

# 주요 국가의 원전용 보일러 및 압력용기 기술기준 현황과 전망

김 남 하

## Status and Prospects of Nuclear Boiler and Pressure Vessel Code in Foreign Countries

Nam-Ha Kim



● 김남하(한국전력기술(주) 기술기준  
표준화사업부)  
● 1945년생.  
● 기계공학을 전공하였으며, 보일러 및  
압력용기 설계와 기기검증 품질보증  
분야에 관심을 가지고 있다.

### 1. 머리말

1856년 미국의 Stephen Wilcox가 처음으로 산업용 보일러를 설계·제작한 이래 증기 보일러는 에너지를 생산하는데 총아적인 역할을 해왔다. 그러나 그에 수반되는 보일러의 폭발사고도 빈번하여, 그 대표적인 예가 1905년 3월 20일 미국의 메사추세츠 Broton에 있는 한 구두공장의 보일러 폭발 사고로 58명이 사망하고 117명이 부상하는 엄청난 피해가 발생하였다. 그때까지 일반대중의 눈에는 그것은 피할 수 없는 재앙(inevitable evil) 또는 불가항력(an act of god)으로 간주되어 왔다. 이 폭발사고를 계기로 관련 기술자들이 모여서 각고의 노력 끝에 1914년 오늘의 ASME Code Section I의 전신인 “Rules for Construction of Stationary Boiler and for Allowable Working Pressure”를 발행하게 되었다. 그때까지 보일러의 최

고 사용압력은 19kgf/cm<sup>2</sup>, 최고 사용온도는 315°C였으나 2차대전 후 용접기술과 재료기술의 괄목할만한 발전에 힘입어 오늘날에는 보일러는 350kgf/cm<sup>2</sup>, 600°C, 압력용기는 210kgf/cm<sup>2</sup>, 540°C의 정도로 실용화되고 있는 실정이다.<sup>(1)</sup>

이러한 미국의 보일러 및 압력용기 기술기준이 현재 주요 선진국을 제외하고는 범세계적으로 활용되고 있다. 우리나라의 경우 1960년대까지의 농경사회에서 오늘날의 급격한 산업사회로의 이전 과정에서 대량설비를 무차별하게 도입하다보니 미처 기술적인 문제점을 검토, 정리할 시간과 여력이 없었음은 부인 못 할 사실이다. 이같은 우리나라의 발전설비에 적용되었던 기술기준 가운데서 원자력 설비를 도입한 미국과 캐나다, 프랑스, 그리고 우리나라의 공업체계에 지대한 영향을 끼친 일본의 현황을 살펴보았다. 특히 발전산업분야의 법체제는 일본의 것과 유사하나, 기기의 제작과 운전과 관련되는 기

술기준은 구미의 것을 준용하는 단계로 적용상의 혼란이 야기되고 있는 바 이들 국가의 현황을 파악하여 우리의 대처방안을 제시하는 것이 이 글의 뜻하는 바이다.

## 2. 미국의 B & PV\* Code 개발현황

### 2.1 ASME B & PV Code의 역사적 배경<sup>(2)</sup>

미국은 1884년 미국기계학회(ASME: American Society of Mechanical Engineers)가 창립되었고 앞서 언급한 구두공장의 폭발사고로 인하여 보일러에 관한 기술기준이 제정된 이래로 그와 관련된 규정이 속속 제정되기에 이르렀다.

1919년 미국의 각주에 있는 보일러 및 압력용기의 주임검사관(chief inspector)으로 구성된 보일러 및 압력용기 검사협회(NB: National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors)가 설립되었으며, 1922년 발전용 보일러의 운전 및 보수규정(Section VII), 1923년에 가열 보일러 규정(Section IV)이 제정되었다.

1924년에는 미국 재료학회(ASTM: American Society of Materials and Testing)의 재료시방서 가운데서 보일러 및 압력용기에 주로 적용되는 재료를 발췌하여 재료시방서(Section II)를 제정하였는데 ASTM의 철강의 상징인 A, 비철의 상징인 B에 ASME의 상징인 S자를 앞에 붙여 ASTM의 A 53인 경우 ASME는 SA 53으로 표기되고 있다.

그후 1925년 압력용기 규정(Section VIII, Division 1), 1926년 가열보일러의 운전 및 보수규정(Section VI), 1937년 용접인정(Section IX)에 대한 규정이 제정되었다. 이 용접규정이 제정되기 이전까지의 보일러 및 압력용기는 대부분 리벳 구조로 제작되었으나 용접기술의 발달로 용접규정의 제정과 함께

보일러 및 압력용기의 고온, 고압화현상이 괄목할만하게 신장하였다. 이에 따라서 1963년 원자력 기기의 규정(Section III, Division 1), 1967년 품질보증요건(Section III, Sub-section NA), 1968년 압력용기의 특수규정(Section VIII, Division 2)와 콘크리트 격납용기의 규정(Section III, Division 2), 1969년 FRP(Fiber Reinforced Plastic) 압력용기의 규정(Section X), 1970년 원자력발전소의 가동중검사 규정(Section XI), 1971년 비파괴검사 규정(Section V) 1974년에는 미국 표준협회(ANSI: American National Standard Institute)와 공동으로 공인검사기관과 공인검사원에 대한 관련 규정(ANSI/ASME N626)을 발간함으로써 보일러 및 압력용기의 재료, 설계, 제작, 시험 및 검사, 그와 관련된 용접사, 비파괴검사원, 공인검사원, 품질요건 등에 대한 제반규정이 제정되었으며 미국 이외의 국가의 보일러 및 압력용기 기술기준의 모태가 되고 있는 실정이다.

### 2.2 ASME Code와 관련기관

보일러 및 압력용기에 관하여는 제반사항의 기준인 Code와 Code의 요건에 준하여 수행하고 있는지를 확인하는 검사기관, Code내용의 객관성 여부와 검사기관의 횡포를 방지하고, 검사원의 자격을 엄정 관리하는 기능을 갖는 별도의 기관이 합쳐져 삼위일체가 될 때 소기의 목적을 달성할 수 있다. 이러한 관점에서 보면 ASME는 Code를 제정하고 제작자의 자격을 심사하는 기능을, 공인검사기관(AIA: Authorized Inspection Agency)은 Code에 준하여 발주자나 수주자의 입장이 아닌 제삼자(third party)의 입장에서 검사를, NB는 이 검사기관과 검사원의 자격관리, 자격인정, 자격시험 등을 주관함으로써 서로 독립적으로 객관성있게 업무의 효율화를 도모하고 있다. 이와 같은 상호관계를 요약하면 그림 1과 같다.

\*Boiler and Pressure Vessel

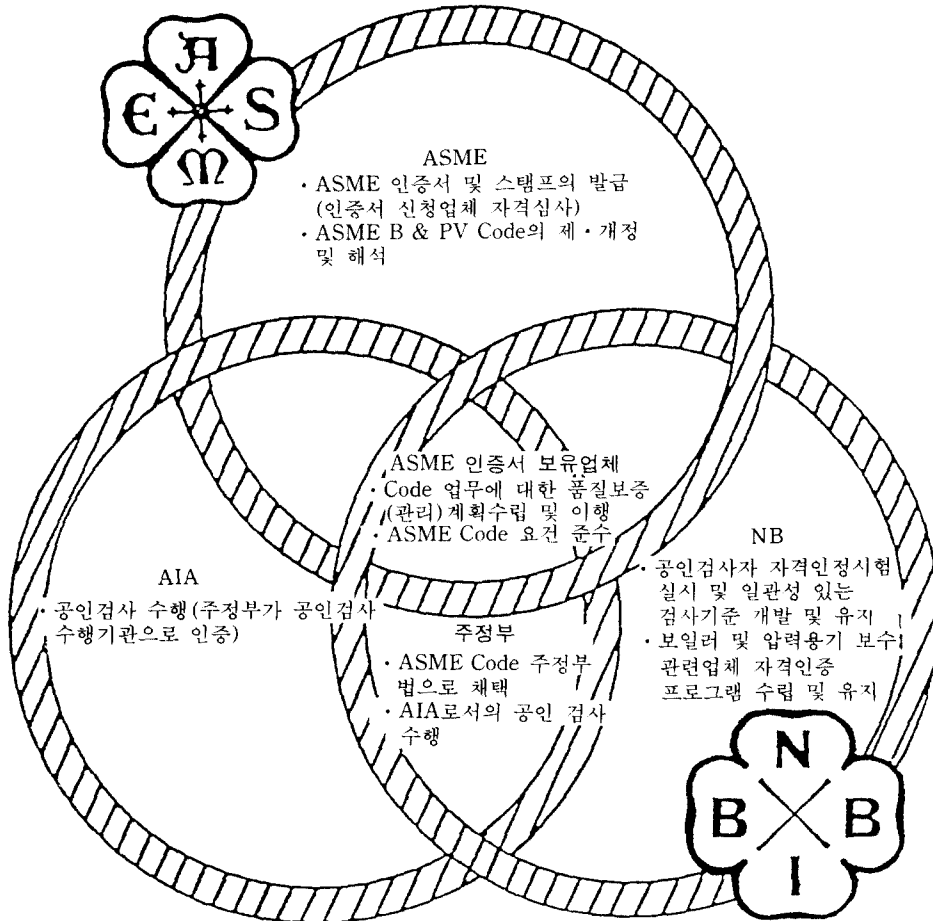


그림 1 ASME, NB 및 AIA의 상호관계

### 2.3 ASME의 최근동향<sup>(4)</sup>

(1) Section III, 원자력 기기의 최근동향

1) 사용 후 핵연료 수송용기의 기술기준

현재는 사용 후 핵연료 수송용기에 적용시킬 수 있는 Code가 없기 때문에 "Subgroup on Containment Systems for Spentfuel and High Level Waste Transport Packing(NUPACK)"를 설치하여 사용 후 핵연료 수송용기의 설계, 제작기준의 초안이 작성되어 상부 위원회에서 심의중인데 이것을 Sec. III에 포함시켜 허가의 합리화를 도모하고 있다.

### 2) 가동전검사

현재 가동전검사(PSI: Preservice Inspection)의 사항은 Sex. XI에 포함되어 있으나 이것은 운전개시 이전까지의 업무를 Sec. III로, 운전개시 이후의 업무를 Sec. XI로 구분한다는 기본방침을 정하고 PSI를 건설의 업무로 간주하여 Sec. III로 옮길 예정이다.

### 3) 피로곡선의 수정

현재 Sec. III에 규정된 설계용의 피로곡선은 대기중의 재료시험 데이터를 기본으로 해서 작성되었는 바, 원자로 내부의 환경을 보다 상세하게 검토하기 위하여 피로곡선의 재

검토에 착수하였다. ASME는 피로곡선의 수정을 위해서 외부 연구기관인 압력용기 연구위원회(PVRC: Pressure Vessel Research Committee)에 기초연구를 의뢰하였으며 이 결과를 토대로 피로곡선을 수정할 계획을 세워놓고 있다.

4) 원자로 냉각재 펌프축의 기준화

펌프축에 관해서는 Code상의 규정은 없지만 원자로 냉각재 펌프같은 대형축의 경우 축의 손상으로 인하여 압력경계의 형성이 곤란하다는 판단에 입각해서 이를 압력경계의 일부로 간주하고 Nonmandatory Appendix 로 발행하였다.

(2) 가동중검사 보수규정

Section III가 건설기준인데 반하여 Section XI은 운전개시 후에 적용하는 유지 기준이다. Section XI의 초판 발행시에는 가동중검사(검사 및 평가)를 대상으로 하는 Code가 작성되었지만 미국의 원자력 산업 내부사정으로 신규건설이 힘들어 기존 발전소의 수명연장에 노력을 기울이는 방향으로 보수·개조용의 기준개발에 중점을 두고 있는 실정이다. 이런 미국의 원자력 사정을 반영하여 Sec. XI 위원회의 활동이 가장 활발하고 특히 기준의 합리화를 적극적으로 추진하고 있다.

1) Sec. XI의 재구성

운전 기간중의 시험 및 운전개시 이후의 보수, 개조를 Sec. XI에서 분리하여 가동중 시험(IST: Inservice Testing)은 운전보수기준(O & M: Operation & Maintenance)의 기준으로 옮겼다. 보수·개조에 대해서도 5개년 계획으로 가동중 제작(ISC: Inservice Construction)을 가동중검사(ISI: Inservice Inspection)과 분리하는 작업에 착수하였다.

2) 응급대책

Class 3 배관 가운데 저온(200°F), 저압(275Psig)을 대상으로 벽두께 감소현상에 의해서 관통된 경우에도 파괴역학 평가를 수행하고, 주 1회의 누설량의 확인에 의해서 운

전을 계속하기 위한 기준을 정하여 초안을 완료하고, 현재 문장상의 조정작업이 진행중이다. 또한 결함평가, 설계요구 및 감시를 조건으로 Class 2와 Class 3의 배관 누설에 대한 응급처치로 기계식 크램프(Mechanical Clamp)의 사용을 인정하는 응급처치 기준 및 기계식 크램프 사용기준 제정에 대한 사항을 검토하고 있다.

3) 수중용접(水中溶接)

원자로 구조물 및 핵연료 집합체는 냉각수를 빼지 아니 하고 물속에서 보수용접을 하기 위한 기준작성을 하고 있다. 그것의 내용은 용접방법과 용접평가로 나누고, 특히 수중용접의 경우 용접절차, 용접사(welding operator), 용접봉, 확증용접(confirmation weld), 용접시험에 대해서 어느점을 확인하지 않으면 안되는가를 나타내고 있다. 수중용접이 가능하게 됨으로써 보수용접시의 피폭문제 및 발전소 정지기간이 대폭적으로 감소될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

4) 발전소의 수명연장

발전소 수명연장(PLEX: Plant Life Extension)의 기준화를 위해서 발전소 수명연장에 관한 특별 작업회를 구성하여 Code를 작성중이다. PLEX의 Technical Issue로서 가압열충격(Pressurized Thermal Shock), 환경 피로, 단층류의 Erosion-Corrosion(E-C)이 논의되고 있는데 이 가운데 특히 환경피로와 단층류의 E-C에 대한 논의가 활발하다.

5) Risk Based Inspection

노심 용융확률(PRA)을 베이스로 검사개소와 빈도를 결정하는 연구(Risk Based Inspection)가 약 5개년 계획으로 작년부턴 착수되었으며 그 연구결과를 토대로 검사빈도, 범위를 결정하는 기준을 수정할 계획이다.

6) 저온가압방지

저온상태의 가압에 의한 원자로의 취성파괴를 방지하기 위한 운전제한에 관한 규정으

로 현재의 Code는 기동정지시  $> RT_{NDT} + 90^{\circ}F$ 를 요구하고 있다. 이 경우 계기 오차 및 압력의 Over Shoot로 Relief Valve가 작동하게 된다. 이 때문에 ASME에서는 현행의 Margin을 고쳐서 경제성과 안전성에 균형을 맞춘 저온가압방지(LTOP: Low Temperature Over Pressure Protection)의 대체안을 검토하고 있다. 이 안은 운전제한을 적게 하고, Relief Valve 작동의 가능성을 적게 하여서 운전효율을 높일 수 있다.

7) 정기검사시의 수압시험

현재의 기준은 정기검사 완료시에 수압시험을 하도록 되어 있다. 이에 대한 전력회사의 의견은 수압시험을 실시함으로써 인하여 오히려 밸브나 펌프축 Seal에 손상을 주거나 Relief Valve 몸체에 손상을 입힐 수 있으므로 정기검사시의 수압시험은 삭제할 것을 제안하고 있다. 따라서 수압시험은 기동시에 운전압력과 같은 누설시험만으로 충분하고, 수압시험으로 인해서 수명을 단축하여 발전소 안전성 및 수명연장의 관점에서 바람직하지 않다는 보고서를 내었다. 그 결과로 이의 합리성이 인정되어 정기검사의 수압시험 요건을 삭제하는 방향으로 초안이 작성되어 심의 중에 있다.

(3) 기능인정규정

스리마일 원자력발전소 사고 후 동적기기

의 기능유지에 관하여 원자력 규제위원회(NRC)에서는 ASME에 원자력발전소의 안전계통의 동적기기에 대해서 우선 기능인정규정(QME: Qualification of Mechanical Equipment)을 작성할 것을 의뢰하였다. 이에 부응해서 ASME는 종래의 단편적이었던 기능에 관한 규정인 ANSI-N Series를 통합하여 현재의 ASME Code와의 합리성을 도모하기 위하여 원전에 사용될 수 있는 동적기기(펌프와 밸브)의 기능확인에 관한 규정 작성에 착수하였다. 이 규정의 목적은 안전계통의 기기가 운전기간 중에 기능을 다할 수 있게 하기 위하여 설계 및 제작시에 확인할 항목과 방법을 제시한 것으로, 해석에 의한 방법(수치해석), 실제 기능시험에 의한 방법(시험), 경험에 의한 방법(실적) 등 세 가지를 추천하고 있다. 미국의 원자력 규제위원회(NRC: Nuclear Regulatory Commission)는 Snubber의 사고에 대한 Dynamic Restraint도 QME에 포함시킬 것을 요구하므로 관련 실무위원회를 구성하여 검토를 시작하였다.

3. 캐나다의 B & PV Code 현황<sup>(3,5)</sup>

캐나다는 1919년 현재의 캐나다 표준협회(CSA: Canadian Standard Association)의

표 1 캐나다의 발전용 보일러 및 압력용기 기준

| 기준번호(CSA)        | 기 준 내 용  |
|------------------|--|
| CAN3-N285 Series | CANDU 원전 기기의 설계, 제작, 시험, 검사 및 재료 관련 기준                       |
| CAN3-N286 Series | 원전 품질보증기준(구매, 설계, 건설, 시운전 및 운전단계)                            |
| CAN3-N287 Series | CANDU 원전 Concrete Containment 구조물의 설계, 건설, 시험, 검사 및 재료 관련 기준 |
| CAN3-N288 Series | 방사성물질 관리에 대한 기준  |
| CAN3-N289 Series | CANDU 원전기기의 내진검증 기준  |
| CAN3-N290 Series | CANDU 원전의 정지 및 제어계통에 대한 기준                                   |
| CAN3-N293        | Fire Protection for CANDU Nuclear Power Plants               |
| B 51-M 1991      | Boiler, Pressure Vessel, and Pressure Piping Code            |

전신인 캐나다 공업규격협회(Canadian Engineering Standards Association)가 창설되면서 캐나다의 표준제작업에 착수하였다. 그러나 지역적으로 미국과 이웃해 있고, 같은 영어권이며 기술인력과 산업여건이 미국과 현격한 차이가 있었던 관계로 보일러 및 압력용기에 관련된 사항은 기술요건뿐만 아니라 제도, 절차에 관한 사항도 ASME의 보일러 및 압력용기 기준을 그대로 준용하였다.

1960년대의 캐나다 특유의 중수형 원자로가 개발되면서 CSA 주관하에 발전사업자, 기술회사, 기기제작자, 운송회사, 노동조합, 교육기관 등의 대표자들로 위원회를 구성하여 표 1과 같이 원자력에 관한 기술기준을 제정하였거나 개발 중에 있다. 캐나다의 보일러 및 압력용기 기술기준의 특징은 기술요건은 ASME Code를 준용하고, 제도, 절차는 미국의 것과 병용하면서 독립적인 방법을 개발하는 과정에 있다고 할 수 있다.

#### 4. 프랑스의 발전용 B & PV Code 개발 현황<sup>(5)</sup>

##### 4.1 프랑스의 원전 기술기준 현황

프랑스의 원전 기술기준은 1970년대 초 프랑스 전력공사(EDF: Électricité de France)가 미국의 웨스팅 하우스형 가압경수로를 도입하면서 비롯되었다. 처음에는 ASME Code를 상당부분 준용하였으나 독자적인 기술기준의 제정의 필요성이 대두되어 1978년 EDF와 핵증기계통 공급회사인 Framatome(FRA)과 공동으로 프랑스형 원전에 대한 Code 작업에 착수하였다. 1980년 초안이 작성된 후 적용 및 관리에 대한 방안을 논의하는 과정에서 별도의 전문기관 설립의 필요성이 대두되어 그해 10월 프랑스 원자로계통기기 위원회(AFCEN: Association de Francaise Chaudiere de Electro Nuclaire)를 발족시켰고, 12월에 원자력발전소의 터빈/발전기 계통 기기위원회(AFCEC: Association

de Francaise Construction de Electro Coventionelle)를 발족시키고 원자력발전소의 터빈/발전기계통 기기에 대한 기술기준의 제정작업을 EDF와 터빈/발전기계통 공급회사인 Alsthom과 공동으로 착수하였다. 따라서 원자력발전소 전체에 대한 기술기준을 별도로 보유한 국가는 프랑스뿐이고 미국, 캐나다, 독일, 일본 등의 대다수 국가는 원자로계통기기에 대한 기술기준을 별도로 제정하여 적용하고 있고 터빈/발전기계통은 화력발전소 건설에 적용되었던 기술기준을 적용하고 있는 실정이다.

##### 4.2 프랑스의 원전 기술기준 분류와 책임

프랑스의 원전 기술기준은 ASME Code를 비롯하여 미국의 관련 Code와 프랑스의 공업규격을 기본으로 하여 작성되었다. 프랑스는 EDF가 원자력뿐만 아니라 화력, 수력 등 발전에 관한 모든 기본설계를 수행하기 때문에 다른 국가와는 다른 기술기준 체계를 갖고 있다. 즉 종합설계, 토목구조, 화재예방, 가동중 원전의 검사기준 등은 EDF, 원자력 기계기기, 원자력 전기기기, 핵연료 기기는 Framatome사가 터빈/발전기 기기와 일반 기계기기는 Alsthom사가 초안작성을 하였다. 그러나 배포는 EDF와 프랑스 규격협회(AFNOR: Association Francaise de Normalization)가 담당을 하는 등 복잡한 구조를 갖고 있으며 이에 대한 사항을 정리하면 표 2와 같다.

##### 4.3 RCC-M과 ASME Code 비교

RCC-M의 Sec. I은 ASME Sec. III Div. 1을 불어로 번안하여 놓은 형태로 보아도 무난할 것이다. 단 그가운데서 “Subsection NE: Metal Containment”는 프랑스형 PWR에서는 채택을 하지 않았기 때문에 빠졌고, Sec. II 재료에 관한 사항은 ASME Sec. II 재료 대신에 기존의 프랑스 공업규격의 재료를, Sec. III 비파괴검사 기준은 ASME Sec.

표 2 프랑스의 원전 기술기준 관련조직

| 명 칭           | 분류기호    | 초안작성 참여기관        | 관련조직  | 배포기관  | 비 고                       |
|---------------|---------|------------------|-------|-------|---------------------------|
| 원자로계통 설계      | RCC-P   | EDF + FRA        | EDF   | EDF   |                           |
| 원자로계통 토목구조 기준 | RCC-G   | EDF              | EDF   | AFNOR |                           |
| 원자력발전소 화재예방기준 | RCC-I   | EDF              | EDF   | EDF   |                           |
| 원자력 기계기기 기준   | RCC-M   | EDF + FRA        | AFCEN | AFNOR | ASME Sec. III Div. 1과 유사  |
| 원자력 전기기기 기준   | RCC-E   | EDF + FRA        | AFCEN | AFNOR | IEEE Class 1E와 유사         |
| 핵연료 기기 기준     | RCC-C   | EDF + FRA        | AFCEN | AFNOR |                           |
| 터빈/발전기 기준     | RRC-T/A | EDF + ALS        | AFCEC | AFNOR |                           |
| 일반 기계기기 기준    | RRC-EV  | EDF + STEIN IND. | AFCEC | AFNOR | ASME Sec. VIII Div. 1과 유사 |
| 원전 가동중검사 기준   | RSEM    | EDF              | EDF   | EDF   | ASME Sec. XI과 유사          |

V 대신 프랑스의 공업규격의 비파괴검사 규정을, Section IV 용접은 ASME Sec. IX의 Welding Qualification 대신에, Section V는

ASME Sec. III의 각 Subsection NX-4000의 Fabrication에 관한 사항을 별도로 정리한 형태다. 이에 대한 비교표는 표 3과 같다.

표 3 RCC-M과 ASME III의 비교

| RCC-M                                | SYMBOL | ASME CODE   | SYMBOL |
|--------------------------------------|--------|---|--------|
| SECTION I                            |        | SECTION III   |        |
| SUBSECTION A General                 | A      | SUBSECTION NCA  | NCA    |
| SUBSECTION B Class 1 Components      | B      | SUBSECTION NB   | NB     |
| SUBSECTION C Class 2 Components      | C      | SUBSECTION NC   | NC     |
| SUBSECTION D Class 3 Components      | D      | SUBSECTION ND   | ND     |
| SUBSECTION E Small Components        | E      | NO CORRESPONDENCE   |        |
| SUBSECTION G Core Support Structures | G      | SUBSECTION NG   | NG     |
| SUBSECTION H Supports                | H      | SUBSECTION NF   | NF     |
| SUBSECTION Z Technical Appendices    | Z      | SECTION III APPENDICES  | A      |
| SECTION II Materials                 | M      | SECTION II  | SA     |
| SECTION III Examination Methods      | MC     | SECTION V   | T      |
| SECTION IV Welding                   | S      | SECTION IX  | QW     |
| SECTION V Fabrication                | F      | NO CORRESPONDENCE.<br>SOME REQUIREMENTS<br>INCLUDED IN ART. 4000<br>OF NB, NC, AND ND |        |

## 5. 일본의 B & PV Code 개발현황

### 5.1 일본의 일반 B & PV Code 배경

일본의 보일러 및 압력용기 기술기준은 ASME Code를 근간으로 하여 일본공업규격 협회가 제정, 관리하고 있다. ASME Code가 보일러 및 압력용기에 대하여 재료, 설계, 제작, 시험 및 검사에 대한 전반적인 사항을 취급하는데 비하여 일본은 특정용도에 맞도록 기준을 제정함으로써 분야마다 더 세분화되어 있는 것이 특색이다.

일본의 압력용기의 구조설계는 주로 "JIS B 8243 ; 압력용기의 구조"를 기본으로 하고 있는데 이것은 1963년 초판 발행 후 매 3~5년 마다 개정을 하고 1981년 판이 최신판으로 되어 있다. 그 후에 제정된 것은 다음과 같은 것으로 각종의 용도별 압력용기 규격의 기본이 되었다.

○ JIS B 8240 : 냉동용 압력용기의 구조

○ JIS B 8242 : LP가스 横置圓筒形 貯槽의 구조

○ JIS B 8247 : 압력용기용 경판

○ JIS B 8248 : 다층권 압력용기

○ JIS B 8249 : 다층 원통형 열교환기

특히 다음의 관련규격도 JIS B 8243과 같은 이론에 기반을 둔 규격으로 많은 점에서 JIS B 8243을 인용하고 있다.

○ JIS B 8501 : 강제 석유貯槽의 구조(전용 접제)

○ JIS B 8502 : 알루미늄 貯槽의 구조

○ JIS B 8241 : 이음매 없는 강제 고압가스 용기

○ JIS B 8230 : 소형 이음매 없는 강제 고압가스용기

○ JIS B 8233 : 용접 鋼製 액화 석유가스용기

또한 "JIS B 8201 육용강제보일러의 구조"는 JIS B 8243과 쌍둥이 같은 관계에 있고 양규격의 내용에는 대상분야가 다르기 때문

표 4 ASME Code Sec. III와 일본 통산성 고시 비교

| ASME III Div. 1                            | 구 고 시                           | 신 고 시                       |
|--|---------------------------------|-----------------------------|
| Class 1 Components<br>(Subsection NB)      | 제 1 종 용기<br>제 1 종 관             | 제 1 종 기기<br>(용기, 관, 펌프, 밸브) |
| Class 2 Components<br>(Subsection NC)      | 제 3 종 용기<br>제 4 종 용기<br>제 1 종 관 | 제 3 종 기기<br>(용기, 관, 펌프, 밸브) |
| Class 3 Components<br>(Subsection ND)      | 제 3 종 용기<br>제 4 종 용기<br>제 2 종 관 | 제 4 종 기기<br>(용기, 관)         |
| Class MC Components<br>(Subsection NE)     | 제 2 종 용기                        | 제 2 종 용기                    |
| Component Supports<br>(Subsection NF)      | 지지구조물                           | 지지구조물<br>(제 1, 2, 3종)       |
| Core Support Structures<br>(Subsection NG) | 노심지지구조물                         | 노심지지구조물                     |
| —  | 제 3 종 관(duct)                   | 제 5 종 관(duct)               |
| —  | —                               | 제 4 종 용기<br>제 4 종 관         |

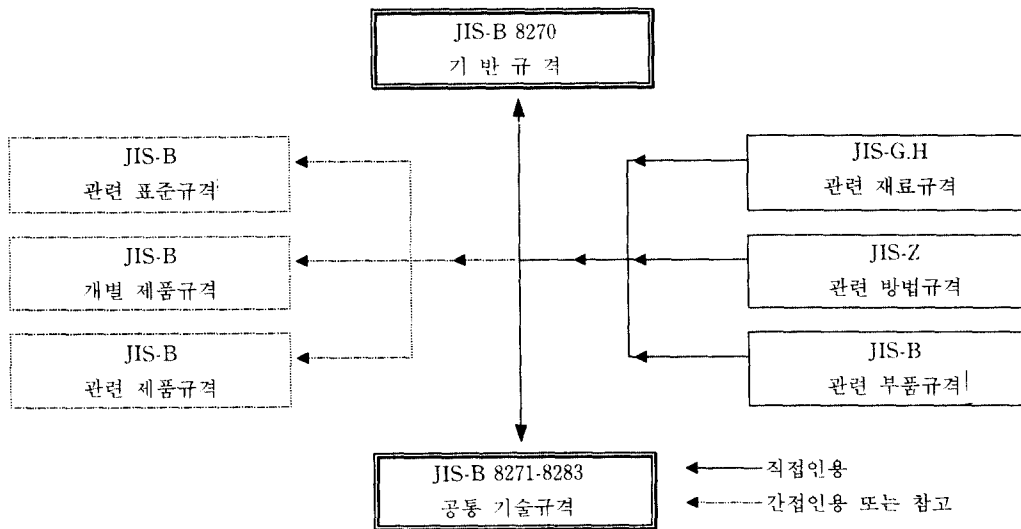


에 상위나 특색이 있는 것은 당연하지만 공통부분도 많다.

통상산업성, 노동성, 자치성 등 소관의 각 법규의 기본 기술기준, 예를 들면 고압가스 취체법의 특정 설비검사규칙, 노동안전위생법의 압력용기구조규격, 특히 가스사업법 및 전기사업법의 가스공작물 및 전기공작물에 관한 기술기준 등도 JIS B 8243 및 같은 유형의 규격을 참고로 하여 작성된 것이다.

JIS B 8250 압력용기의 구조(특정규격)는 종래 JIS B 8243류의 규격류에서 처리될 수 없는 문제를 해결하려는 목적으로 제정된 것으로 무엇보다도 근래에 진보된 해석방법,

설계, 제작, 검사 등의 기술을 배경으로, 고압설비를 한차원 높게 합리화 및 안전화하기 위한 목적으로 10년 이상의 조사연구를 거쳐서 1983년에 발간한 것이다. 이 규격 작성의 동기는 ASME B & PV Code "Sec. VIII Unfired Pressure Vessel"이 1968년 Sec. VIII Div. 1 Construction of Pressure Vessel 이 되고 새로 Div. 2 Alternative Rules for Pressure Vessel을 신설하였는데 이 사이에 구미 각국의 이 분야에 대한 Code나 국가규격의 발전, 압력용기에 관한 ISO 규격의 제정 움직임이 촉진되므로 JIS B 8243으로도 적용될 수 없는 분야를 제정하기 위하여 기본적인



- JIS B 8271 : 압력용기의 胴 및 鏡板의 계산법.
- JIS B 8272 : 압력용기의 구멍보강 및 리가먼트 계산법.
- JIS B 8273 : 압력용기의 볼트체결 플랜지의 계산법.
- JIS B 8274 : 압력용기 管板의 계산법.
- JIS B 8275 : 압력용기의 덮개판의 계산법.
- JIS B 8276 : 압력용기의 스테이에 의한 지지판의 구조.
- JIS B 8277 : 압력용기의 신축이음의 구

- 조.
- JIS B 8278 : 橫置圓筒용기의 새들 주위의 강도 계산법.
- JIS B 8279 : 압력용기의 잭케트의 구조.
- JIS B 8280 : 압력용기의 비원형 동체의 구조.
- JIS B 8281 : 압력용기의 응력해석, 피로 해석법.
- JIS B 8282 : 압력용기의 용접부의 기계적 시험방법.
- JIS B 8283 : 압력용기의 내압시험 및 누설시험방법.

그림 2 압력용기의 새로운 규격 체계도

으로 Sec. VIII Div. 2 을 기준으로 하고, British Standard 나 AD Merkblattec, DIS 2694 Pressure Vessel 등도 참고로 하여 이들의 장점을 취하여 작성한 것이다.

이것은 종래의 JIS B 8243류의 규격이 강도 이론으로서 최대 응력설을 택하고 있는데 반하여 탄성파손, 소성변형, 소성붕괴, 연성파괴, 피로파손 등의 발생한계의 판정에 양호한 것으로 인정되고 있는 최대 전단응력설을 채택하고 최대 주응력차(최대 전단응력의 2배)를 적정한 허용한계치 내로 규제한다는 방식을 취하고 있다.

원자력의 압력용기에 관한 기술기준 체계는 ASME B & PV Code 1963년 판의 원자로 압력용기의 규정을 참고로 해서 1966년에 “통상산업성 고시 501호: 원자로 설비구조 등의 기술기준”을 발행하였고, 다시 1974년 판 ASME Code Sec. III을 기본으로 대폭 개정작업을 1975년에 착수하여 1980년에 신고서로 발행하게 되었다. 이것을 ASME Code Sec. III와 비교하면 표 4와 같다.

### 5.2 압력용기의 새로운 체계<sup>(4)</sup>

압력용기의 기본적인 구조규격으로서 설계이론, 설계방법, 품질요건 등이 다른 JIS B 8243과 JIS B 8250의 두 가지가 병립하는 것은 운용상 여러가지 혼란과 불합리한 문제가 발생하였다. 또한 기술의 발전에 부응하고 국제적인 조화성을 목표로 해서 개발된 JIS B 8250이 기존의 범규에 의한 기술기준과의 관계에도 문제가 있고, 실무에 적용하는 데에도 어려움이 수반되고 있어 이를 타파할 필요성이 대두되었다.

이러한 이유에서 JIS 압력용기가 갖고 있는 방법과 운용에 관한 제문제를 토의하여 해결하기 위한 활동으로 일본의 공업기술원 지원을 받아서 “새로운 압력용기 규격체계”를 구상하게 되었다. 이 작업의 구상은 JIS B 8243과 JIS B 8250의 양규격을 통합하여 일체화하는 것으로 관련된 각종 전문용의 압

력용기 규격, 관련 부품규격 및 관련 제품규격을 정리 통합하여 새로운 체계로 재편성하여 안전 및 효율적인 운용과 범규와의 원활한 적용을 도모하는 것이다. 현재 초안이 완료되어 심의 중에 있으며 그 방법과 규격체계는 그림 2와 같다.

## 6. 우리나라의 현황

우리나라에 건설된 발전설비의 엔지니어링 설계를 거의 외국 회사가 담당하였고 그에 적용되는 B & PV Code를 엔지니어링 설계 회사가 채택을 하는 관계로 거의 주설비 공급국의 기술을 제공하는 국가의 것을 어떤 원칙도 정하지 못한 채 준용하고 있는 실정이다.

일반산업분야의 보일러 및 압력용기에 관한 기준은 다음의 것이 있는데 이것은 앞서 언급한 일본 공업규격협회가 발행한 관련규격을 거의 번역하여 놓았다 하여도 과언이 아니다.

- KS B 6231 : 압력용기의 구조
- KS B 6225 : 강제 석유 저장탱크의 구조
- KS B 6230 : 다관 원통형 열교환기
- KS B 6235 : 다층 압력용기
- KS B 6097 : 압력용기용 거울판
- KS B 6233 : 육용 강제 보일러의 구조

발전용으로 특별히 규정된 것은 없으나 1988년 한국전력공사에서 “원자력발전소 산업기술기준 제정을 위한 기초 조사”를 실시하여 기본방향을 잡고 1992년에 “원자력발전소 산업기술기준개발(2단계)”사업에 착수하였다. 이 사업은 원자력발전소의 기계, 전기, 토목구조 및 화재예방분야에 대해서 우선 제정을 하여 향후 건설되는 발전소에는 이 기준을 적용하겠다는 취지이다.

그 내용을 개관하면 원자로 계통을 구성하고 있는 설비는 기술적인 사항은 미국의 관련 Code를 준용하고, 행정에 관련된 사항은 우리의 제도를 정립하여 적용하자는 것이고,

터빈 발전기 계통을 구성하고 있는 설비에 대하여는 기술적인 사항도 한국공업규격을 토대로 미국의 관련 기준을 참고로 하여 우리의 방법을 정립하자는 의미이다.

## 7. 맺음말

앞서 현황을 살펴본 주요국의 보일러 및 압력용기의 기술기준 개발방향이 금속재료기술의 발달, 비파괴검사 기술의 개발, 용접기술의 급진전, 품질요건의 국제적인 규정의 제정 및 준수 등의 현상으로 볼 때 이를 대체적으로 수용하는 ASME Sec. III의 방향으로 통합되어 가는 느낌을 받고 있다. 따라서 우리나라도 전담기구의 설립 또는 지정을 서둘러 장기적인 안목에서 체계적으로 대처하여야 급격히 변화하는 세계적인 기술흐름에 맞추어 우리의 관련산업이 지속적으로 발전될 수 있으며 이와 관련된 기술개발방향이 바르게 갈 수 있을 것이다.

원자력의 경우는 각국이 자체의 기술기준을 갖고 있다고는 하나 모두가 ASME Code Sec III에 대한 내용을 자국의 기술기준 체계와 법체계가 조화를 이루도록 각색을 하여 놓은 형태이다. 일본의 경우는 보일러 및 압력용기 Code 때문에 자국내에 ASME 지부를 설치하고 정보교환 및 Code Meeting에 참여하여 의견을 제시할 만큼 적극적이다.

우리나라의 경우, 기술력, 산업여건 등이 이들 국가에 비하여 미약하기는 하지만, 생활주변에 큰 위험물을 두고 있다는 사실을 감안해서 향후 우리의 생명과 재산이 직결되는 이 분야의 관심이 보다 체계적으로 수행되어야 하겠다. 이렇게 하기 위하여는 역할분담이 명확히 되고, 장기적인 안목에서 전문가들로 구성된 위원회를 구성, 운영하는 전담기관의 설정이 급선무이다. 우리나라도 프랑스나 일본과 같이 발전설비용 보일러 및 압력용기 기술기준을 전담하는 기관(제안하는 명칭: 한국 발전기술협회)을 설립하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- (1) Robert Chuse, 1977, "Pressure Vessel," pp. 1~4.
- (2) Wilbur Cross, 1990, "The Code," pp. 49~129.
- (3) 日本規格協會, 1986, "CSA 規格의 기초 지식," pp. 11~12, pp. 35~37.
- (4) Teruyoshi Udoguch, 1988, "壓力容器の新しい規格體系," 配管技術, 1月號, pp. 113~133.
- (5) 김남하, 1992, "원전산업 기술기준의 국내·외 현황과 우리의 개발방향," 원자력산업 4월호, pp. 91~95. 