



21 世紀の素材研究に向けて

北海道大学大学院工学研究院材料科学専攻；助教
夏井俊悟

はじめに、本稿執筆の機会を頂き、関係各位に御礼申し上げます。この場をお借りして、私のプロフィールと研究活動環境について時系列順に紹介させていただきます。

私は、岩手県沿岸北部の久慈市で育ちました。久慈市は2013年のNHK連続テレビ小説「あまちゃん」の舞台ですが、かつてはそのイメージとは異なり砂鉄の産地、たたら製鉄の町でした。また、岩手県は伝統工芸品の南部鉄器、釜石の日本初の製鉄高炉など鉄産業に密接な関わりがあり、これらが身近に感じられる環境でした。「材料工学」を専攻に選んだのもその影響ではなかったかと思えます。

大学での講義を聴講しているうちに、21世紀においては、エネルギー問題、地球環境問題が重大な問題であると感じるようになりました。CO₂などの地球温暖化ガス排出削減のために、材料科学の分野では、次世代のエネルギー技術として燃料電池や超電導材料が特に注目されていました。しかし、私が選んだ卒業研究テーマは、鋳造合金の引け巣というもので、材料生産の基礎研究でした。引け巣とは、熔融金属が凝固のときに収縮することで生じる空洞上の欠陥のことで、その形成メカニズムは工学上重要ですが、環境問題とはほぼ無関係です。実はこのとき、流れの数値シミュレーションに魅力を感じていました。引け巣の形状は複雑な熔融金属の流れや伝熱に大きく影響されるため、理論や実験による正確な予測が大変難しいのですが、年々高速になっていくコンピュータを活用し、時間と空間を細かく離散化して近似解を導くという方法が大変面白く感じました。指導教官の東北大学安斎浩一教授は、有限要素法を用いた数値流体力学(CFD)による鋳造設計の研究を長年続けておられ、研究室には多くの先輩方が在籍し、計算に関する多くの知識が集積されていました。私の在籍期間は一年間だけ、かつ勉強不足でしたので、新たな発見はあまりできなかったのが心苦しいのですが、多くの楽しかった思い出があります。

大学院進学後は、東北大学多元物質科学研究所にて有山達郎教授(現名誉教授)の研究室に配属され、製鉄用高炉の低炭素化を研究テーマとして頂きました。鉄鋼業から排出される

エネルギー起源CO₂の排出量は国内総排出量の約15%に相当します。したがって、あまり知られていないのかもしれませんが、主な排出源である高炉の低炭素化は、地球温暖化問題に直接大きく寄与します。鉄を作らなければ当然CO₂排出量も減少しますが、そのような社会基盤がまだできていません。現状で銑鉄1t当たりの製造に300kg前後のコークスが必要ですが、還元ガス利用率の向上により200kg台の低いコークス比操業の可能性があります。ただし、原料粒子の分散的な運動、気相との相互作用、熱と物質の移動、相変態などの現象が複雑に絡み合い、新たな操業設計は困難でした。そんなとき、数値シミュレーションが有効なアプローチであると思われました。修士課程在籍時に東北大学植田滋准教授、井上亮准教授(現秋田大学教授)ならびに加納純也教授から多くの御助言を賜りながら、粒子個々の運動を追跡可能な数値解析手法である離散要素法(DEM)を学び、これを並列演算によって大規模化ならびに粗視化することで、不規則な充填層構造をある程度再現することに成功しました。博士課程進学後は、室蘭工業大学塾上洋教授(現東北大学教授)らの御支援を賜りながら、二流体理論に基づいたCFDとのカップリング手法(DEM-CFD)による高炉の固気二相流モデルへと拡張しました。これを用いて、粒子配置を考慮した高炉の低コークス操業時の通気性と高反応性コークスの還元速度の同時評価法を学会で提案し、平成25年度依論文賞を頂きました。微力ながら素材づくりの低炭素化に関わることができたと感じ、大変嬉しく思っています。思えば、地元産業である鉄・鋳造、大学で興味を持った環境問題、そして数値シミュレーションと、私の好きなものの組み合わせで研究を続けることができたのは大変幸せなことでした。それだけに本当に多くの方々の御協力なしには達成できない研究であり、関係各位に心より感謝申し上げる次第です。

私は2013年3月に博士の学位を取得でき、同年4月より北海道大学大学院工学研究院材料科学部門エコプロセス工学研究室にて助教として勤務しています。新たな研究環境は、私にとって大変刺激的です。当研究室の鈴木亮輔教授は、チタンなど難還元性金属の溶融塩製錬をご専門に研究され、最近ではこれを応用したCO₂の直接分解や太陽熱発電の高効率化などにも展開されています。また、菊地竜也准教授は、新規な酸性水溶液を用いたアノード酸化によるナノポーラス材料の創製に取り組み、新たなナノデバイスへの応用にも挑戦されています。幅広い研究を行うことができる環境で、新たなサイエンスを生み出すべく日々奮闘中です。21世紀に入って早13年が過ぎ、素材産業を取り巻く環境はますます変化しています。材料工学もこのような変化に対する柔軟な対応力が求められますが、コンピュータやナノテクノロジーなど進化を続ける技術と、先人の知恵が詰まった伝統的な技術とをカップリングすることで、視野を広げ、新たな研究フィールドを生み出していきたく思います。

(2013年12月4日受理)[doi:10.2320/materia.53.72]

(連絡先：〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)