

私のライフワーク — 圧力容器技術

T & T テクノロジー 田原隆康

1. はじめに

私は、1964年（昭和39年）日本製鋼所に入社して以来これまで一貫して圧力容器技術とその規格化活動に携わってきたが、この半世紀の圧力容器技術の変遷と関連規格動向についてWE-COM読者の参考になればと紹介してみた。

2. 石油精製大型反応塔の技術変遷

石油精製大型反応塔のこれまでの製作技術変遷は表1に示すように5世代位に分類することが出来る。石油の高温高压水素化精製設備が、大規模に実用化したのは1960年代からである。この頃からの第1世代は、分解・脱硫などの石油精製プロセスの導入期といえる。日本製鋼所では、これらの大型石油精製反応塔の製造に着手し、当時、他社に先駆けて開発したクラッド鋼板を内筒に2H-Superなどの高張力鋼を外層板に採用して開発した多層巻圧力容器をクウェート国シャイバ製油所のH-Oil重質油分解反応塔として初めて納入した。（図1参照）

表1 大型反応塔の製作技術変遷

| | 1st Generation | 2nd Generation | 3rd Generation | 4th Generation | 5th Generation |
|------------------------------------|---|---|---|--|--|
| Year | 1965 ~ 1972 | 1973 ~ 1980 | 1981 ~ 1987 | 1988 ~ 1997 | 1998 ~ |
| Technology Improvement | Multi-Layer Rx Heavy Thk. Forged Ring SAW OL | Forged-in Shell/One Piece Head Improved RTJ/Internal Attachment PZ OL | Serviceability Assessment Improved Double Layer OL | TOFD/UT for heavy wall Improved Single Layer OL | |
| TE Sensitivity Factor, J-Factor | No-Spec. | J=300max. J=250max. | J=150max. J=180max. | J=100max. | |
| CVN Impact Toughness Av.55/Min.45J | ≤ 10°C | ≤ 0°C | ≤ -7°C ≤ -15°C ≤ -20°C | ≤ -30°C (vTr 55 = -40°C) | |
| Thickness & Size-up | 325ton (211mm) 500ton (260mm) 814ton (251mm) Field Fab. | 850ton (250mm) (260mm) 930ton | 1,138ton (328mm) Max. 344mm | 1,450ton (273mm) | 1,298ton (262mm) Max. 347mm 2.25Cr-1Mo-V Rx 3Cr-1Mo-V Rx |

一方、圧力容器を、合理的かつ経済的に設計できる解析による設計法（DBA）を採用したASME Sec. VIII, Div.2が1968年に発行され、このような大型厚肉反応塔の設計に有限要素法によるDBAが採用され始めた。また、圧力容器の品質保証体制が整った工場で作製された圧力容器を認定するASME U, U2 スタンプの取得が義務付けられた。

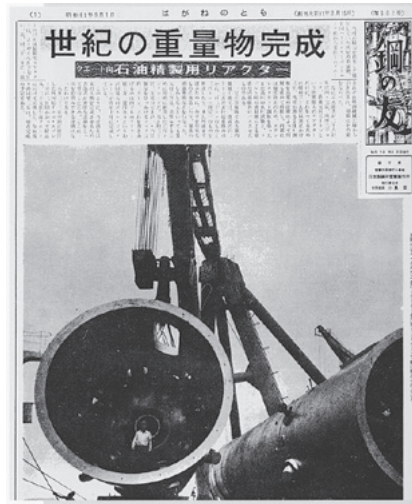


図1 (日本製鋼所社内報「鋼の友」から)

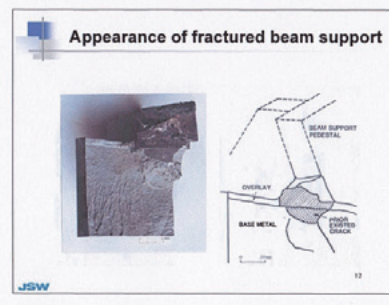
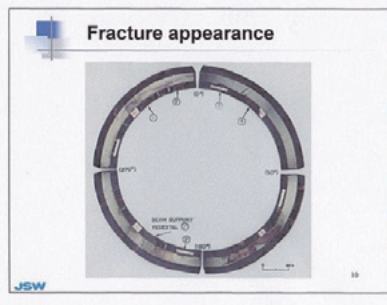
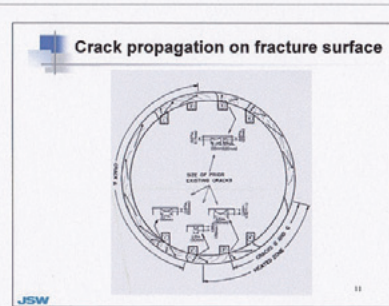
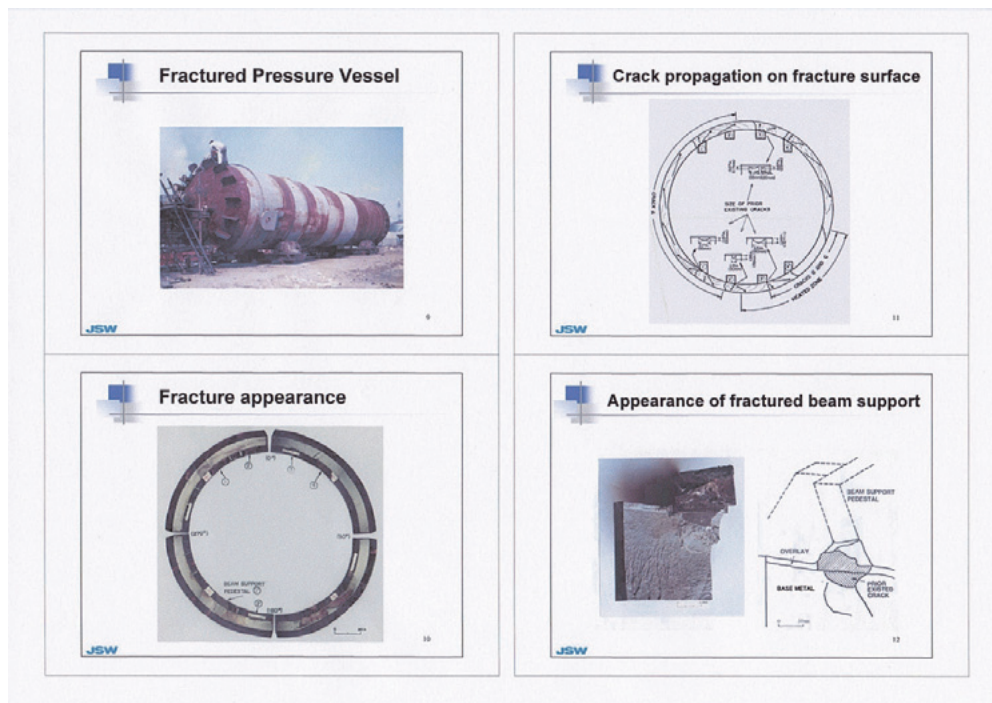


図2 改造工事中に焼戻しぜい化が原因でぜい性破壊した2 1/4Cr-1Mo 鋼反応塔の例

1970年代になると日本では、大気汚染防止法の規制に従って各製油所は競って重油脱硫装置を建設するため、大型反応塔を多数必要とした。その後、日本製鋼所では反応塔の大型化、厚肉化に対応するため、厚肉中心部まで強度・じん性の優れた鍛造リング溶接構造を開発した。長手継手のない圧力容器構造として、製作工期や供用中検査期間の短縮化にメリットを発揮し、厚肉反応塔の構造の主流となった。

1973年頃の第2世代は、これらの水素化分解、脱硫など高温高压水素サービスに長期間供用された圧力容器において、劣化・損傷が検出されて、それらの研究開発・改良が進められた改良期と云える。図2及び図3にこれらの圧力容器の典型的な損傷例を示す。重油直接脱硫反応塔の改良工事中に発生したぜい性破壊事故に対する反応塔材料の徹底した調査が行われた。

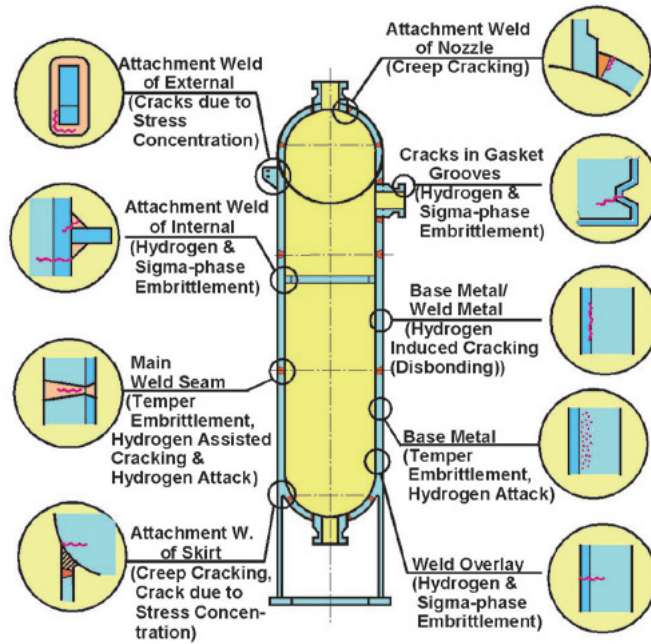


図3 高温高圧水素サービス用圧力容器の典型的な損傷例

2 1/4Cr-1Mo鋼の焼戻ぜい性（図4参照）、ステンレス鋼溶接部の水素ぜい性（図5参照）及びステンレス鋼オーバーレイ溶接の水素誘起剥離（図6参照）などの新しい知見について、多くの研究開発がなされ、耐焼戻ぜい性の優れたVCD法による低Si CrMo鋼や耐剥離性に優れた高速大電流オーバーレイ溶接法の開発、インターナル部材取付部やRTJガスケット溝の割れを防止する設計・溶接法の改良がなされた。

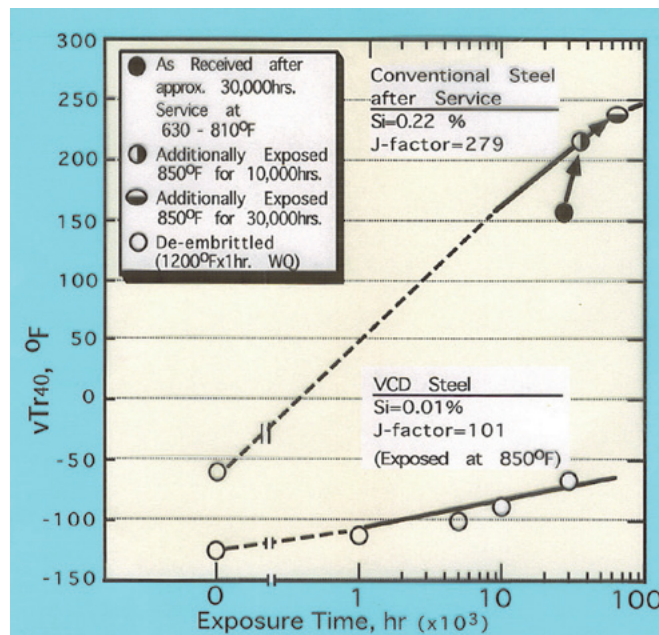


図4 2 1/4Cr-1Mo 鋼の焼戻しぜい化感受性の例

Cracks at Internal Attachments

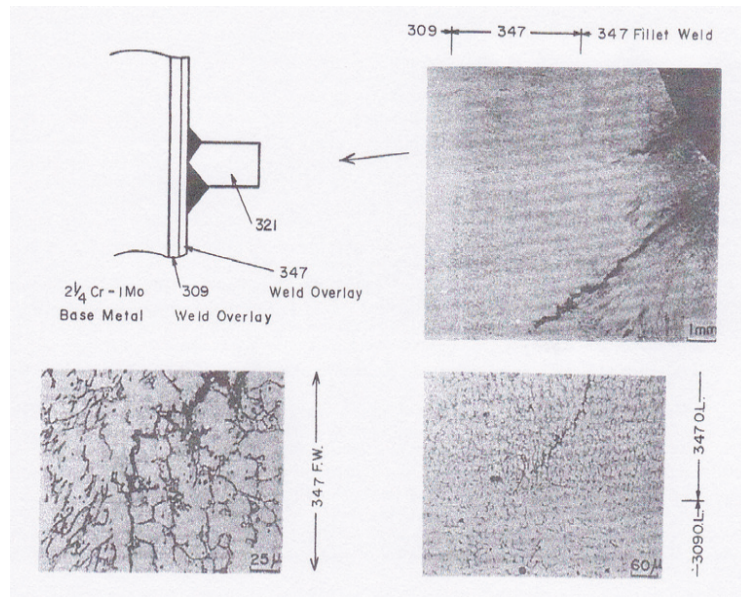


図5 SUS347 ステンレス鋼インターナル溶接継手の水素ぜい化割れ例

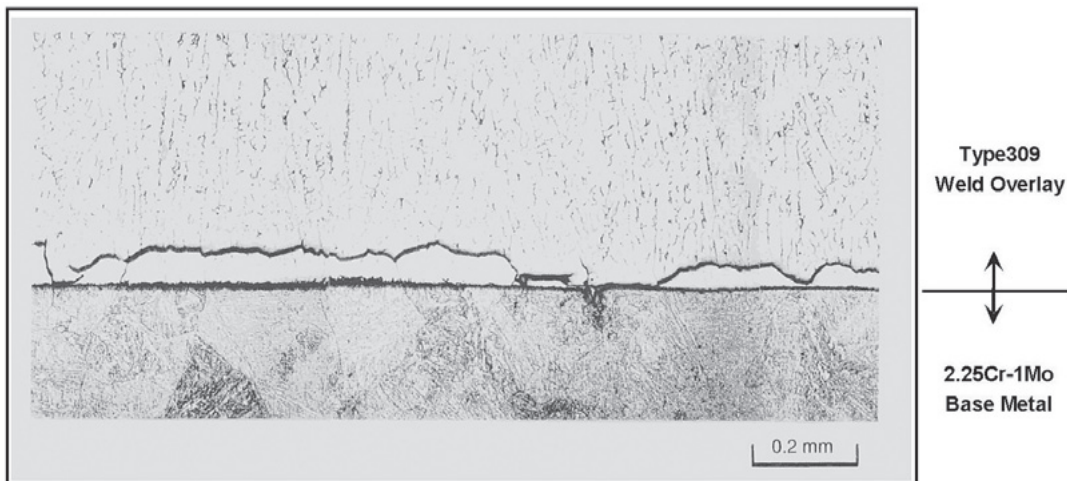


図6 SUS347 ステンレス鋼溶接オーバーレイの水素誘起剥離の例

この時代はまた、図7に示すように、鍛造リング溶接構造に更に改良を加えた口絞りシェルと一体成型ヘッドの組合せによる周継手のみの製造技術を確立し、又周継手やノズル取付継手に全自動溶接を採用することによって、信頼性の向上と工期の短縮に革新をもたらせた。

1980年代の第3世代は、第2世代で築き上げた数々の改良技術を更に高度化してより信頼性の高い高压容器を短納期でしかも経済的に製作できるシステムを確立した成熟期の時代と云える。

1990年代の第4世代は、20年以上の長期にわたり運転され、何らかの損傷が検出されている古い世代の機器（Old Vintage）の更新や、重質油の分解精製などの新しい設備の導入などが必要となった更新期とも云える。老朽機器の安全性評価を行うための非破壊検査や余寿命診断技術が開発されている。

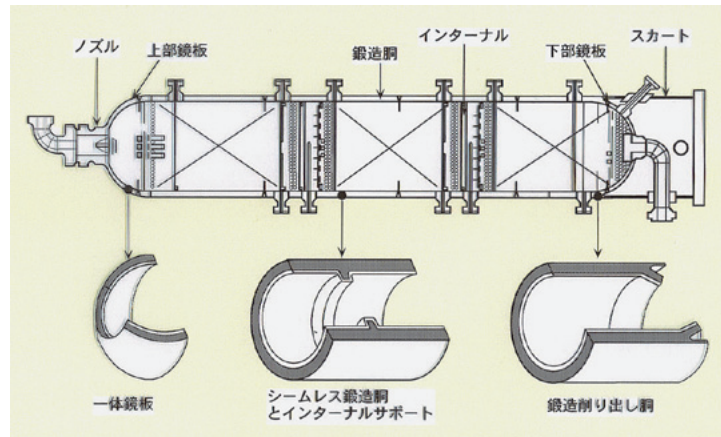


図7 鍛造リング溶接構造の反応塔

2000年頃からの第5世代では、原油価格の高騰に対応したカナダのタールサンドなどの重質油の分解精製が盛んになるにともない、さらに高温高压で大容量の水素化精製設備が必要となった。

450℃以上の高温・高压水素サービスに対しても高い強度と長期連続運転に優れた信頼性を発揮する高強度Cr-Mo鋼が規格化され、実機に採用されるようになった(図8)。又、2007年には、新しいASME Sec.VIII, Div.2が発行され、更に高い設計応力の採用が可能となり、より信頼性の高い厚肉容器の設計製作を可能にした。

石油精製用反応塔などの高压容器の設計・製作技術はこの50年で飛躍的に進歩したが、これらの技術開発・改善の歴史には、世界のユーザ、エンジニアリング、ファブリケータとの密接な技術交流と規格化への努力に負うところが大きい。

JSW THE WORLD'S LEADING MANUFACTURER OF HEAVY WALL REACTORS

JSW is continuously developing new technologies based on the various requirements of users.
JSW is the first supplier of heavy wall reactors made from advanced Cr-Mo STEEL (3Cr-1Mo-1/4V-Ti-B STEEL)
 Manufacturing experience: 27 reactors including 7 reactors in operation.

| | |
|--|---|
| <p>CANADA</p>  <p>1990 ASME Sec.VIII, Div.2 SIZE: 3.4'-229" - Ø750 2 SETS L.D. 70K - 100kg (in operation)</p> | <p>JAPAN</p>  <p>1992 JAPAN GAS CONTROL LOW (ASME Sec. VIII, Div.2) SIZE: 4.11'-271" - Ø1060, 4 SETS (IN OPERATION)</p> |
| <p>MEXICO</p>  | <p>NETHERLANDS</p>  <p>1994 NETHERLAND CODE SIZE: 4.5'-273" - 1465</p> |
| <p>THAILAND</p>  <p>1999 ASME Sec.VIII, Div.2 SIZE: 4.52'-298" - Ø1260, 4 SETS (FIELD FABRICATION COMPLETED)</p> | <p>Line-up of Cr-Mo family</p>  <p>MATERIAL CERTIFICATES 3x-1Mo-1/4V-Ti-B Steel VETUV 12CrMoV-Ti210 REFER TO US AND JSW</p> |

THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.

HEAD OFFICE: 1-2-2 NURAKUCHO CHYOSHUKU TOKYO, JAPAN TEL: 81-3-3697-6108 FAX: 81-3-3585-4817

NEW YORK OFFICE: TEL: (212) 678-9190 FAX: (212) 680-5575

LOS ANGELES OFFICE: TEL: (213) 726-8143 FAX: (213) 795-9602

DUBLINOFFICE: TEL: (313) 299688 FAX: (313) 377888

図8 高強度 Cr-Mo 鋼の開発と製作実績

3. ASME B&PV規格開発の歴史と動向

アメリカでの急速な工業発展にともない、蒸気機関は船舶、汽車、製鉄、工場、木工などで採用され、1800年中頃から急速にその能力が増大した。蒸気ボイラーは、1890年には米国でおよそ100,000基が稼働していたが、その製作と運転に関する規則やガイドラインがなかったので、数百におよぶボイラーの爆発などの事故や問題が発生した。最悪の歴史的船舶事故としては、1865年4月27日に起きた2,200人の兵士を乗せたスチームボートSaltana号の過荷重によるボイラー爆発事故であった。1700人が蒸気漏れや火災で死亡した。また、ASME発足後の最初の10年間である1880年からの1890年に2000件以上のボイラーの爆発事故があった。ASME Codes and Standards（以下ASME C&S）活動は、1884年に最初の標準 Code for the Conduct of Trials of Steam Boilers発行以来、2014年で130周年となる。（図9参照）

ASMEは、これまでも多くの規格・基準を発行してきたが、最近は更に新しいチャレンジが進められている。日本の圧力容器の規格、法規は、一般産業用及び発電用原子力用を問わずASME C&Sによるところが大きい。

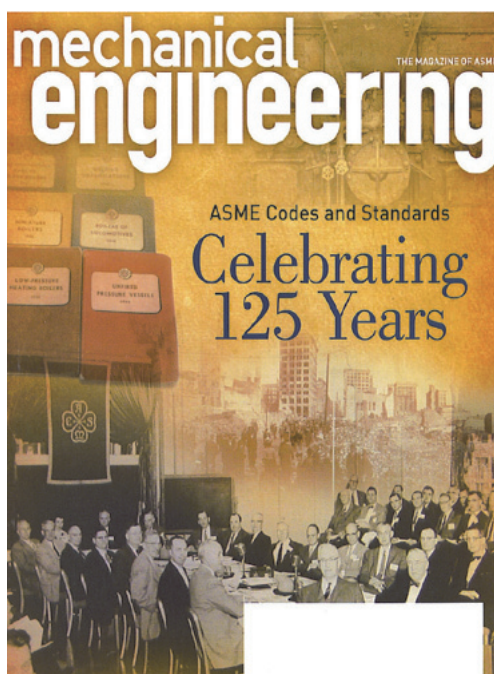


図9 “2009 ASME Codes and Standards Celebrating 125 Years” 特集号表紙

ASMEは欧州のEN13445に対抗して、最新技術による圧力容器規格を目指してPVRCに Joint Task Group on Continued Modernization of Codesを2000年に20数社のスポンサーのもとに発足させ、その開発を開始した。PVRCでは世界の最新規格を参考に、設計、製作などの最新知見、技術を取り入れたSec. VIII Div.2 Rewritingを進めその原案をまとめた。その後ASME Code Committeeにおいて規格化を進めてきたが2007年7月に正式にASME Sec.VIII, Div.2, 2007として発行された。

日本からは、このプロジェクトに呼応して日本高圧力技術協会HPIが、ユーザ、メーカ、関係中立機関など16社の支援のもとに、ADC特別研究会を発足させ、スポンサーとして支援すると共に、規格開発者として、Part 6 Fabrication、Requirements、Part 7 Inspection & Examination Requirementsの原案作成を担当した。3年間に本委員会、3つのWG活動を精力的に進めると共に、

毎回のPVRC会議に出席して規格開発の全体会議にも積極的に参加した。2003年1月には規格最終原案を提出し、更に規格案全体のコメントを提出するなどの成果をあげた。(写真1参照)

この活動により、欧米の最新圧力容器規格内容を詳細調査すると共により高いDesign Stress, Min. (T.S./2.4, Y.S./1.5) をベースとした新しいASME Sec. VIII規格作りに貢献することが出来た。



写真1 PVRC Task Group on Continuous Modernization of the Code 主要メンバー（前列中央が筆者）と2007年に発行された2007 ASME Sec.VIII, Div.2 Code（右）

新しいSec.VIII, Div.2の誕生によって、3つの圧力容器規格を次のような区分とした。

- Division 1 Basic Pressure Vessels
- Division 2 Engineered Pressure Vessels
- Division 3 High Pressure Vessels

新しいSec. VIII Div.2は、新しい材料じん性規定、溶接継手の疲労設計法、RTに代わるUT検査法の適用など斬新な規定を取り込むとともに、規定による設計(DBR)の適用範囲を拡張した。更に、解析による設計(DBA)においても弾塑性解析法、Limit Load法や破壊力学をもとにした解析による設計が自由にできるなど、新しい圧力容器規格の体系を示した。

Design MarginをMin. (T.S./2.4, Y.S./1.5) と格上げしたため、容器の肉厚を17%程度低減でき、経済的効果も期待された。一方で、Cr-Mo-V鋼などでは、高温域での設計応力が、クリープ強度支配になる温度域が下がったため疲労評価法に困難を生じたため、新しくCode Case 2605を発行して、その評価法を示した。

新しいSec. VIII Div.2は、Code Case 2575によって、旧来の規格からの移行期間を与えていたが、2009年7月をもって、完全単独適用となった。Sec. VIII Div.2に対しては、User Friendlyという、開発当初の精神からExample Problem Manual（例題集）も作成されている。

また、2009年夏のCode Meetingにおいて、この規格の開発推進者であるDavid Osage氏の提案で、ASME Code Sec. VIIIの2つの規格、Div.1及びDiv.2に共通する規定、例えばノズル補強規定、PWHT規定などを一括し、それらをすべてDiv.2に収録して、Div.1及びDiv.3から削除することによ

り、これら規格の適用分野を以下のように明確にし、全体を簡素化させ、共通規定の充実と一括審議を容易にする方式の検討が進められてきた。その後、Code Case 2695 として、Div.2のDBR規定をDiv.1に適用できる規定や、Div.2に設計マージンを2つにするClass1及びClass2を設定するための詳細検討が進められている。

4. ASME Post Construction Codesの誕生

ASMEは、ユーザからの圧力容器、配管などの供用中の保全技術の標準化の要望に応じて、1995年ASME Post Construction Main Committee（以下ASME PCC）を設立し、検査－評価－補修に関わる基準の作成を積極的に進めるために、APIとの協力関係をもとに、次のように委員会を誕生させた。

- 1995年 SC on Inspection Planning
- SC on Flaw Evaluation
- 1998年 TG Bolted Flange
- SC on Repair and Testing

これらの活動の成果は、現在までに、次のようなASME Post Construction Codesとして発行されている。

- ASME PCC-1-2000 Guideline for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly
- ASME PCC-2-2006 Repair of Pressure Equipment and Piping Standards
- ASME PCC-3-2007 Inspection Planning Using Risk-Based Methods
- API579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service
- API579-2/ASME FFS-2 2009 Fitness-For-Service Example Problem Manual

このような維持規格をAPI/ASMEで共有することにより、**図10**のように限られた人材と資金で効率よく必要な規格を作成している。

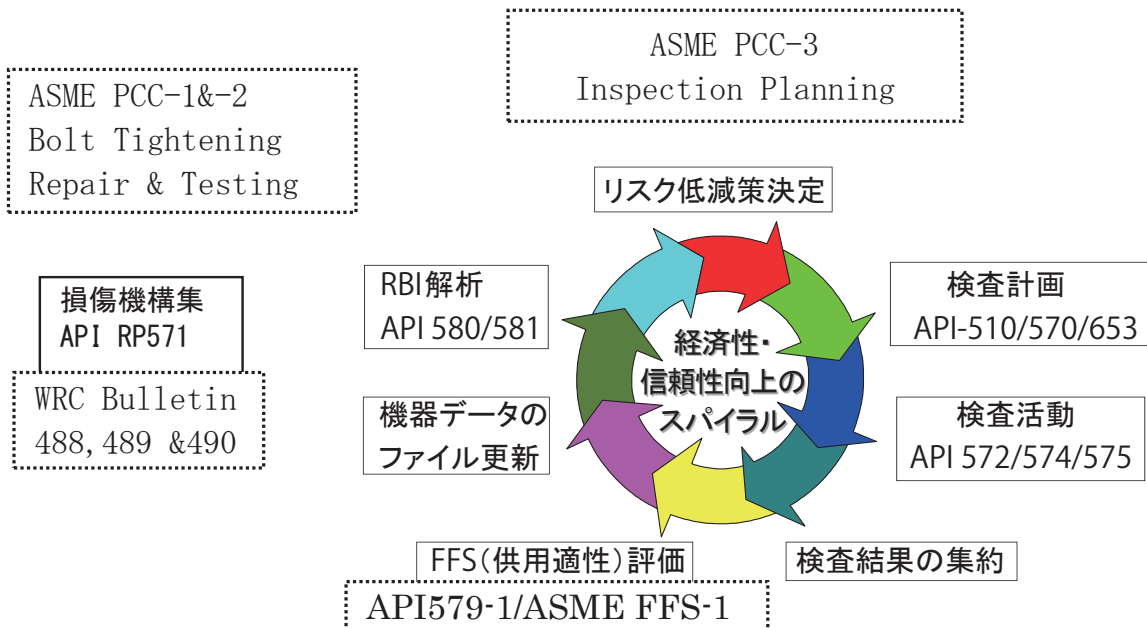


図 10 API/ASME の FFS,RBI による圧力機器の経済性・信頼性向上活動

図11に示すように、API579-1/ASME FFS-1 供用適性評価規格では、石油精製用など一般压力容器が供用中に受ける損傷・劣化に対する健全性評価を行うことが出来る。

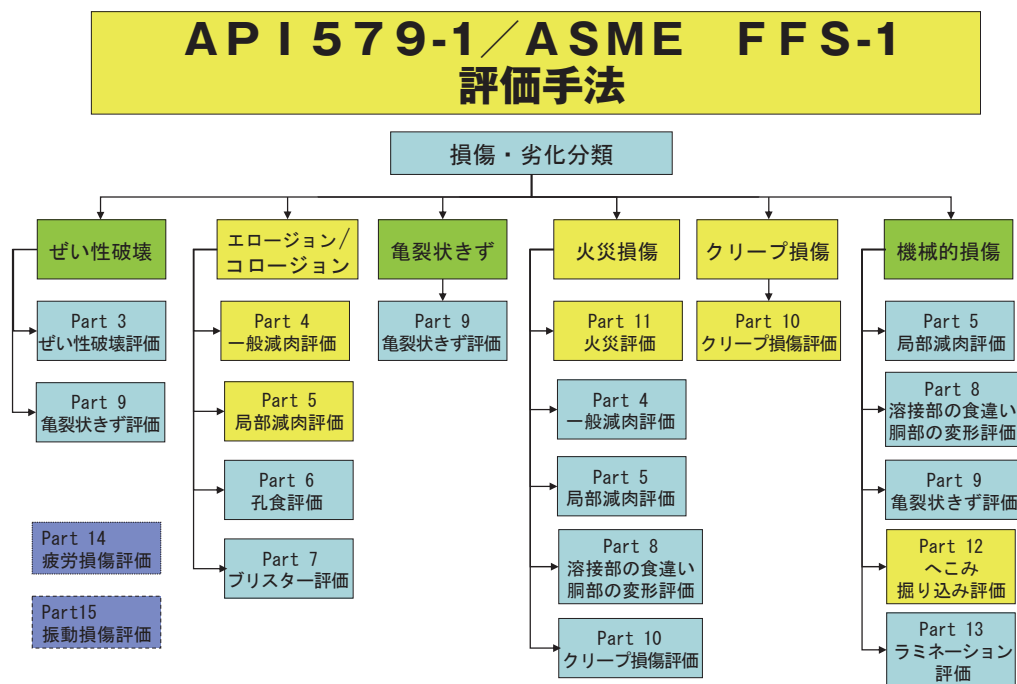


図11 API579-1/ASME FFS-1 供用適性評価規格の評価手法体系

5. APIにおける圧力機器規格作成の状況

石油精製、石油化学工業において、压力容器・ボイラ・配管・貯槽など圧力機器の安全運転の長期継続は重要課題である。このような圧力設備の製作、建設、運転及び維持規格は、アメリカ石油学会（以下API）CRE（Committee on Refining Equipment、石油精製機器委員会）において、次の3つの小委員会の活動により作成されている。これらの規格は、米国各州法をはじめ世界各国の関連法規にも引用されてきている。写真2にCREの会議状況を示す。

- Subcommittee on Corrosion & Materials (SCCM) 腐食及び材料分科会
- Subcommittee on Inspection 検査分科会
- Subcommittee on Aboveground Storage Tanks 陸上タンク分科会

これらのうちSCCM分科会の規格作成状況を以下に示す。



写真2 Committee on Refining Equipment(CRE) の会議状況

SCCMは、石油精製プロセス機器関連の工業規格の開発、改正を進めてきた。SCCMが特に力を入れているのは、安全性、機器の寿命と信頼性を向上させるための機器の製作規定、腐食機構、機器の信頼性、断熱材システム及び運転資金や保全コストの削減である。

分科会及びそのタスクグループの各会議では、世界中の関連技術の専門家に、運転経験を共有する機会と問題点の情報交換のための討論の場が与えられている。

現在発行されている規格類及びその活動で材料、溶接、損傷に関するものを表2に示す。ここには、現在作成中のものも含む。

表2 API/CRE/SCCM 分科会で作成の規格

| 番号 | 名称 | 補記 |
|-------------|--|----------------------------------|
| RP571 | Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry 石油精製工業用定置式機器の損傷機構 | 検査、FFS、RBI 評価に使われる |
| RP582 | Welding Guidelines for the Chemical, Oil, and Gas Industries 化学・石油・ガス工業に対する溶接ガイドライン | |
| TR 932-A | The Study of Corrosion in Hydroprocessing Reactor Effluent Air Cooler Systems 水素処理反応塔エフルエント空気冷却システム調査 | |
| Publ. 932-B | Design, Materials, Fabrication, Operation, and Inspection Guidelines for Corrosion Control in Hydroprocessing Reactor Effluent Air Cooler (REAC) Systems 水素処理反応塔エフルエント空気冷却システム (REAC) の腐食管理に対する設計、材料、製作、運転及び検査ガイドライン | |
| RP 934-A | Materials & Fabrication of 2-1/4Cr-1Mo, 2-1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo, and 3Cr-1Mo-1/4V Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High-Temperature, High-Pressure Hydrogen Service 高温高圧水素サービス用 2-1/4Cr-1Mo, 2-1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo, and 3Cr-1Mo-1/4V 鋼厚肉圧力容器の材料・製作 | リアクターの製作、検査に有用 (筆者委員) |
| TR 934-B | Fabrication Considerations for Vanadium-Modified Cr-Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels V 添加改良 Cr-Mo 鋼厚肉圧力容器の製作上の留意点 | RP934-A 規定を補完するものとして重要 (筆者委員) |
| RP934-C | Materials & Fabrication of 1-1/4Cr-1/2Mo Steel Pressure Vessels for High Pressure Hydrogen Service Operating at or Below 825 deg. F (441 deg. C) 運転温度 825 deg. F (441 deg. C) 以下で運転される 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼圧力容器の材料・製作 | リアクターの製作、検査に有用 (筆者委員) |
| RP934-D | Technical Report on the Materials and Fabrication Issues of 1-1/4Cr-1/2Mo Steel Pressure Vessels 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼圧力容器の材料・製作に関する技術レポート | P934-C 規定を補完するものとして重要 |

| | | |
|-------------|--|--------------------------------------|
| RP 934-E | Materials & Fabrication of 1-1/4Cr-1/2Mo Steel Pressure Vessels for Service Above 825 deg. F (441 deg. C) 運転温度 825 deg. F (441 deg. C) を越える 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼圧力容器の材料・製作 | リアクターの製作、検査に有用 (筆者委員) |
| RP 934-F | Minimum Pressurization Temperatures, MPT, for Heavy Wall Pressure Vessels 厚肉圧力容器の最低加圧温度、MPT | リアクターの安全加圧温度設定に有用 (作成中) (筆者委員) |
| RP 934-G | Coke Drums コークドラムの設計製作検査運転保全 | (作成中) (筆者委員) |
| RP 934-H | Cr-Mo Reactor Maintenance Cr-Mo 鋼製リアクターの保全 | リアクターの保全検査に有用 (作成中) (筆者委員) |
| RP 934-I | Cr-Mo Reactor Inspection Cr-Mo 鋼製リアクターの検査 | |
| Publ. 938-A | An Experimental Study of Causes and Repair of Cracking of 1-1/4Cr-1/2Mo Steel Equipment 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼機器の割れに対する原因と補修の実験的検討 | |
| Publ. 938-B | Use of 9Cr-1Mo-V (Grade 91) Steel in the Oil Refining Industry 石油精製工業における 9Cr-1Mo-V (Grade 91) 鋼の使用 | |
| TR 938-C | Use of Duplex Stainless Steels in the Oil Refining Industry 石油精製工業における 2 相ステンレス鋼の使用 | |
| TR 939-A | Research Report on Characterization and Monitoring of Cracking in Wet H ₂ S Service 湿潤 H ₂ S サービスでの割れの特性及びモニターの研究報告 | |
| Publ. 939-B | Repair and Remediation Strategies for Equipment Operating in Wet H ₂ S Service 湿潤 H ₂ S サービスで運転される機器の補修及び改善方法 | |
| RP 939-C | Guidelines for Avoiding Sulfidation Corrosion Failures in Oil Refineries 石油精製における硫化物腐食破壊に対するガイドライン | |
| TR 939-D | Stress Corrosion Cracking of Carbon Steel in Fuel Grade Ethanol - Review, Experience Survey, Field Monitoring, and Laboratory Testing 燃料エタノールにおける炭素鋼の応力腐食割れ一概観、経験調査、現地モニター及び実験室試験 | |
| Bull. 939-E | Identification, Repair and Mitigation of Cracking of Steel Equipment in Fuel Ethanol Service 燃料エタノールサービス用鉄鋼製機器の亀裂の検出・補修と軽減 | |
| RP 941 | Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants 石油精製及び石油化学プラントにおける高・高圧水素サービス用鋼材 | 現在炭素鋼の水素侵食事故例から改正検討中 |
| TR 941 | The Technical Basis Document for API RP 941 API RP 941 に対する技術基礎文書 | |

| | | |
|-----------|---|---------------|
| TR 942-A | Materials, Fabrication, and Repair Considerations for Hydrogen Reformer Furnace Outlet Pigtailes and Manifolds 水素リフォーマー炉出口、ピグテール及びマニフォールドの材料、製作及び補修の留意点 | (作成中) |
| TR 942-B | Material, Fabrication and Repair Considerations for Austenitic Alloys Subject to Embrittlement and Cracking in High Temperature Refinery Service 高温石油精製サービスにおいてぜい化、及び亀裂を受けるオーステナイト合金に対する材料、製作及補修の留意点 | (作成中) |
| RP 945 | Avoiding Cracking in Amine Units アミン装置の割れ防止方法 | 過去の重大事故を教訓に作成 |
| Publ. 950 | Survey of Construction Materials and Corrosion in Sour Water Strippers-1978 サワーウォーターストリッパーの構造材料と腐食調査 | |
| Publ. 959 | Characterization Study of Temper Embrittlement of Chromium-Molybdenum Steels Cr-Mo 鋼の焼戻ぜい化特性の検討 | |
| RP 970 | Work Process for Development of Corrosion Control Diagrams 腐食管理ダイアグラムの作成作業手順 | (作成中) |

APIにおける石油精製設備の規格類には、材料、設計、製作、溶接、試験・検査、更には供用中検査、損傷評価、FFS,RBIに関するものが多く、これらの規格類が、機器の関連法規に引用されているばかりでなく、機器製作や保全・検査サービスの発注の際にも引用されていることが多いので、石油精製各社のみならず、材料製造者、機器製作者、試験検査会社も作成委員会に参加して、実用的な規格となるよう協力すると主に、常に最新の内容を把握しておく必要がある。

6. 圧力設備の国際規格化活動を通じて

以上のように、筆者は、日本製鋼所、日本高圧力技術協会、石油連盟に奉職してきた50年間及び現在の圧力機器技術コンサルタント業を通じ、一貫して圧力設備、特に石油精製関連圧力容器の材料・設計・製作更に供用中機器の保安全管理の規格化を進めてきた関係で、ASME及びAPI規格作成にも関与してきた。

ASMEでは、ASME Sect.VIII, Div.2、API579-1/ASMEFFS-1、ASME Post Constructionなどの規格作成に加わり、その功績から2009年にはASME Fellowに推薦された。溶接関連では、日本溶接協会化学機械溶接研究委員会補修溶接小委員会での活動成果を反映して、ASME PCC-2, Article 2-15 Repair Welding Consideration for Cr- Mo Materialsを作成し、ASME PCC-2, 2013 Edition (2014年6月発行予定)に掲載されている。

APIでは石油精製用高圧高温反応塔の材料、設計、製作、試験検査の規定をまとめた“API943-A Materials & Fabrication of 2-1/4Cr-1Mo, 2-1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo, and 3Cr-1Mo-1/4V Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High-Temperature, High-Pressure Hydrogen Service”(高温高圧水素サービス用2-1/4Cr-1Mo, 2-1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo, and 3Cr-1Mo-1/4V 鋼厚肉圧力容器の材

料・製作)を作成した。この規格は、当初MPC(Materials Properties Council)プロジェクトとして発足し、日本において、日本製鋼所、神戸製鋼所、日揮、千代田建設の委員が原案を作成し、その後API CREにてAPI規格としてまとめられた。特に新たに開発され、現在は大型厚肉反応塔の主力材料となっている2-1/4Cr-1Mo-1/4V鋼において、欧州製の溶材を使用した欧州メーカーで、機器製作中にサブマージ溶接継手に再熱割れが、多数検出され、大きな問題となり、API934-A規格にそれを防止するための溶材試験や、高感度TOFD超音波探傷試験などの追加規定が設けられた。更にAPI934-B “Fabrication Considerations for Vanadium-Modified Cr-Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels” (V添加改良Cr-Mo鋼厚肉圧力容器の製作上の留意点)を発行し、2-1/4Cr-1Mo-1/4V鋼による圧力容器の溶接、熱管理、溶接後熱処理、試験・検査など製作上考慮すべき点を明確にすると共に、ファブリケータの格付け規定までもが示された。

現在API934TGは、筆者の提案で、これらの機器の供用中の安全加圧運転規定API934-F、保全技術規定A934-H、保全検査規定API934-Iを策定中である。

これらの継続的な規格化活動について2013年11月、ニューオルリーズで開催されたAPI Refining and Equipment Standards Meeting において25年間貢献の表彰を受けた。(写真3参照)



写真3 API規格化活動25年間貢献表彰にて

7. まとめ

筆者は現在日本溶接協会においては、化学機械溶接研究委員会、規格委員会、国際活動委員会において活動をしているが、常に国際交流・貢献を、又、規格化においては、国際整合化を念頭において進めてきた。今後ますます多文化交流が内外で進むことから、国際的な規格化活動をさらに促進しなければならない、又我が国の民間規格が、法規に広く引用されるように官民の協調を積極的に進めなければならない。微力ながらこれからも、これらの活動を支援して行きたい。

参考文献

1. T.Tahara et.al Chronological review of manufacturing technologies and consideration to maintenance/inspection for heavy wall hydroprocessing reactors, PVP2013-97227
2. T.Tahara Perspectives on Engineering Career Paths-What It Takes And Where It Leads “MY LIFE WORK – PRESSURE VESSEL TECHNOLOGY” , PVP2013-98027
3. 日本製鋼所社内報「鋼の友」昭和41年9月1日号
4. 日本製鋼所カタログPressure Vessels
5. 田原 HPI創立50周年記念講演「圧力技術と共に半世紀」圧力技術 VOL.51 NO.4 2013
6. 田原「API（アメリカ石油学会）規格化活動に参加して25年」溶接技術 第62巻第3号
7. 田原「石油精製用高压容器の製作技術の歴史的考察と供用中保全技術対応」溶接技術 第62巻第4号

<略歴>

| | | |
|------|-------|--|
| 田原隆康 | 1964年 | 芝浦工業大学機械工学科卒業 |
| | 1964年 | (株)日本製鋼所入社室蘭製作所配属 |
| | 1999年 | (社)日本高圧力技術協会技師長 |
| | 2003年 | 石油連盟技術環境安全部技術アドバイザー |
| | 1998年 | 研究論文「石油精製用高压容器の環境強度評価と信頼性の向上に関する研究に対して工学博士の学位を東京工業大学から授与 |
| | 2013年 | T & Tテクノロジー圧力機器技術アドバイザー |
| | 同年 | (株)セイコーウェーブ 圧力機器技術顧問 |