

**Integrated
Research Center
for
Sustainable
Energy and Materials**

**Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo**

**東京大学生産技術研究所
持続型エネルギー・材料統合研究センター**

2018–2019





**東京大学生産技術研究所
持続型エネルギー・材料統合研究センター
2018-2019**

目次

| | |
|--------------------------------|-------|
| はじめに | 3 |
| コアメンバー | 4 |
| 研究組織 | 5 |
| ミッション | 6 |
| 組織体系／領域 | 7 |
| 研究室紹介 | 8 |
| 岡部 徹 研究室 循環資源工学・レアメタルプロセス工学 | 9 |
| 吉江 尚子 研究室 環境高分子材料学 | 10 |
| 井上 博之 研究室 非晶質材料設計 | 11 |
| 枝川 圭一 研究室 材料強度学物性 | 12 |
| 鹿園 直毅 研究室 熱エネルギー工学 | 13 |
| 吉川 健 研究室 持続性高温材料プロセス | 14 |
| 八木 俊介 研究室 エネルギー貯蔵材料工学 | 15 |
| 大和田 秀二 研究室 資源分離工学・リサイクル工学 | 16 |
| 柴山 敦 研究室 資源処理工学 | 17 |
| 山口 勉功 研究室 資源・材料循環工学 | 18 |
| 主な活動 | 19-33 |
| アクセス | 34 |

はじめに

材料工学とエネルギー工学の融合により 持続可能な社会の実現を目指す国際研究拠点

2016年4月1日に、新たな研究センターとして、「持続型エネルギー・材料統合研究センター (Integrated Research Center for Sustainable Energy and Materials, IRCSEM)」が発足しました。本センターは、5頁に示す4ユニットで構成されており、10名の研究室主宰者がコアメンバーとなります。2018年4月からはエネルギー工学連携研究センターのメンバー(2018年3月まで)が新たに加わり、より広範囲の活動を行っています。

持続可能な社会を実現するためには、資源・材料を高度に循環するだけでなく、エネルギーの高効率利用も必要不可欠です。本センターはエネルギー工学分野と材料分野との融合を促進するための国内初のプラットフォームであり、今後、エネルギー・資源の高度利用、資源・材料の循環、低環境負荷材料・システム創製に関する先端的な研究開発を世界各国の研究機関と連携して推進します。

また、本センターは、本所の非鉄金属資源循環工学寄付研究部門(JX金属寄付ユニット)、さらには本分野に関連する民間企業と連携して、次世代を担う人材の育成にも取り組む予定です。

センター長

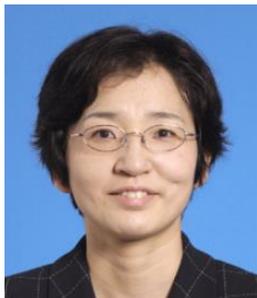
岡部 徹



コアメンバー



センター長
岡部 徹
教授



副センター長
吉江 尚子
教授



井上 博之
教授



枝川 圭一
教授



鹿園 直毅
教授



吉川 健
准教授



八木 俊介
准教授



大和田 秀二
客員教授



山口 勉功
客員教授

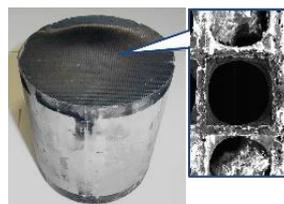


柴山 敦
客員教授

研究組織

資源・材料循環ユニット ～資源・物質・材料循環のデザインとプロセス制御～

- 国際的物質循環に基づいたサステナブル材料プロセスの開発
- 有害物・危険物の発生と固定・循環に関するメカニズムの解析
- 枯渇性資源の再生プロセス開発
- 基盤材料生産の最適化
- 高効率な電解製錬プロセスの開発



自動車廃触媒からの白金族金属の再生

メンバー: 岡部 徹 教授、 八木 俊介 准教授
山口 勉功 客員教授、 柴山 敦 客員教授

エネルギー・資源有効活用ユニット ～低エネルギー消費社会のための基盤工学～

- 合金溶媒を用いた省エネ半導体SiC, AlNの溶液成長
- エネルギー・素材市場の経済指標の導出
- 固体酸化物形燃料電池(SOFC)の大出力密度化と高信頼性化
- 熱機関, ヒートポンプ用の新規な熱エネルギー技術の開発



高温結晶成長界面の直接観察

メンバー: 鹿園 直毅 教授、 吉川 健 准教授

物質・材料高度化ユニット ～資源・物質の最大活用のための材料工学～

- 環境負荷の少ないポリマー・ガラス材料の設計と開発
- バイオマス資源の有効利用技術の開発
- 低環境負荷材料の強度物性
- 新規高性能熱電材料の開発

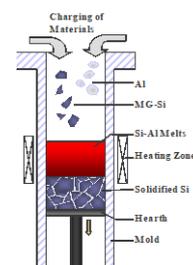


模擬廃棄物固化ホウケイ酸塩ガラスの溶融

メンバー: 吉江 尚子 教授、 井上 博之 教授、 枝川 圭一 教授

社会実装推進ユニット ～産業界との強い連携の模索～

- 超長寿命材料のプロセス開発と性能評価
- 寿命延長のための材料構造の最適化
- 大量基幹構造材料処理の最適化
- レアメタルなどの有価資源についてリサイクル技術と社会システムの確立



Si-Al溶媒を利用した
太陽電池級シリコンの精錬

メンバー: 教授(選考中)、 大和田 秀二 客員教授

(2018年4月1日 現在)

ミッション

社会的背景

低エネルギー消費、素材の高度循環型社会に向けた取組みに加え、資源消費抑制と環境負荷の低減にも同時に取り組み、全世界規模で実現していくことが必須の課題。

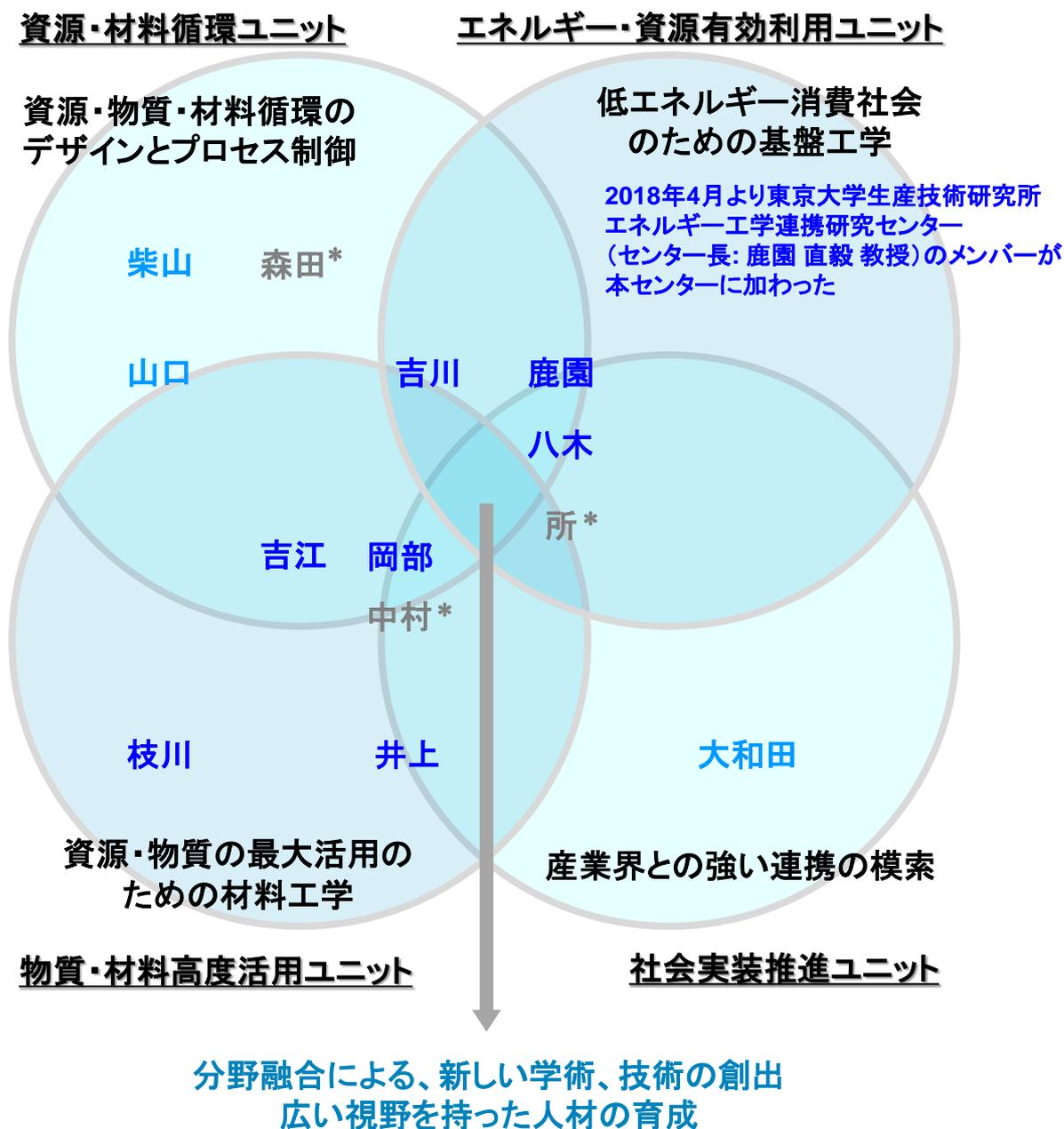
ビジョン

本センターは“エネルギー問題”を新たに重点スコープに加え、これまでに形成した国際ネットワークを活用して、世界をリードする国際研究拠点として活動を行う。

研究開発および教育・社会連携活動

- ✓ 資源・物質・材料循環のデザインとプロセス制御
- ✓ 低エネルギー消費社会のための基盤工学
- ✓ 資源・物質の最大活用のためのエネルギー・材料工学
- ✓ 産業界との強い連携の模索
- ✓ 国際連携研究の推進と循環型社会確立のための提言とグローバル人材教育
- ✓ 産学連携と研究成果の社会実装の推進と社会人教育
- ✓ エネルギーや資源、材料分野の重要性の一般社会へのアウトリーチ

組織体系／領域



* 連携研究者



研究室紹介

岡部 徹 研究室

循環資源工学レアメタルプロセス工学

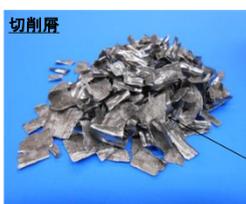
未来材料:チタン・レアメタル

レアメタルを“コモンメタル”に!!

「未来材料:チタン・レアメタル」をキーワードに、レアメタルの新しい製錬プロセス、および廃棄物中のレアメタルの環境調和型リサイクルプロセスの研究開発に取り組んでいます。

レアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発

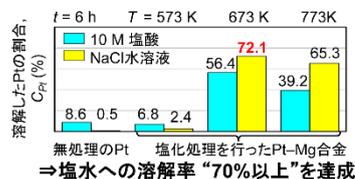
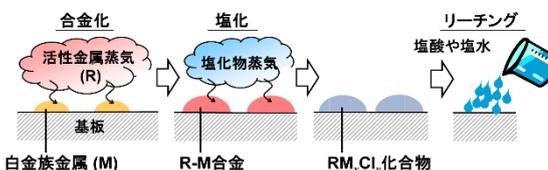
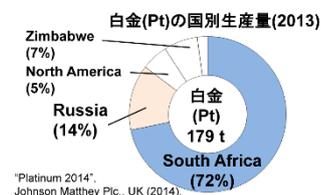
溶融塩を利用したチタンスクラップの新規リサイクル技術



スクラップと塩化物廃棄物を組み合わせて有価物を効率的に回収する環境調和型技術や電気化学的手法により不純物酸素を直接除去する技術を開発



合金化・塩化処理を利用した白金族金属(PGMs)の高速溶解技術

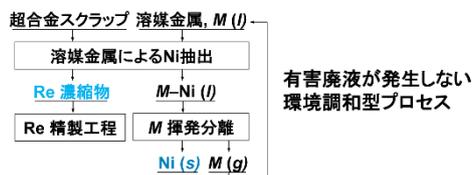


溶融金属を利用したニッケル基超合金スクラップの新規リサイクル技術



超硬工具や超合金のスクラップから、有害な廃液を排出することなく効率的にレアメタルを分離・回収するため、

- ✓ 低融点金属を抽出剤として利用したリサイクル技術
- ✓ 塩化揮発を利用したリサイクル技術を開発中



塩化処理を利用した粗銅の高速精錬技術



電解精錬の工程は、他の製錬工程に比べて、長時間を要し、装置が占める面積も広い。

反応が電極の表面でしか起こらないため、処理速度が遅い。

粗銅や銅スクラップを高速で精錬するため、塩化揮発を利用した銅の精錬技術を開発中



塩化物の蒸気圧差を利用して銅と不純物を分離

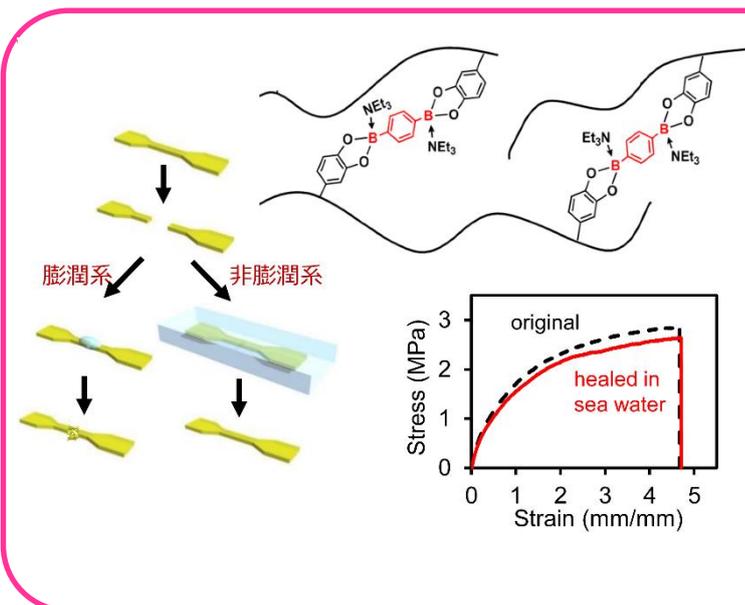
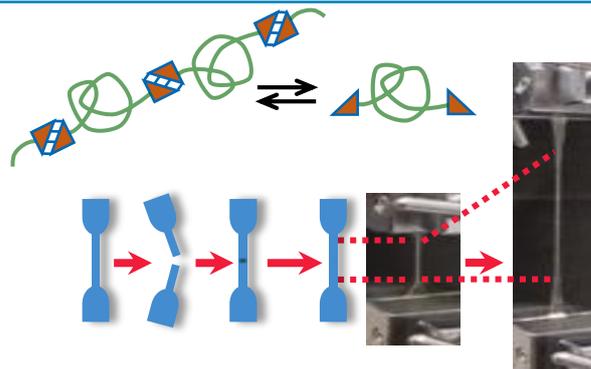
吉江 尚子 研究室

環境高分子材料学

動的構造制御が拓くポリマー材料の新構造・新機能

動的結合を利用した高機能性高分子材料

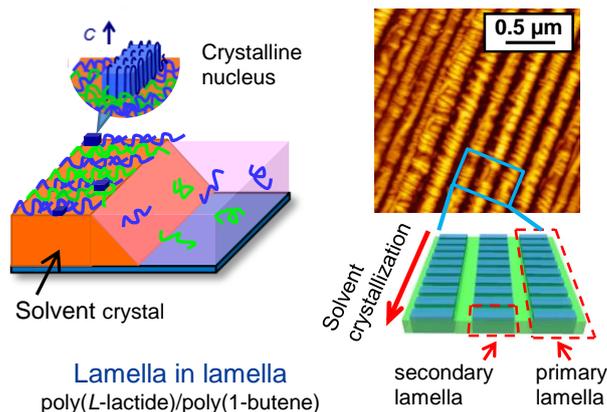
水素結合等の分子間力や可逆性の共有結合など、動的結合を利用した高分子材料の高機能化を追求しています。分子構造から高次構造までの多階層構造をダイナミックに変化させることにより、硬軟物性間双方向変換性や自己修復性、多形状記憶性、高靱性エラストマーなど特徴ある新たな機能性材料の開発に成功しています。



【最近の研究例】ユビキタな刺激である水を利用した修復性ポリマーが注目を集めている。その多くが水による膨潤を利用して傷口同士の接触性を高めている。しかし、非損傷部位は膨潤によりダメージ(変形や多孔化)を受けやすい。一方、表面の濡れにより修復できる非膨潤性のポリマーの場合には、乾燥後に元の機械特性を回復しやすい。吉江研ではカテコール/ボロン酸架橋を利用した非膨潤性ポリマーを開発した。このポリマーは、カテコール/ボロン酸架橋の動的な効果により、海水中で修復可能である。将来的には水環境中で安定して使用可能、かつ、水環境中で自発的に修復する材料の開発を目指したい。

高分子ブレンドによるナノ周期構造

ブロックコポリマーでは良く知られたナノ周期構造パターンを、単純なポリマーブレンドで形成する手法を開発しました。溶媒を結晶化することにより、ブレンド成分ポリマーの析出と配向的な相分離、さらに、非平衡構造の凍結を瞬間的に進めることにより、実現しています。1成分を選択除去して凹凸パターン化したり、ラメラ in ラメラのような階層構造を作ることも容易です。



井上 博之 研究室

非晶質材料設計

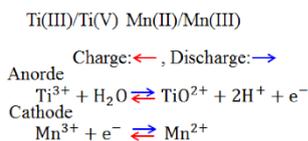
ガス浮遊炉とガラス

非晶質と液体状態の材料設計

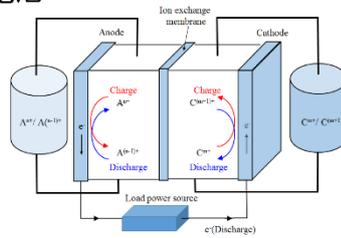
結晶質の材料に比べて、非晶質材料や液体状態の原子・電子構造は、十分に理解されていない。井上研究室では、アモルファス・ガラス状態から液体状態までの物質・材料を対象として、これらの状態を解析し理解するための手法を研究するとともに、様々な物質・材料に適用し、その構造と特性の関係を探るとともに、さらに新しい材料の創製と応用の開拓を目指している。

◆ 非晶質・液体状態の計算機シミュレーション

新しい Ti/Mn レドックス・フロー電池

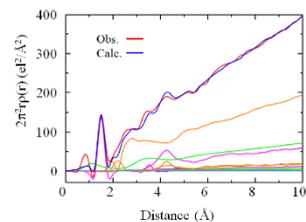
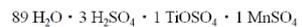


Mn³⁺の安定性



レドックス・フロー電池の模式図

・X線回折による全相関関数
・分子動力学法



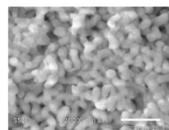
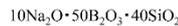
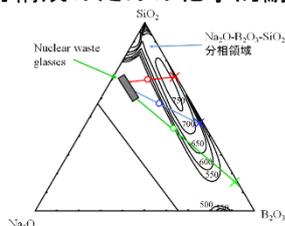
実測と計算による全相関関数

◆ 放射性廃棄物のためのガラス固化体の化学的耐久性と分相

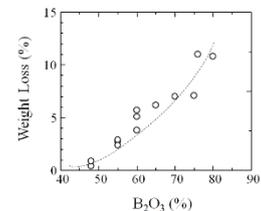
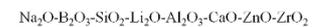
ガラス固化体の再構成のための化学的耐久性の制御

Nuclear waste glass

| Composition | wt (%) | mol (%) |
|--------------------------------|--------|---------|
| SiO ₂ | 49 | 54 |
| B ₂ O ₃ | 15 | 14 |
| Na ₂ O | 10 | 11 |
| Li ₂ O | 3 | 7 |
| CaO | 3 | 4 |
| Al ₂ O ₃ | 5 | 3 |
| ZnO | 3 | 3 |
| FP | 12 | 4 |



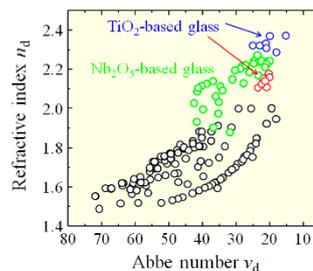
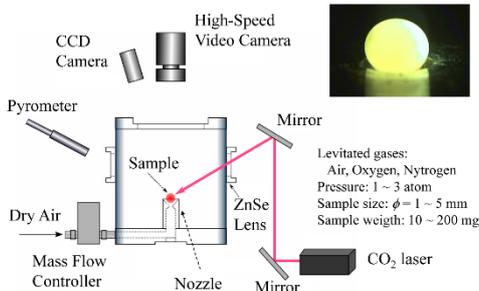
分相処理後、熱水への溶出後のSEM写真



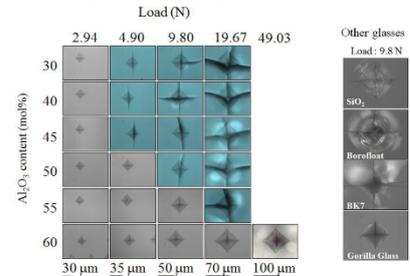
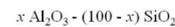
8成分系ガラスの分相処理後、熱水への溶出による重量減少率

◆ ガス浮遊炉によるガラスの組成探索とその物性

ガス浮遊炉



ガス浮遊炉で作製したガラスの屈折率と分散



ガス浮遊炉で作製したガラスの機械的特性

枝川 圭一 研究室

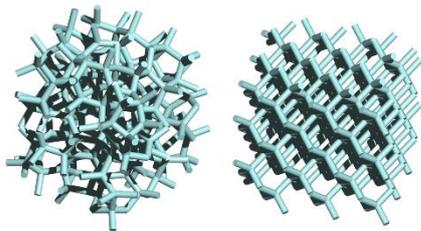
材料強度物性

固体の原子配列秩序と物性

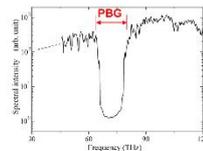
固体の原子配列秩序と物性

固体をマイクロなスケールで眺めてみると、原子がある秩序をもって並んでいることがわかる。固体の微視的構造は原子(分子)の並び方によって周期構造(結晶)、準周期構造、アモルファスの3種類に分類できる。このような原子の並び方の違いが、巨視的な材料の性質を左右している。我々の研究室では、上記の観点から固体の微視的構造と物理的性質の関係を明らかにし、さらに得られた知見を新材料開発に応用することを目指している。

◆ランダムネットワーク構造フォトニックデバイスの創成と展開 アモルファス構造で3次元フォトニックバンドギャップを発見



フォトニック・アモルファス・ダイヤモンド構造と
フォトニック結晶ダイヤモンド構造

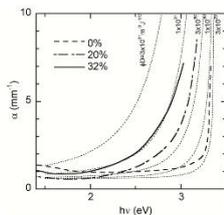


FDTD法による光状態密度の解析結果



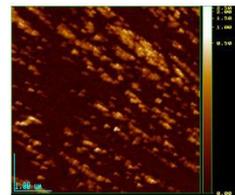
ミリ波帯でのフォトニック・
アモルファス・ダイヤモンドの作成

◆半導体中転位の物理的性質：転位線の光学的・電気的性質の解明

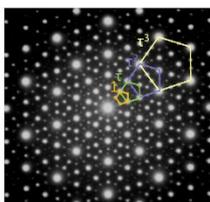


←GaN結晶の光吸収スペクトルの
塑性変形による変化

塑性変形によりGaN結晶表面に現れた →
導電性スポット

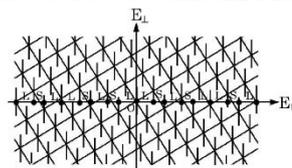


◆準結晶のフェイゾン弾性に関する研究：準結晶特有の物性の起源の解明

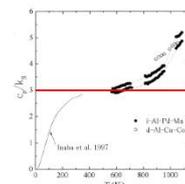


Al-Cu-Fe系正20面体準結晶の
5回軸入射の電子線回折図形

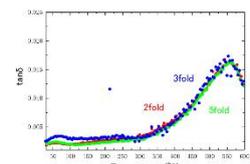
2次元結晶の1次元断面として準結晶構造を記述した例



E_{\perp} 上に得られるLSの配列は周期性をもたない⇒準周期性



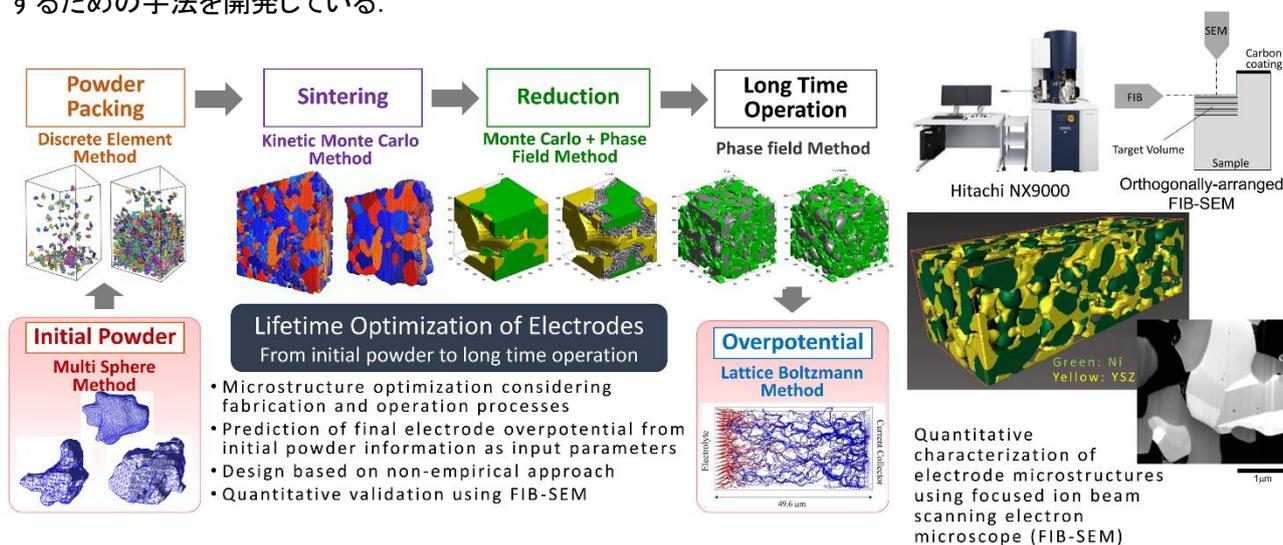
高温比熱におけるデュロン・プティ則の破れ



高温内部摩擦の測定

固体酸化物形燃料電池の電極構造と特性予測

固体酸化物形燃料電池(SOFC)の電極では、電極反応の場である三相界面 (Triple Phase Boundary)密度、およびイオン・物質の拡散経路等の多孔体微細構造がその過電圧特性や機械的特性等に大きな影響を与える。本研究では、FIB-SEMにより再構築した電極3次元微細構造により格子ボルツマン法、フェーズフィールド法、KMC法、DEM法等を検証し、電極の形成過程から劣化特性までの特性変化を定量的に予測するための手法を開発している。



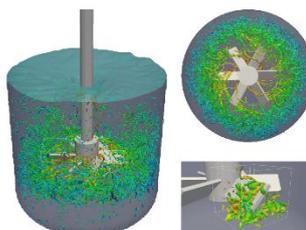
次世代熱機関の基礎研究

熱の有効利用は、省エネルギーを実現する上で最も重要な課題の一つである。その実現のためには、熱交換温度差の低減、温度差の小さい熱源間でも機能する熱機関が不可欠である。本研究室では、次世代蒸気サイクルやヒートポンプサイクルを実現するための研究を行っている。

- ・新型蒸気サイクルの基礎研究:トリラテラルサイクルおよび振動型蒸気サイクルの研究
- ・気液二相流の数値シミュレーション:界面挙動、伝熱等を考慮した解析
- ・新規要素技術:層流伝熱促進、小型気液分離器、フィンレス熱交換器等



トリラテラルサイクル用膨張機および実証装置



大規模気液二相流数値シミュレーション (回転型攪拌槽内の渦構造と気液界面形状)



表面張力利用気液分離器



フィンレス熱交換器

吉川 健 研究室

持続性高温材料プロセス

次世代半導体SiC, AlNの溶液成長

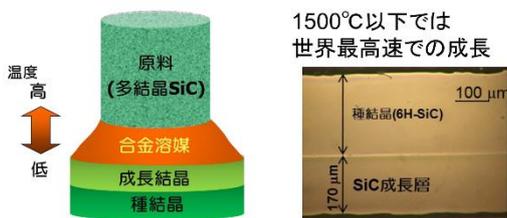
溶融合金から半導体を創る一次世代半導体SiC, AlNの溶液成長

当研究室では熱力学や結晶成長工学などの**高温プロセス学**と研究室独自の**高温プロセス可視化技術**を融合して革新的な材料プロセスを創り出すための基礎研究を行っています。

ワイドギャップ半導体結晶の溶液成長

シリコンカーバイド (SiC) や窒化アルミニウム (AlN) 等のワイドギャップ半導体は電力・光素子の技術革新を導くキーマテリアルです。これらのバルク単結晶の高品質・高速での成長方法の開発を行っています。

FZ法によるSiCの低温高速成長技術



鉄鋼精錬プロセスの反応界面制御

鉄鋼プロセスは何百トンもの溶鉄がダイナミックに反応して高純度で目的の成分の鋼が得られます。しかし実際の反応は「界面」を通してミクロンレベルで進行します。これを適切に制御し21世紀に相応しいプロセス構築に貢献します。

溶鋼/ 精錬材の反応制御

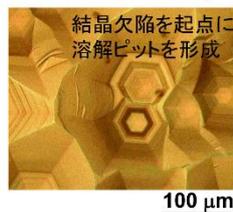
鋳型内の凝固組織制御



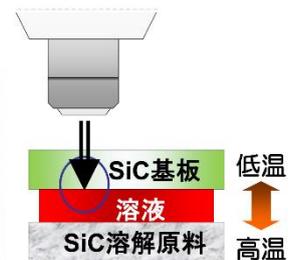
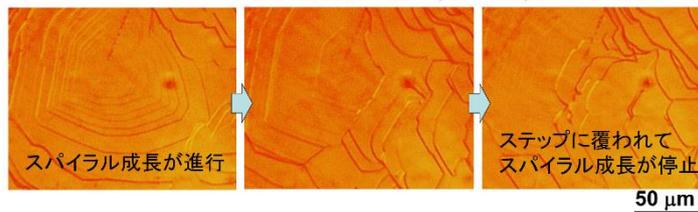
可視光透過観察法による高温反応界面のリアルタイム観察

反応に関与する材料の可視光透過性を利用して異相間の高温反応界面のその場観察を行い、観察事実に基づいた界面現象の制御方針を立てて、材料製造プロセスを開発します。例えば、SiCの溶液成長時の成長界面を世界で初めて観察しました。SiCが成長・溶解する瞬間や、結晶欠陥周囲のナノスケールの界面モフォロジーを捉え、高品質結晶の育成指針を構築します。

SiCが溶解する様子(1300°C)



SiCが成長する様子(1400°C)



八木 俊介 研究室

エネルギー貯蔵材料工学

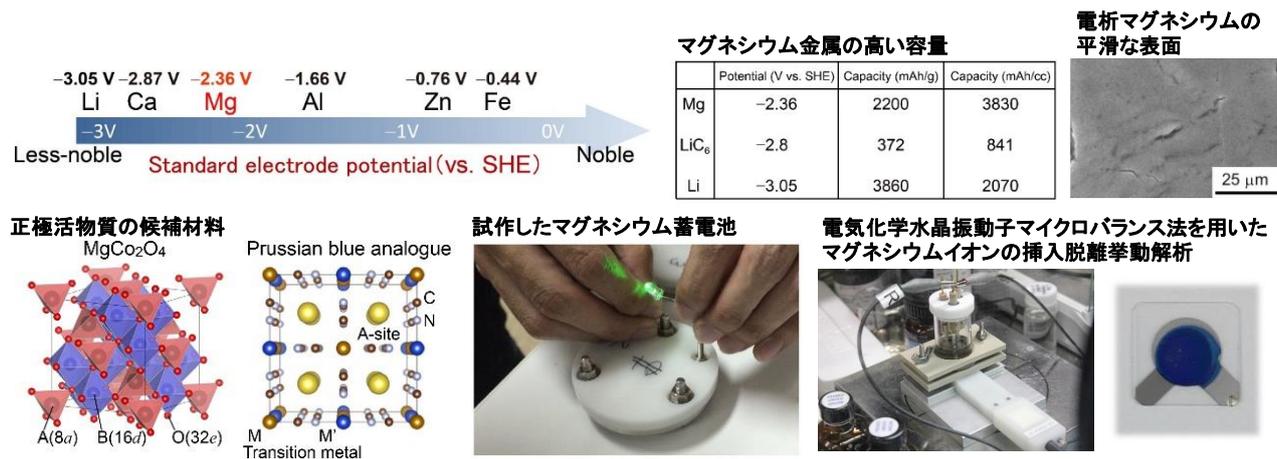
環境を支える電気化学材料・プロセス

革新的蓄電池と電気化学プロセスの高効率化

八木研究室では持続可能な社会の発展のため、新しい発想に基づく蓄電池や、ありふれた元素で構成される高性能な電気化学触媒の研究・開発を行っています。

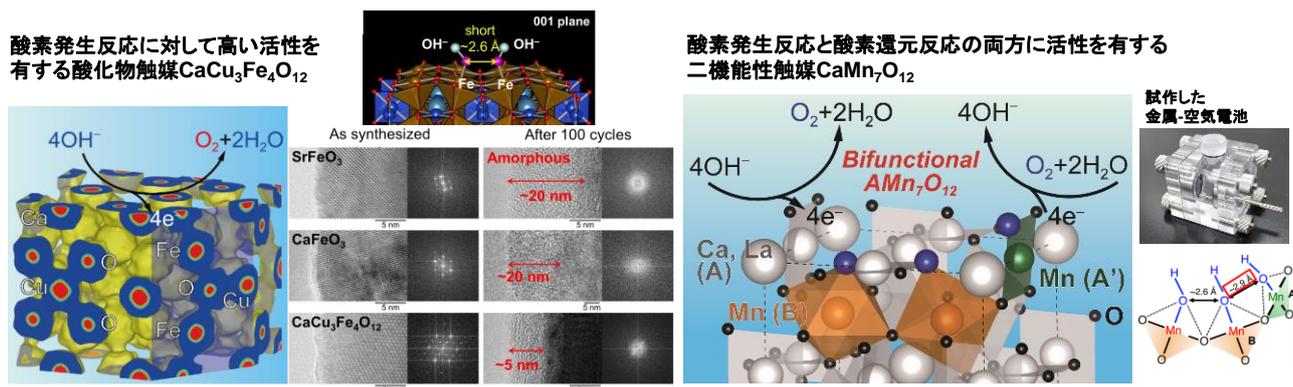
マグネシウム蓄電池

マグネシウムは原子1つあたり2つの電子を蓄えることができ、空気中で取り扱える金属の中で最も負に大きな標準電極電位を示します。また平滑に電析しやすい性質を有します。このようなマグネシウムの性質に注目し、取り扱いのしやすさと高いエネルギー密度を両立させた蓄電池の実現を目指し、研究を進めています。



酸素の電気化学反応触媒

酸素の電気化学反応は、燃料電池、金属-空気電池、再生可能エネルギーを使った水の電気分解、電解製錬などを担う、極めて重要な反応です。酸素の電気化学反応を促進させる高性能な触媒を、ありふれた元素で実現するための研究を進めています。



大和田 秀二 研究室

資源分離工学・リサイクル工学

客員教授 本務先:早稲田大学理工学術院(創造理工学部)

人工(廃棄物)資源を賢く分離する

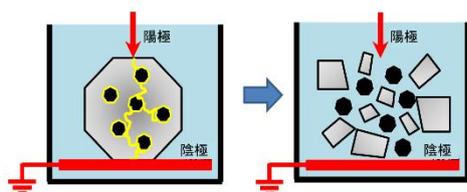
資源を賢く分離する

天然および廃棄物資源には有価物と不要物が混合して存在しますが、前者は高効率回収、後者は分離除去・適正処分する必要があります。この際のキーテクノロジーは成分分離技術ですが、省エネルギー的には固相状態での分離「ソフトセパレーション」が重要となります。このソフトセパレーションを効率的・省エネルギー的に行うには、以下の2種類の技術が不可欠であり、当研究室ではその検討を精力的に行っています。

1. 分離の前処理として、構成成分を効率よく単体分離するための粉碎技術
2. 単体分離された各種固相成分の省エネルギー的・高効率分離技術

以下に、具体的なテーマの一部を記しました。

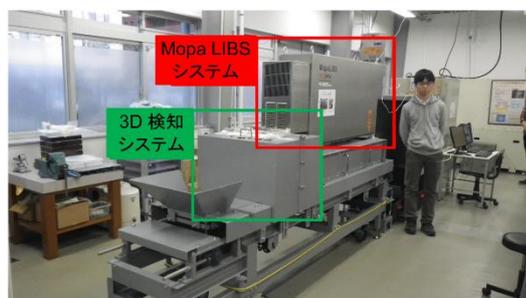
- ◆単体分離を促進する**力学的粉碎**技術研究
- ◆**電気パルス粉碎**の界面破壊機構の解明
- ◆**電気パルス粉碎**による各種廃棄物の単体分離状況の評価
- ◆高性能(LIBS・XRF・XRT等)**ソーティング**技術開発およびプロセスの最適化
- ◆物理選別による**焼却灰**からの**貴金属濃縮**プロセスの開発
- ◆**浮選**における確率論的・流体力学的研究
- ◆**浮選**による**廃触媒**からの**貴金属濃縮**プロセスの開発



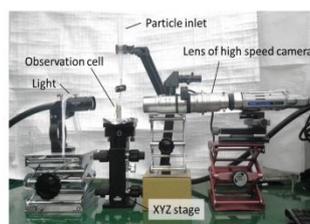
電気パルス粉碎の破壊概念図



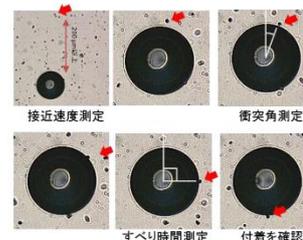
電気パルス粉碎によってICチップの単体分離された各種素材



世界初のLIBSソータを開発, 2015年2月



気泡-粒子附着観察装置



気泡-粒子附着観察手順

柴山 敦 研究室

資源処理工学

客員教授 本務先: 秋田大学大学院国際資源学研究科

鉱物処理とリサイクル

アドバンスドミネラルプロセッシング技術とリサイクルプロセスの開発

当研究室では、金属資源の延命化と持続可能な社会の実現を目的に、不純物を含むまたは低品位で開発できない未利用資源の処理技術の開発ならびに廃棄物資源(リサイクル原料)からの金属回収技術の開発を行っています。主な研究例を紹介します。

未利用資源の有効利用を目的とした資源処理技術の開発

- ◆ 不純物含有銅鉱石の処理技術の開発
- ◆ 低品位鉱石または選鉱尾鉱の処理技術に関する研究
- ◆ リサイクル原料からの有用金属の分離回収プロセスの開発

貴金属を含むリサイクル原料の処理技術の開発

- ◆ ハロゲン浴を用いた廃電子基板からの金属浸出プロセスの開発
- ◆ 新規貴金属抽出剤の開発と抽出条件の最適化

物理選別技術を用いたリサイクル原料からの有価金属回収

廃電子基板

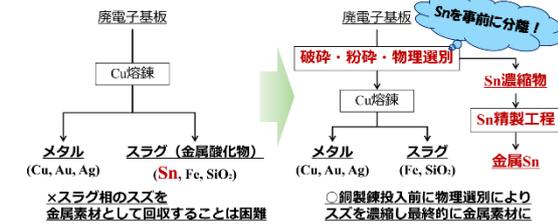
- 廃電子基板は銅製錬プロセスを活用して銅や貴金属などの有価金属を回収している
- 一部の有価金属はスラグ相に移行するため、リサイクルが困難

Cu 約20%, スズ約3%を含む

有価金属の事前分離プロセスの開発が必要

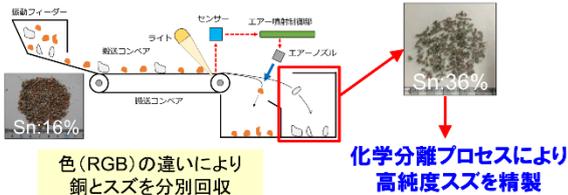
本研究では、有価金属として「スズ」に着目

- ◆ 現行の有価金属回収プロセス
- ◆ 本研究で目標とするプロセス



カラーソーティングを用いた銅とスズの分離

カラーソーターの概要図



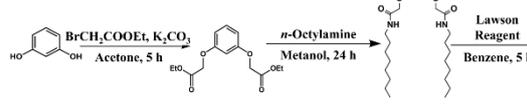
新規貴金属抽出剤の創成と回収プロセス開発

貴金属のリサイクル工程で汎用的に用いられている溶媒抽出法に用いるための

- ・パラジウムに選択性を有する
- ・耐久性を持つ(繰り返し利用に耐える)

新規抽出剤の創成を試みた。

新規抽出剤の合成スキーム

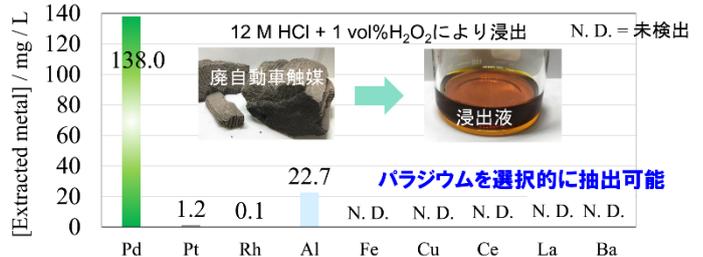


貴金属を選択的に回収する可能性を秘めた新規抽出剤

自動車触媒浸出液からの貴金属の選択抽出

条件: 抽出剤濃度 = 1 mM, 振とう時間 = 5 min

| 元素 | Pd | Pt | Rh | Al | Fe | Cu | Ce | La | Ba |
|----------|-------|-----|------|--------|-------|------|-------|-------|------|
| 含有量 mg/L | 395.7 | 8.0 | 14.2 | 1555.6 | 604.1 | 29.5 | 959.8 | 101.5 | 51.2 |



山口 勉功 研究室

資源・材料循環工学

客員教授 本務先:早稲田大学創造理工学部環境資源工学科

非鉄製錬におけるレアメタル回収技術

非鉄製錬におけるレアメタル回収技術

日本の産業に欠くことができないレアメタルの回収に、銅・鉛・亜鉛と呼ばれるベースメタルの非鉄製錬技術が応用されています。例えば、1ヶ所の製錬所だけで金・銀・銅・鉛・亜鉛・インジウム・ガリウム・プラチナ・ロジウム・パラジウム・ビスマス・アンチモン・テルルなど 20種類ものレアメタルが回収されています。

高温プロセスを用いた新しい金属製錬、金属スクラップの精製、廃棄物処理など社会と産業に直結した研究を行っています。

- ◆B₂O₃フラックスを用いた希土類磁石のリサイクル技術
- ◆二液相分離を用いた銅含鉄スクラップからの銅と鉄の分離技術
- ◆自動車排ガス浄化用触媒からのプラチナ・ロジウム・パラジウムの回収
- ◆高温落下型熱量計の開発

B₂O₃フラックスを用いたHV、EV用モーターからのレアアース回収

検証試験内容

T社HV、M社EV用モーター回転子を黒鉛のつばに挿入
高周波溶解炉にて、空気雰囲気、1500°Cで加熱溶解

酸化鉄とB₂O₃フラックスを溶湯に添加
1250°C程度で30~60分保持後冷却

レアアース濃縮相、B₂O₃-RExO_yを粉砕、6mol塩酸水溶液で浸出
浸出残渣、SiO₂(s)を濾過分離
濾液にシュウ酸添加、アンモニア水にてpH=2に調整40°C、3時間保持
レアアースシュウ酸を濾過分離
レアアースシュウ酸を大気中、700°C、1時間、加熱分解
高純度レアアース酸化物
金属相及び酸化物相の成分濃度をICP-AES及びC-S分析装置により組成分析

図 T社 HV駆動用と発電用モーター回転子: 駆動用6.8kg、発電用2.1kg

図 M社 EVモーターと回転子 回転子: 10.4kg

図 M社 EVモーター回転子を溶解している様子

図 溶解後の試料 B₂O₃相、REE-rich相(B₂O₃-RExO_y)、溶鉄相の三相に綺麗に分離していることが分かる

表 各相の重量

| | T社-HV | M社-EV |
|---------------------------------|---------|--------|
| B ₂ O ₃ 相 | 1,570g | 1,036g |
| Re-rich相 | 727g | 444g |
| Fe-C相 | 12,200g | 9,900g |

表 T社-HV回転子を溶解した試料の各相の成分濃度(mass%)

| | Nd | Dy | Pr | Al | Cu | Mn | Ni | Cr | B | Fe | SiO ₂ | B ₂ O ₃ |
|---|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------------------|-------------------------------|
| B ₂ O ₃ phase | 2.4 | 1.9 | 0.9 | 1.0 | 0.005 | 0.08 | ND | 0.008 | — | 1.6 | 4.2 | Bal. |
| B ₂ O ₃ -RE _x O _y | 24.3 | 13.3 | 6.5 | 4.4 | 0.04 | 0.78 | ND | 0.06 | — | 1.1 | 5.3 | Bal. |
| Fe-C alloy | 0.003 | 0.017 | 0.001 | 0.01 | 0.09 | 0.11 | 0.03 | 0.07 | 0.19 | Bal. | — | — |

各種二液相分離を用いた含銅鉄スクラップからの銅と鉄の分離プロセス

Fe-rich phase
Cu-rich phase

Fe-Cu-C系
Fe-Cu-P系
Fe-Cu-P-C系

Incineration Metal Residue

↓

Copper Enrichment

↓

Copper Smelting or New Process

Cu recovery(%)

Cu grade in scrap(%)

— 5% Cu in Fe (Fe-Cu-P-C)
— 7% Cu in Fe (Fe-Cu-P)
— 4% Cu in Fe (Fe-Cu-C)

銅回収率とスクラップの銅品位の関係

高温投下型熱量計の開発と高温における熱化学データの測定と収集

a) Dropping mechanism
b) Pt-10%Rh wire
c) Pt/Pt-Ph thermocouple
d) Alumina tube
e) Molybdenum silicide MoSi₂ heater
f) Pt crucible
g) Shutter
h) Pt resistance thermometer
i) Copper tube
j) Copper fins
k) Dewar vessel
l) Insulating material
m) Distilled water

ΔT₁ / K · t / min

T / K

Liquid region

高温投下型熱量計

シリコンの高温エンタルピー

主な活動

これまでの主なグローバル連携研究活動・産学連携活動・アウトリーチ活動

E-scrapシンポジウム2016

開催日: 2016年9月27日(火)
会場: 東京大学 生産技術研究所

青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井

開催日: 2016年10月9日(日)
会場: 東京学芸大学

貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(貴金属シンポジウム(第4回))

開催日: 2017年1月6日(金)
会場: 東京大学 生産技術研究所

第12回リアクティブメタルワークショップ(RMW12)

The 12th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW12)

開催日: 2017年3月3日(金)~4日(土)
会場: マサチューセッツ工科大学 (ボストン)

ノルウェー科学技術大学(NTNU)との国際交流

開催日: 2017年4月5日(水)
会場: 東京大学 生産技術研究所

Workshop on Innovative Metallurgical Processes for Advanced Materials 1 Frontier on SiC Solution Growth

開催日: 2017年6月23日(金)
会場: 東京大学 生産技術研究所

青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井

開催日: 2017年9月24日(日)
会場: 東京学芸大学

Annual Meeting of ICG (International Commission on Glass)

開催日: 2017年10月22日(日)~25日(水)
会場: Halic Congress Center (トルコ イスタンブール)

非鉄製錬におけるマイナーメタルに関するシンポジウム

開催日: 2017年11月10日(金)
会場: 東京大学 生産技術研究所

貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(貴金属シンポジウム(第5回))

開催日: 2018年1月12日(金)
会場: 東京大学 生産技術研究所

第1回非鉄金属資源・製錬・リサイクル特別セミナー

開催日： 2018年3月14日(水)

会場： 東京大学ニューヨークオフィス、日本クラブ (ニューヨーク)

前田正史教授が熱く語る特別シンポジウム

開催日： 2018年3月9日(金)

会場： 東京大学 生産技術研究所

第13回リアクティブメタルワークショップ(RMW13)

The 13th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW13)

開催日： 2018年3月16日(金)～17日(土)

会場： マサチューセッツ工科大学 (ボストン)

今後の予定

E-scrapシンポジウム2018

開催日： 2018年11月30日(金)

会場： 東京大学 生産技術研究所

Workshop on Innovative Metallurgical Processes for Advanced Materials 2

開催日： 2018年9月10日(月) (予定)

会場： Science et Ingenierie des Materiaux et Procedes, Grenoble INP

An Annual Meeting of ICG (International Commission on Glass)

開催日： 2018年9月23日(日)～26日(水)

会場： パシフィコ横浜

貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(貴金属シンポジウム(第6回))

開催日： 2019年1月11日(金)

会場： 東京大学 生産技術研究所

佐藤修彰教授と藤田豊久教授が熱く語る特別シンポジウム

開催日： 2019年3月8日(金)

会場： 東京大学 生産技術研究所

第14回リアクティブメタルワークショップ(RMW14)

The 14th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW14)

開催日： 2019年3月15日(金)～16日(土)

会場： マサチューセッツ工科大学 (ボストン)

E-scrapシンポジウム2016

開催日： 2016年9月27日(火)
会場： 東京大学 生産技術研究所

2016年9月27日に生産技術研究所コンベンションホールにて、産官学から9名の講師を招き「E-scrapシンポジウム2016」を開催しました。生産技術研究所の藤井 輝夫 所長（当時）の挨拶で幕を開けた本シンポジウムは、約200名の参加者が集まる盛況な会となり、E-scrapリサイクルの現状と課題について活発な議論が行われました。また、翌28日には、学生と若手研究者を対象として産業技術総合研究所 戦略的都市鉱山研究拠点（Strategic Urban Mining Research Base, SURE）とJX金属株式会社 日立事業所の見学会が開催されました。



青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井

開催日： 2016年10月9日(日)
会場： 東京学芸大学

2016年10月9日に、東京学芸大学にて開催された「青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井」において展示協力を行い、当センターからは岡部 徹 教授によるレアメタルに関する講演、岡部研究室が保有するレアメタル等の展示が行われました。講演後は吉村 彰大 協力研究員（現 千葉大 特任助教）により、形状記憶合金や電気メッキの実験実演が行われました。

講演では、身近な場所や意外な場所に使われているレアメタルについての説明があり、大勢の親子連れが興味深く聞き入っていました。また、普段見ることのないレアメタルの展示も人気を博していました。さらに講演後の実験では、お湯に浸すだけで伸ばした形状記憶合金が元に戻る様子や、めっきによって金属板の色が変わる様子に、子供から大人まで歓声を上げていました。

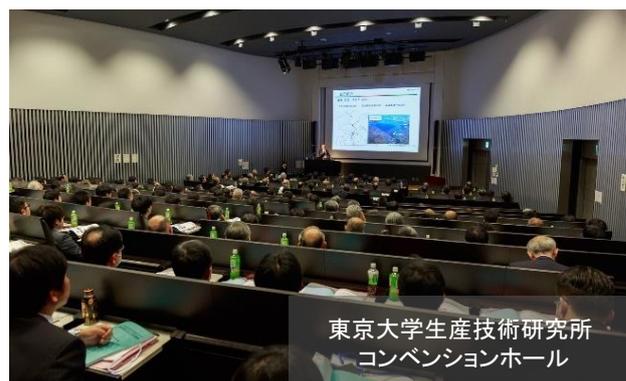


貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(貴金属シンポジウム(第4回))

開催日: 2017年1月6日(金)

会場: 東京大学 生産技術研究所

2017年1月6日(金)に「貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(第4回貴金属シンポ)」が本所An棟コンベンションホールにて開催されました。白金族金属をはじめとする貴金属は、環境・省エネ製品のキーマテリアルとして今後その需要が一段と高まることが予想されます。本シンポジウムは、2014年より毎年開催しており、第4回目を迎えた今回も、非鉄金属関連企業、貴金属関連企業を中心に約270名の参加者が集まり、大変盛況な会となりました。シンポジウムは、前田 正史 教授による挨拶で始まり、貴金属製錬・リサイクルの現状や展望、さらには貴金属の利用についての講演が行われました。講演会の後には、ポスター発表会を兼ねた交流会が開かれ、貴金属・非鉄金属業界関係者間での産学間ネットワークの形成がより推進されました。



第12回リアクティブメタルワークショップ(米国版レアメタル研究会)

開催日: 2017年3月3日(金) ~ 4日(土)

会場: マサチューセッツ工科大学 (ボストン)

2017年3月3-4日、米国マサチューセッツ工科大学(MIT)で“The 12th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW12)”が開催されました。RMWは、本センター・センター長の岡部 徹 教授とMITのDonald R. Sadoway 教授によって2006年より共同で企画・開催されている材料プロセッシングに関する産学連携の国際ワークショップとなります。10回目のワークショップから、MITのAntoine Allanore准教授がオーガナイザーに加わりました。また、今回のワークショップから、本センターのコアメンバーである八木 俊介 准教授がオーガナイザーに加わっています。本ワークショップには、米国、カナダ、ノルウェー、日本など世界各国から約45名が参加しました。

2日間にわたる会議では、レアメタルの製造・リサイクルや電池材料などの持続可能な社会の実現に向けた最新の材料技術に関する発表が行なわれ、活発な議論が交わされました。RMWはレアメタルに関する世界トップレベルの国際的な研究交流の拠点となっています。



Donald R. Sadoway 教授
MIT



岡部 徹 教授
東京大学
生産技術研究所



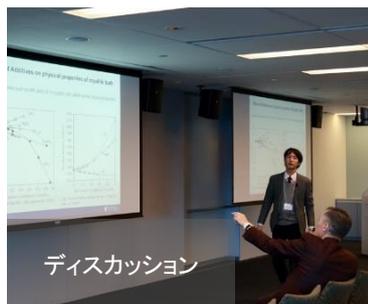
Antoine Allanore 准教授
MIT



八木 俊介 准教授
東京大学
生産技術研究所



口頭発表



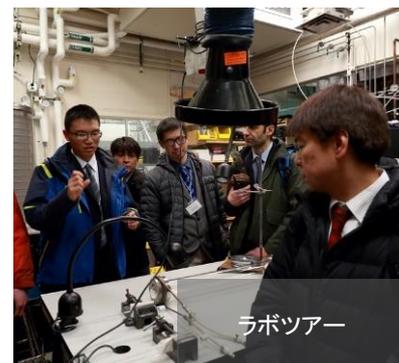
ディスカッション



交流会



集合写真



ラボツアー

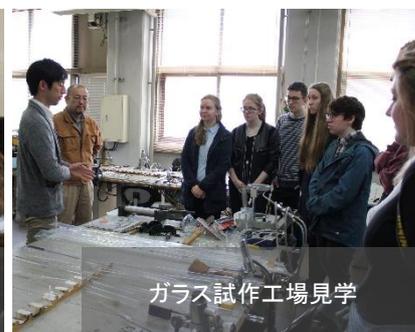
ノルウェー科学技術大学(NTNU)との国際交流

開催日： 2017年4月5日(水)
会場： 東京大学 生産技術研究所

2017年4月5日、ノルウェー科学技術大学（Norwegian University of Science and Technology: NTNU）から理工系の学部生15名と教員1名が本センターを訪れ、本センターにおけるエネルギー変換材料、触媒材料に関する最新の研究成果の紹介ならびに学生教育に関する意見交換を行いました。また、生産技術研究所の研究室や試作工場にご案内しました。本センターでは、北欧におけるトップ校の一つであるNTNUとの国際交流を通じて、国境を越えた教育活動にも力を入れています。



活発な意見交換



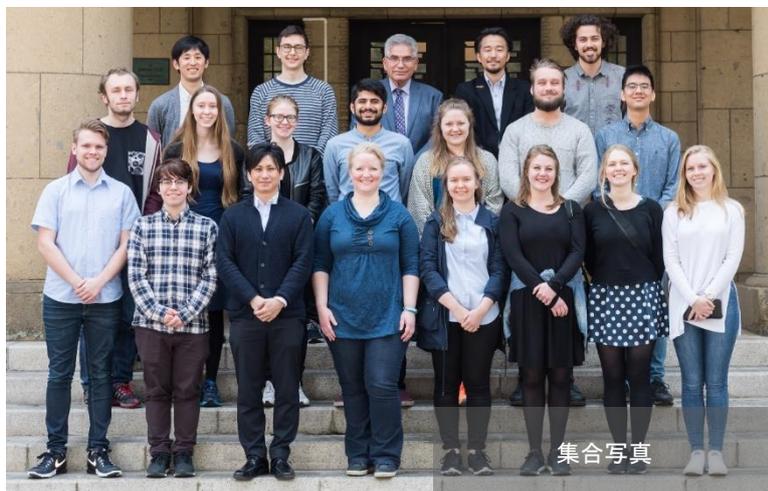
ガラス試作工場見学



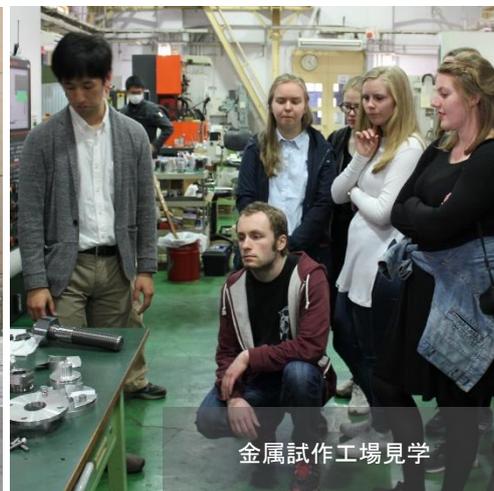
NTNU学生による大学紹介



研究室見学



集合写真



金属試作工場見学

Workshop on Innovative Metallurgical Processes for Advanced Materials 1 Frontier on SiC Solution Growth

開催日： 2017年6月23日(金)
会場： 東京大学 生産技術研究所

2017年6月23日に、“Workshop on the Innovative Metallurgical Processes for Advanced Materials 1”が本所 Dw-604 にて開催されました。このワークショップは、本センターの吉川 健 准教授とCNRS・グルノーブルの Didier Chaussende 博士が、先端材料の先進冶金のプロセス分野の最近のアクティビティを議論するためのプラットフォームを形成するために開始したものです。ワークショップは、フランスと日本で毎年交互に開催される予定です。

第一回目のワークショップは、本センターの支援の下、最近話題を集めるパワーデバイス用途のSiC単結晶の溶液成長法をテーマとして開催されました。Chaussende 博士による特別講演“Solution growth of silicon carbide: state of the art and perspectives”から始まり、高品質結晶の安定的連続成長を実現するための成長界面制御法に焦点を当てた大学、公的研究機関の研究者による4講演が行われました。SiCプロセスの先端研究・開発を担う産学官の研究者が20名以上参加し、深い議論を行いました。その後の見学会、意見公開会でも引き続き活発な議論が行われました。



吉川健准教授による趣旨説明



ワークショップ中の議論



Didier Chaussende 博士
CNRS Grenoble



プロセス開発に関する意見交換



交流会の様子

青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井

開催日： 2017年9月24日(日)
会場： 東京学芸大学

2017年9月24日に、東京学芸大学にて開催された「青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井」において展示協力を行い、本センターからは岡部 徹 教授によるレアメタルに関する講演、岡部研究室が保有するレアメタル等の展示、および電気メッキや形状記憶合金の実験実演が行われました。講演では、身近な場所や意外な場所に使われているレアメタルについての説明があり、大勢の親子連れが興味深く聞き入っていました。また、普段見ることのないレアメタルの展示も人気を博していました。さらに講演後の実験では、吉村 彰大 協力研究員（現 千葉大特任助教）によるメッキ実験や、形状記憶合金の体験が行われ、めっきによって金属板の色が変わる様子や、お湯に浸すだけで伸ばした形状記憶合金が元に戻る様子に、子供から大人までが歓声を上げていました。



An Annual Meeting of ICG (International Commission on Glass)

開催日： 2017年10月22日(日) - 25日(水)
会場： Halic Congress Center
(トルコ イスタンブール)

2017年10月22-25日、トルコのイスタンブールでICG (International Commission on Glass) の年會が開催されました。ガラスの科学と工学の分野の国際的な学会が毎年主催する會議で、本センターの井上 博之 教授は主要メンバーとして企画・運営に携わっています。本年はトルコのガラス会社のŞişecamによって企画・開催されました。4日間にわたる會議では、26カ国から421名の参加者で、6つの基調講演、24の招待講演、94件の口頭発表と18件のポスター発表が行なわれ、活発な議論が交わされました。さらに、ICGの理事会、運営委員会、および、技術委員会などが開催され、2020年は、クラクフ、ポーランド、2021年は韓国での開催を決定しました。次回、2018年は、横浜で本センターの井上 博之 教授が主催予定です。



議論の様子



委員会會議の様子



東工大 矢野 教授、Şişecam S. Okitik教授が次回本センターの井上 博之 教授が横浜で主催するICG 2018を紹介



委員会メンバー

非鉄製錬におけるマイナーメタルに関するシンポジウム

開催日： 2017年11月10日(金)
会場： 東京大学 生産技術研究所

2017年11月10日に生産技術研究所コンベンションホールにて、産学官から9名の講師を招き、非鉄製錬におけるマイナーメタルシンポジウムを開催しました。本研究部門の中村崇特任教授の挨拶で幕を開けたシンポジウムは参加者約160名の盛況となり、マイナーメタルに対する関心の高さがうかがえました。非鉄金属製錬における副産物として産出するモリブデン、レニウム、ビスマスなど様々なマイナーメタルの資源・生産・循環に関する課題や未来像について活発な議論が行われました。講演後の意見交換会では、産学官の交流が一層促進されました。

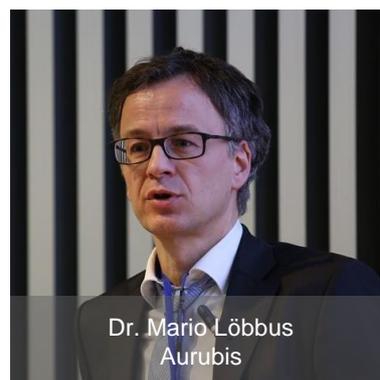


貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(貴金属シンポジウム(第5回))

開催日: 2018年1月12日(金)

会場: 東京大学 生産技術研究所

2018年1月12日(金)に「貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線(第5回貴金属シンポ)」が本所An棟コンベンションホールにて開催されました。白金族金属をはじめとする貴金属は、環境・省エネ製品のキーマテリアルとして今後その需要が一段と高まることが予想されます。本シンポジウムは、2014年より毎年開催しており、第5回目を迎えた今回も、非鉄金属関連企業、貴金属関連企業を中心に約250名の参加者が集まり、大変盛況な会となりました。シンポジウムは、前田 正史 名誉教授による挨拶で始まり、貴金属製錬・リサイクルの現状や展望、さらには貴金属の利用について、産業界からは海外からの講演を含む6件の講演、大学からは本所の南 豪 講師による講演が行われました。講演会の後には、ポスター発表会を兼ねた交流会が開かれ、貴金属・非鉄金属業界関係者間での産学間ネットワークの形成がより推進されました。



前田 正史 教授が熱く語る特別シンポジウム

開催日： 2018年3月9日(金)
会場： 東京大学 生産技術研究所

2018年3月9日（金）に、レアメタル研究会（主催者：岡部 徹 教授）、本所 非鉄金属資源循環工学寄付研究部門（JX金属寄付ユニット）、本センターによる特別シンポジウム「前田 正史 教授が熱く語る特別シンポジウムを開催」が、本所An棟コンベンションホールにて開催されました。京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻の 宇田 哲也 教授による「チタンの新製錬」、住友金属鉱山株式会社 朝日 弘 資源事業本部長（取締役 執行役員）による「非鉄鉱山・製錬業の展望と産学官連携」の講演につづき、本センターの前田 正史 教授が「非鉄製錬プロジェクトと産学官連携-研究の“ながれ”と人の“ながれ”」について90分以上、熱く語りました。

本特別シンポジウムは、本センターの前田 教授の退職にあわせ、非鉄業界関係者に対して特別に企画されたもので、非鉄金属関連の企業、大学、公的機関を中心に約250名の参加者が集まり、大変盛況な会となりました。海外からも関係者が駆けつけ、シンポジウムの後には、ホワイエにて盛大な研究交流会（懇親会）が開催されました。



前田 正史 教授
東京大学
生産技術研究所



宇田 哲也 教授
京都大学



朝日 弘 講師
住友金属鉱山株式会社



講演会の様子 参加者は約250名、
一部がホワイエで映像を聴講



前田 教授と
夫人によるご挨拶



森田 一樹 教授
東京大学



Adam C. Powell, IV博士
Infinium



Geir Martin Haarberg 教授
ノルウェー科学技術大学



大東 道郎 課長
経済産業省

第1回 非鉄金属資源・製錬・リサイクル特別セミナー

開催日： 2018年3月14日(水)
会場： 東京大学ニューヨークオフィス、
日本クラブ

2018年3月14日（水）に、東京大学ニューヨークオフィス（The University of Tokyo New York Office）が主催し、第1回 非鉄金属資源・製錬・リサイクル特別セミナーがニューヨーク市の日本クラブ（The Nippon Club）にて開催されました。本セミナーは、北米在住の日系企業関係者を対象として、情報交換だけでなくネットワークづくりを主眼に置いて企画されました。セミナーでは、本所中村 崇 特任教授が「非鉄製錬やリサイクルに関する最近の話題」について、岡部 徹 本センター長が、「レアメタルの資源・製錬・リサイクルに関する最近の話題」について、それぞれ1時間程度講演し、続いて質疑応答および意見交換が行われました。さらに、セミナーの後、研究交流会・意見交換会が開催されました。参加した企業関係者の多くが2次会に参加し、交流を深めました。

本特別セミナーは、NYオフィスの活動へのご理解および寄付のお願いのために、本所リサーチ・マネジメント・オフィスの中林 圭美 学術支援専門職員が立案・企画したものであり、今回のセミナーは、その第1回目となります。参加企業の一部からは、すでにNYオフィスへの寄付をいただいております。ここに感謝の意を表します。



第13回リアクティブメタルワークショップ(米国版レアメタル研究会)

開催日: 2018年3月16日(金) ~17日(土)

会場: マサチューセッツ工科大学 (ボストン)

2018年3月16-17日、米国マサチューセッツ工科大学(MIT)で“The 13th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW13)”が開催されました。RMWは、本センターの岡部 徹 教授、八木 俊介 准教授、MITの Donald R. Sadoway 教授、Antoine Allanore 准教授により共同で企画・開催されている材料プロセッシングに関する産学連携の国際ワークショップです。本ワークショップは、米国、カナダ、ノルウェー、日本など世界各国から約50名が参加する、エネルギー・材料に関する世界トップレベルの国際的な研究交流の拠点となっています。

2日間にわたる会議では、レアメタルの製造・リサイクルや電池材料などの持続可能な社会の実現に向けた最新のエネルギー・材料技術に関する発表が行なわれ、活発な議論が交わされました。また、会議の運営もMITと東京大学の学生やスタッフが共同で取り組み、密な関係を築いています。



八木 俊介 准教授
東京大学
生産技術研究所



Antoine Allanore 准教授
MIT



岡部 徹 教授
東京大学
生産技術研究所



Donald R. Sadoway 教授
MIT



Guðrún Sævarsdóttir 准教授
Reykjavik University



ラボツアー



懇親会



Gisele Azimi 助教授
University of Toronto



集合写真

2018-19 Edition
発行年: 2018年



Institute of Industrial Science, the University of Tokyo (IIS UTokyo)
Integrated Research Center for Sustainable Energy and Materials
4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8505 JAPAN

東京大学生産技術研究所
持続型エネルギー・材料統合研究センター
〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1