

2023年9月8日

# 三菱マテリアルによる 京都大学大学院工学研究科の寄附講座 「非鉄製錬学講座」の紹介

三菱マテリアル株式会社

金属事業カンパニー製錬事業部長

松谷 輝之

# 主な内容

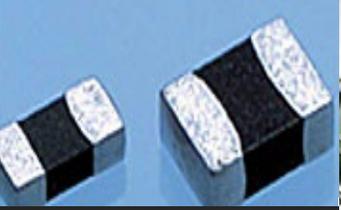
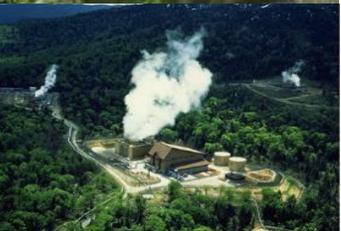
---

- 三菱マテリアルの紹介
- 本講座設立の背景（産業界、学界・研究機関）
- 本講座設立の主旨・方針
- 第一期（2017年度-2021年度）の主な成果
- 第二期（2022年度-2024年度）の取り組み

# 三菱マテリアル株式会社

本社所在地	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
創業	<u>1871年（明治4年）</u>
設立	1950年（昭和25年）
資本金	1,194億5,700万円（2023年3月末現在）
売上高	<u>連結 1兆6,259億3,300万円（2023年3月期）</u>
従業員数	<u>連結 18,576人（2023年3月末現在）</u>

# 三菱マテリアルの事業

				
				
				
鉱山・製錬・ 資源循環事業	銅加工事業	電子材料事業	加工事業	再生可能 エネルギー 事業
金属事業C	高機能製品C	加工事業C	加工事業C	

三菱マテリアルのメインビジネス

# 三菱マテリアルの製錬事業

---

① 銅を始め、金銀、PGM(白金、プラチナ等)、鉛、錫等の地金を生産

② マテリアルグリッドを推進

生産拠点を横断したプロセスフローを新たに構築するとともに、各生産拠点のプロセスを最適化しながら様々な有価金属を効率的に回収

③ 垂直価値連鎖を追求

外部環境の変化に強い経営体制

④ 当社独自の銅製錬法開発

高効率で環境負荷の低い連続製銅法を世界で初めて実用化

⑤ 世界No.1のE-Scrap処理

リサイクルに好適な三菱連続製銅炉の活用、周辺技術の強化

# 垂直価値連鎖

鉱山



銅精鉱 E-scrap



製錬

電気銅



直島 小名浜  
PT Smelting

銅加工

堺工場

若松製作所

三宝製作所



棒

板

条

荒引線

リードフレーム

端子コネクタ

配電盤

ワイヤーハーネス

給水栓金具

電線

優良鉱山  
権益保有

世界トップ  
クラスの  
E-Scrap  
リサイクル

高効率  
三菱連続  
製銅法

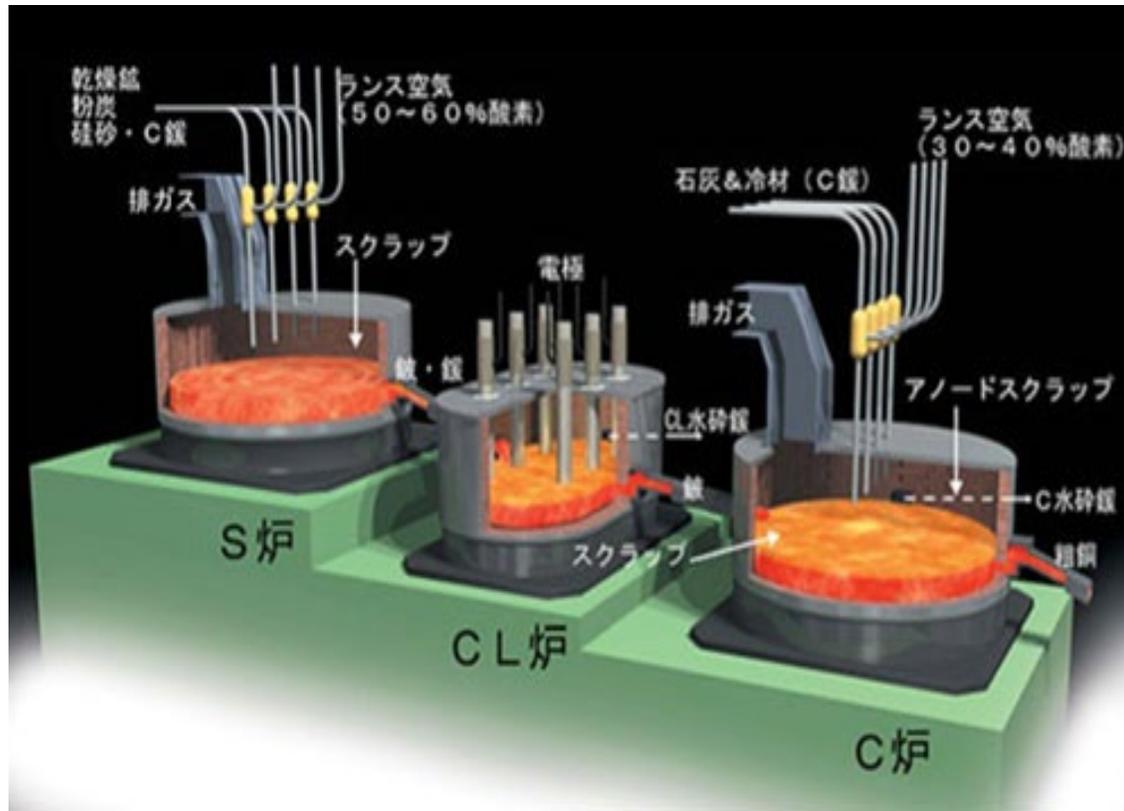
国内業界最大手の  
銅加工事業

外部環境に  
左右されにくい  
垂直価値連鎖の追求

リサイクル

# 三菱連続製銅法

熔錬炉、分離炉、製銅炉および精製炉を樋(とい)で連結することで連続的に製銅を行う独自のプロセス



スクラップ処理に最適

SO<sub>2</sub>ガス漏洩を大幅削減し、  
高効率操業を実現。

インドネシア、韓国、インドなど  
世界各地に技術輸出。

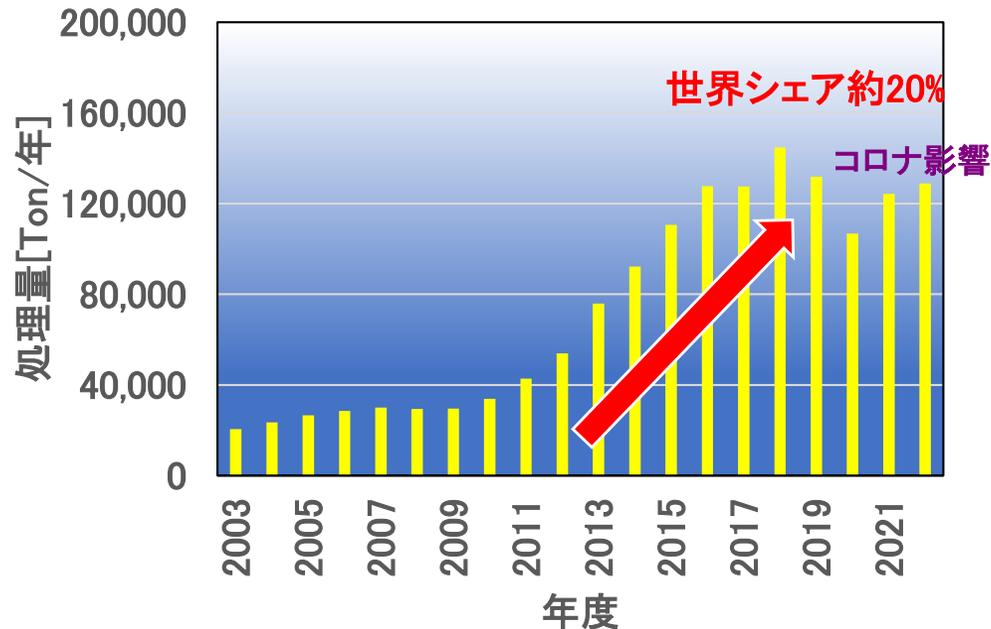
インフラ整備で増大する  
各国の銅需要に応え貢献。

# 製錬プロセスを活用したE-Scrap処理

## ● E-Scrapとは

家電やパソコンなど各種電子機器類の廃基板は、銅・貴金属などの有価金属を高濃度に含有し、E-Scrapと呼ばれ、製錬原料の新たな供給元（都市鉱山）となっている。

## ● E-Scrap処理量推移



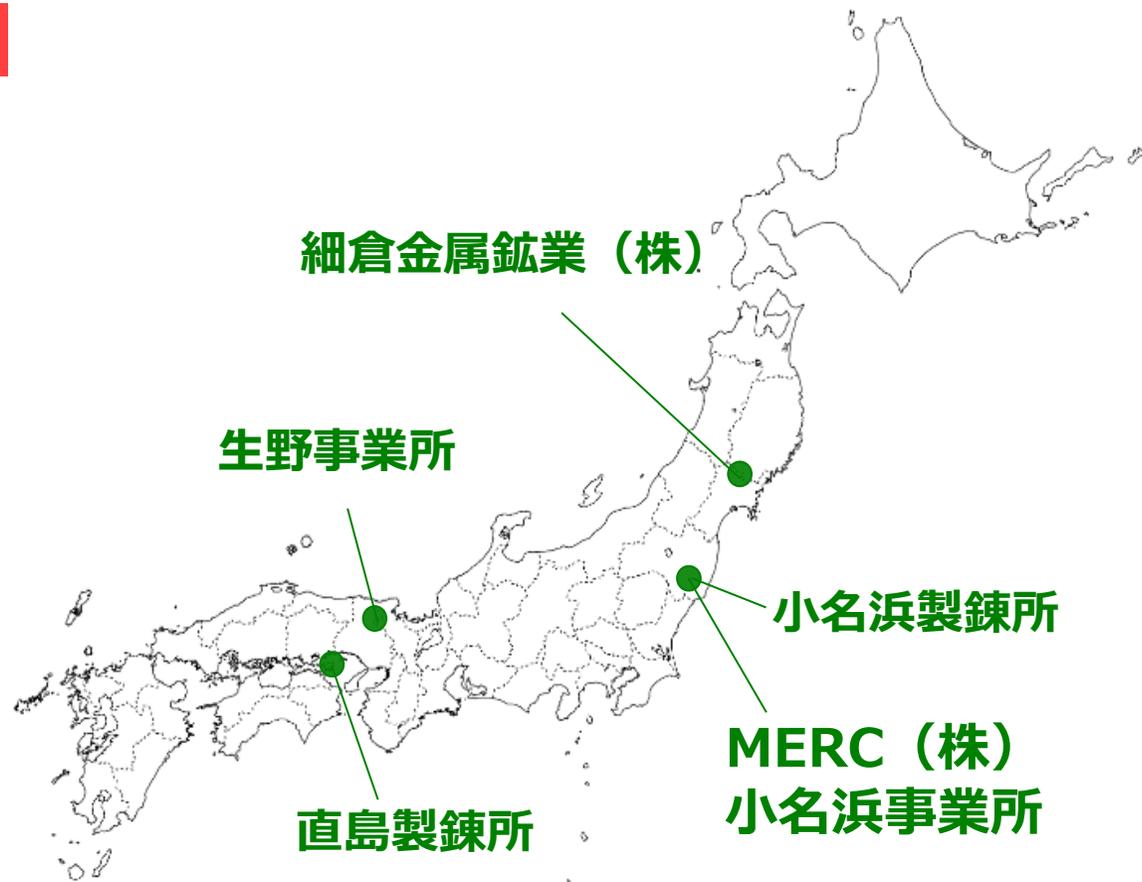
## ● 社会への貢献

E-Scrapの処理推進は、金属資源の循環のみならず、化石燃料の代替・削減に繋がる。



# 三菱マテリアルの製錬事業拠点

事業所	処理原料	主要製品・操業形態
直島製錬所	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅精鉱</li> <li>E-Scrap</li> <li>銅スクラップ</li> <li>廃棄物</li> <li>スライム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気銅</li> <li>硫酸</li> <li>セレン</li> <li>金</li> <li>銀</li> </ul>
小名浜製錬所	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅精鉱</li> <li>E-Scrap</li> <li>銅スクラップ</li> <li>廃棄物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気銅</li> <li>硫酸</li> </ul>
PT Smelting (インドネシア)	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅精鉱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気銅, 硫酸</li> </ul>
細倉金属鉱業	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉛バッテリー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気鉛</li> <li>ビスマス</li> </ul>
生野事業所	<ul style="list-style-type: none"> <li>錫スクラップ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気錫</li> </ul>
MERC小名浜	(社内原料)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PGM (白金、パラジウム等)</li> </ul>
MMMR (オランダ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>E-Scrap</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集荷</li> <li>サンプリング</li> </ul>



【海外】

オランダ  
インドネシア

MMMR  
PT Smelting

# 我が国における非鉄製錬産業の位置付け

---

## ① 国内主要産業のバリューチェーンにおける重要な役割

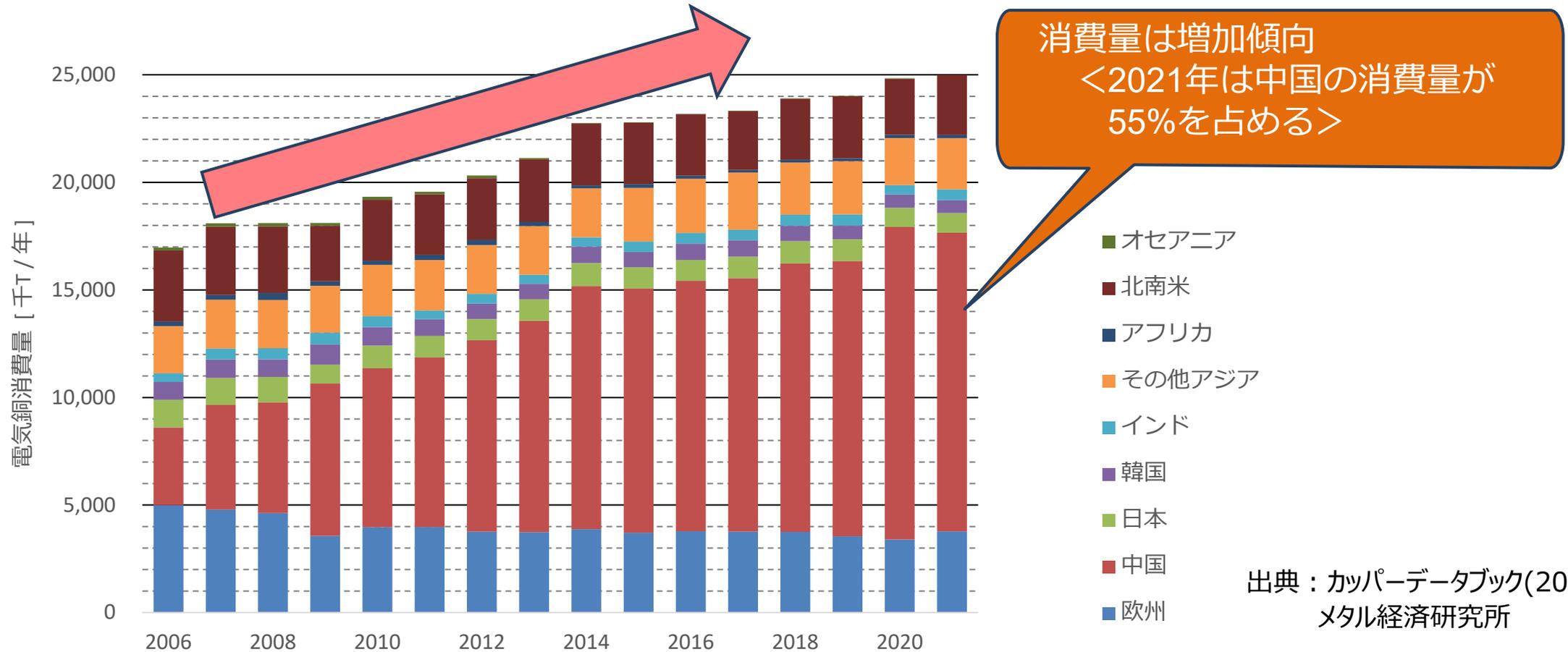
自動車・家電等、多様な産業において、上流から下流までの広範囲で重要な役割を担っており、その重要度は更に増加している。

## ② リサイクル事業の中核的役割

E-Scrap、シュレッダーダスト処理による銅や金銀等の有価金属の回収は、非鉄製錬産業抜きでは成立せず、リサイクル事業の中核的な存在。

⇒ 今後の循環型社会形成における必要不可欠な存在

# 世界の銅消費量



銅は高い電気伝導性、熱伝導性を持ち、電線や伸銅品として機械、自動車、建設、通信、電力など様々な産業分野で多用されており、今後の脱炭素化を支える材料として需要の伸びが予想されている。

# 本講座設立の背景（産業界）

---

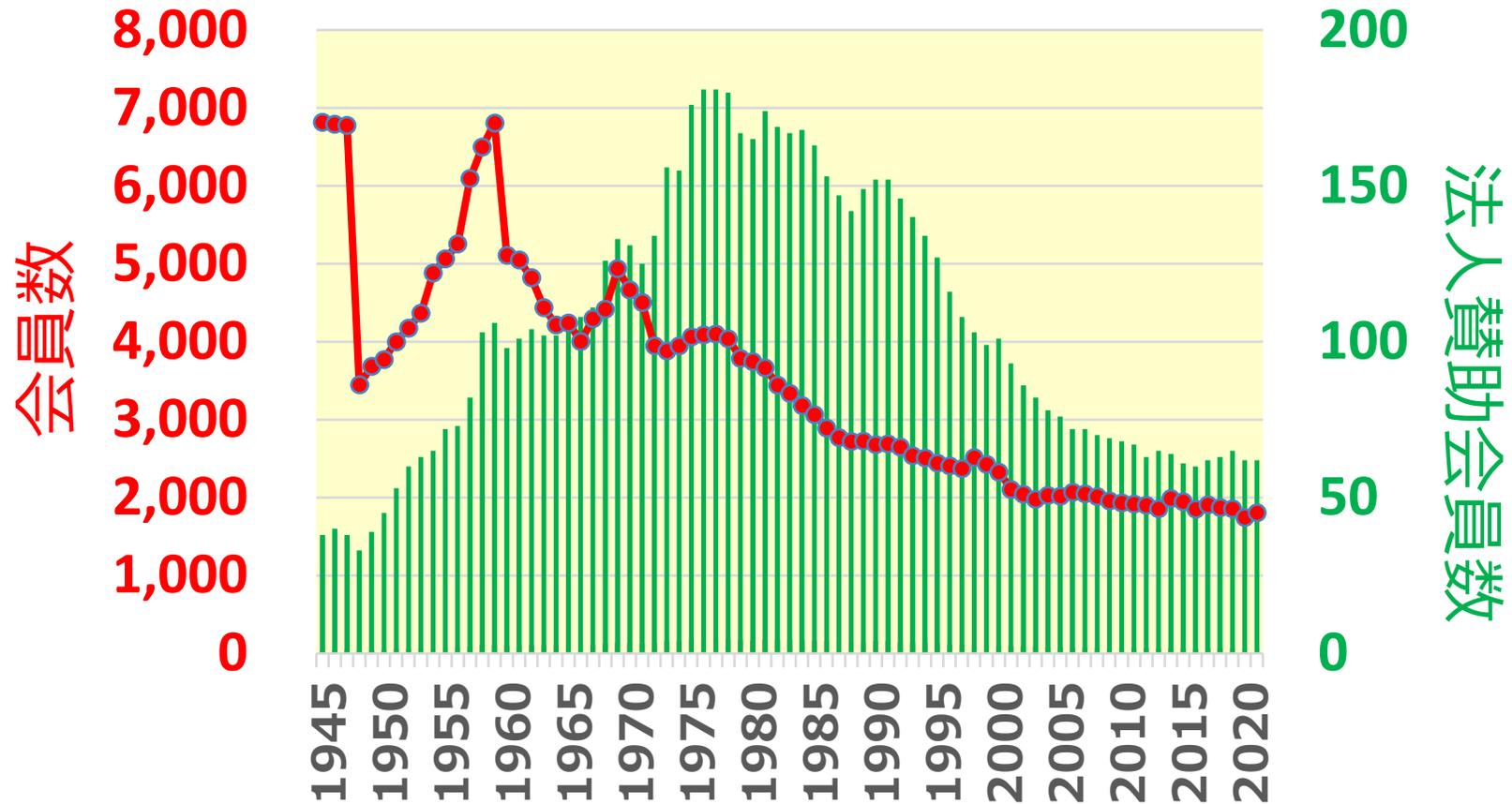
- ・非鉄製錬業界は、メタル価格やエネルギー価格の変動に影響を受ける状況の下、厳しい国際競争に晒されている。
- ・鉱石中不純物が増加し、リサイクル原料が多様化する中で、従来の製錬技術での対応が難しくなっている。
- ・非鉄製錬産業は高品質な非鉄金属素材の安定供給を通じて国内の基幹産業や高度な先端産業を支えると同時に、我が国の資源戦略、資源循環システムの中心的役割を果たしている。
- ・我が国のマテリアルセキュリティのために日本の非鉄製錬技術のさらなる向上と維持が必須であるが「非鉄製錬学」の基礎知識を有する人材が不足している。

# 本講座設立の背景（学界・研究機関）

---

- ・日本の主要大学では非鉄製錬学講座の継承に困難を来たしており、講座の廃止や再編が進行している。少数の大学で鉄鋼製錬と非鉄製錬を統合した講座等の形で、研究活動が継続している。
- ・同分野の研究者、学生数の減少により研究の水準維持に支障を来す事が懸念され、日本に於ける非鉄製錬学の将来性が危惧されている。

# 非鉄製錬分野の研究者数、大学教員数は減少傾向



資源素材学会の会員数の推移

一般社団法人資源・素材学会提供

# 本講座設立の主旨

---

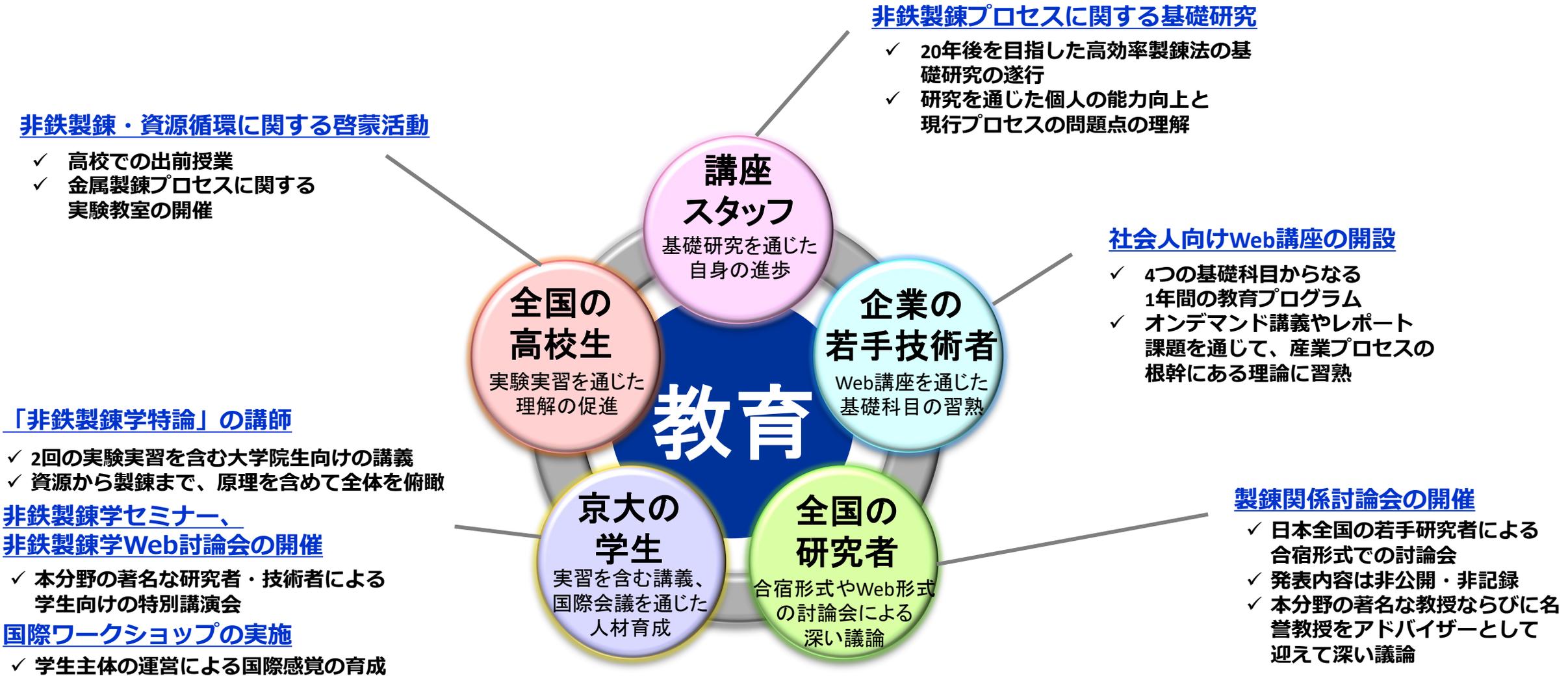
- ・非鉄製錬学およびそれを利用したリサイクル技術の発展が、**持続可能な社会の実現に大きく貢献**することは明らかである。それを目指している我が国にとって**非鉄製錬学は重要な分野である**、という認識を学会、産業界のみならず**社会に広めてゆく**。
- ・非鉄製錬産業が必要とする**人材の育成**を図ることによって、非鉄製錬産業を国内に存続させ、リサイクル事業を活用したより**高度な持続可能性を持つ社会の実現に貢献**する。

# 本講座の方針

---

- ・我が国の非鉄製錬分野に注力する学府の研究者および非鉄製錬産業に従事する技術者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。
- ・非鉄製錬業界の厳しい国際競争下においても、我が国の強みである**高効率・低環境負荷・高品質の製錬**及び**リサイクル技術を支える中核人材を育成**する。
- ・高校生や大学生に対して、非鉄製錬産業の必要性の啓蒙活動ならびに教育活動を行い、この分野の学術および産業界の**永続的な人材確保**を行う。

# 活動の概要



# 本講座第一期（2017年度-2021年度）の主な成果

---

所期の目的に沿って活動を展開し、非鉄製錬・リサイクル分野の発展に大きく貢献。

- 1) 高校生に向けた啓蒙・教育活動
- 2) 大学院生向け講義「非鉄製錬学特論」への協力
- 3) 社会人を対象とした熱力学や電気化学などに関するWeb講座
- 4) 若手研究者を対象とした討論会の開催
- 5) 未来型の非鉄製錬・リサイクルプロセスに関する基礎研究
- 6) 非鉄製錬学Web討論会

# 高校生に向けた啓蒙・教育活動



## 高校生向け実験教室「金銀銅を作ろう！」

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。



## 京都大学ELCAS(高校生のための体験型学習講座,大学の高大連携活動の一つ)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。

### レアな金属の分離法とレアじゃないレア金属の話

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、技術がレア金属をベース金属に変える話、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。

# 大学院生向け講義「非鉄製錬学特論」への協力

「非鉄製錬学特論」では、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。寄附講座では、外部講師による特別講義、実験実習の開催でも協力しています。

## 外部講師(特別講義)



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)  
電解製錬と不純物

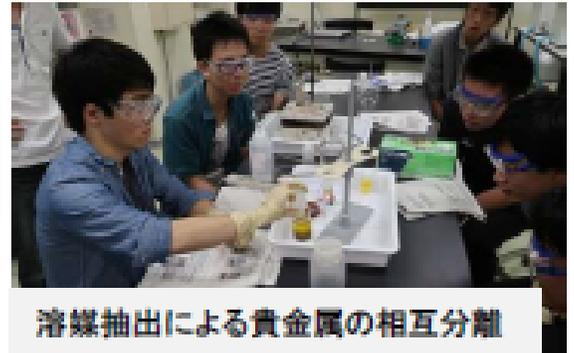


小俣 孝久 講師  
(東北大学 教授)  
新材料創製のための  
プロセス研究

## 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

# 社会人を対象としたWeb講座

- 化学熱力学基礎(全14回)
- 状態図と組織形成(全14回)
- 冶金電気化学(全14回)
- 化学ポテンシャル図の書き方と運用(全7回)

※1年に渡りほぼ毎週レポートとビデオ視聴

※前期と後期に腕試しの試験あり

※約670ページのテキスト

## 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



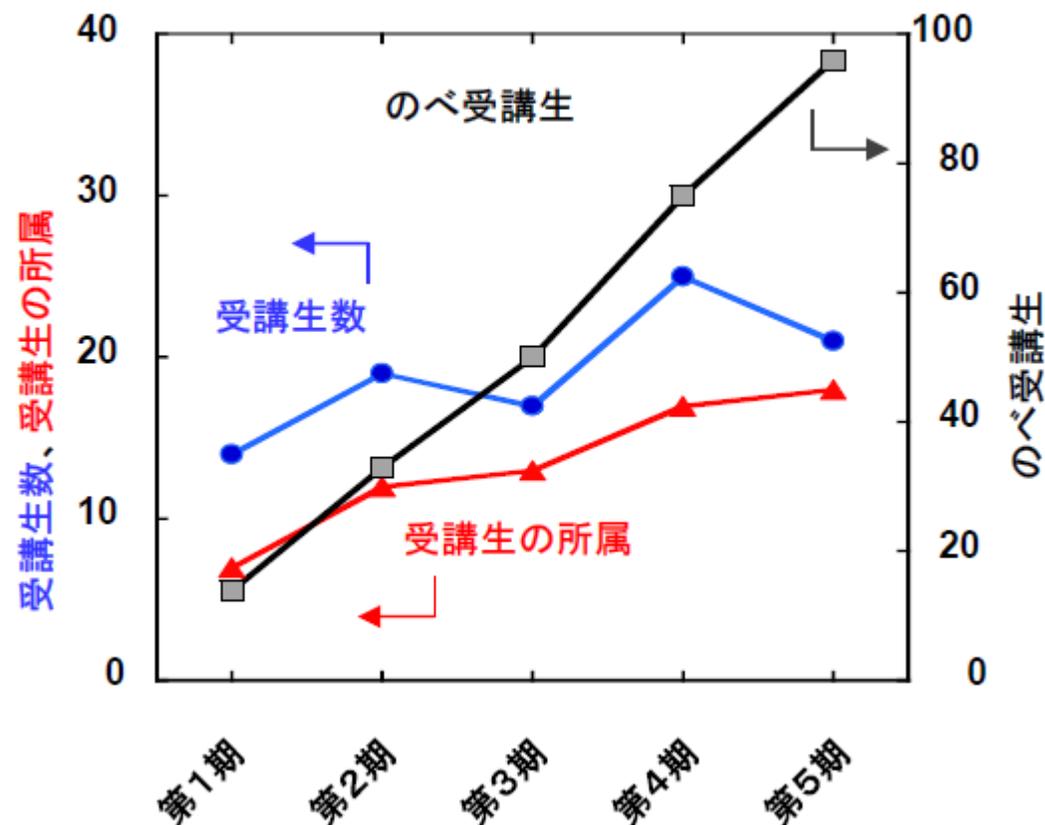
畑田 直行 助教

# 社会人を対象としたWeb講座

## 企業の若手受講生の声

- ✓ 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)。
- ✓ 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勞しておりましたが、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)。

## 受講生の人数と所属



# 社会人を対象としたWeb講座

- ✓ 勉強の他にも若いエンジニア間のネットワークが構築できるような催しも考えて行きます。



同年代の会社の枠組みを超えた横のつながりと刺激が期待されます。



## 第二期（2022年度-2024年度）の取り組み

---

- ・本講座の開講による成果は、以上の通り確実に表れている。
- ・EVや再生可能エネルギー活用に代表される**社会の脱炭素化**や**持続可能な開発(SDGs)**の重要性が、国際的にも叫ばれている中、**非鉄金属の製錬及びリサイクルの進化・発展は、今後も社会から強く求められていく。**
- ・日本の非鉄製錬分野が国際的な競争を勝ち抜き、今後も発展するため、**本講座を通じた人材育成と研究活動が担う役割は大きく、第二期を開始。**

# 第二期（2022年度-2024年度）の取り組み

---

第二期では第一期の活動を継続するとともに、新たな取り組みも取り入れて、さらに内容が充実。

1) 社会人を対象とした熱力学や電気化学に関するWEB講座に基礎コースとアドバンスコースを設置し、習熟度に応じた教育を行うことで若手技術者の育成を強化、効率化。

2) 学部生や大学院生のロールモデルの一つとして先輩研究者の経験や将来に対する期待を語るDD( Doctor's Diversity)談話室をオンラインで開催。

3) WEB討論会の対象を学生やWEB講座受講生だけでなく、異分野を含む研究者・技術者にも拡大。

# 社会人Web講座

## 社会人向けWeb講座 第7期生 募集

非鉄金属の製錬・リサイクルは、日本の基幹産業であるとともに、循環型社会の実現を担う産業としてその重要性が世界的に高まっています。本教育講座は、産業界の明日を担う若手技術者を対象として、産業技術の開発・革新を支える基礎学問を学ぶ場を提供することを目的に企画しました。本学材料工学専攻の教員を講師とするビデオ講義や、ほぼ毎週のレポート課題を通じて、産業プロセスの根底にある理論を体系的に学ぶことができます。

※受講生には、レポート課題の提出と試験への出席が課されます

□対象： 非鉄金属関連企業の若手技術者

□受講料： 無料（授業資料（7,000～10,000円）につきましては任意購入でご負担願います）

□コース、定員、スケジュール（スケジュールは変更となる可能性があります）

### A. 基礎コース

最大30名、応募人数によっては選考を実施予定

2023年8月 受講生決定  
2023年10月 開講、前期開始（京都大学にて開講式とガイダンス）  
2024年5月 前期終了（京都大学にて期末テストを実施予定）  
2024年5月 後期開始  
2024年9月 後期終了（京都近郊にて期末テストおよび修了式を実施予定）

### B. アドバンスコース

最大30名、応募人数によっては選考を実施予定、応募条件は裏面参照

2023年8月 受講生決定  
2023年10月 開講、授業開始（京都大学にて開講式とガイダンス）  
2024年7月 授業終了  
2024年9月 京都近郊にて期末テストおよび修了式を実施予定

## 基礎コース

□対象： 非鉄金属関連企業の若手技術者

□定員： 最大30名  
（※応募人数によっては選考を実施予定）

□オンデマンド講義：

- ①化学熱力学基礎(全14回)  
講師： 京都大学 教授 宇田哲也
- ②状態図基礎(全14回)  
講師： 京都大学 准教授 豊浦和明
- ③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

### オンデマンド講義講師陣



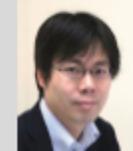
宇田 哲也 教授



邑瀬 邦明 教授



豊浦 和明 准教授



深見 一弘 准教授

## アドバンスコース

□対象： 非鉄金属関連企業の若手技術者

応募条件  
・第1期～第5期の修了生 ・第6期の基礎コース修了生のいずれか

□定員： 最大30名（※応募人数によっては選考を実施予定）

□オンデマンド講義：

- ①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)  
※第1期～第5期で受講済みの方は、任意受講  
講師： 京都大学 助教 畑田直行
- ②凝固と組織形成(全14回)  
講師： 京都大学 教授 安田秀幸
- ③非鉄製錬学概論(全12回)  
講師： 京都大学 教授 宇田哲也ら

### オンデマンド講義講師陣



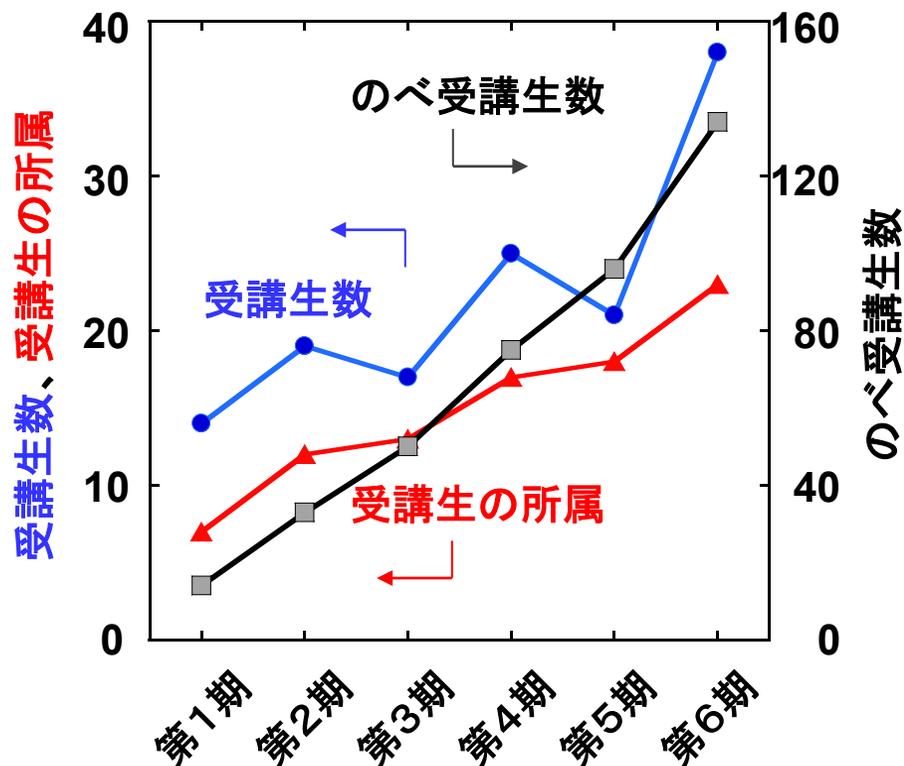
畑田 直行 助教



安田 秀幸 教授

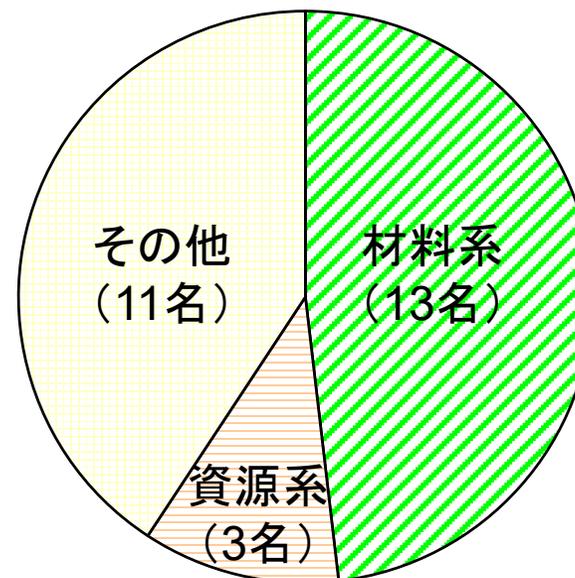
# 社会人Web講座

## 受講生の数と所属



第6期では、応募枠の増加と、  
新コースの創設により、  
受講生数が増加

## 受講生の出身学科 (第6期生、基礎コース)



「さらなるプロフェッショナル化」  
「新規教育」の機会を提供

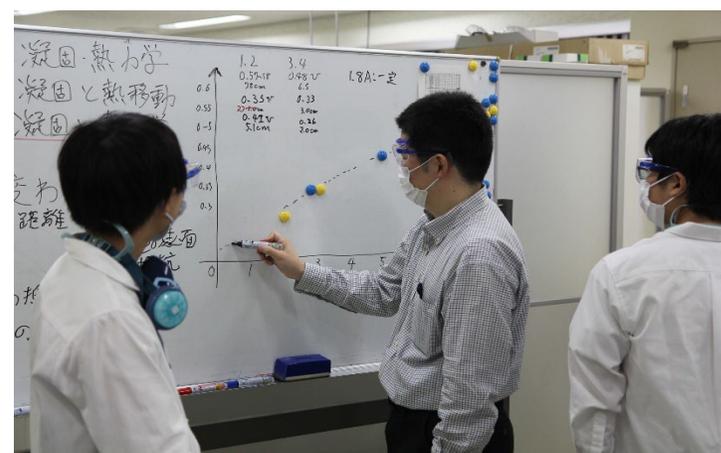
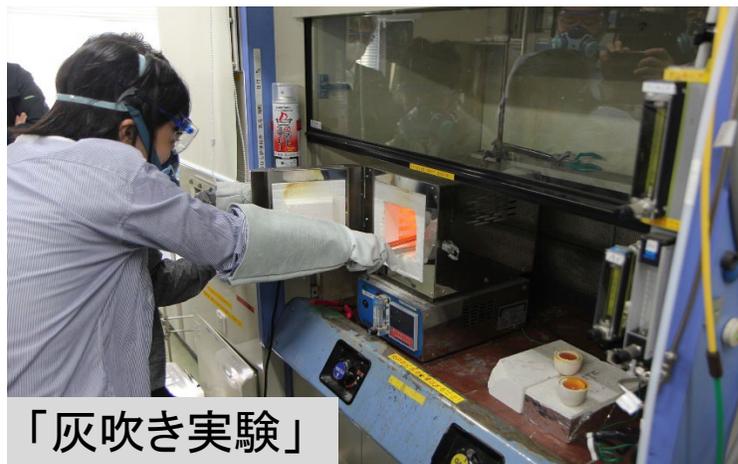
# 高校生に向けた教育啓蒙活動

実験教室「金・銀・銅を作ろう！」

2022年8月9日(火)13:00-16:30 @ 京都大学

京都市立 堀川高等学校 化学部 1年生, 2年生 8人を受け入れ

非鉄金属製錬の役割に関する講義



# 非鉄製錬学Web討論会



## 第6回非鉄製錬学 Web 討論会

Web Conference on  
Non-ferrous Extractive Metallurgy

日時： 2023年1月10日(火) 14:00-17:40

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 (一社) 資源・素材学会 協賛 (公社) 電気化学会 溶融塩委員会

テーマ： 排水処理

### ■趣旨説明 (14:00-14:10)

### ■講演

#### 1. (14:10-15:40)

「産業排水処理の概要と最近の話題」

北九州市立大学 寺嶋 光春 准教授

#### 2. (16:10-17:40)

「廃水中のホウ素・フッ素の除去技術」

東北大学 飯塚 淳 准教授

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回
参加登録者	86	73	82	81	78	80
学生	31	37	30	27	29	21
大学教員・研究所	24	22	25	22	16	11
企業	31	14	27	32	33	48

# 最後に

---

弊社では、

- ・本講座を通して教育を受けた**高校生、大学生が、非鉄製錬業界へと**  
進み、この分野を**発展させる人材となること**
  - ・**社会人WEB講座**を受講した技術者によって業界全体の**技術力が**  
**底上げ**されること
  - ・非鉄製錬学の基礎研究を進展させることで学問分野を活性化させると  
共に**日本の非鉄製錬産業を下支え**していくこと
- を強く期待しています。