

特殊鋼

2015
Vol.64 No.5

9

The Special Steel

特集／特殊鋼を支える分析・検査技術



特殊鋼

| 9 |

目次

2015

【編集委員】

委員長	井上幸一郎 (大同特殊鋼)
副委員長	甘利 圭右 (平井)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	永濱 睦久 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	田代 龍次 (新日鐵住金)
〃	松村 康志 (大同特殊鋼)
〃	赤見 大樹 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男 (日本冶金工業)
〃	田村 庸 (日立金属)
〃	山岡 拓也 (三菱製鋼室蘭特殊鋼)
〃	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)
〃	渡辺 豊文 (中川特殊鋼)

【特集／特殊鋼を支える分析・検査技術】

I. 総論

特殊鋼に関わる分析技術……	(株)コベルコ科研	乾 道春	3
---------------	-----------	------	---

II. 特殊鋼製造プロセスに使われる分析・検査技術

1. 製鉄・製鋼……	JFEスチール(株)	城代 哲史	8
2. 粉末・再溶解……	日立金属(株)	恩田 靖久	12
3. 圧延……	大同特殊鋼(株)	片岡 克仁	15
4. 熱処理……	日本高周波鋼業(株)	高嶋 敏昭	19

III. 特殊鋼に使われる分析技術

1. 微量分析……	日新製鋼(株)	赤見 大樹	21
2. 極表面分析 (GDS、AES、XPS、SIMS) ……	日鉄住金テクノロジー(株) 新日鐵住金(株)	田中 幸基 祐谷 将人	24
3. 介在物・析出物分析……	山陽特殊製鋼(株)	丸山 貴史	30
4. 組織観察・分析……	愛知製鋼(株)	杉本 淳	33
5. 環境負荷物質……	日本冶金工業(株)	吉田 裕志	39

IV. 会員メーカー関連の試験、検査機関

……	(株)コベルコ科研	島本 哲	42
----	-----------	------	----

倶楽部レポート

メキシコ・中南米の特殊鋼需給動向調査について ……	(一社)特殊鋼倶楽部	藤井 孝志	43
------------------------------	------------	-------	----

“特集”編集後記……	(株)神戸製鋼所	永濱 睦久	69
------------	----------	-------	----

● 「ご挨拶」……………	一般社団法人特殊鋼倶楽部 会長 藤岡 高広	1
--------------	-----------------------	---

● 一人一題：「何の為」……………	阪和興業(株) 芹澤 浩	2
-------------------	--------------	---

■ 業界の動き ……………	53
---------------	----

▲ 特殊鋼統計資料 ……………	56
-----------------	----

★ 倶楽部だより (平成27年 6月 1日～7月31日)……………	60
-----------------------------------	----

☆ 特殊鋼倶楽部の動き

平成27年度役員の選任 ……………	62
-------------------	----

「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向… 中国・東南アジアを中心に」調査報告書の説明会開催……………	63
--	----

「最近の自動車産業の動向」説明会の開催……………	64
--------------------------	----

「安全保障貿易管理」の説明会開催……………	67
-----------------------	----

☆ 一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	68
-----------------------	----

特集／「特殊鋼を支える分析・検査技術」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	永濱 陸久	(株) 神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部 次長
委員	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	田代 龍次	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線技術室長
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	品質保証・技術サービス部 普通鋼・特殊鋼品質保証チーム主任部員
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当次長
〃	山岡 拓也	三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)	技術部部長
〃	甘利 圭右	(株) 平井	常務取締役

「ご挨拶」



一般社団法人特殊鋼倶楽部 会長 ふじ おか たか ひろ 藤岡高広

平成27年5月の一般社団法人特殊鋼倶楽部の総会、理事会で、前任の武田山陽特殊製鋼株式会社社長の後を受け、会長に選任されました愛知製鋼株式会社社長の藤岡高広です。

ご案内のとおり、特殊鋼は、最先端技術の「粋」です。鉄鋼材料の中で独特の高い機能を有する材料で、粗鋼生産の20%を占め、自動車をはじめとする輸送機器や産業機械、建設機械、工作機械等幅広い産業分野の中核部品材料として使われています。特殊鋼は、自動車等の性能・安全性を支える重要保安部品に必須であるのみならず、最終製品や部品の製造工程における性能やコスト削減の鍵を握る加工性をも左右し、我が国の製造業の競争力の根本を支える重要な素材です。また家庭においてもキッチンや家庭器具では広くステンレス鋼が使われるなど国民経済生活と密接な関わり合いを持つもので、特殊鋼業のレベルが国民経済を支えています。

平成26年度の特鋼生産（熱間圧延鋼材ベース）は、前年度比0.9%増の20,598千トンで2年連続の増加となりました。国内向け特鋼生産はほぼ25年度と同じ程度、輸出向け特鋼生産は、金融政策の効果による円安効果が浸透し、700万トンの大台を突破し過去最高記録を更新いたしました。

自動車をはじめとする需要業界の動向は、円安や中国等の人件費高騰により国内回帰との報道もありますが、成長する海外市場に対応する地産地消の流れは変わらず、むしろ、特殊鋼については、いよいよグローバル最適生産の動きが本格化

していくと思われます。このため、特殊鋼業界も新規需要を伸ばすには、海外市場を開拓していくため、必要な対応をしていくことが求められます。

今日経済発展が目覚ましい中国、インドなど新興国の台頭により、製造業では特にすさまじい大競争が進展しています。こうした状況の中で生き残っていくためには、目まぐるしく変化する需要環境、ニーズに対応して、国内外のユーザーに信頼性が高く高機能の特鋼を安定的に提供し続けることが必要です。そのためには、技術開発、人材開発、さらには需要業界との協力の観点からも国内生産能力の確保が必須であります。

特殊鋼倶楽部は特殊鋼に関わる製造業者及び流通業者が、健全な特殊鋼の発展、特殊鋼統計の整備、特殊鋼商品知識の普及、特殊鋼貿易の発展、技術レベルの向上等を目標に切磋琢磨し、研鑽を図る場として活動を重ねて参りました。

特殊鋼倶楽部の使命は、定款にあるように、特殊鋼商品知識の普及及び啓発、統計等の整備等を行うことにより、特殊鋼業及び関連産業の健全な発展を図ることです。そのためには、市場や人など現場に近いところで、特殊鋼業界の直面する課題に対して、メーカー、流通を通じ、会員が連携、協力して取り組んでいくことが必要と考えております。そのための基盤を特殊鋼倶楽部として提供すべく努力してまいりますので、皆様からの特殊鋼倶楽部及びその会員各社へのご支援をお願い申し上げます。

「何の為」

阪和興業(株)
取締役副社長執行役員せり ざわ
芹 澤ひろし
浩

特殊鋼倶楽部会員の皆様こんにちは。昨年四月に仲間入りさせて頂いた芹澤です。文章など久しく書いた事が無いので、稚拙な内容で申し訳ありませんがご容赦願います。

よく趣味は？と聞かれて困るのですが、ゴルフは仕事上であって趣味とは言えないし、従って今の所無趣味ですと答えざるを得ません。

しかし、残された会社人生も少なくなって来て、そろそろリタイヤ後に備えて趣味の一つや二つはと思う今日この頃では有ります。

さて、趣味という程ではありませんが、本は月に二、三冊読みます。主に歴史物、時代物が多いのですが、その中で繰り返し読むのが司馬遼太郎の「坂の上の雲」と童門冬二の「小説・上杉鷹山」そして、最近ハマったのが百田尚樹の「永遠の0」です。

いずれの本も、何の為に働くのかを考えさせられる内容で、新入社員向けの講和に利用しています。

「坂の上の雲」は幕末の熱気冷めやらぬ明治の時代、外国に追い付け追い越せの気概を持った若者たちが命懸けで国を強くする為に大國ロシアと戦う内容ですが、国の為 (for country)。

「上杉鷹山」は他国から米沢に来て藩主となった人が崩壊寸前の藩を率先垂範、身を賭して建て直す、涙なしでは読めない本です。藩の為、領民の為 (for company・for employee)。ちなみに上杉鷹山はかのアメリカ元大統領ジョン・F・ケネディが最も尊敬する人物に挙げた人です。

「永遠の0」は、太平洋戦争中、操縦技術の優れたパイロットがいかに戦友に非難されようと生きて帰り家族を守りたいという強い思いで逃げまくるのですが、若い教え子たちが特攻で次々と命を落として行くうちにいたたまれなくなり、生存のチャンスを若者に譲り家族も託すという内容、家族の為 (for family)。

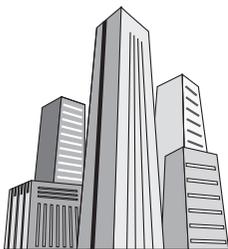
時代背景が異なる中で、当然価値観、人生観も違ってきます。それぞれの時代の男たちが自分の為 (for me) ではなく、大切な物の為に命懸けで働く姿に本当に感動します。

個人的には国の為、会社・社員の為というのは現代の価値観ではいささか現実的ではない気がします。

私は常々、若い人たちに会社は社員の為にある。会社は家族を守る為のフィールドであると言っています。そういった意識をしっかりとって仕事をする社員が多ければ必然的に会社は良くなり、収益も上がり株主に還元出来る様になると思います。

私自身は役員になるまで当然家族を守る為に働いて来ました。お陰様で子供たちも独立し、家内と二人大禍無く暮らせております。

現在はその恩返しに会社の為、社員の為、上杉鷹山の心境です。



I. 総論

特殊鋼に関わる分析技術

(株)コベルコ科研 技術本部 高砂事業所 分析技術室 **乾 道 春**

まえがき ^{1)~3)}

我が国の鉄鋼材料はあらゆる産業分野で活用されており、それぞれの産業分野における競争力強化や発展に寄与するところが多い。特殊鋼については構造用鋼、ばね鋼、高抗張力鋼など自動車産業を中心に需要が多く、日本の高い品質の鉄鋼材料が優位に立っている。これは、国内の特殊鋼製品が他国と比較して材質が優れているために機能

性、安全性および環境性を付与した最終製品が製造されるためである。この高品質の鉄鋼材料を開発、製造および出荷のプロセスから支える技術の一つとして分析が挙げられる。図1に製鉄工程の一例を示す。①原料の受入分析、②製鋼時の炉中分析および溶鋼分析（とりべ分析）、③熱処理や圧延工程時の非金属介在物分析、④高炉、転炉または電気炉から製造されるスラグの分析、⑤圧延や鍛造後の製品分析などほぼ全工程において分析技

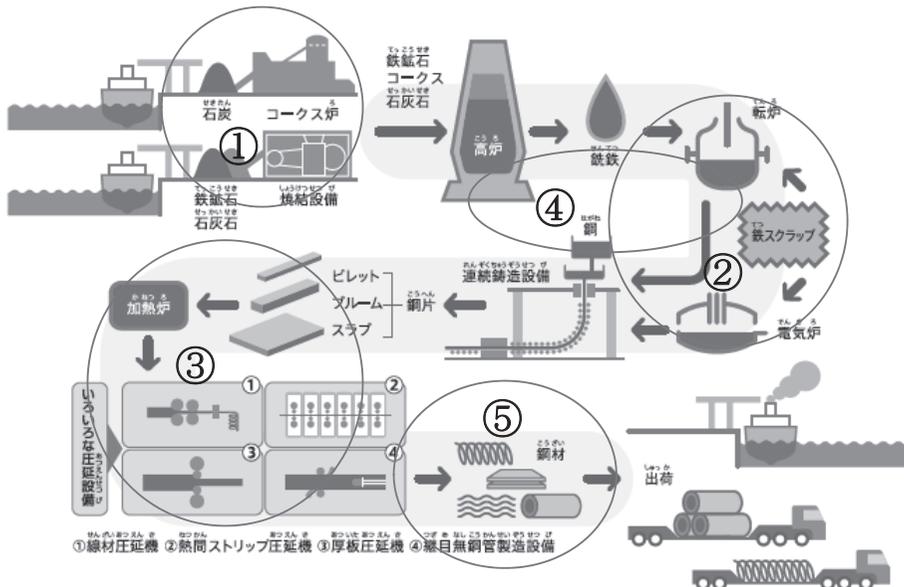


図 1 製鉄工程の一例 [日本鉄鋼連盟 編：“ハツラツ鉄学”、p10 抜粋 一部改]

術は必須である。分析技術は、歴史が長く、1934年の財団法人日本学術振興会製鋼第19委員会に分析の分科会が設立され、分析方法の開発から標準物質の作製などの標準化活動が開始された。その成果が現在でも信頼性の高い鉄鋼分析として発展的に引継がれ、ものづくりの基盤技術となっている。現在の鉄鋼分析技術は成熟期と言われている。ただし、追隨する海外の鉄鋼材料を差別化するためにより高度な鉄鋼材料の開発が行われているため、それに伴い、評価解析さらには品質管理に役立てることが出来る分析技術も並行して高度化していく課題がある。主として化学分析が抱える主な具体的課題としては、下記2点が挙げられる。

- 鉄鋼材料の工程管理における更なる迅速および高精度な分析方法の開発と技能継承
- 鉄鋼材料の研究開発・製造プロセスにおける難易度の高い分析技術の開発

本稿では、上記課題を分析技術の変遷を含め現在取り組まれている具体例の概論を述べる。

◇ 鉄鋼材料の工程管理における更なる迅速および高精度な分析方法の開発と技能継承^{1), 4)}

この項で取り上げる分析は、製鋼操業管理のた

めの分析であり迅速分析が特徴である。1960年代から製鋼操業では真空脱ガスや連続铸造設備の普及が始まり、転炉出鋼から二次精錬、そしてスラブ製造までの時間が大幅に短縮された。それに伴い炉前分析の迅速性が求められ、機器分析であるスパーク放電発光分光分析法や蛍光X線分析法が採用されることになった。その成果が、それまでは測定元素数の人数分の分析技術者が約15分掛かっていた炉前分析が、機器分析を導入することで分析時間が3.5~6.5分と画期的な進歩につながった。さらには1970年代半ば頃からは、スパーク放電発光分光分析装置にパルス分布測定法 (Pulse-height Distribution Analysis: PDA) が新しく開発された。自動車用薄板や電磁鋼板などの靱性、延性、磁性の向上に鋼中適量の酸可溶性Al (固溶Alなど) が有効に働くが、酸不溶性Al (Al_2O_3 系介在物など) は材料特性を低下させることが知られている。そのために酸可溶性Alと酸不溶性Alの迅速な管理分析が求められるようになった。図2に示すようにスパーク放電による発光分光分析法において数千パルスの発光強度を1パルス放電ごとにデジタル変換して統計処理を施すことにより固溶Alと Al_2O_3 系介在物を分離定量するPDA法が開発され、今なお工程管理分析の主力として活躍し

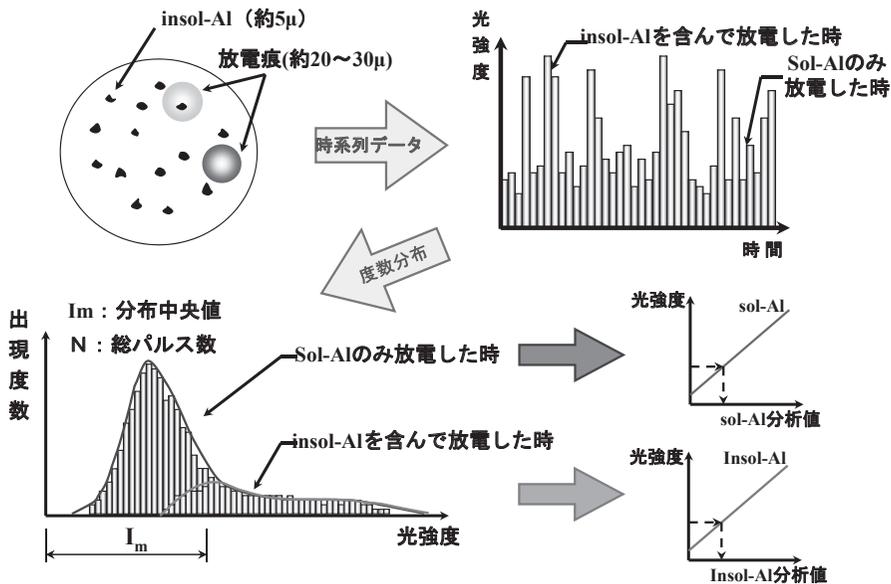


図 2 PDA法による形態別アルミニウム定量方法の概略
 [島津製作所 編：“日本鉄鋼協会 若手分析技術者と若手分析研究者との交流会” 発表資料]

ている。

今後の課題として例を2つ挙げる。

1. 高級鋼の不純物元素濃度制御のための迅速に分析するオンライン方法の開発

真空精錬に代表されるように製鋼技術の進歩は目覚ましく、大量生産鋼においてもその不純物元素の含有量を数ppmにまで低減することが可能となっている。このような製鋼技術に対応できる高感度、高精度でかつ迅速な分析方法の開発が課題となっている。その課題解決の一つとして、近年、レーザー誘起プラズマ分光法 (Laser induced breakdown spectroscopy: LIBS) を用いた分析方法の研究が盛んにおこなわれている。LIBSの特徴は「化学的前処理不要」、「試料形状不問」、「高空間分解能」、「リアルタイム分析可能」などであり、工程管理分析やオンライン分析としての活用が期待される。また、スパーク放電発光分光分析法同様に工程管理での形態別分析にも適用できることが示唆されている⁵⁾。

2. 機器分析管理用標準物質の管理

スパーク放電発光分光分析法や蛍光X線分析法さらにはC、S、O、N、Hなどのガス分析には検量線作製のための標準物質が多数必要である。スパーク放電発光分光分析法では、測定値が試料の組織の影響を受けることが多い。例えば鋼中の硫黄化合物の粒度分布が異なると硫黄の測定値に誤差が生じたり、炭素についても急冷試料と徐冷試料とでは発光強度に差が生じる場合がある。そのためにJIS G 1253では機器分析用鉄鋼認証標準物質による検量線は、分析試料を冶金的履歴および化学組成が近似する機器分析用標準物質、すなわち各分析所で製鋼現場から送られてくる機器分析用試料の中から適切な濃度の試料を選び出し、化学分析法で組成値を決定した試料、によって修正することが規定されている。よって各分析所では多種多様な標準物質が必要であることがわかる。また最近ではISO/IEC 17025:2005の試験所認定取得が普及しつつあり、トレーサビリティが重要な部分を占めている。その測定値がトレーサブルであるかどうかは上位の標準 (国家標準または国際標準) とどうつながっているかが重要であり、ここで認証標準物質 (CRM: certified reference material) の役割が重要となっている。現在、一

般社団法人日本鉄鋼連盟では多くの日本鉄鋼認証標準物質 (JSS: Japanese Iron and Steel Certified Reference Materials) を頒布している。JSSは国内の選ばれた大学、公的機関および鉄鋼各社の分析所が共同実験をおこない認証値を決めているが、在庫の確保、鋼種の拡大、熟練化学分析法の技能継承が今後の課題である。

◇ 鉄鋼材料の研究開発・製造プロセスにおける難易度の高い分析技術の開発¹⁾

この項では特に状態別分析や化学分析について述べる。

鉄鋼材料の内部には原料や製造工程で不可避的に入り込む不純物元素と添加元素によって生成する数 μm または数十 μm 以上の比較的大きな非金属介在物 (例えば、 Al_2O_3 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 、 M_{23}C_6 等) や数 μm 以下の小さな析出物 (例えば、TiC、AlN、MnS等) とよばれる、マトリックスとは異なる粒子が分散している。この非金属介在物や析出物は鋼中での形態や含有量によって鉄鋼材料の機械的性質や耐食性などに大きく影響する。このために鉄鋼材料中介在物や析出物分析は材料開発を支える技術として重要な役割を担う。化学的評価法としては日本鉄鋼協会や日本学術振興会製鋼第19委員会において約30年間共同研究がおこなわれ「鋼中酸化物系介在物の抽出分離定量法」、「鋼中炭化物系介在物の抽出分離定量法」、「鋼中硫化物系介在物の抽出分離定量法」、「鋼中空化物系介在物の抽出分離定量法」などの推奨法が提案され現在もその手法を活用して分析が行われている。

鉄鋼材料の化学分析で特筆されることは、認証標準物質の標準値決定で用いられる絶対分析法が古くから研究され確立されたことである。さらには現在では汎用分析法として活用されているICP発光分光分析法が国内で初めてJIS化 (1989年) されたのも鉄鋼分析である。特に高速度工具鋼やステンレス鋼などの特殊鋼は、成分組成が複雑であり化学分析も時間が掛かるがICP発光分光分析法が採用されてからは大幅に迅速分析が可能となった。このように鉄鋼分析は先人の努力と技術により国内分析業界の牽引役となっている。

1. 鉄鋼材料中の極微量分析方法の開発と標準化 近年の鉄鋼材料の進歩に伴い極微量成分の品質

管理の要求が高まっている。極微量成分の分析要求の一例としては、各種脆化（SR割れ、焼戻し脆化、クリープ脆化など）の原因の一つとされるSb、Pb、Bi、Snなどの1ppm以下の管理分析が挙げられる。

しかし、国内の現状では、汎用的な極微量分析法の一つであるICP質量分析法が鉄鋼分野ではあまり採用されていない。そこで日本鉄鋼協会において技術検討会を立ち上げて鉄鋼材料にICP質量分析法が適用できるかを検討し、最終的には標準化として推奨法を作製する活動を12の鉄鋼分析事業所で開始した。鉄鋼材料は前述したとおり合金系が複雑でありICP質量分析装置に導入する前に目的元素をマトリックス成分や妨害元素から分離／濃縮する技術が必要である。現在は参加分析事業所が協力して分析方法を検討改善を繰り返して方法を確立し、0.1ppmレベルの定量分析の精度確認を実施中である。

2. 鉄鋼材料中の介在物・晶析出物分析の高度化

鉄鋼材料中の介在物や晶析出物の評価技術として光学顕微鏡、電子プローブマイクロ分析（EPMA）、走査電子顕微鏡（SEM）などの表面観察技術が進歩し広く用いられている。ただし、観

察系技術は2次元の情報为主であり解析ソフトが発達し粒子解析等の技術が高度になったとはいえ、定量的な評価は難しい。化学分析技術を用いた非金属介在物評価は、マトリックスを溶解除去するために採取した介在物等の3次元の情報が得られ、形状、粒径、複合介在物のミクロ形態観察が可能な利点がある。また表面観察技術と比較して測定対象量を多く採取することが可能であるために平均的な濃度情報を正確に評価できる。これらの利点を活用して酸分解法、ハロゲン有機溶媒法、非水溶液系電解抽出法などを駆使して目的介在物や晶析出物の分析が行われている。例えば線材などでは断線や表面疵の要因の一つとされるアルミナ系介在物の評価については大量の試料を酸分解法で抽出し、評価に用いている。製鋼技術の発達により介在物制御技術が高度化し介在物が非常に少なくなってきた。分析技術に対して、非常に少ない介在物を高精度かつ迅速に評価できる技術の開発が期待されている。

3. 鉄鋼生産プロセスにおける副産物の利用拡大のための分析方法の開発と標準化

鉄鋼プロセスにおいて多量に生成される鉄鋼スラグの多くは、リサイクル材として有効に利用さ

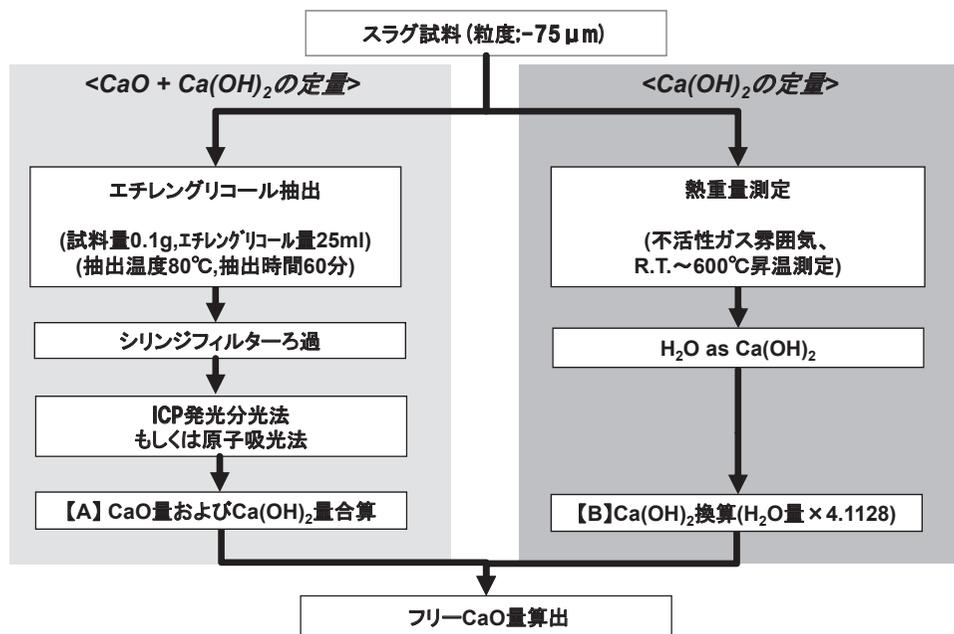


図 3 鉄鋼スラグ中フリーCaO定量方法の概略図
〔乾 道春：日本鉄鋼協会 第165回春季講演大会 シンポジウム 発表資料〕

れ、省資源や社会基盤形成の重要な役割を担っている。しかしながら、製鋼スラグについては、スラグ中に残留するフリーCaOやフリーMgOに起因する膨張特性やアルカリ溶出特性により、製鋼スラグの利用先に大きな制約が生じている。このため、製鋼スラグ中のフリーCaOおよびフリーMgOの分析技術確立が急務となり、日本鉄鋼協会で研究会を設置し、それらの分析方法の標準化（推奨法の作成）を行っている。結果、**図3**に示すようにフリーCaO分析方法の推奨法が確立され、現在

はフリーMgO分析方法が検討されている。

参考文献

- 1) 日本分析化学会 編：試料分析講座 鉄鋼分析、丸善出版、(2011)
- 2) 特殊鋼ガイド「初級」編集委員会 編：特殊鋼ガイド [初級]、(2009)
- 3) 古谷圭一、小熊幸一、中原武利ら：ふえらむ19 (2014)、438.
- 4) 佐伯正夫：鉄鋼の迅速分析 速さ、精度、信頼性への挑戦、地人書館、(1998)
- 5) 近藤裕之、相本道宏、山村英明、藤 健彦：新日鉄技報390 (2010)、p76



Ⅱ．特殊鋼製造プロセスに使われる 分析・検査技術

1．製鉄・製鋼

J F E スチール(株) 城代哲史
スチール研究所 分析・物性研究部

まえがき

戦後の高度経済成長と共に推移してきた日本鉄鋼業は、2度のオイルショック、バブル崩壊による構造不況など大きな経済不況に何度も直面してきた。今世紀に入っても原料価格高騰、リーマンショック、アジア新興国や欧州の巨大鉄鋼企業の脅威、地球温暖化対策など、その周囲を取り巻く問題には枚挙にいとまがない。このような苦境を乗り越え未来への活路を見出すために、日本鉄鋼業は世界最高水準の技術力をさらに高め、製造プロセスの合理化による生産性の向上、高度な造り込み技術による鋼の高品質化を目指していく必要がある。

現在の鉄鋼の製造方法は、「高炉法」と「電炉法」の2つに大別される。高炉法は鉄鉱石を石灰

と石炭（コークス）とともに高炉（溶鉄炉）で還元して銑鉄をつくり、さらに転炉で精錬し、成分を調整して鉄鋼を製造する方法で、連続式で大量生産に適している。一方、電炉法は電気によって原料の鉄スクラップを熱して溶解し、成分を調整しながら鉄鋼を生産する方法で、小ロット多品種の生産に適し、生産量あたりの二酸化炭素発生量が少ないという特長がある。

図1に高炉法と電炉法の製造プロセスの一例を示した。どちらの製造法においても原料から凝固に至るまでの各工程で数々の分析や検査が行われ、その結果が操業に役立てられている。本稿ではこれらのプロセスで行われている分析、検査技術について、その目的や種類、特徴などを中心に紹介していく。

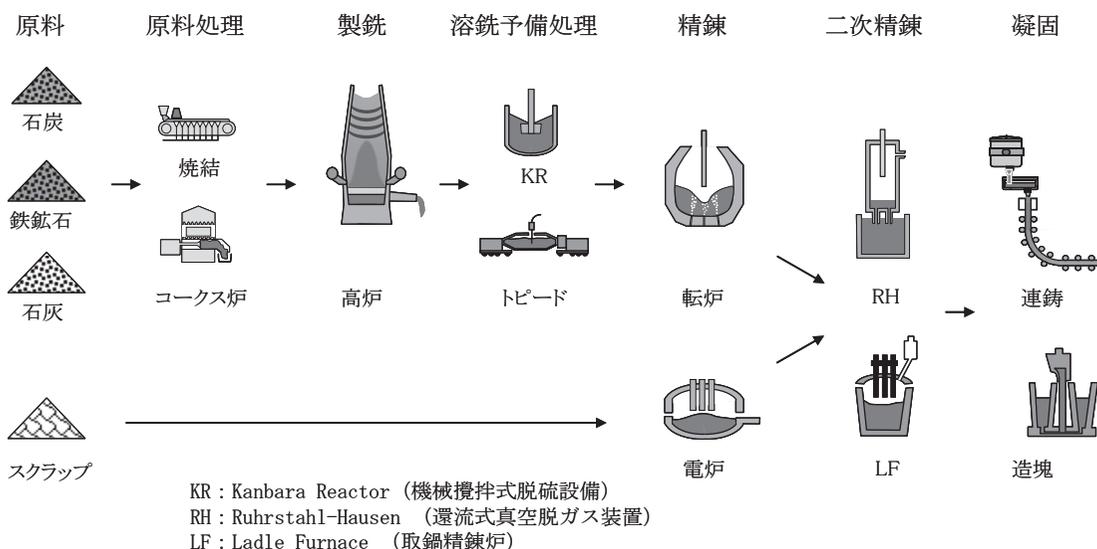


図 1 鉄鋼の製造プロセス

◇ 製鉄工程における分析技術

製鉄工程は高炉を中心にコークスプロセスと焼結プロセスから構成されている。製鉄工程では大量の粉塊混合物が処理されるため、それらの化学成分値や物理試験値の測定において、偏りのない代表性のある試料を採取することが非常に重要である。そのため、鉄鉱石はJIS M 8702、石炭およびコークスはJIS M 8100において、大量のロットから少量の分析試料に至るまでのサンプリングと試料調製の方法が仔細に定められている。

1. 焼結工程における分析・検査技術

高炉に直接装入できない粉鉱は、石灰石、コークス粉とともに焼き固められ、粒度5～25mmの焼結鉱となる。焼結鉱は高炉に装入される鉄鉱石のうちの約75%を占めていることから、その品質が高炉の操業に及ぼす影響は大きく、常に安定した高い品質が求められている。焼結鉱には高炉安定操業のため、積層されても潰れにくい強度と高い反応効率が必要とされ、そのために表1の物理性状と還元性状が重要な管理項目となっている。また、表2に焼結鉱組成の一例を示したが、化学成分値も操業管理に利用されている。例えば、約60%を占めるT.Fe（全鉄量）は高いことが望ましく、FeOは還元性状や強度との相関があるため簡便な工程管理指標として使われている。また、後述する高炉スラグの品質に関係するCaO、溶銑成分に影響するP、S、Cu、Cr、高炉操業を阻害するZn、Na、Kが管理されている。焼結鉱は微粉砕

された後、バインダーと混合され加圧成型（ブリケット法）、あるいは溶融剤と混合融解されたガラス体（ガラスビード法）としてから、主要成分は蛍光X線分析法で迅速に分析されている。また、FeO、Na、Kは酸で溶解した後、FeOは滴定法、NaとKは原子吸光法でそれぞれ測定されている。

2. コークス工程における分析・検査技術

コークスは性質の異なる数種の石炭を高温で乾燥して得られる多孔質の固体で、高炉法における重要な炭素源である。コークスの管理項目としては焼結鉱と同様に強度が重要である。強度の高いコークスを得るには表3のような原料となる石炭の粘結性と石炭化度が重要とされ、なかでもギーセラープラストメータ法による最大流動度（MF）とビトリニットの最大反射率（Ro）の2項目がコークスの強度因子の評価方法として有効と考えられている。また、コークス強度の評価法として、落下強度試験法と回転強度試験法（ドラム法、タンブラー法）とが定義され、強度試験以外には粒度、見掛比重、真比重、気孔率、反応性、灰の溶融性の各試験が行われている。

3. 高炉における分析・検査技術

高炉とは鉄鉱石から溶銑を製造する炉である。炉頂から交互に層状になるように鉄鉱石類とコークスを装入し、羽口と呼ばれる吹き込み口から熱風を送り込んでコークスを燃焼して高温還元ガスを生成させる。この還元ガスが炉内を上昇する過程で鉄鉱石類を還元溶解し、溶銑が出鉄口から取り出される。高炉の役割は高品質な溶銑を安定的

表 1 焼結鉱の物理試験項目

管理項目	JIS番号	原 理
回転強度 (TI)	JIS M 8712	15kgの試料を回転ドラムを用いて所定条件で200回転させ、回転後の粒度6.3mm以上の試料の試験前質量に対する質量分率
落下強度 (SI)	JIS M 8711	規定の試料を試験箱に入れ、2mの高さから4回落下させた場合の粒度10mm以上の試料の試験前質量に対する質量分率
被還元性	JIS M 8713	鉄酸化物から規定の還元時間を経過したときに除去されている酸素の還元前の鉄と結合している酸素に対する割合
低温還元粉化性 (RDI)	JIS M 8720	静置状態で30分間還元した後に、回転ドラムを用いて転動して得られた測定試料の-2.8mm粒度区分の質量分率

表 2 焼結鉱の化学組成の例（単位：wt.%）

T.Fe	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	Mn	P	S	Zn
57.1	7.2	10.4	5.5	1.9	1.6	0.7	0.4	0.1	0.02	0.02

表 3 石炭の粘結性と石炭化度の試験項目

	試験項目	JIS番号	試験方法
粘結性	流動性	JIS M 8801	ギーセラープラストメータ法
	膨張性	JIS M 8801	ジラトメータ法
	粘着性	JIS M 8801	ロガ法
石炭化度	最大反射率	JIS M 8816	光学顕微鏡観察
	C (%)	JIS M 8813	リービヒ法、シェフィールド高温法
		JIS M 8819	熱伝導度法、赤外線吸収法

表 4 溶鋼の分析方法と分析成分

分析方法	JIS No	分析成分 (○：適用可能、△：一部適用可能、-：適用不可)																					
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	Mo	V	Ti	B	Nb	As	Sn	Sb	Ca	O	N	H	
スパーク放電発光分光分析法	JIS G 1253	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	-	△	-
蛍光X線分析法	JIS G 1256	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	○	△	-	-	-	-
ガス分析法	燃焼赤外線吸収法	JIS G 1211	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	燃焼赤外線吸収法	JIS G 1215	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	融解熱伝導度法	JIS G 1228	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
	融解赤外線吸収法	JIS G 1239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
融解熱伝導度法	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	

に供給することであり、そのためには炉内の熱収支や物質収支を把握することが非常に重要となる。収支計算に供される組成情報としては、装入原料、補助燃料、炉頂ガス、スラグや溶銑などの分析値がある。

炉頂ガスは副生ガスとして回収され、製鉄所のエネルギー源として利用されているが、高炉内の還元反応を推定するための重要な因子であり、CO、CO₂、H₂、H₂Oなどの濃度がガスクロマトグラフ法で測定されている。

溶銑の化学成分は、主要成分のC、Si、Mn、P、Sに加えてCu、Ni、Cr、V、Tiなどの微量成分も分析され、蛍光X線分析法で測定されている。主要成分の結果は次工程の操業アクション情報として活用されるほか、Si、Mn、Sは炉熱や炉況の判断指標となり正確さの高い分析が要求される。高炉スラグの組成も重要な操業管理項目であり、T.Fe、SiO₂、Al₂O₃、CaO、TiO₂、MnO、P、Sのほか、炉下部及び炉底レンガ損傷の原因となるNaやK、棚吊の原因となるZnやPbの濃度も管理されている。

◇ 製鋼工程の分析・検査技術

現在、日本の製鉄所では、高品質鋼のニーズに

対応してプロセスの最適化を行うために、製鋼プロセスは、精錬機能を溶銑予備処理、転炉精錬、2次精錬と分化させることが主流となっている。

製鋼工程での分析の役割は、各精錬プロセスにおける成分精密制御のため、あるいは高生産性維持のため、正確な分析値を可及的速やかにフィードバックすることである。製鋼工程における成分管理の対象は、大きく分けて溶銑、溶鋼と製鋼スラグがあり、溶鋼分析はさらに品質管理分析と品質保証分析とに分けられる。溶鋼の品質管理分析は精錬前または精錬中の溶鋼を対象とし、迅速性が特に必要とされる。一方、品質保証分析は成分調整の終了した鑄込み直前の溶鋼を対象とし、ミルシートに記載される分析法として正確さが重要視される。どちらの溶鋼分析においても、表4に示した多元素同時測定が可能なスパーク放電発光分光分析法や蛍光X線分析法（高合金鋼など）が主として用いられ、必要に応じてガス分析法（C、S、N、O、H）が併用されている。表4の分析法はいずれも固体のまま迅速に測定することができるが、品質保証分析では需要家のニーズに応じて特殊元素や極微量元素の成分値が必要となる場合には、試料を酸溶解してより正確に分析する方法（湿式分析法）が用いられることもある。



図 2 様々な形状の溶鋼分析試料

図2に製鋼工程分析で用いられる試料の一例を示したが、迅速な分析を行うために試料にも工夫が施されている。例えば、円筒型試料は気送管と呼ばれる空圧搬送管で製鋼工場からそのまま分析部門まで搬送可能で、自動調製装置によって約150秒という短時間で図3のように調製される。また、ディスク型試料では研磨だけで分析面が得られ、段つきディスク型試料では薄肉部からガス分析試料を採取できるなど、切断工程を省略した試料も用いられている。さらに二次精錬プロセスでは、現場に試料調製装置と分析装置を設置して、試料の搬送時間を省略したオンサイト分析も行われている。

製鋼スラグの分析成分はT.Fe、SiO₂、CaO、Al₂O₃、TiO₂、MgO、MnO、PおよびSで、高炉スラグと同様に粉碎、成型されてから蛍光X線分析

法で測定されている。製鋼スラグの塩基度（CaO/SiO₂）は溶銑予備処理での脱硫や脱りん、二次精錬における脱硫などで重要な工程管理情報となっている。より迅速な分析値のフィードバックが要求される精錬工程では、試料調製を省略するために平滑な分析面が得られるようスラグをサンプリングして、蛍光X線分析法でオンサイト分析している事例もある。

むすび

鉄鋼製品の高級化や高付加価値化は製造技術の高度化を促進し、結果として化学成分情報や検査結果の迅速なフィードバックと高精度化を要求する。これまでも分析技術は製造プロセスの進化に伴って発展してきたが、今後もさらに高精度で迅速な分析技術の開発に努めていかなければならない。そのためには、現在用いられている分析方法や装置の感度や精度の向上、新しい分析方法の開発は無論のこと、均一で代表性のある分析試料の採取も重要な開発要素である。また、さらに高まるだろう迅速化の要求に応えるために、オンサイト／オンライン分析技術の開発も推し進める必要があると考える。

参考文献

- ・日本鉄鋼協会 第5版鉄鋼便覧
- ・日本鉄鋼協会 分析技術部会「鉄鋼の製造のための分析解析技術」

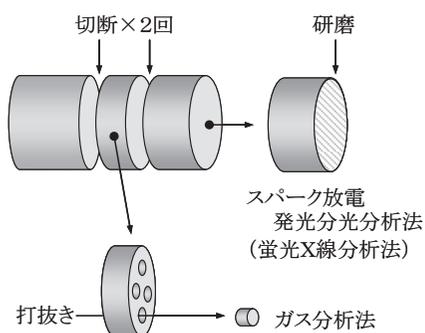


図 3 円筒型試料の調製方法

2. 粉末・再溶解

日立金属(株) 高級金属カンパニー安来工場 製鋼部 恩田靖久

まえがき

特殊鋼粉末は主にガスアトマイズ法で製造され、その後、HIP (Hot Isostatic Press) 法で焼結して製造するプロセスである。特徴として結晶粒が非常に細かく、炭化物も極めて微細である利点を有しており、巨大炭化物を形成しないことが最大の特徴である。その特徴を活かして、工具鋼に適用される事例としては粉末ハイスがあり、炭化物形成元素のVやWを多く含む高合金ハイスでも、巨大炭化物を形成することなく、高硬度や耐摩耗性を得ることが出来る。

また、特殊鋼の再溶解法はVAR (Vacuum Arc Remelting) 法と、ESR (Electro Slag Remelting) 法があるが、VAR法は大気や耐火物による汚染がないこと、真空精錬および浮上分離による非金属介在物の除去効果と、脱ガス効果が大きいこと、一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。一方、ESR法は高い塩基度を有する溶融スラグで脱硫および脱酸が促進されること、介在物が溶融スラグに吸着されて除去されること、VAR法と同様に一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。したがって、再溶解インゴットは、これらの利点を活かし、高度な品質の信頼性を要求される航空機エンジンおよび発電用タービンに使用される耐熱材料をはじめとして、スーパーアロイ、マルエージング鋼、ステンレス鋼、高級工具鋼などの溶解に適用されている。

以下にこれらの製造プロセスの説明と、分析技術に関して記述する。

◇ 製造プロセス

1. アトマイズ法

金属粉末を製造するには多くの工業的方法があるが、代表的なものとしては、水アトマイズ法とガスアトマイズ法がある¹⁾。特殊鋼のように球形

の粉末が求められ、なおかつ極めて低い不純物レベルが要求される場合は、一般的には、ガスアトマイズ法が適用される。化学組成によりガスアトマイズ法に組合せる溶解方法は異なるが、代表的なものは、大気誘導溶解炉または真空誘導溶解炉と、不活性ガスアトマイズを組合せた方法である。図1に真空誘導溶解炉と組み合わせたガスアトマイズ設備の基本構造を示す²⁾。溶解した金属はタンディッシュに移され、そこからノズルを通してアトマイズタワー内に流下し、高圧不活性ガス流の運動エネルギーによりアトマイズされる。アトマイズにより形成された微細な金属流滴は、アトマイズタワー内で凝固して球状の粉末となる。金属粉末とガスの混合物は移送管を通してサイクロンに運ばれ分離された後、金属粉末はサイクロンの直下にある不活性ガスでシールされた回収タンクに収集される。出来た粉末は用途に応じていくつかの粒度に分級され、その後、HIPプロセスを経て、塑性加工を施された後に製品化される。

2. VAR法

VAR法は、高真空下で消耗電極をアーク熱によって再溶解して、滴下した溶鋼を水冷Cuモールド内で積層凝固させるプロセスである³⁾。図2に一般的なVARの基本構造を示す。構造としては、

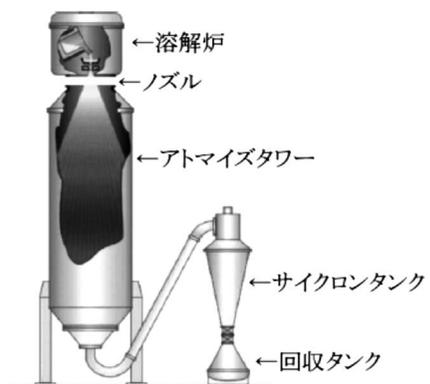


図 1 ガスアトマイズ基本構造図²⁾

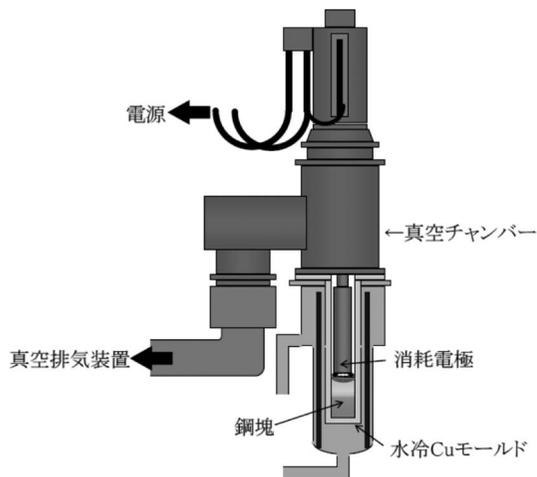


図 2 VAR基本構造図

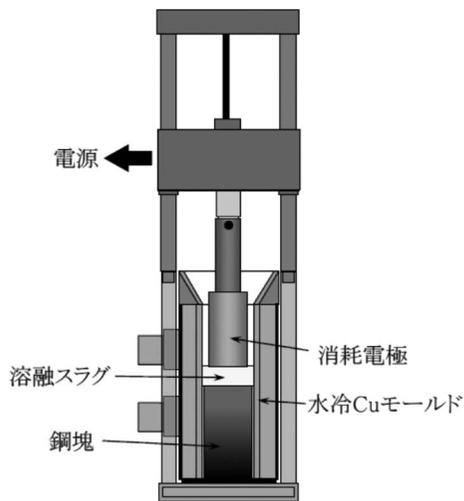


図 3 ESR基本構造図

真空チャンバー、真空排気装置、水冷Cuモールド、電源などから構成される。VAR法は大気や耐火物による汚染がないこと、真空精錬および浮上分離による非金属介在物の除去効果と、脱ガス効果が大きいこと、一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。

3. ESR法

ESR法は、大気中または不活性ガス雰囲気中において、消耗電極を溶融スラグのジュール熱によって再溶解し、滴下した溶鋼を水冷Cuモールド内で積層凝固させるプロセスである⁴⁾。図3に一般的なESRの基本構造を示す。構造としては、水冷Cuモールド、電源などから構成される。なお、水冷Cuモールドの型式として、モールド固定方式、モールド移動方式、鋼塊引き抜き方式の3種があるが、図3は一般的に適用事例が多いモールド固定方式である。ESRプロセスは、高い塩基度を有する溶融スラグで脱硫および脱酸が促進されること、介在物が溶融スラグに吸着されて除去されること、VAR法と同様に一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。

◇ 分析技術

HIPインゴットおよび再溶解インゴットともに、溶解プロセス中の溶湯、またはAsCast状態からのサンプリング分析が不可能であるために、ある程度の塑性加工を行った後の中間鋼片、あるいは最

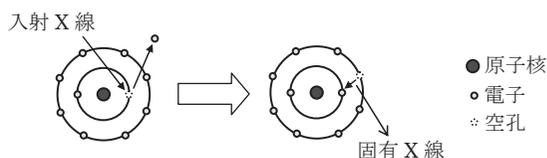


図 4 固有X線の発生

終製品の段階でサンプリングを行って、分析を実施する。以下に代表的な分析技術に関して記述する。

1. 主要元素の分析

主要元素の分析は主として蛍光X線分析法(XRF: X-ray fluorescence spectrometry)が用いられる。XRFとは、固体試料表面にX線を照射したときに発生する固有X線(蛍光X線)を測定するものであり、図4に模式図を示す。固有X線の波長は元素固有であり、各元素に対応する波長の強度から含有量が求められる。測定用試料の試料調整は表面研磨のみであり、多元素が同時に測定可能であることから、分析時間が非常に短いというメリットがある。元素により異なるが、含有量として0.001mass%程度までがXRF適用の下限となっている。

2. 微量元素の分析

微量元素の分析(特にB、Mg、Ca、Tiなど)は、発光分光分析法(OES: Optical emission spectroscopy)がよく用いられる。OESとは試料

表面にスパーク放電を起こし、その時に発生する元素固有の輝線スペクトルを測定するものである。XRFの適用下限より、さらに低い濃度が測定可能で、元素によっては、含有量が0.0001mass%程度まで測定可能である。試料調整についてはXRFと同様に表面研磨のみであり、多元素が同時に測定可能であることから、分析時間が非常に短い。

また、OESで精度が不足する元素については、誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP：Inductively coupled plasma optical emission spectrometry）、原子吸光分析法（AAS：Atomic absorption spectrometry）などが用いられる。ICP、AASともに試料を酸溶解し、その溶液を専用装置に導入して測定する手法である。ICPはプラズマ中の発光強度、AASは原子蒸気の光の吸収（吸光度）を測定するが、これらの方法は、一度、試料を酸溶解するために、試料調整から分析までの時間が長くなることが短所である。一方、長所として、OESでは精度が足りない元素も、ppmオーダーでの測定が可能となる。

3. 特定元素（炭素、硫黄、酸素、窒素、水素）の分析

炭素、硫黄については、一般的に燃焼-赤外線吸収法（Infrared absorption method after combustion）が用いられる。試料を磁性ルツボに入れ、専用装置を用いて、酸素気流中で高周波誘導加熱により、試料中のCをCO₂に、SをSO₂に酸化させ、それらガスの赤外線吸収量から含有量を測定する方法である。

また、酸素は不活性ガス融解-赤外線吸収法（Infrared absorption method after fusion under inert gas）、窒素、水素は不活性ガス融解-熱伝導度法（Thermal conductimetric method after fusion in a current of inert gas）が一般的に用いられる。試料を黒鉛ルツボに入れ、専用装置を用いて不活

性ガス雰囲気中で試料を加熱融解し、ガス化された各元素を、赤外線検出器（CO）、熱伝導度検出器（N₂、H₂）にて測定する。なお、酸素についてはガス化される際に、試料を投入する黒鉛ルツボと反応してCOガスとなる。

4. 非金属介在物の分析

特殊鋼の再溶解プロセスは非金属介在物低減が主目的となるために、再溶解品は非金属介在物分析を詳細に実施するが多い。分析方法としては、一般的にJIS G 0555、ASTM E45に規定される顕微鏡試験方法が用いられる。しかし、研磨面のみの評価のために、清浄度が高くなるにつれて、評価が困難となる。そのような場合は、酸溶解法のような化学的抽出分離法を用いることが多い。この方法は、試料を酸で溶解して、非金属介在物をフィルターに捕捉し、SEM等を用いてサイズ分布や介在物組成を評価する手法で、清浄度が高い材料でも評価が可能となる。

むすび

今後、特殊鋼では益々高い清浄度が求められる材料が増えることが予想され、中間鋼片などで介在物試験を実施するような事例も増えてくると考えられる。清浄度試験に関しての現状は、お客様からのご要求に沿った形で、塑性加工が加わった最終製品の段階での定量試験が主であるが、いずれも試験に時間を要すことから、迅速な試験方法の確立が今後の課題である。

参考文献

- 1) (社)特殊鋼倶楽部：特殊鋼、第57巻、5号（2008）、P. 8
- 2) ALD社：ALD社カタログ（2014）
- 3) (社)日本鉄鋼協会：第5版 鉄鋼便覧、第1巻（2014）、P. 351
- 4) (社)日本鉄鋼協会：第5版 鉄鋼便覧、第1巻（2014）、P. 353

3. 圧延

大同特殊鋼(株) 技術開発研究所 かた おか かつ ひと
 プロセス研究部 計測制御研究室 **片岡克仁**

まえがき

特殊鋼製品は、自動車・船舶・飛行機といった輸送機器や道路・ビル・発電所といったコンクリート構造物、鉄橋・貯蔵タンク・高層タワーといった鋼構造物など多様な分野に使用され、その要求品質も多様化かつ厳格化してきている。これらの要求品質に応えるために、特殊鋼製造時には各種の試験や検査、分析が実施されている。

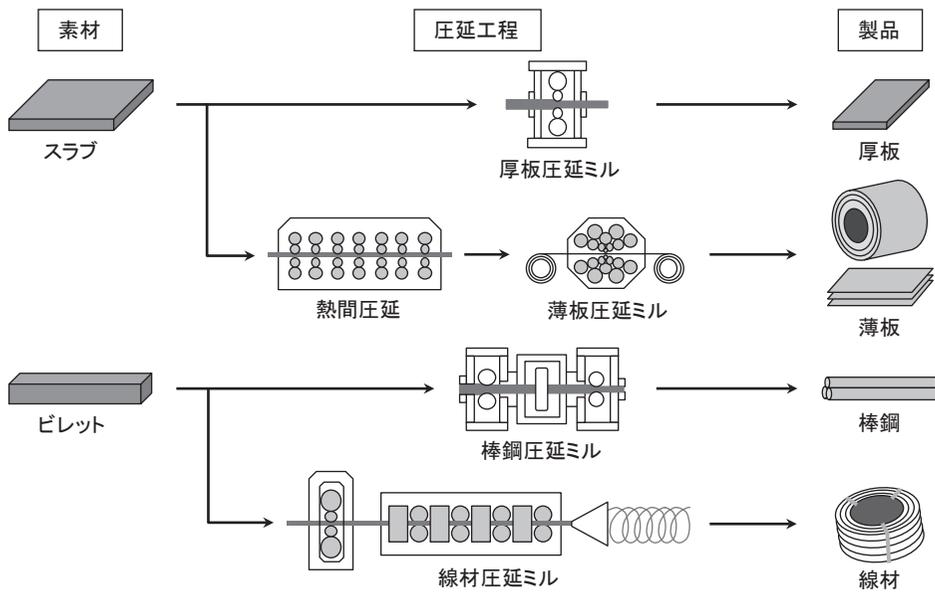
特殊鋼製品の検査には大きく2つの目的がある。1つ目は製造された製品が顧客の要求する品質仕様を満足するものかどうかを判定すること、2つ目は製造中の品質水準を把握し、情報をフィード

バックすることにより、不良品の再発防止を図るとともに製造品質水準をよりよいものにするものである。

そこで、本稿では、特殊鋼製造プロセスにおける「圧延」を取り上げ、加熱、圧延、検査までの一連の工程における各種試験・検査技術について紹介する。

◇ 圧延工程における試験・検査

特殊鋼製品の圧延工程と各工程で実施される主な試験・検査を図1に示す。原料から製鋼工程を経て生み出された素材は、各種の圧延工程を経て、さまざまな形状の特殊鋼製品となっている。



	素材	各種圧延工程	製品
内部検査	超音波探傷		超音波探傷
表面検査	磁粉探傷	渦電流探傷	磁粉探傷, 漏洩磁束探傷
寸法分析		寸法測定	材質検査, 寸法測定

図 1 特殊鋼製品の圧延工程と実施される主な試験・検査¹⁾

また、素材から各種製品になるまでに実施される主な試験・検査として、**図2**に示すような内部や表面のきずを検査する非破壊試験、寸法・形状を測定する寸法検査、内部性状や成分を分析する材質検査がある。これらについて以下に紹介する。

1. 非破壊試験

(1) 超音波探傷試験 (UT: Ultrasonic Testing)

超音波探傷試験は、鋼材の内部検査として広く使われている。検査対象となる内部欠陥は、非金属介在物、空隙、などである。

超音波探傷試験は、鋼材表面から超音波パルスを送信し、鋼材の内部欠陥や底面（裏面）から反射されるエコーを受信して欠陥の位置、大きさをする方法である。

近年では、複数個の超音波振動子を配列した探触子（アレイ探触子）を用いて、適切な時間遅れで各振動子を振動させることにより、超音波を集束させたり、任意の角度に偏向したりすることが可能である（**図3**）²⁾。また複数個の振動子で受信した超音波信号（探傷結果）をデジタル処理によ

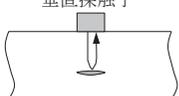
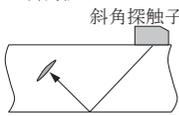
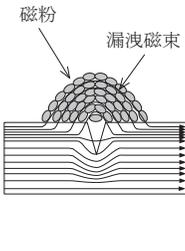
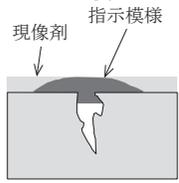
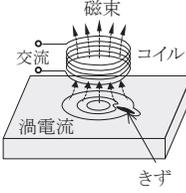
	超音波探傷試験	磁粉探傷試験	浸透探傷試験	渦電流探傷試験
探傷方法の略図	<垂直法> 垂直探触子  <斜角法> 斜角探触子 			
きず検出の原理 (物理現象)	超音波パルスの反射	磁気吸引作用	浸透作用 (毛細管現象)	電磁誘導作用
対象とする材質	金属、非金属材料	金属(磁性材料)	金属、非金属材料	金属(導電材料)
対象とするきず	表面、内部	表層部	表面(開口きず)	表層部

図 2 各種非破壊試験方法¹⁾

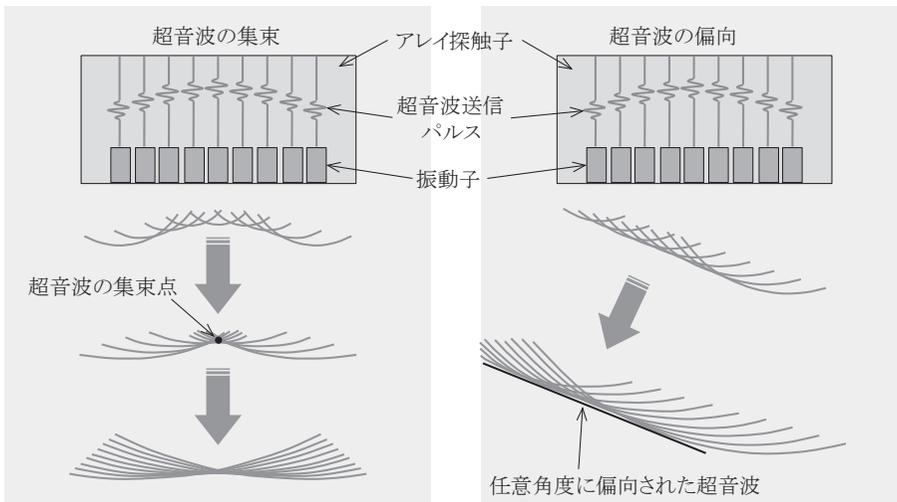


図 3 アレイ探触子による超音波の集束と偏向

り画像化することも可能である（図4）。

（2）磁粉探傷試験（MT: Magnetic Particle Testing）

磁粉探傷試験は、被検査材に磁界を与え、磁粉と呼ばれる細かい鉄粉を散布し、表面および表面下の欠陥部分に集まった磁粉模様を検出して、欠陥の有無を知る方法である。

磁粉探傷試験は、検査作業の環境改善や検査の自動化を目指して、新たな磁粉探傷方式や装置の開発が進められており、近年では、欠陥の磁粉模様を画像処理を使用して検出する自動検出装置が開発されている。

（3）渦電流探傷試験（ET: Eddy Current Testing）

渦電流探傷試験は、コイル（プローブ）を用いて被検査材（導体）に、時間的に変化する磁場を与え、導体に生じた渦電流が、表面きずなどによって変化することを利用して、きずの有無を知る方法である。きず信号の振幅や位相差から、きずの大きさ・種類も推定することが可能であり、

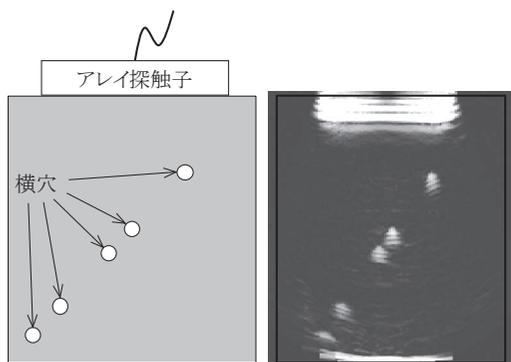


図 4 超音波探傷画像の例

かつ、非接触測定のため、熱間圧延中の材料を全長に渡って連続的に探傷することが可能である。

近年は、渦電流変化の検出手段として、マイクロデバイス化された磁気センサを用いた探傷方法が開発されている。磁気センサの特長である、周波数依存性がなく、小型で、高感度に局所的な情報を得られることを利用し、磁気センサを組み込んだ高精度プローブが開発されている³⁾。

（4）漏洩磁束探傷試験（MLFT: Magnetic Leakage Flux Testing）

漏洩磁束探傷試験は、磁化された鉄鋼材料のきず部からの漏洩磁束の検出を、磁粉ではなく半導体磁気検出子などで直接検出する方法である。磁粉探傷試験に比較して定量的な検査が可能で、自動化装置が広く適用されている。

また近年は、渦電流探傷試験と同様に、マイクロデバイス化された磁気センサを用いた高感度の探傷プローブが開発されている（図5）。

2. 寸法検査

オフラインの寸法検査については、オペレーターによりマイクロメーター、ノギス、リミットゲージなどを直接接触させて各種寸法を測定している。オンライン検査については、例えば、厚板の幅、長さ、厚さといった各種寸法の計測方法として、レーザ距離計、ドップラ速度計やカメラによる画像計測を用いた方法が多く採用されている⁵⁾。

近年は、圧延材に平行光を照射し、反対側でその投影光を受光し、投影光の影部分の長さを圧延材の寸法に換算して測定するオンライン寸法測定方法が開発されている。さらに、照射する平行光源をなくし、圧延材そのもの自発光を受光して寸法測定する方法もある。

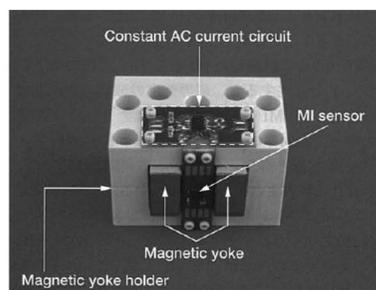
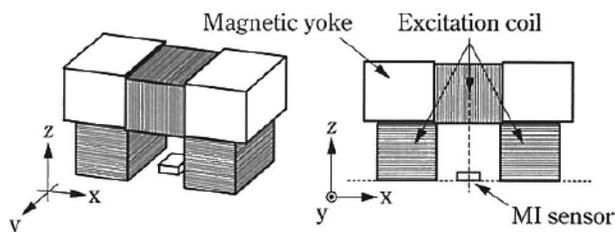


図 5 磁気センサを用いた漏洩磁束探傷プローブ⁴⁾
(株式会社 豊田中央研究所のご厚意により)

3. 材質検査

(1) 内質試験

内質試験は、圧延材の結晶粒を細かくするための条件が満足されているかどうかの結晶粒度試験や、サルファ偏析の傾向をみるサルファプリント試験などがある。これらの検査は、使用される部材の規格や仕様に応じて要求されるもので、他の検査に比べて頻度が少ない試験である⁶⁾。

(2) 火花試験

火花試験は、鋼種（化学成分）の推定や異材の混入を発見・防止する有効な手段として実施されている。

火花試験は、被検査体にグラインダーを押し当てて火花を発生させた時の、火花の形状・大きさ・量・明るさ等の特性が、被検査体の化学成分により異なる様相を示すことを、火花検査員の目視で観察し、鋼種の推定を実施するものである。圧延工程では、加熱炉前や精整工程で行われる。

また、火花試験では難しい僅かな合金元素違いの判別や官能検査（目視）であるための判定精度バラツキがあるという問題に対し、近年では、発光分光分析法を用いた簡易鋼種判定器（測定器）が利用されるようになってきた。測定原理としては、被検査材の表面にスパーク又はアーク放電を行い被検査材表面の元素を励起させ、その際に発

生するスペクトル光を分析することで、被検査材の表面組成を分析するものである。

むすび

特殊鋼製品は、多くの産業分野から我々の日常生活まで、多様に使われるようになってきている。日常生活まで浸透した特殊鋼製品には、当然のように安心の品質が求められ、そして、さらに、次々と生み出される新製品には、より高品質で、より高機能で、さらに小型・低コストも強く求められる。

これらの多様な要求に応えながら、特殊鋼製品の確かな品質を確保するためには、今回紹介した圧延工程における各種の分析・検査技術は、技術としての“品質”を維持しながら、さらなる技術開発が必要である。

参考文献

- 1) 杉浩司：特殊鋼、60巻3号（2011）2-5
- 2) 日本鉄鋼協会：鉄鋼便覧 第4巻 分析・試験（2014）262-263
- 3) 橋本光男：非破壊検査、63巻8号（2014）391-392
- 4) 小倉夏樹、佐藤康元、北山綱次：非破壊検査 63巻2号（2014）90-91
- 5) 日本鉄鋼協会：鉄鋼便覧 第5巻 計測・制御・システム（2014）92-93
- 6) 日本鉄鋼協会：鉄鋼便覧 第2巻 圧延・二次加工（2014）120

4. 熱処理

日本高周波鋼業(株) 技術部 条鋼技術室 たか しま とし あき
高 嶋 敏 昭

まえがき

工具鋼やステンレス鋼を行う熱処理は、その材料の機械的性質、物理的性質、耐食性等を使用条件に対して最適な状態にすることを目的としており、熱処理の良否がその材料の品質に大きな影響を及ぼす。熱処理の条件としては、加熱速度、加熱温度、加熱保持時間、冷却速度が最も重要な因子で、それらの最適な組み合わせあるいは複数回の繰り返しの組み合わせが選択される。

適正な熱処理により鋼材の目的とする品質が得られたかどうかを試験・検査する方法の主なものは、硬さ試験、組織検査、機械的性質の試験（引張試験、衝撃試験等）、結晶粒度試験、腐食試験である。

◇ 工具鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼の熱処理と試験・検査

1. 焼なまし

工具鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼は熱間加工ままでは硬化しているため、次工程で機械加工や冷間加工を行うためには焼なましを行って軟化させる必要がある。焼なましには完全焼なましと低温焼なまし（歪取り焼なまし）がある。

完全焼なましは変態点よりも50℃～100℃高い温度で十分均熱し、その後ゆっくりと冷却することによって、組織内に炭化物を球状に均一に析出させる。炭化物の球状化が不十分であると十分に軟化せず、また後工程での冷間加工時の割れや機械加工時の肌荒れ、焼入れ焼もどし後の硬さのばらつき等種々の不具合の原因となる。完全焼なまし後の検査はミクロ組織検査、硬さ試験がおもに行われる。代表的な工具鋼の焼なまし組織を図1に示す。

完全焼なましは高温で長時間の保持を必要とするが、これに対して低温焼なましは加熱温度が低く、焼なましに要する時間も短い。冷間加工や機械加工を容易に行うために材料を軟化させることが目的であり、大きな組織の変化はない。検査は

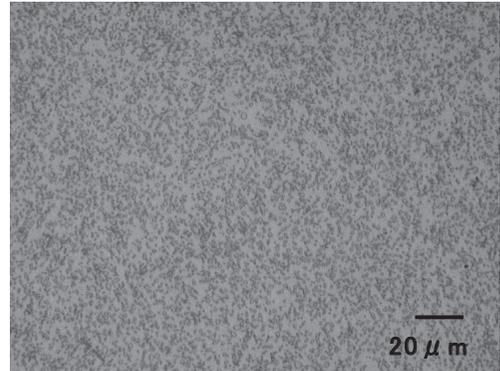


図 1 工具鋼の焼なまし組織 (SKS3)

おもに硬さの試験が行われる。

◇ オーステナイト系ステンレス鋼の熱処理と試験・検査

1. 固溶化熱処理

オーステナイト系ステンレス鋼の固溶化熱処理は、熱間加工や溶接等で析出したCr炭化物やσ相などをマトリクスに固溶させ、あるいは冷間加工で生じた加工誘起マルテンサイトをオーステナイトに戻す目的で実施される。固溶化熱処理により均一な組織となり、延性、じん性、耐食性、耐熱性が向上すると同時に、再結晶も伴うため、軟化や内部応力の除去も行われる。

熱処理により結晶粒界にCr炭化物が析出すると、その近傍はCrが欠乏し粒界腐食を生じる。またσ相はFe、Crの金属間化合物で非常に脆い。そのためこれらCr炭化物やσ相が存在すると鋼材の耐食性および靱性が著しく低下する。一方加工誘起マルテンサイトは鋼材を硬化させ靱性を低下させるとともに耐食性も悪化させる。さらに非磁性の特性や耐水素脆性も悪化させる。

固溶化熱処理後の試験・検査方法としては、組織検査、引張試験、硬さ試験がある。

組織検査では結晶粒界へのCr炭化物の析出や固溶化温度の不適（高温）による結晶粒の粗大化等

を検査する。図2に固溶化熱処理後の良好なマイクロ組織を、図3に結晶粒界にCr炭化物が析出したマイクロ組織とSEM画像を示す。

σ 相の影響や加工誘起マルテンサイトの影響を検査するためには引張試験が行われる。引張強さへの影響のみならず σ 相やマルテンサイトは伸びや絞りを悪化させる。微量な σ 相や加工誘起マルテンサイトは光学顕微鏡による組織検査では観察できないが、詳細な分析を行う場合には結晶構造の違いを利用したX線回折によりその存在と含まれる量を測定できる。

2. 応力除去熱処理

オーステナイトステンレス鋼を加工した場合、その過程で発生する残留応力がその後の使用条件において、応力腐食割れ、時効割れ、残留応力の解放による変形等種々の障害の原因となることがある。残留応力を完全に除去するためには高温から徐冷する必要があるが、この場合、上述のCr炭

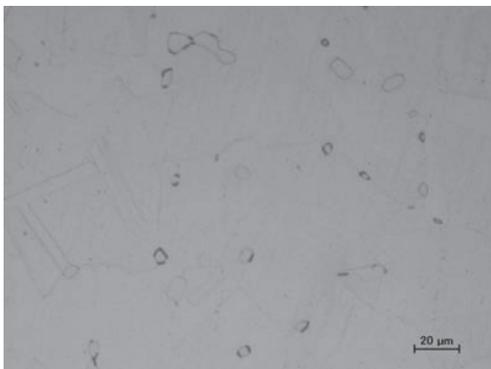
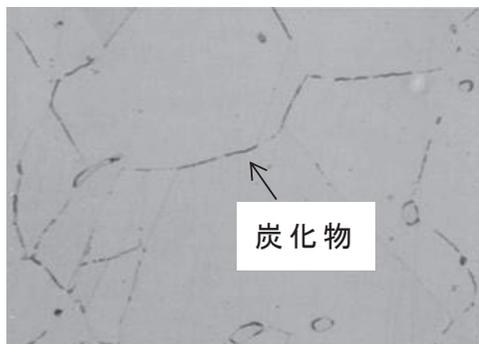


図 2 固溶化熱処理したオーステナイト系ステンレス鋼のマイクロ組織



化物の粒界析出の問題が生じてくる。したがってこのような熱処理を必要とする場合には、処理する材料の耐粒界腐食性を十分に検討する必要がある。残留応力の測定は一般にX線応力測定が行われるが日常の検査には向いていない。材料に適した熱処理条件の設定や水準管理に用いられるが、材料の残留応力の保証は適切な熱処理条件による工程保証である。

◇ フェライト系ステンレス鋼の熱処理と試験・検査

1. 焼なまし

フェライト系ステンレス鋼は熱処理によってほとんど硬化しないので、行われる熱処理はほとんど焼なましのみである。その目的は組織の均一化と完全軟化、耐食性、靱性の向上である。フェライト系ステンレス鋼は適正な焼なまし温度よりも高温に加熱されると結晶粒が粗大化し著しく脆化する。この材質にとって結晶粒度は重要な性質の一つである。検査は組織検査、結晶粒度試験、硬さ試験、引張試験がおもに行われる。

◇ その他のステンレス鋼の熱処理と試験・検査

その他のステンレス鋼の熱処理としては二相系ステンレス鋼の固溶化熱処理、析出硬化系ステンレス鋼の固溶化熱処理、析出硬化熱処理（時効硬化熱処理）等がある。これら熱処理後の試験・検査は、前述の材料と同じく硬さ試験、組織検査、機械的性質の試験（引張試験、衝撃試験等）がおもに行われている。

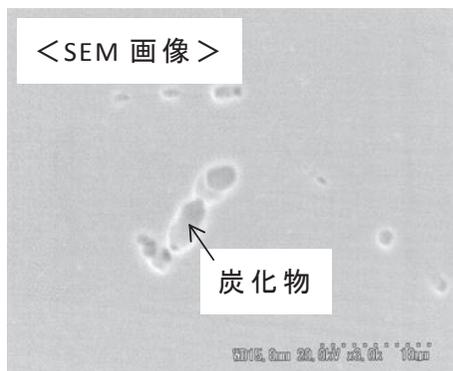


図 3 結晶粒界にCr炭化物が析出したオーステナイト系ステンレス鋼のマイクロ組織

Ⅲ．特殊鋼に使われる分析技術

1．微量分析

日新製鋼(株) 品質保証・技術サービス部 あか み たい じゅ
 普通鋼・特殊鋼品質保証チーム **赤見大樹**

まえがき

現代の製鉄所では、溶銑予備処理技術や真空脱ガス処理技術などの進歩により、一般に不純物として扱われる微量元素濃度を、窒素、酸素、リン、硫黄の合計で50質量ppm（以降、質量は省略）以下にまで低減・制御した鋼の製造が可能となっている。鋼の性能はこれらの微量元素に大きく影響されることから、その定量分析技術は鋼の開発には欠くことのできない基盤技術となっている。

鉄鋼材料における分析対象元素は、0.01%から数十%の合金添加元素、ppmレベルの極微量添加元素または不純物元素である。その分析方法は各

種あるが、目的に応じて使い分けられている（表1）。湿式化学分析法は酸などの試薬で溶液化した試料を、化学量論的な物質反応に基づいて定量する方法であり、重量法、滴定法、吸光光度法と呼ばれる方法で定量値が求められる。熟練を要し迅速性はないが、絶対値の信頼性に優れるため、チェック分析や標準試料の定量に用いられる。原子吸光法は共存元素の影響が少なく、分析時間も迅速であるが、単元素ずつしか測定できない。ICP発光分光分析法は極微量分析から高濃度までダイナミックレンジが広く、多元素同時分析が可能である。一方、固体試料を用いる物理分析法として、スパーク放電発光分光分析法（カントパック

表 1 特殊鋼に用いられる定量分析法

方式	分析名称	元素	定量範囲	特徴	適用例	参照JIS
湿式化学分析法	原子吸光法	Cu、Ni、Cr、Al、Sn、Pb等	Al 0.0010%～0.0050% Sn 0.0003%～0.0100%	分析精度が高く、共存元素の影響が少ない又分析時間も迅速である	品質管理分析として吸光光度法と同様微量定量分析に用いられる	JIS G1257 (2013)
	吸光光度法	Si、Mn、P、B等	P 0.0003%～0.010% B 0.0001%～0.10%	共存する他成分の影響を受けやすい為各種分離手法と併用される	重量法、滴定法よりも微量定量に適する	(P) JIS G1214 (1998) (B) JIS G1227 (1999)
	重量法	Si、W等	Si 0.01%～8.0% W 0.5%～20.0%	試験工程が多いので、各工程に試験精度を左右するポイントが存在する	チェック分析、標準試料の定量に用いられる	(Si) JIS G1212 (1997) (W) JIS G1220 (1994)
	滴定法	Cr、Ni等	Ni 0.1%～30% Cr 0.1%～35%	絶対値の信頼性に優れるが、全てが手作業の為熟練を要し迅速性に欠ける	〃	(Ni) JIS G1216 (1997) (Cr) JIS G1217 (2005)
	ICP発光分光分析法	Si、Mn、P、Ni、Cr、Mo、Cu、B等	P 0.003%～0.10% B 0.0001%～0.010%	極微量分析から高濃度まで適用され、多元素同時測定が可能	鉄鋼工程管理用分析として用いられ、ICP-AESと高感度なICP-MSがある	JIS G1258 (2007)、(2014)
物理分析法 (固体試料)	スパーク放電発光分光分析法（カントパック）	C、Si、Mn、P、S、Ni、Cr、Mo、Cu等	C 0.001%～5.5% Si 0.002%～6%	迅速、多元素同時分析可能	鉄鋼工程管理用分析法の主流、分析精度維持の為、標準試料による検量線同定は必須	JIS G1253 (2013)
	蛍光X線分析法	Si、Mn、P、S、Ni、Cr、Mo、Cu等	Si 0.002%～10% Mn 0.001%～30%	〃	スラグ分析、メッキ厚測定等にも適用	JIS G1256 (2013)
鋼中ガス分析法	燃焼-赤外線吸収法	C	C 0.0003%～0.010%	低濃度から高濃度範囲を高精度迅速に測定可能な為、最も利用頻度の高い分析方法である	チェック分析、標準試料の定量に用いられる	JIS G1211 (2013)
	〃	S	S 0.0005%～0.35%			JIS G1215 (2010)
	不活性ガス融解-赤外線吸収法	O	O 0.0005%～0.05%	一般には迅速で操作が簡単なこれらの方法が日常的に使用されている	鉄鋼工程管理用分析法の主流	JIS G1239 (2014)
	不活性ガス融解-熱伝導度法	N	N 0.0009%～0.050%			JIS G1228 (2006)

ク法)や蛍光X線分析法があり、迅速性に優れるため鋼の生産現場において工程管理に多用されている。しかし、それら分析法は相対比較分析法であり、分析機器の進歩で分析感度は高くなっているが、絶対値の信頼性は検量線や試料の状態に委ねられる。C、S分析には、スパーク放電発光分光分析法も適用可能であるが、O、Nを含めた微量分析には燃焼-赤外線吸収法(C、S、O)及び燃焼-熱伝導度法(N)が一般的である。

◇ 微量分析とは¹⁾

微量分析の定義は産業分野により異なる。分析化学分野では、濃度が100ppm(0.01%)以下を微量、1ppm以下を極微量と定義される場合が多い。この極微量を定量する事は、鋼材開発、工程管理、品質保証の観点から極めて重要であり、高機能な特殊鋼の生産のため不可欠な技術となっている。現代では効率化やコスト削減のために、オンライン分析の開発・適用が進められており、その進歩は著しいものがある。鉄鋼生産現場では分析の迅速性が益々要求されてきており、分析精度と迅速性を兼ね備えた分析方法の更なる開発が必要とされている。

◇ 微量分析のJIS法

特殊鋼における(極)微量元素としては、高温焼き戻し脆性の原因となる脆化元素(リンと硫黄)、軸受け鋼の転動疲労寿命の要因元素である酸素、極微量添加で焼入れ性が改善されるほう素がよく知られている。

硫黄、酸素及びほう素の各定量JIS法としては、①硫黄定量法(第4部):高周波誘導加熱燃焼-赤外線吸収法(JIS G 1215-4:2010)、②酸素定量法:不活性ガス融解-赤外線吸収法(JIS G 1239:2014)、③ほう素定量法:蒸留分離-クルクミン吸光度法(JIS G 1227:1999)がある。各規格の詳細は、日本規格協会発行のJIS規格票を参照頂きたい。

◇ 実験室的分析の事例

実験室的分析としては、化学分析及び物理分析の両法が併用されているが、現在では迅速性に優れる物理分析が一般的である。以下、硫黄、酸素

及びほう素の各元素の微量分析について事例を紹介する。

①硫黄(50ppm以下):製品鋼板からチップ状に採取した分析試料を、有機溶剤洗浄・乾燥後、JIS法(JIS G 1215)に準拠した酸素気流中燃焼-赤外線吸収法で分析している。検量線は標準試薬(硫酸カリウム)を用いて作成し、更に日本鉄鋼認証標準物質の硫黄定量専用鋼及び高純度鉄(1種、2種、3種)を用いて分析精度を確認後、分析している。

②酸素(50ppm以下):製品鋼板から塊状(5mm角)もしくは薄板状に切り出した分析試料を、電解研磨・乾燥後、JIS法(JIS G 1239)に準拠したヘリウムガス気流中融解-赤外線吸収法で分析している。標準試薬(二クロム酸カリウム)を用いて検量線を作成し、更に日本鉄鋼認証標準物質の鋼中ガス分析用管理試料を用いて分析精度を確認後、分析している。

③ほう素(30ppm以下):製品鋼板からチップ状に採取した分析用試料を、有機溶剤洗浄・乾燥後、混酸(硫酸・リン酸)で溶解し、ICP-AESで分析している。ほう素が極微量(10ppm以下)の場合²⁾、ほう素をホウ酸メチルとして気化分離(ほう素濃縮)し、ICP-AESで分析している。検量線は、標準試薬(ほう酸)を用いて作成し、更に日本鉄鋼認証標準物質のほう素分析専用鋼シリーズを用いて分析精度を確認後、分析している。

◇ 鋼中微量分析の試料調製技術・技能の勘所³⁾

微量分析のため試料調製で気を付けなくてはならない重要な点は、汚染である。微量元素を分析するため、作業環境(チリ・埃)、実験容器、試薬、純水、作業者自身などから不純物元素が混入すると、正しい分析結果が得られない。

分析試料採取前には、試料表面汚れ(炭素汚れ、酸化物汚れ)の除去が必要である。必要に応じて有機溶剤洗浄、化学研磨、電解研磨を行う。試料形状は、表面積の少ないチップ状もしくは塊状が望ましい。

試薬や純水は、高純度試薬や超純水(蒸留水)を使用する。容器類は分析前にアルカリ洗浄もしくは酸洗浄を行い、不純物元素の混入を避ける。

さらに酸溶解時には容器類（例えば、ビーカー）からの不純物の溶出も想定されることから容器素材選定（具体的にはガラス、石英、テフロン）への配慮も必要となる。

酸溶解の際には、難溶解性析出物・介在物の未溶解もあるため、完全溶解できる溶解試薬の選定、さらに溶液調製時の微量元素化合物の揮散（気化）にも留意する必要がある。また、分析感度・精度向上のために、微量元素の分離・濃縮などの前処理技術も必要不可欠である。最近の分離・濃縮による鉄鋼微量成分分析に関しては、小熊らのレビュー⁴⁾があるので参照されたい。

1ppm以下の極微量分析では、イオン化した微量元素が容器表面に吸着を起こすため、分析溶液の作り置きは避けるべきである。面倒でも溶液調製は分析作業毎に行う必要がある。また、廃液減量の観点から、不必要に多量の溶液調製は不要である。

微量化学分析では分析技術者の分析センスや経験（熟練）が分析精度を決めると言っても過言ではない。分析環境、手順、手法の適切な維持管理が大切である。

むすび

1990年以降、地球環境問題や資源枯渇・資源制

約問題が顕在化し、それら問題への対応が求められる時代になった。数%オーダーの合金元素が添加される特殊鋼も資源制約問題の例外ではなく、元素有効利用のための実用材料設計技術の開発が望まれている。機能・特性の発現にはマイクロ組織が強く影響している。高純度鋼化以前に設計・製造された特殊鋼のマイクロ組織は不純物元素の影響を含んでいる可能性があり、合金元素の有効利用を図るためには、高純度鋼をベースに不純物元素の影響を再評価する必要がある。マイクロ組織に対する不純物元素の影響を制御することで、合金元素の減量・適量化が図れる可能性がある。そのため、分析評価解析技術により、マイクロ組織を支配する元素の機構を解明し、マイクロ組織最適化のための実用材料製造技術の確立が必要となる。分析評価解析技術による新しい省資源化特殊鋼の誕生に期待したい。

参考文献

- 1) 小熊幸一：金属、Vol. 75, No. 5, p 409-415
- 2) K. Tanaka, T. Ichioka, M. Sera, Y. Kurakake and Y. Sukenobu: Tetsu-to-Hagane, 72 (1986), S1285
- 3) K. Fujimoto, M. Shimura and S. Satoh: Tetsu-to-Hagane, 88 (2002), 6, p 285-291
- 4) K. Oguma and N. Uehara: Tetsu-to-Hagane, 100 (2014), 7, p 818-831

2. 極表面分析 (GDS、AES、XPS、SIMS)

日鉄住金テクノロジー(株) 田中幸基
富津事業所解析ソリューション部
新日鐵住金(株) ゆうやまさと
鉄鋼研究所棒線研究部 祐谷将人

まえがき

各種分析技術を駆使して合金の組成、構造、結晶欠陥、組織等の情報を得ることは、成分設計や製造条件の指針を得るために重要なプロセスである。合金表面の分析では、バルクだけでなく極表面領域から情報を得るために特殊な技術が必要であり、その代表的な表面分析技術であるグロー放電発光分析法^{1)、2)}、オージェ電子分光法³⁾、X線光電子分光法⁴⁾、二次イオン質量分析法⁵⁾について、原理、特徴、分析事例を紹介する。

1. グロー放電発光分析法

グロー放電発光分析法 (Glow Discharge Optical Emission Spectrometry、GDSまたはGDOES) は、バルクの成分定量のほか、深さ方向の元素分布を測定する目的で用いられることが多く、最表面～数nmあるいは100 μ mを超える深さまで、深さごとの成分元素の含有量を短時間で定量できる。

金属材料だけでなく、セラミックスなどの絶縁物でも分析が可能で、酸化スケール、表面コーティング、めっきなどの被膜組成や界面の元素分析に有効である²⁾。分析できる元素は水素からウランまで幅広く、検出感度は数ppm～数十ppm程度である。分析領域のサイズは通常、直径が数mmで、特定の微小領域の分析には不向きであるが、被膜等の平均組成については代表性の良い分析結果が得られる。表面分析技術の多くは超高真空を必要とするが、GDSは不要で、装置の操作や保守も容易であるため、研究開発用途だけでなく量産工程の管理分析にも有効である。

図1にGDS装置の概要と外観を示す。放電管内にArガスを導入し、円筒状の陽極と分析試料(陰極)の間に異常グロー放電が発生するように電圧を印加すると、試料表面はAr⁺イオンの衝突によって機械的に剥離され、試料中の原子がArプラズマ中に放出される。放出された原子はArプラズ

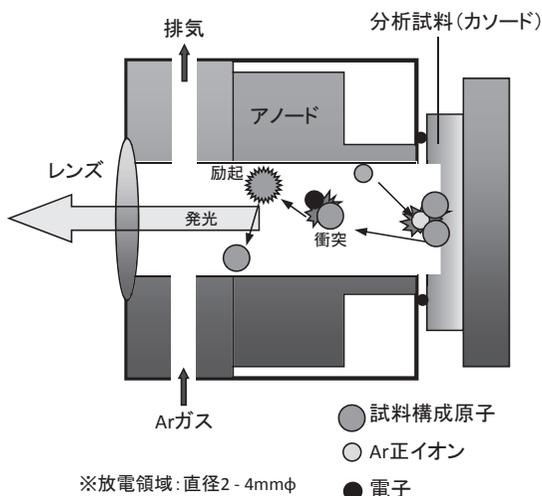


図 1 GDSの原理と装置の外観

マで励起され、再び基底状態に戻る際に元素固有の波長の光を発する。この光を回折格子で分光し光電子増倍管で検出することによって、試料中の元素の種類と発光強度に関する情報を得る。成分含有量が既知の試料を分析して元素ごとの発光強度と含有量の関係を把握し、発光強度を元素含有量に変換する。また、放電時間とともに試料表面の剥離が進行するため、放電痕の深さを触診段差計で計測して放電時間を深さに変換する。これらを用いて、試料の深さ方向の元素含有量分布情報を得ている。

適用例として、エンジンやトランスミッションの部品など、窒化処理した際に生成する「窒化層」をGDSで分析した例について述べる。図2は、焼入れ焼戻し後のSMn440鋼をアンモニアとCO₂の混合ガスを用いて軟窒化処理した際の断面組織写真である。表面に20μm程度の厚みの鉄窒化物が生成している。窒化処理によって生成する鉄窒化物には、fcc型のγ'-Fe₄Nとhcp型のε-Fe₂₋₃Nの二種類があり、これらが混合した表面の層は「化合物層」と呼ばれる。鉄窒化物中のC濃度が高くなるにつれて、ε相が安定化する。図3はこの材料の深さ方向へのCおよびN濃度分布をGDSで測定した結果である。化合物層内でも表層側と母相側では4%程度のN濃度差が生じていることが確認できる。また、化合物層中のC濃度は、母相中のC濃度よりも高く、窒化と同時に浸炭も生じており、ε相が安定化されやすい状態であることが分かる。

2. オージェ電子分光法

オージェ電子分光法（Auger Electron Spectrometry, AES）は、電子を分析試料に照射し、

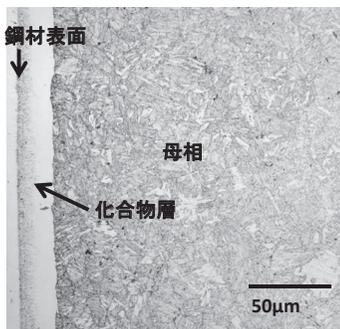


図 2 軟窒化したSMn440鋼の断面組織写真（2% ナイタル腐食）

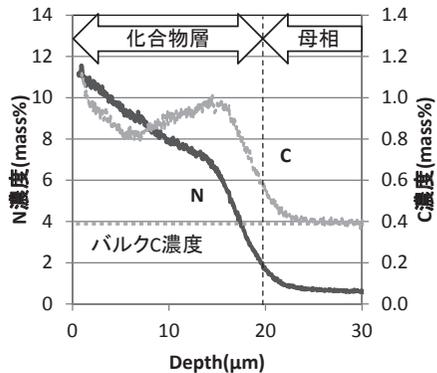


図 3 軟窒化したSMn440鋼の表層近傍のC、N濃度分布

元素固有のエネルギーを持つオージェ電子を検出することで、試料の最表面から数nm程度の深さに存在する元素の種類と量に関する情報を得る分析法である。照射する電子を細く絞ることによって、10nm以下の微小領域の元素分析が可能である。また、電子を試料表面上で走査しつつオージェ電子信号を測定することにより元素の面内分布が、Ar⁺イオンを照射して表面を剥離しつつオージェ電子を測定することにより深さ方向の元素分布が分析できる。

図4に、原理と装置の概要を示す。試料に電子を照射すると、原子内殻の電子が励起されて空孔が生じる。その空孔は直ちに外殻の電子で満たされるが、内殻と外殻のエネルギー差は、特性X線またはオージェ電子の放出で消費される。図4に示した例では、K殻の空孔をL₁殻の電子が満たし、そのエネルギー差によってL₂殻からオージェ電子(KLL-)が放出されている。元素毎の電子エネルギー準位は既知なので、測定したオージェ電子のエネルギーから元素を同定できる。また、オージェ電子の強度は試料表面の元素含有量に比例するので、オージェ信号強度から元素の表面濃度が分かる。なお、オージェ電子の放出には上記のように3個の電子が関与するため、HとHeは分析できない。また、オージェ電子は軽元素ほど放出されやすく、例えば、B、C、N、O等の比較的軽い元素に対して感度が高い。試料から放出されたオージェ電子は図4のような電子分光器で検出される。同軸二重の円筒からなり、外側と内側の間に電圧を印加して、特定のエネルギーを持つオージェ電

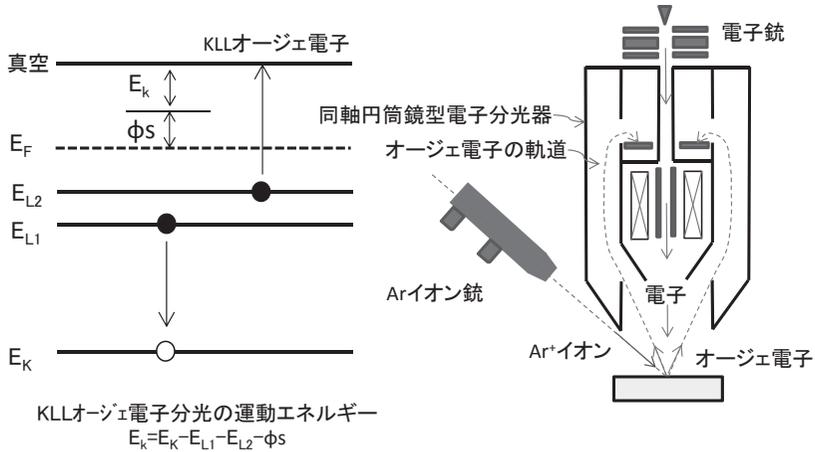


図 4 オージェ電子分析法の原理と装置の概要

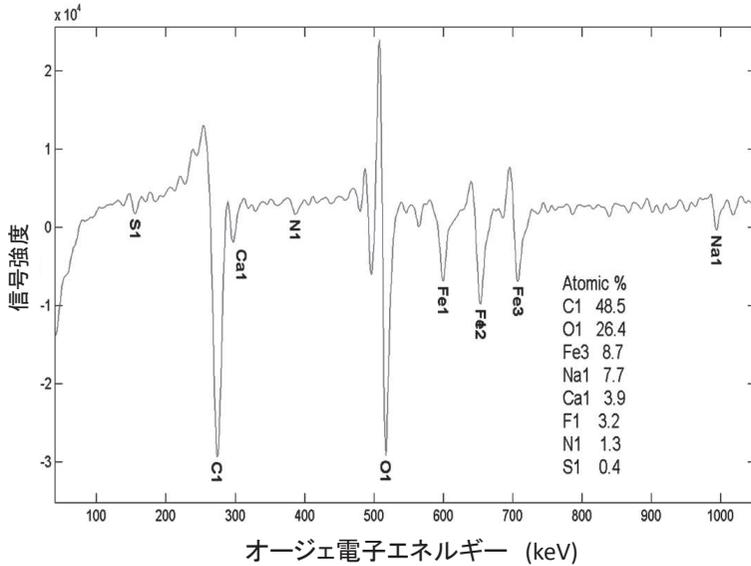


図 5 AESで得られるオージェ電子信号の例
 鋼板試料表面からのオージェ電子のエネルギー分布

子を検出器に導いてエネルギー分析を行う。試料形状や傾斜角の影響を受けにくくするよう分光器の中心軸上に電子銃を配置し、360度全方位に放出されるオージェ電子を取り込む構造になっている。

図5にAESで得られる鋼板試料表面からのオージェ信号の例を示す。オージェ電子のエネルギーは、大きいものでもおおよそ1keV以下で、そのエネルギーでの固体中の電子の平均自由行程は約3nm以下であるため、数nmよりも深い部分の元素情報は含まれていない。よって、最表面のみの元

素情報を敏感にとらえていることになる。図5中にオージェ信号強度から得られる各元素の原子数濃度を示したが、この値はバルクの元素含有量ではなく、表面数nm以内の酸化被膜と吸着分子に含まれる原子の割合である。図6に鋼中に添加したPの粒界偏析状態を面分析した例を示す。試料をAES分析装置内で破断し、破面を2次電子像で確認して、PとFeについてマッピングを行った結果である。粒界偏析したPは1原子層程度の厚さしかないが、AESは表面敏感であるために元素マッ

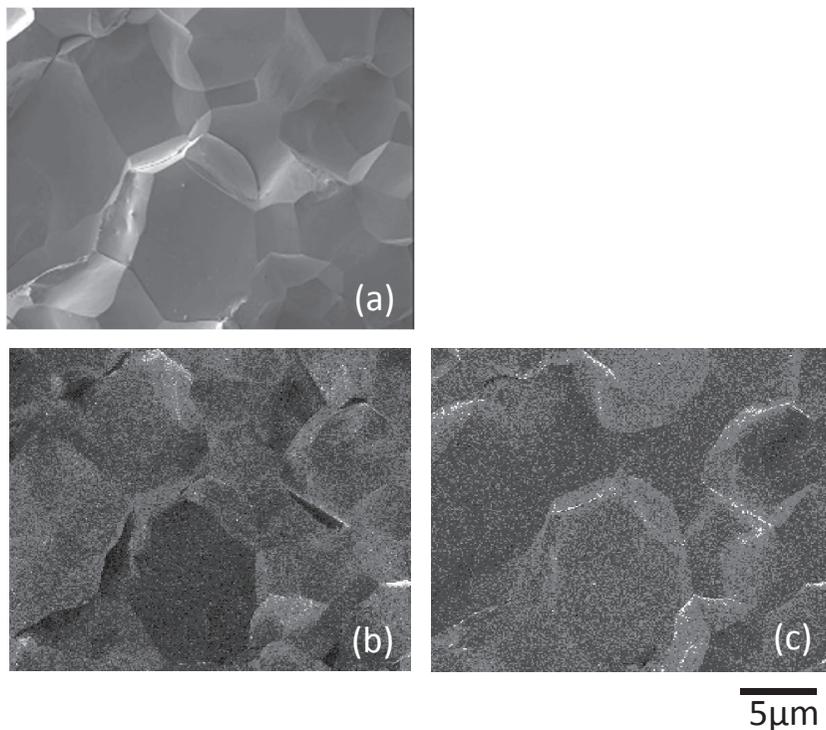


図 6 鋼中に添加したPの粒界偏析のAES分析
(a) 2次電子像、(b) Pの分布、(c) Feの分布

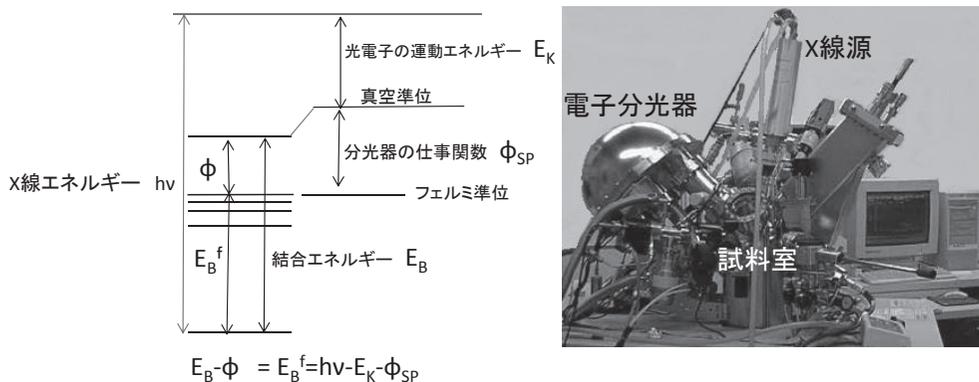


図 7 XPSの原理と装置の概要

ピング像が観察できている。

3. X線光電子分光分析法

X線光電子分光分析法 (X-ray Photoelectron Spectrometry, XPS) は、X線を試料に照射し、試料中の原子・分子内の電子軌道から放出される電子 (光電子) のエネルギー分析を行うことで試料表面の組成を定量するとともに、元素の化学状態に関する情報が得られる。

図7に原理と装置の概要を示す。光電子の運動エネルギーから電子の結合エネルギーがわかる。結合エネルギーは元素固有の値であるので試料中の含有元素が同定でき、光電子の強度から含有量が定量できる。また、化合物では、原子間の価電子の移動に伴う電荷分布の変化により内殻電子の結合エネルギーが数100eV～数eVにわたって変化し、基準物質と分析試料の結合エネルギー差から

化学状態が推定できる。一般的にはイオン結合性が増加し、高酸化状態になるほど結合エネルギーが増加する傾向がある。結合エネルギーは、分光器で計測される運動エネルギーとは正負が逆の関係にあるため、習慣的に横軸（結合エネルギー）の数値は右から左へ大きくなるように表記されることが多い。光電子の運動エネルギーは励起X線のエネルギーに依存するが、Al K α 線の場合1,200eV以下であり、固体からの平均脱出深さは1nm以下であるため、XPSは試料の表面の元素のみを分析していることになる。

図8は、ステンレス鋼の表面に発生した孔食部(A)とその近傍の健全部(B)の被膜を分析した例である⁶⁾。健全部は孔食部より酸素のピークが高く、不動態被膜形成が確認されるが、孔食部はCrの多い被膜になっていることがわかる。また、FeとCrのスペクトルから孔食部には金属状態のFe、Crが存在し、健全部では全てが酸化状態にあることもわかる。

4. 二次イオン質量分析法

二次イオン質量分析法（Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS）は、イオンを試料に照射し、スパッタリングによって真空中に放出された

粒子の質量と強度を測定することで、表面の元素分析を行う方法である。SIMSは水素をはじめほとんどの元素を高感度で検出することができ、深さ方向の元素分布が測定可能である。

SIMSでは試料に照射するイオンを1次イオン、スパッタリングで放出される粒子イオンを2次イオンと呼ぶ。装置は主に1次イオン照射装置と2次イオン質量分析装置から構成されており、1次イオンとしてCs（セシウム）イオンが用いられることが多い。2次イオン質量分析装置には、磁場偏向型質量分析装置、四重極質量分析装置、飛行時間型質量分析装置などのタイプがある。最近ではGa（ガリウム）の集束イオンビームにより、40nm程度の分解能での元素マッピングも可能となっている。

図9は鉄鋼中のBの分布状態をSIMSで分析した例である。1次イオンとしてGaの集束イオンビームを用い、飛行時間型質量分析装置で2次イオンを計測した。粒界に偏析しているBが捉えられている。

むすび

代表的な表面分析技術であるGDS、AES、XPS、

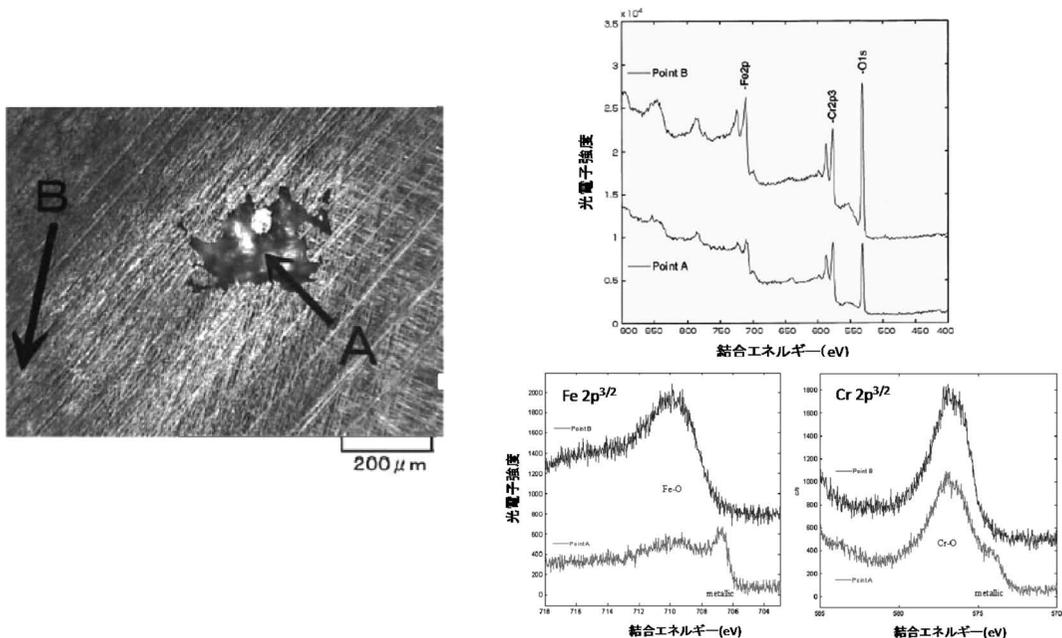


図 8 ステンレス鋼の表面に発生した孔食部のXPS分析
A：孔食部 B：健全部

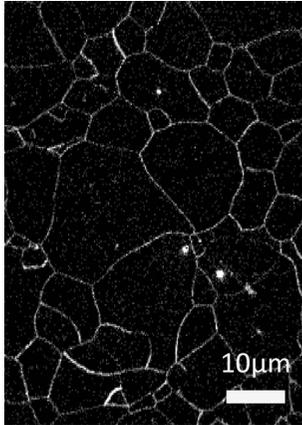


図 9 SIMSによる鋼中Bの分布状態の分析

SIMSについて紹介した。これらの分析技術を使って合金の開発や製造に役立つ分析情報を得るには、分析法の原理や特徴を理解し、装置の操作方法を覚えるだけでは不十分で、分析対象となる材料の

特徴と分析情報の関係をよく理解できるだけの経験が求められる。また、どの装置も高価なので、導入に当たってはコストとメリットを慎重に検討する必要がある。材料と分析の両方の経験と知識を豊富にもった分析サービス企業を利用することは、紹介した分析技術を有効に活用する手段である⁷⁾。

参考文献

- 1) 日本工業規格 JIS0144 : 2001
- 2) 例えば Shigeru Suzuki, Shigeo Sato and Kazutoshi Kakita, (ア) Journal of Surface Analysis 14 (2008) 416
- 3) 例えば、日本表面科学会 オージェ電子分光法 (表面分析技術選書) 丸善株式会社 (2001)
- 4) 例えば、日本表面科学会 X線光電子分光 (表面分析技術選書) 丸善株式会社 (1998)
- 5) 例えば、D.ブリッグス、M.P.シーア、表面分析：SIMS—二次イオン質量分析法の基礎と応用 アグネ承風社 (2004/03)
- 6) 日鉄住金テクノロジー (株) つうしん No.32 (2001) 4
- 7) 例えば、日鉄住金テクノロジー (株) <http://www.nssmc.com/>



3. 介在物・析出物分析

山陽特殊製鋼(株) 丸山 貴史
研究・開発センター

まえがき

鋼中には、マトリックスの他に、酸化物や硫化物といった介在物と、窒化物や炭化物等の析出物が存在している。これらは、不可避に形成するものと目的を持って形成させる場合の両方があるが、その種類やサイズ、分布状態は様々であり、鋼材の特性に影響を及ぼす非常に重要な因子である。一般に酸化物系介在物を代表とする介在物は、鋼材の靱性、疲労強度、耐食性等を劣化させるため、様々な精錬プロセスによりその低減が図られている。一方、析出物は鋼材の強度を上昇させるなど特性の向上に用いられ、成分や製造工程を適正化する場合が多い。このように、介在物・析出物を正しく評価することは鋼材の特性を知る上で非常に重要である。

これら介在物・析出物の状態分析には大きく分けて、①化学的手法を利用してマトリックスから介在物・析出物を抽出、分離して分析する方法と、②分離工程を経ずに、そのままマトリックス中に存在している状態を直接的に分析する方法とに分けられる。本稿では、介在物・析出物を分離せずにマトリックス中に存在した状態で分析する手段について取り上げ、観察方法について概要説明を行った後に、特殊鋼分野において鋼の強度向上のために特に重要である介在物評価方法について詳細な紹介を行うこととする。なお、化学的手法を用いてマトリックスから介在物・析出物を抽出、分離して分析する方法については多くの文献があるので参考にして頂きたい^{1)~6)}。

◇ マトリックス中から介在物・析出物を分離せずに行う分析方法

マトリックス中に存在する介在物・析出物を分離せずに分析する方法の最大の利点は、観察対象とその周囲のマトリックス情報を同時に取得可能であるという点であろう。これにより、存在位置

や分布状態、周囲の組織情報を同時に得ることが出来る。一方で図1に示すように観察する対象のサイズにより、観察に用いる手法・装置の選択が必要であり、特にサブミクロンサイズ以下の対象を観察するために、透過型電子顕微鏡(TEM)を使用する場合には試料の小型化、薄膜化が必要となるため観察視野が非常に小さくなるという欠点もある。今回は、光学顕微鏡や走査電子顕微鏡(SEM)、TEMといった基本的な観察方法を中心に事例を交えながら概要の説明を行う。

鋼中に存在する介在物・析出物を観察する最も一般的な方法は、光学顕微鏡を用いた観察である。光学顕微鏡は、簡単な研磨処理により観察可能であるため汎用性に優れ、電子線やX線を用いた観察方法と比較して大面積の観察が可能であるという利点を持つ。そのため、介在物の評価には光学顕微鏡が用いられる。しかしながら、現在では鋼の清浄度向上により、介在物サイズが小径化し、その出現頻度が減少しているため、光学顕微鏡のみでは正確な介在物の評価は困難になりつつある。

SEMを用いた観察方法では、サブミクロン以下の介在物・析出物の観察も可能となる。更にエネルギー分散X線検出器(EDX)や電子エネルギー損失スペクトル(EELS)を適用すれば、組織中の介在物・析出物の観察と同時にその構成元素の定性、定量的な分析が可能であるため、微細な介

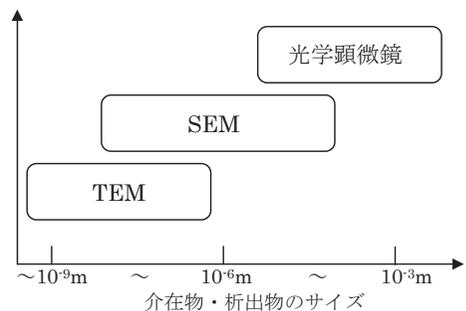


図1 介在物・析出物サイズと観察装置の選択イメージ

在物・析出物の形態の分析方法として良く利用されている。通常SEMには、熱電子放出形の電子銃が用いられる場合が多いが、近年では電界放出(FE)形の電子銃やショットキー形の電子銃を利用することで、分解能や輝度が向上され、ナノサイズの介在物・析出物の観察も可能となっている。

TEMを用いた観察を行う場合、対象の試料を薄膜化する必要がある。近年では、Gaイオン等のイオンビームを用いて薄膜加工を行う、収束イオンビーム装置(FIB)が普及したことで比較的容易に試料作製が可能となっており、ナノマイクロサイズの介在物・析出物の観察において非常に有効である。また、同時に格子回折像を取得することで介在物・析出物の結晶構造の取得やEDX等を併せることで成分の定性、定量評価も可能であり多角的な分析が可能である。一例として、TEMを用いてフェライト鋼中のVC析出物を観察した事例を図2に示す⁷⁾。VCが相界面に沿って析出した様子が認められる。

その他の介在物・析出物の分析方法として、成分分析に特化した電子線マイクロアナライザ(EPMA)がある。EPMAは電子線を試料に入射した際に発生する特性X線を分光することで、介在物・析出物を構成する元素の定量が可能である。EPMAにはWDXという分光結晶を用いて特性X線を分光する手法が多く用いられ、この手法はEDXと比較してエネルギー分解能に優れるため高精度での定量が可能である。一方で、分光を必要とするため測定に時間がかかる点や、同時に多元素の分析が困難である点が特徴である。近年では、FEやショットキー型の電子銃の使用により、空間分解能が大

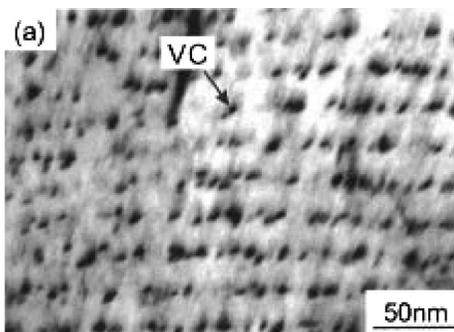


図 2 0.3%V添加低炭素フェライト鋼中のVC相界面析出の観察⁷⁾

きく向上し、サブマイクロサイズの介在物・析出物の分析も可能となっている⁸⁾。

◇ 鋼材清浄度と介在物評価方法について

ギヤや軸受などの高硬度部品において、介在物は応力集中による破壊の起点になると考えられるため、鋼中介在物の正確な評価は部品メーカー、鋼材メーカーにとって重要な課題の1つである。

鋼中の介在物評価として、ASTM-E45法や最近では極値統計法が良く用いられる。ASTM-E45法では、光学顕微鏡により検査面積の介在物形状、分布によりA(硫化物系)、B(アルミナ系)、C(シリケート系)、D(粒状酸化物系)の4種類と介在物厚さにより2種類(Thin、Heavy)に分類分けして、その長さや個数で指数評価を行う手法である。また極値統計法では、観察視野中の最大介在物の大きさを繰返し測定し、そこから一定の基準面積における最大介在物径を統計的に予測するというものである。一例として、極値統計法を用いてSCr420製鋼材の評価した結果を図3に示す⁹⁾。これは基準面積100mm²、視野数30で評価したものである(被験面積3,000mm²)。この場合、各視野中の最大介在物径は、5.2~28.1μm、予想面積30,000mm²における最大介在物は35μmと推定される。極値統計法は、ASTM-E法と比較すると大面積の予測が可能であり、介在物を数値化して評価可能であるため、特に清浄度が求められる用途において使用されている¹⁰⁾。しかしながら、光学顕微鏡を用いた介在物評価方法は汎用性は高いが、基本的に検査領域が小さい。そのため鋼材の清浄度が向上し、介在物が出現する頻度が減少した現在の鋼において、存在頻度が小さい、より大きな介在物を評価するためには大体積での評価が必要である。

近年、大体積を非破壊で評価する方法として、研究・開発や実製品への適用が進んでいるのが超音波探傷(UT)による介在物評価である^{11)~13)}。UTは、使用する周波数により探傷可能な介在物サイズが異なるが、大体積の探傷が可能で10~15MHzでは100μm程度以上の介在物の検出が可能であり、介在物の検査に使用される。図4に15MHz-UTによって介在物を検出した事例を示す¹⁴⁾。介在物からエコーが検出されているのが分

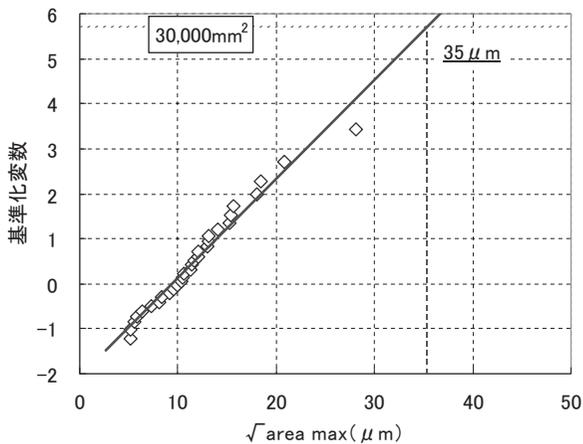
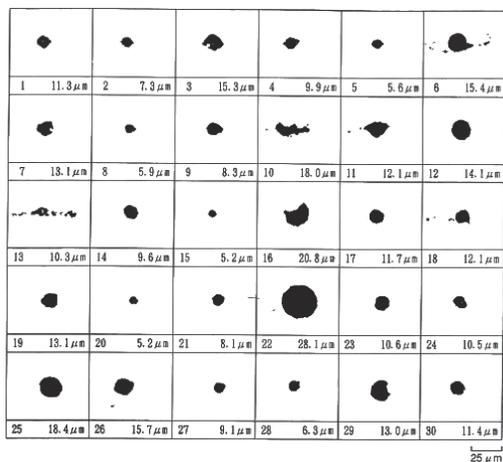


図 3 極値統計法を行ったSCr420の介在物評価結果の一例⁹⁾

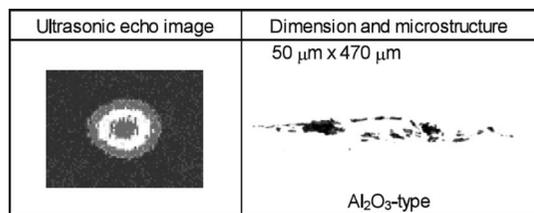


図 4 15MHz-UTによって検出された介在物の一例¹⁴⁾

かる。更に、高周波数領域のUTではより小径の介在物検出の報告もあり、今後もUTを用いた介在物、欠陥の探傷技術の研究・開発及び実製品への適用は進んでいくと考えられる。

◇ 今後の展望

ここで紹介した介在物・析出物評価方法の他にも、近年では表面極近傍の情報を得ることが可能なオージェ電子分光 (AES) やX線光電子分光法 (XPS)、そして原子オーダーでの情報取得が可能な原子プローブ電解イオン顕微鏡 (FM-APS) を用いた微細析出物・介在物の分析といった研究、利用が進んでいる。また、水素を導入しての引張試験¹⁵⁾ や超音波疲労試験¹⁶⁾ の実施により介在物周りの応力集中により最大介在物の検出を行う手法も研究がなされている。このように、介在物・析

出物の分析に対し、様々な装置、評価手段が存在する昨今において、分析対象のサイズや目的に合わせて分析手法の選択、組合せを行うことが正確な評価のために重要であると言える。

参考文献

- 1) 千野敦：特殊鋼、54 (2005)、4、31
- 2) 千野敦：白石記念講座、(2004)、55
- 3) 田口勇：日本金属学会会報、20 (1981)、1、58
- 4) 高山透：特殊鋼、48 (1999)、5、14
- 5) 高山透、佐野直幸、蔵保浩文、遠藤文、日野谷重晴：素材物性雑誌、17 (2005)、2、23
- 6) 高山透、日野谷重晴：ぶんせき、(1995)、12、996
- 7) 古原忠：Sanyo Technical Report、21 (2014)、2
- 8) 栗根徹、木村隆、鈴木仁、西田憲二、石川信博、田沼繁夫：Journal of Surface Analysis、9 (2002)、2、171
- 9) 林亮二、濱田兼彰、小林一博、佐藤紀男：Sanyo Technical Report、2 (1995)、22
- 10) Sanyo Technical Report、13 (2006)、77
- 11) 加藤恵之、佐藤海広、平岡和彦、塗嘉夫：Sanyo Technical Report、8 (2001)、59
- 12) 青山陽亮：Sanyo Technical Report、21 (2014)、54
- 13) 森大輔、兼重健一：電気製鋼、83 (2012)、2、97
- 14) 佐藤海広、高須一郎、雲丹亀泰和：Sanyo Technical Report、13 (2006)、25
- 15) 藤田慎治、松岡三郎、村上敬宜：鉄と鋼、95 (2009)、12、64
- 16) 古谷佳之、松岡三郎、阿部孝行：鉄と鋼、88 (2002)、10、57

4. 組織観察・分析

まえがき

特殊鋼は、鋼中に含まれる合金元素や、熱処理、加工などによって、様々な結晶構造、組織に変化する。特殊鋼の様々な特性は、組織の種類、サイズ、量（分率）などの影響を大きく受けるため、組織観察および分析は極めて重要である。特殊鋼の組織観察においては、光学顕微鏡によるミクロ組織観察が一般的であるが、特殊鋼の組織は微細かつ複雑な構成をとっており、光学顕微鏡では観察困難な領域もある。焼もどしマルテンサイト組織を例にとると、図1¹⁾の模式図に示すように焼もどしマルテンサイト組織は、旧オーステナイト結晶粒、パケット、ブロック、ラスという4つの要素と、さらに数～数10nmという微細な炭化物が分散するという複雑な構成をとっている。光学顕微鏡では数 μm レベルのパケット程度までが限界だが、透過型電子顕微鏡（TEM）ではブロック、ラスといった微細組織や炭化物を観察することができる¹⁾。本稿では、光学顕微鏡観察では困難な組

織情報が得られる分析機器として、透過型電子顕微鏡（TEM）、電子線後方散乱回折法（EBSD法）について、各装置の概要とそれを活用した組織観察事例について紹介する。

◇ 電子顕微鏡と光学顕微鏡の違い

透過型電子顕微鏡（TEM）、電子線後方散乱回折法（EBSD法）は電子顕微鏡の1種である。特殊鋼の組織観察に一般的に使用される光学顕微鏡では、観察試料に光（可視光線）を当てて透過光または反射光を光学レンズで拡大して観察するのに対し、電子顕微鏡では、電子線を観察試料に当てて観察試料を透過した電子、反射した電子、あるいは試料中から放出された電子等を、磁場を利用したレンズで拡大して得られる像を観察する。光学顕微鏡では光（可視光線）の波長より小さい対象物は観察できないが、電子顕微鏡では光よりはるかに波長の短い電子線を用いるため分解能が高く、光学顕微鏡よりはるかに小さい対象物を観察することができる。

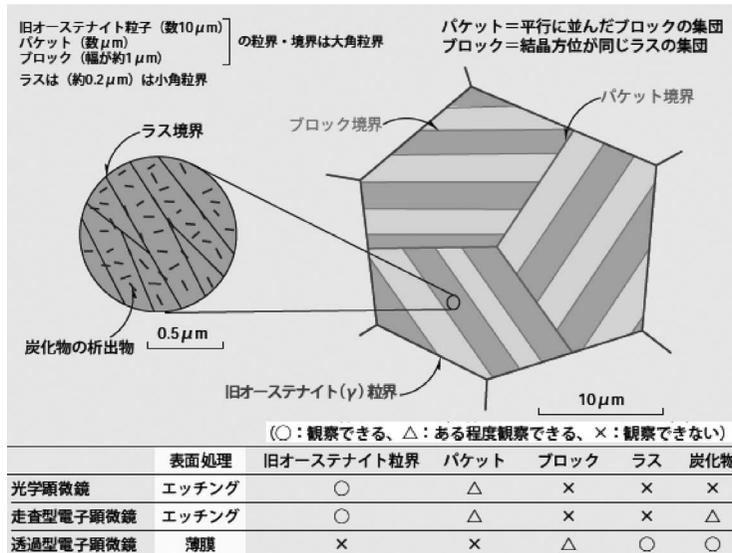


図 1 鋼のマルテンサイト組織の階層構造¹⁾

電子線を観察試料に照射した際に発生する情報(信号)を図2に示す。観察試料に電子線を照射すると、反射電子、二次電子、透過電子、特性X線などの信号が発生し、電子顕微鏡ではこれらの情報をもとに観察・分析を行う。

◇ 透過型電子顕微鏡 (TEM)

1. 透過型電子顕微鏡 (TEM) について

透過型電子顕微鏡は、Transmission Electron Microscopeの頭文字をとってTEMと呼ばれており、電子 (Electron) を薄膜試料に照射し、試料を透過 (Transmission) した電子によって得られる情報、明視野像、暗視野像、電子回折パターンなどによって、鋼の微小領域の組織形態、結晶構造などの情報を得る電子顕微鏡である。TEMでは試料に電子を透過させるため、電子透過能を高めるのに高エネルギー (高加速電圧) が必要であり、汎用的なTEMの加速電圧は200~300kVが一般的

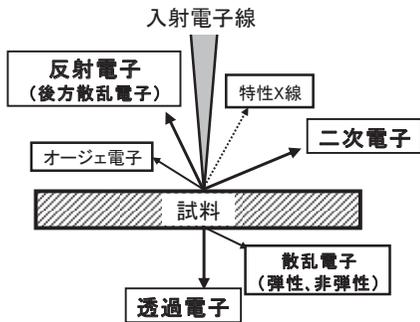


図 2 観察試料に電子線を照射した際に発生する情報 (信号)

である²⁾。また、薄い試料を作成する試料調整技術も重要であり、汎用的なTEMにおいても厚さ100nm以下の試料を調整することが必須とされている²⁾。鉄鋼材料分野では、電解研磨法や抽出レプリカ法などが古くから行われているが、近年FIB (Focused Ion Beam) 法の適用などが行われている²⁾。

2. TEM観察で得られる情報

TEMにおいて、電子銃より発射された電子は、薄膜試料の結晶中の原子の配列によって、一部は反射されるが、大部分は試料を透過もしくは散乱する(図2における透過電子および散乱電子)。TEMでは、この透過電子および散乱電子によって得られる拡大像および電子回折パターンによって鋼の微小領域の組織形態、結晶構造などの情報を得る。

TEMによる観察結果の一例として、低炭素鋼のマルテンサイト組織の観察写真を図3に示す³⁾。図3 (a) は明視野像、図3 (b) は電子回折パターン、図3 (c) は暗視野像である。明視野像とは、試料を透過した電子の内、散乱されずに透過した電子、および小さい角度で散乱した電子を検出して作られた像で、図3 (a) においてマルテンサイトのラス状組織が明瞭に観察されている。図3 (b) はラスの境界を含む領域からの電子回折パターンで、マルテンサイトによる電子回折パターン (実線) と残留オーステナイトによる電子回折パターン (点線) が確認される。暗視野像は、試料を透過した電子の内、特定の回折電子のみを検出して作った像であり、図3 (c) は残留オーステナイトの回折スポットを用いて結像した像で、

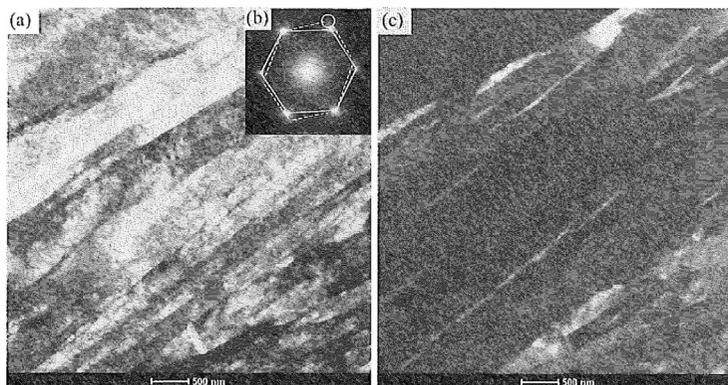


図 3 低炭素鋼のマルテンサイト組織³⁾
(a) 明視野像 (b) 電子回折パターン (c) 暗視野像

残留オーステナイトがラス間にフィルム状に存在している様子が観察される。このように、TEM観察においては、明視野像、暗視野像、および電子回折パターンにより、鋼の微小領域での組織形態、組織を構成する各相の結晶構造、各相の分布形態などの情報が得られる³⁾。

3. TEMを活用した組織観察・分析事例

(1) 鋼の析出強化におけるナノ析出物の観察
鉄鋼材料の強化機構の1つに析出強化がある。

析出強化において強化量を増加させるには、析出粒子の体積率増加、もしくは粒子径の微細化が考えられるが、合金添加量を増加させずに強度増加が可能な析出粒子の微細化が望まれる。このような観点から、ナノメートルオーダーの微細析出物による析出強化が研究されており、TEMによる微細析出物の観察や転位組織観察などが行われている。図4には、0.1mass% C-0.3mass% V鋼において、オーステナイト化後の冷却過程にてフェライト組織中に相界面析出したVC炭化物の析出組織写真⁴⁾を示すが、極めて微細なナノ析出物が相界面析出特有の点列状に分布している様相が観察されている。また、図5には、TiC炭化物を析出させたフェライト鋼による引張試験後の転位組織⁴⁾を示すが、転位が微細析出物にピン止めされ湾曲している箇所(図5(a)の矢印部分)や転位ループ(図5(b))が観察され、微細析出物が転位の移動の障害物として働き、析出強化に寄与している⁴⁾ことがわかる。

(2) 強加工によって生成したナノ結晶組織の観察
結晶粒の微細化も鉄鋼材料の強化方法の1つであり、結晶粒微細化の取組がなされているが、強加工によってナノメートルサイズの結晶粒を得る

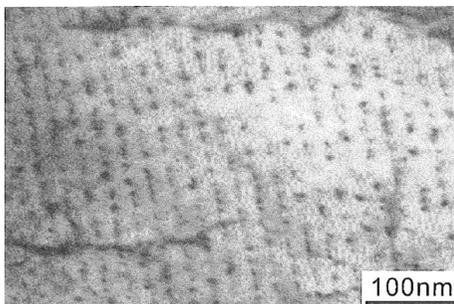


図4 V添加鋼に形成されたVC炭化物の相界面析出組織⁴⁾

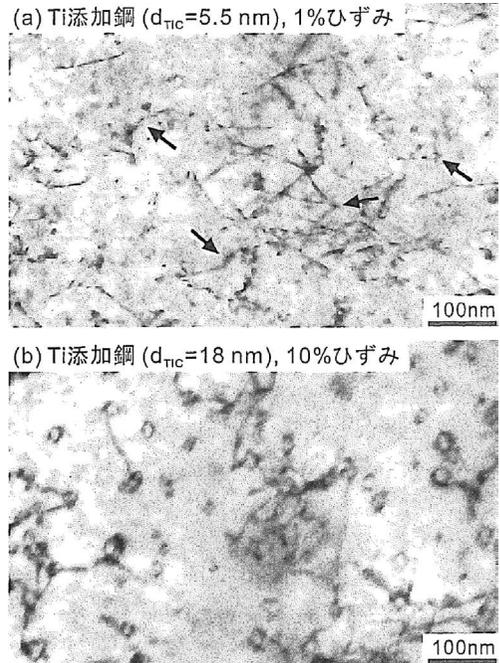


図5 Ti添加鋼の引張試験後の転位組織⁴⁾

ナノ結晶化の研究が行われている。ドリル加工による孔の表面においても、加工条件によってナノ結晶層が観察され、図6にはドリル加工したSCM420H浸炭材のドリル孔周辺のSEM写真およびTEM写真を示すが、最表面付近には、結晶粒径が50nm以下に微細化したナノ結晶組織が観察される⁵⁾。

4. 最近の動向

近年のTEMでは、観察した像の任意の箇所の元素分析が可能となっており、1980年代以降、分析電顕としてその有用性がより高まっている³⁾。また、TEMの分解能を高める対物レンズの球面収差補正技術が1990年代後期に開発されて大きな成果を上げており、この技術は加速電圧を高めることなく高分解能を達成できるため、高エネルギー(加速電圧)の電子照射による試料損傷の問題も解決でき、電子線照射による損傷が問題となる分野での適用が進むものと思われる²⁾。

◇電子線後方散乱回折法 (EBSD法)

1. 電子線後方散乱回折法 (EBSD法) について
電子線後方散乱回折法は、Electron Backscatter Diffraction法の略でEBSD法、またはElectron Backscatter Diffraction Patternの略でEBSPなど

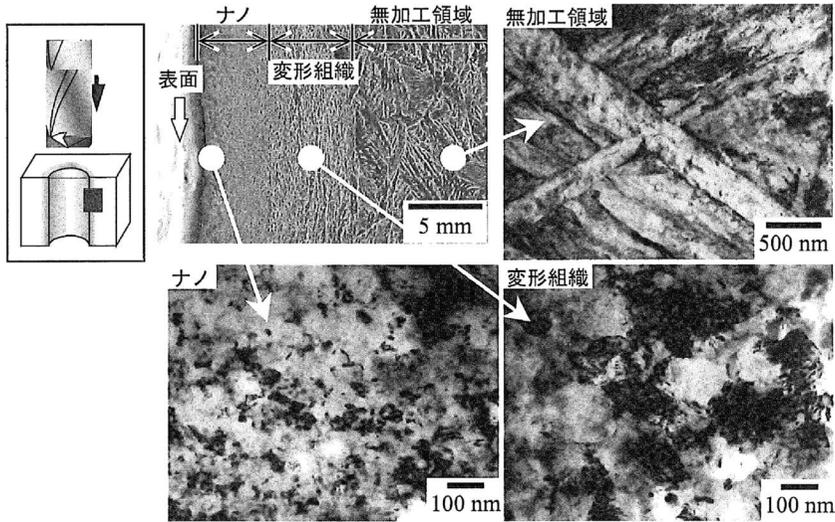


図 6 ドリル加工したSCM420H浸炭材のドリル孔周辺のSEM写真とTEM写真⁵⁾

と呼ばれている。EBSD法は、SEM内で試料表面に電子線を入射させた際に試料から反射された電子（図2の反射電子、後方散乱電子、Backscatter Electronとも呼ばれる）によって得られる電子回折（Diffraction）パターンを用いて局所領域の結晶方位を測定・解析する方法である。

2. EBSD法で得られる情報

鉄鋼材料は、異なる結晶方位を有する結晶粒が多数集合した多結晶体の材料である。この多結晶体の鉄鋼材料の特性を検討する上で、その結晶方位を測定することは極めて重要であり、従来から種々の方法で結晶方位測定は行われてきたが、いずれの方法も装置、測定時間など様々な問題があった⁶⁾。EBSD法は、材料表面1点に電子線を照射して局所の結晶方位を迅速に測定でき、SEM中で連続的に電子線を走査しながら結晶方位の測定を行うことによって結晶方位マッピングを容易に実施できる結晶方位測定法であり、測定データを解析することにより、結晶方位に関する様々なデータを得る事ができる。EBSDの連続測定で得られたデータの表示法は基本的には以下の3つである⁷⁾。

- ・各種マッピング像
- ・極点図等方位のプロット
- ・各種データのグラフ表示

3. EBSD法を活用した組織観察事例

(1) マルテンサイト組織の観察

図7に、28.5at%Ni鋼におけるレンズマルテン

サイトと0.2mass%C鋼におけるラスマルテンサイトのEBSD方位マッピング像^{6)、11)、12)}を示すが（実際の写真では方位によって色づけされており、参考文献⁶⁾を参照いただきたい）、マルテンサイトの複雑な組織が再現されている⁶⁾。

(2) 2相組織鋼の解析例

図8には、フェライト相（BCC）およびオーステナイト相（FCC）の2相を含む鋼の各種マップの表示例⁸⁾を示す（実際の写真では方位によって色づけされており、参考文献⁸⁾を参照いただきたい）。左から、(a) SEM像、(b) IQマップ、(c) IPFマップ、(d) フェライト相方位マップ、(e) オーステナイト相方位マップである。(b) IQ（イメージクオリティ）マップとは、パターンの鮮明さ、結晶性の良し悪しに関する情報を表示するマップである⁷⁾。(c) IPFマップとは、赤青緑の3色を配置した逆極点図のカラーキーに従って測定点の方位を色付けして表現したマップである⁸⁾。(d) フェライト相方位マップおよび(e) オーステナイト相方位マップは、結晶構造の異なる2つの相を分離して示したマップで、(d) はオーステナイト相を黒く塗りつぶしフェライト相の方位のみを示したマップ、(e) は逆にフェライト相を黒く塗りつぶしオーステナイト相の方位のみを示したマップである。なお、これらのデータをもとに、それぞれの相について結晶粒径分布を求めることも可能である。

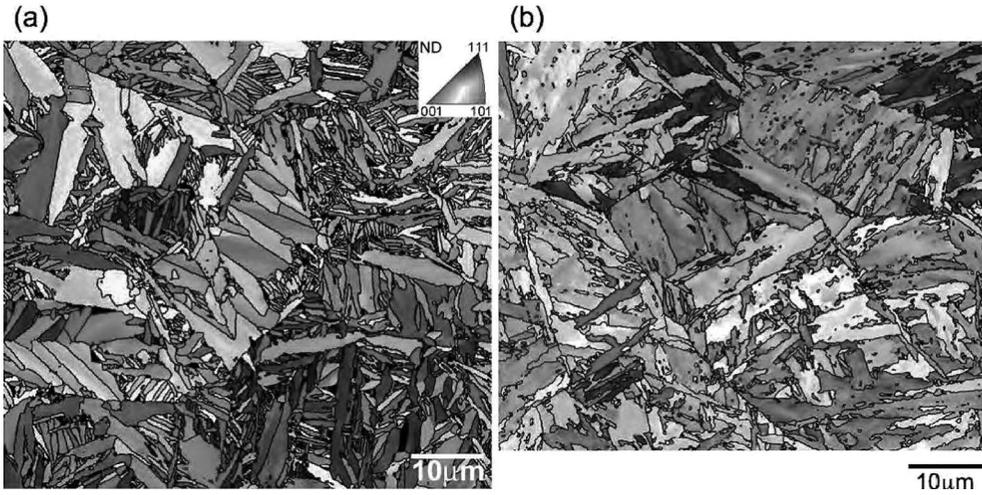


図 7 (a) 28.5at%Ni鋼におけるレンズマルテンサイトと (b) 0.2mass%C鋼におけるラスマルテンサイトのEBSD方位マッピング像^{6), 11), 12)}

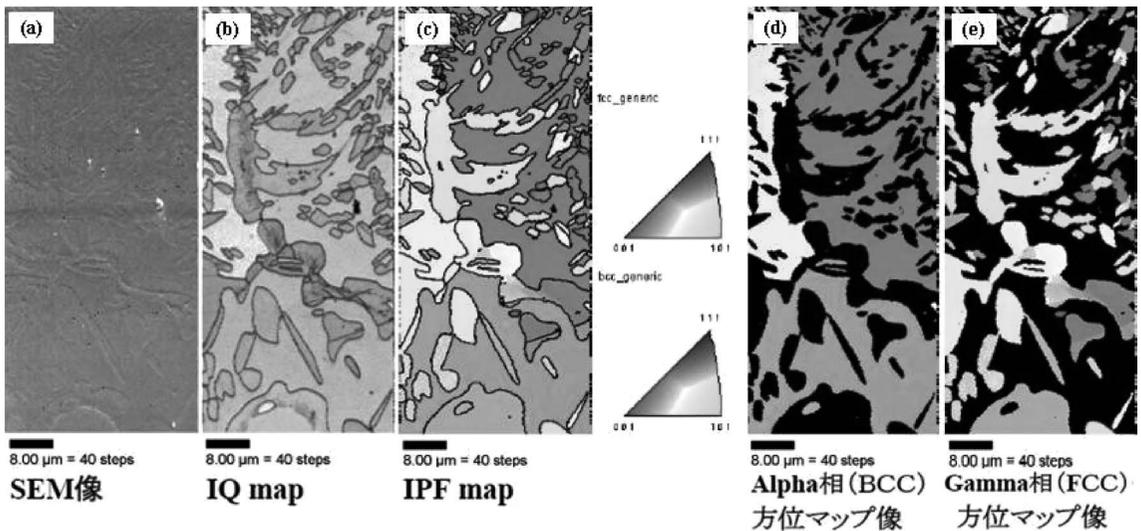


図 8 フェライト相およびオーステナイト相の2相を含む鋼の各種マップの表示例⁸⁾
 (a) SEM像、(b) IQマップ、(c) IPFマップ、(d) フェライト相方位マップ、(e) オーステナイト相方位マップ

なお、本稿ではEBSD法のごく基本的な部分のみ紹介したが、近年、EBSD法は様々な研究で活用されている。それらの論文では方位マッピング像等もカラー写真で示されており、それらを参照いただきたい。

4. 最近の動向

2相組織鋼の解析例で示したように、EBSD法は結晶構造の異なる相の分離・同定は可能である。しかし、結晶構造が同じ相の分離は困難であることから、EDS（エネルギー分散型X線分析）との

同時測定により、これまで特定が困難だった相の分離・同定が可能になってきている⁷⁾。また、EBSD法によるその場観察⁹⁾や、3次元観察なども実施されるようになってきている¹⁰⁾。

むすび

特殊鋼の組織観察・分析に使用される機器として、透過型電子顕微鏡（TEM）、電子線後方散乱回折法（EBSD法）について、機器の概要、活用事例、動向などを簡単に紹介した。特殊鋼の組織

観察においては、今後も光学顕微鏡による観察が主体であることは間違いないが、進化する分析機器やその解析法、そこから得られる結果等についてより理解を深め、明らかにすべき事象に応じて活用していくことが必要と考える。

参考文献

- 1) 物質・材料研究機構：「近未来の鉄鋼材料を知る」No.3、(2002)
- 2) 山田克美：ふえらむ、18 (2013) 8、464
- 3) 重里元一：ふえらむ、18 (2013) 9、512
- 4) 紙川尚也、宮本吾郎、古原忠：まてりあ、54 (2015) 1、3
- 5) 梅本実：強加工によるナノ結晶鉄鋼材料の開発、第53・54白石記念講座、69 (2004)
- 6) 辻伸泰：種々の結晶方位解析法とSEM/EBSD法の原理、日本金属学会・鉄鋼協会関西支部、平成20年度材料セミナー、(2008)
- 7) 鈴木清一：ふえらむ、18 (2013) 7、403
- 8) 株式会社TSLソリューションズ 資料より
- 9) 鈴木清一：顕微鏡、45 (2010) 3、166
- 10) 足立吉隆：ふえらむ、13 (2008) 10、676
- 11) H. Kitahara, R. Ueji, M. Ueda, N. Tsuji and Y. Minamino: Mater. Characterization, 54 (2005), 378
- 12) H. Kitahara, R. Ueji, N. Tsuji and Y. Minamino: Acta Mater., 54 (2006), 1279



5. 環境負荷物質

日本冶金工業(株) よし だ ひろ し
川崎製造所 品質保証部 吉田裕志

◇ RoSH指令

欧州では、有害物質の電気・電子機器への使用を制限するため、2006年7月1日からRoHS指令(DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment)が施行され、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、PBB、PBDEの6物質が有害物質として指定されています。従って、我々が販売する材料が欧州での電気・電子機器に使用される場合には、RoHS指令に違反していないこと、つまり上記有害物質の含有量が基準値以下であることを証明しなければならず、各材料メーカーが分析を行って保証を行います。

ここでは、これらの有害物質をどのように分析しているのかを説明しますが、その前に、RoHS指令についてももう少し詳しく見てみます。

1. RoHS指令の成り立ち

RoHSとは*Restriction of Hazardous Substances*(危険物質に関する制限)の頭文字から来ています。

RoHS指令はWEEE指令と表裏一体の関係にあり、WEEE指令と同時に2003年2月13日にEUの官報に告示されました。

まず、WEEE指令とは、廃電気・電子機器を削減するため、電気・電子機器の再使用、構成部品などの再生、リサイクルを推進する要求になっています。容易にリユース、リサイクルをすることができるよう、ライフサイクル全般にわたり、設計、生産、分別回収、処理や再生について要求内容が規定されています。

一方、RoHS指令は、WEEE指令による廃電気・電子機器のリサイクルを容易にするため、また、最終的に埋立てや焼却処分されるときに、ヒトと環境に影響を与えないように電気・電子機器に有害物質を含有させないことを目的として制定

されています。

こうした欧州の「指令」というものは、どのように作られるのでしょうか？

欧州連合(EU)は、複数国家が寄り集まって一つの議事国家を形成しているため、通常の状態機関として存在する機関が欧州連合の機関として各国の機関と重複して存在します。具体的には国会に相当する欧州議会に始まり、欧州理事会、理事会、欧州委員会、欧州連合司法裁判所、欧州中央銀行、会計監査院などが存在します。

RoHSのような指令は、欧州委員会で検討されてから、欧州理事会で採択され最終的に欧州議会で承認され、欧州連合(EU)各国が自国の法律を指令に適合するように改正し終わると、法的拘束力を持つようになります。

EUが制定する欧州法には、Regulation：規則、Directive：指令、Decision：決定、Recommendation：勧告、Opinion：見解などがあり、指令は各国の法律改正まで要求する拘束力の強い法律となります。

2. WEEEおよびRoHS指令の対象製品

WEEE指令の対象製品は、以下の10製品群(カテゴリー)に大別されています。

- a. 大型家庭用電気製品(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジなど)
- b. 小型家庭用電気製品(電気掃除機、アイロン、トースターなど)
- c. ITおよび遠隔通信機器(パソコン、プリンター、複写機など)
- d. 民生用機器(ラジオ、テレビ、楽器など)
- e. 照明装置(家庭用以外の蛍光灯など)
- f. 電動工具(旋盤、フライス盤、ボール盤など)
- g. 玩具、レジャーおよびスポーツ機器(ビデオゲーム機、カーレーシングセットなど)
- h. 医療用デバイス(放射線療法機器、心電図測定機、透析機器など)

- i. 監視および制御機器（煙感知器、測定機器、サーモスタットなど）
- j. 自動販売機類（飲用缶販売機、貨幣用自動ディスペンサーなど）

大型の据付け型産業用工具は除外するなどの例外もありますが、ほとんどすべての電気・電子製品が対象となります。

メーカーが生産している装置が、これらのカテゴリーのどれに相当するのかはメーカーの自主判断となり、当局との見解が分かれる場合は、司法の場で決着することになります。

RoHS指令は、上記カテゴリーの (h) と (i) には適用されていません。

3. RoHS指令の特定有害物質

2006年7月1日以降は、表1の6物質群を含有する製品は上市（販売）できません。

表1の中の4～6については、溶解工程が有る金属材料であればイオンや有機物が最終製品に残る可能性が無いため含有していません。従って、分析もしません。

1～3については、金属化合物として混入する可能性があるため分析を行います。

最大許容濃度は、カドミウム0.01wt%（重量比）そのほかは0.1wt%です。最大許容濃度の分母は均質物質と言われるもので、「全体的に一様な組成」で「機械的に分離できる最小単位」とされています。装置全体や電子部品単位でなく、もっと小さな単位毎の含有量が保証対象となります。例えばICなどの電子部品では、外皮、ピンやピンのはんだめっきなどのそれぞれが均質物質になりますので、それぞれの部品毎の有害物質含有量が許容値を超えてはいけないこととなります。

ただし、例外規定があり、鉄鋼製品では、亜鉛メッキ鋼板の鉛は規制対象外となっています

（RoHS指令-例外規定：「6（a）合金成分として、機械加工用鋼材および亜鉛メッキ鋼に含まれた0.35wt%までの鉛」）。

表1に示すとおり、弊社では規制値を満足していることを示すのに十分な検出精度で分析を行っています。原子吸光測定装置、ICP-AES/ICPなどは他の元素の分析にも使われますが、還元気化水銀測定装置は比較的珍しい分析装置ですので図1に写真を載せておきます。測定原理は、水銀化合物を含む試料溶液に還元剤を加え、まず水銀は単体（金属）まで還元します。これを空気でバブリングすると水銀が気化するので、この水銀蒸気を測定セル（吸収セル）へと導きます。このとき測定セルに、ランプから波長253.7nmの光を通すと水銀蒸気に光が吸収されるので、吸光度と濃度が



図 1 還元気化水銀分析装置

表 1 RoHS指令により含有が許されない物質

	有害物質	規制値	分析方法・装置	分析下限値
1	鉛	0.1wt%以下	原子吸光測定装置	1ppm
2	水銀	0.1wt%以下	還元気化水銀測定装置	1ppm
3	カドミウム	0.01wt%以下	ICP-AES	2ppm
4	6価クロム	0.1wt%以下	-	-
5	PBB ポリ臭化ビフェニル	0.1wt%以下	-	-
6	PBDE ポリ臭化ジフェニルエーテル	0.1wt%以下	-	-

比例することを利用して水銀濃度が求まります。

4. RoSH指令の問題点

RoHS指令には下記の問題点があります。

- (1) 対象アイテムは製造会社が自主的に判断することになっているため規制対象ではないと思っていた製品が実は規制対象であったという問題が起こりえる（素材メーカーには直接影響しない）。
- (2) 規制対象外の例外アイテムがあるので、規制対象外の製品のスクラップが規制対象アイテムに混入しないように管理されなければならない、もともとRoHSが目指しているリサイクルの姿からはまだ遠い。そのため規制対象や基準を変更しようとする動きがあり常に動向を見張っている必要があります。

◇ SDS

SDSとは、Safety Data Sheetの略で、国内では平成23年度までは一般的にMSDS（Material Safety Data Sheet）と呼ばれていました。近年国際基準に合わせてSDSと改称されました。

化学品を取扱う事業者には、本来、規制の有無に関わらず、人の健康や環境への悪影響をもたらさないよう化学品を適切に管理する社会的責任があります。特に、化学品の適正管理を行うためには、有害性や適切な取扱方法などを知っておく必要があるのですが、化学品の提供を行う事業者は、実際に化学品を使用する事業者に比べて化学品の有害性等の情報を入手しやすい立場にあることから、“事業者から事業者へ”の有害性等の情報の確

実な伝達が、日本では平成11年7月に公布された「化学物質排出把握管理促進法」のもと、化学品の性状や取扱いに関する情報の提供を規定する制度（化管法SDS制度）が法制化され、平成13年1月から運用されています。

金属材料は、化学品ではないため、本来SDSの対象ではないように思えますが、使用者が削って粉末状になる、薬品で処理するために反応物質が溶け出してくるというようなことまで想定すれば、材料メーカー側はSDSを提供する必要があります。

SDSには、GHS「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」（The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals）分類に基づいた危険・有害性項目と、組成を記載します。

SDSは先のRoHS指令のように、含有していないことを証明する性質のものではなく、目安の含有量を示すものですので、鋼種毎ではなく類似した鋼種を一グループにして、そのグループ内の鋼種がすべて含まれるような組成幅で表記をしています。従って大まかな成分範囲となっていますので特に分析精度が問題になることはなく、通常ミルシートに記載される成分値を参考にした成分範囲がSDSに表記されており、SDSのために別途分析を行うということはありません。

現在では、SDSそのものが必要な場合には材料メーカー各社ホームページからダウンロードできるようになっています。

IV. 会員メーカー関連の試験、検査機関

株コベルコ科研

◇ 沿革と概要

弊社は1979年に(株)神戸製鋼所より分析・試験業務を分離して発足した総合試験研究会社です。これまで、長年にわたり蓄積した豊富な技術とノウハウ、及び最新鋭の設備を駆使し、材料や構造物などの分析、試験、解析から試作まで、課題解決型のサービスを輸送機、エネルギー・エンジニアリング(土木・建築含)、環境、エレクトロニクスなど広範囲な業界のお客様のご要望にお応えしてまいりました。

◇ 特徴

弊社は課題解決型サービスをメインとする4つの事業部と分析・試験測定業務、並びに試作・実験をメイン業務とする7つの事業所から構成されています。これらの事業部と事業所に所属する専門技術者はお客様の課題と問題に対し『解決のためのデータとヒントの提示、解決策の提示、新しい課題の提案』のお手伝いをいたします。

- *課題解決型サービスをメインとする事業部
応用化学事業部(環境評価、廃棄物処理・リサイクル技術の評価、化学プロセス評価)
材料評価事業部(材料特性分野、腐食防食分野)

エンジニアリング・メカニクス事業部(構造・強度評価、振動・音響解析、流動・伝熱解析)
エレクトロニクス事業部(ナノ組織解析、表面・物性解析、二次電池、燃料電池評価)

- *分析・試験測定業務、並びに試作・実験をメインとする事業所

神鉄事業所 加古川事業所 高砂事業所 関門事業所 尼崎事業所 藤沢事業所 大安事業所 茂原事業所

また、お客様への営業窓口として全国に7つの支店と5つの営業所を構えています。

- *支店:東京、宇都宮、豊田、名古屋、大阪、広島、九州

*営業所:北海道、仙台、厚木、静岡、沖縄
お問い合わせ先

東京支店:Tel:(03)5739-5030

宇都宮支店:Tel:(028)651-3332

豊田支店:Tel:(0565)25-3886

名古屋支店:Tel:(052)581-8770

大阪支店:Tel:(06)4307-5113

広島支店:Tel:(082)263-0352

九州支店:Tel:(092)451-6016

ホームページ <http://www.kobelcokaken.co.jp/>

(株)コベルコ科研 しまもと さとし
営業統括部 総括Gr長 島本 哲

メキシコ・中南米の特殊鋼需給動向 調査について

(一社)特殊鋼倶楽部 業務部 藤井孝志

まえがき

当倶楽部では、海外調査事業として各国及び地域の特殊鋼需給動向について調査を実施してきた。平成26年度については、アジアに並ぶ経済成長地域と目され、注目度が上がっている中南米に着目した。域内には、人口2億人の巨大市場のブラジルをはじめ、近年、自動車生産が急増するなど経済が発展軌道に乗ってきたメキシコなど有望な国々が存在し、日系企業の現地生産も活発になっている。特に、メキシコはNAFTAと巨大市場米国に隣接する地理的条件から対米輸出拠点として有力と目されているほか、中南米諸国や日欧諸国ともFTAを締結している。生産コストが低いこともあって輸出拠点として近年、ますます注目を集めるようになっており、日系自動車メーカーを含め世界の有力自動車メーカーの進出や現地生産能力拡張の動きが活発化している。それに合わせて自動車部品メーカーにも現地進出の動きが広まっている（2011年以降、日系現地進出企業数は200社超）。

こうしたことから、今後中南米地域では活発な特殊鋼需要が発生することが期待されている。そこで、メキシコを中心に、中南米地域の特殊鋼需給動向を調査することとした。

調査にあたっては、特殊鋼需要側である自動車産業の動向に注力したほか、企業進出の背景となる生産コストの状況、従来から日系企業の進出が盛んな東南アジアや中国との比較も交え、メキシコを中心とした中南米地域の特殊鋼需給をめぐる情勢を幅広く情報収集、整理した。

当倶楽部の海外調査については、特殊鋼倶楽部会員限定で報告書を配布しているが、今回その概要を報告する。

◇ 中南米・メキシコの経済、産業概要

中南米地域にはカリブ海諸国も含め大小33の国と米国領プエルトリコ、英領ケイマン諸島、仏領ギアナなど米国、フランス、イギリス、オランダの海外領土がある。中南米は大国と小国との差が大きな地域で、中南米の3大国（メキシコ、ブラジル、アルゼンチン）が人口の66%、GDPの73%、粗鋼生産の88%、自動車生産の98%を占めている。表1に人口とGDP等の基本的な経済指標を整理し、東南アジア地域や中国など新興諸国との比較を行った。

中南米の2014年の人口は5.8億人で、域内GDPの合計は5.7兆米ドルである。人口規模は東南アジアとほぼ同等、GDPは日本の約1.2倍である。また、一人当たりGDPは、ほぼ世界平均と同等水準の1万米ドルレベルになっており、東南アジア諸国や中国、インドより高い。中期的な経済成長率見通しは1～4%程度で、中国、インド、東南アジア諸国に比べると低めであるものの、日本や米国より高い。中南米地域は、新興国の中では比較的成長力は弱いものの、比較的高い所得水準を有しているという点に特徴がある。

鉄鋼の生産面では、中南米は東南アジアと異なり、粗鋼生産世界9位のブラジルや世界13位のメキシコといった有力な製鉄国があり、世界的にも有力な鉄鋼生産基盤が存在している。中南米全体の粗鋼生産量は東南アジアの約3.6倍で、世界4位のインドの約80%程度である。

表 1 中南米の主な経済・産業指標

	人口 (2014年) (百万人)	GDP (2014年) (十億米 ドル)	一人あた りGDP (ドル)	経済成長率		粗鋼 (2013年)			自動車 生産 (2013年) (千台)	自動車 普及率 (2012年) (台/千人)
				2012- 2014 平均	2015- 2019 予測	生産 (百万t)	見掛消費 (百万t)	一人あた り消費 (kg)		
中南米	581.7	5,686.2	9,775			65.5	78.6	139.5	771.0	
メキシコ	119.7	1,282.7	10,715	2.48	3.47	18.2	23.3	197.5	307.0	280
ブラジル	202.8	2,353.0	11,604	1.28	1.39	34.2	29.4	146.8	371.3	190
アルゼンチン	42.0	540.2	12,873	2.18	0.16	5.3	5.8	139.2	79.1	295
東南アジア	597.4	2,431.2	4,070			18.1	74.3	137.9	443.0	
タイ	68.7	373.8	5,445	3.45	3.94	3.6	20.5	291.4	253.3	189
インドネシア	251.5	888.6	3,534	5.74	5.70	2.6	15.2	61.6	120.8	74
中国	1,367.8	10,380.4	4,589	7.58	6.30	822.0	771.7	567.7	2,211.7	81
インド	1,259.7	2,049.5	1,627	5.13	7.57	81.3	81.4	63.9	388.1	24
ロシア	143.7	1,857.5	12,926	1.65	▲0.19	70.4	49.7	348.9	217.5	317
日本	127.1	4,616.3	36,332	1.29	0.79	110.6	70.9	561.2	963.0	597
米国	319.0	17,418.9	54,597	2.23	2.65	86.9	106.3	333.8	1,104.6	800
カナダ	35.1	1,788.7	50,398	2.00	1.99	12.4	15.7	447.5	238.0	
世界計	7,105.1	77,302.0	10,880	3.3		1,649.3	1,537.3	235.9	8,724.1	

(IMF World Economic Outlook、World Steel、日本自動車工業会など)

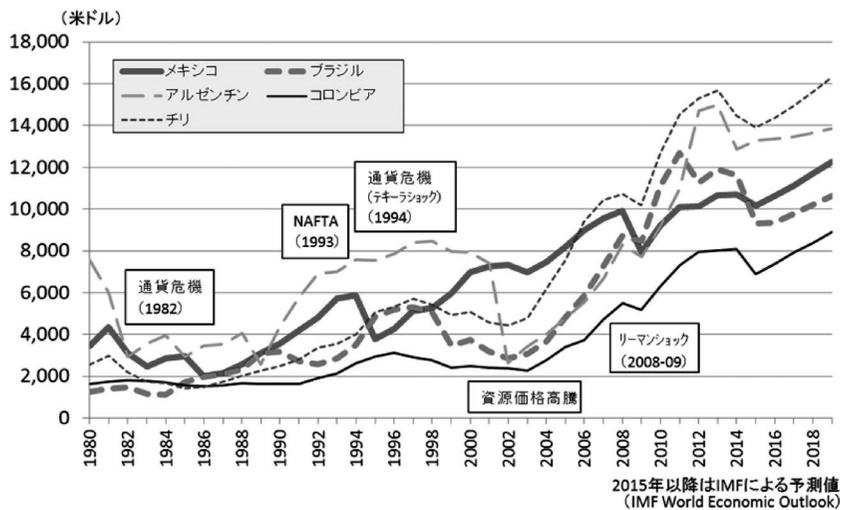


図 1 中南米主要国の一人当たりGDPの推移

鉄鋼の需要面では、2013年時点では中南米全体の見掛消費量は約7,860万tで、インドよりやや小さく、東南アジアよりやや大きな程度の需要規模を有している。自動車生産は、2013年時点で771千台と日本の約80%、東南アジアの約1.7倍の規模である。ブラジルが世界7位、メキシコが8位と世界的な生産国(2014年はメキシコがブラジルを逆転している)になっている。また、自動車販売では中南米地域全体の自動車市場は既に日本よりも大きな規模にまで成長しており、東南アジアとインドの合計にほぼ匹敵し、アジアに次ぐ有力な自動車市場となっている。その中では、ブラジルの人口や経済規模が大きいこともあり一国で約380万台もの市場規模(2012年)を有し、中国、米国、日本に次ぐ世界4位の大きな市場になっている。ブラジルの自動車生産は巨大な自国市場向けが多いのに対し、メキシコは米国向けを中心とした輸出向け自動車の生産が約8割を占めており、両国の自動車生産は性格的に異なっている。

1980年以降の一人当たりGDPの推移は図1の通りである。1980年代は通貨危機などで経済が低迷していたが1990年代後半から成長軌道に入り、一人当たりGDPが増加基調に転じるようになった。中南米

は石油や鉄鉱石などの資源に恵まれ資源国が多いが、2000年代には資源価格の上昇もあって経済成長が加速した。足元ではブラジルが2014年はマイナス成長になるなど経済が停滞しているが、メキシコは2～4%の経済成長を維持している。

◇ 鉄鋼・特殊鋼産業の状況

一般に一人当たり粗鋼消費量は、その国・地域の所得水準と関係が深いと考えられる。中南米は一人当たりGDPが約1万ドル、一人当たり粗鋼消費量は約140kgであるが、東南アジアは一人当たりGDPが4,070ドルと中南米の約42%であるにもかかわらず一人当たり粗鋼消費量は約138kgとほぼ同等である。このように中南米は経済規模の割に鉄鋼消費の少ない経済構造になっている。これは、中南米諸国は農産物や石油、石炭等のエネルギー資源、鉄鉱石や銅鉱などの金属資源が豊富で、こうした一次産品への依存度が高く製造業への依存度が低い経済構造であることがその背景にある。そのため、中南米の鉄鋼需要は建設資材や鉱業、農業向けが多く、機械部品の材料となる特殊鋼の需要は小さい。表2に中南米主要国の粗鋼と合金鋼（Special Alloy Steel）の生産量の推移を示した<表2>。中南米で合金鋼が生産されているのはメキシコ、ブラジル、アルゼンチンの3カ国となっている。

①メキシコ

Simec（シメック）が炭素鋼、合金鋼の構造用鋼などの特殊鋼を製造している。また、Ternium（テルニウム）がばね鋼や構造用鋼（炭素鋼）の線材を製造している。Simecが最大手で、同社には特殊

表 2 主要国の粗鋼、Special Alloy Steel生産量の推移

		2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
メキシコ	粗鋼生産	17,563	17,230	13,957	16,710	18,110	18,095	18,208
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	2,965 16.9%	2,516 14.6%	1,868 13.4%	1,892 11.3%	2,196 12.1%	1,945 10.7%	2,632 14.5%
	粗鋼生産	695	489	417	572	603	n.a.	n.a.
トリニダード トバゴ	うち炭素鋼	695	489	417	572	603	n.a.	n.a.
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	n.a. n.a.	n.a. n.a.
	粗鋼生産	830	1,053	1,052	1,180	1,287	1,302	n.a.
コロンビア	うち炭素鋼	830	1,053	1,052	1,180	1,287	1,302	n.a.
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	n.a. n.a.
	粗鋼生産	n.a.	1,002	718	873	877	981	n.a.
ペルー	うち炭素鋼	n.a.	1,002	718	873	877	981	n.a.
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	n.a. n.a.	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	n.a. n.a.
	粗鋼生産	5,005	4,224	3,808	2,207	2,980	2,359	2,179
ベネズエラ	うち炭素鋼	5,005	4,224	3,808	2,207	2,980	2,359	2,179
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	0 0.0%						
	粗鋼生産	33,782	33,716	26,506	32,948	35,220	36,903	34,162
ブラジル	うち炭素鋼	30,199	39,635	23,447	28,818	29,366	30,264	29,688
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	3,584 10.6%	4,081 12.1%	3,060 11.5%	4,130 12.5%	5,854 16.6%	4,259 11.5%	4,475 13.1%
	粗鋼生産	5,478	5,627	4,050	5,138	5,611	5,170	5,274
アルゼンチン	うち炭素鋼	4,719	4,727	3,649	4,682	4,951	4,700	4,950
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	759 13.9%	901 16.0%	401 9.9%	457 8.9%	660 11.8%	470 9.1%	323 6.1%
	粗鋼生産	1,678	1,549	1,308	1,101	1,615	n.a.	1,225
チリ	うち炭素鋼1,678	1,549	1,308	1,101	1,615	n.a.	1,225	
	うちSpecial Alloy Steel (比率)	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	n.a. n.a.	0 0.0%

(ALACERO)

鋼を製造できる2工場があるが、2工場を合わせた特殊鋼生産能力は年間32万tである。

②ブラジル

構造用鋼メーカーとしてはGerdau（ジェルダウ）が最大である。Charqueadas（シャルケアダス）、Mogi das Cruzes（モジ・ダス・クルーゼス）、Pindamonhangaba（ピンダモニャンガバ）の3工場で特殊鋼を製造している。また、単圧工場としてSorocaba（ソロカバ）工場がある。工具鋼、ばね鋼、構造用鋼（炭素鋼、合金鋼）を製造している。Charqueadas工場はステンレスの製造も可能とみられる。また、ブラジル3位のLong鋼材メーカーのVotorantim（ボトランティム）が構造用炭素鋼の製造を行っている模様である（構造用合金鋼の製造は行っていない）。

ステンレス、高合金メーカーには、Aprame（アプラム）とVillares Metal（ビラーレス・メタル）がある。Aprameではステンレス鋼板が生産されている。Villares Metalでは工具鋼、ハイスが製造されているほか、マルエージング鋼などの高合金も製造されている。その他に特殊鋼の鍛造製品を製造するETNA Steel（エトナ・スチール）がある。メキシコの特殊鋼メーカーであるSimecがブラジルに子会社GV Do Brasil（ジーヴィ・ド・ブラジル）を設立し、2014年にSBQ（Special Bar Quality）を生産できる電炉一貫製鉄所（粗鋼生産能力52万t/年）を稼働させた。

ブラジルの特殊鋼メーカーの多くは、自動車産業の集積地であるサンパウロ州周辺に立地している。

③アルゼンチン

現在はAcero Zapla（アセロ・ザプラ）がほぼ唯一の特殊鋼メーカーで、工具鋼、構造用鋼（炭素鋼、合金鋼）、ばね鋼などを生産している。ただし、生産量は少ないものとみられる。また、単圧工場だがGerdau傘下のSipar Aceros（シパール・アセロ）でも特殊鋼の圧延を行っている可能性がある。

また、アルゼンチンにはジルカロイやチタン合金、ニッケル合金を製造するFAEがあり、ステンレスも製造している。

中南米の特殊鋼メーカーを表3に示した。

メキシコ、ブラジル、アルゼンチン以外の国は機械産業など特殊鋼需要産業が少なく、特殊鋼需要も小さいものとみられる。しかし、コロンビア、エクアドル、ペルーにはそれぞれ、ねじ用鋼線やシャフト等の部品用に構造用炭素鋼を製造するメーカーがある。

ステンレスについては中南米ではブラジル、メキシコ、キューバ、ベネズエラで生産されている。

ブラジルでの生産量は現地業界団体の資料等から50万t/年程度であるとみられる。主要な製造メーカーはArcelorMittal（アルセロール・ミッタル）から分社したAprameで、鋼板が製造されている。また、GerdauがステンレスLong鋼材を生産しているとみられる。

また、メキシコではAcero Anglo（アセロ・アングロ）がステンレス鋼材、鍛造品を製造している模様である。また、鋳鋼メーカーであるFundición y Mecánica Susano Solís（ファンダシオン・メカニカ・スサノ・ソリス）が製品カタログに掲載しており製造しているとみられる。生産量はいずれも多くないとみられる。

キューバでは国有企業であるAcinox（アシノックス）がステンレスの半製品を製造している。中米やカリブ海諸国への輸出が多い模様である。生産能力は15万t/年であるが、実際の生産実績は不明である。また、ベネズエラがキューバのAcinoxとのJVでステンレス製鉄所であるAceros del Alba（アセロ・デル・アルバ）を建設し2012年に稼働させた。

図2にメキシコとブラジルの粗鋼見掛消費量と粗鋼生産量の推移を示した。メキシコ、ブラジルともに1990年代から経済発展に伴って粗鋼需要が増加傾向にある。それに伴って、鉄鋼業への設備投資が増加している。図3に設備投資額の推移をグラフで示した。メキシコでは近年急速に投資額が増加しており、設備の近代化や能力増強が進んでいる。しかし、メキシコでは鉄鋼需要の増加に対して生産量は横ばい傾向になっており鋼材輸入が増加しているとみられる。こうした輸入増に対し公正な貿易上問題が

表 3 中南米の特殊鋼メーカーリスト

		製鋼方式	形状	生産能力 (万t)	高速度 鋼	工具鋼	構造用 炭素鋼	構造用 合金鋼	軸受鋼	ばね鋼	ステン レス	備 考
メキシコ	Ternium Mexico	Largos Puebla	電炉	線材	※80		●			●		構造用合金鋼は無い模様 鋼種によっては米国での生産になっている可能性あり。 2014年に新工場建設が発表された。 精密部品も製造
		Largos Norte	電炉	線材	※64		●					
	Industrias CH (Simec)	Guadalajara	電炉	棒鋼	7		●	●		●		
		Apizaco	電炉	棒鋼	25		●	●				
		新工場 (メキシコ北部)	電炉?	?	※60		■	■				
	Acero Anglo		電炉?	棒鋼、鋼板	?		●	●			●	
ThyssenKrupp Mexinox		(鋼板冷延のみ)		冷延25						○		
Fundición y Mecánica Susano Solis		電炉?	鋳鋼	?			●			●	鋳鋼メーカー	
ブラジル	Gerdau	Charqueadas (Piatini)	電炉	棒鋼	65		●	●			●	鋼種によっては米国、スペインでの生産になっている可能性がある。 (Gerdauは米、ブラジル、スペイン、インドで特殊鋼を生産)
		Mogi das Cruzes Saopaulo	電炉	棒鋼	36							
		Pindamonhangaba	電炉	棒鋼、線材	60		●	●	●		●	
		Sorocaba	(単圧)	棒鋼、線材	鋼材3							
	Aprame		高炉-電炉	鋼板	※90						●	電磁鋼板も製造
	Villares Metal (Voestalpineグループ)		電炉	棒鋼、線材 鍛造、鋼塊	15	●	●				●	マルエージング鋼、耐熱合金、医療用材料などの高合金も製造されている。
	Votorantim	Resende	電炉	棒鋼、線材	※102			●				生産鋼種：1020,1045
		Barra Mansa	電炉	棒鋼、線材	※80							
	GV Do Brasil (Simecのブラジル工場)		電炉	棒鋼、線材	※52			●	●			2014年に稼動。SBQ生産を予定。
	Siderurgica J.L. Alpert		高炉-電炉	棒鋼、線材	※90						●	自動車用懸架ばね用
	Mantepino		(単圧)	形鋼	※鋼材9			○	○		○	特殊形状の形鋼を製造
	ETNA Steel		電炉、IF	棒鋼、鍛造品	?		●	●	●			鍛造メーカー
Inox Tubos		(溶接管)	溶接鋼管	溶接管2						○		
アルゼンチン	Acero Zapla		電炉	棒鋼、線材 帯、鍛造	※40		●	●	●	●		2次製錬の生産能力が小さく、特殊鋼生産量は少ない可能性高い。
		Sipar Aceros (Gerdau傘下)	(単圧)	棒鋼、線材	※鋼材26			△	△			
	Acindar (AcelcorMillal傘下)		電炉	棒鋼	鋼材25			■				圧延設備改善しSpecial Bar Qualityの生産を計画。
	FAE		真空アーク炉	棒鋼、鋼管	?						●	高合金メーカー。ステンレスのほか、ニッケル合金、チタン合金、ジルコイも製造。
コロンビア	Acerías Paz del Río (Votorantim傘下)	高炉-転炉	棒鋼、線材	※70			●				生産鋼種：1015,10B22等 (炭素鋼)	
		高炉-電炉										
ベネズエラ	Aceros del Alba	不明	不明	15						●	Acinox (キューバ) が協力。2012年稼働。	
エクアドル	Acerías Nacionales del Ecuador	電炉	線材、棒鋼?	※20			●				ねじ用線材を製造。	
ペルー	Corporación Aceros Arequipa	DR-電炉	棒鋼	※120			●				機械部品用に1045を製造。	
キューバ	Acinox	電炉	半製品	15						●	スラブ、ビレットを生産。輸出多い。	
パナマ	INSID	(単圧)	棒鋼	圧延3						○	ステンレス各種部品も製造。	

※生産能力の※印は特殊鋼以外にも含む。生産能力は特に注記なきものは粗鋼ベース。
※製鋼工程の無い工場は白印で示した。▲△は生産可能性がある工場。■は将来生産される見込みを示す。

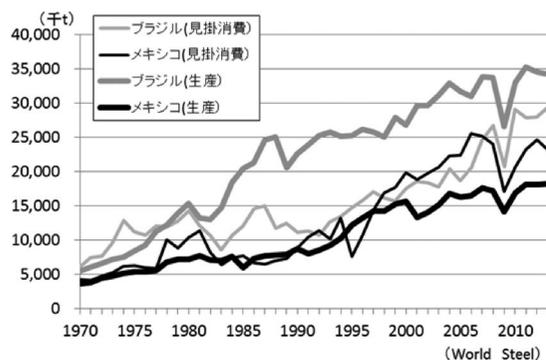


図 2 メキシコ、ブラジルの粗鋼見掛消費量、粗鋼生産量の推移

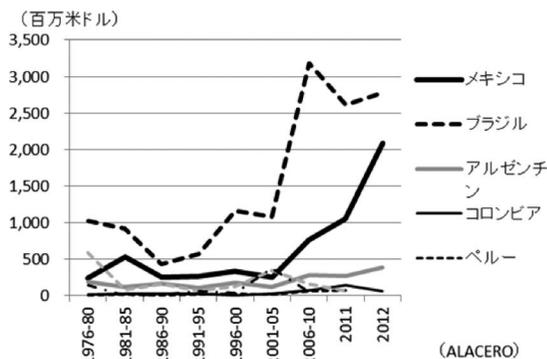


図 3 中南米諸国の鉄鋼業への設備投資額の推移 (年平均)

ある場合にはダンピング関税で対応しており、近年主に中国やロシア、ウクライナを中心にアンチダンピング関税が行なわれるケースが増加している。

メキシコ、ブラジルでの自動車生産の増加や部品の現地生産拡大によって、自動車用鋼材の需要が増加している。メキシコではPOSCOや新日鉄住金-TerniumのJVによる自動車用鋼板メッキ工場が建設されるなど、自動車用鋼材生産への関心が高まっている。自動車用特殊鋼についても、需要が増加する可

表 4 メキシコの特殊鋼該当鋼種の相手国別輸入量推移

炭素鋼棒鋼 C：0.25%～0.60%未満 (千トン) 合金鋼 (Long鋼材) (千トン)

年	2009	2010	2011	2012	2013
合計	18.2	30.8	37.1	57.8	48.7
米国	15.1	26.7	34.1	32.6	40.2
カナダ	0.2	0.7	1.2	2.3	0.9
ブラジル	1.2	1.8	0.2	0.7	0.4
ドイツ	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
スペイン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
イタリア	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
日本	1.2	0.2	0.1	0.2	0.1
韓国	0.3	0.7	0.6	3.0	2.9
中国	0.0	0.4	0.7	0.3	1.4
その他	0.2	0.2	0.2	18.4	2.8

(通関統計)

年	2009	2010	2011	2012	2013
合計	244.4	401.0	522.9	565.8	524.3
米国	103.3	168.4	220.7	207.5	184.6
カナダ	126.2	170.8	212.0	231.4	221.0
ブラジル	0.5	2.9	1.7	2.0	1.6
ドイツ	1.5	2.9	5.3	7.5	17.6
スペイン	0.7	4.6	5.1	4.0	3.5
イタリア	0.4	4.2	0.6	6.3	2.7
日本	1.9	2.8	3.4	3.9	5.3
韓国	1.4	18.1	31.6	22.5	20.7
中国	4.4	19.6	37.4	62.9	56.2
アルゼンチン	0.0	0.0	0.2	3.3	4.9
その他	4.1	6.7	4.9	14.5	6.2

(通関統計)

ステンレス鋼材 (千トン)

年	2009	2010	2011	2012	2013
合計	282.9	416.5	389.4	449.0	451.9
米国	65.2	90.2	97.5	90.2	161.9
カナダ	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3
ブラジル	1.6	3.9	2.8	2.2	2.3
ドイツ	6.2	8.3	11.0	5.2	15.5
スペイン	0.7	2.3	3.4	3.1	0.5
イタリア	174.9	247.2	214.1	270.3	224.4
日本	3.1	4.2	4.0	7.5	4.2
韓国	4.4	8.6	9.2	11.2	9.4
中国	1.4	4.6	5.0	8.6	5.5
インド	2.8	4.8	9.6	15.6	7.0
その他	22.6	42.4	32.7	35.1	20.9

(通関統計)

能性が高い。中南米の特殊鋼メーカーでは、Simecが特殊鋼生産可能な新工場建設を発表する等、能力増強の動きもある。

メキシコの特殊鋼の輸入量を表4に示した。輸入相手国は米国、カナダが多いが、ステンレスではイタリアからの輸入が多い。日本からの輸入量はほぼ横ばい傾向であるが、中国や韓国からの輸入が増加している。

◇ 自動車産業の状況

表5に自動車の生産台数の推移及び製販バランスをまとめた。

中南米では2013年はブラジルが世界7位、メキシコが世界8位と世界的な自動車生産国になっている(2014年にはメキシコがブラジルを逆転し世界7位になっている)。自動車の販売台数及び生産と販売とのバランスを表5の一番右の欄で示した。ブラジルは自動車の販売でも約380万台(2012年)と世界4位の有力な市場であるが、メキシコの販売台数は約100万台にとどまっている。そのため、ブラジルは生産・販売バランスがほぼ均衡しているのに対してメキシコは生産台数が販売台数の約3倍もあり、大幅な生産過剰になっており輸出依存度が高いことが特徴になっている。(ただし、メキシコでの生産車種はかなり限定されておりメキシコへの輸入台数も多い。そのため、輸出台数は製販バランス以上に多い。メキシコは自動車メーカーの車種別グローバル生産分業体制の中に組み込まれている。)

現在、新興諸国で経済発展や購買力の上昇によって自動車販売台数が拡大し、世界の自動車市場が大きく変動している。また、生産面においても成長市場シフトや労務費が安いなどコスト面で有利な国に

表 5 自動車生産台数の推移及び製販バランスの状況

		生産台数 (千台)				販売台数 (千台)	製販バランス (製造－販売)		
		2011年	2012年	2013年	11→13年	2012年	2012年		
中南米	メキシコ	2,690	3,003	⑧	3,070	380	1,026	1,977	
	ブラジル	3,417	3,403	⑦	3,713	296	④	3,802	▲399
	アルゼンチン	829	764		791	▲38		832	▲68
北米	米国	8,662	10,333	②	11,046	2,384	②	14,786	▲4,453
	カナダ	2,135	2,463	⑩	2,380	245		1,716	747
欧州	ドイツ	6,311	5,649	④	5,718	▲593	⑥	3,394	2,255
	フランス	2,243	1,968		1,740	▲503	⑨	2,332	▲364
	イギリス	1,464	1,577		1,597	133	⑧	2,334	▲757
	スペイン	2,373	1,979		2,163	▲21		791	786
	イタリア	790	672		658	▲132	⑩	1,535	▲863
(東欧)	ポーランド	838	655		583	▲255		329	326
	チェコ	1,200	1,179		1,133	▲67		194	985
	スロバキア	640	927		975	355		78	849
	EU27計	17,686	16,238		16,184	▲1,503			
ロシア		1,990	2,233		2,175	185	⑦	3,142	▲909
トルコ		1,189	1,073		1,126	▲64		818	255
東アジア	日本	8,399	9,943	③	9,630	1,231	③	5,730	4,573
	中国	18,419	19,272	①	22,117	3,698	①	19,306	▲34
	韓国	4,657	4,562	⑤	4,521	▲136		1,531	3,031
東南アジア	タイ	1,458	2,429	⑨	2,533	1,075		1,380	1,049
	インドネシア	838	1,066		1,208	370		1,116	▲50
	マレーシア	534	570		596	63		628	▲58
インド		3,927	4,175	⑥	3,881	▲47	⑤	3,577	597
豪州		224	227		216	▲6		1,112	▲896
南アフリカ		533	539		546	13		624	▲85
モロッコ		60	109		167	107		n.a.	n.a.

(日本自動車工業会、メキシコ自動車工業会、メキシコ経済省、ブラジル自動車工業会)
 ※生産台数(2013年)と販売台数に付記した○の中の数字は、世界ランキング順位を示す。

生産を移転する動きがみられ、伝統的な自動車生産国である日米欧の比重が低下し新興国で生産台数が増加している。自動車メーカーはどの国でどの車種をどれだけ生産することが有利かという視点で世界的な自動車生産拠点の再編成を進めているものと思われるが、新たな生産拠点を立地させる国としては、中国やブラジル、インドのような需要規模の大きい国と、自国市場は大きくないものの生産コストが安い等輸出拠点として有利な国の2つに大別される。メキシコ、タイなどが後者に該当する。メキシコは米国を100とした場合の生産コストが91と低く(ボストンコンサルティング資料)、巨大市場米国に近いことや太平洋、大西洋の両方に面するロジスティック面の優位性、日米欧3極はじめ46カ国とFTAを締結するといった通商上のメリットがある。一方、ブラジルは生産コストが米国を100とした場合124と高く輸出競争力が低い。

メキシコはブラジルと2003年に、相互に自動車の関税を撤廃する自動車協定を締結している。協定締結時点の自動車貿易はブラジル側の出超であったが、この協定によってメキシコはブラジルに対する輸出生産拠点として有利な条件を確保することができ、メキシコでの自動車生産の拡大の誘因のひとつとなったとみられる。その後、メキシコが自動車生産拠点としての地歩を固めていくにつれてメキシコからブラジルへの輸出が増加し、2010年からはメキシコ側の出超に転じたことから、2012年にブラジルが協定の改定を申し入れ、3年間の期限でメキシコからブラジルへの無税輸出に上限が設けられることになった。2015年にはさらに4年間の上限枠の延長が決定された。これによってメキシコからブラジルへの自動車輸出に影響が出ているが、メキシコから米国その他への輸出が依然好調であることから、これによるメキシコ自動車生産へのマイナス影響はほとんどないものと考えられている。なお、ブラジルはこれ以外にも輸入車に対する30%の工業製品税の賦課や、税制優遇と引き換えにした部品現地調達や国

内再投資の義務付けなど近年保護主義的傾向の強い政策を打ち出している。

世界全体の自動車販売台数は今後も増加するものとみられるが、新興国市場の販売シェアが拡大していく。中国やインドで販売台数が拡大する一方、米国市場も引き続き有力な市場であり続けると予想されている。自動車メーカーはこうした市場変化やコストを考慮しグローバルな生産拠点展開を進めている。北米・中南米地域では最も生産能力が増える国はメキシコとみられる。

◇ メキシコの自動車産業の動向

メキシコの自動車生産、販売台数の推移を表6に示した<表6>。メキシコの自動車生産はリーマンショックの影響のあった2009年を除いて増加しており、2005年から2013年の間に約1.8倍に伸びている。この間の自動車販売は100~110万台程度で推移しており、生産の増加は輸出が牽引している。表7に地域別輸出台数と比率を示したが米国、カナダへの輸出台数が約80%を占めている<表9>。米国で販売される新車の約7.7台に1台はメキシコ製と言われており、メキシコは米国の新車市場での存在感も大きい。北米以外では中南米向けが大きい、その約1/2がブラジル向けである。欧州向けについては欧州不況の影響で2014年は減少した。メーカー別にはトヨタ、ホンダ、GM、クライスラーが輸出の約85~100%が米国向けであるのに対し、日産、VWは中南米向けや欧州、アジア向けも多く世界的な生産拠点の位置づけとなっているものと考えられる。

メキシコの自動車生産は輸出に依存しているため、最大輸出先の米国をはじめとする世界自動車需要に影響される。現在、米国経済は堅調に推移しており自動車販売も増加している。中期的にも2.5~3.0%程度の経済成長率が見込まれている。また、世界全体の自動車需要が増加することも確実である。こうしたことから、メキシコの自動車産業を取り巻く需要環境には大きな問題はなく、今後も好調な自動車生産が持続する可能性が高い。2014年のメキシコの自動車（軽量車）生産は、322万台と前年比約+10%となったが、2015年1~7月も198万台と前年同期比約+7%で順調な拡大が続いている。

メキシコの自動車生産台数は既に300万台を超えているが、今後も生産拠点の増強や新設が計画されて

表 6 メキシコの自動車生産、販売台数の推移

年		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
生産	軽量車	1,606.5	1,978.8	2,022.3	2,102.8	1,507.6	2,260.8	2,557.6	2,884.8	2,933.5
	重量車	84.4	92.3	86.3	78.9	56.6	86.7	132.7	138.1	136.7
	合計	1,690.9	2,071.1	2,108.6	2,181.7	1,564.2	2,347.5	2,690.3	3,022.9	3,070.1
販売	軽量車	1,131.8	1,139.7	1,099.9	1,025.5	754.9	820.4	905.9	987.7	1,063.4
	重量車	41.4	48.4	53.3	48.7	23.7	28.0	32.7	38.6	39.1
	合計	1,173.2	1,188.1	1,153.2	1,074.2	778.6	848.4	938.6	1,026.3	1,102.4

(千台)

(メキシコ経済省)

表 7 メキシコからの軽量車（乗用車、ピックアップトラック）の地域別輸出台数

地域		北米	中南米	欧州	アフリカ	アジア	その他	計
2013年	輸出台数	1,841.8	307.5	144.1	8.1	87.5	34.0	2,423.1
	構成比	(76.1%)	(12.7%)	(5.9%)	(0.3%)	(3.6%)	(1.4%)	(100.0%)
2014年	輸出台数	2,142.9	249.7	98.2	2.0	127.2	22.9	2,642.9
	構成比	(81.1%)	(9.4%)	(3.7%)	(0.1%)	(4.8%)	(0.9%)	(100.0%)

(千台)

(メキシコ自動車工業会)

いる。2013～2014年にかけて日産、マツダ、ホンダの新工場開設が相次いだ。2015年4月にはトヨタがメキシコ中部に新工場建設を発表した。それ以外にも現代自動車やダイムラー（日産とJV）、アウディ、BMWの新工場建設が計画されている。こうした新工場建設による生産能力増加の見通しを図4にまとめたが、乗用車、ピックアップトラックだけでも2020年には500万台に達する見込みである。メキシコの現地関係者の間でも、2020年の生産台数は500万台という見方が多くなされている。また、メキシコでは今後欧州の高級車メーカーの新工場建設が続くが、現在でもキャデラックなどの米国の高級ブランドや大型ピックアップトラックの生産が多い。いわゆる新興国モデルだけでなくこうした付加価値の高い自動車生産を行っていることもメキシコの自動車産業の特色になっている。

こうした自動車生産の増加に伴って自動車部品の現地調達が課題になるが、メキシコの自動車部品生産は2000年代後半から急拡大し、2013年の生産額は742億米ドル（2013年）で中日米独に次ぐ世界5位の自動車部品生産大国となっている。しかし、自動車部品生産の約半分は米国国境に近い北部で行われており米国向け部品輸出への依存度も高く、米国のサプライチェーンの一環としての性格が強いものと考えられる。そのため、メキシコの自動車工場の現地調達率は低く、メキシコ現地ヒアリングなどからも約60%程度とみられる。また、生産額の品目別比率では電装品が27%、シート内装が9%を占めており、特殊鋼を使用する部品は少なくエンジン、トランスミッション、ステアリング、サスペンションを合わせても18%に留まっているため、特殊鋼を使用する鍛造部品の現地調達率はさらに低い。メキシコには既に世界のTier1サプライヤーのほとんどが現地進出しているが、Tier1サプライヤーも現地調達には苦勞している状況がある。現地の日米欧系自動車メーカー、自動車部品メーカーへのヒアリング調査でも「どの自動車メーカーも現地調達化を強く進めており、ローカルサプライヤーを必死で探している。」「プレス金型、プラスチック金型、パワートレインの多くの部品はまだ現地調達できない。鍛造部品や機械加工部品にそうしたものが多い。」「日本の鍛造メーカーから鍛造品を買っているものもある。こうした鍛造メーカーにはメキシコに来てほしいと願っている。メキシコでは特殊鋼鋼材の調達は難しいから、特殊鋼メーカーも進出することが望ましい。」といった意見や見方があった。

このような状況から、メキシコでは鍛造品などの特殊鋼を使用した部品の需要がますます増加し、そ

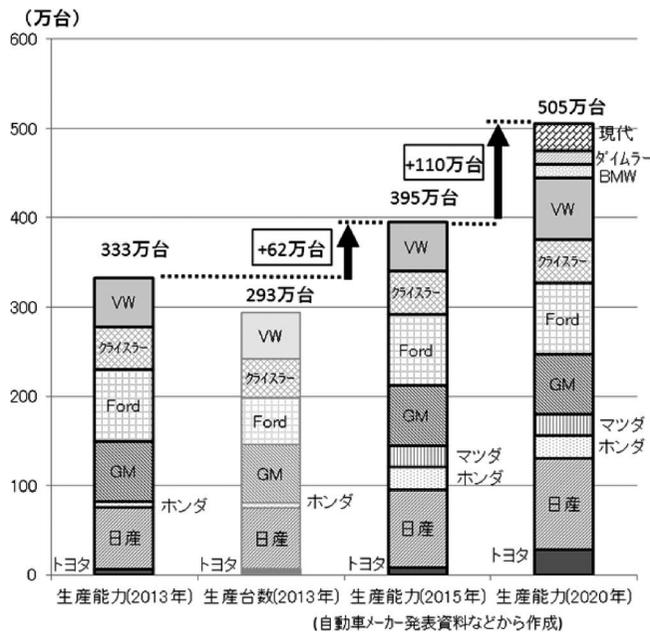


図 4 メキシコの自動車（乗用車、ピックアップトラック）生産能力の推移見通し

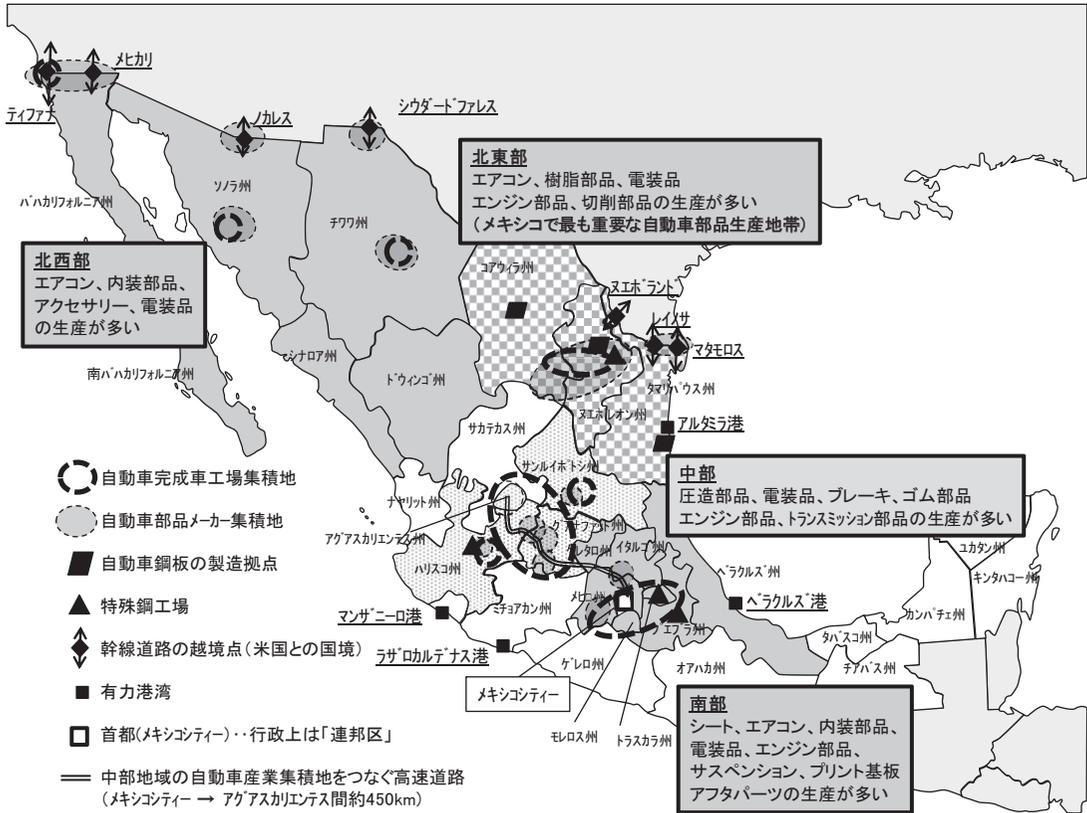


図 5 メキシコの自動車産業、自動車部品産業の分布

れに対応した現地生産も増えていく可能性が高い。それに伴って、特殊鋼需要が増加していくものと考えられる。メキシコではまだTier2部品メーカーの集積が十分ではないが、その中でも①鍛造、②機械加工、③鋳造、④プレス、⑤プラスチック、⑥金型・治工具の6分野が課題で、こうしたものを生産する企業によってメキシコには大きなビジネスチャンスがあると認識されている。こうした企業がメキシコで生産活動を展開するためには素材である特殊鋼の調達を如何にして行うかという課題があり、そのため自動車用特殊鋼の現地生産が望まれる状況になっているものと考えられる。

図5にメキシコの自動車産業、自動車部品産業の分布を示した。メキシコは国土面積が日本の約5倍の広い国であるが、自動車産業、自動車部品産業の分布は比較的集中しており、主に北部と中央部、首都メキシコシティ周辺に集積している。日本の自動車メーカーの現地工場はほとんどが中央部に立地しており、近年、現地進出している日系自動車部品メーカーも中央部に立地するものが多くなっている。

むすび

日本製造業の海外進出などにより、特殊鋼産業にも国際化が求められている。今号ではメキシコ・中南米の特殊鋼需給動向調査の概要を紹介したが、今後も海外市場調査にも取り組んでいきたいと考えている。平成27年度は、海外特殊鋼メーカーの現状を調査中である。

業界のうごき

UEX、

伊勢原でレーザ切断機2台更新

UEXは、伊勢原スチールサービスセンター（神奈川県伊勢原市）でレーザ切断機4台のうち2台を最新鋭機に更新する。老朽更新に合わせて小物・大物対応にそれぞれ特化した機種に変更し、切断効率を高めて短納期対応力を強化する。総投資額は2億9千万円で、9月下旬に設置し、10月上旬に稼働する。

新鋭機はいずれも6KW機で、伊勢原の4台とも6KW機となる。大物対応では板厚3～25ミリ、幅3.5メートル、長さ19メートル、小物対応では板厚1～25ミリ、幅2メートル、長さ4メートルの機種を導入。板厚は主に12ミリ以下と14ミリ以上で使い分ける。小物対応機は10段パレットチェンジャーを付帯し、夜間無人運転を行う。

稼働時間を指標にすると、導入機はいずれも日当たり10時間（月200時間）と高効率。継続2機種の合計は月240時間で変わらず、4台合計では現行の月340時間から640時間にほぼ倍増する。（6月8日）

カムス、

中部、関東で真空熱処理炉増強

日本高周波鋼業グループのカムスは、中部（愛知県瀬戸市）、関東（群馬県太田市）のテクノセンターで真空熱処理炉を増強する。冷間ダイス鋼を中心とする工具鋼加工の精度向上、生産性向上、コスト削減を進め、能力も拡大して競争力を高める。新鋭炉各1基は15年度上期中に発注し、早くて15年度末に稼働する。

関東ではマシニングセンター2台の更新も行う。1台は上期末から下期にかけて稼働し、1台は下期に稼働する。関東では帯鋸盤の増設も検討している。この帯鋸盤も含めた15年度の設備投資計画は2億7千万円。

組織体制では4月に生産本部、営業本部の2本部制を導入し、営業本内部に生産管理室を設置。営業情報を共有して全体的な生産最適化を図り、顧客サービスの追求をより前面に立てて動く体制とした。また九州地区で自動車関連ユーザーのニーズに合わせた営業強化策を検討している。

（7月8日）

三和特殊鋼、 機械加工を本社工場に集約

三和特殊鋼は、機械加工を強化するため、2カ所あった機械加工工場を本社工場に集約し、NC旋盤を3基増設した。これに伴い本社の帯鋸盤11台と在庫を新設の東田町倉庫に移設した。

同社は工具鋼の丸材を中心に扱い、2007年に機械加工に進出した。今回2工場（メカテック大東工場とメカテック門真工場）を集約することで生産効率の向上を図り、横持ち配送を減らし社内物流を整流化する。

また本社近くに倉庫を賃借し東田町倉庫（倉庫面積約1,000平方メートル）を開設。帯鋸盤11台と在庫500トンに移し、クレーン4基を設置した。本社工場にも丸鋸切断機2基と帯鋸切断機9基を残し、300ミリ径以上の太丸は東田町倉庫、それ以下は本社、東田町倉庫で切断する。本社、東田町ともスペースに余裕があり、需要動向を見ながら設備増設を検討する。

営業面では営業と配送の業務を8月1日から分離し、営業力の強化を図る。（7月30日）

住友商事と住商特殊鋼、 特殊鋼分野で協業強化

住商特殊鋼は2015～17年度の戦略目標を策定、スタートした。「住友商事との協業強化」「人材確保、人材育成の加速」「市場や顧客ニーズにミートする機能の提供」を3本柱に、商社機能、問屋機能の強化を図る。

商社機能の強化では、親会社の住商との連携を一段と深める。2月に住特が関西支社を移転したのを機に、住商・大阪線材特殊鋼チームも同支社内に移転し、席を並べて営業活動をスタートした。東京では昨秋より住商から数人が住特本社に移り、同様の取り組みを始めている。

従来の住商の取引先のうち数社は販売窓口を住特に変更した。商社機能に問屋機能を付加することで取引先の満足度を高める。

19日付で組織体制も変更し、より迅速な意思決定を行える体制とした。また住商との協業強化のため営業第二本部（東日本営業部、西日本営業部）を新設。先々は自動車分野への参画も図っていく。（6月22日）

名古屋特殊鋼、靴中敷きを拡販 金型製作技術など応用

名古屋特殊鋼は、金型の製作技術などを応用した靴の中敷き「カスタムインソール」の販売強化を図る。同社は近年、「医工連携」をキーワードに地元義肢装具メーカーとタッグを組み、金型製作技術・リバースエンジニアリングを駆使したインソール事業を展開。展示会への出展や、プロゴルファーの上井邦裕氏とアドバイザー契約を結ぶなど周知、販売活動を進めている。

このほど自社ブランド「LaNICO（ラニコ）」が商標登録されたことを機に、受注増に向けた取り組みを推進。トヨタ自動車ラグビー部や、日本モトクロス選手会長の小島庸平氏など有名アスリートを中心に採用実績を伸ばしている。

LaNICOの販売先は、当初からヘルスケア、最近話題の「健康経営」の一環で企業向けを想定している。今後は立ち仕事に従事する人など、幅広い業種・職種を対象に営業を強化する。（6月24日）

業界のうごき

南海鋼材、 産機メンテナンスで新工場

南海鋼材は、子会社で産機メンテナンスのNKメンテックの工場を岐阜県可児市に開設する。16年1月に竣工の予定。機械部品の加工、修理や鍛造機・鋳造機などのオーバーホールを行う。敷地に余裕があり、今後の需要動向を見ながら有効な活用法を検討していく。土地、建物、設備など総投資額は4億円。

鋼材の販売先である鍛造用プレスやダイカストマシンなどの産業機械をメンテナンスするため、昨年NKメンテックを設立した。国内の製造業は設備投資を抑制し、既存の設備を長寿命化させようとする傾向があり、メンテナンスのニーズが高まっている。一方、メンテナンスの現場は恒常的に人手不足で、NKメンテックも設立以来、繁忙状態が続き、年商2億円近くに達している。

中部や関西のユーザーにより踏み込んだメンテナンスサービスを提供していく。敷地の有効面積は約7,300平方メートル、建屋は約1,700平方メートル。

(6月9日)

野村鋼機の今期設備投資、 切断機、機械加工設備を増強

野村鋼機は、16年3月期の設備投資として、関東テクノセンター（群馬県前橋市）で旋盤、大型縦型帯鋸盤、マシニングセンターなど数台、茨城支店・関東スチールセンターでシステム帯鋸盤、システム丸鋸盤を各1台、前橋支店でシステム帯鋸盤1台の増設（切断機の一部は更新）を計画し、総額約3億円を投じる予定だ。金型材や設備用加工品の需要が堅調で、サイズに合わせた機械加工体制を整え、切断機の新鋭化、自動化も進めて、生産性向上により顧客サービスの充実を図る。

関東テクノセンターは13年末に本格稼働した。鍛造、ダイカスト向けや機械設備用などの熱間工具鋼の加工品需要が堅調で、14年度も旋盤、マシニングセンター、切断機、フライス盤、円筒研磨機を増設した。引き続き人材の採用、育成と技術力の向上、加工設備の充実、外注加工先とのタイアップ強化も進めていく。

(6月10日)

ハヤカワカンパニー子会社、 精密鋳造品の生産能力を増強

ハヤカワカンパニーの子会社で、精密鋳造品メーカーの東京ロストワックス工業（本社・新潟県長岡市）は生産能力を増強する。ワックス模型を製造するための大型の射出成型機を増設、さらなる高精度化を図り、将来的な数量増を目指す。

これまで一般産業機械向けを中心にロストワックス精密鋳造品を供給し、高い寸法精度が評価され、最近では航空機産業や医療機器関連など幅広い需要家から引き合いが寄せられている。直近では国内大手重電メーカーからニッケル、コバルト系耐熱素材の大型エネルギー関連部材を受注。将来的に大型製品の需要拡大が見込まれることに加え、需要家の厳しい精度、複雑形状要求にきめ細かく対応するため、最新鋭の射出成型機増設を決めた。

投資金額は約2,500万円で、中小企業ものづくり補助金による助成も活用した。6月6日に設置を完了し、7月以降の本稼働開始を計画する。

(6月10日)

マクスコーポレーション、 九州営業所で倉庫増設

マクスコーポレーションは、部品本部の九州営業所（佐賀県鳥栖市）で9月完成予定で倉庫を増設する。九州地区に必要な部品在庫を九

州営業所でそろえられる体制を整え、即納対応を強化する。事務所改修と合わせた投資額は約5千万円。

部品本部では東日本物流センター（茨城県土浦市）を中核に全国的な在庫・物流網を構築している。各地区の倉庫拡張により即納強化を図るとともに、今後2年内をめどに中部地区に西日本物流センター（仮称）を開設し、東日本物流センターへの一極集中の解消と各地の即納強化を図っていく。

同社は大手特殊鋼開庫で、建機足回り部品を中心とする部品本部、海外事業本部も持つ。鋼材本部では、16年3月完成予定で栃木県佐野市の佐野田沼インター産業団地内に新事務所・倉庫を建設し、北関東営業所（栃木市）を移転・拡張する。この投資額は12億円弱。

(7月7日)

メタルワン、特殊鋼部品でも展開 車向け締結部品の海外物流モデル

メタルワンは、2020年に向けた中期ビジョンにおいて、ナイファスト事業で培った少量多品種対応の部品物流管理モデルを特殊鋼部品など幅広い部品事業に展開していく。同事業は、主に自動車メーカー、部品メーカー向けにファスナー（ボルト、ナット類）をジャスト・イン・タイムで在庫販売する海外事業モデルで、数千種類に及ぶファスナーを効率的に高精度で管理するシステムが最大の強み。

鍛造、ベアリング、特殊鋼薄板加工品など特殊鋼関連の日系部品メーカーの海外展開が拡大する中で、部品物流に関わるニーズは世界的に拡大する。メタルワン特殊鋼が国内外で展開する鋼材加工機能と組み合わせる展開力を高める。

15年度中にナイファスト各社の受発注・在庫・与信・会計の統合システムを米国会社と同一レベルに引き上げ、メタルワン本体を含め世界全拠点を一つのネットワークで結ぶ。

(7月9日)

業界のうごき

山陽特殊製鋼、 省Ni・Mo高強度肌焼鋼を開発

山陽特殊製鋼は、新しいニッケル・モリブデンフリー高強度肌焼鋼を開発、商品化した。従来鋼に比べて5倍以上の疲労寿命（ピッチング疲労寿命）を持ち、高強度・軽量・小型化が進む自動車部品のギヤ・シャフトや軸受などで、需要家の工程省略・コスト低減も図れる。自動車、建産機などの部品向けに拡販する。

商品名は「ECOMAX（エコマックス）4」。2007年に開発した「エコマックス1」を進化させた合金鋼。一般的な肌焼鋼では冷間鍛造部品製造で浸炭焼入れを行う前に焼ならし工程が必要だが、鋼中に結晶粒粗大化を抑制する微細ピンニング粒子を多量に析出することで、結晶粒を微細状態に安定させ、焼ならし工程省略を可能にした。

冷却時の部品形状のゆがみ対策でも、「世界初の知見となる、部位による変態の時間差を小さくする合金組成とした」（同社）ことで熱処理時の変形を抑制できる。（7月3日）

JFEスチールが実用化、 環境対応の脱硫システム

JFEスチールは、製鋼工場の溶銑予備処理プロセスのうち硫黄分を取り除く脱硫工程で、脱硫効率を大幅に高められる環境調和型の新しいプロセスを開発・実用化した。すでに東西両製鉄所のすべての設備に導入。使用する脱硫剤を半減できるほか、同工程で生成する脱硫スラグの3割低減を可能にした。

実用化したのは2つのシステムで、溶銑予備処理炉に脱硫剤を投入するシステムと、脱硫スラグの熱間リサイクルシステム。いずれも国内外で実用化例はないという。

脱硫剤（石灰）の使用量は半減し

た。また硫黄分など不純分が残ると鋼材の品質に影響し、特にハイテンなど高級鋼では不純分の徹底した除去が不可欠。高炉各社は徹底した除去を行っているが、高級鋼の生産が増える中で、脱硫プロセスの効率化が課題になっていた。JFEは新プロセスの導入によって、高級鋼の生産効率が高まるとみている。（6月18日）

大同特殊鋼、 日産から新真空浸炭炉を受注

大同特殊鋼は、日産自動車からスリムバッチ真空浸炭炉「シンクロサーモ」1台を受注した。栃木工場に16年春ごろに納入する予定。商業生産炉としての受注は初。設備規模が小さく段階投資にも適しているため、同社では新しい真空浸炭工程の形態として普及が進むと見ている。

同炉は、バッチごとの処理量を少量化することで、高い均熱性により品質が向上。加熱時間も短縮し、ギアなど自動車部品の効率的な小ロット生産が可能になる。処理後の高压ガス冷却も均一になり、浸炭処理品の低ゆがみ化につながる。

独ALD社が開発した基本技術をベースに日本市場向けにカスタマイズ。モジュールサーモ（2004年に販売開始した真空浸炭炉）に搭載する熱処理条件計算ソフト「浸炭くん」などのスキルフリー化機能も継承。滝春テクノセンターで実証炉（実機と同一仕様）による事前の条件出しを行う体制も整えている。（6月24日）

日新製鋼・周南、 製鋼リフレッシュ完了で竣工式

日新製鋼は、周南製鋼所の製鋼リフレッシュ工事の完工を受け、竣工式を開催した。電炉・転炉・真空脱ガス設備の増強、連続鑄造設備（2CC）の新設が中心で、投資額は267億円。製鋼能力は年産60万トンから80万ト

ン、スラブはフィート幅、コイル単重は最大30トンに拡大し、高生産効率化、品質向上が進む。ステンレス製鋼は周南に今後集約し、衣浦製造所の製鋼操業は11月をめどに休止する計画。

三喜社長は披露祝賀会で「周南製鋼所は世界のステンレス製造業の先頭を走り続けてきたが、1971年に稼働を始めた従来の連続鑄造設備では、新しい技術を展開することが困難な状況になってきた。新興国の追い上げが続く中、日本において製造技術の先進性を担保し、マザーファクトリーの地位を確固たるものにする」、「お客様に喜んで頂ける製品を造り、社会に貢献できる新製品を開発し、世界に送り続ける」と述べた。（7月22日）

日立金属、 中国でネオジム磁石を生産

日立金属は、北京中科三環高技術（以下、中科三環）とネオジム磁石の製造・販売合弁を設立することで最終合意した。12月に日立金属51%・中科三環49%出資による合弁会社を中国江蘇省南通市に設立し、16年12月から量産開始する予定。新会社は年間生産2,000トン規模で原材料調達から磁石製造まで一貫生産する。

日立金属はネオジム磁石の世界首位。中科三環は中国首位で、日立金属と古くからライセンス契約を結び、高い技術力と供給実績を持ち、欧米市場への展開も図っている。両社は2月に合弁設立で基本合意し、協議を重ねてきた。

合弁会社「日立金属三環磁材（南通）有限公司」は資本金4億5千万円（約89億円）。16年12月に年産1,000トン規模で量産開始し、需要動向を見ながら早期に段階的増強を図る。17年度売上高は100億円を見込んでいる。（6月19日）

文責：（株）鉄鋼新聞社

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						合計	
		機械構造用炭素鋼	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		
'13 暦年	246,149	4,572,676	3,871,149	8,443,825	430,297	936,673	2,857,369	692,010	5,705,091	648,243	11,269,683	19,959,657
'14 暦年	264,684	4,822,532	3,996,687	8,819,219	438,207	1,027,943	3,000,538	695,384	5,969,185	688,579	11,819,836	20,903,739
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,923,675	691,101	5,702,462	692,726	11,441,368	20,413,525
'14 年度	267,588	4,796,279	3,938,090	8,734,369	436,613	1,028,923	2,973,816	680,990	5,806,585	669,583	11,596,510	20,598,467
'14. 7-9月	63,908	1,240,034	1,021,050	2,261,084	115,322	250,954	775,716	171,523	1,596,461	171,903	3,081,879	5,406,871
10-12月	66,376	1,186,103	993,378	2,179,481	106,086	265,291	710,693	166,178	1,480,357	158,897	2,887,502	5,133,359
'15. 1-3月	67,381	1,175,974	946,737	2,122,711	107,972	250,767	728,221	161,938	1,249,834	164,311	2,663,043	4,853,135
4-6月	60,525	1,173,819	896,254	2,070,073	111,707	261,081	649,693	159,815	1,200,756	161,156	2,544,208	4,674,806
'14年 5月	22,563	396,599	338,409	735,008	38,490	85,086	240,820	65,509	524,192	58,369	1,012,466	1,770,037
6月	23,682	398,166	309,431	707,597	30,847	89,658	255,631	57,763	485,433	57,300	976,632	1,707,911
7月	21,163	422,683	357,113	779,796	39,529	79,100	258,912	55,658	528,319	64,550	1,026,068	1,827,027
8月	21,297	398,992	318,937	717,929	38,294	82,873	255,952	56,752	540,741	49,800	1,024,412	1,763,638
9月	21,448	418,359	345,000	763,359	37,499	88,981	260,852	59,113	527,401	57,553	1,031,399	1,816,206
10月	24,495	412,311	339,268	751,579	36,929	89,825	264,624	54,151	519,979	60,503	1,026,011	1,802,085
11月	20,658	390,164	335,915	726,079	34,257	89,685	220,321	59,516	516,090	49,036	968,905	1,715,642
12月	21,223	383,628	318,195	701,823	34,900	85,781	225,748	52,511	444,288	49,358	892,586	1,615,632
'15年 1月	20,750	390,644	327,844	718,488	35,806	82,891	247,681	49,837	489,660	54,202	960,077	1,699,315
2月	22,767	372,226	297,464	669,690	35,395	83,471	231,856	52,053	356,241	53,109	812,125	1,504,582
3月	23,864	413,104	321,429	734,533	36,771	84,405	248,684	60,048	403,933	57,000	890,841	1,649,238
4月	20,346	387,610	305,813	693,423	34,040	82,033	204,655	48,023	408,292	57,378	834,421	1,548,190
5月	20,087	397,436	298,168	695,604	40,148	85,194	220,406	55,855	422,368	52,270	876,241	1,591,932
6月	20,092	388,773	292,273	681,046	37,519	93,854	224,632	55,937	370,096	51,508	833,546	1,534,684
前月比	100.0	97.8	98.0	97.9	93.5	110.2	101.9	100.1	87.6	98.5	95.1	96.4
前年同月比	84.8	97.6	94.5	96.2	121.6	104.7	87.9	96.8	76.2	89.9	85.3	89.9

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'13 暦年	420,716	5,782,384	1,413,921	4,143,965	2,122,894	6,075,777	19,959,657
'14 暦年	299,735	6,106,683	1,442,497	4,313,948	2,290,323	6,460,443	20,913,629
'13 年度	386,674	5,959,957	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,416,160
'14 年度	304,098	6,106,807	1,393,173	4,234,850	2,176,351	6,393,357	20,608,636
'14. 7-9月	65,640	1,541,691	371,564	1,095,637	625,824	1,709,164	5,409,520
10-12月	81,923	1,527,665	347,574	1,051,980	571,063	1,555,314	5,135,519
'15. 1-3月	83,030	1,499,905	325,247	1,013,956	386,025	1,547,886	4,856,049
4-6月	62,075	1,483,772	242,195	1,058,712	405,789	1,425,162	4,677,705
'14年 5月	21,394	513,163	121,668	362,459	214,184	537,986	1,770,854
6月	23,844	521,384	100,471	343,879	186,328	532,737	1,708,643
7月	22,636	521,729	136,662	372,895	203,055	571,044	1,828,021
8月	14,389	479,382	120,652	358,675	207,647	583,763	1,764,508
9月	28,615	540,580	114,250	364,067	215,122	554,357	1,816,991
10月	25,803	525,345	123,270	370,346	220,355	538,024	1,803,143
11月	31,696	510,853	113,544	347,670	187,076	524,933	1,715,772
12月	24,424	491,467	110,760	333,964	163,632	492,357	1,616,604
'15年 1月	31,833	496,980	126,601	332,434	137,593	574,846	1,700,287
2月	26,286	481,854	101,321	325,532	107,039	463,521	1,505,553
3月	24,911	521,071	97,325	355,990	141,393	509,519	1,650,209
4月	13,460	478,005	94,543	341,915	146,619	474,619	1,549,161
5月	28,741	504,118	70,930	358,140	118,648	512,326	1,592,903
6月	19,874	501,649	76,722	358,657	140,522	438,217	1,535,641
前月比	69.1	99.5	108.2	100.1	118.4	85.5	96.4
前年同月比	83.4	96.2	76.4	104.3	75.4	82.3	89.9

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

(注) 2014年1月以降の形状別合計と鋼種別合計は、出所が異なることから一致しない。

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(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			
'13 暦年	321,646	3,825,120	4,018,791	7,843,911	249,017	500,921	2,984,291	195,198	109,018	39,134	4,077,579	12,243,136	
'14 暦年	317,333	3,825,877	4,085,067	7,910,944	266,107	471,325	3,031,187	190,197	120,507	39,810	4,119,133	12,347,410	
'13 年度	324,404	3,879,315	4,061,105	7,940,420	267,951	513,723	3,002,125	199,622	111,431	51,971	4,146,823	12,411,647	
'14 年度	315,143	3,796,580	4,075,391	7,871,971	241,867	459,359	3,036,399	185,102	126,093	28,652	4,077,472	12,264,586	
14年 10月	28,046	327,185	350,871	678,056	20,818	39,094	256,308	15,022	11,864	2,255	345,361	1,051,463	
11月	25,457	319,849	342,138	661,987	20,269	38,343	248,042	15,034	11,150	2,197	335,035	1,022,479	
12月	25,797	319,890	337,715	657,605	19,918	38,191	250,414	14,789	8,306	1,900	333,518	1,016,920	
15年 1月	24,637	312,804	339,772	652,576	20,190	38,368	252,568	13,762	10,468	2,576	337,932	1,015,145	
2月	25,501	306,969	332,833	639,802	21,394	37,921	254,297	15,053	12,146	3,022	343,833	1,009,136	
3月	27,374	319,860	340,139	659,999	6,741	40,657	265,056	16,972	11,588	3,190	344,204	1,031,577	
4月	25,908	323,521	339,996	663,517	21,073	37,759	248,140	12,780	11,352	3,207	334,311	1,023,736	
5月	23,929	313,110	334,207	647,317	25,404	37,231	241,529	12,746	9,416	2,280	328,606	999,852	
6月	27,689	327,148	340,534	667,682	21,222	39,561	250,855	13,623	10,859	3,042	339,162	1,034,533	
前 月 比	115.7	104.5	101.9	103.1	83.5	106.3	103.9	106.9	115.3	133.4	103.2	103.5	
前年同月比	101.3	104.4	100.6	102.4	102.8	102.9	97.0	79.7	109.7	130.4	97.8	100.8	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(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			
'13 暦年	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
'14 暦年	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	122,870	31,045	186,664	33,489	434,255	806,856	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	124,560	30,864	163,913	40,196	427,175	770,099	
'14 年度	8,552	212,735	120,601	333,336	24,229	35,151	116,398	25,803	181,594	33,355	416,530	758,418	
14年 10月	10,148	226,423	133,740	360,163	21,715	35,207	132,445	31,123	210,639	38,649	469,778	840,089	
11月	11,336	227,145	133,532	360,677	21,210	38,516	117,461	32,890	203,545	32,969	446,591	818,604	
12月	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	122,870	31,045	186,664	33,489	434,255	806,856	
15年 1月	8,931	230,093	140,262	370,355	24,568	33,296	122,386	28,248	247,230	37,055	492,783	872,069	
2月	9,794	223,152	131,238	354,390	22,466	34,255	123,022	29,639	173,342	36,053	418,777	782,961	
3月	8,552	212,735	120,601	333,336	24,229	35,151	116,398	25,803	181,594	33,355	416,530	758,418	
4月	7,934	220,519	128,620	349,139	22,776	32,266	109,678	26,130	168,893	35,306	395,049	752,122	
5月	7,935	222,295	133,466	355,761	24,752	37,510	105,518	29,541	167,625	27,606	392,552	756,248	
6月	8,477	224,486	126,561	351,047	28,111	38,727	100,122	26,224	200,817	27,442	421,443	780,967	
前 月 比	106.8	101.0	94.8	98.7	113.6	103.2	94.9	88.8	119.8	99.4	107.4	103.3	
前年同月比	90.5	110.1	95.6	104.4	153.8	88.6	78.3	95.2	111.1	89.2	98.3	100.8	

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(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			
'13 暦年	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
'14 暦年	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
'13 年度	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
'14 年度	58,240	210,206	147,346	357,552	12,927	49,435	140,051	13,509	10,900	1,581	228,403	644,195	
14年 10月	50,758	204,220	140,920	345,140	11,171	50,506	139,934	14,399	9,988	1,851	227,849	623,747	
11月	52,397	199,694	143,858	343,552	11,075	51,663	141,472	15,134	10,145	1,746	231,235	627,184	
12月	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
15年 1月	54,070	202,948	144,616	347,564	10,801	52,111	139,033	15,625	10,457	1,579	229,606	631,240	
2月	55,516	203,904	145,750	349,654	11,979	49,660	139,111	13,810	10,198	1,643	226,401	631,571	
3月	58,240	210,206	147,346	357,552	12,927	49,435	140,051	13,509	10,900	1,581	228,403	644,195	
4月	58,893	222,886	140,125	363,011	12,180	48,789	136,271	12,916	10,561	1,273	231,990	643,894	
5月	60,243	217,298	146,778	364,076	12,745	49,937	140,576	14,584	11,320	1,713	230,875	655,194	
6月	61,349	213,586	147,433	361,019	12,714	51,680	135,945	13,086	11,041	1,631	226,097	648,465	
前 月 比	101.8	98.3	100.4	99.2	99.8	103.5	96.7	89.7	97.5	95.2	97.9	99.0	
前年同月比	129.4	105.9	101.8	104.2	116.3	105.0	99.2	77.0	121.8	104.9	100.6	104.8	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

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	
'13 暦年	46,815	467,652	559,899	1,027,551	187,205	1,118,549	120,628	1,426,381	13,176	5,145,101	5,158,277	7,659,025
'14 暦年	52,548	499,166	590,092	1,089,258	191,603	1,152,264	151,020	1,494,887	13,742	6,189,851	6,203,593	8,840,287
'13 年度	49,233	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,330	135,718	1,457,700	13,215	5,402,234	5,415,449	7,976,443
'14 年度	69,904	508,345	583,116	1,091,461	184,341	1,157,027	142,126	1,483,494	13,457	6,086,053	6,099,510	8,744,369
'14年 9月	4,685	43,338	52,343	95,681	18,812	101,502	10,729	131,043	1,141	587,082	588,223	819,632
10月	4,076	45,415	44,307	89,722	14,047	97,175	10,628	121,849	1,412	588,127	589,539	805,185
11月	3,513	38,276	47,893	86,169	14,503	91,645	8,969	115,117	1,248	426,877	428,125	632,925
12月	5,422	41,567	51,622	93,190	12,543	84,082	12,496	109,121	905	601,169	602,074	809,806
'15年 1月	14,971	41,958	46,686	88,643	12,308	86,504	9,721	108,532	1,027	463,000	464,027	676,174
2月	6,722	38,366	41,103	79,469	13,677	89,087	10,960	113,724	851	435,932	436,784	636,699
3月	5,489	44,186	56,876	101,061	18,044	111,096	9,082	138,222	1,130	514,323	515,453	760,226
4月	3,375	41,490	48,391	89,881	15,573	90,587	17,232	123,392	919	431,611	432,530	649,178
5月	3,251	34,397	44,403	78,800	15,908	83,841	10,685	110,434	838	471,543	472,381	664,866
6月	3,900	37,374	55,179	92,553	15,816	84,546	12,172	112,534	1,462	406,754	408,216	617,203
前月比	120.0	108.7	124.3	117.5	99.4	100.8	113.9	101.9	174.5	86.3	86.4	92.8
前年同月比	40.4	77.5	103.6	91.2	89.4	89.5	88.4	89.4	94.2	78.6	78.7	81.6

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸入

(単位：t)

年月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					快削鋼	その他の鋼			特殊鋼 鋼材合計	
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管		計	高炭素鋼	合金鋼		計
'13 暦年	5,376	1,497	493	12,079	12,970	170,751	13,387	209,681	310	19,977	396,068	416,044	632,909
'14 暦年	6,417	3,475	596	12,390	14,954	164,225	15,702	207,868	84	20,344	835,935	856,279	1,074,123
'13 年度	5,725	2,913	504	12,330	13,654	180,931	13,839	221,258	118	21,920	582,545	604,465	834,478
'14 年度	6,053	2,369	625	12,085	13,268	145,698	15,267	186,943	77	18,717	758,538	777,255	972,697
'14年 9月	787	274	43	971	1,331	13,180	1,411	16,937	-	1,723	55,900	57,623	75,621
10月	623	206	32	899	1,072	14,210	1,525	17,737	-	207	76,458	76,665	95,231
11月	617	169	53	834	1,090	12,934	1,242	14,453	4	3,436	47,071	50,507	65,751
12月	434	231	49	1,035	955	7,321	1,262	10,623	23	1,163	98,132	99,295	110,605
'15年 1月	363	267	58	1,174	1,151	10,422	1,183	13,988	5	1,120	80,112	81,232	95,855
2月	305	156	43	1,056	745	9,348	839	12,030	6	1,107	52,508	53,615	66,113
3月	416	121	47	818	904	12,285	1,049	15,103	1	2,485	44,913	47,398	63,039
4月	433	282	31	993	991	11,233	1,261	14,509	-	160	57,601	57,761	72,985
5月	185	178	34	993	938	10,653	1,060	13,676	-	1,061	65,435	66,496	80,534
p6月	337	849	35	1,220	975	9,891	1,019	13,140	-	2,560	55,598	58,158	72,484
前月比	182.2	477.0	102.9	122.9	103.9	92.8	96.1	96.1	-	241.3	85.0	87.5	90.0
前年同月比	93.1	695.9	34.3	118.8	71.6	77.7	69.5	78.7	-	95.4	86.7	87.0	86.3

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

(注) p：速報値

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・ 軽自動車販売		建設機械生産		産業車輦生産		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	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					
'13 暦年	9,630,181	1,308,177	4,674,633	472,179	5,375,513	801,975	6,236	148,161	107,777	13,538	93,232	47,742	11,170
'14 暦年	9,774,558	1,357,654	4,465,624	488,473	5,562,887	851,314	7,340	169,987	114,705	14,722	96,920	56,976	15,094
'13 年度	9,912,403	1,333,945	4,632,178	468,925	5,692,162	843,644	6,648	158,109	110,214	14,181	97,030	47,753	12,049
'14 年度	9,590,644	1,364,229	4,490,724	498,961	5,297,111	831,464	7,589	171,426	114,372	14,384	97,805	60,752	16,847
'14年 9月	851,177	123,787	410,181	47,257	518,772	85,609	675	15,834	10,610	1,503	8,202	6,339	1,355
10月	817,080	119,872	401,239	44,870	396,505	67,232	672	16,561	10,475	1,645	7,913	3,004	1,337
11月	743,401	114,728	368,109	43,039	416,153	75,521	727	13,919	9,267	1,230	7,920	3,011	1,391
12月	766,945	107,170	381,113	43,395	431,919	70,743	746	14,214	8,844	1,343	8,362	4,828	1,442
'15年 1月	777,756	110,120	341,872	35,327	401,366	56,590	654	13,869	8,576	968	8,570	5,520	1,211
2月	823,864	113,885	365,855	41,414	482,102	67,919	625	14,145	9,062	983	8,448	3,793	1,315
3月	878,577	125,991	396,796	46,490	695,412	106,065	628	15,174	10,373	1,093	8,694	10,282	1,474
4月	713,240	108,910	379,907	43,022	319,480	55,168	636	14,152	9,469	1,103	9,025	2,520	1,346
5月	645,539	95,558	289,477	34,435	335,644	55,585	503	12,277	8,616	950	9,076	3,954	1,385
6月	811,864	115,485	403,730	40,836	442,631	76,744	551	15,766	11,442	1,272	8,359	4,698	1,361
前月比	125.8	120.9	139.5	118.6	131.9	138.1	109.5	128.4	132.8	133.9	92.1	118.8	98.3
前年同月比	94.7	98.2	103.3	100.4	97.8	105.8	103.0	111.3	112.2	110.4	114.7	91.5	106.6

新車登録は(一社)日本自動車販売協会連合会『新車・月別販売台数(登録車)』、
 軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、
 建設機械生産、産業車輦生産は『経済産業省生産動態統計』、
 機械受注額は内閣府『機械受注統計調査』、産業機械受注額は(一社)日本産業機械工業会『産業機械受注状況』、
 工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

(注) r：訂正値

特殊鋼需給統計総括表

2015年6月分

鋼種別	項目	月別				
		実数 (t)	前月比 (%)	前年同月比 (%)	1995年基準指数 (%)	
工 具 鋼	熟間圧延鋼材生産	20,092	100.0	84.8	90.4	
	鋼材輸入実績	337	182.2	93.1	229.3	
	販売業者	受入計	28,795	113.9	114.0	140.0
		販売計	27,689	115.7	101.3	135.9
		うち消費者向 在庫計	19,812	116.2	92.9	211.1
	鋼材輸出船積実績	61,349	101.8	129.4	170.2	
	生産者工場在庫	3,900	120.0	40.4	108.9	
	総在庫	8,477	106.8	90.5	75.6	
	総在庫	69,826	102.4	123.0	148.1	
	構 造 用 鋼	熟間圧延鋼材生産	681,046	97.9	96.2	125.4
鋼材輸入実績		31,931	98.5	87.1	2095.3	
販売業者		受入計	664,625	102.5	102.1	201.2
		販売計	667,682	103.1	102.4	203.6
		うち消費者向 在庫計	449,196	104.8	102.3	210.2
鋼材輸出船積実績		361,019	99.2	104.2	150.2	
生産者工場在庫		92,553	117.5	91.2	546.8	
生産者工場在庫		351,047	98.7	104.4	117.3	
総在庫		712,066	98.9	104.3	131.9	
総在庫		712,066	98.9	104.3	131.9	
ば ね 鋼	熟間圧延鋼材生産	37,519	93.5	121.6	88.2	
	鋼材輸入実績	849	477.0	695.9	-	
	販売業者	受入計	21,191	81.6	104.6	142.0
		販売計	21,222	83.5	102.8	142.5
		うち消費者向 在庫計	4,309	91.6	73.1	34.7
	鋼材輸出船積実績	12,714	99.8	116.3	400.0	
	生産者工場在庫	15,816	99.4	89.4	125.0	
	生産者工場在庫	28,111	113.6	153.8	87.5	
	総在庫	40,825	108.9	139.7	115.6	
	総在庫	40,825	108.9	139.7	115.6	
ス テ ン レ ス 鋼	熟間圧延鋼材生産	224,632	101.9	87.9	83.1	
	鋼材輸入実績	13,140	96.1	78.7	337.1	
	販売業者	受入計	246,224	100.2	96.1	164.0
		販売計	250,855	103.9	97.0	167.9
		うち消費者向 在庫計	57,575	105.9	99.3	101.0
	鋼材輸出船積実績	135,945	96.7	99.2	122.9	
	生産者工場在庫	84,546	100.8	89.5	83.1	
	生産者工場在庫	100,122	94.9	78.3	68.0	
	総在庫	236,067	95.9	89.1	91.6	
	総在庫	236,067	95.9	89.1	91.6	
快 削 鋼	熟間圧延鋼材生産	55,937	100.1	96.8	63.2	
	販売業者	受入計	12,125	84.1	75.2	72.1
		販売計	13,623	106.9	79.7	82.3
		うち消費者向 在庫計	13,066	106.1	79.0	91.9
	鋼材輸出船積実績	13,086	89.7	77.0	57.2	
	生産者工場在庫	26,224	88.8	95.2	116.7	
	生産者工場在庫	39,310	89.1	88.2	86.6	
	総在庫	39,310	89.1	88.2	86.6	
	総在庫	39,310	89.1	88.2	86.6	
	高 抗 張 力 鋼	熟間圧延鋼材生産	370,096	87.6	76.2	158.0
販売業者		受入計	10,580	104.0	110.7	85.4
		販売計	10,859	115.3	109.7	88.0
		うち消費者向 在庫計	7,295	116.5	113.3	135.5
鋼材輸出船積実績		11,041	97.5	121.8	83.3	
生産者工場在庫		200,817	119.8	111.1	119.8	
生産者工場在庫		211,858	118.4	111.6	117.2	
総在庫		211,858	118.4	111.6	117.2	
総在庫		211,858	118.4	111.6	117.2	
そ の 他		熟間圧延鋼材生産	145,362	105.7	98.9	62.1
	販売業者	受入計	44,263	107.7	112.9	357.4
		販売計	42,603	107.8	104.4	345.1
		うち消費者向 在庫計	38,743	108.0	103.2	719.7
	鋼材輸出船積実績	53,311	103.2	105.0	402.3	
	生産者工場在庫	66,169	101.6	88.8	39.5	
	生産者工場在庫	119,480	102.3	95.4	66.1	
	総在庫	119,480	102.3	95.4	66.1	
	総在庫	119,480	102.3	95.4	66.1	
	特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熟間圧延鋼材生産合計	1,534,684	96.4	89.9	113.9
鋼材輸入実績計		72,484	90.0	86.3	916.5	
販売業者		受入計	1,027,803	101.6	101.0	179.8
		販売計	1,034,533	103.5	100.8	181.9
		うち消費者向 在庫計	589,996	105.5	100.9	175.2
鋼材輸出船積実績計		648,465	99.0	104.8	146.6	
生産者工場在庫計		617,203	92.8	81.6	183.9	
生産者工場在庫		780,967	103.3	100.8	102.4	
総在庫		1,429,432	101.3	102.6	118.7	
総在庫		1,429,432	101.3	102.6	118.7	

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、

それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算

- (注) 1. 熟間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。
2. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。
3. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熟間圧延鋼材のみで、冷間圧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まない。

倶楽部だより

(平成27年6月1日～7月31日)

海外委員会

専門部会（6月23日）

- ①「海外特殊鋼メーカーの現状」調査内容の検討
- ②通商問題の対応
- ③統計資料の見直し

説明会（6月9日）

演題：「メキシコ・中南米の特殊鋼需給動向調査」報告書

講師：神鋼リサーチ(株) 産業戦略情報本部調査一部 上席主任研究員 野尻 英一氏

参加者：60名

（7月2日）

演題：「安全保障貿易管理」（日本鉄鋼連盟、ステンレス協会と共催）

講師：経済産業省 安全保障貿易審査課上席安全保障貿易審査官

鈴木 政雄氏

経済産業省 安全保障貿易検査官室 安全保障貿易管理検査等職員

佐藤 長光氏

参加者：112名

市場開拓調査委員会

委員会（6月22日）

- ①平成26年度活動報告
- ②平成27年度活動計画の検討
- ③その他

説明会（6月16日）

演題：「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向調査」

講師：神鋼リサーチ(株) 産業戦略情報本部調査一部 上席主任研究員

野尻 英一氏

参加者：75名

（6月19日）

演題：「平成27年度の最近の自動車産業の動向」

講師：一般社団法人 日本自動車工業会 総務統括部 企画・調査担当

副統括部長 持田 弘喜氏

参加者：50名

編集委員会

小委員会（6月18日）

11月号特集「接合」（仮題）の編集内容の検討

本委員会（7月10日）

11月号特集「接合」（仮題）の編集方針、内容の確認

流通委員会

説明会（7月6日）

演題：「平成27年度第2・四半期の特殊鋼需要見通し」

講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課長補佐 成瀬 輝男氏

参加者：36名

説明会・意見交換会（7月22日）

演題：「特殊鋼流通に係る鉄鋼産業取引適正化ガイドライン」

講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課長補佐 成瀬 輝男氏

参加者：17名

[名古屋支部]

定時総会（6月8日）

①平成26年度事業並びに決算報告

②監査報告

③平成27年度事業計画並びに収支予算案

④平成27年度役員及び運営委員の報告

部会

構造用鋼部会（7月22日）

工具鋼部会（7月23日）

ステンレス鋼部会（7月29日）

三団体共催講演会（6月25日）

演題：平成27年度の最近の自動車産業の動向

講師：一般社団法人 日本自動車工業会

総務統括部 企画・調査担当

副統括部長 持田弘喜氏

参加者：99名

説明会（6月26日）

演 題：「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向調査」

講 師：神鋼リサーチ(株)
産業戦略情報本部調査一部 上席主任
研究員 野尻英一様

参加者：77名

[大阪支部]

定時総会（6月10日）

- ①平成26年事業・収支報告、
- ②平成27年事業計画（案）・収支予算（案）・
役員人事他承認

説明会（6月18日）

演 題：「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向調査」

講 師：神鋼リサーチ(株) 産業戦略情報本部調査一部 上席主任研究員
野尻 英一 氏

参加者：82名

講演会（6月26日、全特協と共催）

演 題：平成27年度の最近の自動車産業の動向

講 師：一般社団法人 日本自動車工業会
総務総括部 企画・調査担当
副統括部長 持田 弘喜氏

参加者：62名



特殊鋼倶楽部の動き

○平成27年度役員を選任

平成27年5月29日に開催された第34回定時総会及び理事会において平成27年度の特殊鋼倶楽部役員が以下のとおり選任されました。任期は2年間です。

会 長 (代表理事)	藤岡 高広	愛知製鋼(株) 取締役社長
副会長	富永 真市	山陽特殊製鋼(株) 常務取締役東京支社長
同	佐久間 貞介	佐久間特殊鋼(株) 代表取締役
同	勝 登	三井物産(株) 執行役員鉄鋼製品本部長
専務理事 (代表理事)	小澤 純夫	(一社)特殊鋼倶楽部
理 事	後藤 隆	(株)神戸製鋼所 常務執行役員
同	川 真一	JFEスチール(株) 常務執行役員
同	中川 智章	新日鐵住金(株) 常務執行役員棒線事業部長
同	石黒 武	大同特殊鋼(株) 代表取締役副社長
同	土屋 敦	日新製鋼(株) 常務執行役員名古屋支社長
同	鈴木 卓	日本金属(株) 専務取締役
同	久留島 靖章	日本高周波鋼業(株) 常務取締役
同	橋之口 真	日本冶金工業(株) 取締役常務執行役員営業本部長
同	平木 明敏	日立金属(株) 代表執行役執行役常務高級金属カンパニープレジデント
同	青山 信一	青山特殊鋼(株) 代表取締役社長
同	増井 平	浅井産業(株) 取締役社長
同	塔下 辰彦	伊藤忠丸紅鉄鋼(株) 取締役兼常務執行役員
同	今西 清裕	伊藤忠丸紅特殊鋼(株) 代表取締役社長
同	井上 寿一	井上特殊鋼(株) 代表取締役社長
同	岸本 則之	(株)U E X 代表取締役社長
同	川松 康吉	岡谷鋼機(株) 代表取締役副社長
同	永瀬 哲郎	佐藤商事(株) 代表取締役社長
同	池田 道雄	三興鋼材(株) 代表取締役社長
同	石崎 順	JFE商事(株) 執行役員ステンレス・特殊鋼本部長
同	瀬戸川 健二	住友商事(株) 理事 輸送機金属製品本部長
同	中川 陽一郎	中川特殊鋼(株) 取締役社長
同	野村 有一	日鉄住金物産(株) 常務執行役員
同	三上 聰彦	ノボル鋼鉄(株) 取締役社長
同	湊 義明	野村鋼機(株) 代表取締役社長
同	芹澤 浩	阪和興業(株) 取締役副社長執行役員
同	平井 俊夫	(株)平井 代表取締役社長
同	高木 清秀	(株)メタルワン 常務執行役員 線材特殊鋼・ステンレス本部長
同	古賀 康友	(株)メタルワン特殊鋼 取締役社長
同	藤原 久芳	ヤマト特殊鋼(株) 代表取締役社長
監 事	関根 博士	三菱製鋼(株) 取締役鋼材事業部長
同	北 信一	大洋商事(株) 代表取締役社長
同	根来 龍之	早稲田大学 ビジネススクールディレクター

「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向… 中国・東南アジアを中心に」調査報告書の説明会開催

去る6月16日（火）に午後1時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館701号室において「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向」調査報告書の説明会を開催しました。

本説明会は、当倶楽部・市場開拓調査委員会の2014年度調査事業として実施した調査報告書を解説したものです。当日は、講師として調査を担当された神鋼リサーチ（株）産業戦略情報本部 調査一部 上席主任研究員 野尻英一氏にご説明頂き、参加者は75名でした。

説明の内容は、1. 貿易統計解析（・中国、タイ、インドネシアへの日系自動車メーカー、部品メーカー、部品メーカー進出状況・貿易データの解析）、2. 報道、公表資料解析（・自動車メーカーの現地調達体制の整備、現地調達の考え方・現地調達率の実態、為替レート変動との関連）、3. 現地ヒアリング調査等でした。

約1時間30分の説明会でしたが、野尻講師の詳細かつ分かり易い説明で盛会の内に終了いたしました。

本説明会は東京会場の他、大阪会場は6月18日（木）鉄鋼会館5・6号室（参加者70名）において、名古屋会場は6月26日（金）安保ホール301号室（参加者77名）においても開催しました。

また、説明会に参加された方々にはアンケートを実施させていただき、貴重なご意見をありがとうございました。次回説明会には是非とも生かしたいと思えます。

多数のご参加をいただき、ありがとうございました。

以下に、会場写真を掲載いたします。



「最近の自動車産業の動向」説明会の開催

去る6月19日（金）10時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館701号室において「最近の自動車産業の動向」説明会を開催しました。

本説明会は当倶楽部・市場開拓調査委員会の2015年度事業として実施し、講師として一般社団法人日本自動車工業会 総務統括部 企画・調査担当 副統括部長 持田 弘喜 氏をお招きしお話を伺いました。持田氏の説明の概要は以下のとおりでした。

1. 2015年度の自動車国内需要見通しは、景気の緩やかな回復が見込まれるものの、軽自動車税増税に伴い2014年度の後半に発生した駆け込み需要の反動減等により、四輪車総需要は4,992千台・前年度比94.6%と見込まれる。

2015年度（平成27年度）自動車国内需要見通し

2015年3月19日

単位：台

一般社団法人 日本自動車工業会

			2013年度A	2014年度B	2015年度C	対前年比 %		
				見込み	見通し	2014年度 B/A	2015年度 C/B	
四 輪 車	乗 用 車	普通・小型四輪車	3,015,665	2,700,000	2,700,000	89.5	100.0	
		軽四輪車	1,821,081	1,760,000	1,500,000	96.6	85.2	
		計	4,836,746	4,460,000	4,200,000	92.2	94.2	
	ト ラ ック	普通車	153,949	161,000	154,000	104.6	95.7	
		(うち大中型)	80,227	86,000	83,000	107.2	96.5	
		小型四輪車	248,942	233,000	227,000	93.6	97.4	
		軽四輪車	440,753	410,000	400,000	93.0	97.6	
		計	843,644	804,000	781,000	95.3	97.1	
	バ ス	大型	4,443	4,100	4,000	92.3	97.6	
		小型	7,329	6,900	6,900	94.1	100.0	
		計	11,772	11,000	10,900	93.4	99.1	
	合 計			5,692,162	5,275,000	4,991,900	92.7	94.6
	登 録 車			3,430,328	3,105,000	3,091,900	90.5	99.6
	軽 四 輪 車			2,261,834	2,170,000	1,900,000	95.9	87.6

二 輪 車	原付第一種	245,156	220,000	226,000	89.7	102.7	
	原 付 種 第 二 上	原付第二種	102,957	92,000	92,000	89.4	100.0
		軽二輪車	58,905	53,000	54,000	90.0	101.9
		小型二輪車	71,131	70,000	68,000	98.4	97.1
	計	232,993	215,000	214,000	92.3	99.5	
合 計		478,149	435,000	440,000	91.0	101.1	

注：輸入車を含む

Source: 自工会

2. 国内乗用車市場のトレンドとしては、1990年をピークに減少している中、①乗用車販売に占める次世代車シェアが20%まで拡大、②国内乗用車市場（ガソリン）は2,000cc以下の小型車がメインで、2014年ガソリン乗用車販売台数の小型車比率は90%を超えた（90.3%）。消費者が次世代自動車・小型車購入へシフトする中、国内の乗用車平均燃費は年々向上。

- 1990年代半ばより国内生産は1,000万台で推移する中、海外生産は年々増加。2014年の海外生産は、1,748万台と過去最高を記録、3台に2台が海外で生産。
- 日系メーカーのグローバル生産は新興国へシフト。2014年の新興国比率は46.2%（日本での生産比率35.9%、先進国生産比率17.9%）。2014年の地域別海外生産台数は、主に中南米地域で拡大。
- 日系メーカーは、「需要のあるところで生産する」との考えのもと、更には、近隣諸国への輸出も視野に入れ世界各地で工場を新設・拡張してきた。生産が一定の規模に達すると、各国の市場拡大に合わせ生産を拡張するとともに、各国の需要特性（例：タイのピックアップトラック、米国の大型セダン等）を踏まえ生産モデルの集約を段階的に図ってきた。最近では、地域経済統合、FTA等も活用しながら、海外生産拠点からの輸出を増やしている。加えて、新興国拠点においては、低価格な世界戦略車の生産・第3国への輸出を開始している。
- アベノミクスに貢献する自動車産業。収益の上昇により2014年度は法人税を約7,000億円納税。自動車会社8社とも設備投資額／研究開発費は着実に増加。自動車業界の賃金伸び率・夏季賞与額は製造業トップクラス。
- 乗用車各社の営業利益に、円安は、2014年度はプラスに働いたが、2015年度は、更に円安が進み、富士重以外の7社にとってマイナスとなると予測。これは、円安が進んでも、海外生産、海外調達を増加させていくことによる。

乗用車8社 連結決算 営業利益に占める為替差益

(単位:億円)

	2013年度					2014年度					2015年度(予測)				
	営業利益	為替差益	為替レート(円)	割合	輸出比率(輸出/生産)	営業利益	為替差益	為替レート(円)	割合	輸出比率(輸出/生産)	営業利益	為替差益	為替レート(円)	割合	
トヨタ	22,921	9,000	\$:100 €:134	39.3%	54.9%	27,505	2,800	\$:110 €:139	10.2%	56.0%	28,000	▲450	\$:115 €:125	-1.6%	
ホンダ	7,502	2,887	\$:100 €:136	38.5%	10.4%	6,516	790	\$:110 €:139	12.1%	3.4%	6,850	▲850	\$:115 €:125	-12.4%	
日産	4,983	2,476	\$:100.2 €:134.2	49.7%	54.7%	5,895	686	\$:109.8 €:138.7	11.6%	57.6%	6,750	▲400	\$:115 €:130	-5.9%	
スズキ	1,877	543	\$:100 €:134	28.9%	15.3%	2,028	170	\$:110 €:139	8.4%	14.2%	2,100	▲340	\$:110 €:139	-16.2%	
マツダ	1,821	1,127	\$:100 €:134	61.9%	76.8%	1,794	222	\$:110 €:139	12.4%	77.1%	1,900	▲90	\$:115 €:125	-4.7%	
富士重	3,264	1,703	\$:100 €:133	52.2%	81.3%	4,230	1,037	\$:108 €:140	24.5%	80.3%	5,030	827	\$:118 €:125	16.4%	
三菱	1,234	659	\$:100 €:134	53.4%	1.0%	1,359	123	\$:109 €:139	9.1%	59.1%	1,250	▲410	\$:117 €:127	-32.8%	
ダイハツ	1,467	88	\$:99	6.0%	54.3%	1,106	▲76	\$:108	-6.9%	1.0%	1,000	▲65	\$:115	-6.5%	
合計	43,602	18,395	—	42.2%	46.7%	49,327	5,828	—	11.8%	46.8%	51,880	▲1,713	—	-3.3%	

出所:各社決算資料

※トヨタの連結決算にはダイハツの実績も含まれるため、合計はダイハツ除く7社集計
 ※各年度の売上高順に掲載
 ※為替レート(\$:米ドル、€:ユーロ)

*為替影響の内訳(2015年度見直し)

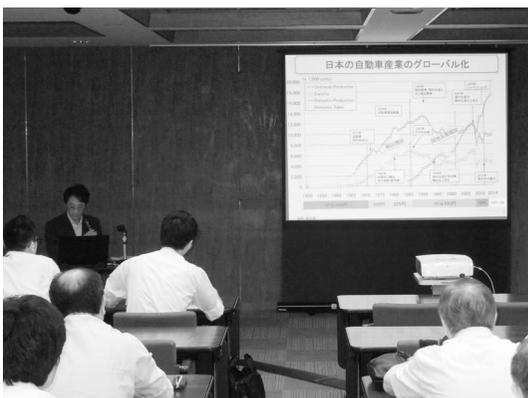
トヨタ	USD: +2,000億円 RUB: ▲750億円 AUD: ▲200億円	ホンダ	円対USD: +680億円 USD対他通貨: ▲1,060億円 その他: ▲480億円	マツダ	USD: +121億円 EUR: ▲159億円 その他: ▲302億円
スズキ	INR: +35億円 USD: +20億円 EUR: ▲98億円 THB: ▲7億円 IDR: ▲3億円 その他: ▲37億円	富士重	USD: +1,010億円 CNY: +1億円 EUR: ▲40億円 CAD: ▲6億円 仕入れ為替調整: ▲138億円	三菱	USD: +150億円 THB: ▲165億円 EUR: ▲140億円 RUB: ▲100億円 AUD: ▲75億円 GBP: ▲5億円

*日産とダイハツはN/A

出典:各社決算資料

持田氏の詳細かつ分かり易いご説明で、約1時間20分程の説明会でしたが参加された50名の皆さんは、最後まで熱心に講師の話しに耳を傾け、盛会の内に終えることが出来ました。

以下に会場の写真を掲載します。



「安全保障貿易管理」の説明会開催

一般社団法人特殊鋼倶楽部、一般社団法人日本鉄鋼連盟及びステンレス協会との三団体共催で昨年に引き続き去る7月2日（木）午後1時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館701号室において「安全保障貿易管理」説明会を開催しました。

近年、大量破壊兵器の拡散やテロの頻発が世界情勢を不安定化させ、各国の経済発展にも大きな影響を及ぼしかねない状況にあることから各団体会員企業各社より112名の参加がありました。

当日は、「安全保障貿易管理」の講師として経済産業省・貿易経済協力局 貿易管理部 安全保障貿易審査課 上席安全保障貿易審査官 鈴木政雄氏、「法令順守のポイント」の講師として同省 貿易経済協力局 貿易管理部 安全保障貿易検査官室 安全保障貿易管理検査等職員 佐藤長光氏をお招きしました。

「安全保障貿易管理」については、1. 安全保障管理の必要性、2. 国際的な脅威、3. 国際輸出管理、4. 我が国の安全保障貿易管理制度、5. 違反に対する罰則と違反原因。「法令順守のポイント」については、1. 輸出管理の審査手続き、2. 法令遵守のための内部規定の整備、3. 包括許可制度、4. 立入検査、5. 制度の関連情報の入手、について配布資料に沿いそれぞれ詳細にご説明頂きました。

鉄鋼業界の各企業においてもコンプライアンス等の観点から外国為替及び外国貿易法（外為法）を遵守し、的確かつ効率的な輸出管理の実施が一段と重要になっている旨、強調していました。

なお、日常の業務で気になる点があれば、ホームページで関連情報を入手したり、電話にて問合せしたりしてほしいとのアドバイスをいただきました。以下を参照して下さい。

経済産業省 安全保障貿易管理ホームページ <http://www.meti.go.jp/policy/anpo/index.html>

電話：03-3501-3679（安全保障貿易 案内窓口）

また、説明会に参加された方々にはアンケートを実施させていただき、貴重なご意見をありがとうございました。次回説明会に是非とも生かしたいと思えます。

多数のご参加をいただき、ありがとうございました。

以下に、会場写真を掲載いたします。



一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 23社</p> <p>販売業者 101社</p> <p>合 計 124社</p>	【販売業者会員】		
<p>【製造業者会員】</p> <p>愛 知 製 鋼 (株)</p> <p>秋 山 精 鋼 (株)</p> <p>(株)川口金属加工</p> <p>(株)神戸製鋼所</p> <p>合 同 製 鐵 (株)</p> <p>山 陽 特 殊 製 鋼 (株)</p> <p>J F E ス チ ー ル (株)</p> <p>J X 日 鋳 日 石 金 属 (株)</p> <p>下 村 特 殊 精 工 (株)</p> <p>新 日 鐵 住 金 (株)</p> <p>大 同 特 殊 鋼 (株)</p> <p>高 砂 鐵 工 (株)</p> <p>東 北 特 殊 鋼 (株)</p> <p>日 新 製 鋼 (株)</p> <p>日 本 金 属 (株)</p> <p>日 本 高 周 波 鋼 業 (株)</p> <p>日 本 精 線 (株)</p> <p>日 本 冶 金 工 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 (株)</p> <p>(株)不 二 越</p> <p>三 菱 製 鋼 (株)</p> <p>ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)</p> <p>理 研 製 鋼 (株)</p>	<p>愛 鋼 (株)</p> <p>青 山 特 殊 鋼 (株)</p> <p>浅 井 産 業 (株)</p> <p>東 金 属 (株)</p> <p>新 井 ハ ガ ネ (株)</p> <p>粟 井 鋼 商 事 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)</p> <p>井 上 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) U E X</p> <p>確 井 鋼 材 (株)</p> <p>ウ メ ト ク (株)</p> <p>扇 鋼 材 (株)</p> <p>岡 谷 鋼 機 (株)</p> <p>カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)</p> <p>兼 松 (株)</p> <p>兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)</p> <p>(株) カ ム ス</p> <p>(株)カワイスチール</p> <p>川 本 鋼 材 (株)</p> <p>北 島 鋼 材 (株)</p> <p>ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)</p> <p>小 山 鋼 材 (株)</p> <p>佐 久 間 特 殊 鋼 (株)</p> <p>櫻 井 鋼 鐵 (株)</p> <p>佐 藤 商 事 (株)</p> <p>サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) 三 悦</p> <p>三 協 鋼 鐵 (株)</p> <p>三 京 物 産 (株)</p> <p>三 興 鋼 材 (株)</p> <p>三 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>J F E 商 事 (株)</p> <p>芝 本 産 業 (株)</p> <p>清 水 金 属 (株)</p> <p>清 水 鋼 鐵 (株)</p> <p>神 鋼 商 事 (株)</p> <p>住 友 商 事 (株)</p>	<p>大 同 興 業 (株)</p> <p>大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)</p> <p>大 洋 商 事 (株)</p> <p>大 和 興 業 (株)</p> <p>大 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株)竹内ハガネ商行</p> <p>孟 鋼 鉄 (株)</p> <p>田 島 ス チ ー ル (株)</p> <p>辰 巳 屋 興 業 (株)</p> <p>中 部 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>千 曲 鋼 材 (株)</p> <p>(株)テクノタジマ</p> <p>(株)鐵 鋼 社</p> <p>デ ル タ ス テ ー ル (株)</p> <p>東 京 貿 易 金 属 (株)</p> <p>(株)東 信 鋼 鉄</p> <p>特 殊 鋼 機 (株)</p> <p>豊 田 通 商 (株)</p> <p>中 川 特 殊 鋼 (株)</p> <p>中 野 ハ ガ ネ (株)</p> <p>永 田 鋼 材 (株)</p> <p>名 古 屋 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ナ ス 物 産 (株)</p> <p>南 海 鋼 材 (株)</p> <p>日 輪 鋼 業 (株)</p> <p>日 金 ス チ ー ル (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株)</p> <p>日 本 金 型 材 (株)</p> <p>ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)</p> <p>野 村 鋼 機 (株)</p> <p>白 鷺 特 殊 鋼 (株)</p> <p>橋 本 鋼 (株)</p> <p>(株)長谷川ハガネ店</p> <p>(株)ハヤカワカンパニー</p> <p>林 田 特 殊 鋼 材 (株)</p> <p>阪 神 特 殊 鋼 (株)</p> <p>阪 和 興 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 商 事 (株)</p>	<p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p> <p>(株)日立ハイテクノロジーズ</p> <p>(株)平 井</p> <p>(株)フクオカ</p> <p>藤 田 商 事 (株)</p> <p>古 池 鋼 業 (株)</p> <p>(株)プルータス</p> <p>(株)堀田ハガネ</p> <p>(株)マクスコーポレーション</p> <p>三 沢 興 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 ス チ ー ル (株)</p> <p>(株)メタルワン</p> <p>(株)メタルワンチューブラー</p> <p>(株)メタルワン特殊鋼</p> <p>森 寅 鋼 業 (株)</p> <p>(株)山一ハガネ</p> <p>山 進 産 業 (株)</p> <p>ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)</p> <p>山 野 鋼 材 (株)</p> <p>陽 鋼 物 産 (株)</p> <p>菱 光 特 殊 鋼 (株)</p> <p>渡 辺 ハ ガ ネ (株)</p>

“特集” 編集後記

今月の「特殊鋼を支える分析・検査技術」特集は如何だったでしょうか？

2000年度以降の「分析技術」に関する特集は、「特殊鋼製品を対象とした試験・検査技術（2002年）」と「特殊鋼製造プロセスを切り口とした分析・解析・検査技術（2005年）」の計2回組まれましたが、日進月歩で進化する分析技術の世界で10年も経ち、改めて特殊鋼製造プロセスと特殊鋼自体にクローズアップした分析・検査技術を特集しました。

そもそも「分析」「検査」の意味を調べると、次のように説明されています。

分析：①物事を分解して、それらを成立している成分・要素・側面を明らかにすること。

②物質の鑑識・検出、または化学的組成を定性的・定量的に鑑別すること。

検査：①ある基準をもとに異常の有無、適不適などを調べること。

特殊鋼はトンオーダーで製造されるためダイナミックなイメージを持っているかも知れませんが、実は多くのセンサーを用いて各製造工程における品質を分析、そして検査して造り込んでいます。

また外観では判別できない鋼製品の品質に対してはミクロン、ナノオーダーの分析技術を活用しており、本特集を通じて理解を深める一助になれば幸甚です。

最後に、本紙発行にあたり、投稿いただきました執筆者の方々および編集にご尽力いただきました編集委員各位に厚く御礼申し上げます。

〔株〕神戸製鋼所 ながはま 永濱 むつひさ 睦久
線材条鋼商品技術部

特 集 / 特殊鋼の溶接技術の動向

- I. 総論
- II. 溶接用材料と溶接技術
- III. ユーザ側からみた溶接・接合用材料
- IV. 会員会社関連の溶接材料、溶接機器

1月号特集予定…各社のグローバル展開

特 殊 鋼

第 64 卷 第 5 号
© 2 0 1 5 年 9 月
平成27年8月25日 印刷
平成27年9月1日 発行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円 (送料共)

発 行 所
一般社団法人 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>

編集発行人 小 澤 純 夫
印刷人 増 田 達 朗
印刷所 レタープレス株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、一般社団法人 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。