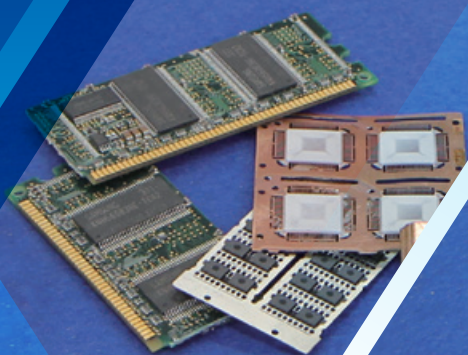


非鉄製錬学講座

(寄附講座：三菱マテリアル)

2022年3月

Laboratory of Non-ferrous Extractive Metallurgy
(Endowed Chairs : Mitsubishi Materials Corporation)



京都大学 大学院工学研究科
材料工学専攻

Department of Materials Science and Engineering,
Graduate School of Engineering, Kyoto University



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

非鉄製錬学の永続的な発展を目指して

非鉄製錬学は、銅、亜鉛、鉛、貴金属などを含む原料からこれら有価金属を抽出する技術に関する学問であり、長い歴史を有する分野の一つです。また、非鉄金属やレアメタルの製錬・リサイクルに関する産業は、循環型社会の実現に不可欠な基幹産業です。特に近年では、エネルギー消費の少ない製錬プロセスの開発に加え、レアメタルを高濃度に含む都市鉱山からの有用資源の分離技術の開発の必要性が増しており、産業技術の開発と革新、それを支える基礎学問の発展や強力な人材の育成が世界的に求められています。

本講座は、これらの社会的要請に応えるため、三菱マテリアル株式会社の寄附のもと2017年4月に新設された講座です。現行プロセスで起こる現象の理解の深化や長期スパンでの資源循環型社会への貢献を目指した基礎研究と、社会人や大学生、高校生らに対する教育・啓蒙活動を行っています。教育志向の活動を通じて、非鉄製錬学の永続的な発展への貢献、そして本分野の産学の未来を担う人材の育成を目指しています。

寄附者

三菱マテリアル株式会社



設置期間

2017年4月～2022年3月(5年)、2022年4月～2025年3月(3年)

設置専攻

京都大学大学院工学研究科 材料工学専攻



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

講座メンバー



宇田 哲也
教授(兼任)



安田 幸司
特定准教授



岸本 章宏
助教(兼任)

■ 寄附講座設立記者会見

(2017年3月17日(金) @京都大学百周年時計台記念館)



左: 飯田 修 様(三菱マテリアル 取締役 副社長執行役員(当時))
右: 北村 隆行 教授(京都大学 工学研究科長(当時))



集合写真



記者会見の様子

「教育」を中心に据えた活動



企業の若手技術者を対象とした活動

■ 社会人向けWeb講座

産業技術の開発・革新には、その根底にある基礎理論の理解が重要です。また、学問分野の多様化にともない、製錬・リサイクル業に携わる技術者の出身学科も多様化しています。そのため、産業界の人材育成、特に若手技術者の人材育成として基礎学問の習熟の重要性が高まっています。本講座は、このような要望に大学から応える新たな取り組みであり、本学の材料工学専攻の教員を講師とするオンデマンド講義やほぼ毎週のレポートの提出を通じて、産業技術の根底にある理論を体系的に学ぶことができる1年間の教育プログラムです。

教育プログラムは、熱力学や電気化学に関する4つの科目で構成されており、受講生は必要なときに何度でも講義を視聴することができます。また、前期・後期の最後には期末試験が行われ、各科目の習熟度を確認できることも特徴です。

オンデマンド講義

前期科目	化学熱力学基礎(全14回)	講師：京都大学 / 教授 宇田 哲也
	状態図と組織形成(全14回)	講師：京都大学 / 教授 安田 秀幸 講師：京都大学 / 准教授 豊浦 和明
後期科目	冶金電気化学(全14回)	講師：京都大学 / 教授 邑瀬 邦明 講師：京都大学 / 准教授 深見 一弘
	パソコンによる化学ポテンシャル図の書き方と運用(全7回)	講師：京都大学 / 助教 畑田 直行

オンデマンド講義講師陣



宇田 哲也 教授



安田 秀幸 教授



邑瀬 邦明 教授



豊浦 和明 准教授



深見 一弘 准教授



畑田 直行 助教

合計で約70時間の講義ビデオ

約670ページのテキスト

講義はインターネットを利用して、いつでも何度でも視聴可能

レポート課題と期末テストを通じて、習熟度を確認

会社の枠を超えた若手技術者間のネットワークの構築

年間スケジュール

10月	前期講義開始(京都大学にて開講式を開催)
翌年5月	前期終了(京都大学にて前期末テストを実施)
翌年5月	後期開始
翌年10月	後期終了(京都近郊にて後期末テストおよび修了式を実施)

第1期 2017年10月～2018年10月



■2017年10月6日(金) / 第1期開講式@京都大学



■2018年10月30日(火) / 後期期末テストと修了式@関西セミナーハウス

第2期 2018年10月～2019年10月



■2018年10月26日(金) / 第2期開講式@京都大学

第3期 2019年10月～2020年10月



■2019年10月16日(水) / 第3期開講式@京都大学

第4期 2020年10月～2021年10月



■2020年10月13日(火) / 第4期開講式@オンライン開催
受講生は17社より25名



■2021年10月4日(月) / 後学期期末テストと修了式@オンライン開催

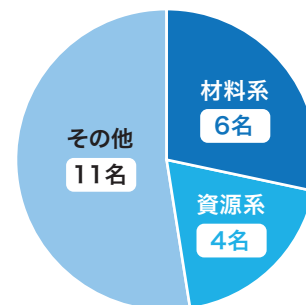
第5期 2021年10月～2022年10月(予定)



受講生は17社より21名

■2021年10月19日(火) / 第5期開講式@オンライン開催

受講生の出身学科(第5期生)



「さらなるプロフェッショナル化」
「新規教育」の機会を提供

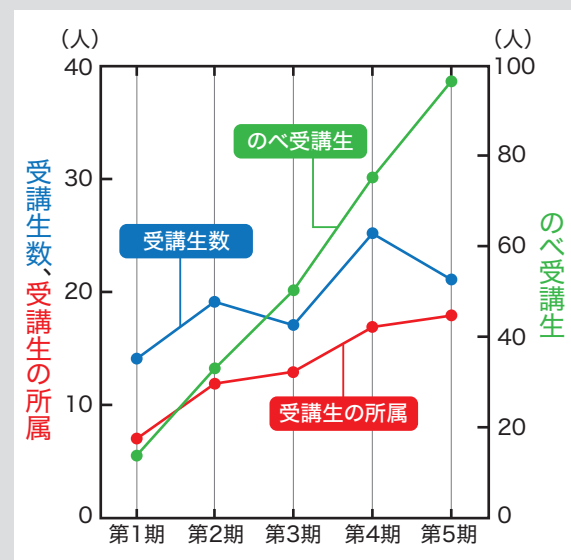
企業の若手受講生の声

voice 大学時代も熱力学や状態図の授業を受けておりましたが、京都大学の学生はレベルの高い授業を受けていると驚きました。特に、状態図は三元系の作図まで講義されており、非常に新鮮でした。
(材料系出身 卒業生A)

voice これまでに触れる機会が少なかった学問ということもあり、レポート等作成するのに非常に苦労しておりましたが、分からないなりに理解を深めることができました。今後の業務においては、目の前の実プロセスの問題に対して、講座での学習内容を活かしたいと思います。
(化学系出身 卒業生B)

voice 熱力学について、これまでよりかなり深く理解できた実感を得ることができました。今後は、ここで学ばせて頂いた経験を、業務に活かしていく所存です。
(化学系出身 卒業生C)

受講生の人数と所属



全国の若手研究者を対象とした活動

■ 製錬関係討論会

他大学の産学連携部門と連携して、日本全国の公的研究機関に勤める博士研究員以上の若手研究者による討論会を開催しています。発表内容については、現在取り組んでいる研究や実験手法の紹介だけでなく、その将来展望や教育・啓蒙活動に関する取り組みの紹介も含まれます。本分野の著名な教授ならびに名誉教授をアドバイザーとして迎えた合宿形式の討論会であり、発表内容は非公開・非記録となります。質疑応答の時間が長くとられており、本分野の発展に向けた取り組みを共有するとともに、自由な雰囲気のもとで深く議論できる場となっています。

第2回 製錬関係討論会

主催	京都大学 大学院工学研究科材料工学専攻 非鉄製錬学講座
共催	東京大学 生産技術研究所 非鉄金属資源循環工学寄付研究部門
日程	2017年7月19日(水)～20日(木)
会場	伊豆山研修センター



第3回 製錬関係討論会

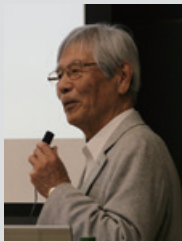
主催	東京大学 生産技術研究所 非鉄金属資源循環工学寄付研究部門
共催	京都大学 大学院工学研究科材料工学専攻 非鉄製錬学講座 東北大学 多元物質科学研究所 非鉄金属製錬環境科学研究部門
日程	2018年8月20日(月)～21日(火)
会場	クロス・ウェーブ幕張

大学生・大学院生を対象とした活動

■非鉄製錬学特論

2017年度より、大学院生を対象とした授業「非鉄製錬学特論」が開講されました。寄附講座のスタッフは、当該講義の講師を務めています。本講義では、各種金属の製錬法の原理と特色を学ぶとともに、資源循環の観点から俯瞰的に製錬法を整理することができます。一部の授業については、外部講師による特別講義となります。また、**実践的に製錬法を理解できるよう、実験実習を含んだ講義**となっています。

2017年度～2021年度 外部講師



西山 孝 講師
(京都大学 名誉教授)
●金属資源概論1
●金属資源概論2



佐藤 秀哉 講師
(三菱マテリアル)
●銅製錬概論



金田 章 講師
(三菱マテリアル)
●銅製錬概論



前田 正史 講師
(東京大学 教授(当時))
●鉄鋼製錬概論

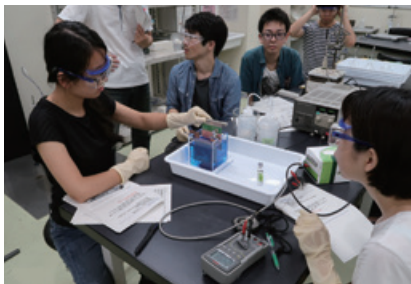


中村 崇 講師
(東北大学 名誉教授)
●非鉄金属製錬と不純物
●金属リサイクル

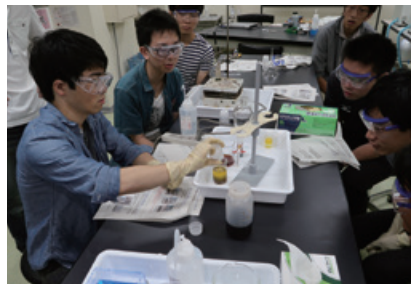


福島 久哲 講師
(九州大学 名誉教授)
●電解製錬と不純物

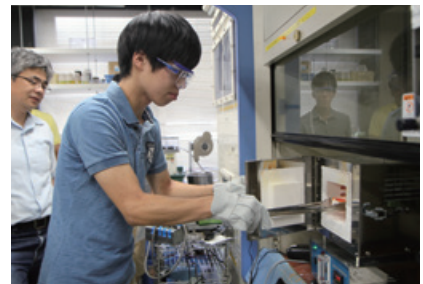
実験実習の様子



電解による銅の精製



溶媒抽出による貴金属の相互分離



灰吹きによる金銀の定量

履修した大学院生の声

voice

京都大学内の先生方だけでなく、**様々な企業や他大学からも講師を呼んで頂けたので非常に刺激になる講義でした。**歴史的な製錬の経緯や現状、今後の産出量やリサイクルの方法、効率、または販売価格の話など、あまり普段にすることのなかったお話を聞くことができ、社会に貢献する材料開発がどのようなものなのかについて、あらゆる観点から見聞を広めることができました。

voice

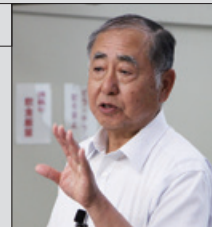
学部や大学院の講義では、研究室の割合等により鉄に関する講義を多く受けてきました。そのような状況で、非鉄に絞って精製の話などを、学術的観点とともに実際に企業で非鉄製錬に関わっておられる方の話も交えて聞くことで、非鉄の良さがわかると同時に鉄の強みも再認識することができて、非常に良い機会でした。

■非鉄製錬学セミナー

本分野で活躍されている研究者・技術者による学生向けの特別講演会を開催しています。

第1回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2018年5月21日(月)
- 講師 —— 大藏 隆彦
(愛媛大学 客員教授、中南大学(中国)招聘教授、岩手大学 非常勤講師、
プロセス・メタラジー研究所 代表
Solution Partner, FLOGEN Technologies)
- 講演題目 —— 金属・エネルギー資源からリサイクリング ～資源の循環と技術の輪廻～



第2回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2018年7月20日(金)
- 講師 —— Shafiq Alam
(Associate Professor, Dept. Chem. Bio. Eng.,
University of Saskatchewan)
- 講演題目 —— Sustainable Recovery of Precious Metals
from Chloride Lixiviant using Biomaterials with Novel Functionality



第3回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2019年2月7日(木)
- 講師 —— 佐藤 修彰
(東北大学 教授)
- 講演題目 —— 福島第一原発事故と素材プロセッシングとの関わり



第4回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2019年5月23日(木)
- 講師 —— 城間 純
(産業技術総合研究所 主任研究員)
- 講演題目 —— 電気化学インピーダンス測定法の原理と等価回路



第5回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2020年2月3日(月)
- 講師 —— 朝比奈 俊輔
(日本電子株式会社)
- 講演題目 —— 超高分解能走査型電子顕微鏡によるナノ構造材料の観察



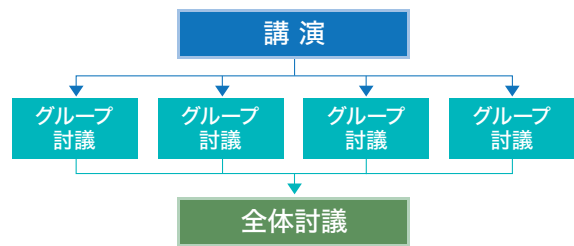
第6回 非鉄製錬学セミナー

- 開催日 —— 2020年2月3日(月)
- 講師 —— 山口 誠
(株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ 部長)
- 講演題目 —— クロール法スポンジチタン製錬法の技術開発と新製錬法開発で得られた3つの現象



■非鉄製錬学Web討論会

各分野でご活躍の研究者・技術者ならびに新進気鋭の若手研究者による特別講演会を開催しています。講演60分、グループ討議10分、全体討議20分からなるオンライン討論会で、ブレイクアウトセッション機能を用いた少人数でのグループ討議をアクティブラーニングの要素として取り入れるなど、オンラインならではの特徴を活かした討論会となっています。



第1回 非鉄製錬学Web討論会

- 開催日 ————— 2020年9月25日(金)
- テーマ ————— 濡れ性
- 参加登録者 ——— 学术界 55名、産業界 31名
- 講師 ————— 中島 章(東京工業大学 教授)
- 講演題目 ————— 撥水性固体表面での水滴の動的挙動
- 講師 ————— 齊藤 敬高(九州大学 准教授)
- 講演題目 ————— 固体基板の熔融金属および酸化物に対する高温濡れ性



中島 章 講師



齊藤 敬高 講師

第2回 非鉄製錬学Web討論会

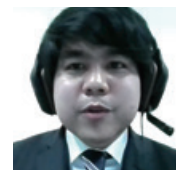
- 開催日 ————— 2021年1月15日(金)
- テーマ ————— 次世代の電気化学とエネルギー利用の基礎
- 参加登録者 ——— 学术界 59名、産業界 14名
- 講師 ————— 女部田 勇介(早稲田大学 博士課程2年)
- 講演題目 ————— Zn負極の電析初期における析出形態形成過程のマルチスケールシミュレーションによる解析
- 講師 ————— 前田 有輝(京都大学 博士後期課程2年)
- 講演題目 ————— 格子欠陥生成が可能にするSiC陽極酸化技術の開拓
- 講師 ————— 法川 勇太郎(京都大学 JSPS特別研究員)
- 講演題目 ————— フッ化物-塩化物熔融塩中における金属チタン電析
- 講師 ————— 鎮目 邦彦(京都大学 特定助教)
- 講演題目 ————— 化学蓄熱への応用を見据えた希土類化合物の気固反応挙動解析



女部田 勇介 講師



前田 有輝 講師



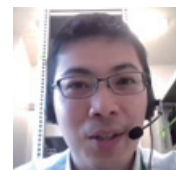
法川 勇太郎 講師



鎮目 邦彦 講師

第3回 非鉄製錬学Web討論会

- 開催日 ————— 2021年9月22日(水)
- テーマ ————— 高温融体の挙動のビジュアル化
- 参加登録者 ——— 学术界 55名、産業界 27名
- 講師 ————— 夏井 俊吾(東北大学 准教授)
- 講演題目 ————— 金属製錬における分散相および融体界面の動力学シミュレーション
- 講師 ————— 松下 泰志(Jönköping University, スウェーデン, 准教授)
- 講演題目 ————— 高温融体の界面現象のその場観察



夏井 俊吾 講師



松下 泰志 講師

第4回 非鉄製錬学Web討論会

- 開催日 ————— 2021年12月23日(木)
- テーマ ————— 高温融体の挙動のビジュアル化 II
- 参加登録者 ——— 学术界 49名、産業界 32名
- 講師 ————— 木村 正雄(高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所 教授)
- 講演題目 ————— 放射光を用いた「高温反応観察」と「イメージング観察」
- 講師 ————— 安田 秀幸(京都大学 教授)
- 講演題目 ————— X線イメージング・回折を利用した凝固現象の時間分解・その場観察



木村 正雄 講師



安田 秀幸 講師

討論会への参加者の声



ブレイクアウトセッションによるグループ討議の導入や雰囲気作りの効果により、他には例をみないほどの質問があり、活発に議論がなされているのがとても印象的な討論会です。



私自身の研究を改めて見つめなおす機会となり、今後の研究にとって非常に有意義な時間にさせていただいたと感じています。

■ 学生国際シンポジウムの開催協力

非鉄製錬に携わる大学院生に対し、国際的な活躍や連携の礎となる場として、学生国際シンポジウムの開催に協力しています。学生オーガナイザーによる主体的なシンポジウム運営のもと、口頭発表とポスター発表以外にラボツアーや交流会も開かれ、運営を経験することで将来的なリーダーの育成の場となっています。

International Student Symposium on Extraction Technology (ISSET)

- 日程 ————— 2019年8月15日(木)-17日(土)
- 会場 ————— カナダ バンクーバー、プリティッシュコロンビア大学
- 実行委員会 ——— David Dreisinger (University of British Columbia, カナダ)
Wenying Liu (University of British Columbia, カナダ)
Chiharu Tokoro (Waseda University, 日本)
Tetsuya Uda (Kyoto University, 日本)
Yu-ki Taninouchi (Kyoto University, 日本)
- 参加学生 ——— 13名
- 参加大学 ——— University of British Columbia (カナダ)
Waseda University (日本)
Kyoto University (日本)
University of Queensland (オーストラリア)
Northeastern University (中国)



University of British Columbiaで参加者と撮影

高校生を対象とした活動

全国の高校生に対して、工学部金属系及び材料系への進学ならびに非鉄製錬業への理解を促進する体験型学習の場を提供しています。非鉄金属の製錬・リサイクルは私たちの現在の生活、そして将来のために無くてはならない産業ですが、普段の生活ではどのようなことが行われているかを目にする機会はありません。国内の製錬所における銅や金、銀といった非鉄金属の製造方法や、非鉄製錬所が都市鉱山のリサイクルや廃棄物処理に重要な役割を果たしていること知ってもらうため、出前授業や実験教室などを開催しています。

■ 出前授業

現代社会を支える製錬学

■ 2017年7月13日(木) / @京都市立京都工学院高等学校



■ 京都大学ELCAS(高校生のための体験型学習講座)への協力

金・銀・銅を作ろう

■ 2017年12月16日(土)、2018年11月17日(土)、2019年12月7日(土) & 21日(土)

「銅の電解精製」「金の溶媒抽出」「灰吹法による金銀の定量分析」の実験実習を通じ、非鉄金属の製造過程を学んでもらいました。

レアなメタルの分離法とレアじゃないレアメタルの話

■ 2020年10月31日(土)、2021年11月20日(土)

Zoomを用いたオンライン講義で、技術がレアメタルをベースメタルに変える話、環境破壊の問題、リサイクルの重要性について授業をしました。

参加した高校生の声

voice 大学入学前に大学の授業を受けてみたいと思い、このELCASに参加したところ、自分が想像していたよりも授業が楽しく、また大いに学ぶことがあった講義でした。

voice 各分野に特化した先生方からの講義は、スライドが分かりやすく、実演や動画もあったので、とても分かりやすかったです。質問の機会も設けていただき、疑問や講義の詳細も学ぶことが出来ました。

voice 材料工学に関する授業で、工学と日常との繋がりや関係について学べたことが楽しかったです。また、大学の先生方から実際に大学の雰囲気や学部、研究について聞くことができ、外部から見ただけではわからない大学という学びの場の内部がより鮮明になりました。そして、選んだ講義内容だけでも様々な分野を学ぶことが出来たので、どの講義も楽しく、その分野の理解を深めることが出来ました。

■実験教室「貴金属を作ろう!」

高校生向け実験教室

■2017年8月3日(木) / @京都大学 京都市立京都工学院高等学校から15名

■2019年8月5日(月) / @京都大学 兵庫県立西脇高等学校から22名

「銅の電解精製」「金の溶媒抽出」「灰吹法による金銀の定量分析」の実験実習を通じ、非鉄金属の製造過程を学んでもらいました。



受講した高校生の声

voice 文字通り「世界に貢献する学問」だと知りました。しかも、その基礎は中学・高校の内容なので、やはり基礎固めは大切だなと実感しました。

voice 古代から抽出などは行われていて、こんなことを何千年も前に行われていたことに先人の知恵はすごいと改めて思いました。初めて純金を触ったのがうれしかったです。

voice たくさんの金属に触れる時間があつたときに、どれもその金属が100%入っていると思っていましたが、実際には違う金属を混ぜて硬さなどを調整していることを知りました。

高校生向け出前授業・実験教室・オンライン授業 希望校募集

我々の生活は銅や金、銀といった非鉄金属によって支えられ、使用後は廃棄物となります。本講座では、非鉄金属の製造方法、都市鉱山のリサイクルならびに廃棄物処理について、非鉄製錬分野が重要な役割を果たしていること知ってもらうため、出前授業や実験教室、オンライン授業を行っています。興味のある高校教員の方は、以下までお問い合わせください。

非鉄製錬学講座 事務局

▶ non-ferrous-kyoto@aqua.mtl.kyoto-u.ac.jp

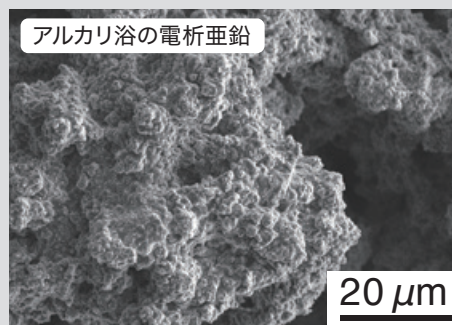
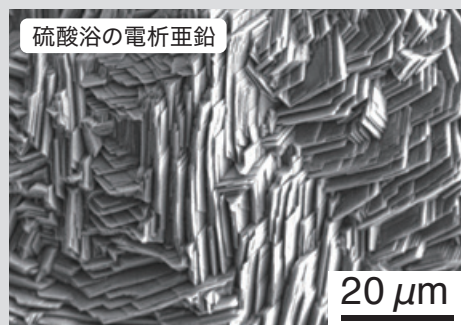
非鉄製錬プロセスに関する基礎研究

非鉄製錬で起こる現象の理解の深化をはかるとともに、現行プロセスの課題の把握、長期スパンでの資源循環型社会への貢献を目的に、非鉄金属の製錬・リサイクルプロセスに関する基礎研究を行っています。非鉄金属の製錬・リサイクルでは、多様な元素を分離回収するため、種々の化学反応や物理現象が利用されています。しかし、それらの機構については定性的あるいは経験的な理解の段階であり、詳細が明らかにされていない点が多く残っています。本講座では、浸出や電析、濡れといった幅広く利用されている化学的・物理的現象に注目し、それらの原理をより深く理解するための研究を行っています。例えば、亜鉛の電解採取について、アルカリ浴中の利用によるセル電圧低減や電析物の組織形成のメカニズム解明に取り組んでいます。また、廃リチウムイオン二次電池の安全な失活・解体技術の開発も行っており、正極材に含有されるコバルトやニッケル化合物が、失活時に起こす反応の挙動解析を進めています。

このような基礎研究こそが、講座スタッフの物性、平衡、反応に対する理解を深め、学生や社会人に対する教育活動にも活かされると考えています。

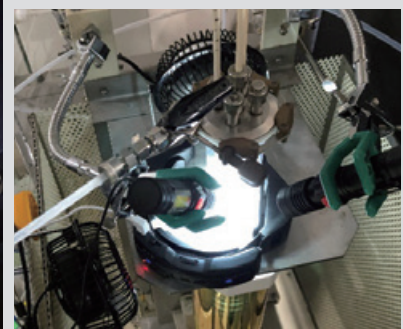
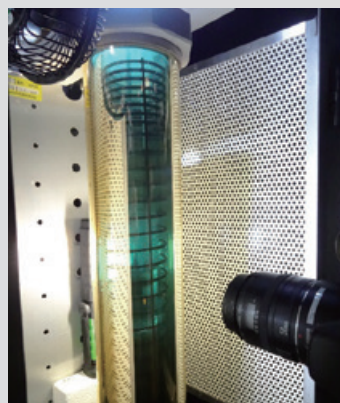
これまでに、以下に示したテーマについて、研究を実施しています。

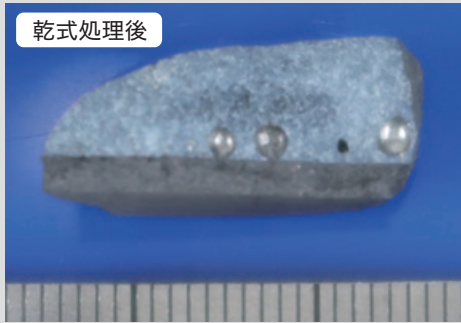
- ① 黄銅鉱の浸出反応機構の解明に向けた基礎研究
- ② アルカリ浸出を用いたE-scrapからの錫のリサイクル法
- ③ アルカリ水溶液からの亜鉛の電解採取
- ④ アルカリ水溶液を媒体とする廃リチウムイオン二次電池の“安全な失活・解体”技術開発
- ⑤ 非鉄金属の高温電解精錬技術の開発
- ⑥ アルミニウム鉱石からのガリウムの回収に向けた基礎研究
- ⑦ 熔融塩を用いたレアメタルのリサイクル技術の開発
- ⑧ 熱力学データの収集と整備



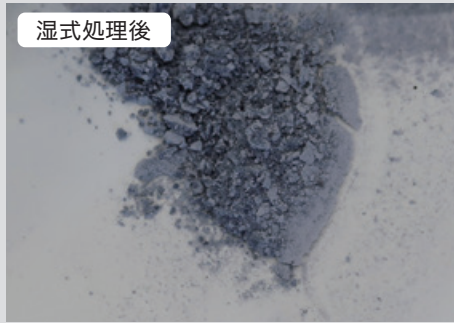
硫酸浴中での亜鉛の電解採取は電力消費の大きいプロセスです。亜鉛の電析形状は、浴組成や電流密度によって劇的に変化します。電力消費の小さい電解採取法の開発とともに、電析機構の解明に取り組んでいます。

常温付近で行われる非鉄金属の現在の電解製錬は、反応速度の小さなプロセスです。我々は、高速処理が可能な高温での電解プロセスの開発に取り組んでいます。透明電気炉を用いて、目視による反応のin-situ観察を行いながら、電解試験を行っています。





乾式処理後

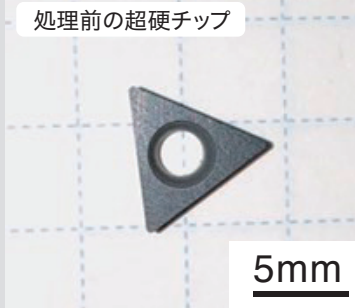


湿式処理後

半導体材料に使われるガリウムは、高環境負荷の廃棄物を排出するプロセスで製造されています。乾式と湿式の工程を組み合わせることで、環境にやさしいガリウム資源回収方法に関する予備的試験を行っています。

ドリルやチップなどの超硬工具に使われるタングステンは、自動車製造業を裏から支えるキーマテリアルです。安田特定准教授が着任前に提唱した熔融塩を用いた超硬チップからのタングステンリサイクル技術*について、工業的な展開を見据えた研究を行っています。

(*K. Yasuda et al., J. Electrochem. Soc., 167(13),131501 (2020).)



処理前の超硬チップ

5mm

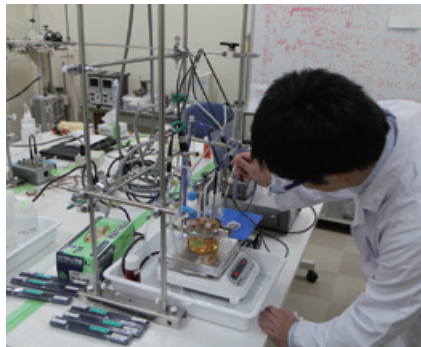


処理後の超硬チップ

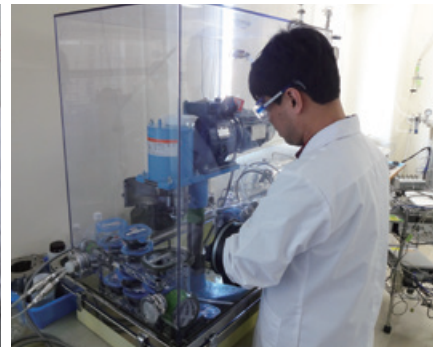
5mm



実験室の様子



溶液のORP測定



LIBの失活処理作業



谷ノ内 勇樹
(九州大学 准教授)

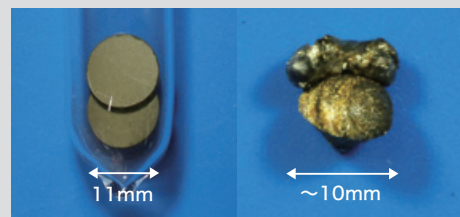
2017年4月より非鉄製錬学講座の特定准教授を務めた谷ノ内勇樹は、2020年9月に九州大学大学院工学研究院材料工学部門に異動し、准教授として着任しました。また、2017年10月より特定助教を務めた岸本章宏は、2019年11月に京都大学大学院工学研究科材料工学専攻へ異動して助教に着任し、本講座の助教を兼任しています。当講座は、非鉄製錬学分野の教員を輩出する、若手研究者の人材育成の場としても貢献しています。



岸本 章宏
(京都大学 助教)

谷ノ内准教授が当講座で立ち上げた

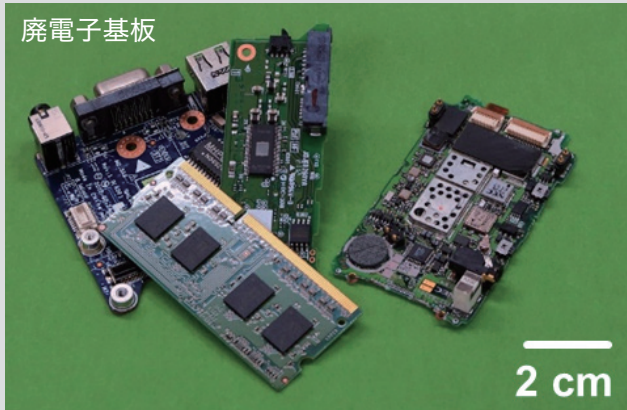
- 黄銅鉱の浸出反応機構の解明
- E-scrapからの錫のリサイクルの研究は、九州大学で継続して実施されています。



(左) 組織や組成を制御した合成硫化鉱
(右) 天然の硫化鉱

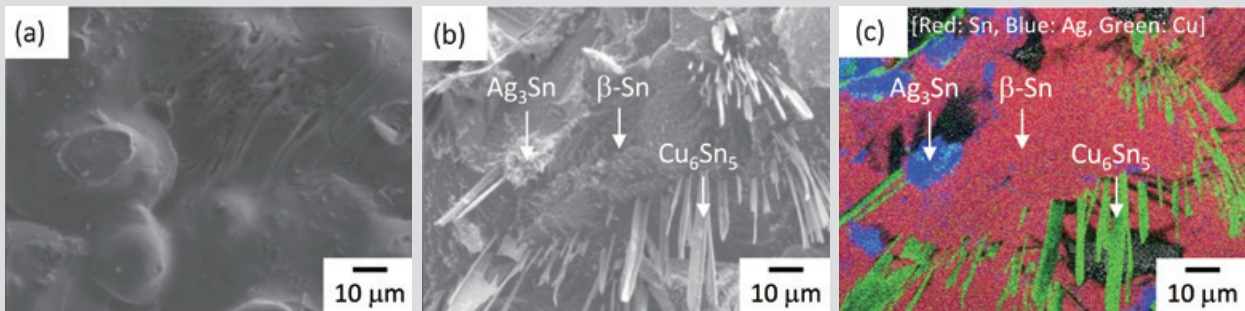
研究紹介

■アルカリ浸出を用いたE-scrapからの錫のリサイクル法



E-scrap(都市鉱山資源・人工資源)は金属含有量が高い二次原料です。その反面、従来の製錬原料には含まれない成分も混入するため、製錬工程における操作トラブルを引き起こす可能性があります。

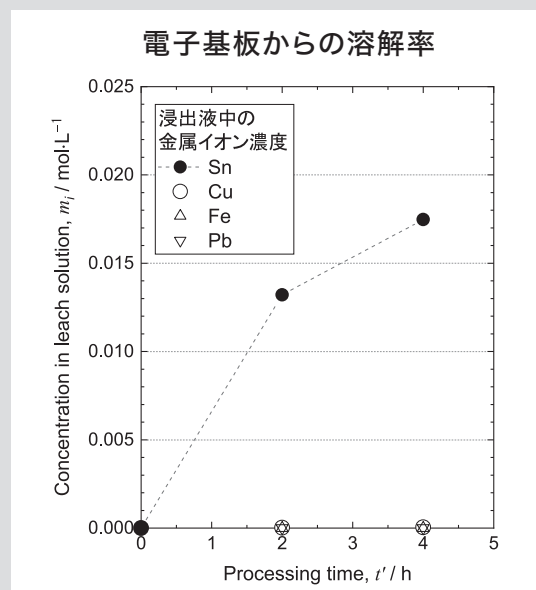
はんだやめっきに利用され、電気・電子部品産業に不可欠なレアメタルである錫(Sn)は、スクラップ表面に存在するので、前処理で分離回収するための酸化剤を調査しています。



高選択性を有する酸化剤を用いると、はんだ用Sn-Cu-Ag合金のワイヤーが溶解し、微細な灰色粒子が残ります。電子顕微鏡観察からは、反応前の平滑な合金試料(図a)が溶解して、針状の Cu_6Sn_5 と Ag_3Sn ならびにバルク状の $\beta\text{-Sn}$ が確認され(図b, c)、 $\beta\text{-Sn}$ が優先的に溶出したことがわかります。

はんだ付けにより部品が実装されている電子基板からも、錫のみをアルカリ溶液中へ酸化溶解させることができます。他の非鉄金属は未溶解で残留しており、その後のリサイクル処理も格段に容易となります。

本技術を用いることで、はんだやめっきとして含まれている錫について、効率的な分離回収が期待されます。



謝 辞：  未来社会創造事業

対外発表： Yu-ki Taninouchi, Naoki Saito, Akihiro Kishimoto, and Tetsuya Uda, "Fundamental Study on the E-scrap Recycling Technique Using Alkaline Medium", COM2019 Hosting Copper 2019 (Vancouver, Canada, 2019/8/21)

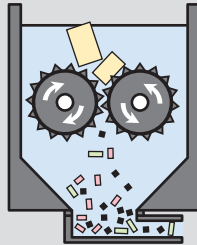
谷ノ内勇樹, 宇田哲也, "錫の高速アルカリ浸出のための酸化剤", 資源・素材2019, 2019年9月24日.

■アルカリ水溶液を媒体とする 廃リチウムイオン二次電池の“安全な失活・解体”技術開発

失活・解体前のLIB



液中破砕



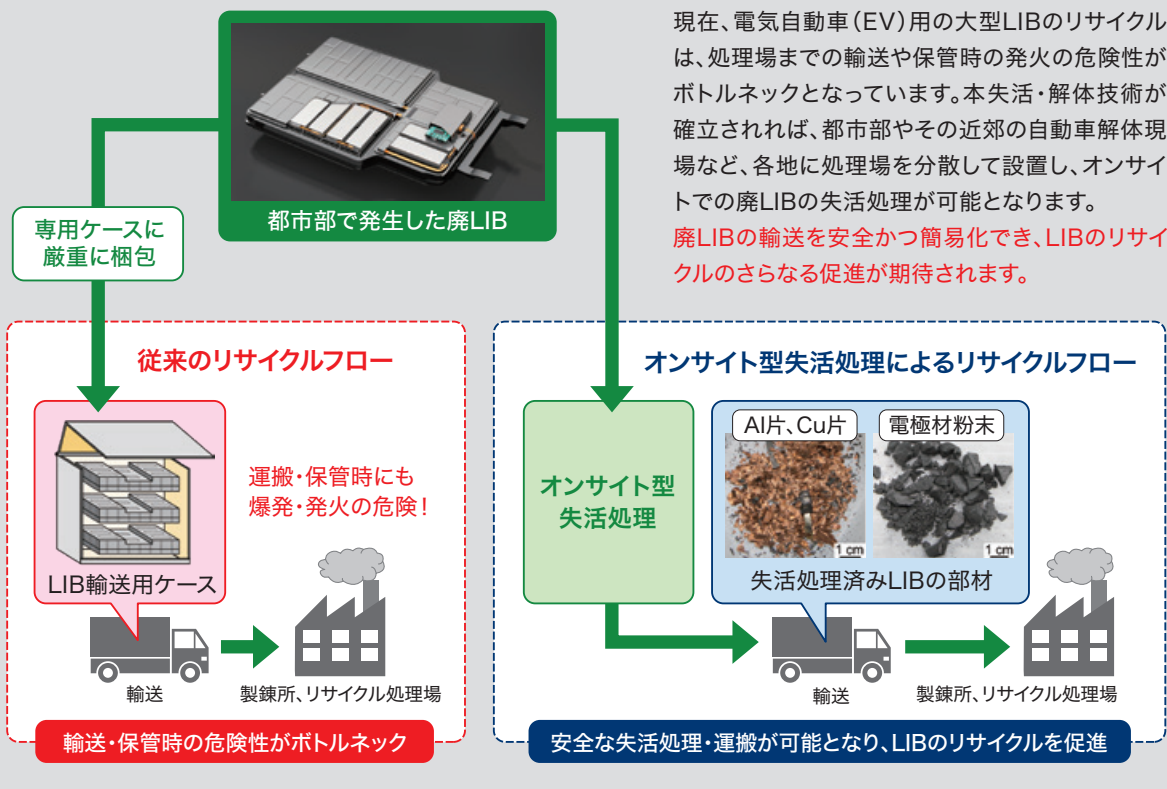
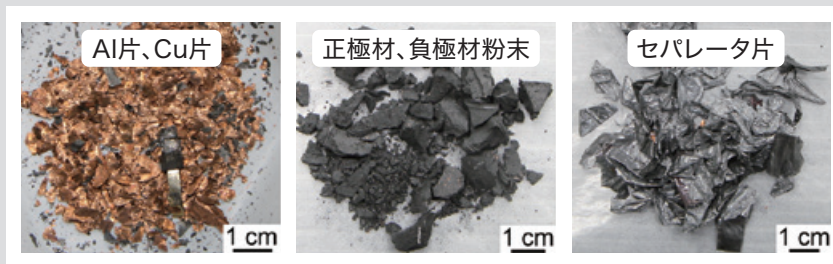
物理選別

低酸素雰囲気、十分な量の石灰水中で切断することにより、リチウムイオン二次電池 (LIB) を安全に失活・解体できます。

- 負極中のLiと水が穏やかに反応
- 多量の水が急激な温度上昇を防止

失活処理後の物理選別によって各部材を高効率で分離・回収が可能です。

現在はLIB中の正極および負極の失活反応メカニズムについて解析しています。



謝辞： JST MIRAI 未来社会創造事業

A-STEP 研究成果最速実用化プログラム
Adaptive and Swiften Technology Transfer Program through regional networks

対外発表：岸本章宏, 谷ノ内勇樹, 宇田哲也, “石灰水を利用した使用済みリチウムイオン二次電池のリサイクルプロセスに関する研究”, 資源・素材2020, 2020年9月10日.

■学会発表・講演

“New Initiatives at Kyoto University for Promoting Non-ferrous Extractive Metallurgy”

●Yu-ki Taninouchi

International Workshop on Mineral Processing and Metallurgy 2018(IMM2018), (March 2-3rd, 2018),
Katahira Sakura Hall, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan, (March 2nd, 2018). [Invited lecture]

“教育をベースとした産学連携の実践と社会人向けWEB講座の紹介”

●宇田 哲也

平成30年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2018(福岡)), (2018年9月10-12日)
福岡工業大学, 福岡市, 福岡県(2018年9月10日). [口頭発表]

“黄銅鉱の硫酸進出におけるハロゲン化物イオン添加効果”

●高 陽, 谷ノ内 勇樹, 岸本 章宏, 宇田 哲也

平成30年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2018(福岡)), (2018年9月10-12日)
福岡工業大学, 福岡市, 福岡県(2018年9月11日). [ポスター発表]

“Fundamental Study on the E-scrap Recycling Technique Using Alkaline Medium”

●Yu-ki Taninouchi, Naoki Saito, Akihiro Kishimoto, and Tetsuya Uda

The 58th Annual Conference of Metallurgists(COM2019) Hosting Copper 2019,
(August 18-21st, 2019), Vancouver, Canada.

“錫の高速アルカリ浸出のための酸化剤”

●谷ノ内 勇樹, 宇田 哲也

2019年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2019(京都)), (2019年9月24-26日)
京都大学, 京都市, 京都府(2019年9月24日). [口頭発表]

“アルカリ浴における亜鉛の電解析出のその場観察”

●宮下 匠人, 岸本 章宏, 谷ノ内 勇樹, 宇田 哲也

2020年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2020(仙台)), (2020年9月8-10日)
オンライン開催(2020年9月9日). [口頭発表]

“黄銅鉱の浸出反応機構の解明に向けた基礎研究：鉱物表面における微視的現象”

●谷ノ内 勇樹

2020年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2020(仙台)), (2020年9月8-10日)
オンライン開催(2020年9月10日). [口頭発表]

“石灰水を利用した使用済みリチウムイオン二次電池のリサイクルプロセスに関する研究”

●岸本 章宏, 谷ノ内 勇樹, 宇田 哲也

2020年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2020(仙台)), (2020年9月8-10日)
オンライン開催(2020年9月10日). [口頭発表]

“非鉄金属製錬分野におけるリチウムイオン電池のリサイクル”

●安田 幸司, 岸本 章宏, 宇田 哲也

電気化学会関西支部 第61回電気化学セミナー, (2021年7月12-13日)
オンライン開催(2021年7月12日). [口頭発表, 依頼講演]

“多孔質保持材を用いたLiCl-KCl-ZnCl₂熔融塩中における液体Znの三層電解”

●山田 翔也, 安田 幸司, 宇田 哲也

2021年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(資源・素材2021(札幌)), (2021年9月14-16日)
オンライン開催(2021年9月16日). [口頭発表]

“亜硫酸水素イオンとカーボン添加を用いたLiNiO₂の還元浸出の高速化”

●王 欣然, 安田 幸司, 宇田 哲也

資源・素材学会2022年度春季大会, (2022年3月7-9日)
オンライン開催(2022年3月7日). [口頭発表]

“リチウムイオン二次電池の石灰水中での失活処理における正極での反応の調査”

●竹村 育生, 岸本 章宏, 安田 幸司, 宇田 哲也

資源・素材学会2022年度春季大会, (2022年3月7-9日)
オンライン開催(2022年3月8日). [口頭発表]

“ボーキサイトの炭素還元ならびにアルカリ浸出時におけるガリウムの挙動解析”

●中村 知史, 安田 幸司, 宇田 哲也

資源・素材学会2022年度春季大会, (2022年3月7-9日)
オンライン開催(2022年3月9日). [口頭発表]

■ 学術論文

“Rapid Oxidative Dissolution of Metallic Tin in Alkaline Solution Containing Iodate Ions”
Yu-ki Taninouchi and Tetsuya Uda
Journal of Sustainable Metallurgy, 7(2021)1762-1771.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40831-021-00450-3>

■ プロシーディングス

“Fundamental Study on the E-scrap Recycling Technique Using Alkaline Medium”
Yu-ki Taninouchi, Naoki Saito, Akihiro Kishimoto, and Tetsuya Uda
Proceedings of the COM 2019 Hosting Copper 2019, Manuscript no. 594613(2019).
ISBN : 978-1-926872-44-5.

■ その他

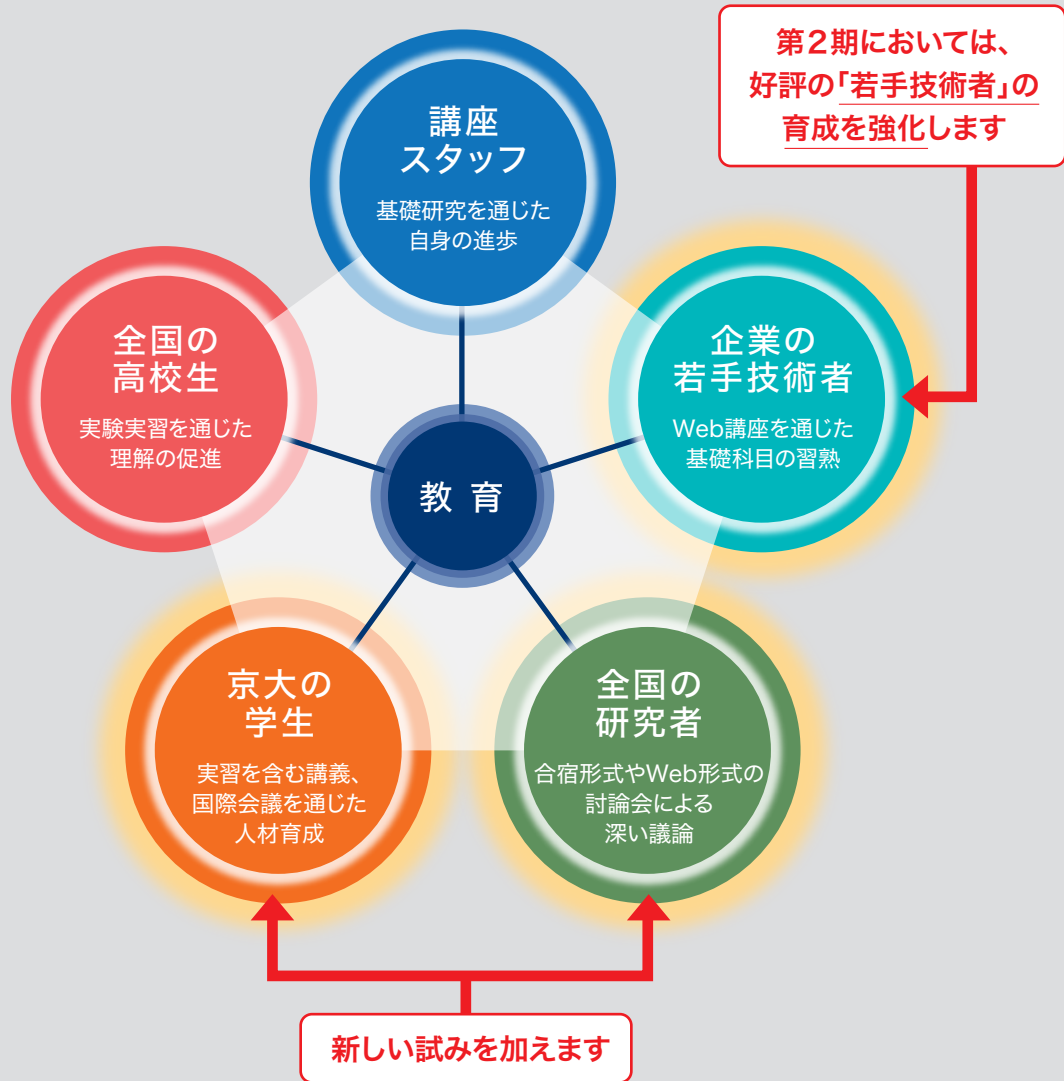
“研究室紹介
「非鉄製錬学の永続を目指して(京都大学大学院工学研究科 材料工学専攻 非鉄製錬学講座)」”
●谷ノ内 勇樹
まてりあ, 第56巻 第11号,(2017), p.660.

“産学官ニューウェーブ
「非鉄製錬学の永続を目指して ～京都大学での新たな取り組み～」”
●谷ノ内 勇樹
季刊 資源と素材, 第3巻 第2号,(2018), pp.100-102.

“特集 素材プロセス分野の産学連携による研究開発と人材育成
「京都大学における非鉄製錬分野の産学連携 ～非鉄製錬学講座の取り組み～」”
●谷ノ内 勇樹, 宇田 哲也
まてりあ, 第59巻 第9号,(2020), p.477-480.

第2期（2022年4月～2025年3月）の活動

■活動方針



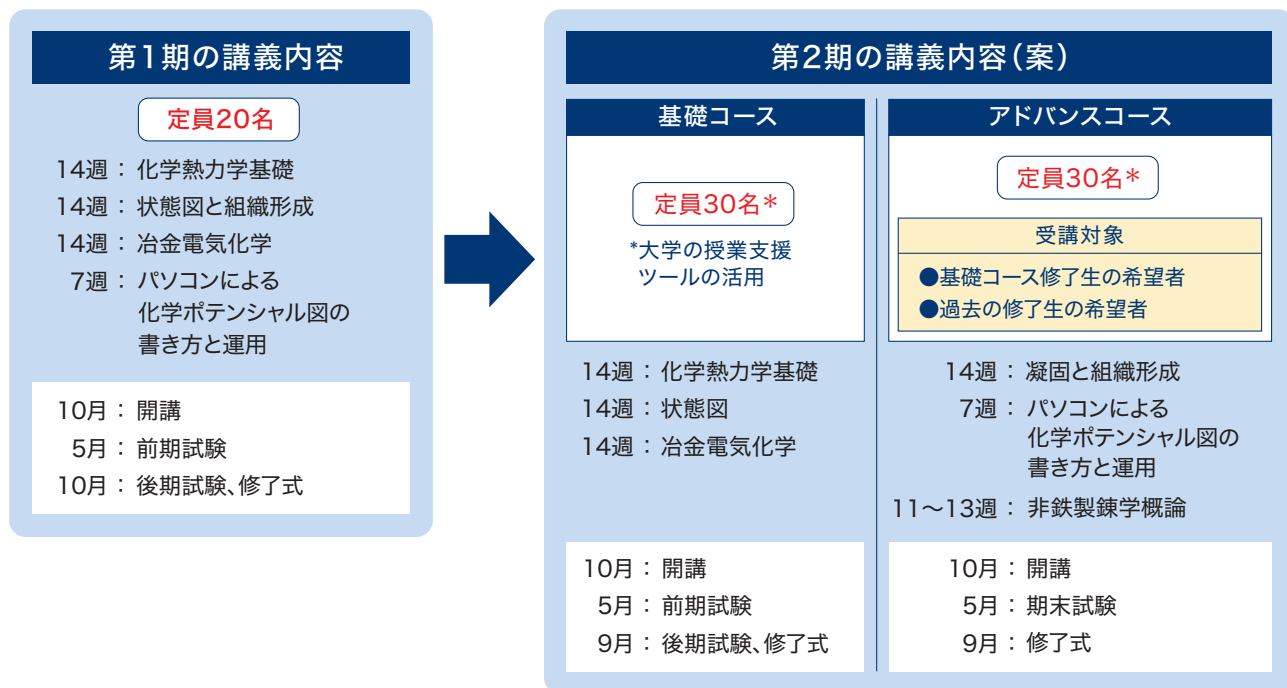
製錬から高機能材料、リサイクルまで多岐にわたっている非鉄製錬産業の技術者が、技術開発・革新を支える理論を体系的に学ぶことに重点を置きます。ひいては、ハイテク産業の発展や循環型社会の実現に向けて、国内産業へ貢献します。

三菱マテリアル株式会社と国立大学法人京都大学は、2017年4月より今後の我が国の非鉄製錬事業を産学両方で担う人材を育成するとともに、非鉄製錬学およびそれを利用したリサイクル技術の発展に資することを目的として、三菱マテリアルの支援による寄附講座として「非鉄製錬学講座」を設立し、京都大学大学院工学研究科材料工学専攻にて開講してまいりましたが、2022年4月以降も第2期として同講座を継続することとなりました（2022年4月～2025年3月）。

本寄附講座を通じて、非鉄製錬事業への関心を高め、同事業が必要とする人材の育成を図るとともに、非鉄製錬事業の国内での継続、ならびに非鉄製錬を利用したリサイクルによる循環型社会の実現、さらには非鉄製錬学の未来への継続に貢献してまいります。

■企業の若手技術者の育成: 社会人向けWeb講座の強化

—— アドバンスコースの新設(理解の深化、幅広い分野の習得) ——



アドバンスコース: 凝固と組織形成

凝固・結晶成長過程における、相平衡や熱・物質輸送が寄与した組織形成を学習し、材料組織形成を体系的に講述します。

安田 秀幸
(京都大学)



アドバンスコース: 非鉄製錬学概論

基礎コースの知識をベースとして、各種金属の製錬法の原理と特色を学ぶとともに、資源循環の観点から俯瞰的に製錬法を整理します。

京都大学教員



宇田 哲也
(京都大学)



豊浦 和明
(京都大学)



安田 幸司
(京都大学)

外部講師



金田 章 講師
(三菱マテリアル)
銅製錬概論



中村 崇 講師
(東北大学 名誉教授)
非鉄金属製錬と
不純物金属リサイクル



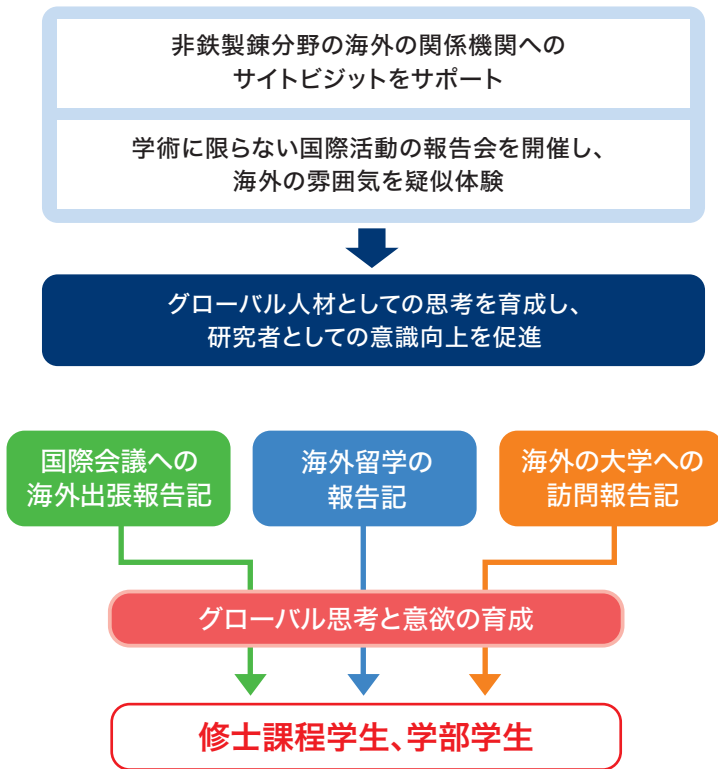
福島 久哲 講師
(九州大学 名誉教授)
湿式亜鉛製錬の
電気化学



小俣 孝久 講師
(東北大学 教授)
新材料創製のための
プロセス研究

■ 京都大学の学生の育成：グローバル思考の育成促進

海外へのサイトビジットのサポートやバーチャル留学セミナーの新設



海外出張や海外留学の疑似体験も

全国の研究者のレベルアップ：対象を若手以外にも拡大



非鉄製錬学Web討論会

各分野で活躍する著名な講師や新進気鋭の若手研究者による、講演、グループ討議、全体討議からなるオンライン討論会（過去4回開催、のべ19社、15大学・研究所から322名が参加）

➡ 特定のテーマで基礎力の充実
異分野から視野拡大を期待



製錬関係討論会

非鉄製錬分野の若手研究者による、質疑応答を充実させた合宿形式の討論会

➡ 自身の研究がベース

問い合わせ・アクセス

〒606-8501

京都市左京区吉田本町 物理系校舎523号室 非鉄製錬学講座 事務局

TEL:075-753-5430

E-mail : non-ferrous-Kyoto@aqua.mtl.kyoto-u.ac.jp

URL : <http://www.aqua.mtl.kyoto-u.ac.jp/NF/>





京都大学
KYOTO UNIVERSITY

<http://www.aqua.mtl.kyoto-u.ac.jp/NF/>

2022年3月発行