

KINS-HR-628

**일체형 원자로 안전규제 정책방안 연구**  
Development of Regulatory Policy for SMART-P

2004. 6. 30

연구기관 : 한국원자력기술협회

한국원자력안전기술원

# 제 출 문

한국원자력안전기술원장 귀하

이 보고서를 “일체형 원자로 안전규제 정책방안” 연구 최종보고서로 제출합니다.

2004. 6. 30

연구기관 : (사) 한국원자력기술협회

연구책임자 : 이 상 훈

연 구 원 : 이 영 환

연 구 원 : 문 석 형

연 구 원 : 고 병 준

연 구 원 : 손 문 규

연 구 원 : 한 규 현

연 구 원 : 김 대 현

# 요 약 문

## I. 제 목

일체형 원자로 안전규제 정책방안 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리 나라의 경우 연구용 원자로, 교육용 원자로, 발전용 원자로에 대한 인허가절차가 개발되어 있으나, 최근에 중소형 원자로의 연구가 국외에서는 IAEA를 중심으로 진행되고 있다. 우리 나라에서는 한국원자력연구소(KAERI)를 중심으로 1997년부터 330MWe 규모의 중소형 일체형 원자로(SMART)의 개발을 목표로 연구에 착수하였으며, 또한 SMART기본설계의 안전성에 대하여 연구하였다. 이에 발 맞추어서 원자로의 안전규제를 담당하고 있는 한국원자력안전기술원(KINS)은 SMART의 안전성에 관심을 갖고 나름대로의 연구를 진행하여 왔고, 과학기술부의 주관으로 KAERI와 KINS의 공동연구를 수행하였으며, 일체형 원자로 안전현안평가를 위한 연구도 수행하였다.

한국원자력연구소는 일체형 원자로(SMART)의 설계가 완성됨에 따라 이 원자로의 안전성 및 성능을 입증하기 위하여 SMART원자로를 축소/설계한 연구개발로인 SMART-P의 개발 및 건설을 추진하게 되었으며, 이에 따라서 SMART-P의 인허가규제절차의 개발방향을 논의하게 되었다. 기술적인 안전규제와 병행하여 우리 나라의 원자력법에 근거한 안전규제의 정책적인 측면에서의 고찰은 매우 중요한 위치를 차지하게 된다. SMART-P를 우리 나라의 기존 법에 어떻게 적용하는가 하는 문제는 앞으로 계속적으로 개발될 다른 중소형 원자로의 안전규제의 합리성을 고려하더라도 매우 중요하다고 사료된다. 이러한 측면에서 SMART-P에 적용되어야 할 인허가절차와 규제요건의 개발을 위한 체계적인 연구가 수행되어야 하며, 이에 대한 정책현안의 도출과 그 해결방안을 강구하기 위한 연구가 수행되는 것이 매우 중요하다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

1차 년도에 SMART-P에 대한 인허가 절차 및 규제요건의 정책방안을 수립하기 위해 수행한 연구의 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 중소형 원자로의 개발 및 운영현황
2. 국내외의 발전/연구로의 안전규제현황(규제절차, 규제요건 등) 분석
3. 안전규제 측면에서의 SMART-P설계특성분석
4. SMART-P 인허가절차 관련 정책현안 도출
5. 도출된 SMART-P 인허가절차 관련 정책현안에 대한 해결방안 수립
6. SMART-P 인허가절차 및 규제요건에 대한 공공(관련 전문가 그룹 포함)의 의견수렴

### IV. 연구개발결과

국내외의 중소형 원자로의 개발과 그의 운영현황을 검토하였으며, 국내외의 상용원자로와 연구로의 현황을 분석하였고, 나아가서 안전측면에서의 SMART-P의 설계특성을 분석하였다. 한편, 우리 나라 기존의 법령체계와 기술기준에 SMART-P의 인허가를 어떤 형태로 매듭짓는 것이 바람직한가를 고찰함으로써, 인허가형태의 6가지 시안을 검토하였고, 이 중에서 가장 합리적이라고 사료되는 1가지 안을 도출하였다.

### V. 연구개발 결과의 활용계획

SMART-P에 대한 인허가 절차 관련 현안을 도출하여 해결방안이 수립되고, 이 내용이 인허가정책에 투영됨으로서 SMART-P의 안전규제는 물론 앞으로 있을 기타의 중소형 연구/개발로의 안전규제제고의 기반을 구축하게 될 것으로 사료되며, 안전성확인에 대한 법적 절차의 확립을 통하여 일반대중의 신뢰성확보와 산업에의 활용 또한 기대될 것으로 전망된다.

# SUMMARY

## I. Title

Development of Regulatory Policy for SMART-P

## II. Objectives and Importance of the Study

In Korea, regulatory process which set technical guides and regulatory requirements for the research reactor, the educational reactor and power generating reactor has been developed. Recently, IAEA played a leading role in the establishment of regulatory process for small and medium size reactors under development. From 1997, KAERI started to develop the integral reactor SMART, in thermal capacity of 330 MWt. Concurrently, KINS, which is in charge of the safety regulation of nuclear reactor, has proceeded its own research in concern with the safety of SMART. Under the supervision of MOST, KINS has carried out the evaluation of safety issues for integral reactor in cooperation with KAERI.

KAERI promoted the construction of a research reactor, SMART-P, the reduced scale of SMART, with intent to demonstrate the safety and performance of SMART. According to this progress, the development of regulatory process for SMART-P became necessary. The establishment of regulatory policy, based on the current regulatory guidelines as well as technical aspect, became essential matters.

Considering the on-going small and medium size reactors in near future, the selection of the appropriate measure in the existing regulatory process to SMART-P is very important. Thus the schematic study for the applicable licensing procedure and regulatory requirements suitable for SMART-P is required.

### **III. Contents and Scope of the Study**

The contents and scope of the first year study for establishing the regulatory process and requirements for SMART-P are as follows;

1. study of development status for small and medium power/research reactors in home and abroad.
2. the survey of the present status of regulatory position for power/research reactor at home and abroad
3. the analysis of design characteristics of SMART-P in view points of regulation
4. the identification of regulatory issues relating to SMART-P licensing procedure
5. the establishment of resolution for regulatory issues relating to SMART-P licensing procedure
6. the collection of public (including experts group) opinion.

### **IV. Research Results**

In this year study, the current regulatory position of reactors at home and abroad were surveyed. SMART-P design characteristics were reviewed. Consideration of licensing of SMART-P based on current system of regulation codes and technical standards came to six tentative plans of licensing procedures. One plan out of six above was suggested to be most appropriate candidates.

### **V. Application of the Results**

The settlement of licensing issues related to SMART-P could be applied into regulatory policy. This application might improve safety regulation basis for the on-going small and medium reactors. Public acceptance and commercial utilization of small and medium reactor could be expected through this study.

# 목 차

요 약 분 .....	i
Summary .....	iii
목 차 .....	v
표 목 차 .....	vii
제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 중소형 원자로의 개발현황 .....	3
제 1 절 국내의 개발현황 .....	5
제 2 절 국외의 개발현황 .....	6
1. 러시아의 개발현황 .....	6
2. 중국의 개발현황 .....	9
3. 일본의 개발현황 .....	10
4. 이탈리아의 개발현황 .....	11
5. 미국의 개발현황 .....	12
제 3 장 국내외 원자로의 인허가규제절차 현황 .....	14
제 1 절 국내 원자로 인허가절차 및 규제요건 .....	14
1. 상용원자로 .....	14
2. 연구용 원자로 .....	20
제 2 절 국외원자로 인허가절차 및 규제요건 .....	25
1. 국외 상용원자로 .....	25
가. 미국의 상용원자로 .....	25
나. 일본의 상용원자로 .....	33
다. 프랑스의 상용원자로 .....	37
라. 캐나다의 상용원자로 .....	43
마. 독일의 상용원자로 .....	48
2. 국외 연구용 원자로 .....	52
가. 미국의 연구용 원자로 .....	52
나. 일본의 연구용 원자로 .....	55

다. 프랑스의 연구용 원자로	57
라. 기타 외국의 연구용 원자로	59
<b>제 4 장 SMART-P 인허가 방안</b>	61
제 1 절 SMART의 설계특성	61
1. 주요계통 특성	61
가. SMART-P의 계통특성	62
2. SMART-P의 안전특성	67
가. 일체형 원자로의 특성	67
나. 피동안전특성	68
다. 심층방어특성	70
제 2 절 SMART-P 인허가 현안	72
1. 인허가 현안 배경	72
2. 인허가 현안	72
<b>제 5 장 SMART-P 인허가 방안 수립</b>	75
제 1 절 규제방안 분석	75
제 2 절 규제방안 제안	76
제 3 절 결    론	79
<b>제 6 장 신형원자로 정책 (안)</b>	80
제 1 절 서    론	80
제 2 절 신형원자로 정책의 배경	82
제 3 절 신형원자로 정책	83
<b>제 7 장 결    론</b>	86
<b>[참고문헌]</b>	88
<b>첨 부 1 : 미국의 신형원자로 정책성명</b>	97



## 제 1 장 서 론

그 동안에 대량전력생산에 주력하고 있던 원자력발전이 지역사회의 발전을 위하여 소규모이면서 다양한 활용분야를 가지는 방향으로 응용되고 있는 추세이다. 그 중에서도, 원자력에너지를 이용한 해수의 담수화와 함께 이를 통한 막대한 양의 농업용수의 생산, 교통수단이 좋지 않은 인구조밀지역의 지역난방, 원자력선의 추진력이용 등은 중소규모의 원자력발전기술개발전망을 밝게 하고 있다[1-1, 1-2]. 특히 주요도시에서 멀리 떨어져 있는 중소도시에서는 지역난방이나 농업용수의 조달을 위하여 석유나 석탄 등의 화석연료를 주로 사용하고 있으나, 화석연료로 인한 공해의 방지와 연료의 운반의 과다경비지출 등으로 원자력이용으로의 전환이 가시화 되어 있다. 곧 현재, 전 세계적으로 지역적 및 사회적 특성에 따라, 여러 가지 형태의 열 병합원자로(Nuclear Cogeneration Power Plant) 및 담수용 원자로가 개발되고 있고, 일부는 건설 및 운전 중에 있어서, 이러한 국제적인 동향에 발맞추어 IAEA는 원자력을 이용한 해수담수화설비의 실증로 건설프로그램을 추진 중에 있으며, 국제원자력기구(IAEA)는 최근 이러한 국제적 동향을 반영하여 원자력을 이용한 해수 담수화 설비의 실증로 건설 프로그램을 추진 중에 있다[1-1, 1-2, 1-3, 1-4].

우리 나라에서도 대용량의 원전개발 정책과 병행하여 중소형 규모의 다목적용 원자로 개발에 관심을 가지고, 한국원자력연구소 주관 하에 2002년까지 330MWt 규모의 일체형 원자로(SMART, System Integrated Modular Advanced Reactor) 설계개발을 목표로 연구를 수행하여 왔다[1-5, 1-6]. 이 SMART는 일체형 원자로의 가압형 경수로로서 기존 담수화 발전소와 연계되어 약 90 MWe의 전기와 40,000 m<sup>3</sup>/day의 용수(Fresh Water)를 생산할 계획이다.

SMART는 일체형에 의한 고유 안전특성 및 피동 안전성을 이용한 새로운 개념의 계통 및 기기 들이 사용되고 있음으로, 이러한 새로운 설계개념을 도입하기 위해서는 먼저 안전성과 성능이 실증적으로 입증되어야 한다. 규제기관인 한국원자력안전기술원은 규제측면에서 SMART에 대한 연구를 수행하였다[1-7, 1-8, 1-9]. 한편 이 SMART의 안전성과 그의 성능을 입증하기 위하여 는, pilot개념의 축소모형에 의한 실증을 위하여, 축소모형의 건설이 필요하다. 현재 한국원자로연구소는 SMART에 대한 개념설계와 기본설계를 완료하고, SMART 기술을 검증, 실용화하기 위하여 SMART 설계를 1/5

로 축소한(열 출력 65 MW) 검증용 원자로인 SMART-P의 개발 및 건설을 추진하고 있고, 2004년 6월을 목표로 원자로 건설을 위한 인허가신청을 계획하고 있는 상태이어서, 이에 대비하여 한국원자력안전기술원은 Workshop를 개최하여 왔다[1-10].

현행 우리 나라의 원자력법은 연구용 원자로, 교육용 원자로, 발전용 원자로에 대한 인허가절차를 규정하고 있지만, 각 원자로시설에 대한 정의가 제시되어 있지 않아, SMART-P와 같이 상업용 원자로인 SMART에 대한 실증목적에 갖는 원자로를 어떤 원자로시설로 분류해야 할 것인지가 불분명하다. 또한 SMART와 같이 일체형 개념과 피동안전계통을 채택한 원자로에 대한 인허가 경험 역시 없는 상태이다.

따라서 SMART의 실증과 자료생산을 목표로 하는 SMART-P의 성공적인 설계기술 개발 및 사업목표 달성을 위해서는, 향후 SMART-P에 적용되어야 할 기술적인 안전규제연구와 병행하여 인허가절차와 규제요건의 개발을 위한 체계적인 연구가 수행되어야 하며, SMART-P에 대한 정책현안의 도출과 그 해결방안을 강구하기 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 제 2 장 중소형 원자로의 개발현황

대규모 용량의 전력을 생산하는 원자력발전소와는 달리 중소형 원자로는 소규모의 전력생산대신에 다양한 활용분야를 가지고 있다. 전력생산을 주목적으로 하는 경우에는 대규모용량의 원자료가 경제적인 반면에 전력생산과 함께 해수 담수화를 이용한 공업용수 및 생활용수의 공급이나, 지역난방 등의 다목적용도를 지닌 원자로의 경우는 중소형의 원자로규모가 상당히 경제적인 것으로 알려져 있다. 곧 국토가 넓고 인구가 여러 지역에 분산되어 있는 러시아나 중국같이 인구집중도가 낮은 지역에 전기와 열에너지를 동시에 공급하는 경우에는 다목적용도의 중소형 발전소가 지리적, 사회적, 경제적인 특성에 매우 적합하다.

중국의 경우 수많은 도시에서 식수부족현상을 겪고 있으며, 러시아의 경우는 전력시설 및 운송도로망으로부터 멀리 떨어진 거주시설이 많음으로 이러한 지역은 풍부한 천연자원을 보유하고 있음에도 불구하고 산업시설의 부족으로 자원개발이 이루어지지 않고 있는 상태에 있다. 이러한 지역은 많은 산업시설과 기반시설을 요구하는 화석연료발전소보다는, 화석연료의 대량수송에 의한 부담과 심각한 환경문제를 야기하지 않는 중소형 원자료가 매우 경제적이며, 환경보존 적이다.

한국에서도 발전위주의 그 동안의 대형 원자력발전의 범주에서 벗어나서 지역난방이나 담수화와 지역발전을 동시에 할 수 있는 중소규모의 발전용 원자로를 개발하려는 움직임이 일어나게 되었다. 한국원자력연구소가 주체가 되어 개발하는 이 원자로는 일체형 원자로이다.

일반적으로 중소형 원자로는 다음과 같은 항목의 병합목적으로 개발되고 있는 추세에 있으며, 이 밖에도 중소형 원자로는 군사용, 우주탐사용, 핵 잠수함용으로도 응용되고 있다.

- \*인구가 분산된 소규모주거지역의 전력공급
- \*공업용수 및 생활용수생산을 위한 담수화설비
- \*지역난방을 위한 증기공급
- \*열 공급계통의 증기공급제공
- \*선박추진력의 제공

중소형 원자로는 활용목적 및 사용자의 수요에 따라 다양한 용량을 가지고 있는데, IAEA에서는 전 세계에서 개발 또는 운전되고 있는 중소형 원자로의 용량을 기존의 대용량개념과 연계하여 다음의 4가지로 분류하고 있다.

- \* 150MWe 이하 : 초소형원자로 (Very Small Reactors)
- \* 150MWe~300MWe: 소형원자로(Small Reactors)
- \* 300MWe~700MWe: 중형원자로(Medium Reactors)
- \* 700MWe 이상: 대형원자로(Large Reactors)

본 연구에서는 상기용량의 구분을 적용하여, 각국의 개발현황을 기술하기로 한다.

## 제 1절 국내의 개발현황

### 1. 중소형 일체형 원자로(SMART)

SMART는 한국원자력연구소가 개발하고 있는 열 용량 330MWt의 일체형 경수로 원자로이다. 증기발생기, 주순환펌프와 가압기가 원자로용기내부에 위치하고 있고, 내부순환펌프와 자연순환에 의해 냉각하도록 설계되어 있다. 증기발생기는 나선형(Helical)튜브형태로 열 전달을 증진시키고, 순환펌프는 Canned 형태, 가압기는 질소가스와 증기 분압(partial pressure)을 이용하여 자동 조절된다. 노심의 붕괴열은 정상운전 중에 능동 잔 열 제거계통에 의해서 제거되며, 잔 열 제거기능상실시에도 피동 잔 열 제거계통에 의해서 잔 열이 제거된다. 이 피동 잔 열 계통은 운전 원의 개입 없이 72시간을 자동작동하며, 증기발생기튜브를 통하여 격납용기 내의 비상냉각탱크의 저온 냉각수로 열이 전달되어, 궁극적으로 격납용기의 자연대류에 의해서 외부로 열을 제거하도록 되어 있다.

이 원자로는 한국원자력연구소에 의해서 기본설계가 2002년에 완성되어, 이어지는 상세 설계와 함께, 2004년 후반기에는 건설허가신청을 할 계획으로 있다. 한편 SMART의 실증과 운전경험의 확립을 위하여 SMART의 pilot plant인 SMART-P를 제작하여, 운전경험의 축적과 자료생산을 계획하고 이의 건설을 추진 중에 있다.

## 제 2절 국외의 개발현황

### 1. 러시아의 개발현황

#### 가. 저 출력원전(5MWt) ELENA

이 원전은 러시아에서 인구 2,000~3,000명 정도의 산업, 생산시설이 거의 없고 시설물의 운반을 위한 교통수단이 확보되어 있지 않은 지역의 전기, 식수 및 지역난방 등의 에너지를 공급하기 위하여 개발되고 있는 10MWt이하의 원자로이다[2-1]. ELENA는 고유안전특성을 최대한 활용하여 운전이 편리하고, 어느 운전조건하에서도 안전성이 확보될 수 있도록 스스로 제어되는 NHPP (Nuclear Thermoelectric Heat and Power Plant)형태의 원자로로, 약 25년의 전 수명기간동안에 운전 원의 어떠한 개입도 요구되는 기기를 소유하고 있지 않으며, 발전소는 전 수명기간 동안에 초기 노심 부하상태의 운전을 계속하도록 설계되어 있다. 따라서 작업자의 실수, 운전 원의 오 작동, 태업 등의 인적요인을 무시할 수 있으며, 노심 교체와 같은 잠재적인 위험요소에 대처하는 안전설비가 필요하지 않다. NHPP는 내부 혹은 외부의 일시적 교란을 자발적으로 보상하며, 제어 봉의 작동 없이 자연적이고 물리적인 과정에 의해 운전모드가 결정되도록 설계되어 있다. 따라서 과임계와 관련된 사고 또는 원자로 노심 냉각 재의 부족과 같은 사고는 발생할 수 없다. 기존의 제어 봉 구동 및 안전계통은 비상조건과 정상적인 원자로정지 및 기동 시에만 제공되는데, 이러한 계통의 기능상실도 사고로 전개되지는 않는다. 이 원자로의 용기는 Air-tight한 콘크리트건물에 둘러 쌓여 지하에 설치되며, 저 출력의 소형원자로는 정상운전 및 비상상황에서 환경으로의 방사능 누출이 거의 무시될 수 있도록 설계되어 있다. ELENA원자로의 노심은 온도증가에 따른 높은 음의 반응도를 가지고 있으며, 노심 구조물은 Strong Vessel, Guard Vessel, Protection Vessel 및 Air-tight Concrete Box에 쌓여 4중의 격납 설비 안에 설치되어 있으며, 환경으로의 방사능 유출은 거의 무시할 정도의 수준으로 알려져 있다. 현재 RRC Kurchatov 연구소는 1981년부터 ELENA의 시험용 시설(Gamma시설)을 가동 중이며, 10,000시간 이상의 운전경험을 소유하고 있는 것으로 알려져 있다.

## 나. 저 출력원전(50MWt) RUTA

이 원자로는 현재 전기생산 및 해수담수의 열원으로 활용하기 위해서 러시아의 RDIPE연구소에서 열 병합원자로로 개발되고 있는 원자로이며, 자연순환의 원리를 이용한 Pool-type 원자로이다. 이 원자로는 공업용수와 생활용수를 생산하기 위해 해수담화설비와 발전소에서 사용되는 소규모의 전기를 공급할 수 있도록 설계된 담수화용 열 병합발전소이다. 노심 열 출력은 70.4 MWt, 가용 열 용량은 65.5MWt, 가용전력은 3.5MWe, 노심의 평균온도는 290°C, 노심의 압력은 9.8MPa이며 온수의 온도는 85°C이고, 생산수의 용량은 35,000m<sup>3</sup>/day 에 이르며 현재, 개념설계단계에 있다.

## 다. Floating NP(KLT-40C)

러시아에서 쇄빙선의 추진용으로 사용하였던 PWR형 KLT-40원자로를 바탕으로 새로운 원자로개발을 시도하고 있는 것으로, 전기와 열을 생산하는 열 병합원자로, 공업용수와 생활용수를 공급하는 복합담수화설비, 공업용수와 생활용수를 공급하기 위한 역 삼투압설비(Reverse Osmosis Facilities)와 연결된 원자로로 다목적 Floating Nuclear Power Plant로서 개념설계단계에 있다[2-2, 2-3]. 이 연구팀은 출력변화, 충격 및 진동 등의 극한운전조건에서 KLT-40 원자로의 부품으로 100,000시간 이상의 운전경험을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 성능으로는 이 원자로를 1개 혹은 2개를 동시에 배에 탑재할 수 있으며, 1개의 원자로에서 35MWe의 전기생산과 25Gcal/h의 열생산, 혹은 100E3m<sup>3</sup>/day 의 생활용수를 생산하는 것으로 알려지고 있다. 또한 발전소는 70%의 부하에서 약 3년간 지속적으로 운전되도록 설계되어 있고, 수명은 약 40년으로 되어 있다.

## 라. Floating NP (NIKA)

러시아의 국립연구소 RDIPE에서는 과거의 해군전함이나 원자력 선에 탑재하였던 원자로의 설계, 건설, 운전경험을 바탕으로 일체형인 중소형 원자로인 70MWt 및 300Mwt급의 NIKA원자로를 개발하고 있다. 이 중소형 원자로는 소규모인구거주지역에서의 열에너지와 전기를 공급할 목적으로 열병합발전소의 형태로 개발하고 있으며, 이 중에서도 NIKA-70은 산업기반시

설이 취약하고 교통상의 입지조건이 좋지 않은 고립된 거주지역에 열과 전기를 공급하기 위하여 선박에 원자로시설이 장착되는 Floating NP의 개념으로 개발되고 있다[2-4].

NIKA원자로는 일체형 개념을 채택하고 있어서, 노심, 제어 봉 구동장치, 증기발생기, 주순환펌프, 가압기 등의 주요설비들이 하나의 압력용기 안에 배치되어 있다. 이러한 특성으로 거의 모든 1차 회로의 배관들을 배제함으로써 냉각재상실사고의 가능성을 감소시켰으며, 1차 냉각수의 자연순환능력을 향상시킴으로서 노심의 열 제거능력을 향상시키고 있다. 원자로심의 핵연료집합체는 기존의 VVER-1000원자로에서 입증된 설계를 채택하고 있으며, 비상시에 봉산수를 주입하여 원자로를 정지시키는 안전정지계통에 추가하여, 선박의 심한 진동이나 전복에 대비하여 스프링 힘을 이용함으로써, 선박의 어떤 조건하에서도 제어 봉의 삽입이 가능하도록 설계되고 있다.

노심 냉각을 위한 1차 냉각수의 순환은 NIKA-70은 2개의, NIKA-300은 4개의 주순환펌프로 구성되고 있으며, 이들의 고장 시에는 노심 냉각을 위한 자연순환이 충분히 이루어지도록 설계되고 있다. 원자로용기는 보호용기와 격납용기에 2중으로 둘러싸여 있고 그 내부에 물 저장탱크가 설치되어 있어서, 설계기준초과사고 시에도 원자로손상을 방지하는 기능과 이중차폐로 인한 방사성물질의 유출을 제한하는 역할을 한다. 이 발전소의 수명은 NIKA-70은 30년, NIKA-300은 60년으로 설계되어 있다.

#### 마. VVER-640

러시아는 각종개념의 신형원자로의 설계연구를 진행해 온 중에 1995년 2월에 “원자력 성 관방 심의 회”에서 주관한 신세대원자력발전프로젝트 개발과 제 시설의 검토회의에서 1995-1997년의 기간 중에 원자력업계의 자금력과 기술력을 VVER-640 프로젝트추진에 집중시키는 것이 중요하다는 결의를 채택하였다.

VVER-640은 전력출력 640MW로, 4루프의 형식을 채택하고 있으며, 설계 특징으로는 피동적(정적)인 안전시스템이 채용되는 한편, 계산이나 실험에서만 기능이 확인되지 않았다는 이유에서, 종래의 능동적인 안전시스템도 그대로 보유하고 있다는데 있다. 격납용기는 2중 구조를 채용하여, 외측의 철근 콘크리트에 추가하여, 내 측에는 금속제의 격납용기를 사용하고 있다. 원자로건물의 내진 성능을 중시하고 중대사고에의 대처에 대한 고려도 되어 있다. 개량형의 SG나 주순환펌프를 채택하는 한편, VVER-1000형과 같은 종류의



압력용기를 채택하고 있다.

이 밖에도 피동적인 안전성을 구비한 일체형 원자로(600MW) VPBER-600 등의 차세대형의 원자로개발이 또한 진행되고 있다.

## 2. 중국의 개발현황

### 가. NHR-5원자로

중국에서는 청하 대학교 원자력기술원에 의해 개발된 열 출력 5MWt의 열 생산용 원자로인 일체형 원자로 NHR-5를 건설하여, 3년간에 걸친 시험운전을 1992년에 성공적으로 종결하였다. 주요계통은 1차, 중간 및 2차 회로로 구성되어 있는데, 중간회로는 1차 측 회로의 압력보다 높아 2차 측으로의 방사능유출과 오염을 방지할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 일체형의 배열과 자동 원자로정지계통 및 피동형 잔열 제거계통에 의해서 노심의 붕괴열이 자연순환에 의해 제거되도록 설계되어 있다. 이 원자로는 3년간에 걸쳐서 여러 가지의 가치 있는 운전경험과 운전자료를 획득하였으며[2-5, 2-6], 이 기간 동안에 얻은 자료들은 “자체제어능력 및 안정화”, “열 제거 원의 상실 후의 ATWS”, “잔열 제거계통의 성능”, “자연순환상실이후의 잔열 제거” 등이며, 이 자료들은 후의 NHR-200의 건설에 대부분 투영되었다.

### 나. NHR-200원자로

중국정부는 NHR-5 일체형 원자로의 운전경험을 바탕으로, 200Mwt의 용량을 갖는 NHR-200 원자로[2-7, 2-8]를 중국북쪽의 Daqiang 지역의 남방용으로 건설하기로 결정하였다. 현재, 국가 원자력안전 청에서의 안전분석보고서검토완료로 건설허가가 발급된 상태이며, 1997년부터 건설이 시작되었다. 이 원자로는 난방과 담수화설비를 이용한 식수공급을 목적으로 하고 있으며, 이 경우에는 원자로의 안전성은 물론, 식수의 방사능오염문제가 현안으로 대두된다. 따라서 NHR-200은 고도의 고유안전성과 피동안전성을 설계에 반영하였고, 배관 망을 통한 방사능오염의 방지기능을 설계의 주 관심사항으로 설정하였다. NHR-200은 경수형 일체형이며, 순환펌프 없이 자연순환유동으로 노심을 냉각시키고, 자발적 압력제어기능과 이중용기구조물을 소유하고 있다. 이 원자로는 NHR-5의 운전 및 시험경험을 통해서 입증된 기술이 사용됨으로서 많은 관심을 갖게 하는 원자로이다.

### 3. 일본의 개발현황

#### 가. 원자력선 MUTSU

일본에서는 1968년에 일본최초의 원자력선 MUTSU가 건조되어 운항을 시작하였으나 1974년 출력 시험 시에 방사능차폐설계의 오류로 방사능유출사고가 발생하였고 항해가 중단되었다. 장기간에 걸친 사고원인규명연구의 수행 후에 수리를 마치고 1990년에 다시 출력 시험을 실시하고 1년간의 항해를 끝으로 많은 경험 및 운전자료를 얻은 후에, 이 선박의 운항을 중지하였다.

#### 나. Marine Reactor X(MRX)와 Deep-Sea Reactor X(DRX)

일본원자력연구소에서는 그 동안의 MUTSU의 운전경험을 바탕으로 남\*북극지방탐사선용(MRX)과 해저탐사선용(DRX)을 개발 중이며, 실증시험을 통하여 안전성확인을 수행한 바 있다[2-12]. 이 2개의 원자로는 기본설계중에 있으며, 일체형 PWR강제순환노형이다.

MRX는 100MWt용량으로 원자력선의 추진용이지만, 지역난방과 해수의 담수화를 위한 열원으로의 가능성에 대한 연구도 진행 중에 있다. 이 원자로의 특성은 일체형 원자로, 압력용기 내의 제어 봉 구동장치배열, 물로 채워진 격납용기, 자연순환에 의한 비상 잔 열 제거기능, helical coil type의 증기발생기 등이다. 특히 격납용기를 물로 채움으로서 방사성물질의 차폐를 위한 2차 차폐를 제거할 수 있게 하였으며, Mutsu의 원자로와 비교하여 부피와 무게를 70% 및 50%로 감소시키고 있다.

DRX는 심해탐사선 용으로 일체형PWR강제순환노형이며, 열 출력은 0.75 MWt로 심해탐사정의 에너지만을 공급하도록 설계되어 있다. 이 원자로는 소형의 심해탐사 정에 탑재되기 때문에 경량화와 소형화가 필수적으로 요구되고 있다. 탐사정의 정원은 8명 정도로 제한되어 있어서 DRX의 운전은 높은 자동화가 요구되고 있으며, 사고를 포함한 어떠한 원자로의 과도상태에도 고유안전특성에 의하여 자동적으로 안전조건에 도달할 수 있도록 설계되고 있다. 특히 항해 시의 선박에서의 추진력의 상실은 심각한 위험상태를 초래할 수 있으므로, 예상 못한 원자로정지의 빈도 수를 최소로 하기 위한 설계에 중점을 두고 있다. 곧 경량화와 소형화를 위한 일체형 배열, 고도의

피동안전 특성, 자동제어계통에 의한 운전의 용이성 등을 설계에 고려하고 있다.

#### 4. 이탈리아의 개발현황

##### 가. 다목적용 MARS 원자로

MARS(Multipurpose Advanced Inherently Safe Reactor)원자로는 1983년에 로마 Sapienza 대학교의 원자력공학 부에서 전기생산 이외의 지역난방이나 담수화 등 다목적용도로 개발한 중형원자로이며, 인구밀도가 높은 지역이나 잘 개발되어 있는 지역에 열 및 전기에너지를 공급할 목적으로 개발된 것이기 때문에 기존 원자로보다는 향상된 안전성을 갖도록 설계목표를 지니고 있다. 곧 원자로계통은 단순하게 설계하고, 운전이 용이하고, 방사선재해로부터 주민 및 환경을 보호하는 것에 역점을 두고 있다. 열 출력 600MWt, 전기출력 170MWe의 이 원자로의 경제성제고를 위하여, 계통의 단순성, 운전과 보수의 용이성, 조립을 통한 기기 제작의 간편성 등이 또한 도입되고 있다[2-9]. 1995년 5월에 예비설계가 마무리되었고, 예비안전성보고서가 안전성검토기관에서 검토 중에 있다. 이 원자로의 특색으로는 고유안전특성에 근거한 운전, 사고의 낮은 발생확률, 극히 낮은 주민의 피폭선량, 바로 조립/제작이 가능한 사양, 모듈러의 채택 등이 있으며, 1차 냉각계통은 하나의 증기발생기와 하나의 펌프를 갖는 하나의 루프로 형성되어 있는 것 등이다.

##### 나. 다목적용 NILUS 원자로

NILUS(Natural Circulation Integrated Layout Ultimate Safety Reactor)는 이탈리아에서 다목적용도로 개발하고 있는 중소형 원자로이다[2-10, 2-11].

이 원자로는 특히 개발도상국에서의 전기생산, 지역난방, 해수담수화 등에 활용할 목적으로 설계되어 있음으로 여러 가지 향상된 설계개념을 도입하고 있다. 곧, 이 원자로는 일체형 원자로이고, 자연순환에 의지하는 1차 계통의 유동, 낮은 원자로 출력, 낮은 노심 출력밀도, 수력구동제어 붕의 채택, 장주기 핵연료운전, 증기발생기나 열 교환기 등에 대한 모듈러 구조물의 채택 등이 특색이다. NILUS에 대한 연구는 열 용량이 50, 200 및 1000MWt의 3

종류이며, 같은 설계개념 하에서 연구가 추진되고 있다. 경제성을 높이기 위하여 설비, 공정 및 계통을 단순화하고 운전과 유지보수의 용이성을 위한 다양한 설계개념을 제시하고 있다.

## 5. 미국의 개발현황

### 가. AP-600

Westinghouse사는 1983년경부터 APWR-1300, APWR-1000 등의 대형발전용 원자로를 개량한 중소형 발전용 원자로로서 AP600의 검토를 개시하였다. 1985년부터는 DOE와 EPRI의 지원을 받아 프로젝트로 발전시켰으며, 해외의 전력회사, 벤더, 연구소도 이 프로젝트에 참가하고 있다.

AP600은, 디지털·마이크로 프로세서를 이용한 계측장치제어(I&CB)계통 등에 대한 최신기술을 채용한 부분도 있지만, 시스템전체의 특징으로는 최신 기술의 도입보다는 종래의 PWR의 운전경험에 의해서 단순화를 도모한 “개량형”으로 한 점이 그 특색이다. 축압기, 전압 노심 메이커업탱크, 피동적 잔열 제거계통, 자동원자로냉각계통의 감압 밸브, 경납용기 내의 보충 수 저장탱크(IRWST) 등의 여러 안전계통에 대해서 계통의 단순화가 시도되어 있다. Westinghouse사는 이 시설이 재래의 원자로와 비교하여 밸브 수는 50%, 배관은 80%, 제어케이블은 70%, 펌프 수는 35%, 감소시킨 것으로 보고하였다.

1998년 9월 4일, NRC는 중대사고의 방지 또는 확대방지를 위한 실증시험 등[2-13, 2-14]를 참고로 하여, 광역에 걸친 피동적인 안전 책을 마련한 AP600에 대해서, FDA를 발급하였다.

### 나. IRIS의 개념설계

2000년12월에 Westinghouse 사를 주축으로 한 국제 팀은 일체형 1차 계통을 채용한 10만-30만kW의 모듈형 경수로의 국제혁신안전발전형 원자로(IRIS)의 개념을 발표하였다. 이 개념연구에는 케리리포르니아 대학, MIT대학, 이태리와 일본의 대학, 벡텔사, 미쓰비시 원전 등이 참가하였다.

IRIS는 8년에 한번 연료교환을 하는 연속연소 노심을 갖고 있고, 최저4년간 운전하고 보수를 할 수 있도록 개념설계를 하고 있다. 이 국제사업은 NERI의 자금으로 운영되기 때문에, 발전단가 3cent/kWh의 실현, 폐기물의 발생억제, 핵 확산저항성의 향상 등, NERI의 요건을 충족시키는 것을 목표로 하고 있다.

## 제 3장 국내외 원자로의 인허가규제절차현황

본 장에서는 국내외 원자로의 인허가절차현황을 서술하고 그들의 특색과 인허가의 차이점 및 배경을 서술하고자 한다.

### 제 1절 국내원자로 인허가절차 및 규제요건

우리 나라에 1958년에 처음으로 원자력발전의 평화적 목적을 추구하기 위한 연구용 원자로인 Triga Mark 원자로가 가동된 것을 시작으로 1960년대 초에는 TRIGA MARK-II 및 III에 이어서 1987년에는 HANARO 연구용 원자로가 건설/운영되기에 이르렀으며, 나라의 경제적인 발전과 함께 상용원자로가 1978년에 도입되면서 원자로안전규제의 필요성이 입증되었다. 처음에는 모든 규제를 도입 국인 미국의 안전규제법령을 준용하면서 시작되었던 안전규제가 상용원자로의 지속적인 건설과 가동원전의 증가로 국가적인 안전규제가 필요하게 되었으며, 상용원자로가 16기로 증가되면서 과학기술부의 주관으로 안전규제의 강화가 이루어졌고, 이에 따라 원자력법에 13차에 걸친 개정이 수행되어, 오늘의 법령체계를 이루게 되었다. 과학기술부의 위촉을 받아 원자력안전기술원이 발간한 원자력법령집은 원자력법, 원자력관련기관 설치 법, 원자력손해배상관련법으로 구분되어 있으며[3-1], 원자력법령 중에서 제일 상위법은 원자력법이고, 그 아래에 원자력법시행령과 원자력법시행규칙, 그리고 과학기술부고시로 구분되어 있다.

본 장에서는 법에 규정되어 있는 상용원자로와 연구/교육용 원자로(이하 연구로 라고 칭함)로의 구분을 따라, 인허가절차와 적용되는 기술기준을 살펴보기로 한다.

#### 1. 상용원자로

우리 나라의 상용원자로의 안전규제는 미국의 2단계 인허가제도(건설허가 및 운영허가)를 도입하여, 자체적인 원자력법을 제정하여 그 법에 의하여 원자력발전소의 인허가를 발급하고 있으며, 세부적인 심사/검사기준은 미국의 각종 Codes & Standards를 준용하고 있는데, 인허가절차와 요건의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

## 가. 상용원자로의 인허가절차와 요건

상용원자로의 인허가과정은 건설허가, 운영허가, 해체승인의 3단계로 대별되는데 사업자의 선택사항으로 부지사전승인사항이 있으며, 주기적 안전성평가사항이 입법화됨에 따라 실질적으로는 부지사전승인, 건설허가, 운영허가, 주기적 안전성평가, 해체승인의 5단계로 볼 수 있고[표 3-1참조], 최근에는 표준설계 인가제도가 선택사항으로 도입되었다. 건설허가와 운영허가의 절차사이에는 계량관리 및 방호규정승인, 사용 전 검사, 계량관리 및 방호에 관한 검사, 품질보증검사의 4단계가 포함되어 있으며, 운영허가이후에는 정기검사, 계량관리 및 방호에 관한 검사, 품질보증검사의 절차를 거쳐야 한다. 또한 주기적 안전성평가는 발전소의 운영기간 중에 수행되며, 발전소의 노후 시에는 해체승인을 받게 되어 있다.

## 나. 건설/운영허가

발전용 원자로시설에 대한 인허가 규제절차는 원자력법에 따라 앞서 기술한 바와 같이 6단계로 구분되어 있다. 이 때에 제출할 서류는 [표 3-2]에서 보는 바와 같다.

원자력법 제11조(건설허가) 제3항에 의한 부지사전승인제도는 사업자의 선택적인 사항으로 건설허가 이전에 원자로설치 지점에 대한 굴착과 암반보호 및 보강을 위한 콘크리트공사를 허용하여 사업추진이 원활하게 이루어지도록 편의를 제공하기 위한 제도이고, 이 부지사전승인은, 건설허가의 일환으로 간주되며, 기술기준은 건설허가에 적용되는 부지관련허가기준과 기술기준의 일부가 적용 받게 되어 있다.(법제12조제2호 및 법제12조제3호)

건설허가에 있어서는 원자력법 제 11조(건설허가) 제 2항에 따라 건설허가 신청서와 함께 소정의 서류를 제출하여야 하며[표 3-2참조], 과학기술부령

(시행규칙 제6조)이 정하는 서류로서 원자로의 사용목적에 관한 설명서, 원자로시설의 설치에 관한 기술능력의 설명서, 정관 및 등기부등본(법인의 경우) 등을 제출하여야 하며, 기타서류를 첨부하여야 한다. 적용되는 기술기준은 원자력법령집 21쪽에 기술된 원자력법 12조의 허가기준 및 동조의 제1호, 제2호, 제3호, 제4호 등에 적합하여야 하며[3-1], 법 12조에 근거하여 부령으로 규정되어 있는 기술기준과 대통령령으로 규정되어 있는 환경상의 위해 방지기준도 충족하여야 한다.

원자로규칙에서 규정하고 있는 위치에 관한 기술기준은 지질 및 지진(제4조), 위치제한(제5조) 등 7개 항목으로 되어 있고, 이에 대한 세부기술기준은 과학기술부 준용고시로 미국 및 IAEA의 안전요건을 준용하여 적용하게 되어 있다. 구조 및 설비에 관한 기술기준은 “안전등급 및 규격(제12조)”, “외적 요인에 관한 설계기준(제13조)” 등 38개 항목으로 되어 있으며, 일부 사항에 대한 세부요건은 과학기술부고시로 규정되어 있다. 품질보증에 관한 기술기준은 품질보증 조직 (제68조), 품질보증계획(제69조) 등 18개 항목으로 구성되어 있다.

건설허가 이후의 인·허가절차로서 계량관리 및 방호규정 승인제도가 있으며, 이 계량관리 및 방호규정 승인신청 시에 제출할 서류는 원자력법 제15조의2(계량관리 및 방호규정), 원자력법시행령 제26조의2(계량관리 및 방호규정) 및 원자력법시행규칙 제12조(계량관리 및 방호규정의 작성)에 따라 사업소마다 계량관리 및 방호규정을 작성하여 제출하여야 한다.

거듭되는 같은 유형의 상용원자로의 건설/설계/운전이 수행됨에 따라 건설/운영허가의 중복을 피하여 공기를 단축하기 위한 표준설계인가의 필요성이 대두됨으로서, 원자력법 제12조의2(표준설계인가)제1항 규정에 따라 동일한 설계의 상용원자로 및 관계시설을 반복적으로 건설하고자 하는 자는 그 설계(표준설계)에 관하여 과학기술부장관의 인가를 받아야 하며, 인가신청 제출 시에 다음의 첨부서류를 제출하도록 규정되어 있다.



- \*표준설계기술서
- \*원자로의 사용목적에 관한 설명서
- \*원자로의 설계에 관한 기술능력의 설명서
- \*표준설계안전성분석보고서
- \*비상운전절차서 작성계획서
- \*정관 및 등기부등본(법인인 경우에 한한다)

이때에 적용되는 기술기준은 원자력법 제12조의2 제3항에 근거하여 원자력법시행규칙 제11조의4(표준설계의 인가)에서, 원자로규칙 제4조~제10조와 동 규칙 제12조 ~제49조 및 제51조~제66조를 적용하도록 되어 있다.

운영허가 시에 제출하여야 할 서류는 운영허가 신청 시에 원자력법 제21조(운영허가) 제2항에 따라 운영허가신청서와 함께, 운영기술지침서, 최종안전성분석보고서, 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가서(건설허가신청 시에 제출된 방사선환경영향평가서의 변경부분), 방사선비상계획서와 함께 과학기술부령(시행규칙 제15조 제3항)이 정하는 서류를 제출하여야 하며[표 3-2참조], 적용되어야 할 기술기준은 운영허가 기준(법 제22조)의 제1호, 제2호, 제3호, 제4호이며, 이들과 연계되어 있는 시행령 및 시행규칙에서 규정하고 있는 기술기준은 같은 표에 요약하였다.

#### 다. 규제검사

상용원자로시설에 대한 규제검사에는 건설허가취득 후에 원자력법 제16조(검사)에 의한 건설중의 검사와 원자력법 제23조의2(검사)에 의한 운영중의 검사가 있으며, 구체적인 법정검사의 종류와 수행방법 등은 원자력법시행령 이하의 법령에서 규정하고 있다. 검사의 종류를 대별하면, 사용 전 검사(영 제27조), 계량관리 및 방호에 관한 검사(영 제26조의 3, 제43조), 품질보증검사(영 제31조, 제43조), 정기검사(영 제42조) 등이 있다.

사용 전 검사는 건설허가 발급 이후 원자력법 제16조(검사)제1항 및 원

자력법시행령 제27조(사용 전 검사)에 의해 발전용 원자로설치 자는 과학기술부장관에게 사용 전 검사신청서를 제출하고 건설공정의 진척 도에 따라 사용 전 검사를 받아야 한다. 이 단계에서 적용되는 기술기준은 위치에 관한 기술기준 (원자로규칙 제3조~제10조)과 구조·설비 및 성능에 관한 기술기준 (원자로규칙 제11조~제49조)이다.

계량관리 및 방호 검사를 위하여 발전용 원자로설치 자는 원자력법 및 동 법 시행령 제26조의3(특정 핵 물질의 계량관리 및 방호에 관한 검사)에 따라 특정 핵 물질시설을 보유한 시설과 그 운반에 대한 계량관리 및 방호에 관한 검사를 받아야 한다. 과학기술부장관은 검사계획을 발전용 원자로설치 자에게 통보하며, 특정 핵 물질의 운반에 대해서는 상용원자로설치 자가 과학기술부장관에게 검사를 신청하여야 한다.

품질보증검사 시에 발전용 원자로 설치자는 원자력법 제16조(검사)제1항 및 원자력법시행령 제31조(특정품질보증검사)에 의한 품질보증검사를 받아야 한다.

정기검사는 운영허가 발급 이후에도 원자력법시행령 제42조(정기검사) 및 시행규칙 제19조(정기검사)에 따라 발전용 원자로운영자는 최초 상업운전을 개시한 후, 또는 검사를 받은 후 20개월 이내의 간격으로 정기적으로 실시되는 정기검사를 받아야 하며, 수검 전에 정기검사신청서(시행규칙 제19조)와 함께 “정비 및 시험계획서”를 첨부서류로서 제출하게 되어 있으며, 원자력법시행령 제42조에서는 정기검사의 합격기준이 명시되어 있다. 이 정기검사 합격기준에 근거하여 정기검사에 적용되는 기술기준은 [표 3-2]에 요약하였다.

이상과 같이 원자력발전소 인허가의 원활하고 엄격한 규제를 위하여, 앞서 기술한 대로 원자력법이 규제의 모체가 되며 그 하위 법으로 대통령령으로 공포되는 원자력법시행령, 과학기술부령으로 공포되는 원자력법시행규칙, 과학기술부의 고시로 이루어지는 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 그리고 과학기술부령으로 공포되는 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙

등이 있으며, 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙으로는 “상용원자로시설의 기술기준(연구용 원자로 등 시설 준용)”과 “핵연료주기시설의 기술기준(정련 시설 제외)”을 포함하고 있다.

## 라. 원자로의 운영

운영허가 이후에 원자로의 운영 중에 수행되는 절차로서 앞서 기술한 “정기검사”와 최근의 원자력법 개정(법률 제6354호, 2001년 1월)으로 신설된 “주기적 안전성평가제도”가 있다. 정기검사는 앞서의 정기검사의 법을 따라야 하며, 주기적 안전성평가제도는 발전용 원자로운영자(운영허가를 받은 자)에게 원자력법 제23조의3(주기적 안전성평가)의 규정에 따라 발전용 원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 종합평가하고 그 결과를 과학기술부장관에게 제출하는 제도로서 일반적인 인허가제도와는 성격이 다르나 향후 원전의 계속운전 여부를 결정하는 판단자료로서 실질적으로 매우 중요한 제도이다.

## 마. 원자로의 해체

상용원자로를 해체할 경우에는 제출서류로서 원자력법 제31조(발전용 원자로 및 관계시설의 해체)제1항 규정에 따라, 상용원자로설치 자가 상용원자로시설의 해체 시에 해체계획서를 작성하여 해체 이전에 과학기술부장관의 승인을 얻어야 한다. 원자력법 제31조제2항은 해체계획서에 포함되어야 할 사항을 규정하고, 원자력법시행규칙 제20조(원자로시설의 해체계획 승인신청)는 해체계획 승인신청서에 원자로시설의 해체계획서를 첨부할 것을 규정하고 있다.

## 바. 결론

대체적으로 상용원자로의 인허가절차와 기술기준은 무난하게 정비되어 있는 것으로 판단된다. 그러나 해체에 대한 허가절차와 기준의 정립이 필요한 단계에 있으며, 또한 세계적인 추세에 맞추어서, 원자력발전소의 정성적이고 연역적(deterministic)인 안전규제기술로부터 귀납적(inductive)인 방법에 의한 규제기술의 일환으로서, 확률론적 규제 방법에 따른 안전도분석(probabilistic safety analysis)에 의한 최적방안의 모색을 위한 규제양식으로의 방향전환이 점차적으로 이루어지는 것이 바람직하다.

## 2. 연구용 원자로

우리 나라의 연구용 원자로는 앞서 언급한 바와 같이 TRIGA II 및 III가 건설\*가동되어 있었고, 하나로가 또한 1987년에 건설\*운영허가를 취득함으로써 원자력소재의 재질연구에 획기적인 획을 긋게 되었다.

### 가. 연구용 원자로의 인허가절차와 요건

연구용 원자로는 상용원자로와는 달리 하나의 통합된 건설\*운영허가를 발급하게 되어 있고, 부지사전송인이나 연구/교육용 원자로의 특성상 표준설계 인가절차가 없다. 일반적으로 연구/교육용 원자로는 그 용량이나 시설의 크기가 작음으로 환경에 위해를 주는 경우가 상용원자로의 경우보다 대단히 작다. 따라서 적용기술기준은 상용발전소보다는 덜 엄격한 것이 허용되는데 실질적으로는 상용발전소의 기술기준을 준용하고 있는 상태에 있고 준용의 허용정도나 적용범위에 관한 일정한 지침이 없어서, 이들의 심사는 어느 측면에서는, 심사의 기술기준허용성과 적용성에 어려움이 있는 실정에 있다.

## 나. 건설/운영허가

우리 나라의 원자로의 안전규제는 상업용 원자로와 연구/교육용 원자로(이하 연구용 원자로로 칭함)의 2가지로 분류되어 있다.

연구용 원자로시설에 대한 인허가 규제절차는 원자력법에 따라 건설\*운영허가, 계량관리 및 방호규정 승인, 휴/폐지신고, 해체승인 등으로 구분되어 있고, 상용원자로와 비교하여 부지사전승인과 표준설계인가가 없으며, 계량관리 및 방호규정 승인과 휴/폐지신고과정사이에 사용 전 검사, 계량관리 및 방호에 관한 검사, 품질보증검사, 정기검사의 4가지 절차를 거치게 되어 있다. 연구용 원자로시설은 원자력법 제33조(연구용 원자로 등의 허가)에 따라 상용원자로시설과는 달리 건설/운영에 대한 하나의 통합된 허가를 받도록 되어 있다.

건설\*운영허가시의 제출서류는[표 3-2참조] 허가신청서와 함께, 방사선환경영향평가서, 운영기술지침서, 안전성분석보고서, 건설 및 운전에 관한 품질보증계획서와 함께 과학기술부령(시행규칙 제6조)이 정하는 서류인 연구용 원자로시설의 사용목적에 관한 설명서, 연구용 원자로시설의 설치 및 운전에 관한 기술능력의 설명서, 정관 및 등기부등본(법인의 경우) 등을 제출하여야 한다. 이것을 상용원자로와 비교하면 방사선비상계획서, 핵연료장전계획에 관한 설명서, EOP기술근거 및 검증방법이 연구용 원자로의 경우에 면제되어 있다. 또한, 원자력법 제33조제2항의 단서규정에 의해, 열 출력 10kW 미만인 원자로로서 과학기술부장관이 인정하는 연구용 또는 교육용 원자로의 경우에는 건설 및 운전에 관한 품질보증계획서의 첨부를 제외하고 있다. 허가기준은 원자력법 제33조제3항에 의해 상용원자로시설의 건설허가기준(법 제12조)과 운영허가기준(법 제22조)을 준용하고 있으며, 원자로규칙(부령)에서도 상용원자로시설의 허가기준과 연계되어 있는 기술기준들, 예컨대 위치에 관한 기술기준 (원자로규칙 제3조~제10조), 구조·설비 및 성능에 관한 기술기준 (원자로규칙 제11조~제49조), 품질보증을 위한 기술기준 (원자로규칙 제67조~제85조)들은 연구용 원자로시설에 대하여도 모두 준용하도록 규정되어 있다.

연구용 원자로시설의 계량관리 및 방호규정 승인과 해체승인은 원자력법

제36조(준용)에 의해 상용원자로시설에 대한 해당 절차요건을 준용하고 있다. 계량관리 및 방호규정 승인 신청은 원자력법 제36조, 원자력법시행령 제49조 및 원자력법시행규칙 제28조에 의해 준용되는 원자력법 제15조의2(계량관리 및 방호규정), 원자력법시행령 제26조의2(계량관리 및 방호규정) 및 원자력법시행규칙 제12조(계량관리 및 방호규정의 작성)에 따라 계량관리 및 방호규정을 작성하여 제출하여야 한다. 원자력법시행규칙 제12조에서는 계량관리 및 방호규정에 포함되어야 할 사항을 규정하고 있으며, 구체적인 작성내용 및 방법은 과학기술부장관고시로 정하도록 위임하고 있다.

#### 다. 규제 검사

연구로의 규제검사에는, 사용 전 검사, 계량관리 및 방호검사, 품질보증검사, 정기검사가 있다. 사용 전 검사는 원자로의 건설\*운영허가 발급 이후, 원자력법 제36조 및 원자력법시행령 제49조에 의해 준용되는 원자력법 제16조(검사) 및 시행령 제27조(사용 전 검사)에 의해서, 연구용 원자로설치 자는 건설공정의 진척 도에 따라 실시되는 사용 전 검사의 수검 전에 사용 전 검사신청서를 제출하여야 한다. 사용 전 검사 단계에서 적용되는 기술기준은 원자력법시행령 제49조에 의하여 준용되는 영 제27조(사용 전 검사)에 의해 원자력법 12조제2호와 법 제22조제2호 및 원자로규칙 제11조~제49조를 준수하도록 되어 있다.

연구용 원자로설치 자는 원자력법 제36조 및 시행령 제49조에 따라 준용되는 원자력법 제16조(검사)제1항 및 시행령 제26조의3에 의거하여, 특정 핵 물질시설을 보유한 시설과 그 운반에 대한 계량관리 및 방호에 관한 검사를 받아야 한다. 시설에 대한 계량관리 및 방호에 관한 검사 시에는 과학기술부장관이 검사계획을 연구용 원자로설치 자에게 통보하며, 특정 핵 물질의 운반에 대해서는 연구용 원자로설치자가 과학기술부장관에게 검사를 신청하여야 한다. 연구용 원자로설치 자는 또한 원자력법 제36조 및 시행령 제49

조에 따라 준용되는 원자력법 제16조(검사)제1항 및 시행령 제31조(품질보증 검사)에 의한 품질보증검사를 받아야 한다.

연구용 원자로설치자는 원자력법 제36조, 원자력법시행령 제49조 및 원자력법시행규칙 제28조에서 준용되는 원자력법 제16조(검사), 원자력법시행령 제42조(정기검사) 및 원자력법시행규칙 제19조(정기검사)에 따라 최초 운전 개시한 후 또는 검사를 받은 후 24개월 이내의 간격으로 정기검사를 받아야 하며, 정기검사의 수검 전에 정기검사신청서와 함께 “정비 및 시험계획서”를 첨부서류로서 제출하여야 한다.

## 라. 원자로의 운영

연구용 원자로의 운영에 있어서는 허가 발급 이후에 연구용 원자로설치자가 준수하여야 할 안전조치에 관한 기준을 준용하여야 하며, 이 기준들은 원자력법 제36조에 의해 원자력법 제29조(운영에 관한 안전조치 등) 및 원자력법 제102조(발전용 원자로 운영에 관한 안전조치) 등이다.

## 마. 원자로의 해체

연구용 원자로의 설치자는 그 사업의 전부 또는 일부를 휴지 또는 폐지하거나 휴지한 사업의 재개 시에는 원자력법 제35조의2(사업의 사업 휴·폐지 등의 신고)에 따라 그 시행 일로부터 30일 이내에 과학기술부장관에게 신고하도록 하고 있다.

연구용 원자로설치자가 연구용 원자로시설의 해체를 수행하는 경우에는 원자력법 제36조 및 원자력법시행규칙 제28조에 의해, 원자력법 제31조(발전용 원자로 해당사항) 및 원자력법시행규칙 제20조(원자로시설의 해체승인신청) 규정을 준용함으로써 해체계획서를 작성하여 해체 이전에 과학기술부장관의 승인을 얻어야 한다.

## 바. 결론

연구용 원자로에 있어서, 인허가절차와 제출서류는 상용원자로의 그것과 비교하여 현격한 차이는 연구로의 경우에 건설/운영허가의 통합에 있다. 이에 따라 상용원자로의 경우에는 건설/운영허가에 13종의 제출서류가 있는 것에 비하여, 연구로의 통합허가절차에서는 6종의 제출서류가 있다[표3-2참조]. 그러나 세부적인 규제요건과 세부규정에 있어서는 상용원자로시설 안전요건의 대부분을 그대로 준용하고 있으므로, 실질적으로는 상용원자로와 연구용 원자로사이의 규제의 차이는 없으며, 규제요건을 선별적으로 적용한다고 하더라도 그 획을 긋는 데에는 어려운 점이 있다. 곧, 연구용 원자로 시설에 적합한 기술요건의 미비, 계량관리 및 방호규정의 기준 미비, 기술요건항목의 미비, 상세 기술요건의 미비, 발전용 원자로의 기술기준의 준용에 의한 필요 이상의 엄격한 기술요건 적용에 따른 문제점 등이 나타나고 있어서 이들의 보완이 시급한 상태에 있다. 실제로 연구용 원자로인 하나로의 인허가수행의 경우, 많은 부분을 상용원자로의 기술기준, 기술요건을 선별적으로 적용함으로써 규제의 일관성, 기술적용의 타당성 등에서 많은 논란을 불러일으킨 사례가 있었다.

이상의 내용을 요약하면, 연구용 원자로의 인허가단계에 있어서 안전요건의 대부분을 발전용 원자로시설의 그것으로 그대로 준용함으로써 발전용 원자로의 기술요건 체계와 동일하다. 이는 연구용 원자로시설의 규모, 용도 등의 고유특성을 고려하지 않는 문제점을 안고는 있으나, 한편으로는 연구형 원자로의 인허가를 경히 여기지 않는 장점도 있다. 그러나 일반적으로 발생될 수 있는 과도한 규제는 피하기 위하여, 앞으로 연구용 원자로의 안전요건 체계에 알 맞는 기술기준[법, 부령, 시행규칙, 고시 포함]의 정비가 요망된다.

또한 근래에 중소형 원자로 또는 연구용 발전로 등의 설계/건설 움직임이 세계적 추세에 있으므로[1-1], 이들에 관한 법령의 제정 등이 요망된다.



## 제 2절 국외원자로 인허가절차 및 규제요건

### 1. 국외상용원자로

#### 가. 미국의 상용원자로

미국의 원자력분야의 규제는 연방규제규정(Code of Federal Regulation : CFR)내에 있는 10CFR이 그 근간을 이루고 있다. 이 10CFR은 Part 0에서 Part199로 세분되어 있으며[표3-3참조], 미국 원자력규제위원회(USNRC)가 원자력안전규제를 담당하고 있다. USNRC는 법령의 제정 이전에 필요한 경우 규제현안에 대한 NRC의 규제입장을 정책성명의 형태로 피 규제 사업기관, 국민 등의 이해관계 당사자들에게 공식 표명하고 있다.

이 정책성명은 정성 또는 정량적인 안전목표 설정을 통하여, 안전규제기술요건의 개발 및 보완의 목표로 활용되고 있으며, 구체적인 예로서는 신형원자로정책성명(1985년), 기존 및 신형설계 원전의 중대사고에 관한 정책성명(1985년), 안전목표정책성명(1986년) 등을 들 수 있는데, 이들은 안전규제기술요건의 개발과 보완을 통해 개량형 혹은 신형의 원전설계의 인허가심사에 활용되고 있다.

#### (1) 미국의 원자로 인허가절차와 기준

원자력규제위원회가 주관하는 10CFR0~10CFR199중에서 10CFR50 및 10CFR52가 발전용 원자로시설의 인허가 관련 요건을 규정하고 있다. 이외에도 규제지침, 심사지침, 산업기준 등이 있는데, 규제지침은 현재 10개 분야에 358건이 개발되어 있으며, 이와는 별도로 NUREG 계열의 표준심사지침 등이 있다. 이 규제지침은 또한 NRC 직원에게 연방규정(10CFR)의 특정 조항을 이행함에 있어 허용될 수 있는 방법을 제시하며, NRC 직원에게 특정 문제 혹은 가상사고의 평가에 사용되는 기술의 제공을 도모하며, 허가를 신청하거나 혹은 허가를 받은 사업자에게 NRC의 평가를 요하는 문서의 작성 지침을 제공하고 있다.

한편, 산업기준의 형태로 개발된 ASME B&PVC, IEEE-279 등이 10CFR

규정(\$50.55a)의 안전규제기술요건에 참조\*인용되어 안전규제기술요건의 일부분으로서 적용되고 있다. 이 밖에도 각종 민간단체에 의해 개발된 미국 국가표준협회(ANSI) 번호체계를 가지는 표준 등의 상당수가 규제지침에 참조로 인용되고 있다.

이 들과는 별도로, 원전에 대한 표준심사지침(Standard Review Plan, NUREG-0800)이 있는데 표준심사지침은 분야별 혹은 계통별 검토분야 및 검토절차와 함께 기술요건인 허용기준(Acceptance Criteria)을 제시하고 있다. 10CFR50. Sec.50.34(g)는 표준심사지침의 허용기준과 허가신청서 기재내용과의 일치여부를 확인할 것과 확인결과 일치되지 않는 경우에는 신청자가 제시한 대안이 원자력법 및 연방규정 관련 조항을 준수하는데 부합되는 것임을 입증할 것을 규정하고 있다.

## (2) 인허가규제

미국의 인\*허가규제절차는 사업자의 선택사항으로 건설/운영의 “통합허가” 또는 건설허가(CP)와 운영허가(OL)의 2단계로 구분하고 있는 “2단계허가”가 있으며, 건설허가의 일환으로 제한공사인가(LWA)제도를 두고 있다.

제한공사제도는 우리 나라의 부지사전승인제도와 유사한 제도이며, 건설허가 신청자는 건설허가 발급 이전에 USNRC의 제한공사인가(Limited Work Authorization : LWA)를 받고자 하는 경우에는 환경보고서(Environmental Report : ER)를 NRC에 제출하여야 하며, NRC는 10CFR51의 규정에 의하여 환경영향평가를 수행하고 환경영향평가서(EIS)를 작성하게 되어 있다. 이 환경영향평가서의 결과에 따라 제한공사 인가여부가 결정된다. 이 환경영향평가서는 국가환경정책 법(NEPA)과 그 시행규정인 10CFR51의 규정에 따라 상세히 작성되는데, NEPA에서는 환경기준을 규정하고 있지는 않으나 NRC로 하여금 환경비용과 사업편익과의 균형을 평가하도록 요구하고 있다.

2단계허가 중에서 건설허가 신청을 위한 제출서류는 일반 사항, 독점금지 관련 사항, 기술적 사항, 기체·액체·고체 방사성물질관리 설비의 예비설계 및 관리규정으로 구분되어 있다. 일반사항(Sec.50.33)에는 신청자의 성명 및 주소, 사업 명, 신청허가의 종류 및 기간, 재정보증, 건설비용, 건설완공예정일 등을 포함하고, 기술적 사항(Sec.50.34)에는 예비안전성분석보고서(PSAR) 제출, TMI 추가요건 준수, 표준심사지침(SRP)에 의한 시설평가 자료 등을

포함하고 있다[표 3-2참조].

### (3) 건설허가

건설허가는 허가기준(Sec.50.45)의 규정에 따라 허가신청은 Sec.50.31 내지 Sec.50.38의 규정에 명시된 기준(criteria) 및 Sec.50.40 내지 Sec.50.43의 규정에 명시된 기준(standards)을 준수하여야 하며, 건설허가기준(Sec.50.45)의 규정에 의해 건설허가 시에 적용되는 기술요건은, 부지선정기준 (10CFR100), 일반설계기준 (GDC, 10CFR50 App.A), 비상 노심 냉각시스템의 허용기준 (Sec.50.46), 규격 및 기준 (Sec.50.55a), 곧 B&PVC 등 산업규격 및 기준 적용요건, 원자력발전소 및 핵연료재처리시설의 품질보증기준 (10CFR50 App. B), 생산\*이용시설의 비상계획 및 준비 요건 (10CFR50 App.E), 표준심사지침 (SRP) 허용기준, 방사선방어기준 (10CFR20), 환경 요건 (10CFR51 Sub part A) 등이 이에 해당한다. 상기의 요건과 함께 안전규제에 적용되는 그 밖의 규제지침이 있는데 이중에는 기존의 규정적 규제(prescriptive regulation)와 병행한 위험도 정보를 고려한 규제(Risk-informed regulation)의 일환으로 품질보증관련 규제지침인 RG-1.176 (An Approach for Plant-Specific, Risk-Informed Decision making: Graded Quality Assurance (1998년)가 적용단계에 있다.

원전의 부지선정 기술요건은 부지의 안전성 요소와 환경 요소로 구분되며 부지의 안전성 측면에서의 기술요건은 10CFR Part 100 “원자로부지기준”에 규정되어 있고, 환경 관련 요건은 10CFR Part 51 “인\*허가 및 관련 규제기능에 관한 환경보호규정”에 규정되어 있다. 10CFR100은 Subpart A, B와 부록 A로 구성되어 있는데, Subpart A는 시험원자로와 1997년 1월 10일을 기준으로 하여 그 이전 신청 상용원전 적용되는 부지평가 고려인자를 규정하고 있고, Subpart B는 그 이후 신청 상용원전에 적용될 부지평가 고려인자에 대하여 규정하고 있다. 10CFR100 부록 A “원전 지진 및 지질 부지선정 기준”은 원전 부지의 적합성 및 원전 설계기준의 적합성 평가에 필요한 기본적인 지진 및 지질학적 평가 고려요소를 규정하고 있다. 한편, 원전의 최종안전성분석보고서에 관한 요건인 Sec. 50.34 제(b)(10)항에 의해 1997년 1월 10일 이후에 건설허가를 받는 운영허가 신청자는 1996년 12월에 제정된 10CFR50 부록 S “원전 지진공학기준”의 요건을 적용하도록 하고, 1997년 1월 10일 이전에 건설허가를 받은 운영허가 신청자에게는 기존의 10 CFR100 부록 A Section IV. “지진공학기준”을 계속 적용하도록 규정하고 있다. 환

경보호규정인 10CFR51은 총칙, Subpart A와 그 부록 A, B로 구성되어 있으며 Subpart A "NEPA Section 102 제(2)항 이행규정"의 각 조항에는, 일반 규정 (Sec.51.10~51.17), 예비절차 (Sec.51.20~51.35), 환경보고서 및 정보, 환경영향평가서 (Sec.51.70~51.99), 부록 A (환경영향평가서에서의 물질표현서식), 부록 B (원전 운영허가 갱신에 따른 환경영향)가 포함되고 있으며, 규제지침 R.G 4.7 "원전부지 적합성 일반기준"은, 부지의 안전성 평가인자인 지질 및 지진, 부지환경 평가인자인 대기확산, 제한구역 및 저 인구지대, 인구 고려, 수문학, 생태계 및 생물 군, 산업, 군사 및 교통 시설, 소음 등을 포함하고 있으며, 기타인자로는 비상계획, 안보계획, 토지사용 및 미학 (AESTHETICS) 등이 포함되어 있다.

원전의 설계요건은 10CFR50에서 원전의 일반설계요건(GDC)과 가연성기체 제어계통, 비상 노심 냉각계통, 비상용 시설 및 장비, 화재방호설비 등으로 구성되어 있다. 이 중에서 일반설계기준(GDC)은 총55개 항목의 기술요건으로 되어 있으며, 원전시설에 공통적으로 적용되는 일반요건과 계통별 요건 등 6개 분야로 구분하고 각 계통별 요건항목은 BWR 및 PWR의 노형별로 구분하여 기술요건을 규정하고 있다.

10CFR50의 본문에서 규정하고 있는 원전 계통별 설계기술요건의 다수가 아래와 같이 일반설계기준(GDC)과 연계되어 있다. 곧 원전 지진공학기준 (10CFR50 App.S)은 GDC 2 와, 경수냉각원자로의 가연성기체의 제어계통에 관한 기준 (Sec.50.44)은 GDC 41, 42, 43, 54, 56, 10CFR100, ASME B&PVC 와, 비상 노심 냉각계통허용기준 (Sec.50.46, 10CFR50 App.K)은 GDC 35와, 화재방호설비요건 (Sec.50.48 및 10CFR50 App.R)은 GDC 3 과, 규격 및 표준 (Sec. 50.55a)은 GDC 1, ASME B&PVC, IEEE과, 경수로 원자로의 과도 상태 (ATWS) 사건으로부터의 위험도 감소요건 (Sec.50.62)은 GDC 20과 연계되어 있다.

원전의 계통별 상세 요건은 표준심사지침(SRP)의 허용기준(Acceptance Criteria)에 기술되어 있으며, 개량형 또는 신형 원전에 대한 새로운 안전현안에 대한 NRC 규제입장은 SECY 보고서, NUREG 보고서 등에서 제시되고 있다.

건설허가 발급 이후 적용되는 건설허가조건(Sec.50.55)은 원자력의 생산 (사용 후 핵연료재처리시설) 및 이용(원전)시설의 건설허가가 발급된 이후에

적용되는 요건으로, 품질보증계획의 이행, 법규 위반시의 보고요건 등을 규정하고 있으며, 추가적인 허가조건의 요건으로 규격 및 기준(Sec.50.55a) 요건이 있다.

#### (4) 운영허가

운영허가는 저 출력(low-power: 5%)허가와 전 출력(full-power)허가로 분류되어 있는데, 저 출력허가는 핵연료장전, 가동 전 시험 완결 및 5%까지의 기동시험 수행을 인가하는 것이며, 가동 전 시험 및 기동시험이 만족스럽게 완결되었을 경우 전 출력허가가 발급된다. 한편, 원자력법(AEA) Sec. 189.a 및 10CFR50의 Sec.50.58의 규정에 의해 건설허가 및 운영허가 발급 전과 허가변경에 대해 공중이 참여하는 공청회 제도를 두고 있다. 건설허가 전 공청회 개최는 법에 의한 필수 절차요건으로 3인의 원자력안전\*인허가위원회(ASLB)에 의해 개최되며, 운영허가발급 이전의 공청회 개최는 지역주민 혹은 관계기관 등 이해당사자들로부터 청원이 있는 경우에만 개최되며 그 절차는 건설허가 전의 공청회 개최와 동일하다.

한편, 원전 인\*허가절차의 효율화 및 안정성을 증진하기 위하여 10CFR50의 2단계인\*허가제도를 대체할 수 있는 Part52의 규정을 두고 있다. Part52는 부지조기승인(Early Site Approval), 표준설계 인증(Design Certification) 및 건설\*운영통합허가(Combined License)의 3단계로 구분된 제도를 규정하고 있으나, 원전에 적용되는 기술요건들은 10CFR50과 동일하다.

운영허가신청시의 제출서류는 일반 사항, 독점금지 관련 사항, 기술적 사항 및 기체\*액체\*고체 방사성물질관리 설비의 예비설계 및 관리규정으로 구분되어 있다. 일반사항(Sec.50.33)은 신청자의 성명 및 주소, 사업 명, 신청허가의 종류 및 기간, 운영비용 및 자원, 주 및 지방정부의 방사선비상대응 계획, 시설해체 기금확보방안 등을 포함하고 있다. 기술적 사항(Sec.50.34)은 최종안전성분석보고서(FSAR), 물리적 보안계획, 우발사고대비 안전보장계획(Safeguard Contingency Program), 표준심사지침(SRP)에 대한 시설평가 자료 등을 포함하고 있으며, 이 외에도 방사성기체\*액체 방출물체 관리설비 및 절차에 관한 설명서 와 기술지침서 및 방사성물질 방출 기술지침서를 포함하고 있다.

운영허가심사에 적용되는 기술요건은 건설허가 심사 시에 적용된 많은 기술요건들을 포함하고 있으며, 그 내용은 표 3-2에 요약하였다.

기술지침작성 요건(Sec.50.36)은 생산 및 이용 시설의 운영허가신청 시에 허가신청서의 첨부서류로 제출되어야 하는 기술지침서에 관한 요건이며, 산업 및 상용의 원전과 사용 후 핵연료처리시설 및 비 출력원자로에 공통 혹은 개별적으로 적용되는 요건을 함께 규정하고 있다. 기술지침서 작성 시 포함해야 할 사항과 시설운영 중에 준수해야 할 요건도 함께 규정하고 있는데, 예로서 안전설정 치의 초과 시의 원자로정지요건, NRC에 대한 통고 및 보고요건, 불시정지 후 NRC 인가를 얻은 후의 운전재개 요건 등이 있다. 한편, 상기의 기술지침 요건(Sec.50.36)과 함께 적용되는 규제지침으로서 RG 1.177 (Technical Specifications-- SRP Chapter 16.1 관련)이 위험도 정보를 고려한 규제(Risk-informed regulation)의 일환으로 1998년에 발간된 바 있다.

원전으로부터 방사성물질의 방출에 관한 기술지침 요건(Sec.50.36a)은 원전의 정상운전 및 가상상황시 방사성물질의 비 제한구역 방출을 “달성 가능한 낮게 유지(ALARA)”하기 위한 운전절차서 수립요건과 년 단위의 기체 및 액체 방사성물질의 비 제한구역으로의 방출 량에 대한 보고서 제출의무 등을 규정하고 있다.

환경조건(Sec.50.36b)은 원전을 포함한 생산 및 이용 시설과 시험시설의 허가발급 시에 환경데이터의 기록 및 보고, 환경보호를 위한 감시요건 등 환경보호를 위한 조건이 추가로 허가조건으로 부여 될 수 있음을 규정하고 있다.

원전 운영허가 이후에 적용되는 기술요건으로는 “생산 및 이용시설 허가(License)조건 (10CFR50.54)”를 포함하여 10개 항목의 기술지침 들이 있다.

## (5) 표준설계의 건설/운영

표준설계원전(다수 기 부지에서의 복제설계 원자로)의 건설 혹은 운영 허가를 신청하는 경우에는 “일반 사항(Sec.50.33)”, “독점금지 관련 사항(Sec.50.33a)”, “기술적 사항(Sec.50.34)의 제(a)항”, “기체\*액체\*고체방사성물질관리설비의 예비설계 및 관리규정(Sec.50.34a) 제(a)항과 제(b)항 준수”, “건설허가 단계(Sec.51.50)시의 환경보고서 제출”, “원자로시설 공통의 품질보증계획서 제출” 등의 요건을 준수하여야 한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 미국의 안전규제는 원자력법에 근거를 두고, 그 하위규정인 10CFR, USNRC Regulatory Guides, Standard Review Plan 등의 허용기준으로 구성되어 있다. 상용원자로는 10CFR50으로 규정하고 있고, 방사선방어, 물리적 방호 및 부지선정에 관한 안전기준은 별도로 10CFR 20, 73 및 100에서 규정하고 있으며, 이 이외에 새로운 규제현안이 발생할 때마다 이를 해결하기 위하여 수시로 발행되는 NRC 규제문서(SECY 및 관련 SRM, Generic Letter, Bulletin, Information Notice )가 있다. 이 규제지침들이 상호 보완하면서 상당히 엄격한 규제를 수행하고 있기 때문에, 서유럽국가들이나 일본 등에서도 미국의 안전규제기술요건들을 상당부분 참조하여 자국의 실정에 적합한 규제기술요건체계를 설정하여 활용하고 있으며, 지속적으로 미국 안전규제기술요건의 개정 현황을 파악하여 새로운 요건 및 개정사항을 적절히 반영하고 있다.

한편 현재에도 규제의 효율성(Efficiency) 증진을 위하여 기존의 연역적 규제(Deterministic Regulation)와 병행하여 위험도 정보를 고려한 규제 (Risk-Informed Regulation) 및 성능기반규제(Performance -Based Regulation) 등 발전소 운전 및 규제 경험과 신행원자로 설계심사 경험을 토대로 한 신규요건의 개발과 기존의 안전규제기술요건에 대한 개선 및 보완이 꾸준히 추진되고 있다. 또한 중요한 것은 원자력발전소의 건설허가발급 전에 공청회(Public acceptance)를 개최하여 국민대중의 여론을 중요시하고 있으며, 이러한 엄격한 규제로 인하여, 많은 국가들이 미국의 규제에 대한 정보를 입수,

활용하고 있는 상황에 있다.

## (6) 검사규제

미국의 상용원자로의 검사는 원자력법에 의해 NRC는 공중 보건 및 안전의 보호를 위한 원자로시설 검사 권한을 가지고 있으며, 검사 프로그램은 핵심검사, 지역사무소에 의한 검사 및 일반 안전현안 검사의 3가지로 구성되어 있다. 핵심검사는 최소 2인의 원전부지 상주 주재관에 의해 수행되는 모든 시설에 대해 공통적으로 필수적인 최소한의 검사로서 시설의 건설 및 운전 중에 수행되고 있다. 필라델피아, 애틀랜타, 시카고 및 달라스에 위치한 4개 지역사무소는 책임지역 내에 있는 원자력시설에 대한 건설 및 운전 관련 검사를 수행하며, 필요시 NRC본부 및 타 지역사무소 요원으로 구성된 특별팀의 지원을 받고 있다. 일반안전현안검사는 모든 시설 또는 필요한 시설에 대해 상세 현안에 중점을 둔 특별검사로 각각의 검사결과는 SALP (Systematic Assessment of License Performance) 프로그램에 따라 허가소지자별 성과에 대한 NRC 종합평가에 수록되고 있다. 한편, NRC는 1989년 2월에 주 정부가 희망하는 경우 원자로시설에 대한 NRC 검사에 참가 또는 참관을 허용하는 “주 정부와의 협력정책”을 공표한 바 있다.

## (7) 결론

미국은 세계적으로 맨 처음에 상용원자로를 개발\*도입\*제작한 나라답게 안전규제에 있어서 독보적이고 가장 선진적인 형태를 갖추고 있다. 여론을 중시하는 나라답게 국민여론을 의식하는 공청제도(Public Acceptance)가 제일 먼저 시작된 나라이기도 하며, TMI 원전사고를 계기로 하여는, TMI 규제요건을 발표하여, 그 후속조치로 NUREG -0933[3-4]을 발행하여, 상용원자로의 안전규제에 더 한 층의 노력을 기울이기도 하였고, 지금도 꾸준히 미



완성규제사항(USI-Unresolved Safety Issue, 또는 GSI-Generic Safety Issue)들의 해결에 노력하고 있다[3-5].

비록 현재에는 여론에 의하여 계속적인 상용원자로의 건설에 제동이 걸려 있기는 하나, 안전규제요건의 정비에 계속적으로 노력하고 있으며, USNRC의 주제 하에 매년마다 원자력안전정보회의를 USNRC주최로 개최하여 원자력정보의 교환에 주력하고 있으며, 미국에서 발간되는 규제요건문서는 상용원자로를 건설하고 있는 다른 나라의 귀중한 참고문헌으로 활용되고 있다.

## 나. 일본의 상용원자로

일본의 상용원자로에 대한 관련 법률은 원자력기본법 밑에, 핵연료물질 및 원자로의 규제에 관한 법률(이하 ‘원자로 등 규제법’이라 함), 방사성동위원소 등에 의한 방사선장해방지에 관한 법률(이하 ‘방사선장해방지법’이라 함) 등이 있으며, 하위법령으로 핵 원료물질, 핵연료물질, 원자로 및 방사선의 이용에 관한 시행령, 시행규칙 및 고시 등을 두고 있는데, 이중에서 상용원자로에 직접적으로 관계가 있는 것은 “원자로 등 규제법”에 관한 사항이다.

일본의 원자력규제는 상용원자로, 연구개발단계의 발전용 원자로, 핵연료 주기시설(제련, 가공, 사용 후 핵연료저장, 재처리, 폐기) 등의 안전규제를 담당하고있는 경제산업성, 시험연구용 원자로, 발전용 원자로 이외의 연구개발 단계 원자로 및 핵연료물질 사용에 대한 안전규제를 담당하고 있는 문부과학성, 실용선박 원자로의 안전규제를 담당하고 있는 국토교통성으로 분담되고 있는 것이 특색이고, 비록 관할부처는 다르더라도, 동일 원자로 등 규제법을 적용하고 있으며, 원자력관련기타법률 들로는 전원개발촉진법, 발전용 시설주변지역정비 법, 전원개발촉진세법, 전원개발촉진대책특별회계법 등 있다.

원자력시설별 안전규제 주무기관은 원자로 등 규제법에 의해 허가의 발급 전에 원자력위원회와 원자력안전위원회의 자문을 받도록 제도화되어 있으므로, 위원회가 자체적으로 제정하고 자문의 근거로 활용하는 심사지침은 법적으로 구속력을 갖는 규제요건은 아니지만 법령상의 기술요건과 함께 중요한 위치를 차지하고 있다. 이들 위원회의 자문을 받는 항목은, 원자력위원회는 정책적인 “평화이용, 원자력이용의 계획적 수행, 경제적 기초 등의 기준 의견조회”에 대한 내용이며, 원자력안전위원회는 기술적인 “기술적 능력, 재해방지 관련 기준의 적용”에 대한 내용이다.

### (1) 일본의 원자력 인\*허가절차

앞서 언급한 바와 같이 일본은 원자력기본법의 하위 법으로 원자력 등 규제법(법률 제121호)을 제정하여 각 담당대신이 규제법에 따라 위임받은 권한을 행사하고 있다. 한편 원자력시설에 대한 인\*허가 안전규제요건은 원자로 등 규제법과 전기사업법 그리고, 기타 법령에서 다루어지고 있다. 원자로 등 규제법령은 동 규제법, 원자로 등 규제법시행령(정령), 실용발전용 원자로의 설치, 운전 등에 관한 규칙(성령) 및 관련 고시로 구성되어 있고, 전기사업법 법령은 전기사업법, 전기사업법시행령(정령), 전기사업법발전용원자력설비에 관한 기술기준(성령 제62호), 발전용 핵연료물질에 관한 기술기준(성령 제63호), 전기공작물의 용접에 관한 기술기준(성령 제81호) 및 관련고시로 구성되어 있다.

상용원자로의 규제절차와 기술기준은 설치허가, 설계 및 공사방법인가 공사계획인가, 용접방법 인가와 검사, 연료집합체 설계인가와 검사, 사용 전 검사, 보안규정 인가, 운전계획, 정기검사 등으로 구성되어 있다[표 3-2참조].

원자로설치허가는 상용원자로의 기본설계단계에서 원자로 등 규제법에 따라 허가신청서를 통상산업대신에게 신청하여 허가를 받도록 되어 있으며, 상세 설계단계에서는 전기사업법에 따라 공사개시 전에 전기공작물 설치에 관한 공사계획, 용접방법, 연료집합체의 설계에 관한 경제산업대신의 인가를

받도록 되어 있고, 원전운전개시 전에 원자로 등 규제법에 따라 보안규정에 관한 인가를 받도록 되어 있다

## (2) 심사규제

원자력안전위원회에서 제정한 안전설계심사지침과 안전성평가심사지침 등이 세부지침으로 원전설계와 관련하여 적용되는데, 안전설계심사지침은 미국 10CFR50, App.A, GDC의 체계, 구성항목, 내용, 상세 기준 등과 유사하며, 그 하위 지침들은 10CFR50의 기술요건 및 규제지침과 내용상으로 유사하다.

공사계획인가 신청 시에는 전기사업법에 따라 경제산업대신에게 공사계획인가 신청서와 함께 공사계획서, 공사공정표 등을 첨부서류로 제출하며[표 3-2참조], 신청에 대한 안전심사에서 설치허가단계의 기본설계와 설계방침과의 일치여부에 대한 확인이 수행된다. 공사계획인가 시점에서는 안전규제기술요건으로서 전기사업법에 근거하여 통상산업성령으로 규정되어 있는 “발전용원자력설비에 관한 기술기준을 정하는 성령(성령 제62호)”, “발전용 핵연료물질에 관한 기술기준을 정하는 성령(성령 제63호)”, “전기공작물의 용접에 관한 기술기준을 정하는 성령(성령 제123호)”가 적용된다. 또한, 법령상의 기술기준을 보완하고 최신 기술을 활용하기 위하여 자재, 설계, 시공 및 시험 등에 관한 상세 요건으로 산업안전기술기준을 적용하고 있다.

발전용원자력설비에 관한 기술기준을 정하는 성령은 우리 나라 과학기술부 부령으로 정하는 “원자로시설의 구조 및 설비 기준”의 체계, 구성항목, 내용 및 상세 수준 등이 매우 유사하다. 또한 발전용원자력설비에 관한 기술기준을 정하는 성령의 하위 규정인 발전용원자력설비에 관한 구조 등의 기술기준(고시 제501호)은 미국 ASME B&PVC Sec. III, Div. 1과 유사하며, 측정단위를 미국 ASME의 경우 lb\*ft 단위를 사용하고 일본의 구조 등의 기술기준은 SI 단위를 사용하고 있는 것이 다른 점이다. 전기공작물의 용접에 관한 기술기준(성령 제81호)은 원전설비의 용접 관련 기술요건과 수력 및 화력 발전설비의 용접에 관한 기술기준으로 세분되어 있다.

원자로설치 자는 원자로 등 규제법에 따라 원전의 운전개시 전에 경제산업대신에게 보안규정을 제출하여 인가를 받아야 한다. 경제산업대신은 원자로설치자가 제출한 보안규정이 설치허가의 신청사항, 공사계획인가의 설계조건 및 승인된 핵연료집합체 설계사항을 적절히 반영하고 있는지를 확인한다.

상용원자로의 설치, 운전 등에 관한 규칙(성령 제77호)에 의하여 발전용 원자로시설의 운영 중에 준수하여야 할 안전기준 항목으로는 관리구역출입 제한, 선량당량 등에 관한 조치, 원자로시설의 순시 및 점검, 원자로시설의 정기자주검사, 원자로운전, 핵연료물질의 공장 또는 사업소 내 운반, 핵연료물질의 저장, 방사성폐기물의 공장 또는 사업소 내 폐기, 방사선방어조치, 위험시의 조치 등이 있다. 이는 우리 나라 원자력법시행령으로 규정하고 있는 상용원자로시설에 대한 운영조치 요건들과 항목 및 내용에서 매우 유사하다.

### (3) 검사규제

상용원전에 대한 검사제도에는 사용 전 검사, 용접검사, 연료집합체 검사, 운전중의 정기검사가 있다. 사용 전 검사는 공사계획 인가 이후에 공사의 공정별로 공사 완료시점 및 시운전시험에 대해 실시되며, 이때 용접검사 및 연료집합체 검사가 병행하여 수행된다. 정기검사는 운전개시 이후에 주요전기 공작물에 대해 13개월을 초과하지 않는 간격으로 정기적으로 수행된다.

원자로설치허가 신청 시에는 원자로 등 규제법에 따라 통상산업대신에게 원자로설치허가신청서와 함께 원자로시설의 안전설계에 관한 설명서 등의 첨부서류를 제출하고, 이와는 별도로 환경영향평가 법에 의한 환경영향평가서를 제출한다. 원자로설치허가 심사 시에는 원자력안전위원회의 심사지침이 적용되는데 부지관련 안전규제기술요건으로서는 원자로입지심사지침이 적용되며, 특별히 지진에 관하여는 내진 설계심사지침이 적용된다. 원자로 입지심사지침은 기본 개념, 입지심사지침, 적용범위의 3개 부분으로 구분되어 있으며, 기본 개념은 원칙적 입지조건과 기본적 목표로 구분되어 있고, 별첨으로 입지심사지침 적용의 판단기준이 규정되어 있다.

#### (4) 결론

결론적으로 일본 상용원전의 인\*허가 및 안전규제는 원자로 등 규제법과 전기사업법에 따라 시행되고 있으며, 이에 따라 기술요건도 원자로 등 규제법에 근거한 기술요건과 전기사업법에 근거한 기술요건으로 이원화되어 있다. 상용원자로의 설치허가 단계에서 적용되는 일본 원자력안전위원회의 안전심사지침은 규제법령에 직접 연계되어 있지는 않으나, 원자로 등 규제법에 의한 상용원자로의 인\*허가절차에서 원자력안전위원회의 비중 있는 역할로 볼 때 필수적인 안전규제기술요건중의 하나로 볼 수 있다. 일본의 원자력관계 각종 기술협회 발행의 산업기준도 법령상의 기술요건을 보완하여 상세 기술요건으로 활용되고 있다. 그러나 대부분의 기술요건 구성항목의 체계 및 내용은 미국, IAEA 등 국외의 기술요건을 상당 참조하여 개발한 배경을 가지고 있어서, 체계 및 내용 등 여러 가지 면에서 유사점이 많으며, 일본 원자력안전위원회의 안전심사지침은 미국의 안전규제기술요건 내용과 유사하다.

#### 다. 프랑스의 상용원자로

프랑스의 원자력규제는 원자력분야만의 규제는 없고, 환경 및 자원 보호 관련 법률(Loi)들과 하위법령 내에 원자력분야 이외에 대한 규제와 함께 다루어지고 있으며, 원자력규제만을 위한 규제법률은 별도로 제정되어 있지 않다. 원자력규제 관련법으로는 대기오염방지에 관한 법률(Loi No 61-842), 환경보호 강화에 관한 법률(Loi No 95-101), 물에 관한 법률(Loi No 92-3) 등이 있고[표3-1참조], 국제협약과 관련 있는 법률로는 원자력안전협약 승인인가에 관한 법률(Loi No 95-865), 핵사고 및 방사선 비상시 지원을 위한 협약 승인인가에 관한 법률(Loi No 88-1252) 등이 있다. 또한 방사성폐기물규

제를 위한 관련 법률로서 폐기물 감소 및 물질 회수에 관한 법률(Loi No 75-663), 방사성폐기물관리 연구에 관한 법률(Loi No 91-1381) 등이 있다. 이와 같이 프랑스의 경우는 원자력분야만을 전문적으로 다루는 법률은 별도로 제정되어 있지 않고, 대기 혹은 수자원 등 환경 및 자원보호에 관한 법률들에 의해 규제되고 있으며, 이들 법률에 근거한 시행령에서 모든 기본 원자력시설의 인허가요건을 포괄적으로 다루고 있다. 대기오염방지에 관한 법률(Loi No 61-842)에 근거한 시행령(Decree No 63-1228)은 안전규제 인\*허가 대상이 되는 기본원자력시설(Basic Nuclear Installations, BNI)을 정의하고 이들에 대한 건설, 운영, 폐쇄 및 해체에 대한 인가령(Authorization Decree) 발급에 관한 절차요건을 규정하고 있다.

시행령(Decree No 63-1228) 제2조의 규정에서 정의하고 있는 기본원자력 시설은 “가압 경수형 원자로, 이온화시설, 입자가속기, 조사시설, 연구시설, 보수시설에 관한 것”, “고속중성자원자로방사성물질의 분리, 가공 및 변환 시설(핵연료가공시설, 사용 후 핵연료재처리시설)”, “방사성폐기물 고화시설, 방사성물질(폐기물 포함)의 중간저장, 처분 및 사용 시설” 등이다. 이 시행령(Decree No 63-1228)에 따른 모든 기본원자력시설에 대하여 공통적으로 적용되는 인허가절차는 건설허가, 운영허가, 폐쇄 및 해체의 4단계로 구성되어 있다.

### (1) 프랑스원자로의 인허가절차

원자력 인허가 규제는 원자력안전정책의 수립 및 이행책임에 관한 시행령(Decree No 73-278, 1963. 3.13)에 의해 산업성 및 환경성 장관으로부터 권한을 위임받은 중앙정부의 원자력안전국(Nuclear Installation Safety Directorate : DSIN)이 담당하고 있으며, 현장 규제감독은 지방산업\*연구\*환경국(DRIRE)의 원자력시설 부(Nuclear Installation Departments : DIN)가 담당하고 있다. 한편, 물에 관한 법률(Loi No 92-3)에 근거한 시행령(Decree No 95-54)은 기본원자력시설에서의 액체 및 기체 유출물의 방출 및 취수에 관한 인가절차 요건을 규정하고 있다.

기술요건에 관해서는 시행령(Decree No 63-1228) 제10a조의 규정에서 기본원자력시설에 적용되는 일반적인 기술요건을 주무부 장관의 부령(Arrete)

으로 제정하도록 규정하고 있고, 부령에서는 이에 근거하여 개별 부령으로 원자력 시설 및 분야별 일반적인 기술요건을 다루고 있다. 이와 함께 장관의 회보(Circular)는 규제의 일관성을 도모하기 위하여 시행령(Decree) 혹은 부령(Arrete) 등의 법령 규정을 해설하거나 보충 설명한 것으로 안전규제업무 수행 지침으로 사용되고 있다. 규제기관인 원자력안전국(DSIN)의 규제지침으로 발간된 기본안전규정(RFS)이 있는데, 이 RFS는 달성해야 하는 안전목표를 정의하고 안전목표에 부합하는 허용 가능한 관례를 기술한 권고사항으로서 절대적인 규제요건은 아니며, 기술적 규제지침의 성격을 가지고 있으며, 원자로시설과 원자로시설 이외의 시설로 구분하여 2종류의 구성체계를 가지고 있다.

한편, 프랑스 원자력안전 규제관행은 사업자에게 안전관련 설비의 설계, 건설 및 운전에 관한 규정, 규격 및 표준을 기술한 문서를 제시하도록 요구하고 있는데, 이들 규격 및 표준의 대표적인 예로 「원자력발전소의 설계 및 건설 규격(RCC)」 등이 있으며 이들은 규제기관에 의한 사전 심의로 그 사용이 허용되어 하위의 기술요건을 구성한다.

프랑스 발전용 원자로시설 인허가 절차는 부지선정단계에서 원자력사업자는 발전용 원자로시설에 대한 시설인가령(authorization decree) 발급 신청 전에 규제기관에 예정부지와 시설의 안전성에 대한 사전심의를 요청하여 부지특성을 조기 분석할 수 있도록 하고 있으며, 시행령(Decree 96-338)에 따라 부지결정 전에 일반공중 및 이해관계 조직 의견수렴절차를 거치게 된다. 선택적인 사전심사로서 원자력사업자가 시설인가령 발급신청 전에 규제기관에 새로운 시설에 대한 안전목표 및 주요 특성에 관해 DSIN에 제출하면, DSIN은 원자력 원(Atomic Energy Commission : AEC) 산하의 원자력안전방호 원(Institute for Nuclear Safety and Protection : IPSN) 평가에 근거하여 관련 자문위원회에 원자력사업자의 제안 사항에 대한 자문을 요청하고 원자력사업자가 시설인가령 신청서에 반영할 사항을 미리 고지함으로써 인가절차가 효율적으로 진행되도록 하고 있다.[표3-2참조]

## (2) 건설/운영허가

건설허가는 산업부 및 환경부에 건설허가 신청, DSIN (IPSN, 자문위원회) 및 유관 정부기관(내무성, 보건성, 농업성, 등)의 안전성평가, 인가령 (Authorization decree) 초안 발급, 원자력 안전 및 정보 고위자문위원회 (High Council for Nuclear Safety and Information: CSSIN)의 의견조회 및 보건성 동의, 인가령(Authorization decree) 발급순서로 절차가 구성되어 있다.

건설허가신청 시에는 예비안전성분석보고서(PSAR)를 첨부서류로 제출하도록 되어 있으며, 운영허가신청 시에는 중간안전성분석보고서(ISAR)를 제출하고 합동부령으로 발급되는 운영허가 발급 전에 최종안전성분석보고서(FSAR)을 제출하도록 되어 있다. 안전규제 기술요건으로는 1차 계통 압력경계에 관한 부령(Arrete, 1974. 2.26), 기본안전규정(RFS), 산업기준(RCC) 등이 있는데 허가 단계별로는 적용되어야 할 기술요건이 명확히 구분되어 있지 않다.

1차 계통 압력경계에 관한 부령(Arrete, 1974. 2.26)은 총 4개 Title로 구성되어 있으며, 1차 냉각수계통에 대한 포괄적인 내용의 기술요건을 규정하고 있다. 한편 원자력안전국(DSIN)이 규제지침으로서 발간하는 기본안전규정(RFS)은 법령상의 규제요건과는 다르게 반드시 준수해야 하는 요건은 아니지만 사업자가 대안을 제시하는 경우에는 반드시 기본안전규정이 본래 의도하고 있는 안전목표의 달성을 입증하도록 요구되고 있다.

원자로시설에 대한 기본안전규정(RFS)의 구성은 일반규정, 제작규정, 기동, 운전, 보수 및 가동 중 검사, 부칙으로 구성되어 있으며, 각 장은 소 항목으로 세분화되어 있다. 각각의 규정은 소 항목 안에서 세부 주제별로 정비되어 있고, 필요시에는 RCC 계열 산업 규격 및 표준을 참조\*인용하고 있다. RCC 계열 산업 규격 및 표준은 원자력 산업기준으로서 민간단체인 RCC 위원회 및 프랑스 핵 증기공급계통설비 설계 및 건설 규정 협회



(AFCEN)에 의해 개발되어 규제기관인 DSIN의 심의를 거쳐 원전의 설계, 건설 및 운전 단계에서 적용되고 있다. RCC 계열 산업 규격 및 표준의 기본적인 구성은 “RCC - P : 900MWe PWR (SIN No 3130/84규정에 의해 기본안전규정으로 채택)”, “RCC - P 1300 : 1300MWe PWR”, “RCC - M : 1차 계통기계 기기”, “RCC - C : 핵연료”, “RCC - E : 전기 기기”, “RCC - I : 화재방호”, “RCC - G : 토목공사”, “RSEM : 가동 중 기기 감시규정 (1997 DSIN 승인)” 등이다.

운영허가는 DSIN(산업부 및 환경부)에 운영허가 신청, DSIN 및 유관 정부기관의 안전성평가, 운영(핵연료장전)에 대한 장관(산업성 및 환경성)의 임시허가 발급, 시험 및 기동, 장관에 의한 운영 공동허가 발급순서로 구성되어 있다. 가압 경수형 원전(PWR)의 경우 운영허가는 시운전단계에서 핵연료장전허가, 초 임계 전 고온시험허가, 초 임계 및 공칭 출력의 90% 출력 상승 허가, 공칭 출력의 100% 출력 허가 등의 4단계로 구성되어 있다. 한편, 시행령(Decree 95-540)에 의한 기본원자력시설(BNI)에서의 액체 및 기체 유출물의 방출 및 취수에 관한 인가절차는 DSIN(산업부 및 환경부)에 허가 신청, DSIN 및 유관 정부부처(보건성, 국방성)의 안전성평가, 원전부지관할 지사(Prefect) 주관 평가 및 공중의견 조회, 보건성·산업성·환경성 공동인가로 되어 있다.

### (3) 검사규제

상용원자로의 검사는 시행령(Decree 63-1228) 제11조의 규정에 따라 DSIN이 연간 검사계획을 수립하여 원전에 대한 검사를 수행하며, 검사 형태에는 사전통고검사, 불시검사, 사고발생 후 검사가 있다. 검사는 원전현장은 물론 운전기술부서, 하청업자의 작업장 및 설계 부서, 건설현장, 안전관련 기기의 제작공장 및 작업장에 대해서도 수행하고 있다.

#### (4) 결론

결론으로, 프랑스의 원자력 관련 법령체계는 원자력분야만을 전문적으로 다루는 법률은 별도로 제정되어 있지 않고, 대기 혹은 수자원 등의 환경 및 자원보호에 관한 법률들에 의해 규제되고 있으며, 시행령에서 원자력시설의 인\*허가요건을 포괄적으로 다루고 있고, 부령에서 원자력 시설 및 분야별 기술요건을 다루고 있다.

프랑스의 상용원자로시설 기술요건체계는 부령으로 제정된 일반기술규정, 규제기관의 규제지침으로 발간된 기본안전규정(RFS)과 원자력산업 규격 및 표준의 계층으로 구분할 수 있으며, 하위계층의 요건 일수록 상세한 내용의 기술요건으로 되어 있다.

일반기술규정(부령)은 압력용기, 품질보증, 방사성유출물의 방출 등 3개 주요 분야를 다루고 있고, 1차 계통 압력경계에 관한 부령(Arrete, 1974. 2.26)과 동일한 일자 발간의 회보(circular)가 가압 경수로 1차 계통의 압력용기 및 관련 사항에 대한 설계, 건설 및 운영에 관한 법적인 기술요건을 규정하고 있다. 그 밖에 BNI에 특정한 기술요건을 규정하고 있지 않은 일반기술규정(부령)은 형편에 따라 적용되고 있다.

기본안전규정(RFS)의 각각의 지침은 특정 주제별로 구체적이고 상세하게 작성되어 있고, 절대적인 규제요건이 아니라는 점에서 기술요건 체계상 미국의 규제지침(USNRC R.G.)에 매우 상응한다고 볼 수 있다.

원자력산업규격 및 표준은 설계\*건설 규정(RCC)과 운전 규정(RSEM)으로 구분되며, DSIN은 이의 개발 및 개정과정에서 상세히 평가하여 그 내용을 기본안전규정(RFS)에 반영하거나 참조하고 있다. 특히, RCC - P는 기본안전규정(RFS)의 기본 구성항목 체계와 동일한 체계로 구성되어 있어 체계의 일관성을 유지하고 있고, 내용 면에서는 미국의 산업기준인 ANSI/ANS-51.1, 가압 경수형 원자로시설의 핵 안전기준계통별의 설계기술

요건과 상응하며, 1차 계통의 기계 기기에 관한 산업기준인 RCC-M은 미국의 ASME B&PVC Sec. III Div. 1과 기본적인 구성항목 및 내용에 있어서 유사하다고 볼 수 있다.

#### 라. 캐나다의 상용원자로

캐나다의 상용원자로로는 이른바 CANDU형 원자로로 미국과 다른 중수 가압형 원자로로 캐나다의 독특한 원자로이다. 따라서 미국과의 규제의 비교에서는 형태와 성질상의 차이로 인한 차이점을 발견할 수 있다. 캐나다 원자력관련 법률에는 핵 안전관리법(Nuclear Safety and Control Act), 핵 배상 법(Nuclear Liability Act), 캐나다환경평가 법(Canadian Environmental Assessment Act)이 있는데, 이 중에서 핵 안전관리법이 원자력안전규제요건을 주로 다루고 있는 법령이며, 이 법이 원자력 이용개발과 안전규제의 명확한 구분 등 원자력규제의 효율화 도모를 목적으로 개발되어, 기존의 원자력관리법(Atomic Energy Control Act)을 대체하는 신법으로서 1997년에 비준을 받아 2000년에 발효되었다.

핵 안전관리법에서는 기존의 규제기관인 원자력규제 국(AECB)을 대체하는 캐나다 원자력안전위원회(Canadian Nuclear Safety Commission, 약칭 CNSC)의 설치, 기능, 권한 등에 관한 규정과 법 위반에 따른 처벌규정을 다루고 있고, 1976년 제정\*발효된 핵 배상 법은 원자력손해에 대한 원자력시설 운영자의 총체적인 책임을 다루고 있으며, 운영자의 보험가입을 의무화하고 있다. 캐나다환경평가 법(1992년)은 사업추진에 따른 환경영향평가의 절차 및 책임을 규정하고 있으며, 연방정부의 역할 및 책임을 포함하고 있다.

## (1) 캐나다원자로의 인허가절차

핵 안전관리법 제24조(허가) 제4항은 원자력분야에서의 허가발급의 기준을 포괄적으로 규정하고 있다. 이 핵 안전관리법 제44조(규정)는 CNSC에 게 총독(Governor in Council)의 승인 하에

- 원자력의 개발, 생산 및 이용에 관한 사항
- 규정된 장비의 설계, 생산 및 설치 중 검사, 생산, 소유, 수입과 수출, 사용, 해체, 위탁 및 처분에 관한 사항
- 원자력시설 혹은 그 일부의 부지선정, 설계, 건설, 설치, 운전, 보수, 개조, 해체, 위탁 및 처분에 관한 사항과 상기 활동과 관련된 위험으로부터 환경보호, 사람의 보건 및 안전에 관한 사항
- 방사선피폭선량에 관한 사항, 방사선작업종사자의 보호에 관한 사항

등의 사항들에 대한 관리\*감독과 하위규정을 제정할 수 있는 권한을 부여하고 있다.

이에 따라서 현재 CNSC가 제정한 하위규정은 총 10개의 규정이 있는데, 원자력안전관리 일반규정, 방사선방어규정, 1종 및 2종 핵 시설 및 장비와 우라늄 광산 및 제분(Mill)공장, 핵 물질 및 방사선 장치, 핵 물질포장 및 운반, 핵 보안, 핵 비 확산 수출입관리, 세척 등이다.

이 밖에도 CNCS는 법률과 규정을 보조하기 위한 5종의 문서, 곧 규제정책(Regulatory Policy), 규제기준(Regulatory Standard), AECB가 권고하는 규제지침(Regulatory Guide), 규제통고(Regulatory Notice), 규제절차서(Regulatory Procedure)를 관리\*개발하고 있다.

캐나다 상용원자로시설은 핵 안전관리법(Nuclear Safety and Control Act)과 이에 근거한 원자력안전관리 일반규정, 방사선방어규정, 1종 핵 시설 규정 및 각종 규제문서에 의해 규제되고 있으며, 이규정에 의하면 부지선정허

가, 건설허가, 운영허가, 폐지허가, 포기허가 등의 단계별로 허가를 받도록 되어 있다. 허가기준은 원자력시설과 사업별로 구분되어 있지 않고, 핵 안전관리법제24조(허가)제4항에서 포괄적으로 규정하고 있다.

## (2) 건설/운영허가

인허가시의 제출서류는 포기허가를 제외하고 상용원자로시설을 포함한 1종 핵 시설에 대한 모든 허가신청에 대해서 건설/운영허가 신청 전에 공통적인 서류와 그 밖에 부지선정허가신청서를 제출하여야 한다. 부지허가신청서에는 “부지조사 및 환경영향”, “지진/홍수 등의 감수성”, “환경영향평가” 등이 포함되며, 공통적인 서류에는 “구조물과 부지설명서”, “품질보증계획”, “환경감시계획 및 영향”, “보건물리절차서” 등이 포함되어 있다.

건설허가 시에는 “환경기본특성 설명서”, “핵 시설의 품질보증계획”, “예비 안전성분석보고서” 등의 서류를 제출하여야 한다.[표3-2참조]

운영허가신청 시에 제출할 서류는 공통적인 제출서류 와 [표3-2]에 기술한 서류 등을 제출하여야 한다.

상용원자로의 폐지허가신청 시에는 상기 공통적인 허가신청 제출서류와 추가적으로 이외에 다음 서류를 제출하여야 한다.

- 폐기 착수일, 폐기 예정완료일 및 폐기일정
- 폐기로 인하여 영향을 받을 핵 물질, 위험물질, 토지, 건물, 구조물, 계통 및 기기
- 폐기 수행 조치, 방법 및 절차
- 핵 시설에서의 방사능 오염의 본질 및 정도
- 폐기에 따른 환경 및 사람에 대한 건강 및 안전에 미치는 영향과 이들 영향을 예방하거나 완화하기 위한 조치
- 핵 물질 및 위험물질의 물리적·화학적·방사선학적 특성을 포함하여 방출지점, 최대 방출 량 및 농도, 예상 방출 체적 및 유량

### (3) 검사규제

원자력안전관리 일반규정 제12조(허가소지자의 의무) 제2항에 의해 상용 원자로는 규제기관인 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)의 검사를 받도록 되어 있으며, CNSC는 체계적인 검사계획을 수립하여 다음과 같은 4 종류의 검사를 시행하고 있다.

- CNSC의 원자력시설 현장상주 검사원에 의한 일상 검사
- 시설운전의 특정분야(보안, 방사선감시, 핵연료취급, 기동, 보수기간)에 대한 운전관행평가
- 시설운전의 특정분야와 관련하여 하나 혹은 그 이상의 주제(품질보증계획, 주기검사계획, 보건물리계획, 개조관리계획)에 대한 심도 있는 상세한 검사
- 선별된 계통(정지계통, 원자로제어계통, III 등급 전력계통, 격납용기)에 대한 심도 있는 상세한 검사

### (4) 시설의 허가요건

상용원자로시설의 허가 시에 적용되는 안전규제기술요건들은 CANDU형에 대해서, 격납 계통요건 (R-7), 원자로정지계통요건 (R-8), 비상 노심 냉각계통요건 (R-9), 제1 및 제2 정지계통 요건 (R-10), 2개의 정지계통을 장착한 CANDU의 열 수송계통 과압 보호요건 (R-77), 원자력시설 폐기에 관한 정책 (R-90), CANDU 원자력발전소 안전해석요건 (C-6) 등을 규제문서의 형태로 규제정책성명과 함께 작성된 요건들을 들 수 있다.

현재 캐나다에서 개발 중에 있는 원자력발전소 관련 규제문서로는 C-119(인적요소에 대한 정책초안), C-138(보호 및 제어계통의 전산프로그램 평가초안), C-149(원자력발전소 및 연구용 원자로의 설계 및 안전성분석에 사용

되는 전산프로그램의 개발, 유지 및 사용 방법초안), C-233(원자력발전소 배치관리개발 중), C-241(원자력발전소 안전규제정책개발 중) 등이 있다.

캐나다에서는 원전의 운영허가 이후에 준수하여야 할 안전기준을 별도로 규정하고 있지는 않으나 상용원자로시설에 관한 허가를 포함한 모든 원자력 분야 허가소지자 및 종사자의 일반적인 의무요건이 원자력안전관리 일반규정 제12조(허가소지자의 의무) 및 제14조(종사자의 의무)에 규정되어 있다.

## (5) 결론

결론적으로, 캐나다의 원자력 관련 법령체계는 핵 안전관리법과 그 시행을 위한 10개의 하위 규정을 두고 있는데 하위규정 중 원자력안전관리 일반규정 및 방사선방어규정은 전반적으로 모든 핵 시설에 공통적으로 적용되는 규정이다.

캐나다의 원자력 관련 법령은 핵 시설 및 장비를 1종과 2종의 핵 시설 및 핵 장비로 구분하고, 종별 및 목적별로 각각에 대한 인\*허가 절차 및 허가별 제출서류 요건을 규정하고 있으나 기술적 요건은 법적 강제력은 없으나 법령의 시행을 보완하기 위하여 CNSC가 발행하는 규제정책, 규제기준, 규제지침 등의 규제문서에서 다루고 있다.

캐나다 상용원자로시설의 기술요건체계는 규제문서의 형태로 제정된 CANDU형 원자로시설의 주요계통별 기술요건들로 구성되어 있으며, 이들은 CNSC가 발행하는 규제문서의 형태로 되어 있다.

원자력시설 및 활동에 대한 허가소지자 및 종사자에 대한 일반적인 의무규정이 원자력안전관리 일반규정에 규정되어 있으며, 방사선피폭선량 제한치 등 원자력분야에서의 방사선방어에 관한 기술적 요건은 방사선방어규정에서 종합적으로 다루고 있다. 또한 중수를 사용하는 것과 압력용기대신에 압력 관을 사용하는 문제 등이 미국형의 가압 형 경수로와는 그 설계에 있어서 상이함으로 이에 따른 미국의 안전규제지침을 전폭적

으로 이용할 수 없는 문제점 등이 있다.

## 마. 독일의 상용원자로

독일의 가압수형 원자로는 미국이나 프랑스의 상용원자로와 비슷하지만 격납건물이 특이하고, ECCS계통이 다른 점을 들 수 있다. 독일의 원자력관련법령은 독일헌법이 모체가 되어 기본법 제74조제1항 제11a호는 평화적 목적에 의한 원자력의 생산 및 이용과 관련 시설의 건설 및 운영, 그리고 그로 인한 재해로부터의 방호에 관한 입법 및 규제에 관한 책임을 연방정부에 부여하고 있으며, 원자력의 연구, 개발 및 이용에 관한 기본방침, 핵연료물질의 수입 및 지출과 시설인가 등의 감시규정, 연방정부부처인 환경\*자연보존\*원자력안전 부(BMU) 산하의 연방방사선방어청과 주 정부의 관할권, 보상책임 등의 책임규정 및 벌칙 등을 규정하고 있으며, 하위법령으로는 원자력법절차령, 전리방사선방어령, X-선령, 원자력법보상기금령, 원자력법비용령, 최종저장예치금령 등이 있고, 기타 원자력관련 법률로 방사선사전방호법, 연방방사선방어청설치법, 환경영향평가법 및 형법 등이 있다.

### (1) 독일원자로의 인허가절차

상용원자로시설을 포함한 원자력시설의 건설, 운영, 변경 및 해체에 대한 인가권은 주 정부에게 있으며, 인가관행의 일관성을 기하기 위하여 중앙정부는 주 정부에 대한 감독권한을 가지고 있는데, 원자력시설에 대한 인허가 단계는 우리 나라, 미국, 일본 등에서 통상적으로 볼 수 있는 건설허가 및 운영허가의 2단계의 형태와는 다른, 보다 세분화된 부분



인가의 형태로 되어 있다.

## (2) 건설/운영 허가기준

원자력법은 총칙, 감시규정, 관할관청, 책임규정, 벌칙 및 종결규정의 6개의 장으로 구성되고 있으며, 이 중에서 제2장 감시규정에 핵연료물질의 수입과 수출에 대한 규제, 핵연료물질의 운반·보관·소유·인도 규제, 시설인가, 시설해체인가, 방사성폐기물의 처리규제 등을 포괄적으로 규정하고 있다. 원자력법 제3장 관할관청 규정에서는 수출·입인가의 관할, 연방방사선방어 청 및 주 정부의 관할권을 규정하고 있고, 제4장 책임규정에서는 손해배상에 관하여 규정하고 제5장에서는 질서위반행위 대상과 몰수에 관하여 규정하고 있다. 특히, 원자력법 제7조(시설인가) 제2항에서는 원자력시설의 건설 및 운전의 인가 발급 조건으로서 “필요한 전문기술 능력 보유”와 함께 “시설 또는 업무로 인한 손실에 대하여 과학기술수준에 따라 필수대책의 수립”과 “고장 또는 기타 제3자에 영향에 대비한 필수대책의 수립”을 규정하고 있다.

원자력법의 하위법령으로 원자력법절차 령과 전리방사선방호령이 있는데, 이 중에서 원자력법절차 령은 적용범위 및 제출서류, 공청회 등을 위한 제3자의 참여, 토론기간, 인가, 부분인가, 종결규정의 6개의 장으로 구성되어 있으며, 주요사항으로 인가신청 절차 및 제출서류, 일반 국민의 참여, 인가관청 주재의 토론회 개최, 부분인가 및 사전결정 등 원자력시설의 인허가 절차에 관한 구체적인 시행요건을 규정하고 있다. 또 하나의 하위법령인 전리방사선방어 령은 6개의 장과 부록으로 구성되어 있으며, 방사성물질의 취급, 운반, 수입 및 수출, 전리방사선발생장치의 설치와 운영, 건설방법의 허가 등을 다루고 있다.

한편, 원자력법과 위의 하위 법령을 보완하는 연방정부 일반행정규정 및 규제지침이 있다. 일반행정규정은 원자력법 및 시행령의 하위규정으로 이들은 규제기관의 규제행위에 대한 구속력을 가진다. 규제지침은 인

허가\*규제감독과정에서 발생하는 기술\*행정적 문제에 대한 행정관행을 연방정부(BMU)가 주 정부의 동의를 받아 규정하는 것으로 주정부내의 원자력안전규제 주무관청은 이를 준수하고 있다. 상세 지침으로 원자로 안전위원회(RSK)지침, 원자로안전위원회 또는 방사선방어위원회(SSK)의 권고사항이 있으며 산업안전기준으로 원자력안전기준위원회(KTA) 안전 기준과 국가표준(DIN) 등이 적용되고 있다.

연방정부 BMU의 자문조직인 원자로안전위원회(RSK) 및 방사선방어위원회(SSK)의 권고는 인허가 및 규제감독에 관한 기술적인 입장수립 및 규제체계개발에 중요한 역할을 수행하고 있으며, 특히 가압 경수로에 관한 RSK지침은 자문이나 권고의 근거로서 사용되며, 본 지침의 적용범위는 가압 경수형 원자로의 부지선정부터 폐쇄에 이르기까지 전 단계를 다루고 있으나, 부분적으로는 BMU지침, KTA안전기준, DIN 등 산업기준을 인용하고 있다.

한편, 원자력안전기준위원회(KTA)의 원자력안전기준은 과학기술 적 입장과 규제입장의 중간역할을 수행하고 있으며, 전통적인 산업 기술기준인 독일국가표준(DIN)이 원자력시설의 설계 및 운전에서 사용되고 있고, 국제기술표준인 ISO, IEC 등의 활용도 이루어지고 있는 상태에 있다. KTA안전기준은 제작자그룹, 건설회사, 원전시설 허가소지자, 전문기관 및 규제기

관내의 전문가의 합의에 의해 제정되며, 법적인 구속력은 없지만 공인된 기술요건으로서 활용되고 있다. 이 기준의 범위는 일반\*행정\*조직, 산업 방사선안전, 품질보증, 방사선방어 및 감시, 원전시설, 외부사건, 토목공학, 노심 및 원자로관리, 1차 및 2차 계통, 열 제거, 격납 용기, 계측 및 제어, 방사능제어 및 관리, 에너지 및 매체 공급 및 기타 계통으로 광범위하게 구분되어 있다. 원자로시설에 관한 KTA안전기준은 1997년 6월에 개발되어 있고, 6건의 초안이 개발 중에 있으며, 16건의 개정과정에 있다.

### (3) 검사규제

원자력법에 의해 주 정부의 주무부 장관 책임 하에 상용원자로시설의 건설 및 운영 단계에서 시설에 대한 수시 및 정기적인 현장규제검사가 검사기관인 TÜV에서 수행되고 있는데, 수행되는 검사의 종류는 법규로 명확히 구분하고 있지는 않다.

### (4) 결론

독일 상용 원자로시설의 인\*허가 및 안전규제는 원자력법에 의해 주 정부가 담당하고 있으며, 연방정부인 환경\*자연보존\*원자력안전 부(BMU)가 이에 대해 지시\*감독권을 행사함과 동시에 행정규정 및 지침을 제정하여 규제의 일관성을 기하고 있다.

독일 원자력안전규제기술요건은 원자력법의 규정을 정점으로 하여 방사선방어 령, 연방정부(BMU)의 일반행정규정 및 규제지침, 정부 자문위원회(RSK/SSK)의 권고 및 지침, 민간과 정부의 전문가들로 구성된 원자력안전기준위원회의 안전기준(KTA), 전통적인 일반산업표준(DIN)과 IAEA 등 국제기관의 국제기술기준의 체계로 구성되어 있다.

원자력법에서는 상용원자로시설과 다른 원자력시설과의 구분 없이 공통적인 시설인가의 전제조건(법 제7조(시설인가)제2항제3호)으로 “시설 건설 및 운전에 따른 피해의 예방조치가 현행의 과학기술수준(the state of the art)에 일치되어야 한다.” 고 총괄적으로 규정하고 있다. 원자력법의 하위법령인 방사선방어 령에서는 원자력시설 공통의 핵연료물질을 포함한 방사성물질의 취급상, 공통적이면서 필수적인 방사선방어요건을 구체적이고 정량적으로 규정하고 있다.

상용원자로시설 등의 기술요건은 연방정부(BMU)지침 및 원자로안전위원회(RSK)지침의 수준에서 명확히 구분되며, 원자력안전기준위원회의 안전기

준(KTA) 및 일반산업표준(DIN)은 계통 및 기기 별 세부적인 상세 요건을 규정하고 있다.

독일과 미국의 상용원자로시설 안전규제기술요건의 체계를 비교하여 보면 독일 연방정부(BMU)지침으로 제정된 원전안전기준(1977.10)과 미국 연방 규정(10CFR50)의 부록 A, 원전 일반설계기준(GDC)이 구성체계 및 내용 면에서 유사하다. 적용범위에서는 BMU 원전안전기준은 그 적용범위를 설계, 건설, 운전(보수) 및 해체까지의 전 단계를 포함하고 있는 반면에 NRC 원전 일반설계기준은 설계에 국한하고 있는 점이 다르다.

## 2. 국외 연구용 원자로

### 가. 미국의 연구용 원자로

미국의 원자로분류는 출력용과 비 출력용으로 이루어지고 있으며, 비 출력용 원자로는 다시 연구용, 시험용, 연구개발용으로 분류되고 있다. 이 중에서 연구용 원자로는 10CFR50.21에 의해 class 104인허가를 받게 되어 있으나, 비 출력용 중에서도 시험용/연구개발용 원자로는 분리허가가 적용되고, 상용원자로와 같이 제한공사, 공청회개최, ACRS검토가 이루어져야 한다. 이와 대조적으로 연구용 원자로는 10CFR170 Sec.170.3에 의해서 열 출력이 10 MWt를 초과하지 않는 원자로이면서 시험용 원자로나 시험시설이 아닌 시설로 정의하고 핵반응 단면적도 16 inch<sup>2</sup> 이하인 원자로 정의되고 있기 때문에 제한공사, 공청회개최, ACRS검토가 적용되지 아니하며, 분리허가가 적용되나, 일괄허가 신청도 가능하도록 되어 있다(10CFR52.105c).

모든 비 출력원자로는 원자력법 및 10CFR50의 규정에 따라 104종 허가가 통상 요구되나, 전력생산 또는 제품생산 등 상용의 용도가 절반 이상을 차지하는 경우에는 상용 원자로로 분류되어 103종 허가가 요구된다. 치료용

의 비 출력원자로에 대해서는 104a종 허가가 발급되고, 연구개발용 비 출력 원자로 및 기타의 경우에는 104c종 허가가 발급되며, 1기의 비 출력원자로에 대해 104a종 및 104c종 허가가 함께 발급되는 경우도 있다.

### (1) 미국의 연구용 원자로인허가절차

비 출력원자로시설의 인\*허가 절차는 원자력법 및 10CFR50의 규정에 따라 발전용 원자로시설과 동일하게 원자력 이용시설로 분류되어 건설허가와 운영허가의 2단계 절차에 따르게 되어 있으나, 앞서 언급한대로, 인\*허가신청은 10CFR52의 Sec2.105(c)의 규정에 따라, 한번의 허가신청으로 건설허가 및 운영허가를 받을 수 있게 하고 있다. 10CFR52의 Sec2.105(c) 규정은 안전성분석보고서 등의 허가신청서류가 건설허가 및 운영허가 발급에 필요한 안전성평가에 충분하다고 NRC가 인정하는 경우에는 건설허가의 발급 예고시에 건설 및 규제검사의 완료 이후 별도의 예고 없이 운영허가가 자동 발급됨을 알릴 수 있도록 규정하고 있다. 아울러 허가신청서 통합신청 규정(Sec.50.31)에 의해 10CFR70 규정의 특수 핵 물질인수, 소지 및 사용에 관한 허가신청을 포함할 수 있으나, 이 경우에는 10CFR70 규정의 신청승인요건(Sec.70.23) 및 허가발급요건(Sec.70.31)을 포함한 10CFR70의 해당 규정에 일치되어야 한다.

### (2) 미국의 연구용 원자로규제요건

연구용 원자로시설(비 출력원자로시설)은 발전용 원자로시설에 적용되는 방사선 방어기준(10CFR20), 부산물질 허가규정(Part 30), 생산 및 이용 시설 허가규정(Part 50), 특수 핵 물질 허가규정(10CFR70) 등 10CFR의 일부 규정이 적용되지만, 상용원자로시설에 비해 비 출력원자로시설이 대부분 낮은 열 출력과 적은 핵분열생성물 재고량의 고유 특성을 가지고 있음을 고려하여 차별적으로 적용하고 있다.

연구용 원자로시설규제지침으로는 USNRC R.G. Division 2로 규정된 시험계획, 기술지침서, 품질보증서 및 비상계획에 관한 규제지침과 일부 상용 원자로와 공통으로 적용되는 지침이 있다[표3-2참조].

비 출력원자로의 시설, 기능 및 절차가 방사선재해로부터 공중의 방호를 적절히 보장하는지 판단하는 지침으로서 비 출력원자로의 인·허가 신청 및 검토지침(NUREG-1537, 1996.2)이 있다. 이 지침은 Part 1 및 Part 2로 구성되어 있는데 Part 1은 비 출력원자로의 인·허가 신청 및 검토지침이며 Part 2는 표준심사지침으로 되어 있다. 비 출력원자로의 심사지침(part 2)은 안전성분석보고서(SAR)의 서식체계와 일치하는 체계로 구성되어 있으며, 각 심사분야(section)에 대해 심사영역(Areas of Review), 허용기준(Acceptance Criteria), 심사절차(Review Procedures), 평가결론(Evaluation Findings)으로 구성되어 있다.

비 출력원자로에 대한 대부분의 설계, 운전 및 안전 고려사항은 연구용 원자로와 시험용 원자로에 동시에 적용된다. 다만, 시험용 원자로(혹은 시험 시설)에 대해서는 환경영향평가서의 작성, 인·허가단계 청문회 및 원자로안전자문위원회(ACRS)에 의한 검토 등 추가적인 절차적인 요건이 부여된다.

연구용 원자로와 시험용 원자로와 구별되는 주요안전현안은 원자로부지 요건 및 중대사고로 초래될 수 있는 공중에 대한 피폭선량이다. 즉, 연구용 원자로에 대한 사고해석 결과가 10CFR20(방사선방어기준) 규정 요건과 비교되어 왔으며, 시험용 원자로의 경우에는 10CFR100(원전부지선정기준)에 규정되어 있는 피폭선량 값이 표준 값(reference values)이 된다.

### (3) 결론

미국의 원자력법령에서 연구용 원자로시설은 시험용 원자로시설과 함께 비 출력원자로시설로 분류되어 있으며, 발전용 원자로시설에 적용되는 방사선 방어기준(10CFR20), 부산물질허가규정(Part 30), 생산 및 이용 시설 허가 규정(Part 50), 특수 핵 물질 허가규정(10CFR70) 등 일부 기술요건을 공통으

로 적용하고 있어 법령상으로 별도의 독립적인 기술요건 체계를 갖추고 있지 않다.

다만, 규제기관의 규제지침(Regulatory Guide) Division 2로 분류된 연구용 원자로시설에만 적용되는 지침이 6종이 개발되어 있고, 발전용 원자로시설에 적용되는 일부 지침이 공통적으로 적용되고 있다.

비 출력원자로에 대한 건설, 개조 및 운영 허가신청서 작성 및 규제심사에 관한 종합적인 지침으로서 비 출력원자로의 인\*허가 신청 및 검토지침(NUREG-1537, 1996.2)이 있다. 이 지침의 세부 항목별 허용기준(Acceptance Criteria) 항목에서는 정성\*정량적 기술요건을 체계적으로 규정하고 있으며, 참고기준으로 다수의 ANSI/ANS 국가 산업표준을 제시하고 있다. 시험용 원자로와 연구용 원자로시설은 함께 비 출력원자로로 분류하고 있으나 일부 상세 기술요건은 달리하고 있다.

비 출력원자로의 인\*허가 신청 및 검토지침(NUREG-1537, 1996)은 연구용 원자로시설의 인\*허가 심사 대상 세부 항목별 허용기준(Acceptance Criteria)을 종합적으로 다루고 있어서, 우리나라의 연구용 원자로에 대한 상세 기술요건 개발이 필요할 시에는 하나의 참조 기준으로서 활용이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 나. 일본의 연구용 원자로

### (1) 일본의 연구용 원자로인허가절차와 요건

일본의 원자로 등 규제법에서는 원자로시설을 발전용 원자로시설, 시험연구용 원자로시설, 연구개발단계의 원자로시설 및 실용선박용 원자로시설로 구분하고, 연구개발단계의 원자로시설을 다시 세분하여, 발전용 연구개발단

계시설과 비 발전용 연구개발단계의 시설로 분류하고 있다. 그런데 이들 분류된 시설에 대해서 인허가 관할부처가 각 항목에 따라 다른 것이 특색이라고 할 수 있다. 곧 발전용 원자로시설과 연구개발단계의 발전용 원자로의 인허가 및 규제감독은 경제산업성(전 통상산업성)장관에게, 시험연구용 원자로시설 및 연구개발단계의 원자로시설에 대한 규제권한은 문부과학성장관에게, 실용선박용 원자로시설은 국토교통성장관에게 있다. 그러나 비록 규제기관은 다르더라도 법에 의한 인허가 절차 및 규제감독에 관한 법령인 “핵 원료물질, 핵연료물질 및 원자로의 규제에 관한 법률”내에 있는 규제요건들이 동일함으로 나름대로 규제의 일관성을 보여주고 있으며, 또한 모든 종류의 인허가절차 중에서 “원자력위원회”와 “원자력안전위원회”의 자문을 받게 되어 있어서 관할부처의 다원화에 따른 문제는 별로 없는 것으로 판명되고 있다. 인허가절차 및 규제요건은 “핵 원료물질, 핵연료물질 및 원자로의 규제에 관한 법률” 및 그 하위 법령에 따라서, 발전용 원자로와 유사하게 설치허가, 설계 및 공사방법 인가, 용접방법 인가 및 검사, 사용 전 검사, 보안규정의 인가, 정기검사 등으로 구성되어 있다[표3-1참조].

시험연구용 원자로시설 및 비 발전용 연구개발단계의 원자로시설에 적용되는 안전규제기술요건 들은 “문부과학성령 제83호와 제11호 및 제74호”에, 선박용 원자로의 안전규제요건은 “국토교통성령 제70호”에 규정되어 있다 [3-6].

## (2) 원자력안전위원회 지침

앞서 기술한대로 비록 법적 구속력은 없지만 원자력안전위원회는 자체적으로 안전평가지침을 제시하여, 원자력시설의 안전성평가의 잣대로 사용하고 있다[3-7]. 이 지침에는 원자로공통으로 적용되는 입지평가지침과 연구용 원자로의 설치허가심사단계에 적용되는 “수 냉각형 시험연구용 원자로시설에 관한 안전설계심사지침(1991)” 및 “수 냉각형 시험연구용 원자로시설의 안전평가에 관한 심사지침(1991)”이 발표되어 있다. 시험연구용에 있어서는 원자



로시설의 설치허가신청에 대한 안전심사 시에 원자로시설 안전평가의 타당성에 대한 판단기준을 제시하고 있다. 이 밖에, 중요한 것으로는 해체에 관한 지침이 있으며, 해제시의 “방사성물질의 평가”, “해체절차”, “공중에 대한 안전확보”, “종사자의 방사선피폭대책”, “관리구역의 설정 및 해제” 기준 등이 있다.

결론적으로 일본의 연구용 원자로시설의 규제는 발전용 원자로시설, 시험연구용 원자로시설, 연구개발단계의 원자로시설 및 실용선박용 원자로시설로 구분되어 있는 것이 특색이며, 앞서 기술한 바와 같이 일본의 원자력법령인 “원자로 등 규제법”에서는 원자로시설인\*허가절차와 규제감독은 모든 원자로시설에 대해 동일한 규제요건을 적용하고 있으나, 각 시설별로의 절차상의 제출서류와 기술요건 등은 각각 주무기관별 부령으로 규정하고 있다.

시험연구용 원자로시설 및 연구개발단계의 원자로시설에 대한 기술요건은 총리부령으로 정하고 있는데, 이 중에 시험연구용 원자로 등의 용접 기술기준에 관한 총리부령은 시험연구용 원자로시설과 연구개발단계의 원자로시설에 대해 공통적으로 적용하고 있으며, “시험연구용 원자로 등의 설계 및 공사방법 기술기준”에 관한 총리부령에서는 원자로시설의 특성을 고려하여, 시험연구용 원자로시설, 연구개발단계 원자로시설, 나트륨냉각고속증식로에 대해서, 각각 다른 기술요건을 규정하고 일부 기술요건은 공통적으로 준용하고 있다.

## 다. 프랑스의 연구용 원자로

### (1) 프랑스의 연구용 원자로규제절차

연구용 원자로시설의 인\*허가절차는 상용원자로시설의 기본원자력시설들과 동일한 절차로 되어 있으며, 허가 대신에 인가라는 용어를 사용하고 있다.

부지선정의 경우에, 사업비 2000억 프랑 이상의 연구로(비 출력용 원자로)에 대해서는 상용원자로와 같이 부지선정에 관한 공중의 의견과 관련기관의 의견을 수렴하도록 권장하고 있다.

건설허가로는 BNI 인가령이 공포되어 있는데, 이 건설허가절차는 상용과 연구용(비 출력용) 원자로에 대해서 동일하게 밟도록 규정되어 있다. 운영 인가는 상용원자로와는 다르게 시운전전과 시운전의 2단계(상용원자로는 5단계)로 인가하고 있다. 한편 물에 관한 법률(Loi 92-3)에서 유출 물과 취수에 관해서는 상용과 비 출력원자로의 차이가 없이 규제하고 있다.

## (2) 프랑스의 연구용 원자로규제요건

프랑스 연구용 원자로에 적용되는 안전규제요건은 상용원자로 등 기본원자력시설에 공통적으로 적용되는 규제요건과 연구용 원자로시설에만 적용되는 요건으로 구분된다. 공통적으로 적용되는 규제요건으로는 “물에 관한 법률(Loi 92-3, 1992. 1. 3)”, 기본원자력시설 인\*허가절차 요건이 규정되어 있는 “시행령(Decree No 63-1228)”, 기본원자력시설 설계, 건설 및 운전상의 품질보증 부령인 “Arrete of August 10, 1984” 등이 있다. 연구용 원자로 시설에만 적용되는 요건으로는 DSIN에서 발행하는 기본안전규정(RFS)이 있는데 그 내용은, 연구용 원자로 환기계통 배기 설비 규정인 “SIN No C-12308/86(RR1)”, 기상측정에 관한 규정인 “SIN No A-4212/83”, 연구용 원자로의 화재방호에 관한 규정인 “SIN No C-12670/91(RR2)” 등이며, 그 밖의 사항에 대해서는 상용원자로의 기술기준을 준용하고 있다.

## 라. 기타 외국의 연구용 원자로

### (1) 영국의 연구용 원자로

영국은 상용과 연구용 원자로에 대한 정의가 법에서 명확히 규정되어 있지 않지만, 고시계획법, 전기사업법 등에서 출력용과 비 출력용으로 구분하고 있다. 영국에서의 성문화된 법적인 허가는 원자로부지허가가 유일한 것이며, 그 밖의 사항으로는 승인사항으로서 사업계획승인, 전기사업승인, 환경영향평가의 검토를 거쳐서, 설계 및 건설에 대한 안전심사, 건설 및 설치 승인, 성능시험 시운전, 그리고 상업운전에 들어가는 규제양식을 취하고 있다. 여기서 환경영향평가 제출은 출력용과 열 출력 300MW이상의 비 출력용 원자로에만 적용이 되며, 통상적인 연구로의 경우에는 평가서의 제출이 제외된다.

### (2) 캐나다의 연구용 원자로

캐나다의 연구용 원자로로는 발전용 원자로와 구별 없이 1A종으로 분류되고 있으며, 부지준비허가, 건설허가, 운영허가 및 폐지허가를 상용원자로와 차등 없이 동등하게 적용하는 것으로 되어 있다. 다만 비 출력의 경우는 설계 및 특성이 개별적으로 다르므로 일반적인 기술기준은 없으며, 사안 별로 출력용 기술기준과 IAEA 연구용 원자로의 기술기준을 적절히 적용하고 있다.

법에서 상용과 연구용은 구별되어 있지 않으나 규제관행상으로는 출력용과 비 출력용으로 분류하고 있다.

### (3) IAEA 연구용 원자로

IAEA의 연구용 원자로에 대한 인허가절차에서는, 부지선정, 설계, 건설, 시운전, 운영, 해체의 6개 항목의 절차가 포함될 것을 요구하고 있으며[3-8],

기술기준에 있어서도 비 출력용 별도의 기준을 제정하고 있다[3-9].

IAEA는 원자력안전성분야에 있어서 실제로 원자로를 보유하고 있는 나라와는 달리 독자적인 안전체계를 수립하고, 근래에는 중소형 원자로의 개발에 관하여 활발한 연구를 진행하고 있다[3-3]. 한편 연구용 원자로의 활용 및 개조시 안전성 지침(SS No.35-G2)은 연구용 원자로의 안전설계 기준 및 안전운전 기준으로 제시된 일반 개념을 고려하여, 연구용 원자로의 안전한 활용 및 개조에 관한 국제적인 합의 지침을 제시하고 있다.

## 제 4 장 SMART-P 인허가 현안

### 제 1 절 SMART-P의 설계특성

우리 나라에서도 전력생산을 주목적으로 하는 대용량의 원자력발전소의 개발\*건설의 범주에서 벗어나서 최근의 국제정세의 흐름에 맞추어 중소형 및 다목적원자로의 개발에 많은 관심을 가지고 연구\*개발을 시작하게 되었다. 한국원자력연구소는 여러 준비절차를 거쳐서, 1997년부터 330Mwt급의 중소형 원자로인 SMART(System integrated Modular Advanced Reactor)의 개념설계를 1999년에 마치고, 같은 해부터 2002년까지 SMART원자로계통의 기본설계개발을 완료하였으며, 2005년까지는 상세 설계의 완료를 계획하고 있다. 한국원자력연구소는 SMART원자로의 건설에 앞서서, 파일럿 플랜트의 건설을 추진하여 이를 통한 운전경험의 축적과 종합적인 설계검증의 수행으로 SMART원자로의 안전성을 실증\*확인하기 위하여 축소형인 SMART-P 원자로의 건설을 추진하기에 이르렀다. SMART-P는 SMART를 한 단계 축소시킨 원자로이다. 곧 SMART원자로는 330Mwt의 열 출력을 갖는 것에 비하여 SMART-P원자로는 그의 1/5인 65Mwt의 열 출력을 생산하도록 설계되어 있으며, 이의 목적은 첫째로 다목적일체형 원자로인 SMART원자로의 종합적인 검증을 시도하고, 둘째로 원자력이용의 다변화를 위한 산업활용의 확대, 그리고 더 나아가서 셋째로 일체형 원자로기술의 수출기반의 확대에 있다. 따라서 이 원자로는 전력생산을 목적으로 하는 대용량의 발전소와는 달리 다양한 활용분야(해수담화용, 지역난방용, 선박추진형 등)에 적용할 수 있는 장점이 있다. 이제 이 원자로의 계통의 특성을 간단히 살펴보기로 한다.

#### 1. 주요계통 특성

이 원자로는 소형(65Mwt)의 일체형 형태인 일종의 가압형 경수로원자로로 열 출력, 설계개념, 건설부지, 최종생산의 목적과 내용 등에 있어서 기존의 원자력발전소와 그 설계에 있어서 독특한 차이점이 있으며, 이의 설계특성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

## 가. SMART-P의 계통특성

### (1) 일체형 원자로

일체형 원자로라 함은 증기발생기, 주순환펌프 및 가압기가 원자로용기의 내부에 배열됨으로서 계통사이의 연결배관을 최소한으로 없앤 원자로이다. 냉각수는 내부순환펌프 및 자연순환에 의하여 유로가 형성되도록 설계되고 있고, 증기발생기는 나선형(Helical)튜브로 설계되어 있어서 열 전달을 증진시키고 있다. 순환펌프는 Canned 형태이고, 가압기는 질소가스와 증기의 분압을 이용하여 자동적으로 압력이 조절되도록 설계되어 있다(자기가압기). 또한 Ball-Screw 제어 봉 구동 장치, 저 출력 노심 밀도, 무 봉산에 따른 CVCS계통의 삭제, 격납용기 외에 추가적인 보호용기의 설치, 장 주기운전 노심(54개월), 운전자동화/단순화설계, 피동간열 계통의 구조 등이 설치되어 있는 것이 이 원자로의 특색이다. 이 원자로의 주요 기기 들을 살펴보면 다음과 같다.

### (2) 원자로압력용기

원자로압력용기의 외형은 타원형의 바닥을 갖는 원통용기(원자로용기) 및 상부헤드를 형성하는 원자로용기 덮개로 구성되어 있다. 원자로용기의 덮개는 반경방향의 환형 덮개와 가압기 주변공동까지 덮는 중앙덮개의 2개로 구성되어 있다. 원자로 압력용기의 중앙 하부에는 노심 및 노심을 둘러싸고 있는 노심 지지 배럴이 위치하고 있으며, 노심 지지 배럴 상부에 가압기가 위치하고 있다. 또한 원자로용기와 노심 지지 배럴 사이의 환형 공간에는 12개의 원통형 증기발생기 카세트가 환형 공간 둘레에 위치하고 있으며, 원자로용기와 가압기 주변공동 사이인 가압기, 환형 공동에는 2대의 주 냉각수 펌프가 상부헤드에 걸쳐 위치하고 있다. 원자로집합체 상부헤드에는 12개의 제어 봉 구동장치노즐, 2대의 주 냉각 재 펌프가 위치하고 있으며, 각각 12개씩의 급수 및 증기 노즐이 원자로집합체 상부 측면을 관통하고 있다.

원자로 압력용기 하부에는 노심 지지 배럴을 둘러싸서 열 및 방사선을 차폐하는 측면 스크린과 용기내의 빈 공간을 채우는 링형의 판 대기 집합체인 충전 판이 설치되어 있다. 노심에서 가열된 냉각수는 노심 집합체 현가 지지대로 들어가 세 영역(노심 수집헤더, 노심 지지 배럴, 나선형 유로)으로

나누어졌다가 다시 합쳐져서 주 냉각수펌프의 흡입 부로 들어간다. 펌프를 통과한 후 냉각수는 증기발생기 카세트 사이로 분배된다. 냉각재가 증기발생기 카세트의 전열 관 바깥으로 흐르면서 이차 측 급수에 열을 전달하며 측면 방사선 차폐 공간으로 빠져 나와 노심 입구헤더로 들어간다.

원자로 압력용기는 노심과 주요 기기 들을 지지, 보호하기 위한 원통형 압력용기이며, 타원형의 바닥을 갖는 원통용기 및 용기에 용접된 플랜지로 구성되어 있다. 환형 덮개에는 주 냉각수펌프, 안전주입계통 배관, 정지냉각계통배관이 관통하고 있으며, 중앙덮개는 환형 덮개에 플랜지가 없는 이음장치로 고정되고 있다. 이 이음장치의 이용으로 잠금 장치의 크기를 줄일 수 있으며, 덮개의 분리\*부착을 용이하게 할 수 있다. 중앙덮개에는 제어 봉 구동장치냉각기, 가압기냉각기, 가압기연결배관, 가압기수위계측을 위한 지관, 가압기압력계측을 위한 지관, 가압기온도계측을 위한 지관 등이 관통되어 있다.

원자로 내부구조물은 원자로 압력용기 안에 위치한 구조물로, 노심 및 원자로냉각 재 계통 주변기기를 구조적으로 지지 보호하며, 냉각 재 유동 및 제어 봉의 삽입에 필요한 경로를 제공하는 구조물이다. 또 원자로 내부구조물은 원자로용기에 대한 중성자 속 강도를 줄이며 냉각 재의 재고량을 감소시켜 원자로용기 내에 설치되는 가압기의 용량을 줄이는 역할을 한다. 이 내부구조물은 크게 노심 지지 배럴 집합체, 측면차폐 통 집합체, 상부 노심 지지 구조물집합체의 세 부분으로 구성되어 있다. 그밖에 증기발생기와 주 냉각 재 펌프를 지지하거나 이들의 역할을 보조해주는 충전 판과 같은 기타 부속 기기 들도 원자로 내부구조물의 범주에 들어간다.

### (3) 제어 봉 구동장치

제어 봉 구동장치의 구조는 연결 봉 집합체와 해제스프링 집합체가 하부에 있고 중간부위에는 냉각기가 있으며, 그 위에 이어서 수동 구동장치집합체, 볼스크류 집합체, 전자석집합체, 스텝모터집합체가 있고, 상하완충장치와 연결 봉 집합체가 연결되어 있으며, 위 부분에는 배기 장치집합체와 위치 지시기 집합체가 부착되어 있다.

제어 봉 구동장치는 원자로가 정상운전중일 때에 제어 봉의 삽입정도를 조절하여 노심의 핵반응을 적절히 제어하며, 또한 원자로계통에 사고가 발생하여 긴급한 출력정지가 요구될 때에 제어 봉을 신속하고 정확하게 노심 내부로 삽입시켜 운전을 정지시키는 기능을 한다. 이 구동장치는 또한 상부압

력용기 집합체, 볼스크류 집합체, 베벨기어, 완충장치를 포함하는 하부압력용기 집합체, 스텝모터 집합체, 전자석 집합체, 연결 봉 집합체, 해체스프링 집합체, 수동구동장치, 배기장치 등으로 구성되어 있다. 제어 봉 구동장치의 압력용기 내부는 원자로냉각 재로 채워지므로 스텝모터의 내부고정 자 및 회전 자, 볼스크류 등도 원자로냉각 재 내부에서 가동되며 냉각수가 아닌 다른 윤활유는 공급되지 않는다.

주요사양으로 설계온도는 350°C, 설계압력 17MPa, 행정거리 680mm, 스텝 당 이송거리 0.25mm, 최대 구동속도 15mm/sec, 긴급삽입거리 68mm이며, 위치지시기로는 RSPT를 이용한 4개의 채널로 구성되어 있다.

#### (4) 주 냉각수펌프

이 펌프는 canned motor형 축류식 펌프로 이 펌프의 하부에는 유체를 유도하는 디퓨저(냉각수의 흐름방향을 축 방향으로 유도하는)와 임펠러, 중간부위에는 로터와 이를 둘러싸고 있는 쿨러(cooler), 그리고 상부에는 플랜지와 함께 마그네티가 장착되어 있으며, 환형 덮개 상단에 장착되어 있다. 설치대수는 2대이고, 저속 및 고속운전이 가능하며, 안전 내진 1등급으로 설계되어 있다. 설계온도와 압력은 350°C 와 17MPa이며, 설계유량은 922m<sup>3</sup>/h, 설계수두는 9m, 소요동력은 32kW이다.

주 냉각 재 펌프는 냉각 재를 강제 순환시키는 기기이다. 주 냉각 재 펌프의 형태는 캔드형 모터펌프이며 원자로 압력용기 상부헤드(환형 덮개)에 걸쳐 설치되어 운전되도록 설계되어 있다.

캔드형 모터펌프는 stuffing box 와 기계적 밀봉 장치를 사용하지 않고 펌프와 전동기가 1개의 밀폐된 용기 안에서 결합되어 있기 때문에, 기존 주 냉각 재 펌프와는 달리 베어링에 대한 윤활 및 축 밀봉이 필요 없다. 따라서 주 냉각 재 펌프로서 캔드형 모터펌프를 사용하면 밀봉장치와 관련된 계통의 단순화로 원자로 이용률 및 안전성을 향상시킬 수 있다.

주 냉각 재 펌프는 원자로가 정상운전중일 때 노심에서 가열된 냉각 재를 증기발생기로 순환시키는 기능을 한다. 노심에서 가열된 냉각 재는 주 냉각 재 펌프에 의해 증기발생기로 강제순환 된 후 이차냉각 재와 열 교환으로 증기를 발생시키고 냉각 재는 온도가 낮아진다. 온도가 낮아진 냉각 재는 다시 원자로 내부로 순환되어 가열된 후 처음과 같이 주 냉각 재 펌프에 의해 증기발생기로 보내어진다.



## (5) 증기발생기

증기발생기는 그의 하부로부터 모듈급수헤더, 모듈급수관, 카세트원통, 그 원통 내에 위치한 스크류 전열 관, 모듈증기헤더, 모듈 증기관 및 카세트노즐로 구성되어 있다.

이 증기발생기는 노심에서 생성된 열을 이차 측으로 전달하는 열 전달기능을 하며, 그의 특색은 과열증기생산을 할 수 있는 점이다. 이 성능을 유지하기 위하여 관류 식 나선형 카세트 형식으로 설계되어 있고, 카세트 당 출력은 5.416MWt, 카세트 수는 12개, 전열 관 외경은 10mm, 전열 관의 수는 96개, 모듈 수는 6개이다. 또한 전열면적은 25.9m<sup>2</sup>이며, 설계온도는 350°C, 설계압력은 17MPa, 증기과열 도는 10°C이고 전열 관 소재는 응력 부식에 강한 PT-7M(TI합금)으로 제작되어 있다.

증기발생기는 원자로용기 내에 설치되고 운전되어야 하므로 높은 방사선 조사 지역에서 문제없이 운전이 가능해야 하며, 무게와 치수는 최소가 되도록 최적화가 되어야 하고, 원자로냉각 재 측 유로 내에서 증기발생기의 저항이 작아야 하며, 일부 섹션을 격리하거나 일부 모듈을 플러그 하여도 이로 인하여 노심의 온도가 국부적으로 올라가는 일이 없어야 하는 등 증기발생기의 성능기준을 만족하도록 설계되어야 한다. 따라서 상기 성능기준을 만족하는 증기발생기로 관류식 나선형 증기발생기를 채택하고 있다.

## (6) 가압기

이 가압기는 고압 기체사용 피동형 자기제어 가압기로서 가압기 내에는 물, 증기 질소가스가 혼합되어 있고, 운전압력은 14.7 MPa, 운전온도는 120°C로서 냉각기 설치가 되어 있음으로, 저온운전이 가능하다. 또한 Wet Thermal Insulator를 사용한 매우 큰물의 용량을 갖고 있음으로, 저온운전, 정지, 출력운전에 이르기까지 모든 냉각수량의 변화를 감당하도록 설계되어 있다.

가압기는 기존의 상용원자로와는 달리 원자로용기 내 상부에 위치하며, 가압기 용량이 상대적으로 크다. 이로 인해서 가압기 압력제어에 외부 능동기기를 사용하지 않는 자기제어방식이 가능하다. 또한 증기의 분압에 의한 압력 변동을 작게 하기 위해 가압기 내 냉각수를 저온으로 유지시키는 특성

을 가지고 있다.

가압기는 원자로의 과도상태 시 원자로냉각 재 축 냉각 재의 체적팽창 및 수축 등의 열 수력 현상에 의해 야기되는 원자로냉각 재 계통의 압력변동을 최소화하는 기능을 수행하고 있다. 이 가압기는 상용원자로와는 달리 압력 제어를 능동적으로 하기 위한 히터나 스프레이 없이 피동적으로 제어되며 가압기 중앙공동 상부에 질소가스 공간을 두어 증기와 질소가스의 분압으로 원자로냉각 재 계통의 압력변화를 흡수하는 자기 압력제어방식으로 운전된다. 따라서 상용원자로와는 달리 가압기의 압력 및 수위제어를 위한 별도 기기 또는 계통이 없으므로 가압기의 운전 및 제어 측면에서도 매우 단순하고 신뢰성이 높은 장점을 지니고 있다.

저온가압기는 과도상태 시에 원자로냉각 재 계통의 압력변동을 보다 최소화할 수 있으며, 한편 압력변동이 작으므로 가압기 크기를 보다 작게 설계할 수 있는 장점도 지니고 있다.

## (7) 노심 설계

노심 핵 설계기준은 노심 가용시간이 15,000EFPH이상이고, 상온 ARI의  $K_{eff}$ 는 0.95이하, 상온에서의  $(ARI-1)K_{eff}$ 는 0.99이하, 최대FP 축적량은  $0.59g/cm^3$ 이다. 노심 열 수력설계기준은 노심 최소CHFR이 1.0이상이고, 피복 관의 최대온도는  $360^\circ C$ 이하, 연료최대온도는  $615^\circ C$ 이하이며, 연료집합체 내의 유동안전성이 형성되도록 설계되어 있다. 노심 장전모형은 295개의 연료집합체가 장전되며, 연료집합체의 형태는 Axial BP Zoning를 고려하여 Type A 37개, B 162개, C 96개의 3가지의 모형을 장전하도록 설계되어 있다. 핵연료 봉은 길이가 862mm, 피치가 400mm이며 심재 유효길이는 800mm이며, 사각단면으로 Self-Spacing 구조로 되어 있다. 한편 핵연료채널이 형성되도록 설계되었으며, 채널의 길이는 2,506mm 이다.

## (8) 주 증기 및 주 급수계통

2대의 주급수펌프로부터 수송되는 물은 2대의 증기발생기를 거쳐서 2대의 증기발생기헤더로 주입되고 이 증기는 2대의 터빈을 돌리고 사용증기는 2대의 복수 기로 들어간다. 복수 기에서 나온 물은 복수펌프로 급수저장탱크로 이송되고 이것은 급수제어밸브를 거쳐서 다시 주급수펌프로 순환된다. 주급수펌프에서 공급되는 물은 원자로용기로 들어가서 핵연료의 연소에 따라

고온의 물을 증기발생기로 순환하여 다시 증기발생기의 급수헤더로 가는 사이클을 되풀이하게 된다.

이러한 일체형 원자로는 구조적인 관점에서나 성능상의 관점에서 다음과 같은 장점들을 유추할 수가 있다.

## 2. SMART-P의 안전특성

### 가. 일체형 원자로의 특성

#### (1) 원자로에서의 대형파단사고의 배제

일체형의 설계로 대형배관의 설치가 없으므로 1차 계통의 대형파단사고의 가능성이 없게 되었다. 그 밖에 연결되어 있는 잔여배관들은 직경이 작은 배관들이므로 파단사고 시에 동적 하중이 적고, 또한 이들 연결배관은 원자로 압력용기 상부헤더에 연결되어 있으므로 냉각수의 유출사고 시에 유출되는 냉각수에 의해 노심이 물에 잠겨 있도록 설계되어 안전성을 증진시키고 있다.

#### (2) 다량의 1차 냉각수의 보유

일체형 배열에 따라 원자로 압력용기는 상대적으로 커져서 다량의 1차 냉각수를 보유하게 된다. 이 압력용기내의 물로 인해서 냉각재상실사고 발생 후에도 일정기간 동안 노심 냉각을 유지할 수 있다.

#### (3) 자연순환 및 피동 노심 냉각

증기발생기가 노심의 상부에 위치하고 있으므로 냉각수의 피동적인 자연순환이 가능하다. 이 자연순환에 의해서 증기발생기에서의 열 전달현상이 계속되어 노심의 냉각이 가능하게 된다.

#### (4) 고유안전성

일체형 원자로의 노심은 음의 반응도계수를 가지고 있다. 특히 일체형 원자로는 포화온도에 가까운 온도에서 운전되기 때문에 과열상태가 나타나면 상당한 양의 기포가 생성되며, 이에 따라 강력한 음의 반응도가 나타나서 노심의 출력을 자체적으로 감소시키는 특성을 갖고 있다.

#### (5) 운전자동화/단순화

완전자동화 된 디지털제어방식과 보호계통을 갖고 있고, 자동 압력제어 수단을 갖고 있으며, 완만한 온도제어개념으로 설계되었기 때문에 운전의 자동화와 단순화가 가능하다.

### 나. 피동안전특성

IAEA는 그의 보고서[4-1]에서 피동 기기와 피동계통의 정의를 내린 바 있다. 이에 의하면 피동계통은 전적으로 운전변수의 변화에 의해서 자연적인 구동력으로 이루어지는 것이 그 하나이고, 외부로부터의 신호를 받아서 제한적으로 동작하는 것을 말한다. 일반적으로 피동계통을 채택하려면, 계통의 단순화가 이루어져야 한다. 일체형 원자로에서 피동안전개념을 도입할 수 있는 것은 계통이 단순화되어 있기 때문이다.

#### (1) 피동 잔열 제거계통

증기발생기를 통한 노심의 열 제거가 적절하게 이루어지지 않을 경우에 피동 잔열 제거계통으로 노심의 열을 제거한다. 사고상황에서 원자로정지이후에 주 증기 및 주 급수밸브가 닫히고 잔열 제거계통의 밸브가 개방되어 고압의 보상탱크 물이 배관에 주입되면서 자연순환에 의해 작동이 피동적으로 이루어진다. 이 잔열 제거기능은 사고 후에도 운전 원의 개입 없이 72시간 작동하도록 설계되어 있다.

## (2) 원자로냉각계통의 재고량제어

원자로냉각의 보충수 계통이 작동하지 않으면 피동안전주입계통에 의해서 냉각수가 원자로압력용기 내부로 주입된다. 냉각수저장탱크는 원자로냉각수계통의 상부에 위치하고 있고, 가스의 압력에 의해서 주입이 되며, 그 양 또한 충분하게 설계되어 있다. 설치되어 있는 트레인을 고찰하면, 이 트레인은 질소가스로 가압된 냉각수탱크와 격리밸브 및 파열 판으로 구성되어 있다. 소형 LOCA가 발생하면 원자로계통은 감압되기 시작하고 원자로계통과 냉각수탱크의 압력의 차이가 10MPa이 되었을 때에 파열 판이 파열되어 냉각수가 주입하기 시작한다. 냉각수는 가압기의 환형 공동으로 주입되고, 주입배관은 비상 보론 주입계통과 보충수 계통을 공유하도록 설계되어 있다. 장기적인 노심의 냉각을 위해서 원자로압력용기를 둘러싸고 있는 안전보호용기가 설치되어, 1차 측의 냉각수가 격납 대기로 유출되는 것을 제한하고 안전주입 만으로도 노심을 충분히 물 속에 잠길 수 있도록 설계되어 있다.

## (3) 자동압력제어기능

이 원자로는 정상운전 중에 계통의 압력제어를 위해 가압기 내의 상부에 질소가스를 채워놓고 있다. 증기압이 증가하는 경우에는 질소가스의 체적이 응축됨으로 가압기의 물의 수위가 자동적으로 상승되어 공급하는 물의 양이 증가하고, 증기압이 낮아지면 반대의 현상이 일어나게 되어 계통의 압력을 자동 조절하게 된다. 또한 일체형의 경우는 기존의 루프형 가압기보다 상대적으로 그 체적이 큼으로 과도상태 시에 느린 압력반응을 나타냄으로 완만한 압력 거동을 나타내어, 안정적으로 계통의 제어가 가능하다.

## (4) 제어 봉 구동 장치(CEDM)

일체형 원자로는 정상운전 중에는 봉산수를 사용하지 않고 제어 봉의 삼입과 인출만으로 반응도가 제어되도록 설계하고 있다. 따라서 이 제어 봉은 기존의 방식보다 정밀하게 제어되어야 하고, 작동 성이 또한 보장되어야 한다. 이를 위하여 구동 장치의 형식은 스텝모터 구동에 의한 볼스크류 방식을 채택하였으며, 신속히 원자로를 정지시킬 경우에는 중력과 스프링의 힘을

이용하여 피동적으로 제어 붕을 삽입함으로써 반응도를 적절하게 제어할 수 있도록 설계되어 있다.

#### (5) 냉각수의 자연순환

SMART-P는 일체형의 배열이기 때문에 원자로 압력용기 내에 모든 주요 기기를 수용하게 된다. 따라서 유동저항이 상대적으로 작아지기 때문에 자연대류에 의한 냉각수의 순환이 가능하게 된다. 이 자연순환은 열원과 열침 원의 수두차이가 커질수록 확실성이 있게 된다. 이의 실현을 위해서는 원자로의 압력용기가 커지는 단점을 갖게 되는데, 한편으로는 계통이 단순화되고 운전이 용이해지는 장점도 있다. 일반적으로 열 용량이 적은 원자로에서는 자연순환방식에 의한 노심의 열 제거방식이 좋은 장점으로 들 수 있다.

#### 다. 심층방어특성

심층방어개념(Defence-in-Depth Concept)은 종전의 원자로에서 1단계(시설의 여유도), 2단계(과도상태의 사고로의 진전을 방지), 3단계(중대사고로의 진전의 방지) 등의 사고예방차원의 접근방법들이 도입되었으나, 미국의 TMI 사고(1979년)를 계기로 안전성의 증진, 안전개념의 개발, 운전경험의 활용, 인간-기계의 상호간섭에의 대응 등에 대한 연구가 진행되면서, 현재로는 물리적인 방벽인, 핵연료, 핵연료 피복 관, 원자로냉각수의 압력경계, 격납용기 이외에 원자로의 운영관리조치를 포함하게 되었다.

일체형 원자로에 있어서는 상기사항들의 경우에 더하여 다음의 상황을 통하여 보다 진전된 심층방어 특성을 보유하고 있다.

##### (1) 설계여유도의 증가

일체형 원자로는 노심의 저 출력밀도, 여유 있는 냉각수의 재고량 등의 설계여유도와 함께 단순화 된 설계를 통한 초기사건발생빈도의 감소 등을 통한 여유도의 증가를 볼 수 있다.

## (2) ATWS사고의 대처능력의 향상

이 원자로는 운전상태에서 큰 음의 반응도계수의 유지, 반응도제어시스템의 추가, 이상사태를 감지할 수 있는 감시와 진단시스템의 디지털화 등에 의하여 추가적인 대처능력을 보유하게 된다.

## (3) 운전 원의 개입의 최소화

냉각수재고량의 제어와 붕괴열제거에 있어서, 중력 혹은 자연순환 등과 같이 피동안전시스템의 도입과 고유안전특성의 도입으로 운전 원의 개입을 최소화하고 있다.

## (4) 방사능유출가능성의 최소화

담수화회로 측에 방사능물질의 진입을 방지하기 위하여, 1차 회로와 담수화회로 사이에 중간회로를 설치하여 이 중간회로의 압력을 1차 회로의 압력보다 높게 설정함으로써 방사능유출가능성을 배제하며, 1차 시스템의 압력을 신속히 낮출 수 있는 안전 감압시스템이 설치되어 있다.

## (5) 사고시의 대응

확률론 적 안전성평가로 위험도가 큰 사고에 대한 대처수단의 확보를 위해서 원자로의 최종방벽인 격납용기의 밀봉유지기능을 위한 과압 방지대책을 수립하고, 또한 노심 용융사고 시에 격납용기에서 용융물을 감금하고 냉각할 수 있는 구조설계를 채택하고 있다.

## 제 2 절 SMART-P 인허가 현안

### 1. 인허가 현안 배경

현재 기본설계가 완료된 SMART (330 MWt) 원자로의 기술 및 성능 입증과 자료생산 및 운전경험을 얻기 위하여 건설을 추진 중인 SMART-P (65 MWt)에 대한 건설허가 신청이 2004년 중순경으로 계획되어 있다. 인허가 제도를 수립하는 데 가장 중요한 고려 사항은 원자로 시설로부터 일반 대중의 안전을 보장할 수 있는 설계의 안전성 및 건전성의 확인과 운영에 따른 잠재적 위험도를 사전에 확인 평가하는 것이 중요하다. 한편으로 규제 의 객관성과 신뢰성 제고를 위해서는 규제제도에 대한 규제 자 및 사업자를 포함한 공공의 수용성을 확보하여야 한다. 공공의 안전과 건강이 보호되는 한, 불필요한 규제요건은 배제하는 것이 바람직하며, 특히 제 4세대 원자로 등, 향후 개발이 예상되는 연구 개발형 원자로에 대해서 앞으로의 안전규제의 진로를 모색하고 검토할 필요가 있다. 이를 위하여 본 보고서 제 3장에서 우리 나라를 비롯하여 세계각국의 인허가규제상황을 검토한 바 있다. 이제 제 3장을 토대로 하여 인허가현안에 대한 분석을 “원자로의 분류”, “통합형과 분리형”, “기술기준의 적용”, “인허가절차”, “인허가제출서류”의 5개 항목으로 나누어서 수행하고자 한다.

### 2. 인허가현안

#### 가. 원자로의 분류

우리 나라와 각국의 원자로의 안전규제를 살펴보니 전체적으로 인허가체계에 대한 각국 상호간의 공통성이나 연계성이 없다는 것이 판명되었다. 첫째로 원자로의 분류에 있어서 미국은 출력용과 비 출력용으로 분리되어 있고, 비 출력용을 다시 연구용, 시험용, 연구개발용으로 분류하고 있으며, 일본은 실용발전용, 연구개발단계용, 시험연구용으로 분류하고, 다시 연구개발단계용은 발전용과 비 발전용으로 분류하고 있다[표3-1]. 우리 나라는 발전용과 연구용/교육용으로 분류하고 있는데 비하여, 프랑스, 캐나다, 독일 등은 모두 출력용과 비 출력용으로 분류하고 있다. 이를 토대로 유추할 수 있는



것은 원자로규제의 분류는 그 나라의 사정과 국가적인 필요성에 의하여 설정되고 있다는 것이다.

## 나. 통합형과 분리형

인허가과정 중에 건설허가와 운영허가를 통합형으로 인허가를 발급하는 경우와 분리형으로 발급하는 경우가 있다. 미국은 발전용 원자로의 경우에는 통합허가와 분리허가의 2가지가 있으며, 비 출력 원자로의 경우에는 연구용, 시험용, 연구개발용 원자로가 다 분리허가를 적용하도록 되어 있다. 그러나 연구용의 경우에는 일괄허가신청도 가능하도록 규정되어 있다(10CFR2.105c).

일본의 경우에는 모든 원자로에 대해서 건설/운영허가의 개념이 없다. 다만 원자로 등 규제법과 해당되는 총리부령과 성령의 기술기준 관련고시에 의해서 원자로의 허가절차가 수행되며, 인허가절차에 있어서는 발전용과 연구개발용 및 시험용이 다 함께 같은 절차를 밟도록 규정되어 있다.

프랑스는 건설인가와 운영인가로 구분하여 미국의 경우와 유사하지만, 인가발급에는 기본적인 BNI인가과정이 있어서 이 인가과정은 출력용 과 비 출력용이 다 같이 거쳐야하는 과정으로 규정되어 있다.

캐나다는 형식은 부지준비허가, 건설허가, 운영허가단계를 거쳐야 하지만, 그 내용에 있어서는 CANDU의 특수성에 의해서 규제요건 등에 많은 차이가 있으며, 비 출력원자로의 인허가는 다 같이 1종 핵 시설로 구분하여 상용원자로와 동등하게 규제하고 있다.

독일은 다단계의 부분인가형태를 취하고 있어서, 시질 적으로 건설/운영허가의 개념이 없으며, 비 출력원자로도 상용원자로와 동일한 인허가규제를 받아야 한다.

우리 나라는 발전용 원자로는 건설/운영의 분리허가로 규제하고 있고, 연구용 원자로는 통합허가로 규제하고 있다. 연구용 원자로에 대해서는 기술기준을 발전용의 그것을 준용하도록 되어 있다.

## 다. 기술기준의 적용

미국은 발전용 원자로의 기술기준을 연구용 원자로에 선별적으로 적용하고 있으며, 규제지침(RG)도 발전용 원자로의 경우는 157종이 있는 것에 반하여, 비 출력용은 6종의 규제지침 밖에 없다. 곧 미국은 기술기준의 적용

에서 발전용과 비 출력용 사이에 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 일본의 경우는 “원자로 등 규제법”에 따라서 규제업무를 수행하기 때문에 본질적으로는 인허가절차에 차이는 없고, 법에서 연구개발단계의 원자로에 대해서는 별도의 기술기준을 보유하고 있다. 프랑스의 적용기준은 출력용과 비 출력용의 경우에 같은 기준을 적용하며, 독일도 같은 기준을 적용하고있고, 캐나다는 상용원자로와 일부 IAEA의 연구용 원자로의 기준을 혼합적용하고 있다.

우리 나라에서의 연구용 원자로는 발전용 원자로의 기술기준을 준용하도록 규정되어 있다.

#### 라. 인허가절차

미국은 인허가절차에 있어서 기본적으로는 출력용과 비 출력용 중에서의 시험용/연구개발용과는 큰 차이가 없으나, 연구용과는 차이가 있다[표3-1참조]. 일본의 경우는 “원자로 등 규제법”은 발전용 원자로와 연구개발단계의 원자로에 차등 없이 적용이 된다. 그러나 비 발전용 연구개발단계의 원자로는 “원자로 등 규제법”은 적용이 되지만 전기사업법은 적용되지 아니한다. 프랑스의 규제는 출력용과 비 출력용이 동일하게 인가절차를 받게 되어 있으며, 캐나다와 독일도 동일한 허가절차를 밟게 되어 있다. 우리 나라는 앞서 기술한대로 출력용은 분리허가 연구로는 통합허가의 형식이다.

#### 마. 인허가제출서류

[표3-2]에서 보는 바와 같이 우리 나라와 미국은 인허가제출서류에서 출력용과 비 출력용에 차이가 있는 것에 반하여 일본, 프랑스, 캐나다, 독일은 차이가 별로 없다.

## 제 5장 SMART-P 원자로 인허가 방안 수립

### 제 1 절 규제방안 분석

앞서 제 4장 2절에서 7개국의 인허가제도의 특성을 연구용 원자로와 발전용 원자로를 상호 연계하여 그들의 인허가현황을 5가지의 항목으로 분류하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 원자로의 분류에 있어서 한국 및 일본을 제외하고는 모든 국가가 출력용 원자로와 비 출력용 원자로로 구분하고 있다.
2. 원자로(출력용 및 비 출력용 원자로 포함)에 적용되는 기술기준이나 규제체계는 그 나라의 특성에 따라 적립이 되어 있다.
3. 인허가제출서류는 그 나라의 규제철학에 따라서 규정하고 있다.
4. 규제 및 기술요건체계에 대한 국가간의 공통점은 찾아보기 힘들다,
5. 비록 공통점은 찾기는 어렵지만, 각국이 특색이 있는 나름대로의 원자력에 대한 엄격한 규제를 하고 있는 것으로 판단된다.

결론적으로 각국의 원자로규제에서는 공통점을 찾기가 어렵고, 국가별로 나름대로의 독자적인 원자로규제체계를 갖고 있다. 그리고 일본을 제외하고는 출력용 연구개발단계의 원자로에 대한 분류체계를 어느 나라도 갖고 있지 않다. 따라서 SMART-P원자로의 분류와 관련하여, 우리 나라에도 일본과 같이 별도의 원자로의 분류를 신설할 수도 있고, 또는 기존의 분류체계 내에서 SMART-P를 독자적으로 분류할 수도 있다.

## 제 2 절 규제방안 제안

이상의 각국의 원자로의 분류형태로부터 인허가규제의 특성을 나라별로 검토한 결과, 당면하고 있는 SMART-P의 인허가에 대해서 먼저 어떤 범주(category)에 넣어서 규제할 것인가를 고찰할 필요가 있다.

SMART-P인허가의 있을 수 있는 모든 경우를 생각하면 첫째로 발전용 원자로로 인허가를 발급하는 경우, 둘째로 연구개발단계의 원자로로 인허가를 발급하는 경우와, 셋째로 연구로의 형태로 인허가를 발급하는 경우의 3가지가 있다. 이 3가지에 대해서 각국의 사례를 고려하여 통합허가와 분리허가의 2가지로 조합을 짚다면, 다음의 6가지를 추출할 수 있다.

1. 연구로의 범주 내에서 분리허가를 제안하는 경우
2. 연구로의 범주 내에서 통합허가를 제안하는 경우
3. 연구개발단계의 범주 내에서 분리허가를 제안하는 경우
4. 연구개발단계의 범주 내에서 통합허가를 제안하는 경우
5. 발전용 원자로의 범주 내에서 분리허가를 제안하는 경우
6. 발전용 원자로의 범주 내에서 통합허가를 제안하는 경우

이 밖에 굳이 일본의 인허가형태를 답습한다면, 연구개발단계의 원자로의 범주에서 출력용과 비 출력용으로 세분할 수 있겠으나 이는 생략하기로 한다.

이상의 6가지 사안을 놓고 SMART-P의 인허가문제를 고려하여 볼 때에 SMART-P가 어느 범주에 속할 것인가를 결정하기 전에 먼저 생각하여야 할 것은 다음의 4가지라고 판단된다.

1. 기존 법체계의 유지
2. 시설의 안전성 확보

### 3. 인허가절차의 간소화

#### 4. 시설에 대한 건설지역의 주민의 의사

첫째사안인 기존 법체계의 유지는 대단히 중요하다. SMART-P의 인허가는 한국의 법체계를 존중하는 가운데 수행되어야 한다. 아무리 좋은 안이 있더라도, 이것이 현재의 원자력법을 대폭 개정해야 하는 방향으로의 전환은 바람직하지 않다.

둘째 사안과 셋째사안은 마치 돈의 양면성과 같은 것으로 판단된다. 혹자는 말하기를 안전성을 확보하려면, 인허가절차는 복잡하여야 한다고 강조한다. 역으로 말하면, 인허가절차가 간소화되면, 안전성확보에 문제가 있다고 말한다. 이는 옳지 않은 판단이다. 안전성확보와 인허가절차의 양면이 조화를 이룰 때에 동전은 잘 굴러가는 것이다.

근래에 지역주민의 의사가 존중받기에 이르렀고 그들의 주장은 옳은 것도 있다. 그러나 이 주장은 올바른 인식아래에서의 주장이 그 빛을 발하는 것이다. 원자력에 대한 올바른 인식을 주는 것은 사업자와 국가의 몫이다. 올바른 인식을 심어주기 위한 주도적인 단체의 설립으로 이 운동이 활성화 되는 것이 바람직하다.

다시 SMSRT-P의 특성을 살펴보면 제4장 2절에서 언급한 바와 같이 SMART-P는 일체형 원자로인 SMART를 1/5로 축소시킨 것으로 SMART 원자로의 설계를 검증하고, 그 성능과 안전성을 실증으로 확인을 하며, 운전 자료를 생산하고, 해수담수화기술의 실증 및 담수에 관한 연계시설을 검증하기 위하여 건설하는 것이다. 따라서 SMART-P는 항상 가동하는 설비가 아니고, 필요한 경우에만 가동을 하는 점과, 소형의 원자로임을 감안하면 SMART-P는 연구용 원자로로 분류된다. 그런데 우리 나라의 연구용 원자로에 대한 현행법령에 따르면 인허가과정에서 통합허가를 따르게 되어 있다. 그러나 통상적으로 원자로시설의 설계와 건설사업은 병행하여 추진되는 점을 고려할 때 통합허가절차는 사업자가 효율적인 사업을 추진하는데 효율적

이지 못하다. 따라서 현행 법 테두리 안에서 건설허가와 운영허가를 분리하여 발급하는 것이 가능하다면, 분리허가절차를 적용할 수 있는 방안을 모색하는 것이 바람직할 것이다. 곧 연구용 원자로로 분류하되 가능하다면 효율적인 사업추진이 가능하도록 건설 및 운영의 분리허가절차를 추진하는 방안을 제시한다. 위의 사항을 정리하면 다음과 같다.

1. SMART-P는 SMART의 성능을 확인하기 위한 축소된 prototype이다. 따라서 연구용 원자로로 분류함이 타당하다.
2. 현재의 법을 대폭개정하지 않고도 SMART-P의 인허가와 관련된 안전성확보가 가능하다.
3. 연구용 원자로에서 인허가의 통합방식이 아닌 분리방식은 사업자측의 효율적인 사업추진은 물론, 인허가검토과정을 순조롭게 할 수 있다.

위의 둘째 항목에 대해서는, 우리 나라의 연구용 원자로의 경우 인허가절차와 관련된 규정은 발전용 원자로보다 다소 간소화되어 있지만 기술기준에 대해서는 발전용 원자로의 기술기준을 준용토록 되어 있다. 따라서 연구용 원자로로 분류할 경우 인허가절차는 다소 간소화되지만, 기술기준의 측면에서는 발전용 원자로의 기술기준을 그대로 적용(준용)하게 됨으로 발전용 원자로와 동일한 수준의 안전성을 확보하게 된다. 따라서 연구용 원자로로 분류하더라도 안전성확보 측면에서의 문제점은 없을 것이다.

셋째 항목에 대해서는, 사업자의 측면에서는 분리형을 채택함으로써 건설공기 등을 계획대로 수행할 수 있는 여건의 마련이 확보되는 것이며, 또한 규제자 측면에서는 규제할 수 있는 시간적인 여유를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

### 제 3 절 결 론

1. “연구로의 범주 안에서 분리허가로 제안하는” 안을 SMART-P의 인허가의 하나의 안으로 제시한다.
2. 이 안이 수용이 되면, 원자로분류에 대한 명확한 정의의 확정이 바람직하다.
3. 과학기술부의 정책성명 등에 의한 민간인의 계몽이 필요할 것으로 사료된다.
4. 일체형 원자로의 규제기술개발에 많은 인력이 투입되는 것이 바람직하다.

## 제6장 신형 원자로 정책(안)

### 제 1 절 : 서론

1979년 미국 TMI 원전사고와 1986년 구소련의 Chernobyl 원전사고는 원자력발전소의 안전성에 대한 우려를 증폭시켰고, 지금까지의 운전경험과 개발되어온 기술을 바탕으로 한 안전성 강화의 필요성을 대두시켰다. 따라서 미국을 비롯한 원자력 선진국들은 원자력 안전성을 혁신적으로 증진시킬 수 있는 새로운 안전개념을 도입한 신형원자로의 개발에 착수하게 되었다.

이들 원자로는 능동적 안전계통을 중력, 자연대류, 기체압력 등을 구동력으로 사용하는 피동적 안전계통으로 전환하여 안전계통의 신뢰성을 향상시키고 노심 손상 확률을 대폭 감소시키고 있으며 경제성을 향상시키기 위하여 단순화, 모듈화, 표준화 및 건설기관의 단축을 위한 신 공법 등을 적용하고 있다.

최근 쾌적한 삶에 대한 국민적 요구가 증대됨에 따라 환경 및 원자력안전에 관한 국민적 관심이 고조되고 있어서 정부는 2006년부터 기존의 원전에 비해 안전성이 크게 향상된 신형 원자로의 건설을 추진하고 있다. 신형 원자로의 국내 원전 증가에 따른 국민의 안전에 대한 확고한 신뢰를 얻기 위해서 보다 획기적인 안전개념의 도입이 필요하다. 또한 원자력의 이용 확대를 통한 인류의 삶의 질을 향상시키기 위해 전력생산 분야 이외에도 지역난방, 담수생산 및 선박추진 등의 분야에서 중소형 동력로의 이용이 크게 기대되고 있어, 한국원자력연구소는 이를 위해 중소형 일체형 원자로(SMART : Small and Medium Integral Reactor)의 개발을 추진 중에 있다. 이러한 원자로의 고도의 안전성이 요구되므로 어떠한 사고에서도 안전성을 보장할 수 있는 조치가 강구되어야 할 것이다.



따라서, 신형 원자로는 최소한 기존 경수형 원자로와 동등한 수준이상의 안전성을 확보하고, 향상된 안전 여유도를 제공하여야 할 것이다. 이는 우리나라 원자력법에서 요구하는, 방사선재해로부터 국민의 건강과 안전 그리고 환경에 대한 적절한 보호를 보장하기 위한 것이다. 이러한 향상된 안전 여유도를 달성하기 위해서는 안전성에 중요한 계통, 기기 및 구조물의 단순화, 고유안전성, 피동성 혹은 혁신적인 수단을 사용하여야 할 것이다.

규제기관의 입장에서는 신형 원자로의 안전성 강화를 위해서 사업자에게 안전성 향상과 관련된 신기술의 도입을 적극 권장하여야 한다. 그러나 사업자의 입장에서는 신기술의 도입이 안전성 및 성능의 입증이라는 인허가 상의 문제를 야기시키므로 신기술의 도입을 주저하게 된다. 따라서 신형 원자로의 안전성 향상을 위해 규제기관은 신기술의 도입과 관련된 인허가 상의 불확실성을 제거해 줌으로써 사업자가 안전성 향상과 관련된 신기술을 자발적이고 적극적으로 도입할 수 있는 규제환경을 조성하여야 한다.

또한 신형 원자로의 안전성 향상을 위해 규제기관은 신형 원자로의 안전성 향상을 위한 바람직한 설계특성을 일반국민들과 사업자에게 밝히는 것이 필요하다. 이를 통하여 신형 원자로 사업자는 신형 원자로의 안전성 수준 향상을 위해 노력하게 되고, 일반국민들은 안전성 향상을 위한 규제기관의 의지를 확인하게 됨으로써 신형 원자로에 대한 일반 대중의 수용성과 신뢰성이 향상될 것이다.

신형 원자로 정책(안)의 개발을 위해 미국의 신형원자로 정책성명(첨부 1. 참조)과 우리나라의 원자로 규제 관련 정책성명에 대한 검토를 수행하였다.

## 제 2 절 : 신형 원자로 정책의 배경

신형 원자로에 대한 정책수립의 주요 목적은 획기적인 안전개념을 채택하는 신기술의 도입을 적극 권장하여 신형 원자로의 안전성 수준과 대국민 수용성을 향상시키기 위한 것이다. 이를 위하여 바람직한 설계특성에 대한 규제기관의 견해를 밝히는 것이 필요하며, 사업자가 신기술을 도입하는데 장애가 되는 인허가 상의 불확실성을 제거해 주는 것이 필요하다.

규제기관은 신형 원자로의 안전성 향상을 위하여 향상된 안전여유도의 적용을 장려하고, 가능한 실용적으로 신뢰할 수 있고 단순화된 형태로 안전기능을 수행하는 설계의 사용을 권고하며, 안전기능 수행의 신뢰성이 향상될 수 있도록 고유안전성 또는 피동적인 설계특성을 갖는 안전계통의 채택을 권장한다. 또한 이러한 설계가 주요 연구 및 개발과정의 성과를 반영하고, 미국을 비롯한 전 세계 발전소의 운전경험으로부터 얻어진 교훈을 반영할 것을 권고한다.

신기술의 도입에 따른 인허가상의 불확실성은 신기술의 안전성 및 성능에 대한 입증방법, 신기술과 기존 기술기준의 상충, 신기술에 대한 기술기준의 부재 등의 요인으로부터 야기된다. 따라서 이러한 인허가 상의 불확실성을 해소하기 위해서는 규제기관과 사업자가 정식 인허가 신청 이전인 설계 초기단계부터 접촉하여, 규제기관이 설계정보를 조기에 확보하고 조기에 다음과 같은 조치를 취하는 것이 바람직하다: (1) 신기술의 입증방법에 대한 규제입장의 수립, (2) 신기술 관련 기술기준의 개발, (3) 신기술 관련 안전현안의 도출 및 규제입장 수립, (4) 신기술에 대한 안전성 검증평가방법의 확보를 통한 안전성 판단.

설계 초기단계부터 상기와 같은 규제기술개발이 설계기술개발과 병행하여 수행된다면, 인허가성을 적기에 확인할 수 있게 된다. 이는 신기술의 도입에 따른 인허가 상의 위험부담을 최소화시켜 줌으로써 사업자가 자발적이고 적극적으로 신기술을 도입할 수 있는 규제환경을 조성하게 될 것이다.

### 제 3 절 : 신형 원자로 정책

신형 원자로에 대한 보다 시의 적절하고 효과적인 규제를 제공하고, 신형 원자로의 규제요건을 적기에 제공하며, 대중을 포함한 모든 이해 당사자에게 신형 원자로 설계의 안전특성에 대한 시의 적절하고 독립적인 평가를 제공하기 위해서, 사업자가 가능한 설계 초기단계부터 규제기관을 접촉하여 사전 안전성평가를 받고 설계정보를 제공하는 관계를 유지할 것을 권고한다. 설계 초기단계부터 규제기관과 인허가와 관련된 관계를 유지하는 것은 신형 원자로의 인허가 과정을 최적화하고 신기술에 대한 인허가상의 불확실성을 해소하고 인허가성을 조기에 확인하는 규제환경을 조성하는데 기여하게 될 것이다.

신형 원자로에 사용되는 신규 설비의 경우, 기존 발전소에서의 운전경험이 없으므로 안전성 및 성능에 대한 입증계획과 관련 설계정보를 가능한 한 빠른 시간 안에 규제기관에 제출하여 기존 규제요건의 적용성 및 충족성과 입증계획의 타당성에 대한 평가를 받는 것이 바람직하다. 단순성, 고유안전성, 피동형 또는 혁신적인 수단 등을 사용하는 원자로시설의 설계에 대하여는 다음의 입증을 통해 그 안전성을 입증하여야 한다. 신형 원자로에 도입되는 신기술의 안전성 입증에 대한 책임은 사업자에게 있다.

- 해석, 시험계획, 운전경험 또는 그 조합에 의한 설계성능의 입증
- 해석, 시험계획, 운전경험 또는 그 조합에 의한, 안전설비들 간의 상호 작용에 의한 영향이 허용 가능한 범위에 있다는 입증
- 안전설비에 대한 충분한 시험자료에 기초한, 평형 노심을 포함한 충분한 범위의 정상운전조건, 과도상태, 특정 사고전개에 대한 안전해석에 사용되는 해석적 방법의 타당성에 대한 입증

한편, 규제기관은 사업자와의 조기접촉을 통해 설계정보를 확보하여, 안전성 관련된 현안을 도출하고 현안에 대한 규제입장을 수립하며, 안전성의 검증평가가 필요한 항목을 도출하고 검증평가에 요구되는 규제기술의 확보를 위한 노력을 기울일 것이다. 또한 신기술과 관련된 규제요건의 수립, 안전 현안에 대한 규제입장의 수립, 검증평가 기술의 확보, 안전성 판단을 위한 기술적 기초 데이터의 확보를 위하여 사업자의 설계기술 개발과 병행하여 규제기술 개발을 추진할 것이다.

신형 원자로에 대하여 현재 가동중인 경수로에 요구되는 대중 및 환경에 대한 보호수준과 동등한 혹은 그 이상의 보호수준이 요구된다. 또한, 사업자는 신형 원자로가 향상된 안전여유도를 제공하거나 안전기능을 수행하는데 있어 다음과 같은 설계특성을 고려할 것을 권장한다.

- 고유안전특성, 피동형 설계, 단순화된 설계특성을 이용한 신뢰도가 향상된 정지 및 잔열제거계통 (예: 부(-)의 온도 계수, 자연순환 등)
- 안전계통의 손상 전에 원자로 상태에 대한 보다 상세한 진단 및 관리를 가능하게 해주는, 충분한 계측설비 및 운전원 대응시간을 제공해 주는 설계
- 운전원 대응조치의 필요성이 최소화되고, 가혹한 환경조건에 노출되는 설비 혹은 안전정지조건 유지에 필요한 설비가 최소화된 단순 안전계통 (단순화된 안전계통은 신뢰성을 향상시키며, 운전원의 이해와 보다 직접적인 공학적 분석 등을 용이하게 한다)
- 안전계통에 대하여 충분한 고유 안전성, 신뢰성, 다중성, 다양성, 독립성을 제공함으로써 중대사고 및 그 결말의 잠재성을 최소화하는 설계
- 안전계통의 고장 빈도를 줄일 수 있도록 2차계통 (BOP)의 신뢰성을 향상시키는 설계, 또는 안전계통이 2차계통에 의해 영향을 받지 않는 설계
- 방사성 물질의 누출을 차단할 수 있는 다중방벽의 유지와, 중대사고의 잠재성 및 결말을 최소화할 수 있는 다중방호의 채택을 통한 심층방어 철학을 강화한 설계
- 기기 및 부품에 대한 유지 및 보수가 용이한 설계

- 작업 종사자의 방사선 피폭 잠재성을 합리적으로 달성가능한 한 최소화시키는 설계

규제기관은 신형 원자로 개발의 초기단계에서 상기와 같은 안전성과 신뢰성이 향상된 안전계통을 채택하는 설계 혁신을 권고한다.

현재 상용화되고 있는 경수로의 설계 특성과는 다른 설계특성을 갖는 특정 신형 원자로 설계에 대한 정보가 설명이나 평가를 위해 규제기관에 보내지는 경우, 규제기관은 예비설계 안전성평가와 관련하여 인허가 기준을 개발할 것이며 관련 규제입장을 조기에 수립할 것이다. 개발되는 규제기준은 설계자에게 설계개념의 개발에 대한 선택권을 부여할 수 있도록 충분히 일반적이고 설계 독립적으로 수립될 것이다. 신형 원자로의 규제에 적용될 기술기준에 대해서는, 우선적으로 기존의 규제요건 및 지침을 적용하되 보완 및 신규 개발이 필요한 것으로 평가되는 부분에 대해서는 관련 규제요건 및 지침을 개발할 것이다.

## 제 7 장 결론

일체형 원자로 규제기술개발 사업의 제1단계 제1차 년도 및 제2차 년도에 걸쳐서 SMART-P의 안전규제에 적용할 정책방안에 대한 연구를 위탁연구로서 수행하였다. 수행된 연구내용 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

우선적으로 중소형 원자로의 개발현황을 파악하기 위하여 우리나라, 러시아, 중국, 일본, 이탈리아, 미국의 중소형 원자로의 개발현황을 조사하였다.

SMART-P에 적용할 인허가 규제방안의 수립을 위해 우리나라, 미국, 일본, 프랑스, 캐나다, 독일 등의 상용 원자로와 연구용 원자로에 대한 인허가절차 및 규제요건에 대하여 현황을 조사하였다. 조사결과 각국의 인허가 절차는 각국의 사정과 국가적인 필요성에 따라서 설정되고 있음을 확인할 수 있었다.

SMART-P의 설계특성의 파악을 위해서 SMART-P의 주요 계통 및 안전특성에 대한 조사를 수행하였다. 조사결과 SMART-P는 일체형 원자로 개념의 채택에 의한 대형파단사고의 배제, 다량의 1차 냉각재 재고량 보유, 자연순환 및 피동잔열계통에 의한 노심냉각, 음의 반응도계수에 의한 노심의 고유 안전성, 자기제어 방식의 원자로냉각재 압력제어 등의 설계특성으로 안전성을 강화하고 있음을 확인할 수 있었다.

SMART-P의 인허가 방안의 수립을 위하여 각국의 원자로 규제에 있어서 원자로 분류방안, 인허가절차, 기술기준의 적용, 인허가제출서류 등에 대한 분석을 수행하였으며, 분석결과에 입각하여 SMART-P에 적용할 인허가 방안을 다음과 같이 수립하였다: (1) SMART-P는 연구용 원자로로 분류한다, (2) 현재의 법 테두리 안에서 SMART-P에 대하여 가능하다면 분리허가절차를 적용한다, (3) 기술기준은 발전용 원자로의 기술기준을 준용한다.

마지막으로 SMART-P는 우리나라에서 처음으로 도입되는 신형원자로이므로, SMART-P에 대한 안전성 강화 및 정부의 규제입장을 사업자 및 국민에게 알리기 위한 신형원자로 정책(안)을 수립하였다. 신형원자로 정책(안)은 신형 원자로 설계에 반영되어야 할 바람직한 설계특성, 신기술 도입에 대한 안전성 입증방안, 신형 원자로에 대한 기술기준 등에 대한 정부의 규제입장을 포함하고 있다.

## [참고문헌]

- [1- 1] IAEA, "Design and Development Status of Small and Medium Reactor Systems", IAEA-TECDOC-881, Vienna, 1996.
- [1- 2] IAEA, "Options Identification programme for Demonstration of Nuclear Desalination", IAEA-TECDOC-898, Vienna, 1996.
- [1- 3] IAEA, "Use of Nuclear Reactors for Seawater Desalination", TECDOC-574, IAEA, 1990.
- [1- 4] P.R.Rubiolo, atl. "Evaluation of Conceptual Designs of Integrated PWRs and CAREM-25 Project"
- [1- 5] 장문희 외 "일체형 원자로(SMART) 기본설계보고서" KAERI/TR-2142/2002, KAERI Mar. 2002.
- [1- 6] 양수형 외 "SMART 기본설계 안전성평가" KAERI/TR-2173/2002, KAERI April 2002.
- [1- 7] 김효정 외, "중소형 일체형 원자로 안전성분석" KAERI/CM-169/96, 한국원자력안전기술원, 1997년 7월.
- [1- 8] 이종인 외, "중소형 원자로 안전규제요건개발", KINS/GR-187. 과학기술부, 1999년 3월.
- [1- 9] 김희철, 설광원 외 "일체형 원자로 안전해석기술개발" KINS/GR-221 과학기술부, 2001년 3월.
- [1-10] 김웅식 외 "일체형 원자로 안전현안평가" KINS/RR-116, 한국원자력연구소, 한국원자력안전기술원 공동연구, 2002년 3월.
- [1-11] "일체형 원자로의 안전규제기술 Workshop" 한국원자력안전기술원, 2002년 11월.
  
- [2- 1] RRC Kurchatov Institute, "Unattended Self-Controlled Nuclear



- Thermoelectric Low Power Plants for Decentralized District Heating”, Russia, 1993.
- [2- 2] E.I.Ignatenko et al, “Power and Desalination Complexes on the Basis of Floatin Power Unit with KLT-40C Reactor Plants for Portable Water Deficit Regions”, Russia 1996.
- [2- 3] E.I.Ignatenko et. al., “Nuclear Electricity and Heat Co-Generation Station with Floarin Power Units for Remote and Developing Regions”, Russia, 1996
- [2- 4] A.N. Achkasov, et. al., “Nuclear Supply System NIKA-70 for Floating NPP with the Integral Reactor”, 6th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE-6392, May 10-14, 1998.
- [2- 5] W. Dazhong, “The Design Characteristics and Construction Experiences of the 5 MWt Nuclear Heating Reactor”, Nuclear Engineering and Design, Vol. 143, pp 19-24, 1993
- [2- 6] W.Dazhong, et. al., Experimental Study and Operation Experiences of the 5MW Nuclear Heating Reactor, Nuclear Eng. and Des, Vol 143, pp 9-18, 1993
- [2- 7] D.Xue, W.Zheng, “Safety Objectives and Design Criteria for the NHR-200”, Inst. of Nuclear Energy and Technology, China, IAEA- TECDOC-962, May 1995.
- [2- 8] D.Duo, et. al., “Analysis of NHR-200 Nuclear Seawater Desalination and Its Interface Design”, Inst. of Nuclear Technology, Tsinghua Univ., Beijing China. Proceedings of IAEA Symposium on Desalination of Seawater with Nuclear Energy, May 1997.
- [2- 9] La Sapienza, “600MWt Mars Nuclear Plant”, Rome Univ., Italy,

- Proceedings of IAEA Symposium on Desalination of Seawater with Nuclear Energy, Taejon, Korea, May 1997.
- [2-10] M.E. Ricotti, "The NILUS Project: Design Features of the Small Size, Natural Circulation, Integrated PWR for Heat and Electricity", 6th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE-6458, May 10-14, 1998.
- [2-11] C. Lombardi, M.E. Ricotti, "The NILUS Project: Preliminary Study for Medium and Small Size Innovative PWRs-the NILUS-1000", 6th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE-6459, May 10-14, 1998.
- [2-12] H. Kobayashi, et. al, "A Study on the Development Program of the Advanced Marine Reactors", Proceedings of '92 ANP, Tokyo, Japan, 1992.
- [2-13] G.S. Rhee, et. al., "NRC Confirmatory AP600 Safety System Phase I Testing in the ROSA/AP600 Test Facility", NUREG/CP-0149, Transaction of the 23rd Water Reactor Safety Information Meeting, Bethesda, Maryland, Oct. 23-25, 1995.
- [2-14] Y. Anoda, etc., "ROSA/AP600 Test Results for Beyond-Design Basis Accident Scenarios", NUREG/CP-0161, Transaction of the 25th Water reactor Safety Information Meeting, Bethesda, Maryland, Oct. 23-25, 1997
- [3- 1] 원자력관계 법령집, 한국원자력안전기술원발행, 2001년
- [3- 2] KINS/RR-107 김효정 등 "원자력안전규제 기술요건체계분석" 한국원자력안전기술원, 2002.1.22.
- [3- 3] IAEA, "Design and Development Status of Small and Medium Reactor Systems", IAEA-TECDOC-881, Vienna, 1996.
- [3- 4] NUREG-0933, "A Prioritization of Generic Safety Issues", USNRC

- 1983.
- [3- 5] SECY-96-092, “Progress of Resolution of Generic Safety Issues”, USNRC, May 1996.
  - [3- 6] 일본원자력안전\*보안원 법령, [www. nisa.meti.go.jp/](http://www.nisa.meti.go.jp/)
  - [3- 7] “원자력안전위원회 안전심사지침 집” 개정9판, 대성출판사 평성10년.
  - [3- 8] IAEA, Safety Series No. 50-C-G(1988), Para. 604.
  - [3- 9] IAEA, “Code on the Safety of Nuclear Research Reactors:Design” IAEA, Safety Series No. 35-S1, 1992.
  - [4- 1] IAEA, “Terms for Describing New, Advanced Nuclear Power Plants”, IAEA-TECDOC-936, IAEA, 1997.
  - [5- 1] 시험연구용 원자로에 관한 안전설계심사지침, 원자력안전위원회 결정, 평성3년 7월18일.
  - [5- 2] 실용 발전용 원자력설비에 관한 기술기준, 경제산업성령 제 201호. [www. nisa.meti.go.jp/](http://www.nisa.meti.go.jp/)
  - [5- 3] 연구개발단계에 있는 발전용 원자로의 설계 및 공사방법의 기술기준, 총리부령149호 및, 동 발전용 원자로의 용접의 기술기준, 총리부령121호. [www. nisa.meti.go.jp/](http://www.nisa.meti.go.jp/)
  - [5- 4] 시험연구용 원자로 등의 설계 및 공사방법의 기술기준에 관한 규칙, 총리부령149호. [www. nisa.meti.go.jp/](http://www.nisa.meti.go.jp/)

표 3-1. 각국의 상용/연구용 원자로의 인허가절차 비교

국명	원자로분류	인허가절차 (상용 원자로)	인허가절차 (비 출력 원자로)
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>*발전용</li> <li>*연구용/교육용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*표준설계 인가 (법12조2)</li> <li>*부지사전승인 (법11조3)</li> <li>*건설허가(법11조)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-사용 전 검사(법16조, 영27조)</li> <li>-계량관리 및 방호규정 승인</li> <li>-계량관리 및 방호에 관한 검사(법16조)</li> <li>-품질보증검사(법16조)</li> </ul> </li> <li>*운영허가(법21조)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-계량관리 및 방호에 관한 검사(법23조2)</li> <li>-품질보증검사(법23조2)</li> <li>-정기검사(법23조2)</li> </ul> </li> <li>*주기적 안전성평가 (법23조3)</li> <li>*해체승인(법31조)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*건설/운영통합허가(법 33조)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-사용 전 검사</li> <li>-계량관리/방호규정 승인</li> <li>-계량관리/방호 검사</li> <li>-정기검사</li> <li>-품질보증검사</li> </ul> </li> <li>*해체승인(법 36조)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-상용원자로 준용</li> </ul> </li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>*출력용</li> <li>*비 출력용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-연구용</li> <li>-시험용</li> <li>-연구개발용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*class 103인허가(10CFR50.22)</li> <li>*10CFR52(통합허가)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-각 절차마다 공청회 ACRS검토를 거침</li> </ul> </li> <li>*10CFR50(분리허가)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-제한공사 인가</li> <li>-표준설계인가</li> <li>-건설·운영통합허가 또는 분리허가(5% 출력 이하와 이상으로 분류)</li> <li>-공청회 개최</li> <li>-ACRS 검토</li> <li>-검사[핵심검사(NRC), 지역사무소의 검사, 일반안전현안검사의 3가지]</li> <li>-해체승인</li> </ul> </li> <li>*정책성명(USNRC)도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*class104인허가(10CFR50.21) (의료, 연구 및 개발 목적)</li> <li>*시험용/연구개발용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-분리허가 적용</li> <li>-제한공사</li> <li>-공청회 개최</li> <li>-ACRS 검토</li> </ul> </li> <li>*연구용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-분리허가 적용(10CFR50)</li> <li>[제한공사, 공청회, ACRS검토 없음]</li> <li>-일관허가신청도 가능(10CFR2.105c)</li> </ul> </li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>*실용발전용</li> <li>*연구개발단계용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-발전용</li> <li>-비 발전용</li> </ul> </li> <li>*시험연구용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*법 상으로 이원화된 허가절차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-원자로 등 규제법(법23조)</li> <li>-진기사업법</li> </ul> </li> <li>*규제의 다원화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(경제산업성, 문부과학성, 국토교통성)</li> </ul> </li> <li>*원자로설치허가(정령531호)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-원자로 설치허가(규제법 23조)</li> <li>-실계 및 공사방법인가(규제법27조)</li> <li>-공사계획인가(진기사업법47조)</li> <li>-사용 전 검사(규제법28조), (사업법49조)</li> <li>-연료집합체검사(사업법51조)</li> <li>-용집방법 인가 및 검사(규제법28조의2)</li> <li>-용집안전관리검사(사업법52조)</li> <li>-보안규정 인가(규제법37조)</li> <li>-보안규정신고(사업법27조)</li> <li>-정기검사(규제법20조), (사업법54조)</li> <li>-운전계획(규제법30조)</li> <li>-원자로의 해체신고(규제법38조)</li> </ul> </li> </ul> <p>주: 규제법-----원자로 등 규제법 사업법-----진기사업법</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*설치허가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-발전용의 규제법해당사항은 연구개발단계용 및 시험연구용에도 해당됨.</li> <li>-발전용의 사업법해당사항은 연구개발단계 발전용에 전부 해당됨.</li> <li>-연구개발단계의 비 발전용과 시험연구용에는 진기사업법이 적용 안됨</li> </ul> </li> </ul>

표 3-1. 각국의 상용/연구용 원자로의 인허가절차 비교 (계속)

국명	원자로분류	인허가절차(상용 원자로)	인허가절차(비 출력 원자로)
프랑스	*출력용 *비 출력용	<ul style="list-style-type: none"> <li>*부지선정 및 시설의 안전성 사전심의</li> <li>*공중의 의견수렴(Decree No.96-338)</li> <li>*인가발급(authorization decree) (BNI인가: Decree 63-1228)</li> <li>*건설인가               <ul style="list-style-type: none"> <li>-허가신청</li> <li>-DSIN, 내무성, 보건성, 내부성의 평가</li> <li>-인가령 초안발급</li> <li>-원자력안전정보 자문위원회의 의견조회</li> <li>-보건성의 인가령 발급</li> </ul> </li> <li>*운영인가               <ul style="list-style-type: none"> <li>-허가신청</li> <li>-DSIN의 안전성평가</li> <li>-운영에 대한 입시허가(산업성, 환경성)</li> <li>-핵연료장전, 고온시험, 90%출력상승, 100%출력허가의 4단계허가.</li> <li>-방사성유출 불에 의한 인가절차 (Decree 95-540)</li> </ul> </li> <li>*검사(DSIN 주관)</li> <li>*폐쇄인가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*인가절차(Decree 63-1228)</li> <li>-발전용과 동일</li> <li>*운영인가               <ul style="list-style-type: none"> <li>-허가신청</li> <li>-시운전 전 인가</li> <li>-시운전인가</li> </ul> </li> <li>*폐쇄인가               <ul style="list-style-type: none"> <li>-발전용과 동일</li> </ul> </li> </ul>
캐나다	*출력용 *비 출력용	<ul style="list-style-type: none"> <li>*핵 안전관리법               <ul style="list-style-type: none"> <li>-1종 핵 시설</li> <li>-부지준비허가</li> <li>-건설허가</li> <li>-운영허가</li> <li>-폐지허가</li> </ul> </li> <li>*검사               <ul style="list-style-type: none"> <li>-원자력안전위원회(CNSC)주관</li> </ul> </li> </ul>	*상용 원자로와 동일한 인허가절차
독일	*출력용 *비 출력용	<ul style="list-style-type: none"> <li>*다단계의 부분인가               <ul style="list-style-type: none"> <li>-부지 및 필수토목구조의 건설</li> <li>-안전에 중요한 계통 및 기기의 건설</li> <li>-핵연료의 취급 및 저장</li> <li>-최초 핵연료 노심 장전</li> <li>-시운전</li> <li>-상업운전</li> </ul> </li> <li>*부분인가 제출서류               <ul style="list-style-type: none"> <li>-안전성분석보고서</li> <li>-보충계획 및 도면</li> <li>-파괴 및 방해로부터의 시설보호</li> <li>-신청자와 책임자의 자격인정</li> <li>-발전소 운영종사자의 자격</li> <li>-안전지침서</li> <li>-방사성물질의 형태와 처분</li> <li>-환경보호조치계획</li> <li>-시설주변의 주민 및 환경영향</li> </ul> </li> </ul>	*상용원자로와 동일한 인허가절차

표 3-2. 각국의 상용/연구용 원자로의 인허가제출서류/적용기준

국명	제출서류		적용기준	
	상용원자로	연구용 원자로	상용원자로	연구용 원자로
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>*부지사전승인(법11조)</li> <li>-부지사전승인신청서</li> <li>-방사선환경영향평가서</li> <li>-부지조사보고서</li> <li>*건설허가(법 11조)</li> <li>-방사선환경영향평가서</li> <li>-예비안전성분석보고서</li> <li>-건설에 관한 QA계획서</li> <li>-원자로사용목적설명서</li> <li>-원자로설치기술능력 실명서</li> <li>*운영허가(법 21조)</li> <li>-운영기술지침서</li> <li>-최종안전성분석보고서</li> <li>-운전에 관한 QA계획서</li> <li>-방사선환경영향평가서</li> <li>-원자로운전기술능력실명서</li> <li>-방사선비상계획서</li> <li>-핵연료장전계획실명서</li> <li>-EOP기술근거 및 검증방법</li> <li>-중대사고정책이행 실명서</li> <li>*표준실제인가(법12조2)</li> <li>-신청서 및 첨부서류</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*건설/운영허가 (통합허가 법33조)</li> <li>-방사선환경영향평가서</li> <li>-운영기술지침서</li> <li>-안전성분석보고서</li> <li>-건설/운영에 관한 QA 계획서</li> <li>-원자로사용목적설명서</li> <li>-원자로설치/운전에 관한 기술능력실명서</li> <li>*계량관리/방호규정 (법36조:법15조2준용)</li> <li>-시용전검사</li> <li>-계량관리/방호 검사</li> <li>-품질보증검사</li> <li>-징기검사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*건설허가기준(법12조2)</li> <li>-환경상의 위해 방지 (시행령 제323조의2)</li> <li>-계량관리 및 방호규정(법15조의2) (시행령26조의2),(시행규칙12조)</li> <li>-구조*성능에 관한 기준(규11~49)</li> <li>-위치에 관한 기술기준(규11~49)</li> <li>*사용전검사(법16조),(영27조2)</li> <li>-계량관리/방호검사(영26조3.6)</li> <li>-품질보증(영31조),(규58~76)</li> <li>*운영허가(법22조2)</li> <li>-운영에 관한 기술기준(규54~58)</li> <li>-환경상의 위해 방지(영323조2)</li> <li>-품질보증(규67~85)</li> <li>*징기검사(법12조의2),(영42의2)</li> <li>-계량관리검사(영43;영26.3준용)</li> <li>-품질보증검사(영43;영31준용) (규68~76조)</li> <li>*운영에 관한 안전조치(법29조) (영102조),(규50~66조)</li> <li>*과기부령31호(일반기준)</li> <li>*과기부고시(세부기준)</li> <li>-일부는 외국기술기준 준용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*건설/운영허가 (법 33조3)</li> <li>-상용원자로 기준준용</li> <li>-일반규정의 면제조항 (법3조2)</li> <li>*사용전검사 (영49;영27의 준용)</li> <li>*계량관리/방호검사 (법36,영49,준용규정)</li> <li>*징기검사 (영36,영49,규28)준용</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>*제한공사 인가</li> <li>-환경보고서</li> <li>*건설허가</li> <li>-일반사항</li> <li>-독점금지관련사항</li> <li>-방사성물질관련규정</li> <li>-예비안전성분석보고서</li> <li>-TMI추가요건</li> <li>-SRP에 의한 평가자료</li> <li>*운영허가</li> <li>-일반사항</li> <li>-독점금지관련사항</li> <li>-방사성물질관련규정</li> <li>-최종안전성분석보고서</li> <li>-물리적 보안계획</li> <li>-우발사고대비 안전 보장계획</li> <li>-표준심사지침(SRP)에 대한 시설평가자료</li> <li>-방사성물질관리실비 및 질차에 관한 실명서</li> <li>-방사성물질관리 기술 지침서</li> <li>-방사성물질방출기술 지침서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-환경보고서</li> <li>-안전성 분석보고서</li> <li>-물리적 보안계획</li> <li>-표준심사지침 평가 자료</li> <li>-방사성물질관리실명서</li> <li>-기술지침서</li> <li>-방사성물질방출기술 지침서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*class103의 인허가</li> <li>-부지선정기준(10CFR100)</li> <li>-방사선방어기준(10CFR20)</li> <li>-환경요건 (10CFR51 Subpart A)</li> <li>-일반설계기준(GDC,10CFR50App.A)</li> <li>-TMI추가요건(Sec.50.34(f))</li> <li>-표준심사지침 (SRP) 허용기준 (Sec.50.34(g))</li> <li>-ECCS 허용기준 (Sec.50.46 및 10CFR50App.K)</li> <li>-ATWS로부터의 위험도감소 요건(10CFR. 50.62)</li> <li>-품질보증기준(10CFR50App.B)</li> <li>-규격 및 기준(10CFR.50.55a)</li> <li>-비상계획 및 준비요건 (10CFR50. APP E)</li> <li>-기술지침서작성요건(Sec.50.36)</li> <li>-방사성물질방출기술지침서요건 (10CFR. 50. 36a)</li> <li>-PTS대비 파괴인성요건 (Sec.50.61)</li> <li>-물리적 방호요건(10CFR73)</li> <li>-우발사고대비요건 (10CFR73App.C)</li> <li>-중요전기기의 환경검증 (10CFR.50.49)</li> <li>-화재방호실비요건 (10CFR.50.48 및 50App.R)</li> <li>-원전 지진공학기준 1997이전(10CFR App. A) 1997이후(Sec. 50. 34.b.10)</li> <li>-교류전원완전상선(Sec.50.63)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*class104의 인허가</li> <li>-방사선 방호기준 (10CFR20)</li> <li>-ECCS허용기준 (ANSI문 15.15)</li> <li>-규격 및 기준 (10CFR50.55a일부제외)</li> <li>-품질보증기준(RG2.5)</li> <li>-비상계획 및 준비요건 (R.G 2.6, ANSI15.16)</li> <li>-기술지침서작성요건 (Sec.50.36)</li> <li>-방사성물질방출기술지침서요건 (10CFR. 50. 36a)</li> <li>-화재방호실비요건 (ANSI/ANS 15.17)</li> <li>-중사자에 대한 통고, 지시, 보고(10CFR19)</li> <li>-부산물질 허가규정 (10CFR30)</li> <li>-생산*이용시설허가 (10CFR50)</li> <li>-특수 핵 물질허가 (10CFR170)</li> </ul>

표 3-2. 각국의 상용/연구용 원자로의 인허가제출서류/기준(계속)

국명	제출서류		적용기준	
	상용원자로	연구용 원자로	상용원자로	연구용 원자로
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>*설치허가신청서</li> <li>*원자로시설안전설계 설명서</li> <li>*원자로사용목적에 관한 설명서</li> <li>*공사계획서</li> <li>*설계 및 공사방법 설명서</li> <li>*핵연료 채 설계 및 가공방법</li> <li>*환경영향평가서</li> <li>*공사계획인가신청서</li> <li>*공사계획서 및 공정표</li> <li>*보안규정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*설치허가</li> <li>규제법(23조)</li> <li>-시설안전설계설명서</li> <li>-설계 및 공사방법 설명서</li> <li>-용접검사 (규제법28조의2)</li> <li>-사용 전 검사 (규제법28조)</li> <li>-보안규정 (규제법37조)</li> <li>-정기검사 (규제법29조)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*원자로 등 규제법령</li> <li>-원자로 등 규제법(24조)</li> <li>-상용원자로의 설치, 운전 등에 관한 규칙(성령 제77호)</li> <li>-설계 및 공사방법(규제법23조3)</li> <li>-용접검사(규제법 28조2의2)</li> <li>- 관련고시</li> <li>*발전용 원자력설비기술기준 (경제산업성령 제201호)</li> <li>*전기사업 법령</li> <li>-상용원자로설비에 관한 기술 기준(성령 제62호)및(고시501호)</li> <li>-발전용 핵연료물질에 관한 기술 기준(성령 제63호)</li> <li>-관련고시(고시 501호)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*원자로 등 규제법</li> <li>-상용발전소와 공통적용</li> <li>*규제검사</li> <li>-연구개발단계발전소는 상업용 발전소와 동일</li> <li>*연구개발단계 발전용</li> <li>-설계 및 공사방법의 기술기준(총리부령149호)</li> <li>-용접기술기준 (총리부령121호)</li> <li>*시험연구용 및 비 발전용</li> <li>-설계 및 검사방법기술 기준(총리부령11호)</li> </ul>
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Decree No. 63-1228 (가본원자력시설 법)</li> <li>*사전심의</li> <li>-안전목표 및 특성에 관한 서류(선택사항)</li> <li>-부지선정</li> <li>-공정회개략 (Decree96-338)</li> <li>*건설허가</li> <li>-예비안전성분석보고서</li> <li>*운영허가</li> <li>-중간안전성분석보고서</li> <li>-가동시험</li> <li>-최종안전성분석보고서</li> <li>*해체허가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Decree No.63-1228 (가본원자력시설 적용)</li> <li>-기본원자력시설의 건설, 운영, 폐쇄 및 해체에 관한 인가령 (BNI 인가령)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*대기오염방지법(Loi No61-842)</li> <li>-시행령(Decree63-1228)</li> <li>*부령</li> <li>-시설의 설계, 건설, 운전, 및 품질보증 부령(Arrete 1984)</li> <li>-1차 계통압력경계(Arrete1974)</li> <li>-격납용기(Arrete 1970)</li> <li>-배관제작(Arrete 1962)</li> <li>-보건물리(Arrete 1977)</li> <li>*인허가기술기준(RFS)</li> <li>*원자력안전국(DSIN)규제지침</li> <li>-기본안전규정(RFS)</li> <li>*산업기준</li> <li>-산업기준(RCC 시리즈)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*대기오염방지 법</li> <li>-발전용 원자로와 동일</li> <li>*환경보호 법 (Loi No. 95-101)</li> <li>*물의 법(Loi No.92-3)</li> <li>*부령(Arrete 1984)</li> <li>-발전용 원자로와 동일</li> <li>-기본안전규정(RFS)</li> <li>-산업기준(RCC)</li> </ul>
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> <li>*부지선정허가신청서</li> <li>-부지조사 및 환경영향</li> <li>-지진, 홍수의 감수성)</li> <li>-환경영향평가</li> <li>*공동제출서류</li> <li>-구조물과 부지설명서</li> <li>-품질보증 계획</li> <li>-환경감시계획 및 영향</li> <li>-보건물리절차서</li> <li>*건설허가</li> <li>-환경기분특성설명서</li> <li>-핵 시설의 품질보증계획</li> <li>-예비안전성분석보고서</li> <li>*운영허가</li> <li>-핵 시설/구조물설명서</li> <li>-핵 시설 품질보증계획</li> <li>-최종안전성분석보고서</li> <li>-계통과 기기의 설명서</li> <li>-시운전계획</li> <li>*검사(일반규정12조2)</li> <li>-CNSC담당</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*공동제출서류</li> <li>-구조물과 부지설명서</li> <li>-품질보증 계획</li> <li>-환경감시계획 및 영향</li> <li>-보건물리절차서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*법</li> <li>-핵 안전관리법 24조</li> <li>-환경평가 법</li> <li>*시행규정</li> <li>-일반규정</li> <li>-방사선방호규정</li> <li>-원자력시설규정</li> <li>-핵 보안규정</li> <li>-핵 안전위원회 절차세칙</li> <li>*규제문서</li> <li>-규제정책(원칙, 기본적 요소)</li> <li>-규제기준(규칙, 관행)</li> <li>-규제지침(R-시리즈, C-시리즈)</li> <li>-규제통고(특정사안의 지침)</li> <li>-규제절차(규제과정)</li> <li>*기타</li> <li>-권고지침</li> <li>-자문위원회보고서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*상용원자로와 IAEA 연구용 원자로의 기준 일부적용</li> </ul>

표 3-3. 미국 원자력시설 안전규제요건

구분	규정
법	<p>○ Atomic Energy Act of 1954 (원자력법)</p>
연방규정 (10CFR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Part 0~19 (생략)</li> <li>○ Part 20 방사선방어규정</li> <li>○ Part 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39 : 방사성제품(동위원소) 관련 인·허가 및 안전요건 규정</li> <li>○ Part 50 생산 및 이용 시설 인·허가 규정</li> <li>○ Part 51 인·허가 환경방호규정 및 관련 규제기능</li> <li>○ Part 52 조기부지허가; 표준설계 인증; 원전통합인·허가</li> <li>○ Part 54 원전운영허가 갱신요건</li> <li>○ Part 55 운전 원 면허</li> <li>○ Part 60 심층처분장 고 준위방사성폐기물 처분</li> <li>○ Part 61 방사성폐기물 육지처분 인·허가 요건</li> <li>○ Part 70 특수 해 물질 인·허가</li> <li>○ Part 71 방사성물질의 포장 및 운반</li> <li>○ Part 72 사용 후 핵연료/고 준위 방사성폐기물 독립저장시설 인·허가 요건</li> <li>○ Part 73 해 시설 및 해 물질 물리적 방호</li> <li>○ Part 74 특수 해 물질 계량관리</li> <li>○ Part 75 해 물질보장-US IAE협정 이행</li> <li>○ Part 76 기체확산시설 인증</li> <li>○ Part 81 특허면허 승인 표준지침</li> <li>○ Part 95 안보시설 승인 및 안보정보 및 비밀 보장</li> <li>○ Part 100 원자로 부지선정 기준</li> <li>○ Part 110 해 선미 및 해 물질 수출입</li> <li>○ Part 140 재정보호요건 및 변상협정</li> <li>○ Part 150 협정 주 내에서의 면제 및 지속된 규제권한</li> <li>○ Part 160 원자력규제위원회 재산에 대한 불법침해</li> <li>○ Part 170 원자력 법 내의 해 시설, 해 물질, 수출입 허가 및 기타 규제업무의 비용</li> <li>○ Part 171 원전운영허가, 핵연료주기시설허가, 해 물질허가의 년 단위 비용과 인증, 등록, 품질보증계획 승인 비용</li> </ul>
규제지침 (R.G.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Division 1. 발전용 원자로 (157종)</li> <li>○ Division 2. 연구 및 시험 원자로 (6종)</li> <li>○ Division 3. 연료 및 물질 시설 (55종)</li> <li>○ Division 4. 환경 및 부지 (17종)</li> <li>○ Division 5. 제품 (51종)</li> <li>○ Division 6. 물질 및 시설 방호 (9종)</li> <li>○ Division 7. 운반 (12종)</li> <li>○ Division 8. 산업보건 (35종)</li> <li>○ Division 9. 반 독점 및 재정 심사 (4종)</li> <li>○ Division 10. 일반 (12종)</li> </ul>
산업기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ASME B&amp;PVC, IEEE-279 등의 산업기준</li> <li>○ ANSI 표준</li> </ul>

주: 본 표는 문헌[3-2]에서 인용하였음



(첨부 1)

## 미국의 신형원자로 정책성명

정책 성명, 날짜 : 1994년 7월 12일

신형 원자력 발전소 규제에 관한 최종 정책 성명

문서 : 정책 성명

발간일 : 1994년 7월 12일

페이지수 : 4

입력 날짜 : 1994년 7월 13일

제목 : 신형 원자력 발전소 규제에 관한 최종 정책 성명

10 CFR Part 50 신형 원자력 발전소 규제에 관한 최종 정책 성명

부서 : 원자력 규제 위원회 (NRC)

기능 : 최종 정책 성명

요약 : 원자력 규제 위원회 (NRC)는 신형 원자로 규제 과정에서의 복잡성과 불확실성을 최소화하는 방향으로 인허가 환경을 개선하고자 한다. 이 성명은 신형 원자로 및 그와 연관된 바람직한 특성의 재검토에 관한 위원회의 정책을 제공한다. 이 정책 성명은 “신형 원자력 발전소의 규제, 정책 성명”이라 명명되어, 1986년 7월 8일 발간된 최종 정책 성명의 개정판으로, 이 개정의 목적은 위원회의 미터법화 정책을 참고하기 위해 신형 원자로에 관한 정책 성명을 갱신하는 것이다.

유효일자 : 1994년 7월 12일

연락처 : Stephen P. Sands, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC 20555, Tel. 301-504-3154

추가 정보:

배경

1986년 7월 8일, 위원회는 연방 관보 (Federal Register: 51 FR 24643)에 신형 원자로에 관한 최종 정책 성명을 발표했으며, 이러한 성명의 발표 목적은 다음과 같다: (1) 신청자, 사업자, 정부 부서, 원자력 규제 위원회 간의 상호 관계를 가능한 초기 상태로 유지하는 것;

(2) 대중을 포함한 모든 이해 관계자에게 신형 원자로 설계의 바람직한 특성에 관한 위원회의 견해를 제공하는 것; (3) 안전성을 위한 이러한 설계의 의미와 규제 과정에 관한 시기 적절한 설명을 위해서 위원회의 취지를 밝히는 것. 1988년 10월 10일, 의회는 1975년의 미터법 전환 법령 (15 U.S.C. 205a et seq.)을 수정한 총괄적인 무역과 경쟁에 관한 법령 (U.S.C. 2901 et seq.)을 통과시켰다. 이 법령의 5164절에서는 미국 무역과 통상을 위한 우선적인 도량형 체계로서 미터법 체계를 선정하였다. 이 법령에서는 미터법 체계로의 효과적인 전환을 위해 “5614(b)(2)절에 명시된 것과 같이, 외국 경쟁자들이 경쟁 물품에 대해 비미터법을 사용하는 경우와 같이 미국 시장을 잃게 되거나 중대한 비효율성을 야기할 경우를 제외하고,” 모든 연방 부서가 회계연도 1992년 말까지 조달이나 양도 및 기타 사업과 관련된 활동에서 사용되는 도량형 체계를 미터법 체계로 전환하도록 요구하고 있다. 원자력 규제 위원회에서는 이 법령에 의거하여 연방 관보 (Federal Register: 57 FR 4891)를 통해 미터법화 정책 성명을 1992년 2월 10일에 발표하였다. 미터법화 정책 성명의 목적은 원자력 규제 위원회가 이 법령하에서 어떻게 규제를 충족시키려하는지를 규제 인가자와 대중에게 알리는 것이다. 초안 성명에 대해 5명의 발전로 인가자와 3명의 표준 기관, 원자로 사업자, 재료 인가자, 원자력 관리 및 재원 협의회를 포함한 12명의 상대방이 의견을 제출하였고, 3명의 개인에 의해 공동 서한의 형식으로 제출되었다. 모든 논평에서 위원회의 입장이 지지 되었고, 이에 따른 최종 정책 성명은 1992년 10월 7일 발표되었다 (57 FR 46202). 위원회는 원자력 규제 위원회의 인가자와 신청자들이 도량형으로서 미터법 체계를 사용하도록 지원하고 권장하고 있다. 그러나, 설계 검증의 재검토 과정에서 뒤쳐진 위원회는 설계 과정에서 미터법 체계로 늦게 전환하는 것이 비실용적이고 비경제적이며, 신청자의 경우 설계 과정에서 일찍 미터법 체계를 고려해야 한다는 것을 경험하고 있다. 그러므로, 위원회는 미터법화에 관한 정책이 대중의 건강과 안전성에 잠재적으로 해가 되지 않거나 경제적으로 비실용적이지 않은 경우에 인가자와 인허가 신청자가 미터법 체계를 사용하도록 독려하기 위해 신형 원자로 정책 성명을 개정하고 있다.

### 위원회의 정책

원자로 규제에 관한 위원회의 정책은 대중 건강과 안전 및 환경에 대한 적절한 보호를 법적 명령에 따라 일관되게 보장하는 것이다. 위원회는 신형 원자로에 대해 현재의 경수로에 대해 요구되어지는 대중과 환경에 대한 보호 정도와 같은 혹은 최소한의 보호를 기대한다. 또한, 위원회는 신형 원자로가 향상된 안전 여유도를 제공하거나 안전 기능을 수행하는 데에 있어 단순화되고, 고유하며, 수동적인 혹은 다른 혁신적인 수단이 사용할 것을 기대한다. 위원회는 신형 원자로 설계가 위원회의 안전성 목표 정책 성명과 미터법 체계로의 전환에 관한 정책 성명을 따를 것을 기대한다. 제안된 신형 원자로 설계의 허용성 혹은 인허가 가능성을 확립하도록 도울 수 있는 특성 가운데, 신형 설계에서 고려되어야 할 것들은 다음과 같다; 신뢰할 수 있는 혹은 덜 복잡한 정지 및 잠열 제거 계통 - 이 목적을 완수하기 위한 고유하고 혹은 수동적인 수단의 사용은 장려된다 (부 온도 계수, 자연 순환 등);

안전 계통의 개시 혹은 중요 설비들이 악조건에 노출되기 전에 보다 많은 진단과 관리가 가능하도록 하는 등의 보다 긴 시간 상수 및 충분한 계측; 가능한 곳에서 필요한 운전원의 조치; 심각한 환경 조건에 노출된 설비 혹은 안전한 정지 조건을 유지하기 위해 필요한 구성 요소를 줄이는 단순화된 안전 계통 - 이러한 단순화된 계통은 운전원의 이해, 신뢰할 수 있는 계통 기능, 보다 직접적인 공학적 분석 등을 용이하게 한다 -; 안전 계통에서 충분한 고유 안전성, 신뢰도, 다중성, 다양성, 독립성을 제공함으로써 심각한 사고와 그 결과에 대한 잠재성을 최소화하는 설계; 안전 계통의 고장 빈도를 줄이기 위해 보조 설비 부문 (혹은 보조 설비 부문과 독립적인 안전 계통)에 신뢰할 수 있는 설비를 제공하는 설계; 발전소 인력에의 잠재적인 방사선 노출을 줄이는 설계; 방사선 노출에 대한 다중 방호의 유지와 심각한 사고 결과나 그 잠재성을 줄임으로써 심층방어 철학의 통합을 위한 설계; 기존 기술의 인용으로 입증될 수 있는 혹은 적절한 기술 개발 계획의 수행에 의해 만족할 만하게 확립될 수 있는 설계 특성. 앞서 언급된 여러 특성 혹은 모든 특성들을 가진 특정 신형 원자로 설계가 설명이나 평가를 위해 원자력 규제 위원회에 보내진 경우, 위원회는 예비 설계 안전성 평가와 안전과 관련된 측면의 인허가 기준을 개발할 수 있다. 앞서 언급된 여러 혹은 모든 특성의 결합은 최소한의 규제 부담으로 초기 인허가 승인을 취득하는데 이로울 것이다. 여러 혹은 모든 특성을 가진 설계는 또한 일반 대중에 의해 보다 쉽게 이해될 것이다. 실제로 규제 요건의 수나 특성은 개개의 신형 원자로 설계가 위에 언급된 일반적 특성들을 어떻게 병합하는가에 의존할지 모른다. 그러나, 위원회는 개념 설계가 제출될 때 까지 규제 지침이 새로운 설계 개념의 개발에 대한 불필요한 중압감을 배제하기 위해 충분히 일반적이어야 한다고 믿는다. 신형 원자로에 대한 보다 시기 적절하고 효과적인 규제를 제공하고, 신형 원자로의 규제 요건에 대한 최신의 확인을 제공하며, 대중을 포함한 모든 이해 당사자에게 신형 원자로 설계의 안전 특성에 대한 시기 적절하고 독립적인 평가를 제공하기 위해서, 위원회는 가장 최근의 가능한 신청자, 사업자, 다른 정부 부서 및 원자력 규제 위원회 사이의 상호작용을 장려한다. 이러한 초기 설계 과정에서의 인허가 상호작용과 지침은 신형 원자로의 인허가와 규제에서 복잡성을 최소화하고 안전성과 예측 가능성을 추가하는 방향으로 기여할 것이다. 원자력 규제 위원회 자체에서 새로운 설계를 개발하지는 않지만, 이 위원회의 재검토를 위해 제출되어야 하는 혁신적이고 개선된 설계에 대한 시기 적절한 평가와 대응을 위한 능력을 개발하고자 한다. 선행 경험은 새로운 원자로 설계 - 확립된 설계의 다양성에도 - 가 대중 건강과 안전의 적절한 보호를 보장하기 위해 해결되어야 하는 기술적 문제점들을 내포할 수 있음을 보여준다. 장래 신청자는 원자력 규제 위원회의 새로운 설계 개념에 대한 재고와 설명을 수행할 것이지만, 신청자 자신이 특정 인허가 신청을 지원하기 위해 필요한 서류와 연구에 대한 책임이 있음을 알아야 한다. (원자력 규제 위원회의 연구는 규칙 제정이나 규제 결정을 위한 기술적 기초를 제공하고, 인허가와 조사 활동을 지원하며, 규제 활동에서 분석적 방법이 필요한 분야에 대해 위원회의 현상적 이해를 돕기 위해 수행된다.) 신형 원자로 개발의 초기 단계 동안에, 위원회는 앞서 언급된 안전성과 신뢰성을 향상시키고, 증명된 혹은 직접적인 기술 개발 계획에 의해 입증될 수 있는 기술에 일반적으로 의존하는 설계 혁신을 독려한다. 신형 개념의 원

자로에 관한 운전 경험에 대한 중요한 기록이 없는 경우, 증명된 기술의 혁신적인 사용 계획이나 새로운 기술 개발 계획은 가능한 빠른 시간 안에 재검토를 위해 원자력 규제 위원회에 제출되어 제안된 계획이 어떻게 규제 요건에 영향을 미칠 것인지를 평가할 수 있도록 해야 한다. 이러한 광범위한 목적들을 달성하기 위해 신형 원자로 계획 협의회 (PDAR)가 원자력 발전소 규제 사무소에 설립되었다. 이 단체는 원자력 규제 위원회와 에너지국 (DOE), 원자로 설계자, 잠재적 신청자 사이의 상호 작용을 위한 핵심이며, 제안된 신형 원자로에 대한 규제 기준과 지침을 개발 과정을 지휘한다. 또한, 이 단체는 신형 원자로에 대한 지식과 다른 나라의 운영 경험과 개발을 보유하고, 위원회의 신형 원자로 정책을 지원하고 일관적으로 추진도록 보장하기 위해 위원회가 지원한 신형 원자로 안전 연구 계획에 관한 지침을 제공한다. 신형 원자로 계획 협의회 (PDAR)는 재검토를 위해 제출서의 시간과 형식에 관한 지침을 제공한다. 원자로 안전 지침에 관한 자문 위원회는 제안된 신형 설계 개념을 재검토하고 활동을 지원하는 데 있어 중요한 역할을 한다. 원자력 규제 위원회는 미터법으로의 전환이 국익에 중요하다고 믿는다. 위원회는 인가자와 인허가 신청자가 미터법의 사용이 잠재적으로 대중의 건강과 안전성에 해롭지 않거나 경제적으로 실행 가능한 경우에 미터법 체계를 도입하도록 강력히 독려한다. 원자력 규제 위원회는 인가자와 신청자에 의해 미터법 체계의 사용이 가능하도록 1993년 1월 7일에 다음의 문서들을 발간하기 시작했다: 새로운 규제, 기존 규제의 주요 개정, 규제 지침, NUREG 시리즈 문서, 정책 성명, 정보 고지, 일반 서한, 정기 보고서, 모든 문서화된 대중으로의 교신 등. 인가자와 신청자는 1992년 10월 7일 발간된 미터법화에 관한 위원회의 지위와 최종 정책 성명에 따른 지침 (57 FR 46202)을 따라야 한다.

#### < Terminology >

Act : 법령

advisory committee : 자문 위원회

applicant : 신청자

attribute : 특성

BOP : 보조 설비 부문

certification : 검증

comment : 비평, 설명

Federal Register : 연방 관보

guidance : 지침 (=guideline)

metrication : 미터법화

PDAR : 신형 원자로 계획 협의회

rulemaking : 규칙 제정

vendor : 사업자

weights and measures : 도량형

정책 성명, 날짜 : 1986년 7월 8일

신형 원자력 발전소의 규제

문서 : 정책 성명

발간일 : 1986년 7월 8일

페이지수 : 14

입력 날짜 : 1994년 8월 18일

제목 : 신형 원자력 발전소의 규제

원자력 규제 위원회

10 CFR Part 50

신형 원자력 발전소의 규제; 최종 성명

부서 : 원자력 규제 위원회 (NRC)

기능 : 최종 정책 성명

요약 : 원자력 규제 위원회 (NRC)는 신형 원자로 규제 과정에서의 복잡성과 불확실성을 최소화하는 방향으로 인허가 환경을 개선하고자 한다. 이 성명은 신형 원자로 및 그와 연관된 바람직한 특성의 재검토를 위해 위원회의 정책을 제공한다. 이 정책 성명은 1985년 3월 26일 설명을 위해 발간된 "신형 원자력 발전소의 규제를 위해 제안된 정책 (50 FR 11884)"의 개정판이다.

유효일자 : 1986년 8월 7일

연락처 : Ken Herring, Dennis Rathbun, Office of Policy Evaluation, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC 20555, Tel. 202-634-3295

추가 정보:

배경

신형 원자로 정책 성명에서 제기된 위원회의 주요 목적은 다음과 같다:

- 첫째, 신청자, 사업자, 정부 부서, 원자력 규제 위원회 간의 상호 관계를 가능한 초기 상태로 유지하도록 장려하는 것;
- 둘째, 대중을 포함한 모든 이해 관계자에게 신형 원자로 설계의 바람직한 특성에 관해 위원회의 견해를 제공하는 것;
- 셋째, 안전성 측면에서 이러한 설계의 의미와 규제 과정에 대한 시기 적절한 설명을 위해 위원회의 취지를 밝히는 것.

신형 원자로의 초기 설계 과정에서 이루어지는 이러한 상호 관계와 지침은 인허가와 규제 측면에서 안전성과 예측 가능성을 향상시킬 수 있어야 한다.

여기서 신형 원자로란 건설 중이거나 운전 중인 현 세대의 경수로와는 상당히 다른 원자로를 의미한다.

위원회는 이러한 설계가 주요 연구와 개발 과정의 이득을 반영하고, 미국이나 전 세계에 걸쳐

많은 발전소의 운전으로부터 얻어진 경험을 포함할 것으로 기대한다. 또한, 위원회는 신형 원자료가 향상된 안전 여유도를 제공하거나 안전 기능을 수행하는 데에 있어 단순화되고, 고유하며, 수동적인 혹은 다른 혁신적인 수단이 사용할 것을 기대한다. 위원회는 신형 원자료에 대해 현재의 경수로에 요구되는 대중과 환경에 대한 보호 수준과 같은 혹은 최소한의 보호 수준을 기대하며, 장기적으로는 향상된 안전 여유도를 제공하기 위한 설계를 기대하고 있다. 원자력 규제 위원회는 신형 원자로 설계의 개발 과정에서 규제 지침을 제공하기 위해 다른 정부 부서, 원자로 설계자 및 잠재적 인가자 사이의 상호 관계를 가능한 초기 상태로 유지하도록 장려하고자 한다.

신형 원자로 정책 성명은 신형 원자료가 안전성 보장을 증가시키고, 일반 대중의 이해를 향상시키며, 보다 효과적인 규제를 증진시켜야 하는 신형 원자로 설계의 일반적인 특성을 설명하고 있다. 원자력 발전소의 잠재적 위험으로부터 대중의 보호를 보장하기 위한 책임을 가지는 부서로서, 위원회는 이러한 설계가 제출됨에 따라 신형 원자로 설계의 안전성 측면에 대한 판단을 대중에게 지속적으로 알릴 것이다.

정책 성명에 대한 개정을 논의하는 보고서는 NUREG-XXX "제목"의 형태로 간단히 발간될 것이다. NUREG-XXX의 복사본은 위원회의 대중 문서실 (1717 H Street, NW., Washington, DC.)에서 연구를 위해 이용 가능할 것이다.

#### 신형 원자로를 위한 규제 정책

위원회는 신형 원자력 발전소의 인허가 환경을 향상시키고, 규제 과정에서의 복잡성과 불확실성을 최소화하고자 한다. 이것이 신형 원자로 및 그와 연관된 바람직한 특성의 재검토에 관한 위원회의 정책 성명이다. 이 정책 성명은 1985년 3월 26일 설명을 위해 발간된 "신형 원자력 발전소의 규제를 위해 제안된 정책 (50 FR 11884)"의 개정판이다.

신형 원자로 정책 성명에서 제기된 위원회의 주요 목적은 다음과 같다:

- 첫째, 신청자, 사업자, 정부 부서, 원자력 규제 위원회 간의 상호 관계를 가능한 초기 상태로 유지하는 것;
- 둘째, 대중을 포함한 모든 이해 관계자에게 신형 원자로 설계의 바람직한 특성에 관해 위원회의 견해를 제공하는 것;
- 셋째, 안전성 측면에서 이러한 설계의 의미와 규제 과정에 대한 시기 적절한 설명을 위해 위원회의 취지를 밝히는 것.

신형 원자로의 초기 설계 과정에서 이루어지는 이러한 상호 관계와 지침은 인허가와 규제 측면에서 안전성과 예측 가능성을 향상시킬 수 있어야 한다.

위원회는 현재 건설 중이거나 운전 중인 현 세대의 경수로 (LWR)와는 상당 부분 다른 원자로에 적용하기 위해, 또한 향상된 안전 여유도를 제공하거나 안전 기능들을 달성하기 위한 단순화된 고유의 수단이나 다른 혁신적인 수단을 사용하는 원자로를 포함하기 위해 "신형"이라는 용어를 고려한다.

일반적으로, 고온의 특정 가스 냉각로 (HTR), 액체 금속로 (LMR), 혁신적인 설계를 갖는 경수로 (LWR) 등이 신형 설계로 고려된다.

#### 규제 배경

신형 원자로에 대한 위원회의 정책은 규제 배경을 따르게 된다. 원자력 규제 위원회에 의해 제정된 1974년의 에너지 개편에 관한 법령 (Energy Reorganization Act)은 "...전력 사업 체계

내 전원 생산 시설의 일부로서 운전될 때나 원자로와 같이 상업적 이용을 위해 적합성을 입증하기 위한 목적으로 운전 중인 경우..."다른 기존의 시설 보다는 원자로의 입증을 위한 "인허가 및 관련된 규제 권한"을 특별히 원자력 규제 위원회에 위임하였다. 에너지 연구 개발국(Energy Research and Development Administration; 현재의 에너지부(Department of Energy))은 "... 원자력으로 부터의 에너지 개발 및 이용과 관련된 추출, 변환, 저장, 이송, 사용 단계의 상업적 이용 가능성과 실용적 이용에 관한 입증을 포함하여 연구와 개발을 장려하고 수행할..." 책임이 있다.

에너지 개편에 관한 법령의 205장에 의해, 원자력 규제 위원회는 "원자력 발전소에 대한 새로운 혹은 향상된 안전 체계의 개발에 대한 장기적인 계획"을 제공해야 한다. 원자력 규제 위원회는 상업적 잠재성을 확립하거나 개발하기 위한 목적으로, 완전하고 새로운 설계에 대한 연구를 수행하거나 설계할 수 없다. (1) -각주인 듯..

(1) 원자력 규제 위원회의 연구 범위를 규정하기 위한 일반적인 원리는 1974년의 에너지 개편에 관한 법령에 대한 회의록 (conference report)에서 기술된 대로, 원자력 규제 위원회는 자체 소유의 기초 설계 자료를 생산하는 위치에 있어서는 안되며, 그 이후 답변해야 한다.

#### 선행 경험

위원회는 경수로의 규제 뿐 아니라 고온의 가스 냉각로와 액체 금속로의 규제에 대한 경험도 가지고 있다. 원자력 규제 위원회는 고온 가스 냉각로의 건설 허가를 위한 여러 이용 사례와 가스 냉각로를 위한 개념 설계를 재검토해 왔으며, Peach Bottom-1과 Fort St. Vrain에 대한 운전 인허가를 승인하기도 했다. 원자력 규제 위원회는 또한 고온 가스 원자로 증기 공급 계통 (GASSAR)을 재검토하는 데에 1975년부터 1979년까지 상당한 노력을 기울이기도 했다. 또한, 부서가 생긴 이래로 해마다 가스로에 대한 안전성 연구를 일정 부분 지원해 왔다.

위원회는 또한 경수로에 대해 재검토와 인허가 경험을 가지고 있다. 과거에는 FERMI-1과 SEFOR 원자로를 재검토하고 인가하였다. 에너지부의 FFTF (Fast Flux Test Facility)를 재검토하고 승인하였으나 인가하지는 않았으며, 공식적인 건설 승인 인허가 과정 처리는 CRBR (Clinch River Breeder Reactor)에 대해 수행되었다. CRBR은 현재와 같은 상업용 원자력 발전소 계획과 동일한 규제 과정을 필요로 했다.

최종적으로, 위원회는 여기서 제안된 대로, 신형 원자로 규제에 관한 광범위한 정책을 위한 전례가 1979년 비핵확산 대안 체계 평가 계획 (NASAP)에서 견고히 제정되고 있음을 주목하고 있다. 여기에서, 원자력 규제 위원회는 비핵확산 목적 내에서 다양한 신형 원자로 개념에 대한 안전성과 인허가 가능성을 고려하고 있다. 원자력 규제 위원회에 의해 1979년에 고려되고 발표된 개념들은 예비 개념 설계에서 여러 형태의 기존 발전로 설계에 이르기까지 다양하게 연구되었다.

#### 위원회 정책

원자로 규제에 관한 위원회의 정책은 대중의 건강과 안전 및 환경에 대한 적절한 보호를 법적 명령에 따라 일관되게 보장하는 것이다. 위원회는 신형 원자로에 대해 현재의 경수로에 요구되는 대중과 환경에 대한 보호 수준과 같은 혹은 최소한의 보호 수준을 기대한다. 또한, 위원회는 신형 원자로가 향상된 안전 여유도를 제공하거나 안전 기능을 수행하는 데에 있어 단순화되고, 고유하며, 수동적인 혹은 다른 혁신적인 수단이 사용할 것을 기대한다. 위원회는 신형 원자로 설계가 앞으로 제시될 위원회의 안전성 목표 정책 성명을 따를 것을 기대한다.

제안된 신형 원자로 설계의 허용성 혹은 인허가 가능성을 확립하도록 도울 수 있는 특성 가운데, 신형 설계에서 고려되어야 할 것들은 다음과 같다:

- 신뢰할 수 있는 혹은 덜 복잡한 정지 및 잠열 제거 계통. 이 목적을 완수하기 위한 고유하고 혹은 수동적인 수단 사용이 장려된다 (부 온도 계수, 자연 순환 등).
- 안전 계통의 동작 혹은 중요 설비들이 악조건에 노출되기 전에 보다 많은 진단과 관리가 가능하도록 하는 등의 보다 긴 시간 상수 및 충분한 계측.
- 가능한 곳에서 필요한 운전원의 조치: 심각한 환경 조건에 노출된 설비 혹은 안전한 정지 조건을 유지하는 데에 필요한 구성 요소를 줄이는 단순화된 안전 계통. 이러한 단순화된 계통은 운전원의 이해와 신뢰할 수 있는 계통 기능, 보다 직접적인 공학적 분석 등을 용이하게 한다.
- 안전 계통에서 충분한 고유 안전성, 신뢰도, 다중성, 다양성, 독립성을 제공함으로써 심각한 사고와 그 결과에 대한 잠재성을 최소화하는 설계.
- 안전 계통의 고장 빈도를 줄이기 위해 보조 설비 부문 (혹은 보조 설비 부문과 독립적인 안전 계통)에 신뢰할 수 있는 설비를 제공하는 설계; 발전소 인력에의 잠재적인 방사선 노출을 감소시키는 설계.
- 방사선 노출에 대한 다중 방호의 유지와 심각한 사고 결과나 그 잠재성을 감소시켜 심층 방어 철학을 통합할 수 있는 설계.
- 기존 기술의 인용으로 입증될 수 있는 혹은 적절한 기술 개발 계획의 수행에 의해 만족할 만하게 확립될 수 있는 설계 특성.

앞서 언급된 여러 특성 혹은 모든 특성들을 가진 특정 신형 원자로 설계가 설명이나 평가를 위해 원자력 규제 위원회에 보내진 경우, 위원회는 예비 설계 안전성 평가와 안전과 관련된 측면의 인허가 기준을 개발할 수 있다. 앞서 언급된 여러 혹은 모든 특성의 결합은 최소한의 규제 부담으로 초기 인허가 승인을 취득하는데 이로울 것이다. 또한, 여러 혹은 모든 특성을 가진 설계는 일반 대중에 의해 보다 쉽게 이해될 것이다. 실제로 규제 요건의 수나 특성은 개개의 신형 원자로 설계가 위에 언급된 일반적 특성들을 어떻게 병합하는가에 의존할지 모른다. 그러나, 위원회는 개념 설계가 제출될 때 까지, 새로운 설계 개념의 개발에 대한 불필요한 중앙감을 배제하기 위해 규제 지침은 충분히 일반적이어야 한다고 믿는다.

신형 원자로에 대한 보다 시기 적절하고 효과적인 규제를 제공하고, 신형 원자로의 규제 요건에 대한 최신의 확인을 제공하며, 대중을 포함한 모든 이해 당사자에게 신형 원자로 설계의 안전 특성에 대한 시기 적절하고 독립적인 평가를 제공하기 위해서, 위원회는 신청자, 사업자, 다른 정부 부서 및 원자력 규제 위원회 사이의 가능한 가장 최근의 상호 관계를 유지하도록 장려한다. 이러한 초기 설계 과정에서의 인허가와 관련된 상호 관계와 지침은 신형 원자로의 인허가와 규제에서 복잡성을 최소화하고 안전성과 예측 가능성을 추가하는 방향으로 기여하게 될 것이다.

원자력 규제 위원회 자체에서 새로운 설계를 개발하지는 않지만, 위원회의 재검토를 위해 제출되어야 하는 혁신적이고 개선된 설계에 대한 시기 적절한 평가와 대응을 위한 능력을 자체적으로 개발하려고 노력하고 있다. 선행 경험은 새로운 원자로 설계 - 확립된 설계의 다양성에도 - 가 대중 건강과 안전의 적절한 보호를 보장하기 위해 해결되어야 하는 여러 기술적 문제점들을 내포할 수 있음을 보여준다. 장래 신청자는 원자력 규제 위원회의 새로운 설계 개념에 대한 재검토와 설명을 수행할 것이지만, 신청자 자신이 특정 인허가 신청을 지원하기 위해 필요한 서류와 연구에 대한 책임도 있음을 알아야 한다. (원자력 규제 위원회의 연구는 규



칙 제정이나 규제 결정을 위한 기술적 기초를 제공하고, 인허가와 조사 활동을 지원하며, 규제 활동에서 분석적 방법이 필요한 분야에 대해 위원회의 현상적 이해를 돕기 위해 수행된다.)

신형 원자로 개발의 초기 단계 동안에, 위원회는 앞서 언급된 안전성과 신뢰성을 향상시키고, 증명된 혹은 직접적인 기술 개발 계획에 의해 입증될 수 있는 기술에 일반적으로 의존하는 설계 혁신을 장려한다. 신형 개념의 원자로에 관한 운전 경험에 대한 중요한 기록이 없는 경우, 증명된 기술의 혁신적인 사용 계획이나 새로운 기술 개발 계획은 가능한 빠른 시간 안에 재검토를 위해 원자력 규제 위원회에 제출되어 제안된 계획이 어떻게 규제 요건에 영향을 미칠 것인지를 평가할 수 있도록 해야 한다. 이러한 광범위한 목적들을 달성하기 위해 신형 원자로 계획 협의회 (PDAR)가 원자력 발전소 규제 사무소에 설립되었다. 이 단체는 원자력 규제 위원회와 에너지부 (DOE), 원자로 설계자, 잠재적 신청자 사이의 상호 관계를 위한 핵심이며, 제안된 신형 원자로에 대한 규제 기준과 지침의 개발 과정을 지휘한다. 또한, 이 단체는 신형 원자로에 대한 지식, 다른 나라의 운영 및 개발과 관련된 경험을 보유하고, 위원회의 신형 원자로 정책을 지원하며, 이를 일관적으로 추진하도록 보장하기 위해 위원회가 지원한 신형 원자로 안전 연구 계획에 관한 지침을 제공한다. 신형 원자로 그룹 (ARG)은 재검토를 위해 제출서의 시간과 형식에 관한 지침을 제공한다. 원자로 안전 지침에 관한 자문 위원회 (ACRS)는 제안된 신형 원자로 설계 개념을 재검토하고 활동을 지원하는 데 있어 중요한 역할을 한다.

#### 정책 성명 질의에 관한 위원회의 입장

신형 원자로에 대해 제안된 정책과 관련된 여섯 개의 질의는 원래의 정책 성명에 대한 설명을 포함한다. 이러한 질의에 대한 대중의 답변은 “설명 개요”에 요약되었다. 대중의 설명에 대한 신중한 고려 이후, 각 질의에서 야기된 문제들에 대한 위원회의 답변은 다음과 같다:

질의 1. 원자력 규제 위원회의 규제 방법은 지시적인 규제에 대한 의존성을 줄이기 위해 개정되어야 하고, 대신에 수행 기준과 같이 보다 덜 지시적인 설계 목적들을 확립해야 하지 않는가? 그렇다면, 수행 기준 방법이 원자력 발전소 설계의 어떤 측면에서 가장 효과적으로 적용될 것인가? (예를 들어, 원자로 노심 출력 밀도, 원자로 노심 잠열 제거, 격납용기, 부지 선정) 이러한 수행 기준의 이행이 어떻게 증명될 수 있는가?

위원회 응답. 위원회의 현재 규제, 기준, 지침 등의 상당수가 지시적이지 않은 특성을 가지며, 위원회에 의해 제안된 안전성 목표가 원자력 발전소의 규제에서 사용될 범위에 대해서는 현재 평가 중에 있다. 신형 원자로의 재검토와 규제에서, 위원회는 신형 원자로에 적용 가능한 기존의 규제 및 미래의 규제를 사용하고자 한다. 이러한 많은 규제들은 지시적이지 않은 특성을 가질 것으로 예상된다. 기존의 규제와 지침들이 사용되는 분야는 품질 보증, 설비 검증, 외부 사고, 파업, 화재 보호, 방사선 보호, 운전원 훈련 및 자격 검증 등을 포함한다. 경수로와 다른 특성을 기술하기 위해 추가적인 기준과 지침을 개발하는 데에는 보다 덜 지시적인 기준이 고려될 것이다. 보다 덜 지시적인 기준의 사용은 현 설계와 그 기준에 얼마나 순응하는가를 입증하는 능력에 의존한다. 신형 원자로 설계자들은 특정 재검토 기준 혹은 원자력 규제 위원회에서 그들의 설계에 적용할 수도 있는 새로운 규제 방법을 제안하기 위해, 설계의 일부 분으로 제출하도록 장려된다.

질의 2. 신형 원자로에 대한 규제가 설계를 위해 보다 고유한 안전 여유도를 요구해야 하는가? 만약 그렇다면, 비상 상황에서 운전원의 대응을 위한 보다 많은 시간을 허락하는 특성들

을 제공하는 것이 강조되어야 하는가? 혹은 설계 기준 사고를 초과하는 상황 하에서 기능을 수행할 수 있는 체계를 제공하는 것이 강조되어야 하는가?

위원회 응답. 위원회는 신형 설계에서 향상된 안전 여유도의 혼합을 장려하고, 가능한 실용적으로 신뢰할 수 있고 단순화된 형태로 안전 기능을 수행할 설계의 사용을 장려하게 될 것이다. 위원회는 높은 신뢰적 잠재성을 가지도록 고유의 혹은 피동적인 안전 계통을 고려하고, 신형 설계에서 이러한 수단 (능동 계통을 대신하여)이 고려되도록 장려한다.

신형 설계의 재검토에서 이러한 조치를 장려하기 위해, 위원회는 보다 향상된 안전 여유도와 보다 높은 신뢰도를 가지는 안전 계통이 반영된 설계에 대해 호의적으로 대할 것이다. 이러한 바람직한 특성은 설계와 관련될 수 있거나 감소된 행정 요건의 형태를 가질 수 있다.

질의 3. 신형 원자로를 위한 인허가 규제가 최소화된 운전원의 조치를 요구하는 단순화된 설계와 안전한 정지 상황을 달성 및 유지하며, 그로 인해 비정상 상태에 대한 운전원의 이해와 신뢰할 수 있는 계통 기능을 용이하도록 하는 데에 필요한 최소한의 요소를 요구해야 하는가?

위원회 응답. 위원회는 안전 기능을 달성하는 데에 보다 단순하고 신뢰할 수 있는 설계를 장려할 것이다. 운전 중이거나 건설 중인 현 세대의 원자력 발전소는 대중이나 환경에 심각한 위험이 없는 것으로 주장되지만, 위원회는 향상된 안전 특성을 가지는 원자로를 개발할 수 있고, 앞으로 개발될 것이라 믿는다. 이러한 향상된 안전 특성은 “합리적으로 달성 가능한 최저 (ALARA)” 방법을 통해 대중과 환경에의 위험을 최소화하려는 위원회의 광범위한 목적을 지원한다.

질의 4. 원자력 규제 위원회는 현 세대의 경수로를 위해 개발된 기존 규제를 수정함으로써 혹은 위원회에 제출된 특정 개념에 적용 가능한 일반적인 설계 기준을 개발함으로써 신형 원자로를 위한 일반적인 설계 기준을 개발해야 하는가?

위원회 응답. 신형 원자로를 위한 인허가 기준을 개발하는 데에 있어서, 위원회는 질의 1번에 대한 응답에서 논의된 것과 같이, 적용 가능한 곳에서 기존 규제를 이용하고자 한다. 이러한 접근 방법에서, 재검토된 각 설계에 대해 적용할 수 있는 인허가 기준을 제정하는 것이 위원회의 의도이다. 질의 1번에 대한 응답에서 언급된 것과 같이, 이러한 기준은 적용 가능한 경수로의 기준과 설계의 독특한 특성을 기술하기 위해 개발된 기준의 조합일 것이다. 원자로 설계자는 특정 기준과 설계에 적용할 수 있는 새로운 규제 방법을 제안하도록 장려된다.

질의 5. 원자력 규제 위원회는 큰 규모를 가지는 적은 수의 계통에서 (다중 보조 계통보다는) 주요 안전 기능에 기여하는 신형 원자로 설계를 장려하고, 이를 통해 안전한 원자로의 공학적 기능에서 복잡한 이익과 비용의 균형을 위해 요구되는 것들을 최소화해야 하는가?

위원회 응답. 원자력 규제 위원회는 안전 계통의 수에 관하여 계통 간의 설계 접근을 선호하지 않을 것이지만, 단순화된 계통과 안전 기능의 수행을 위해 높은 신뢰성을 가지는 계통의 사용을 장려할 것이다.

질의 6. 원자력 규제 위원회가 새로운 설계가 입증되거나 혹은 만족할 만한 기술 개발 계획에 의해 입증될 수 있는 기술에 기초한다는 것을 인지하기 위해 충분한 증거는 어느 정도인가? 예를 들어, 신형 원자로 개념이 원형의 실험장치를 통해 입증되는 것이 상업용 시설의 최종 인허가에 앞서 요구되어 질 필요가 있는지 혹은 이러한 것이 바람직한지?

위원회 응답. 설계에 대한 인허가 문제 제기 전에 위원회는 특정 안전성과 관련된 기기, 계통 혹은 구조의 성능 증거를 필요로 한다. 경수로에 대해, 이러한 증거는 전통적으로 현 상태에 나타난 항목의 성능을 입증하기에 충분한 분석, 시험, 연구 개발의 형태이다. 신형 원자로

에 대한 특정 기기, 계통 혹은 구조의 성능에 대한 유사한 증거 또한 필요할 것이다. 필요한 증거는 설계에 의존할 것이다. 그러므로, 신형 원자로 설계를 위해 안전성 기술 개발 계획이나 그 설계에 대한 원형을 통해 입증하는 것이 필요한지를 나타내는 위원회의 특정 평가는 설계의 재검토에 의해서만 결정될 수 있다. 그러나, 위원회는 많은 안전성 관련 문제들을 해결하는 용인 가능한 방법으로서 원형의 입증 시설이 사용되는 것을 선호한다.

Asselstine 위원의 다른 견해와 Bernthal 위원의 추가적인 견해는 다음과 같다.

원자력 규제 위원회를 위해

1986년 7월 1일, Washington, DC에서

Samuel J. Chilk,

위원회 사무관

위원 Asselstine의 다른 견해

이러한 신형 원자로 정책 성명이 이 나라에서 새로운 세대의 원자력 발전소를 지원하는 데에 필요한 건전한 규제 기반을 제공할 것이라 믿기 어렵다. 이 정책 성명은 신형 원자로 설계에서 안전성 향상을 필요로 하지는 않지만, 이를 장려하고 신형 원자로 설계 개념의 안전성 재검토를 수행하는 원자력 규제 위원회의 임무에 대해 기술하였다. 그 결과, 원자력 규제 위원회는 모든 미래의 발전소나 혹은 설계 인허가 적용과 관련해 조치를 취할 위치에 있을 것이다. 이 정책을 개발하는 데에 있어 이루어진 주요 결정은 작은 규모의 신형 원자로 그룹을 원자로 설계 그룹과의 상호 관계를 위한 중요 거점으로서 역할을 수행하는 부서 내에 유지하기 위한 약속이다. 그러나, 이러한 약속조차도 현재의 예산상 제약에 의해 주어진 위험에 빠질 수 있을 것으로 보인다.

나는 이러한 발전소가 현재의 경수로와 유사한 형태이든지 기본적으로 다른 설계인지에 관계없이, 효과적인 규제 정책을 명확히 하고, 이 나라에서 미래의 원자력 발전소를 위한 성공적인 계획이 보장되는 것이 더욱 필요하다고 믿는다. 이러한 정책은 위원회의 지난 30년간의 규제 실행을 다시 고려 해야 한다. 이러한 과거의 실행 경험은 설계자가 무엇을 주로 제안했는지에 대한 민감한 규제 영역으로서 특징지어 질 수 있다. 안전 계통은 비용 고려에 의해 제한된다. (1) 격납용기 성능은 비용을 줄이기 위해 최소화되고, (2) 노심 출력 밀도는 재료 성능과 잠열 제거 현상의 이해에 따른 제약에 의해 조종된다. 보조 설비 부문은 비용을 최소화하기 위해 원자로 계통보다 낮은 기준에 따라 설계된다. 이러한 경쟁력은 현 세대의 원자력 발전소에서 달성되는 안전성의 수준을 어디까지 이끌 것인가의 문제이거나 혹은 일부 발전소의 취약한 성능에 대한 책임의 일부이다.

(1) 예를 들어, 격납용기의 크기를 줄이기 위해, 주요 펌프, 열교환기, 비상 용수 공급 장치 등은 격납용기 외부에 위치하며, 이것은 오염된 물이 효과적으로 격납용기를 우회하도록 하는 유로를 확보한다. 게다가, 격납용기의 부피와 설계 과정은 안전 분석을 상당히 복잡하게 만들고, 대중의 건강과 안전성에 추가적인 취약성을 부가하는 압력 억제 계획에 의해 대체된다. 초기에 격납용기는 주어진 노심 용해물의 상당한 누출에 대한 독립적인 보호 장벽으로 계획되었다. 1960년 대 중반, 대형 발전소가 등장할 때 심층 방어의 일부는 비용 때문에 포기되었으며, 이것은 잠열과 노심 용융 현상이 격납용기를 실패하게 할 수 있다고 알려졌다.

(2) 예를 들어, 냉각재 상실사고 시에, 노심의 용융을 막기 위해 외부 용수 공급 장치는 신속하게 노심으로 주입되어야 한다. 냉각재 상실 현상에 관한 일부의 상대적으로 작은 규모의 중

합 실험이 완수되었지만, 사고 과정에서 열수력 현상을 연구하기 위해 여러 나라에서 지원된 연구 계획이 수행 중에 있다. 또한, 가압 경수로와 연관된 열수력 현상에 관한 종합 실험 장치를 이제 막 시작하고 있다.

원자력 규제 위원회와 원자력 위원회는 위원회가 요건에 대해 너무 특정하게 되면 신형 산업의 성장이 느려지게 되고 혁신이 방해받게 될 수 있다는 두려움 때문에 그것에 앞서 엄격한 명세서 혹은 설계 요건의 개발을 피해 왔다. 이 논의는 현 세대의 원자로가 중요 운전 경험 혹은 자료의 취득 없이, 설계될 당시인 1960년 대 혹은 1970년 대에나 유용했을지 모른다. 그러나, 현재는 광범위한 원자로 설계에 대해 세계적으로 많은 경험을 가지고 있으므로, 지금이야말로 원자력 규제 위원회가 미래형 원자로에서 필요한 것이 무엇인지에 대해 보다 능동적으로 사전에 대처해야 할 시간이라 믿는다.

TMI-2 사고에 이어, 현 세대와 다음 세대의 발전소 간의 경계에 대한 개념이 제기되었고, 다음 세대의 발전소의 경우 여러 해에 걸쳐 학습된 모든 것을 반영하기 위해 부지 기준과 일반적인 설계 기준을 마련하고, 이를 근거로 TMI-2 사고의 교훈을 포함한 설계가 이루어져야 한다는 특성을 가지고 있다. 또한, TMI 조치 계획 (Action Plan)은 다음 세대의 발전소에 대한 가능한 넓은 범위의 변화와 관련한 질의를 개방하여 현세대의 발전소에 대해서 개발되었다. 이러한 광범위한 변화가 단일 고장 기준의 경험이 우리에게 잘 제공되지 않을 수 있는 상황을 넘어설 수 있다. Davis-Besse에서 1985년 6월 9일에 발생한 사고는 14개의 개별 사고가 발생한 경우이다.

원자력 규제 위원회에서는 안전 계통에서 2개의 독립된 트레인을 요구하는 반면, 외국의 여러 나라에서는 4개를 요구한다. 원자력 규제 위원회가 미국 사업자와 외국에 의해 연합해서 이루어지는 것과 같이, 신형 설계를 재검토할 때 위원회 직원은 외국에 의해 요구되어 지는 추가적인 안전 특성에 대해 신중할 필요는 없다. 오히려 위원회의 실행과 절차는 추가적인 안전 특성을 정당화하기 위해 비용 효율적인 분석을 요구한다. 이 분석은 전형적으로 불완전하고 때로는 정제되지 않은 상태이다. 또한, 위원회는 원자로 위험의 의사 결정 과정에서 광범위한 불확실성에 대해 거의 고려하지 않는다. 원자로 안전에 대한 이러한 접근 방법은 향상될 필요가 있다.

지금까지 미래에 대한 지도를 개발하는 데에 대한 고려와 노력은 불충분했다. 신형 원자로 정책 성명은 격납용기 성능이 무엇을 필요로 하는지, 단일 고장 기준이 미래를 위해 적합한지, 허용 가능한 노심 출력 밀도는 얼마인지 (노심 용융 위험이 대중에 미치는 중대한 관계를 가지는 문제), 다음 세대의 원자로를 향상시키는 설계에 의해 기술될 수 있는 노심 용융 위험의 근본 원인 등에 대한 지침을 제공하지 않고 있다. 또한, 보조 설비 부문에서는 어떤 기준을 충족시켜야 하는지에 대한 지침도 없으며, 핵연료 주기와 현재 조사되고 있는 신형 설계와 관련된 핵연료 주기의 인허가를 위한 과정 등에 대해서도 아무런 언급이 없다. 예를 들어, 하나의 문제 영역은 원자로 핵연료 주기의 확산 잠재성에서 일부 설계에 의해 제출되었다. 이러한 핵연료 주기는 위원회가 플루토늄 재처리의 진행 중지를 재개할 필요를 나타낼 수 있다. 그리고, 최종적으로 위원회는 본질적으로 원형의 발전소가 이 설계의 광범위한 사용 허가 전에 필요할 지에 대한 아무런 지침도 제공하지 않고 있다. 이 정책 성명은 위원회가 운전에서의 우수성을 장려하는 것처럼 아니, 그 이상으로 장려하여야 한다. 그러나, 위원회의 허용 빈도는 매우 낮다. 나는 원자력 규제 위원회가 과거의 취약성을 수정하는 태도로 다음 세대의 원자력 발전소에 접근할 것을 기대한다. 그러나, 불행히도 신형 원자로 정책 성명은 이러한 태도를 반영하지 못하고 있다.

많은 수의 원자력 발전 계획을 가지는 세계 여러 나라에서는 우리 나라보다 나은 원자력 발전소의 설계, 건설, 운전 및 유지가 이루어지고 있는 것으로 보인다. 외국의 경우, 원자력 규제 위원회가 미국 내의 발전소에 요구하는 것보다 높은 수준의 안전성과 신뢰성을 요구한다. 그러나, 지난 10년에 걸쳐 완성된 미국의 설계에서 달성된 것과 동일한 수준의 안전성을 제공하는 설계가 제공된다면, 이러한 신행 원자로 정책 성명은 미국의 다음 세대의 발전소를 받아들일 것이다. 나는 이러한 정책이 나라를 이끌어 간다고 생각지는 않는다. 다만, 나의 관심은 다른 나라의 수준은 맞추어야 한다고 생각한다. 오히려, 나의 관심은 현 세대의 발전소가 그들의 성능에서 우리를 여전히 놀라게 만들고 있다고 생각한다. 위원회가 최근에 의회에 보고한 대로, 우리나라의 현 세대 원자력 발전소는 완전히 성숙하지 않은 복잡한 기술로서 특징지어 질 수 있다. 대중에게 주어지는 위험 수준에서는 여전히 큰 불확실성이 남아 있다. 이러한 환경에서, 나는 신중한 의사 결정을 통해 현 세대의 발전소 뿐 아니라 다음 세대의 발전소에 대해서도 향상된 안전성 측면을 고려해야 한다고 믿는다.

미래 세대의 원자력 발전소가 세워질 계획이라면, 한 국가의 에너지 정책에서 원자력이 중요한 요소라면, 원자력 규제 위원회와 공급자, 사업자, 그리고 의회는 다음 세대의 발전소가 현재의 것보다 상당히 향상될 수 있도록 보장해야 한다. 다음 세대의 발전소는 현재의 것보다 건설, 운전, 유지 측면에서 보다 신뢰할 수 있고, 보다 관대하며, 간단하고, 용이해야 한다. 내 생각엔 이것이 완수되지 않은 어떤 설계도 허용 가능하지 않다. 나는 이것이 직접적인 이유라고 생각한다. 우리는 100개의 원자로에서 10년에서 20년마다 50%의 노심 용융 가능성을 가지는 미래 원자로 설계에 대한 결정은 내릴 수 없다. 우리는 오늘날 존재하는 안전 수준에서 큰 불확실성을 가지는 미래를 결정해서는 안된다. 또한, 50-60%의 성능 인자를 가지는 소비형 원자로 설계를 결정해서도 안된다.

우리는 한걸음 물러나 과거와 현재 설계의 장단점 및 오늘날에 이르기까지의 방법 등에 대해 조사해야 한다. 내 생각에는 그런 이후에야 미래를 위한 과정을 현명하게 구성할 수 있다. 원자력 기술이 일부 산업 내에서 새로운 모습으로 수행되기를 바란다. 산업체의 진취적인 구성원은 사업자의 관점에서부터 사업이 새로운 주문을 고려하기 전에 충족되어야 하는 요건을 생산하도록 노력하고 있다. 나는 원자력 규제 위원회가 다음 세대의 발전소를 위한 안전 요건을 생산하려 하지 않는 것에 실망스럽다.

위원 Berntal의 신행 원자로 정책 성명에 관한 추가 견해

위원회는 3년 이전 부터 새로운 원자로 설계 혹은 신행 원자로 설계 개념에 관한 초기 재검토와 설명에 보다 깊숙이 관여해야 할 책임을 심각하게 고려하기 시작했다. 이러한 초기 설계의 재검토는 연방 항공국 (FAA) 내에서는 오랜 동안 일반적인 것이었다. 예를 들어, 새로운 기체 설계 제안에 관한 적절한 연방 항공국의 재검토와 설명은 오랜 기간 행해진 전통이다. 위원회는 이 주제에 대한 생각에서 상당히 진보적인 진전을 수행 중에 있고, 이 문서에서 위원회는 처음으로 새로운 설계 개념에 대해 적절하고 예상 가능한 안전성 재검토를 지원한다고 밝히고 있다. 게다가 위원회는 차세대 원자로로는 향상되고 단순한 안전 특성을 보일 것으로 기대한다고 단순히 언급하고 있으며, 이러한 특성이 달성되리라는 것을 어떻게 믿을 것인지에 대해 광범위하고 다양한 지침을 규정하고 있다.

이 정책 성명 자체가 이러한 성명이 무엇이어서 하는지에 대한 각 위원들의 이상을 따르는데 실패하리라는 데에는 의심의 여지가 없다. 그러나, 나는 이 성명이 두드러진 진전임을 발견했다; Asselstine 위원이 지적인 “혁신적인” 계획의 기여는 이미 이 위원회에 맡겨졌다.

내 동료에 의해 제기된 많은 특정 반대들은 당황스럽다. “격납용기 성능이 비용을 줄이기 위해 최소화 된다”거나 “노심 출력 밀도가 재료의 성능 한계나 잠열 제거 현상에 대한 우리의 이해에 대해 조종된다”는 그의 포괄적인 설명은 과학적으로 근거가 없고, 일반적으로 알려진 사실과 일치하지 않는다. 사실, 격납 용기 성능은 잘 알려진 사고 시나리오에 맞춰 일반적으로 설계되고, 노심 출력 한계는 보수적으로 얻어진다.

위원회는 신형 원자로 설계에 대한 “특정 요건”을 주장하지 않아야 하고, 이러한 주장은 우리의 권한 (우리의 능력)을 넘어서지 않을 것이다. 이러한 특수성은 이 정책 설명의 의도는 결코 아니었다. 예를 들어, 격납용기와 같은 계통의 자세한 사항은 “신형 원자로” 정책의 목적으로 심사숙고 되지는 않는다; 실제로, 현 세대의 경수로보다 작은 수준의 격납용기 성능을 요구하는 신형 원자로 설계를 생각할 수 있다. 결국, 이 설명이 “일련의 안전 요건”을 발표하는 것을 의도하지는 않는다. 설명에서 밝힌 대로, 광범위한 안전 요건은 위원회에서 다음에 발표될 안전 목표 정책 설명에서 다루어질 것이다 (중대 사고 정책 설명이나 다른 곳에서 이미 다루어지지 않은 정도까지). 또한, 질의 6에 대한 위원회의 응답은 Asselstine 위원이 바라는 대로 원형의 발전소에 기초한 발전소 설계의 권장사항을 명확하게 밝히고 있다.

이 정책은 “10년 전에 완료된 미국의 설계에서 달성된 것과 동일한 안전성 수준이 제공된다면 다음 세대의 미국 발전소들은 허용 가능하다는 것”이 아니다. 위원회의 발표에서 해석에 대한 여지는 있지만, 위원회가 “현 세대의 발전소, 10년 전에 상당 부분 결정된 설계를 가지는 발전소”를 모사하는 새로운 건설 허가를 문제화 할지 여부는 문제가 아니다. “위원회는 신형 원자로가 향상된 안전 여유도를 제공할 것이다...” 그리고, 위원회가 현 세대 설계를 넘어선 원자로를 포함하기 위해 “신형”이라는 용어를 광범위하게 정의하는 것은 이 정책 설명으로부터 충분히 명확하다.

결국, “다음 세대의 발전소는: 현 세대의 것보다 신뢰할 수 있고, 보다 관대하며, 단순하고 건설, 운전, 유지가 보다 쉬워야 한다”는 Asselstine 위원의 비평은 이 정책 설명에서 명확하게 진술된 광범위한 지침의 훌륭한 개요이다. 나는 그가 그러한 특징의 바람직함에서 만큼은 의견의 일치를 보이는 것이 다행스러워 보인다.

[FR Doc. 86-15325 Filed 7-7-86; 8:45 am]

< Terminology >

Act : 법령  
advisory committee : 자문 위원회  
applicant : 신청자  
attribute : 특성  
BOP : 보조 설비 부문  
certification : 검증  
comment : 비평, 설명 (?)  
guidance : 지침 (=guideline)  
PIDAR : 신형 원자로 계획 협의회  
rulemaking : 규칙 제정  
vendor : 사업자

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
	KINS-HR-628				
제목/부제	일체형원자로 안전규제 정책방안 연구				
연구책임자 및 부서명	이상훈(한국원자력기술협회 회장)				
연구자 및 부서명	한국원자력기술협회 이영환, 문석형, 고병준, 손문규				
출판지	대전	발행기관	KINS	발행년도	2004. 6. 30
페이지	p. 88	도표	유(○), 무( )	크기	19x26 cm
참고사항					
비밀여부	공개(○), 대외비( ), _급비밀	보고서종류	연구보고서		
연구위탁기관	한국원자력기술협회		계약번호		
<p>한국원자력연구소는 일체형 원자로(SMART)의 설계가 완성됨에 따라 이 원자로의 안전성 및 성능을 입증하기 위하여 SMART원자로를 축소/설계한 연구개발로인 SMART-P의 개발 및 건설을 추진하게 되었으며, 이에 따라서 SMART-P의 인허가 규제절차의 개발방향을 논의하게 되었다.</p> <p>기술적인 안전규제와 병행하여 우리나라의 원자력법에 근거한 안전규제의 정책적인 측면에서의 고찰은 매우 중요한 위치를 차지하게 된다. SMART-P를 우리나라의 기존 법에 어떻게 적용하는가 하는 문제는 앞으로 계속적으로 개발될 다른 중소형 원자로의 안전규제의 합리성을 고려하더라도 매우 중요하다고 사료된다.</p> <p>이러한 측면에서 SMART-P에 적용되어야 할 인허가절차와 규제요건의 개발을 위한 체계적인 연구가 수행되어야 하며, 이에 대한 정책현안의 도출과 그 해결방안을 강구하기 위한 연구가 수행되는 것이 매우 중요하다.</p>					
주제명 키워드	일체형원자로, 안전규제, 정책방안, SMART-P				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code		
	KINS-HR-628				
Title/ Subtitle	Development of Regulatory Policy for SMART-P				
Project Manager & Department	S. H. Lee (KANT, President)				
Researcher & Department	KANT Y. H. Lee, Philip, Moo, B. J. Koh M. K. Son				
Publication Place	Taejon	Publisher	KINS	Public. Date	June 30, 2003
Page	p. 88	Ill & Tab	Yes( <input type="radio"/> ), No( <input type="checkbox"/> )	Size	A-4
Note					
Classified	Open( <input type="radio"/> ), Restricted( <input type="checkbox"/> ), _Class	Report Type	Research Report		
Performing Organization	KANT	Contract No			
<p>KAERI promoted the construction of a research reactor, SMART-P, the reduced scale of SMART, with intent to demonstrate the safety and performance of SMART. According to this progress, the development of regulatory process for SMART-P became necessary. The establishment of regulatory policy, based on the current regulatory guidelines as well as technical aspect, became essential matters. Considering the on-going small and medium size reactors in near future, the selection of the appropriate measure in the existing regulatory process to SMART-P is very important.</p> <p>Thus the schematic study for the applicable licensing procedure and regulatory requirements suitable for SMART-P is required.</p>					
Subject Key Words	Integral Reactor, Nuclear Safety Regulation, Regulatory Policy, SMART-P				