

鉄と鋼 第100巻記念

製鋼分野座談会

新たな可能性に挑む 製鋼研究

新日鐵住金君津製鐵所 第2転炉溶銑注銑
(出所: 新日本製鐵(現新日鐵住金)君津製鐵所20年史「日々新たに」)

高い品質で世界の先頭を走り続けている日本の鉄鋼材料。それを支えてきたのは製鋼分野における数々の技術の蓄積である。世界をリードする日本の製鋼研究は、今後どのような方向に進んでいくのか。「鉄と鋼」第100巻を記念して、製鋼分野で活躍する研究者や開発者、操業に携わる方々にお集まりいただき、大いに語っていただいた。

(2013年11月29日収録)

出席者(敬称略)

北村	信也	東北大学 多元物質科学研究所 教授
三木	祐司	JFEスチール(株) スチール研究所 製鋼研究部長
安田	秀幸	京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻 教授
今井	正	新日鐵住金(株) 君津製鐵所 製鋼部長
森	健志	大同特殊鋼(株) 渋川工場 製鋼室長
吉田	仁	(株)神戸製鋼所 技術開発センター 製銑・製鋼開発部製鋼開発室 主任研究員
大野	宗一	北海道大学 大学院工学研究院 材料科学部門 准教授
花尾	方史	(一社)日本鉄鋼協会 論文誌編集委員会 製鋼分野担当幹事
吉川	健	(一社)日本鉄鋼協会 論文誌編集委員会 「鉄と鋼」第100巻特命小委員会 委員(司会)

戦後、海外の最新技術をいち早く導入

吉川 本日はみなさんお忙しい中お集まりいただきありがとうございます。このたび「鉄と鋼」が第100巻を迎え、製鋼分野の座談会を開く機会を得ましたので、精錬、凝固の両方の産側、学側の研究者、さらには現場で操業に携わる方々とともに製鋼分野の研究と技術をより発展させるための議論をしていきたいと思います。製鋼分野は長い歴史がありますが、まずその技術発展に関して振り返っていきましょう。欧米で開発された製鋼技術はどのような研究開発を経て日本が誇る技術に進展していったのでしょうか。

北村 戦前は省略して、戦後の製鋼の歴史について述べると、技術は3つの段階で進展したと思います。まず戦後からオイルショックまでの高度成長期が第1ステージ、高度成長期から20世紀末までが第2ステージ、20世紀末から現在までが第3ステージです。

第1ステージでは、建設や土木関係の内需が拡大し、製品をより多く効率的に造ることが求められました。これに対応し製鋼技術は、上吹き転炉や連続铸造などのエポックメイキングな技術が導入され、日本の高度成長を支えました。これらはいずれも海外で生まれた技術ですが、日本は成熟した技術を取り入れたのではなく、できたばかりの技術にいち早く着目し、導入した

のが特徴的です。転炉では1952年に世界で初めてリンツの30t転炉ができましたが、そのわずか5年後には日本の1号機が八幡製鉄所で稼働を始めています。連続鋳造も1949年に鉄への応用が始まりましたが、1955年にはもう旧住友金属工業で1号機が動いていました。しかも技術を単に導入したのではなく、先輩方はさまざまな技術要素を付加して向上させていきました。

吉川 今の製鋼プロセスの基礎となるものが、1955年から1965年の10年間で一息に導入されたように私の目には映りますが、それで正しいでしょうか。

今井 一見そのように見えますが、1つ1つ丁寧に見ていくと、実際には技術はステップを踏んで進歩したのではないかと思います。一貫製鉄所が建設されたのと転炉や連続鋳造が導入された時期がマクロには一致しているので、初期の早い段階で導入されていますが、オール連続鋳造まで建設時のレイアウトに反映しているのは、最後に建設された大分製鉄所だけです。その他の一貫製鉄所はすべて造塊法でスタートし、連続鋳造法へとステップを踏んでいます。ただ、その判断が非常にスピー



北村 信也

東北大学
多元物質科学研究所
教授

ディで挑戦的であったというのが特徴だと思います。

吉川 それでは次に、オイルショック以降の第2ステージでは、製鋼技術はどのように発展したのでしょうか。

北村 その時期は、生活レベルが上がるにつれ家電や自動車などの需要が高まり、より高い品質の材料をどうつくり込むかということが課題になりました。製鋼技術は高度成長期の中で

つねに最新技術で鋼を生み出してきた転炉の歴史



日本鋼管（現JFEスチール）で稼働していた当時（1938年頃）のトーマス転炉（上）の全景と住友金属工業（現新日鐵住金）和歌山製鐵所の転炉の外観（下）（1999年稼働開始）。後者は酸素上吹きランスやダイナミック吹錬制御などの最新技術を織り込み、9分間という世界最速吹錬を可能にしている。

（写真提供：JFEスチール（株））



（写真提供：新日鐵住金（株））



三木 祐司

JFEスチール(株)
スチール研究所
製鋼研究部長

オリジナルな技術が開発され、それがオイルショック以降、活躍しました。溶銑予備処理や二次精錬、連続鋳造のさまざまなアプリケーション技術など、これらによって鋼材の品質は向上していききました。

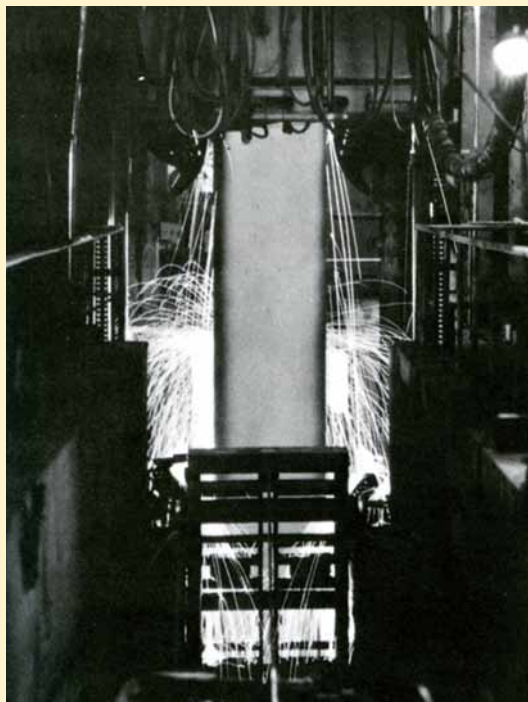
今井 私が若い技術者であったのがその頃なのですが、製鋼技術は大型化する転炉をベースに、多様な機能を持った分割精錬プロセスへと発展していったと思います。溶銑予備処理

プロセスについては、最適な精錬反応条件を目指した結果、プロセス統合ではなく、多段に分化していきました。ただプロセスを分けてしまったので、それぞれをプロセッシングする時間が短くなり、その結果、攪拌のような反応促進技術が加わったのだと思います。

二次精錬については、世界的に鋼材品質への要求が強まったため、例えば耐サワー材でリンや硫黄が極めて低い材料などを造るために、さまざまな精錬の技術開発がなされたと思います。

それから製鉄プロセス自体の変革、例えば薄板の連続焼鈍化に伴って成分設計が変化した結果、真空処理を脱炭にまで拡大し、大規模製鉄所では全量真空処理など豊富な機能を持った真空処理が一般的になってきています。連続鋳造については、当初から高速鋳造が設備仕様に入れられたようですが、それが現実には花開くには1980年代までかかっています。つまり、連続鋳造技術の歴史は、造塊法から切りかえて以降ずっと、品質との闘いだったと思います。連鋳周辺技術で鋼片品質がレベルアップすると、生産性を追求する余裕が出てくる。こういうことを繰り返しながら、技術は進展していったのだと思います。

生産性の向上を追求してきた連続鋳造の歴史



(出所:「八幡製鐵(現新日鐵住金)株式会社史「炎とともに」)



(写真提供: JFEスチール(株))

八幡製鐵光製鐵所(現新日鐵住金ステンレス光製造所)の第1号連鋳機(左)は1960年稼動、鋳型サイズ最大110mm×1,330mmで、ステンレス鋼10t/チャージから40t/チャージを鋳造した。一方、川崎製鐵水島製鐵所(現JFEスチール西日本製鐵所倉敷地区)第6連鋳機(右)は1976年稼動、普通鋼約320t/チャージを鋳造しており、鋳型サイズは最大310mm×2,400mm。16年間で著しく生産性の向上が進んだ。

競争は量から質へ、そして海外へ

吉川 それでは、現在に至る第3のステージでは製鋼技術はどのように発展していますか。

北村 中国や韓国など周辺国の勢いが増し、その中で日本がどう生き残っていくかがテーマとなってきました。私は21世紀に入ってから世界の鉄鋼技術が進んでいないとは思っていません。さまざまな新しい技術が開発されていますが、日本はすでに装置が完成してしまっているため、開発に少し乗り遅れてしまっていると思います。それがこの先、悪い影響を及ぼさないか、若干危惧しています。

大野 それは世界トップレベルのハードを一旦つくってしまったために、ある種のデメリットが出始めているということでしょうか。

北村 そうかもしれませんね。振り返れば戦後、米国は最新鋭の平炉に設備投資しましたが、一方で日本は転炉を導入し技術を育てました。その後、米国は転炉が優れていることに気づきましたが、すでに投資してしまったためスクラップ・アンド・ビルドできず、技術が立ち遅れたという歴史があります。それは今、日本の各会社がおかれている状況と似ています。ただ幸いなことに、まだ圧倒的に他を凌駕するほど技術を育て上げた国は現れていません。現在は日本の技術をデッドコピーするにとどまっています。しかしこれがいつまで続くかと思うと、背筋が冷や冷やしますね。

今井 確かに周辺国にキャッチアップされているのは事実ですが、中国や韓国と日本が異なるのは、鋼材品質に対する要求が、日本でははるかに高いという点が挙げられます。それは日本鉄鋼業の強みになっていますが、一方でプロセスを変革するハードルにもなっていると言えます。例えばかつて、棒鋼・線材のニアネットシェイプ化を目指して、ブルーム連続鑄造機と分塊圧延という2段のプロセスをビレット連続鑄造機で置き替えられないかという試みがあったのですが、需要家が求める品質レベルを満たすことができず、いまだに2段のプロセスを行っています。一方中国では同じような用途に使われる棒鋼・線材をビレット連続鑄造機のワンヒートで製造し、それが市場につぎつぎと出ています。ただ最近では国内製鉄所の主要設備の老朽化に伴うフレッシュ投資が増えていて、それはある意味チャンスと捉えています。古い設備のリプレース時こそ、技術をジャンプアップする試みに挑戦していくことが大切だと思いますね。

三木 千葉のQ-BOP（純酸素底吹き転炉）の開発でも、耐火物や羽口構造などで大変な苦労と、羽口などで大きな改善が行われてきました。連続鑄造でも、大幅な歩留まり改善が行われ、大きなコストダウンに繋がっています。一方で、現在は、95%くらいの歩留まりを100%に改善することが求められます。また中国、韓国が低級品を安く造るなか、日本の鉄鋼業は高級鋼



大野 宗一

北海道大学
大学院工学研究院
准教授

に力を入れていて、プロセスを最適化して、ばらつきを無くして造り込んでいます。そういう意味では、完成度の高いプロセスにとってかわる新プロセスの開発という意味での難しさはあるように思います。

北村 結局のところ、製鋼というのは中間工程なのです。上工程と下工程の要求で開発は決まってくると思います。高度成長期から80年代初期頃までは、生産性の向上が要求され、歩留まり改善に効果のある上底吹転炉の導入や連鑄化が進められました。フッ素が規制された際は一旦でき上がった溶銑予備処理プロセスを再び開発し直したりしました。つまり、研究開発が活発なころは明確なニーズがあったのです。それさえはっきりしていれば今日でもさまざまな技術開発ができると思うのですが、日本中が湧き上がるようなニーズが今ははっきりしていないですね。

今井 私が入社した頃は溶銑予備処理法が各社ごと、あるいは製鉄所ごとにバリエーションがあったので、「他社や他所に負けないんだ」と、今まで自分の工場で作っていないものを何とかしてつくろうと、一生懸命技術開発を行っていました。「研究部門を引っ張るのは現場の技術者だ」という意気込みは今より強かったような気がします。

吉川 それは製鉄所ごとにプロセスが異なったからですか。

今井 それぞれの製鉄所が建設当時のレイアウトやプロセスのローカリティを持っているので、改造投資の経済合理性を要求されると、異なったプロセスに一旦は進化したのではないかと思います。その後は技術の標準化が徐々に進んだと思いますが、当時はそうでした。

三木 昔の競争相手は国内が主でした。私が入社した頃は国内の競合他社にいる具体的な技術者の顔を思い浮かべて、「あそこのあの人が開発したこういう技術が優れている、うちはどうするんだ」と、ターゲットがわかりやすかったのですよね。現在はコスト競争力を持ちつつある中国や韓国などがターゲットになりますから、競争相手の顔が浮かびにくいということはありません。



安田 秀幸

京都大学
大学院工学研究科
教授

もちろん国内の競争は現在も続いています。

大野 国内の鉄鋼会社と海外の鉄鋼会社をどれくらいの割合で競争相手として見ていますか。

三木 大まかに言いますと、汎用品のコストは海外をターゲットにしている場合が多いと思います。ものにもよりますが。

吉田 品質という視点では、国内は高級志向で海外はどちらかと言えばまだそこまでユーザーが追いついていないので、ニーズに合わせた品質最適化が重要になってきていますよね。

三木 各社から毎年たくさんの新商品が開発されていて、これらは非常に良い性能を持っているのですが、製鋼プロセスにおいても、それを造り込んだり、コストダウンを図るという熱い戦いが行われています。例えば自動車は高張力鋼の使用比率を上げていますが、高張力鋼をいかにうまく造り込むかは製鋼の技術がないとできません。このような点から、製鋼は新商品・高級

品開発にも大事な役割を担っているのです。

花尾 20世紀から21世紀にかけて、量から質の競争に大きく転換したと思います。かつて量を求めた時代は歩留まりを改善したり、吹錬時間を短くしたり、鑄造速度を上げたり、そういう具体的な数字が目標にあったために技術開発が非常にアクティブでした。それに対して今は質を求める時代になり、地道な開発が続けられています。粗鋼生産量も1億tレベルから一定に推移し、変化が見えにくいですが、その1億tの中身の質が変わってきていると感じています。

増える海外からの論文投稿

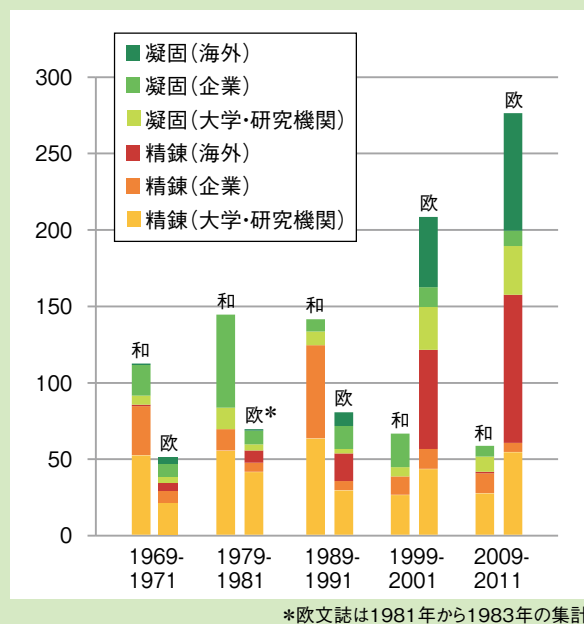
吉川 精錬・凝固の研究動向についてもお話をうかがってみたいと思います。論文数のデータをみると、和文誌に関しては全体的に減りつつあるようです。1979年から1981年は、凝固の分野で企業の発表が多くみられますが、大学の凝固の研究発表が少ない傾向のようです。

安田 私見ですが、凝固の研究に関しては1970年代頃から近代的な凝固理論がようやくできてきました。それまで、おそらくデンドライトで凝固するということはわかっていたのですが、なぜデンドライトが出てくるのか、あるいはどの条件下でどういうスケールのデンドライトが出てくるのかという定量的なことははっきりしていませんでした。その後1990年代になって、以前に比べると比較的大規模な計算が容易にできるようになり、流動と凝固の組織の関係が科学的な視点から凝固理論にもとづいて議論できるようになり、基礎的なところから応用まで凝固組織を理解するレベルへ発展しました。そして2000年頃から、ようやく経験的なものと科学的なものが合わさってきました。このような背景があり、新しい観点や手法を用いた凝固関連の論文が2000年代から増えてきていると思います。また圧倒的に増えているのが海外からの論文で、ISIJに限らず世界的に、今は海外の研究者が多くなっています。

大野 鋼の凝固実験に携わる研究室は減ってきているようですが、一方で計算機シミュレーションによる研究の論文数は増加傾向にあります。コンピュータの進歩によって、複合的な問題が絡んだ凝固を直接解けるようになってきたという要因が大きいと思います。

北村 発表論文の動向を見ると、以前は日本語で論文を書いていましたが、今は英語で書くようになりました。これが一番大きな変化ではないでしょうか。かつては競争相手が国内であったために日本語で十分だったのですが、最近ではそれでは評価されないで、英語で書くようになりました。論文の数としては、主に製鋼分野の研究を行っている大学の講座が減っているわりには、意外に減っていないような気がしますね。そして投稿数

■製鋼分野和文誌、欧文誌の論文数の推移
(10年ごとに3年分を抽出、司会者の集計による)



が伸びているのは韓国、中国です。このトレンドはこれからも続くのではないのでしょうか。それは、日本鉄鋼協会としては良いことだと思います。東アジア地域での鉄鋼や製鋼を研究している人が権威ある学術誌として「ISIJ International」に投稿しているのですから、地位を確立できているということです。このような動きを講演大会や鉄鋼協会のアクティビティにどう反映させられるかが、これからの課題ではないのでしょうか。

吉川 大学での精錬に関わる研究は、2000年頃まではスラグーメタル反応の熱力学と反応速度に関する論文が多いようですが、最近では融体物性の発表が多くなっています。また海外からは流体に関わる論文が多くなってきましたね。

大野 海外をはじめ大学からの論文数は減っていないようですが、企業からの論文が減ってきているように思いませんか。

北村 以前は企業の方で「研究は現場がやるんだ」という意気込みの方がかなりいて、そういう方々がきちんとまとめた論文を投稿していたと思います。そういう時代に比べると今は少なくなってきたように感じます。しかし産学連携を考えると、企業の中からの発信は非常に重要なので、ぜひ再び意識を高めていただきたいと思いますね。

技術の積み重ねがものづくりを支える

吉川 電気炉、特殊鋼分野の研究動向を教えてくださいませんか。

森 諸先輩たちの技術レポートなどによると、大きな転機となったのが取鍋精錬法の開発です。以前は電気炉で酸化脱磷を



森 健志

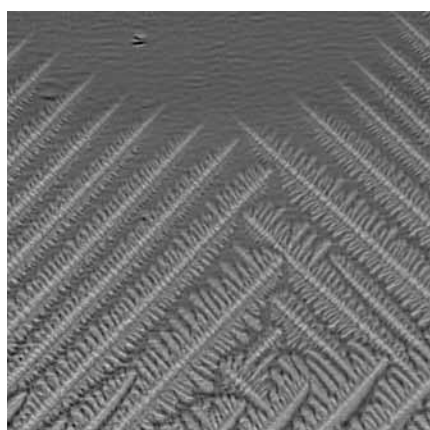
大同特殊鋼(株)
渋川工場
製鋼室長

行った後に酸化スラグを除去し、また石灰を入れ直して還元性のスラグに変え脱硫し、インゴットを造るという、今から考えると生産性の低いものづくりをしていました。電気炉の形も脱硫や攪拌に適した容器ではありませんでした。それが攪拌力のある取鍋精錬炉が開発され、電気炉は溶解と酸化精錬、取鍋精錬炉は還元精錬といった役割分担ができ、生産性がぐっと上がりました。次に、インゴット造塊に替ってブルーム連続铸造機が導入され、精錬の役割分担がなければ、連続的に铸造できなかったものが可能になりました。このように、生産性が上がった後、お客様の要求品質が上がり、その制約の中でまた生産性を高めるということを繰り返してきたという歴史があります。

吉川 取鍋精錬と連続铸造の導入時期はいつ頃でしょうか。

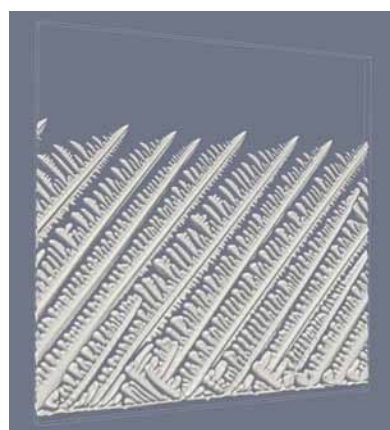
森 取鍋精錬は1971年頃だったと思います。連続铸造は1980年に特殊鋼の大断面ブルーム連続铸造機が大同特殊鋼

凝固におけるその場観察と計算機シミュレーションの研究成果例



200μm

放射光を利用した時間分解・その場観察による
Fe-Si合金のデンドライト
(写真提供: 京都大学 安田教授)



TSUBAME2.0を用いたデンドライト成長の大規模
フェーズフィールド・シミュレーション(京工繊大・高木氏、
東工大・青木氏、下川辺氏のご厚意による)

Spring-8のその場観察によりデンドライト成長過程のその場観察が行われるとともに、それと同程度のサイズ(約3mm×0.1mm×3mm)におけるデンドライト成長過程が超大規模フェーズフィールド・シミュレーションにより解析され、その場観察とシミュレーションの直接的な比較が可能になりつつある。



の知多工場で稼働したのが世界初なので、その時期から特殊鋼が造塊から連続鑄造に移り出したと思います。

吉川 では、現在の技術開発の重要課題はどのような点でしょうか。

森 鋼材を造るプロセスはある程度成熟してしまい、革新的なプロセスは生まれにくくなっています。ただ電気炉の電力原単位を下げるためにスクラップの予熱方法や最適な助燃バーナー活用方法を開発したり、電気炉で出るダストのリサイクル技術を開発したり、ということは各社行っています。

花尾 電気炉メーカー各社で何か違いがありますか。

森 電気炉メーカーの中でも普通鋼メーカーは真空精錬設備を持っているところが少なく、それはお客様の要求がコスト優先だからだと思います。取鍋精錬についても、特殊鋼と普通鋼で精錬時間が3倍くらい違うという例もあるので、一見同じプロセスでものづくりをしているように見えても、鋼種や用途によってプロセスタイムや品質のウエイトは異なります。

今井 私は、日本の特殊鋼は技術的なアドバンテージが大きい分野ではないかと思っています。例えば、ベアリングに使う材料のトータル酸素量が10ppm以下のものと5ppm以下のものでは、疲労寿命が全然違いますよね。それは非常に細かな工夫の何十、何百という積み重ねの結果だと思うのです。そういう日本的

なもののづくりによって技術的な差別化が図られてきた。これが近年に至るまで脈々と続いているのではないのでしょうか。

森 私が入社したのは1997年なのですが、まさにその時期には他社ができないレベルまで酸素を下げたり、カーボンや窒素を下げたり、そのような品質改善を一生懸命していましたね。プロセス自体は変わっていないのですが、造り方のレシピを変えてより品質のいいものを作ることはいまだに脈々と続いています。

三木 「特殊鋼だから」「一般鋼だから」ではなく、日本でしか造れない高級品であれば差別化が図れます。このため、技術者は努力を重ね、研究が進みレベルが上がってきました。そういう発展が今後も持続していくと思います。

森 世界各国との差別化は重要ですね。海外メーカーにキャッチアップされる前に、さらに先を行くにはどうしたらいいのか。あるいは、他メーカーに対し、どのように付加価値を付けるかなど、そのような技術開発に、力を注いでいます。

高まる人材育成の重要性

吉川 次は人材育成についてうかがってみたいと思います。企業の研究者数はどう変化していますか。

森 各社異なるとは思いますが、私が入社した頃は6割工場、4割研究という割合だったと記憶しています。現在は半々くらいになっていると思います。

吉田 私の会社では、現場と開発センターと研究所という3所体制なのですが、現場が最も多く6割程度を占めています。あとは開発センター、研究所が同じくらいでしょうか。

吉川 研究者の数は減っていない傾向でしょうか。

吉田 私は30代ですが、入社した頃は各所とも若手の人数が少な目だったと思います。その頃に比べると、今は若手が増えていると思います。

三木 私の会社の場合も研究所全体の研究者は減っていないように思います。

安田 大学では、私が学生であった1970年から1980年頃と



比べると鉄鋼関連の研究者の数は減っています。その理由は工学全体が発展し、細分化された研究分野が増加したためではないでしょうか。研究する分野の数が増える一方で、全体数は変わりませんので、相対的に多くの分野で研究者が少なくなり、その中でこれまで通り、あるいはそれ以上に役割を果たさないといけないというのが大学の現状ではないでしょうか。

大野 しかし最近のトレンドを見れば、例えば凝固と言われる分野にシミュレーションが得意な機械系の人が参入するというように、研究フィールドの中で人の質が変わってきている気がします。

吉川 他の分野の方も鉄鋼の研究に魅力を感じていると見てよいでしょうか。

安田 鉄に魅力を感じ、他分野から参入してくる方がいると思いますが、他分野の方と共同で研究が行えるような分野を発展させていくことが必要ですね。

吉川 企業では、最近の人材の育成についてどのように考えているのでしょうか。

今井 20年以上前の新入社員に対する教育は、放任と言いますか、「習うより慣れろ」という感じでした。現在は、私から見るとうらやましいほど体系化された教育プログラムがあって、そこでさまざまなトレーニングを受けていますね。私たち管理職も「育成は仕事」と常々言われており、以前から見たらずいぶん変わったと思います。

花尾 現在は社内でカリキュラムが幾つもとできていて、充実した教育が受けられるようになっていきます。マネージャーも、本来の業務の1つとして新人に教育をするよう指導されていて、会社全体として教育は手厚く、という雰囲気が高まっていると感じます。

吉川 それによって、仕事の進め方に变化があるのでしょうか。

森 仕事のやり方は昔から変わっていません。工場のエンジニアは、現場で起きている現象を理解し、それが理論的にどういうことなのかを解明する必要があります。その上で、原因を追求し改善策を立てる「Plan」、実際にその改善策を実行する「Do」その成果を資料にまとめる「Check」、次の改善へと導く



吉田 仁

(株)神戸製鋼所
技術開発センター
製鉄・製鋼開発部
主任研究員

「Action」というPDCAのスパイラルを回すやり方を、昔は仕事をやりながら覚えていきました。今はPDCAの回し方も、手とり足とり教えなければなかなか身につかない人が多いようです。また、昔は「あの人に聞けば何でも教えてくれる」という団塊の世代の方が身近に多くいました。その方々が退職されていくと、新人は誰に相談していいのかわからない。だから仕事のやり方は変わっていませんが、仕事を身につける環境は変わってきたと思います。

今井 よくわかります。私も若い頃は、部長代理などの立場の方が技術開発に熱心で、そういう方が「少々失敗しても会社はつぶれないから何でもやりなさい」と、背中を押してくれました。そのように、精神的なフォローも含めて面倒を見てもらった経験はありますね。

吉川 昔の方が少し温かみがあるような気がしますね。鉄鋼協会での学生を対象とするセミナーは増えていますか。

安田 鉄鋼協会の中ではセミナーが増えているようです。それはやはり人材育成を意識するようになってきたからでしょうね。

吉川 その直接の効果かは判断が難しいですが、最近学生の間で鉄鋼や金属に対する人気が高まっていると感じませんか。

大野 安定して人気はありますね。希望する学生は必ずいます。

安田 材料工学の学生にとって、素材メーカーに就職するの





花尾 方史

(一社)日本鉄鋼協会
論文誌編集委員会
製鋼分野担当幹事

新日鐵住金(株)
技術開発本部
プロセス研究所
製鋼研究開発部
主幹研究員

はごく自然な流れなのでしょう。

吉川 一時期あまり人気がないように感じたのですが、この2、3年は人気が高まっているようで、金属系を志望する学生が割合としては増えている傾向です。

大野 素材メーカーの安定感や国際競争力の高さが学生にも伝わってきているのでしょうか。

安田 必ずしも業界や企業に安定感があるから人気が高いとも限らず、将来その業界あるいはその会社でどんな形でも夢があると感じたところに志望を出す学生が実は大半ではないかと私は感じているのですけれども。

吉川 そうだとすると、鉄鋼のプレゼンスが上がっているのでしょうか。

森 ここ4、5年、講演を大学で行うなど、リクルート活動に力を入れているので、学生の中で「聞いたことあるな」と思われるようになってきたのかもしれないですね。

安田 それは影響があるかもしれないですね。大学のカリキュラムの中に、必ずどここのコースでも企業の研究者あるいは技術者の方に講演していただく特別講義が設けられています。

吉川 鉄鋼研究の魅力を学生に伝える努力が必要そうですね。大学の授業で今、製鋼や凝固、鑄造などの授業はありますか。

大野 一応ありますが、十数年前に比べれば重要性が少しずつ下がっていると思います。

花尾 金属工学以外の方でも、鉄鋼メーカーに入って精錬や凝固の研究をしたいという人も中にはいるので、他学科に対するプレゼンスも変わってきているのでしょうか。

三木 もともと鉄鋼は、金属以外の機械や電気、化学などの分野の学生の採用数が多いですね。

吉田 それだけ幅広く活躍できる場があるということですね。例えば連続鑄造の技術を持っていながら、圧延自体も理論的にわかって、連続鑄造と圧延をつなぐ境界的な技術を提案できるような人や、精錬から連続鑄造の一貫したプロセスを熟知したうえで開発に結びつけることができるような人、こういう人を

「ハブ人材」と呼ぶのですが、そのような人材が鉄鋼業では非常に重要になります。昔は幅広い分野の開発に関わった方が多かったのですが、現在は1分野のみに集中した人が増えていと感じます。これからの時代は、1つの分野の中で新しいプロセスを生み出すだけでなく、精錬と連続鑄造の間の境界領域であったり、連続鑄造と圧延の境界領域、または製鉄所全体としてのマテリアルフローを考えて全体最適のプロセス開発ができる人や隣の領域を見渡せる人が求められると思います。そのような人をどう育てるかが重要な課題になりますね。

よりよい産学連携のあり方とは

吉川 これまで過去と現在の研究動向、人材育成についてお話いただきましたが、これらを踏まえて今後の製鋼分野の課題について議論していきたいと思います。

今井 企業としては現在の1億t強の粗鋼生産規模を維持したいところですが、国内の鋼材需要は6,000万tになろうとしています。そのため40%は輸出で勝負しなければいけません。我々は中国、韓国などには真正面からコストで勝たなければいけないと真剣に考えています。そうすると、製鋼分野では生産性の追求が最も重要です。日本でのものづくりが高コスト構造になっている以上、生産性の点で徹底的に競争力を持たないと戦えないですよ。そのためには精錬の反応効率をもっと高めなければいけません。連続鑄造においては品質工程能力が最大の課題です。さらにいうと、基礎的な研究においてもやるべきテーマはたくさんあります。日本の鉄鋼メーカーは経営環境が厳しい時代も一貫して研究開発費を削減しておらず研究開発部門に対する期待は企業の中でますます高まっていると感じます。

北村 企業の研究レベルが日本はとても高いですね。分野によっては、大学よりもはるかに高度なことを研究している企業もあります。そういう中で産学連携をしていくには、大学は先駆的であったり基盤的であったり、企業ではできないような研究テーマを出す必要があると思います。そして大学の研究者には、自分のフィールドを広げてでもそれに取り組むような意識が求められてくるのではないのでしょうか。

安田 大学は大学の使命があって、企業は企業の中での研究開発の使命があって、お互いに緊張感を持ちながら連携できれば得ることも大きいと思います。私は20年ほど、凝固のその場観察の研究をしてきましたが、これまで続けてくることができたのは鉄鋼協会や日本の鉄鋼メーカーにさまざまな刺激を受け、育ててもらったからだと言えます。産学連携をうまく進めるには、もともと持っている言葉が違う人たちが集まって、共通で認識できるような課題を大学が設定するべきだと思います。例えば、品質の問題が企業で起こった時、試行錯誤によって

中心偏析のような現象を減らすことを目指すのではなく、その物理現象とそれに対するアプローチを研究するというように。基礎研究をしている人には研究のゴールとなり、企業から見たときには実用化につながる可能性のある課題をつくることのできないと、その次が続かないと思います。また、自分の反省も含めて最近課題として感じるのが、大学教員の学会発表が少ないことです。学生・院生が発表していればよいというのではなく、教員も積極的に発表する意識を持ち、レベルの高い議論ができる講演大会にすることが大切だと思います。

三木 研究のグローバル化も大きな課題だと思います。中国企業などはすでにヨーロッパの大学と共同開発を行っており、この観点からでも大学間の国際競争も始まっています。

北村 私は講演大会を今まで以上に国外に開放してもいいのではないかと考えています。これほどたくさん中国からISIJに対して論文がきているのですよ。そのような人達に春秋の鉄鋼協会で発表してもらったら、どれだけ大規模な会議に生まれ変わるかしれません。海外における製鋼分野は非常に活発ですから、そのエネルギーを少しもらって、日本の製鋼分野をもっと活性化させる時期に来ているのではないのでしょうか。

今井 講演大会をもっと国際的な場にするという意見に私も賛成です。私は以前、POSCO社との交流の窓口を担当していたことがあるのですが、韓国の技術者は大変熱心に日本の鉄鋼技術を勉強していました。中国はある意味国策的に、日本の鉄鋼技術情報を体系的に整理して、共有化しています。個人を見てもハングリー精神が感じられます。我々は日本にいて、まだ先人の築いてくれた財産や経験があるから負けていないと自負していますが、個々人のポテンシャルを見たらもう負けているのかもしれない。もっと外をみなければいけないですし、新興国の技術者がどういふスタンスで仕事をしているのか知らなければ、日本の鉄鋼業は早晚抜き去られてしまうのではないのでしょうか。だから国内でも国際的な場が持てれば刺激になると思います。今ならまだ日本に集まってきてくれそうですが、日本に見向きもなくなってから言い出したのでは遅いと思います。

吉川 企業は抵抗はないのでしょうか。

今井 国際競争している会社に勤める技術者であればなおさら、国内で日本人同士でまとまっているようではだめですよ。例えば中国などから今後さまざまな新たな技術が出てくる可能性は極めて高いので、これについていかないと負けてしまいますよね。

北村 私もまったく同感です。技術を模倣されるようになって、日本の鉄鋼業はプロテクトする側に回ってしまいました。しかし気がついたら世の中はまったく別な動きをしていたという、ガラパゴス状態に陥ってしまうのは怖いのですよ。中国の鉄板を使用しても車は動いているのですから。日本のお客様はある意味、特殊なところがあります。若い人などは外を見ながら仕事をして



(司会)

吉川 健

(一社)日本鉄鋼協会
論文誌編集委員会
「鉄と鋼」第100巻
特命小委員会 委員

東京大学
生産技術研究所
准教授

いかなければいけないのに、国際会議に出てくる人の数は減っています。もっと刺激を受けたほうがいいのではないのでしょうか。

「ボーダーレス」に可能性を探る

吉川 学会活動に関してその他に課題はありますか。

北村 製鋼は中間プロセスですから、製鉄工程全体からみればまさに扇の要の役割を担っています。学会としてもこれまで製鋼の中だけで行ってきたことを、製鉄分野と、あるいは下工程の圧延や材料分野とともに開発するなど、部門を超えた活動を進めていかなければいけないのではと思います。

今井 私も製鋼から製品までの一貫プロセスメタラジーが、これからの日本鉄鋼業にとって重要なのは間違いないと思いますね。

花尾 冶金工学や機械工学だけでは解決できないほど要求が高度化してきているので、多様性が求められていると思います。それは人の知識や視野に多様性を持たすということと、組織的には幅広い専門分野の人と総合力で解決していくことが求められていると思います。

吉川 そのために鉄鋼協会ではどのような活動をしていけばよいのでしょうか。

三木 例えば研究会や講演大会などで、現在、製鋼だけで行っているセッションを製鉄や圧延、材料開発などと共同で行うなど、鉄鋼協会が本来持っている多様性をうまく生かしたやり方があるように思います。実現するにはいくつか課題があると思いますが、良いピックスを見つけて進めていけると思います。

吉田 これまでですと、1つの分野の中でそれを深掘りすれば解答が出てきたのですが、最近は問題や課題が多様化して単純に解けなくなってきました。周辺を見据えた知識の探索が重要になってきていて、隣の領域との交流によって、新たなものを発見していく必要があるようです。鉄鋼協会の中でも例えば鉄鋼工学セミナーにおいて、製鋼向けに圧延の講義を行ったり、圧延向けに連続鑄造の講義を行ったり、さらには製鉄、



前列左から三木 祐司氏、北村 信也氏、今井 正氏、安田 秀幸氏、後列左から森 健志氏、大野 宗一氏、吉田 仁氏、花尾 方史氏、吉川 健氏

製鋼、圧延分野をシャッフルしたチームによって10年後の鉄鋼製造プロセスを考えたり、そのような試みによって若い人が異分野に触れる機会をつくるのが大切なのではないでしょうか。

森 私の会社では、個別最適はわりとできていますが、全体最適でコストを下げるのがうまくできていない部分もあります。あるいは全体最適でできていたものが、ある1分野のお客様の要求あるいは下工程の要求が変わったことで、他の工程まで引きずられてしまうこともあります。技術改善を行ううえでやはり下工程を知らないといけないだろうと、最近、他工程との交流を試行的にやり始めたところです。

大野 私が研究している連続鋳造に係る凝固組織のシミュレーションでは、これまで材料系の人たちがメインで行ってききましたが、そのモデルを洗練させていくには数学の分野の方々と手をとる必要があると感じています。さらにそのできたモデルを実際の複雑な条件下で解いていくには、計算機を専門とした、方々とともに大規模化を進めていくことを考えています。異分野との連携によって革新的なものが見えるのではないかと、期待しています。ただ一方で、これまで私たちが培ってきた材料工学についても再評価し、オーソドックスな手法による地道な研究も継続していく必要があると感じています。

花尾 産と学であったり企業間であったり、組織が異なると垣根があるので、その垣根をできるだけ低くするようなきっかけを、鉄鋼協会に提供してもらえたらありがたいという願いはあります。

北村 今日のお話では「ボーダーレス」というキーワードがたくさんあったと思います。それはプロセスのボーダーであったり、学問分野のボーダーであったり、あるいは国というボーダーであった

り、それらの壁を低くしたところに新しいきっかけが見つかるのではないかというお話が多かったと思います。これまでの枠を超えていくと、まさに扇の要である製鋼の位置づけが今よりもっとクリアになってくるのではないのでしょうか。

日本の製鋼技術は世界に誇るべきレベルにあり、日本発の技術で世界標準になっている技術もたくさんあります。トップランナーであり続けるというのは非常に厳しいことだと思いますが、日本の鉄鋼がこれからも生き続けるには、製鋼技術がこれからもトップランナーでなければならないという宿命があります。この先も、もがきながら新しい世界をつくっていく必要があるのではないのでしょうか。その中で、世界的に見ても非常にユニークな学会である日本鉄鋼協会という場を、産学ともうまく活用して、これからも発展させていければよいと思います。

最後に、私から企業の方をお願いしたいことがあります。それは、学会に参加してください、ということです。最近、企業の、特に現場の技術者の方がほとんど学会に出てこなくなっています。現場のエンジニアの方が発表してくればベストですが、発表しないまでもさまざまな質問をしたり交流したりすることは大切だと思いますので、ぜひ学会に出てきてください。それから先ほど安田先生がおっしゃるように、大学の先生自らが発表してくださること、これも非常に大切です。この2つをお願いしたいと思います。

吉川 製鋼分野の研究・開発を活発化するさまざまなアイデアをいただきました。製鋼技術がこれまで以上に発展を遂げる新しいきっかけになればと思います。本日はありがとうございました。