

2007年鉄鋼生産技術の歩み

Production and technology of Iron and Steel in Japan during 2007

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

1.1 経済環境

2007年12月、内閣府で発表された世界経済見通しによると、世界経済の2007年のGDP成長率は3.6%、2008年は3.4%と見込まれ、この中で、日本は2007年2.0%、2008年1.8%である。一方、北東アジアは極めて高い成長で、それぞれ9.0%、8.4%（中国については11.3%、10.3%）と見込まれている。

急伸目覚しいBRICs諸国のうち、中国は2007年後半に政府の投資抑制により減速したものの年成長率は11%を越えた。輸出の拡大により2008年の成長は減速するものの、10%以上の成長が予測される。また、経常黒字は対GDP比11%超の5,000億ドルへと更に拡大すると予想されている。他国は2007年よりは減速し中国ほどではないが、インド8.6%、ロシア6.5%、ブラジル4.5%の成長を維持するものと予測されている。なお、世界経済について、OECDは2008年の成長率を全体2.3%、米国2.0%、日本1.6%と予測している。

OECD全体としては4年連続で順調な成長をしてきたが、今後の世界経済は、サブプライム問題に端を発する米国の住宅市場の沈静化による景気懸念や2007年後半での金融市場の混乱が収まりをみせるかどうかにかかっている。米国の経常赤字額の大半に相当する資金は中国や湾岸諸国が供給しているが、その投資先を米国債からその他の金融資産や実物資産へ移す動きを反映して2008年初には原油バレル当たり100ドルを越える水準となり、サブプライム問題の世界の実

体経済への影響が懸念される状況となっている。

2007年の日本経済は戦後最長の景気拡大を続け前半は好調であったが、米国金融起源の混乱を受けて年末には世界的な資金シフトの結果、2008年初には大幅な株価変動を経験した。

日本の国際競争力^{*1}は、1990年代初頭のトップクラスから1997年に4位→17位、2002年に27位に低下、その後2006年に16位まで上がったが、2007年には24位に低下した。直近（2005、2006、2007年）の先進各国では、ドイツと日本が入れ替わっている（ドイツ23、25、16位、日本21、16、24位）。BRICsの台頭と言われるが、ブラジル、ロシア、インドは順位を変えていないにも関わらず、中国は継続して順位を上げている（31、18、15位）（図1）。また、日本は潜在競争力^{*2}においても2006年12位→2007年13位とランクを下げている。

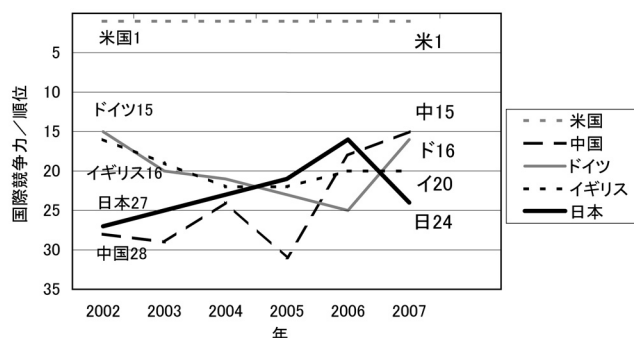


図1 国際競争力（IMDによる）

*1 国際競争力：企業が新たな価値を生み出し、国民に更なる繁栄を提供する環境を作り出し維持する国家の能力、として定義。国際経営開発研究所（IMD：International Institute for Management）が60ほどの国と地域の統計数値、企業人アンケート調査により経済状況、政府の効率性、ビジネスの効率性、ビジネスインフラを評価して総合順位を毎年算出している。

*2 潜在競争力：今後約10年間に一人当たり国民総生産（GDP）をどれだけ増やせる余地があるか、として定義。（社）日本経済研究センターが50カ国・地域の公開データを用いて国際化、企業、科学技術、政府等8分野で評価、2004年以降総合順位付けしている。

1.2 世界の鉄鋼業の概況

世界の鉄鋼業界については、2007年の世界粗鋼生産量が13億4,350万トンで、国別では1位中国(4億8,900万トン)、2位日本(1億2,020万トン)、3位アメリカ(9,720万トン)であった(図2)。粗鋼生産量の伸びにおいても中国の頭抜けた拡大が続いている(図3)。

グローバル経済の変化の中、鉄鋼業界を取り巻く状況を概観する。国際鉄鋼協会(IISI)では2007年世界の鋼材見かけ消費量は2006年比6.8%増の11億9,800万トンと見積もっているが、2007年11月に正式発足したアルセロール・ミッタルは60カ国にまたがり、従業員32万人、連結売り上げ886億ドル、粗鋼生産1億1,800万トン(2006年)で世界の1割、1社で日本の粗鋼生産量に匹敵する規模となり少なからぬ影響を持つに至った。

製鉄原料を取り巻く環境は、中国による大量買付けにより価格上昇の趨勢にあり、鉄鉱石については対2006年9.5%値上げされた。鉄鉱石メジャーであるヴァーレ(旧リオドセ)、BHPビリトン、リオ・ティント3社で世界シェアの7割程度を占めている。2007年末にBHPビリトンがリオ社への買収を提案したが、この2社で日本向けの6割が占められている。この買収にはリオ社が反対を表明している。日本は石炭を年

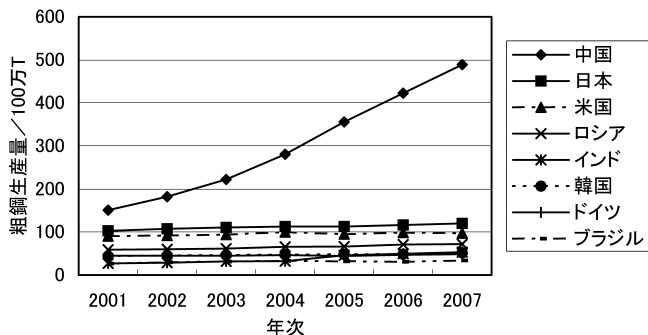


図2 世界の粗鋼生産量推移
出所: IISI資料

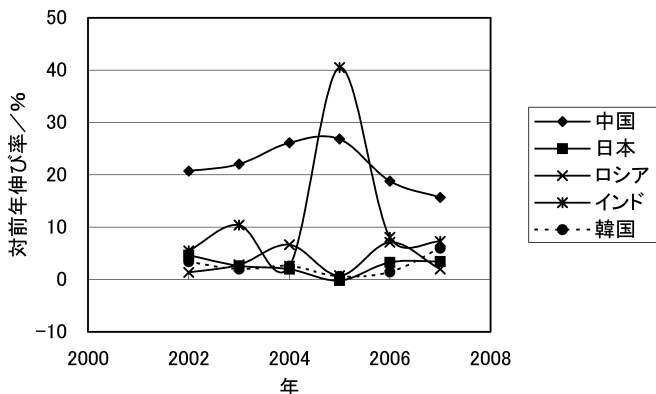


図3 世界の粗鋼生産伸び年率
出所: IISI資料

間1.8億トン、そのうち原料炭については近年安定的に8,000万トン程度を輸入しており、その8割はオーストラリアとインドネシアが供給元である。輸入原料炭の8割を鉄鋼業で消費しており、世界的な需給バランス動向に引き続き注意が必要である。

日本鉄鋼業への影響の大きい近隣諸国(中国、韓国)の状況について概観する。中国は2007年10月の党大会を経て、第二期胡錦濤体制のもと人心一新され、経済発展と環境保全の均衡を目指す「科学的発展観」を党規約改正に明記し、若返った指導層による更なる経済発展が図られる。2008年北京オリンピックに伴う競技施設等の建設ラッシュに加えて、都市部富裕層の増加を受けた住宅建設が盛んとなっているが、沿岸部の大都市を中心とした急速な発展とは対照をなす内陸、農村部においてはこれからが開発期である。中国の自動車市場はWTO加盟(2001年)以降急速に拡大、月平均販売台数は2003年37万台から2007年69万台へと倍増の勢いであり、2006年には年間700万台で世界第2位となっている。中国の自動車生産台数は2006年に728万台に達し、2010年には1,000万台に達すると予想されている。中国の粗鋼生産は2006年に4.2億トンで全世界の約1/3となり、その後も粗鋼、鋼材ともに20%程度の伸び率で推移している。中国政府は業界再編(現6,000数百社⇒2010年上位10社でシェア過半へ)を推進しているが、上記の不動産開発、自動車、造船といった旺盛な需要に支えられ遅れ気味である。鋼材輸入は2006年、2007年ともに月平均140~150万トンであるが、高級鋼板の生産技術、能力の点で日本からの輸出もしくは合併事業による供給が求められている。

一方、韓国鉄鋼協会によると、2008年は5,700万トン強の韓国国内需要が見込まれる(2007年比4%程度増)。高炉での増強計画はないが、現代製鉄、韓国鉄鋼、大韓製鋼での電気炉の新規稼働により生産能力は対2007年約5%増の6,400万トン強(粗鋼生産量で同6%増の5,400万トン程度)と予想されている。鋼材輸入は、中国の輸出抑制策等により微増の2,700万トン程度に留まると見込まれている。自動車、家電は海外生産拡大によりメッキ鋼材の輸出が増える一方、造船では2桁増が予想され、厚板需要が大幅に増加すると見込まれている。個別企業としては、ポスコは2007年生産量3,100万トン(売り上げ約2兆6,000億円)から2008年は3,500万トン(同約2兆8,000億円)を目指し、設備投資を対2007年8割増の約7,800億円に増やし、年産200万トン規模の厚板工場増設も計画されている。また、マレーシアでの鉄鋼会社の買収、インドでの製鉄所建設の計画も発表されている。

1.3 日本の鉄鋼業の概況

2007年の日本の国内粗鋼生産量は1973年(1億1,932万ト

ン)を越えて史上最高となった。対2006年3.4%増であるが、高炉鉄は244万トン増加しており粗鋼生産増分である400万トンとの差分約156万トンは冷鉄源による(表1)。鋼種別では、普通鋼は建設、自動車、造船の好調により336万トン増、特殊鋼では自動車、造船が好調で62万トン増となった。輸出は米国向けが減少したがASEAN向けで増加傾向にある。国内鉄鋼各社は好調な需要に支えられ順調に生産を伸ばしてフル稼働が続いた。2007年後半では改正建築基準法施行に伴い、建築確認遅れに端を発する建築鋼材の流通が停滞し、在庫増につながった。時期を同じくして、米国サブプライム問題の金融業界に留まらない影響が米国実経済に及び建材輸入減により日本からの鋼材輸出は2006年に比べ4%増のおよそ3,600万トンに留まった。

鉄鋼需要産業の動向としては、建築関係では2006年に9年振りで増加した新規着工数が改正建築基準法施行の影響により、減少に転じ、2007年後半顕著に顕在化し(2006年129万戸に対し2007年106万戸見込み)、住宅では特にマンションでの大幅減少が続いている。自動車関係では普通車が年後半に増加傾向となるも、軽自動車、トラックを含む国内販売台数では対2006年39万台減の509万台となり2年連続で減少した。一方、完成輸出車については北米向けがほぼ2006年並みであったが、アジア、中近東向けが増加し、対2006年58万台増の655万台で6年連続の増加となった。産業機械関係では、建設機械、工作機械の年後半での好調持続により全体では引き続き伸張した。電気機械関係では、重電が年後半堅調に推移した。白物家電の不振は続いたが、家庭用電気機械は液晶テレビ等民生用電子の好調な推移から通期で生産指数は伸びている。造船は、8年連続で1,000万グロストンを越えた新造船受注が2007年1,505万グロストン、年末での手持ち工事量は6,500万グロストンを超えて過去最高を記録した。

このように2007年の日本国内の業界動向としては、連携、増産に特徴づけられる動きが活発であったが、鉄鋼各社の主な動きを以下に記す(2007年公表日)。新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所は相互の株式取得を発表(12/19)し、10月末に合意した連携施策の深化拡大のため、各2社間で相互に150～1,000億円の株式を取得する。JFEスチール(株)は現代製鉄と自動車用鋼板の技術提携契約を交わし、提携関係を深化拡大(1/29)させた。神戸製鋼所は超短期(45日間)改修工事により第3高炉(24年7ヶ月稼働)をオールペレット対応の2,112m³とし、12月16日に火入れした。また、同社は5月末ベネズエラ・ボリバル共和国でBOT方式(Built-Operate-Transfer 建設・操業・引渡し)による還元鉄プラントの再生・運営事業を20年間継続し、同国開発公社に引渡しを完了した。ミドレックス方式の設備で還元鉄(Hot Briquetted Iron)を累計1,000万トン以上安定生産し、プラントビジネスにおける新ビジネスモデルとなる。住友金属工業はインドのプーシャン社のオリッサ州プロジェクト(高炉一貫製鉄所建設)に参画。技術援助により薄板供給関係を深化(12/27)。台湾の中国鋼鉄股份有限公司とベトナムにおいて合弁事業(冷延・メッキ・電磁鋼板)の検討を開始した(12/20)。大同特殊鋼(株)はティムケン社と業務提携し、米国における日系自動車メーカー、ベアリングメーカーの生産拡大に対応した品質要求の厳しい特殊鋼を現地調達できるよう技術移転する(1/17)。

技術、経営もまさにボーダーレスとなり、新たに時代のニーズである環境対応が喫緊の課題となった今日、達成目標と実現時期を明確としたバックキャストिंगによるイノベーションが求められている。産業競争力を支えてきた近代製鉄の端緒がノウハウを含めた独自技術に根ざしたことを今一度顧みて、企業業績が好調で戦後最長の景気拡大を記録する一方で国際競争力が低下している現実を踏まえ、温暖化効

表1 鉄鉄・粗鋼生産量推移

		(単位:万トン)					
		2,002	2,003	2,004	2,005	2,006	2,007 対06年増減
高炉鉄生産量		8,098	8,209	8,297	8,306	8,427	2.9%
粗鋼生産量		10,775	11,051	11,272	11,247	11,622	3.4%
炉別	転炉鋼	7,853	8,135	8,296	8,363	8,597	3.8%
	電炉鋼	2,921	2,916	2,976	2,884	3,025	2.3%
	比率	27.1%	26.4%	26.4%	25.6%	26.0%	25.8%
鋼種別	普通鋼	8,735	8,833	8,913	8,794	9,070	3.7%
	特殊鋼	2,040	2,218	2,358	2,454	2,552	2.4%
	比率	18.9%	20.1%	20.9%	21.8%	22.0%	21.7%
熱間圧延鋼材生産量		9829	10050	10320	10119	10411	3.9%
鋼種別	普通鋼	8084	8177	8335	8083	8316	4.3%
	特殊鋼	1745	1874	1984	2036	2095	2.5%

出所：日本鉄鋼連盟資料

果ガス排出削減においても先導的役割を果たす鉄鋼業の企業活動が求められている。

1.4 近代製鉄150年

2008年は近代製鉄150周年に当る。南部藩士 大島高任（おおしま たかとう）が安政4年12月1日（1858年1月）に我が国初の鉄鉱石製錬による出鉄に成功してから150年（12月1日が“鉄の記念日”とされている）が経ち、我が国の競争力を支え、グローバルな競争の先頭に立ってきた鉄鋼業にとり新たな転機を迎えていると言える。「日本式高炉」により岩鉄銑（砂鉄銑に比べ不純物含有量が少なく韌性に富む高品質な铸件銑）を得たことは日本古来の製鉄法である“たたら”によるバッチ生産から高炉銑という量産技術への生産技術の飛躍的進歩であった。これを可能とした背景には、大島の存在に加えて南部藩大橋における餅鉄（磁鉄鉱）製錬技術の蓄積があったと言われる。その後、明治政府による雇用外国人技術者による運営が試みられたが2年ほどで失敗し、設備の払い下げを受けた田中製鐵所が明治19年（1886年）に連続出鉄に成功、民間資本による製鉄業の扉が開かれた。官営釜石製鉄所の失敗については、時代のニーズ（既然大砲を必要とされていなかった時期で、続く工業化の前夜であった）を適切に事業に反映できなかったマーケティングの失敗という側面もあるが、炉形不適切との指摘に加えて、導入技術に頼り在来の技術ノウハウを軽視したことは看過できない点である。

明治34年（1901年）には官営八幡製鉄所が稼動し、その後の産業化への礎となった。第二次世界大戦後、日本は驚異的な経済復興と引き続いた経済発展を遂げるが、鉄は産業のコメとして、経済発展の基盤を支えた。鉄によるランドマー

クとしては、1958年の東京タワー、1964年の東海道新幹線、1975年の46万トン超大型タンカー「日精丸」、1990年の東京都新宿新庁舎、1998年の明石海峡大橋など国民生活に密着したものが数多くあげられる。

こうした鉄と現代の経済社会との関連とをもう一度見つめなおし、さらなる未来社会づくりに欠かせない鉄の役割を国民的に再評価してもらうため、鉄鋼業界としては、近代製鉄150周年にあたる本年、（社）日本鉄鋼連盟を中心に多くのイベント、キャンペーンを計画している。

2 技術と設備

2.1 製銑

2007年の銑鉄生産量は、8,677万トンと2006年比3.0%増となり、6年続けて8,000万トン超を継続した。平均出銑比も2006年の2.04トン/m³・日に対して、2.08トン/m³・日と増加した。

個別高炉改修の動きを表2に示す。2007年末の稼働状況については、2006年末と同様に28基であった。

新日本製鐵名古屋製鐵所第3高炉は、2月から4月まで83日間で改修工事を進め4650 m³から5443 m³に内容積を拡大した。

5月には、内容積4800 m³の住友金属工業鹿島製鐵所第2高炉が吹き止められ内容積5370 m³の第3高炉が火入れされた。同月、内容積4550 m³神戸製鋼所加古川製鐵所第1高炉が吹き止められて内容積5400 m³の第2高炉が火入れされた。

神戸製鋼所神戸製鐵所第3高炉は、11月から12月まで45

表2 個別高炉の動き（2007年）

月日	吹き止め高炉 炉内容積	火入れ高炉 炉内容積	備考
2月1日	新日本製鐵 名古屋3高炉 4650(m ³)		
4月25日		新日本製鐵 名古屋3高炉 5443(m ³)	改修期間：83日 炉内容積増加：4650(m ³)→5443(m ³)
5月13日	住友金属工業 鹿島2高炉 4800(m ³)		
5月18日		住友金属工業 鹿島3高炉 5370(m ³)	炉内容積増加：5050(m ³)→5370(m ³)
5月20日	神戸製鋼所 加古川1高炉 4550(m ³)		
5月24日		神戸製鋼所 加古川2高炉 5400(m ³)	炉内容積増加：3850(m ³)→5400(m ³)
11月1日	神戸製鋼所 神戸3高炉 1845(m ³)		
12月16日		神戸製鋼所 神戸3高炉 2112(m ³)	改修期間：45日 炉内容積増加：1845(m ³)→2112(m ³)

今後の高炉改修予定

新日本製鐵 大分1高炉(2009)、住金鋼鉄和歌山 1高炉(2009)

日間の改修工事を進めて1845 m³から2112 m³に内容積を拡大した。

これにより、2007年末の日本における5,000 m³以上の内容積を持つ高炉は11基となった。

2006年の高炉の微粉炭吹き込み比（PCI比）は、図4に示すように、平均は123.6 kg / トンと前年から若干増加し、コークス比は平均371 kg / トンと前年から減少した状況にある。

コークス生産能力向上対策については、北海製鉄（株）が6号コークス炉42門（年産50万トン）を改修した。改修方法には、既存基礎を流用したパッドアップ方式を採用した。（株）住金鋼鉄和歌山は、2009年稼働を目標にコークス炉の新設に着手した。

製鉄関係の新技術としては、新日本製鐵では、大型高炉用

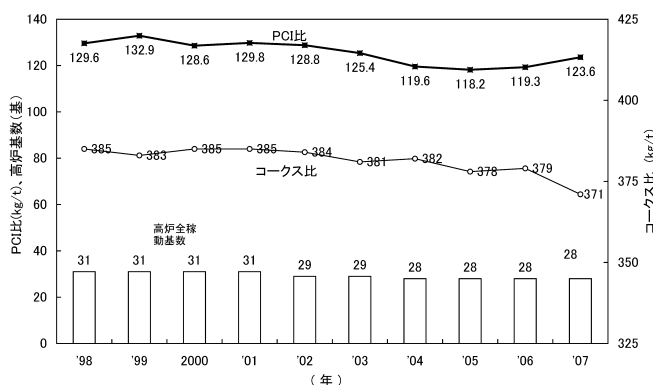


図4 高炉稼働状況の推移
出所：日本鉄鋼連盟資料

の薄壁に適した耐火物一体型ステーブを開発し、耐火レンガの損耗を減らした。

2.2 製鋼

2007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、銑鉄と溶銑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ている。また、電気炉の操業成績は昨年とほぼ同じ値を示しているが、合金鋼比率が前年に引き続き高く、転炉の真空処理比率とともに製品の高級化志向が定着しているようである。

圧延用鋼塊に占める連铸鋼片の比率を図5に示す。普通鋼は5年連続で99.8%、特殊鋼は95.7%と増加傾向にある。

製鋼関連の設備では、製品品質の高度化、高需要に対応す

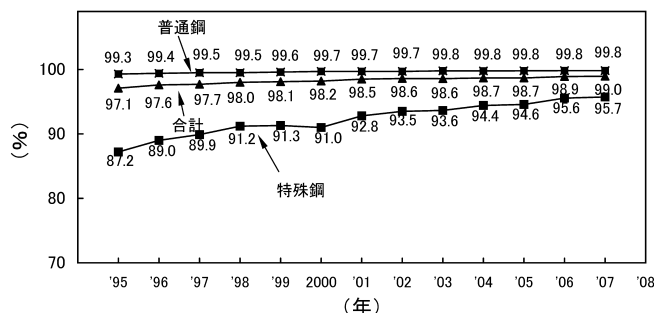


図5 圧延用鋼塊に占める連铸鋼片の比率
出所：経済産業省 経済産業政策局 調査統計部 鉄工業動態統計室
「鉄鋼・非金属・金属製品統計月報」

表3 転炉作業成績

項目	年	2004年 平均	2005年 平均	2006年 平均	2007年 1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	2007年 平均
製鋼時間当りの生産高指数*		100	101	101	100	100	101	103	101
1回当りの製鋼時間指数*		102	101	103	104	104	103	101	102
銑鉄配合率(%)		89.1	88.6	88.4	87.8	87.7	87.6	86.9	87.5
溶銑配合率(%)		87.7	87.1	86.3	85.1	85.3	85.4	84.5	85.1
酸素原単位(Nm ³ /t)		57.2	57.8	59.9	61.4	61.1	61.0	60.4	61.0
連铸比率(%)		98.8	98.7	98.8	98.6	98.7	98.7	98.7	98.7
真空処理比率(%)		72.7	75.4	74.7	75.6	74.2	74.6	74.6	74.8

*2001～2003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	2004年 平均	2005年 平均	2006年 平均	2007年 1～6月	7～12月	2007年 平均
製鋼時間当りの生産高指数*		105	104	109	111	108	108
良塊t当りの電気消費量(kWh/t)		423.9	425.8	419.7	418.5	423.7	421.1
良塊t当りの酸素消費量(Nm ³ /t)		19.9	20.0	20.7	21.1	22.2	21.7
良塊歩留り(%)		91.5	91.3	91.4	91.1	90.6	90.9
良塊連铸比率(%)		88.4	87.6	89.3	89.3	88.6	88.9
合金鋼比率(%)		38.1	40.0	40.2	40.3	40.2	40.3

*2001～2003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

るための努力が続いている。2007年稼働を開始した主な設備は以下である。

新日本製鐵名古屋製鐵所ではNo.3RHとして能力月産12万5,000トンのCAS併設型RHを新設し、真空排気能力を増強して144ppm/9分の高速脱炭を達成した。

新日本製鐵八幡製鐵所ではNo.2REDAとして下部槽開放型真空脱ガス設備を新設した。

住友金属工業鹿島製鐵所は品質向上と生産性向上を目的に、第1連続铸造設備を従来の湾曲型から垂直曲げ型へ改造し、あわせて機長延長を実施した。

神戸製鋼所鈴鹿鋼工場は、高品位ワークロールの安定生産を目的としてESR装置を新規リプレースした。

(株)中山製鋼所は、スラブ連続機の増厚・拡張工事を実施した。

製鋼関連の主要な技術開発は以下である。

愛知製鋼(株)は铸造後、取鍋内に残った溶融状態のスラグを電気炉に直接リサイクルし、トータルスラグ発生量を削減する還元スラグ熱間リサイクル法(ANRP法)を開発した。

山陽特殊製鋼(株)は、高纯净度鋼製造技術の応用によるノズル閉塞防止技術と窒化鋼製造に適したモールドパウダーを開発することにより、高アルミ窒化鋼の多連続铸造による量産技術を開発した。

住友金属工業は、Al含有鋼スラブの連続铸造用モールドフラックスを開発した。モールドフラックスの結晶化反応を制御して鋳型内潤滑を保ち、電磁鋼板用鋳片の品質および生産性を高めた。

住金鋼鉄和歌山は、和歌山第3スラブ連続機を多連鋳化した。これは、電磁ブレーキ適用によるスラブ表面欠陥の防止および浸漬ノズルの閉塞防止技術の開発により実現された。

2.3 厚板・鋼管・条鋼

厚板の設備関係では、東京製鐵(株)が九州工場に建設していた厚板ミルが、2007年1月に完成し、量産を開始した。

中部鋼鉄(株)は、2009年8～9月完成予定で、加熱炉、圧延機モーター、鋼板の矯正機、搬送ラインの更新・改良を開始した。

新日本製鐵は、2009年完成予定で、大分製鐵所厚板工場に粗圧延機と切断設備を増設し、年産能力を60万トン増強する計画を発表した。

商品開発の関係では、各社の熱処理設備を駆使したそれぞれ特色のある高強度鋼板、高耐食性鋼板の発表が多数あった。(新製品、トピックス参照)

条鋼の設備関係では、神戸製鋼所神戸製鐵所が棒鋼工場の矯正・検査ラインのリニューアルを実施した。今回のリニューアルは、直径40～108mmの太径製品を扱うライン

で、矯正機、表面疵検査装置(漏洩磁束探傷機)を新設、内部欠陥検査装置(超音波探傷機)を更新したことで矯正能力、検査精度が向上し、ラインスピードが従来の2倍に高速化された。

愛知製鋼では、4ラインある中小形棒鋼製品の精整ラインの内主力2ラインが第2棒線圧延工場南側に集約された。新ラインの最大の特徴は、圧延工程と検査の精整工程を直行化させることで、運搬ロスゼロ化、リードタイム半減、品質情報の即日フィードバックを実現したことであり、そのために、圧延された鋼材の束全体を短時間で均一に冷却できる水冷装置を世界で初めて棒鋼検査工程に設置したことにある。

また、愛知製鋼では、分塊圧延ラインで2基の加熱炉と1基の均熱炉を集約リプレースした新加熱炉が導入された。この加熱炉では、全燃焼帯にリジェネレイティブ式バーナーを採用した他、頻繁な温度昇降に順応でき、かつ、モールドパウダーによるアルカリ腐蝕を抑制し耐久性が確保できるよう、表層にコーティング処理を施したセラミックファイバーが炉天井の耐火物として採用されているのが特徴である。

線材関連の製造技術関連では、(株)不二越が東北大学と共同で特殊鋼の新しい製造方法を開発した。これは、炭化物分散浸炭理論、連続真空浸炭技術、極細線製造技術などを融合し、線径0.05～0.5mmの極細線に連続的な浸炭処理を施すことで、これまで困難であった高炭素ステンレス鋼や高合金ハイスなど難加工材の極細線化を可能とするものである。

鋼管関係では、山陽特殊製鋼が新コールドピルガー(冷間圧延機)を設置した。この設備の特徴は、材料の回転、送りを同調させることで大きなコントロールボックスが不要になりメンテナンス性が向上したこと、連続圧延が可能であることが特徴である。今回のコールドピルガー設置で2005年から行われた特殊鋼鋼管の一連の製造設備増強は完了し、生産能力が約10%増加した。

形鋼関連では、JFEスチールが内面突起付H形鋼を開発、実用化した。これは、ロールH形鋼の内面に突起を付け、コンクリートとの付着性を大幅に高めたものであり、突起形成溝を持つ圧延ロールを用いて仕上げ圧延時に一体成形している。内面に規則的な突起があるロールH形鋼は世界で初の製品である。

2.4 薄鋼板

熱延鋼板関係では、中山製鋼所の炉長を延長した新加熱炉が稼働し、生産性向上、コスト低減、品質向上が図られた。中山製鋼所の新設中のコイルボックスは2008年完成予定である。

日新製鋼(株)は、2009年完成予定で、呉製鐵所熱延工場の圧延機を更新し、コイラーを一基新設する計画を発表し

た。

JFE スチールは、2008年度下期に稼働させる予定で、東日本製鉄所京浜地区の熱延工場の粗圧延機を更新・増強し、サイジングプレスを導入する計画を発表した。

冷延鋼板関係では、JFE スチールは、東日本製鉄所京浜地区で月産能力10万トンの新連続酸洗設備を5月に稼働させた。住友金属工業も、新設の年産能力150万トンの酸洗設備を9月に稼働させた。

新日鉄マテリアルズ(株)は、金属箔工場(光)に箔圧延機および焼鈍炉を新設し、3ライン体制に増強した。

日新製鋼は、2008年に大阪製造所の圧延設備の改良を図るとともに、堺製造所に特殊鋼用の冷間圧延設備を導入し、大阪製造所との二拠点体制にする計画を発表した。

商品開発の関係では、新日鐵住金ステンレス(株)から表面意匠改善ステンレス鋼板が、住友金属工業から耐熱用オーステナイト系ステンレス鋼板が、発表された。(新製品参照)

表面処理鋼板関係では、2006年から新日本製鐵の君津製鐵所、名古屋製鐵所、広畑製鐵所、住友金属工業の鹿島製鐵所で、溶融亜鉛めっき製造ラインの新規稼働が続いていたが、2008年1月にJFE スチール西日本製鐵所福山地区の年産能力60万トンの第4溶融亜鉛めっき製造ラインが稼働を開始し、一段落した。JFE スチールは、西日本製鐵所(福山地区)に第5電気亜鉛めっきの新コーティング設備を9月に稼働させ、年産12万トンの生産能力の増加を図った。

商品開発の関係では、各社から特色のある新製品が発表された。(新製品参照)

2.5 計測・システム・分析

新日本製鐵では、ベテラン技能者の大量退職時代をにらみ、熟練技術の伝承を支援する目的で独自開発し、製鐵所に導入を進めている「IT(情報技術)を活用した操業支援システム」が2007年日経ものづくり大賞を受賞した。また、JFE スチールでも新統合システム(J-Smile)が「IT Japan Award 2007」準グランプリを受賞した。

鉄鋼材料のサブナノ領域解析の強化を通じて高級鋼開発を進めるため、JFE スチールでは、最新型サブオングストローム電子顕微鏡を導入した。同タイプの顕微鏡の導入は、世界の鉄鋼業で初めてである。新日本製鐵では、鋼材の新成分設計や組織設計に放射光XAFS、3次元アトムプローブ技術や高温域でのその場組織観察技術を活用している。また、超音速分子ジェット多光子共鳴イオン化質量分析を排ガスや大気中のリアルタイムモニタリングに、固体NMRを石炭の局所構造解析や高温域でのイメージングに応用している。

(株)コベルコ科研でも、超高分解能・多機能FE-SEMによる分析・評価技術を故障解析や材料開発に導入している。

JFE スチールでは、非接触で連続的に配管の腐食減肉状態を自動計測する装置「Scan-WALKER®」を開発し、製鐵所のエネルギー配管を主体とした検査・測定に活用し、大きな成果をあげている。

3 環境

環境・エネルギー技術開発において、2007年は重要な変化のあった年である。我が国の「Cool Earth 50」(世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに半減する)提案が5月になされ、G8ハイリゲンダムサミット(6月)では「エネルギー分野における持続可能な、炭素集約度のより低い、気候に優しい技術の開発、展開、利用促進を図る」ことが合意された。その後、日米ハイレベル協議(8月)、APEC首脳会議(9月)では「技術革新、共同開発、低排出技術の普及・移転の重要性」が宣言された。11月の日米首脳会議においては「経済成長を維持しつつ、温暖化防止とエネルギー安保を両立させるための革新的技術開発の推進」で意見の一致をみた。日本の年間二酸化炭素総排出量12億9,300万トン(2005年、国立環境研)のうち、およそ電力4億トン、鉄鋼1億トンと見積もられている。京都議定書(COP3)における基準年(1990)に対して、6%の排出削減実現が求められる約束期間(2008~2012年)に入るが、直近の日本の総排出量は約7%増であり、特に運輸、民生部門での増加が大きい。

世界の粗鋼生産量は2007年に13億トンを超過しており、基準年に比べ1.8倍に増加している。その増分6億1,010万トンの内訳としては、例えば日本990万トン(1.6%)、中国4億2,180万トン(69%)、インド3,820万トン(6.2%)である。日本の提唱した「Cool Earth 50」において鉄鋼業に関する技術課題としては、「革新的製鉄プロセス」(還元剤として、コークスの水素による一部代替と高炉ガスからの二酸化炭素回収)とCCS(Carbon dioxide Capture and Storage: 二酸化炭素回収・隔離)への取り組みを前提に削減が期待されている。「Cool Earth 50」の3原則として、①米中印を含む主要排出国の参加、②個別事情配慮、柔軟かつ多様性のある枠組み、③環境と経済の両立、を挙げている。具体的な安定化レベルは言及されていない現状だが、先進的な省エネ技術や脱炭素技術を開発普及させ、社会システムを変革していく必要がある。削減対策を採らない場合、2050年で世界の排出量は600億トン、現状技術の対応により削減可能なCO₂は180億トンと見積もられている。現状排出量の半減のために必要な削減量は470億トンで、部門毎に期待される削減は発電部門298億トン、鉄鋼部門33億トン、セメント部門3億トン、その他産業67億トン、運輸部門48億トン、民生部門21億トンである。(2050年に半減した排出量の内訳は、産業部門60

億トン、運輸部門65億トン、民生部門5億トンと想定している。)削減必要量470億トンの2%強(33億トン)を期待される鉄鋼部門としては、水素還元などの実用化が求められている。二酸化炭素安定化レベルを550ppm程度(産業革命前の2倍の濃度)としての試算である。(以上は(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)の試算資料に基づく数値)

2007年10月ベルリンで開催された第41回IISI年次総会において、総排出量見積りと経済原理のみに頼ることなく、セクター別の原単位目標を示して、技術開発を推進すべきであり、対応技術を積極的に途上国等へ移転する仕組みが必要であることが宣言された。この「グローバル スチールセクターアプローチ」は生産原単位に対する目標値を定めた削減への取り組みを業界挙げて推進しようとするものであり、イノベーションを前提とする技術開発、技術革新を積極的に進めようとするものである。セクターアプローチについては、CO₂の大量排出国であるものの京都議定書の義務がかかっていない米国、中国、インドも参画する「アジア太平洋パートナーシップ(APP)」においても取り上げられており、京都議定書以降の新たな世界全体でのCO₂排出削減を考えるモデルになるものと期待されている。

日本の鉄鋼業は、温室効果ガス排出については、自主行動目標として「1990年に対してエネルギー消費10%削減」を掲げ、生産プロセスの各段階におけるきめ細かい対応により、削減を図ってきた。この結果、2006年までに1990年対比で5.1%のCO₂削減を達成している。

また、地球温暖化対策では、温暖化ガスの排出権を得るCDM(Clean Development Mechanism)事業が行われている。新日本製鐵が、国連に申請していた中国向けコークス炉のCDQ設備が承認された。これにより約21万トン/年の二酸化炭素排出削減効果が見込まれている。JFEスチールは、フィリピンでの焼結プロセスでの廃熱を回収し発電する設備で承認を得た。この設備による二酸化炭素削減量は約6.2万トン/年になる。

他産業との連携では、新日本製鐵室蘭製鐵所と新日本石油精製(株)室蘭製油所が北海道経済産業局の助成を受け、水素の共同活用に向けた事業化調査を開始した。構想では製鉄所で燃料として使用しているコークス炉ガスから水素を分離し、製油所で石油精製に使用する。これにより製油所で製造している水素を節減でき、水素製造に必要な原燃料と副生二酸化炭素の削減が期待できる。このように温室効果ガス削減のため日本の鉄鋼業は幅広い活動を展開している。

環境問題に対応して、鉄鋼各社においても省エネルギーあるいは廃棄物や二酸化炭素排出削減につながる技術の開発、設備導入が多数行われた。主な新技術、新設備には以下のものが挙げられる。

廃棄物の削減、有効利用という面では、愛知製鋼がステンレス鋼の製造過程で発生する副生物、および様々な産業から発生する含ニッケル副生物から、ニッケルを回収する再資源化施設を新設した。

住友金属工業はダストから鉄、亜鉛などの有価金属を、2次廃棄物の発生なしに回収する再資源化用ロータリーキルン(RC資源循環炉)の2基目の建設を決定した。

省エネルギー、二酸化炭素排出削減では、JFEスチールが、容器包装プラスチックの微粉化技術を開発し、工業的利用を可能にするAPR(Advanced Plastic Recycling)プラントを東日本製鉄所に建設した。微粉プラスチックは高炉で還元材として使用する際、従来使用していたプラスチック粒に比べ反応性が高いため、省エネルギー及び二酸化炭素削減が可能になる。JFEスチール西日本製鉄所では、焼結工程の生産性向上と粉コークス使用量の削減が同時に達成でき、製鉄工程での二酸化炭素排出削減が可能な新造粒技術を開発し、倉敷地区と福山地区の焼結工場に導入した。

上記の他にも、鉄鋼メーカー各社でスラグを利用した製品や有害物質を含まない製品の開発などが引き続き行われた。また、公的助成を利用した関連技術の研究開発が各企業、ならびに連携した大学で鋭意取り組まれている。これらについては後述する。

4 技術貿易・技術開発

4.1 技術貿易

2007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(79社)を対象に調査した結果を表5に示す。技術輸出は2006年の41件に対して17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41%を占め、次いで北アメリカの35%が続く。技術分野では加工・熱処理分野が全体の65%を占め、製鋼分野が37%で次に多い。

図6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よりも28%減少し、技術輸入対価支払い額は若干減少した。

4.2 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7～図9に示す。

売上対研究費支出は全産業が2002年以降ほぼ横這いであるのに対し、鉄鋼業は減少傾向にある。これは、鉄鋼業の研究費支出は2002年の1,297億円以降徐々に増加し、2006年度は1,444億円と2002年対比で約11%増加したのに対し、

売上高は2002年の8兆6,603億円から2006年には約65%増の14兆2,620億円と売上高の伸びがはるかに大きいためである。

鉄鋼業における従業員1万人あたりの研究本務者数は、2006年の300人から2007年は312人と増加した。従業員数は141,905人から139,332人とやや減少したのに対し、研究本務者の数は4,259人から4,345人と増加している。

研究本務者1人あたりの研究費は、鉄鋼業が低減傾向で全産業に近づきつつあったが、2004年を境に上昇に転じ、2006年は2005年に続いて増加した。

表5 技術輸出・技術輸入状況
(期間：2007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				1		1
	1. 原料処理							
	2. 高炉							
	B. 製鋼				1			1
	1. 溶鉄予備処理							
	2. 転炉							
	3. 電炉							
	4. 連続・造塊		1			1		2
	C. 加工・処理							
	1. 条鋼・線材							
	2. 鋼管							
	3. 厚板							
	4. 薄板	4	2		1			7
	5. 表面処理	2	2					4
	6. 熱処理							
	7. 成形加工							
	8. 溶接棒・加工部品							
	D. 操業全般(研究を含む)		1					1
	E. 製鉄所全般							
	1. フェージング・リサイクル							
	2. 総合的操業指導							
	3. その他							
	計	7 (21)	6 (9)	(2)	2 (2)	2 (1)	(6)	17 (41)
技術輸入								
	計							0 (0)

調査範囲：日本鉄鋼協会維持会員企業 79社
()内は2006年1月1日～12月31日実績を示す。

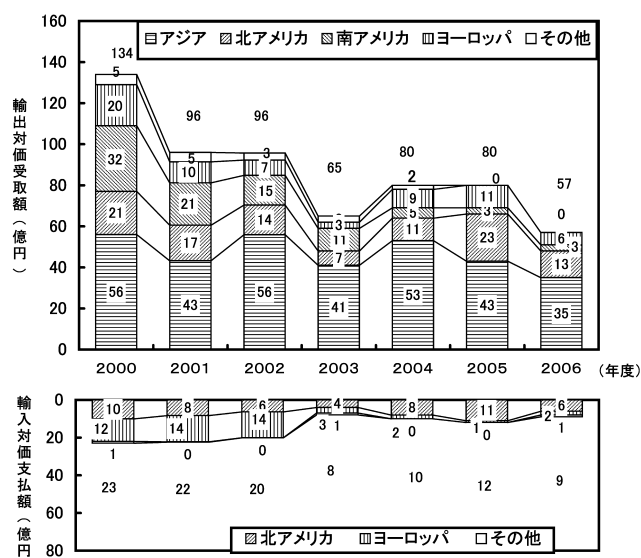


図6 鉄鋼業の技術貿易収支
出所：総務省統計局統計センター「科学技術研究調査報告」

4.3 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ては、2007年度終了案件は、①「事前炭化式ガス化溶融炉プロセスの開発」、②「鋳片表層改質による循環元素無害化技術の開発」、③「難加工性特殊鋼等に対する次世代圧延技術の開発」、④「回転炉床炉による有用金属回収技術の開発」、⑤「スラグ利用に係る研究開発」である。

2008年度新規予算としては、「環境調和型製鉄プロセス技

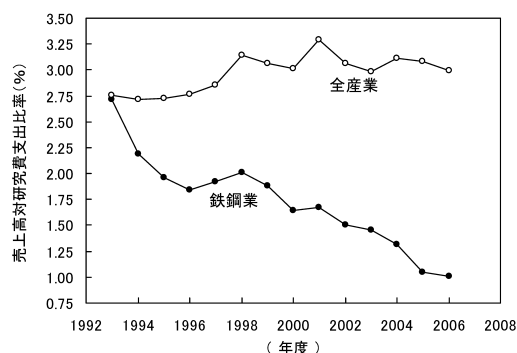


図7 売上高対研究費支出率の経年変化
出所：総務省統計局統計センター
「平成19年度科学技術研究調査報告書」

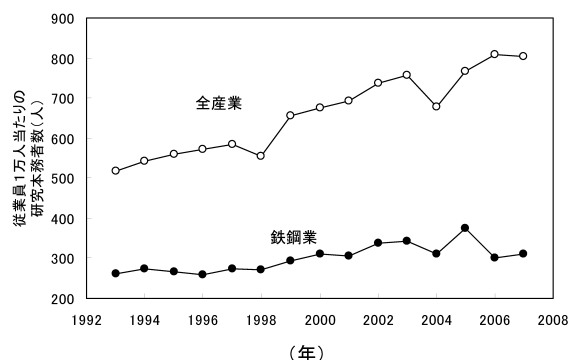


図8 従業員1万人当たりの研究本務者数の経年変化(人)
出所：総務省統計局統計センター
「平成19年度科学技術研究調査報告書」

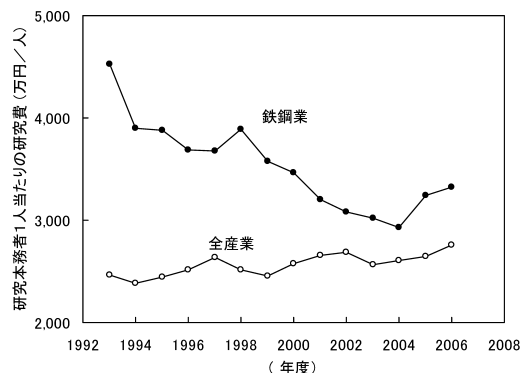


図9 研究本務者1人当たりの研究費の経年変化(万円/人)
出所：総務省統計局統計センター
「平成19年度科学技術研究調査報告書」

術開発 (COURSE 50)」(2008～2012年度) が2008年度5.6億円(二酸化炭素発生量を大幅に削減する水素を活用して鉄鉱石(酸化鉄)を還元させるプロセス技術、製鉄所内の未利用低温廃熱を利用し二酸化炭素分離回収を行う技術など環境に調和した製鉄プロセスの開発を行う)である。また、継続案件は、①「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」(2007～2011年度)が2008年度10億円(鉄鋼材料を超高機能化する革新的溶接技術等基盤的研究開発を行う)、②「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」(2006～2008年度)が2008年度1.5億円(震度7に耐えられる新構造システム建築物を可能とする高強度部材の開発を行う)である。

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

5 技術人材

鉄鋼技術を支える要因として、技術が高度化するだけ、人的要因が重要視されている。

巷間話題となった「2007年問題」について、団塊の世代の退職に伴う製造現場における技術伝承については、各社各様の対応を図っているところである。技能大会、マニュアル整備、技能のデータベース化、マンツーマン対応など工夫を凝らした取り組みを進めている。こうした関心の高さは本会で開催した第59回白石記念講座「企業における技術・技能伝承」(2007年7月5日)への参加者数にも現われていた。当日は、技術伝承の実際について異業種からの紹介や鉄鋼業における現場技術のシステムチックな継承への取り組みについて

の紹介があった。

また、経済産業省と文部科学省の協力のもと2007年9月から進められている「産学連携人材育成パートナーシップ」事業のうち材料分野については、本会が事務局として、大学、企業の関係者がメンバーとなり検討を進めている。

また、人材育成に関連して、本会では鉄鋼工学セミナー等の企業人教育に加えて、学生鉄鋼セミナーを事業強化活動の一環として開始した。2007年は、製鉄、製鋼、材料の各コースで大学院修士1年生を中心に46名が参加、各自の研究発表、討論、製鉄所・研究所の見学等を2泊3日コースで行い好評であった。

労働者の安全衛生の確保も重要な課題である。高炉大手の製鉄部門の安全成績が総合度数率(協力会社を含む100万労働時間当たりの休業災害件数)は改善されたものの0.35であり、目標0.1には未達で、製造技術伝承に留まらず“現場経験”を安全面から見直していく必要も指摘されている。

6 日本鉄鋼協会における技術創出活動

6.1 新たな活動

分野横断部会として本会学会部門に設置している環境・エネルギー工学部会は第1期(3年間)の活動を終えて、2007年度から第2期の活動に移行し、他学術部会・技術部会(熱経済技術部会等)と連携しながら鉄鋼業の環境・エネルギー分野の進歩・発展に貢献している。

また、2006年度より「産発プロジェクト展開鉄鋼研究」として表7に示す3研究テーマも新たな活動を開始しており、大型研究テーマへの展開が期待されている。

論文誌(和文誌(鉄と鋼)、欧文誌(ISIJ International))

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	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
	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
	熱材ビ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	2007
	コークス乾式消化設備(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
要素技術	鉄鋼材料の革新的高強度化・高機能化基盤研究開発プロジェクト	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2007	2011
	水素安全利用等基盤技術	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2003	2007
	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			
	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

の活性化を図るために、①欧文誌の電子ジャーナル購読の新設、②「ふえらむ」(会報誌)と「鉄と鋼」の合本化、③電子投稿・審査システムの導入検討(試行)なども実施した。講演大会講演論文集「材料とプロセス」のCD-ROM化も2008年3月開催の第155回春季講演大会から開始した。

さらに、2006、2007年度は材料戦略委員会(官、内閣府、独法、学、産、学協会、等)の事務局を本会が担当し、第3期科学技術基本計画に沿った材料戦略テーマの発掘等に取り組んだ。

6.2 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おり、その活動の種類および内容を表8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っている。2007年度の部会大会は、本誌12巻9号621頁(上期大会開催一覧)、本号340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た。2006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2,826名(2006年度2,837名)、部会大会への大学研究者の延べ参加人数は63名(2006年度59名)と、前年度とほぼ同水準であった。

特定技術課題を共同で重点的に検討する技術検討会も、2007年度には22技術検討会(2007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。

2007年度は、特に部会活性化を狙って様々な企画が実行に移された。主なものは以下のとおり。

- ・電気炉部会：部会OB7名による特別講演「電気炉部会を振り返って(若手に期待すること)」を実施。興味深い思いつきや励みがあり、参加者は刺激を受けた。
- ・特殊鋼部会：部会大会に付随して、東邦ガス(株)知多緑浜工場を見学、東邦ガスの方による特別講演を実施。異業種の工場見学、講演により視野を広めた。

表7 「産発プロジェクト展開鉄鋼研究」の研究テーマ

研究テーマ	研究チーム 主査	研究期間	研 究 目 的
中性子利用鉄鋼評価技術の基礎検討に係る研究	友田 陽 (茨城大)	H18～20年度 (3年間)	大強度陽子加速器(J-PARC)による世界最高性能の大強度中性子ビームの利用がまもなく可能になる。そこで、中性子を用いた鉄鋼の微細組織解析評価、欠陥検査、強度・破壊評価等に関する他の手法ではできない技術を探求し、世界に先駆けて産業利用を開始する。
マルチスケールのアプローチによる鉄鋼材料の変形限界支配因子の解明	高木節雄 (九大)	H19～21年度 (3年間)	鉄鋼材料の強度・延性を決定する変形限界に焦点を当て、その支配因子について、マクロからナノに至るマルチスケールな組織解析手法を用いて基礎的に解明し、高性能かつ安全性の高い材料創製の指針を与える。
鉄鋼材料の大気腐食寿命を数値シミュレーションするための基盤技術構築に係る研究	武藤 泉 (東北大)	H19～21年度 (3年間)	1. 大気腐食反応が進行する時刻を特定し、反応のトリガーとなる気象因子と実反応時間を明確化することで大気腐食の数値シミュレーションの基盤を構築する。 2. 防食機構の異なる3鋼種(Znめっき鋼板、ステンレス鋼、耐食性鋼)に対し、各種大気環境での腐食挙動を再現できる装置「腐食環境シミュレータ」を開発する。

表8 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。2008年2月末現在24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V期)

- ・耐火物部会：耐火物の環境調査に関する欧州視察調査を実施。耐火物リサイクル問題の大きさが再認識された。
- ・表面処理鋼板部会：溶融亜鉛めっき鋼板若手製造技術者向け講演会として、東工大教授および三井金属鉱業（株）の方からの講演および懇親会を実施。比較的小規模かつ同世代のみを対象とし、同世代の人脈作りという点でも好評だった。
- ・熱経済技術部会：第110回部会大会記念行事として、特別講演「部会の歴史と今後の活動への展望」（元部会長と東大教授の講演、パネル討論会）を実施。今後の部会活動への提言を示されるとともに、熱心な討論会は参加者に刺激を与えた。
- ・設備技術部会：準学術部会的な活動を立ち上げた。産学連携活動を強化して鉄鋼設備技術のさらなるレベルアップを図り、大学における鉄鋼設備技術に関連した研究活動を活発化し、業界の活性化を図ることを目標として、技術検討会等に継続的に大学の先生方に参加いただくことから活動をスタートした。
- ・分析技術部会：若手分析技術者と学術部会分析技術研究者との交流会（複数の大学教授、企業からの講演）を実施。企業側発表に対して大学研究者からは高い関心が示された。自由討論では企業側からも多くの発言があり、相互の情報交換の場となった。

6.3 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は期間を3年以内として活動している。

「自動車用材料」検討部会は、第Ⅴ期の活動が2007年度から開始した。自動車材料およびその利用技術に関する内外の最新動向と課題の把握に努めた。

6.4 研究会

2007年度は24研究会が活動し、その内の7研究会が2008年3月に終了した。終了研究会の概要を表9に示す。

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））も始まり、2007年度の6研究会に続き、2008年度から新たに6研究会（表10）が活動を開始することになった。これらの研究会の課題は「グリーンエネルギー製鉄」、「溶銑脱磷プロセスシミュレーション」、「非金属介在物の固相内組成組織制御」、「鋼管二次加工評価試験方法の標準化」、「高温材料の物理冶金」、「リスクアセスメント手法による設備管理」であり、鉄鋼製造プロセス、鉄鋼材料、評価試験、設備のリスクアセスメントなど、対象とする分野が多岐にわたっており、それらの研究成果が期待される。

謝辞

本稿の起草にあたって各段のご協力をいただいた、経済産業省製造産業局鉄鋼課製鉄企画室、（社）日本鉄鋼連盟および本会関係者の労に対し、深く感謝の意を表します。

表9 2007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
γ粒微細化に向けた凝固組織制御	H16.4 ～ H20.3	高温プロセス部会	江阪久雄 (防衛大)	鉄鋼の凝固核生成およびγ粒成長を実験的・理論的に扱い、材料組織の制御のための指針を明確にする。凝固組織形成モデルを構築することにより普遍化を図り、「凝固に始まる材料組織制御」技術を確立する。
循環型社会構築のための鉄スクラップ資源利用における環境負荷最小化モデルの構築	H16.4 ～ H20.3	社会鉄鋼工学部会	松野泰也 (東大)	我が国の将来における鋼材の需要量と鉄スクラップ供給量およびその質を考慮した鉄スクラップ利用モデルを構築し、鋼材の生産により誘発される環境負荷総量の経年変化を解析し、鉄スクラップ利用の最適化を検討する。
水熱合成による製鉄プロセス副生物の利材化	H16.4 ～ H20.3	社会鉄鋼工学部会	田中敏宏 (阪大)	鉄鋼プロセスの副生物(スラグ等)を製鉄プラントからの未利用排熱と水熱反応を利用して建材等として利材化するための研究を行う。
鉄鋼業における業務革新・創成のためのナレッジマネジメント	H16.4 ～ H20.3	計測・制御・システム工学部会	藤本英雄 (名工大)	業務革新・創成のため、技術・知識の①抽出、②蓄積、③活用、④創発、⑤共有化およびレベルアップの仕組み作りを研究する。
調質圧延のミクロ変形解析	H16.4 ～ H20.3	創形創質工学部会	鎌田征雄 (千葉工大)	不均一な弾塑性変形にある調質圧延の応力・ひずみ挙動や粗さの形成機構、クロスバックル等の発生機構を実験とFEMなどミクロ解析により明らかにし、実機適用を図り、薄鋼板の品質向上と新製品の開発に寄与する。
体心立方系チタン合金の新しい展開	H16.4 ～ H20.3	材料の組織と特性部会	萩原益夫 (九工大)	体心立方系チタン合金を対象に、組成制御および組織制御による特性の高度化、特性発現機構の解明、加工性能の評価に関する研究を行い、特に輸送機器、生体・福祉機器部材用途の合金開発に資する基盤データを取得する。
鋼の諸特性に対する窒素の有効性	H16.4 ～ H20.3	材料の組織と特性部会	片田康行 (物材機構)	鉄鋼材料の合金元素としての窒素に注目し、各種添加法による高窒素鋼の製造と諸特性を調査して、高窒素鋼の実用可能性を探る。同時に鋼と窒素との相互作用に注目した新たな材料科学の展開に資することを目的とする。

表10 2008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
非金属介在物の固相内組成組織制御	A型	高温プロセス部会	北村信也 (東北大)	非金属介在物の凝固後の加熱・圧延・冷却による、組成・形状変化、析出・消失等に関して、熱力学データの蓄積、固相内挙動の実態解析、微細介在物評価方法の開発を行い、高温固体内での基礎的データを採取する。
鋼管二次加工性評価試験方法の標準化	A型	創形創質工学部会	三原 豊 (香川大)	鋼管の加工性評価法の標準化を狙い簡易評価設備と測定方法を確立する。また、破断、座屈などの加工限界を評価するための破断限界式などから、適切な評価パラメータを提案する。標準化に耐えるデータの収集を行う。
高温材料のフィジカル・メタラジー	A型	材料の組織と特性部会	土井 稔 (名工大)	耐熱鋼および耐熱合金の材料特性を左右する組織の形成・制御と強度特性の基礎を理解し、耐熱材料の高性能化の基本となる新しい考え方を探ってゆくとともに、次代を担う若手を中心として当該分野の意識向上を図る。
マルチフェーズ利用による溶銑脱燐プロセスシミュレーション	B型	製鋼部会	伊藤公久 (早大)	固液共存相を利用した新規溶銑反応プロセスに対する反応モデルの構築と同モデルのプログラムの製作ならびに同モデルに基づくスラグ発生量最少化・高効率溶銑脱燐プロセス最適化への指針提案。
リスクアセスメント手法による設備管理方法	B型	設備技術部会	酒井信介 (東大)	鉄鋼設備に適したリスクアセスメント手法を用いた設備管理法を確立する。鉄鋼設備におけるRBM展開のロードマップを構築するとともに、実設備への適用を通して、鉄鋼設備と保全の現場に適したRBM手法の研究とその評価、提案を行う。
グリーンエネルギー製鉄	C型	環境・エネルギー工学部会	柏谷悦章 (北大)	2050年にCO ₂ 、50%削減を念頭に、種々の水素製造プロセスの検討とグリーン水素の需給予測および高炉への水素の多量吹込みにおける限界と問題点、転炉吹込み酸素のグリーンエネルギー化による効果の調査。

(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)

☆ 新製品 ☆

本会維持会員企業が2007年1月1日から12月31日までに発表した新製品を表11に示す。

表11 新製品 (2007年1月1日～2007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	NSGP-1	原油タンカーの貨物タンク底の腐食を防止する鋼板。試験採用後の検査で効果を確認。	2007.6
	JFEスチール	造船用YP460級高強度鋼板	高強度化と溶接性を両立した、コンテナ船の軽量化と建造コストの削減に寄与する厚鋼板。	2007.6
		建機向け降伏強度1100MPa級鋼板 (JFE-HYD1100LE)	オンライン熱処理プロセスを適用した耐遅れ破壊特性に優れる超高強度高靱性鋼板。	2007.12
		タンカー原油タンク用耐食鋼(JFE-SIP-OT)	タンカー原油タンクの底板での孔食および上甲板裏面での全面腐食を抑制する鋼材。	2007.12
		連続鋳造スラブ製高品質極厚鋼板	鋼板内質特性に極めて優れた連続鋳造スラブ製高品質極厚鋼板。	2007.12
	神戸製鋼所	超大型コンテナ船用大入熱溶接型厚肉YP460鋼板	結晶粒超微細分割やTMCP技術を駆使し、Niフリーで高強度高靱性と高い溶接性を達成。	2007.6
		建築構造用高性能鋼管KSAT630	高い溶接性と品質安定性を有したプレスバンドの80kg円形鋼管の大臣認定を取得した。	2007.11
薄板	新日本製鐵	自動車用燃料タンク用鋼板エココート-S	鉛を使用せず、鋼板上に錫と亜鉛を被覆した製品で、耐食性能に優れる。	2007.5
表面処理	JFEスチール	カブテンコート AQUA	耐候性鋼の水系さび安定化補助処理剤。	2007.12
		クロメートフリー鋼板「エコフロンティアJM」	無機タイプの皮膜を有する高耐食クロメートフリー鋼板。	2007.3
	JFE鋼板	JFE防虫鋼板 (サニータ)	ピレスロイド系防虫剤含有皮膜で10年程度ゴキブリを寄せつけない表面処理鋼板。	2007.9
	日新製鋼	北海道向月星GLカラー“プレスボHT”シリーズ	北海道地域特有の蟻掛け工法を行う屋根材に対し加工割れを起こし難い高張力塗装鋼板。	2007.7
		耐候用アルスターXV (エックスブイ)	55%Al・Znめっき鋼板の1.5～3倍の高耐食性に加え特殊皮膜を施した耐塩害用外装鋼板。	2007.10
	東洋鋼鈑	ミラーコートK	世界初となる金属板への銀鏡めっき処理技術により全反射率95%以上を確保した製品。	2007.11

表11 つづき

鋼管		新日本製鐵	高強度・深海用途UO鋼管	地中海を横断するラインパイプであり、水深2200mの高圧潰特性と低温靱性を満足する。	2007.2
特殊鋼・条鋼・線材		JFEスチール	内面突起付H型钢	熱間圧延でフランジの内面に突起を設けコンクリートとの付着性を高めた新型H型钢。	2007.7
		住友金属工業	非調質高強度軟窒化クランク用鋼	疲労強度と曲げ矯正性に優れた非調質高強度軟窒化クランク用鋼を開発し、実用化した。	2007.5
			低炭素鉛フリー快削鋼（スミグリーンCS）	優れた切削性を有する低炭素鉛フリー快削鋼を開発し、OA機器部門用途で実用化した。	2007.11
		神戸製鋼所	強度を兼ね備えた軟磁性材料KTCF15A	機械構造用炭素鋼と同等の強度を維持し、優れた軟磁性特性を有する材料を開発した。	2007.4
			高周波焼入用冷間鍛造用鋼KCH50ATBM	1800CCクラスの乗用車用ステアリングピニオンギアを製造可能な鋼材を開発した。	2007.4
			耐高面圧歯車用鋼KSCM418H	自動車用変速機などに使用される動力伝達歯車の耐はくり損傷と耐磨耗性を大幅に改善する。	2007.10
ステンレス鋼		住友金属工業	耐熱用オーステナイト系ステンレス鋼板 NAR-AH-7	1000℃レベルまでの高温かつ高湿分環境において高強度であり耐酸化性に優れる。	2007.4
		愛知製鋼	クロム系ステンレス鉄筋SUS410	コンクリート構造物の長寿命化ニーズに応えるクロム系ステンレス鉄筋バー。	2007.3
			クロム系ステンレス形鋼SUS410L	土木鋼構造物の長寿命化に応える13%クロム系ステンレス形鋼。	2007.7
		新日鐵住金ステンレス	NSSC180SF	NSSC180表面の防眩性を高めて304近い白っぽさを有する表面意匠仕上商品。	2007.10
粉末・粉末製品		JFEスチール	JIP FM600、FM1000	高強度かつ被削性に優れた焼結部品を実現するNiレスの合金鋼粉。	2007.7
		神戸製鋼所	エコメル	珪素を高い効率で吸着する鉄粉を開発した。既存の珪素吸着剤に比べ5～10倍の吸着力。	2007.5
その他鉄鋼製品	建材	住友金属工業	拡頭リング	定着筋一体型钢部材で、構造物と支持抗との接合部の高耐力と工期短縮を実現。	2007.7
	チタン製品	JFEスチール	ゴルフクラブフェース用高剛性チタン合金 SP-700HM	ゴルフクラブの反発規制に対応するため、集合組織制御により剛性を高めたチタン合金。	2007.6
		住友金属工業	新チタン合金「SSAT-35」	冷間・熱間加工性に富み、1000MPaレベルの引張強度を持つチタン合金を開発。	2007.10
	スラグ製品	新日本製鐵	フロンティアストーン フロンティアロック	製鋼スラグと高炉スラグ微粉末と水を混練し硬化後に粉碎・調粒して製造した人工石材。	2007.11
			ビバリーシリーズ（ビバリーユニット、ビバリーボックス）	貧栄養で礫焼けした海域に鉄分やミネラル分を供給し、海藻類を増殖する藻場造成材料。	2007.12

☆ 生産技術のトピックス ☆

2007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します。

1. 高炉

加古川製鉄所第2高炉（3次）改修

（株）神戸製鋼所

神戸製鋼所は、2005年6月から着手していた加古川製鉄所第2高炉の3次改修工事を完了し、2007年5月24日に火入れを行った。これに先立ち、1988年1月から約19年稼働を

続けていた第1高炉は5月20日に休止した。

銑鉄生産の上方弾力性を確保するため、第2高炉は3次改修において炉内容積を3,850 m³から5,400 m³に拡大した。さらに炉体形状の最適化により炉内通気性を改善し、安定操業を実現すると共に、世界トップレベルの高PC（微炭炭）比操業技術を更に発展させ、低コークス比操業および低廉原料の一層の使用拡大によるコストダウンを図っている。

炉内容積の拡大に伴い、高炉本体および鑄床建屋は解体・更新し、PCI設備は能力増強した。装入装置は、加古川製鉄所で実績のある2ベル＋ムーバブルアーマー＋コークス中心装入方式を採用した。

また、これまでに蓄積した操業ノウハウと、炉底への高熱

伝導性カーボンレンガの採用および銅ステープや炉口ステープの採用などにより、炉寿命は25年を目指している。

火入れ後12日目に出銹量10,000t-p/dを達成し、それ以降も順調に生産を継続している。



図 加古川2高炉外観

大型高炉用の薄壁、耐火物一体型ステープの開発

新日本製鐵(株)

新日本製鐵は従来よりも損耗が小さい、薄壁かつ耐火物一体型ステープを開発・実機化し、2007年4月に2007年度文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した。これは、模型実験と数値シミュレーション解析により世界に先駆けて解明した、操業開始後2～3年以降に発生する操業不安定の原因が、耐熱煉瓦の損耗による高炉内壁の形状変化であるとの知見に基づき、実機化したものである。長期間にわたる調査により2007年度に所期の効果(操業不安定による還元材比上昇と出銹比低下の抑制)を最終的に確認した。

1日1万t超の鉄鉄を生成する大型化学反応炉である高炉内部は、2,000℃もの高温になるため、内壁面には耐火煉瓦と冷

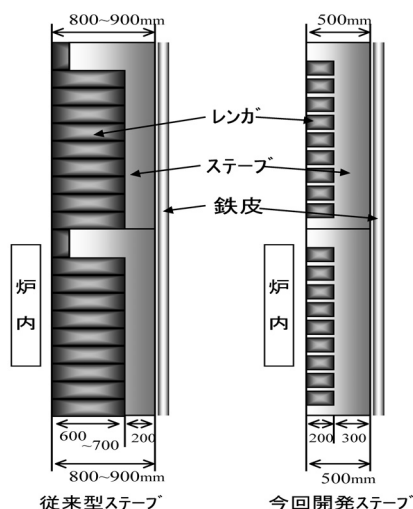


図 従来型ステープと今回開発のステープ

却装置(ステープ)を備えて炉体を保護している。従来の耐熱構造では、操業を開始してから2～3年で操業が不安定になったり、7～8年で煉瓦やステープを張替える大規模な改修工事が必要となるため、高炉の安定操業と長寿命化に資する耐熱構造の開発が求められていた。

本開発構造の適用により、高炉の安定操業と炉寿命の延長(7～8年→15年)が実現した。これまでに国内外11社累計21基の高炉に採用され、コスト改善や二酸化炭素削減に大きく寄与している。

2. 高炉

高級厚鋼板用スラブの新連続鋳造技術の開発

住友金属工業(株)

住友金属工業は高級厚鋼板向けスラブの連続鋳造法として、ポロシティ低減法(PCCS法)と表層組織制御冷却による横ひび割れ防止法(SSC鋳造法)の開発を行い、鹿島製鉄所第2連続鋳造機において実用化した(図)。

大型産業機械用鋼板や海洋構造物などに使用される100mmを超えるような高級極厚鋼板の製造では、鑄片中心のポロシティが問題で連続鋳造法の適用は限界があり、従来は大型のインゴットを分塊、圧延する方法が採られていた。PCCS法では鑄片を凝固末期にロールで強圧下することでポロシティを問題のないレベルとし、通常の製造ラインによる極厚鋼板の製造を可能にした。

また、大入熱対策鋼や高張力鋼のような高級厚鋼板の鋳造では表層の横ひび割れが、量産の面で大きな弊害となっていた。割れは900℃付近における脆化現象に起因することが明らかで、SSC鋳造法で冷却時のナノサイズ微細粒子の析出を利用して表層の組織制御を行うことにより、この脆化現象を抜本的に解消、ひび割れを防止する事を可能とした。その結果、検査・表面手入れに伴うリードタイムを省略し生産効率を高めることができた。尚、SSC鋳造法は2007年8月10日に経済産業省より、「第2回ものづくり日本大賞内閣総理大臣賞」を受賞した。

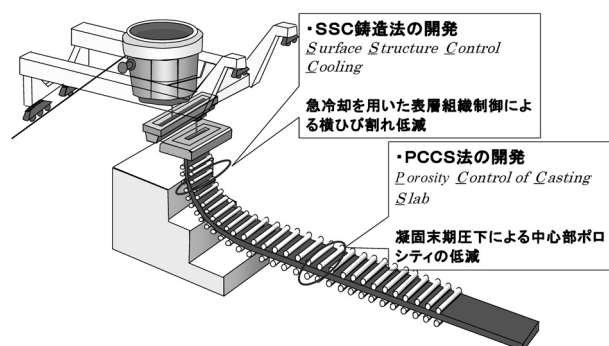


図 鹿島製鉄所第2連続鋳造機における新技術の適用

3. 厚板

原油タンカー用高耐食・耐孔食厚鋼板を世界で初めて開発・実用化

新日本製鐵(株)

新日本製鐵と日本郵船(株)は、原油タンカー貨油タンク(COT)底面用の高耐食・耐孔食厚鋼板(商品名; NSGP[®]-1)を共同で開発した。

COT底板部の腐食は最大約4 mm/年の速度で成長する孔食現象で、本来COT内部を防食する固化した原油膜が洗浄によって部分的に薄くなり、原油に含まれる高濃度岩塩溶解水が底板に滞留して発生する。新日鐵はその腐食環境の再現に成功し、添加する合金元素の種類と量の最適組み合わせを発見、2004年に本開発鋼を大型タンカー「TAKAMINE」(図1)の6つのCOTの底板に無塗装で試験適用した。従来は補修を要する4~10 mm超の深さのピットが相当数発生していたのに対し、2.5年後の定期点検で要補修ピットは皆無という本耐食鋼の顕著な効果を確認するとともに(図2)、全船齢にわたって補修が不要になるという、大きなメリットの可能性も見いだされた。

この結果を受け日本郵船は、本耐食鋼をオイルタンカーのCOTに適用することで、①船舶の安全性・信頼性向上によって地球環境の飛躍的な保護効果が増大でき、②耐食塗装が不要になることで塗料や有機溶剤によるVOC問題の解決に寄与できるとともに、③今後塗装の補修や切り替え等の大



図1 NSGP[®]-1を適用したタンカーTAKAMINE

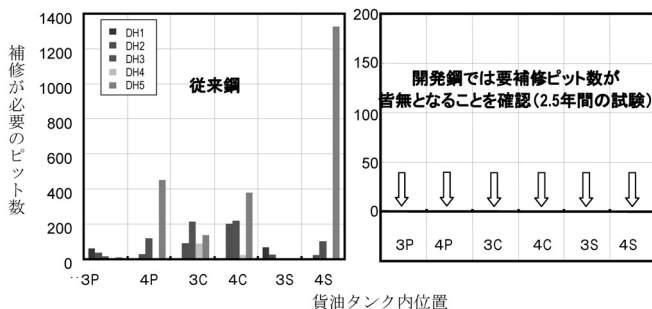


図2 NSGP[®]-1の実船への適用効果評価結果

規模メンテナンスが一切不要となる可能性、といった従来にないメリットを総合的に判断し、発注済みの5隻を含め、今後建造する全てのVLCCにNSGP[®]-1を順次適用することに決定した。

造船用YP460級高強度鋼板

JFEスチール(株)

近年、海上輸送量の増大により、輸送効率化のためコンテナ船の大型化が進み、建造に使用される鋼板が厚肉化している。厚肉化は船舶の重量軽減や建造効率向上の障害となっている。

JFEスチールは(株)アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッドと共同で、降伏強度460 MPa級の高強度鋼板を開発した。(財)日本海事協会より船体用鋼材としての製造法承認を取得し、YP460級鋼としてはこれまでで最大となる板厚60 mm材の実船適用を進めている。開発鋼は従来の最高強度である降伏強度390 MPa級の鋼板と比較して、降伏強度が大幅に向上するため、板厚の低減が可能である。超大型コンテナ船を軽量化し輸送エネルギーの低減と建造コストの削減にも寄与して、環境負荷も小さくなる。

一般的に、鋼板は、厚肉・高強度になるとともに韌性および溶接性は低下する。この課題を当社独自の溶接部特性向上技術JFE EWEL[®]および理論限界相当の冷却能を有する高性能冷却装置Super-OLAC[®]を最大限に活用して解決した。開発鋼は降伏強度は大きく向上すると同時に、韌性ならびに溶接性も従来鋼板と同等以上となる優れた性能を有しており、高能率溶接である大入熱溶接も適用可能である。また、極厚鋼板の脆性き裂伝播の問題に関しても接合部の構造改善および鋼材の性能向上により十分な安全性が確保できることが確認されている。

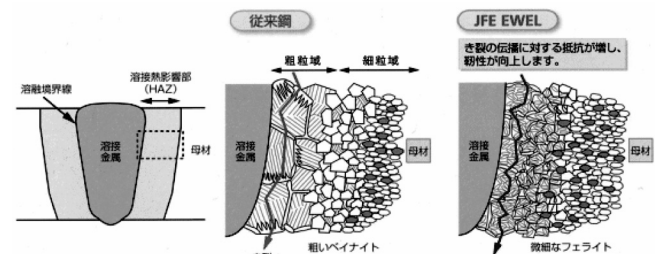


図 大入熱溶接部の韌性向上技術JFE EWEL[®]

耐遅れ破壊特性に優れた建設・産業機械用超高強度厚鋼板「JFE-HYD1100LE」の開発

JFEスチール(株)

近年、建設・産業機械(以下、建産機)分野では、クレーンなどの構造物の大型化および使用環境の苛酷化を背景とし

て、使用される鋼材の超高強度化および高靱化ニーズが高まっている。一方、鉄鋼材料は高強度化に伴って、一般的には靱性や溶接性と共に耐遅れ破壊特性が低下するため、より優れた低温靱性および溶接性を有し、かつ耐遅れ破壊特性に優れた超高強度厚鋼板の開発が期待されていた。

このような市場ニーズに対応するため、JFEスチール(株)では、2005年に商品化した降伏強さ960 MPa級の建産機用厚鋼板「JFE-HYD[®]960LE」に続き、降伏強さ1100 MPa級の「JFE-HYD[®]1100LE」を開発した。

本開発鋼の材質設計の特徴は、加工硬化オーステナイトからの焼入れ処理であるオースフォームおよびHOP[®] (Heat-treatment On-line Process) を用いた急速加熱焼戻しの組み合わせによって実現される組織微細化技術およびセメンタイト均一微細分散技術の適用である(図参照)。

この新たな組織制御技術の適用により、本開発鋼は、優れた低温靱性を示し、 -40°C でのシャルピー吸収エネルギーの保証を可能にすると共に、超高強度鋼板の実用化に当たって重要な耐遅れ破壊特性を向上させた。更に、低成分設計の実現によって溶接性に優れるなどの特長を有する。

本開発鋼は、すでにサンプル提供を開始しており、今後大型建産機への適用が増大していくものと予想される。

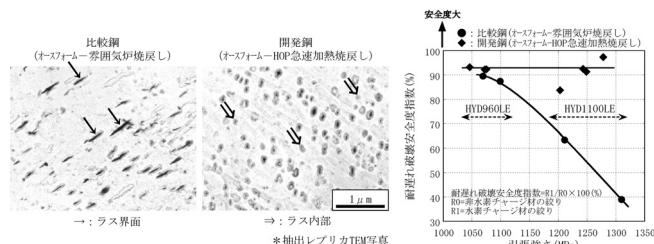


図 オースフォームおよび急速加熱焼戻しによるセメンタイトの均一微細分散および耐遅れ破壊特性の向上

4. 棒鋼・線材

環境貢献に配慮した中小形棒鋼精整ラインの構築

愛知製鋼(株)

愛知製鋼は知多工場において2007年3月に中小形棒鋼の新精整ラインを立ち上げた(図1)。

本ラインは高性能な非破壊検査機器による品質保証体制を強化するとともに、圧延と精整間の運搬ロスゼロ化で環境貢献にも大きく寄与し、更に自動きず取りロボット導入による重筋作業の改善を実施した。

新精整ラインの最大の特徴は分散していた2つの主力精整ラインを圧延工程横に集約し、業界初の水冷装置で直行化を図ることで横持ち運搬レスを可能にしたことである。これにより物流構内トラックを10%削減し、トラック運搬時のCO₂排出を低減した。ライン集約により空いた旧精整工程跡

地は鍛造事業の工場として有効活用し、鍛造品の運搬ロスミニマム化でも寄与している。

また作業環境の改善にも配慮し、汎用ロボットを活用した自動きず取りロボットを開発して、重筋作業の一つでもある鋼材のきず取り作業を自動化した。従来作業と同様に高周波サンダーをロボットに持たせ、メカ部分の工夫、プログラムの充実で人間の動きを再現させ、お客様の満足する表面性状を再現することができた(図2)。

今後も鋼材製造・鍛造にいたる一貫製造プロセスで技術力を総合的に発揮し、地球環境への負荷を軽減することを最優先に配慮した製造プロセス改革を実行していきたい。

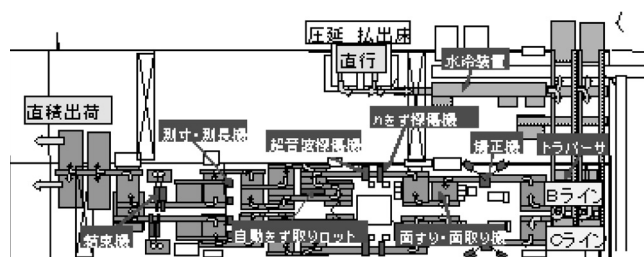


図1 精整ラインレイアウト

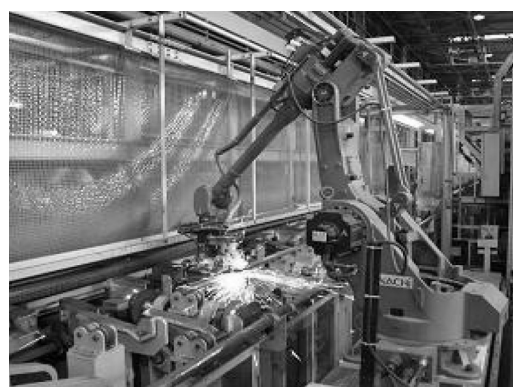


図2 自動きず取りロボット

低炭素Pbフリー快削鋼の開発

(株)住友金属小倉・住友金属工業(株)

住友金属小倉と住友金属工業は環境負荷物質である鉛(Pb)を含まない低炭素Pbフリー快削鋼を開発し、実用化した。

低炭素快削鋼は自動車用油圧部品やOA機器部品などに使用されている。これらの部品は多軸自動盤やNC旋盤による切削加工によって製造されることから、鋼材としては切削後の仕上げ表面粗さや切屑処理性に優れる、など優れた切削性を有していることが要求される。

Pbを添加せずとも切削性に優れた快削鋼を開発するため、切削機構を微視的に検討した結果、優れた切削性を確保するには切削中の工具刃先に形成される「構成刃先」をPb快削鋼のように小型・安定化させることが重要であると判明した。

この効果をPb非添加でも得られるようにするために、独自の造り込み技術によって球状化した硫化物を鋼中に多数分散させた「スミグリーンCS」を開発した。

図に示すように、本開発鋼は工業的な条件で切削した時の仕上げ表面粗さや切屑処理性においてPbを添加した快削鋼(AISI 12L14)と同等以上の切削性を有しており、環境に配慮した快削鋼として適用の拡大が期待される。

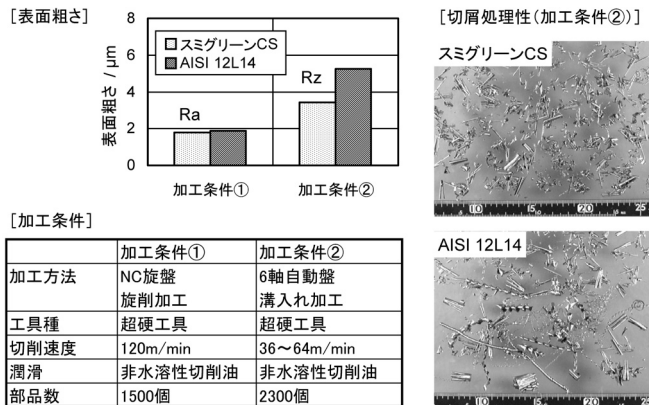


図 スミグリーンCSとAISI 12L14との切削性の比較

超高強度弁ばね用鋼KHV12N

(株) 神戸製鋼所

自動車用エンジン部品である弁ばねは、長期間にわたり高い繰返し荷重を受ける部品であり、高い信頼性が要求される。自動車の燃費改善のみならず歩行者安全性確保の観点においても、エンジン高さの低減、弁ばねの高応力設計が指向され、従来より疲労強度を高めた超高強度弁ばね用鋼が要望されてきた。神戸製鋼所では、従来の超高強度鋼KHV10Nよりもさらに疲労強度、耐へたり性を向上させることのできる超高強度鋼KHV12Nを開発した。

成分設計の指針は、(1) Cr、V増量による窒化処理後の表層硬さ、圧縮残留応力を上昇させ、疲労強度を向上させた。(2) Si、Cr、Vの増量により軟化抵抗性を上昇させ、ばね成形後の歪取焼鈍、高温での窒化によるばねの強度低下量を低減した。またV増量と熱処理条件最適化により結晶粒を微細化し、耐へたり性と靱性の向上を達成した。(3) 新介在物組成制御法適用により、疲労破壊起点となる有害な非金属介在物を低減し、弁ばねの信頼性向上に寄与できた。

KHV12Nは、神戸製鋼所の弁ばね用鋼の中でも最高強度を有し、KHV10Nと比較して疲労強度が約10%向上した。また、へたり量(残留せん断歪)は、約2/3に低減し、耐へたり性が向上した。本開発鋼の適用により、ばね単体重量を13%、高さを8%低減できた(図)。軽量化やばねサイズ低減により省スペース化、動弁系性能の向上が可能となり、エンジンの高回転数化・高性能化や、燃費向上に貢献できる。

本開発鋼は、超高強度弁ばねをはじめ、クラッチばね等の高い疲労強度、耐へたり性が要求される用途に適用可能である。

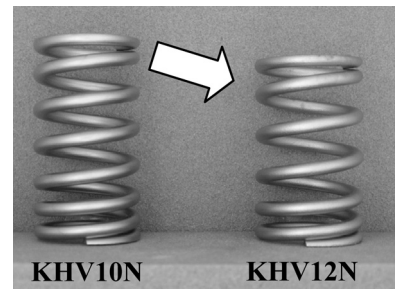


図 開発鋼と従来鋼の比較

超高強度懸架ばね用鋼UHS1970

(株) 神戸製鋼所

神戸製鋼所は1,300 MPa級の超高強度懸架ばね用鋼UHS1970を実用化した。神戸製鋼所は、1997年より高強度と優れた耐環境脆化特性(主に腐食疲労特性)を兼ね備したばね設計応力の最大せん断応力が1,200 MPa級であるUHS1900を拡販してきたが、近年の自動車の低燃費化や居住性および歩行者保護の観点より、さらなる小型軽量化を目的として1,300 MPa級の超高強度懸架ばね用鋼UHS1970を開発した(図参照)。

まず、C、Si添加量を増量してばね素材強度を高めながら、自動車の足回りにて暴露されている懸架ばねの融雪剤等による腐食ピット形成を合金元素添加にて極小化した。さらに腐食過程で発生した水素による脆化を合金炭化物析出形態を制御することにより低減し、1,300 MPaの応力下での腐食疲労寿命の低下を抑制した。

本開発鋼は、神戸製鋼所の高強度懸架ばね用鋼シリーズの中でもばね設計応力およびばね腐食疲労にて最高位に位置づけられ、ますますの自動車懸架ばねの小型軽量化に貢献することが期待できる。

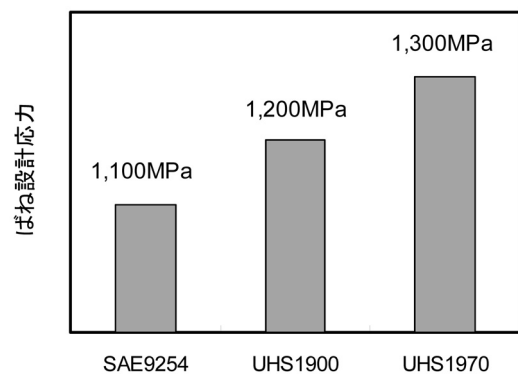


図 鋼種とばね設計応力

5. 計測・制御・システム連鎖

IT操業支援システムの開発

新日本製鐵(株)

新日本製鐵は、2007年問題に象徴されるベテラン操業者の大量退職時代に対応すべく、先進のIT(情報技術)技術を駆使した「IT操業支援システム」を開発・実機化し、H19年11月に第4回日経ものづくり大賞を受賞した。当IT操業支援システムは、現場で日々発生するノウハウや知見を蓄積、解析、再利用するための仕組みとして、①現場メモ情報のデジタル化技術、②ノウハウの蓄積・再利用技術、③設備巡回点検支援技術、④映像とデータを組合わせた高度操業解析技術、の連携によって実現している(図1、図2)。

操業者は、監視、点検、整備、段取りなど様々な作業を現場を移動しながら行うため、操業者と音声でコミュニケーション出来る計算機システムとする必要があった。しかし現場は高騒音状態にあり、従来の汎用音声認識技術は適用できないことから、内耳を伝わる声を集音し無線で携帯端末に伝送する「イヤーマイクヘッドセット」、およびこれに対応する専用音声認識エンジンを独自に開発し、ハンズフリーオペレーションを実現した。

このIT操業支援システムの活用により、技術伝承の促進、作業効率の向上に大きく貢献している。



図1 蓄積されたノウハウは現場画面にガイダンスされ再利用される



図2 騒音下音声認識を実現するイヤーマイクヘッドセットと携帯端末

6. 試験・分析

自動車用防錆鋼板の実車穴あき腐食寿命予測技術

JFE スチール(株)

自動車の腐食は、融雪剤散布地域において顕在化し、特に鋼板接合部に発生する「穴あき腐食」が重要な防錆課題となっている。これに対して、鉄鋼メーカーは多くの種類の防錆鋼板を開発してきた。しかし、開発や選定に用いる様々な腐食促進試験法は、実車の腐食との相関が不明であり、実車における耐食性を予測することは困難であった。

そこで、まず実車における防錆鋼板の耐食性を明らかにするため、市場を走行した車両の詳細な解析を実施した。その結果、実車における防錆鋼板の穴あき腐食過程を4段階($\tau_1 \sim \tau_4$)に分類できることを見出した。ここで、 τ_1 : 亜鉛

めっき自体が腐食する期間、 τ_2 : 亜鉛めっきの犠牲防食期間、 τ_3 : 亜鉛の腐食生成物による下地鋼の腐食抑制期間、 τ_4 : 下地鋼の腐食期間である。

この実車の腐食モデルに基づき、新しい防錆鋼板の実車における穴あき耐食性を予測できる腐食寿命予測技術を開発した。この技術は、亜鉛めっきと下地鋼の腐食速度比で表される新指標PCI (Perforation Corrosion Index) を用いることを特徴としている。PCIにより腐食促進試験法と実車の腐食との相関性を定量的に表すことができる。さらにPCIと穴あき腐食に対する亜鉛めっきの防錆効果E ($(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) / \tau_4$)の傾向を評価することにより、実車における防錆鋼板の穴あき耐食性を予測することができる(図参照)。

本技術を適用することで、開発した防錆鋼板の実環境における穴あき耐食性を適正且つ短期間に予測し、自動車における防錆鋼板の開発・選定の最適化が期待される。

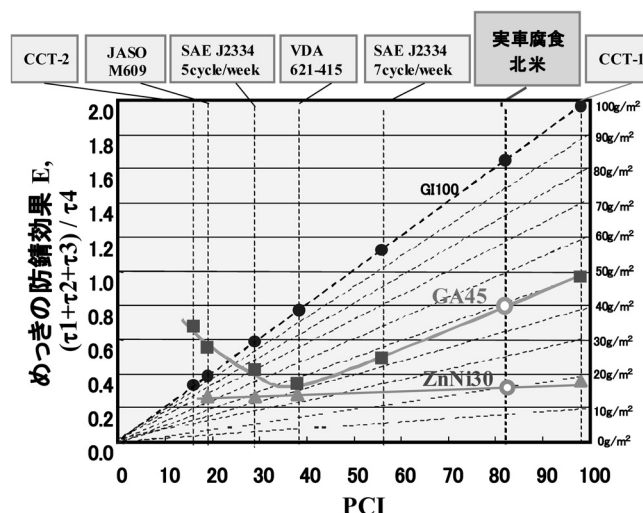


図 PCIを用いた防錆鋼板の実車耐食性予測の一例

7. 環境

環境用鉄粉「エコメル」

(株) 神戸製鋼所

神戸製鋼所は、トリクロロエチレン (TCE) などの有害な揮発性有機化合物 (VOC) で汚染された土壌や地下水の浄化処理に適した鉄粉「エコメル」を開発し、販売している。また、ヒ素やセレン等の重金属で汚染された水を浄化処理する鉄粉を「エコメル」の新製品として開発した。

VOC処理用「エコメル」は、鉄粉の合金成分を最適化することにより、通常の鉄粉と比べて大幅にVOC分解反応を高めたものであり、常温・常圧でVOCに接触させるだけで速やかに分解・無害化することができる(図1)。

ヒ素処理用「エコメル」は、ヒ素用に特別に成分設計した鉄粉であり、通常の鉄粉と比較して格段に高いヒ素吸着性能を有している(表1)。

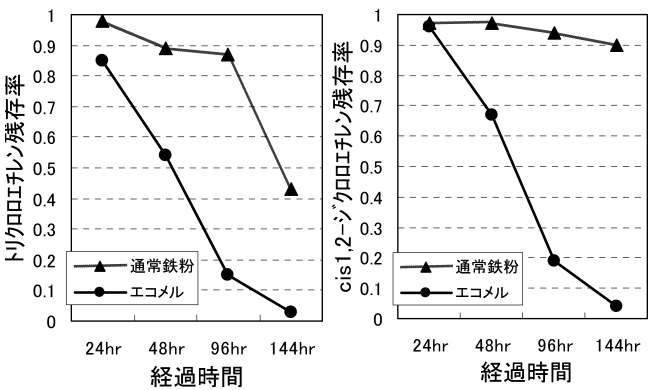


図1 エコメルによるVOC分解

表1 エコメルによるヒ素除去

鉄粉	水中のヒ素濃度 (mg/L)	
	初期	24hr処理後
エコメル	10	0.2
通常鉄粉	10	3.6
エコメル	1	0.0
通常鉄粉	1	0.2

8. その他

高温高湿ガス環境における耐酸化性に優れた耐熱ステンレス鋼板「NAR-AH-7」の開発

(株) 住友金属直江津

住友金属直江津では、1000℃レベルまでの耐熱用ステンレス鋼板として耐酸化性、高温強度、溶接性等に優れたNAR-AH-4をすでに開発しており、高温プラント部材や自動車エキマニ部品などに広く使われ、2005年にはASME Code Case 2430として国際認定も受けている。

地球環境問題が深刻さを増す中で、燃料電池など環境にやさしい発電設備の開発が進められているが、例えば、燃料改質器のように燃焼排ガス中に高濃度の水蒸気を含有する場合、装置材料にとっては逆に厳しい環境となり激しい酸化・損耗を引き起こすことが問題となる。過酷な腐食環境に耐える材料としてNAR-AH-4を凌駕する特性が要求されていた。

住友金属直江津が開発したNAR-AH-7は、耐水蒸気酸化性の格段に優れた耐熱ステンレス鋼である。900℃～1000℃の高湿環境においても酸化増量の急増は見られず、図のようにスケールも薄く内部浸食も軽微である。(Cr+Ni)成分の増加により耐水蒸気感受性を低下させ、NAR-AH-4で実績のあるNの固溶による高温強度アップと、希土類金属(REM)によるスケール耐剥離性向上も採用した。

高温高湿環境で使用される熱交換器や炉の部材としてすでに採用されており、今後は環境問題にさらに貢献すべく用途を広げていく予定である。

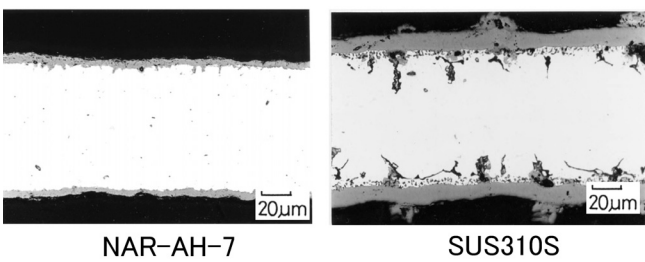


図 酸化試験後の断面組織 (3% O₂-9% CO₂-16% H₂O-bal.N₂ 燃焼排ガス中, 900℃×500h)

加工性と強度のバランスに優れた新チタン合金の開発

住友金属工業 (株)

住友金属工業は、加工性と強度のバランスに優れた新チタン合金「SSAT-35」を開発した。本合金は重量比でアルミニウム3%、バナジウム5%含有するα+β型チタン合金である。これまでTi-6Al-4Vに代表されるα+β型チタン合金は、冷間加工性が劣るためコイル製造が困難という問題があったが、本合金では冷間圧延による製造が可能となった。以下にSSAT-35の特長を示す。

(1) 加工性

SSAT-35の冷間曲げ加工性は図1に示すとおりTi-6Al-4Vより著しく優れ、純チタンとほぼ同等であることから、本合金は優れた冷間加工性を有している。

また本合金の最終製品のミクロ組織は平均粒径約1μmと他のα+β型チタン合金と比較して非常に微細に調整可能のため、Ti-6Al-4Vに比べ約150℃低い750～800℃で、かつ歪み速度がTi-6Al-4Vの約100倍という高速で超塑性が発現することから、本合金は熱間加工性も非常に優れている。

(2) 強度特性

図2に示すとおりSSAT-35は純チタンやα+β型チタン合金であるTi-3Al-2.5Vを上回る強度を有しており、また熱処理を行うことによりTi-6Al-4Vの焼鈍材と同等の強度を得ることができる。

(3) コイル製造性

SSAT-35はコイル製造が可能であることから、コイル化が困難なTi-6Al-4Vに比べ低コストで薄板製造が可能である。

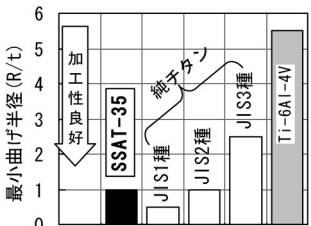


図1 各種チタン材料の冷間曲げ性

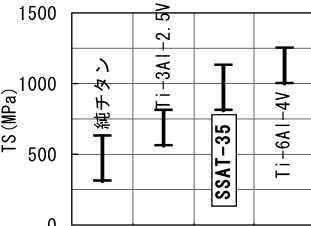


図2 各種チタン材料の引張強度性

高疲労強度焼結部品を実現するハイブリッド型Mo系合金銅粉

JFEスチール(株)

JFEスチールは、汎用ベルト焼結炉を用い、1200℃以下の一般鉄系材料の焼結条件で高疲労強度の焼結部品が実現できる「ハイブリッド型Mo系合金銅粉」を開発した。

従来の高疲労強度焼結部品は、気孔の微細化のため、2回成形・2回焼結あるいは高温焼結により製造されてきたが、生産性が低く、高コストの課題を抱えていた。

「ハイブリッド型Mo系合金銅粉」は、Fe-0.45%Moプレアロイ銅粉粒子表面にMo高濃度部を点在させ、Mo総量を0.6%としたヘテロな粒子構造を特徴とする。プレアロイ銅粉が低合金組成であり、Moの固溶硬化による成形密度の低下が抑制できる。さらに、Mo高濃度部は、焼結温度域において高拡散係数の α 相を形成し、粒子間の焼結を促進する。これらの効果により、ベルト炉による通常焼結—浸炭焼入れ焼き戻し材で、Mo総量が同等のMoプレアロイ銅粉よりも

優れた疲労強度を示す(図)。

「ハイブリッド型Mo系合金銅粉」は、高強度エンジン部品の原料粉に採用されており、焼結コストの低減、生産性の向上などの効果が得られている。

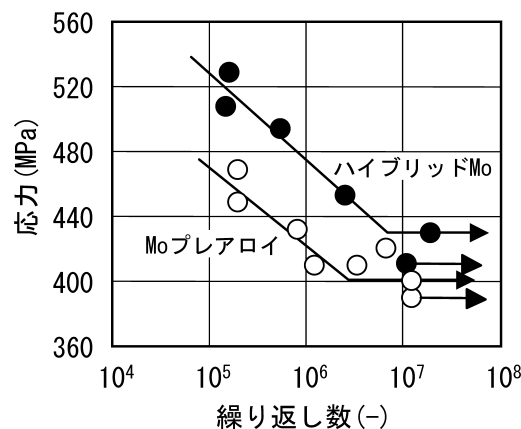


図 ベルト炉焼結—浸炭熱処理材の回転曲げ疲労強度