

원자력 기계기기 기술기준 개발방향

구 정 회

Code and Standard Development for Nuclear Components in Nuclear Power Plant

Jung-Hoi Koo



- 구정회(한국전력기술(주) 기술기준표준화사업부)
- 1954년생.
- 원전기기의 기기검증에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

우리나라는 전력생산에 필요한 부존자원의 절대적 부족과 산업, 경제개발 계획의 성공에 따른 폭발적인 전력 수요에 적극적으로 대응코자 장기 전원개발계획에 의거 1971년 고리 원전 1호기를 일괄수주(TURN-KEY) 방식으로 건설을 착수한 이래 최근의 울진 3,4호기까지 지속적으로 원자력 발전소 건설을 추진해오고 있다.

현재 건설, 운전 중에 있는 원자력발전소의 수는 총 16기에 달하고, 이를 원자로 형으로 분류하면 미국, 프랑스가 공급한 가압경수로(PWR)형이 12기, 캐나다에서 공급한 가압중수로(PHWR)형이 4기로서 가압경수로 형이 국내 원전의 대종을 이루고 있다. 이같은 활발한 원전건설의 추진에 힘입어 국내의 원전 관련 산업도 여러 부분에서 괄목할 만한 성장을 거듭하여 이제는 하드웨어적인 측면에서 원자료를 비롯한 주요 핵심기기까지도 국산화가 가능하게 되어 국내 수요의

충당뿐만 아니라 해외로의 수출까지도 겨냥할 수 있는 수준까지 도달해 있다. 그러나 이러한 눈부신 외양적인 성장에도 불구하고 원전기기 설계, 제작의 소프트웨어라 할 수 있는 기술기준의 개발은 상대적인 관심 부족으로 등한시되어온 결과, 국내의 원전시장은 미국, 프랑스, 캐나다 등 원자로 판매국의 기술기준 시험 무대가 되었고, 판매국마다의 다양한 기술기준의 적용은 가뜰이나 뿌리가 깊지 못한 국내의 원전 관련 산업체에 혼란을 야기시켜 온 것을 부인 못할 현실이다. 이 같은 폐해를 절감, 근본적인 치유가 필요하다고 느낀 원전관련 산업체는 한국형 표준 원전 모델의 개발과 함께 한국형 원전 기술기준의 개발을 서둘러 추진하여 1차로 1988년에 원전산업 기술 기준 1단계조사를 수행, 미국, 프랑스, 캐나다 및 이웃 일본의 기술기준 적용 현황을 파악·보고하여 현재 수행 중인 2단계 후속 작업의 이론적 기초를 마련하게 되었다.⁽¹⁾

이글에서는 이러한 배경에 기초해서 현재 진행중인 원전산업 기술기준제정 2단계 사업

중에서 원자력 기계기기 기술기준과 관련하여 관련법규와의 관계, 종류, 구성체계 등을 간략히 설명하고 일부 기술적인 내용을 포함, 주로 제도와 절차를 규정한 "일반요건 (KPC-MNA)"에서는 미국의 경우와 비교하여 우리의 현황과 문제점을 상세히 검토하여 국내 현실에 적합한 개선책을 제시하고자 한다.

2. 원자력 기계기기와 적용 기술기준

가압경수로형 원자력발전소는 핵 물질의 분열을 통해 발생하는 열 에너지를 이용, 고온·고압의 증기를 터빈에 보내 발전기를 회전시켜 전기를 생산하는 장치로서 원자로 계통 구역과 터빈·발전기 계통구역의 두 부분으로 크게 구분된다.

원자력 기계기기는 전자에 해당하는 원자로 계통구역내에 설치되는 기기들로서 미국 기계학회(ASME : American Society of Mechanical Engineers)가 제정한 ASME Code Sec. III Div. 1의 요구 사항에 따라 설계, 제작, 설치되며 핵 연료에서 열에너지의 생산에 관계되는 계통과 이 계통을 둘러싸는 격납공동내에서 압력을 받는 압력용기, 펌프, 밸브, 저장탱크, 배관, 기기 지지물, 금속제 격납용기 및 노심지지구조물 등으로 원전의 안전에 중요한 금속제 기기들이다.

이들 원자력 기계기기는 그 특성상 방사능을 띤 핵 분열물질을 취급하고 있어 각종 사고시 대중의 안전과 밀접한 관계를 가지기 때문에 국가마다 원전의 건설 인허가 신청시 적용하고자 하는 기술기준을 명시하도록 해당국의 관련법에서 요구하고 있다. 미국의 경우 에너지에 관한 연방법(CFR : Code of Federal Regulation) 10 CFR 50, 55 a에서 원자력 기계기기의 적용 기술기준으로서 ASME Code Sec. III Div. 1을 인정(endorsement)하고 있고, 국내의 경우에도 과학기술처 고시 제 83-5호에서 ASME Code Sec. III Div. 1을 원자력 기계기기의 적용 기

술기준으로서 인정하고 있다.⁽²⁾

그 밖에 원자력 기계기기 기술기준에는 기기의 재료, 용접, 비파괴 검사 등과 관련, 특정의 기술기준을 적용하도록 내부에서 인용하고 있는데, 이는 고온, 고압의 운전하에서 기기에 요구되는 구조적 건전성을 확보하는데 필요한 기술기준으로서 대표적인 예로는 ASME Sec. II (Material Specifications), ASME Sec. V (Nondestructive Examination), ASME Sec. X (Welding & Brazing Qualification) 등이 있다.

법에서 인정하고 있는 이들 적용기술기준과 적용기술기준 내에서 인용되고 있는 기술기준은 공히 관련법과 동일한 효력과 구속력을 가지므로 관련 주체는 해당 요구사항을 반드시 이행할 책임을 갖는다.

3. 원자력법과의 관계

원자력시설물과 관계되는 원자력법은 1958년 제정된 이래 그동안 수차례 걸친 개편과 보완을 거쳐 "원자로의 건설 및 운영, 관리 등에 관한 규정"을 비롯한 모든 원자력 관련 규정을 1986년 통폐합하여 현재 사용하고 있다.

그 가운데 원자력발전소의 건설과 가장 관계가 깊은 것은 제 4 장 "원자로 및 관계시설의 건설 운영"에 관한 법령이고 그 하부 규정인 원자력법 시행령 제 3 장 "원자로의 관리 운영"은 원자로 및 관계시설의 위치, 구조, 건설, 운영 및 생산에 관한 규정을 두고 있다.⁽³⁾

이와 함께 이들 법규의 관련 조항에 근거한 과기처고시 제83-5호는 원자로 시설의 위치, 구조 및 설비에 대해 적용해야 할 기술기준을 구체적으로 명시하고 있으며, 특히 시행령 제69조에 근거 원자로 시설의 주요부품에 대한 내압시험 압력에 관한 기준으로 미국의 ASME Sec. III Div. 1을 적용하도록 별도로 명시하고 있다.

그러나 동고시의 2항 "원자로 시설의 공급

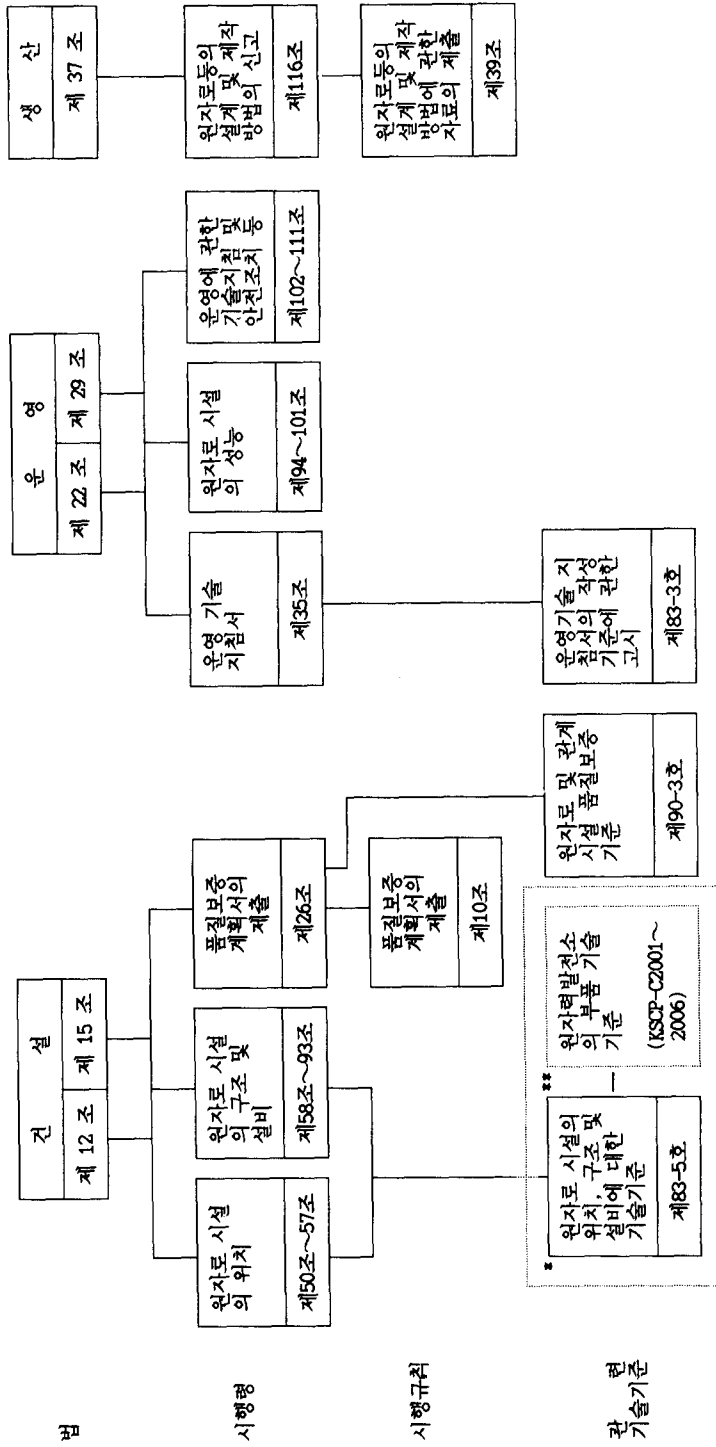


그림 1 원자력법상의 발전로 관련 기술기준체계

*위치는 10 CFR 100, Reg. Guide 및 IAEA 50-SG, 구조 및 설비는 ANSI N18.2, ASME

III Div. I 10 CFR 50을 준용하고 있음.

**공진청 주관으로 파기처 고시(83-5호) 이전에 제정(ASME Sec. III Div. 1을 번역한 것

임) 하였으나 적용한 실적이 없음.

국이 자국의 기술기준을 보유하고 있는 경우 그 기술기준의 적용으로 안전성과 성능이 결여되지 아니함이 입증될 때에는 과기처장관의 승인을 얻어 외국의 기술기준을 그대로 적용할 수 있다.⁽²⁾”라는 규정에 의거 그동안 원전공급국의 기술기준을 아무 여과없이 사용해도 되는 법적 근거를 제공하게 되었다.

이러한 가운데에서도 원자력 기계기기의 기술기준 제정에 대한 필요성을 느껴 1977년부터 1980년까지 한국원자력학회가 공업진흥청으로부터 용역을 수주받아 ASME Sec. III Div. 1의 1977년도 판을 번역하여 원자력발전소의 부품 기술기준으로 KS화를 시도하여 동 기기의 기술기준의 효시를 이루는 듯 하였으나 결실을 보지 못하였다.

그림 1은 지금까지의 우리나라 원자력 법체제와 기술기준을 발전로에 연계시켜 관계된 사항을 표시한 것이다.

4. 기술 기준의 개발

4.1 개발 기술기준

전술했듯이 국내의 원전 건설에 적용되었

던 기술기준은 원자로 공급국의 기술기준을 그대로 사용해온 관계로 국내 원전시장은 원전선진국의 기술기준 시험 무대로 이용되어 온 감이 없지 않다.

실례로 프랑스는 자국이 개발한 RCC-M Code를 올진 1 & 2호기에 최초로 시험 적용하여 많은 기술적 개선을 기술기준상에서 도모하였고 캐나다 역시 미국의 ASME Sec. III를 모태로 만든 CSA Code를 국내의 월성 원전 프로젝트에 꾸준히 적용하여 훌륭한 형태의 기술기준이 되었다고 판단된다.

미국을 제외한 이들 원전 선진국의 기술기준 개발과정에서 보이는 하나의 흥미로운 점은 공히 미국의 ASME Sec. III Div. 1을 근간으로 자국의 기술기준을 개발한 후 개발된 기술기준을 적용을 통해 꾸준히 개선, 보완하는데에 게을리 하지 않았다는 점이다.

마찬가지 논리로 국내의 원자력 기계기기 기술기준 개발도 이들 원전선진국의 개발 경험을 거울삼아 미국의 ASME Sec. III Div. 1을 주 참조 기준으로 선정하였으며 그 구성과 내용은 표 1과 같다.

표 1 개발 기술기준 목록

기술기준		제 목	참 조 기 준	비 고
분 야	분류기호			
원자력기계기기	MNA	일반요건	ASME Sec. III Div. 1 NCA	Level II
	MNB	1종 기기	ASME Sec. III Div. 1 NB	Level I
	MNC	2종 기기	ASME Sec. III Div. 1 NC	Level I
	MND	3종 기기	ASME Sec. III Div. 1 ND	Level I
	MNE	금속격납용기	ASME Sec. III Div. 1 NE	Level I
	MNF	기지지물	ASME Sec. III Div. 1 NF	Level I
	MNG	노심지지구조물	ASME Sec. III Div. 1 NG	Level I
	MN부록	부록	ASME Sec. III APPENDIX	Level I

* RCC-M : Règles de Conception et de Construction des Matériels Mécaniques des Îlots Nucléaires PWR

CSA : Canadian Standard Association

4.2 개발방법

(1) Level I

Level I은 표 1에 나타난 ASME Sec. III Subsec NB~NG의 요건에 따라 설계, 제작, 설치되어야 하는 기기의 기술적 사항에 대해 번역의 형태를 넘어선 번안의 형태로 우리화하는 것이다. 국내에서는 최초로 영광 원전 3,4호기를 국내 주도하의 건설방식으로 계약을 체결하여 건설하고 있으나 아직도 적용되는 Code의 내용을 완전 소화하였다고는 보기 어려운 바, 이 Code의 반복적용으로 우리의 기술력으로 결론을 내릴 수 있을 경지에 도달하기까지 언어 또는 문장상의 난해를 해결하기 위하여 아래의 예와 같이 영문 자체를 직역하는 것이 아니고 내용을 이해하기 쉽게 의역 하는 것이 Level I 형태의 제정방법이다.

-원본

NB-2222. 2 Orientation and Location of Coupons.

Coupons shall be taken so that specimens shall have their longitudinal axes at least $1/4t$ from a rolled surface and with the specimen at least t from any heat treated edge, where t is the nominal thickness of the material.

-번안

MNB 2222.2 쿠폰의 방향과 위치

쿠폰은 그림 2와 같이 시편의 길이방향 축이 압연 표면에서 $1/4t$ 이상, 시편의 축방향 중간부가 열처리 선단에서 t 이상 떨어진 위치에 있도록 쿠폰을 채취해야 한다. (t 는 판재 두께)

(2) Level II

주 참조 기술기준인 ASME Sec. III NCA는 기술기준의 적용 및 유지, 각종 자격 인증에 관한 사항, 규제요건들과의 상호연관성에 대한 전반적인 사항을 규정하고 있는 것으로 그동안 ASME Sec. III를 준용토록 명시한 과거처 고시에 의거 국내 원전 건설에

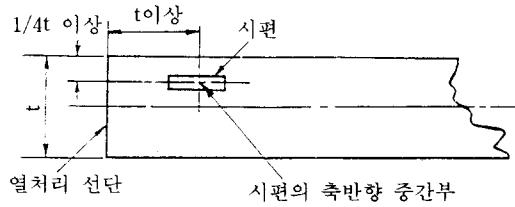


그림 2 시편채취의 예시

NCA를 그대로 적용하였다. 그 결과 기술적인 사항을 제외한 일부 제도적인 사항이 국내실정과 부합되지 않아 상당한 혼선이 야기되었고 이에 따라 시간적, 경제적 손실이 있었음은 주지의 사실이다.

따라서 Level II의 방향은 Level I과는 달리 주참조기준의 방법을 참고로 우리의 법체계와 제도, 절차에 맞도록 한 것으로서 Level I이 기술적 사항에 관련된 사항이라면 이것은 주로 행정사항이라고 할 수 있다. 이하는 미국과 국내 실정과의 차이점을 비교 분석하고 우리의 방향을 설명한 것이다.

1) 기술기준 관련기관 및 산업체의 역할

미국의 경우 ASME Sec. III를 중심으로 볼 때 동 코드를 개발, 유지하는 미국기계학회, 규제업무를 담당하는 미국원자력규제위원회(NRC), 전력회사, 기기제작자, 시공자 및 공인검사기관 등이 있다.

ASME는 Sec. III기기에 관한 역무를 수행하고자 하는 기기제작자, 시공자, 재료제작자 및 공급자의 코드 업무수행 능력을 사전 심사하여 자격인증서를 발급하는 역할을 수행하며, NRC는 원전사업에 대한 정부당국의 규제기관으로서 원전의 인허가시에 산업체 및 발전사업자가 ASME의 요구사항을 따르도록 관련 규제조항을 제정한다.

이밖에 공인검사기관은 ASME Sec. III를 코드로서 채택한 주 또는 시정부에 설치되는 보일러 및 압력용기의 제작에서 운전이 이르는 제반사항을 검사하는 역할을 담당한다.

국내의 경우 미국의 ASME와 같이 원자력 기계기기 기술기준의 개발, 유지를 담당

하는 민간주도의 자발적인 단체가 없어 기술 기준의 개발, 유지가 이루어지지 못했다. 원자력 기계기기는 일반 수요자를 대상으로 하는 공산품과는 달리 사고시의 대중안전을 확보해야 하는 절대 명제를 충족시켜야 하기 때문에 기술기준의 개발에 있어 고도의 전문성을 갖춘 집단만이 해결할 수 있는 바, 일반 공산품을 대상으로 하는 한국공업규격을 개발하고 있는 한국공업표준협회(KSA)와는 다른, 원전에 관련한 학회, 발전사업자, 제작자 등의 전문인사들로 구성된 별도의 전문 기구의 발족이 시급하다.

2) 자격인증 및 스탬핑 제도

미국의 경우 ASME Sec. III 관련기기에 대한 업무수행을 위해서는 ASME로부터 자격인증을 취득해야 하며 ASME 코드에서 규정하고 있는 자격인증서의 종류는 크게 다음의 5가지로 분류된다.

- 발전사업자
- 기기 제작자(N-Certificate Holder)
- 부품 제작자(NPT Certificate Holder)
- 시공자(NA Certificate Holder)
- 재료제작자 및 공급자(QSC Holder)

이중 발전사업자와 재료제작자 및 공급자에게는 인증서만 발급하고 나머지 업체에는 인증서와 함께 원자력 기계기기에 각인하는 스탬프를 발급하며 스탬프 수는 총 50가지에 달한다.⁽⁴⁾

그러나 이들 자격 인증서의 취득과 코드스탬핑의 허용은 ASME 코드를 사용하는 업체의 품질보증에 입각한 코드 업무 수행능력을 인정하는 것으로 기술능력을 인정하는 것은 아니다.

국내의 경우 그 동안 원전건설에서 ASME 코드를 준용함에 따라 인증서 및 스탬핑 요건을 그대로 준수하여 왔고 또한 ASME의 인증서 보유자체가 해당업체의 기술적 우월을 외부에 보여주는 하나의 척도가 되었으나 이 제도는 수많은 단종제작업체, 전문업체 및 발전사업자를 거느리는 미국의 특수성에

서 비롯된 것임을 감안할 때, 단 하나의 발전사업자, 한정된 수의 기기 및 재료제작자가 있는 국내 현실에 바탕을 둔 보다 단순화된 제도를 운영하여 미국제도의 시행에 따른 불필요한 낭비를 제거할 수 있도록 한다.

(가) 자격인증제도

○ 발전사업자의 자격인증

ASME가 발전사업자에게 자격인증서를 발급하는 이 제도는 자격심사 대신에 발전사업자가 ASME 코드상의 책임사항을 이해하고 있는지를 확인하고 발전사업자가 그 요건을 준수할 것임을 약정함으로써 발급하게 되는데, 국내의 경우 발전사업자는 오직 한국 전력공사뿐이므로 이러한 상징적인 의미를 갖는 제도는 배제하였다.

○ 제작자

ASME는 기기 제작자(N), 부품제작자(NPT), 시공자(NA) 등으로 세분화하고 있으나 우리나라의 경우, 산업자체가 미국과 같이 세분화, 복잡화되어 있지 않으므로 이 세 가지 자격을 통합하여 제작자로 단순화시켰다.

○ 설치자

우리나라의 경우, 건설업체가 발전소 건설 현장의 기계, 전기설비의 설치공사를 함께 하는 것이 관행이고, 이 기술기준의 범위가 기계 기기의 설치에 관한 품질보증 요건을 수행할 능력을 점검하는 것이므로 미국의 방법을 그대로 채택하였다.

○ 재료공급자

미국은 재료공급자와 재료제작자로 구분하고 있으나 우리의 경우 원전 기기에 사용되는 재료의 제작자가 공급업무도 함께 맡고 있으므로 이를 재료공급자로 단순화시켰다.

(나) 스탬핑 제도

ASME로부터 자격 인증서와 함께 스탬프를 부여받아 제작, 설치된 기기에 대해 스탬프로 각인하는 행위는 해당 코드요건을 준수했음을 의미하는 것으로 대량 생산되는 단순 공산품의 경우 품질의 규격화를 나타내는 관

점에서 이러한 제도는 큰 의미를 지니나, 원전에 사용되는 대형보일러 또는 압력용기와 같이 엄격한 품질보증 요건에 따라 개별적으로 설계, 제작되는 품목의 경우 실제적인 의미를 갖지 못해 미국 이외의 국가는 거의 채택하지 않고 있다. 국내의 경우에도 영광 3, 4호기부터 스템핑은 필수적인 요건이 되지 않고 있으며, 단지 기기의 명판상에 기기의 등급을 제작자가 자신의 책임하에 표식을 하는 것으로 충분하므로 ASME와 같은 스템핑제도를 채택하지 않는다.

표 2는 상기 내용을 기본으로 ASME Sec. III NCA와 KPC-MNA에서의 차이점을 비교한 것이다.

3) 등록기술사 제도

ASME에서는 ASME Sec. III 기기의 설계 사항에 대해 각 주(state)에 등록된 등록기술사(Registered Professional Engineer)중 ANSI/ASME N626. 3-1988에 의해 자격인증을 받은 기술사들이 그 내용을 검토, 서명토록 함으로써 코드준수 여부를 증명토록 하고 있다.⁽⁵⁾ 미국의 등록기술사는 일정 기간마다 자격갱신을 하고 해당 코드에 관한 지식을 습득하기 위해 교육, 세미나 혹은 각종

기술회의에 참석하고 특히 원전 품목의 설계, 제작에 관한 코드요건의 응용에 대한 경험을 인정받아야 한다. 국내의 경우 1973년 이후 국가 기술자격법에 따라 한국 산업인력관리공단에서 연 2회 시험을 통해 배출하는 국내 기술사는 한번 자격을 취득하고 나면 그 이후 어떠한 일을 해도 보수교육만 받으면 자격은 유지되기 때문에 실무에서의 경험을 중시하는 ASME 코드의 자격인증과는 그 취지에 있어 약간의 거리가 있으므로 이 같은 단점을 보완할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 원자력 기계에 관련한 기술사 자격은 현행 국가기술 자격법에 의한 기술사 자격을 자격기준으로 인정하고, 기술사 개개인은 자신의 자격인증 기록 카드를 보유하여 자신을 고용한 업체에 이 기록카드를 제출, 자신의 업무 기록을 유지, 관리토록 하는 방법이 추천된다 하겠다.

4) 용접사 제도

ASME에서는 Sec. III 품목을 제작, 설치할 때 필요한 용접사에 대해 일체의 자격제도를 채택하고 있지 않고 단지 Sec. IX와 Sec. III의 Article 4000에서 용접사의 자격 인정에 관한 요건을 규정하여 용접을 수행하

표 2 자격인증 및 스템핑제도 관련 차이점 비교 분석

항 목	NCA	MNA	비 고
자격인증서 종 류	· 발전사업자	해당없음.	국내의 경우 발전사업자는 한전에 국한되므로 별도의 자격인정이 필요 없음.
	· 기기제작자(N)	제작자	제작자는 부품제작의 역할도 함께 수행
	· 부품제작자(NPT)		
	· 시공자(NA)	설치자	
	· 재료제작자(QSC)	재료공급자	재료공급자는 재료제작의 역할도 수행
	· 재료공급자(QSC)		
스 템 핑	기기별, 등급별로 ASME 심벌과 함께 스템핑	스스템핑을 별도로 적용하지 않음.	국내의 경우 YGN 3 & 4호기부터 스템핑은 필수적인 요건이 아님.

는 업체가 이들 용접사의 자격을 심사하고 관리하도록 하고 있다. 국내의 경우에는 국가기술자격법에서 용접기술사, 용접기사 1급 및 2급, 기능장, 용접기능사 1급 등의 자격을 규정, 시험을 거쳐 자격을 부여하고 있으나 이들 용접기술자격은 산업일반분야에서의 용접기술을 기준으로 하기 때문에 한단계 높은 기술을 요구하는 원자력 관련 용접기술에 적용되는 경우 반드시 추가적인 자격 인정이 필요하게 되므로 현단계에서는 기존의 산업계 관행을 그대로 인정하여 제작자 또는 설치자가 ASME Sec. IX에 따른 용접사 자격 인정을 하도록 계획하고 있다.

5. 맺음말⁽⁶⁾

원자력발전소에 관한 사회전반의 관심고조와 함께 기술기준의 개발에 대한 필요성도 폭넓게 인식된 결과 현재 발전사업자의 주도에 정부 관련기관, 원전산업체, 학계 등이 공동으로 참여하여 "원전산업 기술기준 개발사업(2단계)이 수행되고 있다. 물론 기술기준의 개발은 매우 중요한 과제임이 틀림없겠지만 개발된 기술기준을 어떻게 효율적으로 운영, 발전시켜 나가느냐가 더욱 중요한 과제인 바, 앞서의 검토에서 수차 강조되었듯

이 미국을 비롯한 선진 원전국의 경우처럼 기술기준을 지속적으로 개발, 유지 및 보완하고 각종의 자격 인증에 관한 업무를 수행할 전담기관을 정부, 발전사업자, 산업계, 학계 등의 적극적이고 자발적인 참여하에 하루 빨리 발족시켜야만 산적한 현안문제를 해결하고 기술기준의 개정보완과 같은 계속성 업무를 체계적이고도 일관되게 수행할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

- (1) 한국전력기술(주), 1988, "원자력발전소 산업기술기준제정 기초 조사 용역 보고서," 종합 요약보고서 pp.32~68.
- (2) 한국원자력안전기술원 "원자력 관계 고시집," pp.39~42.
- (3) 한국원자력연구소 원자력연구원 "원자력 법령집," pp. 15~22, pp. 83~86, p. 95.
- (4) ASME Sec. III NCA, 1992, ed., pp. 60~61.
- (5) ANSI/ASME N626. 3, 1988.
- (6) 김남하, 1992, "원전산업 기술기준의 국내외 현황과 우리나라의 개발방향(3)," 원자력산업 4월호, pp. 62~64. 