

TODAY

鉄に学ぶ — 「アルミも熱いうちに打て！」



住友軽金属工業株式会社
研究開発センター
常務研究員
吉田 英雄

2年前の4月、ゴールデンウィーク前半の休み2日間を利用して、たたら歴史を知るために、島根県安来市、雲南市、奥出雲町の「鉄の道文化圏」をレンタカーで回った。たたら製鉄の跡や「鉄の未来科学館」ではたたら構造がわかる実物大の模型が展示されていて、その下部構造の巧みさに先人の知恵のすごさと歴史の重みをあらためて実感した。鉄の起源は、最近のトルコのカマン・カレホック遺跡発掘調査からヒッタイト以前のBC40世紀近くまで遡ることが言われ、少なくとも4000年以上の歴史があることが明らかとなってきた。これに対し、アルミニウムはその発見が19世紀初頭で、1825年磁場の単位で有名なエルステッドが世界で初めてアルミニウム単体の分離に成功した。1855年のパリ万博では「粘土から得た銀」として出展され、金や銀よりも高価な金属として注目を浴びた。特にナポレオン三世は、アルミニウムの食器で貴賓をもてなしたことは有名である。彼はアルミニウムの生産を支援したが、これは武器を軽くして戦闘しやすくしたいという軍事面からの要請でもあった。本格的な量産は、1886年、ホール（米）とエルー（仏）が独立に発明した製錬方法からであり、これを可能にしたのはこの頃始まった水力発電であった。今では世界で年間約3000万トンの地金が生産されている。鉄に対し、アルミニウムの歴史は高々200年である。

アルミニウムも強くするために、種々の元素が添加され、さらに、鋼の焼入れと同じ方法で硬くすることはできないかと実験が試みられた。1906年、ドイツにおいて、偶然にも、焼入れ直後は硬

くならず、時間おいて硬くなるという時効硬化現象が発見された。この時効硬化を利用してジュラルミンが開発され、これが第一次世界大戦のドイツの飛行船ツェッペリンの骨格に用いられた。英国で撃墜された飛行船の骨格を日本に持ち帰り、この強度を上回る超々ジュラルミンが住友金属で開発されたのが1936年である。この合金は太平洋戦争の零式戦闘機の主翼桁材に用いられ飛行性能を高めたのはよく知られている。これを支えた製造技術も、日本が第一次世界大戦の戦勝国であり、その賠償としてドイツから学んだものが多い。

戦後は、航空機材料開発は米国が中心となり、航空機用アルミニウム合金の強度、靱性向上を目的として様々な加工熱処理法が導入された。これらの研究で明らかになったことは不純物を減らし、熱間加工で鑄造組織を如何に消失させて靱性を高めるかということであった。この考え方は特に新しいものではなく、鉄では古くから長年の経験的知識により鍛錬し熱処理を加えることで強度や靱性を得ているのと同じである。これを芸術の域までに高めたのが日本刀であろう。高強度高靱性のアルミニウム合金を開発では、日本刀製造に隠された各種の技術に学んでいくことも重要であると考える。

戦後の日本のアルミニウム産業は米国を手本に量産製造設備を導入し、生産量を増やしてきたが、今また、中国は日本の最新設備と同じような圧延設備を五ヶ所に導入し生産しようとしている。日本のアルミニウム業界が生き残るには、鉄での高張力鋼板、電磁鋼板などの開発に学び、客先のニーズに応えた高機能で高品質の材料開発を行い、その材料特性を最大限に生かせる生産技術を開発していく必要がある。特に、鍛錬としての熱間圧延は重要で、その基盤技術確立のためには、官の支援と学からの協力が不可欠であると考えている。

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 (2)

溶接技術 SG リーダー 平岡和雄 (大阪大学接合科学研究所)
 HT980TF リーダー 井上裕滋 (新日本製鐵 (株))

平成 19 年度開始の「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、多くの有識者からの助言を得ながら、ここ 2 年間順調に成果を上げることができた。

今回は、溶接技術サブグループにおける本プロジェクトの研究の狙い (JRCM ニュース No.259 参照) に対して、「どの程度目処を付けることができたのか」について、進捗と成果の一部を紹介する。

1. 高級鋼を活かす革新的溶接技術確立を目指して

溶接技術 SG では、高級鋼として、HT980 高強度鋼および 9% Ni 低温用鋼をターゲットとし、これらの厚板溶接継手性能の革新化を目指して、具体的には革新的溶接金属の開発を目指している。

そこで、開発する革新的技術の実用化展開を意識して、以下の三つのタスクフォース体制で臨んでいる。

TF1 クリーン MIG による革新 HT980 鋼用溶接材料の実用化 (HT980TF)

TF2 クリーン MIG による革新 9% Ni 鋼用溶接材料の実用化 (9NiTF)

TF3 HT980 中厚板のレーザー溶接適用拡大実用化 (レーザー TF)

これらの TF のリーダーは、企業メンバーが務め、実用化を目指すための研究の舵取りを行う。大学、独法における基盤的研究で革新性を論理的に実証、確立しながら実用化へ誘導することに重大な責任を担っている。

2. 基盤的最新装置の開発～その場観察システム

9Ni 鋼用共金系溶接材料、HT980 鋼用 Ni-Cr 系溶接材料、HT980 鋼用共金低合金系溶接材料の三種の開発である。その中の 9Ni 鋼共金系溶接金属、Ni-Cr 系溶接金属では、熔融金属の凝固過程からの高温域で生じる凝固割れが心配される。「マルテンサイトとオー

ステナイト組織を、高強度と高靱性と耐低温割れ溶接金属として適性配分する」という本プロジェクトの目標に向けて、耐凝固割れ成分設計に目処を立てることが、まずクリアすべき最初のハードルである。このために、この成分最適設計を目指す最新解析装置として、放射光 (Spring8) を利用して、凝固時からの冷却過程における晶出、析出相をその場観察できるシステムを開発した (図 1)。

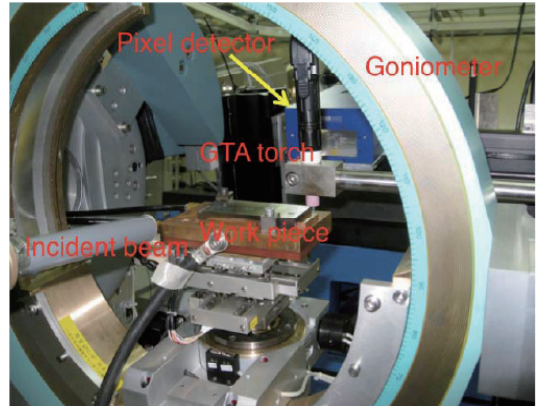


図 1 放射光を利用するその場観察システム

凝固割れ抑止成分設計としては、一般に凝固時にフェライト (δ フェライト) を析出させることが有効であるとされている。図 2 は、14% Cr をベースに Ni 含有量を変化させた溶接金属模擬の基礎検討用鋼材を用いた凝固過程の回折データ結果である。5.2% Ni 含有材での初相が δ フェライト (赤丸部) で、その後 γ 相 (青丸部) との二相となり、凝固が終了したことを示している。所謂 FA 凝固モードである。

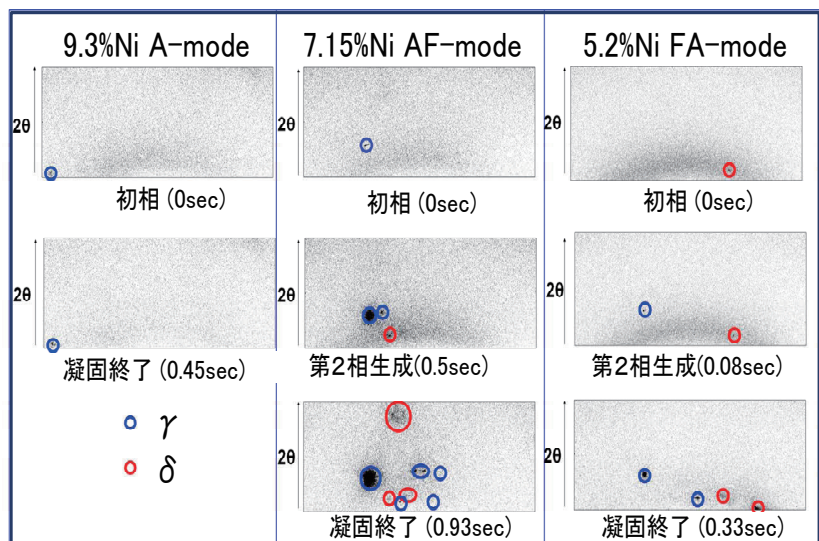
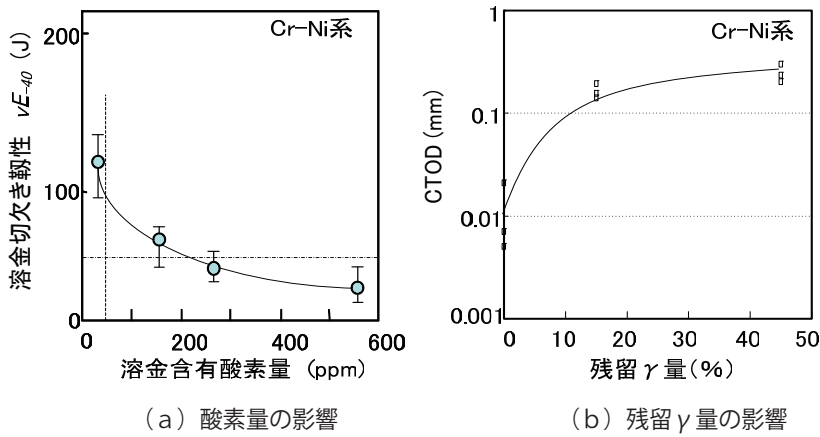


図 2 各成分系での凝固時のパターン



(a) 酸素量の影響 (b) 残留 γ 量の影響
図3 靱性向上に及ぼす含有酸素量及び残留 γ 量

一方で、凝固割れ感受性評価としてトランスバレストレイン試験も実施し、FA 凝固モードの有効性も確認した。初相 δ を直接捉えたその場観察手法は、今後溶接金属の高靱化などのその他特性確保の実用的成分調整による組織制御時に、極めて重要な武器となる。

3. クリーン MIG 溶接金属の成分設計の見通し

本報告では、HT980 用溶接金属の開発状況から報告する。高強度で高靱性、予熱なしで低温割れ抑止の溶接金属成分提案に向けて、前述の 14% Cr をベースとして、C 量、Ni 量を変化させた基礎検討用鋼材を用いて研究が遂行されている。

具体的には、組織制御タスク（前述二節）、低温割れ抑止タスク、高靱化タスク、継手疲労タスク、継手破壊安全性評価タスクをそれぞれ組織化し、総合特性最適化を目指し

ている。

Cr-Ni 系溶接金属の高靱化については、シャルピー衝撃試験結果（図 3(a)）から溶接金属含有酸素量低減による高靱化が顕著に見て取れる。組織はマルテンサイト組織である。また (b) 図は、 -196°C の極低温での CTOD 試験結果で、僅かの残留 γ で低温靱性を改善することが分かってきた。高靱化タスクでは、現在このメカニズムの解明とデータの蓄積を図っている。

低温割れ抑止タスクでは、一般的な低温割れ評価試験である y 型割れ試験等を実施し、残留オーステナイトを有する二相組織（Ni を 5% 以上含有する材料）では、予熱なしでも低温割れが発生しないことが確認できた（図 4 中の \circ 印）。また、オーステナイト量の増加とともに水素の放出速度が著しく遅くなること、冷却時のマルテンサイト変態中に放出する水素量、さらにマルテン

サイト変態時の変態膨張による応力緩和などの知見も得られている。現在このような Cr-Ni 系溶接金属の特異効果と低温割れ抑止条件との合理的解釈を探求中である。

また、図 4 中に現在得られている諸特性データを集約して記載した。基礎検討用鋼材からの小括として、中央部の水色領域に解が存在することを見いだした。

4. 溶接継手部破壊安全性への提案 マイクロ組織の功罪

マルテンサイト相に異相オーステナイトを残す場合に、割れ伝播を助長しないかという懸念と逆にオーステナイトの誘起変態での局所応力緩和により伝播を抑制できるという期待感があった。

図 5 は、溶接金属中の電場指紋法 (FSM) を用い、基礎検討用鋼材をメルトランした溶接金属部の疲労キ裂伝播挙動を計測した結果である。横軸は繰返し数、縦軸 FC 値は疲労キ裂の進展を示しており、残留オーステナイトがキ裂進展の抑制に大きく寄与していることがわかった。

5. おわりに

現時点までは、溶接金属を模擬した基礎検討用鋼材を溶融凝固して検討してきたが、クリーン MIG 溶接にも目処が立ち、いよいよ実溶接継手での検討段階に入る。

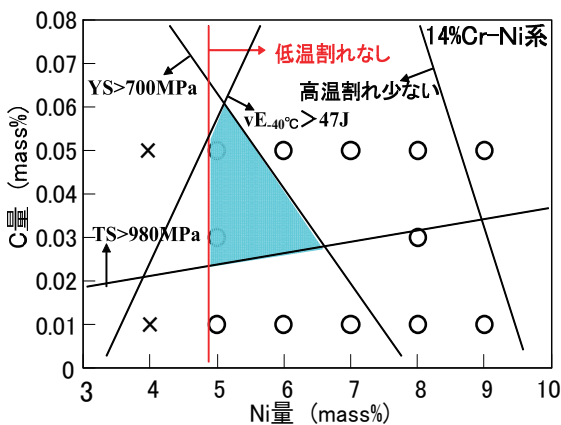


図4 低温割れ抑止成分とプロジェクト目標成分域

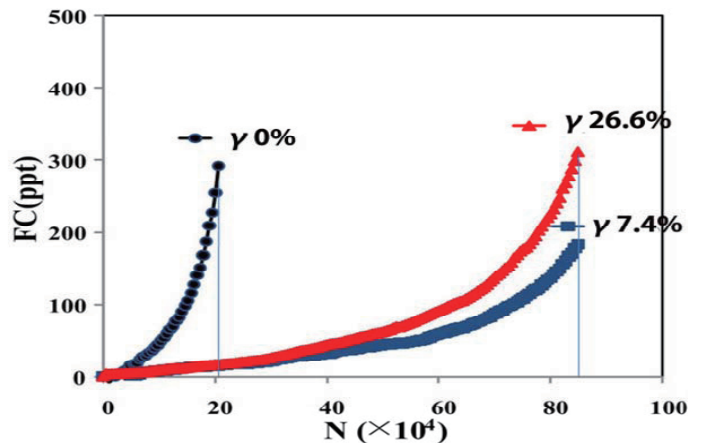


図5 FSM によるキ裂進展挙動の計測結果

活動報告

■鉄鋼材料研究部

○日本発、世界初の破壊評価 ISO 規格が成立

提案中の ISO 規格「ISO 27306 : Metallic materials — Method of constraint loss correction of CTOD fracture toughness for fracture assessment of steel components」が、4月23日の ISO-FDIS 投票において全会一致で承認された。

表1に示すように、ISO 国際規格の規格化プロセスは発行までに6段階のステップを踏む。今回の承認は最終のステップ5で、これを通過すれば発行を待つのみである。世界初の日本提案の破壊評価 ISO 規格が成立する。

表1 国際規格までのプロセス



本提案規格は、経済産業省基準認証研究開発事業「鉄鋼材料の破壊靱性評価手順の標準化」として、2002年11月～2005年3月の期間で(財)金属系材料研究開発センターを研究開発実施団体として実施したプロジェクト(プロジェクトリーダー:南二三吉大阪大学教授)の成果に基づく。プロジェク

トの後、フォロー事業として ISO 規格化を進め、活動開始から7年、NP 提案開始から3年半の歳月を経て成立に至ったが、5年とも言われる標準期間のよりも短い期間で ISO 規格化を達成した。

提案は、TC164 委員会(金属材料の機械試験を守備範囲とする委員会)所管で進められたが、金属材料試験結果の応用分野を扱う規格となることは TC164 委員会でも初めてである。

本規格には、我が国が世界に誇る高級鋼材の大型構造物へ利用拡大を促し、従来不可能とされた構造空間設計が可能となり、省エネルギー、省資源の観点から、鉄鋼業、重工、機械、エンジニアリング等の国際競争力を支える一助となることが期待される。

本件成立は、リーダー南教授を中心に、経済産業省、(財)日本規格協会、(社)日本溶接協会鉄鋼部会、および、同規格化プロジェクトメンバー(中立機関、鉄鋼メーカー、アプリケーション業者)によるもので、その多大な努力に敬意を表するものである。

(川端主席研究員)

■総務企画部産学官連携グループ

○大型セラミック定盤がアドバンスト ディスプレイ オブ ザ イヤー (ADY2009) 優秀賞受賞

フラットパネルディスプレイ業界世界最大のイベントである第19回 ファインテック・ジャパン(フラットパネル ディスプレイ研究開発・製造技術展)が2009年4月15日(水)～17日(金)に東京ビッグサイトで開催されました。

その中のイベントの一つとして4月15日(水)15:00より「第14

回 アドバンスト ディスプレイ オブ ザ イヤー」の各部門の優秀賞受賞者が発表され、表彰式が行われました。

部品・材料部門では JRCM が管理法人として推進中の戦略的基盤技術高度化支援事業「吸着・浮上機能を付与した超大型・軽量多孔質セラミック定盤の開発」において、株式会社ナノテムが中心となって開発しました大型多孔質セラミック定盤(製品名大型基板用ポーラスチャック)が見事受賞しました。「大学発ベンチャー企業として多孔質セラミックを開発し、大型基板用ポーラスチャックを実用化した点が高く評価できる。」が受賞の理由でした。



表彰式でのプロジェクトリーダー(株)ナノテムの高田社長(左)

お知らせ

○一般財団法人化への移行手続き

2008年12月1日から施行されている新公益法人制度では、すべての公益法人は、2013年11月30日までに①公益法人、②一般法人、③解散のいずれかを選択する必要があります。JRCMは、去る3月23日開催の評議員会、理事会におきまして、今後、非営利型一般財団法人への移行の手続きを進めることとなりました。さっそく、同会合にて議決されました「最初の評議員の選任方法」の認可申請書を経済産業大臣宛に提出いたしました。手続きが順調に進めば、今年度の後半に一般財団法人に移行する予定です。

一般財団法人という、より自由度の高い組織形態で、社会に貢献していきたいと希望しております。

今後とも、皆様方のご支援ご鞭撻をお願い申し上げます。

表2 ISO 27306 成立までの経緯

2005年10月	NIIP (New work item proposal)
2006年2月	NIIP 成立
2006年5月	WD (Working draft) 成立
2006年12月	CD (Committee draft) 成立
2008年2月	DIS (Draft international standard) 成立
2009年2月	FDIS (Final draft international standard) 成立

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第272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。
本書の内容を無断で複製・複製・転載することを禁じます。

発行 2009年6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

T E L (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