

2018年鉄鋼生産技術の歩み

Production and Technology of Iron and Steel in Japan during 2018

日本鉄鋼協会 生産技術部門

The Technical Society, the Iron and Steel Institute of Japan

1 日本鉄鋼業の概況

2018年の経済活動に関わる主な出来事を振り返ると、海外では、3月に米国が通商拡大法232条による鉄鋼とアルミの輸入制限を発動し、これにより米中貿易摩擦が一層激化することになった。また、11月にはEUが英国のEU離脱協定案を正式に決定したが、年明けの英国議会で本案が否決されるなど、いわゆる保護主義的な動向に目が離せない状況となった。このような貿易摩擦等による影響が懸念され、欧州や中国における景気停滞感があったものの、世界経済は総じて堅調に推移した。国内に目を向けると、2018年は度重なる自然災害に見舞われた年であった。7月に記録的な豪雨に襲われた西日本集中豪雨、9月には四国、近畿地方を縦断した大型の台風21号の襲来、続けて北海道の胆振地方を震源として最大震度7を記録した「北海道胆振東部地震」の発生など、極めて大きな被害を伴う自然災害が生じ、被災地の近くの製鉄所では操業への影響が生じるようになった。鉱工業生産指数も第3四半期はこれらの自然災害の影響を受けて低迷したが、災害復旧が進むなか第4四半期には年間での最高水準に回復した。また、完全失業率や有効求人倍率も改善傾向は継続しており、我が国の雇用情勢は着実に改善した。日本経済は緩やかな回復傾向が持続し、2018年度の実質GDP成長率は0.9%程度と見込まれている。過去のいざなぎ景気(実質GDP成長率11.5%)、バブル景気(同5.4%)に比べると緩やかな成長率であるが、景気回復期間は戦後最長になった可能性があるとされている¹⁴⁾。

世界の鉄鋼業においては、2018年は特に中国とインドの動向が特徴的であった。中国は数年前より過剰な生産能力が問題となっていたが、2016年にはこの問題を扱う「鉄鋼の過剰生産能力問題に関するグローバル・フォーラム」が正式に

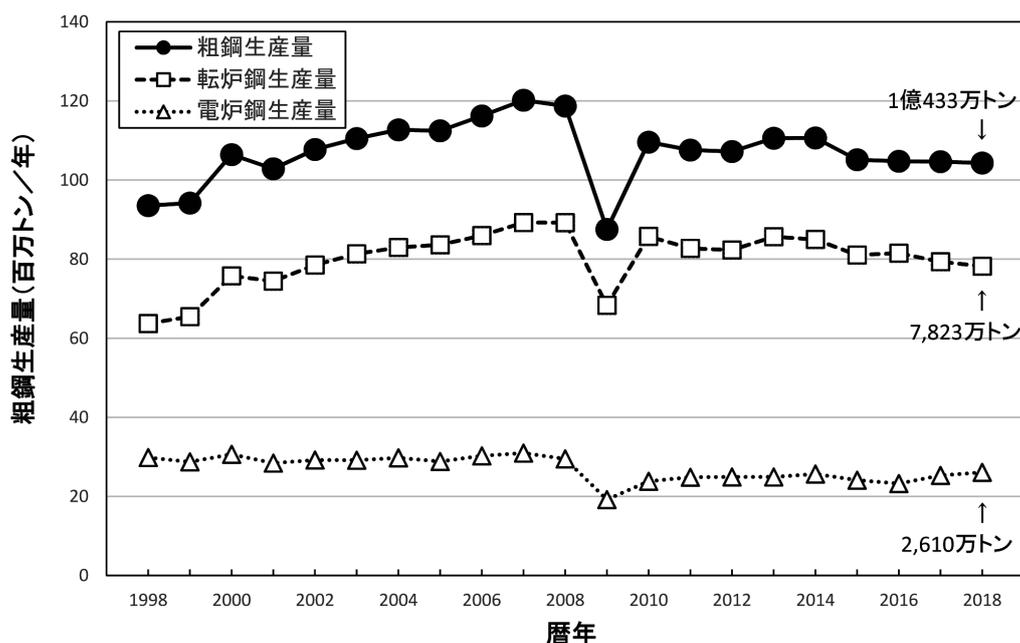
発足し、第1回閣僚会合が2017年11月に、第2回閣僚会合が2018年9月に開かれた。本会合により、各国において鉄鋼の過剰能力問題解消に向けた取組みが行われた。中国でも、政府による粗鋼生産能力削減計画を進展させ、いわゆる「地条鋼」に代表される違法操業も全廃されるようになった。一方で、米中の貿易摩擦の影響を受け、年後半では自動車産業等の鉄鋼需要産業に停滞感が広がったが、それまでの中国の内需が好調であったため、2018年の粗鋼生産量は過去最高の9億2,826万トンに達した。2015年、2016年には粗鋼生産量が概ね8億トンで横ばいであったが、過剰生産能力が調整されたうえ、内需の拡大により再度、伸長し9億トンを超えるレベルとなった。インドでは、政府消費や総固定資本形成等の公共部門に牽引され実質GDP成長率が年7%を超える高水準を維持しており、鉄鋼需要も伸びたことから2018年の粗鋼生産量は、1億646万トンとなり、はじめて我が国の1億433万トンを上回り世界2位となった。このような動向を反映して2018年の世界の粗鋼生産量は、18億861万トンとなり、はじめて18億トンを超えた(表1)⁵⁾。

次に、我が国の鉄鋼業の動向に目を向けると、日本経済全体は年央に発生した自然災害の影響により一時的に停滞していたが、災害復旧と共に緩やかな回復基調となった。鉄鋼需要産業では、建設市場における建築分野、製造業では造船分野で十分な復調が見られなかったが、その他の分野では概ね堅調に推移した。東京オリンピック・パラリンピックに向けた都市開発等の需要は一昨年からの増加傾向となり2018年がピークと見られている。一方で、特に高炉メーカーでは生産設備トラブルが散見され粗鋼生産にも影響を生じた。このような情勢を反映して、我が国の2018年(暦年)の粗鋼生産量は1億433万トンとなり、前年の1億466万トンと概ね同レベル(0.3%減少)となった(図1)⁶⁾。鉄鋼原料の動向について

※新日鐵住金(株)は、現:日本製鉄(株)、新日鐵住金ステンレス(株)は現:日鉄ステンレス(株)、日新製鋼(株)は現:日鉄日新製鋼(株)

表1 国別粗鋼生産量のトップ10 (出所: WSA; 千トン)⁵⁾

順位	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2016年	2017年	2018年	変化率(%) 2018/17
1	旧ソ連	旧ソ連	日本	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
	154,668	154,436	101,640	128,500	355,790	638,743	803,825	807,609	870,855	928,264	6.6
2	日本	日本	中国	日本	日本	日本	日本	日本	日本	インド	インド
	105,279	110,339	95,360	106,444	112,471	109,599	105,134	104,775	104,661	106,463	4.9
3	米国	米国	米国	米国	米国	米国	インド	インド	インド	日本	日本
	80,067	89,726	95,191	101,803	94,897	80,495	89,026	95,477	101,455	104,328	▲ 0.3
4	東西ドイツ	中国	ロシア	ロシア	ロシア	インド	米国	米国	米国	米国	米国
	48,350	66,349	51,589	59,136	66,146	68,976	78,845	78,475	81,612	86,698	6.2
5	中国	東西ドイツ	ドイツ	ドイツ	韓国	ロシア	ロシア	ロシア	ロシア	韓国	韓国
	46,794	44,000	42,051	46,376	47,820	66,942	70,898	70,453	71,491	72,463	2.0
6	イタリア	イタリア	韓国	韓国	インド	韓国	韓国	韓国	韓国	ロシア	ロシア
	23,898	25,467	36,772	43,107	45,780	58,914	69,670	68,576	71,030	71,680	0.3
7	ブラジル	韓国	イタリア	ウクライナ	ドイツ						
	20,455	23,125	27,766	31,767	44,524	43,830	42,676	42,080	43,297	42,440	▲ 2.0
8	フランス	ブラジル	ブラジル	ブラジル	ウクライナ	ウクライナ	ブラジル	トルコ	トルコ	トルコ	トルコ
	18,808	20,567	25,076	27,865	38,641	33,432	33,256	33,163	37,524	37,312	▲ 0.6
9	ポーランド	フランス	ウクライナ	インド	ブラジル	ブラジル	トルコ	ブラジル	ブラジル	ブラジル	ブラジル
	16,126	19,016	22,309	26,924	31,610	32,948	31,517	31,275	34,365	34,735	1.1
10	イギリス	イギリス	インド	イタリア	イタリア	トルコ	ウクライナ	ウクライナ	イタリア	イラン	イラン
	15,722	17,841	22,003	26,759	29,350	29,143	22,968	24,218	24,068	25,000	17.7
世界合計	718,923	770,458	752,271	848,934	1,147,975	1,433,432	1,620,184	1,627,154	1,729,818	1,808,612	4.6

図1 我が国の粗鋼生産量の推移 (暦年)⁶⁾

は、供給サイドでの大きなトラブルがなかったことから、鉄鉱石、原料炭ともに輸入価格には大きな変動がなく概ね安定した推移となった。一方で、中国等の生産動向等を受けて、合金鉄、および耐火物、電極などの資材の高騰が報じられた。

2018年に特徴的であった鉄鋼技術に関するトピックスとして、地球温暖化対策への取組み、および高度IT技術への対応があげられる。地球温暖化対策については、これまでも鉄鋼業界では鋭意取組んできたが、(一社)日本鉄鋼連盟では、パリ協定に対する対策として、新たに2030年以降を見据

えた長期戦略「日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン—ゼロカーボン・スチールへの挑戦—」を策定した。また、年々高度化するIT技術を生産現場や研究開発へ応用すべく、鉄鋼各社ではIT技術に関する専門部署を新たに設置し、実用化への取組を加速させた。

鉄鋼業界の動向としては、業界再編の大きな動きがあった。5月には、新日鐵住金(株)が日新製鋼(株)を完全子会社とすること、および両社と新日鐵住金ステンレス(株)との3社によりステンレス鋼板事業を統合することになった。

8月には、同じく新日鐵住金が山陽特殊製鋼(株)を子会社化する契約を締結し、6月に完全子会社化したスウェーデンの特殊鋼メーカーであるオバコ社と3社による特殊鋼事業の強化策を推進することになった。

鉄鋼各社の海外戦略も鋭意進められており、特に、新日鐵住金はアルセロール・ミッタル社と共同でインドのエッサールスチール社を買収する方針を決めた。JFEスチール(株)はミャンマーでの建材向け溶融亜鉛めっき・カラー鋼板工場の建設や中国での偏析防止プレミックス鉄粉工場を稼働させ、(株)神戸製鋼所も中国における線材二次加工拠点の能力増強を行った。

以下に、2018年の我が国鉄鋼業を取り巻く状況として、鉄鋼原料の動向、鉄鋼需要産業の動向、我が国および世界の粗鋼生産の状況等について概要をまとめる。

1.1 鉄鋼原料の動向

鉄鉱石3大メジャー(ヴァーレ、リオ・ティント、BHPビリトン)の発表によれば、鉄鉱石の増産基調が2018年も継続し、各社とも過去最高水準の生産が行われた⁷⁻⁹⁾。しかしながら、世界の銑鉄増産基調により、原料価格は横ばいであった。鉄鋼各社の鉄石契約価格の公表値によれば、鉄石価格は2017年から上昇し2017年第2四半期頃ピークに到達し以降2017年初の水準まで低下した。2018年第2四半期に若干上昇したものの、価格変動が2017年の最高最低値の間に留まり、価格は同水準であった。市況は、2018年を通じて騰落を繰り返したものの、2017年の変動範囲に収まった^{10,11)}。

原料炭についても世界の銑鉄増産基調に影響され、需給関係は鉄鉱石と同様の状況であった¹²⁾。鉄鋼メーカーの公表によれば、2016年10月以降原料炭契約単価が高騰した。2017

年の間、原料炭市況は、騰落を繰り返した^{10,11)}。2018年も価格は騰落を続けたが年間最高値と最低値の値幅は、2017年よりも小さかった。図2には、世界鉄鋼協会、財務省通関統計等による、世界の銑鉄生産量と鉄鉱石および原料炭の輸入単価の推移を示す¹³⁾。これによると、2011年には鉄鉱石は167ドル/トン、原料炭は229ドル/トンの最高値となっていたが、2016年には鉄鉱石は56.7ドル/トン、原料炭は90.1ドル/トンに低下した。その後、2017年以降の銑鉄増産の影響を受けて、鉄鉱石は、2017年に76.2ドル/トンまで上昇し、2018年は75.3ドル/トンとほぼ横ばいであった。一方、原料炭は2017年に149.7ドル/トンまで上昇し、さらに2018年には158.2ドル/トンまでに上昇した。

1.2 鉄鋼需要産業の動向

日本鉄鋼連盟の鉄鋼需給四半期報¹⁴⁾、(一社)日本自動車工業会、(一社)日本造船工業会、(一社)日本電機工業会等のホームページによると、2018年の鉄鋼需要産業の動向は概略以下のとおりである。

詳細については、原典あるいは日本鉄鋼連盟、国土交通省、および各工業会のホームページを参照されたい。

【土木】2018年度の土木部門の活動は、民間土木が増加となる見込みである一方、公共土木が全体を押し下げると見られ、合計では前年割れを見込む。公共土木受注額は、公共事業関係費(繰越含む)が地震対応等の影響で高水準であった反動で前年度を下回ることから、公共土木受注額は前年割れが見込まれるも、水準自体は高水準で推移した。他方、民間土木受注額は、東京外環道や東京オリンピック・パラリンピックに向けた都市再開発等に加え、大手民鉄の設備投資増加等もあり、前年比増加を見込む。

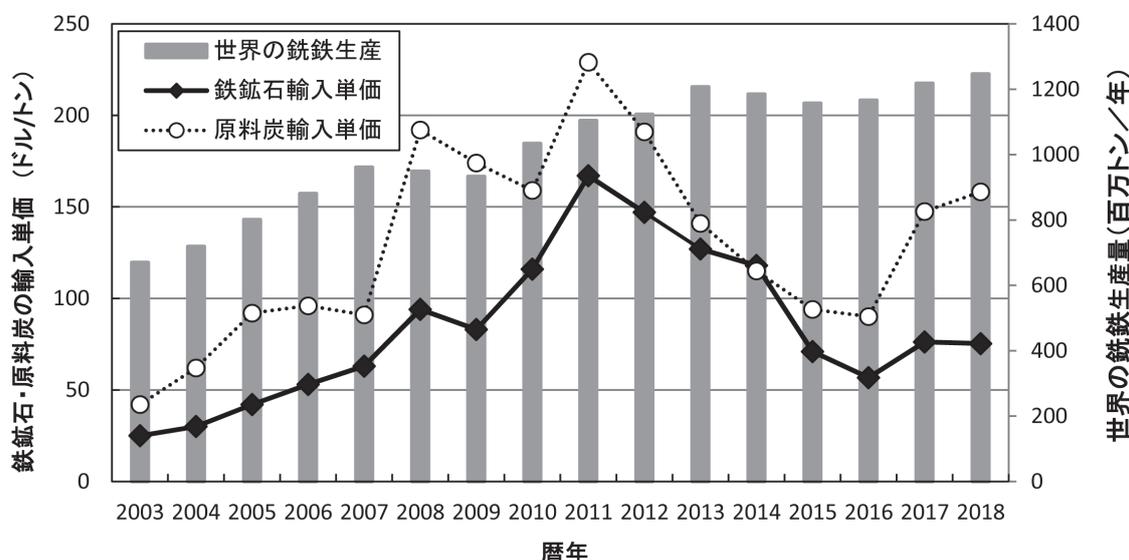


図2 世界の銑鉄生産量と鉄鉱石・原料炭の輸入単価推移(暦年)¹³⁾

【建築】 2018年度の建築部門は、非住宅は3年連続で増加となる反面、住宅が2年連続で減少する事から3年振りの減少となる見込みである。住宅については、持家は住宅ローン低金利効果の減退の他、消費税引上げを前にした駆け込み需要は過去の消費税引き上げ時よりも下回るとみられ、貸家も2015年1月に施行された改正相続税法による相続税の節税対策効果剥落に加え、金融庁の金融機関への監視強化も相俟って減少傾向が続き前年度割れは回避できないと見込まれる。非住宅については、輸出型企業を中心とした企業収益の改善を受けて老朽化した設備の更新、生産合理化等から工場建築が増加し、公益事業用も物流施設の需要により、鋼材消費としては前年度を上回るとみられる。

【造船】 排ガス規制強化により受注が大幅減となった2016年度からの反動もあり、造船受注は緩やかに回復している。しかしながら、造船市場は依然として船腹過剰にあり、海運市況の低迷もあって、受注・建造の本格回復には繋がっていない。また、主要造船国による安値受注も需給回復を妨げる要因となっている。中国では安価な人件費等を、韓国では同国政府の大手造船海洋への大規模な公的金融支援を背景とした安値受注がある（なお、日本政府は2018年11月にWTO紛争解決手続きに基づき、韓国に対し2国間協議を要請している）。2018年度の受注は前年並みに止まる見込みで、また建造は手持工事を取り崩しながら行われており、前年割れで推移する見通しである。

【自動車】 2018年度の国内販売は、前年度は完成検査問題の影響があったことや、下期には新型車の投入効果が現れることなどから微増した¹⁵⁾。完成車輸出は、北米市場に陰りが見られるものの、アジア市場における日本車の好調等から微増となる見込み。日本自動車工業会によると、2018年の四輪車の生産台数は9,728,528台で、前年の9,690,674台に比べて、37,854台、約0.4%の増加となった¹⁶⁾。

【産業機械】 2018年度の産業機械の生産活動をみると、建設機械、内燃機関、運搬車両等については、2017年度上期に排ガス規制経過措置前の駆け込み需要により高水準だった事から内需は落ち込んだが、欧米向け等の好調から外需は増加し、金属加工・工作機械も、世界景気の好調等から、特に中国向けが大幅に増加した事に加え、欧州、北米向けも伸張し、外需を中心に増加するとみられる。化学機械、運搬機械等、その他の機種でも2017年度を上回る事から、産業機械全体では前年度より増加すると見込まれる。

【電気機械】 2018年度の電気機械の動向をみると、環境問題への懸念から石炭火力発電向け案件が停滞していたが、国内外で設備投資が堅調だったことから、重電は堅調に推移した。また、家電は、高付加価値製品への買い替え傾向が継続していることや猛暑によるルームエアコンの増産が牽引し

堅調に推移したほか、民生用電子も自動車生産の増加に伴いカーナビが堅調に推移し、前年度比微増となった。通信機械・産業用電子機械に関しては、通信機械において市場に一服感はあるものの、産業用電子が高水準で推移したため産電・通信機械全体では高水準で推移した。この結果、電気機械部門全体の鋼材消費は、高水準だった昨年度並みを見込む。

1.3 我が国の粗鋼生産状況

我が国の2018年（暦年）の粗鋼生産量は1億433万トンとなり、前年の1億466万トンに対して0.3%の減少となった。2014年に1億1千万トンを超えていたが、以降減少傾向が続き、2018年は1億トン台をキープしたものの、4年連続で前年を下回る結果となった。鉄鋼会社の情報によれば、2018年の減少の主な原因は、自然災害および設備故障等により設備稼働率が低下したためである。炉別生産では、転炉鋼が7,823万トン（前年比1.4%減）、電炉鋼が2,698万トン（前年比3.1%増）となり、電炉鋼比率は25.0%（前年比0.8%増）となった（図1）⁶⁾。また、鋼種別では、普通鋼が7,858万トン（前年比1.1%減）、特殊鋼が2,536万トン（前年比2.0%増）となった（図3）⁶⁾。

日本鉄鋼連盟では、2019年度の鉄鋼需要見通しを発表している¹⁷⁾。これによると2019年度の鉄鋼内需は、投資の一巡や消費増税もあって前年度比減少になるとみられる。建設業では、建築では貸家の減少が続くほか、非住宅が前年高水準の反動で減少する一方、土木は公共投資拡大等で増加が見込まれ、建築の減少幅を上回るとの想定から、建設全体では前年度比微増と見られる。製造業は、米中貿易摩擦の影響から、堅調であった産業機械にも陰りが見られるほか、最大のウェイトを占める自動車も消費増税等による需要減との見通しから、製造業全体では前年割れの見通し。2019年の世界の鉄鋼需要は、World Steel Association (WSA, 世界鉄鋼協会)によると、前年比小幅な増加が見込まれており、日本からの鉄鋼輸出は、2018年度を上回ると見込まれる。一方、鉄鋼輸入は、2018年度並みの水準を想定している。この結果、2019年度の粗鋼生産は2018年度をやや上回る見通しである。但し、米中貿易摩擦や中国やASEAN等の新興国経済の動向に引き続き注視していく必要がある。

1.4 世界の粗鋼生産状況

WSAによると、世界の2018年（暦年）の粗鋼生産量は18億861万トンとなり、前年の17億2982万トンに比べて4.6%の増加となった⁵⁾。世界の粗鋼生産量は、2015年にこれまで増産を続けていた中国が前年よりも減少に転じたことにより、6年ぶりに前年より減少し、2016年もほぼ横ばいであったが、2017年から増加に転じ2018年は大幅に増加した。主

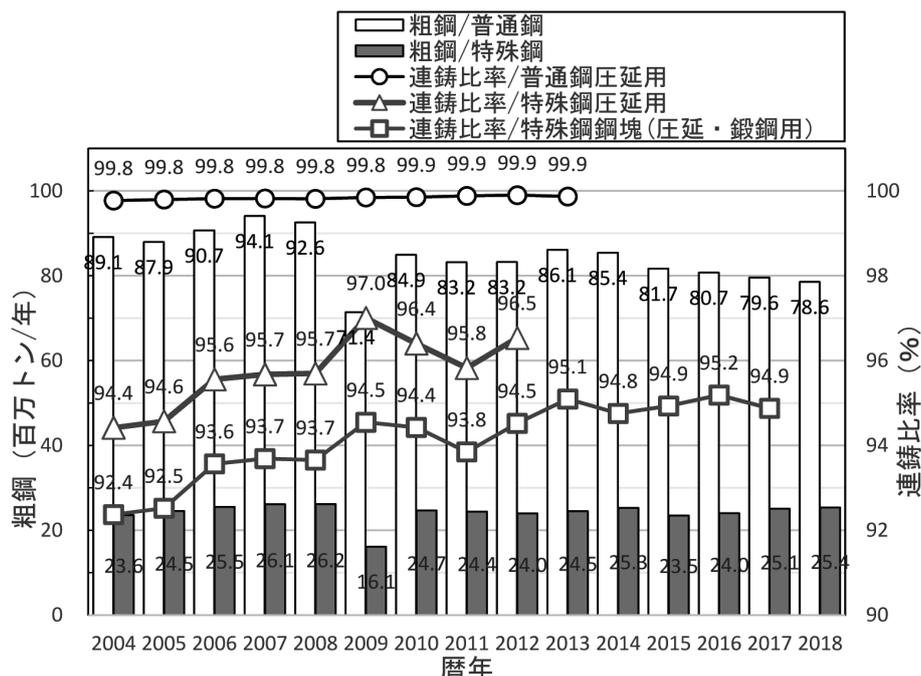


図3 普通鋼と特殊鋼の粗鋼生産量と連鑄比率⁶⁾

要国の粗鋼生産量をみると、中国が9億2,264万トンに到達し前年より6.6%増加した。日本は1億433万トンと前年より0.3%減少した。インドは1億646万トンまで粗鋼生産を伸ばし、日本を抜いて世界第2位の粗鋼生産国となった。さらに、継続的に増加傾向にあることが特徴である(表1)。トップ10の中では、日本とドイツ以外の粗鋼生産量が増加した。一方で、OECDの調査によると、世界の粗鋼生産能力は、2015年の年産23億3360万トンをピークに2017年の年産22億5120万トンまで減少傾向にあると報告されている¹⁸⁾。このため、2018年は、設備の稼働率が向上したと推定される。

2 技術と設備

2.1 日本鉄鋼業の技術的環境

2015年に経済産業省では、金属素材産業の競争力強化を図るための方策として「金属素材競争力強化プラン」を取りまとめ、I. 技術開発戦略、II. 国内製造基盤強化戦略、III. グローバル戦略の3つの戦略が示された¹⁹⁾。この中で、金属素材産業が直面する課題として、i) ユーザーからの素材に対するニーズの高度化と多様化、ii) 海外競合者のキャッチアップ、iii) 国内需要の減少やエネルギー・環境制約、人と設備の制約等、iv) デジタル化が及ぼす変革インパクト、を掲げた。Iの技術開発の方向性としては、材料設計技術の開発、製造技術の開発、分析・評価技術の開発、人材育成、デジタルデータを用いた予防保全、資源・エネルギーの有効活用技術の開発、環境への負荷を考慮した素材開発、が示された。

IIの国内製造基盤強化としては、産業事故の防止、事業再編による競争力強化、エネルギー・環境問題への対応、デジタル化が及ぼす変革への対応、等が示され、IIIのグローバル戦略の一つとして、原材料供給リスクへの対応としてリサイクルを含めた資源循環が挙げられた。日本の鉄鋼各社もこれらの方向性、課題に沿った技術開発、設備導入を進めている。

最近、世界的な規模で急速にデジタル化、ネットワーク化が広がり、Internet of Things (IoT)、人工知能 (AI)、センサ、生体認証、ロボット、などの科学技術が進展し、ものづくり分野を中心にその成果を活用した技術開発が進められている。第5期科学技術基本計画では、世界に先駆けた「超スマート社会」の実現にむけた取り組みを「Society 5.0」として、科学技術の成果をあらゆる分野や領域に浸透させ、未来の産業創造と社会変革を目指している。「情報空間」(サイバー)、「現実空間」(フィジカル) さらに「心理空間」(ブレイン等)まで加わり融合が進展し、サイバー空間における情報、データの獲得、融合、解析、プラットフォーム化が重要になっている。このような背景の下、高炉大手各社では、AI技術を適用し、生産現場の操業や設備保全、研究開発、製品開発に取り組む専門部署を新たに設置し、実用化に取り組んでいる。

また、地球温暖化対策については、「パリ協定」の採択を経て、実施指針が合意され、2020年から本格運用されることになり、また、日本鉄鋼連盟では2030年以降を見据えた「日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン ―ゼロカーボン・スチールへの挑戦―」が策定され、温暖化対策への取り組みについては、従来技術の延長のみではなく、飛躍的な技術の研究開

発が望まれている。

このような背景の下、我が国の鉄鋼産業は、異なる素材との組み合わせによる新しい価値の追求等、素材間協調にも配慮しつつ、素材間競争が進む中、例えば加工性の高い超高張力鋼の開発等、ユーザーニーズに答える製品開発を粛々と進めている。以下に、鉄鋼技術の分野別に主要な技術動向や維持会員企業の技術的なトピックスを紹介する。

2.2 製鉄

2018暦年の銑鉄生産量は7,733万トンであり、2017年の7,833万トンと比べ1.3%減少した²⁰⁾。2018年末の高炉稼働状況については、昨年末から異動なく25基となった。内容積5,000m³以上の高炉は14基で変化はなかった。平均出銑比は2017年の1.88トン/m³・日に対して、1.88トン/m³・日と横ばいであった。銑鉄生産量の減少に比して出銑比が同等である理由は、神戸製鉄所第3高炉が2017年11月に休止した影響である。

製鉄分野では、老朽化したコークス炉の改修を始めとして、設備改修建設が続いている。新日鐵住金は、鹿島第1コークス炉F炉団増設、第2コークス炉E炉団増設、君津第4コークス炉A炉団、B炉団、第5コークス炉A炉団(2018年工事中)、B炉団(2018年竣工)の改修に続き、北海製鉄の第5コークス炉西炉の改修に着手した。さらに名古屋製鉄所第3コークス炉リフレッシュ計画を明らかにした。

JFEスチールは、西日本製鉄所倉敷地区の第6コークス炉B炉団増設、第1コークス炉A炉団、第3コークス炉A・B炉団、第2コークス炉A・B炉団、東日本製鉄所千葉地区の第6コークス炉A・B炉団改修に続き、西日本製鉄所福山地区の第3コークス炉A・B炉団の改修を計画している。東日本製鉄所千葉地区の第7コークス炉においては熱間積みかえによる修理を実施し、生産余力から第5コークス炉の休止を決めた²¹⁾。また、製鉄事前処理工程では、JFEスチールが西日本製鉄所福山地区第3焼結機の増産改修に続き、東日本製鉄所京浜地区の焼結機の機長を延長する改修計画を明らかにした。西日本製鉄所福山地区におけるフェロコークス実験設備は建設中である¹¹⁾。

高炉については、新日鐵住金が室蘭製鉄所第2高炉の改修、および、2019年2月に和歌山製鉄所2高炉を休止し、5高炉を稼働させる計画を明らかにした。日新製鋼の呉製鉄所第1高炉は、2023年頃までに拡大改修し、第1高炉改修後に第2高炉を休止する計画が明らかにされた¹⁰⁾。

開発成果が社会的に公知された事例については、JFEスチールの「CO₂排出量削減に適した製鉄原料製造プロセス(Super-SINTERR)の開発」が平成30年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(開発部門)、ならびに「第7回も

のづくり日本大賞」内閣総理大臣賞を受賞した。また同社の「焼結機点火用2段燃焼式ジェットバーナ」が平成29年度優秀省エネルギー機器表彰の資源エネルギー庁長官賞を受賞した。

2.3 製鋼

2018暦年の粗鋼生産は、1億433万トンであり、2017年の1億466万トンと比べ0.3%減少した(図1)⁹⁾。鉄鋼会社の情報によれば、2018年の減少の主な原因は、自然災害および設備故障等により設備稼働率が低下したためである。

新規設備の導入動向では、中山鋼業が2018年8月に電気炉スクラップ予熱装置を設置した。設備集約の動きでは、新日鐵住金の和歌山製鉄所第2高炉の稼働に伴い、2019年度末に日鉄住金スチール(株)(現、日鉄スチール(株))の製鋼工場を休止する計画を明らかにした¹⁰⁾。JFEスチールは、西日本製鉄所倉敷地区に連続鋳造機を新設中である¹¹⁾。

世界的な原材料の高騰が、製鋼コストに影響しているといわれている。中国における規制により原料として重要なマグネシア等の原料供給が低減した。そのため、マグネシア系耐火物の価格が2017年に上昇し2018年は高位のままであった¹⁰⁾。電炉製鋼では電極の価格が高騰した。電極メーカーによれば、電気炉製鋼法による電極需要の増加、および原料となるニードルコークスの供給逼迫が原因とされている²²⁾。そのため、製鋼工程の製造コストが上昇したと推定される。

開発成果が社会的に公知された事例については、新日鐵住金が平成29年度第64回大河内賞において、「省資源・環境調和型・高生産性ステンレス製鋼プロセスの開発」により大河内記念生産特賞を受賞した。本開発は、転炉プロセスと合金鉄溶解炉プロセスを組み合わせたもので、クロム含有のスクラップ、ダスト、スケールおよび転炉スラグの全量、ならびに外部調達のコロム含有のスクラップのリサイクルが可能となる等、環境面だけではなく、生産性の向上とコスト削減が図られた。

2.4 鋼材

2.4.1 薄板

新日鐵住金は自動車分野において高張力鋼板(ハイテン)の適用部品拡大を進めている。本田技研工業(株)の新型車のセンターピラー外板部品に1180MPa級冷延ハイテンが、骨格部品(フロントサイドフレーム)に高穴広げ型980MPa級冷延ハイテンがそれぞれ適用され、車体の軽量化・高剛性化に寄与している。また高強度と高成形性を両立させる金属組織の最適化により590MPaハイテンと同等の成形性を有する980MPaハイテンを開発し、日産自動車(株)の新型車の骨格部品に採用された。また缶用鋼板では東洋製罐(株)と共同で業界最軽量となる185g用のスチール缶を開発した。

軽量化のため、開発缶では製缶前の鋼板の板厚を0.170mmまで低減させた。鋼板の板厚が薄くなるに伴い、製缶時に鋼板中の介在物の影響を受け、缶は破断しやすくなる。新日鐵住金は鋼中の介在物を低減する技術を高め、高加工性の鋼板を開発した。

JFEスチールは、海外の自動車メーカー向けに、プレス成形性を飛躍的に向上させた高潤滑自動車用溶融亜鉛めっき(GI)鋼板を開発した。亜鉛めっきの最表層を改質することにより、改質層がプレス金型と亜鉛めっき層の凝着を抑制し、摩擦係数を低減することに成功している。開発された鋼板は自動車フェンダー部品のプレス成形試験において、われ、しわが発生せず、良好にプレス成形ができるしわ押さえ荷重の範囲(成形可能範囲)が、一般のGI鋼板と比較して約2倍に拡大する効果が認められている。また「省エネと衝突性能を両立させた1.5ギガパスカル級自動車用冷延鋼板」の功績により、「平成29年度省エネ大賞 製品・ビジネスモデル部門」の「資源エネルギー庁長官賞」を受賞した。

薄板製造設備関連では、新日鐵住金の名古屋製鐵所熱延工場が1963年6月の操業開始以来、2018年1月に累計生産量2億トンを達成した。また君津製鐵所に超ハイテン鋼板製造のための溶融亜鉛めっきラインを、2020年稼働を目指して新設する。神戸製鋼所の加古川製鐵所では自動車用ハイテン鋼板の需要拡大に対応するため、2021年の稼働を目指して連続焼鈍設備を中心とした設備投資を実施する。

2.4.2 鋼管

新日鐵住金は、地球環境に配慮した油井管用ドープフリーねじ継手の新製品を開発し、販売を開始した。新製品は、現在使用実績のある継手の捻り抵抗力と防錆力を向上させたものである。新製品は、特に鉛などの有害な重金属を多量に含むグリスを使用することなく、高い防錆性と油井管同士の繰り返し締結が可能な環境負荷物質ゼロを実現したねじ継手で、取扱いおよびリペア等が容易であり、陸上・海上でも操業しやすいため、環境への対応だけでなく、油田開発プロジェクト全体のコスト削減にも貢献する。2018年3月に世界で最も厳しいHSE(Health・Safety・Ecology)規制が適用されているノルウェー沖海上油田にて使用された。

JFEスチールは、鋼管杭の機械式継手を大幅リニューアルした。従来品と比較して適用範囲拡大、施工性アップおよびコンパクト化を実現し、施工現場のニーズにより一層応えられる製品となった。また、2018年5月に、(一財)土木研究センターによる建設技術審査証明を取得(内容変更)している。近年、工期短縮や省力化施工へのニーズの高まりに加え、熟練溶接工の不足など建設業を取り巻く社会情勢の変化を背景に、現場での溶接接合が不要な機械式継手の需要が急増し

ている。鋼管杭の機械式継手に対しても、①適用範囲の拡大、②さらなる施工省力化(接合作業の負荷軽減)、③経済性の向上など、より一層の改善への要望が高まっており、これらの新たな要望に応えるべく、今回鋼管杭の機械式継手を大幅にリニューアルした。

JFEスチールは、建築構造用に使用される高強度の冷間ロール角形鋼管商品(以下、「ロールコラム」)を開発し、国土交通大臣認定を取得した。このロールコラムの基準強度(F値)は、一般的なロールコラムを大幅に超える385N/mm²であり、ロールコラムとしては国内最大強度である。これにより、ロールコラムをこれまでよりも大スパン化、高層化した建築物に適用することや、室内有効面積の増加等で設計上の自由度を高めることが可能となった。サイズ展開は、最大外径550mm、最大板厚25mmとした全34サイズを揃えている。

2.4.3 厚板

JFEスチールは、第7回ものづくり日本大賞の製品・技術開発部門にて「革新的構造・施工技術「構造アレスト」で実現した安全・環境性能に優れたメガコンテナ船」が内閣総理大臣賞を受賞した。JFEスチールは、ジャパン マリンユナイテッドおよびIHIと共同で、溶接構造体である船体の特徴を活用した革新的な「構造アレスト」技術(世界初)を開発した。開発した構造アレスト技術は、溶接・設計を含めた新しい構造により、船体のアレスト性能を向上させる技術で、この技術に適用可能な高強度極厚鋼板、および鋼板の極厚化による溶接工数増加を抑制できる、画期的な高能率溶接技術を併せて開発することで、船体の大型化、貨物積載量増加、および船体の軽量化による燃費向上を可能とした。これらの技術開発により、安全・環境性能に優れた世界一のメガコンテナ船を開発した。

新日鐵住金ステンレスの省合金二相ステンレス鋼厚板を、国内で初めて主要部材に採用したテラス橋の架け替えが完了した。本テラス橋は、隅田川と仙台堀川の合流地点に位置し、排水機場に隣接するという立地上の制約から、排水機場の工事時には取り外しが可能であること、桁下が低く再塗装が困難なことから、メンテナンスフリーであること、更に拡幅しながらも平坦な橋面を実現する高強度の材料であること等の要求事項を総合的に検討された結果、新日鐵住金ステンレスの高強度・高耐食二相ステンレス鋼(SUS323L、23%Cr-4%Ni-窒素)が主要部材に採用された。本テラスの設計は、一般社団法人 日本鋼構造協会(JSSC)が土木構造物のステンレス化のため策定した「ステンレス鋼土木構造物の設計・施工指針(案)」に準拠した初の事例となる。なお、隣接する排水機場の吐出樋門にも、新日鐵住金ステンレスのSUS323Lが採用されている。

2.4.4 条鋼・形鋼

トピー工業は、鉄筋業界共通の悩みである、人手不足・加工ロス・保管スペース不足の解消に貢献する、日本初のコンパクトコイルを2018年10月より販売開始した。この製品は、鉄筋コンクリート用棒鋼を高密度で巻き取った日本初のコンパクトコイルで、豊橋製造所内に約50億円を投じて専用ラインを建設、試量産を経てJISの継続認証を受け、D10、D13、D16の3サイズ（1コイル重量各1トン）の製品ラインナップを揃えて販売を開始した。今回、販売を開始したコンパクトコイルは、NC加工機を使用することにより、伸線、曲げ、切断作業を自動化でき、時間当たりの生産性の向上や省力化等によって人手不足の解消に貢献する。また、全長約1,000m（D13サイズの場合）のコイルから自由な長さを切り出せるため、加工時のロスを極限まで低減し、歩留まりを向上できる。さらに、高密度でコンパクトに巻き取っているため、縦に積み重ねることが可能で、保管スペースが直棒に比べ約70%改善するとともに、輸送効率の向上も見込まれる。

新日鐵住金は、2020年中期経営計画の主要施策の1つである「国内マザーミルの“つくる力”の継続強化」の一環として、交通産機品事業部製鋼所において、車輪製造における圧延設備であるホイールミルの全面更新を決定した。ホイールミルは、鉄道用車輪を製造する上で、熱間で車輪の形状を造り込む工程を担う重要な設備である。今回、世界最新鋭のホイールミルを導入し、新日鐵住金独自の回転鍛造技術と組み合わせることで、圧延精度および品質レベルの更なる向上を目指す。稼働時期は2021年春頃を予定し、投資額は約24億円を見込む。

2.5 評価・分析、計測・制御・システム

評価・分析分野では、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、東北大学と新日鐵住金は共同で、金属酸化物の化学状態が不均一に変化する現象を放射光X線顕微鏡法で観察し、応用数学の手法のひとつパーシステントホモロジーを活用してその反応起点を特定するという研究手法を開発した。焼結鉄の還元反応過程を、放射光X線吸収微細構造法を用いて三次元観察し、鉄原子の価数や近接する原子の数と距離などの変化を調べた結果、 $\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}$ が複雑に不均一に混じり合いながら反応が進行することを明らかにした。さらにその不均一度合いの形・大きさ・分布が、どのように変化するかを、パーシステントホモロジーを用いて解析し、その起点に対応する部分をマッピングすることに成功した。本研究は膨大なデータから材料特性の支配因子を見いだすことができるもので、金属酸化物の機械強度だけでなく、触媒や電池等不均一性が特性に大きく関係する材料の評価にも展開が可能である。

計測分野では、JFEスチールが新しい放射測温技術を開発

し、2018年計測自動制御学会論文賞を受賞した。本開発技術は、分光スペクトルと多変量解析を用いることにより測定対象の放射率の変動の影響を受けない情報のみを取り出して温度を求める新手法である。

システム分野では、JFEスチールがグループ共通経理システムの刷新プロジェクトが“SAP Innovation Awards 2018”において“Regional Choice”を受賞した。グループ会社を含めた新システムの早期展開、経理システム全体のサーバー台数の大幅削減、維持管理コストの低減等の成果が評価された。9ヶ月間でJFEスチール及びJFEホールディングスへ導入するとともに、グループ会社79社への展開を11ヶ月間で完了し、経理システムの全体のサーバー台数を75%削減し、維持管理コストを低減した。

新日鐵住金は2018年4月に高度IT技術の活用を推進するため、技術開発本部内に30名程度の研究者を集結した「インテリジェントアルゴリズム研究センター」を新設した。先進IoTおよびAI技術ならびに操業品質データ、ノウハウおよび物理モデルを活用し、新日鐵住金グループに適した新しいITアルゴリズムを創出し、各製鉄所内での管理・制御技術の高度化および「仮想ワンミル」化への基盤構築を目指し、計画最適化、品質見える化およびプロセス自動化を推進する。

神戸製鋼所は2018年10月に人工知能（AI）を利用して製品開発力とものづくり力の強化を目指す専任組織「AI推進プロジェクト部」を新設した。1980年代より製鉄のプロセス制御分野を主としてAIを活用していたが、2016～20年度に対象範囲を拡大し、ものづくり力の革新に向けたデータ活用を推進し、ディープラーニングを使った画像認識やテキストマイニング等の活用にも取り組み始めた。今回、技術者約20人を配置した新組織を発足させ、AIの活用範囲を製品開発力の向上に拡大させ、製品開発力とソリューション開発力の向上を中心に取り組む。

大同特殊鋼は中華人民共和国でプラスチック成形品の金型用鋼材の偽装品判別のため、金型用鋼材トレーサビリティシステムを稼働させた。本システムは凸版印刷（株）が提供する統合IT認証プラットフォームの技術を活用したものである。金型用鋼材は出荷後数段階の流通・販売店を経由するが、流通段階で客先要求サイズに切断されるため、鋼材検査証明書の内容と現物を比較するだけでは真正品か偽装品か判別しにくかったため、工場出荷から最終の販売店までの取引履歴をトレースし、それをお客様が確認できる仕組みを整えた。当面偽装品の流通量の多い鋼種を対象にトレースを開始し、2018年6月時点で6店の販売店が本システムを導入した。

2.6 建築・土木

建築分野では、新日鐵住金が、日本集成材工業協同組合と（一社）全国LVL協会と共同で「木鉄ハイブリッド耐火柱」を

開発・商品化した。また、新日鐵住金と日鉄住金防蝕(株)(現、日鉄防食(株))は明治期に建造された鋼製灯台にチタン箔による防蝕工法を適用し、国交省他主催の第二回インフラメンテナンス大賞優秀賞を受賞した。一方、JFEスチール及びJFEシビル(株)は建物の揺れを効率的に低減できる耐震・制震デバイスである座屈拘束ブレースとして、軸力材に高強度鋼を適用し従来製品の約2倍の軸力を発揮する国内最大級の高軸力タイプを開発した。また、JFEスチールが開発した高施工性のCO₂アーク溶接法の超狭開先溶接技術が熊本城天守閣復旧整備事業の大天守6階鉄骨造の主要構造物である溶接組立箱形断面柱の角部溶接に採用され、建て方が完了した。

土木分野では、新日鐵住金と(株)技研製作所が共同開発を行った鋼管杭施工工法が南海トラフ地震を想定した大規模津波対策として高知海岸に採用された。本工法は、自走式回転圧入機により先端ピット付き鋼管杭を列状に次々と回転切削圧入し、河川護岸、道路擁壁などの壁構造物や基礎構造物などを構築する工法で、狹隘地での施工・既設護岸や捨石への打抜きが可能で、防災・減災分野における海岸堤防・防潮堤に適用でき、災害の早期復旧に貢献できるものである。また、(株)大林組は、(株)亀山と新日鐵住金と共同して、山岳トンネル工事における長尺鋼管先受け工法に用いる長尺鋼管を薄肉化することで大幅に軽量化し、作業の負荷軽減、生産性の向上並びに工期短縮する工法を開発した。従来使用していた鋼管はTK400であったが、今回引張強さ1,000N/mm²の高強度鋼管を採用し、造管の安定化により肉厚3.5mmに薄肉化し、鋼管1本当たりの重量を従来の50kgから29.4kgに40%以上軽量化した。さらに、新日鐵住金が開発した塗装周期延長鋼が国内で最も塩害環境の厳しい沖縄県の沖縄西海岸道路浦添北道路の牧港高架橋に採用された。また、JFEスチールは沿岸域で用いられる橋梁、建機、産機などの塗装の塗替えまでの期間を、普通鋼と比較して2倍以上延長することが可能な厚鋼板を新たに開発した。これら2社の鋼材は塗装周期を長くすることで厳しい腐食環境下にある鋼構造物のライフサイクルコスト低減に貢献する。

2.7 環境・エネルギー

2.7.1 気象変動に関する国際交渉と日本政府の取組み

1992年に世界は、国連の下、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標とする「気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)」を採択し、同条約に基づき1995年から毎年、「気候変動枠組条約締約国会議(COP)」が開催されている。1997年に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)では、先進国(条約附属書I国)の拘束力のある削減目標を明確に規定した「京都議定書」に合意した。京都議定書の約束期間が終了した後の2013年以

降については、先進国の削減目標については京都議定書を改正し定めること、その検討は遅くとも2005年に開始することが京都議定書に明記されている。これに基づき2005年より特別作業部会(AWG-KP)が設置された。一方、京都議定書を批准していない先進国や途上国等も含めたより包括的な2013年以降の枠組みの構築が必要とされ、2007年インドネシア・バリ島で開催されたCOP13において、特別作業部会(AWG-LCA)を設置して2009年末までに合意を得ることとされた。これら2つの作業部会の下で、2020年までの各国の削減目標・行動等について議論がなされ、2009年のデンマークのコペンハーゲンのCOP15における「コペンハーゲン合意」、2010年のメキシコのカンクンでのCOP16における「カンクン合意」を経て、2015年にフランス・パリで開催されたCOP21で「パリ協定」が採択された。

2018年11月にポーランドのカトヴィツェで開催されたCOP24は、産業革命前から気温上昇を2度未満に抑える国際枠組み「パリ協定」の2020年以降の本格運用に向けて、パリ協定の実施指針について合意し、採択した²³⁾。資金支援や削減目標を巡り、先進国と途上国が折り合い、パリ協定が2020年から適用される。COP24では、主に、(i)途上国への資金支援の具体像を先進国が2年おきに公表すること、(ii)削減目標や削減した総量の検証は先進国と途上国で差をつけず客観的なデータの提出など共通的なルールを導入すること、(iii)現在の削減目標の上積みを目指すこと、を合意したが、一方、海外での削減分を目標達成に利用する「市場メカニズム」と、削減する目標期間を5年か10年のどちらかにするかは結論を2019年以降に先送りした。

我が国では、地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るため、政府が地球温暖化対策推進法に基づいて、2016年5月に「地球温暖化対策計画」を策定した。本計画は、温室効果ガスの排出抑制及び吸収の目標並びに事業者及び国民等が講ずべき措置に関する基本的事項並びに目標達成のために国及び地方公共団体が講ずべき施策等について記載している。経済産業省資源エネルギー庁のエネルギー情勢懇談会は、2050年に向けた長期的エネルギー政策の方向性について議論し、2018年4月に「エネルギー情勢懇談会提言～エネルギー転換へのイニシアティブ～」をまとめた。パリ協定を踏まえた地球温暖化対策計画の、2050年までに温室効果ガス80%削減を目指す長期的目標に対し、従来の取組みの延長では目標の達成は難しいとの認識の下、長期目標実現に向けた方向性を示した。また、気温の上昇、大雨の頻度の増加や、農作物の品質低下、動植物の分布域の変化、熱中症リスクの増加など、気象変動影響が全国で現れ、さらに今後長期にわたり拡大する恐れがあるため、気候変動の影響による被害を防止・軽減するための適応策を定めた「気候変動適応法」が

2018年6月に公布、12月に施行された。

2.7.2 日本鉄鋼業の取組み

日本鉄鋼連盟は、京都議定書第一約束期間に実施した「自主行動計画」に続き、現在、2020年度をターゲットとした低炭素社会実行計画フェーズⅠを推進している。また、2014年11月には、我が国の約束草案（2030年度目標）の策定に先駆け、2030年度をターゲットとする低炭素社会実行計画フェーズⅡを策定した。これらの自主的な取組みの基本コンセプトは、「エコプロセス」、「エコプロダクト」、「エコソリューション」の3つのエコと「革新的技術開発」の4本柱である²⁴⁾。低炭素社会実行計画に参加する企業の2017年度のCO₂排出量は、BAU基準で1億7,969万トンであった。2017年度の補正排出量（生産構成比変化を考慮、電力排出係数を固定）は1億7,752万トンであり、基準の2005年度に比べ229万トン削減となり、目標（300万トン）比71万トン未達であった。鉄鋼業全体の2017年度の排出量は1億8,564万トンであった²⁵⁾。

エコプロセスは鉄鋼生産プロセスにおける省エネ／CO₂削減努力を目指すものであり、エコプロダクトは高機能鋼材の供給による製品の使用段階での削減に貢献するもの、そしてエコソリューションは日本鉄鋼業が開発・実用化した省エネ技術の移転普及による地球規模での削減に貢献するものである。革新的技術開発としては、革新的製鉄プロセスの開発（COURSE50）と革新的製鉄プロセスの開発（フェロコークス）に主に取り組んでいる。表2に低炭素実行計画の目標を示す²⁴⁾。

COURSE50は、NEDOのプロジェクト「環境調和型プロセス技術の開発」に位置づけられ2008年度から実施されている。事業目的は、地球温暖化防止に貢献するため、高炉からのCO₂の発生量を減少させる技術、及び発生したCO₂を分離・回収

する技術を開発することである。具体的には、コークス製造時に発生する高温のコークス炉ガス（COG）に含まれる水素を増幅し、コークスの一部代替にその水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。また、高炉ガス（BFG）からCO₂を分離するため、製鉄所内の未利用排熱を活用した革新的なCO₂の分離回収技術を開発する。これらの技術開発によりCO₂排出量の約3割削減を目標としている。これらの技術開発においては、フェーズⅠSTEP1（2008-2012年度）として要素技術開発を実施した。続いてフェーズⅠSTEP2（2013-2017年度）では各要素技術を統合したパイロットレベルの総合実証試験を行い、a) 高炉からのCO₂排出削減技術として、12m³の試験高炉により高炉からのCO₂排出量を削減する技術を確立すること、b) 高炉ガスからのCO₂分離回収技術として、高炉ガスからのCO₂分離回収コスト2,000円／t-CO₂を可能とする技術を確立することを目標として活動した²⁶⁾。その結果、試験高炉により水素を活用した高炉のCO₂低減操業が可能であることを実証するとともに、高炉のCO₂分離回収についても世界トップレベルのCO₂吸収液・プロセスを実現した。

2018年度からは水素還元等プロセス技術の開発（フェーズⅡ—STEP1（2018 - 2022年度））が開始され、フェーズⅡ—STEP2（2023 - 2025年度）を経て、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂排出削減を可能とするものである。フェーズⅡ—STEP1の最終目標は、a) 高炉からのCO₂排出削減技術として、高炉の実機部分確信用の「全周羽口吹込み」の試験操業を実施し、12m³の試験高炉により高炉からのCO₂排出量を約10%削減すること、b) 高炉ガスからのCO₂分離回収技術として、高炉ガスからのCO₂分離回収コスト2,000円／t-CO₂を目指した技術を開発し、分離回収エネルギー1.6GJ／t-CO₂を到達し、CO₂排

表2 日本鉄鋼連盟の低炭素社会実行計画の目標²⁴⁾

		フェーズⅠ	フェーズⅡ
エコプロセス		BAU ^{※1} 比500万t-CO ₂ の削減目標 ^{※2}	BAU ^{※1} 比900万t-CO ₂ の削減目標
エコプロダクト		約3,400万t-CO ₂ の削減貢献（推定）	約4,200万t-CO ₂ の削減貢献（推定）
エコソリューション		約7,000万t-CO ₂ の削減貢献（推定）	約8,000万t-CO ₂ の削減貢献（推定）
革新的技術開発	革新的製鉄プロセスの開発（COURSE50）	水素による鉄鉱石の還元と高炉ガスからのCO ₂ 分離回収により、生産工程におけるCO ₂ 排出量を約30%削減。2030年頃までに1号機の実機化 ^{※3} 、高炉関連設備の更新タイミングを踏まえ、2050年頃までに普及を目指す。	
	革新的製鉄プロセスの開発（フェロコークス）	高炉内還元反応の高速化・低温化機能を発揮するフェロコークス及びその操業プロセスを開発し、製鉄プロセスの省エネルギーと低品位原料利用拡大の両立を目指す革新的技術開発を行う。	

※1：BAUとは、Business as usualの略称であり、本目標では、2005年度を基準としてそれぞれの粗鋼生産量において想定されるCO₂排出量を意味する。

※2：500万t-CO₂削減目標の内、省エネ等の自助努力に基づく300万t-CO₂削減の達成に傾注しつつ、廃プラ等については2005年度に対して集荷量を増やすことが出来た分のみを、削減実績としてカウントする。

※3：CO₂貯留に関するインフラ整備と実機化に向けて経済合理性が確保されることが前提。

出削減量約20%の技術に資することである²⁶⁾。

一方、フェロコックス事業は、2006年度から3年間、経済産業省の産学共同プロジェクト「革新的製鉄プロセスの先導的研究」で推進され、さらに2009年度から4年間NEDO・経済産業省の「資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発」プロジェクトとして実施され、要素技術を開発した。本プロセスは、一般炭と低品位鉄鉱石の混合成型・乾留により生成された金属鉄の触媒作用を利用して還元を低温で行い、還元効率を飛躍的に高めた革新的塊成物（フェロコックス）を使用することで、投入するコックス量（炭素量）を削減できる省エネルギー技術である。この技術で得た知見や成果を水素還元活用プロセスの中に取り組みむことにより省エネ、CO₂削減効果を最適化できることから、NEDOのプロジェクト「環境調和型プロセス技術の開発」に加えられ、2017年度から5年間の予定で「環境調和型製鉄プロセス技術の開発／フェロコックス活用製鉄プロセス技術」として取り組まれている。この技術開発では、フェロコックス製造量300トン／日規模の中規模製造設備の実証研究を経て、フェロコックス製造技術を確認し、2022年頃までに製鉄プロセスのエネルギー消費量10%削減を目指すものである²⁶⁾。JFEスチールは本技術開発の一環として、製造量300トン／日規模のパイロットプラントを、西日本製鉄所福山地区に建設することを決定した。

個別鉄鋼企業の取り組みとしては、新日鐵住金は2000年から順次実機化を進めていたコックス炉化学原料化法によるプラスチックリサイクルの累計リサイクル量が2018年11月に300万トンに達した。容器包装リサイクル法スキームによる一般廃棄物系プラスチックを主な対象として、製鉄所内に事前処理設備およびコックス炉への装束設備を設置し、コックス炉化学原料化法によるリサイクルを行っている。全国5カ所の製鉄所（君津、名古屋、八幡、大分、室蘭）で自治体から容器包装リサイクル協会に委託される容器包装プラスチックの3割前後を受け入れて、7カ所のコックス炉でリサイクルしている。全社累計処理量が300万トンに達し、これによる環境負荷削減効果は、CO₂削減としては約960万トン、埋め立て処分の回避としては約1,200万m³となる。本法は、大河内記念生産賞を2011年度に、プラスチックリサイクル化学研究会技術功績賞を2013年度に、および文部科学大臣表彰科学技術賞を2014年度にそれぞれ受賞しており、社会的な公知と共に、リサイクル実績を重ねている。

JFEスチールは、中国電力（株）と特別目的会社である千葉パワー（株）を設立し共同で石炭火力発電所開発に関する検討を行っていたが、十分な事業性が見込めないと判断したことからこれを中止し、今後天然ガス火力発電所の事業実現性検討に着手すると、2018年12月に発表した。検討を中止した石炭火力発電所は、超々臨界圧（USC）発電方式の出力約107万

kWで2024年運転開始予定であった。また、JFEスチールの開発した「環境調和型溶銑予備処理プロセス」が、川崎市が制定している「低CO₂川崎ブランド」に認定された。このプロセスは、投射ランスにより高速の搬送ガスと共に脱硫剤を直径1mm以下の微細状態のまま直接溶銑内に添加でき、脱硫効率が1.3倍向上することで、CO₂排出を削減するものである。

神戸製鋼所と（株）コベルコパワー神戸及び（株）コベルコパワー第二は、2018年8月に神戸製鉄所と神戸発電所からなる事業場に係る神戸市との環境保全協定を2018年8月に再締結した。これまで、既設の神戸発電所1、2号機の建設にあたり1998年12月に神戸市と環境保全協定を締結して公害防止や環境保全に努めていたが、この度、神戸発電所3、4号機の建設計画に係る環境アセスメントの結果及び鋼材事業の構造改革に伴う神戸製鉄所上工程の加古川製鉄所への集約による高炉の休止等を踏まえて、環境保全協定の項目や基準値等を見直したものである。新たな協定では、事業場から排出されるばい煙規制値の低減、水質汚濁負荷量の引き下げに加え、新たに排ガス中の水銀濃度の管理や地域での二酸化炭素削減として実施する下水汚泥燃料を活用した水素製造、燃料電池車へ供給する水素ステーションの設置等を追加した。

環境改善への取り組みとしては、JFEスチールと横浜市が2013年から開始した横浜市山下公園前の海域の水質浄化能力の回復に関する共同研究が2018年3月に予定通り終了し、鉄鋼スラグ製品を海域に設置することで、生物が棲み着くまでに水質が改善される成果を得た。鉄鋼スラグ製品を生物付着基盤として設置することにより、もともとヘドロで覆われた生き物があまりみられなかった海域に、貝、ホヤ等の生物が棲み着き、多くの魚が集まるなどの環境改善がみられた。

2.8 その他

新日鐵住金は永久磁石式の小型軽量補助ブレーキ装置（リターダ）の開発で、第7回ものづくり日本大賞で特別賞を受賞した。リターダは永久磁石の磁力を鋼製ロータへ非接触で作用させ、制動力を発揮するもので従来ネオジウム磁石を軸方向にスライドする切り替え方式等を採用していた。開発技術は、ロータ専用耐熱鋼、高効率磁気回路、ロータ用複層銅めっき技術、制動力多段切り替え制御技術、省部品点数の装置構造などで、従来型に比べ質量当たりの制動力を2.1倍、応答時間を53%短縮した。

また、大同特殊鋼、（株）ダイドー電子および本田技研工業（株）は、重希土類完全フリー ハイブリッド車用熱間加工ネオジウム磁石および駆動モーターの開発で、第7回ものづくり日本大賞で経済産業大臣表彰を受賞した。独自の熱間加工法により、高保持力、高耐熱性を有する重希土類完全フリーのネオジウム磁石を開発し、世界で初めて量産化し、従来と

同等性能のハイブリッド車用駆動モーターを重希土類完全フリー磁石で実現した。

東京海洋大学、ABB Corporate Research、新日鐵住金は共同で新しい超伝導バルク同期モーターを開発し、回転試験に成功した。従来多くの超伝導モーターでは超伝導の電線を巻き線したコイルが用いられてきたが、東京海洋大学とABBは新日鐵住金が開発した高品質な超伝導バルク材複数を組み合わせ、成型集積した大型磁石を採用して出力30kWの実証器を設計・製作し、回転試験に成功した。

3 技術貿易・技術開発

3.1 技術貿易

図4に鉄鋼業の2017年度までの技術貿易収支の推移を示す²⁷⁾。技術輸出対価受け取り額は前年度と比較して42%増加し、技術輸入対価支払い額は同等であった。

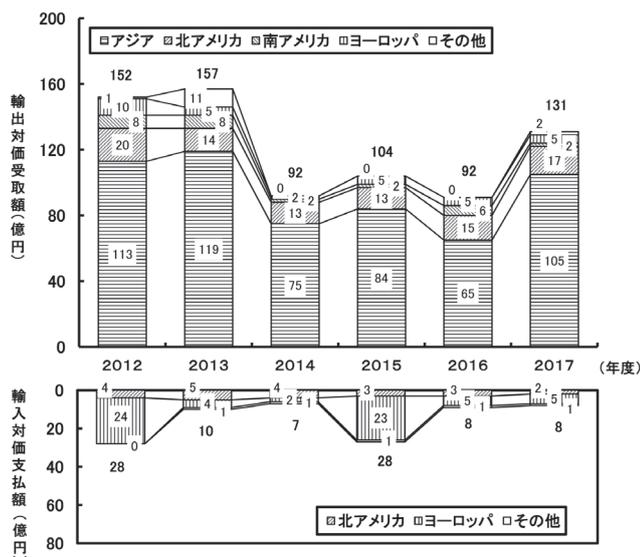


図4 鉄鋼業の技術貿易収支²⁷⁾

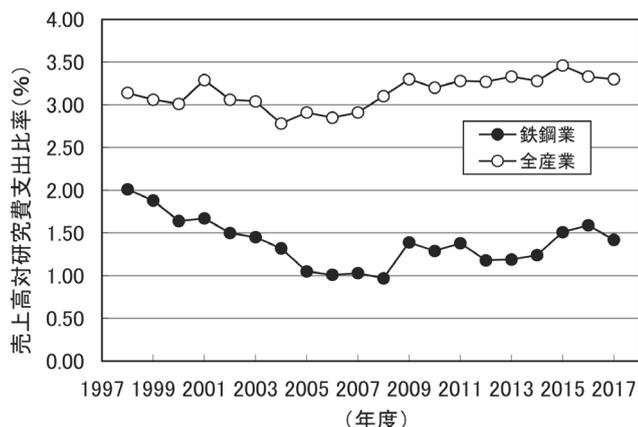


図5 売上高対研究費支出比率の経年変化²⁸⁾

3.2 研究費支出・研究者数

総務省統計局「科学技術研究調査」の結果の概要にある統計表の第3表「企業における研究活動」にあるデータを用いて、以下の3項目を整理した。その結果を図5～図7に示す²⁸⁾。

[売上高対研究費支出比率] 全産業、鉄鋼業ともに前年度と比較し微減している。どちらとも、2017年度は2009～2011年度の水準である。

[従業員1万人あたりの研究本務者数] 全産業は2013年度からの減少傾向から転じ増加し、2017年度は2008年度の水準と同水準であった。鉄鋼業は2011年度まで増加傾向で最高値を示したが、2012年度以降落ち込み状態が続いている。

[研究本務者1人あたりの研究費] 2017年度は、全産業では前年度と比較して微増している。また、鉄鋼業も前年度と比較して増加しているが、共にリーマンショック前の2008年度と同水準である。

3.3 公的資金を活用した研究開発の動向

鉄鋼関連の技術開発プロジェクトに関し、NEDOの「環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) Step2」、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」「水素利用技術

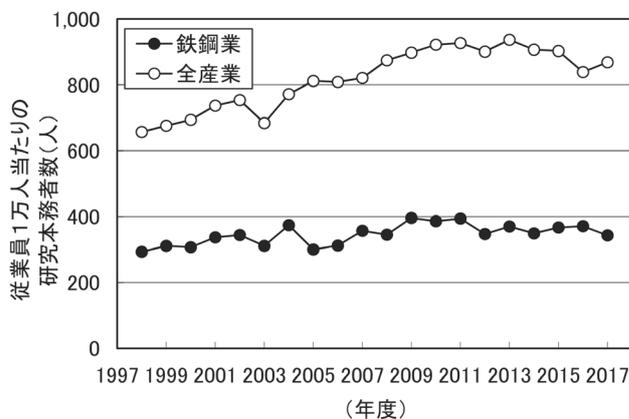


図6 従業員1万人当たりの研究本務者数の経年変化 (人)²⁸⁾

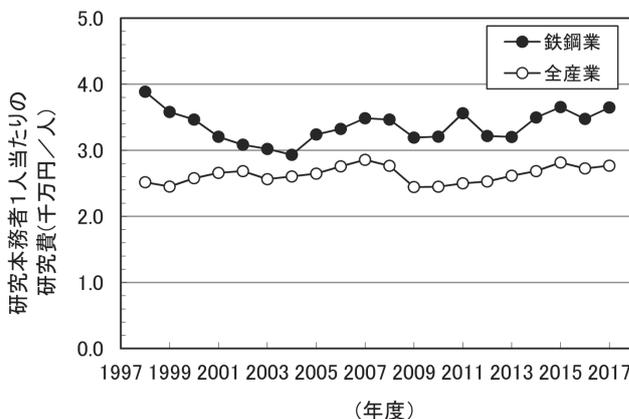


図7 研究本務者1人当たりの研究費の経年変化 (千円/人)²⁸⁾

研究開発事業」が2017年度で終了した。2018年度に発足したプロジェクトには、「環境調和型プロセス技術の開発 フェイズⅡ」、「CCS研究開発・実証関連事業」、「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業」がある。主要継続プロジェクトは、文部科学省の「ヘテロ構造制御金属材料プロジェクト」(2010～2019年度、委託先：(国研) 科学技術振興機構(JST))、経済産業省の「革新的新構造材料等研究開発」(2015～2022年度、委託先：NEDO)、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の「革新的構造材料」(2014～2018年度、委託先：JST)、「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」(2016～2021年度、委託先：NEDO)などである。

公的資金を取得して行っている鉄鋼関連の研究・技術開発テーマの主なものを表3に示す。プロセス、環境・エネルギー分野、材料開発分野などで多くのテーマが取り組まれている。

4 技術系人材育成

本会では、業界横断的な人材育成を目的として、企業人材育成事業(鉄鋼工学セミナー、鉄鋼工学セミナー専科、鉄鋼工学アドバンストセミナー)および学生人材育成事業を継続して実施してきている。

学生人材育成については従来行ってきた「学生鉄鋼セミナー」に加え、2011年度より産学人材育成パートナーシップ事業を継承し、修士学生対象である「鉄鋼工学概論セミナー」、学部学生対象である「最先端鉄鋼体験セミナー」を実施している。「鉄鋼工学概論セミナー」は、鉄鋼基礎工学と現場での技術開発について大学および企業講師から講義を行い、最終日に工場見学(2018年度は新日鐵住金八幡製鐵所)を行う3.5日コースの講座で、13大学から34名の参加者が

あった。「最先端鉄鋼体験セミナー」は鉄鋼に関する最先端技術や将来の展望を紹介し、工場見学を行う1日コースの講座であり、2018年度はJFEスチール西日本製鉄所倉敷地区、JFEスチール東日本製鉄所京浜地区、神戸製鋼所加古川製鉄所、新日鐵住金室蘭製鐵所の4箇所で開催され、トータル104名が参加した。

その他、鉄鋼企業の経営幹部による「経営幹部による大学特別講義」を11大学で、日本鉄鋼協会元会長または専務理事による「鉄鋼技術特別講義」を13大学で実施し、トータル約2,200名の学生が聴講した。また、大学が企画する製鉄所見学のバス代を補助する事業も実施している。

5 本会における技術創出活動

本会では、生産技術部門に属する技術部会および技術検討部会が中心となって鉄鋼生産技術に関する技術情報の調査、技術開発課題の抽出と課題解決に向けた活動を行っている(表4)。また、生産技術部門会議の下に、2015年から「建設用鋼材利用検討WG」を設置し、(一社)日本鋼構造協会と連携して鋼構造と鉄鋼材料に関する新技術の創出の検討を行っている。さらに2018年4月からは「地球温暖化対策計画の実現に向けた鉄鋼技術検討会議(略称CGS)」を新設し、高炉法にとらわれることなく広く鉄鋼業からのCO₂排出量削減に資する技術の検討を開始した。

5.1 技術部会

鉄鋼製造にかかわる特定分野毎の活動を推進している技術部会は、部会大会を定期的に開催し、現時点で重要な課題を共通・重点テーマとして活発な議論を行っている(表4)。2018年度は、春季16、秋季18、計34の部会大会が開催され

表3 鉄鋼業における公的資金取得研究テーマの一例

分類	事業名称	委託先	開始年度	終了年度
プロセス	環境調和型プロセス技術の開発 フェイズⅡ	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2018	2022
	鉄鉱石の劣質化に向けた高級鋼材料創製のための革新的省エネプロセスの開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2018	2019
要素技術	ヘテロ構造制御金属材料プロジェクト	(独)科学技術振興機構	2010	2019
	元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型> 構造材料	文部科学省	2012	2021
	次世代火力発電等技術開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2016	2021
	CCS研究開発・実証関連事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2018	2022
	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 革新的構造材料	内閣府	2014	2018
製品	革新的新構造材料等技術開発	経済産業省	2013	2022
	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2018	2022
その他	次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業	経済産業省	2014	2018
	超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2016	2020
	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2018	2022

た。参加者延べ人数は2,761名（そのうち大学等研究者の延べ参加人数は55名、2017度から11名減）であり、2017年度の2,843名から約80名減少した。2018年度秋季は、製鋼部会と特殊鋼部会が合同で部会大会を開催しており、参加延べ人数に多少の影響を及ぼしたと思われる。

また、若手育成のための各種企画は各部会において活発に進められており、学術部会との合同企画等も定着しつつある。さらに、国際会議への参加や海外技術の調査および工場等の見学、海外からの訪問団受入れ等を行う部会も増えつつあり、国際交流活動は引き続き活発である。部会毎の特定技術課題を共同で重点的に検討する技術検討会については、計20のテーマで活動した。従来から継続している講演会や異業種見学・講演会等も、引き続き活発に行われている。

5.2 技術検討部会

分野横断的、業際的技術課題を検討する技術検討部会（表4）は、2018年度は、3部会が活動中である。

「一貫製造プロセス造り込みによる実用構造用鋼の極限特性追求技術検討部会」では、3年間の活動成果をとりまとめた報告書を作成するとともに、次期テーマの検討と活動の進め方について検討した。

また、「自動車用材料検討部会」では、自動車メーカーとの新たな協力関係のあり方を模索しつつ、（公社）自動車技術会への話題提供等を行うとともに、自動車技術会／日本金属学会／日本鉄鋼協会による合同シンポジウムを開催した。

「圧力容器用材料技術検討部会」では、2017年度に引き続き、鋼材規格検討WG、化学プラント用鋼材の水素脆化評価WG、先進耐熱鋼WGがそれぞれの活動を行った。

5.3 研究助成

本会の研究助成に関する活動内容を表5に示す。「鉄鋼研究振興助成」では、2018年度から受給開始となる対象者として新たに32件（若手19件）が採択され、2017年度から開始した35件と合わせて2017年度は合計67件が受給テーマに基づく活動を実施した。

「研究会」は、2018年度には23研究会が活動し、その内の9研究会が同年度に終了した。2018年度に新規に活動を開始した研究会は、研究会Ⅰ（シーズ型）5件、研究会Ⅱ（ニーズ型）3件（活動期間1年間のFS研究会を含む）の計8件であった（表6）。また、2019年度から発足する研究会として、研究会Ⅰが5件および研究会Ⅱが4件（表7）、鉄鋼協会研究プロジェクトとして1件が採択された（表8）。

表4 生産技術部門における技術創出活動の主体

種 類	活動内容
技術部会	<ul style="list-style-type: none"> ・対 象：鉄鋼製造全般にかかわる特定分野 ・部会種類：製鉄、コークス、製鋼、電気炉、特殊鋼、耐火物、厚板、熱延鋼板、冷延、表面処理鋼板、大形、棒線圧延、鋼管、圧延理論、熱経済技術、制御技術、設備技術、品質管理、分析技術、以上19部会 ・参 加 者：鉄鋼企業の技術者、研究者、大学等教職員 ・活動目的：現場技術水準の向上を目的とした鉄鋼生産に関する技術交流、各分野における技術課題の抽出と課題解決、若手技術者の育成、産学連携による技術向上、海外との技術交流 ・活 動：部会大会（年1～2回）、特定テーマを扱う技術検討会、若手育成のための講習会等各種企画、等
技術検討部会	<ul style="list-style-type: none"> ・対 象：鉄鋼生産プロセスの各分野にまたがる分野横断的、または業際的技術課題 ・部会種類：一貫製造プロセス造り込みによる実用構造用鋼の極限特性追求実用構造用鋼における信頼性向上技術検討部会、自動車用材料検討部会（第VII期）、圧力容器用材料技術検討部会、以上3部会 ・活動内容：技術の方向と課題解決のための技術討議、調査等の研究、他学協会との情報交流、等

表5 日本鉄鋼協会の研究助成制度

種 類	活動内容
鉄鋼研究振興助成	<ul style="list-style-type: none"> ・主旨：鉄鋼研究の活性化、鉄鋼の基礎的基盤的研究の支援、若手研究者の育成 ・募集：公募により毎年採択、受給期間は2年間。 ・特徴：研究者個人を対象、若手枠を設置 ・件数：67件（2018年度受給者数）
研究会	<ul style="list-style-type: none"> ・主旨：鉄鋼研究の活性化、技術革新の基盤創生、産学連携による人的研究ネットワーク構築 ・募集：提案、公募により毎年度採択、活動期間は原則として3年間 ・特徴：大学等研究機関からのシーズ主導の基礎的・先端的テーマを扱う「研究会Ⅰ」と鉄鋼企業からのニーズ主導の応用的・産業的テーマを扱う「研究会Ⅱ」を設置 ・件数：23件（2018年12月末現在活動中）
鉄鋼協会研究プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ・主旨：鉄鋼業の技術課題の解決、重要かつ基盤的領域の研究、国家プロジェクト等への展開 ・募集：公募により採択、活動期間は原則として3年間 ・特徴：鉄鋼企業からのニーズ主体のプロジェクト ・件数：0件（2018年度活動中のテーマは0件、2019年度より新規テーマにて活動開始）

表6 2018年度活動 研究会

型	研究会名	所属部会等	主査	研究期間
I	通気性確保に向けた高炉内融着現象の制御	高プロ	埜上 洋(東北大)	2016~2018年度
I	適応的エリアセンシング手法を用いた知能化設備異常診断	計測	玉置 久(神戸大)	2016~2018年度
I	溶鋼リアルタイム分析	評価分析	出口 祥啓(徳島大)	2016~2018年度
I	鉄鋼中の軽元素と材料組織および特性	材料/評価分析	沼倉 宏(大阪府立大)	2016~2018年度
I	未利用熱エネルギー有効活用	環境	沖中 憲之(北大)	2016~2018年度
II	アルカリ溶出抑制のための製鋼スラグ凝固組織制御	スラグWG	柴田 浩幸(東北大)	2016~2018年度
II	鉄鋼材料の土壤腐食機構の解明	建設用鋼材WG	西方 篤(東工大)	2016~2018年度
II	高機能溶融亜鉛めっき皮膜創成とナノ解析	表面処理鋼板	貝沼 亮介(東北大)	2016~2018年度
I	スラグ・介在物制御による高纯净度クロム鋼溶製	高プロ	三木 貴博(東北大)	2017~2019年度
I	革新的LCAによる鉄鋼材料の社会的価値の見える化	環境	醍醐 市朗(東大)	2017~2019年度
I	鋼板のテンションレベラモデリング高度化	創形	濱崎 洋(広島大)	2017~2019年度
I	鉄鋼のミクロ組織要素と特性の量子線解析	材料/評価分析	佐藤 成男(茨城大)	2017~2019年度
II	バイオフィルム被覆によるスラグ新機能創出	評価分析/高プロ/環境	平井 信充(鈴鹿高専)	2017~2019年度
II	資源環境調和型焼結技術創成	製鉄	村上 太一(東北大)	2017~2019年度
II	熱延ROT冷却モデル構築II	圧延理論	永井 二郎(福井大)	2017~2019年度
I	凝固過程の偏析・欠陥の3D/4D解析	高プロ	宮原 広郁(九大)	2018~2020年度
I	スラグ由来の人工リン鉱石	環境	久保 裕也(福岡工大)	2018~2020年度
I	高効率・安定圧延を実現する人とシステムのシェアードコントロール	計測/創形	北村 章(鳥取大)	2018~2020年度
I	高温材料の高強度化	材料/分析	中島 英治(九大)	2018~2020年度
I	鉄鋼材料への腐食誘起水素侵入	材料/環境	春名 匠(関西大)	2018~2020年度
II	配管減肉スクリーニング検査への円周ガイド波適用性評価	設備技術	西野 秀郎(徳島大)	2018~2019年度
II	鉄鋼スラグ中リン酸の有効活用に関するFS	スラグWG	和崎 淳(広島大)	2018年度
II	腐食劣化解析に基づく鋼構造物維持の最適化	建設用鋼材WG	坂入 正敏(北大)	2018~2020年度

表7 2019年度採択 研究会

型	研究会名	所属部会等	主査	研究期間
I	多相融体の流動理解のためのスラグみえる化	高温プロセス	齊藤 敬高(九大)	2019~2021年度
I	資源拡大・省CO ₂ 対応コークス製造技術	高温プロセス	鷹鷲 利公(産総研)	2019~2021年度
I	部材の極限軽量化に資する偏肉鋼管加工技術	創形	桑原 利彦(農工大)	2019~2021年度
I	不均一変形組織と力学特性	材料/分析	土山 聡宏(九大)	2019~2021年度
I	LIBS実用場適用技術開発	分析	出口 祥啓(徳島大)	2019~2021年度
II	摩擦接合技術の鋼橋等インフラへの適用性検討	建設用鋼材WG	藤井 英俊(阪大)	2019~2020年度
II	鉄鋼材料の土壤腐食性評価	建設用鋼材WG	西方 篤(東工大)	2019~2020年度
II	鉄鋼スラグ中リン酸の有効活用	スラグWG	和崎 淳(広島大)	2019~2021年度
II	エリアセンシング技術による製鉄所設備診断	制御技術	石井 抱(広島大)	2019~2021年度

表8 2019年度採択 鉄鋼協会研究プロジェクト

研究テーマ	研究目的	主査	研究期間
高強度鋼の水素脆化における潜伏期から破壊までの機構解明	水素脆化の潜伏期から破壊に至る過程において、実験および計算科学の両面からマルチスケール(原子空孔からき裂進展まで)で解析することで、水素脆化メカニズムを整理し、水素脆化評価法の提案および新たな高強度鋼開発の指針を発信する。	高井 健一(上智大)	2019~2021年度

参考文献

- 1) 平成31年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度, 内閣府ホームページ, <https://www5.cao.go.jp/keizai/mitoshi/2019/h310128mitoshi.pdf>, (参照日: 2019年2月15日)
- 2) 日本経済の現状(2018年4月), 内閣府ホームページ, <https://www5.cao.go.jp/keizai3/genjyo/genjyo.html>,

(参照日: 2019年2月15日)

- 3) 月例経済報告等に関する関係閣僚会議資料, 内閣府ホームページ, <http://www5.cao.go.jp/keizai3/getsurei/kaigi.html>, (参照日: 2019年2月15日)
- 4) 鉱工業生産指数の動向(経済産業省, 経済解析室ニュース, 2019年2月15日), http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/report/archive/kako/20190131_1.html, (参照

- 日：2019年2月15日)
- 5) worldsteel 銑鉄・粗鋼生産量・時系列表2008～2017年, 日本鉄鋼連盟ホームページ, http://www.jisf.or.jp/data/iisi/documents/summary_2018CY.pdf, (参照日：2019年2月4日)
 - 6) 鉄鋼生産概況2018年12月, 日本鉄鋼連盟ホームページ <http://www.jisf.or.jp/data/seisan/month.html>, (参照日：2019年2月4日)
 - 7) Information to the market, Quarterly Results, Vale's Production, ヴァーレホームページ, <http://www.vale.com/EN/investors/information-market/quarterly-results/Pages/default.aspx>, (参照日：2019年2月14日)
 - 8) Fourth quarter 2017 operations review, リオティントホームページ, http://www.riotinto.com/documents/190118_Rio_Tinto_releases_fourth_quarter_production_results.pdf (参照日：2019年2月14日)
 - 9) BHP OPERATIONAL REVIEW, BHP ピリトンホームページ, https://www.bhp.com/-/media/documents/media/reports-and-presentations/2018/181121_CapitalAllocationBriefing.pdf (参照日：2019年2月14日)
 - 10) 決算情報, 説明会資料, 新日鐵住金(株)ホームページ, <http://www.nssmc.com/ir/library/settlement.html>, (参照日：2019年2月14日)
 - 11) インベスターズ・ミーティング資料, JFEホールディングス(株)ホームページ, https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/investors_meeting/index.html, (参照日：2019年2月14日)
 - 12) 海外石炭情報, JOGMECホームページ, <http://coal.jogmec.go.jp/search.php> (参照日：2019年2月14日)
 - 13) 日本の鉄鋼業2018, 日本鉄鋼連盟, (2018年7月)等
 - 14) 鉄鋼需給四半期報, 日本鉄鋼連盟, (2019年1月)
 - 15) 統計データ, 日本自動車販売協会連合会ホームページ, <http://www.jada.or.jp/contents/data/type/type00.html>, (参照日：2019年2月12日)
 - 16) 自動車統計月報, VOL.52 NO.11, 日本自動車工業会ホームページ, http://www.jama.or.jp/stats/m_report/pdf/2019_02.pdf, (参照日：2019年2月28日)
 - 17) 2019年度の鉄鋼需要見通し, 鉄鋼連盟ホームページ, <http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/FY2019tekko-juyo.pdf>, (参照日：2019年2月14日)
 - 18) OECD Home/ Directorate for Science, Technology and Innovation Industry and globalisation/Steelmaking capacity <http://www.oecd.org/sti/ind/steelcapacity.htm> (参照日：2019年2月14日)
 - 19) 金属素材競争力強化プランの概要, 経済産業省ホームページ, <http://www.meti.go.jp/press/2015/06/20150619002/20150619002.pdf>, (参照日：2019年2月12日)
 - 20) 経済産業省 経済産業省生産動態統計 統計表一覧 (経済産業省生産動態統計), http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html, (参照日：2019年2月21日)
 - 21) 鉄鋼新聞 2019年01月30日閲覧
 - 22) 東海カーボン 2018年12月期第3四半期決算説明会資料, 東海カーボン(株)ホームページ, <https://www.tokaicarbon.co.jp/ir/library/> (参照日：2019年2月14日)
 - 23) 国連気候変動枠組条約第24回締約国会議(COP24), 京都議定書第14回締約国会合(CMP 14)及びパリ協定第1回締約国会合第3部(CMAI-3)の結果について, 環境省, ホームページ, <http://www.env.go.jp/press/106279.html>, (参照日：2019年2月12日)
 - 24) 鉄鋼業界の取り組み 低炭素社会実行計画, 日本鉄鋼連盟ホームページ, <http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/>, (参照日：2019年2月12日)
 - 25) 鉄鋼業の地球温暖化対策への取組—低炭素社会実現計画実績報告, 日本鉄鋼連盟, (2019年1月16日), http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/4-1_tekkowg2018.pdf, (参照日：2019年2月12日)
 - 26) 環境調和型プロセス技術の開発 詳細情報 基本計画, NEDOホームページ, <https://www.nedo.go.jp/content/100525415.pdf>, (参照日：2019年2月12日)
 - 27) 総務省統計局統計 統計データ 分野別一覧 文化・科学技術に関する統計 科学技術研究調査 平成30年科学技術研究調査結果 統計表一覧 企業/11/産業, 州別国際技術交流の対価支払額(企業), https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=dataset&toukei=00200543&tstat=000001119860&cycle=0&cycle_facet=cycle&second=1&second2=1&tclass1val=0, (参照日：2019年1月11日)
 - 28) 総務省統計局統計 統計データ 分野別一覧 文化・科学技術に関する統計 科学技術研究調査 平成30年科学技術研究調査結果統計表一覧 企業/1/産業, 資本金階級別研究関係従業員数, 社内使用研究費, 受入研究費及び社外支出研究費(企業), https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200543&tstat=000001119860&cycle=0&stat_infid=000031774063&cycle_facet=cycle&second=1&second2=1&tclass1val=0, (参照日：2019年1月11日)

(2019年3月4日受付)

★2018年新製品★

本会維持会員企業における最近の新製品およびその動向を示す。

2018年における新製品およびその動向一覧表

分類	会社名	製品名および動向	内容
自動車向け 製品	日本製鉄(株)	高成形性980MPa 鋼板	成形が難しい自動車骨格部品に適用可能な、高い成形性を有する980MPa級の冷延および溶融亜鉛めっき高張力鋼板。
		高穴広げ型980MPa 級冷延ハイテン、GA (合金化亜鉛めっき鋼板) ハイテン	成形が難しくかつ衝撃吸収性能が要求される骨格部品に適用できる高穴広げ型980MPa級冷延鋼板および合金化亜鉛めっき鋼板。
		外板用1180MPa 級冷延ハイテン	センターピラー等の外板部品に適用できる1180MPa級冷延鋼板。
	JFEスチール(株)	GI JAZ®	CVTシーブの残留オーステナイト量を適正化し、使用中に応力誘起マルテンサイト変態させて表面硬さを向上させる鋼材。
自動車・ 産業機械向け 製品	日鉄日新製鋼(株)	耐摩耗鋼「タフスター®」	5つのタイプをラインアップし、摩耗形態や必要特性に応じて適切な鋼種をお選びいただける耐摩耗鋼の新ブランド。
エネルギー 分野向け 製品	日本製鉄(株)	CLEANWELL® DRYST	有害な重金属を含むグリスを使用せず防錆性と油井管の繰り返し締結が可能な環境負荷物質の排出ゼロを実現したねじ継手。
建築向け 製品	日本製鉄(株)	木鉄ハイブリッド 耐火柱	角形鋼管柱を、厚さ60mmのスギ材とせっこうボードで被覆した、鉄の強さと木のぬくもりを合わせ持つ1時間耐火柱。
土木向け 製品	JFEスチール(株)	ハイメカネジ®	鋼管杭・鋼管矢板の現場接合に用いるねじ式の機械式継手。幅広い適用範囲で、現場の省力化・品質向上・工期短縮を実現。
建築・土木・ 産業機械向け 製品	日本製鉄(株)	スパングルジンク™	レギュラー スパングル 仕上げの溶融亜鉛めっき鋼板にクロメートフリーの化成処理皮膜を施し、従来性能を担保した鋼板。
	JFEスチール(株)	EXPAL®	厳しい腐食環境下の塗装鋼構造物の塗替え期間を、普通鋼比で2倍以上に延長し、ライフサイクルコスト低減に貢献する。
電気機械向け 製品	大同特殊鋼(株)	高透磁率材MENPC -2S、MENPB-S	自動車の自動運転・ハイブリッドを含む電動化に貢献する高精度センサ用途向けに開発。世界最高レベルの高透磁率を達成。
その他 製品	山陽特殊製鋼(株)	3Dプリンター用Co レスマルエージング鋼 粉末	コバルト(2013年から特定化学物質に指定)を含有せず汎用マルエージング鋼と同等レベルの強度と靱性を有する3D用金属粉末。

☆2018年生産技術のトピックス☆

本会維持会員企業における2018年の注目すべき技術開発、新設備、新製品などの概要を紹介する。

COURSE50の実用化開発始動

日本製鉄(株)

日本製鉄、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所、日鉄日新製鋼(株)および日鉄エンジニアリング(株)の5社は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による「環境調和型プロセス技術の開発/水素還元等プロセス技術の開発」(COURSE50)プロジェクトにおいて、1)水素を多く含むコークス炉ガスをを用いた鉄鉱石還元への水素活用技術開発、2)製鉄所内の未利用排熱を利用した高炉ガスに含まれるCO₂の分離・回収技術開発に取り組んでおり、これらの技術開発により一貫製鉄所からのCO₂排出を約30%削減することを目標に掲げている。

本プロジェクトは2008年から5年の要素技術開発(step1)、2013年から5年の総合技術開発(step2)、計10年間の第1開発段階(フェーズI)を計画通り完了した。その結果、試験高炉により水素を活用した高炉のCO₂低減操業が可能であることを実証するとともに、高炉のCO₂分離回収についても世界トップレベルのCO₂吸収液・プロセスを実現した。今後は2030年の実用化を目指し、2018年6月より実用化開発第1段階(フェーズII step1)に着手しており、現在、水素活用を見極めるための試験高炉操業の実行、ならびに実炉による試験計画を策定中である。またCO₂分離回収技術については、現状世界最高レベルのCO₂再生熱原単位をさらに向上させる技術開発を推進している。



図1 試験高炉(日本製鉄君津製鉄所構内)

極超高清浄度鋼 製造プロセス(SURP)の開発

山陽特殊製鋼(株)

山陽特殊製鋼は、独自に開発した超高清浄度鋼製造プロセスをさらに発展させ、介在物の組成制御により更なる清浄度向上を実現する極超高清浄度鋼製造プロセス(SURP: Sanyo Ultra Refining Process)を開発した。

山陽特殊製鋼では、これまでに「電気炉—取鍋精錬炉(LF)—RH脱ガス—完全垂直型大断面ブルーム連铸機」の工程による超高清浄度鋼製造プロセス(SNRP: Sanyo New Refining Process)を確立しており、疲労強度を飛躍的に高めた超高清浄度鋼を提供してきた。このSNRPは、溶鋼の精錬促進や汚染防止の最適条件を安定的に継続できる環境を整えることにより、高品質な超高清浄度鋼の量産化を実現した製造プロセスであり、介在物の量を低減すると共に最大介在物の大きさを制御(小径化)する技術である。

今回開発したSURPは、上述のSNRPをベースとしてその技術をさらに発展させた極超高清浄度鋼製造プロセスである。山陽特殊製鋼は、SNRPの製造条件と介在物との関係を追究し、大型介在物の出現頻度はその組成(介在物を構成する微量成分の種類や量、割合)によって制御できることを見出した。この知見のもと、介在物の低減・小径化技術であるSNRPに介在物組成制御技術をプラスし、大型介在物の出現頻度をさらに低減できるSURPを開発した。

SURP鋼の適用例としては、重荷重および過酷な潤滑環境下で安定稼働が求められる高速鉄道、風力発電機、産業機械用等に用いられるベアリング等の転がり部品が挙げられる。これら転がり部品へのSURP鋼の適用により、設計上の高信頼性ならびにメンテナンスフリー化などのニーズへの対応が期待できる。

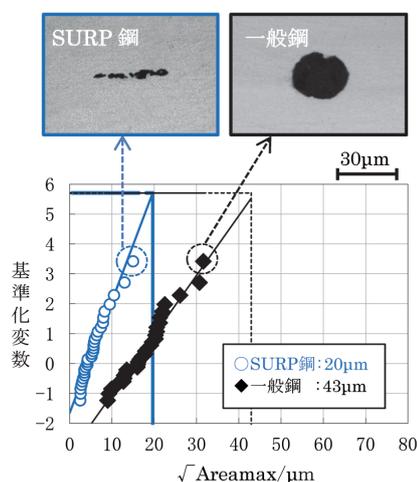


図2 肌焼鋼の極値統計結果一例

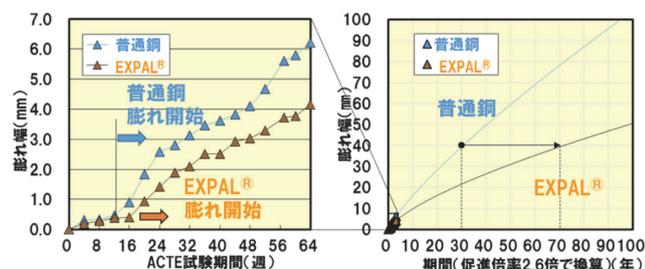
橋梁、建機、産機などの塗装後耐食性を高める「EXPAL®」

JFEスチール (株)

JFEスチールは、沿岸域で用いられる橋梁、建機、産機などの塗装の塗替えまでの期間を、普通鋼と比較して2.3倍以上延長することが可能な厚鋼板『EXPAL®』を新たに開発した。塗装後に高い耐食性を発揮し、厳しい腐食環境下にある鋼構造物のライフサイクルコスト低減に貢献する。また本鋼板は、国土交通省の新技术情報提供システム (NETIS) に登録 (No.CB-180015-A) されている。

インフラとして長期間にわたって使用される鋼構造物は、塗装の塗替えを行うことで延命を図る必要があり、ライフサイクルコストの低減が求められている。特に沿岸の構造物は厳しい腐食環境下におかれることから、腐食による劣化を抑制することが極めて重要である。

今回開発した鋼板は、鋼に微量の耐食元素を複合的に添加し、さらに圧延条件を適正化することにより、従来のJIS G3106 (SM鋼) と同等の機械的性質を維持しつつ、従来鋼と比べて塗装後に高い耐食性を得ることに成功した。大気腐食を模擬する腐食試験法に基づき、橋梁で一般的に用いられるC-5塗装系において人工傷を用いた長期の塗膜膨れの予測を行った結果、普通鋼と比較して2.3倍以上延命できることが確認されている。厳しい腐食環境下において使用した場合、普通鋼が一般的に約30年に1回の塗替えが必要なところ、本鋼板の場合は塗装寿命を約70年まで延長することが可能となる。



寿命延長の回帰計算はExcelのソルバー機能を用いた非線形最小二乗法により実施。

	普通鋼	EXPAL®
膨れ幅(mm)	39.4mm	39.4mm
期間(年)	30年	70.3年*

*30年後の普通鋼とEXPAL®の膨れ幅が同じになる期間

図3 腐食試験によるC-5塗装系の塗膜膨れの長期予測結果

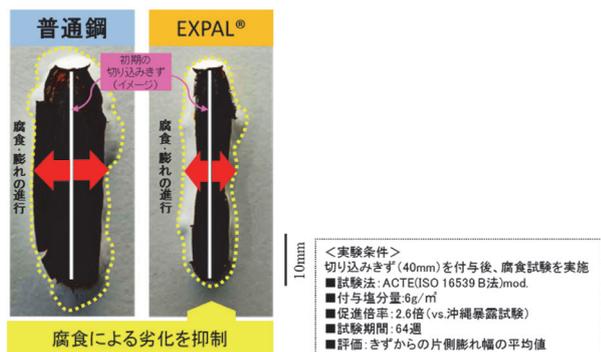


図4 腐食試験後のC-5塗装系の塗膜膨れの外観

超狭開先J-STAR®溶接の開発

JFEスチール (株)

JFEスチールは高施工性CO₂アーク溶接技術『超狭開先J-STAR®溶接』を開発した。

『超狭開先J-STAR®溶接』は、CO₂アーク溶接でありながら極低スパッタかつ深溶込みを特長とする『J-STAR®溶接』を活用し、先端を僅かに曲げたコンタクトチップを用いると共に、溶接金属を1層2パスで積層することで開先断面積を従来の約半分まで小さくすることができる溶接技術である。この溶接技術により溶接欠陥の発生を抑制しながら、溶接変形抑制、溶接施工期間短縮が可能となる。

厚鋼板の溶接継手には施工効率の高いサブマージアーク溶接法が用いられる。しかしながら入熱が大きいため溶接変形が大きくなるという課題があった。また、入熱の小さいCO₂アーク溶接法が用いられる場合もあるが、溶接積層数が多く施工能率が著しく低いという課題があり、高施工性と溶接変形抑制を両立できる溶接技術が要望されていた。

今般、本溶接技術のメリットが高く評価された結果、熊本城天守閣復旧整備事業のうち、大天守6階鉄骨造の主要構造物である溶接組立箱形断面柱の角溶接部に採用された。今後も様々な厚板溶接部に対しての適用拡大が期待される。

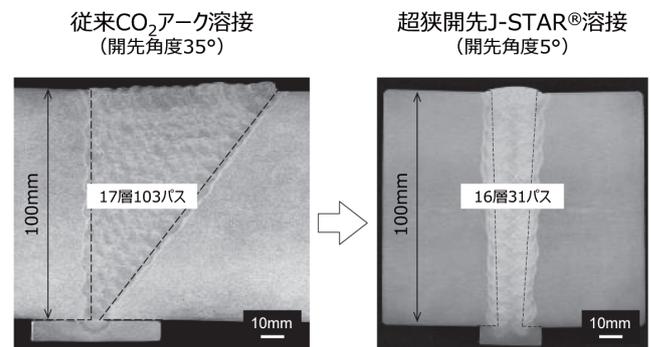


図5 超狭開先J-STAR®溶接技術で接合した溶接継手

塗装周期延長鋼「コルスペース®」沖縄地区初適用

日本製鉄 (株)

新日鐵住金 (現、日本製鉄) が開発した塗装周期延長鋼「コルスペース®」は、国内で最も厳しい塩害環境である沖縄地区で初適用された。コルスペース®は、JIS規格に適合し (適合規格: JIS G3101 (SS)、JIS G3106 (SM)、JIS G3140 (SBHS))、多数の適用実績を積み上げてきた。

橋梁や港湾設備などの鋼構造物の多くは塗装によって防食されるが、十分な塗装膜厚の確保が難しい部材鋭角部や、塗膜欠陥部では、腐食が進行しやすく、この傾向は、沖縄地区のような塩害が厳しい環境ほど顕著となる。沖縄地区のような厳しい塩害環境では、Cu、Cr、Niなどの合金元素を用いて鋼材表面に保護性の緻密なさび層を形成させる耐候性鋼など

の耐食鋼は、保護性さびの形成が困難となるため腐食抑制が難しい。

コルスペース®は、耐候性鋼のような保護性さびによる防食メカニズムではなく、微量のSn（すず）添加によって、鋼の溶解反応を抑制するというメカニズムを見出し、一般環境のみならず、厳しい塩害環境でも利用可能とした新鋼材である。従来鋼に比べ、同じ塗装条件、使用環境下で塗膜欠陥部における鋼材の腐食減肉や塗膜剥離面積が大幅に抑制されることを特徴とする。

今後もコルスペース®の普及拡大を進め、社会、産業インフラを支える鋼構造物の寿命延長や維持管理費削減、塗装頻度削減による環境負荷軽減に貢献していく。



図6 「牧港高架橋」鋼橋部一括架設状況写真

耐摩耗鋼「タフスター®」

日鉄日新製鋼（株）

日新製鋼（現、日鉄日新製鋼）は耐摩耗性に優れる独自鋼種を集約し、耐摩耗鋼TOUGH STAR®（タフスター®）としてブランド化した。表にタフスター®シリーズのラインアップを示す。

機械には多くの摩擦面が存在し、摩擦による摩耗が生じている。摩耗は機械の機能、性能、信頼性を低下させるため、摩耗量を低減する対策が行われている。耐摩耗性の高い材料とは一般に「硬い」材料であり、浸炭処理や窒化処理を用いて表面のみ硬質化する場合もある。

また、耐摩耗性の向上には硬質粒子を分散させる手法もある。Nb添加鋼はベースとなる鋼に非常に硬質なNb炭化物（約2400HV）を分散させており、自動車エンジン用タイミングチェーンや繊維機械部品などで問題となる凝着摩耗やアブレッシブ摩耗の抑制に効果を発揮するとともに、加工性や靱性、疲労特性等を損なわないよう設計されている。

一方、材料は一般に硬くなるほど靱性が低下し欠けや折損が起こりやすくなる。これに対し、NKSシリーズは高靱性の合金工具鋼であり、従来材より高硬度化して耐摩耗性を向上

させても必要な靱性が維持されるため、刃物等の靱性が必要な用途に適している。

高Mn鋼は準安定なオーステナイト鋼であり、強い加工や衝撃が加わると硬質なマルテンサイトに変態する。このため、物体の衝突や高圧に耐える金庫や防爆扉の内壁、岩石や土砂等による激しい摩擦を受ける土木建設機械部品等への適用が期待される。

表1 タフスター®シリーズのラインアップ

摩耗形態	タフスター®の種類	特徴
アブレッシブ摩耗	①Nb添加鋼	硬質粒子分散
凝着摩耗	②NKSシリーズ	高靱性
土砂摩耗	③高Mn鋼	耐衝撃性

「TOUGH STAR」（登録商標第6055293号）及び「タフスター」（登録商標第6053217号）は日新製鋼の登録商標です。

高潤滑自動車用GI鋼板『GI JAZ®』の開発

JFEスチール（株）

JFEスチールは、欧米系自動車メーカー向けに、プレス成形性を飛躍的に向上させた高潤滑自動車用溶融亜鉛めっき（GI）鋼板『GI JAZ®』を開発し、西日本製鉄所において営業生産を開始した。

JFEスチールはすでに、日系の自動車メーカー向けを中心に高潤滑合金化溶融亜鉛めっき（GA）鋼板『JAZ®』（JFE Advanced Zinc）を量産し好評を得ているが、このGAめっき鋼板『JAZ®』で培った潤滑性向上技術をGIめっき鋼板に応用した商品が『GI JAZ®』である。

海外の自動車メーカーの多くは車体用の防錆鋼板として、主にGI鋼板または電気亜鉛めっき（EG）鋼板を使用している。EG鋼板では、プレス成形性向上の目的で、表層をリン酸亜鉛皮膜で被覆することにより高潤滑性能を付与したプレフォスフェイトEG鋼板（以下、EGプレフォス）が、広く用いられる。一方、EGプレフォスは、電気めっきおよびリン酸亜鉛皮膜での被覆処理が高コストであるという課題があった。

そこで、海外の自動車メーカー向けに、製造コストの低いGI鋼板をベースに、EGプレフォスと同等の成形性を有する『GI JAZ®』を開発した。『GI JAZ®』では、『JAZ®』と同様に亜鉛めっきの最表層を改質することにより、改質層がプレス金型と亜鉛めっき層の凝着を抑制し、摩擦係数を低減することに成功した。

『GI JAZ®』は、自動車フェンダー部品のプレス成形試験において、われ、しわが発生せず、良好にプレス成形ができるしわ押さえ荷重の範囲（成形可能範囲）が、一般のGI鋼板と比較して約2倍に拡大する効果が認められた。また、『GI JAZ®』の表面改質層は厚さがナノメートルレベルと非常に薄いので、様々な自動車用防錆鋼板としての基本性能を損なうことなく、一般のGI鋼板と同等の溶接性、接着性、化成処理

性、塗装性を有する。

『GI JAZ®』は、すでに量産している『JAZ®』と同様に、自動車メーカーの設計における車両構造やデザインの自由度の拡大、プレス加工における不良削減や工程の安定化に寄与する。

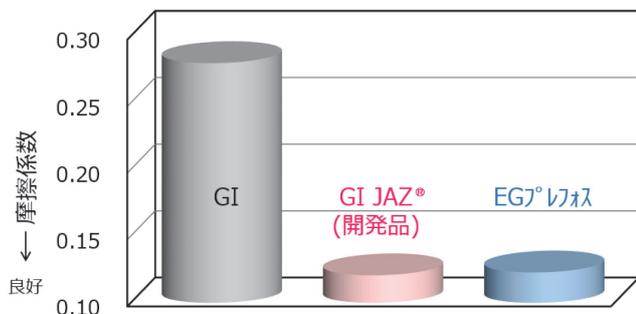


図7 摩擦係数の比較

	しわ押さえ荷重 (ton)			
	110	130	150	170
GI JAZ (開発品)	しわ発生	成形可能	成形可能	われ発生
GI	しわ発生	成形可能	成形可能	われ発生

注: GI JAZの150ton領域は「拡大」の赤い矢印で示されています。

図8 フェンダーモデル金型でのプレス成形性評価結果

業界最軽量となるスチール缶

日本製鉄 (株)

新日鐵住金 (現、日本製鉄) は、東洋製罐 (株) と共同で業界最軽量となる185g用のスチール缶を開発した。185g用の缶に広く使用されているTULC (Toyo Ultimate Can) は、缶の内圧が外気圧より低く (陰圧)、缶の剛性により強度を保持した陰圧缶、缶の内圧が外気圧より高く (陽圧)、缶胴が薄くても強度の保持ができる缶で缶底をフラットな形状にし、陰圧缶詰用の打検システムを使用出来る低陽圧缶があり、開発缶は前者に対して約40%、後者の従来缶に対して6%超の軽量化をそれぞれ達成した。

軽量化のため、開発缶では製缶前の鋼板の板厚を0.170mmまで低減させた。鋼板の板厚が薄くなるに伴い、製缶時に鋼板中の介在物の影響を受けやすくなり、缶は破断しやすくなる。新日鐵住金は鋼中の介在物を低減する技術を高め、高加工性の鋼板を開発した。

スチール缶は、①リサイクル率が高く、LCA (ライフサイクルアセスメント) に優れる、②打検により、缶詰製品の内圧異常などの良否判定が可能である、③遮光性・気密性に優れ長期保存が可能である、などの特徴を有することから、飲料や食料品の保存に適した容器である。缶の軽量化は製造工

程や輸送時のCO₂排出量削減につながることから、今後、開発缶の採用拡大が期待される。

表2 開発缶と従来缶の比較

	低陽圧缶		陰圧缶
	開発缶	従来缶	
鋼板板厚	0.170mm	0.185mm	0.225mm
缶重量	16.2g	17.3g	26.7g
缶の軽量化率	6%超	基準	—
	約40%	—	基準

鋼管杭・鋼管矢板の機械式継手「ハイメカネジ®」

JFEスチール (株)

ハイメカネジ®は、鋼管の接合技術として信頼性が高く、実績のある「ねじ」による現場継手として、1998年に開発・実用化。あらかじめ工場で鋼管に溶接取付けされて現場搬入され、継杭作業は継手付鋼管を回転接合させ、逆回転防止ピンを挿入するだけであり、現場での非破壊試験は不要である。寸法によらず1箇所あたり10分~15分で作業が完了する。継手材料には靱性・加工性に優れたJFEスチール独自の高張力鋼 (JFE-HITEN780) を使用しており、ハイメカネジ®部は適用する鋼管本体と同等以上の耐力を有する。

近年、ハイメカネジ®に対して、適用範囲の拡大、接合作業の負荷軽減、経済性向上などの改善要望が高まっており、これらに応えるべく、今回大幅にリニューアルし、新型ハイメカネジ®は、2018年5月に一般財団法人土木研究センターによる建設技術審査証明を取得 (内容変更) した。

新型ハイメカネジ®の特長

- ① 大幅な適用範囲拡大：大径・厚肉・高強度 (最大径2,000mm、最大板厚60mm、SM570材まで) の鋼管杭および、新たに鋼管矢板にも適用範囲を拡大。打撃・振動工法にも対応可能に。
- ② 施工性アップ：ねじ部の改良により、接合時の回転量低減を実現。従来以上の現場作業の省力化に寄与する。
- ③ 最大で約50%のコンパクト化：継手の短尺・軽量化により、経済性の向上を図る。

ハイメカネジ®は、販売開始以来、道路・鉄道分野を中心にこれまで100件以上の工事に採用されてきた。

従来品と比較して施工現場のニーズにより一層応えられる商品になった新型ハイメカネジ®は、今後も安定した品質確保に貢献するとともに、現場での溶接作業を不要にして、大幅な工期短縮を実現していく。

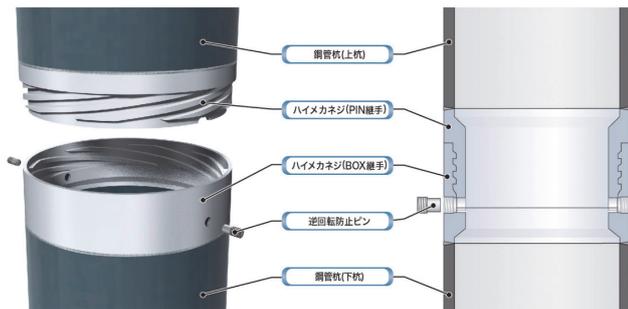


図9 新型ハイメカネジ®の構造

CLEANWELL® DRY ST

日本製鉄(株)

新日鐵住金(現、日本製鉄)は地球環境に配慮した油井管用ドープフリーねじ継手「CLEANWELL® DRY ST」を開発し、販売を開始した。CLEANWELL® DRY STは、これまで使用実績のあるCLEANWELL® DRYのVAM®継手の捻り抵抗力をさらに向上させた新製品である。

油田・ガス田の掘削に使用される油井管は、何本もの鋼管を連結して使用され、その連結箇所には、ねじ締結時の焼付防止のために通常はグリスが塗布される。このグリスに含まれる鉛等の重金属(ドープ)が海中に流れ出すことによる環境汚染が大きな問題となっていた。

CLEANWELL® DRY STは、グリスを使用することなく、油井管同士の繰り返し締結が可能な環境負荷物質の排出ゼロを実現した固体被膜型ねじ継手である。下図のように、継手ねじ部表面に硬質合金めっきと樹脂被膜が形成されている。そのため、同製品にはグリスの塗布・洗浄工程が不要であり、取扱いが容易であるため、陸上・海上での作業性に優れ、環境対応に加えて油田開発全体のコスト削減にも貢献できる。2018年3月には、世界で最も厳しい環境規制が適用されているノルウェー沖海上油田にて使用された。今後さらに高まる環境規制の中、本製品はエネルギーの安定供給に貢献していくことが期待される。

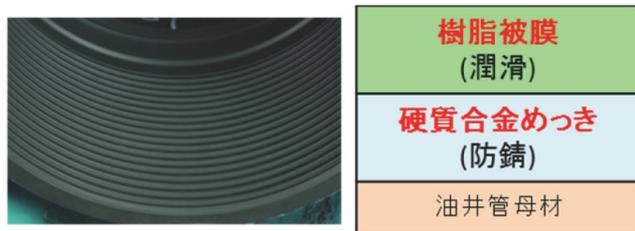


図10 CLEANWELL® DRY STの外観(左)と被膜構成(右)

ライフサイクルコストと可逆性の「チタン箔防食工法」と、その明治期に建造された鋼製灯台への長期耐久性防食仕様の適用

日本製鉄(株)
日鉄防食(株)

静岡県掛塚灯台は明治30年に建造され約120年経過した上部鉄造、下部コンクリート造の建造物で、海岸帯の厳しい腐食環境の下、歴史的価値がある鉄板とリベット接合形状を維持するために繰り返し補修工事を行ってきた経緯がある。今回の改修では、塗装の弱点となる鋼材端部や形状変化部を含めた全面にチタン箔を貼り付ける「チタン箔防食工法」が採用された。防食機能である環境遮断での耐久性向上、ライフサイクルコストの低減および鋼板成分の確認容易性も兼ね備えた事が評価され、2018年第二回インフラメンテナンス大賞、国土交通省優秀賞を受賞した。

新日鐵住金(現、日本製鉄)製チタン箔を用いた防食工法は、厚み0.1mmの純チタンを粘着材でラミネートした防食シートと塗装との組み合わせによる橋梁の防食補強工法としてNETIS_KT-090063-VR登録、累計施工面積640m²の実績があり、室内試験で3000時間複合サイクル試験や沖縄高速道で23年間暴露試験から、60年以上の期待耐久性が示唆されている工法である。

今回の掛塚灯台でもメンテナンスはチタン箔上の着色材の塗替えだけに留める事が可能で、80年の総コストでは既存塗装仕様と比較して、約1/2と評価されている(下表)。

日本製鉄と日鉄防食はチタンを活用した防食工法の展開を実施しており、「チタン箔防食工法」の他、海洋干満帯防食工法の「チタンカバーペトロラタム工法」を提案している。今後も長期耐久性防食ニーズへの期待に応えていく。



左上：改修前 右下：チタン箔施工後
右上：施工完了後

図11 掛塚灯台

表3 工法比較

品質	既存1種ケレン補修塗料	1種ケレンFRP保護塗料	1種ケレンチタン防食
	耐環境性	△:耐摩耗性難	△~○:耐摩耗性難
形状対応性	△:鋼材コバ部入り鋼部	△:端部定着	○
剥離・補修性	△:プラストまたは剥離剤	△:剥離強度大	○
期待耐久性	10年	15年	60年
初期コスト比 ^{※1}	1	2	4
2種ケレン補修塗装	10年ごと	-	-
3種ケレン補修塗装	-	-	30年ごと
FRP保護塗料	-	15年ごと	-
チタン箔部分補修 ^{※2}	-	-	60年ごと
足場費用	8回、コスト比=1	6回、コスト比=3/4	3回、コスト比=3/8
80年総コスト比	4	5	2

※1：足場費用含まず(別枠で試算) ※2：補修率10%

耐熱チタン合金 DAT54の航空宇宙用材料規格

「AEROSPACE MATERIAL SPECIFICATION」登録

大同特殊鋼(株)

大同特殊鋼で開発した耐熱チタン合金DAT54は、日本で開発された耐熱チタン合金として初めてアメリカの航空宇宙用材料規格(AMS:AEROSPACE MATERIAL SPECIFICATION)に登録された。AMSは航空宇宙分野で使用される多くの材料が登録されている材料規格である。

耐熱チタン合金は軽量性と耐熱性を生かして航空機用ジェットエンジン内のコンプレッサーディスクやブレードなどの回転部材として使用されている。しかし、その多くは1960～1980年代に航空機産業の盛んな米国と英国を中心に開発された材料であった。

耐熱チタン合金の耐熱性を決定する重要な特性としてクリープ特性が挙げられる。今回、DAT54は成分組成と熱処理条件の最適化により世界最高クラスの耐熱性を有しており、航空機エンジンの高温化や軽量化を通じて、更なる高効率化に貢献していく。

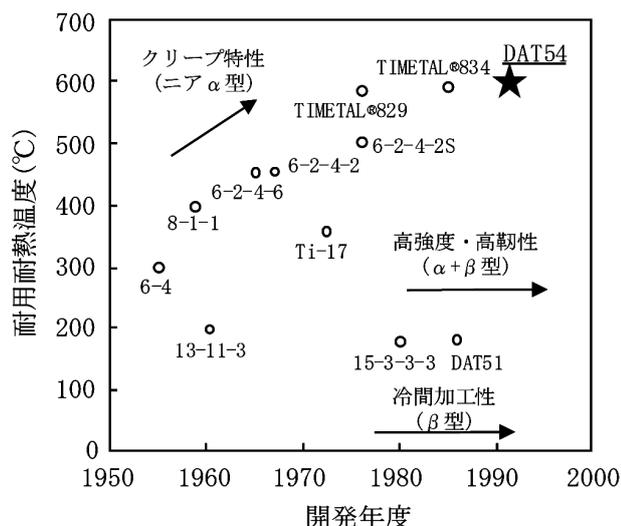


図12 耐熱チタン合金の開発年度

高耐食・高硬度 DSA®760、船舶用ディーゼルエンジン排気弁棒素材の認定を取得

大同特殊鋼(株)

大同特殊鋼は、高温下において優れた耐食性と高硬度を有す高クロム・ニッケル合金 DSA®760を開発し、国内外のディーゼルエンジンのライセンサーから2ストロークの船舶用エンジン排気弁棒素材としての認定を取得した。(DSA:大同特殊鋼の登録商標)

DSA®760はNi-38Cr-3.8Al (mass%)を基本組成とし、金属間化合物(Ni₃Al)とCr強化相(α-Cr)が複合的に析出することで非常に高い硬度が得られ、従来使用されているニッケル

ル基合金(NCF80A相当)と同等以上の引張強度特性を有す。

また、最大の特長は、高Crであるため、様々な腐食環境下で高い耐食性を有することで、特に高温下におけるサルファ及びバナジウム塩に対して、従来使用されているニッケル基合金(NCF80A相当)と比較して、腐食減量が少ない。

DSA®760は船舶用排気弁棒として、ディーゼルエンジンメーカーでの実船検証試験を実施し、従来使用されているニッケル基合金の排気弁よりも高温腐食による損耗速度が半減することが確認された。

本材質を使用することで、更なるエンジン燃焼温度の向上が可能となり、燃費向上によるCO₂削減効果が期待できる。

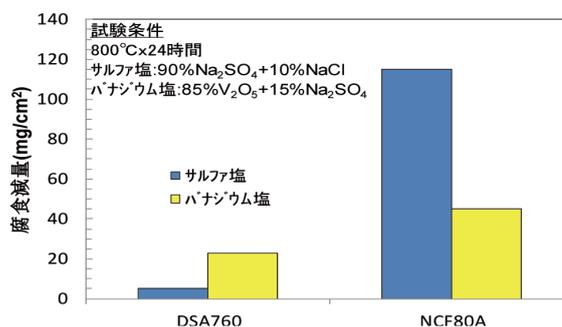


図13 サルファ及びバナジウム塩による腐食減量の比較

木鉄ハイブリッド耐火柱

日本製鉄(株)

新日鐵住金(現、日本製鉄)は、日本集材材工業協同組合と一般社団法人全国LVL協会と共同で「木鉄ハイブリッド耐火柱(以下本耐火柱)」を開発・商品化した。

国産木材の利用促進を目的に国が公共建築物の木造化を推進しているが、耐火構造が求められる大規模建築物等では、部材断面が過大となり、コスト高となる。本課題を解決すべく開発したのが本耐火柱で、木材に比べ強度の高い角形鋼管柱を、耐火被覆を兼ねた厚さ60mmのスギ材(集材材またはLVL)で仕上げることで1時間の耐火性能を確保し(耐火認定番号:FP060CN-0765)、木のぬくもりを持つスレンダーな柱が実現可能となった。

木質系、特にカラマツやベイマツなどに比べ、比重が小さく燃焼し易いスギを用いた耐火構造材は、難燃材を注入するなど特殊処理を施して耐火性能を確保するものが多いが、本耐火柱は、せっこうボードを用いた耐火補強により特殊処理を不要とした。また、スギ材とせっこうボードは、鉄骨建方後、角形鋼管柱に直接ボルトで留め付けることができるため、現場施工も容易である。

日本に広く生育する『スギ』を用いた本耐火柱は、鉄骨造の訴求力向上と国産木材の利用促進を両立するものであり、公共建築物を中心に広く普及することが期待される。

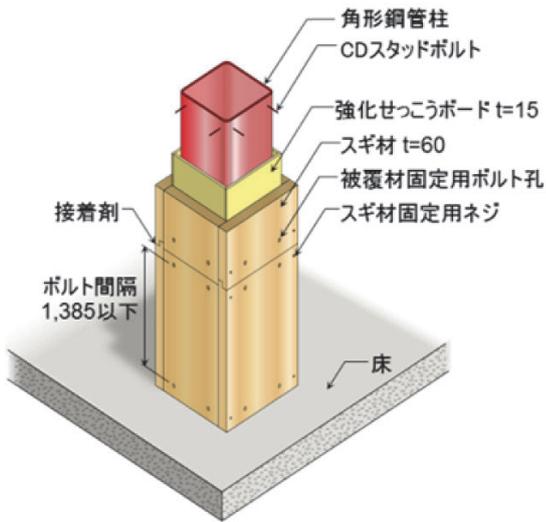


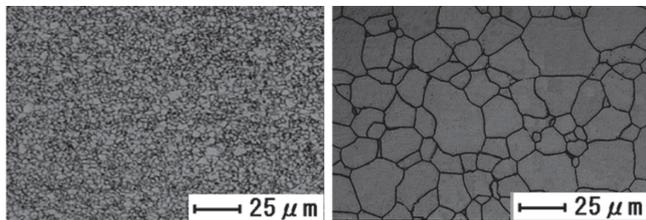
図14 木鉄ハイブリッド耐火柱

精密加工用細粒ステンレス鋼板「FYGRAS™ (フィグラス)」
ブランド展開を開始

日本製鉄 (株)

新日鐵住金 (現、日本製鉄) は、高機能化が求められる電子デバイス機器等での使用に適した精密加工用ステンレス鋼板の製品ラインナップに「FYGRAS™ (フィグラス)」と命名し、ブランド展開を開始した。

近年、スマートフォンに代表される電子機器では、従来に増してデバイスの多機能化や高密度化が進められており、これらを実現するために、板厚精度や平坦性だけでなく、フォトエッチング加工性やレーザーカット加工性にも優れたステンレス鋼板が必要とされている。新日鐵住金 (現、日本製鉄) では、結晶粒径を1μmレベルまで微細化すること等により、精密な二次加工に適した材料を開発・提供してきた。今般これらの製品群をブランド化し、優れた精密加工用材料を求めているお客様に安心してご使用頂くことを目的としている。



精密加工用細粒材 汎用材
図15 精密加工用細粒材と汎用材の断面マイクロ組織



図16 FYGRASのブランドデザイン

醤油醸造タンク向けNAS254N

日本冶金工業 (株)

日本冶金工業が開発したスーパーオーステナイトステンレス鋼NAS254N (SUS836L) が、海外の醤油製造プラント用に初めて採用された。

NAS254Nは国内の大手醤油メーカーの醸造タンク (諸味タンク) 用として2002年に約900トン採用された実績がある。今般韓国大手醤油メーカーが当該物件の実績に着目し、輸出用醤油増産のための新設プラントにライフサイクルコストの点からNAS254N製醸造タンクの採用を決定した。鋼材使用量はタンク12基分、約180ton。従来醤油醸造タンクには普通鋼やコンクリートに樹脂ライニングを施したものが使用されてきたが、樹脂ライニングは定期的な補修が必要であり、その直接的費用や補修期間中の生産量減等の影響を勘案しメンテナンスフリー化が期待される高耐食ステンレス鋼を採用した。

NAS254Nの代表組成は23% Cr-25% Ni-5.5% Mo-0.2% N-LowCで、ステンレス鋼の耐食性指標のひとつであるPREは44となっており、塩分濃度17%、温度40℃という苛酷な腐食環境下でも十分な耐食性を持っている。

今後も世界的な醤油消費量の増加が期待され、国内外の醤油メーカーでの高耐食ステンレス鋼採用に向けて拡販を図る。

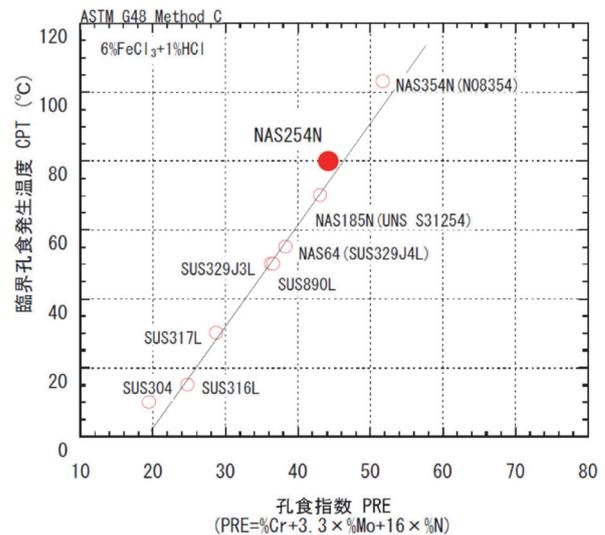


図17 各種ステンレス鋼の臨界孔食発生温度