

英知の結集で創造と挑戦！ 技術が拓く次世代商品・革新的プロセス



出席者：技術開発本部

鉄鋼研究所鋼材第二研究部 主任研究員

児島 明彦

鉄鋼研究所加工技術研究開発センター 主任研究員

上西 朗弘

先端技術研究所解析科学研究部 主幹研究員

杉山 昌章

環境・プロセス研究開発センター製鉄研究開発部 主幹研究員

加藤 健次

環境・プロセス研究開発センター無機材料研究開発部 マネジャー

新田 法生

(司会) 技術開発企画部長

大下 滋

新日鉄では、発足後13年を経過した総合技術センター(RE)を核に、各製鉄所に配置した技術研究部が強固な連携を図り、基礎基盤研究から応用開発、エンジニアリングまでの一貫した技術開発を推進している。その強みは、他社に先駆けたソリューション技術開発 Research-Development-Engineering (R-D-E) 融合による開発スピード お客様立地の技術開発体制 製鉄プロセスに立脚した環境・エネルギー技術 産学連携・海外アライアンス を活用した展開だ。本特集では、お客様に密着したスピーディな商品開発・ソリューション技術開発を進めている鉄鋼研究所、先端技術研究所、環境・プロセス研究開発センターの研究者による座談会を中心に紹介する。

ニーズ・シーズの“摺り合わせ技術”で より高品質な製品を

大下 本日は、技術開発本部の総合技術センター（RE）を構成する3部門の研究スタッフが出席しています。最新の商品・プロセス開発や開発商品・ソリューション技術を紹介すると同時に、その基盤となる最先端の解析技術や、今後の研究テーマなどについてもご紹介したいと思います。

児島 私は一貫して厚板の新商品開発とプロセス開発に取り組んでいます。新商品開発は、中間ユーザーと最終ユーザーの2つのニーズに応える形で始まります。溶接部の機能を飛躍的に高めた厚板商品「HTUFF」はその代表例です。

高層ビル向けHTUFFの開発を例にとると、阪神淡路大震災を契機として最終ユーザーであるオーナーからは「溶接構造物をより壊れにくく、安全なものにしたい（安全性向上）」という声、中間ユーザーであるファブリケーターからは「より効率的に簡単に短期間で構造物を作りたい（建造コスト削減）」という声がありました。その2つのニーズに応えるためには、材料開発において相反する課題を克服しなければなりません。例えば、地震に強い壊れにくい高層ビルを作るためには、材料は破壊しにくく粘り強くなければなりません。一方、施工するファブリケーターは、溶接効率を上げるため、少しずつ何回も溶接する（小入熱溶接）のではなく、高温で一気に溶接（大入熱溶接）したいと考えます。しかし通常、高温

で溶接すると熱影響部の金属組織が粗大化して脆くなり、材料の粘り強さが低下してしまいます。こうした相反するニーズへの対応商品がHTUFFです。

大下 開発のポイントは何でしたか。

児島 当社には、長年蓄積してきた「オキサイドメタラジー（ Oxide Metallurgy ）」という酸化物を活用して材質を造り込むコアとなる技術があります。それを従来の第1世代から第2世代にステップアップさせ、溶けにくいナノ粒子を精緻にコントロールすることで、1,400 以上にも及ぶ溶接熱でも厚板の金属組織を従来の約5分の1まで微細化することに成功しました。船舶、海洋構造物、ラインパイプ、高層ビルなど国内外の広範な大型構造物の大入熱溶接化などによって建造コスト低減を可能にし、ファブリケーターから評価をいただくとともに、溶接部が壊れにくくなるために安全性に対してもオーナーから信頼を得ています。

上西 私は、技術的ハードルの高い自動車用鋼板の研究開発、特に「衝突安全性」をテーマに、自動車メーカーで材料をより良く使っていただくためのソリューション技術の研究開発に取り組んでいます。

薄板製品は加工性が重要です。自動車用鋼板では、意匠性の観点から、もともと軟らかい鉄で形状を自由に造り込むことが求められていました。しかし1990年代半ば頃から、「衝突安全性」が社会的課題になり、「高強度」



主任研究員 上西 朗弘

ミクロ、ナノの領域で材料の中身（製造方法）にまで入り込み、利用ニーズに直接結び付くような新たな機能を開発したい



主任研究員 児島 明彦

先人の遺産であり、厚板と製鋼部門が一体化して培ってきたオキサイドメタラジーを使い、さらに鉄の機能を極限まで高めていきたい

という要求が強くなってきました。ただし強度を高めるために板厚を厚くすると、車体が重くなり燃費が低下します。

当社は高強度のハイテン材の適用を検討しましたが、当時のハイテン材の課題は、高速変形時（衝突時）の強度をどう維持するかということでした。そこで、「高速引張による材料評価技術」を確立し、加工によって変化する特性を「数値解析（部品性能設計）」で分析し、自動車衝突時に必要とされる材料特性を明確化しました。そして軟らかい相（フェライト）をベースとして、硬い相（マルテンサイト等）を共存させ強度を確保した「DP鋼」や、加工後や衝突後に硬くなる「TRIP鋼」をいち早く開発・改良し、自動車メーカーに提案してきました。

大下 いまや自動車の軽量化にはハイテン材が必須ですね。当社には多様なハイテンメニューがありますが、「衝突」という現象に対しては、通常の特性ではお客様のニ

ーズに十分応えられず、衝撃吸収強度を実証したデータが必要です。長年の薄板研究に基づく豊富な「商品メニュー」と、衝突という面からの「材料特性データ」、そして実車の衝撃吸収性能を導き出す「計算技術」。この3つがあっこそ最適なソリューション提案ができます。

上西 自動車メーカーからは、個々の部品形状に対応するハイテン材が求められます。当社には材料のデータベースがあり、材料をいかに造り込めば加工性や動的強度が向上するのかを把握していますから、特性要求を満たす条件を材料開発部門が導き出し、ニーズに合致した商品を迅速・的確に提供できます。

大下 それが新日鉄のモノづくりの強みです。単に技術を組み合わせるのではなく、最終商品が求める安全性や環境対策を視野に入れて、より品質の高いものを作ることを目指しています。いわばニーズとシーズの“摺り合わせ技術”です。

モノづくりを支えるプロセス技術と解析技術

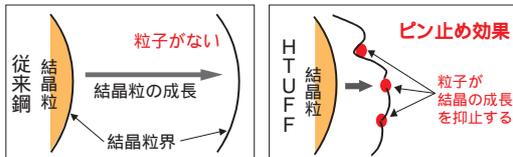
加藤 私は、製鉄プロセスの中で主にコークス製造プロセスを研究しています。コークス分野での最近の大きな開発成果に、1994年からの10年間、新たなコークス炉の研究開発を行う国家プロジェクト「SCOPE21」があります。このプロジェクトの目的は、従来はコークス製造用の原料として多量に使用できなかった低品位の石炭（非微粘結炭）の使用割合を従来の20%から50%まで大幅に増加させること、および、コークスの生産性を従来方法

に比べて約3倍にすることです。この技術のキーテクノロジーである「石炭の急速加熱技術」と「高速乾留技術（ ）」の開発では、当社REの技術開発力が大きく貢献しました。

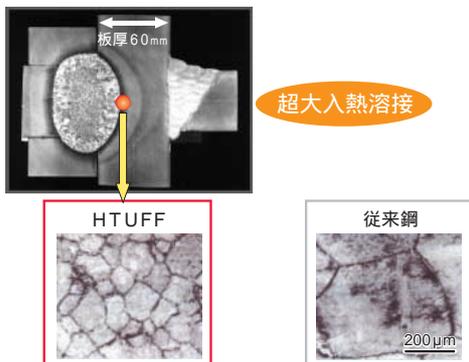
また、コークス炉で廃プラスチックを再資源化する「廃プラスチックリサイクル技術」を開発し、2000年より、当社が世界で初めて実機化しました。この技術は、製鉄所のインフラであるコークス炉を活用して廃プラスチック

●新日鉄のコア技術「オキサイドメタラジー」を駆使、HTUFFの開発

超高温下でのナノ粒子による結晶粒成長抑制



溶融線付近HAZでのピン止め効果



新日鉄が開発した「HAZ細粒高靱化技術：HTUFF（エイタフ）」は、厚板の溶接時に熱影響部（HAZ）に脆さが発生する課題を克服した技術だ。高能率な「大入熱溶接」（高熱で一気に溶接する）でも、溶接部が壊れにくい特性を持つ。新日鉄のコア技術「オキサイドメタラジー」を駆使し、開発した。

高層ビルなど大型構造物で使用される厚鋼板の溶接部の特性は、構造物の安全性・信頼性を左右する非常に重要なポイントとなる。HTUFFは、大型溶接構造物の安全性・信頼性向上、建造コスト低減、輸送効率向上などに貢献する。

現在、国内外で採用が進み、世界規模での「人命と環境の保護」「資源の節約と開発」に貢献している。平成16年第36回市村産業賞を受賞した。

鉄鋼研究所鋼材第二研究部
主任研究員 児島 明彦



乾留：空気を遮断して固体を分解温度またはそれ以上に過熱し、揮発成分を冷却・回収すること。

クを化学原料としてリサイクル使用することにより、社会に貢献することを目的とした研究開発です。現在、1年間で約16万トンの廃プラスチックを有効利用しており、国内外から高い評価を得ています。

コークス分野でのもう一つの大きな技術開発は、「コークス炉精密診断、補修技術」です。従来、コークス炉の炭化室（石炭を乾留する部屋）の炉壁の耐火物について、その損傷状況を目視で確認していましたが、効率性と精度を高めるために、REと製鉄所の総合力によって、精密な診断技術と損傷箇所の修復技術を開発しました。現在、日本で稼働しているコークス炉の平均寿命は約32年であり、今後もコークス炉の寿命を延長して大事に使用していくために重要な技術です。

新田 私は、高炉や熱風炉などの耐火材料について、研究とエンジニアリング両面からコンカレントR&Eの精神で取り組んでいます。1920年代ドイツで高炉に最初に適用した炭素系耐火物は、日本では1952年に当社が初めて導入し、今日まで鉄鋼メーカーでは当社だけが開発を手がけてきました。現在、耐火材料を始めとした材料や設備の耐久性が向上し、従来15年だった高炉改修のサイクルが20年以上になりつつあるため、研究開発の成果は開発材料を実機採用した次の改修時期、つまり20年以上経たないとわかりません。稼働中に内部を覗くことのできない高炉設備ならではの制約が研究開発にあるわけです。従って研究開発で何を評価すべきかが重要です。例えば、耐火材料の耐食性を実験室で試験しますが、実際は18万時間（20年強）も使われます。そのギャップを埋めることが評価から研究開発までのポイントです。

2003年末、高炉で最も過酷な条件下にある出鉄口下部の

耐火物として、高耐食炭素系耐火物「TiC添加カーボンブロック」を開発しました。チタンが溶鉄に添加されると粘度が増すことを利用し、粘度の高い保護膜によって耐火物の表面を保護するメカニズムです。溶鉄が耐火物に与える化学・物理的損耗など、操業の中身を詳細に把握して実験室で再現し、どこが何故損耗するのかを徹底追求した結果、開発に至りました。

杉山 私は、鉄鋼材料を商品化する際に、その特性を左右する「材料組織」を調べる解析技術の研究開発を行っています。現在、鉄鋼材料開発ではミクロからナノレベル、つまり原子レベルでの材料組織解析と現象理解が求められます。まさに目に見える大きさから原子レベルまでどのように解析するのか、その一貫性を重視して材料解析に取り組むわけです。そのため電子顕微鏡などを使った材料組織解析技術は、全品種の商品開発と関わっています。

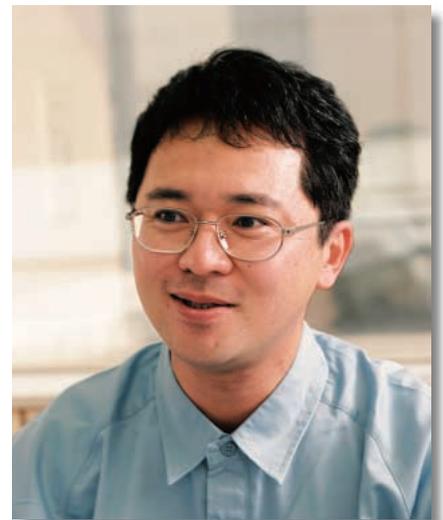
解析技術では、まずどの先端解析技術を導入するかという見極めが重要で、また導入後もそれを研究対象に適した形に高めなければなりません。いわば“選んで買った服を自分なりに着こなす”必要があります。例えば、電子顕微鏡技術についても、イオンビーム技術や半導体分野の微細加工を可能にするマニピュレーション技術を業界他社に先駆け導入しました。これは組織など狙った部位をピンポイントで抽出する技術として活用しています。鉄鋼材料は、微量元素や微細析出物が重要な特性を導き出すことが多く、外科手術のようにピンポイントでナノサイズの特性発現部位を抽出する必要があります。こうしたナノレベルでの現象解明が、HTUFF、耐候性鋼、スチールコードなどの商品開発を支えました。



主幹研究員 加藤 健次



主幹研究員 杉山 昌章



マネジャー 新田 法生

大きな視野から、持続的な循環型社会構築のための産業間連携を実現したい

ニーズとシーズがスパイラルアップするような、最先端かつ最適な解析技術を導入・開発し、現場や市場の技術課題に応えていきたい

耐火物という要素技術から大きな仕組み、プロセスを創造するような研究に挑戦していきたい

材料開発、利用加工技術開発、解析技術が連携

大下 総合技術センターにおける研究開発の強みは、さまざまな専門技術を持つ研究者と設備技術者の集団が同じ場所にいることです。各分野のエキスパートが自由闊達に議論する環境が整備されていることが技術開発を加速させています。鉄鋼研究での連携について聞かせてください。

児島 鉄鋼研究を推進する際に、解析技術は重要です。例えば鋼材の粘り強さを高めるために、数十ナノメートルの微粒子をどのような状態で存在させる、というような明確な目標感がイメージとして頭の中に生まれます。そうした指針があると、製造現場で300トン規模の鋼材を作る時に、現物を解析した“証拠”を求心力とした関係者の意思統一が図れ、開発がスピードアップします。多くの人間が携わる大掛かりな現場実験では、このような“求心力”が何よりも重要です。

基礎研究で得られたシーズを製造現場へ展開する橋渡し役として、製鉄所に立地する技術研究部が大きな役割を担います。研究開発のデスバレーを克服するために不可欠な存在です。HTUFF開発でも、総合技術センターと製鉄所の間を技術研究部がつなぐことで、大掛かりな現場試験の推進が可能となり、商品化までたどり着くことができました。

HTUFF開発は分野横断的な研究開発の賜物であり、特筆すべきは下工程である厚板と上工程である製鋼の研究者、技術者が一体となって取り組んだことです。この風土はオキサイドメタラジーの第1世代で培われた素晴らしい伝統です。

杉山 鉄鋼材料は高温と低温で組織が異なりますが、新しい解析技術を使うと、組織が冷却時に微細な析出物によって特徴的に変化していく様子わかります。その析出物を

コントロールすれば良いのです。また粒界が動くときに析出物が“ピン止め(ストッパー)”の働きをすることもわかり、その制御も試みています。その際に、室温で見たり高温で見たり、実際に起こる現象をいかに正しく見るかが、解析科学部門の一つのミッションです。

さらにオキサイドメタラジーでは、“第1世代”の現象を見極め、そのメカニズムを解明すると、次に、それを基軸に析出物を変えるなどの別な方法が生まれ、“第2世代”、“第3世代”へと進化していきます。技術の世代アップ時には、メカニズムを理解するための絶対的技術が必要です。それが解析技術です。私は商品開発に必要な最終的データ、解を示す立場にあるため、常にプレッシャーを感じながら材料解析に取り組んでいます。

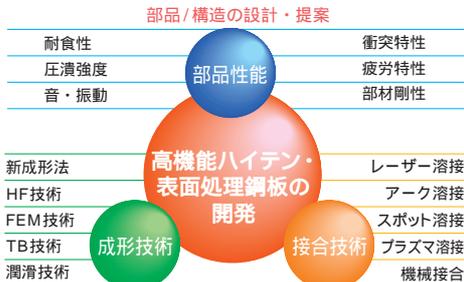
大下 どのような商品・技術が求められるかという市場ニーズを見据えていなければいけませんね。

杉山 季節や時間によって富士山の見え方が違うように、析出物も条件や見方によって全く姿が異なり、得られる情報も変わってきます。単なる分析ではなく、開発部門と連携して背景を十分理解しなければ正しい答えは導き出せません。“見にいかない”と見えてこない”ということです。

上西 自動車用鋼板の商品開発では、全国の製鉄所と現場立地の技術研究部がお客様と緊密な関係を持ち、そこで生まれた中長期的課題をREが迅速に解決するという全社連携が強みです。加工プロセスの研究では、基本的メタラジーの造り込みを要素技術研究と一体化して行っています。また、「高速引張試験機」を立ち上げる時には一般の機械試験機では考えられないような大きな衝撃荷重を受け止める方法を、EPC(当時PETC)のエンジニアが製鉄設備で培

● 専門技術を駆使した、高機能ハイテンの開発

高機能ハイテンと利用技術によるSteel Solution提案



FEM解析技術によるシュミレーション



ハイテン材の適用拡大に伴い、自動車メーカーがハイテンをより上手く使いこなせるように提案すること、つまり、プレス成形などの加工法や衝突安全性などの性能評価など、鋼材を使用する立場に立った“材料と利用加工の橋渡し”の役割が一層重要になっている。新日鉄では、鉄鋼研究所加工技術研究開発センターにおいて、ユーザーとの共同研究などを通じて“最適解”をいち早く提供できるよう研究開発を進めている。

例えば、衝突安全性とプレス成形性を両立させた「TRIP鋼」は、自動車の衝突による瞬間的な変形特性をシミュレーションによって分析する「FEM解析技術」により優れた衝突安全性を実証することができた。図に示したように、自動車用高機能ハイテンのソリューション技術は、数多くの専門技術を駆使して初めて提案が可能になる。高機能ハイテンが、最適な部位に最適な方法で使われ、車両全体の軽量化と高強度化が達成されるよう、新日鉄は総合力でスチール・ソリューションを提供していく。TRIP鋼は第47回大河内賞生産賞を受賞した(平成12年)。

鉄鋼研究所加工技術研究開発センター
主任研究員 上西 朗弘



転位：鉄の結晶の並び方が乱れている部分。このズレた部分が動き、発達することで鋼材は変形する。

った経験を基に即座に設計してくれました。さまざまな専門性を持つ人材の集積が大きな戦力になることを実感しました。また、衝突やプレス成形のようなマクロな現象の解明のために、材料中のミクロな欠陥の動きを理解する必要があることが認識されつつあり、この点でも人材が集まっていることの利点を感じます。
杉山 現在では材料開発に止まらず、利用加工という鋼材

を使う段階でも微細な視点からの設計アプローチが必要で、転位()まで遡った微細組織を解析しています。その醍醐味は、私たちのミクロ、ナノレベルの解析が、自動車の安全や環境といった人間の日常生活に密接に結び付いているということです。また連携によってお互いの感覚が研ぎ澄まされ、広がりや奥行きが出ます。

R-D-E一貫で強みを発揮する設備プロセス技術

大下 設備プロセス技術は材料開発から実機化まで、まさにResearch-Development-Engineering (R-D-E)という一貫技術開発体制の強みが発揮される領域です。具体的な連携事例を紹介してください。

加藤 「SCOPE21」の開発はREの特徴である、R(研究)-D(開発)-E(エンジニアリング)の連携を示す好例だと思います。本プロジェクトには、当社の解析科学研究部が、急速加熱により石炭の溶融性が向上する原理を解析した基礎研究の成果も大きく貢献しています。従来の方法では、ギーセラ試験装置を用いて、石炭が約400~500で流動性を評価しています。高温型NMR試験装置()を用いた実験によって、急速加熱処理した石炭をコークス炉で乾留した場合の粘結成分が変化する挙動を解析した結果を発表した論文は、2000年に鉄鋼協会の「依論文賞()」を受賞しています。

杉山 製鉄分野では、石炭・コークス、そして鉄鉱石での解析技術の活用が進んでいます。特に、材料を化学構造の観点から解析するグループは製鉄グループとの連携が強いですね。医療分野の「NMR」技術をいかに製鉄業に活かすかという観点から、プローブやソフトなどを開発してい

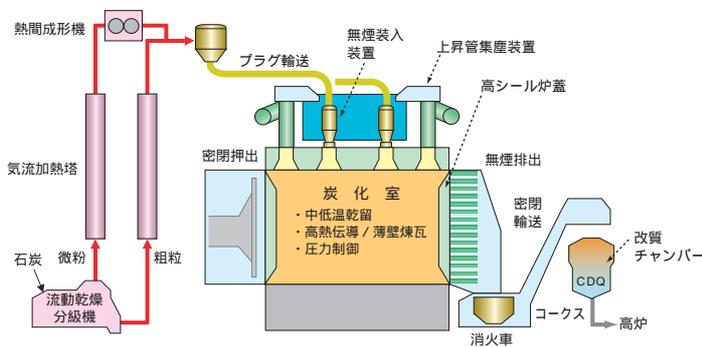
ます。お互いに違った視点で材料を見ることで、今までは気づけなかった発想が生まれると聞いています。

新田 耐火物の研究も自然科学の領域です。耐火物が損耗する、という自然現象をきちんととらえ、研究開発、実機適用という風具体的に進めるためにメカニズムを理解し、共通認識を持つ必要があります。例えば、概念として鉄にチタンが混ざって粘膜を作るという絵は自ら描けますが、実際に高炉中の溶銑に触れる耐火物表面でどんなことが起こっているのかを、サンプルやデータを使って目に見える形で説明する必要があります。その時に、微量のチタンと鉄が反応して生成される層をいかに定量的に検出するか、杉山さんに相談して最適な解析手法を導き出してもらい、実際に表面で起こっていることを把握し、メカニズム説明のための決定的な解析データとなりました。“行き詰まったが、さりげなく相談して、あっけなく解決した”という印象です(笑)。専門分野が異なる研究部門が身近にいて、資料を持ってRE内を歩いているだけで必要な一連の情報が得られます。

杉山 常に新たな解析技術の開発に挑戦していますが、どのような解析手法を使えば効率的に最適解が得られるのか

● 製鉄プロセスで先進的な研究

次世代コークス製造法「SCOPE 21」



石炭を高温急速加熱処理して改質する事前処理技術により、コークスの生産性を約3倍に高めるコンパクトなコークス炉法が提案され、国家プロジェクトで次世代型コークス製造法「SCOPE21」として開発が進められた。次世代型のコークス炉として、将来的に広く適用が期待される技術だ。

「コークス炉化学原料化法」による廃プラスチックリサイクル技術

新日鉄は、持続可能な循環型社会構築を目的に「製鉄用コークス炉を活用した廃プラスチックリサイクル技術」を開発し、廃プラスチックを石炭と共にコークス炉内で乾留し、化学原料として再資源化することに成功した。この技術は2000年に完全施行された「容器包装リサイクル法」の認定技術の一つである。この技術で、廃プラスチックをほぼ100%再資源化できることから、高い評価を得ている。本技術の特徴としては、廃プラスチックから発生する塩素分を、石炭から発生するアンモニアと接触させて無害化処理できることである。現在、コークス炉化学原料化法で1年間に約16万トンの廃プラスチックを処理している。

環境・プロセス研究開発センター 製鉄研究開発部 主幹研究員 加藤 健次



NMR：核磁気共鳴。医療用のMRI（核磁気共鳴映像法）と原理は同じで、原子核のエネルギー放出・吸収を観測して、物質構造を解析する。
依 国一：世界的鉄冶金学者

をアドバイスし、それをスピーディに開発部門や現場につないでいくことも私の役割ですし、研究開発部門が一体化したREのメリットだと思います。

大下 EPCには実際に高炉操業を経験したエンジニアがいることも大きな強みです。現在、各地の製鉄所で高炉改修が進んでいますが、実際にその耐火物をエンジニアリングする苦勞も多いでしょうね。

新田 炉底部は耐火物の耐食性に加え、何百トンのオーダーで耐火物を積み上げますので、構造体としての耐久性も見る必要があります。改修時期はエンジニアリングととも

に、操業中には見ることができない耐火物の劣化状況などの調査が重要です。工期短縮が求められる高炉改修は解体時間も短く、限られた調査期間で必要な情報を得なくてはなりません。しかし、その時もサンプルを持ち帰れば高度解析ができるという安心感があります。実験室レベルの研究からエンジニアリング、現場調査まで一貫して行えることが当社の大きな強みです。

大下 高温の溶鉄を扱う製鉄、製鋼、加熱炉では、受皿となる耐火物は不可欠で、その溶損は鋼材品質に影響を及ぼすため、炉材開発は要素技術として非常に重要です。

戦略的提携に基づき、研究開発も切磋琢磨

大下 当社では現在、世界の有力な鉄鋼メーカーと戦略的提携を図り、その一環として共同研究を進めています。この共同研究の意義についてはどのように考えていますか。

上西 自動車用鋼板の研究開発については、2001年からアルセロール社との共同研究を開始し、両社の研究者が共通した課題認識のもと研究開発に取り組んでいます。研究開発を進化させるためには、対話、議論を通して切磋琢磨していくことが大切です。両社の企業文化やバックグラウンドは全く異なり、同じモノを見てもその見方は違います。それは大変良い刺激で、議論することで自分たちが思いつきもしなかった視点が生まれます。日本人が地道に積み上げた結果として答えを導き出すのに対して、欧米人は仮説を立ててゴールを決め、それを証明しようとする傾向があ

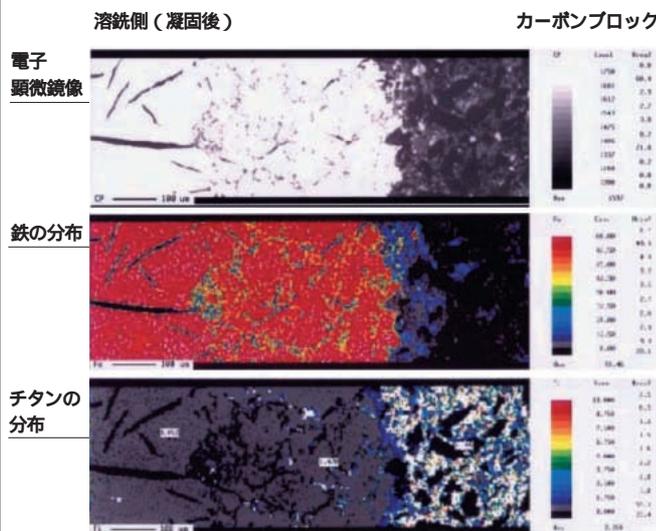
るように思います。

加藤 上西さんが言われるように、海外の製鉄所と技術交流することは、研究開発のアプローチ手法を考えたり、他社の操業の実態を知るだけではなく、他社が工場、現場を大切にしていることを実感するなどの意義もあると思います。

杉山 海外企業との関連では、基礎基盤技術面でも技術交流が行われています。どのような解析技術や研究領域に注目しているのかを情報交換するだけでも得るものは大きいですね。欧州との技術交流では、大学と企業の密接な連携方式や、実用研究でありながら伝統的基礎物理や数学に立脚した研究志向など、将来的な研究開発の仕組みを考える上で参考になります。

● 高炉で過酷な条件に耐える耐火物「TiC添加カーボンブロック」の開発

TiCカーボンブロックの溶鉄との界面状況



カーボンブロック表面にチタン成分が溶出し、100 μ m (0.1mm) 程度の粘度の高い「保護層」が形成され、溶鉄による損耗からカーボンブロックを保護している。安定した「保護層」が高い耐食性を実現。

解体調査：
発破直後の炉底耐火物の様子（大分2高炉）



1920年代ドイツで初めて高炉に適用した炭素系耐火物は、日本では1952年に当社が初めて導入し、今日まで鉄鋼メーカーでは当社だけが開発を手がけており、新日鉄はトップランナーだ。

「TiC添加カーボンブロック」は、2003年末に当社が開発した高炉で最も過酷な条件下にある出鉄口下部の耐火物。溶鉄にチタンが加わると粘度が増すことを利用し、粘度の高い保護膜を耐火物表面に生成させ、保護するメカニズム。溶鉄の流れや化学・物理的損耗など、操業の中身を詳細に把握して実験室で再現し、どこが何故損耗するのかを徹底追求し、開発に至った。

環境・プロセス研究開発センター
無機材料研究開発部 マネジャー 新田 法生



地道な努力と科学的アプローチで不可能に挑戦

大下 鉄鋼分野の研究開発の魅力は何でしょうか。これまでの研究開発ではどのような苦労や感動があったのでしょうか。

児島 HTUFF開発当時、生産水準が高く、「1滴の湯（溶鋼）も無駄にはしてはならない」といった状況でしたが、私たちは1回あたり300トンの出鋼実験で3勝6敗して非常に厳しい状況でした。もうこれ以上に実験はできないと製造現場から開発中断を通告されたときに、開発スタッフ全員で「あと1回だけ！」と直談判しました。その時に手応えを感じていた「清瀬理論」とよばれる製鋼の考え方に基いて実験の有用性を説明して最後のチャンスを得ました。そして最後となった10回目で、その理論通りの結果が出て成功した時は思わずガッツポーズで叫びました。その後は連戦連勝です。首の皮1枚でつながった研究開発だけに、印象深いものとなりましたね。

大下 その話は、当社の研究者に共通した経験かもしれません。私も厚板の研究をしていた時代に、目指した特性が出ずについにはお客様に「無理です」と申し上げなければならぬ時がありました。しかし「絶対やってくれ」と言われ、厚板工場がフル稼働している時に現場を説得しながら実験を進め、98本目に成功し、最適な圧延条件、制御冷却条件を確立しました。こうした地道な努力が当社の技術力を支えていると思います。

上西 自動車鋼板分野でも、私が研究を始めた頃には、なぜ鋼材強度を高めると動的強度の上昇量が低下してしまう

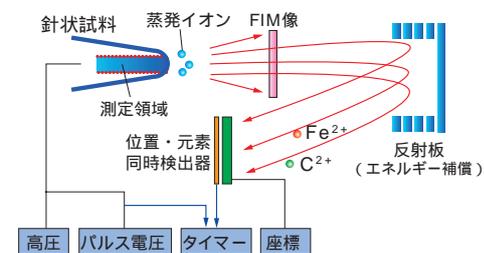


のか、その理由は分かっていませんでした。高精度な高速引張試験機により多数の実験データを蓄積しているうちに、ただ単純に鋼材強度だけで整理できないことは分かってきていましたが、その理屈が分からなかったのです。関連する文献や試験データに埋もれながら考えていた時期、ある日突然そのメカニズムが見えてきたのです。その時は目の前の霧が晴れてパズルのピースが自然に組みあがったような感動を覚えました。そのメカニズムを基に加工性と衝突安全性を両立する開発手法が生まれました。

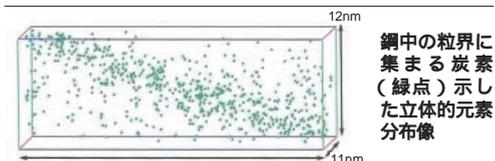
加藤 私も、これまでに感動した事例が2つあります。まず「SCOPE21」では、急速加熱した石炭の乾留実験を1年間で440回も行いました。約350の高温に急速加熱処理した石炭をコークス炉に装入して乾留し、初めてコークスを

● 材料開発を支える、最先端の解析・シミュレーション技術

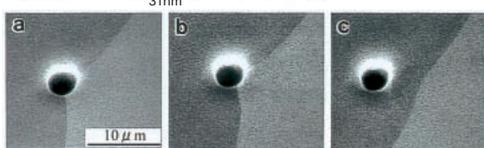
3次元アトムプローブ技術の応用



針状試料の先端から、原子をイオン状態で弾き飛ばし、位置と元素種を同時に検出する3次元アトムプローブ測定



鋼中の粒界に集まる炭素（緑点）示した立体的元素分布像



析出物による粒界ピンニングの様子を、1,100 という高温でその場観察した連続写真。中央が析出物、粒界は左から右へ(a c)移動しようとしている。

電子顕微鏡に代表される材料組織解析技術は、ほぼすべての製品の開発部門と連携が行われている。マクロ現象からミクロ・ナノ現象まで一貫して説明できる幅広い材料知識と、最先端の解析技術開発が要求される。

解析科学研究部では、世の中の最先端技術に着目し、それを鉄鋼材料研究に使える形に独自の視点で開発を続けてきた。例えば、鋼中の実際の元素分布を立体像として得るために、原子1個1個を直接飛ばして分析するアトムレベルの解析評価技術「3次元アトムプローブ技術」を他社に先駆けて構築し、さらにミクロレベルの組織との一貫性を得るためのさまざまな顕微鏡サンプリング技術を開発し、材料開発部門へのソリューション提案をしている。

HTUFF鋼

溶接部の組織が微細な析出物の存在によって変化していく様子を動的観察し、析出物の果たす原子レベルの役割（機構）を、材料開発部門と共同で実証。製品開発につなげた。

製鉄分野

石炭やコークスなどを、従来とは違う材料科学の視点で見直し、全く新しい形でのソリューションを提供。医学分野で発達した技術を鉄鋼分野に活用し、高温NMRイメージング法ほかを確立した。（化学構造解析メンバー）

耐火物分野

実際に高炉中でどんなことが起こっているのか、微量のチタンと鉄が反応して生成される層をいかに可視的に分かりやすく表すか、開発部隊のニーズに最適な解析手法を導き出すことで、開発につながった。

先端技術研究所解析科学研究部
主幹研究員 杉山 昌章



製造することに成功した時は、このプロジェクトに参加しているオールジャパンのスタッフ全員で歓喜の声をあげました。従来、事前処理工程で300 以上に加熱した石炭をコークス化することは、石炭の熱分解反応が始まるため、不可能だと考えられていました。それを実証できた喜びは非常に大きいものでした。

2つめは、2000年4月の容器包装リサイクル法施行を見据え、コークス炉で廃プラスチックをリサイクル使用の実機試験を行った時です。この技術の検討は1994年頃から行っていましたが、1998年に製鉄所でコークス炉を使用した廃プラスチックリサイクル技術の実機試験を行いました。

コークス炉で廃プラスチックをリサイクルするという技術は、全く新しい技術で、しかも、当時は、廃プラスチックは“ゴミ”というイメージが強かったため、認識・理解を共有化することに苦労しましたが、関係者の皆さんと、将来的に必要とされる「持続的な循環型社会の構築に向けた取り組み」として技術開発を行うという強い気持ちで臨みました。その結果、今では全員が循環型社会構築への使命感を持って操業しています。

当時大量のゴミの不法投棄やダイオキシン等、環境問題に対する関心が高まる中で、廃プラスチックを化学原料として再資源化する技術を提案し、廃プラスチック中の塩素をアンモニアで無害化する仕組みで特許を取得しました。当社が廃プラスチックを再資源化する仕組みを作ったことに対して、この技術は、グッドデザイン賞金賞、ウエステック大賞（環境大臣賞）や全国発明表彰発明賞、AIMEの表彰など、国内外でさまざまな賞を受賞しました。

コークス工場はいまやコークスを製造しながら、廃プラスチックをリサイクルする工場の機能も兼ねることになりました。廃プラスチックリサイクルグループのスタッフは各自治体への技術説明に奔走し、リサイクル技術の普及に努めています。

新田 高炉改修の解体調査は限られた期間だけに、血が騒ぎます（笑）。現場にこそ真実があるわけですから。15年間

稼動した後、調査箇所にもよりますが、絶好の調査タイミングは発破後わずか15分程度です。まだ余熱の残る中で耐火材料の劣化状況等の調査を常に冷静かつ慎重に行っています。当社炉材開発は10～20年は進んでいます。また社内で高炉等の長寿命設備を自ら保全できることのコストメリットは大きく、製鉄プロセス全体としての競争力を生み出しています。それが研究者としての誇りです。

杉山 科学的解析という視点では、ピンポイントで組織を見るだけではなく、針の先端から原子を1つずつ電界蒸発させて立体像を再構築する「3次元アトムプローブ技術」を積極的に導入・開発しています。電子顕微鏡よりもさらに極小の世界で、実空間で原子分布が見えることが最大の強みです。

最先端の解析技術の難しいところは、解析データも全く新しいため、それが合っているかどうかの基準がないことです。得られたデータがその後の製品開発の考え方を左右するケースが多いので、その結果が本当に正しいのかを常に自問自答しています。最先端を走る悩みです。その時に大きな武器となるのが、観測データが実際の現象を理解するのに妥当であるかを計算し、確認する「計算科学手法（第一原理計算や分子動力学計算）」です。

例えば、ある原子と原子がくっついているかどうかで開発の方向性が変わる場合もあります。アトムプローブでその傾向を見極めると同時に、計算科学でそれが理論上正しいかどうか確認します。実験は選ばれた系で行い、計算では、広く一般的な系でエネルギー計算を行い、そのエネルギー分布上に実験結果が乗っていれば間違いのないわけです。最近の原子レベルの解析技術は、実験と計算科学の両輪で成り立っています。

大下 当社には計算科学分野で数人しかいない、計算シミュレーションの第一人者がいます。本来なら何度もやるべき実験が、その研究者の計算での絞ることにより飛躍的に開発スピードをアップさせています。それも当社の強みですね。



技術開発企画部長 大下 滋



夢を広げる研究開発

大下 最後に、今後の夢のある研究開発テーマについて聞かせてください。

児島 先人の遺産であり、厚板と製鋼が一体化して培ってきたオキサイドメタラジーを使い、第3、第4世代と、さらに鉄の機能を極限まで高めていきたいと思っています。上工程の溶けた鉄と下工程の固まった鉄がオーバーラップする領域で鉄の特性を決めるオキサイドメタラジーは、まだまだ可能性があります。深く掘り下げてその新たな鉱脈を見つけたいと思っています。また研究開発を通して、世界規模での「人命と環境の保護」、「資源の節約と開発」に少しでも貢献できればと考えています。

上西 ミクロ、ナノの領域で材料の中身（製造方法）にまで入り込み、利用ニーズに直接結び付くような新たな機能を開発したいと思います。現在では材料開発の土台となる要素技術が数多く開発されているので、「摺り合わせ技術」の最先端分野として、お客様により良い材料を提供していきたいと思っています。お客様も当社も満足できる研究開発を進めていきます。

加藤 現在、コークス炉ガスからの水素製造技術開発が進んでいます。コークス炉ガスは約60%も水素を含んでいるので、大きな視野から、持続的な循環型社会構築のための産業間連携を実現したいと思います。今後、社会における水素の需要が増加すると予測されています。民生用や他の分野の業界に水素を供給することによって、社会的なメリットを生み出せるはずです。例えば、石油業界では重油に水素を添加し改質してガソリンを作っていますが、そこに水素を提供しながら、他の産業では処理できない炭化水素資源を乾留する等の技術を開発することにより、地球規模での環境負荷低減に貢献できる大きなメリットが期待できると思います。幅広い視野でそうしたことを鉄鋼業界から発信していく時期だと思っています。また、CO₂の削減効果

が高いバイオマスの利用に貢献するプロセス技術開発にも取り組んでいきたいと思っています。

新田 製鉄プロセスの上工程で、常に製品に直接触れているのは耐火物ですから、耐火物は、製鉄プロセスを根本から変える可能性を秘めています。耐火物は比較的狭い領域に見られがちですが、動的環境での技術のスパイラルアップに対して、一見つながらりのないような周辺技術を幅広く見直すことで、全く新しい画期的な材料が生まれる可能性があります。ファインセラミックス部門等との連携も視野に入れて、耐火物という要素技術から大きな仕組み、プロセスを創造するような研究に挑戦していきたいと思っています。

杉山 今後もニーズとシーズがスパイラルアップするような、最先端かつ最適な解析技術を導入・開発し、現場や市場の技術課題に添えていきたいと思っています。特に原子レベルで制御した鉄鋼材料の創造に挑戦したいですね。鉄は、添加された微量の元素がさまざまな特性を生み出す驚異的材料です。こうした元素を最適に分散・分布させて原子レベルで制御した究極の鉄鋼製品開発を目指していきます。野球の監督のように、微量元素に対して炭素はこちら、チタンはこちらという具合に、狙った機械的特性に対応する適材適所の元素分配モデルを提言できたら素晴らしいですね。特に今後リサイクルがさらに進展すれば、おのずとさまざまな微量元素が入ってくるので、材料成分を意のままに動かすことは社会的にも重要なテーマになってくると思います。

大下 優れた最終製品を作るためには、私たちが提供する鉄鋼製品の「品質・機能」が根本的に良くなければなりません。日本では、原料は全て輸入に頼っていますので、“モノづくり”つまり“造り込み”が全て、と言っても良いでしょう。今後も、質量ともに素材の中核を占める鉄鋼の研究開発に携わる私たちは常に優れた技術を生み出し、また省エネや循環型社会に貢献していくことが使命でしょう。

お客様にとって頼もしい研究所に

代表取締役副社長 技術開発本部長 澤田 靖士

新日鉄の技術開発体制は、総合技術センター（RE）を核に、各製鉄所に技術研究部を配置しており、研究部門と製鉄所が強固な連携を取っています。総合技術センターには鉄鋼研究所、先端技術研究所、環境・プロセス研究開発センターの3つのユニークな研究所がありますが、この3研究所が融合し、製鉄所と一体となって課題に当たる時、大きな力を発揮します。

また、この総合技術センターは、約350人の研究者と150人のエンジニアを擁し、世界でも例の無い、研究から開発、エンジニアリングまで実行できることが、当社開発体制の強みとなっています。

今回の新春懇談会は、3研究所から、分野の異なる若手を中心に研究者、エンジニアが集まり、懇談しました。製鉄所との連携、3研究所の融合、研究者とエンジニアの連携によるR-D-E体制などの例に見られるように、当社研究開発体制は総合技術センター発足13年を経て、我々の目標である「お客様にとって頼もしい研究所」になってきたと思います。

若い研究者やエンジニアが夢と誇りを持ち、画期的な新しい技術開発に次々と取り組み、壁に当たっても実用化、商品化するまで、やりぬく技術開発本部に育てていきます。

