ぼうだより 技術がいど

2016 Autumn

Vol.492

●技術レポート
CBコントローラの紹介

ぼうだより 技術がいど
2016 Autumn
Vol.492

CONTENTS

2 技術レポート
【新型コントローラ】CBコントローラの紹介

7 特集
神戸製鋼所
溶接事業部門の海外展開

9 営業部ニュース
1- ユーザールポ 株式会社渥美鐵工所
REGARC™ 搭載鉄骨溶接ロボットの導入による効率的な生産体制の確立
2- 溶接ご法度集 -3
溶接施工 / 施工管理編 その1

13 解説コーナー | 試験・調査報告
腐食部の調査

15 ほっとひといき | KOBELCO 書房
スポーツ × ビジネスの最先端

17 神溶会コーナー
Mail from Shanghai

18 知恵袋コーナー | 用語解説
LTT溶接材料

【新型コントローラ】CBコントローラの紹介

稲田 修一
（株）神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

1. はじめに

当社はこれまで、建築鉄骨、橋梁、建設機械、鉄道車両、造船などの中厚板分野において、高品質な溶接を提供してまいりました。中厚板溶接では、長時間にわたり複数回溶接を繰り返す多層盛溶接が行われ、当社の強みである溶接対象物の溶接熱ひずみ変形に追従するアークセンサ技術や制振制御技術などを駆使した溶接システムを販売してきました。

しかし、昨今溶接自動化ニーズがますます高度化し、2005年に発売したCAコントローラでは、ハードウェアの制約等により、新しい機能を追加することが困難な状況にありました。そこで、これらニーズに応えられる新型コントローラ（CBコントローラ）を「世界中、ちゃんと溶接できるまで」というコンセプトのもと開発し、2016年４月13日から販売を開始しました（図１）。

2016年４月13日～16日の４日間、インテックス大阪にて開催された「2016国際ウエルディングショー」にて初めてお客様にお披露目となりました（図２）。

今回開発したCBコントローラでは、主な特徴として以下の３つがあります。

（1）高性能化
（2）高機能化
（3）簡単化

本稿では、この３つの特徴について説明します。

図1　CBコントローラ・教示ペンダント

図2　2016 国際ウエルディングショー 当社展示

2. CBコントローラの3つの特徴

2.1 高性能化

CAコントローラから大幅にハードウェアの性能向上を実現しました。

2.1.1 CPU性能向上

CBコントローラでは、CPU性能を従来比の最大４倍以上に向上させました。

また、単にCPU性能を上げただけではなく、内部アーキテクチャも一新し、ユーザインターフェイス部およびリアルタイム制御部を最適なかたちで分離しました。そのため、CPUが性能向上した以上の効果を実現できています。

2.1.2 通信方式にEtherCATを採用

ロボットの高性能化には、CPU性能の他、マニピュレータ、溶接電源および周辺装置との高速通信および高精度な同期がかかせません。今回のCBコントローラでは、この２つを実現できる「EtherCAT（イーサキャット）」を採用しました。

CPU性能向上、内部アーキテクチャの最適化および「EtherCAT」の採用により、制御性能が従来比の３倍以上、同期性能は従来比の10倍に向上しました。これにより、従来機から評価頂いていたアークセンサ技術の更なる向上が実現可能となります。

【EtherCATとは】
- EtherCAT（Ethernet for Control Automation Technology）は、ETG（EtherCAT Technology Groop）が推進する産業用イーサネット規格
- 通信速度は、100Mbpsであり、リアルタイム制御・高速データ収集向け
- ノード間が1 μs以下で同期
- 自由度の高いケーブル配線が可能
- 世界的に急速に普及中
- トヨタ自動車様が世界各地の新工場にてEtherCATの採用を決定（ハノーファーメッセ2016より）

2.1.3 新制御技術の開発

溶接する前にマニピュレータ先端の溶接ワイヤを溶接対象物に接触させ、その時の電圧変化で溶接対象物のズレを検出するタッチセンシング機能というものがあります。この機能は、溶接対象物と接触した瞬間に急停止させる必要がありますが、その際、マニピュレータに振動が生じることがあり、位置検出誤差の原因となっています。この誤差を防ぐためには、振動が治まるのを待ってからズレを検出すれば良いのですが、この場合、タクトタイムが増加してしまいます。そこでCBコントローラでは、高度なモデルベース制御技術を開発したことにより、これらを改善できます（図3、図4）。

この技術により、タッチセンシング時間を従来比の20%削減を実現できます。結果、タクトタイムを短縮し、お客様の生産性向上に寄与します。

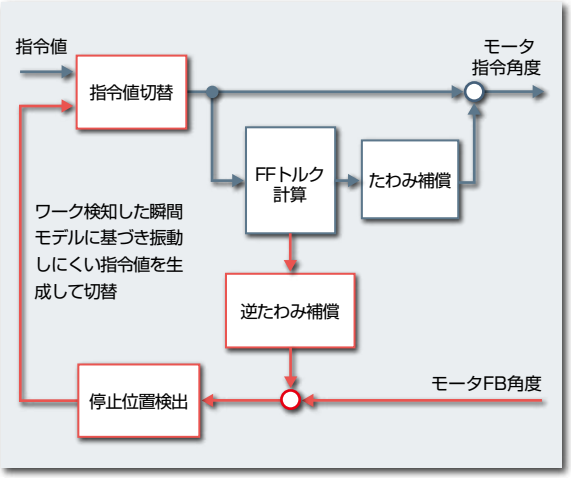


図3　モデルベース制御の一例

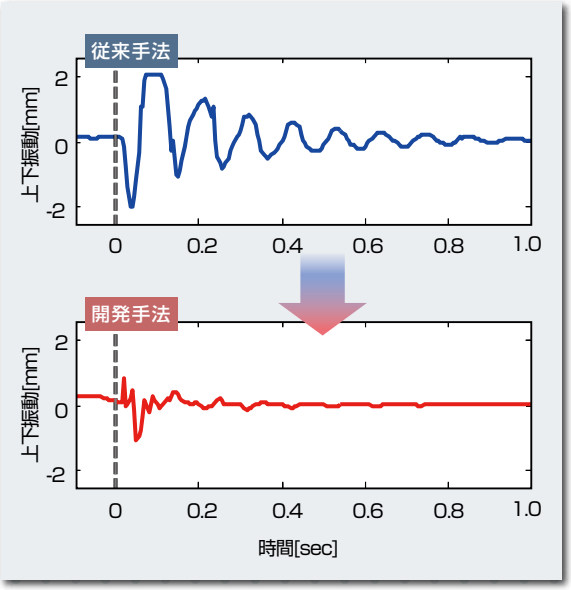


図4　タッチセンシング時の振動比較検討

2.2 高機能化

ハードウェアの性能向上に伴い、多くの新機能を提供可能となりました。ここでは、新たに追加した機能の一部を紹介します。

2.2.1 高能率水平すみ肉溶接法

斜め振りウィービング機能の搭載と立板、下板それぞれの電圧設定を可能にすることにより、450Aの高電流域において、アンダカット、オーバラップのない高品質かつ、脚長6 mm、70cm/分の高速シングル水平すみ肉溶接を実現しました（図5、図6、図7）。

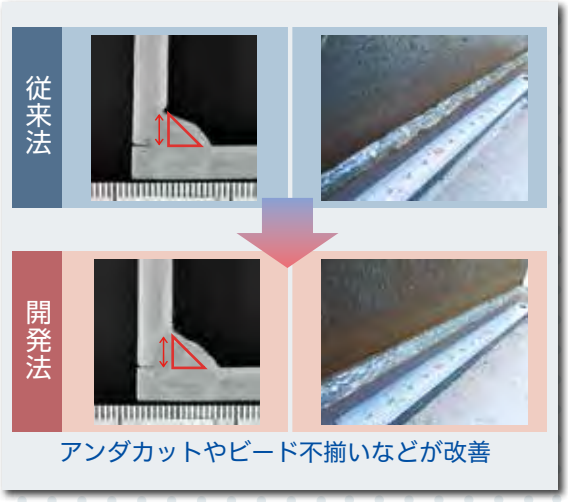


図5　ビード外観と断面

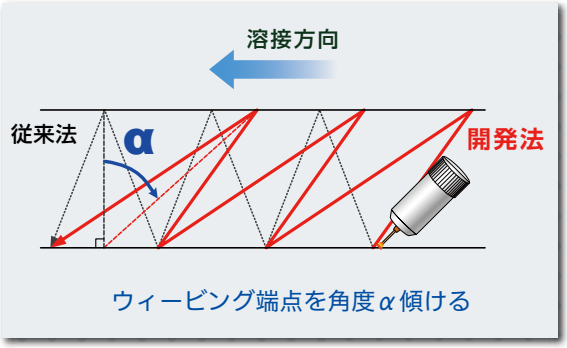


図6　斜め振りウィービング

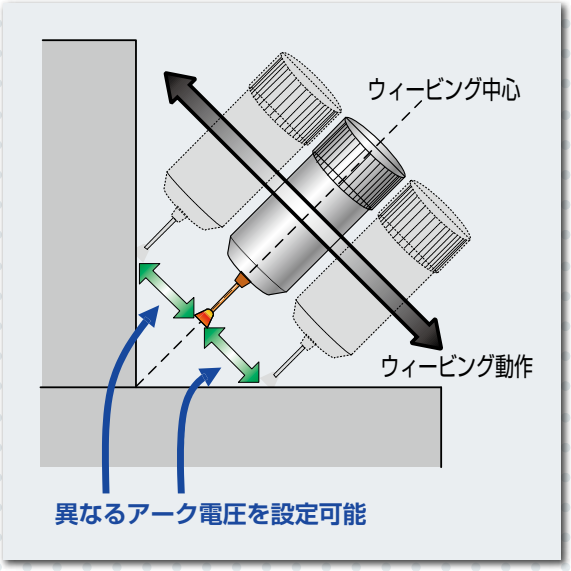


図7　斜め振りウィービングと電圧設定

2.2.2 溶接自動条件の機能向上

実溶接に裏付けられた溶接条件・積層パターンを350件以上搭載します。溶接初心者の方でも簡単に最適な条件を選択でき、溶接することができます（図８）。

2.2.3 生産の見える化を支援

溶接システムの稼働中に何らかの問題が発生した場合、問題発生前後の正確で客観的な情報の入手が早期解決の鍵となります。この情報を取得する手段としてロボット動作ログおよび溶接結果ログを記録できます。この機能は、従来機でもありましたが、CBコントローラでは、メモリ容量増加に伴い、約20倍のログを保存できることで、より多くの情報を取得できるようにしています。これにより、問題の早期解決を実現します。

さらに、当社生産支援PCソフト（AP-SUPPORT）と連携して稼働データおよびエラー発生状態を可視化することで、チョコ停（作業者が簡単に復帰させることができる故障）防止・生産性改善を強力にサポート。製造業の情報化・見える化推進に貢献します。

図8　断面形状イメージ画面（開発中）

他には、教示プログラム数およびデータバンク（溶接条件ファイル）数の大幅増加等もあります。これにより、教示プログラムの細分化、最適な溶接条件の保存が可能となり、適用可能な溶接対象物が増加しました。結果、更なる多品種少量生産に適応可能となりました。

2.3 簡単化

CAコントローラからご愛好頂いているお客様のため、従来機の操作性・高速応答性はそのままに開発しました。加えて、CBコントローラから初めてご使用頂けるお客様にとっても簡単で分かりやすいを追求し、開発を行いました。

2.3.1 教示ペンダント

①軽量化の実現

業界最軽量クラス（１kg未満）の本体に加え、人間工学を考慮した設計により持ちやすい教示ペンダントを実現しました。結果、長時間にわたる教示作業でも作業者の負担を最大限に軽減することが可能になります。

②直感的な操作・表示

アイコン＆タッチパネルによる直感的な入力と、命令を機能別に色分けしたことにより、初心者にも優しい操作環境を実現しました（図９、図10）。

また、キー配置を十字にし、ロボットの動作方向と一致させることでロボットインチング時の操作性をアップさせました。操作ミスの減少に効果を発揮します（図11）。

③片手操作の実現

教示プログラムの検証時に教示プログラムの前送りを行う検証用前送りスイッチを教示ペンダントの背面に配置しました。これにより、左手だけで教示プログラムの検証確認が可能となりました。そのため、空いた右手で遮光面を持つことも可能となります。また、オプションで右手用のイネーブルスイッチ付きの教示ペンダントも用意しています。こちらを用いれば、左手でも右手でも片手で教示プログラムの検証が可能となります。結果、長時間にわたる検証作業において、作業者への負担を大幅に軽減できます（図12）。

④入出力モニタ画面の改善

入出力モニタ画面を従来機から大幅に変更し、より見やすいデザインにしました。この変更により、教示ペンダントの表示のみで信号の状態を一目で見分けることを可能にしました（図13）。

また、信号の意味と接続している場所を瞬時に切替えることも可能となります（図14）。これにより、例えば

図9　タッチパネル画面（トップ）

図10　タッチパネル画面（教示画面）

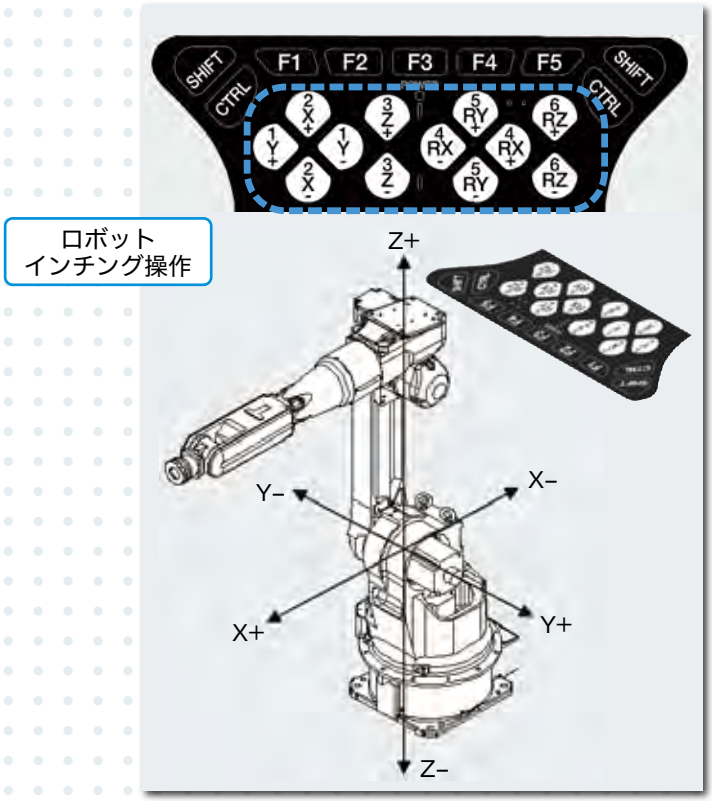


図11　インチングキー配置

ある入力信号に異常があった場合、どこに接続されている配線に問題があるのかを見つけることができます。

⑤簡単言語切替

教示ペンダント画面の表示は日本語、英語、中国語に対応しています（図15）。表示はタッチパネル上で即座に切り替えが可能です。

図12　教示ペンダント背面

図13　入出力モニタ画面（CBコントローラ）

図14　入出力モニタ画面（基板名称表示）

図15　メニュー画面（日本語・英語・中国語）

3. おわりに

本稿では、2016年の４月に発売を開始したCBコントローラの概要について説明しました。今回紹介した特徴の他にも安全、メンテナンス、システム構築の面でも従来機から大幅に改良・改善させています。

今後、これまで実現困難であったお客様の溶接自動化ニーズを実現するべく、多くの可能性に満ちたCBコントローラを最大限に活用した新機能を順次リリースする予定です。

神戸製鋼所　溶接事業部門の海外展開

はじめに

本誌の読者の皆様の中には海外で事業をしている、また海外進出を計画している方も多いと思います。本特集では神戸製鋼所　溶接事業部門の海外展開と共に、私たちが海外でどのようなサービスができるかをご紹介したいと思います。

海外進出

神戸製鋼の海外進出の歴史は東南アジア、タイがスタートです。長年輸出販売により実績を積み重ね、東南アジアが高度成長へと離陸する直前の1968年にタイ神戸ウェルディング社(TKW社)を設立しました。同社は被覆アーク溶接棒の製造工場であり、神戸製鋼全社でも初の海外生産工場です。その後、東南アジアに５拠点(内1拠点は技術提携先)、中国２拠点、韓国･欧州に其々１拠点、計９つの生産･販売拠点を設立しました。販売拠点では、北米、中国、インド、韓国の現地法人のほか、インドネシア、ベトナム、アラブ首長国連邦に駐在員事務所を置いています。

高品質かつ安定した製品を供給するとともに、各地域に日本人スタッフ、技術サービス要員を配置し、技術相談･溶接指導など現地で仕事をするユーザーさんの困りごと･課題を解決してきました。

それでは、各エリアでの活動状況をご紹介いたします。

◆東南アジア

神戸製鋼の海外進出の原点であり、当社グループがNo.1の地位を保持しています。タイ、シンガポール、マレーシア、インドネシア(技術提携先)に生産拠点を持ち、東南アジアから周辺地域まで幅広いエリアに製品･サービスを提供しています。

タイでは、被覆アーク溶接棒を生産するThai-Kobe Welding社、自動車･建産機向けソリッドワイヤを生産するKobe Mig Wire Thailand社が操業しています。TKW社はタイ最大の溶接材料メーカーであり、現地で被覆アーク溶接棒の代名詞ともなっている FAMILIARC™ RB-26や FAMILIARC™ LB-52, FAMILIARC™ B-14のほか、ステンレス鋼用 PREMIARC™ NC-38Lなどを生産、タイ国内の他周辺諸国へも供給しています。KMWT社は自動車など日系企業の進出が進む1988年にソリッドワイヤの生産･販売会社として設立されました。自動二輪、四輪向け FAMILIARC™ MG-51Tや建産機向け FAMILIARC™ MG-50を主に生産しており、タイ国内のみならず、近隣諸国にも供給しています。日本人技術者が常駐し、ナショナルスタッフと共に技術サービス、溶接指導、勉強会などを展開しています。

また、ベトナムには駐在員事務所を置き、日本人･ローカルスタッフがKOBELCOブランドの拡大･浸透に向け活動しております。

タイにも日本同様「神溶会」があり、名称もそのまま「Thai-Shinyokai（タイ神溶会）」です。タイ全土で約40社が加盟し、20年以上の歴史を持ちます。TKWと共に顧客開拓活動を行う一方、会員各社が集まり懇親を深め共に学ぶところは日本の神溶会と変わるところがありません。

Kobelco Welding Asia Pacific社（KWAP）は1979年にシンガポールに設立された、被覆アーク溶接棒の生産･販売会社です。同国では唯一の現地生産メーカーです。

シンガポールはアジアと欧州･中東･インドとの中間地点にある交通の要所であり、船舶の新造のみならず修繕･改装や海洋構造物の建造が盛んです。日系造船の進出と各種インフラ投資が進む中、KWAPは設立されました。FAMILIARC™ LB-52, FAMILIARC™ LB-52-18, FAMILIARC™ LB-52Uなど低水素系被覆アーク溶接棒を主に生産しているほか、各種特殊材料の在庫販売をしております。シンガポールや周辺国への販売･技術サービスの他、東南アジアから西アジア地域の統括の役割も担っています。Kobe Welding of Malaysia社は FAMILIARC™ RB-26を生産しマレーシア国内で販売しております。

インドネシアでは神戸製鋼の技術提携先である PT INTAN PERTIWI INDUSTRI（INTIWI）社が FAMILIARC™ RB-26や低水素棒、ステンレスや肉盛用棒など幅広い銘柄の生産･販売をしています。1977年に生産を開始し、およそ40年に渡り同国産業の発展に貢献しています。

グローバルネットワーク

◆東アジア

韓国が造船大国への道を歩み始めた1995年に、Kobe Welding of Korea社（KWK）が設立されました。造船・海洋構造物向けフラックス入りワイヤを生産しており、韓国造船メーカーのニーズ・使い方にマッチした製品を供給しています。販売会社Kobelco Welding Marketing of Korea社（KWMK）がKWK製品と特殊輸入品の販売を手掛け、KWKの日本人エンジニアと共に顧客サービスに努めております。

中国では2010年に設立されましたKobe Welding of Shanghai社（KWSH）が販売、技術サービスの窓口となり、溶接材料の販売・技術サービスに加え、溶接システム本体やパーツの販売、メンテナンスサービスを行っております。溶接システムでは、建設機械や橋梁溶接システム、造船の片面板継溶接装置で多数の実績があります。

中国現地では2002年に設立されたKobe Welding of Tangshan社（KWT）が自動車・建産機向けソリッドワイヤを、2008年に設立されたKobe Welding of Qingdao社（KWQ）が造船・海洋構造物向けフラックス入りワイヤをそれぞれ生産しています。KWSH社は中国での販売窓口として、KWT、KWQで生産された製品の他、日本から輸入した特殊品の販売と技術サービスをしております。

中国でも、代理店組織「中国神鋼神溶会」が2015年に発足、KWSHと共に中国のユーザーニーズに対応した提案活動を進めています。

◆欧州

欧州全土へのアクセスが容易なオランダ　ヘールレンにKobelco Welding of Europe社（KWE）を1994年に設立、ステンレス鋼用及び炭素鋼用フラックス入りワイヤを生産・販売しています。日本人及び現地スタッフが欧州全域のエネルギー・造船ユーザへの営業・技術サービスを担っています。

◆米国

石油・エネルギー産業の街、北米南部テキサス州ヒューストンに販売会社Kobelco Welding of America社（KWAI）が設立されたのは1990年のことです。エネルギー産業向けから造船、自動車など幅広い分野にステンレス鋼用や炭素鋼用フラックス入りワイヤ、ソリッドワイヤを販売しています。現在では北米数か所に販売・物流拠点を持つほか、カナダや中南米へも供給しております。日本人エンジニアが常駐し、ナショナルスタッフと共に技術サービスを行うとともに、近時溶接システムのマーケティング活動をスタートさせました。

◆インド・中近東

2011年にインドの首都デリー近郊に販売会社Kobelco Welding India社（KWI）を設立、インド国内及び周辺諸国へ販売しています。経済成長が期待されているインドではインフラ整備が続いており、KWI社もエネルギー産業向け特殊品を中心に在庫販売も行っております。

中近東では、KWAPの駐在員事務所をアラブ首長国ドバイに置き、同地域でのマーケティング活動を行っています。

さいごに

ここまで簡単に海外での取組みをご紹介してきました。皆様が海外での工事で溶接材料が必要となった、あるいは海外現地法人が溶接トラブルで困っている、といった際には神戸製鋼に声を掛けて頂きたいと思います。

KWAP「KOBELCO Technical Semminar」
@サウジアラビア

KWE エッセン（2013年）
ブース外観

KWI インドエッセン（2014年）
ブース外観

KWSH 北京エッセン（2016年）
ブース外観

海外拠点の設立年度

ユーザールポ ▼▼▼ 株式会社渥美鐵工所

REGARC™ 搭載鉄骨溶接ロボットの導入による効率的な生産体制の確立

── 株式会社渥美鐵工所

静岡県浜松市。静岡県の西部に位置し、県内では人口第一位の市。かつて徳川家康が天下取りの足掛かりとした場所として知られています。近年はオートバイや楽器をはじめ、様々な工業施設が集積する国内屈指の工業都市として発展を遂げています。

今回は、浜松市に工場を構えるHグレードファブリケーターである株式会社渥美鐵工所殿を訪問し、渥美社長様、渥美常務様、村上様にお話を伺いました。

■ 本日はご多忙にも関わらず、お時間を頂きありがとうございます。また、日頃より神戸製鋼の溶接材料並びに溶接システムをご愛顧頂き誠にありがとうございます。早速ですが御社の概要と仕事状況をお聞かせください。

工場全景

当社は1909年に浜松市で創業しました。当時は火の見櫓（やぐら）の製作や、金属加工業などに従事していたという記録が残っています。その後、大阪万博のパビリオン「虹の塔（専売公社館）」の鉄骨加工に従事したことをきっかけに、この分野に力を入れるようになりました。1979年にはHグレードを取得して、工場規模を拡大し、現在の体制となりました。現在は鉄骨加工を主軸とし、機械器具の設計製作や部品の精密加工など鉄加工のプロ集団として広い分野に携わっております。

■ 御社は神戸製鋼の溶接ロボットを計４式導入頂いておりますが、当社の溶接ロボットを採用頂いたきっかけ及び導入効果をお聞かせください。

＜導入のきっかけ＞

本格的にロボットを導入し始めたのは３年前になります。当時は溶接工程において量的にも質的にも弱いと認識しており、溶接工程の増強を課題として捉えていました。そこで、溶接工程の自動化に目を向け柱大組立溶接ロボットシステムの導入を決断しました。１号機の導入後は３カ月間ほど導入効果を検証した結果、生産量増加に寄与することが実証されたため、ただちにコア連結溶接ロボットや天吊マルチワーク溶接ロボットを導入しました。さらに2016年７月には既設システムの適用ワーク拡大を目的とし、既設柱大組立溶接ロボットへ梁溶接ソフトを導入しました。

＜導入の効果＞

ロボット導入により前後工程の役割がはっきりするようになったため、生産工程がスムースになりました。その効果もあって、導入前と比較すると鉄骨加工量は２割ほど増加しています。また、加工能力が高く、工程の短縮化が図れたことは大きなメリットになっています。その他、以前は苦手だった大型サイズの仕事なども安定して製作できるようになり、仕事を選り好みしなくて良くなりました。

■ 当社ロボットの総合評価をお聞かせください。

大正14年　火の見櫓製作風景（写真左）

大阪万博 虹の塔

導入直後はロボットについての知識や経験が不足していたためか、エラーや溶接欠陥が発生するケースが散見されました。しかし、コベルコロボットサービスのアドバイスを参考に、消耗品の交換を中心とした定期的なメ

天吊マルチワーク溶接ロボット

柱大組立溶接ロボット

ンテナンスを実施することで、エラーや欠陥は減少しました。今ではUT検査の合格率は99％以上と非常に高く、大変満足しています。その他、連続稼働性の高さやREGARC™システムによる低スパッタ溶接など使い勝手が良く、鉄骨加工に必要不可欠な設備だと感じています。

■ 当社へのご意見、ご要望などお聞かせください。

＜ロボットについて＞

溶接品質安定のために消耗品交換やメンテナンスが重要だということは理解しています。ただし、消耗品の部品点数が多く、部品費用の割高感は否めません。また、メンテナンスの間はロボットが使用できず、どうしても生産性が落ちてしまいます。今後は消耗品の交換タイミングを少しでも遅く出来るように、耐久性を向上させた部品の開発をお願いします。

また、現在の溶接ロボットのラインナップはカスタマイズ性が高くなく、ユーザー側の選択肢が少ないと感じています。どのファブリケーターも同じような設備構成になっており、他ファブとの差別化が図れません。将来的にはラインナップを拡充させ、ユーザーの特性に合わせたシステムの提案を期待しています。

＜溶接材料、溶接ソリューション活動について＞

半自動用ワイヤとしてFAMILIARC™MG-50を使用していますが、ロボット用のFAMILIARC™MG-50Rと比べ、アークの安定性、スラグ剥離性があまり良くありません。これらを改良した半自動ワイヤ（FAMILIARC™MG-50の改良版）の開発に取り組んでいただければありがたいです。

梁溶接風景（柱大組立溶接ロボットにて）

また、当社では人材育成にも力を注いでおり、その一環として溶接工のレベルアップを計画しております。溶接技能講習を定期的に実施するなどサポートいただくようお願いします。

■ 貴重なご意見ありがとうございました。溶接ソリューション企業として溶接材料並びに溶接システムともに益々信頼頂けるメーカーとなれるよう努力して参りますので、今後ともよろしくお願い致します。

■ 終わりに

ご多忙の中、取材に応じて頂きました渥美社長様、渥美常務様、村上様に心より御礼申し上げます。最後になりますが、株式会社渥美鐵工所の皆様のご発展とご多幸をお祈り申し上げます。

代表取締役 渥美 聡一郎 様

常務取締役 渥美 嘉之 様

オペレーター 村上 浩二 様

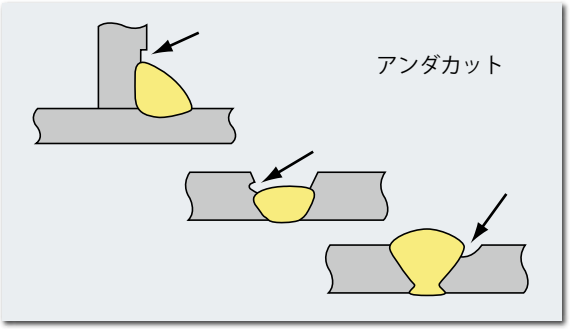
レポーター：上田　剛士
㈱神戸製鋼所　溶接事業部門
営業部　中日本営業室

溶接ご法度集 -3 ▼▼▼ 溶接施工／施工管理編 その1

今回より溶接施工に関わる「ご法度」の説明に入ります。

ご法度⑦
アンダカットをつくるのはご法度！

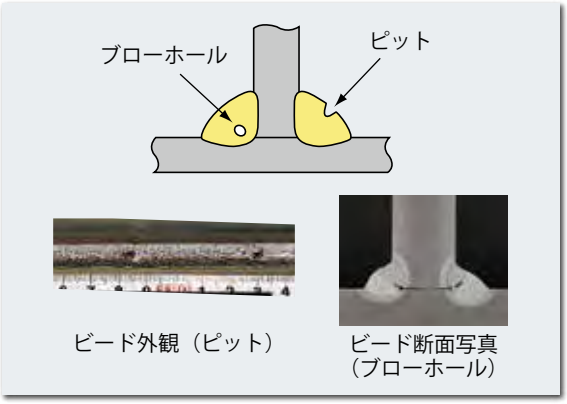
アンダカットは「電流が高すぎる」「アーク長が長い」「アークがぶれる」などが原因で発生します。アンダカットは、ブローホールのような球状欠陥ではなく、先が鋭い欠陥のため先端部には大きな応力の集中が起こります。これが原因となって構造物の破壊につながる可能性があります。



ご法度⑧
ピットをブローホールと呼ぶのはご法度！

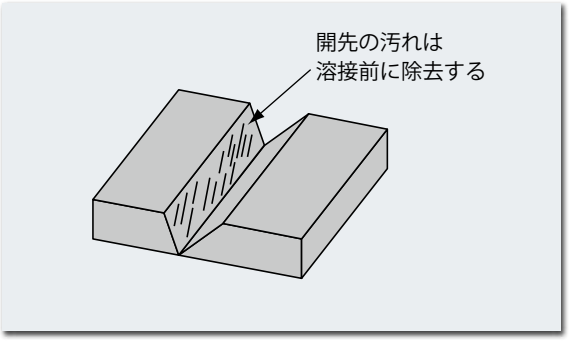
溶接欠陥のうち、最もよく出てくる用語は「ピット」と「ブローホール」です。どちらも「気孔」「気孔欠陥」という単語でくくられますが、ピットはビード表面に顔を出しているもの、ブローホールはビード中に閉じ込められたものを指します。

両方とも溶けた金属に取り込まれたガスが逃げ遅れて固まったものです。対策としては、ガスの発生源を絶つことが肝要です。



ご法度⑨
開先面が汚れたままで溶接するのはご法度！

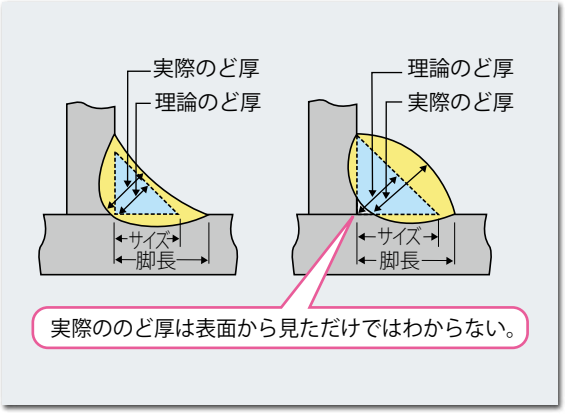
開先面に付着している汚れには、油、錆、ホコリ、土、水分などがあります（このほかに切断ノロなど）。これらは、すべてピットやブローホールの原因となります。これらの汚れは、ワイヤブラシやガスバーナー、グラインダーなどで除去した後に溶接します。特に仮付後に付着したルートフェイスの汚れは取れにくいので注意が必要です。



ご法度⑩
すみ肉溶接は脚長だけ注意しているのはご法度！

普通、板をT字形に組む継手は、すみ肉溶接が行われます。T継手は、突合せ継手とともに、もっとも多く使われる継手です（造船などT継手の比率が70%以上です）。

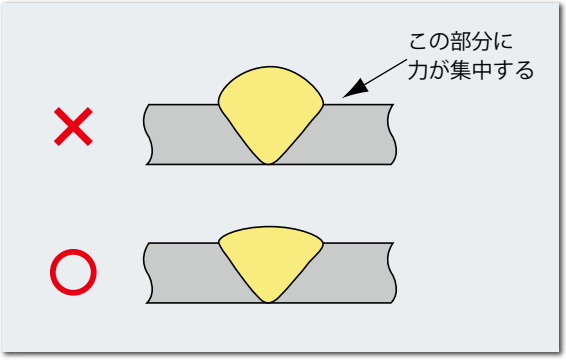
すみ肉溶接では、溶接する金属量が脚長によって指示されています。溶接者は、この指示された脚長をねらって溶接します。しかし、すみ肉継手の強度はビードの厚さ（のど厚）によって決まります。そのため、のど厚と脚長の両方を満足させなければなりません。なお、のど厚は脚長の約0.7倍です。



ご法度⑪
余盛を高くしすぎるのはご法度！

母材表面から盛り上がった部分を「余盛」といいます。

余盛が母材表面より低くなると、継手の強度不足という問題が生じます。しかし、高すぎる余盛も決して好ましいことではありません。余盛が高すぎる場合、母材と溶接金属との境界（止端部）に応力集中が起こり、疲労強度が低下する傾向がみられます。余盛は母材表面より高く、かつできるだけ低くなだらか、が原則です。

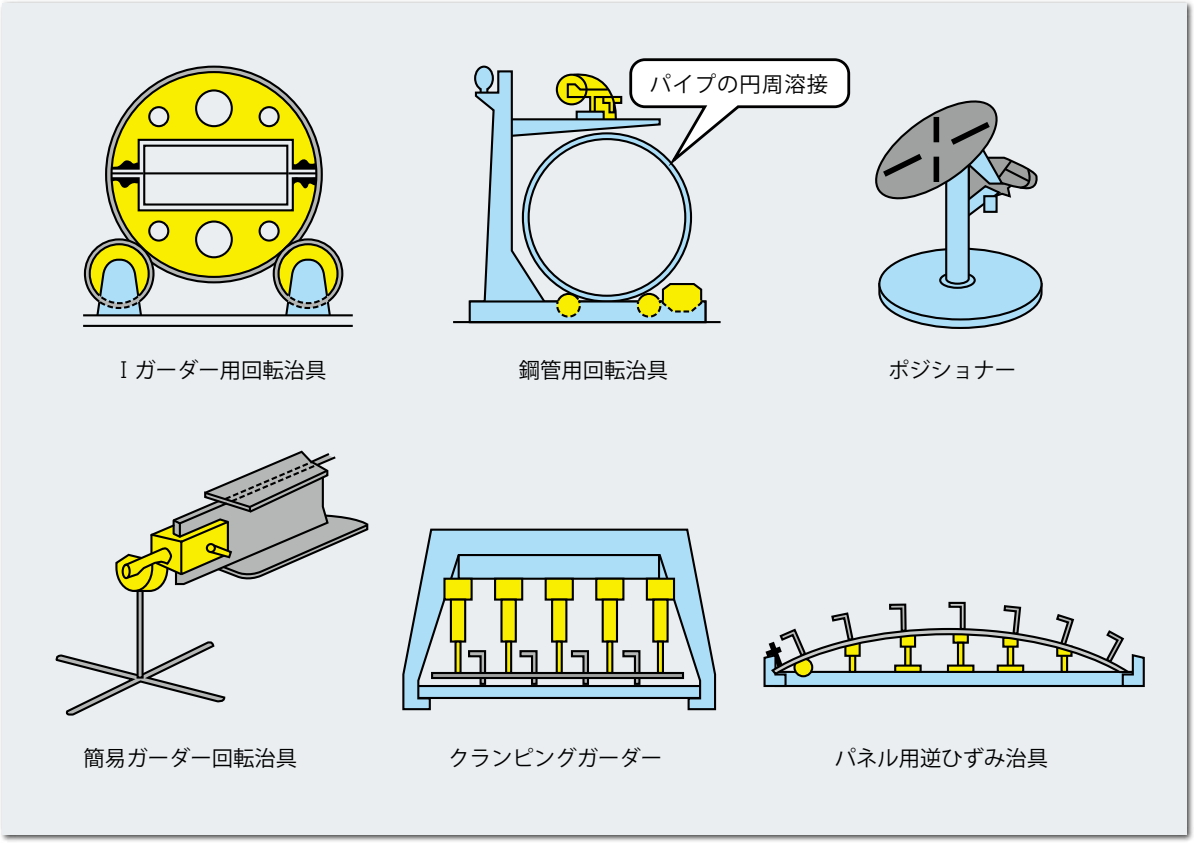


ご法度⑫
溶接治具の使用をためらうのはご法度！

溶接治具は、
・溶接作業を容易にする
・製品の仕上げ精度を上げる
・能率を上げる
・溶接のひずみを抑制する
などの目的で使用します。

溶接は下向姿勢が最も能率的かつ容易であるため、溶接治具を活用しできるだけ下向で溶接するのが理想です。

代表的なものを以下に示しますが、各職場で工夫をこらした治具を使われているようです。



㈱神戸製鋼所　溶接事業部門　営業部
営業企画室　原田　和幸

●解説コーナー

腐食部の調査

1. 腐食とは

弊社SWSでは破損品調査業務を行っております。破損品調査というのは、破損した機器、部品などを受領し、破損した原因を調べる仕事です。破損原因は多岐にわたりますが、おおまかに分けると、力学的な損傷（疲労破壊、脆性破壊など）が全体の7割、残りの3割は腐食による損傷です。今回は、後者の腐食損傷について説明いたします。

腐食というと何が思い浮かぶでしょうか？　身の回りで最も身近な例は鉄の錆かと思います。金属は基本的に水に弱く、特に酸性の溶液にさらされると金属が溶けてしまいます。みなさんも小学校の理科の実験で見た経験があるかと思います。

理科の実験のように数分で反応が進むものなら分かりやすいのですが、実際の構造物では非常に遅い速度で腐食反応が進行します。また、材質によっても腐食が進む速度に大きな差が出てきます。下の図はおおまかに示した材料の耐食性の順番です。一般的な“鉄”である炭素鋼に比べて、ステンレス、チタンなどは耐食性が非常に高い材料ですが、耐食性が高くなるに連れて価格も高くなってしまいます。したがって、使用する環境に耐えられる、かつ過剰な耐食性を有さない材料を選定することが大切になります。

2. 腐食形態

腐食には多数のパターンが有り、そのパターンのことを「腐食形態」と呼びます。腐食と言ってもその原因は

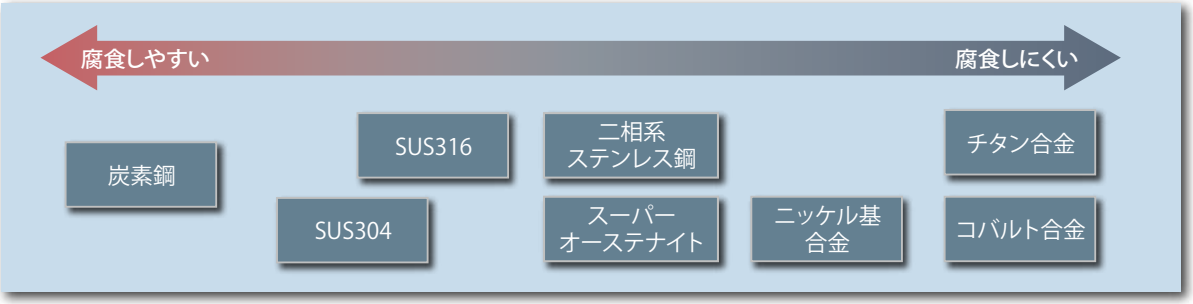
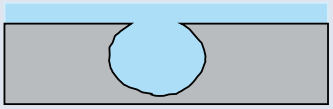
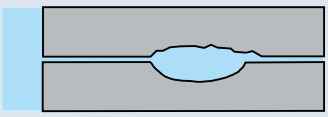
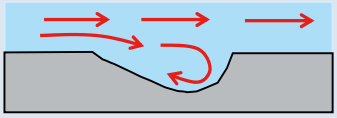


表１　代表的な腐食形態

腐食形態	形　　状	代表的な材料・腐食環境
孔食	点状の腐食孔が開く 	ステンレス鋼－Clイオン銅管－水道水など
すきま腐食	すきま（数十μmレベル）に減肉が発生する 	ステンレス鋼－Clイオン、溶存酸素
応力腐食割れ	細かい枝分かれを多数伴った割れ	ステンレス鋼－Clイオン＋応力
エロージョン・コロージョン	表面が削り取られたような形状 	銅など－速い流速＋腐食環境
粒界腐食	結晶粒界に沿って腐食が進行する	ステンレス鋼－Clイオン溶接などの熱による“鋭敏化”の要因が大きい

様々ですし、材料と使用されている環境の組み合わせによって、起こりうる腐食形態が決まってきます。代表的な腐食形態を、表１に示します。

3. 腐食調査の一例

SWSで腐食部の損傷調査を行う際は、電子顕微鏡を用いる腐食部の観察および元素分析や断面観察を行い、そこで観察される形状的要因、想定される腐食環境を総合的に加味して、腐食が発生した原因を特定します。

例として、ステンレス鋼の腐食部の調査例を紹介します。実際の試験結果として、断面観察写真を掲載します。

断面観察は、実際に腐食損傷が発生している箇所を切断し、鏡面研磨、エッチングという工程で試料を作ります。写真１～２に示した結果では、たこつぼ型（入口が狭く、中で広がっている形状）の腐食孔が観察できました。このような腐食孔は、ステンレスの“孔食”でよく見られる形態であることから、この検体については孔食による損傷が発生していると断定できます。

また、他の例として、写真3～4に粒界腐食の例を紹介します。ステンレス鋼の結晶粒界に沿って腐食が進行していることから、粒界腐食による損傷と断定できます。このような粒界腐食は、高温が加わったことによる「鋭敏化」に起因して起こることが多いことから、材料に加わった熱の履歴などから、腐食に繋がる要因を推定します。

実際の調査においては、これらの断面観察に加えて、SEM-EDX分析で腐食生成物に含まれている元素を調べ、どのような環境によって腐食が発生したのか推定することもあります。

4. 腐食試験について

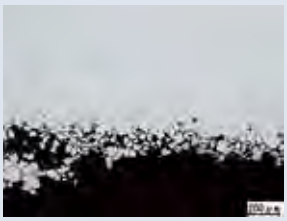
最後に、腐食試験について説明します。腐食試験とは、JISやASTMなどの規格で決められた溶液中で材料の耐食性を定量的に測る試験です。腐食性の強い溶液を用いたり、試験時の温度を上げたりして、実際に使用する環境よりも厳しい環境での耐食性を調べるという、いわゆる加速試験的な試験です。

代表的な腐食試験を表２に示します。主にステンレス鋼の腐食試験を実施し、材料の耐食性を評価しています。特に溶接部は、母材とは異なる成分組成や金属組織になるため、母材よりも耐食性が劣ってしまうことがあり、耐食性の定量的な評価が重要になります。

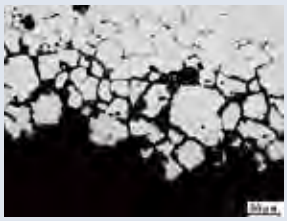
神鋼溶接サービス㈱　技術調査部　技術室
志田　康一

▲写真１
ステンレスの孔食（50倍撮影）

▲写真2
ステンレスの孔食（400倍撮影）



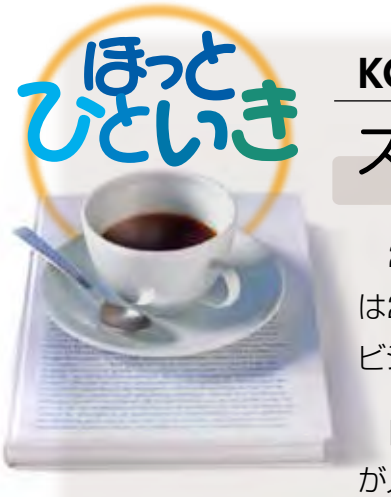
▲写真3
ステンレスの粒界腐食（50倍撮影）



▲写真4
ステンレスの粒界腐食（200倍撮影）

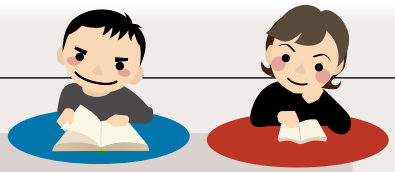
表２　腐食試験の一例

試　　験	JIS規格 ASTM規格	目　　的	測定項目
ステンレス鋼の しゅう酸エッチング試験	G 0571 A262-A	・鋭敏化の程度を調べる。	・粒界のエッチング状態、ピット状態
ステンレス鋼の 65%硝酸腐食試験方法 （ヒューイ試験）	G 0573 A262-C	・粒界腐食の程度を調べる。	・腐食減量
ステンレス鋼の硫酸・ 硫酸銅腐食試験方法 （シュトラウス試験）	G 0575 A262-E	・粒界腐食の程度を調べる。	・腐食後、曲げ試験を行い割れの有無を調べる
ステンレス鋼の塩化鉄 腐食試験方法	– G48-E	・耐孔食性を調べる。	・塩化鉄水溶液中における腐食減量、孔食深さを測定
ステンレス鋼の 孔食発生臨界温度試験	– G48-A	・耐孔食性を調べる。	・塩化鉄水溶液中で温度を変化し、孔食発生温度を測定



KOBELCO書房 ● 第3回

スポーツ×ビジネスの最先端



2016年夏、リオオリンピックの熱狂もようやく落ち着き、いよいよ目前に迫るのは2020年の東京オリンピック!　いま、スポーツはプレイヤーとファンだけでなく、ビジネスマンにとっても熱い話題だ。

日本と欧米のプロスポーツの収益規模には、なぜ大きな差があるのか。スポーツが人々の感動を呼ぶだけに留まらず、経済活性の起爆剤として作用するためには何が必要なのか――。今回は、日本のスポーツ·ビジネスの現状を知り、オリンピック·イヤーに向かう大きなチャンスを逃さないために、読んでおきたい選書をご紹介したい。

2020年に向けてのビジネス戦略を考える

『スポーツの経済学』

（小林 至／著）　PHP 研究所　2015/12/12

見物料を取って競技を見せる「スポーツ興行」の始まりは、江戸時代から行われていた勧進相撲だった。日本人には、スポーツをビジネスにするという先見の明があったのだ。

ところが、現在の日本のスポーツ・ビジネスの実態は、欧米諸国に大きく後れを取っている。たとえば、アメリカのメジャーリーグ選手の平均年俸は５億円だが、日本のプロ野球1軍選手は6,500万円。この差は、どこから生じているのか。日本のスポーツ・ビジネスには、これからの課題が山積みだ。

プロ選手経験と球団役員経験をあわせ持つ気鋭の経営学者が、これからのスポーツ・ビジネス界の目指すべき到達点を指し示す。

日本のスポーツ産業が、欧米諸国に比べて大きく立ち遅れてしまった原因はどこにあるのか？　問題の大前提として、まず頭に入れておきたいのは、本書の筆者によるスポーツ・ビジネスの定義である。

> スポーツ興行ビジネスは「権利」という人間の心の中だけに存在する「知的財産」を扱うビジネスです。つまり、商品である「試合」の価値を、送り手（売り手）が宣言し、受け手（買い手）が納得して初めて実態となるビジネスなのです。（P52より）

スポーツ・ビジネスにおける「商品」というと、つい、試合のチケット収入や、スタジアムで販売されるグッズ、飲食物の収益ばかりを想像してしまいがちである。しかし、現代のスポーツ興行収入において大きな割合を占めるのは、テレビなどの放送権、スポンサーシップ、そしてライセンス収入などスポーツから派生する「権利」のほうだ。

本書では、こうした「権利ビジネス」としてのビジネスモデルが成立するまでの歴史的背景が、コンパクトにわかりやすく概説されている。

日本と欧米諸国の例を比較しながら読み込んでいくと、スポーツが産業化していく過程で、日本のスポーツ・ビジネスが「権利を正当に評価し損ねてしまった」、「チャンスを取りこぼしてしまった」こと、そのために「スポーツ・ビジネスが発展するための文化的土壌が育たなかった」という流れが整理されてくるだろう。

たとえばアメリカでは、地方自治体の財政状況自体は決して楽ではないにもかかわらず、大リーグ球団に多くの地方税が投入されるそうだ。シカゴ・ホワイトソックスが「税金で専用球場を建設できないのであれば、球団本拠地を移転する」と強気の交渉に出た結果、球場建設の費用や毎年の球団運営費用として、最大1,000万ドルもの税金が投入されることになった例もある。スポーツ団体は、政治をも動かす大きな力を持っているのだ。

一方の日本では、自治体がそこまで大きな規模でスポーツを支える風習も前例もなく、むしろ、スポーツに多大な税金を使うなんてと市民からの厳しい視線が注がれる。先日、新国立競技場の建設費に関するニュースが世の中を騒がせたのも、そんな日本のお国柄がよく反映された典型例と言えるかもしれない。

2020年に向けて、スポーツ・ビジネスの「伸びしろ」を見極めておくために、必読・必携の一冊である。東京オリンピック、大いに盛り上げて迎えよう！

Jリーグが誇る「中小企業」15年間の奮闘の記録

『低予算でもなぜ強い？ 湘南ベルマーレと日本サッカーの現在地』

（戸塚 啓／著）　光文社新書　2015/3/17

キーワードは、『勝利＞資本』！親会社ナシ、低予算、経営危機経験アリ――。10年連続J2常連だった湘南ベルマーレが完全復活した、たったひとつのセオリーとは？

2014年、J2リーグにおいて開幕14連勝。その後、21戦不敗の新記録を作り、史上最速でJ1リーグ昇格を決めた湘南ベルマーレ。しかし、大企業の支援を受ける一流チームが居並ぶJ1リーグにおいて、ベルマーレは予算規模で圧倒的な劣勢を強いられる。その姿は、まるで、大企業に敢然と立ち向かう中小企業のようでもあったが……。

足りないものを悔やまない。Jリーグが誇るべき「中小企業」の15年間の奮闘を、スポーツライターが丹念に追ったビジネス・ノンフィクション。

不況下の日本でも、実践できるスポーツ・ビジネスのモデルケースはないのか？ ビジネスである以上、お金がなければ万策尽きたも同然なのか？――本書は、そんな切ない問いに対し、一つの可能性を提示してくれる。

大資本のバックアップを受けるチームがひしめき合うＪリーグにおいて、奮闘する「中小企業」、湘南ベルマーレ。本書は、ベルマーレの眞壁潔（代表取締役会長）、大倉智（取締役社長）、曺貴裁（監督）、田村雄三（テクニカルディレクター）、坂本紘司（営業本部長）という５人のキーマンのインタビューから構成されている。本書を読み進める上では、特に、彼ら５人全員が、インタビューの中でホームタウンとの関係性に強く言及する点に注目したい。

> お金がなくても、できることはある。継続と情熱で資本力の差を埋め、ホームタウンとの関係を双方向にする。支援をお願いするだけでなく、支援しようと思われるクラブになっていく。
> それが、Ｊリーグを代表する「中小企業」がたどり着いた結論である。（P46より）

湘南ベルマーレの魅力は、なんといっても“湘南スタイル”と呼ばれる独自のプレイスタイルだ。よく走り、常に前を向き続ける攻撃型サッカーは、観客に愛される最大の要因に違いない。

だが、それに加えて、運営する総合型の地域スポーツクラブ、地元でのイベント、地元の小中学生選手に対する指導、地元スポンサーに対する働きかけなどコミュニティでの活動が、彼らには欠かせない。

本書に紹介されるキーマン５人が語るエピソードは、よくあるスポーツ界の立派な美談からは程遠いものだ。まるで父親のようにユース選手の食生活や生活態度を気に掛ける曺監督、“ミスター中間管理職”として選手とフロントをつなぐ役割に奔走する強化担当の田村氏。選手から営業のポストに移った当初を思い返し、「現役時代はスポンサーさんの名前を言えなかった」と恥じる坂本氏……。

彼らの姿は、どちらかといえば、日々のビジネスマンの業務の中でも、うんと泥臭い部分に通じるものが多いように思う。だからこそ、サッカーファンだけに限らず、多くの方にぜひ本書の一読をお勧めしたい。

地域の人々の参加と共感を得ること――。“地域の公共財”としてのベルマーレの姿も、また、チームが走り続けるための在り方なのだ。

One More !!

『ブルネイでバドミントンばかりしていたら、なぜか王様と知り合いになった。』

（大河内 博／著）　集英社インターナショナル　2014/11/26

2005年春。経産省職員だった筆者は、ブルネイ日本大使館に赴任する。しかし、そこに待っていたのは、ブルネイ独特の閉鎖社会の壁だった。「ブルネイに来なければよかった」。そんな筆者の転機となったのは、ブルネイのセレブが、迫力あるバドミントンの試合をしているシーンに偶然出くわしたことだった。筆者も中学校の部活動以来、久しぶりにラケットを握り、各地のコートをめぐるうちに仲間の人脈はどんどん広がり、果てはなんと大臣や王族とのプレイまで実現させてしまう。そして筆者の“外交”もまた、当初は思いもしなかった方向へと転がりはじめ……。

文化も考え方も全く異なる相手の懐に飛び込み、知恵と情熱を駆使して立ち向かう筆者の奮闘の様子が、スポーツマンらしい軽快な語り口で描かれる。読後感の爽やかな一冊。

（文：石田祥子）

●神溶会コーナー

Mail from Shanghai

上海、歓迎光臨！

上海溶接器材有限公司（KWSH）韓　鵬

ぼうだより・技術がいどの読者の皆様、こんにちは。

上海溶接器材有限公司（KWSH）の韓 鵬です。2007年に入社、藤沢工場で低温・HT鋼用溶接材料の研究開発を8年、昨年２月に中国へ赴任しました。

KWSHは中国における溶接材料、溶接システムの販売拠点として2010年に設立されました。2014年７月には唐山神鋼溶接材料有限公司（KWT）、青島神鋼溶接材料有限公司（KWQ）の営業部門が統合され、中国の全市場の営業及び技術サービスの提供、マーケティングを担う新生KWSHとなりました。現在は中村董事長と芦田総経理以下39名（内、日本からの駐在員は8名）が勤務しています。

私が所属する溶材部は業種によって二つのチームに分かれています。私は造船、海洋構造物、エネルギー分野のお客様を担当する第２チームに所属し、軟鋼用FCWから低温・HT鋼及び耐熱鋼・SUS鋼用SMAW/SAW/GTAW等各種溶接材料までの技術サービスをお客様にご提供しています。ここ数年中国では造船、化工機等業界内の企業合併・再編が行われていますが、過剰生産の抑えと品質向上は課題となっており、最近では溶接自動化・効率化のニーズが急速に高まっています。このような環境下で、神鋼グループがお役に立てる機会は益々増えており、勝ち残りユーザーの参入及び有効な技術提案によるシェア拡大を図ることがKWSHに求められています。お客様にとって最も信頼されるパートナーであるため、KWSHスタッフ一同全力で業務に邁進しています。

さて、ここで上海の生活を少しご紹介させて頂きます。平日は出張で各地を転々とするため、休日をゆっくり過ごすことが多い私ですが、家族や友人が訪ねてきた時は、はりきって観光案内に出掛けます。まずはせっかくの中国ですから、やっぱりパンダにも会っておきたい！ということで家族連れにも大人気の上海動物園です。早朝から開いているので、朝早くに行くのがおすすめ。ゆったりと動物たちを眺めることができます。パンダだけでなく、中国原産の虎など、見どころがいっぱいです。

次に紹介するのは、上海宋慶齢故居です。宋慶齢のかつての住居でほとんどそのままに残っています。上海の歴史に大きな影響を与えたであろう宋３姉妹の慶齢の住居とあって入り口の警備もきちんとしたものでした。また、一般的に旧租界時代の建造物としても大変興味のあるもので、一見の価値は十分にあります。

そして上海美食といえば、やっぱり上海発祥の小龍包です。本場の小龍包は、人気のあまり長蛇の列に並ばなくてはいけませんが、美味しさは並んだ甲斐があった、と思えるほどです。肉汁溢れる美味しい小龍包、ぜひ召し上がってみてください。

上海長興島の農荘で娘と一緒に葡萄狩り

上海動物園で娘と一緒にラクダ乗り

上海宋慶齢故居

用語解説 ●知恵袋コーナー

LTT溶接材料

溶接部は形状的に不連続部であり、応力集中を生じやすいという特徴があります。また、溶接部にはその熱履歴によって引張残留応力という見えない力が生じてしまうため、無負荷状態においても常時引張の力が生じている状態となってしまいます。これらの理由により、溶接部は構造物の中で疲労特性が特に劣る箇所であると言われており、現在、溶接部の疲労特性を改善するために、ピーニングと呼ばれる打撃処理やグラインダによる溶接止端部仕上げなどの機械的処理が実用化されています。さらに、これらに加え、溶接材料からのアプローチとして、低変態温度(Low Transformation Temperature)溶接材料と呼ばれる溶接材料の開発／実用化が進められています。

LTT溶接材料による疲労特性改善機構を紹介する前に、一般溶接材料を用いた場合に、溶接部近傍に引張残留応力が生じるメカニズムについて紹介します。アーク溶接はご存じのとおり、母材を局所的に融点以上に加熱、溶融させることにより金属同士を接合する技術です。母材からの拘束を考えない場合、融点以上に加熱された溶接金属は冷却過程において、一度固相変態による膨張を生じますが、最終的に常温では収縮状態となってしまいます(図１(a)，図２(a))。しかし、実際には母材の拘束力が働くため、溶接部のような収縮部は強制的に引き伸ばされた状態となり、引張残留応力が生じ疲労特性が低下してしまいます(図２(b))。

一方、LTT溶接材料は適量のNiやCr、Mn等の合金元素の添加により、溶接金属の相変態を低温側にシフトさせているため、常温状態においても溶接金属が膨張状態となります(図１(b)，図２(c))。そして、溶接金属が風船のように膨張することにより、母材からの拘束を受ける熱影響部は圧縮状態となり、溶接止端部には圧縮残留応力が付与されます。これにより溶接止端部には無負荷状態で圧縮力が生じ、たとえ、引張荷重が作用したとしても、引張力が緩和されるため、疲労特性を改善することが出来ます(図２(d))。

LTT溶接材料は日本発祥の技術であり、古くはマルテンサイト系ステンレス鋼をベースとした高合金成分系での開発が進められてきましたが、溶接性が悪く実用化には至っておりませんでした。しかし、近年、省合金化がすすめられ、低炭素鋼に近い成分系のLTT溶接材料が開発され、溶接性も大きく改善されているため、今後、広く実用化されていくことが期待されています。

㈱神戸製鋼所　溶接事業部門
技術センター溶接開発部　宮田　実

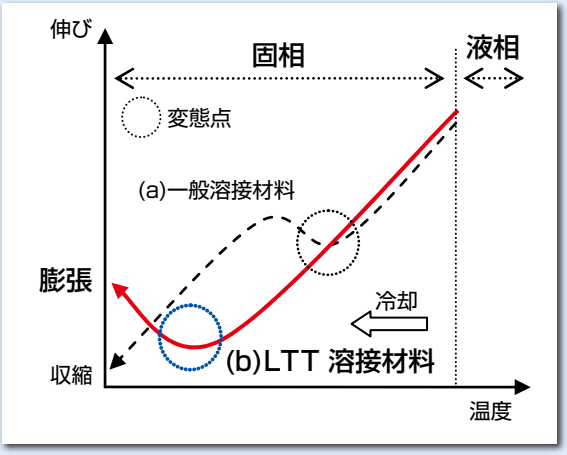


図１　各種溶接材料の冷却過程での膨張、収縮挙動

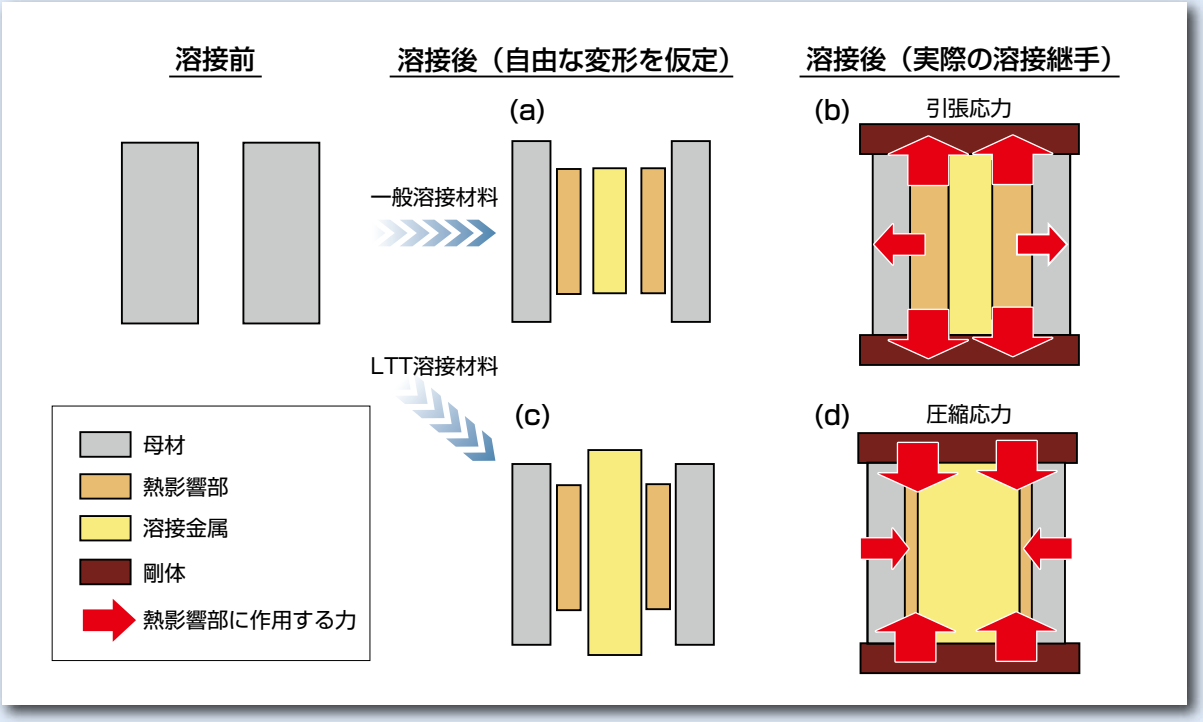


図２　残留応力の発生機構

表紙のことば　日本の風景　長谷の棚田

幾重にも重なる美しい棚田の景観は、典型的な日本の原風景 ―大阪府豊能郡能勢町

大阪府と兵庫県の境にある長谷（ながたに）の棚田は大阪近郊では数少ない美しい里の風景を形作っています。斜面を開墾した棚田には「がま」と呼ばれる、石組みで造られた給排水設備が見られ、地元の農家の苦難の歴史を物語るものでもあります。その昔、水の豊かな平地の少なかったこのあたり。そこで長い年月をかけて、少しずつ山を切りくずし、灌漑の工事を続け、ひとつひとつ田んぼを増やし、子孫に伝えてきました。この事から想像されるように、地元の人の棚田に対する愛情はとても強く、それにより生まれた幾重にも重なる美しい棚田の風景は千早赤阪村の棚田とともに、日本棚田100選に選ばれています。

販売網機関誌　ぼうだより･技術がいど　2016 年　第57巻　第 4 号（通巻 492号）　発行責任者：有園　博行
発行：〒 141-8688　東京都品川区北品川 5 丁目 9 番 12 号　㈱神戸製鋼所　溶接事業部門　ぼうだより･技術がいど編集部
制作：〒 658-0026　神戸市東灘区魚崎西町 4 丁目 6 番 3 号　福田印刷工業㈱
＊本誌記載内容の無断転載を禁じます