

ぼうだより

Vol.510

技術がいと

2021 Summer

●技術レポート

高能率溶接プロセス搭載

ハイエンド溶接機 **SENSARC™ RA500**



2 技術レポート

高能率溶接プロセス搭載

ハイエンド溶接機 **SENSARC™ RA500**

8 神溶会コーナー

Mail from China

9 特集-1

溶接・接合に関わる

試験サービス・コンサルティングのエキスパート
—コベルコ溶接テクノ株式会社のご紹介

11 ほっとひといき | 世界につながる一冊を -KOBELCO 書房-

「つくりかた」を読み解く

13 営業部ニュース

溶接ご法度集 -20 各種溶接材料編(3)

15 神溶会コーナー | サポーターリレー

1- 東北地区

2- 東海地区

17 解説コーナー | 試験・調査報告

鋼溶接部の低温割れとその評価について

21 特集-2

第11回 関東甲信越高校生溶接コンクール

2年ぶりに藤沢の地で開催

北陸高校生溶接コンクールを同時開催

22 知恵袋コーナー | 用語解説

デジタルツイン



高能率溶接プロセス搭載

ハイエンド溶接機 **SENSARC™ RA500**

小川 亮

(株) 神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター



図1 **SENSARC™ RA500**

1. はじめに

当社は高性能ガスシールドアーク溶接機 **SENSARC™ RA500**（以下RA500）を開発した（図1）。現行機種 **SENSARC™ AB500**（以下AB500）を包含する上位機種として、今夏より発売を開始した。当社が得意とする建築鉄骨や、建設機械をはじめとする産業機械など、中厚板の自動溶接に適した高能率溶接プロセスと機能を備えたハイエンド溶接機である。

当社は自社製品である溶接材料・溶接装置ロボット・溶接機によるトータルソリューション技術により、溶接の「高品質化」・「高能率化」・「環境負荷低減」に貢献することを目指している。RA500は **SENSARC™** シリーズのフラッグシップとして、その一翼を担うものである。以下にその特長を紹介する。

2. RA500の特長

2.1 基本仕様

(1) 溶接電源

RA500とAB500との仕様の比較を示す(表1)。RA500は100%使用率を、直流定電圧は450Aから500Aへ、直流パルスは400Aから450Aに拡大し、大電流域の溶接を可能とした。拡大した大電流域に対しては新たな出力制御を検討し、高能率かつ高品質な溶接に配慮した。また、制御周期とフィードバックサンプル周期を格段に高め、緻密な出力制御を可能とした。これによりさまざまな溶接モードや溶接条件に最適な溶滴移行とビード形成を実現することができる。

電源本体の外形寸法は現行機種AB500と比べ、高さは+125mmとなるが、設置面積比は同等以下とした。また、強制空冷は側面から吸気し、前面背面から排気するサイドフロー構造を採用し、冷却能力を向上させている。さらに、メンテナンス性を考慮し、ヒートシンクなどの清掃を前面パネルからも行える構造とした。これにより口

ボット溶接システムから電源を移動させることなく、簡易的な清掃が可能となった(図2)。

RA500の自動機との接続仕様は、当社ロボットの場合はCBコントローラのみとなる。またAB500はロボット専用溶接機であったが、RA500はロボット以外の自動溶接機との接続を考慮した設計としている。

(2) 送給装置

これまでの送給装置とは異なり、溶接回路を不用意な接触から保護するフルカバー構造とし、ワイヤ送給装置の規格の最新版を満足している(図3)。加えて、送給モータの防塵性を高め、IP規格保護等級はIP50である。

また、送給装置としての性能も向上させており、定格負荷トルクは約15%増、耐久時間は従来機の1.5倍である(ワイヤ送給速度22m/min, 負荷トルク1.5Nmの場合)。このように安全性、防塵性、送給力と耐久性を兼ね備えた送給装置であり、溶接装置ロボットの自動溶接用として十分な性能を確保している。

表1 従来機との仕様比較

	RA500	AB500
使用率	100%-500A DC-CV 100%-450A PULSE 60%-500A PULSE	90%-500A DC-CV 100%-400A PULSE 40%-500A PULSE
外形寸法 質量	W363×D629×H810(mm) 71Kg	W370×D663×H685(mm) 69Kg
運転条件	周囲温度-10~40℃ 湿度20~80%	同左
制御	制御周期 Max. 12.5μs フィードバックサンプル周期 2MHz	制御周期 50μs フィードバックサンプル周期 40KHz
I/F	ARCMAN™ EtherCATスレーブ	ARCMAN™ CANOpenスレーブ
	自動機 EtherNet/IPスレーブ アナログ接続	



図2 サイドフロー構造



図3 送給装置外観

(3) 標準溶接モード

汎用的な軟鋼用溶接材料を中心に、それぞれの材料特性に合わせた溶接モードを標準搭載する（表2）。RA500ではフラックス入りワイヤの溶接モードとして、ルチール系とメタル系の2つを用意し、よりきめ細かい出力制御による溶接品質の向上を目指した。軟鋼以外の溶接材料に対しても、必要に応じて溶接モードを作成し搭載することが可能である。

100%使用率の拡大に伴い、直流パルスでは400A超の電流条件が高効率化を目的に使用可能となった。ソリッドワイヤの1.2mmを一例にその効果を説明する。

溶融速度と出力電流の関係を示す（図4）。直流パルスの100%使用率は450Aであるが、1.2mmワイヤの送給速度や溶融金属の安定性を考慮すると、溶接電流は430A程度が上限と考える。ワイヤ溶融速度は180g/min程度となり、AB500に比べて約22%向上する。

また、一般的に400A超の溶接条件下ではパルス溶接であっても、細かなスパッタの発生が見られる。RA500は

この領域に最適なパルス出力制御特性を有し、極限までスパッタ発生を抑えている（図5）。

高効率化の具体例として、板厚16mm、50°V形突合せ溶接のアークタイム試算結果を示す（図6）。使用ワイヤは建設機械向けに当社が推奨する、アーク安定性、ワイヤ送給性、耐チップ摩耗性を特長とした**F**MIX-50Rである。初層と仕上げ層は溶接条件を大きく変更することはできないが、主に中間層にてRA500の効果を発揮できる。中間層の割合がもっとも小さいこの積層においてもAB500に対して約13%の効率向上となる。

2.2 高効率Ar+CO₂溶接法シリーズ

標準溶接モードに加え、RA500に搭載予定である当社独自のAr+CO₂混合ガス高効率溶接法を以下に紹介する。

(1) 大電流MAGプロセス

2012年に発売した、AB500の並列運転と当社フラックス入りワイヤによる大電流GMAW法である。大電流に

表2 標準溶接モード

溶接法	シールドガス	溶接材料	ワイヤ径
直流定電圧	CO ₂	軟鋼ソリッドワイヤ 軟鋼フラックス入りワイヤ（ルチール系） 軟鋼フラックス入りワイヤ（メタル系） ステンレス鋼フラックス入りワイヤ	1.2mm, 1.4mm, 1.6mm 1.2mm, 1.4mm 1.2mm, 1.4mm 1.2mm
	Ar+CO ₂	軟鋼ソリッドワイヤ	1.2mm, 1.4mm, 1.6mm
直流パルス	Ar+CO ₂	軟鋼ソリッドワイヤ	1.2mm, 1.4mm

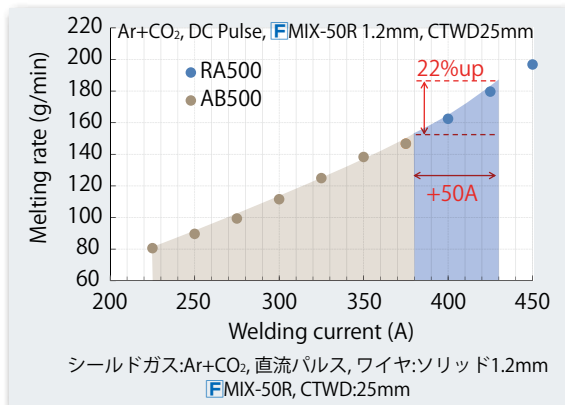


図4 溶接電流とワイヤ溶融速度



図5 付着スパッタ比較

	パス	溶接電流 [A]	溶接速度 [mm/min]	送給速度 [m/min]	溶着速度 [g/min]	アークタイム計 [min/m]
AB500	1	280	250	12	104	12.0
	2	380	250	18	154	
	3	380	250	18	154	
RA500	1	280	280	12	105	10.6
	2	430	290	22	190	
	3	400	290	20	173	

シールドガス:Ar+CO₂, 直流パルス
ワイヤ:1.2mm **F**MIX-50R
CTWD:25mm

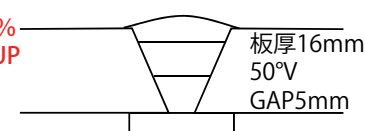


図6 突合せ継手溶接の効率比較例

適した出力制御とフラックス入りワイヤにより、大電流時のローテーティング移行を抑制することで、スパッタおよび気孔欠陥の少ない、健全かつ高能率な溶接を実現するものである（図7, 8）。現在もユーザからの根強い支持を受け、着実にロボット溶接システム数を伸ばしており、RA500並列仕様システムへ継承していく。

RA500ではAB500に比べてロバスト性を高め、急激なチップ母材間距離の変化などに対するアークの乱れが小さくなっている。後述するソリッドワイヤによる「新パルス制御プロセス」の大電流域と比較しても、アークの乱れは小さく、大電流GMAWとしては大気由来の耐気孔欠陥性にもっとも優れる溶接法であると言える（図9）。

(2) タンデムMAGプロセス

当社の高能率溶接法として、もっとも歴史のある溶接法であり、新たな溶接機とともに進化を続けている。RA500タンデム溶接システムは2022年4月から販売開始

予定である。

RA500は、ソリッドワイヤモードに加えて、フラックス入りワイヤによるタンデム溶接モードを搭載する。タンデム溶接法は2電極による溶着速度の増大とともに、電極が分割されているため、同一溶着速度のシングル溶接に比べてすみ肉溶接における高速溶接性に優れる特長がある。しかしながら、さらなる高速化の課題はビード形状が凸になりやすいことであり、特にソリッドワイヤでは顕著な傾向を示す。そこで、ルチル系フラックス入りワイヤを用いて、溶接金属を被覆するスラグを利用した、高速溶接時のビード形状の改善を検討している。フラックス入りワイヤはスラグ量の調整がソリッドワイヤに比べて容易であり、余盛や止端形状など、求めるスペックや溶接施工により、最適なワイヤ設計が可能である。高速化に限らず、溶接施工法の可能性を広げるものとする（図10）。



図7 大電流MAGプロセス

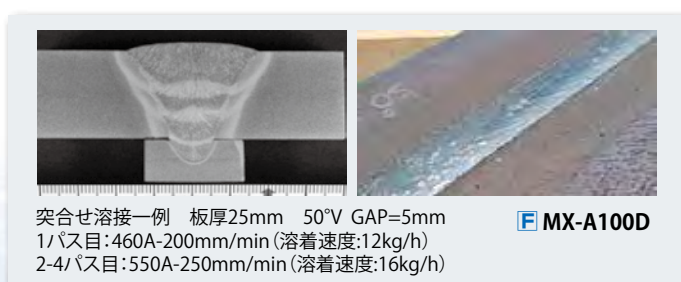


図8 大電流MAGプロセスによる溶接一例



図9 大電流MAGプロセス(動画)

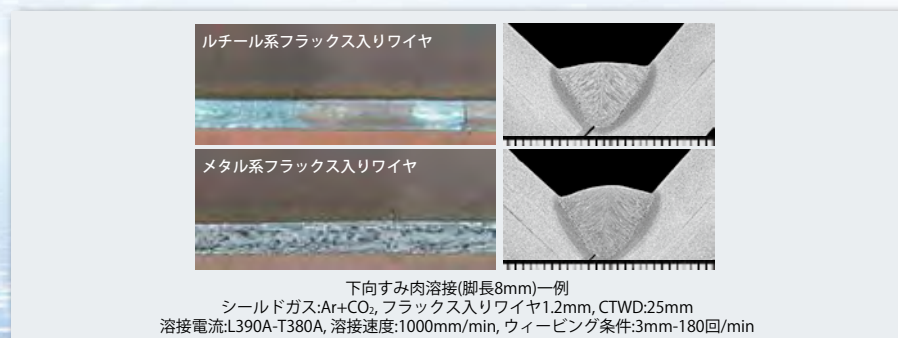


図10 フラックス入りワイヤによるタンデム溶接の一例

(3) 新パルス制御プロセス

RA500では、ソリッドワイヤの直流パルスモードに新開発のパルス制御を採用し、小電流から大電流まで全領域において安定したパルスアークを実現した(図11, 12)。特に、これまで課題であった500A超の大電流溶接における溶融プールの揺動を新パルス制御により抑制し、止端の整ったビードを形成することができる。また、母材に付着するスパッタも少ない(図13)。ただし、大電流域では溶滴移行がローテーティング移行となることもあり、シールドガスの乱れによる大気由来の気孔欠陥が発生しやすいため、十分な注意が必要である。

この新パルス制御プロセスにおける、適正な溶接電流の上限は560A程度(ワイヤ径1.4mm, 並列仕様の場合)と考える。ワイヤ溶融速度は約260g/minとなる。安定したビード形成の限界が500A程度のAB500に比べて、溶融速度は約20%向上する。これ以上の出力も可能ではあるが、溶融金属が先行して流れるなど制御が困難となるため推奨できない。溶融速度と出力電流の関係を示す(図14)。

具体例として、板厚16mm、50°V形突合せ溶接のアーケタイム試算結果を示す(図15)。AB500に対して約14%の能率向上となる。



図11 新パルス制御イメージ

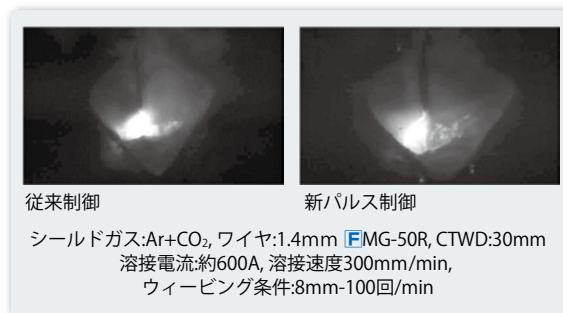


図12 新パルス制御と従来制御比較(動画)



図13 ビード外観比較

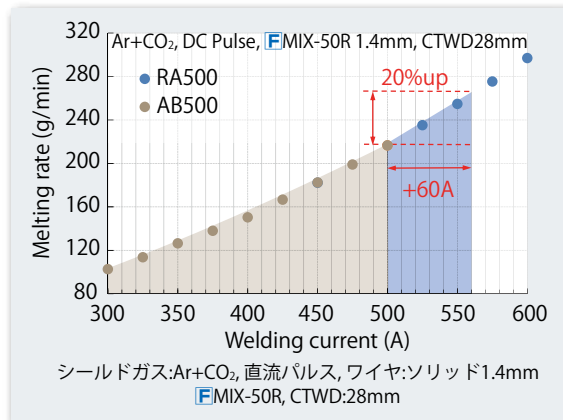


図14 溶接電流とワイヤ溶融速度

	パス	溶接電流 [A]	溶接速度 [mm/min]	送給速度 [m/min]	溶着速度 [g/min]	アークタイム計 [min/m]
AB500	1	280	350	9	109	9.8
	2	500	290	18	213	
	3	450	285	15	177	
RA500	1	280	350	9	109	8.6
	2	560	350	22	260	
	3	450	350	16	189	

シールドガス:Ar+CO₂, 直流/パルス
ワイヤ:1.4mm FMIX-50R
CTWD:28mm

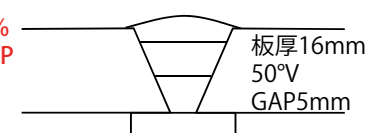


図15 突合せ継手溶接の能率比較例

2.3 新機能とアプリケーション

RA500の溶接モードおよびプロセス以外の新機能について紹介する。

(1) ロボットとのインターフェースおよび
組合せ機能

RA500は当社ロボット溶接システムの溶接機として、その通信方式にEtherCATを採用しており、その通信速度およびロボットとの同期性能を大幅に向上させている。

ロボットとの同期性能向上により、アークあい性能の向上はもとより、ロボットの姿勢や位置、また瞬時の溶接状態に応じた溶接機の特性を選択することも可能となる。

また、ロボットと溶接機とのデジタル通信により、溶接状態や各種情報をリアルタイムに上位システムに上げることが可能となっている。例えば、溶接機の稼働時間や溶接時間の記録、各種アラーム、溶接電流やワイヤ送給速度負荷などのモニタなど、生産の状態や溶接機のメンテナンスに役立つ情報などをロボットを通じて上位システムにて上げ、ユーザにて管理運用することにより、生産性向上に利用できる（表3）。

表3 ロボットとの組合せ機能

メンテナンス情報	・電源稼働時間 ・溶接稼働時間 ・溶接電源内部温度 ・ファン停止警告 ・モータ過電流警告レベル調整 ・電圧検出異常レベル調整
溶接関連情報	・電流電圧モニタ ・送給速度負荷モニタ

(2) 自動溶接機との接続

RA500は当社の多関節ロボットとの接続のみならず、直行型ロボットや各種自動溶接機との接続を考慮した設計としている（図16）。

これら各種自動溶接機との接続には、アナログ接続方式以外にデジタル通信接続としてEtherNet/IPを採用している。デジタル通信にて接続することで、自動溶接機にて溶接条件や溶接状態、生産履歴の記録などが可能と

なる。また、自動溶接機側からRA500に対して、溶接対象物に応じた特性・モードの切り替えやアークスタートタイミング、クレータ処理などの溶接条件を逐次指示でき、多様なワークに対応できる。

さらに将来的には、タッチパネルやモニタなどとも接続し、専用アプリケーションを準備することにより、溶接部位ごとに施工記録を閲覧できる機能などを検討する。



図16 自動溶接機との接続

3. おわりに

新開発した高性能ガスシールドアーク溶接機 **SENSARC™** RA500の高能率溶接プロセスと機能について紹介した。今回紹介した溶接モードやプロセスは当社にとっては通過点と考える。今後も新たな溶接プロセスを開発し、RA500とともに、ユーザの課題解決に少しでも貢献できるよう努力し、RA500を進化させていく所存である。

※文中の商標を下記のように短縮表記しております。
FAMILIARC™ → **F**



●神溶会コーナー

Mail from China

『2021年7月～ 製販統合で新たな挑戦を始めます!』

青島神鋼溶接材料有限公司（上海分公司）^{あ たら} 安宅 大輔

ぼうだより 技術がいどの読者の皆様こんにちは！

青島神鋼溶接材料有限公司の上海分公司に勤務しております、^{あ たら}安宅と申します。当社は上海市の中心部長寧区にあり、交通の要である虹橋空港まで約30分・浦東空港まで約1時間と、非常に便利な場所にあります。現在、駐在員4名・現地ナショナルスタッフ16名の計20名が勤務しております。2010年の上海神鋼溶接器材有限公司の創立から、昨年で丸10年を迎えました。そしてこの7月からは、さらなる競争力アップの一環としての製販統合により、青島神鋼溶接材料有限公司の上海分公司として新たなスタートを切っております。当社は溶材部と技術部、そして溶接系統部（ロボット）の3部署があり、それぞれが連携を取り合い営業活動を行っております。今後もこの三位一体の活動により、中国における「溶接ソリューション」の具現化を、さらに推し進めてまいります。

続きまして、現在の上海の状況についてご紹介致します。皆様もご承知のとおり、昨年年初から全世界的に大変なコロナ禍となり、中国も深刻な影響を受けました。しかしその後の政府の強力な感染拡大防止策（隔離や移動制限など）により、いち早く経済回復を遂げています。それらの対応については批判される部分もありますが、結果的に封じ込められている現実を見ると、その対策は正解であったのだろうと実感しています。現在は希望者へのワクチン接種も順次進んでおり、中国国内は完全に元に戻った雰囲気です。

また、自由な海外旅行は当面無理ですが、現在の中国の国内旅行はコロナ禍前の水準に戻りつつあり、有名な観光地は以前のように活況を取り戻しつつある、との報道が出ています。早く日本からも、以前のように自由渡航ができるようになることを願ってやみませんが、現実的にはまだまだ時間がかかると思います。読者の皆様においては、釈迦に説法ですが3密を避け十分に感染に注意され、健康管理にご留意ください。そして収束後には

ぜひ、中国のどこかでお会い致しましょう。

最後になりますが、早期のコロナ禍の完全収束を切に祈願致しまして、筆を置かせていただきます。

再見（＝さようなら）！

ご拝読謝謝（＝ありがとうございました）！



健康コード

スマホですぐに取得できる。コロナ感染者が出ているなどの要注意エリアに入った履歴があれば赤色となり、自由な行動が制限される。緑色は問題なし、という意味。



行程履歴

至近の2週間でのエリアに滞在したかがひとめでわかる。これも要注意エリアに入った場合は赤色になる。同じく緑色は問題なし、という意味。



東方明珠塔（＝上海テレビ塔）
上海の有名なランドマーク



豫園（＝上海の有名な庭園）
明朝～清朝時代の名園

溶接・接合に関わる 試験サービス・コンサルティングのエキスパート —— コベルコ溶接テクノ株式会社のご紹介

コベルコ溶接テクノ(株)は、(株)神戸製鋼所 溶接事業部門が長年にわたり培った豊富な知見と高い技術力をベースに、溶接・接合に関わる各種試験、損傷調査、材料調査、溶接試験体の製作・加工や溶接研修事業を提供しています。

自動車をはじめ、造船、鉄構、化工機など幅広い産業分野に実績のある当社ならではの、溶接ソリューション提案の一部をご紹介します。

コベルコ溶接テクノ(株)の主な事業 *詳細は当社ウェブサイトにて



1. 溶接・接合技術に関するソリューション ～こんな困りごと、ありませんか？～

- 作成した試験方案が正しいか不安
- 方案作成、溶接、機械試験と、高負荷で対応できる人材がない

豊富な知見を持った当社技術者が試験方案作成を支援、各種試験を当社にてワンストップで実施できます。また当社の熟練溶接士による溶接指導も可能です。

- 鋼材や溶接材料を変更せざるを得ないが、溶接性の確認できず不安

溶接試験片から溶接金属の低温割れ・高温割れ性を確認できます。また、大型環境試験室を活用し、さまざまな環境（温度・湿度）に応じた試験も可能です。



当社は各種試験で試験所認定（ISO/IEC 17025）を取得していますので、信頼性の高い測定結果を提供いたします。

*関連する試験メニューの詳細は当社ウェブサイトにてご覧いただけます。

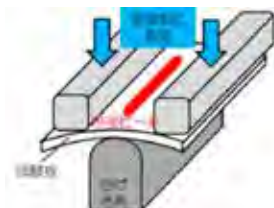
- ・溶接試験体製作
- ・材料試験
- ・ISO/IEC 17025について



y形溶接割れ試験 結果（低温割れ感受性試験）



大型環境試験室



バレストレイン試験のイメージ（高温時溶接割れ感受性調査）

●溶接の能率を上げ、溶接時間の短縮によるコストダウンを図りたい

当社技術者が貴社に最適な溶接施工を提案、機械的性質や残留応力、溶接欠陥の有無など、溶接結果の検証も提供できます。また、研究用となりますが、溶接材料の製作もできます。

- ・KWTSの試験メニュー、適用事例のご紹介

●AW技量検定試験を受験するが、合格できるか不安

日本溶接協会が認定する溶接マイスターを擁する技術サービス集団CSグループが貴社に出張し半自動溶接の指導を行うことも可能です。また、練習で製作した試験体を当社で検査し、課題を把握することもできます。放射線透過試験など、気になる検査のみでも実施可能です。

CSグループによる「溶接レスキュー隊119番」のバックナンバーはこちらから

*「AW」で検索すると、AW関連の記事を読むことができます。

●工場の配管から液漏れしている。こんなに早く洩れるわけがないのになぜ？

SEM（走査型電子顕微鏡）によるミクロ破面観察や損傷面に残った付着物の分析などを行うことで、損傷の原因解明とその対策をアドバイスいたします。

- ・損傷調査メニューと調査事例

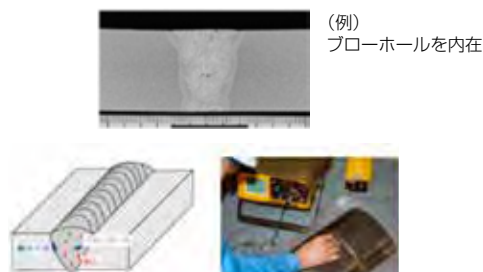


腐食割れの様相 応力腐食割れ特有の亀裂 硫黄のカラーマップ分析
SEMなどによる損傷観察の例

●非破壊試験技師の技能評価を行いたい

熟練溶接士が、割れ、溶込み不良、融合不良、スラグ巻き込み、ブローホールなどの内部欠陥の入った試験体を、溶接欠陥の種類・欠陥のサイズのご要望をお聞きし、製作いたします。

- ・溶接欠陥試験体の製作



(例)
ブローホールを内在

2. 人材育成や資格取得、技能継承のお手伝い

●JIS溶接技能者評価試験受験コースやオーダーメイド溶接研修を提供：研修センター

60年以上に渡り、溶接の知識や技能向上に貢献しています。特にJIS溶接技能者評価試験受験コースは90%の合格率を誇り、多くのリピーターがあります。また、溶接入門研修や、当社の試験・分析メニューを活用した溶接知識向上のための研修、アルミやチタンのTIG溶接実習など、オーダーメイドの研修や出張研修も提供しています。

- ・溶接研修事業のご紹介（JIS溶接技能者評価試験受験コースの申し込みもこちらから）



●いつでもどこでも バーチャル溶接トレーニング

練習用の場所や機材がない、練習用鋼材や溶接材料の予算が取れない、お手本を見ても背中越しで良くわからずなかなか上達しない。こんなお悩みはありませんか？

当社が販売するナップ溶接トレーニングは、いつでも・どこでもトレーニングが可能で、VRのお手本に従って何度でも練習でき、効率的に溶接を覚えることができます。また、被覆アーク棒、半自動溶接、TIG溶接の3溶接法で、下向・横向・立向姿勢のトレーニングが1台で可能です。

練習時間や溶接結果などを記録し、練習実績や上達の過程を可視化します。（オプション）



ナップ溶接トレーニング 紹介動画
英語表示への切替も簡単にできます。

●熟練溶接士の技量を記録し技能伝承をお手伝い 溶接技能の見える化

熟練溶接士の目線、運棒、姿勢、溶接条件とアークの状態を複数のカメラで記録し、若年溶接士と比較し教材とすることで、匠の技能伝承をお手伝いいたします。

- ・溶接技能継承の新たな取り組み



複数ビデオ撮影による溶接状況と撮影システム概要

本稿でご紹介した事例は当社実績の一部であり、当社の試験・分析メニューを組み合わせた多様なソリューション提案が可能です。みなさんの溶接・接合での課題・お困りごとを当社にご相談ください。

- ・お問い合わせはこちらから

コベルコ溶接テクノ(株)は、溶接・接合に関わるお客様の課題を解決し、ご要望に応える「お客様のベストパートナー」であり続けることを目指しています。



世界につながる一冊を — KOBELCO 書房 —

Vol.2 「つくりかた」を読み解く

普通は見られない現場の裏側には、とっておきの秘密が隠されているかもしれない。他の業界、知らない分野の「つくりかた」を知ることが、自身の専門分野のブレイクスルーに一役買ってくれることもあるだろう。日頃から好奇心のアンテナを伸ばして、できる限り広いジャンルの話題を受け取り糧にしたいものだ。

一人の人間が、自身の職業人生のなかで触れることができる世界はごく狭いものだ。その点、読書は遠く隔たった数多くの現場の裏側を垣間見せてくれる。今回は、さまざまな分野の「つくりかた」を読み解く選書をご提案したい。

ユニークな番組企画のつくりかた



『テレ東のつくり方 日経プレミアシリーズ』

大久保 直和／著(日本経済新聞出版／2018/6/9)

『ガイアの夜明け』、『カンブリア宮殿』、『未来世紀ジパング』、そして選挙報道の“池上無双”。テレビ東京が面白いのは、バラエティだけではない! 数々の話題をさらった報道番組の制作プロデューサーが、自らの体験を通して、テレビ東京のユニークな番組作りの舞台裏を明かす「実録」の一冊。

お金も、人員も限られる中、どうすれば巨大なライバルに立ち向かえるのか。本書で描かれるテレ東の番組制作のアイデアとノウハウには、他分野のビジネスパーソンにとっても大いに参考になるヒントがたくさん詰まっている。

筆者が入社した当時、1990年代のテレビ東京は「カネもヒトも足りない弱小組織」かつ「逆境の報道局」だったという。1991年の湾岸戦争の報道では、開戦とともに報道各社が緊急報道特別番組を展開する中、テレビ東京だけはレギュラー番組のアニメを放映していた……というエピソードは、すこぶる不名誉なほうの「テレ東伝説」だ。

あるいは、1996年秋の選挙報道だ。はじめて小選挙区制度が導入された歴史的な衆院選で、筆者が演出面を取り仕切る体制のもと、テレ東もゴールデンタイムの選挙報道に参戦した。スタッフの総力をかけて、独自路線でワクワクするような番組作りをしたつもりが、肝心の結果は、視聴率わずか2.0%に終わってしまった。

筆者は、この「惨敗」の敗因を次のように分析する。ひとつには、他局と全く同じタイムテーブルの放送で真向勝負をしたこと。そして、いかに独自の構成と演出に注力したところで、他局と比較すれば、単なる見え方／見せ方の違いに過ぎなかったことだ。ヒトもカネも足りないテレ東では、選挙特番の本質ともいえるべき当落の情報、開票速報において致命的に後れを取ってしまう。

「他局と同じ土俵で戦っては勝ち目がない」。だからこそ、テレ東は戦い方を変えて独自の道を行く必要があった。

速報力で他局に劣るなら「家族で楽しめる選挙特番を」。一般視聴者の素朴な疑問「政治家とは何者なのだろう?」に応え、政治家の人となり伝えるようなユニークな構成を。そして、番組の「台風の目」となったのは、相手がどんな権力者であろうと、「視聴者目線」「政治記者が聞かないことを聞く」という取材スタイルで業界のタブーに切り込んでいく、池上彰氏の起用だった。

痛烈な失敗の数々から立ち上がり、テレ東の選挙特番が“池上無双”

と呼ばれるまでに要した時間は実に14年だというから、その苦悩の深さもうかがい知れる。

本書には、いくつもの「失敗談」が率直に、赤裸々に綴られている。業界こそ違うものの、中には我が身を振り返って、思わず目を塞ぎたくなるようなエピソードもある。華やかなテレビ業界の裏側というわりには、ドラマのように華やかに逆転劇はどこにもない。むしろ、あくまでも地道で失敗だらけの泥臭い展開だからこそ、本書に描かれるテレ東の成功劇には、私たちを唸らせる力がある。

ガイア、カンブリア、ジパング……といえ、いずれもテレ東の揺るぎない看板番組だ。それらの華やかな実績がすべて「ヒトもカネも足りない、他局より劣る。それでも、アイデアの力で逆境を跳ね返して」制作されたものであることに、読者は大いに勇気づけられるだろう。

One more!

『収録を終えて、こんなことを考えた カンブリア宮殿 編集後記』

村上 龍／著(日本経済新聞出版／2018/7/20)

「テレ東のつくり方」の中でも数多くのエピソードが紹介される名番組「カンブリア宮殿」。番組の最後に流れるコラムは、インタビューをつとめる村上龍氏がゲストについて語る人気コーナーだ。作家・村上龍氏の言葉が鮮やかに描き出す「編集後記」には、逆境を乗り越えて成功を掴んだ160人の生き様と魅力が凝縮されている。





“料理=暮らしと文化”のつくりかた

『世界の台所探検 料理から暮らしと社会がみえる』

岡根谷 実里／著(青幻舎／2020/12/18)

インドネシア山奥の台所でコナツツオイルを作る幸福な香りに包まれ、オーストリアの台所で自慢のチョコレートケーキの秘密を教わる。南米コロンビアでは、ふわふわのホットチョコレートにうっとり……。『世界の台所探検家』として世界各地の台所を巡り歩く著者が、その旅の軌跡を記した一冊だ。

筆者が現地の人と一緒に料理や食事をして体験した、リアルな暮らしと文化のストーリー。家庭の台所と食卓からは、その土地の歴史や社会背景までもが見えてくる。

たとえば、日本では「難民キャンプ」というワードとともに報じられることの多い、パレスチナという地域。多くの人がニュースでしか情勢を見聞きすることのない土地で、人々が毎日囲む食卓の様子、繰り返す日常の暮らしを、私たちは想像できるだろうか。

難民キャンプというからには、テントやバラックが並ぶ荒野のような姿を想像するだろう。だが本書には、商店が立ち並び人々が行きかう、活気あるパレスチナの様子に驚き、圧倒された筆者の感想が率直に綴られる。筆者が訪れたドヘイシャキャンプができたのは1949年。はじめは仮住まいのつもりだった場所にも、人々は家族を作って日々の生活を築き、約70年の間に街のような姿にまで至ったのだ。

イスラエルは、しばしばパレスチナへの電力供給を止める。筆者が訪れた家庭でも、電気式のグリルでチキンを焼いている最中に停電が起きた。だが、家族は「またか」と言いながら、何でもないことのよ

うにチキンをガスコンロに移して、料理を続行するだけだ。チキンはふっくらとおいしく焼き上がり、灯りを失って真っ暗な台所に、子どもたちのふざけ合う明るい声が響く……。

筆者が記していくのは「料理」のことだけに留まらない。本書は、台所を起点にしながら街を巡り、観光ガイドブックからは知ることのできない各地のリアルな雰囲気、空気の匂いと人々の話し声を肌感覚に伝えてくれるような「旅の記録」でもある。

私たちはいつも、これを観たい、あれを食べたいと楽しみに計画して旅先へ向かう。だが実際の旅先には、たいてい想像の範疇を越えたものが待っている。ガイドブックに書かれていなかったものに会ってほめて、当地の人々の暮らしと文化の成り立ちに触れることができる。

あなたなら、筆者の訪れた当地をどんなふう to 歩くだろうか。



“名作”のつくりかた

『名作椅子の解体新書』

見えない部分にこそ技術がある。名作たる理由が、分解する、剥がす、組み立てる、張り替えることで見えてくる!』

西川 栄明、坂本 茂／著(誠文堂新光社／2020/12/10)

ザ・チェアなどの“名作椅子”や、フィン・ユールなどの著名デザイナーがデザインした椅子は、どのような技術を駆使して作られているのだろうか? 接合方法や強度の持たせ方、デザインを生かすための工夫……。外見からは想像できない部分への創意工夫には、名作の名作たる所以が隠されている。

本書は、解体(分解)、組立、座面の張り替えなどの工程を、写真入りで詳細に紹介したビジュアルブック。解体を通じて椅子の特徴、構造、デザイナーの思いを探り、膨大な写真とともに「名作の理由」を解き明かしていく。

本書は、傷んだ椅子の修復作業などに多数立ち会い、取材を重ねて集められた、解体と修復の貴重な実例集だ。解体・修復作業を通じて見えてくるのは「どのような技術が駆使されているか」、「素材の特徴」、そして「経年劣化によって生じる現象」である。

デンマークを代表する家具デザイナーのハンス・Jウェグナーが手掛けた名作「CH24 (カール・ハンセン&サン／1950年発売)」は、「Yチェア」と呼ばれて親しまれている。「Y」の文字の形をした背板が愛称の由来だが、この背板は単板を3枚張り合わせた成形合板をY字形に加工したもの。「Y」は、単なる見た目だけのデザインではない。Yチェアの背板は柔軟性が高く、組み立ての際に背板をねじってアームのホヅ穴に入れやすいのだそうだ。また、一枚板の無垢材に比べると、組み立て中、使用中ともに木材の割れも起こりづらい。

また、数多くの椅子を見比べて顕著な差を感じるの、たとえば座面の部分だ。座面を編んだ椅子ならば、その素材は籐やペーパーコード、麻テープ。張地の場合は布や皮革と、張地の内側に詰める綿やウレタン、ヤシなどの植物繊維。これらを解体して座面を剥がしてみると、経年劣化の経過が全く異なる様子が見て取れる。もちろん、修復に用いられる技術も各々で全く違う。

椅子研究者として多数の著書を持ち、なにより自身の好奇心から「実際に解体してみたい」と取材を重ねた著者だからこそ、本書には「ここが知りたかった!」「ここを見てみたかった!」という厳選された貴重な写真が揃っている。詳細な解説とともに、デザイナーの、そして筆者の思いに触れてみよう。

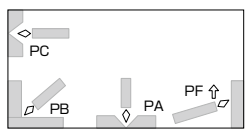
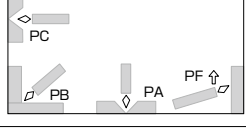
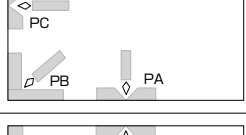
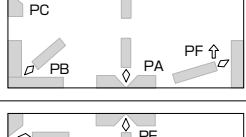


(文：石田祥子)

今回から溶接材料に関わるご法度「セルフシールドアーク溶接」です。

セルフシールドアーク溶接とは、半自動溶接・ガスシールド溶接と同様に溶接ワイヤを自動送給させて溶接する溶接法で、シールドガスを使用せず溶接が可能です。被覆アーク溶接のように、金属外皮（フープ）に包まれたフラックスがアーク熱に反応し、シールドガスを発生させ溶接を行います。「ノーガス」「ノンガス」とも呼ばれ、主に建築・土木での鋼管杭の現場溶接で多用されています。

神戸製鋼所のセルフシールドアークは、主に交流で使用するOW系と、直流DC（-）で使用するOW-S系があります。OWはOpen Weld（オープンウェルド）の頭文字をとったものです。銘柄の一覧と用途は下表でご確認ください。

	特長、用途、継手の種類	極性	溶接姿勢	じん性
OW-56A	高能率 中板 突合せ・すみ肉	AC、 DC(+)		≥27J (+20℃)
OW-56B	JIS A 7201 (遠心力コンクリート くいの施工標準)の要求に適合 中板 突合せ・すみ肉	AC、 DC(+)		≥27J (0℃)
OW-S50H	横向往作業性重視 中板 突合せ・すみ肉	DC(-)		≥27J (+20℃)
OW-S50T	低電流での作業性重視 薄板 突合せ・すみ肉・重ね	DC(-)		要求しない
OW-1Z	亜鉛めっき鋼板、薄板 突合せ・すみ肉・重ね	DC(-)		要求しない

*各銘柄の詳細は、神戸溶接総合カタログ（赤カタ）、ウェブサイト掲載のパンフレット、もしくは神戸製鋼所までお問合せ下さい。

風速10m/s程度までは防風対策が不要で屋外での現場溶接に最適な溶接法ですが、ガスシールド溶接・半自動溶接とは異なる、溶接でのご法度を今回から説明します。

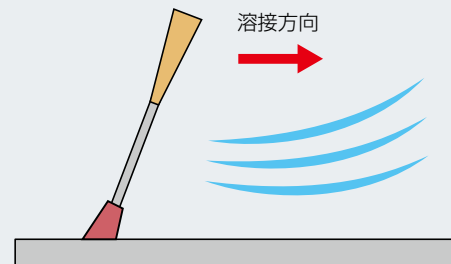
ご法度 91

10m/sec以上の風の中で
溶接するのはご法度！

溶接のアークは、フラックスが分解して発生するガスや炭酸ガスなどによって、空気中の酸素や窒素が入らないよう守っています。これを「シールド」といいます。

風がアークにあたると、当然このシールドは破れます。酸素や窒素が溶接金属に混入し、ピットやブローホールの原因となります。

風速何メートルでこのシールドが破れるかは、溶接法によって異なりますが、セルフシールドアーク溶接は比較的風に強い溶接法といえます。



- ・10m/secまでの風速では問題なし
- ・追い風よりも向かい風の方が影響が大きい

ご法度 92

換気が悪く、狭い場所で溶接するのはご法度！

セルフシールドアーク溶接は、溶接の中でもっともヒューム（溶接の際に発生する「煙」）が多い溶接法です。従って、十分な換気を行うなど、作業環境に配慮が必要です。ヒュームを吸い過ぎると、健康を害するおそれがあります。

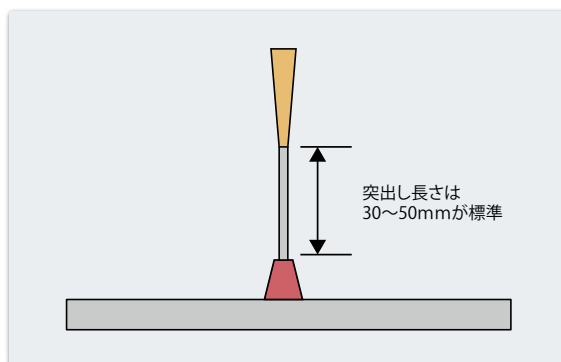
こうした点からも、セルフシールドアーク溶接法は屋外で使用されることが多いです。

ご法度 93

ガスシールドアーク溶接（マグ溶接）と同じ突出し長さで溶接するのはご法度！

突出し長さとは、電気を供給するチップの先端からアークまでの距離のことを指します。この距離＝突出し長さは、溶接に微妙に影響します。そのため、溶接法によって適正な長さが異なります。

セルフシールド溶接の場合は、マグ溶接より長めにします。3.2mm径のワイヤで30～50mm程度が適正です。

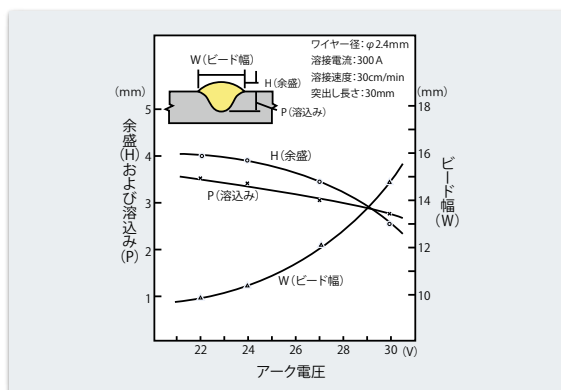


ご法度 94

ガスシールドアーク溶接（マグ溶接）と同じ溶込みがあると考えるのはご法度！

セルフシールドアーク溶接はアーク音が勇ましいため、溶込みが深いと思われるがちです。しかし、実際はそうでもありません。

したがって、ガスシールドアーク溶接に適用される開先形状より、ルート間隔を広く、ルート面を狭くした方がよいでしょう。



ご法度 95

スラグを取らずに溶接するのはご法度！

セルフシールドアーク溶接は、スラグ発生量が比較的多い溶接法です。

また、セルフシールドアーク溶接はアーク音が勇ましいため、つい横向溶接などでスラグを取らずに溶接することがあります。

しかし、スラグを取らずに溶接すると溶込みが浅くなり、スラグ巻き込みなどの欠陥も多くなります。



※文中の商標を下記のように短縮表記しております。

FAMILIARC™ → F

コベルコ溶接テクノ(株) CS 推進部・営業部
<https://www.kobelco-kwts.co.jp/>
原田 和幸

※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 <https://www.boudayori-gijutsugaido.com/library/>



サポーターリレー(東北地区)

本コーナーで東北地区をご紹介しますのは4年ぶりとなります。本年が東日本大震災の発生から10年目の節目の年となるため、東北地区におけるこれまでの「復興の歩み」をご紹介します。



震災発生時 東北支店

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北から関東にかけての東日本一帯に大きな被害をもたらし、特に東北においては地震だけではなく、津波や原子力災害が重なる甚大な複合災害となりました。神溶会各社様におかれましても、事務所の浸水や一部倒壊などもあり、今後の企業継続が危ぶまれる厳しい状況を迎えました。代理店様や地区共同倉庫では多くの製品



震災発生時 地区共同倉庫

が破損し、また製品も輸送手段も限られていたため、一時はデリバリーが完全に停止する状況に陥りました。一方で徐々に生産を再開したユーザも増えつつある中でデリバリーの復旧は急務となり、神溶会各社が一丸となって、安定供給体制の構築に向け奔走したと伺っています。

また同年に「神溶会60周年 ベストパートナーキャンペーン」を開催しました。「頑張ろう！東北、支えあおう！神溶会」をテーマに、「東北地区の復興支援」を目的とした活動を行いました。その一環として、被災で移転を余儀なくされたポリテクセンター宮城様にキャンペーンの売上の一部を寄付し、シャリング機や集塵機、溶接機などを新たに整備いただきました。また、期間中は重点商品となる「REGARC™ 省スペース型コア・仕口兼用溶接システム」を搭載したキャラバンカーで各地を巡回し溶接実演を行い、復興に向けた象徴的なキャンペーン活動だったと今でも話題に上ります。



キャラバンカー

年度	主なトピックス	東北神溶会活動
2011年	3/13 三陸沖を震源としたM9.0の地震が発生 4/12~15 福島第一原発1、3、4号機が水素爆発 4/14 避難者がピーク(推計47万人)、各地で仮設住宅の入居を開始 4/22 原発事故による警戒区域、避難区域を指定 4/29 東北新幹線と仙台市営地下鉄が全線開通 9/25 仙台空港が全面復旧	「神溶会60周年 ベストパートナーキャンペーン」を開催
2012年	2/10 復興庁が発足 3月 岩手、宮城、福島3県の仮設入居者がピーク(11万6,565人) 4/1 福島県の一部警戒区域を解除。帰還困難区域を再編 5/5 国内の全原発が停止	第1回鉄骨マイスター制度講習会。合格者14名
2013年	7/3 陸前高田市の「奇跡の一本松」を復元 11/3 プロ野球 東北楽天が初の日本一。多くの人の心の支えとなった	第4回溶接サポーター試験。合格者18名 第1回自動車マイスター講習会。合格者33名
2014年	4/1 福島の一部避難指示解除(国による指示は初) 4/6 三陸鉄道南北リニア線が全線再開 9/15 国道6号が規制解除。全面通行が可能に	第1回造船マイスター講習会。合格者24名
2015年	3/1 常磐道が全線再開 3/21 JR石巻線が全線再開。宮城県女川町で町開き 5/30 JR仙石線が全線再開	第5回溶接サポーター試験。合格者38名 鉄骨・製缶エキスパート講習会。合格者20名
2016年	JR常磐線が一部再開(小高~原ノ町、相馬~浜吉田)	「東北 ザ・拡販キャンペーン2016」を開催
2017年	- 全国の震災避難者が10万人を下回る - 福島県の一部地域を除き、避難指示を解除 3/19 石巻市門脇地区で町開き 10/28 除染廃棄物を保管する中間貯蔵施設が本格稼働	第6回溶接サポーター試験。合格者19名
2018年	7/28 Jヴィレッジが一部運営再開 10/25 女川原発1号機の廃炉が決定	「BEYOND GENERATIONSキャンペーン」を開催
2019年	2/16 三陸沿岸道ICが開通(仙台と気仙沼が直結) 4/7 気仙沼市の大島と本土を結ぶ気仙沼大島大橋が開通 5/26 名取市閑上地区で町開き 7/31 福島第2原発4基の廃炉が決定	第7回溶接サポーター試験。合格者29名
2020年	3/14 JR常磐線が9年ぶりに全線開通 12/8 全国の震災避難者は4.2万人	
2021年	3/7 宮城県内の三陸沿岸道は全線開通 3/11 東日本大震災から10年を迎えた	現時点での資格保有者。溶接サポーター191名、WES2級シニアサポーター66名、エキスパートサポーター21名、WES1級シニアエキスパートサポーター3名

さて被災地にとって2020年度は「復興・創生期間」の最終年度となりました。インフラ面での整備は進みましたが、結果的に震災前の水準まで売上が回復した被災企業は半数に届かず、思い描いていた復興像には一部ではまだ遠い状況です。また被災者の「心の復興」に終わりはありません。現在は新型コロナウイルスの感染拡大により、新たな不安が社会を覆っています。コロナ禍においては、震災の記憶が薄れつつありますが、災害関連死を含めて2万2,000人以上の尊い命を奪い、地域の生活を一瞬にして奪った大災害を決して忘れてはいけないと思います。

今年、神溶会は70周年を迎えます。節目の年として、溶接サポーターの方々とともに地域に根差したさらなる復興支援となるべく、さまざまな活動を企画・開催していきたいと考えておりますので、引き続き神溶会活動へのご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

(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
東日本営業室 東北営業所 三好 寛明

サポーターリレー(東海地区)

こんにちは。(株)神戸製鋼所 中日本営業室 郷です。

昨年度はコロナ禍により、営業活動が制限されるなど過去に例を見ない厳しい対応を求められる1年でした。東海神溶会において計画しておりました地区総会や賀詞交歓会、溶接サポーター講習会などいくつかの神溶会行事も、中止・延期を余儀なくされる状況になりました。

そうした環境下においても、神溶会の皆様のご理解とご協力をいただきながら、従来の方法にとらわれることなく、新たな試みを行うことができました。今回は、2点の活動についてご紹介致します。

①出張講習会の定着化

2019年にリリースしたKOBELCO WELDINGアプリの、神溶会の皆様への浸透を狙いとした出張講習会を同年度下期より開始しており、2020年度は常時換気など感染予防を講じながら、営業所ごとに少人数で実施致しました。皆様のご協力もあり、1年間で15社20営業所132名に受講いただきました。

また、ここ数年、キャリア採用者を含む営業担当の若返りが多くなってきており、各皆様のご要望に合わせて、溶接の基礎的な講習や、キャラバンカー「溶次郎」を活用した溶接体験会なども実施しました。今後もアプリをはじめとした出張講習会を、積極的に開催していきたいと考えております。



消毒・検温などに十分留意しての溶接体験会

今後も、オンライン月例会など新たな取組みを取り入れていく一方、これまで皆様と取り組んで参りましたユーザ様への同行訪問など、神溶会の強みを継承しながらサポーター活動をさらに発展・強化できるよう取り組んで参ります。

今後も神溶会活動への積極的なご参画ならびにご支援のほどよろしくお願い申し上げます。



名古屋地区分会を体育館で開催

②オンライン月例会の開催

一度目の緊急事態宣言が発出された昨年4月は、やむを得ず月例会を中止としましたが、宣言解除後は、従来の当社内会議室から十分な広さと換気ができる場所へと開催場所を変更し、廃校となった小学校の音楽室を貸会議室として借りて開催したり、多くの神溶会メンバーが属する名古屋地区分会では、体育館を借りたりしたこともありました。また、月例会としてご参集いただけない時にはメンバーの皆様を個別に訪問するなど、密を避けながら情報共有を図って参りました。

二度目の緊急事態宣言が発出された今年2月の月例会では、他地区に先駆けて初めてオンライン形式で開催しました。コロナ禍により、オンライン会議が広く普及したこともあり、当日は接続トラブルなどもなく、無事に開催することができました。参加者の皆様からも移動による感染リスクを抑え、かつ従来の月例会のように情報交換を行うことができたとのお声をいただいております。今後も新型コロナウイルスの感染拡大状況によってはオンライン形式での開催も継続検討していきたいと考えます。



オンライン月例会

(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
中日本営業室 郷 佳久

鋼溶接部の低温割れとその評価について

1. はじめに

鋼構造物の溶接部にとって割れ欠陥は、接合面積を減らし、割れ端部での応力集中により急速な脆性破壊や疲労破壊を促進してしまいます。そのため割れは、溶接欠陥の中でもっとも注意が必要です。本稿では、溶接部の割れ欠陥のうち、低温割れおよびその評価方法について紹介します。

2. 低温割れとその感受性

低温割れは、溶接後に発生する割れで、溶接完了後から発生までに一定の時間（数分～数日）を要することが多いため、遅れ割れとも言われています。溶接時に導入された水素が溶接完了後も鋼中を拡散し、応力集中部などに集積することが低温割れの発生原因とされています。水素が室温付近の低温でも拡散できることにより、割れ発生までの潜伏期間が生じます。低温割れ発生の感受性には、大きくわけて3つの要素が影響しており、以降に、それぞれについて概説していきます。

①溶接部の硬化組織

溶接部（熱影響部および溶接金属）の強度が高いほど、低温割れ感受性は高くなります。溶接部は熱履歴に依存した不均一組織となっているため、局所的に強度が変化しており、溶接部中各点の硬さ試験値（ビッカース硬さ試験など）で評価するのが一般的です。

上記は溶接部の硬さを直接評価する方法ですが、鋼材・溶接金属の硬さは、化学成分と800℃～500℃間の冷却時間（ $=\Delta t_{8/5}$ ）から推定でき、母材熱影響部に関しては、低温割れ感受性指標として、「炭素当量」が使用できます。炭素当量は、Cの係数を1とする各合金元素の1次式で表されるもので、炭素当量が高いほど低温割れ感受性が高くなります。低温割れ感受性としての炭素当量は表1に示すように多数の式が提案されています。

②拡散性水素

低温割れは、室温付近の低温で鋼中を拡散する水素の量（拡散性水素量）が多いほど起こりやすくなります。溶接時に導入された水素は、冷却過程で一部は外気に放出されますが、このとき低温まで溶接部に残留した水素が低温割れを引き起こします。溶接部に残留する拡散性水素量の測定は、グリセリン法、ガスクロマトグラフなどの測定方法が存在し規格化（例えば、JIS Z 3118やAWS A4.3など）されています。

③引張応力（拘束度）

溶接部に働く引張応力が大きいほど低温割れ感受性は高くなります。溶接部に働く引張応力は、主に、溶接金属が凝固して低温になるまでの収縮に対する周囲の拘束に起因しています（自拘束）。このような溶接部の残留応力は、測定やシミュレーションすることも可能ですが、単純なパラメータである板厚を拘束度として用いることが一般的です。

3. 低温割れの2つのモード （縦割れ、横割れ）

低温割れには大きく2つのモードがあり、それぞれの発生原因は2節で示した3つの要因から説明されます。

①縦割れ

母材の熱影響部の中で、バンドライン近傍はもっとも冷却速度が速いため、（焼入れ・焼戻し鋼の場合）硬化しやすく、また、ルート部やビード止端部といった、形状的に応力集中部となるケースがしばしば見受けられます。このような箇所では、低温割れが発生しやすく、溶接線と平行な方向に割れが発生します（縦割れ）。熱影響部の硬化組織に起因した割れなので母材の割れ感受性に依存しやすいです。

表1 炭素当量式とC量による適用範囲¹⁾

炭素当量式	適用範囲	規格
$CE_{IIV} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu + Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5}$ $CE_{WES} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$	$C \geq 0.08 \%$	AWS D1.1 硬さ制御法 EN 1011-2-2001(A) WES 3001-1970
$CE_T = C + \frac{Mn}{10} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{10}$	$0.08 \% \leq C \leq 0.12 \%$	EN 1011-2-2001(B)
$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$	$C \leq 0.12 \%$	WES 3001-1980 AWS D1.1 水素制御法

②横割れ

多パス溶接の場合、層数が増すにつれ溶接線方向の残留引張応力が高くなり、また、各パスで導入される拡散性水素は溶接部外への放出が十分でないと蓄積されていきます。このような多パス溶接で、溶接金属の強度が高いと、残留応力が最大になる最終パス付近で、溶接線に垂直な方向に割れが発生します（横割れ）。横割れの発生起点が溶接金属であるか熱影響部であるかの判断はむずかしいですが、溶接金属の硬化組織に起因した割れと推定されることが多く、溶接金属の割れ感受性に依存しやすいです。

4. 低温割れに関連する施工条件

2節に低温割れの3大要因を概説しましたが、これらに関連する施工条件のうち代表的なものを記載します。

①構造設計（部材寸法、板厚）

部材寸法や板厚によって溶接部の拘束状態が決まります。拘束状態を定量的に評価することはむずかしいですが、後述する低温割れ試験では、板厚の大小が拘束度の大小に対応します。

②材料（母材、溶接材料）

母材と溶接材料の化学成分は、2節①に示した通り硬さに大きな影響を及ぼします。例えばTMCP鋼は、合金元素が少ないことに起因して熱影響部の硬化が起こりづらく、同じ強度クラスの焼入れ-焼戻し鋼に比べて低温割れ感受性が非常に低くなります。

溶接材料に関しては、溶接時に導入される拡散性水素量にも違いが出ます。手棒溶接やサブマージアーク溶接では被覆剤やフラックスの吸湿が主な水素源となり、ソリッドワイヤによるガスメタルアーク溶接ではワイヤ潤滑剤などの油分が主な水素源となります。

③溶接条件（入熱、予熱・パス間温度）

溶接入熱は溶接金属および熱影響部の $\Delta t_{8/5}$ に直接的に影響するため、硬さに大きな影響を及ぼします。また、母材の予熱・パス間温度上昇は $\Delta t_{8/5}$ を長くして溶接部の硬化を防ぎ、拡散性水素の外気への放出を促進するため、低温割れ抑制に非常に有効となります。

5. 代表的な低温割れ評価試験

低温割れの評価試験は、4節に示した施工条件に対して、各試験で決められた特定形状の試験体に溶接を行うことで、割れが発生するかを評価するものになります。次に紹介するいずれの試験も、溶接時の自拘束が厳しくなるような試験体形状にすることで、同一施工条件での実施工と比較して低温割れが起きやすい状態にしている

点がポイントです。

実際の試験では、4節で紹介した施工条件の内、いずれかの条件をパラメータにして低温割れ発生の有無を調査することになりますが、低温割れの抑制に効果的な予熱・パス間温度をパラメータにとって、必要最低予熱温度を評価する試験が一般的になります。

ここでは、3節で紹介した2つの割れモードを評価するのに適した、代表的な試験を紹介します。

①y形溶接割れ試験

y形溶接割れ試験は、縦割れを評価するのに適した低温割れ試験です。図1に示すように、X開先とV開先の鋼板を突合せて拘束溶接部を板厚まで溶接することで、ルートギャップ1～2mmのy形開先の試験体をつくり、開先内に1層1パスで評価ビードを溶接します。ルート鈍角側の熱影響部に応力集中するように設計されており、試験板の板厚が大きいほど拘束度が高くなります（板厚自体を拘束度のパラメータとして使用します）。溶接後48時間以上経過してから、溶接線に沿った5断面をマクロ観察し、低温割れの有無を評価します。低温割れはルートの応力集中部から熱影響部に沿って発生する場合があります（図2）、溶接金属の硬度が高い場合、溶接金属側にき裂の進展が起きる場合もあります。y形溶接割れ試験は、上記に示した試験の全行程がJIS Z 3158で規定されています。

図3は、y形溶接割れ試験にて、低温割れの発生に及ぼす拡散性水素量と予熱温度の影響を評価した例です³⁾。拡散性水素量が多いほど、低温割れ回避に必要な予熱温度が高くなっていくことがわかります。

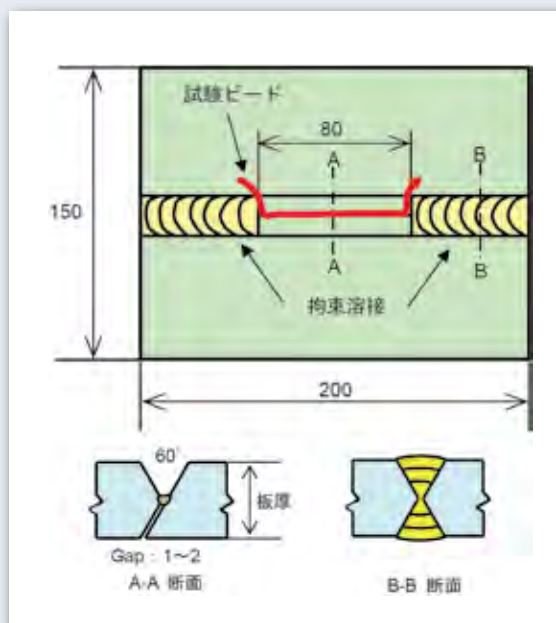


図1 y形溶接割れ試験の試験板形状（単位：mm）²⁾

鋼溶接部の低温割れとその評価について

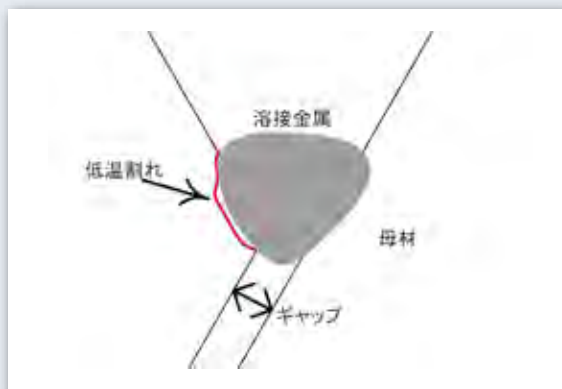


図2 y形溶接割れ試験での低温割れ発生イメージ

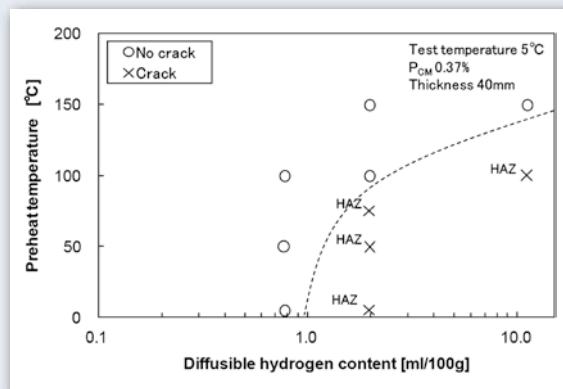


図3 y形溶接割れ試験での低温割れ評価例³⁾

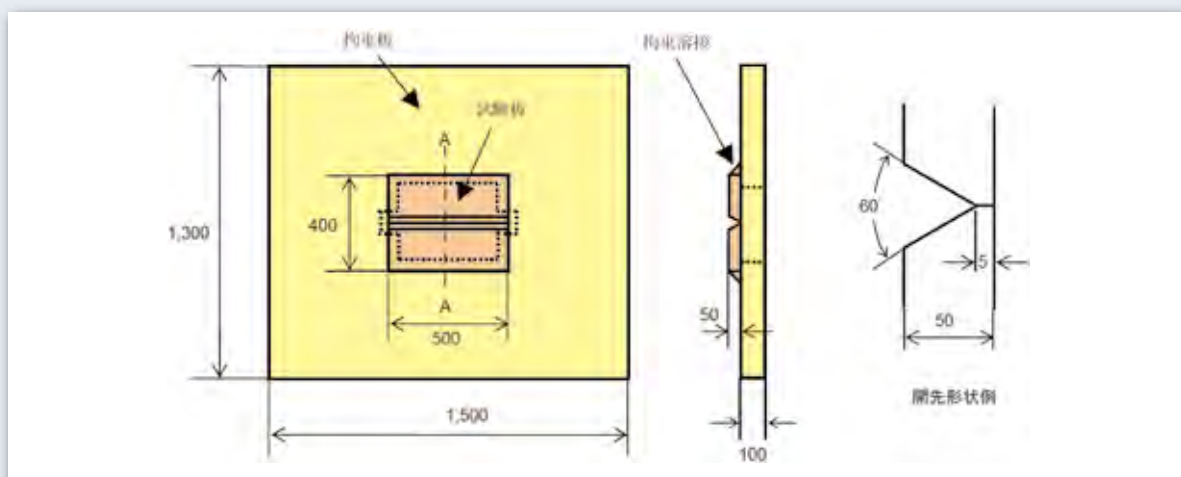


図4 窓形拘束溶接割れ試験の試験版形状の一例²⁾

②窓形拘束溶接割れ試験

窓形拘束溶接割れ試験は、横割れを評価するのに適した多パス溶接の低温割れ試験です。図4に示すように、極厚で窓枠状の穴の空いた鋼板に試験板を設置し、試験板の周囲を板厚の2/3程度の大脚長で拘束溶接します。試験板の開先形状は任意ですが、多くの場合、実際の開先形状に準じます。極厚の鋼板に拘束溶接し、溶接時の収縮変形が拘束された状態にすることで、横割れ発生の原因となる溶接線方向の引張残留応力を促進します。全層を溶接後、数日経過してから低温割れ（主に横割れ）の有無を評価します（図5）。低温割れ有無の評価方法は、多パス溶接の割れ評価であるため超音波探傷試験の実施が一般的です。より詳細に割れを検出する場合は、段削り試験（板厚方向に0.5～2 mmピッチの減厚を繰り返し、各減厚時に溶接金属の磁粉探傷試験を実施）を行う場合もあります。本試験は、1954～56年に建造された、世界最大容量の都市ガス貯蔵用球形タンクに発生した横割れの研究を目的に開発され、多層溶接の低温割れ試験として広く使われています。²⁾

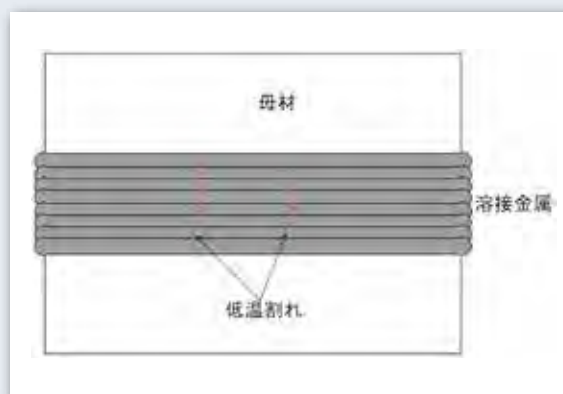


図5 窓形拘束溶接割れ試験での低温割れ発生イメージ

図6は、窓形拘束溶接割れ試験にて、特殊な溶接トーチを使用した拡散性水素低減プロセスを評価した例です⁴⁾。予熱・パス間温度も含め同一溶接条件で窓形拘束溶接割れ試験を行っており、従来溶接法では横割れが発生していますが、拡散性水素低減プロセスを用いることで、低温割れが抑制されたことがわかります。

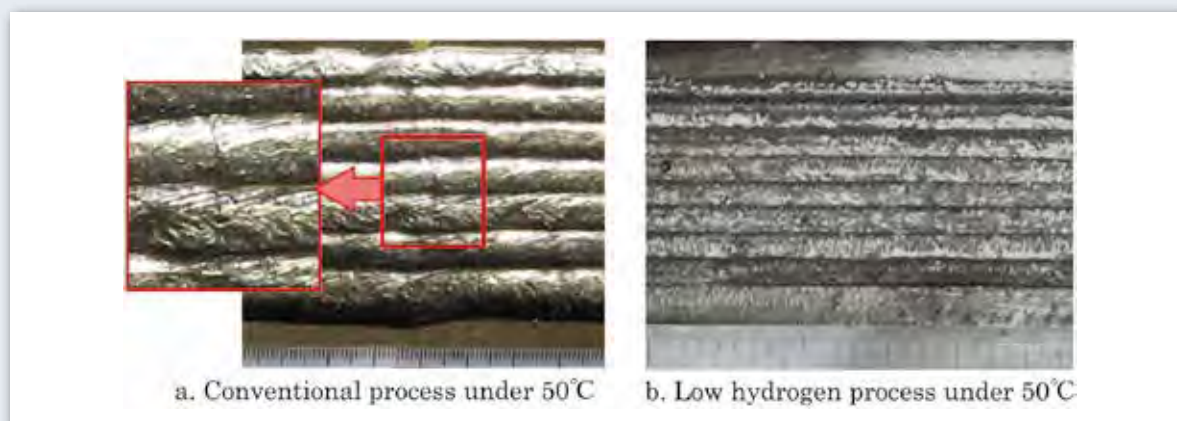


図6 窓形拘束溶接割れ試験での低温割れ評価例⁴⁾

y形溶接割れ試験、窓形拘束溶接割れ試験を問わず、前述のとおり、低温割れ試験は評価する溶接施工の必要最低予熱温度を調べるために用いられることが一般的です。室温以上の予熱・パス間温度は、ガスバーナーやパネルヒーター、y形溶接割れ試験体のような小型のものであれば熱処理炉などを使用することで管理できます。一方、室温以下で低温の予熱・パス間温度管理を行うためには、溶接環境の温度（外気温）を、対象の予熱・パス間温度以下にする必要があり、室温（場合によっては湿度）が管理できる大型の環境試験室内で試験溶接を行う必要があります。

おわりに

本稿では、低温割れの評価方法を解説しました。低温割れは3大要因の複合的な影響で発生するため、5節で紹介した低温割れ試験の実施だけでなく、得られた結果を低温割れ感受性指標と照らし合わせて評価する必要があります。当社では大型環境試験室を用いた各種低温割れ試験、および低温割れ感受性評価に必要な各種試験（硬さ試験、化学成分分析、拡散性水素試験、非破壊検査、

段割り試験）の実施が可能です。低温割れのご相談がございましたら、お気軽にコベルコ溶接テクノまでご連絡ください。

最後に、本稿が低温割れ評価にて皆様の一助となれば幸いです。

<参考文献>

- 1) 溶接学会・日本溶接協会編，溶接・接合技術総論，産報出版（2016），154
- 2) 杉野：溶接割れ試験，ぼうだより技術がいと，53-1（2013），3
- 3) 渡邊ら：高強度厚鋼板の低温割れ感受性に及ぼす拡散性水素量の影響，溶接学会全国大会講演概要，100（2017-4），301
- 4) 迎井ら：拡散性水素低減プロセスによる高張力厚鋼板の低温割れ抑制，溶接学会論文集，38-1（2020），41-51

コベルコ溶接テクノ(株)
木下 雄太

第11回 関東甲信越高校生溶接コンクール 2年ぶりに藤沢の地で開催 北陸高校生溶接コンクールを同時開催

第11回関東甲信越高校生溶接コンクール 同時開催 北陸高校生溶接コンクールが、4月24日（土）コベルコ溶接テクノ溶接研修センターで開催されました。コロナ禍の中、感染拡大防止のため、開会式・表彰式や例年実施している講演会・溶接システム実演見学は取りやめ、選手・引率教員、審査委員、各都県溶接協会役員のみが参加する、簡素なコンクールとなりました。そのような中でも関東甲信越1都8県から選出された16選手、北陸2県の3選手が日頃鍛えた技術の成果を競いました。



本大会より北陸大会が同時開催となり参加選手が増えたこと、また新型コロナ感染対策に万全を期すため集合時間・控室を分散させ密を避ける必要があり、競技は関東および甲信越北陸の2組に分けて行いました。

競技は被覆アーク溶接棒で厚さ9mmの鋼板（V形開先）を下向姿勢で板継ぎ溶接し、ビード外観、実技態度、そして内部欠陥の有無により審査されます。前回より裏当て金なし（JIS溶接技能者評価試験N-2F）と求められる技量レベルが上がり、選手たちは真剣な面持ちで競技に臨みました。



真剣に競技に取り組む



集中！

審査員からは、「年々選手のレベルが上がり、高校生ながらJIS溶接技能者評価試験でみる試験片と遜色なくっている」と、高く評価する声が上がっていました。

最優秀賞の栄冠は200点満点で198点の高得点を戸丸卓生（とまる・さいせい）選手（群馬県立利根実業高等学校）が獲得、本年11月に開催される第21回 高校生ものづくりコンテスト全国大会の関東代表として出場

権を獲得しました。北信越代表には工藤 成（くどう・なる）選手（長野県・中野立志館高等学校）が、全選手中3位（191点）で選出されました。第2位は最優秀賞と僅か4点差、194点の二柿 勝（ふたがき・まさる）選手（山梨県立韮崎工業高等学校）、北陸大会では田中寿尚（たなか・ひさなお）選手（富山県・不二越工業高等学校）が最優秀賞を獲得しました。

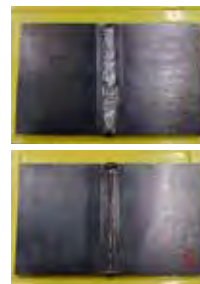
コロナ禍で練習時間の確保も難しい中地道に研鑽を重ねた選手たちが、競技終了後、引率教員とマスク越しに熱心に競技の感想と反省を語る姿が非常に印象に残りました。

一日も早くコロナ禍が収束し、例年通りに高校生溶接コンクールが開催できることを祈念するばかりです。

神戸製鋼グループは競技用被覆アーク溶接材料・賞品の提供などで、各地区の高校生溶接コンクールに協力しています。



最優秀賞 戸丸選手（群馬）



最優秀者のビード
（上：表、下：裏）

〈第11回関東甲信越高校生溶接コンクール 同時開催 北陸高校生溶接コンクール〉

趣旨：高校生が溶接技能を競うことにより、日本のものづくりを支える溶接技能の普及を図り、製造業の担い手育成を支援する。併せて令和3年度開催の「高校生ものづくりコンテスト全国大会」エキシビジョン溶接競技への関東および北信越ブロックの出場者を選出する。

主催：東部地区溶接協会連絡会
共催：一般社団法人日本溶接協会東部地区溶接技術
検定委員会
北陸地区溶接協会連絡会
関東地区工業高等学校長会・北信越工業高等学校長会

デジタルツイン

IoT技術の導入が進み、「デジタルツイン」という概念が注目されるようになりました。デジタルツインとは、さまざまなシミュレーションを1つに統合し、実システムのセンサーやログ情報から、実システムの状態を完全に再現するモデルのことです^[1]。デジタルツインを用いれば、シミュレーションに加え、システムの状態評価や、挙動の予測、稼働の最適化ができるとされています^[2]。

デジタルツインの最初の定義はNASAが2010年に発表しました^[3]。NASAにおいて、シミュレーションの効率化、宇宙空間を飛行中のロケットの状態監視やトラブル対応、フライトの将来予測、フライト変更の際の再シミュレーションなどのために開発されました^[1]。これ以降、まずは航空宇宙分野でデジタルツインの概念が使用されるようになり、その後製造業界において、すでに進行中であったバーチャルファクトリーに関する研究を発展させたものとしてデジタルツインの概念が使用されるようになりました^[3]。

最近では、工場の状態監視、ダムの状態監視などへの活用^[4]、ビルや都市自体のデジタルツインを作成し、シミュレーションによる交通、防災の最適化を試み^[5]など、さまざまな業界でデジタルツインが活用されています。現在、当社においても、溶接システムのデジタルツインに関する取り組みを始めたところ（図1）。

上記の事例以外にも、デジタルツインによる遠隔からの状態監視やトラブル対応ができるようになれば、導入が難しい製造業においてもリモートワークの普及が進むと考えられます。

以上のように、デジタルツインは、今後の産業界に大きなイノベーションを起こす可能性があり、さまざまな分野での応用が期待されています。

〈参考文献〉

- [1] M. Shafto, M. Conroy, R. Doyle, E. Glaessgen, C. Kemp, J. LeMoigne, L. Wang, DRAFT Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap. Technology Area 11, 2010.
- [2] MathWorks デジタルツイン
<https://jp.mathworks.com/discovery/digital-twin.html>
- [3] E. Negri, L. Fumagalli, M. Macchi, A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems, Procedia Manufacturing. 11 (2017) 939 – 948
- [4] FUJITSU JOURNAL
製造業の最新事例にみるデジタルツイン
<https://blog.global.fujitsu.com/jp/2020-02-25/01/>
- [5] DIGITALX
清水建設、豊洲スマートシティに投入する「建物OS」をCEATEC 2020 ONLINEで披露
<https://dcross.impress.co.jp/docs/column/column20190121/001836.html>

（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 松嶋 幸平

実システム（現実）



デジタルツイン（PC上のモデル）



←
システムの設定変更
(稼働状態の最適化
動作変更など)

→
センサー
ログ情報

図1 構想中の溶接システムのデジタルツイン

〈デジタルツインの活用例〉

- ・リアルタイムで状態再現
- ・状態監視・評価
- ・最適動作の導出
- ・再検討時のシミュレーション など

表紙のことば **日本の風景** 江の島-藤沢



湘南を代表する信仰と観光の島「江の島」―神奈川県藤沢市

江戸時代には東海道五十三次の6番目の宿場町藤沢市内には、旅人たちで賑わった宿場町ならではの寺社や史跡が数多く残されています。中でも「江の島」は、古くから参詣・遊山の地として、名僧や武将が訪れた信仰の島です。「江島神社」は古来より聖域とされ、空海や日蓮聖人など名僧が修行に訪れたといい、石鳥居は源頼朝寄進と伝えられています。慶長(1600)年には徳川家康が江島神社を参詣。江戸中期頃から「江の島」の弁財天信仰が江戸や近国の庶民の間に広まり、多くの人が参詣に訪れるようになりました。1960年代の高度成長期に入ると北部を中心に数多くの工場が誘致され、溶接棒事業部(当時)藤沢工場も新設。関東地方に設立された、当社で最初の工場となり、溶接教室(現 研修センター)も神戸から移設されました。藤沢市の史跡「兜松」は研修センターの前にあり、地域の方と毎年供養祭礼を行っております。

