



## 技術の発展と規格のあり方

株式会社日立製作所 小山田 修 Osamu OYAMADA

### 1. はじめに…科学・技術と人間

(1) 人間社会と技術は、互いに強く影響し合いながら、変化あるいは発展を遂げてきた。技術の発展は、人間社会に対して、ときに負の影響をなすこともあるが、総括すると、概ね肯定的な効果を発揮してきたと言える。

このことを、最近60年あまりの日本について考えてみよう。1945年頃から今日に至るまでの、日本における変化をとり上げると、代表例として次のような項目がある。

- 1) 平均寿命：男50.0歳、女52.0歳から、男78.3歳、女85.2歳へ（世界第1位）
- 2) 乳児死亡率<sup>(注)</sup>：60.1人から3.8人へ（世界で最も少ない国のひとつ）
- 3) 国民総生産：0.5兆円から515兆円へ（世界第2位）

また、世界中で日本の工業製品が使われ、世界中から日本へさまざまな食料品が輸入されている。多くの問題を抱えてはいるが、日本はこの60年あまりの間に、科学と技術の発展による恩恵を最も大きく受けてきた国のひとつであると考えられる。

(2) 科学と技術の発展は、年と共にますます急激になっているが、この傾向は、当面、続くものと思われる。

人間の活動は、技術の進歩に伴って、すでに地球そのものの保全を心配しなければならない程の規模になっている。

ひとつの惑星が、地球のように水と緑の豊かなものになる確率は、奇跡に近いほど低いものであると考えられているが、この地球を、どのような姿で次の世代に引継いで行くかを検討すべき時代になって、すでにかなりの年月が経っている。

注：出産1000人あたりの1年未満の死者数でその国全体の健康度合いを表す指数のひとつと考えられている。ちなみに米国は現時点で6.7人。

(3) 科学と技術という用語は、一緒に使われることが多いが、意味する内容は異なっている。

科学（ここでは自然科学に限定）は、自然現象についてその法則性を明らかにする学問であり、客観性、論理性、普遍性、つまり誰によっても検証が可能であるということが特徴である。

一方、技術とは、科学を含むさまざまな知識が、人間の生活に役立つように纏められ蓄積されたものと考ええることができる。

(4) 技術の活用においては、多くの場合、規格（関係者が守るべき共通の決まりごと）が存在することが必要である。

ここでは、原子力発電の構造関係分野を例として、規格は何を目標として作成されているのか、規格がこれまでどのような役割を果たしてきたのか、どのような変遷を辿ってきたのか、等について、入門編的な記述を試みた。

尚、この資料は、多数の文献を参考にしてまとめたものであるが、私見乃至は試みの考え方が多く含まれていることを、ご承知おき頂きたい。

### 2. 規格の目標

規格が目指すものは、安全性と経済性の両立であると考えられる（参考文献1参照）。

技術の活用は、経済性を無視しては有り得ないが、一方で、人身に被害を与える可能性のある製品について、各組織が自由に製作すると、安全性が損なわれる可能性が出てくる。規格は、そのような可能性を防ぐために、関係者が共通に守らなければならない項目を規定したものである。

### 3. 米国における圧力容器規格の制定の歴史

(1) 前述の規格の目標に関連して、規格の必要性が強く認識され、実際にそれを契機として有用な規格が

制定されることになった例として代表的なものは、19世紀の後半から20世紀の初頭にかけての米国におけるボイラ事故の多発である。

(2) 1769年に英国のJames Wattが改良した蒸気機関は、蒸気と水を循環すること、蒸気のエネルギーを回転運動として取り出すことができること、等の特徴をもつ画期的なものであり、産業革命の急速な進展の要因のひとつとなった。

(3) この蒸気機関には、水から水蒸気を作り出すボイラが必須のものであるが、より高い効率を目指して、ボイラの圧力は、次第に高いものになっていった。

(4) 米国においては、19世紀に各種の産業が著しい発展を遂げたが、これに伴い、技術の担い手である技術者が、社会全体から専門的な能力を有する者として高い評価を与えられるようになり、やがて、情報交換や技術の研鑽、交流等を目的として、自ら協会を作るようになった。

最初に作られた技術者の協会は、1852年の The American Society of Civil Engineers であるが、この協会には一部の機械技術者も含まれていた。

1880年には機械技術者の集まりである The American Society of Mechanical Engineers (ASME) が設立された。この頃には、全米の85のカレッジで機械工学が教えられていた。

(5) 19世紀の米国において、蒸気機関は、機関車、船、製造工場、鉱山等、さまざまな分野で活用されるようになり産業の牽引役になったが、それと共にボイラの爆発事故が多発するようになり、大きな問題とになっていった。

この頃のボイラには、設計、材料、製造、検査について、共通した規格というものはなく、ボイラを製造する組織が、それぞれの考え方で進んでいた。

(6) 1865年4月27日、ミシシッピ川を航行中の客船サルタナ号は、当時は一般的な、両側に外輪をもつ蒸気動力船であったが、通常の乗客（定員375人）ではなく、2200人の北軍兵士が乗船していた。彼らは、少し前に、南軍のリー将軍の降伏により南北戦争がようやく終結したことに伴い、兵役を解除されて帰還する途

中であった。メンフィスの近くで、この船の4個のボイラのうち3個が爆発し、船は沈没した。爆発の原因は今日に至るまで明らかではない。1200名以上の乗客が死亡し、米国の歴史上、最悪の船舶事故となった。

この他にも、1870年から1910年の40年間に、米国内で10,000件を越えるボイラの破裂事故が発生し、多数の人命が失われた。

(7) このような事態に対応して、ボイラについて共通の規格を作成すべきであるという意見を、一部の人が持つようになった。

ASMEでは、1884年に委員会を設置して、完成したボイラの性能試験方法を規定する規格を設け、これによって事故の発生を低減させようとした。

完成したボイラの性能の規格だけではなく、製造の時点から適用する規格を作ろうとする動きも始まったが、関係者の利害の不一致を乗り越えられずに、なかなか進展しなかった。

1905年に、マサチューセッツ州で多数の死傷者を伴うボイラ破裂事故が発生し、これを契機として、初めての製造時規格が、同州に1907年に制定された。

その後、各州で同種の規格が作られるようになったが、互いに食い違う上に、内容も不十分という問題があった。

(8) E.D.Meier は、ドイツのハノーバーで学んだ後、米国に帰国し、ボイラ関係の仕事に従事した。1884年にはボイラー製造の会社を興し、ニューヨークのグランドセントラル駅にボイラを設置したり、米国に初めてディーゼルエンジンを導入した著名な技術者であった。

1898年に、彼は、続発するボイラ事故を低減させるために、ボイラの製造時の規格を制定すべきであると主張し、関係者に働きかけてさまざまな努力を行った。しかし、このような規格を制定すると経済性が損なわれボイラ製造産業の競争力を損なうという主旨の反対意見が多く、Meier の意見は通らなかった。

(9) 1911年に、E.D.Meier は、ASMEの会長に就任した。彼は、ボイラの製造時規格の作成に再度挑戦することを決意し、ASMEの Council に諮って、Boiler Code Committee を ASME 内に設立した。この委員会には、大学、保険会社、ボイラ製造業者、材料製造者などの多様な分野から委員が選ばれた。

2年後の1913年に、規格の草案が作られ、ASME会員に意見を求めるために送付されたが、後になって、“a storm of protest”と称されるほど、多くの反対意見が示された。反対意見の多くは、規則に縛られビジネスに支障を来すことを心配したためと言われている。

規格の制定活動はその後粘り強く続けられたが、反対意見も根強く、あるときには、Boiler Code Committee 委員長の退任が要求される事態が生じた。

このような事態に、推進派の委員は次のような内容のスピーチを行った。

「すでにASMEの会長職を退いた E.D.Meier は、現在、重篤な病気に罹っている。彼が熱意を込めて開始させた規格制定作業を中止させることは、彼にとって大きな打撃になる。規格制定の作業を続けるべきである。」

(10) このような苦労を経て、ASMEは、規格の作成を行い、関連する40団体に意見を求めるところまで漕ぎ着けた。

1914年9月14日、ニューヨークで各団体を代表する150名が出席して意見を述べ、それにどう対処するかを決める会議が開催された。このときの会議の雰囲気は、以前と異なり協調的なものであり、出席者は、考え方の違いを乗り越えて、関係する全ての人に有益な規格を作ろうという機運になっていた。

この会議で提案され討議された最も重要な点は、今回の規格制定後も幾つかの懸案項目について引き続き検討を続けること、また、より有益な規格を目指して永続的に改訂作業を続けるべきであること、そのためには、適切な委員会を設置して、改訂のための検討が自動的に行われる仕組みを作ること、であった。

(11) 1914年12月になっても、規格制定そのものに反対する新たな活動が行われたが、もはやごく少数意見に過ぎず、規格制定の動きは変わらなかった。

最終的に、翌年の初めまで詳細な文章の見直しが行われ、1915年に正式にASME規格として発行された。

(発行は、1915年になってからであるが、1914年版として、正式に記録されている。)

この規格の序文には、“恒久的な委員会を設置して、少なくとも2年毎に、state of the art advances (その時点での技術の進展)を反映した改訂を行うべきである”と記されている。

最初の規格は、二つのパートから成り、初めのパートは新規に製造されるボイラーについての規格で80ページあるが、2番目のパートは既に使用されているボイラーについての規格で5ページから成っている。

この規格の制定に熱意を燃やし、制定活動を始動させた E.D.Meier は、病のために、規格の発行を見ることなく世を去った。

(12) このボイラの規格は、その後も、ASME 会員の熱心な参加によって、改訂と範囲の拡大が繰り返され、現在の ASME Boiler and Pressure Vessel Code (以下、ASME B&PV Code と略す) となった。

この Code は、ASME という、技術者が自発的に集まった協会が作成したものであり、それ自体には法的な強制力は無いが、作られた規格を米国政府および各行政機関が認可基準として採用しているために、実質は公的な役割を果たしている。

(13) この規格は、米国内だけではなく、日本をはじめ世界各国の圧力容器規格の基本となり、あるいは直接使用されるようになり、安全性の向上に果たした役割は計り知れないものがある。この規格制定活動は、ASMEの活動の中でも、最も成功を取めたものであると評価されている。

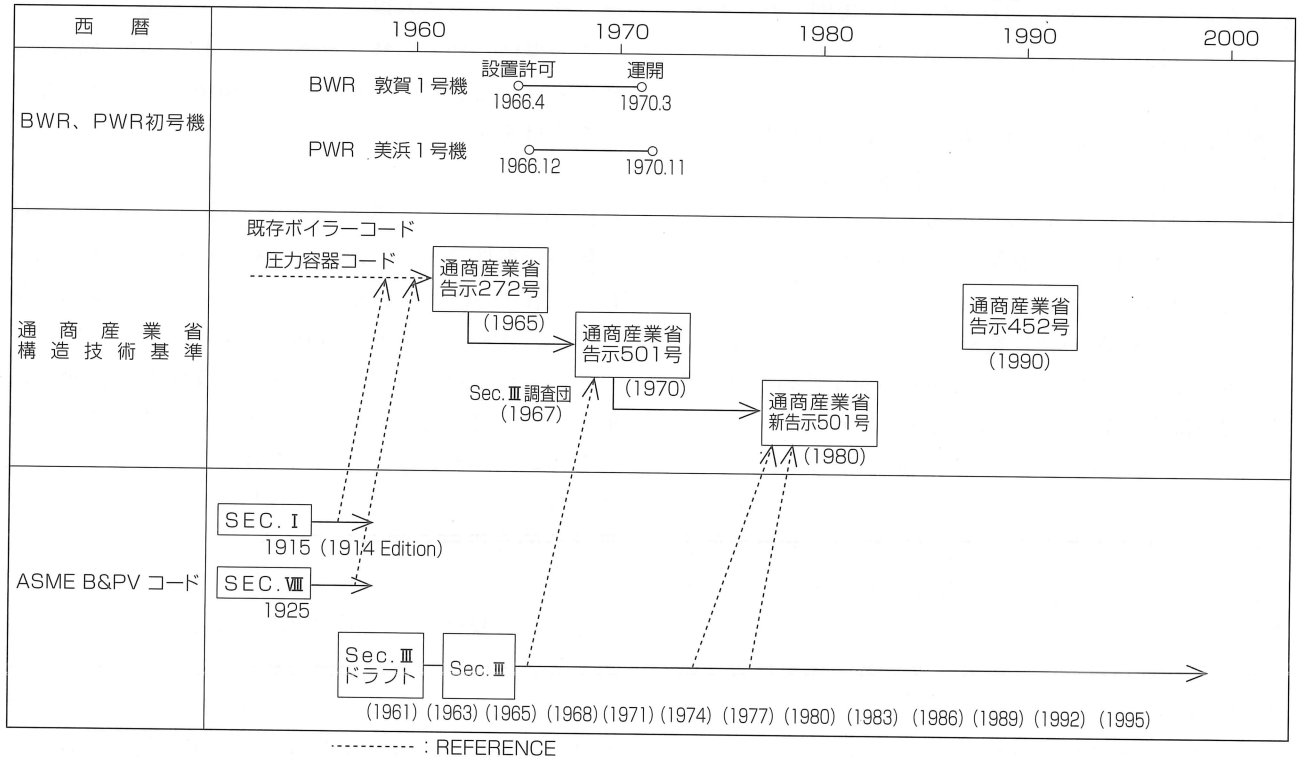
#### 4. 日本の原子力発電所の構造規格

(1) 我国の原子力機器の構造に関する技術基準の変遷を表-1に示す。表には国内のBWR (Boiling Water Reactor: 沸騰水型原子炉) とPWR (Pressurized Water Reactor: 加圧水型原子炉) の初号機の建設工程と ASME B&PV Code の年度版を合わせて示す。

(2) 国内における原子力機器に関する技術基準は、1965年に初めて、通商産業省告示272号として制定された。この告示は既存のボイラー規格、圧力容器規格をもとに、当時の ASME B&PV Code Section I、Section VIIIを参考として制定されたもので、その基本的な考え方は、“規則による設計”(Design by Rule)である。

(3) その後、ASME B&PV Codeにおいて、1963年に Section IIIが発行された。この Section IIIは、世界で

表-1 構造技術基準 (告示) の変遷および ASME B&V CODE との対比



初めて“解析による設計 (Design by Analysis)”を、原子炉圧力容器の強度設計の基本に取り入れたもので、我が国にも大きな影響を与えた。

(4) 1967年には官民からなる Section III 調査団が米国に派遣され、この調査の結果等を受けて、主として1965年版 Section III を参考として、1970年に通商産業省告示501号が制定された。これには、Section III の“解析による設計 (Design by Analysis)”の考え方が取込まれている。

対象となる機器は容器 (第1種～第4種)、配管 (第1種管～第3種管)、安全弁等の弁であり、これらに耐圧試験、監視試験を加え、全部で10章75条から構成されていた。

(5) その後、Section III が1971年版以降大幅に改訂され、当時の通商産業省告示では扱っていなかったポンプ、弁、支持構造物および炉心支持構造物が加えら

れ、規格の充実が行われたことから、我国においても技術基準の改正作業が開始された。

改正作業は昭和51年9月に原案を作成後、関連部門での審議、昭和52年3月の改正案の答申等を経て最終審査の後、1980年 (昭和55年) 10月30日、新しく通商産業省告示501号として公布された。

(6) 改正にあたっては、主として1974年版の Section III を参考とし、一部1977年版を取込む形で、国内関連基準も参考にして作成された。

この中で、支持構造物についての規程は、Section III よりは、むしろ、日本建築学会「鋼構造設計基準」を参考にして作成されている。

(7) 尚、現在は、原子力発電所が運転を開始した後に適用すべき基準として、維持基準の制定が検討されている。

## 5. 国際的な協調

(1) 日本の圧力容器の各種規格は、基本的に米国の ASME B&PV Code をもとに作られてきた。

日本の圧力容器規格が初めに作られた頃には、独自の規格を作り上げるよりも、当時、最も整備されていた ASME B&PV Code をもとにすることが、現実的な選択であったのだろう。

(2) では、現時点で、全く日本独自の、他の国外規格と相当に異なる規格を作ることは、意義のあることだろうか？

現在の経済情勢は、世界全体が互いに密接に関係しあっている。ある国で材料や部品を作り、それを用いて他の国で製品として組み立てていく、ということが頻繁に行われている。また、日本から世界中に製品が輸出され、世界各国から輸入された製品が日本国内で使用されている。

このような状況で、世界の多くの国で使用されている規格と相当に異なる独自の規格を作り出すことは、決して最善の方策とは考えられない。

(3) より良い方策として考えられることは、日本の技術を、世界の多くの国で使用されている規格に反映させ、より経済性と安全性を両立させた規格に変えていくことである。

この考え方のもとに、十年以上前から、米国の ASME B&PV Code の Section III や Section XI の委員会に、日本の学識経験者、電力会社、製造会社などのメンバーが委員として登録され、この規格の改訂審議に参加して、日本の技術を反映するように努力し成果を上げている。

(4) 一方、近年になって、米国の ASME B&PV Code とは異なる欧州の規格が勢力を伸ばしつつある。どのような規格をもつかは、国際競争力に直接関係していることでもあるので、異なる規格の調整は相当な困難が伴うが、各国の規格の国際的な整合化の努力が今後も必要である。

## 6. その他

規格の内容の根拠は、科学・技術に基づいていなければならないが、科学・技術そのものが、年月と共に進化していくことを考えると、規格も、絶えず見直しが行われる必要がある。

すなわち、現存する規格を不変のものとはしないで、常に最新の技術知見を適切に反映するための仕組み作りが大切である。

### 参考文献

本資料の作成には、日頃多くの方々から貴重なご指導を頂いてきた内容、多数の資料、文献を参考にさせて頂いており、感謝申し上げます。

主なものを以下に記す。

1. 朝田 泰英「民間規格化 最近の動向」(平成15年3月18日(社団法人)火力原子力原子力発電技術協会 主宰の原子力講演会)
2. Wilbur Cross 「THE CODE, AN AUTHORIZED HISTORY OF THE ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE」
3. 日本規格協会編「ASME規格の基礎知識」

(平成15年 8月 12日)