

## 원자력 발전소 건설 품질보증 체계

이 상 국\* 정 영 식\*\*

일반 건설 기술자들에게는 원자력이 매우 생소하겠지만 실제로 원자력발전소나 핵폐기물처리장을 건설하기 위해서는 건설기술자들의 헌신적인 노력과 계속적인 기술 발전이 필요합니다. 1970년대 이후 국내에서 10여기의 원자력발전소를 건설하는 동안 원자력발전소 건설관련 기술을 100% 기술자립하였으며, 이제 북한에 한국형 원자력발전소를 제공하기에 이르렀습니다. 본 학회에서는 북한, 중국 등 이웃나라에 원자력발전소를 수출하는 이 시점에서 국내의 건설관련 기술자들에게 원자력 건설에 대한 이해를 돕고 더 나아가 일반 건설시장에 활용할 수 있는 최신 기술들을 소개하기 위해, 지난호에 원자력 발전소 관련 기술에 대한 특집기사를 준비한 바 있습니다. 금번 호에는 추가로 원자력 발전소 건설 품질보증 체계에 대한 기사를 게재합니다. 어려운 여건에서도 본 학회의 취지를 십분 이해하고 흔쾌히 학술기사를 작성하여 주신 한국전력기술주식회사, 한국원자력연구소 및 부설 환경개발센터와 한국전력공사의 관계자 분들에게 감사의 뜻을 표합니다.

(편집자)

### 1. 서 론

우리나라 원전의 품질보증활동은 1970년 고리 원전 1호기가 계약될 때부터 도입되기 시작하여 1995년 현재 가동 및 건설 중인 총 16기의 원전에 적용되고 있다. 품질보증의 도입초기에는 검사위원의 활동이던 것이 이제는 모든 품질관련 활동을 미리 계획하고 정해진 최선의 절차에 따라 체계적으로 수행하며 수행업무의 모든 단계를 확인하고 그 결과를 반영하여 바라는 품질을 확보하는 품질보증활동으로 발전하였으며, 원자력관련 기관 및 산업체에도 품질보증 활동이 확산되어 원전 및 관련산업의 안전성 제고에 일익을 담당하고 있다.

하지만 그간 원전의 설계, 건설 및 운전, 연구용 원자로의 설계 및 건설, 핵연료주기 사업 등 광범위한 원자력 사업을 추진하는데 있어서 미국, 프랑스, 캐나다 등 기술도입국이 품질보증기준이 준용되어 왔고 그로 인해 규제측면이나 피 규제측면에 있어서 품질체계상의 혼란 등 여러가지 문제점이 있어 왔는데 그럼에도 불구하고 외국기준을 준용한 이유 중 하나가 국내기준 미정립이었다.

현재는 이를 타개하기 위한 정부·규제기관의 지속적인 법령정비 및 관련기준개발을 통해 어느 정도 원자력관련 품질보증체계가 정립되었다고 볼 수 있으나 아직도 지속적인 관계법령 및 기준의 정비·보완, 세부지침 및 요건의 개발 등이 필요하다.

본 고에서는 우리나라 원전 건설에 적용되는 품질보증체계를 순서적으로 살펴봄으로써 우리나라

\* 한국원자력안전기술원 원자력안전심사부 구조부지그물 선임연구원

\*\* 울산대학교 공과대학 토목공학과 교수

원전의 안전성과 규제체계에 대한 이해를 돕고자 한다.

## 2. 품질보증 일반

### 2.1 품질보증의 개념

품질이란 물품의 신뢰도에 대한 기본적인 개념으로 “주어진 요구를 충족시키는 능력에 관계가 있는 제품 내지 서비스의 특징 및 특성”으로 정의되며, 10 CFR 50 부록 B((Quality Assurance)에 따르면 품질보증이란 “구조물, 계통 및 기기가 가동중에 만족스럽게 그 기능을 발휘할 것이라는 확신을 줄 수 있는 계획적이고 체계적인 모든 행위 (All those planned and systematic actions necessary to provide adequate confidence that a structure, system or component will perform satisfactorily in service)”라고 규정하고 있다.

이러한 정의들을 원전에 연관시켜 본다면 품질보증이란, 제반 정부규제사항과 허가신청서에 명기된 설계기준치에 따라 원전의 설계, 건설 및 운전과 관련된 업무가 제대로 행하여지고 있는지의 여부를 측정, 확인하고 개선책을 제시하는 하나의 관리제도(Management System)로서 안전성뿐만 아니라 신뢰도가 확보되는 가운데 최대의 이용을 구하고자 하는 접근이다.

### 2.2 원자력 품질보증의 필요성

품질보증활동의 목표와 범위는 해당 물품의 사용용도에 따라 달라진다. 일례로 항공기 제작사는 화물기인가 여객기인가에 따라 품질보증기준의 적용방법을 달리한다. 여객기의 경우는 인명피해 등과 관련하여 재해 부담금이 크기 때문에 품질활동의 목표를 안전성 확보에 주력하는 반면 화물기는 운전효율에 큰 관심을 두게 될 것은 자명하다.

원전의 경우 역시 일단 사고가 발생하면 그로 인한 피해가 너무 막대하므로 품질보증계획 수립시 안전성 확보가 가장 중요한 착안사항이 된다. 따라서 원전의 각종 기기는 일반적으로 가장 높은 품질기준 아래에서 제작·설치된다. 그러나 이것이 경제성을 전혀 고려치 않는다는 것은 아니다. 다시 말하여 안전성과 신뢰성은 확보되어야 하나

이를 달성하기 위해 최적의 비용이 들어야 한다. 이와 같이 안전성과 비용과의 역학관계를 합리적으로 유지하는 것이 품질보증이다. 이러한 품질보증 활동을 통하여 원전은 다음과 같이 세가지 측면에서의 이익을 실현할 수 있다.

첫째는 원전의 안전성 확보 측면이다. 이는 원전의 가장 중요한 품질보증활동의 요체이며 그 이유는 위에서 설명한 바와 같다.

둘째로, 원전의 신뢰성 제고 측면이다. 원전은 전 수명기간 동안 높은 수준의 품질유지가 필요하다. 왜냐하면 안전성보다는 그 심각성이 낮다 하더라도 부품이나 계통의 신뢰도 부족으로 인한 복구비와 운전정지 등 설비이용률 저하에서 오는 재산상의 피해가 막대하기 때문이다.

셋째로, 경제적 손실 미연방지 측면이다. 원전은 호기당 건설단가와 사고시 수습비용이 막대하므로 일반사고와는 달리 원전에서의 사고는 막심한 경제적 손실을 초래하기 때문이다.

이러한 이유로 인하여 원자력발전소의 품질보증활동 범위는 안전관련품목(Safety Related Item)에 국한하지 않고 비안전관련품목(Non-Safety Related Item)에도 확대되어 적용되고 있다.

## 3. 우리나라 원전의 건설 품질보증 체계

우리나라 원전의 건설 품질보증 체계는 상위법으로 원자력법, 동법 시행령, 시행규칙과 이들에 대한 세부요건으로 과학기술처장관이 정한 고시 및 한국원자력안전기술원장이 정한 지침으로 이루어지며, 이를 바탕으로 원전 건설사업자인 한국전력공사는 본사에서 정한 품질보증 규정 및 원자력 품질보증계획서와 각 건설소의 실정을 반영한 현장품질보증계획서·절차서 및 품질검사계획서·절차서를 작성하며 시공자인 건설계약자는 자체 품질보증계약서·절차서 및 품질검사계획서·절차서를 별도로 작성하여 품질관련 업무에 적용한다. 이들을 요약하면 그림 1과 같다.

### 3.1 관계법령

우리나라 원자력법은 1958년 3월에 최초로 제정

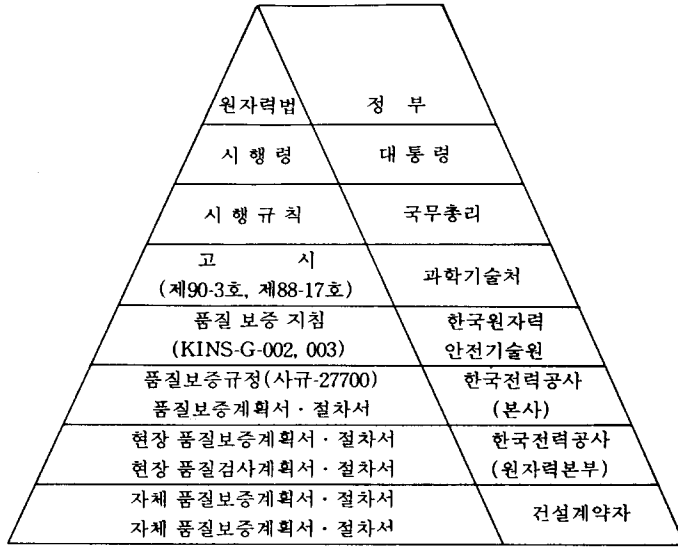


그림 1. 우리나라 원전의 건설 품질보증 체계도

된 이래 11차의 개정을 거쳐 현재 1994년 12월 개정판이 유효하다. 원자력법의 세부 수행을 위한 분야별 시행령(대통령령) 및 시행규칙(총리령)은 시행령의 경우 1982년 9월에 제정되어 1989년 6월에 최종 개정되었으며, 시행규칙의 경우는 1983년 4월에 제정되어 1990년 1월에 최종 개정되었다.

그러나 이들은 모두 94년 12월에 11차로 개정된 원자력법과 일치되도록 재 개정되어야 하며 정부에서는 관련 개정작업을 수행 중에 있다.

원자력 품질보증에 대한 법령상 규정은 품질보증계획서의 제출의무와 품질보증검사로 대별되며 다음의 각 사업자에게 적용된다.

(1) 발전용원자로 설치자

(2) 발전용원자로 운영자

(3) 연구용원자로 건설·운영자(원자력선 설치·운영자 포함)

(4) 원자로 및 관계시설과 주요부품 생산업자(성능검증업자 포함)

(5) 핵연료주기 사업자

(6) 방사성물질 폐기업자

이들 중 발전용원자로 설치자, 발전용원자로 운영자, 연구용원자로 건설 운영자 및 핵연료주기 사업자는 원자력관계 사업자로 통칭되며 이들에 적용되는 관계법령 중 시행령, 시행규칙 및 고시는 발전용원자로 설치자의 것을 준용하고 있다.

이들 각 사업자별 관계법령 적용분류 현황은 표

표 1. 사업자별 품질보증 관련법령 적용 분류표

분 류		법	시 행 령**	시 행 규 칙**	파기처고시	
원 자 력 관 계 사 업 자	발전용 원자로 설치자	제11조 2항	제26조		제90-3호	
	발전용 원자로 운영자	제21조 2항	제43조	제10조		
	연구용 원자로 건설·운영자 (원자력선 설치·운영자 포함)	제33조 2항	제49조	제25조		
	핵주기 사업자	핵연료 가공 사업자	제43조 3항	제139조		
		사용후 핵연료처리 사업자	제43조 3항	제154조		제33조
	방사성 물질 폐기업자	제76조 2항	제225조	제59조		제67조
	원자로 및 관계시설 생산업자 (성능검증업자 포함)	제37조 2항 제38조 2항	제114조			제35조, 제38조
				-	제92-17호	
					제88-17호	

\*\* 개정 작업중임

1과 같다.

본문에서는 원전시공에 적용되는 발전용원자로 설치자(원자력관계 사업자), 원자로 및 관계시설과 주요부품 생산업자에 대한 사항을 상술하고 국내법규에 나타나지 않은 원자력관련 재료 생산업자에 대한 사항을 기술한다.

#### 1) 발전용원자로 설치자

발전용원자로 설치자는 설계 및 건설에 관한 품질보증계획서를 18개 항목에 의거하여 품질보증업무개시 2개월 전까지(시행령 제26조) 과학기술처 장관에게 제출하여야 하며(법 제11조 2항), 과학기술처 장관은 발전용원자로 설치자가 품질보증계획서의 규정을 위반할 때 그 시정 또는 보안을 명할 수 있다(법 제16조 2항).

#### 2) 원자로 및 관계시설 또는 주요부품 생산자

성능검증업자까지 포함되는 원자로 및 관계시설 또는 주요부품 생산자는 과학기술처장관의 정하는 기준에 적합하도록(법 제38조 2항) 품질보증계획서를 제출하여야 하며(법 제16조 2항), 과학기술처 장관은 품질보증계획서에 따라 생산하는지 여부를 검사할 수 있으며(법 제39조 1항) 검사결과 허가기준에 미달되거나 위법한 사실이 있을 때에는 그 시정 또는 보안을 명할 수 있다(법 제39조 2항).

#### 3) 원자력 관련 재료 생산업자

현재 국내 원자력법규에는 원자력관련 재료생산업체에 대한 품질보증요건을 규정한 조항이 없으며 금번 94년 12월의 원자력법 개정에서도 이 조항이 누락되었다. 한편 그간 ASME관련 재료구입시 여러가지 어려운 점이 있었으며 일부재료는 수입이 불가피한 실정이고 재료생산업자로서는 부득이 외국의 인증을 득하여야 했다. 이러한 실정을 고려하여 불 때 국내 소재업체의 품질향상을 유도함은 물론 원자력의 해외수출 측면에서도 이들 관련 규정과 적용방법이 수립되어야 한다.

### 3.2 과기처고시(고시 제90-3호 및 고시 제88-17호)

과기처고시 제90-3호('90. 4. 6)인 원자로 및 관계시설의 품질보증기준은 원자력법 시행령 제26조 3항의 규정에 의한 품질보증기준에 관한 세부

사항을 정하고 있으며 원자력법 제11조 2항, 제21조 2항, 제33조 2항, 제43조 3항의 규정에 의거 발전용원자로 설치자, 발전용원자로 운영자, 연구용원자로 건설·운영자 및 핵연료주기 사업자(이상 원자력관계 사업자)가 작성, 제출하는 품질보증계획에 대하여 적용된다.

과기처고시 제88-17호('88. 12. 15)인 생산업허가와 관련한 기술능력 및 품질보증계획에 대한 기준은 원자력법 제38조 2호의 규정에 의한 품질보증기준에 관한 세부사항을 정하고 있으며 성능검증업자까지 포함한 원자로 및 관계시설 또는 주요부품생산자가 작성, 제출하는 품질보증계획에 대하여 적용된다.

이들의 세부내용은 18개의 기준으로 구성되며 이를 시행령의 세부기준 항목과 비교하여 보면 표 2와 같다.

#### 3.3 품질보증지침

품질보증지침(KINS-G-002, 003)은 과기처고시 제90-3호 제4조 (1)항에 의거 한국원자력안전기술원장이 품질보증에 관한 세부요건으로 원자력관계 사업자에게 제시한 것으로 원자력관계 사업자는 이를 당해 업무에 반영토록 노력하여야 한다.

원자력시설의 품질보증계획 일반지침(KINS-G-002)은 품질보증기준(과기처고시 제90-3호)의 18개 기준에 대한 세부사항을 규정한 것으로서 총칙, 일반지침, 별표로 구분되고 장-절-관-조-(항)-호로 구성되며 원자력관계 사업자의 품질보증계획 수립 및 이행을 돕는데 그 목적이 있고, 원자력시설의 품질보증요건에 관한 지침(KINS-G-003)은 품질보증기준의 세부기준으로서 총칙과 9개 분야로 구분되고 장-조-(항)-호로 구성되며 원자로시설인 구조물, 계통 및 기기의 제작, 건설, 개조, 보수, 유지, 시험 등의 업무에 대한 계획과 수행을 돕는데 그 목적이 있으며 그 세부내용은 표 3과 같다.

#### 3.4 품질보증계획서·절차서

우리나라 원전 건설의 유일한 사업자인 한국전력공사의 품질보증활동은 원자력법령과 품질보증기준(과기처고시 제90-3호) 및 한국전력공사 원자

표 2. 품질보증 세부기준 항목 비교

	원자력법 시행령	과기처고시 제90-9호 (원자력관계 사업장)	과기처고시 제88-17호 (원자로 및 관계시설 생산업자)
1	품질보증의 관리를 위한 조직	조 직	←
2	품질보증계획 개요	품질보증계획	←
3	설계관리	←	←
4	구매문서관리	←	구매서류관리
5	지시서·제작문서 및 도면	지시서, 절차서 및 도면	←
6	문서관리	서류관리	←
7	구매자재·기기 및 용역의 관리	구입자재, 기기 및 용역의 관리	구매자재 장비 및 용역의 관리
8	재료·부품 및 기기의 식별과 관리	자재, 부품 및 기기의 식별과 관리	자재 및 부품의 식별 및 관리
9	특수공정의 관리	특수작업의 관리	생산공정관리
10	감 사	←	←
11	시험관리	←	←
12	측정 및 시험기기의 관리	측정 및 시험장비의 관리	시험기기의 관리
13	취급·보관 및 출하	취급, 저장 및 운송	취급·저장 및 출하
14	점검·시험 및 운전상태의 확인	검사, 시험 및 운전상태	검사 및 시험여부의 확인
15	부적합한 재료·부품 및 기기의 검출	부적격 자재, 부품 및 기기	부적합 자재부품, 기기
16	시정조치	←	←
17	품질보증기록	←	←
18	감 사	←	←

표 3. KINS-G-003의 세부내용

	요 건 명	적용분야
제1장	총 칙	일 반
제2장	유체계통 및 관련기기의 세정요건	기계·배관
제3장	품목의 포장, 운송, 인수, 저장 및 취급요건	자재 관리
제4장	원자로시설의 설비 관리요건	설비 관리
제5장	계측 및 전기기기의 설치, 검사 및 시험요건	계측·전기
제6장	구조콘크리트, 구조강, 토질 및 기초의 설치, 검사 및 시험요건	토 목
제7장	기계기기 및 계통의 설치, 검사 및 시험요건	기계·배관
제8장	원자로시설 설비의 인양, 리깅 및 이송요건	일 반
제9장	측정 및 시험기기의 검교정 및 관리요건	일 반
제10장	원자로 시설부지 지질조사요건	토목·지질

력품질보증규정(사규-27700)을 근간으로 각 호기별로 건설과 운영편으로 나누어 품질보증계획서를 작성하여 규제당국에 제출한 후 그에 따라 수행된다. 또한 사업소 실정에 맞추어 품질보증업무를 비교적 상세히 파악 운영하기 위해 단위 원자력본부에서는 현장품질보증계획·절차서를 작성·운영하고 있다.

품질에 관계되는 모든 작업은 지시서, 절차서 및 도면에 의해 수행계획을 세우고 계획된 요건대로 자격있는 요원에 의해서 각자 책임 범위 내에서 수행하며 수행된 작업은 수립된 품질보증계획

서의 요건에 따라 만족스럽게 수행되었는지를 독립된 부서의 자격있는 요원에 의해 입회·검사·감사 등이 이루어진다. 따라서, 원자로시설의 설계, 제작, 설치, 건설 등의 업무에 종사하는 각 개인은 품질보증활동에 대한 직접적인 책임이 있으며, 품질부서 직원이 품질보증활동을 수행한다고 해서 그것으로 품질보증요건을 충족시키기 위한 실제 업무를 수행하는 각 개인의 책임을 면하게 되는 것은 아니다.

#### 4. 결 언

앞에서 살펴본 바와 같이 우리나라 원전의 건설 품질보증활동은 원자력법령으로부터 품질보증계획서·절차서에 이르기까지 엄격한 규제체계 아래에서 계획, 수행되고 감시되기 때문에 일반 건설공사시 야기될 수도 있는 문제점들이 사전에 방지 가능하다고 할 수 있다.

그러나 품질보증활동은 결코 강요될 수 없으며 품질보증요원의 노력만으로는 성취될 수 없기 때문에 관계자 전원에 의해서만 확보될 수 있다는 점을 강조하고자 한다.

## 참 고 문 헌

1. 법제처, “대한민국헌법령집”
2. 과학기술처 고시 제90-3호, “원자로 및 관계시설 품질보증기준”
3. 과학기술처 고시 제83-2호, “생산업허가와 관련한 기술적 능력 및 품질보증 계획에 대한 기준”
4. KINS-G-002, “원자로시설의 품질보증계획 일반 지침”
5. KINS-G-003, “원자로시설의 품질보증요건에 관한 지침”
6. KAERI /NSC-258 /87, “원자로시설의 품질보증 계획 일반지침”, 한국에너지연구소 원자력 안전 센터
7. 한국전력공사 월성원자력 발전소, “원자력 품질 관리 일반”
8. 한국에너지연구소, 한국에너지연구소 휘보 Vol. 9, No. 1, 1989.
9. 한국전력공사, “품질보증용어집”, 1993. 11.
10. 10 CFR 50 Appedix B, “Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plant and Fuel Reprocessing Plants”