 향후 전개될 원자력 르네상스 시대를 맞이

하여 우리나라의 원자력 행정체계도 적절하게 변경할 필요가 있는데 선진외국의 경우를 통해 볼 때 중요한 시사점을 도출해 볼 수 있음.

- 첫째, 원자력 조직은 어느 나라이건 핵주권 차원에서 접근하고 있다는 점임. 이는 어떤 나라든 원자력 및 우주개발사업과 같은 사업들은 국가가 관장하며 이러한 기능들은 민간 시장에서 관장하지 않는다는 점임.. 둘째, 원자력관련 기술개발과 산업화와의 관계인데, 관건은 국가차원의 장기적인 핵심기술개발 지원이 우선이라는 것임. 장기간 원자력관련 핵심기술개발지원이 가장 용이한 방법으로 지원행정조직이 편성된다는 점이며 산업화는 민간시장경제에 맡겨 둔다는 점임. 이 점은 원자력 관련 지원행정조직의 편제기준 설정에서 중요한 기능을 해 온 바 있음. 우리나라의 한수원이 세계 2위 회사로서 지금까지 기능을 제대로 수행해 오고 있는 데에서도 이는 입증됨. 셋째, 기술개발단계별 지원행정조직의 특성이 달라진다는 점임. 핵강국으로서 기술개발이 어느 정도 완료된 국가들은 원자력 행정조직이 산업부처에 있음. 그러나 우리나라 같이 원자력 산업의 포션이 아주 작고 장기적으로 국가적 차원에서 핵심기술개발에 초점을 주어야 할 단계에서는 상업논리의 지배를 받지 않는 방향으로 조직이 편성되어야 할 것임. 일본의 경우, 통산산업성의 원자력예산이 도합 1208억엔인데 반하여 문부과학성의 원자력 예산은 2895억엔으로서 2.3배나 많음(우주항공분야는 2354억엔). 이는 원자력 기술을 국가기간 기술로 인식하고 장기적 투자를 하고 있다는 증거임. 우리나라의 경우 원전수출 때문에 산자부에 일원화하는 논리도 있을 수 있을 것임. 그러나 이는 실제 원전 핵심기술의 수출이 불가능(원전 기술은 미국 등이 특허 보유)하다는 사실을 간과한 것이며, 아울러 국가차원에서 기술개발이 장기간 지속적으로 이루어져야 한다는 점에서 본다면 설득력이 떨어진다고 할 수 있음.
- 이러한 점을 감안해 볼 때, 프랑스의 CEA와 같은 조직체계를 구성하여 현재 원자력과 관련된 부처의 이해관계를 조율하고 유기적인 협력체계를 구축할 필요성도 있을 것임. 이를 통하여 향후 국가의 기저부하전원으로서의 효율성 및 원자력 기술 강대국으로서 발전할 수 있는 토대를 마련하는데 기여하는 바가 클 것으로 판단됨. 또한 향후 전개될 원자력 산업 진흥과 과학기술 개발에 있어 시사하는 바가 크다고 할 수 있음.
- 현재 우리나라의 원자력 관련 연구와 직결된 원자력 전공인력의 규모를 보면 매년 1천명 정도에 불과한 것을 알 수 있음. 이러한 규모는 원자력 10대 강국인 우리나라에서 배출하는 원자력 관련 인력의 규모로는 매우 적은 수라고 할 수 있음. 현재 프랑스 원자력청(CEA)의 총 직원규모 14,910명(2005년 기준) 임을 감안하면 현재 과학기술부의 원자력국 70여명으로 매우 적은 수가 원자력 관련 업무를 담당하고 있음을 알 수 있음.

<표 7-5> 연도별 세부전공에서 원자력전공자가의 변화 추이

구 분	2006	2005	2004	2003	2002
원자력전공	971	1,037	1,033	1,039	989
원자력전공비중	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8
세부전공전체	256,598	234,702	209,979	198,171	189,888

자료 : 국가통계포탈

- 뿐만아니라 우리나라의 연구개발비 총액에서 차지하는 원자력 관련 연구개발비의 비중은 1%를 조금 상회하는 금액으로 2004년 이후 감소하는 경향을 보이고 있음. 이러한 연구개발비의 비중은 단순하게 비교하기에는 어렵지만 프랑스 원자력청에서 지출하는 예산규모보다 매우 적은 수준임.. 프랑스의 경우에는 원자력청에서만 지출하는 연구개발 비용이 프랑스 국가연구개발비의 1%를 넘고 있음.

<표 7-6> 과학기술표준분류별 연구개발비에서 원자력 연구개발비 비중

단위 : 백만원 %

구 분	연 도	연구개발비 총액	원자력 연구개발비	비중(%)
과학기술표준분류별 총연구개발비	2006	27,345,704	290,057	1.06
	2005	24,155,414	344,865	1.43
	2004	22,185,343	315,494	1.42

프랑스 원자력청(CEA) 2005년 예산 : 442,980백만원(CEA 2005년 연감기준)
CEA 예산이 국가총연구개발비에서 차지하는 비율 : 1.03

주 : CEA 예산의 경우 총예산으로 계상하여 산출, 실제 연구개발 연구비는 적을 수 있음.

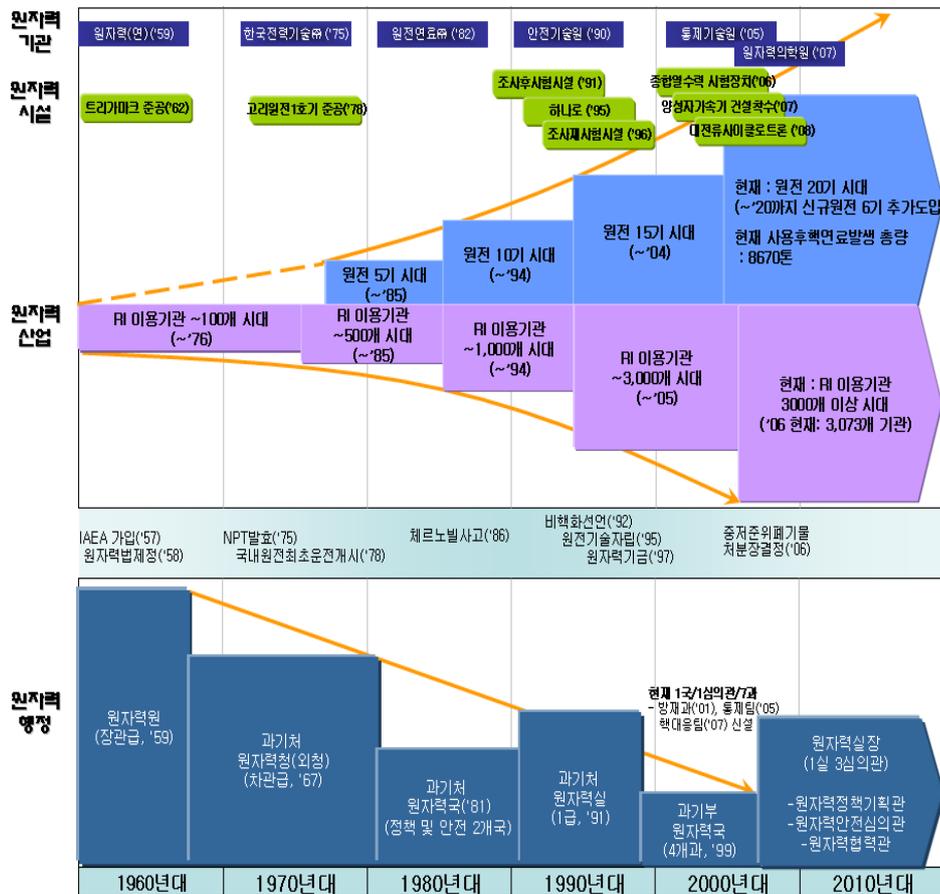
자료 : 국가통계포탈

- 이러한 상황을 감안한다면 현재 우리나라의 원자력 연구개발 및 산업화를 위해서는 종합적인 원자력 지원행정체계를 마련하고 부처간 유기적인 협조속에서 원자력 기술개발과 산업화를 추진할 수 있는 제도적 보완이 이루어 지는 것이 바람직할 것으로 판단됨. 향후 3세대 원전 또는 3+차세대 원자력 발전 플랜트와 4세대 원전의 기술개발 및 대외협

조를 위해서는 세계 원자력 10대 강국으로서의 위상과 체계를 마련하는 것이 국제원자력 에너지 파트너십 형성과 차세대 원자력 기술강국으로서의 기반을 마련하는 계기가 될 것임.

- 특히, 우리나라의 원자력 관련 산업과 발전시설은 지속적으로 확대되고 있음에도 불구하고 원자력 정책의 중요한 역할을 담당하는 조직은 지속적인 조직축소세였음을 아래의 그림에서 알 수 있음.

<그림 7-12 > 우리나라 원자력발전과 원자력주관부처의 조직변화



- 따라서 단기적으로는 2008년 2월 개편된 교육과학기술부내 원자력국을 원자력실로 점증 개편하여 1원자력정책기획관, 원자력안전심의회관, 원자력협력관을 둘 수 있도록조직을 확대하고 원자력 기술개발 및 대외협력기능을 보장하는 것이 필요할 것임.

제2절 원자력행정체제의 지속가능성 강화 방안

: 시스템다이나믹스 방법론의 적용

- 원자력정책을 지원해 주는 원자력행정체제는 크게 두 가지를 포함하고 있다고 할 수 있음. 하나는 원자력정책을 결정하고 집행하는 정부의 조직 및 인력을 관장하는 원자력관련부처 및 해당부처의 부서 등 원자력 행정조직을 의미함. 두 번째는 보다 넓은 의미에서 원자력행정조직을 둘러싸고 직, 간접으로 활동에 영향을 미친다고 생각되는 각종 이해관계 조직 및 주요 활동변수들을 포함하는 광의의 의미임. 첫 번째의 좁은 의미의 특정 분야 행정체제라 함은 그 분야의 정책을 결정하고 예산을 집행하는 중앙 및 지방의 부처 및 부서를 의미한다고 할 수 있음.
- 그러나 특정 정책이나 부서가 존재하기 위해서는 그 부서 단독의 노력으로 충분하지 않음. 거버넌스가 중요시되는 최근에는 특정 분야의 정책이나 활동에 영향을 미치는 직, 간접의 조직 및 영향요인들도 행정체제의 유지에 중요시되고 있음. 원자력과 같은 첨예한 문제를 다루는 조직일 수록 그 분야의 정책부서 단독의 힘으로는 안정적인 정책의 영속성을 기하기 어려움. 이 같은 입장에서 볼 때, 원자력 행정조직도 지속가능할 수 있는 방안²³⁾을 강구하여야 함. 지속가능성이 떨어지고 정권변동기 마다 조직이 부처소속의 변동이나 존폐의 논란에 들어가게 되면 원자력 정책의 안정성 확보의 어려움은 물론이고 이로 인한 국가적 손실도 클 수 밖에 없음.
- 최근 기업들은 노조로부터의 위기등 각종 위기극복을 하고 안정적 경영을 하기 위하여 '지속가능경영'을 기치로 내걸고 있음. 이를 위해 지배구조의 투명성강화, 소비자 단체 지원, 지방자치단체 에의 재정지원, 장학재단 설립 지원, 각종 학회 등에 대한 지원, 기업 관련 정보의 소비자에 대한 제공 등 다양한 활동을 하고 있음. 이는 기업이 위기에 처했을 때 우군을 확보하고 우호적인 여론형성을 통하여 기업의 존재가치를 부각시키고 이를 통해서 위기 극복을 하기 위한 전략의 일환이라고 할 수 있음.
- 바로 이 같은 관점에서 행정체제도 '지속가능한 행정체제'라는 개념을 활용할 필요가 있다는 점임. 정책의 안정적인 지속가능성을 확보하기 위해서는 기업들의 노력과 같은 방법으로 평소에 체계적인 노력을 기울일 필요가 있음. 행정체제의 지속가능성에 영향을 미치는 요인들은 단순하지 않음. 각종 크고 작은 영향요인들이 직, 간접적으로 영향을 미

23) 1972년 '로마클럽'의 보고서에서 처음 등장한 '지속가능한 개발'(sustainable development)이라는 용어는 환경에 대한 심각한 우려가 표명되면서 사용되고 있으나 현재는 환경뿐만 아니라 사회, 문화, 경제적인 의미를 다 포함하고 있다.

치기 때문에 이러한 관계를 분석하기 위해서는 단순한 통계방식으로 풀어줄 수 없음.

- 하나의 영향요인에 영향을 주면 이러한 영향요인들은 다른 영향요인에 영향을 다시 미치고 이러한 영향요인은 또 다른 요인에 영향을 미치는 등 피이드 백 구조와 시스템적 관점에서 분석할 필요가 있다는 점임. 이러한 노력들은 원자력정책의 우선순위나 조직의 생존문제에 직면했을 때 원자력정책을 우호적으로 뒷받침해 줄 수 있는 일련의 성과로 나타날 수 있을 것임.
- 본 연구에서는 원자력 정책이 국가적으로 중요한 것이라는 전제하에서 원자력관련 사업을 안정적으로 수행하기 위해 원자력행정체제는 지속가능성이 있어야 한다고 전제함. 지속가능성있는 원자력행정체제를 구축하기 위해서는 위에서 언급한 바와 같이 직, 간접적으로 영향을 미치는 크고 작은 영향요인들이 분석되어야 하며, 이러한 분석은 시스템다이나믹스 방법론²⁴⁾에 의해서 가장 잘 분석될 수 있을 것임. (문태훈, 2007).
- 본 연구에서도 원자력행정체제의 지속가능성 분석을 위해서 시스템다이나믹스 방법을 채택함. 이 시스템다이나믹스 방법은 복잡하게 얽혀 있는 현상들이 어떠한 인과관계로 이루어져 있는지를 볼 수 있는 사고의 방법이며, 피드백관점에서 분석적 사고를 하는 것을 전제함. 한 사건이나 행동이 어떤 연쇄적인 영향을 미칠것인지를 생각하고²⁵⁾ 그러한 사건이나 행동이 행위자 자신에게도 영향을 미친다는 생각은 시스템사고가 단순한 상관관계에 입각한 사고보다 구조적임을 말해줌. (문태훈, 2007: 94).

1. 원자력 행정체제에 대한 영향 요인과 인과지도

가. 주요변수구성과 인과지도의 작성 필요

- 시스템다이나믹스 방법론에서는 연구대상의 동태성 분석을 위하여 주요 변수들을 식별하고 식별된 변수들의 다양한 수치자료를 수집함. 특히 이러한 변수가 시간에 따라 어떻게 변하는지 그래프를 그려보고 기존 연구내용을 기초로 변수간의 인과지도를 작성함. 인과지도만 그려보아도 정책레버리지를 식별할 수 있고 질적인 측면에서 정책전략을 제시할 수 있음.

24) 시스템다이나믹스 방법론에 대해서는 문태훈 (2007), 김도훈외(1999)를 참조.

25) 시스템다이나믹스 방법론은 카오스 이론에 바탕을 두고 있으며 나비효과(butterfly effect)도 이러한 시스템다이나믹스의 인과관계논리와 유사하다고 할 수 있다.

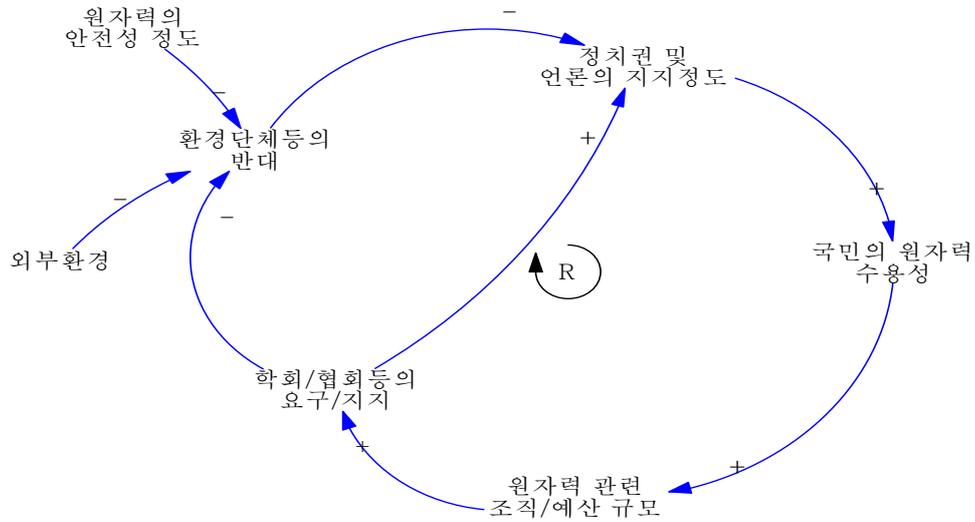
나. 원자력 행정체제에 대한 구성변수와 인과지도

- 원자력행정체제의 지속가능성이라는 측면에서 볼 때, 아래의 주요 구성부문들을 고려할 수 있고 각 구성부문들은 여기에 포함될 수 있는 세부변수들을 고려할 수 있음. 본 원자력행정체제의 구성부문은 크게 7개의 부문으로 나타내 볼 수 있으며 주요 부문의 내역은 아래와 같음.

- 부처조직 및 예산
- 국민 수용성
- 원자력관련 안전성 정도
- 정치권의 지지도
- 학회, 협회등 지원역량
- 시민단체(환경단체 등)
- 외부환경

- 아래 그림에서 보는 바와 같이 원자력 행정체제를 둘러싸고 있는 주요 부문은 7개로 요약할 수 있으며 이들의 인과지도가 나타나 있음. 부호인 +와 -는 정과 부의 영향관계를 의미함. 예를 들어, 원자력정책에 대한 환경단체의 반대정도가 크면 클수록 정치권의 원자력에 대한 지지도도 낮아질 수 있다는 것이며, 정치권의 원자력에 대한 지지도가 높으면 높을수록 국민의 원자력 수용성도 높아질 수 있다는 점임. 아울러 원자력의 안전성정도가 높을수록 환경단체의 원자력에 대한 반대는 낮아질 수 있으며, 외부환경이 유리할수록 환경단체의 반대도 낮아질 수 있다는 것을 보여주고 있음.

<그림 7-13> 7대 부문간 인과지도



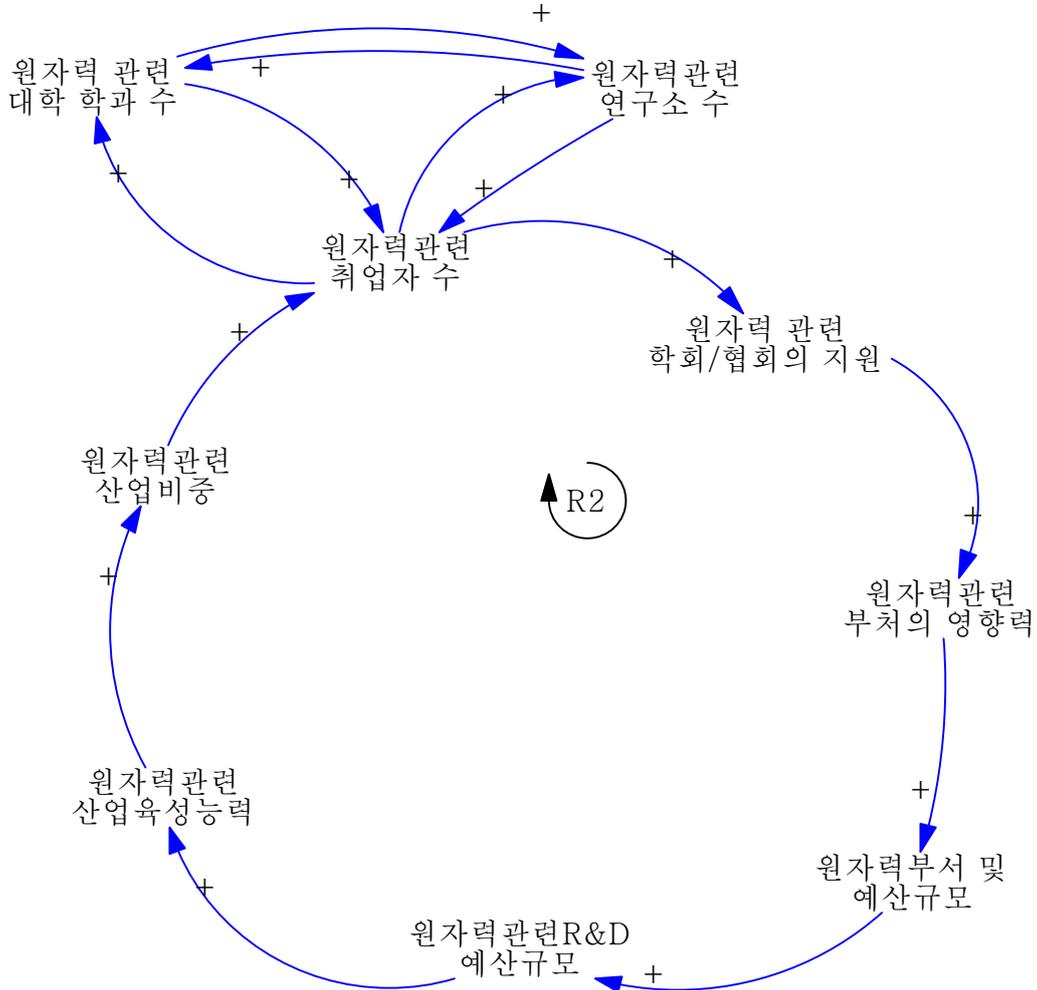
주: 중간의 R은 강화(reinforcing)라는 의미임.

다. 주요부문의 변수간 인과지도

- 이하에서는 개별부문별 주요 구성 변수들의 상호 인과관계를 나타내 주고 있는 인과지도를 설명하기로 함.

(1) 원자력관련 부서 조직 및 예산규모

<그림 7-14> 원자력부서의 조직규모

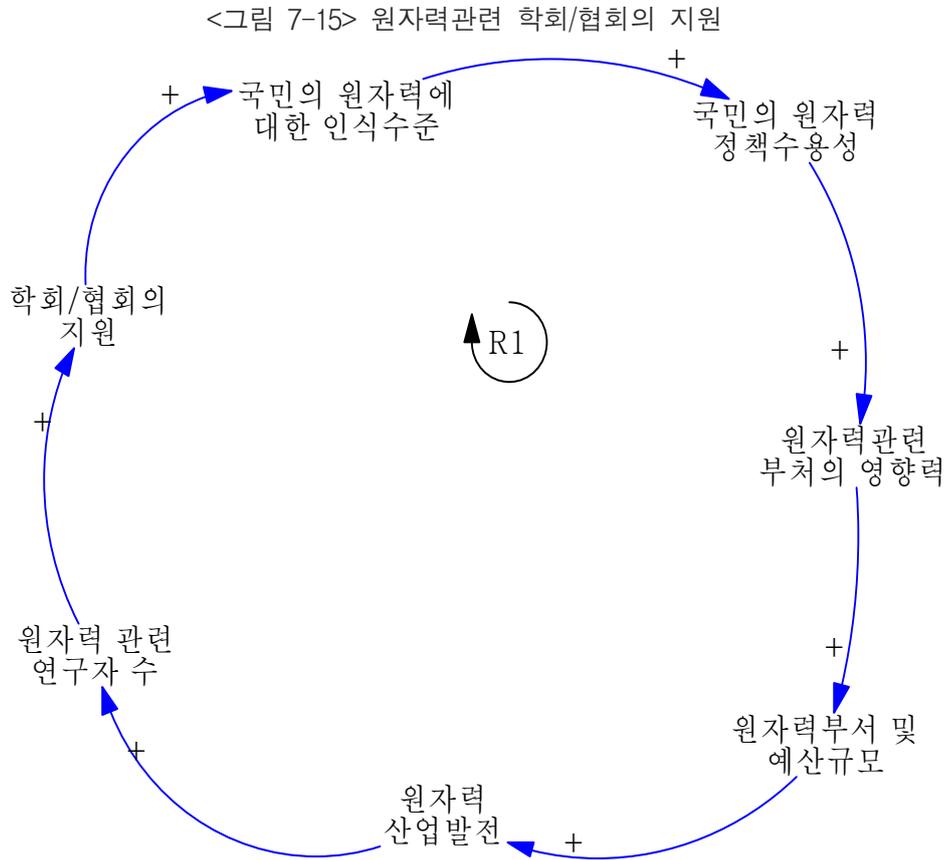


- 원자력 부서 및 예산규모는 원자력 관련 부처의 영향력이 클수록 높아짐. 그리고 원자력 부서 및 예산규모가 클수록 원자력 관련 R&D 예산규모도 높아질 수 있으며, R&D 예산 규모가 클수록 원자력 관련 산업육성능력도 높아질 것임. 이러한 관계하에서 원자력 부서 조직규모의 구성변수들간 인과지도가 나타나 있음.

(2) 학회/협회

- 아래 <그림 7-15>은 원자력관련 학회/협회의 지원정도를 의미함. 여기서 원자력 관련 학회/협회란 원자력 자체를 연구하지 않더라도 정책과 행정측면에서 연구를 하는 학회도

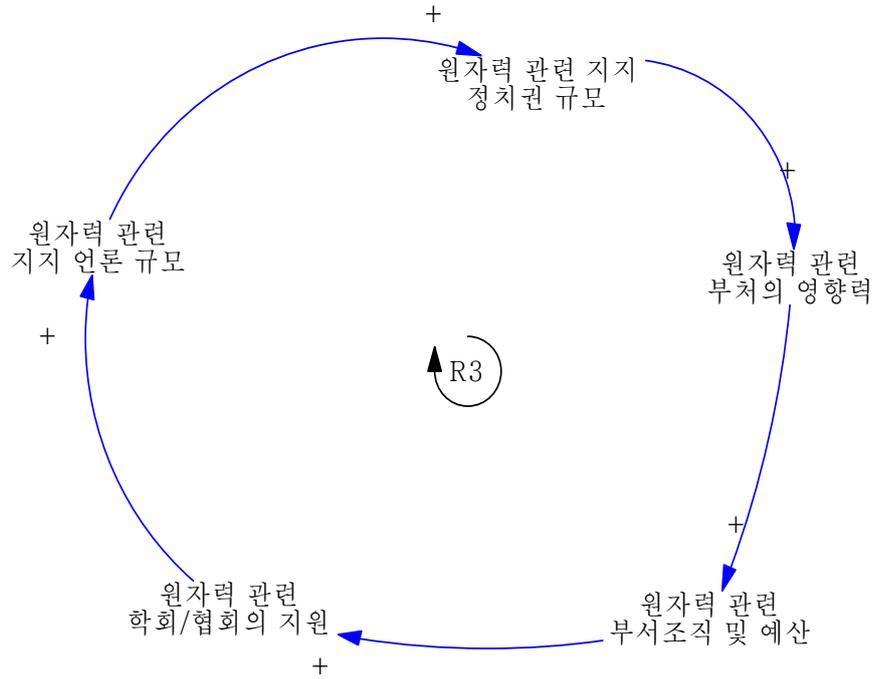
포함될 것이며, 시민단체 중에서도 원자력에 우호적인 단체들도 협회의 범주에 포함시키도록 한다. 이들간의 인과지도가 나타나 있음.



(3) 원자력관련 정치권 지지

- <그림 7-16>는 원자력에 관련하여 정치권 특히 국회의 지지정도를 나타내 주고 있음. 원자력 관련 부처가 정부내에서 차지하는 정책관련 영향력도 원자력에 대한 정치권의 지지정도가 크면 클수록 강해질수 있다는 것을 보여주고 있음.

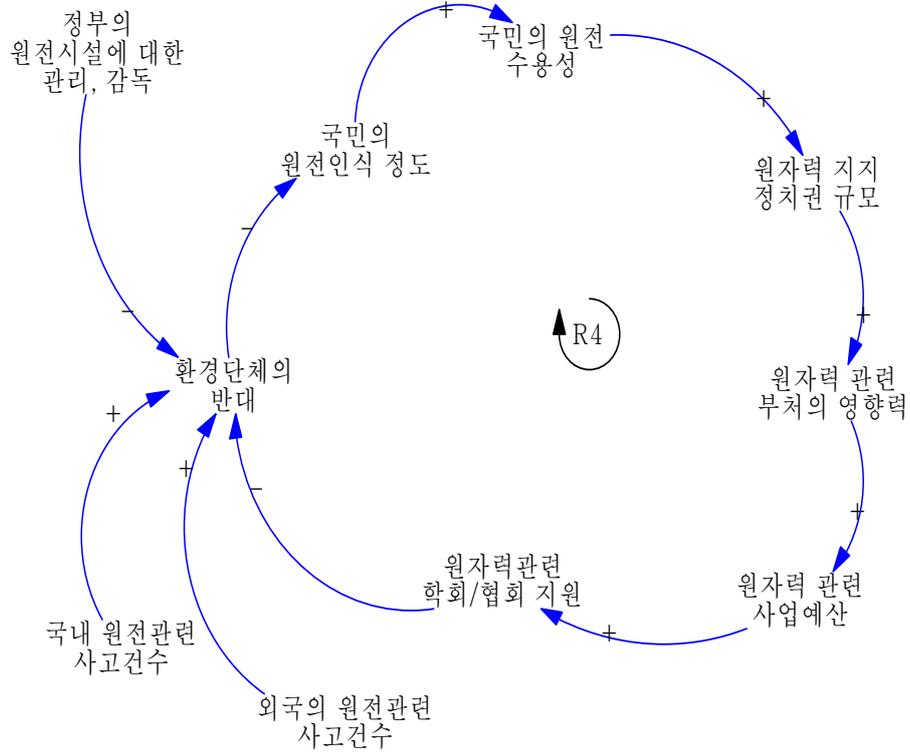
<그림 7-16> 원자력에 대한 정치권 지지도



(4) 환경단체의 반대

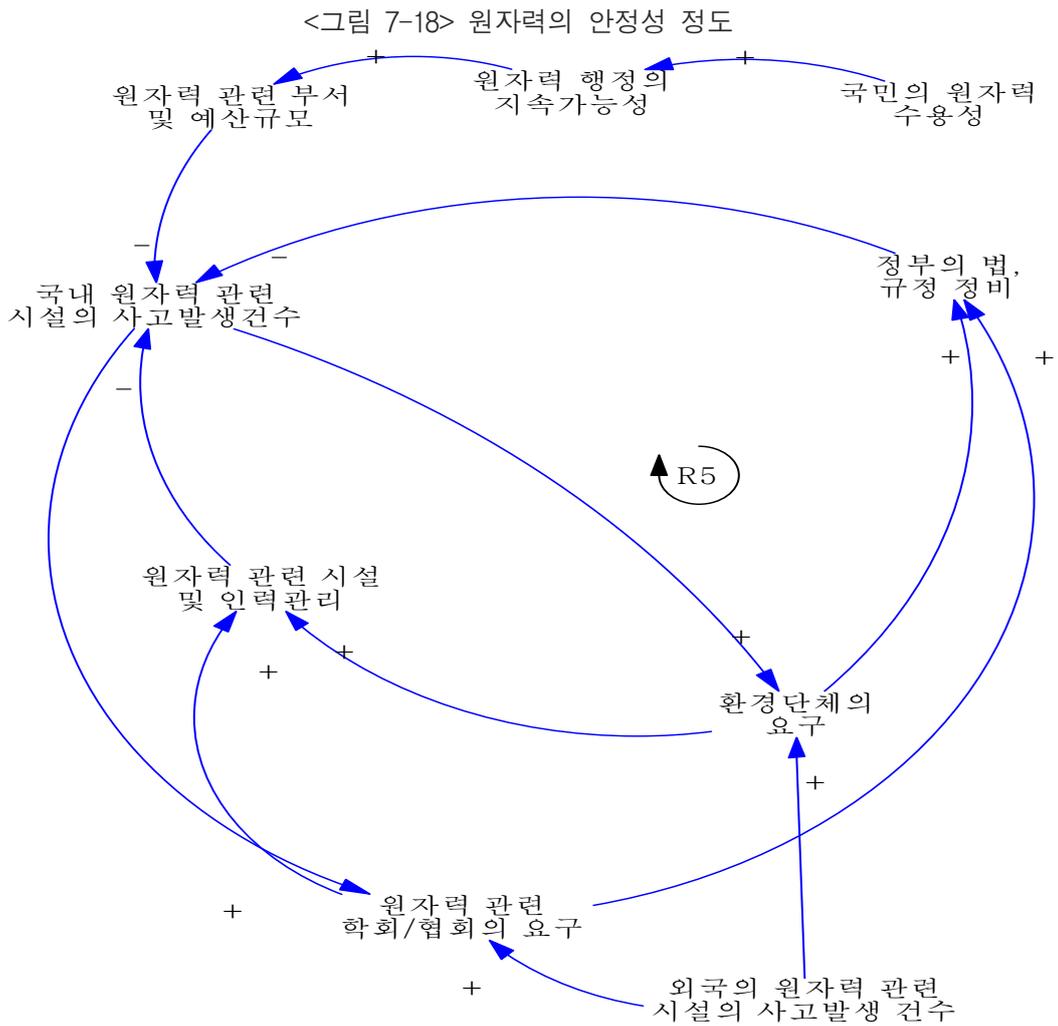
- 아래 <그림 7-17>는 환경단체의 원자력 관련 반대규모가 어떤 변수의 영향을 받으며 이 반대규모가 다른 변수에 어떻게 영향을 미치는 지를 나타내 주고 있음. 가령, 정부가 원자력발전소나 관련시설에 대한 감독을 철저히 하면, 환경단체의 반대정도는 낮아질 수 있으며, 국내나 외국에서 원전관련 사고발생빈도가 높으면 환경단체의 반대정도는 높아질 수 있다는 것을 보여주고 있음.

<그림 7-17> 환경단체의 반대규모



(5) 원자력의 안정성 정도

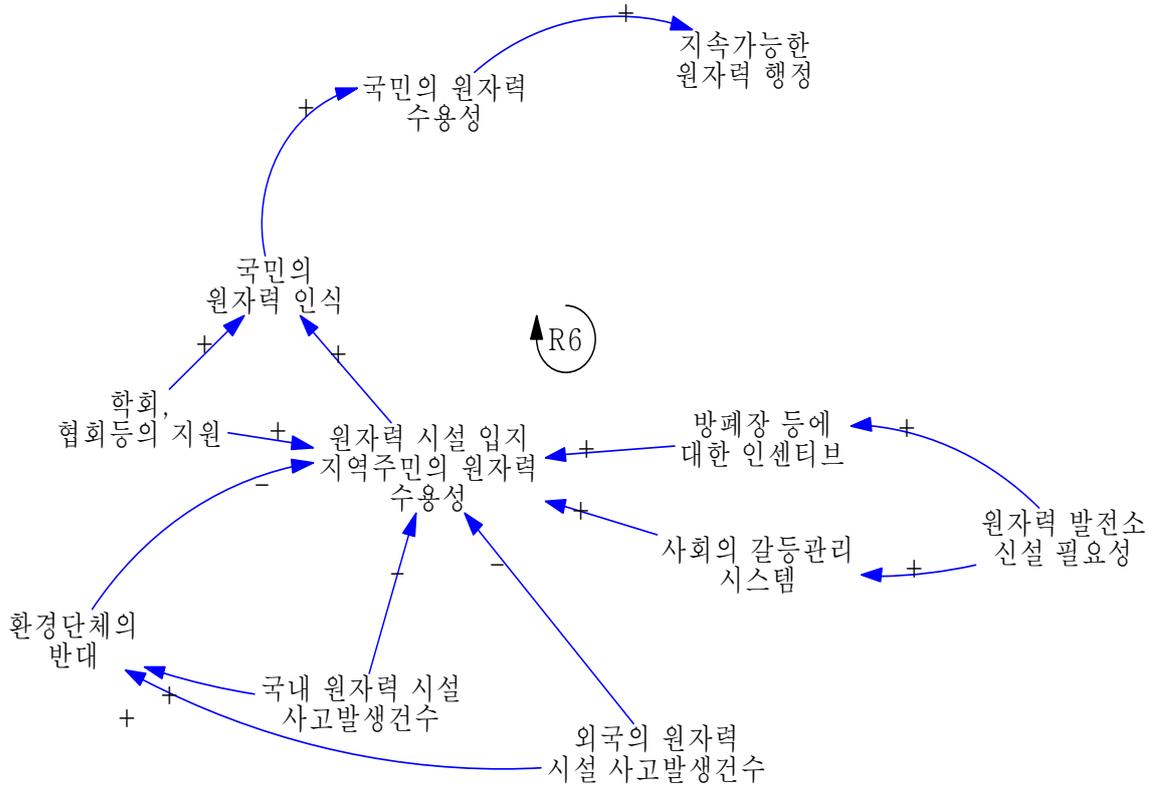
- 아래 <그림 7-18>은 원자력의 안정성 변수가 영향을 주고 받는 인과관계를 인과지도로 나타내 주고 있음.



(6) 외부환경

- 아래 <그림 7-19>은 원자력행정체제의 외부환경을 나타내 주고 있음. 외부환경에는 오일 값의 인상, 대체에너지 개발성과 등이 반영되어 있음. 즉, 대체에너지개발 성과가 높다면, 원자력발전소의 신설필요성은 낮아질 수 있으며, 원자력 발전소 신설의 필요성이 높으면 안전기술 수준 향상에 대한 요구도 높아지며 기술수준도 향상될 것이라고 전제할 수 있음.

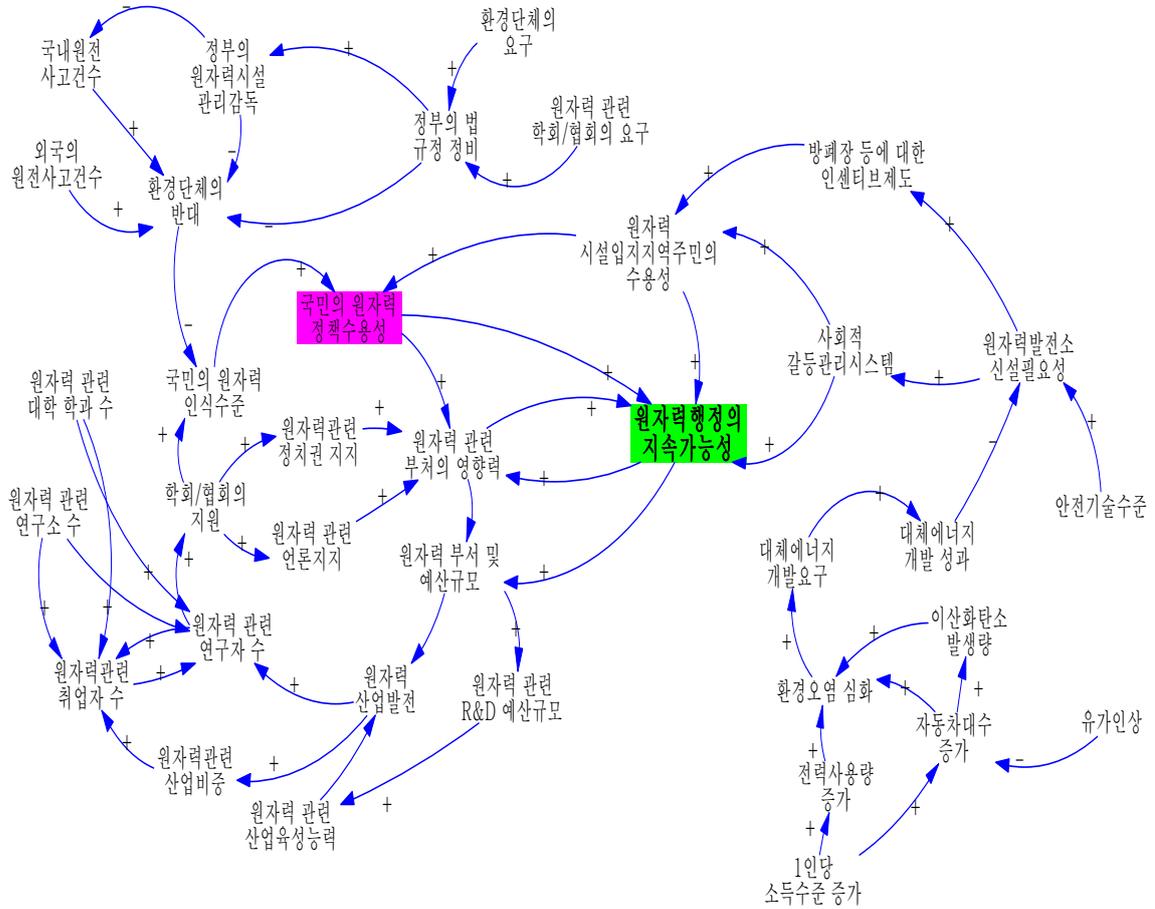
<그림 7-20> 원자력에 대한 국민수용성



(8) 원자력 행정체제의 피드백 구조

- 아래 <그림 7-21>은 종합적인 원자력 행정체제의 피드백 구조를 보여주고 있음. 원자력 담당정책부서의 입장에서 볼 때, 일정한 고리에서 피드백 루프들의 고리를 끊어주기 위한 정책지렛대가 필요할 것임. 가령, 환경단체의 반대가 클수록 국민의 원자력인식수준은 낮아질 수 있으므로 이들 환경단체들의 인식을 전환시켜 줄 수 있는 정책지렛대가 필요하다는 것임. 이러한 환경단체의 반대정도에는 정부의 원자력 관련 법규정 정비도 필요할 것이며 원전에 대한 정부의 감독의 철저함 및 제도화도 필요하다는 의미임.

<그림 7-21> 지속가능한 원자력행정체제의 종합적 인과지도



2. 원자력행정체제의 지속가능성에 대한 시물레이션

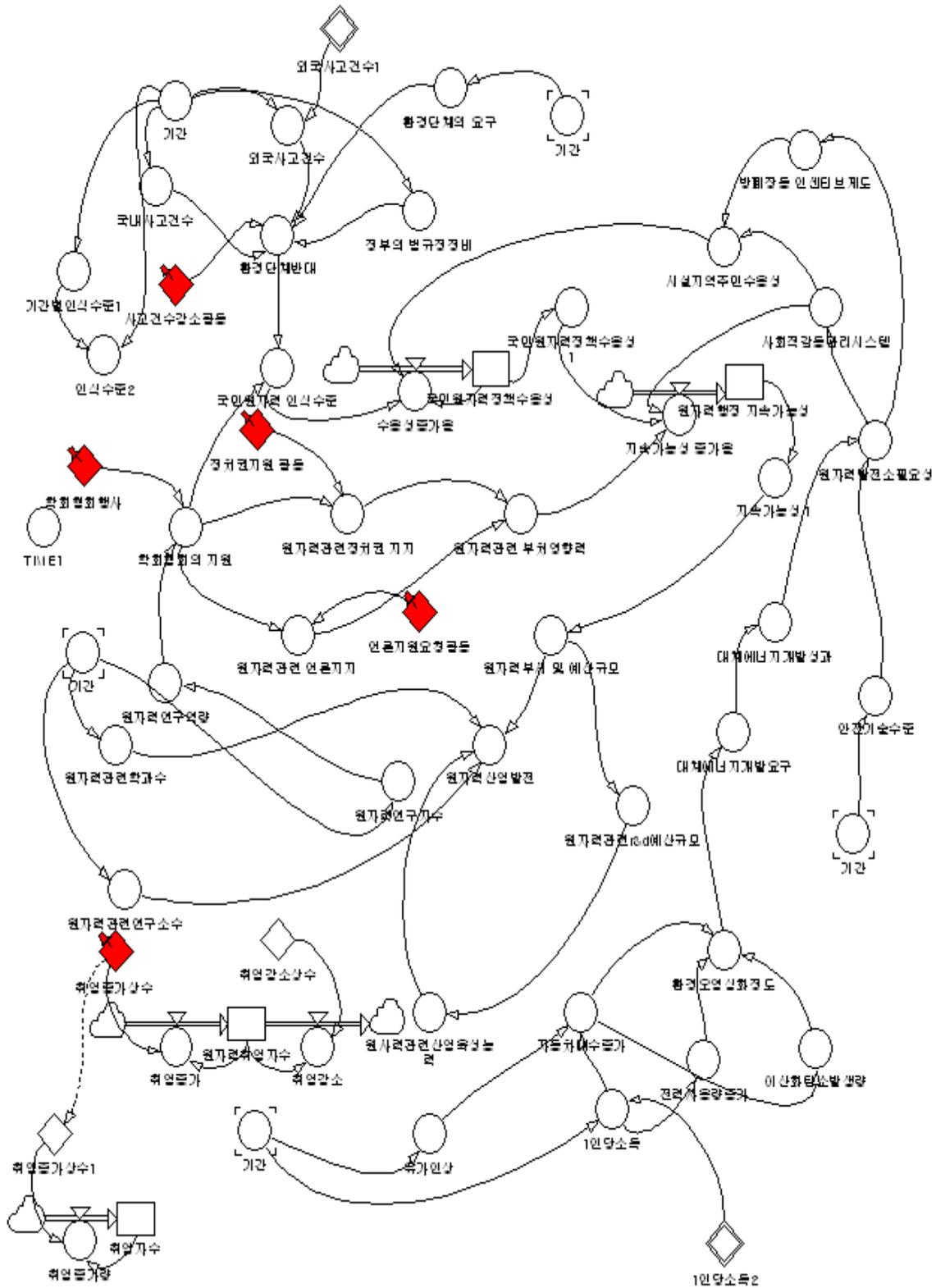
가. 시물레이션 모델

- 아래 <그림 7-22>는 원자력행정체제의 지속가능성을 분석하기 위해 구축한 시물레이션 모델임. 이 모델은 <그림 7-21>의 인과지도에 바탕을 두고 만들어진 것이며 시물레이션을 위해서는 POWERSIM 프로그램을 활용하였음²⁶⁾. 시물레이션 기간은 2003년부터 2015년까지로 설정하였으며, 각 변수별 실측치가 있는 것은 그대로 사용하였으며, 질적 자료들은 GRAPH 함수를 이용하여 처리하였음.

26) 시스템다이나믹스 시물레이션을 위한 프로그램으로는 대표적으로 STELLAR, VENSIM, POWERSIM 등이 있다.

- 특히 수십차례에 걸친 시뮬레이션을 통하여 가장 현실에 부합한 파라미터값을 추정하여 적용하였음. 특정 변수값의 변동을 통하여 최종 종속변수인 원자력행정체제의 지속가능성이 어느 정도 영향을 받으며, 어떤 행태를 보이는지를 분석하는데 초점을 두었음. 시스템다이나믹스 방법론의 강점은 점 추정보다도 최종 종속변수의 시간의 흐름에 따른 경향치를 추정해 줄 수 있다는 점에서 정책시뮬레이션으로의 가치가 있다고 하겠음.
- 한편, 원자력정책부서 입장에서 정책지렛대로서 어떤 값을 바꾸어 줄 때 (정책적 노력 또는 예산확대, 인력확대 등) 원자력행정체제의 지속가능성 정도가 달라지는지에 대한 정보는 정책적 시사점을 제시해 준다고 할 수 있음.
- 본 연구에서 사용한 변동대상은 국내원전사고감소활동, 원자력관련 학회/협회등에 대한 지원, 원자력관련 정치권 지원, 원자력관련 언론지원, 원자력관련 취업자 등으로 설정함. 즉, 이들 값은 상수로 설정되어 있는데 이들 값을 변동시켜 보았을 때, 즉, 이들에 대한 노력의 정도를 2003년도 현재 1이라고 가정하면, 20% 줄이는 경우 0.8, 20% 늘이는 경우 1.2의 값을 적용할 수 있을 것임. 그렇게 될 경우 각 변수들간 인과관계의 정도 차이에 따라 주고 받는 변수들의 값이 달라지고 피이드백 구조속에서 최종변수의 값이 달라질 수 있을 것임.

<그림 7-22> 지속가능한 원자력행정체제 분석을 위한 시뮬레이션



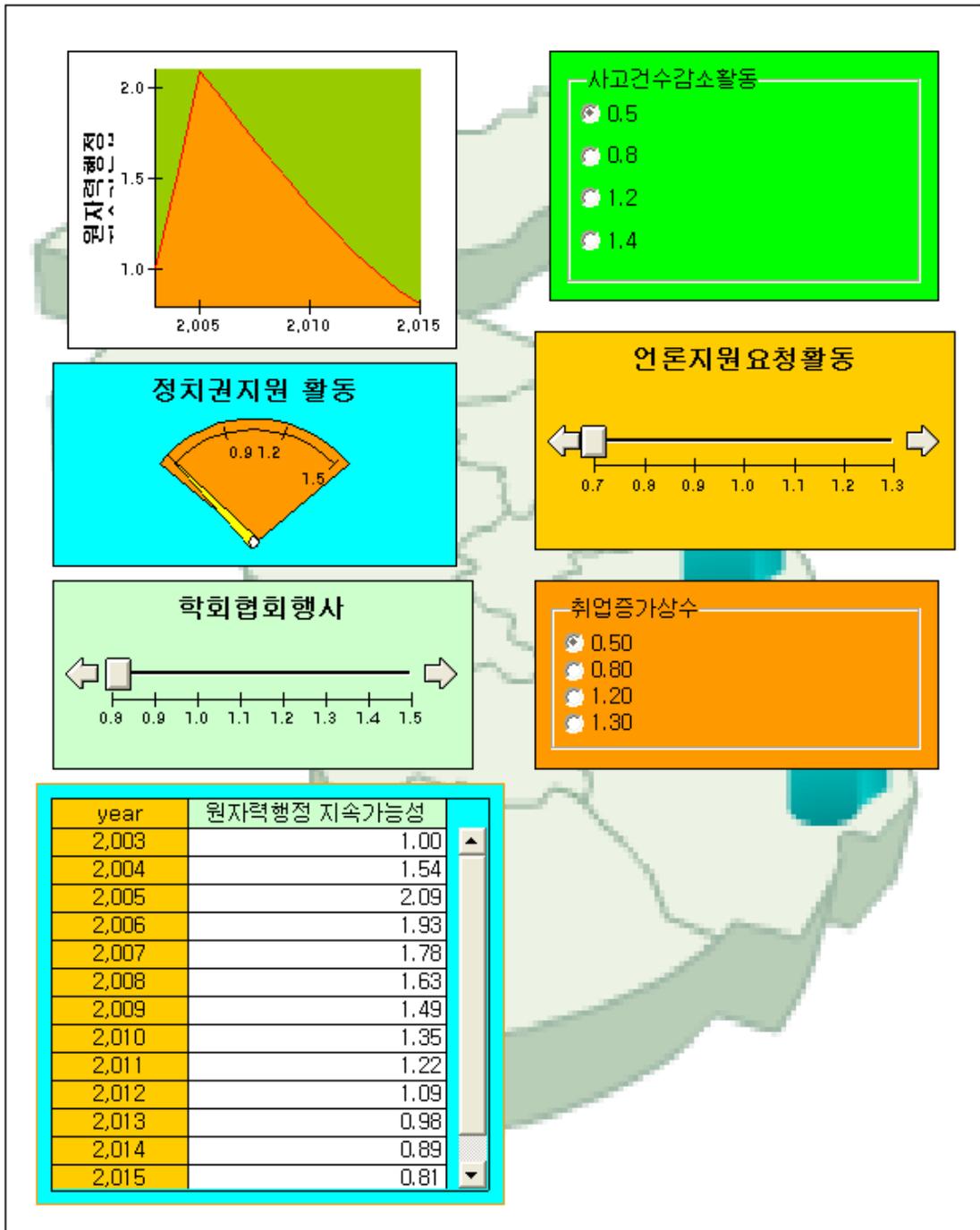
나. 시뮬레이션 수행: 사용자 인터페이스의 구축

- 아래 그림들은 시뮬레이터(사용자 인터페이스)를 직접 구축해서 시뮬레이션 한 결과를 나타내 본 것임. 이러한 시뮬레이터를 구축하면 이를 활용하여 정책담당자가 다양한 시나리오를 상정하고 그 결과를 추론할 수 있을 것임.

(1) 시뮬레이션 1: 가장 소극적 활동

- 아래 <그림 7-23>은 원자력부서에서 가장 소극적으로 활동을 했을 때 나타나는 값과 그 결과를 그래프로 나타내 준 것임. 즉, 원자력관련 중앙부처내 담당부서에서 국내원전사고 감소활동을 2003년 1 수준에서 0.5로 감소, 언론지원활동도 1에서 0.7로 감소, 원자력관련 정치권 지원활동을 0.6수준으로 감소, 학회/협회등에 대한 지원활동의 최소화, 취업자수 증가율의 최소화 등, 가장 소극적 활동을 한다고 가정하면, 시간이 지날수록 원자력행정 체제의 지속가능성은 급격히 하락하여 2015년경에는 최저의 수준으로 떨어짐을 볼 수 있음.
- 이러한 결과를 그래프로 나타내 준 것이 아래 그림 10의 왼쪽 상단에 나타나 있으며 예측치값으로 나타난 것이 왼쪽 하단에 나타나 있음.

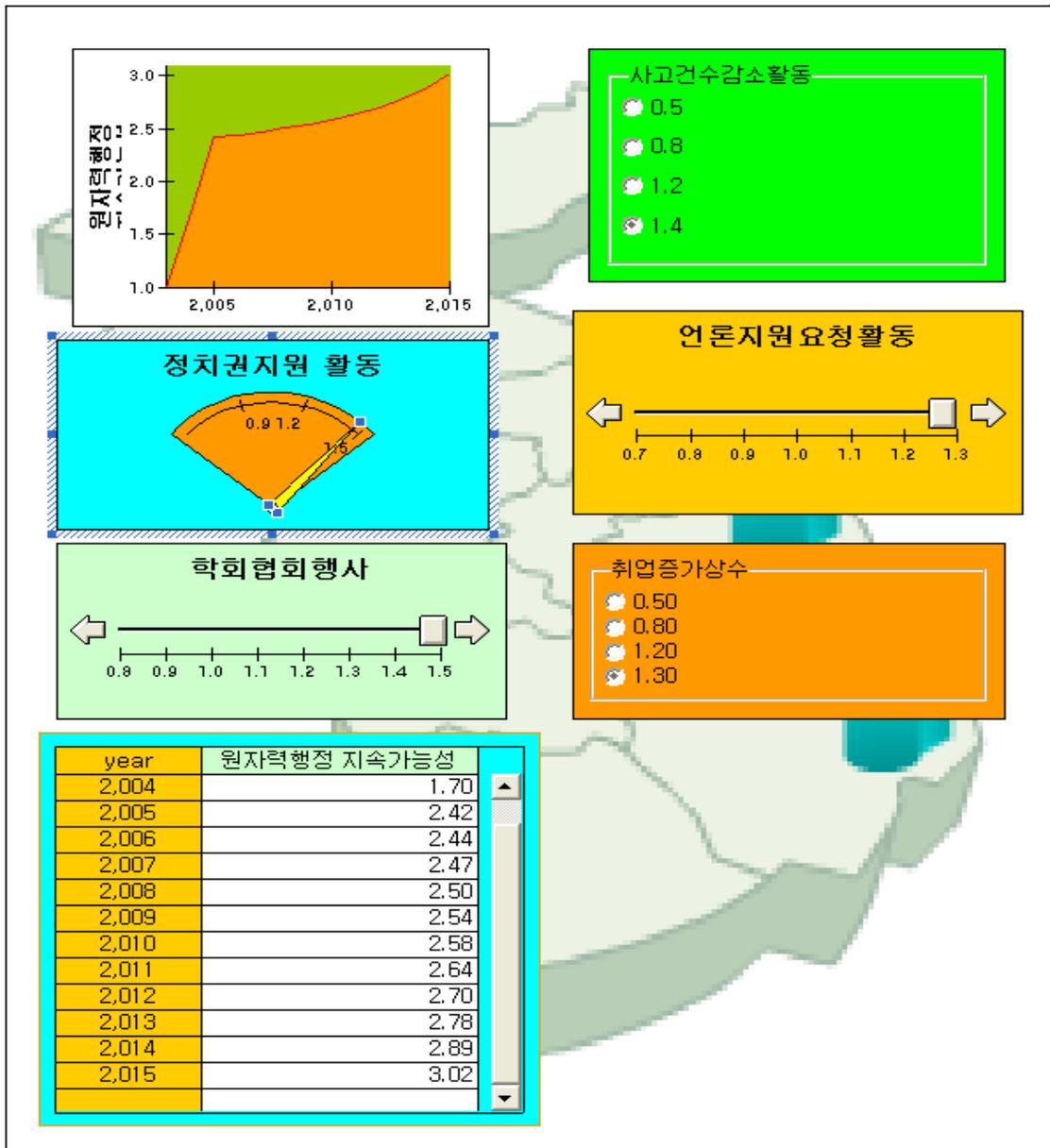
<그림 7-23>가장 소극적 대처의 결과



(2) 시뮬레이션 2: 가장 적극적 대처

- 아래 <그림 7-24>은 상수로 설정된 대상들의 값을 변동시켜서 최대로 대처하였을 때 나타난 결과임. 즉, 국내사고건수감소활동을 가장 적극적으로 하여 1.4로 하고, 정치권 지원 활동도 1.5 수준으로 강화, 언론지원요청활동의 강화, 학회협회등에 대한 지원강화, 취업 증가상수의 강화등을 통하여 적극적으로 대처한다고 가정했을 때, 연차별로 지속가능성은 증가하여 2015년경에는 대단히 높아지는 추이를 보여주고 있음.

<그림 7-24> 적극적 대처

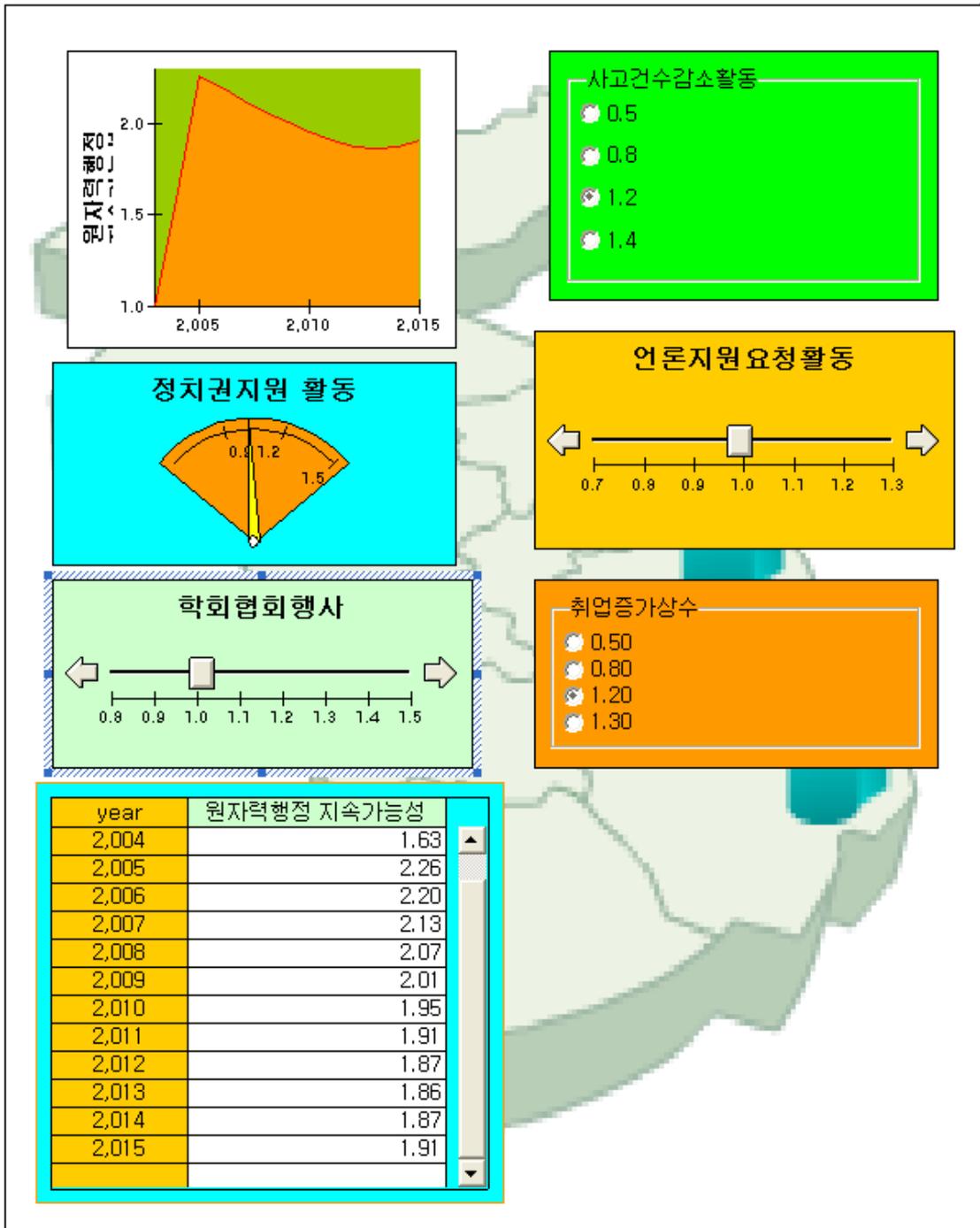


(3) 시뮬레이션 3: 중간적 대처(1)

- 아래 <그림 7-25>는 원자력 부서에서 일부 대상들에 대한 정책적 노력을 중간적 수준에서 했을 경우의 지속가능성 수준의 추이를 보여주고 있음. 사고건수감소활동에서 1.2수준, 정치권지원수준에서 1.0 정도, 언론지원활동에서 1.0수준, 학회/협회지원 활동에서도

1.0 수준으로 했을 때, 2015년 기준으로 1.91 정도의 지속가능성 수준을 유지하고 있다는 것을 보여줌.

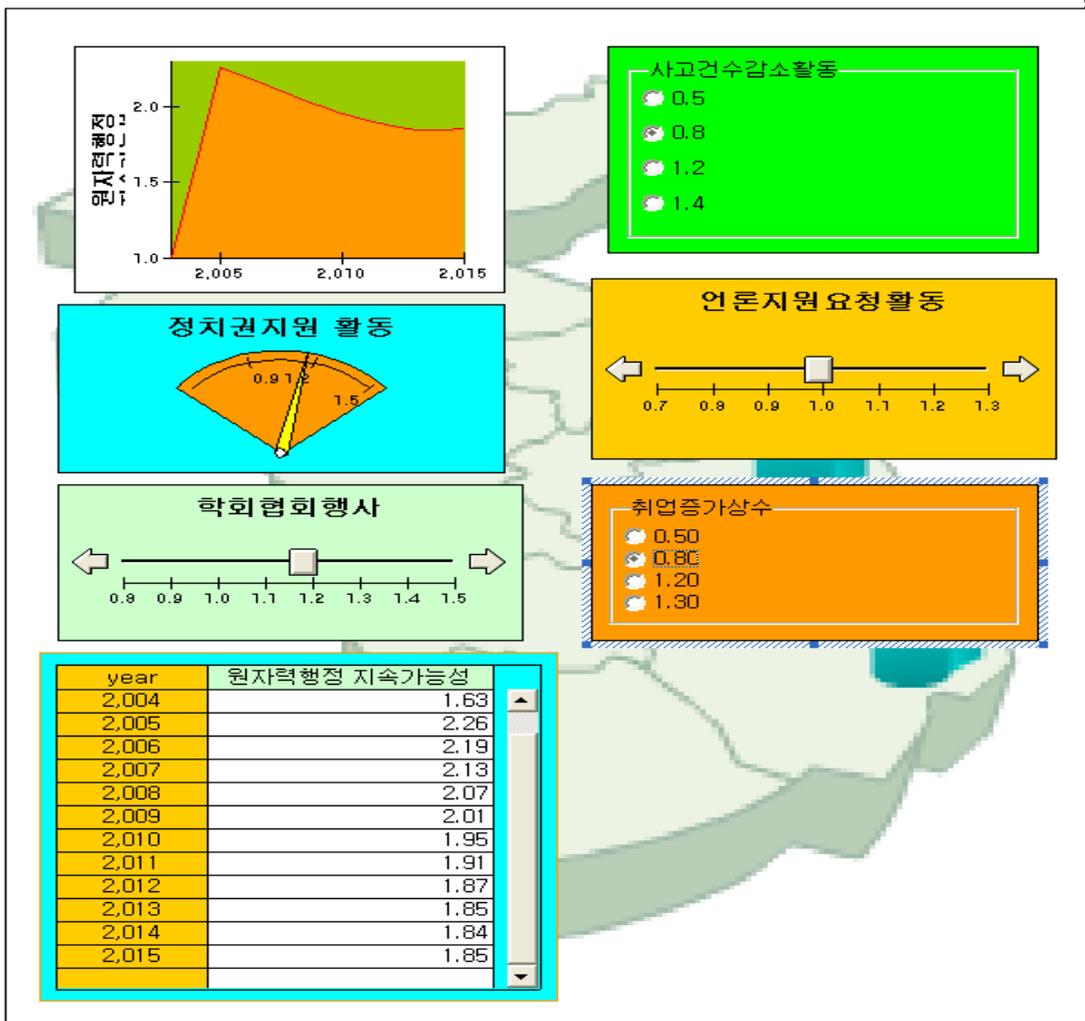
<그림 7-25> 중간적 대처(1)



(4) 시뮬레이션 4: 중간적 대처(2)

- 아래 <그림 7-26> 은 위의 중간적 대처(1)과 약간 상이하게 몇 개의 파라미터 값을 변동시켜 본 결과임. 사고건수감소활동을 1.2, 정치권지원활동을 1.2, 학회협회지원활동을 1.2, 그리고 취업증가상수면에서 0.8로 낮춘 경우의 지속가능성 수준임. 이렇게 했을 경우에는 원자력 행정체제의 지속가능성이 위의 중간적 대처(1) 보다 장기적으로는 못한 결과를 보여주고 있음. 이러한 시나리오는 다양하게 제시될 수 있을 것임. 중요한 것은, 원자력 부서의 목표 및 자원제약에 맞추어 대안을 선택할 수 있을 것이며 각 대안 선택시 가져올 결과를 추정해 볼 수 있다는 점임.

<그림 7-26> 중간적 대처(2)



제3절 소결론

- 미국과 일본 등 주요 외국의 원자력 정책 현황 및 동향에 따른 우리나라 원자력 정책의 몇 가지 시사점을 제시하면 다음과 같음. 첫째, 원자력정책의 효과적인 추진을 위하여 정부 내 협조체제 구축이 전제되어야 함. 원자력 과학기술 개발, 안전조치, 원자력수출통제 등 원자력정책 일반을 관장하는 교육과학기술부, 핵비확산정책, 원자력협정 체결 등을 담당하는 외교통상부, 그리고 원자력 사업 분야를 관장하는 지식경제부 등 부서간 역할 분담과 협업체제 구축이 중요함..
- 둘째, 장기적 관점에서 정부행정조직에 있어 원자력 진흥과 원자력 규제를 담당하는 기관의 분리가 필요함. 원자력 산업 발전을 위해서는 원자력에 대한 국민의 신뢰 및 수용성이 확보가 중요함. 이를 위해서는 원자력 정책에 대한 효율성뿐만 아니라 투명성 확보가 무엇보다 중요함. 원자력 산업의 진흥과 원자력 규제를 담당하는 기관의 분리 및 원자력 안전을 규제하는 기관의 독립성 확보가 장기적 관점에서 원자력 산업 및 연구 발전에 기여할 것임.
- 셋째, 원자력기술 협력은 물론 원자력외교협력에서도 많은 관심과 충분한 대비가 요구됨. 석유자원의 고갈 우려와 고유가 지속 전망 등으로 미국을 비롯하여 EU, 중국, 인도, 일본 등 세계 강국들은 에너지 안보위기 의식으로 에너지전쟁이라는 표현이 나올 만큼 에너지자원 외교를 적극적으로 전개하고 있음. 이와 함께 제4세대 원전의 개발과 핵융합발전 기술개발 등을 적극적으로 추진하고 있음. 에너지자원이 전무한 우리나라로서는 에너지자원의 확보 노력과 제4세대 원전의 기술과 핵융합발전 기술의 선점 전략 추진은 21세기 국가 에너지안보 측면에서 중요하게 보임. 또한 향후 국제원자력 정세변화는 국내 원자력계에도 많은 영향을 줄 것으로 예상됨.. 따라서 국제원자력사회에의 적극적인 참여와 기여도 또한 중요해지고 있음. 이와 함께 원자력협력의 다변화와 내실화도 요구되고 있음. 미국과 협력 강화는 물론 국제 원자력계에서의 영향력이 증대되고 있는 인도를 비롯하여 러시아, 중국, EU와의 협력과 아프리카와 남미 등 개도국들과의 협력도 중요해지고 있음. 국제원자력사회에서 중견국가의 하나로 인정받고 있는 우리나라로서는 세계 원자력시장의 적극적인 진출 노력과 함께 원자력선진국으로서 국제사회에서의 위상을 착실하게 구축하고 국내원자력계의 발전을 도약시키는 노력이 요구되고 있음.
- 넷째, 원자력 외교 및 국제 협력 기반 강화를 정부차원뿐만 아니라 민간차원의 거버넌스 협력 모델을 구축할 필요가 있음. 이를 위해서는 원자력 외교 국제협력 협의회를 운영하는 방안을 생각해 볼 수 있음. 이는 정부차원, 산업체 차원, 민간차원의 다각적인 협의체

운영을 위한 방안과 연결될 것임. 또한 원자력국제협력의 기반조성 확대 및 강화를 위해 노력해야 할 것임. 또한 국내 관련 학회 및 전문연구기관 학술활동 지원을 생각해 볼 수 있음. 그리고 이를 뒷받침할 수 있는 전문가 양성체제 구축 및 지원에 힘을 쏟아야 할 것임.

- 더불어 해외 사무소를 설치 운영하여 정보수집 등을 위한 해외전진기지 개설을 추진해 향후 우리나라가 가지고 있는 원자력기술 수출 및 산업화에도 대비해야 할 것임.
- 위에서는 원자력행정체제가 장기적으로 지속가능성을 유지하는 것이 국가적으로도 중요하다라는 전제에서 출발하였음. 향후에도 정부의 조직개편 시도는 있을 수 있을 것이며 그러한 상황이 도래할 때, 시스템관점에서 정책적 노력을 해 왔느냐 아니냐 하는 점은 조직의 생존에 크게 영향을 미칠수 있을 것임. 원자력 행정체제를 둘러싸고 직, 간접으로 크고 작은 영향을 미치는 주요 영향요인들을 파악해 내고 이들의 영향관계를 피이드백 구조속에서 이해하는 것은 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있음.
- 이를 위해서 시뮬레이션 모델을 구성하였으며, 실제치와 추정치를 반영한 모델구조속에서 원자력행정체제의 지속가능성이라는 종속변수를 향후 시나리오별로 추정해 보았음. 이러한 시나리오는 대상의 값의 조합에 따라 무수히 존재할 수 있을 것임. 원자력담당 부서의 자원한계 및 가치판단적인 목표설정애 따라 대안선택은 달라질 수 있을 것임. 그러나 중요한 것은 원자력행정체제의 지속가능성이라는 관점에서 시스템적 요소들을 규명하고 이들의 인과관계속에서 정책적 노력을 하는 체계적 활동이 요구된다는 점임.

제8장

우리나라 원자력정책결정 및
집행체제의 현황과 능력제고 방안

제8장 우리나라 원자력정책결정 및 집행체제의 현황과 능력제고 방안

제1절 설문조사 분석결과

1. 조사대상 및 자료수집방법

- 본 설문조사는 원자력분야에 종사하는 인사들을 대상으로 원자력관련 정책 및 사회 정책에 관한 의견을 수렴함으로써 원자력발전방안을 모색하기 위하여 마련된 것임
- 설문조사는 원자력연구기관을 비롯한 다양한 원자력 관련기관 종사자에 대하여 인터넷을 통한 설문송부 및 회신방식으로 수행되었으며, 최종적으로 아래 <표 1>에 나타난 것과 같이 683명의 응답자의 설문결과에 근거하여 분석이 이루어짐
- 응답자의 배경을 살펴보면 아래 표에 나타난 바와 같이 원자력연구기관에 종사하고 있는 응답자가 전체의 71.74%로 가장 높은 비율을 보여주었으며, 공기업 15.81%, 기타 9.96%, 사기업 2.49%의 순으로 나타남
- 업무유형별로 응답자의 구성을 살펴보면 원자력연구개발 분야의 응답자가 전체의 53.88%로 압도적으로 많은 것으로 나타남
- 연령별 구성특징을 보면 41-50세 이상 응답자가 44.95%로 가장 높게 나타났으며, 51세 이상 29.87%, 31-40세 22.69%의 순으로 나타남

〈표 1〉 조사대상자의 일반적 배경

배경 변수	항 목	빈 도(%)
근무기관	원자력연구기관	490(71.74)
	공기업	108(15.81)
	사기업	17(2.49)
	기타	68(9.96)
	원자력연구개발	
업무유형	원자력규제	368(53.88)
	원자력시설설계제작	73(10.69)
	원자력운영관리 및 기술지원	36(5.27)
	원자력운영관리 및 기술지원	119(17.42)
	행정지원업무	54(7.91)
연령	원자력정책수립	33(4.83)
	30세 이하	17(2.49)
	31-40세	155(22.69)
	41-50세	307(44.95)
	51세 이상	204(29.87)
전체		683(100.00)

2. 분석결과

1) 단순빈도분석

- 우선 <표 2>에 나타난 바와 같이 우리나라의 원자력 정책의 가장 큰 문제점은 무엇이라고 생각하는가에 질문에 대해 응답자의 42.31%인 289명이 '국가비전의 부재'에 응답함
- 다음으로 'R&D 예산의 부족' 27.96%, '행정체제의 혼란' 14.79%, '국민과의 소통문제' 11.13%, '국제외교의 후진' 3.81%의 순으로 나타남

<표 2> 원자력 정책의 가장 큰 문제점

항목	빈도	백분율(%)
국가비전의 부재	289	42.31
행정체제의 혼란	101	14.79
R&D 예산의 부족	191	27.96
국제외교의 후진	36	3.81
국민과의 소통문제	76	11.13

- 원자력에 대한 정치권의 관심이 다른 정책에 비해 어떻다고 보는가에 대한 설문응답결과는 <표 3>에 나타난 바와 같이 '매우 낮다'에 응답한 비율이 20.20%, '낮다'에 응답한 비율이 48.17%로 전체의 68.37%가 상대적으로 원자력에 대한 정치권의 관심이 낮은 것으로 인식하고 있음
- 반면 '높다' 또는 '매우 높다'에 응답한 비율은 7.91%에 불과해 원자력에 대한 정치권의 관심이 부족하다는 인식이 원자력계에 팽배해 있음을 확인시켜주고 있음

<표 3> 다른 정책부문과 비교한 정치권의 원자력에 대한 관심

항목	빈도	백분율(%)
매우 낮다	138	20.20
낮다	329	48.17
보통	162	23.72
높다	51	7.47
매우 높다	3	0.44

- 우리나라 원자력 홍보와 관련하여 가장 큰 문제점이 무엇인가를 묻는 설문에 대해서 <표 4>에 나타난 바와 같이 응답자의 42.46%인 290명이 '원자력의 대중화 노력 부족'을 지적하면서 가장 높은 비율을 보여주고 있음
- 그 뒤를 이어 '구체적이고 지속적인 홍보부족' 21.96%, '주민친화적인 홍보 방법 부족'

13.47%, '언론보도에 대한 당국의 대응부족' 11.86%, 그리고 '원자력 사고 등에 대한 대 국민 설명 부족'의 순으로 나타남

<표 4> 원자력 홍보와 관련하여 가장 큰 문제점

항목	빈도	백분율(%)
원자력의 대중화 노력 부족	290	42.46
원자력사고 등에 대한 대국민 설명부족	70	10.25
구체적이고 지속적인 홍보부족	150	21.96
언론보도에 대한 당국의 대응부족	81	11.86
주민친화적인 홍보 방법 부족	92	13.47

- <표 5>는 우리나라의 원자력의 미래 전망을 묻는 질문에 대한 응답결과를 보여주고 있음 / 표에 나타난 바와 같이 '매우 밝다'에 응답한 사람이 11.13%, 그리고 '밝다'에 응답한 사람이 44.36%로 나타나 전체 응답자의 55.49%가 원자력의 미래를 긍정적으로 전망하고 있음을 보여주고 있음
- '매우 어둡다' 또는 '어둡다'에 응답한 사람이 전체의 9.08%에 불과해 원자력의 미래에 대해서는 매우 긍정적인 인식이 지배적임으로 통계결과를 통해 확인할 수 있음

<표 5> 원자력의 미래 전망

항목	빈도	백분율(%)
매우 어둡다	12	1.76
어둡다	50	7.32
보통	242	35.43
밝다	303	44.36
매우 밝다	76	11.13

- 최근의 정부조직개편에서 '차세대 원자력개발 및 사용 후 핵연료 재활용 등 미래 원자력 핵심연구개발 분야'의 업무가 교육과학기술부에 잔류하게 된 것에 대해 어떻게 평

가하는가에 대한 설문결과 <표 6>에 나타난 바와 같이 ‘찬성’ 또는 ‘매우 찬성’의 비율이 전체의 53.44%로 ‘반대’ 또는 ‘매우 반대’의 19.91%보다 매우 높게 나타나고 있음

<표 6> 원자력 핵심연구개발분야의 교육과학기술부 잔류에 대한 찬반의견

항목	빈도	백분율(%)
매우 찬성	94	13.76
찬성	271	39.68
보통	182	26.65
반대	90	13.18
매우 반대	46	6.73

- 우리나라 원자력 행정체제의 바람직한 방향을 묻는 설문에 대해 <표 7>에 나타난 바와 같이 ‘제3의 독립행정체제’에 응답한 비율이 37.04%로 가장 높게 나타남
- 반면 ‘발전정책 중심으로 원자력행정의 일원화’에 응답한 비율이 34.26%, ‘교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화’에 응답한 비율이 28.70%로 나타남

<표 7> 원자력 행정체제의 바람직한 방향

항목	빈도	백분율(%)
교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화	196	28.70
제3의 독립행정체제	253	37.04
발전정책 중심으로 원자력행정의 일원화	234	34.26

- 개편된 우리나라의 원자력 관련 중앙정부조직과 주요선진국들의 중앙정부조직사이의 상대적인 규모를 묻는 설문에 대해 <표 8>에 나타난 바와 같이 ‘지나치게 규모가 작다’ 8.78%, ‘대체로 규모가 작은 편이다’ 48.02%로 나타나 과반 이상이 우리나라의 원자력 관련 중앙정부조직의 규모가 작다는 인식을 갖고 있음을 보여줌 / ‘대체로 규모가 크다’

또는 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율은 10.40%에 머무르고 있음

- 결과적으로 우리나라의 원자력 관련 중앙정부조직의 규모는 상대적으로 주요선진국의 중앙정부조직에 비해 상대적 규모가 작은 것으로 볼 수 있을 것임

<표 8> 주요선진국과 비교한 우리나라 원자력 관련 중앙정부 조직의 규모

항목	빈도	백분율(%)
지나치게 규모가 작다	60	8.78
대체로 규모가 작은 편이다	328	48.02
보통	224	32.80
대체로 규모가 크다	51	7.47
지나치게 규모가 크다	20	2.93

- 원자력 안전규제와 관련하여 규제기관(교육과학기술부)의 안전규제업무가 산업진흥 등 이용개발진흥기관으로부터 독립되어있다고 있다고 생각하는가에 대한 설문에 대해서 <표 9>에 나타난 바와 같이 비교적 긍정적인 평가를 내리고 있음
- 구체적으로 '그렇다' 또는 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 전체의 44.65%로서, '그렇지 않다' 또는 '매우 그렇지 않다'에 응답한 비율인 28.26%보다 상대적으로 매우 높게 나타남

<표 9> 이용개발진흥기관으로부터의 규제기관의 안전규제업무의 독립정도

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	29	4.25
그렇지 않다	164	24.01
보통	185	27.09
그렇다	270	39.53
매우 그렇다	35	5.12

- 원자력안전규제와 관련하여 규제기관(교육과학기술부)이 전문성 또는 규제역량을 충분히

갖추었다고 생각하는가에 대한 설문결과는 <표 10>에 나타난 것과 같이 긍정적인 평가와 부정적인 평가가 엇비슷하게 나타남

- 구체적으로 살펴보면, '전혀 그렇지 않다' 또는 '그렇지 않다'에 응답한 비율이 전체의 29.72%로 나타난 반면, '그렇다' 또는 '매우 그렇다'에 응답한 비율은 32.36%로 나타나 큰 차이를 보이지 않고 있음

<표 10> 규제기관이 전문성 또는 규제역량을 충분히 갖춘 정도

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	28	4.10
그렇지 않다	175	25.62
보통	259	37.92
그렇다	203	29.72
매우 그렇다	18	2.64

- 국제적 기준에 비추어 보았을 때, 국내 원자력 관련 사업자, 학계, 규제기관 사이에 존재하는 원자력을 매개로 한 일종의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성을 저해한다고 생각하는가를 묻는 질문에 대한 응답이 <표 11>에 제시되어 있음
- 우선 '매우 그렇지 않다'에 응답한 비율이 7.03%, '그렇지 않다'에 응답한 비율이 46.27%로 나타나 대다수의 응답자들이 원자력관련 이해당사자들 사이의 일종의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성을 저해하지 않는 것으로 보고 있다는 것을 말해줌 /반면 '그렇다' 또는 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 20.49%에 머물고 있음
- 실제 자신들이 속한 집단에 대해 부정적인 응답을 할 가능성이 낮고 안전규제가 매우 엄격하고 보수적 접근을 필요로 한다는 것을 감안할 때, 원자력계의 가족주의적 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성을 저해한다고 보는 의견을 단순히 소수의견으로 간과하지 말고, 원자력계를 벗어난 좀 더 광범위한 집단들의 의견수렴과 더불어 심층적인 분석을 통해 좀 더 객관적인 평가를 내려야 할 것으로 사료됨

〈표 11〉 원자력관련 집단의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성 저해 여부

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	48	7.03
그렇지 않다	316	46.27
보통	179	26.21
그렇다	119	17.42
매우 그렇다	21	3.07

- 원자력사고 고장 등 원자력 안전과 관련된 정보가 관련 이해당사자들에게 투명하게 공개되고 있다고 생각하는가에 대한 질문에 대해서는 <표 12>에 나타난 바와 같이 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’에 응답한 비율이 전체의 56.08%에 달하는 반면, ‘그렇지 않다’와 ‘매우 그렇지 않다’에 응답한 비율이 15.95%에 불과해 원자력계 종사자 대부분이 원자력 안전과 관련된 정보가 투명하게 공개되고 있는 것으로 믿고 있음을 보여주고 있음

〈표 12〉 원자력안전 정보가 이해당사자들에게 투명하게 공개되는가 여부

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	10	1.46
그렇지 않다	99	14.49
보통	191	27.96
그렇다	310	45.39
매우 그렇다	73	10.69

- 원자력안전과 관련된 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분하게 전달되고 있다고 생각하는가에 대한 질문결과는 <표 13>에 나타난 바와 같이 ‘매우 그렇지 않다’ 3.22%, ‘그렇지 않다’ 38.51%로 전체의 41.73%가 부정적인 답을 하고 있음
- 반면 21.23%가 ‘그렇다’, 3.07%가 ‘매우 그렇다’에 응답해 전체의 24.30%가 긍정적인 답을 하고 있으나 부정적인 응답에 비해 10%이상 낮게 나타나고 있음

- 이러한 결과는 위의 원자력안전정보의 투명한 공개에 있어서의 압도적인 긍정적 결과와 차이를 보이는 것으로 투명한 정보공개만으로는 국민들에게 체감될 수 있도록 충분히 전달되는데 한계가 있음을 시사하는 것임

<표 13> 원자력안전 관련 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분히 전달되는가 여부

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	22	3.22
그렇지 않다	263	38.51
보통	232	33.97
그렇다	145	21.23
매우 그렇다	21	3.07

- 공학적 안전성뿐만 아니라 인식적 측면에서 ‘국민의 안전에 대한 안심 또는 만족’을 의미하는 ‘사회적 안전성’이 원자력 안전규제의 중요한 목표라고 생각하는가에 대한 설문 결과 <표 14>에 나타난 바와 같이 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’에 응답한 비율이 73.06%로 나타나 압도적인 수의 응답자들이 안전규제가 주민의 입장에서 주관적 의미의 안전을 적극적으로 추구하는 것에 대해 찬성의 태도를 보여주고 있음
- 특히 주목할 것은 반대의견이 10.83%인데 비하여 ‘보통’에 응답한 비율이 16.11%인 것을 감안할 때, 원자력분야 종사자 대부분이 보다 명확하게 규제기관이 공학적 안전성뿐만 아니라 보다 적극적으로 사회적 안전성을 규제목표로 삼고, 그러한 목표를 달성하기 위한 전략적 실천방안을 모색하는 것에 찬성하고 있음을 시사하고 있음

<표 14> 사회적 안전성이 원자력 안전규제의 중요한 목표라 생각하는 정도

항목	빈도	백분율(%)
매우 그렇지 않다	8	1.17
그렇지 않다	66	9.66
보통	110	16.11
그렇다	411	60.18
매우 그렇다	88	12.88

- 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처를 묻는 질문에 대해서는 <표 15>에 나타난 것과 같이 교육과학기술부 53.44%, 외교통상부 27.38%, 지식경제부 18.59%, 국방부 0.59%의 순으로 나타남

<표 15> 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처

항목	빈도	백분율(%)
외교통상부	187	27.38
교육과학기술부	365	53.44
국방부	4	0.59
지식경제부	127	18.59

- 선진국에 비해 우리나라 원자력 외교정책을 어떻게 보는가에 대한 질문에 대해 <표 16>에 나타난 바와 같이 '매우 미흡' 16.69%, '미흡' 52.12%의 응답률을 보임으로써 대부분의 응답자가 원자력 외교정책이 미흡하다는 인식을 갖고 있다는 것을 확인시켜주고 있음
- 상대적으로 '양호'에 응답한 비율은 4.39%에 머물러 전체적으로 원자력 외교정책을 위한 상당한 노력이 필요함을 시사하고 있음

<표 16> 선진국과 비교한 우리나라 원자력 외교정책의 실태

항목	빈도	백분율(%)
매우 미흡	114	16.69
미흡	359	52.12
보통	183	26.79
양호	30	4.39
매우 양호	0	0.00

- 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야는 어디라고 보는가에 대한 질문에 대하여 <표 17>에 나타난 바와 같이 '원자력핵심기술개발' 63.69%, 원자력산업 22.84%, 원자로 건설 12.15%, 의료기술 1.32%의 순으로 나타남

〈표 17〉 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야

항목	빈도	백분율(%)
원자력산업	156	22.84
의료기술	9	1.32
원자력핵심기술개발	435	63.69
원자로건설	83	12.15

- 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 투자규모에 대한 생각을 묻는 질문에 대해 <표 18>에 나타난 바와 같이 '매우 부족' 또는 '부족'에 응답한 비율이 전체의 81.84%로 나타난 반면, '충분' 또는 '매우 충분'에 응답한 비율은 5.71%에 머물고 있어 투자규모가 부족하다는 인식이 지배적이라는 것을 보여주고 있음

〈표 18〉 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모

항목	빈도	백분율(%)
매우 부족	141	20.64
부족	418	61.20
보통	85	12.45
충분	28	4.10
매우 충분	11	1.61

- 지식경제부의 원자력발전과 관련한 기술개발사업의 투자규모에 대한 생각을 묻는 질문에 대해서는 '매우 부족' 또는 '부족'에 응답한 비율이 전체의 75.11%로 나타난 반면, '충분' 또는 '매우 충분'에 응답한 비율이 6.58%로 나타나 투자규모가 부족하다는 인식이 지배적인 것을 보여주고 있음

〈표 19〉 지식경제부의 원자력발전 관련 기술개발사업의 투자규모

항목	빈도	백분율(%)
매우 부족	92	13.47
부족	421	61.64
보통	125	18.30
충분	35	5.12
매우 충분	10	1.46

- 원자력 관련 기초 및 원천기술 개발을 위한 연구개발비의 확보방법과 관련하여 가장 합리적인 방안이 무엇인가를 묻는 설문결과를 살펴보면, <표 20>에 나타난 바와 같이 '정부출연금비중의 확대' 43.34%, '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%' 32.06%, 그리고 '원자력연구개발기금 비중의 확대' 24.60%의 순으로 나타남

〈표 20〉 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모

항목	빈도	백분율(%)
정부출연금의 비중의 확대	296	43.34
정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%	219	32.06
원자력연구개발기금 비중의 확대	168	24.60

2) 분할표 분석

<표 21> 원자력 정책의 가장 큰 문제점

배경 변수	항목	국가의 비전 부재	행정체제의 혼란	R&D 예산 부족	국제외교의 후진	국민과의 소통문제	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	219 (44.69)	59 (12.04)	166 (33.88)	13 (2.65)	33 (6.73)	490 (100.0)	78.87	12	<.0001 ***
	공기업	44 (40.74)	22 (20.37)	11 (10.19)	7 (6.48)	24 (22.22)	108 (100.0)			
	사기업	4 (23.53)	7 (41.18)	2 (11.76)	0 (0.00)	4 (23.53)	17 (100.0)			
	기 타	22 (32.35)	13 (19.12)	12 (17.65)	6 (8.82)	15 (22.06)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	177 (48.10)	37 (10.05)	119 (32.34)	12 (3.26)	23 (6.25)	368 (100.0)	80.02	20	<.0001 ***
	원자력 규제	30 (41.10)	15 (20.55)	12 (16.44)	1 (1.37)	15 (20.55)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	12 (33.33)	10 (27.78)	8 (22.22)	0 (0.00)	6 (16.67)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	35 (29.41)	25 (21.01)	25 (21.01)	8 (6.72)	26 (21.85)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	17 (31.48)	10 (18.52)	22 (40.74)	1 (1.85)	4 (7.41)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	18 (54.55)	4 (12.12)	5 (15.15)	4 (12.12)	2 (6.06)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	6 (35.29)	1 (5.88)	5 (29.41)	1 (5.88)	4 (23.53)	17 (100.0)	14.10	12	0.2901
	31-40세	59 (38.06)	25 (16.13)	41 (26.45)	9 (5.81)	21 (13.55)	155 (100.0)			
	41-50세	136 (44.30)	43 (14.01)	90 (29.32)	5 (1.63)	33 (10.75)	307 (100.0)			
	51세 이상	88 (43.14)	32 (15.69)	55 (26.96)	11 (5.39)	18 (8.82)	204 (29.87)			
전체		289 (42.31)	101 (14.79)	191 (27.96)	25 (3.81)	76 (11.13)	683 (100.00)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 배경변수에 따른 원자력 정책의 가장 큰 문제점을 분할표분석을 통해 살펴보았을 때, <표 21>에 나타난 것과 같이 근무기관과 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있음

- 근무기관에 따른 차이를 살펴보면, 원자력 연구기관과 공기업에 종사하는 경우 '국가의 비전부재'가 40% 이상의 응답율을 보여줌으로써 가장 높게 나타난 반면, 사기업의 경우 '행정체제의 혼란'에 응답한 비율이 41.18%로 가장 높게 나타남 / 원자력 연구기관의 경우 두 번째 문제점으로 꼽은 것은 'R&D 예산의 부족'이었던 반면, 공기업의 경우 '국민과의 소통문제'인 것으로 나타남
- 업무유형에 따른 차이를 살펴보면, 원자력연구개발 분야에 근무하는 응답자의 경우 '국가의 비전부재', 'R&D 예산부족', '행정체제의 혼란'의 순으로 문제점을 꼽은 반면, 원자력규제분야에 근무하는 응답자는 '국가의 비전부재', '행정체제의 혼란' 및 '국민과의 소통문제'를 가장 큰 문제로 꼽음 / 원자력운영지원 분야에 근무하는 응답자의 경우 '국제외교의 추진'을 제외하고 나머지 4개 응답에 대하여 30% 미만의 고른 응답을 보이는 점이 특징임

<표 22> 다른 정책부문과 비교한 정치권의 원자력에 대한 관심

배경 변수	항목	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	100 (20.41)	226 (46.12)	128 (26.12)	33 (6.73)	32 (0.61)	490 (100.0)	11.46	12	0.4893
	공기업	22 (20.37)	58 (53.70)	17 (15.74)	11 (10.19)	0 (0.00)	108 (100.0)			
	사기업	3 (17.65)	11 (64.71)	3 (17.65)	0 (0.00)	0 (0.00)	17 (100.0)			
	기 타	13 (19.12)	34 (50.00)	14 (20.59)	7 (10.29)	0 (0.00)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	77 (20.92)	178 (48.37)	84 (22.83)	28 (7.61)	1 (0.27)	368 (100.0)	22.12	20	0.3337
	원자력 규제	12 (16.44)	38 (52.05)	16 (21.92)	6 (8.22)	1 (1.37)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	6 (16.67)	21 (58.33)	5 (13.89)	4 (11.11)	0 (0.00)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	26 (21.85)	58 (48.74)	28 (23.53)	7 (5.88)	0 (0.00)	119 (100.0)			
	행정	12 (22.22)	19 (35.19)	21 (38.89)	2 (3.70)	0 (0.00)	54 (100.0)			
	지원업무	5 (15.15)	15 (45.45)	8 (24.24)	4 (12.12)	1 (3.03)	33 (100.0)			
	정책수립	5 (15.15)	15 (45.45)	8 (24.24)	4 (12.12)	1 (3.03)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	2 (11.76)	10 (58.82)	4 (23.53)	1 (5.88)	0 (0.00)	17 (100.0)	31.06	12	0.0019 ***
	31-40세	21 (13.55)	66 (42.58)	47 (30.32)	20 (12.90)	1 (0.65)	155 (100.0)			
	41-50세	60 (19.54)	145 (47.23)	76 (24.76)	24 (7.82)	2 (0.65)	307 (100.0)			
	51세 이상	55 (26.96)	108 (52.94)	35 (17.16)	6 (2.94)	0 (0.00)	204 (100.0)			
전체	138 (20.20)	329 (48.17)	162 (23.72)	51 (7.47)	3 (0.44)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력에 대한 정치권의 관심이 다른 정책에 비해 어떻다고 보는가에 대한 응답을 배경 변수에 따라 살펴보면, <표 22>에 나타난 것과 같이 연령에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 연령별 차이를 살펴보면 대체적으로 관심이 낮다는 인식이 일반적이지만, 51세 이상의 경우 ‘매우 낮다’에 응답한 비율이 26.96%로 상대적으로 매우 높게 나타나고 있고, ‘보통’에 응답한 비율이 17.16%로 상대적으로 낮게 나타나 51세 이상의 연령층에서 정치권의 원자력에 대한 관심이 낮다는 인식이 강하게 자리 잡고 있음을 보여주고 있음

<표 23> 원자력 홍보와 관련하여 가장 큰 문제점

배경 변수	항목	대중화 노력부족	대국민 설명부족	홍보 부족	당국 대응부족	홍보 방법부족	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	200 (40.82)	55 (11.22)	111 (22.65)	56 (11.43)	68 (13.88)	490 (100.0)	15.47	12	0.2164
	공기업	52 (48.15)	7 (6.48)	22 (20.37)	15 (13.89)	12 (11.11)	108 (100.0)			
	사기업	8 (47.06)	0 (0.00)	1 (5.88)	2 (11.76)	6 (35.29)	17 (100.0)			
	기 타	30 (44.12)	8 (11.76)	16 (23.53)	8 (11.76)	6 (8.82)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	147 (39.95)	40 (10.87)	91 (24.73)	45 (12.23)	45 (12.23)	368 (100.0)	18.03	20	0.5848
	원자력 규제	35 (47.95)	6 (8.22)	13 (17.81)	8 (10.96)	11 (15.07)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	18 (50.00)	3 (8.33)	6 (16.67)	3 (8.33)	6 (16.67)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	52 (43.70)	7 (5.88)	21 (17.65)	20 (16.81)	19 (15.97)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	24 (44.44)	9 (16.67)	12 (22.22)	3 (5.56)	6 (11.11)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	14 (42.42)	5 (15.15)	7 (21.21)	2 (6.06)	5 (15.15)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	3 (17.65)	3 (17.65)	5 (29.41)	2 (11.76)	4 (23.53)	117 (100.0)	9.83	12	0.6300
	31-40세	71 (45.81)	15 (9.68)	36 (23.23)	19 (12.26)	14 (9.03)	155 (100.0)			
	41-50세	127 (41.37)	30 (9.77)	69 (22.48)	34 (11.07)	47 (15.31)	307 (100.0)			
	51세 이상	89 (43.63)	22 (10.78)	40 (19.61)	26 (12.75)	27 (13.24)	204 (100.0)			
전체		290 (42.46)	70 (10.25)	150 (21.96)	81 (11.86)	92 (13.47)	683 (100.0)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력 홍보와 관련한 가장 큰 문제점에 대하여 배경변수에 따른 차이를 살펴보면, <표 23>에 나타난 바와 같이 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음으로써 각 배경변수별 결과가 단순빈도분석결과와 크게 다르지 않음을 알 수 있음

〈표 24〉 원자력의 미래 전망

배경 변수	항목	매우 어둡다	어둡다	보통이다	밝다	매우 밝다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	8 (1.63)	38 (7.76)	191 (38.98)	204 (41.63)	49 (10.00)	490 (100.0)	16.34	12	0.1759
	공기업	2 (1.85)	5 (4.63)	27 (25.00)	59 (54.63)	15 (13.89)	108 (100.0)			
	사기업	0 (0.00)	2 (11.76)	4 (23.53)	7 (41.18)	4 (23.53)	17 (100.0)			
	기 타	2 (2.94)	5 (7.35)	20 (29.41)	33 (48.53)	8 (11.76)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	5 (1.36)	26 (7.07)	135 (36.68)	159 (43.21)	43 (11.68)	368 (100.0)	22.37	20	0.3206
	원자력 규제	1 (1.37)	3 (4.11)	27 (36.99)	36 (49.32)	6 (8.22)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	0 (0.00)	4 (11.11)	14 (38.89)	14 (38.89)	4 (11.11)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	3 (2.52)	11 (9.24)	31 (26.05)	58 (48.74)	16 (13.45)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	3 (5.56)	1 (1.85)	21 (38.89)	23 (42.59)	6 (11.11)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	0 (0.00)	5 (15.15)	14 (42.42)	13 (39.39)	1 (3.03)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	1 (5.88)	10 (58.82)	4 (23.53)	1 (5.88)	17 (100.0)	19.65	12	0.0739 *
	31-40세	3 (1.94)	11 (7.01)	63 (40.65)	63 (40.65)	15 (9.68)	155 (100.0)			
	41-50세	3 (0.98)	24 (7.82)	116 (37.79)	133 (43.32)	31 (10.10)	307 (100.0)			
	51세 이상	5 (2.45)	14 (6.86)	53 (25.98)	103 (50.49)	29 (14.22)	204 (100.0)			
전체	12 (1.76)	50 (7.32)	242 (35.43)	303 (44.36)	76 (11.13)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력의 미래전망에 대한 배경변수별 차이를 살펴보면 <표 24>에 나타난 것과 같이 연령에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 연령에 따른 차이를 살펴보면 대체적으로 연령대가 높아질수록 '보통'에 답한 응답률이 상대적으로 적어지고, '밝다' 또는 '매우 밝다'에 응답한 비율이 높아지고 있음 / 결과적으로 연령대가 높아질수록 원자력의 미래에 대해 보다 긍정적인 관점을 가지고 있음을 시사함

〈표 25〉 원자력 핵심연구개발분야의 교육과학기술부 잔류에 대한 찬반의견

배경 변수	항목	매우 찬성	찬성	그저 그렇다	반대	매우 반대	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	64 (13.06)	223 (45.51)	133 (26.94)	51 (10.41)	20 (4.08)	490 (100.0)	66.29	12	<.0001 ***
	공기업	17 (15.74)	20 (18.52)	26 (24.07)	24 (22.22)	21 (19.44)	108 (100.0)			
	사기업	5 (29.41)	7 (41.18)	3 (17.65)	2 (11.76)	0 (0.00)	17 (100.0)			
	기 타	8 (11.76)	21 (30.88)	21 (30.88)	13 (19.12)	5 (7.35)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	58 (15.76)	151 (41.03)	92 (25.00)	42 (11.41)	25 (6.79)	368 (100.0)	21.90	20	0.3457
	원자력 규제	7 (9.59)	30 (41.10)	22 (30.14)	11 (15.07)	3 (4.11)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	5 (13.89)	8 (22.22)	13 (36.11)	6 (16.67)	4 (11.11)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	16 (13.45)	44 (36.97)	34 (28.57)	18 (15.13)	7 (5.88)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	4 (7.41)	29 (53.70)	11 (20.37)	8 (14.81)	2 (3.70)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	4 (12.12)	9 (27.27)	10 (30.30)	5 (15.15)	5 (15.15)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	2 (11.76)	7 (41.18)	4 (23.53)	3 (17.65)	1 (5.88)	17 (100.0)	20.76	12	0.0539 *
	31-40세	19 (12.26)	69 (44.52)	42 (27.10)	20 (12.90)	5 (3.23)	155 (100.0)			
	41-50세	34 (11.04)	122 (39.74)	95 (30.94)	33 (10.75)	23 (7.49)	307 (100.0)			
	51세 이상	39 (19.12)	73 (35.78)	41 (20.10)	34 (16.67)	17 (8.33)	204 (100.0)			
전체	94 (13.76)	271 (39.68)	182 (26.65)	90 (13.18)	46 (6.73)	683 (100.00)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 최근 정부조직개편에서 '차세대 원자력개발 및 사용후 핵연료 재활용 등 미래 원자력핵심연구개발분야'의 업무가 교육과학기술부에 잔류하게 된 것에 대해 어떻게 평가하는가에 대한 설문결과를 배경변수별로 살펴보면, <표 25>에 나타난 바와 같이 근무기관과 연령에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타남
- 근무기관별 비교에서 두드러진 차이를 보여주는 것은 원자력연구기관과 사기업의 경우 '찬성' 또는 '매우 찬성'에 응답한 비율이 '반대' 또는 '매우 반대'에 응답한 비율보다

매우 높게 나타난 반면, 공기업의 경우 '반대' 또는 '매우 반대'에 응답한 비율이 41.66%로 '찬성' 또는 '매우 찬성'에 응답한 비율인 34.26%보다 높게 나타난 점임

- 연령별 차이를 살펴보면, 51세 이상의 경우 '매우 찬성'의 응답한 비율이 다른 연령대보다 매우 높게 나타난 반면, 상대적으로 '찬성'에 응답한 비율이 낮게 나타나고 있음

〈표 26〉 원자력 행정체제의 바람직한 방향

배경 변수	항목	교육과학기술부 중심의 행정력 강화	제3의 독립행정체제	발전 중심의 원자력행정 일원화	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	164 (33.47)	194 (39.59)	132 (26.94)	490 (100.0)	71.97	6	<.0001 ***
	공기업	12 (11.11)	23 (21.30)	73 (67.59)	108 (100.0)			
	사기업	4 (23.53)	4 (23.53)	9 (52.94)	17 (100.0)			
	기 타	16 (23.53)	32 (47.06)	20 (29.41)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	120 (32.61)	138 (37.50)	110 (29.89)	368 (100.0)	44.36	10	<.0001 ***
	원자력 규제	14 (19.18)	44 (60.27)	15 (20.55)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	9 (25.00)	7 (19.44)	20 (55.56)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	29 (24.37)	30 (25.21)	60 (50.42)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	16 (29.63)	19 (35.19)	19 (35.19)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	8 (24.24)	15 (45.45)	10 (30.30)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	6 (35.29)	4 (23.53)	7 (41.18)	17 (100.0)	7.20	6	0.3022
	31-40세	47 (30.32)	66 (42.58)	42 (27.10)	155 (100.0)			
	41-50세	84 (27.36)	106 (34.53)	117 (38.11)	307 (100.0)			
	51세 이상	59 (28.92)	77 (37.75)	68 (33.33)	204 (100.0)			
전체		196 (28.70)	253 (37.04)	234 (34.26)	683 (100.00)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 우리나라 원자력 행정체제의 바람직한 방향을 묻는 설문에 대한 배경변수별 차이를 살펴 보면, <표 26>에 나타난 바와 같이 근무기관과 업무유형에 따른 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있음

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 원자력 연구기관의 경우 '제3의 독립행정체제' 39.59%, '교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화' 33.47%, '발전정책 중심으로 원자력행정의 일원화' 26.94%의 순으로 나타난 반면, 공기업의 경우 '발전중심의 원자력행정의 일원화' 67.59%, '제3의 독립행정체제' 21.30%, '교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화' 11.11%의 순으로 나타남 / 사기업의 경우도 '발전중심의 원자력행정 일원화'를 선호하는 비율이 52.94%로 가장 높게 나타남

- 업무유형에 따른 차이를 살펴보면, 원자력연구개발 분야의 경우 '제3의 독립행정체제' 37.50%, '교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화' 32.61%, '발전정책 중심으로 원자력행정 일원화' 29.89%의 순이나 응답률 사이에는 그렇게 큰 차이를 보이고 있지 않음 / 원자력규제 분야의 경우 '제3의 독립행정체제'에 응답한 비율이 60.27%로 '발전정책 중심으로 원자력행정의 일원화' 20.55%, '교육과학기술부 중심의 원자력 행정력 강화' 19.18%보다 매우 높게 나타남 / 원자력 시설제작 및 원자력 운영지원 분야의 경우 '발전정책 중심으로 원자력행정의 일원화'에 응답한 비율이 각각 55.56%와 50.42%로 과반을 넘는 높은 응답률을 보여줌 / 원자력 정책수립 분야의 경우 '제3의 독립행정체제'에 대한 선호도가 가장 높아 45.45%의 비율을 보여주고 있음

<표 27> 주요선진국과 비교한 우리나라 원자력 관련 중앙정부 조직의 규모

배경 변수	항목	지나치게 작음	대체로 작은 편	보통	대체로 큼	지나치게 큼	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	45 (9.18)	260 (53.06)	152 (31.02)	26 (5.31)	7 (1.43)	490 (100.0)	46.42	12	<.0001 ***
	공기업	7 (6.48)	44 (40.74)	34 (31.48)	16 (14.81)	7 (6.48)	108 (100.0)			
	사기업	0 (0.00)	3 (17.65)	11 (64.71)	2 (11.76)	1 (5.88)	17 (100.0)			
	기 타	8 (11.76)	21 (30.88)	27 (39.71)	7 (10.29)	5 (7.35)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	39 (10.60)	194 (52.72)	113 (30.71)	17 (4.62)	5 (1.36)	368 (100.0)	48.82	20	0.0003 ***
	원자력 규제	4 (6.85)	25 (34.25)	29 (39.73)	9 (12.33)	5 (6.85)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	0 (0.00)	11 (30.56)	18 (50.00)	6 (16.67)	1 (2.78)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	8 (6.78)	51 (42.86)	41 (34.45)	13 (10.92)	6 (5.04)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	5 (9.26)	32 (59.26)	13 (24.07)	1 (1.85)	3 (5.56)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	3 (9.09)	15 (45.45)	10 (30.30)	5 (15.15)	0 (0.00)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	12 (70.59)	3 (17.65)	0 (0.00)	1 (5.88)	17 (100.0)	44.51	12	<.0001 ***
	31-40세	12 (7.74)	71 (45.81)	66 (42.58)	2 (1.29)	4 (2.58)	155 (100.0)			
	41-50세	28 (9.12)	159 (51.79)	96 (31.27)	16 (5.21)	8 (2.61)	307 (100.0)			
	51세 이상	19 (9.31)	86 (42.16)	59 (28.92)	33 (16.18)	7 (3.43)	204 (100.0)			
전체	60 (8.78)	328 (48.02)	224 (32.80)	51 (7.47)	20 (2.93)	683 (100.00)	/			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 개편된 우리나라의 원자력 관련 중앙정부조직과 주요선진국들의 중앙정부조직 사이의 상대적인 규모를 묻는 설문에 대한 배경변수별 차이를 살펴보면, <표 27>에 나타난 바와 같이 근무기관과 업무유형 및 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있음

- 근무기관별 차이를 보면, 원자력연구기관의 경우 '지나치게 규모가 작다'와 '대체로 규모가 작은 편이다'에 응답한 비율이 62.24%인 반면 '대체로 규모가 크다'와 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율이 6.74%로 나타남 / 공기업의 경우 '지나치게 규모가 작다'와 '대체로 규모가 작은 편이다'에 응답한 비율이 47.22%로 나타나 원자력연구기관보다 15% 가까이 낮게 나타났고, '대체로 규모가 크다'와 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율은 21.29%로 나타나 원자력 연구기관보다 약 15% 높게 나타남 / 결과적으로 원자력연구기관과 공기업 모두 원자력 중앙정부조직이 선진국에 비해 작다고 생각하는 사람들이 많다는 점에 있어서는 동일하나, 원자력연구기관에 비해서 공기업 종사자의 경우 우리나라의 중앙정부조직의 규모가 크다고 생각하는 경향이 상대적으로 높다는 것을 보여줌
- 업무유형별 차이를 살펴보면, 대체적으로 '지나치게 규모가 작다'와 '대체로 규모가 작은 편이다'에 응답한 비율이 상대적으로 '대체로 규모가 크다'와 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율보다 매우 높게 나타나고 있음 / 특히 원자력 연구개발, 행정지원업무, 원자력 정책수립 분야의 경우 '지나치게 규모가 작다'와 '대체로 규모가 작은 편이다'에 응답한 비율이 50%가 넘는 반면, 원자력규제와 원자력시설제작 분야의 경우 두 항목에 답한 비율이 40%에 머물고 있음 / 반대로 '대체로 규모가 크다'와 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율은 원자력규제와 원자력시설의 경우 20%에 이르고 있으나 상대적으로 다른 업무유형의 경우 이보다 낮게 나타나 원자력규제와 원자력시설제작 부서의 경우 원자력 관련 중앙정부 조직의 규모가 크다고 생각하는 사람들의 비율이 다른 부서보다 높게 나타나고 있음을 알 수 있음
- 연령별 차이를 살펴보면, 30세 이하의 경우 '지나치게 규모가 작다'와 '대체로 규모가 작은 편이다'에 응답한 비율이 76.47%로 다른 연령대보다 높게 나타난 것이 특징이나 전체 인원수가 17명밖에 되지 않아 큰 의미를 부여하기는 어렵다고 판단됨 / 다만 오랜 경험이 있다고 판단되는 51세 이상에서 '대체로 규모가 크다'와 '지나치게 규모가 크다'에 응답한 비율이 20% 가까이 나타난 점이 특징임

〈표 28〉 이용개발진흥기관으로부터의 규제기관의 안전규제업무의 독립정도

배경 변수	항목	전혀 그렇지않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	16 (3.27)	117 (23.88)	142 (28.98)	201 (41.02)	14 (2.86)	490 (100.0)	43.54	12	<.0001 ***
	공기업	4 (3.70)	24 (22.22)	22 (20.37)	46 (42.59)	12 (11.11)	108 (100.0)			
	사기업	1 (5.88)	2 (11.76)	3 (17.65)	10 (58.82)	1 (5.88)	17 (100.0)			
	기 타	8 (11.76)	21 (30.88)	18 (26.47)	13 (19.12)	8 (11.76)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	10 (2.72)	80 (21.74)	105 (28.53)	154 (41.85)	19 (5.16)	368 (100.0)	44.13	20	0.0014 ***
	원자력 규제	9 (12.33)	27 (36.99)	13 (17.81)	19 (26.03)	5 (6.85)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	2 (5.56)	8 (22.22)	8 (22.22)	18 (50.00)	0 (0.00)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	4 (3.36)	26 (21.85)	27 (22.69)	53 (44.54)	9 (7.56)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	2 (3.70)	12 (22.22)	24 (44.44)	15 (27.78)	1 (1.85)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	2 (6.06)	11 (33.33)	8 (24.24)	11 (33.33)	1 (3.03)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	6 (35.29)	5 (29.41)	5 (29.41)	0 (0.00)	17 (100.0)	18.93	12	0.0902 *
	31-40세	10 (6.45)	38 (24.52)	54 (34.84)	46 (29.68)	7 (4.52)	155 (100.0)			
	41-50세	11 (3.58)	73 (23.78)	79 (25.73)	132 (43.00)	12 (3.91)	307 (100.0)			
	51세 이상	7 (3.43)	47 (23.04)	47 (23.04)	87 (42.65)	16 (7.84)	204 (100.0)			
전체	29 (4.25)	164 (24.01)	185 (27.09)	270 (39.53)	35 (5.12)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력 안전규제와 관련하여 규제기관(교육과학기술부)의 안전규제업무가 산업진흥 등 이용개발진흥기관으로부터 독립되어있다고 생각하는가에 대한 설문에 대한 배경변수별 차이를 살펴보면 <표 28>에 나타난 것과 마찬가지로 근무기관, 업무유형, 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 근무기관에 따른 차이를 살펴보면, 대체적으로 기타를 제외하면 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’에 응답한 비율이 높게 나타나고 있으며, 통계적으로 유의미한 차이는 기타와 다른 근무기관과의 차이에서 비롯된 것으로 사료됨

- 연령대에 따른 차이를 살펴보면, 특히 41-50세와 51세 이상의 경우 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’에 응답한 비율이 각각 46.91%와 50.49%로 나타나 30세 미만과 31-40세의 29.41%와 34.20%에 비하여 상대적으로 매우 높게 나타난 점이 특징임 / 결과적으로 규제기관의 독립성과 관련해서는 연령대가 높아질수록 독립적이라고 보는 경향이 높아짐을 알 수 있음

〈표 29〉 규제기관이 전문성 또는 규제역량을 충분히 갖춘 정도

배경 변수	항목	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	17 (3.47)	120 (924.49)	196 (40.00)	149 (30.41)	8 (1.63)	490 (71.74)	18.21	12	0.1093
	공기업	6 (5.56)	32 (29.63)	32 (29.63)	33 (30.56)	5 (4.63)	108 (15.81)			
	사기업	1 (5.88)	3 (17.65)	4 (23.53)	8 (47.06)	1 (5.88)	17 (2.49)			
	기 타	4 (5.88)	20 (29.41)	27 (39.71)	13 (19.12)	4 (5.88)	68 (9.96)			
업무 유형	원자력 연구개발	11 (2.99)	103 (27.98)	142 (38.59)	104 (28.26)	8 (2.17)	368 (53.88)	39.35	20	0.0060 ***
	원자력 규제	5 (6.85)	20 (27.40)	22 (30.14)	22 (30.14)	4 (5.48)	73 (10.69)			
	원자력 시설제작	2 (5.59)	9 (25.00)	8 (22.22)	17 (47.22)	0 (0.00)	36 (5.27)			
	원자력 운영,지원	8 (6.72)	21 (17.65)	40 (33.61)	45 (37.82)	5 (4.20)	119 (17.42)			
	행정 지원업무	2 (3.70)	11 (20.37)	32 (59.26)	8 (14.81)	1 (1.85)	54 (7.91)			
	원자력 정책수립	0 (0.00)	11 (33.33)	15 (45.45)	7 (21.21)	0 (0.00)	33 (4.83)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	4 (23.53)	9 (52.94)	3 (17.65)	0 (0.00)	17 (2.49)	21.20	12	0.0475 **
	31-40세	5 (3.23)	47 (30.32)	61 (39.35)	39 (25.16)	3 (1.94)	155 (22.69)			
	41-50세	8 (2.61)	69 (22.48)	129 (24.02)	95 (30.94)	6 (1.95)	307 (44.95)			
	51세 이상	14 (6.86)	55 (26.96)	60 (29.41)	66 (32.35)	9 (4.41)	204 (29.87)			
전체	28 (4.10)	175 (25.62)	259 (37.92)	203 (29.72)	18 (2.64)	683 (100.00)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력안전규제와 관련하여 규제기관(교육과학기술부)이 전문성 또는 규제역량을 충분히 갖추었는가에 대한 설문결과를 배경변수에 따라 살펴보면, <표 29>에 나타난 바와 같이 업무유형 및 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 업무유형에 따른 차이를 살펴보면, 원자력연구개발 분야와 원자력규제분야에 종사하는 응답자의 경우 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율과 '그렇지 않다'와 '매우 그렇지 않다'에 응답한 비율이 30% 안팎의 비슷한 비율을 보여주고 있는 반면, 원자력 시설제작 및 원자력 운영지원 부서의 경우 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 40%를 넘게 나타나 상대적으로 긍정적인 평가를 내리고 있음을 알 수 있음 / 행정지원업무 및 원자력정책 부서의 경우 '보통'에 응답한 경우가 매우 높은 비율을 보여주고 있고 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 다른 부서에 비해 낮게 나타나 독립정도와 관련하여 긍정적 평가의 성향이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있음

- 연령대에 따른 차이를 살펴보면, 대체적으로 연령대가 높아질수록 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 높아짐으로써 긍정적인 평가의 성향을 보여주고 있는 반면, '그렇지 않다'와 '매우 그렇지 않다'에 응답한 비율은 특별히 연령대에 따른 일관성 있는 유형(pattern)을 보여주고 있지 않음

〈표 30〉 원자력관련 집단의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성 저해 여부

배경 변수	항목	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	23 (4.69)	228 (46.53)	134 (27.35)	96 (19.59)	9 (1.84)	490 (100.0)	56.51	12	<.0001 ***
	공기업	17 (15.74)	56 (51.85)	21 (19.44)	10 (9.26)	4 (3.70)	108 (100.0)			
	사기업	5 (29.41)	8 (47.06)	2 (11.76)	1 (5.88)	1 (5.88)	17 (100.0)			
	기 타	3 (4.41)	24 (35.29)	22 (32.35)	12 (17.65)	7 (10.29)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	27 (7.34)	176 (47.83)	90 (24.73)	67 (18.21)	7 (1.90)	368 (100.0)	30.83	20	0.0574 *
	원자력 규제	1 (1.37)	31 (42.47)	20 (27.40)	15 (20.55)	6 (8.22)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	2 (5.56)	21 (58.33)	8 (22.22)	3 (8.33)	2 (5.56)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	15 (12.61)	55 (46.22)	32 (26.89)	15 (12.61)	2 (1.68)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	1 (1.85)	21 (38.89)	18 (33.33)	12 (22.22)	2 (3.70)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	2 (6.06)	12 (36.36)	10 (30.30)	7 (21.21)	2 (6.06)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	2 (11.76)	8 (47.06)	5 (29.41)	2 (11.76)	0 (0.00)	17 (100.0)	5.61	12	0.9342
	31-40세	11 (7.10)	69 (44.52)	47 (30.32)	24 (15.48)	4 (2.58)	155 (100.0)			
	41-50세	19 (6.19)	140 (45.60)	82 (26.71)	55 (17.92)	11 (3.58)	307 (100.0)			
	51세 이상	16 (7.84)	99 (48.53)	45 (22.06)	38 (18.63)	6 (2.94)	204 (100.0)			
전체		48 (7.03)	316 (46.27)	179 (26.21)	119 (17.42)	21 (3.07)	683 (100.0)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 국제적 기준에 비추어 보았을 때, 국내 원자력 관련 사업자, 학계, 규제기관 사이에 존재하는 원자력을 매개로 한 일종의 연대감이 원자력규제의 독립성 또는 신뢰성을 저해한다고 생각하는가에 대한 응답결과를 배경변수에 따라 살펴보면, <표 30>에 나타난 것과 같이 근무기관과 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있음

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 대체적으로 '그렇지 않다'와 '매우 그렇지 않다'에 응답한 비율이 상대적으로 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율보다 높게 나타나고 있으나 원자력연구기관과 기타 응답자의 경우 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 20%이상 높게 나타나 공기업 또는 사기업의 10%를 약간 상회하고 있는 것에 비해 차이를 보여주고 있음
- 업무유형별 차이를 살펴보면, '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율만 놓고 볼 때 원자력규제 부서 응답자의 경우 28.77%, 원자력정책수립 부서 27.27%로 높게 나타난 반면, 원자력 시설제작 부서 13.89%, 원자력운영지원 14.29%, 원자력연구개발 20.11% 등의 순으로 낮게 나타남

<표 31> 원자력안전 정보가 이해당사자들에게 투명하게 공개되는가 여부

배경 변수	항목	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	10 (2.04)	76 (15.51)	141 (28.78)	229 (46.73)	34 (6.94)	490 (71.74)	49.95	12	<.0001 ***
	공기업	0 (0.00)	13 (12.04)	19 (17.59)	50 (46.30)	26 (24.07)	108 (15.81)			
	사기업	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (29.41)	6 (35.29)	6 (35.29)	17 (2.49)			
	기 타	0 (0.00)	10 (14.71)	26 (38.24)	25 (36.76)	7 (10.29)	68 (9.96)			
업무 유형	원자력 연구개발	9 (2.45)	65 (17.66)	112 (30.43)	152 (41.30)	30 (8.15)	368 (53.88)	59.95	20	<.0001 ***
	원자력 규제	0 (0.00)	9 (12.33)	21 (28.77)	38 (52.05)	5 (6.85)	73 (10.69)			
	원자력 시설제작	0 (0.00)	6 (16.67)	9 (25.00)	15 (41.67)	6 (16.67)	36 (5.27)			
	원자력 운영,지원	1 (0.84)	4 (3.36)	19 (15.97)	67 (56.30)	28 (23.53)	119 (17.42)			
	행정	0 (0.00)	9 (16.67)	19 (35.19)	25 (46.30)	1 (1.85)	54 (7.91)			
	지원업무	0 (0.00)	6 (16.67)	11 (33.33)	13 (39.39)	3 (9.09)	33 (4.83)			
	원자력 정책수립	0 (0.00)	6 (18.18)	11 (33.33)	13 (39.39)	3 (9.09)	33 (4.83)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	5 (29.41)	6 (35.29)	4 (23.53)	1 (5.88)	17 (2.49)	22.10	12	0.0363 **
	31-40세	1 (0.65)	26 (16.77)	56 (36.13)	53 (36.13)	16 (10.32)	155 (22.69)			
	41-50세	5 (1.63)	44 (14.33)	84 (27.36)	144 (46.91)	30 (9.77)	307 (44.95)			
	51세 이상	3 (1.47)	24 (11.76)	45 (22.06)	106 (51.96)	26 (12.75)	204 (29.87)			
전체	10 (1.46)	99 (14.49)	191 (27.96)	310 (45.39)	73 (10.69)	683 (100.00)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력사고 고장 등 원자력 안전과 관련된 정보가 관련 이해당사자들에게 투명하게 공개되고 있다고 생각하는가에 대한 질문의 응답을 배경변수별로 살펴보면 <표 31>에 나타난 바와 같이 근무기관, 업무유형, 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 대체적으로 긍정적 응답의 비율이 높게 나타난 상황 속에서 원자력연구기관, 사기업, 기타의 경우 '보통'에 응답한 비율이 높게 나타난 반면, 공기업의 경우 상대적으로 '보통'에 응답한 비율이 낮고 대신 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 상대적으로 매우 높게 나타난 점이 특징임
- 업무유형별 차이를 살펴보면, 원자력운영지원, 원자력규제 및 원자력시설제작 업무에 종사하는 응답자들의 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 원자력연구개발이나 원자력 정책수립 업무에 종사하는 응답자들의 비율보다 상대적으로 높게 나타난 점이 특징임
- 연령대별 차이를 살펴보면, 연령대가 높아질수록 '그렇다' 또는 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 점차로 증가함으로써 투명성에 대한 긍정적 평가를 내리고 있다는 것을 알 수 있음

〈표 32〉 원자력안전 관련 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분하게 전달되는가 여부

배경 변수	항목	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다	전체	X^2	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	16 (3.27)	205 (41.84)	163 (33.27)	96 (19.59)	10 (2.04)	490 (100.0)	34.54	12	0.0006 ***
	공기업	2 (1.85)	32 (29.63)	39 (36.11)	26 (24.07)	9 (8.33)	108 (100.0)			
	사기업	0 (0.00)	2 (11.76)	5 (29.41)	10 (58.82)	0 (0.00)	17 (100.0)			
	기 타	4 (5.88)	24 (35.29)	25 (36.76)	13 (19.12)	2 (2.94)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	17 (4.62)	158 (42.93)	116 (31.52)	63 (17.12)	14 (3.80)	368 (100.0)	51.31	20	<.0001 ***
	원자력 규제	2 (2.74)	20 (27.40)	30 (41.10)	20 (27.40)	1 (1.37)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	0 (0.00)	15 (41.67)	11 (30.56)	10 (27.78)	0 (0.00)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	2 (1.69)	29 (23.73)	40 (33.61)	42 (35.29)	6 (5.04)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	1 (1.85)	29 (53.70)	21 (38.89)	3 (5.56)	0 (0.00)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	0 (0.00)	12 (36.36)	14 (42.42)	7 (21.21)	0 (0.00)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	8 (47.06)	6 (35.29)	2 (11.76)	0 (0.00)	17 (100.0)	20.89	12	0.0520 *
	31-40세	5 (3.23)	77 (49.68)	47 (30.32)	21 (13.55)	5 (3.23)	155 (100.0)			
	41-50세	12 (3.91)	106 (34.53)	113 (36.81)	65 (21.17)	11 (3.58)	307 (100.0)			
	51세 이상	4 (1.96)	72 (35.29)	66 (32.35)	57 (27.94)	5 (2.45)	204 (100.0)			
전체		22 (3.22)	262 (38.36)	233 (34.11)	145 (21.23)	21 (3.07)	683 (100.00)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력과 관련된 정보가 국민들에게 체감될 수 있도록 충분하게 전달되고 있다고 생각하는가에 대한 질문의 배경변수에 따른 응답결과를 살펴보면, <표 32>에 나타난 바와 같이 근무기관, 업무유형 및 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 원자력연구기관 종사자의 경우 '매우 그렇지 않다'와 '그렇지 않다'에 응답한 비율이 45.11%로 나타나 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율인 21.63%보다 두 배가 넘고 있음 / 반면 공기업과 사기업 종사자의 경우 상대적으로 긍정적인 응답과 부정적인 응답이 비슷하거나 긍정적인 응답이 높은 것을 보여주고 있음

- 업무유형별 차이를 살펴보면, 원자력연구개발, 원자력시설제작 및 행정지원 업무분야의 경우 '매우 그렇지 않다'와 '그렇지 않다'에 응답한 비율이 50% 안팎으로 나타나 매우 부정적 평가를 내리고 있음을 알 수 있음 / 반면 원자력운영지원 업무분야의 경우 오히려 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 부정적 응답의 비율보다 높게 나타나고 있음 / 원자력규제 업무분야의 경우 긍정적 응답과 부정적 응답이 거의 비슷하게 나타나고 있음

- 연령별 차이를 살펴보면, 대체적으로 부정적 평가가 긍정적 평가보다 높으나 연령대가 높아질수록 긍정적 평가가 높아지는 반면 부정적 평가가 감소하고 있음을 알 수 있음

〈표 33〉 사회적 안전성이 원자력 안전규제의 중요한 목표라 생각하는 정도

배경 변수	항목	매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	6 (1.22)	48 (9.80)	76 (15.51)	309 (63.06)	51 (10.41)	490 (100.0)	27.36	12	0.0068 ***
	공기업	2 (1.85)	11 (10.19)	12 (11.11)	62 (57.41)	21 (19.44)	108 (100.0)			
	사기업	0 (0.00)	1 (5.88)	1 (5.88)	12 (70.59)	3 (17.65)	17 (100.0)			
	기 타	0 (0.00)	6 (8.82)	21 (30.88)	28 (41.18)	13 (19.12)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	1 (1.63)	2 (10.05)	49 (13.32)	229 (62.23)	47 (12.77)	368 (100.0)	27.94	20	0.1107
	원자력 규제	0 (0.00)	6 (8.22)	20 (27.40)	42 (57.53)	5 (6.85)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	0 (0.00)	3 (8.33)	4 (11.11)	23 (63.89)	6 (16.67)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	2 (1.68)	14 (11.76)	15 (12.61)	67 (56.30)	21 (17.65)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	0 (0.00)	3 (5.56)	11 (20.37)	35 (64.81)	5 (9.26)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	0 (0.00)	3 (9.09)	11 (33.33)	15 (45.45)	4 (12.12)	33 (100.0)			
	30세 이하	1 (5.88)	1 (5.88)	3 (17.65)	11 (64.71)	1 (5.88)	17 (100.0)			
31-40세	1 (0.65)	10 (6.45)	33 (21.29)	90 (58.06)	21 (13.55)	155 (100.0)				
41-50세	3 (0.98)	32 (10.42)	49 (15.96)	194 (63.19)	29 (9.45)	307 (100.0)				
51세 이상	3 (1.47)	23 (11.27)	25 (12.25)	116 (56.86)	37 (18.14)	204 (100.0)				
전체		8 (1.17)	66 (9.66)	110 (16.11)	411 (60.18)	88 (12.88)	683 (100.00)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 공학적 안전성뿐만 아니라 인식적 측면에서 '국민의 안전에 대한 안심 또는 만족'을 의미하는 '사회적 안전성'이 원자력 규제안전의 중요한 목표라고 생각하는가에 대한 질문의 배경변수에 따른 응답결과를 살펴보면 <표 33>에 나타난 바와 같이 근무기관 및 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여줌
- 근무기관에 따른 차이를 살펴보면, 전반적으로 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 매우 높게 나타나 사회적 안전성이 원자력 안전규제의 중요한 목표라는데 동의하고 있는 것으로

로 나타남 / 다만 공기업의 경우 원자력연구기관보다 '매우 그렇다'에 응답한 비율이 원자력 연구기관보다 9% 정도 높게 나타나 동의의 정도가 높은 것 정도의 차이만을 보여주고 있음

- 연령대에 따른 차이의 경우도 '그렇다'와 '매우 그렇다'에 응답한 비율의 차이 때문에 통계적으로 유의미한 것으로 나타난 것으로 사료됨

<표 34> 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처

배경 변수	항목	외교통상부	교육과학 기술부	국방부	지식경제부	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	143 (29.18)	287 (58.57)	3 (0.61)	57 (11.67)	490 (100.0)	78.40	9	<.0001 ***
	공기업	20 (19.44)	37 (34.26)	0 (0.00)	50 (46.30)	107 (100.0)			
	사기업	1 (5.88)	11 (64.71)	0 (0.00)	5 (29.41)	17 (100.0)			
	기 타	22 (32.35)	30 (44.12)	1 (1.47)	15 (22.06)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	110 (29.89)	190 (51.63)	3 (0.82)	65 (17.66)	368 (100.0)	34.11	15	0.0033 ***
	원자력 규제	22 (30.14)	42 (57.53)	1 (1.37)	8 (10.96)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	5 (13.89)	18 (50.00)	0 (0.00)	13 (36.11)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	24 (20.17)	64 (53.78)	0 (0.00)	31 (26.05)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	10 (18.52)	38 (70.37)	0 (0.00)	6 (11.11)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	16 (48.48)	13 (39.39)	0 (0.00)	4 (12.12)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	4 (23.53)	12 (70.59)	0 (0.00)	1 (5.88)	17 (100.0)	11.14	9	0.2661
	31-40세	36 (23.23)	95 (61.29)	1 (0.65)	23 (14.84)	155 (100.0)			
	41-50세	85 (27.69)	159 (51.79)	3 (0.98)	60 (19.54)	307 (100.0)			
	51세 이상	62 (30.39)	99 (48.53)	0 (0.00)	43 (21.08)	204 (100.0)			
전체	187 (27.38)	365 (53.44)	4 (0.59)	127 (18.59)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력 외교에서 가장 중심적 역할을 해야 하는 부처를 묻는 질문에 대한 배경변수별 응답결과를 살펴보면, <표 34>에 나타난 것과 같이 근무기관, 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 근무기관에 따른 차이를 살펴보면, 원자력연구기관의 경우 '교육과학기술부'가 58.57%로 매우 높은 비율을 보여준 반면, 공기업의 경우 '지식경제부'가 46.30%로 가장 높게 나타남 / 사기업의 경우 전체 응답인원이 17명에 불과하지만 응답자의 64.71%가 '교육과학기술부'에 선택함

- 업무유형에 따른 차이를 살펴보면, 원자력정책수립 업무분야를 제외하고는 전반적으로 '교육과학기술부'에 응답한 비율이 가장 높게 나타나고 있으며, 원자력시설제작과 원자력 운영지원 업무분야의 경우 '지식경제부'에 응답한 비율이 상대적으로 다른 업무분야 보다 높게 나타난 것이 특징임

〈표 35〉 선진국과 비교한 우리나라 원자력 외교정책의 실태

배경 변수	항목	아주 미흡	미흡	보통	양호	아주 양호	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	74 (15.10)	266 (54.29)	130 (26.53)	20 (4.08)	0 (0.00)	490 (100.0)	19.48	9	0.0213 **
	공기업	27 (25.00)	54 (50.00)	22 (20.37)	5 (4.63)	0 (0.00)	108 (100.0)			
	사기업	0 (0.00)	8 (47.06)	9 (52.94)	0 (0.00)	0 (0.00)	17 (100.0)			
	기 타	13 (19.12)	28 (41.18)	22 (32.35)	5 (7.35)	0 (0.00)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	69 (18.75)	206 (55.98)	81 (22.01)	12 (3.26)	0 (0.00)	368 (100.0)	39.71	15	0.0005 ***
	원자력 규제	9 (12.33)	26 (35.62)	28 (38.36)	10 (13.70)	0 (0.00)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	7 (19.44)	15 (41.67)	14 (38.89)	0 (0.00)	0 (0.00)	36 (100.0)			
	원자력 운영, 지원	16 (16.45)	68 (57.14)	30 (25.21)	5 (4.20)	0 (0.00)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	6 (11.11)	25 (46.30)	21 (38.89)	2 (3.70)	0 (0.00)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	7 (21.21)	16 (48.48)	9 (27.27)	1 (3.03)	0 (0.00)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	1 (5.88)	10 (58.82)	5 (29.41)	1 (5.88)	0 (0.00)	17 (100.0)	10.99	9	0.2761
	31-40세	21 (13.55)	74 (47.74)	50 (32.26)	10 (6.45)	0 (0.00)	155 (100.0)			
	41-50세	52 (16.94)	165 (53.75)	75 (24.43)	15 (4.89)	0 (0.00)	307 (100.0)			
	51세 이상	40 (19.61)	107 (52.45)	53 (25.98)	4 (1.96)	0 (0.00)	204 (100.0)			
전체	114 (16.69)	356 (52.12)	183 (26.79)	30 (4.39)	0 (0.00)	683 (100.00)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 선진국에 비해 우리나라 원자력 외교정책을 어떻게 보는가에 대한 질문에 대해 배경변수에 따른 응답결과를 살펴보면, <표 35>에 나타난 것과 같이 근무기관과 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음

- 근무기관에 따른 차이를 살펴보면, 전반적으로 '아주 미흡' 내지 '미흡'에 응답한 비율이 높게 나타나 우리나라 원자력 외교정책에 대해 상대적으로 낮은 평가를 내리고 있다는 데 근무기관별 큰 차이는 없다고 판단됨 / 다만 부정적 평가의 각 항목에 대한 응답비율(또는 부정적 평가와 '보통'사이의 응답비율)에 있어 근무기관별 차이로 인해 통계적으로 유의미한 확률값을 보여준 것으로 사료됨

- 업무유형별로 보더라도 모든 업무부서가 부정적 평가를 내리고 있다는데 큰 차이는 없으나 부정적 평가의 각 항목에 대한 응답비율(또는 부정적 평가와 '보통'사이의 응답비율)에 있어 업무유형별 차이로 인해 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있음 / 다만 원자력규제 업무분야의 경우 '양호'에 응답한 비율이 13.70%로 다른 업무분야보다 높게 나타난 점이 특징임

〈표 36〉 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야

배경 변수	항목	원자력산업	의료기술	원자력 핵심 기술 개발	원자로 건설	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	98 (20.00)	7 (1.43)	333 (67.96)	52 (10.61)	490 (100.0)	34.62	9	<.0001 ***
	공기업	37 (34.26)	0 (0.00)	49 (45.37)	22 (20.37)	108 (100.0)			
	사기업	9 (52.94)	0 (0.00)	7 (41.18)	1 (5.88)	17 (100.0)			
	기 타	12 (17.65)	2 (2.94)	46 (67.65)	8 (11.76)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	69 (18.75)	5 (1.36)	253 (68.75)	41 (11.14)	368 (100.0)	31.84	15	0.0068 ***
	원자력 규제	25 (34.25)	0 (0.00)	37 (50.68)	11 (15.07)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	13 (36.11)	1 (2.78)	14 (38.89)	8 (22.22)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	31 (26.05)	3 (2.52)	67 (56.30)	18 (15.13)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	10 (18.52)	0 (0.00)	40 (74.07)	4 (7.41)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	8 (24.24)	0 (0.00)	24 (72.73)	1 (3.03)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	4 (23.53)	1 (5.88)	12 (70.59)	0 (0.00)	17 (100.0)	20.35	9	0.0159 **
	31-40세	30 (19.35)	5 (3.23)	106 (68.39)	14 (9.03)	155 (100.0)			
	41-50세	64 (20.85)	3 (0.98)	200 (65.15)	40 (13.03)	307 (100.0)			
	51세 이상	58 (28.43)	0 (0.00)	117 (57.35)	29 (14.22)	204 (100.0)			
전체	156 (22.84)	9 (1.32)	435 (63.69)	83 (12.15)	683 (100.00)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력 외교에서 가장 비중을 두어야 할 분야는 어디라고 보는가에 대한 설문에 대하여 배경변수별 응답결과를 살펴보면, <표 36>에 나타난 것과 같이 근무기관, 업무유형 및 연령대에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여줌

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 원자력연구기관의 경우 '원자력핵심기술개발' 67.96%, '원자력산업' 20.00%, '원자로 건설' 10.61% 등의 순으로 나타나 원자력 핵심기술개발을 위한 원자력 외교의 중요성에 무게를 실고 있는 반면, 공기업의 경우 '원자력핵심기술개발'

45.37%, '원자력산업' 34.26%, '원자로건설' 20.37%로 나타나 상대적으로 원자력핵심기술 개발을 꼽는 비율이 낮아짐 / 사기업의 경우는 순서가 바뀌어 '원자력산업' 52.94%로 가장 높게 나타났고, 그 뒤를 이어 '원자력핵심기술개발' 41.18%인 것으로 나타남

- 업무유형에 따른 차이를 살펴보면, 원자력 연구개발 업무분야의 경우 '원자력핵심기술개발'에 응답한 비율이 68.75%로 압도적으로 높게 나타난 반면, 원자력시설제작 업무부서 응답자의 경우 '원자력핵심기술개발' 38.89%, '원자력산업' 36.11%로 엇비슷하게 나타남 / 원자력규제 업무분야의 경우 '원자력핵심기술개발'이 50.68%로 가장 높게 나타났으나 '원자력산업'에 응답한 비율이 34.25%로 다른 업무부서들에 비해 상대적으로 높게 나타난 것이 특징임
- 연령대에 따른 차이를 살펴보면, '원자력핵심기술개발'이 가장 높게 타난 점은 연령대에 따른 차이를 보이고 있지 않지만, 연령이 많아질수록 '원자로건설'에 응답한 비율이 점차 높아지고 있다는 것이 특징임

〈표 37〉 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모

배경 변수	항목	매우 부족	부족	보통	충분	매우 충분	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	122 (24.90)	319 (65.10)	37 (7.55)	9 (1.84)	3 (0.61)	490 (100.0)	100.53	12	<.0001 ***
	공기업	6 (5.56)	52 (48.15)	31 (28.70)	14 (12.96)	5 (4.63)	108 (100.0)			
	사기업	1 (5.88)	12 (70.59)	2 (11.76)	1 (5.88)	1 (5.88)	17 (100.0)			
	기 타	12 (17.65)	35 (51.47)	15 (22.06)	4 (5.88)	2 (2.94)	68 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	98 (26.63)	231 (62.77)	30 (8.15)	4 (1.09)	5 (1.36)	368 (100.0)	72.55	20	<.0001 ***
	원자력 규제	3 (4.11)	48 (65.75)	14 (19.18)	6 (8.22)	2 (2.74)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	3 (8.33)	22 (61.11)	6 (16.67)	4 (11.11)	1 (2.78)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	17 (14.29)	65 (54.62)	24 (20.17)	10 (8.40)	3 (2.52)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	11 (20.37)	38 (70.37)	5 (9.26)	0 (0.00)	0 (0.00)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	9 (27.27)	14 (42.42)	6 (18.18)	4 (12.12)	0 (0.00)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	3 (17.65)	10 (58.82)	4 (23.53)	0 (0.00)	0 (0.00)	17 (100.0)	14.13	12	0.2922
	31-40세	28 (18.06)	99 (63.87)	22 (14.19)	5 (3.23)	1 (0.65)	155 (100.0)			
	41-50세	65 (21.17)	186 (60.59)	42 (13.68)	9 (2.93)	5 (1.63)	307 (100.0)			
	51세 이상	45 (22.06)	123 (60.29)	17 (8.33)	14 (6.86)	5 (2.45)	204 (100.0)			
전체	141 (20.64)	418 (61.20)	85 (12.45)	28 (4.10)	11 (1.61)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 투자규모에 대한 생각을 묻는 질문에 대해 배경 변수별 차이를 살펴보면, <표 37>에 나타난 것과 같이 근무기관 및 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여주고 있음
- 근무기관별 차이를 살펴보면, 원자력연구기관의 경우 '매우 부족' 또는 '부족'에 응답한 비율이 90.00%인 반면, 공기업의 경우 53.71%, 사기업의 경우 76.47%로 나타남 / '충분' 또는 '매우 충분'에 응답한 비율의 경우 원자력연구기관 2.45%, 공기업 17.59%, 사기업 11.76% 등으로 나타나 교육과학기술부의 투자규모에 대하여 원자력연구기관이 가장 부정적 평가를 내리고 있으며, 공기업과 사기업의 경우 상대적으로 부정적 평가의 정도가 낮다는 것을 보여주고 있음

- 업무유형별 차이를 살펴보면, 대체적으로 부정적 평가를 내리고 있다는데서 업무유형별 차이가 크게 존재한다고 보기 어려우나 부정적 평가를 구성하는 '매우 부족' 또는 '부족'에 응답한 비율에 있어 차이를 보임으로써 통계적으로 유의미한 차이로 나타난 것으로 사료됨 / 예를 들어 원자력정책수립, 원자력연구개발, 원자력운영지원, 행정지원업무 분야에 종사하는 응답자들의 경우 원자력규제나 원자력시설제작 부서에 근무하는 종사자들보다 '매우 부족'에 응답한 비율이 상대적으로 높게 나타남

〈표 38〉 지식경제부의 원자력발전 관련 기술개발사업의 투자규모

배경 변수	항목	매우 부족	부족	적절	충분	매우 충분	전체	X ²	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	72 (14.69)	312 (63.67)	80 (16.33)	19 (3.88)	7 (1.43)	490 (100.0)	24.88	12	0.0154 *
	공기업	7 (6.48)	62 (57.41)	26 (24.07)	10 (9.26)	3 (2.78)	108 (100.0)			
	사기업	1 (5.88)	13 (76.47)	1 (5.88)	2 (11.76)	0 (0.00)	17 (100.0)			
	기 타	12 (17.65)	34 (50.00)	18 (26.47)	4 (5.88)	0 (0.00)	66 (100.0)			
업무 유형	원자력 연구개발	61 (16.58)	238 (64.67)	48 (13.04)	16 (4.35)	5 (1.36)	368 (100.0)	38.92	20	0.0068 ***
	원자력 규제	5 (9.59)	35 (47.95)	27 (36.99)	3 (4.11)	1 (1.37)	73 (100.0)			
	원자력 시설제작	5 (13.89)	24 (66.67)	4 (11.11)	3 (8.33)	0 (0.00)	36 (100.0)			
	원자력 운영,지원	9 (7.56)	71 (59.66)	29 (24.37)	7 (5.88)	3 (2.52)	119 (100.0)			
	행정 지원업무	8 (14.81)	32 (59.26)	10 (18.52)	4 (7.41)	0 (0.00)	54 (100.0)			
	원자력 정책수립	2 (6.06)	21 (63.64)	7 (21.21)	2 (6.06)	1 (3.03)	33 (100.0)			
연령	30세 이하	2 (11.76)	12 (70.59)	3 (17.65)	0 (0.00)	0 (0.00)	17 (100.0)	8.81	12	0.7190
	31-40세	19 (12.26)	65 (61.29)	35 (22.58)	4 (2.58)	2 (1.29)	155 (100.0)			
	41-50세	40 (13.03)	193 (62.87)	54 (17.59)	16 (5.21)	4 (1.30)	207 (100.0)			
	51세 이상	31 (15.20)	121 (59.31)	33 (16.18)	15 (7.35)	4 (1.96)	204 (100.0)			
전체	92 (13.47)	421 (61.64)	125 (18.30)	35 (5.12)	10 (1.46)	683 (100.0)				

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 지식경제부의 원자력발전과 관련된 기술개발사업의 투자규모에 대한 생각을 묻는 질문에 대한 배경변수별 차이를 살펴보면, <표 38>에 나타난 것과 같이 근무기관과 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보여줌

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 전 근무기관에 걸쳐 지식경제부의 투자규모가 '매우 부족' 또는 '부족'하다는데 응답한 비율이 매우 높게 나타나 부정적인 평가를 내리고 있다는 점에서 큰 차이가 존재하지는 않음 / 다만 부정적 응답을 구성하는 항목들 또는 '보통'에 응답한 비율에 있어 근무기관 간 차이가 통계적으로 유의미한 차이로 나타난 것으로 사료됨

- 업무유형의 경우 대체적으로 부정적 평가를 내리고 있다는데서 업무유형별 차이가 크게 존재한다고 보기 어려우나 부정적 평가를 구성하는 '매우 부족' 또는 '부족'에 응답한 비율에 있어 차이를 보임으로써 통계적으로 유의미한 차이로 나타난 것으로 사료됨

〈표 39〉 교육과학기술부의 원자력연구개발사업 투자규모

배경 변수	항목	정부출연금의 비중 확대	정부 50% 원자력 50%	원자력연구개발 기금 비중 확대	전체	X^2	자유도	p
근무 기관	원자력 연구기관	209 (42.65)	146 (29.80)	135 (27.55)	490 (71.74)	12.90	6	0.0446 **
	공기업	53 (49.07)	35 (32.41)	20 (18.52)	108 (15.81)			
	사기업	8 (47.06)	7 (41.18)	2 (11.76)	17 (2.49)			
	기 타	24 (38.24)	31 (45.59)	11 (16.18)	66 (9.96)			
업무 유형	원자력 연구개발	160 (43.48)	113 (30.71)	95 (25.82)	368 (53.88)	22.29	10	0.0137 **
	원자력 규제	24 (32.88)	36 (49.32)	13 (17.81)	73 (10.69)			
	원자력 시설제작	16 (44.44)	14 (38.89)	6 (16.67)	36 (5.27)			
	원자력 운영,지원	59 (49.58)	37 (31.09)	23 (19.33)	119 (17.42)			
	행정 지원업무	22 (40.74)	11 (20.37)	21 (38.89)	54 (7.91)			
	원자력 정책수립	15 (45.45)	8 (24.24)	10 (30.30)	33 (4.83)			
연령	30세 이하	4 (23.53)	5 (29.41)	8 (47.06)	17 (2.49)	7.94	6	0.2422
	31-40세	61 (39.35)	50 (32.26)	44 (28.39)	155 (22.69)			
	41-50세	138 (44.95)	97 (31.60)	72 (23.45)	307 (44.95)			
	51세 이상	93 (45.59)	67 (32.84)	44 (21.57)	204 (29.87)			
전체		296 (43.34)	219 (32.06)	168 (24.60)	683 (100.00)			

*p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

- 원자력 관련 기초 및 원천기술 개발을 위한 연구개발비의 확보방법과 관련하여 가장 합리적인 방안이 무엇인가를 묻는 설문결과를 배경변수별로 살펴보면, <표 39>에 나타난 것과 같이 근무기관 및 업무유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타남

- 근무기관별 차이를 살펴보면, 원자력연구기관, 공기업, 사기업 모두 '정부출연금비중의 확대'를 가장 합리적인 방향으로 꼽는 비율이 가장 높게 나타났으나 다른 대안들, 즉 '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%', '원자력연구개발기금 비중의 확대'를 선호하는 비율에 있어서는 큰 차이를 보여줌 / '정부출연금비중의 확대'를 제외하면, 원자력연구기관의 경우 '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%' 및 '원자력연구개발기금 비중의 확대'에 대하여 비슷한 선호를 보인 반면, 공기업과 사기업의 경우 '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%'의 대안을 '원자력연구개발기금 비중의 확대'보다 선호하고 있는 것으로 통계결과는 보여줌
- 업무유형별 차이를 살펴보면 원자력규제 업무분야의 응답자 이외에는 '정부출연금의 비중확대'를 선택한 비율이 가장 높게 나타남 / 원자력규제 업무분야의 종사자의 경우 '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%'를 선호하는 비율이 49.32%로 '정부출연금의 비중확대'의 32.88% 보다 높게 나타난 것이 큰 특징임 / 행정지원업무 부서의 응답자의 38.89%가 '원자력연구개발기금 비중의 확대'에 응답해 '정부출연금의 비중확대' 응답률 40.74%와 비슷한 수준을 보여주고 있는 것도 특징으로 나타남 / '정부출연금의 비중확대'를 제외하면 행정지원업무와 원자력정책수립 업무부서의 경우 '원자력연구개발기금 비중의 확대'를 '정부출연금 50%, 원자력연구개발기금 50%'의 대안보다 선호하고 있다는 점에서 다른 업무부서와는 차이를 보이고 있음

제2절 원자력정책결정과 집행체제 분석의 의의

- 그린피스의 공동 창시자 중 한 사람인 환경학자 패트릭 무어 박사(Patrick Moore)는 다음과 같이 증언함. “원자력은 화석연료를 대신해 전 세계 에너지 수요를 만족시킬 수 있고, 지구온난화 가스를 배출하지 않는 유일한 에너지임. 원자력과 석탄, 석유, 천연가스를 비교한다면, 원자력 에너지는 이산화탄소 외에도 다른 대기오염물질을 전혀 배출하지 않는다는 점에서 최선의 선택임(나카무라 마사오, 2007).”
- 국제적으로 원자력에 대한 논의가 다시 활발해지고 있음. 원자력을 주도하는 강대국의 최고 결정권자를 중심으로 국가경쟁력 강화를 위해 원자력 정책의 중요성에 대한 관심이 고조되고 있음.
- 최근 국무총리의 언급에서 살펴볼 수 있는 것처럼 우리나라도 원자력 정책에 대한 의지가 확고하다. 유엔기후변화고위급회의 참석차 방문한 뉴욕 기자간담회에서 “세계 각국이 원자력을 가장 실행 가능한 대안으로 보고 있다”며 “원자력이 안전하고 깨끗하다는 것을 국민에게 알려나갈 것”이라고 한 것에 비추어 봐도 정부의 원자력에 대한 강한 입장을 알 수 있음(한겨레, 2007). 현 정부에서도 많은 관심의 대상이 되어야 할 것임.
- 선진국들과 비교해볼 때, 우리나라의 경우는 원자력이 국가경쟁력에 미치는 영향은 훨씬 더 크다고 할 수 있음. 1945년 해방 이래 어려운 조건에도 불구하고 급속한 경제발전을 이룩할 수 있었던 가장 큰 동인은 바로 주 에너지원으로 원자력을 채택한데서 찾을 수 있음.
- 그러나 그 동안 원자력이 국내 경제에 미친 긍정적 영향에도 불구하고 내부적으로는 원자력의 안전성 문제, 핵폐기물 처리 문제 등으로 인해 국민적 지지를 받지 못하고 있는 것이 현실임.
- 외부적으로는 북한 핵문제로 인해 우리나라는 원자력 산업이나 발전에 있어 미국을 비롯한 강대국들로 부터 많은 제약을 받고 있음.
- 우리나라는 현재 전력에너지의 약 40%를 원자력 발전소에 의존하고 있음. 이렇게 높은 의존도에 비추어 볼 때 원자력 정책의 미래에 대해 심도 있는 논의가 필요한 시점에 와 있음.
- 대표적으로 고려해야 할 원자력 관련 정책과제로는 원자력 산업의 육성 및 진흥, 원자력 관련 연구개발, 원자력 관련 유기적 조직체계의 확립, 국제 거버넌스 시스템 구축, 원자

력의 안전성과 경제성에 대한 적극적 홍보 등을 들 수 있음.

- 우리나라는 원자력의 중요성에 대한 대통령의 관심이 다른 국가에 비해 상대적으로 낮은 편이며, 이에 따라 원자력 추진조직체계의 위상도 낮은 편에 속함.
- 최근에 미국을 비롯한 선진국에서 경제발전을 위한 원자력의 중요성에 관심을 갖기 시작했고 미국 행정부에서는 에너지의 안정적 확보를 위해 원자력 발전소 건설의 당위성에 대한 대국민 홍보를 강화하고 있음.
- 이러한 현상은 선진국에만 국한된 것이 아니며 중국과 같은 신흥공업국에서도 원자력 발전소 건설에 박차를 가하고 있음. 이러한 시점에서 우리나라의 원자력 정책을 점검해 보는 것은 큰 의의를 갖는다고 할 수 있음.
- 이에 비추어 본 연구의 목적은 원자력과 관련된 우리나라의 주요 정책결정 및 집행체제를 살펴보고 나아가야 할 방향을 모색하는 것임. 원자력과 관련된 주요 정책은 크게 4가지로 - 이용개발, 원자력 외교 및 국제협력, 안전관리 및 방재, 원자력통제 - 나누어서 접근함. 추가로 홍보 관련 정책에 대한 검토도 이루어짐. 개선방안을 제시하기 전에 우리나라의 원자력 원자력의 발전, 행정체제, 정책구조 등에 대해서 살펴보기로 함.

제3절 각국의 원자력에 대한 관심과 우리나라 원자력의 발전

1. 세계의 원자력에 대한 관심

- 해외의 원자력 산업환경을 살펴보면 개도국을 중심으로 원자력 발전이 확대되고 있는 추세임.
- 또한 선진국에서도 최근에 기존의 원전 축소 정책을 재검토함으로써 정책의 전환을 모색함.
- 전 세계적으로 31개국 449기의 원전이 운영되고 있으며 총 발전량의 16%를 차지함. IAEA(International Atomic Energy Agency)에 따르면 원자력이 화석연료의 대안으로 떠오르고 있으며 전 세계 발전량 중 원자력이 차지하는 비중은 2030년에 27%까지 증가할 것이라고 함.
- 개발도상국과 선진국의 장래 계획에 대해서 살펴보면 다음과 같음('06원자력백서). 개발도상국으로는 중국, 인도, 우크라이나, 러시아를, 선진국으로는 일본, 미국, 핀란드, 프랑스, 이탈리아, 독일을 간략하게 살펴봄.
 - 중국은 2020년까지 원자력을 통해 4000만 kw를 생산할 계획을 갖고 있다. 인도는 현재 8기의 신규 원전을 건설 중에 있으며 2050년까지 발전량을 25%로 확대하려고 함.
 - 우크라이나는 11기의 신규원전 건설 계획을 추진하고 있음.
 - 러시아는 신규원전 2기 건설 계획을 갖고 있음.
 - 일본은 4기의 신규원전이 건설 중에 있고 7기의 추가 건설 계획임.
 - 미국은 2005년 에너지정책법 제정으로 신규원전 건설이 가속화됨.
 - 핀란드도 신규원전 건설을 착수했음.
 - 프랑스는 유럽형 가압경수로(European Pressurized Water Reactor, EPR) 건설계획을 확정함.
 - 마지막으로 이탈리아, 독일 등도 원자력발전의 재추진을 적극적으로 검토 중임.
 - 해외의 원자력 산업환경을 종합해 보면 개발도상국과 선진국 모두에서 원자력에 대한

높은 관심을 갖고 장래에도 지속적인 확대의 의지를 표명함.

2. 우리나라 원자력의 발전

- 국내 원자력 산업환경을 살펴보면 원자력은 전체 발전량의 약 40%를 차지하고 있으며 첫 가동 후 30년 만에 세계적인 기술 수준에 다다른 것으로 평가됨.
- 원자력발전백서(2006)에 따르면 원자력기술의 발전을 5단계로 나누어 설명함(<표 8-20> 참조): 도입기(50년대 중반-70년대 초반), 외국기술 의존기(70년대 초반-80년대 초반), 기술축적기(80년대 초반-80년대 후반), 기술자립기(80년대 후반-90년대 후반), 기술수출기(90년대 후반-현재).

<표 8-20> 원자력기술의 발전단계

단계	시기	주요 활동
도입기	50년대 중반-70년대 초반	- 55년 미국과 원자력협력협정 체결 - 59년 원자력 연구소 발족 - 62년 최초의 연구용 원자로 TRIGA Mark-II 가동 - 71년 고리 원자력1호기 착공
외국기술 의존기	70년대 초반-80년대 초반	- 78년 고리 원자력1호기 가동 - 외국계약자 일괄도급계약 - 83년 고리2호기, 월성1호기 준공
기술축적기	80년대 초반-80년대 후반	- 외국계약자 분할발주, 국내업체 하도급참여 - 고리 3-4호기, 영광1-2호기, 울진1-2호기 준공
기술자립기	80년대 후반-90년대 후반	- 한전 사업주도, 국내업체 하도급 참여 - 영광3-4호기, 월성2-3-4호기, 울진3-4호기(최초의 한국표준형 원전) 준공
기술수출기	90년대 후반-현재	- 한국표준형 원전의 해외수출 (칠레, 우크라이나 등과 협정체결) - 신형경수로(APR1400), 일체형 원자로(SMART) 개발 - 국제협력 추진기반 구축

* 자료: 원자력발전 백서(2006)로부터 변형

제4절 우리나라 원자력 정책 현황

- 원자력 진흥 종합계획(교육과학기술부, 2007)에 따르면 우리나라는 '미래 한국의 추진 원동력으로서의 원자력'이라는 비전 아래 에너지 안보, 환경보전, 국민 삶의 질 향상 및 과학기술 발전에 기여를 그 내용으로 담고 있음.
- 정책목표로는 다음의 6가지를 제시하고 있다.
 - 첫째, 지속가능한 발전을 위해 안정적으로 에너지를 공급함.
 - 둘째, 안전성 제고를 통해서 국민과 함께 하는 원자력으로서의 위상을 강화함.
 - 셋째, 원자력의 국제경쟁력 확보를 통해서 수출산업화를 추진함.
 - 넷째, 방사선 이용 확대를 통해서 국민 보건의 증진과 삶의 질을 향상시킴.
 - 다섯째, 원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반을 조성함.
 - 마지막으로 국가 원자력 위상강화를 위해서 원자력 외교 및 국제협력을 추진함.
- 이들의 각 정책목표에 비추어 아래와 같이 5가지의 세부 정책(이용개발, 원자력 외교 및 국제협력, 안전관리 및 방재, 원자력통제, 홍보정책)으로 나누어 현황을 살펴보기로 함.

1. 이용개발

가. 원자력진흥종합계획 수립

- 정부는 1997년부터 매 5년마다 원자력진흥종합계획을 수립하고 있으며, 1997년 제3차 계획이 수립된 이후 2007년 1월 원자력 심의 의결을 거쳐 제3차 계획이 시행되고 있음.
- 제3차 원자력진흥종합계획에서는 다음과 같은 원자력정책 추진여건 변화를 고려하였음 (원자력 백서, 2007). \

- 원자력은 고유가에 대비하고 지속가능한 발전을 뒷받침할 기술주도형 에너지공급체계 구축에 중추적 역할을 해야 함.
 - 원자력의 국가경제 기여도 증진을 위하여 수출역량을 제고하는 것이 요구됨.
 - 원자력이 국가 성장동력으로 기여할 수 있도록 고부가가치 신산업창출이 요구됨.
 - 국민안전이 최우선이라는 원칙하에 원자력시설 및 방사선의 안전관리와 안전운전 역량을 지속적으로 강화하여야 함.
 - 종합적 인력양성 등 원자력 인프라 강화가 요구됨.
 - 국가 원자력 위상 제고를 위한 국제협력 활동과 미래 핵심기술 개발을 위한 국제공동프로젝트에 적극 참여하는 것이 요구됨.
- 미래 한국의 추진 원동력으로서의 원자력이라는 비전을 제시함. 이는 에너지 안보, 환경보전, 국민 삶의 질 향상 및 과학기술 발전에 기여할 것이 기대됨.
- 비전을 실천하기 위한 세부 정책목표는 다음과 같음.
- 지속가능한 발전을 위한 안정적인 원자력 에너지 공급
 - 안전성 제고를 통한 국민과 함께 하는 원자력 위상 강화
 - 원자력의 국제경쟁력 확보를 통한 수출산업화 추진
 - 방사선 이용 확대를 통한 국민 보건 증진과 삶의 질 향상
 - 원자력 이용개발의 효율적 추진을 위한 기반 조정
 - 원자력 위상강화를 위한 원자력외교 및 국제협력 추진
- 주요 추진 내용
- 한국형 표준원전을 중심으로 원전 이용을 확대하며, 소듐냉각고속로 등 핵비확산성 원자로와 사용 후 핵연료의 효과적 관리를 위한 파이로프로세싱(Pyroprocessing) 핵심 기술 개발을 추진하도록 함. 그리고 방사성폐기물 책임관리체계를 구축하도록 함.
 - 안전성 제고를 위하여 장기 가동원전의 안전성 확인 강화 등 사전 예방적 안전관리를 확보하고, 핵활동에 대한 효과적 탐지능력과 방재대책을 강화해 나가도록 함.

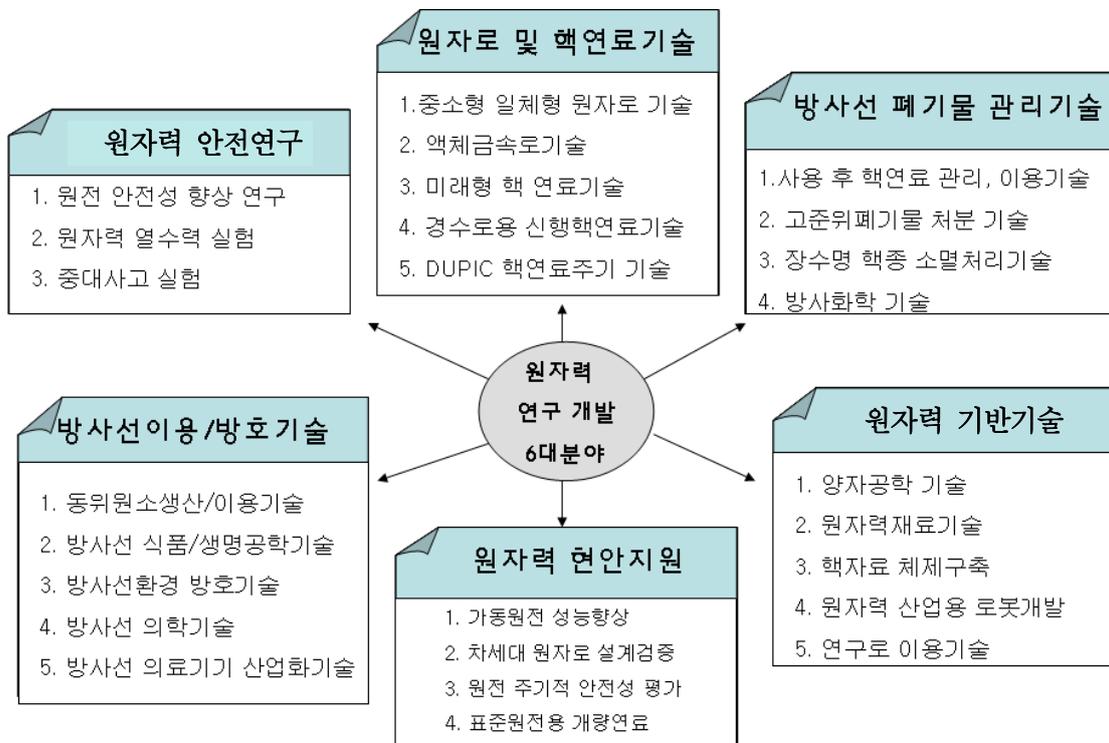
- 원자력의 수출산업화를 위하여 신규제품을 개발하여 국내 고유 브랜드의 원자력 수출 상품군을 구축해 나가도록 하였음.
- 방사선기술의 이용확대를 위하여 대형 연구시설과 장비를 권역별로 특성화하여 지원하는 연구 프로그램 개발을 추진함.
- 원자력추진 기반 조정을 위하여 원자력 전문 인력의 체계적인 육성방안을 마련함.
- 원자력 국제협력 확대를 위하여 국제협력 채널을 다양화하여 원자력 외교활동을 강화함.

나. 연구개발

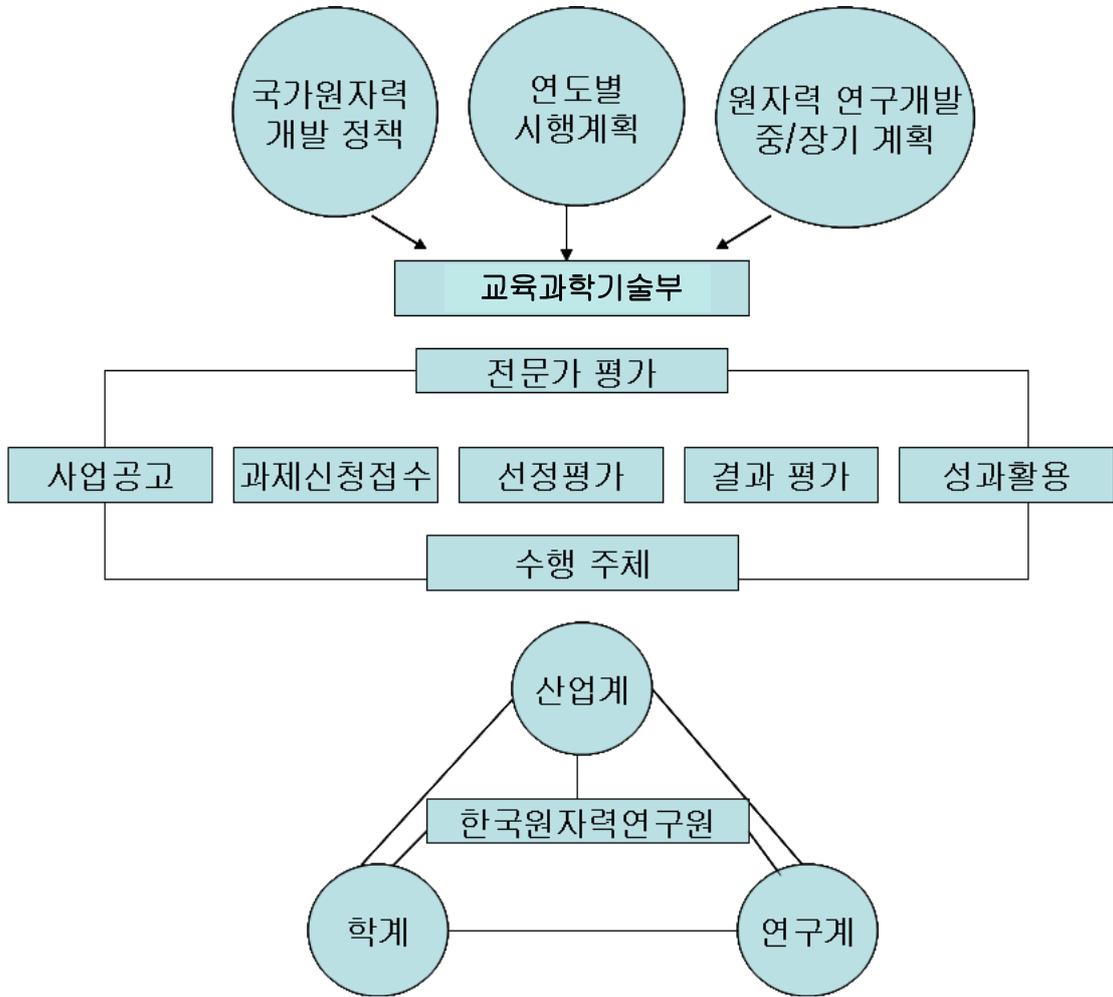
- 21세기 원자력 기술 선진국 진입 및 기술 수출국으로 부상하면서 장래에 원자력 기술을 주도해 가기 위해서는 연구개발에 더 많은 관심이 필요함.
- 이는 원자력의 평화적 이용 및 원자력 기술 고도화를 통한 에너지 자립기반 구축과 원자력 연구 활성화를 통한 창의적 과학기술 발전의 선도 및 국민 삶의 질 향상에 기여할 것임.
- 우리나라의 원자력연구개발의 추진근거는 원자력법 제9조의 2(원자력 연구개발사업의 추진)에 기초함. 이 법에 근거하여 원자력 진흥종합계획의 부문별 시행계획에 따라 원자력 연구개발 사업을 수립하고 추진함.
- 추진경위를 간략히 살펴보면 '92년 6월 “원자력 연구개발 중·장기계획(1992-2001)”을 수립하여 1단계 원자력 연구개발 사업을 착수함. 연구재원으로는 정부출연금, 한전출연금 및 방사성폐기물관리기금을 활용했음.
- '96년 12월말 원자력사업 추진체제 조정에 따라 원자력연구원이 수행하던 원자로 계통 및 핵연료 설계사업과 방사선 폐기물관리 사업을 관련 산업체로 이관했음. 이때 원자력 연구개발 재원의 안정적 확보를 위해 발전용원자로 운영자의 부담금으로 “원자력연구개발기금”을 신설했음.
- '97년 6월 국내외 여건변화 및 연구성과를 반영하여 1단계 계획을 2단계의 원자력 연구개발 중·장기계획(1997-2006)으로 확대·보완하였음. 정부출연금과 원자력연구개발기금을 연구재원으로 활용했음.

- 원자력연구개발 사업의 주요 내용은 6대 분야로 나눌 수 있음: 원자로 및 핵연료기술, 원자력안전연구, 방사선편폐기물 관리기술, 방사선이용/방호기술, 원자력 기반기술, 원자력 현안지원(<그림 8-1> 참조).
- 방사선 융합기술은 방사선기술을 기반으로 IT, BT, NT, ET, ST, 국방기술 등이 융합된 첨단 복합기술로서 방사선원 및 에너지 수준별 특성을 활용하여 고부가가치의 성과창출이 기대되는 기술분야임.
- 다목적 연구용 원자로인 “하나로”는 원자력 연구개발 등의 다양한 분야에서 활발하게 이용되고 2006년에는 핵연료 노내 조사시험설비 및 냉중성자 연구시설의 설치 공사를 추진하여 창조적 과학기술 기반연구시설로 이용을 확대하고 있음.
- 연구개발 수행체제는 교육과학기술부가 중심이 되어 원자력 관련 주요 정책과 시행계획을 수립한 다음 전문가평가를 거쳐서 사업주체가 결정됨. 사업의 주체는 산업계, 학계, 연구계 모두에게 열려 있으며, 한국원자력연구원이 많은 부분을 수행하고 있음(<그림 8-2> 참조).

<그림 8-1> 원자력 연구개발 사업 6대 분야



<그림 8-2> 원자력연구개발 중·장기 계획의 수행체제



- 마지막으로 원자력 이용개발정책과 관련해서 원자력 인력의 고령화에 대비하고 원자력 이용확대를 위한 전문 인력의 안정적 수급을 위해 정부는 체계적 인력양성을 추진하고 있음.

<표 8-21> 연도별 분야 연구비 지원현황

(단위: 백만원)

분야명	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	계
원자력장학생	351	505	439	430	460	2,185
국제전문가	214	0	188	148	100	650
미래연구자	268	418	337	257	114	1,394
지식활용자	0	12	26	222	160	420
계	833	935	990	1,057	834	4,649

* 자료: 원자력 백서(2007)

2. 원자력 외교 및 국제협력

가. 원자력 외교

- 원자력안전은 개별 국가의 책임을 넘어 국제사회 모두의 관심사로 인식되어 원자력 관련 국제회의에서 중요 의제로 논의되고 있음.
- 원자력사고에 공동으로 대처하기 위해 국제사회는 “원자력사고의 조기통보에 관한 협약” 과 “원자력사고 또는 방사능 긴급사태시 지원에 관한 협약”을 1986년 10월과 1987년 2월에 각각 발효하였음.
- 이에 따라 원자력사고에 대처하기 위한 국제적인 안전협력체제가 갖추어지게 되었으나 세계적인 원자력안전성 확보를 위해서는 개별 원자력시설 보유국에게만 안전문제를 맡길 수 없다는 공동 인식 때문에 국제적인 안전체제 수립이 필요하게 됨.
- 국제원자력기구(IAEA)는 이러한 배경하에서 “원자력안전협약”과 “사용후 핵연료 및 방사성폐기물관리의 안전에 관한 공동협약”을 제정하게 되었고, 이 협약들은 국제적 안전체제를 강화하는데 크게 기여함.
- IAEA는 아시아 지역의 원자력안전을 제고하기 위해 지역안전네트워크 구축을 통해 원자력안전에 관한 교육훈련, 정보 및 지식 관리, 원자력안전정보를 제공하는 아시아원자력안전네트워크(ANSN) 구축을 추진하고 있음.
- 우리나라는 세계적 수준의 원자력안전 기술기반을 바탕으로 중국, 일본 등과 함께 주도 국가로 참여하고 있음.

나. 국제협력

- 국제협력은 다자간 협력, 양자간 협력, 민간협력 등으로 분류할 수 있음.
- 다자간 협력: 국제원자력기구(IAEA), 경제협력개발기구/원자력기구(OECD/NEA), 다자간 지역협력 등을 중심으로 이루어짐.
- 양자간 협력: 원자력협력협정체결국과 매년 양국간의 협력사업을 평가·기획하기 위한 회의를 개최하고 있으며 우리나라는 이를 원자력 선진국의 선진기술의 도입은 물론 개발도상국으로의 수출 기반마련을 위한 창구로 활용하고 있음.
- 민간협력: 민간협력은 원자력분야 출연(연) 및 민간단체(원자력문화재단, 원자력산업회의, 원자력학회, 핵의학회 등)등을 통해서 이루어지고 있음.
- 원자력외교와 국제협력 추진은 크게 세 가지 방향에서 이루어지고 있음.
- 첫째는 국제 원자력사회에서의 중추적 지위 확보이고, 둘째는 국가 원자력통제체제에 대한 국제 신뢰도 증진이며, 셋째는 원자력기술협력 확대 및 기반확충임. 각각의 정책방향을 조금 더 상세히 살펴보면 다음과 같음(교육교육과학기술부, 2007).
- 먼저 국제 원자력사회에서의 중추적 지위 확보를 위해서는 국제협력 채널을 다양화함으로써 원자력 외교활동을 강화하는 것임.
- 예를 들면, IAEA, OECD/NEA 등 다자간 국제기구 및 원자력안전협약 등 각종 협약 회의 참가·활동 지원을 강화하는 것임.
- 또한 아·태지역원자력협력기구(Regional Cooperative Agreement, RCA) 등 지역간 협력 채널을 통한 지역내 원자력 협력을 선도하는 것임.
- 국내 전문가의 국제기구 및 주요 협약회의의 고위직 진출을 확대하는 것임.
- 둘째는 국가 원자력통제체제에 대한 국제 신뢰도를 높이기 위해 국가 원자력통제 체제 선진화를 위한 관련 법·제도 개선 및 기술 수준을 제고하는데 초점을 둠.
- IAEA 통합안전조치 체제의 국내 적용 추진이나 IAEA 및 원자력공급국그룹(Nuclear Suppliers Group, NSG) 등 국제규범 변화에 효과적 대응을 위한 관련 법규 및 제도의 지속적인 정비 등이 이에 속함.

- 다음으로는 국제 신뢰도 증진을 위한 국제협력의 강화임. 국제 핵비확산 체제와의 협력 강화, 한·미 등 양자간 원자력통제 협력 강화를 통한 원자력의 평화적 이용 확대 기반 구축, 국제공동 연구개발 적극 참여를 통한 국제협력 강화 등이 이에 속함.

- 마지막으로 원자력기술협력 확대 및 기반 확충을 위한 국제관계 활동임.

- 먼저, 적극적인 기술협력을 통한 선진 원자력기술 개발 주도권 확보를 추진하기 위해 핵비확산성 선진 원자력기술 및 기술기준 개발에 참여하고 원자력 선진국과 양자간 공동 연구 채널을 통해서 기술협력을 강화하는 것임.
- 둘째, 개발도상국을 대상으로 기술 및 기술기준 이전을 통한 기술협력을 강화하는 것임. 대내외적 인력 양성 및 교환 프로그램 및 교육 기관과의 연계를 통해서 기반 구축의 효율성을 극대화하고, 대상국별 차별화된 맞춤형 기술협력 기반구축 등이 이에 속함.
- 셋째, 원자력 외교 및 협력 기반을 강화하는 것임. 민·관 합동의 원자력 외교 및 국제협력 협의회 구성, 해외사무소 설치 검토 등이 이에 속함.

다. 원자력 수출

- 우리나라의 원자력 해외사업은 주로 베트남, 인도네시아, 파키스탄, 남아공, 루마니아 등 원자력발전소 후발 국가의 시장진출을 도모하고 있으며 원자로, 증기발생기 등 기자재 분야에서 중국, 미국 등의 신규원자력발전소 분야 및 교체사업 분야에서 적극 추진되고 있음.
- 우리나라의 방사선 기술은 환경방사능 감시기, 전자가속기, 싸이클로트론 등 주요 기기와 동위원소, 비파괴검사 기술을 중심으로 중국, 대만, 동남아, 러시아 등에 수출하고 있음.

3. 안전관리 및 방재

- 국제적으로 원자력 안전규제에 대한 관심이 높아지고 있는 환경에서 국제원자력규제자협의회(International Nuclear Regulators Association), 서유럽원자력규제자협의회(Western European Nuclear Regulators Association), 소규모원자력프로그램국가

규제자네트워크(Network of Regulators of Countries with Small Nuclear Programs) 등과 같은 고위규제자들의 모임이 활성화되고 회원국간의 원자력 안전규제 관련 지식과 경험을 교류하려는 장이 형성되고 있음.

- 또한 안전 규제와 관련된 국가 안전기반 인프라 구축과 관련하여 일부 국가에서는 부적절한 규제기관의 독립성, 전문성 및 권한에 대한 의문이 제기되고 있으며, 특히 원자력 개발도상국에서는 규제기관의 전문인력과 재원확보에 문제점이 나타나고 있음(원자력안전백서, 2006).
- 국내의 원자력 이용확대에 따라 원자력안전규제 업무량은 지속적으로 증가하는 추세에 있음. 또한 원자력안전에 대한 국민적 관심증대로 원자력발전소의 각종 사건 · 사고에 대한 체계적인 조사와 신속한 공개 등 후속조치를 위한 행정수요도 지속적으로 증대하고 있음(원자력안전백서, 2006).

가. 시설안전

- 원자력시설의 안전성 확보를 위해 원자력 안전 규제정책을 입안 · 시행하고 있음.
- 안전 규제정책으로는 중대사고 대책, 주기적 안전성평가제도, 계속운전 안전관리제도 등이 있으며, 리스크정보의 규제활용, 성능기반 규제 등 규제 합리화 · 과학화를 위한 정책도 시행되고 있음.
- 2002년부터 관련 법에 따라 10년이 경과한 국내의 모든 원자력발소에 대한 평가를 실시하고 있음.
- 모든 원자로 시설에 대해 안전 심사, 안전 검사, 특별 점검 등의 안전 규제를 시행하고 있으며, 이를 통해 원전의 건설, 운영에 따른 안전성 확보 여부를 확인함.
- 원자력 관련기관 및 종사자의 안전문화를 확산 및 정착시키기 위해 원자력안전의 날 제정, 안전현장의 선포, 안전점검의 날 시행 등의 노력을 경주함.
- 원자력안전과 관련한 국제협약의 발효로 각 국의 원자력안전에 대한 국제사회의 평가 · 검토가 이루어지고 있으며, 우리나라도 국제 규범의 준수를 위해 노력함.

나. 방사선 안전

- 방사성동위원소에 대한 산업·의료 이용이 증가함에 따라 이의 안전관리 및 보안 강화를 위해 리스크에 따른 차등규제를 시행하고 있으며, 안전관리 통합정보망 및 선원 위치추적 시스템 등을 운영함.
- 방사성폐기물은 원자력발전소 내 임시저장시설 등에서 안전하게 저장·관리되고 있으며, 현재 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 건설·운영 허가를 위한 안전심사가 수행되고 있음.
- 방사선 위해로부터 일반인과 원자력종사자의 보호를 강화하기 위해 신 국제기준에 따라 과피폭자 조사, 종사자 생애관리 및 정보관리 등을 수행함.
- 전 국토 및 원자력시설 주변에서 환경방사능감시 체계를 구축하여 운영함.

다. 방사능 방재 및 물리적 방호

- 방사선 비상사태에 대비하여 국가방사능방재대책을 수립·운영하고 있으며, 그 실효성을 높이기 위해 정기적으로 훈련과 종사자에 대한 교육을 실시함.
- 물리적 방호 체계를 강화하기 위한 국제사회의 노력에 적극적으로 동참하고 있으며, 국제사회의 기준에 맞는 국내 법적체제를 구축하고 핵물질 및 원자력시설에 대한 물리적 방호 심사·검사, 기술기준 개발 및 위협대응 설계기준 설정 등 이행체제를 구축하기 위한 노력을 계속함.
- 종합적으로 정부의 안전규제 기본방향을 살펴보면 다음과 같음(원자력안전백서, 2006, 2007).
 - 첫째, 최신규제기법을 활용한 현장중심의 안전관리. 현장검사의 효과성을 확보하기 위하여 호기별 전담검사팀제 도입을 통해 현장밀착형 집중검사를 수행함.
 - 둘째, 새로운 규제대상에 대해 안전성을 철저히 함.
 - 셋째, 원자력시설 특성을 반영한 안전규제체계를 보완함. 우리나라의 원자력법령 체계는 발전용 원자로를 중심으로 구성되어 있어서 다양한 원자력시설의 특성을 반영하지 못했음. 특히, 연구용 및 교육용 원자로는 과도한 규제가 이루어지고 있는 실정이임.
 - 넷째, 현장중심의 종합적인 원자력 방호 · 방재 기반을 구축하는 것임. 월성지역에 이

어 울진지역에 현장방사능방재지휘센터를 건설할 예정이다.

- 다섯째, 안전규제 품질경영 체제를 수립하고 이행하는 것임. 안전규제 영역에서도 품질의 개념이 도입됨.
- 여섯째, 국민에게 다가가는 안전규제를 강화함. 국민의 신뢰구축을 위하여 대화채널을 다양화함.
- 마지막으로 국제사회와 원자력안전에 대한 협력을 강화함. 이는 국제사회에서 우리나라의 위상과 국제 신인도를 향상시키기 위함임.

4. 원자력통제

가. 국제 핵비확산 체제

- 국제 핵비확산 체제는 핵비확산조약(NPT)을 근간으로 하여 포괄적핵실험금지조약(CTBT), 핵분열성 물질 생산금지 조약(FMCT) 및 지역별 비핵지대 조약의 발효로 구체화되었으며 우리나라도 국제 핵비확산 체제에 적극 동참하고 있음.
- 핵물질이 평화적 목적 이외의 무기로 전용되는 것을 방지하기 위한 수단으로 안전조치, 물리적 방호, 수출입통제의 3가지 통제수단을 사용함.
- IAEA는 추가의정서 채택을 통해 연구활동을 포함한 모든 핵개발과 관련된 시설과 물질에 대한 검증 및 감시 활동을 강화하고 있으며, 특히 미신고 핵활동에 대한 탐지에 많은 노력을 기울이고 있음.

나. 국가 원자력 통제 체제

- 국가 검사 제도 이행, 독립 원자력통제 기관의 설립 등 IAEA 안전조치 이행에 대한 모범 사례로 손색이 없을 정도로 국제 핵비확산 체제를 준수해오고 있음.
- 국가사찰제도는 국내사찰능력을 제고하고 국가신뢰도를 확보하여 궁극적으로 IAEA 사찰

을 국가검사로 대체하려는 것으로 2006년 우리나라는 34개 시설 등에 대하여 총 170회의 핵물질 계량관리 국가검사를 수행함.

- 전략물자의 수출입통제는 통상 및 산업 목적 외에 최근 국제사회의 핵비확산 강화추세를 반영하고 외교·안보적인 필요성이 증대함에 따라 보완·강화됨.

다. 북한 핵실험 대응

- 북한 핵실험에 대한 유관기관 간 협조, 관련 정보 분석 및 향후 대응 방안 수립 등 체계적인 대응을 할 수 있는 체계가 마련됨.

5. 기타: 홍보정책

- 다음으로 의사소통 환경을 다시 해외와 국내로 나누어 살펴봄.

가. 해외환경

- 해외 환경은 기후변화협약으로 지구온난화에 대한 관심이 높아짐에 따라 원자력발전에 더욱 긍정적인 여론이 형성될 것으로 기대됨.
- 여전히 많은 환경운동가 및 단체들이 원자력의 부정적 영향을 주장하고 있지만 긍정적인 견해를 피력하는 전문가들이 등장함.
- 예를 들면, 가이아(Gaia) 이론의 창시자인 James Lovelock은 지구온난화라는 대재앙을 조금이나마 늦출 수 있는 방법은 원자력발전의 확대라고 주장하며 또한 그린피스의 공동창립자인 Patrick Moore는 환경론자들은 이제 원자력을 다른 에너지원과 공정하게 비교해야 함을 역설함(나카무라 마사오, 2006).
- 또한 선진국의 정상들이 원자력을 지지하는 발언을 하고 있음.

나. 국내환경

- 국내의 의사소통 환경을 살펴보면 2005년 방폐장 부지 선정문제가 해결되면서 원자력 홍보가 새로운 전환점을 맞이한 것으로 평가됨.
- 1986년 울진, 영덕, 영일을 후보지로 검토하기 시작해서 2005년까지 안면도, 고성, 양산, 굴업도, 강진, 완도, 부안 등 20개 지역에서 갈등과 시행착오가 거듭됨.
- 2005년 주민투표를 통해 경주로 부지가 선정되면서 사회적 논쟁이 일단락됨. 그리고 원전의 계속 운전, 사용 후 연료 관리 공론화 등 현안과제가 대두됨.
- 2006년에 실시된 원자력에 대한 국민인식조사에 따르면 다음의 세 가지 특징을 발견할 수 있음.
 - 첫째, 원자력 발전의 필요성에 대해서는 대부분 공감함.
 - 둘째, 원자력의 안전성에 대한 인식 역시 점차 개선되고 있는 추세임.
 - 셋째, 개인적 차원에서 접근하면 원자력에 대한 부정적 인식이 여전히 높음.

다. NGO와의 관계

- 이러한 측면에서 볼때 원자력 산업발전을 위해서는 개인적 차원에서 원자력에 대한 부정적 인식을 해소하기 위한 대국민 홍보활동이 중요한 문제임을 알 수 있음. 그리고 민주화 이후 국정운영의 하나의 축으로써 등장한 NGO 등 시민단체의 협력을 어떠한 방식으로 이끌어 낼 지 역시 중요한 문제임.
- 원자력분야는 고도의 전문성이 요청되며 정보의 공개성과 진실성에서 객관적인 검증이 불가능하기 때문에 일반시민들은 원자력 관련 NGO들이 제시하는 원자력 정보들에 의존함. 이런 점에서 원자력 관련 NGO의 역할과 책임은 크다고 할 수 있음 (이창기, 2001).
- 한국은 정부와 원자력 산업체의 원자력 산업 확대노력과는 반대로, 원자력 관련 NGO의 원자력 시설의 확대저지노력과 활동으로 원자력정책에 있어 갈등을 야기함. 이러한 갈등으로 인해 정부는 중앙집권적 정치구조하에 국가발전적 차원에서 일방적으로 원자력 정

책을 수립 · 집행해 왔음.

- 이런 접근방법은 1980년대 후반 민주화의 물결과 함께 원자력 시설물이 입지되는 지역에 NIMBY현상을 가져왔고 원자력 관련 NGO는 원자력 시설이 지닌 각종의 폐해를 적극 홍보함으로써 원자력 시설의 추가건설이 무산되는 측면이 나타남. 따라서 원자력 정책의 성공을 위해서는 정부의 지속적이고 체계적인 노력을 통해 원자력 관련 우익 단체를 형성하는 것이 필요하다고 할 수 있다 (이창기, 2001).

라. 대국민 홍보활동

- 기존의 대국민 홍보활동은 크게 세 가지 접근방법으로 나누어 볼 수 있음.
 - 첫째, 원자력 대중의사소통 기반구축
 - 둘째, 원자력 홍보활동 강화
 - 셋째, 민간환경감시기구 운영(<표 8-22> 참조)
- 국민에게 친숙하게 다가가려는 지속적인 노력을 했으나 체계적인 캠페인전략 수립면에서는 다소 미흡했다고 평가할 수 있음.
- 원자력 홍보활동 측면을 살펴보면, 우선 일반 국민들에 대한 원자력 홍보 실태에서 원자력 당국에서는 각종 언론 매체를 통해서 원자력 홍보를 하고 있지만 국민들이 느끼기에 원자력 홍보가 매우 부족하다는 의견이 지배적임. 이는 원자력 홍보가 원자력의 대중화를 이끌지 못하는데 근본적인 문제가 있는 것으로 보임.
- 원자력 전문가들은 일방적으로 국민들에게 원자력의 안전성에 대해서 주지시키려 함.
- 그리고 원자력 홍보가 국민들의 피부에 와 닿을 정도로 구체적이고 지속적이지 못했으며, 원자력 당국은 사건이 터지면 수동적으로 방어하는 차원의 홍보를 하는 경우가 많음.
- 즉 많은 국민들이 정부가 제공하는 정보를 잘 신뢰하지 않는 만큼 여러 가지 방법으로 신뢰성을 확보하도록 해야 하는데 그러한 노력이 부족했음 (이창기, 2002).

- 다음으로 언론에 대한 원자력 홍보 실태에서 언론은 평소에는 잘 되고 있는 것에 대해서는 보도를 하지 않고 문제가 발생했을 때 극단적으로 보도하는 선정적이고 즉흥적인 보도를 선호함.
- 즉 언론매체는 원자력에 대해서 부정적이지는 않지만 사고 때만 집중적으로 보도하기 때문에 국민들에게 부정적인 이미지를 심어 줌.
- 이에 비해 원자력 당국은 언론에 대해서 이미 보도된 내용에 대해 반론하는 성격의 기사들이 주류를 이루는 등 소극적이며 방어적으로 대응함.
- 다음으로 지역주민에 대한 원자력 홍보 실태를 보면, 지역주민들은 원자력 시설이 들어옴에 따라 돈 문제보다는 우선 안전 문제에 관심을 가지는데 홍보는 시혜 홍보(자금, 기타 이익부여)에 치중함.
- 그리고 정보 전달 방법에서도 주민들과 대화하면서 전달하는 전략이 부족했다. 주민들과 공동으로 주최하는 공청회 등 각종 행사가 부족할 뿐 아니라 원자력 정책결정 과정에서 불투명한 점들이 나타나고 있으며, 원자력에 대한 고급정보를 공개하지 않고 유리한 정보만 선택해서 제공하기 때문에 신뢰성이 떨어지는 문제점을 야기함(이창기, 2002).

<표 8-22> 원자력 진흥종합계획의 홍보활동

원자력 대중의사소통 기반구축	원자력 홍보활동 강화	민간환경감시기구 운영
<ul style="list-style-type: none"> - 원자력 안전정보공개센터 운영 - 원자력정보관리시스템 운영 - 국가환경방사능 감시망 운영 - 원자력 정보공개 	<ul style="list-style-type: none"> - 여론조사 실시 - 각종 홍보매체의 발간 - 신문 및 TV광고 시행 - 차세대 교육 강화 시도 - 국내외 원자력 시설 시찰 - 상설전시관 설치 운영 - 지역주민 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> - 민간환경감시기구 설치 및 확대

자료: 제3차 원자력진흥종합계획 수립 연구 보고서

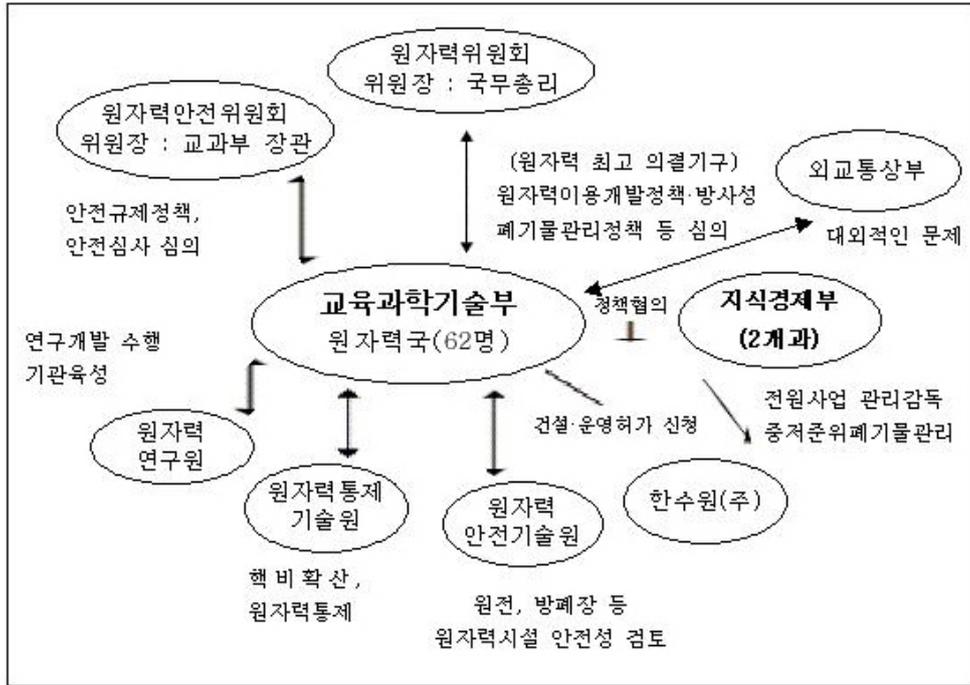
제5절 우리나라의 원자력 행정체제 및 정책구조

1. 원자력행정조직 및 체제

- 우리나라의 원자력 관련 업무는 교육과학기술부와 지식경제부에 나누어져 있음.
- 교육과학기술부는 연구개발, 국제협력, 원전 및 방사성폐기물 안전규제, 방사능 방재, 핵비확산, 사용 후 핵연료 관리 등 원자력행정을 종합적으로 관장하고 있음. 지식경제부는 원자력발전을 통한 전력생산과 중저준위 폐기물 처분장 부지 선정·운영 등 원자력 이용의 일부분만 담당하고 있음.
- <그림 8-3>에서처럼 우리나라 원자력 정책을 주도적으로 관리하는 교육과학기술부는 다양한 기관이나 조직들과 상호작용을 하고 있음.
- 상호작용을 하는 조직은 원자력위원회, 원자력안전위원회, 지식경제부, 원자력연구소, 원자력통제기술원, 원자력안전기술원, 한수원(주) 등이 있음.

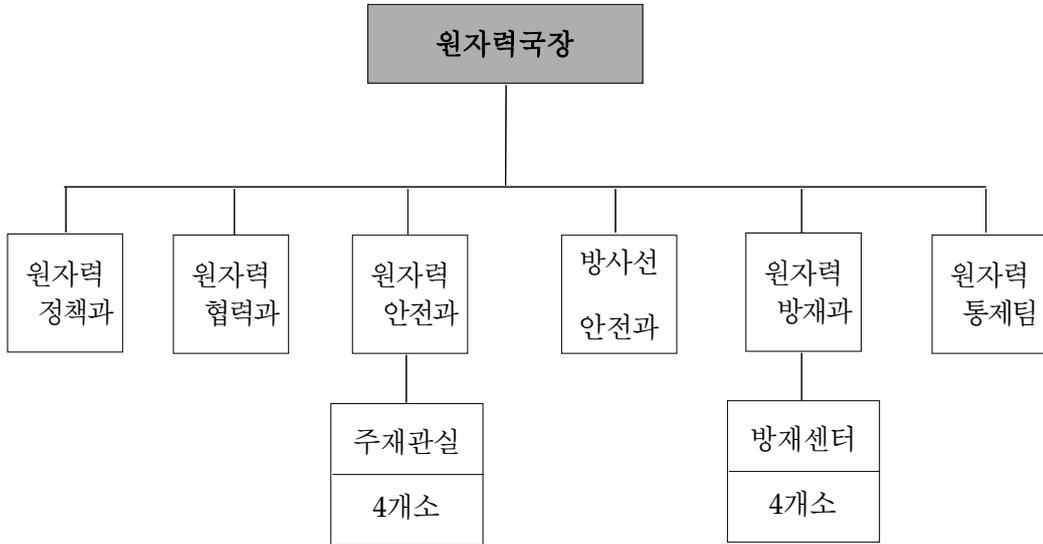
- 이들의 기능에 대해서는 다음의 정책구조에서 간략히 설명됨.

<그림 8-3> 우리나라 원자력행정체제



- <그림 8-4>는 교과부의 원자력국의 조직도 임. 원자력국의 주요 기능을 살펴보면 다음과 같음.
- 첫째, 국가 원자력 정책의 수립 및 연구개발사업을 추진함. 구체적으로는 원자력진흥종합 계획 및 원자력연구개발계획 수립 및 시행, 차세대 원자력시스템, 핵연료주기 정책 수립 및 추진 등이 포함됨.
- 둘째, 원자력시설과 핵물질의 안전성 확보 및 방재대책을 담당하고 있음. 구체적으로는 원전, 핵연료주기시설, 방사성폐기물 처분장 등의 안전관리, 방사능 방재대책 및 방사성 동위원소 안전관리 등이 이에 해당됨
- 셋째, 국제원자력협력 추진과 핵투명성 확보기능을 담당함. 구체적으로 원자력협정 체결 및 국제핵비확산 체제에의 참여, IAEA 핵사찰 지원 등 원자력통제, 핵실험 탐지·분석 및 환경방사능 감시 등이 포함됨.

<그림 8-4> 교과부 원자력조직의 현황 및 기능('08.3 현재)



※ 원자력국 총인원 : 62명 (본부 : 40, 주재관실 : 14, 방재센터 : 8)

2. 교육과학기술부와 지식경제부의 기능

- 교육과학기술부와 지식경제부는 필요한 원자력정책에 대해서 협의를 함.
- 먼저, 교육과학기술부의 정책구조를 살펴보면, 원자력정책은 원자력위원회(위원장: 국무총리)에서 심의 · 의결됨. 원자력진흥종합계획 및 원자력연구개발 5개년계획에 따라 추진함. 정부는 국가 원자력 정책을 일관되고 체계적으로 추진하기 위해 1997년부터 매 5년마다 “원자력진흥종합계획”을 수립 · 추진하고 있음.
- 원자력안전정책은 원자력안전위원회에서 의결됨.
- 그리고 원자력 협력은 기술협력과는 별도로 원자력 협정에 근거한 쌍무협정, 국제조약 및 원자력 협정에 의해 수행됨. 국제적으로도 별도의 국제기구 - UN과 IAEA, OECD와 OECD/NEA) - 체제로 운영됨.
- 지식경제부는 원자력을 제외한 에너지 정책을 담당하며, 이를 위해 에너지위원회를 두고 있음. <표 8-23>에서처럼, 지식경제부의 주요 임무는 전원사업 관리감독, 중·저준위방사성 폐기물 관리, 원전주변지역지원, 에너지 정책(원자력 제외) 등임.

<표 8-23> 교육과학기술부와 지식경제부의 기능 비교

구 분	교육과학기술부 (원자력위원회, 원자력안전위원회)	지식경제부 (에너지위원회)
주요임무	<ul style="list-style-type: none"> - 원자력중장기정책 - 사용후 핵연료 정책 - 원자력의 연구·개발·생산·이용 - 원자력 안전관리, 방사능 방재 - 원자력 인력양성 - 국내외 핵비확산 체제 관리 	<ul style="list-style-type: none"> - 전원사업 관리감독 - 중·저준위방사성 폐기물 관리 - 원전주변지역지원 등 - 에너지 정책(원자력 제외)
소관법령	<ul style="list-style-type: none"> - 원자력법 - 방사선 및 방사성동위원소 이용 진흥법 - 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재대책법 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 기본법 - 전기사업법 - 발전소 주변지역 지원에 관한 법률 - 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법 등
관련계획 등	<ul style="list-style-type: none"> - 원자력진흥종합계획 - 방사선 및 방사성동위원소 이용 진흥 종합계획 - 비파괴검사진흥 종합계획 - 원자력연구개발 5개년계획 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지기본계획(원자력 제외) - 전력수급기본계획 - 원전기술고도화계획 등
국제협력	<ul style="list-style-type: none"> - 양국간 원자력 쌍무협정 - 한미·한카 원자력공동(위) 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 국가간 협력 협정
국제기구	<ul style="list-style-type: none"> - 국제원자력기구(IAEA) - OECD/NEA 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제연합(UN) - 경제협력개발기구(OECD)
국제적 감시 및 규제	<ul style="list-style-type: none"> - 핵무기비확산조약(NPT) - 원자력공급국핵물질수출통제(NSG) - 포괄적 핵실험금지조약(CIBT) - 국제원자력안전조치 강화(SSS)등 	<ul style="list-style-type: none"> - WTO 체제의 기술개발 보조금 제한

제9장

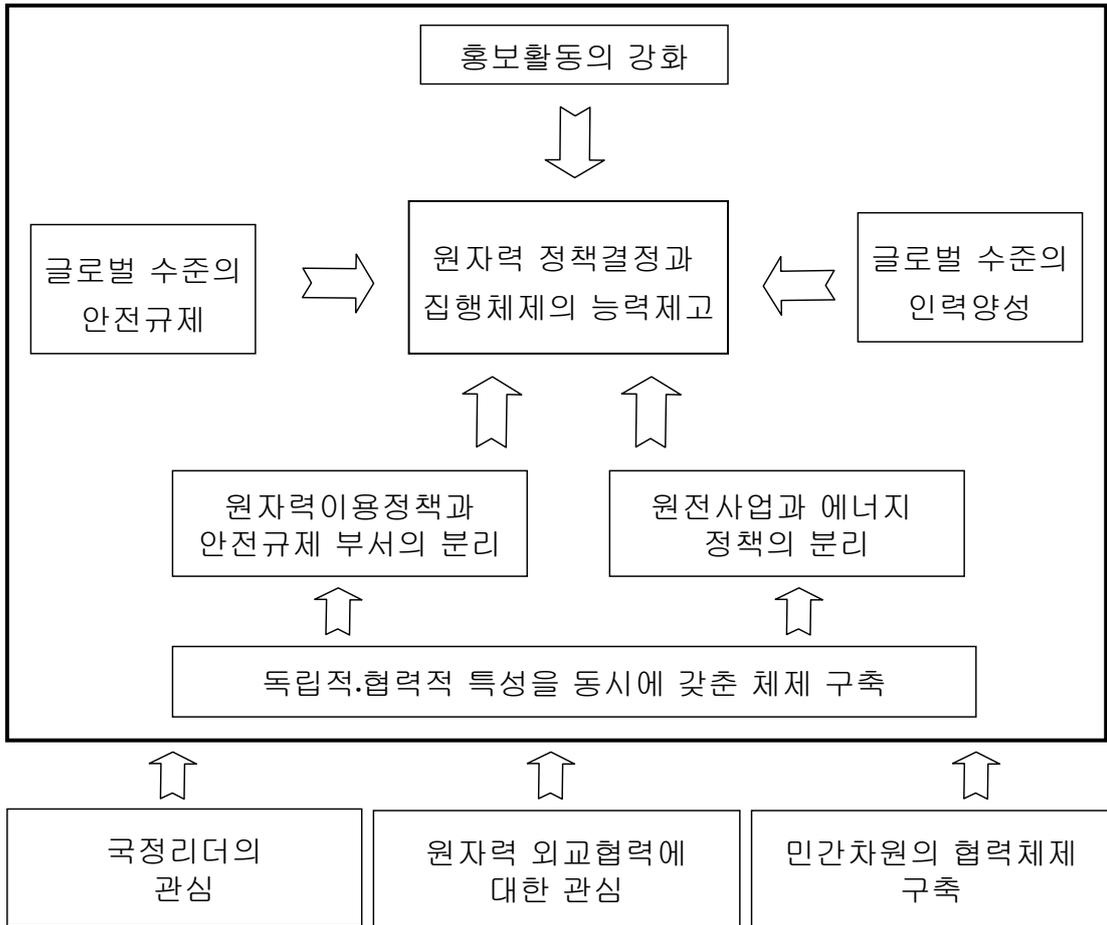
결 론

제9장 결 론

제1절 정책결정과 집행체제의 능력제고 방안

앞에서 논의하고 설문조사한 결과를 바탕으로 원자력정책결정과 집행체제의 능력을 제고하기 위한 방안을 그림으로 나타내면 다음과 같다.

<그림9-1> 원자력 정책결정과 집행체제의 능력제고 방안



1. 독립적·협력적 특성을 동시에 발휘하는 체제 구축

- 원자력 에너지 관련 조직이 독립적·협력적 특성을 동시에 발휘할 수 있어야 함.
- 즉, 교육과학기술부, 외교통상부, 지식경제부 등의 효율적인 역할 분담과 협력시스템 구축이 필요함.
- 현재 교육과학기술부는 원자력과학기술 개발, 안전조치, 원자력수출통제 등 원자력정책 일반을 관장하고 있음.
- 외교통상부는 핵비확산정책, 원자력협정 체결 등을 담당하고 있음.
- 지식경제부는 원자력 사업 분야를 관장함.
- 각각의 담당부서가 맡고 있는 역할은 독립적으로 최선을 다하되, 국가의 전체적인 원자력 정책의 방향과 관련해서는 유기적으로 협조하는 시스템이 작동되어야 함 (조만형, 2008).
- 각 영역별로 담당조직이 별개로 존재하고 있음에도 불구하고 이 모든 영역들은 다시 서로 간 상호작용이 불가피함.
- 각 영역별 효과를 극대화하기 위해서는 서로 유기적인 관련을 맺고 있는 다른 부서나 영역과의 협조가 반드시 필요할 수밖에 없음.

2. 원자력이용정책과 안전규제 담당부서의 분리

- 원자력 이용과 규제는 정책적으로 서로 다른 방향에서의 접근임.
- 이렇게 서로 다른 관점을 보유하고 있는 정책을 동일 부서에서 담당하는 것은 장기적으로 바람직하지 않으며 분리될 필요성이 있음.
- 원자력 산업 발전을 위해서는 원자력에 대한 국민의 신뢰 및 수용성 확보가 중요함.
- 이를 위해서는 원자력 정책에 대한 효율성뿐만 아니라 투명성 확보가 절실히 요구됨.
- 원자력 산업의 진흥과 원자력 규제를 담당하는 기관의 분리 및 원자력 안전을 규제하는

기관의 독립성 확보가 원자력 산업 및 연구 발전에 기여할 것임.

- <표 9-1>에서 보는 것처럼 주요 원자력 선진국들은 연구개발을 포함한 이용정책이 규제와 독립적으로 운영되고 있음을 알 수 있음.
- 우리나라에서는 일본식 조직체계를 고려해 불만한 함. 즉, 교육과학기술부는 연구용 원자로 이용정책과 규제를 담당하고 지식경제부는 상업용 원전정책과 규제를 담당하도록 함.
- 그렇게 할 경우 현 조직체계의 변동을 최소화하면서 특성이 서로 다른 영역(상업용과 연구용)을 독립적으로 운영 가능함.

3. 원전사업과 에너지 정책의 분리

- <표 9-1>에서 보는 것처럼 주요 원자력 선진국들은 에너지 정책과 원전사업을 분리해서 운영하고 있음.
- 주요 선진국들의 경우 원전사업은 민간(지역별 발전사업자)이나 공사조직이 담당하고 있고, 에너지 정책은 정부부서가 담당하고 있음.
- 이는 운영의 효율성 측면에서 접근이 이루어지고 있음. 국가의 전체 에너지 정책은 당연히 정부조직에서 직접 관장하는 것이 적절하지만 운영상 사기업의 특성을 강하게 지니는 원전사업은 민간이나 공기업에서 담당하도록 함.
- 그러나 우리나라는 원전사업과 에너지 정책 모두를 지식경제부에서 담당하고 있어서 업무의 전문성을 확보하기가 용이하지 않음.
- 우리나라도 장기적으로 원전사업은 지역별 발전사업자나 공사화를 통해서 운영하고 에너지 정책만 지식경제부에서 관장하는 체제로 하는 것이 바람직할 것임.

<표 9-1> 주요 선진국의 원자력행정체제 현황

국가	원자력이용정책 (연구개발 등)	안전규제	원전사업	에너지정책
미국	에너지부 (에너지정책차원)	원자력규제위원회 (NRC)	민간(지역별 발전사업자)	에너지부
프랑스	원자력청(CEA)	원자력안전청 (ASN)	프랑스원자력공사 (EDF)	경제·재정·산업부
캐나다	연구개발에 한해 캐나다원자력 공사(AECL)	캐나다원자력안전 위원회(CNSC)	캐나다원자력공사 (AECL)	천연자원부 (NRCan)
러시아	연방원자력청	생태환경기술 원자력감독청	러시아 국영원자력공사	천연자원부
일본	통산산업성(상업용 원전의 이용정책+안전규제)		민간(지역별 발전사업자)	통산산업성 (자원에너지청)
	문부과학성(연구용 원자로 이용정책+안전규제)			
한국	교육과학기술부		지식경제부	

* 자료: 박광국 (2008).

4. 원자력외교협력에 대한 관심

- 석유자원의 고갈 우려와 함께 세계 강국들은 에너지 안보위기 의식에서 에너지자원 외교를 적극적으로 전개하고 있음.
- 에너지자원이 전무한 우리나라로서는 에너지자원 확보 노력과 제4세대 원전의 기술과 핵융합발전 기술의 선점 전략 추진은 21세기 국가 에너지 안보 측면에서 꼭 필요함.
- 향후 국제원자력 정세변화가 국내 원자력계에도 큰 영향을 미칠 것이 예상되는 상황에서 국제원자력 사회에의 적극적인 참여와 기여가 요구됨.

- 미국과 협력 강화는 물론 국제 원자력계에서 영향력이 증대되고 있는 인도를 비롯한 러시아, 중국, EU와의 협력과 아프리카와 남미 등 개도국들과의 협력도 중요함.

5. 글로벌 안전규제와 글로벌 인력 양성

가. 글로벌 기술 역량 선진화

- 선진 원자력안전기술개발 선진화 로드맵 수립 및 체계적인 추진
- 국제 환경변화(Gen. IV, GNEP, MDEP, ITER 등)에 대처할 수 있는 글로벌 규제정책 로드맵 수립 및 추진
- 글로벌 안전 컨시어지(Safety Concierge)프로그램 개발로 고숙련 전문가의 안전규제 전문지식 및 경험 전수

나. 국제신인도 고도화를 위한 원자력 안전 외교기능 강화

- 국제기구 주재원 파견 등 국제기구 활동 참여 확대로 국제 경험의 축적
- 원자력 후발국에 규제 자문요원 파견을 통한 기술지원 (안전 컨시어지 프로그램) 리더로서 역할 강화
- 선진 규제기관과의 『규제요원 교환제도』 협약으로 선진 원자력 규제기관과의 파트너십 강화
- 원자력안전협약의 이행, 국제원자력규제자협의회(INRA) 참여 등 글로벌 안전체제에서 활동 강화

다. 글로벌 리더 양성

- 국제원자력안전학교의 강화: 글로벌 전문화 프로그램 운영으로 국제전문가 양성 및 교수

요원 제도 활성화

- 원자력 선진국과는 파트너십을 구축하고 후발국엔 원전 경험 전수 및 지원 시스템 구축
- 후발국에 규제자문요원(예, 안전대사: 안전 컨시어지/Safety Concierge) 파견하여 고속련 전문가의 안전규제 전문지식 및 경험 전수
- 이에 필요한 글로벌 리더는
 - 원자력 안전체계(법, 기술기준, 안전심사/검사 제도 및 경험 등)를 이해하고 있어야 하며, 기본적인 글로벌 언어 이해와 글로벌 마인드(예, 봉사)가 요구됨
- 즉, 글로벌 안전 컨시어지/Safety Concierge)는 고속련 전문가로서 안전규제 전문지식 및 경험을 갖고 있는 리더로서, 후발국 국가 원자력안전담당부서에 파견되어 기술 전수는 물론 우리나라의 원전수출 등 간접적인 지원활동

6. 민간차원의 협력 체제 구축

- 원자력 외교 및 국제 협력 기반 강화를 정부차원뿐만 아니라 민간차원의 거버넌스 협력 모델을 구축할 필요성이 있음.
- 이를 위해서는 원자력 외교 국제협력 협의회를 운영하는 방안을 고려할 수 있음.
- 이는 정부차원, 산업체 차원, 민간차원의 다각적인 협의체 운영을 위한 방안과 연결됨.

7. 홍보활동의 강화

가. 적극적 홍보

- 우선적으로 국민들의 수준에 맞는 홍보전략의 수립이 필요함. 가령, 원자력은 국민들이 매일 쓰는 전기를 공급하는 주요 공급원이라는 사실을 주지시킬 필요가 있음. 그리고 계층별, 수준별로 특화해서 세분화 된 홍보 마케팅 전략을 마련하여 각각 맞는 홍보를 해야 할 것임. 그리고 선진국의 사례를 홍보하는 것도 하나의 전략임.

- 예컨대 프랑스의 경우 라아그재처리시설이 있는 지역에서 지역 정보위원회를 운영하고 주변 지역 마을, 읍, 면, 시와의 정보교환 체계를 구축하였으며, 원자력 시설에 대한 홍보관 설치, 인터넷 등을 활용하여 원자력 관련정보에 대한 공개와 이를 통한 투명성, 지역 주민에 대한 신뢰성을 확보하고 있음 (이창기, 2001).
- 더불어 우리나라의 원자력 관련 시설은 핵무기 제조 관련 물질을 생산하는 것이 불가능함을 홍보해야 함. 아직도 일부 국민은 우리나라가 핵무기를 어디선가 연구하고 있을 것이라 인식하고 있을지 모르지만 이는 전혀 사실과 다름.

나. 동반자적 관점에서 홍보

- 일반시민을 교육의 대상이 아니라 토론의 대상으로 바라보는 관점을 가져야 함(윤순진, 2005). 권위주의적 태도로 무시하는 경향을 지양해야 할 것임. 즉, 민주적 의사소통의 구조가 작동하도록 해야 함.
- 언론 기관과 동반자적 관계를 형성해야 함. 원자력 산업의 필요성과 안전성에 관한 기사나 해외자료 등을 적극적으로 제공해야 함. 그리고 언론에서 일반적으로 원자력 사고가 났을 때 집중적으로 보도하는 것과 같이 원자력의 장점이나 국가경제에 미치는 효과에 대해서도 보도할 수 있도록 함 (이창기, 2002).

다. NGO와의 올바른 관계 형성을 통한 홍보

- 국민들이 막연하게 원자력의 방사능 관련성으로 인해 부정적인 인식을 갖고 있기 때문에 정책의 집행이 어려운 경우가 흔함.
- 따라서 원자력 정책과 관련하여 국민들에게 가장 큰 영향을 미치는 주체인 NGO와의 관계를 갈등관계에서 협력관계로 전환하는 것이 필요함.
- 정부에서는 NGO를 원자력 관련 의견수렴 대상의 하나로 인정하여 정보제공 및 의견교환을 활발하게 추진하고 정책수립과 집행에 있어서 정부가 개방적인 태도와 관련정보의 사전공개, 참여에 의한 정책수립 의지가 필요함. NGO에서는 막연한 불신에서 탈피하여 정부의 정책에 대해 좋은 의견을 제시하고 원자력에 대한 전문성을 갖춰 국민과 주민을

위해 서로 진지한 의견을 나눌 수 있도록 자질을 갖추어 나가는 것이 요구됨.

- 그리고 정부와 NGO간에 상설 의견교환의 장을 만들고 이를 적극 활용하여야 함. 현재 개설중인 NGO광장을 활용하거나, 정기적인 간담회 개최, 사이버 토론회 개최 등 여러 가지 방안이 검토될 수 있을 것임 (이창기, 2001).
- 궁극적으로 정직한 정부가 되면 국민과 NGO도 선명성에 매달이지 않아도 됨. 그리하면 무리하고 과도한 주장을 하지 않을 것으로 봄. 그리고 정부는 단순히 원자력 정책을 중앙집권적으로 추진하기 위해 찬핵의 견지에서 NGO를 이용하여 아전인수 격으로 일을 처리하지 말고 NGO를 충정 어린 비판세력으로 인식하여 민의를 민주적으로 파악하는 파트너로 인식해야 함. 정부가 기존의 원자력 확대 정책에서 벗어나 원자력에 대해 균형잡힌 견해를 갖게 된다면 시민단체와의 대화와 협력은 증진될 것임.
- 그간 원자력 정책에 있어 정부와 NGO간 상호 인식과 태도를 살펴보면
- 우선 NGO에 대한 정부의 인식과 태도는
 - 첫째, 원자력 정책에 대한 정치적 합리성의 부족.
 - 다양한 이해 관계인의 참여 없이 정부에 의해 일방적으로 결정된 정책은 사회 구성원의 수용 가능성을 저하시킴으로써 그것을 통해 사회적 가치의 변화를 추구하려는 목적을 제대로 달성하지 못할 가능성이 높음.
 - 특히 원전 관련 시설의 입지 선정 과정에서의 정치적 합리성의 결여는 갈등 상황을 장기간 지속하게 하여 엄청난 경제적 사회적 낭비를 유발함.
 - 정부는 원자력 정책 과정에서 정치적 합리성을 높이기 위해서는 정책 과정을 공개하고 이해 관계자의 동의를 구하는 태도 변화를 통해 절차적 합리성과 투명성을 제고 시켜야 함.
 - 둘째, 사전적이고 적극적인 홍보 부족.
 - 그동안 정부는 원자력에 대한 올바른 인식을 위하여 NGO에 대한 정확한 정보의 공개 및 홍보가 부족하였고, 홍보의 내용은 문제가 발생하면 이를 설명하기 위한 방어적인 홍보가 주류를 이루었음.
 - 따라서 홍보를 위한 특정 주제를 연간 계획적으로 홍보하는 것이 필요하며, 사후적 방어적 홍보가 아닌 정책 형성 이전에 사전적인 홍보가 이루어 져야함. 그리고 홍보 매체에서 NGO 사이트 등 인터넷을 보다 적극적으로 활용하는 전략을 수립하는 것이 필요함.

- 셋째, NGO에 대한 협상과 담론 능력의 부족.
 - 현재 NGO는 주민을 설득하고 원전 주민을 조직화하고 여론을 형성하는 사회적 협상과 담론 능력이 우수한 구성원이 증가하고 있는 반면 정부는 이러한 전문가가 상대적으로 부족한 실정임. 따라서 정부는 원자력 정책에 대한 각 분야의 전문가를 충원하여, 전문적 지식을 바탕으로 하여 NGO 또는 주민들에 대한 협상과 담론 능력을 향상시켜야 함.
 - 다음으로 정부에 대한 NGO의 인식과 태도는

- 첫째, 원자력 문제에 대한 전문성 부족과 의견 발표의 편향성.
 - NGO는 때때로 검증되지 않는 문제를 성명서와 보도자료를 통해 일방적으로 공표 함으로써 원자력에 대한 국민들의 사회적 인식에 혼란을 초래하기도 하였음. 현재 우리나라에서 원자력 정책에서 NGO의 정책 제언자적 역할을 올바르게 수행하는 것은 정책의 성공 여부에 지대한 영향을 미친다고 볼 수 있음.
 - 따라서 NGO는 원자력 정책을 보다 전문적으로 검토 할 수 있는 전문가를 양성하고, 외부로의 의견발표는 전문가들의 충분한 검토 후에 이루어져야 함.

- 둘째, 대안부재와 무조건적인 정부 정책의 비판.
 - 세계적으로 사회가 보다 민주화됨에 따라 NGO들은 사회를 이끄는 핵심 주체로 등장하고 있으며, NGO의 사회적 책임과 정책 과정에서 정부의 한 파트너로서의 역할이 강조되고 있음. 이에 따라 NGO는 원자력 정책에 대한 감시와 비판을 하는 '관관'의 역할에서 정부 정책이 올바르게 형성될 수 있도록 합리적인 정책 대안을 제시해야 함.

- 셋째, 타 조직과의 연대에 의한 정치세력화.
 - 원자력 정책에서 NGO는 지역의 여론 형성과 반 원전 단체의 조직화 운동을 활발하게 수행하였음. 이런 과정에서 NGO는 언론, 지역 조직 등과 연합하여 다분히 정치 세력화한 것도 부인할 수 없는 사실임. NGO가 정치성을 띠게 되면 본래의 기능인 정부의 감시와 비판 및 협력의 역할이 퇴색되어 짐. 이러한 상황에서 원자력 정책에 대한 정부의 입장은 지역 주민에게 잘 전달되지 못할 수 있음.
 - 정부는 모든 이해관계자들의 참여하에 그들이 신뢰할 수 있도록 공정하고 투명한 원전

정책을 추진해 나가야 할 것이며, 관련 NGO는 정부등의 원자력 관련 정책에 지속적으로 감시와 감독기능을 수행해 나가야 할 것임. 이를 위해 정부와 적대적인 관계를 가질 것이 아니라 상호 공생적 관계로서 건설적 비판기능을 담당해야 할 것임 (이창기, 2001).

라. 감성적 지지기반 확보를 위한 홍보

- 원자력 기술의 우리 생활에 대한 기여도와 장래의 기여 가능성에 대한 홍보를 통해서 국민의 막연한 부정적 인식을 바꿀 필요가 있음.
- 원자력에 대한 사회적 학습과 공론화가 이루어지도록 해야 함(윤순진, 2005). 그러기 위해서는 정책결정이나 합의의 과정이 언론에 적극적으로 보도되어 일반시민이 쉽게 정보를 접할 수 있어야 함. 언론기관의 적극적 의지와 중요성 인식이 요구됨.
- 원자력 학습관, 원자력 박물관, 또는 원자력 홍보관 등의 설치를 통해서 지속적인 대민 홍보활동이 필요할 것임. 홍보의 양적인 측면뿐만 아니라 질적인 면에서 향상이 필요한 실정임.
- 또한 원자력분야가 이공계의 기술전문가들의 전유물로 존재해서는 한계가 있으므로 사회과학도의 관심을 유발하기 위한 차원에서도 정치, 행정, 경제 등의 학문들과 학회활동을 통한 교류가 있어야 할 것임.

마. 원자력이 주는 편익에 대한 홍보

- 원자력이 우리에게 주는 편익은 크게 3가지로 나누어 볼 수 있는데, 전력생산, 환경친화성, 국민의 삶의 질 향상 등이 그들임.
- 먼저, 전력생산과 관련해서는 수급의 안정성 확보, 에너지 자립도 향상, 기술 선도산업이라는 측면에서 중요성을 인식해야 함.
- 둘째, 환경친화성과 관련해서는 세계기후변화협약에 대한 효과적인 대응과 CO2의 방출 억제에 효과적으로 대응할 수 있는 수단이 됨.

- 마지막으로 의학, 농업, 공업 및 일상생활에서 다양한 형태로 원자력기술이 활용됨으로서 삶의 질을 향상시키고 있음을 알려야 함.

9. 리더의 관심

- 위에서도 여러 번 언급한 것처럼 원자력 선진국은 물론이고 많은 개발도상국들도 원자력에 대한 많은 관심을 갖고 국가 지도자들이 앞장서서 원자력 분야에서 발전을 모색하고 있음.
- 우리나라도 대통령을 비롯한 많은 정치지도자들이 원자력의 중요성과 필요성에 대한 공감대를 형성하고 선도해 나갈 때 괄목할 만한 발전을 기대할 수 있을 것임.

제2절 정책적 시사점

- 한편에서는 대량의 전력을 경제적이고도 안정적으로 공급할 수 있는 원자력 발전은 지금까지 인류가 창출한 최고의 기술 에너지라고 함(나카무라 마사오, 2006).
- 석유 자원이 급속하게 감소하고 가격이 상승하는 상황에서 원자력 에너지가 한 돌파구로 상당한 설득력을 얻는다면, 이러한 원자력 에너지를 얼마나 안전하고 효율적으로 관리할 것인가가 중요한 정책적 이슈가 될 것임.
- 즉, 원자력 관련 정책들이 어떤 시스템에서 결정되고 집행되느냐가 원자력 에너지를 얼마나 안전하고 효율적으로 생산·관리하느냐에 중요한 영향요인이 될 것임.
- 원자력 에너지가 불가피하게 필요한 것이라면 장·단기적인 측면에서 현명한 판단을 통해 추진되어야 할 것임. 장기적 측면에 초점을 맞추면 기초기술연구와 개발이 중요할 것이고, 단기적인 측면에서는 경제성과 상업성이 중요한 판단의 기준이 될 것임.
- 장·단기적 측면이 모두 중요하기는 하지만 성격상 상반되는 면이 존재하기 때문에 이를 체제적으로 어떻게 배치하느냐가 장·단기적 목적을 모두 성취하는데 일조할 것임.
- 정책적 제언을 하면, 먼저 원자력 에너지 관련 조직이 독립적·협력적 특성을 동시에 발휘할 수 있어야 함.

- 둘째, 원자력이용개발정책과 안전규제는 별개의 독립된 조직에서 담당할 필요가 있음. 하나의 부서나 조직에 공존하고 있어서는 그 기능의 극대화가 어렵기 때문임.
- 셋째, 에너지 정책과 원전사업도 성격상 독립된 조직에서 담당하는 것이 적합함.
- 넷째, 원자력외교협력에 많은 노력을 기해야 할 것임. 홍보를 통한 국내의 신뢰확보도 중요하지만 핵비확산에 관심을 집중하고 있는 미국을 비롯한 국제사회로부터 신뢰를 확보함으로써 원자력 에너지 관련 정책을 더 자유로운 조건에서 펼 수 있도록 하는 것이 장기적인 성과에 중요한 요인이 될 것임.
- 다섯째, 조금 더 쉬운 방법으로 국민들이 원자력의 필요성과 안전성에 공감대를 형성할 수 있도록 다양한 방법을 통해 대국민 홍보가 이루어져야 할 것임
- 끝으로 원자력 르네상스시대를 맞고 있으면서도 국가와 민간은 물론 정부부처 사이에서도 역할분담이 미흡하므로 재조정이 필요함
- 기후변화 협약, 고유가와 같은 원자력시장의 환경변화에 대응할 부처간 정책조정기능의 강화가 절실히 요구됨
- 원자력행정은 발전사업 이외에 비발전분야도 진흥시켜 국가경제의 신성장동력으로 육성해 나갈 수 있는 행정운영체계가 갖추어져야 함
- 기후변화 협약과 급격한 고유가시대 도래 등 세계 에너지환경변화에 능동적으로 대응하기 위한 국가원자력행정체계의 발전방향 도출이 필요함
- 원자력행정은 관련기본기능이 서로 연계되어야 목적달성이 가능하므로 원자력선진국의 행정운영체계 비교분석을 통한 행정운영체계의 발전방안을 도출해야 함
- 정부부처의 종합적 원자력행정이 가능한 근거를 제시하여 효과적 원자력행정운영체계의 제안해야 함
- 행정서비스공급자와 수요자의 동시 만족을 지향하는 21세기 원자력행정시스템구축방안을 제시하기 위한 추가적 심층연구가 필요함

참고 문헌

- 경제협력개발기구(OECD) <http://www.oecd.org/home/>
- 과학기술네트워크. <http://www.sntnet.or.kr/>
- 과학기술부 『원자력 국제협력 실무(Ⅲ)』, KAERI/RR-1935/98, 2001. 7.
- 과학기술부. (2001). 『제2차원자력 진흥종합계획(2002-2006)』
- 과학기술부. (2003). 『제24차 한미원자력공동상설위원회 회의결과 보고서』.
- 과학기술부. (2004). 「제3차 원자력안전협약국가보고서」.
- 과학기술부. (2005). 『2005 원자력백서』.
- 과학기술부. (2006). 『2006 원자력안전백서』.
- 과학기술부. (2007). 원자력안전백서 2007.
- 교육과학기술부, (2007). 제3차 원자력진흥종합계획(2007-2011).
- 국제원자력기구(IAEA) <http://www.iaea.or.at/>
- 김기정 · 박한규, (2002). “국제레짐의 강제집행력과 개별국가들과의 관계: 1970년대 국제핵비확산레짐과 일본의 핵재처리정책 비교연구,” 『한국과 국제정치』 18집 4호, 1-33.
- 김시환. (2007). 원자력 르네상스-어떻게 맞이할 것인가. 「원자력 발전 30년 과거, 현재 그리고 미래」, 한국원자력문화재단 원자력발전 30년 기념 심포지엄. 8-19.
- 김영평 외. (2007) 「에너지안보와 원자력의 미래」. 한국정책학회 기획세미나 발표자료. 2007. 8. 30 롯데호텔
- 김태한. (2004). 일본에서의 원자력 안전규제. 「법과 정책연구」, 3(2): 281-295.
- 김홍태. (2007). 원자력 안전. 「공업화학 전망」, 10(1): 15-26.
- 나카무라 마사오, (2006). 원자력과 환경, 김경민 번역, nBook.
- 미찌가미 히사시. (1998). 「일본의 원자력 정책에 대한 논평」.

- 박광국, (2008). 과학기술행정체제 속의 원자력행정조직, 서울행정학회와 한국정치·정보학회 공동기획세미나 발표논문집.
- 박광국. (2007). 주요 선진국의 원자력 정책 비교와 시사점.
- 박광국·이창기·조만형·최도림. (2007). 미국과 일본의 원자력정책 현황과 시사점. 「서울행정학회학술대회발표논문집」. 49-69.
- 산업자원부. (2005). 원자력발전백서.
- 산업자원부. (2007). 원자력발전백서.
- 심기보, (2008). 원자력의 유혹: 핵무기, 원자력발전, 방사선 및 방사성동위원소, 한솜미디어.
- 오근배. (2006) 미국의 원자력 정책. 「신동아」 567. p121-129.
- 원병출. 2007. 한국 원자력 개발과정에서의 정책네트워크 변화분석. 고려대학교.
- 원자력연구원, (2006). 제3차 원자력진흥종합계획 수립 연구 보고서.
- 윤순진, (2005). 공공참여적 에너지 거버넌스의 모색: 전력정책에 대한 시민합의회의 사례에 대한 평가를 바탕으로, 한국사회와 행정연구, 15(4): 121-153.
- 윤순진·오은정. (2006). 한국 원자력 발전정책의 사회적 구성: 원자력기술의 도입 초기(1954~1965년)를 중심으로. 「환경정책」, 14(1): 37-74.
- 이광석 외. (1997). 『원자력협력의 사전동의권 개념 및 이행방식 분석』, 한국원자력학회 1997년 추계학술발표회.
- 이병욱 외. (1997). 『동북아 원자력협력체 설립논의에 대한 한국의 대응 방향 설정 연구』, 한국원자력학회 1997년 추계학술발표회.
- 이서향. (2005). “최근 NPT 체제 강화 논의 동향,” 외교안보연구원 일련번호 2004-1.
- 이창기 외. (2001). 원자력산업발전을 위한 정부와 민간단체간의 바람직한 관계정립에 관한 연구. 「한국수력원자력(주)연구영역보고서」.
- 이창기, (2002). 한국실정에 적합한 신 원자력 홍보전략 프로그램 개발, 대전대학교.
- 장순훈. (2007). 원자력이용확대 전망 및 주요이슈. 「원자력 발전 30년 과거, 현재 그리고 미래」, 한국원자력문화재단 원자력발전 30년 기념 심포지엄. 21-31.

- 齋藤伸三, (2001). 일본 원자력산업의 현황과 원자력 신기술, 일본원자력학회, [특집 : 제19회 한국원산/원자력학회 연차대회 특별강연]
- 전봉근. (2005). 「대미 원자력외교 선진화 방안 연구」
- 전봉근. (2007). 「미-인도 원자력협력 동향과 주요 쟁점」. 「주요국제문제분석」, 외교안보연구원. 227-245.
- 전재성. (2007). 「미국의 원자력 정책 및 한국의 대미 접근」
- 전진호, (2001). 일본의 원자력정책 결정과정: 원자력의 국제환경에 대한 국내체제의 대응을 중심으로, 「국제정치논총」. 41(4): 171-193.
- 전진호. (2005). 미일 원자력협상과 일본의 원자력외교. 「인문사회과학논문집」, 35: 80-93.
- 정옥임. (2007). 한국원자력-Public Diplomacy의 과제. 「원자력 발전 30년 과거, 현재 그리고 미래」, 한국원자력문화재단 원자력발전 30년 기념 심포지엄. 59-78.
- 조만형, (2008). 주요 선진국의 원자력정책 비교와 시사점, 서울행정학회와 한국정치·정보학회 공동기획세미나 발표논문집.
- 지식경제부, (2006). 원자력발전백서.
- 최광식. (2004). 누구를 위하여 규제할 것인가?-원자력 안전 규제의 '대리의 문제' 고찰-. 「원자력 산업」, 2004/7: 21-29.
- 최광식. (2005). 원자력안전과 규제에 대한 국민신뢰 구축을 위한 정책방향. 제2회 원자력안전포럼.
- 최광식. (2006). 규제기관에 대한 국민신뢰 종합 프로그램. 「규제기관에 대한 신뢰와 불신, 어떻게 다룰 것인가」. 국원자력안전기술원 대외정책단.
- 최광식. (2007). 원자력 안전 규제의 목표에 대한 고찰. 「원자력 산업」, 2007/7: 28-41.
- 최병선. (2003). 「정부규제론」. 서울: 법문사.
- 최병선. (2007). 원자력정책과 논의구조에 관한 연구: 미래 원자력을 위한 새로운 담론의 형성을 중심으로. 「원자력 발전 30년 과거, 현재 그리고 미래」, 한국원자력문화재단 원자력발전 30년 기념 심포지엄. 34-58.
- 최영록·최영명. (1995). 미국, 일본의 원자력 수출통제제도 분석 및 국내제도 구축방향.

- 최영명. (1999). 『원자력연구개발의 원활한 환경을 위한 국제환경 조성방안 연구』 KAERI/RR-1935/98.
- 최영출·윤태범·곽현근·최진혁. (2007). 프랑스, 러시아 원자력정책의 현황과 시사점. 「서울행정학회학술대회발표논문집」. 70-91.
- 하영선. (1994). 『미·일 원자력협력협정 및 협상과정에 관한 연구』 KAERI /RR-1309/94, 1994.
- 하영선. (1997). 『핵연료주기 연구개발을 위한 국제정치환경』, 한국원자력연구소, KAERI /CM-158/96, 1997.
- 한겨레, (2007). 원자력이 기후변화 해법? 논란 뜨겁다, 10월 24일.
- 한경비즈니스. (2004/11/28)
- 한국과학기술정책정보시스템. <http://www.now.go.kr/index.jsp>
- 한국수력원자력. (2007). 「세계 원자력발전 현황 및 정책 동향」.
- 한국원자력문화재단. <http://www.knef.or.kr/>
- 한국원자력산업회의. <http://www.kaif.or.kr/>
- 한국원자력안전기술원. (1996). 「원자력안전문화의 이해」, KINS/HR-131.
- 한국원자력안전기술원. (2002). 「원자력 안전규제 정책방향 연구」 KINS/GR-238.
- 한국원자력안전기술원. (2006). 「규제기관에 대한 신뢰와 불신, 어떻게 다를 것인가?」, 2006.6.28 개최 정책워크숍 요약보고서.
- 한국원자력안전기술원. <http://www.kins.re.kr/>
- 한국원자력연구소. (1996). '아시아와의 원자력공생', KAERI/TS-20/96, 1996.
- 한국원자력연구소. (1997). 『국내외 원자력정세 변화에 대응하는 원자력 장기정책방향에 관한 연구』, KAERI/RR-1815/97, 1997.
- 한국원자력연구소. (1998). 『한미 원자력 기술협력 추진방향』, KAERI/TR-1184/98.
- 한국원자력연구소. (2003). 『핵비확산 핸드북』.

- Bredimas, A., & Nuttall, W. J. (2007). A Comparison of International Regulatory Organizations and Licensing Procedures for New Nuclear Power Plants, EPRG Working Paper. University of Cambridge.
- CEA, (2006). 2005 Annual Report, France.
- Freseura, G. (2001). The role of research in a Nuclear Regulatory Context, NEA News 2001, No. 19, Nuclear Energy Agency, OECD, Paris
- IAEA. (2002). Innovative Nuclear Reactor Development: Opportunities for International Cooperation, IEA, OECD, Paris
- IAEA. (2006). Safety Standards for Protecting and The Environment, Fundamental Safety Principles, No. SF-1, IAEA.
- International Energy Agency. (2000). Energy Policies of IEA Countries, France 2000 Review, OECD, Paris.
- Kudrik, I. (2004). The Russian Nuclear Industry. Bellona Report Volume.
- Ministry of Economy, Trade and Industry, Nuclear Energy Subcommittee. (2003). Projected Electricity Generation Costs, Tokyo.
- Nuclear Energy Agency. (2003). Nuclear Energy Today. OECD, Paris.
- Nuttall, W. J. (2006). Nuclear Renaissance Requires Nuclear Enlightenment.
- OECD. (2002). Regulatory Policies in OECD Countries, Paris.
- Renneberg, W. (2006). Independence and Effectiveness in Licensing, Inspection and Enforcement.
- Weightman, M. W., Storey, P., and Thorne, F. (2006). Interacting with Stakeholders: Generating Trust, Confidence and Influence through Credibility, Responsiveness and Values.
- Wilpert, B. (2007). Regulatory styles and their consequences for safety. *Safety Science*, 30: 1-6.