

# 2017年鉄鋼生産技術の歩み

Production and Technology of Iron and Steel in Japan during 2017

## 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

2017年を振り返ると、1月には米国においてトランプ大統領が就任し、その後欧州でも政権選挙が続き、我が国でも10月には衆議院選挙が行われるなど、世界的に政治の変動が大きな1年であった。このような中、世界経済は堅調に推移したことから、我が国でも個人消費に未だ不透明感があるものの、企業収益は改善方向に向かい、設備投資も回復傾向になるなど経済情勢は好調な1年となり、戦後2番目のいざなぎ景気を超える景気回復期間が持続している。この結果、2017年度の実質GDP成長率は1.9%程度、名目GDP成長率は2.0%程度と見込まれている<sup>1,2)</sup>。主要な経済指標を見ると、鉱工業生産指数は2016年から右肩上がりの傾向で2017年12月には106.3となり14か月連続で前年同月上昇が続いている<sup>3)</sup>。また、完全失業率、有効求人倍率等の指標も年間を通じて改善傾向が継続しており、我が国の雇用情勢は着実に好転した<sup>4)</sup>。

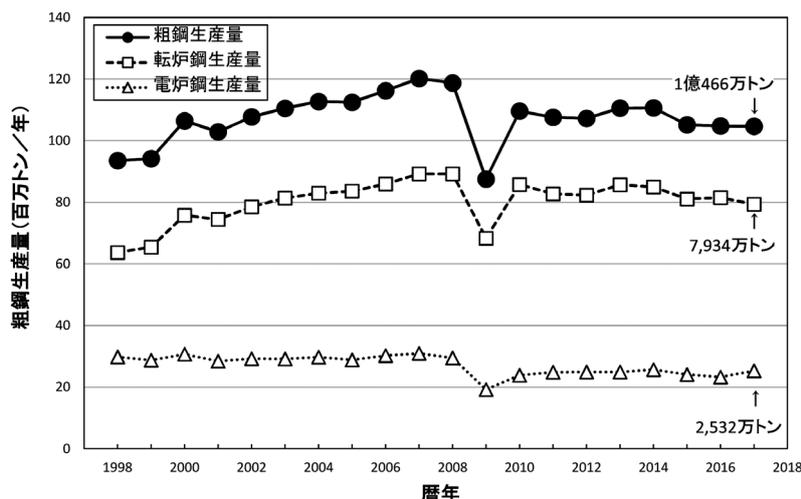
世界の鉄鋼業の動向としては、この数年にわたり、特に高成長を続ける中国の過剰生産能力問題が顕在化しており、2016年12月には、G20構成国等により本問題を話し合う「鉄鋼の過剰生産能力問題に関するグローバル・フォーラム」も正式に発足した。中国政府は2016年に第13次5カ年計画を

策定し、鉄鋼業については今後5年間で1～1.5億トン分の粗鋼生産能力を削減するという数値目標を定めた。このような動向の中で、2016年末には中国の国有大手の宝鋼集団（上海市）と武漢鋼鉄集団（武漢市）が統合し、中国宝武鋼鉄集団として新たに発足することになった。2017年に入ると中国の鉄鋼業の調整が更に進み、鉄スクラップを溶融して固めただけのいわゆる「地条鋼」に代表される違法操業も全廃されたと報じられた。この分が既存の高炉・電炉メーカーにシフトした分もあると想定されるが、総じて中国の内需が好調であったために、中国の粗鋼生産量は前年の7億8,688万トンから8億3,173万トンへ増加した。このような動向を反映して世界の粗鋼生産量は、2014年の16億6,945万トンをピークとして2年連続で減少していたが、2017年は16億9,122万トンへと一転して増加に転じた（表1）<sup>5)</sup>。

次に、我が国の鉄鋼産業に目を向けると、鉄鋼需要産業では建設市場において公共土木工事が引き続き好調であり、2016年には力強さを欠いた製造業においても、自動車分野、産業機械分野、造船分野等で増産傾向となった。このような情勢を反映して、我が国の2017年（暦年）の粗鋼生産量は1億466万トンとなり、前年の1億477万トンと概ね同レベル（0.1%減少）となった（図1）<sup>6)</sup>。鉄鋼原料の動向については、

表1 粗鋼生産量のトップ10（出所：WSA；百万トン）<sup>5)</sup>

	2017年 トップ10	2014年	2015年	対前年伸び率 2015/2014 (%)	2016年	対前年伸び率 2016/2015 (%)	2017年	対前年伸び率 2017/2016 (%)
1	中国	822.3	803.8	▲2.2	786.9	▲2.1	831.7	5.7
2	日本	110.7	105.1	▲5.1	104.8	▲0.3	104.7	▲0.1
3	インド	87.3	89.0	▲1.9	95.5	7.3	101.4	6.2
4	アメリカ	88.2	78.8	▲10.7	78.5	▲0.4	81.6	3.9
5	ロシア	71.5	70.9	▲0.8	70.5	▲0.6	71.3	1.1
6	韓国	71.5	69.7	▲2.5	68.6	▲1.6	71.1	3.6
7	ドイツ	42.9	42.7	▲0.5	42.1	▲1.4	43.6	3.6
8	トルコ	34.0	31.5	▲7.4	33.2	5.4	37.5	13.0
9	ブラジル	33.9	33.3	▲1.8	31.2	▲6.3	34.4	10.3
10	イタリア	23.7	22.0	▲7.2	23.4	6.4	24.0	2.6
	世界合計	1669.5	1620.0	▲3.0	1606.2	▲0.9	1691.2	5.3

図1 我が国の粗鋼生産量の推移 (暦年)<sup>6)</sup>

原料炭が産出国における天候や設備の問題により供給不足が懸念され、2016年末より原料炭価格が高騰し、その後も乱高下が継続して高位の水準が続いた。また、鉄鉱石も中国の輸入が増加したため鉄鉱石価格は底堅く推移した。幸い我が国の経済情勢は好調であったことから、鉄鋼需給はひっ迫し販売価格の是正にもつながり、鉄鋼各社においては業績改善に結びついた。

ここ数年、高炉各社を中心に上工程の設備集約や老朽化したコークス炉の整備が進んでいる。2017年10月には、(株)神戸製鋼所が計画通り、神戸製鉄所の上工程設備(高炉～連続鑄造、一部の分塊圧延設備)を休止し加古川製鉄所に集約した。また、コークス炉の整備に関しては、1970年前後に稼働を開始し約50年を経過して老朽化が進んでいるコークス炉を対象に、2017年も新日鐵住金(株)やJFEスチール(株)で増設や旧炉の基礎部を流用するパドアップ方式で改修が進められた。一方で、2017年には鉄鋼各社で設備や操業上のトラブルも散見され、生産量へも影響が生じることになり、操業上の安全・安心に加えてより一層の安定操業が強く求められることとなった。また、国内の業界動向をみると、3月には新日鐵住金が日新製鋼(株)を子会社化することになり、鉄鋼関連の商社や流通業界でも再編に向けた調整が進められた。

以下に、2017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2017年も継続し、各社とも過去最高水準の生産が行われた<sup>7)</sup>。しかしながら、世界の鉄鉄増産基調と共に出荷元の設備故障等による一時

的な減産により、鉄鉱石価格は上昇した。鉄鋼各社の鉱石契約価格の公表値によれば、鉱石価格は2017年から上昇し第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。市況は、年間を通じて騰落を繰り返した<sup>10,11)</sup>。

原料炭についても世界の鉄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<sup>12)</sup>。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。その間、原料炭市況は、年間を通じて騰落を繰り返した<sup>10,11)</sup>。図2には、世界鉄鋼協会、財務省通関統計等による、世界の鉄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<sup>13)</sup>。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。一方、2017年には、鉄鉱石が76.2ドル/トン、原料炭は149.7ドル/トンに上昇し、原料価格の世界的な高騰が製造コストに影響した。

### 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<sup>14)</sup>、(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、2017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】2017年度の土木部門の活動は、公共土木での大型補正予算の繰越や民間土木での東京オリンピック・パラリンピックに向けた都市再開発等を背景に前年度来の増加が続いている。公共土木受注額は、東京外環道や東京オリンピック・パラリンピック関連のインフラ整備の継続に加え、特に、熊本地震等に対応した2016年度の大規模補正予算の繰越により増加が見込まれる。一方、民間土木受注額は、首都圏を中心

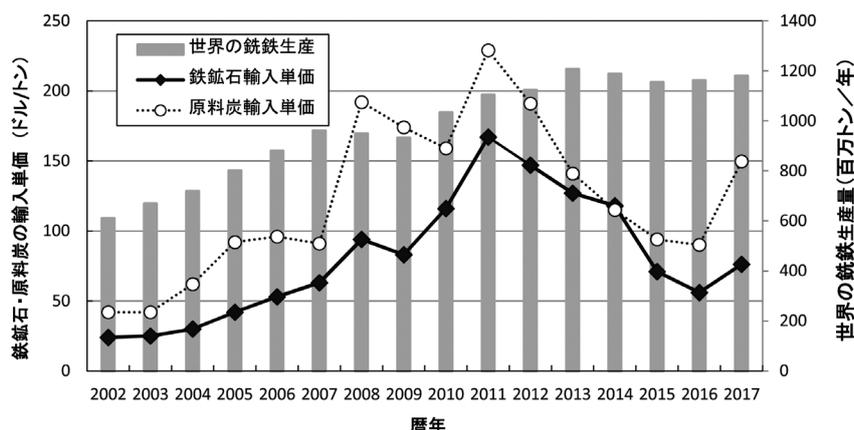


図2 世界の銑鉄生産量と鉄鉱石・原料炭の輸入単価推移(暦年)  
(出典：世界鉄鋼協会、財務省通関統計等)

とした再開発の進展やリニア中央新幹線の本格着工により前年比増加を見込む。

【建築】2017年度の建築部門は、好調の続いていた住宅が3年ぶりに減少に転じるものの、非住宅は前年度に引き続き増加となる見込みである。住宅については、貸家が2015年1月に施行された改正相続法による相続税の節税対策に加え、超低金利政策の長期化も相俟って増加傾向が続き全体を押し上げたほか、持家も住宅ローン金利が低水準で推移していたことから増加が続いていたが、貸家、持家ともにこれらの効果の減退により前年度を下回るとみられることから減少となる。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するほか、訪日外国人観光客の増加からホテル建設が上向くため増加が見込まれる。

【造船】世界的な船腹過剰が続く中、海運市況の底打ち気配も窺われる状況もあって、受注は、歴史的な低水準を記録した前年との比較では大幅に増加している。造船所では手持ち工事を取り崩しながら建造活動を継続しているが、2017年10月末の手持ち工事量が前月比増加に転じる状況もみられた。

【自動車】2017年度の国内販売は、新型車の投入効果や、軽自動車の燃費不正問題の影響の一巡などから増加した<sup>15)</sup>。完成車輸出は、欧州市場の回復、北米市場における日本車の好調、一部メーカーの国内拠点活動の動き等から増加した。この結果、完成車生産、鋼材消費はともに増加となった。日本自動車工業会によると、2017年の四輪車の生産台数は9,684,146台で、前年の9,204,702台に比べて、479,444台、約5.2%の増加となった<sup>16)</sup>。

【産業機械】2017年度の産業機械の生産活動をみると、建設機械、内燃機関、運搬車両等が、年度前半を中心に排ガス規制経過処置(2017年8月迄)時の駆け込み需要等により前年度を上回り、金属加工・工作機械も世界景気的好調等から

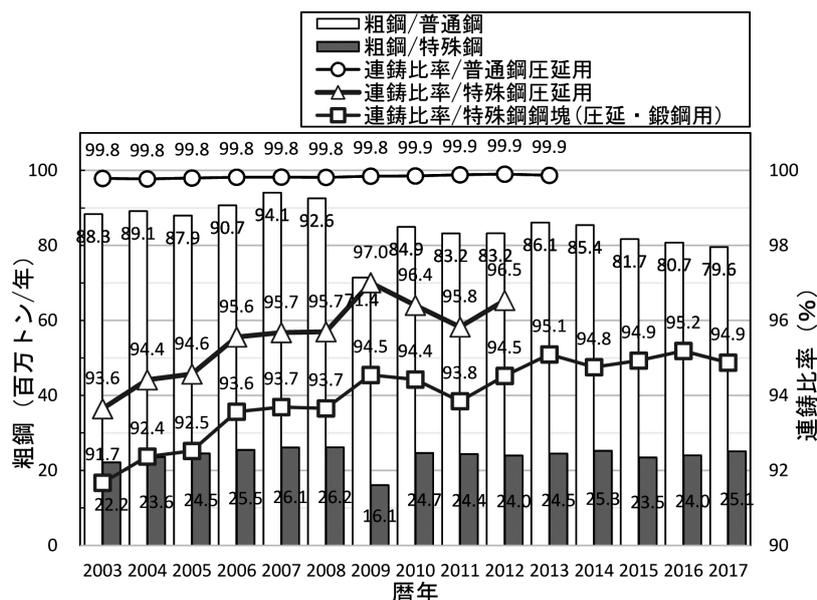
2017年に入り中国向け輸出の大幅増に加え、欧州、北米向けも増加するなど、殆どの機種で増加した。これらを受け産業機械全体では前年度を上回ると見込まれる。

【電気機械】2017年度の電気機械の動向をみると、国内景気が堅調に推移したことから、モーター関連需要が堅強なほか、中国向けを中心とした外需も増加し、重電は高水準の活動となった。また、家電は、省エネ・高付加価値製品に対する需要に支えられ底堅く推移したほか、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、前年水準並みとなった。通信機械・産業用電子機械に関しては、サーバー・ストレージにおいて、大企業を中心に需要拡大の兆しがうかがえるが、サーバー統合や仮想化によるサーバーの台数縮小の動きもあり、やや弱含み推移となった。この結果、電気機械部門全体の鋼材消費は、ウェイトの高い重電機の増加から前年比微増となる見込み。

このような鉄鋼の需要産業の動向に対して、本会維持会員企業においては2017年も後述の表9に詳細を示す通り、土木・建築分野、自動車分野を中心に新たな製品が開発された。

### 1.3 我が国の粗鋼生産状況

我が国の2017年(暦年)の粗鋼生産量は1億466万トンとなり、前年の1億477万トンに対して0.1%の減少となった。2008年のリーマンショック以降、2013年、2014年と1億1千万トンを超えていたが、2017年は1億トン台をキープしたものの、3年連続で前年を下回る結果となった。炉別生産では、転炉鋼が7,934万トン(前年比2.7%減)、電炉鋼が2,494万トン(前年比8.7%増)となり、電炉鋼比率は23.9%(前年比1.9%増)となった(図1)<sup>6)</sup>。また、鋼種別では、普通鋼が7,957万トン(前年比1.5%減)、特殊鋼が2,510万トン(前年比4.4%増)となった。なお、特殊鋼の連続铸造比率は、94.9%であり、前年の95.2%と比べて微減した(図3)<sup>6)</sup>。

図3 普通鋼と特殊鋼の粗鋼生産量と連続比率<sup>6)</sup>

日本鉄鋼連盟では、2018年度の鉄鋼需要見通しを発表している<sup>17)</sup>。これによると2018年度の鉄鋼内需は、建築で非住宅関連需要の増加が見込まれる。一方、土木が高水準であった前年度との比較ではほぼ横ばいとなり、建設全体では前年度比微増となる見通し。製造業では、設備投資関連の機械関連需要が堅調な一方、自動車が高水準であった前年度との比較では小幅なマイナスとなるとみられることなどから、製造業全体では前年度並みの水準で、内需全体でも前年度比微増のほぼ横ばい程度となるとみられる。2018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<sup>18)</sup>、日本からの鉄鋼輸出は、2017年度をやや上回ると想定される。一方、鉄鋼輸入は、2017年度並みの水準が見込まれる。この結果、2018年度の粗鋼生産は2017年度をやや上回る見通しである。但し、北朝鮮や中東等の地政学的リスクや中国の過剰生産能力の削減状況などは今後も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2017年(暦年)の粗鋼生産量は16億9,122万トンとなり、前年の16億626万トンに比べて5.3%の増加となった<sup>5)</sup>。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年も微減したが、2017年は増加に転じた。主要国の粗鋼生産量をみると、中国が8億3,173万tに到達し前年より5.7%増加した。これは中国政府が過剰生産能力の合理化を実行しているが、従来統計の枠外にあった6千万トンとも8千万トンとも言われた数量の地

条鋼が淘汰され、統計内の正規の生産に置き換わった影響が大きいと考えられる。日本は1億466万tと前年より0.1%減少した。インドは1億137万tまで粗鋼生産を伸ばし、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、日本以外の粗鋼生産量が増加した。一方で、主要66か国の2017年の平均操業率は72.3%であり<sup>19)</sup>、2016年の69.3%よりも3.0%増加した。

## 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<sup>20)</sup>。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。

ここ数年、高炉各社を中心に上工程の設備集約や老朽化対策を進める一方で、2017年には鉄鋼各社で設備や作業上のトラブルも散見され、生産影響も生じることになり、より一層の安定操業が強く求められることとなった。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。また、製鉄設備の保全分野にも最新のIT技術を導入した取組が進められ、過去のベテラン作業者の経験を生かしたデータベースとAI技術により、急速な世代交代に対応した技術伝承や保全分野の生産性向上を目指している。以下には、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

2017暦年の鉄鉄生産量は7,833万トンであり、2016年の8,019万トンと比べ2.3%減少した<sup>21)</sup>。2017年末の高炉稼働状況については、神戸製鉄所が神戸第3高炉(内容積2,112m<sup>3</sup>)を10月に休止したため、25基となった。内容積5,000m<sup>3</sup>以上の高炉は14基で変化はなかった。平均出鉄比は2016年の1.92トン/m<sup>3</sup>・日に対して、1.88トン/m<sup>3</sup>・日と減少した。

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、設備投資の動きが注目される。新日鐵住金が鹿島第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コークス炉の改修に続き、北海製鉄の第5コークス炉西炉の改修を決定した。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炉団の改修を決定した。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焼結機の改修を発表した。

一方、製鉄工程のコスト競争力向上のために高炉の休止が進行している。2017年10月末に神戸製鉄所が神戸第3高炉を休止した。日新製鋼は呉第1高炉を2024年以降に拡大改修し、呉第2高炉を休止すると発表した。比較的内容積の小さな高炉が停止し、高炉の稼働本数が減少するものの、1本当たりの平均内容積は増加する予定となっている。

試験設備として、JFEスチールは、フェロコークス製造のため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と発表した。今回建設予定のパイロットプラントは、製造量

300トン/日規模の中規模製造設備で、(国研)新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)による「環境調和型製鉄プロセス技術の開発/フェロコークス活用製鉄プロセス技術開発」プロジェクトとして建設される。ここでの実証研究を経て、高炉使用時の二酸化炭素排出量の大幅削減、省エネルギー、劣質石炭・鉬石使用による、資源対応力強化を目的としたフェロコークス製造技術を開発し、2022年頃までに製鉄プロセスのエネルギー消費量10%削減技術の確立を目指す<sup>22)</sup>。

## 2.3 製鋼

2017暦年の粗鋼生産は、1億466万トンであり、2016年の1億477万トンと比べ減少した(図1)<sup>6)</sup>。

神戸製鉄所は、上工程集約のため2017年10月に神戸製鉄所の製鋼工場を休止した。上工程を集約する活動の一環として、加古川製鉄所に2017年1月に第6連铸設備を竣工し、溶鋼2次精錬設備として真空脱ガス炉を建設した。さらに同年8月には2基目の脱りん処理設備を稼働させた。今後の設備建設予定としては、JFEスチールが2021年を目標として西日本製鉄所倉敷地区に連続铸造機を建設すると発表した。

世界的な原材料の高騰が、製鋼コストに影響していると考えられる。耐火物メーカーによれば、原料として重要なマグネシア等の原料供給が中国における規制により低減した<sup>23)</sup>。そのため、マグネシア系耐火物の価格が上昇し、製鋼工程のコストが上昇したと推定される。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、原料となるニードルコークスの供給逼迫、および電気炉製鋼法による電極需要の増加が原因とされている<sup>24)</sup>。

## 2.4 鋼材

### 2.4.1 薄板

新日鐵住金は、高耐食性めっき鋼板にバーリング孔加工を施した「高強度耐力壁」の用途を拡大させている。当初の開発用途である4階建てスチールハウス以外に、天井高の高い大空間の設計、3階建てスチールハウスの設計自由度拡大・コスト削減、木造住宅のリフォーム用耐震補強部材などへの用途拡大を進めている。

JFEスチールは、国内業界で初めて、自動車部品用の高い加工性を有する高強度鋼板をシリーズ化した。適用する部品の形状や加工方法に応じた最適な鋼板を提供するため、冷延鋼板および合金化溶融亜鉛めっき(GA)鋼板の各強度グレード・加工性において開発を進めた結果、高伸び型、高伸びー高伸びフランジ型、超高伸び型の3タイプについて、それぞれ590～1,180MPa級までラインナップした。

神戸製鉄所はプレスの生産性に優れたホットスタンプ用冷延鋼板(焼入れ後強度1,470MPa級)を開発し、自動車のボ

ディ骨格向けに順調に量産を行なっている。主に鋼板の成分を工夫することにより焼入れ性を大幅に向上させることで、金型内での冷却時間を大幅に短縮することができ、プレスでの生産性を従来比で2～4倍程度、改善することが可能となった。加えて、冷却ムラによる強度不足の問題が発生しにくい特長も有している製品である。

#### 2.4.2 厚板

JFEスチールは、超大型コンテナ船に適用可能な、世界最大厚となる板厚100mmのYP460MPa級高アレスト鋼を開発した。圧延時に組織中の結晶の向きを調整しやすいような成分設計を行い、高アレスト性能の確保が可能になり、加えて、TMCP技術を最適化して合金添加を極限まで低下させることで、世界で初めて溶接性と高アレスト性能の両立を実現した。これにより、さらなるコンテナ船大型化の実現に寄与することができる。さらにJFEスチールは、ケミカルタンカーのカーゴタンクに使用可能なステンレスクラッド鋼板を開発し、(一財)日本海事協会より製造法承認を取得した。今後ケミカルタンカーへの実船適用が期待される。

#### 2.4.3 条鋼・形鋼

新日鐵住金は、ジェイ・ワイテックス(株)と共同で高耐食性めっき鋼線を開発した。従来の亜鉛めっき線と比較し約8倍の耐食性を持ち、関連製品・設備の飛躍的な長寿命化によるコスト低減を図ることができる。硬鋼線を使用する送配電線分野、通信ケーブルテンションメンバ、鉄道用吊架線などの用途向けの使用が期待される。

JFEスチールの西日本製鉄所倉敷地区では、形鋼工場の更新を実施し、2017年3月より営業運転を開始した。これにより、建築向けの主力製品をはじめとする高機能材や、高強度材の更なる製造安定化や生産効率化を図ることで、旺盛な建設需要に着実に応えることができるようになった。

#### 2.5 建築・土木

近年、建築物としての機能を向上させるために柱の本数を削減し柱1本に負担させる荷重が増加する傾向にあり、また、建設費削減のため1本の柱に対して1本の杭とされ、杭に要求される支持力が高まっている。JFEスチールは、ジャパンパイル(株)と共同で、杭先端部の内外面に鉄筋を取り付けた鋼管と根固め球根を一体化させた高支持力先端拡大根固め杭工法を開発した。杭1本あたりの鉛直支持力と水平抵抗力が大きくとれるため、高い支持力性能や耐震性能が求められる大形建築物の基礎に対して、杭本数の削減、基礎寸法の縮小および工期短縮を可能にした。

## 2.6 環境・エネルギー

### 2.6.1 政府の取組み

2017年11月6日から17日まで、ドイツのボンにおいて、国連気候変動枠組条約第23回締約国会議(COP23)、京都議定書第13回締約国会合(CMP13)、パリ協定第1回締約国会合第2部(CMA1-2)が行われた<sup>25)</sup>。

今回のCOP23を通じて、(i)パリ協定の実施指針をめぐる議論の推進、(ii)タラノア対話のデザインの完成、(iii)グローバルな気候行動の推進について、日本の主な3点の目標はおおむね達成できたと評価される。日本は、パリ協定の実施指針に関する議論において、日本が重視する「NDC(2020年以降の温室効果ガス削減目標)」、「透明性枠組み」、「市場メカニズム」を含む議題において、技術的内容についての提案を行った。また、一部の途上国より、先進国と途上国との間でパリ協定に基づく取組に差異を設けるべきとの強い主張や各機関のスコープを拡大しようとする動きがあり、これに対し他の先進国とともに、全ての国の取組を促進する指針を策定する必要があり、先進国と途上国とを二分化した指針とすべきではないこと等を主張した。引き続き一部途上国とその他の国で明確な主張の違いがあるところ、COP24における指針の採択に向け、今後いかにパリ合意のマנדートを維持しつつ、建設的に実施指針をまとめていくかが課題となる<sup>25)</sup>。

### 2.6.2 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<sup>26)</sup>。低炭素社会実行計画に参加する企業の2016年度のCO<sub>2</sub>排出量は、BAU基準で1億7,906万トンであり、削減量は基準の2005年度に比べ246万トン減となり、目標(300万トン)に対する進捗率は8割強に達した。鉄鋼業全体の2016年度の排出量は1億8,675万トンであった<sup>27)</sup>。

エコプロセスは鉄鋼生産プロセスにおける省エネ/CO<sub>2</sub>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

表2 日本鉄鋼連盟の低炭素社会実行計画の目標<sup>26)</sup>

		フェーズ I	フェーズ II
エコプロセス		BAU <sup>※1</sup> 比500万t-CO <sub>2</sub> の削減目標 <sup>※2</sup>	BAU <sup>※1</sup> 比900万t-CO <sub>2</sub> の削減目標
エコプロダクト		約3,400万t-CO <sub>2</sub> の削減貢献(推定)	約4,200万t-CO <sub>2</sub> の削減貢献(推定)
エコソリューション		約7,000万t-CO <sub>2</sub> の削減貢献(推定)	約8,000万t-CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 分離回収により、生産工程におけるCO <sub>2</sub> 排出量を約30%削減。2030年頃までに1号機の実機化 <sup>※3</sup> 、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CO<sub>2</sub>排出量を意味する。

※2：500万t-CO<sub>2</sub>削減目標の内、省エネ等の自助努力に基づく300万t-CO<sub>2</sub>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：CO<sub>2</sub>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。

示す<sup>26)</sup>。

COURSE50事業は2008年度から取り組んでいるが、フェーズ I STEP1 (2008-2012年度) では主に水素による鉄鉱石還元と高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収等の要素技術開発を行った。主な成果として、水素還元によるCO<sub>2</sub>低減効果(-3%)を確認した。さらにCO<sub>2</sub>分離回収の所要エネルギー量を2GJ/トン-CO<sub>2</sub>まで半減する技術を開発した<sup>28)</sup>。続いてフェーズ I STEP2 (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、実証規模試験を行うフェーズ II につなげていくため、a) 高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減技術として、12m<sup>3</sup>の試験高炉により高炉からのCO<sub>2</sub>排出量を削減する技術を確認すること、b) 高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収技術として、高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収コスト2,000円/トン-CO<sub>2</sub>を可能とする技術を確認することを目標としている<sup>29)</sup>。

12m<sup>3</sup>試験高炉を新日鐵住金君津製鐵所に建設し、2015年12月に熱間試運転にて初出銑を行なった。2016年7月の第1回の試験操業以来、2017年12月までに合計4回の試験操業を実施し、水素還元によるCO<sub>2</sub>排出量の1割削減の目標に対して、9.4%減らせることを確認した。さらに高炉内部の数学モデルによる3D数値シミュレーション結果と試験後の解体調査とゾンデサンプリング等の結果がほぼ合致することを確認し、三次元シミュレーションの開発に成功した<sup>30,31)</sup>。

また、高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収では、目標の20%削減に目処をつけ、水素還元による削減量と合わせて合計CO<sub>2</sub>3割の削減に目処がついた<sup>30,31)</sup>。

フェロコークス事業は、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た。このプロジェクトは2012

年度で一時的に終了したが、NEDOは、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/フェロコークス活用製鉄プロセス技術」に着手した<sup>22)</sup>。本技術は、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フェロコークス中に含まれる金属鉄の触媒作用を活用して、高炉内の還元効率を飛躍的に高めることで、従来に比べ高炉に装入するコークス量(炭素量)を削減することができる省エネルギー技術である。この技術開発では、フェロコークス製造量300トン/日規模の中規模製造設備の実証研究を経て、フェロコー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。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、日新製鋼が呉製鉄所に6号ボイラー及び11号タービン発電設備(定格出力74MW)を新設し、2017年11月に営業運転を開始した。主な特徴は、環境負荷低減に配慮したクリーン燃料の使用、副生ガスの有効利用とクラス高効率設備採用による省エネルギー化、製鉄所の操業変化・安定操業を支える機能装備等である。具体的には、従来同社比でプラント効率が約4%向上し、40%~100%のターンダウン、復水タービンによる工場蒸気供給と同バックアップシステム、発電所最適負荷バランスを実現するDCS、計算機制御装置等の装備である。

### 3 技術貿易・技術開発

#### 3.1 技術貿易

図4に鉄鋼業の2016年度までの技術貿易収支の推移を示す<sup>32)</sup>。技術輸出対価受け取り額は前年度と比較して13%減少し、技術輸入対価支払い額は約4分の1に減少した。

### 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<sup>33)</sup>。

〔売上高対研究費支出比率〕 全産業は前年度は微増したが、2016年度は2009～2014年度の水準まで減少した。鉄鋼業は前年度と比較し微増している。

〔従業員1万人あたりの研究本務者数〕 全産業は2013年度までの増加傾向から転じ減少が続き、2016年度は2008年度の水準まで減少した。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〕 2016年度は、全産業では前年度と比較して微減している。また、鉄鋼業も前年度と比較して減少しているが、共にリーマンショック前の2008年度と同等の水準である。

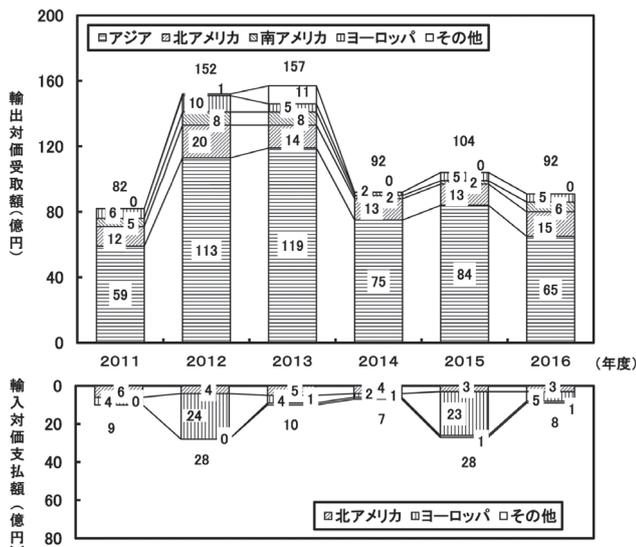


図4 鉄鋼業の技術貿易収支<sup>32)</sup>

### 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「戦略的エネルギー技術革新プログラム」、経済産業省「先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金」「先進超々臨界圧プラント (A-USC) 技術開発」「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料開発」が2016年度で終了した。主要継続プロジェクトは、①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))、②経済産業省の「環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE 50) Step2」(2013～2017年度、委託先: NEDO)、③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)、④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)、⑤「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。

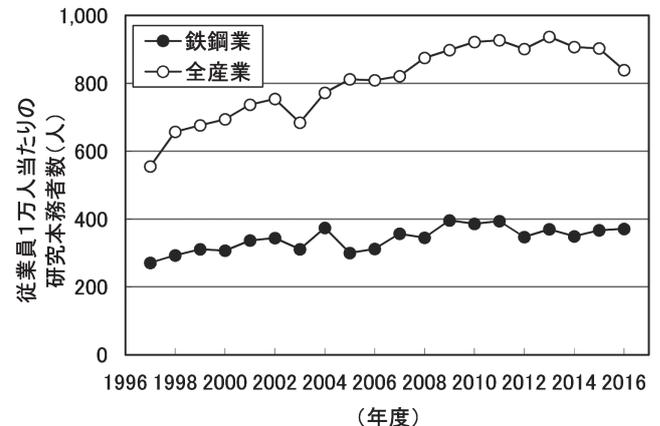


図6 従業員1万人当たりの研究本務者数の経年変化 (人)<sup>33)</sup>

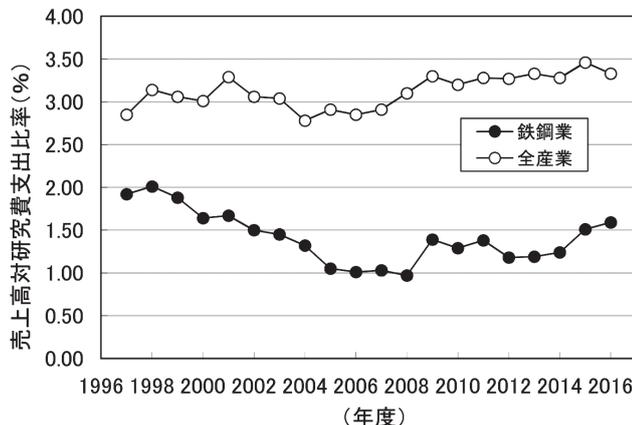


図5 売上高対研究費支出比率の経年変化<sup>33)</sup>

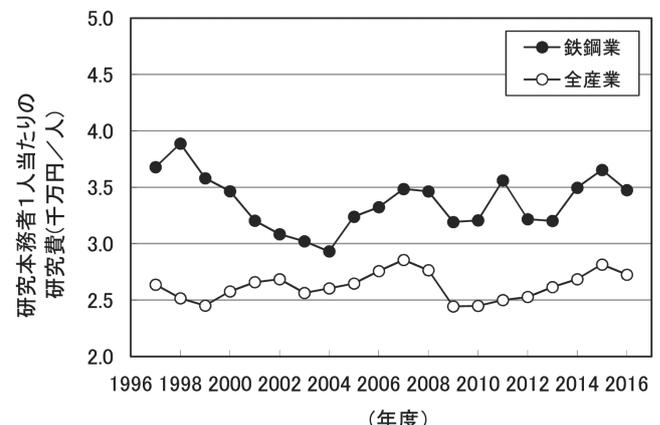


図7 研究本務者1人当たりの研究費の経年変化 (千円/人)<sup>33)</sup>

## 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（2017年度は神戸製鋼所加古川製鉄所）を行う3.5日コースの講座で、17大学から31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、2017年度はJFEスチール東日本製鉄所千葉地区、新日鐵住金八幡製鐵所、大同特殊鋼知多工場、新日鐵住金広畑製鐵所の4箇所で開催され、トータル83名が参加した。

その他、鉄鋼企業の経営幹部による「経営トップによる大学特別講義」を10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14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）。

### 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）。2017年度は、2016年度同様35の部会大会（春季17大会、秋季18大会）が開催された。参加者延べ人数は2,843名（そのうち大学等研究者の延べ参加人数は66名、2016度から5名減）であり、2016年度の2,798名から約50名増加した。

また、学術部会との連携も定着しており、部会大会や若手育成のための企画への大学研究者の参加、学術部会との合同企画等、交流が推進されている。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、18テーマで活動した。従来から継続している若手技術者対象の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。

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	環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) Step2	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2013	2017
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
	ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2014	2017
	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研究開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2014	2022
	水素利用技術研究開発事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2013	2017
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	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2016	2021

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"> <li>対象：鉄鋼製造全般にかかわる特定分野</li> <li>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</li> <li>参加者：鉄鋼企業の技術者、研究者、大学等教職員</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
技術検討部会	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象：鉄鋼生産プロセスの各分野にまたがる分野横断的、または業際技術課題</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>

## 5.2 技術検討部会

分野横断的、業際技術課題を検討する技術検討部会は、原則として期間を3年以内として活動している(表4)。2017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、溶接構造用鋼グループと機械構造用鋼グループを設けて、それぞれ文献調査を行っている。

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った。

「圧力容器用材料技術検討部会」では、2016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がそれぞれ調査検討、国際会議での発表等の活動を行う

とともに、新たに先進耐熱鋼WGが発足し、調査検討活動を開始した。

## 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、2017年度から受給開始となる対象者として新たに35件(若手17件)が採択され、2016年度から開始した36件と合わせて2017年度は合計71件が受給テーマに基づく活動を実施した。

「研究会」は、2017年度には21研究会が活動し、その内の6研究会が同年度に終了した。2017年度には、研究会Ⅰ(シーズ型)、研究会Ⅱ(ニーズ型)の各研究会で、7件が新規に活動を開始した(表6)。また、2018年度から発足する研究会と

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"> <li>・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</li> <li>・募集：公募により毎年採択、受給期間は2年間。</li> <li>・特徴：研究者個人を対象、若手枠を設置</li> <li>・件数：71件(2017年度受給者数)</li> </ul>
研究会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・件数：21件(2017年12月末現在活動中)</li> </ul>
鉄鋼協会研究プロジェクト (旧産発プロジェクト展開 鉄鋼研究から名称変更)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・募集：公募により採択、活動期間は原則として3年間</li> <li>・特徴：鉄鋼企業からのニーズ主体のプロジェクト</li> <li>・件数：1件(2017年12月末現在活動中、2017年度末にて活動終了、2018年度は成果とりまとめ)</li> </ul>

表6 2017年度活動 研究会

型	研究会名	所属部会等	主 査	研究期間
I	高度循環製鉄に向けた鋼中遷移金属・循環元素の熱力学	高プロ	小野 英樹(阪大)	2015~2017年度
I	スマート製鉄システム	環境/高プロ	加藤 之貴(東工大)	2015~2017年度
I	先進的多軸応力試験による鋼板成形の高度化	創形	桑原 利彦(農工大)	2015~2017年度
I	鉄系金属ガラスの粘性流動成形技術開発	創形	川崎 亮(東北大)	2015~2017年度
I	水素脆化の基本要因と特性評価	材料/評価分析	高井 健一(上智大)	2015~2017年度
II	新規コークス製造プロセス要素技術	コークス	青木 秀之(東北大)	2015~2017年度
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	鉄鋼材料の土壌腐食機構の解明	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清浄度クロム鋼溶製	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バモデリング高度化	創形	濱崎 洋(広島大)	2017~2019年度
I	鉄鋼のマイ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	圧延理論	永井 二郎(福井大)	2017~2019年度

表7 2018年度採択 研究会

型	研究会名	所属部会等	主査	研究期間
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	高能率・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/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8 鉄鋼協会研究プロジェクト(旧産発プロジェクト展開鉄鋼研究)のテーマ

研究テーマ	研究目的	主査	研究期間
鋼の脆性き裂伝播挙動機構理解深化とLNG貯槽次世代材料設計指針提案	LNG貯槽用鋼材を構造材として使用した場合に、脆性き裂伝播停止特性の付与により、絶対に大規模破壊事故に至らない材料設計が可能であることを実証し安心して使用する基礎環境を整える。	川畑 友弥(東大)	2015~2017年度

して、研究会 I が5件、研究会 II が3件採択された(表7)。「鉄鋼協会研究プロジェクト」としての採択は、2017年度は無かった。産発プロジェクト展開鉄鋼研究として2015年度採択の1テーマは2017年度末で活動を終了し、2018年度はとりまとめを行う(表8)。

参考文献

- 平成30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, <http://www5.cao.go.jp/keizai/mitoshi/2018/h300120mitoshi.pdf>, (参照日: 2018年2月15日)
- 日本経済の現状(2017年12月), 内閣府ホームページ, <http://www5.cao.go.jp/keizai/genjyo/genjyo.html>, (参照日: 2018年2月15日)
- 鉱工業生産指数の動向(経済産業省, 経済解析室ニュース, 2018年1月31日), [http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/report/archive/kako/20180131\\_1.html](http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/report/archive/kako/20180131_1.html), (参照日: 2018年2月15日)
- 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/keizai/getsurei/kaigi.html>, (参照日: 2018年2月15日)
- 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\\_2017CY.pdf](http://www.jisf.or.jp/data/iisi/documents/summary_2017CY.pdf), (参照日: 2018年2月15日)
- 経済産業省 経済産業省生産動態統計 製品年表, [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08\\_seidou.html#menu4](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html#menu4), (参照日: 2018年2月21日)
- BHP OPERATIONAL REVIEW, BHP ビリトンホームページ, [https://www.bhp.com/-/media/documents/media/reports-and-presentations/2018/180118\\_operationalreviewforthehalfyearended31december2017.pdf](https://www.bhp.com/-/media/documents/media/reports-and-presentations/2018/180118_operationalreviewforthehalfyearended31december2017.pdf), (参照日: 2018年2月14日)
- Fourth quarter 2017 operations review, リオティントホームページ, [http://www.riotinto.com/documents/180116\\_RioTinto\\_releases\\_fourth\\_quarter\\_production\\_results.pdf](http://www.riotinto.com/documents/180116_RioTinto_releases_fourth_quarter_production_results.pdf), (参照日: 2018年2月14日)
- 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: 2018年2月14日)
- 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: 2018年2月14日)
- 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](https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/investors_meeting/index.html), (参照日: 2018年2月14日)
- トピックス「CT石炭マーケット情報2017.12」カレント・トピックス, JOGMECホームページ, <http://coal.jogmec.go.jp/content/300350736.pdf>, (参照日: 2018年2月14日)
- 日本の鉄鋼業2016, 日本鉄鋼連盟, (2017年7月)等
- 鉄鋼需給四半期報, 日本鉄鋼連盟, (2018年1月)
- 統計データ, (一社)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: 2018年2月7日)

- 16) 自動車統計月報, 51 (2018) 10, (一社) 日本自動車工業会 ホームページ, [http://www.jama.or.jp/stats/m\\_report/pdf/2018\\_01.pdf](http://www.jama.or.jp/stats/m_report/pdf/2018_01.pdf), (参照日: 2018年2月7日)
- 17) 2018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/FY2018tekko-juyo.pdf>, (参照日: 2018年2月14日)
- 18) Short Range Outlook 2017-2018, Steel demand, ワールドスチールホームページ, [https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:6b4a7827-5120-4c70-93ed-314d858c369c/SRO+table+October+2017\\_2018.pdf](https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:6b4a7827-5120-4c70-93ed-314d858c369c/SRO+table+October+2017_2018.pdf), (参照日: 2018年2月21日)
- 19) Press Release, Crude Steel production, ワールドスチールホームページ, <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2018/january-2018-crude-steel-production.html>, (参照日: 2018年2月14日)
- 20) 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: 2018年2月20日)
- 21) 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](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html), (参照日: 2018年2月21日)
- 22) News Release フェロコックスを活用した製鉄プロセスの技術開発に着手, NEDO ホームページ, [http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100769.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100769.html), (参照日: 2018年2月6日)
- 23) 株主投資家情報, 2018年3月期第2四半期決算説明会, 黒崎播磨(株) ホームページ, [http://www.irmovie.jp/nir/?conts=krosaki\\_201711\\_JL01](http://www.irmovie.jp/nir/?conts=krosaki_201711_JL01), (参照日: 2018年2月14日)
- 24) ニュースリリース, 国内向け黒鉛電極の価格改定に関するお知らせ, 東海カーボン(株) ホームページ, <http://v3.eir-parts.net/EIR/View.aspx?template=announcement&sid=37008&code=5301>, (参照日: 2018年2月14日)
- 25) 国連気候変動枠組条約第23回締約国会議 (COP23), 京都議定書第13回締約国会合 (CMP 13) 及びパリ協定第1回締約国会合第2部 (CMA1-2) の結果について, 環境省, ホームページ, <http://www.env.go.jp/press/104820.html>, (参照日: 2018年2月5日)
- 26) 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: 2018年2月5日)
- 27) 鉄鋼業のCO<sub>2</sub>削減計画16年度実績進捗率8割に, 鉄鋼新聞社, (2018年2月7日)
- 28) NEDO 委託事業 環境調和型製鉄プロセス技術開発について, 新エネルギー・産業開発機構環境部, 日本鉄鋼連盟 COURSE50 委員会, (2016年3月23日)
- 29) 環境調和型製鉄プロセス技術開発プロジェクト進捗状況 日本鉄鋼連盟 COURSE50 委員会, 神戸製鋼所, JFE スチール, 新日鐵住金, 新日鐵住金エンジニアリング, 日新製鋼, (2016年3月23日)
- 30) 水素還元製鉄「コース50」実証高炉建設不要に, COURSE50 CO<sub>2</sub>排出量3割削減に前進, 鉄鋼新聞社, 日刊鉄鋼新聞, (2017年3月27日)
- 31) 日刊産業新聞, COURSE50「実炉実用化」に弾み, (2018年2月26日)
- 32) 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29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&query=%E5%B9%B3%E6%88%9029%E5%B9%B4&layout=dataset&toukei=00200543&cycle=0&stat\\_infid=000031652386](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&query=%E5%B9%B3%E6%88%9029%E5%B9%B4&layout=dataset&toukei=00200543&cycle=0&stat_infid=000031652386), (参照日: 2018年1月29日)
- 33) 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29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&query=%E5%B9%B3%E6%88%9029%E5%B9%B4&layout=dataset&toukei=00200543&cycle=0&stat\\_infid=000031652376](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&query=%E5%B9%B3%E6%88%9029%E5%B9%B4&layout=dataset&toukei=00200543&cycle=0&stat_infid=000031652376), (参照日: 2018年1月29日)

(2018年2月27日受付)

# ☆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表9に示す。

表9 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	JFEスチール(株)	高加工性高強度鋼板シリーズ『JEFORMA®』	適用する部品の形状や加工方法に応じて最適な鋼板が選択できる高い伸び・ $\lambda$ を有する自動車用高加工性ハイテンシリーズ
		ニッケルフリー合金鋼粉「FM1000S」	焼結部品向け合金鋼粉。高コストなNiを無添加としながらも気孔微細化技術によりNi添加合金鋼粉と同等の機械特性実現
	(株)神戸製鋼所	1180MPa級合金化溶融亜鉛めっき鋼板	超ハイテン部品の主要な加工様式である曲げ加工性、伸びフランジ加工性に優れ、車体の高強度化と軽量化に寄与する。
	日新製鋼(株)	NSSLHT	自動車用ターボチャージャーにおいて、高温排気ガス環境下のノズルベーンとプレートとの間で求められる耐摩耗性、低摩擦抵抗などの高温摺動性に優れるステンレス鋼板
厚板造船向け製品	JFEスチール(株)	超大型コンテナ船用極厚YP460MPa級高アレスト鋼板	集合組織制御により優れた脆性破壊停止特性を達成した超大型コンテナ船用世界最大厚100mmの高強度高アレスト鋼板
		造船用2相ステンレスクラッド鋼板	TMC P技術の活用により優れた耐食性を実現した造船用2相ステンレスクラッド鋼板
土木向け製品	新日鐵住金(株)	カタマ®SP	鉄鋼スラグの水硬性を活用し、散水と転圧を行うことで固化を進行、通常砕石と比べ、強度、耐久性が向上した簡易で安価な舗装資材
建築向け製品	JFEスチール(株)	「JFEコラムBCR295、JBCR295」の製造範囲拡大	建築構造用冷間ロール成形角形鋼管の製造範囲を国内最大の板厚28mmまで拡大し2017年3月に国土交通大臣の認定を取得
		エコガルNeo®	5%アルミ亜鉛めっき鋼板特有の表面模様が無く、GI同等の加工性・溶接性を伴った高耐食溶融亜鉛めっき鋼板
		高耐食性フェライト系ステンレス鋼製品群JFE443ファミリー	JFE443CT、JFE443MT、JFE445M2の製品拡充でSUS304、SUS316の代替ニーズに細かく対応することが可能
	日新製鋼(株)	黒ZAM®	ZAM®の最表層に黒色めっき層を形成させることで、耐赤錆性と加工部の黒色意匠を両立させた表面処理鋼板
産業機械向け製品	山陽特殊製鋼(株)	ダイカスト金型用鋼QDX-HARMOTEX®	優れた靱性と軟化抵抗性を両立し、ダイカスト等の熱間金型としての使用時にヒートチェックや大割れを抑制

## ☆生産技術のトピックス☆

2017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。

### フェロコックスを活用した製鉄プロセスの技術開発に着手

#### JFEスチール(株)

JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所、新日鐵住金(株)、(国)東北大学、および(国)九州大学は、2017年6月より5年間の予定で、(国研)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開発」プロジェクトを開始した。

フェロコックスは低品位の石炭・鉄鉱石の混合・成型・乾留により製造され、フェロコックス中に含まれる金属鉄の触媒作用を活用して高炉内の還元を低温化することで、還元効率を飛躍的に高めることができる革新的塊成物である。これにより、製鉄所に投入する石炭量を大幅に削減できる省エネ・CO<sub>2</sub>削減技術と位置づけられている。

本プロジェクトでは、今後、フェロコックス製造量300t/d規模の中規模設備をJFEスチール西日本製鉄所(福山地区)に建設し、フェロコックス製造技術を確立するとともに、製造したフェロコックスを溶銑製造量10,000t/dの実高炉に長期連続使用したときの高炉の還元材比や操業安定性(特に通気性)に及ぼす影響を確認する実証試験を経て、最終的に2022年頃までに製鉄プロセスのエネルギー消費量の約10%を削減する技術の確立を目指している。

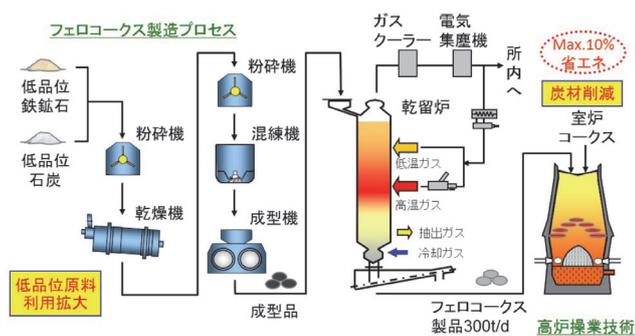


図1 フェロコックス製造プロセスフロー

### 縦型湿式ボールミル導入による焼結原料造粒改善技術

#### 新日鐵住金(株)

新日鐵住金は、高Fe微粉鉄鉱石の使用量拡大を目的に、和歌山製鐵所No.5焼結機の造粒処理ラインに縦型湿式ボールミルを導入した。

高炉の高出銑・低還元材比操業追求にあたり、主要装入物である焼結鉱の低スラグ化が望まれる。一方、粉鉱石成分は今後も悪化が予測され、選鉱処理(粉碎・不純物分離除去)

を経た鉄精鉱、いわゆる微粉鉄鉱石の活用が重要である。

微粉鉄鉱石使用に際しては、造粒強化による焼結減産回避が課題である。そこで、一部鉄鉱石を粉碎し微粉鉄鉱石間の空隙に充填する微粒子バインダー技術が提案され、戸畑No.3焼結機に乾式ローラープレス粉碎および高分子分散剤による微粒子分散工程等からなるSPEX IIラインが2008年に導入された。

和歌山No.5焼結機は、造粒強化を狙ったP型分割造粒ラインが2008年に導入されている。今般、該ラインへ上述の微粒子バインダー技術を適用するべく検討を重ね、湿式ボールミルを採用した。これにより、鉄鉱石粉碎と微粒子の水中懸濁を同時に進行させたスラリーの形態で添加することで、高価な分散剤を用いずとも微粉鉄鉱石間へバインダー粒子が効率的に充填され、強固な造粒物となる。

本技術により、微粉鉄鉱石13.3%使用下において、焼結生産率が2.4%向上した。

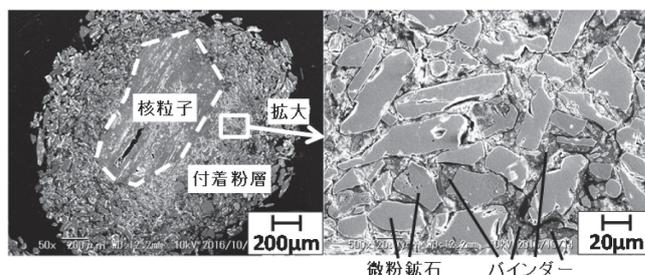


図2 微粒子バインダー添加による付着粉層内構造変化

### 転炉スラグ羽口吹込みによる高炉通気改善技術の開発

#### (株)神戸製鋼所

神戸製鋼所神戸製鉄所は、2016年4月より第3高炉で転炉スラグ羽口吹込みの営業運転を開始した。

神戸製鉄所第3高炉は、コークスを高価な購入品に全量依存しており、溶銑コスト低減に向けて高微粉炭比・低コークス比操業を志向している。焼成鉱は加古川製鉄所で製造した鉄鉱石ペレットを主原料としており、スラグ等の所内発生品の一部は加古川製鉄所に輸送して使用している。

低コークス比・高微粉炭比操業時は、スパーサーコークス量の低下と炉内ガス量の増大等により、炉内通気性が悪化し、操業が不安定化する。更なる低コークス比操業に向けては、特に炉下部通気性の改善が大きな課題であった。

今回導入した技術は、プリメルトでFeOを含有する転炉スラグを微粉炭と一緒に羽口より吹込むことでレースウェイ奥‘鳥の巣(=低塩基度・高粘度スラグの動的滞留場)’部のスラグ粘度を低下させ、ホールドアップ量低減による通気改善(通気余裕を活用したコークス比低減)を目的とした技術である。2013年2月より実機テストを開始し、操業条件の適正化と設備改善を重ね、2016年4月より営業運転を開始した。

本技術の導入により、コークス比の低減が可能となるとともに、転炉スラグの製鉄所内リサイクル効率が向上した。

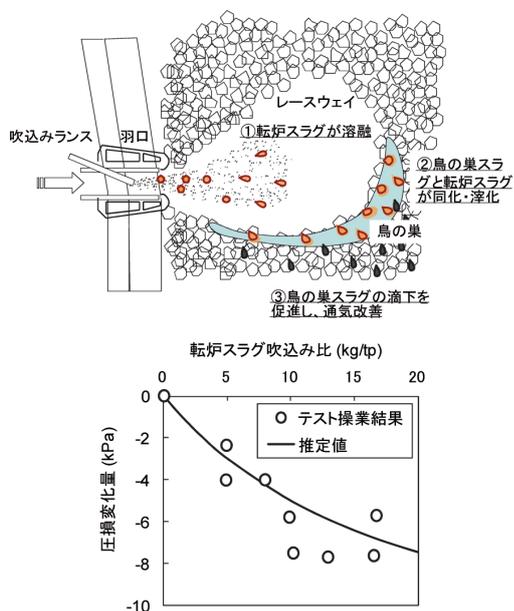


図3 転炉スラグ羽口吹込みによる通気改善機構とテスト操業結果

### 合金鉄溶解炉による資源循環システムの構築

新日鐵住金(株)

新日鐵住金八幡製鐵所では、クロム (Cr) を主成分とするステンレス鋼 (Cr 系SUS) を製造する際に発生するクロム含有の鉄くず、ダスト、スケール、転炉スラグを全量、さらに外部調達したクロム含有の鉄くずを従来の転炉プロセスに合金鉄溶解炉を追加した複合プロセスによりリサイクルする資源循環システムを構築した。

従来、高炉溶銑と高炭素フェロクロム合金 (FeCr) を主原料としてCr系SUSを製造する際には、転炉プロセスで高炉溶銑の酸素ガスによる脱炭とその反応熱によるFeCrの溶解を同時に実施していたが、熱裕度が低く製鐵所内で発生したCr含有の鉄くず、スケールのリサイクルが困難であった。さらに酸素ガスによる高炉溶銑の脱炭とFeCrの溶解を同時にを行うことに起因して多量のCrが酸化し、その還元回収のために脱炭・溶解後に転炉内へ多量のフェロシリコン合金鉄 (FeSi) を投入して還元処理を行っていたことにより大量のスラグが発生し、クロムロスが生じていた。これらの課題を新プロセスにより解決した。

本システムの確立によりクロム原料の省資源化、大量の電気を消費して製造する合金鉄の使用削減、スラグ発生量の削減に大きく貢献している。

本技術が高く評価され、2017年度「資源循環技術・システム表彰」の最高賞となる経済産業大臣賞を受賞した。

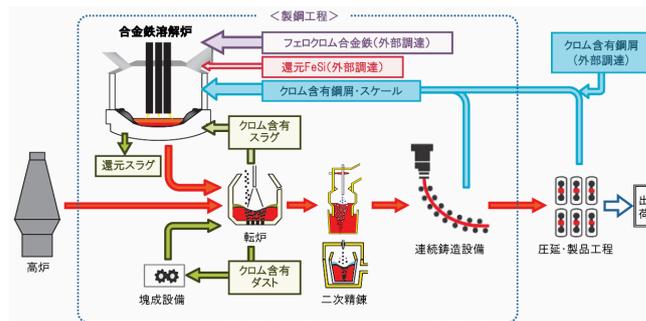


図4 資源循環システム全体概要

### 超大型コンテナ船用極厚 YP460MPa 級高アレスト鋼板

JFE スチール (株)

JFE スチールは、メガコンテナ船のデッキ上部構造に用いられる、世界最大厚 (板厚100mm) の降伏強度460MPa級高アレスト鋼の開発に成功した。

コンテナ船は、構造上大きな開口部を有することから、最も負荷のかかるデッキ上部構造に厚肉高強度の鋼材を使用する必要がある。近年、コンテナ船の大型化が顕著にすすみ、板厚50mmを超えるYP460MPa級鋼が適用されるようになった。鋼材は厚みが増すほど、また強度が高くなるほどもろくなりやすいため、船体の安全性確保の観点から、2014年1月以降に建造契約するコンテナ船に対して、YP460鋼を使用する場合には構造上の安全対策を施すとともに高い脆性き裂伝播停止性能 (アレスト性能) を有する鋼材の適用が要求された。(一財) 日本海事協会から発行された「脆性き裂アレスト設計指針」において、板厚50～80mmの鋼板に対してアレスト靱性値 (Kca) が6,000N/mm<sup>3/2</sup>以上必要と示されている。一方、板厚80mmを超える高アレストYP460MPa級鋼の開発ニーズが高まっていたが、必要アレスト靱性値は明らかにされていなかった。JFE スチールは、板厚80mmを超える鋼材の実船への使用を想定した大型破壊試験を継続して行い、先般、日本海事協会から公表され、今後IACS統一規則への反映が想定される、板厚80mm超え100mmの鋼板が実船で使用された場合の最も厳しい条件において、アレスト靱性値Kca ≥ 8,000N/mm<sup>3/2</sup>が必要であることを実証し貢献した。

一般に鋼材のアレスト性能向上のためには結晶粒を微細化することが効果的と知られているが、板厚が80mmを超える領域ではこの効果が小さくなる。このため結晶粒微細化に加え、脆性き裂進展の抵抗となる結晶比率を上昇させる独自の結晶方位制御技術を確認し実用化してきた。この度、本技術を発展させて、結晶方位制御しやすい成分設計とTMCP条件最適制御により、板厚100mmの鋼材においても高いアレスト性を確保することが可能となった。さらに、本鋼板は世界最大厚の高アレスト鋼でありながら、TMCP条件の最適化により継手性能に有害な合金元素の添加を極力抑制

することに成功し、優れた溶接継手CTOD性能を達成した。板厚100mmのYP460MPa級鋼で継手CTOD性能とKca ≧ 8,000N/mm<sup>3/2</sup>の高アレスト性能を満足でき、更なる船体大型化が可能となった。

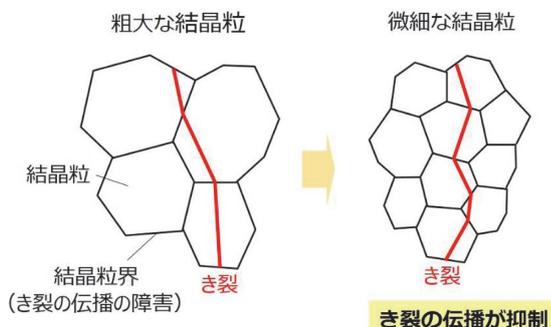


図5 結晶粒の微細化

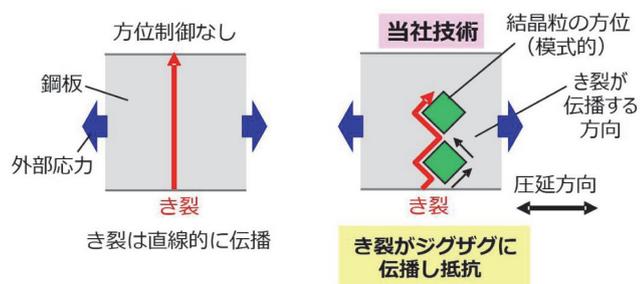


図6 結晶の方位制御によるき裂伝播抑制

超大型コンテナ船用極厚高強度鋼の  
アレスト設計技術・溶接技術

JFEスチール (株)

JFEスチールは、ジャパン マリンユナイテッド (株) と共同で、超大型コンテナ船のアレスト性能を確保する「構造アレスト設計技術」および、溶接効率を向上させる「狭開先アーク溶接技術」を開発し、両技術を14,000TEU\*級超大型コンテナ船に適用した。

近年、輸送効率の向上を目的にコンテナ船が大型化しており、それに伴い、鋼板の厚肉化や高強度化、高アレスト性能が求められている。今回開発した「構造アレスト設計技術」は溶接構造物である船体を持つ特長を活かし、溶接・設計を含めた構造によって、船体のアレスト性能を向上させる技術である。船体の大部分に適用されているすみ肉溶接部において、溶接部の配置や施工法を工夫することにより、き裂の伝播を止めることができる。これにより、従来よりも厚肉かつ高強度の鋼板を使用する超大型コンテナ船の安全性向上や航行の安定性向上、船体大型化による貨物積載量増加や、船体軽量化による燃費効率向上などに寄与することができる。

また、「狭開先アーク溶接技術」は、突合せ溶接部において、JFEスチール独自のJ-STAR®溶接を活用し、極厚鋼板の高効

率な溶接を可能にしたものである。板厚が増すと開先の断面積が大きくなり、溶接工数が増えてしまう。そこで、溶接時に飛散するスパッタ、ヒュームが少なく、かつアークの指向性に優れたJ-STAR®溶接を用いることで、開先の断面積を約2/3にまで小さくした溶接を可能にした。これにより、極厚鋼板であっても、従来と同等の溶接工数で溶接できるようになり、船体の製造効率を大きく向上させることができる。

※TEU：Twenty-foot Equivalent Unitの略。20フィートコンテナの最大積載数を表す数字。

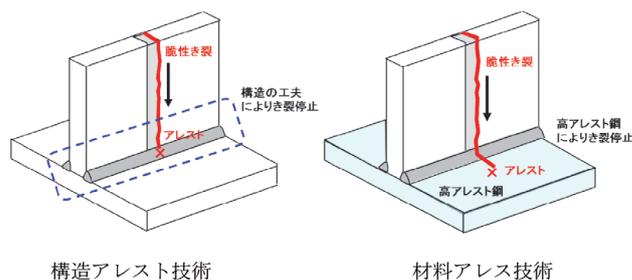


図7 アレスト技術の概念図

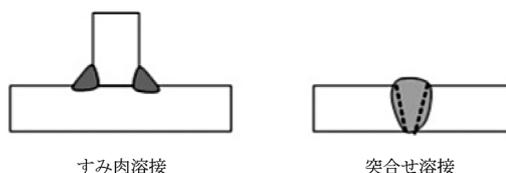


図8 溶接継手の模式図

造船用二相ステンレスクラッド鋼板

JFEスチール (株)

JFEスチールは、ケミカルタンカーのカーゴタンクに使用可能な、二相ステンレス鋼「SUS329J3L」を合せ材とする「造船用二相ステンレスクラッド鋼板」を開発した。

ケミカルタンカーのカーゴタンクは極めて過酷な腐食環境にあり、高比重の積荷や波浪など、厳しい荷重条件に耐える必要があるため、耐食性に優れ、高強度のステンレス鋼板やステンレスクラッド鋼板\*1が主に使用されている。

合せ材のステンレス鋼「SUS329J3L」は、固溶化熱処理\*2後の状態において、従来からケミカルタンカーで使用されている合せ材「SUS316L」より、耐孔食性や耐応力腐食割れ性など、耐食性に優れている。しかし、熱間圧延時に、耐食性に有害な析出物が生成しやすいという課題があった。そこで、圧延時にTMCP (Thermo-Mechanical Control Process) 技術を適用することで、有害な析出物の生成を抑制し、優れた耐食性と機械的特性の両立を実現させた。

今回開発した「造船用二相ステンレスクラッド鋼板」は、日本海事協会の製造法承認を取得しており、今後、船舶の性能向上への寄与が期待されている。

- (※1) ステンレスクラッド鋼：鋼をステンレス鋼で全面にわたり被覆し、境界面が金属組織的に接合しているもの。
- (※2) 固溶化熱処理：析出物を溶け込ませるための熱処理。



図9 クラッド鋼(例)

高ニッケル合金の広幅コイル、広幅冷延板の供給拡大

日本冶金工業(株)

日本冶金工業(株)は、2015年に初めて高ニッケル耐食合金「NASNW276」(UNS N10276)の4フィート幅コイル製造に成功し、2016年には「NAS625」(UNS N06625)、「NASNW22」(UNS N06022)鋼種でも実現した。このクラスの合金は熱間強度が非常に高いため、4フィート幅コイルの生産に成功したのは世界でも1、2社に限られる。日本冶金は熱延条件を最適化することで熱延時の圧力負荷を軽減した。

2017年は、これら高ニッケル合金の4フィート幅コイルの単重大型化を進めながら増産を進めた。一方、製造難度が高く生産性の著しく低かった、5フィート幅冷延板製造プロセスを改善し、供給能力を拡大した。

これら合金は、火力発電所の排煙脱硫装置、熱交換器、オイル・ガス精製機器、化学プラントなど極めて厳しい腐食環境下で使用され、溶接工数削減を目的として広幅コイル、広幅冷延板のニーズが高まっている。

日本冶金は使用環境に応じて適切な鋼種を選択していただけるよう、技術サービスを含めて販売体制を整えている。海外拡販を進めることで販売量を増やす計画である。



図10 NASNW276 広幅冷延コイル

高温摺動性に優れるオーステナイト系ステンレス鋼“NSSLHT”  
日新製鋼(株)

日新製鋼(株)は、SUS310Sに比べCr、Ni含有量を節減し、Siを添加することで高温摺動性を高めたオーステナイト系ステンレス鋼“NSSLHT”を開発した。

ノズルペーン式ターボチャージャーは高温排ガス環境下でノズルペーンの開度を調整することにより回転数を制御するため、ノズルペーンとプレート間で低い摩擦抵抗や優れた耐磨耗性といった高温摺動性が求められる。

NSSLHTは、Siを約3%添加することで、表面酸化物を緻密な酸化物とし、低い動摩擦力を維持することができる。また、Si添加による高温摺動時に生成する凝集物の抑制効果に加え、Nb添加により高温強度を高めることで、耐疵付き性を向上させている。

以上の検討結果をもとに開発したNSSLHTは、SUS310SやSCH21等の従来の部材に対し、優れた高温摺動性を有し、同等以上の高温特性と加工性を併せ持つことから、ノズルペーン式ターボチャージャー部材として採用いただいている。今後も高温摺動性が求められる耐熱材料として、様々な用途に適用されることが期待される。

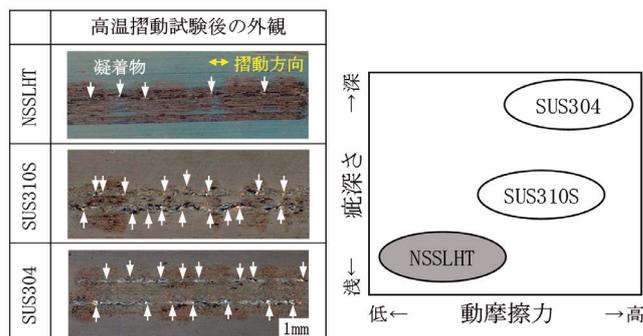


図11 NSSLHTの高温摺動性

高加工性高強度鋼板シリーズ『JEFORMA®』

JFEスチール(株)

JFEスチールは、自動車部品用に高い加工性を有する高強度鋼板を『JEFORMA®』(JFE Excellent FORMAbility)としてシリーズ化した。

自動車に使用される鋼板は、燃費や車体の安全性を向上させるため、高強度化が求められている。一般的に、鋼板を高強度化すると、伸びや伸びフランジ性などの加工性が下がるという課題があり、適用可能な部品が制限される場合もあった。そこでJFEスチールは、適用する部品の形状や加工方法に応じて最適な鋼板を提供するため、冷延鋼板および合金化溶融亜鉛めっき(GA)鋼板の各強度グレードにおいて、高成形性鋼板の開発を進めてきた。『JEFORMA®』シリーズは、従来の汎用鋼板よりも、伸びの高いType1(高EI型)、伸びお

よび伸びフランジ性が高いType2（高EI－高入型）、高EI型よりさらに伸びが高いType3（超高EI型・TRIP鋼）の3タイプを、それぞれ590～1180MPa級まで一貫したコンセプトでラインアップした（図12）。

JFEスチールは、高加工性ハイテンの開発・供給だけでなく、それらの利用技術の開発にも注力しており、お客様のニーズに合ったソリューションを、EVI活動などを通じ、トータル提案することで、最先端の自動車車体開発に貢献していく。

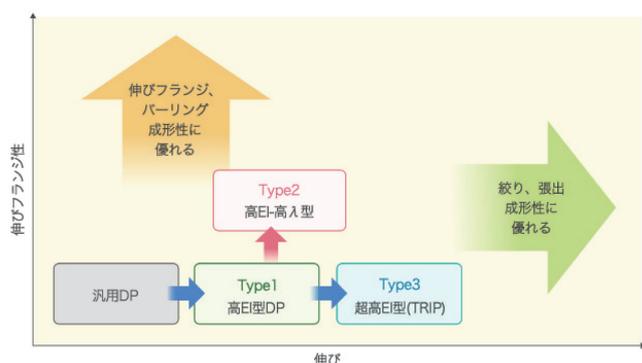


図12 JEFORMA®シリーズの加工性における特徴

### 自動車車体組み立て用の高機能スポット溶接技術

#### JFEスチール（株）

自動車車体に適用される鋼板の高強度化・高性能化は、高合金成分化をとまなうため、溶接性が劣化する傾向にある。JFEスチールでは、これらの課題を解決し、自動車車体への高強度高加工性鋼板の適用拡大と構造最適化を進めるために、以下の高機能スポット溶接技術を開発した。

パルススポット®溶接は、通常溶接の後に極短時間で高い電流を流すことにより、溶接時間の大幅な延長の必要なく、超ハイテンの溶接継手強度を向上させる技術である。J-MACスポット®溶接※は、溶接中の発熱量を多段で適応制御する溶接技術で、鋼板強度に関係なくナゲット径を安定して確保し、車体剛性向上を目的としたスポット溶接部間隔の近接化を可能とする。インテリジェントスポット®溶接は、1ミリ未満の薄板と2ミリ程度の超ハイテン厚板二枚を重ねるなどの難溶接板組において、溶接の初期に高電流を低加圧で流して薄板と厚板との間に発熱を促進した後、通常溶接を行うことにより、いずれの鋼板間においても安定したナゲット径の確保を可能とする溶接技術である。シングルサイドスポット®溶接は、溶接の初期に低電流を高加圧で流し、通電域を確保した後に通常溶接を行う片側スポット溶接法で、閉断面構造部材に穴を開けることなく安定した溶接を可能とする。

当社は、溶接品質の向上と車体構造設計の自由度向上に貢献するこれらの高機能スポット溶接技術を、当社の自動車用

鋼板とともに提供することで、次世代自動車の開発およびお客様の満足度向上に取り組んでいく。

※J-MACスポット溶接：JFE Multistage Adaptive Control スポット溶接

### 高耐食性フェライト系ステンレス鋼製品群 JFE443ファミリーのラインナップ拡充

#### JFEスチール（株）

JFEスチールは、『JFE443CT（21% Cr-0.4% Cu）』と『JFE445M2（22.5% Cr-1% Mo）』の中位鋼種である『JFE443MT（21% Cr-0.5% Mo）』を商品化した。これにより、「SUS304から「SUS316」に至る汎用オーステナイト系ステンレス鋼の代替が可能、高耐食性フェライト系ステンレス鋼の製品ラインナップを拡充した。

これまで、「SUS304」、「SUS316」は汎用ステンレス鋼として一般に認知されており、ステンレス鋼生産量の6割以上を占める最も代表的な鋼種であった。しかしながら、これらのオーステナイト系ステンレス鋼はレアメタルであるニッケルを多量に含有するため、原料価格の急激な高騰の影響を受け、時として安定した価格での材料供給に支障をきたすことがあった。また、応力腐食割れが発生する問題がある。

JFEスチールではこの問題に対し、ニッケルフリーであるフェライト系ステンレス鋼の高耐食性化を志向しており、2005年には、第1弾となる『JFE443CT』を「SUS304」代替鋼として商品化した。さらに、2016年には「SUS316」代替としてJFE445M2を商品化した。そして、今年新たに、『JFE443MT』の商品化を行い、高耐食性フェライト系ステンレス鋼製品群（『JFE443ファミリー』と称す）として鋼種バリエーションを拡充した。

『JFE443CT』は「SUS304」に対して特に大気腐食環境において同等以上の耐食性を有す鋼種であり、その優れた特性は建設技術審査証明によって第三者の保障がなされている。『JFE445M2』は「SUS316」と同等以上の耐食性を有し、特に電気温水器等の高温の水環境において採用が進んでいる。『JFE443MT』は、『JFE443CT』と『JFE445M2』の両品種の中位品種となる。

JFE443ファミリーの開発により、JFEスチールでは汎用ステンレス鋼の分野において、これまで以上にお客様の細かいニーズに対応することが可能となった。既に、屋根、建具、厨房機器、電化製品など多数の用途においてJFE443ファミリーは豊富な採用実績を有している。

JFEスチールでは、フェライト系ステンレス鋼によるオーステナイト系ステンレス鋼の代替を通じて、社会への安定した材料供給に広く貢献できるものと考えている。

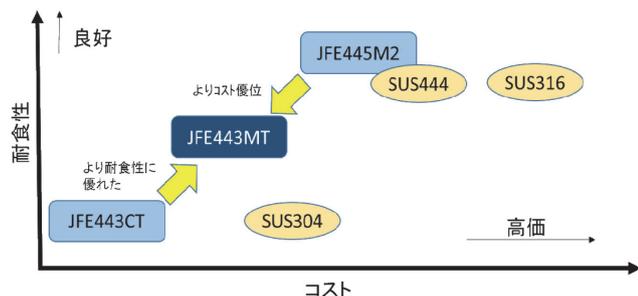


図13 443ファミリーの位置付け

黒色溶融めっき鋼板「黒ZAM®」

日新製鋼(株)

建材・住設用途や電機・自動車部品において、意匠性や放熱性などの観点から黒色外観のニーズがある。これらの用途には電着塗装に代表される加工後に部材を塗装した後塗装材や鋼板の状態で塗装された塗装鋼板が採用されている。

後塗装材は加工工程から塗装工程への運搬が必要で工程管理も複雑なため、一般的にはコストが高い。一方、塗装鋼板は低コストであるが高加工時では金型摺動部で塗膜損傷を生じるため、絞り加工用には適用限界がある。

今回、日新製鋼は溶融Zn-6% Al-3% Mg合金めっき鋼板(以下、ZAM®と示す)に独自プロセスによる特殊表面改質処理を施した黒色溶融めっき鋼板「黒ZAM®」を開発した。黒ZAM®はめっき層自体を黒色化しているため疵が付きにくく、金型摺動部でも黒色外観を維持できる特徴を持つ(図)。さらに溶剤を用いない製造プロセスを採用することでVOC(揮発性有機化合物)の発生を抑制しつつ、塗装鋼板で対応困難な1.6mmを超える板厚にも対応可能とした。

本商品は2017年4月から営業受注を開始し、採用ユーザーから好評価を得ている。今後も増加する意匠・放熱用材料としての需要拡大が期待される。

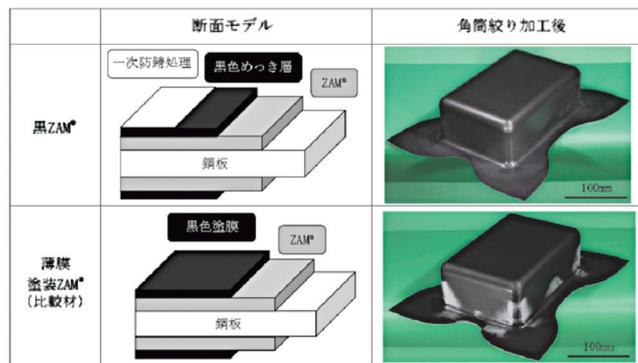


図14 各黒色鋼板の断面モデルと角筒絞り加工後の外観例

自動車業界専用の品質マネジメントシステム国際規格「ISO / TS16949 : 2009」認証取得

大同特殊鋼(株)

大同特殊鋼(株)星崎工場は、2017年に線材、棒鋼を対象に「ISO / TS16949 : 2009」(以下、TS) 認証を取得した。

近年、海外需要の拡大に伴い、海外ユーザーからの国際規格取得の要求が高まっている。TSは、ISO9001 : 2008をベースに、QS9000(米国)、VDA6.1(独国)、EAQF(仏国)、AVSQ(伊国)の欧米自動車関連規格を統合した自動車業界共通の要求事項を付加した国際規格であり、特に欧米の自動車関連メーカーとの取引におけるスタンダード規格の位置付けとなっている。なかでも顧客満足、顧客固有要求事項に重点を置いた規格となっており、供給メーカーはそれらを満たすための品質マネジメントシステムを有する事が求められる。

大同特殊鋼は、TSに要求されているプロセスアプローチなどを適用した品質マネジメントシステムを構築し、認証を取得した。今後、本認証取得を裏付けとし、当面まだグローバルでは大きな需要が見込まれる自動車用鋼材ニーズに対応していく。

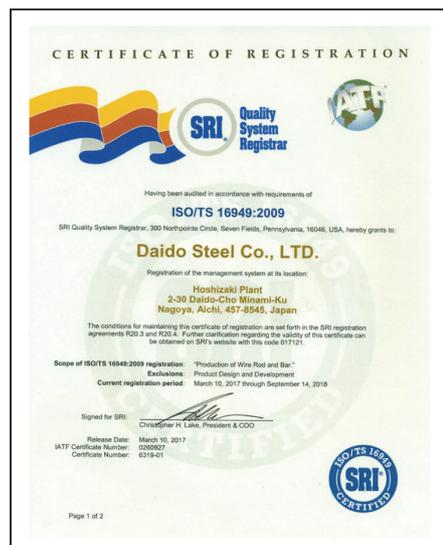


図15 「ISO/TS16949 : 2009」認証書

アジア初プラット・アンド・ホイットニー社向け民間航空機ジェットエンジン用ニッケル合金製鍛鋼品の製造認定取得

大同特殊鋼(株)

大同特殊鋼澁川工場は、この度、世界の主要ジェットエンジンメーカーである米 Pratt & Whitney 社(以下、P & W社)から、民間航空機ジェットエンジン(PW1000Gシリーズ)用のニッケル合金製鍛鋼品(シャフト)に対して製造認定を受け、量産製造を開始した。

製造認定を受けた対象は、以下の2点である。

1. 素材として、民間航空機ジェットエンジン用高速回転体に

使用されるニッケル合金

## 2. 製品として、民間航空機ジェットエンジン (PW1000G シリーズ) 用鍛鋼品 (シャフト)

該当のニッケル合金仕様は、ジェットエンジンのシャフト、ディスクなど、このカテゴリーの中で最上級の管理が求められる部品に適用できる仕様となっている。また、当鍛鋼品 (シャフト) が使用されるジェットエンジンPW1000Gシリーズは、エアバス社A320neo、三菱航空機 (株) MRJ、ボンバルディア社Cシリーズ、エンブラエル社E-Jetシリーズ、その他の航空機に搭載される。

大同特殊鋼は今回P & W社から、アジアの超合金製造メーカーとして初めて、高速回転体用ニッケル合金素材について製造認定を受けた。また、P & W社が素材の製造認定において、新規メーカーを認定するのは50年超ぶりとなる。渋川工場にて2015年から試験製造していたが、このたび量産製造を開始した。

大同特殊鋼は、マルエージングや構造用鋼などを素材とする、民間航空機ジェットエンジン用鍛鋼品の供給において、およそ30年の歴史と、世界シェアのおよそ30-40% (当社推計) を有している。また、2016年に世界最大級の25トン真空誘導炉 (VIM) を導入し、ニッケル合金の製造能力拡大を進めており、今回量産を開始したエンジンシャフトについても、25トンVIMでの製造認定取得に向けた試験製造を進めている。

### 国内最大級の支持力を誇る杭工法「コン剛パイル®工法」

#### JFEスチール (株)

JFEスチールは、ジャパンパイル (株) と共同で、建築基礎向けの新たな高支持力先端拡大根固め杭工法「コン剛パイル®工法」を開発した。本工法は、国内最大級の支持力を誇る杭工法で、杭先端部の内外面に鉄筋を取り付けた鋼管と、根固め球根とを一体化させることにより大きな支持力を得ることができる。

近年、建築物としての機能を向上させるため、柱の本数を削減し、柱1本に負担させる荷重が増加する傾向にある。また、建設費の削減を目的として、“1本の柱に対して1本の杭”といったように、杭に要求される支持力も高まっている。

両社は、このような要求に応えるべく、同類工法では最大級となる杭径1500mm、根固め球根径3000mmの施工を実現させ、杭1本当りでの長期先端許容支持力を最大で24000kNまで大きく向上させた。また、杭材には鋼管杭と既製コンクリート杭を適材適所に組み合わせる (“混合”コンゴウ) ことができ、合理的な構造と優れた経済性を追求した。さらには、掘削した土砂を泥土化させながら、強度が高く薄肉断面の鋼管杭を沈設させることにより、場所打ち杭と比較して約5割以上発生残土を抑制できる。

本工法は、上記のような特長を有していることから、高い

支持力性能や耐震性能が求められる大型建築物の基礎に対し、杭本数を削減することができ、工事費の縮減や工期短縮を図ることができる。特に大型物流倉庫や火力発電設備などの柱1本あたりの荷重が大きな建築基礎において活用されることが期待される。

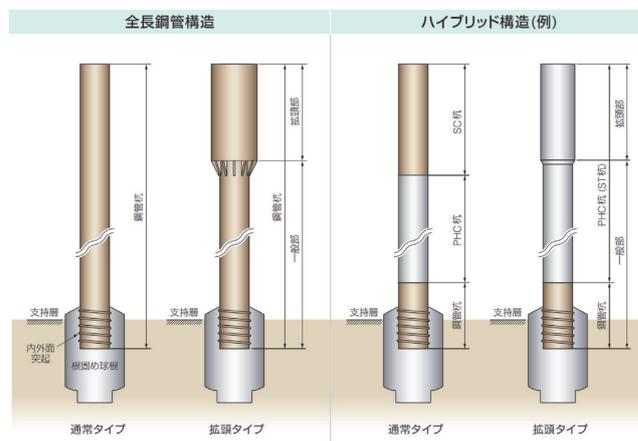


図16 コン剛パイル®工法

### 「JFEコラムBCR295、JBCR295」の製造範囲拡大

#### JFEスチール (株)

建築構造用冷間ロール成形角形鋼管 (ロールコラム) 「BCR\*295」は、(一社) 日本鉄鋼連盟の製品規定で、製造範囲は外径150～550mm、板厚6～25mmである。

これに対し、JFEスチールは製造範囲を、国内最大となる板厚28mmまで拡大し、2017年3月に国土交通大臣の認定 (認定番号: MSTL-0495) を取得した。これにより、ロールコラムの製造可能サイズを5断面、拡充している。

ロールコラムとしては大径となる、外径450～550mmのシリーズに板厚28mmを加えたほか、外径300・350mmのシリーズもそれぞれ板厚22mmと25mmの新サイズを揃えた。

JFEスチールは2013年に、ロールコラムとして広く普及している「BCR295」の外径400～550mmシリーズで、板厚25mmを「JBCR295」として、国内で初めて商品化した。今回のサイズ拡充は、更なる厚肉化のニーズに応えたもので、最適な化学成分と製造方法により、厚肉サイズでありながら強度と靱性の両立を実現し (写真: 部材実験等により確認)、 「BCR295」と同様の設計・施工法が適用できる (BCJ評定 - ST0216-02)。

「BCR295」と「JBCR295」の活用により、主要な用途である事務所、店舗、倉庫等の中低層建築分野 (図) において、居室有効面積の拡大やロールコラムで設計可能な建物規模を拡大するものである。

※「BCR」は日本鉄鋼連盟の登録商標です。

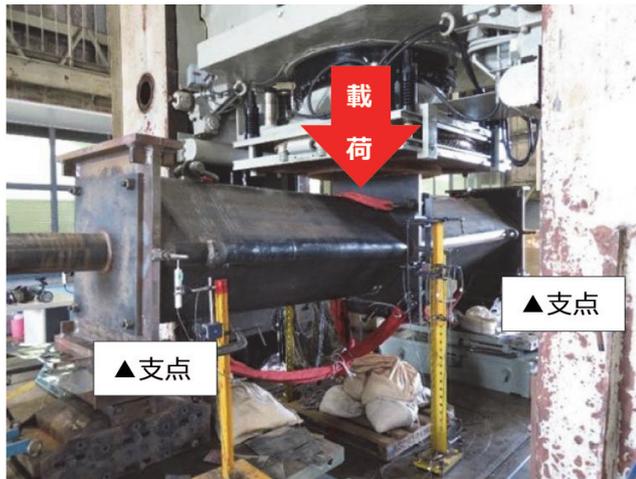


図17 柱曲げ試験例

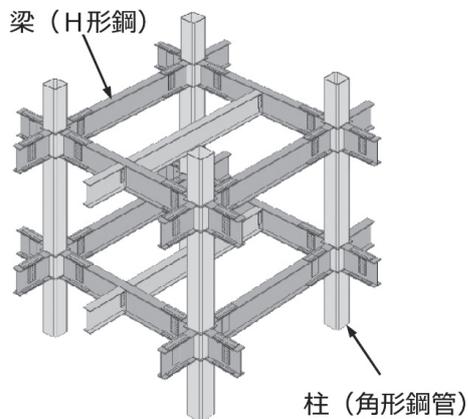


図18 建築分野で主要な構造形式

量産二輪車向け純チタン製燃料タンクの実用化

新日鐵住金 (株)

新日鐵住金は、本田技研工業 (株) と共同で、世界初の量産二輪車向け純チタン (TP270C) 製燃料タンクを開発・商品化した。

二輪車の燃料タンクは、構成部品の中でも比較的高い位置にあり、操縦性等の改善の観点から、軽量化が求められる部品である。そのため、軽量の樹脂製燃料タンクを搭載する車種もあるが、樹脂では、年々厳格化される燃料透過規制により多層化／厚手化は不可避であり、軽量化は制限される。また、燃料透過の心配のない金属のうち低比重のアルミ製燃料タンクは、溶接性等の問題から薄手化に限界がある。一方、チタンでは、溶接の問題は少なく、深絞り成形性にも優れることから、樹脂やアルミよりも軽い燃料タンクを製造できる可能性があった。

そこで、TP270Cのマイクロ組織を制御してチタン薄板特有の板面内異方性を極力低減すると共に、表面状態を制御した。その結果、鉄製燃料タンク量産ラインでのTP270C薄手材のプレス成形が可能となった。また、鉄製燃料タンク用装置でのスポット／シーム溶接条件等が確立され、鉄とチタンでこれらの量産ラインを共有化することで、量産性も確保された。こうして、量産二輪車 (CBR1000RR SP、2017年モデルCRF450Rおよび2018年モデルCRF250R) へのチタン製燃料タンク搭載が実現した。



図19 CBR1000RRに搭載されたTP270C製燃料タンク構造イメージ図 (図提供：本田技術研究所 (株))