

3

化学機械溶接研究委員会

3.1 設置経緯

日本溶接協会創立の翌々年、1951(昭和26)年にGHQは太平洋沿岸精油所の再開を許可している。戦後の疲弊から立ち直り、活気が戻ってきたころである。1952(昭和27)年には、米国のUS Steel社がT-1鋼(調質鋼、降伏点 90,000psi、引張強さ 105,000psi)を開発しているが、当時、わが国は50キロ級高張力鋼が製作されはじめ、60キロ高張力鋼はまだ研究段階であった。

この強度の高いT-1鋼に着目し、合理的に都市ガスを供給するために、世界でも初めての大形球形ガスホルダ(幾何容積:20,000m³)の建設が1954(昭和29)年に始められている。そのころは、基幹エネルギーがそれまでの石炭から石油に移行する第二次エネルギー革命の勃興期でもあった。

1950(昭和25)年代の半ばを過ぎると、それが急速に本格化し、巨大コンビナートの多くが、この時期に建設されている。それは図3.1(次ページ)の石油精製能力の推移を見てもはっきりとわかる。

(1) 圧力容器研究委員会のスタート

このような状況の下で、1950(昭和25)年代半ばには関係分野を横断する構成で問題を解決できる溶接研究委員会の設置が望まれるようになった。そこで、木原博(当時の会長・東京大学)、渡辺正紀(大阪大学)らが中心となり、関係者の間で準備作業が進められた結果、圧力容器研究委員会(委員長:木原博)を1956(昭和31)年に設立し、発展的に解散する1969(昭和44)年まで活動を続

けた。

下部組織として、腐食分科会(主査:渡辺正紀)と工作分科会(主査:山内俊平)を設け、両分科会は緊密な連携を保ちながら活動を始めている。

腐食は、それまでも研究機関がなかったわけではないが、化学的な面又は材料的な面の研究が主に扱われていた。しかし、産業界からの要望は、腐食を受ける構造物を溶接で製作する場合の設計・施工に関する具体的な情報の提供であった。そのため、腐食分科会は構造物の強度と腐食の関係に着目した研究を中心に運営することになった。

その後、石油工業の目覚ましい発展に伴い、化学容器、プラントなどの溶接技術を総合的に調査・研究し、情報機関としても活動できる独立した研究委員会が望まれるようになった。そのような研究委員会を設けるための調査と準備が着手され、1958(昭和33)年4月には具体的な調整も進められた。

(2) 化学機械溶接研究委員会(CP委員会)の発足

1958(昭和33)年10月、腐食分科会の構成委員に新たな委員を追加する形で、設立総会と第1回研究委員会が大阪で開催される運びとなった。これが「化学機械溶接研究委員会」(委員長:渡辺正紀、以下「CP委員会」と記す)の誕生である。すなわち、CP委員会の実質的な母体は、圧力容器研究委員会の腐食分科会ということになる。

当時、日本溶接協会の組織は、専門部会が主軸

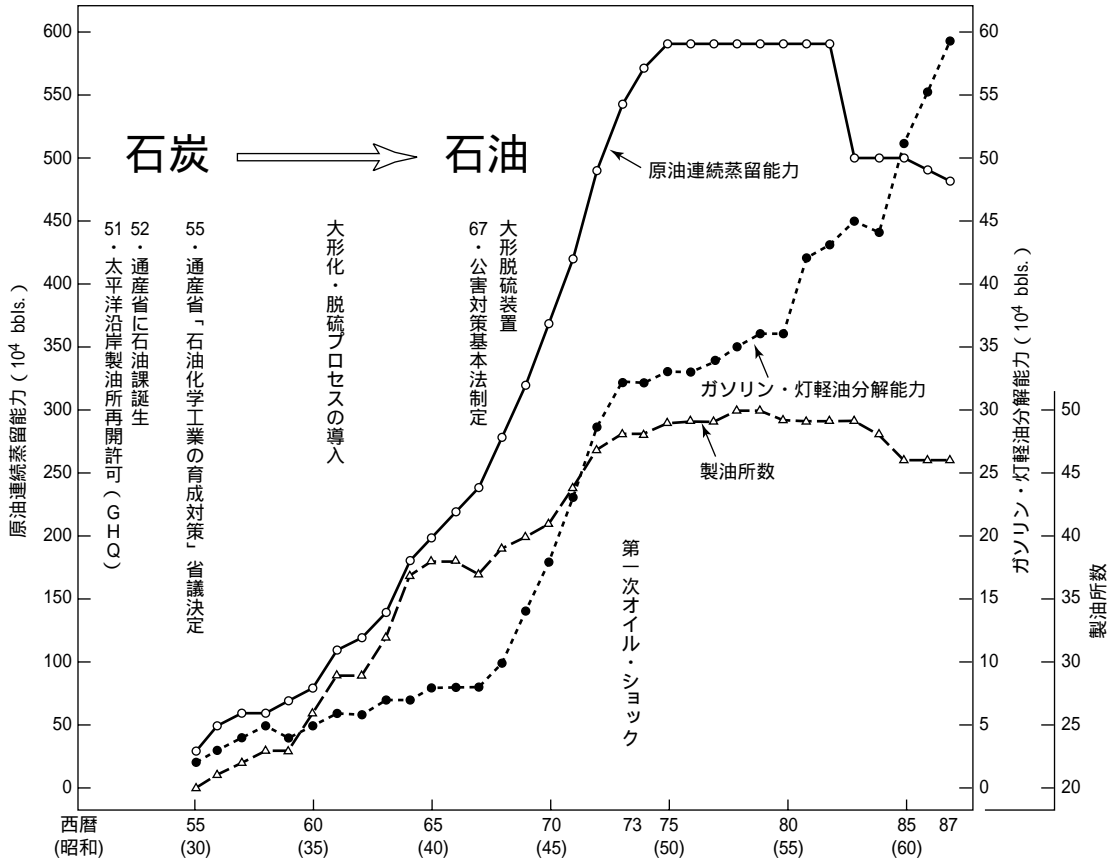


図 3.1 石油精製能力の推移

であり、専門研究委員会制度がなかったため、機械部会の下部組織に編入された。しかし、事実上は独立の専門研究委員会として腐食研究小委員会

(小委員長：渡辺正紀委員長兼任)と高温・低温材料小委員会(小委員長：大森仁平)の2本立てで研究活動を開始していた。

3.2 組織と運営

(1) 腐食研究及び高温・低温材料小委員会

腐食研究と高温・低温材料の2つの小委員会からなるCP委員会が1958(昭和33)年に誕生した。活動の内容は、当初から「化学機械に関連する技術の向上に役立つ各種の調査・研究の受託及び実施、その他必要と認められる事業を行うこと」とうたっている。すなわち、石油精製、石油化学、一般化学で用いる各種機器・装置を対象に溶接技術を向上させ、溶接構造の健全性を確保するために問題点を正しく捉え、解決を図ることを活動の柱

としている。

CP委員会は企業委員と中立委員であり、委員長がこれを統括している。委員長と副委員長及び幹事で構成する幹事会で企画の立案・審議を行い、運営している。これは設立当初からほとんど変わっていないが、最終決定機関は年数回情報交換の場として開催する本委員会である。

この他に監事2名を常置している。歴代委員長は渡辺正紀(故人：1958～1987)をはじめ、渡辺竹春(当時・日揮：1987～1989)、塚原宏(当時・

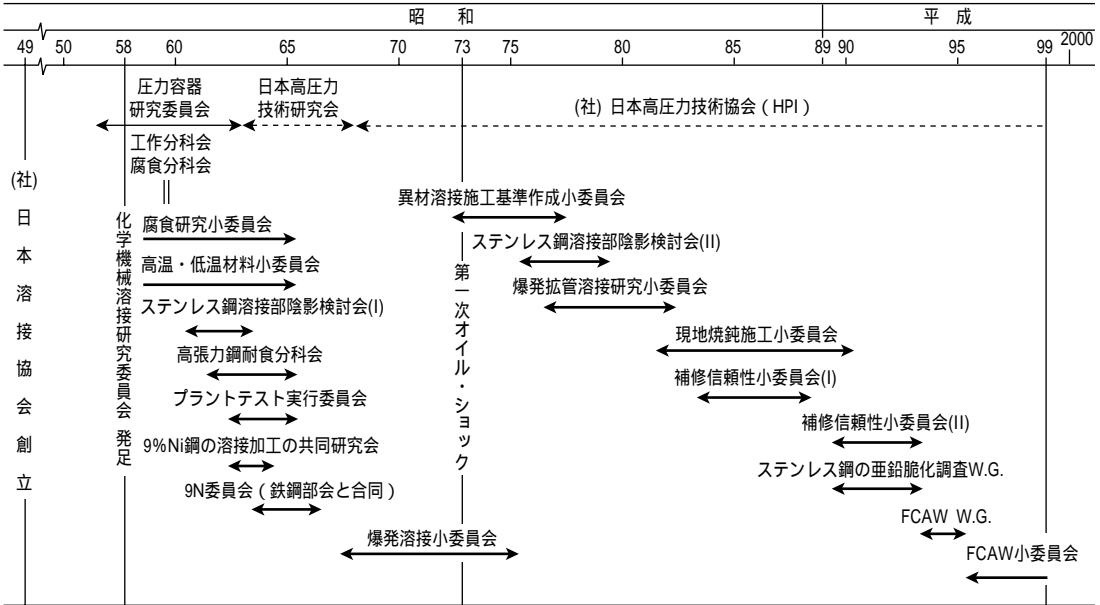


図3.2 歴代の小委員会などの設置期間

新潟鉄工：1989～1992),向井喜彦(大阪大学 大阪産業大学：1992～)の4名である。

設立当初の小委員会は、いずれも1964(昭和39)年まで活動を続けた。その後もCP委員会では、そのときどきの関心事あるいは懸案事項を順次課題として取り上げ、解決してきた。

(2) 活動概要

課題は、幹事会で重要度を決め、それに応じて効率的処理を図るため、参加委員を絞った時限的な分科会や、小委員会あるいは勉強会的色彩の検討会やワーキンググループ(WG)を編成して取り組んでいる。得た成果は報告書にまとめ、本委員会で報告する他、必要に応じて講習会やシンポジウムを開催して、啓蒙に心がけてきた。

図3.2は、小委員会などの設置期間を年代別に

まとめたものである。これを見ると、それぞれの時点での懸案事項が大体推察できると思う。

これらの活動に加え、特別講演会あるいは関連企業や施設の見学会などを企画、実施している。写真3.1は、1998(平成10)年に活動の一環として行った三井造船・玉野事業所を見学した際のものである。

1975(昭和50)年、協会の規模拡大に伴い、業務の輻輳を避けるため、実質的な活動内容に合わせた改組が行われた。このときに、CP委員会は機械部会から分離・独立している。

もともと、CP委員会の使命は単に化学工業用の溶接構造物を対象にするだけでなく、特殊性の強い化学工業分野に溶接技術を普及させ、安定化させることであり、活動内容は専門性の色合いが



写真3.1 三井造船・玉野事業所の見学会 (1998(平成10)年5月29日)



写真3.2 当委員会設立25周年の記念出版物「化学機械用材料と溶接」

濃く、会員企業からも独立を強く望まれていた。念願が適ったわけであり、以後は専門研究委員会として活動を続け、今日に至っている。

この間、1983(昭和58)年に設立25周年を迎え、記念出版物(JWES-CP-8301)を編纂し、関係方面から多大な評価を受けた(写真3.2参照)。また、1986(昭和61)年のIIW東京大会では、この記念出版物とともに当委員会の活動が紹介されている。

1994(平成6)年度より、年度の活動内容つまり議事録、技術発表概要及び提出資料を収録した冊子を「技術資料集」(写真3.3参照)として会員に配布している。貴重な資料を散逸することなく保存でき、利用の便を図ることが目的である。

1996(平成8)年12月には開催回数200回を迎えた。その記念行事として、稲垣道夫日本溶接技術センター理事長の他、委員長及び委員長経験者による記念講演と併せ、素材と溶材メーカー、ファブリケータ、エンジニアリングそれにユー

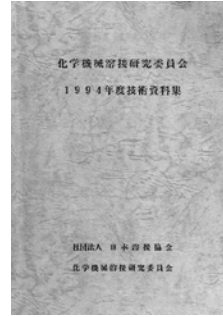


写真3.3 活動内容をまとめた「技術資料集」

ザーを代表する方々による将来展望の発表を行った。過去を振り返るとともに、21世紀を目前にして今後の活動に役立つ示唆に富んだ意義深い催しであった。

CP委員会の会員企業は57社、60事業所に及んだこともあるが、1999(平成11)年5月現在の会員企業数は37社であり、本委員会の開催回数は210回に達し、堅実な活動をしている。

3.3 活動状況と成果

CP委員会が誕生したころは、石油業界は目覚ましい躍進を見せ、プラントの近代化と生産能力の増大が積極的に図られていた。これは図4.1に見られるとおりであるが、当時、資本と技術はほとんど海外に依存していた。つまり、プラントを構成する機器・装置類は輸入され、操業ノウハウは供与を受けていたが、未経験のことで戸惑うことが多かったといわれている。

したがって、最初は手探り状態から抜け出すための活動に全力が注がれたといってよい。未知の問題に挑み、解決すると成果報告書をまとめ、それをもとに講習会やシンポジウムを開き、啓蒙・普及を図るパターンの繰り返しで、これに標準化の作業が続いている。CP委員会としての公式刊行物は、表3.1(次ページ)にまとめて示したので参照願いたい。

その後のエポックとしては、約25年前に起きたオイルショックがある。これを契機に取り組み課題にも変化が見られる。ごく大ざっぱにいうと、オイルショックまでは新造段階又は運転開始後に

起きる諸々の問題が対象で、緊急を要するものが多かった。これに対し、それ以降は溶接及び関連作業の標準化だとか、寿命予測や老朽化対策などの設備保全関連の課題など、緊急性よりも確実性が求められるものに推移している。

次に、主な研究活動と得られた成果の一端を披瀝する。

3.3.1 化学プラント用材料の腐食と強度

発足当初、最大の関心が示されたのは、溶接がステンレス鋼の諸特性に与える影響の解明である。そこでまず、ステンレス鋼溶接部の耐食性と応力腐食割れの研究を取り上げている。

1959(昭和34)年度には、通商産業省からの補助金による共同研究を行い、その成果を1960(昭和35)年に「資料第1集」としてとりまとめている。これは、それまでの電気化学あるいは材料面からの検討とは違う広い視野に立ったユニークな内容の報告書として高い評価を受けた。

第二次共同研究は、製造現場から出てくる問題

表 3.1 CP 委員会の公式刊行物

記号	表題	年次
資料第1集 資料第2集	化学プラント用金属材料の腐食と強度に関する研究 化学機械用材料溶接施工基準 第1版	1960
資料第3集	高張力鋼の硫化物応力腐食割れに関する研究	1963
IIW	Studies on Sulphide Corrosion Cracking of High Strength Steels in Japan	1964
資料第4集 資料第5集 資料第6集	化学プラント用金属材料の溶接と耐食性に関する研究 化学機械用材料溶接施工基準 増補・改訂版 高張力鋼の硫化水素応力腐食割れに関する研究 (プラントテスト完了報告書)	1965
資料第7集 技術図書	9%Ni鋼の溶接加工に関する研究 化学機械溶接の実際・・・単行本	1966
CP技術会議	溶接部腐食の事故例と対策	1970
資料第8集	化学プラント用鉄鋼材料の自動溶接に関する研究及び高温ガス浸食に関する研究	1971
ICMC IIW	On the Prevention of Stress Corrosion Cracking of Austenitic Stainless Steel by Cathodic Protection Gas Metal Arc Welding of 9%Ni Steel using Ferritic Filler Metal	1972
学会国際シンポ	Present State of Explosive Bonding in Japan & some Characteristics of Bonded Clad	1975
施工基準 記念資料	異材溶接施工基準書 研究活動の概要・・・20周年	1977
JWES-CP-8301 JWES-CP-8302	化学機械用材料と溶接 - 25年の歩み - ...25周年 球形貯槽の全体焼鈍施工手順書	1983
JWES-CP-8401	爆発拡管溶接小委員会報告	1984
JWES-CP-8501	配管溶接後熱処理手順書	1985
JWES-CP-8701 施工基準	補修溶接施工法指針 压力容器局部溶接後熱処理手順書	1987
API/MPC	Local PWHT for Pressure Vessels	1991
学会全国大会	現場技術者のためのステンレス鋼の溶接の実際	1992
JWES-CP-9301 JWES-CP-9302 JWES-CP-9303	長期プラント使用材とその補修溶接部の確性試験・報告書 同上 付属書 ...実験データ集 補修溶接施工法指針 - 改訂第1版 -	1993
JWES-CP-9501 P V R C	1994年度技術資料集 Investigation of Aged Materials for Feasibility of Repair Welding of Refinery Equipment ... WRCBul. -412-6/96	1995
JWES-CP-9601 JWES-CP-9602 JWES-CP-9603 API	1995年度技術資料集 FCAWを用いたステンレス鋼溶接部の高温における損傷とその解析 ステンレス鋼の亜鉛脆化に関する調査 High Temperature Damage to Stainless Steel Welds made by the Flux Cored Arc Welding and its Analysis	1996
JWES-CP-9701	1996年度技術資料集	1997
JWES-CP-9801	1997年度技術資料集	1998

を重点的に取り上げる基本方針に従い、溶接その他の工作技術と材料の耐食性について、広範な実験とその解析を行った。ここではステンレス鋼以外に、一般鋼材の他、銅合金や活性金属も取り上げている。その成果は1965(昭和40)年に「資料第4集」としてとりまとめて発行している。

3.3.2 高張力鋼の硫化物応力腐食割れ

LPG中の硫化水素によって、高張力鋼溶接部に硫化物応力腐食割れ(SSCC: Sulphide Stress

Corrosion Crack)が発生する問題は今までこそよく知られているが、当時は真因を探るのに相当苦労と時間を要した問題であった。

この種の割れの発見は、1959(昭和34)年に山口県で起きたLPGタンクの漏洩事故が最初とされている。しかし、原因究明の調査や実験が進むにつれ、SSCCの可能性が濃厚であると、1962(昭和37)年2月のCP委員会で発表された。同年、類似の事故が神奈川県で発生した他、溶接学会春季全国大会や压力容器研究委員会の総会で取り上げ

られるに及び、関係者の関心を集め一大センセーションが巻き起こった。

CP委員会では時を移さず、高張力鋼耐食分科会（主査：渡辺正紀）を設けて、実験室レベルの再現実験を精力的に実施し、1963（昭和38）年にその結果をSSCCの事故例と防止対策などとともに中間的にまとめて、「資料第3集」を刊行している。これは翌1964（昭和39）年に「Studies on Sulphide Corrosion Cracking of High Strength Steels in Japan」と題する論文にして、LPガスプラント協会SC委員会との連名でIIWで発表した。

その間、実験室での条件と実装置の操業条件の間には隔たりのあることがわかり、実験で確認された腐食因子の検証と、実装置の環境と割れ発生の関係を把握する必要が生じた。そのため、1962（昭和37）年にプラントテスト実行委員会（委員長：河村敏一）を組織し、計画したプラントテストが石油学会の全面的な賛同と支援の下で実施される運びとなった。

このテストは、石油会社10社17事業所の稼働中の実装置に、鉄鋼メーカー5社の60キ口、70キ口及び80キ口級鋼材で作った試験片を装入し、2年にわたって行った大がかりなものであった。この結果は、硫化水素濃度と付加応力の関係、すなわち母材と溶接部のSSCCに対する限界曲線（図3.3参照）として整理され、1965（昭和40）年に「資料題6集」にまとめた。そして、石油学会やIIWなどでも発表した。これは、高圧ガス保安協

会の自主基準「高圧ガスの球形貯槽に関する基準（KHK S 0201）」その他にも反映されている。

これ以降、この種のトラブルは次第に減少し、今ではほとんど話題にならないが、問題提起にはじまり、再現実験やプラントテストを主導し、解決に導く過程で果たしたCP委員会の役割と業績は、特筆できるものである。なお、SSCCにはNi無添加のCr系鋼材が比較的強いと発表され、その後、調質高張力鋼はNi添加タイプと無添加タイプの2種類が製造されている。

3.3.3 化学機械用材料の溶接施工基準

各種の化学プラントで使用する材料の溶接施工基準を検討し、1960（昭和35）年に第1版「資料第2集」、続いて1965（昭和40）年にステンレス鋼溶接施工基準、低温用フェライト鋼溶接施工基準及び耐熱用Cr-Mo鋼溶接施工基準として、増補・改訂を行っている。

現在もなお、これらの鋼種の溶接ではCP委員会で作った溶接施工基準をベースに、必要な修正を加えて利用されている。また、ステンレス鋼はステンレス協会の技術部会溶接分科会と協調して基準作りを進めている（3.3.5項参照）。

3.3.4 9%Ni鋼の特性と溶接

超低温用材料の一つに9%Ni鋼が紹介されたのは発足直後であるが、1963（昭和38）年になって実用化の機運が高まり、それに備えた活動を開始

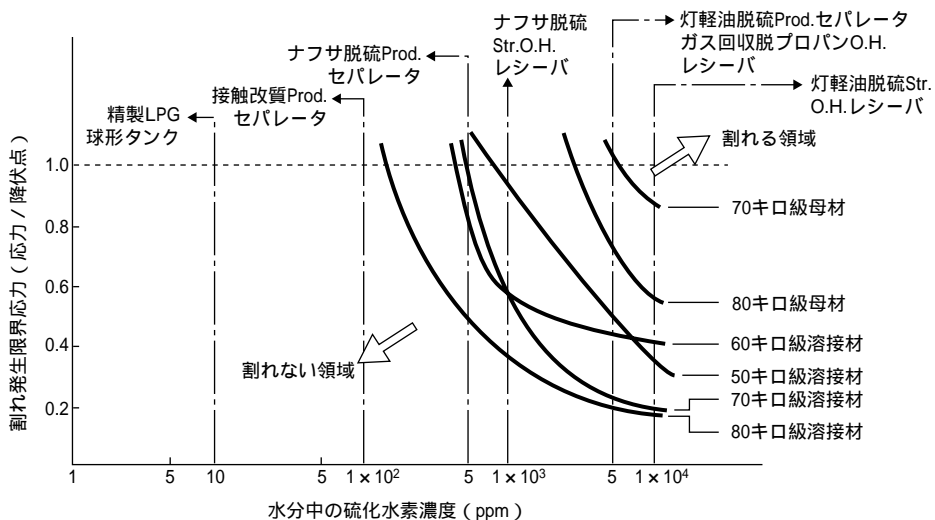


図3.3 母材と溶接部のSSCCに対する限界曲線

している。具体的には、溶接施工条件を確立するために「9%Ni鋼の溶接加工に関する共同研究」を計画し、アンケートを募って研究方案を作成、分担を決めて、1964(昭和39)年に研究をスタートさせた。

しかし同時期に、鉄鋼部会でもほぼ同じ内容の研究を計画していたため、両者で協議・調整し、溶接加工についてはCP委員会の研究方案を適用し、合同で「9N委員会」(主査:渡辺正紀)を設立して、研究を行うことになった。

9N委員会では、鋼材の熱処理条件、溶接材料や溶接施工条件の選定並びに大形試験による溶接継手性能の評価を中心に、検討を行っている。その成果は「資料第7集」にまとめ、1966(昭和41)年に刊行した。これは同年完成の液酸タンクをはじめ、多くの地上式LNGタンクの建設に活用されている。

これと同じころ、高価な高Ni合金溶接材料に変わる共金溶接(10%程度のNiを含有するワイヤを用いる溶接)を実用化する問題が提起されている。しかし、この問題は諸般の事情から「9NT委員会」などいくつかの臨時専門委員会で検討されることになるが、その後、成果の一つをCP委員会でまとめ、1972(昭和47)年のIIWで発表した(表4.1参照)。この技術は、1980(昭和55)年に作られた液化アルゴンタンクではティグ溶接に、1982(昭和57)年の液酸・液窒兼用タンクではミグ溶接に実用され、実績を残している。

3.3.5 異材の溶接施工

異種材料の溶接は、CP委員会の設立当初より注目されていた課題であるが、1964(昭和39)年にはそれが再確認されている。翌年から数年間行われた溶接現場で起きる問題点の収集キャンペーンでも、異材継手に関する事例が多く出ている。

当時は経済性追求の観点から、異材溶接のニーズが高まる一方、不安が拭えないために異材溶接を回避する動きとが交錯していた時代である。発生する問題の多くは、炭素移動による劣化、高温や低温での溶接金属の強度不足、熱疲労や熱衝撃による割れの発生、さらに腐食などであって、異材溶接についての基本的な知識の欠如や不足に起因している。

1969(昭和44)年には、これらの問題を集約す

る形で「異材溶接継手に発生するフェライト相について」と題するパネル討論会を開いている。翌年にはこれを受けて、異材溶接継手についてアンケートを行い、問題点の抽出と取組み方を模索している。

アンケートの結果は広範に及ぶが、関心の多くは炭素鋼又は低合金鋼とオーステナイト系ステンレス鋼を溶接する場合の溶接材料、溶接施工条件、溶接後熱処理及び検査方法に関する一般的なものであった。これに応える意味で、1972(昭和47)年に異材溶接継手に関するシンポジウムを開催している。

1973(昭和48)年には、これまでにCP委員会で発表された資料、国内外の文献資料それに会員各社が保有する社内基準などを集大成して、異材溶接施工のための基準作成を目指す異材溶接施工基準作成小委員会(委員長:河村敏一)を設置している。

異材の組み合わせは、利用度が高い耐熱用Cr-Mo鋼、低温用Ni鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、それに銅合金及び超合金と炭素鋼の組み合わせである。1977(昭和52)年には作業を完了し、「異材溶接施工基準書」を発行している。

なお、ステンレス鋼との異材溶接は、委員の多くが重複していることもあり、1979(昭和54)年にステンレス協会が発行した「ステンレス鋼溶接基準(SAS 801)」に組み入れられている。

3.3.6 化学プラント用材料の溶接と自動化

各種の化学プラントで使用する材料の溶接施工を取り上げた技術図書の出版計画が、1960(昭和35)年ごろに提案された。数年間、資料の収集や検討など準備作業を行い、1966(昭和41)年に単行本「化学機械溶接の実際」を編集し出版した。この本はそれまでになかった異色の手引き書として、当時の関係者に大変重用された。

1965~1969年(昭和40~44)年にかけては、特殊材料の溶接自動化、高温ガス浸食、高温材料の強度と溶接、非調質60キ口級高張力鋼の溶接などを重点課題として取り上げている。これに、関連する会員各社の自主研究及び手持ち資料なども加えて集大成し、1971(昭和46)年に「資料集第8集」を刊行している。

溶接作業の自動化や能率化に対して強い要望は

あるものの、単品生産が多い化学機械の分野では、配管などの溶接を除くと船舶や建築鉄骨に比べても遅れている。そこで、自動化の問題は短期決戦型の重点課題ではなく、永続的な課題として取り上げることにした。

その後も、狭開先溶接などの方法や治工具を含む自動溶接装置の開発や、適用事例の紹介などが逐次、本委員会で発表されている。また、1993(平成5)年には溶接用ロボット製造工場の見学を実施している。

3.3.7 腐食事例と対策

1970(昭和45)年に'70化学プラント技術会議が開かれたが、「Session 10 化学装置の溶接部腐食と対策」に、CP委員会は資料(表3.1参照)をまとめて発表している。

同じ年、IIW第 委員会から溶接構造物の腐食に関するアンケートが届き、CP委員会で公表された事例に、石油学会第7分科会が出している「石油工業における腐食事例」の中から溶接に関連するものを加え、回答している。これらの資料から腐食事例のいくつかを抜粋して、1972(昭和47)年に開かれた第5回国際金属腐食会議(ICMC)で発表した。

3.3.8 爆接クラッド鋼及び爆接拡管溶接

爆接は1957(昭和32)年ごろに米国で開発された技術であるが、わが国でその有用性が評価されるようになったのは、1960(昭和35)年ごろのことである。当時、すでに基礎研究は開始されていたが、点爆接や線爆接の実用化を経て、1967(昭和42)年には本格的に爆接クラッド鋼の生産が開始されている。

この爆接クラッド鋼は、圧延や肉盛では製造が不可能又は困難なクラッド鋼が生産できるため、化学機械あるいは火力・原子力用機器では不可欠な材料である。

このような時代の要請に応え、当委員会では1968(昭和43)年に爆接小委員会(委員長:河村敏一)を新設し、フェライト系及びオーステナイト系ステンレス鋼、アルミブロンズ、チタン合金を合わせ材とする爆接クラッド鋼の基本特性、加工性、溶接性、使用性能及び試験・検査方法などについて、総合的な研究に取り組むことになった。

この研究は1975(昭和50)年に一応終結するが、その間数々の成果をあげている。その成果の一部を同年、溶接学会主催の第2回国際シンポジウム(2WS)で発表している。

熱交換機の管と管板の接合に、英国などでは爆発圧接が実用されているという文献の紹介が1977(昭和52)年の初めにあり、続いて英国からDr. Crosslandを招き、この方法の特別講演会を開催した。他に当時、管と管板のシール溶接の方法と装置について報告されているが、爆発拡管溶接への関心が極めて強いため、同年、爆発拡管溶接小委員会(委員長:村上善一)を発足させた。

具体的な研究活動は、火薬メーカーである旭化成の参加を得て、1979(昭和54)年の第一次試験から1982(昭和57)年の第四次試験まで続いている。内容は、第一次が拡管方法の開発、第二次が爆薬の適量検討と衝撃波による割れの防止対策、第三次がSUS304、Ti合金及びボイラ・圧力容器用鋼板(SB材)に対する確性試験、そして第四次が研究成果のとりまとめとなっており、成果報告書は1984(昭和59)年に「JWES-CP-8401」として刊行した。

3.3.9 ステンレス鋼溶接部の放射線透過フィルム陰影

オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の放射線透過フィルムに現れる陰影(以下、単に「陰影」と記す)を解明するため、1961(昭和36)年にステンレス鋼溶接部陰影検討会(主査:渡辺統一)を設置している。検討会では翌年、一応の結論をまとめ、見解を発表した。

当時、日本非破壊検査協会でも同様の検討を行っており、1963(昭和38)年には同協会主催の公開討論会が開催された。この討論会には、検討会での結論並びに会員企業の社内資料などを論拠に、当委員会も参加している。

その結果、陰影の成因がほぼ解明され、現在これは欠陥ではないと認識されている。これらはJIS Z 3106-1971「ステンレス鋼溶接部の放射線透過試験方法及び透過写真の等級分類方法」の等級分類に反映された他、関係各方面で広く利用されている。

その後も、関連の事例情報や会員企業の自主研究の結果などが発表されている。しかし、ステン

レス鋼の利用が増えるにつれ、陰影の影響を調べる要望が出たことから、1976(昭和51)年にステンレス鋼溶接部陰影第二次検討会(主査:渡辺竹春)を発足させ、陰影の出やすい施工条件、溶接金属中のフェライト量、あるいは機械的性質と陰影の関係を確認するための作業が行われた。1978(昭和53)年にはほぼ試験が完了し、成果報告書がまとめられており、参考資料として広く活用されている。

3.3.10 現地焼鈍施工の手引

化学機械の溶接で欠かせないものに、溶接後熱処理(PWHT)の問題がある。この問題は压力容器研究委員会が発展して、1968(昭和43)年に創立された日本高圧力技術協会(略称「HPI」)の応力焼鈍(SR)委員会が取り上げている。

HPIの創立と同時にできたSR委員会は、直ちにHPIS E-104「压力容器の応力除去焼きなまし基準(案)」をまとめるが、これを1982(昭和57)年に廃止し、改めてHPIS E-107～E-112「推奨基準・溶接後熱処理の方法、他」を作成し、それを技術図書「応力焼きなまし推奨基準とその解説」として出版した。

その後、1994(平成6)年に新材料などを追加した見直しを行い、「溶接後熱処理基準とその解説」として再出版している。このSR委員会は、CP委員会にとって分身ともいえる存在であり、設立当初から緊密な連携を保ってきた。

HPIS E-107～E-112は、工場で行う炉内熱処理を対象にしている。これとは別に、現地焼鈍つまり大形構造物の据付現場で行う熱処理や、局部的に適用する熱処理の施工方針が強く望まれていた。この現地焼鈍は、熱処理業者が行うことが多い上、作業環境の他、熱処理の方法や条件にも特殊性があるため、HPIは実務経験者の多いCP委員会に施工指針の作成を委託してきた。

これを受けて、現地焼鈍施工小委員会(委員長:小山内真二)を1982(昭和57)年に組織し、施工実績など情報の調査・収集、問題点の把握と分析など、指針作りの活動を精力的に行っている。そして、1983(昭和58)年には「JWES-CP-8302」を、1985(昭和60)年には「JWES-CP-8501」を、さらに1987(昭和62)年には「压力容器局部溶接後熱処理手順書」(表3.1参照)を発刊している。

これらの手順書は、この小委員会の三部作と呼ばれ、関係先で広く活用されている。これらは、1991(平成3)年にまとめてAPI/MPCで発表した。

3.3.11 補修溶接の施工指針

機器・装置の製作時あるいは運転を開始した後、に異常を発見した場合、補修が行われる。補修はそのすべてとは限らないが、溶接によることが多い。そのため補修溶接は重要であり、特に長年にわたり使用してきた機器・装置の場合、適切な施工をしないとかえって寿命を縮めることにもなる。

1983(昭和58)年、石油業界から経年使用した機器・装置の補修溶接方法を確立する強い要望が出されたため、補修溶接信頼性小委員会(委員長:笹口昭三郎/塚原宏)を1984(昭和59)年に設立した。

経年使用機器・装置は個別の来歴をもつため、その補修溶接は画一的な扱いには馴染まない問題である。しかし、補修溶接を適正に行うためには、何か手がかりが必要であり、事前検討項目や施工時の問題点と対策など、共通事項を取り上げることにした。また、この種の指針は、改訂を重ねながら完成度を高める性格のものであることから、まず骨格を作り、それに肉付けする手順で作業を進めた。

最初に文献資料の調査から着手し、骨格に相当するものとして、1987(昭和62)年に「JWES-CP-8701」をまとめ刊行した。その翌年から肉付け作業の準備を始め、1990(平成2)年に補修溶接信頼性第二次小委員会(委員長:村井英夫/河野武亮)を発足させている。ここでは、指針の不備を補う見直し作業と併せて、長期運転を経て廃棄された機器・装置の材料(長期プラント使用材)の提供を受け、その溶接性を含む諸性質及び補修溶接した場合の確性試験を実施している。

指針の見直しでは、注意事項を盛り込んだ解説を重点的に補強し、利用の便を図っている。また、確性試験は補修溶接施工条件の裏付けが狙いであり、数々の貴重なデータが得られた。

1993(平成5)年に改訂第一版「JWES-CP-9303」、確性試験報告書「JWES-CP-9301」と付属書「JWES-CP-9302」をまとめている。この確性試験報告書は、1995(平成7)年にPVRC/EWIのワークショップで発表した、それは「WRC

BULLETIN 412 JUNE 1996」にそのままの形で収録されている。今後も必要に応じ、見直し作業を継続していくことにしている。

3.3.12 ステンレス鋼の亜鉛ぜい化

オーステナイト系ステンレス鋼に亜鉛めっきしたものを溶接すると、ステンレス鋼に割れの出ることがある。これが亜鉛ぜい化による割れで、古くて新しい問題といわれている。頻繁に発生するわけではない上、技術書でもあまり取り上げていないため、経験者がいなくなると発生することがその理由である。

この問題に対処するため、1990(平成2)年にステンレス鋼の亜鉛ぜい化に関する調査WG(主査:山本栄一)を編成し、活動を開始した。足掛け3年にわたり、事例の収集や文献の調査などを行った。

亜鉛ぜい化は、ステンレス鋼などの表面で亜鉛や黄銅ろうのような低融点のものが溶けて濡れると、それが粒界に浸透して、ついには割れに至る現象である。したがって、このような環境を作らなければ発生しない。完全な粒界割れであり、残留応力などの力が加わると助長される。ステンレス鋼に限らないが、ステンレス鋼で顕著に現れる現象で、「はんだぜい化」とか「液体金属ぜい化」とも呼ばれている。

このように、発生機構や防止方法がほぼ明らかにされているにもかかわらず、事例が絶えないのは、それが知れわたっていないためである。そこで、1993(平成5)年にWGの成果を「JWES-CP-9603」にまとめ、周知徹底を図るため、補修溶接と合同でシンポジウムを開催した。些細なことでも技術伝承を確実にに行わないと、同じ誤りを繰り返すよい例といえる。

3.3.13 ステンレス鋼FCAW溶接金属の割れ

ここでいうFCAWとは、フラックス入りワイヤ(FCW)を用いるガスシールドアーク溶接(ミグ又はマグ)のことである。FCAWは作業性と能率がよいため、ここ20数年の間に飛躍的に伸びた溶接方法であるが、ステンレス鋼も例外ではない。

このような状況の下で1993(平成5)年ごろ、石油精製プラントの心臓部ともいえるホットウォー

ル型FCC(流動接触分解)装置に出る割れが報告された。この割れは、SUS 304HにFCAWを適用したもので運転温度が700を超える箇所に、運転開始後数カ月と比較的短時間で発生する。

これを受けて、1994(平成6)年に期間を限った非公開の「FCAW WG」(主査:原泰弘)を組織し、特殊材料研究委員会(委員長:西本和俊・大阪大学)の指導・協力の下、情報収集と対応策の検討を行った。

具体的には、石油学会・装置部会・装置保全分科会の協力を得て、アンケート調査を実施するとともに、FCWの実験を始めた溶接棒部会・共研第5分科会と連携を保ちながら、広く情報の収集に努めた。その後、1年間の活動を通じて得た情報を「JWES-CP-9602」にまとめ、1996(平成8)年にシンポジウムを開催して公表した。これは同年APIでも発表している。

そして同年、公開のFCAW小委員会(委員長:原泰弘)を発足させ、WGでの調査結果の確認と併せて、提供された損傷材料並びに試作FCWを用いて、共同研究を行っている。割れの性状や特に溶接金属の700以上での高温特性などを細かく調べたが、結論は大略次のように要約できる。

「使用温度700以上で割れ発生傾向が増大する。溶接方法はFCAWが他よりも割れやすく、それも作業性とスラグはく離性改善のために、0.02%程度のBiが入ったFCWを使うと割れやすい。つまり、作業性を多少犠牲にしてもBiの入らないFCWを使えば、この割れは実質的に防止できる」

これは、1999(平成11)年5月にシンポジウムを開催して発表した。これをもってこの問題の解決ができたと考えている。これもAPIでの発表を準備しているが、これが最新成果の一つである。

3.3.14 その他

溶接学会からの要請を受け、1992(平成4)年の同学会秋季全国大会(東北大学)で「現場技術者のためのステンレス鋼の溶接の実際」を主題に、ワークショップの企画・運営を行った。内容は溶接の基本、溶接材料の選び方、鋼管の溶接、切断法、表面仕上げと検査に関する基調講演と質疑応答であるが、参加者は多数で盛況であった。溶接技術とCP委員会活動の啓蒙に役立ったと考えている。

3.4 今後の活動予定

CP委員会は日本溶接協会創立後9年目の発足であり、本年で41年を経過したことになる。その間脈々と続けてきた活動の内容と得られた成果は、前節で紹介したとおりであり、十分に時代の要請に応えられるものであったと自負している。

これまでの経過を簡単に振り返ってみると、図3.2及び表3.1からも推察されるように、次の3つの時期に大別できる。

第一期

1973(昭和48)年のオイルショックまでの約15年間で、材料特性の把握や施工法の確立など、基本的な問題に注力した時期である。見方を変えると、未知の問題に果敢に取り組んだ時期でもあった。

第二期

1985(昭和60)年ごろまでの10数年間で、基本的な問題に加え爆接や異材溶接の他、局部熱処理などの応用的な問題が増えている。未知であった問題も次第に解決され、多少のゆとりができた時期でもある。

第三期

現在に至るまでの約15年間で、補修溶接や損傷対策など、保安全管理の問題がクローズアップして

いる。これは1960(昭和35)年代に作られた機器・装置が老朽化してきたことが原因である。

このように、重点課題は時代とともに推移しているが、基本的な問題、応用的な問題あるいは保安全管理の問題は、軽重比率は変わるにしても今後とも継承すべきものである。特に、損傷に関する問題は、設立当初の腐食やSSCCにはじまり、最近のFCAWの割れに至るまで絶えず続いており、今後も変わらないといえよう。

これまでに述べたことは、既定路線である石油精製や石油化学を念頭に置いたものである。既存技術を次世代へ伝承することは大事な任務の一つであるが、新規技術の開発と普及はさらに重要なことである。この観点からは、石油全盛がすでに遠のいた現在、例えば環境汚染防止などの分野に活動を拡大していく必要がある。

現状からの脱皮を図るには、会員業種の拡大など活動基盤の充実と柔軟に対応できる体制の整備、つまり活性化が先決と考えられる。21世紀に向けてさらに盛り上がりのある活動を展開すべく鋭意努めている。