

TODAY

地球温暖化と2匹のかえる



JFE スチール株式会社
常務執行役員 スチール研究所 副所長
富田 省吾

地球温暖化問題は、有史以来人類が直面した最大の危機です。去年、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、世界的温暖化とともにその原因が人為起源の温室効果ガスであるとほぼ断定しました。このままでは世界気候が大幅に変化し、人類の生活に大きな影響を与えることは避けられそうにない事態となっています。

1997年に決まった京都議定書は、本年をもって、とうとう第一約束期間に突入しました。これから2012年までの5年間の平均排出量を削減し、各国がそれぞれの目標を達成する必要があります。日本の場合、マイナス6%が目標値ですが、2006年度の排出量の速報値は目標年度1990年度を逆に6.4%ほど上回っており、実現が難しい状況です。最後の手段である排出権購入で帳尻を合わせるという事態も予想されます。「2匹のカエルを用意し、一方は熱湯に入れ、もう一方は緩やかに昇温する冷水に入れる。前者は直ちに飛び跳ね脱出・生存するのに対し、後者は水温の上昇を知覚できずに死亡する」いまや、余りにも有名な、変化に対応する事の重要性、困難性を指摘するために用いられる茹でガエルの法則に、我々もどっぷりつかってしまっているように思われます。よりいっそうの国民の理解、次世代への教育が必要でしょう。

しかも、この京都議定書は対応の最初のステップに過ぎず、先のIPCCによれば、大気中の温室効果ガス濃度を一定化し、温暖化の進展を停止させるためには、温室効果ガス排出量を2050年までに世界で半減しなければなりません。

ん（クールアース50の目標にも設定された）。

環境規制と産業競争力との関係を語るときに常に引用されるのが、マイケル・ポーター教授が1991年に唱えた「ポーター仮説」です。「適切な環境規制は、費用低減・品質向上につながる技術革新を刺激し、その結果企業は市場での競争優位を獲得し、他方で産業の生産性向上の可能性もある」との主張で、自動車産業での1978年の日本版マスキー法によるより厳しい排ガス規制導入がその後の米市場での日本車の躍進に繋がったという「事実」を説明するものとしてしばしば引用されます。この見方に立てば、地球環境問題も企業にとっての大きなビジネスチャンスだといえますが、この問題に関しては、もはやそのようなレベルで議論されるべき問題ではないでしょう。全世界が参加し、その痛みを公平に分担し、経済を混乱させない枠組みが必要です。

「2匹のカエルが、クリームの半分入った瓶に落ちた。1匹は、もがく努力はもはや意味なしと、横になったまま溺れてしまった。もう1匹は、状況把握は不十分だが、ただもがき続けた。両足をバタバタさせてあがきまわっていると、クリームが徐々に固くなり、バターのかたまりのようになった。おかげで、このやる気ガエルは、瓶からジャンプして出ることができた。」心理学者P.V.シモノフが引用している話ですが、絶対的ピンチに陥っても、もがくこと（行動すること）が必要であると言うカエルのお話です。

私の属する鉄鋼業界に関しても、社会全体にとっても低炭素社会への転換はとてつもなく高い壁ですが、その本質的な切り口は革新技术開発しかありません。JRCMの役割もますます大きくなっていきます。ゆで蛙にならずに、もがき続けて、チャレンジすることが必要と考えています。

NEDO「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」 における溶接技術SGの活動(1)

(独)物質・材料研究機構 平岡 和雄(溶接技術SGL)



平成19年度から開始した「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発(H19-23)」NEDOプロジェクト(プロジェクトリーダー:名古屋大学宮田隆司)は、「高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発」(溶接分科会:リーダー大阪大学野城清)と「先端的制御鍛造技術の開発」(制御鍛造分科会:リーダー豊橋技術科学大学梅本実)の二課題で構成される。

今回は、溶接分科会の中の溶接技術サブグループにおける研究の狙いと平成19年度活動成果の一部を紹介する。

1. 高級鋼材戦略における溶接技術

我が国の鋼材開発はこの30年間大規模に行われ、鋼特性は目覚しく進歩し、日本が誇る高級鋼材が誕生した。ものづくり立国として世界をリードするには、これら鉄鋼材料の進歩に合わせた溶接・接合技術の進歩が、我が国にとって必須であることは論を待たない。

日本の高張力厚鋼板の製造実績のうち、所謂HT590MPa級以上の高級鋼と呼ぶ鋼材製造量が非常に低い。この一因は、HT980MPa級までの溶接技術は開発され、製造実績はあるものの、その継手性能を確保するには、多くのスキルを必要とすることにある。

そこで、溶接技術SGでは、高級鋼として、HT980高強度鋼および9%Ni低温用鋼を取り上げた。これらの鋼材を取り上げることで、溶接技術の革新すべき課題を顕在化できると考えたからである。これら高級鋼材での最終形構造物は、パイプライン、水圧鉄管、造船、海洋構造物、LNGタンクやその附帯設備関連等であり、いずれもエネルギー関連と安心・安全に係わる重要インフラである。

2. 革新的溶接技術開発のためのコンセプト

厚板高級鋼による溶接構造物製

作においては、高級鋼は既に存在している。今や、溶接金属の(1)強度と靱性の確保、(2)水素による低温割れの予熱フリー化、そして(3)溶接施工能率の確保の全てを満たす解を得ることが企業ニーズである。

溶接金属において、(1)については、従来、酸化物を析出起点とする微細なアシキラーフェライトによって強度と靱性を得るオキサイドメタラジーが席卷してきたが、1000MPaの強度確保は限界に達していた。この革新化アイデアは、破壊起点となる酸化介在物を鋼材並に激減した上でのマルテンサイトの活用(クリーンマルテンサイトメタラジー)である。

次に(2)については、従来、低炭素当量の成分設計が実施されてきた。高級鋼材は、すでに低炭素当量設計が為され、鋼材のHAZで割れることはほとんど無く、溶接金属での低温割れが問題視される。例えばHT980鋼材の溶接では100℃以上の予熱が不可避である。これに対する革新化アイデアは、低温割れの元凶である水素を固溶するオーステナイトをマルテンサイト中に適量残すことで拡散性水素を低減することである。すなわち、第2相成分設計を提案し、低炭素当量設計の枠を取り払うものである。

以上のように従来概念から大きく踏み出した提案で、実用化へ貢献するものである。残留オーステナイトを含ませる新概念は、上記ニーズに留まらず、溶接継手性能の革新

的向上にも繋がる。これは次回以降で紹介する。

3. プロジェクト成功の鍵を握るクリーン溶接技術開発

マルテンサイト組織を主体とする溶接金属に、酸素を供給しない溶接方法(クリーン溶接プロセス)が不可欠である。現状で、酸素などを含まない不活性ガス(Ar, Heなど)雰囲気中で溶接できる方法はTIGアーク溶接とレーザー溶接である。ただし、TIGアーク溶接は施工能率が低く、かつ電極などの生産管理が必要なことなどから、上述(3)の溶接能率の高い純Ar雰囲気でのMIGアーク溶接(クリーンMIG溶接)が望まれている。また、レーザー溶接では、高能率施工が期待されながら、厚板構造物への適用が成されておらず、レーザーの特徴が活かし切れていなかった。

クリーンMIGアーク溶接では、アークが不安定で、図1(b)の蛇行した溶接となり、50年間実用化不可能とされてきた。その主因は母材陰極点の激しく不規則に動き回る不安定挙動とされ、この挙動安定化のため現状MIG溶接では微量の酸素が混合されてきた。このときの溶接金属の含有酸素量は150ppm以上である。

そこで、二つの革新的プロセス開発から取り組んだ。

一つは、アーク不安定の主因は、図1(a)の陽極のワイヤ溶融先端に細く長く伸びる液柱挙動にあるとして、液柱を短縮する革新的ワイヤ構造(同軸複層構造)が提案さ

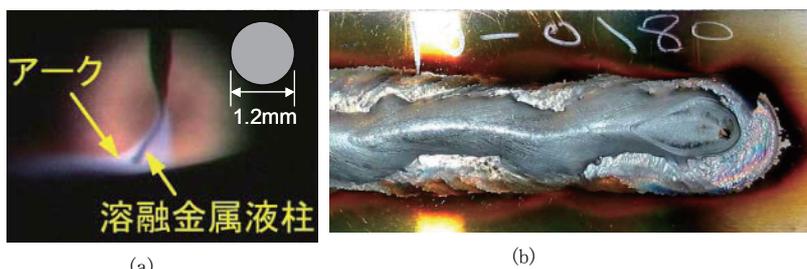


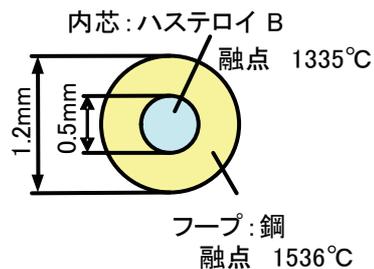
図1 従来ワイヤでの純アルゴンMIGアーク溶接法

れた。本年度は、9% Ni 低温用鋼用の TIG フィラーワイヤ成分を保ちながら、図 2 (a) の同軸複層ワイヤが設計試作された。一般ワイヤ断面 (図 1 (a) 中参照) は同一組成の均質ワイヤであるが、同軸複層ワイヤは二重構造で内芯には外皮 (フープ) 材より、溶け易い (融点の低い) 成分材となるように設計する。図 2 (b) は、同軸複層ワイヤを用いた場合のアーク外観で、ワイヤ先端の液柱が明らかに短くなっており、溶接も安定であることが実証された。

もう一つのアプローチは、通常使われるシールド用のガス流を電離プラズマ化することで、両極の不安定を制御する、新規プラズマ MIG 溶接である。図 3 (a) の新溶接電源開発によって、(b) の安定化したアーク、(c) の安定な溶接が確認できた。またこのときの溶接金属の含有酸素量は 50ppm 以下を達成した。

一方、ファイバーレーザ溶接も極めてコンパクトな電源を有し、可搬性を可能として現地レーザ溶接も可能という新しい側面を持ち、かつ極めて小入熱での厚板溶接実現で、変形や残留応力低減に期待が高まっている。しかしレーザ溶接の厚板への適用はほとんど実用化されておらず、無欠陥での溶接に難があったり、施工条件裕度が狭いなどスキルレス技術となっていない。

ここでも二つのアプローチが実施されてい



(a)



(b)

図 2 新構造ワイヤによるクリーン MIG アーク溶接法

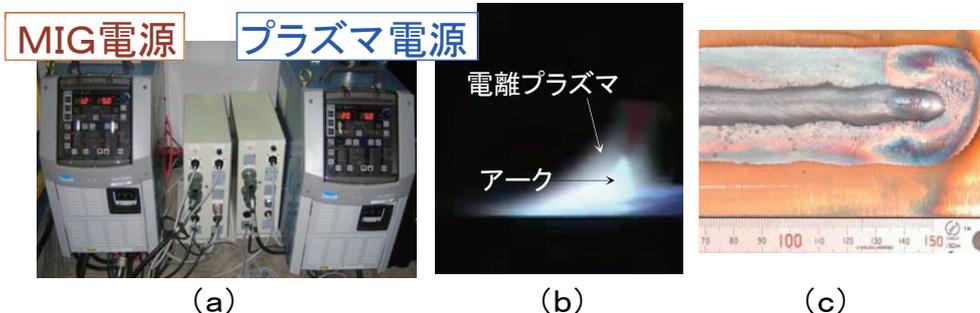
る。

一つは、ファイバーレーザによる 12mm 板厚材の貫通無欠陥溶接の可能性である。図 4 (a) はファイバーレーザの溶接ヘッドで、12mm 板厚材の貫通溶接を実施し、(b) のような 1m/min の超高速度で無欠陥溶接が可能であることが検証されている。

もう一つは、レーザ溶接の厚板への適用拡大にはスキルレス化が必要で、その対策としてレーザ・アークハイブリッド溶接法の確立が急がれる。図 5 (a) はハイブリッド溶

接ロボットシステムを完成し、(b) は、成果の一例で、ファイバーレーザ/MAG アークでのハイブリッド溶接結果である。無欠陥の安定したロボット溶接が可能であることを示すことができた。

現在プロジェクトは 1 年を経過し、順調に当初の思惑を確認、検証しつつある。特に革新的溶接技術研究の成否を握るクリーン溶接プロセスの開発に目処がついたことは、今後への弾みとなる。

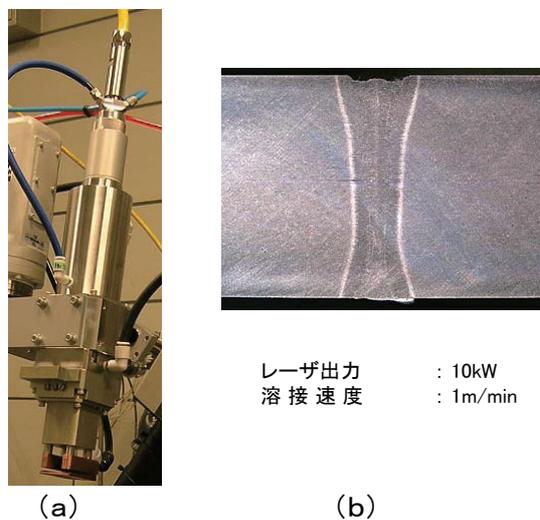


(a)

(b)

(c)

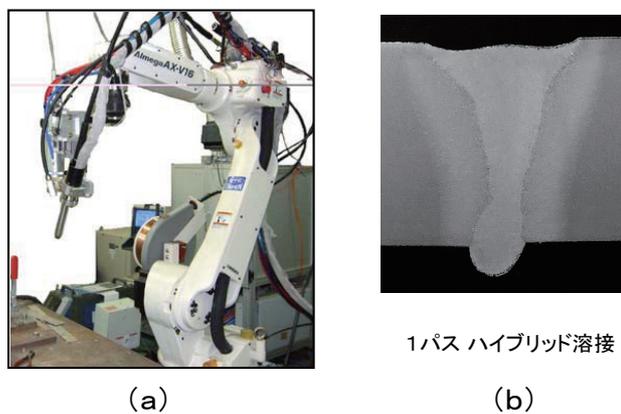
図 3 クリーン電離プラズマ MIG アーク溶接法



(a)

(b)

図 4 ファイバーレーザによる 12mm 板厚材の貫通溶接



(a)

(b)

図 5 ハイブリッド溶接ロボットシステムの導入

活動報告

■鉄鋼材料研究部

「PROTEUS プロジェクト研究」が山岡賞受賞

平成14年度から平成18年度にかけて、NEDO委託研究として実施したPROTEUSプロジェクト（環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発プロジェクト）の研究成果に対し、（社）日本鉄鋼協会より山岡賞の受賞が決まり、平成20年3月26日に春季講演大会（武蔵工業大学）において山岡賞が授与された。

本プロジェクトは、フェライト結晶粒径 $1\mu\text{m}$ の超微細薄鋼板の工業的製造を可能とするプロセス基盤研究として、木内東京大学名誉教授プロジェクトリーダーに、大歪加工分科会、ロール・潤滑分科会、計算化学分科会および接合分科会の4分科会での要素研究の推進とそれらの研究成果の総合化を行った。研究体制としては、新日本製鐵(株)、JFEスチール(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、(株)中山製鋼所、(株)日立製作所、日立金属(株)、大同化学工業(株)の8企業及びJRCMと東京大学（柳本教授）、横浜国大（小豆島教授）の2大学より構成された研究体を組織し、下記の研究成果を達成した。

①大歪加工分科会では、フェライト結晶粒径 $1\mu\text{m}$ の超微細薄鋼板製造条件の明確化と実用化設備の仕様の提示を行うことができ、工業的設備として設置が可能であることを実証した。

②ロール・潤滑分科会では、熱間圧延時の総荷重600tonの大圧下に耐えるロールの製造技術確立と、大圧下圧延時に製品表面品質を確保し、且つ圧延荷重を6000ton以内に軽減できる潤滑技術を確立した。

③計算化学分科会では、フェライト結晶粒径 $1\mu\text{m}$ の微細組織生成機構の解明と $1\mu\text{m}$ 程度の結晶粒径を高精度に予測できるモデルの構築を成し遂げた。

④超微細薄鋼板の実用化を支える革新的接合技術の確立を目的とした接合分科会では、接合による結晶粒径の肥大化を抑制できる、レーザー接合、摩擦攪拌接合、及び低温拡散接合技術を確立した。

これらの研究成果が共同研究として優れていることおよび熱間圧延での $1\mu\text{m}$ の超微細フェライト結晶粒生成機構は「SSMRメカニズム」として国際学会においても認められるようになった点が高く評価され、今回の山岡賞の受賞に結びついた理由と考えられる。

今回のPROTEUSプロジェクトの高い研究成果の達成は、目標（工業化の出口）と基礎研究を有機的に結合する必要がある産学官連携プロジェクトの研究成果の高度化のマネジメントに大いに参考になり、これらの経験を今後の鉄鋼関係のナショナルプロジェクトの運営に活用して行きたい。（城田部長）

■総務企画部

第74回「JRCM理事会」の開催

平成20年3月24日、第74回JRCM理事会が開催されました。2月15日に開催された第58回評議員会で理事、監事が選任されて初めての開催となる今回の理事会では、寄付行為により理事長、副理事長、専務理事を理事の互選で定めることとなっており、理事長には二村文友理事（再任）、また、副理事長には佐藤廣士理事（再任）、専務理事には小紫正樹理事が全員一致で選任されました。

その後、二村理事長の議事進行で審議に移り、提案された平成20年度事業計画及び収支予算など議決事項すべてが全員一致で承認されました。最後に報告事項として最近のJRCM活動状況等が紹介され、理事会は閉会しました。（畑中総務企画部長）

【人事異動】

○平成20年3月31日付

永浜 洋

〔旧〕環境・プロセス研究部 次長
〔新〕新日本製鐵株式会社（株式会社日鉄技術情報センター）

○平成20年4月1日付

徳納 一成

〔旧〕新日本製鐵株式会社
〔新〕鉄鋼材料研究部長 兼環境・プロセス研究部長

〔新人紹介〕

①出生地②西暦生年月日③最終学歴④職歴⑤仕事に対する期待⑥趣味、特技、資格等

徳納 一成

① 福岡県福岡市

② 1956年10月19日



③ 九州大学大学院工学研究科
応用原子核工学
専攻博士後期課程

④ 1985年新日本製鐵株式会社
入社（中央研究本部第2技術研究所）

→1991年同（技術開発本部鉄鋼研究所）→1993年同（技術開発本部名古屋技術研究部）→2000年米国新日鉄ニューヨーク事務所→2005年新日本製鐵株式会社（技術開発本部技術開発企画部）→現在に至る

⑤ 少し大きざになりますが、新入社員のころを思い出し、「日本鉄鋼業界発展のため」との気概をもって仕事をしたいと思っています。多くの皆様のお力添え無くしてはできないことですので、先ず謙虚に、そして前向きにと思っています。

⑥ 月並みですが、下手くそゴルフのほか、水泳、サッカー。長い間ずっとハリウッド映画ファンだったのですが、最近、成瀬巳喜男、小林正樹などの古い日本映画にはまっています。工学博士。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第259号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2008年5月1日

発行人 小紫正樹

発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp