

프랑스의 原電産業技術基準 開發과 運營



金 南 河

〈韓國電力技術(株)主任技術員〉

1. 序 論

프랑스는 1986년말 현재 總發電施設容量 91, 823MW로, 이중 水力이 21, 200MW, 火力이 32, 517MW, 原子力이 38, 106MW로 우리나라에 비해 그 규모가 5배가 넘는다(表1 참조).

이러한 經濟大國도 1970년대 초기에 본격적으로 원자력발전소를 건설할 당시에는 미국(웨스팅하우스)의 기술도입에서 출발하였으나, 현재는 프랑스식 PWR기술로 개량, 발전시킴으로써 기술면에서 미국과 대등한 입장에서 정보를 교환하고 있다. 프랑스가 이렇게 세계적인 원자력발전국가로 성장하게 된 배경에는 첫째로, 프랑스 정부가 정책과 제도를 일관성있게 유지하였고, 두번째로는 다른 선진국에 비해 自國의 에너지資源이 빈약하므로 원자력발전의 절실한 필요성을 국민들에게 깊게 인식시키는 데에 규제기관, 전력회사, 연구기관, 주설비공급자 등이 합심하여 서로 조화있게 협조하여 왔던 점을 들 수 있다.

프랑스의 原子力發電體制는 간단히 말해서 단일화 체제로 특정지을 수 있다. 그 본보기로 원자로 기종은 加壓型輕水爐(PWR), 電力會社는 프랑스전력공사(EDF, Electricite De France), 핵중기공급계통설비 공급자는 프라마툼(Framatome), 터빈/발전기계통설비 공급자는 알스툼(Alstom), 연구기관은 원자력에너지원(CEA: Commissariat a' l' Energie Atomiques)으로 특정분야에 하나의 특수기관으로 단일화 되어 있다.

프랑스電力公社는 發·送·配電을 독점하고 있는 정부 투자기관으로 원자력발전소건설 착수 시기에 水·火力發電所를 독자적으로 설계 및 건설하는 기술과 인력을 가지고 있었기 때문에 원자력발전관련기술의 방향과 정책을 프랑스 독자적으로 결정할 수 있었다.

이와 같은 배경을 바탕으로 원전 기술기준의 개발도 프랑스전력공사가 주관하고, 각 관련기관이 합심 협력하여 오늘날의 프랑스원자력 기술기준인 RCC(원자로분야) 및 RRC(터빈/발

전기분야)시리즈를 완성하기에 이르렀다.

프랑스의 이러한 배경 및 저력과는 달리 1970년대에 비로소 “重化學工業立國”이란 표어를 걸고 중공업분야에 집중 투자하기 시작한 우리나라의 경우는 기술과 자본 모두 그들과 비교할 수 없을 정도의 불모지에서 출발을 하였다.

古里 1號機 원자력발전소 건설착수로 우리나라의 원자력발전시대의 장을 연 이래 현재는 세계 10위권 정도의 원자력발전설비 보유국으로 성장하게 되었다. 세계적으로 원자력산업 불황기인 요즘 우리나라만이 원자력발전소 건설을 촉진시키고, 원자력 11/12호기의 주계약자로 국내업체를 선정함으로써 원자력기술 자립단계에 들어서게 되어 그동안 原子爐設備供給國이 구비하고 있던 제반사항을 서둘러 갖

추지 않으면 안될 단계에 이르렀다.

원자로설비 공급국으로 부상하는데 갖추어야 될 많은 과제 가운데 우선하는 것이 技術基準의 정립으로 판단되며, 원자로설비 공급국이 보유하고 있는 기술기준 가운데서 미국의 기술을 도입하여 自國의 것으로 계승 발전시킨 대표적인 국가가 프랑스라고 할 수 있다. 따라서 우리나라와 같이 단일화 체제인 프랑스의 원자력발전산업 기술수준의 개발과 운영 현황을 고찰함으로써 원자력발전기술 자립에 선결과제인 우리나라의 원자력발전산업 기술기준의 개발과 운영에 도움을 주고자 한다.

2. 프랑스의 原電法規와 技術基準 背景

원자력발전시설의 운전과 관련한 방사선 피해의 예방은 安全性分析分野와 방사선방호분야로 구분할 수 있다.

안전성분석분야는 放射性物質의 외부누출 예방을 위한 각종 검토와 조치에 관한 것이고, 방사선방호분야는 방사성물질들을 포함하는 기기로부터 직접적인 방사선의 복사에 대한 예방조치이다.

원자력발전의 안전성을 확보하는 기본방식은 방사성물질과 환경 사이에 효과적으로 보호벽을 설치하여 기밀유지(leakagetight)를 하는 것이며, 이와 관련한 규제조치는 국가에 따라 다르나 대체로 다음과 같이 3과정으로 나누어진다.

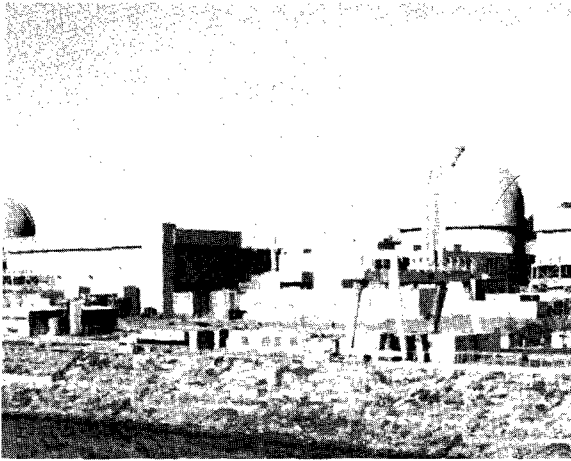
첫째, 原子力施設을 건설 및 운전하는 者가 지켜야 할 기본규칙이고, 둘째가 이 기본규칙을 시행하는 방법론의 타당성에 대한 가부의 결정을 내리는 認·許可制度, 세째가 허가된 방법론을 이행하는지의 여부를 확인하는 檢査制度이다.

이러한 3 과정을 이행하는 체계가 법규와 기준으로 첫째는 강제성을 띄는 법의 범주에 속하는 것이고, 둘째는 강제성은 띄지 않으나 기

〈表 1〉 프랑스와 韓國의 비교
(1986년말 현재)

내 용	프 랑 스	한 국	
국 토	54만 7 천km ²	9 만 8 천km ²	
인 구	55백만명	41백만명	
1인당 GNP	\$ 9,247	\$2,274	
발 전 설 비	수 력	21,200MW	2,223MW
	화 력	32,517MW	11,070MW
	원자력	38,106MW	4,760MW
	계	91,823MW	18,059MW
전력회사	프랑스전력공사 (EDF)	한국전력공사 (KEPCO)	
직 원	12.4 만명	2.4 만명	
자본금	50,700억원	46,707억원	
매출액	168,086억원	37,962억원	
연구원	2,700명	200명	
연구기관	원자력에너지院 (CEA)	한국에너지연구소 (KAERI)	
직 원	31,900명	1,700명	
예 산	40,300억원	294억원	
NSSS공급자	Framatome	한국중공업	
직 원	7,500명	6,300명	
매출고	12,480억원		
T/G공급자	Alsthom	3,846억원	
직 원	45,000명		
매출고	29,120억원		

* 1 프랑=130원



술적인 문제에 대하여 규제당국에서 수락할 수 있는 해결방식을 제시해 주는 안전규제이고, 세제는 민간베이스로 사업자나 공급자가 주도하여 작성된 설계, 제작 및 건설에 관한 기준을 정부가 검토, 승인한 技術基準이다. 프랑스의 경우 이러한 체계의 설명은 다음과 같다.

제 1 단계 : 기본법령

기본법령은 대개 총리령 또는 장관령으로 공시되고, 안전규제조직과 법적인 책임 및 인허가 절차 등을 우선적으로 광범위하게 정한 것으로 기술적인 내용이 전혀 언급되어 있지 않다. 프랑스에서 원자력 안전규제에 대한 기본 법이라 할 수 있는 것은 “Decret du 11 decembre-1963”이다.

제 2 단계 : 시설별 법령

이 범주에 속하는 安全法規들은 미국의 Regulatory Guide에 해당하는 것으로서 프랑스에서는 RFS(Regles Fondamentales de Surete)라고 부른다.

運轉者가 필수적으로 RFS를 따를 의무는 없으나, 여기에 제시된 것과 다른 방식으로 설계 또는 건설코자 할 경우에는 그 방식이 채택된 기술기준을 만족한다는 것을 증명하여야 한다.

미국의 Regulatory Guide가 80여개에 이르는

반면 프랑스의 RFS는 20여개에 지나지 않는다.

여기에 대해 프랑스 규제기관의 변론은 “프랑스에서 規制當局은 단지 電力會社를 규제하고, 원자력발전 관련 피규제자는 유일하게 EDF 뿐 이므로 EDF의 기술경험이 이미 만족된 분야에 대해서는 별도의 RFS를 만들 필요가 없다”는 것이다.

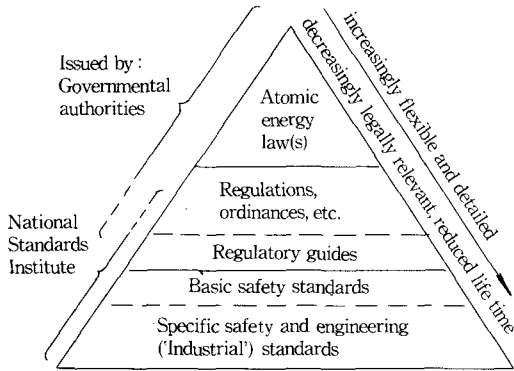
제 3 단계 : 기술기준

一般技術基準은 기술분야에 대한 일반사항을 정한 것으로 Decret나 Arrete형식으로 공포되며, 기술적인 문제에 있어서 달성되어야 할 목표(objective)만 선정하며, 목표달성방법은 언급되어 있지 않다. 이 단계에 속하는 기술기준은 압력기기(pressure equipment)에 대한 것과 방사선방호(radiation protection)에 대한 것으로 나뉘어진다.

원래 PWR은 프랑스가 개발한 기술이 아니라 미국에서 도입된 것이어서 자연히 초기에는 기술근원국(country of origin)의 기술경험과 기술기준을 대폭 적용하지 않을 수가 없었으므로 양국의 산업기술 및 경험의 차이에 따라 많은 문제점이 발생되었던 것으로 보인다. 계통과 기기의 설계기준을 도입하는 입장에서 미국의 기술기준을 따르지 않을 수 없었으나, 기기의 제작에는 프랑스의 산업시설을 이용한 프랑스식 기술경험을 따를 수밖에 없었다. 이러한 여건하에서 설계, 제작을 실제로 적용하는 과정에서 上述의 두가지 요건을 다 고려한 기술시방을 작성하여야 하므로 그 분량이 방대해지고(1974~1979년 사이에 1次系統에 대하여 만들어진 기술시방의 분량이 약 10,000페이지임), 하청업체 단계로 내려가면 집행하는데 많은 혼란과 불편이 야기되었다.

그러한 과정에서 프랑스의 규제기관, 전력회사 및 공급자들은 설계기준, 기술시방 및 시공방법을 사례별로 검토하게 되었고, 과거부터 있

있던 프랑스 내의 법규와 기준 및 산업기술(industrial techniques)등을 PWR의 새로운 요구 사항에 따라 어떻게 준용 또는 보완(supplement)시켜야 할 것인지를 연구하게 되었다. 그림 1은 原電法規와 技術基準의 체계를 일반적으로 도식화한 것으로 프랑스도 대개 이와같은 체계로 구성되어 있다. 이에 근거하여 미국, 프랑스, 한국의 관련기준과 기관을 도표화 하면 表 2와 같다.



자료출처 : Nuclear Standards, Beuth, 1981

〈그림 1〉 原子力基準의 基本體系

〈表 2〉 各國의 原子力技術基準과 關聯機關

국별	구분	법규 및 기준	관련 기관
미	기본 법령	10CFR 20.50 46CFR 55.146	US NRC
	시설별 법령	NUREG. REGUIDE.	US NRC
국	기술 기준	원자력기술기준	ASME, ANSI, ASTM, IEEE, ANS, ……
프 랑 스	기본 법령	Act. Decret. Arrete	총리 및 산업성
	시설별 법령	Regles Fondamentales de Surete	총리 및 산업성 원자력 시설안전국
스	기술 기준	원자력산업 기술기준	AFCEC, AFCEC RCC Committee
한	기본 법령	원자력법	과학기술처
	시설별 법령	원자력관계 고시	과기처 원자력국, 원자력안전센터
국	기술 기준	원자력산업 기술기준	없음(미국, 프랑스, 카나 다, 일본것을 혼용)

3. 프랑스의 原電技術基準 體制

3.1 開發背景

원자력발전소 건설을 위한 “Programme quantitative”가 1973년 착수된 이래 50여기의 PWR 원자력발전소가 동 프로그램에 의해 수행되었다. 이 프로그램의 전개과정에서 건설의 공기 단축, 품질 및 비용 측면에서 정책적으로 해결해야 할 사항이 바로 標準化였으며, 다음에 열거된 기술도입국 및 프랑스 기준의 각종 규정, 공업규격, 시방을 원자력발전소용으로 공식사용, 정리할 필요성이 대두되었다.

- 프랑스의 일반산업규정
- 원자력규정
- 프랑스공업규격(NF.Norme Francaise)
- EDF의 원전기술시방
- 원전건설기간 동안에 체험한 산업체의 규정과 방법
- 미국의 기술기준

이것은 프랑스 원자력발전소에 공통된 규정, 공업규격 및 규칙을 적용하는 것이며(국내의 적용), 안전기관, 운전자, 건설업자, 공급자 및 하청업자들 사이의 관계에서 안전에 필요한 기자재의 품질보증과 공통사항 등을 정부당국이나 사업자 및 산업체가 합심하여 코드화 하는 것이었다.

1976년 정부관련부처(Delegation Generale a l' Energie)의 주선으로 산업성, CEA, EDF 및 FRAMATOME 대표들로 구성된 실무그룹이 조직되어 추상적 또는 일반적 사항에서 벗어나 PWR Unit 건설의 실질적 기술적 조치사항에 대하여 건설업자, 제조업자, 운전자, 규제당국이 다같이 참여하여 누구나 공감하고, 인정하는 것을 만듦으로써 코드화의 기초를 이룩하였다. 실제로는 EDF와 FRAMATOME이 PWR 발전소의 Nuclear Island와 관련한 설계 및 제작에 관한 제반규정의 초안을 공동으로 작성하였다. 그 후 원자력관련 업체에서 초안이 작성되도록 점

차 확대시키고, 安全規制當局의 검토를 받도록 하였다.

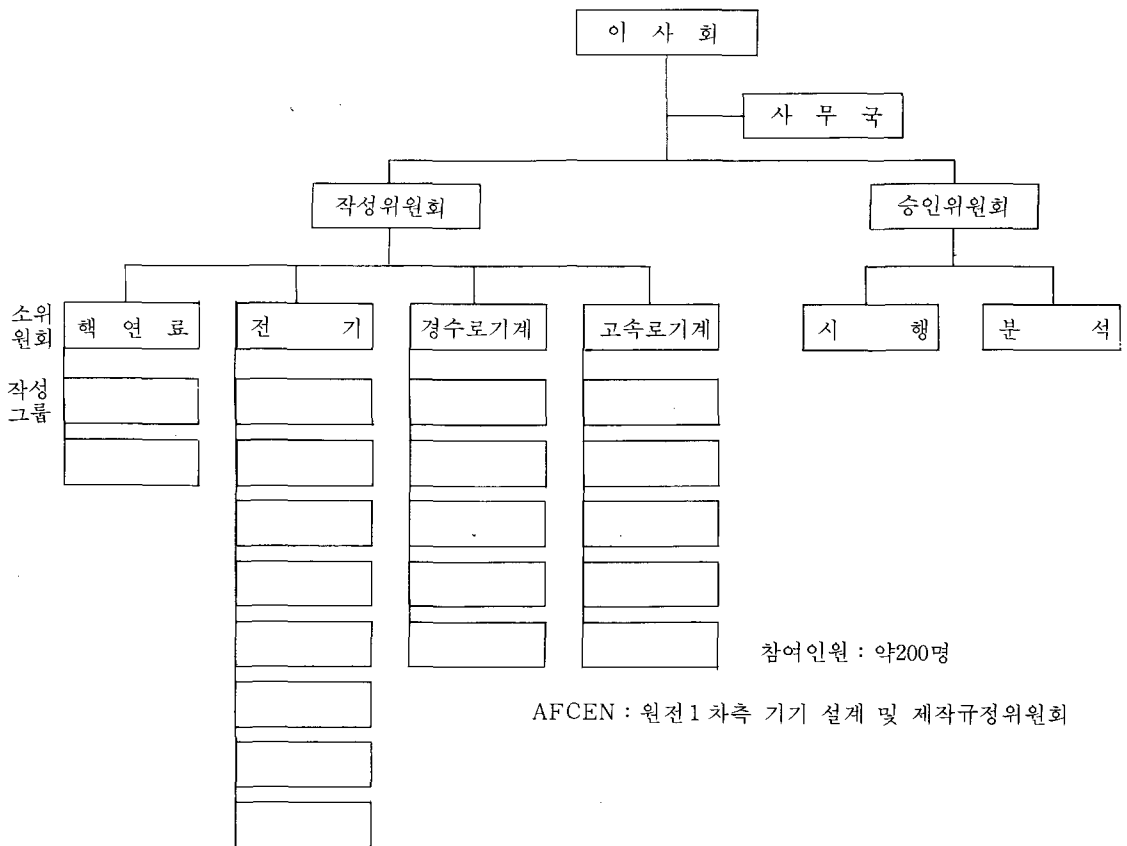
주도 기관들은 코드化的 작업이 좋은 성과를 가져오리라고 확신하고, 그 효율성 증대를 위하여 권한과 의무를 특정조직에 위임하여 건설계획을 수행하는 계약당사자들이 연루되지 않도록 하는 것이 바람직하다는 결론에 도달하였다. 이의 첫 조치가 1980년 10월14일 EDF, FRAMATOME 및 NOVATOME에 의해서 창립된 AFCEN이다(AFCEN: French Association for Rules of Component Design and Fabrication in Nuclear Power Plant).

이어서, EDF가 2次系統機器의 관련사항을 촉진하기 위하여 ALSTHOM과 STEIN INDUSTRIE와 함께 회합을 가진 결과, 같은 방법으

로 1980년 12월14일 AFCEC를 창립하게 되었다(AFCEC : French Association for Rules of Conventional Component Construction and Examination in the Grand Thermal and Nuclear Electric Generation Plant).

앞의 두 협회에서 취급하지 않는 기기에 관한 규정, 즉 계통, 토목 및 화재예방에 관한 것은 EDF의 RCC위원회가 FRAMATOME과 협조하고 있기 때문에 本稿에서는 언급하지 않는다.

RCC : Regles de Conception et de Construction(Rules of Design and Fabrication)
 RRC : Regles de Realisation et de Control (Rules of Construction and Examination)



<그림 2> AFCEN조직도

수력발전소 기기의 건설과 검사에 관한 코드는 주요 건설업체의 기술자문을 거쳐 EDF가 작성하며, 지금으로서는 발행되지 않고 있다.

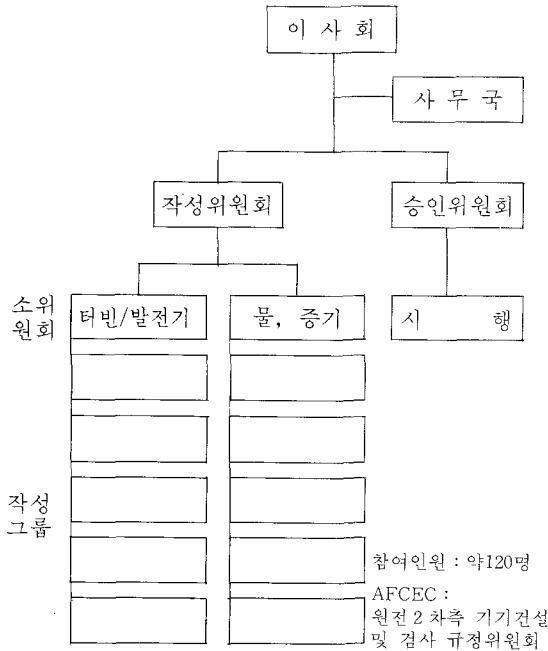
3.2 AFCEN과 AFCEC의 조직과業務

두 협회 즉, AFCEN과 AFCEC는 거의 동시에 구성된 비영리기관으로

- 1명의 회장, 1명의 재정담당 부회장, 이사 약간 명으로 구성된 이사회
- 1명의 사무국장, 1명의 부사무국장으로 구

〈表3〉 AFCEN과 AFCEC의 주요 멤버 구성

Function	AFCEN	AFCEC
회 장	EDF	EDF
재정담당부회장	FRAMATOME	ALSTHOM
이 사	NOVATOME	STEIN INDUSTRIE
이 사	EDF	EDF
사 무 국 장	FRAMATOME	ALSTHOM
부 사무국 장	EDF	EDF
작성 위원 장	EDF	EDF
승인 위원 장	FRAMATOME	STEIN INDUSTRIE



〈그림 3〉 AFCEC조직도

성된 사무국

으로 구성된다.

표 3에 AFCEN과 AFCEC의 주요 멤버를, 그림 2와 3은 그에 대한 조직도이다.

각 코드별로 小委員會가 구성되고, 1명의 간사를 두어 각 소위원회 휘하의 작성그룹을 총괄케 하며, 소위원회의 작업은 한개의 작성위원회에 의해서 조정 및 검토된다.

하나의 승인위원회는 코드를 적용하려고 하는 기업체의 승인조건을 연구한다. 두 협회는 동일 회장, 동일 부사무국장 및 동일 작성위원회 위원장에 의해서 운영되므로 기능과 개발에 대한 동질성이 두 협회내에서 유지된다.

각 협회는 그들의 활동, 역할, 책임을 업무절차서에서 분명히 하고 있다. 여기에 더하여 AFCEN은 품질보증위원회를 두어 내무감사를 수행하는 것이 특이하다. 기술기준의 본문은 작성위원회 가운데의 하나의 레벨의 제안에 의해 작성위원회의 결정으로 진행되며, 이사회에 의해서 승인되고, 지시사항은 관련소위원회를 통하여 전달된다.

작성그룹이 제안한 새로운 초안은 小委員會의 승인을 얻어야 하며, 필요할 경우 여러차례 수정을 거친 다음 작성위원회의 부의를 거쳐 개정된다.

작성위원회는 최종본을 사무국으로 보내 이사회에 동의를 얻어 인쇄에 들어간다. 코드의 사용자는 정해진 절차에 따라서 해설 또는 수정의 요구를 제기할 수 있으며, 요구사항은 관련 협회의 사무국으로 송부된다.

초기단계에는 신속을 기하기 위하여 대부분 작성그룹에서 직접 취급하였고, 회신내용은 소위원회에서 사후에 검토되었다.

개정 요구사항은 관련 작성그룹에서 심의되며, 지시서에 의해 방향이 결정된다. 이 지시서를 소위원회의 두 회원 즉, 1명의 EDF 대표와 1명의 건설업체대표에게 보내면 작성그룹에서 추가 지시, 지시사항의 수정, 또는 승인을

● 프랑스의 原電體制는 단일화체제로 특징지을 수 있다. 爐型은 PWR, 電力會社는 EDF, NSSS 供給者는 프라마툼, T/G는 알스툼, 연구기관은 CEA로 특정분야에 하나의 특수기관으로 단일화되어 있다.

한다. 작성위원회는 문서가 바로 구색을 갖추었는지 확인하고 최종 승인을 위하여 이사회의 동의에 앞서 정기개정항목에 삽입하는 일을 그의 위원장에게 위임하였다. 사무국에서 기술기준 원문의 인쇄업무를 담당한다.

이 두 협회는 각자의 코드를 프랑스工業規格으로 승격시키는 일을 하며, 배포의 업무는 프랑스工業標準協會에 위임하였다.

AFCEN의 코드는 EDF에 의해서 원자력설비의 안전규제국(SCSIN)에 제출되며, 검토를 받은 후 필요한 수정을 거쳐 승인 사항으로 공포된다. 각 코드에 대한 승인의 법적근거로서 다음과 같은 안전기본규칙(RFS)이 있다.

- RFS V2 c : RCC-M
- RFS V2 d : RCC-E
- RFS V2 e : RCC-C

RFS는 운전자나 건설업체가 상기 코드의 사용을 승인한 것으로 기발주된 프로젝트에 코드를 적용시키는데 저촉사항 또는 수정사항을 행정절차에 따른다.

AFCEN의 개정판에 대한 정기검사는 SCSIN에서 수행하며, 다음과 같은 RFS 특수조항이 있다.

- RFS IV. 1a : 기계기기·전기계통, 구조물 및 토목의 분류
- RFS IV. 2a : 안전등급 2와 3의 기계기기에 대한 설계에서 고려해야할 요건

3.3 프랑스의 原子力發電所 技術基準

AFCEN은 코드의 형식, 내용, 문제점을 토의하며, 다음과 같은 네가지 코드를 발간하였다.

- RCC-M : PWR 원자력발전소 1차계통의 기계기기
- RCC-C : PWR 원자력발전소의 핵연료
- RCC-E : PWR 원자력발전소의 전기기기
- RCC-MR : FBR 원자력발전소 1차 계통의 기계기기

AFCEC는 PWR 원자력발전소의 2次系統에 적용하는 다음의 두가지 코드를 같은 목적으로 발간하였다.

- RRC-EV : 물, 증기계통
- RRC-TA : 터빈, 발전기계통

RRC-EV 및 TA를 일반 화력발전소의 코드로 확대하여 프랑스工業標準協會로 하여금 발행하게 하려는 움직임이 AFCEC의 내부에서 진행중이다. 表4는 프랑스 PWR 원자력발전소의 기술기준의 명칭과 관련기관을 보여주고 있다.

3.3.1 AFCENN의 코드

RCC-M은 FRAMATOME의 기전사업 본부와 그들 계약자의 실제 경험이 가미된 작품이다.

〈表4〉 프랑스 PWR원자력발전소의 기술기준

적 용	명 칭	관련기관	비 고
기계 기기에 관한 규정	RCC-M	AFCEN	RCC-E는 FBR에도 적용함.
전기 기기에 관한 규정	RCC-E	AFCEN	RCC-MR은 FBR의 기계 기기에 관한 규정임.
핵연료 집합체에 관한 규정	RCC-C	AFCEN	
T/G그룹에 관한 규정	RRC-TA	AFCEC	
증기와 Service Water에 관한 규정	RRC-EV	AFCEC	
계통에 관한 규정	RCC-P	RCC위원회	
토목에 관한 규정	RCC-G	RCC위원회	
화재방호에 관한 규정	RCC-I	RCC위원회	

RCC-E는 매우 진보된 프랑스 공업규격화의 하나로 국제적으로 추진되기에 이르렀으며, 어떤 제작자의 기술에 특별히 편중하지 않아서 공업규격으로 손색이 없다고 자부하고 있다.

RCC-MR과 RCC-C는 개발중이므로 좀더 많은 시간을 갖고 검토되어야 할 것으로 보인다.

1) RCC-M

RCC-M은 設計(치수 및 해석), 製作(재료, 제조 및 검사의 시방)에 관한 규정으로 내압기기, 원자로 내장재, 기기 지지물, 1次系統의 배관 등에 적용되며, 그의 구조와 내용은 ASME Code와 매우 흡사하다.

AFCEN에서는 설계에 관한 사항은 ASME의 원본을 발췌하여 재발행하는 권한을 위임받고 있다.

RCC-M은 산업계의 기술경험을 코드화한 것으로서 ASME코드보다 내용이 훨씬 상세하여 원전건설에 많은 이점을 제공하였고, 계약시에 기술시방서로 사용된다.

RCC-M은 1次系統의 내압을 받는 대형기기의 공급을 위하여 적용되는데 압력용기, 열교환기, 배관, 펌프 및 밸브가 이에 속한다. 이들 기기 가운데는 Class에 따라서 적용 방법이 다르고, 모든 보조부품, 즉 펌프 및 분사장치에 관한 것이 분명하게 기술되어 있다.

반대로 RCC-M에서 밀봉장치, 베어링과 같은 부품에 대하여는 기술하지 않고 있으므로 기기시방서에서 특수 조항으로 기술할 문제들이다.

RCC-M은 기기의 지지물과 원자로 내장재도 포함하는데, 이것은 내압기기는 아니지만 그의 중요성에 의해 RCC-M범위에 포함시킨 것이다.

기기냉각계통의 수처리 모터, 리듀서를 내장한 냉각열교환기(공기-물, 물-기름), 소형펌프, 보온용 배관과 계장용 배관과 같이 내압을 받는 소형기기류들은 소형기기로 분류되어 건설조건에 따라 기술적 접근방법이 틀리다. 이밖에 RCC-M에 적용되지 않는 것은 다음과 같다.

○ 보수 및 공구에 관련되는 것(핵연료의 보

수도 포함)

○ Service Fluid계통, 공기조화, 콤프레서, 축전지, Ventilation duct, 압축공기계통

○ 관통구, Containment liner 및 Pool

RCC-M작성은 1978년 4월에 시작되었으며, 그 연혁은 다음과 같다.

1978. 11 : 1 차계획

1979. 4 : 2 차계획

1980. 1 : 1 차 초안

1980. 5 : 2 차 초안(인쇄본)

1981. 1 : 1차 RCC-M의 AFCEN판

1981. 7 : 1차 addenda

1982. 3 : 2차 addenda

1983. 1 : 3차 addenda

1983. 1 : 2차 RCC-M의 AFCEN판

1983. 7 : 1차 addenda

1984. 1 : 2차 addenda

1984. 7 : 3차 addenda

1985. 1 : 4차 addenda

1985. 7 : 3차 RCC-M의 AFCEN판 발행

2) RCC-E

RCC-E는 1次系統의 제작자 또는 공급자가 전기기기의 설계 및 제작에 적용하는 기술규정으로 특히 설비의 안전성과 관련된 기기에 적용된다.

1 차계통의 전기기기의 대부분은 放射線照射, 가상사고와 같은 특수용도의 조건이나 시나리오를 그 설계에 반영한 것으로 특히 신뢰성과 Redundancy의 요구조건을 강조하고 있다.

검사나 제작조건은 대체적으로 화력발전소의 전기기기와 동등하나 Malfunction이 사람의 안전에 영향을 미치든가 어떤 사고를 유발하는 기기에 대하여 상세하게 기술한 것이 특징이다.

전기분야의 규격화는 매우 진보되었고, RCC-E는 프랑스 공업규격으로 승격될 수 있을 것으로 기대된다.

RCC-E는 기기의 검증조건에 따라 특정지어지며, 품질보증의 요구사항이 특별히 적용된



다. RCC-E의 연혁은 다음과 같다.

1981. 2 : RCC-E의 1차 AFCEN판

1982. 12 : 1차 addenda

1984. 6 : 2차 addenda

1984. 7 : RCC-E의 2차 AFCEN판

1986. 7 : 새로운 addenda발행 예정

3) RCC-C

RCC-C는 산업체의 특성 때문에 공급자가 수행하는 특수시방을 기술할 필요성을 갖는다.

1차판은 FRAGEMA(프랑스핵연료제조회사)의 실제 경험을 토대로 작성되어 EDF에 그동안 핵연료를 공급하여 온 EXXON과 KWU로 하여금 재장전용 핵연료에 적용하는데 문제점이 없음을 검토하도록 요청하였다. 두업체 모두가 초안에 동의를 하여, 1985년 중반에 2차판을 발행하였다. RCC-C의 연혁은 다음과 같다.

1984. 4 : RCC-C의 1차 AFCEN판

1985. 7 : 1차 addenda

4) RCC-MR

1979년 CEA, EDF 및 NOVATOME 세 기관이 FBR 기계기기위원회를 구성하여 그에 대한 설계규정을 만들고 연구활동을 계속하였다.

제작과 검사에 관련한 RCC-MR의 각장의 작성원칙은 RCC-M의 원본에서 FBR발전소에 적

용할 경우에만 개정토록 하고, 같은 골격으로 분류하였다.

RCC-M의 내용과 특별히 다른 것은 Volume 1의 설계부분과 용접분야이다.

1984년 초에 초안이 임시판으로 발행되어 FBR발전소의 원자로제작에 관련되는 각종 회사에게 검토용으로 배포되었고, 1984년 하반기에 초판이 발행되었다. 그러나 아직까지 Class 2 및 Class 3의 탱크, Class 1배관, 핵연료 보수 규정 등이 개정·보완되어야 할 주요사항으로 남아있다.

3.3.2 AFCEC의 코드

AFCEC는 PWR발전소 2차계통에 적용하는 코드를 편집하는 기관이다.

터빈, 발전기에 관한 코드 RRC-TA와 물과 증기계통에 관한 코드 RRC-EV는 EDF와 Alstom의 에너지사업본부가 공동으로 작성한 것이다.

기기분류특성으로 볼때 원자력의 RCC와는 몇가지 차이점이 있는데 특히, RRC 코드는 설계에 관한 규정은 취급치 않고, 제작자의 자격과 책임에 대하여 기술하고 있는 점이다.

그러나 2차계통 내압기기에 관하여는 기존의 기술기준, 즉 CODAP, ASME, TRD(독일)

등이 적용되고 있다.

1) RRC-TA

RRC-TA는 Alsthom의 터빈, 발전기의 실제 경험을 반영한 것이다.

그러나 Volume 2의 재료에 관한 시방은 발행되지 않았는데 그것은 아직까지 EDF와 Alst-hom사이의 비밀사항으로 취급되기 때문이다.

그러므로 Volume 2는 부품 또는 생산품의 일반시방과 구매에 관한 일반조건을 정의한 것으로 발주시 기기시방서에는 다음 사항이 포함된다.

○부품 및 생산품에 적용할 기술시방의 관련 사항

○기본 일반사항의 설정에 대한 특수 기술시방의 관련사항

1 차본(1982. 11월분)은 제작자와 공급자의 설문조사용으로 배포되었으며, 그 연혁은 다음과 같다.

1983. 5 : 공식판 발행

1984. 7 : 1 차 addenda

1985. 5 : 2 차 addenda

2) RRC-EV

Volume 1은 열교환기, 배관, 펌프, 밸브의 용량에 관해 상세하게 기술하였고, 응축기와 소형 기기에 대하여는 2개의 Volume으로 작성되었다.

1 차본은 1982년 11월에 만들어 제작자와 공급자의 설문조사용으로 배포되었으며, 그 연혁은 다음과 같다.

1982. 11 : 1 차본

1983. 7 : 공식판 발행

1985. 4~6 : 1 차 addenda

4. 프랑스의 原電技術基準 運營

4.1 概 要

앞에서 언급한 바와 같이 AFCEN과 AFCEC는 각각 1980년 10월과 12월에 창립되었다.

각 코드의 1 차본 발행은 상기 두 협회가 하였으며, 배포는 프랑스규격협회(AFNOR)에 위임하였으며, 다음과 같은 순서로 발행되었다.

1981. 1 : RCC-M

1981. 2 : RCC-E

1983. 5 : RRC-TA

1983. 7 : RRC-EV

1984. 4 : RCC-C

1985. 12 : RCC-MR

코드화의 작업은 1977년 말에 착수되었는데 특히, RCC-M과 RCC-E는 EDF와 Framatome이 주축이 되어 프랑스 원자력프로그램의 건설에 참가한 주요기업들의 검토와 조언을 수렴하여 작성되었다.

RCC-M의 1차 인쇄본이 1980년 5월에 완성되어 EDF와 Framatome이 체결한 P'4계약(P-WR 1,300MWe급 12기 건설)에 이 코드를 적용하기로 하고, 관련산업체에도 배포하였다.

코드의 발행날자와 계약적용관계는 매우 복잡하고 다양하다.

RCC-M을 제외한 모든 코드가 1,300MWe급의 프랑스 원자력발전소에만 적용되었고, 또한 AFCEN에서 발행한 세가지 코드 즉, RCC-M, RCC-E, RCC-C는 원자로 공급자인 Framatome과의 계약에 적용되었다.

RRC-TA와 RRC-EV는 2 차계통의 계약을 위한 기술기준으로 RRC-EV는 1,300MWe급의 Service water계통의 계약에 처음 적용되었다.

EDF의 발·송전본부의 핵연료부서가 PWR발전소의 재장전용 핵연료를 프랑스(Fragema)및 외국(Exxon, KWU)에 발주하기 위하여 RCC-C가 적용되었다.

수출사업의 경우에는 1980년 Framatome이 한국으로 부터 수주한 900MWe급 PWR 2기의 1 차계통에 대하여 RCC-M, RCC-E와 RCC-C의 3코드를 적용토록 하였다. 이 계약에서 현지의 국산화 품목에도 이들 코드를 적용할 필요성을 강조하여 한국의 하청업체가 기기를 제작

● 코드를 작성하여 사용하기 위해서는 관련된 모든 분야의 참여가 요망된다. 즉, EDF와 같은 사업자, Framatome, Novatome, Alsthom과 같이 발전소의 엔지니어링에 책임을 진 제작업체, 산업체, 기자재 제작자 또는 원소재 공급자 등의 참여이다.

하는데 있어서 프랑스의 실제 경험을 반영토록 하였다.

코드화를 하는 노력의 또 다른 목적이 프랑스 기술수출을 촉진하는 것이기 때문에 외국에서 수주받은 원자력발전소에 이들 코드를 적용하는 것은 당연한 결과이다.

어떤 경우에 있어서든 RCC 코드에 기술된 사항을 수출업무에 적용하는 데는 특별한 노력이 필요하였고, RCC-M이 가장 광범위하게 적용되었던 바 이를 중심으로 기술한다.

4.2 技術協會와 코드管理

코드를 작성하여 사용하기 위해서는 관련된 모든 분야의 참여가 요망된다. 즉, EDF와 같은 사업자, Framatome, Novatome, Alsthom과 같이 발전소의 엔지니어링에 책임을 진 제작업체, 산업체, 기자재 제작자 또는 원소재 공급자 등의 참여이다.

발행된 코드는 운동경기규칙처럼 누구나 인정하고, 충분한 역할을 하기 위하여는 문제점, 필요성, 어려운 점, 각자의 거북스러움에 대한 상호이해관계를 정립할 필요가 있다.

AFCEN과 AFCEC는 이와같은 상호이해관계의 정립을 목적으로 설립되어 시장경쟁을 원칙으로 하는 기자재를 제외한 특수기기의 기술문제 해결에 역점을 두고 있다.

기술기준은

- 초안작성
- 시운전

○ 순 항

등의 순서로 진행되는 데 앞서 열거한 코드가 초안작성단계를 지나, 시운전단계에 있으며, RC C-M만이 순항단계에 돌입하였다.

4.2.1 초안작성

AFCEN과 AFCEC의 산하의 각종 소위원회 의 작성그룹은 코드작성의 주역으로 코드 초안에 대한 사용자의 의견을 수집, 분석, 분류한다. 분류된 의견을 공식화하기 전에 협조회의를 열어 추가로 필요분야가 있는지 조사한다.

1978년 11월과 1979년 4월의 두차례에 걸쳐 주요제작자들의 의견을 수렴, 1980년 5월 RC-C-M의 1차판이 발행되었고, 곧이어 관련기업체의 협의를 거쳐 새로운 Volume을 완성하였다 (Volume G: 원자로 내장재, H: 지지물, E: 소형기기, J: 대기압하의 저장탱크).

EDF와 Framatome의 주요 납품업체들에 대한 설문조사 결과, 무려 30여 개정 요구사항이 있어 RCC-E의 내용을 2차본에서 재정비하였다.

RCC-EV에 대해 30여개의 업체에서 자문을 구하여 약 150개의 개정요구를 접수하였다.

RCC-TA에 대해서도 30여개의 업체가 자문을 하여 100여개의 개정요구가 있었다.

RCC-C는 Framatome의 시방에 기초하여 작성되었는데 EDF, Exxon 및 KWU의 상세한 검토 결과, 100여개의 개정요구로 좀더 심도있게 내용을 개선한 RCC-C의 1984년판이 AFNOR에 의해서 배포되었다.

고속증식로에 관한 기계기호코드인 RCC-MR의 임시판이 1983년 12월에 발행, 1984년초 의견을 모으기 위해 배포되었다.

4.2.2 試運轉

코드는 세심한 주의를 기울여 작성되고, 초안 내용에 관하여 관련사업체의 상세한 의견을 수렴하였을지라도 모든 기술사항에 대한 충분한 평가를 하기 위해서는 시운전이 필요하다.

다음은 RCC-M을 모델로 시운전과정을 설명

한 것이다.

이 코드의 시운전에 4년이 소요되었으며, 코드내용의 개정과 추가에 대한 업무가 계속되었다. 약 28개의 관련업체가 AFCEN과 접촉하여 해당분야에 대한 수정 또는 추가를 제의하였다.

RCC-M 소위원회는 이 기간동안에 산업체, EDF, Framatome 및 안전당국으로부터 1,300여건의 수정요구를 접수하여 검토하였으며, 이 요구사항중 10%는 AFCEN에서 채택하지 않았는데 그 이유는 요구자의 사항에만 국한되었기 때문이다.

그외의 요구는 RCC-M 초판 발행후 450여건의 Modification sheet로 정리되어서 발행되었다.

시운전 기간동안 RCC-M 소위원회는 RCC-M에서 통과된 새로운 재료의 요구사항과 수정요구의 내용을 점진적으로 정리하였다. 최초의 요구사항은 1차계통(NSSS)의 기기에 대한 것으로 주로 RCC-M의 Class 1에 대한 것이었으며, 이후 보조기기(BOP)에 관련한 규정을 만드는 데 노력하고 있다.

4.2.3 순 할

시운전이 성공리에 완료되었다라든가 그후 코드의 최신 유지가 되지 않으므로 인해 최신 기술에 점차 뒤처지고 관심을 잃게 되어 무용화 되면 코드를 작성, 적용코자 하는 노력이 한낱 물거품이 될 것이다. 그러므로 최신 유지는 중요한 핵심요소이며, 적기의 수정을 필요로 한다.

시운전단계에서 산업체의 공헌과 제안이 중요한 역할을 하였으나, 순항단계에서는 신개발 기술에 대한 제안에 각종 전문동업조합의 역할이 특기되어야 한다. 현재 프랑스의 원자력기술기준 가운데 RCC-M만이 순항체제에 돌입하였다고 볼 수 있다.

4.3 기술시방서

고객-공급자 측면에서 코드의 적용효과를 평

가하기 위하여 과거의 실제 경험을 간략히 재고할 필요가 있다.

기술시방서는 건설계획의 진전에 따라 산업체가 기술팀을 구성하여 엔지니어링회사 및 사업자와 함께 토의, 검토한 결과, 내용이 점진적으로 수정되었다. 독자적인 코드가 없었던 프랑스의 원자력프로그램 착수단계에서는 이런 진행방식이 필요하였고, 기술시방이 정비된 산업체가 점진적으로 책임을 지도록 하여 사업자나 건설업자의 주목을 집중토록 함으로써 코드의 적용에 중요한 변화를 가져왔다.

구매요구서의 기술분야, 특히 기기시방서는 가장 중요하며, 코드 적용시 고객의 요구사항을 보다 상세하고 완전한 방법으로 규정한 것이다.

발주요구서에는 요구되는 기기성능을 훨씬 상세하게 평가할 수 있도록 기술하여 기술과 상업 양면에서의 업무가 촉진된다.

기기시방서에는 안전당국의 정보, 기기의 기술정의가 포함되어 있으며, 건설업자, 사업자 및 안전당국에도 전달된다.

일례를 들어서 1974. 2. 26 Arrete를 적용하여 원자력건설검사국(BCCN)에 전달된 문서의 내용은 경수로 원자력발전소의 1차계통 건설의 검사행정업무에 누락된 정보를 설명하지 않고 간소화하는 측면에서 작성된 것이었다. 이는 처음부터 만족할만한 기술요건을 산업체에 위임하여 기술요건이 코드와 일치하고 있음을 기기시방서에서 증명할 수 있도록, 기술기준의 선정과 건설관리에서 커다란 자율성이 부여되었기 때문이다.

예비검사시스템을 배제하고 제조업체가 책임을 지도록 하였으나, 사업자 혹은 건설업자가 수행하는 검사는 특히 품질보증 요구사항에 따라 수행되었다.

발주한 기술시방서의 내용에 대하여 공장에서 지시한 내용의 확인입증이 되면 모든 기술시방서의 집중 검토를 생략할 수 있다. 시행문

● 기술시방의 단계적 정리로 산업체가 동종 또는 유사 기자재 공급계약을 만족시키는 기술문서를 작성할 수 있었다. 이들 문서를 소화하고, 지연에 대한 피해를 논하지 않고 조그만 변경사항에 대해서도 같은 코드를 기본으로 계약되었기 때문에 정리비용이 상당히 감소되었다.

서까지도 여러번 내부적으로 검토된 기술시방서로서 품질보증에 대한 1984년 8월 10일 Arr-ete에 기술된 검사의 요건에 잘 부응하고 있다.

제조업체, 건설업체, 사업체 사이에 남아 있는 사항을 코드화하고 협의하는 것은 기술측면에서 상당히 미묘하고 어렵다고 할 수 있다.

4.4 標準化에 기여

기술시방의 단계적 정리로 산업체가 동종 또는 유사 기자재 공급계약을 만족시키는 기술문서를 작성할 수 있었다. 이들 문서를 소화하고, 지연에 대한 피해를 논하지 않고 조그만 변경사항에 대해서도 같은 코드를 기본으로 계약되었기 때문에 정리비용이 상당히 감소되었다.

금속생산품의 구매 경우의 예를 들어보자. 제조업체는 RCC-M tome 2의 기술시방서를 모든 기본문서로 채택했으므로 供給者는 기술내용이 동일한 주문을 점점 더 많이 받게 되었다. 연쇄적으로 발생하는 주문내용을 충분히 이해했으므로 관련업체와 기술적인 대화를 통하여 그들의 제안을 정리할 수 있었다. 예를들어 RCC-M생산품 공급자 카타로그에서 분명하게 찾아볼 수 있으며, 이것이 표준화의 효과라고 할 수 있다. 표준화로 동시에 주문된 많은 Unit의 공기단축의 효과를 향상시킬 수도 있다. 신기술개발에 따른 AFNOR의 기본규격화를 위하여 지속적인 관리가 절실히 요구되었다. 예를들면 RCC-M중의 10개의 기술시방이 프랑스공업규격

(NF)으로 채택되었다.

1984년 1월 개정 발행때까지 MC 3,400은 속도에 따른 방사선 Film의 분류에 의한 방법인데, RCC-M에서 상업마크에 의한 분류를 도입할 것으로 예견되지 않았다. 1984년 1월 이 Chapter는 RCC-M에서 분리되어 NFA 09211의 새로운 규격으로 되어 Film의 감도를 Film의 제조업체에서 직접 얻도록 허용되었다.

코드작성시 적용에 대한 연구로 기술내용은 거의 완벽하게 검토되었다. 사업목표달성을 위한 노력을 배가하기 위한 어떤 것이 내부절차에 포함된 경우도 있었고 공지에 물렸을 경우 기술문제는 새로 검토되어 협의를 거쳐 조치가 취해졌다. 과제의 수행을 위한 이러한 고무적인 절차는 중요하였지만 때로는 높은 장벽에 부딪히고 지연으로 인한 비용을 감수하는 경우가 많았다. 더구나 절차를 자주 반복적으로 위반하였기 때문에 타협주의나 좋지 않은 의견이 역설적으로 대두되었으며, 품질 목적의 재조정 및 산업기술의 발달로 품질계획과 계약계획의 내용이 확실하게 되었다.

두 협회의 코드가 일천함에도 불구하고, 순조롭게 진행되며 이 코드를 확고하게 하기 위하여 AFCEN과 AFCEC 주위에서 모든 관심분야에 참신한 대화를 하는 등의 노력이 계속되고 있다.

장래 프랑스크가 차원으로 편집된 코드는 궁극적으로 수출을 위한 값진 도구가 되는 한편, 점차적으로 국산화와 기술자립으로 굳어지게 될 것이다.

표준화로 인해 계약시 기술적 업무가 간소화되었으나, 각자는 그의 분야에서는 관심사항을 인지해야 한다. 가능한 원자력분야와 대형발전소에서 프랑스크의 코드를 굳건히 하는 것도 목적중 하나였다. 원자력분야에 대해 상세하게 언급되지 않은 것은 코드외의 다른 문서 즉, 국가고시나 기준에 있으며, 그렇지 않으면 개발되어야 한다.

5. 結 論

프랑스는 초기에 웨스팅하우스社로 부터 원전 PWR기술을 도입하였으나, 현재는 독자적인 PWR기술을 개발함으로써 프랑스 원전기술의 자립뿐만 아니라 원전설비 및 기술을 수출하는 등 세계적인 원전국가로 성장하게 되었다.

이러한 성취의 배경에 대해 앞에서 언급한바 있으나, 간단히 말해서 일관성있는 정부의 지원 및 정책, 원전사업의 단일화, 기술기준의 개발, 산업체의 관심으로 집약할 수 있다.

이중 技術基準의 개발이 가장 핵심요소로, 초기에 각종 규격, 규정, 기준의 혼용으로 기술시방의 분량이 엄청나고 더우기 하청업체단계로 갈수록 증대하는 혼란을 방지하기 위하여 공통된 규격, 규정의 필요성이 대두되어 기술기준의 개발이 착수되게 되었다.

1978년 실무그룹이 조직된 후 RCC-M은 1981년 2월, RRC-EV는 1982년 11월, RCC-TA는 1983년 5월, RCC-C는 1984년 4월에 초안이 작성된 것을 보면 작성과정에서 정부기관, 전기사업자, 모든 관련산업체의 참여와 지대한 노력이 있었지만, 프랑스와 같은 선진공업국가에서도 초안작성에 거의 5년이상 소요될 정도로 기술기준을 개발하는데 많은 시간과 노력이 필요하다.

기술기준의 개발후에도 그것을 효율적으로 활용하기 위해 新開發技術에 뒤지지 않도록 기준의 최신 유지, 관련산업체간의 기술협의, 설문조사 등의 지속적인 노력이 계속되어 개발된 기준은 독자적인 프랑스의 것으로 점점 굳어져가고 있다. 이는 기술적인 논란, 협의 및 조정의 중재처리와 기술기준의 발간, 배포 등의 제반업무를 담당하는 AFCEN과 AFCEC과 같은 기술기준 전담기구가 있었기 때문이다.

우리나라는 프랑스와 같이 PWR을 도입한 점에서 프랑스의 원전기술기준개발 배경과 운영이 우리의 기술기준 방향설정에 좋은 귀감이 될

것으로 본다. 따라서 우리의 원전이 PWR로 단일화 되었다고는 하나 내용면에서 미국, 캐나다, 프랑스, 일본 등의 기술기준이 혼용되어 독자적인 기술기준이 없는 실정이므로 기술기준 개발을 적극 서둘러야 할 것이다.

또한, 정부의 적극적인 지원하에 모든 관련기관 또는 산업체가 참여하여 단기간의 성취라기 보다는 장기적인 계획으로 꾸준하고 지속적인 기술기준개발이 진행되어야 할 것이며, 더욱 중요한 것은 개발된 기술기준의 효율적인 운용을 위해 신개발기술과 보조를 맞출 수 있도록 기준에 대한 적기의 최신유지가 필요하고, 이를 위해서는 기술기준의 제반업무를 담당하는 전담기구의 설립이 필수적이다.

原子力發電設備가 세계의 10위권이며, 원자력발전 기술자립을 1990년대에 성취하여 원자력발전설비 수출국으로 부상하기 위하여는 우리의 기술기준이 정립되어야 하는 바, 韓國電力公社와 관계기관이 좀더 적극적인 자세로 우리의 것을 만드는데 매진하였으면 한다.

〈참 고 문 헌〉

1. 장영남, "프랑스의 원자력산업", 전력기술, 1984 5~11
2. Christian de Torquat, "La reglementation technique generale et les Codes et normes", RGN, FRANCE, 1985, Juillet-Aout
3. M.SAITCEVSKY의 4명, "La reglementation pour la realisation des Centrales nucleaires francaise. L'AFCEC, l'AFCEC et les Codes", RGN, FRANCE, 1985, Juillet-Aout
4. B.Boissonnet의 1명, "L'impact effectif des RCC sur la realisation des Centrales nucleaires", RGN, FRANCE, 1985, Juillet-Aout
5. N.Fichtner, K.Becker and M.Bashir, "Nuclear Standards" Beuth Verlag GMBH, BERLIN WEST GERMANY, 1981
6. Charles D.Sullivan, "Standards and Standardization", Marcel Dekker Inc., New York, 1984