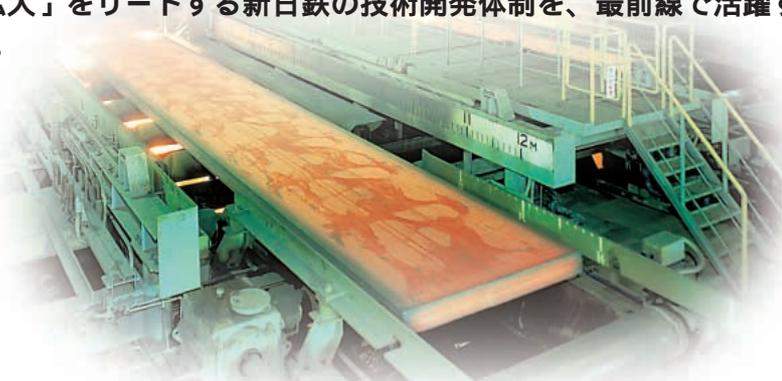


# 技術開発が支える 新日鉄のものづくり

新日鉄の技術開発の特長は、「リサーチ・アンド・エンジニアリング (R&E)」の理念のもと、技術開発を担う中核部隊である技術開発本部では、基礎基盤研究から応用開発、実機化エンジニアリングまでの技術開発一貫体制を確立している。そこでは、鉄を中心とした新しい機能を持った材料の開発に取り組み、新製品や革新的生産プロセスを創出し、迅速な実用化を図っている。今号の特集では、今年度から始まる中期連結経営計画の大きな柱である「技術先進性の拡大」をリードする新日鉄の技術開発体制を、最前線で活躍する研究者・エンジニアの姿を通して紹介する。



## 技術開発本部

### 技術開発企画部

### 鉄鋼研究所

- ・鋼材第一研究部
- ・鋼材第二研究部
- ・表面処理研究部
- ・加工技術研究開発センター
- ・鋼構造研究開発センター
- ・接合研究センター
- ・ウェルテックセンター

顧客の要望にお応えする新商品から、部材設計、ソリューション提案までの幅広い研究開発を推進。ものづくりの原理に迫る現象解析技術、ミクロな材料設計技術および高度数値シミュレーションを駆使して、材料や部材の形と機能を極限まで追求し、地球環境に優しく真に社会に貢献する新商品と、その製造技術を創出する。

### 先端技術研究所

- ・新材料研究部
- ・解析科学研究所
- ・界面制御研究部
- ・エネルギー・環境基盤研究部

材料要素技術、プロセス要素技術、材料構造解析、計算科学など、鉄鋼から先進材料、エネルギー環境分野まで、すべての事業基盤となる共通基礎技術の開発を行っている。それらの技術の蓄積は、SiC単結晶ウェーハ、高温超伝導バルク材、ファインセラミックス、ラミネートフィルム、ボールパンプなどの先進材料開発、さらには顕熱利用水素製造技術、先進水処理技術などの新プロセスの開発の支えになっている。常に社会・市場の動向を捉え、独自技術、独自商品の開発に努力している。

### 環境・プロセス研究 開発センター (EPC)

- ・エネルギー・プロセス研究開発部
- ・製鉄研究開発部
- ・製鋼研究開発部
- ・圧延研究開発部
- ・無機材料研究開発部
- ・計測・制御研究開発部
- ・プラントエンジニアリング部
- ・機械技術部
- ・システム制御技術部
- ・土木建築技術部

環境・エネルギー・資源リサイクル分野への対応、製鉄、製鋼、圧延の製鉄プロセスの新技術開発、ならびにそれらの設備の実機化エンジニアリングを行っている。また、それらを支えるプロセス解析、システム制御技術、品質計測技術、FA・メカトロ技術、生産スケジューリング技術、レーザー応用技術などの開発もあわせて行っている。

### 技術研究部

- ・室蘭技術研究部
- ・君津技術研究部
- ・名古屋技術研究部
- ・広畑技術研究部
- ・八幡技術研究部
- ・大分技術研究部

技術研究部は、八幡、室蘭、広畑、名古屋、君津、大分の各製鉄所に配置され、製鉄所を研究部門として強力に支援するため、製品や設備の改良など第一線からの要求に対する迅速な対応、また、各研究所による成果の実機化などを行っている。第一線の技術と研究所を橋渡ししつつ、常に顧客のニーズを把握し新商品開発に結びつけるなど、広い範囲に及ぶ技術開発に取り組んでいる。

## 鉄鋼研究所

表面処理研究部

# 環境負荷軽減技術 「クロメートフリー皮膜」の開発

主任研究員 布田 雅裕

### 情報の共有化と技術の結集で 迅速な製品開発を実現

近年、環境負荷軽減を目的として鉛や6価クロムなどの有害化学物質に対する規制が強化されている。欧州では今年7月から、電気・電子機器を対象とした有害物質規制「RoHS指令」が施行される。

新日鉄は、こうした時代背景を先取りする形で、鋼材製品の鉛フリー化とともに、6価クロムを使用せずに高耐食性を確保する「クロメートフリー皮膜」(1)の開発にいち早く取り組み、着実に成果をあげてきた。

全社的な取り組みの中で、家電製品に使用される亜鉛めっき鋼板を中心として、各種表面処理鋼板で「クロメートフリー」皮膜開発が進められた。その中の一つに自動車用燃料タンク用および排気系用アルシート(アルミニウム-珪素合金めっき鋼板)のクロメートフリー皮膜開発がある。2001~2002年に開発されたそれらの皮膜は、その耐食性と加工性(潤滑性)が自動車業界から高く評価されている。鉄鋼研究所表面処理研究部主任研究員の布田雅裕は、開発当時を次のように振り返る。

「八幡技術研究部に在籍していたときに、社を挙げたクロメートフリー皮膜開発の一翼として開発に取り組みました。自動車の燃料タンク、排気系部品に使用されるアルシートの皮膜には、従来クロメート皮膜が使用されていましたが、6価クロムの代替物質として、まず無害な3価クロムを使用した皮膜の開発をスタートしました。さらにクロムを全く使用しない皮膜の開発が始まりました」

その際に開発のスピードアップをもたらしたのが「情報の共有化」と「各部門の保有する技術の結集」だ。鉄鋼研究所を中心に、各製鉄所の技術研究部が「クロメートフリー」という大きな目標を共有して連携した。

「研究者一人ひとりが、自ら技術を創生するだけでなく、情報を幅広く発信しながら、アンテナを高く張って周りの状況を俯瞰し、優れた技術があればそれを積極的に取り入れていくことが大切です。そうした努力が迅速な製品開発を可能にしました」(布田)



### 「クロメートフリー皮膜」誕生に 重要な役割を果たす樹脂開発

家電製品に使用される亜鉛めっき鋼板のクロメートフリー皮膜の開発において、新日鉄では、有機樹脂や各種無機化合物を活用して耐食性や加工性、塗装密着性、潤滑性などの多様なニーズに応える皮膜開発に取り組み、これらの機能をあわせ持つクロメートフリー皮膜の製品化に成功した(商品名:電気亜鉛めっき鋼板「ジンコート21」(図1)、溶融亜鉛めっき鋼板「シルバージンク21」(2))。

開発のポイントは、6価クロムを使用せずに、従来のクロメート処理が持つ「腐食因子をシャットアウトする機能(バリア効果)」「塗料の密着性」、そして疵が付いたときの「自己修復機能」の3つを実現することだ。「自己修復機能」では、皮膜に疵が入った際にその部分からクロメート皮膜中の6価クロムが溶け出し、亜鉛層に付着して錆の発生を防ぐ効果があり、特に6価クロムの存在が重要だった(図2)。

一般的に、酸化して鉄を守るなど「機能」が高い物質ほど有害なものが多い。無害な物質でその機能を代替させるためには、これまで培った材料に対する知見を活かして複数の物質を組み合わせる必要がある。そこにクロメートフリー化の難しさがある。

図1 ジンコート21の耐食性データ

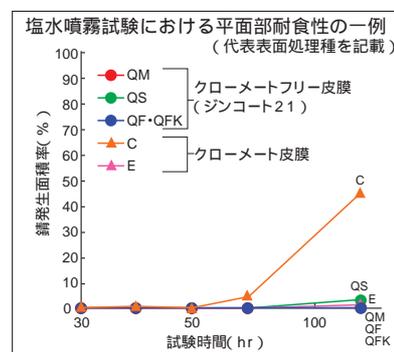


図2 クロメート皮膜の構成と機能

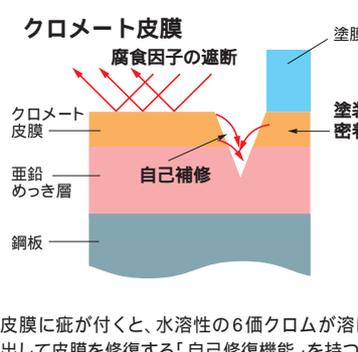
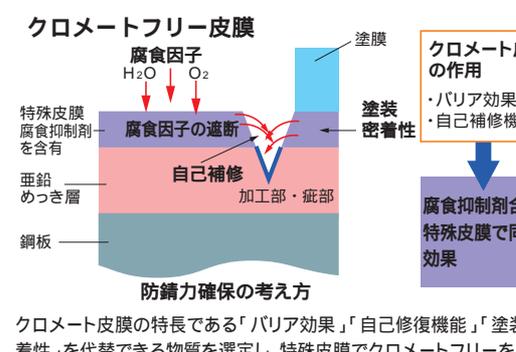


図3 クロメートフリー皮膜の構成と機能



1 クロメートフリー皮膜: 6価クロムを全く含有していない皮膜。「亜鉛めっき」は、長時間経つと表面が酸化し白錆が出て見栄えが悪くなるため、従来は優れた防食剤「クロム酸塩」で白錆を防ぐ皮膜を作っていた。6価クロムを含むこの皮膜は、鋼板製造後にユーザーで加工を行うまでの「一次防錆処理」や「塗装の下地処理」として広く使用されてきた。

2 電気亜鉛めっき鋼板・溶融亜鉛めっき鋼板: 一般的に、めっき付着量の少ない電気めっきは腐食環境が厳しくない屋内製品に使われ、めっき付着量の多い溶融めっきは屋外製品(エアコンの室外機など)に使用される。

表面処理研究部では、電気亜鉛めっき鋼板の有機系のクロメートフリー皮膜開発に取り組んだ。開発は代替物質の検討から始まった。6価クロム以外の物質では単独で3つの機能を確保することができないため、それぞれの機能に効果的な物質を個別に選定し機能分担させる方法をとった。また、有機系のクロメートフリー皮膜では、根幹を成す樹脂成分が3つの機能に作用することから、新たな樹脂開発が重要なテーマとなった。

「開発スピードを上げるため、樹脂メーカー、技術研究部との共同開発体制を組みました。樹脂構造に精通した樹脂メーカーと鉄製品の表面改質技術、表面化学に精通した当社が協業する意義は大きく、自分自身の勉強にもなりました。何度も樹脂メーカーと樹脂構造について議論を重ね、試行錯誤しながら研究を進め、そこから生まれた各々のアイデアを結集し良好な特性を持つ樹脂を開発することができました。研究分野を超越した積極的な協業によって結実した開発例です」(布田)

この樹脂開発は、最終的に求められる3つの機能を確保する「クロメートフリー皮膜」に大きく寄与している。(P2、図3)

## トップクラスの技術と知識で他社をリード

現在鉄鋼各社がしのぎを削っているこの分野で、新日鉄は常に他社をリードしている。新日鉄の表面処理技術の強みは、耐食性といった単一機能の良さだけではない、加工性や導電性など鋼材全体としての「多様な性能のバランス」にある。しかし、「クロメートフリー皮膜」についてはまだまだ開発課題が残されていると布田は言う。例えば、自動車に使われる鋼板は、各

パーツ形状がある程度限定されるが、家電製品は形状も多様な上、鋼板に求められる特性も多岐にわたる。さらには、特定の家電製品でも、メーカーごとの要求が異なり、ニーズが多様化してきている。

「今回の開発でも、求められる機能が多様化する中で、満足のいく特性バランスを導き出し、さらには耐食性と導電性、加工性と耐疵付き性など、相反する特性を両立させることに腐心しました。今後も市場ニーズの変化を先取りして、他社に先駆けた開発を推進していきます」(布田)

現在、家電などの商品価値として「環境に良い」ことが重要な基準になっている。「環境対策を考慮した製品開発は、やればやるほど課題が出てきます」(布田) 表面処理研究部では、環境対応など鋼材に求められる「機能性」に対して、最適な表面処理技術の開発に今後も取り組んでいく。

「技術的挑戦として、『光』や『熱』など機能を付与した皮膜や表面処理技術の開発に取り組みたい」と布田は語る。従来は防錆が基本的機能として重視されていたが、今後、家電製品の進化、多様化によって表面処理鋼板に求められる機能もさらにバリエーションが増え、複雑化していくことは確実だ。

そうした動向に対して起こり得る課題を察知し、いち早く研究に取り組んでいくことが求められる。

「幅広い知識をベースにあらゆる状況に柔軟に対応し、ベストなソリューションを生み出す、そんなプロでありたいですね。世界トップクラスの機能材料を提供しながら、樹脂などを含めたコーティング分野の幅広い知識を持つ研究者であり続けたいと思います」(布田)

## 先端技術研究所

解析科学研究部

# 最先端の解析科学「3次元アトムプローブ(3D-AP)」を駆使し「考えてものを作る」

主任研究員 高橋 淳

## 原子、元素を立体構造として捉える

現在新日鉄では、鉄鋼材料の解析に「3次元アトムプローブ(Three-Dimensional Atom Probe: 以下、3D-AP)」を使

用している。「アトム」は原子、「プローブ」は精密測定、その名の通り約100万個におよぶ原子を1つずつ直接測定して、元素種と鋼材中の位置を調べる最先端の装置だ(写真1)。その特長は試料の構成元素の立体配列を3次元で観察できる点

写真1 3次元アトムプローブ



図1 装置の原理

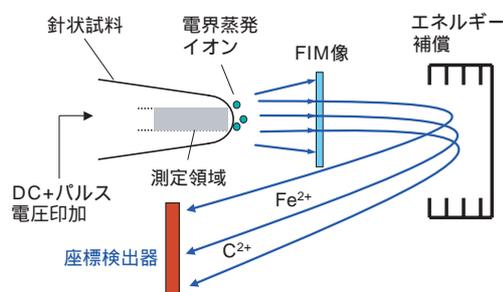


写真2 原子レベルでの元素分布解析例

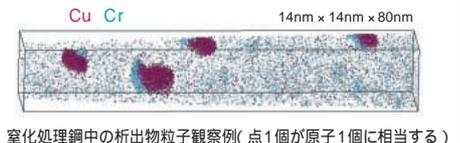
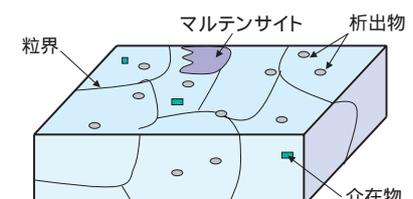


図2 鉄鋼材料組織の概略図



にある。3D-APでは、電子顕微鏡によっても観察することができない鋼中の微細組織をどの方向からでも自由に観察でき、形状を立体的に捉えることができる。

3D-APの基本原理は、50年前にミュラー博士（E.W. Müller）によって発明された電界イオン顕微鏡（FIM）にある。これは金属の表面原子を最初に観察した装置だ。しかし、電子顕微鏡が先に飛躍的な進歩を遂げ、汎用機器としての地位を確立していた。3D-APは1990年代後半にイギリス（オックスフォード大学）、フランス（ルーアン大学）でそれぞれ独自に開発・実用化され、新日鉄では約3年前に装置を導入した。先端技術研究所解析科学部主任研究員の高橋 淳は次のように語る。

「3D-APによる材料解析を大学などの研究機関に委託せずに、応用を理解した自らが基礎的な研究から自社内で行い、新しい鉄鋼材料の開発に役立てようと考えています。解析科学分野で技術の蓄積のある当社だからこそできると思います」

3D-APの仕組みは次の通りだ。先の尖った針状（先端部の直径約50ナノメートル）の試料に高電圧（約10キロボルト）をかけると針先端部表面に高電界が形成される。この高電界によって試料表面の原子をイオン化し1個ずつバラバラと蒸発（電界蒸発）させ、これらを「位置・元素同時検出器」で捉える（図1）。各イオンの飛行時間からわかる原子重量によって元素種を特定し、さらに検出器に到達した座標を調べて試料のどの部分にその原子が位置していたのかを逆算する。これらの約100万個の原子のデータをコンピュータ上で再構築し、立体画像として元素位置分布を得る（写真2）。

### 独自の「試料作製技術」が 高度な「特定領域観察法」を確立

鉄鋼材料の内部は単結晶の半導体材料のように単一組織ではない。さまざまな方向を向いた多くの結晶で構成されており、結晶間には粒界がある。さらに、固溶した合金元素や鉄以外の微細な粒子（析出物、介在物）が含まれ、表面には酸化膜もある。また同じ鉄でも、通常使われるフェライト鋼以外に、マルテンサイト、ベイナイトなどの異なる組織構造を含むものもある（図2）。鉄鋼材料は、こうした複合組織を活かして優れた機械的特性を引き出すことができるユニークな材料でもある。

新日鉄では現在、飛躍的な強度が求められる「スチールコ

ード」や「橋梁用鋼線」の解析をはじめ、「自動車用高張力鋼板」、「高張力厚鋼板」、「レール鋼」など幅広い鉄鋼材料解析に3D-APを活用している。

3D-APは原子スケールで鋼材を観察できるメリットがある反面、観察領域が非常に小さいため（～100×20×20ナノメートル）、多様で複雑な組織を有する鋼材への適用は簡単ではない。

「鉄鋼材料の特性に影響する部分を的確に観察する『特定領域観察技術』が不可欠です。鋼材の特性は鋼中の析出物、粒界や界面、含有する別の組織などが影響していることが多いため、それらの目的の領域をきちんと観察することが重要です」（高橋）

「特定領域観察技術」を可能にするものが観察の準備段階で必要とされる「試料作製技術」だ。新日鉄では、既に、FIB（集束イオンビーム）による針試料作製によって、観察したい粒界を試料の先端部分（100ナノメートル以内）に配置させ定量観察する技術を確立している（写真3）。また最近では、「FIBマイクロサンプリング法」によって鉄鋼材料の目的の領域から微小な角棒（約10ミクロン角）を切り出し、そこから針状試料に仕上げる新たな「特定領域観察法」も構築した（写真4）。この技術によって、鋼中の調べたい領域を自由な方向から観察することを可能にした（写真5）。

例えばスチールコードにおいては、3D-AP解析によって、炭素（セメントイト）の配列が壊れて鉄に固溶（セメントイト分解）する様子を詳細に観察し、そのメカニズムを解明して、特性（強度、延性）の向上指針を提示した。

「微細領域しか観察ができない『3D-AP』の弱点を『試料作製技術』によって克服しています」（高橋）

### プロとして「特性」と 「原子構造」の関係を解明

3D-APなどの解析技術は材料開発（材料物理）を支える基礎基盤技術だ。解析技術を通じて異材料の共通点や相違点が見え、それが研究開発に役立つと高橋は言う。

「私は以前半導体材料の開発・解析研究に取り組んでいまし



写真3 FIBによる粒界試料作製フローと3D-AP粒界観察結果例

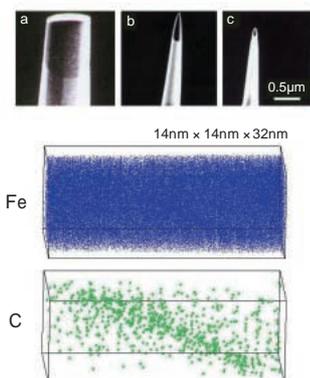


写真4 特定領域試料作製フロー

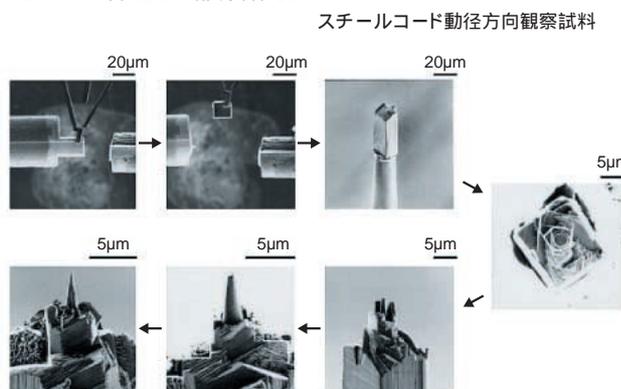
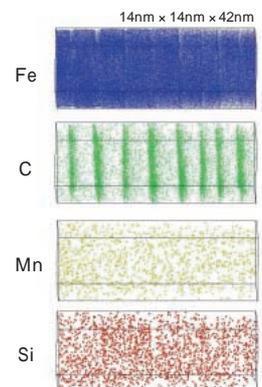


写真5 スチールコードの3D-AP観察結果



た。半導体では欠陥となる転位をゼロに近づける工夫をして結晶を成長させますが、鉄では転位を有効活用することで強度や加工性などの特性をコントロールしています。どちらも転位の素性を知らなければより良い材料は開発できません。両材料の比較によって新たな発想が生まれることもあります」

鉄鋼材料は複合的組織の多様性に加えて、キログラム、トンオーダーといった大規模な生産プロセスで安定した特性を發揮させる高いハードルがある。半導体のように均質で小さい材料であれば一部のサンプルで全体を解明することが比較的容易だが、トン単位の材料に対して小さなサンプルで現象の本質を見極めることに鉄鋼材料の解析技術の難しさがある。

「ただし、ひとたびナノレベルで組織制御の鍵が見つければ、それをマクロサイズで実現するためのダイナミックな材料研究の展開が期待できると思います」(高橋)

新日鉄の鋼材開発の強みは、メタラジーを解析技術などの基礎基盤技術が支えていることにある。また、総合技術センターと製鉄所構内に立地する技術研究部が目的意識を共有化し、連携して技術課題に取り組むことで、迅速な課題解決が

可能となっている。先端解析技術を有効活用するためには、「信頼に基づく社内のネットワークづくりも重要」と高橋は言う。的確な答えを導き出し、各部門で解析技術をさらに積極的に活用し、さまざまな情報を蓄積することで、新たな議論とチャレンジが生まれる。さらに、最先端の解析技術を基盤とした「考えてものを作る」姿勢は、顧客からの信頼獲得にもつながる。

当面の課題は、開発側のニーズに答えるためのさらなる解析技術の向上と、測定の高さを克服していくことにある。また、鉄鋼材料分野では長年にわたり技術開発が行われてきたにもかかわらず、強度や延性などの基本メカニズムなどについても今だ不明な部分が数多くある。

「逆に言えば可能性も大きいわけです。現時点で、鉄鋼材料に特化しこれだけ多くの鋼種の3D-AP解析を行っているのはおそらく世界中で私だけかもしれません。さらにこの技術を向上させ、各種鋼材の特性とナノ組織構造の関係を解明し、その成果を新たな鋼材開発に役立てることができれば非常に嬉しく思います」(高橋)

## 環境・プロセス 研究開発センター (EPC)

製鉄研究開発部

# 自然界にあるさまざまな石炭から、より良質な コークスを製造する 劣質石炭多量使用技術

主任研究員 野村 誠治

## 劣質な石炭から高強度なコークスをつくる

製鉄分野は、高炉メーカーのいわば心臓部。常に新しい技術や革新的な技術を導入し、発展してきた。最近のテーマは安価原燃料の使用拡大技術、高炉とコークス炉の寿命延長技術、安定高生産技術、エネルギー削減技術、廃棄物のリサイクル技術、地球環境対応技術等の開発が中心となっている。

環境・プロセス研究開発センター(EPC)製鉄研究開発部で、コークス製造技術からコークス炉の操業安定化等、一貫してコークス分野に取り組んできた野村誠治は、「劣質石炭多量使用技術の開発」で、平成17年度『日本エネルギー学会 進

歩賞』を受賞した。

コークスは、石炭を乾留して高純度の炭素の塊にしたもので、高炉で鉄鉱石を還元して鉄分を取り出すほか、高炉の中で還元ガスや溶けた鉄の通路の確保、鉄鉱石を溶かす熱源として機能する。

コークスの原料となる石炭は、ほとんど輸入に頼っている。石炭には発電用に使用される「一般炭」と鉄鋼用に使用される「原料炭」があり、日本が輸入している石炭1億5,000万t/年のうち、原料炭は40%だ。石炭全



写真1 石炭とコークス



写真2

試験プラントから出たコークスケーキの写真



試験コークス炉から排出した直後のコークス。サイズは小さい(高さ1m、長さ1m、幅0.45m。実機コークス炉では、コークスは炉から出ると落下してバケット(コークスを受ける容器)に落ちるので、このような状態で見ることができない。

体の埋蔵量が多いが原料炭の埋蔵量、場所は限られている。

この原料炭のうち、良質なものを「強粘結炭」、低品質のものを「非微粘結炭」と呼ぶ。鉄鋼の需要増大により、強粘結炭の価格は昨年22倍に急騰した。今後、資源的にも優良な強粘結炭の採掘条件が厳しくなり、さらなる高騰が予想されている。

石炭は地下に埋蔵されている化石燃料であるため、掘り起こす地層により、品質や不純物などのばらつきが多く、同じ銘柄を購入しても一定の品質に制御することは難しい。

「強粘結炭の価格の高騰に加え、高炉の出鉄量を増やすため、従来よりも高強度のコークスが求められるようになりました。今回の『劣質石炭多量使用技術』のテーマは、いかに安価で劣質な非微粘結炭から高品質なコークスを製造するかにあります」と、環境・プロセス研究開発センター（EPC）製鉄研究開発部主任研究員の野村誠治は語る。

### 品質と操業を考慮した配合調整へ

コークスを製造するには、まず原料となる石炭を粉状にして、コークス炉で約1,000℃まで無酸素状態で蒸し焼きにする。このうち約7割がコークスになる。約3割は高カロリーのガスや油分等の副産物となり、熱源および化学原料等として有効活用されている。焼き固めたコークスは、コークス炉からベルトコンベア等で搬送されるうちに亀裂に沿って割れ、約50mmのこぼし大の状態を高炉へ運ばれる（写真1、2）。

コークス炉は、高さ約6m、幅が約45cmの炭化室と幅約70cmの燃焼室が交互に約100個並ぶ全長200mの巨大な設備だ（図1、写真3）。新日鉄グループでは、室蘭、君津、名古屋、八幡、大分の5カ所にあり、合わせて約1,500門ある。

コークス炉に石炭を入れる際には、数種類の石炭をブレンドするが、良質のコークスを製造するためには、その配合比率がポイントとなる。

「粉状の石炭をコークス炉で塊にするので、粒子が接着しやすいように、溶けやすく膨れやすい強粘結炭は高価です。一方、炉に装入する充填密度を高めれば、あまり膨らまない安価な非微粘結炭でも強度の高いコークスを製造できます。当社では後者の考えをもとに、石炭の充填密度を高めることにより、非微粘結炭の配合比率を高くしても強度が高いコークスが製造できる技術開発に取り組んできました」（野村）

石炭はヤードに野積して雨にさらされ水分が9～10%含まれ

ているが、乾燥状態のほうが装入時に高密度で堆積していく。そのため、コークス炉用の「CMC」「DAPS」（ ）といった乾燥システムを開発、導入してきた。これは新日鉄で世界に先駆けて行われた取り組みだ。

石炭配合の理論は、過去40年基礎研究と現場の経験値から構築されてきたが、乾燥炭に関する知見はなかった。そこで課題となったのが、第1にどこまで安価な非微粘結炭で高品質を保つことができるか、第2に石炭充填密度を上げると溶けた石炭の膨れる力（膨張圧）によりコークス炉の炉壁レンガが圧迫されるという点だ。数mmのたわみでコークスを押し出せず、無理に押し出すとコークス炉の壁が壊れてしまう可能性がある。

国内のコークス炉は1970年前後の高度経済成長期に建設されたため、平均炉齢は約35年と老齢化している。コークス炉建設には莫大な費用がかかるため、負荷がかからない方法が必要になってきた。

「これまでコークスの品質制御のための石炭配合という考え方はありましたが、コークス炉操業安定化のための石炭配合という第2の要素が初めて加わることになったのです」（野村）

### 究極のコークス製造に挑戦

石炭の粒子同士の接着度を高めることで、コークスの強度は高まる。そのためには膨張圧を高める必要があるという、経験値に基づいた考え方を疑うことから野村は研究を開始した。

資源利用技術の開発では、現象を決める要因を分解して仮説、検証することがポイントとなる。結果、コークス強度発現メカニズムと膨張圧発生メカニズムを検討し、それぞれの支配因子が異なることを発見した。

コークスの中には、溶けた部分とガスが抜けて気孔になっている部分がある。気孔部分はコークスの50%を占め（写真4）、コークス強度は気孔構造やクラックなどの欠陥によって決まる。

「石炭粒子は少しの力で接着し、過剰な力が不要なことがわかりました。また、硬い皮のゴム風船と軟らかい皮のゴム風船では、同じように膨らませても押したときの反力が違うように、軟らかい皮のゴム風船となるように粘性の低い石炭を配合すれば、膨張圧を抑制しつつ、石炭を適度に膨らませて接着させコークス強度が向上できると考えました」（野村）

そこで、コークス強度と膨張圧を推定する新たな推定式を考案し、ある値を維持する範囲で膨張圧を抑制する非微粘結

図1 コークス炉概略図

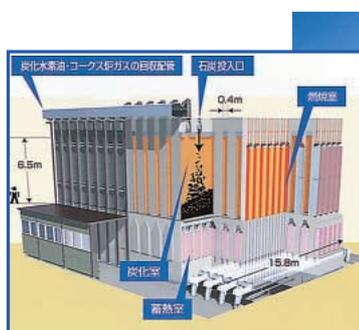
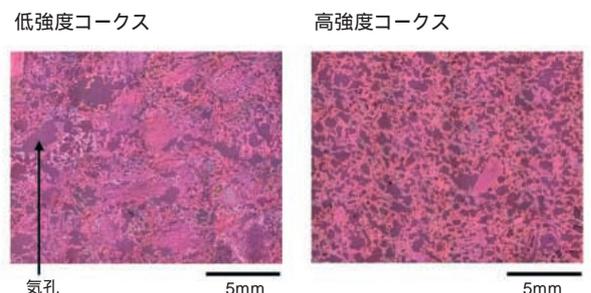


写真3 コークス炉外観



写真4 コークス気孔の顕微鏡写真



肉眼では黒いが、偏光顕微鏡で撮影しているため、色がついている。濃いピンクの部分が気孔。

炭を配合することによって高強度のコークスを製造できるようになった。品質はもちろん膨張圧の予測も含む操業管理まで対応する配合モデルの完成により、これまで異なる推定式を用いていた5カ所の製鉄所で統一モデルとして適用された。

「日本の精緻な配合技術は世界的にもトップレベルです。加えて当社は、独自の難易度の高い乾燥炭設備・操業により、安価な非微粘結炭から高品質なコークスを製造できます。これは、先見の明を持った先輩研究者の蓄積した技術と、研究・エンジニアリング・現場・本社・原料購買部門が一丸となって開発を進めた成果です」(野村)

自然界にあるさまざまな種類を持つ石炭から、より強度なコ

ークスを製造するための課題は限りなくある。プロフェッショナルとして大切なことは、「現場・現物を重視して世の中の資源を見ること」だと野村は言う。

「現場に適用され、社会に役立つ研究テーマを設定する志が必要です。資源の有効利用やCO<sub>2</sub>排出削減の観点から、今後は高炉のコークス使用量を低減する高反応性のコークス製造技術の開発や、さらに劣質な非微粘結炭、鉄鋼では使われなかった一般炭から高強度なコークスを製造する技術等、究極のコークス製造に挑戦していきます。資源有効利用の研究開発は、対象相手が『地球』という壮大なスケールです。成果のインパクトの想像を超える大きさが醍醐味で、夢は尽きません」(野村)。

## 環境・プロセス 研究開発センター (EPC)

システム制御技術部

# 「高炉プラント制御・監視システム」を トータルソリューション

マネジャー 中村 功

### 大型スクリーンシステムで操業状況を一元管理

環境・プロセス研究開発センター(EPC)システム制御技術部では、新日鉄の製鉄プロセス制御装置の設備エンジニアリングを手がけている。2003年5月8日に改修を終え、火入れを行った世界最大級の炉容積(5,555m<sup>3</sup>)を誇る君津製鉄所第4高炉の「電気、計装、計算機制御システム(EIC)」の全面更新でも、ハード・ソフト両面からトータルソリューションを提供している。

この改修では、高炉の頭脳にあたる「制御・監視システム」を21世紀にふさわしいEICシステムに一新するために、エポックメイキングな技術を随所に導入した。最大の特徴は、システムに求められるソリューションを駆使し、かつ汎用ITを組み合わせてコストダウンを図りつつ最新鋭のシステムを実現したことにある。開発を担当した環境・プロセス研究開発センター(EPC)システム制御技術部マネジャーの中村功はその狙いを次のように語る。

「現在の製鉄プロセスでは『電気、計装、計算機制御システム』

は大きな役割を果たしています。『良い操業』を実現するために、高品質で効率的なシステムとすることが使命でした」

システムの1つ目のポイントは、縦2列、横5列、合計10面の液晶モニターを並べた中央運転室の「大型スクリーンシステム」だ(写真1)。改修前までは分散制御・監視していた電気、計装、制御用コンピュータ(プロコン)の情報が同じスクリーンに表示されるため、現場の稼働状況を一目で把握でき、複数の人間による情報共有も可能になった。またWindowsをOS(Operating System)として採用し、スクリーンオペレーションによる操作性向上を実現した。

「高炉の操業を担当する係長から、従来目的別に分かれていた監視装置を一元化し、全体を把握した上で各オペレーターに指



写真1 大型スクリーンシステム

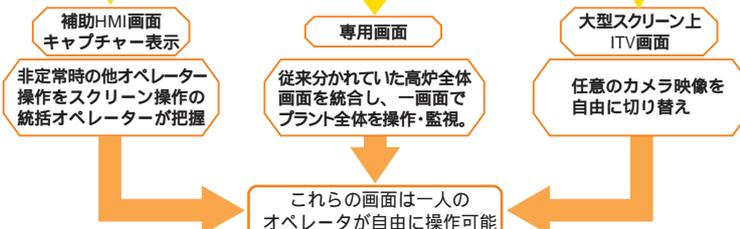


写真2 従来と更新後の中央監視室



更新後



従来

示を出せるようにしたいという要望がありました。従来の操作盤に替わる大型スクリーンによる情報の集中管理によって、結果的に運転室のスペースも居住性を確保しながら従来の半分になりました」(中村)(写真2)

システムの更新に合わせて中央監視室のレイアウトも人間工学的な見地から設計し、快適な操作環境を実現した。こうしたトータルコーディネイトのノウハウは、今後、鉄鋼以外のプラントなど、一般市場での応用も可能だ。

「当初、すでに確立されて作業方法を刷新することに現場の抵抗感もありましたが、議論を重ねながら『こういう機能を付加すれば操作性が向上する』といった提案型のソリューションを構築していきました。現場のオペレーターも誇りを持って、すてきな職場だと言えるような環境を目指しました」(中村)

### 「IT」と「現場との議論」で最適システムを構築

2つ目のポイントは、監視画面をWebブラウザで閲覧できるようにしたことだ。従来は専用監視端末でしか監視画面を見ることができなかったが、LANに接続されたパソコンであれば、高炉と約2キロ離れた製鉄サブセンターなど、どこからでも閲覧することができる。合わせて本社や総合技術センター、他の製鉄所でも操業データの解析が行えるようになり、全社的なプロセス技術の高度化に貢献している(図1)。また現場の操作盤をPDA画面に変換することもできるため、現場で迅速に各種メンテナンスや操作が行えるようになった。

「遠隔診断、トラブルシューティングなどを含め、限られたハード・ソフト、工期の中で、より使いやすく信頼性の高いシステムを統合して製造実力を向上させることがEPCの使命だと考えています」(中村)

改修工事は88日と非常に工期が短かったため、設置前に別の場所に仮のシステムを組み上げ、事前に大型スクリーンをはじめとする各システムの操作性と機能を検討した。実際に操作するオペレーターの意見を広く募り、その要望を可能な限りシステムに反映させた。

「操作性に対して厳しい目を持つ現場オペレーターとの徹底した議論がシステムの最適化につながりました」(中村)

さらに、TCP/IPというプロトコルを使って音声データを送

受信する汎用技術「VoIP (Voice over Internet Protocol)」を導入。PDAとサーバーのデータ通信や、構内電話、放送設備を汎用機器でオープン化することで、コストを低減しながら通話・放送系の融合を図った。

「製鉄所特有の厳しい操業環境を考慮しながら、汎用のITを活用しました。『VoIP』の導入は製鉄所では初の試みです」(中村)

### “自製”でシステム開発のノウハウを蓄積

今回構築した「高炉プラント制御・監視システム」は、日経BPが主催する「2003 Windowsデジタル・エンジニアエンジニアリングシステム大賞」の最優秀賞を受賞した。こうしたソリューションの構築は、「制御システムのソフトを自製することにこだわってきたからこそできた」と中村は語る。新日鉄では1980年代後半になって、従来はメーカーが中心だった大型設備の制御ソフトを、技術蓄積とコストダウンを目的に自製する方向へ転換した。

「当初は試行錯誤の連続でしたが、自製に取り組んで5年目にはドキュメント体系を整備し、ソフトの品質を確保しました。さらに独自のツールによって製作期間も短縮できるようになりました。今後もソフト自製の適用範囲拡大を目指します」(中村)

新日鉄の環境・プロセス研究開発センター(EPC)ではソフトの自製をはじめ、遠隔診断や操作ガイダンス、トラブル支援などITを応用したシステム開発、センサー適用開発を通して、製鉄プロセスに関わる高度なシステム制御技術の蓄積とそれによる操業への貢献を図っている。2007年4月に改修・火入れする名古屋製鉄所第1高炉のシステム更新では、今回蓄積した監視・制御システムのノウハウが活かされる予定だ。

「高炉のような大規模な制御システムを、最新技術に触れながら、計画から立ち上げまでを完全に任されるのは、技術者として非常に幸せなことだと考えています。なぜなら大きな満足感と達成感を得ることができるからです。そういった仕事を通じて、『EICの技術は中村に聞け』と言われるようになりたいですね。そのためには世の中のウォッチが欠かせません。汎用の技術を過酷な製鉄プロセスに応用できないかといった『発想力の感度』を高め、製造実力向上につながるさまざまなソリューションを提供していきたいと思います」(中村)

