

2011
座談会



学生たちが描く 鉄鋼の未来

世界経済が大きく変化するなか、新しい年が始まった。次の世代を担う学生たちは、鉄鋼の未来についてどのようなイメージを描いているのだろうか。今回は友田会長の呼びかけにより、大学1年から修士課程、博士課程で鉄鋼研究にかかわっている学生を中心に、彼らの先輩である鉄鋼メーカー若手技術者も交えて、これからの鉄鋼への期待を語っていただいた。

出席者

友田 陽 ◆(社)日本鉄鋼協会 会長(司会)
神保 貴行 ◆東北大学 材料科学総合学科 1年生
九里 真弘 ◆大阪大学 大学院工学研究科工学部応用理工学科 1回生
下地 いずみ ◆九州大学 工学部物質科学工学科 2年生
蝦名 一真 ◆東京大学 工学部マテリアル工学科 3年生
柿崎 元樹 ◆東京工業大学 大学院理工学研究科 4年生
牧野 大河 ◆名古屋大学 工学研究科 マテリアル理工学専攻 修士1年
新居 毅篤 ◆北海道大学 大学院工学研究科材料科学専攻エネルギー材料講
鈴木 悠平 ◆京都大学 エネルギー応用科学専攻 資源エネルギー学講座
資源エネルギープロセス学分野 修士2回生

黒川 雄一郎 ◆名古屋工業大学 大学院工学研究科 未来材料創成工学専攻 修士2年
青木 聡 ◆早稲田大学 基幹理工学研究科機械科学専攻酒井研究室 博士課程2年
梅林 里江 ◆JFEスチール(株) スチール研究所電機・機能材料研究部主任
研究員 (2003年入社)
松田 樹人 ◆JFEスチール(株) 東日本製鉄所京浜製鋼部製鋼技術室部員
(2006年入社)
小野寺 秀博 ◆(社)日本鉄鋼協会 会報委員会委員長
細谷 佳弘 ◆(社)日本鉄鋼協会 会報委員会副委員長
小島 彰 ◆(社)日本鉄鋼協会 専務理事

(なお、本座談会には本会の会員数の多い大学から代表として出席していただきました。)

製鉄所のスケールの大きさを実感

友田 今日は、多くの皆さんにお集まりいただきまして、どうもありがとうございました。先ほど皆さんといっしょにJFEスチール(株)東日本製鉄所(扇島地区)を見学しました。私が初めて製鉄所

を見たときは、すぐ目の前で銑鉄のお湯が見えました。ダーっと流れるお湯が見えて、その現場で働く人も多くて活気があって、血が燃えるというか、そういう感じがありました。それに比べると最近の現場はとても安全になって、感動が少なくなったような気がします。皆さんは今日ご覧になってどのように感じましたか。

友田 陽

(社)日本鉄鋼協会会長 (司会)
茨城大学大学院理工学研究科
応用粒子線科学専攻教授



神保 製鉄所を見学するのは初めてで、私にはとても新鮮な経験でした。事前には、目の前で溶けた鉄が踊っていたりするのかなと思っていたのですが、実際は直接見えなかったもので、説明していただかなければ全然わからなかったと思います。ただ、目の前で機械が動いて溶けた鉄を操作して、これからいろいろな製品になる前の、生の鉄が作られているところを見ることができました。また、製造工程は全部連動していて、間断なく次々にガッシュガッシュと蒸気を上げて動いているのを見て、いかにも大事な所だという印象を受けました。来る前から、大きいだろうかと想像していたのですが、それよりずっと、何倍も大きかったです。

九里 この工場見学に来て感じたことは2つあります。1つ目は、鉄を作ることはすごいということです。高炉や転炉、圧延工場のスケールの大きさ。以前製鉄所に行ったことがあるのですが、今回改めて高炉や転炉は迫力があるものだなと感じました。2つ目は、環境に配慮しているということです。今まで、環境面では製鉄所にマイナスイメージを持っていたのです。二酸化炭素をたくさん排出しているし、ところが今日見てみるとソメイヨシノが植えてあったり、プラスチックリサイクルで集めたプラスチックを粒状にして高炉に入れたり、高炉や転炉から排出されるスラグを海の漁礁用ブロックに変えたり、いろいろなことをしていてすごいと思いました。

友田 そうですね。これからの鉄鋼では、「環境」は本当に重要なキーワードですね。

下地 私は、以前製鉄所を見学したとき、自分の思っていたイメージよりすごく大きく、熱もじかに感じられたので、すごく興奮して、格好いいなと思っていました。今日見学できて、製鉄所というのはこんなに規模が大きいものだ改めて実感させられました。また圧延工場では、あれだけ大きい機械を動かすのに2人ぐら

いしか人がいなかった。これはすごいと思いました。プラスチックリサイクルの工場では、プラスチックの中でも塩ビはだめだとか、分別をする過程には工夫が必要で、地道な作業も残っているのだと思いました。

友田 私もプラスチックのリサイクル工場を初めて見せてもらいました。自動車とか家電のリサイクルでも、手作業しなくてはならない工程がありますね。

蝦名 今日見た中では、連続鑄造してから圧延工程のスケールの大きさにすごく驚いて、もっとゆっくり見たかったな、というのが正直な感想です。リサイクルでは、家電をそのまま引き取って分解しているのはすごいなと思いました。また工場の中に緑が多いな、と感じました。

柿崎 私は去年自動車工場とアルミ工場を見学しましたが、製鉄所の大きさはそれらと比べても格段に大きいと思いました。また、製造工程が、東から西に流れていくようにレイアウトされていて、すごく洗練されているというイメージを持ちました。プラスチックリサイクルの工場では、混じった異物などを手作業で分けなくてはいけないのは大変だと思いました。同時に、自分も分別の意識を高めなければいけないなと思いました。また研究所では、教科書とか論文でしか知らなかった曲げ試験の実物を見ることができて、非常に充実した見学でした。

牧野 私は学部3年生のときに初めて製鉄所を見学しましたが、その時、私の中には大学を卒業してからヘルメットと作業服を着て働くというイメージがあまりなく、そのことを知りちょっとした衝撃を受けました。それまでは大学院を卒業したら実験室で研究をやる、というイメージがあったので。今日の工場では、見学者が多いということで、見学のために工場内の部屋がガラス張りになっていることに驚きました。また原料ヤードでは、鉄鉱石などの原料

神保 貴行

東北大学
1年生
材料科学総合学科



学生たちが描く 鉄鋼の未来



名古屋大学 工学研究科
マテリアル理工学専攻 修士1年
牧野 大河

が山積みになって置かれていますが、雨などで水気を吸ったらどう影響が出るのだろうか、台風の時に飛び散ったりしないかなど、少し不思議な感じがしました。

細谷 原料ヤードは雨が降らなくても水をかけています。むしろ濡れている方がいいのです。粉じんで汚染するのを抑えるためです。

新居 私は以前製鉄所を見学したことがあります。今日ここに来るまでは製鉄所はだいたい同じだと思っていたのですが、以前に比べてここは都市型製鉄所という大きな違いがありました。例えば、構内の道路の配置ですが、ここは埋め立て地で、都市に溶け込んだようなイメージがありました。

友田 製鉄所に対するイメージはかなり変わりましたか。

新居 はい、すごく変わりました。うまく都市に溶け込んでいるというイメージがありました。

鈴木 製鉄所の全体の印象は、スケールが大きい、格好いい、ということです。また、人間の技術や経験によって、熱い、生き物のような鉄を何とか制御して最終製品に作り上げていくというダイナミックさが、鉄鋼の魅力だと思います。今回が6回目の製鉄所見学ですが、それぞれに特色があると感じています。製鉄所の規模も違いますし、ライン1つを見ても何か違うのですね。例えば冷却方法でも、棒状の噴流を数多く当てて冷却する方法、これでもかというぐらい大量の水をかけて冷却させる方法など、各製鉄所で技術者が自分の知恵を絞ってオリジナルの製造ラインをつくっているということに魅力を感じました。

黒川 私は、今日初めて製鉄所を見学しましたが、まず気づいたことは、人がとても少ないということです。東京ドームが100個以上入るといふかなり広い面積の中で、ほんの少しの人しかすれ違わなかったのは、オートメーション化が進んでいるからでしょう。また、プラスチックリサイクル工場を見る前に私が思っていたのは、ペットボトルやフィルムをどんどん溶かし、化学反応などでば

らばらにしていくというイメージでした。でも実際は、まず細かく砕いてから分別し、そのまま押し固めるというので、想像していたよりシンプルな工程で驚きました。

青木 今日、工場で高校生や小学生の見学とすれ違いましたが、そういう時期に工場を見学できるというのはうらやましいですね。印象深かったのは、いろいろな設備がとても合理的に設計されているということです。例えば原料を運ぶとか、ここからここまでをベルトコンベアでつなぐというように、ものすごくスケールが大きく、合理的にできていることに感銘を受けました。また大きなスケールの割にはとても少ない人員で、何ミリ、何マイクロというようなオーダーで形状を制御したりしている。たぶん冷却速度や組織までマイクロとかナノのレベルで制御しているのだと思いますが、現場を何回見てもちょっと信じられない、すご過ぎて信じられないという感じを持っています。

友田 今回、製鉄所とリサイクル工場を見ていただいたのはたいへんよかったですね。総合産業としての鉄鋼業ということを認識するよい機会になったと思います。

ますます増大する世界の鉄鋼需要

友田 次に、ものづくり産業と鉄鋼技術の現状がどのようになっているのかというテーマに移りたいと思います。

小島 では、ものづくり産業と鉄鋼技術という話題について、簡単に説明しましょう。最初は、鉄鋼は成長産業だという話です。世界の鉄鋼需要は、2000年以降需要が急増しています。ブラジル、ロシア、インド、中国のいわゆるBRICs各国や、発展途上国の国が非常に成長しており、それに伴って鉄鋼需要が伸びています。現在世界の鉄の消費量は年間約13億トンで、とりわけ中国の伸びが目立ちます。また鋼材消費量は、経済レベルの向上に伴って、経済が豊かになってくるとそれだけ1人当たりの鋼材消費量が増える、とされています。



名古屋工業大学大学院工学研究科
未来材料創成工学専攻 修士2年
黒川 雄一郎

（社）日本鉄鋼協会
専務理事
小島 彰

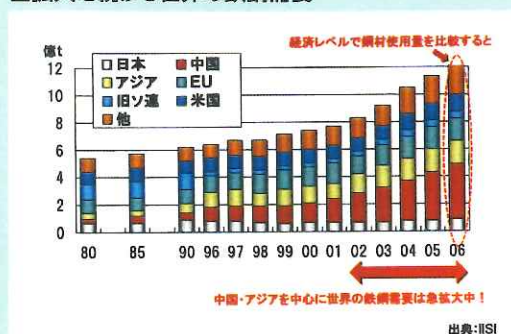


では、このように幅広く鉄が使われている理由は何だろうか。その理由の1つは、強度などの特性が非常に幅広いということです。同じFeという元素でありながら、加工の仕方なり精錬の仕方によって多種多様な性質が出てくる。これは鉄の変態が大きな要因となっています。もう1つの理由は安さです。鉄の値段は100gあたり10円以下で、他の金属やセラミックスと比べて非常に安いのです。性能が良くても高価な物は経済的に使えませんが、鉄の場合は非常に強度がありながら、しかも安い。これが、鉄が幅広く使われている大きな理由です。

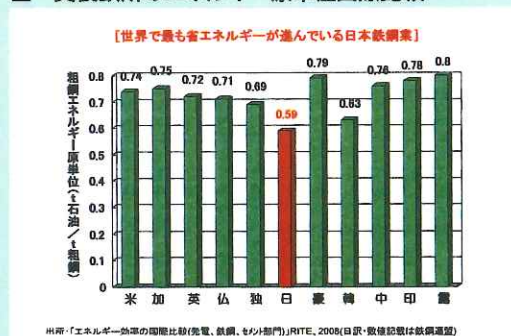
今私たちが抱えている課題には、地球環境問題、原料問題、国際化、などがあります。このうち地球環境では、京都議定書により日本全体として6%CO₂を削減するということになっています。そこで、鉄鋼各社はいま必死になってがんばっていて、製鉄のプロセスからCO₂10%削減を目標として努力をしています。さまざまな努力を積み重ねた結果、現在、日本が世界でいちばん1トン当りのエネルギー消費量が少ないという状況になっています。また、製品の性能を向上させることで削減が可能です。例えば、高強度なハイテン材で自動車の重量を軽くして、燃費を抑えるというようなことです。それから先ほど話が出たスラグです。スラグから作る高炉セメントでは、石灰石を焼成して作るセメントに比べ、CO₂排出量が削減できます。

また、日本の持つ優れた鉄鋼技術を世界の鉄鋼業が採用すれば、3億4,000万トン程度のCO₂の排出削減が可能と試算されています。そこで中国やインドなどに、日本の進んだ鉄鋼技術や省エネ技術が移転されることも期待されています。最近、鉄鋼関連の国家プロジェクトの成功例として、SCOPE21（次世代コークス炉）があり、大きな技術進歩を日本の鉄鋼業が生み出しました。またCOURSE50（環境調和型製鉄プロセス技術開発）プロジェクトでは、高炉から出てくるCO₂を分離して地中に埋めるとか、コークス炉から出てくる水素を利用して鉄鉱石を還元す

■拡大を続ける世界の鉄鋼需要



■一貫製鉄所のエネルギー原単位国際比較



るという研究が進んでいます。このプロジェクトはこれから20年以上先を展望する技術開発計画ですが、このような大きなプロジェクトに国も一緒になって取り組んでいます。

よく「鉄は成熟した技術だ」というような話を聞きますが、私はそんなことは決していないと思います。まだまだ鉄の技術開発には奥行きがあるので、いろいろな形で研究開発をしていかなければいけないと思います。

鉄の優位性はこれからも続く

友田 鉄鋼業というのは世界的に見て、量的にも質的にも成長産業であって、日本の外貨の稼ぎ頭、加工産業、材料立国としての日本は世界のトップレベルのものづくりをしている。ところが、最近その立場がちょっと危うい状況になっているようにも見えます。皆さんが主役になる20年、30年後はいったいどうなっているのだろうかと考えてしまうのですが、学生の皆さんはどう思いますか。

新居 鉄鋼産業は現代の都市や国の発展において必要不可欠だと思います。それは先進国でも発展途上国でも、同じ。1つのラインで多様な技術、いろいろな特性、目的に合わせた製品

学生たちが描く 鉄鋼の未来

新居 毅篤

北海道大学 大学院工学研究科材料科学専攻
エネルギー材料講座 修士一年



をつくれるのは鉄鋼しかないし、しかも値段が安いという特徴があります。そのほか、あらゆる産業からも多くの需要がある。例えば電力とかエネルギーの分野では、石油がもうすぐなくなってしまいか、それにかわる代替エネルギーが必要ということが言われています。鉄鋼に関しては代替するものがまだないと思います。このようなことから、鉄鋼産業がこの先衰退していくということは私のイメージでは考えられません。これからいろいろなプロセスや技術的な改良は必要だとは思いますが。

鈴木 鉄が安価という話があったのですが、果してこれからもずっと安価であり続けられるのでしょうか。原料の鉄鉱石や石炭の価格は現在上昇傾向だと思うのですが、それが今後も上がっていったら、材料の置き替わりがあると思うのです。例えば自動車材料にマグネシウムが使われるかもしれないし、現に電車の車体にアルミニウムが使われています。材料の置き替わりは、鉄の値

段が上がることによって起こり得ると思うのです。そうなった時でも、その鉄の優位性というのは保てるかどうか疑問に思います。

蝦名 自動車で使われる部品では、材料に新しい機能を持たせたり、強度を上げたりする研究が行われていますが、そういう材料がもし実現したら値段が高くなると思います。そうすると、安価な材料を使いたい人たちは他の材料に移っていかのかもしれない。

友田 では鉄の代替材料では、どんなものを思いつきますか。例えば自動車材料ではどうでしょうか。

蝦名 替わるとしたら、アルミニウムやチタンやマグネシウムあたりでしょうか、今使われている材料もありますね。

小島 大まかに言って、鉄の生産量は日本で年間1億トンです。それに対してアルミは300万トンと桁が違います。先々のことはわからないけれども、今のところ鉄にかわるような安さや強度の材料はなかなか出てこないと思います。また、鉄は安価だと言っていますがすべてが安価ということではなく、安価な鉄もあるし高価な鉄もあります。

神保 鉄は熱の加え方や冷やし方でいろいろ特性が変わって、だから使いやすく、いろいろ使える材料だという話があります。生産能力などから考えても他の材料で替わりができるのか。実際に鉄が高くなってしまったら、いろいろなことができなくなってしまうのではないかなと思うのです。

友田 鉄は心配だというのと、いや、このままずっとやっていけるといふのと、2つの意見があると思うのですが、青木君はどう思いますか。

青木 大学の授業で、材料を選ぶ時にどういう基準で選ぶのかを勉強しました。1つ目はコストです。それから強度、耐食性、



座談会に先駆けて、JFEスチール(株)東日本製鉄所(扇島地区)の工場見学を行った。また同工場内にあるプラスチックリサイクル工場、スチール研究所を訪れた。普段はあまり目にするののでない工場を訪れ、興味深そうに説明に聞き入っていた。



入手のしやすさ、加工のしやすさ、あとは外観。これらのバランスが最も優れた材料が選ばれているということで、そういう観点から考えると、鉄に勝るものはないのではないかと、というのが私の考えているところです。今後もし鉄鋼材料が減ってきてほかの材料と置き替わることがあれば、それはほかの材料が進歩したのではなくて、鉄の優位性が薄れていった結果だろう。そうならなかったら日本の産業は危ないのではないかと考えているので、そうならないように鉄鋼業界も頑張らないといけないのではないかなと思っています。

細谷 例えば過去にオールアルミの車が作られたけれども、剛性が必要だったので、それほど軽くなりませんでした。ヤング率が高いというのは鉄の絶対的なアドバンテージですね。このほか、磁性体としての鉄も注目されています。供給能力で見ると、アルミとかマグネシウムには量産の壁が必ずあります。量産すると品質を維持しないといけません。日本で鉄を1億トン作っていますけれども、それは厳しく品質管理されています。そのマーケットを非鉄金属でそのまま置きかえられるかという、これは能力的に無理だと思います。

下地 今日の見学で見せていただいたように、鉄はいろいろ研究がされていて、日本の鉄鋼業は省エネルギーも世界一という実績があります。例えば他の材料に替えるという方法もあるけれど、それには長い年月がかかるような気がするし、それなら鉄をより深く追究していく方が効率的だと思います。

柿崎 以前、同じ強度を持たせたアルミと鉄があって、それを持ち比べてみたことがあります。鉄の方がものすごく軽かった。強度という面でも鉄がほかの金属より勝っているし、軽くて強くできるという点がすぐれていると思います。

細谷 構造材として実用化されている鉄鋼材料の引張り強

東京大学
工学部マテリアル工学科
3年生
蝦名 一真



度は、300MPaくらいから2700MPa近くまで幅広い。これだけの強度レンジをカバーできる金属材料は他にはありません。皆さんが知っている変態のように、鉄には強化機構がありますよね。鉄の理想強度というのは10GPaぐらいですから、そこに近づけることに日夜努力しているわけで、言い換えれば材料としてそれだけの可能性があるということです。

牧野 鉄は安価かどうかという話ですが、最終的にはバランスというか、クオリティに対するコストがどれくらいかということが大事だと思います。いま日本の鉄鋼製品は、品質や付加価値をつけて売ろうとしているので、製品自体の値段を上げて買い手はつくと思います。だから鉄は生き残ると思います。

黒川 さっき、同じ強度を持ったアルミと鉄では鉄の方が軽いという話がありましたが、ひょっとしたらアルミの持っている力をまだ最大限引き出してないかもしれません。いつか鉄よりもアルミが軽くて強くなることもあるかもしれません。また今は車に鉄をふんだんに使っているの、鉄に対する知識がたくさん蓄積されていると思いますが、それをアルミに置きかえた時に、車に対してアルミをどう使うのか、鉄ほど信頼性がないような気がします。

蝦名 突飛な意見なのですが、もしかしたら車に強度が要らない時代が来たら、鉄は使わなくなるのではないのでしょうか。車が走行を全自動制御されて絶対にどこにもぶつからないなら、あまり強度はいらないと思うので、全部プラスチックで作ってしまうことになって、鉄がいなくなるかもしれない。そうすると鉄が強度というメリットを失って、どんどん落ちていくかもしれないですね。

友田 私は自動車メーカーとも共同研究をしているのですが、不思議なことに、鉄を担当している人は、鉄でないといろいろな点でうまく作れないとおっしゃるのです。ところがアルミを担当している人は、いかにアルミですべてを替えようかと言うし、20年後の車はアルミ

(社)日本鉄鋼協会会報委員会副委員長
JFESチール(株)チール研究所
理事 主席研究員
細谷 佳弘



学生たちが描く 鉄鋼の未来

松田 樹人

JFESチール(株) 東日本製鉄所
京浜製鋼部製鋼技術室部員



カーという考えもある。これはどっちとも言えないところがありますね。

蝦名 プラスチックの車ができたけれども、ひょっとしたら鉄がもっとよくなって安いから戻るというのも、あり得ますよね。

細谷 例えばお茶やコーヒーは、昔はスチール缶の牙城でした。ペットボトルは酸素を透過するから使えなかった。でも酸素透過しないようなペットが開発されると、ペットボトルに替わっていった。このほか、中身が陽圧の飲料缶やビール缶はほとんどアルミに替わりました。「これは絶対鉄がいい」と言っても市場ニーズに合致しなければ他の素材に変化していく。

友田 使われる材料が変わる製品もあれば、鉄でなければということもあるのですね。

小島 さっき、車に強度の重要性が減ればまた変わるかもしれないという話がありましたが、確かに、衝突しないというぐらい制御技術が進んでそういう心配がなければ、プラスチックでもいいじゃないかという議論は出てくるかもしれないですね。

友田 今の問題について、鉄鋼メーカーの技術者である松田さんは、どのように考えますか。

松田 鉄の価格は、確かに安いですね。100g10円とすると、500mLのペットボトルに満タンに入れても50円で、なんと水よりもお茶よりも安い。機能を付けていくとコストも上がるでしょうが、品質のいいものを作って、それを安くする。それが我々技術者の仕事であって、常にどんどん価格を上げていけばいいということにはならないと思います。皆さんが鉄鋼会社に入社したら、そういう鉄をもっと安く、我々と一緒につくってみたいですね。鉄のほかにもいろいろな材料がありますが、これから50年ぐらい先までは鉄の優位性は変わらないと、私は考えています。

理論と解析に基づいた研究の進め方

友田 次に、最近の鉄鋼の研究開発が、どういう状況になっているか、簡単にご説明します。

鉄鋼の研究は、まず理想的には「基礎的な理論的検討」を基に新しい「材料・プロセス設計」を考案し、「実験的に解析・評価」し理論との関係を考えて、改良しながら作り上げる。このサイクルをぐるぐる回す。そして、持続可能な社会の構築を目指して、低環境負荷で高機能で安心・安全、信頼性のある鉄鋼材料を製造する。研究の進め方は、結局これに尽きると思います。

今後、安心・安全な社会基盤をつくるためには鉄鋼材料は非常に重要な役割を果たします。鉄鋼の研究者あるいは技術者は、自分のモチベーションとなる好奇心や探究心を満足させながら、アウトプットし、社会に貢献していくことができる。これは鉄鋼研究の魅力ですね。できれば、そのオリジナルな研究手法を鉄鋼の分野で開拓して、他の分野へ波及させたい。医学ではこんなことができているから鉄でも利用しようというのではなくて、まず鉄の方がサイエンスを先導できることがあれば素晴らしいと思います。

そのような研究の最初にある計算科学、理論科学の方がどのような状況になっているかについて、小野寺さんに説明していただきます。

小野寺 計算科学の対象を時間とサイズのスケールで見ると、量子力学に基づく第一原理計算が一番ミクロな世界であり、電子状態を取り扱う領域です。一方、大きいスケールの方を見ると、有限要素法や熱力学のような平均場の取り扱いとなり、現実のスケールの物質を扱えるようになる。この間のいろいろなスケールで、現象のメカニズムを明らかにして予測可能にするのが、計算科学の目的です。最近では、計算機の性能や理論の精度の向上によって、かなり進歩してきました。第一原理計算は原子番号がわかれば電子状態が予測できるので、新しい物質の探索に使える。一方、熱力学的手法とか有限要素法を使い、より現実に近いスケールを扱って、直接的な材料設計のツールとして使う方法がいくつかあります。

材料開発に一番近いところで状態図の計算があります。これ

小野寺 秀博

(社)日本鉄鋼協会 会報委員会委員長
(独)物質・材料研究機構
計算科学センター





は材料開発の地図のようなものであり、今までは実験的に全部決められてきましたが、最近のトピックスとして、混合熱等の実験データがない場合でも、第一原理計算により状態図計算に必要なパラメータを決定する方法が提案されており、最先端のところだと思います。材料設計のツール、メカニズム解明の手法として、計算科学が適用可能な状況になってきたというのが、私の印象です。

友田 小さいスケールから大きいスケールまで、いろいろな解析手法が発達し、スケールブリッジでつなぐことによって材料の設計や仕様の検討が計算機でできるようになっています。例えば、鉄の原子が並んでいるところに穴があり、そこに水素が来ると水素と穴がつながっていく。これは水素脆化に関係したことです。こういうことが予測できそうになるが、本当にその計算でいいのか調べないといけない。実験でできないところを計算で補い、逆に計算の方法が本当に正しいかどうかを実験でチェックする。こういう状況ができつつあります。

また今日見たとおり、ナノメートルの組織制御で何百メートルものプロダクトをつくるというのが製鉄業です。解析ではマルチスケールに、しかも表面や薄膜だけではなく三次元で、しかもダイナミックに見ていこうという測定技術、解析方法が発達しつつあります。ナノメートルのレベルでは、高分解能TEMで原子の配列を見たり、アトムプローブでどういふ原子がどこにナノメートルオーダーで分布しているかを測定できます。EBSDを使うと断面の結晶の方位がわかるとか、それを引っ張りながらどういふふうに結晶が回転していくか、とか、最近はSPring-8などの放射光で、三次元のディフラクショントモグラフィを作ると、結晶粒の方位と粒界の性格などをつかまえることができます。原子炉などで問題になっている応力腐食割れでは、き裂がどのように伝播しているかが、放射光を使うとよく見えます。私が研究で

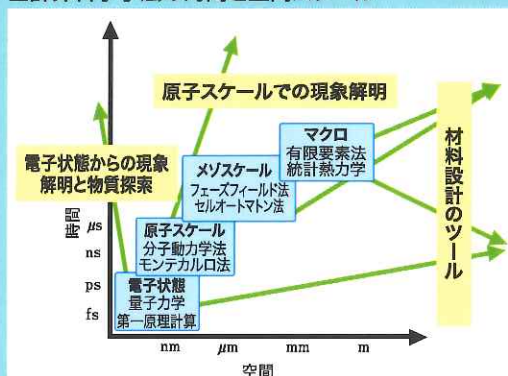
使っている中性子ではセンチメートルオーダーまで試料の内部を見ることができます。また宇宙線のミュオンを利用して、高炉の中がどうなっているかを測定するような方法も発達しつつあります。

そういう意味では鉄鋼の研究もそういうサイエンスの立場から非常におもしろい研究対象になっています。茨城県の東海村にJRR3という研究用原子炉があり、炉内から熱中性子を引っ

■未来の鉄鋼研究のイメージ



■計算科学手法の時間と空間スケール



学生たちが描く 鉄鋼の未来

張り出して中性子回折散乱実験などを行います。さらに、加速器を使ったパルス型の中性子ではビーム強度が強くなれば、今まで追えなかった動的な現象を追うことができます。東海村の大強度陽子加速器(J-PARC)では、300m余りの直線加速器から3GeVシンクロトロンで陽子を加速して、それを水銀のターゲットにぶつけます。そうすると25Hzでその都度中性子がぱっぱっぱと出てきます。そういうビームを使って、例えば、熱間圧延ラインで鉄の温度を上げ圧延してから冷却すると、組織がどのように変わっていくかというようなシミュレーションが可能になります。

J-PARCでは、我々の使う実験施設のそばでは、タンパク質の構造解析の研究をしています。J-PARCのワークショップでは、アルツハイマー病に効く薬を開発するためのタンパク質についての発表の後に、いかに強度の高い鉄鋼材料を作り出すかという材料の発表があることもよくあります。研究者は新しいサイエンスに飢えていて、ナノ解析という点ではバイオの分野も材料の分野もあまり変わらない。このような先端科学技術を使うことによって、そういう立場で鉄鋼材料を見直すことができるのも、非常におもしろいことだと思います。

では今後、どんな材料を作れる可能性があるのか。強度から言うと、鉄の理論強度に比べるとまだ3分の1しか利用していない。しかも強度の高い材料を開発すると、今度は脆いとか水素にやられるとか疲労にやられるとかいう理由で強さが利用できない。鉄鋼協会の中に「材料の組織と特性部会」というのがあって、鉄鋼材料の基盤技術をどうやって確立していくか、将来の研究のテーマやスケジュールをまとめたロードマップを作っています。

これからは「スマートな鉄鋼研究」の時代

友田 このように鉄鋼には、課題、難題がまだたくさんあって、そ

れを新しい実験解析技術と計算技術を使って攻めていくという、それは薬品の開発と変わらないぐらいおもしろいものだと私は思っています。こういう研究の楽しさを皆さんに引き継いでもらいたいというのが、私のお願いなのですが、皆さんはどう感じますか。

蝦名 以前「これからの研究では、作っては試験するばかりでなく、システマティックに材料を見て研究していくのだ」という話を聞いたことがあります。今のお話のように、例えば強い鉄を作りたいなら何をどう混ぜたらいいか、作っては壊し、ばかりでなく、スマートにわかるような研究がしたいと強く感じています。

下地 正直なところ内容はあまり理解できませんでしたが、私が知らない研究材料がまだまだいっぱいあるというのがよくわかったし、「スマートな鉄鋼研究」というのも魅力的だと思いました。私はちょっと考え方が変わっているかもしれないのですが、私は鉄鋼の工場の煙とか熱さが好きで、そういうのもちよっと残してほしいなと思っているのです。

友田 感覚とか感性というのは、とても大事ですね。エンジニアリングはカンジニアリングだと言った人がいて(笑)、そのない人はいくら計算に強くてもだめかもしれない。

九里 私は、これまで鉄鋼について結構わかり切っているものが多いとばかり思っていたのです。けれども、鉄鋼にもまだまだ研究しなければならない問題がいっぱいあるのですね。私は、高炉や転炉から排出される二酸化炭素を減少させるためにどうしたらいいかというような研究をしたいと思っています。

神保 蝦名さんが言ったように、直接実験しなくてもシミュレーションで実験ができるようになったら、そのおかげでこれまでやっていたような実験でなく、今までわかっていない、データが全然ないところで実験をするというようなことがむしろできるのではな

大阪大学 大学院工学研究科
工学部応用理工学科 1回生
九里 真弘



九州大学 工学部
物質科学工学科 2年生
下地 いずみ



東京工業大学
大学院理工学研究科 4年生
柿崎 元樹



いか。それによって、また新しいことを生み出せると思います。

柿崎 シミュレーションが鉄にも使えるようになってきたということを知って、新たな製鉄技術や、いまだ考えられてないプロセスが見つかるかもしれないと思いました。

牧野 鉄のことはもうほとんどわかっているというのは、私は錯覚だと思います。分析方法とか評価方法というのは、日々進化するものですよね。鉄は汎用性が高く優秀な材料だったし、昔からある分析方法や評価方法でも鉄がうまく評価できて、実社会に応用できていた。今後分析方法や装置が進化していけば、鉄でも、今まで見えなかったところが見えてくる。見えないところまで見えるようになってきたら、また可能性がどんどん広がると思います。

新居 私は、ガスタービンとかジェットエンジンタービン部品のコー



京都大学 エネルギー応用科学専攻
資源エネルギー学講座 資源エネルギー
プロセス学分野 修士2年生
鈴木 悠平



ティング材に使われているニッケル基などの超合金の実験をしています。例えばニッケル基の合金では、プラチナを添加したら起こり得ることが、鉄基では起こらない。金属同士の組み合わせで全然違った特性が生まれます。高温部材の分野では、鉄基の合金はあまり使われなくなっているようですが、なぜ鉄ではだめなのか、なぜニッケルがいいのか、なぜその特性を選んだのか、その特性を鉄で出すことは無理なのか、というような研究を進めたいと思います。

友田 新しいものが見えたとか、初めて見たというのは非常に感動しますよね。それが計算で納得できる結果が出ると、その先にまた新しい戦略が立てられるということですね。

鈴木 友田会長の説明を聞いて、なんだかわくわくしています。新しい何かが生まれるような感じがするし、研究者としての研究のやりがいがあるという感じを抱きました。私の専攻は機械系なので、どちらかというとミクロではなくて大きい目線で見ていたい。将来的には、塑性加工の有限要素法の計算とか、大きくとらえた研究をしていきたいです。最初に言われた「好奇心、探究心を満足させながら社会に貢献できるのが鉄鋼研究の魅力」ということに、とても共感しています。じつは私は、鉄鋼会社への就職が決まっているのですが、鉄鋼会社を選んだ理由は、社会に貢献できるから、ということがとても大きかったです。

黒川 私は、今プラスチックしか使われていないような分野に鉄をどんどん入れていきたいと思っています。なぜ鉄ではだめなのか、どんな問題があるかというのを理解するのにも、先ほど言われたような解析技術が必要だと思いますし、それを発展させていくことで鉄の行動範囲をどんどん広げていけると思います。例えば、人工骨でセラミックスと有機物の複合材料のようなものがありますが、そういうところに鉄系の材料を入れていけばサイボーグの

学生たちが描く 鉄鋼の未来

2011
座談会

ように強い骨になるかもしれない。そのように、鉄の行動範囲をどんどん広げていくような研究ができればよいと思います。

青木 勉学研究対象としての鉄鋼に魅力を感じるかということですが、正直なところ、これまでとてもたくさん研究されてきていて、やはり御年輩の研究者には勝てない気がします。

友田 文献をしっかり読んでいると言われることはあるかもしれませんが、昔に比べて今は、はるかに解析技術などが進歩していますから、勝てないということはないですよ(笑)。

青木 そうですね。これから研究をしていく若い人たちが、今までわかってきたことにきちんと敬意を払って勉強するのは当然のことです。でも、材料の特性は何で決まっているのかと突き詰めて考えていくと、結局、原子とか電子とか、その状態になると思います。だから、最近発達してきているコンピュータシミュレーションとか、あるいは全然違う分野で用いられている解析手法とかをどんどん取り入れて研究していけば、きっと年輩の方々も言い負かせるし、若い人たちにとっても魅力のある研究ができるのではないのでしょうか。

友田 研究するに当たって文献が多いというのは、確かにそのとおりですね。まったく新しい新素材なら、何か研究すれば何か結果が出て、そういう意味では研究しやすいということはあると思います。

皆さんそれぞれの学年に応じたご意見が出たと思います。梅林さんは、既に鉄鋼会社で研究をされていますが、昔のことを振り返っていかがでしょうか。

梅林 皆さんが研究を楽しいものだと考えているようなので、よかったなと思います。研究の楽しみというのは、自分のアイデアをいろいろ試せることです。アイデアを試したら今度は起きた現象を追究する、そしてまた試すというサイクルで、どんどんより深く現象を追究して行く。そうすることで、よりよいものを作り出すことができますと考えています。

青木 聡

早稲田大学 基幹理工学研究所
機械科学専攻酒井研究室博士課程2年JFEスチール(株) スチール研究所
電機機能材料研究部主任研究員
梅林 里江

特に、鉄鋼メーカーで研究していくおもしろさは何かというところ、いろいろな専門分野の人と会話しながら一体になって研究し、製品を作りあげるところだと思います。さらにダイナミックなスケールで自分が考え出したものを作り出すことができる、そういうところがすごく魅力的だと思います。ですから、皆さんにはぜひ自分でいろいろなアイデアを出して、どんどん現象を追究して、新しいものを作ることにチャレンジしていただきたいと思います。

神保 1年生として、いつごろ鉄にしようと思ったのか、できれば伺いたいのですが、いかがでしょうか。

牧野 私はこれから就職活動があるので、先輩方になぜ鉄鋼に決めたか、そういう話を聞きたいと思います。

鈴木 就職活動中には、鉄鋼だけではなく自動車や電機、重工とかいろいろな業界を回りました。その中で、鉄鋼は人々の生活を支え、役に立てる素材産業であること、それと就職活動をする中で感じたのですが、私としては鉄鋼会社の方々が一番好きでした。これが理由です。

友田 よく言われるのは、鉄鋼企業に就職した人はほとんどやめない。他の業界に比べて、満足して勤めている、というデータを見たことがあります。

若い皆さんに今後何を一番勉強していただきたいかというところ、数学や物理が基本であって、さらに材料力学や熱力学のような基礎的なことをしっかり身につけてほしいのです。その後で、本当に自分のやりたいことに進んでほしい。その1つの選択肢として、ぜひ鉄鋼の研究に取り組んでほしいと思います。それでは、これで終わりにしたいと思います。皆さん、本日は御協力ありがとうございました。

● 協力：JFEスチール(株) 東日本製鉄所、スチール研究所
JFEブラジンス(株)