

2006年3月28日

**日本学術振興会先端研究拠点事業  
「環境調和型アクティブメタルプロセスの開発」**

**JSPS Core to Core Program  
“Development of Environmentally Sound Active Metal Processing”**

コーディネーター：東京大学生産技術研究所 岡部 徹 助教授

報告書：05JSPS-05

報告内容：MITにおける”The 1st Workshop on Reactive Metal Processing”での  
研究発表および研究交流

東京大学大学院工学系研究科  
マテリアル工学専攻博士課程3年  
岡部研究室所属 竹田 修

## はじめに

2006年3月17日から18日の2日間にわたり、米国マサチューセッツ工科大学（MIT）において行われた”The 1st Workshop on Reactive Metal Processing”（第1回アクティブメタル・ワークショップ）での研究発表および研究交流について報告する。

本会議は、日本学術振興会先端研究拠点事業「環境調和型アクティブメタルプロセスの開発」の研究助成により、東京大学岡部研究室とMIT Sadoway研究室を中核とする国際的な研究交流の一環として行われたものである。今回は、世界5カ国から、チタンなど製造が難しい活性金属の製造プロセスの専門家および大学院生約20名が集った。

今回の会議では、MIT側のオーガナイザーであるDonald R. Sadoway教授およびAdam C. Powell IV助教授の特別な配慮によりMITのChipman RoomおよびMIT Museumを貸切り、2日間にわたって内容の濃い、充実した議論および交流を持つことができた。本ワークショップを通じて、最新の学術情報や極めて特殊な技術情報を交換し合うだけでなく、研究者同士の交友を深めるなど幅の広い研究交流を推進することができた。

第1回ワークショップの成果を踏まえて、今後も継続的な研究協力・交流を行うとともに、次回は2006年11月に第2回のワークショップを東京で、さらに2007年3月には第3回のワークショップをMITで行うことを確認し、会議は閉幕した。

## ワークショップの背景

現在、アクティブメタルの一つであるチタンの生産量の世界シェアは、日本が28%、米国が12%と、この2ヶ国だけで世界の4割を占めており、日本はチタンの製造技術に関しては世界をリードする技術超大国である。しかしながら、チタン工業における国際競争は激しさを増しており、日本が今後とも技術的な優位性を保つためには革新的なチタンの製造プロセスの研究開発が必須である。

また、チタンのみならずシリコン、タンタルなどの金属の製造についても日本は高度な技術力を有している。そこで、これらの活性金属の製造プロセスの研究分野で世界をリードする東京大学岡部研究室とMIT Sadoway研究室とが連携して研究交流・共同研究を行うことにより、最先端の技術および情報の蓄積を推進すると同時に、若手研究者の育成を目的として本ワークショップは企画された。

## ワークショップ第1日目（講演会）

今回のワークショップには、世界5カ国から、チタンなど製造が難しい活性金属の製造プロセスの専門家約20名が集まり、最新の学術情報や極めて特殊な技術情報を交換し合い、当該研究分野における世界的な研究拠点の形成が推進された。

ワークショップはオーガナイザーであるSadoway教授の開会の辞で幕を開けた。はじめに、東北大学の佐藤 譲教授により溶融ニッケル合金の粘性に関する基礎的な研究の講演があった。ニッケル合金の融点は高く（今回の報告の対象は1600以上の融体）その液体の粘性測定は困難を有するが、新規に開発したOscillating methodにより、高い精度で液体金属の粘性を決定することに成功した。

東京大学側のオーガナイザーである岡部 徹助教授からは、現在、岡部研究室で行われて

いるレアメタルの製造プロセスに関する多様な研究プロジェクトについての講演があった。その対象は、チタン、ニオブ、タンタル、貴金属、およびスカンジウムの広範囲に渡り、その手法も乾式製錬から電気化学的手法まで多岐にわたった。特に、チタン鉱石から一日で金属チタンを製造する手法（プリフォーム還元法）は注目を集めた。

Sadoway 教授からは、持続的発展が可能な社会を構築するために、金属製錬の観点からの課題についての講演があり、それを実現するために Sadoway 研究室で行われている酸化物電解の基礎的な研究について説明があった。その中で、酸化物電解を用いて月面の鉱石から鉄やチタン、酸素を製造する野心的なプロジェクトなどが紹介され、解決すべき技術課題が解説された。

中国の北京科学技術大学の朱 鴻民教授からは、コンデンサー用のタンタルの微粉末の製造プロセスや、消耗式アノード電解を用いたチタンの製造プロセスの研究の講演があった。後者の研究において酸化チタン原料から酸素濃度 250 ppm、炭素濃度 630 ppm の比較的高い純度の金属チタン（純度 99.9% 以上）が得られたとの報告は特筆すべきことである。

豊橋技術科学大学の竹中 俊英助教授からは溶融塩を用いたチタンなどの製造プロセスに関する研究の講演があった。発表の中で溶融塩電解によってリチウムやマグネシウムが析出する様子を捉えた映像が紹介され、学術的な価値の高さとともに新鮮な感動の声が参加者からあがった。

Powell 助教授からは金属製錬プロセスにおける電気化学的現象などをフェイズ・フィールド法によりコンピュータ・シミュレーションする研究の講演があった。美しいシミュレーションの映像とともに、金属のプロセス技術への新しいシミュレーション手法の応用など、今後の研究展開に関する説明があった。

第 1 日目の最後の講演は、東北大学の佐藤 修彰助教授により原子力燃料のリサイクルや二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) の光触媒特性について説明いただいた。一連の研究は硫化物やハロゲン化合物を有効に利用することを機軸にした体系的なものであり、今後の発展が期待された。

### ワークショップ第 1 日目（ポスターセッションおよびバンケット）

講演会の後、大学院生らによるポスターセッションがあった。岡部研究室の鄭 海燕大学院生（博士課程）からはプリフォーム還元法によりチタン鉱石から直接金属チタンを製造するプロセスのポスター発表が、同じく尾花 勲大学院生（修士課程）からは電気化学的な手法を用いてチタン鉱石から鉄を除去する研究のポスター発表があった。

筆者はチタンの低級塩化物を利用する次世代のチタンの高速・(半)連続製造プロセス(サブハライド還元法)のポスター発表を行った。今回のワークショップに直接参加はしていないが、袁 勃艶大学院生（博士課程）の電気化学的手法によるニオブ、タンタルの微粉末の製造プロセスの研究や、大川 ちひろ大学院生（修士課程）の貴金属のリサイクルプロセスの研究のポスターも展示され、ワークショップに参加した研究者の大きな注目を集めた。

ポスターセッションでは同志社大学の伊藤 靖彦教授（京都大学名誉教授）をはじめとする参加者からの鋭い質問を受け、大学院生らにとって大変よい勉強になっただけでなく、参加者同士の有意義な意見交換の場となった。

バンケットは MIT Museum に移動して開催された。MIT Museum は、これまで MIT で行

われてきた研究開発の歴史を、楽しくかつビジュアルに実物や模型を多く使って展示してある優れた博物館である。今回は、Sadoway 教授の特別な配慮により、この博物館を貸切りで利用し同時にバンケット（研究交流会）を行うという幸運に恵まれた。バンケットでは研究の話題だけでなく、米国や中国など多くの国の文化についても見聞を広めることができた。

### ワークショップ第2日目（発表とキャンパスツアー）

ワークショップ第2日目（3月18日）は大学院生・ポスドクらによる発表会が行われた。はじめに、Powell 研究室の Wanida Pongsaksawad 大学院生（博士課程4年）よりフェイズ・フィールド法による鉄の電気化学的な精錬プロセスやチタンの製造プロセス（サブハライド還元法）のコンピュータ・シミュレーションに関する発表があった。後者のプロセスの還元反応によるチタンの析出過程を解析した結果などが示された。現状では基礎的なプロセス解析であるが、将来的にチタンの析出メカニズムを解明するために、より一層の発展が期待された。

筆者は低級塩化物を用いたチタンの新しい製造プロセスの研究開発の一環として、低級塩化物の合成プロセスに関する発表を行った。参加者から鋭い質問を受け、返答に苦慮した場面もあったが、低級塩化物を利用する新しいチタンの製造法のメリットを理解してもらえたと考えている。

Sadoway 研究室の Chanaka De Alwis 博士研究員からは酸化物電解を用いて月面の鉱石から鉄を抽出する研究の発表があった。また、京都大学の安田 幸司博士研究員からは電気化学的手法による太陽電池級シリコンの製造プロセスに関する発表があった。いずれも基礎研究の段階であるが、酸化物を原料とする研究は近年発展が目覚しく、革新的なプロセスの開発のためのブレークスルーが期待された。

武漢大学の汪的华教授からは電気化学的手法による金属、合金の製造実験の成果に関する講演があった。その中で、微細な空孔を有する電極など様々な手法を駆使しており、そのユニークな技術が注目を集めた。最後に、Sadoway 教授により閉会の辞が述べられ、ワークショップは幕を閉じた。

ワークショップの後、MIT のキャンパスツアーだけでなく材料学科の研究室のラボツアーも行われた。MIT のキャンパス内には、MIT で生まれた成果がいたるところに展示しており、いずれも独創的で大変興味深かった。Sadoway 研究室および Powell 研究室の見学会では、Aislinn Sirk 博士研究員や Dealwis 博士研究員らによる熱心な説明が行われた。特に、De Alwis 博士研究員は 1800 に達する実験系で研究を遂行しており、極めてチャレンジングな研究に参加者が皆驚嘆の声を上げた。

### 終わりに

今回、筆者は、オーガナイザーである岡部助教授、Sadoway 教授、および Powell 助教授を補佐し、ワークショップの運営に携わる機会を得た。MIT 側との交渉や講演者への依頼・折衝では慣れないことが多く大変であったが、関係者から指導を仰ぎながら多くの貴重な経験をすることができた。また、多くの優れた研究者と接することで、より高い水準の研

究を目指す意欲を強く持つことができた。

全体を振り返り、今回のワークショップは、世界をリードするアクティブな研究者を招くことで、大変内容の濃い充実した研究交流を持つことができた。素材プロセスの世界的な研究拠点の形成をより推進するという目標を十分に達成できたと考えられる。オーガナイザーとして尽力して下さった岡部助教授、Sadoway 教授、および Powell 助教授をはじめ、遠路ボストンまでお越しく下さった講演者・参加者の先生方、渡航およびワークショップの運営をサポートして下さった MIT および東京大学のスタッフ、Sadoway 研究室および岡部研究室の学生全員に心から感謝申し上げたい。

最後に、先端研究拠点事業「環境調和型アクティブメタルプロセスの開発」を通じて、今回の貴重かつ有意義な機会を与えて下さった日本学術振興会の関係者の方々と支援を頂いた生産技術研究所事務部の方々に心より感謝申し上げます次第である。

以上



写真1 開会の辞を述べる Sadoway 教授



写真2 Chipman room にて講演する竹中助教授



写真3 講演を聴講する参加者

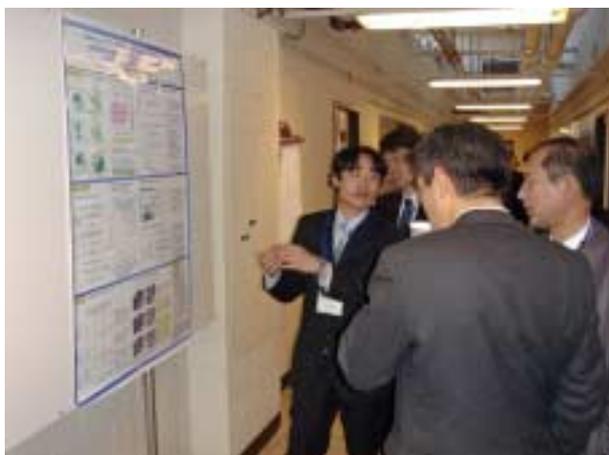


写真4 Chipman room の前にてポスターを説明する筆者



写真5 MIT Museum にて開催されたバンケットの一コマ



写真 6 MIT のラボツアーおよびキャンパスツアーを終えて