

ぼうだより

技術がいと

2018 Spring

Vol.498

2018JIWSのみどころ



2 技術レポート

2018 国際ウエルディングショー出展のみどころ

Japan International Welding show 2018

10 神溶会コーナー

1- Mail from India

2- BEYOND GENERATIONS キャンペーン

13 営業部ニュース

1- ユーザールポ 豊国工業株式会社

1000年後も美しい地球のために

「変革」と「挑戦」で、人と自然との共生を支える

2- 溶接ご法度集 -9 各種溶接材料編(1)

17 ほっとひといき | KOBELCO 書房

「地政学」で世界が見える

19 解説コーナー | 試験・調査報告

溶接高温割れ感受性評価

21 知恵袋コーナー | 用語解説

硫化物応力腐食割れ



2018国際ウエルディングショー出展のみどころ

(株) 神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター 溶接開発部／溶接システム部

1. はじめに

来る4月25日(水)～28日(土)の4日間、2018国際ウエルディングショーが東京ビッグサイトにて開催されます。神戸製鋼は「KOBELCO-Your Best Partner～世代を超え、未来を拓く溶接ソリューション」をテーマに、顧客のベストパートナーとして課題解決につながる溶接ソリューションを提案します。特に、喫緊の課題である溶接技能者不足対策として、溶接自動化・高能率化・高品質化につながる技術・製品を実演、また業種別にパネル・映像にてご紹介いたします。

▼ 東3ホール ブース No.E3019 レイアウト



東3ホール入口から

※図中の番号は紹介している章の番号です。

神 溶 会 コ ー ナ ーでは「Beyond Generationsキャンペーン」連動企画として、「新商品の銘柄を答えて復刻版包装ポッキーを当てよう!」クイズを行います。あわせて、実演コーナーでは鉄骨向け新製品の溶接実演を行いますので、ぜひご覧ください。



2. 技術のみどころ

(1) 溶接システム実演コーナー

建築鉄骨・造船・建設機械向け新溶接ロボットシステムを出品します。

建築鉄骨向けには、梁溶接システムを多層すみ肉溶接に最適なフラックス入りワイヤ **FAMILJARC™** MX-Z200MP との組み合わせで実演します。

造船向けには大組立工程のフロア溶接を実演します。同システムを実現する3つの技術、設計用3DCADデータから自動的に教示データを作成するSMART TEACHING™、ブロック内に設置可能な小型ロボット **ARCMAN™** A30S、水平すみ肉での美しいビードと高能率な立向進溶接を両立させる専用ワイヤ **FAMILJARC™** DW-100Rをご紹介します。

建設機械向けには、新大型ロボット **ARCMAN™** A80のパフォーマンスを、1タッチでタンデム並みの高能率・低スパッタ溶接と1タッチゆえの良好なハンドリングを実現する大電流MAGプロセスにてご覧いただきます。

(2) コベルコROBOTiXコーナー

神戸製鋼グループに仲間入りした小型可搬型ロボット

「石松」と **REGARC™** が合体した、**REGARC™** プロセス搭載「石松」による建築鉄骨の仕口溶接を実演します。**REGARC™** の低スパッタで高品質な溶接と、「石松」の良好なハンドリング性・全自動溶接機能で神鋼の鉄骨自動化ソリューションの拡大をご体感ください。合わせて、石松での溶接に最適な溶接ワイヤをご紹介します。

また、ケーブルレスを実現した無線ペンダント、横向往復溶接の動作実演を合わせ展示いたします。石松の新しい世界をぜひご覧ください。

(3) 業種別パネル展示コーナー

建築鉄骨・自動車・造船・建設機械・エネルギー各業種向けの、共通課題である自動化・高能率化・高品質化に対応した技術・製品を、ロングセラーから新製品まで幅広いラインナップにて紹介します。また、自動化・更なる高能率化への支援技術として当社の持つIoT、ICTとその将来像を紹介します。是非、皆様の困りごとを、当社説明員にぶつけていただきたいと思います。

このほか、溶接実演コーナーでは、建築鉄骨向け新製品の実演を行います。

SWSコーナー（神鋼溶接サービス）では、同社の溶接・接合の試験調査メニューを紹介します。単なる製品の提供に留まらない、“溶接総合メーカー 神戸製鋼グループ”ならではの溶接ソリューションをご覧ください。

3. 実演コーナー

当社のアーク溶接ロボットは、中厚板分野を中心に、国内外において数多く採用していただいております。これまでお客様の高速・高品質な溶接、安定稼働、省スペースなどの要望を、システム・ロボット機能・溶接プロセス・溶接材料で実現してまいりました。

2018JIWSで実演を行う建築鉄骨、造船、建設機械向け溶接ロボットシステム及びプロセスをご紹介します。

3.1. 建築鉄骨/梁溶接の自動化

一般的に国内の鉄骨需要量のうち約4割が柱部材と言われており、この生産性を向上するロボット溶接は広く普及しました。一方で、残りの約6割を占める梁溶接は、スチフナの回し溶接の自動化が困難であるなど、柱と比較してロボット化が進んでいません。

今回は、自動化による溶接品質の安定化と、将来の技能者不足に対応するため、梁溶接に特化し、スチフナの回し溶接も可能な、鉄骨天吊梁溶接ロボットシステムをご紹介します。



図1 鉄骨天吊梁溶接ロボットシステム外観

表1 適用継手

①	梁ウェブ×スチフナ
②	梁ウェブ×スチフナ（回し溶接有）
③	梁フランジ×スチフナ
④	梁フランジ×スチフナ（回し溶接有）
⑤	梁ウェブ×補強プレート
⑥	梁ウェブ×補強プレート・貫通孔

3.1.1. 鉄骨天吊梁溶接ロボットシステム

鉄骨天吊梁溶接ロボットシステムは、ロボットを天吊り姿勢で搭載する移動装置と、溶接箇所を最適な溶接姿勢に位置決めするポジションとを組み合わせた構成としています。（図1）

梁ワークの主要な溶接線（表1①～⑥）に適用可能で、スチフナでは、フランジ端回し溶接、及びスカラップ回し溶接にも対応しています。（表1②④、図2 写真）

3.1.2. 梁溶接ソフトウェア・溶接条件

コアや柱と同様、パソコンのデータ入力画面（図3）から梁の形状、寸法を入力するだけで、教示データが自動生成されるため、実機ティーチングすることなく、容易にロボット溶接が行えます。

また、梁溶接では低スパッタ性を重視し、多層すみ肉溶接に最適なフラックス入りワイヤ（FCW）である、**FAMILIARC™ MX-Z200MP**用の溶接条件を搭載しております。（図4）

3.1.3. 実演内容

実演では、鉄骨天吊梁溶接ロボットシステムによる、**FAMILIARC™ MX-Z200MP**を使用した、スチフナの回し溶接をご覧ください。

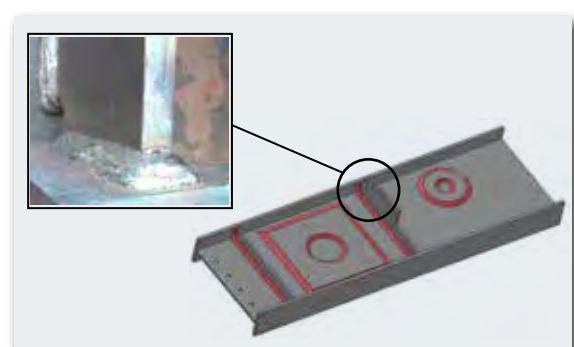


図2 梁ワークの各継手・回し溶接

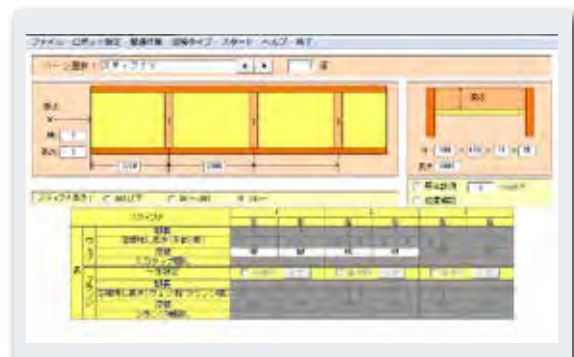


図3 梁溶接ソフトウェア操作画面

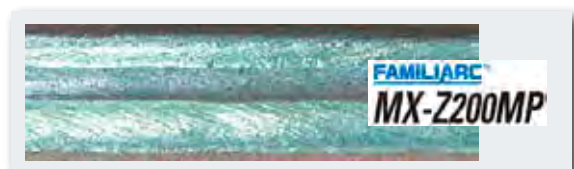


図4 FCW 施工外観

3.2. 造船/大組立工程の自動化

造船分野では他の分野と同様に溶接工の不足に加え、多能工化、省力化等の効率向上が求められています。しかし大組立工程は、

- ・ロボット設置スペースが限られている
- ・船種により溶接対象部材のサイズ、形状が多様であり、教示作業に時間が掛かる
- ・隙間寸法に応じた立向上進溶接が難しい

など自動化における課題がありました。そこで、これらの課題を解決し、生産性向上を実現する造船向け大組立ロボット溶接システムを開発しましたので、ご紹介します。

3.2.1. ロボット溶接システム

大型船舶はブロック建造法といわれる方法で建造されています（図5）。ブロックの溶接を行うには、ロボットが小さなスペースに入り、作業する必要があります。そこで、狭隙部分への進入および溶接作業に最適な小型ロボット **ARCMAN™** A30Sおよびロボットキャリアを新たに開発しました（図6）。

ARCMAN™ A30Sは、ロボットキャリアに搭載され、

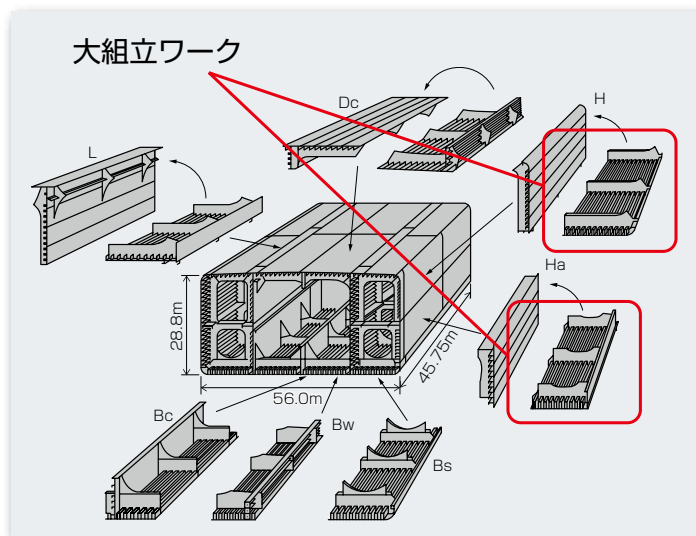


図5 ブロック



図6 大組立ワークへのロボット配置

クレーンから吊り下げられます。溶接する際は、ロボットキャリアをブロック内に位置決めし、ロボット溶接を開始します。

3.2.2. CAD連係自動教示ソフト

CAD連係自動教示ソフトは、ロボット溶接をするための教示データ（教示プログラムと溶接条件）を、ブロックの3Dモデルから作成するソフトウェアです。

3Dモデル形状から溶接線を抽出し、自動認識した継手情報と位置データから教示データを自動的に作成します（図7）。このソフトにより、教示作業時間を削減でき、1ブロック約400本の継手の教示データを約3分で作成することができます。

3.2.3. 溶接施工と**FAMILIARC™** DW-100R

ロボット大組立工程では立向上進溶接が溶接時間の約7割を占め、その能率向上が課題です。また従来技術では対応困難なギャップ（2mm以上）が自動化を阻害する要因となっていました。そこで、立向上進溶接の溶接時間を半減させ、さらに耐ギャップ性を向上したロボット専用溶接ワイヤ **FAMILIARC™** DW-100Rを開発しました。本ワイヤは水平すみ肉でも良好なビード形状が得られる特長を有しています。

3.2.4. 実演内容

実演では、当社施工技術と **FAMILIARC™** DW-100Rを組み合わせたギャップ5mmの立向上進溶接をご覧いただけます。

今後、造船ブロックの各溶接ステージに対して、板継装置から高速すみ肉溶接法 **TRIFARC™** 法、小組立溶接ロボット、大組立ロボットをラインナップし、溶接材料と溶接プロセスの総合力で、自動化溶接ソリューションの更なる開発に取り組んでいきます。

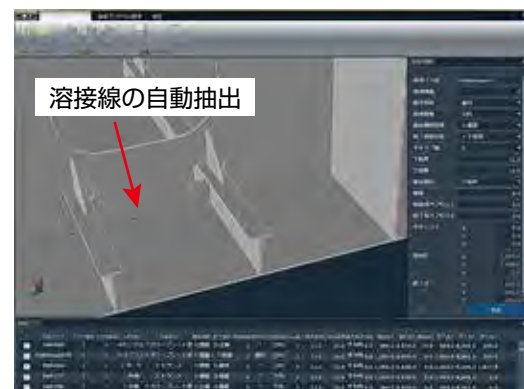


図7 教示ソフトウェア

3.3. 建設機械/溶接ロボットシステム

建設機械の溶接対象物(ワーク)は大きく、ロボット単独の動作領域では溶接箇所が届かないため、ロボットを搭載する移動装置と、最適な溶接姿勢に位置決めするポジションを組み合わせてシステムを構築しています。

また、中板厚溶接向けのロボットソフト機能や周辺アプリケーションを提供しています。

3.3.1. 大型ロボット **ARCMAN™**A80

溶接システムに搭載するロボットは、それぞれのワークに適したものを選定しています。今回、大型ロボット **ARCMAN™** XLmk II の後継機である **ARCMAN™** A80を開発しました(図8)。

下記に従来機と比較した主な特徴を記します。

- ①下腕フレーム構造のシリアルリンク化
 - ・従来機以上の広い動作範囲と長いリーチ
 - ・ロボット後方必要スペースの狭隘化
- ②スリム化、軽量化
- ③ケーブル処理の簡潔化
- ④新型CBコントローラとの接続
 - ・センシング動作時間短縮によるタクトタイム削減

3.3.2. レーザギャップセンシング

ワークの加工精度に依存しない安定した溶接を実現するため、ワイヤタッチによりギャップ量を測定し、溶接条件を自動調整する機能を提供しています。

今回、従来のワイヤタッチによるセンシング機能に加え、レーザセンサによるセンシング機能を開発しま

した(図9)。L型/V型/I型開先の他、従来のワイヤタッチによるセンシングでは対応が困難であったフレア開先やT継手のギャップにも対応することで、幅広いワークに対してギャップセンシング機能を適用できるようになります。

また、ワイヤタッチセンシングに比べて測定動作が少ないため、センシング時間の短縮に繋がります。



図9 レーザギャップセンシング

3.3.3. 生産監視カメラシステム(参考出展)

生産現場の見える化に向け、生産監視カメラシステムを開発中です(図10)。本システムでは常にトーチ先端を捉えるようカメラを制御し、生産中の様子を表示、録画することが可能です。録画した映像をAP-SUPPORT™(安定生産支援システム)と組み合わせて溶接不良やエラー発生の原因究明にご活用いただけます。

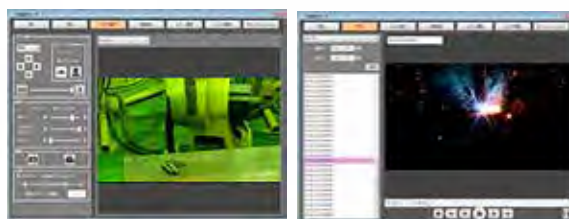


図10 生産監視カメラシステム

3.3.4. 実演内容

実演では、これらの新製品と専用フラックス入りワイヤ **FAMILIARC™** MX-A100Dを用いた大電流MAGプロセスを組み合わせ、ギャップ変動がある突合せ溶接をご覧いただきます。大電流溶接とフラックス入りワイヤの組み合わせによる、高能率、低スパッタ溶接を実感ください。



図8 **ARCMAN™** A80外観

4. 業種別パネル展示コーナー

4.1. 建築鉄骨コーナー

従来から当社が提案してきている工場溶接における **ARCMAN™** 溶接ロボットでの自動化に加え、石松と専用ワイヤ **FAMILIARC™** DW-55ST を組合せた現地溶接での自動化ソリューションの一例を紹介いたします。また、亜鉛めっき鋼板用「1Zシリーズ」や **REGARC™** に最適な「(N)シリーズ」などの製品ラインナップに追加して、溶接材料で高品質化を提案する新製品も紹介いたします。

鉄骨仕口開先／半自動用ワイヤの新製品

半自動溶接における使いやすさ、快適さを追求した新製品を紹介いたします。ソリッドワイヤでは、従来ワイヤから送給性を改良した **FAMILIARC™** MG-56 を紹介します。ワイヤ送給性が従来ソリッドワイヤと比べ向上し、トーチ振動が少なく、長時間溶接での疲労感が軽減します。また、アーク集中度・安定性に優れ、スパッタ発生量が減少します。フラックス入りワイヤとしては、仕口溶接に必要な溶込みをソリッドワイヤ並みに維持し、フラックス入りワイヤの特長である高溶着・高能率、ソフトなアークで少ないスパッタを実現した **FAMILIARC™** MX-50K/MX-55K を紹介いたします(図11)。

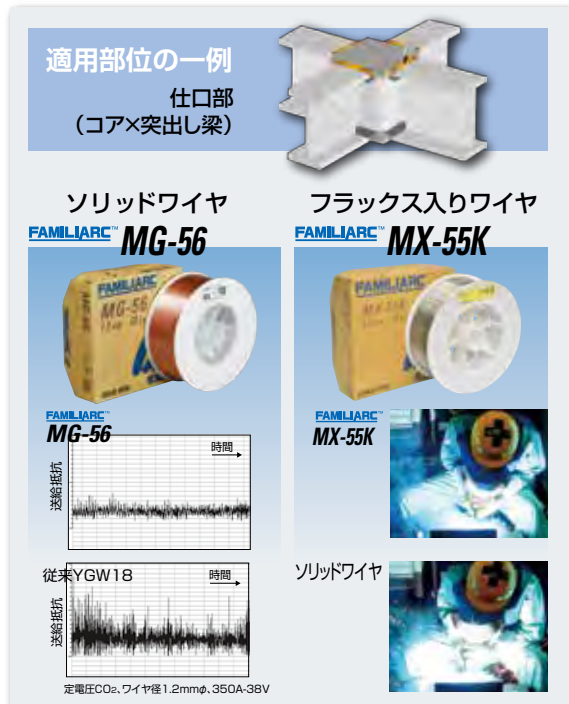


図11 鉄骨仕口開先／半自動用ワイヤの新製品

開封後の乾燥を省略可能とする 低水素系被覆アーク溶接棒のご提案

従来品と比べ、アークがソフトで安定性に優れ、スラグはく離性に優れることが特長の新製品 **FAMILIARC™** LB-50FT を紹介いたします。

アルミラミネート脱気包装もラインナップしており、被覆棒の耐吸湿性を改良し、かつ外気から遮断することで、これまで開封後に必要としていた乾燥工程の省略をご提案します(図12)。

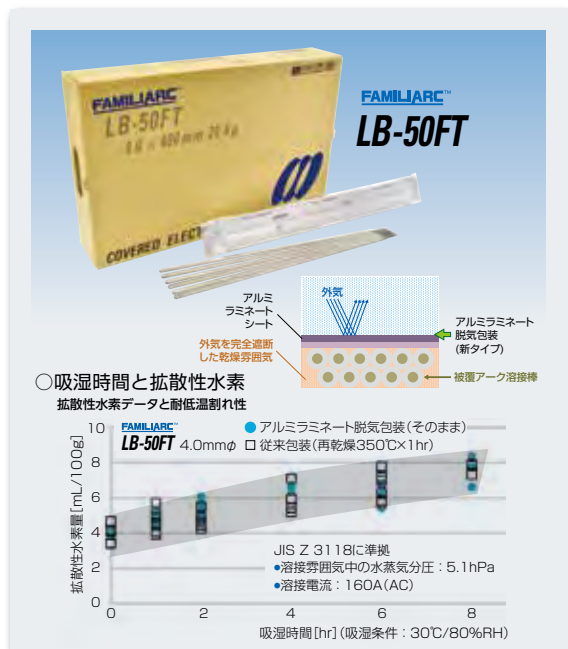


図12 アルミラミネート脱気包装を適用した **FAMILIARC™** LB-50FT

すみ肉専用フラックス入りワイヤの新製品

「鉄骨にもFCW」をキーワードに、従来の多層すみ肉溶接に最適な **FAMILIARC™** MX-Z200MP、1パスで大脚長すみ肉が得られる **FAMILIARC™** DW-50BF に追加して、新たに **FAMILIARC™** MX-Z50F を開発しました。黒皮鋼板に対して従来のスラグ系フラックス入りワイヤよりもビードなじみが良好で、ビード止端揃いに優れ、滑らかな形状が得られます。また、ビード止端部のスラグはく離性に優れ、美しいビード外観を得ることができます(図13)。

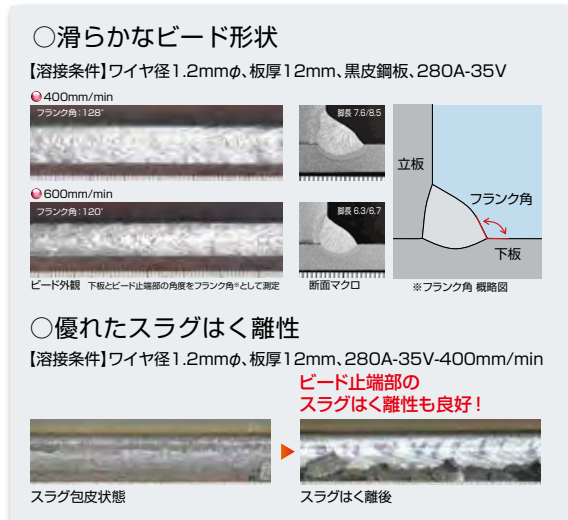


図13 黒皮鋼板向けすみ肉専用ワイヤ **FAMILIARC™** MX-Z50F

4.2. 造船コーナー

ロング溶接、板継、小組立・大組立、外業などの造船工程別に当社が提案するプロセス、装置、溶接材料の自動化ソリューションを紹介いたします。

ロング溶接／ハイブリッドタンデムマグ法

溶接高速化が特長の3電極高速すみ肉溶接施工法 **TRIFARC™** 法に加え、新たにハイブリッドタンデムマグ法 (HT-MAG法) を紹介します。先行極に専用ソリッドワイヤ **FAMILIARC™** MG-50HM を用い、埋もれアーク溶接による深溶込みを確保、後行極に専用フラックス入りワイヤ **FAMILIARC™** MX-50HM を用い、ビード形状と脚長を確保します。埋もれアーク溶接により、プライマ鋼板での気孔欠陥の大幅低減が最大の特長となり、更にCO₂タンデム溶接にもかかわらず、低スパッタ化が実現できます (図14)。

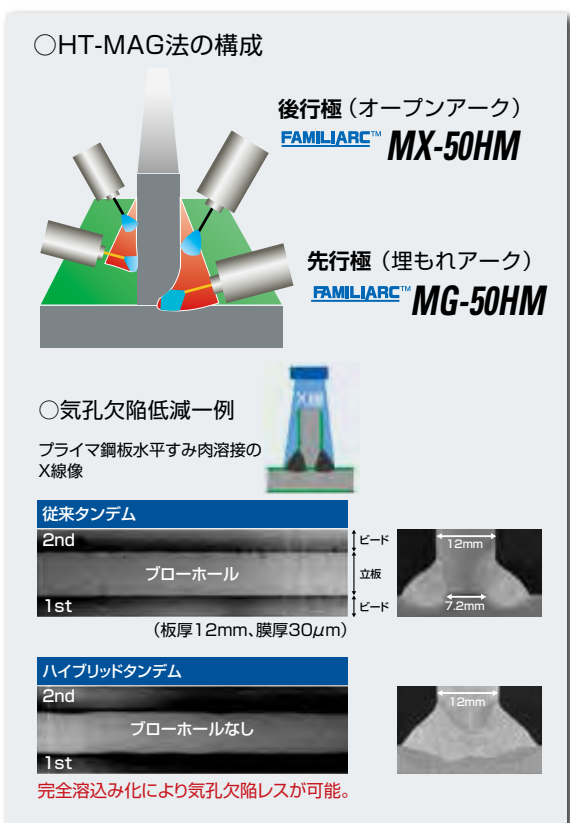


図14 ハイブリッドタンデムマグ法

板継工程／終端割れ防止技術

板継工程に用いられている当社FCB™/RF™での溶接品質の更なる向上、手直し時間の低減による効率化を実現させる「終端割れ防止技術」について紹介いたします。変形シミュレーションを駆使し、終端割れに影響する諸因子を抽出、引張の塑性ひずみを低減させ、終端割れを防止する施工法を確立しました。また、実機への適用開発状況について実際の溶接条件と共に紹介いたします (図15)。

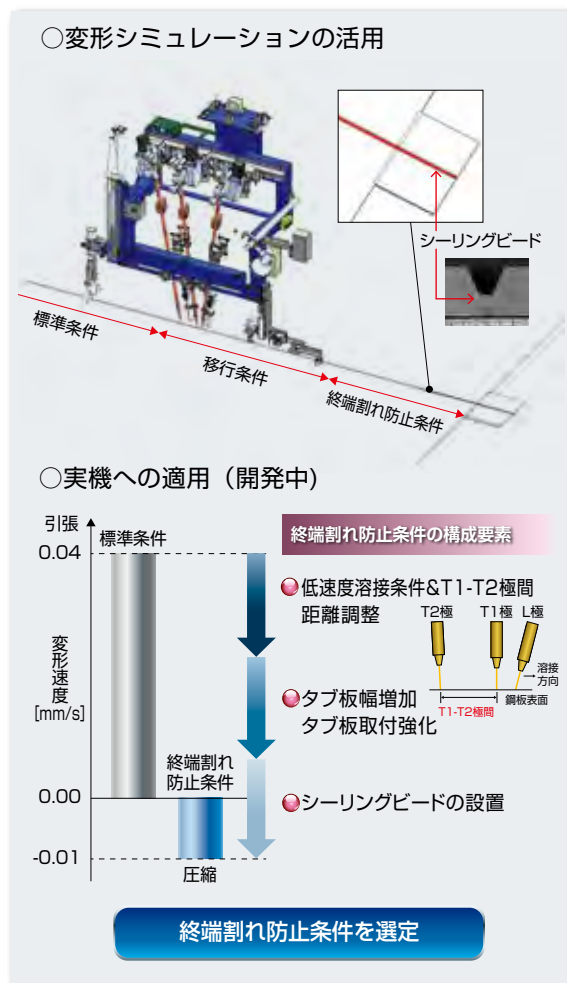


図15 終端割れ防止技術

4.3. 自動車コーナー

アーク溶接での車体軽量化、マルチマテリアル化 (異材接合) や塗装性改善などのニーズに対し、当社が提案する溶接材料、プロセスを紹介いたします。また、ワイヤ送給制御方式に最適な新開発ソリッドワイヤを紹介いたします。

ワイヤ送給制御専用ソリッドワイヤ “(F)”シリーズ

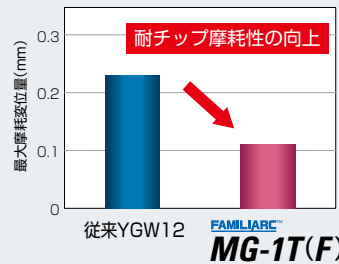
ワイヤ送給制御法はワイヤ送給の正送・逆送の制御によりスパッタを極めて少なくする溶接法ではありますが、正送・逆送の繰り返しにより溶接チップへの負荷が過大となり、連続溶接時のチップ摩耗が課題でした。当社はワイヤ表面処理の最適化により、耐チップ摩耗性の向上、更には正送・逆送のワイヤ送給性、電流波形の追従性に優れた **FAMILIARC™** MG-1T(F) を開発しました (図16)。さらに、同表面処理を適用した(F)シリーズの新製品ラインナップとして、スラグを低減した **FAMILIARC™** MG-1S(F)、亜鉛めっき鋼板の耐気孔性に優れた **FAMILIARC™** MG-1Z(F) を紹介いたします。

○チップ先端摩耗の改善効果

従来YGW12



FAMILIARC™ MG-1T(F)



【溶接条件】

ワイヤ径 1.2mmφ
シールドガス 100%CO₂
電流・電圧 200A-25V
アークタイム 1hr連続溶接
下向溶接 ワイヤ送給制御有り

図16 “(F)シリーズ”の耐チップ摩耗性の向上

○電着塗装後の腐食試験結果一例

現行技術(汎用ワイヤ×パルスMAG溶接)



現行技術(汎用ワイヤ×高Arパルス溶接)



新プロセス(専用ワイヤ×高Arパルス溶接)



※電着塗装膜厚：20μm, JASO M609-91「自動車用材料腐食試験法」に準拠 45サイクル
塩水噴霧2hr(5%NaCl 35℃)⇒乾燥4hr(60℃)⇒湿潤2hr(50℃-95%以上)の複合サイクル試験

図17 亜鉛めっき鋼板用 高耐食性溶接プロセスの効果一例

○大電流MAG Process



○超大型ロボットタンデムシステム



○ケーブル内蔵天吊りシステム



図18 建設機械向け溶接ロボットシステム

塗装性改善のご提案 溶接スラグを制御したプロセスと溶接材料

自動車部材はアーク溶接後の電着塗装にて、溶接スラグ上に塗装が載りにくいことが部材耐食性の面で課題となっています。当社は、熔融池の流動性を向上させ、スラグを溶接終端部に凝集し、溶接ビード上のスラグを低減させた **FAMILIARC™ MIX-50FS**を紹介いたします。また、従来不可能であった純Arシールドガスでの溶接をフラックス入りワイヤで解決し、スラグを極限まで低減した **FAMILIARC™ MM-1S**を紹介いたします。

さらに、マツダ株式会社と共同開発した亜鉛めっき鋼板での耐気孔性に優れ、溶接スラグの低減も両立した“高耐食性溶接プロセス”を紹介いたします(図17)。

軽量化のご提案 超ハイテン鋼板用の溶接材料

車体の軽量化のため、鋼板の高張力化・薄板化が進む中で、当社では一般炭素鋼用溶接材料では対応困難な高強度鋼板においても高強度な継手が得られる **TRUSTARC™ MG-S120T**、さらに1,180MPa級以上の鋼板にも対応可能な **TRUSTARC™ MG-S150T**を紹介いたし

ます。また、これら溶接材料を用いたアークスポット溶接により、従来の抵抗スポット溶接よりも高強度継手が得られるソリューション提案も紹介いたします。

4.4. 建設機械コーナー

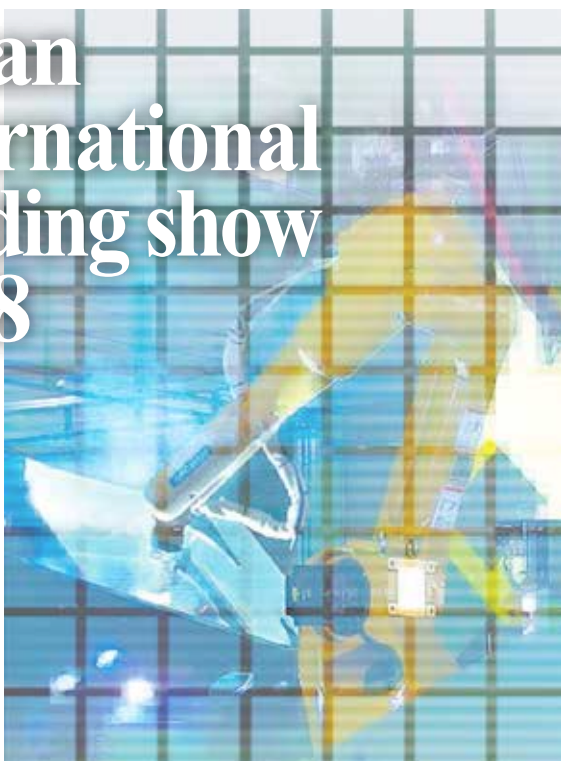
当社の溶接システム、溶接材料の紹介をいたします(図18)。更には現在取り組んでいますAP-SUPPORT™、生産監視カメラ、生産モニタをIoTで繋げる見える化技術、更なる自動化・無人化を提案すべく取り組む、AI技術を活用した溶接中の異常検知、教示データを自動生成するOFF-LINE TEACHING SYSTEMを参考出展いたします。

4.5. エネルギーコーナー

素材・溶接材料の技術進展を狙った当社製品ラインナップを紹介いたします。石炭焚き火力発電ボイラ、圧力容器、LNGタンク、海洋構造物などの構造物ごとに、使用環境で求められる特性を満足する高品質な溶接材料を紹介いたします。

新製品としては、P91・P92用AWS規格合致材、1.25Cr-0.5Mo・2.25Cr-1.0Mo鋼用フラックス入りワイヤ、SR可能な高張力鋼用フラックス入りワイヤを出展いたします。

Japan International Welding show 2018



5. 溶接実演コーナー

建築鉄骨コーナーでご紹介した新製品の实演を行います。ソフトアークの低水素系被覆アーク溶接棒 **FAMILIARC™ LB-50FT**、送給性をさらに改良し心地よいアーク感でスパッタを低減した新 **FAMILIARC™ MG-56**、黒皮鋼板のすみ肉溶接でビードのなじみが良く止端部のビード形状が美



▲ 神溶会コーナーには復刻版アイテムが勢揃い！

KOBELCO

神溶会 Beyond Generations キャンペーン 連動企画
～神鋼溶接棒 世代を超え75年、
「ものづくり」支え続けます～

キャンペーン対象商品を見て・当てて、ポッキーをもらおう！

FAMILIARC LB-50FT ソフトなアークと安定性、スラグはく離性良好な低水素系被覆棒
 随封時乾燥不要タイプ(アルミ脱気包装)もラインナップ

FAMILIARC MG-56 従来ワイヤの溶接作業性をさらに向上
 アークが安定しワイヤ送給性抜群

FAMILIARC MX-Z50F 黒皮鋼板向けすみ肉専用ワイヤの決定版
 アーク安定性良好で、滑らかなビード外観となじみが良好

FAMILIARC MX-Z200MP 多層すみ肉に最適なフラックス入りワイヤ
 ビード重ね目の揃いが良好で光沢のあるビードが得られます

FAMILIARC DW-50BF 1パスで10mm程度の脚長が得られる大脚長用
 優れたスラグはく離性と波目の揃った光沢あるビード

スパッタと気孔欠陥を低減
 選べます！ 手棒、ソリッド、フラックス入りワイヤ、セルフシールドワイヤをラインナップ

種類	規格	電圧	径 (mm)	重量 (kg/m)
電極棒	FAMILIARC Z-1Z	AC/DC	2.8-5.0	≤100g/m
ソリッドワイヤ	FAMILIARC SE-1Z	DC(+)	1.0, 1.2	≤100g/m
	FAMILIARC MG-1Z	DC(+)	1.0, 1.2	≤150g/m
フラックス入りワイヤ	FAMILIARC MX-1Z	DC(+)	1.2	≤150g/m
セルフシールドワイヤ	FAMILIARC DW-1Z	DC(-)	1.2	≤550g/m

※復刻版包装シリーズ
 (FAMILIARC B-10, FAMILIARC B-14, FAMILIARC B-17, FAMILIARC Z-44)
 愛されて75年 これまでも・これからも神鋼溶接棒

▲ 溶接実演コーナーでご紹介する新製品

麗な **FAMILIARC™ MX-Z50F** などをご覧いただけるよう準備しております。

6. 神溶会コーナー

神溶会「Beyond Generationsキャンペーン」連動クイズ企画「新商品の銘柄を答えて復刻版包装ポッキーを当てよう！」を行います。(対象商品は本号の神溶会コーナーをご参照ください。) 参加いただいた方にはポッキー他賞品を進呈いたしますので、奮ってご参加ください。

7. 神鋼溶接サービスコーナー

神鋼溶接サービスは、神戸製鋼所が培ったノウハウをベースに、溶接・接合に関わる試験・調査・研究・溶接研修などを行っています。同社の接合研究、材料試験、成分分析など、お客様の課題解決につながるメニューの紹介をしております。今回はデジタルマイクロスコプを用いた観察、解析を実演いたします。鮮明な拡大観察と多数視野による画像解析を可能とし、連続撮影の自動化により納期短縮にお応えします。

8. 最後に

神戸製鋼は顧客のベストパートナーとして、課題解決につながる製品・サービスを提案いたします。ぜひ神戸製鋼ブースを訪問いただき、当社製品・サービスへの忌憚のないご意見と、溶接に関する課題・お悩み事をご相談ください。

皆様のご来場をお待ちしております。



●神溶会コーナー

Mail from India

『インドからNamaste』

KOBELCO WELDING INDIA PVT. LTD. 鎌田 昂

ぼうだより技術がいどの読者の皆様、こんにちは。
2017年5月にKOBELCO WELDING INDIA PRIVATE LIMITED (KWI) に赴任しました鎌田 昂（かまた はじめ）です。

弊社は、2011年6月、首都デリー近くのグルガオンに販売会社として設立され、ボイラ等エネルギー業種向け高付加価値品、流通市場向けFCW、建設機械・鉄道車両向け溶接ロボットの販売活動を手掛けております。インドの経済成長率は世界でも注目されており、建設機械市場では生産性向上を背景としたロボット導入のニーズが高まっています。また街中は新しい高層ビルや道路の建設ラッシュで、身近な所でもインド市場の成長を実感することができます。インドの方との交渉は一筋縄ではいかず、常にタフさが要求されますが、ナショナルスタッフ



カレー屋台に並ぶ筆者

と共に日々KOBELCOブランドの浸透と拡大を目指して、業務に邁進しています。

さて、ここでインドの事を紹介させていただきます。
インドと言えばカレーというイメージを持たれることが

多いと思います。実際にストリートフードでも、至るところでカレーセットが売られており、この国を代表する料理です。ただ、インドには他にも多くの見所があります。例えば、ネパールとの国境近くに位置するダージリンでは、エベレスト等8,000m級の山々を見ることができ、その景色には圧倒されます。またヒンドゥー教の聖地で、生と死を見つめるガンジス河が流れるバラナシ、地下深くの水を汲み上げる為に作られた階段井戸等、多くの魅力が詰まった国です。

生活面では苦勞もあり、特に肉の調達には頭を悩まされます。インド人の大多数が信仰するヒンドゥー教では牛は神聖なものとされ、食べることが禁止されています。また、豚肉もあまり見かけません。簡単に手に入るのは鶏肉くらいです。ただ鶏肉も、スーパーのものは鮮度が怪しいので、その場で生きた鳥を捌くローカルマーケットを活用することが多いです。最初は買うことに躊躇しましたが、最近では定期的を買うようになりました。

日本ではまず味わえない経験や刺激を多く受けられることが、この国の良さであると思います。ぜひ一度、インドに足を運んでみて下さい。



8000m級の山々



階段井戸 in デリー



ローカル市場



神溶会 全国共通

BEYOND GENERATIONS キャンペーン

～世代を超え、日本の「ものづくり」を支えます～

(株)神戸製鋼所では、2018年上期より、2011年の神溶会60周年記念キャンペーン以来、7年ぶりの神溶会全国共通キャンペーンを開催致します。

神溶会会員各社と共に、業種別エキスパート資格制度で培った「業種別営業力」をベースに、お客様の「人手不足や自動化・効率化」ニーズに対し、より効果的な溶接ソリューション活動、魅力的な新商品を提案して参ります。

■ キャンペーンのコネクトと活動内容

戦後復興から、日本のものづくりの発展と、それを支えたひとと共に歩んできた「神鋼溶接棒」。世代を超えてご愛顧頂いている商品ラインナップと最新のKOBELCOの技術力で現代・次世代の日本のものづくりに求められるニーズに応えて参ります。

重点業種：『鉄骨』

活動内容	
① 重点商品の拡販	送給性改良 NEW F MG-56 、陸上業種向けフラックス入りワイヤ（FCW）の普及垂鉛めっき用シリーズの更なる浸透 ソフトアーク「乾燥省略可能」低水素系電弧棒 F LB-50FT の市場投入
② 業種営業力の強化	業種別マイスター制度・鉄骨エキスパート講習（ロボットシステム編） ロボットシステムの販売力を養成・強化する「システムベーシックコース」と ロボットの初歩的な技術対応力を養成する「システムアドバンスドコース」の開設
③ サポート体制の充実	鉄骨溶接ロボットシステム REGARC™ 搭載キャラバンカーの運用開始
④ 復刻版包装	以下の銘柄に、なつかしの復刻版包装（1970'sの包装）を適用します。 ●銘柄：「 F Z-44 、 F B-10 、 F B-14 、 F B-17 」の3.2mm、4.0mm ●実施期間：2018年4月生産分～ *実施期間前後は、従来デザインの包装と当該包装が混在する可能性があります。

包装イメージ



- (1) 開催期間
(2) 参加対象
(3) 重点商品

2018年上期
神溶会会員 各社

品 種		対 象 銘 柄		
電 弧 棒	ソフトアーク「乾燥省略可能」低水素系電弧棒			
ソリッド	更にスムーズな送給性			
FCW	黒皮鋼板・すみ肉用	多層すみ肉に最適	1パス大脚長すみ肉用	
				
システム	 鉄骨溶接ロボットシステム			
亜鉛めっき用 シリーズ				
				

ぼうだよりVol.497
技術レポートにてご紹介

- (4) 評価項目
(5) 表彰

各地区の神溶会にて、ご案内致します。
地区別に各コース（代理店・商社）の上位3社を表彰。

■ 電弧棒 包装材 の歴史

● 昭和17年から昭和22～23年頃（60kg木箱時代）

戦時中は軍需向けであったために、木材資源の面からも通い箱制度がとられていたようです。60kgの木箱は通称「弾薬箱」と呼ばれ、5kgの紙箱を12箱装入し、フタはボルト締めで、通い箱となっていました。



● 昭和22～23年から昭和37～38年頃（30kg木箱時代）

日本各地の需要家へ発送する必要から30kgの木箱が誕生しました。

● 昭和37年から現在（20kg段ボール時代）

昭和37年頃より急増した電弧棒生産に見合う木箱（国内産・松）の調達困難が予想され、当時脚光を浴びつつあった段ボール化が検討されました。包装ラインの自動化とともに、ハンドリングのしやすさ、製品の保護、コストの低減などの特長がある事から、当時はB-33、RB-26などの銘柄から段ボール化を開始し、昭和39年頃より国内向けには全面的に段ボールが使用されるようになりました。



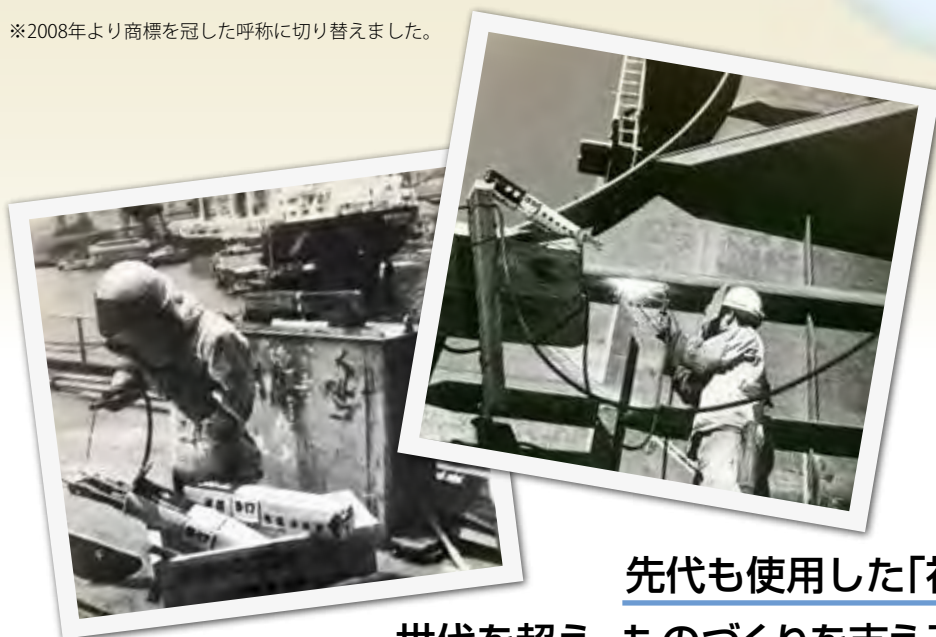
● そして、平成30年、乾燥省略可能な2kgアルミ包装の時代へ

今回のキャンペーンで販売を開始する「**F** LB-50FT」は、耐吸湿性の高い被覆材とアルミ包装により、電弧棒を乾燥せず、開封後すぐに使用することが可能です。開封後にご使用となる目安8時間以内に使い切れる量を考え、2kgの包装としました。従来、**F** Z-44（ライムチタニヤ系）や**F** Z-1（イルミナイト系）などの、難吸湿タイプの乾燥省略が可能な電弧棒がありましたが、低水素系の電弧棒では「**F** LB-50FT」が当社初の商品となります。

復刻版包装のモデル



※2008年より商標を冠した呼称に切り替えました。



**先代も使用した「神鋼溶接棒」
世代を超え、ものづくりを支えるヒトと共に**

※文中の商標を下記のように短縮表記しております。

FAMILIARC™ → **F**

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター
マーケティング企画室 片山 瑞樹

1000年後も美しい地球のために 「変革」と「挑戦」で、人と自然との共生を支える —— 豊国工業株式会社

広島県広島市の中心部、JR広島駅から電車で約30分。東広島市の西条町は、昔から兵庫の灘五郷、京都伏見と並ぶ銘醸地として知られる地です。JR西条駅の周辺では、賀茂鶴、亀齢、西條鶴など、名だたる酒蔵が、昔ながらの醸造を続けています。最近では外国人観光客も多く訪れるようになっており、酒蔵を結ぶ「酒蔵通り」と呼ばれる通り一体は、平和記念公園、安芸の宮島に次ぐ、県内屈指の人気スポットだそうです。酒蔵の中には、土・日・祝日に一般開放し、見学や試飲ができるところもあり、酒造りの工程を学びながら、蔵の個性を生かした自慢の酒を試飲できる場所も魅力の一つだとか。

さて、今回は、その西条町に工場を構える、豊国工業株式会社を訪問し、鉄構本部本社工場の倉本工場長、製缶センターの内蔵田チームリーダー、河本様、田口様、柏井様にお話を伺いました。

■ 本日はお忙しい中、貴重なお時間を頂戴し、また日頃より弊社の溶接材料をご愛顧いただきまして、誠にありがとうございます。はじめに、御社の沿革・事業内容をお聞かせ下さい。

当社は昭和32年10月、広島市大州町に創業し、水門の製作販売を開始しました。33年4月ラック式ピンジャッキ開閉機を開発し商品化、生産と販売を開始し、39年9月には橋梁分野に進出。昭和44年2月に、広島県東広島市の県工業団地の敷地18,000坪に西条工場を完成させ、現在に至るまで操業を続けております。製作品目は、水門設備をはじめ、放流管、放流バルブ（ジェットフローゲート他）、機械台、鋼製ベッド、ベルトコンベア、除塵機、ウインチ、減速機、螺旋階段、サイロ、タンク等々です。いずれも豊富な実績を有しており、1ブロック最大40トンまでの製作と、工場内外での仮組立が可能です。数々の水門工事で培ってきた一歩先行く技術で、設計から製作、据付、メンテナンスまで一貫した管理体制のもと、お客様のニーズに沿った製品を提案・提供しております。



事業所外観

■ 北海道から九州まで、全国の様々な地域での実績がありますね。今後の事業環境の見通しについてもお聞かせいただけますか？

近年、全国各地で大規模災害が増加傾向にあり、公共設備の更新や整備などの重要性が見直され、加えて更なる防災・減災対策が要求されています。高度成長期以降に整備された施設においても、これから先の20年間で、「建設後50年以上」を迎える割合が加速度的に高くなる見込みです。当社にとって関わりの深いダムについても、近年頻発する渇水や洪水が、住民におよぼすリスクを早期に軽減するため、既設ダムを運用しながら有効活用する方策を、「ダム再生ビジョン」として国土交通省が発表しています。今後も、河川用ゲート、津波対策用ゲート、ダムゲートなどは、老朽化対策やインフラ整備、既存ダムの有効活用等の観点から、需要はさらに拡大するものと見込まれ、現状維持以上の市場があるものと考えています。

■ 昨年には、二相ステンレス鋼用の溶接材料 [P/DW-329AP](#)、[P/DW-2209](#)など、特長ある製品もご使用いただきました。どのような用途でお使いいただいているのでしょうか？ また、それらも含め、当社材の評価をお聞かせください。

二相ステンレス鋼は、高強度で耐食性にも優れるため、使用することで構造物全体の軽量化に繋がります。近年水門の案件等で需要が顕著に増えてきており、当社でも新たに採用するケースが出ています。初施工の際、比較のために複数社の溶接材料を試してみましたが、他社材ではX線透過検査でブローホールが多く見られるケースがありました。また、若干ですがスラグはく離性において、神鋼材の評価が良かったことも採用に至っ



製缶工場内



溶接作業



溶接練習場

た一因です。軟鋼用含め、神戸さんにお世話になっていますから、その安心感もありますね。評価についてですが、二相ステンレス鋼用の溶接材料は全般的にスラグはく離性に劣り、立向上進溶接の作業性が良くない印象です。同じくステンレス鋼用のP DW-308LPのように、全姿勢で使いやすい溶接材料を、新たに開発してもらえたら助かります。



立向上進溶接

■ 貴重なご意見をありがとうございます。溶接材料の品質と作業性は、切り離せないものと思いますので、今後の改良や新たな商品開発に繋げて参ります。工場内を拝見しますと、若手の作業員の方が多く見受けられるように思います。以前、神鋼溶接サービスによる技能講習会も開催させて頂きましたが、社内の技能継承にはどのように取り組まれているのでしょうか？

当社の製缶工場で溶接に携わるメンバー構成は、30代・40代が数名、一番多いのは20代の従業員です。若手の視野が狭まらないように、JIS検定や溶接競技会など、社外の方に評価いただけるような場に、積極的に参加するようにしています。神鋼溶接サービスさんにも、溶接指導でお世話になっていますが、外部の方か

ら細かく技術指導いただけるのには、本当に助かります。また、数年前から場内に溶接練習場も確保しました。甲斐あってか、先輩が若い人の練習を見ながらアドバイスをする風景が、自然と見られるようになっていきます。今後も職場に風土として根付くよう、継続していければと考えています。

■ おわりに

お忙しい中、長時間にわたって取材にご対応頂きました、倉本工場長、内蔵田チームリーダー、河本様、田口様、柏井様には心より御礼申し上げます。多様化・複雑化する社会状況と市場ニーズに対応するため、柔軟に変革と挑戦を重ねて来られた豊国工業の皆様の姿勢に、大変感銘を受けました。今後とも、溶接全般に関して相談でき、ともに成長できるパートナーとなるべく、努力して参ります。

最後になりますが、豊国工業株式会社の皆様の、益々のご発展とご活躍をお祈り申し上げます。

※文中の商標を下記のように短縮表記しております。

PREMIARC™ → P

レポーター：小田 智史

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター
国内営業部 西日本営業室 中国営業所



倉本工場長



内蔵田チームリーダー



河本様



田口様



柏井様

今回は溶接材料に関わるご法度「被覆アーク溶接棒(被覆棒)」の第2弾です。

※本文中の溶接110番・119番および用語解説バックナンバーは、以下URLよりお入りください。
 ぼうだより・技術がいどライブラリー <http://www.boudayori-gijutsugaido.com/library/>

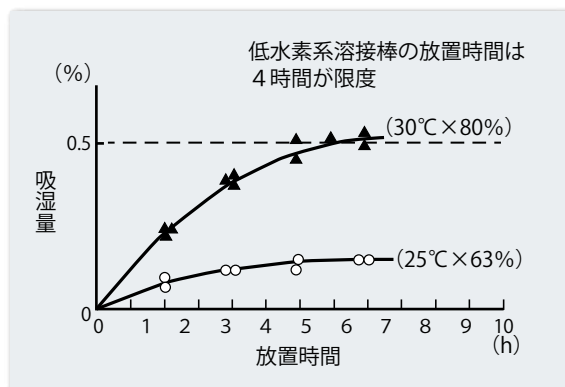
ご法度④

乾燥後4時間放置した低水素系被覆棒をそのまま使うのはご法度！

被覆棒を空气中に放置すると、時間と共に徐々に吸湿します。吸湿の度合いは、大気温度と湿度に影響され、両方とも高くなれば吸湿は早く進みます。大気条件は四季ごとに異なりますが、もっとも過酷な条件を基本に考えておくべきです。

30℃で湿気が80%の大気条件に放置した場合、約4時間程度が限度と考えてください。被覆棒が吸湿すると溶接金属中の拡散性水素が増加して、割れやブローホールの原因となります。

そのため、開封後と同様に乾燥を行い、湿気を飛ばす必要があります。



ご法度④

低水素系被覆棒を100℃で乾燥するのはご法度！

被覆棒の乾燥条件は、被覆棒の種類により異なります。一般的に、何かを乾燥させる場合には100℃前後であれば十分乾きます。しかし、低水素系被覆棒の場合は100℃でも水分が飛び切りません。

低水素系被覆棒の場合は、乾燥 (Drying) というより焼く (Baking) という単語の方がふさわしいと思います。一般には、300～400℃で乾燥します。

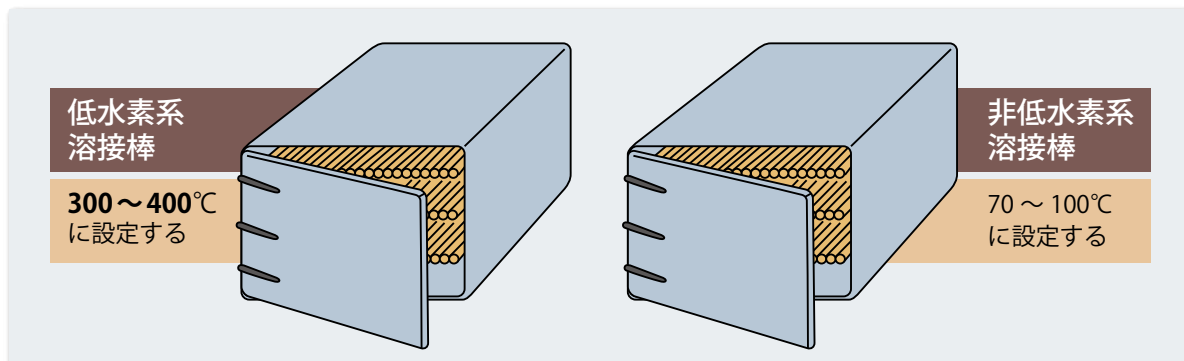
ご法度④

低水素系以外の被覆棒を100℃以上で乾燥させるのはご法度！

一方、低水素系以外の被覆棒のフラックスには、デンプンやセルローズなどの有機物が原料として大量に含まれており、100～200℃を超えると分解を始めます。つまり、被覆剤が焦げるのです。

こうなると、被覆剤としての役割を果たせなくなり、溶接時にピットやブローホールが出るようになります。

一般に低水素系被覆棒以外の乾燥温度は70～100℃です。



ご法度⁴⁵

被覆棒を乾燥炉に長時間いれておくべからず！

一般に被覆棒の乾燥は1時間程度行います。では時間が長ければよいかというと、そうではありません。銘柄ごとの最大乾燥時間については神戸製鋼にお尋ねください。

なお最大乾燥回数は、低水素系で3回、それ以外で5回となります。

乾燥時間や回数が限度を超えると、被覆剤に変色、割れ、脱落などが起こる可能性があります。

ご法度⁴⁶

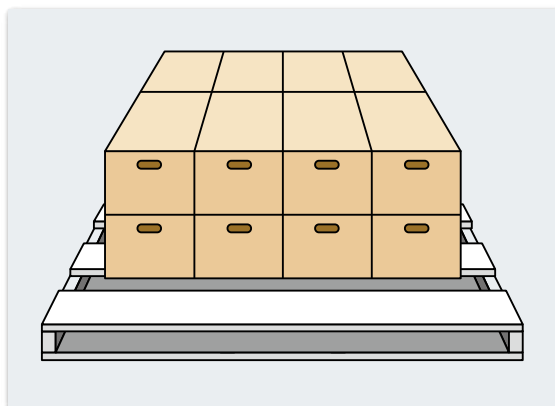
2年以上経過した被覆棒を使用するのはご法度！

これに関しても規則があるわけではありません。包装のままでの保管限度は一般棒で2年としています。もちろん、保管場所の環境によりますが、一応の目安となる最大の数字としてください。長期間保存した被覆棒は変質のおそれもあるため、品質確認が必要です。

ご法度⁴⁷

被覆棒を直接地面において保管するのはご法度！

被覆棒のフラックスは、非常に吸湿しやすいといわれています。当然、保管場所は雨露がしのげる屋内でなければなりません。地面に置くと吸湿を早めることとなります。保管に際しては、パレット上におき、壁から10cm以上離して保管ください。また、湿気が少ない場所を選び、潮風が当たるなどの錆びが発生しやすい場所は避けましょう。



(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター
マーケティング企画室 原田 和幸

お知らせ

鉄筋継手溶接用ソリッドワイヤのご案内

神戸製鋼では、鉄筋継手溶接用として下記銘柄を発売しております。

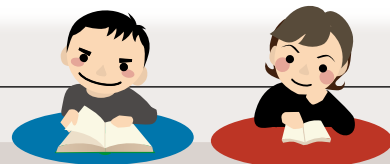
なお、1.2mm×10kgスプールのみの販売となります。

銘 柄	鋼 種	JIS Z 3312
TRUSTARC™ MG-60TK	590MPa級鋼	G 59 A 1 U C 3M1T
TRUSTARC™ MG-70TK	690MPa級鋼	G 69 A 2 U C N2M4T
TRUSTARC™ MG-80TK	780MPa級鋼	G 78 A 2 U C N4M4T

ご愛顧のほどお願い申し上げます。



「地政学」で世界が見える



「地政学」という言葉をご存じだろうか。地政学とは、大まかにいえば、地形・地理的な環境が国家に与える影響を、巨視的な視点で研究する学問のことだ。

地政学の視点には軍事的側面を多く含み、戦後の日本では長く研究が忌避されてきた。ところが時を経たいま、現代における地政学は、国際関係や地域の秩序を左右する重要な枠組みのひとつとなり、複雑に入り組んだ国際情勢の潮流を読み解くための有用なツールにもなりつつある。いまや、地政学は“禁断の学問”から国際社会を生き抜くために必須の教養へと、その立場を大きく逆転したのだ。

さあ、世界を広く見渡して俯瞰する「地政学」の視点を手に入れよう。



地政学を学べば、世界の今が見えてくる！

『学校では教えてくれない地政学の授業』

(茂木 誠・文化放送／著) PHP研究所 2016/9/21

「アメリカ大統領選挙後の世界はどう変わる?」「なぜ、中国は海に進出しようとするのか?」「シリア、イラクの内戦はなぜ終わらないのか?」。地政学の視点で、世界史と国際情勢の「なぜ?」を解き明かしてみよう。

本書は、文化放送の番組「オトナカレッジ」で好評を博した「茂木誠の世界史学科」を書籍化したもので、文化放送の砂山圭一郎アナウンサーを進行役に、大学受験予備学校講師の茂木誠による問答を収録した講義形式。やさしい言葉で読みやすく、初学者にもおすすめの一冊だ。

日本の世界史の教科書は、「進歩史観」に基づくものの見方で記述されている。これは「悪の戦争が起きても、最終的には正義の国が勝つ。結果的に歴史全体は良い方向に向かう」、という理想に基づいた歴史観だ。だが、理想主義の視点では、もはや、いまの世界情勢を説明できないと茂木氏は言う。

茂木：日本で歴史、世界史を教科書通りにちゃんと勉強した人ほど、世界の常識とのずれが広がっていくんです。グローバルで外国人との交流が多くなったいま、地政学を学ぶことは大切になってきている。(P21)

一方、地政学は、国際紛争を国と国との縄張り争い／生存競争として見て、地理的条件から外交と防衛政策を考える。そこには善も悪もない。現実主義に基づいたリアルな歴史観である。例として、本書の「イラク・シリアの内戦」について解説された段を見てみよう。

中東の紛争というと、宗派の対立・宗教紛争のイメージが強いかもしれない。しかし、20世紀前半まで時を遡ると、中東には、シリア、イラク、ヨルダンを含む巨大なオスマン帝国が存在していた。このオスマン帝国には、20世紀初頭に第一次世界大戦に敗れるまで400年もの間、平和的に中東を統治してきた歴史がある。

平和だった中東が紛争に飲み込まれる契機となった

のは、第一次世界大戦中の1916年、イギリス、フランス、ロシアの間で結ばれた、オスマン帝国領の分割に関する秘密協定「サイクス・ピコ協定」だ。茂木氏は、この時にシリアとイラクの間に引かれたまっすぐな国境線が、現在もなお、人々・民族・宗派を分断し続けていると分析する。

もともとイスラムの人々には、国家意識よりも、同じイスラム教徒という意識のほうが強いという。だからこそ敗戦後、強制的に引かれた国境線に強い反発があり、100年間の紛争の“根”になり続けているというのだ。つまり、中東の紛争は、地政学的には、100年前の「サイクス・ピコ協定」に始まった「新しい紛争」なのである。

砂山：平和だった時代に戻るには、何をすればいいですか？

茂木：民族や宗教の分布に基づいた新しい線引きをして、アラブ全体がゆるやかな連合体みたいにするしかないと思うんですよね。(P214)

多様化の進む時代において、立場や宗教、思想の異なる相手と平和を論じることは難しい。だが、地理が導きだす答えは、理性的で中立・明快だ。グローバルな時代を生きる私たちにとって「地政学」は、多様な背景を持つ相手と対話するための有効な手段でもあるのだ。

各分野の俊英が13のテーマを徹底分析！

『現代日本の地政学 —— 13のリスクと地経学の時代』

(日本再建イニシアティブ／著) 中公新書 2017/8/18

アメリカ主導の戦後秩序と同盟で、地政学的な脅威から守られていた日本。しかし中国の急速な軍拡と経済成長により、東アジアの戦略環境は一変した。

いま、中国が強大な経済力をテコに地域や多国に干渉する「地経学」の脅威が姿を現している。北朝鮮の核やロシアの動向も日本を悩ませ、トランプ米大統領の出方も予測が難しい状況だ。また、エネルギー、サイバー戦争、気候変動、貿易交渉など地球規模の変動も日本の戦略に大きな影響を与えている。

日本は数々のリスクをいかに乗り越えるべきなのか——。各分野、気鋭の論者たちが集結し、13のテーマを分析する。

本書序章「なぜ今、地政学、地経学なのか」のなかで、著者の一人である加藤洋一氏は、地政学と並び立つもう一つの重要なキーワードを挙げている。それは、「地経学」。地政学的な利益を、経済的手段で実現しようという外交手法のことだ。加藤氏は、本書の中でアメリカ大統領ドナルド・トランプを「地経学」大統領と呼ぶ。

選挙戦を通じたトランプの主張は、民主党の候補者だったヒラリー・クリントンと、はっきりと異なっていた。外交を語る際に、民主主義や人権などの「価値」、「原理原則」を持ち出さなかったのだ。(P8)

トランプが訴えたのは「普遍的価値よりも、経済利益」。西側の経済発展と繁栄を見せつけるほうが、よほど中国を民主化に導く効果がある、という主張だった。加藤氏は、未だ最終的な評価を下すには時期尚早と断ったうえで、トランプを「地政学と地経学の復活を象徴する大統領になるかもしれない」と予感している。

トランプ政権と地政学といえば、エネルギー・環境政策の分野にも注目しておきたい。本書第7章「米中ロ・エネルギー三国志」で、日本エネルギー経済研究所の小林良和氏は、近年のトピックスの中でも、アメリカでのシェールガス革命を「21世紀の地政学、地経学革命」として解説する。トランプ政権は、このシェールガス

革命をさらに促進したい意向だ。アメリカ国内の石油・天然ガスの増産と輸入依存度の低下は、今後、外交政策にも影響を及ぼすとみられる。

一方で本書には、アジアの中でもエネルギー需要が大きく増加している中国と、世界有数の石油・ガス産出国ロシアが協力関係を深めつつあることも紹介されている。中国としては、トランプ政権下の米国と日本への対応に専念するためにも、背後のロシアとの関係強化を進めたい意図があるだろう。長い間、互いを「仮想敵国」と見てきた両国だが、エネルギーに関する利害の合致が、近年、両国を経済的に結び付けることとなったのだ。

日本を取り巻く国際環境が大きく変わりつつある現在、エネルギーを単なる経済活動の一分野として扱うのではなく、外交・安全保障などとも有機的に連携させて活用していくという地経学の発想がますます重要になっている。(P145)

各分野における第一線の論者の解説が一覧できる、贅沢な共著。13の各項目がコンパクトにまとめられているため、スキマ時間に1テーマずつ読み進めるのもいいだろう。国際社会を生きるビジネスパーソンとして、いま、ぜひとも目を通しておきたい1冊だ。



One More !!



『地図化すると世の中が見えてくる』

(伊藤 智章／著) ベレ出版 2016/9/10

世の中にはありとあらゆる種類の情報が溢れている。「自然環境、産業、資源・エネルギー、生活・文化、人口」、これらのデータを地図上に落とし込んでみると、いろんなことが「目に見えて」わかるようになる！

本書では、情報を地図化して示すとともに、その傾向や特徴を解説。収録される項目は「コンビニエンスストアの出店戦略」「工場立地の特徴」といったデータから、「湧水の出る場所」「産油国の変化」といった地理的情報、さらには「牛肉と豚肉の消費の地域性」や「電話の普及率」といった地域の人々の生活を垣間見せるようなテーマまで、広い分野を網羅する。見て読んで楽しむ「地図で学ぶ地理の本」。大人のための、ユニークな「地図帳」だ。

(文：石田祥子)

溶接高温割れ感受性評価

1. 溶接高温割れの種類

溶接金属および熱影響部 (Heat Affected Zone, HAZ) では、液相線温度直下で極めて延性が低下する凝固脆性温度領域 (Brittleness Temperature Range, BTR) と、さらに低温になるにつれ、延性が再び低下する延性低下温度領域 (Ductility-dip Temperature Range, DTR) が存在します (図1)。

溶接高温割れとは、溶接施工時、溶接金属やHAZが高温にある時に発生する割れであり、BTRでは、溶接金属の凝固割れやHAZまたは多層溶接金属部の液化割れに、DTRでは、HAZまたは溶接金属の延性低下割れに、それぞれ注意が必要です。

凝固割れは溶接金属の凝固時、溶質元素が液相中に濃化することで凝固温度が低下した最終凝固部に、収縮ひずみが加わって発生します。凝固割れ発生の模式図を図2に示します。BTRの大きさは凝固割れ感受性を評価する上で重要な指標とされています。また、割れ発生領域に接するように引かれた線は割れ発生までの限界ひずみを表しており、これを超えて割れ発生領域と交差するようなひずみがかかった場合、割れが発生すると考えられています。

液化割れはHAZまたは多層溶接金属部において、溶融

した粒界に熱ひずみが加わって発生します。

延性低下割れはHAZまたは溶接金属において、高温で強度が低下した粒界に熱ひずみが加わって発生します。

2. 溶接高温割れ評価試験

溶接高温割れ感受性を評価する試験方法の一つとして、JISでは「C形ジグ拘束突合せ溶接割れ試験方法 (JIS Z 3155)」が規定されています。この試験は試験板を拘束した状態で溶接を行って割れの有無を調べるものであり、溶接部に加わるひずみを制御することはできません。

一方、試験板を外力によって強制的に変形させて溶接高温割れ感受性を評価する試験として、広く実施されているのがバレストレイン試験です。この試験では、溶接中の試験板を瞬時に曲げることで、高温割れを発生させます。また、板厚と曲げ半径を変えることで、試験板の変形量を調整し、その変形量と発生した割れの数や大きさから、高温割れ感受性を評価します。

溶接金属の凝固割れを評価するにはトランスバレストレイン試験 (溶接方向と曲げ方向が垂直) が、HAZの液化割れや延性低下割れを評価するにはロンジバレストレイン試験 (溶接方向と曲げ方向が平行) が、それぞれ適していると考えられています。

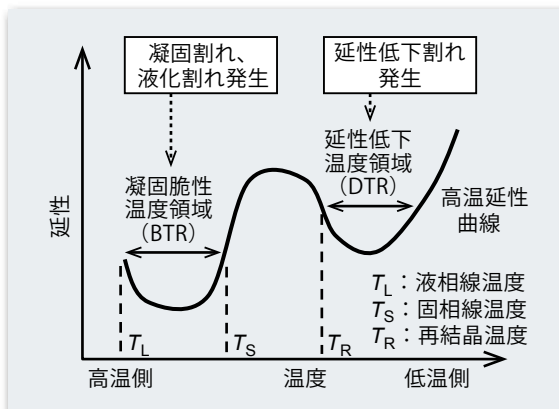


図1 金属材料の高温延性曲線の模式図

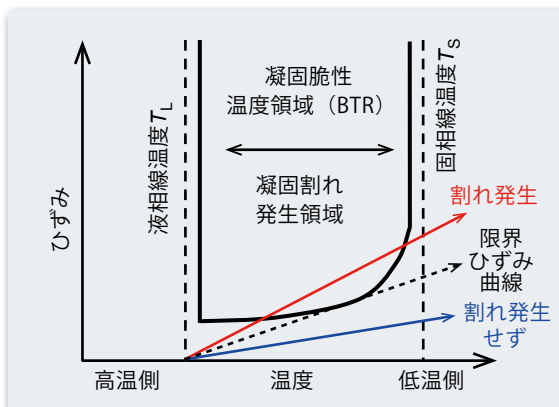


図2 凝固割れ発生の模式図



写真1 弊社バレストレイン試験機



(a) トランスバレストレイン試験 (b) ロンジバレストレイン試験

試験条件	
母材	インコネル600
板厚	5 mm
ひずみ量	4 %
溶接電流	120 A
アーク電圧	12 V
溶接速度	80 mm/min

写真2 バレストレイン試験の割れ発生領域と割れの拡大像 (黄枠線内)

3. バレストレイン試験の手順

弊社におけるバレストレイン試験（主にトランスバレストレイン試験）の手順をご紹介します^[1]。

<STEP. 1> バレストレイン試験機（写真1(a)）に試験板を固定し、試験板の上からTIG溶接でメルトランを行います。そして溶接の途中で試験板を曲げ治具に沿うように瞬時に変形させます（写真1(b)）。これを変形量を変えて複数回繰返します。

<STEP. 2> 曲げ変形によって発生した割れ（写真2(a), 2(b)）の長さを計測します。

<STEP. 3> 光ファイバ温度計等を使用して、溶接金属の冷却速度を測定します。

<STEP. 4> 各変形量における溶接金属の最大割れ長さ・溶接速度・溶接金属の冷却速度から、BTRを求めます。

<STEP. 5> バレストレイン試験で発生した割れは、破面を出したのち走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して高倍率で観察することで、割れの種類を判別することができます。SEMで撮影した破面写真のうち、写真3(a)は樹枝状の突起から凝固割れであることが、写真3(b)は一部溶融した粒界から液化割れであることがそれぞれ分かります。

4. 材料の化学成分からのBTR予測

材料の観点から凝固割れを防止するためには、材料自体のBTRを小さくすることが求められます。そこで凝固モデルを使用して、材料の化学成分からBTRを予測する方法が提案されています^[2]。

この方法では熱力学計算ソフトを使用し、液相中に濃化する溶質の濃度と、その時の温度を逐次計算し、凝固の開始温度と完了温度の差をBTRの大きさ（ ΔT_{BTR} ）として求めます。それを数千種類の異なる化学組成の融液で実施し、 ΔT_{BTR} を化学成分で回帰分析します。このとき、 ΔT_{BTR} は元素Mの濃度[M]と定数 C_i （ $i=0,1,2,\dots,N$ 、 N は回帰分析を行う元素数）を用いて、

$$\Delta T_{BTR} = C_0 + C_1[C] + C_2[Si] + C_3[Mn] + C_4[P] + C_5[S] + \dots$$

などのように表されます。 C_1, C_2 などの係数を比較することで、各元素が ΔT_{BTR} に与える影響の方向性のある程

度知ることができます。

一例に、Ni基合金において表1に示すような化学成分の範囲で計算を行った結果として、

$$\Delta T_{BTR} (^{\circ}\text{C}) = 38.7 + 358.7[C] + 29.3[Si] - 0.3[Mn] + 212.7[P] + 330.8[S] + 2.6[Cr] + 1.0[Mo] + 14.5[Nb] + 2.9[Fe] \text{ (mass \%)}$$

という式が報告されています^[3]。係数の大きい C, Si, P, S が ΔT_{BTR} に与える影響が大きいことなど、従来からの知見と一致します。

5. 力学シミュレーションに基づく高温割れ評価

溶接施工条件の観点から凝固割れを防止するためには、図2に示すとおり、溶接金属の凝固時に溶接部にかかるひずみを低減することが求められます。

近年では、BTRにおけるひずみを有限要素法（Finite Element Method, FEM）で力学的に予測し、これに基づいて溶接部における割れ発生ハザードマップを作成する研究がなされています^[4]。

6. まとめ

バレストレイン試験は、溶接高温割れを評価するための有用な手段の一つであり、これまでに様々な知見が蓄積されています。一方、近年ではシミュレーションによる溶接高温割れの研究も盛んに行われています。両者を上手く組み合わせることで（例えば、BTRを計算で予測して試験条件を絞り込む、溶接実構造物にかかるひずみを計算して試験条件を設定する、など）、より確かな高温割れ感受性評価が可能になると期待されます。

<参考文献>

- [1] 嶋田, 溶接学会誌 第78巻, 第4号(2009), 298-300.
- [2] 篠崎ら, 第157回溶接冶金研究委員会資料(1999).
- [3] 鈴木ら, 神戸製鋼技報 第54巻, 第2号(2004), 43-46.
- [4] 柴原ら, 溶接学会誌 第86巻, 第1号(2017), 48-51.

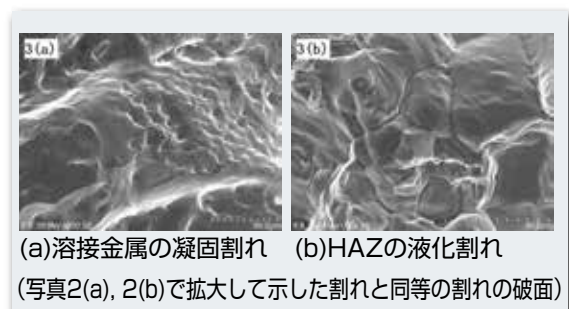


写真3 高温割れ破面

神鋼溶接サービス(株) 技術調査部 技術室
竹森 章

表1 Ni基の化学成分の計算範囲^[3]

単位: % (質量分率)、計算数: 約8000 条件

Ni	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb	Fe
Bal.	0.01 }	0.2 }	0.1 }	0.001 }	0.001 }	15.0 }	0 }	0 }	0.1 }
	0.48	0.9	11.5	0.010	0.010	25.0	20.0	5.0	10.0

硫化物応力腐食割れ

硫化物応力腐食割れ (SSCC; Sulphide Stress Corrosion Cracking) は油井や天然ガス井などのサワーガス環境 (H₂S含有環境) において発生する割れ現象です。油井・天然ガス井環境のような塩化物イオンを含む酸性環境下では、鋼表面における腐食反応が促進されます。腐食反応の過程で水素が発生し(図1①)、鋼表面への吸着を経て、鋼中へ侵入します(図1②)。水素は鋼中の応力集中部へ拡散し(図1③)、水素ぜい化(水素により材料が脆くなる現象)を引きおこし、残留応力や内圧による引張応力の作用で割れ発生の可能性が生じます(図1④)。また、水素ぜい化は侵入した水素量が多いほど顕著になります。H₂Sが鋼表面付近に存在するとH₂分子となる水素結合を阻害すると考えられており、通常の腐食反応による水素侵入量よりも多くの量が侵入し(鋼中へは原子状態で侵入するため、相対的に侵入量が増加する)、水素ぜい化を助長させます。

溶接部におけるSSCCへの対策は硬度・付加応力・水素量のいずれかにおいて割れ臨界点を下回ることによって達成されます。硬度については高張力鋼の使用を避ける方法が一般的です。たとえば、NACE MR0175では、

溶接部の硬さをHRC22以下とすることが要求されています。付加応力については、残留応力を低減させるための溶接後熱処理 (PWHT; Post Weld Heat Treatment) の実施が挙げられます。ただし、PWHTにより溶接部の機械性能が劣化することがあり、耐割れ性と溶接部の機械性能の両立が必要となります。水素量については、耐食性に優れる材料の使用や防食が挙げられますが、他2つの対策よりも多くのコストを要することがあります。また、防食対象をカソードとするカソード電気防食は水素発生を伴うことから、かえって割れのリスクを高めることになります。

参考文献

社団法人腐食防食協会編 (1993) 『材料環境学入門』丸善株式会社 pp.45-48

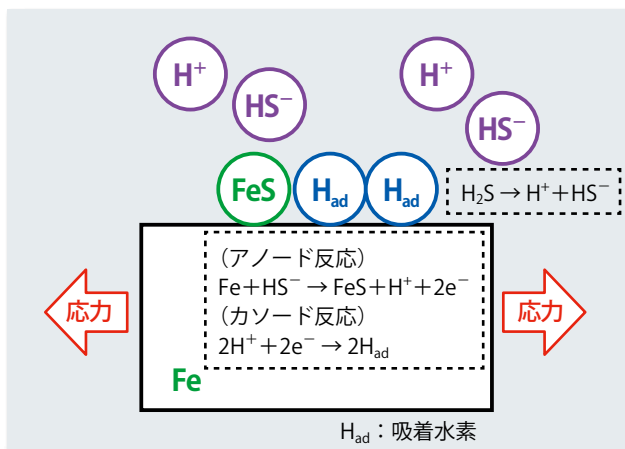
社団法人溶接学会編 (2003) 『第2版 溶接・接合便覧』丸善株式会社 pp.849-850

NACE Standard MR0175-95

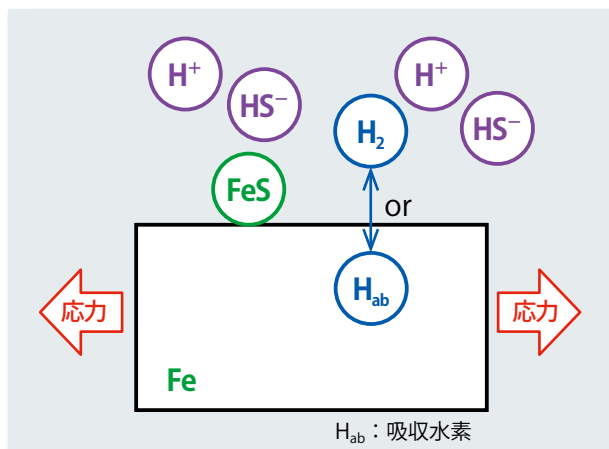
(株) 神戸製鋼所 溶接事業部門

技術センター 溶接開発部 秋山 亮

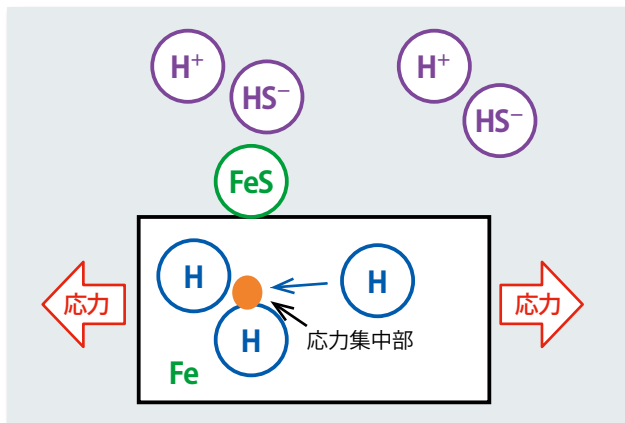
① 腐食反応



② 侵入・結合



③ 拡散・凝集



④ 割れ

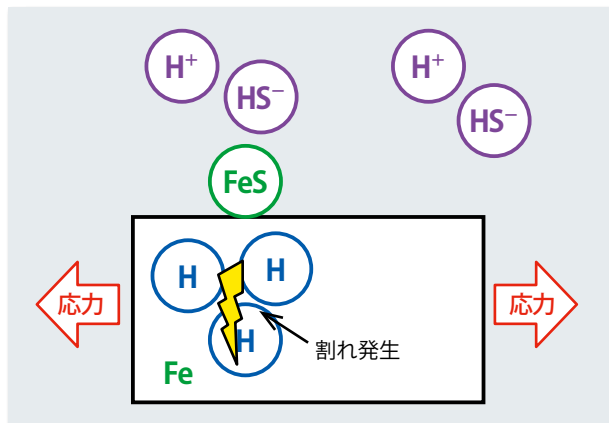


図1 SSCC機構 概略図

表紙のことば **日本の風景** 春の白川郷-合掌造り



合掌造りの民家が肩を寄せ合い、四季の彩りを魅せる ―岐阜県白川村

世界文化遺産に登録されている合掌造りの里は、岐阜県白川郷の萩町合掌造り集落と富山県五箇山の相倉・菅沼の合掌造り集落で構成されています。豪雪地の庄川沿いに点在し、深い山と川とのわずかな土地に肩を寄せ合うように集落をなしており、勾配が60度近くもある急勾配の茅葺き屋根はいつでも妻を南北に向けています。それは、屋根に満遍なく日が当たるように冬の融雪と乾燥を促進させるため、集落が南北に細い谷にあり、それぞれの方向から強い風が吹くので、風を受ける面積を少なくするため、逆に夏は窓を開放して風を吹き抜けさせることで夏蚕が熱さにやられないようにするため、という三つの効果が指摘されています。豪雪地の風土から生まれた集落は、重伝建地区に選定されています。

