

2011年鉄鋼生産技術の歩み

Production and technology of Iron and Steel in Japan during 2011

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

2011年は我が国にとって歴史に残る試練の年であった。前年の2010年は、リーマンショックに誘引された世界金融危機からの回復過程にあったが、その年の後半から急激な円高等の要因により足踏み状態となり、2011年には本格的な回復が期待されていた。このような矢先に3月11日の未曾有の被害をもたらした東日本大震災を経験することになり、被災地域における製鉄所や鉄鋼関係の事業所では、地震や津波の直接の被害を受けることになった。また、同時に発生した原発事故による電力供給の逼迫やその後のサプライチェーンの寸断による産業界全体への影響は想像を超える状況であった。

また、10月初めからタイ中央部を中心に大規模かつ長期にわたる洪水が発生した。その被害はタイ全土に広がり、特にアユタヤ県を中心とした工業団地が冠水したことにより、日系企業も工場が操業停止になる等の大きな影響が出た。このような天変地異による被害の発生に加えて、年後半には、急速な円高の進行やギリシャの財政問題に端を発する欧州政府債務危機の顕在化による世界経済の減速が顕著となり、景気を持ち直しにブレーキがかかった。

企業経営では、これまでも経営の足枷となっていた円高加速や高い法人税率等の5重苦に電力の供給問題が加わって6重苦と言われるようになり、鉄鋼各社でも平成23年度の決算見通しを大幅に悪化の方向で見直さざるを得ない状況となった。

内閣府が1月に公表した「月例経済報告」や「平成24年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」によると、平成23年度の我が国の国内総生産の実質成長率はマイナス0.1%程度(539兆円)、国民の景気実感に近い名目成長率はマイナス1.9%程度(470兆円)と想定されている。また、今後の展望については、我が国の経済は、欧州の政府債務危機や電力供給の制約等の影響が想定されるものの、各種の政策効果等

を背景に景気の緩やかな回復傾向が続くことが期待され、国内総生産の実質成長率も2.2%程度のプラスに転じるとしている。また、(一社)日本鉄鋼連盟では、2012年度の国内鉄鋼需要は復興需要等で増加が見込まれるが、製造業では海外経済の不透明感、円高の定着等による欧米景気停滞や東アジアにおける競合激化等により粗鋼生産量は1億トン台を維持するものの前年度水準を下回るという見通しが示された(日本鉄鋼連盟平成23年12月20日公表)。このように経済情勢は回復傾向にあるものの鉄鋼業としては種々の難題を克服していかなくてはならない状況である。

以下に、2011年の鉄鋼生産技術の歩みを振り返る。

1.1 世界の鉄鋼業の概況

まず、世界の鉄鋼業の概況について見てみよう。世界の粗鋼生産量は2000年代初めには約9億トンレベルであったが、その後、中国の粗鋼生産量の増加により年率1億トンの増加ペースとなっていた。リーマンショック後の2009年には一時12億トン台に落ち込んだが、その後、回復基調となり、世界鉄鋼協会(WSA: World Steel Association)が2012年1月23日に発表したデータによると、昨年2011年は対前年6.8%増の15億2,700万トンと初めて15億トンを超え新たな記録を更新した。WSAによると、主要な鉄鋼生産国のうち日本とスペインはマイナス成長となった。一方で、特に堅調な伸びを示した国はトルコ、韓国、イタリアとしている(図1)。

2011年の粗鋼生産量のトップ10の国は、中国、日本、米国、等で、(表1)に示す通りである。中国は、これまでのGDP二桁成長から2011年は一桁成長へ鈍化し、自動車生産も伸長しているものの13年振りの低水準となった。このため粗鋼生産量の伸びも一時期よりも鈍化したが無きとして年率60百万トン規模の増加となり約7億トンの規模となった。また、韓国では生産、消費も堅調に推移し自動車生産も好調であったため、対前年16%増加の69百万トンとなった。

1.2 日本の鉄鋼業の概況

2011年の我が国の鉄鋼業は、予期せぬ東日本大震災の発生があり、鉄鋼業界でも多大の被害を被ったが、一方で業界の再編成につながるような経営統合に関する動きがあった。

1.2.1 東日本大震災の影響

3月11日に発生した東日本大震災に関して、鉄鋼業界では、被災地域の製鉄所等が被害に遭い、新日本製鐵(株)の釜石製鉄所では構内が一部冠水・港湾設備が損壊した。住友金属工業(株)では鹿島製鉄所の岸壁および岸壁クレーンの損傷やコークスガスホルダーの火災による損傷、高炉付帯設備の損傷があった。また、JFEスチール(株)では、同社グループ会社であるJFE条鋼(株)仙台製造所と東北スチール(株)が大きな被害を受けた(各社ホームページより)。各社とも復旧に向けた全力での取組みにより、比較的早期に操業を再開できた工場もあり、不幸中の幸いであった。

1.2.2 経営統合の動き

2011年には我が国の鉄鋼業の再編につながるような新たな動きが報じられた。新日鐵は住友金属と平成24年10月を目途に合併することで合意した。既に、公正取引委員会の審査を終了しており、我が国の企業統合の新たなひな型になると評価されている。日新製鋼(株)と日本金属工業(株)は、経営統合を実現すべく検討を開始することに基本合意し、同じく平成24年10月の統合新会社発足へ向けて動き出した。

また、JFEスチールは同社グループ電炉会社であるJFE条鋼、ダイワスチール(株)、東北スチール、豊平製鋼(株)の4社の事業統合を決めた。

1.2.3 粗鋼生産量の推移

このような中、我が国の粗鋼生産量は、東日本大震災の影響により一時的に生産量が落ち込んだが、その後は概ね順調に回復基調となったものの、年後半の急激な円高、欧州債務危機の深刻化、アジア経済の減速傾向等により、年間の粗鋼生産量は前年度実績を下回った。本年1月20日の日本鉄鋼連盟の発表によると、2011年の我が国の粗鋼生産量は1億760万トンで前年2010年の1億960万トンよりも約200万トンの減少となった。対前年では減少となったが、東日本大震災や欧米の景気停滞等種々の懸念要因があった中、2年連続で1億トン台を維持できた。炉別生産では、転炉鋼が8,274万トン、電炉鋼が2,485万トンで、対前年比率では転炉鋼が約300万トン減少、電炉鋼は約100万トンの増加となった。これは、世界的な経済減速の上、円高の加速や中国や韓国勢の過剰供給により輸出を抑制したこと、反面、国内の建設市場が上向いたこと等が影響していると考えられる(図2)。

また、四半期毎の推移をみると、リーマンショック後、約25百万トン／四半期を超える水準で横ばいの状況になっており、特に2011年の後半は種々の経済状況等を反映してやや微減の状況になっている(図3)。

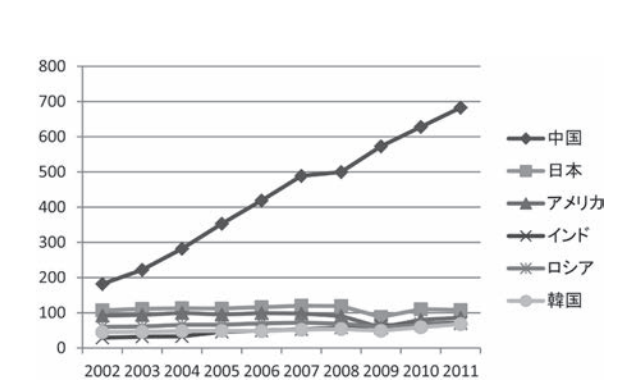


図1 世界の粗鋼生産量の推移(出所:WSA資料より作成;百万トン)

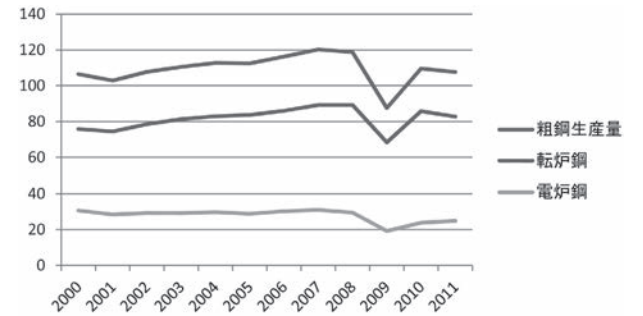


図2 我が国の粗鋼生産量の推移(暦年)
(出所:日本鉄鋼連盟資料より作成;百万トン)

表1 粗鋼生産量のトップ10(出所:WSA;百万トン)

		2010年	2011年	対前年伸び率 (%)
1	中国	638.7	695.5	▲8.9
2	日本	109.6	107.6	▲1.8
3	アメリカ	80.5	86.2	▲7.1
4	インド	68.3	72.2	▲5.7
5	ロシア	66.9	68.7	▲2.7
6	韓国	58.9	68.5	▲16.2
7	ドイツ	43.8	44.3	▲1.0
8	ウクライナ	33.4	35.3	▲5.7
9	ブラジル	32.9	35.2	▲6.8
10	トルコ	29.1	34.1	▲17.0

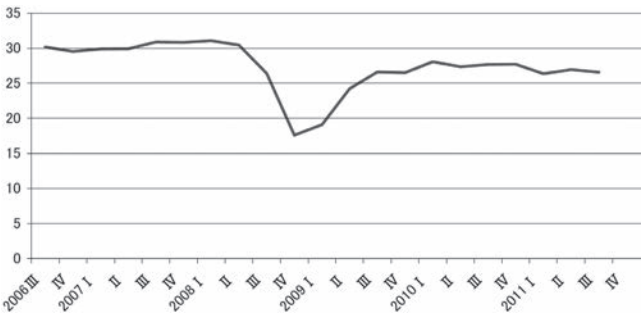


図3 我が国の粗鋼生産量の推移(四半期)
(出所:日本鉄鋼連盟資料より作成;百万トン)

1.2.4 鉄鋼需要産業の動向

建設関係では、土木分野で、平成23年度の政府当初予算における公共事業関係費が縮減基調にあり、震災復興事業の補正予算があるものの鉄鋼消費量が比較的小さいため、道路、下水道、治山治水等の公共土木工事受注額が依然低迷している。一方で、民間土木工事受注額は震災復興の動きに加えて、企業の設備投資が緩やかに回復基調にあるが、業種間のバラツキがあり総じて前年を下回る見込みである。建築分野では、震災後の一時的停滞から脱し、補正予算成立とともに住宅エコポイント制度等の諸施策が再開されたこともあり、新設住宅着工戸数が前年水準を上回り、年率換算着工戸数も80万戸超が継続するようになってきた。

自動車関係では、国内販売が前半で大震災による影響やエコカー補助金制度の終了等により大幅に落ち込んだが、年後半ではサプライチェーンの復旧等により大分持ち直してきた。完成車の輸出はアジアや欧州向けで昨年を上回る状況であるが、超円高の継続の上、大震災やタイ洪水の影響があり低調に推移する見込みである。このため、四輪車生産台数は前年度よりも落ち込み、2011年暦年では、前年の962万台に対して840万台に留まった（（一社）日本自動車工業会平成24年1月31日公表）。

機械関係では、産業機械分野で、建設機械や工作機械が新興国・資源国向けの外需が好調であり、大震災による電力制限の影響により自家発電設備投資の活発化等により、ボイラー・原動機分野も好調となっている。また、電気機械分野では、重電機器が電力用機器の需要増や汎用電気機器の輸出により好調であった。一方で、電子機器は大震災の影響や地デジ化移行完了、海外経済減速等の影響を受けて、低調な推移となった。

造船関係では、起工量が貨物船等で増加しているが、建造能力を急拡大した中国・韓国等の受注攻勢や急速な円高により新たな受注環境は厳しい状況となっている。金融危機前の新造船発注ブームで積み上がった手持ち工事量も2008年度

の約6,400万グロストンレベルから減少が続き、12月時点で約3,785万グロストンとなっている（表2）。

このような鉄鋼需要産業の動向に対して、本会維持会員企業では、建築向けには耐候性鋳物CORQ（新日鐵）、建築構造用520N/mm²級TMCP H形鋼（JFEスチール）、自動車向けには高成形性1.2GPaハイテン（新日鐵）ばね用Niステンレス鋼（日本金属）、造船向けには低温用LP鋼板（JFEスチール）、電機機械向けにエコフロンティアJX（JFEスチール）、エネルギー分野向けに極厚210mmラック用HT80鋼（新日鐵）、極厚X65耐サワー海底用鋼管（JFEスチール）、高強度高耐食油井管スーパー 17Cr鋼管（住友金属）、地熱用タービンロータ用鋼（日本製鋼所）などの新製品を開発した（詳細は表11を参照）。

1.2.5 グローバル化の展開

2011年は、鉄鋼各社が海外展開を加速した年でもあった。各社のホームページにも多くのニュースが発信されたので、主要な動向を振り返ってみる。新日鐵では、タイにおける溶融亜鉛メッキ鋼板の製造ライン建設および製造・販売会社の設立（4月）、中国の武漢鋼鉄集団とのブリキ合弁会社設立（11月）、日鉄住金鋼板のベトナムにおけるカラー鋼板製造会社の設立（10月）等が報じられた。JFEスチールでは、中国江蘇省における塗装鋼板（PCM鋼板）製造会社の設立（3月）、インドネシアの亜鉛鍍金鋼板製造会社におけるCGLの新設（5月）、中国・広州JFE鋼板有限公司の冷延鋼板製造設備の稼働（5月）等が、住友金属では、インドで自動車用鍛造クランクシャフト事業の拡大（8月）、ブラジルでシームレスパイプ合弁事業の稼働開始（9月）、（株）神戸製鋼所では、中国の鞍山鋼鉄集団との自動車用ハイテンの合弁会社の設立の検討開始（9月）、インドのSAIL社とのITmk3合弁事業の展開（12月）等のニュースが報じられた。

表2 鉄鋼需要産業の動向（出所：日本鉄鋼連盟資料から作成）

	建設(土木)				建設(新設住宅)				自動車				産業機械		電気機械		造船			
	受注額 (億円)	前年 同期比 (%)	民間工事 受注額 (億円)	前年 同期比 (%)	着工戸数 (千戸)	前年 同期比 (%)	年率換算 着工戸数 (千戸)	前年 同期比 (%)	4輪車 生産台数 (千台)	前年 同期比 (%)	IIIP (%)	IIIP (%)	起工量 (千G/T)	前年 同期比 (%)	手持ち 工事量 (千G/T)	前年 同期比 (%)				
2008年度	73,161	▲ 1.2	22,809	▲ 5.7	1,039.2	▲ 0.3	—	—	10,006	▲ 15.1	88.6	100.4	14,972	9.3	63,755	▲ 2.8				
2009年度	68,541	▲ 6.3	18,344	▲ 19.6	775.3	▲ 25.4	—	—	8,865	▲ 11.4	63.0	96.9	15,691	4.8	51,504	▲ 19.2				
2010年度	58,146	▲ 15.2	20,783	▲ 13.3	819.0	▲ 5.6	—	—	8,994	▲ 1.5	86.3	107.1	17,117	9.1	44,393	▲ 13.8				
2010年 7 - 9月	18,264	▲ 16.9	4,778	▲ 0.9	212.7	13.8	814.7	4.9	2,484	▲ 15.8	87.5	110.1	3,717	10.1	49,237	▲ 1.1				
2010年10 - 12月	14,675	▲ 17.6	5,205	40.6	218.7	6.9	843.1	3.5	2,301	▲ 6.8	89.8	109.0	5,035	19.4	47,406	▲ 3.7				
2011年 1 - 3月	16,585	▲ 4.2	5,983	12.2	192.4	3.2	842.3	▲ 0.1	1,906	▲ 25.0	89.4	102.0	3,527	▲ 7.7	44,393	▲ 6.4				
2011年 4 - 6月	8,233	▲ 4.5	4,125	▲ 14.4	203.2	4.1	810.0	▲ 3.8	1,524	▲ 33.8	88.3	93.4	5,060	4.6	41,873	▲ 5.7				
2011年 7 - 9月	17,314	▲ 5.2	4,650	▲ 2.7	229.6	7.9	878.2	8.4	2,378	▲ 4.3	94.4	103.4	3,766	1.3	38,572	▲ 7.9				
2011年10 - 12月	—	—	—	—	—	—	—	—	2,590	—	—	—	—	—	37,845	▲ 1.9				
2011年 9月	7,055	▲ 13.3	1,912	7.8	64.2	▲ 10.8	745.4	▲ 20.2	884	▲ 4.5	100.1	107.3	1,363	▲ 7.9	38,572	▲ 4.3				
2011年10月	6,111	17.9	1,900	8.4	67.3	▲ 5.8	774.4	3.9	904	20.3	89.8	92.9	1,390	18.9	38,281	▲ 0.8				
2011年11月	4,939	▲ 1.0	1,251	▲ 25.0	72.6	▲ 0.3	844.9	9.1	838	4.5	94.2	90.4	1,338	▲ 14.2	37,719	▲ 1.5				
2011年12月	—	—	—	—	—	—	—	—	848	—	—	—	—	—	37,845	0.3				

※1: 2011年の4輪車生産台数は840万台で対前年87%（2010年は962万台）

※2: IIIP（鉱工業生産指数、2005年度を100とした指数）

冷却設備の強化等の炉寿命延命対策も施し、従来以上の長寿命化を図っている。

同社では更なる生産効率の向上を図るべく、2011年5月12日に第2高炉を計画通り休止した。福山地区高炉3基体制における粗鋼生産能力は年間1,300万トンとなり、西日本製鉄所粗鋼生産能力2,300万トン、全社粗鋼生産能力3,300万トン体制が確立した。

2.3 製鋼

2011年の粗鋼生産量は、10,760万トンと2010年の10,960万トンと比べ、1.8%の減となった(図2)。

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99.9%と高水準を維持しているが、特殊鋼は95.8%と低下している。

住友金属小倉製鉄所では、品質とコスト競争力の強化に加え、環境負荷物質の排出抑制を目的に、2007年2月より製鋼工場の革新投資を進めてきており、2011年10月には脱りん炉が新設され稼働を開始した。新設脱りん炉には、低りん化対応として細粉体上吹き機能を付与したSRP-Z法を採用、短時間(<7分)でのホタルレス脱りん技術を開発し、全量脱りん操業体制を確立した。また設備レイアウトの工夫により、工場内物流の簡素化を図った結果、高潔淨鋼と高機能鋼の製造ライン分離が可能となり、外乱因子による品質悪化を極限まで低減可能な製造体制を構築した。

日本製鋼所室蘭製作所では、150トンESR装置が設置され

た。設備構成は2ヘッド、2ステーション方式であり、固定モールドを用い、単一電極あるいは電極交換で最大150トンの鋼塊を製造可能である。また30トン以下であれば2鋼塊の同時製造が可能である。電源は低周波で、商用より低消費電力での操業を実現している。

愛知製鋼(株)知多工場では、3ストランドの大断面(370×480mm)ブルーム連続铸造機へのリプレースを実施し、粗鋼生産能力が20%向上した。これに合わせ、①タンデイッシュの大型化と溶鋼加熱装置導入による清浄度向上、②電磁攪拌とダイナミック制御軽圧化による偏析改善、③油圧式鋳型振動とミスト冷却導入による鋼片表面品質の改善などを行った。

2.4 薄板・厚板・条鋼・鋼管

2.4.1 薄板関連

日本金属工業は、ステンレス鋼精密圧延品の生産性向上を目的に光輝焼鈍炉(BA炉)にガスリファイニング装置を導入した。炉内雰囲気ガスリファイニング効果に加えて、ステンレス鋼処理時に発生する酸化物ホワイtpowダーを捕集し、除去したガスを炉内に戻すことでホワイtpowダーの炉内堆積抑制による生産効率向上を図った。

2.4.2 厚板関連

新日鐵は2011年6月から君津製鐵所厚板工場で、大型修繕工事を実施した。老朽化に伴う圧延機周りのリフレッシュ工事で、粗圧延機のハウジング取り替え工事とともに、仕上げ圧延機のミルモーターの更新を行った。これにより海洋構造物やラインパイプなどエネルギー分野向けを中心とする高級鋼について、より一層の安定供給体制を確立した。

JFEスチールは、2009年東日本製鐵所(京浜地区)厚板工場の厚板圧延機に設置した、世界で初めて開発した新冷却設備『Super-CR』(Super-Controlled Rolling)を活用した厚板生産量が、2011年累計80万トンを突破した。『Super-CR』は、高速・均一な冷却を可能とし、品質、数量、納期対応等に優れる高級ハイテン製造設備である。

また従来は西日本製鐵所(倉敷地区)のみで製造可能であったが2010年10月東日本製鐵所(京浜地区)に製造システムが導入された、造船、橋梁向けに板厚を板長手方向に多彩に変化させた厚鋼板『LP(Longitudinally Profiled)鋼板』は、製造能力が月間1万トン以上へと倍増、2011年累計生産量が50万トンに達した。

2.4.3 熱延関連

日新製鋼は、2008年から進めてきた呉製鐵所熱間圧延設備のリフレッシュ工事を2011年11月に完了させた。品質レベ

表4 個別高炉の動き(2011年)

月日	吹き止め(一時休止)高炉 炉内容積	火入れ高炉 炉内容積	備考
5月12日	JFEスチール 福山2高炉 2828(m³)		休止
5月14日		JFEスチール 福山3高炉 4300(m³)	改修期間: '09年2月28日~'11年5月14日 炉内容積増加: 3223(m³)→4300(m³)
12月1日	新日本製鐵 君津2高炉 3273(m³)		改修期間: '12年1月中旬~'12年5月中旬 炉内容積増加: 3273(m³)→4500(m³)

今後の高炉改修予定
新日本製鐵 君津2高炉(2012年5月改修工事完了予定)

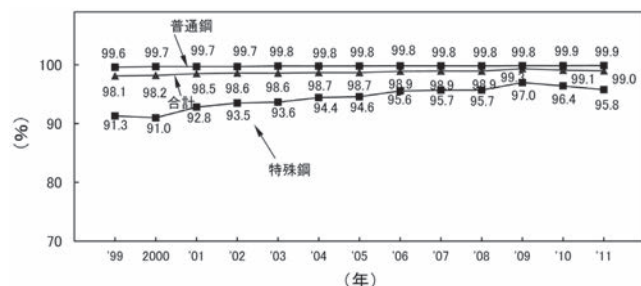


図4 圧延用鋼塊に占める連铸鋼片の比率
出所: 経済産業省 経済産業政策局 調査統計部鉄工業動態統計室「鉄鋼・非金属・金属製品統計月報」

ルの向上とともに、生産効率化を狙い、エネルギー・ロール原単位、稼働率で国内トップレベルを目指す。

2.4.4 条鋼関連

〈棒鋼の設備関連〉大同特殊鋼(株)星崎工場では、製造コストの低減と製造リードタイム短縮を目的に、川崎工場小棒圧延ラインを星崎工場に移設する合理化を実施した。更に水平垂直2スタンドシフトダブル圧延機の間列採用による温度低下抑制と可動タイプ誘導ガイド採用によって、高合金やチタン合金などの高級鋼小棒・平角製品の一貫製造を可能にした。

〈形鋼の技術関連〉新日鐵八幡製鐵所では、加工熱処理技術の開発や圧延後の加速冷却方法の改善を行った結果、過共析鋼レールの製造が可能となり、耐摩耗性や耐疲労破壊特性が向上。この結果、使用寿命が約3割向上した。

〈線材の設備関連〉住友金属小倉製鐵所では、高級CHQ化を目的に線材ミルを完全1系列化して6月から稼働開始した。中間圧延と仕上げ圧延間のレイアウトを変更してレピータレスを図るとともに鋼片サイズを140mmから160mmに変更して棒鋼ミルとの鋼片共有化を図った。

新日鐵室蘭製鐵所では、線材コイルの自動梱包装置を立上げた。この装置では包帯巻き方式を採用し、かつ、タイト梱包することで荷姿を良好に保持し、出荷品質の向上を図った。

2.4.5 鋼管関連

JFEスチール西日本製鐵所(福山地区)溶接管工場では、荷重1万トンの能力を有する独自機構のベンディング型プレス機を増設。この結果、APIのX80において40mm厚クラスでは世界最厚レベルのUO鋼管を高生産性で製造することが可能になった。

新日鐵光鋼管工場では、中径電縫鋼管ミルの成形・溶接・ビード切削・定型・粗切断までのプロセスを最新鋭設備にリプレース。この結果、肉厚・高強度の鋼管が製造可能となり、製造可能範囲拡大が図れた。

2.5 計測・システム・分析

新日鐵では、積地から各製鐵所高炉までの原料需給を一元管理するために、長短期計画を階層化し、数理計画法とシミュレータを時間分割により連動させる「時間分割繰り返し型生産・物流最適化システム」を開発し、足元バース計画を考慮した長期配船の最適化を実現した。

JFEスチールでは、三次元曲面を自在に走行する磁輪吸着式の自走台車にTOFD-UT法の亀裂検出センサを掲載し、縦割れと横割れの同時測定、および200℃の高温垂直面探傷を

高速で連続的に検出を特徴とする「高温TOFD法による鋼構造物の遠隔亀裂診断技術」を開発し、足場レスで高炉熱風炉における溶接線の遠隔亀裂測定等に適用した。

2.6 環境・エネルギー

2.6.1 政府の取組み

2011年11月28日から12月11日まで南アフリカ共和国のダーバンにおいて、気候変動枠組条約第17回締約国会議(COP17)、京都議定書第7回締約国会合(CMP7)が開催された。本会議および会合における成果としては、将来の枠組みへの道筋、京都議定書第二約束期間に向けた合意、緑の気候基金、およびカンクン合意の実施のための一連の決定、の4つの大きな成果があった。

- (1) 将来の枠組みに関しては、法的文書を作成するための新しいプロセスである「強化された行動のためのダーバン・プラットフォーム特別作業部会」を立ち上げ、可能な限り早く、遅くとも2015年中に作業を終えて、議定書、法的文書または法的効力を有する合意成果を2020年から発効させ、実施に移すとの道筋に合意した。
- (2) 京都議定書については、第二約束期間の設定に向けた合意が採択された。我が国を含むいくつかの国は第二約束期間には参加しないことを明らかにし、そのような立場を反映した成果文書が採択された。なお、森林吸収源等(LULUCF)については、各国の状況を反映した算定方法である「参照レベル」方式が適用されることとなり、我が国のこれまでの主張が大筋で反映された形で合意した。
- (3) 昨年採択されたカンクン合意に基づき、緑の気候基金の基本設計に合意した。
- (4) カンクン合意の実施のために、削減目標・行動推進のための仕組み、MRV(測定・報告・検証)の仕組みのガイドライン等、適応委員会の活動内容、国別適応計画の内容、資金に関する常設委員会の機能、気候技術センター・ネットワークの役割、対応措置やキャパシティ・ビルディングのフォーラムの立ち上げ等に合意した。新たな市場メカニズムについては、国連が管理を行うメカニズムの方法・手続の開発、および各国の国情に応じた様々な手法の実施に向けて検討を進めていくことに合意した。

2.6.2 日本鉄鋼業の取組み

日本鉄鋼連盟は、「鉄鋼業の環境保全に関する自主行動計画」を策定し、以下の取組み内容を推進している。

①鉄鋼生産工程における省エネルギーへの取組み

- (1) 粗鋼生産量1億トンを前提として、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の1990年度に対し、10%削減(エネルギー消費量の10%削減に見合う

CO₂排出量は9%削減として設定)。

- (2) ただし、粗鋼生産が1億トンを上回る状況においても京都メカニズムの活用等も含め目標達成に最大限努力する。
- (3) 上記目標は、2008～2012年度の5年間の平均値として達成する。

②社会における省エネルギーへの貢献

- (1) 集荷システムの確立を前提に、廃プラスチック等を100万トン活用。
- (2) 製品・副産物による社会での省エネルギー貢献
- (3) 国際技術協力による省エネルギー貢献
- (4) 未利用エネルギーの近隣地域での活用
- (5) 民生・業務・運輸における取組みの強化

③革新的技術開発への取組み (COURSE50)

- (1) 高炉ガスからのCO₂分離回収技術
- (2) コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術

上記自主行動計画の2010年度の実績は、粗鋼生産量が10,751万トンと、1990年度比2.7%増の中、省エネ対策を積極的に推進することにより、2010年度のエネルギー消費量は2,275PJと、1990年度比で6.7%の減少となった。また、エネルギー起源CO₂排出量は186.0百万トン-CO₂と、1990年度比7.3%の減少となった。

また、日本鉄鋼連盟は、日本鉄鋼業の目指す方向として「日本鉄鋼業は、世界最高水準のエネルギー効率の更なる向上を図るとともに、日本を製造・開発拠点としつつ、製造業との間の密接な産業連携を強化しながら、エコプロセス、エコプロダクト、エコソリューションを世界に発信し、日本経済の成長や雇用創出に貢献するとともに、地球温暖化対策に積極的に取り組む」ことを明らかにしている。

このうち、エコプロダクトについては、最終製品として使用される段階において、2010年度で2,039万トン-CO₂の排出削減に貢献をしていると推定している。

また、エコソリューションについても世界最高水準の省エネ技術を、途上国を中心に移転・普及し、地球規模での削減に2010年度で4,010万トン-CO₂の貢献をしていると推定している。

革新的技術開発の取組みとして「革新的製鉄プロセス技術開発 (COURSE50)」を推進中である。製鉄所の未利用排熱を活用した高炉ガスからのCO₂分離回収については、「化学吸収法」と「物理吸着法」の開発を評価プラントで実施中であり、化学吸収法については、処理能力1t/dおよび30t/d規模の評価プラントにて総合試験評価を行い、CO₂分離・回収に要するエネルギーを、従来よりも約40%低減可能な高性能化学吸収法を開発した。また物理吸着法については、処理能力3t/dのベンチ試験装置 (ASCOA-3) をJFEスチール西日本製

鉄所 (福山地区) に建設し、CO₂回収率80%以上またはCO₂濃度90%以上を達成できることが明らかになった。

JFEスチールは、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」において高炉4社などが共同開発中の新たな高炉原料「フェロコックス」の試験製造プラントを東日本製鉄所京浜地区で2011年11月に本格稼働させた。試験製造プラントは、低品位石炭と鉄鉱石の混合成形設備と堅型乾留炉からなる30t/dの設備で、成型、乾留技術を確立するとともに、長期操業技術の構築に着手する。高炉で現在使用しているコークスの約3割をフェロコックスに置き換えることにより、製鉄プロセスへの投入エネルギー量の約10%低減、低品位原料使用比率の向上、並びにCO₂排出量低減効果が期待される。

神戸製鋼は、NEDOの委託事業で風力等自然エネルギー技術開発／海洋エネルギー技術研究開発として「次世代10MW級海洋温度差発電プラントのコア技術研究開発」を2011年度から取組み始めた。

住友金属は、環境省の平成23年度環境技術実証事業 (ETV事業) の閉鎖性海域における水環境改善技術分野における実証対象技術として「鉄鋼スラグを原料とした海域再生用ミネラル供給サプリメント」を申請した。

2.7 その他

2.7.1 製鋼ダスト関連

新日鐵と神戸製鋼は、新日鐵広畑製鐵所内に回転炉床式還元炉 (RHF) とホットブリケットマシンを設置し、製鉄ダストからの垂鉛などの回収と還元鉄の生産・利用する共同事業を立ち上げた。

2.7.2 大型油圧式自由鍛造プレス関連

2010年に引き続き、2011年も大型油圧式鍛造プレスが稼働を開始。山陽特殊製鋼 (株) では5千トン油圧プレス、太平洋製鋼 (株) では8千トン油圧プレスを稼働させて大型鍛鋼品の需要増大に対応できる体制を構築した。

また、航空機・発電設備向け大型鍛鋼品の国内での製造を可能にしてこの分野の国際競争力を高めるため、神戸製鋼・日立金属などが共同出資して5万トン超大型油圧式鍛造プレスが設置される鍛造工場の建設を着工した。2013年より稼働を開始する予定である。

2.7.3 大型鋼塊関連

日本製鋼所では、2009年の650トン超大型鋼塊の製造に引き続き、世界最大の670トン超大型鋼塊の製造技術を確立した。この鋼塊を使用して超大型低圧タービンロータ (最大径3200mm) の試作を完遂した。

3 技術貿易・技術開発

3.1 技術貿易

2011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2010年の15件に対して11件と減少した。輸入は2010年と同様、実施されなかった。

輸出対象地域は、アジアが全体の73%を占め、次いでヨーロッパ、北アメリカが続く。技術分野では鋼管分野が82%を占めている。

図5に鉄鋼業の2010年度までの技術貿易収支を示す。技術

表5 技術輸出・技術輸入状況（期間：2011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	アジア	アジア	計
技術輸出	A. 原料・製鉄							
	1. 原料処理							
	2. 高炉							
	3. 溶鉄処理							
	B. 製鋼							
	1. 溶鉄予備処理							
	2. 転炉							
	3. 電炉							
	4. 連続・造塊							
	5. 付帯設備							
	C. 加工・処理							
	1. 条鋼・線材	7	1		1			9
	2. 厚板							
	3. 薄板				1			1
	4. 表面処理	1						1
	5. 熱処理							
	6. 成形加工							
	7. 溶接棒・加工部品							
	D. 操業全般（研究を含む）							
	E. 製鉄所全般							
	1. フェージング・デザイン							
	2. 製鉄所計画・設計							
	3. 総合的操業指導							
	4. その他							
	計	8	1	(3)	2	(1)	(2)	11
		(5)	(4)		(0)			(15)
技術輸入	C. 加工・処理							
	1. 条鋼・線材							
	計							0(0)

調査範囲：日本鉄鋼協会維持会員企業 79社
()内は2010年1月1日～12月31日実績を示す。

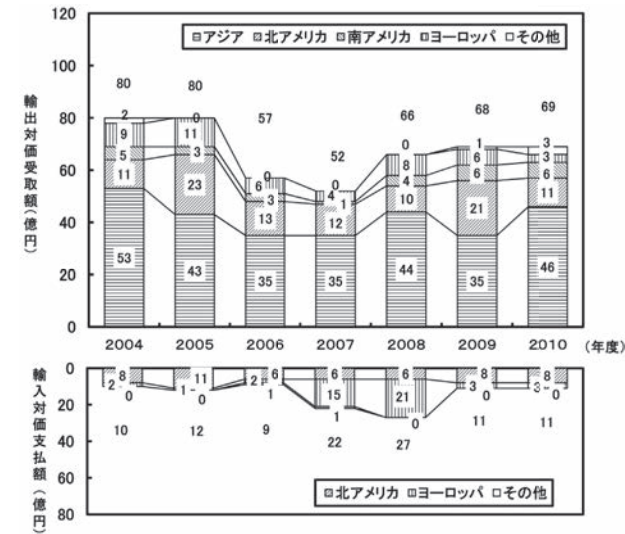


図5 鉄鋼業の技術貿易収支
出所：総務省統計局統計センター「科学技術研究調査報告」

輸出対価受け取り額は前年度よりも1%増加し、技術輸入対価支払い額は同額であった。

3.2 研究費支出・研究者数

総務省統計局「科学技術研究調査報告」にある企業等の第1表に公表されたデータなどを用いて、以下の3項目を整理した。その結果を図6～図8に示す。

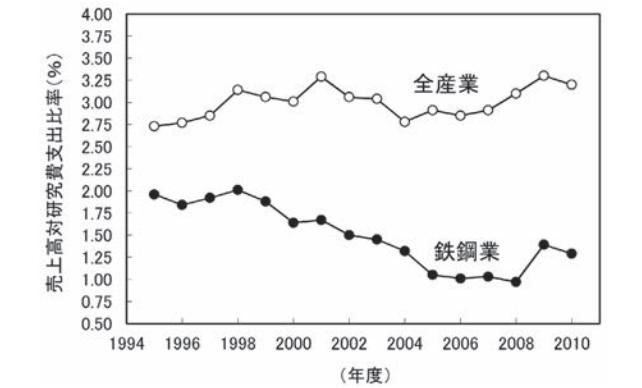


図6 売上高対研究費支出比率の推移
(出所 総務省統計局統計センター「平成23 年科学技術研究調査結果」)

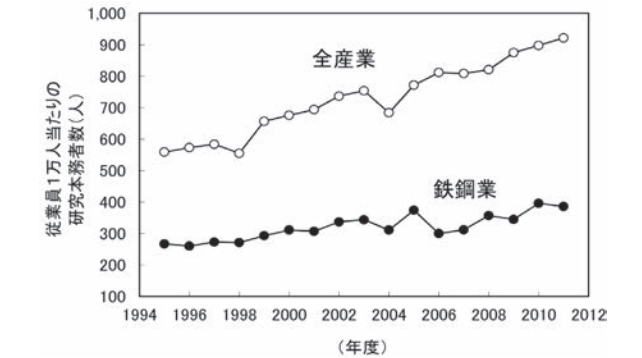


図7 従業員1万人当たりの研究本務者数の推移
(出所 総務省統計局統計センター「平成23 年科学技術研究調査結果」)

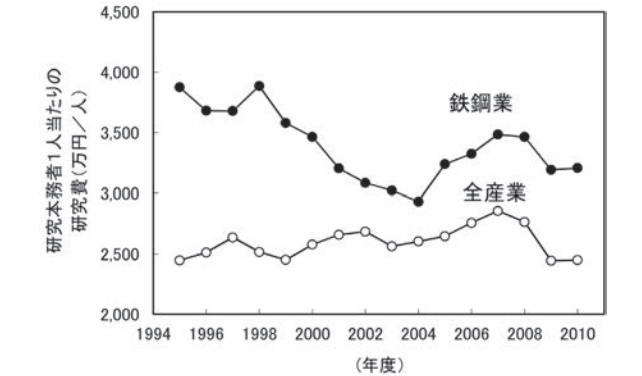


図8 研究本務者1人当たりの研究費の推移
(出所 総務省統計局統計センター「平成23 年度科学技術研究調査結果」)

3.2.1 売上高対研究費支出比率

支出比率は、全産業・鉄鋼業とも前年対比で微減した。但し、鉄鋼業の減少傾向は下げ止まった様である（図6）。

一方、2010年の鉄鋼業の研究費総額は1511億円で2009年対比1.2%増加したが、その総額の73%は開発研究に費やされた。

3.2.2 従業員1万人あたりの研究本務者数

全産業は、順調に増加傾向を継続している。鉄鋼業も同様であるが、その割合は低い（図7）。なお、2011年の鉄鋼業の研究本務者総数は、約4700人と3年連続で同等であった。

3.2.3 研究本務者1人あたりの研究費

2010年は、全産業・鉄鋼業ともほぼ横ばいで、未だ、リーマンショック以前の2008年度レベルに回復していない

（図8）。なお、製造業の中における鉄鋼業は、医薬品製造業に次いで第2位（3207万円／人）であった。

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、2011年度終了した主要プロジェクトは、①「資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発」、②「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」、③「戦略的原子力技術利用高度化推進」、④「超急冷遷移制御噴射技術で非晶質／ナノ組織金属の大面積薄膜開発」などである。

2011年度着手の主要プロジェクトとしては、「製鉄プロセ

スにおける排熱を利用した熱電発電技術の研究開発」（2011～2012年度、2011年度2.7億円）である。

また、主要継続プロジェクトは、①「環境調和型製鉄プロセス技術開発」（2008～2012年度、2011年度26億円）、②「難利用鉄系スクラップの利用拡大のための研究開発」（2010～2012年度）、③「先進超々臨界圧プラント（A-USC）技術開発」（2008～2016年度、2011年度11.3億円）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。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組まれている。

4 技術人材育成

本会では、これまでも業界横断的な技術系中核人材育成を目的として、各種の育成事業（鉄鋼工学セミナー、鉄鋼工学セミナー専科、鉄鋼アドバンスセミナー、学生鉄鋼セミナー）を実施しているが、2011年度は、2010年度に新たに企画立案を行った新事業を実施した。

一つは、大学と産業界の人材育成のギャップを埋め、連携することで我が国の産業競争力の維持、向上を図る目的で、2008年度から、経済産業省の施策として実施してきた「産学人材育成パートナーシップ」事業の継承である。この事業では従来、基礎教育強化事業や目的型インターンシップ事業、開発マネジメント事業を試行してきたが、2011年度は、主に基礎教育強化事業を本会の育成事業に取込み、修士学生を対

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	難利用鉄系スクラップの利用拡大のための研究開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2010	2012
	環境調和型製鉄プロセス技術開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2008	2012
	戦略的原子力技術利用高度化推進	経済産業省（資源エネルギー庁）	2009	2011
	資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、経済産業省	2009	2011
	レアアース等利用産業等設備導入補助	経済産業省	2011	2012
	地球温暖化対策技術普及等推進事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2011	2011
要素技術	製鉄プロセスにおける排熱を利用した熱電発電技術の研究開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2011	2012
	水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2010	2014
	収束イオンビーム/レーザーイオン化法による単一微粒子の履歴解析装置	(独)科学技術振興機構	2010	2012
	超急冷遷移制御噴射技術で非晶質/ナノ組織金属の大面積薄膜開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2010	2011
	次世代10MW級海洋温度差発電プラントのコア技術研究開発	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2011	2015
	次世代パワーエレクトロニクス技術開発（グリーンITプロジェクト）	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	2009	2012
	エネルギー最適化設計ソフトの開発	経済産業省	2011	2014
	アジア基準認証推進事業費補助金	経済産業省	2011	2012
製 品	低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト	経済産業省	2010	2014
	先進超々臨界圧プラント(A-USC)技術開発	経済産業省（資源エネルギー庁）	2008	2016
	FCA鋼の鉄道台車枠適用開発に関する技術	国土交通省（(独)鉄道・運輸機構）	2009	2012
その他	複雑系数値モデル学の基礎理論構築とその分野横断的科学技术応用	(独)日本学術振興会	2010	2014
	閉鎖性海域における水環境改善技術分野における実証対象技術	環境省	2011	2012

象とする「鉄鋼工学概論」、学部学生を対象とする「最先端鉄鋼体験セミナー」を実施した。「鉄鋼工学概論」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側講師から講義を行い、最終日に工場見学（2011年度は、住金・和歌山）を行う3泊4日の講座である。20名の募集人数に対して64名の参加者があり、学生には、鉄鋼についての基礎知識を体系的に総復習でき、また疑問点の解明ができるなど、たいへん役に立ったようである。「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、JFEスチール・京浜、神戸製鋼・加古川、新日鐵・八幡で開催された。材料系以外の学生も対象としたが、学生からは企業での様々な技術開発や製造現場のスケールの大きさを感じることができ、よい経験になった、材料系を専攻する動機付けになったなどの意見があった。

また、主として大学学部生の低学年を対象に、ものづくり産業である鉄鋼産業の魅力を伝えて業界への関心を喚起する目的で、鉄鋼企業の経営幹部から経営ビジョンや企業の技術開発状況などについて順次講義する「経営トップによる大学特別講義」を新たなプログラムとして実施した。実施大学は国立7大学および東工大、横国大、早大の10大学で、トータル約1,600名の学生が聴講した。学生からは、普段聞くことのできない貴重な講演、成熟産業と思っていた鉄鋼業にもまだまだ開発の余地があることがわかり、鉄鋼業に興味を持つことができたとの意見が多数あった。本講義はたいへん好評であり、来年度以降も継続していく予定である。

5 協会における技術創出活動

5.1 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の発信を生産技術部門が中心となって行っている。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は、部会大会を定期的に開催し、現時点の重要課題を共通・重点テーマとして調査等を行い、活発な議論を行っている。2011年度の部会大会は、2010年度とほぼ同様に33の大会（春季16大会、秋季17大会）が開催された。参加者延べ人数は2,745名（2009年度2,860名）であった。部会大会への大学研究者の延べ参加人数は61名（2010年度56名）と、2010年度と同水準であった。

なお、2011年度は東日本大震災の影響を受け、部会大会1件が中止となった。

また、技術部会は、学術部会との産学連携が定着し、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など交流が推進されている。

特定技術課題を共同で重点的に検討する技術検討会も、

2011年度には18技術検討会が活動し、「キャストブルの乾燥技術」（耐火物部会）等5件が終了、「圧延油除去プロセス」（表面処理鋼板部会）等4件が新規にスタートした。

また、若手技術者対象の講演会や異業種見学・講演会など部会活性化を狙った企画が2010年度に引き続き実施された。

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期間を3年以内として活動している。

「実用構造用鋼における環境対応」を共通テーマとした技術検討部会の活動が2009年度から活動を開始し、今年度は最終年度として、溶接構造用鋼、機械構造用鋼における環境対応（省資源・省エネルギー／CO₂削減）技術の調査研究のまとめが行われ、成果報告書が刊行された。

「自動車用材料」検討部会は、2010年度から第Ⅵ期が開始され、従来通り（公社）自動車技術会と共同で、調査事業等を行っている。

また、昨年から技術検討部会としての活動を開始した「圧力容器用材料技術検討部会」では、鋼材規格検討WG、化学プラント用鋼材の水素脆化評価WG、高クロム鋼WGの3つのWGが設置され、それぞれ調査検討、実験等の活動を行っている。

5.3 研究助成・研究会

「鉄鋼研究振興助成」では、2012年度の助成対象者として新たに36件（若手16件）が採択され、2011年度に採択された41件と合わせて2012年度には合計77件が助成されることになった。

「研究会」は、2011年度22研究会が活動し、その内の6研究会が2012年3月に終了した。

2011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、6件が新規に活動を開始した（表8）。なお知識集約型（A型）、技術開発型（B型）、鉄鋼関連新分野探索型（C型）研究会制度は2010年度で終了し、2011年度からは新たにⅠ型、Ⅱ型研究会制度が導入され、2012年度新規案件として7研究会が採択された（表9）。

「産発プロジェクト展開鉄鋼研究」では、2009年度は、残念ながら新規採択がなかったが、2010年度および2011年度採択の2テーマが活動中である。2012年度新規案件としては、新たに1件が採択された（表10）。

（2012年2月29日受付）

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3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。2012年2月末現在22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 … 自動車用材料検討部会(第VI期)、実用構造用鋼における環境対応技術検討部会、压力容器用材料技術検討部会

表8 2011年度活動 研究会

No.		型	研究会名	部会	主査	研究期間
1	終了	A	非金属介在物の固相内組成組織制御	高プロ	北村信也(東北大)	2008～2011年度
2	終了	A	高温材料のフィジカル・メタラジー	材料	土井 稔(名工大)	2008～2011年度
3	終了	A	鋼管二次加工性評価試験方法の標準化	創形	三原 豊(香川大)	2008～2011年度
4	終了	C	グリーンエネルギー製鉄	環境	柏谷悦章(北大)	2008～2011年度
5	継続	A	水素脆化研究の基盤構築	材料	高井健一(上智大)	2009～2012年度
6	継続	A	ミクロ・マクロ偏析制御	高プロ	江阪久雄(防衛大)	2009～2012年度
7	継続	A	低炭素焼結技術原理の創成	高プロ	葛西栄輝(東北大)	2009～2012年度
8	継続	B	鉄鋼スラグ中フリーCaOのキャラクタリゼーション技術の標準化	分析技術	田中龍彦(理科大)	2009～2012年度
9	継続	C	ばらつきのない製造を実現する大量データ活用型モデルベース制御技術	計測	藤崎泰正(阪大)	2009～2012年度
10	継続	C	新世代中性子源を利用した鉄鋼元素機能	分析	大沼正人(NIMS)	2009～2012年度
11	継続	A	合金化溶融垂れつき鋼板の皮膜特性に及ぼす鋼中Si添加の影響	材料	山口 周(東大)	2010～2012年度
12	継続	A	計算工学による組織と特性予測技術Ⅱ	材料	小山敏幸(名工大)	2010～2012年度
13	継続	A	劣質・未利用炭素資源コークス化技術	高プロ	青木秀之(東北大)	2010～2012年度
14	継続	A	精錬反応プロセスにおける混相流・多重スケール解析技術の開発	高プロ	熊谷剛彦(北大)	2010～2012年度
15	継続	A	鋼中非金属介在物粒子の多面的評価	分析	井上 亮(東北大)	2010～2012年度
16	継続	B	熱延ROT冷却モデル構築	圧延理論	大久保英敏(玉川大)	2010～2012年度
17	新規	I	鉄鋼材料の組織と延性破壊	材料	高木節雄(九大)	2011～2013年度
18	新規	I	低炭素高炉実現を目指した固気液3相の移動現象最適化	高プロ	植田 滋(東北大)	2011～2013年度
19	新規	I	炭素循環製鉄	環境エネ社会	加藤之貴(東工大)	2011～2013年度
20	新規	I	素材産業から見た自動車リサイクル	環境エネ社会	松八重一代(東北大)	2011～2013年度
21	新規	II	粒子法による製鋼プロセス解析ツール開発(FS研究会)	製鋼	鈴木俊夫(東大)	2011年度
22	新規	II	鉄鋼分析における技術基盤の再構築を指向した統合型データベース開発	分析技術	上原伸夫(宇都宮大)	2011～2013年度

表9 2012年度採択 研究会

No.		型	研究会名	部会	主査	研究期間
1	採択	I	電磁振動印加時の物理現象解明	高プロ	岩井一彦(名大)	2012～2014年度
2	採択	I	非金属介在物と硫化物・窒化物の固相内反応	高プロ、振興助成	柴田浩幸(東北大)	2012～2014年度
3	採択	I	加工プロセスにおける酸化被膜の影響	創形	宇都宮裕(阪大)	2012～2014年度
4	採択	I	高強度鋼の破壊靱性	材料	栗飯原周二(東大)	2012～2014年度
5	採択	I	ワイヤレスセンサネットワークの鉄鋼応用	振興助成(計測)	榎 学(東大)	2012～2014年度
6	採択	II	鋼材矯正後残留応力の予測・評価	圧延理論	早川邦夫(静大)	2012～2014年度
7	採択	II	円周ガイド波による配管減肉検出技術	設備技術	西野秀郎(徳島大)	2012～2013年度

表10 産発プロジェクト展開鉄鋼研究の研究テーマ

採択	研究テーマ	主査	研究期間	研究目的
2010年度	海洋環境での製鋼スラグの利用技術開発	月橋文孝(東大)	2010～2014年度(3年間)	製鋼スラグの有効利用のため、製鋼スラグ及びその混合材による、海洋域造成材、海洋植物成長促進のための材料としての利用、海洋環境の修復・保持材としての利用効果を明らかにする。
2011年度	4Dイメージング実現による鉄鋼材料研究の飛躍的高度化	戸田裕之(豊橋科技大)	2011～2013年度(3年間)	軽金属で開発されてきた3D/4Dイメージングと応用技法を鉄鋼材料に適用可能にし、鉄鋼の変形・破壊過程を4D「その場観察」し、局所的な変形挙動や3Dミクロ構造との関係を定量評価して塑性変形・破壊機構を解明する。
2012年度	製鋼スラグによる東日本大震災で被災した沿岸田圃地域の再生	北村信也(東北大)	2012～2014年度(3年間)	東日本大震災で被災した沿岸田圃の除塩、土壌改良に対する製鋼スラグの有効性の確認と、農業利用のためのスラグの組成・組織制御技術の開発を行う。

☆新製品☆

本会維持会員企業において2011年に開発が終了した新製品を表11に示す。

表11 新製品一覧表

分類	会社名	製品名	内 容	発表時期
建築向け製品	新日本製鐵	耐候性鋳物 CORQ® (コルク)	耐候性鋼板 COR-TEN の技術を活用し、耐候性鋳物を開発。凹凸を付けて意匠性の高い舗装素材に使用される。	2011.10
	JFEスチール	建築構造用 520N/mm ² 級 TMCP H 形鋼 「HBL®-H355」	最適な化学成分と熱加工制御の組合せによって降伏比 80%以下、降伏耐力 355N/mm ² 以上、引張強度 520N/mm ² 以上を実現。	2011.7
自動車向け製品	新日本製鐵	高成形性 1.2GPa ハイテン	自動車の骨格部品に適用可能な高い成形性と 1.2GPa 級の強度を併せ持つ高張力冷延鋼板。	2011.10
	日本金属工業	ばね用省 Ni ステンレス鋼 「NTK S-7」	Ni 含有量を約 1%に低減した SUS301 代替ばね用ステンレス鋼。時効硬化特性に優れ、非磁性の特徴を持つ。	2011.5
造船向け	JFEスチール	低温用LP鋼板	板長手方向ヘーパを付与した鋼板に対しても高精度の TMCP 制御を行える技術の開発により実現した造船用低温鋼板。	2011.10
電機機械向け 製品	JFEスチール	エコフロンティアJX	従来の材料に比べ、耐食性、プレス成形性を飛躍的に向上した高機能クロメートフリー亜鉛めっき鋼板。	2011.12
エネルギー分野 向け製品	新日本製鐵	極厚210mmラック用 HT80鋼	ジャッキアップリグ海洋構造物のラック部材に使用される極厚高靱性HT80鋼で、国内初の210mm厚を開発。	2011.6
	JFEスチール	極厚X65 耐サワー海底用鋼管	低温靱性や高圧に耐え得るとともに耐腐食性にも優れる最大板厚 38mmの海底ラインパイプ用UOE極厚鋼管。	2011.7
	住友金属工業	高強度高耐食油井管 スーパー 17Cr鋼管 (SM17CRS-125)	マルテンサイト系ステンレス油井管で世界最高レベルの耐食性と高強度を両立した、大深度油井開発に対応可能な新製品。	2011.9
	日本製鋼所	地熱用 タービンロータ用鋼	従来鋼と同等以上の靱性と耐 SCC 性を維持しつつ、タービンロータ軸の大胴径化が可能な組成の合金鋼。	2011.9
その他	住友金属工業	新型操舵台車	曲線走行時のレールと車輪の摩擦によるキシリ音に対して、輪軸の舵をきることにより低減させる新型操舵台車。	2011.10
	神戸製鋼所	潤滑プレコートチタン板 「ルブリコート」	油潤滑よりも高いプレス成形性が得られ、アルカリ脱脂で除去可能な潤滑被膜をコーティングしたチタン薄板。	2011.9
		高伝熱チタン板「HEET」	表面に微細な突起を付与した加工を施すことで熱伝達を向上させることができるチタン薄板。	2011.9
	新日鐵住金 ステンレス	二相ステンレス鋼の 薄板商品メニュー拡充	既存汎用 SUS329J4L に加え、リーン型 S32101、S32304、標準型 SUS329J3L(S31803、S32205)、スーパー型 S32750 を拡充。	2011.6
		二相ステンレス鋼の 棒線商品メニュー化	標準型 SUS329J3L(S31803)、SUS329J4L、スーパー型 S32750 をメニュー化。ボルト・ナット・溶材用途に展開中。	2011.9
		4 M幅、高平坦度の 厚板ステンレス鋼の商品化	世界初、5000t 強力レベラーの導入により 4m 幅で高平坦度の厚板ステンレス鋼を実現。平坦度と切断後曲りを大幅に改善。	2011.7
	東洋鋼鈑	Setsu Den ミラー	全反射率 95%以上の銀鏡めっき鋼板と光反射設計を組み合わせることにより、照明効率を高めた天井用高効率反射傘。	2011.4

☆生産技術のトピックス☆

2011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. 150トンESR装置へのスケールアップ

(株)日本製鋼所

日本製鋼所は原子力発電や高効率火力発電などの将来的な大型ESR鋼塊の需要に対応するために、固定モールド・単独電極方式を採用したESRとしては世界最大級となる150トンESR装置を室蘭製作所特殊溶解工場に導入した。

この導入は1992年に他社に先駆けて設置した100トンESR装置の老朽化更新であり、2011年10月より実操業を開始している。

今回設置した150トンESR装置では、消耗電極を吊り下げるヘッドを従来のカンチレバー型からガントリー型に変更したことにより大重量電極昇降の安定性が増すとともに、最新鋭の溶解制御プログラム採用により凝固組織の連続性や成分偏析の生成抑制など大型ESR鋼塊の溶解・凝固制御の精度が格段に向上した。また2基のヘッドを用いた単独電極の複数回交換による大型ESR鋼塊の製造も可能である。さらに、最大径 ϕ 2200mmモールドのESR溶解においても十分に溶解出力を確保できるように低周波数電源を採用したことにより、設備更新前よりも電力原単位を低減することに成功した。

日本製鋼所はこれらの設備と長年培ってきた大型造塊におけるマクロ偏析予測技術などを組み合わせることにより、高合金鋼やNi基超合金などの高機能材においても高品質な大型ESR鋼塊を提供できる体制を整えていく。

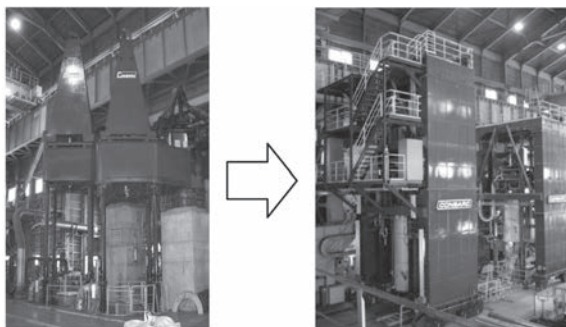


図 旧100tESR装置(左)と新150tESR装置(右)

2. 小倉製鉄所における製鋼リフレッシュ

住友金属工業(株)

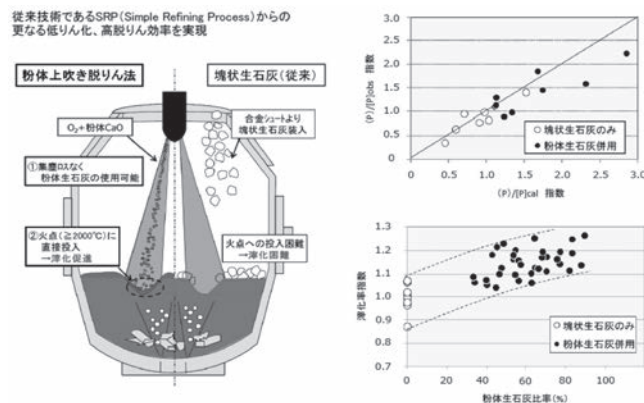
小倉製鉄所は、条鋼専門の一貫製鉄所として高級特殊鋼条鋼を主体に製造している。高級条鋼分野では部品の高強度化に伴い、需要家からの品質要求はより厳格になってきてい

る。これらの品質要求に対応すべく小倉では2基のブルーム連铸機と3種の二次精錬設備を組合せ、部品用途に応じた製造プロセスの造り分けを実施してきた。その一方で、複数のプロセスが混在することにより、工場内物流の錯綜に伴う生産能力低下が課題となっていた。

稼働開始後30年が経過した2号連铸機のリフレッシュに合わせ、工場内物流の抜本改善を図るため新連铸機専用の精錬ライン(LF-RH)を新設し、高清潔鋼製造ラインと高機能鋼製造ラインの完全分離を実施した。その結果、物流を大幅に簡略化することができた。また品種が混在することによる铸造時の制約が緩和でき、より生産性と品質が向上した。

一方、更なる低りん化の要求と環境負荷物質排出低減に向け、フッ素フリーでの脱りんプロセスを構築すべく脱りん炉も同時に新設した。

脱りん炉には、粉体上吹き脱りん法(SRP-Z)を採用し、短時間(<6分)での全量溶銑脱りんが可能となった。一連の製鋼工場リフレッシュ投資は、2010年10月の脱りん炉稼働で完成し、高級特殊鋼条鋼の安定供給に寄与している。



3. 世界初1000N/mm²級鋼を適用した実建築物について

住友金属工業(株)

住友金属工業が建築構造用鋼材として開発した世界最高強度である1000N/mm²級鋼材「SSS1000」を、同社の総合技術研究所の新研究棟(図1)に適用した。

同新研究棟では、「SSS1000」と地震エネルギーを吸収する制振デバイスを1階に集中配置して、地震時には「SSS1000」がしなやかに揺れるとともに、地震エネルギーの大半を制振デバイスが吸収する構造であり、高い耐震性を実現している(図2)。

「SSS1000」は現在建築分野で一般に用いられる厚鋼板の中では最高強度の590N/mm²級鋼(降伏強さ440N/mm²以上)に比べて約2倍の降伏強度を有していることが特徴である。

一方、建築分野へ1000N/mm²級鋼を適用する際の大きな課題の一つは、高強度の宿命ともいえる溶接施工における厳しい管理範囲を緩和し、汎用性を持たせることであった。この課題については、想定される中で最も厳しい使用条件下で評価試験を行い、試験結果をフィードバックさせながら鋼材の最適な製造条件及び溶接材料の最適な合金成分設計を得ることに成功した。

「SSS1000」は2008年6月に建築基準法第37条第2項の規定に適合する材料として国土交通省の大臣認定を取得している。溶接材料については、日鐵住金溶接工業(株)との共同研究を行い、これまでの1000N/mm²級鋼の溶接材料に比べて広範囲な溶接条件下で母材強度とほぼ同レベルの高い強度特性(降伏強さ)を達成できる溶接材料を開発した。この溶接材料も「SSS1000」と同時に国土交通省の大臣認定を取得している。



図1 新研究棟建物外観



図2 「SSS1000」と制振デバイス

4. 厚板新冷却設備 (DAC-n) の高精度冷却制御技術の開発 住友金属工業(株)

住友金属工業は2010年に新加速冷却装置「DAC-n」(n: Nano, Neptuneを意味する)を鹿島製鉄所に立上げた。冷却装置本体は研究開発知見に基づき欧州のプラントメーカーから導入し、冷却制御モデルを独自モデルに切り替えることで

冷却精度を飛躍的に向上させた。

DAC-nは、従来の冷却設備で課題であった板上冷却水の縮流による幅中央部の過冷却を解消するノズルタイプを採用している。これにより弱冷却から強冷却まで広範囲な冷却条件下において、板内の冷却停止温度分布の均一化を実現した(図1)。

冷却停止温度の高精度化を図るため、多孔ジェットのスプレッド解析と冷却ラボ試験を行って板上の冷却挙動を定式化し、沸騰状態を考慮した熱伝達率モデルを開発した(図2)。本モデルの特徴は、冷却スプレッドが拡散する過程での水温上昇を計算し、沸騰状態を判定して熱伝達率を求め、全域での平均熱伝達率を算出する点である。本モデルを温度計算の中核にして、冷却前の温度変動に応じて冷却水量をダイナミックに設定する冷却制御技術を開発し、冷却停止温度のばらつきを従来比で50%低減した。

現在も安定稼働中で、品質安定化、合金成分削減、生産性向上などの諸元改善を達成し、更にその適用拡大を推進中である。X100以上の超高強度ラインパイプ母材、厚肉耐サワールラインパイプ母材、海洋構造物、ペンストック、LNGタンク用高Ni鋼をはじめとするハイエンド厚鋼板の安定量産体制確立に大きく貢献している。

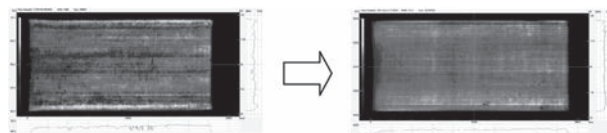


図1 板内冷却停止温度分布比較(25.7mm厚×4440mm幅)

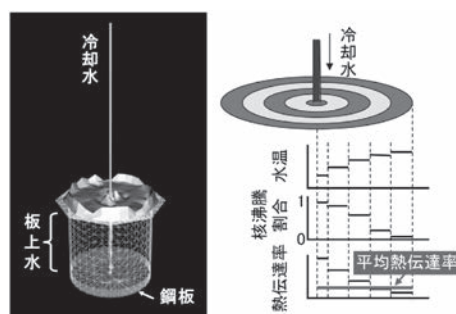


図2 沸騰状態を考慮した熱伝達率モデル

5. 超音波衝撃処理UITを活用した疲労強度向上技術

新日本製鐵(株)

超音波衝撃処理UIT(Ultrasonic Impact Treatment)は、疲労き裂の発生が問題になる溶接止端部に適用することにより、著しく疲労強度を向上させ、構造物の寿命を延ばし、ライフサイクルコストの大幅な低減や安全性向上を図ることができる画期的な処理方法である。

この技術は対象部位を超音波振動させた金属ピンで打撃処理を行う方法である。溶接鋼構造物において疲労き裂の起点となりやすい溶接止端部にこの処理方法を適用することにより、溶接止端を塑性変形させ、形状を滑らかにし応力集中を低下させるとともに、通常溶接止端部に生じている引張残留応力を圧縮に反転させるため、き裂発生部の作用応力を部分的に低下させることができ、図に示すように溶接部の疲労強度を著しく向上させる。この圧縮残留応力は高強度鋼ほど大きくなるため、従来、強度によって変わらないとされてきた溶接継手部の疲労強度を使用鋼材の強度に応じて上昇させることが可能となるため、UITは高強度鋼を有効活用した疲労設計への応用も期待される。

さらに、この処理は短時間で技能を習得できるほど施工が簡単、施工者による作業のバラツキが小さい、グラインダー処理などの従来技術と比較して処理速度が数倍程度早い、切り粉の発生が無い、過度な処理による失敗が無い、処理時の安全性等、施工性にも優れている。

現在、UITによる疲労対策はNK、LR、ABSなどの船級協会に疲労対策技術として認められている他、国土交通省の新技術情報提供システムNETISにも登録されており、実構造物への適用が進んでいる。大型鉱石運搬船や羽田空港のD滑走路のジャケット部の疲労対策など、橋梁、造船、建機、建築等様々な分野で活用が拡大している。

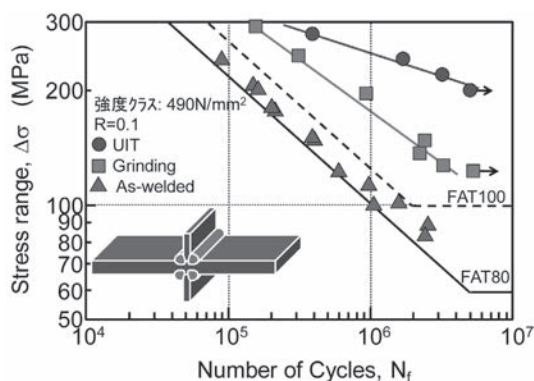


図 十字溶接継手のS-N特性に及ぼすUIT処理の効果

橋梁、コンテナ等様々な分野で使用されてきた。最近、時間経過と共に重厚さを増す表面の“さ美”の色彩・意匠性が注目され、日本の風土、街の景観との調和をもたらす建築材料として注目が集まっている。

2011年日本建築学会賞を受賞した“IRONHOUSE”（梅沢良三他）は、100年以上使用する超長期住宅を実現するため、外殻を屋根・壁一体のシェルター構造にして、腐食・老朽化の要因となるパネルジョイントを極力減らす設計としている。このコンセプトを実現する素材としてCOR-TEN鋼が採用された。一般的に建築物は完成時が一番素晴らしく、時が経つにしたがって老朽化してみすばらしくなっていくが、IRONHOUSEは初めから50年建っているような風格と趣があり、100年という長期的なスパンで更にその深みが増していく。長持ちする住宅は、ライフサイクルコスト低減を実現するだけでなく、廃棄物やCO₂排出量削減につながり、地球環境の面でも貢献することが評価されている。

また、新たな用途として美術家田窪恭治の提案により、ノルマンディ林檎の礼拝堂や金刀比羅宮神椿の床材として使用された。2011年には東京都や岡山県で開催された展覧会にCOR-TENを継承した鋳物であるCORQ®とともに床に用いられ、2012年には彫刻の森美術館に設置され好評を得ている。



図1 COR-TENの建築への適用事例

6. COR-TEN® 鋼による建築構造物の意匠性向上

新日本製鐵（株）

COR-TEN（Corrosion resistant steel、コルテン）鋼は、1933年USスチール社で開発され、1959年に現新日本製鐵が技術導入し、種々改善・開発を加え50年を越えて使用されている鋼材である。

“さびをさびで制する”特長を持つCOR-TEN鋼は、さびは塗装などで抑えるものという鉄の常識を覆す鋼材で、建築や

7. TMCP型LP鋼板

JFEスチール（株）

造船および橋梁などに適用される鋼板長手方向に連続的に板厚を変化させたLP（Longitudinally Profiled）鋼板は、構造物の溶接等の板継ぎを削減し、かつ必要最小限の重量とすることができるため、造船、橋梁をはじめとする各業界でのコスト削減ニーズの高まりに応えることのできる画期的な商品である。LP鋼板は、①熱間圧延で板厚精度、平坦度を確保し

つつ、長手方向に板厚を変化（最大30mm）させる特殊な圧延が必要。②圧延後の鋼板からの製品切り出し位置の正確な把握が必要であるなど、高精度・高品質のLP鋼板を安定的に大量に製造するための課題について多くの検討がなされ、実用化が進められてきた。

近年、LP鋼板の適用範囲が広がるとともに、低温靱性要求の厳しい低温材への適用や、構造物の大型化に伴う鋼材重量軽減への要求から、これまで以上の高強度・厚肉材においてLP鋼板の適用ニーズが拡大してきたものの、LP鋼板は鋼板長手方向にテーパを持つため、TMCP鋼の製造技術である制御圧延および制御冷却において、材質を均一に造り込むことが容易ではなかった。

JFEスチールでは、圧延技術の高度制御技術やSuper-OLACによる制御冷却での冷却速度の高精度コントロールにより、鋼板長手方向板厚差に起因する材質差を低減させることを可能とした。これまでにLP鋼板は、低温材やYP36キロ以上の高強度ハイテンを含めて、造船、橋梁分野を中心に適用され、累計受注量が50万トン以上に達している。本鋼板の適用により構造物の軽量化、建造工数削減を図ることができ、環境負荷の低減、製造コスト削減に寄与する鋼板として社会に大きく貢献している。（「OLAC」はJFEスチールの登録商標です）

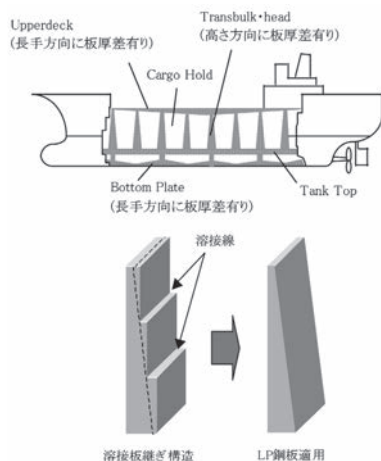


図 バルクキャリアのトランスバルクヘッドへのLP鋼板適用例

8. TS1.8GPa級熱間プレス用鋼板「スミクエンチ1800」

住友金属工業（株）

住友金属工業は、熱間プレス部材の標準強度TS1500MPa級を凌駕する世界初のTS1800MPa級熱間プレス用鋼板「スミクエンチ1800」を開発した。本鋼板開発では、組織の微細化、介在物および不純物元素の低減を視野に、最適な成分系を探索した。その結果、熱間プレス後、従来鋼板より遥かに

微細な組織（図1）となり、優れた延性、靱性、耐遅れ破壊性が得られた。

また本開発鋼板の各種部品製造への適用を視野に、アイシン高丘（株）と共同でモデル部品性能評価を実施し、動的3点曲げ性能に優れ（最大荷重で26.5%向上）、ゲージダウン可能であることを確認した（図2）。さらに本開発鋼板を用い、マツダ（株）、アイシン高丘及び双葉工業（株）と共同で開発したTS1800MPa級熱間プレスバンパービームが、新型SUV「マツダCX-5」に採用され、約4.8kgもの軽量化を達成している。

このように、今後、本開発鋼板を熱間プレス技術に適用することにより、自動車の軽量化、CO₂削減に大きく寄与していくものと期待される。

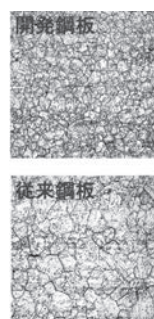


図1 開発鋼板のマイクロ組織（熱間プレス後）

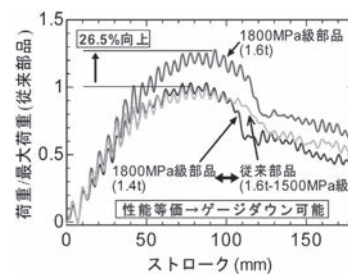


図2 動的3点曲げ性能比較

9. 高機能クロメートフリー電気亜鉛めっき鋼板

「エコフロンティア®JX」を開発・商品化

JFEスチール（株）

JFEスチールは、従来材料の耐食性、導電性、プレス成型性といった多種の機能を併せ持つ高機能化成処理鋼板「エコフロンティア®JX」を開発、商品化した。従来技術では、耐食性を確保するために鋼板表面の化成皮膜を厚くする必要がある



図 プレス成型品一例（灯油受け皿）

が、一方で表面の導電性低下を招くため、スポット溶接性やアース性が低下するという課題があった。また、深絞り加工などの難成型品は無塗油でプレスするとカジリや割れが発生するため、プレス時に塗油および脱脂工程が必要であった。

今回商品化した「エコフロンティア®JX」は、JFEスチール独自のクロメートフリー皮膜形成技術と、新たに開発したeNano®技術（※1）とを融合することで、優れた導電性を維持しながらも、従来材料の2倍以上の耐食性（※2）を達成した。さらに、様々な摺動条件でも高度に潤滑性を発現する新規ワックス成分を添加することで、プレス成形性も飛躍的に向上し、これまで無塗油での加工が難しかったプレス成型品にも採用された（図）。今後は優れた導電性が要求されるOA・PC、更に、冷凍ショーケースやモーターケース部品など高度の耐食性と成形性が要求とされる部品への用途拡大が期待される。

（※1）eNano®技術：亜鉛めっき層の表面に緻密な特殊ナノ分子層を形成させ、腐食因子である酸素と水の透過を抑制し、薄膜での高耐食性を実現。

（※2）塩水噴霧試験において、100時間噴霧で白錆発生率5%未満が一般的な指標であるところ、200時間噴霧でも5%未満の発生率を達成。

10. H形鋼柱と梁の接合部合理化工法の開発

住友金属工業（株）

住友金属工業は、柱と梁にH形鋼を使う鉄骨造の新しい接合部合理化工法「SM-HSJ工法」を開発し、日本建築総合試験所から建築技術性能証明を取得した。

従来、H形鋼柱の鉄骨造の建物は、柱と梁とを接合すると

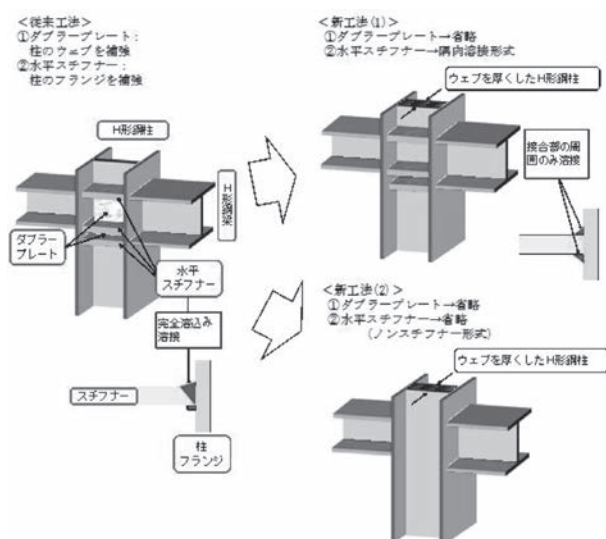


図1 簡略化の方法

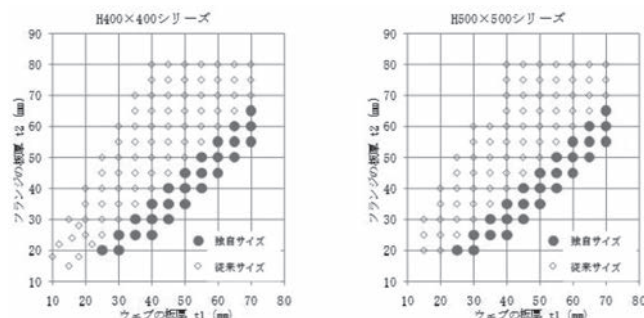


図2 住友金属工業 独自サイズ（広幅H形鋼）

きに水平スチフナーやダブラープレートといった補強が必要であった。補強部品の溶接は現場での煩雑な手作業にならざるを得ず、鉄骨建築のコストアップ要因になっていた。

住友金属工業は、柱のウェブ部を厚くしたH形鋼「SM-TWH」を用いることで、H形鋼同士の柱と梁とを接合する際の補強を省略できるようにした（図1）。それにより、水平スチフナーやダブラープレートが不要となるとともに、溶接作業を簡略にでき、工事コストを削減することができた。

「SM-HSJ工法」は、工場、倉庫やショッピングセンター等の中低層の建物を主な適用先に想定した工法である。鉄骨鉄筋コンクリート柱に適用する「SM-TWH（図2）」を用いたSRC柱合理化工法は、既に日本建築センターの評定を取得し、販売しているが、新工法は更に鉄骨造にも拡張したものである。

今後H形鋼の使用が想定される倉庫、工場、店舗を中心に、ゼネコンや設計事務所などのお客様に本合理化工法を提案していく予定である。

11. 「SMart BEAM床工法」の日本建築センター評定取得

住友金属工業（株）

住友金属工業は（株）タツミと共同で、木造軸組建築物の2階の床面を支える新しい床組み工法「SMart BEAM床工法」を開発し、タツミにて2011年7月、一般財団法人日本建築センターの評定（BCJ評定-LW0024-01）を取得した。

「SMart BEAM床工法」は、集成材梁と住友金属の一般構

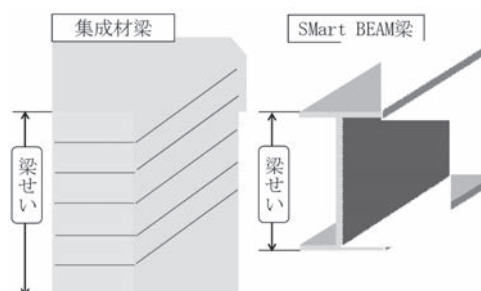


図1 集成材梁とSMart BEAM梁

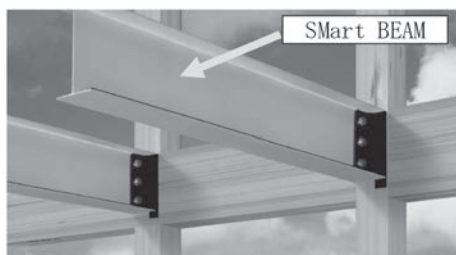


図2 SMart BEAM 梁 (イメージ)

造用溶接軽量H形鋼「SMart BEAM」(以下、SMB) 梁の両方を使う工法で、その特長は次の三つである。

- ①曲げ剛性が高く集成材の梁と比べて梁せいを低くできる
- ②木材のような経年変化がない
- ③集成材による金物工法と同様の施工性

SMB 梁を接合する SMB-TEC 金物と、テックワン金物の間には取付ボルト穴寸法に互換性があり、同等の施工性能がある。

日本建築センターの一般評定により、「SMart BEAM床工法」は、設計者が個々に構造実験などで接合部の安全性を証明する必要がなくなるとともに、「住宅の品質確保の促進等に関する法律 (品確法)」の求める耐震性能を満たしたことを確認している。

12. SM-J パイルによるゼロクリアランス施工が 市街地の近接工事で活躍

住友金属工業 (株)

SM-J パイルは、狭隘な施工現場で限られた用地を有効に活用するニーズから開発された土留め鋼材であり、断面形状・継手に工夫がなされている。また、専用の圧入機を用い



写真1 シンガポールにおける施工事例



写真2 (a) 施工前の水路状況



写真2 (b) 施工後の水路状況



写真2 (c) SM-J パイルの施工状況

ることで、従来工法では解決できなかった隣接構造物とのゼロクリアランス施工を無騒音・無振動に近い形で行うことが可能となり、市街地の近接工事などで広く適用されている。近年では、シンガポールの水路改修工事への適用 (写真1) をはじめ、海外での認知度も高まっている。

2010-2011 年にかけて、秋田県男鹿市の保量川排水区雨水幹線 (幅3m, 延長183m 区間) で SM-J パイルが採用された (写真2)。水路両側に建物が近接し、施工機械の作業スペース確保を勘案すると、従来工法では施工後の水路幅が極狭小となり流下断面積の拡大は実質的に不可能であった。このような状況の中、隣接構造物とゼロクリアランスで施工が可能な SM-J パイルを適用することで、水路幅の縮小を最小限に抑え、流下断面積を確保した水路改修が実現した。

13. 大深度油井用高強度高耐食油井管 「SM17CRS-125」の開発

住友金属工業 (株)

住友金属工業はマルテンサイト系ステンレス油井管では世界最高レベルの耐食性と高強度を両立する油井管「SM17CRS-125」(以下スーパー 17Cr 鋼) を開発した。

近年の世界的な資源エネルギーの需要増大で、地下6,000m を超える大深度の油井・ガス井の開発が増加している。大深度の油井・ガス井では、地層圧に耐えパイプの自重を支える強度と、200℃前後まで上昇する高温環境での耐食性を両立した油井管が必要である。こうした環境では従来の 13Cr 油井管は耐食性不足で使用できず、高級な 2 相ステンレス油井管を使用する。住友金属工業はマルテンサイト系をベースとする材料で、炭酸ガスを含んだ高温環境での耐食性を確保するためには、Cr の最適含有量が 17% であることを見出した。しかし 17% の Cr を含有した場合、金属組織を硬質なマルテンサイトだけで構成できず、軟質なフェライトを含む 2 相組織となる (下図)。そこで合金成分を更に調整し、軟質なフェライトが存在しても 13Cr 鋼の降伏強度を超える 125ksi (861MPa) 以上の強度確保に成功した。スーパー 17Cr 鋼は

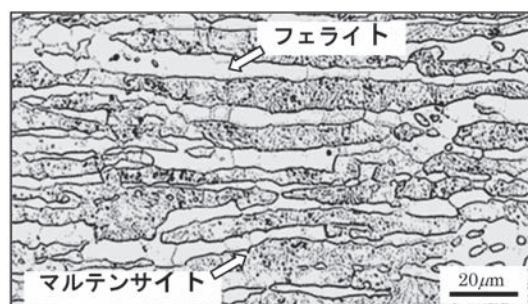


図 スーパー 17Cr 鋼のマイクロ組織

13Cr鋼よりも高温耐食性に優れ、2相ステンレス鋼よりも合金含有量が低く冷間加工が不要なため経済性にも優れる。

スーパー 17Cr鋼は今後増加する大深度の油井開発への適用が検討されており、世界のエネルギー安定供給に大きく貢献する。

14. 世界最大670トン鋼塊による

超大型低圧タービンロータの試作

(株)日本製鋼所

火力および原子力発電用の一体型低圧タービンロータ軸材は最大重量600トンの高品質鋼塊を用いて製造されてきたが、単機発電容量の増大に伴って鋼塊のさらなる大型化が求められている。この要請に応えるため、日本製鋼所では、これまでの製造限界を超える670トン鋼塊の製造の予備調査として650トン鋼塊を試作し、解体調査により鋼塊内部の品質を確認した。調査項目は鋼塊全縦断面のマクロ組織観察、鋼塊全体226箇所のチェック分析、および清浄度調査である。650トンという超大型ではあるが、合金成分の分布は均質であり、清浄度も600トン鋼塊と同等な高品質鋼塊が製造可能であることを確認した。

以上の結果を踏まえて、重量670トンの鋼塊を2011年4月に鋳込み、胴径 ϕ 3200mmという今までにない大型形状の一体型低圧タービンロータ軸の試作・評価を行っている。調質熱処理実施後の軸芯部超音波探傷の結果は、欠陥不検出であり、試作ロータ軸の清浄度の高さが示された。この後、ロータ軸全体を切断・解体し、機械的性質評価および試作鋼塊と同様の内部性状調査を実施する予定となっている。本開発は経産省補助金事業として行っている。

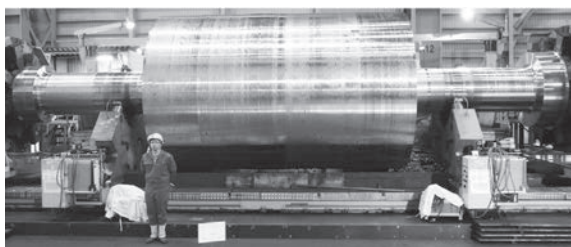


図 670トン鋼塊から試作した一体型低圧ロータ軸材

15. 地熱タービンロータ用鋼の開発

(株)日本製鋼所

日本製鋼所は、大型化に適した新しい地熱発電タービンロータ軸用低合金鋼を開発した。

再生可能エネルギーのひとつとして近年注目されている地熱発電において、発電容量の増大への要請が大きい。この

ため、地熱タービンロータ軸は大胴径化しつつあるが、大胴径化に伴い焼入れ時の軸心における冷却速度が低下するため、従来の1% CrMoV鋼では必要な強度・靱性を保証できる胴径として ϕ 1300mm級が限界であった。また、鋼塊の大型化による中心部の成分偏析傾向の増大が懸念された。これらの課題を解決し、より大型のロータ軸を実現するために、焼入れ性の向上と偏析傾向の低減を狙うとともに、耐食性に優れ、ロータ軸受部の良好な摺動性にも考慮した2.25% CrMoV鋼を開発した。開発鋼では、胴径 ϕ 1600mmまで大型化が可能であり、強度・靱性と耐SCC性が従来鋼と同等以上であることが確認された。偏析性についても、実機用大型金型鋼塊の凝固を模擬可能な砂型鋼塊を溶製し、開発鋼の偏析傾向が従来鋼より著しく小さいことを確認した。地熱ロータ大型化に対応可能な軸材を適用した実機4本を現在製造中であり、CO₂排出量削減に貢献する。



図 従来鋼(左)と開発鋼(右)の砂型鋼塊の縦断面組織

16. マトリックス冷間ダイス鋼「DCMX」

大同特殊鋼(株)

大同特殊鋼は金型作製リードタイムの短縮および金型寿命の向上を目的として開発した冷間ダイス鋼「DCMX(ディーシーマトリックス)」を、自動車部品メーカー等の海外拠点でも調達できるように、海外在庫体制の構築を進めている。

DCMXは、従来鋼SKD11に比べ切削性に優れ、割れにくいという性質に加え、粗大な炭化物を極限まで低減することで、熱処理時に等方的な寸法変化を実現した冷間ダイス鋼であり、

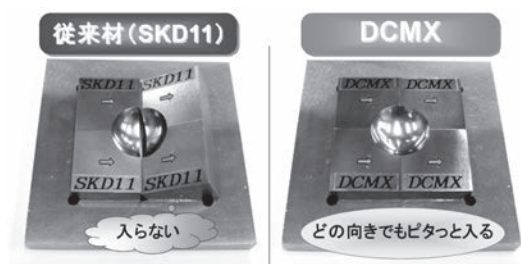


図 DCMXの特長の一例

熱処理に伴う金型の寸法調整の手間を大幅に軽減する。すでに採用されている自動車部品・家庭用電化製品メーカーでは、ブロックを組み合わせた大型冷間プレス金型や小部品を曲げ・抜き加工を行う冷間順送プレス型など、幅広い用途で好評価を得ており、発売当初から使用量を大きく拡大してきた。

大同特殊鋼は、更に国内メーカーの海外工場移転に対応するため、中国・タイをはじめとした海外での安定供給と、金型作製に必要な熱処理・表面処理等も含めたトータルソリューション体制を整える。海外でも国内と同一品質のものづくりに貢献していく。

17. 一体型低圧ロータ用超大型鋼塊の製造技術開発

日本鑄鍛鋼 (株)

日本鑄鍛鋼はこれまで原子力発電向けの一体型低圧ロータを500t鋼塊から100本以上製造している。近年、原子力発電の発電容量の大型化に伴い、一体型低圧ロータも大型化してきており、このニーズに対応するために世界最大級の650t鋼塊の製造技術を開発した。

650t鋼塊の開発ではまず、溶鋼量の増加に対応する精錬・造塊技術の安定性の確認、改善を行った。次に鋼塊が大きくなることによる成分偏析や内部空隙の増大の懸念に対しては、シミュレーションなどの予測技術を用いて鋼塊形状の最適化を行い、2010年12月と2011年1月に650トンの試験鋼塊を2本製造した。

1本目の試験鋼塊は鋼塊性状の確認のために軽鍛造後、超音波検査、切断調査を行った。その結果、有害な介在物は確認されず、内部空隙は軽鍛造で圧着されるほど軽微であった。また、成分偏析についても500トン鋼塊とほぼ同等であった。2本目の試験鋼塊は一体型低圧ロータとしての特性を検証するために試作ロータとして製造した。その結果、内部品質は健全で材料特性も良好であり、製品として問題ないことが確認できた。



図 650t鋼塊の概観写真

18. 鉄道車両の走行安全性を

常時モニタリングするシステムの構築

住友金属工業 (株)

鉄道車両が曲線を走行する際の脱線に対する安全性は、曲線走行時に車輪に発生する垂直方向、左右方向の荷重を測定し、その比率 (以後、脱線係数と称する) が、予め定められた閾値に対してどの程度余裕があるかで評価する。従来、脱線係数の決定要因として、車両諸元、および曲線半径等の曲線諸元等が支配的であり、新車導入時、および新線開業時のみの測定で十分と考えられていた。

しかし、近年の研究成果から、前記以外の因子によっても脱線係数が大きく変動することが判明した。従って、走行安全性管理を高度化するためには、営業運転中の車両の脱線係数を常時モニタリングすることが望ましい。しかし、従来の脱線係数測定には歪みゲージを用いた測定専用の車輪/車軸を使用するため、営業運転中の常時モニタリングは不可能であった。そこで、(独)交通安全環境研究所、東京地下鉄 (株)、住友金属工業は、歪みゲージの代わりに、非接触式センサを活用する脱線係数測定技術を開発した。当技術により、一般の車輪/車軸を装着した車両でも、脱線係数の常時モニタリングが可能となった。

2009年には、開発技術を搭載した鉄道台車を製造し、東京地下鉄丸ノ内線において、営業運転中の車両で脱線係数の常時モニタリングを開始するという世界で初めの実用化に成功した。今後、他路線へと適用が拡大される予定である。

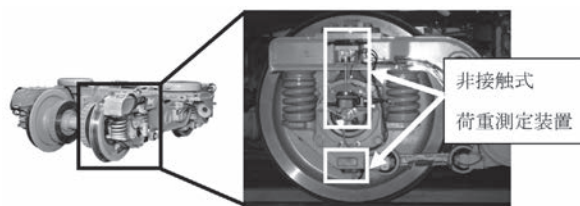


図 脱線係数の常時モニタリングシステム

19. 静的強度と疲労強度を両立させた

高性能なガスケット用ステンレス鋼板

住友金属工業 (株)

住友金属工業は、(株) 本田技術研究所および日本リークレス工業 (株) と共同で、静的強度と疲労強度を両立させた高性能なシリンダーヘッドガスケット (以下、ガスケット) 用ステンレス鋼板 (NAR-301L HSX) を開発した。

ガスケットは、シリンダーヘッドとシリンダーブロックに分割されるエンジンの隙間をシールする部品であり、素材となるステンレス鋼板には静的強度と疲労強度が求められる。近年、CO₂排出量の少ないクリーンディーゼル自動車は欧州

を中心に人気がある。一方、ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに比べて燃焼圧が高い特徴があり、ディーゼルエンジンに組込むガスケットにはガソリンエンジンよりも静的強度と疲労強度に優れるステンレス鋼板が要求される。

本開発では、窒素雰囲気での焼鈍により鋼板表層の窒素濃度を高め、板表面近傍の結晶粒径を $1.2\mu\text{m}$ まで微細化して疲労強度を高めるとともに、時効処理による静的強度の向上も実現した。これによりディーゼルエンジンの高い燃焼圧に耐えるガスケットを提供することが可能となった。

本開発は、日本金属学会より技術開発賞(2011年)を受賞した。



図 ディーゼルエンジン向けシリンダーヘッドガスケット

20. 時間分割繰り返し型生産・物流最適化による 原料一貫物流システム

新日本製鐵(株)

新日本製鐵は、積地から各製鉄所高炉までの原料需給を一貫管理するシステムを開発し、全社に導入した。膨大な量の鉄鉱石・石炭の搬送では、物流の整流化、コスト削減に加えて品質要求を満たした生産計画と物流計画の立案が重要である。従来は人が経験に基づいたルールで計画立案する事が一般的であったが、高性能計算機を用いた数値計画技術により、原料物流全体を一貫最適化しながら原料需給管理に関する情報を本社～積地～揚地(製鉄所)まで一元管理することが可能となった。

開発システムでは、輸送時間が短い中国と長いブラジル等



図1 時分割繰り返し型最適化の考え方

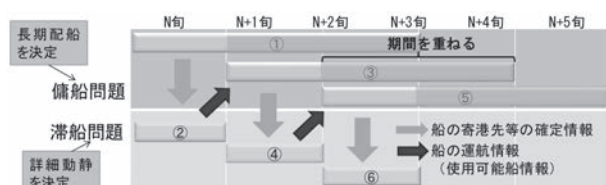


図2 時分割繰り返し型最適化機能構成概念図

船舶の混在を前提に、半年先までの計画と揚地バースでの1時間単位精度の船舶動静の決定等多様な条件を考慮し、各製鉄所の在庫切れを回避しながら荷揚銘柄、荷揚量等の配船と配合計画を立案する。これら膨大な条件を考慮するため、長期的に大枠決定する階層と、この決定結果を固定情報として入出港タイミング等を詳細に最適化する階層に分割した。更に各階層で立案期間を時間軸で分割し、各期間で数値計画法とシミュレータを連動させる階層型の時間分割を繰り返す独自開発技術により、実操業に耐えうる性能を得ながら、実時間で解を求めることを可能とした。

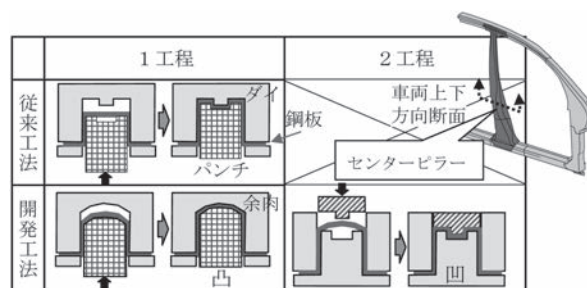
21. 自動車部品の寸法精度対策技術の開発

(株) 神戸製鋼所

神戸製鋼所は、トヨタ自動車(株)と共同で、ハイテン加工技術である「リバース・ボトミング技術」を開発し、2011年1月に発売された車種の980MPa級ハイテンを使用したセンターピラーから本技術の実用化を開始している。

近年、地球環境保全意識の高まりに伴う燃費性能向上や衝突安全規制強化へ対応するため、車体の軽量化と強化が自動車メーカーの重要な課題となっている。この相反する課題を両立させるため、ハイテンの採用が拡大傾向にあるが、強度が高いために寸法精度の確保が難しく、採用拡大への大きな課題となっている。

センターピラーは側面衝突に対応するための部品のひとつであるが、ウェブ部に発生する残留応力に起因するキャンバーバック(反り返り)という精度不良が発生することが知られている。本技術(図)は1工程目に適正に配置したウェブ部の余肉(凸)を2工程目に潰しながら更にへこませる(凹)ことで、車両上下方向の引張り残留応力と、前後方向の板厚表裏の残留応力差を低減させる技術であり、キャンバーバックの発生を防止できるとともに、材料強度の変動に対しても安定した生産が可能である。上記車種のセンターピラーでは、約35%の軽量化と約25%のコストダウンを達成することができた。今後、グローバル展開も含めたハイテンの採用拡大への貢献が期待される。



図『リバース・ボトミング技術』の概要