

2006年鉄鋼生産技術の歩み

Production and Technology of Iron and Steel in Japan during 2006

影近 博

Hiroshi Kagechika

日本鉄鋼協会 生産技術部門 前部門長

1 日本鉄鋼業の概況

2006年の日本経済は総じて順調に推移した。2002年1月より始まった景気回復は、高度成長時代に経験した戦後最長といわれていた“いざなぎ景気”(1965年～1970年：57ヶ月)をも超えて6年目に入った。個人家計においては景気回復の実感は乏しいとの声も聞かれるが、BRICs諸国を始めとする海外経済の拡大が後押しとなって、国内企業における生産活動および設備投資は概ね高水準を保っている。経済産業省の昨年12月の月例経済報告で「日本の景気は、消費に弱さがみられるものの、回復している。」との判断がなされた。日本の鉄鋼業の業績は、昨年に比べて最高益を更新する企業は減ったものの、他の製造業との比較においても依然トップクラスの高収益を得ている。しかし、平穏無事な1年であったわけではない。様々な分野で業界再編や企業の生き残りを目指した動きが活発化した年でもあった。製紙業界最大手の王子製紙(株)が、中堅の北越製紙(株)に対し敵対的TOB(株式の公開買い付け)を仕掛けたことが記憶に新しいが、国内企業の関与したM&A(企業の合併・買収)の件数は過去最高を記録した。

海外動向については、2006年初めに鉄鋼業界世界1位のミッタルスチールが同2位のアルセロールに対し敵対的買収する問題が表面化し、鉄鋼関係者のみならず世界の注目を集めた。一時期はアルセロール側が激しく抵抗し、更には自国の基盤産業保護を訴える政府高官も登場するなど紆余曲折があったが、最終的にはミッタルスチールによるアルセロールの買収は成功した。生産量規模で世界全体の約10%を占め、業界3位の新日本製鐵(株)の3倍以上、日本の総鉄鋼生産量を上回る巨大鉄鋼メーカーが誕生した。この様な動きが生じた背景として下記要因などが考えられる。

①鉄鋼業界は川上、川下の取引先業界と比較して企業の集約度が低く、対等に交渉を行うためには規模拡大が必要と

なったこと。即ち、鉄鉱石は大手3社が供給量の7割以上を占め、自動車も大手3陣営が各1割超を握っており、鉄鋼業界が市場で力を発揮する為には、今以上の規模拡大が必要といわれている。

②鋼材消費動向の変化に対応した、高級鋼製造技術を保有する必要性が生じてきたこと。経済発展の初期段階においては輸送交通網等の基本インフラの建設が行われ一般汎用鋼の消費が主体となるが、中期段階以降になると生活レベルが向上して消費財(自動車、家電、他)の生産が拡大し高級鋼の需要が伸びてくる。ミッタルスチールにとって高級鋼製造技術獲得の必要性が生じた。

③世界規模で業界再編(M&A)が行われる時代になっていくこと。今回買収される側となったアルセロール自体もM&Aにより規模拡大してきた鉄鋼メーカーであり、生き残りのためには国家間をまたいだ合従連携が不可欠であるとの共通認識がある。EU経済圏の形成等、法制度上も巨大合併が可能となっている。また、最近では資源国の鉄鋼メーカーが潤沢な資金を用いて欧米の鉄鋼メーカーの買収競争を行うなど、今後の動きが注目される。

今後、鉄鋼業界の再編の動きは日本、韓国、中国等の東アジア地区にも波及することが考えられる。今後、内外で提携の拡大強化が図られよう。さらに、2007年5月には外国企業が日本法人を通じ株式交換で日本企業を買収する「三角合併」が解禁される。今後、外資によるM&Aの動きが活発化することが予想され、鉄鋼業界より日本のM&A法制の整備を望む声が強くと出されている。経済産業省は2006年12月に『グローバル経済下における国際投資環境を考える研究会』を発足させ、外為法の対内直接投資規制を切り口に、安全保障上重要な技術基盤をどのように維持するかについて議論される予定である。

日本国内の粗鋼生産量は、1億1,622万トンと前年の1億1,247万トンを375万トン(3.3%)上回り、1973年(1億

1,932万トン)、1974年(1億1,713万トン)に次ぐ史上3番目の高水準となった(表1)。生産量が伸びた理由として、アジア向けの輸出増と、国内の造船や自動車産業などに向けた高級鋼材が好調に推移したことが挙げられる。

世界の粗鋼生産量は12億4千万トンになった。うち中国の生産量は4億1,900万トンで世界全体の約34%を占めた(図1)。対前年度と比較して粗鋼生産量の増減量を見た場合(図2)、2006年の世界の粗鋼生産量は対前年度比約1億トン増加した。中国は2005年に世界全体の増加量(7,014万トン/年)を上回る増加量(7,530万トン/年)を記録した。2006年はその速度が少し鈍化した、それでも対前年度比約6,300万トン増加した。他の鉄鋼生産主要国および地域については、2005年に中国が大きく伸びた影響もあり、インドを除き対前年度比で生産量が何れも横ばいもしくは低下方向で推移したが、2006年は高炉事故の影響で減産したブラジルを除き何れも増加方向に推移した。全体情勢として、中国の生産増に伴う供給過剰の懸念は依然として続いているが、2006年は予想以上に世界的に需要が増大したため、鉄鋼市況におけ

る大きな混乱は起こらなかった。

原料については、鉄鉱石価格が中国での需要増を背景に4年で約2.5倍上昇している。近年は、資源供給側の上位3社が世界シェアの約7割を握り価格交渉を常に優位に進める状況にある。4年連続で値上げとなり、鉄鋼各社のコスト上昇要因となっている。新日本製鐵とポスコは両社の戦略提携の一貫として2007年度積み分の価格交渉を共同して行うことを決めた。原料炭の価格については2004年～2005年をピークに緩和傾向にある。その理由は中国が自国炭の使用を拡大し隣国モンゴルからの輸入を行うことで、海外からの原料炭輸入を減らしているためである。しかし、今後注目すべきはインドとブラジルの動きである。両国は鉄鉱石には恵まれているものの原料炭は輸入に頼っており、新製鉄所の建設が数多くあり、今後輸入量が増大することが予想される。他に、ステンレスの主原料となるニッケル価格は2006年の1年間で3倍近く急騰し、自動車用鋼板に多く使われる亜鉛も一時の4倍以上の高値が続いている。亜鉛価格上昇については製品販売価格に反映させることができておらず、企業努力で吸収できる範囲を超えており、現在の負担額は業界全体で1,000億円を超えていると推定される。

国内の鉄鋼各企業の業績面について、高炉大手各社は国内製造業向けを中心に需要が好調であり、原料価格上昇などによるコストアップ分を販売価格値上げで一部吸収できたこともあり、過去最高益水準を維持できる見込みである。電炉各社も原料鉄スクラップ価格の上昇等コストアップ要因はあるが、民間設備投資が好調であり、主力製品である小棒、H型钢の需要が増加傾向に推移し、価格安定を重視した生産姿勢

表1 鉄鉄・粗鋼生産量および鋼材生産量推移

年	2002	2003	2004	2005	2006	対05年増減%
高炉鉄生産量	8,098	8,209	8,297	8,306	8,427	1.5%
粗鋼生産量	10,775	11,051	11,272	11,247	11,622	3.3%
炉別内訳						
電炉鋼	7,853	8,135	8,296	8,363	8,597	2.8%
電炉鋼比率%	27.1%	26.4%	26.4%	25.6%	26.0%	
普通鋼	8,735	8,833	8,913	8,794	9,070	3.1%
特殊鋼	2,040	2,218	2,358	2,454	2,552	4.0%
比率%	18.9%	20.1%	20.9%	21.8%	22.0%	
熱間圧延鋼材生産量	9,829	10,050	10,320	10,119	10,411	2.9%
鋼種別内訳						
普通鋼	8,084	8,177	8,335	8,083	8,316	2.9%
特殊鋼	1,745	1,874	1,984	2,036	2,095	2.9%

出所：日本鉄鋼連盟資料

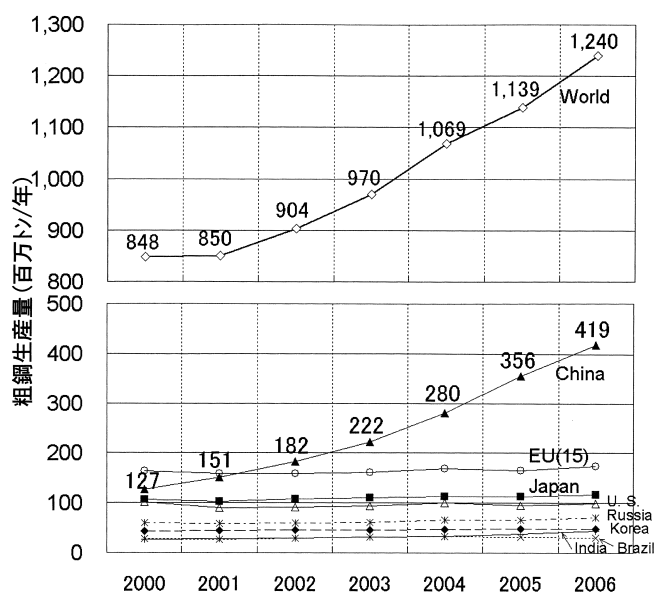


図1 世界の粗鋼生産量推移
出所：国際鉄鋼協会 (IISI) 資料

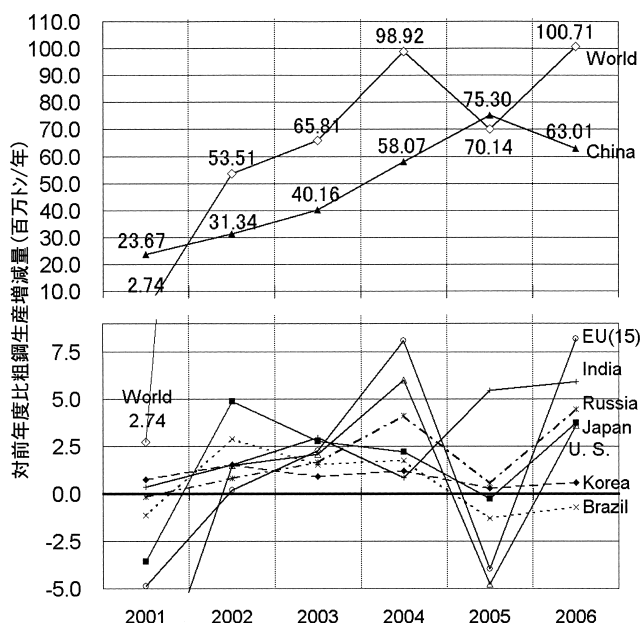


図2 世界の粗鋼生産量推移 (対前年度比増減量)
出所：国際鉄鋼協会 (IISI) 資料

を堅持していることもあり、高収益を維持できる見込みである。特殊鋼各社も好調を持續する自動車生産を背景に高収益を達成できる見込みである。

鉄鋼需要産業の個別の動きに触れると、建築関係は、新設住宅着工戸数が9年半振りの年率135万戸超えを記録する見込みである。自動車は、イラク問題等による原油高が北米を中心として低燃費の日本車の販売好調につながり、年初の予想より輸出拡大基調に推移した。四輪車の生産台数は年率では1,150万台に上る見込みであり、5年連続の1,000万台を超え、暦年では1993年(1,123万台)以来の13年ぶりの1,100万台超えが確実な情勢となった。産業機械は、内需については民需が製造業を中心として堅調なものの官公需が大幅に減少しマイナスとなった。一方、外需についてはボイラ・原動機、運搬機器等の主要機器が増加しプラスとなった。その結果、2006暦年での工作機械受注実績(速報値)は、前年比5.4%増の1兆4,363億円で4年連続増加し過去最高額を記録した。電気機械は、重電が14ヶ月連続プラス、民生用電気も17ヶ月連続プラス、電子部品も14ヶ月連続プラスに推移した。造船は、新造船受注が前年比23.2%増の1,551万グロストン、7年連続で1,000万グロストン越えを記録した。12月末時点の手持工事量も新塗装基準回避による大量駆け込み契約が発生し、過去最高値の5,500万グロストン台となった。

設備投資計画についてみると、高炉大手5社(新日本製鐵、JFEスチール(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株))の2006年度の設備投資計画(単独・工事ベース)合計は6,134億円で2005年度見込み比1,762億円増、1.4倍の規模に拡大する。高炉改修がJFEスチール西日本製鉄所、新日本製鐵名古屋製鐵所などで続き、また自動車用途の溶融亜鉛めっき鋼板設備(CGL)の更新・新設、シームレス鋼管の生産能力増強など高級鋼化に向けた投資他が相次ぐ予定である。

特殊鋼専業各社も自動車をはじめ、電子・航空機・発電・プラント向け等の高機能品の拡大を目指した設備投資を活発に行っている。大同特殊鋼(株)は渋川工場に高級鋼自由鍛造品の製造が可能な7,000トンプレス1基を導入(総投資額40億円)し、2008年初の稼働を予定している。

普通鋼電炉メーカー各社の設備投資は2006年度以降活発化してきた。東京製鐵(株)は愛知県田原市に2009年稼働予定の薄板に的を絞った年産能力250万トン規模の新電炉工場を建設する。投資予定額は第1期工事で1,220億円(土地代含む)である。JFE条鋼(株)は2007年に姫路製造所に続き仙台製造所の設備を全面的に更新し、環境対応型高効率アーク炉(投資予定額は340億円)を導入する。

環境関連の動きについて見ると、(社)日本鉄鋼連盟は環

境自主行動計画で日本鉄鋼業の2010年度エネルギー消費量を1990年度比10%削減することを目標に活動中である。国際技術協力による省エネルギー貢献を進めており。2006年は日中鉄鋼業による環境保全・省エネ技術交流会を開催し、資源の有効利用や環境保全に関する専門家が集まり、取り組み状況や関連技術等について発表、討議を行った。また政府レベルでも、9月に日本の経済産業省と中国の国家発展改革委員会が協議し、中国の過剰生産能力を削減し鉄鋼産業の構造調整を図る鉄鋼産業発展政策の実現に向け、日本側より省エネ・環境の専門家派遣など協力する用意があることを伝えた。環境保全対策については、例えば「ばい煙の排出基準逸脱問題」のケースでは、再発防止策のためコンプライアンス委員会で審議を行い、環境保全協定の改定、製鉄所周辺の防塵ネット設置、その他の対策を行った。地下水が環境基準を超過したケースでは、土地の所有会社は地下水の浄化を開始した。また、電炉各社は工場から発生する排ガスに含まれる有害物質の除去設備の増強に取り組んだ。

技術開発については、経済産業省は政府の総合科学技術会議がまとめた第3期科学技術基本計画(2006～2010年度)に基づいて新規テーマ立てされた「劣質原料・環境対応型革新製鉄プロセス(先導研究)」、「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」の国家プロジェクトなどを推進する。2007年度の鉄鋼技術関連予算(鋳片表層改質による循環元素無害化技術の開発、革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発など)は、8プロジェクトで総額22億5,600万円(06年度比3.7%減)となった。

労働関係については、所謂“2007年問題”と呼ばれる、団塊の世代が60歳を迎え、一斉に退職する問題に直面しつつある。特に製造現場では技術・技能伝承が極めて重要な課題であり、日本鉄鋼協会生産技術部門の各技術部会活動において、その方法論等について盛んに議論されている。2007年7月5日に、本会主催白石記念講座で「技術・技能伝承」に関する講演会の開催を予定している。

2007年の鉄鋼業について触れると、日本鉄鋼連盟は、内需は増加するものの輸出が減少するので、2007年の国内粗鋼生産は2006年(1億1,622万トン)より少ない1億1,550万トン程度と見ている。世界の粗鋼生産は、全体として前年比7.4%増、伸びは鈍化するものの生産拡大が続くと予想されている。国別にみると中国での鉄鋼産業政策が強化され、小規模、老朽化設備等の淘汰が進むとみられるが旺盛な内需と高水準の輸出により、生産は高い伸びを持続するものと予想される。また、ブラジルでも新高炉の稼働を受けて大幅な増産が見込まれている。一方、北米、EU地域では在庫調整に向けた減産が行われ、通年の生産量は2006年より少し低下するものと見込まれている。

需給については、2006年に中国は4,000万トンの世界最大の輸出国に転じており、その輸出先が欧米から日本やアジアなどにシフトすれば、日本の鉄鋼需給環境の健全性が失われることも懸念される。また、2006年に誕生したアルセロール・ミッタルの今後の動向、世界規模での業界再編の動きなどについても注目していく必要がある。

2 技術と設備

2.1 製鉄

2006年の鉄鉄生産量は、8,427万トンと2005年比1.5%増となり、4年続けて8,000万トンを継続した。平均出鉄比も2005年の2.03トン/㎡・日に対して、2.04トン/㎡・日と若干増加した。

個別高炉改修の動きを表2に示す。2006年の稼働状況については、2005年末と同様に28基であった。JFEスチール西日本製鉄所福山地区第4高炉は、2006年2月から5月に72日間で改修工事を進め、4,288㎡から5,000㎡に内容積を拡大した。これにより、2006年末の日本における5,000㎡以上の内容積を持つ高炉は8基となった。更に鉄の需要拡大と生産性向上のため、神戸製鋼所加古川製鉄所第2高炉改修など5,000㎡級の高炉が増加する予定である。

製鉄関連の原料価格は、高水準のまま推移している。とくに原料炭およびコークスの価格上昇が製鉄コストを増加させるため、需給動向が注目されている。

2006年の高炉の微粉炭吹き込み比 (PCI比) は、図3に示すように、平均は119.3kg/トンと前年から若干増加し、コークス比は平均379kg/トンと前年から若干増加した状況にある。

新日本製鐵は君津製鐵所の製鉄ダストリサイクル設備の増設 (処理能力30万トン/年) に着手し、2007年度末に完成を予定している。

JFEスチール東日本製鉄所京浜地区はスクラップ溶解用のシャフト炉 (能力50万トン/年) を建設し、CO₂削減を目指す。

コークス生産能力向上対策については、JFEスチール西日本製鉄所福山地区では、第5コークス炉D団55門の増設を

表2 個別高炉の動き

	改修高炉
2006年	JFEスチール 西日本・福山4高炉 ・改修期間：2月22日～5月4日：72日間 ・炉内容積4,288㎡から5,000㎡へ拡大
今後の予定	新日本製鐵 名古屋1高炉 (2007年) 神戸製鋼所 神戸3高炉 (2007年) 神戸製鋼所 加古川2高炉 (2007年) 住友金属工業 鹿島3高炉 (2007年)

2006年に完成させた。三井鉱山 (株) は、休止中の1A炉団46門の修理を進めて2006年5月に再稼働した。また、(株)住金鋼鉄和歌山は、2009年稼働を目標にコークス炉を更新すると発表した。新日本製鐵では大分製鐵所においてSCOPE21で開発した次世代コークス炉 (生産能力100万トン/年) の建設に着手し、2008年1月の完成を目指している。

2.2 製鋼

2006年の製鋼作業の状況を、表3の転炉作業成績および表4の電気炉作業成績に示す。転炉では生産高指数が昨年に引き続き高く推移している。また、鉄鉄と溶鉄の配合率が昨年に引き続き低下しており、冷鉄源 (スクラップ) 使用がさらに増加したと推察される。転炉の真空処理比率は引き続き高めで、ほぼ75%である。また、電気炉の操業成績は昨年に比較して4ポイント増加した。

圧延用鋼塊に占める連铸鋼片の比率を図4に示す。普通鋼は4年連続で99.8%、特殊鋼は95.6%と前年対比1.0%増加した。

製鋼関連の技術・設備の動きでは、製品品質の高度化、高需要に対応するための努力が続いている。本年稼働を開始した主な設備は以下である。

新日本製鐵君津製鐵所では厚板、UO鋼管の高級製品用素材を効率的に生産するため、月産16万トンの能力を有するスラブ連続铸造設備 (第6号連続铸造設備) を新設した。(株)住友金属小倉では鉄皮更新に併せて、国内で最も小さい複合吹錬炉を導入した。住金鋼鉄和歌山では吹錬末期の炉内スラグの酸素活量を測定し、高精度な炭素濃度制御を実現した。住友金属工業の鹿島製鐵所では高速铸造を実現できる新たなフラックスを開発した。神戸製鋼所神戸製鐵所では、高級特殊鋼の生産比率向上を図るため、月産6万トンの能力を有するブルーム連続铸造設備 (第5連続铸造設備) を新設した。

共英製鋼 (株) 枚方工場では、一般道で仕切られていた製

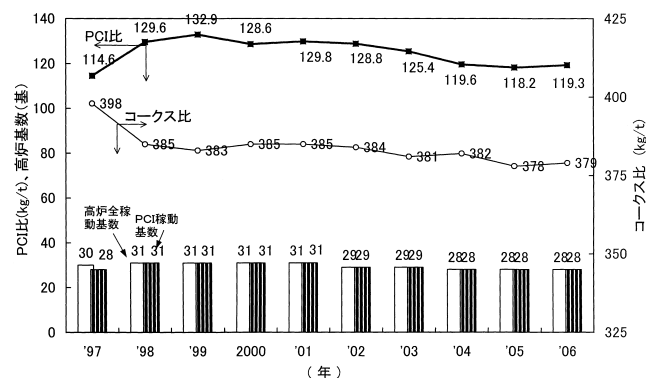


図3 高炉稼働状況の推移
出所：日本鉄鋼連盟資料

表3 転炉作業成績

項目	年	2003年 平均	2004年 平均	2005年 平均	2006年 1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	2006年 平均
製鋼時間当りの生産高指数*		104	102	103	102	104	103	103	103
1回当りの製鋼時間指数*		100	102	101	102	101	103	103	102
銑鉄配合率(%)		89.9	89.1	88.6	88.5	88.4	88.5	88.0	88.4
溶銑配合率(%)		88.5	87.7	87.1	86.1	86.5	86.5	86.0	86.3
酸素原単位(Nm ³ /t)		56.1	57.2	57.8	59.3	59.5	61.1	59.6	59.9
連铸比率(%)		98.9	98.8	98.7	99.0	98.7	98.7	98.7	98.8
真空処理比率(%)		71.9	72.7	75.4	75.2	74.7	74.5	74.3	74.7

*2000～2002年までの平均値を100としたときの指数値

出所：日本鉄鋼連盟資料

表4 電気炉作業成績

項目	年	2003年 平均	2004年 平均	2005年 平均	2006年 1～6月	7～12月	2006年 平均
製鋼時間当りの生産高指数*		106	108	107	111	112	111
良塊t当りの電気消費量(kWh/t)		420.2	423.9	425.8	420.0	429.4	419.7
良塊t当りの酸素消費量(Nm ³ /t)		19.5	19.9	20.0	20.4	21.0	20.7
良塊歩留り(%)		91.7	91.5	91.3	91.5	91.3	91.4
良塊連铸比率(%)		87.0	88.4	87.6	88.8	88.3	88.6
合金鋼比率(%)		37.8	38.1	34.1	34.8	34.8	34.8

*2000～2002年までの平均値を100としたときの指数値

出所：日本鉄鋼連盟資料

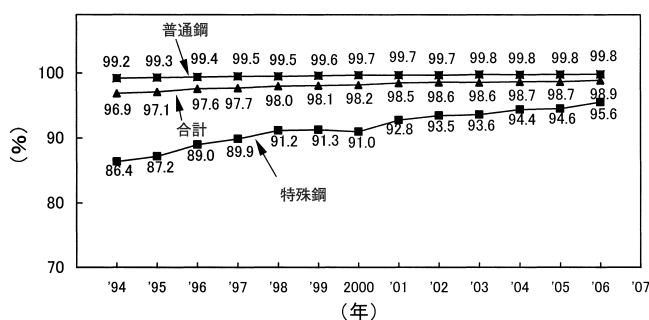


図4 圧延用鋼塊に占める連铸鋼片の比率

出所：経済産業省 経済産業政策局 調査統計部 鉄工業動態統計室
「鉄鋼・非金属・金属製品統計月報」

鋼工程と加工工程がトンネルにより一貫ライン化されることになった。省エネが推進されるとともに、生産コストは5%削減される予定である。

製鋼関連の主要な技術開発は以下である。

黒崎播磨工業（株）は特殊な熱処理を施した極細炭素繊維のカーボンナノファイバーを網目状に配列して、高い耐熱性と断熱性を兼ね備えた鉄鋼用耐火物を開発した。この耐火物はエネルギー効率の改善に有効である。

日鉄ハード（株）は新日本製鐵と共同で転炉の自動改修技術を確立した。それはOGスカートの内側に耐熱合金を自動的に射出する技術で、転炉の寿命延長とメンテナンスが不要になる。

電気炉で発生する酸化スラグを使ったコンクリート用骨材がJIS化された。中部鋼鉄（株）では電炉で唯一、破砕や金属鉄除去などの骨材向け用途への処理を開始した。

2.3 厚板・鋼管・条鋼

厚板関係では、新日鉄住金ステンレス（株）は、八幡製造所厚板工場に酸銑と検査ライン、梱包場、出荷ヤードなど設備能力3万トン/年の新規設備を建設した。これにより従来の設備能力10万トン/年と合わせ約13万トン/年の生産体制となった。

東京製鐵は、九州工場に厚板ミルを建設中であり、2007年の完成を目指している。

住友金属工業は、鹿島製鐵所の厚板工場において加熱炉1基の新設、製品切断装置（エンドシャー）の更新を行うことを発表した。稼働は2007年の予定である。

新日本製鐵は、全国の厚板工場に対して次世代型制御冷却プロセス「CLC-μ（ミュー）」の導入を進める。君津製鐵所では2005年3月に導入を終え、2005年7月から本格稼働した。名古屋、大分の両製鐵所でも導入の方向で検討を開始した（トピックス参照）。

商品開発の関係では、住友金属工業が陸上・長距離ガスパイプラインプロジェクトに対応したX100・X120超高強度大径溶接鋼管を開発した。これは、製鋼プロセスでの高纯净化や熱間圧延時の制御圧延の適用の他、微量ボロンを制御す

ることで鋼特性を向上したもので、特にX120においては優れた引張強度と低温靱性を示し、更に溶接性も向上させた。

JFE スチールでは2~3 μm まで鋼の結晶組織を微細化した高強度棒鋼の商品化に成功した。これは、客先での熱処理工程にも着目したプロセス開発と成分設計を組み合わせることで超微細オーステナイト結晶粒の安定的な生成を実現したものである。

大同特殊鋼では、従来から真空浸炭の課題とされていた過剰浸炭組織の発生を防止する鋼種を開発した。これは、独自に解明した真空浸炭の基礎理論をもとに成分調整することで過剰浸炭組織の発生を防止するもので、自動車部品の高強度化につながると期待される。

2.4 薄鋼板

熱延設備関係では、(株)中山製鋼所が加熱炉を新設し、コイルボックスを設置する計画を発表した。2007年の稼働を予定している。

冷延設備関係では、JFE スチールは2007年上期に東日本製鉄所京浜地区に連続式酸洗ライン(能力10万トン/月)の設置・稼働を予定している。

表面処理設備関係では、新日本製鐵は2006年6月に君津製鐵所に第5連続式溶融亜鉛めっき製造ライン(No.5 CGL)(能力4万トン/月)、9月に名古屋製鐵所にNo.2 CGL(能力約2万トン/月)、12月に広畑製鐵所にNo.2 CGL(能力3万トン/月)を設置・稼働させた。住友金属工業は12月に鹿島製鐵所にNo.3 CGL(能力3万トン/月)を設置・稼働させた。JFE スチールは2007年1月に西日本製鐵所福山地区にNo.4 CGL(5万トン/月)を設置・稼働させた。

製品開発の関係では、JFE スチールはプレス成形性に優れた自動車防錆鋼板の需要拡大に対応した高潤滑性GA鋼板(JAZ: JFE Advanced Zinc)の量産を開始した。神戸製鋼所は、自動車用溶融亜鉛めっきハイテン(高張力)鋼板(コーベスパーハイテン)を開発、商品化した。

事業関係では、新日本製鐵と住友金属工業は、日鉄鋼板(株)と住友金属建材(株)の建材薄板事業、日鐵建材工業(株)と住友金属建材の道路・土木商品関連事業を統合することで合意し、新統合会社として日鉄住金鋼板(株)、日鐵住金建材(株)がそれぞれ発足した。

2.5 計測・システム・分析

JFE スチールでは、2003年4月の経営統合直後から経営革新のため構築を開始した新統合システム(略称J-Smile: JFE Strategic Modernization & Innovation Leading System)が完成し、IT経営の模範となる先進事例として評価され、「平成18年度情報化促進貢献企業等表彰」で経済産業大

臣表彰を受賞した。神戸製鋼所では、ホストコンピューターの災害対策強化として進めてきた鉄鋼業界初の遠隔地間データのリアルタイムバックアップ体制を完成した。

自動車メーカーなどユーザーからの性能要求に対応するため、住友金属工業では、世界最大かつ最速の大型落錘試験装置を開発し、自動車車体の衝突現象を高精度に再現、評価する試験方法を開発した。さらに、得られたデータをもとに高精度なCAE技術を構築することにより、新型衝突安全性評価システムを開発した。

中小形サイズの丸棒鋼の検査能力向上を目的に、山陽特殊製鋼(株)では、従来のプローブ回転型超音波探傷機に加えて、最新鋭のフェイズドアレイ方式の全領域自動超音波探傷装置を世界で初めて量産ラインに適用した。

また、ナノオーダーの微小領域の試験装置や分析装置が導入された。例えば、1 μm 以下微小領域の定量分析などが可能な(株)コベルコ科研のFE-EPMA、ナノオーダーの元素分析を実現したJFE テクノリサーチ(株)の極低加速SEM-EDS等である。大同分析リサーチ(株)は、新JIS法対応登録試験事業者に鉄鋼分析事業者で初めて登録された。

2.6 環境

新日本製鐵八幡製鐵所では九州製紙(株)で発生する固形化製紙スラッジを転炉の発泡抑制剤として利用する試験を開始した。さらに、同社はNEDOの委託を受け、食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業を北九州エコタウンで開始した。電炉各社は既存設備で廃棄物処理に取り組んでいる。ダイワスチール(株)は使用済み乾電池の処理量を2006年度は2005年度の2倍(年間2,400トン)に増加する方針である。新日本製鐵名古屋製鐵所は自動車シュレッターダストを溶融処理し、製鉄原料への再利用と発生エネルギーを回収するリサイクル施設を設置した。東京鐵鋼(株)はシュレッターダストの炭化設備を東北東京鐵鋼(株)に導入した。最大手の共英製鋼では使用済みの医療廃棄物をJR貨物による鉄道輸送で全国から集荷し、4カ所の事業所で処理する計画である。また、共英製鋼山口事業所では廃飲料処理を開始し、工業用水として再利用する能力を3倍(3トン/h)に増強した。また、コベルコ・ビニループ・イースト社の塩化ビニールの再原料化工場が稼働した。

欧州連合が2006年7月から電子・電気機器を対象に有害物質の使用規制(RoHS指令)を発効したことに対応して、有害物質を含まない製品が相次いで投入された。6価クロムを使わない製品には、住友金属工業、JFE 鋼板(株)、日鐵住金鋼板(株)淀川製鋼所の建材、日鉄鋼管(株)、丸一鋼管(株)の配線管等が挙げられる。鉛フリー製品では、新日本製鐵の低炭鉛フリー快削鋼線材がOA機器のプリンター

シャフトや自動車部品（ブレーキ部品、自動変速機部品）に採用された。JFE条鋼の鉛フリー快削鋼がトナーカートリッジ用シャフトに採用された。

住友金属工業製鋼所では高級特殊鋼および高強度チタン合金の製造に対応した真空アーク再溶解炉を設置し、環境に優しい軽量化製品の製造が可能になった。

神戸製鋼所ではシックハウス症候群の軽減に効果がある屋内空間のホルムアルデヒドを吸着・分解する添加剤を塗料に加えた塗装鋼板を開発した。

愛知製鋼では、弱酸性から強アルカリの幅広い土壌で光合成を促進して、植物を活性化する土壌改良材（鉄力あぐり）を開発した。

JFEスチールでは高炉スラグを用いたヒートアイランド現象を抑止する舗装用保水材の長期耐久性を実証した。さらに、屋上向け保水性ブロックの性能確認試験を川崎市とともに開始した。

東京湾臨海部に集積する素材・エネルギー関連企業が連携して省エネルギー対策等を推進するため、千葉県は戦略プランを策定する。新日本製鐵、JFEスチールの鉄鋼に加えて、出光興産（株）、三井化学（株）、住友化学（株）、東京電力（株）、東京ガス（株）などが参加する。コンビナート内で、原料や副生成物、エネルギー、廃棄物などを相互に融通することで、本会が提案した「製鉄所を核としたエコ・コンビナート」が実現できる可能性がある。

地球温暖化対策では、温暖化ガスの排出権を得るCDM事業が行われている。新日本製鐵と三菱商事（株）はフロン処理により、二酸化炭素換算で約10百万トン/年の排出権が国連に承認された。また例えば、新日本製鐵は中国向けコークス炉のCDQ設備をCDM事業として国連に申請中である。なお、新日本製鐵はCeres（Coalition for Environmentally Responsible Economies：環境に責任を持つ経済のための連合）から環境寄与度が世界ランキングで10位にランクされるとともに、気候変動問題にインパクトのある10業種の中で、気候変動リーダーシップ・インデックス（ベスト50社）に選ばれた。

3 技術輸出・技術輸入

2006年の1年間における技術貿易の内訳について、本会維持会員企業（80社）を対象に調査した結果を表5に示す。技術輸出は2005年の73件に対して41件と減少した。輸入は0件と2004年以来同様である。輸出対象地域は、アジアが全体の51%を占め、次いで北アメリカ、アフリカと続く。技術分野では製鋼分野が49%、加工・処理分野が37%を占める。図5に鉄鋼業の2005年度までの技術貿易収支を示す。

技術輸出対価受け取り額は前年度とほぼ同額で、技術輸入対価支払い額は若干増加した。

4 研究開発

4.1 研究費支出・研究者数

総務庁統計局「科学技術研究調査報告」による企業の売上対研究費支出比率、研究本務者1人当たりの研究費、従業員1万人当たりの研究本務者数の推移を図6～図8に示す。

売上対研究費支出は全産業が横這いであるのに対し、鉄鋼業では大きく減少した。これは研究費支出が2004年度の135,087百万円から137,958百万円と僅かに増加したのに対し、売上高が102,359億円から131,254億円に大幅に増加し

表5 技術輸出・技術輸入状況
(期間：2006年1月1日～12月31日)

技術分野	地域	アジア	北アメリカ	中・南アメリカ	ヨーロッパ	オセアニア	アフリカ	計
技術輸出	A. 原料・製鉄	1. 原料処理	1			1		2
		2. 高炉						
	B. 製鋼	1. 溶鉄予備処理			1			1
		2. 転炉	1					1
		3. 電炉						
		4. 連続・造塊	4	8			6	18
	C. 加工・処理	1. 条鋼・線材	2					2
		2. 鋼管	1					1
		3. 厚板	2					2
		4. 薄板	6		1			7
		5. 表面処理	1	1				2
		6. 熱処理						
		7. 成形加工						
		8. 溶接棒・加工部品	1					1
	D. 製鉄所全般	1. フェージビリティディ		1				1
		2. 総合的操業指導		1				1
		3. その他	2					2
	計	21 (46)	9 (7)	2 (6)	2 (3)	1 (11)	6 (0)	41 (73)
技術輸入								0
	計							0 (0)

調査範囲：日本鉄鋼協会維持会員企業 80社
()内は2005年1月1日～12月31日実績を示す。

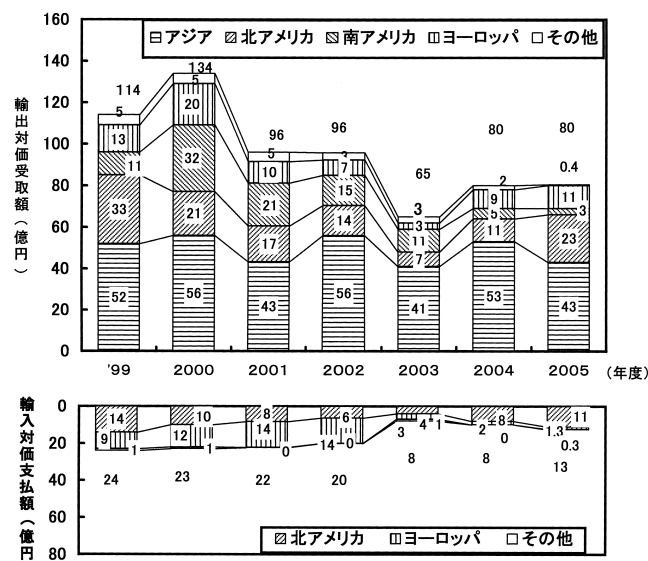


図5 鉄鋼業の技術貿易収支
出所：総務省統計局統計センター「科学技術研究調査報告」

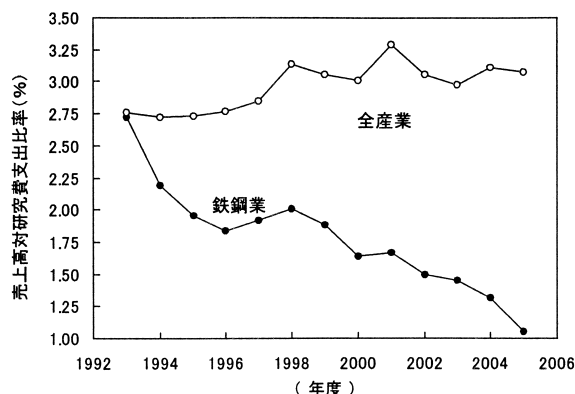


図6 売上高対研究費支出率の経年変化
出所：総務省統計局統計センター「平成18年度科学技術研究調査報告書」

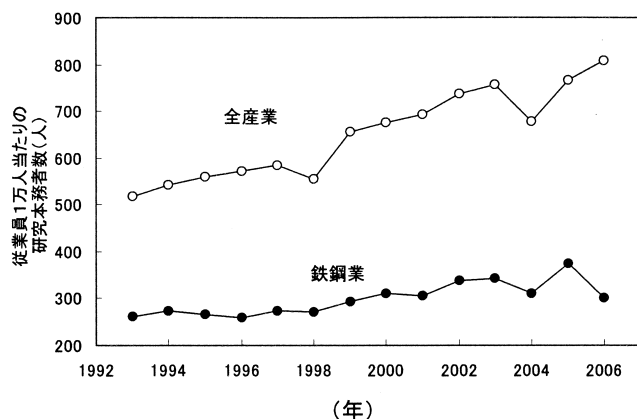


図7 従業員1万人当りの研究本務者数の経年変化 (人)
出所：総務省統計局統計センター「平成18年度科学技術研究調査報告書」

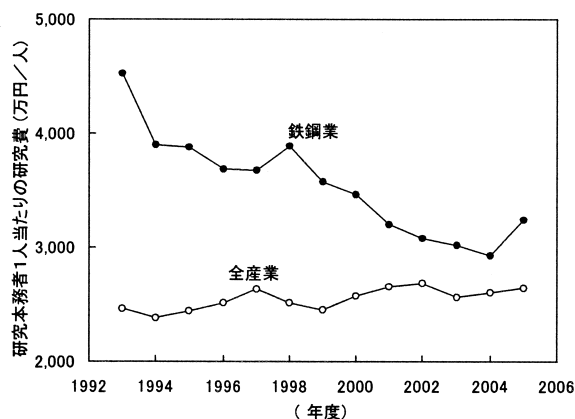


図8 研究本務者1人当たりの研究費の経年変化 (万円/人)
出所：総務省統計局統計センター「平成18年度科学技術研究調査報告書」

ためである。

鉄鋼業における従業員1万人当たりの研究本務者数は、300人と減少したが、研究本務者の数は2003年の4,204人、2004年の4,238人に対し2005年は4,259人に増加している。

研究本務者1人当たりの研究費については、鉄鋼業が全産業に比べて大きい。最近では、鉄鋼業が低減傾向で全産業に近づきつつあったが、2005年は鉄鋼業の研究費が増加し、その差は再び広がった。

4.2 公的資金を活用した研究開発の動向

公的資金を取得して行っている鉄鋼関連の研究・技術開発テーマについて、本会の主要な維持会員会社に調査した。主な結果を表6に示す。環境・エネルギー分野、ナノテクノロジー・材料分野などで多くのテーマが取り組まれている。

5 日本鉄鋼協会における技術創出活動

5.1 新たな活動

環境・エネルギー工学部会の第1期(3年間)の活動は会員各位から高く評価された。2007年度以降は本部会の活動を毎年評価しながら、他学術部会・技術部会(熱経済技術部会等)との連携をより深めて、学術・技術の両面から鉄鋼業の環境・エネルギー分野の進歩・発展に貢献していく。

電子ジャーナル化の進展等の環境変化や会員サービス向上に対応するために、論文誌(和文誌(鉄と鋼)、欧文誌(ISIJ International))の今後のあり方を約1年間かけて検討した。①別刷り購入制からページチャージ制への変更、②欧文誌の電子ジャーナル購読の新設、③電子投稿・審査システムの採用、④「ふえらむ」と「鉄と鋼」の合本化(会員アンケート実施済)などを引き続き検討し、具体策や実行体制等が整ったものから、速やかに実行に移していく。なお、欧文誌は2006年1月からJ-STAGE(科学技術情報発信・流通総合システム)への搭載を開始し、2007年中に1981年(Vol.21)以降最新号(Vol.47(2007年))までの搭載が完了する。

また、2006年度から材料戦略委員会(官、独法、学、産、学協会、等)の事務局を本会が担当している。各学協会経由で提案された材料戦略テーマ(提案数約70件)を第3期科学技術計画(ナノテクノロジー・材料、物づくり技術分野)の重要研究開発課題ごとに分類し、それらを学協会連合の企画委員会(下部組織)で議論し、学協会横断の10の材料戦略テーマに取りまとめた。第12回材料戦略委員会(12月22日開催)でそれら材料戦略テーマを報告し、次への展開を図っている。

5.2 技術部会

本会では、鉄鋼生産技術に関する研究および技術開発課題発信を生産技術部門中心に行っている。その活動の種類および内容を表7に示す。特に本会特有の活動を推進している技

術部会では、部会を活動内容によりグループ分けして学会部門の学術部会に対応させ、産学連携を推進している。産学連携強化のために進めてきた部会大会への大学研究者の参加や、学術部会との合同企画や運営への相互乗り入れなどの交流が定着している。

一方、部会内の定期的な活動も活発に行われ、2006年度の部会大会は、本誌11巻10号682頁（上期大会開催一覧）、本号331頁（下期大会開催一覧）に掲載のように現時点で重要なテーマを共通・重点テーマとして取り上げて開催されている。2005年度と同様35の大会（春季17大会、秋季18大会）が開催され、参加者延べ人数は2,837名（2005年度2,659名）で前年度に比べ増加したが、その反面、部会大会への大学研究者の延べ参加人数は49名（2005年度73名）と減少した。

2006年度は企業技術者間の交流が進んだ一年であった。特に、棒線圧延部会大会は第100回という節目を迎えた。特定技術課題を共同で重点的に検討する技術検討会も、2006

年度には23技術検討会（2006年度内の新規発足は9検討会）が活動し、積極的な技術創出活動が展開された。

部会の多くで、若手技術者の育成、技術伝承が2006年度活動の重点事項として上げられ、技術検討会や作業長討議などでの検討テーマ設定や若手参加の促進など、工夫した活動が種々行われた。

また、発表論文の質的向上と若手技術者の育成を目指した表彰制度の導入も定着しており、優秀な発表論文の一部は「鉄と鋼」にも投稿された。

5.3 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については、「実用構造用鋼の金属組織と破壊特性」を共通テーマとした技術検討部会の活動が2006年度から開始した。各種金属組織（変態相、結晶粒径、下部組織構造、複合第二相、析出物、介在物、水素など）と各種破壊特性（衝撃特性、疲

表6 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	委託元	開始年度	終了年度
プロセス・製品	平成16年度エネルギー多消費型設備天然ガス化推進事業	(社)日本ガス協会(経済産業省)	2004	2006
	省エネルギー型金属ダスト回生技術の実用化開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2004	2007
	空気分離装置における高効率圧縮機導入による省エネルギー事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2005	2006
	高機能チタン合金創製プロセス技術開発	経済産業省	2005	2008
	革新的製鉄プロセス技術の先導的研究	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2006	2009
	製鋼取鍋予熱装置のリジェネレーター導入による省エネルギー事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2006	2006
	熱材ピレット直送圧延と高性能工業炉導入による省エネルギー事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2006	2006
要素技術	コークス乾式消火設備(CDQ)導入による省エネルギー事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2006	2009
	環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発(PROTEUS)プロジェクト	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2002	2006
	水素安全利用等基盤技術 ・水素に関する共通基盤技術開発・水素用材料基礎物性の研究	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2003	2007
	石油環境腐食原因微生物の腐食原因性調査	経済産業省 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (独)製品評価技術基盤機構	2005	2007
製品	パワー素子用極低抵抗SiC単結晶基盤技術の研究開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2006	2007
	超高強度軽量移動体を可能にする複層鋼板とTiシートの複合材料	文部科学省	2006	2010
	革新的構造材料による新構造システム建築物の開発	経済産業省	2006	2008
	700℃級超々臨界圧火力発電プラント 主蒸気配管用高強度オーステナイト鋼の開発	(財)地球環境産業技術研究機構	2006	2007

表7 技術部会の活動内容

技術創出活動の種類	活動内容
技術部会	現場技術水準の向上を目指し、鉄鋼生産に関する技術交流を図るとともに、各分野における技術課題を抽出、研究の実行を行っている。鉄鋼製造全般にわたる19部会*が活動し、各部会には鉄鋼企業の技術者、研究者の他大学研究者も参加している。年1～2回部会大会を開催し、また下部組織には技術課題を重点的に議論する「技術検討会」が置かれ、技術創出を担う活動が行われている。
技術検討部会	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に対して、技術の方向と課題解決のための技術討議、調査等の研究活動を行っている。現在2部会**が活動している。
研究会	鉄鋼企業からのニーズと大学等研究機関からのシーズに基づき、重要なテーマについて産学協同で研究を行っている。2007年2月末現在25研究会が活動している。

* 技術部会 …… 製鉄部会、コークス部会、製鋼部会、電気炉部会、特殊鋼部会、耐火物部会、厚板部会、熱延鋼板部会、冷延部会、表面処理鋼板部会、大形部会、棒線圧延部会、鋼管部会、圧延理論部会、熱経済技術部会、制御技術部会、設備技術部会、品質管理部会、分析技術部会

** 技術検討部会 … 実用構造用鋼の金属組織と破壊特性技術検討部会、自動車用材料検討部会(第IV期)

劣特性、水素脆化特性など)の関係について最新の可視化技術を切り口として調査研究を行う。

「自動車用材料」検討部会は、その第Ⅳ期の活動を2006年度で終了し、第Ⅴ期の活動へ進む。これまで収集した内外の最新動向と課題を整理し、次世代車に必要とされる材料ニーズを抽出することに重点を置く。

5.4 研究会

2006年度は25研究会が活動し、その内の7研究会が2007年3月に終了した。終了研究会の概要を表8に示す。

本会の学への助成制度の見直しが行われた。2006年度よ

り新たな「産発プロジェクト展開鉄鋼研究」がすでに活動を開始し、2007年度からは新研究会制度(知識集約型(A型)、技術開発型(B型)、鉄鋼関連新分野探索型(C型))に基づく6研究会(表9)が新たな活動を開始する。これらの研究活動は、高炉の還元反応、産官学連携素材戦略、鉄鋼材料の加工硬化特性と組織、エージェン技術による製鉄所「現場力」の維持・発展、バイオフィルムと鉄鋼材料の相互作用、などの上工程から下工程、鉄鋼材料、鉄鋼周辺技術との融合などの幅広い分野にわたっており、今後の活発な研究会活動とその研究成果が期待される。

表8 2006年度終了の研究会

研究会名	研究期間	部会名	研究会主査	研究目的
交流強磁場利用環境・材料プロセス研究会	H15.4 ～ H19.3	高温プロセス部会	安田 秀幸 (阪大)	従来にはない強撹拌や計測手法など実用化を視野に入れた電磁プロセスの提案、強磁場、特に交流強磁場を利用したプロセスの開発、環境対策分野へのEPMの応用をテーマに電磁プロセスの新しい展開を図る。
内部欠陥検出の高精度化研究会	H15.4 ～ H19.3	計測・制御・システム工学部会	安藤 繁 (東大)	鉄鋼製品の内部質計測技術の高精度化を目的に、鋼材内部の数値モデル構築を行いノイズの定量化とセンシング手法高度化の検討に必要な有益な情報を得る。
鋼管の成形性評価試験に関する研究会	H15.4 ～ H19.3	創形創質工学部会	三原 豊 (香川大)	鋼管の2次加工性評価方法を確立するため、加工性に与える材料因子を同定し、鋼管の簡便な加工性評価方法を、解析と実験により研究する。研究対象とする評価方法は、液圧・ゴムバルジ、押し広げ、管引っ張り、簡易リング引っ張り等である。
降伏強度と組織研究会	H15.4 ～ H19.3	材料の組織と特性部会	高木 節雄 (九大)	本研究会では、種々の組織を有する鋼材の降伏現象をTEMなどの機器を用いて詳細に調査し、降伏強度を左右する組織的要因を抽出して、鉄鋼材料の更なる高強度化と信頼性向上のための組織設計の指針を得る。
表面処理鋼板の塗膜密着性機構解明および評価方法の確立研究会	H15.4 ～ H19.3	材料の組織と特性部会	中前 勝彦 (金沢工大)	塗装系表面処理鋼板の①塗装皮膜の鋼板に対する密着性機構の解明、②密着性評価方法の確立、③新しい塗膜密着技術の創出を目指す。
次世代鉄鋼迅速オンサイト分析の実用化研究会	H15.4 ～ H19.3	評価・分析・解析部会	我妻和明 (東北大)	大学および鉄鋼産業の研究者の産学協同により、次世代の鉄鋼迅速分析法のシーズを探索し、併せて鉄鋼製造プロセスの迅速化ニーズに対応した高精度迅速オンサイト分析法の研究を実施し、次世代鉄鋼迅速オンサイト実用化分析法の提案を行う。
ポーラス金属物性データベース構築研究会	H15.4 ～ H19.3	直接提案(材料の組織と特性部会)	中嶋 英雄 (阪大)	鉄鋼を中心としたロータス型ポーラス金属における系統的な物性測定を行い、新規な物性を探索、それらの発現機構を解明する。さらに、これらの知見を基にポーラス金属の材料設計を行い、製品実用化を目指す。

表9 2007年度発足の新研究会

研究会名	種類	部会名	研究会主査	研究会の概要
鉱石・炭材の近接配置による高炉の還元平衡制御	A型	高温プロセス部会	清水正賢 (九大)	高炉の還元材比4.5 0kg/tpを目的に、鉄鉱石と炭材の近接配置による還元反応速度および還元平衡温度制御、浸炭溶解反応制御、高炉への適用方法について検討し、資源・環境・エネルギー調和型次世代高速還元高炉技術を確立する。
マテリアル・ビジョン2100	A型	社会鉄鋼工学部会	稲葉 敦 (東大)	将来の技術と産業に関する見通し並びにそれらの連鎖に関する議論から、社会構造の中での素材の在り方を明らかにする。特に各素材の資源性、リサイクルを含む環境負荷、経済性など総合的な見地で評価することにより、素材の果たすべき役割を明確にする。
加工硬化特性と組織	A型	材料の組織と特性部会	東田賢二 (九大)	本研究では、種々の組織を有する鉄鋼材料の加工硬化現象を明確化するとともに、その組織との関連をマルチスケール解析し、強度と併せて加工性に優れた鉄鋼材料の設計指針を得る。
分散現象に基づく次世代高炉数式モデルの開発	B型	製鉄部会／コークス部会	有山達郎 (東北大)	大型高炉での低還元材比操業、多種多様な装入原料の使用など今後の高炉操業指向に合致し、装入原料の粒子単位で高精度に高炉内状況をシミュレートできる新たなモデル開発と関係者へのその提供を目的とする。
エージェン技術による製鉄所「現場力」の維持・発展	C型	計測・制御・システム工学部会	玉置 久 (神戸大)	エージェン技術をベースに熟練者の活用および非熟練者の熟練化促進という人間中心の技術を確立し、日本鉄鋼業の「強い現場力」の源泉である熟練者の能力が最大限に発揮される操業支援システムの開発を目指す。
バイオフィルムと鉄鋼材料との相互作用	C型	材料の組織と特性部会	佐藤嘉洋 (大市大)	水と接する金属材料表面に形成されるバイオフィルム(BF)と材料との相互作用を明らかにする。即ち、微生物腐食に及ぼすBFの影響、BFの制御技術およびBFの材料加工技術への応用について検討する。

(注) 知識集約型(A型)、技術開発型(B型)、鉄鋼関連新分野探索型(C型)

謝辞

本稿の起草にあたって各段のご協力をいただいた、(社) 表します。
日本鉄鋼連盟および本会関係者の労に対し、深く感謝の意を

(2007年2月20日受付)

☆ 新製品 ☆

本会維持会員会社が2006年1月1日から12月31日までに発表した新製品を表10に示す。

表10 新製品 (2006年1月1日～2006年12月31日)

分類	会社名	製品名	内 容	発表時期
厚板	新日本製鐵	大型コンテナ船用YP47K級高強度鋼板	三菱重工と共同で、世界で初めての大型コンテナ船用YP47K鋼を開発した。	2006.9
冷延	JFEスチール	高加工性1180MPa級冷延ハイテン材	延性が1.5倍以上に向上し、従来と同等の延性・穴抜け性を有する冷延ハイテン。	2006.8
表面処理	新日本製鐵	共用住宅用ニッテツスーパーフレーム	KC型スチールハウスに耐火・遮音・断熱性など独自開発を加えた、大規模住宅にも適合した鋼材・工法。	2006.5
	JFEスチール	自動車用高潤滑GA鋼板JAZ (JFE Advanced Zinc)	環境に優しく、従来の摺動特性を飛躍的に向上させた高潤滑GA鋼板。	2006.12
		超高加工性780MPa級GAハイテン材	延性と穴抜け性のバランスを向上させたGAを開発し、軟鋼に対して25%の軽量化。	2006.8
	住友金属工業	耐デント鋼板 (スミデントスーパー)	自動車パネルの軽量化のために開発した従来のBH鋼板より優れた耐デント性を有する鋼板。	2006.10
	神戸製鋼所	溶融亜鉛めっきハイテン (コーベスーパーハイテン・超高延びタイプ)	新しい成分系で延性を飛躍的に向上させた自動車用溶融めっきハイテン。	2006.12
		コーベプレコート「エアブリーズ」	ホルムアルデヒドを含まず、かつ吸着分解して無害化する環境に優しい塗装鋼板。	2006.8
特殊鋼・条鋼・線材	新日本製鐵	低炭鉛フリー快削鋼線材	切削性、めっき性で従来鉛快削鋼と同等以上の性能を有する低炭鉛フリー快削鋼を開発し、OA機器・自動車部品に採用。	2006.3
	JFEスチール	Fine γ 鋼 —超微細 γ 鋼—	自動車部品の軽量化のため、オーステナイト (γ) 結晶粒の微細化で高強度化する鋼を開発。	2006.2
	JFE条鋼	非鉛快削鋼 (鉛フリー快削鋼)	OA機器シャフト用に世界初採用の硫黄複合快削鋼代替の非鉛快削鋼。	2006.3
	神戸製鋼所	1300MPa級高強度懸架ばね用鋼	腐食疲労特性に優れたばね設計応力1300MPa級の高強度懸架ばね用鋼を開発。	2006.12
		SUM系鉛フリー快削鋼 (KGMS1215)	鉛を添加せずにSUM24Lと同等の被削性を有する環境に優しい快削鋼を開発した。	2006.4
	大同特殊鋼	DEG鋼	真空浸炭処理時の課題であった、過剰浸炭組織の発生を防止できる自動車用特殊鋼を開発。	2006.7
ステンレス鋼	JFEスチール	超高耐熱エキマニ用フェライト系ステンレス鋼	自動車エキマニとしてSUS444に対して+50℃の高温に耐え良好な加工性を有する材料。	2006.9
	日本金属工業	NTK D-10 NTK D-11 NTK D-7	SUS304に近い材料特性を有する省NiでMnを含有するオーステナイト系ステンレス鋼。	2006.1
粉末・粉末製品	JFEスチール	JIP ク リ ー ン ミ ッ ク ス HDX	潤滑剤を最適化することにより常温で高密度成形が可能となる偏析防止処理粉。	2006.8
	神戸製鋼所	バインダーフリーセグレス	バインダーを使わず黒鉛偏析を防止した脱ろう性と流れ性に優れる黒鉛偏析防止処理鉄粉。	2006.12
	山陽特殊製鋼	高靱性・高耐食粉末ハイス SPM R8	現行材に比べ、数倍の高靱性と各種環境下で優れた耐食性を有する粉末ハイス。	2006.6
その他鉄鋼製品				
建材	新日本製鐵	ソイルセメント鋼製地中連続壁工法	継ぎ手を有するH形鋼を連結して地中に建てこみ、壁を造るもので、省力、省スペースが可能な土留め壁工法。仙台市にて初採用。	2006.5
チタン製品	新日本製鐵	超深絞り加工用純チタン (Super-PureFlex™)	金属組成や結晶粒度を見直し、超深絞りが可能で、プレス生産性や工程省略に貢献。ソニーPCMレコーダに採用。	2006.4
		高性能チタン合金 (Super-TiX [®] 51AF)	ゴルフクラブ向けに高強度軽比重チタン合金を開発、ゼクシオ新モデルに採用。	2006.3
鋼管杭	住友金属工業	ジオウイング・パイルⅡ	鋼管の先端部に2枚の翼を取り付けることにより適用範囲を拡大した回転貫入鋼管杭。	2006.5

☆ 生産技術のトピックス ☆

2006年の注目すべき技術開発、新設備、新製品などの概要をご紹介します。

1. 連鑄

神戸製鉄所の新ブルーム連鑄による高級特殊条鋼の生産

(株) 神戸製鉄所

高級特殊鋼は、自動車の重要保安部品用の素材として一品一種の要求特性に対して厳格な製品供給が求められることから、高度な製造技術が必要とされている。近年、自動車の国内完成車生産、組立部品として輸出されるノックダウンセット生産の順調な伸びに支えられ高級特殊鋼への需要は堅調に推移し、今後も拡大していくと考えられる。

これに対して神戸製鉄所神戸製鉄所では、高級特殊鋼の生産比率向上に対応するべく、既存の連続鑄造機に加えてNo.5連続鑄造機（以下、5CC）を新設し、2006年9月より営業運転に入った。

5CCは鑄片サイズが300×430 mmの大断面ブルーム連鑄機であり、設計は神戸製鉄所機械エンジニアリングカンパニーと鉄鋼部門によって行い、垂直曲げ型の2ストランドマシンを採用した。また、表面および内部品質向上のために、ショートストローク・ハイサイクル鋳型振動の導入と2次冷却帯での均一かつ緩冷却タイプのミストスプレー冷却等の新技術を採用した。

立上げ後順調に高級特殊鋼を製造し、ブルーム連鑄2基生産下で、小ロット対応と品質向上に効果を上げている。

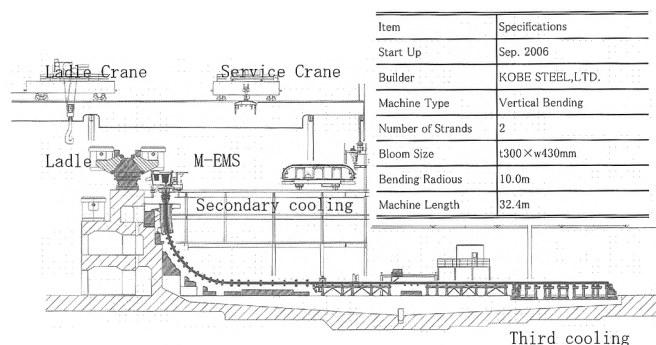


図 5号連鑄工場の概要と設備仕様

2. 厚板

次世代型制御冷却プロセスCLC-μ（ミュー）

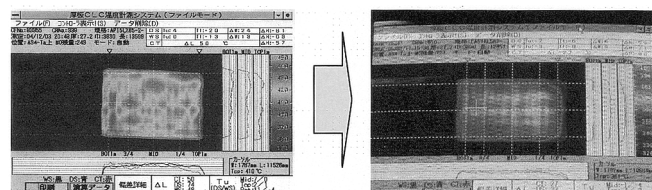
新日本製鐵（株）

新日本製鐵は、次世代型制御冷却プロセスCLC-μ（ミュー）を開発し、君津製鉄所厚板工場に導入した。2005

年3月に完工し、同年7月より本格稼働している。新日本製鐵は1983年に他に先駆けて冷却前形状矯正と拘束冷却方式を導入したCLC制御冷却プロセスを開発し、溶接性に優れた高張力高靱性鋼の製造に適用してきた。

今回導入したCLC-μは新型冷却ノズルや水量制御方法などを新たに開発し、極めて広範囲な冷却速度制御が可能であり、冷却後の鋼板温度ばらつきを従来と比較して半減するなど、あらゆる温度域において冷却均一性が飛躍的に向上した。このため、板厚方向の硬さの均一化等、鋼板の組織制御が格段に容易になった。

新日本製鐵はこの技術と、溶接部の靱性が高いHTUFF®鋼製造技術等を組み合わせて、構造物の高い安全性と溶接等の施工コストの大幅低減を実現する高機能商品の開発を進めている。これまでに、X80クラス以上の高強度においても十分高い変形性能を有するラインパイプ用鋼や、-40℃以下の極寒冷地でも優れた溶接継ぎ手特性を有する海洋構造物用鋼などを開発し、既に1万トン以上を生産している。また今後拡大が見込まれるエネルギー関連分野等の高機能商品への対応力を強化していく。



対策前

対策後

図 水冷後の均一冷却効果：ラインパイプ材冷却停止温度430℃

大型コンテナ船用YP47キロ級高強度厚板

新日本製鐵（株）

新日本製鐵は三菱重工業（株）と共同で、大型コンテナ船に世界で初めてYP47キロ級高強度厚板を、構造上最も重要な縦強度部材に採用した。コンテナ船は輸送効率の点から大型化が著しく、使用される鋼材の厚手化が進んでいるが、厚手化に伴い靱性が低下する傾向がある。高強度・薄手化に加えて高靱性を達成した今回の開発鋼を採用することで、軽量化・燃料効率の向上に寄与するだけでなく、従来以上に船体の信頼性向上を図ることができる。

YP47キロ級高強度鋼は、一般商船の船体構造用として世界で最も高い強度をもつ鋼材である。新日本製鐵はTMCP技術を駆使して本鋼材を開発し、8000トン超大型引張り試験による実構造に近い状況での評価を行い、従来鋼にない優れた安全性を確認した。これらの開発には（財）日本海事協会も参画した。また三菱重工業は、鋼材の特性を活かした船

体構造設計を行い、板厚の最適化、鋼材配置の適正化などによって船体構造のより高い安全性を実現した。

一般に鋼材は高強度化によって溶接性は低下するが、開発鋼はYP40キロ級鋼と同等の溶接性を有する。また三菱重工業は新日本製鐵と日鐵住金溶接工業(株)と共同で開発した2電極VEGA®法など実際の建造に即した多用な溶接試験を実施し最適な溶接工法を確立した。なお、本鋼材は2006年日経優秀製品・サービス賞/最優秀賞(日経新聞社賞)を受賞した。

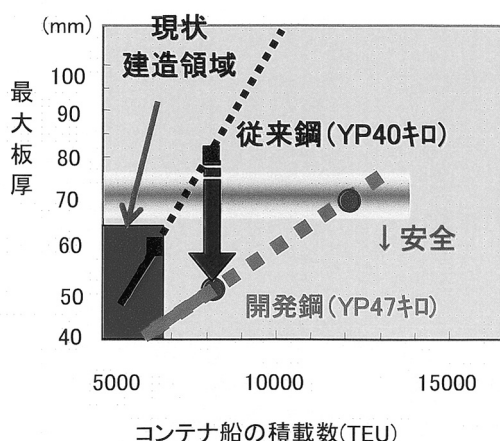


図 高強度化による板厚の薄手化

3. 棒鋼・線材

Ni-Mo フリー高強度歯車用鋼「KMnC418H」

(株) 神戸製鋼所

神戸製鋼所は、JIS SCM420H 並に歯車の曲げ疲労強度や歯元衝撃強度を改善できるニッケル、モリブデンを含まない高強度歯車用鋼KMnC418Hを開発した。

近年の自動車分野では、変速機や差動装置の小型化、部品点数削減の流れから歯車への負荷が高くなり、JIS SCM420H に浸炭処理した歯車を使うケースが増えている。しかしながら最近のニッケル、モリブデン原料の急激な高騰により、歯車製造コスト上昇が大きな問題とされている。

神戸製鋼所では、この問題に 대응べく、ニッケル、モリブデンを添加するのではなく、鋼材の清浄化と浸炭後の組織を制御することでJIS SCM420H と同等以上の曲げ疲労強度と歯元衝撃強度を得る高強度歯車用鋼KMnC418Hの商品化に成功した。

本開発鋼KMnC418Hの曲げ疲労強度例を図に示すが、KMnC418H 浸炭材はJIS SCM420H 浸炭材と同等以上の疲労強度を有しており、JIS SCM420H に替わってモリブデン原料の高騰に左右されることなく歯車を製造することができる。

すでに衝撃的負荷や曲げ疲労特性が望まれる差動装置用歯

車に採用され、今後も更なる適用拡大が見込まれる。

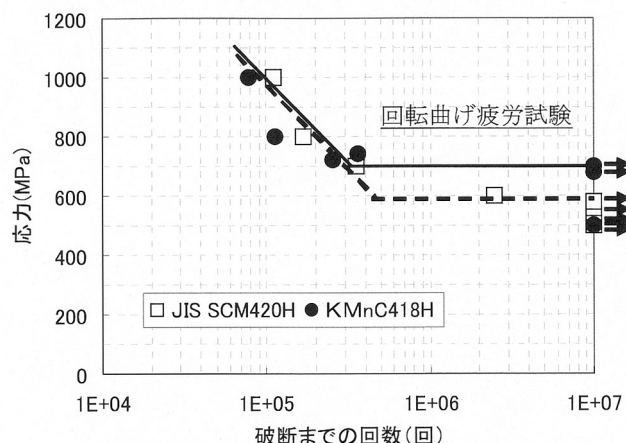


図 Ni-Mo フリー高強度歯車用鋼の疲労特性

AISI 12L14 代替非鉛快削鋼の開発

JFE 条鋼 (株)

AISI 12L14 (JIS SUM24L) はPbが0.3%、Sが0.3%添加された快削鋼である。地球環境問題から快削鋼の非鉛化が需要家に強く要望されているが、本快削鋼は鋼中酸素量が150ppm程度と著しく多いため、機械構造用鋼対応で既に使われているCaやBによる被削性の向上が困難であると考えられた。そこで、被削性向上元素として多量に添加されているSに着目した。従来よりS快削鋼は、硫化物系介在物が大きいほど被削性が向上と言われており、その観点から硫化物系介在物の大型化による被削性向上を目的に検討を進めた。

検討にあたっては多元系の相平衡計算を行い計算により状態図を求め、硫化物系介在物の大型化が期待できる成分系を予測した。その予測を基に、実際に実験溶解、被削性試験を行い、その成分系の確認試験を実施した。その結果、計算から予測されたように「S増量+Cr添加」により、硫化物の大型化が可能となり、低速のドリル加工から超硬工具での高速切削まで広い範囲でAISI 12L14 と同等以上の被削性を有する新しいタイプの非鉛快削鋼を開発することができた。なお、本快削鋼は、東北大学・石田清仁教授、産業技術総合研究所東北センター・及川勝成主任研究員(現在、東北大学助教授)と共同で開発した。

被削性は以下の条件下で、AISI 12L14 と同等以上である。

- (1) ハイス、超硬、コーティング超硬、サーメット工具での旋削加工性
- (2) ハイス工具での穴あけ加工性
- (3) 切屑処理性

既に、OA機器のプリンターシャフトとして、また、自動車関連では油圧ホースの口金に使用されているが、AISI

12L14が適用されている部品全般に適用が可能である。

低炭鉛フリー快削鋼線材の開発

新日本製鐵 (株)

新日本製鐵が環境対応商品として開発した低炭鉛フリー快削鋼線材が、富士ゼロックス (株) などOA機器メーカーのプリンターシャフトや自動車部品 (ブレーキ部品、自動変速機部品) に世界で初めて採用された。新日本製鐵はこの商業生産に伴い、低炭鉛快削鋼から非鉛鋼に順次切替え、最終的に鉛含有鋼の製造を中止する。

今回のプリンターシャフトへの適用は、社内グリーン調達基準を策定した富士ゼロックスの協力の下改良を進め、切削性・めっき性で現行の低炭鉛快削鋼と同等以上の評価を受け、採用が決まったもの。他OA機器メーカーでの採用も決定しており順次使用量を拡大していく。

また更に高い切削性が要求される自動車部のブレーキ部品や自動変速機部品等でも世界で初めて採用が決定し、幅広い分野で多くのお客様から実用化可能との評価を得ている。

このような地球環境負荷物質の軽減は、世界規模で進展しており、各業界で具体的な対策が実行されつつある。新日本製鐵は環境負荷物質の削減を経営の最重点課題のひとつと位置付け、これまでも様々な活動を展開してきた。今後も万全な体制を整え、鉛フリー化に代表される環境負荷物質の削減に取り組んでいく。



図1 低炭鉛フリー快削鋼の採用部品例：プリンターシャフト



図2 低炭鉛フリー快削鋼の採用部品例：自動車用自動変速機部品

Fine γ 鋼—超微細 γ 鋼—

JFE スチール (株)

JFE スチールは、超微細オーステナイト組織 (γ 組織) を安定的に生成する技術を確認し、高強度棒鋼「Fine γ 」を開発した。これは、新たな化学成分設計に加え、お客様における熱処理工程にも着目し、そのプロセス開発を組み合わせることにより超微細オーステナイト結晶粒の安定的な生成を実現するものである。一般に焼入れ後の疲労強度は硬さに比例して向上するが、ある硬さを超えると結晶粒界での破壊が起こり、強度の向上が発現しなくなる。高硬度下での結晶粒界の破壊を防ぐためには焼入れ後の旧オーステナイト結晶粒の微細化による結晶粒界強度の向上が有効である。この鋼材の特長を以下に示す。

1. 従来の高周波焼入れ部材に比べ格段に微細な γ 粒径を有する
2. 微細化に伴う粒界強化により、粒界破壊を抑制する
3. 低温からの焼入れも可能なため、歪低減にも有効である

具体例を以下に示す。通常JIS S53Cの焼入れ後の旧オーステナイト粒径が20 μm 程度であるのに対し、「Fine γ 」では2~3 μm まで微細化する (図1)。その結果、疲労強度は15~30%向上し (図2)、引張り強度は2500 MPaを達成する。これにより自動車の動力伝達部品の小型化、軽量化に貢献することが期待される。

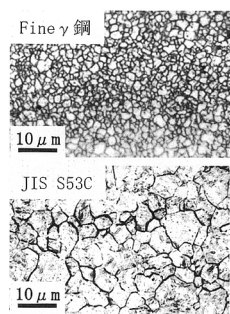


図1 Fine γ 鋼の旧 γ 組織

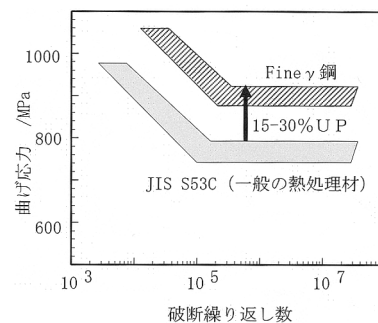


図2 回転曲げ疲労試験における比較 (S53Cの焼入材とFine γ 鋼)

4. 鋼管

尿素プラント用高耐食・高強度二相ステンレス鋼DP28W

住友金属工業 (株)

東洋エンジニアリング (株) と住友金属工業は、二相ステンレス鋼が尿素プラント用材料として優れた特性を有している事を見出し、1980年代初頭にDP12 (SUS329J4L相当) を共同開発、20年以上の使用実績を持つ。近年の尿素プラントの大型化やプロセス高度化に対応するため、装置材料の更なる耐食性向上と高強度化が望まれている。そこで両社はDP12に替わる高耐食二相ステンレス鋼DP28Wを共同開発した。

尿素プラントでは合成過程で非常に腐食性の高いアンモニウムカーバメイトと呼ばれる物質が生成される。母材のみでなく溶接部も含めた耐食性改善の合金成分設計が重要である。DP28Wの成分をDP12と比較して示すと、Cr増量、Ni増量、W添加、Mo減量により、尿素合成環境での性能改善を図っている。DP28Wの優れた耐食性は合成系で最も腐食性の高いストリッパーでの浸漬試験によって確認されている(図)。オーステナイト鋼は不働態被膜を維持できず激しく腐食するが、DP28WはDP12よりも更に15～20%低い腐食速度で優れた耐食性を有している。またリアクター内部のライニング材として従来Tiが用いられてきたがTiより耐食性が優れ、溶接性、コスト面でも有利なDP28Wが2006年に実機初採用された。

DP28Wは既に2005年6月にASME Code Case 2496として認定され、次世代尿素プラント用材料として大きく期待されている。

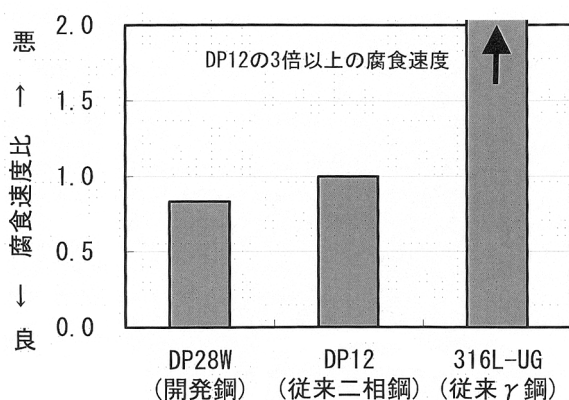


図 尿素ストリッパー浸漬試験

高強度ラインパイプX120の量産化体制の確立

新日本製鐵(株)

新日本製鐵は、君津製鉄所鋼管工場においてX120ラインパイプを始めとする高強度複合UO鋼管の量産体制を2008年3月に確立する予定である。

世界のエネルギー消費が拡大する中で、天然ガスはクリーンエネルギーとして開発が活発化しており、ラインパイプ需要が着実に増加している。しかし天然ガスの開発環境は年々遠隔地化、寒冷地化、深海化が進行しており、ラインパイプ用UO鋼管に対する要求品位は益々厳格化するとともに、増大する開発コスト低減のため、抜本的サイズダウンニーズ(→高強度化)が高まっている。新日本製鐵はX120グレードまでの高強度複合特性鋼管(低温靱性、高圧潰、高変形能等)の開発を既に完了しているが、今回本格量産化のための設備体制を整える。

新日本製鐵は、ExxonMobil社とX120クラスの高強度鋼

管の共同研究を実施しており、2004年にはカナダにおいて開発したX120鋼管をデモンストレーションライン(1マイル)に使用し、各種試験をクリアして十分な実用性を立証・確認した(図)。

量産化の設備対策は、製鋼工場の第6連続铸造設備(2006年11月稼動)と厚板工場の次世代型制御冷却プロセスCLC-μ(2005年7月稼動)の上工程の対策と、今回実施を決定した以下の鋼管工場の対策からなる。主な対策は、精密成形技術による高精度造管方式の導入、新たに開発した低温靱性に優れた高強度用溶接材料の適用及び溶接品質向上対策、パイプラインの自動溶接化及び自動寸法測定装置の導入による世界最高水準の品質管理・保証体制などで、2008年3月量産化開始予定。



図 カナダでのX120デモンストレーションライン

5. 冷延

高加工性1180MPa級冷延ハイテン材の開発

JFEスチール(株)

JFEスチールは、自動車構造骨格部品の軽量化ニーズに対応するため、プレス成形性に優れた1180MPa級高強度冷延鋼板を開発した。

新開発の1180MPa級冷延ハイテンは、従来の同強度グレード材と比較して、延性が1.5倍以上に向上し、一般の980MPa級ハイテンと同等の延性、穴抜け性の高い加工性を有する。また、開発鋼は、プレス成形時の高い加工硬化(WH)性と、塗装焼付時の強度上昇(BH)性により、安価な冷間プレス加工で、加工時に焼入れ処理を行うホットプレス部品と同等の高い衝撃吸収特性を示す。

従来、1180MPa級ハイテンは、ロール成形などの曲げ加工を主体とした成形によりバンパーや補強部品等に使用されていたが、構造骨格部品への適用に際しては、より高度なプレス加工成形が必要となるため、絞り成形性の向上が課題だった。JFEスチールは、WQ方式連続焼鈍プロセス(WQ-CAL)を活用した金属組織制御により、良好なプレス成形性を実現した。また、WQ方式の特長である急冷効果を活用したハイテンの低炭素当量設計により、遅れ破壊特性および溶

接性にも優れた性能も両立させた。

開発鋼は、これまで1180 MPa級ハイテンの適用が困難であったピラーなどのキャビン周りの構造骨格部品への適用検討が開始されており、すでに開発済みの780 MPa級、980 MPa級、さらに1470 MPa級までの超高強度冷延ハイテンと合わせて、「高加工性WQハイテン」シリーズとして、自動車シート部品用、ボディ部品用として、自動車の車体軽量化、安全性向上に貢献すると期待されている。

6. 表面処理

ホルムアルデヒドを吸着・分解する塗装鋼板

「コーベプレコート・エアブリーズ®」

(株) 神戸製鋼所

近年、各種内装建材の高機能化・多様化・建物の機密性向上にともない、接着剤や塗料などに含まれるホルムアルデヒドが屋内に拡散・蓄積する傾向にあり、このためシックハウス症候群などアレルギー性疾患を引き起こすケースが多く見受けられるようになってきた。

神戸製鋼所は、環境に優しい素材供給の観点から内装建材向け塗装鋼板に、ホルムアルデヒドを含まず、かつ室内に飛散するホルムアルデヒドを吸着・分解する新機能を付与することに成功し、「コーベプレコート・エアブリーズ®」を商品化して2006年夏より販売を開始した。その特徴は、①塗装鋼板の塗膜中からホルムアルデヒド発生の原因となる原料を排除し、かつ従来の内装建材向け塗装鋼板と同等の塗膜物性を付与した。②塗膜中に吸着機能を持つ添加剤(A) 分解機能を持つ添加剤(B)を一定比率で分散させることで、吸着・分解機能を発現させた(図)。③特定有害物質である6価クロムを化成処理およびプライマーコートより排除した環境に優しい塗装鋼板である。

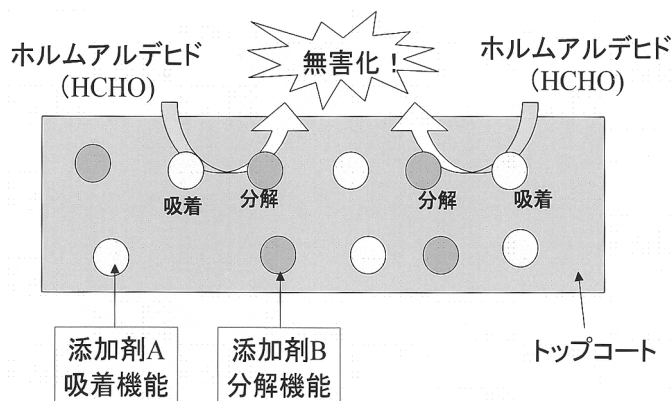


図 エアブリーズ®の吸着・分解メカニズム

自動車用高潤滑性GA鋼板『JAZ』の量産開始

JFE スチール (株)

JFE スチールは、プレス成形性に優れた自動車用高潤滑性GA鋼板『JAZ (JFE Advanced Zinc)』を開発し、量産を開始した。同社では、東日本製鉄所(千葉地区)と西日本製鉄所(福山地区)での量産体制を確立し、複数の自動車メーカー向けに本格的に供給を開始した。今後、広州JFE鋼板有限公司のCGL、西日本製鉄所(福山地区) No.4CGLでも生産し、供給を拡大する予定である。

自動車車体用防錆鋼板の分野では、車体の設計自由度・生産性向上のため、プレス成形性に優れた高潤滑性GA鋼板の需要が高まっている。同社では、独自にGAの表面を改質してナノレベルの厚さの表面改質層を形成し、プレス金型との凝着を抑制することで、優れたプレス成形性を有する『JAZ』を開発した。サイドパネル、フェンダー、ドア、ホイールハウスなど、自動車車体用の成形が難しい外板および内板等に適用が可能である。『JAZ』の特長は、

1. 従来のGAと比較して、摺動特性に優れ、成形可能範囲が格段に広がる(図は1200トンプレス試験機でフロントフェンダーモデル金型を用いて評価を行った結果)。
2. 溶接性、化成処理性、塗装性はGA鋼板と同等。
3. 重金属元素などの環境負荷物質を含まない。

ブランク押し付け圧(Ton)			
	110	120	130 140
JAZ	しわ発生	成形可能範囲	
GA	しわ発生	可能範囲	割れ発生

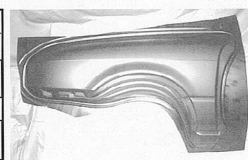


図 JAZの実プレス成形性(フロントフェンダー)

7. その他

被削性改善添加剤「KSX」

(株) 神戸製鋼所

神戸製鋼所は、粉末冶金法による鉄系焼結部品用の被削性改善添加剤KSXを開発した。

粉末冶金法は部品の高精度を得るための有効な方法として用いられるが、複雑形状化や高寸法精度化に対応するため、多くの焼結部品で切削加工を施している。焼結部品の被削性を改善する方法として種々検討されているが、硫化マンガ粉を添加する方法が一般的にとられている。しかし硫化マンガ粉添加は高速切削や硬い材料で被削性改善効果が低下する等の問題がある。

神戸製鋼所では、この問題を解決し、かつ優れた被削性が得られるカルシウムを含有する複合酸化物微粉KSXを開発し、商品化に成功した。KSXは切削加工時に軟化、溶融し、

工具表面に保護膜を生成することにより工具摩耗を抑制する。また、KSXは一般的な焼結条件で安定しており有害ガスの発生はなく、それ自体も無害である。

MPIF規格のFC0205 (Fe-2Cu-0.6Gr) 及びFD0405 (Fe-4Ni-1.5Cu-0.5Mo-0.6Gr) 配合での旋削試験結果の一例を下図に示す。

今後も自動車部品を中心に高強度化、高精度化のニーズは益々高まると思われる。KSXは切削加工の高効率化に寄与するため、更なる適用拡大が見込まれる。

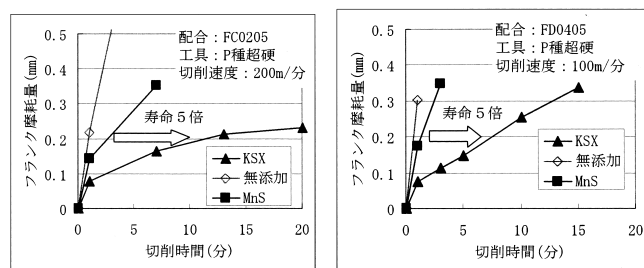


図 被削性改善剤KSXの旋削試験結果

高機能高意匠性チタンの屋根、デジカメ等への採用拡大

新日本製鐵 (株)

新日本製鐵は、高機能・高意匠性チタンを、IT分野や建築物の屋根・外装等への適用拡大を推進している。

IT分野では、2006年秋に発売されたキャノン (株) 製デジタルカメラへの採用や、2006年春発売のソニー (株) 製リニアPCMレコーダーの筐体に採用された。チタンは軽く、強く、耐食性に優れた高機能材であるが、さらに金属アレルギーが無く、人に優しい素材であることが評価されたもの。

また建築物の屋根・外装においても、中国/杭州大劇院の外装パネルや、台湾/Taipei Arenaの屋根・外装パネルなどに採用され、これまでの建材用チタンの累計受注量が1000トンを超えた。直近では、浅草寺宝蔵門の本瓦葺き屋根用として初めてチタンが採用された。2007年6月完工に向けて現在改修工事中であるが、耐震性や参拝客の安全性確保等の理由から、従来の瓦から軽量で耐久性に優れるチタンに葺き替えられることになった。



図1 チタンが採用されたキャノン製デジタルカメラ



図2 浅草寺宝蔵門のチタン製屋根

新日本製鐵は、高機能・高意匠性チタンの特性を活かし、IT分野や建築物の屋根・外装等への適用拡大を推進している。

加熱設備なしで高密度成形体が得られるプレスレディ鉄粉「JIP クリーンミックスHDX」の開発

JFE スチール (株)

鉄系焼結機械部品の開発において、近年高密度化による高強度化が志向され、種々の高密度成形法が開発されてきた。金型及び鉄粉を加熱しつつ成形を行う温間成形法は、簡便な高密度成形法であるが、加熱設備の新設や温度制御の困難さから用途が限定されている。JFE スチールでは、金型及び粉末の加熱なしに温間成形時と同等の高密度成形体が得られるプレスレディ鉄粉「JIP クリーンミックスHDX」を開発した。以下に開発粉の特徴を紹介する。

試料粉末の配合及び圧縮成形条件を表に示す。開発粉及び比較粉Aは粉末を加熱せずに量産成形機を想定して60℃に温調した金型を用いて成形した。比較粉Bは、130℃で温間成形を行った。図1に、各種混合鉄粉成形時の圧縮応力と成形体密度の関係を示す。圧縮応力686MPaにおける開発粉の成形体密度は比較粉Aよりも高く、温間成形を行った比較粉Bと同等であった。この結果は、新潤滑剤の優れた潤滑性能により、圧縮時の粒子再配列が促進された結果、加熱による塑性変形促進なしで高密度化したものと推測される。図2は、686MPaで成形した際の成形体密度と抜出力(成形体を金型から抜き出す際にダイスを押し下げるために要した力)

表 試料粉末の配合および圧縮成形条件

試料名	原料組成	潤滑剤	圧縮成形条件		
			粉末温度(℃)	金型温度(℃)	最大応力(MPa)
開発粉 HDX	Fe+2mass%Cu+0.8mass% C *Fe: 水アトマイズ鉄粉	0.5mass%新規潤滑剤	室温	60	393, 490, 588, 688
比較粉A	JIP304AS *Cu: 水アトマイズ銅粉	0.5mass%ステアリン酸亜鉛	室温	60	
比較粉B	*C: 天然黒鉛粉	0.6mass%耐熱潤滑剤	130	130	

を示す。7.3 Mg / m³の高密度成形体の抜出力を比較すると、開発材は比較材Bよりも低い。一般に高密度成形体では粉末の弾性変形量が大きく、抜出力が高いとされるが、開発粉中の新規潤滑剤の金型壁面の潤滑効果により抜出力が低減した。

粉末の加熱なしに高密度成形体が得られる「JIP クリーン ミックスHDX」は、今後様々な高密度焼結部品への適用が期待される。

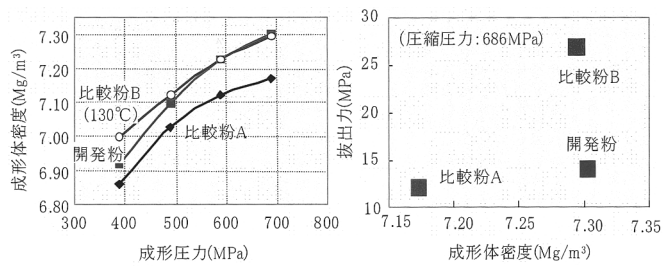


図1 圧縮圧力と成形体密度との関係 図2 成形体密度と抜出力の関係