

しんにつてつすみきん

季刊 新日鉄住金

Vol.16

社会をつなぐ、未来へつなぐ
溶接



特集 社会をつなぐ、 未来へつなぐ 溶接

4

Interview

**溶接は気分を直接表現する道具。
だから面白いし、好きなんだ。**

篠原 勝之氏(ゲージツ家)

6

Welding History

**ものづくりを進化させた
溶接の世紀**

監修 中西 保正氏(大阪大学 接合科学研究所 招聘教授)

12

溶接の科学 Q & A

これであなたも溶接通！

16

PROJECT STORY

**海底パイプラインをつなぐ
タイ国タイ湾プロジェクト**

20

技術図鑑

**新日鉄住金グループの溶接ソリューション
社会基盤の強靱化に
貢献するために**

26

特別企画 技術対談

**理解するほど可能性が広がる
奥深い世界に挑み続ける**

羽生 善治氏(棋士)

高橋 健二(新日鉄住金(株)代表取締役副社長)

34

News Clip

新日鉄住金グループの動き

新日鉄住金株式会社 広報誌 季刊 新日鉄住金

Vol.16 2016年12月16日発行

〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号

TEL.03-6867-4111 <http://www.nssmc.com/>

編集発行人 総務部広報センター所長 大西 史哲

企画・編集・デザイン・印刷 株式会社 日活アド・エイジェンシー

● 本誌掲載の写真および図版・記事の無断転載を禁じます。
● ご意見・ご感想をぜひ綴じ込みはがきでお寄せください。

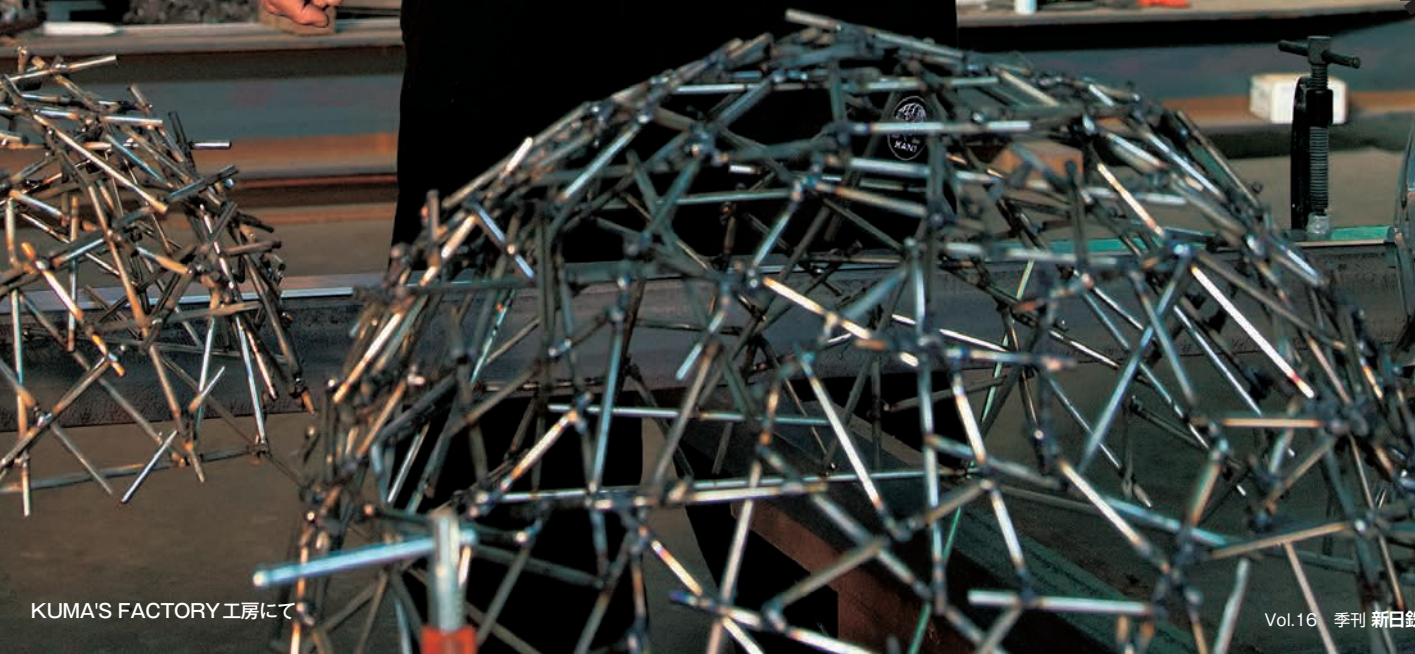
社会をつなぐ、 未来へつなぐ 溶接

産業の発展や豊かな暮らしを支える社会インフラの多くは、鉄でできています。ビルや船、橋、鉄道、自動車、プラントなどは、鉄と鉄を溶接することによって組み立てられ、構造物として形づくられています。安心・安全な社会インフラを構築するため、より強く、より優れた機能を発揮する鉄が生み出され、その鉄を使いこなす溶接ソリューションも進化を遂げています。溶接は社会をつなぎ、未来へつなぐテクノロジーです。



ゲージツ家 篠原勝之氏

溶接は気分を直接表現する道具。
だから面白いし、好きなんだ。



溶接と出会ったのは結構遅くて、厄年が終わった43歳くらいだったな。そのときよくTVに出てたんだけど、オレすごく飽きっぽい性格だからさ、そろそろやめてえなって思ってたんだよ(笑)。

そんなある日、スタジオがあった新宿から当時住んでいた大久保まで歩いて帰る途中、ビルの解体現場が目にとまったんだ。そのころバブルでさ、どんどん街が新しく生まれ変わっていた。オレは食えないとき解体の仕事もやっていたから、ちよつと興味本位で現場をのぞいたんだ。そして、職人のおじさんが、コンクリートから剥き出しになった鉄筋を溶断機で細かく切ってたんだ。その様子に心が震えたんだ。都会ってコンクリートで隠蔽されているけど、一皮むけば鋼鉄の都市だ。鉄ってすごいなと思った。

当時は着流しの袂に1万円くらいは入っていたから、そのまま道具屋に駆け込んでホコリをかぶった溶接機を買ったんだ。もちろん値切ってた(笑)。そいつをアパートの台所に持ち込んで、乗っていた自転車を細かくぶった切つてから、一晩中溶接した。そして明け方、気が付いたら一つの作品になっていたんだ(笑)。それからだよ、鉄のゲージツ家だって名乗り始めたのは。

溶接って、オレの気分を直接表現するための道具なんだ。気持ちとつながっている。彫刻刀や絵筆と同じ。だから面白いし、好きなんだ。この歳になって毎日溶接で遊んでばかりで、こりゃ駄目だなんて思いながらも(笑)、こんなにワクワクすることはない。溶接に出会うために、オレは40年以上もうろうろしていたんじゃないのかなって、そう思ったよ。

スクラップ・アンド・ビルドの時代、さまざまな役目を終えた鉄が、次々と名もないスクラップになっていく。それを拾ってきて、溶接でコ



ラージュして新しく意味や価値を生み出すわけだ。あのころは仲のいいスクラップ業者の工場でクレーンに乗せてもらい、「おつ、いい表情の鉄が来たな」と思ったら持ち帰っていた。そうやってスクラップを見ていると、日本の経済も見えてくるから不思議なんだな。

溶接は四国の小さな造船所のおばちゃんたちに習ったんだ。ふだんはミカン農家なんだけど、めっちゃくちや腕のいい溶接職人でもあって、さっきまでミカンもいであつた手で完璧な三次曲面をつくっていくんだよ(笑)。いや、日本人の技術力はすごいな。

鉄はオレの根底にある。鉄の街・室蘭で育ったし、親父も製鉄所に勤めていた。若い頃はそんな鉄がなんだか偉そうで、威張っている感じがして、嫌いだっただ(笑)。まるで親父みたいだろう？でも、やっぱりオレの原風景なんだ。厄年を過ぎて鉄や溶接に惹かれていったのも、必然だったと思う。

今は小説も書くし、版画も彫る。いろんなことをやってるけど、ただやりたいと思ったことをやるだけなんだ。自分が面白いって思えることが大事なんだ。ジジイになったけど、まだまだ気力はある。鉄を使って溶接して、また何か面白いことがしたいと思ってるよ。(談)

篠原勝之(しのはら・かつゆき)

1942年北海道札幌市に生まれ、室蘭市で育つ。愛称は「クマさん」。グラフィックデザイナー、画家、絵本作家を経て、73年唐十郎の状況劇場に参加しポスターや舞台美術を手がける。81年エッセイ「人生はデューモンド」(角川文庫)で注目を集める。86年鉄を使った溶接オブジェを制作し「鉄のゲージツ家」を宣言。現在まで精力的に作品をつくり続けている。2015年小説「骨風」(文藝春秋)で第43回泉鏡花文学賞を受賞。

ものづくりを進化させた 溶接の世紀

●監修 大阪大学 接合科学研究所 招聘教授

(株)IHI 技術開発本部 溶接技術部 シニアエンジニア 中西 保正氏

金属を接合する溶接は、現代のものづくりには欠かせない技術です。ろう付けなどによる接合は紀元前から行われていましたが、接合部を溶かしてつなげる溶接の発明は19世紀、実際に普及するのは20世紀に入ってからと、実は私たちにとって比較的新しい技術です。溶接は強度、美観、作業性に優れ、ものづくりを大きく進化させました。溶接技術とものづくりの歴史を振り返ります。



大正時代の電気溶接

©三菱重工業(株)長崎造船所

溶接の始まり



1919(大正8)年
貨物船イースタン・クラウンの
建造風景

©三菱重工業(株)長崎造船所



エッフェル塔

高さ324mのエッフェル塔。1889年の建造当時、溶接はまだ一般的ではなく、250万本のリベットで接合された。



Welding History



© 中西保正氏

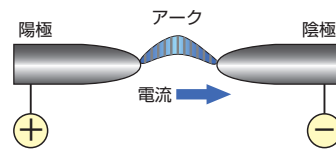
ドイツ博物館(ミュンヘン)展示のUボート

高張力鋼を使った世界初の溶接潜水艦Uボートは1936年に建造され、極寒の北海などでも使用された。一方、日本の潜水艦に適用されたのは1944年であり、ドイツからの技術導入による。(ただし、上の写真はリベット接合でつくられていた初期のUボート)



© (株)ゴールドシュミット・テルミット・ジャパン

1909(明治42)年、東京のレール溶接現場風景

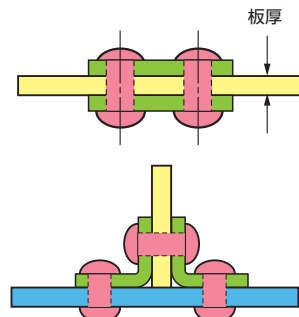


アークの原理

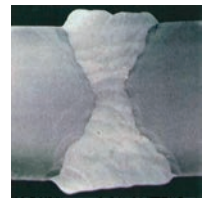
アークとは2つの電極間で放電させることで、高温で強い光を発する現象。



アーク(放電)の熱で部材と溶接棒を溶融させて、部材をつなぐ



リベット接合構造



溶接構造

溶接のメリット

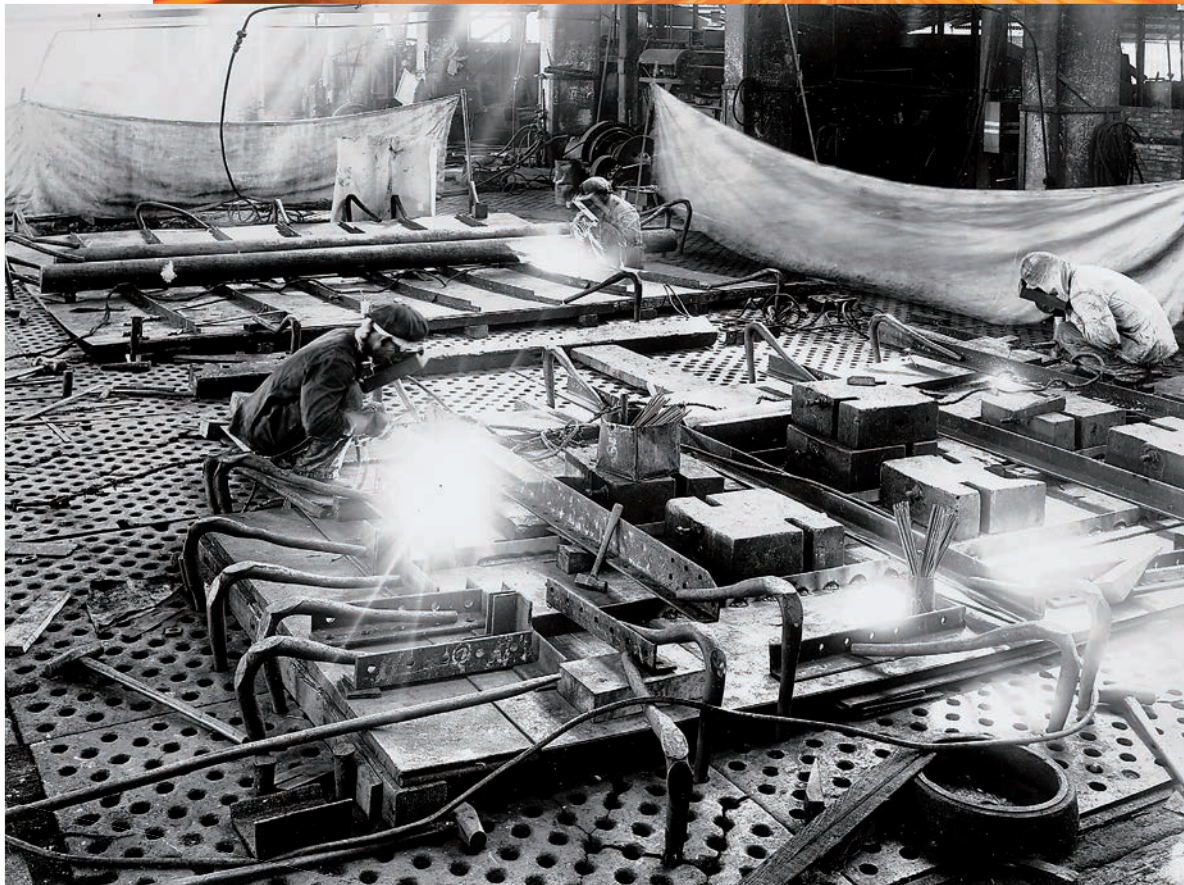
- ① 設計上の自由度が大きく、リベット構造では不可能な構造も製作できる
- ② 構造の簡易化が可能で、重量や工数を低減できる
- ③ 板厚に制限がなく、すき間なく接合でき気密性に優れている

高温の熱源「アーク」の発見

溶接は金属、とりわけ鉄と深いかわりを持つ技術です。18世紀後半、産業革命で鉄が大量生産できるようになると、いかに鉄同士を接合するかが大きなテーマとなりました。溶接が誕生する以前、鉄をつなぐ手法として一般的だったのはリベット接合です。1889年に建てられたパリのエッフェル塔や、同じ頃つくられた始めた船などはリベット(鉄)が使われました。

溶接は金属同士を溶かすため、取り扱いやすい高温の熱源が必要でした。1800年、イギリスのハンフリー・デービーが、2つの電極間の放電で光と熱が発する現象を発見し、これを「アーク」と名づけます。当初は光源としての利用が中心でアーク灯の発明につながりましたが、のちに金属の溶解にも利用が試みられ、19世紀末にアーク溶接技術が確立します。またアーク溶接以外にも、酸素アセチレンガスを使ったガス溶接がフランスで1901年に発明されるなど、新しい熱源を得たことで、欧米では1920年代から急速に溶接が普及していきます。

溶接は穴のあいた金属材料にリベットを差し込んで固定するリベット接合に比べ、接合部の強度を維持し、軽量で設計の自由度も高く、作業効率が良いといったメリットがあります。第1次世界大戦で欧米の産業界では大量生産・短納期への要求が高まったこともあり、造船から建築まで多くの構造物に溶接が用いられました。溶接先進国であったドイツでは、1936年には潜水艦Uボートを溶接によって建造しています。



昭和初期(1926～1941年)の電気溶接作業

© 三菱重工業(株)長崎造船所

日本では関東大震災後の復旧工事で溶接が一時普及するものの、国内の法規定によって認められにくかった。しかし欧米からの刺激で船や鉄道に溶接技術が採用されていく。

近代日本の溶接の夜明け



諷訪丸

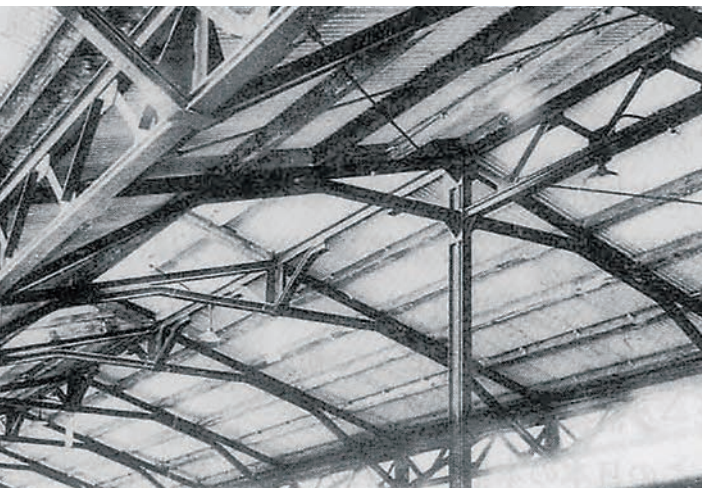
© 三菱重工業(株)長崎造船所

1920(大正9)年、フェリーボートの諷訪丸に溶接が適用された。
継手はリベットで、溶接は補剛材などに使われた。

船から始まった日本の溶接

欧米で発明された溶接技術が日本に導入されたのは20世紀初頭とされ、関東大震災の復旧工事をきっかけに普及し始めました。

大型構造物に溶接技術が使われた記録が最初に残っているのは船です。1920(大正9)年、佐世保工廠で火薬運搬船、三菱長崎造船所で諷訪丸が相次いで溶接船として建造されています。1930(昭和5)年には、本格的な溶接船である敷設艦の八重山が竣工。これは日本発の新技术とされるブロック建造方式を採用した船でもありました。



古レールを用いて全溶接された汐留駅

© 夏目光輝氏

かつて鉄そのものが貴重だったことから、古いレールを鉄道駅のプラットフォームの柱梁に活用していた。それまで接合部にリベットが適用されていたが、1934(昭和9)年の建て替えの際には東京・汐留駅では全溶接でプラットフォームがつけられた。



SL人吉(8620形蒸気機関車)

© 中西保正氏

日本で初めて本格的に量産された1922(大正11)年製8620形蒸気機関車を復活させ、SLあそBOYとして1988(昭和63)～2005(平成17)年、熊本・阿蘇間を運行。さらに傷んだ台枠を溶接で更新し、SL人吉として2009(平成21)年に復活。保存蒸気機関車の更新・修理にあたって、新造溶接ボイラに新日鉄住金の材料が使われた。日本で蒸気機関車への溶接適用は1930(昭和5)年に始まり、ボイラ構造の簡略化や軽量化が可能になった。



Welding History

10分の1サイズで復元された大和

大和は主要部の接合はリベットであったが、補剛材を中心に多くの部材の接合に溶接が使われた。重量と工期の面から溶接技術なしには完成し得なかった。

© 呉市海事歴史科学館(大和ミュージアム)

1941(昭和16)年に竣工した戦艦大和にも多くの溶接が使われています。実は当時、船の海難事故が続いたため溶接の強度不足が疑われ、船の主要構造への適用が禁じられていました。しかし軽量化と工期の問題から、実際には大和に溶接が多用され、使った溶接棒は750万本、溶接線長は約460キロメートルにものびました。当時すでに溶接が、ものづくりに欠かせない技術として定着していたことがわかります。

船と並び、戦前の溶接構造物の象徴といえるのが鉄道です。蒸気機関車には早くから溶接が使われました。1930(昭和5)年には、重要部材である内火室や缶胴継手に溶接が採用されました。現在、東京・JR新橋駅前SL広場にも保存されているC11形蒸気機関車の車体およびボイラは、溶接技術が採用されています。また世界初の流線型列車として有名な満鉄あじあ号は、高張力鋼を使った溶接構造の機関車としても知られています。

このほか、橋梁に溶接が使われ始めたのも同じころで、日本初の本格的な全溶接橋梁である川崎市の昇開橋は1933(昭和8)年に完成しています。

戦前の日本では溶接技術導入後、その技術力も欧米と肩を並べるほどに発展しました。しかし需要は国家事業が中心であり、民間に広く普及するのは戦後になってからでした。

最近の船の構造

損傷事故による海洋汚染を防ぐため、1996(平成8)年以降の原油タンカーは、船体の二重構造(ダブルハル化)が義務付けられた。溶接箇所・工数が増えたことを受け、溶接しやすい鋼材と溶接材料、溶接効率を高めるロボットなどが開発された。日本の溶接技術とものづくりは、絶え間ない進化を続けている。



© 三菱重工業(株)長崎造船所

現代日本を支える溶接技術



日本初のオールステンレス車両

©(株)総合車両製作所

1958(昭和33)年に日本初のステンレス車両が誕生したあと、スポット溶接による構造設計の研究などが進み、1962(昭和37)年には外板だけでなく骨組にもステンレス鋼を用いたオールステンレス車両を実現。現在の通勤車両を中心として広く普及しているステンレス車両の原型となった。



都市ガス用球形タンク(東京ガス世田谷整圧所)

©東京ガス(株)

タンクは当初リベット接合だったが、日本で本格的に溶接が用いられるようになったのは第2次世界大戦ころからである。そして1956(昭和31)年、780MPa級高張力鋼を使った世界初の大規模溶接構造物である球形タンク(都市ガスホルダー)が完成。日本の高張力鋼の溶接技術の発展に大きく貢献した。

さまざまな構造物に適用され 社会の発展に貢献

戦後日本の復興のため、溶接の果たした役割は極めて大きなものでした。なかでも戦前に培われた船の溶接ブロック建造は、戦後日本の造船業の飛躍的な発展を支え、高度経済成長をけん引しました。

溶接技術は戦後、船や鉄道だけでなく、さまざまな構造物に適用されていきます。1956(昭和31)年には780MPa[※]級高張力鋼を使った世界初の大規模溶接構造物である都市ガス用球形タンクが建設されました。使用条件の過酷な貯蔵タンクには高張力鋼が適しているものの、当時はそうした材料に対する溶接技術が未熟であったため試行錯誤を重ねました。しかし、あらかじめ材料に熱を加えておく予熱技術の改善などで課題を克服し、その後の高張力鋼溶接の発展に大きく貢献しました。

溶接の普及拡大は、鋼材をはじめとする材料の進化も促しています。なかでも、製造プロセスを工夫することで組織の結晶を細粒化し、強度と靱性(粘り強さ)を向上させたTMC[※]鋼の登場は、溶接の発展において画期的な出来事でした。TMC[※]鋼は、溶接時に従来よりも大きな熱を加えること(大入熱溶接)ができ、予熱なしでの溶接を可能にするなど、作業効率を飛躍的に向上させました。特に大型タンカーなど船舶の建造現場で競争力を発揮し、造船大国日本の隆盛を支えました。

※MPa：メガパスカル。引張強さや圧力の単位。



天門橋(全長502m)



港大橋(全長980 m)



明石海峡大橋(全長3,911 m)

最新の鋼材と溶接技術が投入された長大橋建設

1966(昭和41)年完成当時連続トラス橋として世界一を誇った天門橋(熊本県)で590MPa級鋼、1974(昭和49)年完成当時トラス橋として日本最長だった港大橋(大阪府)で690、780MPa級鋼が大量採用。そして1998(平成10)年完成の明石海峡大橋(兵庫県)で低予熱型780MPa級鋼が開発され、強度と溶接施工性の向上を両立させた。



Welding History



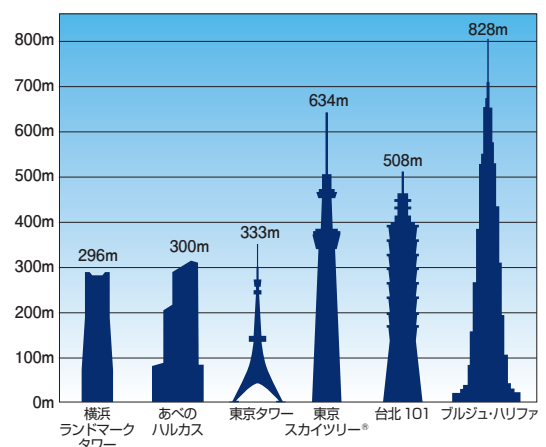
霞が関ビルディング

1968(昭和43)年竣工の霞が関ビルディングで、極厚の溶接組み立て日形鋼が大量に使用された。また現在の高層ビル建設に欠かせない新しい溶接法が適用された。

近年の溶接による大型構造物では、1998(平成10)年の明石海峡大橋などの長大橋建設があげられるでしょう。また、橋梁の架設はボルト接合が一般的でしたが、近年は厚板を多用して製作コストを低減した少数主桁橋梁に移行し、ボルト接合が困難な厚い鋼材の現場溶接技術が確立されています。

このほか、2012(平成24)年に完成した高さ634メートルの東京スカイツリー®にも溶接が多用されています。こうした巨大建築物には軽量化と強度の両立が不可欠であり、今後もますます溶接の重要性は高まっていくことでしょう。

有史以来、接合は、人類の永遠のテーマでした。そのなかでも溶接の進化は今後も続き、ものづくりに新しい世紀をもたらしてくれるに違いありません。



建築物の高層化

建築物の高層化や大スパン化に伴って高強度鋼の適用が進められてきた。東京スカイツリー®では780MPa級鋼などが本格的に使用されるとともに、溶接材料も開発され、溶接施工効率の向上と優れた溶接部品質が確保された。優れた日本の鉄の技術は台北101(台湾)、ブルジュ・ハリファ(アラブ首長国連邦)など海外でも採用されている。



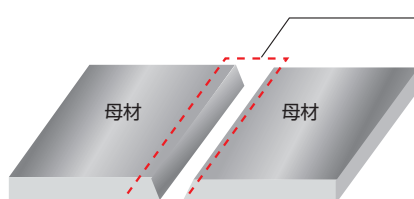
これであなたも溶接通！

溶接といえば、バチバチと火花を散らして、金属をくっつけて製品に組み立てるイメージを、誰もが思い浮かべることでしょう。でも、なぜくつつくのでしょうか。詳しく知っている人は意外に少ないはず。溶接のヒミツに迫ります。

溶接の科学 Q & A

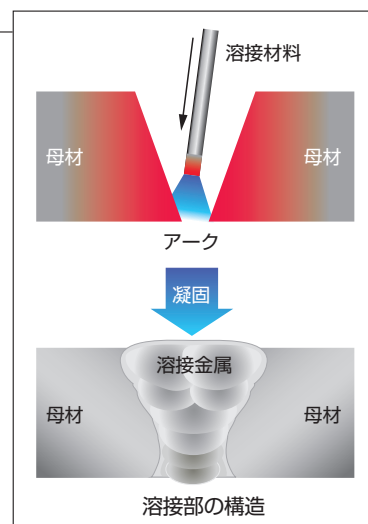
Q1

溶接って、なに？



A1

溶接とは、鉄板などの金属と金属を溶かすことで互いの原子を混じり合わせ、一体化する技術です。原子同士が結合するため強固で、水密性、気密性に優れた構造となります。使用目的に合った材質や板厚の金属に応じた溶接方法を選定すれば、短時間で信頼性の高い接合ができるため、広く利用されています。

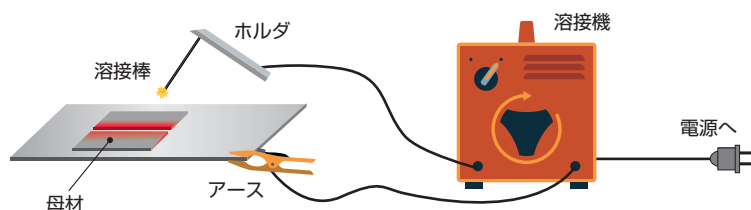


Q2

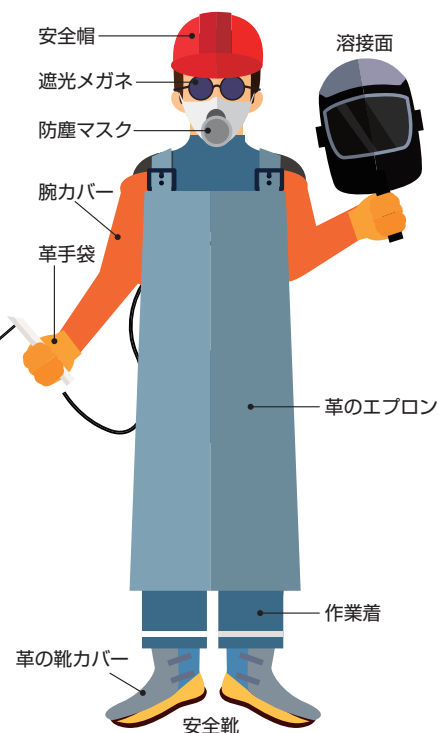
溶接するのに、どんな道具や準備が必要なの？

A2

例えば、被覆アーク溶接※では溶接棒と、溶接棒の先端と鋼板の間に電気でアーク(放電する光)を発生させる溶接機が必要です。アークの温度は条件により異なりますが、金属を溶かすことのできる1万℃に達し、これは太陽の表面温度より高いです。作業中には溶けた金属の小さい粒(スパッタ)が飛び散り、火傷の恐れがあります。またアークはとても眩しいため目に悪く、日焼けもするので溶接時の安全を守るための保護具が欠かせません。そして溶接方法によっては炭酸ガスやアルゴンガスなどの気体も取り扱います。ですから作業者は溶接に関する学科と実技の教育を受け、必要な各種技能資格を取得し、安全に作業できる技術を身に付けて溶接しています。



溶接に必要な道具(被覆アーク溶接の場合)



※ 被覆アーク溶接：被覆剤と呼ばれるフラックス(鉱物の粉体)を塗覆した溶接棒と母材を電極として電流を流し、アークを発生させ、その熱で溶接棒と母材を溶かして接合する。

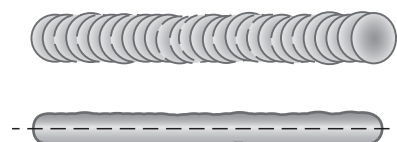
Q3

溶接のやり方を教えて！

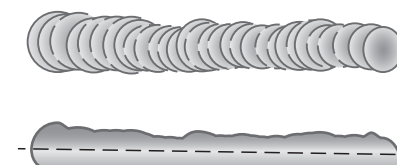
A3

ビルなどの鉄骨組み立て現場でパチパチと花火のように火花を散らす被覆アーク溶接では、電気を流すためのホルダに溶接棒をはさみ、その先端にアークを発生させ、その熱によって溶接棒と母材を溶かします。あとはペンで線を引くように溶接棒を動かしていけば、溶けた鉄は冷えて固まり溶接が完成します。しかし溶接が始まるとアークがとても眩しいのに周辺が暗いので初心者の場合、どこをどう溶接しているのか、わからなくなります。ですから訓練が必要です。

また溶接棒を動かす速度が不安定になると、母材が溶け過ぎたり、溶けなかったりします。電流の大小によって溶込みの深さ、電圧の大小によってビード(14ページ Q4参照)の形状などが異なります。作業者は溶接棒と母材が溶けてできた鉄の池(熔融池)の状態を観察するだけでなく、溶接時の音やはっきり見えない溶接棒の動きまで五感を研ぎ澄ませ変化を感じとり、調整しながら溶接しています。



良いビード



悪いビード



下向溶接姿勢



横向溶接姿勢



立向溶接姿勢



上向溶接姿勢

被覆アーク溶接姿勢

Q4

溶接の専門用語を教えて！

A4

溶接のものづくりの現場では、さまざまな専門用語が使われています。その一部を紹介しましょう。

母材：溶接する鉄板などの材料。

溶込み：母材表面と溶接で最も深く溶けた母材の点との距離。

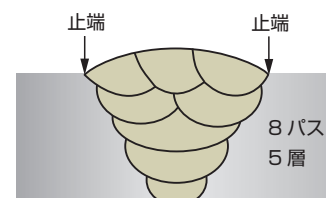
ビード：溶接で母材と溶接棒が溶けて固まって形成された金属（溶接金属）。通常は表面に細かい波目ができる。ビードの幅方向の両端を止端、1本のビードで仕上げられる溶接金属をパスと呼ぶ。

多層盛り：2層以上の複数の層のビードを重ねていく溶接。

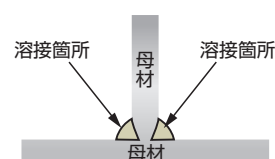
溶接継手：母材の溶接によりつながれた部分。溶接部の形状によって突合せ溶接、すみ肉溶接などがある。

開先：母材間のV形やレ形などの溝。

すみ肉：ほぼ直交する2つの面を溶接することで行われる三角形状の断面を持った溶接金属。



開先の多層盛り溶接



両側すみ肉溶接

Q5

溶接材料って、いろいろあるの？

A5

溶接材料は目的用途別に溶接棒や溶接ワイヤの形状で多種多様な製品が作られています。

溶接棒は細いただの鉄の針金のように見えますが、実は違います。例えば被覆アーク溶接棒は、鉄の棒（心線）の回りに、有機物や無機物、金属粉などでつくられた被覆剤を塗り、乾燥させて作られています。一方、溶接ワイヤは大きく分けて2つの種類があります。フラックス入りワイヤは金属部分とフラックスである粉末状物質からでき、被覆アーク溶接棒の心線と被覆剤の内と外を逆にした構造になっています。ソリッドワイヤは化学成分を調整した線材からつくられたワイヤであるため、スラグの発生がわずかで、溶接場所をより清潔に維持することができます。

被覆剤やフラックスはアークを安定させる働きと、溶接中の高温で金属とフラックスの間で化学反応を促進させ溶接品質を高める働きを担っています。そのため目的や用途に応じて、フラックスにさまざまな元素をブレンドして溶接材料が作られています。



溶接棒



溶接ワイヤ

Q6

人とロボット、溶接が上手なのはどっち！？

A6

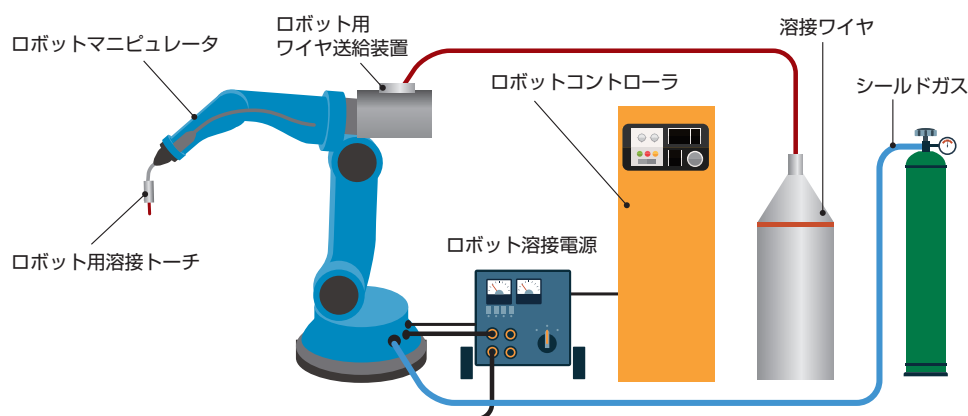
危険を伴う作業環境から人を解放し、より効率的に溶接するため、溶接ロボットが広く利用されています。溶接ロボットは、あらかじめプログラミングされた動作の電気信号を受け、マニピュレータ*が運棒(溶接棒を動かすこと)を行い、溶接していきます。

ロボットは教えられたとおりの動作を高い精度で繰り返すことができるため、常に安定した運棒によって溶接品質を安定させることができます。また直線性や等速性に優れているため、人では困難な速度での運棒が可能です。一般的に半自動溶接機を用いた人による作業が毎分約40cm以下であるのに対して、アーク溶接ロボットは毎分60cm以上、状況によっては毎分200cmの溶接を実現します。

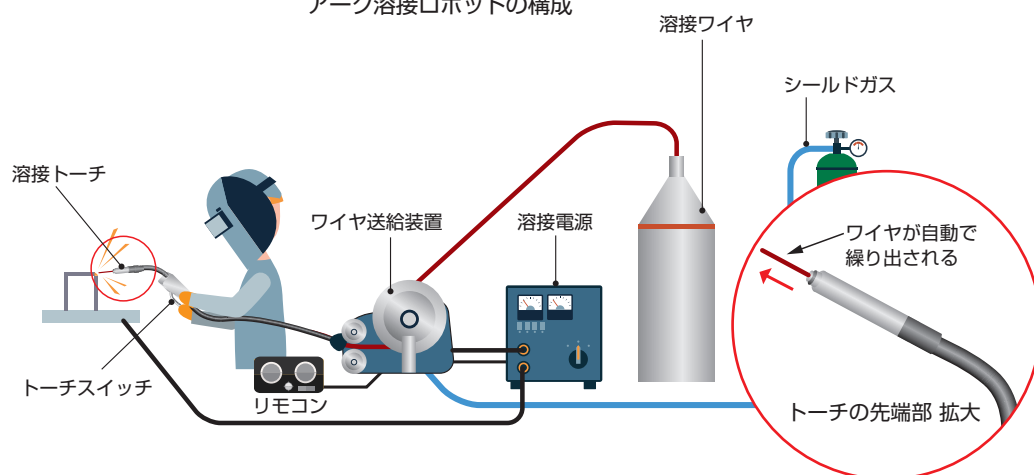
しかし運棒動作のティーチングや溶接条件の設定は、作業者がやらなければならないため、これまで現場で培ってきた知見が求められます。さらにセット位置や板間のすきま状態にバラツキがあった場合、熟練作業者は溶接状態に応じて運棒を調整していきますが、ロボットは瞬時に対応できません。また大量生産ではない一品一様の小ロット生産や、工場とは異なり設備の整わない狭い現場などの場合、ロボットより人による溶接作業が優れています。

ものづくりの現場では、人とロボットのそれぞれの特徴を活かし協調して溶接作業が行われています。

※ マニピュレータ：産業用ロボットの腕や手にあたる部分。



アーク溶接ロボットの構成



半自動アーク溶接の構成



石油や天然ガスを輸送する海底パイプラインには、高い安全性と信頼性が求められる。では一体どのような鋼管や溶接の技術によって、海底パイプラインは敷設されているのだろうか。タイ国タイ湾での天然ガス開発プロジェクトを紹介する。



海底パイプラインをつなぐ タイ国タイ湾プロジェクト

PROJECT STORY



2000キロ以上に及ぶ 敷設実績

タイ湾は海洋ガス資源が豊富で、ガス田から生産される天然ガスを輸送するため、海底にパイプライン網が張り巡らされている。新日鉄住金エンジニアリング(株)は、タイ国営石油開発公社から継続受注し、これまでタイ湾で2000キロ以上に及ぶ海底パイプラインを敷設してきた。

「当社は長年、過酷な使用環境にさらされる海で、鉄を使った構造物をつくり、施工してきました。その鉄構海洋技術を活かして、お客様の仕様に応じた海底パイプラインの設計から調達、加工、大型海洋施工船による敷設工事までワンストップサービスを提供しています。現在も当社グループの技術力を結集し、タイ湾で2021年完工を目指し、海底パイプライン・海洋プラットフォームの建設案件に取り組んでいます」(新日鉄住金エンジニアリング・大里康信室長)



新日鉄住金エンジニアリング(株)
海外海洋事業部 設計室
大里 康信 室長

新日鉄住金エンジニアリングが新たに受注したのは、タイ湾のアーティットおよびボンコット鉱区における海洋天然ガス生産設備の建設案件で、天然ガス用海底パイプライン約165キロ(最大総距離)を敷設する。



敷設船に荷揚げされる鋼管



デリックレイバージ型海洋施工船*「くろしお」

日本の海洋土木建設工事業者のうち新日鉄住金エンジニアリング(株)が唯一保有する海底パイプライン敷設船。自動溶接システムなど各種設備を持つ。大型クレーンを装備し、石油・天然ガス生産用海洋プラットフォームの現地据付も行う。

▽全長142m・幅40m・深さ9m▽要員収容能力約320人



敷設船での自動溶接

パイプの腐食割れを防ぐ

海底パイプラインは万一破壊事故が発生した場合、大規模な災害と海洋汚染を引き起こす恐れがある。また安定供給を続けるため、一度天然ガスの輸送を開始すると、約20年間連続使用することが前提となる。そのため非常に高い安全性と信頼性が求められる。

そのラインパイプに新日鉄住金のシームレス鋼管や各種溶接鋼管が採用されている。溶接鋼管は鋼の塊を延ばしてつくられた平らな板を筒状に成形したあとに、鋼板の端面を溶接して製造している。これに対して、シームレス鋼管は円柱状の鋼の塊を加熱し、その中心を押し広げて中空のパイプを製造するため、円周方向に継ぎ目がなく、全周にわたって均一な形状で、パイプ本来の性能をより発揮できる。今回のプロジェクトでは、和歌山製鉄所で製造したシームレス鋼管が多く使われている。

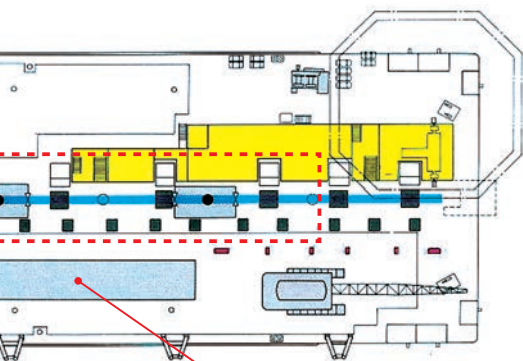
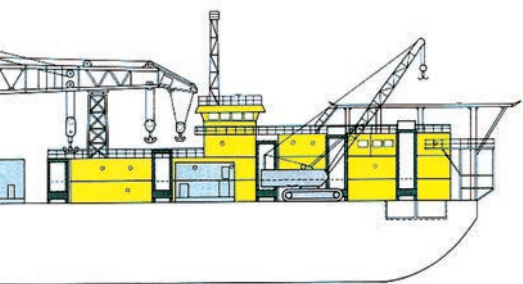
「パイプには深海部で作用する大きな水圧、激しい潮流や繰り返す波浪による引張・圧縮、天然ガスを大量高压輸送するときの内圧など、さまざまな荷重に耐える強度が求められます。さらに天然ガスには腐食性物質である硫化水素が含まれることが多く、パイプの腐食割れを防ぐことも重要です。そこで世界最高水準の高い強度と優れた耐久性(耐サワー性)を誇るシームレス鋼管を製造しています」

(和歌山製鉄所・美馬貴仁主査)



新日鉄住金 和歌山製鉄所
カスタマー技術部
ラインパイプ技術室
美馬 貴仁 主査

* デリックレイバージ型海洋施工船：大型起重機(デリッククレーン)とパイプライン敷設(レイ)設備を搭載した施工船。



鋼管の荷揚げ



和歌山製鉄所 シームレス鋼管工場



シームレス鋼管

高品質なシームレス鋼管をつくり込む

鋼管端部の精度を高める

鋼管1本の長さは約12メートル。およそ165キロに及ぶ海底パイプラインを敷設するためには、1万3000本以上の鋼管を溶接してつないでいかなければならない。現地で溶接施工するとき問題となるのが、溶接部の靱性（粘り強さ）と鋼管端部の寸法形状の精度だ。

「鉄は強度を高めると、靱性や溶接性が低下する傾向があります。そこで靱性を損なう炭素量を減らすとともに、最適な合金元素を添加する成分設計によって、母材と溶接部の靱性を維持しています。また厳しい精度の真円度を要求される場合は自動寸法測定機で、仕様どおりの鋼管端部の寸法形状であるか精度を検査しています。また、新日鉄住金エンジニアリングとは技術交流会で課題を洗い出すなどして、お客様に対して

新日鉄住金グループの総合力をより発揮するべく取り組んでいます」（和歌山製鉄所・樋口敬二主幹）



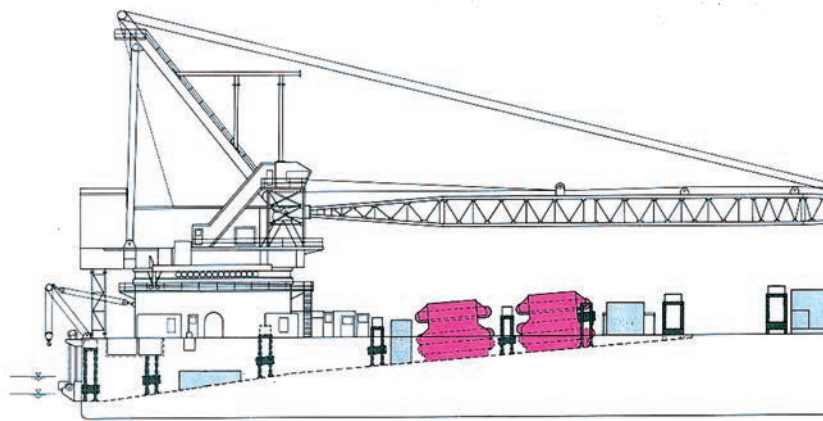
新日鉄住金 和歌山製鉄所
カスタマー技術部
ラインパイプ技術室
樋口 敬二 主幹

こうして和歌山製鉄所でつくり込まれたシームレス鋼管は、船で現地向け出荷されていく。

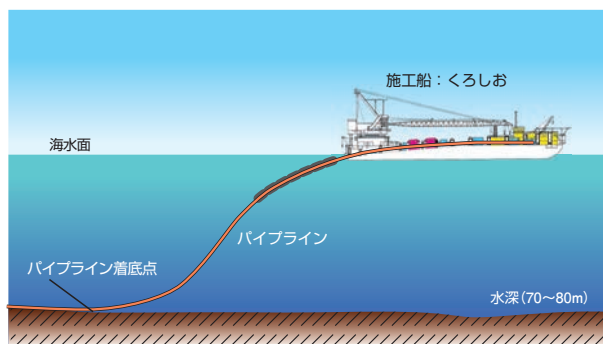
世界最速レベルの 高エネルギー溶接を実現

和歌山製鉄所で製造したシームレス鋼管は、施工現場のタイ湾洋上で施工している海底パイプライン敷設船「くろしお」に運ばれる。くろしおは、日本の海洋土木建設工事業者のうち唯一、新日鉄住金エンジニアリングが保有するデリックレイバージ型海洋施工船だ。

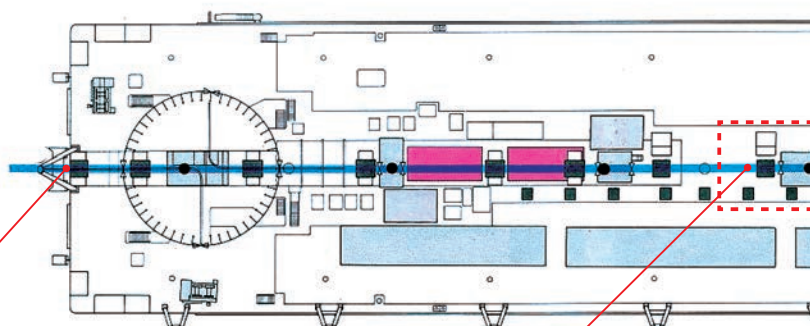
海底パイプラインの敷設には、多くの作業員や機器に加え、資材輸送や施工補助の船団を必要とする。これらの運用コストの割合が施工コスト全体の約半分を占めるため、施工期間を短縮するための溶接工程の高エネルギー化が非常に重要な鍵を握る。新日鉄住金エンジニアリングは新日鉄住金と共同で、自動溶接システム「RAIDEN」を開発し、世界最速レベルの高エネルギー溶接を実現した。



洋上の船でラインパイプを溶接する



「くろしお」による海底パイプラインの敷設



ラインパイプ着水



ラインパイプ溶接

現在までタイ湾アーテイトおよびボンコット鉱区のプロジェクトと同様に、世界各地の石油・天然ガス開発で、新日鉄住金エンジニアリングは総合力を発揮してきた。これからも新日鉄住金グループは優れた鉄の技術・製品で、産業の発展と豊かな暮らしを支えるエネルギーの安定供給に貢献していく。



新日鉄住金エンジニアリング(株)
海外海洋事業部 海洋施工部
箱田 利秀 シニアマネジャー

くろしおでは溶接難易度の高い耐サワーラインパイプにおいても1日当たり約200本という高速溶接を行っている。しかし高速溶接は、大きな熱量で短時間に溶接するため、高温割れの発生や耐食性の低下の懸念がある。そこで、これらの懸念を払拭する特別な成分構成の溶接材料を日鉄住金溶接工業(株)のノウハウを活用して開発し、高速溶接でも高温割れが発生しない耐食性の高い溶接施工を可能にしている。

「RAIDENに搭載している溶接線自動ならい技術と溶接パラメータの完全プリセット化の実現により、従来必要だった溶接オペレータによる溶接位置やパラメータの微調整作業がなくなり、オペレータは溶接スタート位置を調整し溶接開始ボタンを押したあと、溶接状況を監視・確認するのみとなりました。こうしてオペレータの技量に左右されることなく、品質を安定化させ、世界最速レベルの高性能溶接に成功しました」(新日鉄住金エンジニアリング・箱田利秀シニアマネジャー)

技術図鑑

新日鉄住金グループの溶接ソリューション 社会基盤の強靱化に貢献するために

強度、耐食性、耐摩耗性などに優れた高機能な鉄ほど、溶接が難しくなります。船やビル、橋、自動車などは、鋼材を切断して溶接で組み立て製品化されるため、新しい高機能鋼材開発に伴い、それを使いこなすための溶接技術が求められます。新日鉄住金グループは高機能鋼材開発に加え、その鋼材に適した溶接技術・溶接材料の開発・提供を通して、日本の社会基盤の強靱化に貢献しています。

建築

鉄骨構造の健全性を高める

高層建築で採用されている代表的な鉄骨構造(図1)として、柱部材に4面ボックス柱(図2)が使われています。4面ボックス柱は4枚のスキンプレート(厚板)と内部に設置されたダイアフラム(補強用の鋼板)で構成されています。

スキンプレートの組み立てではサブマージアーク溶接^{※1}、ダイアフラムとスキンプレートの組み立てではエレクトロスラグ溶接^{※2}が採用されています。厚さ50mm以上のスキンプレートを一回の溶接で効率的に組み立てるため、入熱量の大きい溶接(大入熱溶接)が行われています。このとき新日鉄住金のHTUFF[®]鋼とそれに適した溶接材料が威力を発揮し、建築鉄骨の健全性を高めます。

※1 サブマージアーク溶接：あらかじめ粒状のフラックスを溶接線に沿って散布しておき、フラックスに覆われた状態で母材とワイヤ間にアークを発生させて母材を溶かし接合する。

※2 エレクトロスラグ溶接：立て向きの狭い開先内にノズルを入れ、ノズルの中空部から細径ワイヤを供給して開先にフラックスを添加し、母材とともに溶かし接合する。

溶接熱に対応する鉄

ビルや船、橋、海洋構造物などの構造物のトラブルは、人命や地球環境に直接影響を及ぼすため、どんな使われ方をされても溶接部が壊れない高い信頼性と安全性が求められます。

近年これらの構造物の大型化に伴って、溶接長さが増えました。従来の小入熱溶接(図3左)では、溶接金属を何層にもわたって積み上げ、鋼材が厚くなるほど何度も溶接作業が必要となり、作業効率の向上が大きな課題となりました。大きな熱量で一気に溶接する大入熱溶接(図3右)を行えば、作業効率は高まります。しかし厚板が1,400℃以上の高温で加熱されるため、もろく壊れやすくなり、靱性(粘り強く壊れにくい性質)が低下してしまいます。

こうしたなか、新日鉄住金は大きな熱的負荷のかかる溶接熱影響部(Heat Affected Zone : HAZ)の組織を制御したHTUFF®鋼を開発し、靱性確保の課題を克服しました。HTUFF鋼の誕生によって、構造物が使われる環境の温度と厚板の降伏強度に応じて、さまざまな入熱量で安心して溶接できるようになりました(図4)。ビルの柱や梁、船の外板や隔壁、橋の主桁や橋脚、石油や天然ガスを掘削する海洋構造物などに幅広く採用され、溶接施工の効率化とともに構造物の信頼性と安全性の維持に貢献しています。

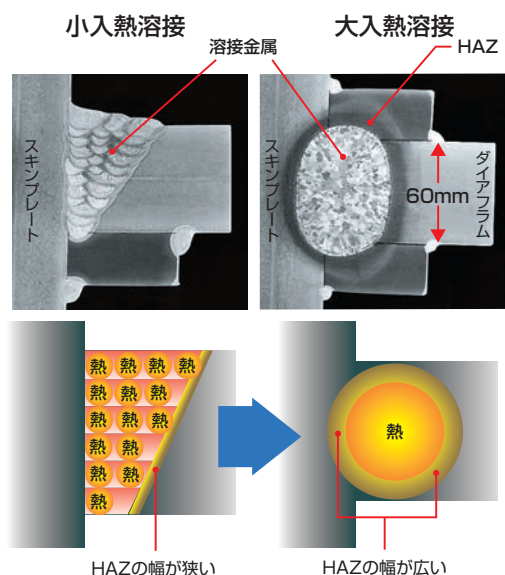


図3 小入熱溶接と大入熱溶接

- 小入熱溶接** 少量の熱で何度も溶接を積み上げるため、熱影響が少ないものの低能率
- 大入熱溶接** 一回で大量の溶接をするため、熱影響が大きいものの高能率

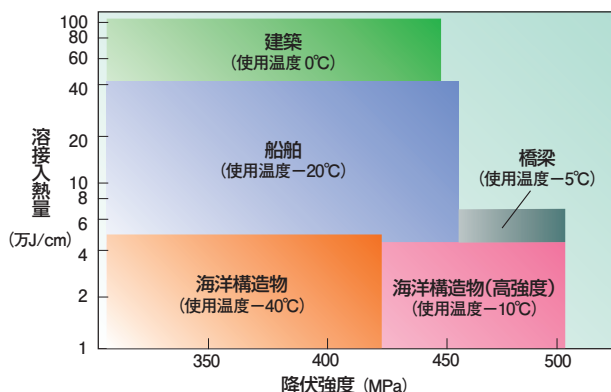


図4 鋼構造物の使用温度、強度と溶接入熱量の関係

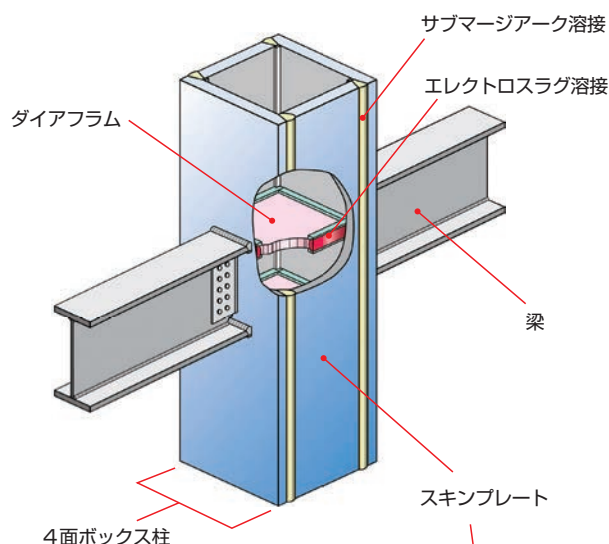


図1 鉄骨の構造例

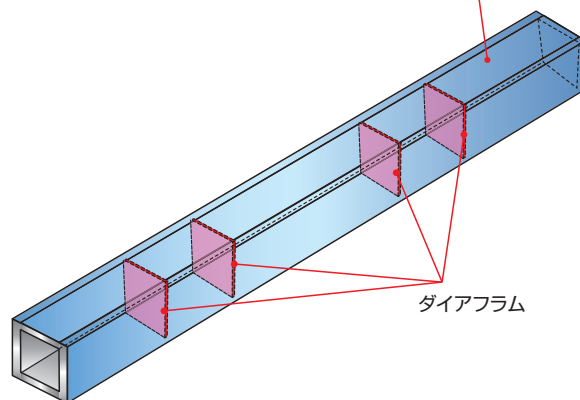


図2 4面ボックス柱

原油タンクの腐食を抑える

油漏れなどの重大事故につながる恐れのある原油タンカーの貨物タンクの底部や天井部の腐食を防ぐため、新日鉄住金は原油タンカー用高耐食性鋼板「NSGP[®]-1」「NSGP[®]-2」を開発しました(図5)。船舶分野で、塗装した鋼板から代替可能な耐食鋼として初めて認められ、これまで塗装による防食が義務付けられていた原油タンク内部において塗装を省略できる画期的な鋼板です。また、母材と同等の耐食性を持つ溶接材料もあわせて開発し(製造・販売は日鉄住金溶接工業(株))、原油タンカータンク全体の構造物としての耐食性向上に貢献しています。

船舶

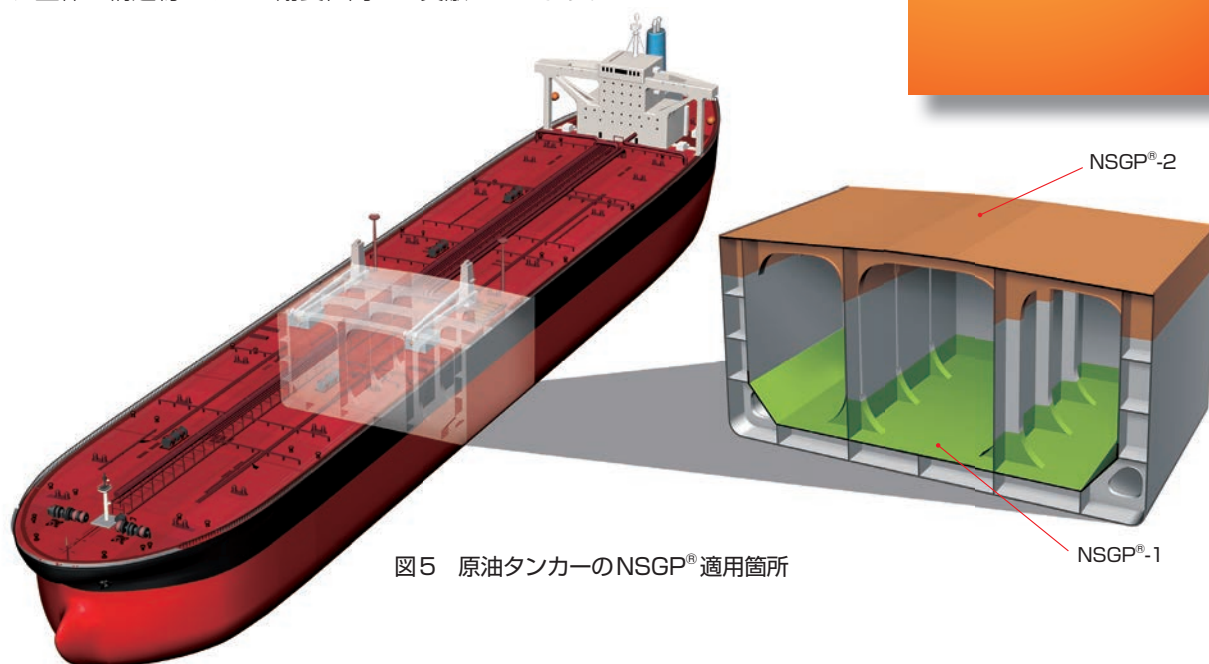


図5 原油タンカーのNSGP[®]適用箇所

自動溶接システムで高能率化

船の建造方法はブロック建造方式が採用され、パネルを組み合わせるブロックを工場内で組み立て、さらにブロック同士をつなぎ合わせて完成させています。海洋汚染防止の観点から、船体がダブルハル(二重船殻)構造に変わり、溶接工程の効率化が課題となっています。

そこで新日鉄住金は日鉄住金溶接工業との共同研究により、2電極1プール方式の高速すみ肉溶接法(HS-MAG)を開発し、自動ロンジ^{※3}溶接装置(写真1)に搭載することで、従来方法と比べて2倍以上の飛躍的な高能率化を実現しました。



写真1 自動ロンジ溶接装置

※3 ロンジ：ブロックのペースとなる鋼板に縦方向に配置した部材。

橋 梁

スマートでシンプルな橋梁構造

東京ゲートブリッジ(写真2)には、新日鉄住金の橋梁用高降伏点鋼「SBHS500」が全面的に採用され、世界初となる全溶接の大型トラス・ボックス複合橋梁を支えています。海上橋のため高塩害環境となり防食的に弱点となり得るボルト接合を避け、全溶接構造が採用されました。高強度鋼使用時は溶接割れの防止のため、溶接前に予熱を必要としましたが、SBHS500は高強度でありながら溶接性が良く、予熱作業の省略が可能な高性能鋼材です。

溶接材料の開発も鋼材開発と並行して行い、東京ゲートブリッジ現地溶接作業の効率化・品質向上・作業環境改善などに大きく貢献するとともに、コンパクトでスマートな構造を実現しました(写真3)。



写真2 東京ゲートブリッジ



写真3 コンパクト格点^{※4}構造

※4 格点：部材と部材との交わる点。



写真4 石油掘削用海洋構造物

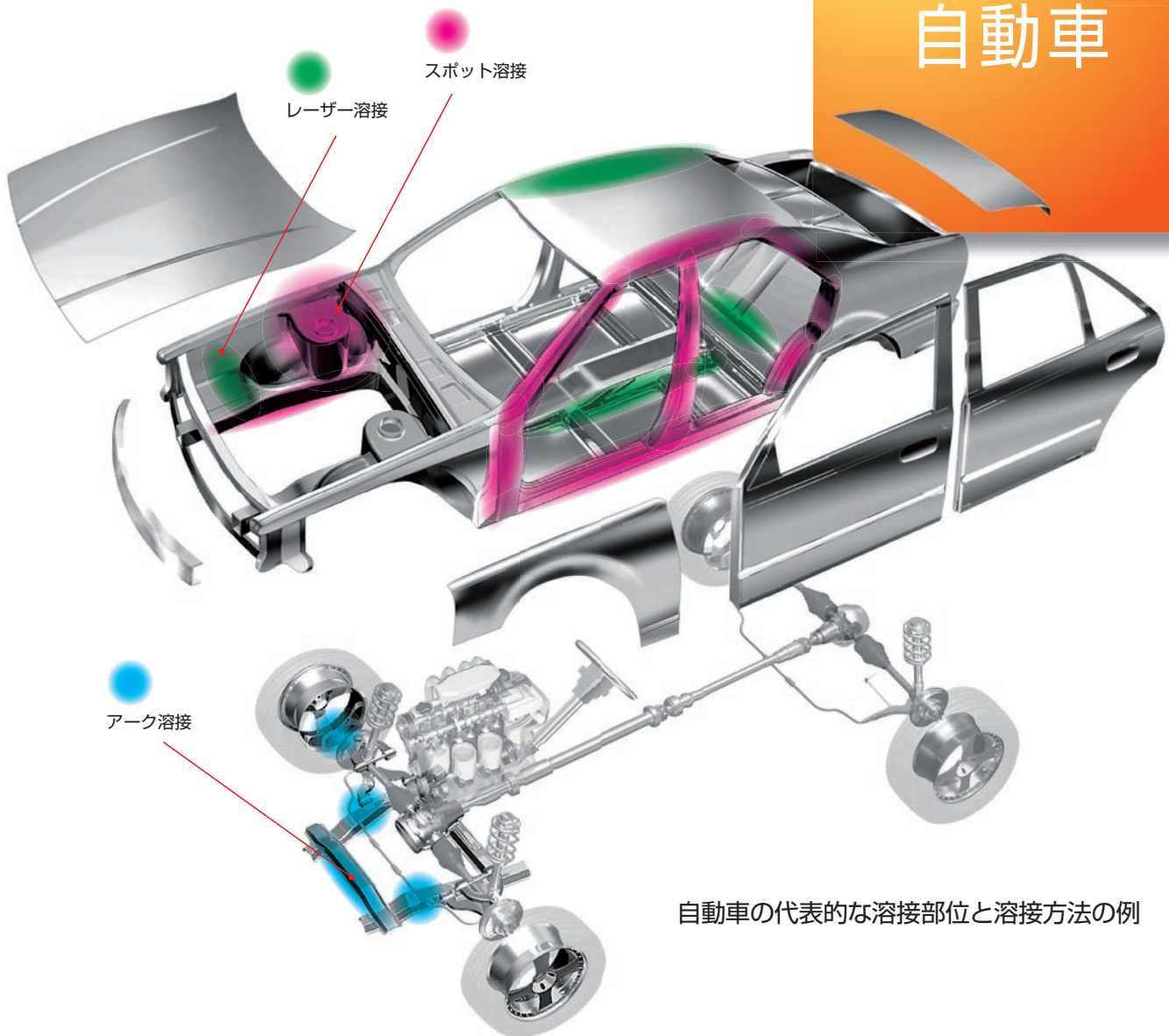
海洋構造物

海底油田採掘用のジャケットに代表される海洋構造物(写真4)は、オペレーターが生活をしながら生産を行うため、特に構造物に対する安全性が求められ、いかに溶接熱影響部(HAZ)の靱性を保ち、脆性破壊の発生を抑制するかが大きな課題となっています。そこで新日鉄住金は、溶接熱影響部靱性に優れた海洋構造物用TMCP厚鋼板(HTUFF[®])を開発しました。鋼材、溶接材料とともに、より靱性が低下しやすい-40℃という過酷な低温環境で操業されるサハリンプロジェクトなどに採用され、北極圏域にまで拡大するエネルギー開発に貢献しています。

マイナス40℃でも高靱性を発揮する

車体の軽量化と衝突安全性の向上

自動車



自動車の代表的な溶接部位と溶接方法の例

■ 車体を効率良く組み立てる

自動車は薄板をプレス成形した大小のパネル部品を溶接で組み立てて車体がつくられています。その組み立て工程では、スポット溶接が主に使われています(図6)。1回の溶接では直径5mm前後の碁石状の溶接金属が形成されるだけですが、次々に溶接していくことでパネル同士を強固につなぐことができます。重ね合わせた鋼板に穴を開け、リベットでかしめるリベット接合に比べて軽量化でき、施工時間も短く、作業効率が良いというメリットがあります。

しかし防錆亜鉛めっき鋼板をスポット溶接すると、めっきの亜鉛と溶接電極の銅が反応し電極が傷み、続けて溶接できず非効率になるという課題がありました。新日鉄住金は、めっき層の組成を改良した合金化溶融亜鉛めっき鋼板を開発し、スポット溶接の連続打点性を向上させました。このように溶接性と耐食性を兼ね備え、さらには加工性など、さまざまな性能に優れた合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、自動車用鋼板として現在広く使用されています。

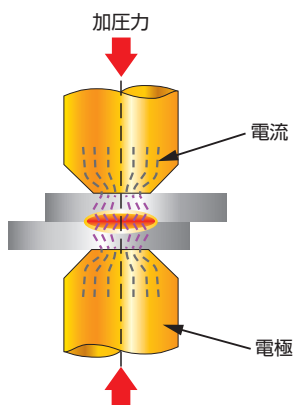
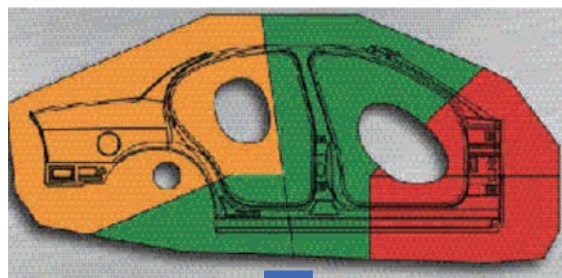


図6 電気抵抗スポット溶接

2枚以上の鋼板を重ね合わせ、棒状電極ではさみ込んで電流を流し、電極間の鋼板を溶かし接合する。鋼板の表面は水冷電極で冷却されているため、鋼板の合わせ面だけを1秒以内に溶かすことができる。

板厚や強度の異なる鋼板を溶接



プレス成形



図7 ULSAB※5 Body Side Outerの例

※5 ULSAB(UltraLight Steel Auto Body)：ハイテン(高張力鋼板)と新たな加工技術の適用で車体の軽量化を図るプロジェクト。

異なる原板から溶接でプレス用素材を仕立てる

自動車の骨格などにテーラードブランク工法が採用されています(図7)。テーラードブランクとは、板厚や強度の異なる鋼板をレーザー溶接(図8)してプレス用素材を仕立てたあとプレス成形する技術です。強度が必要な部位だけに高強度鋼板を適用することが可能となるため、成形品としての必要な強度を保ちつつ、強度が不要な部分の軽量化を図ることが可能です。まさに仕立て服を注文するように目的に合わせて、異なる原板を適材適所に配置することができます。

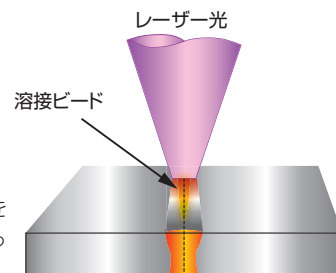


図8 レーザー溶接

レーザー光を母材に照射し、金属を局部的に溶融・凝固させることによって接合する。

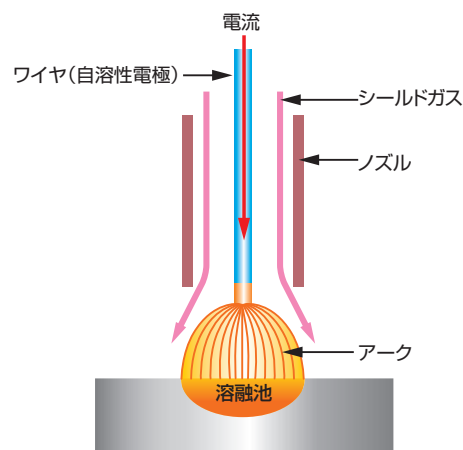


図9 ガスシールドアーク溶接

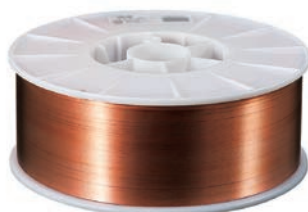
高温となった母材が酸素と反応しながら酸化するのを防ぐため、不活性ガスを噴射しながら溶接面を空気から遮断(シールド)し、母材を溶かし接合する。

足回り部品の信頼性を確保する

自動車のタイヤと車体をつなぐ足回り部品の製造には、ガスシールドアーク溶接が多く用いられています(図9)。足回り部品には鋼板だけでなく、鋼管や棒鋼などのさまざまな形の部材が用いられるため、自由な形状の溶接ができるアーク溶接が適しています。一方、足回り部品が故障すると重大な事故を招く恐れがあるため、その溶接部には疲労強度や耐食性に対する高い信頼性が求められます。新日鉄住金では足回り部品の軽量化を目的とした高強度鋼板・めっき鋼板を開発するとともに、それに適した高強度溶接材料や溶接工法を提供することによって、足回り部品の信頼性向上に貢献しています。

ものづくりを支える溶接技術・材料の開発

溶接で組み立てられている製品の品質は、溶接する作業者の技能レベルやロボットの操作状態によって大きく変化してしまいます。溶接はものづくりのカギを握るキーテクノロジーの一つなのです。その溶接の品質を確保するためには、欠陥を抑える溶接方法や溶接条件の管理とともに、最適な溶接材料の選定が欠かせません。日鉄住金溶接工業(株)は、新日鉄住金の高機能鋼材に最適な溶接技術・材料を開発し、お客様のニーズに合わせた製品・機器装置の供給で日本のものづくりを支えています。



日鉄住金溶接工業(株)の新ブランド「WELDREAM」

「お客様の理想の溶接を実現する」をコンセプトに製品改良・開発を行っています。

羽生 善治氏

棋士



●プロフィール はぶ・よしはる

1970年埼玉県生まれ。82年に小学生名人戦で優勝し、二上達也門下でプロ棋士の養成機関・奨励会に入会。85年にプロ四段に昇り、史上3人目の中学生棋士となる。89年に史上最年少で「竜王」、94年「名人」、96年には7大タイトル(※)を同時に獲得する前人未達の「七冠」を達成する。現在、全7タイトルのうち「竜王」を除く6つで「永世称号」の資格を保持。名誉NHK杯選手権者の称号とあわせて、7つの永世称号の保持者は史上初。今年25年連続の年度複数冠を達成、タイトル獲得97期は史上第1位。著書は『羽生の頭脳1~10』(日本将棋連盟)、『決断力』『大局観』(角川書店)、『適応力』(扶桑社文庫)、『羽生善治 闘う頭脳』(文藝春秋)など多数。

※7大タイトル：竜王戦、名人戦、王位戦、王座戦、棋王戦、王将戦、棋聖戦

遊びの一つとして 将棋の面白さを知る

高橋 今年の技術対談では、将棋界で長年トッププレイヤーとして活躍され、今年もタイトル三冠(王位・王座・棋聖)を防御された棋士の羽生善治さんをお迎えしました。本日は第87期棋聖就位式の前のお忙しい時間に、この対談へのご出席だけでなく、当社君津製鉄所とREセンターをご見学いただき、ありがとうございます。改めましてご就位おめでとうございます。

この対談は当社の社内報と社外向けのPR誌に掲載されますが、読者の方々にも多くの将棋ファンがいらっしゃいますので、楽しんで読んでいただけるものと思っています。今日は羽生さんの将棋に対する思いや、お人柄に触れる幅広いお話を伺いたいと思っていますのでよろしくお願いします。

まず初めに、小さいころはどんな少年でしたか。また将棋はどのようなきっかけで始められたのでしょうか。
羽生 子どものころは比較のおとなしいというか、あまり目立たないタイプで、学校の先生から見ても印象に残るような生徒ではなかったと思います。自分としてはつつがなく少年時代を過ごしてきた感じです(笑)。最初に将棋を覚えたのは小学1年生のときですが、実家が東京の八王子市で自然豊かな場所だったので野球やサッカーはもちろん、ラジコン、トランプなどいろいろな遊びの一つとしてたまたま将棋と出会いました。

高橋 さまざまな遊びのなかでも、特に将棋に魅かれたのはなぜでしょうか。

羽生 ちょっとやつても全くコツがわからないところが面白かったですね。例えばダイヤモンドゲームは少しやると、こうして駒を動かせばいいというコ

理解するほど可能性が広がる 奥深い世界に挑み続ける

15歳でプロ棋士になってから30年、将棋界のトップランナーとして走り続けている羽生善治氏。卓越した思考力と勝負力、発想力、持続力、そして気さくな人柄が、将棋界を超えて私たちを魅了し続けている。今年の技術対談では、羽生氏の少年時代のエピソードからプロ棋士としてのあり方、人間と機械の関係、AIの可能性など幅広くお話を伺った。また、対談開催前に見学していただいた新日鉄住金君津製鉄所とREセンター(富津)の感想もお聞きした。

新日鉄住金(株) 代表取締役副社長

高橋 健二



ツが見えてきますが、将棋にはそれがなかった。もう一つは家族で市の中心まで毎週末車で買い物に行っていたとき、買い物中の4〜5時間、将棋クラブ(道場)に通っていたこともあって本格的に続けるようになりました。

同年代から年輩の方まで年齢に関係なく対局するなかで、特に私が通った道場は子どもの数が多かったのも、学校以外の遊び場の一つとして毎週通うのを楽しみにしていました。夏休み・冬休みにいろいろな場所で開催される子どもの将棋大会に出るのも楽しみでした。

高橋 私も小さいころ、まさに縁台将棋をやったりしていましたが、なかなか上達せずやめてしまいました。将棋をずっと続けてこられた原動力はどこから生まれたのですか。

羽生 環境に恵まれたからだと思います。通っていた道場には子どもの面倒見のいい席主(責任者)がいらっしゃって、何より同世代の将棋仲間がたくさんいたので、遊びながら楽しく続けられました。



1982年の第7回小学生名人戦でのひとコマ(右端が羽生さん) 撮影:弦巻 勝

プロ棋士として 長年トップを走り続ける秘訣

高橋 1982年の小学生名人戦での優勝後にプロ棋士の養成機関「奨励会」に入られ、その後史上3人目の中学生棋士になりました。それから30年もの間、まさに頂点で活躍し続けてこられた持続の秘訣といえますか、矜持(きようじ)(自分の能力を信じる誇り)や、日ごろ大切にされていることはありますか。

羽生 長く続けていかなければならない世界なので、時々の瞬発力よりも継続的なパフォーマンスを残していければと思っています。また世代や年代によって変わる強みや長所を意識することが大切です。具体的には、10〜20歳代は記憶力や計算力、反射神経などが強みで、徐々に歳を重ねると感覚的な判断や経験値に基づく直感、大局観など、なかなか定量化できない能力が上がってきます。今は後者に軸足を置いていく感じですね。

高橋 直感というものは、対局中の盤上を見ていて突然ひらめくものですか。私たち凡人にはなかなかわからない世界です。どのような感覚なのですか。

羽生 例えば、カメラで撮影するときにフォーカスを絞りピントを合わせますが、その作業に近い。今まで経験して勉強してきたことを武器に、盤上を見てこの手とこの手があるんじゃないかということ瞬間的に判断しています。おそらく皆さんも何かの物事に直面したとき、無意識にその直感で判断していることがあると思います。ただ闇雲に思いつきで適当に選んでいるのではなく、経験・蓄積を踏まえて何らかの可能性を見いだした段階で、無駄を含めたあとの選択肢は無意識に捨ててしまっているんです。



1996年2月の七冠達成は、各種メディアで一斉に報道された

撮影：弦巻 勝



プロ昇格を決めた対局(四段昇段の一番)

豆知識

将棋とチェスの違い

盤面は将棋が9×9、チェスは8×8。どちらもチャトラングという古代インドの双六のようなボードゲームにルーツを持ち、将棋はタイ、ミャンマー、モンゴル、中国、朝鮮半島、日本などアジア各国で個別に発展を遂げた一方、チェスはヨーロッパを中心に統一され、一つの競技として広く定着した。国内最高峰のチェスプレイヤーでもあり、2013年にはポーランドの大会でグランドマスターに勝利した羽生さんは、「両者の決定的な違いは、将棋は取った駒を再利用できること。チェスは序盤から激しく、終盤になると駒が減って指し手の選択肢も減り局面が穏やかになるが、将棋は序盤が穏やかで、駒がぶつかってからの終盤に激しくなるという逆の性質がある」と指摘する。



イベントで元世界王者のガルリ・カスパロフ氏と対局

日本鉄鋼業の強みを 肌で感じていただく

高橋 本日、当社君津製鉄所と、研究開発の拠点であるREセンター(富津)をご見学いただきましたが、感想はいかがですか。

羽生 まず非常に大がかりな規模のプラントでの作業が円滑かつ正確に行われていることに驚きました。現在産業の世界は技術革新、グローバル化のなかでもすごいスピードで変化していますが、鉄の場合大型設備を簡単に切り替えるわけにもいかないでしょうし、どのような工夫をされているのですか。

高橋 重厚長大の装置産業なので、大きなところを急に変えるわけにもいきませんが、高炉で溶かした鉄を、その後の成分バランスや加熱方法、圧延の仕方を変えて、硬くて強い鉄から軟らかく加工しやすい鉄まで変幻自在に性能をコントロールできます。そのために必要な設備改善・開発を図りながら、お

客様のその時々ニーズに合致する製品を生み出しています。

羽生 一方で、中国をはじめグローバル競争が激化するなかで、そうした設備技術をベースに品質の優位性をどのように担保されているのですか。

高橋 たしかに厳しい状況です。製鉄設備はターンキー方式と言って、新興国の企業でもプラントメーカーから設備を買ってスイッチを入れれば、鉄がつかれてしまう世の中になっています。従来は目指す設備仕様を図面から考え、試験を繰り返し実際に立ち上げる、いわば「すり合わせの技術」でようやく鉄がつかれましたが、そのノウハウまで設備の中に織り込まれている。経験の浅い企業でも設備一式買えばある程度の鉄がすぐにつくれてしまう点が、昔の鉄鋼業と様変わりした点です。

羽生 似たようなこととして、ワインの話を聞いたことがあります。フランス・ボルドーの5大シャトー(醸造所)が長年職人たちの努力の結果、品質の優れたワインをつくり続けていますが、最近は日照時間

や肥料の配合・量などのパラメータをデータ化し、職人なしにそれを再現することにより、南米のチリやカリフォルニアで、かなり安く品質もいいワインが量産されています。味として本場のフランス産高級ワインにはかなわないまでも、一つの大きなトレンドです。同じ土俵で異なる価値観をうまくすみ分けできればいいのですが、ボーダレスになるグローバル化のなかではなかなか難しいですね。

高橋 おっしゃるとおりで、従来ブランドとして守っていたものの差が小さくなっていますね。当社もブランド価値を持っていると思っていますが、今後新興メーカーが最新設備を使って簡単に質の高い鉄鋼製品をつくってしまう時代が来るかもしれません。そのような時代になったとしても、自動車用の高強度鋼板や深海で使うエネルギー分野向けの鋼管など、当社が得意とする高度な独自製品でアドバンテージを発揮し、常に先を走り続けるための技術開発に挑戦しています。

新日鉄住金 君津製鉄所・REセンター見学風景より



第4高炉前



熱延工場



製鉄所本事務所1階の展示ルーム



REセンターでは研究開発事例を紹介

将棋も鉄も未知の世界を切り拓く夢がある

高橋 羽生さんの著書を数冊読ませていただいたなかで、特に興味を引いたのは「将棋の世界を1000とすると、現在理解されているのはまだ5〜6ぐらいしかない」という言葉です。これはどのようなことでしょうか。

羽生 将棋の指し手は可能性として10の220乗ぐらいあると言われています。現実問題として物理的に計算し尽くせません。例えば定跡やセオリー、いわば舗装された道はそこを何度も通る経験からかなりのがわかっていますが、まだ舗装されていない、開拓されていない道が山ほどある。解明された道は全体から見るとまだごく一部分なんです。

高橋 実は鉄の世界も、例えば強度ひとつを取っても私たちが日常使うものは、鉄が本来持つ能力の10%ほどの性能しか使えていません。ある意味で、無限と思える可能性のなかで新しいものを見つけていく将棋の世界と共通していると感じます。とかく古いイメージを持たれがちな鉄は、まだまだ進化できる夢のある材料であることを胸に刻みながら研究開発に取り組んでいます。

さらに鉄は、重量で地球の3分の1を占める豊富な資源でありリサイクルもしやすいので、将来にわたって鉄の可能性を引き出し続けて実用材として社会に役立てていきたいと思っています。

羽生 資源の問題から見ても、鉄は持続可能な社会のために不可欠な素材と言えますね。現在は地球温暖化を背景に環境にやさしいものが求められています。その点で鉄の良さをどのように考えていますか。

高橋 原料の鉄鉱石から鉄鋼製品をつくり使用後に

リサイクルするライフサイクルで見ると、鉄は最もCO₂の排出量が少ない材料の一つです。また鉄を上手に使い地球環境への負荷を低減するのも大きな研究テーマであり、私たちの使命です。例えば、自動車の排気ガスの排出量を減らすために、自動車用材料として安全性に不可欠な強度を確保しながら、いかに薄肉化して車体の軽量化を実現するかといったテーマに長年取り組み続けています。

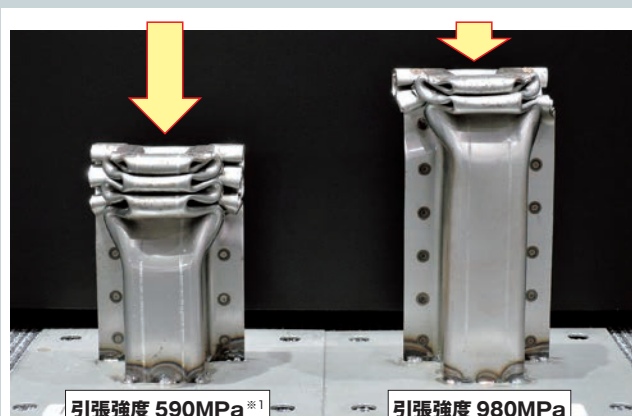
現在では鉄の新たな性能を引き出すツールとなる分析装置も進歩し、従来からの試験に加えて、原子の動きなどの現象をその場で観察・分析できるようになり、今までとは異なる発想・アプローチからも鉄の高機能化に挑戦しています。

羽生 先ほどREセンターで研究開発の事例を紹介いただき、熱延工場で見えたダイナミックなものづくりが、分析装置での解析などを通してマイクロ・ナノレベルという、人間の目では見えない世界で精緻に制御されていることに驚きました。

美意識と知性の両輪で可能性を極め続ける

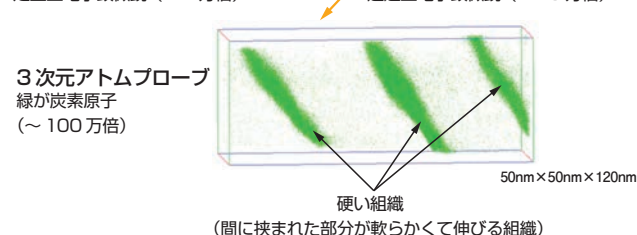
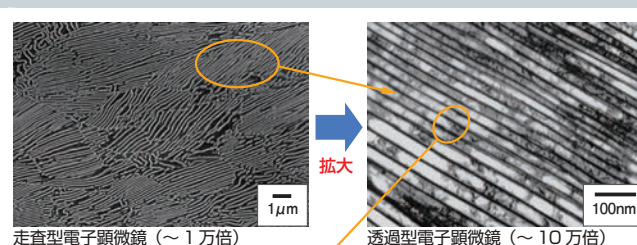
高橋 私たちの鉄鋼研究開発は、原理原則・機能・つくり方・使い方などの側面から「鉄を極める」ことを目指しています。羽生さんも「将棋を極める」というお話をされていますが、それはどのようなイメージなのでしょう。

羽生 将棋は現在のルールができて約400年ですが、おそらくここ50年ぐらいで技術的に大きな変化があったように思います。定跡やセオリーなど道が舗装されたあとの細分化とあわせて、指し手のタブーがなくなってきました。従来は王道や本筋、華麗



高強度化により小さな変形量で衝撃を吸収できる

新日鉄住金独自の高付加価値商品を生み出し続ける（自動車用の高強度材）



原子レベルで鉄の組織と特性の関連性を探る

※1 MPa：メガパスカル。引張強さや圧力の単位。

な棋譜(対局記録)などがあり、それに沿っていない指し手は邪道として評価されませんでした。しかし今は可能性があればやってみることで新しい手が生まれています。私自身はそういう新たな手も学び、今までなかったことに挑戦しながら極め続けていくイメージを持っています。

高橋 今は将棋ソフトなどで機械が学習した指し手を試すこともできますが、その点についてはどのようにお考えですか。

羽生 確かにある程度は強くなれますが、大事なものは機械が学習したことを人間が人間らしく把握し、理解を深めて取り入れて、自らの発想の幅を広げること活用していく視点です。その意味では今後、将棋ソフトなどの機械が提示する相当な知性をどれだけ人間が理解できるかが大きなテーマになってくると思います。

そしてそれは、人間が持つ「美意識」とも密接に関係しています。ものづくりの現場もそうだと思いますが、ベテランの方は長年培った美意識によって、言語化できない匠の視点から、エレガント(優美)でスムーズといったことが感覚的にわかる。ただし将棋の場合、人間が初めに感じた直感、違和感そのものが間違っていることもあります。人間の思考には必ず死角や盲点があり、そこをソフトが指摘することもあるので、人間が本来持つ美意識、感覚を大切にしながらも、情報をうまく取り入れて盲点をなくしていくようなアプローチが大切だと考えています。

高橋 先ほどの1000のうち5〜6というお話で言えば、そうした美意識と知性のバランスを取りながら深く磨きをかけていくと、理解度も10や20に上がっていくということですか。

羽生 そうですね。でもそれが収束する先は見えません。例えばオセロであれば60手打ったら必ず終わりますが、将棋は60手で終わるときもあれば150手、200手かかることもある。理解できたと思っただけに可能性が広がり、ますますわからなくなります(笑)。鉄もそうかもしれないですが、将棋や囲碁が歴史に淘汰されないのは簡単に解明できない、飽きられないからこそだと思います。

高橋 鉄は4000年も使われ続けているという意味で、エレガントな卓越した材料だと言うこともできますね。

羽生 鉄があつたからこそ文明があり現在の豊かな生活があります。研究開発でもミクロ・ナノの分析ができるようになったのはここ数十年のことでしょうし、これからますますいいものが生まれるんじゃないかという期待感がありますね。

高橋 まったく同感です。鉄鋼材料開発について従来のさまざまな論文を見ると、ほとんどが仮説を前提としています。一部分を観察して材料組織と性能の関係性を仮説により理論化してきた。今後、相当な部分を観察・分析できるようになると、過去に立てた仮説の検証を含め、これまでとは異なる鉄の進化が実現しそうな予感があります。

AIを活かして 人間の創造性を高める

高橋 最近将棋でもコンピュータと対局する「電王戦」が話題となっているように、現在さまざまな分野でAI(人工知能)の導入が進んでいます。

材料開発の世界でも、材料データ群の徹底した計算解析による新たな材料設計技術(マテリアルズ・インフォマティクス)の研究開発が行われています。当社でも、鉄に関連する膨大なデータを組み合わせ、



製鉄の現場でも製造条件の制御にAIが使われ始めている



2015年4月11日に行われた「将棋電王戦FINAL(第5局)」(右は阿久津主税八段)

AIを使って材料設計の最適解を導き出す取り組みを行いたいと考えています。将来的にAIが鉄鋼業を含めた産業界を変えていく起爆剤になると思います。

羽生 いまお話のあった最適化はまさにAIが得意とする領域で、認識に必要なデータを大量に蓄積することで、より正確な答えを導くことができます。2012年にグーグルが猫をAIに認識（ディープラーニング）させましたが、その際にはまず答えの基になる3億枚の猫の画像データをグーグルが持っていたということが重要でしたね。

高橋 3億枚はすごいですね。鉄鋼材料開発の最適解についても、計算処理能力は大切ですが、まず長年蓄積した大量の知見をいかにデータ化するかが一つの課題です。将棋の世界ではAIの可能性をどのように捉えていらっしゃいますか。

羽生 まず多様性をいかに確保するかが課題です。例えば一つの局面での指し手に対して、人間の判断が6対4に分かれたとき、AIだと6割のほうが良いことになり、残りの4割の可能性を失うことにもなりかねない。新しいアイデアや新たな形が生まれにくくなる危険性ははらんでいると思います。AIの陥りやすい罠として「水平線効果」※2と呼ばれるものがあります。その場の失敗を排除して問題を先延ばしにすると、そのときは確かにマイナス面が消えるものの、進むにつれて状況が悪化し結果的に局面が悪くなってしまうことがあります。長期的な視点や発想に基づいた先に新たな創造があるのだとすると、一つの局面だけで完全に正しい判断はできないと思っています。

高橋 部分的、短期的な最適解を求めすぎてしまうと、大局を見失い長期的に結果が悪くなってしまうということですね。

羽生 そうです。さらに将棋の場合は、一つの局面でも200〜300ぐらい形勢を判断する評価係数があるのですが、それでも正しく進む局面の評価はまだ完全にはできないと思います。持ち駒の数や守りの形だけではなく、一手ずつ進むなかで複合的な要因で刻々と変化する局面を評価するのは難しい。仮に評価したとしても、最終的に本当に正しいかどうかはわかりませんね。

高橋 逆に言えばAIほど精度は高くななくても、その局面ごとに大局的、総合的に判断する人間の能力が重要ということですね。

羽生 おっしゃるとおりです。AIは何十万桁の計算を瞬時に行いますが、例えば知らない人の家で豆とカップを見つけてコーヒーを入れることはできません。人間の場合は、初めての家でもこの棚にカップが、この辺に豆があるかなと見当がつきます。AIで最適解を導いたあと、データ化できない核心的な部分を人間が判断するという役割分担が進むのが好ましいと思います。

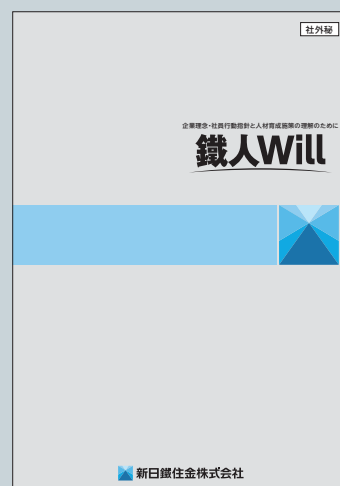
高橋 同感ですね。当社でもAIと人間の経験値を組み合わせ、生産や管理の判断に用いることで、お客様からより信頼いただける鋼材をご提供することができ、それが当社製品の競争力の源泉のひとつになると考えています。

どんなに技術が進化しても 行き着くところは人材

羽生 いまお話に出た「人間の経験値」という意味で、特に製造業の場合は、安全性や品質・技術の核心の部分形づくるのは人材だと思います。御社ではそうした経験値を若い世代にどのように継承されている



現場での指導風景



『鉄人Will』表紙

※2 水平線効果：一つの判断以降の経路・結果を、あたかも水平線の向こうのように捉える（無視する）ため、長期的に見て問題のある選択をすること。



RE センターにて

るのですか。

高橋 人材育成はまさに当社最優先の経営課題です。製鉄にかかわる多彩な技能を全社で体系化・標準化しながら伝承していますが、特に技能のベースとなる心構えなどの精神的な部分も重要です。2012年に新日鉄住金として新たなスタートを切ったときに鉄づくりに従事する当社社員としてこうありたいという姿を、『鐵人W i l l 』というコンセプトブックにまとめ、それを基軸に技能・安全など多彩な教育体

系を整備して根付かせようとしています。もう一つは、当社では60歳を超えたベテランが再雇用社員として多く活躍しています。こうした方々に、各職場で、技能だけでなくものづくりの姿勢、心の部分を含めて伝えてもらう役割を担っていただいています。

羽生 当然マニュアルも必要ですが、ノウハウやルールなどを実際に築いてきた先人の知恵を知り、ベテラン技能者の方からの口伝を含めて、データ化できない部分を直接教えていく取り組みは大切ですね。

高橋 鉄鋼業では新技術・製品開発に結び付く研究者・技術者のひらめきやアイデア、そしてそれを具現化する製鉄現場の技能者が不可欠です。現在はAIの導入も含めて製鉄現場の自動化が進んでいますが、行き着くところはやはり人材です。最後にものづくりに携わる研究者や技術者に向けて激励などのメッセージをいただければうれしく思います。

羽生 アイデアや発想はその人の個性です。まずそこを大切にさまざまなものを生み出していただきたいと思っています。多様な分野の人たちが集まってアイデアを出し合うTED^{※3}の講演のなかで面白いプロモーション映像がありました。一人の人間が突然草むらで踊り出し、変な人だと思っていたら、そのうち隣の人も一緒に踊り出す。そうすると周りの人たちも徐々に踊り出し、最終的に全員が踊り始める。ここで言いたいのは、世の中で最初に踊り出す変な人は常にいるが、大事なものは「2番目に踊り出す人」だということです。面白そうだと一緒にやる人がいれば、新しいことが広まっていきます。自分の発想が少々突飛でも発信して、一人でも理解者をつくるのが大切だと思います。

高橋 なるほど、興味深いお話です。当社に置き換えますと、「2番目に踊り出す人」であるマネージャークラスには耳の痛い話ですが、若手の上司である管理者が良き理解者となつて、若い世代の新たなアイデアを活かし、能力を伸ばす努力をしなければいけませんね。まさに当社の人材育成での一つの課題です。本日は棋士としての哲学から鉄鋼技術やAI、人材育成の話題まで大変貴重なお話をいただきありがとうございます。

(この対談は2016年10月28日に、新日鉄住金REセンター(富津)で開催されました)

※3 TED: Technology Entertainment Design。非営利団体によって運営されているスピーチフォーラム。スピーチや会合を通して優秀なアイデアを世界に広め、人々をつなげる活動を行い、その内容はインターネットを通じて世界中に配信されている。紹介された具体例はDerek Sivers氏(2010年)“How to start a movement”。

チタン合金が四輪スポーツ車のマフラーに採用



新型スポーツカーGT-R

© 日産自動車(株)



チタンエキゾーストシステム

© 日産自動車(株)

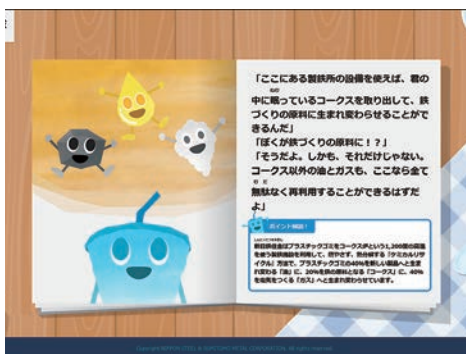
新日鉄住金のチタン合金「Super TiX[®] 10CU」(スーパータイエックス10CU)が、日産自動車(株)の新型スポーツカーGT-Rのエキゾーストシステムに採用されました。

スーパータイエックス10CUはチタンに1.0%の銅を添加し、酸素を低減した新日鉄住金独自のチタン合金で、純チタンと同等の室温加工性を持ちながら、高温強度に優れています。排気系部品としての加工性向上と耐熱性を評価され、純正部品での採用となりました。



**君津製鉄所
プラスチックリサイクル
累計処理100万トン達成**

新日鉄住金は2000年よりコークス炉化学原料化法によるプラスチックリサイクルに取り組んでいます。君津製鉄所で8月に累計処理量100万トン(全社7所では5月に250万トン)を達成しました。これにより君津では約320万トンのCO₂削減、約400万m³の埋立処分回避の環境負荷削減効果をあげています。今後も循環型社会の形成に貢献していきます。



**「発見! 製鉄所の
プラスチックリサイクル」
特設サイトを開設**

新日鉄住金は9月30日、コークス炉化学原料化法による容器包装プラスチックリサイクルの認知度向上のための特設サイト「発見! 製鉄所のプラスチックリサイクル」を開設しました。ぜひご覧ください。

サイトURL: <http://www.nssmc.com/csr/plastic-recycle/>

アラブ首長国連邦AGIS 第2溶融亜鉛めっきライン商業生産開始

新日鉄住金が20%の持分を有するアラブ首長国連邦の溶融亜鉛めっき鋼板製造・販売会社AGISは、10月から第2溶融亜鉛めっきラインの商業生産を開始しました。生産能力は年産20万トンから40万トンに拡大します。中東や北アフリカ、西アジアの建材薄板市場に構築した強固な顧客基盤を拡大していきます。



AGIS (Al Ghurair Iron & Steel L. C.) 外観



第2溶融亜鉛めっきライン

NSブルースコープ(タイ)社が 第3溶融めっきラインを新設

新日鉄住金と豪州ブルースコープ・スチール社の東南アジア・北米の建材薄板事業を展開するNSブルースコープ・コーテッド・プロダクツは、伸びゆくタイの建材薄板需要捕捉に向け、傘下のNSブルースコープ(タイ)社に第3溶融めっきラインを新設し、溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板およびカラー鋼板の製造能力を増強することを決定しました。



NSブルースコープ(タイ)社

日本ばね学会賞「技術賞」を受賞

新日鉄住金は11月4日、「排気ガスケット用高機能ステンレスばね鋼板の開発」で、日本ばね学会より、日本ばね学会賞「技術賞」を(株)本田技術研究所と共同受賞しました。自動車排気系部品の連結部に使用されるガスケットのばね材料として、排気温度の高温化に対応可能で、経済性にも優れています。すでに複数の自動車メーカーの排気系ガスケット材として採用されています。



排気ガスケット(製品イメージ)

衝突安全性に優れた鋼板採用船が Class Notationを世界で初取得

新日鉄住金が開発した衝突安全性に優れた高延性造船用鋼板「NSafe®-Hull(エヌセーフハル)」を採用した大型ばら積み船が、(二財)日本海事協会からClass Notation(船級符号への付記)“Hull Protection by Highly Ductile Steel”(HP-HDS)を世界で初めて認められました。幅広い船舶への適用を通じて、今後とも安全で確実な海上輸送の実現に貢献していきます。



NSafe®-Hull 初採用船

釜石市上中島地区3件目の 復興事業に着手

釜石市と新日鉄住金、新日鉄興和不動産(株)は、上中島こども園・すくすく親子教室・上中島児童館の一体整備事業の実施に関する協定書を締結しました。上中島町復興公営住宅整備事業Ⅰ期・Ⅱ期に次ぐ、釜石市上中島地区における3件目の復興事業となります。増加する保育ニーズに対応し、子育て中の女性の就労を後押しするとともに、復興公営住宅を含む地域のコミュニティ形成に資する場となることを目指します。



上中島こども園・すくすく親子教室・上中島児童館の整備イメージ



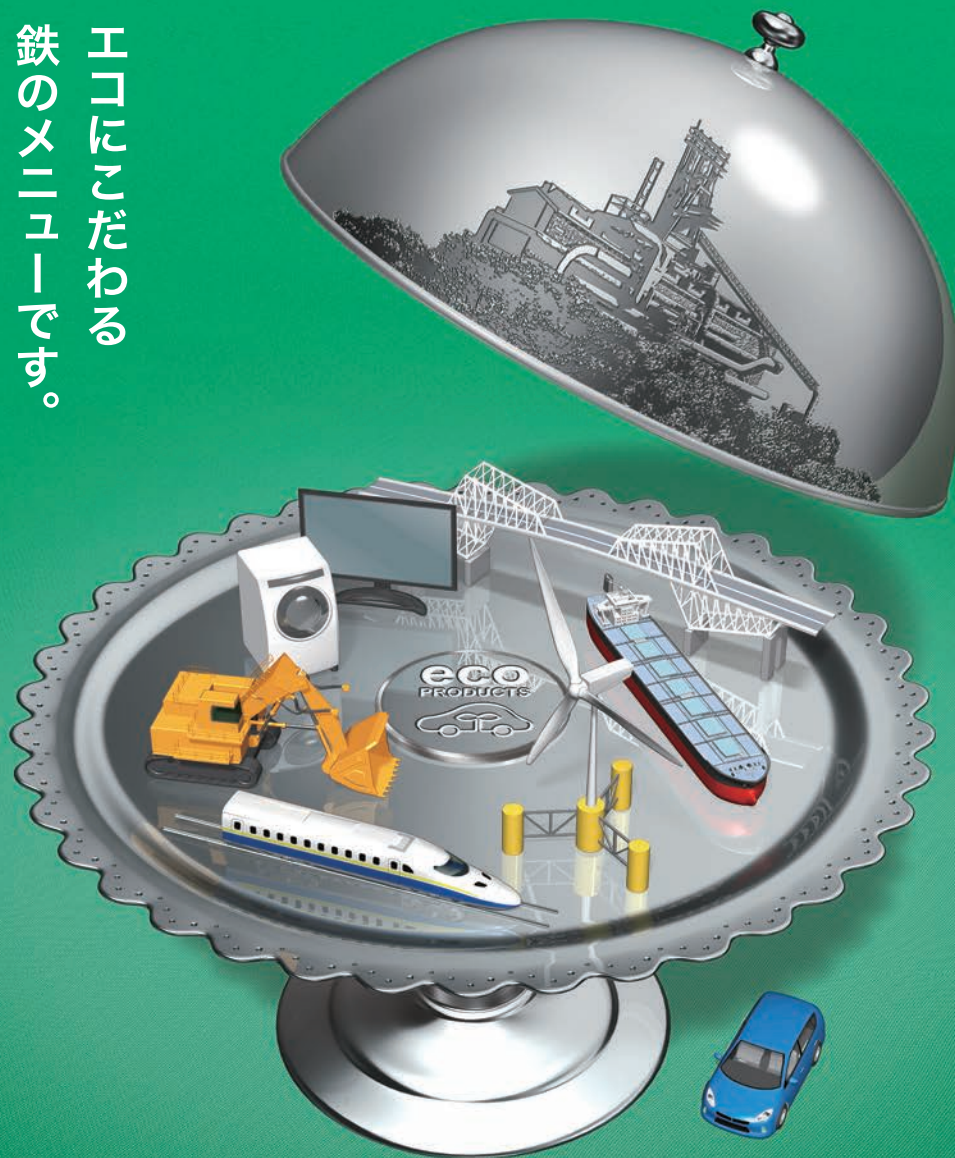
『季刊 新日鉄住金』バックナンバー

これまで鉄道、船、橋、缶、車などをテーマに特集を組んできました。QRコードを読み取ることで、バックナンバーをご覧いただけます。

<http://www.nssmc.com/company/publications/quarterly-nssmc/index.html>

なお、定期送付ご希望の方は上記アドレスより申し込みください。

エコにこだわる
鉄のメニューです。



鉄はもともと自然界に存在し、身近な製品となって社会と暮らしをささえています。新日鉄住金は世界最高水準の技術を進化させ、環境にやさしい製品を世に送り出してきました。世界中になくてはならない鉄だからこそ、もっともっと省資源・省エネルギー、環境負荷低減に貢献したい。これからも独自に追求したエコプロダクツ®を多彩に創造していきます。

私たちは鉄が好きです。限らない「エコ」の可能性があるから。



世界の鉄へ しんにってつすみきん