



KR0100968

KAERI/RR - 2101/2000

원자력 정책 연구

A Study on the Nuclear Policy

원자력기술정책연구

A Study on the Nuclear Technology Policy

한국원자력연구소

PLEASE BE AWARE THAT
ALL OF THE MISSING PAGES IN THIS DOCUMENT
WERE ORIGINALLY BLANK

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 기관고유사업 “원자력정책연구”과제(단위과제 “원자력기술정책연구”)의 2000년도 연차보고서로 제출합니다.

2001년 1월

부 서 명 : 정책연구팀 원자력기술정책연구과제

과제책임자 : 양 맹 호

연 구 원 : 김 화 섭

김 현 준

정 환 삼

윤 성 원

요 약 문

I. 제 목

원자력 기술정책 연구

II. 연구의 목적 및 중요성

인구증가와 산업개발, 세계경제의 규모의 증가 등에 따라 에너지수요는 지속적으로 증가가 전망되고 있다. 반면에 에너지원은 그 가용량이 한계가 있으며, 따라서 에너지수급은 국내·외적으로 중요한 국가정책의 하나로서 기본이 되고 있으며 원자력은 주요 에너지정책의 하나의 선택지로서 에너지공급 안정과 과학기술 발전, 국민복지 증진 그리고 안전문화 등의 과학기술문화에 크게 기여해오고 있다.

원자력 이용개발과 관련하여 국내외정세는 급변하고 있으며 체계적이고 효율적인 대응이 요구되고 있다. 우리나라는 국제화시대의 진행에 따라 시장개방이 불가피하며 원자력산업의 육성과 경쟁력강화가 우선적으로 요구되고 있으며 연구개발의 체계적이고 전략적인 추진이 요구되고 있다.

또한 원자력 이용개발 관련 기후변화협약 대응에서의 원자력의 역할, 방사성폐기물의 안전관리, 방사선 및 방사성동위원소의 이용개발 확대 등 국제정세의 변화에 적절하고 효율적인 대응이 요구되고 있으며, 국내 원자력의 발전의 중요한 요소가 되고 있다.

따라서 원자력이용개발과 관련된 국내·외 환경변화에 대한 체계적이고 효율적인 대응 등을 위한 연구는 이러한 측면에서 중요하다.

III. 연구발의 내용 및 범위

본 연구는 기관고유사업의 일환으로서 수행되었으며 다음의 주요 분야를 중심으로 심층 분석을 수행하였고 이에 따른 정책대안을 제시하였다.

- 1) 전력산업구조 개편이 추진됨에 따라 원자력이용개발에 대한 영향과 원자력연구개발의 향후 방향에 대해서 분석하였으며, 국제적인 원자력산업구조 개편동향에 대하여 심층적으로 분석하였다.
- 2) 원자력이용에서 수명주기의 환경영향 평가 기법을 도입하여 타 에너지원과의 환경영향측면에서 비교연구를 수행하였다.
- 3) 또한 원자력행정체제의 개혁과 장기 원자력개발이용 계획의 수립을 추진하고 있는 일본의 원자력정책동향을 심층적으로 분석하였으며, 러시아의 1998-2010년의 원자력개발 프로그램과 독일의 원전폐쇄정책 동향에 대해서 심층분석을 수행하였다.
- 4) 또한 에너지안보 측면에서 동지나해의 해상수송과 관련하여 동아시아에서의 에너지수급동향 분석과 베트남과 이집트에 대한 원자력기술협력을 위한 원자력이용개발 정책동향에 대하여 분석하였다.

IV. 주요 연구결과 및 건의

에너지부존자원이 빈약하고 해외에 에너지수요를 대부분 의존해야하는 우리나라는 원자력 등을 중심으로한 국산기술에 의존하는 에너지의 개발과 이용에 우선을 정책추진에서 두어야 할 것이다. 이를 통하여 에너지안보에서 신뢰성을 제고시키고 국가경제와 산업발전을 안정적으로 추진이 가능하며 국내 산업발전에도 크게 기여할 것으로 판단된다. 이러한 측면에서의 원자력의 경제성과 안전성을 혁신시키기 위한 연구개발의 지속적 추진과 투자확대는 아주 중요하다.

선진국들은 이를 위하여 원자력의 경제성과 안전성, 방사성폐기물의 안전관리, 핵연료주기 기술의 핵확산저항성, 비발전 분야로의 원자력기술의 이용확대와 조화와 균형있는 연구개발의 추진 등 종합적이며 체계적으로 재조명을 추진하고 있으며 우리나라도 이에 대한 대응이 적극 필요하다.

이러한 측면에서 선진국은 원자력의 경제성과 안전성, 방사성폐기물의 안

전관리, 핵연료주기 기술의 핵확산저항성 향상에 초점을 두고 기술개발을 추진하고 있으며, 비발전 분야로의 원자력기술의 이용확대도 적극 추진하고 있다. 우리나라의 경우에도 현재 추진중인 원자력 진흥종합계획의 수립에서 반영이 적극적으로 되어야 될 것이다.

국내 원자력산업의 육성과 해외진출은 현재 원자력선진국과 경쟁이 불가피하므로 세계시장 진출을 위한 장기적인 전략수립과 효율적인 추진체제도 시급하게 정립되어야 할 것이다.

원자력이용에서의 전수명주기동안 환경영향의 평가가 중요하며 이를 위한 데이터베이스 구축노력이 필요하다. 이를 통해서 원자력의 환경영향에 대한 국민의 이해증진과 원자력이용의 효율적인 추진기반을 공고히 할 수 있을 것으로 생각된다.

SUMMARY

I . TITLE

A Study on Nuclear Technology Policy

II. OBJECTIVE AND NECESSITY OF THE STUDY

It is expected that demand of energy is increasing continuously from the points of views of increase of world population, industrial development and growth of global economy.

On the hand, available reserves of energy resources in the world is limited and security of energy is one of the most important policy issues in every countries. Nuclear energy is contributing remarkably to stable supply of energy, progress of national science and technology, improving of people's welfare and Scientific culture as one of energy policy options from the beginning of its development and use.

International nuclear trends are changing rapidly in the development and use of nuclear technology, and systematic and efficient responses in the nation are needed to response against them.

In the age of global village after establishment of WTO, national nuclear market is inevitably open to abroad and subsequently it is needed to foster national nuclear industry and strengthen its competitiveness with higher priority in the national policy as well as strategic and systematic implementation of national nuclear R & D.

In addition, it is requested to response in effective and proper manners

against the changes of international nuclear trends such as the role of nuclear energy in the response of international trends of global climate change, safe management of radioactive wastes, and extended use of radiation and radioactive radio-isotope, etc., which is one of most important factors for the advancement of national nuclear industry.

It is, therefore, very important to study international and domestic changes of the nuclear policy environments in-depth manner for the systematic and efficient responses from these points of views.

III. CONTENTS AND THE SCOPE OF THE STUDY

This study was carried out as a part of institutional activities of KAERI. Major areas are as follows;

- 1) Future directions and effects for national nuclear R & D to be resulted from restructuring of electricity industry are studied.
- 2) Comparative study was carried out between nuclear energy and other energy sources from the point of views of environmental effects by introducing life cycle assessment(LCA) method.
- 3) Japanese trends of reestablishment of nuclear policy such as restructuring of nuclear administration system and long-term plan of development and use of nuclear energy are also investigated, and Russian nuclear development program and Germany trends for phase-out of nuclear electricity generation are also investigated.
- 4) And trends of the demand and supply of energy in eastern asian countries in from the point of view of energy security and tension in the south china sea are analyzed and investigation of policy trends of Vietnam and Egypt for the development and use of nuclear

energy for the promotion of nuclear cooperation with these countries are also carried out.

IV. MAJOR RESULTS AND RECOMMENDATIONS

Due to the lack of energy resources and high dependence of imported energy, higher priority should be placed on the use of localized energy supply technology such as nuclear power in order to enhance the stability in the energy supply, stable implementation of the development plan of national economy and industry and to contribute to improvement of social welfare. From these point of views, it is important to carry out nuclear R & D program continuously and enlarge its investment considering deepening competition of energy security worldwide.

In this connection, technological development should be strengthened positively in order to improve economy and safety of nuclear energy and proliferation resistance of nuclear fuel cycle and wide ranged use of radiation and radioisotopes and should be reflected in re-establishment of national comprehensive promotion plan of nuclear energy in progress.

It is recommended to establish and long-term strategies and national implementation system for export of nuclear power technology because competition with nuclear advanced countries is inevitable in fostering national nuclear industry and exporting nuclear technologies to abroad.

Assessment environmental effects of use of nuclear energy is important for life time compared with other energy supply system and more establishment of data-base system is needed. Through this efforts, it is possible for people to understand advantage of the nuclear energy and national nuclear energy program can be also carried out in stable and efficient policy foundation.

목 차

제 1 장 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 배경	1
2. 연구 내용 및 범위	2
3. 연구방법	2
제 2 장 원자력연구개발 정책 분석	5
제 1 절 전력산업 구조개편과 원자력 연구개발	5
1. 전력산업 구조개편 추진배경	5
2. 전력산업의 문제점 및 구조개편 기대효과	6
3. 전력산업 구조개편과 공적 부담금의 처리	8
제 2 절 원자력연구 정책방향 분석	21
1. 환경변화에 대응하는 신 연구정책 방향	21
2. 연구인력 활용의 효율화 방안	28
3. 원자력연구개발 활성화를 위한 연·학·산 협력 방향	42
제 3 장 원자력이용의 환경영향 평가	47
제 1 절 원자력의 환경영향평가 필요성	47
제 2 절 원자력 수명주기(LCA)의 환경영향 평가 방안	49
1. LCA 평가방법	49
2. 수명주기 평가의 구조	49
3. 국내·외의 전과정평가 연구 및 적용 사례	57
제 4 장 주요국의 원자력동향 조사·분석	73

제 1 절	주요국의 원자력정책 동향	73
1.	최근 일본의 원자력정책 동향	73
2.	러시아의 원자력정책 동향	115
3.	독일의 원자력동향	119
제 2 절	동아시아의 21세기 에너지 문제	127
1.	세계의 에너지 자원 현황	127
2.	동아시아의 에너지 수급 동향	129
3.	에너지 안정공급의 어려움	131
4.	동아시아 국가들의 해양분쟁의 배경	135
5.	원자력의 역할증대 문제	139
6.	동아시아 에너지 환경 전망	142
제 3 절	주요국의 원자력산업체제 동향	144
1.	원자력산업 재편	144
2.	미국의 원자력산업	150
제 4 절	우리나라와 원자력후발국과의 기술협력 동향	153
1.	베트남의 원자력 이용개발 동향과 우리나라와의 협력 방향	153
2.	이집트의 원자력 이용개발 동향과 우리나라와의 협력 방향	167
제 5 장	결론	175
참고문헌		177

표 차 례

<표 2-1> 구조개편 추진일정	6
<표 2-2> 한전의 공익적 부담금 현황	10
<표 2-3> 전력산업기반기금의 주요 내용	16
<표 3-1> 이용 집단별 활용용도	50
<표 3-2> 외국의 LCA 추진 경위	60
<표 3-3> Kansai 전력에서의 재활용된 물질	64
<표 3-4> 해외 주요기업에서의 LCA이용 및 효과 사례	66
<표 4-1> 일본의 과학기술회의와 종합과학기술회의 비교	103
<표 4-2> 일본의 행정개혁과 원자력행정 변화	114
<표 4-3> 독일의 원자력발전소 현황	121
<표 4-4> 동아시아 국가의 1차 에너지 수요 증가율	130
<표 4-5> 우리 나라의 원유 및 석유 비축 현황	132
<표 4-6> 주요국의 원유 및 석유 비축 현황	133
<표 4-7> 베트남 주요 경제 지표	155
<표 4-8> 이집트의 원자력관련 주요연구기관의 연구분야	171

그 립 차 례

<그림 2-1> 전력산업 기반기금의 조성 및 집행 체제	20
<그림 3-1> 청정기술과 정화기술	48
<그림 3-2> 전과정평가의 구조	50
<그림 3-3> 목록분석을 위한 시스템 투입/산출 분석	53
<그림 3-4> 전과정평가 실제 수행 단계	54
<그림 4-1> 2001년 1월 1일 이후의 일본의 정부조직 체제	101
<그림 4-2> 일본 원자력안전위원회 조직	106
<그림 4-3> 일본 文部科學省의 조직체제	108
<그림 4-4> 일본 經濟産業省의 원자력관련 조직체제	111
<그림 4-5> 한국가스공사의 이르쿠츠크 PNG사업 개요	134
<그림 4-6> 동아시아 지역의 해상분쟁 지역	138
<그림 4-7> 베트남 원자력관련 행정체제	157

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성 및 배경

원자력정책연구는 한국원자력연구소법에 명시된 연구소 임무의 하나로서 원자력기술정책연구는 원자력정책연구의 세부과제로서 추진되었다. 원자력기술정책연구는 국내·외의 원자력기술 개발 환경 변화를 파악하고 이에 대응하는 기술정책 개발을 목적으로 하고 있다.

21세기에 이르면 원자력은 지구환경문제 또한 에너지수급의 불균형 발생 전망 등으로 그 역할이 중요해질 것이라는 전망이 있다. 이에 따라 21세기에서의 원자력연구소의 역할과 비전에 대한 연구는 물론, 원자력의 역할에 부합되는 원자력기술개발 정책 연구가 중요하다.

또한 국내 원자력연구정책의 근간이 되고 있는 원자력진흥종합계획이 지난 5년간의 환경변화를 반영하여 새로운 미래의 비전을 제시하기 위해 개정되고 있으며, 또한 국가 원자력연구개발의 기본계획인 원자력연구개발 중·장기계획은 매년 원자력연구개발 환경을 반영하여 기획되고 있는 등에 따라, 선진 원자력기술 동향의 지속적인 파악과 원자력을 둘러싼 국내·외 정책 환경의 지속적인 모니터링이 요구되고 있고, 그 결과는 이들 계획의 설정에 반영될 필요가 있다.

이에 본 원자력기술정책연구에서는 원자력진흥종합계획과 원자력연구개발 중·장기계획에서 제시하고 있는 국가 원자력정책목표 및 기본방향에 따라 바람직하고 효과적인 국가 원자력기술개발 정책 설정을 위한 정책개발 연구를 수행하였다. 이와 함께 본 연구에서는 최근의 원자력연구개발 환경 변화에 대응하기 위한 원자력연구소의 연구정책 방향 정립을 위한 연구도 수행하였다.

2. 연구 내용 및 범위

본 연구는 상기의 연구목적에 부합하기 위하여 원자력연구개발정책 분석, 원자력 환경영향 평가, 주요국의 원자력동향 조사·분석을 주요 내용으로 하였다.

원자력연구개발정책 분석에서는 최근 현안이 되고 있는 전력산업구조개편에 대한 현황과 전망에 근거하여 이것이 원자력연구개발에 미치는 영향을 원자력연구개발 재원 측면과 원자력개발체제 변화 측면에서 분석하였다. 또한 최근의 원자력연구개발 환경 변화에 대응하는 원자력연구소의 연구정책 방향 설정과 함께 원자력연구소 연구인력의 효율적 활용을 위한 방안 도출을 위한 조사·분석 및 원자력연구개발 활성화를 위한 연·산·학 협력 방향에 대한 연구를 수행하였다.

원자력환경영향 분석에서는 민간에서 도입되어 활발하게 활용되고 있는 수명평가기법(LCA: Life Cycle Assessment)을 이용하는 원자력 및 타 에너지원의 지구환경에 대한 영향을 평가하는 것으로써, 올해에는 LCA 활용 방법 및 최근의 연구동향에 대한 기초자료를 조사·분석하여 차기 연도부터의 본격적인 연구를 위한 기반을 구축하였다.

주요국의 원자력 동향 조사·분석에서는 원자력개발이용장기계획을 개정하고 있는 일본의 정책동향에 대해 심층 분석하였고, 21세기 원자력기술개발에서 세계적 현안으로 등장하고 있는 신 원자로 기술개발에 대한 미국과 러시아의 동향을 조사·분석하였다. 그리고 극동 아시아 지역의 21세기 지역안보 동향 조사·분석, 주요국의 원자력산업체제 개편 동향 조사·분석 및 우리나라와 원자력후발국과의 기술협력 동향에 대해 조사·분석하였다.

3. 연구방법

본 연구는 기관고유사업으로서 매년도 환경변화를 분석하고, 국가 원자력

기술정책 방향 및 관련 기술정책을 개발하며, 한국원자력연구소의 연구정책 방향 및 관련 정책개발을 수행한다. 이에 다음의 ① 기술정책 현안 파악 → ② 기술정책 정보 수집 및 분석 → ③ 원자력기술정책개발 방법론 연구 → ④ 현안별 대응정책 방안 도출 → ⑤ 개발된 정책의 활용 방안 강구와 같이 단계별 연구추진 방법을 채택하고 있다.

먼저 최근의 국내 및 해외의 원자력기술개발 동향에 대한 모니터링을 통하여 주요 현안에 대하여 파악한다. 모니터링은 주요국의 원자력기술정책 동향 조사, 국내·외 학술회의나 세미나 등에 대한 조사, 원자력관련 뉴스에 대한 조사 및 분석 등을 통하여 수행하고, 이를 네트워크화하고 있다. 이러한 파악된 현안은 시급성 및 중요도에 따라 분류되어 정리되고 적절한 대응책이 조사된다.

현안사항이 연구를 필요로 하는 경우에는 관련 정보의 수집과 분석과 이루어지고, 적정 연구방법론에 대한 조사와 적용을 위한 연구가 이루어진다. 이를 통하여 현안문제 해결을 위한 정책개발이 결과로서 산출된다. 그리고, 산출된 정책이 현실에 적용하기 위한 방안이 동시에 강구된다.

본 연구는 매년 발생하는 원자력기술정책 현안에 대해 지속적으로 상기와 같은 연구방법론을 적용하여 추진된다.

제 2 장 원자력연구개발 정책 분석

제 1 절 전력산업 구조개편과 원자력 연구개발

1. 전력산업 구조개편 추진배경

전력산업 구조개편의 주된 목적은 독점체제인 전력산업에 경쟁을 도입함으로써 전력공급의 효율성을 높여, 장기적으로 값싸고 안정적 전력공급을 지속적으로 보장하기 위함이다. 아울러 전력산업구조개편은 경쟁시장의 이점을 통해 전기소비자의 편익증진에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다. 구조개편의 기본방향은 다음과 같다.

첫째, 발전시장의 경쟁 도입 : 전력산업구조 개편의 기본방향은 단기적으로 발전부문을 수 개의 발전회사로 분할하여 전력부문에 경쟁체제를 도입한다. 전력수급의 안정성과 한전의 대외신인도 유지를 고려하여 일단한전의 자회사형태로 분리한다. 분할된 발전회사를 단계적으로 민영화하여 효율성 제고를 통한 발전원가의 절감을 도모한다. 특히 원자력발전부문은 발전형태의 특성 및 안전성을 고려하여 별도의 자회사로 구성한다.

둘째, 송전망 개방과 배전부문의 경쟁 이 방안은 특별한 자원(전력부과금)을 특별한 사업에 활용할 수 있는 근거를 마련하는 장점이 있으며 정부의 기금신설억제정책기조에 부합된다. 도입 : 장기적으로 전력산업의 배전부문도 수 개의 배전회사로 나누어 전력 도·소매부문에 본격적 경쟁을 도입한다. 송전망을 개방하여 민간업체도 전국적 송전망을 자유로이 이용하게 하여 공정한 경쟁여건을 조성한다.

셋째, 향후 우리 나라의 송전부문은 ① 시장관리기능(Market Operator), ② 계통관리기능(System Operator), ③ 설비관리기능(Asset Management)으로 분리되어 경쟁을 촉진하게 된다.

<표 2-1> 구조개편 추진일정

기 간	단계별 목표
1단계 (~2002)	○ 발전부문의 경쟁 및 민영화 추진 - 한전의 발전부문을 6개 자회사로 분할하여 단계적으로 민영화 추진 - 발전회사간 경쟁입찰방식에 의하여 전력판매
2단계 (2003~2008)	○ 배전부문의 경쟁 도입 - 한전의 배전부문 분리 및 전력판매부문의 경쟁체제 도입 - 송전망을 개방하여 배전회사의 자유로운 사용 보장
3단계 (2009~)	○ 완전경쟁 실현 - 배전망을 개방하여 소비자가 직접 전력회사를 선택하여 공급받을 수 있는 전력산업의 완전경쟁 체제 구축

2. 전력산업의 문제점 및 구조개편 기대효과¹⁾

가. 전력산업을 보는 시각

한전을 중심으로 하는 전력산업의 구조개편을 주도하고 있는 정부가 국내 전력산업을 보는 시각은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 한전은 발전부문에 한화를 비롯한 5개의 민간사업자가 참여중이나 그들의 점유율은 5.7%에 불과하여, 사실상 국내시장에서 효율성을 기대하기는 어려운 독점 공기업의 지위를 유지해왔으며 이에 따라 체제의 개선이 이루어져야 한다. 또한 그간의 압축성장 결과, 급증하는 전력수요에 따라 발전 설비가 1961년의 37만kW에서 1999년 4,698만kW로 약 130배의 성장을 기록하였으며, 앞으로도 2015년까지 현재의 2배로 증가할 전망이다. 이러한 설비 규모의 급증에서는 “규모의 경제” 효과를 기대할 수 없다²⁾.

1) 구조개편 추진팀이 보는 시각으로, 산업자원부(2000. 6) 참조하였음.

2) 에너지경제연구원의 연구(1993)에 의하면, 국내 전력산업은 1990년(2,102만kW)부

둘째, 모든 비용이 전기요금에 전가되는 총괄원가 보상에 따라 효율성 제고 동기 결여되어 있다는 것이다. 따라서 신세기·온세통신 등의 정보통신 기업에 1,372억 원, 한중·가스공사 등에 3,112억 원을 출자하는 것과 같이 생산성 향상보다는 비전력부문으로 사업 확장하는 등 조직확대에 치중하는 방만한 경영을 초래하고 있다.

셋째, 한전의 투자 효율과 재무구조에 관한 사항으로, 한전은 그간 정부주도의 전원개발에 따라 시행만 담당하는 설비투자 결정의 합리성 결여로 전력설비의 과잉·과소 현상이 주기적으로 반복되어 왔다. 이에 따라 소비자에 대한 서비스 개선이 미흡하고 자체 재무구조를 악화시키는 원인이 되고 있다. 현재 한전은 부채 33.8조 그리고 자기자본 30.3조로 총자산 규모가 64.1조에 이르는 기업이다. 이후 부채비율은 1999년 말 111.5%에서 2008년에는 253.0%로 악화될 것으로 전망되고 있다. 이러한 체제가 지속될 경우 설비투자비 조달을 위한 한전의 대외차입이 매년 급증하여 2000년대 중반에는 운영자금의 자체조달도 어려울 것으로 전망된다.

나. 전력산업 구조개편의 기대효과

한전의 구조개편에 따른 기대효과를 보는 정부의 시각은 다음과 같다. 또한 이를 증명하기 위해 우리 나라보다 전력산업 구조개편을 먼저 실시한 영국, 아르헨티나, 호주의 일부 주를 실적을 예를 들고 있다.

첫째, 장기적으로 경쟁촉진을 통해 전기요금의 하락을 기대하고 있다. 또한 절차에 있어서는 단계적인 경쟁을 도입하고 최종가격 인가제를 통해 구조개편으로 인한 일시적인 전기요금 인상가능성을 방지하여 소비자의 편익을 보장한다는 것이다. 이를 증명하기 위해 제시된 선진국의 사례로는 영국의 경우 1990~1997년간 18.4% 정도 인하되었고, 아르헨티나는 1992~1997년간 발전시장 가격이 40% 인하되었다. 그리고 호주의 빅토리아주는 1993

터 규모의 비경쟁이 발생한 것으로 보고 있음.

년 이후 주택용이 9.2%, 산업용·영업용이 39% 인하되었다.

둘째, 발전, 배전, 판매부문의 경쟁도입과 송전부문의 효율성 제고로 전반적인 서비스 수준이 향상될 것으로 기대하고 있다. 영국에서는 정전횟수가 93% 감소하고 따라서 고객 불만신고가 35% 감소하였다. 아르헨티나에서는 1992~1995년간 정전시간이 과거의 년 22~39시간에서 년 6시간으로 감축되었다. 또한 호주의 빅토리아주에서는 1996년 정전횟수가 전년대비 주택용은 47%, 영업용은 36% 감소된 것으로 관측하고 있다. 이에 더하여 산업의 민영화에 따라 정전피해배상보험과 같은 다양한 전력상품의 출현이 예상되어 소비자의 서비스 향상 체감치는 더욱 높아질 것으로 판단하고 있다.

셋째, 시장원리에 따라 자원 배분의 효율성이 높아지고 민영화에 따른 경영 합리화로 전력사업의 재무상태가 개선되고, 이에 따라 전력산업구조의 건전성과 효율성이 높아질 것으로 기대된다. 또한 사회적 고용의 문제에 있어서도, 전력거래 산업 등 정보기술 산업분야에서 신규고용이 창출될 것으로 보고 있다. 영국에서는 구조개편 이후 약 3,500여 개의 새로운 고용이 창출된 것으로 기록되었다.

3. 전력산업 구조개편과 공적 부담금의 처리³⁾

가. 공익적 부담금 현황 및 처리방안

(1) 현황

우리 나라는 한전이 전력공급을 독점하고 있었기 때문에 전력산업이 담당하고 있는 공익적 부담은 주로 한전의 공익사업에 대한 비용을 의미하였다. 한전의 공익적 부담금은 전력을 독점적으로 공급하는 공기업인 한전이 공익적 차원에서 수행하고 있는 업무 또는 이를 지원하기 위하여 지출

3) 한국원자력연구소(2000) 참조

한 일체의 비용부담을 말한다.

현재 한전이 부담하는 공적 부담금은 법률의 규정, 공기업 내규, 정부의 지침 또는 권고 등에 근거하여 에너지산업 또는 전력산업과 연관된 공공정책을 수행하기 위하여 전력사업자에게 부과하는 비용으로 발전소주변지역 지원사업기금, 원자력연구개발기금과 같은 공적 부과금과 석탄산업 등 타 에너지산업에 대한 지원, 기초전력기술개발지원 등의 정책적 부담금이 있다(<표 2-2> 참조).

(2) 구조개편에 따른 공익적 부담금의 처리방안

현재 한전의 공익적 부담체제의 운용상 문제점 가운데는 경상비용 내지 사적비용으로 처리되어야 하거나 또는 전력산업에서 부담할 이유가 전혀 없는 사업을 공익적 차원에서 추진한 경우에 있다. 따라서 한전의 공익적 부담은 한전 자체의 자금 흐름에 따라 관리되고 집행되어 왔기 때문에 전력산업구조가 개편되는 경우에는 그 동안 한전이 담당하여 왔던 다양한 형태의 공익적 기능은 제도적 또는 재원조달 면에서 재편되어야 필요성이 제기되고 있다.

나. 전력산업의 공익적 부담금 제도 개선

전력산업의 구조가 개편되더라도 전력부담금을 재원으로 하는 공공정책은 지속적으로 추진되어야 함을 감안하여, 정부에서는 전력부과금의 징수관리를 위하여 다음과 같은 방안이 논의되었다.

(1) 제1안 : 전력특별회계의 신설·운용

전력부과금을 세입원으로 하는 전력특별회계를 신설하여 운용한다. 전력특별회계에서는 투자계정과 융자계정을 둘 수 있으며 투자계정은 각종 보조 및 투자사업을 다루며, 융자계정은 향후 전력산업에 대한 융자사업을 추진

할 경우 이용할 수 있다.

<표 2-2> 한전의 공익적 부담금 현황

(단위:억원)

항 목	1998년	1999년	2000년
1. 타에너지산업 지원	3,135	2,785	882
가. 국내 석탄산업 지원	1,618	1,766	51
나. LNG발전소 지원	1,014	516	328
다. 열병합발전소 지원	503	503	503
2. 발전소 주변지역 지원사업	847	1,195	1,543
3. 각종 기술연구개발/중소기업지원	899	582	477
가. 정부선도기술개발사업(G-7과제)	689	402	283
나. 중소기업 기술개발지원	88	113	119
다. 에너지절약 기술개발사업 지원	42	30	33
라. 대체에너지 기술개발	6	3	7
마. 전력기술 기초연구개발	30	25	30
바. 전력산업 기술기준개발	21	9	5
사. 국가 산업정보화사업 지원	23	0	0
4. 원자력관련 부담금	1,096	1,277	1,396
가. 원자력연구개발기금	918	1,048	1,130
나. 원자력안전규제 비용부담	147	171	184
다. 원자력전문기관 기술개발	31	58	82
5. 송배전부문 부담금	910	1,224	1,938
가. 전기요금 특례지원	149	250	280
나. 공단지역 전기간선시설비 부담	150	200	293
다. 에너지 수요관리사업	491	636	1,115
라. 농어촌전화 및 도서발전 지원	120	138	250
6. 주요기관 출연 등	388	347	404
가. 에너지경제연구원 출연	8	0	0
나. 에너지절약 전문투자조합 출자	4	10	16
다. 에너지관리공단 사업비 출연	10	7	7
라. 안전공사 출연 및 설비 무상점검	333	309	365
마. 배구협회 운영지원	13	10	10
바. 수도전기공고 지원	20	11	6
7. 기타	1,085	1,118	1,182
가. 제주지역 등에 대한 지원	1,033	1,057	1,092
나. 신재생에너지 등 구입(소수력 포함)	52	61	90
합 계	8,360	8,528	7,822
8. 원가이하(산업용/농사용)종별부담	4,940	5,630	7,714
총 계	13,300	14,158	15,536

자료 : 산업자원부(2000)

이 방안은 특별한 재원(전력부과금)을 특별한 사업에 활용할 수 있는 근거를 마련하는 장점이 있으며 정부의 기금신설억제정책기조에 부합된다.

(2) 제2안 : 에너지 및 자원사업특별회계에서 전력계정 설치·운용

에너지 및 자원사업특별회계에 전력계정을 설치하고 전력부과금을 그 재원으로 전력 관련 공공정책사업을 집행할 수 있다.

이 방안은 기존의 특별회계를 활용할 수 있어 전력부과금의 관리효율화에 기여할 수 있으나, 융자사업을 효과적으로 수행할 수 없는 단점이 있다.

(3) 제3안 : 전력산업기반기금의 설치·운용

전력부과금을 기금의 수입으로 하고 관련된 공공정책을 수행하는 방안이다. 기금의 설치·운용은 소요되는 예산이 상당히 유동적이어서 정부의 탄력적 대응이 요구되는 공공정책의 수행에 적합하다.

이 방안은 전력산업의 구조개편 과정에서 주된 재원 납부기관인 한전의 분할로 발생할 수 있는 공익적 사업분야의 혼란을 방지하는 데 효율적이다.

다만, 기금을 설치하는 경우에 전력부과금으로 수행하는 모든 정책사업의 자금소요가 유동성을 확보하기가 쉽지 않다는 점과 정부의 기금신설 억제 방침에 역행한다는 문제점이 단점으로 지적된다.

전력부과금의 징수관리방안에 대하여는 위와 같이 3개의 방안이 논의되었으나, 최종적으로는 전기사업법에 “전력산업기반기금”을 신설하여 운용하는 것으로 정책이 결정되었다.

다. 제도정비

전력산업의 공익적 부담금의 정비발전을 위한 구조개편촉진법, 전기사업

법 등 관련 3법이 2000년 12월 4일 국회 산업자원위원회에서 여야 만장일치로 통과되고, 12월 8일 본회의에서도 통과되어 본격적인 실행시기를 맞고 있다.

(1) 전력산업 구조개편 촉진에 관한 법률안

a. 제정이유

한국전력공사가 독점하고 있는 전력산업에 경쟁체제를 도입하기 위하여 한국전력공사의 발전사업 등을 수개의 회사로 분할하여 단계적으로 민영화하는 전력산업의 구조개편을 지원·촉진하려는 것임.

b. 주요내용

첫째, 한국전력공사가 분할하고자 하는 때에는 미리 산업자원부 장관의 인가를 받도록 하여 공사의 분할을 통한 전력산업의 구조개편이 실효성 있게 이루어질 수 있도록 한다(안 제3조).

둘째, 한국전력공사의 분할과 관련된 주주총회의 소집공고기간 등을 단축하고, 소수주주에 대하여는 서면통지에 갈음하여 2 이상의 일간신문에 공고할 수 있도록 하는 등 공사의 분할절차를 간소화한다(안 제4조).

셋째, 한국전력공사의 분할에 의하여 설립된 신설회사가 공사로부터 전기사업을 승계한 때에는 전기사업법 등에 의하여 전기사업과 관련된 인·허가를 받은 것으로 의제하여 별도의 절차를 거치지 아니하고 그 신설회사가 승계한 전기사업을 계속할 수 있도록 한다(안 제6조).

넷째, 한국전력공사의 분할에 의하여 설립된 신설회사의 설립등기 기타 자산의 등기·등록시 국민주택채권 등의 매입의무를 면제하여 한국전력공사의 분할을 지원한다(안 제7조).

(2) 전기사업법개정안

a. 개정이유

한국전력공사가 독점하고 있는 전력산업에 경쟁체제를 도입하기 위하여 전기사업을 발전사업·송전사업·배전사업·전기판매사업으로 세분화하고, 전력거래가 경쟁에 의하여 이루어질 수 있도록 전력시장제도를 도입하는 등 전력산업의 기본제도를 개편하는 한편, 이 법 시행 과정에서 나타난 일부 미비점을 개선·보완하려는 것이다.

b. 주요내용

첫째, 전기사업을 종전에는 일반전기사업·발전사업 및 특정전기사업으로 구분하였으나, 향후 기능별로 발전사업·송전사업·배전사업 및 전기판매사업으로 구분하여 전기사업자들이 동일조건에서 경쟁할 수 있도록 한다(안 제2조).

둘째, 전기사업자가 전력시장에서의 공정한 경쟁을 저해하거나 전기사용자의 이익을 침해할 수 있는 행위 등을 하는 경우에는 과징금을 부과하여 전기사업자간의 공정한 경쟁환경을 조성하도록 한다(안 제21조 내지 제24조).

셋째, 전력공급능력을 안정적으로 확보하기 위하여 산업자원부장관은 전력수급의 기본방향, 전력수급의 장기전망 및 전력수요관리 등의 내용을 포함하는 전력수급기본계획을 수립하여 시행하도록 한다(안 제25조).

넷째, 전력은 한국전력거래소가 개설하는 전력시장에서 경쟁을 통하여 거래를 하도록 한다(안 제31조 내지 제33조).

다섯째, 전력시장 운영과 전기 품질유지를 위한 전력계통의 운영을 위하여 전기사업자 등을 회원으로 하는 한국전력거래소를 설립한다(안 제35조 내지 제46조).

여섯째, 도서지역에의 전기공급 지원사업 기타 전력산업기반조성을 위한 사업을 원활하게 수행하기 위하여 전력산업기반기금을 설치하고, 그 기금

은 전기사용자에 대하여 전기요금의 1천 분의 65의 범위 안에서 부과·징수하는 부담금으로 조성하도록 한다(안 제48조 내지 제52조).

일곱째, 전기사업자간의 공정한 경쟁환경 조성과 전기사용자의 권익에 관한 사항을 심의하고 전기사업과 관련된 분쟁에 대한 재정업무를 수행하기 위하여 산업자원부에 전기위원회를 설치한다(안 제53조 내지 제60조).

라. 전력산업기반기금

(1) 전력산업기반기금의 설치

산업자원부 장관은 전력산업의 지속적인 발전과 전력수급의 안정을 위하여 전력산업의 기반조성을 위한 “전력산업기반조성계획”을 수립·시행하여야 하며(개정안 제47조 제1항), 정부는 전력산업의 지속적인 발전과 전력산업의 기반조성에 필요한 재원을 확보하기 위하여 전력산업기반기금 설치한다(개정안 제48조).

(2) 전력산업기반기금의 용도 및 조성

기금은 다음과 같은 사업을 위하여 사용한다(개정안 제49조).

- 대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의한 대체에너지를 이용하여 전기를 생산하는 사업자에 대한 지원사업
- 전력수요 관리사업
- 전원개발의 촉진사업
- 도서·벽지의 주민 등에 대한 전력공급 지원사업
- 전력산업관련 연구개발사업
- 전력산업과 관련된 국내의 석탄산업, 액화천연가스산업 및 집단에너지 사업에 대한 지원사업

- 전기안전의 조사·연구·홍보에 관한 지원사업
- 발전소주변지역지원사업
- 기타 대통령령이 정하는 전력산업과 관련한 중요사업

기금의 조성재원은 다음과 같다(개정안 제50조 제1항).

- 제51조의 규정에 의한 부담금 및 가산금
- 기금의 운용으로부터 생기는 수익금
- 대통령령이 정하는 수입금

(3) 전력산업기반기금의 부담금

산업자원부 장관은 제49조 각호의 사업을 수행하기 위하여 전기사용자에 대하여 전기요금의 1천분의 65의 범위 안에서 대통령령이 정하는 바에 따라 부담금을 부과·징수할 수 있다(개정안 제51조 제1항).⁴⁾

산업자원부 장관은 위와 같은 부담금이 축소되도록 노력하고, 이에 필요한 조치를 강구하여야 한다(개정안 제51조 제6항).

(4) 전력산업기반기금의 운용·관리

기금은 산업자원부 장관이 운용·관리하며, 산업자원부 장관은 기금의 운용·관리에 관한 업무의 일부를 대통령령이 정하는 법인 또는 단체에 위탁할 수 있다(개정안 제52조 제1항, 제3항)(<표 2-3> 참조).

마. 원자력연구개발기금의 제도적 과제

(1) 기금의 법적 근거 및 현안문제

4) 다만, 제32조의 규정에 의하여 전력거래를 하는 전기사용자의 경우에는 구매가격에 제15조의 규정에 의한 송전용 또는 배전용 전기설비의 이용요금을 포함한 금액을 말한다.

원자력연구개발기금은 국가적 연구사업의 일환으로 원자력관련 기초연구를 위한 것이다. 한국전력공사는 1992년부터 국가원자력 연구개발 중장기 사업을 위하여 연구개발비를 출연해 왔으며, 1996년부터는 사용자부담의 원칙에 따라 부담금을 원자력연구개발기금에 납부하고 있다.

<표 2-3> 전력산업기반기금의 주요 내용

개정안	내 용	비 고
제47조	① 전력산업기반조성계획 수립·시행 주체 : 산업자원부장관 ② 전력산업기반조성계획의 포함사항 1. 전력산업발전의 기본방향에 관한 사항 2. 제49조 각호의 사업에 관한 사항 3. 전력산업전문인력의 양성에 관한 사항 4. 전력분야의 연구기관 및 단체의 육성·지원에 관한 사항 5. 국내에서 생산되는 발전용연료의 활용에 관한 사항 6. 기타 전력산업 기반조성을 위하여 필요한 사항	전력산업 기반조성 계획의 수립· 시행
제48조	전력산업의 지속적인 발전과 기반조성에 필요한 자원 확보	기금의 설 치
제49조	1. 대체에너지개발및이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의한 대체에너지를 이용하여 전기를 생산하는 사업자에 대한 지원사업 2. 전력수요 관리사업 3. 전원개발의 촉진사업 4. 도서·벽지의 주민등에 대한 전력공급 지원사업 5. 전력산업관련 연구개발사업 6. 전력산업과 관련된 국내의 석탄산업, 액화천연가스산업 및 집단에너지사업에 대한 지원사업 7. 전기안전의 조사·연구·홍보에 관한 지원사업 8. 발전소주변지역지원사업 9. 기타 대통령령이 정하는 전력산업과 관련한 중요 사업	기금의 사 용
제50조	① 기금의 자원 1. 제51조의 규정에 의한 부담금 및 가산금 2. 기금의 운용으로부터 생기는 수익금 3. 대통령령이 정하는 수입금	기금의 조 성
제51조	① 전기사용자에 대하여 전기요금의 1천분의 65의 범위 안에 서 대통령령에 위임. ⑥ 산업자원부장관의 부담금 축소 및 필요조치 강구	부담금

이와 같이 원자력연구개발기금은 원자력연구개발사업의 안정적 재원확보

를 도모하기 위하여 조성되었으며 기금의 운용자는 과학기술부장관이다. 이에 따라 발전용 원자로 운영자는 원자력법 제9조의3 및 동법 시행령 제20조의10에 의하여 원자력연구개발사업에 소요되는 비용을 기금에 납부하도록 되어있다. 부담금의 규모는 전년도 원자력발전량에 일정 요율(1.20원/kwh)을 곱하여 산정된다.

전력산업구조개편과 관련하여 한국전력공사의 독점적 지위가 소멸됨으로써 원자력발전분야도 독립적 발전회사로 운영될 것이며, 이 경우 다른 발전원과의 경쟁이 불가피하다. 따라서 원전의 타 발전원에 대한 경쟁력을 확보하기 위하여 지금까지 원전분야에서 준정부적 기능으로 수행하던 각종 부담을 합리적으로 해소해야 한다는 측면에서, 특히 전기사업법의 개정을 통하여 신설될 전력산업기반기금과 관련하여 한국전력공사의 원자력연구개발기금에 대한 부담금 납부가 문제시되고 있다.

(2) 부담금을 보는 납부자와 사용자의 시각

원자력연구개발기금에 부담금을 납부하고 있는 한국전력공사의 부담금에 대한 기본시각은 다음과 같다.

첫째, 원자력연구개발사업에 있어서 정부와 산업체는 그 역할이 분담되어야 한다는 것이다. 즉, 원자력의 핵심기초기술은 정부가 담당하고, 특히 사업성이 확인되지 않고 있는 첨단핵심연구개발사업은 정부의 일반재정에 의하여 장기적으로 추진하는 것이 바람직하다.

둘째, 원자력연구개발기금에 납부하는 부담금은 공적 부과금이며, 이와 같은 공적부과금을 지속적으로 부담한다면 궁극적으로 원자력발전의 경제성을 하락시키는 요인으로 작용할 것이다. 더구나 전력산업기반기금이 신설되어 원전분야는 2중으로 부담금을 납부하는 상황이 발생하게 되고 그 결과 원전의 경제성은 문제시될 수밖에 없다.

셋째, 발전시장의 대외개방은 연구개발분야에 있어서도 외국과의 무차별

적 경쟁의 도입을 의미하는 것이다. 따라서, 원자력발전회사 및 원자력산업체 등은 값싸고 안정적인 응용기술의 개발을 위하여 국내연구기관과 외국기관을 선택적으로 활용할 수 있어야 한다.

이에 비해, 기금을 사용하는 원자력연구개발기관 등이 보는 부담금에 대한 시각은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 한국전력공사가 막대한 공익적 부담금을 부담하고 있다고 주장하나, 한전이 납부하는 각종 공익부담금의 상당부분은 경영비용으로 흡수 가능한 것임에도 불구하고 이 부분을 과대하게 확장함으로써 원자력연구개발기금의 본질을 왜곡시키고 있다.

전기사업법 개정안 제49조에서 규정하는 기금의 사용항목 가운데 제1호, 제2호, 제4호, 제6호 및 제8호 등은 한전의 경영비용에 해당하는 것으로 경영의 효율화를 통하여 해결할 사항이지 이를 기금에서 지출하도록 하는 것은 문제가 있다.

둘째, 현재 한국전력공사가 운영하고 있는 원자력발전소는 국가의 예산으로 개발한 발전용 원자료를 상업적으로 이용하고 있는 것이다. 원자력연구개발기금은 이와 같은 국가개발기술을 활용한 원자로에서 발생한 수익의 일부를 원자력기초연구개발에 재투자하여 보다 혁신적 기술개발을 도모하기 위한 것이다. 한편 미래에 개발될 원자력기술도 현행 원자력발전사업자가 향유할 것이기 때문에 보다 안정적 연구재원을 확보하기 위해서는 부담금의 강제적 징수가 불가피하다.⁵⁾

(3) 전력산업기반기금 제도의 문제점

현재의 원자력 연구개발 활동에 관련된 기금제도는 체제의 불안정성 문제와 제도의 불완전성 문제를 안고 있다. 체제의 불안정성 문제는 아직까지 원자력연구개발기금과 전력산업기반기금으로 양분되어 있으나, 전기사

5) 에너지경제연구원(1999) 참조.

업법의 국회 통과된 후 이의 통합작업이 제시될 수 있다는 것이다. 더불어 제도의 불완전성 문제는 원자력연구개발 활동과 관련된 원자력과 전력 산업에 관련된 기금제도는 효율적 원자력연구개발 수행을 위한 기금의 안정 확보 기반이라는 점에서 미흡하며, 따라서 일부 보완 혹은 수정될 필요가 있다는 점이다.

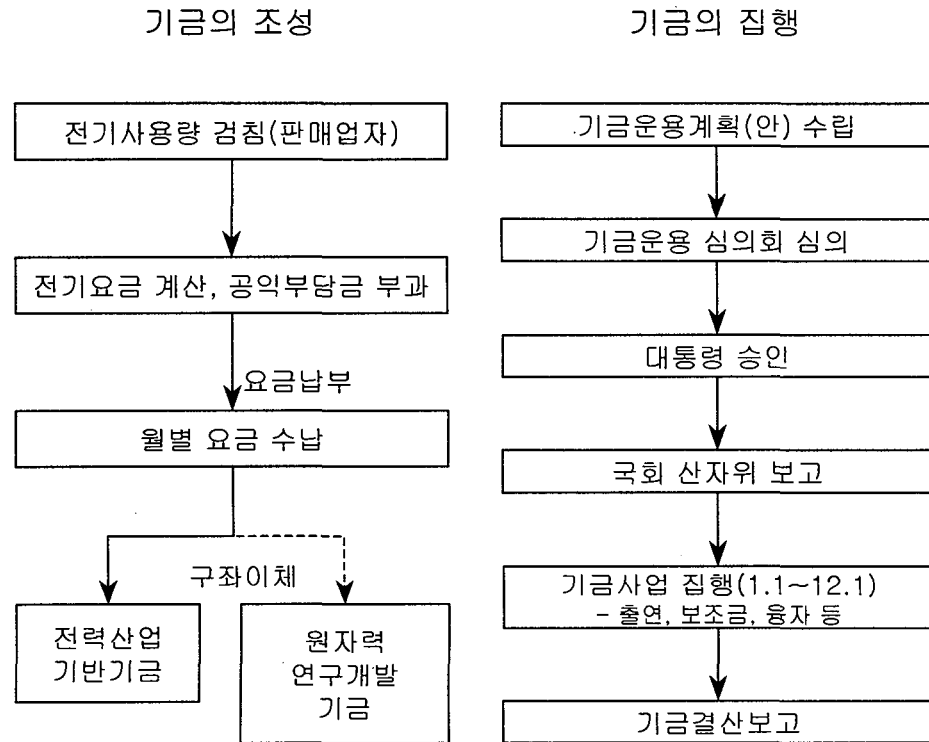
이중 제도의 불완전에 따른 문제점 중 가장 현저한 것은 제49조(기금의 용도)에는 원자력 연구개발을 제외하여 원자력기금의 독립성을 유지하였다. 그러나 제51조(부담금) ①에서는 전기사용자에 대하여 전기요금의 1천분의 65의 범위 안에서 부담금의 부과·징수할 수 있도록 한 점이다. 이 제도가 시행될 경우 원자력발전회사는 기금을 2중 납부해야만 한다. 따라서 분리될 원자력발전회사는 경제성이 저하될 것이며, 이는 바로 원자력 발전량의 감소와 발전의 감소에 따른 기금의 축소라는 악순환으로 이어질 가능성이 있다.

다음의 불완전성 문제는 조성된 기금의 부처간 납부절차가 불명확하다는 것이다. 이 점은 원자력 연구개발과 관련된 기금규정의 통합시 더욱 명백히 하여야 할 문제점으로, 이 경우 기금의 조성주체와 사용주체가 다르고 이들 주체간의 이해가 상충될 경우 발생할 수 있는 마찰을 미연에 방지해야 된다는 것이다.

(4) 원자력연구개발기금 체제의 안정화 방안

원자력연구개발사업은 원자력기술의 첨단성과 안전성 등의 측면에서 전력산업의 측면에서만 다룰 수 없는 특성이 있기 때문에 원자력연구개발사업을 효율적으로 추진함에 있어서는 관련기금에 통합하는 것 보다 독자적 기금 형태로 존속시킬 필요성이 인정된다. 그러나 주변 사정으로 인하여 원자력연구개발기금이 불가피하게 전력산업기금으로 통합될 경우 전기사업법에 원자력연구개발비의 독립성을 확보하기 위한 조치가 이루어져야 할 것이다.

이 경우 안정적이고 효과적인 원자력 연구개발을 위해서는 기금의 조성자와 사용자의 불일치에서 야기될 수 있는 불협화음이나 연구관리 체제를 보는 양자간의 시각차이가 장애가 될 수도 있다.



<그림 2-1> 전력산업 기반기금의 조성 및 집행 체제

그러나 이 같은 장애나 불협화음이 현실화될 가능성은 크지 않더라도, 이를 미연에 방지할 수 있는 선의의 제도를 관련 법조항에 명시한다면 더욱 효율적인 원자력 연구개발이 가능해질 것이고, 이를 바탕으로 연구성과를 극대화할 수 있는 연구정책이 수립될 수 있을 것이다.

먼저 관련기금의 통합이 제안될 경우, 먼저 전기사업법 제49조에 나열된 기금의 사용에 원자력연구개발이 추가되어야 할 것이다. 이와 함께 동법에 원자력연구개발의 주체를 명시하거나, 원자력법과 같은 관련법이 정하는 규정에 따른다는 조항이 삽입되어야 한다. 다음으로 원자력발전사의 부담금의 징수와 원자력연구개발 주체로의 납부체제에 관련해서는 다른 분

리 전력사들과 같이 1천 분의 65의 범위에서 정해지는 부담금을 납부하여야 한다. 다만 원자력연구개발 주체로의 납부체제는 <그림 2-1>에서 보이는 바와 같이 소비자로부터 전력요금과 부과금의 징수를 완료한 기관에서 전력산업 기반기금으로 구좌를 이체할 때 동시에 자동이체하는 방식으로 구축하는 것이 바람직할 것이다.

제 2 절 원자력연구 정책방향 분석

1. 환경변화에 대응하는 신 연구정책 방향

세계적인 추세인 21세기의 새로운 원자력기술개발 패러다임에 부합되는 원자력연구개발 방향의 재모색 필요성이 국내 원자력연구개발에서도 대두되었다. 21세기 새로운 원자력기술개발 패러다임은 (1) 안전한 원자력의 이용, (2) 환경과 함께 하는 원자력, (3) 국민과 함께 숨쉬는 원자력, (4) 국민복지 향상에 기여하는 원자력 및 (5) 에너지를 안정적으로 공급하는 원자력 등이 목표가 되는 기술개발의 방향 설정과 추진이 될 것이며, 이의 달성을 위해, 다음의 3가지 측면이 강조될 수 있다. 첫째는 1980년대와 90년대를 걸쳐 우리가 이룩하여 온 원자력기술 자립의 성과를 더욱 고도화하는 것이다. 고도화는 안전성과 신뢰성 및 경제성의 향상이 중요한 초점이 될 것이다. 둘째, 21세기 새로운 원자력기술개발 패러다임에 부응하는 원자력시스템에의 도전이라고 할 것이다. 새로운 원자력시스템은 안전성, 신뢰성, 환경친화성, 국민 수용성, 자원재생성 및 경제성 측면에서 획기적인 기술적 돌파구가 되는 것이라야 할 것이다. 셋째, 21세기의 원자력기술이 성공적인 성과를 보일 수 있기 위해서는 여러 주체들이 서로 협력하는 것이 필요하다. 이를 위해서 원자력기술개발의 모체가 되는 연구기관이 기술을 제공하는 서버로서 역할을

하고, 원자력산업체는 기술을 이용하는 클라이언트로서 역할을 하는 연구네트워크 체계의 구축이 요구된다. 이에 따라 한국원자력연구소는 연구네트워크 체계의 일원으로서 그 역할을 정립하는 것이 요구되었고, 이를 위하여 21세기 원자력연구소의 새로운 비전의 정립과 역할의 재모색이 필요하다.

가. 국내·외 연구개발 환경의 변화

우리나라는 1980년대 이후 원전기술자립과 더불어 세계 제8위권의 원자력 발전 규모를 유지하게 되어, 원자력산업이 어느 정도 성숙단계에 들어감에 따라 연구개발 수요의 성격이 다양화되고 산업 적용적인 것이 증대되는 경향을 보이게 되었다. 즉, 산업현장의 문제점들을 해결해야 하는 경우가 다수 발생하고, 이들 문제는 연구기관에 의해 적시적으로 대응될 수 있어야 한다는 의견이 많아진 것이다. 그러나, 이와는 달리 산업현장기술 해결에 대한 연구기관의 기여에 대해 반대하는 이중적인 산업계의 태도도 또한 존재하여 오기도 하였다.

한편, 국가적 계획에 의해 중장기적으로 추진되고 있는 주요 연구개발 과제들에 대해서는 현장적용에 대한 산업계의 우려가 있어 왔고, 이에 대한 합의가 제대로 이루어지지 않아 왔다. 예를 들면, 산업계에서는 DUPIC 기술개발에 대해 원자력발전 핵연료시스템에의 적용에 대해 회의적인 반응을 보이고, 개발 결과 활용에 대해 소극적인 입장을 표명하는 것 등이 있다.

이와 함께, 국내의 방사선 및 방사성동위원소 이용 수요가 지속적으로 증대하고 있는 반면, 이를 뒷받침할 연구 및 기술인력이 부족한 상태에서 관련분야의 다양한 연구 및 기술개발 수요를 감당하는 데에 어려움이 있어왔다.

한편, 국제적으로는 21세기에서의 원자력부활을 전망하여 향후 20내지 30년을 바라보고 신개념의 원자로 및 관련 핵연료주기 개발에 박차를 가하고 있다. 대표적인 것인 미국의 NERI(Nuclear Energy Research Initiative) 프

로그래이다. 미국 에너지부(DOE)는 자국의 침체된 원자력활동으로 인하여 원자력기술 주도권이 유럽과 동아시아 지역으로 넘어가고 있다고 우려하고, 21세기 원자력 부활에 부합되는 신개념의 원자력기술 개발 활동을 위해 NERI 프로그램을 추진하고 있다. 특히 미국은 International-NERI 프로그램을 통하여 제4세대 원자로 개발을 국제공동으로 수행하기 위해 준비하고 있다. 한편, 유럽에서도 미켈란젤로 프로그램을 수행하고 있고, IAEA와 OECD/NEA 및 OECD/IEA 3개 국제기관은 혁신개념 원자로 개발을 위한 검토작업을 위해 “Three Agency Study”를 수행 중에 있기도 하다.

또한 지구환경문제에 대한 해결 방안 마련을 위해 기후변화협약 당사국 회의가 개최되고 있는데, 여기에서 하나의 방안으로 제안되고 있는 청정개발기구(CDM, Clean Development Mechanism)에서는 원자력을 기구 내에 편입하는 문제가 주요 현안중의 하나로 되어 있다. 최근의 동향을 보면 환경단체 등의 반대로 인하여 원자력이 기구 내에 편입되는데 어려움이 있으나, 중국과 IAEA 등에서 편입을 강력히 주장하고 있고 또한 대부분의 국가들이 CDM 리스트를 작성하지 않는 쪽을 선호하고 있어 원자력이 CDM의 일환으로 역할을 할 가능성이 높아지고 있다. 이러한 현상은 바로 21세기 원자력의 이용이 증대될 가능성이 큼을 의미하고, 이 경우 경제성과 안전성 등 필수적인 요건들만 충족된다면 선진국을 포함한 많은 국가들에서 원자력 개발을 재개할 가능성이 충분함을 의미한다. 따라서 최근의 선진국 중심의 혁신개념 원자로 개발 경쟁은 향후 원자력발전시장에서 표준을 만드는데 있어서 매우 중요하기 때문에 우리도 관련 동향에 대해 면밀한 분석을 하여야 하고, 또한 공동 참여하는 방안을 강구하여야 할 것이다.

나. 원자력연구 정책방향에 대한 문제인식

원자력연구소의 연구수행 행태 등에 대한 외부 비판은 앞 항에서 연구분야별로 자세히 기술되었다. 여기에서는 이를 종합하여 현 원자력연구소 연구정책에 대한 자체 문제인식이라는 관점에서 분석하고자 한다. 앞에서 제

시된 외부 비판 및 자체적인 외부시각에 대한 평가 결과에 의하면 대체로 8가지의 문제인식으로 요약될 수 있다.

첫째는 원자력연구소가 수행하고 있는 과제들은 백화점 방식이라는 것이다. 즉, 중점적인 분야를 전략적으로 선택하거나, 연구소를 대표할 수 있는 핵심과제들이 전면에서 부각되지 않고, 원자력관련 모든 분야를 포괄하는 비슷비슷한 과제들이 백화점 방식으로 나열되어 추진된다는 견해인 것이다. 이는 원자력연구소라고 하면 바로 연상되는 대표 연구개발 내용이 없다는 것도 된다.

두 번째는 원자력산업의 연구수요 또는 기술수요와 부합되는 연구가 부재하다는 의견이다. 이는 우리나라의 원자력정책 역사와 무관하지 않지만, 현재로서는 원자력산업의 경쟁력과 활성화가 중요하고 연구기관이 이를 지원하는 연구 수행과 결과물들을 만들어 내어야 한다는 것이 각계의 요구사항이다. 원자력연구소가 주로 수행하는 원자력연구는 정부가 주도하는 과제들이며, 이는 국가정책을 바탕으로 하고 있다. 원자력연구소에서 수행하던 원전사업이 산업체로 이관되는 상황에서 원자력산업체는 산업체가 필요로 하는 연구를 자체적으로 해결할 의지를 가지고 있었고, 원자력연구소는 산업적 적용 연구를 제외한 국가적 수요의 연구만 수행해 줄 것을 요구한 바 있다. 결국 국가 원자력연구 정책에 대한 활발한 논의 결과 산업계의 뜻이 많이 수용되어 지금과 같이 국가 주도의 연구와 산업체 주도의 연구로 구분되게 되었고, 원자력연구소는 국가 주도의 연구만을 수행하게 되었다. 이러한 국가 연구정책의 결과 원자력연구소는 원전사업의 산업체 이관 후 원전 산업체의 현장애로 기술을 해결하는 연구나 기술개발을 수행하기 어렵게 되었고, 이러한 상황이 지속되면서 원자력산업의 경쟁력을 향상시키는데 기여하는 연구가 부재하다는 지적을 받게 된 것이다. 물론 원자력연구소가 실질적으로는 산업체의 문제를 해결한 경우가 많고, 연구결과물이 산업 현장에 적용된 경우가 많기는 하지만, 산업체에서는 원자력연구개발기금이라는 재원을 산업체가 부담하고 있는 상황에서 산업체의 요구가 대부분 반영되는

국가 연구정책을 원하고 있기 때문에 이러한 인식들이 나타나게 된 것으로 판단된다. 그러나 원자력연구소가 산업 활용 지향적인 연구 수행이 외부에서 지적하는 대로 매우 모자라는 것에 대해서는 공통된 인식을 하고 있으며, 이것의 해결을 위해서는 연구소의 연구정책뿐만 아니라 국가 원자력연구정책도 새로운 방향 설정을 모색하여야 할 것이다.

셋째는 원자력연구소에서 수행하는 많은 연구들이 목표가 뚜렷하지 않다는 것이다. 즉, 명확한 성과물이 제시되지 않는 연구목표가 선언적으로 설정되어 있는 경우가 많다는 것이다. 이에 따라 연구목표의 달성이 어렵고, 달성시점을 제시하기도 어렵다는 것이다. 이는 원자력연구소가 국가 원자력연구정책에 따라 중·장기적 연구에 중점을 둬으로써 발생한 현상일 수 있으나, 연구목표의 분명한 설정은 어느 경우에도 필요한 것이라는 점에서 이는 해소되어야 할 문제인 것만은 분명하다.

넷째, 원자력연구소가 수행하는 연구 중에는 연구의 종료시점 즉, 목표 달성 시점이 명확하지 않는 경우가 있다는 것이다. 이는 연구목표의 불명확성과도 관련이 있는 것으로서, 이로 인하여 연구의 무한정 수행이라는 병폐를 야기할 수 있다는 우려가 반영된 것이다.

다섯째, 원자력연구소에서 수년간 연구를 수행하여 온 것에 비해 뚜렷한 연구성과를 제시하지 못하고 있다는 비판이다. 즉, 원자력산업체에 적용하여 활용할 수 있는 가시적인 성과물이 제시되지 못하고 있고, 중간 결과물로서 단기적인 성과를 뚜렷이 제시하지 못하고 있다는 것 등이다. 물론 이는 연구소 연구성과물에 대한 인식의 부족도 한몫을 하여 소프트웨어적인 연구성과를 제대로 인정하지 않거나, 계속 중인 연구가 중간에 결과물을 내기 힘들다는 등의 상황을 제대로 반영하지 않은 측면이 있기도 하다. 그러나, 이는 국가 소요의 기술이나 산업체 소요의 기술 모두에서 비판받고 있다는 점에서 심각하게 고려해야 할 사항이다.

여섯째, 연구환경, 특히 국제적인 제약 요건 등을 감안하지 않은 연구의

추진이 많다는 지적이다. 즉, 국제적으로 민감한 물질의 취급이 거의 불가능하고, 최소한 단기적으로 이러한 제약을 극복할 가능성이 없어 보임에도 불구하고, 이를 다른 대체물질을 이용하여 연구를 수행하려 함으로써 완전한 연구성과를 기대하기 어려울 것이라는 우려의 반영인 것이다. 이러한 연구의 수행은 또한 연구자의 관심에 의해서 연구과제가 성립되고 수행된다는 비판과도 일맥상통한다. 하지만 이러한 우려들이 관련 연구들의 무용론으로 비약되는 것은 바람직하지 못하며, 연구수행 범위나 체계를 제대로 평가하여 타당성있는 연구수행이 되도록 하는 것이 더욱 중요하다.

일곱째, 원자력연구소는 원자력연구개발을 타 연구주체(대학, 산업체 연구소 등)들과 협력적인 자세를 견지하기보다는, 타 연구주체들을 경쟁자로 보고 연구능력의 우위를 이용하여 배타한다는 비판이다. 이로 인하여 원자력연구소는 외부기관의 연구능력을 활용함으로써 나타날 수 있는 높은 연구수행 효과성을 간과하고, 타 연구주체들의 불만을 야기하고 있다는 것이다.

마지막 여덟 번째는 연구소 임무 및 역할에 대한 유관 기관간의 합의형성이 미흡하다는 지적이다. 이는 국내 원자력계 전체의 공통된 문제이지만, 원자력연구소도 그 일원이라는 점도 있고, 특히 원전사업의 이관 과정과 원자력연구개발 중·장기계획사업 수행 과정에서 나타난 유관기관 간의 알력의 결과이기도 하다. 이 문제는 과거 원전기술자립 과정에서 보여준 국내 원자력계의 협력 중요성을 다시 일깨우고 있다고 보여진다.

다. 향후 원자력연구 정책방향

상기의 문제점 인식을 바탕으로 하여 원자력연구소가 어떠한 목표를 가지고 장기 원자력연구정책을 수립할 것인가에 대해 분석하였다. 분석은 연구기획·관리 측면, 연구수행의 순환화 및 차별화 및 연구수행의 인센티브 측면에서 이루어졌다.

첫째, 연구 기획·관리 측면이다. 연구 단계별로 구체적인 연구목표를 설정

하여 목표 지향적인 연구가 되도록 유인하고, 단계 종료 시에는 엄정한 평가를 거쳐 후속연구의 추진 여부를 결정하도록 하는 것이다. 그리고 연구소 연구정책에 유연성을 부여하고, 기관장의 연구정책 구형을 위한 재량권 부여를 위하여 신규연구과제 개발 및 추진을 위한 일정 연구비를 확보하도록 하는 것이다. 이는 연구소 연간 총연구비의 최소 10% 정도 수준이 되어야 할 것으로 판단된다.

둘째는 연구내용의 시기적 중요도에 따라 차별적으로 수행하는 전략을 유지하는 것이다. 이는 본 연구정책의 핵심적인 것으로서 앞서 제시된 문제인식을 충분히 고려하여 설정된 방향이다. 원자력연구소가 수행중인 연구과제들을 연구의 특성과 시기적 중요도에 따라 크게 4가지로 분류하여 차별화하여 수행하고, 연구단계별로 각 과제의 특성과 시기적 중요도를 재평가함으로써 과제 수행이 순환형이 되도록 한다.

단기적 국가 및 산업 수요 지향적 과제를 중점화하여 중점연구과제로 정의하고 연구자원을 집중 투자하도록 하며, 전체 과제의 30% 수준을 유지하도록 한다. 다음은 중·장기적인 국가정책 및 산업 수요를 대비하는 연구과제들을 핵심과제화 하여 핵심연구과제로 정의하고 전체 연구과제의 30% 수준을 유지할 수 있도록 한다. 국가 및 산업의 미래 수요 창출을 위한 연구과제를 기반과제와 하여 기반연구과제로 정의하고 이를 전체 과제의 30% 수준을 유지할 수 있도록 한다. 마지막으로 혁신 아이디어 창출과 과제 도출을 등을 위한 선행적인 연구과제를 선행연구과제로 정의하고 이를 전체 연구과제의 10% 수준을 유지할 수 있도록 한다. 한편 핵심연구과제와 기반연구과제 등은 연구단계별로 평가되어 중점연구과제로 수행 가능하다고 판단될 경우 중점연구 과제화하여 수행하고 연구자원을 집중 투입하도록 하는 등의 순환형 과제 수행 형태를 유지하도록 한다.

세 번째는 연구원들의 연구수행 의욕을 유인하기 위하여 연구성과에 따른 인센티브제도를 강화하도록 한다. 예를 들면, 중점연구사업을 수행하고 있는

참여 연구원들은 후속연구가 불확실한 경우 중점연구사업 수행을 기피하는 현상을 유발할 수 있다. 이러한 연구능력의 사장을 방지하기 위하여 중점연구사업을 성공적으로 완료한 경우 참여 연구원들의 후속연구 수행을 안정적으로 보장하는 것 등이 가능하다.

연구기획·관리 등에 대한 개선을 바탕으로 효과적이고 가시적인 연구성과의 산출을 위하여 연구사업별 순환형 연구자원 투입 전략을 연구정책의 기본으로 한다(그림 3-1 참조). 즉, 중점연구사업은 단기적 연구성과 산출 후 종료하며, 참여연구원들은 선행연구사업 수행을 통해 과제를 도출하거나 다른 중점연구/핵심연구/기반연구 사업에 참여할 수 있도록 한다. 핵심연구사업은 일정기간 수행 후 엄정한 평가를 거쳐 중점연구 사업화하여 계속 수행하든지 아니면 종료하는 것으로 한다. 기반연구사업은 일정기간 수행후 엄정 평가를 거쳐 연구기반확충을 위하여 지속적으로 추진할 수 있으며, 아니면 핵심 또는 중점연구 사업화하여 추진하도록 하고, 평가가 나쁠 경우에는 종료하도록 한다. 선행연구사업에서는 창의적·혁신적 과제를 수시로 선정하여 선행연구사업으로 수행하도록 하고, 일정기간 수행 후에는 성과의 발전 가능성을 엄정 평가하여 기반, 핵심 또는 중점연구 사업화하여 수행하도록 한다.

라. 연구정책 실현을 위한 여건 조성방향

연구정책 실현을 위한 여건으로서 내부적 여건과 외부적 여건으로 구분할 수 있다. 내부적 여건으로는 연구 기획·평가·관리에 관한 내부 제도의 정비, 탄력적인 조직 및 인력 운영 체제 구축, 연구시설의 종합적 운영 방안 확립 및 연구 재원의 안정성 확보가 중요한 요소이며, 외부적 여건으로는 기관책임운영 체제의 확립, 재원의안정적 확보를 위한 제도적 지원, 인력 운용 정책의 유연한 운영이 가능하도록 하는 제도적 지원 등이다.

2. 연구인력 활용의 효율화 방안

연구소내 인력자원의 최적화를 도모하기 위하여, 단기적으로는 인력의 효율적 활용을 목적으로 과제의 인력 소요와 보유인력간의 괴리 해소를 위한 적정 인력을 배치하는 인력관리 방안을 제공하고, 장기적으로 인력 수급전망에 따라 소요인력 충원과 연구정책의 효율적 추진을 위한 인력의 최적 구성을 도모하는 것이 필요하다. 이러한 배경에 따라 원자력연구소의 인력운용정책 현안의 파악과 이를 해소할 인력운용정책 방향을 제시하는 것이 중요하다.

가. 연구인력 운용정책 현안

(1) 연령 구성의 적정성

연구소의 연령별 인력구성은 알라딘 램프 모양을 하고 있고, 평균 연령도 약 42세에 해당하고 있다. 이러한 모양의 인력 구성은 일반적으로 바람직하지 않은 형태로 알려져 있다. 즉, 세대교체가 원활하게 이루어지고 있지 않음에 따라 인력의 노령화가 급속히 진전되고 있는 모양이기 때문이다. 그러나 연구인력의 경우 인력 노령화가 반드시 나쁜 형태라고는 할 수 없다. 신기술 이론 등으로 무장한 신세대를 흡수함으로써 연구소가 활력있고 새롭게 변신할 수 있는 여건이 조성될 수 있으나, 연구가 경험을 상당히 중요시한다는 측면에서는 현재의 모양이 계속 유지될 수만 있다면 그리 나쁜 것은 아니라고 본다. 다만, 현재의 모양이 10년 후에는 역삼각형 아령모양의 가분수 형태가 될 가능성이 충분하기 때문에 실질적으로 연구를 주도해 나가야 할 40대의 부족 현상이 나타날 것이고, 이로 인하여 연구소의 노령화와 연구력 저하로 귀결될 가능성에 대비하는 것이 중요하다.

(2) 학력 구성의 적정성

원자력개발 계획을 수행하는데 있어서 연구개발의 지원을 위한 전문연구인력의 구성은 박사급이 약 20%, 석사급이 45% 및 학사급이 약 35%로 구

성되는 것이 바람직하다고 IAEA는 권고⁶⁾하고 있다. 단, 이 구성비는 브라질의 경험을 토대로 작성된 것으로서 해당국의 특성에 따라 다소 차이가 있을 수 있다.

한국원자력연구소의 경우 총 1,011명의 소원 중 박사급은 413명(41%), 석사급은 297명(29%), 학사급은 212명(21%) 및 기타 89명(9%)으로 되어 있으며, 연구전문인력(직급상 연구원 및 기술원에 해당하는 자로 할 경우)은 763명이고 이중 박사급은 413명(54%), 석사급은 275명(36%), 학사급은 75명(10%)으로 되어 있어 박사급 인력이 상대적으로 과다함을 보여주고 있고 학사급 연구인력이 매우 부족한 현상을 나타내고 있다.

(3) 직급 구성의 적정성

연구소의 직급별 인력구성을 보면 선임급이 40%로 가장 많이 차지하고 있고, 책임급 39%, 원급 3% 및 기원급 18%로 되어 있다. 실질 연구수행 주체인 선임급이 가장 큰 비율을 차지하고 있는 것은 바람직한 현상이나, 연구책임자급인 책임급의 비율이 선임급과 유사하고, 특히 원급이 3% 수준에 머물고 있는 것은 바람직하지 못하다. 그리고 선임급의 대부분은 조만간 책임급으로 승격할 위치에 있기 때문에 몇 년이 지나지 않아 책임급이 선임급보다 비율이 높아질 것으로 예상되고 있어 연구책임자급이 연구수행 주체보다 과다한 현상이 발생할 가능성에 대해 대비할 필요가 있다. 한편, 원급 인력이 극히 부족한 현상은 연구수행 주체 집단의 크기가 매년 큰 비율로 줄어들 것이라는 문제점을 안고 있으나, 연구소의 특성상 원급은 연구보조의 의미가 강하고, 기관차원에서 선임급 인력을 더 선호하여 채용하는 경향이 있으며, 연구보조 인력으로는 외부인력(연구원 학생, post-doc 등)의 활용 여지가 많기 때문에 원급 인력의 부족이 심각한 문제를 야기하지 않을 수도 있다.

6) Manpower Development for Nuclear Power-A Guidebook, IAEA, Technical Reports Series No. 200, 1980, p. 356

(4) 과제참여의 적정성

인건비 계상 과제참여율을 고참여자(과제참여율이 130%보다 많은 경우), 적정 참여자(과제참여율이 100%~130% 사이인 경우), 저참여자(과제참여율이 60%이상 100% 미만인 경우), 극저 참여자(과제참여율이 10% 이상 60% 미만인 경우), 과제미수행자(과제참여율이 0%인 경우)로 나누어 살펴보면, 고참여자는 전체 과제참여 가능자(과제미참여자를 제외한 인력)의 2%, 적정 참여자는 70%, 저참여자는 9%, 극저 참여자는 5%이고 과제참여율이 0%인 과제미수행자는 15%를 차지하고 있다.

과제미수행자는 간접비로 운영되는 지원인력이 대부분으로서, 지원인력 구성이 약 15% 수준을 유지함을 보여주는 것이다. 상기 분포도에서 문제가 되는 부분은 고참여자와 극저 참여자의 비율이다. 고참여자의 경우 인건비 실질 수령액 이상의 과다 계상 현상을 유발시키고 있고, 또한 상식적인 과제수행 참여율 범위를 벗어남으로써 과제수행의 유효성이 의문시되고 있다. 극저 참여자의 경우 개인적 능력에 대한 과제책임자의 평가가 낮아서 발생하는 현상이라고 가정할 경우, 인력운영 정책에서 재교육 등의 고려대상이 되는 인력군이라 할 수 있다. 이와 함께 9%를 차지하는 저참여자군은 인력 개개인의 능력에 따라 참여율이 낮아진 것보다 연구소 인력운영정책 등 정책적 요인에 의해 나타나는 인력군인 경우가 대부분이라 할 수 있으며, 이들 인력군에 대한 적절한 운용정책의 수립·수행을 통하여 저참여율이 해소되도록 하여야 할 것이다.

한편, 2000년 4월 현재 연구소의 과제 미참여 인력은 28명으로 전체 소원의 2.8%에 해당하나 대부분 개인사정, 벤처창업 등으로 인한 휴직인 이유로 과제에 미참여하고 있는 경우이다.

그리고 인력 개인의 과제참여수(인건비 계상 과제 및 미계상 과제 수 포함, 과제미참여자 및 과제미수행자를 제외한 실질 과제수행자를 기준으로 한 것임) 분포⁷⁾를 살펴보면 연도별 1인당 평균 참여과제수는 1996년도에는

1.94개, 1997년도에는 4.69개, 1998년도에는 5.39개, 1999년도에는 5.26개로 나타났다. 1인당 적정 과제참여수를 3개 과제로 가정할 경우 1997년도 이후에는 연구원들의 과제참여수가 과다한 것으로 나타났다고 할 수 있다. 이러한 현상에는 PBS 시행에 따라 인건비 확보를 위하여 인력들이 많은 과제에 참여하게 된 것이 하나의 원인으로 작용하고 있다.

이와 같이 인건비 계상과제의 저참여자 및 극저참여자의 비율이 14%에 이르고있으나, 과제수행 인력의 1인당 참여과제수는 5개를 넘어서고 있는 등 과제수행에 있어서 불균형이 심각하게 나타나고 있으며, 이에 대한 대책이 필요하다 할 것이다.

(5) 과제간 조직간 협조와 조정

회사 또는 연구조직이든 간에 어떤 조직 내에서 여러 다른 부서간의 협조와 조정이 필요한 업무는 종종 분쟁의 원인이 된다. 특히, 대부분의 연구조직이 기능형 연구조직과 과제형(매트릭스형) 연구조직을 병합하여 운영하고 있는 현실에서 연구원은 기능 조직상의 연구조직에 좀더 종속적인 반면, 연구과제별 소속에 대하여는 등한시하는 경향이 나타나게 되고, 이러한 것들은 기능 조직상 소속이 다른 연구원간 협력연구가 필요할 경우 기능 조직 리더의 영향에 따라 협력이 제대로 이루어지지 않는 경우도 발생한다. 만약에 어떤 연구과제는 기능 조직상의 리더가 연구과제 리더가 되지 못하고 참여 연구원들이 여러 기능 조직에 소속된 연구원들로 구성될 경우 연구과제를 수행해나가는 데에 매우 큰 어려움을 겪는 경우가 종종 발생한다. 원자력연구소에서도 이러한 과제간 조직간의 미협조는 다른 데와 유사하며, 이는 기간운영의 저효율성을 유발하고 연구력 저하의 원인이 되기도 한다.

(6) 조직 효율성과 개인 효율성의 조화

7) 1999년도 국정감사 요구자료-제208회 정기국회 과학기술정보통신위원회, 한국원자력연구소, 1999. 10. 7, pp.240-252

일부 연구조직의 효율성을 제고하기 위한 노력이 전체 연구조직의 효율성을 저하시키는 효과를 발휘하기도 한다. 예를 들면, 연구원 개인이 연구 및 기술 정보를 독점하면 개인의 연구능력은 향상되나, 그 정보를 필요로 하는 다른 연구원들의 접근 제한으로 조직 전체의 연구능력은 저하되는 현상이 일어날 수 있다.

이러한 현상은 연구소 곳곳에서 발견되는 것으로서, 연구원은 근본적으로 정보 독점의욕이 강하다는 것을 전제로 할 때, 이를 해소할 수 있는 정보 공유를 위한 제도적 장치가 필요하다.

(7) 경쟁형태의 다양화와 연구원 의식개혁

최근 정부는 정부출연기관에 대해 공개경쟁과 경쟁력 강화를 기본 방향으로 한 정책을 바탕으로 연합이사회 구성, 과학기술위원회의 구성 및 인력감축 등을 실시하였다.

이에 따라, 대부분의 정부출연연구기관들은 연합이사회로 소속이 변경되었고, 구조조정을 통하여 많은 인력을 감축하였으며, 또한 연구과제를 공개경쟁을 통하여 수주하여야 하는 환경에 적응하여야 하고, 기관내에서도 조직간 경쟁, 조직내에서의 연구원간 경쟁이 심화되고 있다.

원자력연구소도 1999년말까지 1997년 대비 전체인력의 약 24%를 감축하였고, 인력의 outsourcing을 통하여 비용을 절감하는 노력을 하였다.⁸⁾ 또한 원자력연구소는 연합이사회 소속으로 소속변경이 되지는 않았으나, 소속변경에 대한 압력을 계속받고 있는 실정이며, 연구재원도 타 연구기관과 경쟁을 통하여 수주하여야 한다는 압력을 계속 받고 있다.

이러한 연구환경의 급격한 변화에서는 과거와 같이 명예만을 위한 연구활동이 불가능하고, 생존을 위한 노력이 필요하다. 경쟁적 연구사회에 적응하고 생존하기 위해서는 과거의 관습을 탈피하는 연구원 의식개혁 노력이

8) 1999년도 자체평가보고서, 한국원자력연구소, 2000. 2, p.156

필요하고, 이를 인력운용 정책에 반영하여야 할 것이다.

(8) 기타

원자력연구소의 인력운용 방향에 대하여 논의가 가능한 사항⁹⁾들로서는 다음을 들 수 있다.

첫째, 부서장(과제책임자) 자질 향상 및 부여 권한에 대한 책임운영 제도 확립이 필요하다.

둘째, 상위 직급 비대화, 고령화 등에 대한 장기 대책이 필요하다.

셋째, 연구성과 등에 대한 포상금을 현실화하여 인센티브를 제공하고, 지원부서 근무 희망직원에 대해서는 소내 공모를 통하여 근무가 가능하도록 할 필요가 있다.

넷째, 연구 미참여 인력 최소화로 기관운영 효율성 극대화하는 것이 중요하다.

나. 인력운용 정책 목표 방향

(1) 전문 연구인력의 확보와 관리능력의 제고

연구기관(또는 조직)의 인력운용 정책 목표로서 가장 먼저 꼽을 수 있는 것은 기관의 연구개발 역량 극대화를 들 수 있다. 이를 위해서는 전문 연구인력의 확보와 이를 관리할 능력의 제고가 동시에 이루어져야 한다. 과학기술의 진보는 전문인력 개인이 가져야 할 지식의 양을 크게 하기 때문에 개인의 역량 한계 범위 안에서는 지식의 폭이 좁아질 수밖에 없다. 그러므로 특히 다학제적인 연구를 수행하는 경우에는 전문인력의 충분한 확보가 이루어져야 하며, 이를 통합 관리하는 관리자급 인력의 관리능력이

9) 1999년 8월 실시된 원자력연구소의 “화합과 재도약을 위한 브레인스토밍” 시에 제시된 의견들을 요약 정리한 것이다.

매우 중요한 역할을 하게 된다¹⁰⁾. 조직의 총체적 연구개발 역량은 각 전문가 개인의 역량의 합으로 표시되고, 각 전문가 개인의 역량은 전문지식의 폭과 지식의 량의 곱으로 나타날 수 있으며, 전문가 개인 역량을 합할 수 있는 것이 관리자의 역량의 폭으로 나타나게 되는 것이다. 이에 따라 연구소의 연구역량 제고를 위해서는, 전문인력의 충분한 확보와 개별 연구인력의 전문도 심화 및 이들 다양화된 전문분야를 종합 관리할 관리능력 배양을 인력운용 정책의 기본 정책 방향으로 하여야 할 것이다.

이러한 방향을 바탕으로 실질적 연구역량 및 경쟁력 제고를 위한 정책 방향을 다음 세가지 방향에서 모색한다.

첫째, 전문가의 확보이다. 연구소 연구정책에 부합되는 소요 전문분야에 대한 조사와 해당 분야의 탁월한(또는 최고의) 전문가를 확보 또는 육성하여야 한다. 전문 인력의 확보는 최소한 해당 분야에 대한 기술적 돌파구를 마련할 수 있는 정도의 능력과 명성이 인정토록 하여야 할 것이다. 이를 위해서는 첫 번째 단계로서 소내 인력에 대한 능력과 명성을 파악하여 이를 활용하는 것이고, 이것이 여의치 않을 경우는 국내·외를 막론하고 해당 분야의 전문가를 초빙하는 방법이 고려되어야 한다. 이 때 소내 인력을 육성하여 전문가를 확보하는 방법은 시간이 많이 걸리는 점등에 따라 단기적 처방책으로서는 적절하지 않다.

둘째, 인력의 전문성 심화이다. 전문성의 심화는 소내 인력의 전문성을 심화시키는 것으로서 다음의 여러 가지 방법이 고려될 수 있다. (1) 인력이 전공을 살릴 수 있도록 하는 인력 운용(배치)이 필요하다. (2) 개인의 전문성을 심화시킬 수 있는 경력개발 프로그램의 운용이 필요하다. 이에는 소내의 직무교육 강화 프로그램과 소외 위탁교육을 통한 경력개발 기회의 제공이 될 수 있다. 단, 여기에서 연구소 인력이 모두 박사급이어야 할 필요가 없음에 따라 학위 과정 중심의 위탁교육이 우선되어서는 안될 것이다. (3) 인력의 전문성과 합치되는 과제개발 기회의 제공이다. 책임과 권한이

10) 정부 출연기관의 기능재정립 및 육성 방안, 대덕 전임기관장 협의회, 1997. 12, p.130

부여된 과제의 수행을 통하여 개인의 전문성이 심화될 수 있는 기회를 제공하자는 것이다.

셋째, 전문분야를 종합 관리할 관리 능력의 배양이다. 이는 첫 번째의 전문가 확보와 일견 연관성이 있으나, 해당 분야의 최고의 전문가가 관련 세부분야를 통합 관리할 능력을 반드시 보유하였다고는 볼 수 없다. 이에 따라 관리능력과 전문능력으로 대별되는 이중사다리 구조의 경력개발 프로그램의 추진을 통하여 분야별 관리능력을 가진 관리 전문가의 육성이 필요하다.

(2) 기관(조직)의 생산성 제고

기관의 연구생산성은 인력 개인의 생산성과 조직화 능력에 기인한다고 볼 수 있으며, 이러한 생산성을 측정할 지표 및 생산성 제고에 부합되는 인센티브의 제공 방법에 좌우된다고 할 수 있다. 이에 따라 다음 3가지 사항에 대한 정책방향의 모색이 필요하다.

첫째, 생산성 제고를 위한 기반으로서 적정 지표의 개발과 인센티브 제공 제도의 구축이다. 기관(또는 조직)의 생산성을 제고하는 것은 기관이 어떠한 지표로서 생산성을 측정하느냐와, 이에 부합되는 인센티브가 어떻게 얼마나 제공되느냐에 크게 좌우된다. 연구기관의 생산성에 대한 지표는 국내·외에서 통용되는 것이 많다. 예를 들면, 연구논문 발표 수, 특허 등록 수, 인력대비 연구비 수준 비교 등이다. 그러나 이러한 통계적 접근 방식은 연구기관의 운영에는 기여하나, 성과로서 측정되지 못하는 부분이 많아 실질적으로 생산성을 대변하고 있지 못할 수도 있다. 중요한 것은 몇 가지의 항목만으로 생산성을 측정하는 것보다 지표의 다양화를 통하여 인력의 기여도와 성과도를 측정할 수 있도록 하는 것이 필요하다고 본다. 이러한 지표개발을 위해서는 별도의 심도있는 연구가 필요하다고 본다. 단, 국가 차원의 기관 평가에서는 기관의 가시적 성과가 우선적으로 고려되는 경우가 많으므로 이를 충분히 고려한 지표와 가중치의 개발이 필요할 것이다.

한편, 이러한 생산성 지표는 바로 인력에 대한 인센티브로 연결될 수 있어야 한다. 인센티브의 제공 때 가장 중요하게 고려되어야 할 사항으로서는 앞의 조사 결과에서 나타난 바와 같이 상위 직급자나 과제책임자들의 평가에 대한 객관성 확보이다. 이러한 문제를 해결하는 하나의 방안으로는, 가능한 한 객관화된 평가가 되도록 평가 지표의 다양화와 수치화가 필요하며, 이를 제도화하는 것이 필요하지만, 이것이 이러한 문제를 해결해 줄 수 있는 최선의 대안이 아님은 분명하다.

둘째, 인력 개인의 연구생산성 제고이다. 기관(또는 조직)의 연구생산성은 기본적으로 인력 개인의 연구생산성에 좌우된다. 즉, 기관(조직)의 생산성 향상을 위한 일차적인 조치는 인력 개인의 생산성을 제고하는 것이라 할 수 있다. 이를 위해서는 다음과 같은 방안이 강구되어야 할 것이다.

- 앞서 기술한 바와 같이 전문 인력의 확충과 인력의 전문성 심화 방안(경력개발 프로그램 다양화)이 필요하다.
- 또한, 인력의 생산성 제고 성과에 대한 인센티브 제도의 확충이 필요할 것이다.
- 인력의 생산성과 성과를 객관적으로 평가하는 지표의 개발이 매우 중요하다.
- 한편, 인력의 전공에 부합되는 업무 및 연구과제로의 배치도 중요하며, 이에는 인력에 대한 개별 전문성(경력) 데이터베이스의 구축이 필요하다. 데이터베이스는 현재 원자력연구소의 통합정보시스템에 구축되어 있는 내용에 개인의 전문성과 경력 및 향후 개발희망 전문분야를 추가·보완하는 것으로 가능하다고 본다.

셋째, 기관(조직)의 생산성 제고를 위한 개별 인력 생산성의 조직화 능력 제고이다. 이를 위해서는 다음과 같은 방안이 강구될 수 있다.

- 연구정책과 부합되는 인력의 확보와 배치가 가장 먼저 선결되어야 할 것이다. 기관의 생산성은 기관의 연구정책에 의하여 발생되기 때문이

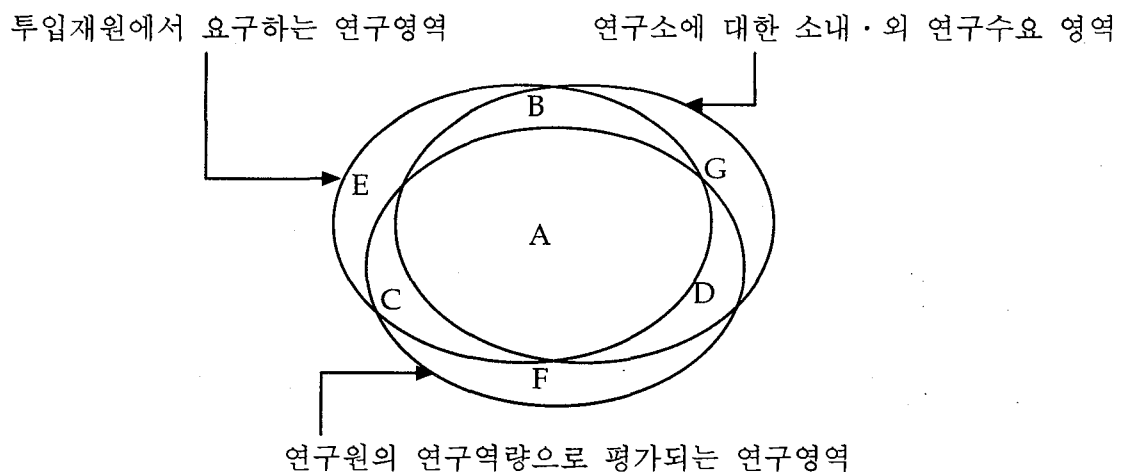
다. 이에 따라 인력 개인의 전문성이 기관 차원에서 조화되고 균형이 유지되도록 전문분야별 인력 소요에 대한 적절한 파악이 필요할 것이다. 예를 들면 어느 한 전문분야에서의 박사급 인력의 과대보유는 개인 연구능력은 향상될 수 있을 것으로 보이나, 기관의 연구능력은 오히려 저하될 수도 있다. 즉, 대부분의 연구과제가 다양한 학제를 요구하고 있고, 전문성이 다른 연구원들간의 협력으로 추진되어야 함에 따라 박사급 연구원이 석사급 및 학사급 연구원과 팀웍을 이루어 수행하여야 하는 연구과제가 대부분임에 반해, 박사급 연구리더가 이러한 과제를 혼자서 수행하여야 하는 상황이 발생할 수 있는 것이다.

- 인력의 효율적인 활용과 인력교류의 유연성을 더하기 위하여, 앞장에서 제시된 제도 개선사항 중 인력공모제의 도입을 고려할 만하다. 이는 인력이 해당 전문성에 따라 업무 및 과제에 배치될 수 있는 방안이기도 하다.
- 기존인력의 경험 활용과 신규 지식으로 무장한 신규인력 확보의 조화를 유지하고, 연구정책과 부합되도록 이들 경험과 지식을 통합할 수 있는 관리능력을 가진 인력의 확보 및 배양이 필요하다. 이는 박사급 고급인력의 확보보다는 효율적 활용이 기관의 생산성에 더 큰 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이에 따라 해당 전문분야에 대한 종합적 지식을 가지고, 이를 관리할 수 있는 프로젝트 매니저(PM)의 육성이 필요하며, 연구소 연구정책에 대한 이해가 충분하고 연구정책에서 요구하는 다양한 전문분야에 대한 일반적 지식이 겸비된 상위 PM의 육성도 필요하다.
- 한편, 기관(조직)의 생산성은 다양한 학제를 필요로 하는 현대 연구의 추세에 비추어 협력연구의 성과로 측정되기가 쉽다. 이에 따라 조직간 또는 조직내 개별 인력간 협력연구기반(팀웍)의 강화를 위한 환경조성이 필요하다. 이를 위해서는 생산성과 성과의 열매를 참여자가 고루 혜택받을 수 있는 제도적 장치가 필요하다.

(3) 연구재원 · 연구수요 · 연구활동 간의 관계를 고려한 인력운용 정책방향

연구소의 연구 투자 및 인력 투입을 위하여 고려되는 중요한 인자로서, (1) 투입 재원에서 요구하는 연구분야 또는 투입재원의 크기, (2) 연구소에 대한 소내 · 외 연구수요를 포함한 연구정책, (3) 소속 연구원들의 연구 욕구를 포함한 연구활동이다. 이들 요소들이 상호 중첩되는 부분은 그림에서와 같은 각각의 특성을 가지며, 이들 특성을 고려하여 해당 부문별로 연구 투자 및 인력 투입 정책을 설정하여 추진하는 것이 필요하다.

연구소의 인력운용은 연구소의 연구정책 및 연구재원과 연동되어야 한다. 기본적인 방향은 그림의 A에 속하는 연구영역에 인력을 집중 투입하는 것이며, 다음은 B 및 C에 대해 투입하는 것이다. 또한 연구원의 다양한 연구수요를 반영하고, 재원의 확보 및 인력의 육성을 통하여 다른 연구분야에 대한 투자를 고려할 수 있다. 그러나 연구소 경영의 효율화 및 인력 운용의 효율화 측면에서 모든 분야에 대한 투자 및 인력 투입은 최적의 선택이 아니며, 각 연구분야에 대한 투입 우선순위 포트폴리오가 고려되어야 한다. 한편, A, B 및 C 분야에 대해서도 연구소의 연구역량과 경영상태를 고려하여 투자 및 인력투입의 우선순위 설정이 필요하다.



- A: 투입재원의 목적과 연구소의 연구정책 및 연구원들의 연구역량(활동)과 잘 일치하는 연구분야로서, 여기에 투입되는 인력은 인력운용상 효율성이 높으며, 문제의 발생이 적음
- B: 투입재원의 목적과 연구소의 연구정책과는 잘 일치하나 연구원의 현재 연구활동 영역과는 불일치하는 연구분야로서, 신규인력으로 충원하여 수행하거나 D와 F 영역에 속하는 연구원들의 직무재교육을 통하여 재배치하는 방안이 필요함
- C: 재원의 목적과 연구원의 연구 활동 영역(연구를 하고싶은 영역)이나 연구소 연구정책과 일치하지 않아 연구추진이 어려운 연구분야로서, 연구인력 및 연구정책의 운용 방침의 변화에 따라 수용가능한 영역임
- D: 연구소 연구정책과 연구원들의 연구활동 영역과 일치하나 관련 재원의 확보가 어려운 연구분야로서, 실질적인 연구활동이 어려우나 연구소 경영차원의 노력으로 재원을 확보하거나 관련 연구원들의 직무재교육을 통하여 B 영역으로 인력 재배치를 고려할 수 있음
- E: 재원은 확보되어 있으나, 재원의 목적이 연구소의 연구 정책과 연구원들의 연구활동 욕구와 다름에 따라 실질적인 연구 수행이 이루어지지 못하고 있는 분야로서, 실질적인 연구 수행이 어려운 영역이며, 이 영역은 전혀 다른 연구분야이거나 동일분야에서는 거의 존재하지 않을 수 있음.
- F: 연구원이 연구하고 싶은 연구분야이나 연구소의 연구정책과 일치하지 않고 재원의 목적과도 일치하지 않는(또는 재원확보가 되지 않는 분야) 분야로서 인력운용상 해결되어야 할 분야로 고려되는 영역이며, 이 분야와 관련되는 연구인력은 직무 재교육을 통한 B 영역으로 재배치가 필요함.
- G: 연구소 연구정책에는 적합하나 관련 연구인력과 재원이 확보되지 않은 연구분야로서, 경영차원에서 인력과 재원의 확보노력이 필요함.

(4) 경력개발을 위한 프로그램의 다양화

인력 개인이 경력개발을 통하여 전문성을 심화하는 것은 기관의 연구능력 강화에 있어서 매우 중요하다는 것은 앞서 기술한 바와 같다.

이러한 전문성 심화를 위한 경력개발 프로그램으로는 본 연구에서 실시한 설문조사에서 다양하게 제시되고 있다. 그러나 장기간의 경력개발 프로그램을 과대하게 운용하여 인력운용에 차질을 빚게 하여서는 안될 것이다. 또한 기존 인력의 학위 취득을 위한 위탁교육은 인력에게 인센티브를 제공하는 차원에서 매우 유용하다고 보나, 이의 과대한 운용은 인력구조의 불균형을 유발, 즉 박사급 인력의 과대생산을 통한 인력구조 균형의 상실을 초래할 수도 있어 적절한 운영이 필요할 것이다. 이에 따라 경력개발 프로그램의 다양화를 통하여 인력운용에 차질이 발생하지 않는 범위 내에서 적절히 운용되어야 할 것이다.

다양화의 방안으로는 기간의 종류 측면에서 고려될 수 있다. 먼저 기간의 다양화는 3개월 이내의 단기간을 가장 높은 비율로 하고, 1년 이상의 장기간은 가능한 줄이는 방향으로 하는 다양화가 필요하다. 1년 이상이 소요되는 경력개발 프로그램의 경우 업무 특성을 고려하는 것이 가장 우선이며, 다음은 정확한 성과 평가를 통한 인센티브로서 제공될 수 있도록 하여야 할 것이다. 경력개발 프로그램 종류의 다양화가 또한 중요하다. 외부 위탁교육과 연구연가가 가장 선호되는 경력개발 프로그램이기는 하나, 업무와 직접 연관되는 단기 연수 과정이 많이 개발되어야 할 것이다. 이와 함께 직무교육의 강화와 전문성 변경을 위한 교육 등 다양한 프로그램의 개발도 필요하다.

결론적으로 인력의 전문성이 심화되는 방향의 경력개발 프로그램이 가장 중요하다.

(5) 기타

인력 운용의 경직성은 기관의 연구능력과 더불어 생산성을 크게 저하시킬 수 있으며, 인력 운용의 유연성 확보는 기관 운영의 유연성과 직결된다. 이러한 측면에서 고려되는 주요 제도개선 사항들은 다음과 같다.

- 인력이동/교육·연수에 따른 인사고과성 불이익 해소를 위한 제도 마련
- 현 PBS 제도하에서의 과제참여율의 경직성 해소
- 과제수행의 효율성과 인력운용의 효율성 등의 제고를 위해서 업무 및 과제별 인력공모제를 도입
- 개인별 전문성이 인정되는 과제개발이 가능하도록 하는 제도 도입
- 인력의 참여과제 수 제한을 통한 연구 수행의 질을 제고
- 프로젝트 매니저(PM)의 관련분야에 대한 전문성 배양 프로그램 강화 또는 전문성이 충분한 프로젝트 매니저의 선정을 제도화
- 연구지원 인력의 순환보직제 도입

3. 원자력연구개발 활성화를 위한 연·학·산 협력 방향¹¹⁾

본 연구에서는 원자력 산업계에서의 기술 수요 및 공급에 대한 조사 분석을 수행하였다.

원자력 공급 산업체의 총 1998년도 연간 매출액은 1조 7천억에 이르는 것으로 나타났고, 이 중에서 원자력 연구사업분야와 원자력연구 지원 사업 분야에 대한 매출액은 1,800억원에 이르는 것으로 나타났다. 원자력연구사업 분야의 매출액 1,520억 중에서 대부분인 98%는 공기업체에 의해 수행되는 것으로 나타나, 공공기업에 대한 연구 사업 의존도가 매우 높은 것을 알 수 있다.

11) 본 연구는 조선대학교 원자력공학과 김승평 교수에 위탁하여 수행한 것으로서 한국원자력연구소의 의견과 일치하지 않을 수 있음을 밝혀둔다.

전기사업체의 원자력관련 연구개발비는 크게, 국가원자력연구 개발 사업 (원자력연구개발기금)으로 920억, 원전기술고도화 종합계획으로 810억, 현장 기술 개발 사업, 중소기업 협력연구개발사업 등을 합하여 1,800억원에 이르고 있고, 이는 전기사업체 전체 연구비의 38%에 이르는 금액이며, 전체 전기사업체 지출액의 6.5%에 이르는 금액이다.

한편 1999년도의 국가원자력개발사업비의 총액은 1,300억원인데, 이 중에서 900억원(70%)이 한국원자력연구소에 지원이 되는데 반해 대학에는 50억원 (4%) 정도만이 지원되고 있다. 그 만큼 한국원자력연구소에 지원되는 비중이 상당히 높은 것이 현실이다.

아울러 원전 기술 고도화 사업에는 1998년 기준으로 810억이 배정되어 있는데, 실질적으로 원전기술 고도화 사업은 기술 개발보다는 기술 개선 및 응용 측면에 초점이 맞추어져 있고, 사업체 중심으로 편성되어 있어서 연구기관은 단지 지원하는 역할을 담당하도록 되어 있다. 또한 이 사업은 실질적으로 기술 고도화 자체보다는 현장 애로 기술 해결이라는 측면에 초점이 맞추어져 있다.

전반적으로 볼 때, 전체 원자력관련 연구비 중에서 한국원자력연구소가 차지하는 비중이 매우 높은 것이 우리의 현실이다. 이는 한국원자력연구소가 원자력 연구 부분에서의 중추적인 기능을 차지하고 있다는 것을 잘 보여 주는 것이다. 하지만, 지금의 사회 분위기는 정책적인 지원보다는 경쟁 속에서 살아 남는 것을 요구하고 있다. 따라서 한국원자력연구소는 앞으로, 독점적으로 지원 받는 부분에 상당한 역할을 수행하는지에 대한 냉철한 평가를 요구받게 될 것이다. 결국 원자력 연구분야에서의 한국원자력연구소의 역할이 확대되느냐 축소되느냐의 여부는 원자력연구소의 PERFORMANCE에 달려 있다고 볼 수 있다. 따라서 한국원자력연구소가 연구의 중추적인 소임을 다하기 위한 노력이 절실히 요구된다. 즉, 한국원자력연구소는 연구의 결과물을 국내 타 연구 기관에게 적극적으로 공개하고 공유함으로써, 원자력 연구기관으로서의 중심적인 위치를 확고히 할 수 있을 것이다.

이를 위해 전문가 연구 그룹의 활성화 및 지원 사업, 연구 결과물에 대한 홍보 사업, 연구 시설물에 대한 개방 사업 등을 점차 활발히 전개할 필요가 있다. 한국원자력연구소가 국가의 세금으로 독점적으로 운영된다는 시각에서 볼 때, 이러한 연구 결과물의 공유 사업은 타 기관으로부터의 견제를 완화시킬 수 있는 좋은 방법이기 때문이다.

결론적으로 대학 및 한국원자력연구소, 그리고 한국전력공사의 특징은 다음과 같이 정리 될 수 있다.

<대학>

대학은 시설, 인력, 기술 측면에서 아주 열악한 상태이지만, 의사 결정 능력을 보유하고 있다.

<한국원자력연구소>

한국원자력연구소는 연구를 수행하는 전문기관으로서, 기술고도화 및 연구의 중심추적인 역할을 담당해야 한다. 한국원자력연구소가 매우 열악한 상태의 대학을 경쟁 상대로 보는 시각은 매우 잘 못 된 것이며, 아직까지도 한국원자력연구소가 대학을 포용하려는 자세가 매우 부족하다고 할 수 있다. 이에 따라, 타 기관과의 협력이 잘 이루어지지 않는다는 점이 한국원자력연구소의 가장 큰 약점으로 지적될 수 있다. 한국원자력연구소는 고도의 기술 집약적인 연구사업에 충실해야하며, 소규모의 연구 영역까지 한국원자력연구소가 개입하는 것은 대학의 연구기능을 축소시킬뿐더러, 한국원자력연구소의 존재 목적 자체를 흐리게 한다. 따라서 한국원자력연구소는 자체 구조조정을 통해서, 일상적이거나 낮은 수준의 연구분야를 줄여나가고, 실질적인 기술 고도화 분야에 역량을 집중해야 할 것이다.

<한국전력공사>

한국전력공사는 자체적으로 연구를 수행하기보다는 연구를 관리하는 특징을 지니고 있다. 한국전력공사는 연구 실적을 적용성이나 상업적인 측면에서 판단한다. 정책적인 측면에 있어서, 대학의 의사결정 능력이 필요하

기 때문에 대학과의 연계가 잘 이루어지고 있으며, 실질적인 측면에서 산업계의 연계도 활발히 이루어지고 있다.

<한국원자력연구소의 문제점>

본 연구를 종합하여 한국원자력연구소의 문제점을 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 수요자의 의견반영을 위한 제도적 기반이 없으며,

둘째, 수요자 측면에서 연구의 성과가 미흡하고,

셋째, 종합적 체계에 의한 연구보다는 기관간 이해관계에 따라 추진하며,

넷째, 수요의 근거보다는 독점적 이미지를 제공한다는 점이다.

이를 위한 해결 방안으로는, 첫째, 수요자의 의견반영을 위한 체제가 필요하며, 둘째, 연구수행 기관간의 경쟁력을 고려하여 업무분담 및 연구수행 기관간의 협력체계를 구축하고, 셋째, 현장 수용에 근거하는 연구를 수행해야 할 것이며, 넷째, 종합적인 연구의 Master Plan이 필요하다. 마지막으로, 정·산·학·연 R&D에 대한 의견조율로서 한국원자력연구소의 문제점을 해결할 수 있을 것이다.

제 3 장 원자력이용의 환경영향 평가

제 1 절 원자력의 환경영향평가 필요성

청정기술(clean technology)이란 다른 대체기술에 비해 자원을 덜 사용하고 환경에 피해를 덜 주면서도 경쟁력이 있으며 인류에 이익을 제공하는 수단을 의미한다. 이러한 관점에서 청정기술은 사후적 의미의 정화기술(clean-up technology)과 다른 개념이다.

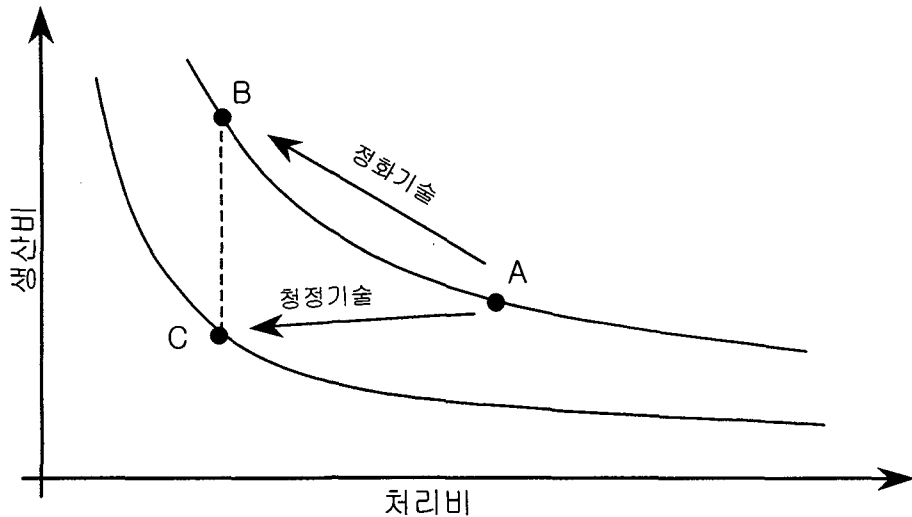
청정기술과 정화기술의 차이는 <그림 3-1>을 통해 보면 잘 나타난다. <그림 3-1>에서 세로축은 전통적인 생산활동에 소요되는 직접비를 표시하고 가로축은 환경오염에 따른 사후 처리비용을 표시하고 있다. 곡선이 우하향하는 것은 생산비와 사후처리비의 대체가능 관계를 나타내고 있다.

현재 생산비와 처리비의 구조가 점 A에서 나타나는 생산방식에 대해 정화기술을 적용하여 점 B와 동일 비용 구조로 생산한다면 그 결과 사후 처리비는 줄일 수 있으나 반대로 생산비가 늘어날 것이다. 이는 처리비의 일부가 생산비로 전가되어 나타난 것으로 생산자의 입장에서는 실질적인 개선효과가 일어난 것으로 볼 수는 없다. 이에 비해 점 A의 생산방식이 청정기술로 전환되어 점 C와 같이 생산될 수 있다면 이는 곡선을 따라 이동(along the curve)하는 것이 아니고 곡선간 이동(shift the curve)으로 나타나 생산비와 처리비를 동시에 절감하는 생산방식이 될 수 있다.

즉 청정기술은 정상적인 생산활동 결과 오염물질을 배출한 후 사후처리하기 보다는 애초에 발생을 억제하는 데 주안점을 두고 있다. 따라서 오염의 최소화 혹은 오염방지라는 개념이 청정기술의 근간이 된다고 할 수 있다.

따라서 청정기술은 총체적인 개념으로 자원의 사용과 오염물질의 발생과 밀접한 관련이 있으며, 이 기술에는 생산활동의 전과정에 사용된 물질과 에너지 사용에 대한 평가가 이루어 져야만 한다. 이는 생산준비 단계에서 소비

까지의 전과정에 대한 분석이 이루어지지 않을 경우 실제로는 오염활동이 다른 단계나 분야로 이전되었음에도 불구하고 환경오염을 줄이고 있다는 판단착오를 일으키기 쉽다. 또한 오염물질의 최소화는 청정기술에 대한 단기적인 접근방법이다. 그러나 장기적으로는 기존의 것과 상이한 근본적인 청정공정이나 제품을 개발하여야 한다.



<그림 3-1> 청정기술과 정화기술

이는 원자력의 환경영향 분석에도 마찬가지로 적용될 수 있다. 원자력과 환경영향에 대해서는 현재 극명한 두 가지 의견이 대두되고 있다. 하나는 친 원자력의 입장에서 원자력은 지구온난화 물질을 전혀 배출하지 않는 청정기술이라는 주장이고, 다른 하나는 반원자력의 입장에서 원자력의 방사선과 방사성물질에 따른 환경오염뿐만 아니라 원자력발전소도 거대한 고정비 투자가 이루어지니 만치 그 과정에 투입되는 에너지와 원/부자재에서 발생하는 환경오염이 실로 막대할 것이라는 주장이다.

이러한 주장은 합리적인 논리에 근거하고 있기 때문에 원자력계에서도 이들의 논리를 받아들일 필요가 있다. 지금까지 원자력계의 환경영향 분석 노력은 원전의 운전단계에서 발생하는 환경오염에 중점을 두고 있었다. 그러나 이제는 반원자력계의 합리적인 주장을 받아들여 기존 원자력기술의 환경

영향 정도를 객관적이고 과학적 지식을 바탕으로 분석·평가하고 환경영향을 미치는 영향의 감소방안의 도출에 활용할 능력을 구비할 필요가 있다. 또한 이러한 분석능력은 장래 도입을 목표로 개발되고 있는 프로젝트의 설계개발 방향 설정에서도 의사결정요인의 기능을 담당할 수 있다. 이러한 능력을 갖추기 위해 유용한 기술이 유럽을 중심으로 널리 이용되고 있는 자동차, 전자제품, 화학공정 등에서 활발하게 활용되고 있는 LCA기술일 것이다.

제 2 절 원자력 수명주기(LCA)의 환경영향 평가 방안

1. LCA 평가방법

LCA(Life Cycle Assessment) 혹은 전과정평가¹²⁾는 원료의 획득에서부터 제조, 사용 및 사후처리에 이르기까지 제품의 전과정에 관련된 현시적이거나 잠재적 환경영향을 일정한 분석 과정을 통해 파악하는 것으로 ‘대상 제품이나 공정 및 활동의 전과정에 걸쳐 소모되고 배출되는 에너지와 물질의 양을 정량화하여, 이들이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이를 통해 환경특성과 개선방향을 모색하고자하는 환경영향 평가기법’으로 정의된다.

전과정평가의 실시 목적은 결국 그 결과를 활용하고자하는 이용집단에 따라 결정되는 것으로 정부, 기업, 환경단체 등 개별주체에 따라 다음의 <표 3-1>과 같이 활용된다.

2. 수명주기 평가의 구조¹³⁾

전과정평가는 일반적으로 분석 목적의 정의와 범위의 설정(Goal Definition

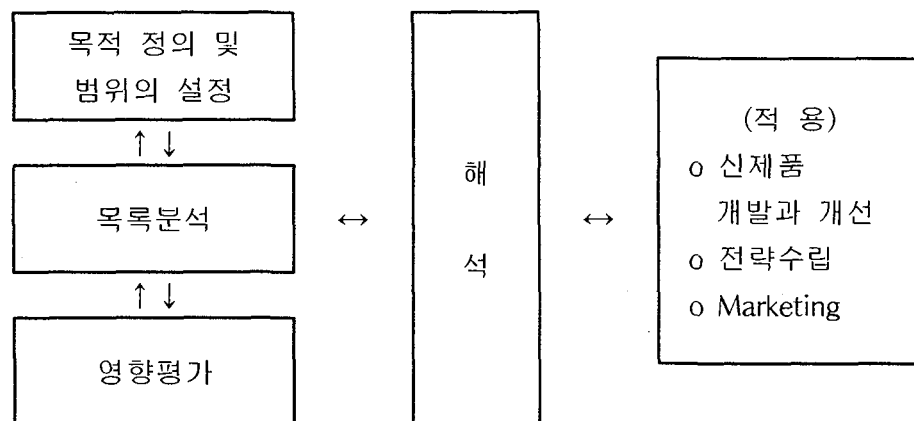
12) 이 용어는 우리말로 ‘수명주기평가’ 혹은 ‘생애주기평가’등 여러 가지 용어로 혼용되다가 ‘환경경영 관련 용어 통일안’에서 ‘전과정평가’로 통일 사용하기로 하였으며, 본 연구에서도 이에 따르기로 함.

13) ISO(1995) 참조

& Scope), 목록분석(Inventory Analysis), 영향평가(Impact Assessment), 그리고 개선평가(Improvement Assessment) 등 네 단계로 진행되나, 최근 ISO/TC 207에서 전과정평가에 대한 표준화를 추진하는 제5분과위원회(SC5)에서는 이 가운데 개선평가 단계를 <그림 3-2>에서 보는 바와 같이 해석단계(Interpretation)로 수정하는 구조를 제시한다¹⁴⁾.

<표 3-1> 이용 집단별 활용용도

용도	정 부	기 업	NGO
기존	○ 환경규제, 폐기물처리 등과 같은 법적 규제수단	○ 조직활동에 따른 환경부하의 정의 및 비교 ○ 마케팅 활동 ○ 소비자에 대한 정보	○ 경제주체들에 대한 감시 근거 ○ 재화의 환경특성 인지
신규	○ 규제기준 설정 ○ 규제의 우선순위, 자원배분 등 기획	○ 구매품, 선의 선정 ○ 제품/공정의 설계 개선 ○ 전략계획 수립	○ 자체 환경분석 능력 배양 ○ 감시의 우선순위 설정
잠재	○ 규제 정책수립 ○ 경제적 유인책에 의한 정책수단의 선택 ○ 공공교육	○ 환경경영전략 수립 ○ 성과평가의 척도 ○ 산출물의 환경친화성 제고	○ 다수의 전문분야 환경단체들의 협조 구축



<그림 3-2> 전과정평가의 구조

각 구성요소는 그 자체로도 존재가치가 있으나, 이들이 상호 연계되는 경

14) USEPA(1995) 참조

우 전과정평가로 간주된다. 이들 각 요소들을 상세히 소개하면 다음과 같다.

가. 목표의 정의 및 범위의 설정

LCA를 실시하려는 목표나 평가결과의 활용목적을 명확히 하는 단계이다. 전과정평가는 사용목적에 따라 수집하는 자료의 내용이나 분석방법, 결과들이 달라지기 때문에, 먼저 평가결과의 사용목적을 명확히 하여야 한다. 이러한 목표는 전과정평가의 실시 주체에 의해 결정될 뿐만 아니라 평가대상의 특성, 평가결과의 활용처, 혹은 결과의 공개여부 등에 따라서도 달라질 수 있다.

평가의 범위에는 시스템의 기능 및 범위, 작업단위, 대표공정을 비롯해 영향평가방법, 자료의 요구수준, 연구의 가정 및 제약요인 등이 포함된다. 연구방법의 너비와 깊이는 현실적 제약요인에 너무 제한되어서는 소기의 성과를 달성할 수 없고, 평가목적을 충분히 달성할 수 있을 정도로 설정되어야 한다. 또한 평가에 사용되는 모든 가정과 전제조건은 근거를 제시해 투명성이 확보될 수 있도록 대비하여야 한다.

전과정평가는 반드시 분석대상에 대하여 전과정을 대상으로 수행될 필요는 없으며 평가목적에 따라서는 설계의 변경부위와 같은 일부분에 국한될 경우¹⁵⁾도 있으나, 제품의 전반적인 환경특성 비교가 평가목적인 경우에는 더욱 넓은 범위를 대상으로 분석할 필요가 있다.

이처럼 전과정평가의 범위가 정형화된 형식이 없고 유연성을 갖고 설정될 수 있다는 것으로 인해, 전과정평가 기법이 합리적이면서도 결과가 달라질 가능성이 있기 때문에 이용이 확산되지 못하는 이유이기도 하다. 따라서 평가결과를 대외에 공표할 경우는 결과에 대한 투명성 보장이 중요하며, 이를 위해 여러 외부 전문가들이 참여해서 대상의 범위와 방법론을 검토하는 검

15) 제품의 부분적인 차이를 대상으로 분석을 하는 경우는 이를 Gap Analysis라 함.

증절차를 거치는 것이 바람직하다. 또한 초기단계에 설정된 범위는 분석과정에서 나타나는 결과를 바탕으로 주기적으로 재평가해 수정할 수도 있다.

나. 목록분석

분석하고자 하는 시스템을 대상으로 전과정에 대한 물질의 흐름과 환경부하를 계산하기 위해서 시스템에 투입되고 산출되는 물질의 종류와량을 정량화하는 일련의 과정이다. 환경부하를 산출하기 위해서는 시스템의 공정에 대한 이해는 물론, 각종 오염원의 오염지수, 에너지소비특성, 그리고 폐기물 발생량 등과 같은 광범위한 자료가 요구된다. 흐름은 <그림 3-3>에 나타난 바와 같다.

목록분석 단계는 반복성을 지닌다. 즉 목적과 범위설정 단계에서 제시된 평가목적과 시스템 범위 그리고 자료의 신뢰도 등과 목록분석을 통해 얻은 추가 정도의 정확성을 검증 할 수 있다. 자료의 수집 활동을 반복적으로 입수되는 과정에서 자료의 획득이 불가능한 경우 평가의 목적과 범위를 수정해야 한다. 목록분석은 일반적으로 흐름도의 작성, 자료수집, 환경부하 계산 및 목록분석 결과에 대한 해석 등의 단계로 진행된다.

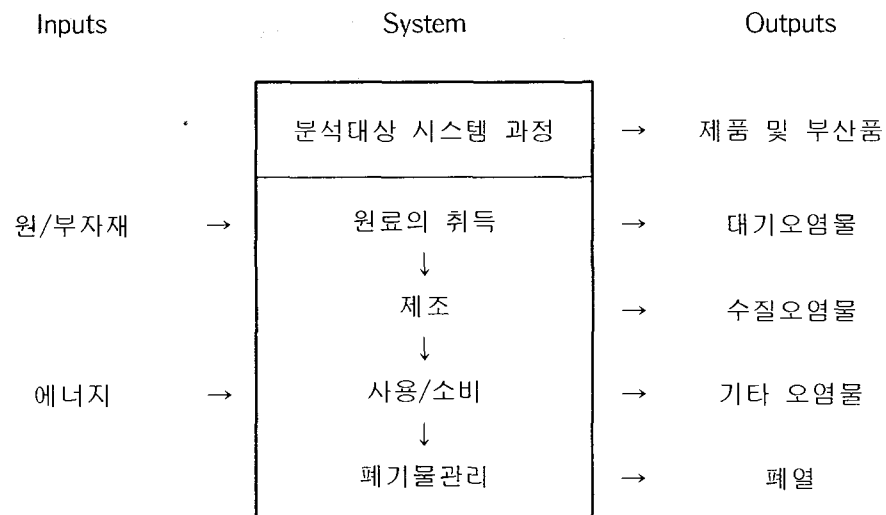
(1) 흐름도의 작성

이 단계에서는 우선 대상시스템의 분석단위별 경계를 명확히 하여 전과정평가에 포함시켜야할 단위공정을 결정하기 위한 것으로 평가목적, 설정된 가정, 정산기준, 자료의 입수 가능성, 비용부담 능력, 보고대상 등에 따라 달라질 수 있다. 평가목적이 기술의 상대비교인 경우에는 흐름의 단계를 기술별로 동일하게 설정하는 것이 중요하다.

(2) 자료의 수집

흐름도의 작성이 끝나면 자료수집을 하게되며, 일반적으로 가장 많은 비

용과 시간이 소요되는 부분이다. 자료 수집은 연구목적에 적합한 방법으로 시행되어야 하고 최초의 연구단계 및 해석 평가시 마다 자료는 재수집되어야 한다. 전과정평가의 목록에 수록할 정량적, 정성적 자료는 시스템을 구성하는 공정단계마다 수집하여야 한다. 입력자료의 질은 평가결과의 신뢰도에 결정적인 영향을 미치므로 자료수집 과정의 오류를 최소화하는 노력이 절대적으로 필요하다.

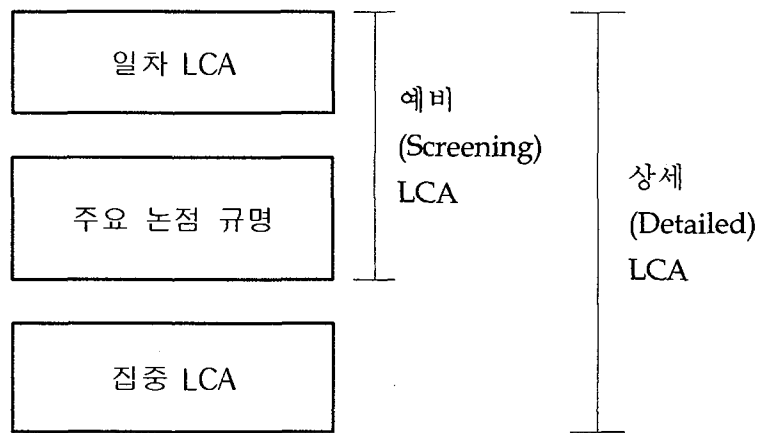


<그림 3-3> 목록분석을 위한 시스템 투입/산출 분석

이와 같은 자료수집의 어려움으로 인해 실제 전과정평가의 수행에서는 <그림 3-4>에서 보이는 바와 같이 상세한 전과정평가의 실행에 앞서 간략한 전과정평가를 수행하는 것이 일반적이다.

선진국에서는 이러한 자료 입수의 어려움을 해결하기 위해 특히 여러 산업이 공통적으로 사용하는 에너지, 용수, 수송 등 사회 간접자본에 관련된 자료는 국가가 주도해서 국가별 혹은 산업별로 방대한 데이터베이스를 구축하는 작업이 활발히 진행되고 있다¹⁶⁾. 이는 개개의 사례별로 자료가 수집될 경우 중복된 작업으로 인해 엄청난 인적, 물적 자원을 낭비할 수 있으므로 국가 차원의 자료축적이 바람직하다.

16) 우리 나라에서도 통상산업부(1997)과 같은 연구가 추진된 바 있음.



<그림 3-4> 전과정평가 실제 수행 단계

(3) 환경부하 및 목록분석 결과 산출

다음은 이러한 과정을 통해 작성된 환경부하 자료를 근거로 목록분석 결과를 산출하는 것이다. 이를 위해서는 기능단위의 계산이 필요하며 평가대상의 전과정에 관련된 투입/산출물을 지표별로 구분해 산출해야 한다. 경우에 따라서는 이렇게 산출된 목록분석 결과를 의사결정과정에서 활용하기도 하지만 이 결과만으로는 제품의 절대적인 환경특성을 평가하기 어렵고 다만 상대적 환경영향 비교치로 활용하는 것은 가능하다. 그러므로 제품이나 시스템 전체의 환경친화성을 비교·평가하기 위해서는 이러한 목록분석 결과를 근거로 전과정평가의 다음 단계인 영향평가를 실시해야 한다.

다. 환경영향 평가

영향평가는 목록분석 단계에서 규명된 에너지 및 자원의 소요와 배출물이 환경에 미치는 잠재적 영향을 기술적, 정량적으로 혹은 경우에 따라서는 정성적으로 파악하고 평가하는 과정이다. 예를 들어, 목록분석 단계에서 대상 시스템에서 배출되는 특정 인자의 배출량을 정량화했다면, 영향 평가 단계에서는 이들의 영향을 산출하게 된다.

이 과정에서 환경 연관성이나 중요성을 더욱 정확히 규명하기 위해서는

적절한 모형¹⁷⁾을 사용하거나 환경영향의 중요도에 따라 가중치를 부여하는 방법을 사용한다.

일반적으로 영향평가는 전과정평가의 목적과 범위에 맞추어 환경영향의 범주별로 목록분석의 결과를 분류하는 분류(classification), 분류된 항목들이 해당 범주에 미치는 영향의 정도를 정량화하는 특성화(characterization), 그리고 환경영향의 범주별 중요도를 결정하는 가치평가(Valuation)의 단계로 이루어진다.

(1) 분류(classification)

분류는 목록분석 결과를 영향범주에 연계하여 해당 영향범주에 속하는 분석항목들을 환경영향의 범주(impact category)별로 모으는 과정이다. 이 단계의 목적은 도출되는 다양한 항목들의 환경영향을 단순화하기 위한 것이다. 영향범주에는 크게 자원고갈, 생태계, 보건의 세 가지로 나누고, 각 영향범주는 이를 근거로 세부영향 범주로 구분하는 것이 바람직하다.

(2) 특성화 (characterization)

특성화는 세부 영향범주로 분류된 항목들이 환경에 미치는 영향을 정량적으로 도출하고 합산하여 세부 영향범주에 미치는 영향을 도출하는 과정이다. 정량화 과정에는 주어진 항목의 환경부하와 환경에 미치는 영향간의 상관관계를 나타내는 모형이 주로 사용된다. 환경에 미치는 영향을 나타내는 척도로는 물리, 화학, 생물학적 측면과 독성학적 측면이 있다.

상관관계는 반드시 과학적 근거가 있어야 하며, 상관관계로부터 도출된 영향정도는 분석된 목록항목이 환경에 실질적 또는 잠재적으로 미치는 영

17) 현재 사용되고 있는 영향평가 기법에는 스위스의 UBP와 Ecopoint법, 스웨덴의 EPS법 등이 있으며, 비교평가가 목적일 경우 특별한 경우에는 사용한 분석기법에 따라 결과가 달라질 수 있으며 따라서 상용 모형들은 이들 다양한 기법별로 분석이 가능하도록 되어있음.

향의 크기를 나타낼 수 있어야 한다.

(3) 가치평가(valuation)

가치평가는 세부 영향 범주간의 상대적인 중요도, 즉 세부 영향범주들이 환경전반에 미치는 영향정도를 상대적인 크기로 평가하는 과정이다. 상대적인 중요도를 부여하는 기준에는 주관적인 기준이 적지 않게 개입한다. 그러므로 과학적 사실보다는 환경영향에 대한 사회적, 문화적, 윤리적, 정치적, 경제적 관점에 따라 가중치를 부여하는 경우가 많다. 이러한 주관성을 극복하기 위해 환경영향의 중요도에 대한 기술적 분석을 실시하는 경우도 있다.

가치 평가에서는 세부 영향 범주에 가중치를 부여한다. 세부 영향 범주별로 특성화 과정을 통하여 정량화 된 영향에 가중치를 곱하고, 곱한 값들의 합을 취하면 대상 시스템이 환경에 미치는 영향을 하나의 숫자로 나타낼 수 있게 된다. 이것이 가치 평가과정이며, 도출된 숫자는 조직의 의사결정 수단에 쓰인다.

라. 평가결과 및 분석결과

영향평가의 결과만으로는 분석시스템이나 제품의 환경우수성을 주장하기 어려운 경우가 많다. 이는 전과정평가의 많은 경우가 보유기술의 환경 우수성은 비교검증 하는 데 사용되기 때문이며, 이 경우 절대평가보다는 비교평가의 필요성이 제기된다.

따라서 목록분석과 영향평가의 결과들이 정리/검토되어 당초 설정된 목적에 적합한 평가를 이루기 위해서는 각 단계에 대한 해석이 필요하다. 전과정평가의 해석은 평가목적 및 범위와 일치해야 하며, 분석의 일관성이나 객관성이 보장되어야 할 뿐 아니라 이해하기도 쉬워야 한다.

전과정평가의 목적에 대한 해석은 평가결과와 비교하여 신뢰성과 유용성

을 검토한다. 이러한 해석단계는 일반적으로 가장 중요한 투입물과 산출물의 잠재적 영향의 규명, 평가, 결론, 건의, 보고라는 다섯 단계로 이루어진다.

3. 국내·외의 전과정평가 연구 및 적용 사례

가. 국내에서의 LCA 연구 및 적용 현황¹⁸⁾

우리 나라에서는 1993년도에 경제정의실천연합 산하 환경개발센터가 「유리병 재활용 활성화 방안에 관한 연구」를 수행하면서 세계적으로 LCA의 연구가 활발한 미국, 네덜란드, 스웨덴, 일본 등에서의 포장용기에 대한 LCA연구결과를 소개함으로써 처음으로 LCA가 논의된 바 있으나, 현재까지도 국내에서 LCA연구는 환경부, 공업진흥청, 에너지 관리공단 등 정부의 관련기관과 일부 대기업에 의해 부분적으로 실시되고 있는 실정에 있다. 그러나 최근 들어 관심을 보이고 있는 단체 및 기업이 꾸준히 늘어나고 있는 추세에 있다.

대표적인 단체로서는, 지난 1994년 6월에 설립되어 환경 친화적인 상품에 대한 품질 인증을 실시하고 있는 환경마크 협회로서, ISO의 환경마크 표준화 작업등 국제적 동향에 능동적으로 대처하고 대상 제품선정의 투명성과 전문성의 제고를 위하여 LCA를 환경마크 부여기준으로 책정하는 한편 1998년도 중으로 세탁기와 에어컨에 대한 LCA를 실시할 예정으로 있다.

또한 한국 품질인증협회도 환경경영체제를 보다 효과적이고 근본적으로 구축 및 유지할 수 있도록 환경경영 관련 각종 지원기법을 연구, 개발 및 보급을 위하여 1997년 9월에 LCA 센터를 건립한 바 있다.

한편 국내 기업들에 의해서도 가전 3사를 중심으로 한 LCA 연구가 진행

18) 통상산업부(1997) 참조

중인데 비교적 연구활동이 활발한 LG그룹의 경우 LG전자를 중심으로 1997년에 냉장고에 대한 LCA를 실시한 바 있으며, 1998년도 현재는 17인치 모니터와 ABS에 대한 LCA를 실시하고 있는 중이고, 또한 제품 설계에의 반영을 통하여 환경문제의 해결을 시도한 환경 친화적 설계(DfE, Design for Environment)의 사례로서 LG전자와 독일 브라운 슈바이크 공대 생산자동화 연구소와 공동으로 개발에 성공한 분해 용이화 설계기술 소프트웨어가 있다.

삼성전자도 지난 1995년도에 냉장고를 시작으로 하여 TV모니터, 반도체 등에 대한 LCA를 실시한 바 있으며, 대우 자동차의 경우 자동차를 대상으로 2차 연도에 걸쳐 LCA를 수행한 바 있다.

한편 학계에서도 지난 1997년 12월 한국 LCA 학회를 창립하여 산학 공동으로 LCA연구를 위한 기반 조성을 도모하였다.

현재 기업에서의 LCA는 시범단계를 넘어서 친 환경 개발에 접목하는 단계까지 발전하고 있으나, LCA를 보다 효과적으로 정착시키기 위해서는 우리의 실정에 맞는 기본 데이터 베이스의 구축을 바탕으로 신뢰성 있는 환경 통계원 확보 및 평가방법의 개발 등이 우리 기업에게 주어진 과제라고 볼 수 있다.

이와 같은 전체 규모의 LCA의 수행은 개별기업의 독자적인 힘으로는 한계가 있으므로 국가적 차원에서 정부의 환경 친화적 정책을 바탕으로 투자와 기업에 대한 적극적인 지원이 절대적으로 필요하다. 그러나 최근까지 정부의 환경보전 정책은 특정 물질의 사용을 금지한다든지 또는 배출기준을 설정하여 종말처리(End of Pipe Treatment)를 법제화하는 등 오염 규제(Pollution Control)에 초점을 맞추어 왔으나, 대구의 폐놀 오염사고와 같은 치명적인 실패 경험, 그리고 국제적인 오염물 발생 원천봉쇄 추세를 반영하여 정책을 입안하기 시작했다.

정부의 환경친화 정책 사례로서 기업간 환경 친화적 부품 및 원·부자재의

구매를 촉진시키기 위해 오는 2000년부터 환경부하 표시를 의무화하도록 하는 ‘환경성표시제’를 단계적으로 도입할 방침을 확정 지었는데, 이 제도는 제품이 환경개선이나 환경보전에 어떤 영향을 미치는가에 관한 정보를 제품에 표시함으로써 구매자에게 제품이 환경에 미치는 정보를 정확하게 제공하여 환경 친화적 구매를 유도하기 위한 것이다.

소위 환경 레이블링 TypeⅢ로 지칭되는 이 제도는 현재 우리 나라에서 시행되고 있는 환경 마크(TypeⅠ)제도와는 다른 것으로, 제품의 LCA수행 결과를 일정한 양식에 의해 표시해 줌으로서 주로 산업간 환경친화적 부품 및 원·부자재의 구매를 촉진한다는 점에서 향후 청정 조달(Green Purchasing)의 개념을 적용한 좋은 사례로 볼 수 있다.

나. 외국의 LCA연구 및 적용 현황¹⁹⁾

대부분의 유럽과 구미 각국은 LCA를 ENS구축 및 운영의 기초 자료로서 정부와 기업간에 활발히 활용 중이며, 특히 제품의 전과정을 고려하는 환경영향평가의 강력한 도구로 사용함으로써 경영 전반에 걸쳐 진정한 의미의 환경경영을 실천하고 있으며, 이를 바탕으로 기업 자체의 환경보고서를 발간할 정도로 기업의 환경경영에 대한 신뢰성과 객관성을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 각국의 LCA의 연구 및 활용동향은 <표 3-2>와 같다.

이를 국가별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 스웨덴

요람에서 무덤까지의 복지국가 스웨덴은 환경에 대한 관심과 기술 개발 측면에서도 유럽 국가들을 선도할 만큼 매우 높은 수준으로, 특히 정부 산업계 및 대학연구소에 의한 산학 공동연구 체계에 의한 연구활동이 본받을 만 하다.

19) 오세용(1999) 참조

<표 3-2> 외국의 LCA 추진 경위¹⁾

주요 활동
- o (1969) 미국의 Midwest Research Institute)에 의한 음료용기 연구(코카콜라사의 위탁: 비공개자료) - o (1974) 미국 환경보호청이 보고서 "9종류의 음료용기에 관한 자원 환경분석"을 발표 - o (1981) 일본, 화학경제연구소가 "신소재도입에 따른 에너지절약효과 분석에 대해"를 발표 - o (1984) 스위스연방 내무성 환경국(BUWAL)에 의한 포장재료의 echo balance(ETH와 미그로스가 협력) - o (1985) EC 위원회가 "액체식품용기에 관한 지령"을 가결 - o (1990) 미국의 환경독물화학학회(SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry)가 최초로 LCA의 국제포럼을 개최. 최초로 LCA라고 하는 단어가 사용됨 - o (1991) 네덜란드 라이덴 대학 환경과학센터(CML) "제품 life cycle 분석 manual"을 작성 - o (1992) 플랭크린 연구소가 LCA 수법을 정비함 - o (1980~96) 미국의 환경독물화학학회에 의한 적극적인 LCA 활동 - o (1991.6) UNCED(United Nations Conference on Environment and Development)가 BCSD(The Business Council for Sustainable Development)를 창설하고, 환경관리의 국제표준화를 제창 - o (1991.7) ISO에 특별위원회 SAGE(Strategic Advisory Group on Environment)를 설립 - o (1992.9) ISO/TC 207(환경관리)가 발족 - o (1995) 일본, "LCA 일본포럼" 창설 - o (1996.12) ISO/DIS14040 (Draft International Standard)로서 등록 - o (1997.5) ISO 14040 발행(JIS 14040 발행) - ISO 14040 : Life cycle 평가 - ISO 14041 : 목적 및 범위 정의, life cycle Inventory - ISO 14042 : Life cycle 영향 평가 - ISO 14043 : Life cycle 해석 - o (1998) 일본, 통산성에 의한 LCA 프로젝트 발족

개별 기업을 살펴 볼 때 세계적인 자동차 메이커인 볼보 및 ABB사 등을 비롯한 거의 모든 대기업에서 LCA를 적용 중에 있으며, 그 중에서도 대표적인 LCA활용 업체로서 Philips사는 EMS의 지속적 개선을 감시하는 수단으로서 활용중이며, IOS 14000/BS 7750의 인증을 획득한 공장 수는 20개

로서 오는 2000년까지 제조에 소요되는 에너지량을 25%, 포장재는 15%의 절감을 목표로 지난 1990년 이후 약 100개의 제품에 대한 LCA과제를 수행한 바 있다. 특히 포장재에 대해서는 EU규정과 Directive on Packing and Waste(94/62/EC)에 근거하여 Ecodesign Packing을 실시하여 포장재 감량화, 유해물질 제거, 재사용 및 재활용성의 증가를 도모하였다. 스웨덴 환경연구소(IVL)는 볼보사와 합작으로 제품 설계를 위한 환경순위전략(EPS : Environment Priority Strategies)시스템을 개발하여 제품 개발자뿐만 아니라 정책 결정자에게도 유용하게 이용되고 있다.

또한 스웨덴 환경청에서는 LCA Nordic Project에 참여하고 있으며, 이 Project의 결과로 “Product Life Cycle Assessment, Principles and Methodology”가 출판되었다.

(2) 스위스

스위스 연방 내무성 환경국(BUWAL)은 1984년부터 “포장재의 Eco Balance”를 환경간행물 시리즈로 계속 발행 중이며, 1985년에는 EC위원회가 “액체 식품용기에 관한 지침(EC Directive 85/339)”을 가결하여 회원국의 기업으로 하여금 용기에 관한 자원 에너지 이용을 감시하는 것을 의무화하였다.

주요 연구실적으로는 사회간접시설, 건설, 교통을 포함하는 에너지 공급을 위한 9개의 시스템에 대한 자료로서 Ecoinventory를 작성, 페인트 물질의 비교생태 평가방법개발, 단순화 LCA의 실행연구 등이 있고 Ecolabel에 대한 연구가 진행 중이다.

(3) 일본

(가) 산업계의 LCA 적용 현황

일본 환경청 발간 1996년도 환경백서에 따르면 일본 국내 946개 상장기

업을 대상으로 한 '95년도 환경 친화적 기업 행동조사 결과 LCA를 이미 실시 중이거나 실시를 위해 연구 단계중인 기업이 167개 사(17.7%)이며, 관심을 가지고 정보수집단계에 있는 기업이 471개 사(49.8%)로서 무려 67%의 기업이 LCA에 깊은 관심을 가지고 있는 것으로 나타나 환경 선진국다운 면모를 보여 주고 있을 뿐 아니라, 경쟁관계에 있는 우리 기업에게도 경종이 되고 있다.

일본은 1981년 화학 경제연구소에서 '신소재 도입에 따른 태양 에너지 효과분석에 대하여'라는 연구 보고서에서 LCA의 개념을 도입한 것을 시작으로 1980년대 후반에 전력 중앙연구소를 중심으로 발전소에 대한 LCA가 실시되기도 하였으나, 본격적으로 LCA를 연구하기 시작한 것은 1992년부터로 보인다. 이때 에너지소비, 폐기물, 대기오염 물질 배출량 등을 중점적으로 연구하고 있던 화학 경제 연구소에서 '기초 소재의 에너지 해석 조사 보고서'를 1992년에 발표하였으며 동년에 음료 용기를 사용하는 기업이 중심이 되어 '일본LCA연구회'가 조직되어 활발히 활동중이다.

최근 일본 통산성은 1998년도부터 5개년 계획으로 총 8억 5천만 엔을 투자하여 LCA방법을 개발하고 DB 네트워크 시스템 구축을 통하여 환경 조화형 제품개발이나 제품표시에의 응용 및 그린 조달이나 환경행정예의 반영으로 에너지 절약, 환경 조화형 산업구조로의 전환, 환경대응의 국제 경쟁력 강화 등을 목적으로 하는 LCA 프로젝트를 발족했다.

이 프로젝트는 신 에너지산업 기술종합개발기구(NEDO)에서 주관하고, 산-학-관의 전문가로 조직되는 LCA 일본 포럼 등이 참여하여 환경에 누적된 영향을 산출하는 목록의 확립, 사용 D/B 구축, 환경영향 평가 등 3개 분야로 나누어 연구회 형식으로 추진되게 된다.

개별기업의 사례로서는 일본 NEW는 LCA기법을 활용하여 오는 2000년까지 자사에서 만드는 모든 가전 제품에 대하여 즉, 제품이 설계단계에서의 리사이클이 가능한 재료 사용과 제조 단계에서는 폐열 활용을 고려하

는 한편 유해물질 혼합방지 체계구축, 그리고 폐기 단계에서의 고효율, 저비용의 Recycling System의 확립을 통하여 폐기물 제로(Zero Emission)화 계획을 수립, 시행 중에 있다. 또한 일본 간사이 전력은 LCA기법을 중심으로 한 Kansai Electrics Program을 수립하여 1996년도 초반에 75%였던 슬러지 등 발전 폐기물의 재활용률을 <표 3-3>에 나타낸 바와 같이 1996년에 92% 수준까지 높였다.

(나) 일본 전력산업의 LCA 적용 현황²⁰⁾

일본의 전력분야에서 전력산업에 관한 사회과학적 연구는 전력 생산의 온난화 영향이나 LCA에 관한 관심 외에도 경제성이나 신뢰성, 입지선정, 에너지 안보 등 다양한 연구가 이루어지고 있으나, 그중 LCA에 대한 연구도 많은 실적으로 보이고 있다. 최근의 연구는 1992년 6월 일본 전력중앙연구소(CRIEPI; Central Research Institute of Electric Power Industry)가 정식으로 언론에 발표한 ‘발전플랜트 온난화 영향 평가’ 보고서가 있다.

전력분야에서 LCA의 연구 사례는 CO₂를 중심으로 하는 연구사례가 조사되고 있다. 이는 주로 CRIEPI가 중심이 되어 연구를 수행하고 있다.

일본의 전력분야 LCA의 연구는 일부 전력회사에서 수행되고는 있으나, 전부 대외적으로 발표하기 위한 용도가 아니라 예자나 콘크리트 전주의 재활용과 같은 내부 사용목적이기 때문에 분석분야가 본 연구의 관심과 다르며, 온난화 연구와 같은 기술에 관한 LCA 연구는 중앙전력협의회나 동경전력 수준에서 일부 실시되고 있다고 알려지고 있다.

전력부문의 이후 일본의 LCA 연구는 CRIEPI를 중심으로 수행될 것이며 중심분야는 다음과 같이 계획되고 있다.

- 발전소에서 송/변전 설비를 통해 소비자까지 이르는 인프라 정비에 활용한다.

20) 강현(1996) 참조

<표 3-3> Kansai 전력에서의 재활용된 물질

폐기물	포함되는 물질	양 (천톤) A	제조과정에서 재사용된 양(천톤) B	재사용율 (B/A)×100	재활용처
슬러지	회반죽 슬러지, 폐수 및 처리된 슬러지, 기타	86.54	85.59	99	건축재료 시멘트도료
건축 폐기물	폐 콘크리트 장대와 부스러기들 기타	37.71	34.18	91	도로 건설재료
금속 폐재류	부스러기, 철 기타	17.75	17.09	96	중금속회수
검댕이와 먼지	중금속, 천연유, 재	13.68	13.68	100	시멘트재료, 연료
유리, 시멘트 조각	절연재 부스러기, 유리섬유 및 기타	5.92	1.27	21	중금속회수 기타
폐유	폐윤활유, 폐오일, 오일슬러지	1.49	0.58	39	연료, 기타
폐플리 스틱	이온교환수지, 폴리에틸렌, 절연체 튜빙 기타	1.44	0.23	16	
검댕이, 먼지	노와 연기에서 나오는 재, 기타	1.18	0.34	29	중금속회수
기타	슬래그, 폐산, 폐알카리, 기타	0.97	0.00	0	
합계		166.68	152.96	92	

- 가스/수도 사업 등 다른 인프라 정비에 대해서도 비교할 능력을 갖춘다.
- 발전원에 대해 환경부하를 저감하는 신기술의 효과를 정량적으로 규명한다.
- 전력공급기술만이 아니라 전력 이용기술에 대해서도 LCA를 수행하여 종합적 관점에서 환경부하 저감 대책을 심의한다.
- 환경뿐 아니라 경제성, 입지, 신뢰성, 자원 요인도 고려하여 에너지 기술을 종합적으로 평가하는 기법개발과 DB를 구축한다.

일본의 전력 분야 LCA 연구는 매우 활발하여 매년도의 연구성과는 즉시 공개되고 있으며, 이에 관한 국제 workshop도 개최되고 있다.

(4) 미국

오늘날 미국은 가장 많은 LCA 목록을 보유 및 활용하고 있는 국가로서 LCA는 1969년 미국의 코카 콜라사에서 음료용기를 대상으로 최초로 실시된 바 있으며, 최근에는 용기 포장재, 가전제품, 건축물 등에서 전력 등 서비스 분야로 LCA의 적용범위를 확대해 나가고 있는 추세이다.

개별 기업의 사례를 중심으로 알아보면, 다우케미칼은 1991년도에 58종의 특정 화학물질과 유해 폐기물을 1998년 기준으로 1995년까지 50%를 삭감하겠다고 발표했으나 1년 앞당겨 '94년에 삭감목표를 달성함과 아울러 오는 2000년을 향해 새로운 목표를 수립하여 활동중이다. 그 비결은 LCA를 토대로 한 5가지의 경영원칙으로서 다음과 같다.

- 제품의 수명주기 전체에 걸친 원재료 및 폐기물의 철저한 삭감
- 전수명주기의 에너지 사용의 철저한 삭감과 에너지 고효율 제품 사용 촉진
- 환경과 안전 측면에서의 품질개선
- 재생자원의 이용 및 리사이클 가능성을 고려하는 자원보전
- 환경 친화적 기업 이미지 구축

다우케미칼은 이런 LCA활동을 통해 경영수지 개선은 물론 환경 친화적 이미지 구축에 성공했다는 평가를 받고 있다.

또한 미국의 3M에서는 LCA모델을 개발하여 제품이 환경영향 평가, 비용 적합성 평가 등에 활용 중이며, 휴렛팩커드사에서는 LCA를 통해 제품을 회수하여 연간 2천만불의 절감효과를 거둔 바 있다. 한편 IBM 사에서도 LCA를 통한 환경부하 조정을 통해 환경성 극대화를 도모하고 있고, Xerox사는 LCA의 적용을 통해 사용 완료한 컴퓨터 등의 전자제품의 회수, 재활용, 재사용을 실시하여 연간 1억 불 정도를 절감한 바 있다.

해외 주요 기업들에 의한 LCA이용 및 효과사례는 아래의 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 해외 주요기업에서의 LCA이용 및 효과 사례²¹⁾

기업명	이용사례	효과
Xerox	폐기물 재활용	원자재 비용 년 1억\$ 절약
Staoil	가솔린 엔진의 납 첨가	에너지 절약
Hitachi	세탁기용 드럼 재사용(스테인레스 스틸)	에너지 절약
RTZ	제련과정 단순화로 가스방출 능력향상	수송 및 운영비 절감
ABB	전동 모터의 환경영향평가(제조, 사용시)로 절전형 모터 개발	사용단계의 에너지감소
ERICSON (통신망)	기존 제품과 신제품 비교 평가 및 타사 제품과의 비교	제품크기감소 및 에너지 절약, 폐기물 감소 -Green Product제조
VATTENF (전력)	여러 형태의 전력생산에 대한 환경영향 (Nordic Guideline of LCA)	수력, Bio Fuel CHP, 원자력 발전의 환경영향평가
Philips	포장재의 감소 (Ecidesign Packaging)	포장재 감량화, 재활용 재질개발, 유해물질제거

다. 국제원자력기구(IAEA)의 환경영향평가 연구 사례

IAEA에서는 원자력의 환경영향을 분석하기 위해 LCA와 유사한 전과정을 대상으로 수행하고 있다. 여기에서 사용하는 용어는 에너지 전사슬(full chain)이라 칭하고 있으며, 그 예는 DECADES, QUERI, HEIES 등이 있다. 그러나 본 연구의 LCA와 다른 점은 이들 분석들이 상용 원자력발전소의 운전단계에서 환경에 미치는 영향의 평가를 범위로 하고 있다는 것이다. 이들을 상세히 살펴보면 다음과 같다.

21) KAB/구자공 (1997)

(1) IAEA의 DECADES 프로젝트

국제원자력기구가 기후변화협약 및 원자력 발전의 안전성과 핵폐기물 관리에 대한 우려 등 전력 공급과 관련된 환경 문제에 대한 대응방안을 모색하기 위하여 세계은행 등 10여 개 국제기구와 협력하여 1992년부터 추진하고 있는 ‘발전에 사용되는 여러 에너지원을 비교평가하기 위한 데이터베이스와 방법론 개발’ 프로젝트가 DECADES (Databases and mEthodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for electricity generation)인데 그 주요 내용은 다음과 같이 세 부분으로 나눌 수 있다.

- 연료채취, 가공, 수송, 발전, 송배전, 폐기물 처리, 재활용 등을 총 망라하는 기술 목록(Inventory) 데이터베이스의 개발
- 발전 기술별 또는 연료 공급과 폐기물 관리 등 전후 단계를 포괄하는 에너지 연쇄별 기술적·경제적·환경적 측면을 비교 평가하기 위한 분석의 기본틀(analytical framework)과 소프트웨어 프로그램의 개발
- 개발된 데이터베이스와 방법론을 검증·보완하기 위한 사례연구와 교육 활동

(가) 기술 목록 데이터베이스의 개발

이 작업은 표준 기술 데이터베이스(RTDB)의 개발과 국가별 데이터베이스의 개발(CSDB)로 구분할 수 있으며 1996년부터 2000년까지 추진되는 2단계 프로젝트에서는 전력 회사별 데이터베이스 개발도 추진될 계획이다.

표준 기술 데이터베이스 개발의 대상이 되는 설비는 다양한 에너지 분야 전문가들의 추천을 받아서 선정되었으며 대표성이 있고 현재 또는 미래에 널리 이용될 설비를 대상으로 하였다. 1993년부터 화석연료, 핵에너지, 수력·태양열·폐기물등 신재생 에너지에 이르기까지 다양한 발전 연쇄에 대해 연료의 채취부터 폐기까지 전과정에 걸쳐 흐름도 작성, 연쇄의

경계 설정, 데이터 수집 분석 등을 수행하여 1995년 초까지 280여 대표 설비에 대한 작업이 완료되어 전문가 검토와 수 차례의 발표회를 거쳐 그 신뢰도를 입증 받았으며 기술개발 등 변동 요인을 고려하여 향후에도 주기적으로 유지보수 및 갱신될 예정이다.

국가별 데이터베이스에는 국가별로 현재 가동중인 발전 연쇄에 대한 정보뿐 아니라 용량 확충시 유망한 기술에 대한 정보도 포함되어 있으며, 15개국 이상이 참여하여 2000여 설비와 1000여가지 에너지원 및 900여 에너지 연쇄 데이터 뿐 아니라 여러 개의 유사 설비의 성능을 평균하여 구한 전형적인 설비에 대한 데이터도 수록되어 있으므로 이를 이용하여 에너지 연쇄의 비교 평가와 에너지시스템 확장 연구를 수행할 수 있다.

에너지 기술에 대한 종합적인 정보를 제공하기 위하여 기술목록 데이터 베이스는 수치 데이터 뿐 아니라 설명문과 도면 형태의 정보도 포함하고 있다. 수치 데이터는 기술적인 성능, 경제적 특성과 환경영향 데이터 부분으로 구분되는데 최대, 최소, 평균값이 모두 표시되며 이 값을 얻기 위해 사용한 가정, 원래의 측정 단위, 환율, 정보의 질에 대한 정성적 평가, 데이터 제공원 관련 참고문헌 등에 대한 해설이 첨부되어 이해를 돕는다. 설명문 또는 도면 형태의 정보는 연료, 전체 에너지 연쇄 또는 연쇄내의 각 단계에 대해서 뿐 아니라 전체 기술 및 요소 기술에 대한 이해를 돕기 위해 제공된다.

(나) 비교 평가를 위한 분석의 기본틀

데이터베이스만으로는 발전 연쇄와 전략의 비교 평가를 수행하기에 충분하지 않으며 에너지 연쇄와 발전 시스템을 분석해서 그 영향을 평가하는데 사용될 분석 기법이 필요하다. 이때 비교 대상은 단위 발전기술별 비교, 에너지 연쇄별 비교, 발전 시스템간 비교 등 다양하다.

[단위 발전기술별 비교]

RTDB/CSDBs 데이터를 이용하여 발전 기술별로 발전효율, 대기 배출물

과 비용 등을 비교한 결과를 보기 쉽게 도표 형태로 제시하는데, 특히 대기 배출물 저감 기술에 대한 모듈화된 접근을 위한 알고리즘을 개발해서 이러한 설비가 발전소의 배출물과 비용에 어떤 영향을 미치는지를 분석하는데 큰 노력을 기울였다. 미국 DOE 산하 아르곤 국립연구소(ANL)가 개발한 이 계산 알고리즘은 전기집진(ES), 섬유필터(FF), 습식 FGD, 건식 FGD, 노 용제 분사(FSI), 고온 SCR, 저온 SCR, 저온 SCR 등 7가지 저감 기술에 대한 것으로서 이를 이용하여 세 가지의 저감 기술을 동시 채용한 발전소 모듈도 시뮬레이션 할 수 있다. 이 모듈은 RTDB/CSDB에 저장된 데이터와 자본재 비용, 운전·유지 보수비용, 소내 전력 소비 및 저감 장치가 발전 효율에 미치는 영향의 추정치를 이용해서 구성된다.

[에너지 연쇄 분석과 비교]

발전소 자체의 환경영향만을 고려하는 것은 충분하지 않으며 전후단계, 즉 연료 생산과 공급 및 발전 폐기물 처리 단계 등의 전과정을 종합 고려해야 한다는 인식이 현재 일반화되어 있다. 그러나 발전 설비 제조에 필요한 자재의 생산 등 2차적인 공정에 대한 데이터에 대해서는 제한적으로만 다루고 있으므로 2차 오염물이 심각한 환경 영향을 초래하는 상황을 식별해내기 위해서는 LCA기법을 사용해야 한다. DECADES 프로젝트에서는 모듈화 방식을 이용해서 에너지 연쇄를 나타내고 있어 연쇄내의 각 단계는 고유 데이터를 가진 독립 모듈로 간주된다. 즉, RTDB나 CSDB에서 특정 설비를 선택하고 수송거리, 연료 가공 시간, 설계 특이 사항, 보조 연료 유형등을 추가해서 각 단계별 모듈을 정의하고 에너지원 데이터 베이스로부터 그 연쇄에 대한 연료를 선택한다. 새로운 연쇄의 구성을 용이하게 하기 위해 표준 기술 DB내에 모든 에너지원에 대한 표준 연쇄가 정의되어 있다. '사용자 타입'이라는 새로운 연쇄를 만들기 위해서는 표준 연료중 일부를 잘라내고 나머지를 변형함으로써 일부 단계에 대한 설비, 연료, 수송거리의 차이 등을 반영시킬 수 있다. 예를 들어 수입해서 사용하는 유연탄의 채굴에 대한 단계를 삭제한 연쇄를 만들 수 있다.

DECADES 프로젝트에서는, 복잡한 시스템을 잘 정의된 공정 단계로 분할하는 미시 분석 기법인 공정 분석법의 단순화된 형태를 이용해서 전체 에너지 연쇄에 대한 평가를 수행한다. 발전소에는 여러 가지 투입물이 있고 주제품인 전력의 산출 외에도 여러 가지 환경 영향의 산출이 있는데 한 공정의 투입물은 곧 다른 공정의 산출물이므로 이러한 투입 산출물을 연결하면 공정의 연쇄를 구성할 수 있다.

각 공정 사슬의 끝은 주 제품(예: 전력 1kWh)의 생산이므로 분명하지만 사슬내의 각 공정이 다른 공정의 산출물을 투입물로 사용하기 때문에 시작점은 분명하지 않다. 따라서 공정 사슬의 상단 중 일정 지점에서 멈춰서 나머지 부분은 제외시키게 된다. DECADES 프로젝트에서는 부자재, 이차 및 간접 투입물에 의한 배출물과 기타 환경 부담을 고려함으로써 이차적인 배출물의 효과를 다루었다.

발전소의 경제 수명 기간동안 연료와 폐기물의 물질 흐름을 계산하고 차등화된 발전 비용을 계산하기 위해 간단한 알고리즘을 개발하였다. 우선 연료 채굴부터 발전까지를 계산하고 일차 에너지원의 특성에 따른 변형 사항을 고려했다. 예를 들어 석탄 연쇄의 경우 연료 가공 단계를 통해 석탄의 발열량이 높아지고 회분 및 황분 함량이 낮아지는 점을 고려하는 것이다. 그 다음의 계산은 발전소에서 시작해서 전후의 채광과 폐기물 처리 단계를 다룬다. 이때 에너지 연쇄는 평형 상태에 있다고 가정해서 1kWh당 연료, 부산물 및 폐기물의 질량 흐름은 해당 기술별로 일정하다고 본다. 연료의 첫 주입과 분리 해체에 따른 폐기물 등 일회적인 영향은 발전소의 전체 경제 수명 기간동안 생산된 전력량에 대해 고루 배분되며 원유 정제와 같이 산출물이 여러 가지인 단계에 대해서는 할당 기준을 사용하였다.

[발전 시스템 분석]

DECADES 프로젝트에서 발전 시스템 분석을 위해 개발된 코드가

DECPAC인데, 기본적인 틀은 IAEA의 WASP와 EMPEP 모델이며 여기에 데이터베이스와 그래픽 인터페이스가 보강되고 대기 배출물등 환경 영향 계산 기능이 향상되었으며 스크리닝 커브에 근거한 예비 분석부터 다이내믹 프로그래밍에 의한 정교한 최적화까지 세 가지 분석 옵션을 채용하고 있다.

(다) 사례연구와 교육 활동

IAEA의 공동 연구 프로그램의 지원으로 20여 개국에서 발전 부문에 대한 전략과 정책의 비교 평가 시범 연구가 수행되었고 이 과정에서 데이터 수집, 기술에 대한 설명, 연료 연쇄 정의 및 비교, 발전 시스템 분석 등에서 어려움에 대한 전문가들 사이의 의견 교환이 이루어졌으며 1단계 프로젝트의 결과를 전파하기 위한 세미나와 워크샵이 1995년부터 미국, 유럽, 한국 등 여러 지역에서 수 차례 개최되었다.

(2) 기타

IAEA를 중심으로 환경영향에 대한 연구는 종합적으로 수행된 DECADES 외에도 부분적인 환경영향과 의사결정 지원체계들이 개발되고 있다. 이들은 환경영향 수준을 비교하기 위해 외부비용(external cost)이라는 척도를 원용하고 있다. 이들 중 QUERI(QUick Estimate of Respiratory health Impacts)²²⁾는 호흡기의 영향을 그리고 HEIES(Health and Environmental Impacts of Different Energy Sources for Electricity Generation)는 DECADES의 환경 및 보건영향 측정결과와 연구결과들에 대한 자료를 DB화하는 프로젝트가 있다.

22) 유럽연합에서 수행된 ExterneE(Externalities of Energy)의 환경영향 평가의 방
대함을 IAEA에서 간편하게 PC version으로 줄인 형태

제 4 장 주요국의 원자력동향 조사·분석

제 1 절 주요국의 원자력정책 동향

1. 최근 일본의 원자력정책 동향

가. 원자력정책동향

일본은 1994년 원자력이용개발 장기계획(이하 “원자력 장기계획”이라 함)이 개정된 이후 몬주 나트륨 사고, 도카이 재처리시설 등으로 인한 일본의 원자력정책의 수정 필요성에 증대와 온난화가스 배출 등 국제적 환경문제에 대한 관심의 고조 등으로 '90년대 중반이후 급격하게 변화되었다. 이러한 원자력환경의 급격한 변화에 따라 일본의 원자력정책을 재검토하기 위한 여러 가지 움직임들이 활발하게 추진되었으며 그 대표적인 것으로 원자력정책 원탁회의, 원자력 장기계획의 개정 등이 있다.

(1) 원자력정책 원탁회의

최초의 원자력정책 원탁회의(이하 ‘원탁회의’)는 PNC 몬주 사고를 계기로 원자력에 대한 국민들의 불신·불안감 고조에 대한 국민들의 신뢰회복과 원자력에 대한 국민들의 다양한 의견을 원자력연구개발 및 이용에 대한 장기계획 등 장래 국가의 원자력정책에 반영하는 것을 목적으로 최초의 원탁회의가 1996년 3월 科學技術廳 원자력위원회 산하에 설치하였다. 이 회의의 진행은 moderator를 중심으로 각계 각층의 전문가들을 초청하는 형식으로 개최되었으며, 1996년 10월까지 총 11회의 회의를 개최하여 원자력위원회에 권고를 하였다. 권고 내용은 원자력에 관한 정보공개 및 정책결정과정에서의 국민참가에 촉구와 에너지공급에서의 원자력의 위상의 명확화,

핵연료주기에 관한 권고, 원자력의 안전확보와 방제체제의 확립, 입지지역과의 교류 및 연계강화 등이다.

이 원탁회의의 결과를 토대로 몬주를 포함한 장래의 고속증식로개발 방향에 대한 심의를 위하여 원자력위원회는 1997년 1월 고속증식로간담회를 설치하여 고속증식로개발 방향(안)을 발표하였다. 이 보고서(안)에서 몬주에 대해서는 실증로 이후의 고속증식로를 안전성을 확보하며 경제적으로 하기 위한 자료를 취득하기 위해 필요한 것으로 PNC 개혁 실현을 전제로 운전 을 재개하도록 하며, 실용화에 대해서는 종래의 노선에 집착하지 않고 안전성과 경제성 추구를 위하여 유연하게 대처하는 것이 필요하다고 권고하고 있다.

또한 通商産業省 장관의 자문기관인 종합에너지조사회 의 검토결과와 원자력정책 원탁회의의 권고를 토대로 일본의 당면 핵연료주기의 구체적인 시책에 대한 안을 1997년 1월 원자력위원회에서 결정, 동년 2월 각료회의에서 승인을 각각 받았다. 구체적인 시책 내용은 해외에서 재처리된 플루토늄의 처리에 대해 계획의 투명성 확보와 잉여플루토늄을 갖지 않는다는 기본적인 방침을 준수하기 위한 ①경수로에서의 플루토늄이용, ②발생되는 사용후핵연료의 재처리를 위한 관리, ③고준위방사성폐기물 처분을 위한 후행핵연료주기 대책, ④에너지 자원의 장기적인 관점에서의 고속증식로개발 등이다. 그리고 이 회의에서 원자력전반에 대한 충분한 논의가 이루어지지 않았기 때문에 향후 새로운 원자력정책 원탁회의를 개최하여 원자력 전반에 대해 논의가 이루어질 수 있도록 권고하였다.

상기의 원자력정책 원탁회의의 권고와 1997년 3월 구 PNC의 도카이재처리시설의 아스팔트 고화처리시설 사고 등 계속되는 사고에 대한 국민들의 불신감·불안감을 해소하기 위해 1998년 9월에 신원자력정책 원탁회의(이하 ‘신원탁회의’라 함)가 개최되어 2000년 2월까지 총 12회 회의를 개최하고 83명의 각분야 전문가들을 초청하여 원자력정책 전반에 대한 논의를 하였다.

신원탁회의의 특징은 '96년 원자력정책 원탁회의에서는 사무국을 원자력위원회 산하에 두었지만, '98년 원자력정책 원탁회의에서는 독립된 기구로서 민간기업인 미쯔비시(三菱)종합연구소에서 담당하도록 하며, 일반공모를 통하여 5명을 선정하여 회의에 참가하도록 하였으며, 현직 국회의원들을 초청하여 정치적 측면에서의 원자력에 대한 논의를 실시하였다. 또한 마지막 회의에서는 원자력에 대한 추진·반대·중립의 각각의 입장에서의 논의를 실시하여 원자력 전반에 대한 논의를 할 수 있도록 하였다.

신원탁회의에서 논의된 내용들을 살펴보면, “지금 왜 원자력문제인가?”, “향후 원자력입지의 방향”, “원자력의 운영체제 방향”, “일본의 핵연료주기”, “고준위방사성폐기물 처분”, “향후 원자력의 방향”, “장래의 에너지문제와 원자력의 위상” 등 원자력 전반에 걸친 사항을 주제로 다각적인 논의를 하였다. 또한 회의 진행 기간 중에 발생한 JCO 사고에 대해 현실성을 반영한 논의도 하였다.

신원탁회의에서는 이러한 논의를 통하여 다음과 같이 권고를 하고 있다.

- ① 원자력의 장래는 향후 에너지 수요와 공급구성과 밀접한 관계를 가지고 정부는 국민들에게 이러한 관계를 장래의 에너지 선택방안의 형태에서 명확히 제시하는 시나리오를 작성하여 국민들의 의견을 수렴하도록 해야 하며, 공개된 각종 정보를 통하여 원자력에 대한 올바른 인식을 할 수 있도록 해야 할 것이다.
- ② JCO 사고는 원자력의 국민이해를 추진하고 상황에서의 충격적인 사고로서, 장래 국가와 원자력관련 사업자들은 원자력관련 시설 전체에 대한 안전확보를 위해 철저한 노력과 책임의 명확화를 추진해야 할 것이다.
- ③ 에너지는 국민생활을 지탱하는 중요한 기반이라는 인식하에서 국회의원들은 원자력을 포함한 에너지 방향에 대해, 국회 내·외의 다양한 형태의 회의에서 원자력과 에너지 전반에 대해 국민에게 나타낼 수

있는 형태로 논의와 검토를 해야 하며, 그것을 원자력정책에 반영해 나가도록 노력해야 할 것이다.

- ④ 원자력 입지지역의 발전에는 자체적인 노력과, 국가의 진흥책의 효과적인 지원이 함께 이루어져야 하므로, 정부는 전원3법 교부금 지급에 있어서 이와 같은 관점에서 교부금이 종전보다 지역의 발전에 도움이 될 수 있도록 하는 형태로 재검토되어야 할 것이다.
- ⑤ 국민이 원자력문제에 대해 올바른 판단을 할 수 있도록 하기 위해서는 학교교육, 사회교육 등에서 에너지, 원자력교육을 추진해야 할 것이다.
- ⑥ 핵연료주기는 우라늄자원의 효과적인 이용의 측면에서 장래의 중요한 선택방안중의 하나이며, 그것에 대한 연구개발 노력을 지속적으로 추진해야 할 것이다. 또한 "몬주"는 연구개발 수단으로서 중요하므로, 관계자들은 운전 안전성을 충분히 확보한 후에 조기에 운전재개 할 수 있도록 해야 하며, 그 후에 장래의 방향에 대한 선택해야 할 것이다.
- ⑦ 향후 원자력문제에 대해 종전의 원탁회의와 같이 정부부처와는 독립되어, 정보의 수집·배포 기능을 가지며, 국민의 의견수집, 정책권고를 할 수 있는 원자력정책 communication 회의(가칭)를 설치해야 할 것이다.

(2) 원자력연구·개발·이용 장기계획

일본의 원자력의 연구·개발·이용에 관한 장기계획(이하 "원자력 장기계획"이라 함)은 일본의 다양한 원자력관련 연구·개발·이용에 대한 계획적인 수행을 위한 기본정책을 제시해 왔으며, 원자력의 연구·개발·이용에 있어서의 안전확보, 평화이용을 기본으로 하는 방향의 제시 및 추진을 하여 왔다.

1956년에 최초로 원자력 장기계획이 책정된 이후 1994년까지 약 5년마다 개정되어 왔다. 그러나 1994년에 개정된 제8차 원자력 장기계획 책정 이후 약 5년이 경과되었으며, 그 동안에 원자력을 둘러싼 국내외 정세가 크게 변화되어 왔다. 즉, 구 동력로핵연료개발사업단(PNC)에서의 일련의 사고 등에 의한 국민들의 불안감·불신감이 고조되는 한편 지구온난화방지 교토 회의(COP3)에서의 합의를 수용한 지구온난화대책으로서의 원자력이 해야 할 역할이 재인식되고 있으며, 원자력발전소의 신규 증설과 핵연료주기 분야에서의 착실한 전진 등이 나타나고 있다. 또한 의료를 비롯한 국민생활에 밀접한 분야에서의 방사선이용의 확대와 미래를 개척하는 첨단 연구개발의 전개에 크게 기대되고 있다. 해외의 상황을 보면 냉전구조의 붕괴에 따른 핵비확산을 둘러싼 국제정세 변화와 최근의 국제적인 경제사회 정세 변화에 대응하여 새로운 시점에서의 국제적인 전개가 요구되고 있다.

이러한 환경변화에 따라 이제까지 8차례에 걸쳐 책정된 원자력 장기계획이 일본의 원자력연구개발 이용에 있어서 기여한 역할을 근거로 하여 21세기 사회를 위한 새로운 원자력 장기계획에 대한 검토 필요성이 요구되어 왔다.

이러한 원자력 장기계획 개정의 필요성에 따라 (社)일본원자력산업회의(JAIF)에서 1998년 11월부터 1999년 3월까지 원자력연구개발이용 장기계획 개정을 위한 예비 검토에 대한 조사를 실시하였으며, 1999년 3월에 관련 조사보고서를 작성하였으며, 이 보고서 내용에 대해 동년 5월 11일에 원자력위원회에서 승인하였다.

1999년 3월에 발표된 예비검토보고서의 주요 내용으로는 21세기 사회를 향한 원자력 장기계획 방향, 에너지의 안정공급을 이한 경수로발전 체계, 고속증식로 및 관련 핵연료주기 기술의 연구개발, 국민생활에 공헌하는 방사선이용, 미래를 개척하는 첨단 연구개발, 새로운 시점에서의 국제적 전개, 원자력의 사회적 수용에 대해 보고하고 있다.

이 보고서를 기초로 하여 새로운 원자력 장기계획의 개정작업이 2001년 이내를 목표로 현재 추진중에 있으며, 이를 위해 원자력위원회에 장기계획 책정회의를 설치하여, 원자력 장기계획 책정에 필요한 사항을 조사·심의하여, 새로운 원자력 장기계획안을 작성하며, 이를 원자력위원회에 보고하도록 되어 있다. 또한 이러한 작업을 원활히 추진할 수 있도록 하기 위해 필요에 따라 책정회의에 분과회 등을 설치할 수 있도록 하였다. 현재 원자력 장기계획 책정회의의 분과회는 국민·사회와 원자력, 에너지로서의 원자력 이용, 고속중식로관련 기술의 장래전망, 미래를 개척하는 첨단연구개발, 국민생활에 공헌하는 방사선이용, 새로운 관점에서의 국제전개 등 총 6개 분과회로 나누어져 추진되고 있다. 또한 개정작업이 원활히 추진되기 위해 책정회의 및 분과회 등의 의사는 원칙적으로 공개하도록 하며(단, 책정회의 또는 분과회의 등이 의사를 공개하지 않는 것이 적당하다고 판단될 때에는 예외), 원자력 장기계획안을 결정할 때에는 그 내용에 대해서는 폭넓게 국민들의 의견을 청취하기 위한 조치를 만들고, 원자력 장기계획안에 대한 국제적인 이해와 협력을 얻을 수 있도록 노력을 하며, 책정회의 및 분과회 등은 서로 충분한 연계를 가지도록 하고 있다.

6개의 각 분과회는 2000년 5월까지 약 9회에 걸친 조사·심의를 거쳐 동년 8월에 장기계획(안)에 대한 보고서를 작성하였으며 이 보고서에 대한 국민들의 의견들을 수렴하기 위한 공청회를 수도권 도쿄(東京)와 원자력 입지지역인 아오모리(靑森)현, 후쿠이(福井)현에서 각각 개최하였고 이들 공청회에서 다양한 의견교환과 제안된 의견을 장기계획에 반영하도록 하였다.

앞에서 언급한 과정을 통하여 개정된 최종 장기계획(안)이 2000년 12월에 일본 원자력위원회의 승인을 받아 발표되었다. 개정된 장기계획(안)은 총 2부로 구성되어 있으며, 제1부에서는 원자력의 현황과 장래전망, 제2부에서는 원자력연구개발이용의 장래 전개에 대해 서술하고 있다. 이 장기계획(안)은 앞으로 일본이 추진해야 할 원자력정책의 방침을 설정하고 있으

며 이의 추진을 위한 구체적인 세부계획이 마련될 것이다.

본 보고서에서는 최근 발표된 장기계획(안)을 요약하여 보았다.

[일본 원자력 연구·개발 및 이용 장기계획(안)]

제1부 원자력의 현황과 장래전망

1. 20세기의 과학기술

20세기의 과학기술은 비약적인 발전을 이룩하였으나 인류사회에 자원의 고갈, 생태계 파괴, 지구온난화 문제 등 지구환경에 대한 여러 가지 문제를 야기시켰다. 이러한 문제점들을 해결해 나가기 위해 21세기에는 과학기술의 효과적인 이용이 필요하며 또한 과학기술이 사회에 어떻게 효과적으로 받아들여지게 하는가 하는 관점에서 더욱 중요하게 될 것이다.

2. 원자력 과학기술의 발달

원자력 에너지이용은 군사적 목적으로 최초로 이용되었다. 그러나 1950년대에 들어와서는 에너지공급 측면에서 중요한 역할을 담당하였으며 의료, 산업 등의 분야에서 방사선 이용으로 20세기 인류문명의 발전에 크게 공헌해 왔다. 한편 원자력으로 인해 핵확산, 안전성, 방사성폐기물처분 등의 문제가 발생함에 따라 장래 이들 문제점에 대한 해결방안이 주요 현안으로 대두되고 있다.

3. 일본의 원자력연구·개발 및 이용 현황과 전망

원자력발전에 있어서 일본 국민들은 체르노빌, 구 동력로·핵연료개발사업단(PNC)의 사고, 방사성폐기물 처분문제, 미국과 유럽에서의 원자력개발 정체 등으로 인해 원자력발전을 추진하는 것에 대해 부정적 견해를 가지는 사람들이 많다. 그러나 지구환경문제나 일본의 지리적·자원적 조건 등을 고려할 때 에너지절약, 재생 가능 에너지의 이용 등을 최대한으로 추진하며 에너지의 안정공급, 이산화탄소 배출량 삭감에 크게 기여하고 있는 원자력발전을 계속적으로 기간전원으로써의 역할을 담당하도록 하여 최대한으로 활용해 가는 것이 합리적이다.

핵연료주기의 확립을 기본방침으로 삼고 있는 일본에 있어서 원자력발전이 에너지 공급시스템의 경제성, 공급 안정성, 환경 친화적이라는 특성을 한층 더 개선시켜 인류가 원자력 발전을 에너지로서 보다 오래 이용할 수 있도록 할 가능성을 갖고 있는 핵연료주기기술의 연구개발을 추진하고 있다. 이를 위해 사용후핵연료를 재처리하여 회수되는 플루토늄, 우라늄 등을 효율적으로 이용하는 것을 기본으로 하며 우라늄의 이용효율을 비약적으로 향상시켜, 고준위방사성폐기물을 줄일 수 있는 환경부하의 감소라는 관점에서의 고속중수로 주기기술을 불투명한 장래에 대비한 장래의 에너지의 유력한 옵션으로 설정하여 추진하고 있다.

방사선이용에 있어서 현재 의료, 공업, 농업, 산업 등에서 다양하게 이용되고 있

으며 장래에도 방사선이용이 과학기술의 발전과 국민생활 향상에 크게 공헌할 것으로 기대되고 있다.

과학기술 측면에서의 원자력은 기초과학분야에서의 새로운 지식과 견해를 가져다주는 한편 생명과학이나 물질·재료 등의 분야에서의 최첨단의 연구수단을 제공하는 등의 가능성을 가지고 있으므로 이들에 대한 연구개발은 21세기 인류의 지적 프론티어 개척과 새로운 산업 창출에 공헌할 것으로 기대되고 있다. 또한 가속기, 원자로, 핵융합 등의 기술은 다른 분야의 첨단기술을 종합한 거대 시스템이므로 이들의 개발을 통하여 다른 과학기술분야에 미치는 파급효과도 클 것으로 기대된다.

4. 원활한 원자력정책의 추진

원자력을 보다 원활하게 추진하기 위해서는 안전확보를 대전제로 하여 입지지역주민을 위시한 국민들의 이해와 협력이 필수적이다. 이를 위해서는 JCO 임계사고를 교훈삼아 정부, 지방자치단체, 사업자 등 모든 관계자들이 책임감을 가지고 업무에 임하는 등의 안전확보와 방재대책에 대해 더욱 철저히 해야한다. 또한 원자력에 대한 신뢰성 확보를 위해 정보공개의 투명성, 정책결정과정에서의 국민들의 적극적 참여 유도, 국민들의 이해를 촉진하기 위한 환경정비 등이 요구되고 있다. 원자력시설의 입지지역 발전을 위한 적극적 지원, 사업자와 입지지역의 공생을 위한 정부, 지방자치단체, 사업자의 역할분담을 통하여 상호 연대와 협력을 추진해 나가도록 해야 할 것이다.

국제사회에 대해서는 일본이 추진하고 있는 원자력의 평화적 이용에 대한 이념과 체제를 세계에 알리며 플루토늄의 이용에 있어서는 이용목적에 갖지 않는 잉여플루토늄은 갖지 않는다는 원칙을 철저하게 지키는 것에 대한 국제사회의 이해와 신뢰를 얻기 위한 노력을 적극적으로 추진하고 있다.

다가오는 21세기에는 원자력이 당면하고 있는 에너지의 안정적 공급, 환경문제 해결, 핵확산 등의 여러 가지 문제를 해결할 수 있도록 연구개발을 통한 안전성, 신뢰성을 확보하도록 끊임없는 노력을 기울여 나가도록 해야 하며 장기적 관점에서의 원자력 가능성을 도출해 나가는 것이 장래의 세대에 대한 현세대의 책임과 의무이다.

제2부 원자력의 연구, 개발 및 이용의 장래 전개

1. 원자력의 연구, 개발 및 이용을 위해

원자력의 연구, 개발 및 이용에 있어서 정부의 역할에 대해 정부는 원자력연구개발이용에 관한 기본방침을 수립하고 안전규제 등의 법적 규제 설정과 철저한 준수, 평화적 이용으로 한정된 원자력 사업의 원활한 추진을 위한 국제적 시스템 정비, 만일의 사고에 대비한 국가·지방자치단체·사업자의 방재에 대한 위기관리체

제 정비, 장기적 관점에서의 기초·기본적 연구개발의 추진과 인력 육성을 추진하기 위한 필요한 조치를 취할 수 있도록 해야 한다. 또한 현재 원자력발전, 핵연료 주기사업 및 방사선이용 등 많은 분야에서의 민간사업자 참여가 이루어지고 있지만 앞으로도 민간사업의 장점을 활용하여 안전확보를 대전제로 원자력관련 사업이 원활한 추진이 될 수 있도록 민간사업자의 적극적인 투자활동과 기술개발이 요구된다.

원자력연구개발을 추진함에 있어 일본이 원자력연구개발분야에서 세계를 선도해 가기 위하여는 경쟁적 연구환경 속에서 독창성이 풍부한 연구개발의 진흥을 도모하고 최신의 지식과 변화하는 사회적 요청에 올바르게 대응할 수 있도록 다양한 옵션과 유연성을 갖고 착실히 연구개발을 추진하는 일이 중요하다. 이를 위해 정부는 적절한 연구평가를 실시하여 그 결과를 연구개발계획이나 연구자원의 배분에 적절하게 반영시켜 나가며 연구평가를 투명성 있게 실시하여 원자력의 연구개발투자에 대한 국민의 이해를 얻도록 해야 한다.

2. 국민·사회와 원자력의 조화

정부는 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 엄격한 안전규제 수행의 책임을 있으므로 JCO 사고를 계기로 강화된 안전규제 관련법에 근거하여 안전규제 체제를 강화하고 관련 사업자와의 건전한 긴장관계가 유지되도록 노력을 해야 한다.

사업자는 안전확보를 최우선으로 해야 하며 안전확보의 실효성을 높이기 위한 안전교육을 충실히 해야 한다. Nuclear Safety Network와 같은 기구를 활용한 산업계전체로서의 안전의식 고취와 정보, 경험의 공유화를 통한 원자력산업전체로서의 윤리의식의 향상에 노력해야 할 것이다.

원자력 재해대책의 정비를 위해 입지지역 주민들의 이해를 얻어 정부, 지방자치단체, 사업자가 연대하여 원자력 재해대책 특별조치법의 실효성을 거둘 수 있도록 노력해야 한다.

정보공개는 국민들이 원자력행정이나 사업자의 신뢰성에 대한 판단의 기초가 되는 것이므로 정부나 사업자는 조직 내에서의 정보 통보체제를 구축하여 국민들에게 신뢰성·투명성이 높은 정보를 공개해야 한다.

정보를 제공함에 있어서도 다양한 전달매체를 이용하여 정보를 알기 쉽고 정확하게 보도해야 하므로 정부와 사업자는 판단에 필요로 하는 소재, 요소를 올바르게 제공하도록 노력할 필요가 있다.

원자력에 관한 교육은 체계적이며 종합적으로 이루어져야 하므로 현재와 같은 교과서 중심의 교육과 더불어 교육관계자에게 적절한 정보나 교재 제공, 원자력관련 네트워크 정비, 시설의 견학 등 체험적인 학습이나 과학기술에 관한 이해증진을 위한 방안들을 추진해야 할 것이다.

원자력시설의 원활한 입지를 위해서는 전력소비지 주민과 입지지역 주민 사이의 상호교류 활동, 원자력시설의 안전확보나 재해대책이 적절히 실시와 더불어 입지지역진흥 및 발전계획 수립을 위한 효율적·적극적 지원을 통한 정부·사업자와 지역사회가 공생할 수 있는 체제 구축이 중요하다.

3. 원자력발전과 핵연료주기의 기본방향

원자력발전에 대한 일본은 에너지 자급률 향상, 에너지안정공급, 에너지생산당의 이산화탄소 배출량의 감소에 크게 기여하고 있으므로 계속하여 기간전원으로 정하고 최대한으로 활용해 나가는 것을 기본방침으로 하고 있다.

또한 핵연료주기기술은 원자력이 장기간에 걸친 에너지공급을 가능케 하는 기술이므로 그것을 실용화 시켜감으로서 일본의 에너지공급 시스템에 크게 공헌할 것이다 따라서 일본은 국민의 이해를 얻어 사용후핵연료를 재처리하여 회수되는 플루토늄과 우라늄 등을 효율적으로 활용해 나가는 것을 정부의 기본 방침하고 있다.

원자력의 연구개발이용에 따라 발생하는 방사성폐기물을 안전하게 처리·처분하기 위한 연구개발을 추진하며 관련법 정비 등의 환경정비를 착실하게 추진하도록 하고 있다.

고속중식로 주기는 우라늄자원의 이용효율을 비약적으로 높일 수 가 있으며 고준위방사성폐기물 속의 잔류 방사능을 감소시킬 가능성을 갖고 있기 때문에 장래의 유력한 기술적 옵션으로 규정하고 적절한 평가를 실시하면서 고속중식로 주기 기술에 대한 연구개발을 착실하게 추진하도록 한다.

플루토늄 이용에 있어서는 안전확보를 대전제로 하고 평화적 이용과 관련으로 투명성의 확보를 철저히 하도록 하며 국제적 이해와 신뢰를 얻는 외교적 노력과 함께 잉여의 플루토늄을 갖지 않는다는 기본 원칙을 한층 더 명확하게 한다는 관점에서 플루토늄재고에 관한 정보 관리와 공개에 충실을 도모하는 등 플루토늄 이용의 투명성을 추진하도록 한다.

일본에서는 해외 재처리위탁과 일본 국내 재처리공장에서 회수되는 플루토늄은 당분간은 플루토늄 경수로 이용(Pu-thermal 계획)과 고속중식로의 연구개발에 이용된다. 연구개발에 이용되는 플루토늄의 수요는 관련 연구개발계획과 진척 상황을 고려하여 플루토늄수급의 전체를 전망하면서 유연하면서도 투명한 이용을 추진하도록 한다.

4. 원자력발전

이미 건설된 원자력발전 플랜트 가운데에는 운전개시 후 이미 상당한 기간이 경과한 것도 있으나 이들 노후화된 발전소의 안전운전을 위한 연구개발을 추진하여 에너지의 안정적 공급을 추진하도록 한다.

안전규제에 있어서 정부는 개량된 위험성 평가기술을 토대로 합리적인 안전규제 실현해야 하며 이에 필요한 새로운 기술정보나 방법론을 제공하는 연구를 추진해야 할 것이다.

정부는 규제를 효율적이며 효과적으로 실시할 수 있도록 전문적인 민간의 제삼자 인증기관을 사업자의 원자력시설의 운전관리나 품질보증의 감사, 평가업무에 활용해 가는 것이나 더 나아가서는 국제화시대에 맞게 일본의 기술기준과 국제기준을 맞추어 나가도록 검토할 필요가 있다.

정부와 민간은 원자력발전이 앞으로도 계속하여 기대되고 있는 역할을 완수하여 가기 위하여 새로운 가치관이나 환경제약의 출현에 대비한 기술개발을 수행함과 동시에 일본의 에너지공급 시스템의 고도화를 도모하는 데에 상응한 기술적성과에 대하여는 적극적으로 도입해 가는 것이 중요하다.

5. 핵연료주기사업

① 천연우라늄 확보

일본의 전력사업자가 당분간은 계속하여 적절한 가격으로 천연우라늄을 조달할 것으로 전망하지만, 천연우라늄을 장래에 걸쳐 안정적으로 확보기 위해 광산개발의 리드기간의 장기화, 우라늄산업의 독점화 진행 등을 주시하면서 적절한 양의 비축과 공급원의 다양화에 배려하여 계속하여 장기구입계약을 주축으로 한 천연우라늄의 확보를 도모하도록 하고 있다.

② 우라늄 농축

전세계 우라늄농축 서비스시장의 수급은 당분간 공급능력 과잉상태로 될 것으로 예상되고 있지만 중·장기적 관점에서는 불안정하게 될 경우도 가정해야 하므로 이를 대비한 농축우라늄의 공급안전성과 핵연료주기의 자주성을 향상시키는 것이 중요하다. 이러한 관점 등에서 현재 가동 중에 있는 록가쇼무라 우라늄농축 공장에 대하여 지금까지의 경험을 토대로 경제성을 더욱 향상시킨 원심분리기를 개발·도입을 통하여 생산능력을 1,500톤 SWU/년 규모까지 증가시켜 안정된 플랜트 운전의 유지와 경제성의 향상에 전력을 기울여야 할 것이다.

일본의 농축기술이 국제경쟁력을 가지기 위해서는 농축기술이 고도기술임과 동시에 민감 기술이라는 점을 감안하여 일본 국내에서 연구개발을 계속하여 추진하는 것이 필요하다. 민간사업자는 핵연료사이클개발기구의 지금까지의 개발성과와 지식·경험, 인적자원을 집약하여 효율적으로 활용하고 국제시장의 동향을 관망하여 다른 국가들과의 협력을 고려하여 관련 기술개발을 주체적으로 추진하는 것이 바람직하다.

③ 경수로에서의 혼합산화물(MOX)핵연료 이용(Pu-thermal)

플루토늄 경수로이용은 우라늄자원을 효율적으로 이용하는 기술이며 원자력발

전에서의 대체 핵연료공급의 하나로서 핵연료공급의 안정성 향상이라는 관점에서는 유용하며 장래의 핵연료주기분야에서의 본격적인 자원 재순환시대에 대비한 산업기반과 사회환경을 정비하는 데에도 기여할 것으로 생각된다. 외국에서는 1980년대부터 본격적으로 이용하고 있으며, 일본도 국내에서 기초연구와 1980년대 후반부터 실용원자로에서 실시된 실증시험 등의 성과를 토대로 1999년부터 2010년까지 16기에서 18기로 점차적으로 플루토늄 경수로 이용을 실시하는 것이 전력사업자에 의하여 계획되어 실현단계에 접어들고 있다.

플루토늄 경수로 이용에 대한 경제성 향상의 가능성은 있으므로 일본은 플루토늄 경수로이용의 기술적 특성, 국내·외에서의 이용을 위한 준비나 이용실적, 안전성 평가를 토대로 하여 계획을 착실하게 추진시켜나가는 것이 바람직하다. 따라서 전력사업자는 플루토늄 경수로 이용을 계획적이며 착실하게 추진해 나가도록 해야 할 것이다. 그러나 1999년에 발생한 영국의 MOX핵연료의 품질관리데이터 변조와 같은 국민의 신뢰를 잃은 문제가 다시는 일어나지 않도록 사업자는 품질보증제도를 강화하며 정부는 적절한 규제를 수행하는 것이 필요하다.

플루토늄 경수로이용계획을 추진하기 위해 필요한 핵연료는 해외에서 회수된 플루토늄을 원료로 하는 것은 해외의 MOX 핵연료가공공장에서 제조되지만 국내에서 회수되는 플루토늄을 원료로 하는 것은 일본 국내에서 가공하는 것이 합리적이다. 그러므로 민간사업자에게 록가쇼무라 재처리공장의 건설·운전과의 형평성을 고려하여 일본 국내에 MOX 핵연료가공사업이 정비될 수 있도록 해야 할 것이다. 이를 위해서는 핵연료사이클기구로부터의 기술이전이나 해외로부터의 기술도 기초로 하여 일본에서의 MOX 핵연료가공사업이 조기에 산업으로서 정착될 수 있도록 노력해야 할 것이다.

④ 경수로 사용후핵연료 재처리

일본에서는 경수로의 사용후핵연료는 지금까지 핵연료사이클개발기구의 도카이(東海) 재처리시설에 위탁된 일부를 제외하고는 대부분 해외의 재처리사업자에게 위탁하여 재처리해 왔다. 그 동안 민간사업자는 일본국내에서의 수요동향과 핵연료사이클개발기구의 도카이 재처리시설의 운전경험을 토대로 해외의 재처리 선진국의 기술과 경험을 도입하여 록가쇼무라 재처리공장 건설을 계획하여 현재 2005년의 운전개시를 위하여 건설 중에 있다.

일본은 핵연료주기의 자주성 확보를 위해 앞으로 사용후핵연료의 재처리는 일본 국내에서 실시한다는 것으로 원칙으로 하고 있다. 따라서 민간사업자는 일본이 실용재처리기술을 정착할 수 있도록 일본 최초의 상업규모의 재처리공장을 착실하게 건설하고 운전해 가기를 기대한다. 더욱이 이 재처리공장이나 중간저장 사업이 계획 대로 순조롭게 진척되어 가는 한 해외재처리를 선택할 필요성은 낮아질 것이다.

핵연료사이클개발기구는 현재 도카이 재처리시설에서 중전의 재처리와 더불어 고연소도 핵연료와 경수로 사용후 MOX 핵연료 등의 재처리기술 실증시험 등을 실시하게 되며 이들의 성과에 대하여 단계적인 평가를 받으면서 실시하는 것이 중요하다.

룩카쇼무라 재처리공장에 이어 건설될 제2 재처리공장은 지금부터의 연구개발 성과를 기초로 경제성이 뛰어나고 우라늄 사용후핵연료의 재처리만을 수행하는 것이 아니라 고연소도 핵연료와 경수로 사용후 MOX 핵연료의 재처리도 실시할 수 있는 시설로 하는 것이 적절하므로 앞으로의 기술개발의 진척상황을 고려하고 고속증식로의 사용후핵연료의 재처리도 가능하도록 하는 것이 바람직하다. 따라서 이 재처리공장의 재처리용량과 이용기술을 비롯한 건설계획에 대해서는 룩카쇼무라 재처리공장의 건설, 운전실적, 앞으로의 연구개발과 중간저장의 진척상황, 고속증식로의 실용화 전망 등을 종합적으로 감안하여 결정하는 것이 필요하다. 현재 이들의 진척상황을 전망해 보면 2010년경부터 검토가 시작되는 것이 적당하다.

⑤ 사용후핵연료의 중간저장

사용후핵연료의 중간저장은 사용후핵연료가 재처리될 때까지의 시간적인 조정을 가능케 하기 때문에 핵연료주기전체의 운영에 유연성을 줄 수 있는 수단으로서 중요하다. 일본에서는 1999년에 중간저장에 관계되는 법이 정비되어 민간사업자는 2010년까지 조업을 개시하도록 준비를 하고 있는 중이다. 앞으로는 중간저장을 적절하게 운영, 관리할 수 있는 실시주체를 안전확보를 대전제로 사업을 착실히 실현시켜 나갈 것으로 기대한다. 이를 위하여 정부와 전력사업자는 이 중간저장시설의 필요성, 안전성 등에 대하여 국민들에게 알기 쉽게 설명해 나가는 것이 중요하다.

6. 방사성폐기물의 처리·처분

방사성폐기물은 원자력발전소나 핵연료주기시설에서 발생하는 것(이에는 해외위탁 재처리에 따라 반환되어 오는 것도 포함)이 대부분을 차지하지만 대학, 연구소, 의료시설 등에서도 발생한다. 발생하는 폐기물에 대한 안전한 처리와 처분은 발생시킨 자의 책임하에 실시되는 것이 기본이고, 또한 정부는 처리와 처분이 안전하고 적절하게 실시될 수 있도록 필요한 조치를 취하여야 한다.

① 방사성폐기물 처분을 위한 조치

원자력발전소에서 발생하는 저준위방사성폐기물의 일부에 대해서는 이미 매립·처분이 진행되고 있고 현재 조사·심의 중에 있는 우라늄폐기물을 제외하면 기본적인 방법이 제시되어 있다. 처분을 위하여 구체적인 대응방안이 수립되어 있지 않는 방사성폐기물에 대해서는 조기에 안전하고 효율적 처리·처분이 실시될 수 있도록 발생자 등 관계자가 충분히 협력하여 구체적인 실시계획을 입안하고 추진해 가는 것이 중요하다.

일본에서는 재처리에서 사용후핵연료에서 플루토늄이나 우라늄 등의 유용한 물질을 분리한 뒤에 잔존하는 고준위방사성폐기물은 안정한 형태로 고화시킨 뒤 30년에서 50년간정도 냉각을 위한 저장을 하고, 그 후에 지층처분 하도록 하고 있다. 현재 이미 유리고화된 고준위방사성폐기물은 아오모리현 록카쇼무라에 저장을 시작하고 있으며 향후 발생시기와 냉각기간을 고려하여 2030년대부터 늦어도 2040년대 중반까지는 처분을 개시하는 것을 목표로 하고 있다.

처분지점 선정을 위해 정부는 정책의 설명, 지역 공생방안에 관한 제도나 체제의 정비 등을 추진할 필요가 있고, 전력사업자는 폐기물의 발생자로서 국민의 이해를 얻기 위한 활동을 실시하며 또한 입지에 대하여 많은 경험을 갖고 있다는 견지에서 처분지점의 선정을 실시주체와 일체가 되어 추진하여야 한다.

또한 고준위방사성폐기물의 지층처분기술 가운데 최종처분사업의 안전한 실시, 경제성 및 효율성의 향상 등을 목표로 하는 연구개발을 적극적으로 추진해 가는 것이 필요하다. 특히 핵연료사이클개발기구 등은 지금까지의 연구개발성과를 참고하고 앞으로도 심지층의 연구시설, 지층처분 방사화학 연구시설 등을 활용하여 지층처분기술의 신뢰성의 확인이나 안전평가수법의 확립을 이한 연구개발을 착실히 추진하는 것이 필요하다. 또한 심지층의 연구시설은 학술적 연구의 장 일뿐만 아니라 국민의 지층처분에 관한 연구개발의 이해를 심화시키는 장으로서의 의의를 갖기 때문에 이 계획은 처분시설의 계획과 명확히 구분하여 추진해 갈 필요가 있다.

고준위방사성폐기물에 포함된 반감기가 긴 방사성물질들을 분리하여 이것을 원자로나 가속기를 사용하여 반감기가 짧은, 혹은 방사성이 아닌 안정한 물질로 변환시키는 분리변환기술은 아직 연구개발 초기단계이지만 처리와 처분의 부담 감소, 자원의 효율적 이용에 기여할 가능성이 있다. 이 분리기술에 관한 연구개발은 핵연료주기기술 전체와의 형평성을 고려하여 정기적인 평가를 실시하면서 추진할 필요가 있다.

제도적 관리가 기대되는 기간 내에 현재 콘크리트 피트에 처분이 진행되고 있는 원자력발전소에서 발생하는 폐기물 이외의 저준위방사성폐기물에 대하여는 앞으로 처분의 실시를 위한 구체적 조치를 추진하는 것이 필요하며 그러한 조치를 추진함에 있어서는 처분의 합리성을 추구한다는 관점에서 동일 처분장에서 복수의 처분방법에 의한 처분을 실시하거나 처분방법이 같은 폐기물을 발생원의 차이에 관계없이 동일 처분장에 처분하는 것도 검토할 필요가 있다.

② 원자력시설의 폐지조치

상업용발전로, 시험연구로, 핵연료주기시설 등의 원자력시설의 폐지조치는 그것의 설치자의 책임 하에 안전확보를 대전제로 지역사회와의 이해와 지원을 얻으면서 추진하는 것이 중요하다. 또한 폐지된 상업용 발전로 자리는 원자력발전소용지로

지역사회의 이해를 얻어 계속하여 효율적으로 사용되도록 기대한다.

③ 폐기물의 발생량 감소와 효율적 이용 추진

폐기물에 대하여는 발생량 감소나 효율적 이용이 필요하며 그를 위한 연구개발을 적극적으로 추진해 갈 필요가 있다. 방사성폐기물의 효율적 이용은 관계자와 관계 행정당국이 연대하여 충분한 안전 확인 방안을 확립한다는 것을 전제로 재활용의 용도나 시스템 구축 등 폭 넓게 검토해 가는 것이 중요하다. 또한 방사능 농도가 소위 clearance level 이하의 폐기물에 대하여는 방사성물질로 취급할 필요가 없는 것도 있으므로 일반 폐기물과 같은 취급을 할 수 있는 것이다. 이들은 합리적으로 달성될 수 있는 한 기본적으로 재활용해 가는 것이 중요하다.

7. 고속중식로 주기기술의 연구개발과 장래 전망

① 고속중식로 주기기술의 역할

에너지자원이 빈약한 일본은 에너지의 장기적 안정공급을 위하여 자원절약형 에너지를 개발하여 일본과 세계의 장래의 에너지문제 해결을 위하여 고속중식로 주기기술에 대한 구체적인 연구개발을 추진하도록 하고 있다.

또한 고속중식로 주기기술은 플루토늄, 마이너 액티나이드 등 다양한 핵연료 조성과 핵연료형태에 유연하게 적용할 수 있다는 기술적 특징을 가지고 있으므로 고준위방사성폐기물에 잔류하고 있는 초우라늄원소량을 감소시킴으로서 폐기물문제의 해결에도 공헌할 수 있다.

② 고속중식로 주기기술 연구개발의 방향성

전력시장 자유화 등으로 고속중식로 주기기술의 연구개발에 있어서도 실용화 단계에서는 안전성 확보, 경제성 달성을 궁극 목표로 설정하여 연구개발을 추진하도록 하고 있다.

또한 연구개발에 있어서는 장래의 사회적 수요의 다양성을 고려하여 원자로의 규모나 방식, 재처리 방법 등에 구애받지 않는 광범위한 옵션을 검토하여 유연하게 추진하며 환경부하 감소나 자원의 효율적 이용이라는 측면에서 장수명 방사성 물질의 분리 변환기술 등에 대하여도 앞으로도 착실하게 연구개발을 추진하도록 한다. 또한 이들 성과를 국제적으로 활용하며 기술적으로 핵확산으로 이어지지 않도록 하는 옵션을 개발하도록 한다.

현재 고속중식로 주기기술 가운데 가장 개발된 것은 MOX핵연료와 나트륨 냉각을 기본으로 하는 기술이므로 다른 옵션과의 비교평가에서 기초가 되는 이 기술 평가를 우선적으로 실시할 필요가 있다.

③ 고속중식로 주기기술 연구개발의 장래 전개

고속중식로원형로 문주는 고속중식로 주기기술 연구개발에서 중심역할을 맡아 안

전확보를 대전제로 입지지역을 비롯한 사회의 이해를 얻어 조기에 운전을 재개해야 하며 발전플랜트로서의 신뢰성의 실증과 운전경험을 통한 나트륨취급기술 확립하기 위한 목적을 달성하도록 한다.

장기적으로는 몬주를 이용하여 실용화를 위한 연구개발로 얻어진 요소기술 등의 성과를 실증하는 등 핵연료제조나 재처리와 연계하여 실제 사용조건과 동등한 고속증식자 제공과 마이너 액티나이드 연소나 장수명 핵분열생성물의 핵변환에 관한 데이터를 폭넓게 축적할 수 있도록 효율적으로 활용해 나가는 것이 중요하다.

8. 실용화를 위한 전개와 연구개발 평가

고속증식로 주기기술의 연구개발에 있어서는 사회적, 국내·외적 정세를 고려한 적절한 실용화 형태의 선택과 이를 위한 연구개발계획을 제시할 목적으로 노형선택, 재처리법, 핵연료제조법, 고속증식로 주기기술에 관한 다양한 옵션에 대하여 현재 핵연료사이클개발기구를 중심으로 일본원자력연구소, 전력중앙연구소 등 관련기관들의 협력 하에 실시하고 있는 “실용화전략조사연구” 등을 계속하여 추진하도록 한다.

고속증식로 실증로 구체적 계획은 실용화를 위한 연구개발의 과정에서 얻어지는 성과 등을 충분히 평가한 후에 결정되어야 하므로 실용화 개발계획은 실용화 시기를 포함하여 유연하게 대처해 나가도록 한다. 이를 위하여 정부는 연구개발의 추진방법이나 연구개발 성과에 대하여 수시로 check & review를 실시하며 단순한 평가에 그치지 않고 필요에 따라 사회적 상황의 변화 등을 감안하면서 연구개발정책 등을 수정해 가는 것이 필요하다.

9. 과학기술로서의 원자력

가속기, 레이저, 핵융합 등의 연구개발을 추진함에 있어서 창조성이 풍부한 연구를 할 수 있는 환경을 정비하고 이것을 지원하는 기초·기반연구와 균형 있는 발전을 도모하면서 효율적으로 추진하는 것이 중요하다.

가속기에 대해서는 물질 기원의 탐색, 생명 기능의 규명, 신재료의 창조 등에 효율적인 수단이 되는 대강도 양성자가속기계획에 대하여는 원자력위원회, 학술심의회 공동개최로 실시되는 평가를 기초로 하여 적절하게 추진하며 경쟁성·기술주도성 성격이 강하므로 제안·평가 후 지체 없이 평가결과를 반영시키도록 해야 한다. RI 빔 가속시설에 대하여는 착실하게 추진하도록 한다.

핵융합에 대해서는 미래의 에너지 옵션의 폭을 넓히고 그것의 실현가능성을 높인다는 관점에서 핵융합 연소상태의 실현, 핵융합로 공학기술의 종합시험 등 ITER 계획간담회의 평가결과를 기초로 국제열핵융합실험로(ITER) 계획을 추진해야 할 필요가 있다.

혁신적인 원자로에 대해서는 21세기를 전망하여 차세대 경수로와 더불어 높은 경제성과 안전성을 가지며 열 이용 등의 다양한 에너지 공급이나 원자로 이용의 보급에 적합한 혁신적인 원자로 개발을 위해 다양한 아이디어의 활용등을 통하여 정부, 산업계 및 대학이 협력하여 추진해야 할 것이다.

이와 관련된 기초·기반 연구를 위해 정부는 경쟁적 자금 등을 활용하고 연구자의 독창성과 적절한 평가를 실시하면서 추진하는 것이 필요하다.

과학기술 관련 연구개발을 추진하기 위해 정부는 인재양성기능을 가진 대학의 원자력 기초연구 활동의 유지, 발전을 위하여 필요로 하는 연구자원의 확보를 위해 충실해야 하며 연구개발기관이 가지고 있는 대형 연구시설과 설비의 공동이용 및 다른 조직·분야간의 공동연구를 추진하는 것이 중요하다. 또한 국내·외의 인재의 유동성 향상, 정보통신기술의 발전도 고려한 연구과제나 관련정보의 발신과 원활한 유통 촉진을 위하여 기반 정비를 진행하는 것 등 다각적인 지적 네트워크의 구축과 정비를 추진하는 것이 필요하다.

10. 국민생활에 공헌하는 방사선 이용

방사선이용의 보급에 인해 방사선이나 방사성물질을 취급하는 시설이나 기회 등이 증가함에 따라 발생하는 방사성폐기물의 처분을 비롯한 적절한 관리나 방호 교육을 충실히 해야 할 필요가 있다.

의료분야에서는 입자선을 비롯한 방사선을 사용한 진단 및 치료의 고도화를 추진하며 치료에서의 피폭선량 감소화, 새로운 의료용 방사선 선원나 방사성약제의 개발에 의한 진료 적용범위의 확대 등에 대한 연구개발을 산·학·관이 협력하여 추진하는 것이 중요하다.

식품분야에서는 위생적인 식생활을 찾는 사회적 수요에 맞게 식품조사의 실용화를 도모함에 있어 정부는 소비자에 의한 자유스러운 선택을 존중하고, 식품조사와 다른 방법과를 비교함으로써 필요성이나 안전성에 대하여 알기 쉬운 정보제공을 실시할 필요가 있다. 또한 조사식품의 건전성이나 검지기술의 연구 등을 계속하여 추진하는 것이 필요하다.

농업, 공업, 환경보존에서는 식료의 안정공급이나 환경보전에 공헌하는 식물의 방사선육종, 첨단적인 신소재나 자원확보에 기여하는 신재료의 창조, 배연, 배수 중의 유해물질을 제거하는 환경보전기술의 개발 등을 추진하는 것이 중요하다.

방사선의 생체영향과 방사선 방호에 있어서는 저선량방사선이 인체에 미치는 영향에 대하여는 역학연구, 동물실험, 세포·유전자 레벨에서의 연구, 해석 등 여러 가지 연구방법을 사용하여 보다 광범위한 관점에서 관련기관과의 연계를 통하여 기초적 연구를 종합적으로 추진하는 것이 필요하다.

방사선 이용 환경을 정비하기 위해서는 관련 기술자 등의 자질과 인력확보를

위하여 관계기관이 연계하면서 효과적인 인재육성을 추진할 필요가 있다. 또한 방사선 이용은 여러 기관에서 실시하므로 행정기관이 중적 장벽을 초월하여 수평적인 협력과 협조를 원활히 진행시키는 것이 중요하다. 방사선이용기술의 국제협력은 상대지역의 특성과 수요를 감안한 기술이전, 기술정착을 위한 인재양성, 연구 협력을 추진하는 것이 필요하다.

11. 국제사회와 원자력의 조화

원자력의 평화적 이용을 원활히 실시해 나가기 위해서는 핵비확산체제 유지가 안전확보와 더불어 매우 중요하며 NPT나 이를 기초로 한 IAEA의 포괄적 보장조치, CTBT 등 여러 가지 국제적 시스템들의 활용하여 일본이 보유하고 있는 원자력 평화적 이용기술과 인적 능력을 활용하여 핵비확산체제의 강화에 주체적으로 대처해 나가도록 한다.

잉여 핵무기해체 플루토늄의 관리와 처분은 기본적으로는 핵무기보유국이 모든 책임을 지고 수행해야 하지만 핵군축의 촉진과 핵비확산의 관점에서 대단히 중요하므로 고속증식로 주기기술 등을 이용한 러시아의 잉여 핵무기해체 플루토늄 처분 협력 등 일본으로서도 외교적으로 주체적인 협력을 실시해 나간다.

향후 IAEA 보장조치의 강화, 효율화를 위한 보장조치협정 추가의전서 체결국의 확대 노력, “통합보장조치” 검토에의 적극적인 참여, 보장조치기술의 연구개발에의 공헌, 일본 국내 보장조치 제도의 충실 등의 시책을 적극적으로 실시해 나가도록 한다. CTBT에 대한 조약의 조기 발효, “핵무기용 핵분열물질 생산금지조약”(FMCT)에 대한 교섭의 조기개시를 위하여 계속적으로 일본이 주체적으로 활동해 나가도록 노력한다.

원자력 안전분야의 국제협력에 있어서 일본은 국제기준의 정비에 적극적 리더십을 발휘하고 특히 원자력시설의 안전확보에 관련된 국제교육 프로그램을 적극적으로 추진할 필요가 있다. 또한 JCO 우라늄가공공장 임계사고의 계기로 사고 시에는 해외에 대해서도 정보를 올바르게 알기 쉽게 전달하는 것이 중요하고 외국과의 신속하고 정확한 정보연락체제를 구축·강화를 추진해 가는 것이 중요하다.

일본의 지리적, 자원적인 특징을 고려할 경우 동북아시아, 동남아시아에서의 원자력연구개발의 거점으로서의 일본의 역할이 앞으로 한 층 더 중요성이 증대되어 갈 것으로 생각된다. 동북아시아에 대하여는 주로 에너지이용과 원자력안전분야, 동남아시아에 대하여는 주로 방사선이용, 방사선 안전이나 인재 양성이라는 분야를 중심으로 연구개발의 장과 기회를 제공하는 것이 중요하다.

아시아국가들의 원자력발전소 건설계획에 대해서는 국제경쟁 하에서 민간주도의 산업베이스로 협력해 나가도록 하며 이를 위해 정부는 상대국과의 협력관계의 진척에 따른 구체적인 수요를 감안하여 양국간 협력협정 등에 의한 평화적 이용을 기본으로 하는 기자재의 이동을 보증하는 시스템을 구축하며 관련법 제도의

정비, 기초기술 수준 향상을 위한 기술협력 등의 환경전비를 실시한다.

미국에 대해서는 핵연료주기 정책을 추진하고 있는 일본의 입장을 이해시키도록 노력하며 최근의 미국 내의 새로운 연구개발 동향을 주시하면서 폭 넓은 원자력 과학기술분야에서의 미국과의 협력관계를 재활성화시키도록 한다.

유럽도 원자력분야에서 높은 기술 수준을 보유하고 있으므로 상호간의 첨단 연구시설을 개방하고 핵융합 등 거대 프로젝트에 대한 국제협력·분업을 추진하는 등 프랑스를 비롯한 유럽 원자력 선진국과의 협력을 계속하여 추진하는 것이 중요하다.

러시아는 고속증식로 주기기술의 연구개발 등 높은 과학기술의 잠재적 능력을 보유하고 있어 앞으로 일본은 러시아와 긴밀한 협력관계를 강화해 가는 것이 중요하다.

IAEA, 경제협력개발기구/원자력기관(OECD/NEA) 등의 원자력에 관한 국제기구의 활동에 대하여는 재정적 지원뿐만 아니라 지금 이상으로 인적 공헌을 할 수 있도록 적극적으로 참가하는 것이 중요하다.

12. 원자력의 연구, 개발 및 이용의 추진 기반 확보

원자력의 연구와 착실한 개발을 하기 위해서는 우수한 인재의 육성·확보가 무엇보다 중요한 과제이므로 인재양성의 중심기관인 대학을 중심으로 연구개발기관, 민간사업자 등이 연계하여 다양하며 유능한 인재를 양성하도록 해야 할 필요가 있다. 또한 정부 연구기관과 민간사업자들은 공동연구나 인재의 교류 등 상호 인적·기술적 교류를 통해 일본 전체로서 인재·기술력의 유지·계승, 발전을 도모하도록 노력하는 것도 중요하다.

일본의 원자력공급산업에서는 국내 활동만이 아니라 국제입찰이나 제조거점의 국제화, 국경을 초월한 기업경영을 고려한 국제적 전개, 사업의 재구축, 업계의 재편성 등을 고려하면서 기업의 기술력이나 경영자원을 충분히 활용하면서 경영체질을 강화하며 경영의 효율화나 국제적인 가격 경쟁력과 기술력을 유지시켜 나가도록 해야 할 것이다. 장래 일본이 높은 안전성을 갖는 경수로를 수출함에 있어서는 세계의 에너지 안정공급이나 환경문제 해결에 공헌한다는 관점에서 단지 경수로 플랜트 기기만의 공급이 아니라 일본에서 키워진 안전 사상과 세트로 국제적 전개를 함으로서 국제사회에서의 책임 있는 공헌을 완수할 수 있도록 배려하는 것이 중요하다.

정부는 이러한 민간활동의 국제적 전개에 맞추어 양국간 협력협정 등에 의한 기자재이동을 위한 틀을 만들고 상대국에서의 법체계 정비, 기술협력 등의 환경전비를 실시해 가는 것이 필요하다.

나. 원자력 안전규제 강화

일본에서는 원자력을 추진함에 있어서 안전확보를 대전제로 추진해 왔다. 그러나 근래에 들어 1995년 12월의 구 동력로핵연료개발사업단(PNC) 산하의 고속증식로 원형로 “몬주”의 나트륨 누출사고 및 사고에 대한 은폐 의혹, 1997년 3월의 도카이(東海) 재처리시설의 아스팔트 고화처리시설에서의 화재·폭발 및 사고의 대응 지연, 1999년 9월의 JCO 핵연료가공공장 임계사고 등 많은 사고가 연이어 발생하고 있다. 이로 인해 원자력에 대한 국민들의 불신·불안이 더욱 고조되고 있으며, 원자력관련 입지지역에서의 앞으로의 입지문제가 더욱 어려운 상황에 직면하고 있다.

1999년 9월에 발생한 JCO 사고에 대한 원인·규명을 위해 설치된 우라늄가공공장 임계사고조사위원회에서는 사고에 대한 조사결과 보고서를 발표하였으며 앞으로의 일본의 원자력 안전확립을 위해 다음과 같이 제언을 하고 있다.

안전심사·안전규제의 재검토와 체계화를 위해서는 규제행정청과 원자력안전위원회의 이중심사 기능이 실효성을 가질 수 있는 다중 보완적인 안전심사 방안에 대해 재검토해야 하며 안전상 중요도가 높고 운전관리를 중시해야 할 필요가 있는 시설에 대해서는 그 시설의 안전심사 및 안전규제 방향에 대해 관리체제와 작업공정 및 검사, 확인방법까지를 감안한 전문적인 검토가 필요하다. 또한 2001년 정부부처 개편에 의해 산업부문의 원자력안전행정은 經濟産業省으로 일원화되지만 원자력안전위원회는 원자로와 핵연료주기에 대한 전체적인 사항을 감안하여 규제행정청과는 독립된 입장에서 안전행정을 감시하고 지도하며, 사무국의 기능을 강화하여 전문적 조언을 할 수 있는 전문가의 확보에 충실히 해야 할 것이다.

사고발생 원인을 제거하기 위한 구체적인 방법으로서 핵연료물질의 취급에 있어서는 작업성을 고려하여 안전한 설비를 설계·제작하도록 해야 하며,

핵연료물질의 취급을 하는 작업공정에 있어서는 제품사양에 직접적으로 관련되는 항목과 다른 작업공정과 의 여유도를 가질 수 있는 작업계획을 만들고, 그 작업계획에 따라 공정관리를 실시해야 할 것이다. 또한 안전관리를 위한 필요한 항목을 작업표준과 작업절차서 등에 명시하여 안전관리자나 핵연료취급 책임자 등의 확인을 받아 그 지시대로 작업이 제대로 실시되고 있는지를 확인하는 시스템의 확립이 필요하다. 핵연료물질 취급에 종사하는 사람에 대해서는 핵연료물질 취급에 관한 필요한 안전관리 내용을 정기적으로 교육을 해야 하며, 핵연료물질 가공에 필요한 지식도 계층별 교육을 통하여 기술을 계승하도록 하고 작업자의 의욕 향상을 위한 시스템 확립을 각 사업소별로 확립하도록 해야 할 것이다.

위기관리 하에서의 정보에 대한 적절한 관리를 위해서는 전문적인 정보분석, 지역주민들과 일반 시민들에게 정보제공 방향, 적절한 정보관리 체계를 정비해야 할 것이다.

안전관리 정보의 통합화와 시스템화를 위해서는 원자력발전소나 통상의 가공시설과 같은 시설에서의 인적관리에 의존하기 쉬운 이번 사고시설과 같은 경우에는 핵물질관리정보의 시스템화가 검토되어야 할 것이다.

핵연료물질을 취급하는 시설에서는 핵물질 방호를 위한 안전 대응이 더욱 중요하다. 이러한 점에서 정보의 통합화와 시스템화를 검토해야 할 것이다. 일본에서는 핵물질관리와 핵물질방호에 대해서는 원자력위원회에서 관장하고 있으므로, 안전행정을 하기 위해 핵연료물질의 안전관리 체계를 더욱 강화시켜야 할 것이다.

자기책임에 의한 안전확보 향상을 위한 사회시스템 구축을 위해 사고의 확률과 그 피해정도를 미리 평가하고, 그것에 기초하여 필요한 재해방지책을 마련하여 위험에 대해 최소화하는 "위험을 기준으로 한 안전평가"에 대한 의식의 전환이 필요하다. 규제를 하는 측과 규제를 받는 측 사이에 건전한 긴장관계가 있어야 만이 비로소 자기책임의 안전원칙이 효력을 발휘할

그리고 각 사업자뿐만 아니라 원자력산업 전체로서 안전관리에 대응하고 시스템 전체가 균형을 정합성을 가지고 안전성을 확보하는 것이 필요하다. JCO 사고를 계기로 원자력연료주기 전반에 걸친 원자력 안전문화의 공유와 필요성과 세계원자력발전사업자협회(WANO)의 이념과 방법을 일본의

또한 안전확보를 위해서는 사업자뿐만 아니라 기술자 개개인의 자각과 윤리의 확립이 필요하다. 그리고 윤리규정을 효과적으로 할 수 있는 방안과 교육장소에서 기술자의 윤리교육을 충실히 해야 할 것이다.

기하는 것이 실추된 원자력산업에 대한 신뢰 회복의 방안이 될 것이다. 체에 확산시키고, 기업 문화로서 안전문화를 배양하여 안전확보에 만전을 를 충분히 인식해야 할 것이다. 사업자가 고도의 안전관리 의식을 기업전 점에 대해 인식하고, 규칙 위반이 결과적으로 생산성까지 저하시킨다는 것 사고가 발생하는 경우 그 영향이 매우 큰 원자력관련 사업자들은 이러한 다. 원자력의 안전확보에 대한 책임은 일차적으로 사업자에게 있다. 따라서 이상과 같은 시스템을 확립하기 위해서는 다음과 같이 대응해야 할 것이

(1) 원자력관련 사업자들의 대응방안

수 있다는 것이다. 원자력기술과 같이 사고가 사회적으로 큰 파문을 일으킬 수 있는데 대해서는 개발을 수행함에 있어서 개발계획이 외부에 확산 공개 되어야 하며, 그 내용을 설명하는 책임을 지고 있으며, 개발 위험을 최소화 하는 프로그램은 자률적으로 준비해 두어야 한다.

자기 책임하에서 안전확보 향상을 목표로 하는 사회시스템 구축에 있어서 는 전문적인 지식을 가지고, 사회에 대한 적응성이 뛰어난 안전의식이 높은 기술자 집단이 참가해야 하며, 그러한 집단의 지도자가 될 인재의 육성이 필요하다. 또한 실용화 단계에 있는 원자력업체에 있어서 정상적으로 운영 할 필요가 있는 원자력사업자의 기술수준을 유지하고, 향상시키기 위한 교육 도 중요한 과제이다.

전체 핵연료주기 관련 사업자들이 안전문화를 서로 공유하고 원자력산업 전반에 걸쳐 원자력안전 확보를 추진하기 위해 일본판 WANO라고 할 수 있는 독립된 새로운 민간주도의 원자력안전 관리체제인 NSnet(Nuclear Safety Network)를 1999년 12월에 설치하여 활동하고 있다.

이 기구의 주요 사업으로는 ① 원자력 안전문화의 보급, ② 회원기관들의 상호평가, ③ 원자력안전에 관련된 정보교환 및 통보를 회원기관이 서로 공유하여 실시하고 있다.

NSnet의 회원기관은 총 35개의 원자력관련 기업 및 연구기관, 전력회사, 발전관련 기기 제조회사, 핵연료가공회사 등으로 구성되어 있다. 이 기구의 이사회는 이사장을 비롯하여 10명의 이사와 감사로 구성되며, 사무국은 19명 체제로 되어 있다. 또한 이 기구는 경제단체연합회, 일본원자력산업회의, 일본원자력문화진흥재단, WANO 등과 연계하고 일본원자력학회와 협력을 하고 있다.

2000년 9월 현재 회의기관들간의 상호평가는 三菱원자연료(주), 원자연료공업(주) 東海製造所, 일본 Nuclear Fuel(주), Nuclear Development(주), 일본핵연료개발(주) 등에서 실시되었으며, 실시결과에 대한 보고서가 인터넷을 통해 외부로 발표되고 있다. 향후 계획으로는 2001년 3월까지의 각 전력회사에서 실시될 예정이다.

Nuclear Safety Network와 같은 국가와의 적절한 연계를 통하여 시스템으로서 포괄적이며, 실질적으로 균형이 잡힌 안전대책으로 될 것을 기대한다.

(2) 정부의 대응 방안

일본 정부에서 추진하고 있는 안전확보를 위해 규제행정청에 대해 법제정에 의한 안전규제의 강화에 대응하기 위한 인원충원, 원자력안전위원회에 대해 사업허가 시의 안전심사 이후의 건설·운전단계에서의 규제행정청

의 규제활동에 대한 감시(규제조사)나 정책기획 등의 기능 강화, 강력하고 독립적인 사무국 설치를 조기에 확보를 위한 안전규제 체제를 강화하도록 하고 있다. 이를 위해 2001년 1월에 발족되는 일본의 정부부처 재편후의 원자력행정 체제는 원자력위원회와 원자력안전위원회를 기존의 科學技術廳에서 內閣府 산하 심의기구로 재편하며, 經濟産業省에 원자력안전·보안원을 신설하여 원자력의 상용시설에 대한 규제를 일원화하여 새로운 안전규제 체제를 정비하도록 하고 있다. 원자력안전위원회를 미국의 원자력규제위원회(NRC)와 같이 원자력업계의 감시와 검사를 할 수 있는 체제를 구축하기 위해 2001년 1월부터는 內閣府에 100명 체제의 사무국을 신설하였다.

정부에서는 안전규칙에 대해서는 “원자로등규제법 개정과 원자력방재 대책에 대한 ”원자력재해대책 특별조치법“을 신설하여 1999년 12월에 국회에서 통과되어 원자력의 안전 및 재해대책을 강화하고 있다.

사업시설에서의 안전확보에 있어서 모든 안전규제는 규제당국에 의해 엄격하게 실시되고 있으며 운전단계에서는 사업자의 자기책임 하에서 안전관리를 철저히 할 수 있도록 한다. 또한 국가의 안전규제는 이것을 지원하는 방향에서 충실히 하는 것이 중요하다.

이번 사고를 계기로 추진된 원자로등규제법의 개정에 의해 국가의 안전규제에 있어서 제도적 조치로서 가공사업에 대한 정기검사 제도 추가, 전 사업에 대해 사업자 및 종사자가 준수해야 할 보안규정의 준수상황에 관계되는 검사제도 창설, 원자력 보안검사관의 주요시설 배치 등을 골자로 하는 개정법안이 1999년 12월 13일 국회에서 통과되어 2000년 7월 1일부터 시행되었다.

정부는 강화된 안전규제체제에서 불시검사의 효과적인 실시 등을 통하여 그것이 보다 실질적으로 운영되도록 해야 하며, 사업자의 자기책임에 의한 안전확보 방안을 보다 충실히 하도록 강력하게 지도해 나가야 할 것이다.

또한 핵연료물질의 취급에 있어서의 관리를 보다 철저히 하기 위해 그것

을 취급하는 시설과 핵연료물질에 대한 소재나 이동 등에 대한 정보를 관리하는 정보시스템과 정보통합을 위한 체제가 구축되어야 할 것이다.

원자력재해의 특수성에 따라 정부의 긴급시 대응체제 강화, 원자력방재에 있어서의 사업자의 역할을 보다 명확히 하도록 하는 것을 주요 골자로 하는 원자력재해대책특별조치법이 1999년 12월 13일에 국회에서 통과되었다. 이 조처법은 조속한 시일내에 공포될 것이며 공포된 후 6개월 이내에 실행된다.

JCO 우라늄가공시설 사고를 계기로 설치된 “원자력재해 위기관리 관계성청회의”에서는 앞서 언급한 원자력재해대책 특별조치법, 원자로등 규제법 등을 기초로 앞으로의 일본 각 정부부처들이 대처해야 할 구체적인 사항에 대한 원자력재해에 대한 방안을 정리하여 보고서로서 발표하였다.

이 보고서에서 제시하고 있는 방재대책으로서 재발방지대책의 강화와 긴급시 대응능력의 강화로 나누어 대응방안을 제시하고 있으며, 그것에 대한 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(가) 재발방지 대책의 강화

원자력사업자에 대한 안전규제조치 강화를 위해 원자력안전위원회에서 핵연료시설에 대한 안전심사 지침을 수정하고, 1차 규제기관인 科學技術廳(이하 “과기청”이라 함), 通商産業省(이하 “통산성”이라 함)에서 가공시설에 대한 정기검사 실시, 보안규정을 엄수하도록 하기 위한 검사제도 신설, 원자력보안검사관을 주요시설에 배치, 사업자에 의한 종사자 교육의 의무화, 종사자의 안전확보 개선제안 제도의 신설을 하도록 하고 있다. 또한 노동성에서는 핵연료물질을 취급하는 노동자에 대한 특별교육 실시의 의무화, 핵연료물질을 취급하는 작업을 안전하게 하기 위한 규정의 정비·준수 및 해당 규정을 노동자에게 숙지시키도록 의무화하도록 되어 있다.

사업자의 책임과 의무를 확보하기 위해 규제기관인 과기청과 통산성이 방사선 측정시설 설비를 설치하도록 의무화하며, 통보의무의 명확화, 사업

자 방재조직의 설치, 원자력재해 관리자 설치, 원자력사업자 방재업무계획 재정을 의무화하고 있다.

안전규제조치 실시를 위한 조직을 정비를 위해 과기청과 통산성이 원자력방재전문관의 설치, 원자력 보안검사관의 배치하도록 하며, 원자력안전위원회에서 원자력안전위원회의 기능강화 및 사무국의 기능·독립성을 강화하고, 행정청에 의한 설치 인허가 후의 건설·운전단계에서의 규제에 대한 검사(check) 기능을 강화하도록 하고 있다. 노동성에서는 노동안전위생법을 토대로 감독지도를 강화하도록 하며, 관련 부처에서는 원자력의 안전관리시설·설비를 정비하도록 되어 있다.

(나) 긴급시의 대응능력 강화

긴급시의 대응에 있어서는 거의 모든 정부부처가 연계·협동하여 대처하도록 되어 있다. 원자력재해 위기관리에 관한 보고서의 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

초등대응의 지연을 방지하기 위해 정부 전체의 초등대응체제 정비, 사업자가 실시하는 원자력안전교육·연수의 지원, 현지의 대책본부의 긴급참여체제 정비, 원자력방재전문관의 설치, 긴급시 통신체제 정비 등을 통하여 초등대응을 보다 신속히 하도록 하고 있다.

관련기관과의 연계와 협력에 있어서는 off site center를 설치하고 긴급시에는 합동대책협의회를 조직하여 대응할 수 있는 국가, 지방자치단체의 연계체제를 강화하도록 하고 있다.

모니터링 체제에 있어서 환경 관측소의 정비, 기동적으로 정보수집을 할 수 있는 체제 구축, 환경상의 방사선물질 감시측정망 정비 등을 통한 모니터링·정보수집 체제를 강화하도록 되어 있다.

주민들에 대해 보다 세세한 대응을 할 수 있도록 하기 위해 주민에 대한 긴급통보 시스템 정비, 주민들의 대피장소로의 이동과 지원체제 강화,

건강상담체제 정비 등을 통하여 주민들의 피해를 최소한으로 줄일 수 있는 체제를 정비하도록 되어 있다.

긴급시의 구체적인 대책을 미리 검토해둠으로써 재해 발생시 신속하게 대응할 수 있도록 주요국의 긴급관리체제를 조사하고 그것을 중심으로 정부 전체로서의 대응방안을 미리 정해두도록 한다. 이를 위해 가상 재해에 대한 시뮬레이션, 피난·사고확대방지·제염에 대한 운영, 구급활동과 의료 대응 등을 목적으로 관계부처로서 이루어진 긴급시 대책검토작업 그룹을 설치하도록 한다.

전문가들의 지식을 활용하는 체제를 정비하는 관점에서 일본원자력연구소 및 핵연사이클개발기구 등에 긴급시 지원연구센터를 설치하여 전문가를 현지에 파견할 수 있는 지원체제를 정비한다.

이 외에도 긴급시의 방호 기자재의 배치 및 연구개발을 추진하며, 원자력재해 사고시의 소방기관의 활동을 원활하게 실시할 수 있도록 하며, 긴급피폭에 대한 방사선의학종합연구소 및 종합의료기관의 의료체제를 정비하도록 하고 있다. 또한 방재훈련을 정기적으로 실시하는 종합방재훈련에 대한 실시계획을 구체화하도록 하며, 원자력재해시 보도기관이 올바른 홍보를 할 수 있는 체제를 정비하고, 해외의 정보전달 체제도 정확히 전달되도록 하는 체제 정비를 필요로 한다. 원자력재해에 관한 정확한 이해를 할 수 있도록 원자력 안전교육 및 원자력에 관한 지식보급 등을 충실히 하도록 하며, 원자력재해특별조치법을 토대로 각 부처에서의 재해기본계획, 원자력재해대책 등에 대한 신속한 정비를 추진하도록 한다.

다. 원자력행정 체제의 변화

일본은 1990년대에 들어 세계화의 급속한 진전, 거품경제의 붕괴 그리고 정부의 재정적자, 관료중심의 사회체제에 대한 강한 비판 등으로 비대하고 비효율적인 정부부문에 대한 의문이 강하게 제기되었으며, 시장의 활력을

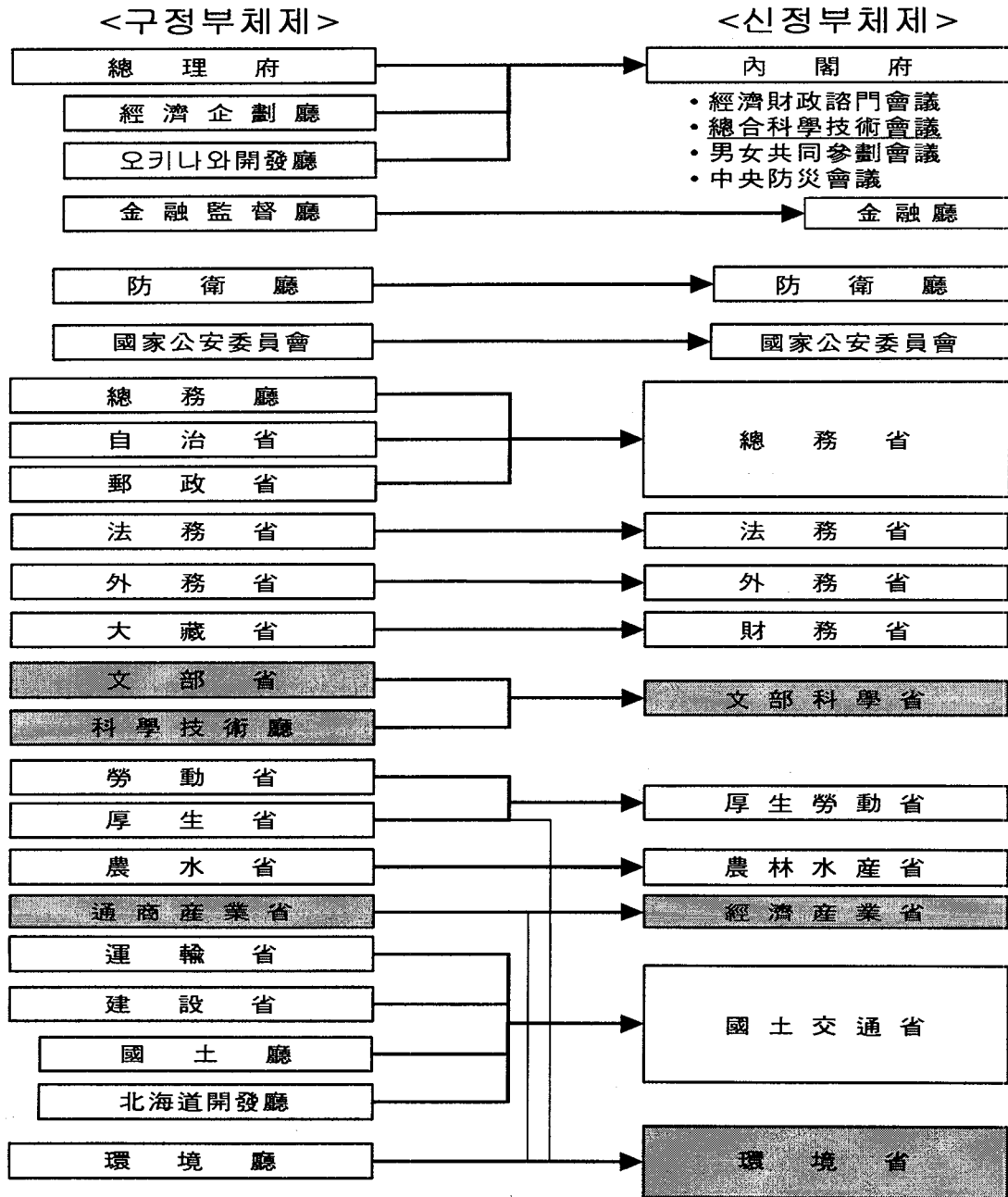
저해하는 규제를 완화하고 행정시스템을 효율적으로 개혁하는 것이 21세기의 고령화사회를 대비한 긴박한 과제로서 대두되었다. 이에 따라 경제의 활성화를 위한 행정조직의 슬림화, 규제완화를 중심으로 하는 구조조정이 절실하다는 인식이 강력히 제기되었다. 이를 위해 중앙부처의 전면적인 개편, 특수법인의 민영화와 통폐합, 행정정보 공개법 제정 등을 주요골자로 하는 하시모토 내각총리를 위원장으로 한 행정개혁회의가 1996년 11월에 발족하였다.

행정개혁회의에서는 1996년 11월부터 1997년 12월까지 55회의 회의를 토대로 1997년 12월에 행정개혁의 기본적인 사항에 대한 최종보고를 하였으며, 1998년 2월에 中央省廳改革基本法을 국회에 제출하여, 동년 6월에 국회 통과를 하였다. 이 기본법을 기초로 中央省廳等改革推進본부와 고문회의가 동년 6월에 설치하여, 중앙부처에 대한 구체적인 세부사항에 대한 논의를 추진하였다. 추진본부에서 총 7회 회의를 통하여 1999년 4월에 中央省廳等改革 관계법률을 국회에 제출하고 동년 7월에 국회 통과를 하였으며, 이 법률과 고문회의에서 총 15회의를 거쳐 동년 11월에 中央省廳改革等改革關係施行法案을 개정하였다.

현재까지 추진된 내용을 살펴보면, 수상의 발언권 강화 등 內閣府의 기능을 강화하고, 정책의 기획·입안에서 집행부문을 분리하여 경영의 효율성을 목표로 하는 독립행정법인을 신설하고, 정부의 슬림화를 위해 기존의 22府省廳 체제를 12府省廳으로 재편하는 내용을 주요 골자로 하고 있다. 2001년 이후에 재편되는 중앙부처는 <그림 4-1>과 같이 內閣府, 防衛廳, 總務省, 法務省, 外務省, 財務省, 文部科學省, 厚生勞動省, 農林水產省, 經濟産業省, 國土交通省, 環境省으로 구성되어 있다.

과학기술에서는 기존의 과학기술회의의 기능을 강화하여 인문·사회·자연 과학의 종합적 과학기술 추진을 위해 內閣府 산하의 종합과학기술회의를 두고 있다. 또한 총리부 산하의 원자력위원회와 원자력안전위원회는 內閣府

산하의 심의기구로 이관하며 사무국을 科學技術廳의 원자력국과 원자력안전국에서 2001년 이후에는 內閣府 산하로 이전되어 기존의 체제를 보다 강화한 원자력행정 체제를 구축하도록 하고 있다.



<그림 4-1> 2001년 1월 1일 이후의 일본의 정부조직 체제

기존의 科學技術廳에서 담당하던 에너지이용과 관련되는 원자력행정 일부를 기존의 通商産業省과 통합하여 經濟産業省으로 이관하며, 나머지 科學技術廳의 행정업무를 기존의 文部省과 통합하여 文部科學省에서 담당하도록 하고 있다.

2001년 1월 이후 새로이 개편되는 원자력과 관련되는 총합과학기술회의, 원자력위원회 및 원자력안전위원회, 文部科學省, 經濟産業省에 대한 구체적인 업무내역 등을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 總合科學技術會議

총합과학기술회의는 기존의 과학기술회의를 보다 확대·강화시켜 인문·사회·과학분야를 포함한 종합적인 관점에서 중요정책에 관한 기본정책을 수립하는 자문기구의 하나로서 內閣府 설치법에 따라 2001년 1월 1일부로 內閣府 산하에 설치되었다. 이 회의는 기존의 과학기술회의의 기능을 강화시켜 인문·사회·자연과학을 종합적 과학기술 추진을 위해 일본의 과학기술정책을 기획·입안·종합조정하는 기구이다.

<표 4-1>은 기존의 과학기술회의와 총합과학기술회의를 비교한 것이다.

소관업무는 내각총리대신 등의 자문기구로서 과학기술의 종합적이며 계획적인 진흥을 추진하기 위한 기본정책, 과학기술에 관한 예산, 인재 등의 자원의 배분 방침, 기타 과학기술의 진흥에 관한 중요사항, 국가적으로 중요한 연구개발의 평가에 대한 조사·심의를 하도록 되어 있다. 또한 필요한 경우에는 직접적으로 내각총리대신 등에 대해 의견을 제안할 수 있다.

내각총리대신의 직접 발언권이 주어짐에 따라 내각총리대신 및 내각을 보좌하는 Think Tank의 기능을 할 것으로 보인다.

국가적, 사회적 과제에 대응하기 위한 과학기술에 관한 종합전략을 입안하는 전략성과, 인문·사회과학을 포함하여 윤리문제 등도 포함하는 사회와 인간과의 관계를 중시하는 종합성, 그리고 내각총리대신 등의 자문기구로

서 뿐만 아니라 직접 의견을 제안할 수 있는 자발성을 가진다.

<표 4-1> 일본의 과학기술회의와 총합과학기술회의 비교

	과학기술회의	총합과학기술회의
소관 사항	○ 내각총리대신의 자문에 따라 - 과학기술 전반에 대한 기본적인 종합적 정책 - 장기적·종합적 연구목표 설정 - 특히 중요한 연구 추진방안의 기본방안 책정 ○ 자문에 답변한 후에도 필요한 경우에는 의견을 제안할 수 있음	○ 내각총리대신의 자문에 따라 - 과학기술의 종합적·계획적 진흥을 추진하기 위한 기본정책 - 예산, 인재 등 자원배분 방침, 기타 과학기술 진흥에 관련되는 중요사항 - 국가적 중요한 연구개발 등에 대한 답변 ○ 자문을 구하지 않는 상태에서도 내각총리대신 등에게 의견을 제안할 수 있음
구성	○ 의장: 내각총리대신 ○ 의원: 10명 - 관계장관 4명 - 일본학술회의 회장 - 전문가 - 상근의원: 2명 - 비상근의원: 3명	○ 의장: 내각총리대신 ○ 의원: 14명 이내 - 내각관방장관 - 과학기술정책 담당대신 - 총리가 지정한 관계장관 - 총리가 지정한 관련행정기관 장 - 전문가 - 상근의원: 4명(이내) - 비상근의원: 3명(이상)
사무국 체제	○ 과학기술정책국 정책과가 회의 사무를 담당 (대학에 관한 사항은 文部省 학술국 제국학술과와 공동으로 처리)	○ 內閣府 정책총괄관(과학기술정책담당)이 회의사무를 총괄, 심의관 3명(총합과학기술 정책담당), 참서관 9명이 참여 ○ 사무국에는 행정관, 산업계, 국립대학, 국립시험연구기관에서 폭 넓게 인재를 등용할 예정

하부기관에 대해서는 총합과학기술회의의 결정에 따라 기동적으로 설치하도록 되어 있다.

총합과학기술회의의 구성을 살펴보면 다음과 같다. 우선 의장은 내각총리대신이 되며, 의원은 14명으로 내각관방장관, 과학기술정책 담당장관(특명 담당장관으로 두는 경우), 내각총리대신이 지정한 관계 각료 등, 각분야의 전문가(7명 이상으로 하며 그 중 4명이하를 상근의원으로 둠)으로 되어 있다.

사무국 체제에 대해서는 사무국은 内閣府 총괄관(국장급, 과학기술담당)의 총괄하에서 심의관 3명, 참서관 9명을 포함하여 전체 인원이 54명 정도로 구성되어 있다. 사무국에는 행정조직에서 인재를 등용하도록 되어 있으며, 산업계, 국립대학, 국립시험연구기관에서도 인재를 등용할 예정으로 되어 있다.

(2) 원자력위원회 및 원자력안전위원회

일본의 원자력위원회는 원자력기본법에 따라 원자력의 연구, 개발 및 이용에 관한 국가의 시책을 계획적으로 수행하기 위해 1956년 1월에 총리부에 설치되었다. 원자력위원회는 원자력에 관련된 중요사항에 대해 기획·심의·결정하는 권한을 가지고 있으며, 일본의 원자력연구개발이용의 장기계획 책정 등의 다양한 활동을 하고 있다.

주요업무로는 원자력이용에 관한 정책, 관련 행정기관의 원자력이용에 관한 사무의 종합조정, 관련 행정기관의 원자력이용에 관한 경비 산정·배분 계획, 원자력이용에 관한 시험연구 조성 등을 하고 있다.

기존의 원자력위원회는 총리부의 자문기관으로 설치되었으며 사무국은 科學技術廳 원자력국 정책과에서 담당해 왔다. 그러나 2001년 1월부터 정부부처개혁에 의해 内閣府로 이전되었으며 원자력위원장은 기존의 科學技術廳장관에서 학식경험자로 하게 되었다. 또한 사무국은 内閣府 산하의 총합과학기술회의에서 담당하게 되었다.

원자력위원회 산하에는 원자력에 관련된 전문적인 사항의 조사·심의를 위해 전문가들로 구성된 전문부회를 설치하고 있다. 그러나 이 전문부회도

2001년 1월부터는 현재까지 심의가 계속되고 있는 핵융합회의, ITER계획 간담회를 제외한 나머지 11개의 간담회 및 전문부회를 폐지하도록 되어 있다.

원자력안전위원회는 1978년 원자력기본법을 일부 개정하여 원자력의 안전확보 체제를 강화하기 위해 새로이 구원자력위원회의 기능 중 안전규제를 독립하여 담당하는 기관으로 총리부 산하에 설치되었으며 사무국은 科學技術廳 원자력안전국에서 담당하였다.

그러나 JCO 사고를 계기로 원자력 안전기능 강화를 위해 원자력안전위원회의 사무국을 科學技術廳의 원자력안전조사실, 원자력안전국의 20명 체제에서 사무국 기능 강화와 독립성 강화를 위해 2000년 4월에 사무기능을 총리부로 이관하여 원자력안전실에서 담당하도록 하였으며 직원 31명 비상근 전문가 41명으로 총인원을 92명으로 증원하였다. 그리고 2001년 1월 중앙정부 개편에 따라 사무국을 원자력위원회 산하에 두고 사무국장, 직원 59명, 기술참여 41명으로 함께 100명 체제로 강화하였다. 사무국에는 총무과, 심사지침과, 관리과, 규제조사과를 두고 있다.

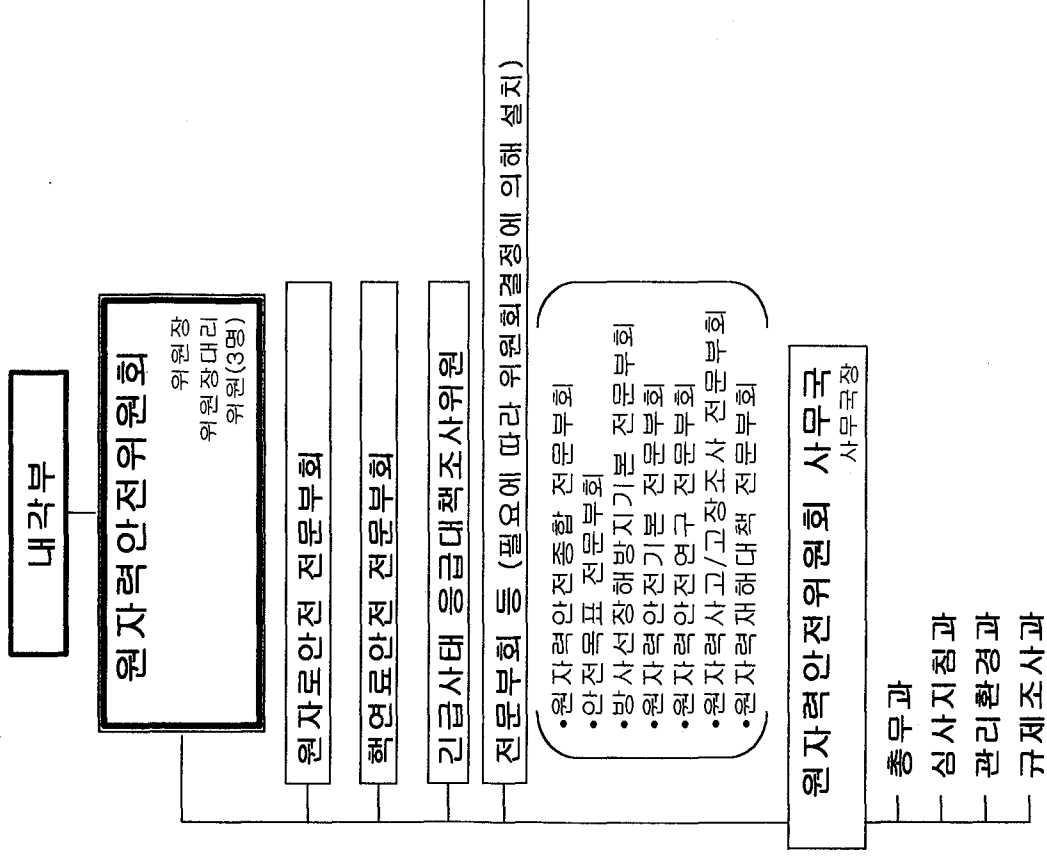
<그림 4-2>와 같이 2001년 1월 현재 원자력안전위원회에는 전문심사회인 원자로안전전문심의회, 핵연료안전전문심의회, 긴급사태응급대책조사위원회와 필요에 따라 위원회 결정으로 설치되는 7개의 전문부회에 전체 200명 정도의 전문위원들을 두어 원자력안전에 대한 조사·심의를 하고 있다.²³⁾

원자력안전위원회는 원자력의 연구, 개발 및 이용에 관한 사항 중 안전확보에 관련되는 사항에 대해 기획·심의·결정하는 권한을 가지고 있으며 담당하는 업무에 필요하다고 인정될 때 내각총리대신을 통하여 관련 행정기관장에게 권한을 등 통상의 심의기관에 비해 강력한 권한을 가지고 있다.

(3) 文部科學省

23) <http://nsc.jst.go.jp/annai/annai2001.htm>

文部科學省은 기존의 文部省과 科學技術廳의 과학기술에 관련된 과학기술정책국, 연구진흥국, 연구개발국 등 3개국을 통합하여 종합과학기술회의에서 책정된 과학기술의 기본방침을 근거로 과학기술에 대한 연구개발 계획을 수립하고 추진하며, 학술연구·과학기술에 관련된 대형 프로젝트, 원자력의 기술개발을 담당하도록 하고 있다.



<그림 4-2> 일본 원자력안전위원회 조직

2001년 1월 1일 이후 새로이 개편된 일본의 文部科學省의 조직체제는 <그림 4-3>과 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 원자력관련 업무를 담당하는 부서로서는 원자력안전과 관련한 업무를 담당하는 과학기술·학술정책

국, 원자력의 연구개발 업무 및 핵연료주기관련 연구개발 업무를 담당하는 연구개발국이 있다.

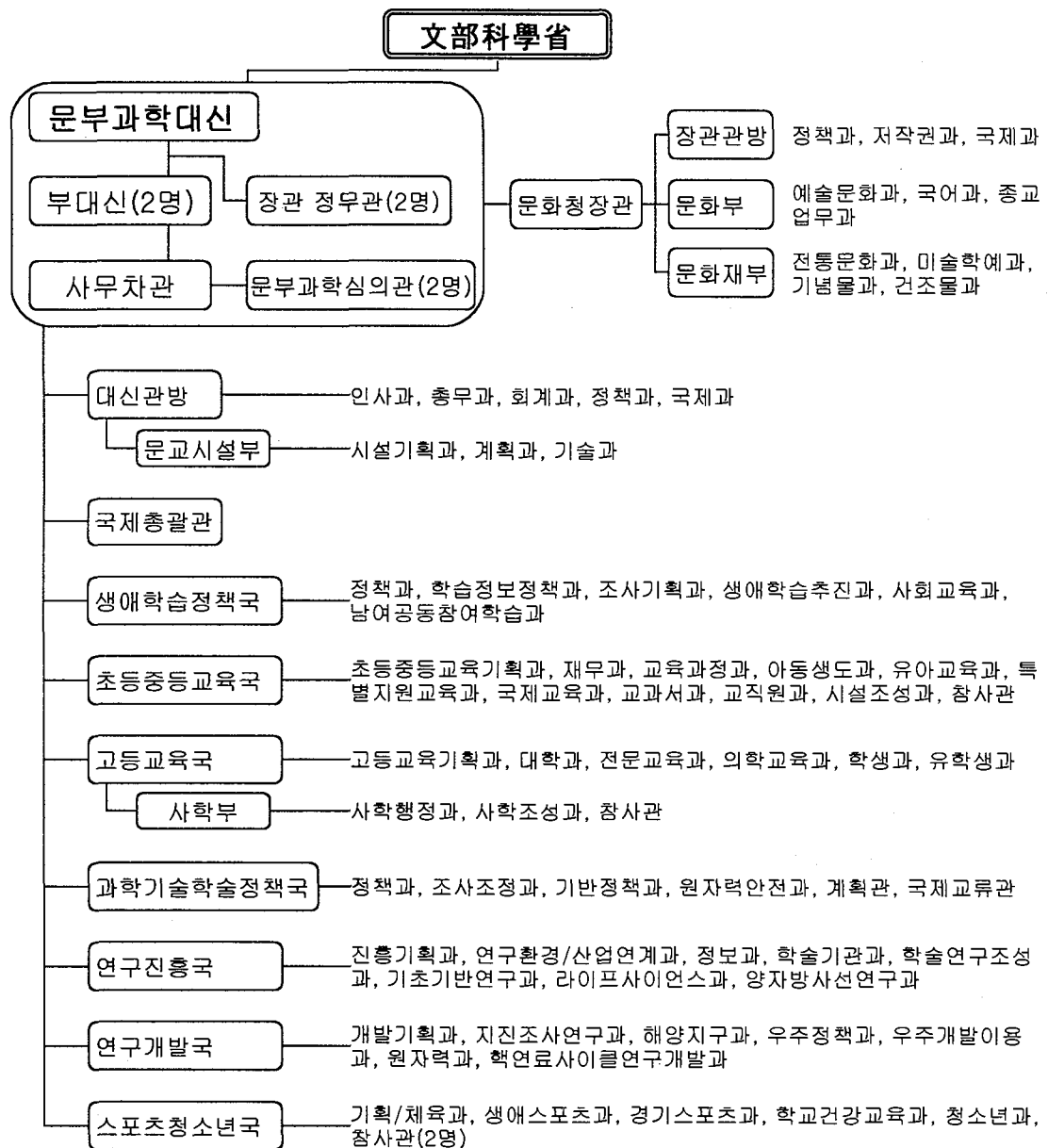
원자력과 관련된 업무를 담당하는 상기 국가들에 대해 구체적 업무에 대해 살펴보면 다음과 같다.

文部科學省의 과학기술·학술정책국에서는 과학기술·학술의 기본적인 정책에 대한 기획·입안, 추진, 연구계획의 책정과 연구평가의 추진, 연구자·기술자 양성, 지역에 대한 과학기술진흥, 과학기술의 이해 증진, 국제연구 교류 등의 종합적인 정책을 추진하는 업무를 담당하고 있다. 이들 시책을 원활하게 실현하기 위해 심의기구로서 과학기술 및 학술 진흥에 관한 중요 사항을 조사·심의하는 과학기술·학술심의회를 두고 있다.

일본은 원자력의 연구·개발·이용에 대해 원자력기본법에 기본방침을 명시하고 있으며, 평화적 목적으로 한정하고, 안전을 확보하는 것을 대전제로 하고 있으므로 文部科學省 과학기술·학술정책국에 원자력안전과를 두어 "방사성동위원소 등에 의한 방사선장해의 방지에 관한 법률", "핵원료물질, 핵연료물질 및 원자로의 규제에 관한 법률", "원자력 재해대책 특별조치법" 등을 토대로 원자력의 안전규제를 실시하는 업무를 추진하고 있다. 구체적으로는 방사성동위원소의 사용 등에 관한 규제, 시험연구로 등의 설치·운전, 핵연료물질 등의 사용 등에 관한 규제, 보장조치의 실시 등 원자력의 평화적 이용을 확보하기 위한 규제, 원자력 방재대책에 관한 사무, 방사선 심의회의 서무에 관한 사무 등을 실시한다.

또한 일본의 과학기술 진흥에 관한 시책을 종합적·계획적으로 추진하기 위해 과학기술기본계획을 책정하였다. 이 기본계획은 21세기의 밝은 미래를 개척하기 위한 사회적·경제적 수요에 대응한 연구개발 등의 강력한 추진과 기초연구의 적극적인 진흥을 기본방침으로 하며 새로운 연구개발 시스템의 구축을 위한 제도개혁의 추진과 연구개발 투자의 대폭적인 확대를 중요 사항으로 한 1994년부터 2000년까지의 5개년(제1기)에 대한 구체적인

방침·시책을 책정하였다. 또한 2001년부터 2005년까지의 차기 5개년 과학 기술기본계획을 책정하기 위해 1999년부터 관련 사항에 대한 검토작업을 실시하였으며 2000년 12월에 과학기술기본계획을 책정하여 각료회의의 결정을 위한 검토를 실시하고 있다²⁴⁾.



<그림 4-3> 일본 文部科学省의 조직체제

24) 자문 제25호 “과학기술기본계획에 대해”에 대한 답신, 일본과학기술회의, 2000년 12월 26일

이 기본계획에서는 지식의 창조와 활용을 통한 세계에 공헌할 수 있는 국가, 국제경쟁력을 갖춘 지속적 발전을 할 수 있는 국가, 안심·안전하고 쾌적한 생활을 할 수 있는 국가를 목표로 하여 2001년부터 2005년까지(제2기)의 기간동안 연구개발 투자의 효과를 향상시키기 위한 중점적 자원배분의 실시, 세계수준의 우수한 성과를 창출하기 위한 체제를 위한 기반의 투자 확대를 실시, 과학기술에 대한 성과를 사회에 환원, 일본의 과학기술활동의 국제화 추진 등을 기본방침으로 하고 있다. 이를 위한 정부재원 투자의 확대를 위해 정부연구개발 투자 총액을 제1기의 17조엔에서 제2기에는 24조엔을 증액하였으며, 효과적·효율적 자원배분을 추진하기 위해 각종 시책·제도, 조직·기관에 대해 불필요한 중복과 수직적 조직을 배제하고 연구효과를 명확히 한 목표의 설정, 연구실태의 정보공개, 연구성과를 국민들에게 설명하는 책임, 연구평가·정책평가를 철저히 추진하여 연구개발의 질적 향상을 추진하도록 하고 있다. 또한 민간자금의 도입, 자산의 매각 등을 통한 재원확보에 노력하도록 하고 있다.

연구진흥국에서는 과학기술의 종합적인 진흥과 학술 진흥을 추진하기 위해 연구개발에 대한 역할의 중요성을 인식하여 착실하게 실시될 수 있도록 하며 그것의 성과를 사회에 환원할 수 있도록 하는 업무를 추진한다. 이를 위해 전체 연구개발에 대한 균형을 유지하도록 분야별 수평적인 연구진흥 방안과 학술진흥 방안을 추진하며, 기초·기반 연구개발을 추진하여 일본 전체의 연구 진흥을 추진하도록 한다.

일본의 연구개발 활동을 종합적으로 추진하며 신산업 창출과 국민복지 향상을 위해 연구환경·연구개발 기반의 정비, 연구교류와 산·학·관의 연계 추진, 연구성과의 사회환원, 기초연구 등의 시책을 추진하고 있다. 또한 기초·기반 연구개발의 중점 추진을 위해 부처를 초월한 공통성과 다양한 분야에서의 종합성을 가진 기초·기반 연구개발에 대해 중점적으로 추진하며 고도정보화 사회의 실현, 식생활 향상, 질병 극복 등 광범위한 분야에 공헌해 나가도록 하고 있다. 이를 위해 정보과학기술분야, 생명공학 분야, 물질

·재료분야, 양자·방사선연구, 방사성 폐기물 처리·처분에 대한 연구개발을 추진하고 있다.

연구개발국은 우주 연구개발 이용, 해양·지구·환경에 관한 연구개발, 방재, 지진·화산, 핵융합연구 및 핵연료주기 등 원자력 연구개발 등 국가로서 장기적·종합적으로 추진해야 할 분야에 관한 대규모 프로젝트를 중심으로 한 연구개발을 추진하고 있다.

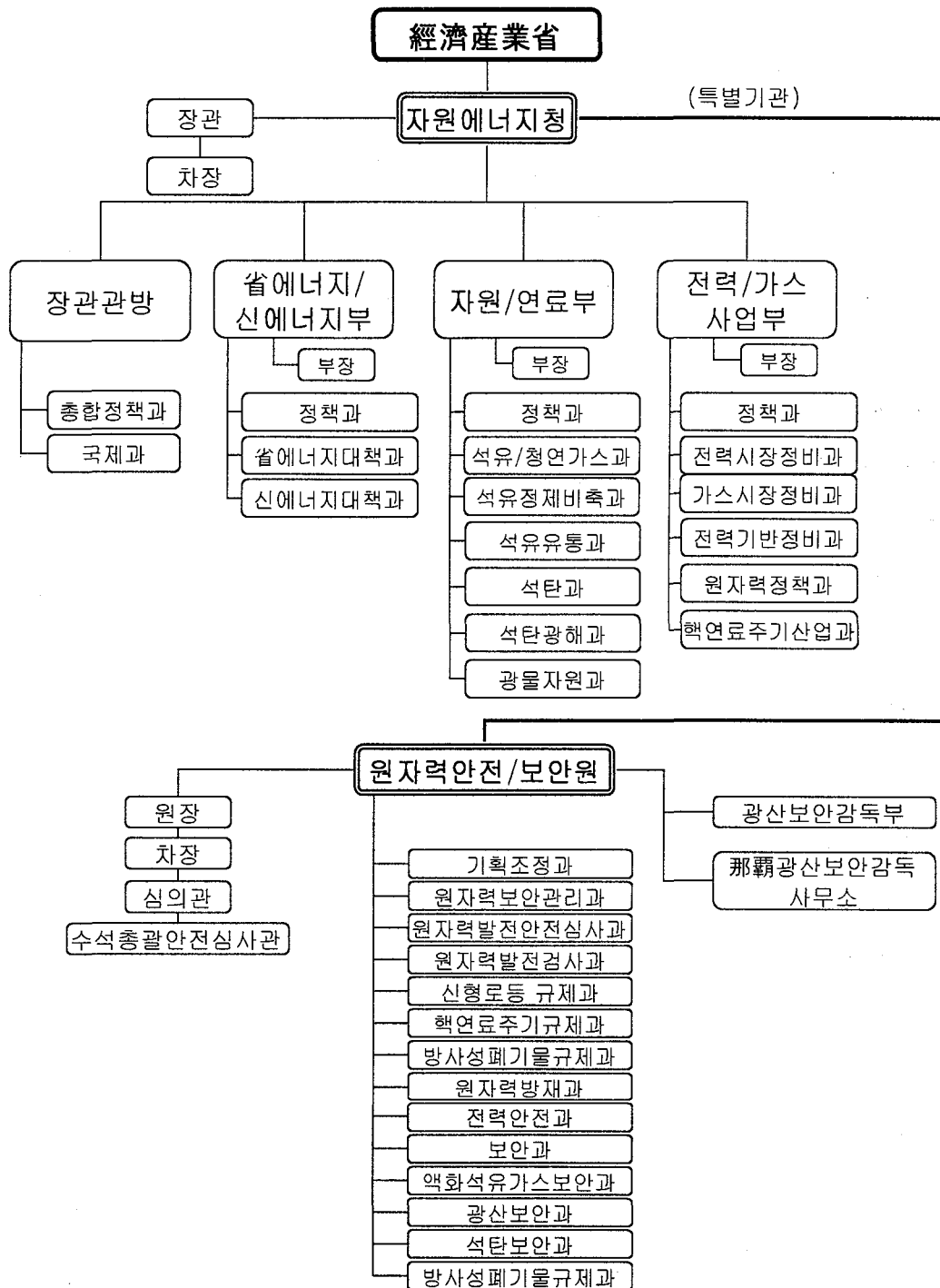
특히 文部科學省에서 원자력관련 연구를 담당하는 원자력국, 핵연료사이클개발국에서는 핵연료주기 기술의 연구개발과 원자력에 대한 국민들의 이해 증진을 위한 업무를 담당하며, 국제열핵융합실험로(ITER) 계획 및 고속 증식로 연구개발 등 대규모 프로젝트를 국제협력을 통하여 추진하고 있다. 한편 아시아지역에서의 원자력이용 추진을 위한 협력을 실시하는 등 주체적으로 국제협력을 추진하려 하고 있다.

산하기관에는 일본원자력연구소(JAERI), 이화학연구소(RIKEN)을 두며, 핵연료사이클개발기구(JNC)에 대해서는 經濟産業省과 공동으로 소관하도록 되어 있다.

(4) 經濟産業省

經濟産業省은 기존의 通商産業省과 科學技術廳의 원자력 관련·일부를 통합하여 에너지이용에 관한 종합적인 정책의 기획·입안을 담당하며, 에너지이용에 관한 원자력정책 및 기술개발과 핵연료주기·상용 원자력시설의 안전규제 및 관련 사업·시설에 대한 안전을 확보하는 것을 임무로 하고 있다.

<그림 4-4>는 일본 經濟産業省의 원자력관련 조직체제를 나타낸 것이다. 에너지 및 원자력 정책에 대해서는 주로 산하기관인 자원에너지청에서 담당하며 안전규제에 대해 자원에너지청에 새로이 신설된 특별기관인 원자력안전보안원에서 원자력안전에 대한 심사 및 규제업무를 담당하도록 한다.



<그림 4-4> 일본 經濟産業省의 원자력관련 조직체제

주요 정책으로서는 분야별 수평적 과제로서 에너지안보, 환경보전, 효율화를 추진하도록 하고 있다. 일본의 에너지안전확보 관점에서 일본의 에너지

지수요가 안고 있는 위험을 평가하여 효율적·효과적 방안을 검토를 추진하도록 한다. 또한 아시아지역에서의 에너지수요 증가에 따른 중동을 비롯한 에너지공급국, 일본의 주변국 및 해양수송로 등에 대한 정세변화가 일본의 에너지안보에 미칠 영향이 클 것으로 예상되므로 아시아지역 전체를 감안한 에너지안전보장의 강화를 위한 대응방안의 검토를 추진하도록 한다.

환경보전 측면에서는 수급의 측면의 다양화를 기초로 환경보전의 기본목표를 실현하기 위해 시장 메카니즘과 환경보전을 양립시키는 에너지·환경 관련 세제 등의 경제적 조치에 대한 필요성을 검토하도록 한다. 또한 교토의정서의 발효에 따른 국제적 동향, CO₂ 배출억제 등의 에너지·환경대책으로서의 효과, 일본의 산업경쟁력 및 거시경제에 대한 영향과 그것에 대한 방안에 대한 정량적 평가와 검토를 추진하도록 한다.

효율화 측면에서는 종합에너지 기업의 출현 등에 따른 석유, 전력, 가스 분야에서의 규제완화와 자유화를 추진하도록 하며 에너지의 가격 저하와 일본의 전반적인 생산성 향상과 경쟁력 강화를 이룩하도록 하는 것을 목표로 정책을 추진할 것으로 보인다.

이러한 정책을 토대로 각 분야별 대책으로서 에너지효율화 대책 확대, 신에너지 대책 확대, 자원의 안정적 공급 확보, 원자력정책의 강화 등을 추진하고 있다. 그 중 원자력과 관련하여 추진하고 있는 정책을 살펴보면 다음과 같다.

일본에서의 원자력 이용은 에너지안보의 관점에서 중요하며 환경보전의 요청에 기여하기 위해 안전확보에 만전을 기한다는 것을 대전제로 원자력 이용을 추진하는 것이 일본의 에너지정책의 중요한 과제로 되어 있다.

이를 위해 안전확보 측면에서는 2001년 1월에 발족하는 원자력안전보안원에 기존의 通商産業省과 科學技術廳에서 담당하던 안전규제를 일원화하여 조직적으로 규제와 진흥을 분리하여 인원을 충분히 확보하여 만전을 기하며 규제의 실효성 향상, 투명성 확보, 방재대책을 강력히 추진하도록 한

다. 또한 고준위방사성폐기물의 처분에 대해서는 2000년 국회에서 정비된 법률의 시행에 따라 실시주체를 설립 등 처분사업을 원활하게 추진하도록 한다.

원자력 이용의 추진을 위해 원자력 입지지역의 진흥시책을 충실히 하며 국민들에 대한 홍보활동을 통하여 원자력발전소의 입지를 착실하게 추진하도록 한다. 원자력의 기술 측면에서는 안전성 향상과 고도의 이용을 위한 기술개발을 추진하도록 한다.

이상과 같이 經濟産業省은 원자력정책 강화를 위해 1,605억엔을 투입하여 원자력 방재·안전대책, 원자력 입지 추진, 고준위방사성폐기물 처분대책의 추진, 원자력 혁신 실용기술개발 등을 추진하는 정책을 전개하고 있다.

(5) 원자력관련 부문의 변천

이상과 같이 일본의 중앙부처의 변화에 따라 원자력행정도 새로이 변화하게 된다. 이러한 행정개혁에 따른 2001년부터의 원자력행정에 대한 소관부처의 변화를 <표 4-2>에 나타내었다.

행정개혁에 따라 2001년 후의 원자력행정 체제의 변화를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- ① 원자력이용·개발 정책에 대해서는 현재 총리부 산하의 원자력위원회와 科學技術廳 원자력국에서 담당하는 것을 2001년 이후에는 內閣府 산하로 이전하고, 사무국도 內閣府 소속으로 된다.
- ② 원자력의 기술개발에 있어서 실용화 전단계에 대해서는 현재 科學技術廳이 담당하던 것을 학술연구 위주의 기술개발을 文部科學省에서 담당하도록 되어 있다. 또한 실용화 및 산업응용 단계에 있는 원자력 기술개발을 通商産業省에서 담당하던 것을 신체제에서는 실용화 및 산업응용의 전단계에 대한 기술개발을 經濟産業省에서 담당하도록 되어 있다. 현재의 실용화 및 산업응용의 단계는 민간 원자력기관에 이

전하도록 하고 있다.

- ③ 원자력의 안전규제 체제에 대해서는 현재 연구용 원자로와 관련 연구 시설에 대해 科學技術廳에서 1차 안전심사를 담당하던 것을 文部科學省에서 담당하도록 하고, 원자력발전과 관련 산업시설에 대해 通商産業省에서 담당하던 것을 經濟産業省에서 1차 안전심사를 담당하도록 하고 있다. 최종 안전심사는 현재의 원자력안전위원회에서 담당하던 것을 계속적으로 신체제에서도 담당하도록 하고 있다.
- ④ 원자력 물질에 대한 안전조치와 원자력에 대한 국제협력과 관련해서는 현재의 科學技術廳에서 文部科學省으로 이전된다.
- ⑤ 에너지 이용에서의 원자력발전에 대한 정책과 원자력발전 및 핵연료 주기 산업에 대해서는 通商産業省에서 담당하던 것을 經濟産業省에서 담당하도록 하고 있다.

<표 4-2> 일본의 행정개혁과 원자력행정 변화

분 야	기존 주관부처	2001. 1 이후 주관부처
원자력 이용·개발 정책	원자력위원회(*2)	內閣府(*3)/원자력위원회
기술개발		
-실용화 전단계	科學技術廳	文部科學省(*4)
-실용화/산업응용	通商産業省	經濟産業省(*5)
원자력안전규제(*1)	원자력안전위원회	內閣府/원자력안전위원회
-연구로와 연구시설	-科學技術廳(1차심사)	文部科學省(1차심사)
-원전, 산업시설	-通商産業省(1차심사)	經濟産業省(1차심사)
핵물질안전조치	科學技術廳	文部科學省
국제협력	科學技術廳	文部科學省
원자력발전 정책	通商産業省	經濟産業省
원자력산업 - 원전/핵주기산업	通商産業省	經濟産業省

2. 러시아의 원자력정책 동향

러시아의 원자력정책은 MINATOM에 의하여 “1998~2005년 및 2010년까지의 러시아 원자력개발 프로그램²⁵⁾”이라는 제하로 설정되어 수행되고 있다. 이 프로그램은 안전하고 비용효과적인 원전 단지의 운영과 향후 건설될 차세대 원전의 개발을 목적으로 설정된 것이다.

러시아에 있어서 원자력개발 전략 프로그램의 설정은 두가지 환경 요인에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 첫째, 미국과 유럽과 같은 원자력기술 선진국에서는 핵연료 공급이 안정되고 있고 에너지가 풍부함에 따라 원자력 프로그램을 축소하고 있으며, 둘째, 아시아 등의 개발도상국에서는 에너지생산을 급격히 증대하는 것에 관심이 많으며 20세기에 완전히 성공적이지 못하였던 원자력국가들의 발자취를 뒤따르려고 하는 것으로서, 이러한 현상은 산업발전 초기 단계에 나타나는 혼란과 복잡성을 가지고 있으며 이러한 것을 조정하는 것에 전략프로그램의 중요성이 있음을 강조하고 있다.

자원의 한계와 환경규제 등에 따라 러시아는 화석연료 이용에 있어서의 제약을 분명히 인식하고, 원자력이 가장 현실적이고 경쟁력있는 에너지원임을 제안하고 있다. 그리고 지난 반세기 동안 원자력기술이 기존의 에너지원에 비해 경쟁력있도록 개발되어 온 것이 아니라는 것임을 인식하며, 또한 지금까지의 원자력기술 개발 경험을 살려 경쟁력있는 원자력발전기술의 개발이 가능하다는 것을 강조하고 있다.

이러한 배경을 바탕으로 1999년 12월 21일 MINATOM 이사회는 MIANTOM이 작성한 “The Strategy for Russian nuclear Power Development in the First Half of the 21st Century²⁶⁾”라는 제하의 전략프로그램 보고서를 승인하였고, 정부의 검토의견을 반영하여 2000년 5월 25일 수

25) 원제는 the Programme for nuclear power development in the Russian Federation in 1998-2005 and the period up to the year 2010”임.

26) Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy, “The Strategy for Russian nuclear Power Development in the First Half of the 21st Century”, Moscow, 2000

정·보완된 후 정부의 승인을 득하였다. 이하에 이 전략 보고서의 내용을 개괄한다.

가. 원자력개발 기본방향

상용 원자력개발의 성공적인 추진을 위해서 2단계로 구분되어 추진하도록 하고 있다. 첫 번째 단계는 열중성자 원자로를 이용하여 에너지를 생산하고 고속증식로에 이용할 플루토늄을 생산·축적하도록 하며, 두 번째는 고속증식로로서 기존의 화석연료 발전소를 점차 대체하면서 원자력을 대규모로 도입하는 단계를 말한다. 이러한 단계적 접근의 전략적 목적은 자원의 재순환을 통하여 값싼 에너지를 얻고자 하는 것이며, 전술적인 목적은 우라늄을 이용하는 원자로를 통하여 에너지를 생산하고 방사성동위원소를 생산·공급하여 국가 경제발전에 기여하도록 하는 것이다.

나. 원자력개발 현황

러시아에는 29기, 21.1GWe의 원자력발전소가 운전되고 있다. 이중 13기는 VVER형(가압경수형)이고, 11기는 RBMK형(흑연감속형)이며, 4기의 EGP형(가압수냉각·흑연감속형 원자로로서 열·전기병합용 원자로임) 및 1기의 고속증식로(BN-600)이다. 그리고 건설중²⁷⁾인 원전이 5기로서 VVER-1000형이 4기, RBMK-1000형이 1기이다.

러시아에서 원자력발전이 에너지공급 특히 전력공급에서 매우 중요한 역할을 담당하고 있으나, 민간 원자력산업은 어떤 위기에 봉착하여 있다. 이러한 위기는 서구에서 고속로 프로그램이 중단되고 있고, 세계에너지 공급에서 원자력이 차지하는 역할이 점차 감소하는데 기인하고 있다. 이와 함께 원자력 폐지를 주장하는 반 원자력 인식이 그 한 축을 담당하고 있다. 이에

27) VVER-1000형은 Rostove에 2기, Kalinin 및 Balakovo에 각각 1기가 건설중이고, RBKM-1000형은 Kursk에 1기가 건설 중임.

따라 현재의 원자력산업 현황을 다음과 같이 분석하고 있다.

첫째, 오늘날 원자력산업은 운전 안전성은 충분히 수용할 만하며, 점차 차세대(제3세대) 원자로로서 교체됨에 따라 더욱 안전하게 운영될 것이다.

둘째, 비용 효과적인 천연우라늄자원은 한계가 있다. 지금과 같이 우라늄을 연소만 시키는 열중성자 원자로에서는 러시아에서나 세계 전체에서도 21세기 내에 우라늄자원을 고갈시키게 될 것이다. 천연 우라늄 자원의 고갈시키는 MOX 연료의 사용 등으로 연장이 가능하나 궁극적으로는 고속중식자로 가야할 것이다.

셋째, 원자로의 공학적 안전장치의 과다한 설비는 원자력의 경쟁력을 저하시키고 있다는 것은 분명한 추세로 되어 있다.

다. 원자력개발 전망

러시아 과학아카데미의 에너지연구소에서 전망한 바에 의하면, 2020년까지 러시아의 전력수요는 최대성장 시나리오 하에서 1,545 TWh, 중간 성장 시나리오에서는 1,200 TWh에 이를 것으로 보고 있다. 2000년부터 1년 단위로 본 전력수요 증가 전망은 다음과 같다.

○ 고성장 시나리오 : 2000년 864 TWh, 2005년 995 TWh, 2010년 1,135 TWh, 2015년 1,315 TWh, 2020년 1,545 TWh

○ 중간 성장 시나리오 : 2000년 864 TWh, 2005년 945 TWh, 2010년 1,020 TWh, 2015년 1,100 TWh, 2020년 1,200 TWh

한편 원자력발전 전망에서는 2050년까지 설치용량이 90.5 GWe에 이를 것으로 보고 있고, 발전량은 674 TWh로서 총발전전력량의 20% 수준이 될 것으로 보고 있다. 이를 2000년부터 10년 단위로 전망한 바는 다음과 같다.

○ 설치용량(GWe) : 2000년 21.2, 2010년 32.2, 2020년 50.0, 2030년 65.0,

2040년 72.5, 2050년 90.5

○ 원자력발전량/발전비중(TWh/%) : 2000년 130/15, 2010년 224/22, 2020년 350/25, 2030년 484/26, 2040년 540/21, 2050년 674/20

라. 원자력개발 전략

러시아가 채택하고 있는 원자력개발 전략의 기본원칙은 핵연료 재순환, 자연 안전성 확보 및 경쟁력 확보의 3가지이다. 핵연료 재순환은 천연우라늄 자원의 한계를 극복하기 위하여 고속증식로를 도입한다는 원칙에 따른 것이다. 자연 안전성 확보는 고유안전성을 가진 원자로 개발을 통하여 사고 위험성을 대폭 감소하고 일반 대중에 대한 방사선위험을 크게 줄여 나간다는 것이다. 또한 이러한 안전원칙의 적용은 과도한 공학적 안전장치 설치에 따른 비용부담을 감소시키는 하나의 방안이기도 하다. 경쟁력 확보는 과거의 비용을 많이 들이면 들일수록 더욱 안전하게 만들 수 있다는 것으로부터 탈피하여 더욱 안전한 것을 더욱 값싸게 한다라는 원칙으로의 전환을 의미한다.

3. 독일의 원자력동향

가. 독일 정부와 전력업계의 원자력발전 단계적 철수

독일의 슈레이더 수상(사회민주당: SPD)은 2000년 6월 15일 RWE사, EnBW사, Veba사, Viag사 등 주요전력 4개사의 수뇌와 회담하여 SPD/녹색의 연립정권의 공약인 원자력발전에서의 단계적 철수의 추진방향에 대해 합의하였다. 이번 합의를 토대로 독일정부는 신규 원자력발전소의 건설금지 및 사용후핵연료의 재처리를 중지하고, 2005년 여름 이후에는 최종처분장에 직접처분하는 것을 골자로 한 독일 원자력법 개정작업을 착수할 예정이다.

1998년 10월에 발족한 SPD/녹색당 연립정권은 발족과 동시에 전력업계와 탈원자력발전 정책 실현을 위한 전력업계와의 협의에 착수하였다. 당초에는 1999년 가을에 원자력발전소의 운전기간을 30년간으로 제한하는 것으로 전력업계와의 합의를 이끌어낼 예정이었지만, 전력업계 측은 최저 35년간의 운전기간을 요구하고, 손해배상을 요구하는 등 저항이 있었기 때문에 교섭이 이루어지지 않았다.

한편 연립정권 내부에서도 전력업계를 배려하여 30년 정도의 운전기간을 제한한 SPD와 즉시폐쇄를 주장한 녹색당과의 조정이 난항이 거듭되었지만, 녹색당이 임시전당대회 (2000년 3월)에서 SPD와 동조하는 현실노선으로 선회함으로써 전력업계와의 교섭이 진전되는 환경으로 되었다.

이번 양자가 합의한 것은 (스웨덴과 같이 각 유니트에 대해 운전기한을 설정하지 않고) 향후 독일 전체의 원자력발전량 (2000년 1월을 기점으로 함)을 합계 26,233억 kWh로 한정하고, 이러한 원자력발전량에 달한 시점에서 원자력발전소를 폐쇄하는 방식을 취하고 있다. 이와 같은 발전량은 평균적으로 원자로 1기당 32년간의 운전기간에 해당한다.

이번에 초점이 된 RWE사의 물하임 켈리히 발전소 (PWR, 130만 kWe)의 취급에 대해서도 RWE사가 라인랜드 프할쯔 주에 대해 손해배상 청구소송을 취하함으로써 이 발전소의 발전량 (1,072억 kWh)을 다른 유니트로 돌릴 수 있게 되었다.

이러한 방식이라면 전력회사는 효율이 낮은 구형 원자로의 원자력발전량을 낮게 설정하여 조기에 폐쇄하고, 그 부분의 발전량을 효율이 좋은 새로운 원자력발전소로 분산시킬 수가 있다. 구형 원자로 중에서는 2년 이내에 폐쇄되는 원자로도 나올 수 있지만, 새로운 원자력발전소 중에서는 운전기간이 32년간을 초과하는 유니트도 나올 수 있을 것으로 예상된다.

독일은 <표 4-3>과 같이 현재 19기 (출력합계; 2,112만 kWe)의 원자력발전소가 운전중이며, 1999년에는 총발전 전력량의 31.2%에 해당하는 1,604억 kWh를 발전하였다.

독일은 교토협정서에서 1990년 수준에서 21% (연간 2억톤 상당)의 탄산가스 배출량 삭감을 합의했지만, 현재 연간 1억~17,000만 톤의 탄산가스 배출량 억제에 공헌하고 있는 원자력발전이 없이는 이러한 삭감목표를 달성하기는 어려울 것이다.

나. 원자력발전의 철수에 합의에 대한 문제점

(1) 합의 내용의 불투명성

SPD가 녹색당과의 연립을 우선으로 하기 때문에 원자력에서의 철수를 요구하는 녹색당의 면목을 세워주기 위한 정치적 성격이 강한 것으로 보인다.

독일의 원자력발전소는 총 19기, 2,220만 kWe이며, 1999년 원자력발전 전력량은 1,697억 kWh에 달하고 있다. 이것은 총발전 전력량의 33%에 달

하며, 1차에너지의 10%에 해당한다. 또한 평균가동률이 91%를 달성하고 있는 원자력발전에 의해 억제되고 있는 이산화탄소는 약 17,000만톤에 해당한다.

<표 4-3> 독일의 원자력발전소 현황

원자력발전소	원자로형	설비용량	상업운전 개시	2000년 1월 1일 이후의 잔여발전량(MWh)
Bunsbuettel KKB	BWR	806	77.02	4767
Gundremingen B	BWR	1344	84.07	16092
Gundremingen C	BWR	1344	85.01	16835
Isar KKI 1	BWR	907	79.03	7835
Kruemmel KKK	BWR	1316	84.03	15822
Philippsburg 1	BWR	912	80.3	8714
Biblis A	PWR	1225	75.02	6200
Biblis B	PWR	1300	77.01	8146
Brokdorf	PWR	1365	86.12	21788
Emsland, KKE	PWR	1363	88.06	23007
Granfenrheinfeld	PWR	1345	82.06	15003
Grohnde	PWR	1430	85.02	20090
Isar KKI 2	PWR	1440	88.04	23121
Neckar GKN 1	PWR	840	76.12	5735
Neckar GKN 2	PWR	1365	89.04	23604
Obrigheim KWO	PWR	357	69.03	870
Philippsburg 2	PWR	1402	85.04	19861
Stade KKS	PWR	672	75.05	2318
Unterweser KKW	PWR	1300	79.09	11798
합계		22033		251605
Muelheim Kaerlich	PWR	1302	87.08	10725
총계		23335		262330

이러한 실적에도 불구하고 원자로를 폐쇄하는 결정을 내린 독일의 현재 상황은 각국의 에너지정책의 사정에 따라 결정된 것이라고는 말하기 어렵다.

독일의 원자력발전소 중 가장 오래된 원자로는 1969년에 운전을 시작한

오브리히하임발전소 (357,000 kW)에 대해서는 2년간의 연장을 인정하고 있다. 또한 가장 새로운 원자력발전소는 1989년에 운전을 개시한 네카 2호기 (136.5만 kW)이다. 현상황에서 단순히 계산하면, 정지될 1호기는 2003년에 실현되며, 최후의 원자로는 2021년에 전부 폐쇄될 것이다. 그러나 다른 발전소에서의 잔여분을 합하면 수명 연장도 가능하게 될 것이다.

이와 같이 독일의 19기의 원자력발전 설비용량은 1990년부터 1999년간 가장 발전량이 많았던 5년간의 총발전량을 평균하여 발전량 kWh를 기본으로 32년간에 해당하는 운전을 인정하였지만 각 원자력발전소의 거래도 가능하도록 되어 있다. 가동률이 낮은 원자로를 조기에 폐쇄하고, 잔여 운전량에 해당하는 것을 운전실적이 좋은 원자로에 돌릴 수 있으므로 모든 원자력발전소를 철수하는 시점이 명확하지 않다.

(2) 이산화탄소 배출량 등 환경측면의 문제점

독일정부와 전력업계간의 합의가 되었다고 하더라도 환경 측면이나 원자력발전에서의 철수로 인한 대체에너지를 어떻게 할 것인가 하는 측면에서 보면 이번 합의는 더욱 불투명하게 될 것으로 예상된다.

전력원의 53.4%를 차지하는 석탄화력은 독일 경제를 지탱하는 발전원이지만, 이산화탄소 배출량이 많아 선진국 중에서 가장 최악의 상태에 있다. 원자력발전의 철수로 인해 주력 전원인 석탄화력을 현재 이상으로 증가시키는 것은 국제적으로도 어려운 실정이다.

독일이 중점적으로 추진하고 있는 신에너지 개발에 활로를 줄 수 있다는 견해도 있다. 즉, 독일의 풍력발전 개발은 설비용량이 세계 제일인 258만 kW (1998년 현재)로서 미국의 205만 kW보다 많으며, 전세계 풍력발전의 약 26%를 차지하고 있는 등 풍력발전에 역점을 두고 있는 것을 알 수 있다.

그러나 원자력발전의 설비용량인 2,200만 kW 상당을 이러한 자연에너지

로 충당하는 것은 기술이 진전되더라도 10배 이상의 면적을 필요로 하는 등 현실적으로는 상당히 어려운 실정이다.

원자력발전의 철수로 인한 전력의 부족분을 프랑스 원자력발전에 의존할 수는 있지만, 독일인의 합리주의 측면에서 보면 허용되기 어려울 것으로 보인다.

(3) 정치적 합의에 의한 문제점

블레멘에너지연구소의 조사결과에서는 조속한 원자력발전의 철수는 15만 명의 실업자를 만들고, 그 결과 독일은 900억 마르크 (약 500억달러 상당)의 경제적 손실을 입을 것이라는 결과를 토대로 독일의 경제계는 탈원자력 정책에 반대를 표명하였지만, 독일 정부와 전력업계는 탈원자력 정책에 합의하였다.

그 이유로는 신정권이 산업계와 협의에 의한 정치적인 타협을 하지 않는다면 신연립정권의 와해 가능성과 국민들의 현정부에 대한 불신감 등에 대한 위기감, 손해문제 등에서 대부분 전력업계측의 요구를 받아들여졌다는 사정 등으로 정부와 전력업계와의 정치적인 타협이 이루어진 것으로 추측된다.

이번의 합의된 내용은 정권교체가 된다면 정치적으로 결정된 합의만으로는 파기될 가능성이 많다. 실제 야당인 그리스토교민주동맹(C여)의 메켈당수는 이번 원자력발전소 전부 폐지 합의에 대해 독일에서는 원자력발전소를 안전하게 운전할 수 있는 능력을 가지고 있으며 그러한 실적은 이미 증명되고 있다고 언급함에 따라 2년후의 총선거에서 승리할 경우 이번 합의를 파기될 수 있다는 것을 시사하고 있다.

이와 같이 이번의 합의는 경제적인 문제가 아닌 정치적 요소에 의한 것으로서 향후 원자력발전의 철수에 있어서도 많은 문제점을 내포하고 있다.

다. 합의 경과 일정

1998년 9월 총선거에서 SPD/녹색 연합당이 그리스도교민주동맹을 압도적으로 누르고 새로운 정권을 수립하였다. 당초 슈뢰이더 SPD 당수는 원자력 발전의 즉각철수를 주장한 녹색당과 연계하여 신정권을 출범하였지만, 원자력정책에서 합의된 것은 100일 이내에 원자력개발 추진을 담고 있는 원자력법의 개정이었다. 그러나 CDU와 전력업계의 강한 반발로 실현이 불가능하였다. 이러한 상황에서 슈뢰이더 정권은 전력업계 수뇌들과의 접촉을 개시하였다.

1999년 1월 슈뢰이더 수상, 뮐러 경제장관, 트리친 환경장관 등의 각료들과 원자력발전소를 가진 전력회사의 수뇌들이 참석하여 해외재처리금지를 중심으로 하는 최초의 의견교환이 이루어졌다.

두 번째 회의는 동년 3월에 이루어졌지만, 정부가 의회에 제출한 세제개혁법안을 둘러싸고 전력업계 측이 강하게 반발하여 원자력문제는 연기되게 되었다.

동년 6월에 이루어진 회의에서 처음으로 녹색당 추진인 트리친 환경장관이 원자력발전의 운전기간을 25년으로 하자는 제안을 내었지만, 40년을 주장하는 전력업계와 대립하는 상황이 되었다. 한편 경제계 출신인 뮐러 경제장관은 타협안으로서 35년간 운전을 제안하였지만, 타협은 이루어지지 않았다.

이와 같은 어려운 상황을 타개하기 위해 슈뢰이더 수상은 동년 7월에 원자력발전소의 단계적 폐쇄를 검토하기 위해 작업그룹을 설치할 것을 트리친 환경장관에게 지시하였지만, 정부부처간의 불일치로 인해 검토는 진전되지 않은 상태가 계속되었다.

결국 2000년 1월 19일에 정부부처간의 의견이 일치되어 운전수명을 30년

으로 하게 되었다. 이것은 회서 외무장관이 강경파인 트리친 환경장관을 설득한 결과였다.

라. 최종 합의내용

독일의 슈레이더 수상과 주요 전력회사 수뇌들과의 원자력발전의 향후 추진방향에 대해 2000년 6월 14일에 합의한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 개별 원자력발전소에 대해 2000년 1월 1일부터 폐쇄까지의 기간동안 최대발전량(잔존발전량)을 설정한다. 각 발전소의 운전권리는 운전이용을 가미하여 설정된 발전량에 달한 시점에서 삭감한다.
- ② 발전개시로부터 32년을 기본적인 법적 운전기간으로 한 후에 2000년 1월 1일 이후의 잔존 운전기간을 산출한다.
- ③ 잔존발전량은 참조 연간발전량 (160.99 TWh, 1990년부터 99년 동안에 연간발전량이 많았던 5년간의 연간발전량의 평균값)에 5.5% (기술적 발전에 기초하여 각각의 시설의 출력상증, 공급예비율의 변경에 의한 연간발전량의 증대를 고려한 값)를 상승시킨 것으로 잔전 운전기간을 곱하여 산출한다. 각 원자력발전별 잔존발전량은 원자력법 개정안에 법적인 구속력을 가지는 것으로 규정한다.
- ④ 각 전력회사는 발생하는 권리가 있는 발전량을 연방방사선방호청에 통지한 후에 어떤 발전에서 다른 원자력발전으로 전용할 수 있다. 이러한 유연성은 경제성이 낮은 원자력발전에서 경제성이 높은 원자력발전으로 전용되도록 사용할 수 있다는 것을 승인한다.
- ⑤ RWE사는 몰하임 케라리히 원자력발전소의 허가신청 및 라인랜드 폴 할쯔(Koblens, Rhein) 주에 대한 손해배상 청구소송을 취소한다. 이 회사는 다른 원자력발전소에 전용할 수 있는 107.25TWh를 가지도록 한다.

- ⑥ 전력회사는 가능한 한 조기에 부지내 또는 부근에 사용후핵연료의 중간저장시설을 설치한다.
 - ⑦ 사용후핵연료의 재처리처분에 대해서는 2005년 7월 1일 이후는 직접처분으로 한정함. 그때까지 재처리를 위한 수송은 인정한다. 재처리는 그것의 생성물의 적절한 이용이 증명되는 것이 전제가 된다. 인정되는 기간중의 재처리를 위한 수송에 대해 그것의 허가절차를 2000년 여름에 종료될 수 있을 것으로 생각한다.
 - ⑧ 전력회사는 상기의 중간저장시설이 완성되기까지의 기간동안 국내 기존의 저장시설에 재처리가 종료되기까지의 기간동안 외국의 재처리시설에 사용후핵연료를 수송할 수 있다.
 - ⑨ 연방정부는 원자력법 개정법안을 기초로 한다.
- * 몰하임 케라리히 원자력발전소를 포함. 독일 국내의 원자력발전소에 주어진 잔존발전량의 합계는 2,623 TWh. 몰하임 케라리히 원자력발전소를 제외한 원자력발전소 19기는 1997년 170.328 TWh의 발전을 함

1. 세계의 에너지 자원 현황

1972년 로마 클럽의 보고서에서 '석유자원이 금후 30년 정도밖에 남지 않았다'라는 경보를 울린 직후, 1973년의 제1차 석유위기를 겪으면서 정밀로 우리들은 그것을 실감하게 되었다. 이 30년이라는 기간은 소위 석유의 채굴 가능 연수를 일컫는다. 채굴 가능 연수는 자원 수명의 목표치이고, 그 시점의 잔존확인 매장량을 연간 생산량으로 나누어 산출한다. 아시아 개발도상 국가들을 중심으로 하는 석유 소비증가율을 감안하면, 석유자원의 고갈 문제는 심히 걱정스러운 일이다.

확인매장량은 현재의 기술과 경제 조건하에서 자금회수가 가능하다고 판단된 수량이다. 또한, 원유 가격이 상승하면 에너지절약과 연료전환이 진행되기 때문에 생산량은 당연히 변화한다. 일반적으로 공극적인 채굴 가능할 때 장량은 2.1~2.3조 배럴 정도라고 추정되지만, 이 경우 채굴가능 연수는 65년 정도로 확대된다.

이와 같이 석유의 매장량, 거기에서 도출되는 채굴가능 연수는 때때로 경제환경의 영향을 강하게 받기 때문에 절대적인 지표가 될 수 없다. 오히려 우리들은 이용 가능한 에너지는 다양하다는 점에 유의해야만 할 것이다. 천연가스의 확인매장량은 매년 증가를 계속하고 있고, 석탄은 석유, 가스 자원을 훨씬 능가하는 풍부한 매장량을 갖고 있다. 석유자원은 물론 유한하지만, 채굴가능 연수가 급속히 줄어들고 있는 것은 아니다. 아시아를 중심으로 석유수요는 증대할 것이지만, 2020년이 되기 전에 석유자원의 고갈이 현실 문제를 형성할 가능성은 적다라고 말할 수 있다.

그러나 이러한 낙관적 에너지 수급을 전체적으로 볼 때, 국제에너지기구

(IEA)나 미국 DOE 등 세계의 주된 에너지 분석기관이 발표한 2020년까지의 수급 전망을 놀라울 정도로 다음과 같은 점에서 일치하고 있다.

- ① 미래 에너지 수요증가는 지난 25년과 거의 유사하게 대단히 높은 수준으로 성장한다.
- ② 수요의 대부분은 석유, 천연가스 등의 화석연료에 의존하지 않을 수 없다.
- ③ 아시아 개발도상국의 에너지 수요증가는 금후 더욱 증대하여 수요 증가의 절반이 이들 국가에 의해서 이루어 질 것이다.

아시아의 개발도상국에서 에너지 수요가 급증할 것이라는 예측의 근거는

- ① 선진 제국에 비교해 경제수준이 낮고 성장의 여지가 있다.
- ② 전력화율이 10% 전후로써 선진 제국의 20% 전후와 비교해 아직 낮다
- ③ 자동차 보급이 진행된 선진국에 비교해, 개발도상국에서는 수요가 확대되고 있다. 는 점을 들고 있다.

본 절에서는 최근 에너지 수급 문제의 중심으로 불거지고 있는 아시아 특히 동아시아 지역의 21세기 에너지 문제에 집중하기로 한다.

아시아 개발도상국의 전력화의 특징을 보면, 소득수준이 낮은 국가일수록 보다 조기에 전력화가 진행되고 있다. 열대지역에 속한 국가들이 많기 때문에, 1년 중 필요 되는 냉방용 전력에 의한 에너지 수요의 확대는 수급의 팽박(逼迫)으로 연결되기 쉽다. 신탄과 농업폐기물 등 비상업용 에너지로부터의 전환은 석유 등 화석연료의 수요 증가로 연결된다. 에너지 원래의 단위(일정량의 생산에 필요한 에너지 소비량)에 관해서, 일본과 아시아 개발도상국을 비교하면 후자의 에너지효율이 나쁘다고 하는 결과가 된다. 이 같은 비효율성을 개선하지 않은 상태에서 경제성장에 따라 아시아 개발도상국의 에너지 수요가 증대된다는 것은 문제이다.

이러한 에너지소비의 기형적 확대는 필연적으로 오염물질의 배출을 급격히

늘리며, 이에 따라 지구환경에의 부하를 급증시킨다. 실제 아시아에는 가까운 장래에 공해가 심각한 사회문제를 야기할 소지를 갖고 있는 지역이 많이 있다. 아시아에서는 여전히 석탄과 석유가 일차 에너지공급의 약 80%를 차지하고 있고 앞으로 기대되는 기술혁신 등에 의한 에너지원의 다양화를 감안해도 절대 사용량은 점차 늘어날 것이다.

한 예로, 2010년 시점에서 아시아 전체 에너지소비량의 반 이상을 차지할 것으로 보여지는 중국의 경우 오염물질의 배출량이 많은 석탄에너지가 주종 에너지원일 것이다. 석유도 수송부문의 이용확대에 따른 대기·수질오염이 우려되고 있다. 그 이유는 소득수준이 향상되어 자동차보유율이 비약적으로 상승할 것으로 예상되기 때문이다.

2. 동아시아의 에너지 수급 동향

1997년 하반기에 발생한 경제적 위기가 닥치기 이전, 이 지역경제는 매 10년마다 2배 이상 성장해 왔다. 에너지 사용량 역시 5배에서 10배까지 증가해왔다. 경제위기 이전에는 1996년과 2010년 사이에 동아시아가 차지하고 있는 에너지 소비의 비율은 전세계의 13%에서 28%로 증가할 것으로 예측되었다. 이 신장률은 다른 지역의 거의 2배에 이르는 비율이다.

1930년대 이후로 최악이라고 묘사되고 있는 1997, 1998년의 경제쇠퇴의 쓰라림은 적어도 2000년까지는 에너지수요를 감소시킬 것은 분명하다. 그럼에도 불구하고 장기적으로 에너지 수요가 증가할 것이라고 예측한 에너지 전문가들의 일반적인 의견은 아직 유효하다. 석유수요의 성장률이 평균으로 1990~1995년 사이 5.2%에서 1998~2000년 사이 1%로 그 이후에는 연평균 4%로 라고 가정할 때 2010년 지역의 석유수요는 아직도 1996년 보다 하루에 900만 배럴 이상 요구되고 있다. 이 증가량은 사우디아라비아의 현재 석유생산량보다도 더 큰 것이다(<표 4-4> 참조).

중국은 21세기의 최초 10년에 세계에서 가장 빠르게 에너지소비량이 증가

할 것으로 기록될 것이고, 이때의 절대적인 소비량은 OECD국가 전체와 같을 것이다. 동남아시아에서 화교경제권의 빠른 도시화와 경제적 성장은 전력수요를 증가시켰다. 1993년에서 1995년 사이에 브루나이, 인도네시아, 말레이시아, 미얀마, 필리핀, 태국, 베트남의 전력생산은 연간 평균 13%로 증가하였다. 이러한 성장은 1998과 1999년에는 완화될 것으로 보인다. 그러나 지속적인 도시화와 산업개발, 농촌 전기가설사업 등으로 인하여 2010년의 전력수요는 두 배 이상일 것이다.

<표 4-4> 동아시아 국가의 1차 에너지 수요 증가율

국 가	1995	1996	1997
말레이시아	10.9 %	9.8 %	8.6 %
타일랜드	10.7	12.4	10.9
미얀마	9.7	6.1	5.9
베트남	9.2	14.7	12.8
한 국	8.6	9.4	7.3
중 국	6.0	5.8	5.6
싱가포르	5.5	6.0	5.0
인도네시아	4.1	9.0	8.7
필리핀	4.1	6.8	7.8
타이완	3.1	4.5	6.2
브루나이	1.7	6.2	6.5
일 본	1.6	2.1	2.5
평 균	6.3	7.7	7.3

- 1) 1995년 동남아시아 국가들의 수치는 1993~5년간의 평균치,
- 2) 1997년 수치는 경제위기 이전의 예측치

동아시아 국가들은 자국의 경제성장에 필요한 에너지 자원을 충분히 보유하고 있지 못하다. 이 지역의 원유 생산량은 세계 총생산량의 1/10 수준이고, 가채매장량을 기준으로 이보다 적어 약 1/20 수준인 4.42% 정도에 그치고 있다. 이를 에너지 자급률로 보아도 1995년의 43% 수준에서 2015년에는 29% 수준으로 낮아질 것으로 전망된다. 이 경우 동아시아 지역의 원유 수입량은 1997년의 1,100만 배럴/일(bpd ; barrel per day)에서 2010년에는

2,000만 bpd로 늘어날 것으로 보인다.

이러한 에너지 수급의 불균형은 동북아 국가들에서 더욱 극명하게 나타난다. 일본은 공급량을 기준으로 1차 에너지를 88%를 그리고 원유의 90%를 수입에 의존하고 있다. 1996년에 일본은 원유공급선의 다변화를 공식정책으로 수립하였으나, 80%가 넘는 원유를 중동의 산유국에서 수입하고 있다. 이는 1972년 1차 석유위기 이래 최고의 중동 의존률을 기록한 수치이다. 우리나라의 의존률은 아직 이 보다 높으며, 북한은 원유가 전혀 없고 대만도 주요 에너지 공급의 취약성을 갖고 있다.

동남아시아 국가의 상황은 더욱 복잡하다. 캄보디아, 싱가포르, 태국은 주요 에너지의 수입국, 라오스, 베트남, 그리고 경우에 따라서 필리핀은 일부 수출국, 그리고 인도네시아와 말레이시아는 에너지 공급국의 위치를 차지하고 있다. 이들의 공급은 아시아지역을 상대로 이루어지고 있다. 그러나 국내수요의 증가 가속화, 에너지 탐사와 개발에 소요되는 높은 비용, 그리고 정치적 불확실성 등은 경제적으로 개발 가능한 자원의 고갈을 야기하여 전체적으로 보면 악화되어 가고 있다. 예를 들어 말레이시아는 21세기초에 들어 에너지 수입국으로 바뀔 것으로 보이며, 이 지역의 최대 생산국인 인도네시아도 수출량이 줄어 2005년에는 원유 순수입국으로 전환될 것으로 판단되고 있다. 중국도 실제 원유를 보유하고 있기는 하나 1993년에 수입국으로 내몰렸고, 북경의 전문가에 따르면 수입량이 2000년에 이르러서는 300만 bpd에 이를 것으로 예측하고 있다.

3. 에너지 안정공급의 어려움

동아시아의 에너지 안정공급 문제의 심각성은 장기적으로 구조적인 부족이나 물리적인 사용불가능과 같은 동기보다는 1970년대의 원유가격 급등을 야기한 단기적 석유위기에 봉착할 경우, 이들 국가들에 대한 경제적, 정치적 피해는 실로 짐작하기 어렵지 않다. 1970년대의 석유위기는 극심한 인플레이

이션을 야기하고 세계의 경제를 후퇴시키는 중요한 역할을 하였다.

에너지 수급 불균형 문제에 대한 낙관적인 시각으로는 이제 세계는 과거 석유위기와 같은 정도의 문제에 대해서는 충분히 대처할 방안을 갖추고 있으며, 이 능력은 1991년 쿠웨이트와 이라크의 걸프전쟁시 시장의 적응력을 통해 입증될 수 있었던 것으로 보고 있다. 그러나 유럽과 미국의 경우와는 다르게 동아시아에서는 에너지 공급의 비상시에 대응할 수 있는 매커니즘을 갖고 있지 않다. 이 지역의 대부분 국가들은 석유 비축량을 통상 운영재고 기준으로 OECD국가의 평균이 89일인 데 비해 40일 수준으로 유지하고 있다. 중국과 싱가포르를 자국에서 소비량의 일정부분을 자체 조달하므로 비축량을 필요로 하지는 않는다.

<표 4-5> 우리 나라의 원유 및 석유 비축 현황

(99년 7월 기준, 백만배럴, 일)

구 분		저장용량	비축량	지속일수
정 부	원 유	83.5	46.6	29
	제 품	12.3	6.8	
	소 계	95.8	53.4	
민 간	원 유	47.1	27.2	31
	제 품	81.5	30.8	
	소 계	128.6	58.0	
계	원 유	130.6	73.8	60
	제 품	93.8	37.6	
	총 계	224.4	111.4	

자료) 석유산업과, 산업자원부

두 번째의 낙관적인 관측으로, 에너지 공급시장에 문제가 발생해 유가상승으로 이어질 경우, 소비자들을 보다 저렴한 대체에너지원으로 천이 할 것이고 또한 과거에는 경제성이 없다고 버려졌던 원유들의 사용을 통해 시장기능이 효율성을 되찾을 것으로 보고 있다. 그러나 시장은 위험을 배분하는데 불완전한 매커니즘을 갖는다. 이러한 매커니즘은 특히 개발도상국의 경우 경제적, 제도적인 이유로 유가 상승이라는 시장자극에 기민하게 반응하지

못하여 더욱 현저하게 나타난다. 대부분 동아시아 국가들의 안보에 있어 중요하게 고려되어야 할 것이 에너지자원의 통제 능력을 극대화하는 것이다. 예를 들어, 대체에너지원의 공급가격이 급격히 폭락하더라도 중국은 전략적 이유로 국내산 석탄의 의존률을 줄이려하지 않을 것이다.

<표 4-6> 주요국의 원유 및 석유 비축 현황

(98년말 기준, 백만배럴, 일)

구 분		한 국	일 본	미 국	독 일	프랑스	OECD
비축물량	정부	53	315	563	240	41	3,963
	민간	58	334	1,084	82	117	1,245
	소계	111	649	1,647	322	158	2,719
지속일수	정부	29	54	32	83	22	88
	민간	31	58	61	28	61	28
	소계	60	112	93	99	83	60
일소비량		1.8	5.8	17.7	2.9	1.9	45.2

자료) 석유산업과, 산업자원부

세 번째 낙관적인 주장으로는 에너지 이용방식을 원유 중심에서 탈피해 다양화하는 정책으로, 이는 한가지 에너지공급의 급작스런 중단에 따른 위험을 분산할 수 있다는 것이다. 동아시아 국가의 에너지 총수요에서 원유가 차지하는 비중은 51%로 이는 세계 전체의 평균 40%에 비추어 매우 높은 수준이다. 동아시아 지역에는 태양 및 지열 에너지, 석탄, 원자력 발전, 그리고 상당량의 천연가스의 개발기회를 갖고 있다. 또한 지역 내 국가들간의 연계계획 뿐 아니라 동아시아의 소비자와 러시아나 중앙아시아의 생산자간을 연결할 수 있는 원대한 계획도 수립하고 있다. 이 계획 중 최소한 다음의 3개 프로젝트는 이미 기획단계에 도달해 있다.

- ① 러시아의 Vostok 계획 : Yakutsk에서 서울을 경유하여 남부일본의 후쿠오카 까지 연계
- ② 일본의 에너지 공유 계획 : 중국, 일본, 한국, 러시아, 대만, 그리고 미국

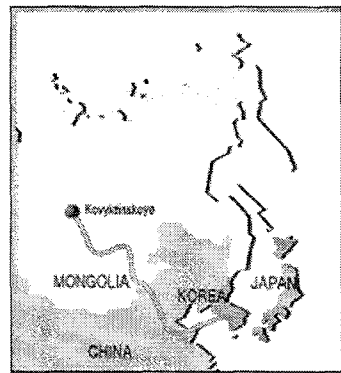
이 참여,

③ 중국의 에너지 비단길 계획 : 중앙아시아의 가스전을 중국, 일본, 한국과 연계

이밖에도 시베리아의 Irkutsk에서 한반도를 경유해 일본으로 연계하는 수송관 시설계획이 1997년 10월에 승인되었다. 110억 불이 소요될 것으로 추정되는 이 프로젝트는 중국, 한국, 러시아가 공동으로 수행하여 이들 국가에 2006년부터 연간 2,000만 톤의 천연가스를 운송할 계획²⁹⁾이다. (<그림 4-5> 참조)

사업개요

- **위치**: 러시아 이르쿠츠크 북방 코빅틴스크 가스전
- **투자규모**: 110억불
- **생산규모**: 연간 2천만톤
- **배관거리**: 4,115km(러시아~몽골~중국~할해~한국)
- **사업주체**
 - **한국**: 한국가스공사를 대표간사로 하는 컨소시엄
 - **러시아**: Russia Petroleum사/BP-Amoco사
 - **중국**: CNPC(중국국영석유공사)
- **도입량**: 연간 700만톤
- **도입시기**: 2008년경



기대효과

- LNG대비 약 25% 저가도입 가능
- 도입단가 인하효과를 통한 수요 촉발
 - 천연가스의 에너지 시장 점유율 5-10% 증가

<그림 4-5> 한국가스공사의 이르쿠츠크 PNG사업 개요³⁰⁾

그러나 에너지원의 다양화만으로 동아시아 지역의 에너지 문제를 해결하기는 충분치 못하다. 대형의 천연가스 개발 계획을 수행하기 위해서는 하부구조 구축비용이 엄청나게 소요되고, 현실적으로 원유를 대체하기 위한 에너지원 개발에도 한계가 있다. 동아시아의 미래 전력수요를 충족하기 위해서는 1998년에서부터 2008년 사이에 매년 6,000억 불의 투자액이 필요하다. 이는

29) 산업자원부의 통계에 의하면, 우리 나라의 천연가스 소비량은 1997년 1,138만 톤, 1998년 1,064만 톤, 그리고 1999년 1,296만 톤을 각각 소비하였음.

30) www.kogas.go.kr 참조

세계 전력부문 투자액의 60% 이상을 차지하는 수준이다. 더욱이 1997년 이후 이 지역에서 겪고 있는 외환위기로 인해 미래의 전력수요 예측치에 맞추기 위한 대체에너지원의 개발 능력을 더욱 축소시킬 것이다.

네 번째의 낙관적인 주장으로는 에너지 탐사와 채굴, 그리고 생산기술의 발전은 비축량의 증대나 유통속도를 증가시킬 것이라는 점이다. 이에 더해 저유황 석탄의 생산과 같은 새로 개발되는 환경 친화적인 기술은 화석연료의 사용에 따르는 정치적 그리고 환경비용을 줄일 수 있다는 것이다. 그러나 개발이 진행중인 아시아 국가들에서는 석탄화력발전소에 값비싼 배기여과기와 같은 새로운 많은 기술들을 운영할 여유가 없다. 에너지 산업에서의 기술적 발전이 이 지역에서의 에너지 수급 불균형을 개선할 수 있기는 하나, 이를 근본적으로 시정할 가망성은 없는 것이다.

4. 동아시아 국가들의 해양분쟁의 배경

미래의 에너지 공급안정성에 있어, 동아시아 지역에 대한 불확실성은 서태평양의 해상 분쟁이 큰 변수가 될 수 있다. 원유 탐사기술의 발전에 따라 새로운 굴착기술이 개발되고, 이로 인해 지금까지 불가능했던 원양에서의 시추활동도 가능하게 되었다. 석유산업 분석가들에 따르면 동남아시아 지역에서만 2010년경에는 최소한 40개소의 새로운 원양 원유와 가스전이 개발될 것으로 보고 있다. 이들 개발량을 석유로 환산할 경우 100억 배럴 이상의 채굴이 가능하며, 금전적으로는 180억 불 정도의 자산가치를 가질 것이다.

가. 남지나해에서의 해상 분쟁

동아시아 지역의 에너지 안정공급을 둘러싼 해양분쟁에 있어 남중국해의 Spratly군도 부근 분쟁이 중요하게 대두되기 시작한 것은 에너지원의 매장가능성이 높아진 가운데 지진탐사와 원유 탐사활동이 이루어진 시점과 같은 때라 할 수 있다. 최소한 이 지역에서 Spratly군도는 원유와 천연가스의

대규모 매장지 부근에 걸쳐있다. 중국의 지질 및 광물자원부(Geology and Mineral Resources Ministry)는 이 Spratly군도 지역에 매장된 원유와 천연가스의 매장량을 177억 톤 수준인 것으로 추정하고 있다. 이는 쿠웨이트의 매장량이 130억 톤인 것에 비추어 보면 방대한 양이라 할 수 있다.

Spratly군도에 대한 주권을 주장하고 있는 중국과 베트남은 외국의 석유사들을 활용하고 있다. 이들 국가는 미래의 에너지자원 고갈에 대비하기 위해 예방조치 차원에서 원양의 자원에 대한 소유권을 주장하고 있는 것이다. 이 문제에 있어 양국간에 잠재되어 있던 갈등은 이미 드러나고 있다. 중국과 베트남간의 사이가 소원해지고 불편한 관계는 1988년에 국지적인 유혈충돌로까지 발전한 바 있으며, 1997년 초에 종결되었다.

남중국해에서 중국의 적극적인 원유탐사활동은 ASEAN 국가들과의 긴장을 고조시켜 왔다. 중국의 전략적 의도에 따라 자신들의 영역이라 주장하는 지역이 자카르타에서 보기에 Natunas 북부와 중복될 수 있다는 점에서 인도네시아의 경계심이 증가되고 있다. Spratly 군도의 남부지역에 300개 산호섬으로 이루어진 이 지역은 인도네시아가 소유하고 있다. Natunas 군도에는 채굴 가능한 천연가스 양은 12,700억 m³ 정도 인 것으로 추정되고 있다. 이 정도의 매장량은 근해지역 매장량으로는 세계 최고의 수준이며, 인도네시아 매장량의 40% 정도를 구성하는 것이다.

나. 동북아 지역의 해상 분쟁

각국의 필수적인 자원들을 지키고, 에너지 자원 매장이 풍부한 지역에 대한 소유권을 최대한 주장할 필요성이 인식되기 시작하면서 동북아 지역에서는 두 차례의 해상분쟁이 야기되었다. 그중 하나는 동중국해의 중앙에 있는 중국지명으로는 Diaoyu 군도 혹은 일본지명으로는 Senkaku 군도로 알려진 군도를 대상으로 벌어졌다. 이 지역의 소유권에 대해서는 중국, 일본, 그리고 대만이 경합을 벌리고 있었다. 또 다른 분쟁은 한국과 일본 사이에

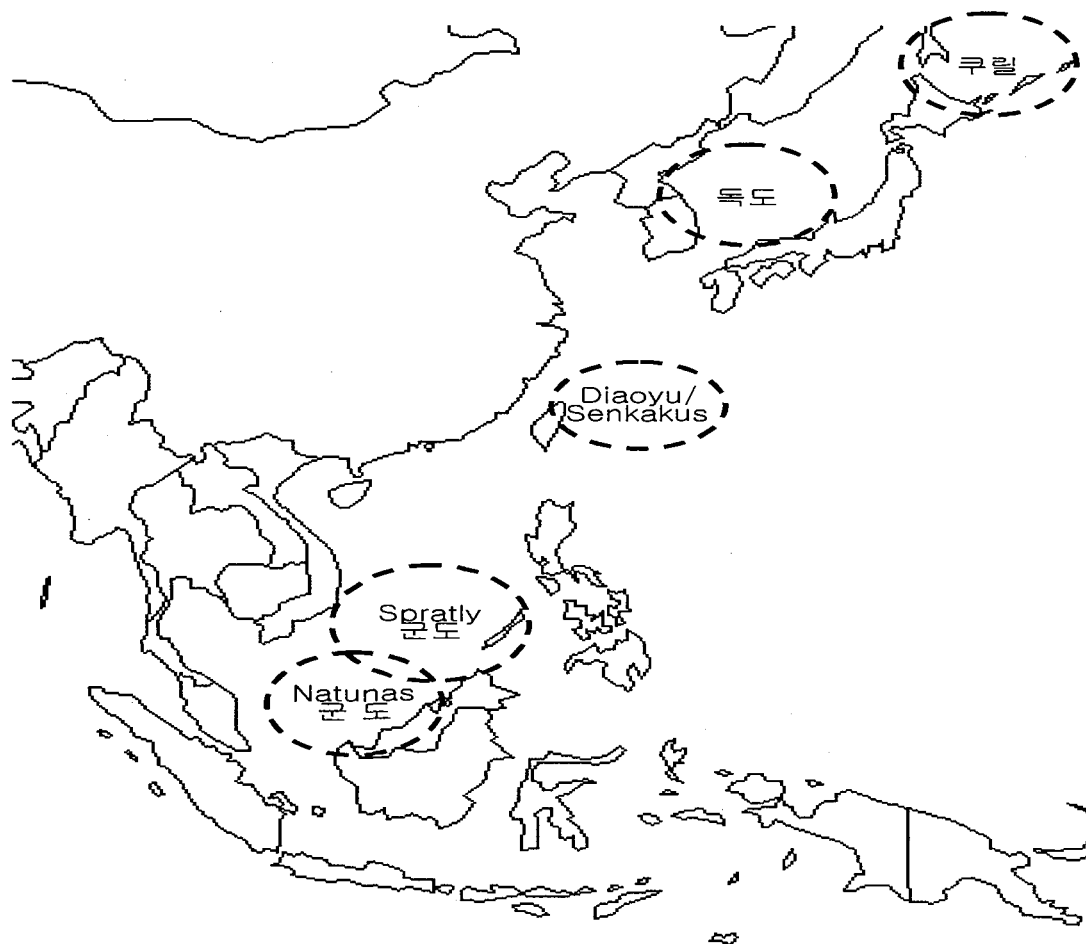
서 떨어진 독도에 관한 소유권 분쟁이다. 이 섬은 양국사이의 해상 거의 중간에 있는 두 개의 작은 섬과 수 개의 흩어진 암초로 구성되어 있다.

이들 두 가지 분쟁은 1982년 해양법에 관한 UN 협정(UNCLOS; UN Convention on the Law of the Sea)을 한국, 중국, 일본이 각기 비준하고, 각국이 200해리 배타적 경제수역을 선언한 이후인 1996년에 더욱 두드러지게 되었다. 그해 7월 일본의 우익단체인 일본청년재단(Japan Youth Foundation)은 Diaoyu/Senkakus 섬에 임시 등대를 세우고 2개의 기념물을 건립하고 일장기를 세웠다. 2개월 뒤 청년재단 회원들이 손상된 등대를 보수하기 위해 재상륙하였다. 이에 대해 중국 외교부는 동경이 향후 이 같은 행동의 재발을 방지하지 않을 경우 양국관계에 심각한 손상을 초래할 것이라고 엄중한 경고를 하였다. 또한 홍콩과 대만에서는 일본의 이 같은 행위를 비난하는 반대시위가 발생했고, 대만은 군도에 대한 중국의 이익을 지켜야만 한다고 북경을 비난했다. 또한 같은 시기에 대만의 신문에서 실시한 설문조사에서는 응답자의 5/6가 중국의 주권을 되찾기 위해 군사적 행동을 취해야한다고 답하였다. 이러한 긴장은 양국 정부가 이 상황이 심각한 대결로 쉽게 발전할 수 있다는 사실을 인식하면서 안정되었다.

Diaoyu/Senkakus 섬에 대한 갑작스런 분쟁발생은 동아시아 국가의 자원 고갈과 에너지수요 증대에 대비한 각국의 새로운 전략과 경제적 중요성 평가와 여기에 지역 내에 남아있는 신·재생 에너지와 비신·재생(재래식)에너지 확보를 위해 노력하고, 투자하는 방법을 잘 나타내고 있다. Diaoyu/Senkakus 섬의 면적은 7km²에 불과하다. 이 지역은 1969년 UN의 아시아 및 극동지역 경제위원회(UN Economic Commission for Asia and the Far East)가 이 지역의 해저에 세계 최대규모의 원유와 천연가스가 매장되었을 가능성이 제기되기 전까지는 비교적 관심이 없이 남아있었다. 이후 탐사된 바로는 원유 매장량이 10~100억 배럴 수준인 것으로 추정되었다. 이 군도는 일본의 경우 국제법에 따라 동지나해와 그 곳에 매장된 원유에 대한 배분을 주장할 기반이 되기 때문에 매우 중요한 위치를 차지한다.

에너지와 다른 해양자원을 확보하기 위한 경쟁이 독도에서 재현되어 격화되었다. 이 섬은 그 자체로는 특별한 가치를 내포하고 있지는 않으며, UNCLOS의 121조에 따르면 ‘암초(rocks)’로 분류될 수준이다. 따라서 200해리 배타적 경제수역으로 여겨지지는 않는다. 그러나 이 섬의 소유권을 갖는 것은 우리 나라나 일본 어느 쪽이든 이 지역에 매장되어 있을 수 있는 원유와 천연가스의 배분을 더 많이 주장할 근거가 된다는 점에서 중요하다는 것이다. 이러한 양국의 주장에 북한의 배타적 경제수역이 중첩되는 경우 장차 이 문제는 더욱 복잡해질 수도 있다.

이 지역의 주요 해상분쟁지역은 <그림 4-6>와 같다.



<그림 4-6> 동아시아 지역의 해상분쟁 지역

5. 원자력의 역할증대 문제

가. 원전활용 현황

원자력발전에 따르는 환경문제를 감안할 때 동아시아 국가들은 자국의 에너지 상황을 고려하여 석유나 석탄과 같은 비신재생에너지를 대체할 주요 에너지원의 선정에 더욱 고민하게 된다. 일본, 한국, 그리고 대만과 같은 동북아의 에너지 자원빈국들은 1960~70년대에 매우 의욕적인 원자력에너지 개발사업을 추진하며, 1999년 말을 기준으로 이 지역 국가들의 원전시설 총량은 66,210MWe로 전세계 총량 359,425MWe의 18.4%를 차지했다. 실질적 성장은 2010년까지도 계속될 것이다. 현재의 개발계획이 실현되면 미국 에너지부의 예측에 따르면 동아시아 국가들은 1992~2010년 사이에 세계 원자력발전 성장의 48%까지 차지할 것으로 전망하고 있다.

이 지역의 다른 국가들도 새로운 원전 프로그램에 착수하거나 기존의 프로그램들을 확대할 계획을 발표하였다. 1992~1997년 사이에 중국은 3기의 원자로를 건설했고, 2020년까지 8기의 원자로에 20,000 MWe의 용량을 건설하기로 했다. 북한도 한반도에너지개발기구를 설립한 1994년 10월 평양과 워싱턴간의 협정에 따라 1,000MWe급 2기의 한국형 경수로를 보유하게 될 것이다. 1999년 우리 나라에서의 원자력발전 비중은 전체 전력량의 43%를 공급하였다. 1999년까지 동남아시아 지역에서는 원전이 운전되지 않았으나, 일부 ASEAN 국가들은 연구용 원자로를 갖고 있으며 인도네시아는 원자력 발전소를 12기까지 건조할 계획을 갖고 있다.

나. 방사성폐기물과 안보

세계의 전략분석가들은 원자력발전소를 핵무기 제작의 가능성과 핵확산의 측면에 초점을 맞추려는 경향에 반해 원전의 환경보장적 의미는 동아시아국

가들에 있어서 다음의 두 가지 이유에서 중요성이 더욱 커질 것이다.

하나는, 1979년 미국의 Three Mile Island 원전 사고와 7년 후 우크라이나의 체르노빌 원전사고 이래 원자력발전소에서 발생할 수 있는 방사능의 누출 사고에 대한 국내 정치적 민감성이 급격히 증가하고 있다는 점이다. 비록 원자력발전소는 초창기에는 청결한 환경 이미지로 매력적인 에너지 공급 수단이었으나, 최근에는 불결하고, 위험하고, 달갑지 않다는 인식이 널리 퍼져있다. 원자력발전에 대한 국가 내에서의 반대는 확고해지고 국가간의 충돌 잠재력도 높아질 것이다.

둘째는, 지역 내 원전의 사용 증가로 인해 사용 가능한 부지가 줄어들면서 방사성폐기물 처분 문제가 정치와 안보상황을 더욱 압박하게될 것이다. 1993년 1월에 일본 정부는 1.7 톤의 플루토늄을 자국의 고속중식원자로에 사용하기 위해 프랑스로부터 Akatsuki Maru호로 해상 수송을 신중히 고려했다. 이 수송선이 프랑스를 출발하기 전에 인도네시아, 말레이시아, 그리고 싱가포르의 관료들이 이 수송선이 말라카 해협을 통과할 수 있다는 보도에 대해 우려를 표명했다. 이 수송선이 중국에는 비록 태평양을 통과하기 전에 호주의 남쪽을 회항하는 항로를 채택하였지만 국제적 혹은 지역적 반대자들은 이 수송선의 항로를 계속 추적하였다. 1993년 후반기에 일본은 동해에서 모스크바의 액체폐기물 투기행위를 중단할 것을 요구하였다. 항의는 일본 외무성의 고위 관리가 러시아대사에게 '우리는 이런 종류의 투기를 금지할 것을 요구한다. 우리는 향후 이러한 행위가 재발되지 않도록 요구한다.'라고 매우 높은 강도로 경고하였다.

1997년 1월 대만은 60,000 톤의 저준위 폐기물을 북한에 처리 저장하려는 계획을 발표하였다. 이 협정이 알려진 즉시 주변국에서는 매우 강력한 반대가 일어났다. 우리 나라는 이 계획이 한반도를 '죽음의 지역'으로 몰아갈 수 있는 행위라고 주장하면서 비난하였다. 기조연설의 대부분을 대만의 방사성폐기물 문제에 대해 언급하였다. 이에 더하여 1997년 6월에 UN이 후

동북아 지역에서 인식의 변화나 원자력 계획이 제한될 경우, 일본, 한국, 그리고 대만은 자국의 높은 에너지 해외의존도를 낮추기 어려울 것이다. 1990년대 후반까지의 대중적 반대는 일본의 원대한 목표를 타당한 능력에 응대한 의문을 제기하고 있다. 원전적 원자력 활동을 배제하고, 일본이 자국의 미래 에너지공급 보장과 원유가격의 인상 가능성에 대비하기 위한 '에너지 완충장치'를 마련할 방법은 명확하지 않다. 1999년도 일본의 원전에 서 생산되는 전력량은 전체의 35%에 달한다. 일본은 1985년 이래 신규 원

'최후의 대안'으로 선정한다고 발표하였다.

자, 1997년 2월 당시 수하르트 대통령이 이 계획을 보류하고 원자력발전을 원각에서 일어나는 강력한 반대를 포함해서 국내·외에서의 압력이 증폭되 체들은 원자력발전에 반대하는 격렬한 캠페인을 가졌다. 이와 같이 정부의 이러한 확인이 있자, 1993~1997년에 인도네시아 국민들과 외국의 환경단 였다.

Baccharuddin Jusuf Habibie 장관은 이 프로젝트는 계속될 것이라고 확인하 으나 당시 과학기술부 장관으로 영향력을 지니고 원자력 지지자인 북받고 있다. 부분적으로는 기획부서 관련자들의 회의적 반응이 있기도 했 기 위해 의욕적으로 추진중인 원자력발전 계획은 지질구조의 불안정성에 주 한 제약으로 고려 될 수 있다. 인도네시아에서 넓은 지역에 원전을 건설하 어느 지역의 정부이든 미래의 에너지원 선택에 있어 환경 문제들은 중요

다. 원전도입에 있어 환경제약

사한 체제의 협력을 추진하고 있는 것으로 알려져 있다.

하는 한국의 요구를 완고하게 거부한 바 있다. 이후 대만은 러시아와도 유 활동을 반대하는 항을 삼엄시켰다. 대만은 자신들의 거래를 중단시키고자 최종 문서에 방사성폐기물의 운송에 있어 '국경을 넘는 (trans boundary)' 원하고 지구정상이 모인 환경특별총회에서 우리 나라 대표단은 이 총회의

전이 도입되지 않았고, 이에 비해 기존의 원전은 2010년에서 2020년 사이에 수명이 종료되게 된다. 이에 비해 일본 정부에서 1994년 수립한 1994년 원자력 에너지 장기계획'에서는 2010년까지 45~70 GWe 정도의 원전시설을 확장하는 것으로 하고 있으나, 일본의 通商産業省은 지역주민의 반대와 반핵 활동을 극복하고 이 목표를 달성하기 위해서는 많은 노력이 경주되어야 할 것으로 받아들이고 있다.

또한 일본의 장기 에너지 수요를 충당하기 위해 추진중인 플루토늄을 연료로 하는 고속증식로의 개발과 운전 노력이 논란에 직면하고 있다. 2010년까지 70톤 수준에 도달할 것으로 예측되는 일본의 플루토늄 비축량은 플루토늄을 핵무기 제작으로 전용할 수 있다는 가능성으로 인해 이미 국내 및 국제적으로 정치적 논란을 일으키고 있다.

6. 동아시아 에너지 환경 전망

이러한 예들은 동아시아 국가들의 에너지 안보 문제가 전통적 요인이나 새로운 요인들로 복잡하게 얽혀 있음을 잘 나타내고 있다. 이러한 요인들에는 예전에 없던 인구증가, 에너지 대외의존도의 급속한 증가, 기존 원유의 급속한 고갈, 그리고 에너지 소비 증가에 따른 환경비용의 인식 증대 등을 포함한다. 환경 제약들은 각국의 에너지 선택 대안을 줄이거나 최소한 에너지 선택문제를 복잡하게 하는 식으로 위협 할 것이다.

1997~1998년 사이 이 지역의 경제 위기는 에너지 수요를 감소시켰다. 더하여, 국가간의 상호신뢰 구축 방안이나 새로 나타나고 있는 다자간 안보논의들을 통한 지역적 협력 강화의 노력들은 에너지자원들에 대한 국가간 긴장을 완화시킬 수 있다.

동북아시아 지역에서 방사성폐기물 처분을 둘러싼 국가간 긴장은, 특히 양자간의 관계가 이미 정치적이나 전략적으로 적대자들에 압력을 가하는 경우에, 분쟁을 악화시킬 수 있는 에너지 관련 환경안보라는 새로운 부류의 문제

를 해결할 수 있는 가능성도 커간다는 의미를 함축하고 있다.

제 3 절 주요국의 원자력산업체제 동향

세계적으로 원자력발전에 대한 개발의 정체상태로 인해 원자력관련 기업들의 개편이 활발히 진행되고 있다. 전력시장 규모의 축소에 따른 공급의 과잉 현상, 그리고 전력시장 자유화에 의한 비용의 삭감 압력이 증대되는 등 예전에 볼 수 없었던 어려운 국면이 전개되고 있는 가운데 장래를 전망한 시장 점유율의 확대 및 기술개발의 효율화를 목표로 현재 세계적인 원자력산업의 재편이 이루어지고 있다.

본 보고서에서는 이러한 주요국의 원자력산업에 대한 재편 동향을 살펴보고 앞으로 원자력발전의 건설이 예상되고 있는 미국의 원자력산업동향에 대해 살펴보았다.

1. 원자력산업 재편

가. 주요 원자력관련 기업의 합병

원자력관련 기업이 최근 수년간에 실시한 원자력의 합병은 급격하게 이루어졌다. 이러한 움직임의 계기를 만든 것이 미국의 웨스팅하우스(WH)사였다. 이 회사는 현재까지 전세계에 약 80기의 가압수형 원자로(PWR)를 공급하였으며 1997년 11월에는 독일의 지멘스사에 화력발전관련 사업부문을 약 15억 달러에 매가하기로 합의하여 1998년 8월에 매각이 완료된 것에 이어 동년 12월 1일부로 CBS Co.로 회사명을 변경하여 원자력관련 사업부문을 새로이 설립한 자회사인 Westing House사를 Morrison Knudsen(MK)사와 영국원자연료회사(BNFL)의 합병기업에 12억달러에 매각하기로 합의하여 1999년 3월에 완료하였다.

웨스팅하우스사는 최종적으로 원자력발전 사업을 하는 Westing House Electric Company(BNFL의 미국 자회사 BNFL Nuclear Service사: BNSI가

100% 소유), 군사부문 이외의 정부·환경관련 사업을 하는 Westing House Government Environmental Service Company (BNSI: 40%, MK: 60%), 군사관련 사업을 하는 Westing House Government Service Company(경영권은 MK사, BNSI가 40%의 권리취득권)으로 분리되었다. 새롭게 탄생한 Westing House Electric사는 핵연료, 원자력관련 서비스, 계장·제어, 새로운 플랜트의 설계 등의 4부문의 사업을 추진하도록 한다.

핵연료주기 사업뿐만 아니라 원자력발전소의 운전도 하고 있는 BNFL사는 웨스팅하우스사의 매수에 이어 1999년 12월에 합의한 ABB사의 원자력 사업부문의 매수를 완료하였다. 그리고 PWR 제조회사인 미국의 ABB Combustion Engineering (ABB-CE)사와 BWR 제조회사인 스웨덴의 ABB Atom사를 산하에 두고 웨스팅하우스사에 통합하였다. BNFL로서는 세계적 원자력기업을 한꺼번에 매수하게 됨에 따라 종합원자력사업자로서의 전환을 추진하는 이 회사의 전략은 크게 전진한 형태로 되었다.

유럽의 양대 원자력사업자인 프랑스의 Framatome사와 독일의 Siemens사는 1999년 12월 6일 양사의 원자력부문을 통합한 합병회사를 설립하는 것에 합의하였다.

이 회사는 프라마툼이 66%, 지멘스가 34%를 출자하였다. 양사는 10년전에 합병회사인 Nuclear Power International(NPI)사를 설립하여 유럽가압경수로(EPR) 개발 프로젝트에 협력해 왔지만 새로운 회사는 모든 원자력사업을 관장하며 특히 북미와 아시아시장에 초점을 맞추고 있다. 또한 프라마툼사의 주식을 34% 확보하여 대주주로 된 프랑스 핵연료공사(COGEMA)에서도 새로운 회사에 전적으로 협력을 하고 있다.

이 새로운 회사명은 “Framatome Advanced Nuclear Power (Framatome ANP)로 결정되어 2000년 8월에는 유럽위원회의 독점금지당국에 의한 조사가 시작되었다. 유럽위원회는 당초 합병회사가 유럽지역 내의 원자력시장에서 상당한 시장점유율을 차지할 것으로 예상되어 새로운 회사 설립에 우려

를 나타내었지만 프라마툼사와 지멘스사가 NPI를 통하여 공동사업을 한 실적도 있기 때문에 특히 문제는 없을 것이라는 것이 지배적 의견이다.

프랑스 정부는 자국내의 대규모의 원자력산업 재편을 추진하고 있다. 원자력산업을 정부 관할하에 둔다는 기본정책은 변함이 없지만 지주회사와 같은 조직 하에서 사업부문별로 자회사로 분리하는 방향으로 움직이고 있다. 구체적으로는 원자로, 탐광, 핵연료주기·서비스, 폐로(decommissioning), electronic connector의 각 사업에 대해 자회사를 설립하여 효율화를 추진하는 내용으로 되어 있다.

프라마툼사와 지멘스사(KWU)가 이제까지 공급해 왔던 원자력발전소의 설비용량은 가압수형원자로(PWR)과 비등수형원자로(BWR)을 합쳐 약 15,000만 kW로 세계 최대의 규모이다. 그 다음으로는 WH사와 ABB 그룹을 합친 PWR과 BWR의 설비용량은 약 10,000만kW로 두 번째이며 러시아(체코의 Skoda사를 포함함), General Electric(GE)사, 캐나다원자력공사(AECL)사, 일본 Mitsubishi(三菱), Toshiba(東芝), Hitachi(日立) 순으로 되어 있다. 그러나 프라마툼 ANP와 웨스팅하우스 그룹의 2개사의 규모는 다른 회사들에 비해 두드러진다.

나. 핵연료주기 사업의 재편

핵연료주기 관련사업의 재편도 활발하게 추진되었다. 원자력발전 개발의 정체로 인하여 핵연료주기의 각 부문에서의 수요도 대폭적으로 감소된 경향을 보이고 있다. 미국의 에너지정보국(EIA)의 표준 예측에 의하면 전세계의 연간 우라늄 소요량은 1999년도의 15,660만 lb (U3O8)이 2002년을 피크로 감소하게 될 것이며 2020년에는 12,090만 lb까지 낮아질 것으로 예측하고 있다. 농축조업의 연간 수요도 1999년도의 33,200tSWU(분리작업단위)였지만 2003년의 34,200tSWU를 피크로 2020년에는 약 26,500tSWU로 감소될 것으로 예측하고 있다.

OECD 가입국 중 프랑스, 독일, 네덜란드, 일본, 미국의 농축능력만을 합치더라도 약 35,000t에 달하므로 공급능력이 수요를 크게 초과하게 될 것이다. 이와 같은 상황에서 세계 최대의 농축회사인 미국의 USEC사는 2000년 6월에 오하이오주의 Portsmouth 농축공장(설비용량 7,400tSWU)의 조업을 2001년 6월에 중지할 것을 발표하였다. 세계적인 농축수요의 저하로 인하여 켄터키주의 Paducah공장(설비용량 11,300tSWU)에서 조업을 합친다는 방침에 따라 결정된 것이다. USEC사는 Portsmouth공장의 조업중지로 인하여 설비이용률은 현재의 25%에서 50%정도 높아질 것으로 보고 있다.

연료가공에 대해서는 OECD 가입국만 보더라도 1999년도 실적인 14,000tHM(heavy metal)/년의 공급능력에 비해 수요는 8,700t으로 공급을 따르지 못하고 있다. 2010년에는 OECD 가입국의 공급능력은 9,800t으로까지 감소될 것으로 예측되고 있지만 그래도 수요는 1,000t 정도에 그칠 것으로 예상하고 있다. 또한 시장자유화로 인한 경쟁의 심화로 인하여 전력회사간에는 연료비용을 더욱 삭감하려고 하는 움직임이 전세계적으로 확산되고 있다. 이러한 움직임에 따라 연료가공 부문에서도 재편이 구체화되고 있다.

BWR을 제조하는 GE, Hitachi(日立), Toshiba(東芝)의 3개 회사는 핵연료 합병회사인 Global Nuclear Fuel(GNF)사를 2000년 1월에 설립하였다. 3개 회사가 공동출자하고 있는 Japan Nuclear Fuel(JNF)사와 GE의 Wilmington 핵연료공장을 법인화한 Global Nuclear Fuel America(GNF-A)사에 영업, 설계, 개발부문을 통합하여 양사를 GNF가 총괄하는 시스템으로 되어 있다. GNF는 GE사가 51%, Hitachi와 Toshiba가 각각 24.5%씩 출자하고 있다. 세계동향으로 보더라도 3개사의 관계가 연료의 통합만으로는 그치지 않을 것으로 보고 있다. 즉 BWR 연료의 세계시장에서의 점유율은 GNF가 46%, 프라마툼 ANF가 28%로 이 양사만으로도 거의 75%를 차지하고 있다. PWR 연료에 대해서는 프라마툼 ANF가 40%, BNFL·WH의 연합이 30%를 차지하게 되어 핵연료에 있어서 독점화의 경향이 두드러지게 나타나고 있다.

다. 차세대 원자로개발

이러한 어려운 상황하에서도 차세대의 발전로 개발이 착실하게 추진되고 있다. GE의 개량형 비등수형원자로(ABWR), ABB-CE의 System 80+, WH사의 AP-600이 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 설계인증을 획득하였다. 이 중에서 GE사의 개량형 비등수형원자로(ABWR)는 현재 일본의 카와사키카리와(柏崎刈羽) 6, 7호기(출력 135만 kW)로 가동중이며 요코오카(浜岡) 5호기와 시가(志賀) 2호기에서 건설중이며 오오마(大間)과 토리네(島根)에서 건설이 계획중에 있으며 대만의 龍門 1, 2호기에서도 채택되어 건설이 진행중에 있다.

이 외에도 Mitsubishi사의 개량형 가압수형원자로(APWR, 출력 150만 kW), Framatome사의 N4(PWR, 출력 150만kW), Siemens사의 SWR-1000(BWR, 출력 100만kW), Framatome사와 Siemens사의 EPR, 러시아원자력청(Minatom)의 VVER-640(64만kW, Siemens사가 협력), 남아프리카전력청(Eskom)이 Siemens사와 ABB(당시)의 협력을 얻어 개발을 추진하고 있는 Module형 고온가스로(PBMR) 등이 있다.

이러한 차세대 원자로의 공통된 점은 원자로 표준화이다. 원자력발전의 초기에 세계의 원자력발전 개발을 주도한 미국에서 건설된 원자력발전소는 사실상 각각 설계가 다른 특별주문이었다고 말할 수 있다. 미국 원자력에너지협회(NEI)에서는 규제요건이나 인허가 기준, 기술 등이 급격하게 변화된 시기에 원자력발전소가 설계·건설된 것이 설계가 다르게 된 큰 원인이었다고 말하고 있다. 전력회사가 특별히 주문한 원자력발전소에서는 이와 같은 비효율로 인해 이중으로 어려움을 겪게되었으며 비용이 증가하게 된 원인으로 지적되고 있다. 1979년에 미국의 TMI사고가 일어나기 이전인 70년대에 미국에서 원자력발전소의 발주가 점차 낮아지게 된 것도 이것이 원인이라는 지적도 있다. 이러한 이유와 더불어 미국의 TMI 사고가 일어난 후에 규제

강화라는 요인이 더해져 미국의 원자력발전은 더욱 쇠퇴하게 된 것이다. 이러한 것이 교훈이 되어 표준화가 대두되기 시작하였다고 할 수 있다.

현재 만들어져 있거나 가까운 장래에 완성될 신형로가 신규발주가 거의 없는 미국과 유럽 시장에서 어떻게 받아들여질지가 장래의 원자력의 행방을 크게 좌우하게 될 것이다.

라. 비효율발전소의 폐쇄

스웨덴, 독일은 물론 오스트리아에서는 EU가입을 빌미로 인접국인 체코에 원자력발전소의 운전을 반대하고 있으며, 스위스에서는 반원자력발전 국민투표가 실시되는 등 거의 대부분의 서유럽국가에서는 정치적 요인으로 인해 원자력발전이 중지되거나 폐쇄되는 위기에 처해wu 있다. 어떤 설문조사에서도 현재 독일의 전력회사의 대부분이 원자력발전소 신규발주에 대해 최대 장애가 되는 것이 “정치적 반대”라고 말하고 있다.

독일에서는 전력회사가 수익성을 올리기 위해 일부 비효율적인 원자력발전소를 포함한 잉여설비의 폐쇄를 계획하고 있다. 독일의 최대 회사인 RWE사는 전체의 16%에 해당하는 500만kW를 2004년까지 폐쇄하기로 결정하였다. 또한 이 회사의 경쟁사인 Eon사도 480만kW를 폐쇄하기로 발표하였다. 이 외에도 독일의 4번째 규모의 전력회사인 EnBW사도 발전설비를 삭감할 것이라고 말하고 있다. 발전설비가 전체적으로 과잉 상태를 보이고 있으며 전력수요가 그다지 크게 증가되고 있지 않는 상태에서 간접비의 삭감과 더불어 비효율적인 발전소를 폐쇄함으로써 자본의 수익을 올리려고 하는 의도가 강하다.

이러한 것은 미국의 발전사업자에게도 공통된 사항으로 볼 수 있다. 미국에서는 전력자유화의 추진에 따라 경쟁이 더욱 치열할 것으로 보임에 따라 잉여 설비를 최대한으로 줄이는 방침으로 하고 있다. 그러나 이러한 것은 예비전력의 저하를 의미하며 예상외의 전력수요 증가에는 대응하기 어렵다

는 단점도 있을 것이다. 캘리포니아에서 발생된 2000년 여름의 전력가격 급등이 이러한 것을 반영하고 있는 좋은 사례이다.

유럽 최대의 원자력발전국인 프랑스는 현재 원자력발전에 의해 전체 전력의 약 3/4을 공급하고 있기 때문에 이것 이상으로 원자력발전의 규모를 확대하는 것은 어려울 것으로 보인다. 앞으로는 기존의 원자로를 대신할 새로운 원자로형의 수요가 어떻게 될 것인가하는 것으로 좁혀지게 된다. 단, 프랑스의 원자력발전소의 평균 운전연수(약 15년)은 독일(19년), 스웨덴(21년)보다 짧으며 가장 오래된 것도 1977년에 운전을 개시한 Fessenheim 1호기이므로 당분간은 새로운 것으로 대체하는 것은 없을 것으로 보인다. 2000년 7월에 조스팽 수상에게 제출된 보고서에서도 운전기간을 45년으로 하는 경우가 가장 경제적이라는 결과를 나타내고 있으며 프랑스로서도 가능한 한 원자력발전소를 장기간에 걸쳐 운전하려고 하는 경향이 강하게 나타나고 있다.

이러한 상황에서 유럽에서의 새로운 원자력발전소의 착공은 매우 불투명하다는 것이 현재의 상황이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 가운데 책임있는 관계자들의 원자력발전을 지지하는 의견들도 나오고 있다. 즉, 유럽연합의 장기적인 전력수요를 고려할 경우 원자력발전을 배제하는 것은 현실성이 없으며 일부 국가에서의 반원자력발전의 움직임을 견제하며 원유가격의 급등과 불안전성에 대한 상세한 분석을 할 필요가 있다는 견해도 있다.

2. 미국의 원자력산업

유럽과는 대조적으로 미국에서는 신규 원자력발전소의 발주시기를 예상하는 관계자도 있다. 관계기업으로 구성되는 압력단체인 미국 원자력에너지협회(NEI)의 관계자는 낙관적으로 전망한다면 전력시장 자유화의 경쟁하에서도 5년 이내에 미국에 신규 원자력발전소를 발주할 것이라고 말하고 있다.

이러한 전망을 하게 된 원인으로서 과거 최고의 설비이용률 달성, 과거

최고의 발전량 달성 등 높은 가동실적과 더불어 NRC에 의한 인허가 절차의 합리화와 표준 원자로의 설계인증이라는 신규 발주를 위한 미국 내의 조건이 정비되고 있다는 것이 큰 영향을 주고 있는 것으로 보인다.

원자력발전에 있어서 불리하다고 지적되고 있는 전력시장 자유화에 대해서도 최근 원자력발전소의 경매에서는 매수가격이 최근 1년반 동안에 10배나 증가되었다는 보고도 있어 충분한 경쟁력을 가진 것으로 보고 있다. 이와 같이 원자력발전소가 다른 전원과 비교하여 충분한 경쟁력이 있다는 것이 판명됨에 따라 규모가 큰 사업자에게 소유권과 운전을 통합하는 움직임이 두드러지고 있다. 현재 추진되고 있는 합병계획이 완료되면 원자력발전소를 운전하는 27개 전력회사 중 상위 5개 전력회사만으로도 미국 전체 원자력발전소의 반 이상을 차지할 것으로 보인다. 또한 웨스팅하우스사가 만든 PWR을 운전하는 서부지역의 5개 전력회사는 비용삭감을 위한 전력적 연합을 2001년 1월에 발족할 것으로 결정하였다. 이들은 포함하면 미국내의 3/4 정도의 원자력발전소가 상위 10개 전력회사의 지배하에 들어가게 될 것이다. 이제까지는 1기의 원자력발전소를 수개의 전력회사가 공동으로 소유하는 경우가 있기 때문에 이러한 합병계획은 미국의 전력산업에 큰 전환을 가져다 줄 것으로 기대한다.

미국 국내에서는 신규 원자력발전소를 발주하기에는 적어도 10년 정도가 걸릴 것으로 예상하고 있는 것이 일반적이다. 이러한 배경에는 다음과 같은 것을 들 수가 있다. 사용후핵연료의 처분에 대한 전망이 아직 불투명하다는 것이다. 원자력발전소에서 나온 사용후핵연료에 대해서는 DOE의 책임하에서 처분하며 처분에 필요한 비용은 발생자인 전력회사가 부담하는 것이 법률로 정해져 있지만 최종처분장 설치가 대폭적으로 지연되고 있으며 중간저장소의 계획도 그다지 진척되고 있지 않다. 현재 처분장의 후보지로서 네바다주의 유카마운틴에서 과학적 조사가 실시되고 있지만 사용후핵연료를 반입하기까지에는 아직 상당한 시간이 걸릴 것으로 예상하고 있으며 아무리 빨라도 조업개시는 2010년 이후가 될 것으로 전망하고 있다. DOE는 2000년

11월에 10년에 걸친 과학적 조사에 대한 결과를 발표하여 유카마운틴을 최종처분장으로 하는 방안을 대통령에게 권고할 것인지에 대한 결정을 2001년에 할 것으로 보인다.

이러한 상황에서 최종처분장이 조업하기까지의 중간저장시설 계획이 상당히 진척되었다. NRC 사무국이 2000년 10월에 사용후핵연료의 중간저장시설의 건설 신청에 대해 안전상의 문제는 없으며 규제요건에도 적합하다는 안전평가 보고서를 발표하였기 때문에 인허가 절차에는 그다지 문제가 없는 것으로 보인다. 이 저장시설에서는 사용후핵연료를 대형의 캐스크에 넣어 지상에서 20년정도 저장하도록 되어 있다. 건설 예정지인 유타주 Tooele 부근의 Goshute 인디언보호구역에 전력회사 8개사가 공동으로 설립한 민간연료 저장 유한책임회사(PFS)가 건설을 신청하였다.

이러한 움직임은 보더라도 최근의 원유·천연가스 가격의 급등, 그리고 온실효과 가스의 배출억제 등의 환경문제 등으로 원자력발전을 둘러싼 환경은 더욱 좋아지고 있다. 신규 원자력발전소의 발주로 이어지기에는 미국 국내 외의 원자력발전소가 안전하게 운전되어 TMI 사고나 체르노빌 사고와 같은 것이 두 번다시 일어나지 않도록 하는 안전확보가 대전제로 되어야 할 것이다.

제 4 절 우리나라와 원자력후발국과의 기술협력 동향

1. 베트남의 원자력 이용개발 동향과 우리나라와의 협력 방향

우리나라는 1980년대부터 적극적인 원자력발전기술의 자립정책과 원자력발전의 지속적인 이용정책의 추진으로 원자력발전 분야의 경우 기술자립은 물론 한국표준형 원전설계 능력확보와 주요 원전 기자재의 국산화 등도 성공적으로 달성하였다. 1990년대에 들어서서는 국내 독자적인 원자력산업 공급체제를 정립하고 북한 경수로 건설 등 원자력기술의 해외로의 진출까지 진행되고 있다.

한편 개도국들은 인구증가와 산업개발, 국가경제의 발전 등으로 에너지 및 전력수요가 급증할 것으로 전망되고 있으며 이와 함께 온실가스 방출규제와 환경오염 문제 등으로 향후 베트남 등 아시아 지역의 개도국을 중심으로 원자력시장이 확대될 것으로 전망되고 있다.

베트남은 통일 이후 국가 재건을 목표로 개방정책과 적극적인 산업개발 추진으로 고도의 경제성장이 진행되고 있으며 에너지 및 전력수요가 급증하고 있다. 이와 같은 전력 및 에너지수요를 충족시키기 위하여 원자력이용개발 분야에서도 2017년을 전후로 최초 원전을 도입을 위한 정책 결정 등 다각적인 준비를 구체적으로 추진해오고 있다.

이와 관련하여 베트남으로서 원전수출을 위한 선진국의 진출노력은 한층 강화하고 있으며, 베트남은 이러한 측면에서의 원전도입과 관련한 국제협력 관계를 다변화하는 등 선진국과의 원자력 국제협력도 강화하고 있다.

특히 베트남은 원자력 기술자립정책을 장기적인 목표로 원전도입을 추진하고 있으며, 협력 모델국가로 개도국으로서 단기간에 원자력기술자립을 성공적으로 달성하고 원자력개도국에서 선진국으로 도약한 한국과의 협력을 적극 희망하고 있는 것으로 생각된다. 베트남과의 공식 외교관계는 1992년 12

월 수립하고 '93년 2월 경제·기술 협력협정과 '93년 5월 무역, 항공, 투자보장협정이 체결되었으며, '94.5 이중과세방지협정, '94.8 문화협정, '95.4 해운협정, '95.4 과학기술 협력협정, '96.11 원자력 협력협정 그리고 '98.12 사증(visa) 면제협정이 체결되었다.

가. 베트남의 원자력 이용개발 동향과 전망

(1) 베트남 개론

베트남은 전형적인 농업국가로 인도차이나 반도 동부에 위치하고 있으며 남북간 길이가 2,600km로 그리고 동서로는 40-100km로서 중국과 라오스, 크메르와 국경을 인접하고 있으며 기후는 북부지역은 아열대성기후이고 남부는 열대몬순기후로 분류된다.

베트남은 사회주의 공화국으로 국토면적은 33만Km², 총인구는 7,800만명(1998년) 내외로 추정되고 있으며 인구증가율은 지난 '80년대는 3%이상에서 '90년대에 들어와 2% 이하로 감소되었다.

1986년 제6차 당대회에서 “도이 모이”라는 신 경제 정책의 도입으로 새로운 시장경제 체제를 채택하고 적극적인 외국인 투자 유치 노력을 기울이고 있다. 1990년에서 1997년까지 평균 경제성장률은 8%대로 고도 성장을 하였고 1998년도에는 국제적인 외환위기 등으로 경제성장률 5.8%대로 둔화되었고 1999년의 경제성장률은 7.4%이었다. 국내총생산은(GDP) 300억달러, 1인당 GNP는 350달러 수준으로 총 노동인구의 80% 이상이 농업에 종사하고 있으며, 베트남의 주요 경제지표는 <표 4-7>과 같다.

(2) 에너지자원 및 전력 수급

베트남은 에너지 자원이 풍부한 것으로 알려지고 있으나 주로 중부 고원지대에 매장되어 있으며 아직까지 정확한 매장량 추정 및 개발이 진행되지

못하고 있는 것으로 보인다. 석유는 동지나해에서 60억 배럴의 확인 매장량이 있으며 채굴이 진행되고 있다. 또한 최고 수십억 배럴의 매장량이 추정되는 유전들이 탐사 또는 추정되고 있다. 최근에 정련시설을 완공하여 베트남 산업개발에 활용하기 시작하였다. 1997년 원유수출은 900만톤에 달하였으며 원유와 천연가스를 포함하여 추정되는 수출액은 170억US\$에 달하는 것으로 추정되며 석유완제품 수입도 800만톤에 달하고 있다. 천연가스의 경우 아직 개발 초기단계에 있으며 현재 확인된 매장량은 6 Trillion Cubic Feet(TCF)에 달하고 있다. 또한 이외에 추가가능 매장량은 10TCF로 추정되고 있다.

<표 4-7> 베트남 주요 경제 지표(* : 추정치)

구 분	단위	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000*
경상GDP	십억불	15.5	20.1	25.0	27.0	30.6	26.3	29.9
GDP성장률	%	8.8	9.5	9.4	8.8	5.8	4.6	5.5
평균환율	1불당(동)	10,951	11,094	11,006	12,290	13,982	14,700	15,435
재정적자/GDP	%	1.7	1.3	0.6	1.8	2.2	3.1	3.2
통화량 증가율	%	33.2	22.6	20.8	16.0	15.5	16.5	39.6
소비자물가 상승률	%	14.4	12.7	4.5	3.5	10.6	11.5	8.0
무역수지	억달러	△12	△19	△34	△17	△10	△22	△26
수출	"	36	53	71	95	93.8	93.1	109.1
수입	"	49	70	104	116	113.9	116.0	135.2
경 상 수 지	"	△12	△19	△34	△17	△10	△25	△33
총외채액	억불	62	76	98	99	105	112	128
총외채액/GDP	"	39.7	37.4	42.2	41.1	42.3	42.6	44.1

세계에너지협의회(WEC)는 베트남의 석탄 매장량을 165백만short톤으로 추정하고 있으며 중부지역에 매장되어 있다. 석탄생산량은 1995년의 6.7백만 톤에서 1996년 8.5백만 톤으로 증가되었으며 수출량도 1994년 200백만

톤에서 1996년 3.3백만 톤으로 증가되었다.

우라늄자원의 경우 베트남 중부지역에서 주로 발견되고 있으며 현재까지 30만 톤 U_3O_8 의 매장량을 확인된 것으로 알려지고 있으며 품위는 경제성이 없는 것으로 알려지고 있다.

베트남의 일인당 전력소비는 아주 작은 국가 중에 속하지만 급속한 경제 성장과 산업개발과 경제 개발, 인구의 도시집중, 국민생활 향상 등으로 전력수요증가는 과거 5년간 전력의 연간 수요성장률이 12.5%에 이르는 등 급속하게 증가되고 있다.

베트남은 이러한 전력수요를 충족시키기 위해서는 연간 17.5%의 시설용량을 늘려야 할 것으로 추정하고 있으며 발전시설용량은 500만kW(1997년)로 이중 수력이 67%를 차지하고 있으며 석탄화력과 가스화력이 18%와 15%를 차지하고 있다. 따라서 베트남의 전력수급정책은 수력중심의 전력공급을 해오고 있다. 베트남 전력수급에서의 주요문제는 남북간 송전망이 길어 송전문제가 어려운 상황에 있고, 수력의 경우 주로 북부에서 발전이 이루어지고 있으며 전기에 전력생산의 불안정성이 문제로 되고 있다.

이에 따라 베트남은 장기전력수급계획을 수립하여 전원개발을 적극 추진하고 있다. 현재 계획중인 제4단계 전력개발종합계획에서 보면 2005년까지 52 TWh 전력 생산, 그리고 2020년까지 204 TWh 전력 생산을 목표로 하고 있다.

2010년 이후 장기 전망의 경우 2010~2020년간의 베트남 GDP 성장률은 9~10% 정도일 것으로 추정되고 있으며, 이에 따라 2020년에는 전력 수요가 190~250 TWh에 달할 것으로 추정되고 있다. 이에 따라 베트남은 이 기간에 에너지 수입국으로 전환될 것으로 예상하고 있으며, 이에 대비하여 전원개발과 전원다양화를 추진하고 있다.

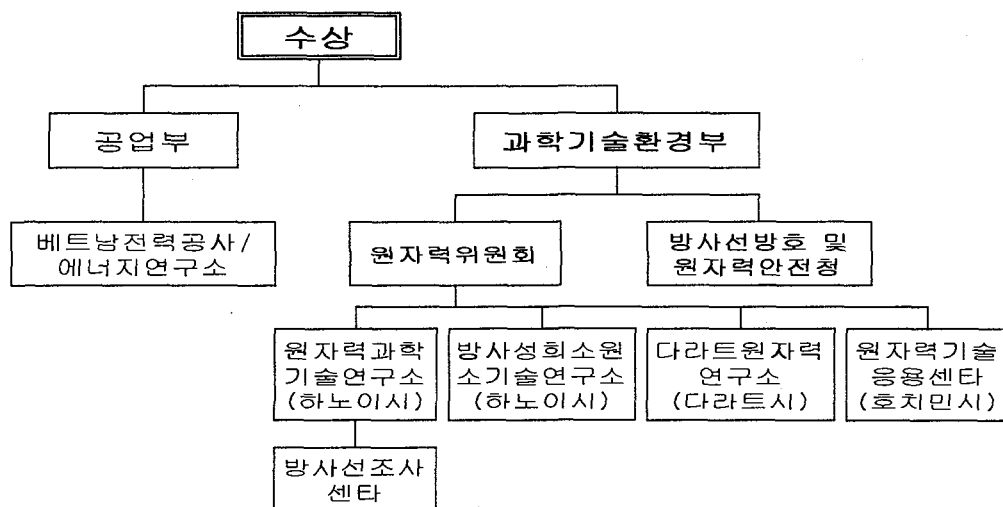
이러한 수요를 충족하기 위하여 ① 해외 석탄 수입, ② 원자력개발, ③ 원자력개발과 석탄 수입을 적절히 배분하는 3개 정책 대안이 고려되고 있

으며 전력수급계획에서는 전략개발의 우선 순위로서 ① 수력개발, ② 천연 가스 및 석탄 발전소 건설, ③ 2017년 이후 원전 도입을 위한 적극적 준비를 들고 있다.

(3) 원자력이용개발 행정체제

베트남에서의 원자력관련 정부부처는 이용개발 행정은 과학기술환경부(MOSTE)가 맡고 있으며 산하에 연구개발은 베트남원자력위원회(VAEC)가 담당하고 원자력 안전은 방사선방호 및 원자력 안전청(VRPA)에서 담당하고 있으며 베트남원자력위원회산하에 4개 연구소가 있다. <그림 4-7>은 베트남의 원자력관련 행정체제를 보여주고 있다.

이외에 공업부가 원자력발전 도입에 관여하고 있으며 산하에 베트남 전력공사와 에너지연구소를 두고 있다.



<그림 4-7> 베트남 원자력관련 행정체제

(4) 원자력이용개발 추진 동향

(가) 원자력 연구개발 동향

베트남의 원자력연구개발은 1960년대부터 추진되어 왔으나 오랜 전쟁기간 커다란 진보는 이룩하지 못하였으며, 통일이후 1980년 중반부터 정부의 지원과 국제원자력기구 및 러시아 등 외국의 원조 등을 통하여 활성화를 추진해오고 있다.

1990년대 들어 기초연구를 활성화를 기하고 동위원소 응용 및 이용연구, 연구용 원자로의 활용한 연구활동이 강화되었다. 이와 함께 에너지와 전력수요를 장기적으로 충족시키기 위한 원자력옵션을 가지기 위하여 원자력발전 도입도 적극적으로 추진해오고 있으며, 이를 위한 인력양성과 국제협력을 강화해오고 있다.

현재 전반적으로 연구개발은 기초단계로 인력부족과 연구시설의 빈약, 재정지원 문제 등 전반적으로 개발초기 단계에 머물고 있으며, 연구 개발활동은 점차적으로 활성화되어가고 있는 것으로 보인다. 원자력이용은 주로 방사선과 방사성동위원소의 응용과 이용 등 주로 의학분야에서 이루어지고 있으며, 방사선식품조사와 의료기기 살균 분야 등 방사성동위원소 사용 이용도 점차 증가하고 있으나 아직 이용 초기 단계에 있는 것으로 보인다.

(a) 베트남원자력위원회(Vietnam Atomic Energy Commission, VAEC)

베트남원자력위원회의 설립배경을 보면, 통일 이후에 1976년 4월 26일 전신 과학기술국가위원회산하에 달라트 원자력연구소 설립을 결정하였고 이후 달라트 원자력연구소를 토대로 총리 산하에 원자력연구소를 설치하였다.

1984년 6월에는 수상직속으로 원자력 연구소를 베트남국가원자력위원회(VAEC)로 개편하고 1993년 9월 도이모이 정책에 따른 행정개혁과 함께 베트남국가원자력위원회를 총리산하에 과학기술환경부산하에 이관하고 이름도 베트남원자력위원회로 개명하여 오늘에 이르고 있다.

베트남 원자력위원회산하에는 원자력연구소(NRI, 달라트), 원자력기술

센터(CNT, 호치민시), 원자력과학기술연구소(INST, 하노이), 방사성 및 희소원소 기술연구소 (ITTRE, 하노이)를 두고 있으며 전체 인력은 1995년의 700명 수준에서 구조조정을 한 후 520명 수준으로 감소되었으며 달라트 연구소가 170여명, 원자력과학기술연구소는 100명 수준이며 주요 연구자는 주로 구소련, 동유럽, 프랑스에서 유학한 사람들로 구성되어 있으나 최근에 들어 서방세계에서 훈련받은 신진세대로 교체되고 있다. 연간 예산은 2-300만 US달러 수준이다.

(b) 베트남 방사선방호 및 원자력 안전청(Vietnam Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, VRPA)

베트남 방사선방호 및 원자력 안전청은 1994년 7월 30일 베트남원자력 위원회로부터 분리 독립한 과학기술환경부 소속의 독립관청으로 방사선 방호 및 원자력안전 규제와 관련하여 법무, 평가·인허가, 검사, 방사성 폐기물관리, 인력 훈련·정보, 비상계획, 국제관계 및 관리 등 총 8개의 부서로 구성되어 있다.

현재까지 베트남에서는 원자력산업시설이 거의 없으며, 일부 연구시설과 방사선 및 동위원소이용이 병원과 방사선조사시설에 국한되어 있는 등 이용개발 활동이 미약하여 규제활동은 미약하다. 따라서 향후 원전도입과 원자력이용개발을 위한 법적 체계와 기반조성을 위한 법령정비 중점을 두고 활동을 해오고 있다.

원자력 관련법으로는 1997년 1월 4년간의 걸쳐 방사선이용, 방사선물질의 수입·수송을 위한 검사, 허가 등에 대해 규정한 방사선안전관리법을 제정하였으며, 이외에 환경보호법(1994년 1월 공포)과 근로자보호법(1992년 1월 공포) 등이 있다.

(c) 원자력과학기술연구소(Institute for Nuclear Science and Techniques, INST)

원자력과학기술연구소(INST)는 1990년에 설립되었으며 원자력발전과 원자력기술의 연구개발을 수행하는 원자력기초 종합연구소이다. 이 연구소는 이를 위하여 원전계획센터, 원자력기술 응용센터, 방사선 조사센터, 방사선방호 및 환경감시센터, 이론물리센터 등이 있다.

원전계획센터는 원전도입 타당성 연구를 관련정부와 국제원자력기구 등과 협력으로 수행하고 있으며. 방사선조사센터는 100kCi의 Co-60를 사용하고 있으며 하노이지역에서 상품서비스를 제공하고 있다.

(d) 방사성 및 희소원소 기술연구소(Institute for Technology of Radioactive and Rare Elements, ITRRE)

방사성 및 희소원소기술연구소(ITRRE)는 원자력위원회의 전신소속의 핵물질센터, 화학분석센터, 광물채굴 및 정련센터, 하노이 원자력기술의 화학분야를 통합하여 1991년 1월 설립되었다.

이 연구소는 베트남의 방사성 및 희토류 원소의 자원탐사와 정광생산을 위한 연구개발을 수행하고, 정광처리와 관련 장치의 연구와 설계 및 제작, 시장수요 조사와 기술이전, 관련 정보수집 등이며, 핵연료 분야의 국가정책을 설정하기 위한 경제성과 기술적 검토를 수행하고 있다. 이를 위해 광물 정광, 처리, 정련, 야금, 화학분석 연구실이 있으며 2개의 정련 파이롯트시설이 있다.

현재 우라늄과 희소원소의 자원탐사가 주요 활동으로 현재 연구활동은 기초 연구분야에 치중되어 있으며 천연 우라늄 정련을 위한 모나자이트 파이롯트 시설을 가동하고 있다. 향후 원전도입 정책에서의 핵연료주기 분야를 담당할 것으로 판단된다.

(e) 달라트 원자력연구소(Dalat Nuclear Research Institute)

베트남 남동부 달라트시에 위치하고 있으며 1976년에 설립되어 베트남에서의 원자력관련 기초연구의 중심적인 역할을 수행하고 있다. 주요 임

무는 원자력과학기술분야의 기초 및 응용연구와 연구로 운영 및 이용연구, 인력양성, 원자력안전 및 방사선안전 연구 등이며 산하에 연구로센타와 원자력훈련센타가 있다.

실험용 연구로는 1963년 7월에 첫 임계에 도달하였으며 미국에서 도입된 TRIGA Mark-II 원자로(250 kW, 풀형)이다. 1975년 이후에 미군이 철수할 때 핵연료를 반출하여 운전이 정지되었으나 구소련의 원조로 1980년부터 1983년까지 개조공사가 이루어져 500kW로 출력증강과 함께 1983년에 임계를 달성하였고 1984년에 재 가동을 하였다. 또한 이후 1992년부터 1995년까지 IAEA의 기술협력이 개시되어 전반적인 보수·개조가 실시되었다. 이 연구로의 핵연료는 VVR-M2로 농축도는 36%이다.

현재 원자로의 알루미늄 탱크에서 부식이 발생하여 보수를 필요로 하고 있으며 신 연구로의 건설 때까지 이 연구로를 계속해서 운영을 해야 되는 상황으로 이 연구로의 수명연장과 안전성 평가 문제가 제기된 상황에 있다.

산하에 원자력훈련센타는 1999년 9월에 설립하였으며 아직까지 시설이나 인력 등이 미약하고 외국으로부터 원조를 기대하고 있다.

(f) 원자력기술센타(CNT)와 방사선조사 연구개발센타(CRDRT)

호지민시에 위치하고 있으며 방사선 육종 및 방사성동위원소의 응용연구를 중점적으로 수행하고 하고 있으며, 또한 방사선조사 연구개발센타는 1999년에 300kCi의 Co-60 조사시설을 가동하였다.

(나) 원전도입 추진 관련 동향

베트남에서의 원자력발전 도입에 관한 조사는 베트남원자력위원회가 중심이 되어 설립초기인 1980년대 중반부터 추진해왔으며 관련기관으로는 과학기술환경부와 베트남 원자력위원회, 계획·투자부(MOPI) 공업부(MOI)와 산하의 전력공사(EVN), 에너지연구소(IE)가 있다.

최근 베트남 과학기술·환경부 산하의 베트남 원자력위원회(VAEC)와 베트남 공업성의 에너지연구소가 '96년부터 '99년까지 31억동(1달러 = 11,000 동)의 정부 예산으로 공동 실시해 온 “원자력발전 도입 가능성에 대한 종합조사”의 최종보고서를 2000년 10월 정부에 제출하였으며, 이 보고서에서는 2010년부터 2020년 사이에 첫 원전 유닛을 운전 개시할 수 있도록 조속히 정책을 결정하도록 정부에 권고하고 있다. 베트남 정부는 이 보고서를 2000년 말까지 심사위원회를 구성하여 심사한 다음에 국회에 제출(2001년 초 예정)하여 국가의 정책을 결정할 방침이다.

'81년부터 '85년까지 실시된 예비조사 결과를 바탕으로 실시된 이번의 종합조사에서는 장기 전력수급계획, 원자력 도입에 관련된 경제성, 기술개발, 폐기물 관리, 환경, 재정투자, 인프라스트럭처, PA, 입지, 국내의 우라늄 매장량, 기술 이전 등 모든 측면에 대한 종합적인 사전평가와 분석이 실시되었다.

이와 함께 VAEC는 원자력발전 도입을 위한 과학적, 경제적, 사회적 기반을 결정하는 조사도 병행하여 1996년부터 추진해오고 있다. 베트남에서의 원자력발전의 중요성, 사회기반시설, 경제성, 자금조달, 투자, 기술개발, 안전성, 연료, 방사성폐기물 관리, 인재양성, PA, 부지조사, 국제협력 등이 주요 조사항목으로 되어 있다. 이 보고서에서는 베트남원자력위원회(VAEC)는 가장 경제적인 전력생산원은 2010년까지 800~1,200MW 정도의 원전을 도입하는 것이라는 연구결과를 제시한 바 있다.

원자력발전소 도입에 관한 종합조사 보고서에 의하면 베트남의 전력수요는 2020년에는 1,400~1,800억 kWh에 달할 것으로 전망하고 있으며 이 중 200억 kWh를 원자력으로 담당해야 할 필요가 있다고 서술하고 있으며 원자력발전 설비용량은 300만 kW이며 이것을 100만 kW 3기 또는 60만 kW 5기 중에서 선택하는 것으로 되어 있다.

원자력발전 도입의 조건으로서는 비용, 폐기물처리 방침의 명확화를 포함

한 안전성의 확보, 신뢰할 수 있는 협력국의 확보 등이 필요한 것으로 되어 있으나 자금조달 문제가 가장 큰 과제로 제기되고 있다.

원전입지 후보 부지는 현재 베트남 남부지역을 중심으로 5-6개 부지를 검토하고 있는 것으로 알려지고 있으며, 원자로형은 정부의 원자력추진에 대한 결정이 된 이후에 결정될 것으로 전망되고 현재로서는 경수로형과 자국 중부지방에 매장된 천연우라늄 자원을 활용할 수 있는 캔두(CANDU)형이 많이 거론되고 있는 것으로 알려지고 있다.

원자로 규모는 60만 kW급과 100만 kW급이 검토되고 있는 것으로 보이며 현재 발전시설용량 규모가 500만 kW수준으로 원전최초호기가 도입이 예상되는 2015-20년경에는 발전 용량규모가 현재의 2-3배로 증가되기 때문에 100만 kW급이 유력시된다. 그러나 최근에 베트남에서도 원자력발전의 안전성에 대한 우려가 확대되는 추세에 있어 현재 개발중인 중.소형로의 경우도 고려가 되고 있는 것으로 생각된다.

베트남의 원전도입은 정부내의 의견수렴절차가 복잡하고 재정적인 어려움으로 원전도입에 대한 정부 최종 결정은 2001년 초반에 있을 것으로 전망되나 지연가능성도 있다. 이와 함께 최근에 베트남에서도 원자력발전의 안전성에 대한 우려가 확대되는 추세에 있어 국민의 원전에 안전의식의 상황도 고려가 불가피할 것으로 전망되고 있다.

(5) 베트남 원전도입 관련 국제협력 동향

국제원자력기구는 베트남에 상당한 원조를 지속적으로 지원해주고 있다. 이중 원전도입 타당사업조사 종합연구를 '96년부터 '99년까지 지원한 바 있으며, 호지민시에 건설한 방사선조사시설 등을 지원하였다.

원전도입 사전 타당성 조사수행과 관련하여 일본의 도시바가 비등수형 경수로(BWR), 미쓰비시 중공업이 가압수형 경수로(PWR), 대우/캐나다원자력공사(AECL)가 CANDU 그리고 프라마툼과 웨스팅하우스 등 세계 주요 원

자력산업체는 2000년에 들어와 기술설명회와 기본자료의 제공 등 베트남과 원전 타당성 조사연구와 관련하여 협력을 적극적으로 추진하고 있는 것으로 알려지고 있다.

특히 일본의 경우 일본 원자력산업회의(JAIF)를 통하여 1999. 12 양국간 협력각서를 교환과 일·베트남 협력연락위원회를 설치하였다. 베트남 원전 도입 건설 타당성 연구와 관련 기술협력단을 2000년에 두 차례 파견한 바 있으며 이와 함께 원자력발전계획 관련 단기연수생 초청계획을 수립하고 2000년 7월부터 수행하고 있다.

나. 한·베트남 원자력 협력현황과 추진방향

(1) 한·베트남 원자력 협력현황

그 동안 베트남은 자국의 과학기술과 원자력정책 추진에 있어 한국을 개도국의 성공사례로 선정하여 한국의 과거 추진 경험과 정책 사례를 적극적으로 도입을 희망해 왔으며, 이를 위하여 정보와 인력교류 등 협력과 지원을 적극적으로 기대하고 이와 관련하여 베트남 과학기술환경부의 정부 관리와 원자력 관련 정부 부처의 전문가들의 방한이 증가 추세에 있다.

한·베트남 원자력협력은 '95년 과학기술협력협정 체결을 기회로 추진되기 시작하였으며 한·베트남의 원자력관련기관의 접촉이 확대되면서 '96년 11월 한·베트남 원자력 협력협정이 체결되었다. 그 동안 한국원자력연구소와 한국전력 등이 베트남과의 원전분야와 방사선조사분야 등의 협력에 대하여 협의가 진행되었으며 '97년 외환위기 이후 다소 소강상태에 있어 왔다.

베트남과의 원자력협력 활성화를 위하여 '99년 5월 서울에서 개최된 제1회 한·베트남 과학기술공동회의에서 그 동안 추진되어 왔던 베트남 원자력 협력 기술조사단 파견이 합의되어 '99년 11월 베트남으로서 원자력기술협

력 대표단이 파견되었으며 2000년 6월에는 베트남 원자력위원회와 방사선 방호 및 원자력 안전청 대표단이 방한하였다.

한·베트남 원자력협력 대표단의 교환방문 등을 통하여 협력관계의 정립과 기반조성이 추진되었으며 한국의 원자력발전의 기술자립 경험과 정책의 성공사례를 소개하고 연구로 건설과 운영 등 원자력분야의 기술개발 상황과 정책 등에 대하여 소개하였다. 이와 함께 베트남과의 향후 협력방향과 추진방안에 대하여 구체적으로 논의가 진행되고 있다.

(2) 베트남과의 원자력 협력방향과 향후 전망

베트남은 한국과의 기술협력 잠재력이 큰 국가중의 하나로 동남아시아 및 아프리카 등 개도국으로 원자력수출의 교두보로서 역할이 클 것으로 생각되며 미국, 일본, 프랑스, 캐나다, 중국 등의 원자력선진국과의 경쟁이 불가피할 것으로 예상된다.

그 동안 원자력발전 사업을 추진하면서 인력양성, 원자로 및 핵연료의 설계 및 원전의 설계와 건설 및 운영에서의 기술자립, 원전 기자재 국산화, 나아가 원전도입 정책 및 전략 개발, 정책 수행 체계 및 하부구조의 정립 또한 지금까지 축적되었던 기술이전 국제협력 경험과 원자력기술 능력 제고 경험 등은 향후 개발도상국으로의 우리나라의 원자력기술의 해외 진출에 많은 도움이 줄 수 있을 것으로 보인다. 이와 관련하여 정부는 최근에 들어 성숙된 국내 원전기술능력을 토대로 해외 원전시장진출을 적극적으로 추진하고 있는 점은 바람직하다고 생각된다.

따라서 베트남과의 향후 원자력협력은 원전 및 연구로 등 원자력기술 수출을 목표로 장기적 전략을 가지고 선투자 개념으로 협력을 추진하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 원전과 연구로 등 원자력기술 수출은 대규모 사업의 특성과 원자력협력의 특수성이 있으므로 우리나라가 개도국으로서 추진하였던 과거의 원자력이용개발 경험과 과거 선진국과의 기술협

력 경험 그리고 정책의 개발과 성공사례 등을 중심으로 베트남의 현지 상황에 맞게 우리나라의 장점을 토대로 협력을 추진하는 것이 바람직하다고 생각된다.

이를 위해서 베트남과의 인력교류와 정보교류 등 지속적인 협력관계의 유지를 통한 기반을 공고히 하고, 협력을 효율적이고 효과적으로 추진하기 위한 국내 추진체계 정립과 추진전략이 마련되어야 될 것으로 생각된다. 이와 함께 이와 관련된 법적 제도적 지원을 위한 국내 기반도 구축되어야 할 것으로 보인다.

또한 정부 및 산업체, 연구기관, 그리고 현지 대사관 등의 다양한 접촉 채널을 최대한 활용하여 베트남의 원자력 관련기관의 협력관계 구축과 관계강화를 지속적으로 추진해야 될 것으로 보인다. 특히 베트남의 경우 같은 개도국으로서의 정서와 유교문화권과 식민지시대 및 전쟁 등의 한국의 정서와 유사하여 양국간 협력에서의 이와 같은 문화적인 유리한 여건을 충분히 활용하는 것도 바람직하다고 생각된다.

2. 이집트의 원자력 이용개발 동향과 우리나라와의 협력 방향

가. 이집트의 원자력이용개발 동향

(1). 일반현황

이집트의 면적은 100만 평방km이며 인구는 1995년도에 약 6천2백만명이었다. 1인당 국민소득은 1994년에 848US\$였으며 현재에는 약 1,000 US\$ 정도에 이르고 있다.

정치조직을 살펴보면 대통령제로 선거를 통해 선출하며 중임이 가능하다. 현 대통령인 무바라크는 18년의 장기집권을 유지하고 있다. 정책결정에 있어서 장관은 실무형을 중심으로 선정되며 최종결정권은 대통령에게 있는 것으로 보인다.

전형적인 사막기후로 지중해연안은 지중해성 기후로 되어 있다. 나일강 유역(2-21km)과 하류 델타지역을 중심으로 농업위주로 발달되어 있으며 관개수로를 통하여 생산성 확장 추진하고 있다. 그러나 애스완댐 건설로 나일강 주변의 오염은 심각한 상황에 직면하는 등 기후 조건과 산업개발의 추진에 따라 전반적으로 주변의 공기오염은 악화되고 있다..

현재 이집트의 국가개발 핵심요소로는 환경보전, 물 확보와 전력의 안정 공급을 중점적으로 추진하고 있다.

(2) 원자력행정

이집트의 원자력관련 행정기구로는 전력·에너지부가 전력 및 에너지 정책을 총괄하고 있으며 동시에 원자력행정도 담당하고 있다.

전력·에너지부 산하에는 원자력청, 핵물질청, 원자력연구기관 및 원자력

발전청을 두고 있다. 원자력청(AEA, Atomic Energy Authority)은 원자력 관련 R&D 업무를 담당하고 있으며, 핵물질청(NMA, Nuclear Materials Authority)에서는 핵물질사찰, 우라늄 탐사 등에 관련된 업무 및 R&D 업무를 담당하고 있다. 또한 원자력발전청(NPPA, Nuclear Power Plant Authority)에서는 원전건설 수행 및 관련 R&D 업무를 총괄하고 있으며, 규제에 관련되는 업무는 NRSC(Nuclear Regulatory and Safety Center)에서 담당하고 있다.

(3) 에너지자원

이집트의 전력시설용량은 1995년도에 약 1,600만kW였으나 최근 전력수요가 급격히 증가하여 8% 이상의 증가율을 보이고 있다. 1980년대 이후 화력발전은 급격하게 증가하여 1995년도에는 약 75% 정도를 담당하고 있으며 나머지 에스완담과 같은 수력발전이 약 25% 정도를 차지하고 있다.

이집트의 향후 전력수급에 있어서는 천연가스를 주종으로 한 화력발전이 주력을 담당할 것으로 전망되며 원자력발전의 도입에 있어서는 적극적으로 추진하고 있다.

원자력발전소 건설에 있어서는 전원 다양화를 위하여 원자력발전 추진하였으며 최초의 원자력발전 계획은 1970년대부터 시작되었다. 1983년과 1986년도에는 원자력발전소 건설에 대해 국제입찰까지 추진되었으나 1986년 체르노빌 사고를 계기로 원자력발전에 대한 사회적인 안전성 문제로 인해 보류되어 있는 상태이다.

1992년도에는 이집트의 경제개발계획 일환으로 90만kW급 2기 원전건설을 발표한 바 있으나 1995년에 착수한 60만kW급(알렉산드리아, EL-DABAA, PHWR) 원전 건설 계획은 그다지 진전을 보이고 있지 않다.

원자력의 해수담수화 연구개발에 있어서는 몇 개 지역에서 해수담수화 시설 건설 추진을 위해 1994년 말부터 타당성 연구를 수행한 바 있다. 현

재 IAEA의 지원을 받아 해수담수용 원자로건설에 대한 타당성 조사를 수행중에 있으며 후보지역으로써 El-Dabaa가 거론되고 있다.

이집트에서는 1987년부터 본격적으로 우라늄 자원탐사를 수행하였으며 현재까지 확인된 자원량은 약 14,000톤 정도이며 추가 매장량은 16만톤 정도 추정되고 있다.

(4) 원자력연구개발 현황

이집트의 원자력 연구개발 관련 역사를 살펴보면 다음과 같다.

이집트는 1955년에 이집트 원자력위원회를 설치하였으며, 1957년에 원자력청 설치법을 제정하였다. 1959년에는 최초로 반데그라프 가속기를 가동하여 원자력관련 연구를 시작하였다. 1961년에는 이집트 최초의 연구용 원자로인 ETRR-1(Triga-mark I)을 가동하여 원자력의 본격적인 연구를 시작하였으며, 이듬해인 1962년에는 동위원소 실험실을 만들어 관련연구를 하였다.

1970년대에 들어와 이집트에서는 원자력관련 기관들을 본격적으로 설립하여 원자력관련 연구를 활발히 추진하였다. 1972년에는 방사선연구 기술국립센터(National Centre for Radiation Research and Technology)를 설립하여 방사선에 관한 본격적인 연구활동을 시작하였다. 1976년에는 원자력발전청(Nuclear Power plants Authority), 1977년에 핵물질청(Nuclear Materials Authority)을 설립하였다.

1980년에는 Hot Laboratories Waste Management Centre를 설립하였으며, 1981년에는 50만 Curie 감마선 조사시설을 건설하여 가동하였다. 1982년에는 원자력안전 방사선통제 국립센터(National Centre for Nuclear Safety and Radiation Control)를 설립하였다. 1989년에는 원자력발전소 관련 기술개발을 위해 PV(Pressure Vessel) Steels Lab.을 설립하였으며, 1991년에 Nuclear Fuel Research Semi-Pilot Laboratory을 설립하여 가동하였다.

1992년에는 방사성동위원소 생산실험실을 증축하였으며, 1992년에 국가 방사선 감시망을 설치하여 운영하였다. 1993년에는 저준위방사성 고체폐기물 소각처리시설을 건설하여 가동하였으며, 1994년에 중준위 액체폐기물 처리시설 및 시멘트 고화시설을 건설하여 가동하였다.

1997년에는 다목적 연구로인 ETRR-2가 임계에 도달하였으며, 1998년 2월에 무바라크 이집트대통령이 참석하여 준공식을 거행하였다.

원자력관련 연구기관 현황을 살펴보면 다음과 같다.

Nuclear Materials Authority는 1976년에 설립되었으며 1987년부터 본격적으로 우라늄자원 탐사를 수행하였다.

Atomic Energy Authority는 카이로에 있으며 산하에 4개의 연구센터를 두고 있다. 이 기구의 인력은 과학자가 1,000명, 기술자 700명, 행정·재정 및 지원인력이 2,500명으로 총 4,300명 정도이다. 예산은 1981년에 2백만 달러였으나 1993년부터 급격히 증가하여 현재에는 약 6천만 US\$에 이르고 있다.

<표 4-8>은 이집트의 원자력관련 주요연구기관의 연구분야를 나타낸 것이다.

Nuclear Research Center (NRC, Inshas)는 1957년에 Inshas에 설립되었으며 ETRR-1(Inshas)의 연구용 원자로를 건설하여 1961년부터 가동하고 있다. 이 연구로는 러시아 탱크형 VVER로서 출력이 2,000kW이며 핵연료는 10% 농축 우라늄 사용하고 있으나 현재 폐로를 검토하고 있는 중이다. 또한 1997년에 Pool형이며 출력이 22,000kW인 ETRR-2(Inshas)을 건설하여 가동하고 있다. 주요 사양으로는 알루미늄메탈핵연료 농축도 19.7%, 중성자속이 10의14승이다. 이 연구로는 아르헨티나가 Turn-Key base로 공급하였으며 50명(운전, 연구요원 30여명)이 종사하고 있다.

주요 활용분야로는 동위원소 생산, 핵연료 및 재료 시험, 원자로무리 및 공학, 열전달, 재료과학, 실리콘도핑, Co-60 생산, 인력양성 등을 하고 있

다.

<표 4-8> 이집트의 원자력관련 주요연구기관의 연구분야

기 관 명	주요 연구 활동 분야	비 고
Nuclear Research Centre (NRC)	• 원자력기초연구(가속기 및 이온선원, 이론물리등) • 선행핵연료주기 및 원자로재료 - 중수, 핵연료개발, 노재료, PVS, Metal Creep 등 • 연구로, 원자로물리 및 공학, 열전달 - ETRR-1, ETRR-2, 핵계측 • 담수화연구 • 방사선방호(방사선 생물학 등) • 동위원소 응용연구 등	1957년 설립, Inshas
National Centre for Radiation Research and Technology (NCRRT)	• 방사선 연구 • 방사선의 산업적 응용 - Co-60(50만 Ci)감마선 조사시설, - 전자가속기(1.5MeV, 20mA) • 생명공학 연구	1972년 설립, Nasr City
Hot Laboratories & Waste Management Centre (HLWMC)	• 후행핵연료주기 연구 • 방사성폐기물처리시설 운영 - 중.저준위 방사성액체폐기물 처리시설(20 cubic meters/day, IAEA협력) - 시멘트 고화시설 및 고화체 임시저장 • 방사성동위원소 생산(IAEA협력) - Radioisotope Production Facility 운영 - Tc-Mo Generators	1980년 설립, Inshas
National Centre for Nuclear Safety and Radiation Control (NCNSRC)	• 방사선선원을 다룬 업체와 시설의 규제 활동 • 원자력시설의 안전 - 핵물질안전조치 실험실(IAEA 협력) • 방사선규제 및 감시 - 방사선 및 환경 방사능 실험실 - 환경방사능감시망 운영(3-5대의 이동실험실)	1982년 설립, Inshas, Nasr City

이 기관의 연구로와 핵연료시설은 낙후된 기술과 시설로 판단되며, 연구로에 대해서는 운전경험의 부족과 이용시설이 미비한 것으로 판단된다. 현재 연구로 운전을 지원을 위하여 아르헨티나의 전문가가 상주하고 있다.

연구로의 활용은 주로 동위원소 생산을 통하여 국내 수요분의 수입대체를 추진하고 있다.

핵물질부(Department of Nuclear Metallurgy, AEA)는 1965년에 설립되어 핵연료개발(우라늄 메탈 및 세라믹 연료)에 중점을 두고 있는 연구기관이다. 독일(KFA, Julich)과의 협력으로 Nuclear Fuel lab ((LWR, Candu형)을 건설하여 실험실규모의 UO₂ 펠렛 생산 및 분석 등을 수행하고 있다. 독일(KFA, Julich)과의 협력으로 Fracture Mechanics and Mechanical Testing lab.을 건설하여 Pressure Vessel Steel에 대한 연구를 중점적으로 수행하고 있다. 캐나다 AECL의 협력으로 연간 20kg/yr를 생산할 수 있는 Heavy Water Pilot Plant를 건설하여 1998년에 가동할 예정이었으나 2000년에 가동이 되었다.

연구로용 핵연료 제조시설로서는 ETRR-2(Inshas) 가동을 위해 핵연료제조공장(알루미늄 금속핵연료로 플레이트 타입)을 동시에 건설을 추진하여 1997년 5월에 완공하여 연구로(ETRR-2)에 핵연료를 제조하여 공급하고 있다. 주요 공정으로는 UF₆를 U₃O₈로 변환한다. 시설용량은 2 Bundles/Month이며 1998년 2월 4일에 가동되었다.

사이클로트론 가속기는 IAEA의 협력으로 250만US\$를 투입하여 건설하고 있으며 1999년 말 완공을 목표로 추진되고 있다. 주요 사양으로는 20MeV, 50 mA, 가속입자는 Proton, Deuteron, Helium-3&4를 이용하고 있다. 활용분야로는 의료진단용 동위원소인 Ga-67, In-111, I-132를 생산하고 있으며 중성자 치료, 산업 응용, 기초연구 등을 실시하고 있다.

원자력기술을 이용한 사막지역 개발을 위해 방사선 육종과 생명공학을 이용한 식물 개발, 생화학비료(Biofertilizers), 사막관개에서 수자원 관리, 사막 적응 동물 개발, 해충구제, 질병관리를 위한 분자생물학 도입, 사막형 건물 개발 등을 추진하고 있다.

국민복지 사업으로서 Co-60 (ETRR-2)를 이용한 방사선치료, ETRR-2,

사이클로트론을 이용한 중성자치료, 암의 조기발견, 방사선 면역연구, 방사선 멸균처리, 식품조사 및 수입 및 수출식품의 방사선 측정을 하고 있다.

방사선의 환경안전을 위해 전국방사선 감시망 설치하여 운영하고 있으며, 실험실을 Nasr City Inshas에 설립하여 운영하고 있다. 또한 방사성폐기물 수거, 처리, 처분, 임시처분장 관리, 수에즈운하의 방사선 안전 관리(방사성 물질 수송선), 방사선 비상대책 등을 실시하고 있다.

원자력기술을 이용한 수자원 개발을 위해 IAEA와 협력하여 수자원 탐사 및 개발·관리를 추진하고 있다.

원자력의 인력 양성을 위한 국제협력으로서 국제 세미나, 워크숍을 개최하고 있으며 IAEA Training Courses 등의 참가를 통하여 국제협력을 추진하고 있다. 또한 IAEA와의 협력을 중심으로 인력훈련, 주요 장비를 확보를 위해 15년동안 2천만US\$을 투입하였다. 현재 20개의 TC 프로젝트가 수행중이고 금액으로는 4백만 US\$에 달하고 있다.

현재 이집트와의 쌍무협정 체결국가로서는 아르헨티나, 캐나다, 독일, 인디아, 러시아, 미국 등이 있다.

나. 한·이집트 원자력협력 방향

한·이집트와의 협력에 있어서는 이집트의 원자력안전규제센타를 대상으로 1989년 안전기술원 주관으로 컴퓨터를 이용한 원전의 안전성분석 프로젝트 사업을 수행하였다. 또한 1993년에는 이집트는 우리나라에게 다목적 연구로분야의 안전규제 기술지원을 IAEA를 통해 요청하였으나 국내사정으로 아직 추진되고 있지는 않다. 현재까지 실시된 한·이집트 원자력협력은 연구로의 운전, 방사성동위원소 생산 및 응용 기술 분야 그리고 해수담수화 원전분야에서 부분적으로 이루어져 왔다.

그러나 우리나라와 협력은 국무총리의 이집트 방문과 무바라크 대통령의 방한 이후의 본격적으로 되고 있으며, 현재 과학·문화협정이 체결되어 있

으며, 과학기술 협력 약정을 2000년 4월 체결하고 원자력 협력협정을 체결하기 위한 작업이 추진되고 있다.

상기 과학기술 협력약정에서 원자력관련 부문을 살펴보면 한·이집트와의 협력에 있어서는 방사성동위원소 생산·응용, 해수담수용 원자로, 원자력 안전성, 재료/핵연료시험, 냉중성자원, 붕소중성자 포획치료법, 핵물질 사찰 등의 분야를 중심으로 정보교환, 공동연구, 전문가 교환, 훈련생 교환 등의 협력을 추진하는데 합의한 바 있다. 또한 우리나라는 낙후된 이집트의 연구로 ERR-2의 방사성동위원소 생산능력향상 및 의학, 산업, 농업 등 응용 분야의 활용 극대화를 위한 기술지원을 하기로 하였다.

해수담수화와 관련하여 이집트측에 협력의사를 전달하였고 우리나라의 SMART 설계와 관련하여 이집트 과학자 참여방안을 검토기로 하였으며 이집트측은 El-Dabaa 지역의 담수용 원자로 건설시 SMART 원자로를 후보중의 하나로 포함시킬 방안에 대해서도 검토하고 있다.

이상과 같이 이집트는 G.N.P. 1,200 \$ 수준의 빈곤국으로 이 나라와의 기술협력을 위해서는 원조차원의 일방적인 지원이 요구되는 것으로 판단되지만 이집트는 아프리카지역 아랍연맹의 맹주로 상당한 정치적 영향력을 가지고 있었으며 기술협력에서도 선도적인 역할을 하기 위해 노력하고 있는 것으로 보인다.

따라서 향후 우리나라와의 원자력관련 기술 수출에 있어서의 주요 고객으로서의 가능성에 대해 예의주시하여 계속적으로 추진하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

제 5 장 결론 및 건의 사항

에너지부존자원이 빈약하고 해외에 에너지수요를 대부분 의존해야하는 우리나라는 원자력 등을 중심으로 한 국산기술에 의존하는 에너지의 개발과 이용에서 정책추진에서 우선을 두어야 할 것이다. 이를 통하여 에너지안보에서 신뢰성을 제고시키고 국가경제와 산업발전을 안정적으로 추진이 가능하며 국내 산업발전에도 크게 기여할 것으로 판단된다. 특히 세계의 에너지자원은 부존량의 한계가 있으며 고갈위험성도 내포되어 있으므로 이러한 측면에서의 원자력의 경제성과 안전성을 혁신시키기 위한 연구개발의 지속적 추진과 투자확대는 아주 중요하다.

원자력 이용개발은 20세기에서의 기술의 성숙기를 지나 21세기 문턱에서는 원자력 기술의 이용개발 방향의 재조명 단계에 있다고 평가된다. 특히 원자력의 경제성과 안전성, 방사성폐기물의 안전관리, 핵연료주기 기술의 핵확산 저항성, 비발전 분야로의 원자력기술의 이용확대와 조화와 균형있는 연구개발의 추진 등 종합적이며 체계적으로 재조명이 필요하다.

이러한 측면에서 미국을 중심으로 한 제4세대 원전과 러시아 및 국제원자력기구(IAEA) 그리고 선진국경제협력개발기구(OECD/NEA & IEA) 등의 선진국과 국제적인 원자력기술개발 동향을 주의 깊게 볼 필요가 있으며, 현재가 추진중인 원자력 진흥종합계획의 수립에서 심층적인 검토가 있어야 될 것으로 보인다.

국내 원자력이용은 이제 40년의 역사를 바라보고 있다. 우리나라의 원자력 기술은 선진국수준에 도달하고 있으며 원전분야 등 특정분야의 경우에는 세계를 선도하고 있는 분야도 있다. 따라서 국내 원자력산업의 육성과 함께 해외로 진출하는 노력도 적극적으로 필요한 시기이며 세계시장 진출을 위한 장기적인 전략수립과 효율적인 추진체제도 시급하게 정립되어야 할 것이다.

원자력기술은 이제 더 이상의 신기술이 아니며 사회속에서 생활속에서 문

화속에서 국민과 함께 존재하는 과학기술이 되고 있다. 이를 위해서 원자력 이용의 전수명주기동안 환경영향의 평가가 중요하며 이를 위한 데이터베이스 구축노력이 필요하다. 이를 통해서 원자력이용을 통한 환경문제의 해결과 국가발전의 토대를 공고히 할 수 있을 것으로 보기 때문이다.

참고문헌

1. 산업자원부, '전력산업 구조개편 추진계획', 2000. 6
2. 에너지경제연구원, '전력 산업의 규모의 경제성에 관한 연구', 손양훈과 정태용, KEI 93-M-07, 1993.
3. 한국원자력연구소, '원자력 연구개발의 효율적 수행을 위한 재원확보 체제 연구', KAERI/RR-2070/99, 2000. 8
4. Alan Dupont, 'The Environment and Security in Pacific Asia', International Institute for Strategic Studies, 1998
5. 에너지경제연구원, '전력산업 구조개편에 따른 원전산업 발전방향 정립 연구', 1999. 11
6. ISO, 'Environmental Management - Life Cycle Assessment Principles and Guidelines', ISO Committee Draft(CD) 14040.2, 1995. 2
7. Shankle, S.A., 'Life Cycle Assessment: Linking Energy, Economics, and the Environment', Pacific Northwest Laboratory, PNL-SA-24188, 1994.8
8. USEPA, 'Life Cycle Assessment', 1995
9. 통상산업부, '에너지 부문의 전과정평가 인프라 DB구축 방법론', 1997. 5
11. 오세용, '전과정평가에 관한 연구: 적용현황과 발전방향을 중심으로', 연세대 관리과학대학원, 1999. 2
12. 内山洋司, 'Advanced LCA Method of Products with the Japanese I/O Table', 전력중앙연구소((CRIEPI), Y97015, 1998.
13. 강현, '일본의 LCA 연구 현황', 청정기술 제2권 제1호, 1996
14. 구자공, '전과정평가와 그 응용', 대한기계학회지, 제36권 제2호, 1996.
15. 산업자원부, '전기사업법개정법률안설명자료(주요 조문별)', 2000. 6.

16. “해외원전시장 진출 본격화“, 한국에너지신문, 2000.11월 20일, 5면
17. “동남아시아 국가들의 원자력 개발 계획“, KAERI/TR-749/96, 1997\
18. “세계 원자력발전의 개발과 운영“, 한국원자력산업회의, 2000년 8월
19. Vietnam, USEIA, December 1998,
www.eia.doe.gov/emeu/cabs/vietnam.html
20. Vietnam, Overall Economic Performance, APEC(Asia-Pacific Economic
Cooperation, www.apecsec.org.sg/member/vietec_report.html
21. 베트남원자력위원회, 20년 내 첫 원전도입 권고, 日本, 原子力産業新聞,
2000년 10월 29일자
22. 원자력계획을 금년내에 정식결정, 베트남, 2010년대에 최초호기
도입키로, 日本 電氣新聞 2000년 9월 20일자
23. 일본원자력산업년감, 일본 원자력산업회의, 1999, pp321-322
24. Brochure, Vietnam Atomic Energy Commission, Hanoi, 1999
25. Brochure, Institute for Nuclear Science and Technique(INST)
26. Presentation Material, Dalat Nuclear Research Institute(NRI, Dalat)
27. Brochure, Institute for Technology of Radioactive and Rare
Elements(ITRRE)
28. 한.베트남 원자력협력기반 조상 및 협력방향 설정연구,
KAERI/RR-2072/99, 한국원자력연구소, 2000.10
29. 원자력기술조사단 베트남방문결과, 과학기술부, 1999. 12
30. 1999년도 국정감사 요구자료-제208회 정기국회 과학기술정보통신위원회,
한국원자력연구소, 1999. 10. 7, pp.240-252
31. 1999년도 자체평가보고서, 한국원자력연구소, 2000. 2, p.156
32. 정부 출연기관의 기능재정립 및 육성 방안, 대덕 전임기관장 협의회,

1997. 12, p.130

33. 1999년도 일본의 원자력연구개발이용 장기계획의 예비검토를 위한 조사보고서, KAERI/TS-107/99, 1999. 10
34. 일본의 원자력 연구, 개발 및 이용 장기계획(안), 2000. 8
35. 자문 제25호 “과학기술기본계획에 대해”에 대한 답신, 일본과학기술회의, 2000년 12월 26일
36. Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy, "The Strategy for Russian nuclear Power Development in the First Half of the 21st Century", Moscow, 2000
37. ドイツの 脱原子力政策 合意, 원자력eye, 2000. 9. pp. 38~40

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/RR-2101 /2000			
제목 / 부제	기술정책연구		
연구책임자 및 부서명	양맹호, 정책연구팀		
연구자 및 부서명	김현준, 정 환삼, 윤 성원, 김 화섭		
출 판 지	대전	발행기관	한국원자력연구소
발행년	2001.1	크 기	A4.
페이지	p. 179	도 표	있음(o), 없음()
참고사항			
비밀여부	공개(o), 대외비(), _ 급비밀	보고서종류	연구보고서
연구위탁기관		계약 번호	
초록 (15-20줄내외) . 본 연구는 기관고유사업으로 수행되었다. 주요 연구내용은 다음과 같다. 전력산업구조 개편이 추진됨에 따라 원자력이용개발에 대한 영향과 원자력연구개발의 향후 방향에 대해서 분석하였으며, 국제적인 원자력산업구조 개편동향에 대하여 심층적으로 분석하였다. 원자력이용에서 수명주기의 환경영향 평가 기법을 도입하여 타 에너지원과의 환경영향측면에서 비교연구를 수행하였다. 또한 원자력행정체제의 개혁과 장기 원자력개발이용 계획의 수립을 추진하고 있는 일본의 원자력정책동향을 심층적으로 분석하였으며, 러시아의 1998-2010년의 원자력개발 프로그램과 독일의 원전폐쇄정책 동향에 대해서 심층분석을 수행하였다. 그리고 에너지안보 측면에서 동지나해의 해상수송과 관련하여 동아시아에서의 에너지수급동향 분석과 베트남과 이집트에 대한 원자력기술협력을 위한 원자력이용개발 정책동향에 대하여 분석하였다. 에너지부존자원이 빈약하고 해외에 에너지수요를 대부분 의존해야하는 우리나라는 원자력 등을 중심으로한 국산기술에 의존하는 에너지의 개발과 이용에 우선을 정책추진에서 두어야 할 것이다. 이러한 측면에서 원자력의 경제성과 안전성, 핵확산저항성 향상을 위한 기술개발을 적극 추진하고 동위원소 등 이용확대 등 현재 추진중인 원자력 진흥종합계획의 수립에서 적극적인 반영이 필요하다.			
주제명키워드 (10단어내외)	에너지, 원자력, 정책, 기술개발, 국제동향, 원자력산업, 연구개발		

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/RR-2101/2000					
Title / Subtitle		A Study on Nuclear Technology Policy			
Project Manager and Department		M.H. YANG(Nuclear Policy Team)			
Researcher and Department		H.J.Kim, W.S. CHUNG, S.W. YUN, H.S. KIM			
Publication Place	Tajon	Publisher	KAERI	Publication Date	2001. 1
Page	p. 179	Fig. & Tab.	Yes(o), No ()	Size	A4
Note					
Classified	Open(o), Restricted(), ___ Class Document		Report Type	Research Report	
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)					
This study was carried out as a part of institutional activities of KAERI. Major research area are as follows; Future directions and effects for national nuclear R & D to be resulted from restructuring of electricity industry are studied. Comparative study was carried out between nuclear energy and other energy sources from the point of views of environmental effects by introducing life cycle assessment(LCA) method. Japanese trends of reestablishment of nuclear policy such as restructuring of nuclear administration system and long-term plan of development and use of nuclear energy are also investigated, and Russian nuclear development program and Germany trends for phase-out of nuclear electricity generation are also investigated. And trends of the demand and supply of energy in eastern asian countries in from the point of view of energy security and tension in the south china sea are analyzed and investigation of policy trends of Vietnam and Egypt for the development and use of nuclear energy for the promotion of nuclear cooperation with these countries are also carried out. Due to the lack of energy resources and high dependence of imported energy, higher priority should be placed on the use of localized energy supply technology such as nuclear power. In this connection, technological development should be strengthened positively in order to improve economy and safety of nuclear energy and proliferation resistance of nuclear fuel cycle and wide ranged use of radiation and radioisotopes and should be reflected in re-establishment of national comprehensive promotion plan of nuclear energy in progress.					
Subject Key words (About 10 words)		energy, nuclear, policy research, technological development, international trend, nuclear industry, nuclear research			