

2018年4月23日

**The 13th Workshop on Reactive Metal Processing 参加および  
ICD Alloys and Metals LLC. における研究活動報告書**

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 八木 良平

## はじめに

2018年3月16日から17日まで米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) にて開催された The 13th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW13) での研究会運営と発表、および、2018年3月19日から28日までの米国 ICD Alloys and Metals LLC.におけるレアメタルスクラップのリサイクルに関する研究討議ならびに現場実習の様子を報告する。この取り組みは、持続型エネルギー・材料統合研究センター (IRCSEM) の海外拠点活動の一環として行われたものである。

## The 13th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW13) での研究会運営および口頭発表

本ワークショップは今回で13回目の開催となったワークショップであり、東京大学の岡部 徹 教授、八木 俊介 准教授、MIT の Donald R. Sadoway 教授および Antoine Allanore 准教授の企画・主催のもと、米国マサチューセッツ州ケンブリッジにあるマサチューセッツ工科大学にて開催された。本ワークショップではアメリカ、日本、ヨーロッパ、カナダ等、多種多様なバックグラウンドを持つ材料プロセスの専門家や学生、計49人が集まり、各種金属材料に関するプロセスや電池材料の開発などに関する11件の講演と16件のポスター発表が行われた。

RMWの運営は、東京大学とMITの若手研究者および学生が協力して行う。筆者は、東京大学の 大内 隆成 助教とMITの大学院生 (博士課程学生) Ms. Mary Elizabeth Wagner とともに、RMW13の Program Coordinator として研究会運営に携わる貴重な機会を得ることができた (図1~図4)。

Program Coordinator の業務は、講演会場・懇親会場の確保、参加者の募集、講演依頼、講演プログラムの作成、食事の手配、MIT および東京大学のスタッフ・学生による会場設営の指揮、参加費の集金など多岐にわたる。また、全ての業務が英語を使って行われる。英語でのコミュニケーションに不慣れな筆者にとってどの業務も非常にチャレンジングであったが、岡部 教授や八木 准教授をはじめ、さまざまな方々のご指導とご支援を受け、ワークショップを無事に終えることができた。

海外でのワークショップの準備・運営には困難を伴うが、運営の経験を通して得られることも非常に大きい。例えば、講演会場の手配・設営・撤収は、東京大学とMITの教員・事務職員・学生が協力して行うため、これらの体験を通して、自然と国際交流が進む。筆者は2017年度のRMW12でも Program Coordinator を務めたが、その際に一緒に仕事をしたMITの若手研究者である Dr. Bradley Nakanishi とは、今も家族ぐるみの交流が続いている。また、本ワークショップ運営を通して培われた、起こり得るリスクを想定して準備を行うマネジメント能力や、臆することなく英語で交渉を行える能力は、国際的に活躍できる人材となるためには必要不可欠であると筆者は考えている。

本ワークショップでは、筆者自身も「Development of Novel Pyrometallurgical Recycling Processes for Rhenium from Superalloy Scraps」という題目で30分間の口頭発表を行った(図5)。発表では、細かい実験条件の説明よりも、自身がどのような工夫とアイデアを駆使して研究を進展させてきたかの説明に時間を割いた。材料プロセス分野において世界の第一線で活躍する著名な研究者の前での発表であったため、発表前は少なからず緊張した。しかし、筆者がProgram Coordinatorとして連絡を取り合った専門家達が笑顔で熱心に耳を傾けている様子を見て緊張がほぐれ、良い発表を行うことができた。発表後は、多くの質問を頂き、現状の課題克服や今後の研究展開に向けて大きなヒントを得ることができた(図6)。さらに、筆者の講演後、国際的に活躍されている海外の研究者から、海外での研究ポストのオファーや国際学会での発表の依頼を受け、RMW13での発表の手ごたえを感じた。

### ICD Alloys & Metals LLC.における研究活動

RMW13の後、筆者は米国ノースカロライナ州ウィンストン・セーレムにあるICD Alloys and Metals LLC.において、市場における超合金スクラップのマテリアルフロー解析と今後のリサイクル量の動向に関する調査を行った。

筆者は博士課程において、航空機等に利用されるニッケル基超合金からの稀少金属レニウムのリサイクルに関する研究を行っている。超合金スクラップの発生量や発生するスクラップの形状を理解することは、超合金スクラップのリサイクル技術を開発する上で非常に重要である。しかしながら、レニウムを含むニッケル基超合金は1990年以降に実用化された比較的新しい合金であり、そのスクラップの発生量や形状、リサイクル率などは未だ調査されていない。

ICD Alloys and Metals LLC.は、筆者の研究対象であるニッケル基超合金からのレニウムのリサイクルを行っており、同社やその関連会社によって年間4トンのレニウムが回収されている(レニウムの年間供給量の約7%に相当)。

筆者は同社社長のDr. Steve Conlin氏とともにレニウム含有超合金スクラップのリサイクル状況について調査を行った(図7)。調査の結果、化学処理によるレニウム抽出工程に回される超合金スクラップと、再溶解されて超合金インゴット作製に利用されるスクラップの量比が明らかとなった。また、今後のレニウムの市場に関する討議を行い、今後20年間でレニウムの需要が現在の約3倍に増加する可能性があるという予測を立てた。鉱石からのレニウム生産だけでは需要量に追いつかない可能性があるため、今後はより一層、スクラップからのレニウムのリサイクルが重要になることを再認識した。

滞在期間中、Conlin氏の御厚意により、鉄鋼会社とのスクラップ売買取引の場に同席させて頂き、実際に価格交渉を行う様子を見学できた。スクラップはその種類(組成)だけでなく形状によっても価格が大きく変動することや、リサイクラーの有する

熱処理炉の種類によって許容できる原料中の不純物量の差があることが理解できた。また、筆者は、同社で集荷されるスクラップの組成検査と不純物除去作業にも従事する現場実習の機会を得た。図 8~9 に示すように、同社には多種多様なスクラップが毎日運び込まれている。筆者は、運び込まれる多種のスクラップの選別や不純物の除去工程が、スクラップリサイクル業者にとっての心臓部であり、スクラップ由来の製品の質を大きく左右する重要な工程であることを学んだ。

## 終わりに

今回の MIT における研究会運営と口頭発表、および、ICD Alloys and Metals LLC.におけるスクラップのマテリアルフローの調査や現場研修は、東京大学と海外の研究機関・企業との研究交流を推進し、両者の関係をさらに強固とするうえで、大変有意義なものであった。筆者自身も、今回の経験を通して海外の研究者との人脈が大いに広がるとともに、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。このような機会を作って下さった岡部 徹 教授をはじめ、RMW13 Organizer の Donald R. Sadoway 教授、八木 俊介 准教授、Antoine Allanore 准教授、ICD Alloys & Metals LLC.社長の Dr. Steve Conlin 氏、東京大学と MIT のサポートスタッフの方々に心より御礼申し上げる。

今回の取り組みは、持続型エネルギー・材料統合研究センターの海外拠点活動の一環として行われた。数多くの貴重な機会を与えてくださった、持続型エネルギー・材料統合研究センター関係者の皆様に感謝申し上げます。また、筆者の研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (S) (課題番号：#26220910) の補助を受けて行われた。筆者は東京大学大学院工学系研究科博士課程学生特別リサーチ・アシスタント制度 (SEUT-RA) による経済的支援を頂いた。ここに記して深く感謝を表す。



図 1. RMW13 Program Coordinators の打ち合わせ (右から大内隆成助教 (東京大学), Ms. Mary Elizabeth Wagner (MIT 大学院 博士課程学生), 筆者)。本ワークショップの運営は、MIT と東京大学の若手研究者や学生の交流の場にもなっている。



図 2. 岡部徹教授による RMW13 開会挨拶と講演会場の様子 (MIT Haus and Allen Room にて)。講演会場の手配や設営は、MIT と東京大学の教員・事務職員・学生が協力して行った。



図 3. RMW13 における昼食の様子。参加者間のネットワーク形成の促進のため、朝食や昼食を講演会場内に手配し、参加者同士が気軽に歓談できるよう工夫した。



図 4. Donald R. Sadoway 教授 (MIT) による RMW13 Banquet での挨拶 (Le Meridien Cambridge, MIT にて)。懇親会場の確保、価格交渉、食事のメニューや座席の配置の決定、式次第の作成に至るまで、Program Coordinators が協力して行った。



図 5. RMW13 にて講演 (30 分) 中の筆者 (MIT Haus and Allen Room にて)。



図 6. 講演後には、講演内容に関して多くの質問を受けるとともに、海外での研究ポストのオファーや国際学会での発表の依頼を受けた。

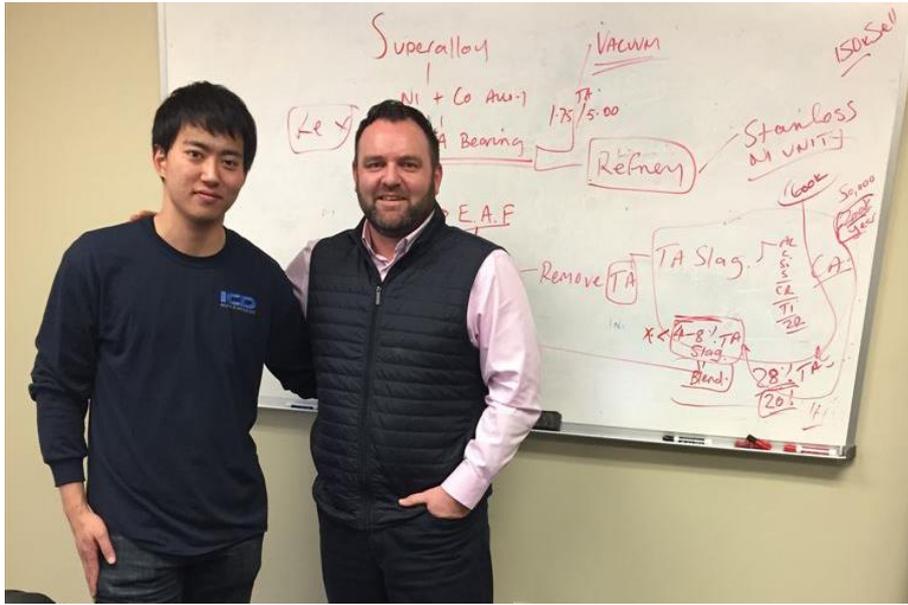


図 7. ICD Alloys & Metals LLC. President, Dr. Steve Conlin 氏 (右) と筆者 (左)。ニッケル基超合金のリサイクルの現状や将来のレニウム需要に関して長時間の研究討議を行った。



図 8. ICD Alloys & Metals LLC.倉庫。大きさまざまなスクラップがドラム缶に入れられ、保管されている。



図9. ニッケル基超合金タービンブレードのスクラップ。世界各地の航空機や発電所で発生した使用済みスクラップが集荷される。ニッケル基超合金スクラップの中にはレニウムやタンタルを含むものも多い。