

特殊鋼

2012
Vol.61 No.1

1

The Special Steel

特集／我が国の技術開発プロジェクトと特殊鋼



特殊鋼

1 目次 2012

【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興 (中川特殊鋼)
委員	福井 康二 (愛知製鋼)
〃	小椋 大輔 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁 (新日本製鐵)
〃	鎌田 芳彦 (住友金属工業)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	内藤 靖 (日新製鋼)
〃	縄田 隆男 (日本金属)
〃	加藤 方隆 (日本金属工業)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	柴野 芳郎 (三菱製鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	甘利 圭右 (平井)

「平成24年新年挨拶」…………… (社)特殊鋼倶楽部 会長 嶋尾 正 1

《年頭所感》

「年頭に寄せて」……………	経済産業省 製造産業局長 上田 隆之	3
「年頭所感」—幕末開国論とTPP— ……	竹内 誠二	5
「年頭所感」(回顧と展望) ……	高橋 規	6
「年頭所感」……………	久保 亮二	7
「年頭所感」……………	佐伯 康光	8
「年頭所感」……………	加藤 芳充	9
「“その先”を築く」……………	深谷 研悟	10
「年頭所感」……………	平岡 惟史	11
「年頭所感」……………	田中 敬一	12
「ピンチをチャンスに」……………	平木 明敏	13

《需要部門の動向》

自動車工業……………	一般社団法人日本自動車工業会 志賀 俊之	14
産業機械……………	(社)日本産業機械工業会 片岡 功一	16

【特集／我が国の技術開発プロジェクトと特殊鋼】

I. 総論—我が国の鉄鋼に関する技術開発の方向・展望—

……………	経済産業省 製造産業局 鉄鋼課 齊藤 和則	19
-------	-----------------------	----

II. 鉄鋼、特殊鋼に関連した国の技術開発プロジェクト

1. 鉄鋼材料の革新的高強度・

高機能化基盤研究開発プロジェクトの概要

……………	(国)名古屋大学 宮田 隆司	32
-------	----------------	----

(1) 溶接技術SGの活動と成果

……………	(国)大阪大学 平岡 和雄	34
-------	---------------	----

(2) 高温クリープサブグループ

……………	(国)九州工業大学 増山不二光	44
-------	-----------------	----

(3) 制御鍛造サブグループ

……………	(国)豊橋技術科学大学 梅本 実	50
-------	------------------	----

(4) 内部起点疲労破壊サブグループ

……………	(国)横浜国立大学 梅澤 修	56
-------	----------------	----

金属の力。人間の情熱。

Maxis

株式会社マクシスコーポレーション

<http://www.maxis.co.jp>

大同特殊鋼の金型用材料

高靱性マトリックス型ハイス

DRM

ドリームシリーズ

〒105-0012 東京都港区芝大門1-10-11 芝大門センタービル5階 ☎ 03-5403-7060 (代表) FAX. 03-5403-2761

2. 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発

—水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料
開発、および国際標準化・規制見直しに資する評価試験
法の開発、材料データの取得に係る研究開発—

..... 新日本製鐵(株) 藤井 秀樹 61

3. 環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50)

..... 新日本製鐵(株) 齋藤 公児 67

“特集” 編集後記 愛知製鋼(株) 福井 康二 73

☆倶楽部ニュース	74
■業界の動き	77
▲特殊鋼統計資料	80
★倶楽部だより (平成 23 年 10 月 21 日～12 月 20 日)	84
☆社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	85

特集／「我が国の技術開発プロジェクトと特殊鋼」

編集小委員会構成メンバー

役 名	氏 名	会 社 名	役 職 名
小委員長	福井 康二	愛 知 製 鋼 (株)	技術企画部 企画調査室 主査
委 員	西森 博	山 陽 特 殊 製 鋼 (株)	軸受営業部 軸受 CS 室長
〃	鎌田 芳彦	住 友 金 属 工 業 (株)	専任部長
〃	本田 正寿	大 同 特 殊 鋼 (株)	特殊鋼事業部 特殊鋼商品開発 部 主任部員
〃	内藤 靖	日 新 製 鋼 (株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム
〃	殿村 剛志	日本高周波鋼業(株)	富山製造所 商品開発部 担当 課長
〃	岡本 裕	三 菱 製 鋼 (株)	技術管理部
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	甘利 圭右	(株) 平 井	常務取締役

TA/YO STEEL MATERIALS

お客様

大洋商事株式会社

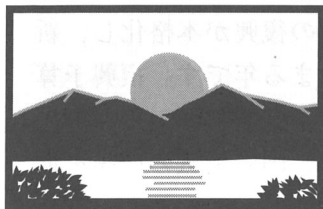
大洋商事株式会社

<http://www.taiyoshoji.co.jp>

ISO 14001 認証取得

特殊鋼 鋳造品 鍛造品 加工 組立 電子材料
ITデバイス

本 社 東京都中央区新富2丁目15番5号 (RBM築地ビル)
TEL. 03-5566-5500



「平成24年新年挨拶」



新年あいさつ

(社)特殊鋼倶楽部 会長 しま 嶋 お 尾

ただし
正

新年明けましておめでとうございます。

昨年3月には東日本での未曾有の規模の地震と巨大津波により、多数の尊い命と財産が失われるとともに産業にも多くの犠牲が強いられました。さらに福島原発事故が追い討ちをかけました。復興の動きは進むものの夏場の大規模節電による経済活動制約もあり、そのスピードは遅延しております。また、10月にはタイで大洪水が発生し、多くの日系企業が浸水による直接被害やサプライチェーンの寸断などで生産活動に大きなダメージを受けました。生産が再開されたことは幸いでしたが、リーマンショックからの本格的な立ち直りの時期にこのような自然災害に見舞われ異例の一年であったといえます。

経済環境においては、欧米等先進国の景気に未だ明るさが見えません。欧州では財政悪化と金融システム不安が発生、米国においては金融緩和の持続でも自立回復は望めず、ともに世界経済を牽引するゆとりなどないのが現状で、先進国の存在に大きな陰りが出ております。むしろ、今ではBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）に代表される新興国市場が世界の成長を牽引している感がありますが、各国ともインフレ対策による金融引締めなど様々な問題を抱えその成長にも陰りが見え始めております。

世界経済対策を巡り、新興国の通貨切り上げ受け入れを主張する先進国と、先進国の低金利政策による過剰なる資本流入が通貨に圧力をかけると主張する新興国での収まるところが見えない通貨戦争の状況を呈しているとも言えます。このような背景から昨年10月に円相場が最高値を更新する等、日本国内金融市場への影響は大変大きくなっております。

我が国に目を向けると、少子高齢化が急速に進みつつあり、それに伴い経済活動が縮小してゆく

ことから、内需振興に多くを望むことはできなくなりつつあります。経済の牽引役であるはずの輸出においても、世界経済の停滞から需要減速化する中、超円高の長期化によって製造業の更なる現地生産拡大や現地調達が進められ、国内の企業にとっては益々厳しいコスト競争環境となっています。企業収益の悪化により税収が縮小する一方、生活保護受給者が200万人を超え過去最高の水準になるなど、震災復興や原発処理に多大な費用が掛かる中で国の財政は益々悪化し、深刻な事態となりつつあります。

特殊鋼を巡っては、主要需要先である自動車産業が震災影響によるサプライチェーンの毀損という深刻なダメージを受け、4～6月には世界中で過去例を見ない減産を行いました。

またその後の電力不足によっても生産制約を受けました。それでも夏以降自動車生産は急速に回復に向かい、日系自動車の世界生産は暦年で2,100万台を超える水準が見込まれていますが、その後超円高定着による輸出抑制と、タイ洪水での減産影響から最終的には下振れする可能性が大いにあります。一方、中国始め新興国での需要が好調であった建設・鉱山機械、工作機械は大きく伸びましたが、足元では世界的な景気の収縮による需要減がみられ、また、産業機械、電子情報機器等では円高による陰りが見え始めています。

円高の影響は需要業界の国内生産縮小という問題に留まらず、素材や部品の海外現地調達促進という点でも特殊鋼にとって厳しい課題を突き付けています。しかしながら、日本の製造業が持つ競争力の源は部品、素材の強さであり、その強化が原点であることに変わりはありません。政府の震災復興基本方針の中でも、「供給網の中核となる代替の効かない部品・素材分野」という文言が著されたように、今回の震災やタイ洪水において複

雑な世界経済ネットワークが改めて再認識されました。特にあらゆる産業に材料提供している特殊鋼の裾野の広さは際だっており、今後も日本産業の中で非常に重要な役割を担っていくことは間違いありません。

その中で、我々の企業が営々として築き蓄積したノウハウ、知的財産等の知恵を付加価値化し、商品化に生かすことで、ブランド（日本、企業）を評価した商品開発、独自の技術開発（商品、生産）、高品質・高信頼性の確保、サプライチェーンの拡充等に対処することが肝要です。

また、ユーザー企業のグローバル化、ボーダーレス化が加速する中、特殊鋼産業にとっても国際ビジネスで活躍できる人材の育成が大きな課題です。若者のものづくり離れや内向きの指向が指摘される中、グローバル時代を迎えるための人材育成・教育に重点を置く経営を目指さなければ生き残れないと思います。

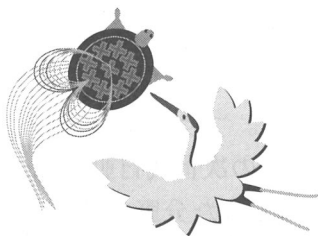
さて、欧州危機による海外景気の変調や円高が

日本経済の成長にも影を落としてはおりますが、12年は国内では東北大震災の復興が本格化し、新しい都市・地域の再生が始まる年です。復興予算が本格的にスタートし、産業振興においても成果が表面化してくることから、国内景気の回復を期待したいところであります。

海外では、昨年、債務危機とそれに伴う内政混乱の結果、ポルトガル、ギリシャ、イタリア、スペインにおいて政権が交代しました。また、本年は米国の中間選挙、仏国の大統領選挙、中国の国家主席交代、ロシアの大統領選挙と主要国で政治選挙が目白押しであります。政治の大改革の中で新たな政策方針が出され、その政治が実行されることで現状の世界経済に大きな変化が生まれる明るい時代を迎えられることを期待したいと思います。

最後になりますが、皆様のご発展とご健勝を祈念いたしまして、新年の挨拶とさせていただきます。





年頭所感

「年頭に寄せて」

経済産業省 製造産業局長 うえ だ たか ゆき
上 田 隆 之



平成24年の新春を迎え、謹んでお慶び申し上げます。

我が国製造業は、急激な円高、高い水準の法人税、経済連携の遅れ、労働法制、環境規制という厳しい事業環境にあるところ、さらに昨年3月11日の東日本大震災を契機とした電力供給不足が加わり、6重苦ともいうべき過酷な状況に置かれています。また、新興国の勃興や海外新興市場における競争の激化により、海外需要獲得の道のりも平坦ではありません。このように、製造業をとりまく環境は一層厳しさを増しております。

こうした認識の下、私共、経済産業省製造産業局といたしましては、以下の施策に重点をおいて、製造業からの日本再生を推進してまいります。

第一に、産業の国内空洞化を回避するため、国内事業環境の整備を進めてまいります。

今般の東日本大震災においては、被災や計画停電の影響による特定の部素材の減産・生産停止のため、国内外のサプライチェーンの途絶が生じました。これを契機に、生産拠点の分散化など災害時におけるBCPの必要性が注目されるとともに、我が国の部素材メーカーの世界シェアの高さやこれを裏付ける国際競争力が改めて世界に示され、サプライチェーンの中核となる部素材産業を国内にとどめることの重要性が再認識されました。

これについて、経済産業省としては、国内事業環境の整備として国内立地補助に取り組んでいるところです。平成23年度三次補正予算において、被災した福島県の復興・再生という趣旨も踏まえて、国内立地補助金として5,000億円計上しました。サプライチェーンの中核となる部素材分野と高付加価値の成長分野における生産拠点・研究開発拠点に対し国内立地補助を行うことにより、国内への投資を促進し、雇用の維持・創出を目指します。

加えて、我が国が国際競争力を有する高機能な

部素材の製造プロセスに不可欠なレアアースの価格高騰により、企業の望まざる海外移転が余儀なくされているところ、製造産業局としては、レアアースの代替材料や使用量削減技術の開発等を支援することでこうした空洞化リスクに対処してまいります。

法人実効税率の引き下げも重要です。昨年11月に税制改正法案が成立し法人税引き下げが決定しましたが、同時に復興財源として期限付き増税がなされるなど一時的に足止めがかかっているところ、経済産業省としては、我が国の立地競争力を高めるため、引き続き努力してまいります。

また、平成24年度税制改正大綱において自動車重量税の一部廃止・軽減、エコカー減税の継続・拡充等が盛り込まれましたが、車体課税については、なお解決すべき課題が残されており、今後抜本的見直しを実現していきます。同様に、同大綱に盛り込まれたナフサ、原料炭等の原料用途免税の事実上の恒久措置の整備を進めていきます。

通商政策としては、我が国経済の活性化のための主要貿易国・投資相手国との高いレベルでの経済連携の推進が重要です。日中韓FTAや日EU・EPAなどの経済連携を戦略的かつ多角的に推進していくとともに、TPPについては、交渉参加に向けて関係国との協議を進めてまいります。

また、来夏の電力供給を確保するための電力需給対策も喫緊の課題であり、経済産業省としては、多様な主体が参加した供給力増強支援策を通じて、エネルギー供給の安定に万全を期してまいります。他方、エネルギー需要の構造を徹底的に見直していくとともに、需給の状況に応じたエネルギー利用、エネルギー消費が大きい民生部門における建物・建材の省エネ、需要家による省エネルギー対策等を強化していく所存です。さらに、中長期的なエネルギー需給対策としては、エネル

ギー管理システム（BEMS・HEMS）等の技術開発・導入支援や大容量蓄電池を搭載した次世代自動車を活用した需給調整等のスマートコミュニティ実証事業を展開してまいります。

第二に、グローバル市場の成長を我が国の経済成長に取り込むため、さらなる海外需要の獲得を目指します。

インフラ分野については、新興国でのインフラ整備に対する需要の急増、先進国での環境配慮型インフラへのリプレイス需要等を中心に市場拡大が見込まれるところ、我が国の高い技術力や運営ノウハウを活かして海外市場を獲得していきます。昨年は、英国高速鉄道車両更新計画の交渉再開、トルコやベトナムにおける地球観測衛星等の受注など、官民一体となった積極的な働きかけが功を奏しておりますが、引き続きトップ外交を推進して受注獲得を目指します。

また、海外市場で打ち勝っていくためには企業の競争力強化も重要です。昨年7月に施行された改正産活法は、国際競争力の強化のための産業再編を支援する施策の一つとして、事業所管大臣による公正取引委員会への協議規定が設けられました。新日鐵と住友金属工業の経営統合は、同法が適用されることとなった最初の事例です。

昨今の円高は製造業にとって苦境ではありますが、他方、円高メリットを活用すれば、海外企業のM&Aを促進させ海外市場を獲得する好機と捉えることもできます。とくに、新興国におけるM&Aは、相手国の経済成長に伴い市場も拡大するため、相手国の市場を買うM&Aとして期待されます。政府としても、海外市場を獲得するためにJBICや産業革新機構への支援を通じて海外M&Aを推進します。

第三に、次世代産業の創出・育成を進めてまい

ります。その一は、既存産業を活性化して新たなフロンティアを開拓していくことです。我が国の基幹産業である自動車産業においては、次世代自動車の開発・普及を推進します。プラグイン・ハイブリッド車、電気自動車などの次世代自動車は我が国が開発・普及を先駆けてきた分野ですが、エネルギー制約及び地球温暖化対策への関心の高まりにより国際競争が激化しており、これからが正念場といえます。製造産業局としましては、平成24年度予算において関連予算を計上し、電気自動車等の支援を強化してまいります。

もう一つは、字義どおり、新たな産業の創出です。創薬・再生医療などのライフイノベーション分野、生活支援や事故対応等用途の裾野が広がるロボット産業、市場規模の飛躍的拡大が予想される宇宙関連産業など、将来大きな需要が見込まれ、我が国の将来の雇用を支える次世代型ものづくり産業を生み出していかねばなりません。

そして、次世代産業を生み出す地力は不断のイノベーションにより醸成されるので、たとえば、ゲノム情報やiPS細胞の製薬プロセスへの応用技術、炭素繊維複合材料の量産・加工技術等の開発など、未来開拓型の研究開発に重点をおく必要があります。日本が誇る高い技術力の維持・向上は我が国ものづくりの競争力の源泉であり、10年後、20年後の成長を見据えて支援してまいり所存です。

製造産業局といたしましては、これらの施策を遂行していくことで、我が国製造業のさらなる発展に寄与していきたいと考えております。

最後になりましたが、本年の皆様方の御健康と御多幸を祈念いたしまして、私の新年の挨拶とさせていただきます。

平成24年元旦

「年 頭 所 感」

—幕末開国論とTPP—

(社)特殊鋼倶楽部 副 会 長 竹 内 誠 二



『泰平の眠りを覚ます上喜撰（蒸気船）たった四杯で夜も眠れず』という戯れ歌が幕末頃、江戸市中で流行ったそうです。上喜撰とは上質のお茶の事を言うらしく、これを四杯も呑んだら眠れなくなるのと、浦賀の沖に突然やってきた四杯の黒船に夜も眠れず慌てふためく幕府上層部の狼狽ぶりを比喻していて、TPP（環太平洋経済連携）問題で周章狼狽している現在の政府首脳の方とオーバーラップして見えるのは私だけではないと思います。開国を主張する幕府と薩摩藩が手を結び、攘夷を主張する長州藩の対立となりましたが、後に薩摩と長州が連合し倒幕に向かうという皮肉な結果になった事は皆様ご承知の通りであります。いままさに平成の開国といわれ、TPP（環太平洋経済連携協定）に参加するべきか見送るべきかで天下を二分して議論をしております。

このTPPとFTA（自由貿易協定）やEPA（経済連携協定）がどう関わり合ってくるのか専門家の話を何回聞いてもすっきり理解できず、そこへ安全保障の問題が微妙に絡んでくると困惑の度は増すばかりです。

世界に門戸を開いて輸出産業を活性化すべしの論も尤もだと思ふし、開国したら農産業や医療制度や保険制度が壊滅的なダメージを受けるという説も判るような気がします。

ここで幕末の風雲児『坂本龍馬』のような憂国の士が現われて「ワシにまかしちょきや」と言って胸でも叩いて大見得を切ってくれるような真のリーダーたり得る大物政治家でも現われないかと無い物ねだりをしています。

さて、昨年はリーマンショックの後遺症から癒えて立ち直る矢先に千年に一度あるかないかの大震災が東北地方で発生し、原発事故の大災害、大雨と台風による風水害と日本列島は自然の猛威にもてあそばれたような思いが致します。この様な

悪条件の中でも粗鋼生産は暦年で1億700万トンに近づきつつあり、特殊鋼の生産も2,030万トンを超えそうな感じで改めて日本の底力を感じさせてくれました。

本年の見通しですが、欧州の経済危機も混迷の度は深まりつつも、年央ぐらいには先が見えてくるのではないかと思います。なんと言っても今年は、世界のGDPの大宗を占める先進主要国でトップを選ぶ選挙の年です。景気の浮揚には相当力を入れてくるだろうと思います。歴史的な円高の逆風もありますが、本格化するであろう震災の復興需要、買い控えが続いていた自動車需要の回復、代替エネルギー化に伴う新規需要、消費税の帰趨に依っては駆け込みのプレ需要など、少々楽観に過ぎるかも知れませんが景気回復の予兆が見える年になるよう願望も含めて期待したいです。

一般社団法人へ移行の準備を進めている(社)全日本特殊鋼流通協会では平成24年度内に認可申請を行うべく移行委員会が中心となって鋭意検討をしているところであります。

会員数の推移も漸減傾向にあり、厳しい協会運営になりますが、より中身の濃い事業を心がけて参りたいと考えております。

儒学の教典の中で『易経』に窮則変、変則通（きゅうすればすなわちへんず、へんずればすなわちつうず）と言う言葉があります。窮したときには、あわてず騒がずじっと辛抱して変化の時を待つ。そしてチャンスを捉えて反撃に転ずる。現代風に置き換えるならピンチのあとには必ずチャンスが来る。と言ってもいいのでしょうか、今のわれわれが置かれている立場がまさにその通りだと思います。もうこれ以上悪くはならない、チャンスはそこまで来ています。この言葉を信じて今年一年頑張りましょう。

〔(社)全日本特殊鋼流通協会 会長〕
〔(株)竹内ハガネ商行 代表取締役社長〕

「年 頭 所 感」

(回顧と展望)

(社)特殊鋼倶楽部
副 会 長

たか はし
高 橋

もとむ
規



新年明けましておめでとう御座います。年頭にあたり、我々特殊鋼業界が置かれた昨年の経営環境の回顧と、本年の展望に就き、私見を申し上げたいと思います。

昨年はまさに激動の年でありました。国際情勢という面では、1月早々からエジプトでの反政府デモに始まり、中東全般で情勢が緊迫化する中で、リビアでカダフィ政権が崩壊しました。経済環境では、欧州財務危機の伝播、急激な円高が進行、タイ大洪水など、日本そして世界の経済に大きな影響を与える事件が相次いで起こりました。そして何とんでも東日本大震災という未曾有の大災害に見舞われ、日本製造業のバリューチェーンに大きな被害をもたらしただけでなく、人々の生活にも大きな爪痕を残す結果となりました。

こうした中、我々特殊鋼業界に身を置く者にとっても様々な影響があった訳ですが、自動車の生産台数変動は、過去に経験したことの無い大きなものでした。リーマンショック後の需要冷え込みから立ち直った矢先、震災により大幅な減産を余儀なくされましたが、サプライチェーンの復旧は当初の想定以上に早く、今度は鋼材供給が追いつかない事態に至りました。更に、タイの洪水被害でまた減産、そしてまた回復を目指す、といった具合です。改めて変化への素早い対応の重要性を再確認した一年でした。

鉄鋼業界に於いても、経営環境が日々厳しくなる中、大きな業界再編が相次いで発表されました。

2月には新日本製鉄と住友金属工業が経営統合

を発表、11月には日新製鋼と日本金属工業の統合も発表されるなど、加工業、流通業も含めた統合・再編が進みつつあります。こうした動きはまさに次世代の経営を見据えたものであり、変化の機会を捉え、着実に成長戦略を実行していく為の布石が打たれたものと考えております。

では2012年はどうなるか？ 経済環境に就いては、一部に不透明感が残るものの、総じて底堅い成長が見込めるとしております。欧州財務危機の深刻化による「第二のリーマンショック」懸念、新興国の金融引締めに伴う景気減速懸念、日本経済の相対的安定感に伴う更なる円高の進行懸念等ではありますが、BRICsを始めとする新興国の潜在需要は大きく、多少の減速はあっても着実に成長を遂げると見ています。また、国際商品市況も落ち着きを取り戻し、世界的なインフレ圧力はピークアウト、先進国・新興国ともに金融緩和余地が拡大すると思われます。

勿論、国内需要の低迷、円高の定着等により、製造業の海外シフトが加速することは予想され、韓国、中国といった近隣諸国からの輸入鋼材の脅威にも晒されるかもしれません。しかしながら、これは我々自身がグローバル化し、世界を舞台に活躍していく為の一つの切っ掛けであり、大きな飛躍・成長を遂げるチャンスでもあります。そういう意味で、今年は変化に対応し、更なる飛躍を目指す為の大事な一年になると考えます。

最後に、皆様方の益々のご活躍とご健勝、ご多幸を祈念し、年頭の挨拶とさせていただきます。

〔三井物産(株) 常務執行役員 鉄鋼製品本部長〕

「年 頭 所 感」

J F E ス チ ー ル (株) く ぼ りょう じ
常務執行役員 棒線セクター長 久 保 亮 二



新年明けましておめでとうございます。

平成24年の年頭にあたり、昨年を振り返りながら一言ご挨拶を申し上げます。

昨年は世界を震撼させる大きな出来事が続いた1年でした。東日本大震災と原発事故、中東・北アフリカ諸国での民主化運動、欧州債務問題が発生し、世界経済に大きな影響を及ぼしました。

昨年3月の東日本大震災では、甚大な震災被害とそれに伴うサプライチェーンの寸断によって自動車業界をはじめとする多くの製造業が大幅な減産を強いられました。その深刻な影響は日本国内にとどまらず、世界的規模で波及。また、震災による原発事故によって電力制約が発生し、節電のために計画停電や輪番休業が実施されたため、生産正常化にはかなりの時間を要する結果になりました。

その後も、史上最高値圏の超円高、タイ大洪水による冠水被害等もあり苦難の連続であり、足元の国内自動車生産台数は1,000万台レベルまで回復しているものの、先行きの不透明感は拭えない状況です。

また、鉄鋼業界では弊社発足以来の大型再編の動きがあります。今年10月には新日本製鉄と住友金属工業が合併予定であり、日新製鋼と日本金属工業の経営統合も進行しております。これらの動きが日本鉄鋼業の国際競争力の強化や国内の市場活性化につながることを期待されるところです。

一方、アジアを中心とする新興国需要が牽引するかたちで持ち直しの動きが続いていた世界経済については、金融引き締めの影響や欧州債務問題を背景に昨年から成長ペースが鈍化しております。2011年～12年については先進国は1%台、新興国も6%台への成長鈍化が見込まれており(IMF公表値)、先行きが懸念されます。今年はアメリカ大統領選挙と中国共産党大会が重なる年であり、何らかの景気浮揚策が期待されるところです。

また、超円高がこのまま定着すれば、輸出依存型の日本の国内製造業には大打撃となり、更なる

海外移転を迫られることも予想されます。

このような環境の中で、特殊鋼業界としては現在抱えている課題に対してスピード感を持って取り組む必要があると考えております。

まず、第一の課題はグローバル化対応です。

超円高や電力制約によって、自動車業界等の主要なお客様の海外移転・現地調達化の動きがペースアップしております。国内需要が頭打ちする一方、新興国を中心に世界需要は増大しており、その需要を取り込んでいかなければ特殊鋼業界の成長シナリオは描けません。昨年は海外特殊鋼メーカーへの資本参加、海外2次加工拠点の増強等が大きな話題となりましたが、今年も同様の動きが活発化するものと予想されます。なお、単純な鋼材輸出だけではなく、日本と同等のサプライチェーンを海外で構築することが求められますが、メーカーだけでなく流通の果たす役割も非常に大きいものと考えます。

次に、優位性を活かしたお客様満足度の向上です。このような混沌とした時代だからこそ、「ものづくり」の原点に立ち返る必要があるのではないかと考えております。東日本大震災による混乱の中で、「優位技術を持つ日本の製造業は捨てたものではない」と再認識させられる場面が多数ありました。

特殊鋼業界としては自らの優位性(品質、技術、開発力)を活かした商品戦略、きめ細かな納期対応とアフターサービスを武器にすれば、コストを含めた総合力では依然として競争力を維持しているものと考えております。出来る限りお客様の声に耳を傾け、自らの優位性を活かしてご要望に地道にこたえていくことにより、お客様、流通とともに、グローバル競争を勝ち抜くことが出来れば幸いです。

最後になりましたが、特殊鋼業界に携わる皆様方の益々のご発展とご健勝を祈念申し上げて、新年の挨拶とさせていただきます。

「年 頭 所 感」

新日本製鐵(株) 執行役員 さ えき やす みつ
佐 伯 康 光



新年明けましておめでとうございます。新しい年を迎え、一言ご挨拶申し上げます。

まず、昨年3月の東日本大震災により被災された皆様に、謹んでお見舞い申し上げます。被災地の皆様の一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。

昨年一年間を振り返りますと、世界経済はアジアを中心とした新興国の成長に牽引され全体として緩やかな回復を続けていましたが、年後半に、欧米金融市場における不良債権問題の再燃、新興国での金融引締め政策に伴う景気減速等によって、先行きの不透明感が増大しました。

また10月にはタイにおいて集中豪雨に伴う洪水が発生し、復旧に向けた懸命な取り組みが続いています。日本経済については、東日本大震災により大きな打撃をうけ、その後製造業を中心に持ち直したものの、不安定な海外経済情勢や歴史的な円高の継続により、極めて閉塞感が強い一年となりました。

特殊鋼について振り返りますと、昨年の受注は、震災直後の4～6月で大きな落ち込みがあったものの、その後の回復により通年ではほぼ前年並みの受注数量を確保する見込みであり、自動車・トラック・建設機械等の世界販売・生産動向は新興国の成長を原動力として全体としては堅調に推移しました。しかしながら、多くの日系企業にとっては、為替問題・自然災害等により大変厳しい舵取りを迫られました。特に、東日本大震災やタイ洪水により、短期間で大きく変動する需要に対してきめ細かい生産調整・販売対応を求められたことに加え、従来のサプライチェーンが寸断されたことに伴い、製造拠点の立地や調達ソースを根本的に見直す動きもみられるようになる等、激動の一年となりました。

本年の見通しですが、世界経済については新興国を中心に成長が継続するものの、そのペースは減速する見通しです。各種統計によると、2012年の経済成長率は世界全体で+2%台後半、中国では+8%台後半と、いずれも前年比で鈍化するものとみられています。一方日本経済については、震災復興需要の本格化やタイ洪水からの回復、新興国の金融引締め緩和等により、2012年度は+2%前後の実質経済成長率が見込まれていますが、欧米経済が本格的に回復するまでは、為替も含め不透明な状況がしばらく継続するものと考えざるをえません。

このようななかにおいても、日本の特殊鋼の価値は、国内・海外共にお客様と一体となって「ものづくり」に取り組んでいくところにあると考えます。その為には、長年蓄積されてきた技術を中心とした総合力を、お客様のニーズに適合させるべくスピード感・危機感をもって対応していくことが課題になります。

世界の特殊鋼需要は、中長期的には新興国を中心に伸長する見込みです。私たち特殊鋼業界としては、内外の環境変化に迅速かつ的確に対応しながら、市場で打ち勝っていく力を一層磨く必要があります。各社の企業努力による競争力強化はもとより、鋼材・加工・流通各社の協業により、一貫サプライチェーンにてコスト・品質・開発等各面での優位性を総合的に向上させ、「ものづくり」を徹底的に追及することが肝要であると考えます。国内・海外共に経済情勢の不透明感が増すなかではありますが、地道に取組み、努力をしてまいる所存です。

最後になりましたが、特殊鋼業界および皆様方のご発展とご健勝を祈念いたしまして、新年の挨拶とさせていただきます。

「年 頭 所 感」



住友金属工業(株) 常務執行役員 **加 藤 芳 充**
かとう よし みつ

新年、あけましておめでとうございます。

まずは、昨年3月11日に発生しました「東日本大震災」による犠牲者の方々とご遺族の皆様にご心よりお悔やみを申し上げます。また、被災された皆様にも心よりお見舞いを申し上げます。

あらためまして、2012年の年頭にあたり一言ご挨拶を申し上げます。

2011年は「東日本大震災」や「タイ洪水被害」などの自然災害に見舞われましたが、世界的な景気回復、とりわけ新興国を中心とした需要拡大に支えられ、年間で15億トンに迫るペースで推移しました。日本の特殊鋼においても、震災直後は生産調整をせざるを得ませんでした。夏場以降、自動車生産の急回復と海外向KDの増加により需要は急激に回復いたしました。当社も旺盛な需要に応えるべくフル生産を継続しております。

2012年は、昨年に引き続き、「円高による国内経済への影響」「中国における金融引き締め政策による生産調整」「タイにおける洪水被害からの回復」など、不透明な要因があり先行きの見通しを立てにくい状況が続いております。加えて特殊鋼においては、「円高」による海外現地調達化の進展や海外部品の流入などの影響が懸念され、今後も厳しい状況が続くと思われます。しかしながら、中長期的には新興国を中心とした鉄鋼需要の拡大が続くと予想され、特殊鋼需要も同様に拡大するものと考えております。

さて、既報の通り、本年1月1日より「住友金属工業(株) 棒鋼・線材カンパニー」として再スター

トを切ることとなりました。住友金属工業の特殊鋼部門として2000年4月より「(株)住友金属小倉」として分社化し、これまで11年9ヶ月間活動して参りました。振り返りますと、分社化スタート時は特殊鋼需要の減少による厳しい船出を強いられましたが、その後、一転して日本企業のグローバル拡大や新興国需要の隆盛により特殊鋼需要は増加に転じました。

「リーマンショック」「東日本大震災」などの環境の激変にも見舞われましたが、その都度、特殊鋼需要は早期に回復し、現在も堅調に推移しております。この間、当社はお客様の増産要望・技術案件に応えるべく、「新高炉立ち上げ」「新製鋼設備の稼働」「棒鋼・線材工場圧延設備のリフレッシュ」を実施して参りました。

これまでご愛顧いただきました皆様には心より厚くお礼を申し上げますとともに、今後も引き続き、ご愛顧を賜れば幸いです。

更に、株主様のご了解の後、本年10月には新日鉄との合併を迎えます。新会社統合後も、激動する世界情勢に対応し「総合力NO.1の鉄鋼メーカー」となることを目指します。グローバル展開を加速し、コスト・技術面での競争力を強化し、お客様のニーズにお応えする製品・サービスを提供し、皆様のお役に立つように新会社の総力を結集して参ります。

最後になりましたが、当業界の益々のご発展と本年が皆様にとって幸多き年になりますよう祈念申し上げ、年頭の挨拶とさせていただきます。

「“その先”を築く」

大同特殊鋼(株) 代表取締役副社長 ふか や けん こ
深 谷 研 悟



新年、明けましておめでとうございます。

ご家族と共に、新たな気持ちでお正月を迎えられたと思います。思えば昨年、年頭所感に“次の10年を築く”と題し『失った10年を取り戻そう』とエールを贈る挨拶文を掲げました。…なんという一年だったでしょうか！

東北大震災に加え、超円高・電力不足・貿易ハンディ・税負担・雇用制約の「六重苦」にあえぎ、出口も見えないまま、今度はタイの大洪水。泣きっ面にハチとは、このことでした。当倶楽部の仲間には、こうした甚大な被害に遭遇した方も多くおられます。改めて、心からお見舞いを申し上げます。

一方、悲劇の中でこそ出来た「再認識と新たな発見」もありました。一つは日本発のサプライチェーンが、世界経済を担っていると万人に理解させたこと。二つめは、日本の回復力と復興スピードを世界中に示したことです。

前者は日本の特殊鋼産業の裾野の広さ、懐の深さを見せつけました。中でも、際立ったQCD競争力と中小企業と組むサプライチェーン力の凄さは、世界中の顧客が身震いするほどでした。

後者は産業界を問わず、モラル（道德感）の高さを世界中に伝え、日本人の品格を示しました。また困難に対するひたむきな姿勢は、万人に感銘

を与えたと聞いております。そして、被災企業への同業間支援も素晴らしいことでした。

最近、若手エンジニアに贈る言葉を尋ねられ、二つの言葉を申し上げました。一つは「日本は資源の無い国を忘れるな」。もう一つは『限界のその先を目指せ。その限界は自分で勝手に決めている』と。

右肩上がりの時代は終わりました。天変地異はゴメンですが、経済面では何が起きても不思議は無いと言われる時代です。そんな時代こそ、二つの言葉の持つ意味は大きいと思います。まして、日本は国難の時ですから。

またこれは技術分野に留まらず営業活動、「売る技術」にも通用します。良いモノでも売れない商品は山積みです、つまり「売る技術」が無いから。

営業－生産の一体活動は古くさいスローガンに聞こえますが、この原点を忘れてはなりません。一刻も早く、一体になった方が勝ち組になるでしょう。

最後に【Today is the first day.】という言葉を紹介します。

【さあ、今日からまた始めよう】の意味です。2012年に相応しい言葉として、【もう一度頑張ろう！】を皆様にお伝えして、新年の挨拶とします。

「年 頭 所 感」

日新製鋼(株)
常務執行役員

ひら おか よし ふみ
平 岡 惟 史



平成24年を迎え、謹んで新春のお喜びを申し上げますとともに、年頭にあたりまして、一言ご挨拶申し上げます。

平成23年の鉄鋼業界を振り返ってみますと、最大の出来事はやはり、東日本大震災の発生でありましょう。需要産業全体が大きな打撃を受け、その後サプライチェーンや生産活動の復旧等により徐々に回復に転じたものの、電力使用制限という制約が足枷となりました。更に自動車分野を中心に需要が回復してきた矢先に、タイの洪水問題がせっかくの回復基調に水をさし、欧州の信用不安や米国の景気減速等を背景とした一層の円高進行や世界的な景気停滞不安の影響もあり、先行き不透明感が強まるなかで新しい年を迎えることになってしまいました。

今年の鉄鋼業界は、東日本大震災による落ち込みからの復興需要という期待がある一方、円高の常態化、電力需給不安などを背景に、国内製造業の海外シフトの拡大が想定されます。さらに、鉄鉱石や石炭等の原料価格の高止まりに加え、輸出環境の悪化や輸入鋼材の増加なども重なり、総じて厳しい状況が続くものと考えます。

特殊鋼業界におきましても、環境の厳しさは同様であります。需要の中心である自動車産業の動向を考えた場合、国内生産の伸びはもはや期待できないなかで、ハイブリット、電気自動車の比率が増えることにより、国内における特殊鋼需要としては下降線を辿ると想定せざるを得ません。また、もうひとつの需要の柱である産業機械・建設機械類につきましても、機械そのものの需要の中

心は新興国へとシフトしており、最終需要としての国内向けは低迷しています。特殊鋼業界がこれら需要産業の製品輸出、KD、部品輸出にかなりの部分を依存している実態を鑑みると、海外生産シフトの拡大と現地での鉄鋼材料調達の動きにどのように対応していくかということが重要な課題であります。更には、円高により競争力が上がった海外部品や海外鉄鋼材料の調達拡大も見逃せない動きとなっております。

年始早々、厳しい話ばかりで恐縮ではありますが、避けては通れない課題であり、しかも一過性のものではなく、構造問題と認識すべき覚悟が必要かと考えます。素材メーカーとしては、徹底した合理化・コスト削減へ注力し、国際競争に打ち勝つだけのコスト競争力を確立することはもちろんのこと、品質競争力にも更に磨きをかけていくということが第一であります。また、素材と加工・成型技術を融合した総合的なソリューション提案や新たな用途開発など、多角的な視点からお客様とともにマーケットの創造に取り組むということが重要です。更には、受注から生産、出荷、納入までのきめ細かなサービス体制をお客様に提供するということを国内のみならず、海外においても構築していくということも大きなテーマです。いずれにせよ、この難局を乗り越え、明るい展望を描くため、多くの知恵を結集していきたいと考えております。

最後になりますが、特殊鋼業界の益々の発展とそこに携わる皆様方のご健勝を祈念いたしまして、年頭の挨拶とさせていただきます。

「年 頭 所 感」

日本金属(株) 常務取締役 た な か け い い ち
田 中 敬 一



昨年の東日本大震災により被災された皆様へ心よりお見舞い申し上げ、一日も早い復旧を心からお祈り申し上げます。平成24年の年頭にあたりまして、一言ご挨拶を申し上げます。

昨年平成23年は3月11日の東日本大震災に始まり、福島原発問題、電力危機、超円高、タイ洪水、欧州債務危機など、まさに想定し得ない数々のリスクに見舞われた激動の1年間でした。

企業業績への影響は甚大であり、リーマンショック以降、各企業の数々の努力の結果として、平成22年度には業績回復が見られ、平成23年度においても、震災影響を上期後半には回復させ、下期には更なる改善が見込まれておりましたが、下期の急速な環境変化により、平成24年3月期上場製造業の連結経常利益は前期比で2割程度の減益となる見通しです。

業績面以外にこの1年間に発生した事態が企業に提起した問題として、今後も起こりうる想定外のリスクへの対応力とグローバル化したサプライチェーンの強化があります。

BCPの観点から言えば、リスクをあらゆる角度で想定する必要がありますが、昨年1年間に起こったことは、想定し得ないリスクが発生した際の企業の対応のあり方を考えさせる事例となったと思います。リスクに対しあまりにも過敏になり、すべてを想定し対応しようとすれば、設備や資金など必要以上の企業負担を強いることとなります。

東日本大震災では、日本の国民や企業の対応に対し、各国の賞賛を受けましたが、そこで発揮されたのは、その地域社会や企業風土のなかで育成された、住民や従業員の優れた資質であったと思います。企業としては、リスクに対する経営環境の整備はもちろんですが、予期せぬ事態にも的確に判断し対応できる人材と集団の育成が、リスクに対応する大きな力のひとつとなると思います。

また、東日本大震災とタイの洪水は、企業の生産活動が決して単独では成り立たないことを改めて認識させました。円高などで加速する日本企業の海外進出によって、サプライチェーンはグローバル化しており、生産活動に支障を生じない体制に更に強化していくため、各企業は産業素材分野でも国際的な調達を国内外で進めています。長期化する円高でその動きは更に加速し、日本の特殊鋼業界に対し、特に価格面で国際的な水準への是正が強まる見通しで、コスト構造をかつてないレベルで劇的に改革することで対応する必要があります。

平成24年は東北やタイの復興に伴い自動車やHDDなどの生産回復が進み、需要面ではプラス影響が期待されます。今後も様々な想定外の事態に直面することでしょうが、リスクとグローバル化に対応する企業基盤を強化することで、今年が各社の業績を回復・飛躍させる一年となることを祈念して、年頭の挨拶といたします。

「ピンチをチャンスに」

日立金属(株) 事業役員 ひら き あき とし
特殊鋼カンパニープレジデント 平 木 明 敏



新年明けましておめでとうございます。

新たな気持ちで、この一年頑張っていきましょう。

去年は忘れられない大変な一年でした。3月11日の東日本大震災に始まり、原発事故、電力問題、超円高、タイ洪水と次から次に試練に遭遇しました。一方で、日本国民の絆の再認識、エネルギー政策の大転換と将来の日本国の方向性を真剣に考える年でもありました。

今年こそ良い年にと願うのですが、残念ながらこればかりは願うだけで何の確信も持てないのが最近の常です。目まぐるしく変化する状況に、いかに迅速にベスト対応するのかが唯一の答えなのです。言い換えると、そのための準備が一番大切であり、その意味でも、今年も熟考の一年になりそうです。

さて、ここからは皆様が悩まされている「円高」について、私の雑感を述べさせていただきます。

昨年、私は世界各国を飛び回りました。初めて訪問する国も沢山ありました。どの国も想像以上に素晴らしい国でした。一方で同じ物差しで日本という国を見つめ直すと、清潔で安全な綺麗な街並み、四季のある自然、大震災の際にも賞賛された規律正しく、勤勉な国民性など、いかに日本が素晴らしい国かを再認識させられました。この観点からも、日本の通貨である円が評価され買われるのも感覚的には分かる気がします。

5年前、私はドイツに出張しました。この当時は、1ユーロ=160円程度でした。町を歩いて食料品含めた生活用品の値段を160円で換算すると、なんと物価の高い国なのだろう！これじゃ生活出来ないなと正直思いました。生活感から来るレートは1ユーロ=100円程度が妥当だと、この時感じたのを覚えています。

また、40年以上前、私は父の仕事の関係で、米国にて幼少期を過ごした経験があります。この40年以上前の、私の幼い生活感から来る換算レートは、1ドル=100円だったことを今でも覚えています。実際には、この時のレートは1ドル=360円だったのですが、当時の私は幼すぎて知る由も

なかったのです。

この生活感から来る、私自身の二つの実感から考えると、日本は生活水準を含め先進国の仲間ではあったが、同じ先進国である欧米に対しては、為替レートでかなりのアドバンテージを貰っていたのではないだろうか。この有利な環境下で高度な経済成長を成し遂げたのだろう。むしろ「超円高」と言われる現在の為替レートの方が、我が国の生活水準から考えるとひょっとしたら正当な評価なのかも知れないと、ふと思う時があります。

では、なぜここまで日本の製造業は苦しいのだろう。多分、長年大きなアドバンテージの下でやっていた仕事のやり方が何も変わっていないからだろう。いわゆる「古き良き時代」の仕事のやり方から脱却できていないからだろう。ドラッカーは、相当以前から「今や唯一の意味ある競争力要因は、知識労働の生産性である」と言及している。要は間接コストの競争力である。この点が、長年大きなアドバンテージの下で仕事をやっていた日本は弱い。やたら出席者の多い会議、過度に膨れ上がった社内資料、ルーチンワークで忙殺されているデスクワーク者、治外法権とも言える喫煙タイム等々冷静に考えると、放置されている「旧態依然」の問題点が枚挙にいとまがないことに気付かされます。

もう一度ドラッカーの言葉を借りて私の雑感を締め括りたいと思います。「知識労働の生産性の向上を図る場合にまず問うべきは、何が目的か？何を実現しようとしているのか？なぜそれを行うのか？である。手っ取り早く、しかも、おそらくもっとも効率的に知識労働の生産性を向上させる方法は、仕事を定義し直すことである。特に、行う必要のない仕事はやめることである」。

ここまで「超円高」になって追い込まれ、やっとな行動を起こすことを決断する我々です。

昔からよく言われている「ピンチをチャンスに」です。

緊張感を持ちながらも、果敢に物事に挑戦し、楽しく充実した一年にしたいものです。

自動車工業

豊かなクルマ社会の実現に向けて

～新春会長メッセージ～

一般社団法人日本自動車工業会 会長 ^し志 ^が賀 ^{とし}俊 ^{ゆき}之

昨年は、東日本大震災、それに伴う福島原発事故と電力需給の逼迫、そしてタイの大洪水と、度重なる未曾有の災害が自動車産業にも甚大な被害をもたらし、決して忘れることのできない試練の年となりました。

しかしながら、自動車産業は一丸となって、これらの苦難を乗り越えてまいりました。そこで学んだ多くの教訓を糧として、今後の成長に繋げてまいりたいと存じます。

私ども自動車産業は、豊かなクルマ社会の実現に向けて、また、日本の基幹産業として震災によって大きな打撃を受けた日本経済の復活と発展に貢献すべく、下記の3点を事業の柱として全力で取り組んでまいり所存ですので、本年も、皆様方の一層のご支援、ご鞭撻を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

◇ 日本の「ものづくり」の維持に向けて

日本の自動車産業が熾烈な国際競争を生き抜く上で、長年の歴史の中で培われた日本の「ものづくり」こそが最大の強みであり、それを維持していくことが私どもの生命線と言っても過言ではありません。

しかしながら、歴史的な円高をはじめ、EPA/FTA締結の遅れ、高い法人税など、いわゆる「六重苦」により、日本国内で生産活動を継続することが極めて困難になっており、空洞化に向けた動きが加速しておりますが、今ならまだその動きを反転させることができると確信しております。

空洞化の進行に歯止めをかけ、日本の「ものづくり」を維持していくために、円高への抵抗力を高めるなど企業努力を継続していくとともに、海外企業と同じ条件の下で競争できる環境の確保に向けて、政府に対し、引き続き「六重苦」の緩和、解消を働き掛けてまいります。

◇ 国内市場の活性化に向けて

日本の自動車市場は、20年以上にわたって右肩下りの縮小基調にあります。

このまま市場の低迷が続けば、国内の「ものづくり」の基盤が失われ、ひいては、日本の経済や雇用にも大きな影響を及ぼしかねないことから、国内市場の活性化は喫緊の課題と捉えております。

そのために、私どもは魅力的な自動車を提供するとともに、お客さまにクルマの夢・楽しさを感じていただけるよう最大限の努力を続けてまいりますが、一方でお客さまの重い負担となっている自動車関係諸税を簡素化・軽減することが国内市場を活性化するためには極めて重要です。

昨年末、政府から、自動車重量税の一部軽減とエコカー減税の3年間延長、更にはエコカー補助金の復活が打ち出されました。私どもとしては、これらの措置を活用しながら市場の活性化に努めてまいります。

しかしながら、自動車ユーザーの期待は、既に課税根拠を失っている自動車取得税と自動車重量税の廃止であり、引き続き、その実現に向け尽力してまいります。また、私どもは、低炭素社会の実現に向けて、環境性能に優れた自動車の開発を進め、積極的に市場へ投入しており、今後も更に加速してまいります。政府が掲げる「2020年までに新車販売に占める先進環境対応車の割合を80%とする」との高い目標を達成するためには、お客さまがこれらの自動車をお買い求め易くすることが不可欠であり、インセンティブ措置を強く求めてまいります。

◇ 安全・安心で、快適なクルマ社会に向けて

近年減少が続ける交通事故死傷者数の更なる低

減に向け、「予防安全」「衝突安全」の二つの視点から、先進安全技術の研究開発に全力で取り組み、より安全なクルマを世に送り出していくことは、今後も変わらず、私どもの大きな使命と認識しております。

加えて、交通安全啓発活動や道路環境整備への提言など、交通事故発生原因の3要素である「クルマ」「人」「道路」それぞれの観点からの取り組みを推進し、政府が掲げる「世界一安全な道路交通」の実現に貢献してまいります。

クルマは、「単なる移動・運搬手段」から「人々の暮らしを豊かにする生活必需品」へと、時代のニーズに合わせて進化してきました。

これからも私どもは、増加する高齢者の生活支援をはじめ多種多様なモビリティ・ニーズに応えていくとともに、エネルギー供給や情報通信のネットワークの一翼を担う社会インフラとして、クルマの価値をより一層高め、安全・安心で、快適なクルマ社会を構築してまいりたいと考えております。



産業機械

産業機械の平成23年の回顧と平成24年の展望

(社)日本産業機械工業会 かた おか こう いち
企画調査部 調査課 片 岡 功 一

まえがき

産業機械とは、生産システムから社会インフラまで、ありとあらゆる経済社会を支える資本財の総称であり、その範囲は膨大である。

ここでは、表1にある日本産業機械工業会の取扱機種について、当工業会の自主統計を元に平成23年1～9月の実績、10～12月及び平成24年の受注見込みを以下に述べる。

注1) 表1は「産業機械受注状況」を加工したものであり、調査対象は当工業会の会員企業である。

注2) 化学機械の中に、パルプ・製紙機械、冷凍機械及び環境装置の大気汚染防止装置・水質汚濁防止装置受注分を含む。

注3) その他機械の中に、環境装置のごみ処理装置受注分を含む。

注4) 平成23年4月より需要者分類を変更したことから、非製造業の「その他を含む小計」、「民需計」、「官公需」の比率は、新分類に調整した上で計算した。

注5) 製造業の「旧一般機械」は、平成23年3月までの旧分類での「一般機械」+「精密機械」であり、新分類の「はん用・生産用機械」+「業務用機械」に対応する。

◇ 最近の受注動向

1. 概況

平成23年1～9月の産業機械の受注総額は、内需・外需とも増加し、対前年同期比（以下同様）9.2%増の4兆699億円となった。

内需は、官公需が減少したものの、民需が製造業・非製造業とも増加し、5.0%増の2兆4,098億円となった。

外需は、主力のアジアを始め、中東、欧州、北米、南米が増加し、15.8%増の1兆6,601億円となった。

（ご参考）四半期の受注推移

需要部門別の四半期推移をみると、民需は平成22年7～9月より5期連続で増加した。このうち、非製造業については、電力業向けに電力供給不足への緊急対応に関する発電設備等の受注が含まれる。

官公需は、平成23年1～3月期、4～6月期と

表 1 平成23年1月～9月 機種別・需要部門別受注状況

上段：金額（百万円） 下段：前年同期比（%）

社団法人日本産業機械工業会

	製造業							非製造業		民需計	官公需	代理店	内需	外需	合計
	化学工業	石油・石炭	鉄鋼	旧一般機械	電気機械	自動車	その他を含む小計	電力	その他を含む小計						
ボイラ・原動機	10,020 22.2	4,762 ▲6.6	10,871 ▲30.6	3,953 ▲15.1	36,064 88.2	1,619 41.3	121,042 ▲1.6	688,298 20.0	715,454 20.1	836,496 16.4	34,858 ▲26.4	1,613 ▲6.5	872,967 13.7	509,250 29.3	1,382,217 19.0
鉱山機械	4 —	7 —	528 306.2	329 ▲6.0	0 —	0 —	5,201 ▲18.1	30 2,900.0	4,106 102.0	9,307 11.0	0 ▲100.0	0 —	9,307 10.5	1,334 ▲63.0	10,641 ▲11.5
化学機械（冷凍を含む）	75,673 69.2	22,031 22.5	8,364 10.3	42,453 63.3	35,372 ▲34.7	10,780 5.4	267,726 6.5	59,283 150.5	139,519 38.0	407,245 15.6	118,765 ▲11.6	96,502 16.9	622,512 9.4	490,135 ▲3.9	1,112,647 3.1
タンク	965 12.9	9,015 42.3	31 ▲63.5	139 —	0 —	0 —	10,150 39.0	900 ▲58.3	4,190 79.1	14,340 48.8	141 ▲22.1	0 —	14,481 47.4	26,813 77.0	41,294 65.4
プラスチック加工機械	11,181 22.1	270 ▲32.0	137 —	1,586 ▲6.7	1,826 ▲0.2	7,845 16.9	47,793 8.7	0 —	70 ▲67.4	47,863 8.3	6 ▲92.9	1,331 ▲52.7	49,200 4.5	81,698 ▲5.5	130,898 ▲2.0
ポンプ	3,203 3.1	1,169 13.1	2,653 0.1	767 43.6	264 256.8	97 ▲63.1	16,579 15.0	17,688 36.4	38,950 16.4	55,529 16.0	42,166 ▲19.9	48,830 4.3	146,525 ▲0.5	70,080 18.8	216,605 5.0
圧縮機	5,597 5.1	2,361 ▲30.2	1,447 ▲2.4	31,351 20.1	637 ▲16.9	791 0.4	50,085 11.2	3,870 ▲30.7	18,064 ▲12.8	68,149 3.6	3,154 ▲20.0	27,328 ▲20.6	98,631 ▲5.3	137,190 13.8	235,821 4.9
送風機	124 ▲57.2	112 ▲78.9	1,544 19.6	178 114.5	38 ▲17.4	677 48.8	3,725 4.1	1,914 ▲12.6	4,539 45.5	8,264 23.4	2,798 ▲48.8	1,481 10.4	12,543 ▲7.1	4,242 ▲4.1	16,785 ▲6.4
運搬機械	5,341 8.7	305 ▲64.2	11,080 ▲13.7	7,169 ▲23.6	8,733 156.3	9,606 18.4	93,810 24.8	6,163 ▲78.4	56,477 ▲31.8	150,287 ▲4.9	13,849 20.1	17,390 14.0	181,526 ▲1.8	83,460 7.5	264,986 1.0
変速機	1,790 22.5	341 221.7	2,636 ▲12.7	2,512 6.0	437 14.7	2,239 26.8	26,944 11.7	1,480 16.9	3,540 17.1	30,484 12.3	2,725 ▲7.0	1,024 9.9	34,233 10.4	10,480 3.4	44,713 8.7
金属加工機械	899 23.7	79 —	23,237 ▲36.2	2,142 40.6	▲12 ▲105.5	3,488 60.9	37,464 ▲18.8	5 —	1,161 208.0	38,625 ▲16.9	107 ▲59.5	3,646 22.6	42,378 ▲14.8	161,429 79.6	203,807 46.0
その他機械	4,168 19.7	3,129 ▲28.6	4,870 ▲24.3	11,354 ▲12.4	1,608 ▲16.7	14,307 ▲21.1	108,642 ▲2.7	3,191 ▲56.2	49,388 12.3	158,030 1.5	160,237 ▲18.8	7,270 ▲17.8	325,537 ▲10.1	84,012 33.7	409,549 ▲3.6
合計	118,965 44.6	43,581 8.7	67,398 ▲23.0	103,933 21.3	84,967 3.6	51,449 3.4	789,161 4.9	782,822 19.1	1,035,458 16.5	1,824,619 11.2	378,806 ▲17.0	206,415 4.4	2,409,840 5.0	1,660,123 15.8	4,069,963 9.2

※網掛け部分は前年同期を上回ったところ

表 2 需要部門別四半期推移

上段：金額（百万円） 下段：前年同期比（％）

	平成22年			平成23年		
	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月
製造業	216,022 ▲13.1	272,102 36.2	213,647 ▲4.0	263,330 ▲0.2	260,455 20.6	265,376 ▲2.5
非製造業	201,068 ▲45.7	355,889 34.9	241,800 32.4	368,058 10.9	279,872 39.2	387,528 8.9
民需計	417,090 ▲32.6	627,991 35.5	455,447 12.4	631,388 6.0	540,327 29.5	652,904 4.0
官公需	113,251 13.3	158,086 14.1	140,986 23.1	123,765 ▲33.0	96,496 ▲14.8	158,545 0.3
代理店	58,561 0.7	76,941 20.1	69,003 8.3	70,076 12.7	66,756 14.0	69,583 ▲9.6
内 需	588,902 ▲24.2	863,018 29.6	665,436 14.1	825,229 ▲2.1	703,579 19.5	881,032 2.1
外 需	281,326 32.2	402,556 ▲0.9	379,560 4.6	740,310 ▲1.2	388,219 38.0	531,594 32.1
合 計	870,228 ▲12.1	1,265,574 18.0	1,044,996 10.4	1,565,539 ▲1.7	1,091,798 25.5	1,412,626 11.6

※網掛け部分は前年同期を上回ったところ

前年同期を大きく下回ったが、7～9月期には被災地域以外からのごみ処理装置を複数受注したこともあって、前年度並みに持ち直した。また、被災がれきの処理設備等の受注が民需・官需とも含まれるが、受注額全体に占める割合は大きくない。

一方、外需については、平成23年7～9月期に主力のアジアや中国の伸び率が鈍化し、欧米についても一進一退を繰り返している。

注6）表3は「産業機械輸出契約状況」を加工したものであり、調査対象は会員企業のうち大手のみである。

2. 需要部門別受注状況（平成23年1～9月）

- ①製造業：化学、石油・石炭、旧一般機械、電気機械、自動車等の増加により、4.9%増の7,891億円となった。
- ②非製造業：電力等の増加により、16.5%増の1兆354億円となった。
- ③官公需：国家公務、地方公務等のすべてが減少し、17.0%減の3,788億円となった。
- ④外需：主力のアジアを始め、中東、欧州、北米、南米が増加し、15.8%増の1兆6,601億円となった。

- 1) アジア：ボイラ・原動機、化学機械、風水力機械、金属加工機械が増加し、前年同期を46%上回った。特に化学機械が前年同期の4.5倍に伸張した。
- 2) アジアのうち中国：ボイラ・原動機、風水力機械、金属加工機械、冷凍機械が増加し前年同期を2割程度上回った。特に風水力機械は前年同期の1.7倍となり、リーマン・

表 3 世界州別受注状況

前年同期比（％）

	平成23年			
	1～3月	4～6月	7～9月	1～9月
アジア	162.9	89.1	63.8	46.4
うち、中国	41.3	124.3	14.4	18.2
中東	29.2	55.8	▲33.7	8.0
欧州	13.4	▲80.8	16.2	81.0
北米	▲88.7	69.4	▲45.7	96.0
南米	99.8	▲39.5	▲73.7	30.1
アフリカ	▲2.5	▲53.4	▲75.3	▲29.7
オセアニア	8,422.2	66.8	▲63.1	▲85.8
ロシア・東欧	6,320.4	62.1	▲5.0	27.4

※網掛け部分は前年同期を上回ったところ

ショック前（平成20年1～9月）と比較しても8割増となるなど伸張した。

- 3) 中東：ボイラ・原動機、金属加工機械が減少したものの、化学機械が増加したことから、前年同期を1割程度上回った。
- 4) 欧州：風水力機械を除く全ての機種が増加したことから、前年同期を8割上回った。
- 5) 北米：ボイラ・原動機、化学機械、プラスチック加工機械、風水力機械が増加したことから、前年同期の約2倍となった。
- 6) 南米：ボイラ・原動機、化学機械の増加により、前年同期を3割上回った。
- 7) アフリカ：ボイラ・原動機、化学機械が増加したものの、風水力機械が前年に大型設備を受注していた反動減となり、全体では3割ほど前年同期を下回った。
- 8) オセアニア：前年に大型設備を受注していた化学機械が反動減し、前年同期を大きく下回った。
- 9) ロシア・東欧：ボイラ・原動機、化学機械、運搬機械が増加したことから、前年同期を3割上回った。

注7）④外需の「風水力機械」は、ポンプ・圧縮機・送風機を合計したもの。

3. 機種別受注状況（平成23年1～9月）

- ①ボイラ・原動機：電力、外需の増加により、19.0%増の1兆3,822億円となった。
- ②鉱山機械：窯業土石、外需の減少により、11.5%減の106億円となった。
- ③化学機械（冷凍機械を含む）：化学、電力の増加により、3.1%増の1兆1,126億円となった。
- ④タンク：石油・石炭、その他非製造業、外需の増加により、65.4%増の412億円となった。

- ⑤プラスチック加工機械：外需の減少により、2.0%減の1,308億円となった。
- ⑥ポンプ：電力、外需の増加により、5.0%増の2,166億円となった。
- ⑦圧縮機：旧一般機械、その他非製造業、外需の増加により、4.9%増の2,358億円となった。
- ⑧送風機：官公需の減少により、6.4%減の167億円となった。
- ⑨運搬機械：電力向けが大幅に減少したものの、繊維、非鉄金属、電気機械、情報通信機械、その他製造業、情報サービス、その他非製造業、官公需、外需、代理店の増加により、1.0%増の2,649億円となった。
- ⑩変速機：化学、金属製品、自動車、造船、その他製造業、外需の増加により、8.7%増の447億円となった。
- ⑪金属加工機械：外需の増加により、46.0%増の2,038億円となった。
- ⑫その他機械：官公需の減少により、3.6%減の4,095億円となった。

◇ 今後の受注見込み

わが国経済は、電力不足の課題を抱えるものの、サプライチェーンの寸断という大きな制約を概ね解消し、内外の需要動向の水準が鍵となる曲面に入った。

国内については、内閣府と財務省が12月に発表した法人企業景気予測調査によれば、10～12月期の景況判断指数（BSI）は大企業製造業が2四半期ぶりにマイナスに転じ、年明け以降も下方修正されるなど、急激な円高や海外経済の減速に加えタイの洪水の影響等もあって企業心理が冷え込みつつあり、先行き不透明感が当面晴れそうにない。

海外は、内閣府が12月にまとめた報告書「世界経済の潮流」によれば、平成24年の世界のGDPをIMFとほぼ同程度の前年比3%前後と見通し、欧州実体経済の悪化が米国やアジア新興国の輸出減少につながりかねない点等に懸念を示しており、世界景気の見通しのリスクバランスは下方に偏っていると分析している。

このような状況の中、平成23年10～12月と平成24年の産業機械受注見込みを次の通り策定した。

〈平成23年10月～12月〉

内需は、火力発電所の維持等に伴う電力向けの

増加や、素材産業の一部に需要増を期待するものの、多くの産業では設備投資に慎重姿勢を取っていることから、全体としては前年並み、もしくは微増程度と思われる。なお、今年度の第3次補正予算に伴う復興関連の需要が設備投資などの動きに加わってくるのかポイントになるが、本格化するのは来年になるものと思われる。

外需は、欧米に急速な回復は見込みがたく、アジアのうち中国向けが減速しつつあり、中東においてもプラント等の大型設備の本格的な回復には今しばらく時間が掛かるとみられることから、全体としては前年並みの受注金額になると思われる。なお、タイ洪水被害の復旧に向けた需要が本格化するのとは来年になるものと思われる。

この結果、平成23年10～12月の内外需合計は前年同期比で5%程度の増加となり、平成23年の通年では、5兆1千～5兆2千億円程度と見込む（平成22年通年の実績は、前年比15.0%増の4兆7,731億円）。

〈平成24年〉

内需は、当面一進一退で推移するものと思われる。その後、震災復興にともなう社会インフラ整備等が顕在化し始めることで、官公需が低水準だった前年を上回り、それに添ったカタチで企業の設備投資が改善基調に転じ、民需も徐々に増加していくものと期待する。さらに、海外経済が新興国・資源国にけん引され弱いながらも回復していくと見込まれることから、輸出産業を中心に緩やかに増加していく可能性が高いのではないかと考える。また、既存の生産システムへの省エネ・省資源化や環境保全等の投資も持ち直していくのではないと思われる。

外需については、円高の進行が一服するという前提のもとで、緩やかな増加基調に復帰すると思われる。アジアでは減速しつつも回復が続くと見込み、中東や北アフリカ地域においても、政治的混乱等が落ち着いていく中で資源開発等の需要が回復していくものと予想する。さらにこれらの地域では、社会インフラに対するニーズが益々高まっており、今後も市場拡大が期待される。また、アメリカでは弱いながらも回復が続くと見込まれ、ヨーロッパにおいても極めて緩やかながら持ち直していくものと期待する。

この結果、内外需を合計した平成24年の産業機械受注は、前年比5%程度の増加を予想し、5兆5千～5兆6千億円程度と見込んだ。

I. 総論

—我が国の鉄鋼に関する技術開発の方向・展望—

経済産業省 製造産業局 さい とう かず のり
鉄鋼課 製鉄企画室 齊 藤 和 則

まえがき

鉄鋼業及び鉄鋼材料の供給先である自動車、電気機械、一般機械産業のグローバル4業種は、高い国際競争力があり、我が国の外貨獲得の65%¹⁾を担う日本の産業・経済の中核産業です。この内、鉄鋼業はGDPの1.2%を占め、自動車、電気機械、一般機械産業の重要な屋台骨を支える素材等を供給しており、我が国のもの作りを支える重要な基幹産業と言えます。

この高い競争力を支えてきたものは、市場ニーズにマッチした国際的に最高水準の特性・品質を有する材料やその製造・加工技術です。特に、品質面で決定的な影響を与える製鋼プロセスに技術的優位のある我が国は、高級鋼・特殊鋼分野の製品開発は他国の追従を容易に許さない状況にあります。しかし、技術の進歩が目覚ましい昨今の韓国・中国などの新興工業国の急速な技術的追い上げは脅威であり、革新的な材料の開発や物づくりの技術開発などを継続的・戦略的に取り組まなければ、我が国は今後とも国際競争力を維持することはできません。

本稿では、鉄鋼に関する技術開発の方向、展望などについて、御紹介させていただきます。

◇ 信じられない！鉄鋼業のCO₂排出量！！

我が国の鉄鋼業が占めるエネルギー消費量は、日本全体の約11%²⁾、CO₂排出量に占める割合は、全体の約13%³⁾と多くを占めており、製造業に限って見ても、CO₂の約4割は鉄鋼業から排出しており、この温室効果ガスの削減が鉄鋼業におい

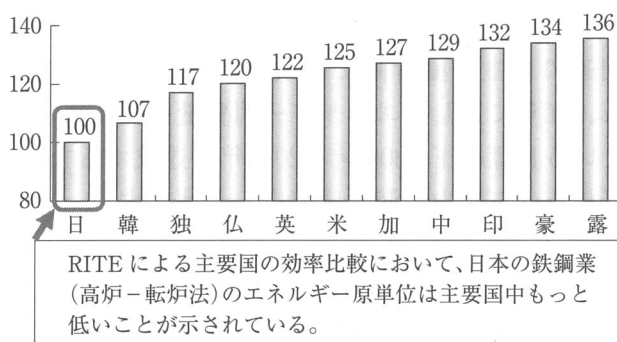


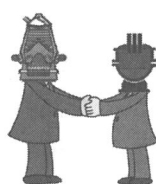
図 1 鉄鋼業のエネルギー原単位の国際比較⁴⁾

ては目下喫緊の課題となっております。

他方、1970年代のオイルショック以降、省エネ化を進め、廃熱や副生ガスの利用など生産プロセス等の技術進歩が重ねられ、その結果、我が国の鉄鋼生産技術はエネルギー効率やCO₂排出抑制の面で世界のトップレベルの水準にあります。世界の鉄鋼各社にとっては、我が国鉄鋼業のCO₂排出量の少なさは信じられないことと思います。

エネルギー消費量の削減に努めている中で、経

【コラム】電炉法による製鉄は、CO₂排出量が少ない？
⇒確かに、鉄スクラップを再度鋼材にするのに必要なエネルギーは、鉄鉱石から鋼材を製造するのに比べ、1/5程度です。しかし、WSA(世界鉄鋼協会)の考え方では、高炉と電炉とを一つのシステムと考え、これを通して世界全体で鉄が循環使用されていること、またスクラップには最初の鉄鉱石還元から循環過程で負荷されたスクラップの溶解負荷が履歴として課されることとなっています。



現在の技術では、鉄にとけ込んだ不純物を十分に除去することができず、他方、スクラップの有効活用は省エネルギーのためには重要であります。高炉と電炉とが共存し、それぞれにより作られた鉄が、用途に応じて使われていくことが求められます。

原料確保

鉄鉱石や原料炭の安定供給確保

民間の鉄鋼原料確保のための取組を支援するため、鉄鉱石鉱山の探査・探鉱に対する支援等の措置を講ずる。

生産プロセス

低炭素社会実現・省エネの生産プロセス開発

世界最高の省エネ・低炭素技術を開発・実用化し、低炭素型成長を可能とするエネルギー需給構造の実現に寄与する。

製品

省エネを促進する鉄鋼部材の加工技術開発

自動車、船舶分野等で求められる軽量化に対応するとともに、エネルギー利用の更なる効率化に資するため、革新的鉄鋼部材の加工技術開発を支援する。

図 2 【3つの柱】鉄鋼関連の主な施策について

団連の自主行動計画にも鉄鋼業界として参加され、90年に比してエネルギー消費量を10%減らすという目標の下、2009年、2010年と達成するなど、皆様方のご努力に深く感謝申し上げます。

◇ 低炭素社会実現に向けた技術開発

鉄鋼に関する諸課題の中で、こういった研究開発を当方で手当てしていくのかですが、大きく分けて3つの柱に従って技術開発を行っております。

a) 原料確保：原料価格が高騰している中、鉄鉱石、石炭等の安定供給／確保という観点から取り組んでいます。また、鉄鋼材料は鉄のみならず、Ni、Mn、Cr、Si、P、V、Wなど多種のレアメタルを用いるため、利用効率の改善は、希少性資源の節約の観点から重要です。これは必ずしも技術開発のみならず、資源確保に向けた資源開発であるとか、多角的に施策を展開しています。

b) 生産プロセス：繰り返しますが、鉄鋼業は我が国の最終エネルギー消費の約11%を占めるため、更なる製造プロセスの効率改善が必要です。鉄をつくるプロセス改善等によって、省エネなり省CO₂を実現することが必要です。

c) 製品：鉄鋼材料は、自動車、造船、電磁鋼板等、幅広く社会に使われており、高機能化による省エネ・CO₂排出量削減貢献も大きいため、高性能な鉄鋼材料開発が必要不可欠となっています。最終製品ベースで低燃費なり省CO₂が図られるような、より軽量で、より強いといった部材としての鉄を開発していく、あるいは加工技術を開発していくことが必要です。

我が国鉄鋼業の強みとしては、世界最先端の製鉄プロセス技術によるコスト競争力、また環境対応、高強度化等高い商品開発力が挙げられる一方、製鉄プロセスの特性からCO₂の多量排出、鉄鋼原材料のほぼ100%を海外に依存しているといった弱みも存在します。世界最高の省エネ・低炭素技術を開発・実用化し、低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現に貢献すると共に、資源の有効利用等を実現する革新的な省エネ技術開発を推進し、国民生活上、安心安全な社会環境を実現する社会基盤材料として、開発を進める必要があります。

また、鉄鋼併産物であるスラグは、セメントに利用されることにより大きなCO₂排出削減効果があるだけでなく、海洋域でのCO₂固定化や沿岸環境の改善への利用が期待されており、スラグに関する技術開発も忘れてはいけません。

◇ 平成23年度実施している技術開発

現在、当方が実施しているプロジェクトとしては、「環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)」、「革新的製鉄プロセス技術開発(フェロコックス)」及び「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」があり、いずれのプロジェクトとも、それぞれ産学官の総力を結集して進められており、当該分野で世界を牽引する日本独自の技術が創出されつつあります。

COURSE50は、コークスの一部代替材として水素を還元剤として利用するとともにCO₂の分離・回収により、高炉一貫製鉄所から排出されるCO₂排出量を約30%削減する技術開発です。2030年頃までに技術を確立し、2050年までの実用化・普及を目指しています。

フェロコックスは、低品位炭と低品位鉄鉱石を活用した革新的塊成物ですが、現状の高炉設備をそのまま使用し、炉内還元反応の高速化・低温下機能を発揮して、製鉄プロセスの省エネ化と低品位原料利用拡大の両立の為、2020年代初頭の導入を目指しています。

「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」は、皆様方の多くの方に関係し、またお世話になっているプロジェクトであります。本特集でその成果の詳細を御紹介させていただきますの

【水素還元製鉄プロセスの技術開発】

環境調和型製鉄プロセス技術開発

鉄鉱石の還元に必要な石炭の一部代替として、水素を利用する技術及び高炉からCO₂を分離・回収する技術等の開発。

【H20Fy - H29Fy】

【資源対応型革新的省エネ製鉄プロセスの技術開発】

資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発

高炉炉内反応の高速化・低温化等省エネルギーを実現するプロセス技術の開発。

【H21Fy - H24Fy】

【低炭素社会を支える高強度・高機能鋼材の加工技術開発】

鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発

エネルギー分野等で求められる極低温・腐食・超高温・超高压など極限環境対応や、自動車・船舶等の軽量化に不可欠となる革新的な溶接技術・鍛造技術の開発。

【H19Fy - H23Fy】

図 3 平成23年度実施している技術開発

で、私の方から詳細はお話しませんが、プロジェクトリーダーの名古屋大学の宮田先生を始め、皆様方のご尽力により、大きな成果を上げ本年度でプロジェクトを終える予定です。改めてお礼申し上げます。今後、実用化された製品の早い誕生が期待されますところ です。

◇ 鉄鋼分野の技術戦略マップの策定

経済産業省では2005年から、NEDO・産総研等の協力を得て、国家的に重要な産業技術のロードマップを俯瞰する「技術戦略マップ」を策定し、公表しております。部材分野では代表的な製品（ニーズ）別に要素技術（シーズ）を記述してきたところですが、注目すべきニーズが刻々と変化しており、一方でシーズ側から見通すことは困難となっております。したがって、ニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰し、両者の同期化を図ることが重要との観点から、部材分野を再構築した「技術戦略マップ」の策定作業を進めているところ です。

製鉄企画室では、これまで鉄鋼に係るキーとなる技術を整理した「鉄鋼技術戦略マップ」を別途作成し、公表（特殊鋼2008年1月号に掲載）してきましたが、上述の部材分野の再構築にあたり、改めて『鉄鋼分野の技術戦略マップ』として策定することとし、平成22年度にNEDO調査研究事業として、東京工業大学 三島先生を委員長とする有識者委員会を設置・検討いただき、平成23年3月に取りまとめられました。

全てを本誌で御紹介することはできませんが、

鉄鋼に関する技術開発の方向などを示すものですので、概要、特殊鋼に関係が深いと思われる輸送機械・電気機器分野を抜粋（全体はHPなどでご覧下さい）し、次ページ以降に掲げます。

む す び

平成23年8月、産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会では、東日本大震災後の我が国が直面する逆境下、既存技術の延長線上にない、夢のある非連続型の技術革新による日本再生が求められるとし、新たな国家プロジェクト制度の創設についての提言がありました。材料に関する技術開発は、鉄鋼企業の競争領域ではありますが、「非連続型技術」として国全体として取り組む課題も多くあると思います。

製鉄企画室では、現在、「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」に続く鋼材技術開発を平成25年度予算要求、実施するべく準備しておりますが、これまで通り、産学官の総力を結集し、技術開発を進められればと考えております。

世界最高水準にある我が国特殊鋼技術の競争力を維持するため、また環境対策に資する技術開発も追求してまいりますので、引き続き、皆様方のご協力、ご支援をお願い申し上げます。

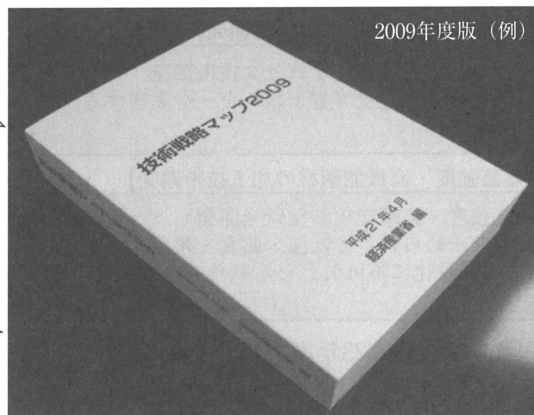
参 考 文 献

- 1) 平成22年：経済産業省 産業構造ビジョン
- 2) 平成20年度：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」
- 3) 平成20年度：日本温室効果ガスインベントリ報告書
- 4) 「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）」
RITE、2008（日訳・指数化は鉄鋼連盟）

「技術戦略マップ」とは

メリット（省外）

- ✓産学官の間での認識共有
 - 中長期シナリオ
 - 技術進歩の方向性／時間感覚
 - 科学技術の限界点ほか
- ✓産学官の間でのコミュニケーションの基本ツール
 - ⇒特に異分野・異業種間での対話を加速



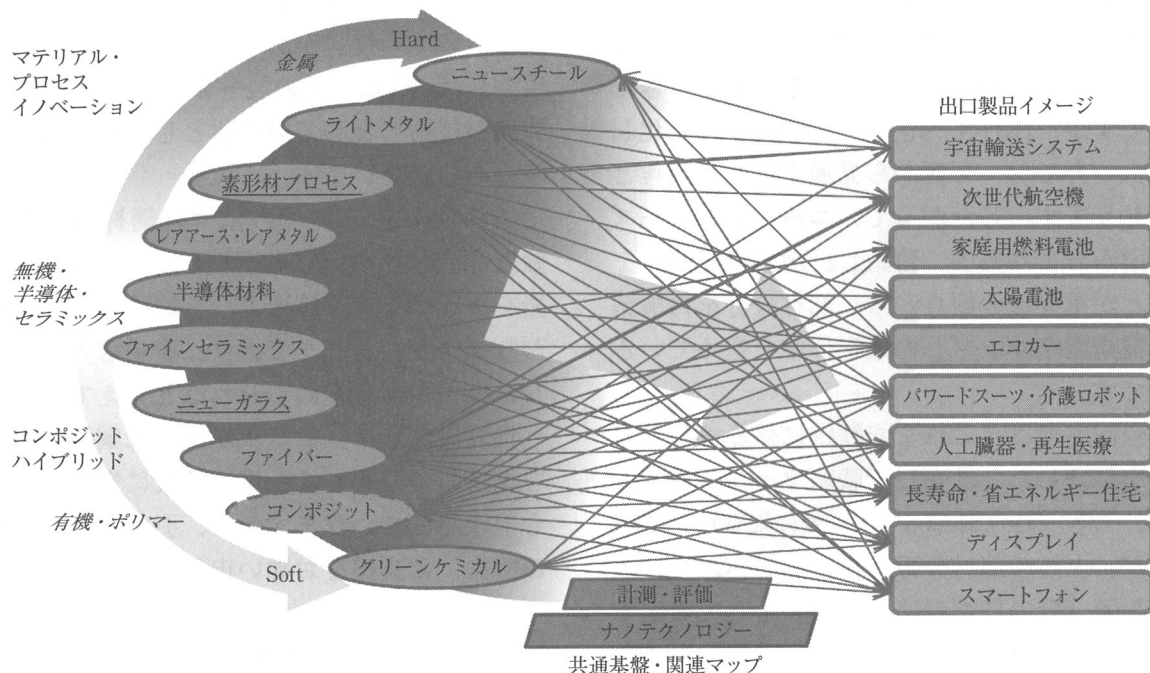
2010年版(全31分野・約1,500ページ)は冊子配布ウェブ上で公開
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2010.html

メリット（省内）

- ✓最新科学技術動向の把握
- ✓研究開発プロジェクト立案の拠り所+説明責任
- ✓産学とのネットワーク形成
- ✓一貫性・継続性ある政策の知識基盤

全ての分野について、Ⅰ導入シナリオ、Ⅱ必要となる技術の俯瞰マップ、Ⅲ重要技術のロードマップ、の3層構造で策定。

- Ⅰ導入シナリオ：研究開発成果が製品、サービス等として社会、国民に提供されていく道筋と、そのために取り組むべき関連施策を記載したもの。
- Ⅱ技術マップ：技術の体系図。技術的課題、要素技術を俯瞰するとともに、その中で重要技術を選定して記載したもの。
- Ⅲ技術ロードマップ：研究開発への取り組みによる要素技術・求められる機能等の向上・進展を時間軸上にマイルストーンとして記載したもの。



シーズとニーズの関連を踏まえた整理 ※マップ名、出口製品イメージ等は例示

※ニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰し、両者の同期化を図ることが重要であり、この観点から部材分野を再構築

I 導入シナリオ（抜粋）

（１）鉄鋼分野の目標と将来実現する社会像 （略）

（２）研究開発の取組

……鉄鋼材料技術においても、我が国が世界の最先端を走っている。例えば、高強度鋼（High Strength Steels）、高い加工性を有するIF（Interstitial Atoms Free）鋼、電磁鋼板、合金化溶融亜鉛めっき高耐食鋼板、橋梁用高強度ワイヤー等は、我が国で技術の開発あるいは確立された他国では製造困難な高機能素材である。この高い材料技術に加え、その特性、品質を具現化する加工技術分野でも国際的に最高水準にある。

このように我が国鉄鋼産業の技術レベルは高いが、新興工業国からの追い上げは急ピッチであり、国際競争力の維持・向上を目指して技術開発を加速する必要がある。鉄鋼分野での研究課題としては、鋼材中の介在物制御、加工熱処理等によるミクロ材料組織制御による高級鋼材の開発、レアメタル代替技術、省資源・省エネルギーを狙ったプロセス技術など、我が国鉄鋼産業が得意としている技術開発が多い。

……最近の鉄鋼関連技術の新しい動きとして、ナノテクノロジーや国家基幹技術として開発された放射光施設、中性子線利用施設を始めとする各種高度計測施設やIT技術を活用する高度計算工学、シミュレーション技術などの最新の科学知見を鉄鋼プロセス、鉄鋼材料、部材加工の各段階で応用する取組みが活発化しており、これらの成果が鉄鋼産業の国際競争力強化に大きく貢献するという好循環が開始されつつある。

さらに次世代の革新的構造材料を実現するための新指導原理として「ヘテロ構造制御」の確立が注目され、科学技術振興機構の支援にアカデミアを中心に取り組みが始まった（H22～）。これはこれまで材料の品質保証のために重要視されてきた「均質性」の概念とは異なり、様々なスケールで均一構造を取り込み制御することによって、飛躍的に優れた特性を得ようとするコンセプトである。強度と延性の双方に優れた高強度鋼で

あるDP（Dual Phase）鋼やTRIP（Transformation Induced Plasticity）鋼開発の例もある。

ヘテロ構造の制御により、高強度と延性・加工性、高強度・高靱性と耐環境性といった、従来は両立が困難であった複数の機能が、レアメタルなどの希少合金元素を必要とせずに単純な化学組成で実現することを目的としている。

（３）関連施策の取組

鉄鋼材料が社会に幅広く利用されていることから鉄鋼技術は社会の様々な断面と関係している。鉄鋼材料技術の推進のためには以下のような関連施策も併せて検討する必要がある。

- ①技術基準に関しては、性能が優れていてもそれを利用可能とする技術基準の対応が図られなければならない。技術基準は材料や工法の進化とともに見直しが必要である。
- ②標準化に関しては、新材料等の市場導入期において特に重要で、その後の市場形成に大きな影響を与える。例えば、我が国の高度な建築鋼材がSN規指の採用で広く使われるようになったのが一例。こうした背景から各国は世界標準の形成、獲得に力を入れており、技術インフラ整備の観点から戦略的な対応が必要である。
- ③人材育成に関しては、研究開発、生産活動等を支える優秀な人材を確保することは喫緊の課題。人材育成の面でも経済産業省が文部科学省と共同で推進している「産学人材育成パートナーシップ」（H19～22）で研究と人材育成の一体的推進などが提言されている。
- ④産学連携に関しては、産学連携による研究開発の推進を図る場合に、双方が自立的に発展できるための研究環境を確保していくことが必須条件。学における高い研究活動は優秀な研究人材の創出に直結し、そうした人材が産業界の国際競争力を支えてきたという日本型の産学連携協力モデルは今後とも確保が必要。……

（４）海外での取組

（略）

II 技術マップ(輸送機械・電気機器分野を抜粋)

鉄鋼関連技術分野の研究開発の方向性として、重点的に推進すべき中・長期の技術課題、ネックとなる技術開発課題、主な出口イメージについて整理。

大項目	中項目	小項目（課題）		ID	技術概要
輸送機械・電気機器分野	省エネ・温暖化ガス削減のための鉄鋼材料開発	輸送機械等の製造時における温暖化ガス削減技術	加工工数削減等の効率化に寄与する材料・技術	S3111	鍛造部品なみの強度・靱性を有する鍛造部品により、鍛造工程を省略、または鍛造品を代替することにより部品製造にかかるCO ₂ 排出量を低減する。
				S3112	鍛造における変寸・変更、冷間鍛造におけるスプリングバックなどの解消により、後加工を省略して製造時エネルギーおよびCO ₂ 排出量を削減する
				S3113	普通鋼鉄に比べて被削性に劣る吸蔵黒鉛鋼鉄の、快削化により、生産の効率化を図る
				S3114	塑性結合技術により溶接接合に対してCO ₂ 排出量を削減する。
		加工温度低減などエネルギー削減に寄与する材料・技術	S3121	自動車部材製造用の金型材料において、鋼材焼き入れによる高硬度材と同等の硬度等を有する鋳物材を使用することにより、金型加工における除去体積、熱処理によるエネルギーロスを低減する。	
			S3122	浸炭処理温度を高温度化して、処理時間を短縮することにより、処理に要するエネルギーおよびCO ₂ 排出量を低減する。	
			S3123	塑性結合技術により溶接接合に対してCO ₂ 排出量を削減する。	
		輸送機械等の使用時における温暖化ガス削減技術	機器の軽量化に寄与する技術・材料	S3131	成型性に優れた超高強度材の開発により、薄肉製品の製造が可能となり、自動車・車両などの輸送機械の軽量化を達成する
				S3132	革新的な強度－延性バランスを有するハイテン技術 TS：2000MPa級－EL40%など
				S3133	組織の微細粒化により強度と成型性の両者を向上させ、必要な部分を高強度化して部品の軽量化を達成する。
				S3134	複合化も考慮に入れて鋼板のヤング率を向上させ、自動車・車両などの車体用鋼板をゲージダウンし、輸送機械の軽量化を計る
				S3135	タイヤの軽量化により、燃費を向上させることができる。
				S3136	鋳物内の黒鉛形状制御により材料強度、減衰能、熱伝導性などの各特性を鋳物部品各部の要求に応じて作り込み、エンジンなどの軽量・高性能化に寄与する
				S3137	たとえば鍛造プロセスをプレス化するなど、高強度材などの難成型性材料を、精密に簡単に成型することにより、高強度材の適用範囲を広げ輸送機器の軽量化に寄与する。
	S3138				
	S3139	高強度・高延性（TS≧1500MPa、EL 20～40%）を有する次世代高強度・難接合鋼板の実用化			
	S31310				
	輸送機械等の使用時における温暖化ガス削減技術	機器の効率化に寄与する技術・材料	S31311	異材溶接、接合技術と成型技術を確立し、異種鋼材、異種金属、金属－非金属などの組合せにより、単一材料では達成できない機能を実現し、製品の軽量化や強度向上をはかる。 目標）TS：1200～1400MPa、EL：40～30%級	
			S3141	鉄損が少なく飽和磁束密度が高く、かつ加工による磁気特性の劣化が生じないような電磁鋼板を開発し、EV/HEV用モータおよび電力部品の高性能化・高効率化に寄与する。	
		S3142	摩擦係数を従来の1/2に低減して、可動部の摩擦ロスを低減し、駆動に必要なエネルギーを低減することにより、温暖化ガス排出を削減することができる。		
		新しい燃料・エネルギーに対応した技術・材料	S3151	電気自動車特有の新構造（プラットフォームに二次電池などを内蔵して強度を持たせる）に対応した技術	
			S3152	上記異材接合材を形成する技術	
S3153			バイオ燃料（アルコール）など新燃料を使用するエンジンなどに対応し、耐食性などを向上させた材料、耐食コーティングなど		
省エネ・温暖化ガス削減のための鉄鋼材料開発	輸送機械等の廃棄時における温暖化ガス削減技術	廃棄物削減に寄与する技術・材料（リユース・リデュースに寄与する技術・材料）	S3161	不純物無害化、および高機能化への不純物を積極的利用する技術	
	輸送機械等の廃棄時における温暖化ガス削減技術	レアメタルのリサイクル技術	S3162	スクラップに含まれるレアメタルを回収・リサイクルする技術	

【備考】鉄鋼分野の技術戦略マップでは、鉄鋼業界の主要課題である以下の5分野を検討した。

- ①高効率製造プロセス(生産性向上・競争力強化)
- ②省資源・省エネ製造プロセス(環境・資源・エネルギー対応)
- ③輸送機械・電機産業材料(今回抜粋した分野)
- ④重工・エネルギー産業材料
- ⑤社会インフラ・建設産業材料

技術開発課題	重要度	重点化の指標								主な出口イメージ	
		1	2	3	4	5	6	7	8	代表的製品 代表的成果物	キーワード
【材料】 高強度鋳造部品	◎	○	○	○	○	○			○	自動車部品	エンジン・シャーシ、工数削減、CO ₂ 削減、欠陥制御
【技術】 ネットシェイプ鋳造（素形材加工レス）	○	○		○	○				○	自動車部品	エンジンシリンダブロックなど、高精度、新製造プロセス、工程数削減
【材料】 快削性に優れた球状黒鉛鋳鉄	◎	○	○	○	○	○	○		○	自動車部品 鉄道部品	シャーシ部品（自動車）、ブレーキ（鉄道用台車部品）、工程高速化
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）	○	○	○	○		○			○	自動車部品、金型 鉄道車輛構造体	新製造技術、接合技術、生産性向上、CO ₂ 削減
【材料】 高硬度・高剛性・精密鋳物金型材	○	○	○	○	○	○			○	自動車部品、金型	鋳物、省エネ化、省資源化、レアメタル削減
【技術】 高温浸炭適用拡大技術	◎	○	○		○	○		○	○	自動車部品 鉄道用台車部品	トランスミッション用歯車など高強度部品（自動車）、歯車および軸受け（鉄道）、新材料開発、工程高速化、省エネ化
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）	○	○	○	○		○			○	自動車部品、金型 鉄道車輛構造体	新製造技術、接合技術、生産性向上、CO ₂ 削減
【材料】 超微粒ハイトン鋼材	◎	○	○	○		○			○	自動車部品 鉄道用台車部品	ボディー骨格、内装部品、新材料開発、軽量化、超微粒化
【材料・技術】 革新的超高強度－高延性ハイトンおよび製造技術	☆	○	○	○	○	○			○	自動車部品	ボディー骨格、内装部品、新材料開発、軽量化
【技術】 部分強化型高強度部材	○	○		○	○	○			○	自動車部品	シリンダヘッド・ブロック、微細粒化、高強度、成形性
【材料】 高ヤング率鋼板車体部材	☆	○	○	○	○	○			○	自動車部品	車台（プラットフォーム）、外板、軽量化、高強度化
【材料】 高強度鋼線（スチールラジアルタイヤ用）	○	○		○	○	○			○	タイヤ、 油圧ホース	耐久性、軽量化、安全性
【技術】 鋳鉄の傾斜組織化（シリンダブロックなどへの活用）	○	○	○		○		○	○	○	自動車部品	エンジン部品、複雑形状部品、軽量化、最適作り込み
【技術】 厚板成形技術（6～15mm）	○	○		○	○	○	○		○	自動車部品	機能部品（ミッション、エンジン吸気・排気系など）、シャーシ部品、ネットシェイプ、生産性向上、高剛性化、軽量化
【技術】 高強度材（高張力鋼板など）の精密成形技術	○	○	○	○	○	○			○	自動車部品	ボディー部品、シャーシ部品、内蔵部品、軽量化、高精度化、安全安心
【材料】 高C系（C：0.5%以上）低合金鋼板	☆	○	○	○	○	○		○	○	自動車部品	ボディー部品、シャーシ部品、内蔵部品、軽量化、高精度化、安全安心
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）などの非溶融接合技術	☆	○	○	○	○	○		○	○	自動車部品	ボディー部品、シャーシ部品、内蔵部品、軽量化、高精度化、安全安心
【技術】【材料】 異材テーラードブランク成型技術（異材接合、成型）、およびこれらの技術によって実現される複層鋼板	☆	○	○	○	○	○	○	○	○	自動車部品 鉄道用台車部品	内装部品、シャーシ部品（自動車）、台車枠、車軸、ブレーキ（鉄道）、廃棄物削減、省資源化、軽量化、高強度化
【材料】 高性能電磁鋼板	☆	○	○	○	○	○	○		○	モータ 電子部品（リアクトル、トランス）	小型化、高効率化
【技術】 摩擦低減技術	◎	○		○	○	○			○	自動車部品	摺動部材、摩擦、摩耗低減、省エネルギー、コーティング、表面処理、表面改質
【技術】【材料】 異材テーラードブランク成型技術（異材接合、成型）、複層鋼板	◎	○		○	○	○			○	自動車部品	内装部品、シャーシ部品、廃棄物削減、省資源化、軽量化、高強度化
【技術】 接着などの非溶融接合技術やインサート成形法など	◎	○	○	○		○			○	自動車部品 鉄道車輛構造体	新製造技術、接合技術、生産性向上、CO ₂ 削減
【材料】【技術】 代替燃料対応技術	○	○		○		○			○	自動車部品	エンジン部品、燃料周り（タンク、燃料管など）、アルコール、耐食性、コーティング、表面処理
【技術】 不純物の局在化制御技術	○	○	○	○		○	○		○	自動車部品	リサイクル、リユース、不純物無害化
【技術】 レアメタル抽出技術など	◎	○	○	○		○			○	レアメタル	リサイクル、省資源

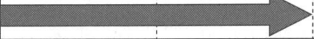
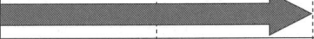
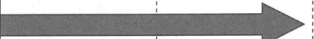
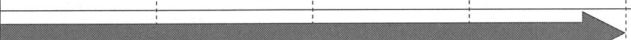
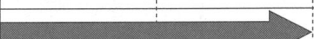
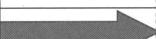
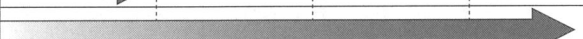
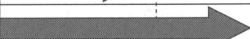
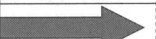
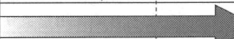
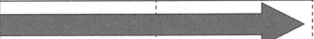
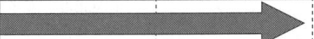
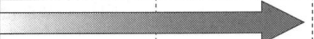
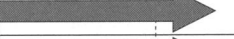
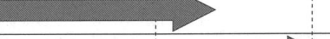
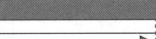
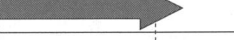
大項目	中項目	小項目（課題）		ID	技術概要
輸送機械・電気機器分野	省資源のための鉄鋼材料技術	材料使用量削減	従来材料・技術より使用量または加工ロスを削減できる材料・技術	S3211	鋳造における変寸・変更、冷間鍛造におけるスプリングバックなどの解消により、後加工を省略して原材料の使用量、および加工ロスを低減する。
				S3212	プレス成形材料の高強度化に対し、金型への新たな高機能表面処理やセラミック形硬質皮膜を付与することにより、金型材料の表面安定性を維持することができ、金型の長寿命化により金型材料の使用量低減が図れる
				S3213	従来の板押さえを基本とした「絞り成形」をブレイクスルー新成形法の開発により歩留まりを向上させる（現在の材料歩留まり：60%前後以上を目指す）
				S3214	異材溶接、接合技術と成型技術による異種材のテーラードブランク技術を確立することにより、原材料の使用量、および加工ロスを低減することができる。
		資源的制約の解消	希少金属（Li、Be等）削減に寄与する材料・技術	S3221	資源的制約が懸念される亜鉛に変わる防食めっき技術を確立する。
				S3222	ユビキタス成分設計を前提とした鋼材の高性能化。タングステン、コバルト低減耐熱材料やバナジウム低減構造用鋼
			希土類元素（Nd、Dy、Euなど）削減に寄与する材料・技術	S3231	永久磁石と電磁石を効果的に協同させることで、レアアースを用いた永久磁石の使用量を半減できる。
				S3232	黒鉛形状制御用接種材のレアメタルフリー化
		リサイクル、リユースの促進	リサイクルするための技術・材料	S3241	高性能、高機能材料の使用量増加に伴い増加する有害元素（Cu、Mn、B、Pb、Al、Ti等）の工程内無害化や除去により、リサイクル鉄鋼の品質を向上させる。
				S3242	スクラップに含まれるレアメタルを回収・リサイクルする技術
	安全・安心・快適な生活のための鉄鋼材料技術	輸送機械等の安全・安心に係る材料・技術	脆性破壊など突発的な事故を未然に防止する材料・技術	S3311	非金属介在物を起点とする疲労破壊低減用高纯净材料、および耐軟化性材料（たとえば浸炭材料として約300～350℃まで硬度低下が少ない材料）により、疲労破壊など予想できない破壊に対する性能を向上させる。
				S3312	水素を使用した燃料電池や、水素供給スタンドなどにおいて高圧水素の安全な取り扱いを実現
				S3313	高強度のラジアルタイヤ用鋼線により耐久性、安全性の向上させる。
				S3314	1800MPaにおいても遅れ破壊しない耐遅れ破壊鋼
		輸送機械等の安全・安心に係る材料・技術		S3315	溶接部における信頼性向上
				S3316	
				S3317	新規に開発した製品の機械的強度等を簡易的に把握する技術と、シミュレーション技術などを組み合わせた保証技術。
		輸送機械・電気機器等による快適な生活に関する材料・技術	衝突時など乗員を保護する材料・技術	S3321	DP鋼、TRIP鋼などの特性をさらに向上させ、衝撃吸収に優れた高強度の鋼材、部材の使用により、乗員生存性を向上させる
				S3331	塗装、表面処理などにより耐汚染性、耐指紋性、意匠性、抗菌性など付与する。
				S3332	異材溶接、接合技術と成型技術により、鋼材と異種材を積層して、意匠性、使用感などを向上させる
	国際競争力向上に向けた新たな技術体系	輸送機械の国際競争力向上に向けた新たな技術体系に関する材料・技術	輸送機械の製品コストを削減する技術	S3411	部材の高強度化に関するノウハウの蓄積により低コスト鋼を使用できるなど、コスト競争力などの強化ができる。
				S3412	鋳造における冷却過程での成形品の変寸・変更、冷間鍛造における成形品のスプリングバック・カス上がりなどを解消することにより、原材料の使用量、および加工ロスを低減し、製造コストを低減する
				S3413	浸炭処理温度を高温化して、処理時間を短縮することにより、処理に要するエネルギーおよびCO ₂ 排出量を低減する。
				S3414	冷却制御技術（新しい冷却剤、冷却工法、冷却装置）を用いて、熱処理による変形を防止することにより、形状矯正などの後工程を省略し、製造コストを低減することができる。
				S3415	金型材料において、鋼材焼き入れによる高硬度同等の硬度等を有する鋳物材により金型加工などにおけるコスト低減をはかる
		輸送機械の国際競争力向上に向けた新たな技術体系に関する材料・技術	輸送機械の環境性能（省エネ・温暖化ガス排出量削減）および製品性能を向上させる技術	S3421	表面改質処理を含む各種表面処理の高度化、複合化により、部品の摩擦・摩耗特性の向上と長寿命化を計り、輸送機械の環境性能（省エネ・温暖化ガス排出量削減）を向上させる技術
				S3422	可動部の摩擦ロスを低減し、駆動に必要なエネルギーを低減することにより、温暖化ガス排出量を削減し、動力性能などを向上させる。
				S3423	溶融亜鉛メッキなどの表面処理において、ナノレベル界面制御によるインテリジェント機能を付加し、耐食性、耐久性などの性能向上を図る

凡例 【技術課題の重要度】 ☆総合評価の上位10%以内 ◎上位10%～50% ○残り50% 【性格分類】 1 企業課題 2 業界課題 3 公的支援課題 【重点化の指標】 1. 日本の競争力優位、2. 共通基盤性、3. ブレイクスルー技術、4. 市場のインパクト、5. 基盤技術の開発が必要、6. 安全・安心、7. 標準化、8. 省資源・省エネ

技術開発課題	重要度	重点化の指標								代表的製品 代表的成果物	主な出口イメージ キーワード
		1	2	3	4	5	6	7	8		
【技術】 ネットシェイプ鋳鍛造（素形材加工レス）	○				○				○	自動車部品	エンジンシリンダブロックなど、高精度、新製造プロセス、工程数削減
【技術】 ハイテン・ウルトラハイテン（1000～1500MPa） 材成形用金型材料表面処理技術	○	○	○	○		○			○	自動車部品、金型	ボディー部品、長寿命化（金型）、表面処理、生産性向上
【技術】 材料歩留まりを向上させるプレス新成形技術	○	○		○	○				○	自動車部品	ボディー部品、新製造プロセス、材料歩留まり改善、省資源化
【技術】【材料】 異材テラードブランク成型技術（異材接合、成型）	○					○			○	自動車部品	内装部品、シャーシ部品、廃棄物削減、省資源化、軽量化、高強度化
【材料】 亜鉛代替高性能めっき	◎	○	○	○	○	○			○	自動車部品	外板、資源対応、めっき、表面処理、スポット溶接性
【材料】【技術】 ユビキタス元素活用材料設計	◎	○	○	○	○	○			○	自動車部品	ボディー骨格、内装部品、エンジン部品、新材料開発、軽量化、レアメタル削減
【材料】 ハイブリッド界磁モータのコア用鉄粉	○	○		○	○	○			○	モータ	コア、省エネルギー、省資源、高効率
【技術】 ミッシュメタル削減鋳鉄	○	○		○		○				自動車部品	エンジン部品、新材料開発、高強度化、レアメタル削減
【技術】 不純物元素除去・無害化技術	◎	○	○	○	○	○		○	○	自動車部品、鉄道部品	鋳鉄部品全般（自動車）、エンジン、シャーシ部品（自動車）、鉄道用ブレーキ（鉄道）、リサイクル、省エネ化
【技術】 レアメタル抽出技術など	◎	○	○	○		○			○	レアメタル	リサイクル、省資源
【材料】 耐軟化性材料の開発	○	○	○			○	○			自動車部品	トランスミッション用歯車など高強度部品、新材料開発、高強度化、耐チッピング性、加工性
【材料】 耐水素脆化材料の開発	◎	○	○	○			○			自動車部品 水素ステーション	エンジン、水素タンクなど、水素脆化、FCV、燃料電池自動車
【材料】 高強度鋼線（スチールラジアルタイヤ用）	○	○	○	○	○	○	○		○	タイヤ 油圧ホース	耐久性、軽量化、安全性
【材料】 耐遅れ破壊鋼の開発	◎	○		○	○	○	○	○		自動車部品	ボルト、トランスミッション用歯車など高強度部品、新材料開発、高強度化、高信頼性
【材料】【技術】 継ぎ手において疲労強度、靱性などの特性が劣化しない溶接方法、および特性の劣化を回避できる鉄鋼材料	◎	○		○	○		○	○		自動車部品	エンジン部品、足回り部品など、疲労強度、靱性、耐食性、特性劣化、高信頼性
【技術】 溶接部分などの信頼性評価技術	◎	○	○		○		○	○		自動車部品	エンジン部品、足回り部品など、疲労強度、靱性、耐食性、特性劣化、高信頼性
【技術】 鍛造品などの部材の品質保証技術	◎	○	○				○	○		自動車部品	簡易物性検査技術、計測、シミュレーションの複合化、自動検査、評価技術
【材料】 高強度衝撃吸収鋼材、高剛性鋼材	○	○	○		○	○	○			自動車部品	車台、メンバー、衝撃吸収、高強度
【材料】 表面機能型鋼板	○	○	○		○		○			電気機器	外板、塗装、表面処理、耐汚染性、耐指紋性、意匠性、抗菌性、付加価値
【材料】 複層鋼板	○	○	○		○		○			電気機器	異材接合、積層、意匠性、付加価値
【技術】 ホットスタンプ（ダイクエンチ）技術の高度化	◎	○					○		○	自動車部品	エンジン、シャーシ部品、工程削減、技術の体系化、生産性向上
【技術】 ネットシェイプ鋳鍛造（素形材加工レス）	○				○				○	自動車部品	エンジンシリンダブロックなど、高精度、新製造プロセス、工程数削減
【技術】【材料】 高温浸炭処理技術とその適用鋼材の開発	◎	○	○		○	○		○	○	自動車部品、鉄道用台車部品	トランスミッション用歯車など高強度部品（自動車）、歯車および軸受け（鉄道）、新材料開発、工程高速化、省エネ化
【技術】 低歪み熱処理技術	○	○	○	○						自動車部品、航空機部品、金型	生産性向上、省資源、省エネルギー、低騒音化、金型の高性能化
【材料】 高硬度・高剛性・精密鋳物金型材	○	○	○	○	○	○			○	自動車部品、金型	鋳物、省エネ化、省資源化、レアメタル削減
【技術】 表面硬化技術の高度化	◎	○	○	○		○			○	自動車部品、金型	表面処理、表面改質、摩擦、摩耗、長寿命化、小型化、軽量化、燃費向上、精度向上、材料の低級化
【技術】 摩擦低減技術	◎	○		○	○	○			○	自動車部品	摺動部材、コーティング、摩擦、摩耗、省エネルギー、燃費向上
【材料】【技術】 界面構造のナノレベル解析・制御技術、およびこれらの成果を応用した高機能被膜構造	◎	○	○	○	○	○			○	自動車部品	コーティング、メッキ、摩擦、摩耗、耐食性・耐摩耗性、高機能被膜

Ⅲ 技術ロードマップ（輸送機械・電気機器分野を抜粋）

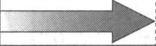
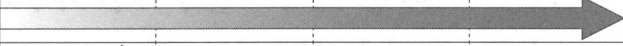
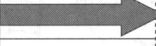
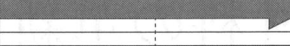
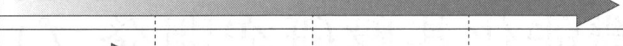
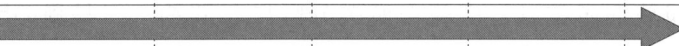
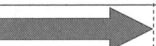
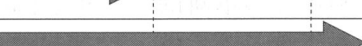
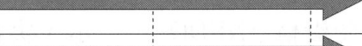
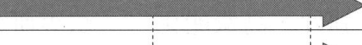
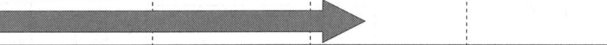
大項目	中項目	小項目（課題）		ID	技術概要
輸送機械・電気機器分野	省エネ・温暖化ガス削減のための鉄鋼材料開発	輸送機械等の製造時における温暖化ガス削減技術	加工工数削減等の効率化に寄与する材料・技術	S3111	鍛造部品なみの強度・靱性を有する鋳造部品により、鍛造工程を省略、または鍛造品を代替することにより部品製造にかかるCO2排出量を低減する。
				S3112	鋳造における変寸・変更、冷間鍛造におけるスプリングバックなどの解消により、後加工を省略して製造時エネルギーおよびCO2排出量削減する。
				S3113	普通鋳鉄に比べて被削性に劣る吸蔵黒鉛鋳鉄の、快削化により、生産の効率化を図る
				S3114	塑性結合技術により溶接接合に対してCO2排出量削減する。
		輸送機械等の製造時における温暖化ガス削減技術	加工温度低減などエネルギー削減に寄与する材料・技術	S3121	自動車部材製造用の金型材料において、鋼材焼き入れによる高硬度材と同等の硬度等を有する鋳物材を使用することにより、金型加工における除去体積、熱処理によるエネルギーロスを低減する。
				S3122	浸炭処理温度を高温化して、処理時間を短縮することにより、処理に要するエネルギーおよびCO2排出量を低減する。
				S3123	塑性結合技術により溶接接合に対してCO2排出量削減する。
		輸送機械等の使用時における温暖化ガス削減技術	機器の軽量化に寄与する技術・材料	S3131	成型性に優れた超高強度材の開発により、薄肉製品の製造が可能となり、自動車・車両などの輸送機械の軽量化を達成する。
				S3132	革新的な強度・延性バランスを有するハイテン技術 TS：2000MPa級-EL40%など
				S3133	組織の微細粒化により強度と成型性の両者を向上させ、必要な部分を高強度化して部品の軽量化を達成する。
				S3134	複合化も考慮に入れて鋼板のヤング率を向上させ、自動車・車両などの車体用鋼板をゲージダウンし、輸送機械の軽量化を計る。
				S3135	タイヤの軽量化により、燃費を向上させることができる。
			機器の軽量化に寄与する技術・材料	S3136	鋳物内の黒鉛形状制御により材料強度、減衰能、熱伝導性などの各特性を鋳物部品各部の要求に応じて作り込み、エンジンなどの軽量・高性能化に寄与する。
				S3137	たとえば鍛造プロセスをプレス化するなど、高強度材などの難成型性材料を、精密に簡単に成型することにより、高強度材の適用範囲を広げ輸送機器の軽量化に寄与する。
				S3138	
				S3139	高強度・高延性（TS≥1500MPa、EL 20～40%）を有する次世代高強度・難接合鋼板の実用化
				S31310	
	省エネ・温暖化ガス削減のための鉄鋼材料開発	輸送機械等の使用時における温暖化ガス削減技術	機器の効率化に寄与する技術・材料	S31311	異材溶接、接合技術と成型技術を確立し、異種鋼材、異種金属、金属-非金属などの組合せにより、単一材料では達成できない機能を実現し、製品の軽量化や強度向上をはかる。目標）TS：1200～1400MPa、EL：40～30%級
				S3141	鉄損が少なく飽和磁束密度が高く、かつ加工による磁気特性の劣化が生じないような電磁鋼板を開発し、EV/HEV用モータおよび電力部品の高性能化・高効率化に寄与する。
		新しい燃料・エネルギーに対応した技術・材料		S3142	摩擦係数を従来の1/2に低減して、可動部の摩擦ロスを低減し、駆動に必要なエネルギーを低減することにより、温暖化ガス排出を削減することができる。
				S3151	電気自動車特有の新構造（プラットフォームに二次電池などを内蔵して強度を持たせる）に対応した技術
				S3152	上記異材接合材を形成する技術
		輸送機械等の廃棄時における温暖化ガス削減技術	廃棄物削減に寄与する技術・材料（リユース・リデュースに寄与する技術・材料）	S3153	バイオ燃料（アルコール）など新燃料を使用するエンジンなどに対応し、耐食性などを向上させた材料、耐食コーティングなど
				S3161	不純物無害化、および高機能化への不純物を積極的利用する技術
	省資源のための鉄鋼材料技術	材料使用量削減	従来材料・技術より使用量または加工ロスを削減できる材料・技術	S3162	スクラップに含まれるレアメタルを回収・リサイクルする技術
				S3211	鋳造における変寸・変更、冷間鍛造におけるスプリングバックなどの解消により、後加工を省略して原材料の使用量、および加工ロスを低減する。
				S3212	プレス成形材料の高強度化に対し、金型への新たな高機能表面処理やセラミック形硬質皮膜を付与することにより、金型材料の表面安定性を維持することができ、金型の長寿命化により金型材料の使用量低減が図れる
				S3213	従来の板押さえを基本とした「絞り成形」をブレイクスルー新成形法の開発により歩留まりを向上させる（現在の材料歩留まり：60%前後以上を目指す）
				S3214	異材溶接、接合技術と成型技術による異種材のテーラードブランク技術を確立することにより、原材料の使用量、および加工ロスを低減することができる。

技術開発課題	～ 2015	～ 2020	～ 2025	～ 2030	2030 ～
【材料】 高強度鋳造部品					
【技術】 ネットシェイプ鋳鍛造（素形材加工レス）					
【材料】 快削性に優れた球状黒鉛鋳鉄					
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）					
【材料】 高硬度・高剛性・精密鋳物金型材					
【技術】 高温浸炭適用拡大技術					
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）					
【材料】 超微粒ハイテン鋼材					
【材料・技術】 革新的超高強度・高延性ハイテンおよび製造技術					
【技術】 部分強化型高強度部材					
【材料】 高ヤング率鋼板車体部材					
【材料】 高強度鋼線（スチールラジアルタイヤ用）					
【技術】 鋳鉄の傾斜組織化（シリンダブロックなどへの活用）					
【技術】 厚板成形技術（6～15mm）					
【技術】 高強度材（高張力鋼板など）の精密成形技術					
【材料】 高C系（C：0.5%以上）低合金鋼板					
【技術】 塑性結合技術（摩擦攪拌接合）などの非溶融接合技術					
【技術】【材料】 異材テーラードブランク成型技術（異材接合、成型）、およびこれらの技術によって実現される複層鋼板					
【材料】 高性能電磁鋼板					
【技術】 摩擦低減技術					
【技術】【材料】 異材テーラードブランク成型技術（異材接合、成型）、複層鋼板					
【技術】 接着などの非溶融接合技術やインサート成形法など					
【材料】【技術】 代替燃料対応技術					
【技術】 不純物の局在化制御技術					
【技術】 レアメタル抽出技術など					
【技術】 ネットシェイプ鋳鍛造（素形材加工レス）					
【技術】 ハイテン・ウルトラハイテン（1000-1500MPa）材成形用金型材料表面処理技術					
【技術】 材料歩留まりを向上させるプレス新成形技術					
【技術】【材料】 異材テーラードブランク成型技術（異材接合、成型）					

大項目	中項目	小項目（課題）		ID	技術概要
輸送機械・電気機器分野	省資源のための鉄鋼材料技術	資源的制約の解消	希 少 金 属（Li、Be等）削減に寄与する材料・技術	S3221	資源的制約が懸念される亜鉛に変わる防食めっき技術を確立する。
				S3222	ユビキタス成分設計を前提とした鋼材の高性能化。タングステン、コバルト低減耐熱材料やバナジウム低減構造用鋼
			希 土 類 元 素（Nd、Dy、Euなど）削減に寄与する材料・技術	S3231	永久磁石と電磁石を効果的に協同させることで、レアアースを用いた永久磁石の使用量を半減できる。
				S3232	黒鉛形状制御用接種材のレアメタルフリー化
		リサイクル、リユースの促進	リサイクルするための技術・材料	S3241	高性能、高機能材料の使用量増加に伴い増加する有害元素（Cu、Mn、B、Pb、Al、Ti等）の工程内無害化や除去により、リサイクル鉄鋼の品質を向上させる。
				S3242	スクラップに含まれるレアメタルを回収・リサイクルする技術
	安全・安心・快適な生活のための鉄鋼材料技術	輸送機械等の安全・安心に係る材料・技術	脆性破壊など突発的な事故を未然に防止する材料・技術	S3311	非金属介在物を起点とする疲労破壊低減用高纯净材料、および耐軟化性材料（たとえば浸炭材料として約300～350℃まで硬度低下が少ない材料）により、疲労破壊など予想できない破壊に対する性能を向上させる。
				S3312	水素を使用した燃料電池や、水素供給スタンドなどにおいて高圧水素の安全な取り扱いを実現
				S3313	高強度のラジアルタイヤ用鋼線により耐久性、安全性の向上させる。
				S3314	1800MPaにおいても遅れ破壊しない耐遅れ破壊鋼
				S3315	溶接部における信頼性向上
				S3316	
				S3317	新規に開発した製品の機械的強度等を簡易的に把握する技術と、シミュレーション技術などを組み合わせた保証技術。
		輸送機械・電気機器等による快適な生活に関する材料・技術	衝突時など乗員を保護する材料・技術	S3321	DP鋼、TRIP鋼などの特性をさらに向上させ、衝撃吸収に優れた高強度の鋼材、部材の使用により、乗員生存性を向上させる
			電気機器において、意匠性、使用感など使用者の感性に訴えることができる技術・材料	S3331	塗装、表面処理などにより耐汚染性、耐指紋性、意匠性、抗菌性など付与する。
				S3332	異材溶接、接合技術と成型技術により、鋼材と異種材を積層して、意匠性、使用感などを向上させる
	国際競争力向上に向けた新たな技術体系	輸送機械の製品コストを削減する技術		S3411	部材の高強度化に関するノウハウの蓄積により低コスト鋼を使用できるなど、コスト競争力などの強化ができる。
				S3412	鍛造における冷却過程での成形品の変寸・変更、冷間鍛造における成形品のスプリングバック・カス上がりなどを解消することにより、原材料の使用量、および加工コストを低減し、製造コストを低減する
				S3413	浸炭処理温度を高温化して、処理時間を短縮することにより、処理に要するエネルギーおよびCO ₂ 排出量を低減する。
		輸送機械の国際競争力向上に向けた新技術体系に関する材料・技術	輸送機械の製品コストを削減する技術	S3414	冷却制御技術（新しい冷却剤、冷却工法、冷却装置）を用いて、熱処理による変形を防止することにより、形状矯正などの後工程を省略し、製造コストを低減することができる。
				S3415	金型材料において、鋼材焼き入れによる高硬度同等の硬度等を有する鋳物材により金型加工などにおけるコスト低減をはかる
			輸送機械の環境性能（省エネ・温暖化ガス排出量削減）および製品性能を向上させる技術	S3421	表面改質処理を含む各種表面処理の高度化、複合化により、部品の摩擦・摩耗特性の向上と長寿命化を計り、輸送機械の環境性能（省エネ・温暖化ガス排出量削減）を向上させる技術
		S3422		可動部の摩擦ロスを低減し、駆動に必要なエネルギーを低減することにより、温暖化ガス排出を削減し、動力性能などを向上させる。	
		S3423		溶融亜鉛メッキなどの表面処理において、ナノレベル界面制御によるインテリジェント機能を付加し、耐食性、耐久性などの性能向上を図る	

（）：現時点で企業、業界、あるいは国プロジェクトで研究開発に着手しているもの（）：現在は研究開発を実施していないが開発ニーズが強いもの

【備考】技術マップに示した重要技術ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを時間軸上に表した。表示方法として、2種類の矢印で、現時点で企業、業界、あるいは国プロジェクトで研究開発に着手しているもの、又は着手の必要性を強く感じているもの、及び現在は研究開発を実施していないが開発ニーズが強いものを表示した。尚、矢印は基本的には研究開発の期間を示しており、矢印の先端で期待される研究開発完了時点とした。

技術開発課題	～ 2015	～ 2020	～ 2025	～ 2030	2030 ～
【材料】 亜鉛代替高性能めっき					
【材料】【技術】 ユビキタス元素活用材料設計					
【材料】 ハイブリッド界磁モータのコア用鉄粉					
【技術】 ミッシュメタル削減鑄鉄					
【技術】 不純物元素除去・無害化技術					
【技術】 レアメタル抽出技術など					
【材料】 耐軟化性材料の開発					
【材料】 耐水素脆化材料の開発					
【材料】 高強度鋼線（スチールラジアルタイヤ用）					
【材料】 耐遅れ破壊鋼の開発					
【材料】【技術】 継ぎ手において疲労強度、靱性などの特性が劣化しない溶接方法、および特性の劣化を回避できる鉄鋼材料					
【技術】 溶接部分などの信頼性評価技術					
【技術】 鍛造品などの部材の品質保証技術					
【材料】 高強度衝撃吸収鋼材、高剛性鋼材					
【材料】 表面機能型鋼板					
【材料】 複層鋼板					
【技術】 ホットスタンプ（ダイクエンチ）技術の高度化					
【技術】 ネットシェイプ鑄鍛造（素形材加工レス）					
【技術】【材料】 高温浸炭処理技術とその適用鋼材の開発					
【技術】 低歪み熱処理技術					
【材料】 高硬度・高剛性・精密鑄物金型材					
【技術】 表面硬化技術の高度化					
【技術】 摩擦低減技術					
【材料】【技術】 界面構造のナノレベル解析・制御技術、およびこれらの成果を応用した高機能被膜構造					

Ⅱ. 鉄鋼、特殊鋼に関連した 国の技術開発プロジェクト

1. 鉄鋼材料の革新的高強度・ 高機能化基盤研究開発プロジェクトの概要

プロジェクトリーダー みや た たか し
(国)名古屋大学 副総長 宮 田 隆 司

◇ プロジェクトの背景と目的

我が国鉄鋼産業は、広範な産業分野に年間約1億トンの鉄鋼材料を供給する基盤産業であり、エネルギー開発や自動車等輸送機器向け等の高級鋼分野で高い国際競争力を有している。しかしながら、新興工業国の急速な追い上げの脅威や将来にわたるグローバル競争を生き抜くために更なる技術革新と革新的材料開発に取り組まねばならない状況にある。とりわけ鉄鋼業界には鋼構造物やプラントのさらなる高機能化や自動車等の革新的省エネルギー化、安全・安心化への貢献が強く求められている。本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が策定した「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」基本計画に沿って、平成19年より5年間同名のプロジェクト研究を推進したもので、平成23年はその最終年度である。

本プロジェクトでは、高強度鋼・高機能鋼（高級鋼）の実用化拡大の基盤となる（1）高級鋼厚板溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工、溶接材料、及び金属組織制御技

術の開発、（2）部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適傾斜機能を付与する機械部品鍛造技術の開発を進めた。

◇ プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの基本計画策定にあたっては経済産業省の製鉄企画室と連携し、鉄鋼需要家85社対象のアンケート調査や鉄鋼技術戦略マップをその基盤とした。そして、社会ニーズ、技術課題、技術シーズの抽出・整理を行うことで、「溶接技術」「高温クリープ」「水素脆化」「制御鍛造」「内部起点疲労破壊」の5本柱が抽出され、その実行部隊としてサブグループ（SG）を配置する図1に示す実施体制を組んだ。このSGには、大学・独法等研究機関が共通基盤技術開発を行う委託事業

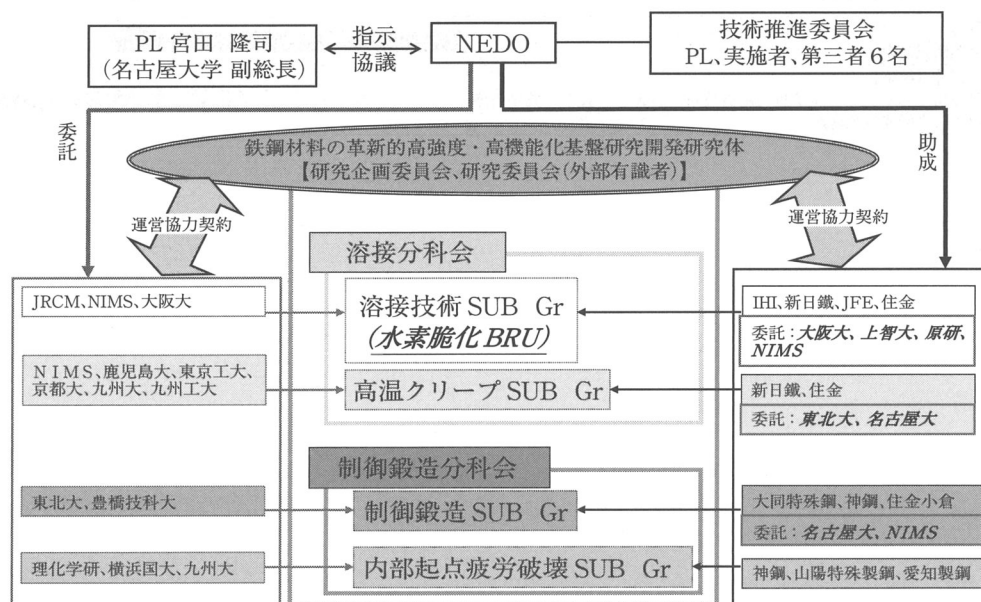


図 1 プロジェクトの実施体制（2011年度）

と、企業での実用化技術開発を行う助成事業の連携機能を持たせている。5年間のプロジェクトはこの実施体制を維持し推進された。

◇ プロジェクトの運営管理

プロジェクトの運営は、委託元であるNEDOによる外部有識者技術推進委員会を通じての研究テーマの繰り上げ終了や目覚ましい技術的成果を上げたテーマに対する加速財源の追加配分等の選択と集中を骨子とした柔軟なテーママネジメントと、一般財団法人金属系材料研究開発センター(JRCM)を中心として組織した、委託事業と助成事業の相互連携推進(研究実施、等)のための「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究体」(図1)による実施マネジメントの下で行われた。研究体が実施した研究企画委員会と研究委員会(実施者による外部有識者会議)では年度方針や予算配分決定、さらに知的財産権などを管理した。

この運営システムにより、新しいクリーンMIGプロセスの確立やそれに用いる革新的な溶接材料プロトタイプの製造、そしてそれらによるモックアップ(模擬構造)体の試作評価までの一連の革新溶接技術創生、新しい組織制御の構築と新試験法を駆使しての迅速な新開発フェライト系耐熱鋼の国際規格化データ採取、陽電子消滅寿命法によるクリープ強度予測とさらにその可搬型計測器のプロトタイプの製作、及びユニークな転動疲労寿

命評価技術や介在物の三次元可視化技術の開発などによる転動疲労メカニズムの解明など、企業の実用化に直結しうる技術確立や高精度データの収集・蓄積および機構解明などが顕著に進捗したと考えている。

◇ プロジェクトの効果

本プロジェクトでは現時点で文部大臣賞を含めて外部表彰10件を数えるに至っており、高く評価される成果が得られたと考えられる。プロジェクトの実用化イメージを図2に示す。こうしたプロジェクト成果の活用により、鋼構造物、エネルギープラント等の高強度・高機能化・長寿命化、自動車等の更なる軽量化・高効率化・安全性向上等が実現可能であり、日本製造業の国際競争力強化だけでなく、約356万kL/年(2030年)の石油削減効果等、省エネルギー社会構築への貢献も期待される。

しかしこれらの実現には、今後将来にわたって関連分野の企業による事業化への取り組みが不可欠であり、国内関連企業での尽力に期待するところである。

さらに、プロジェクトで得られた知見を関連する分野の研究者及びユーザーの方々にプロジェクトの研究成果を広く知って頂き、本分野における我が国の研究開発がなお一層発展し、産業競争力に繋がることを強く願っている。

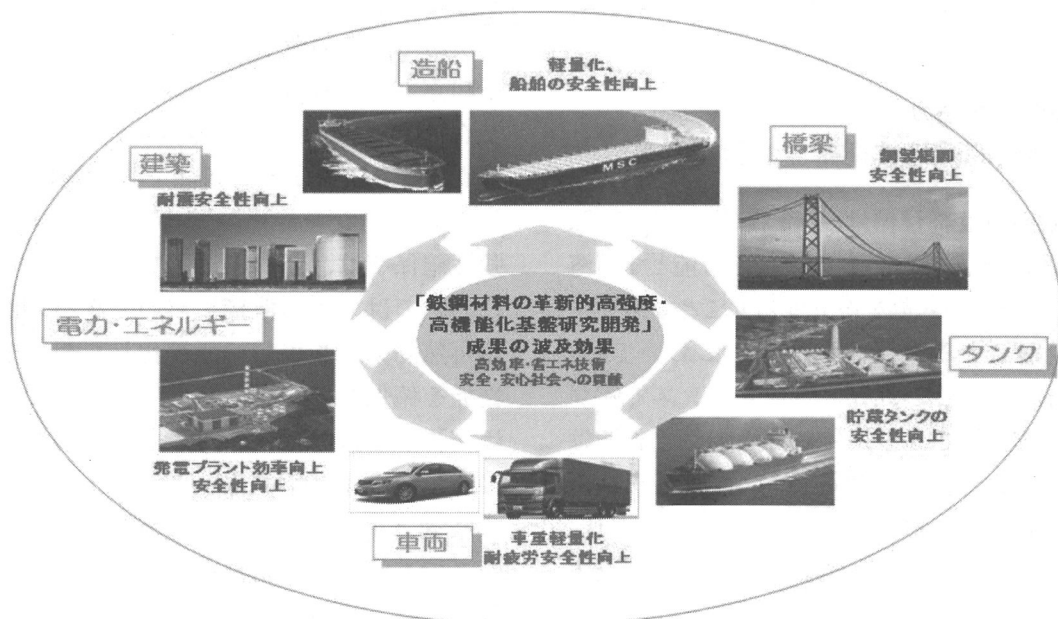


図 2 プロジェクトの実用化イメージ

(1) 溶接技術SGの活動と成果

(国)大阪大学 接合科学研究所 ひら おか かず お
溶 接 技 術 S G L 平 岡 和 雄

まえがき

我が国の鋼材開発はこの30年間大規模に行われ、鋼特性は目覚しく進歩し、日本が誇る高級鋼材が誕生した。ものづくり立国として世界をリードするには、これら鉄鋼材料の進歩に合わせた溶接・接合技術の進歩が、我が国にとって必須であることは論を待たない。

日本の高張力厚鋼板の製造実績のうち、所謂HT590MPa級以上の高級鋼と呼ぶ鋼材製造量が非常に低い。この一因は、HT980MPa級までの溶接技術は開発され、製造実績はあるものの、その継手性能を確保するには、多くのスキルを必要とすることにある。

そこで、溶接技術SGでは、高級鋼として、HT980高強度鋼および9% Ni低温用鋼を取り上げた。これらの鋼材を取り上げることで、溶接技術の革新すべき課題を顕在化できると考えたからである。これら高級鋼材での最終形構造物は、パイプライン、水圧鉄管、造船、海洋構造物、LNGタンクやその附帯設備関連等であり、いずれもエネルギー関連と安心・安全に係わる重要インフラである。

◇ 高級鋼を活かす 革新的溶接技術確立を目指して

溶接技術SGの最終目標は、「予熱なしで980MPa以上の高級鋼（現状400MPa）の溶接を可能とする溶接技術と材料技術の基盤を確立する」ことである。

厚板高級鋼による溶接構造物製作においては、高級鋼は既に存在しているというスタンスで本プロジェクトに望んでいる。今や解決すべき課題は溶接金属にある。溶接金属の(1)強度と靱性の確保、(2)水素による低温割れの予熱フリー化、そして(3)溶接施工能率の確保の全てを満たす解を得ることが企業ニーズである。

高強度鋼や低温用鋼を対象として、目標達成手

段には、世の中で最も広く普及しているアーク溶接技術と近年大出力・高品質化され、かつコンパクトな設備となって注目を集めるファイバーあるいはディスクレーザの活用技術の革新化に挑戦する。

そこで、開発する革新的技術の実用化展開を意識して、以下の三つのタスクフォース体制で臨んでいる。

- TF1 クリーンMIGによる革新HT980鋼用溶接材料の実用化タスクフォース (HT980TF)
- TF2 クリーンMIGによる革新9% Ni鋼用溶接材料の実用化タスクフォース (9NiTF)
- TF3 HT980中厚板のレーザ溶接適用拡大実用化タスクフォース (レーザTF)

これらのTFのリーダーは、助成事業を担当する企業メンバーが務め、実用化を目指すための研究の舵取りを行う。大学、独法は、委託事業として基盤的研究で革新性を論理的に実証、確立しながら実用化へ貢献する。

1. 革新的アーク溶接技術における開発とその狙い

従来、強度と靱性の関係については、溶接金属の強度が増大すると靱性は低下するという負の相関がある。この改善のためには、現在、酸化物を起点として微細なフェライト（アシキラーフェライト）を析出させる手法（オキサイドメタラジー）によって、高強度と高靱性を共に確保している¹⁾。しかし、アシキラーフェライトでの1,000MPaの強度確保では、限界に達している。さらに高靱化においては、多層溶接において次パス溶接における再熱効果を利用して粗粒化した組織を細粒化し性能を確保してきた。この結果として、高強度鋼ほど再熱を繰り返す多パス溶接が必要となり、溶接施工能率が低下する。これらを革新的に解決する技術として、1,000MPa超溶接金属強度と少数パスでも溶接金属靱性を確保できる技術が待望されている。

これに対する革新化アイデアは、破壊起点とな

る酸化介在物を鋼材並に激減した上でのマルテンサイトの活用（クリーンマルテンサイトメタラジー）である。

次に低温割れ抑止については、従来、低炭素当量の成分設計が実施されてきた。高級鋼材は、すでに低炭素当量設計が為され、鋼材のHAZで割れることはほとんど無く、溶接金属での低温割れが問題視される。例えばHT580鋼以上の高強度鋼では予熱が必要で、HT980鋼材の溶接では100℃以上の予熱が不可避である。

これに対する革新化アイデアは、低温割れの元凶である水素を固溶するオーステナイトをマルテンサイト中に適量残すことで拡散性水素を低減すること（トラップ効果）である。すなわち、第2相成分設計を提案し、低炭素当量設計の枠を取り払うものである。

以上のように従来概念から大きく踏み出した提案で、実用化へ貢献するものである。残留オーステナイトを含ませる新概念には上記ニーズに留まらず、溶接継手靱性の革新的向上にも繋がる要素（トリップ効果など）が含まれ、安心・安全構造物への信頼性を高める。

次に9% Ni鋼の溶接金属においては、従来9% Ni鋼の溶接部には極低温下での破壊を防止するために、低温靱性に優れたNi基系の溶接金属が採用されてきた。しかしNi基溶接金属は強度が低い弱点があり、鋼材を厚肉化して対応しているのが実態であり、9% Ni鋼の特長である高強度を充分には生かせていなかった。

そこでターゲットとしては、溶接金属部を薄肉化でき、高強度で低温靱性に優れた省資源型9% Ni合金系（11% Niレベル）溶接材料の開発と同時に高効率に溶接施工できる革新的技術を開発することである。

これに対する革新化アイデアは、現状施工効率の悪いTIG溶接での施工が試みられているが、これと同等の品質で施工効率の高いMIG溶接の適用が狙いである。そのためにはTIG溶接と同様に純Ar雰囲気でのMIG溶接技術を開発することである。

すなわち世界初のクリーンMIG溶接技術への挑戦である。これは、HT980鋼でクリーンマルテンサイトメタラジーを目指す手段でもある。

2. レーザ溶接適用拡大に向けた開発とその狙い²⁾

ファイバーレーザー溶接も極めてコンパクトな電源を有し、可搬性を可能として現地レーザー溶接も可能という新しい側面を持っている。極めて小入熱での溶接が可能で、変形や残留応力低減に期待が高まっている。しかしレーザー溶接の大型構造物における中厚板（板厚12～25mm）鉄鋼材料への適用はほとんど実用化されておらず、無欠陥での溶接に難があったり、施工条件裕度が狭いなどスキルレス技術となっていない。小入熱溶接法が導く継手性能の向上は魅力的であり、従来の基盤的データや制御技術を駆使しながら、このレーザー溶接の中厚板への適用拡大にはスキルレス技術としてのレーザー・アークハイブリッド溶接法の確立が急務である。

中厚板ではレーザー溶接ビード幅が狭い「狭隘継手」となるため、シャルピー衝撃試験においてFPD（Fracture Pass Deviation、キ裂の溶接金属からの逸脱）が生じて、溶接金属の正確な靱性が求まらないことや、前述したように一般にHT780、980高張力鋼では、低温割れ抑止のため予熱が不可避で、この予熱処理の省略が望まれる。

そこで、HT780～980鋼で板厚12～25mmまでを対象として、レーザー適用拡大の基盤技術を開発することにした。因みに上述のアーク溶接技術では25mm以上の板厚を対象とすることで仕分けしている。

レーザーおよびレーザー・アークハイブリッド溶接プロセスの確立を前提とし、継手評価に対して、シャルピー衝撃試験におけるFPD対策も含めた簡易評価法の開発で溶接金属靱性を適切に評価する。また、小入熱で深溶け込みの狭幅ビードが形成できるレーザー継手では、従来アーク溶接継手に比して疲労強度向上や許容欠陥寸法の向上が期待され、総合的な継手特性改善を明示して、設計応力の1.5倍化を目指すことで中厚板レーザー技術の適用拡大を具現化していく。

以下、溶接技術SGにおける具体的な成果の一部を紹介する。

◇ 最終目標に向けた研究成果の概要

1. クリーンMIG溶接技術の開発

現状で、酸素などを含まない不活性ガス（Ar、

Heなど) 雰囲気中で溶接できる方法はTIGアーク溶接とレーザ溶接である。ただし、TIGアーク溶接は施工能率が低く、かつ電極などの生産管理が必要なことなどから、溶接能率の高い純Ar雰囲気でのMIGアーク溶接(クリーンMIG溶接)が望まれている。

クリーンMIGアーク溶接では、アークが不安定で、図1(b)の蛇行した溶接となり、世界中で50年間実用化不可能とされてきた。その主因は母材陰極点の激しく不規則に動き回る不安定挙動とされ、この挙動安定化のため現状MIG溶接では微量の酸素が混合されてきた。この場合の溶接金属の含有酸素量は150ppm以上である。

そこで、本プロジェクトでは「溶接金属含有酸素量を50ppm以下とし、無欠陥で、且つTIG溶接の二倍以上の施工効率を得る」という最終目標達成に向けて、二つの革新的プロセス開発から取り組んだ。

一つは、アーク不安定の主因は、図1(a)の陽極のワイヤ溶融先端に細く長く伸びる液柱挙動にあるとして、液柱を短縮する革新的ワイヤ構造(同軸複層構造)が提案された^{3), 4)}。図2(a)に試作された同軸複層ワイヤの断面を示す。一般ワイヤ断面(図1(a)中参照)は同一組成の均質ワ

イヤであるが、同軸複層ワイヤは二重構造で内芯には外皮(フープ)材より、溶け易い(融点の低い)成分材となるようにしつつ、その平均成分均質ワイヤ成分と同一に設計する。図2(b)は、同軸複層ワイヤを用いた場合のアーク外観で、ワイヤ先端の液柱が明らかに短くなっており、溶接も安定で溶接金属含有酸素量も18~40ppmであることが実証された(図2(c))。

もう一つのアプローチは、通常使われるシールド用のガス流を電離プラズマ化することで、プラズマ電流により働く電磁力により、液柱不安定を拘束して安定な溶滴移行を実現し、溶接金属含有酸素量も31ppmと良好な溶接継手が得られる。図3は、新規プラズマMIG溶接トーチの概念図と新溶接電源である。いずれのクリーンMIG溶接においても純Ar雰囲気での溶接安定化をさらに保証する新パルス制御概念が電源に組み込まれている。

これらの世界初の開発技術は、助成事業を担当する各社で大型継手や図4に示す2.4m長のボックス柱のモックアップ体の製作において検証されつつある。

2. 中厚板のレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接技術の開発

ファイバーレーザ溶接は極めてコンパクトな電

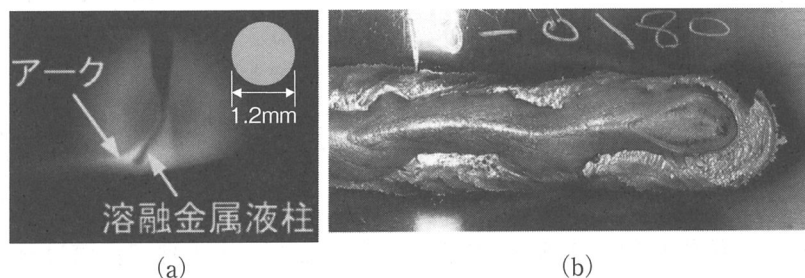


図 1 従来ワイヤでの純アルゴンMIGアーク溶接

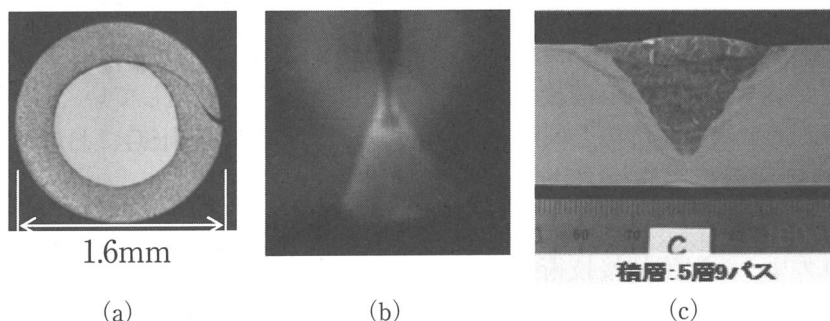


図 2 新構造同軸複層ワイヤによるクリーンMIGアーク溶接

源を有し、可搬性を可能として現地レーザ溶接も可能という新しい側面を持ち、かつ極めて小入熱での厚板溶接実現で、変形や残留応力低減に期待が高まっているが、レーザ溶接の厚板への適用拡大にはスキルレス化が必要で、その対策としてレーザ・アークハイブリッド溶接法の確立が急がれる。

図5は、レーザ溶接プロセス開発における最終目標で、JIS1類の品質を兼備しながら、HT780および980鋼12mm板厚材を対象に、裏当て材無しでの貫通無欠陥溶接の実現、25mm厚材の両面二パス溶接の実現、さらに両面二パスの隅肉溶接の実現である。

図6はファイバーレーザとMAGアークとのハイブリッド溶接プロセスで、12mm板厚HT980材の貫通溶接を実施した結果である。開先部のギャップを0～1mm変化しても、1m/min前後の高速度で無欠陥溶接が可能であることが検証された。また図7(a)には、板厚25mmの両面二パス溶接結果を、同(b)には完全溶込み型の両面二パスの隅肉溶接結果を示している。隅肉溶接で

は、フランク角の小さい滑らかな止端形状が得られており、疲労強度の向上が予期される。

3. 高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発および溶接継手信頼性評価技術の開発

(1) クリーンMIGによる革新HT980鋼用溶接材料の実用化タスクフォースの成果

最終目標は、「予熱・後熱なしで低温割れなく、靱性 -40°C で47J以上、かつ強度980MPa以上を確保する」ことである。残留 γ に着目して高強度で高靱性、予熱なしで低温割れ抑止の溶接金属の成分提案に向けて、凝固割れを回避するFA凝固モード成分系の12～14% Cr、5～7% NiをベースとするCr-Ni系溶接金属を選定した。これは残留 γ 量を有効に制御するためとマルテンサイト変態膨張を有効活用するためである。

図8に、Ni-Cr系溶接金属のミクロ組織の一例を示している。オーステナイトが点在するように分布している。オーステナイト量の測定はXRDによる測定精度に問題となり、最終的には

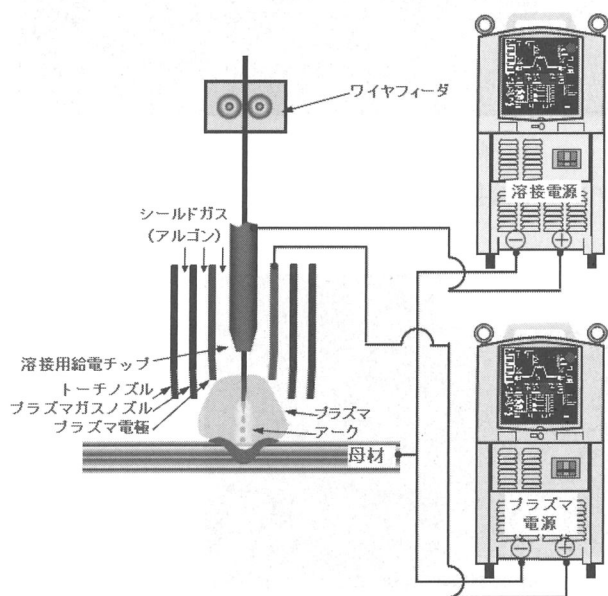
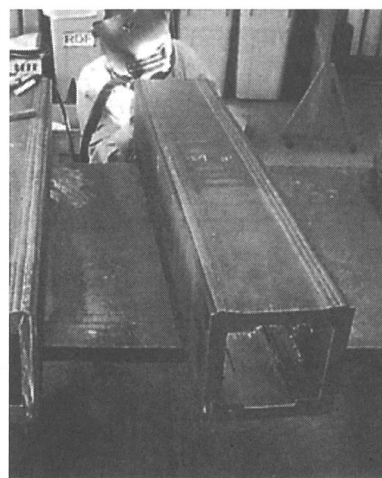


図 3 電離プラズマMIGアーク溶接の概略図



ボックス柱外観

図 4 同軸複層ワイヤによるクリーンMIG溶接施工例

技術分野	最終目標		
溶接プロセス	突合継手	板厚：12mm	1パス貫通溶接
		板厚：25mm	2パス両面溶接
	すみ肉継手	板厚：12～25mm	2パス両面溶接
欠陥防止	突合継手	板厚：12～25mm	JIS 1 類

図 5 HT780、980鋼のレーザ溶接施工における最終目標

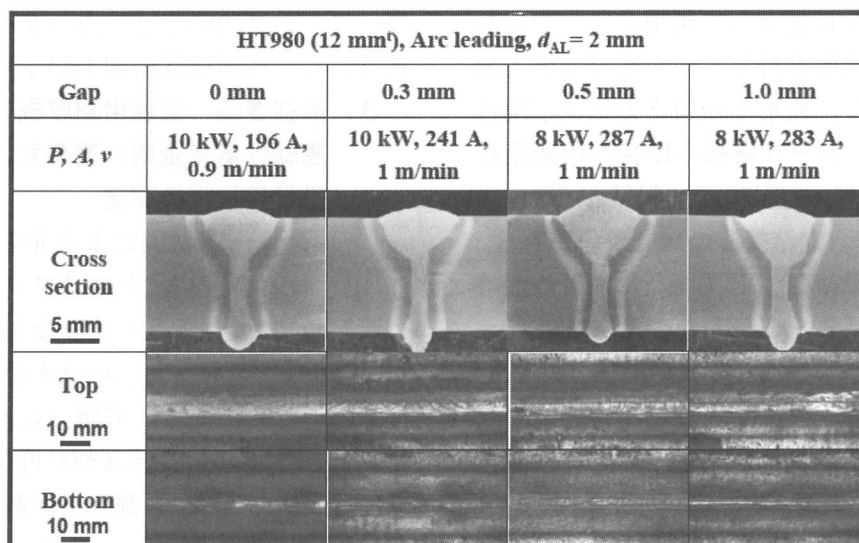
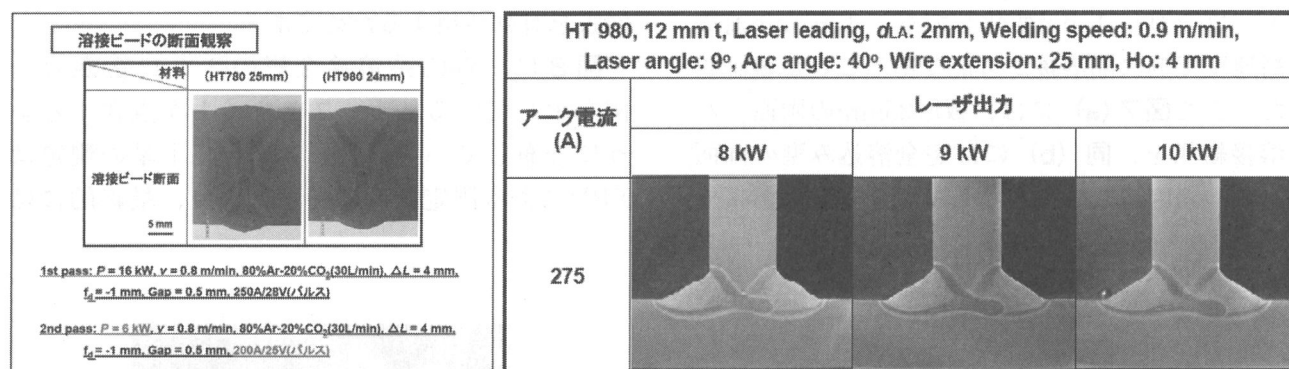


図 6 レーザ・アークハイブリッド貫通突合せ溶接の溶込み



(a) 25mm厚両面突合せ溶接

(b) 荷重非伝達隅肉溶接

図 7 レーザ・アークハイブリッド溶接の溶込み

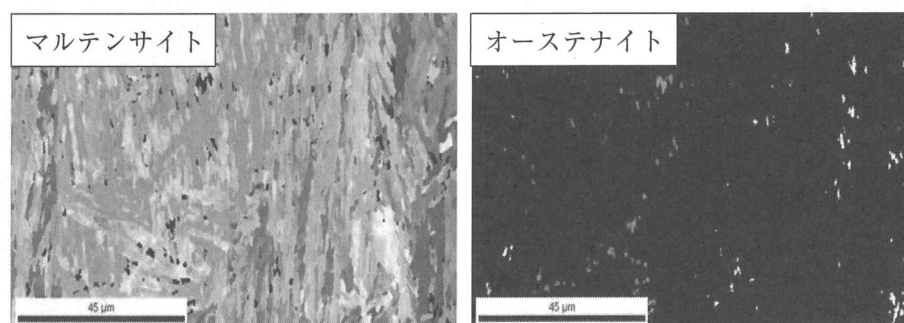


図 8 開発Cr-Ni系溶接金属の組織分布

Spring8の放射光を利用して測定され、それを基準として下記の成分と残留 γ の相関を見いだした(図9)。

$$\gamma (\%) = -0.185 + 1850 \exp (-0.0094Ms)$$

$$Ms = 1373 - 26Mn - 53Ni32Cr - 97C \cdot Cr$$

Cr-Ni系溶接金属の高靱化について

シャルピー衝撃試験結果(図10(a))から溶接金属含有酸素量低減による高靱化が顕著に見て取れる。また(b)図は、基本検討用Cr-Ni鋼板を用いた場合でのCTOD試験結果で、僅かの残留 γ で低温靱性を改善することが分かる。クリーンMIGと残留 γ が高靱化へ大きく寄与していることがわ

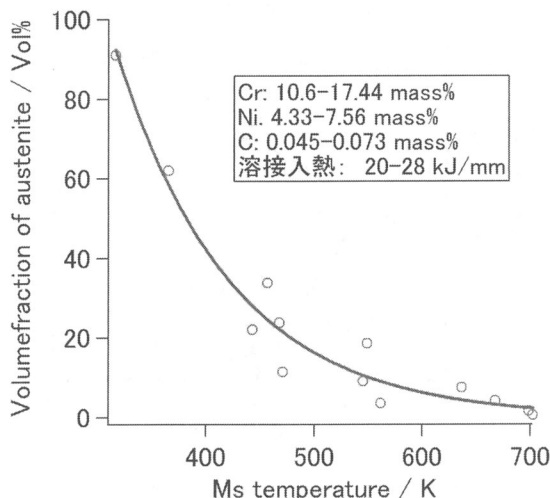


図 9 放射光測定から得た残留 γ 量と Ms 点の相関関係

かる。

低温割れ抑止について

一般的な低温割れ評価試験である y 型割れ試験等を実施し、残留オーステナイトを有する二相組織 (Ni を 5 % 以上含有する材料) では、予熱なしでも低温割れが発生しないことが確認できた。また、オーステナイト量の増加とともに水素の放出速度が著しく遅くなること、冷却時のマルテンサイト変態中に放出する水素量、さらにマルテンサイト変態時の変態膨張による応力緩和などの知見も実験計測や数値計算から得られている。現在、実用的な拘束環境の下で、Cr-Ni 系溶接金属の特異効果を含めた低温割れ抑止限界条件を拡散性水素量、割れ発生起点の局所応力と残留 γ の関係か

ら明示することに注力している。また水素脆化 BRU との緊密な連携の下、その理論的裏付けを探索している。

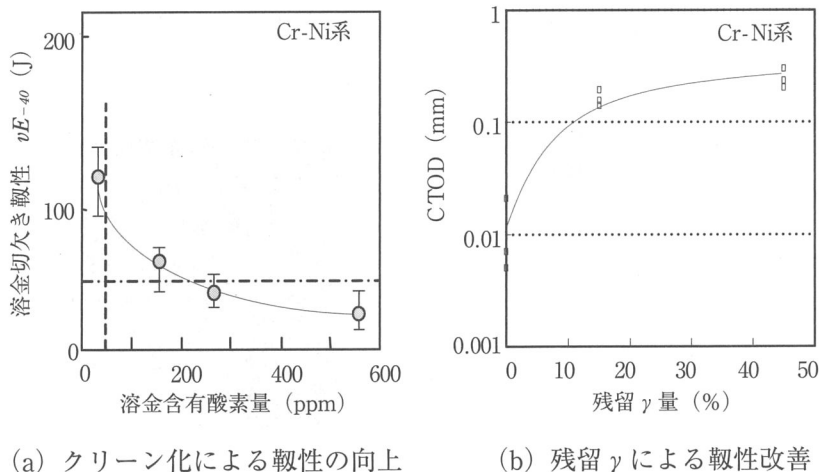
疲労強度向上について

Cr-Ni 系溶接金属で γ を残留させるには Ms 点を約 200℃ 前後以下になるように設計する。変態開始とともにマルテンサイト変態膨張が生じ、溶接継手止端部の引張残留応力が緩和される。Ms 点の変化とともに残留応力がすることを中性子回折実験から明らかにし、 γ の残留量が増加する (Ms 点が低下し、マルテンサイト変態量が減少する) 成分でも応力緩和は十分に有効に発揮できることが示され、疲労強度向上が予期された。

一方、マルテンサイト相に異相オーステナイトを残す場合に、割れ伝播を助長しないかという懸念と逆にオーステナイトの誘起変態での局所応力緩和により伝播を抑制できるという期待感があった。図 11 は、電場指紋法 (FSM) を用い、クリーン MIG 溶接した溶接金属部の疲労キ裂伝播挙動を計測した結果である。横軸は繰返し数、縦軸 FC 値は疲労キ裂の進展を示しており、残留オーステナイトがキ裂進展の抑制に大きく寄与しているという新しい発見があった。

総合特性評価からプロトタイプ HT980 鋼用溶接材料成分の確定

残留 γ 組織制御、低温割れ抑止、高靱化、継手疲労関連結果から、図 12 に示す最終目標を達成する溶接金属の適正成分領域が決定された。ここで各特性に関しての残留 γ の有効性を制約する条



(a) クリーン化による靱性の向上

(b) 残留 γ による靱性改善

図 10 Cr-Ni 系溶接金属における高靱化条件

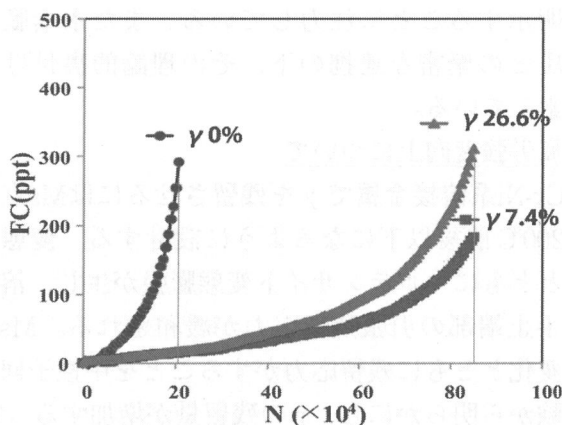


図 11 FSMによるキ裂進展挙動の計測結果

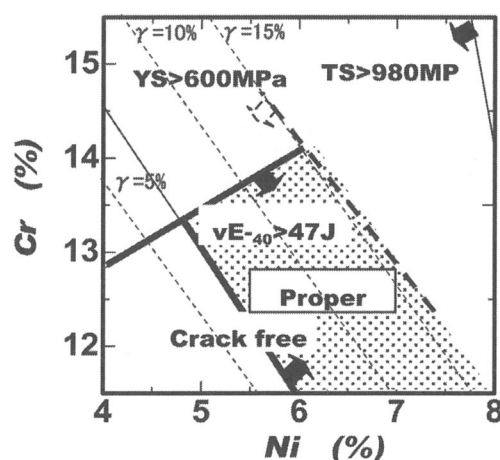


図 12 最終目標を達成する溶接金属の適正成分領域

件は、降伏強度である。残留 γ の増加は、引張強度1,000MPaは維持するが、降伏強度を著しく低下させる。降伏強度を600MPa以上を得るためには γ 量は15%以下にしなければならない。

現在、適正成分の溶接金属が得られる溶接材料が試作され、大型継手や建築用、橋梁用のモックアップ体がクリーンMIG溶接で実施され、最終的な継手評価を行っている。すでに、この継手の破壊安全性を評価する手法と設計基準も示されている。

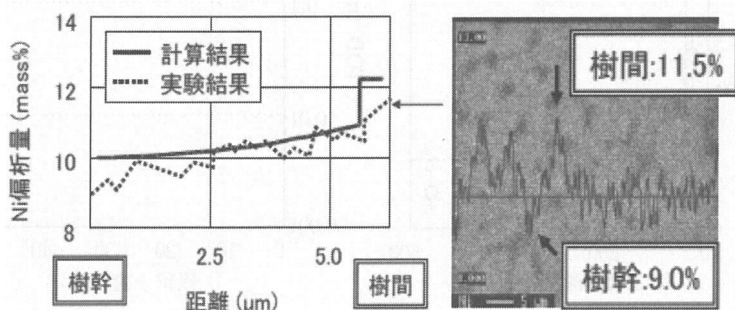
(2) クリーンMIGによる革新9% Ni低温用鋼用溶接材料の実用化タスクフォースの成果

最終目標は「純Arシールドで溶接品質は非破壊検査1類を確保し、現行TIG溶接の2倍以上の施工能率で耐力が590MPa以上、強度が690～830MPa、 -196°C での靱性値が50J以上」である。共金系溶接材料には、TIG用フィラーワイヤとして開発されている11% Ni成分系をベースにMIG溶接ワイヤを開発し、「◇ 最終目標に向けた研

究成果の概要 1. クリーンMIG溶接技術の開発」に述べたように良好なクリーンMIG溶接施工が達成されている。

凝固割れ抑止について

共金系9Ni系溶接材料はオーステナイト凝固するため凝固割れに対する感受性が高く、溶接過程で凝固割れが発生する可能性がある。凝固割れの抑制には低融点化合物を生成するPやSの凝固偏析を抑制することが一つのポイントである。TIGとは異なるMIG溶接条件下での耐凝固割れ感受性を評価するためのP、S偏析におよぼす合金添加元素の影響を検討できる新規の凝固モデルが開発された。図13にNiについて計算した結果を示す。偏析挙動は、併せて示した放射光を活用しての凝固過程のin-situ実測データ⁵⁾とよい一致を示した。多成分系への拡張を図り、凝固割れに影響の大きい複数の元素(P、Sなどの不純物元素など)を同時に考慮した評価を可能とし、溶接材料成分の最



※計算パラメータにin-situ観測データを活用、偏析量はin-situ観察後にEPMAで実測

図 13 凝固偏析モデルの妥当性の検証

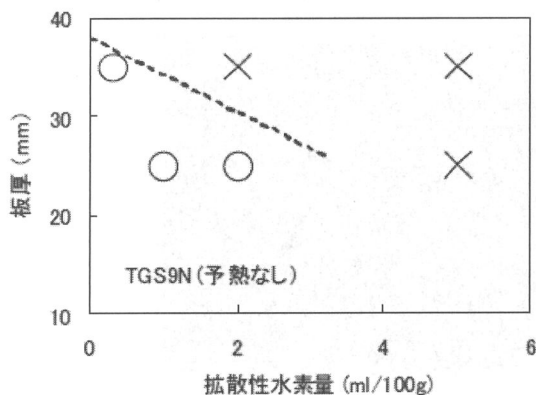


図 14 予熱無しでの低温割れ抑止条件

適化に反映した。

低温割れ抑止について

拘束条件（板厚）、拡散性水素量を変化させた試験を実施することで割れ限界板厚ならびに拡散性水素量を把握した（図14）。水素の混入の主原因はHT980鋼溶接でも同様であるが、溶接ワイヤの潤滑剤である。一般的には2ppm以下で製造されている。今回の結果より、目標板厚25mmであればクリーンMIG溶接で割れを抑止できることを確認できる。

総合特性評価

LNG貯槽タンクでは厚板が使用されており、9% Ni鋼25mmを母材とする溶接試験板に対して電離プラズマ型プラズマMIG溶接機にて多層盛

り溶接施工を実施し、主として強度・靱性を確認すべく継手性能試験を実施した。その結果を図15に示す。継手性能は最終目標値に対して、強度面では引張強さがやや高めであるが、これは溶接金属部の強度を母材より高めの設定にしてオーバマッチ設定のための影響と考えられ、目標値をクリアできていると考えられる。また、靱性値に関しても目標値をクリアできており、TIG並みの高靱性が得られることを確認した。

3. HT980中厚板のレーザ溶接適用拡大実用化タスクフォースの成果

板厚：12～25mmのHT780～HT980に対して、最終目標は、「予熱なしで割れが生じないJIS1類レベルの品質を有するレーザ溶接による突合継手および隅肉継手を得る。継手性能としては、溶接金属のシャルピー衝撃値が-40℃で47J以上、疲労強度が突合継手でJSSC基準のE等級、荷重非伝達隅肉溶接継手でD等級を得る。同時に、破壊靱性、疲労強度などのレーザ溶接継手のデータベースを構築し、レーザ溶接による実構造物向け溶接システム（プロトタイプ）を製作して大型モデル実溶接構造物を作成し、施工性の確認、改善および継手性能を検証する」である。現在、HT780鋼に関する開発は完結しており、また実用的なレーザ・アークハイブリッド溶接を主とした成果について述べる。なお、溶接金属の強度と靱性を確保する適正成分は、系統的な探索の結果、図16の

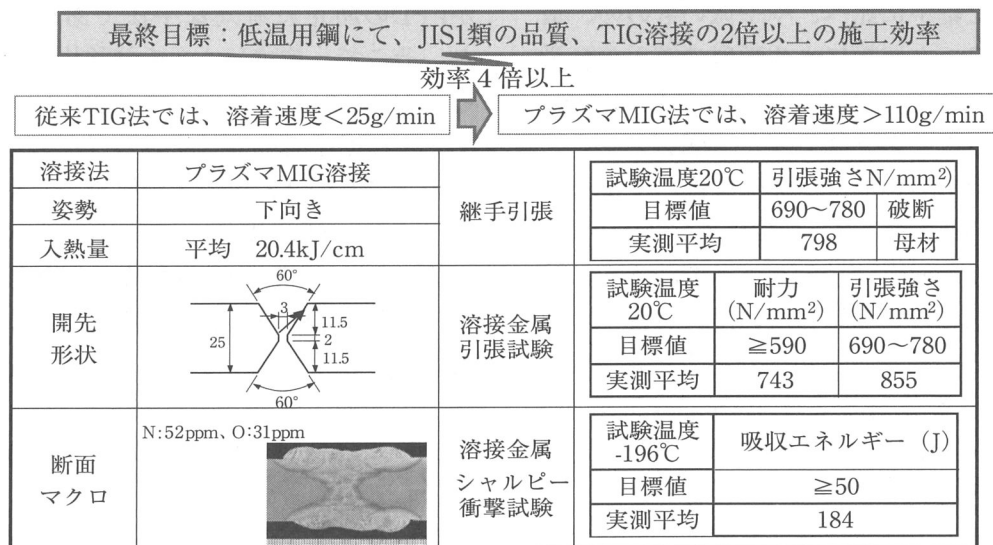


図 15 クリーンMIG溶接施工とその継手特性

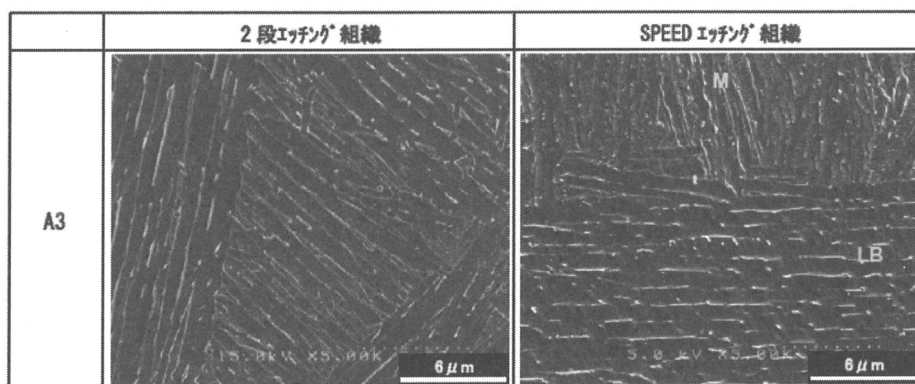


図 16 強度と靱性確保を目指す溶接金属のマイクロ組織

下部ペーナイト主体でマルテンサイトを含む二相組織となるように決定した。

低温割れ抑止について

低温割れの原因である水素の主たる供給源は、前述したように溶接ワイヤである。従ってレーザー単独溶接では低温割れは生じない。そこで、レーザーとMAGアークを組み合わせたレーザー・アークハイブリッド溶接時の溶接金属での拡散性水素量を調べると、MAGアーク溶接時の約半分レベルまで低減できることが分かった。結果、板厚12mmのHT780鋼では、レーザー・アークハイブリッド溶接で拘束が大きな継手においても予熱なしでも低温割れは発生せず、予熱なし施工が可能と判断できた。

疲労強度向上について

レーザー・アークハイブリッド突合せ溶接継手の疲労強度は、アンダーフィル (Uf) のないレーザー単体で作製した継手に比べ、やや低いものの、最終目標であるアーク溶接による類似の継手の疲労等級 (F等級) に比べ、一等級上の疲労等級 (E等級) を満足していることを確認できた (図17)。

隅肉溶接継手については、疲労強度の支配因子 (フランク角、溶接止端半径、溶接金属と母材の強度比) とその影響度を検討し、これらを踏まえ、溶接施工の最適化を行い疲労強度に優れる継手の製作を試みた。その結果、実用的な応力範囲 ($\Delta\sigma = 200\text{MPa}$) では最終目標とするJSSC疲労強度E等級から1ランクアップしたD等級を満たすレベルまで改善できた。

レーザー溶接継手の破壊靱性簡易評価法について

FPD (き裂が湾曲し、破断経路が評価対象である

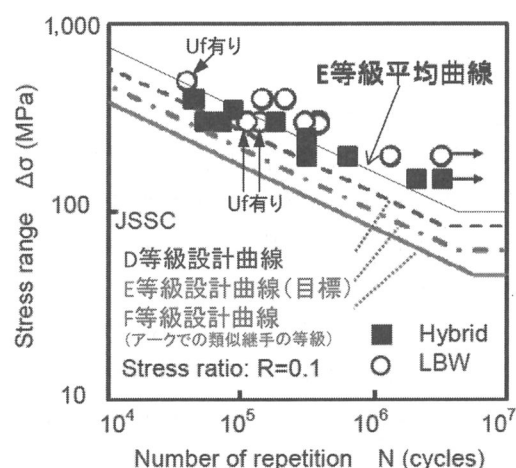
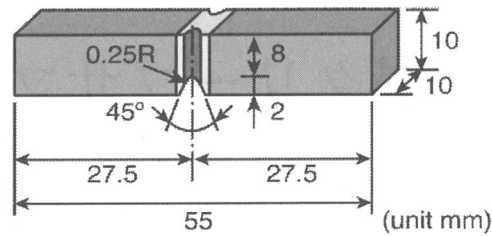


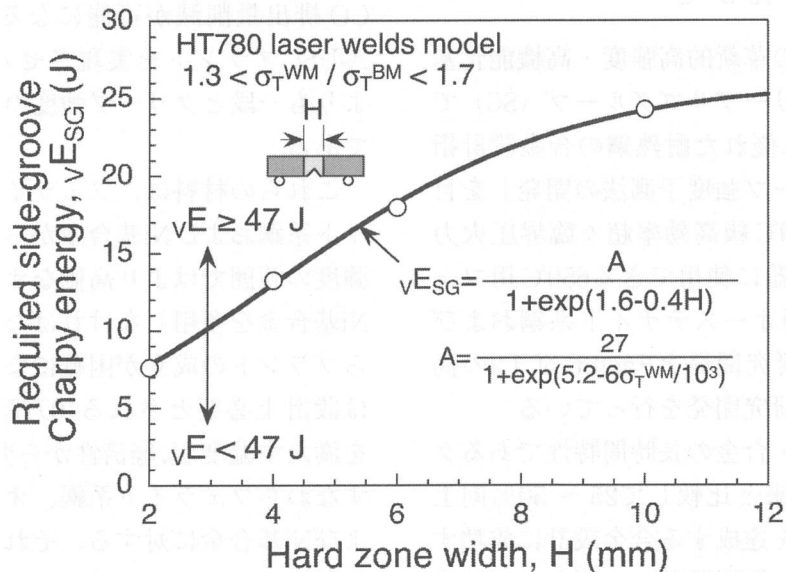
図 17 レーザ突合せ溶接継手の疲労強度の1ランクアップ

溶接金属から母材側に逸脱すること) の生じ易い標準Vノッチシャルピー衝撃試験に代わり、図18 (a) のサイドグループ付きシャルピー衝撃試験がFPDの防止に有効な手法であることがわかった。そこで、標準Vノッチ試験片での吸収エネルギー VEとサイドグループ試験片での吸収エネルギー VESGを対応づけを、ワイブル応力クライテリオンに基づき3次元FEM解析より求めた (図18 (b))。レーザー溶接部の特徴である狭幅と高硬度によって、相関関係が決まる。例えばHT780鋼レーザー溶接部を評価した図18 (b) において、高硬度域の幅が6 mmであれば、サイドグループ試験での吸収エネルギーが18J以上得られれば、標準シャルピー試験での47J以上を確保できることを示している。

レーザー・アークハイブリッド溶接継手の許容欠陥寸法について



(a) サイドグルーブ付きシャルピー試験片



(b) サイドグルーブシャルピー試験における吸収エネルギー換算法

図 18 レーザ突合せ溶接継手の疲労強度の1ランクアップ

開発目標靱性である -40°C で $VE \geq 47\text{J}$ の溶接金属に対して、設計応力（従来の設計応力の1.5倍）で不安定破壊を起こさないための許容欠陥寸法についても、破壊性能評価法を駆使して解析されている。

本章で述べてきたように、プロジェクトの最終目標達成に向けて、順調に成果が出てきている。

むすび

従来の基本概念から脱却した新概念を打ち出すことは大変難しい時代である。限りある溶接関係研究者が競い、連携し合いながら夢を実現していく仕組みを生み出す必要がある。今ほどこの構想力が問われる時期はないのである。本プロジェクトは、技術アップを連続的ではなく、ステップ

アップする、所謂革新を目指すものであり、今後の溶接界の発展を占う大きな挑戦であると考えている。

参考文献

- 1) 例えば、溝口庄三：鋼のオキサイドメタラジー、鉄と鋼、日本鉄鋼協会、Vol.77 (1991)、No.6、N285
- 2) 中西保正、山岡弘人、猪瀬幸太郎、安田功一：大型構造物へのレーザ溶接の適用—NEDO プロジェクト「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤技術研究開発」におけるレーザ溶接の取り組み—、溶接技術、Vol.58、No.11 (2009)
- 3) 平岡和雄：ハイブリッドソリッドワイヤの提案、溶接技術 54巻 (2006) 2号、64
- 4) 中村、平岡：溶接構造シンポジウム2011 講演論文集、2011、471-478.
- 5) 小溝裕一：過共析鋼溶融溶接過程における相変態のin-situ 観察、溶接学会論文集、Vol.24 (2006)、No.1、57

(2) 高温クリープサブグループ

(国) 九州工業大学 特任教授 ます やま ふじみつ
工学研究科機能システム創成工学専攻 **増山不二光**

まえがき

NEDO「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」高温クリープサブグループ(SG)では、「溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発」を目的として、将来の700℃級高効率超々臨界圧火力発電プラント高温機器に使用できる650℃用フェライト系鋼、700℃用オーステナイト系鋼および750℃用Ni基合金の研究開発とFactor of 1.2の高精度強度予測技術の研究開発を行っている。

これまでに耐熱鋼・合金の長時間特性であるクリープ破断強度を従来と比較して25～50%向上させ、世界最高強度を達成する合金設計に成功するとともに、プラント機器設計に必要な10万時間(12年)の強度を極めて精度良く予測する技術を開発し、従来、検出と予測が難しかったプラントの長時間運転中の材料劣化を容易に診断することを可能にした。以下には本プロジェクトの研究成果^{1), 2)}の概要を紹介する。

◇ 本プロジェクトのねらいと目標

省資源・省エネルギーの推進と地球環境温暖化問題の解決のために石炭火力の高効率化は不可欠である。1990年代に入って蒸気温度が引き上げられ、現在ではUltra Super Critical (USC) プラントとして約600℃まで上昇している。これは約630℃まで使用できる高強度9～12% Crフェライト系鋼が開発されたことによって実現した。しかし、約10年前から欧州、米国は約700℃まで蒸気条件を上昇させたAdvanced Ultra Super Critical (A-USC) プラントの開発を開始し、さらなる高効率化によって一層のCO₂削減を進めようとしている。

我が国でも欧米に遅れながら、最近A-USCプラントの開発に着手した。蒸気条件を700℃級にすることによって効率は現在のUSC条件の42%

から46～48% (HHV基準)に向上し、約10%のCO₂排出量削減が可能になる。しかし、700℃級A-USCプラントを実現させるためには既存材料よりも一段とクリープ強度の高い新材料が不可欠である。

これらの材料は、フェライト系鋼、オーステナイト系鋼およびNi基合金からなるが、既存材料の強度の範囲ではより高価なオーステナイト系鋼やNi基合金を多用しなければならず、経済性の面からプラントの成立が困難になる。また、既存材料は設計上必要とされる10万時間、100MPaの強度を満たす温度が、経済性から要求される目標温度、すなわちフェライト系鋼、オーステナイト系鋼およびNi基合金に対する、それぞれ650℃、700℃および750℃に達しない。

さらに、プラント建設のためにはいずれの材料も溶接構造物として強度・信頼性を確保しなければならないが、特にフェライト系鋼においては溶接熱影響部(HAZ)の強度が母材に比べて著しく低下する問題がある。

一方で、設計で要求される10万時間以上の強度は一般に温度時間パラメータ(TTP)法などによって外挿して求めるが、長時間データが取得されるたびに外挿強度が低下するという、クリープ強度の予測精度の問題がある。この問題は従来の単純な外挿では予測強度が不正確であり、開発材料の設計強度と運転供用中の材料の寿命評価に対する信頼性を保証できないことを意味する。

ナノレベルで組織制御され、高強度化された最近の開発材料についてはクリープの過程で生じる材料学的な変化、すなわち劣化・損傷が従来の標準材料では経験されていないか、知見がない場合が多く、拠りどころとするデータが少なく、また、系統的に取得されていない。

このような観点から本プロジェクトでは、図1に示すようにボイラ用材料を対象として10万時間100MPaを有する650℃用フェライト系鋼、700℃

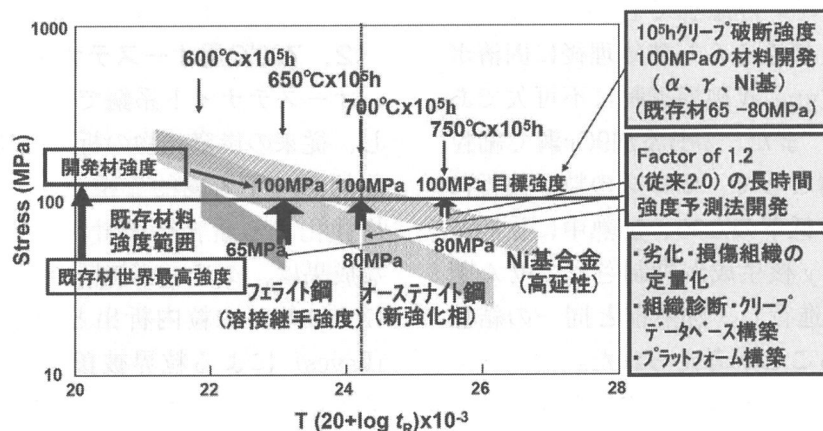


図 1 高温クリープSGプロジェクトの研究開発目標

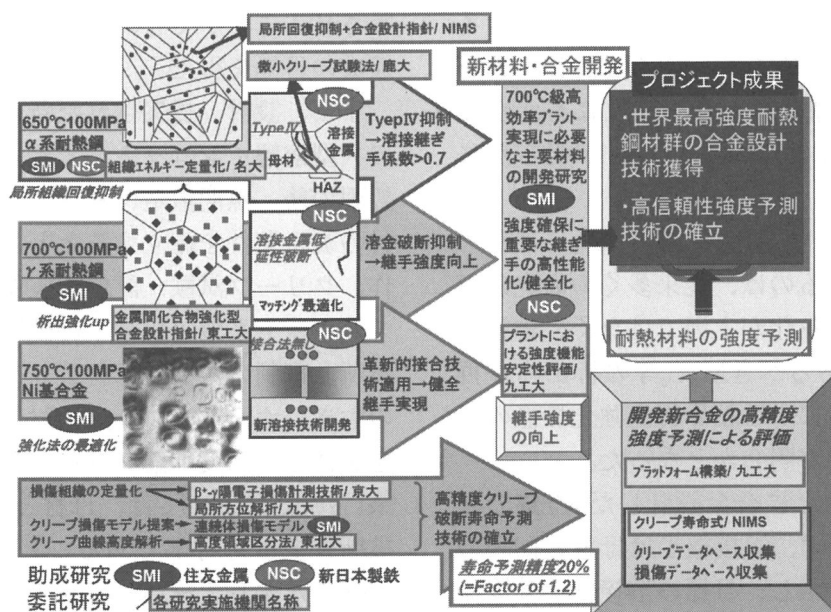


図 2 高温クリープSGプロジェクトの研究体制とフロー

用オーステナイト鋼および750℃用Ni基合金の合金設計指針を提示するとともに、クリープ過程におけるナノレベルでの組織変化や実環境下での強度評価とデータ整備を行い、基盤的な強度・組織診断データベースとプラットフォームを構築してFactor of 1.2の高精度長時間強度予測技術を開発し、A-USCプラント開発に貢献することを目的とした。この目的達成のため立案されたプロジェクトの研究体制とフローを図2に示す。

◇ 700℃級高効率火力発電用耐熱材料の開発

1. 650℃用フェライト系耐熱鋼の開発

既存の高強度フェライト系耐熱鋼では長時間での強度低下、特に溶接継手部におけるType IV破

壊を伴う急激な強度低下の克服が喫緊の課題である。本プロジェクトでは9Cr鋼へのボロンの効果に着目して、溶接継手熱影響部におけるクリープ強度劣化機構を解明するとともに、母材の高強度化を同時に実現できる合金設計指針を提案するに至った。

すなわち、焼きならし時に多量のBNが生成し、固溶ボロンがほとんど残らない成分系においては、溶接熱影響部外縁に細粒域が不可避免的に生成すること、また細粒化抑制に重要なのは添加した全ボロン濃度ではなく固溶ボロン濃度であることを明らかにした。すなわち溶接継手のクリープ破断試験の結果、窒素無添加 (11～17ppm窒素) では、47ppmボロン添加で、また、85ppm窒素に

対しては160ppmボロンの添加でType IV破壊が生じないことから、焼きならし熱処理後に固溶ボロンが残ることがType IV破壊抑制に不可欠であることを実証した。また、高B添加9Cr鋼で細粒化が抑制される機構として、ボロンの粒界偏析による粒界エネルギー低下のため、加熱中に拡散型 α/γ 変態における γ 核生成が抑制されてせん断型の α/γ 逆変態が進行し、加熱前と同一の結晶粒形態が形成されることが考えられた。

さらに、焼きならし熱処理後に少量のオーステナイトが残留すれば、メモリー効果によって高ボロン添加鋼と同様に細粒が生成しないこと、また、サブゼロ処理を施して残留 γ をマルテンサイトに変態させると、細粒であっても粒界に十分な $M_{23}C_6$ が分布する組織が得られ、細粒にもかかわらずクリープ寿命は低下しないことが明らかになった。

以上の結果より、 AC_3 温度付近の加熱によりクリープ寿命が低下するのは、従来多くの研究者が考えていた単なる細粒化が主因ではなく、細粒化した新粒界に本来あるべき $M_{23}C_6$ 等の析出物が再析出していないことによる粒界析出強化機能の低下が主因であることが明らかとなった。

これらの知見をもとに合金設計した9Cr鋼ではType IV損傷が生じず、溶接継手は母材と同等のクリープ破断強度を示し、目標の溶接継手強度係数 >0.7 と、650℃、10万時間、100MPaが達成できる見通しが得られた。現在、この650℃用フェライト系鋼については国際規格への登録を目指し

たデータ収集を行っている。

2. 700℃用オーステナイト系鋼の開発

オーステナイト系鋼では高温での安定性を考慮し、従来の炭窒化物の析出強化に頼らない、速度論的かつ平衡論的な視点から金属間化合物の析出強化による新合金設計法を提案した。その重要な成果は、クリープ初期のGCP型金属間化合物相(Ni3Nb等)の粒内析出とTCP型金属間化合物相(Laves)による粒界被覆率増大(特にボロン添加で顕著)の組み合わせによるクリープ抵抗の向上および加速クリープ域の遅延であり、これによって図3に示すようにクリープ破断時間を大幅に延長させることができ、700℃、10万時間、100MPa達成の目処を得た。

また、設計、提案された新オーステナイト系鋼の大型溶解インゴットを実機試作し、所定の加熱処理の後、熱間鍛造、熱間圧延を行って健全な板材の製造条件を確立するとともに、溶接継手の試作、クリープ試験・評価を実施した。また、オーステナイト系鋼溶接継手の課題である「溶接金属破断」抑制のため、母材よりもクリープ変形抵抗の大きいオーバーマッチ溶材を使用して溶接継手を試作し、温度加速クリープ破断試験を行った結果、700℃においては、母材と同等の強度を示し、破断位置は母材部であることを確認した。なお、母材に対するオーバーマッチの程度は破断延性の面からは慎重な検討が必要である。

3. 750℃用Ni基合金の開発

Ni基超合金は γ' 相の析出強化により比較的容易に高温でのクリープ強度を向上させることができるが、ボイラ用材料としては高温強度だけでなく延性も同時に要求されるので、その両立が必要である。本プロジェクトでは、既存Ni基耐熱合金の詳細な組織解析によって使用条件における強化機構をまず解明し、Ni-20Crをベース組成とするモデル合金を設計、試作して、粒子分散強化の速度論的検討により γ' 粒内析出強化の最適化を検討した。目標の750℃、10万時間は、Larson-Millerパラメータ換算($C=20$)で850℃ $\times$ 600h程度に対応するので、850℃での温度加速試験で得られた応力破断時間曲線から、モデル合金の強度レベルを推定した。

その結果、図4に示すように6% Moおよび3.5%

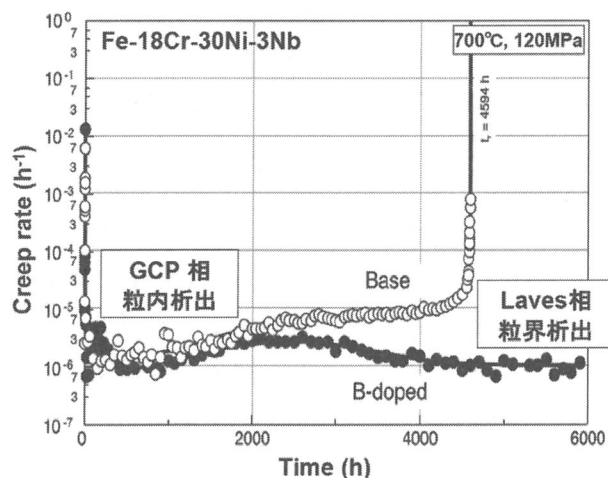


図 3 700℃用新開発オーステナイト系鋼のクリープ特性

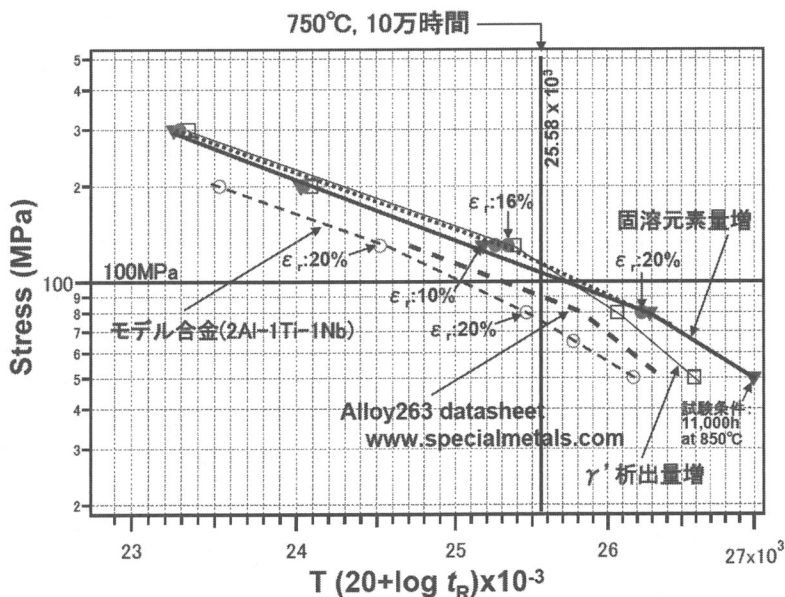


図 4 750°C用新開発Ni基合金のクリープ破断特性

Nb添加モデル合金において、目標強度100MPaを超えるものが得られ、既存合金Alloy263よりも優れたクリープ強度を有すること、また、外挿強度を求めた結果、750°C、10万時間、100MPaの目標達成は可能であることを明らかにした。一方、破断延性は、このモデル合金では10%程度であったが、クリープ中断材の組織劣化過程を調査し、粒界への局所的応力集中と粒界 γ' のPFZ (Precipitation Free Zone) 生成が組織弱化要因の一つと考えられたので、 γ' 安定化元素等のバランスを図り、延性を20%以上に向上させることが可能になった。

また、Ni基モデル合金の液相拡散接合継手の試作によって接合部が消失して均質組織となる接合条件を見出し、継手の室温引張試験によって応力-ひずみ線図で安定破壊が生じること、また一様伸びが25%に達することを確認した。

◇ 長時間強度予測技術の開発

1. フェライト系鋼の長時間強度に及ぼす組成因子と溶接熱影響部強度の評価

高強度フェライト系鋼における溶接熱影響部のクリープ強度の低下については微小部分の材料特性の変化であるために、その材料学的な評価や強度の測定が極めて難しい。そこで化学成分や析出現象に関わる熱力学的組織安定性を、組織自由エネルギーとして評価することによって微小部分のクリープ抵抗を予測し、Type IV破壊の可能性の

有無を評価することが有効であることを明らかにして組織自由エネルギー評価による強度予測法を提案した。

また、Small punchクリープ試験法を高度化し、従来の10×10mm、厚さ0.5mmの試験片を一段と小さくした3mm直径、厚さ0.25mmの試験片で微小部分のクリープ抵抗を測定し、溶接熱影響部のクリープ強度を評価する技術を開発した。

2. クリープによるナノ組織劣化の測定

開発されたフェライト系鋼、オーステナイト系鋼およびNi基合金はそれぞれの最高使用限界温度で使用される場合、長時間強度予測の不確かさがあれば現在使用されている高強度フェライト系鋼と同じように実機使用中に早期破断が発生する可能性がある。したがって、クリープ中の材料の組織変化の解明は不可欠であり、その評価法は保守、メンテナンス、寿命評価のツールとしても有効である。以下には、本プロジェクトで開発し、提案している組織パラメータによる寿命評価法を紹介する。

フェライト系鋼の溶接熱影響部の微小部分のクリープによる組織劣化の評価には熱力学に基づいた組織自由エネルギーの計算が有効であり、また、微小部分のクリープ強度の測定には先進的なSmall punchクリープ試験法が有効であることをすでに述べた。これらの手法はフェライト系鋼以外にもオーステナイト系鋼やNi基合金の組織安

定性評価および小さい試料をサンプリングしたときのクリープ強度測定にも有効である。

マルテンサイト組織からなる9～12% Crフェライト系鋼のクリープ劣化の素過程はマルテンサイトラス組織の崩壊であると考えられるが、マルテンサイト組織は結晶学的に評価することが可能であるので、走査電子顕微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscopy) で試料表面に電子線を照射したときに得られる回折図形、すなわちEBSP (Electron Backscattering Diffraction Pattern) によって結晶方位に関する情報を得ることができる。

クリープ途中の種々の寿命比で中断したクリープ試験片の結晶方位分布を測定した結果、ミスオリエンテーションの分布が試験片の寿命比、すなわちクリープ損傷量によって変化することが明らかになり、新しい寿命評価法としてその有効性が確認された。

金属材料中に打ち込まれた陽電子は、原子空孔、ボイド、転位、析出物、粒界等の欠陥に捕獲され、その位置で電子と対消滅してガンマ線を放出する。欠陥があると陽電子が材料に入射してからガンマ線が発生するまでの時間 (陽電子寿命) が長くなる。陽電子寿命は欠陥の種類によって定まっているため、陽電子をクリープ試験材に打ち込み、試験材からガンマ線が放出されるまでの時間を計測し、得られるスペクトルを専用ソフトで解析することによって、クリープによって生じた材料内部の欠陥の種類と量を知ることができる。

本プロジェクトにおいては高温クリープ試験機とエネルギー選別型高速陽電子ビーム発生装置と

を一体化し、陽電子線クリープ損傷高温その場測定装置を世界で初めて開発した。この装置は、陽電子ビーム導入部、陽電子消滅ガンマ線検出器、電子衝撃加熱装置、光学式クリープ変位測定器等を備えており、クリープ変形に伴う材料の組織劣化を、高温でその場観察できる。クリープ速度と陽電子寿命のクリープ時間変化を測定した結果、両者には良い対応がみられ、クリープ寿命比の推定をFactor of 1.2の精度で実施できる可能性が見出された。

3. 長時間強度・寿命予測技術

設計で必要とされる10万時間以上のクリープ破断強度を短時間のデータから正確に予測するために温度時間パラメータ (TTP) 法が一般に用いられており、破断時間の推定精度はFactor of 2程度である。特に高強度フェライト系鋼の場合は、応力-破断時間線図の高温、長時間において折れ曲がりが生じるために、それを考慮しなければ高精度の強度・寿命予測は不可能である。本プロジェクトでは応力-破断時間線図の折れ曲がりを種々の組織パラメータを単独に、または組み合わせながら予測し、クリープ機構に立脚した新解析法 (領域区分法) を提案して、推定破断時間がFactor of 1.2の高精度予測技術を開発した。

図5にGr.122 (11Cr-0.4Mo-2W-V-Nb) 鋼のクリープ破断データと短時間および長時間におけるマルテンサイトラス組織を示す。応力-破断時間線図にはTTP法のOrr-Sherby-Dorn (OSD) 法とManson-Haferd (MH) 法による回帰曲線が示されている。これらはある一つのクリープ活性化エ

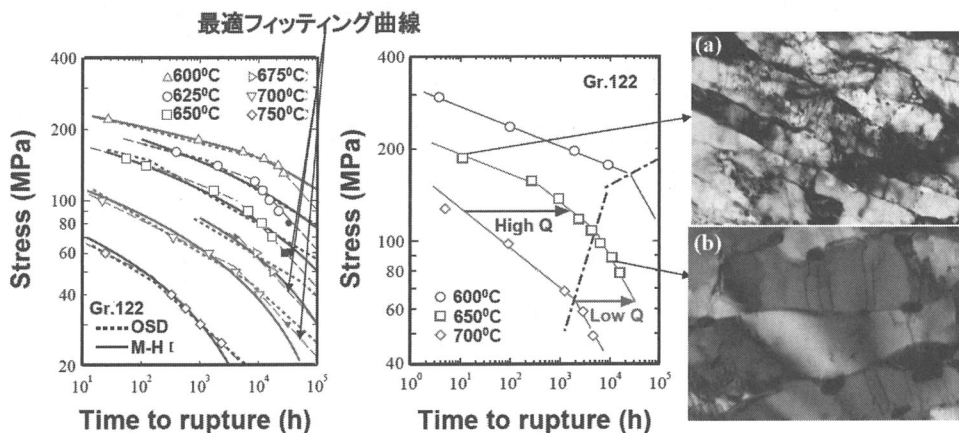


図 5 Gr.122鋼のクリープ破断データの長時間回帰とマルテンサイトラス組織

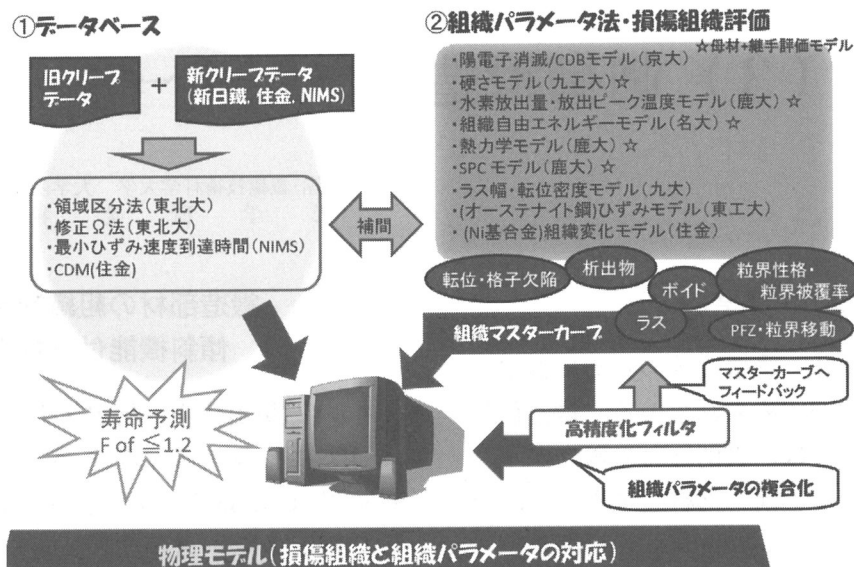


図 6 組織パラメータによるクリープ強度予測プラットフォームの模式図

エネルギーを想定しているが、データポイントのフィッティングをみると長時間、低応力域では合わなくなっている。そこでこの問題を解決するためにクリープ破断データの解析をクリープ機構(活性化エネルギー)の変化に対応してデータを複数に区分する領域区分法(Multi region analysis)によって行うことを提案した。この問題は、オーステナイト系鋼やNi基合金にも共通の問題であり、高温の極限状態では、長時間側で特異な領域が出現する可能性がある。

高強度フェライト系鋼のクリープ中断、破断および熱時効材の硬さ変化をクリープ寿命比やLarson-Millerパラメータを変数として表わすと、初期硬さに対する硬さ比は寿命比と線形関係にあり、軟化の過程はLarson-Millerパラメータに対して弾性限を境に高応力側と低応力側の二つのグループに分けられ、定式化できることから、これらの新たな知見をもとに簡便で実用的な寿命予測硬さモデルを提案し、寿命評価の有効性を実証した。

4. 強度予測プラットフォームの構築

損傷あるいはそれに関連するパラメータとして次が挙げられる。すなわち、長時間強度に影響する化学成分と熱処理条件(構成相およびその化学組成や元素分配比などを含む)の他、TTP線図、析出相、クリープひずみ・破断データ、組織(光学、電子顕微鏡、格子欠陥、転位、粒界、結晶方位、粒径、析出物、ボイド等機械的損傷)、硬さ、電気・磁気

的性質等である。本プロジェクトで取得しているデータ(微小・超低ひずみクリープ特性、組織自由エネルギー、転位密度、陽電子消滅、局所結晶方位、水素放出特性変化、硬さ、電気抵抗等)はこれらを代表するもので、既存のデータ群(強度/組織/成分)も含めてこれらの相互関係を明らかにしたデータベースと強度・寿命解析手法をもとに、図6に示すようなクリープ強度予測プラットフォームを構築している。

むすび

以上に述べたようにA-USCプラントに不可欠とされるフェライト鋼、オーステナイト鋼、Ni基合金について、それぞれの目標強度の達成に必要な合金設計の指導原理が得られ、目標強度達成を確認し、検証することができた。さらに溶接継手強度の向上についてもそれぞれ機構解明に立脚した対策案を提示した。また、損傷データベースと強度予測プラットフォームを構築するとともに、組織パラメータと新しい寿命評価法によって、予測時間精度Factor of 1.2の高精度強度予測技術を開発した。これらはA-USCプラント技術開発と高温用鉄鋼基盤技術に顕著な貢献を果たすことが期待される。

参考文献

- 1) 五十嵐正晃: JRCM NEWS, No.279, (2010), pp.2-6
- 2) 増山不二光: JRCM NEWS, No.291, (2011), pp.3-8

(3) 制御鍛造サブグループ

(国)豊橋技術科学大学 大学院 工学 研究 科 梅 本 実

まえがき

自動車などの軽量化・燃費改善のために鍛造部品の更なる高強度化が求められている。鍛造部品の高強度化にあたっては、被削性との両立が不可欠であり、そのために、同一部材で加工熱処理を駆使して、必要な箇所を高強度化し、切削部位は軟質化する強度の傾斜機能付与技術の開発が期待されている。また、強度傾斜鍛造では、加熱温度、加工温度、ひずみ、冷却速度などの因子を制御して、目標とする強度分布を得るための最適工程設計を可能とするシミュレーションシステムが必要である。本NEDOプロジェクトにおける先端的制御鍛造サブグループの研究開発は図1に示すように以下の3点にまとめられる。

- 1) 非調質組織を有する同一部材内で、VC析出制御により高強度部1,000MPa以上、軟質部900MPa以下の傾斜機能を発現できる鍛造技術の開発
- 2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムの基盤構築
- 3) プロトタイプ鍛造技術を生かした試作（コンロッド模擬部品等）

である。ここでは先端的制御鍛造技術プロジェクトの学術的側面を中心に紹介する。

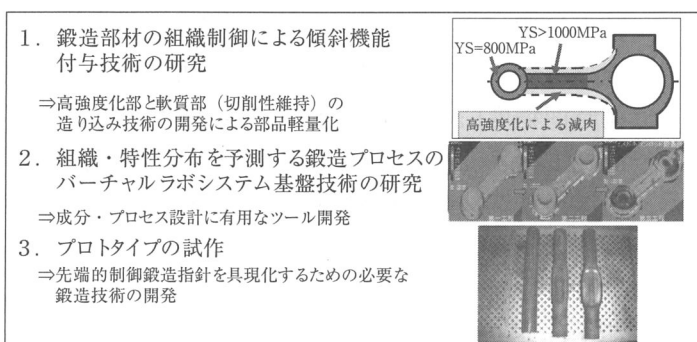


図 1 先端的制御鍛造サブグループの研究開発

◇ 鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究

1. VC析出強化と析出メカニズム

S45Cに種々の量のVを添加した鋼について、S45C材は1423Kで、V添加材は1473Kまで再加熱して0.6ksのオーステナイト化処理を行い、その後ソルトバスを用いて種々の温度で等温変態させた。種々の温度で恒温変態させ硬さを測定した。図2(a)に、各鋼における変態完了直後の硬度を変態温度の関数で示す。S45C材では773Kまでは変態温度が低下するほど単調に硬度は上昇するが、全面ベイナイト組織となる723Kでは773Kよりも硬度は減少する。V添加鋼の硬さは同じ変態温度で比較すると、V添加量の増大と共に増加する。0.3V鋼の硬度は、873K以上ではS45C鋼に比べて顕著に高く、ベイナイトが生成し始める853K以下で減少し始める。全面ベイナイト組織となる723Kでは、S45C鋼とほぼ同じ硬さとなりV添加が硬度におよぼす影響はほとんど無いことがわかる。図2(b)は873Kでの変態完了後に保持を行った際の保持時間に対する硬度変化を表している。S45C鋼の硬度は保持時間が長くなるにつれ単調に減少するのに対して、V添加材では時効による硬度上昇が明瞭に見られる。また、V

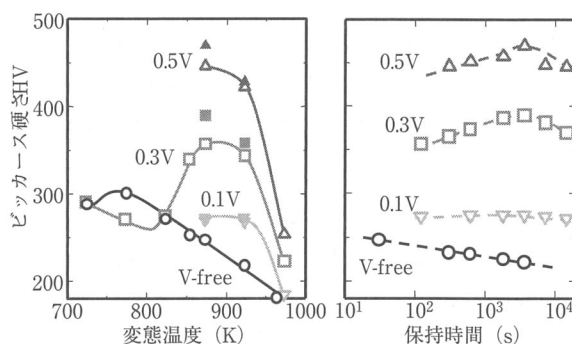


図 2

- (a) 変態完了直後の硬度の変態温度依存性
(b) 873Kでの変態後の保持時間に伴う硬度変化

添加量が増加するほど硬度上昇量も大きくなり、0.5V鋼は873K時効で最高硬度HV 470に達することが明らかとなった。

図3に0.3V鋼の種々の温度での恒温保持で生成した粒界フェライト中の相界面析出VCの暗視野像を示す。VCはフェライト母相に対して、Baker-Nuttingの方位関係のうち単一のバリエーションを持って生成している。(a)、(b)に示すように、相界面析出が起こる面(シート)はフェライト/オーステナイト界面に平行な平面である場合と、(c)に示すようにシートが湾曲する場合がある。図4にS45C+0.3V鋼を種々の温度で保持した際のVC粒子サイズと数密度の保持時間による変化を示す。変態温度が低下するほど、VC粒子サイズは減少し、数密度は著しく増加する。873Kおよび923Kでは、粒子サイズ、数密度とも保持時間に対して目立った変化は見られない。一方、973Kでは、長時間の保持によりVCサイズは増加するとともに数密度が減少しており、粗大化

が起こっているのがわかる。VCが最も微細かつ高密度に生成した873KでV添加による硬度上昇が最も大きいことから、析出強化を有効に図るには、VCをより微細に分散させることが重要であることが示唆される。

相界面析出の機構としては図5に示すように、 γ/a 両相間に特定の結晶方位関係があり界面易動度の小さい整合界面での析出を考えるレッジ機構と、特定の結晶方位関係がなく易動度の大きい非整合界面での析出を考える擬レッジ機構が提唱されている。V添加鋼では粒界フェライト、パーライト、粒内フェライトともに特定の方位関係を持たない相界面の移動によりフェライトが成長するにも関わらず、平滑なシート状の相界面析出が起こることが本プロジェクトで明らかとなった。観察された析出シートの形状が擬レッジ機構で期待される曲面状ではなく、ほとんど平滑であることから、特定の結晶方位関係を持たずとも易動度の小さな界面方位が存在することで、フェライト

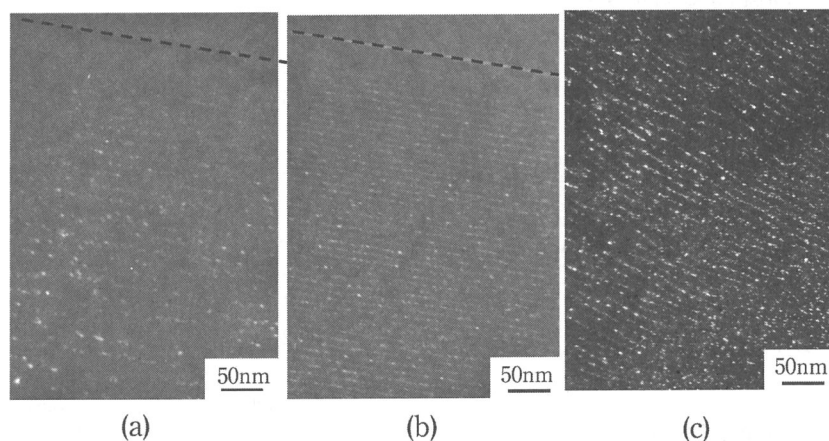


図3 0.3V材における初析フェライト中の相界面析出VCの暗視野像
(a) 973K、120s保持材、(b) 948K、30s保持材、(c) 923K、60s保持材
(a)、(b)中の破線はフェライト/オーステナイト界面

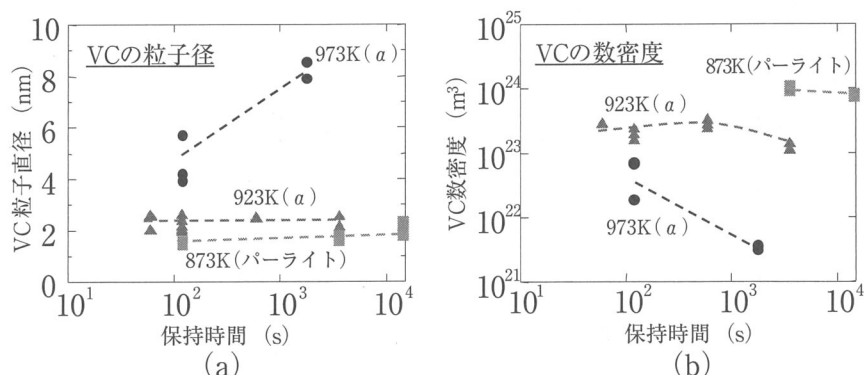


図4 0.3V材における種々の変態温度での保持時間に対するVCの(a)平均粒子直径、(b)数密度の変化。

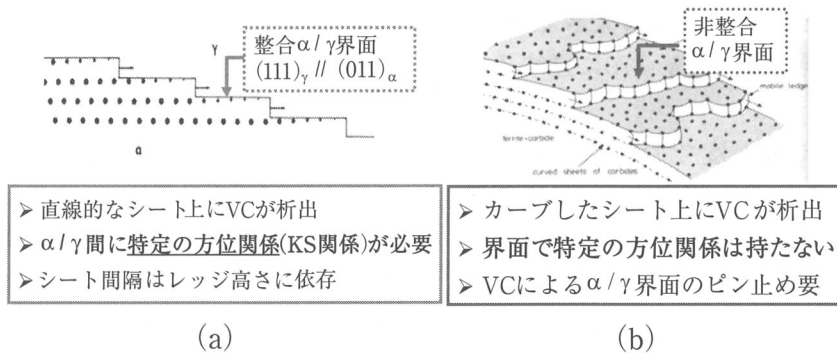


図 5 相界面析出の機構
(a) レッジ機構、(b) 擬レッジ機構

がレッジ機構により成長し、易動度の小さな相界面でVC析出が起こったものと考えられる。

2. 析出を伴う相変態制御強化と析出強化材の力学特性

中炭素鋼にVを添加すると、相変態に対して以下のような影響がある。

- 1) 恒温変態では拡散変態が高温側で促進され、低温側では抑制される。その結果、ベイナイト変態はより高温側で開始する。
- 2) 連続冷却変態では遅い冷却の時に拡散変態が抑制され、ベイナイト変態が現れやすくなる。
- 3) フェライトの成長速度は高温で促進される。
- 4) フェライト分率はV添加で大きくなる。
- 5) パーライトのラメラ間隔は、共析鋼では影響が小さいが、亜共析鋼ではV添加でフェライト分率が増加する影響で、小さくなる。
- 6) パーライトの成長速度は大きくなり、変態開始の潜伏期は長くなる。

フェライト成長速度の測定結果を図6に示す。625～675℃の温度範囲では0.5% V添加により成長速度（パラボリックレイトコンスタント）が30%程度増加している。フェライト変態促進メカニズムを概念的に示したものを図7に示す。Vはフェライト安定化元素であるため、フェライト/オーステナイト界面の炭素の平衡濃度に影響を与えることにより、フェライト成長を促進する可能性が

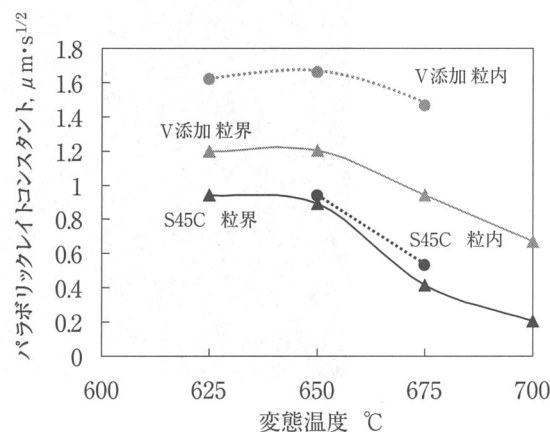
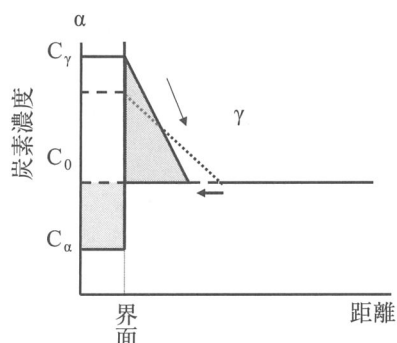


図 6 S45CとS45C+0.5V鋼のパラボリックレイトコンスタント（実験値）

熱力学的効果による A_{e3} 点の上昇



VC相界面析出の影響

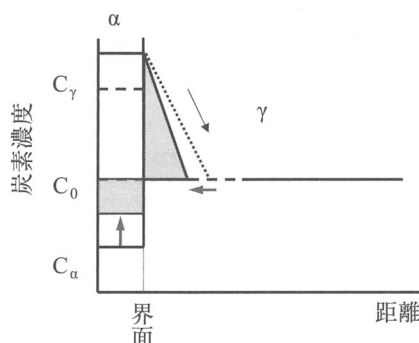


図 7 V添加によるフェライト変態促進メカニズムの概念図

ある。それとは別に、V添加鋼ではフェライト変態時にVC相界面析出が起こり、炭素がVCとしてフェライト中に取り込まれる。その結果、オーステナイト側へ排出される炭素量が減少し、フェライト変態の速度は増加する。以上のV添加によるフェライト成長速度の促進は、これら2つの効果で定量的にも説明される。従って、固溶V元素によるソリュートドラッグ効果やVCによるピン止め効果はフェライト成長速度には大きな影響は無いと判断される。

フェライト単相材 (S10C)、パーライト単相材 (S75C) について、VC相界面析出による降伏応力の増加量を変態温度とともにプロットしたものを図8に示す。変態温度が高いほど降伏応力の増加量が減少していることが分かる。これは変態中や変態完了後の恒温保持により相界面析出したVC析出物が粗大化することによるものと推測され

る。図8(a)と(b)を比較するとパーライト中の方がフェライト中に比べて、降伏応力の増加量が小さいことがわかる。このことはフェライト単相材におけるVCとパーライト中のラメラフェライト中のVCの強化への寄与が異なるということを示している。

◇ 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発

1. VC相界面析出モジュール

初析 α/γ およびパーライト α/γ 相界面におけるVCの核生成とその後の成長・粗大化過程を界面エネルギーや異相界面上の核生成サイト密度をフィッティングパラメータとしてモデル化した。図9に実測した平均VC半径と数密度を Δ (初析 α) および $\square$ (パーライト α) で、析出モデルの計算結果を実線 (初析 α) と破線 (パーライト α)

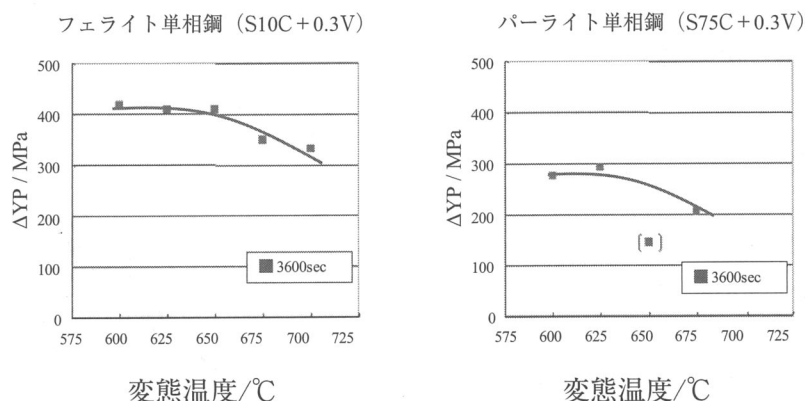


図 8 VC相界面析出によるS10C+0.3V、S75C+0.3V鋼の降伏強度上昇量

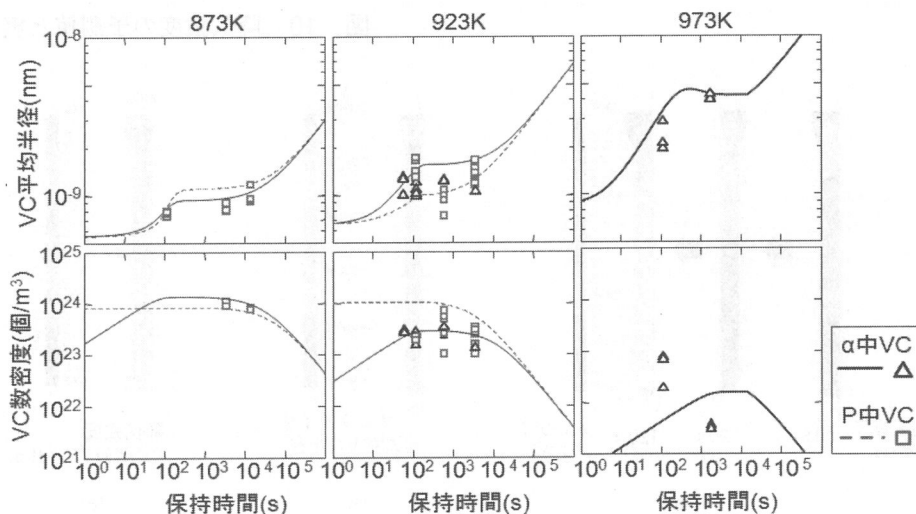


図 9 初析 α およびパーライト中における相界面析出VCの平均半径および数密度の測定値と析出モデルの計算結果の比較

で示す。変態温度が上昇するにつれて、測定したVC粒子の平均半径は増加し数密度は減少するが、析出モデルでもその傾向を再現できていることがわかる。

2. 組織-特性予測モジュール

フェライト粒径、パーライトラメラ間隔、セメンタイト率を組織因子として降伏強度と各組織因子のデータを重回帰分析することによって以下のV添加鋼の降伏強度予測式を構築した。フェライトの降伏強度はフェライト粒径と固溶元素に、パーライトの降伏強度はパーライトラメラ間隔とセメンタイト率で表されるという仮定で定式化を行った。フェライト+パーライトの場合の降伏強度はフェライトとパーライトの降伏強度の重み付き平均で表されると仮定した。

$$YS_F = 116 + 53.4Si + 4.28Mn + 580d_F^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$YS_P = 110 + 1730f_\theta + 41.2S^{-1} \quad (2)$$

$$YS_{F+P} = X_F^{1/3}YS_F + (1 - X_F^{1/3})YS_P \quad (3)$$

$$f_\theta = \frac{1.946C}{12.72 + 0.046C} \quad (4)$$

ここでYS：降伏強度 (MPa)、C：炭素量 (wt%)、Si：Si量 (wt%)、Mn：Mn量 (wt%)、 d_F ：フェライト直径 (μm)、 X_F ：フェライト分率、 f_θ ：セメンタイト率、S：平均ラメラ間隔 (μm)であり、各添え字はF：フェライト、P：パーライト、F+P：フェライト・パーライト二相鋼を示す。

上記のV無添加鋼の降伏強度予測式を用いて、V添加による降伏強度上昇量 ΔYS をAshby-Orowan型の式で算出した。

$$\Delta YS = m \cdot \Delta \tau = 0.84m \left(\frac{1.2Gb}{2\pi L} \right) \cdot \ln \left(k \frac{x}{2b} \right) \quad (5)$$

ここでm：テーラー因子 (2)、G：剛性率 (83.6GPa)、b：バーガスベクトルの大きさ (0.248nm)、L：すべり面上の粒子間距離、x：すべり面上の粒子断面の直径、k：補正係数 (F：2.7, P：1)である。

これらの式を用いて降伏強度の予測値と実験値を比較したものを図10に示す。降伏強度100MPaから1,200MPaまでの広い範囲で比較的良好な予測ができていることがわかる。

3. 材質予測FEM鍛造システム

プロジェクトにて開発されたメタラジを基礎とした再結晶予測モジュールおよびVC析出挙動

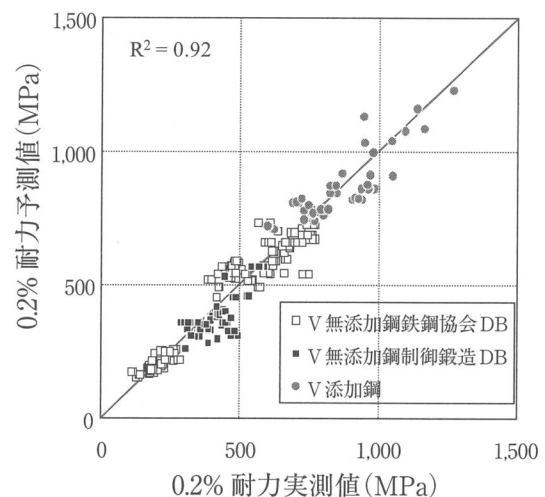


図 10 降伏強度の予測値と実測値の比較

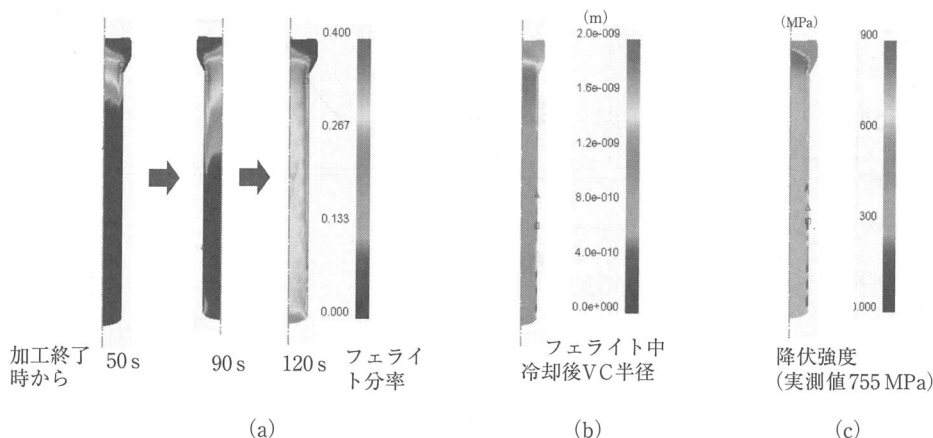


図 11 解析結果の一例 (S45C+0.3V) 1200℃加熱-1100℃鍛造
(a) フェライト分率、(b) フェライト中VC半径、(c) 降伏強度

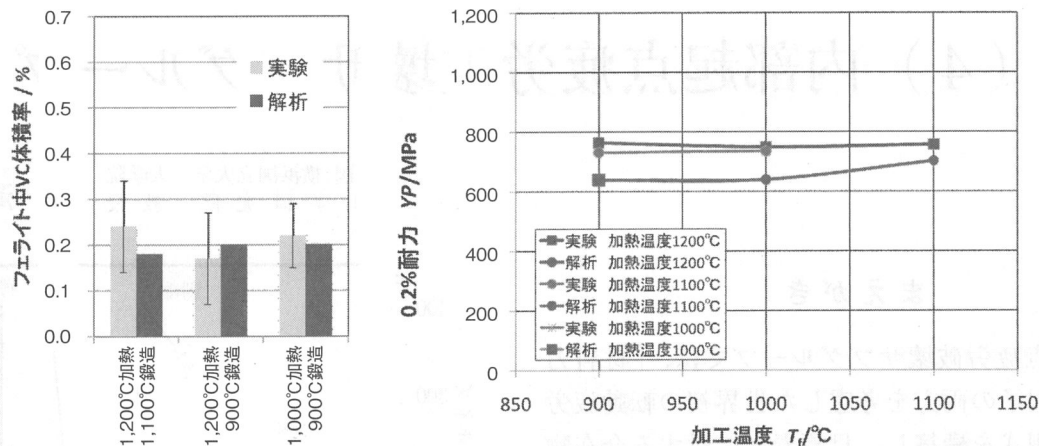


図 12 S45C+0.3V押し出し材の解析結果と実測値との比較
(a) フェライト中VC体積率、(b) 降伏強度

予測モジュール、変態予測モジュール、組織-強度モジュールをFEMをベースとしたシステムに統合し、鍛造部材の各場所における材質予測が可能なバーチャルラボシステムの構築を行った。構築したバーチャルラボシステムを用いた解析の例として、円柱の熱間前方押し出しの組織・材料特性予測の結果を図11に示す。解析ソフトとしてDEFORM-2D Ver.10.1を用い、軸対称剛塑性解析として取り扱った。

図11は押し出し後の冷却過程における (a) フェライト分率の時間変化、(b) フェライト中のVC半径、(c) 降伏強度の分布を示している。図12はS45C+0.3V押し出し材の解析結果と実測値とを比較したものである。(a) はフェライト中VC体積率、(b) は降伏強度である。実測値とよい対応が確認できる。今回開発したバーチャルラボ

システムは、熱力学ならびに冶金学に基づいて作成された各種予測モジュールを有機的に連携させたもので、鍛造部材の組織および材料特性を予測することが可能である。

むすび

本プロジェクトでは、VCの相界面析出による強化を使って最終目標であったF+P組織で1,000MPaを越える高強度化を達成した。

さらに各社が提案している開発鋼を使った開発プロセスにおいて、同一鍛造部品内において、降伏強度1,000MPa以上の強化部と切削性の良好な軟質部を作り込む事に成功した。

今回開発された技術を使って、高強度で且つ切削性の良好な鍛造部品が製造され、自動車の軽量化に寄与することが期待される。

(4) 内部起点疲労破壊サブグループ

(国)横浜国立大学 大学院 工学 研究院 教授 梅 澤 修

まえがき

内部起点疲労破壊サブグループでは、「材料力学と材料因子の両方を考慮した世界初の転動疲労の寿命予測式を構築し、目標寿命に対する介在物サイズの臨界値を得る」ことを最終目標とし、産学官からなる6機関の密接な連携のもと、素過程である局所損傷・き裂発生、き裂伝播・停留を実験的に評価・解析する共通基盤技術の開発¹⁾、これらの現象を予測するシミュレーション技術の構築を推進してきた²⁾。

材料内部に存在する介在物を起点とした疲労破壊のメカニズムを明確化する上で、疲労き裂を直接観察することは必要不可欠である。ある断面の観察だけでは介在物形態とき裂の全体像を把握することは難しく、三次元観察技術の開発を行った。その結果、内部起点疲労損傷状況と初期き裂観察状況と合致する非金属介在物周囲の応力シミュレーション技術の開発、初期き裂形態に影響を及ぼす酸化物系介在物の各種要因の抽出に成功した。

そして、剥離メカニズムがほぼ明確となり、サイズ情報既知の介在物を起点とした膨大な剥離寿命データの取得とあわせて、最終目標達成に目処を得ている。

◇ 高周波UT技術による

介在物起点転動疲労損傷過程の把握

酸化物系介在物を対象としたき裂の発生段階の詳細を調査するため、UTによって破壊起点に成り得る非金属介在物情報を調査した試験片を用いて、エコー像の経時変化観察を実施した。図1に代表的な観察結果を示す。例1以外の試験片において 10^4 回疲労という転動疲労過程の極めて初期段階にエコーの増大、すなわち、き裂の発生が確認され、介在物径に関わらず、き裂が発生する場合、全て同等な転動繰り返し数でき裂の発生が認

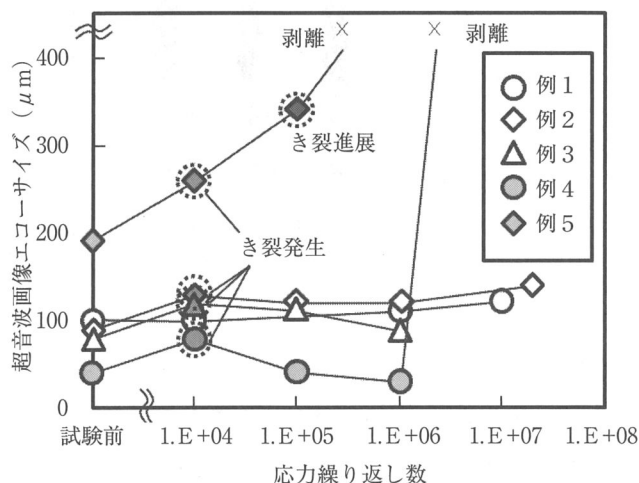


図 1 酸化物系介在物における転動繰り返し数にともなうエコー像サイズの変化

められた。

また、ほぼ同等な介在物径でも、剥離寿命に差異が認められた。剥離寿命は、き裂発生期間とその停留・伝播期間とからなり、き裂発生が転動疲労過程の極めて初期であることから、剥離寿命は後者が支配的であるといえる。また、剥離寿命は介在物径のみが支配する現象ではなく、介在物とマトリックスとの界面状態、その存在位置や応力状態など、様々な要因を考慮する必要がある。

以上のように、超音波精密探傷技術を利用した非破壊的経時変化観察技術を高度化し、転動寿命試験における剥離プロセスを非破壊で調査する手法を確立した。酸化物系介在物の他、TiN系介在物、MnSについて転動疲労過程のトレースに成功しており、それぞれの転動疲労損傷過程と初期き裂の発生挙動は異なることを明らかにした。このように介在物種類によって転動疲労寿命に与える影響が異なることを支持する知見を得ている。

◇ 局所的疲労損傷分布評価と 転動疲労き裂形成^{3), 4)}

SCM420Hマルテンサイト鋼をモデル材に用い、

人工欠陥部位および鋼中介在物から剥離した部位について、転動疲労による損傷とき裂形成の電子線後方散乱回折（EBSD）法による解析を行い、界面で生じる変形勾配（局所的疲労損傷）の可視化と、初期き裂周りの組織変化について検討した。

負荷応力が大である転走表面近傍および転走表面内部に存在する最大せん断応力域では、塑性変形の導入（損傷量）が大であり、低サイクル疲労損傷形態に類似している。最大せん断応力域では、マルテンサイト組織構造が維持されているが、〈111〉軸周りに結晶回転が生じており、強塑性変形の付与を裏付ける。しかし、き裂は最大せん断応力域でなく、ひずみ勾配が大な領域に形成した。

次に、SCM420H鋼人工欠陥材の転動疲労後の人工欠陥周りを観察した。 3.0×10^4 回転動疲労材における人工欠陥周りには $100 \mu\text{m}$ 長さ以下の初期き裂が認められ、その位置は 3.25×10^6 回材における主き裂と同様な深さにあり、ひずみ勾配領域に存在した。また、き裂が形成した領域では転動疲労にともなう塑性変形が顕著であり、自由表面には凹凸が形成していた。すなわち、塑性ひずみ振幅が大であり、低サイクル疲労損傷形態に類似している。

以上は、繰り返し初期段階でのき裂形成とひずみ勾配によるMode I 応力場の作用が局所変形に関わるとの考えを支持するものである。 10^3 回までに飽和変形組織が形成され、局所変形による自由表面への凹凸形成からき裂形成が生じると推定される。

さらに、X線残留応力測定の結果、 10^6 cycle材では表面から $400 \mu\text{m}$ の範囲で圧縮残留応力が付与されていた。特に、き裂発生深さに対応する表面からの距離 $80 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$ の範囲では、高い圧縮残留応力と残留応力の勾配が生じており、EBSD解析結果を裏付ける。

◇ 内部介在物およびき裂の三次元観察技術

1. 精密切削を利用した広視野領域観察技術⁵⁾

材料や工業製品内部に存在する空隙や欠陥などの介在組織形態や分布をサブミクロン分解能で3次元観察するため、精密加工技術を利用した逐次断面切削観察（シリアルセクショニング観察）システムの開発を行った。鉄鋼材料の精密切削加工に

有効な超音波楕円振動切削用の装置を搭載することで、軸受鋼内部構造のシリアルセクショニング観察を実現した。光学式顕微鏡により鏡面加工された材料表面を多断面にわたって撮影し、内部に存在するき裂や介在物の形態とその深さ方向分布を観察する。従来、金属材料表面の鏡面生成は研磨によって行われてきたが、研磨では試験片除去厚さの正確な見積もりや切断－観察プロセスの自動化が難しいことから、多断面にわたるシリアルセクショニング観察には手間と時間を要し、3次元分のデータ取得は困難であった。本システムでは精密切削技術を利用することにより、この観察プロセスの完全自動化と高速化に成功した。

従来の研磨作業では手作業により数か月を要していた多断面観察を、本システムでは人手をかけず数日あまりで実施できる。

光学顕微鏡観察においては、観察面は最大粗さ 100nm 以下の鏡面となる必要がある。特に高倍率顕微鏡による観察を多断面にわたって実施するためには、より精密な鏡面の生成と長距離の切削、正確な撮影位置決め性能が要求される。断面内の測定分解能は顕微鏡のレンズ倍率とCCDカメラの解像度に依存する。

一方、深さ方向の分解能は切削厚さに依存し、本観察では $2 \mu\text{m}$ である。試料観察面 $3 \times 3 \text{mm}$ 領域の鏡面仕上げと観察に要する時間は1断面あたり1分であり、400断面の観察を7時間以内に完了することができた。なお、現行のシステムでは最高分解能 $40 \times 40 \text{nm}$ の表面観察と $0.5 \mu\text{m}$ の薄層除去を実現している。本システムはサブミクロンスケールの正確な位置決め機構を有するため、試料表面を移動しながら顕微鏡観察を実施することで、分解能を低下させず、広領域の観察が実現できる。

2. FIB-SEMによる高分解能観察技術

分解能の面で有利なSEMとFIB（Focused Ion Beam）の組合せによるシリアルセクショニング観察を検討した。FIB-SEMを本プロジェクトに適用するにあたり、微細な介在物とき裂が観察できるFIB加工断面の品質（加工痕のない表面）を確保しつつ、加工時間をできるだけ短くして広範囲の観察ができるようにビーム条件を最適化した結果、一例として $30 \mu\text{m} \times 30 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 程度の領

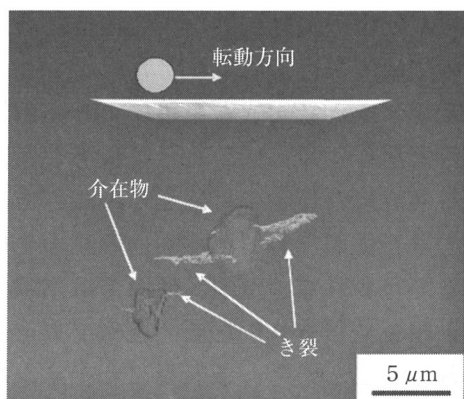


図 2 介在物起点の初期き裂三次元像

域について、 $0.2\mu\text{m}$ 間隔で150枚の断面SEM写真を約5時間で取得できるようになった。

それでも観察視野が限られるため、観察に際しては、予め断面に介在物が現れるまで従来法の湿式研磨を行い、残った部分についてFIB-SEMによる3D観察を実施している。

最大面圧5.3GPaで 2.79×10^6 回負荷を与えた試験片についてFIB-SEMで取得した断面写真において、き裂と介在物を明確に示すため介在物の輪郭とき裂をマーカーでトレースし、介在物表面とき裂のみを3次元再構築したものの一例を図2に示す。

き裂は、転動体の移動方向に対して介在物の前方と後方を起点として発生し、それぞれ前と後ろ

に進展していることが明確である。これらの観察結果は、応力シミュレーションによる解析の妥当性を示すものであると考えられる。

◇ 応力シミュレーションによる 転動疲労き裂発生挙動の検証

FEMを用いた転動疲労シミュレーションにより介在物周囲の局所変形挙動を予測し、転動疲労試験後の介在物起点のき裂発生状況を比較することで、き裂発生メカニズムと介在物形態の影響を検討した。その結果、介在物周囲においてひずみの引張成分の最大位置とき裂発生方向が、実際の観察結果と定性的に一致することを確認した。また、介在物種として、アルミナ、MnS、TiNについて検討した結果、介在物形態に関する影響因子として、ヤング率およびマトリクス／介在物界面の密着状態がき裂発生に大きく影響することが明らかになった。

解析結果の一例を図3に示す。界面が剥離したモデルにおいて、せん断歪をもとに予測したき裂発生位置は左右部からとなり、実際に近づいたものの、方向は上下方向であり、やはり観察結果とは大きく異なった。

一方、界面剥離したモデルにおいて引張歪をもとに予想したき裂発生位置と方向は、左右位置から斜め方向となり、観察結果とよく一致するよう

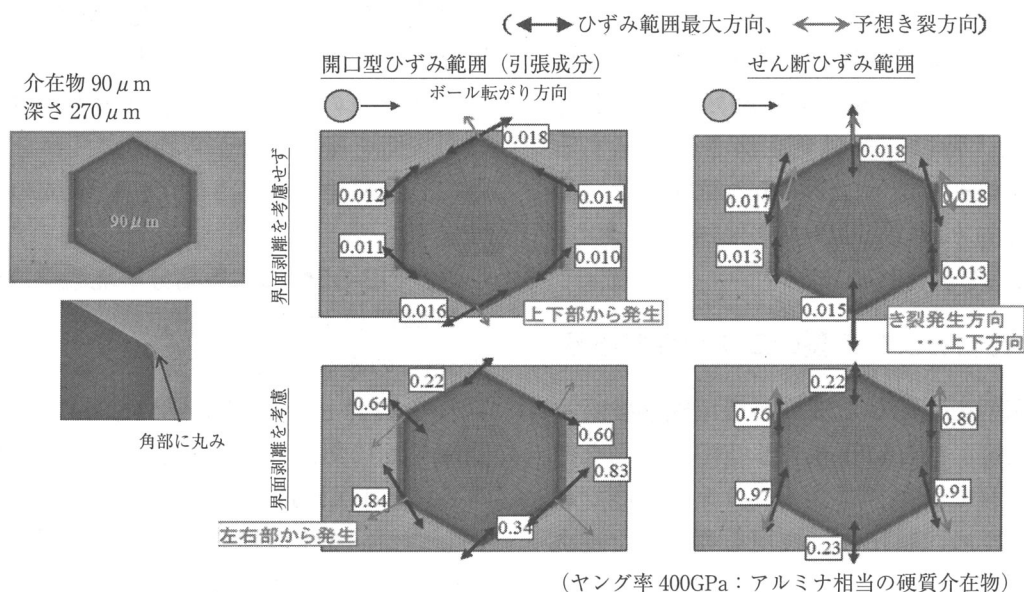


図 3 実介在物実を模した六角形介在物モデルによる応力シミュレーション解析結果

になった。

これらの検討結果から、き裂発生におよぼす影響因子として、介在物とマトリクス界面の密着状況を考慮する必要があり、また、き裂発生に対しては、引張応力（歪）成分の影響が大きいことが示唆された。

◇ 3次元磁場顕微鏡による き裂進展挙動の動的・連続観察⁶⁾

鉄鋼材料の磁気特性を利用し、き裂進展とその状況を連続的に観察する技術の確立を目標とし、転動疲労試験時のき裂がactiveな状態かどうかの具体的な判断や、activeな場合の疲労損傷を定量的に判断できる高感度なセンサー技術確立した。これにより、き裂周辺磁場の可視化および疲労にともなう磁場変化の観察に成功した。き裂進展にともなう磁場の変化を可視化した結果を図4に示す。

実験は応力拡大係数幅 $\Delta K_{II} = 18 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ で行った。き裂は(a)の繰返し数 $N = 0$ から(d)繰返し数 $N = 5.0 \times 10^5$ 回まで、(a)き裂長さ $a = 2.00 \text{ mm}$ から(d) $a = 7.77 \text{ mm}$ まで安定して進展した。(a)と(b)を比較すると、き裂が0.37mmしか進展していないが、磁場の分布は大きく変化していることがわかる。

このことから、磁場はき裂進展初期であっても、

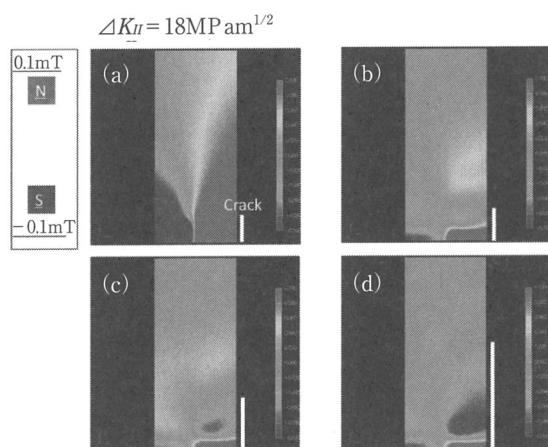


図 4 き裂進展挙動にともなう磁場の変化 ($\Delta K_{II} = 18 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$) (磁場レンジは $-0.100 \text{ mT} \sim +0.100 \text{ mT}$) : (a) $N = 0$, き裂長さ $a = 2.00 \text{ mm}$, (b) $N = 1.0 \times 10^5$, $a = 2.37 \text{ mm}$, (c) $N = 2.0 \times 10^5$, $a = 3.83 \text{ mm}$, (d) $N = 3.0 \times 10^5$, $a = 7.77 \text{ mm}$.

進展による影響を受けて変化することがわかる。その後、き裂進展にともなって、分極が起こり、き裂の進展にともない、磁場の領域も移動・拡大していることがわかる。き裂停留時の磁場特性と合わせ、磁場の移動を定量化することで、き裂の進展を評価することができる。すなわち、応力拡大係数と強い相関関係を示す磁場パラメータを抽出した。

◇ 転動疲労はく離モデルに基づいた 寿命予測式の構築とその検証

UTによって破壊起点に成り得る非金属介在物情報を調査した試験片を用いて寿命試験を実施し、予測される破壊モデルに基づいて非金属介在物起点に関する寿命予測式構築を行った。寿命はParis則 ($da/dN = C(\Delta K_{II})^m$, C, m : 定数) に従う区間が大半を占める。この考え方に準じたパラメータ ($\Delta K_{II}'$) を定義し、 $\Delta K_{II}'$ と寿命との関係データから実用的に重要となる寿命下限線を取得した。

さらに、検証実験として任意ヒートによる寿命試験を実施し、この考え方に矛盾しない事を確認した。整理した結果を図5に示す。この図から、全体的に $\Delta K_{II}'$ が大きくなるほど寿命は短くなる傾向が認められるが、同じ $\Delta K_{II}'$ でも2オーダー以上もの寿命差が認められる。

この理由は、前述のように非金属介在物の形状や組成、非金属介在物自体の割れやマトリクスとの界面はく離の有無、さらには、き裂生成部の

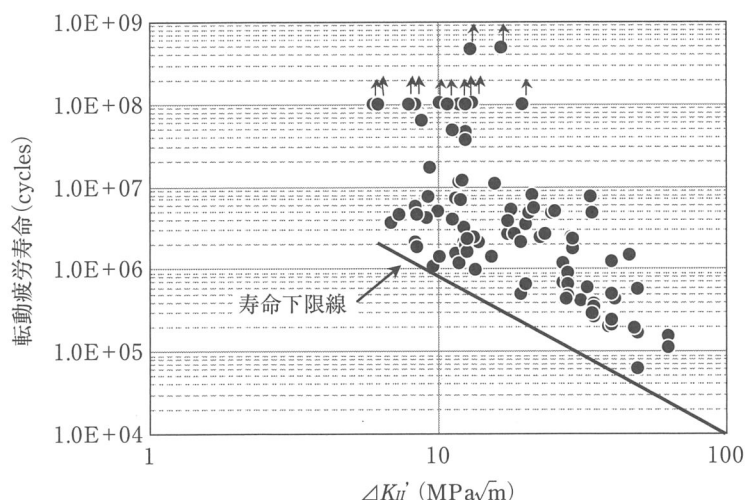


図 5 $\Delta K_{II}'$ とスラスト寿命との関係

マトリックスの結晶方位によってき裂の生成や進展のし易さが異なるためと推定される。また、図5中に示す寿命下限線は非金属介在物の大きさだけではなく、そこから生じたき裂の長さの違いを加味した下限寿命の予測線と見なす事が可能である。

むすび

産学官連携のもと、疲労素過程である局所損傷・き裂発生、き裂伝播・停留を実験的に評価・解析する共通基盤技術の開発、これらの現象を予測するシミュレーション技術の構築を推進してきた。

その結果、軸受鋼を中心とした転動疲労によるき裂発生・伝播機構と剥離メカニズムがほぼ明確となり、サイズ情報既知の介在物を起点とした膨大な剥離寿命データの取得とあわせて寿命予測式の構築に展開した。

高強度鍛造材を含めた内部疲労き裂発生と伝播機構の理解、さらには、部材の小型化・軽量化を実現する実用化技術への展開を進めてきている。特に、軸受鋼については、機械・構造物のメカニカルロス低減や長寿命化へとつながる結果、CO₂排出量の削減、省エネルギーと安心・安全社会の両立に貢献する持続的社会技術の一つとして期待される。

参考文献

- 1) H. Suzuki, O. Umezawa, M. Hamada, H. Yokota and K. Kida, Novel techniques characterizing subsurface fatigue crack generation and crack growth in high strength forged steels, Proc. 3rd Inter. Workshop on New Method of Damage and Failure Analysis of Structural Parts, Ostrava, (2008), 121-126
- 2) O. Umezawa, T. Nishikawa, T. Tsuchida and K. Hiraoka, Modeling of crack generation and growth under rolling contact fatigue in martensite steels, Processing and Fabrication of Advanced Materials XVIII, eds. M.Niinomi, M. Morinaga, M. Nakai, N. Bhatnagar, T.S. Srivatsan, Vol. 2, (2009), 555-564
- 3) Y. Yamaji, H. Suzuki and O. Umezawa, Electron backscatter diffraction analysis on rolling contact fatigue damage around small cracks in fully tempered martensite steel, J. Jpn. Soc. Heat Treatment, Vo. 49, Special issue, Proc. 17th IFHTSE Congress 2008, (2009), 565-568
- 4) 諸岡聡、梅澤修、焼戻しマルテンサイトの転動疲労における介在物剥離部の損傷評価、CAMP-ISIJ, Vol. 23 (2010)、1277
- 5) K. Fujisaki, H. Yokota, H. Nakatsuchi, Y. Yamagata, T. Nishikawa, T. Udagawa and A. Makinouchi, Observation of three-dimensional internal structure of steel materials by means of serial sectioning with ultrasonic elliptical vibration cutting, Journal of Microscopy, Vol.237, 1, (2010), 89-95
- 6) K. Kida, E. C. Santos, T. Honda, H. Koike, J. Rozwadowska, M. Uryu, K. Houri and H. Tanabe, Effects of magnetizations on three dimensional magnetic flux density of pre-cracked medium carbon low alloy steel (JIS, S45C), Applied Mechanics and Materials Journal, vol.83 (2011), pp.230-236

2. 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発

—水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料開発、 および国際標準化・規制見直しに資する評価試験法の開発、 材料データの取得に係る研究開発—

新日本製鐵(株) 鉄鋼研究所 薄板材料研究部 藤井秀樹

まえがき

水素を効率的なエネルギーの貯蔵・輸送媒体として位置づけた研究開発の歴史は古く、日本では1990年代半ばから始まったWE-NET (World Energy Network) の呼称で知られている「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術」以降、いくつかの研究開発がNEDOプロジェクトとして実行されてきた。このWE-NETは、再生可能エネルギーを一次エネルギーとして水素を製造し、これを大量に輸送・貯蔵し、消費地にて発電や燃料として使用するという構想であるが、掲題のプロジェクトを含め、最近実施されているNEDOの水素エネルギー関連プロジェクトは、主として、普及開始時期の迫ってきている燃料電池自動車を中心とした水素社会の実現を円滑に達成させることを意図したものとなっている。

この中で、燃料電池自動車の開発に加え、それに水素を供給する水素ステーション等のインフラ整備が喫緊の重要課題となっており、特に車載水素の形態として高圧の圧縮ガスが考えられていることから、車載水素燃料タンク部品、高圧水素配管、計器類、弁類など、高圧水素ガス中で使用される金属材料を評価する方法、すなわち、水素脆化しにくい材料の選定方法の整備や、水素脆化しにくい金属材料の開発が強く求められている。

このような背景のもと、水素製造・輸送・貯蔵システム等を使用することの可能な金属材料の抽出や新たな開発を実施し、国際標準化・規制見直しに必要な材料の評価試験法を整備するとともに、水素用の候補金属系材料の材料データ取得を行うべく、掲題のNEDOプロジェクトが組織され、2010年度から3年間の計画で進められている。

◇ プロジェクトの概要

本プロジェクトは、前身の「水素社会構築共通基盤整備事業—水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発—水素用材料基礎物性の研究」を改組する形で組織され、前身のプロジェクトに参画していた研究機関から、愛知製鋼株式会社、新日本製鐵株式会社、住友金属工業株式会社、独立行政法人物質・材料研究機構の4機関が継続参画している。また、新日鐵住金ステンレス株式会社も、新日本製鐵株式会社との共同研究先として、本プロジェクトに継続参加している。

本プロジェクトの目的は、先に述べた水素関連機器（水素製造・輸送・貯蔵に使用する機器）に用いられる材料として、低コスト、高強度、高加工性等の特性を有する耐水素脆性に優れた鉄鋼系材料を開発し、高圧水素環境下における強度特性、破壊靱性、疲労特性等の基礎物性値を採取し、水素脆化機構や水素に対する耐性の発現機構を詳細検討することである。さらに、高圧水素環境下での材料特性評価法の開発・整備を平行して行うとともに、国内外の関係機関と連携し、国内および国際的な技術基準・標準の見直しや新規制定等の活動を、研究開発成果の提供を含め「材料」の観点から支援することを第二の目的としている。そしてこれら活動を通じて、開発材料を中心に高圧水素環境下で使用する材料種の拡大を図ることで、関係産業界を支援し水素社会の実現を早期に図ることを最終目的としている。

前身の水素社会構築共通基盤整備事業や、さらにその前段で実施した水素安全利用等基盤技術開発プロジェクトは、特に水素用材料の基準化・標準化に主眼を置き、既存材料を中心に評価を

行っており、その成果として、JARI S001、002¹⁾、KHK 0128²⁾などの燃料電池自動車車載容器関係の例示基準の制定や、水素ステーション関係の法改正³⁾に資するデータ提供を行ってきたが、現行の水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発では、新規材料開発をも含めた水素用材料種の拡大を視野に入れている点が異なっている。

次に、各参画機関の主たる担当課題を紹介する。

新日本製鐵株式会社は新日鐵住金ステンレス株式会社と共同で、高圧水素のほか将来の大規模水素輸送時にその活用が想定されている液体水素も含め、水素関連機器を用いるステンレス鋼の研究開発を広く実施している。現在までに整備されている高圧水素車載燃料タンク、付属品、水素ステーション関連の例示基準や関係法令^{1)~3)}では、高圧水素用の基準材料としてSUS316Lステンレス鋼とA6061-T6アルミ合金の2種類しか認められておらず、ステンレス鋼に関しては、高価な希少金属であるNi、Moをそれぞれ12%、2%含有するSUS 316Lに比べ、これら希少金属元素の使用量を大幅に減らした新しい水素用ステンレス鋼STHシリーズ (Stainless Steels with Twinning Induced Plasticity for Hydrogen Use, Fe-15Cr-6Ni-9Mn-2.5Cu)^{4)、5)}の評価と改良に取り組んでいる。

特にSTH2は、上記基本組成に水素脆化しない範囲でNを添加し強化した材料で⁵⁾、材料特性の評価は、過去のNEDOプロジェクトで導入した、液体水素雰囲気下材料試験装置⁶⁾、45MPaおよび99MPa高圧水素ガス雰囲気下材料試験装置⁶⁾を用いて実施しており、さらに、神戸工業試験場グループと共同開発した120MPa級の簡易小型高圧水素ガス雰囲気下疲労試験装置を複数台導入しており、疲労特性評価を拡大させる計画である。

住友金属工業株式会社は、高圧水素配管および鋼管から製造される容器に主眼を置き、高圧化や軽量薄肉化に対応するためのより高強度でかつ優れた耐水素脆性を有するステンレス鋼・低合金鋼の開発を担当している。

これら開発鋼は、高圧水素ガス中の各種特性評価を行い、製造条件の影響や、実機器で使用するために必要な溶接施工・冷間加工の影響を把握する計画である。その評価には、高圧水素中低ひずみ速度引張試験 (Slow Strain Rate

Testing、SSRT) 装置⁷⁾を駆使し、さらに、比較データ採取のため陰極チャージ下における低ひずみ速度引張試験装置を活用する。また、配管や容器は内圧変動による疲労強度の確保が安全上最も重要な課題であることから、独自に整備した内外圧疲労試験機・低温用内圧疲労試験装置⁷⁾を用いて、開発鋼の高圧水素ガス環境における疲労特性を評価する。

愛知製鋼株式会社は、高圧水素バルブ・継手用ステンレス鋼に係る研究開発に傾注する。すなわち、水素用機器、システムおよび燃料電池自動車用高圧水素システム等で用いられる高圧水素バルブ・継手等の軽量化、低コスト化 (省資源化) 及び長寿命化を目的として、高圧水素バルブ・継手等に使用するオーステナイト系ステンレス鋼の開発を実施する計画である。その中で、高強度化を目的とした冷間加工仕上げオーステナイト系ステンレス鋼の評価や、長期使用の観点から室温クリープ特性に及ぼす水素の影響評価も実施する計画となっている。

独立行政法人物質・材料研究機構は、難易度の高い高圧水素中試験をより簡便に実施する方法として、独自に発展させてきた「試験片内の微小な空隙に水素を封入する簡便な水素環境下材料試験法」⁸⁾を駆使し、高圧水素雰囲気下における材料評価を実施する。特に、大型の高圧水素ガス環境下材料試験装置では対応困難な、高温 (例えば100℃以上) や低温 (例えば-50℃以下) における高圧水素中の材料特性を評価可能で、大型試験装置で得られたデータを補完する方法として大変期待されている。

上述の各機関担当課題に加え、各種規制緩和あるいは技術標準の策定委員会等に、委員あるいはオブザーバーとして参加し、材料面からの意見を具申し、規制緩和や技術標準制定の実現に尽力中である。また、実際に長期間使用された水素関連機器を調査する機会があれば、適宜参画機関で分担を決めて解析を行い、長期水素環境中で使用したことによる材料の劣化の有無を評価したり、機器製造時の注意事項等の提言を行うことにしている。

このような活動は、前身のプロジェクトから継続して実施しており、過去には、WE-NET高

松水素ステーション解体調査⁹⁾、君津液体水素製造設備解体調査¹⁰⁾、長期使用液体水素コンテナ¹⁰⁾、同液体水素ローリー解体調査¹⁰⁾等の実施例がある。さらに、当然のことながら、水素用材料のシンクタンクとしての役割も果たすべく、得られた成果の積極的な発信や材料を使用するユーザーとの意見交換会も実施し、その要望を研究開発に適宜反映させている。

◇ 研究開発成果例

本プロジェクトは、平成22年10月から開始しており、現在まで約1年余の期間しか経っておらず、特に「開発」を目的とした現行プロジェクトでは、本誌で紹介できる程のまとまった成果には至っていない。そこで、前プロジェクトで得られた成果ではあるが、ステンレス鋼を水素中で使用される際には是非周知頂きたい知見で、かつ現行プロジェクトにおける研究開発の基盤となっている代表的な知見をいくつか紹介する。これらは科学技術誌にも一部紹介されているが、NEDOプロジェクトの成果報告書¹⁰⁾にその詳細が一括して報告されているので参照頂きたい。

オーステナイト系ステンレス鋼の代表鋼種であるSUS304、316系鋼種を中心とした数多くの市販製品や、組成を変化させた鋼種を実験室規模で溶製した素材を用い、最高90MPaまでの高圧水素ガス中にて、引張試験（含むSSRT）、S-N疲労試験、疲労き裂伝ば試験等を実施し、SUS316Lは高圧水

素中でほとんど脆化せず、疲労特性も大気中とほとんど同等であることが確認されている。しかし、全く水素脆化しない、あるいは水素中で疲労特性が低下しないわけではなく、以下の紹介するいくつかの注意点を考慮しておく必要がある。

まず最初の注意点は、「組成・偏析」である。汎用のSUS316Lでは、高価な合金元素であるNi、Moはできるだけその添加量が抑制されており、JIS規格の下限値である12% Ni、2% Moであることが多い。この値は平均組成であり、素材全体が均一にこの組成に保たれていればほとんど高圧水素中で脆化することはないが、実際の工業製品では、特に厚板や太径の棒、管の内面側は、凝固時の偏析で局所的にNiやMoが所定量に満たない部分が混在している。その成分変動は例えばNiではプラスマイナス1%程度にまで及ぶことがある。そして負偏析部は、高圧水素中で機械試験をすると水素の影響を受け、若干の延性低下や脆性破面を呈することがあり、特に低温域での試験でこのような現象は発現しやすい。

図1¹¹⁾は、Ni量、Cr量を変化させたSUS316系の材料を45MPaの水素中で引張試験を行い、脆化の程度を調べた結果である。試験材の組成はNi、Cr以外は一般的なSUS316Lのそれに合わせてある。Niが12%以上含まれていれば室温、-40℃とも脆化はしないが、Ni量が減じると脆化する例が現れ、特に-40℃でその傾向が顕著となる。もちろんNiのみが影響しているわけではなく、本

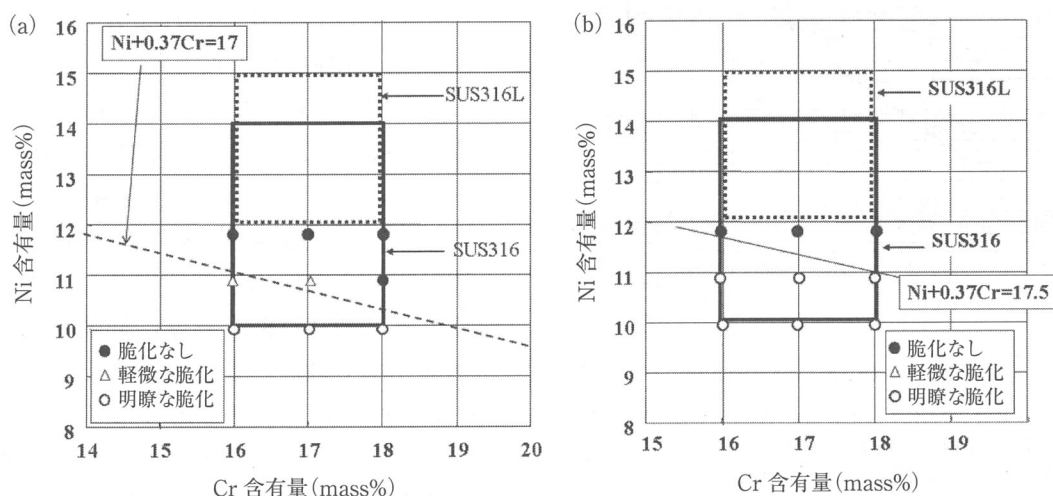


図 1 Ni含有量（縦軸）およびCr含有量（横軸）の異なるSUS316系材料の45MPa水素中における脆化の程度^{10), 11)}。(a) 室温、(b) -40℃。Ni、Cr以外の元素含有量は一般的なSUS316Lと同等。SUS316およびSUS316LのJIS規格範囲も併せて示す。

試験結果では、Ni+0.37Crが一つの指標となっており、この値が17.0%以上であれば室温では脆化せず、17.5%以上であれば-40℃でも脆化を抑制できる。偏析という観点からは、局所的にこのような低Ni、低Cr部が混在すると部分的に水素脆化する場合があることを示しており、実際の厚板製品などでもそれは確認されている。

凝固偏析は製造工程の工夫である程度緩和することは可能であるが、完全な均一化、すなわち偏析のまったくない材料の製造は工業的には困難である。しかし、Niなどの合金元素添加元素量が規格下限値よりも多めに添加されている鋼では、例えばNiが規格下限値の12%よりも1%多い13%添加されているSUS316系材料では、Niの負偏析部でもほぼ12%以上のNi量が確保されており、ほとんど高压水素中で脆化することはないはずで、実際の工業製品でもそれは確認されている。

また、疲労き裂伝ば速度もこの負偏析の影響で加速することがあり、特にNiの含有量が規格下限値(12%)ぎりぎり、かつ偏析を有する厚板等の場合、疲労き裂伝ば速度が加速される場合がある。図2¹²⁾は、図1に示した鋼の中で、約17%の一定のCr含有量でNi含有量の異なる3鋼種の疲労き裂伝ば特性を室温の90MPa高压水素中で評価した結果である。参考材としてSUS316Lの大気

中(高压水素中もほぼ同じ)およびSUS304Lのデータも併せて示す。Ni量がSUS316Lの規格下限値(12%)に近い11.7%の場合、疲労き裂伝ば速度の加速は認められないが、Ni量の低下とともにき裂伝ば速度は速くなっている。実際の工業製品では、局部的なNi負偏析部でこのような現象が起きていることを示している。

第二の注意点は、疲労特性に及ぼす試験周波数の影響である。水素脆性にはき裂先端部への水素の拡散が強く影響していることから、引張試験では歪速度の遅いSSRTを用いて評価することが多い。同様に、疲労試験時の試験周波数が疲労特性に影響する懸念は誰しも抱くところであり、腐食疲労など水素の関与する環境下での疲労特性の評価には、古くより周波数の影響を考慮する必要があることが指摘されてきた。そのためSUS316Lに関しても、高压水素ガス雰囲気下材料試験装置を用いた疲労き裂伝ば試験や、低周波数(長試験サイクル時間)の疲労試験を得意とする内外圧疲労試験⁷⁾にて試験周波数の疲労特性におよぼす影響が調べられ、以下の結論が得られている。

- ・ Niの負偏析など組成の影響を排除した正常な組成のSUS316Lでも、試験周波数が遅くなると疲労特性が低下する。
- ・ ただしその低下代は僅かで、実製品では、偏析の影響や試験条件起因のデータばらつきの範囲内にほとんど埋没する程度である。
- ・ 試験周波数依存性が消失する限界周波数がある。SUS316Lの場合、その限界周波数は0.1~0.01Hzであり、これより遅い周波数では、その依存性はほとんど現れなくなる。

最後に第三の注意点は、多量の水素を吸収した場合の特性である。燃料電池自動車や水素ステーションは、ほぼ室温付近の温度で使用される。厳冬期や予冷方式の水素充填を行っても-40~-50℃程度の温度以上で使用され、水素充填時の温度上昇は現在は85℃程度に抑制されており、急速水素充填で最高到達温度が高くなったとしても100~120℃が上限と考えられている。このような環境下で、水素侵入のバリアとして極めて有効なCr酸化物(不動態被膜)に覆われ、水素の拡散速度の遅いSUS316Lなどのオーステナイト系ステンレス鋼に多量の水素が侵入することは実用的

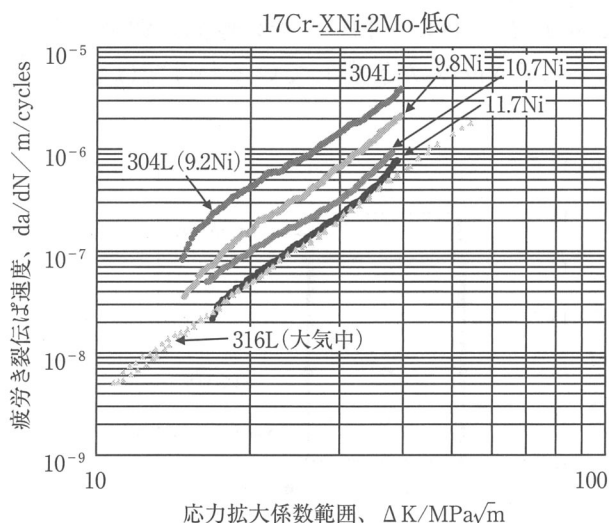


図 2 17%のCrと9.8~11.7%のNiを含有するSUS316系材料の室温、90MPa水素中における疲労き裂伝ば特性^{10), 12)}。Ni、Cr以外の元素含有量は一般的なSUS316Lと同等。1TCT試験片、0.1~1 Hz、R=0.1。SUS316Lの大気中特性(高压水素中もほぼ同等)およびSUS304Lの特性も併せて示す。

な観点からは考えにくい。しかしながら、超長期使用時には、ごく表層部には多量の水素が侵入する可能性がある。そこで、実際に材料に水素をチャージし脆化の程度が調べられている。

ステンレス鋼への水素チャージは、先に述べたように、水素の拡散速度が遅いことから、十分な量の水素を均一に試験片に添加することは難しい。そこで、平行部が $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm} \times 1\text{mm}$ の超小型試験片を用いる等の工夫により、最高1,000ppm程度までの水素をチャージしたSUS304およびSUS316Lの特性が調べられている⁷⁾。その評価結果では、SUS304はわずかに10ppm程度の水素チャージでも脆化するようになり、水素添加量が増えるに従って延性低下の程度は大きくなる。

一方、水素に対する耐性の大きいSUS316Lは、100ppm近くまで延性低下することなく未チャージ材と同等の延性が保たれるが、その限界水素量を超えると脆化する。本知見は、SUS316Lの優れた耐水素脆性を示すと同時に、SUS316Lといえども過度の過飽和水素チャージをすると水素脆化することを示している。ただし、先にも述べたとおり、このような脆化を誘発するような多量の水素が材料中にチャージされることは、通常の燃料電

池自動車や水素ステーションの使用環境ではまずあり得ない。

SUS316Lは上記のとおり水素脆化しにくい材料であるが、水素脆化を抑制する材料技術の開発には、脆化する材料の解析によって得られた知見も重要である。そこで、顕著な水素脆化を示す代表鋼種であるSUS304系ステンレス鋼の評価も数多く実施されており、有用な知見が蓄積されている。図2に示したSUS304Lの疲労き裂伝ば試験結果はその一例であり、90MPa水素ガス中で、SUS316Lに比べ約1桁速い疲労き裂進展速度を示す。破面観察から、SUS304系材料の疲労き裂は母相オーステナイト相と加工誘起マルテンサイト相の界面付近を進展する場合が多く、また、破面上には母相オーステナイト相の $\{111\}$ 面からなる平板状破面が多数生じることが確認されている(図3)¹³⁾。このような破面は、Ni量が12%未満のSUS316系材料の高圧水素中疲労破面にも現れており、その生成機構も提唱されている¹²⁾。

オーステナイト系ステンレス鋼の水素脆化は、 α' 加工誘起マルテンサイトの生成と強い相関があると考えられてきたが、上述のSUS304系材料の疲労破面上に生成した α' マルテンサイトの量

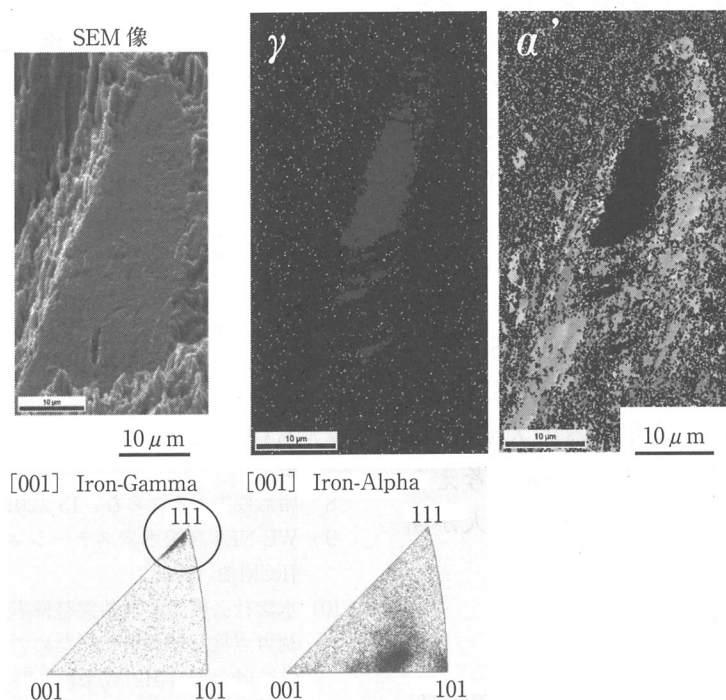


図 3 室温、45MPa水素中で疲労き裂伝ば試験を行ったSUS304L試験片(1TCT)の破面に散見される平板状破面の解析¹³⁾。 $\Delta K = \text{約} 25\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 、 $R = 0.1$ 、 0.1Hz 。左上のSEM像をEBSD解析した γ 相、 α' 相の結晶方位分布を右上に示す。 γ 相は下方のステレオ三角形に示すように $\{111\}$ 面を有している。

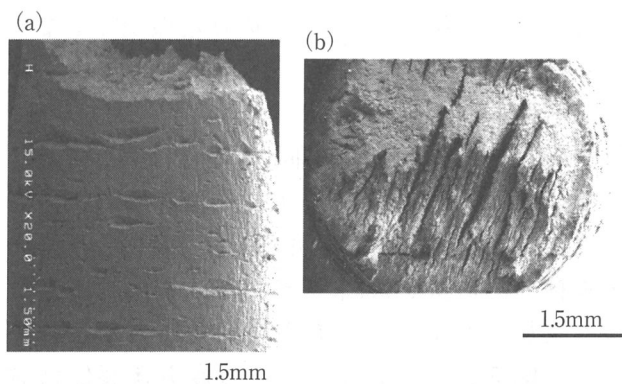


図 4 85℃、45MPaの水素中で引張試験した SUS304Lの破断試料¹³⁾。(a) 破断部近傍の試験片側面、(b) 破面。

はあまり多くなく、また、マルテンサイト相の生成しにくい85℃の45MPa水素中で引張破断させた試験片でも、顕著な延性低下が生じており、図4に示すように水素ガス環境脆化の特徴の一つである側面割れも生じている¹³⁾。一方、この材料の破断試料の破面近傍に生成が確認された α' マルテンサイト相の量は微量であり、加工誘起マルテンサイト相自体が水素脆化を発現させているとは必ずしも断言できない観察結果が近年得られている。

最後に、「開発」を主題とする本プロジェクトに先駆けて、前プロジェクトで評価が開始されたSTHシリーズを紹介する。STHは、「◇ プロジェクトの概要」で紹介したように、希少金属であるNi、Moの使用量を大幅に減らした新しい水素用のステンレス鋼で、その基本鋼であるSTH1は、図5⁵⁾に示すように、高圧水素ガス中でも脆化することなく高い延性を維持する。また、液体水素環境下でも優れた機械的性質（引張、疲労、破壊靱性）を有することが確認されている。現行プロジェクトでは、この高強度版であるSTH2の評価が鋭意進められているが、現在SUS316LやSUS316が使用されている水素用機器の大部分は、この鋼種で置き換えることも十分可能と考えられ、省資源、低コストの観点からもその拡大が期待されている。

むすび

紙面の制約で少数例しか紹介しかできなかったが、「◇ 研究開発成果例」で紹介した成果以外にも、ステンレス鋼を中心に鉄鋼材料の水素ガス環境脆化に関する膨大な重要知見が得られてお

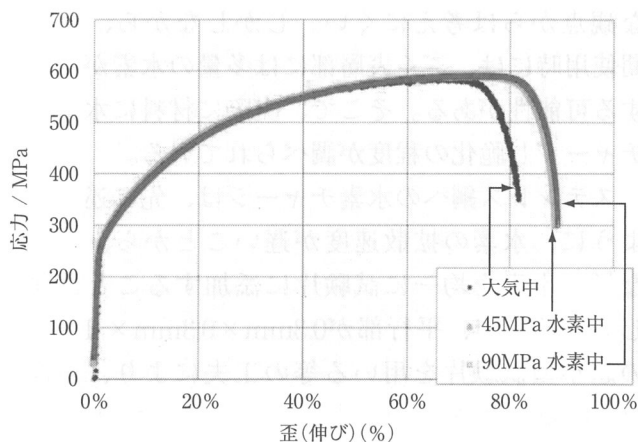


図 5 STH1の室温、高圧水素ガス中における応力-歪曲線⁵⁾。試験片は平行7mmφ、35mm長さの丸棒試験片。

り、詳細はNEDOプロジェクトの成果報告書¹⁰⁾や関連文献を是非参照頂きたい。掲題のNEDOプロジェクトは一昨年10月より開始し1年余が経過したところである。評価設備の充実も進められ、また各研究機関の担当課題も適宜進んでおり、近いうちにその成果が紹介される見込みである。このプロジェクトの成果が、燃料電池自動車を中心とした水素エネルギー社会の実現に微力ながら貢献できることを祈念して結びとしたい。

参考文献

- 1) JARI S001、002 (2004)、自動車研究所
- 2) KHK S0128 (2010)、高圧ガス保安協会
- 3) 高圧ガス保安法 一般高圧ガス保安規則 第7条の3
- 4) 秦野正治、藤井秀樹、大宮慎一；第160回日本鉄鋼協会秋季講演大会シンポジウム「水素脆化研究の基盤構築を目指して」予稿集、(2010)
- 5) 秦野正治、高橋明彦、藤井秀樹、大宮慎一；材料とプロセス、21 (2008) p.1293
- 6) H. Fujii, S. Ohmiya and T. Kayama ; Proc.of 16th World Hydrogen Energy Conf., (2006) CD-ROM
- 7) T. Omura and J. Nakamura ; ISIJ Int. Nat., 52 (2012) 印刷中
- 8) 緒形俊夫；ふえらむ、15 (2010) p.436
- 9) WE-NET高松水素ステーション機器解体調査結果報告書、JRCM他 (2008)
- 10) 水素社会構築共通基盤整備事業-水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発-水素用材料基礎物性の研究 H17-H21成果報告書、NEDO (2010)
- 11) 藤井秀樹、大宮慎一；圧力技術、47 (2009) p.85
- 12) S. Ohmiya and H. Fujii ; ISIJ Int. Nat., 52 (2012) 印刷中
- 13) H. Fujii and S. Ohmiya ; Proc. of 2nd Int. Nat Sympo. on Steel Science, ISIJ, (2010), p.175

3. 環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)

新日本製鐵(株) さいとうこうじ
製鉄研究開発部 齋藤公児

まえがき

本プロジェクトは、H20年7月22日付けで独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構殿より、「環境調和型製鉄プロセス技術開発」に係わる採択を受けたものである。これは、JFEスチール、住友金属工業、神戸製鋼所、日新製鋼、新日鉄エンジニアリング、新日本製鐵の関係6社でCOURSE50プロジェクトとして応募した結果である。

鉄鋼材料の今後の需要増大や求められる要求機能等から、2050年においても一定量の高機能鋼材を鉄鉱石の還元により製造する必要がある。このため今回長期的な研究開発プログラムとして、鉄鉱石還元の原点に立ち返った抜本的なCO₂削減技術の開発に取り組むこととしている。

一つは、炭素を用いて還元する際に発生するCO₂無害化技術である。高効率CO₂吸収剤の開発や、パイロットスケール設備による実評価、未利用廃熱の吸収液再生への適用技術の開発等により、高炉ガスからの効率的なCO₂分離回収技術の開発に取り組む予定である。

他方は、炭素以外の還元材として水素を活用した技術開発である。水素還元技術は、少し中長期の革新研究開発になるが、還元のメカニズムなどの基礎研究に着手するとともに、当面の水素供給ソースとして、副生ガスからの水素増幅技術も視野に入れて検討を進める予定である。

いずれの研究も、基礎検討及びパイロット規模試験からの取り組みであり、開発に長期間を要することから、業界としても大学や各種研究機関を含めた関係先の協力を仰ぎつつ、できるだけ前倒しで開発を推進していく予定である。また開発の目標値についても、当初計画レベル(30%)の更なる削減に向けた検討を併せて実施していく予定である。一方、こうした開発成果の実用化に際しては、分離回収したCO₂の貯留・モニタリング技術

や、CO₂負荷の低い水素や電力の供給など社会基盤の整備が不可欠であると考えている。また、こうした革新的技術開発活動は、2003年からWSA(World steel Association)の場で情報交換や議論が盛んに行われており、引き続き世界鉄鋼業としての開発の促進を図るとともに、欧州での同様の開発プロジェクトとは、更に深い連携を進めている。日本が、世界鉄鋼業として取り組む地球温暖化抑制へ向けた革新的プロセス技術開発に積極的に参画するのは先進国の責務だと思っている。以下、本プロジェクトの概要と目標を説明し、同時に現在までの主な進捗等にも解説する。

◇ 本プロジェクトの全体概要

我が国の鉄鋼業についてみると、製鉄技術は既に世界最先端の水準にあり、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達しているため、ポスト京都議定書で提唱される世界規模でのCO₂削減を実現するためには革新的な製鉄プロセス技術の開発が必要とされている。これを受けて、「環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50: CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking process by innovative technology for cool Earth 50)」を行うものである。平成19年5月に発表された地球温暖化に関する総理のイニシアティブ「美しい星50(Cool Earth 50)」においても、示された三原則のひとつとして「省エネなどの技術を活かし、環境保全と経済発展とを両立させること。」が提言されており、「革新的技術開発」の一例として本技術開発が位置付けられているところである。本技術開発は、上記のイニシアティブを踏まえて経済産業省が平成20年3月に策定した「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」においても、「重点的に取り組むべきエネルギー革新技术「21」」に位置付けられているものであり、環境安心イノベーションプログラム及びエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施するものである。

本技術開発においては、革新的な製鉄プロセス技術の開発を目的としてコークス炉の800℃の未利用廃熱を利用しコークス炉ガス（COG）の水素量を増幅する改質技術を開発するとともに、水素を用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。さらに、高炉から発生する高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術の開発を行うとともに、製鉄所の未利用排熱活用拡大による鉄鋼業のCO₂削減に寄与する技術開発を推進する。この概念を図1に示す。これらの技術

開発をフェーズⅠ（平成20～24年度（5年間））及びその後のフェーズⅡ（パイロットレベルの総合実証試験）を経て、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能

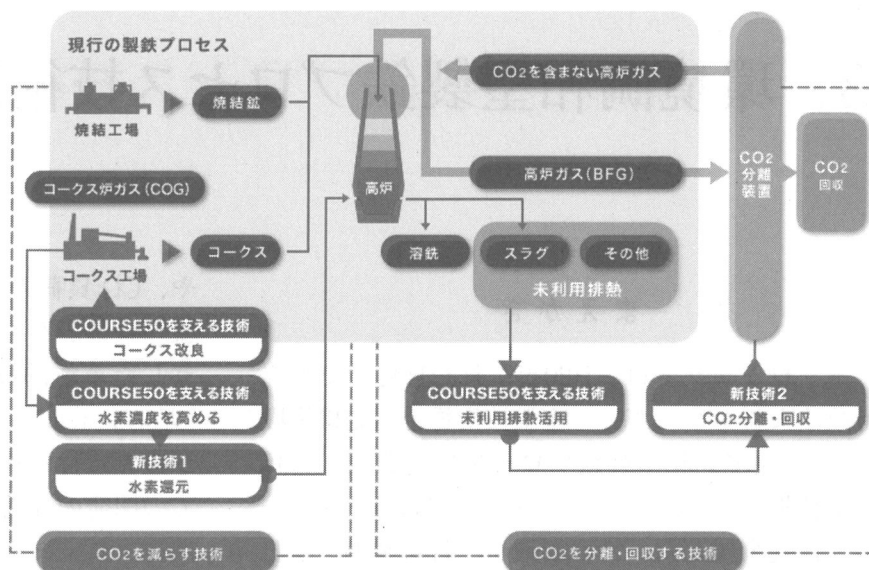


図 1 COURSE50の全体の概念図

にする技術の確立に資する。

○事業概要

本技術開発（フェーズⅠ）では、CO₂発生量を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスの

サブテーマ			内容
1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	1-1	水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発	COG改質ガスの高炉吹き込み最適プロセスの検討
	1-2	還元特性評価技術開発	COG改質ガス多量利用技術開発（鉄鉱石還元特性評価、熱補償技術開発等）
	1-3	高炉シャフト還元ガス吹き込み時の高炉プロセス評価技術の開発	鉱石の低温還元・粉化挙動を考慮した高炉還元ガス循環によるCO ₂ 削減効果の予測
2	COGのドライ化・増幅技術開発		触媒を用いた高温COG改質技術開発
3	水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発		高性能粘結材を用いた高強度・高反応性コークスの製造技術開発
4 CO ₂ 分離・回収技術の開発	4-1-1	化学吸収パイロットプラント技術開発	30ton/D試験設備とプロセスシミュレーションによるエンジニアリングデータの取得
	4-1-2	化学吸収液技術開発	分離回収に必要な熱量が小さい革新的な吸収液の開発
	4-2	物理吸着技術開発	高炉ガスからの物理吸着法によるCO ₂ およびN ₂ 分離技術開発
	4-3	分離技術総合プロセス技術開発	分離回収技術と排熱有効利用技術の総合プロセスとしての最適化
5 未利用顕熱回収技術の開発	5-1	未利用顕熱・排熱活用技術開発	未利用顕熱調査、活用技術開発 有望シーズ評価結果を踏まえ、フェーズⅡへの指針を提示する
	5-2	製鋼スラグ顕熱回収技術開発	熱回収可能なスラグ製品の安定製造と熱回収効率の最大化
	5-3	排熱回収適用技術開発	低位熱発電システムの適用拡大
6	製鉄プロセス全体の評価・検討		各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性と全体調整、製鉄所全体の総合的評価・検討

開発を目指し、各要素技術の開発を中心に進めるとともに、製鉄所における現状の全排出レベルに比較して総合的に約30%のCO₂削減可能な技術の確立を目指し、各要素技術を統合したパイロットレベルの総合実証試験を行うフェーズⅡにつなげていくために下記の項目を目標とする。

①高炉からのCO₂排出削減技術開発

- ・CO₂削減のため高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する（サブテーマ1：鉄鉱石還元への水素活用技術の開発）。
- ・コークス炉の800℃の未利用廃熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス（COG）改質技術を開発する（サブテーマ2：COGのドライ化・増幅技術開発）。
- ・水素還元高炉用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する（サブテーマ3：水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発）。

②高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術開発

- ・高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う（サブテーマ4：CO₂分離・回収技術の開発）。
- ・製鉄所の未利用廃熱活用拡大によるCO₂分離回収エネルギー削減（鉄鋼業のCO₂削減）に寄与する技術開発を推進する（サブテーマ5：未利用顕熱回収技術の開発）。

③製鉄プロセス全体の評価・検討

- ・「高炉からのCO₂排出削減技術」、「高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術」が約30%CO₂削減にどの程度寄与するのかを明確にし、各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体調整を行う。
- ・製鉄所全体についての総合的に評価・検討を行い約30%のCO₂削減の可能性をより明確化する（サブテーマ6：製鉄プロセス全体の評価・検討）。

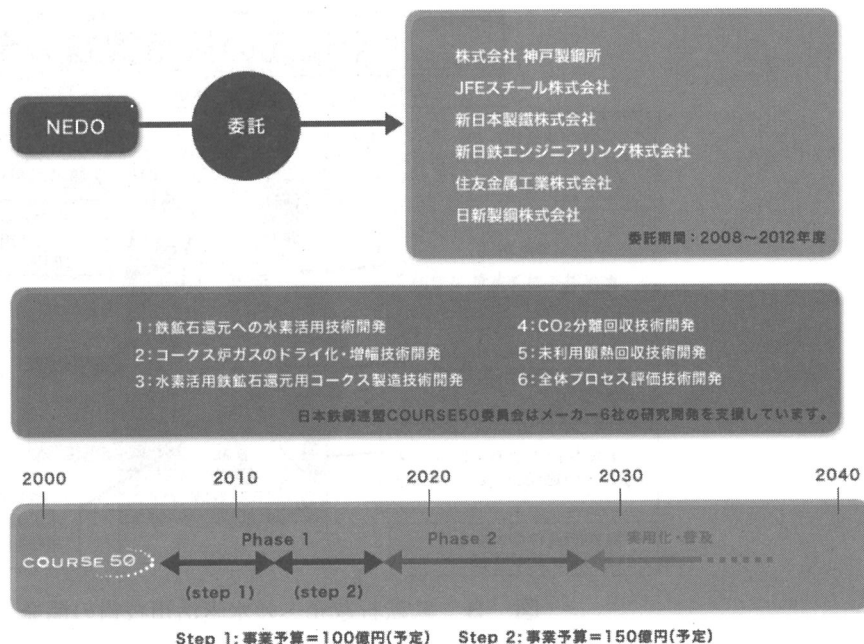


図 2 体制と大まかなスケジュール

本プロジェクトの特徴の一つにこのサブテーマ6がある。これは、各サブテーマの結果を元に、参加会社の英知を結集して全体最適化を提案し、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能にする技術の確立に資することを狙って設置されている。

本プロジェクトの体制と大まかなスケジュールを図2に示す。本プロジェクトの実用化は2030年頃を念頭に置いて、研究開発に現在取り組んでいる。

◇ 具体的な進捗

1. 高炉からのCO₂排出削減技術開発

この研究課題は、まさに参画各社以外での実行できない分野であり、参画各社が図3のような多くの課題を分担して取り組んでいる。その中で、本研究では、水素を多量に含有する改質COG（組成はCO 30%、H₂ 60%）を高炉で利用した場合の、高炉内鉄鉱石還元挙動（炉下部、炉上部）を明らかにするとともに、鉄鉱石還元粉化検討、炉上部での熱補償検討、高炉内の局所的な挙動の評価（モデルによるシミュレーション）を行い、CO₂排出量削減について定量的に検討することを目的とする。また改質COG（H₂：60%、CO：30%）を高炉利用した場合の製鉄所エネルギーおよびCO₂収支評価システム構築する。具体的には、改質COGを利

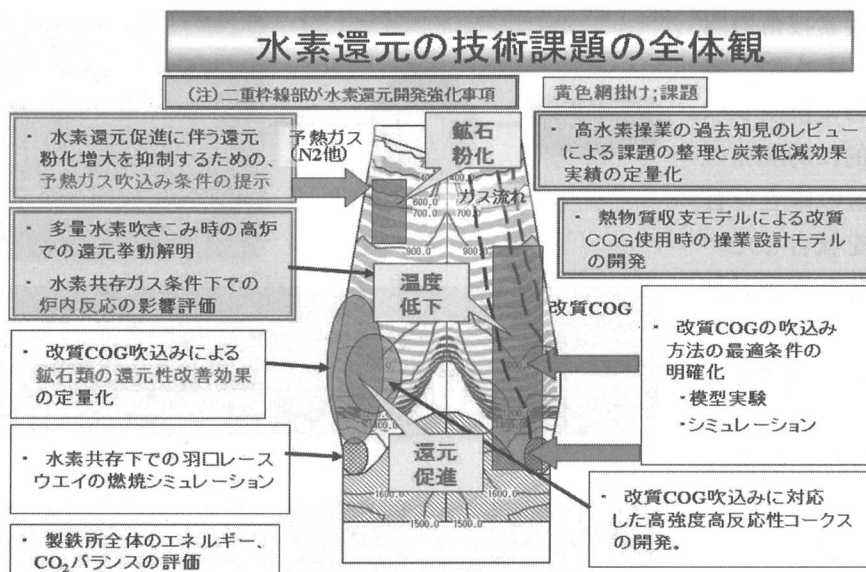


図 3 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発の全体感

用することを前提に、熱物質収支数式モデルに基づく、エネルギーおよびCO₂収支評価システムを構築し試算を行い、改質COG利用有無の違い等の一般的な傾向を調査することも狙いである。

2. 高炉ガス (BFG) からのCO₂分離回収技術開発

近年、中長期的な地球温暖化対策の有力手段としてCCS (Carbon Capture Storage) 技術が注目されている。そのCCS技術開発の一環として火力発電所の燃焼排ガスを対象に二酸化炭素を分離回収する技術開発が世界各地で始まっている。その技術開発の中心は、化学吸収法の吸収液性能向上 (再生熱量の低減等) であり、RITE (財地球環境機構) でも還元性常圧ガスであるBFGを対象に、吸収液の基礎開発が行なわれてきている。

しかし、CCSは省エネとは異なり、「それ自体に経済的インセンティブがない」、「実行に際しては多大なエネルギーが必要となる (増エネ)」といった課題があり、実用化に向けて「従来手法を越えた化学吸収液の開発 (本プロジェクトの別の研究開発テーマ)」に加えて「製鉄プロセスとの統合 (廃熱利用や動力等のエネルギー直接回収: 本プロジェクトでの別課題: 後述)」を図ることで、更なる投入エネルギーの削減とコストダウンを実現することが肝要である。

また、燃焼排ガスと異なりBFGから二酸化炭素を分離回収する場合、「二酸化炭素濃度が高い」、「二酸化炭素の量が多く年間を通じて安定してい

る」といった利点がある一方で、オフガス (残ガス) を製鉄プロセスに戻して利用するため、二酸化炭素分離回収が製鉄プロセスに及ぼす影響を十分に調査しておく必要がある。

そこで本技術開発では、パイロット規模の化学吸収試験設備や数種類の高性能吸収液等を用いて、主としてBFGから二酸化炭素を分離回収する試験を実施、定量的なエンジ・データを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価すると共に製鉄プロセスとの統合モデルを検討、全体システム評価・検討の中で実用化時の二酸化炭素削減ポテンシャルや分離回収コスト低減効果 (消費エネルギー低減効果) を評価することが狙いであり、小型試験設備 (1t/D規模) での実験とともに、図4のような熱自立可能な試験設備として30t-CO₂/d規模の化学吸収試験装置開発・建設 (H21年度末に完成) し、現在はそれを用いて、数種類の高性能吸収液使用時におけるヒートバランス等のエンジ・データを定量的に把握を実施中である。

また化学吸収液の開発においては、市販されているアミン類の性能評価とそれらの混合液による最適化が図られてきたが、そのようなアプローチでは吸収液性能の大幅改善には限界が見えつつある。そこで、本技術開発においては過去の様々な開発経過も踏まえつつ、RITE殿のご協力の下、アミン類の新規合成や触媒等の添加剤も視野に入れることにより、再生熱量を大幅に低減し、総合

試験設備の外観

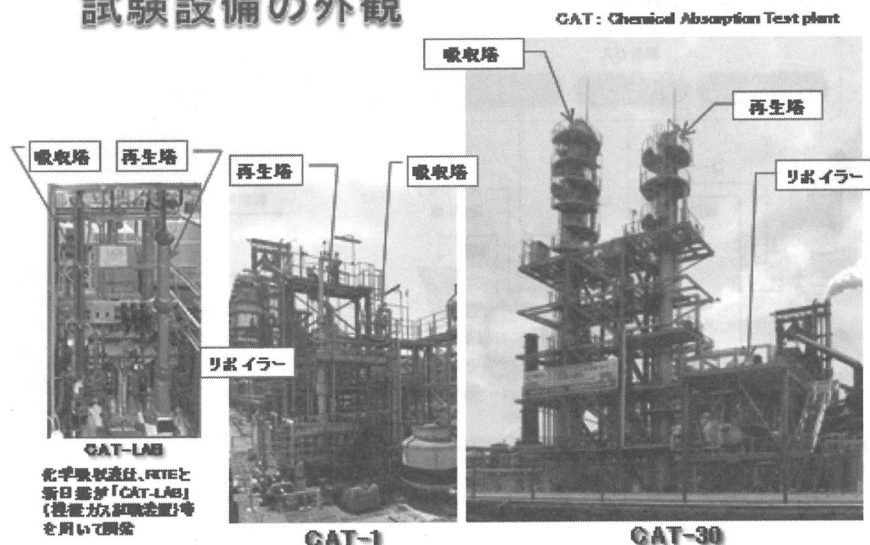


図 4 建設し稼働中の30トン／CO₂・日の処理能力を持つ化学吸収プラント

的に吸収特性に優れた吸収液の開発を実施している。従来この分野では適用されることが少なかった量子化学計算をはじめとする計算化学手法を用いて、吸収液成分と二酸化炭素の反応支配因子を電子レベルで解明し、実験研究に対する有効な指針を示すことにある。さらに、既存アミンのデータベースをもとに、ケモインフォマティクス（多変数回帰モデル解析）により高性能アミン化合物およびアミン混合物を設計する手法も採用し、計算化学による理論的なアプローチと相補的に活用することを目指している。

また化学吸収法だけでなく、物理吸着法により、高炉ガスからCO₂を分離回収するとともに、N₂をも分離することにより、(CO+H₂)である可燃ガスの価値を高めることを目指した取り組みを平行して実施している。特にこれらの高炉ガス中各成分の「総合的な分離条件」を検証し、商用機のための開発課題を明らかにすることを目的とし、圧力スイング方式（以下、PSAと記す）を主体に研究開発を進める。この方法では、昇圧によって特定のガス成分を吸着材に吸着させ、減圧によって吸着させたガス成分を吸着材から離脱させる。これを繰り返すことによって、ガス成分を分離している。従って、昇圧と減圧のプロワー動力（電力）が分離コストの大半を占めており、この低減が重要になり、まずはラボ装置試験では、先ず既存の吸着材の中から優れた吸着材を選定し、それらを

使って開発目標に示す条件を個別に満足する分離プロセスの条件を明らかにした。この結果を基に、図5に示すような3トン／日レベルのベンチ装置試験を建設し、コストを評価指標として総合的な分離条件（CO₂回収率、回収CO₂濃度および可燃ガス（CO+H₂）回収率のプロセストータルとしての最適値）を検証し、商用機のための開発課題を明らかにしている最中である。最終的には最大の効率と適正な規模を実現するために、化学吸収と物理吸着を組み合わせた総合システム化も視野にいたれた研究を進めている。

製鉄所排熱をCO₂の分離・回収に活かす高炉ガスからCO₂を分離・回収処理するためには、蒸気

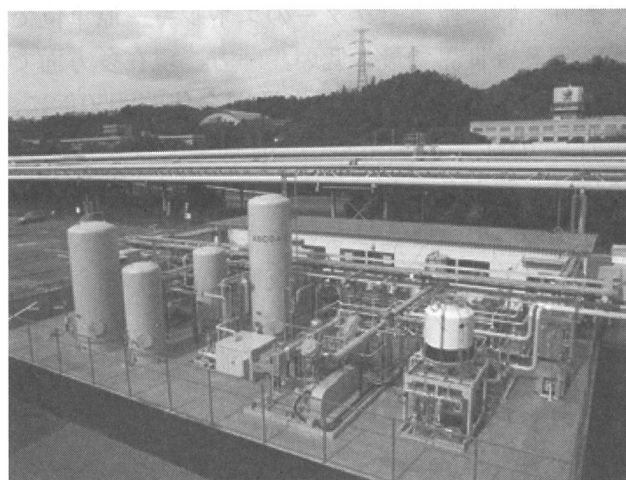


図 5 完成した3トン／CO₂・日の物理吸着実験装置

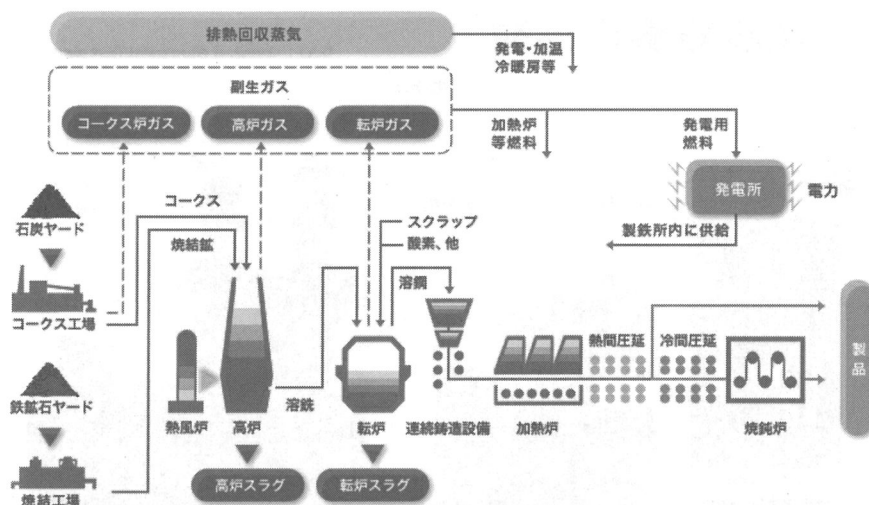


図 6 製鉄所内での排熱の回収の現状

や電力などを新たに必要としている。これらを外部より調達すると、そのエネルギーを生み出す場所でCO₂が発生することになる。そこで、本開発では、これらのエネルギー源として、これまで技術面または経済面で利用困難とされてきた、製鉄所内での未利用の工場排熱を積極活用するテーマを取り上げ、具体的には、以下の技術開発でブレークスルーを目指している。①スラグ顕熱回収技術開発、②カーリーナサイクル発電技術開発、③PCM（潜熱蓄熱材）の利用、④ヒートポンプの利用がある。現在の製鉄所内での排熱回収の現状を図6に示す。

むすび

日本は世界トップレベルの低炭素経済の実現に向けた省エネルギー策を既に継続して展開しており、特に産業セクターのエネルギー原単位でも鉄鋼業は世界で最も低い。一方、現在多方面で議論されているように、先進国全体が2050年に、現行より60～80%ものCO₂削減を実行に移すためには、鉄鋼業にとって今までの省エネ削減策の延長線のみでは答えはないと考える。そこで本プロジェクトのような革新的技術を活用したシステムによるパラダイムシフトも求められるのである。本プロジェクトは既に説明したように、多くの技術開発の結集であり、その実現のためには多くの課題がある。

本プロジェクトはコアの部分と色々な周辺を組み合わせる必要がある。コアの部分は

高炉の水素還元等でまさに鉄鋼業の我々しか出来ないものである。ここは前倒しを含めてきちんと実施していく必要があると考える。またそれを支える周辺の部分は、他分野の知見も積極的に導入し、確実に実施しようと考えている。またこのような多くの技術の結集であるため、全体システム設計が非常に重要であり、参加会社の英知を結集して全体最適化を提案し、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能にする技術の確立に資することが最終ゴールとして、様々な施策を展開していく予定である。

平成20年の7月以降、各サブテーマのフォロー会議をCOURSE50委員会の委員長、副委員長の両名及び経済産業省やNEDOのご参加の下、1ヶ月に一度の頻度で開催し、進捗管理をきちんと実施している。同時に2ヶ月の一度の企画運営会議でプロジェクトの方向性の議論やULCOS（欧州で進んでいるCO₂削減のプログラム）との提携、対外報告のあり方等の取りまとめを実施している。更に、2ヶ月に一度の全体システム評価・検討WGで、各サブテーマとは別に様々な視点での最適化検討ができる体制を構築し、取りかかっている最中である。スタートから3年を経過し、関係部門の強い応援とご指導を受け、また参加各社のご協力を更に深めて、研究開発をスケジュール通りに推進していく予定である。なお、本プロジェクトのHPは以下のURL（<http://www.jisf.or.jp/course50/index.html>）であり、是非ご覧になっていただき、ご意見を賜れば幸いである。

“特集”編集後記

今回は、「わが国の技術開発プロジェクトと特殊鋼」と題し、国の先導する鉄鋼、特殊鋼に関する技術開発の紹介をする特集といたしました。本特集は、初めての試みであり、企画段階から、最先端の技術開発の話のため、執筆いただく内容が技術的に難解になってしまわないか、プロジェクト遂行中の開発案件であり、執筆いただけるのかと懸念しておりました。編集委員会でのご意見として、重要技術キーワードの解説をつけ、なるべく平易な表現でのお願いをする。また、プロジェクトへ参画している会員鉄鋼メーカ各社からの強力な執筆のお願いにより、なんとか取りまとめることが出来ました。はじめに、お忙しい中、本特集にご寄稿いただいた皆様方、企画・編集にご協力いただきました関係者の方々に、厚くお礼を申し上げます。

内容のほうですが、Ⅰ章では総論として「我が国の鉄鋼に関する技術開発の方向・展望」について経済産業省製造産業局鉄鋼課製鉄企画室殿に執筆願いました。日本の鉄鋼業の強みと弱みを理解した上で、国の施策として展開している技術開発プロジェクトについて、記述いただきました。ま

た、その中で技術戦略マップの構成と具体例についても紹介いただき、国の施策の考え方の一端が理解できます。Ⅱ章では、「鉄鋼、特殊鋼に関連した国の技術開発プロジェクト」として三つの技術開発プロジェクト「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発－水素製造・輸送・貯蔵システム等に使用する金属材料開発、および国際標準化・規制見直しに資する評価試験法の開発、材料データの取得に係る研究開発－」「環境調和型製鉄プロセス技術開発」について紹介して頂きました。これらは、今、まさに技術開発中のテーマであり、最新の成果も含まれています。平易な記述をお願いしましたが、専門性の強い部分で難しい内容、表現もあったと思いますので、その点はご容赦願います。

最後に、本特集の編集刊行にあたり、若い技術者、営業の最前線の方が、わが国の鉄鋼技術戦略から施策として展開された、技術開発プロジェクトの詳細を理解していただき、それぞれの業務に活用いただければ幸いです。

〔愛知製鋼(株) 技術企画部 福井 康二〕

(社)特殊鋼倶楽部 新年賀詞交換会開催

～ おもしろい戦略ストーリーを我々みずからの手で ～

(社)特殊鋼倶楽部の新年賀詞交換会は、去る1月5日(木)10時より東京・ホテルニューオータニ“鶴の間”にて開催された。

当日はメーカー、商社、流通業界など業界関係者約800名が出席した。

挨拶に立った嶋尾会長は「おもしろい戦略ストーリーを我々みずからの手で」と強調した。

続いて、経済産業省製造産業局 上田局長が来賓を代表して祝辞(別掲)を述べ、高橋副会長の乾杯の音頭の後交換に移り、盛会のうちに散会した。

以下に会長挨拶及び祝辞を掲載いたします。

嶋 尾 会 長 挨 拶

新年明けましておめでとうございます。新たな年の初めを皆様とお祝いするとともに、昨年、東日本大震災で被災された会員企業の皆様方に改めてお見舞いを申し上げます。大変ご苦勞なされた1年だったと思います。

さて、本日は、平成24年特殊鋼倶楽部賀詞交換会にこのように多くの会員の皆様にお集まりいただきました。大変ありがとうございます。また、ご来賓として経済産業省製造産業局、上田局長様、同じく鉄鋼課塩田課長様はじめ、皆様にもご出席を賜りまことにありがとうございます。

私ども特殊鋼倶楽部は、昭和27年5月に設立されました。今年でちょうど60年ということでもあります。人間でいえば還暦に当たりますが、節目の年にこの賀詞交換会の会場もくしくも新しくホテルニューオータニとなりました。さらに、平成24年度末をめどに現在の社団法人から一般社団法人へ切りかえていくことになろうかと思っております。当倶楽部会員各社におかれましては、何とぞご理解、ご支援を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

さて、昨年、2011年は21世紀最初の10年が終わり、次の10年間の始まりの年でありました。08年に世界経済を震撼させたリーマン・ショックの傷も癒

やされつつあり、まさに新たな10年の始まりと期待をしておりました。しかしながら、まさかこの10年がそのような大天災で始まるとは夢想だにしませんでした。大地震、大津波に始まり、原発事故、それから計画停電、夏の大規模な節電、超円高と立て続けに起こる困難に我々日本の産業界は呻吟し、あげくの果ては日系企業が多く進出しておりますタイでの大洪水ということで、まさに終わりなき苦行といった感じがいたしました。

特殊鋼業界にとりまして、直接被災された企業やお客様も数多く、中には事業再開を断念されるというケースも耳にいたしました。また、お客様の生産中止や減産ということで、我々特殊鋼産業自体も極端な生産調整を実施いたしましたわけであります。震災を機に海外進出や素材現調に傾き始めたお客様の動きは、その後の超円高も加わりますます加速しております。

国内に生産基盤を置く産業として非常に深刻な事態となっております。実際、2011年の特殊鋼生産は、熱間圧延鋼材ベースで2,025万6,000トン、前年比マイナス3%程度となりそうであります。4-6月期で大幅な減産を実施いたしましたけれども、夏以降の急速な立ち上がりで、結果としては大きなマイナスとはなりません。しかしながら、実際には数字には見えない



嶋 尾 会 長

激しい変化と厳しい経営環境にあると認識しております。

その中でも昨年の一連の出来事は、特殊鋼業界にとって決して負の側面だけではなかったと思っております。半導体に代表される自動車部品サプライチェーンの毀損は、震災後、素材供給問題として大きく世界に発信され、結果として日本の素材産業がいかに世界経済に重要な役割を果たしているかを浮き彫りにいたしました。

政府の東日本震災復興基本方針の中でも、供給網の中核分野となる代替がきかない部品、素材分野という文言があらわされております。また、タイの洪水においても日本の素材、部品産業が世界のハードディスクやパソコン生産の趨勢を左右しており、改めてそのことを再認識させられております。

特に最終消費財まで足の長い特殊鋼

産業は、その裾野の広さが際立っており、これまで特殊鋼業界が国内でその競争力を維持・強化することにより、国内中小企業を中心とした部品サプライチェーンの競争力の下支えをしてきた、そういう構図にあると見ております。足元の円高による我が国の産業空洞化がもたらす国内需要の減退と、東アジア全域での需要拡大という不均衡な局面においても、引き続き世界競争に勝ち残る確固たる地位、確固たるブランドを築き上げるため、私ども特殊鋼ミルとしましては、国内にて東アジア全域をにらんだ技術開発と設備投資によるプロセス改革を進めているところでございます。

また、既に完全に国際競争にさらされておりますステンレス鋼業界では、ミルの再編による構造改革が新たに始まろうとしております。こういう時代認識の中で、今後国内需要が縮小、不安定になっていく可能性の高い商品に関しましては、その国内流通機能についても今後何らかの構造的な対応が必要になってくると感じております。

また、今回の震災では、企業のリスク対応のあり方についても一石が投げられました。

停電回避で西日本にシフトした企業が、原発停止による電力制約を受けたり、慌てて海外移転を進めた企業がタイの大洪水に見舞われるという決し

て笑えない話もあり、世界中で多様化する自然環境リスクや地政学的リスクへの対応は、何が正解か非常に見えにくくなっております。変化が常と化した時代だからこそ、その変化に対しても揺るがぬ信念と長期ビジョンを持って対処することが求められているのではないのでしょうか。

昨年、ベストセラーとなった経済書の中に、一橋大学大学院教授の楠木建先生の書かれた『ストーリーとしての競争戦略』という本がございます。既に読まれた方も多くおられると思いますけれども、この中で「おもしろくて思わず人に話したくなる戦略」という言葉が出てまいります。しょせん正解のない未来であるならば、みずから考えた道を進んだほうが納得できます。

世界経済がワンワールドになってしまった今、次の時代を開くイノベーションへの道は、周りの人に左右されない自分だけのストーリーの中にあると思います。例えば、イノベーションという単純な技術開発競争の中にだけあるように思いがちですが、昨年、残念ながらお亡くなりになったアップルのスティーブ・ジョブズは、パソコン、携帯電話の高機能化という世の中の趨勢に逆らい、機能を捨て、極限までデザインのシンプルさと美しさを求め、真のイノベーションを果たしました。このように、大きなリスクを背

負ってもあるべき姿を追求していくことこそ必要なのだと痛感いたしております。

さて、政府の今年度経済見通しは、震災復興需要による押し上げ効果を期待して、名目2%、実質2.2%の成長を見込んでおります。昨年末に鉄鋼連盟より2012年度の粗鋼生産見通しが発表されました。2011年度は、前年度より400万トンほど少ない1億600万トン程度、12年度は2年連続の前年割れ、1億トン強の水準と見込んでおります。

昨年は想定外という言葉もはりました。今年、またどのような出来事が起こるかは想定できませんけれども、この2年連続前年割れという鉄連の見通しは、我が国鉄鋼業界にとっては何らかの構造的リスクを想起させるものかもしれません。しかしながら、起こるリスクをプラスに変えるようなおもしろい戦略ストーリーを我々みずからの手で描いていこうではありませんか。与えられた試練を前向きにとらえ、それを乗り越えていくことが日本素材産業のさらなる競争力につながると確信いたしております。

最後に、特殊鋼倶楽部会員各社様のますますのご発展と本日ご臨席の皆様のご健勝を祈念いたしまして、私の挨拶といたします。本日は、まことにありがとうございました。

経済産業省製造産業局 上田局長 祝 辞

皆様、明けましておめでとうございます。ご紹介いただきました、経済産業省の製造産業局長をやっております上田と申します。本日は、こういうおめでたい席にお招きいただき、ほんとうにありがとうございました。大変、僭越ではございますけれども、ご指名でございますので、一言ごあいさつを申し上げたいと思います。

振り返ってみれば、やはり昨年はほんとうに大変な年だったなと思います。製造業受難の年だったのかと思います。六重苦という言葉がありますが、

円高空洞化、地球環境問題、労働問題、さらにはタイの洪水まで入れて七重苦とおっしゃる方もおられましたけれども、製造業にとってこんなに大変な年は、正直ここ何十年かの間なかったのではないかと思うわけであります。

こういった中で、皆様方におかれましては、洪水のさなか、大変ご活躍をいただきまして、改めて日本の競争力がこの特殊鋼分野、あるいは素材分野、あるいは部品の分野というところにあるということを世界にお示しをいただいたという意味で、大変な苦勞の中で



経済産業省製造産業局 上田局長

も1つの方向性を示すことができた、そういう年であったのかなと思う次第であります。

さて、今年はいかなる年になるのかというのは、非常に難しい課題でございます。多くの方がなお不透明なことを言われますけれども、何となく、全く私が個人的に思うのは、今ものすごく世界が、経済も社会も大きな、歴史と社会の転換期にあるような、そういう時期に入りつつあるのかなと思うわけであります。

ご案内のとおり、ヨーロッパ経済は大変な状況でありまして、今や、EUという組織、システムそのものが問われる状況に陥ってきております。また、アメリカもリーマン・ショックからなかなか立ち上がれないで、ジャパナイゼーションと、これはあまりありがたくないんですが、そういう言葉もささやかれるようになってきております。さらに、アラブの春に見られますような新しい民主化の動きといいますが、そういう動き。さらに、ウォールストリートのデモ。今の社会経済システムに対する何らかの異議申し立てみたいなものが、世界各地に起こりつつある状況であります。

今年はまだ選挙の年でもありまして、アメリカの大統領選挙、ロシア、

フランス、韓国におかれても選挙というのが予定されております。我が国も大変難しい状況にありますけれども、私一つ思うのは、この六重苦で苦しいのはやまやまではありますけれども、よく考えてみると、どこの国も大変今苦しい状況におかれているわけでありまして、ドイツ経済がいいと言いますが、政治的には今ドイツは大変難しい状況にあります。ものすごい大きな貧富の差を抱える中国が、これからどのように経済発展をしていくのかというのも、世界経済にとって大きな課題であります。

日本は確かに借金も多いし、六重苦で苦しんでいるのは事実でありますけれども、その中でポテンシャルの高い労働力、技術力、ネットワーク力、資本力、さらに言えば、安定した社会保障システム、安定したシステムを守っているわけでありまして、私は、非常に相対的に見た場合、この国の今年のポテンシャルは決して低くないのではないかと考えている次第であります。復興需要というのがありますが、この需要をぜひ将来の成長に変えていく、また、世界が大きな転換期を迎える中で、もしかすると歴史家はこの数年間を世界史の中でのパラダイムシフトの年であるという可能性すらあると思

いますけれども、こういった中で何とか新しい時代を切り開いていきたいと思う次第であります。

今年が辰年ということで、辰といっても、腹が立つようなことばかりではよくないし、達観してて、立つ瀬がないような六重苦で、そんなことばかり言ってもしょうがないわけでありまして、別な辰もあるわけでありまして、例えば受けて立つとか、背負って立つとか、奮い立つとか、色めき立つとか、さまざまな立つがあるわけで、そういう立つを目指して頑張っていただければと思うわけでありまして、また私ども政府もそれに向けて努力をしないといけないと思うわけでありまして。

今年は、日新製鋼さん、あるいは日本金属工業さんの統合も予定されております。こういう新しい時代に向かって、ここにいらっしゃる、何といたしまするか、熟達の方の達人の皆様方がご努力をいただければ、新しい沸き立つような日本経済が想定されるのではないかと思います。この特殊鋼業界が日本経済にそそり立つような、新しい辰年を迎えることを祈念いたしまして、私の挨拶とさせていただきますと思います。本年もどうぞよろしくお願いいたします。



会 場 風 景

業界のうごき

浅井産業、インドネシア 駐在員事務所、現地法人化

浅井産業は、12年4月をめどにインドネシア駐在員事務所を現地法人化する方針だ。日系ユーザー対応を強化するのが狙いで、中期的には特殊鋼棒鋼を皮切りに現地に物流・切断加工拠点を構えることも視野に入れる。浅井タイでは、ハイテック工業団地内の倉庫が洪水被害を受けているが、今後の需要家ニーズを踏まえて物流拠点の復旧・整備を進める方針。

また海外事業の拡充を進める一方で、国内では鍛造など部品加工メーカーと資本提携し、素材や部品も扱う川下展開を強化していく。

インドネシア事務所は顧客ニーズの収集・分析を行い、将来の事業展開策を検討するため、5月に開設。タイ現法はエアコン関連、半導体関連がメインだが自動車関連の取引も増えている。特殊鋼・非鉄金属の川下展開は継続的な施策であり、鋳物製品の機械加工や販売を行う浅井ショーワとのシナジーも追及する。

(11月15日、鉄鋼新聞)

伊藤忠丸紅鉄鋼、ロシアに 自動車鋼材販売会社を設立

伊藤忠丸紅鉄鋼は、ロシアのモスクワ市に自動車用鋼材の販売会社を主とした100%出資の販売会社「MI Auto Steel (仮称)」を設立すると発表した。現在、同社はモスクワ支店を拠点とし、エネルギー関連鋼材を中心として営業支援活動を行っているが、今後の需要拡大が見込まれる自動車向けに特化した販売会社を設立する。設立予定は12年1月。

現在、ロシアにおける自動車の生産台数は約200万台。15年度には250万台近くに達すると見込まれる。

伊藤忠丸紅は、この新会社を拠点としてロシア国内の自動車メーカー

および部品メーカー向けに自動車用鋼材を販売するとともに、「需要家ニーズを的確にとらえ、将来的に更なる事業展開を検討したい考え。新会社の資本金は、50万ユーロ。

(12月19日、鉄鋼新聞)

川本鋼材、三河営業所を来春開設 在庫能力2,000トン

川本鋼材は南山工業組合(愛知県西尾市平原町前山22-11)に工場用地を取得、来年4月から三河営業所(仮称)として操業を開始する。同社の安城営業所(愛知県安城市和泉町)を拡大移転する形で、在庫能力は従来の600トンから2,000トンへと拡大、これにより同社は本社特殊鋼センター、浜松営業所(静岡県浜松市南区恩地町)と併せて東海3県と一部静岡県エリアを全てカバーできる体制となる。

今回用地を取得したのは西尾市内の南山工業組合内。主要設備は、安城営業所から丸鋸切断機3台とバンドソー2台を移設するほか、バンドソーをさらに増設、要員も増やす。加工最大径は従来の400ミリを430ミリに拡大、本社・特殊鋼センターからの一部機能の移設も行う。すでに工場建設工事に着手したが来年3月末の完成、4月からの本格営業開始を見込んでいる。(12月1日、産業新聞)

千曲鋼材、浦安の在庫能力拡充 溶接部門来月に茨城移管完了

千曲鋼材は12月に浦安倉庫から茨城事業所(茨城県常陸大宮市)にNCガス切断機1台を移設し、7月から行ってきた溶断部門の移管が完了する。震災で浦安倉庫・工場が被災したため、浦安では被災した工場1棟を撤去し、新たに倉庫を1棟新設している。来年3月に完成する予定で、在庫能力は大幅に拡充する。

現在茨城事業所は建機メーカーの

コマツ向けを中心にフル生産が続いている。ダンプのベッセル(荷台)に耐摩耗鋼などを切断加工し、隣接するNS富田(本社=常陸大宮市)で組み立て溶接する一貫体制を敷いており、コマツの増産体制に対応している。

同社は、2012年3月期の売上高について、震災の影響などがあったが、前年の60億円を約10%上回ると見込む。「特殊鋼の千曲」として、引き続き高品質な製品を、安定的に供給していく考えだ。(11月24日、産業新聞)

南海鋼材、自社開発の金型予熱装置 販売好調累計100台達成

南海鋼材は、自社開発の金型予熱装置「予熱くん」の売り上げが好調で、昨年夏の販売開始から約1年で販売量100台を達成し、現在も大手自動車メーカー向けをはじめ順調に推移している。金属成型体の中にヒーターを内蔵したコンパクトな形状で、鍛造開始前にダイセット内の金型を短時間で適温に温めて型の早期割れを防止。ユーザーのコスト低減及びプレス鍛造製品の品質向上に寄与する装置として開発した。

同社では効率的かつクリーンで、作業者にも優しく安全な金型予熱装置の開発が必要と判断。約20年前にもハロゲンヒーターを使った装置を開発したが、使用上の問題でユーザーでの破損が相次ぎ、新たな機構による装置開発が懸案となっていた。

昨年に商品化し、自動車メーカーをはじめ大手製造業などを中心に、引き合いが相次いでいる。

(12月5日、産業新聞)

平井、環境・省エネ・医療向け 特殊鋼用途開発を推進

平井は、12年8月期の売上高目標を前年並みの400億円に置く。特殊鋼・加工品では環境・省エネ・医療関連の素材・部品の開発、システム

業界のうごき

事業では流量調整弁に関連する新規独自製品の開発を急ぐ。国内外で不安定要因が目立ち、景気後退も懸念される中で主力の特殊鋼・加工品販売で変化の激しい需要動向に迅速に対応しつつ、自動車・ロボット・航空機部品の開発で本田技術研究所とより緊密な連携を図る。

下期は東日本大震災の影響で自動車関連の売上高が低下したが、産機関連、宇宙航空関連など鋼材販売は堅調維持。

今期はタイの洪水被害の影響で、自動車メーカー側による発注先の分散化で見掛け需要量が一時的に実需以上に増える懸念があり、中身を精査してデッドストック化を避けながら供給要請に込めている。中長期的な電気自動車への需要転換では、材料の変化に対して先手を打っていく考えだ

(11月18日、鉄鋼新聞)

三菱商事ユニメタルズ、 特殊鋼ステンレス取引 メタルワングループに移管

三菱商事ユニメタルズは、12月1日付で特殊鋼取引と要員をメタルワングループに移管し、ステンレス取引をメタルワンに移管すると発表した。三菱商事およびメタルワンのグループ内で事業推進体制を効率化し各々の事業強化を図る。三菱商事ユニメタルズは非鉄金属関連事業に集中・特化して業容拡大を目指し、メタルワン特殊鋼とメタルワンは既存事業とのシナジーを生かして、顧客サービス強化や事業領域の拡大を目指す。

移管する事業は海外中心で年商規模は約70億円（うち特殊鋼が50億円強）。特殊鋼では旧金商時代からベアリング関係の特殊鋼、素形材のサプライチェーン展開に強みがあり、今回5人がメタルワン特殊鋼に移り、特殊鋼専門商社の中で情報・知見・機能のシナジー効果を高めている。

く。寧波山陽特殊製鋼製品への出資元は三菱商事ユニメタルズからメタルワンに変更する。(11月30日、鉄鋼新聞)

愛知、知多 新連鑄立ち上がり順調

愛知製鋼は、知多工場で今年5月からホットランを開始した新ブルーム連続鑄造機（第3ブルームCC）が順調に立ち上がっている。来年早々にも稼働率を引き上げ、来夏をめどに本稼働する見通しだ。これにより粗鋼能力は20%アップし、知多工場の粗鋼生産・月間12万トン体制が確立する。

同設備は、既存設備が稼働後約30年を経過して老朽化が進んだことや、特殊鋼棒鋼を中心とする品質の向上と安定化を図るために09年度に着工。投資金額は約250億円。

同社では、新CCの稼働に先駆けてRH（炉外精錬）の能力増強投資や電炉トランスの更新、脱ガス設備の増強などを相次いで実施。CCの稼働により上工程の増強が完了する。

現在のところ、来年の年明け早々から稼働率を順次引き上げ、来夏をめどに本格稼働させて新設備への完全切り替えを目指している。

(11月30日、鉄鋼新聞)

山陽・自由鍛造プレス 5千トン機が稼働

山陽特殊製鋼は、約50億円を投資して新設した5千トン自由鍛造プレス機の竣工式を実施、本稼働に入ると発表した。風力発電機の大型化などで需要が拡大している大型ベアリング向けに対応するほか、最大直径800ミリまでの棒鋼を製造できることを武器に新たな需要獲得も狙う。

新設したプレス機は最大鍛造荷重5千トン、月間生産能力約3,500トン、製造可能な棒鋼の最大径800ミリ。5千トンプレス機の導入で、同社のプレス機は1,500トン、3千ト

ンと合わせ3基体制となる。

風力発電機の大型ベアリングは、発電機内部の主軸・増速機や、風向きに合わせてタワーを回転させる部材などに使われている。発電機は基本的にメンテナンスフリーのため、部材には高い耐久性が求められており、山陽特殊製鋼では、「高信頼性鋼の山陽」を前面に出して需要を補足している。

(11月10日、鉄鋼新聞)

住金、SUS継目無鋼管 大深度油井用で新製品

住友金属工業は、地下6千メートルを超す大深度油井用の新たなステンレス継目無（シームレス）鋼管を開発したと発表した。従来の大深度油井用である2相ステンレス継目無鋼管に比べて製造コストを抑えられる上、優れた耐食性と強度も両立させた。石油メジャーにサンプル品の出荷を始めており、認証取得を経て早期の量産を目指す。

開発したのは耐食性向上に必要なクロムの含有率が17%の「スーパー17クロム鋼（SM17CRS-125）」。ブラジル沖など海外の深海油井や大深度油井で適用が検討されている。

従来の2相ステンレスはクロム含有量が22～25%で、ニッケルやモリブデンなど高価な合金元素も多用する。さらに強度の確保には冷間加工工程も必要で製造コストがかさみやすかった。開発製品は合金含有量を低減しており、冷間加工工程も不要なためコスト競争力が高い。

(12月8日、鉄鋼新聞)

大同・三菱商事 米・モリコープと合併

大同特殊鋼、三菱商事は、米国資源会社のモリコープと3社合併で次世代ネオジム焼結磁石の製造販売会社を設立すると発表した。100億円を投資し、岐阜県中津川市に年産能

業界のうごき

力500トンの本社工場を建設、2013年1月に操業を開始する予定。

電気自動車、ハイブリッド車や省エネ家電の普及拡大により、ネオジム焼結磁石需要は高成長が見込まれる。

新会社は、モリコープのマウンテンパス鉱山から原料のレアアースの供給を受け、迅速な事業展開を図る。将来は米国などでの増産投資も視野に入れている。

新会社の出資比率は、大同特殊鋼35.5%、三菱商事34.5%、モリコープ30%。100億円のうち10億～20億円は経済産業省のレアアース総合対策補助金による支援を受ける。

従来製法に比べてレアアース使用量を40%削減し、従来製品よりも保磁力や耐熱性に優れた次世代ネオジム焼結磁石の製造が可能という。

(11月30日、鉄鋼新聞)

東北特、医療用特殊合金生産 本格化、人口骨母材、脱輸入へ

東北特殊鋼は、宮城県内の医療機関と連携し、人口骨母材のコバルト・クロム・モリブデン合金（CCM合金）の生産を本格化する。このほど試作段階を終え、来年から本格的に生産を開始。

同社では70余年の間に培ってきた独自の製品開発力を生かして大量生産品以外にも、小ロットで高付加価値な特殊合金を自社で開発、生産してきた。

その一環として約4年前から膝関節用人工骨材となるロストワックス母材を量産化。また、医療向けではカテーテルガイドワイヤー材や形状記憶（超弾性）合金、歯科用材料として矯正ワイヤー材や特殊SUS、Co合金などを製造してきた。

股関節用人工骨母材に使用されるCCM合金は、これまで国内では生産されず輸入に頼ってきた。だが、国内生産を可能にするため同社では、

2年ほど前から医療機関と連携して母合金を開発、来年度から本格的に生産に着手する。（11月4日、産業新聞）

日本金属、新SUS帯を開発 表面改質で通電性改善

日本金属は、表面改質により電気を流しやすくしたステンレス帯鋼「ル・コア」を開発した。

携帯電話などの電子機器は精密化・高精度化が進んでいることで内部部品（モジュール）から発せられる静電気やノイズが問題になってきている。その影響による「誤作動などの危険」を回避するためには同電位性（アース）が必要なため、電気抵抗が高いステンレスの部品には導電テープを貼るなどの後工程を追加するケースが多いが、導電テープは費用が高く手間もかかる。

今回開発した「ル・コア」は、ステンレスに特殊表面処理をしてリチウム、フッ素を含む不動態被膜に改質した材料で、表面接触電気抵抗値を低減することでアース接点としての十分な通電性を実現した。すでにサンプル試験での効果は確認されており、携帯電話の回路基板、シャーシ、液晶ベゼル、ボディーなどへの採用を狙う。（11月25日、鉄鋼新聞）

冶金、床用SUS鋼板 販売強化

日本冶金工業は、独自の床用ステンレス鋼板「ポルカプレート」を国内外で拡販強化している。欧米の展示発表会にも積極的に参加しており、13日～15日に米国ラスベガスで開催される「POWER-GENインターナショナル2011」でもスーパーステンレスや耐熱ニッケル合金とともに出展している。一般的なステンレス床用鋼板は縞板（チェッカープレート）で、同社も「ナスチェッカープレート」として製造販売している。

ポルカプレートは、チェッカープレートに比べて①滑り止め効果（凸部に方向性がなく全方向に安定した効果を発揮する）、②清掃性、排水性（凸部が丸いためゴミ、水が残りにくい）、③安全性（足裏の接地面積が広いため足にかかる負担が少ない）や意匠性に優れるのが特徴。床材として食品、薬品工場などに使用されるほか、意匠性を評価されて大学の電動式車止めに使用されたケースもある。

(12月13日、鉄鋼新聞)

日立、米国でネオジム磁石生産 エコカー需要が拡大

日立金属は、ネオジム磁石の米国生産に乗り出すと発表した。ハイブリッド自動車、電気自動車など欧米におけるエコカー需要拡大に対応するため、フェライト磁石生産拠点であるヒタチ・メタルス・ノースキャロライナ内にネオジム磁石工場を建設する。

日立金属がネオジム磁石の上工程で海外進出するのは初めて。中国のみに依存しない原材料の確保に加えて、供給までのリードタイム短縮、為替リスク回避が可能な地域で生産体制を整えて、より安定的なサプライチェーンを構築する。

日立金属は米国資源会社のモリコープとの間で、ネオジム磁石原材料の供給契約を締結している。米国における磁石用合金と磁石の製造合弁設立は事業戦略の違いから見送ったが、国内外における原材料の供給確保では密接な関係を保つ。

(12月22日、鉄鋼新聞)

おことわり：この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主要業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼 種 別

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸 受 鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他			
'09 暦 年	118,838	2,843,319	2,361,756	5,205,075	290,195	546,103	2,346,002	526,073	3,630,014	607,092	7,945,479	13,269,392	
'10 暦 年	264,305	4,709,973	3,765,411	8,475,384	433,942	990,566	3,084,123	808,875	5,613,907	833,938	11,765,351	20,505,040	
'09 年 度	153,577	3,505,715	2,746,229	6,251,944	356,793	687,413	2,717,181	654,708	4,225,196	678,039	9,319,330	15,724,851	
'10 年 度	268,456	4,792,776	3,921,740	8,714,516	433,798	1,036,426	3,112,544	805,346	5,697,842	866,488	11,952,444	20,935,416	
'10.10-12月	73,306	1,226,066	1,022,408	2,248,474	112,048	272,596	774,723	208,641	1,472,455	213,762	3,054,225	5,376,005	
'11. 1- 3月	63,236	1,187,637	1,008,036	2,195,673	105,703	273,415	771,323	201,479	1,412,039	230,058	2,994,017	5,252,926	
4- 6月	64,735	1,020,892	931,971	1,952,863	85,422	283,099	745,033	146,367	1,165,149	220,871	2,645,941	4,663,539	
7- 9月	63,550	1,136,405	996,818	2,133,223	116,440	267,085	758,174	195,018	1,327,638	215,241	2,879,596	5,076,369	
'10年 9月	22,211	426,985	347,339	774,324	36,706	86,387	257,618	67,509	478,650	69,309	996,179	1,792,714	
10月	26,059	405,225	345,642	750,867	36,130	91,971	252,340	67,638	505,565	73,336	1,026,980	1,803,906	
11月	23,590	411,048	343,160	754,208	36,373	91,738	250,159	67,058	454,076	79,221	978,625	1,756,423	
12月	23,657	409,793	333,606	743,399	39,545	88,887	272,224	73,945	512,814	61,205	1,048,620	1,815,676	
'11年 1月	22,283	417,734	339,187	756,921	31,395	86,645	270,224	67,302	513,614	83,309	1,052,489	1,831,693	
2月	19,620	386,538	341,738	728,276	39,960	89,670	258,076	69,948	439,760	82,809	980,223	1,728,119	
3月	21,333	383,365	327,111	710,476	34,348	97,100	243,023	64,229	458,665	63,940	961,305	1,693,114	
4月	22,741	337,058	312,323	649,381	28,366	87,597	239,079	40,384	362,056	74,579	832,061	1,504,183	
5月	19,179	325,136	303,691	628,827	27,328	98,484	244,836	44,204	358,433	78,098	851,383	1,499,389	
6月	22,815	358,698	315,957	674,655	29,728	97,018	261,118	61,779	444,660	68,194	962,497	1,659,967	
7月	22,281	355,331	348,247	703,578	35,487	92,094	255,413	65,285	393,823	75,509	917,611	1,643,470	
8月	20,271	382,506	321,949	704,455	39,289	79,978	250,979	64,145	468,032	65,085	967,508	1,692,234	
9月	20,998	398,568	326,622	725,190	41,664	95,013	251,782	65,588	465,783	74,647	994,477	1,740,665	
10月	20,889	436,757	374,192	810,949	40,259	94,470	248,790	69,019	508,407	64,445	1,025,390	1,857,228	
前 月 比	99.5	109.6	114.6	111.8	96.6	99.4	98.8	105.2	109.2	86.3	103.1	106.7	
前年同月比	80.2	107.8	108.3	108.0	111.4	102.7	98.6	102.0	100.6	87.9	99.8	103.0	

経済産業省調査統計部調べ

形 状 別

(単位：t)

年 月	形 鋼	棒 鋼	管 材	線 材	鋼 板	鋼 帯	合 計
'09 暦 年	178,848	3,448,161	1,077,489	2,916,079	1,475,712	4,173,103	13,269,392
'10 暦 年	393,638	6,029,672	1,355,012	4,382,009	2,074,482	6,270,227	20,505,040
'09 年 度	244,335	4,265,765	1,060,842	3,544,893	1,496,432	5,112,584	15,724,851
'10 年 度	436,149	6,259,449	1,405,850	4,395,761	2,105,357	6,332,850	20,935,416
'10.10-12月	121,209	1,626,096	352,780	1,130,512	572,970	1,572,438	5,376,005
'11. 1- 3月	129,310	1,601,152	354,578	1,078,022	504,600	1,585,264	5,252,926
4- 6月	112,882	1,430,918	378,062	908,179	464,461	1,369,037	4,663,539
7- 9月	132,742	1,529,404	368,045	1,073,534	480,912	1,491,732	5,076,369
'10年 9月	26,817	549,341	119,821	375,910	181,486	539,339	1,792,714
10月	29,470	547,121	132,491	366,447	218,787	509,590	1,803,906
11月	42,730	545,615	108,202	392,596	173,356	493,924	1,756,423
12月	49,009	533,360	112,087	371,469	180,827	568,924	1,815,676
'11年 1月	49,858	527,135	124,006	376,001	187,853	566,840	1,831,693
2月	34,802	533,300	119,913	372,282	152,552	515,270	1,728,119
3月	44,650	540,717	110,659	329,739	164,195	503,154	1,693,114
4月	30,598	452,051	134,453	291,701	142,834	452,546	1,504,183
5月	38,424	455,733	125,802	308,820	141,321	429,289	1,499,389
6月	43,860	523,134	117,807	307,658	180,306	487,202	1,659,967
7月	60,678	511,399	131,676	338,217	127,379	474,121	1,643,470
8月	34,788	482,060	125,245	355,383	178,768	515,990	1,692,234
9月	37,276	535,945	111,124	379,934	174,765	501,621	1,740,665
10月	41,782	564,057	147,857	389,358	216,410	497,764	1,857,228
前 月 比	112.1	105.2	133.1	102.5	123.8	99.2	106.7
前年同月比	141.8	103.1	111.6	106.3	98.9	97.7	103.0

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位：t)

年 月	工 具 鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造 用炭素鋼	構 造 用 合 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他			
'09 暦 年	261,505	2,696,629	4,408,121	7,104,750	176,029	297,915	1,783,755	164,114	30,960	15,502	2,468,275	9,834,530	
'10 暦 年	447,725	3,903,203	4,298,708	8,201,911	273,624	490,599	2,787,997	212,853	52,711	90,797	3,908,581	12,558,217	
'09 年 度	321,270	3,015,334	3,932,857	6,948,191	212,180	330,580	1,871,810	188,055	29,854	25,038	2,657,517	9,926,978	
'10 年 度	462,905	4,084,266	4,338,870	8,423,136	276,543	532,229	3,438,657	207,684	61,239	109,308	4,625,660	13,511,701	
'11年	2月	43,059	355,251	382,849	738,100	23,594	45,941	327,904	15,734	5,375	22,868	441,416	1,222,575
	3月	39,445	362,309	391,906	754,215	20,534	49,014	405,249	18,751	6,675	5,668	505,891	1,299,551
	4月	28,887	266,280	385,507	651,787	15,824	49,861	227,514	11,063	12,906	1,144	318,312	998,986
	5月	25,912	236,662	351,448	588,110	14,205	38,355	282,435	11,680	6,041	8,103	360,819	974,841
	6月	33,762	300,332	380,244	680,576	23,083	43,429	331,472	18,258	5,882	7,742	429,866	1,144,204
	7月	33,828	353,756	392,669	746,425	22,042	41,367	270,611	19,817	6,476	5,269	365,582	1,145,835
	8月	36,907	328,183	412,240	740,423	24,077	58,593	276,139	18,202	6,852	5,673	389,536	1,166,866
	9月	52,655	348,151	565,503	913,654	33,727	45,227	367,023	20,886	6,462	4,400	477,725	1,444,034
	10月	36,529	355,978	352,512	708,490	25,770	40,215	249,993	16,793	7,182	11,672	351,625	1,096,644
	前 月 比	69.4	102.2	62.3	77.5	76.4	88.9	68.1	80.4	111.1	265.3	73.6	75.9
前年同月比	91.2	98.2	110.3	103.9	106.2	92.6	63.9	98.4	137.4	165.0	72.1	90.6	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(単位：t)

年 月	工 具 鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機 械 構 造 用 炭 素 鋼	構 造 用 合 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他			
'09 暦 年	4,601	153,500	91,618	245,118	25,398	31,876	108,939	32,693	131,497	26,428	356,831	606,550	
'10 暦 年	8,211	196,285	116,884	313,169	26,837	32,899	118,937	32,660	171,362	33,367	416,062	737,442	
'09 年 度	4,885	150,279	87,694	237,973	24,585	31,484	114,320	30,093	130,480	23,679	354,641	597,499	
'10 年 度	8,496	172,140	103,840	275,980	23,338	30,420	111,558	29,060	154,845	47,895	397,116	681,592	
'11年 2月	9,421	195,068	115,475	310,543	28,910	34,563	123,971	36,273	146,405	45,683	415,805	735,769	
3月	8,496	172,140	103,840	275,980	23,338	30,420	111,558	29,060	154,845	47,895	397,116	681,592	
4月	9,383	197,610	121,720	319,330	23,813	31,912	120,983	29,736	162,059	49,214	417,717	746,430	
5月	7,376	185,884	127,478	313,362	25,964	36,642	112,276	27,873	185,706	55,033	443,494	764,232	
6月	8,778	172,482	113,860	286,342	20,615	35,518	117,125	27,365	188,379	41,488	430,490	725,610	
7月	8,824	170,723	124,705	295,428	21,464	32,868	119,375	28,363	168,398	42,677	413,145	717,397	
8月	9,257	178,275	123,853	302,128	20,730	34,885	125,540	28,452	179,893	41,328	430,828	742,213	
9月	8,411	180,445	112,533	292,978	20,818	36,238	124,066	31,404	160,814	38,480	411,820	713,209	
10月	8,614	189,750	116,580	306,330	21,217	34,333	127,351	29,436	179,309	32,155	423,801	738,745	
前 月 比	102.4	105.2	103.6	104.6	101.9	94.7	102.6	93.7	111.5	83.6	102.9	103.6	
前年同月比	109.7	110.1	120.7	113.9	97.6	108.7	97.2	104.5	115.5	92.6	105.3	108.7	

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

流通仕庫													
年 月	工 具 鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造 用炭素鋼	構 造 用 合 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス レ テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他			
'09 暦 年	46,236	159,628	123,412	283,040	13,221	47,639	128,676	22,719	6,619	2,075	220,949	550,225	
'10 暦 年	58,676	233,045	154,142	387,187	20,594	53,478	143,960	17,731	7,227	2,142	245,132	690,995	
'09 年 度	37,814	181,341	117,345	298,686	14,797	50,383	128,100	19,782	6,074	1,762	220,898	557,398	
'10 年 度	58,255	257,087	161,527	418,614	21,846	54,551	152,234	22,431	7,125	2,218	260,405	737,274	
'11年	2月	59,457	244,684	156,473	401,157	19,494	54,043	146,128	18,902	7,215	2,088	247,870	708,484
	3月	58,255	257,087	161,527	418,614	21,846	54,551	152,234	22,431	7,125	2,218	260,405	737,274
	4月	66,956	255,147	157,809	412,956	22,431	53,373	155,944	22,299	7,214	2,217	263,478	743,390
	5月	61,661	261,229	163,804	425,033	21,994	56,742	158,508	20,341	7,254	2,408	267,247	753,941
	6月	61,781	261,118	163,101	424,219	20,538	55,037	161,466	17,812	7,330	2,243	264,426	750,426
	7月	59,181	244,231	159,136	403,367	19,154	52,364	156,780	16,393	7,252	2,126	254,069	716,617
	8月	61,287	242,415	158,912	401,327	20,226	50,752	160,999	18,214	7,672	2,201	260,064	722,678
	9月	59,878	236,720	138,624	375,344	22,442	51,730	164,335	18,609	7,912	2,089	267,117	702,339
	10月	58,070	226,366	156,531	382,897	21,018	51,589	162,016	17,204	8,127	2,143	262,097	703,064
	前 月 比	97.0	95.6	112.9	102.0	93.7	99.7	98.6	92.4	102.7	102.6	98.1	100.1
前年同月比	101.3	106.2	112.7	108.8	95.9	100.2	114.3	93.7	116.3	120.7	108.2	107.9	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

輸 出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼				そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'09 暦 年	13,363	275,179	267,637	542,816	102,049	1,048,255	111,808	1,262,112	11,528	2,994,593	3,006,121	4,824,411
'10 暦 年	29,076	526,073	515,148	1,041,222	178,652	1,245,293	178,065	1,602,010	16,986	5,092,548	5,109,534	7,781,841
'09 年 度	15,360	370,560	330,811	701,371	128,111	1,137,033	137,736	1,402,881	11,838	3,591,215	3,603,053	5,722,664
'10 年 度	32,088	518,301	537,548	1,055,849	186,550	1,312,165	188,479	1,687,194	17,707	5,342,938	5,360,644	8,135,776
'11年 2月	3,474	41,073	49,626	90,699	15,696	116,559	15,977	148,232	1,243	450,524	451,768	694,173
3月	3,277	42,813	44,982	87,795	19,312	134,332	19,326	172,970	1,362	546,372	547,734	811,775
4月	2,940	35,834	42,408	78,242	14,982	107,107	30,739	152,828	1,513	418,101	419,614	653,623
5月	2,897	37,951	44,723	82,674	13,823	101,659	28,559	144,041	436	396,053	396,489	626,101
6月	2,727	29,402	46,703	76,106	13,737	105,976	22,525	142,238	1,216	408,714	409,930	631,000
7月	3,009	26,572	38,012	64,584	13,855	107,388	18,830	140,072	1,611	437,652	439,264	646,929
8月	2,861	35,007	49,105	84,112	16,080	96,895	12,419	125,394	1,659	391,315	392,974	605,341
9月	2,754	34,242	45,924	80,165	17,590	107,297	15,053	139,940	1,144	393,113	394,257	617,116
10月	2,845	38,001	48,353	86,354	15,390	100,295	9,869	125,554	1,519	380,930	382,449	597,203
前 月 比	103.3	111.0	105.3	107.7	87.5	93.5	65.6	89.7	132.9	96.9	97.0	96.8
前年同月比	93.5	88.5	101.5	95.4	106.6	96.0	74.8	95.1	86.8	94.1	94.1	94.5

財務省通関統計

輸 入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼						快削鋼	その他の鋼			合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'09 暦 年	2,723	735	476	8,883	8,920	98,080	5,442	121,801	5	8,438	47,544	55,982	181,246
'10 暦 年	4,549	1,084	975	10,871	9,624	137,703	8,327	167,499	3	8,967	110,481	119,449	292,583
'09 年 度	2,614	730	599	9,553	9,211	108,609	5,784	133,755	4	8,814	47,973	56,787	193,890
'10 年 度	5,439	1,157	866	11,315	9,305	142,188	8,720	172,393	2	13,278	118,915	132,193	311,184
'11年 2月	496	112	52	846	684	10,736	733	13,052	-	708	7,760	8,468	22,127
3月	313	90	39	1,076	958	11,932	856	14,860	-	2,838	7,277	10,115	25,379
4月	351	91	92	1,080	711	14,941	929	17,753	17	4,570	17,365	21,935	40,147
5月	318	70	43	1,125	939	13,290	860	16,257	14	6,542	11,543	18,085	34,745
6月	425	90	32	998	788	15,493	1,140	18,450	-	5,076	14,219	19,296	38,260
7月	324	77	71	1,267	674	11,267	1,125	14,404	1	961	12,266	13,227	28,033
8月	475	112	26	788	977	14,415	990	17,195	47	222	19,070	19,292	37,122
9月	244	37	64	822	709	14,011	847	16,453	-	821	12,027	12,847	29,582
10月	654	75	50	1,054	689	12,912	1,115	15,821	-	1,861	19,882	21,743	38,292
前 月 比	268.4	200.9	78.4	128.2	97.2	92.2	131.6	96.2	-	226.8	165.3	169.2	129.4
前年同月比	148.5	58.1	120.2	100.7	120.3	116.4	151.0	117.3	-	164.6	272.5	258.0	170.3

財務省通関統計

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新 車 登 録		建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受 注 額	工作機械 受 注 額
	うち トラック		うち トラック		うち トラック		ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック			
'09 暦 年	7,934,057	985,101	3,616,168	315,507	4,609,256	672,943	2,135	44,395	71,554	6,843	77,119	41,508	4,118
'10 暦 年	9,628,920	1,209,224	4,841,460	450,312	4,956,136	731,094	4,354	101,788	104,767	9,726	82,555	47,731	9,786
'09 年 度	8,864,908	1,062,598	4,086,631	354,985	4,880,264	692,034	2,183	53,520	77,925	7,454	77,405	46,010	5,471
'10 年 度	8,993,897	1,146,862	4,806,058	437,594	4,601,135	709,410	4,938	111,978	106,057	10,066	84,480	47,463	11,136
'11年 2月	795,656	99,531	431,562	35,644	401,292	59,168	507	10,999	9,135	881	7,288	4,672	1,127
3月	403,937	50,781	312,478	28,324	437,598	71,988	385	9,408	7,758	730	7,360	6,692	1,135
4月	292,044	40,348	126,061	10,917	185,672	31,724	525	7,622	6,931	780	7,119	2,982	1,069
5月	489,759	74,840	202,833	20,144	237,363	36,618	586	9,380	8,791	921	7,334	2,740	1,081
6月	742,531	111,329	402,042	41,572	351,826	56,489	663	12,247	12,065	1,002	7,897	5,197	1,286
7月	790,325	109,607	410,390	42,654	373,058	59,297	517	11,303	10,862	866	7,252	3,263	1,134
8月	704,096	89,963	363,800	32,461	329,842	55,346	544	11,022	9,300	894	8,049	4,830	989
9月	883,602	115,855	477,911	45,773	462,191	69,296	669	13,341	11,008	1,247	7,386	6,033	1,105
10月	904,247	120,036	472,022	44,160	381,114	59,600	664	13,110	10,450	1,258	6,874	2,901	1,011
前 月 比	102.3	103.6	98.8	96.5	82.5	86.0	99.3	98.3	94.9	100.9	93.1	48.1	91.5
前年同月比	120.3	122.8	113.2	122.7	125.2	114.2	142.5	129.3	111.8	127.5	101.2	104.0	126.0

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2 0 1 1 年 1 0 月 分

鋼種別	月 別		実 数 (t)	前月比 (%)	前 年 同 月比(%)	1995年基準 指 数(%)	1987～2011年随時				
	項 目						年 月	ピーク時	年 月	ボトム時	
工 具 鋼	生 産 高		20,889	99.5	80.2	94.0	91. 3	29,286	09. 4	5,565	
	輸 出 船 積 実 績		2,845	103.3	93.5	79.5	87. 3	10,368	09. 6	693	
	販 売 業 者	受入高計	34,721	67.8	84.0	168.8	11. 9	51,246	09. 2	10,035	
		販売高計	36,529	69.4	91.2	179.3	11. 9	52,655	09. 2	13,875	
		消費者向	22,526	103.5	111.1	240.0	11.10	22,526	09. 2	6,438	
		在庫高計	58,070	97.0	101.3	161.1	11. 4	66,956	87.10	31,813	
	生産者工場在庫高	8,614	102.4	109.7	76.8	91.10	17,876	09.12	4,601		
総 在 庫 高		66,684	97.6	102.3	141.1	11. 4	76,339	88. 1	41,105		
構 造 用 鋼	生 産 高		810,949	111.8	108.0	149.4	08.10	827,404	09. 2	269,906	
	輸 出 船 積 実 績		86,354	107.7	95.4	510.1	10. 6	92,070	92. 1	10,222	
	販 売 業 者	受入高計	716,043	80.7	103.9	216.8	08.10	1,157,330	98. 8	257,445	
		販売高計	708,490	77.5	103.9	216.1	08.10	1,134,981	99. 8	253,971	
		消費者向	433,288	92.2	126.4	202.7	08.10	670,656	98. 8	166,732	
		在庫高計	382,897	102.0	108.8	159.3	11. 5	425,033	87.10	169,822	
	生産者工場在庫高	306,330	104.6	113.9	102.3	97.11	320,394	09. 4	176,539		
総 在 庫 高		689,227	103.1	111.0	127.7	11. 5	738,395	87.12	427,189		
ば ね 鋼	生 産 高		40,259	96.6	111.4	94.6	89. 3	60,673	09. 2	10,159	
	輸 出 船 積 実 績		15,390	87.5	106.6	121.6	06. 5	27,829	09. 4	3,629	
	販 売 業 者	受入高計	24,346	67.7	88.6	163.2	11. 9	35,943	09. 4	6,202	
		販売高計	25,770	76.4	106.2	173.0	11. 9	33,727	09. 4	6,339	
		消費者向	8,884	112.9	120.3	71.6	90.10	23,876	09. 4	2,550	
		在庫高計	21,018	93.7	95.9	661.3	11. 9	22,442	03. 9	1,534	
	生産者工場在庫高	21,217	101.9	97.6	66.0	95.12	41,374	09. 4	15,541		
総 在 庫 高		42,235	97.6	96.7	119.6	11. 2	48,404	02. 9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生 産 高		248,790	98.8	98.6	92.1	07. 3	330,543	09. 2	116,542	
	輸 出 船 積 実 績		100,295	93.5	96.0	98.6	05. 3	152,476	90. 1	27,286	
	販 売 業 者	受入高計	247,674	66.9	63.3	164.9	06. 5	587,740	09. 2	88,978	
		販売高計	249,993	68.1	63.9	167.4	06. 5	587,941	09. 2	88,740	
		消費者向	58,994	94.2	99.7	103.5	06. 1	292,191	87. 1	34,263	
		在庫高計	162,016	98.6	114.3	146.5	01.10	169,096	87. 3	51,419	
	生産者工場在庫高	127,351	102.6	97.2	86.5	02. 4	188,988	09. 6	94,564		
総 在 庫 高		289,367	100.3	106.1	112.2	01.10	352,013	88. 4	191,203		
快 削 鋼	生 産 高		69,019	105.2	102.0	77.9	88. 3	116,819	09. 2	22,054	
	販 売 業 者	受入高計	15,388	72.3	88.5	91.5	06. 9	25,874	04. 9	7,949	
		販売高計	16,793	80.4	98.4	101.4	08. 4	26,351	09. 2	10,358	
		消費者向	15,990	79.8	96.9	112.4	08. 4	23,235	04. 9	9,649	
		在庫高計	17,204	92.4	93.7	75.2	07. 8	27,861	87. 1	9,364	
	生産者工場在庫高	29,436	93.7	104.5	130.9	87. 1	43,166	01.12	17,975		
	総 在 庫 高		46,640	93.3	100.2	102.8	06. 5	69,020	02. 3	31,448	
高 抗 張 力 鋼	生 産 高		508,407	109.2	100.6	217.1	07. 3	513,596	87. 2	151,890	
	販 売 業 者	受入高計	7,397	110.4	135.3	59.7	90. 2	18,841	09. 8	1,572	
		販売高計	7,182	111.1	137.4	58.2	90.10	18,863	09. 8	2,035	
		消費者向	4,549	104.1	132.1	84.5	90.10	9,573	09. 8	1,711	
		在庫高計	8,127	102.7	116.3	61.3	99.12	20,289	02.12	5,895	
	生産者工場在庫高	179,309	111.5	115.5	107.0	87. 6	204,893	99.11	99,475		
	総 在 庫 高		187,436	111.1	115.5	103.7	01. 5	217,711	06. 3	110,555	
そ の 他	生 産 高		158,915	93.7	96.1	67.9	-	-	-	-	
	販 売 業 者	受入高計	51,800	102.6	100.3	418.2	-	-	-	-	-
		販売高計	51,887	104.6	102.7	420.2	-	-	-	-	-
		消費者向	33,350	100.4	101.6	619.5	-	-	-	-	-
		在庫高計	53,732	99.8	100.9	405.5	-	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	66,488	89.0	100.3	39.7	-	-	-	-	-	
	総 在 庫 高		120,220	93.5	100.5	66.5	-	-	-	-	
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産高合計		1,857,228	106.7	103.0	137.8	07. 3	1,942,468	09. 2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計		597,203	96.8	94.5	178.0	11. 3	811,775	87. 1	153,788	
	販 売 業 者	受入高計	1,097,369	77.1	89.7	191.6	06. 5	1,516,366	87. 1	435,213	
		販売高計	1,096,644	75.9	90.6	192.8	08. 6	1,512,463	87. 5	442,211	
		消費者向	577,581	93.2	119.7	171.5	08. 6	926,258	98. 8	267,392	
		在庫高計	703,064	100.1	107.9	158.9	11. 5	753,941	87.10	290,674	
	生産者工場在庫高	738,745	103.6	108.7	96.9	98. 1	839,861	97. 3	425,932		
総 在 庫 高		1,441,809	101.9	108.3	119.7	11. 4	1,489,820	97. 1	873,633		

出所:経済産業省 大臣官房調査統計部

- 注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含めない。
2. 1987～2011年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。
3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず

倶楽部だより

(平成23年10月21日～12月20日)

理事会 (10月24日)

- ①平成24年新年賀詞交換会開催方法の件
- ②各種委員会委員長及び委員変更の件
- ③平成23年10月～平成24年5月の会議開催日程の件
- ④報告事項

市場開拓調査委員会

- ・第2回調査WG (10月31日)
「新エネルギー産業の動向と特殊鋼需要」
調査の中間報告

編集委員会

- ・小委員会 (11月11日)
3月号特集「営業マンが体験した難問・珍問集」(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (12月2日)
3月号特集「営業マンが体験した難問・珍問集」(仮題)の編集方針、内容の確認

第1回特殊鋼ガイド編集委員会 (12月2日)

特殊鋼ガイド初級編、第4編、第5編の見直しの検討

海外委員会

- ・専門部会 (12月6日)
「アセアンの特殊鋼需給動向」調査の中間報告
- ・「対日ステンレスAD対応」会議 (12月6日)

人材確保育成委員会 (10月24日)

- ①平成22年度ビジネスマン研修講座報告
- ②平成23年度研修内容の検討

流通委員会

- ・工具鋼分科会 (11月18日)
- ・講演会 (12月16日)
「わが国の半導体産業の現状と今後の動向について」
講師：経済産業省商務情報政策局情報通信機器課
課長補佐 小竹 幸浩氏
参加者：30名

第28回工場見学会 (11月10日)

見学先：住重フォーミング株式会社

参加者：30名

【名古屋支部】

部会

- ・ステンレス鋼部会 (10月25日)
- ・構造用鋼部会 (10月28日)

2 団体共催中堅社員研修 (10月26日)

テーマ：「コミュニケーション力を高める」
～自分を知り、他人を知り、良い関係を構築する～

講師：(株)名南経営 村野 文洋氏

参加者：26名

2 団体共催工場見学会 (11月11日)

見学先：新日本製鉄(株)大分製鉄所

参加者：22名

2 団体共催管理職研修 (11月16日)

テーマ：「部下のやる気を高める“効果的な管理術”」～「やる気」を高めるリーダーシップ～

講師：(株)名南経営 村野 文洋氏

参加者：19名

3 団体共催一般講演会 (12月13日)

テーマ：「東日本大震災への対応について」
～新たな災害対策への取組み～

講師：(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ
東海支社 サービス運営部
災害対策室長 竹内 哲成氏

参加者：56名

【大阪支部】

委員会

- ・運営委員会 (11月2日)

鉄鋼会館売却に伴う支部事務局移転の件、他

特殊鋼3団体責任者会議 (11月28日)

議題：①鉄鋼会館移転(鉄鋼会館よりの詳細説明)

②共催事業検討

出席者：7名

特殊鋼3団体共催講演会 (12月2日)

テーマ：「桑原征平の体当たり人生～必ずチャンスはやってくる」

講師：桑原 征平氏

参加者：80名

社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

[会 員 数]		【販売業者会員】	
(正 会 員)			
製造業者	27社	愛 銅 (株)	神 鋼 商 事 (株)
販売業者	108社	青 山 特 殊 鋼 (株)	住 金 物 産 (株)
合 計	135社	浅 井 産 業 (株)	住 金 物 産 特 殊 鋼 (株)
		東 金 属 (株)	住 商 特 殊 鋼 (株)
		新 井 ハ ガ ネ (株)	住 友 商 事 (株)
(賛 助 会 員)	0 社	栗 井 鋼 商 事 (株)	大 同 興 業 (株)
		石 原 鋼 鉄 (株)	大 同 マ テ ッ ク ス (株)
【製造業者会員】		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	大 洋 商 事 (株)
愛 知 製 鋼 (株)		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	大 和 興 業 (株)
秋 山 精 鋼 (株)		井 上 特 殊 鋼 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)
(株) 川 口 金 属 工 業		植 田 興 業 (株)	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行
(株) 神 戸 製 鋼 所		(株) U E X	孟 鋼 鉄 (株)
合 同 製 鐵 (株)		碓 井 鋼 材 (株)	田 島 ス チ ー ル (株)
山 陽 特 殊 製 鋼 (株)		ウ メ ト ク (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)
J F E 条 鋼 (株)		扇 鋼 材 (株)	中 部 ス テ ン レ ス (株)
J F E ス チ ー ル (株)		岡 谷 鋼 機 (株)	千 曲 鋼 材 (株)
J X 日 鉦 日 石 金 属 (株)		カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ
下 村 特 殊 精 工 (株)		兼 松 (株)	(株) 鐵 鋼 社
新 日 本 製 鐵 (株)		兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	デ ル タ ス テ ィ ー ル (株)
ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)		(株) カ ム ス	東 京 貿 易 金 属 (株)
住 友 金 属 工 業 (株)		(株) カ ワ イ ス チ ー ル	(株) 東 信 鋼 鉄
大 同 特 殊 鋼 (株)		川 本 鋼 材 (株)	特 殊 鋼 機 (株)
高 砂 鐵 工 (株)		北 島 鋼 材 (株)	豊 田 通 商 (株)
東 北 特 殊 鋼 (株)		ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	中 川 特 殊 鋼 (株)
日 新 製 鋼 (株)		ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)	中 野 ハ ガ ネ (株)
日 本 金 属 (株)		小 山 鋼 材 (株)	永 田 鋼 材 (株)
日 本 金 属 工 業 (株)		佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	名 古 屋 特 殊 鋼 (株)
日 本 高 周 波 鋼 業 (株)		櫻 井 鋼 鐵 (株)	ナ ス 物 産 (株)
日 本 精 線 (株)		佐 藤 商 事 (株)	南 海 鋼 材 (株)
日 本 冶 金 工 業 (株)		サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	日 輪 鋼 業 (株)
日 立 金 属 (株)		(株) 三 悦	日 金 ス チ ー ル (株)
(株) 不 二 越		三 協 鋼 鐵 (株)	日 鐵 商 事 (株)
三 菱 製 鋼 (株)		三 京 物 産 (株)	日 本 金 型 材 (株)
ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)		三 興 鋼 材 (株)	ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)
理 研 製 鋼 (株)		三 和 特 殊 鋼 (株)	野 村 鋼 機 (株)
		J F E 商 事 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)
		芝 本 産 業 (株)	橋 本 鋼 (株)
		清 水 金 属 (株)	(株) 長 谷 川 ハ ガ ネ 店
		清 水 鋼 鐵 (株)	(株) ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー

特 集／営業マンが体験した難問・珍問集 2nd

- I. 序文 災い転じて客先に喜ばれた話
- II. 営業の現場からでた難問・珍問の専門家による回答
- III. 特殊鋼のグローバル化
- IV. 営業マン“いまさら聞けない”質問集
- V. 昔の特殊鋼は良かったのですか？
- VI. 業界日常用語でのすれ違い問答集

5月号特集予定…熱処理設備の最近の動向

特 殊 鋼

第 61 巻 第 1 号
 © 2 0 1 2 年 1 月
 平成23年12月25日 印 刷
 平成24年1月1日 発 行

定 価 1,200円 送 料 100円
 1 年 国内7,200円 (送料共)
 外国7,860円 (“ 、船便)

発 行 所
 社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
 Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館
 電 話 03(3669)2081・2082
 ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>
 振替口座 00110-1-22086

編集発行人 秋 山 芳 夫
 印 刷 人 猪 俣 公 雄
 印 刷 所 日 本 印 刷 株 式 会 社

本誌に掲載されたすべての内容は、社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。