



# アラカルト

若手研究者・技術者へのメッセージ-33

## 研究生活での出会い

Encounters in My Research Activities

月橋文孝

東京大学  
名誉教授

Fumitaka Tsukihashi



### 1 はじめに

2020年3月に大学での研究生活を終わりましたが、学生時代から退職まで、その間、多くの方との出会いがあり、また、いろいろな経験との出会いがありました。これまで多くの先生方、先輩、友人、後輩、学生等の皆さんなど多くの方と出会い、いろいろなアドバイス、メッセージをいただきながら、十分に受け入れもせず過ごしてきた身としては若手研究者・技術者へのメッセージを述べるのは至難ですが、いろいろな意味での出会いは大切なことと思っています。

1973年に東京大学に入学し、1975年に工学部金属工学科に進んで以来、45年間、2020年3月に東京大学を定年退職するまで、金属製錬の分野で反応の速度論、熱力学の分野を中心に皆さんにお世話になってきました。退職にあたり大学の研究室を片付けていて、これまでにお付き合いいただいた多数の方々の名刺が出てきました。一枚一枚を見ながら顔を思い浮かべつつ、失礼とは思いつつ大部分を処分することにしましたが、多くの方との出会いと教えがあり、その方々のおかげでこの分野に入ることになり、これまで専門分野で過ごしてこれたと思うと、出会いの大切さを改めて思います。これまでの人との出会いと経験の中から思い出すことを述べることにします。

### 2 生産技術研究所試験溶鋳炉

私が鉄鋼製錬の専門分野に興味を持ったのは、東京大学生産技術研究所の試験溶鋳炉の操業に参加したのがきっかけです。最後の操業が終了して40年経ちますので、東京大学生産技術研究所鉄鋼研究室（西千葉キャンパス）に試験溶鋳炉があったことをご存じない方が多いと思います。試験溶鋳炉では1955年（昭和30年）から1981年（昭和56年）まで29回の操業が行われました。一回の操業は2-3週間で行われ、炉内径約600mm、高さ約3mの溶鋳炉で、全国の大学の主に冶金

学科、金属工学科、材料工学科等の学生が操業実習の作業員として参加し、三直三交代で操業を行っていました。「1t溶鋳炉」と呼ばれていましたが、一日に約4tの銑鉄を産出していました。どのような重要な研究をしていたのか学部3年生の私は理解できずに操業をしていましたが、試験溶鋳炉は大規模な研究試験装置として、鉄鋼研究室だけでなく、製鉄会社各社、日本鉄鋼協会と協同して、通常の大学、企業の研究室ではできない規模での製鉄研究を行っていました。特殊な操業条件下での溶鋳炉操業を行うことにより、どのような異常が起こるかを検証して解析を行い、製鉄分野の多くの貴重な成果を得ていました。

大学3年生（1975年（昭和50年））の夏休みに行われた試験溶鋳炉の操業実習に参加し、当時の教授の館充先生にご指導を受けました。大学の掲示板に試験溶鋳炉の操業実習参加（今風に言えばインターンシップ？）の募集があり、何もわからずに面白そうかなという好奇心だけで希望したわけで、この応募が将来の専門分野を決めることになるとは、当然、考えもしませんでした。手元にある「試験溶鋳炉第26次操業報告書」をみると、操業の目的として、「劣質コークスを使用し、異常炉況を再現することにより、炉内高温域で起こるコークス劣化の現象形態を把握し、その劣化要因、破碎機構を解明する…」<sup>1)</sup>と書かれています。今になって報告書を読み返すとすばらしい研究をやっていたのだなということがわかるのですが、当時、学部3年生にとっては、製錬についてはまだ習っていない状況で、当然ながらこの目的が何を意味するのかもわからず、ただ言われるように鋳石やコークスの重量を量ったり、銑鉄、スラグの分析をしたりと操業に従事していたというのが実情でした。

何もわからなかったとはいえ、出鉄口に自分で孔を開けて銑鉄を取り出し、流れ出る大量の溶銑のダイナミックさとそれをハンドリングする感動は今でも忘れることはできません。考えてみると、その後今まで、あれだけ大量の溶銑を自分の手で扱ったことはなく、もの作りの貴重な体験でした。

全国から集まった多数の同年代の学生と寝食をともにし、溶鉱炉操業に従事したという経験は非常に貴重なものであり、後日、日本鉄鋼協会の活動で知り合った方にも実習に学生として参加された方が多く、学生の教育の点からも溶鉱炉実習の果たした役割は非常に重要であったと思います。その後、大学院学生、大学職員として鉄鋼製錬研究に携わることになったのも、このときの試験溶鉱炉操業の強烈な印象が大きかったことは間違いありません。

### 3 学部・大学院学生として

研究室配属となった学部4年と大学院博士課程までの6年間は、冶金反応工学研究室(教授・相馬胤和先生)の研究室に配属となり、4年生の卒業論文のテーマを研究室配属になった同級生で決めることとなりました。冶金反応工学の研究室であるので、金属製錬反応に関する研究テーマが提案された、研究テーマから同級生が順番に選んでいき、一番難しいと言われたテーマが最後に残り私の研究テーマとなってしまう。それが「鉄鉱石のCOガスによる化学反応速度測定」という研究でした。

卒業論文の研究は、研究生活を始める最も初期、というより前段階ですが、測定データについて、相馬先生の「実験結果はメーターの読み間違いも含めて正しいが、数式は必ずしも正しいとはいえないので、実験結果をかみしめること」という教えでした。自分で得た実験結果大切に取り扱いなさいということと今でも心に残る教えとなっています。

溶融還元が国のプロジェクトとして注目される前の時代です。高温での製錬反応では、化学反応速度は物質移動速度より大きく、反応速度を測定することは難しいのですが、最終状態までどのような速さで到達するかという時間の予測については反応速度を知らねばなりません。真の化学反応速度はその反応機構でそれ以上反応を速く進めることができない速度ですので、鉄鉱石のCOガスによる化学反応速度を測定することとなりました。

深く考えずに4年生のときに選んだテーマが、その後、大学院でのX線透視装置を用いた鉄鉱石の溶融還元、軟化・融着・浸炭についての研究につながっていくとは、思ってもみませんでした。相馬胤和先生のご指導で、研究室の皆さんにいろいろと教えていただいて、還元する酸化鉄を微粒子にすることにより物質移動の影響を小さくして化学反応速度を測定するという興味深い方法でした。この研究で、製錬プロセスの化学工学的解析を用いた解釈をするという面白さを知ることができました。卒業論文での研究が後日、鉄と鋼に論文として掲載され、初めて専門誌に名前が掲載された喜びは忘れられません。

## 4 Carnegie-Mellon 大学

1982年に博士課程修了後、東京大学で鉄冶金学研究室(教授・佐野信雄先生)の助手にいただきました。佐野研究室では製鋼反応の研究に従事し、熱力学の製錬プロセスでの重要性を教えていただき、このとき研究対象として扱ったスラグの勉強をしたことで、スラグが定年まで私の研究のキーワードになりました。

二年後1984年に米国PittsburghにあるCarnegie-Mellon大学へポスドクとして二年間滞在する機会をいただきました。Carnegie-Mellon大学はアメリカの鉄鋼王であるAndrew Carnegieが設立した大学で、Department of Metallurgical Engineering and Material Science内に、教授のRichard Fruehan先生が鉄鋼の産学共同研究センターとしてCenter for Iron and Steel Researchを運営しており、Fruehan研究室で製鋼反応の研究を行いました。製錬反応の化学反応速度を、同位体を含む反応元素の同位体交換反応を用いて測定するという研究で、Fruehan先生の得意分野の手法で、この手法を勉強できたことは、その後の私の速度論の研究で大きな財産となりました。

ご承知のようにPittsburghは長い間アメリカの鉄鋼産業の中心地として繁栄していましたが、私が滞在した頃は、日本鉄鋼業の台頭で、Pittsburghの製鉄所がほとんど閉鎖された頃で、製鉄会社の研究所の活力が低下していました。そのような中で、鉄鋼製錬研究の中心として、北米の製鉄会社からの資金を基にしてCenter for Iron and Steel ResearchをFruehan先生が設立され、初期の頃の研究員として、他の仕事に煩わされることなく自由に研究に没頭することができました。というより英語が十分に通じないやつにいろいろな仕事を頼んでも役に立たないので研究をさせておけというのが実情でしょう。スラグ・フラックスの国際会議と世界鉄鋼会議の二つの国際会議で、初めて英語で国際会議発表する機会を与えられ、ディスカッションできたのは貴重な経験でした。

アメリカへ行くときに佐野信雄先生から、外国ではものの考え方、その基となる文化の違いをよく見てくることと、将来も付き合える外国人と知り合ってくるようにとのアドバイスを受けました。アドバイスのおかげで、日本人も含めて世界中から来ていた研究室内外の多くの友人と出会うことができ、同じ分野で活躍している研究者と公私にわたり長年にわたりお付き合いいただいていることはこれまでの研究生活で貴重な財産です。

自宅の部屋に時計が掛けてあります。帰国するときにFruehan研究室メンバーからいただいたCarnegie-Mellon大学の記念品の時計で、35年経ちましたがまだしっかりと動いています。その時計にAndrew Carnegieの言葉として、「My heart is in the work」と書かれており、現在に至るまでこの言葉を心にとめて活動しています。

## 5 東京大学の教員として

1986年に帰国してからは定年まで東京大学で過ごしてきました。1986年(昭和61年)に講師になって2020年(令和2年)に定年退職ですから、平成時代を教員として過ごしたことになります。佐野研究室で助手、講師、助教授にさせていただき、研究室での研究内容は製鋼プロセスの反応の速度論、熱力学で、毎年新たに研究室にくる個性豊かな多数の院生、学生と共に研究を進めながら、佐野先生からは研究室の運営のやり方を教えていただいたことは、後年、自分の研究室を持ったときに、大いに役立ちました。助教授時代の後半は、自分の研究室を持たせていただきました。

講師となって、すぐに講義の担当となりましたが、担当講義は材料物理で統計力学を教えなければならず、これまで物리학、輸送現象を専門に勉強してきた身には、なかなか重荷でした。講義で学生に理解を求めするには、自分できちっと理解していなければ他人には教えられないとの理解で、勉強しなければならず苦労しましたが、若い頃のいい勉強になりました。この頃の努力に比べて、定年の最後の頃の講義は惰性に流れたのではないかと危惧しています。講義術がよくなかったためか定年まで私の講義のアンケートでの評価はよくありませんでしたが。

ここで紹介することではないかもしれませんが、一般には出版されていない資料について書いておきます。あまり知られていないかもしれませんが、「東京大学大学院工学系研究科金属工学・材料学専攻図書室古典図書目録」があります。これは東京大学の現マテリアル工学科図書室に所蔵されている1920年出版以前の図書931冊(洋書815冊、和書116冊)について、館充先生が図書室で一冊ずつ調査され、書誌情報と内容の概要をカード形式にまとめられたものです。冶金学の歴史を知る上で非常に貴重な資料で、図書目録として製本されており、助教授の最後の時代に最終的なとりまとめをお手伝いさせていただきました。そのとき館先生が私に「冶金のArcheologyも重要だから、やってみてはどうかね」とおっしゃったことがあります。当時は目の前の学務、業務に追われてArcheologyまで手が回らず定年まで過ぎてしまいましたが、これから少し勉強してみようかと思っています。マテリアル工学科図書室には明治時代の蔵書や1879年(明治12年)の第1回の卒業生からの卒業論文(実習報告書)の貴重資料が、関東大震災や戦争でも焼けずに保存されており、考えてみると、在職時に目の前に貴重な資料が山のようにあったことを見過ごしてきたことを悔やんでいます。

21世紀になる少し前の1999年に教授となり、所属が柏キャンパスの新領域創成科学研究科物質系専攻非平衡プロセス学研究室に変わり定年までいました。研究分野は製鉄、製鋼分野の物理化学、熱力学、速度論を引き続き行って、スラグの物理化学、リサイクルの研究を引き続き行うとともに、

資源・素材学会に関係する非鉄金属製錬の物理化学の研究も行うことになりました。

柏キャンパスは千葉県柏市に全く新しく作られたキャンパスで、全学の各学部、学科から先生方が集まってきて一つの研究科を創りました。名前に新領域と付いていますが、設立されて20年以上経ちました。この研究科は大学院のみが設置されており、学部の教育は元の所属の学科、すなわち私の場合、工学部マテリアル工学科担当で、初期の頃はTV会議システムがなく、会議のたびに本郷キャンパスと柏キャンパスの間を行ったり来たりしていました。何もないキャンパスの敷地に建物を新たに作り、研究設備を設置して、新しい部屋に住むことになりました。所属していた物質系専攻は、基幹講座として工学部のマテリアル工学科と物理工学科と応用化学科から教員が数名ずつ集まって、さらに協力講座として物性研究所の理学部物理、化学の先生が加わって、何もないところから一つの専攻を創ったので、規則の制定からすべて手作りで面白い経験をしました。それ以上に財産となったのは、研究科内ではいろいろな分野の先生方が集まっているので、それまでにお付き合いしたことのない専門の先生方と多く知り合いになり、鉄鋼分野という実学と深く付き合ってきた身にとっては視野を広げることができました。

教員となってからは学会関係の方々とのお付き合いも多くなり、学術的にはいろいろな分野の研究会でお世話になりました。日本鉄鋼協会では、材料電磁プロセッシング部会(名古屋大学・浅井滋生先生)、循環性元素分離研究会(東京大学・佐野信雄先生)、鉄鋼スラグの基礎と応用研究会委員(北海道大学・横川敏雄先生)、電磁ノーベルプロセッシング研究会(名古屋大学・浅井滋生先生、東北大学・谷口尚司先生)、高温プロセス部会モデリング研究グループ(東京大学・鈴木俊夫先生)、高度電磁力利用マテリアル・プロセッシング研究会(東北大学・谷口尚司先生)、難焼結性鉄鉱石の塊成化プロセス工学研究会・多孔質メソモザイク組織焼結研究会(東北大学・葛西栄輝先生)、鋼中介在物の分析・制御技術の高度化フォーラム(東北大学・井上亮先生)、グリーンエネルギー製鉄研究会(京都大学・柏谷悦章先生)、マルチフェーズ利用による溶銑脱磷プロセスシミュレーション研究会(早稲田大学・伊藤公久先生、東北大学・北村信也先生)、鋼中非金属介在物粒子の多面的評価研究会(東北大学・井上亮先生)、(思い出した研究会を列挙しましたので、他にお世話になった研究会がありましたらご容赦ください)などのいろいろな研究会で先生方、メンバーの方々にお教えをいただき、多くの方との貴重なつながりを得ることができました。とくに私が主査をしましたマルチフェーズフラックス研究会、海洋環境での製鋼スラグの利用技術開発プロジェクトでは、鉄鋼のみならず広い分野が関連する研究が重要であることを認識することができ、鉄鋼分野以外の人材を知ることの大切さを感じることができました。

また、鉄鋼協会の各種事業での委員会等でも多くの方と知り合いとなりました。同じ鉄鋼というキーワードでも、鉄鋼製錬分野にいと鉄鋼の他分野の方と知り合う機会は少ないため、各種委員会では鉄鋼各分野の方と知り合いになることができたことは、研究を含め活動を広げるうえで貴重なことでした。

## 6 ニューノーマルの時代

定年になる直前の2020年初めから世界的に新型コロナウイルスの感染が拡大し、一年以上にわたり収束せずに、突然に我々の生活形態が大きく変わって、緊急事態宣言などのいろいろな制限のなかで不自由な生活になってしまいました。ニューノーマル、三密、ソーシャルディスタンス、緊急事態宣言、テレワークなどの耳慣れない用語があちこちで聞かれるようになり、自分の人生の中では、これほど急激な生活の変化はなかったように思います。毎日、マスメディアで知らされる感染者数に一喜一憂し、感染総数と検査母数と感染率との情報など統計の情報の取り扱いの合理性など見ながら、我々の実験データの統計的取り扱いを考え直す機会にもなりました。

思えば、2020年1月11日の新聞夕刊で、中国・武漢市で新型コロナウイルスによる肺炎が広まっており死者が出たとの記事を読み、日本ではまだそれほど感染が広がっていないことからあまり緊張感も持たず、武漢科技大学の友人にお見舞いを兼ねて様子を尋ね、大丈夫ですと言う返事に安堵していました。その後のこの一年以上の日本国内の状況を見ると、当時、自分自身で危機管理をしっかり考えておらず、安易に過ごしていたことに反省しきりです。

その後、感染の拡大に伴い、いろいろな活動が制限され、送別会の連続で埋まっていた私の手帳の予定はキャンセルされ真っ白になりました。学生にとっての大切なイベントである卒業式、修了式も形を変えて縮小された形で行われ、卒業生にとっても可哀想なこととなりました。学会活動にとっても影響が大きく、対面形式の講義、会議がオンラインになり、学会活動もテレワークがごく当たり前になってしまいました。

大学の講義でも、昨年度からは皆さんご苦労されてオンラインで講義をされているようです。オンライン講義では友人ができない等の弊害が指摘されていますが、教える側でも学生の反応を肌で感じられず、知識の一方通行の伝達でなく、その分野の面白さを伝えるのにご苦労されているようです。2020年1月までは、対面での講義に制限はなかったので、学生への講義が最後まで対面で行えたのは幸いでした。

テレワークで、自宅から会議に出席、議論できるのは移動時間の節約などメリットはありますが、相手の画面を見てだけのディスカッションは相手の雰囲気を読み取れず、いまだ慣れません。最近の進歩についていけない古い人間なのかもしれませんが、対面で三次元的に相手の表情を知覚して話をするのと

ディスプレイ上で二次元の画面での話とでは、議論の内容は同じでしょうが、やはり得られる情報が違うように思えます。

まして、初対面の人との会話では、どのような相手なのか理解できるのか不安があります。オンラインでの学会講演大会などでは、ある意味、講演で一方通行の情報となり、若手の研究者、技術者、学生の皆さんが、その分野の専門家と自由に話をして情報を得るという自由度がなくなります。若い研究者、技術者の皆さんが分野のいろいろな先達と知り合うチャンスがなく、多くの人との交流の機会の減少がその分野の活性化を阻害するのを危惧しています。やはり、人と直接、知り合っつながりを大切にすることが必要だと思います。

新型コロナウイルス感染の影響で、言葉の感じ方も変わってしまいました。「positive」という語は積極的とか前向きなどと言う意味で理解していましたが、新型コロナウイルス感染の中では、感染が「陽性」となってしまいます。早く、いい意味での「positive」の生活に戻ることを願っています。

## 7 おわりに

これまで、多くの方と知り合いになり、助けていただいて、そしていろいろな教えを心に留めて、研究・教育生活を送ってきました。大学院時代にいただいたある先生からのアドバイス「自分の分野で何でも頼める友達をたくさんつくっておきなさい」を常々心がけてきたおかげでもあります。私自身のこれまでの大学生活のなかでは、ものごとを行うときには何事にも一所懸命、真摯に向かうことと、自分を見込んで頼まれたことは断ることがないようにということを心がけてきたつもりです。実際にはそうできなかったことが多々ありますが。

いろいろな経験で感動することと、人との出会いにより教えられることは貴重な財産ですし、他の人の助けなしに自分一人ではできることは限られています。これまで何とかこの分野でやってこられたのも、多くの方と知り合うことができたおかげで、お世話になった皆様に感謝します。

若手研究者・技術者へのメッセージということで、私自身の経験の中で思うところを述べてきました。しかし、世の中にはいろいろなメッセージがあふれています。自分自身でこれぞと思うメッセージをよく考えて取捨選択して、自分の確固たる考えを持って自身の道を築いて行くことが肝要と思います。若手技術者・研究者の方々が今後ますます発展されることを期待しています。

### 参考文献

- 1) 試験溶鋳炉第26次操業報告書, 1975年8月1日~8月15日, 東京大学生産技術研究所鉄鋼研究室

(2021年4月26日受付)