

2019年鉄鋼生産技術の歩み

Production and Technology of Iron and Steel in Japan during 2019

(一社) 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

御代替わりで平成から令和に時代も改まった令和元年、2019年を、世界経済、日本経済、世界鉄鋼業、日本鉄鋼業について長期の視点も交えて振り返る。

世界経済では成長率の上昇が2020年は見込まれているものの、成長率予測は下方修正が続いている¹⁾。イギリスの欧州連合からの離脱、BREXIT、トランプ大統領誕生、移民問題で揺れる欧州でのポピュリズム政党の台頭などの形で、グローバリズム対ナショナリズムの構図がここ数年で顕在化してきた²⁾。経済面では、自由貿易主義と保護貿易主義の対立と捉えられている。2016年にイギリスが選択したBREXITも、12月の英総選挙の結果を受けて2020年1月に実現、トランプ大統領のアメリカ第一主義にも変化は見られず、自国利益優先の内外政策が進められている。新冷戦宣言ともいわれる2018年10月の米ペンス副大統領の演説³⁾以降、米中の覇権争いは本格的な局面へと移行、米中の貿易摩擦は、12月の交渉で第一段階合意はなされたが⁴⁾、今後の展開は依然不透明なままである。その一方で、米中貿易戦争の影響は不確実性として残存するものの、アメリカの対中制裁の発動見送り⁴⁾や、BREXITも合意ある離脱へと向かうと想定されていたことから、世界経済の減速基調は2019年に底を打ったものと期待された¹⁾。国際通貨基金 (IMF) によれば¹⁾、先進国では2019年、2020年ともに1.6%程度の成長率と推定・予測され、新興市場国、発展途上国の経済成長率の伸びは高いとの予想から、2020年の世界経済成長率は上昇すると予測される。世界全体の経済成長率が、2019年の+2.9%から2020年は+3.3%へ増加するとの予測だが、中東情勢や東アジア情勢の不安定さ・不透明感が増していることに加えて、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) のパンデミックが強力な減速

要因となると考えられ、成長率については大幅な下振れが見込まれている。

日本経済は2019年は外需中心に減速し、内需が堅調だったものの、2020年度は内需に減速が見込まれ、さらに回復が期待されていた外需も、新型コロナウイルスのパンデミックの影響により低迷を余儀なくされる見込みである。我が国においては、5月の改元や10月の即位礼正殿の儀とその時に現れた虹⁵⁾、ラグビーワールドカップでの日本代表の活躍など、明るいニュースも話題となった⁶⁾ 令和元年であったが、経済に関する明るい話題は少なかった。平成は、失われた20年、あるいは、30年ともいわれる通り、長期的にも明るい話題は多くなかった。内閣府の景気判断⁷⁾からはデフレの文字は消えたものの、未だにデフレ脱却宣言はなされていない。GDPの推移を長期で振り返ると⁸⁾、名目GDPは、1980 (昭和55) 年から2017 (平成29) 年で約2.2倍の伸びであるが、同じ期間に、欧米先進諸国 (日本を除くG7) では、約4.3～8.1倍成長している。四半世紀前の1995 (平成7) 年から2017 (平成29) 年では、約1.06倍の増加となっているが、この間、他のG7諸国では、約1.8～2.6倍という伸びであった。これを実質成長率の1995年から2017年までの平均で比較すると、日本は約+1%、他のG7諸国は6か国平均して約+1.8%である。我が国では、2012 (平成24) 年12月から「戦後最長景気」と言われつつも、「実感」はなく⁹⁾、先の比較の通り、相対的にはマイナスに見える低成長率から、ときに、“日本は衰退途上国である”と評されてしまうことも一概には否定できない。2018年が実質+0.3%¹⁰⁾ だった我が国の経済成長率は、2019年は実質+0.7%程度¹¹⁾ (2019年度では0.4%程度¹¹⁾) であり、2020年は実質+0.7%程度¹⁾ (2020年度では0.3%程度¹¹⁾) と予測されている。世界全体の中で低成長である先進諸国と比較しても低い成長率の状態が続く見通しとなっている。これら

※新日鐵住金 (株) は、現：日本製鉄 (株)

の2020年の見通しは2020年1月頃までのデータ等に基づいており、新型コロナウイルスのパンデミックの影響は考慮されていない。

2019年の国別粗鋼生産量のトップ10は表1の通りである¹²⁾。1位中国、2位インド、3位日本という序列は前年と変わらず、粗鋼生産量は世界合計で、18億6992万トン（前年比+3.4%）と3年連続で過去最高を更新した。先進国・地域の中では、アメリカの粗鋼生産量のみが唯一増加した。2019年の世界の鉄鋼業の動向で多くの関心を集めたのは、やはり、中国とインドであった。

中国鉄鋼業は、依然として過剰生産能力を抱えたままであり、世界鉄鋼業界の利益減リスクは軽減されていない。2017年11月に始動した「鉄鋼の過剰生産能力に関するグローバル・フォーラム閣僚会合」（以下、鉄鋼グローバル・フォーラム）での議論によって、中国での「地条鋼」に代表される違法操業の撤廃も含めて過剰生産能力問題は解消に一旦は向かうかに見えた。しかしながら、新たなリスクとして、2019年には、中国国内電炉向けの鉄鉄生産増による需要増から鉄鉱石価格が高騰、原料高をもたらした。2019年10月の鉄鋼グローバル・フォーラム閣僚会合では、2019年末までの設置期限延長を協議したものの、中国の反対で合意に至らず、鉄鋼グローバル・フォーラムは廃止が決定された。各国の努力は継続されているものの、生産能力過剰は解消されず、加えて、米中貿易戦争の影響もあって鋼材価格安となったことで、原料高・製品安の構図となった。米国による関税引き上げや2017年までの投資抑制策によって、減速していた中国経済

も、2019年末には成長率も底入れの兆しを見せた。中国政府が投資抑制策の手綱を緩めたため年後半にインフラ投資が持ち直してきたこともあり、建材向けを中心に増産、粗鋼生産も4年連続増、前年比8.3%増の9億9634万トンとなった¹²⁾。中国の粗鋼生産能力は2018年末で10億2700万トンとの調査結果もある¹³⁾。2019年春頃にその復活が報じられた「地条鋼」は外数であり、一時期は生産能力1億数千万トンとの報道も見受けられた。

インド経済は、2015年、2016年には年率8%台の成長率を示すなど長く高成長率での景気拡大が続いてきた。政府・企業・家計が総じて投資を伸ばしてきており、自動車市場など需要産業も拡大、2018年には粗鋼生産量が前年比+7.7%の年1億927万トンと初めて日本を上回って世界2位となった。ここ10年では約1.6倍の粗鋼生産量の伸びとなっている。2019年の粗鋼生産量は、年後半の景気減速顕在化もあったが、前年比+1.8%の年1億1,125万トンとなった。長期的には、人口増加、都市化の進展、一段の経済改革の進展などを背景に底堅い成長が続くと見込まれており、減速も底入れといわれているが、米政権による一般特惠関税制度（GSP）対象国除外など貿易環境の厳しさや不良債権問題などから景気回復に遅れが見込まれている¹⁴⁾。

我が国鉄鋼業の粗鋼生産量は、1972年に1億トンを越えて以来、年間約1億トンレベルを維持してきている¹⁵⁾。この間、国内の粗鋼見かけ消費量が最も多かったのは、1990（平成2）年の1億47万トンである¹⁵⁾。粗鋼生産量に対する国内粗鋼見かけ消費量の比率は、その頃から漸減し、1990年は89.9%で

表1 国別粗鋼生産量のトップ10（千トン）¹²⁾

順位	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	変化率（%） 2019/18
1	旧ソ連	日本	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
	154,436	101,640	128,500	355,790	638,743	803,825	807,609	870,855	920,027	996,342	8.3
2	日本	中国	日本	日本	日本	日本	日本	日本	インド	インド	インド
	110,339	95,360	106,444	112,471	109,599	105,134	104,775	104,661	109,272	111,246	1.8
3	米国	米国	米国	米国	米国	インド	インド	インド	日本	日本	日本
	89,726	95,191	101,803	94,897	80,495	89,026	95,477	101,455	104,319	99,284	▲ 4.8
4	中国	ロシア	ロシア	ロシア	インド	米国	米国	米国	米国	米国	米国
	66,349	51,589	59,136	66,146	68,976	78,845	78,475	81,612	86,607	87,927	1.5
5	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	ロシア	ロシア
	44,000	42,051	46,376	47,820	66,942	70,898	70,453	71,491	72,464	71,570	▲ 0.7
6	イタリア	韓国	韓国	インド	韓国	韓国	韓国	韓国	ロシア	韓国	韓国
	25,467	36,772	43,107	45,780	58,914	69,670	68,576	71,030	72,042	71,421	▲ 1.4
7	韓国	イタリア	ウクライナ	ドイツ	ドイツ	ドイツ	ドイツ	ドイツ	ドイツ	ドイツ	ドイツ
	23,125	27,766	31,767	44,524	43,830	42,676	42,080	43,297	42,435	39,675	▲ 6.5
8	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	トルコ
	20,567	25,076	27,865	38,641	33,432	33,256	33,163	37,524	37,312	33,743	▲ 9.6
9	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	ブラジル
	19,016	22,309	26,924	31,610	32,948	31,517	31,642	34,778	35,407	32,236	▲ 9.0
10	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※	イラン
	17,841	22,003	26,759	29,350	29,143	22,968	24,218	24,068	24,520	31,900	30.1
世界合計	770,458	752,271	848,934	1,147,975	1,433,432	1,621,537	1,629,096	1,732,171	1,808,373	1,869,915	3.4

※イランについては、2018年と2019年のデータは同じ基準で収集されていないため、変化率は直接比較できない。

あったものが、2018年には70.4%となった。その間も国内粗鋼生産量は年間約1億トン前後で推移しており、輸出比率を高めることで国内生産量を維持してきている。この点は、例えば、公共投資の半減に伴って国内生産量も約半減したセメント産業とは異なる推移をたどっている。

2019年の粗鋼生産量は、内需・外需ともに減少したため前年比4.8%減の9,928万トンとなった¹²⁾。相次ぐ災害からの復旧と国土強靱化政策で土木の需要は堅調だったものの、建設需要は前年割れ、製造業でも消費増税により自動車需要減少となるなど、主要業種での需要の前年割れが影響した。前述の世界経済見通しから、2020年の世界鉄鋼需要は前年比+1.7%増が見込まれ、外需は回復が期待されていた¹⁶⁾が、新型コロナウイルスのパンデミックがやはり影を落としている。一方、2019年度補正予算では13兆円規模の景気対策はあるものの、消費増税、働き方改革による所得低下、東京五輪特需消失という景気へのマイナス要因が積み上がっていること¹⁷⁾からも内需増加へ反転する期待は小さく、2020年度国内の国内鋼材消費量も3年連続の減少が見込まれている¹⁸⁾。さらに、原料高・製品安の構図は継続する見込みが高く、国内各社の経営状況は厳しいものとなっている。このような環境下、2019年4月に商号を変更した日本製鉄(株)は、日新製鋼(株)を完全小会社化し日鉄日新製鋼(株)を設立した。さらに2020年4月には日鉄日新製鋼を日本製鉄に統合した上で、従来の製鉄所を統合再編成して6製鉄所体制とした。これにより国内高炉は、日本製鉄、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所の3社体制に移行することになった。

内需の伸びが見込めない現状から海外展開・投資も継続して進められている。日本製鉄はアルセロールミタルと共同でインド・エッサールの買収を完了した。またJFEスチールは特殊鋼棒鋼事業で中国宝武鋼鉄集団傘下の広東韶鋼松山股份有限公司との合弁を決定した。

技術に関し注目を集めたキーワードは高度IT技術と省CO₂の2つであろう。昨年も、AIやIoTというキーワードに象徴される高度IT技術への取り組みが一層進展した。日本製鉄はサプライチェーンとエンジニアリングチェーンにおける高度なITの適用に向けて、高度なデータ解析とAIの開発を可能にするプラットフォームを整備した。JFEスチールは、国内製鉄所で操業する高炉8基全てに、AIを使って12時間先までの炉内温度などを分析し、管理に役立てる仕組みを導入した。省CO₂に関しては、2018年に世界総排出量のおおよそ3.5%を排出する我が国が、国連気候変動枠組み条約第25回締約国会議(COP25)において地球温暖化対策に非協力的な国に贈られるとされる「化石賞」を受賞するほど、各国に省CO₂を求める政治的気運が激しく高まっており、我が国鉄鋼業にもより一層の省CO₂対策が継続して求められている。

2018年には長期戦略として、「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—」が提示され、ゼロカーボン・スチールをキーワードとした技術開発は経済産業省管轄の令和元年度(2019年度)補正予算による革新的環境イノベーション戦略加速プログラムの一つに位置付けられた。日本鉄鋼協会でも個々の課題に取り組むとともに、学術ベースで産業分野の枠を越えた連携も模索している。いずれにしろ、長期的な取組によって問題解決を目指していくことで、我が国鉄鋼産業の国内生産活動基盤の強化へ貢献することが求められている。

以下に、2019年の我が国鉄鋼業を取り巻く環境について、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の観点から概要をまとめる。

1.1 鉄鋼原料の動向

1月にブラジルで発生したテーリングダム決壊事故およびオーストラリアの出荷不調の影響等により、三大メジャー(ヴァーレ、リオティント、BHP)の鉄鉱石生産量の合計は2018年比10.1%減となった^{19,21)}。このため供給の逼迫感が高まり、鉄鉱石スポット価格(CFR China Fe 62%)は2018年12月の月間平均67.8ドル/トンから、2019年7月には120.5ドル/トンまで急上昇した。しかしその後、ブラジルでの生産再開および欧州を中心とする世界的な需要の減退により、12月には91ドル/トンまで下降した²²⁾。原料炭については、世界的な需要減退に加えて中国における鋼材需要の弱さも相まって、スポット価格(豪州強粘炭FOB)は2019年1月の月間平均98.6ドル/トンから、12月には66.2ドル/トンまで下降した²³⁾。

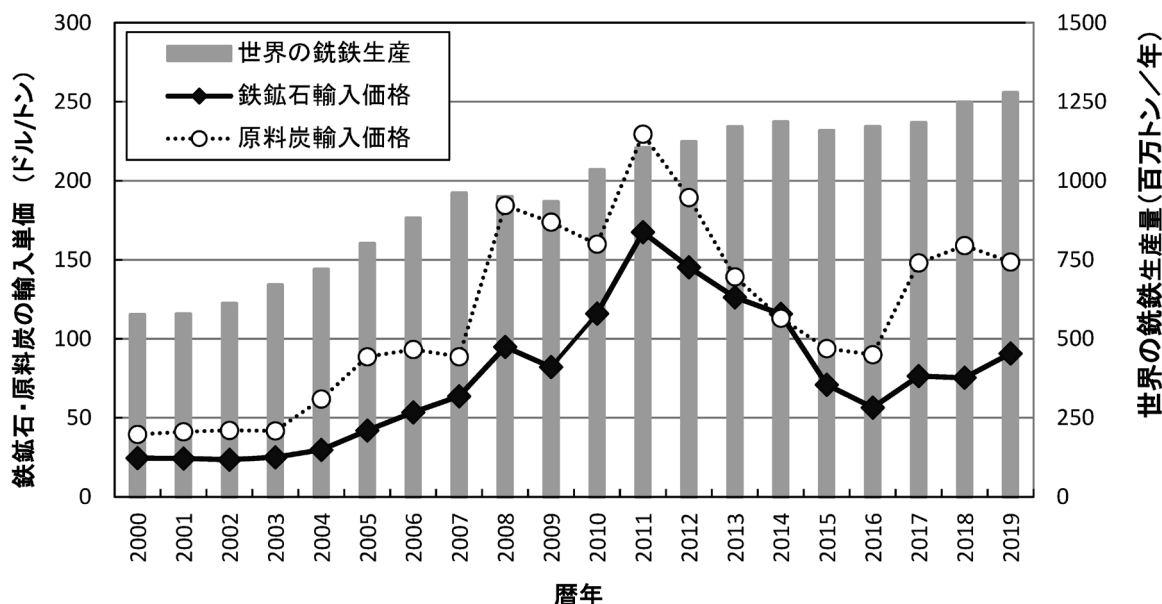
図1に、世界鉄鋼協会(World Steel Association, WSA)、財務省貿易統計等による、世界の鉄鋼生産量と鉄鉱石および原料炭の平均輸入単価の長期推移を示す^{12,24)}。これによると、鉄鉱石の輸入単価は2016年の56.5ドル/トンを底値に上昇基調に転じ、2019年は90.8ドル/トンまで上昇した。一方、原料炭の輸入単価は、2016年の89.9ドル/トンから2018年には159.0ドル/トンまで上昇したが、2019年は148.6ドル/トンとやや下降し、2017年と同水準となった。

1.2 鉄鋼需要産業の動向

(一社)日本鉄鋼連盟の鉄鋼需給四半期報²⁵⁾、(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、2019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】2019年度の土木部門の活動は、公共・民間土木ともに増加するとの見方から、前年度比増加を見込む。公共土木



(出典:世界鉄鋼協会、財務省貿易統計等)

図1 世界の鉄鉄生産量と鉄鉱石・原料炭の輸入単価推移(暦年)

受注額は、国土強靱化政策や自然災害からの復旧・復興需要で治山治水を中心に増加しており、前年度比増加で推移している。民間土木受注額は、リニア中央新幹線の建設やエネルギーインフラ、情報通信分野での投資を背景に前年度比増加が見込まれる。

【建築】2019年度の建築部門は、住宅が貸家の相続税対策の剥落や金融機関の融資条件の厳格化等による着工の減少に加え、分譲もマンションを中心に販売価格や在庫率の高止まりから減少が見込まれる。非住宅は、工場・店舗などを中心に減少がみられ、全体でも前年を下回る見通しである。

【造船】NO_x排出規制強化前の駆け込み需要の反動以降、2019年度も世界的な船腹過剰が解消されない中、船価も2018暦年から横ばいで推移している。2020年1月に実施されるSO_x規制では、燃料油対策が多くを占めたことから、新造船需要は見られなかった。受注環境は、依然厳しい状況が続き、手持ち工事量も減少基調に歯止めがかかっていない。受注の減少や手持ち工事量が低位なことから、起工量、鋼材消費量ともに前年割れて推移する見通しである。

【自動車】2019年度の国内販売は、完成検査問題等の影響があったことに加え、下期には消費税増税に伴い需要が減少しており、前年割れを見込む²⁶⁾。完成車輸出は、世界的に自動車市場で停滞感があるものの、主要な市場である北米・中国市場を中心に日本車は健闘しており、横ばいの見通しである。この結果、完成車生産、鋼材消費はともに前年割れとなる見込みである。日本自動車工業会によると、2019年の四輪車の生産台数は9,684,294台で、前年の9,729,594台に比べて、45,300台、約0.5%の減少となった²⁷⁾。

【産業機械】2019年度の産業機械の生産活動は、内需は堅調だった一方、外需が低迷した。建設機械では、国内需要は堅調も、海外経済の減速からアジア・豪州での建機需要が減少したほか、台風の影響で生産の一部を中止したメーカーもあり、生産は前年比減少が見込まれる。工作機械は、内需は省力化投資により堅調も、外需は米中貿易摩擦の影響から落ち込んでいる。

【電気機械】2019年度の電気機械の動向をみると、産業用電子機械(以下、産電)・通信機械に関しては、スマホ市場の減速もWindows7サポート終了によるPCの買い替え需要が追い風となり、産電を中心に高水準で推移した。一方、温暖化ガスの排出削減に向けた環境問題の高まりから、石炭火力発電向け案件の見直しを中心に、海外経済の減速による設備投資の停滞により重電は減少した。家電は、高付加価値製品の買い替え需要は堅調なもの、消費税増税による影響や前年度が高水準だった反動から減少となった。この結果、電気機械全体の鋼材消費は、前年度を下回る見込みである。

1.3 我が国の粗鋼生産状況

我が国の2019年(暦年)の粗鋼生産量は前年比4.8%減少の9,928万トンとなり、リーマンショック直後の2009年以来的1億トン割れとなった¹²⁾。これは米中貿易摩擦や中国経済の減速感を背景に、世界経済の成長鈍化傾向が顕著化していること、内需に関しても先行き不透明感が強まっている事に加えて、自然災害や設備トラブル等により設備稼働率が低下したことが主な原因である^{28,29)}。

炉別生産では、転炉鋼が7,498万トン(前年比4.1%減)、電

炉鋼が2,430万トン（前年比6.9%減）となり、電炉鋼比率は24.5%（前年比0.5%減）となった（図2、図3）³⁰⁾。また鋼種別では、普通鋼が7,560万トン（前年比4.0%減）、特殊鋼が2,368万トン（前年比7.5%減）となった（図2、図3）³⁰⁾。なお、特殊鋼の連鑄比率は、2014年から95%前後ではほぼ一定であるが、2019年は95.2%となり2018年の94.8%から微増した（図3）³⁰⁾。

1.4 世界の粗鋼生産状況

世界の2019年（暦年）の粗鋼生産量は18億6,992万トンと

なり、前年の18億837万トンにくらべて3.4%の増加となった¹²⁾。主要国の粗鋼生産量を見ると、中国が前年比8.3%増の9億9,634万トン、昨年日本を抜いて粗鋼生産量世界第2位となったインドが、前年比1.8%増の1億1,125万トンと生産量を伸ばしたのに対し、日本は前年比4.8%減の9,928万トンとなった（表1）。統計方法を変更したイランを除く上位9ヶ国では、中国、インド、米国を除く各国の粗鋼生産量は全て前年度よりマイナスとなっており、特にEU、中南米諸国の生産量が大きく低下した。

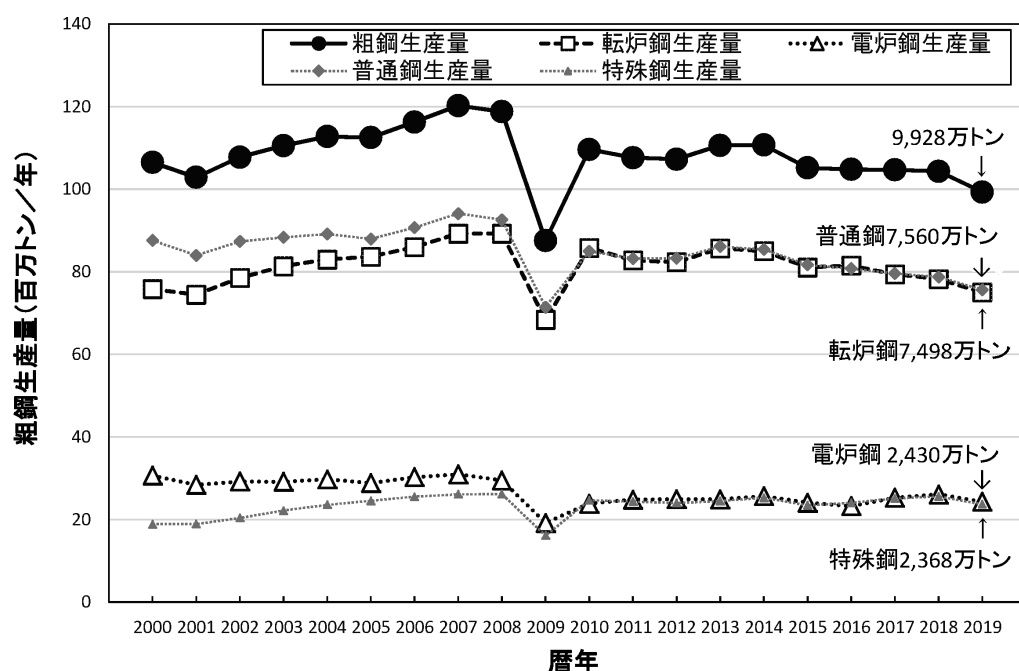


図2 我が国の粗鋼生産量の推移（暦年）³⁰⁾

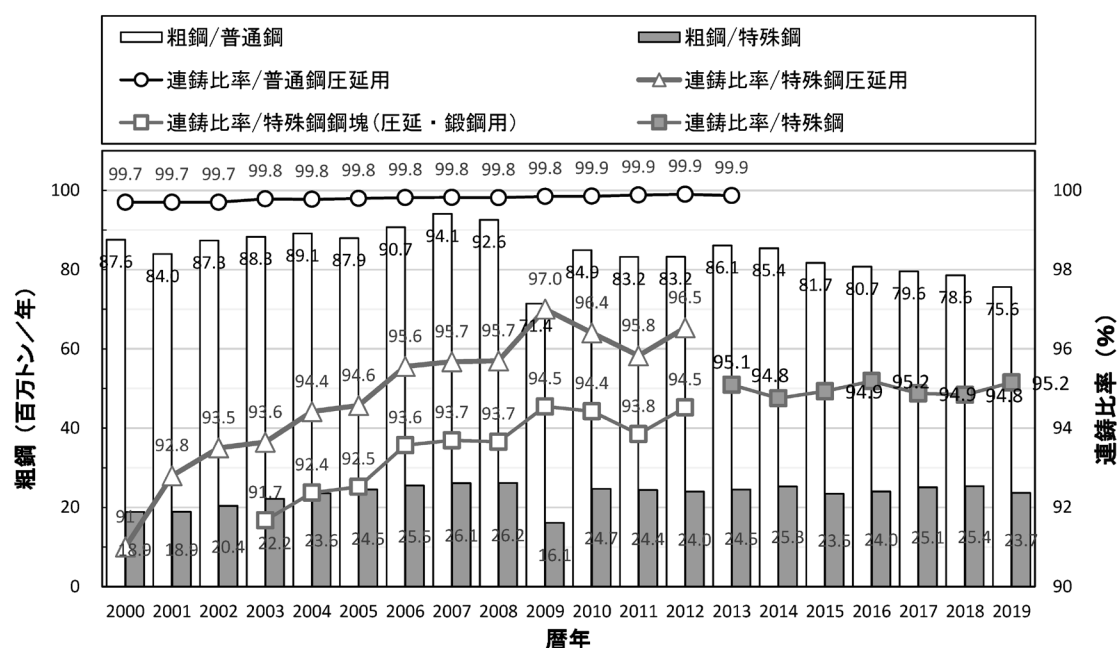


図3 普通鋼と特殊鋼の粗鋼生産量と連鑄比率³⁰⁾

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³¹⁾。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の技術開発戦略としては、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、等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った。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

2019年(暦年)の銑鉄生産量は、前年比3.1%減の7,491万トンであった¹²⁾。2019年末時点の稼働高炉数は25基、そのうち内容積5,000m³以上の高炉は14基で、いずれも2018年末と変化はなかった。また平均出銑比(暦日)は、前年比0.08トン/m³・日減の1.80トン/m³・日となった。

事業環境の悪化を受けて、日本製鉄は2020年2月の呉製鉄所第2高炉の休止に加えて、2021年度上期末を目処に同所第1高炉および第1、第2焼結機を、2023年度上期末を目処に同所全設備を休止すること、2022年度上期に和歌山製鉄所第1高炉、第5-1焼結機、第4、第5コークス炉を休止すること、および八幡製鉄所小倉地区第2高炉の休止を、2020年度末から2020年度上期末へ前倒しすることを発表した²⁸⁾。

製鉄分野の設備では、引き続き老朽化したコークス炉を始めとした改修、建設が続いている。日本製鉄は、2019年に君津第5コークス炉A炉団、北海製鉄(株)室蘭第5コークス炉西炉の改修を完了した。これにより、北海製鉄室蘭のコークス炉は全炉団のリフレッシュを完了した。さらに、名古屋第3コークス炉の改修を進めている²⁸⁾。JFEスチールは、西日本製鉄所福山地区の第3コークス炉A・B炉団の改修を進めている。製鉄事前処理工程では、JFEスチールは西日本製鉄所福山地区第3焼結機の増産改修を完了した²⁹⁾。

高炉については、日本製鉄は和歌山製鉄所第5高炉を休止し、第2高炉が稼働した²⁸⁾。JFEスチールは、2021年に西日本製鉄所倉敷地区第4高炉を改修する計画、およびサイバーフィジカルシステム化を目的としたデータサイエンス技術(高炉CPS)を、保有する全ての高炉に展開する計画を発表した²⁹⁾。

2.3 製鋼

2019年(暦年)の粗鋼生産量は、前年比4.8%減の9,928万トンであった(表1)¹²⁾。事業環境の悪化を受けて、日本製鉄は2021年上期末を目処に呉製鉄所の製鋼設備を休止すること、および八幡製鉄所小倉地区製鋼設備の休止を2020年度末から2020年度上期末へ前倒しすることを発表した²⁸⁾。

新規設備の導入動向では、日本製鉄は八幡製鉄所の鉄源工程最適化の一環として、同製鉄所戸畑地区にブルーム連続铸造機を新設した。また、2022年に広畑製鉄所の冷鉄源溶解プロセスを電気炉プロセスに刷新する計画を明らかにした²⁸⁾。JFEスチールは、西日本製鉄所倉敷地区に連続铸造機を新設中である。

2018年に引き続き、世界的な副資材価格の高騰が続いている。中国における環境規制の厳格化により、マグネシア系耐

火物の原料であるマグネシア等の原料供給が減少したため、2017年以降マグネシア系耐火物の価格が上昇した。2019年後半は世界経済の成長鈍化の影響で低下傾向に転じたが、依然高いレベルを維持している²⁸⁾。また電気炉では、原料となるニードルコークスの供給逼迫により、黒鉛電極の価格が上昇した³²⁾。これらは製鋼コストを引き上げる要因となっている。

開発成果が社会的に公知された事例については、日本製鉄の「クロムの系外排出ミニマムを達成した製鋼プロセスの開発」が平成31年度文部科学大臣表彰科学技術賞（開発部門）を、JFEスチールの「製鉄所の溶鉄搬送容器における熱損失低減による省エネ活動」が、2019年度（令和元年度）省エネ大賞 省エネ事例部門 省エネルギーセンター会長賞を受賞した。

2.4 鋼材

2.4.1 薄板

自動車分野において高張力鋼板（ハイテン）の適用拡大が進められている。日本製鉄とJFEスチールがそれぞれ開発した1310MPa級ハイテンが、マツダ（株）の新型車の車体骨格部品に世界で初めて採用された。1310MPa級ハイテンは、プレス成形性の制約からこれまでバンパー部品などへの適用にとどまっていた。今回、プレス成形性や部品の寸法精度などの技術課題を解決したことにより、1310MPa級ハイテンが車体骨格部品へ適用可能となった。またJFEスチールが取り組んできた「革新的ミクロ組織制御による高強度・高加工性薄鋼板群の開発」は、鋼中の炭素原子の分布を制御することで、ナノメートル単位での超微細構造を創り出し、高強度化と加工性を飛躍的に向上させることに成功した成果が認められ、平成31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）を受賞した。

神戸製鋼所はプレスの生産性に優れたホットスタンプ用めっき鋼板（焼入れ後強度1500MPa級）を開発し、車体骨格部品用途で量産を開始した。これまでに高生産性ホットスタンプ用冷延鋼板を開発・量産し、客先でのプレス生産性を大幅に改善してきたが、今回、その冷延鋼板に垂鉛めっき処理を施した鋼板を開発した。耐食性の付与により、適用部品拡大の可能性を大きく広げることとなる。

またハイテンの適用部品拡大に際して、新たな利用技術の開発も進められている。日本製鉄では、成形性が低い引張強度が980MPa以上のハイテンをL字やT字状の複雑な形状に成形するためのプレス工法を開発した。本工法では、天板面を補助金型により高荷重で挟持してしわの発生を抑えながら曲げ成形することにより、成形に必要な材料の伸びを低減させハイテンの成形を可能としている。本工法の開発により、センターピラーやフロントピラー等の車体骨格部品へ980MPaおよび1180MPa級ハイテンの適用が可能となり、部

品製造時の材料歩留りの大幅な改善（平均15%）が図られている。本技術はその成果が認められ、第8回「ものづくり日本大賞」製造・生産プロセス部門の経済産業大臣賞を受賞した。

JFEスチールは自動車用ハイテンの性能を最大限に引き出すための様々な利用技術を開発し、それらを体系化した。車体設計支援、部品成形、部品接合の3つのグループで構成され、ハイテンに適した成形方法や溶接・接合方法への最適化を自動車メーカーや部品メーカーに提案できる体制を整えている。

その他の薄板製品では、日本製鉄が開発した優れた表面硬度と疲労強度を有するガス軟窒化鋼板が、トランスミッションのトルクコンバータ部品に適用された。JFEスチールは高強度と高延性を兼ね備えた缶用鋼板の量産化により加工性向上と薄ゲージ化に貢献するとともに、高速溶接缶用ティンフリースチールを開発し、ティンフリースチールによる溶接飲料缶の量産化に世界で初めて成功した。

電磁鋼板ではJFEスチールが開発したSi傾斜磁性材料（表層部のSi濃度が高く、板厚中心部のSi濃度が低い）が、令和元年度全国発明表彰の発明協会会長賞と第8回「ものづくり日本大賞」内閣総理大臣賞をそれぞれ受賞した。

またJFEスチールが開発した「世界最速を実現する調質圧延装置の開発」が第54回機械振興賞機械振興協会会長賞を受賞した。各種センサーデータと最適化・シミュレーション技術をリアルタイムに融合したインテリジェント制御熱延調質圧延設備を開発し、鋼板の形状、伸び率、蛇行量などの高精度な自動制御や世界最速である毎分800mでの安定した調質圧延も可能となった。

2.4.2 鋼管

（株）日本製鋼所と高圧昭和ポンペ（株）、新日鐵住金（株）は、水素ステーション用鋼製蓄圧器の新型を共同で開発し、商業生産を開始した。開発した蓄圧器は、従来の信頼性をそのままにさらなる軽量化と耐久性を向上させた。本製品は、新日鐵住金の99MPa高圧水素に耐える粘り強さと高強度を両立した大径厚肉シームレス鋼管を採用している。また、新日鐵住金は、「高圧水素用高強度ステンレス鋼の開発」で第45回（平成30年度）岩谷直治記念賞を受賞した。本開発鋼は、燃料電池車に燃料供給する高圧水素ステーション用材料として、従来材の1.6倍の高い強度と優れた耐水素脆性を併せ持ち、溶接施工が可能な世界初のステンレス鋼で、2013年の販売開始以降日本国内の新設定式水素ステーションに採用されている。

日本製鋼所は、水素に対する材料知見を反映した蓄圧器の全体設計を行い、従来型の蓄圧器のストレート円筒に蓋を設けた構造から両端を絞ったボンベ構造に変えることで大幅な軽量化、コストの削減を実現した。さらに、高圧昭和ポンベ

の大径肉厚シームレス鋼管に対する優れた鏡部鍛造技術により、ポンベ構造としては大きな開口径を有する絞り加工が実現でき、内面のきず除去加工や内面検査が可能な構造として高いレベルでの安全性・信頼性を確保できた。これら3社の技術を結集した共同開発の結果、世界最高レベルの寿命と圧倒的な耐久性を達成した蓄圧器を実現した。

日本製鉄は、日鉄ステンレス（株）が開発した省合金型二相ステンレス鋼（以下、日鉄ステンレス材）と同等材質の省合金型二相ステンレス鋼シームレス鋼管を新たに開発し、商業生産を開始した。開発材は日鉄ステンレス材と同等の化学成分（21Cr-2Ni-3Mn-Cu-N）を有し、汎用鋼であるSUS304（18Cr-8Ni）と比較して、省合金型でありながら2倍の強度（耐力）および同等以上の耐食性を併せ持っている。特にSUS304シームレス鋼管の代替として開発材シームレス鋼管を適用することで、高強度特性を活かした最大約50%の薄肉設計や、耐食性改善による設備長寿命化など、ライフサイクルコスト低減への寄与が期待できる。また開発材は省合金（合金削減）により省資源化に貢献するステンレス鋼材である。

日本製鉄のチタンローフィンチューブが、船用冷凍・冷蔵機器のパイオニアである日新興業（株）の漁船向け船用冷凍機の熱交換器に、初めて採用された。チタンローフィンチューブは、チタン管表面に転造でフィンを成形することによって通常管に比べ約2～3倍の伝熱面積を実現した製品である。伝熱面積を増やしたことにより、熱交換（冷凍）能力のアップや熱交換器の省スペース化に寄与し、またチタンの持つ優れた耐食性により、海水やアンモニアなどの腐食しやすい冷媒を使った、船用冷凍機の熱交換器や空調設備にも適用可能である。漁船などの船用冷凍機の熱交換器において、冷媒の冷却、液化を担う凝縮器では海水を使用している。この凝縮器において、冷媒と海水との間で熱交換を行う伝熱管に、フィン加工したチタン管を採用することによって、海水に対する耐食性と設備の省スペースの両方を兼ね備え、漁船冷凍機の信頼性向上と長寿命化に貢献した。

日本製鉄は、「固体潤滑皮膜を用いた油井管用ねじ継ぎ手の発明」で（公社）発明協会の令和元年度全国発明表彰の発明賞を受賞した。油井管締結用のねじ部に焼き付き防止のために使用されてきたグリスに変え、防錆性、耐焼付き性、耐衝撃性、気密性を有する新たな固体被膜を開発、製品化し、グリスの洗浄・再塗布無しで油井管同士の繰り返し締結が可能となり、作業効率向上とコスト削減に貢献し、さらに海上プラットフォームでのグリスの流出が無くなり環境負荷ゼロを実現した。

2.4.3 厚板

日本製鉄の開発した高延性造船用鋼板と高耐食性鋼板が、最新鋭の超大型原油タンカーに世界で初めて同時採用された。

高延性造船用鋼板は、鋼板の伸び特性に優れるため、船舶の衝突時においても、従来鋼に比べて船体に穴が開きにくく、貨物油及び燃料油漏洩による深刻な海洋汚染に対するリスクの軽減が可能な鋼板である。従来鋼の規定要求値より5割以上の非常に高い伸び特性を有する鋼板として、日本海事協会や米国船級協会より認証を取得すると共に、その高い性能が認められ2018年度の市村産業賞（貢献賞）や第8回「ものづくり日本大賞」製造・技術開発部門の九州経済産業局長賞を受賞した。また、原油タンカー用高耐食性鋼板は、防食が義務付けられる原油タンカーの貨物タンクに塗装無しで使用できることから、塗料費削減や建造、点検の工期短縮が図られ、環境負荷軽減にも寄与する。2007年の本格受注以降、これまで10隻以上の原油タンカーに採用され、受注量は総計3万tを超える。

JFEスチールは、定格出力30kWの大出力真空レーザ溶接技術を開発し、クラッド鋼板の生産性向上を目的に西日本製鉄所福山地区厚板工場のクラッド鋼板製造工程に導入した。2018年度の導入以来18,000トン以上のクラッド鋼板製造に適用し、安定した操業を継続している。また、JFEスチールはコストパフォーマンスに優れる高塩分対応型の高耐候性厚鋼板を開発した。海岸の近傍や凍結防止剤を散布する環境など飛来塩分の高い地域では、過度な腐食を抑制することが極めて重要であるが、これまで使用されてきたニッケル系高耐候性鋼板は、Niを1～3%添加するため高コストであるという課題があった。この課題に対して、Niの添加量を抑制しつつ、塩分環境での耐食性を低下させると言われるCrを添加せず、耐食元素であるSn、Nbを微量複合添加することで、緻密な保護性並びを得ることができ、良好な溶接施工性を確保するとともに、コストパフォーマンスに優れながらも従来のニッケル系高耐候性鋼とほぼ同等の耐食性を得ることに成功した。これらの性能に基づき、国内で初めて橋梁に適用された。また、JFEスチールが開発・量産化したタンカー底板向け高耐食厚鋼板は、2008年の超大型原油タンカー適用以降、累計製造が1万tを超えた。本鋼板の適用によって、タンク底板の孔食の大幅な抑制が可能となり、初期の無塗装化や維持管理時を含めた塗装コストの大幅低減、塗装作業による工場からの揮発性有機化合物（VOC）の排出量低減に貢献している。

日鉄ステンレスは、SUS316系を代替可能な二相ステンレス鋼（23Cr-5Ni-1Mo-N）を開発・商品化した。既存の省合金型二相ステンレス鋼の溶接性が改善されSUS316系を上回る耐食性と約2倍の強度（0.2%耐力）を有し、食品・薬品タンク類、臨海部の水門等のインフラ設備等のより高い耐食性を求められる用途に適用され、厚板と薄板の両品種で商品化している。

日本冶金工業（株）は、高濃度塩化物イオン環境または硫酸環境、あるいは両社混在の過酷な腐食環境において優れた耐食性を有する7.5Moニッケル基耐食合金を開発した。排煙

脱硫装置、船舶ディーゼルエンジン用SO_xスクラバー等の環境汚染防止装置や化学プラントにおいて需要が期待できる。

2.4.4 条鋼・形鋼

JFE スチールの突起付H形鋼がハッ場ダム（群馬県吾妻郡長野原町）堤体上の水門柱の構築工事に、鉄筋コンクリート構造における主鉄筋の代替として適用された。これまでは急速施工が必要な場合の橋脚用主鉄筋の代替としての採用が主体であり、橋脚以外の構造物へは初採用となる。突起付H形鋼の適用により、巨大地震に備えた耐震性の向上と施工品質の向上が実現された。突起付H形鋼は、熱間圧延時にH形鋼のフランジ外面に、フランジ幅方向に横ふし（線状）の突起をつけることにより、通常のH形鋼と比べてコンクリートとの高い付着性能を付与した製品である。鉄筋コンクリート構造の骨組みとして通常使用される異形棒鋼と同等以上のコンクリートとの付着性能を有するうえ、異形棒鋼を用いた鉄筋コンクリート構造と比較し変形特性に優れ、高い耐震性能を有することなどが特徴である。また、突起付H形鋼は異形棒鋼と比較して1本当たりの断面積が大きいいため、使用する部材数を減らすことができ、鉄筋組み立て作業の省力化・工期短縮が可能となる。主鉄筋の代替として適用されることで、鉄筋の過密化を回避するとともに耐震性と施工品質の向上を図ることができる。

JFE スチールは、「重貨物鉄道用高耐久熱処理レール」にて第65回（平成30年度）大河内記念技術賞を受賞した。本製品は、最適な化学組成とオンライン熱処理技術を用いてパーライト組織を微細化する組織制御技術を適用し、耐摩耗性と耐疲労損傷性及び延性を有するレールである。北米や豪州の重貨物鉄道に適用され、レールの耐久性向上に貢献している。

新日鐵住金は、第65回（平成30年度）大河内賞において、「環境負荷低減型超ハイテン橋梁ケーブル用ワイヤ向け線材の開発」にて大河内記念生産賞を受賞した。鋼成分へのボロン添加により1960MPa級ワイヤの高延性を可能とする組織制御と、生産性が高く環境負荷の低い圧延工程インライン型の溶融塩浴熱処理の組み合わせにより、世界で初めて鉛フリー熱処理による高強度ワイヤ用線材の量産に成功した。本技術により製造された1770～1960MPa級高強度ワイヤ用線材は2008年から出荷され、センタースパンの長い多くの吊橋・斜張橋に採用されている。

2.4.5 鉄粉

JFE スチールは、メッシュベルト炉で焼結した状態で引張強さが800MPa級を示す粉末冶金用途向けのニッケルフリー合金鋼粉を開発した。従来、焼結部品にはNi4%、Cu1.5%、Mo0.5%を含む合金鋼粉をメッシュベルト炉で焼

結した材料が使われていたが、焼結後に硬度差が大きくなり被削性が悪化し加工費が増加する上、Niの市況影響を受けやすかった。一般的には合金元素の予合金添加により粉末の圧縮性は低下するが、製造プロセスの制御により高い圧縮性を兼ね備えた、Cu3%、Mo1.3%予合金添加した合金鋼粉を開発し、メッシュベルトで焼結した状態のままで引張り強さ800MPa級を超える高強度を達成した。今後、自動車部品、建機部品への適用を目指している。

2.5 計測・制御・システム

計測関係では、日本製鉄の「LEDドットパターン投影方式平坦度計を用いた高強度熱延鋼板の高精度製造技術」が第8回「ものづくり日本大賞」製造・生産プロセス部門の優秀賞を受賞した。新たに開発した平坦度計は、周期的に配列した高輝度LEDで形成した光のドットパターンを1000℃近い高温の鋼板表面に明瞭に投影することが特徴である。このパターン画像を処理し、刻々と形状が変化する圧延中の鋼板の瞬間的な形状を捉えることで、幅方向の伸び率分布を高精度に測定する。この技術開発により熟練した作業者の介入なく薄鋼板をフラットに自動修正することが可能となり、形状起因の不良発生が制御適用前に比べ約30%減少し、高強度鋼板の生産性と品質の向上が図られた。

JFE スチールは「漏洩磁束法による鋼板微小凹凸表面探傷装置」で第53回機械振興賞において機械振興協会会長賞を受賞した。鋼板表面に生じるロール性の微小凹凸欠陥は、深さ数μmで表面粗さと同等レベルのため、鋼板のままでは見えないが、自動車用に加工・塗装されると明瞭になり外観上問題となることがある。従来は、鋼板製造時に鋼板の走行を一度停止し、表面に砥石をかけることで、凹部と凸部での砥石のあたり具合の違いで欠陥を可視化する検査を行っていた。微小凹凸欠陥発生メカニズムに着目し、ロールに生じた凹凸が鋼板に転写される際に生じた歪に起因する磁気特性の変化を漏洩磁束法で検出する、オンライン微小凹凸欠陥検出装置を開発した。探傷ヘッドは、鋼板から1mmの位置に配置され1度に100mm幅を計測し、順次幅方向にヘッド位置を変えて全幅を計測する。本法により、これまで人手に頼っていた鋼板の微小凹凸欠陥検査の自動化を世界で初めて実現し、自動車用高品質鋼板の安定製造と生産性の向上を達成した。

また、JFE スチールとJFEアドバンテック（株）は、平成30年度優秀省エネ機器・システム表彰において、「漏れ量判別可能気体リーク位置可視化装置」で日本機械工業連合会会長賞を受賞した。漏洩で生じる超音波を、平面上に複数配置した超音波センサを使って検出し、各センサの検出時間差を利用して音波の飛来方向を求め、音波と同時に記録したビデオ画像上に重ね合わせることで漏洩位置を可視化することがで

きる。この装置は、持ち運び可能な小型の筐体に漏洩の可視化機能とSDメモリーカードへの記録機能を搭載しており、圧縮空気や蒸気などの漏洩を探索し、画像で記録することで、また検出された超音波の音圧と漏洩点までの距離から漏洩量の概算値を求めることができる。

システム関係では、日本製鉄が、2019年4月にサプライチェーン、エンジニアリングチェーンへの高度ITの適用について発表した。高度ITの導入に向けて、高度な画像解析、深層学習も可能な高い計算能力を備え、各種データ解析を実施し、AIを開発、適用可能なプラットフォームを整備した。AI開発のツールとして、既に導入済みのAI自動化ツールや、新たに採用した日鉄ソリューションズ(株)の画像解析、深層学習ツールなどを組み込み、データ準備からデータ解析、AI開発、評価まで一貫して可能なプラットフォームにしたことで、より効率的に大規模なAIの開発、適用を可能にした。データサイエンティストをはじめ、高度なデータ解析やAI適用を進めるスタッフが活用し、製鉄所のインテリジェント化を進めている。また、従業員に対しては高度ITを活用した働き方改革を推進するとともに、高度ITやAIの社員への教育、啓蒙活動に取り組んでいる。

JFEスチールは、日本アイ・ビー・エム(株)の支援のもと、AIを活用した制御故障復旧支援システムを2018年9月に全製造ラインに導入した。これにより、各製鉄所の全ての製造ラインで発生したトラブルに対して、保全担当者が過去の事例や復旧に必要な情報を効率的に検索できるようになった。復旧時間を大幅に短縮するなどの効果が確認され、社内の他のシステムとの連携など本格的に運用を開始したと、2019年3月に発表した。

また、JFEスチールは、国内に保有・稼働する8基すべての高炉に、サイバーフィジカルシステム(Cyber-Physical System)を適用し、従来困難であった高炉炉内の重大トラブルの起因となりうる異常の予兆検知や、安定操業において重要な高炉炉内の熱の状態を8~12時間先まで予測できる技術を開発・導入した。さらに、予測結果に対する現時点での最適なアクションをオペレーターにガイダンスするシステムを構築し、安定操業および安定生産に向けた操業アクションに活用を始めた。また、2019年度中に8基の高炉をデータハイウェイで繋ぎ、操業に関する全データを収集することで、集中監視や操業技術の標準化・自動化を推進し、会社全体での高炉操業のレベルアップを図る予定である。

さらに、JFEスチールは、最新のデータサイエンス(以下、DS)技術により、製鉄所の設備異常予兆を検知するシステムを開発し、全社的に展開を進めることを決定した。DS技術を用いた本システムの生産設備への導入は業界初である。開発した本システムは、正常時の基準値に対する外れ度合いを異

常度として指標化し、早期に検知するものである。製鉄設備は多種多様な機器や計器から構成され、操業状態を示す変数項目は数百以上と膨大になる。そこで、ビッグデータ解析を導入し、設備全体の膨大なデータを効率的かつ網羅的に解析することを可能にした。また、監視の効率化のために、異常度の経時変化を大きさに応じてカラーマップ化し、製造現場で容易に閲覧できるようにした。異常度が高くトラブルの恐れのある部分に対し適切な補修等の対策を講じることにより、異常発生を未然に抑止する。また、正常な状態からの外れ度合いを管理するため、過去に経験したトラブルや想定外のトラブルの防止に対しても効果を発揮する。

2.6 評価・分析

日本製鉄、(国研)理化学研究所、大阪大学、(公財)高輝度光科学研究センターの研究チームは、世界最先端のX線自由電子レーザー施設SACLA(SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser)において、鉄鋼材料のマルテンサイト組織の超急速加熱過程における転位の瞬間的な動きの定量的な観測に、世界で初めて成功、その成果がNature出版グループの学術誌Scientific Reportsに掲載された。1秒間で1万度の加熱速度という超急速加熱によるマルテンサイトの組織変化を捉えるために、世界で最も強いX線光源の一つであるSPring-8をさらに高輝度化したX線レーザー、SACLAのX線自由電子レーザーを用いた。0.1% Cのマルテンサイト鋼を最大 10^4 °C/sの速度で加熱、フェムト秒のX線回折により加熱中の転位密度と炭素濃度、それぞれの変化を評価することに成功したものである。マルテンサイト組織を持つ鉄鋼に急速加熱処理を施すと、組織回復と再結晶が抑制され、拡散変態ではなくマッシュ変態と呼ばれる過程を経て、微細な組織、細粒オーステナイトが形成される。今後、超急速加熱における超高速な組織変化への理解が深まることで、鉄鋼材料の高性能化・高品質化に繋がる重要な知見が得られることが期待される。

2.7 建築・土木

建築分野の主要トピックスを挙げる。日本製鉄は(株)タツタと共同で木造住宅向け接合金物を開発した。400MPa鋼を使用した従来品よりコンパクトかつ高耐力の接合金物である。スチールハウス工法における薄板の利用技術を用いた、接合金物として最適な素材と形状の提案と、金物工法のノウハウ及び金物製造技術を融合させた。

(株)竹中工務店とJFEスチール及びJFE建材(株)の3社は、施工効率を向上して省力化を可能とするハット形鋼SC梁を共同開発した(SC:鉄骨コンクリート)。薄い鋼板をZ形に折り曲げ、それらを2枚組み合わせることで形成される

ハット形鋼を用い、その内側に主筋のみを配筋したのちにコンクリートを打設して一体構成する梁部材である。通常のRC（鉄筋コンクリート）梁断面において必須となるあばら筋および型枠が不要であり、現場配筋および型枠設置に係る作業手間（建て込みおよび解体）を大幅に低減することが可能となった。ハット形鋼SC梁は、コンクリート打設時には、ハット形鋼が型枠としての役割を果たし、コンクリート硬化後は、RC梁とS（鉄骨）梁の剛性・耐力を有効に併せ持つ合成構造として機能する。RC梁とS梁が一体となって挙動するため、単独のRC梁またはS梁と比べて居住性能も向上する。

土木分野では、日本製鉄が約50年ぶりに路面覆工板を改良した。雨天後の耐スリップ性能回復に要する時間短縮という顧客要望に応えるため、製品長さ方向に排水溝を設けるなど縞目模様を改良し、排水性・滑り抵抗値を向上させた。地下街の建設、地下配管工事などの各種路面掘削工事や、仮設橋梁、作業構台などに使用される。滑り抵抗値の向上により車両・建設機械の走行安全性も向上している。

JFEスチールが開発した高塩分対応型の高耐候性厚鋼板が、国内で初めて橋梁に適用された。JFEエンジニアリング（株）が、自動車専用道路に194メートル長の橋梁を製作、架設した。また、JFEスチールの先端翼付き回転貫入鋼管杭が、ベトナムにおける公的技術基準であるTCCSを取得した。ベトナムでは急速な都市化・工業化が進展し、大都市周辺の環状道路や空港・港湾等の基幹的なインフラ整備が急ピッチで進められている。既に市街化が進展した環境下においては、道路交通を極力規制しない施工方法、狭隘な施工空間でも施工可能な施工方法などの都市型施工が求められている。先端翼付き回転貫入鋼管杭は、低騒音・低振動の施工、狭隘地での施工、無排土で地下水汚染のない低環境負荷施工が可能な最先端の鋼管杭工法である。東南アジア諸国のローカル案件への普及とインフラ整備の一翼を担うことが期待される。

（株）大林組、JFEスチール、及び、ジェコス（株）の3社は、仮設の土留め用鋼矢板を利用して薄い部材厚で高剛性・高耐力の本設地下壁を構築する工法を共同開発、香川県庁舎東館耐震改修工事に初適用した。同工事では、地中に地下ピットを設けて建物下部に免震装置を装備する免震レトロフィット工法を採用した。地下ピットの土留めと地下壁設置スペースの幅が狭く、従来工法では施工困難であった。そこで、鋼矢板に鉄筋コンクリートとの定着用のCT形鋼および定着用鉄筋をあらかじめ取り付け付けたものを仮設の土留め壁として利用し、掘削後に鉄筋コンクリートと一体化させることで本設の地下壁とすること課題を解決した。都市部の難しい条件下での開削工事、例えば、狭隘地での立体交差や掘削道路、ビルや地下駅の改良工事における地下通路などへの適用で社会インフラ整備に貢献することが期待される。

2.8 環境・エネルギー

2.8.1 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）における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COP15（デンマーク・コペンハーゲン）における「コペンハーゲン合意」、2010年のCOP16（メキシコ・カンクン）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、2020年以降の各国の取り組みに関する基本的なルールが定められた。

2019年12月にスペイン・マドリードで開催されたCOP25では、①COP24で合意できずに先送りになっていたパリ協定6条、②2030年目標の見直し、及び③ロス＆ダメージに関するワルシャワ国際メカニズム（WIM）等について議論された。①パリ協定6条は、国家間の排出量取引制度等の市場メカニズムについての定めであるが、6条を積極的に活用しようとする国と利用を最小限に抑えるべきとする国との間で歩み寄りが見られず、再び合意できずに翌年に持ち越された。②パリ協定では、長期的には2℃より十分低い気温上昇幅を目指し、さらに1.5℃に向けて努力することになっている。COP21決定において2020年までに2030年目標を見直すことが求められているため、COP25で2020年に向けた議論がなされた。すべての国に対し目標見直しを強く求める国と2030年目標を国内で協議する予定のない国があることから、COP25の最終合意文書では強い表現は用いられず目標見直しを推奨するに留まる表現となった。③COP19にて気候変動枠組条約の下に設置されたWIMの活動のレビューがなされ、現在すでに海面上昇等の影響で被害が出ている小島嶼諸国は緑の気候基金（GCF）に対しロス＆ダメージへの支援を求めたが、既存の枠組のなかで検

討を続けることになった。また、スウェーデンの16歳の少女が、COP25で演説し、各国の交渉担当者に対し対策を前倒しするよう呼びかけた。一方、米国はCOP25が始まる一か月前の11月にパリ協定から離脱することを正式に通告した。日本は技術的な交流に加え、環境大臣がバイ会談及び閣僚級の交渉に参加し、パリ協定6条の実施指針の交渉等に貢献した。また、あらゆる場面において、温室効果ガス排出量を5年連続で削減している実績や、非政府主体の積極的な取組等を発信した³³⁾。

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。本計画では、2030年度に2013年度比で温室効果ガスを26%削減するとの中期目標について、各主体が取り組むべき対策や国の施策を明確にし、削減目標達成への道筋をつけるとともに、長期目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指すことを位置づけている。2018年4月に「第五次環境基本計画」が決定され、SDGs、パリ協定を踏まえてイノベーションの創出や経済・社会的課題との同時解決など今後の環境政策の展開の方向が示された。さらに同年7月には「第五次エネルギー基本計画」が決定され、エネルギー政策の基本的な方向が示された。2030年に向けた対応として、温室効果ガス26%削減に向けてエネルギーミックスの確実な実現に取り組むこと、2050年に向けては、温室効果ガス80%削減を目指してエネルギー転換・脱炭素化への挑戦が掲げられ、あらゆる選択肢の可能性を追求することが示された。2019年6月には「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定され、「脱炭素社会」を今世紀後半のできるだけ早期に実現することを目指し、2050年までに温室効果ガス排出量80%の削減に取り組むことが改めて示された。さらに、非連続なイノベーションを通じた「環境と成長の好循環」の実現、世界への貢献、将来に希望の持てる明るい社会を描き行動を起こすことが示された。各部門では、エネルギー分野では、再エネの主力電源化、火力のCO₂排出削減、CCS・CCU／カーボンリサイクル、水素社会実現／蓄電池／原子力／省エネ等あらゆる選択肢を追求することが挙げられ、また産業分野では、脱炭素化ものづくりとして「ゼロカーボン・スチール」への挑戦等のCO₂フリー水素の活用、人口光合成等のCCU／バイオマスによる原料転換等が示された。環境と成長の好循環を実現するための横断的施策として、イノベーションの推進により社会実装可能なコストの実現を実現するため、「革新的環境イノベーション戦略」にてコスト等の明確な目標の設定と課題の設定等を策定し中期的に取り組むことが示された³⁴⁾。

2.8.2 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³⁵⁾。低炭素社会実行計画に参加する企業の2018年度のCO₂排出量は、BAU基準で1億7,642万トンであった。2018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1億7,420万トンであり、基準の2005年度に比べ221万トン削減となり、目標（300万トン）比79万トン未達であった。鉄鋼業全体の2018年度の排出量は1億8,157万トンであった³⁶⁾。

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）と革新的製鋳プロセスの開発（フェロコックス）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³⁵⁾。

COURSE50は、(国研)新エネルギー・産業技術総合機構(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Ⅰ-STEP1(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Ⅰ-STEP2(2013-2017年度)では以下の目標をかかげ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った。a) 高炉からのCO₂排出削減技術では10m³規模の試験高炉を建設しフェーズⅠ-STEP1で得られたラボレベルでの検討結果を総合的に検証し、水素還元の効果を最大化する反応制御技術を確立し、その後のフェーズ2の実証試験高炉へのスケールアップデータを取得すること、b) 高炉ガスからのCO₂分離回収技術として、実証試験高炉とマッチングできるCO₂分離回収コスト2,000円／

表2 日本鉄鋼連盟の低炭素社会実行計画の目標³⁵⁾

		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 （フェロコックス）	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ッ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。

t-CO₂を可能とする技術を開発するため、高機能化学吸収液等の開発、物理吸着法の更なる効率化、未利用排熱回収技術の適応研究を実施し、更なるコスト低減技術の構築を図ること、を目標として活動した²⁵⁾。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、高炉からのCO₂排出削減量約10%達成の見通しを得ること、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を実現可能な技術の充実に指向し、分離回収エネルギー1.6GJ／t-CO₂を到達し、CO₂排出削減量約20%の技術に資することである³⁷⁾。

2018年度の成果として、a) 高炉における水素活用技術では、水素をコークスの一部代替として鉄鉱石を還元する技術の実用化に向け、通算5回目の試験操業を実施し、送風操作及び原料操作により羽口からの水素投入量が操業に及ぼす影響を確認した。また、3次元数学モデルを活用し、高炉内反応を予測するとともに水素投入量を増加した状態で試験操業を実施した。b) 高炉ガスからのCO₂分離・回収技術では、化学吸収法におけるCO₂1トン当たりの分離・回収エネルギーをより一層低減するため、混合溶液系化学吸収液の高性能化、

低コスト化及び運転条件の最適化を実施した。また、製鉄所からの未利用廃熱を活用する技術について、伝熱性を長期間維持する熱回収システムの構築に向けて、排ガスの性情を調査し、排熱回収システムを検討した³⁶⁾。

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、投入するコークス量（炭素量）を削減できる省エネルギー技術である。この技術は省エネ、CO₂削減効果を最適化する観点から、「水素還元等プロセス技術の開発」との一体推進が適当と判断され、NEDOプロジェクト「環境調和型プロセス技術の開発」の中に「フェロコックス技術の開発」として加えられた。2017年度からは6年間の予定で取り組まれている。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立し、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³⁷⁾。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中である。

個別鉄鋼企業の取り組みとしては、日本製鉄が、「鉄鋼スラグを活用した鉄分供給材」が第2回エコプロアワードで優秀賞を受賞した。受賞した鉄分供給材は、磯焼けした藻場の再生に効果が認められた海水への鉄分供給肥料と、コンクリー

トブロックと比較してCO₂排出量を80%抑制することができる人工石の2種である。

日本製鉄及びJFEホールディングスは金融安定化理事会（FSB）によって設立された「気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）」の提言に賛同を表明し、TCFDの提言に基づき、気候変動が事業活動に与える影響について情報開示を拡充することとした。

神戸製鋼所の100%子会社である（株）コベルコパワー真岡の真岡発電所1号機が、2019年10月に営業運転を開始した。本発電所は、東京ガス（株）から都市ガスの供給を受け、最新鋭ガスタービン・コンバインドサイクル発電方式による国内最高レベルの効率を備えた発電規模124.8万kW（62.4万kW×2基）の、内陸部に立地する発電所である。2号機も2020年3月に営業運転を開始している。

愛知製鋼（株）は、豊田中央研究所（株）、近江鋳業（株）と共同で、世界一の蓄熱密度を有する反復利用可能なカルシウム系蓄熱材を開発し、400℃以上の工場排熱を利用できる蓄熱システムを刈谷工場内に設置し、実用想定においてCO₂排出量が燃焼式ボイラーに比較して約80%削減できることが試算された。

2.9 その他

山陽特殊製鋼（株）は、冷間金型用の硬度HRC64と高い靱性を兼備した冷間工具鋼を開発した。工具の靱性や疲労強度低下を招く粗大炭化物の形成を抑制する合金設計と組織制御により、ハイスに匹敵する硬さと大きく凌駕する靱性を実現した。

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53回機械振興賞において機械振興協会会長賞を受賞した。また、日本製鉄は、「鉄道用低騒音歯車装置の開発」で第54回（2019年度）機械振興賞において機械振興協会会長賞を受賞した。

日本製鉄は、アイシン・エイ・ダブリュ（株）、愛知製鋼と共同で「レアメタルレスを可能とした次世代高強度鋼材MSB20と歯車の開発」にて「第8回ものづくり日本大賞」製造・技術開発部門の経済産業大臣賞を受賞した。

3 技術貿易・技術開発

3.1 技術貿易

図4に鉄鋼業の2018年度までの技術貿易収支の推移を示す³⁸⁾。技術輸出対価受け取り額は前年度と比較して7%減少し、技術輸入対価支払い額は2.4倍であった。

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³⁹⁾。

〔売上高対研究費支出比率〕 全産業は前年度と比較し微増しているが、鉄鋼業は微減している。全産業の2018年度は2015年度の水準で、鉄鋼業は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2017年度に増加に転じ、2018年度は2015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年度に減少し、その水準で推移している。

〔研究本務者1人あたりの研究費〕 2018年度は、全産業では前年度と比較して微増している。一方、鉄鋼業は前年度と比較して減少している。全産業ではリーマンショック前の2008年度と同等の水準であるが、鉄鋼業は2006年度と同等の水準である。

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、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」、経済産業省の「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業」が2018年度で終了した。2019年度に発足したプロジェクトには「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」がある。主要継続プロジェクトは、「環境調和型プロセス技術の開発 フェーズⅡ」、「CCS研究開発・実証関連事業」、「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業」（いずれも2018～2022年度、委託先：NEDO）、「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）、経済産業省/NEDOの「革新的新構造材料等技術開発」（2013～2022年度、委託先：NEDO）、文部科学省の「ヘテロ構造制御金属材料プロジェ

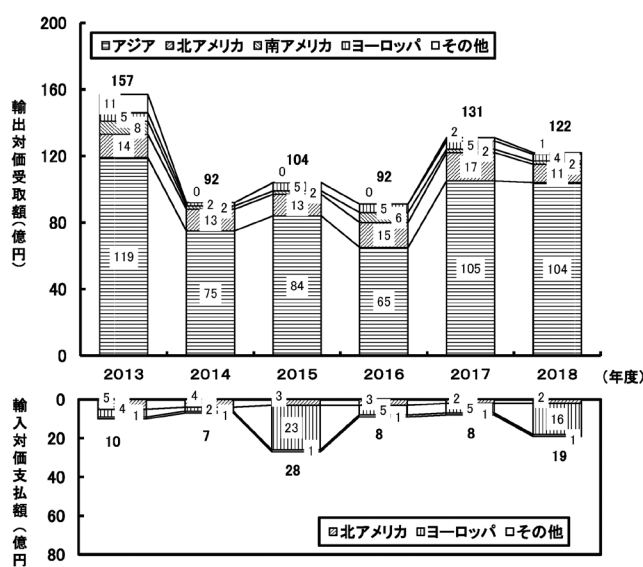


図4 鉄鋼業の技術貿易収支³⁸⁾

クト」(2010～2019年度、委託先：(国研) 科学技術振興機構 (JST))、「ミルフィーユ構造の材料科学―新強化原理に基づく次世代構造材料の創製」(2018～2022年度) 等である。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

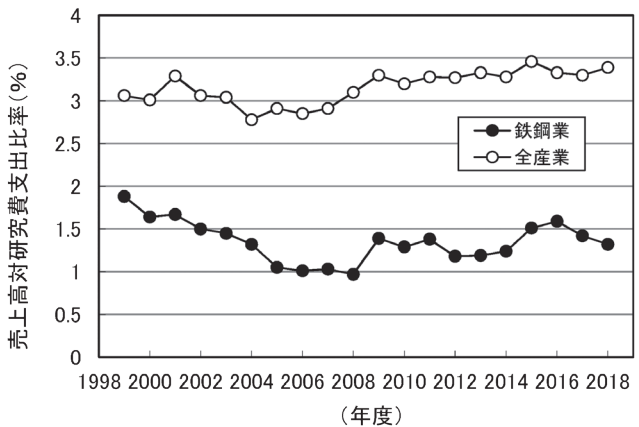


図5 売上高対研究費支出比率の経年変化³⁹⁾

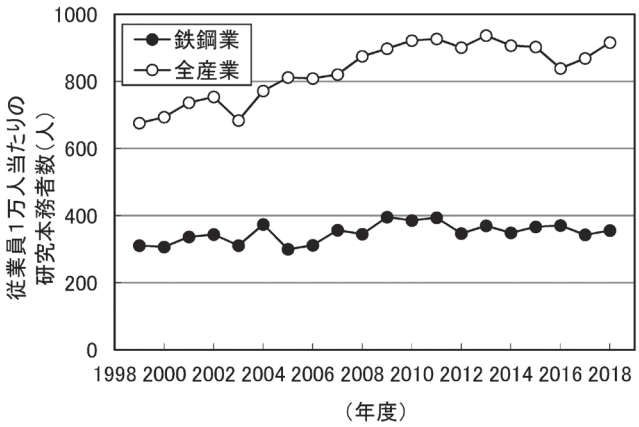


図6 従業員1万人当りの研究本務者数の経年変化 (人)³⁹⁾

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(2019年度は神戸製鋼所加古川製鉄所)を行う3.5

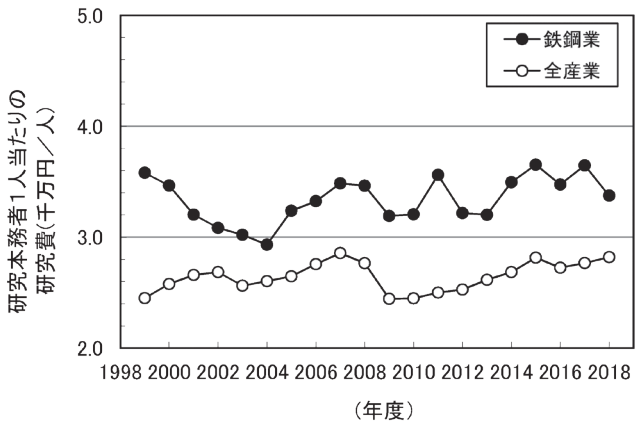


図7 研究本務者1人当たりの研究費の経年変化 (千円/人)³⁹⁾

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ー STEP 1	NEDO	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	NEDO	2019	2021
要素技術	ヘテロ構造制御金属材料プロジェクト	JST	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	NEDO	2016	2021
	CCS研究開発・実証関連事業	NEDO	2018	2022
製品	革新的新構造材料等技術開発	経済産業省 (2013年度) NEDO (2014年度～)	2013	2022
	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業	NEDO	2018	2022
その他	超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト	NEDO	2016	2020
	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業	NEDO	2018	2022
	ミルフィーユ構造の材料科学―新強化原理に基づく次世代構造材料の創製	文部科学省	2018	2022

注) NEDO：(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (～2014年度)、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2015年度～)
JST：(独)科学技術振興機構 (～2014年度)、(国研)科学技術振興機構 (2015年度～)

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	・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	・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：実用構造用鋼の材質向上に向けた不均一性制御技術検討部会、自動車用材料検討部会(第Ⅶ期)、压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

日コースの講座で、19大学から38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、2019年度は神戸製鋼所加古川製鉄所、日本製鉄君津製鉄所、日本製鉄名古屋製鉄所の3箇所で開催され、合計で69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、日本鉄鋼協会専務理事による「鉄鋼技術特別講義」を16大学で実施し、2,500名を超える学生が聴講した。また、大学が企画する製鉄所見学のバス代を支給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)」を設置し、関連学協会等と情報交換を行いながら、広く鉄鋼業からのCO₂排出量削減に資する技術の検討を行っている。

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)。2019年度は、春季17、秋季17、計34の部会大会が開催された。参加者延べ人数は2868名(そのうち大学等研究者の延べ参加人数は63名、2018年度から8名増)であり、2018年度の2,761名から約100名増加した。2019年度春季に設備技術部会第100回大会や圧延理論部会第150回大会等の記念大会が開催されたことが、

参加延べ人数の増加に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ている。さらに、国際会議への参加や海外技術の調査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った。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21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、2019年度は、3部会が活動中である。

「実用構造用鋼の材質向上に向けた不均一性制御技術検討部会」は、2019年度から新たなテーマで活動を開始した。

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や若手を中心とした交流の場を設ける等の活動を行うとともに、(公社)自動車技術会／(公社)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。

「压力容器用材料技術検討部会」では、鋼材規格検討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制度を表5に示す。「鉄鋼研究振興助成」では、2019年度から受給開始となる対象者として新たに30件(若手13件)が採択され、2018年度から開始した32件と合わせて2019年度は合計62件が受給テーマに基づく活動を実施した。

「研究会」は、2019年度には23研究会が活動し、その内の8研究会が同年度に終了した。2019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)4件の計9件であった(表6)。また、2020年度から発足する研究会は、研究会Ⅰが5件(表7)である。

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	・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：62件(2019年度受給者数)
研究会	・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(2019年12月末現在活動中)
鉄鋼協会研究プロジェクト	・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：1件(2019年度12月末現在活動中)

表6 2019年度活動 研究会

型	研 究 会 名	所属部会等(略記※)	主 査	研究期間
I	スラグ・介在物制御による高 cleanliness 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
I	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	圧理	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 広都(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	高エネルギー・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	計測シ／創形	北村 章(鳥取大)	2018～2020年度
I	高温材料の高強度化	材料／評価分析	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	西野 秀郎(徳島大)	2018～2019年度
II	腐食劣化解析に基づく鋼構造物維持の最適化	建設鋼材	坂入 正敏(北大)	2018～2020年度
I	多相融体の流動理解のためのスラグ見える化	高プロ	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	高プロ	鷹觜 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／評価分析	土山 聡宏(九大)	2019～2021年度
I	LIBS実用場適用技術開発	評価分析	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	建設鋼材	藤井 英俊(阪大)	2019～2020年度
II	鉄鋼材料の土壌腐食性評価	建設鋼材	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	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	石井 抱(広島大)	2019～2021年度

表7 2020年度採択 研究会

型	研 究 会 名	所属部会等(略記※)	主 査	研究期間
I	次世代水素富化高炉における塊状帯制御	高プロ	大野 光一郎(九大)	2020～2022年度
I	凝固過程の介在物生成・成長・変性機構	高プロ	松浦 宏行(東大)	2020～2022年度
I	鉄鋼CCU	サステナ	坪内 直人(北大)	2020～2022年度
I	攻めの操業を支えるシステムレジリエンス	計測シ	藤井 信忠(神戸大)	2020～2022年度
I	微生物腐食の解明と診断・抑止技術の構築	材料	宮野 泰征(秋田大)	2020～2022年度

※ 高プロ：高温プロセス部会、環境：環境・エネルギー・社会工学部会、計測シ：計測・制御・システム工学部会、創形：創形創製工学部会、材料：材料の組織と特性部会、評価分析：評価・分析・解析部会、サステナ：サステナブルシステム部会、製鉄：製鉄技術部会、圧理：圧延理論部会、設備：設備技術部会、制御：制御技術部会、建設鋼材：建設用鋼材利用検討WG、スラグ：スラグ技術検討WG

表8 2019年度活動鉄鋼協会研究プロジェクトのテーマ

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

表9 2020年度採択鉄鋼協会研究プロジェクトのテーマ

研究テーマ	研究目的	主査	研究期間
破壊に強い延性二相チタン合金の組織設計原理の確立	航空機の安全性の問題から、航空機エンジン用チタン合金の疲労特性向上は重要な課題であり、組織形態が疲労のき裂進展に大きな影響を及ぼすことから、き裂進展制御のための系統的な研究が必要である。本研究では、引張、疲労のき裂進展を制御し、破壊に強い延性二相チタン合金の組織設計原理を確立する。	御手洗 容子 (物材機構)	2020～2022年度

鉄鋼協会研究プロジェクトは、2019年度から1件が活動を開始し(表8)、2020年度から活動を開始する1件が採択された(表9)。

参考文献

- 1) 国際通貨基金ホームページ, IMF世界経済見通し, <https://www.imf.org/ja/Publications/WEO/>, (参照日: 2020年1月20日)
- 2) 一橋大学全学広報誌HQ (ウェブマガジン), 「第8回一橋大学中部アカデミア」開催「グローバルズムとナショナリズム」をテーマに危機の時代との向き合い方を探る, 2018年冬号vol.57, https://www.hit-u.ac.jp/hq-mag/project-report/43_20180507/, (参照日: 2019年12月23日)
- 3) The Hudson Institute The White House, U.S.A., Remarks by Vice President Pence on the Administration's Policy Toward China, Oct. 4, 2018, <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/remarks-vice-president-pence-administrations-policy-toward-china/>, (参照日: 2020年2月10日)
- 4) 日本経済新聞, 米中交渉, 第1段階合意 農産物など9項目 制裁関税下げ, 2019年12月14日付朝刊第1面
- 5) ウェザーニュースホームページ, ウェザーニュースが選ぶ2019年気象10大ニュース, <https://weathernews.jp/s/topics/201912/120075/>, (参照日: 2019年12月23日)
- 6) 読売新聞, 2019年日本の10大ニュース, 2019年12月21日, <https://www.yomiuri.co.jp/feature/top10news/20191220-OYT8T50125/>, (参照日: 2019年12月21日)
- 7) 内閣府ホームページ, 月例経済報告, <https://www5.cao.go.jp/keizai3/getsurei/getsurei-index.html>, (参照日: 2020年2月10日)
- 8) International Monetary Fund ホームページ, World Economic Outlook database, October 2019, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2019/02/weodata/download.aspx>, (参照日: 2020年1月6日)
- 9) 産経新聞ニュース, 経済インサイド「戦後最長の景気拡大」はいつ終わる, 2020年3月2日, <https://www.sankei.com/premium/news/190301/prm1903010003-n1.html>, (参照日: 2020年1月6日)
- 10) 内閣府, 令和2年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度, 2019年12月18日, <https://www5.cao.go.jp/keizai1/mitoshi/2019/r011218mitoshi.pdf>, (参照日: 2020年1月6日)
- 11) みずほ総合研究所, 2019～2021年度 内外経済見通し～新型コロナウイルスの影響で世界経済の回復シナリオに暗雲～, 2020年2月20日, https://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/forecast/outlook_200220.pdf, (参照日: 2020年2月28日)
- 12) 日本鉄鋼連盟ホームページ, world steel 鉄鉄・粗鋼生産量・時系列表2010～2019年, https://www.jisf.or.jp/data/iisi/documents/summary_2019CY_.pdf, (参照日: 2020年1月29日)
- 13) 鉄鋼新聞, 中国鉄鋼業の生産能力と能力削減実績の推計, 2020年1月23日付第2面
- 14) ニッセイ基礎研究所ホームページ, インド経済の見通し, 2019年12月4日, <https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=63132&pno=2?site=nli>, (参照日: 2020年1月6日)
- 15) 日本鉄鋼連盟ホームページ, 鉄鋼需給統計月報(抜粋) 主要鉄鋼指標 粗鋼需給, 2020年1月・第669号, <https://www.jisf.or.jp/data/tokei/index.html>, (参照日: 2020年1月30日)
- 16) 日本鉄鋼連盟ホームページ, 2020年度の鉄鋼需要見通し, 2019年12月19日, <https://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/FY2020steeldemand.pdf>, (参照日: 2019年12月27日)
- 17) 鉄鋼新聞, 記者座談会 鉄鋼この1年-10, 2019年12月24日付第2面
- 18) 鉄鋼新聞, 20年度国内鋼材消費 微減の6003万トン,

2020年2月3日付第1面

- 19) ヴァーレホームページ, Information to the market, Quarterly Results, Vale's Production and Sales, <http://www.vale.com/EN/investors/information-market/quarterly-results/Pages/default.aspx>, (参照日: 2020年2月12日)
- 20) リオティントホームページ, Fourth Quarter Operations review 2019, <https://www.riotinto.com/invest/financial-news-performance/Production>, (参照日: 2020年1月27日)
- 21) BHPホームページ, Financial results and operational reviews, <https://www.bhp.com/investor-centre/financial-results-and-operational-reviews/>, (参照日: 2020年1月28日)
- 22) Market Index ホームページ, Iron ore Today's Spot Price & Charts, <https://www.marketindex.com.au/sites/default/files/commodities/iron-ore-price-history.xlsx>, (参照日: 2020年1月28日)
- 23) index mundiホームページ, Coal, Australian thermal coal Monthly Price, <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=coal-australian&months=240>, (参照日: 2020年1月28日)
- 24) 財務省ホームページ, 財務省貿易統計, <https://www.customs.go.jp/toukei/info/index.htm>, (参照日: 2020年1月29日)
- 25) 日本鉄鋼連盟, 鉄鋼需給四半期報, 271 ~ 273 (2019), 274 (2020)
- 26) 日本自動車販売協会連合会ホームページ, 統計データ, <http://www.jada.or.jp/data/year/y-ri-hanbai/>, (参照日: 2020年2月4日)
- 27) 日本自動車工業会ホームページ, 自動車統計月報, VOL. 52 NO.11, http://www.jama.or.jp/stats/m_report/pdf/2019_02.pdf, (参照日: 2020年3月4日)
- 28) 日本製鉄(株)ホームページ, 決算情報2019年度(2019年4月1日~2020年3月31日)第3四半期: 2020年2月7日, 説明会資料(2019年度3Q決算生産設備構造対策経営ソフト刷新施策説明会), https://www.nipponsteel.com/ir/library/pdf/20200207_800.pdf, (参照日: 2020年2月10日)
- 29) JFEホールディングス(株)ホームページ, JFEグループ インベスターズ・ミーティング資料, <https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/zaimu/g-data/jfe/2019/2019-setumei200212-02.pdf>
- 30) 経済産業省ホームページ, 経済産業省 経済産業省生産動態統計 2019年年計確報 1. 製品年表 鉄鋼, http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html#menu4 (参照日: 2020年3月3日)
- 31) 経済産業省ホームページ, 金属素材競争力強化プランの概要, <http://www.meti.go.jp/press/2015/06/20150619002/20150619002.pdf>, (参照日: 2019年2月12日)
- 32) 東海カーボン(株)ホームページ, 2019年第3四半期決算説明会資料, <https://ssl4.eir-parts.net/doc/5301/tdnet/1764567/00.pdf>, (参照日: 2020年1月31日)
- 33) 環境省ホームページ, 国連気候変動枠組条約第25回締約国会議(COP25), 京都議定書第15回締約国会合(CMP15)及びパリ協定第2回締約国会合第3部(CMA2)の結果について, <http://www.env.go.jp/press/107538.html>, (参照日: 2020年2月11日)
- 34) 環境省ホームページ, 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の閣議決定について, <http://www.env.go.jp/press/106869-print.html>, (参照日: 2020年2月17日)
- 35) 日本鉄鋼連盟ホームページ, 鉄鋼業界の取り組み 低炭素社会実行計画, <http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/>, (参照日: 2020年2月12日)
- 36) 日本鉄鋼連盟ホームページ, 鉄鋼業の地球温暖化対策への取組一低炭素社会実現計画実績報告, 2020年2月6日, https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/tekkowg_2019_01.pdf, (参照日: 2020年2月12日)
- 37) NEDO ホームページ, 環境調和型プロセス技術の開発 詳細情報 基本計画, <https://www.nedo.go.jp/content/100525415.pdf>, (参照日: 2020年2月12日)
- 38) e-Stat ホームページ, 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 2019年(令和元年) 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=datalist&toukei=00200543&tstat=000001032090&cycle=0&year=20190&month=0&tclass1=000001135303&stat_infid=000031886670, (参照日: 2020年2月4日)
- 39) e-Stat ホームページ, 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 2019年(令和元年) 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者数, 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=000001032090&cycle=0&year=20190&month=0&tclass1=000001135303&stat_infid=000031886660, (参照日: 2020年2月4日)

(2020年3月4日受付)

☆2019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。

2019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	日本製鉄(株)	複雑車体構造部品を実現する冷延1310MPa級ハイテン	1310MPa 級高張力冷延鋼板を開発し、車体構造用冷間プレス部品の開発に世界初めて成功。
		トランスミッション用ガス軟窒化鋼板	ガス軟窒化処理により優れた表面硬度と疲労強度を発現し、ダンパープレートに採用。
	J F E スチール(株)	冷間成型用1310MPa級高張力鋼板	冷間成型用 1310MPa 級高張力鋼板が車体骨格部品に冷間プレス成型用として初採用。
	(株)神戸製鋼所	高生産性ホットスタンプ用めっき鋼板	焼入れ性を向上させ、プレス生産性を従来品比最大約 6 倍に改善。亜鉛めっき処理により高耐食性を付与。
	大同特殊鋼(株)	高熱伝導率・高軟化抵抗ホットスタンピング金型用鋼 DHA TM -HS 1	自動車車体部品のホットスタンピング向け金型用鋼を開発。業界トップレベルの熱伝導率を実現し、生産性向上に寄与。
建築向け	J F E スチール(株)	ハット形鋼 S C 梁	薄鋼板で形成されたハット形鋼の内側に主筋のみを配筋した後、コンクリート打設した一体構成梁部材。
土木向け	J F E スチール(株)	L A L A C [®] -HS	高飛来塩分環境下で無塗装使用可能、かつコストパフォーマンスに優れる耐候性鋼板を商品化。国内で初めて橋梁に適用。
		J F E - H T 5 9 0 P	引張強度 590N/mm ² 級の建築基礎向け高強度鋼管杭。従来杭と比較して鋼材重量が低減でき、合理的な設計が可能。
産業機械向け	山陽特殊製鋼(株)	Q C M 6 4 - H A R M O T E X [®]	近年の金型の高性能化ニーズに対応する高硬度と高靱性を兼備した冷間工具鋼。
建築土木・産業機械向け	日鉄ステンレス(株)	次世代二相ステンレス鋼 N S S C [®] 2 3 5 1	SUS316 系を上回る耐食性を有し、溶接性に優れた高強度・省資源型二相ステンレス鋼板。
エネルギー分野向け	(株)日本製鋼所	H y S T 3 0 0 m o d e l R	絞り成形により軽量化、低コスト化した水素ステーション向けの高耐久鋼製蓄圧器。2019 年度に上市。
缶用鋼板	J F E スチール(株)	B R I T E - A C E [®]	独自電解技術により表層に無数の微細粒状金属クロムを析出させた世界初の高速溶接製缶可能なティンフリースチール。
		J A T T [®]	独自材質設計による 2 回圧延 (DR) 材と同等の高強度と最大 20% の高延性を備えた高加工・薄ゲージ化向け缶用鋼板。
その他	J F E スチール(株)	ニッケルフリー合金鋼分 FM800	焼結ままで引張強さ 800MPa 級の粉末冶金用途向けニッケルフリー合金鋼粉。
	山陽特殊製鋼(株)	3 D プリンター用 C u 合金粉末	光吸収率が純銅よりも高く造形し易く、造形後の熱処理で電気伝導度 90% I A C S を実現する 3 D プリンター用金属粉末。

高延性鋼板「NSafe®-Hull」及び高耐食性鋼板「NSGP®-1,2」が超大型原油タンカーに世界初同時採用

日本製鉄（株）

日本製鉄の開発した耐衝突安全性に優れた高延性鋼板「NSafe®-Hull」と、原油タンカー用高耐食性鋼板「NSGP®-1」「NSGP®-2」が、今治造船（株）が建造する超大型原油タンカー（VLCC）に世界で初めて同時採用された。3種類の高機能鋼板の使用量は、VLCC4隻で合計約5万トンとなる。

貨物油及び燃料タンク側部の船側外板など高い衝突安全性が求められる箇所に採用された「NSafe®-Hull」は、鋼材中の不純物の極限までの低減と最新の熱加工プロセスによる金属組織制御により、従来鋼の規定要求値より5割以上の高い伸び特性を有する鋼板として、船級協会から承認を取得している。船舶の衝突時においても、従来鋼に比べて船体に穴が開きにくく、油漏洩による深刻な海洋汚染に対するリスクを大幅に低減できる。

また、貨物油タンクの底部及び天井部に採用された「NSGP®-1」「NSGP®-2」は、船級協会から承認を取得し、防食が義務付けられる原油タンカーの貨物油タンクに、塗装無しでの使用が可能である。建造時や竣工後の維持管理に際し、塗装・点検用足場設置などの作業が不要となり、塗料費削減や工期短縮が図られ、環境負荷軽減にも寄与する。

「NSafe®-Hull」は2018年度に、「NSGP®-1」は2010年度にその高い性能が認められ「市村産業賞（貢献賞）」を受賞している。今後も、船舶のより一層の安全性向上と地球環境への貢献に取り組んでいく。

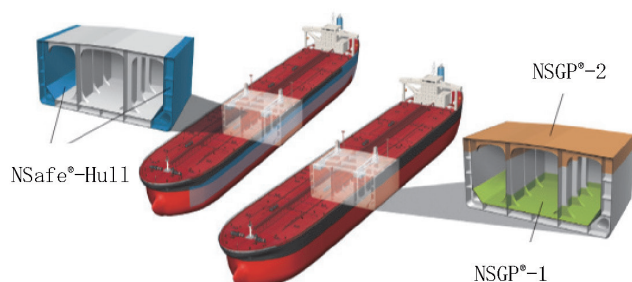


図1 NSafe®-Hull、NSGP®-1及びNSGP®-2適用部位

コストパフォーマンスに優れた高塩分対応型の高耐候性鋼板『LALAC®-HS』

JFEスチール（株）

JFEスチールが開発した高塩分対応型の高耐候性厚鋼板『LALAC®-HS（Low Alloyed & Low Atmospheric Corrosion Steel – High Salinity）』が、国内で初めて橋梁に適用された。当該橋梁は、JFEエンジニアリング（株）が製作と架設を行い、2019年4月に竣工した。

長期間にわたり使用される橋梁は、ライフサイクルコスト

を低減する必要があることから、建設の初期や補修時に塗装する必要のない無塗装耐候性鋼板の使用が重量比で全体の約2割に及んでいる。一方で、海岸近傍や、凍結防止剤を散布するなど飛来塩分の高い地域では、過度な腐食を抑制することが極めて重要になる。このため無塗装鋼板には、高塩分対応型であるニッケル系高耐候性鋼板が使用されてきたが、Niを1～3%添加するため高コストであるという課題があった。

本鋼は、JIS G 3114（SMA）の鋼組成をベースとし、Niの添加量を抑制しつつ、高塩分環境での耐食性を低下させるCrを添加せず、耐食元素であるSn、Nbを微量複合添加した。この結果、高塩分環境下でも緻密な保護性の高いさびを得ることができ、良好な溶接施工性を確保するとともに、従来のニッケル系高耐候性鋼とほぼ同等の耐候性を有し、コストパフォーマンスに優れた耐候性鋼板を開発することに成功した。

『LALAC®-HS』は、化学成分以外はJIS G 3114（SMA）の規格を満足し、国土交通省の新技術情報提供システム（NETIS）に登録（No. CB-160011-A）されている。また沿岸に近い地域に設置される鉄塔など橋梁以外の鋼構造物への適用も期待できる。



図2 『LALAC®-HS』が適用された橋梁

SUS304・316系を代替可能で溶接性に優れた次世代二相ステンレス鋼ラインナップを完成

日鉄ステンレス（株）

日鉄ステンレスは、SUS316系を代替可能な独自二相ステンレス鋼「NSSTS™2351」（23Cr-5Ni-1Mo-N）を開発・商品化した。既存のNSSTS™2120（NSSC 2120®）と合わせて、代表的なオーステナイトステンレス鋼であるSUS304、SUS316系を代替可能で、溶接性も改善させた次世代二相ステンレス鋼シリーズのラインナップが完成した。

今回、開発したNSSTS 2351の主な特長は、①SUS316系を上回る優れた耐食性 ②従来型二相ステンレス鋼で課題の大入熱溶接を可能とする優れた溶接性 ③SUS316系の約2倍の強度（0.2%耐力）を有する優れた機械的性質 ④レアメタ

ルであるニッケルやモリブデンの添加量を削減した優れたコストパフォーマンスと省資源である。

これらの特長から NSSTS 2351 は、食品・薬品タンク類などの従来は SUS316 系が用いられた用途や、臨海部の水門などのインフラ設備等のより高い耐食性を要求され得る用途など、高い強度を生かした板厚の薄肉化や溶接作業性の改善と併せて新たな価値の提供が期待される。また、幅広いお客様のお役に立てるよう、厚板（6.0～50mm 厚）と薄板（0.5～8.0mm 厚）の両品種において商品化している。

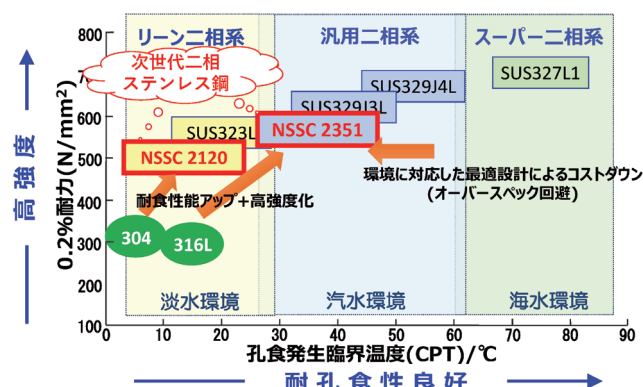


図3 次世代二相ステンレス鋼シリーズの位置づけ
出所：日鉄ステンレス社内資料

耐高塩化物・硫酸腐食兼用型

7.5Mo ニッケル基耐食合金の開発

日本冶金工業（株）

日本冶金工業は高濃度塩化物イオン環境または硫酸環境、あるいは両者が混在する極めて過酷な腐食環境においても優れた耐食性を有する 7.5Mo ニッケル基耐食合金 NAS355N を開発した。

これまでステンレス鋼と UNS N10276 などの高耐食ニッケル基合金の間には耐食性、価格の両面において大きな差があり、必ずしも適切な合金が選択されていないことがあった。NAS355N は 23Cr-35Ni-7.5Mo-3Cu-0.2N を主要成分とし、価格と性能の両面においてステンレス鋼と上記高耐食ニッケル基合金などの中間に位置する合金である。塩化物イオン環境において耐食性の指標となる耐孔食指数 PRE (Pitting Resistance Equivalent = $Cr + 3.3Mo + 16N$) は、SUS312L などの所謂 6Mo スーパーオーステナイト系ステンレス鋼の場合は 43 前後であるのに対し、NAS355N は 51 と高い値を有している。また、同時に Cu も 3% 添加することで硫酸などの還元性の酸に対する耐酸性を飛躍的に向上させた。今後、排煙脱硫装置、船舶ディーゼルエンジン用 SOx スクラバー等の環境汚染防止装置や化学プラントにおいて需要が期待される。

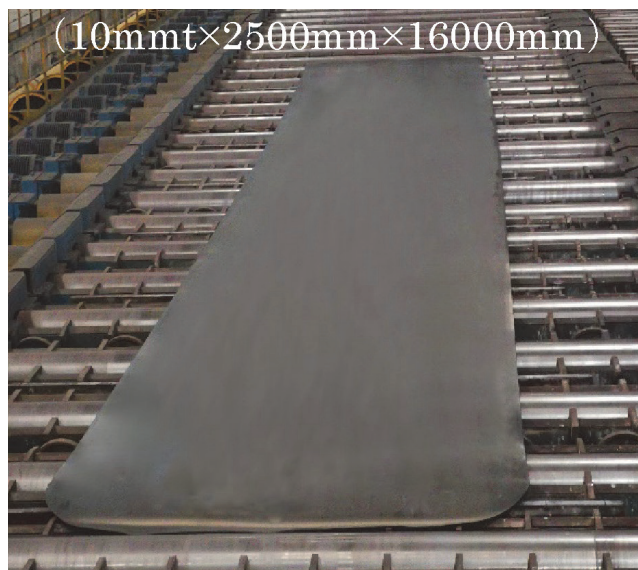


図4 NAS355N 熱間圧延後のプレート

建築基礎向け高強度鋼管杭『JFE-HT590P』の 製造拠点拡大と適用範囲拡大

JFE スチール（株）

JFE スチール（株）は建築基礎向け高強度鋼管杭として開発以来実績を積んでいる JFE-HT590P で、新たに 2 つの国土交通省大臣認定を取得し、製造拠点と適用範囲を拡大した。

JFE-HT590P は、大型建築基礎や発電所更新などの需要を補足し、基礎杭の高性能化や合理的な設計ニーズに応えるために開発された鋼管杭である。JFE-HT590P は従来品である一般的な鋼管杭に比べて、引張強度 590N/mm² 級と強度を飛躍的に向上させており（例えば SKK490 と比較し、設計基準強度 35% アップ）、杭径や板厚の縮減が可能となる。これにより工事全体の杭重量が削減され、合理的・経済的な設計が可能になるとともに、工期短縮にもつながる。建築基礎杭としての設計基準強度（F 値）が 440N/mm² と高強度の鋼管であるが、従来品である一般的な鋼管杭と同様の設計および施工が可能で、2 次設計にも適用が可能である。また、JFE-HT590P を、つばさ杭®やコン剛パイル®工法などの高支持力杭工法に適用することにより、さらに経済性に優れた設計も可能である。

近年、JFE-HT590P に対し、適用可能サイズの充実およびより一層の安定供給などのニーズが高まっている。これらに応えるべく、JFE-HT590P の開発に取り組み、このたび製造拠点を従来の 2 地区（知多製造所、JFE 大径鋼管（株））に東日本製鉄所（京浜地区）を追加するとともに、知多製造所で造管する中径サイズ ϕ 600 ～ 700 の製造可能範囲の拡大を行った。

今後 JFE-HT590P の従来以上の安定供給を実現し、建築基礎設計でのニーズにより柔軟に対応することが可能になる。

表1 JFE-HT590Pの国土交通省大臣認定取得範囲

外径(mm)	板厚(mm)																			
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
400																				
500																				
600																				
700																				
800																				
900																				
1000																				
1100																				
1200																				
1300																				
1400																				
1500																				
1600																				
1700																				
1800																				
1900																				
2000																				



図5 JFE-HT590Pの施工風景

高強度と高延性を兼ね備えた缶用鋼板『JATT®』
JFEスチール (株)

JFEスチールは高強度と高延性を兼ね備えた缶用鋼板『JATT®』を新たに開発し、量産を開始した。独自の材質設計により、JFEスチールにおける一般的なDR材 (Double Reduce : 2回圧延材) と同等の高強度を維持しつつ、従来平均3～5%の延性に対し、最大20%以上を実現。加工性向上や薄ゲージ化に貢献する。『JATT®』は、硬さ、降伏強度の異なる4グレードをラインナップし、様々な用途に対応可能。

従来のDR材は、2回圧延による加工強化で高強度が得られる反面、伸び限界が低下するため、Easy Open End (EOE) や3ピース缶胴などの加工を施す際、リベット部、フランジ部、ビード部などで割れが発生するケースがあった。

『JATT®』適用により、従来DR材に見られたこうした加工不具合が軽減され、伸びを生かした自由度の高い缶デザインも可能となる。さらに、同じ板厚の従来のSR材 (Single Reduce : 1回圧延材) に比べると、強度が高く座屈やデント変形を軽減できるため、薄ゲージ化への活用も期待される。

表2 『JATT®』のラインナップ一覧

		目標範囲		
	Grade	硬さ (HR30T)	降伏強度 (Mpa)	伸び (%)
JATT®	6	67±4	460±50	15≦
	7	69±4	480±50	15≦
	7.5	71±4	520±50	15≦
	8	72±4	550±50	10≦



図6 『JATT®』の適用例

冷間金型用鋼「QCM64-HARMOTEX®」の開発
山陽特殊製鋼 (株)

山陽特殊製鋼は冷間金型用鋼の高性能化ニーズに対応していく新鋼種「QCM64-HARMOTEX®」を開発した。

近年、自動車や家電部品等の製造において、より少ない工程で仕上げるニアネットシェイプ化や、高張力鋼 (ハイテン) 等の高強度素材の採用が拡大しており、これらの冷間加工に用いられる金型には、より高い耐摩耗性や疲労強度、そして耐割れ性が求められている。特に過酷な条件で使用される場合は、JIS SKD11に代表される汎用の冷間工具鋼では硬度が不足する。そこで硬度が高く耐摩耗性に優れるJIS SKH51等のハイス (高速度鋼) や粉末ハイス等の高級材が採用されている。しかし一方で、これらの高級材は、Mo、V、W等の希少金属を多量に含有しているため素材費が高く、更に性能発揮に必要な熱処理費用が高額になるといった課題がある。その

解決のため「QCM64-HARMOTEX®」を開発した。汎用の冷間工具鋼と同様の熱処理条件で高硬度と高靱性を発揮できるように組織予測技術を駆使し、工具鋼の性能悪化につながる粗大炭化物の品出を抑制する合金組成を見出した。図に示す通りJIS SKH51に匹敵する64HRCクラスの高硬度を有しつつ、JIS SKD11やJIS SKH51の2倍以上の高靱性を実現した。

ターゲットとしている用途は冷間加工用パンチ、プレス金型、ダイス、ロール等であり、耐摩耗性や疲労寿命、耐割れ性の改善にて金型ユーザーの生産性や製品品質の向上とともに、金型費用のコストダウンへの貢献が期待できる。「QCM64-HARMOTEX®」は既に一部ユーザーにサンプル納入しており、良好な評価を得ている。

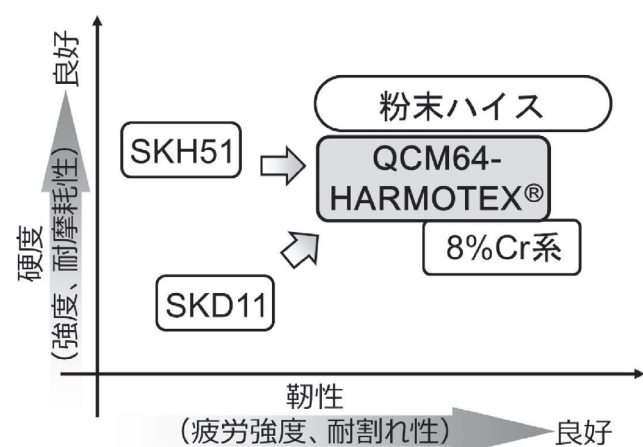


図7 「QCM64-HARMOTEX®」の特性位置付け
出所：山陽特殊製鋼（株）ホームページ

JFE データサイエンス技術の全社展開

JFE スチール（株）

JFE スチールでは、国内製鉄所の高炉・熱延等の主要設備に最新のデータサイエンス（以下、DS）技術を展開している。

高炉は安定・高効率の操業が望まれる一方で、原料性状の影響で刻々と操業条件が変化する上、炉内を直接観測できないため、熟練オペレーターの経験と勘に依存していた。

そこで、国内に保有・稼働する8基すべての高炉にDS技術を導入し、従来困難であった高炉炉内の重大トラブルの起因となりうる異常の予兆検知や、安定操業において重要な高炉炉内の熱の状態を8～12時間先まで予測可能とした。更に、炉熱の安定化につながるアクションをオペレーターにガイダンスするシステムを構築し、安定操業及び安定生産に向けた操業アクションへの活用を開始した。

また、ビッグデータ解析により、製鉄設備全体の膨大なデータを効率的かつ網羅的に解析し、設備異常予兆を検知するシステム（『J-dscom™』）を開発した。製鉄設備は多種多様な機器や計器から構成され、電流、圧力、流量、温度、振動などの操業状態を示す変数項目は数百以上にもものぼる。

『J-dscom™』は、正常時の基準値に対する外れ度合いを異常度として指標化し、異常度の経時変化を大きさに応じてマップ化し、製造現場で容易に閲覧できる（図8）。西日本製鉄所（倉敷地区）の熱延工場に導入し、異常予兆を早期に捉え補修することで正常状態に復帰したという効果が確認できたため、他の製鉄所や他の製造プロセスへも展開予定である。

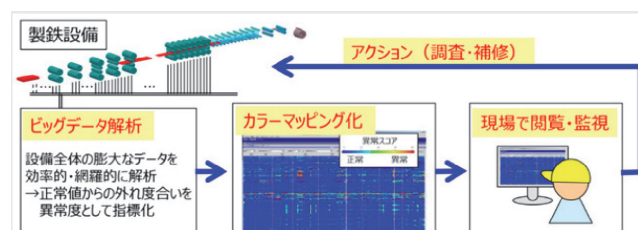


図8 『J-dscom™』による設備異常予兆検知の流れ

ツイン投光差分型検査装置

～業界初の黒皮鋼材表面検査自動化を実現～

JFE スチール（株）

JFE スチールは、今まで目視が主流であった黒皮鋼材製造ラインの表面検査において、凹凸欠陥の発生を検出する新しい画像式表面検査技術を開発し、知多地区継目無鋼管工場及び京浜地区厚板工場に導入した。

鉄鋼製品の品質向上は非常に重要な課題であり、欠陥の無い製品をお客様に提供するため、JFE スチールでは様々な検査装置の開発に取り組んできた。例えば、冷延鋼板分野では表面欠陥を検出するために光源とカメラを用いた表面検査技術による自動化を実現してきた。一方で、鋼管や厚鋼板など、表面を黒皮と呼ばれる黒い酸化膜で覆われた鋼材製品では、製品表面模様と凹凸欠陥の区別が難しく、これまでは目視による検査が主流であったが、オペレータ間の技能のばらつきにより検出性能が安定しないなどの課題があり、検査自動化の強いニーズがあった。

そこで、JFE スチールは凹凸欠陥のみを強調し検出できる新しい技術「ツイン投光差分型検査技術」を独自に研究開発し、複数の黒皮鋼材の製造ラインへ導入した。本技術は、欠陥が凹凸であるのに対し、製品表面の模様部分は平らであることに着目し、2方向から光を高速に交互に照射しながら撮像し、撮像された画像を差分（差を計算）が特徴である。2方向から光を交互に照射しながら撮像された2枚の画像では、凹凸は陰影のつき方により見え方が異なり、製品模様は同じようにみえることから、画像の差を計算することで同一に見える製品模様をキャンセル、凹凸欠陥のみを強調して検出可能となった（図9）。

本技術の導入により、連続的に発生する凹凸欠陥の早期検出や、確実な凹凸欠陥検出による流出防止など、製品の表面品質向上に寄与している。

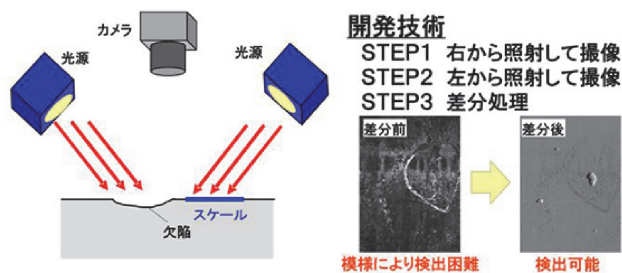


図9 ツイン投光差分型検査技術

鉄分供給鉄鋼スラグ製品による新たな海の森づくりが始動

日本製鉄 (株)

2019年11月に北海道古宇郡泊村にて、日本製鉄が全国約40か所で取り組んできた“鉄鋼スラグ製品を用いた「海の森づくり」活動”に新たな活動が加わった。

新たなプロジェクトでは、鉄分等の栄養分が不足してコンブが著しく減少した海域の海岸に、自然の森から海に供給される腐植酸鉄という形態の鉄イオンを海藻に供給する、鉄鋼スラグ製品「ビバリー®ユニット」2トンを日本製鉄が提供し、地元の古宇郡漁業協同組合が海岸に埋設した。

海の森づくりは、再生した海藻藻場が多様な生物の生息や産卵の場となり、水産資源の回復が期待できる。泊村が本プロジェクトを始めるきっかけとなった北海道増毛町での大規模なコンブ藻場再生プロジェクトでは、2014年にビバリー®ユニット45トンを延長300mの海岸に埋設したところ、3年後には海水中の全鉄濃度が71倍に増加し、コンブ藻場の面積は6.4倍に拡大、コンブを餌とするウニの漁獲高が1.8倍となった。

泊村のプロジェクトをはじめ、日本製鉄が進める海の森づくりは、水産資源を回復する効果の他にも、地球温暖化の原因の一つと考えられている大気中のCO₂を「ブルーカーボン」として海藻に吸収・固定し削減する効果も期待されており、日本製鉄は2017年からCO₂固定化能力を算定する基礎研究も進めている。



図10 ビバリー®ユニット (左) と、泊村海岸での埋設状況 (右)

軽量化した水素ステーション向け高耐久鋼製蓄圧器

「HyST300 model R」の開発

(株) 日本製鋼所

日本製鋼所は、従来よりも軽量で低コスト化を実現した水素ステーション用新型鋼製蓄圧器「HyST300 model R」を開発・商品化した。水素ステーション用蓄圧器は82MPaもの超高圧水素を大量に貯蔵するため、高い安全性・信頼性を担保した製品にする必要がある。低合金鋼を用いた従来型の鋼製蓄圧器は鍛鋼製のストレート円筒の両端に蓋を設けた構造であったが、開発した鋼製蓄圧器は高圧水素に耐える粘り強さと高強度を両立した大径厚肉シームレス鋼管の採用に加えて両端を絞った構造にすることで、大幅な軽量化と低コスト化を実現した。

両端の口絞り鍛造はその開口径を大きく取ることで、絞り加工により生成する内面しわを機械工により除去し、内表面の非破壊検査も実現可能な構造とした。この大口径化にあたっては絞り部の必要肉厚の確保が困難であったが、FEM解析も併用しながら芯金を用いた最適な絞り鍛造条件を開発することにより解決した。またこの大口径化により焼入れ時に内外両面から冷却することが可能となり、肉厚部でも均一な必要組織の形成が可能になった。

これらの製造技術開発と日本製鋼所が有する高圧水素環境下での材料評価技術、压力容器の設計技術により、圧力サイクルで60万回という圧倒的な耐久性を達成した蓄圧器が実現でき、2019年より国内各地の水素ステーション向けに販売している。

図11 新型鋼製蓄圧器「HyST300 model R」の外観
出所：日本製鋼所ホームページ

低炭素社会の実現に貢献する蓄熱システムの開発

愛知製鋼 (株)

愛知製鋼は豊田中央研究所、近江鉱業と共同で、繰り返し耐久性と高い蓄熱量を両立したカルシウム系蓄熱材を開発し、それを用いて熱を蓄えて使いたい時に利用できる蓄熱システムを世界で初めて工場に設置・実証した。

近年の世界気温上昇は、大気中のCO₂濃度が化石燃料の燃焼等により人為的に増加したためと言われている。そこで化石燃料の使用量を削減するため、工業炉からの高温排熱等の未利用熱を有効利用する蓄熱技術に着目した。古くから知られる石灰と水 (水蒸気) の反応を利用したカルシウム系蓄熱材は、石灰粉末の凝集による蓄熱量の低下が問題とされてい

た。我々は凝集を抑制するため、石灰粉末間に粘土鉱物を微細分散して化学的に結着した微視構造を新たに考案し、加えて水蒸気拡散性と高密度化を両立した圧密成型技術確立した。本技術により1000回以上繰り返しても蓄熱量が1.6MJ/Lと従来技術を凌駕する蓄熱材を開発した。これを装填した蓄熱装置を用い、加熱炉から発生する400℃以上の排熱を回収して蓄熱し、使いたい時に加熱用蒸気として熱利用するシステムを世界で初めて愛知製鋼刈谷工場内に設置した。本システムは実用想定においてCO₂排出量が燃焼式ボイラーに比較して約80%削減できることが試算された。

本蓄熱システムは様々な分野での実用展開が期待され、CO₂排出量削減による低炭素社会実現への貢献を目指す。

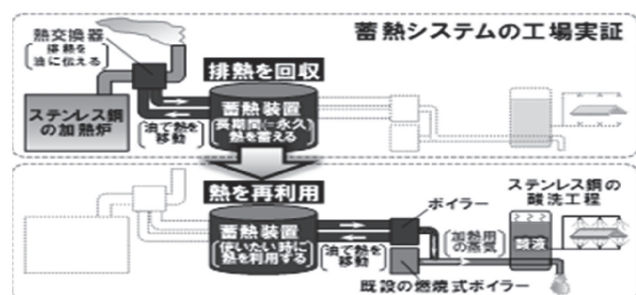


図12 蓄熱システムの概要

自動車車体におけるトポロジー手法による 部品形状最適化技術の開発

JFEスチール（株）

JFEスチールは車体用のトポロジー最適化技術を開発し、自動車メーカーの量産車体の設計手法として採用された。

自動車の燃費向上のため車体の軽量化が求められておりハイテン適用による薄肉化が進められている。しかし薄肉化された車体の剛性は低下するため、更なる軽量化のためには重量増を伴うことなく車体剛性を向上できる設計技術が求められており、このような技術としてトポロジー最適化があるがレイアウトを設計し易い鋳物などへの適用のみで薄鋼板を用いた部品設計には用いられていなかった。

新しく開発したJFEスチールのトポロジー手法は、薄鋼板からなる自動車の車体部品形状最適化が可能である。図に最適化事例を示す。車体に設計空間を設定しトポロジー最適化により目標性能に必要なレイアウトを残存させる。この残存を用いて設計した部品により重量増加を抑え剛性を向上することができた。車体は多数の薄鋼板からなるモノコック構造であり荷重伝達が複雑なため、本技術では車体に設計空間を組み込むことで設計空間に正確な荷重が伝達され従来に比べて解析精度が大幅に向上している。

JFEスチールは今後も継続する更なる車体軽量化に貢献するため、トポロジー技術をコアにした最適化技術により自動車メーカーへの車体設計支援を行い、ハイテン適用拡大を推

進していく。

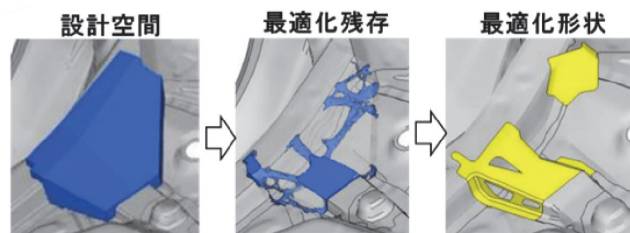


図13 車体でのトポロジー最適化事例（自動車技術会学術講演会前刷集No.129-14 20145666から引用）

高熱伝導率・高軟化抵抗ホットスタンピング金型用鋼 「DHA™-HS1」

大同特殊鋼（株）

大同特殊鋼は、業界トップレベルの高熱伝導率と高温での優れた耐摩耗性を兼ね備えたホットスタンピング金型用鋼DHA-HS1を開発した。

自動車の衝突安全性および燃費向上ニーズから車体骨格部品の高強度化が要求されており、従来対比高強度な部品製造が可能なホットスタンピング工法が注目されている。

ホットスタンピング工法は、加熱した鋼板をプレス成形と同時に金型内で冷却保持し、焼入れを行う工法である。ホットスタンピング工法の成形工程のサイクルタイムが冷間プレス工法よりも大幅に長くなるデメリットがあり、鋼板の抜熱を促進させるため、金型には高い熱伝導率が要求される。また、金型には耐摩耗性向上も要求される。

これらの要求に対し、DHA-HS1は化学成分の適正化により従来対比高い熱伝導率を有し、かつSKD61対比で硬さを上げられることに加えて高い軟化抵抗性を有する。本材料の使用により、ホットスタンピング工法における金型温度を低くすることができ、サイクルタイムの短縮と金型摩耗の改善への貢献に期待できる。（DHAは大同特殊鋼の登録商標または商標です）

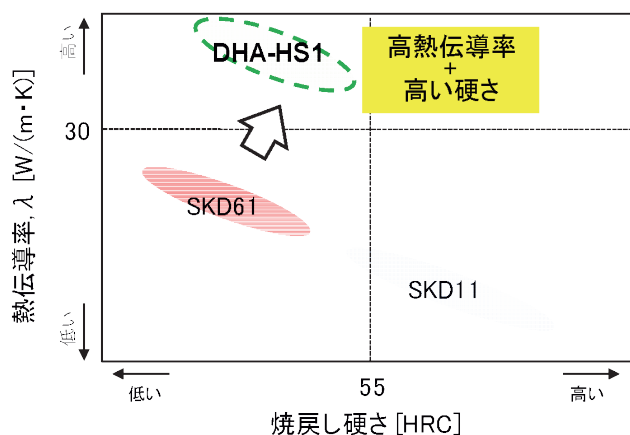


図14 DHA-HS1の位置づけ

重希土類完全フリーネオジム磁石が Hondaハイブリッド車「インサイト」に採用

大同特殊鋼（株）

大同特殊鋼は、本田技術研究所（株）との共同開発により、重希土類（ディスプロシウム、テルビウム）を使用しない、ハイブリッド車用熱間加工ネオジム磁石を開発した。

ハイブリッド車や電気自動車などの駆動モータに搭載される磁石材料には、高い磁力だけでなく、高温、高逆磁界下での使用を保証するための高保磁力（高耐熱性）が要求される。そのためには、ネオジム磁石の基本成分（ネオジム-鉄-ボロン）のネオジウムを重希土類元素で置換し、物性値の面で保磁力を高める手法が一般的である。その一方で、重希土類元素は資源問題（希少性、偏在性、採掘時の環境負荷）を避けるために使用量を低減したい元素でもある。

そのため、大同特殊鋼では、主に成分組成の最適化や、熱間加工の成形技術の改善を行ない、組織の微細均一化による高耐熱性熱間加工磁石を開発した。同時に、本田技術研究所では、磁石形状やロータ構造などの新設計により、磁石へかかる反磁界を低減するモータ設計を行なった。両者の融合により、重希土類を使用しないハイブリッド車の量産が実現した。本磁石材料は、2017年に量産開始され、2018年には、2モータフルハイブリッドシステム「インサイト」へ採用されている。本磁石材料を使用することで、資源問題を回避し、かつ、環境問題へのさらなる貢献が期待できる。

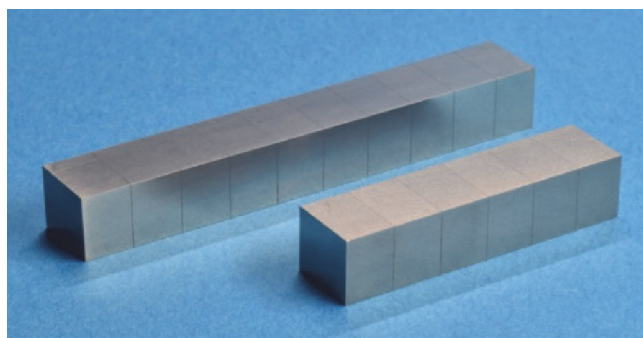


図15 インサイト用重希土類フリー磁石