

석유화학기기 기술기준의 개발 방향

김 남 하

Code Development Prospect of Petrochemical Component

Nam-Ha Kim



- 김남하(한국전력기술(주) 원전산업 기술기준 개발(II) 사업)
- 1945년생
- 기계공학을 전공하였으며, 압력용기 설계와 기기검증, 품질보증 분야에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

한 국가의 과학기술 자립도는 그 국가가 보유하고 있는 기술기준(Code & Standard)의 질과 양에 달려 있다고 할 수 있는데 이는 과학, 기술이론을 실체화하여 관련 산업분야에 적용하는 실질적인 도구가 기술기준이기 때문이다.

과거의 기술기준의 형태를 보면 선진국에서는 관련분야 이해당사자가 자발적으로 제정한 사내기준과 단체기준이 주류를 이루고, 후진국에서는 국가주도의 산업발전 정책에 따라 국가기준의 형태로 존재하였었다.

그러나 교통과 통신수단의 비약적인 발전에 힘입어 지금은 구주 선진국이 주동이 되어 경제블럭화 즉, 유럽연합(europe union), 북미 자유무역협정(North American Free Trade Act)과 우루과이 라운드, 그린 라운드 등의 조건을 만들어 그들의 기술기준을 지역기준 또는 국제기준화를 시켜서 자국의 기술기준에 준한 상품이 적용되도록 하는 고도의 기술을 구사하고 있다.

이러한 세계의 움직임과 우리의 기술력 및 산업 여건의 발전에 힘입어 발전사업자인 한국전력공사가 우선 원자력발전소의 건설과 운전과 관련된 기술기준의 개발에 착수한 바 있다. 발전소의 주요 기기가 석유 화학 산업 관련 기기의 대부분을 차지하는 압력에 관련된 기기와 배관으로 구성된 장치 산업임을 감안할 때, 발전산업용으로 개발된 기술기준을 조금 더 보완하면 석유 화학 산업용으로 공용할 수 있을 것으로 판단된다.

이 글은 이러한 배경하에서 기술기준에 대한 전반적인 개념을 살펴보고, 미국의 보일러 및 압력용기에 대한 기술기준과 운영방법을 검토한 후, 현재 수행중인 원전산업 기술기준 개발사업의 내용을 소개하여, 그 바탕 위에서 석유 화학 산업용 기술기준 개발에 대한 방안을 제시하고자 한다.

2. 기술기준

2.1 기술기준의 체계

기술기준은 운영 주체의 필요성에 따라 강

제기준과 자주기준으로 구분할 수 있다. 강제기준이라 함은 관련법규에서 규정을 하든가 또는 별도로 인정한 규제기관의 규제 도구로 적용되는 기술기준을 말한다. 반면에 자주기준이라 함은 관계되는 기관의 공동 이익과 신뢰성 확보를 위하여 자발적으로 만들어 자신을 다스리는 기구로 적용하는 기술기준을 말한다.

이러한 형태를 개발하는 주체에 따라 기술기준을 분류하면 그림 1과 같다. 일반 산업의 경우는 대개 유럽의 기준이 먼저 개발 및 적용되어 왔으나 원자력 산업과 연관되는 기술기준은 미국에서 비롯되어 일본과 유럽 선진국이 도입하여 간 것이 특색이다. 그런 라운드, 우루과이 라운드의 붐을 타고 이러한 기술기준도 점차적으로 지역화 또는 국제화의 기준으로 변해가는 것이 오늘의 현실이다.

2.2 기술기준의 위치

기술기준은 대체적으로 안전기준과 산업기준으로 구분하는데 안전기준은 거의가 시행규칙이나 고시의 형태로 사업자를 규제하기 위한 기준으로 적용된다. 산업기준은 일본과

같이 국가 표준협회에서 제정한 산업기준에서 중요 내용을 발췌하여 고시의 형태를 취하는 국가와 미국과 같이 관련 단체에 위임을 하는 국가로 대별된다. 관련법규에서 국가가 갖는 산업규격과의 연계도를 정리하면 그림 2와 같다.

한편 기술의 발전체계에서 살펴보면 대체적으로 대학 및 연구소가 관련 실험과 실증

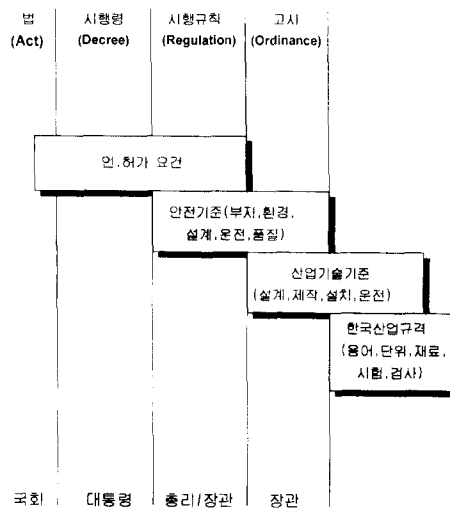


그림 2 법체계에서의 기술기준의 위치

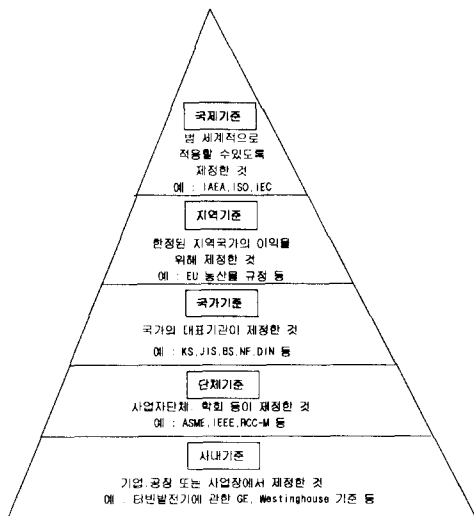


그림 1 기술기준의 체계

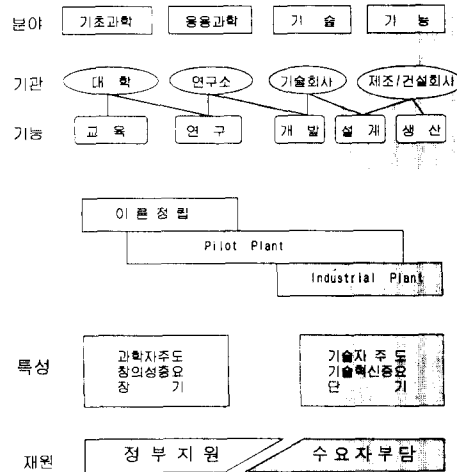


그림 3 과학·기술체계에서의 기술기준의 위치

에 의해서 기초 이론을 정립하고, 연구소, 기술회사 또는 제작사 등이 공동으로 파일럿 플랜트를 건설, 운전하면서 안전성, 신뢰성 및 경제성을 검토하는데 이 과정에서 산업 플랜트에 적용하여야 될 기술기준의 개발도 함께 이루어진다. 이 과정을 거치면서 기술과 행정에 관련되는 제반 문제점을 보완하여 산업 플랜트로 실용화되는데 기술의 실용화 도구가 산업기술기준이라 할 수 있다. 이것을 과학기술체계와 연계하여 도표화하면 그림 3과 같다.

3. 미국의 현황

3.1 미국 압력용기 기술기준의 역사

1865년 4월 27일 미시시피강에서 스팀보트 「Sultana」호의 연관 보일러 폭발사고가 발생하여 20분만에 배가 침몰하면서 남북전쟁을 마치고 귀향하던 군인 1,500명이 죽었는데 이런 유형의 재해가 1900년대초까지 매년 증가 추세에 있었다. 1905년 메사츄세트주 브록튼시의 한 구두공장에서 치명적인 연관 보일러 폭발사고로 인해 58명이 죽었고 117명이 부상했으며, 재산피해는 400,000 달러에 달했고, 1906년 메사츄세트주 Lynn 시의 구두공장에서 또 다른 폭발사고가 발생하여 많은 인명 및 재산피해를 내었다.

이 사고후 메사츄세트 주지사가 '보일러 규정 위원회'의 구성을 지시했으며, 1907년 8월 30일에 메사츄세트 주는 보일러의 설계 및 건조에 관한 규정을 승인했는데 이 코드의 분량은 단지 3쪽에 불과했다.

1911년에 ASME 회장인 Meier 대령은 「보일러 및 압력용기의 설계 및 건조에 관한 규정」을 작성하기 위한 위원회를 설치하여 4년간의 각고 끝에 1915년 2월 13일에 최초로 ASME 보일러 코드를 발간했는데 제목은 「Boiler Construction Code, 1914 edit.」이었으며, 이 코드는 ASME 보일러 및 압력용기

코드의 효시로서 나중에 Sec. I 「Power Boilers」로 개칭되었다.

압력용기에 관한 최초의 ASME 코드는 「Rules for the Construction of Unfired Pressure Vessels, Sec. VIII, 1925 edit.」란 제목으로 발간되었으며, 이 규정은 직경 15 cm, 용적 42 l, 압력 2 kgf/cm² 를 초과하는 압력용기를 범위로 하였다.

1931년 12월, 석유산업의 압력용기 코드를 개발하기 위해 API¹⁾-ASME 합동 위원회를 구성하였고, 첫번째 판은 1934년에 발간되었으며, 1951년에까지 17년동안 두개의 압력용기 코드가 존재하게 되었다. 1952년 이 두개의 코드를 「ASME Unfired Pressure Vessel Code, Sec. VIII」으로 통합하였고, 1968년 판까지 계속 유지되었다. 1968년도에는 원래의 코드를 Sec. VIII Div. 1으로, 또 하나의 새로운 코드를 Sec. VIII Div. 2 「Alternative Rules for Pressure Vessels」로 발간되어 현재까지 매 3년마다 개정되고 있다.

지금의 보일러 및 압력용기 코드는 ANSI²⁾의 승인을 얻어 ANSI/ASME 문서로 ASME에 의해 발간된다. 캐나다의 모든 주와 미국내 50개 주 중 47개 주에서 ANSI/ASME 보일러 및 압력용기 코드의 한개 이상의 Section를 법적요건으로 채택하고 있으며, 미국 이외의 국가에서도 보일러 및 압력용기를 건조함에 있어 ASME의 보일러 및 압력용기 코드를 적용하고 있다. 미국내 대부분의 배관계통은 압력배관 코드인 ASME B31에 준하여 설계, 제작 및 설치되고 있다. 계통의 형태에 따라 압력배관의 번호는 달리 적용되는 바, 예를 들어 ASME Sec. I에 사용되는 배관은 발전용 배관인 B31.1이 적용되며, Sec. VIII Div. 1과 관계되는 배관은 화학 및 석유 정제 배관인 B31.3이 적용된다.

1) API: American Petroleum Institute

2) ANSI: American National Standard Institute

3.2 ASME 보일러 및 압력용기 코-드의 구성

ASME 보일러 및 압력용기 코-드는 많은 Section, Division, Subsection 및 Part 등으로 나누어져 있으며, 이들은 Section 에 따라서 기기의 건조, 기기의 운전, 그리고 기기에 공통으로 적용되는 재료 특성과 시

방, 비파괴검사, 용접에 대한 사항으로 분류할 수 있다. 1992년 현재 보일러 및 압력용기의 코-드의 구성은 표1과 같다.

ASME 보일러 및 압력용기 코-드의 새로운 판은 3년마다 7월 1일에 발간되며 addenda는 매년 1월 1일에 발간된다. 새로운 판은 이전 판의 내용에 addenda에 의해 변경된 모든 사항을 통합, 정리하여 발간된

표 1 보일러 및 압력용기 코-드의 구성

Section	제 목
I	Power Boilers
II	Materials Part A-Ferrous Material Specifications Part B-Nonferrous Material Specifications Part C-Specification for Welding Rods, electrodes, and Filler Metals Part D-Properties
III	Nuclear Power Plant Components Subsection NCA-General Requirement for Division 1 and Division 2 Division 1 Subsection NB-Class 1 Components Subsection NC-Class 2 Components Subsection ND-Class 3 Components Subsection NE-Class MC Components Subsection NF-component Supports Subsection NG-Core Support Structures Appendices Division 2 Concrete Reactor Vessels and Containments Subsection CB-Concrete Reactor Vessels Subsection CC-Concrete Containments
IV	Heating Boiler
V	Nondestructive Examination
VI	Recommended Rules for the Care and Operation of Heating Boilers
VII	Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers
VIII	Pressure Vessels Division 1-Pressure Vessels Division 2-Alternative Rules
IX	Welding and Brazing Qualifications
X	Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels
X I	Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components

다. 편집상의 수정사항 또는 번호체계의 변화에 의한 것도 새로운 판에 포함된다. 코-드의 신판은 발간과 동시에 강제규정이 되며, addenda는 발행일로부터 유효하지만 발행한 다음 6개월이 지난후에 강제규정이 된다. Code Case는 현재의 코-드만으로 다루기 어려운 재료 및 특별 진조에 대한 규정을 담고 있다. 마지막으로 Code Interpretation이 있는데 매 6개월마다 발간되며, 이해되지 않은 코-드의 항목을 설명하기 위해 질문 및 답변의 형태로 되어있다.

3.3 압력배관 ASME B31 코-드의 구성

압력배관 코-드인 ASME B31은 미국내에서 대부분의 배관계통에 설계 규정으로 사용되고 있고, 이 코-드는 각기 다른 배관적용에 따라 여러 Section으로 나누어져 있다. 어떤 Section은 ASME 보일러 및 압력용기 코-드의 특정 Section과 연계하여 적용하는데 구성은 표 2와 같다.

ASME B31 배관 코-드 위원회는 ASME 보일러 및 압력용기 코-드와 addenda에 맞추어 새로운 판 및 addenda를 준비하고 발간한다. 그러나 발행일자 및 강제규정 일자

가 항상 일치하는 것은 아니다.

3.4 ASME, NB, AIA의 관계

ASME 보일러 및 압력용기 코-드의 적용에 있어서 특기할 사항은 미국 기계학회(ASME)와 보일러 및 압력용기 검사협회(Nation Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors: NB), 공인검사기관(Authorized Inspection Agency: AIA)의 역할과 그들의 상호관계이다.

이들 3개 기관은 보일러 및 압력용기 폭발 사고 예방이라는 공동 목표를 갖고 있으며 각 조직의 기능은 미국의 보일러 및 압력용기에 대한 안정성 확보의 주축이라고 할 수 있다.

뉴욕에 본회를 두고 있는 ASME는 1880년 설립되었고 코-드의 제, 개정 및 해석과 코-드에 준하여 제품을 공급하고자 하는 조직체의 자격인증에 관계한다. NB는 오하이오주 컬럼버스시에 주재하며 1900년대 초기에 각주마다 달랐던 당시의 미국의 보일러 관련 법규 및 검사규정을 정리, 통합하여 일관성을 유지함으로써 보일러의 안전성 향상을 도모하기 위한 취지에서 1919년에 설립되

표 2 보일러 및 압력용기와 관련한 배관 코-드의 구성

압력배관 코-드	제 목	관련 보일러 및 압력용기 코-드
ASME B31.1	Power Piping	ASME Sec. I
ASME B31.2	Fuel Gas Piping	ASME Sec. VIII
ASME B31.3	Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping	ASME Sec. VIII
ASME B31.4	Liquid Petroleum Transportation Piping Systems	ASME Sec. VIII
ASME B31.5	Refreigeration Piping	ASME Sec. VIII
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems	ASME Sec. VIII
ASME B31.9	Building Services Piping	
ASME B31.11	Slurry Pipelines	

었다. 현재 NB는 ASME 코-드를 안전법규의 기본으로 채택한 미국과 캐나다의 주와 인구 100만 이상인 도시의 보일러 및 압력용기의 검사업무를 관장하는 주임검사원(Chief Inspector)으로 구성된 대표기관으로 관련법규의 일관성 유지, 공인검사자의 교육, 시험, 자격인정 등을 주요 업무로 하고 있다. NB의 구성원인 주임검사원은 주와시 등의 지방자치 단체장도 함부로 직위를 해제할 수 없는 독립성을 보장받고 있기 때문에 어떠한 외부의 압력에도 관계없이 공정한 검사활동을 수행하고 검사원을 지휘, 감독하게 된다.

AIA는 주정부나 도시의 검사조직 또는 보험업을 겸한 민간 전문검사회사로 NB의 승인을 받은 기관을 말하며 ASME 자격인정 업체와 계약을 체결하여 그 업체가 ASME 코-드 요건에 준하여 제반 업무를 수행하고 있는지를 검사하는 것이 주요 업무이다. 미국 내의 최대 공인검사기관은 1866년에 설립된 Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company이고, 그 밖의 군소회사는 대개 이 회사를 거쳐간 사람들이 세운 회사들이다. ASME의 보일러 및 압력용기 위원회에 가장 많은 인원이 참가하고 있으며, 이와 관련된 정규 세미나 및 교육계획을 갖고있는 미국내 유일의 민간기관이다. 이들

세개 기관의 상호관계를 도표하면 그림 4와 같다.

4. 원전산업 기술기준 개발현황 및 계획

4.1 개발현황

1980년대 중반까지 국내에 건설되는 원자력발전소의 대부분을 외국업체에 발주하였고, 관련 기술기준도 자연스럽게 외국업체가 채택한 것을 준수할 수 밖에 없었다. 그러나 그 동안 우리나라의 기술력 신장과 경제력 신장에 힘입어 영광 3, 4호기 원자력 발전소 건설부터는 국내회사가 주계약자로 선정되어 관련 기술기준의 정립에 대한 필요성이 본격적으로 대두되었다.

이에 따라서 1988년 기초조사를 하여 기본 계획이 수립되었으나 실질적인 원전산업 기술기준 개발사업은 1992년 1월에 착수되었다. 1994년 6월말 각 분야의 기술기준 초안 작성이 완료되어 현재는 관련 전문분과위원회 또는 관련기관에서 기 작성된 초안을 면밀히 검토하는 과정에 있다. 원전산업 기술기준 개발사업과 관련된 위원회의 조직은 그림 5와 같고, 현재 개발중인 보일러 및 압력용기와 관련된 기계분야의 기술기준 목록은 표 3과 같다.

4.2 향후계획

표 4 의 원자력발전소의 건설과 관련되는 기술기준 개발에 대한 종합 계획에서 보는 바와 같이 현재 진행중인 것은 2단계 업무이다. 연속하여 3단계 업무가 완성되는 금세기 말에는 우리나라의 원자력뿐 만이 아니라 화력발전소와 관련되는 기술기준이 대체적으로 정립될 것으로 추정된다. 그 다음 단계는 기 제정된 기술기준의 개정 그리고 신기술의 개발에 의한 관련분야의 보완 등의 업무가 될 것이다.

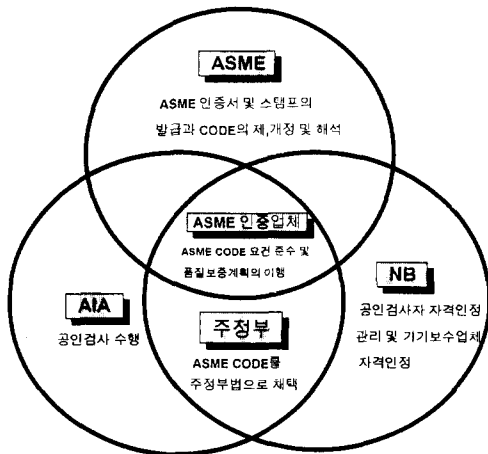


그림 4 ASME NB 및 AIA의 상호관계

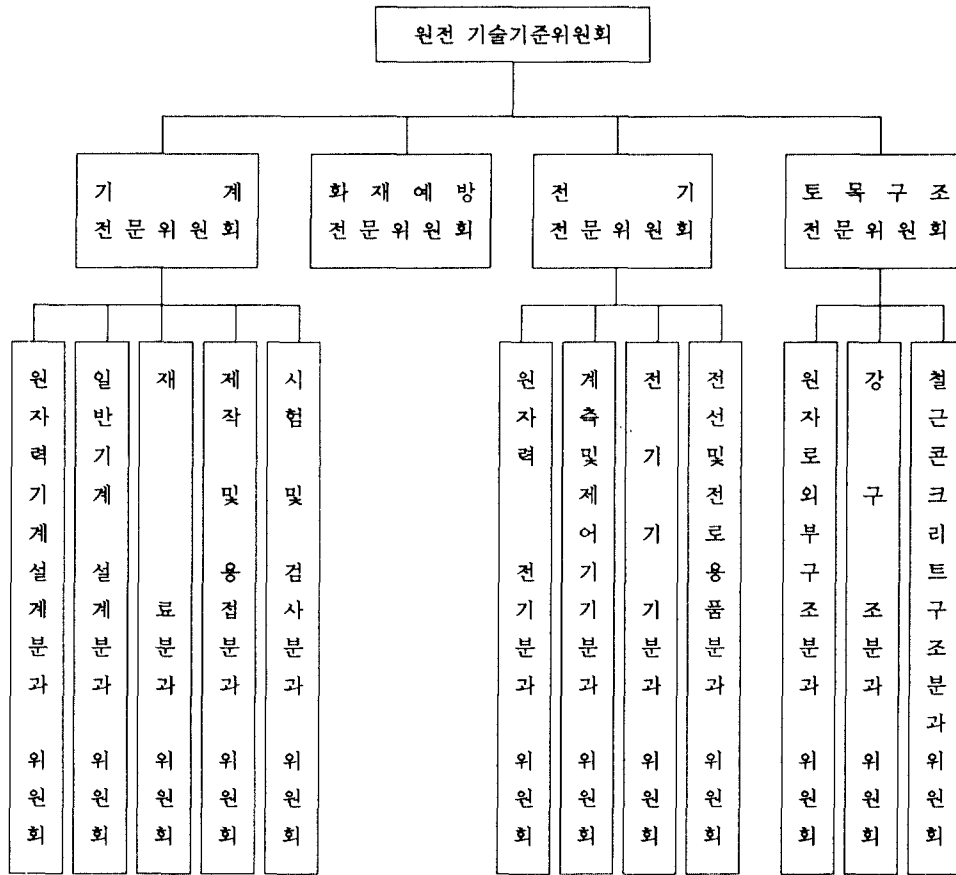


그림 5 기술기준위원회 조직

표 3 기계기기 기술기준 목록

분 야	분류기호	제 목	주 참조 기준
KPC-MN 원자력기계기기	MNA	일반요건	ASME Sec. III Div. 1 NCA
	MNB	1종 기기	ASME Sec. III Div. 1 NB
	MNC	2종 기기	ASME Sec. III Div. 1 NC
	MND	3종 기기	ASME Sec. III Div. 1 ND
	MNE	금속적납용기	ASME Sec. III Div. 1 NE
	MNF	기기지지물	ASME Sec. III Div. 1 NF
	MNG	노심지지구조물	ASME Sec. III Div. 1 NG
MIA	MIA	일반요건	ASME XI DIV. 1 IWA
	MIB	1종 기기	ASME XI DIV. 1 IWB

가동중검사	MIC	2종 기기	ASME XI DIV. 1 IWC
	MID	3종 기기	ASME XI DIV. 1 IWD
	MIE	금속격납용기 및 금속라이너	ASME XI DIV. 1 IWE
	MIF	기기지지물	ASME XI DIV. 1 IWF
	MIG	콘크리트 격납용기	ASME XI DIV. 1 IWL
KPC-MG 일반기계기기	MGA	일반요건	KS A 9000
	MGB	압력용기	ASME Sec. VIII Div. 1
	MGC	열교환기	HEI, TEMA, KS
	MGD	저장탱크	API 650, KS
	MGE	배관 및 부품	ASME B31.1, KS
	MGF	펌프	API 610, HI, KS
	MGG	밸브	ANSI/ASME B16.34, KS
	MGH	복수기	HEI
KPC-PD, MC 기계기기 공통기준	P D	재료	ASME II PART A, B, C, D, KS D
	MCE	비파괴검사	ASME V, ASNT SNT-TC-1A, KS
	MCW	용접	ASME IX, KS B

표 4 원전산업 기술기준 종합계획

단 계	수 행 업 무	주 요 내 용	특 기 사 항
1 단계	기초조사 및 기본계획 수립	국내외 기술기준 개발 및 운영조사	기수행 (87. 12~88. 9)
2 단계	○활용도 우선분야 기술기준 개발 ○중·장기계획 수립	○기계, 전기, 토목구조 및 화재예방 분야의 기술기준 개발 ○전담기구 설립안, 정부 인정방안 수립	수행중 (92. 1~95. 6)
3 단계	○추가 기술기준 개발 ○전담기구 설립, 운영 ○정부인정 추진	○종합설계, 핵연료, 보일러, 터빈/발전기 등의 기술기준 개발 ○전담기구 설립 및 업무 활성화 ○제정된 기술기준에 입각한 관련법규 개정 추진	예정 (95. 7~98. 12)
4 단계	제정된 기술기준의 개정, 유지, 보완	준용 기술기준의 제정화	예정 (99. 1~2001. 12)

5. 석유, 화학 기술기준의 개발방향과 체계

5.1 개발방향

현재 수행중인 원전산업기술기준 개발사업 가운데 기계분야는 ASME 의 보일러 및 압력용기 코-드를 국산화하는 작업이라고 하여도 과언이 아니다. 보일러 및 압력용기의 산업별 구조에서 차지하는 구성비율을 보면 발전설비가 25% 정도, 석유화학 관련설비가 60%정도, 나머지가 제철산업을 비롯한 기타 분야로 추정할 수 있다. 그러므로 재료의 종류를 대략 위와같은 구성비율로 나눌 수 있고 그외의 분야는 대체적으로 공유하는 기술이기 때문에 보일러 및 압력용기의 기술기준이 커버하여야 하는 범위 전체를 고려할 때 현재 수행중인 원전산업기술기준의 개발이 끝나면 표 5의 연계도에서 보여주듯이 약 70% 정도는 커버할 것으로 예상된다. 따라서 원전산업기술기준 개발사업의 2단계 작업에서 생산된 기계분야의 기술기준을 원자력 발전소에만 전용되는 부분을 제외하고 화력 발

전소와 공용할 수 있는 분야를 석유, 화학설비와 공용할 수 있도록 보완을 하면 보일러 및 압력용기 기술기준이 기본적으로 확보될 수 있을 것으로 본다.

5.2 석유, 화학기기에 대한 기술기준의 구성과 범위

석유, 화학설비도 발전산업과 같은 대형 장치산업이고 이를 구성하는 기기의 대부분이 압력용기 및 배관인 것으로 미루어 볼때 앞의 표 5와 같이 발전설비의 업무범위에 속하지 아니한 공백 부분을 채우는 것이 석유, 화학 기기에 대한 기술기준을 위한 추가 업무범위로 추정할 수 있다. 또한 배관에 관하여는 ANSI B31 시리즈에서 B31.1을 제외한 전분야가 될 것이고, 압력용기에 관하여는 ASME 코-드 Section VIII Div. 2가 새로 추가되어야 할 범위이다. 그밖에 재료시방서 작성에 관한 업무가 큰 비중을 차지한 것이고 나머지 분야는 석유, 화학설비를 검토하여 기존의 기준에 약간씩 보완을 하면 될 것으로 판단된다. 따라서 석유, 화학설비의 구성

표 5 발전설비의 기술기준과 석유 화학 설비와의 연계

기기기준	배관	B31	I, VIII	80%	20%
			발전	100%	
	압력용기	VIII	Div. 1	70%	30%
			Div. 2		
공통기준	저장탱크	API 620 API 650		80%	20%
	재료	II	25%	75%	
	비파괴 검사	V	80%		20%
	용접	IX	80%		20%

■: 발전설비 기술기준의 범위

표 6 석유 화학 기술기준 체계

기기기준	ASME B31	.2	연료가스	배관
		.3	석유화학	
		.4	LPG 등	
		.5	냉동	
		.8	가스 송·배관	
공통기준	Sec. VIII	Div. 1	압력 용기	
		Div. 2		
공통기준	API 620 API 650		저장 탱크	
	Sec. II		재료	
	Sec. V		비파괴검사	
	Sec. IXI		용접	

체계를 기기기준과 이들에 공통으로 적용되는 기준으로 구분하여 체계를 구성하면 표 6과 같다.

6. 맺음말

석유, 화학 설비를 구성하고 있는 기기의 파손으로 인하여 파생되는 인명, 재산 그리고 환경에 대한 피해가 엄청나다라는 것은 산업사회가 고도화 될수록 그정도를 더해가고 있다. 최근 우리나라에서도 석유, 화학 설비의 폭발사고 또는 부실시공에대한 고발 등의 사회적 문제가 발생하는 것도 간과할 수 없는 현실이다. 이러한 사례는 우리나라의 관련법규와 사회제도를 반영한 통일된 기술기준의 부재에서 비롯되었다고 필자는 주장하고 싶다. 이와 병행하여 통일된 기술기준에 입각하여 제반 설비가 건설 및 운전되는지를 관리하고, 감독 및 검사하는 기능과 기법이 정리되어 있지 못한 것도 한 원인으로 들 수

있다. 따라서 석유, 화학설비를 보유하고 있는 관련기관이 기술기준을 개발하고 그에 준하여 이행 여부를 관리, 감독하는 검사 기능을 강화하여야 보일러 및 압력용기의 폭발사고 및 부실시공을 미연에 방지할 수 있는 근본적인 치유책이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Mean H. Jawad & James R. Farr, 1988, "Structural Analysis & Design of Process Equipment," John Wiley & Sons, New York, pp. 4~8.
- (2) ASME, 1992, "ASME Boiler and Pressure Vessel Code," New York.
- (3) Wilbur Cross, 1990, "THE CODE," ASME, New York, pp. 23~31.
- (4) 김 남하, 1992, "원전산업 기술기준의 국내의 현황과 우리나라의 개발방향," 원자력산업, 3, 4, 5월호. 