



鉄鋼分野の産業での存在感と基礎研究の可能性

ー JST 産学共創基礎基盤研究「ヘテロ構造制御」を通してー

Steel: A Promising Material for Japanese Industry and Basic Research

Based on JST Project, "Heterogeneous Structure Control: Towards Innovative Development of Metallic Structural Materials"

嶋林ゆう子

(独) 科学技術振興機構
産学基礎基盤推進部 主査*1

Yuko Shimabayashi

1 はじめに

2010年11月、JST ((独) 科学技術振興機構) では構造用金属材料の研究開発プロジェクト、通称「ヘテロ構造制御」*2 が立ち上がりました。当時、「鉄鋼産業は重厚長大・成熟産業の代表格だし、基礎科学の研究プロジェクトが貢献できる余地は残っているの?」との疑問の声も聞こえました。プロジェクトを推進するJSTの担当者となった筆者は、鉄鋼分野に関わったことがなく、この疑問に自信を持って反論できるほどの十分な知識もありませんでした。とは言うものの、これに対して強く同意するほどの根拠もありません。おぼろげなイメージはあるものの、実のところ、親近感がなくよく分からないというのが、鉄鋼分野に対する印象でした。

思えば、オフィスビルの巨大な柱から飲み物の缶まで、鉄はあらゆるところで使われており、毎日の生活でお世話にならない日はないはずです。それほど身近な材料であるにも関わらず、鉄鋼業界が遠い存在とを感じるのは不思議なものです。

2012年2月現在、担当者となって1年3ヶ月。この間、これまで接したことのない業界の人々に出会い、新しい知識を得て、新しい世界が広がる新鮮な日々でした。そんな矢先の「ふえらむ」の原稿執筆のお声掛けでした。門外漢の筆者が協会の皆様にとって意味のあることが書けるだろうかというためらいはありますが、鉄鋼分野を全く知らなかった筆者の、誤解も含めた第一印象、この分野を理解しようと探った他分野との比較、そして担当者として知ったこと、これらを組み合わせることで、専門家の皆様とは違う視点を少しでも提供できれば、と思います。

2 JSTのプロジェクト「ヘテロ構造制御」

2.1 概略

筆者が担当している「ヘテロ構造制御」は、JSTの競争的資金制度である産学共創基礎基盤研究プログラムの中にある、技術テーマのひとつです。技術テーマとは、産業界で共通している技術的課題であり、大学などの基礎基盤研究でなければ解決できないもの。「ヘテロ構造制御」では、現在、大学・公的研究機関の研究者が実施する12の研究課題によって、全方位から、この技術テーマの解決に向けて取り組んでいます。

各技術テーマには、運営責任者であるプログラムオフィサー(PO)がおかれます。「ヘテロ構造制御」のPOは、東京工業大学大学院総合理工学研究科の加藤雅治教授です。さらにPOを支えるアドバイザーが、産から3名、学から4名の計7名で編成されています(表1)。

表1 「ヘテロ構造制御」PO・アドバイザー一覧(五十音順)
(所属・役職は2012年2月時点のもの)

役割	氏名	所属機関 役職
PO	加藤 雅治	東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授
アドバイザー	相浦 直	(株)神戸製鋼所 アルミ・銅事業部門技術部/自動車材企画室 担当部長/室長
	潮田 浩作	(社)日本鉄鋼協会 学会部門副部門長/新日本製鐵(株)フェロー
	落合 庄治郎	京都大学 大学院工学研究科 教授
	小野寺 秀博	(独)物質・材料研究機構 企画部評価室 室長
	粉川 博之	東北大学 大学院工学研究科 教授
	辻 伸泰	京都大学 大学院工学研究科 教授
	細谷 佳弘	JFEスチール(株) スチール研究所 理事 主席研究員

*1 2012年3月まで。4月より経営企画部科学技術イノベーション戦略室。所属は本原稿執筆時(2012年2月)のもの。また、本記事の内容も、執筆時の筆者の担当業務に基づくものです。

*2 技術テーマ「革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」の略称。詳しくは、JSTのホームページ参照¹⁾。

2.2 鉄鋼協会の提案で設定された「ヘテロ構造制御」

表1から分かるように、産のアドバイザーには、(社)日本鉄鋼協会の関係者が含まれています。また、協会関係者の中には、2011年4月に「産学共創の場」(後に説明)が協会にて開催されたことを、ご存知の方もいらっしゃると思います。「ヘテロ構造制御」は、鉄鋼協会を中心とする金属材料関係の産業界からの提案に基づき設定されたものなのです。これは、産学共創基礎基盤研究プログラムの特長のひとつです。さらに、技術テーマ提案者には、研究が開始してからも、アドバイザーとしてご協力いただくことになっています(写真1)。

このプログラムが始まった2010年、JSTは、全ての産業分野を対象に技術テーマを募集しました。JSTでも初めての試み。担当者一同、どのような技術テーマが提案されるか、期待と緊張を抱えて待っていました。提案された多くのテーマの中の一つに、「ヘテロ構造制御」があったというわけです。

技術テーマは、産業界から提案があればそのまま設定する、というわけではありません。外部委員会の審議やJSTの調査によって、提案された技術テーマの中から、本プログラムにふさわしいものを決定していきます。並行して、設定候補となった技術テーマについては、POにふさわしい研究者を調査し、絞り込んでいきます。POの最終候補者と技術テーマ提案者が顔を合わせ、設定しようとしている技術テーマの詳細を議論するのが最後の段階です。こうして、ようやく「ヘテロ構造制御」が設定されたのが、2010年11月でした。その後、研究課題の公募・選考・採択を2回行い^{*3}、現在、「ヘテロ構造制御」は12の研究課題で構成されています。

2.3 JSTの技術テーマ担当者の役割

筆者は、「ヘテロ構造制御」を推進するため、JSTで技術



写真1 加藤POと産のアドバイザーによる技術テーマ運営会議の様子

テーマ担当をしています。仕事の内容は多岐に渡り、その役割を一言で説明するのは難しいところです。筆者自身、その役割を試行錯誤している毎日ですが、研究代表者はオーケストラを構成する奏者、POは楽団を率いる指揮者と捉え、最高の演奏をできるように楽団を裏から支えるプロデューサーを目指したい、と考えるようにしています。

研究代表者は、ヴァイオリンやオーボエといった各パートの奏者のように、各研究課題の成果を挙げることにどっぷりと専念しています。POは、各パートのことを深く把握することに加え、最高のハーモニーを奏するために全パートを見渡しリーダーシップを発揮しています。個々の楽器の詳細を知りたいときには、その専門家のアドバイザーが絶妙のチームワークで力を貸してくれます。

技術テーマ担当者である筆者の最大の仕事は、聴衆である社会が感動する演奏を目指している、指揮者であるPOを支えることです。POがこういう演奏をしたいと描いたとき、それを実現するため、例えば奏者との個別練習会の設計・実施のタイミングや運営方法を考え、関係者に提案し同意を得るという調整をしながら、スムーズに進めていかなくてはなりません。時に、政策と奏者が属する研究現場が乖離しないように、仲介・通訳の役割も果たさなくてはならないかもしれません。このように、様々な局面において、POをトップとした技術テーマ全体を陰ながらサポートしていけるよう、日々、努力しているところです。

3 鉄鋼産業の存在感

「ヘテロ構造制御」で行う研究はアカデミアによる基礎基盤研究ですが、その成果は、将来は鉄鋼産業を中心とする金属産業で活用されることを目標としています。技術テーマやそれが属する産業を客観的にとらえプロジェクトの推進につなげるために、JSTの技術テーマ担当者である筆者が、それらの産業全体における位置づけを把握しておくことは重要だと考えています。

鉄鋼産業は日本の基盤産業である、というフレーズは頻繁に耳にしますから、そのような印象は既に抱いていました。他の産業と比較できる定量的なデータがあれば、実感を持ってこのことを理解できると考えました。以下に、筆者が鉄鋼産業を学ぶために用いた資料をご紹介します。

3.1 国際競争力の強さ

日本の産業が生み出す粗付加価値(名目)は、2009年は

*3 1回目の公募は平成22年11月26日から12月20日に行い、応募件数80件より、9件を採択した(平成23年2月18日発表)。2回目の公募は平成23年6月13日から8月8日に行い、応募件数34件より、3件を採択した(平成23年9月26日発表)。

458兆7,851億円で、製造業はその17.1%の78兆6,462億円を占めています。鉄鋼業の粗付加価値は製造業の中で5番目に多く、製造業の6.2%を占めています(図1)。

雇用については、製造業はマンアワー(1000人×年間総実労働時間)計算で全産業の18.5%(2008年)を占めており、そのうち鉄鋼業が占めているのは3.1%です*4。

鉄鋼産業が製造業に占める割合が、粗付加価値に比べてマンアワーが低いことから、鉄鋼産業は他の製造業と比較して、生産性が高いことが予測されます。

これは、過去10年ほどのトレンドでも示されています。マンアワー計算での雇用規模と労働生産性の推移について、製

造業は8つのパターンに分類されます(表2)²⁾。このとき、鉄鉄・粗鋼産業は、雇用規模は変わらないまま生産性を向上させてきたパターンⅠに分類されるという結果が出ています。パターンⅠには、無機化学基礎製品やプラスチック製品などの材料産業や、特殊産業機械、ICT関連産業など、日本が得意とする製品群を扱っている産業も分類されており、日本の比較優位の源泉となっているとされています。

輸出額からも、製造業における鉄鋼業の存在感が示されます(図2)。製造業は、日本の全産業の75%もの輸出額を占めています。鉄鋼産業は、素材産業であるにも関わらず、輸出額は製造業の中で6番目に多く、その金額は製造業の6%を

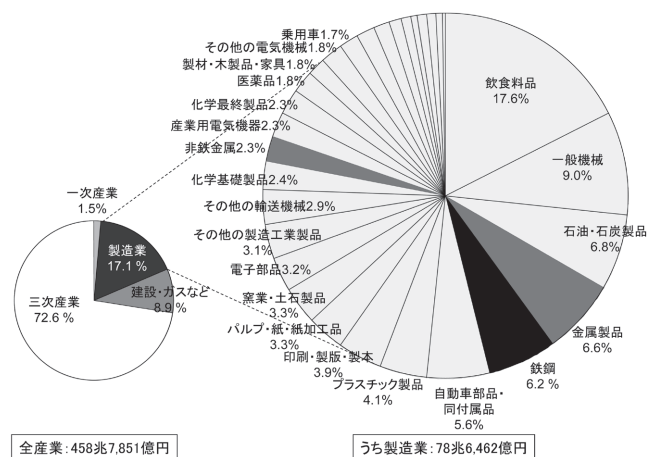


図1 粗付加価値の産業構成
平成21年(2009年)延長産業連関表(平成17年基準)取引額表(53部門・時価評価表)を用いて筆者作成。産業分類「53その他」で生じるマイナスの粗付加価値は除いて算出

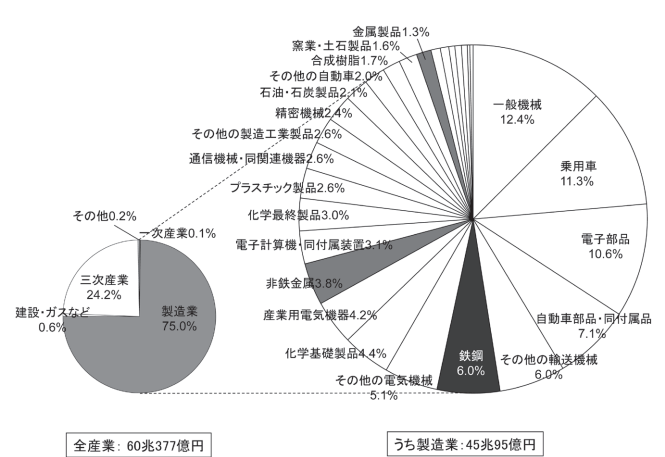


図2 輸出額の産業構成
平成21年(2009年)延長産業連関表(平成17年基準)取引額表(53部門・時価評価表)を用いて筆者作成

表2 マンアワーと労働生産性の推移における製造業の8パターン

パターン	I	II	III	IV
特徴	雇用変化なく、生産性向上	雇用創出し、生産性変わらず	雇用創出し、生産性向上	雇用創出し、生産性低下
例	鉄鉄・粗鋼、医薬品、無機化学基礎製品、その他の鉄鋼、非鉄金属加工製品、ガラス・ガラス製品、その他の窯業・土石製品、プラスチック製品、事務用・サービス機器、通信機器、民生用電子・電気機器、半導体素子・集積回路、特殊産業機械、精密機器	自動車部品・同付属品	自動車	製造業には該当なし
パターン	V	VI	VII	VIII
特徴	雇用変化なく、生産性低下	雇用減らし、生産性変わらず	雇用減らし、生産性低下	雇用減らし、生産性向上
例	化学繊維、有機化学製品、化学最終製品、建設・建築用金属製品	繊維製品、製材・木製品、印刷・製版・製本、皮革・皮革製品・毛皮	家具・装飾品、その他の金属製品、ゴム製品	セメント・セメント製品、電子部品、一般産業機械

安藤健、嶋林ゆう子、JST 研究開発戦略センター：日本の研究開発力を高める！―アンブレラ産業・エレメント産業による成長戦略―、日本経済新聞出版社、(2010) より

*4 独立行政法人経済産業研究所 JIP 2011 データベースを利用して筆者算出。

占めています。それより上位にあるのは、一般機械や乗用車といった、鉄鋼産業の供給先である産業です。鉄鋼産業は、鋼材のような鉄鋼産業の製品に加えて、これら供給先の産業が生み出す自動車などの製品にも組み込まれて海外に輸出されており、日本の産業の国際競争力の強化に大いに役立っていることが読み取れます。

3.2 他産業との相互作用

鉄鋼産業は、他の産業と大きく影響しあう、すなわち、他の産業を支え、同時に他の産業に左右もされやすい産業です。他の産業とのつながりの強さという意味で、鉄鋼産業が特別な位置にあることは、図3からも一目瞭然です。

図3は、横軸に影響力係数、縦軸に感応度係数を取り、製造業の全産業を分布させたものです。鉄鋼産業は、2つの係数ともに抜きんで大きいのが分かります。

影響力係数が大きいとは、鉄鋼産業の需要が増えたとき、その影響が全ての産業の生産に大きく波及することを意味します。感応度係数が大きいとは、各産業が生産する製品の需要がそれぞれ増加したとき、鉄鋼産業もそれに引っ張られて需要が増加しやすいことを意味します。

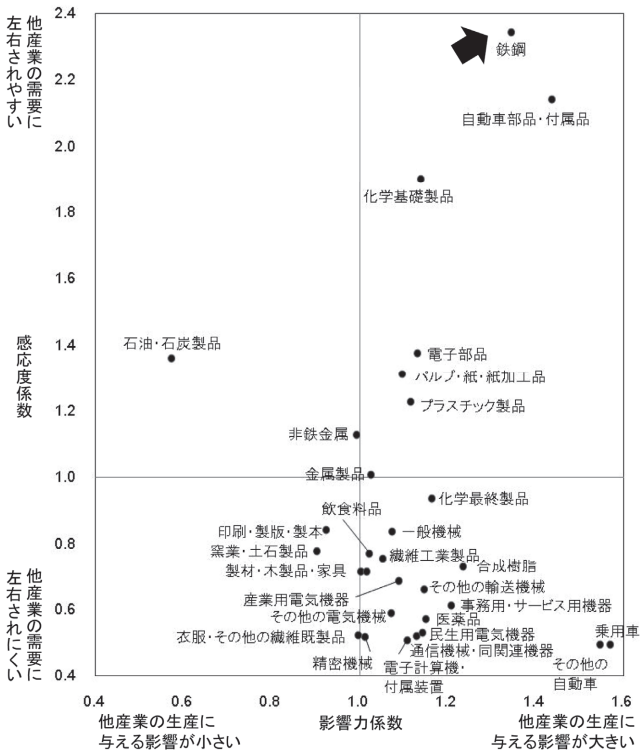


図3 製造業の影響力係数と感応度係数の分布
平成21年(2009年)延長産業連関表(平成17年基準)逆行行列係数表(53部門・時価評価表)を用いて筆者作成

これらのことから、鉄鋼産業は、多くの産業と引っ張り合いながら活動する、わが国の産業の動的な核と言えることが分かります。

4 これからの日本を創る期待

以上のように、鉄鋼産業は日本の産業において大きな存在感を示してきました。近年、世界的な不景気、自然災害、円高といった負の状況が連続し、鉄鋼産業にも影を落としてきたかもしれません。けれども、やはり鉄鋼産業に寄せられる社会の期待は大きいということを、改めて強調したいと思います。

第4期科学技術計画^{*5}では、わが国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱として、「グリーンイノベーションの推進」、「ライフイノベーションの推進」および「震災からの復興、再生の実現」を掲げています。「グリーン」と「復興」は、鉄鋼産業なくしては実現できないことは明らかです。

「グリーンイノベーション」には、レアメタル・レアアース代替材料開発、火力発電の高効率化、および高効率輸送機器開発などが含まれています。また、「震災からの復興、再生の実現」のためには、将来のレジリエント(災害やリスクに対し強靱)な社会の実現が必須です。次世代の、輸送機器、電気・電子機器、プラント、構造建造物、鉄道・港湾などを、資源制約なく低環境負荷で実現するためには、高機能な鉄鋼材料を開発し供給することが必須であり、期待されているのです。これによる経済的・社会的・公共的效果は測りしれません。

鉄鋼産業は、衰退産業どころか、これからの日本を創る上で根幹となる役割を担う産業であることは、決して忘れるべきではありません。

5 基礎基盤研究に立ち返る重要性

社会から寄せられる期待に応える大きな価値を生み出す金属材料を創製するためには、従来の延長線上にないイノベティブな材料開発をしなくてははいけません。

「ヘテロ構造制御」プロジェクトでは、従来から追求してきた均一性から発想を転換し、不均一性すなわちヘテロ構造を積極的に利用し、革新的な材料設計・開発思想を確立することを目標に、大学や公的研究機関の研究者で構成される12の研究チームが基礎基盤研究に取り組んでいます(表3)。産学の取り組みから、ヘテロ構造を活用すると特別な特性が発現することが見えてくるものの、このメカニズムはほぼ未

*5 平成23年8月19日閣議決定

解明でした。これまでの理論を見直し、新たな指導原理が構築できれば、その知見を用いて将来、産業界で実用化できる、という産業界からの提案により設定されたのがこの技術テーマです。

「ヘテロ構造制御」の加藤雅治POは、このような基礎基盤研究に立ち返る重要性について、以下のように述べています。

「ここで言うヘテロ構造とは、材料中に存在するナノからマクロまでの様々なスケールの相の分布、格子欠陥の分布、構成元素の分布などの不均一性 (heterogeneity) のことです。

従来、均一、均質こそが良い材料の条件とされ、解析も制御も困難な不均一なヘテロ構造を有益なものとする視点はあまりありませんでした。しかし、近年の実験手法や分析・解析手法の飛躍的な発達にともなって、ヘテロ構造に対する理解が急速に進み、その多様性と有用性が認識されるようになりました。さらに、ヘテロ構造を制御し、活用することによって、今までにない魅力的な材料特性を付与できる可能性が注目されてきました。

不均一なヘテロ構造を扱う場合、原点に立ち戻って既存の理解を見直し、既存の理解の延長線上にはない、金属学・材料工学にブレークスルーをもたらすような新たな指導原理を構築することが必要です。構造用金属材料に関するわが国の優位性を今後も維持し続けるために、今こそ『ヘテロ構造制御』というコンセプトの下に、わが国の知を集集して、産業界への貢献を視野に入れた基礎基盤研究を充実させなければなりません。」

6 産業と研究の現場を訪れて

6.1 一貫製鉄所の見学

表1に示したように、「ヘテロ構造制御」のアドバイザーには、日本を代表する鉄鋼会社の方々がいらっしやいます。そのおかげで、筆者はJFE スチール (株) の東日本製鉄所 (京浜地区) を見学する機会をいただきました。生産の現場に足を運び、規模、音、臭いなどを五感で感じ取ってこそ、この分野をより深く理解できるという、関係者の方々のご配慮によるものです。

実際に訪問して、まさにその通りだと感じました。自動車が複数車線で走る海底トンネルもあるような広大な敷地に、何百トンという想像できないような大規模な鉄鋼を生産する設備が並び、隣に立っている人の声も聞こえないような音をたてて操業している様子は、圧巻でした。訪問後に調べると、面積はおよそ550万平方メートル。製鉄所の中では広い方ではないということでしたが、それでも日本で最も狭い市である埼玉県蕨市の510万平方メートルを上回る広さなのですから、驚きです。

鉄鋼の現場というと、古い写真やドラマの影響か、「汗を流す労働者」を思い浮かべてしまうものですが、生産現場は完全にオートメーション化されており、制御ルーム以外ではほとんど人に出会わないというのも、意外なことでした。広大な敷地と一面が鉄さび色という風景は、慣れ親しんだものと全く異なり、異国を訪問したような感覚に襲われました。現代の技術を取り入れながら、伝承されてきた勘や知見の積み

表3 「ヘテロ構造制御」研究代表者と研究課題一覧 (五十音順)
(所属・役職は2012年2月時点のもの)

採択年度	研究代表者	研究課題
2010	鈴山恵(立命館大学理工学部 教授)	調和組織制御による革新的力学特性を有する金属材料の創製とその特性発現機構の解明
	木村勇次((独)物質・材料研究機構元素戦略材料センター 主幹研究員)	フェールセーフ機能を付与した強くて壊れにくい超微細繊維状結晶鋼の力学特性解明
	里達雄(東京工業大学大学院理工学研究科 教授)	鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と3D構造解析
	下川智嗣(金沢大学理工研究域 准教授)	材料科学と固体力学の融合によるヘテロナノ構造金属における高強度・高靱性両立の指導原理確立
	瀬沼武秀(岡山大学自然科学研究科 教授)	超微細マルテンサイト相を母相としたヘテロ組織の創成とその特性の解明
	土山聡宏(九州大学大学院工学研究院 准教授)	高強度鋼板の塑性変形に伴う軟質分散粒子のヘテロホモ構造変化の有用性評価
	藤井英俊(大阪大学接合科学研究所 教授)	摩擦攪拌現象を用いたインプロセス組織制御によるマクロヘテロ構造体化技術の確立
	毛利哲夫(北海道大学大学院工学研究院 教授)	ハミルトニアンからの材料強度設計
	柳本潤(東京大学生産技術研究所 教授)	幅拘束大圧下制御圧延による易成形高強度バイモーダル薄鋼板の製造基盤研究
2011	鳥塚史郎(物質・材料研究機構 材料創製・加工ステーション ステーション長)	10000GPa%J高強度・高延性・高靱性鋼を実現できる5%Mn組成を利用した超微細ヘテロ変態組織の生成とその機構解明
	廣澤渉一(横浜国立大学大学院工学研究院 准教授)	超微細粒強化と時効析出強化を並立させる新規アルミニウム合金展伸材の開発とその合金設計指導原理の確立
	武藤泉(東北大学大学院工学研究科 准教授)	鋼/介在物ヘテロ界面のマクロ電気化学特性解明と界面ナノ構造制御による高耐食化原理の導出

重ねを操っているのが、鉄鋼産業の現在の姿だと思います。子どもから大人まであらゆる人が必見の、好奇心をかき立てる空間だと感じました。

6.2 様々な「産学共創の場」

産学共創基礎基盤研究プログラムの大きな特長の一つが、「産学共創の場」を設けることです。「産学共創の場」とは、産業界と学界が一堂に会し、技術テーマの解決に向けて意見交換する場であり、実際の会合の姿は様々です。先に述べた、「ヘテロ構造制御」を技術テーマとして設定する前に、技術テーマ提案者とPO候補者が議論した場もその一つです。また、採択された研究課題が研究を開始する前に、研究計画に対する産の要望を聞きながら議論する場も開催しました(写真2)。さらに、技術テーマ提案機関の産業界が主導し、数個の研究課題ごとの小規模な意見交換会も開催されています。今年9月に松山市で開催される、鉄鋼協会・金属学会両会合同の講演大会では、公開シンポジウムを併設し、メンバーを限定しない議論の場を設けることも予定しています。

今後も、学による研究成果を深め、産での活用につなげるために、前例やかたちにとらわれず、その局面に合ったものをカスタマイズして開催していきたいと考えています。特に鉄鋼協会を通して参加企業として登録いただいているメンバーの皆様からは、「こんな会合を開いてほしい」といった要望の声をお待ちしております。

6.3 サイトビジットで訪れた研究現場

「ヘテロ構造制御」では、関係者のみが参加する小規模でクローズド形式の「産学共創の場」として、研究実施場所を直接訪れ、研究の進捗状況や方向について濃密な意見交換をするサイトビジットを行っています(写真3～4)。POおよび対象となる研究者はもちろん、必ず産のアドバイザーが参加しています。また、その専門に詳しい他の産および学のアド

バイザーや、時には技術テーマ提案機関の関係者も参加します。

筆者は2010年度に採択した9課題のサイトビジットに同行しました。これまで、他分野の研究実施場所を訪問したことはありましたが、構造用金属材料の研究現場は初めてでした。

なんと言っても驚いたのは、対象としているスケールの広がりです。研究で扱う試料は指先や両手で持てるサイズが中心ですから、そのレベルはミリからメートルです。原理に遡り理解・制御するためには、電子・原子の極微小レベルを対象としたシミュレーション、観察、また理論構築が必要になります。これはナノやマイクロレベルです。最終的には、これらの知見を総合して、何百トンレベルの生産につなげなくてはなりません。ここで許される品質のばらつきは、100万分の1、つまりppmレベルで管理されているとも聞きました。

ナノレベルの研究を使ってトンレベルの材料を精緻に制御し生産する。このような広大なスケールを行ったり来たりしながら、研究、実験、生産が成立しているのです。この分野の方にとっては当然のことかもしれませんが、筆者には不思議



写真3 サイトビジットの様子1 (会議室で意見交換)



写真2 産学共創の場 (2011年10月、新日鐵代々木倶楽部)の様子



写真4 サイトビジットの様子2 (実験設備の見学)

でならないことです。

産業の現場では巨大な圧延機が、学の研究実施場所では両手で持ち上げられそうなサイズのものがあり、スケールの差でミニチュアのように感じたのも、JFE スチールの製鉄所を実際に体験できていたからだと思います。

研究内容の説明資料に出てくる模式図や写真は、様々です。具体例を挙げると、実験で使う試験片や圧延機、計算科学で示される原子、金属のバイモーダル組織、Cu 析出粒子、結晶。この羅列を見るやいなや、鉄鋼分野で活躍されている読者の皆さんは、頭の中で無意識にスケール順に並び替えているのではないのでしょうか。この分野がカバーする幅広いスケールの定規を、常に頭の中に備えて物事を捉える習慣があるからだと思います。専門家には当然のように備わっている定規は、筆者の頭の中にはありません。まずそれぞれの模式図や写真で示されたものが何を指しているのかを探り、比較しながら頭の中で縮尺を調整し、相互に関連づけるという、大変な思考の労働になるのです。スケールが広範囲に及ぶこの分野ならではの事です。



さいごに： 鉄鋼分野の新しい成長に期待

鉄鋼は、現在の日本の産業を支える強力な柱であることが、データからも明確に示されました。経済における存在感は、圧倒的なものです。同時に、先端的な基礎研究が多く眠る鉱脈でもあります。これらに取り組むことで、大きな体躯に成長してきたこの分野が、洗練された姿に変身する次のステップに進むでしょう。

JSTでは、産学共創という新しいコンセプトの下で実施される「ヘテロ構造制御」のプロジェクトを通して、これまでの延長線上にない新規の構造用材料開発につながる指導原理の構築に、基礎基盤研究から取り組みます。

鉄鋼は、多くの人々が抱いているような、成熟しきって成長を見込めない分野ではないということを、筆者は学びました。日本が量ではなく質の成長を問われる局面にある今こそ、鉄鋼分野は、これまで積み上げてきた実績をベースに、洗練度を飛躍的に伸ばす、次の成長段階に移行しようとしているのです。

この分野の皆様には、これまでの日本経済を支え、将来もわが国を創っていく役割を担っていることを誇りに思っただきたいです。誇りを胸に、それぞれの専門での活躍を通して、社会から寄せられる大きな期待と責任に、鉄鋼材料のように強靱に对应してほしいと思っています。そして筆者は、そのような皆様に陰ながらサポートする役割を果たしていきたいと考えておりますので、どうぞよろしくお願い致します。

参考文献

- 1) (独) 科学技術振興機構 Web サイト, 産学共創基礎基盤研究プログラム「ヘテロ構造制御」:
<http://www.jst.go.jp/kyousou/theme/h22theme01.html>
- 2) 安藤健, 嶋林ゆう子, JST 研究開発戦略センター: 日本の研究開発力を高める! —アンプレラ産業・エレメント産業による成長戦略—, 日本経済新聞出版社, (2010)

(2012年2月29日受付)