

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**

2016



新設社会連携研究部門・センターの紹介

持続型エネルギー・材料統合研究センター

2016年4月1日に、生産技術研究所の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)」が発足しました。本センターは、下記の図表に示す4部門で構成されており、12名の研究室主宰者がコアメンバーとなります。

持続可能社会を実現するためには、資源・材料を高度に循環することだけでなく、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、本所のエネルギー工学連携研究センターや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。

(持続型エネルギー・材料統合研究センター
センター長 岡部 徹)

コアメンバー

資源・材料循環部門	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・資源有効利用部門	前田 正史	教授
	吉川 健	准教授
物質・材料高度化部門	吉江 尚子	教授
	井上 博之	教授
	枝川 圭一	教授
社会実装推進部門	教授(選考中)	
	星 裕介	講師
	大和田 秀二	客員教授

(2016年4月1日 現在)

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

資源・材料循環部門

～ 資源・物質・材料循環のデザインとプロセス制御 ～

エネルギー・資源有効利用部門

～ 低エネルギー消費社会のための基盤工学 ～

物質・材料高度活用部門

～ 資源・物質の最大活用のための
エネルギー・材料工学 ～

社会実装推進部門

～ 産業界との強い連携の模索 ～

国際連携の推進

グローバルな視点で、低エネルギー消費、低環境負荷の高度資源循環型社会の実現を目指し、国際的な研究を推進する。

産学連携の推進

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)などの寄付ユニットや企業と連携して、多角的に研究および人材育成を行う。

持続型エネルギー・材料統合研究センターの 組織体系

資源・材料循環部門

資源・物質・材料循環の
デザインとプロセス制御

柴山 森田
山口

エネルギー・資源有効利用部門

低エネルギー消費社会のための
基盤工学

鹿園

吉川

前田

星 吉江 岡部 八木

中村

枝川

井上

大和田

資源・物質の最大活用のための
エネルギー・材料工学

物質・材料高度活用部門

産業界との強い連携の模索

社会実装推進部門

分野融合による、新しい学術、技術の創出
広い視野を持った人材の育成

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

2016年4月設立（設置期間：5年）

センター長：岡部徹

材料工学とエネルギー工学の融合により持続可能社会の実現を目指す国際研究拠点

本センターは、持続可能社会により近づくための方策をエネルギー・材料の面から提案することを目的として、2016年4月に設立されました。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）などの寄付ユニットや企業、そして世界各国の研究機関とも連携し、

- エネルギー・資源の高度利用プロセスの開発
- 産業的に重要な材料とその副産物に関する物質循環の検討
- 材料生産とその処理プロセスの開発
- 低環境負荷材料・システムの創製

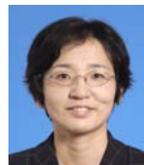
を、金属・無機・有機材料分野で幅広く遂行しています。

センター長



岡部 徹
教授

副センター長



吉江 尚子
教授



前田 正史
教授



井上 博之
教授



枝川 圭一
教授



吉川 健
准教授



八木 俊介
准教授



星 祐介
講師



大和田 秀二
客員教授



山口 勉功
客員教授



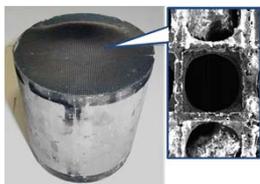
柴山 敦
客員教授

主要研究テーマ

資源・材料循環部門

～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イナブル材料プロセスの開発
- 問題物質の発生と固定・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

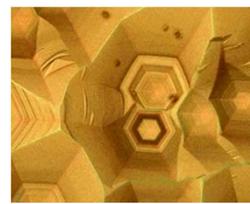


自動車廃触媒からの白金族金属の再生

エネルギー・資源有効活用部門

～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
- 超長期の資源需給モデルの開発
- 鉱山開発の環境負荷指標の導出



高温結晶成長界面の直接観察

物質・材料高度化部門

～資源・物質の最大活用のためのエネルギー・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

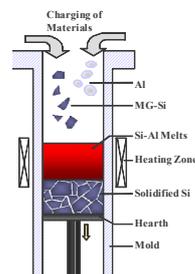


模擬廃棄物固化ホウケイ酸塩ガラスの溶融

社会実装推進部門

～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
- ファンデルワールスヘテロ構造を用いた光学デバイス開発



Si-Al溶媒を利用した太陽電池級シリコンの精錬

持続型エネルギー・材料統合研究センターの ミッション

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



本センターは、エネルギー工学連携研究センターと連携し、“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。

研究内容

- ✓ 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や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

岡部研究室

[未来材料: チタン・レアメタル]

持続型エネルギー・材料統合研究センター

International Research Center for Sustainable Energy and Materials

<http://okabe.iis.u-tokyo.ac.jp>

専門分野: 循環資源工学・レアメタルプロセス工学

マテリアル工学専攻



レアメタルを“コモンメタル”に!!

岡部研究室では、「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。レアメタルのプロセス技術のイノベーションを目指し、社会に貢献していきます。

レアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発

チタン(Ti):

比強度、耐食性に優れ、資源も豊富



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

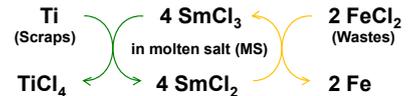
切削屑



航空機部品の製造では素材となるインゴットの80-90%がスクラップとなっている!

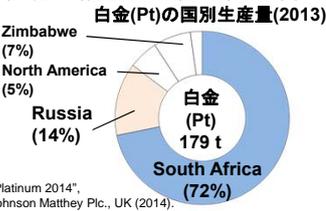
チタンからの酸素や鉄の除去は困難

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



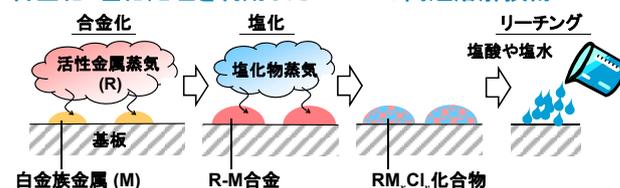
白金族金属(PGMs):

高価で偏在性の高い貴金属

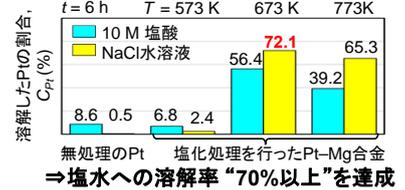
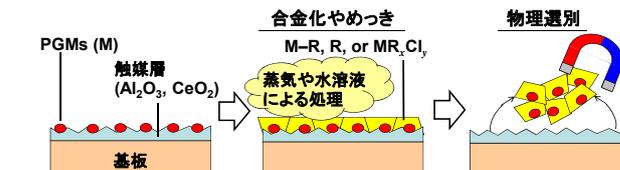


白金(Pt), パラジウム(Pd), ロジウム(Rh)の主な用途

合金化・塩化処理を利用したPGMsの高速溶解技術

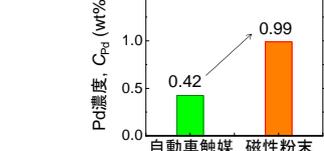


物理選別を利用したスクラップ中のPGMsの分離・濃縮技術



無処理のPt 塩化処理を行ったPt-Mg合金 ⇒ 塩水への溶解率“70%以上”を達成

例) 無電解ニッケルめっき+磁力選別



⇒ 磁力選別による白金族金属の濃化を実証

タングステン(W)やレニウム(Re) などの高融点・耐熱金属

Wの主な用途は超硬工具



Wの資源供給は中国に一極集中

Reの主な用途はタービンブレード



Reは最も稀少な金属の一つ

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

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



銅(Cu):

熱伝導性、導電性に優れた金属

Cuの主な用途は電気・電子製品



プリント基板: 銅膜を電子回路として利用

Cuは「ベースメタル」として、生活の隅々に使用されている。

塩化処理を利用した粗銅の高速精錬技術

電解精錬



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



[ref] Yoshiki Electronics Industrial Co., Ltd. webpage

[Ref] <http://www2.edu-ctr.pref.okayama.jp/>

吉江研究室

[動的構造制御が拓くポリマー材料の新構造・新機能]

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

<http://yoshielab.iis.u-tokyo.ac.jp/top.htm>

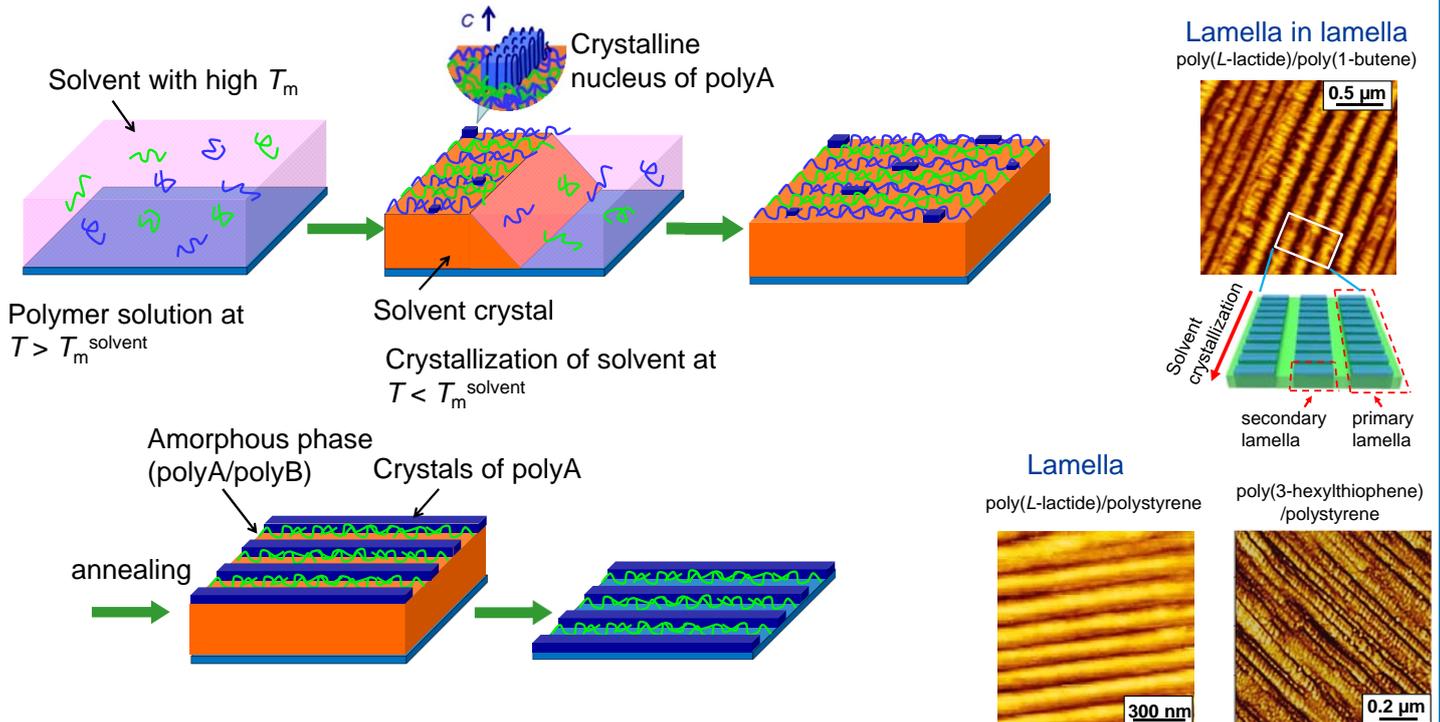
環境高分子材料学

化学生命工学専攻

高分子ブレンドによるナノ周期構造

Nano-ordered Patterns by Polymer Blends

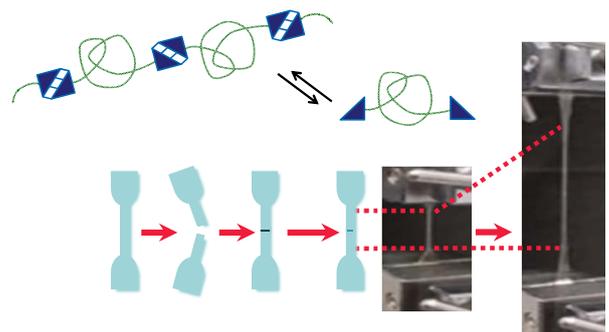
ブロックコポリマーでは良く知られたナノ周期構造パターンを、単純なポリマーブレンドで形成する手法を開発しました。溶媒を結晶化することにより、ブレンド成分ポリマーの析出と配向的な相分離、さらに、非平衡構造の凍結を瞬間的に進めることにより、実現しています。1成分を選択除去して凹凸パターン化したり、ラメラ in ラメラのような階層構造を作ることも容易です。



動的結合を利用した高機能性高分子材料

Polymers with Dynamic Bonds

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。



前田研究室

[金属資源のリサイクルプロセス]

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

<http://maedam.iis.u-tokyo.ac.jp/>

素材プロセス工学

マテリアル工学専攻

高濃度不純物を含有する銅陽極の不動態化

廃電子機器などからの銅のリサイクル

銅の生産において、粗銅中(純度:約99%)の不純物を取り除くために、下の図に示す電解精製プロセスが利用されています。しかし、廃電子機器などから得られた粗銅は純度が低く(~90%)、溶解が阻害され(不動態化)、電解精製プロセスを利用できません。そこで、私たちの研究室では不純物の多い銅を電解精製するための研究をしています。

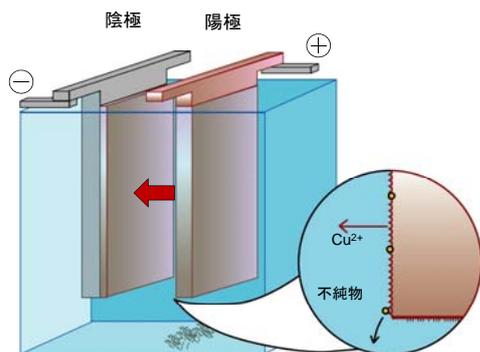


図 電解精製の模式図

電解液に溶解しない不純物が電極表面に固着することで銅の溶解を阻害する。

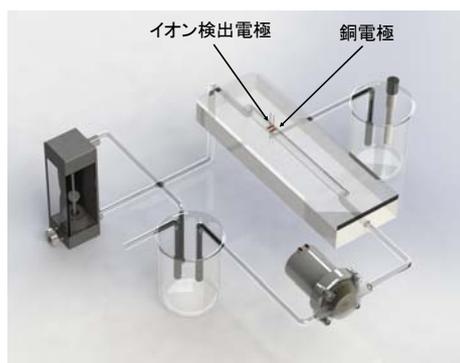


図 電解実験装置図

不純物を多く含む粗銅を電解した時の不純物の溶出をモニタリングし、電極で起きている現象を捉える。

鉄合金中の球状黒鉛の生成過程

鉄スクラップの高度利用プロセス

一般的に、鑄鉄とは炭素およびケイ素を主とした鉄の合金のことを指します。炭素が多く含まれる鉄の合金であるため、組織中の炭素が黒鉛として析出し、様々な形態をとっています。私たちの研究グループでは、組織中の黒鉛が球状に析出する鑄鉄、いわゆる球状黒鉛鑄鉄の組織制御に関する研究をしています。様々な物質を添加しながら、鉄スクラップを再利用する際に混入する不純物の黒鉛の析出形態への寄与や、球状黒鉛の生成メカニズムについて調査しています。

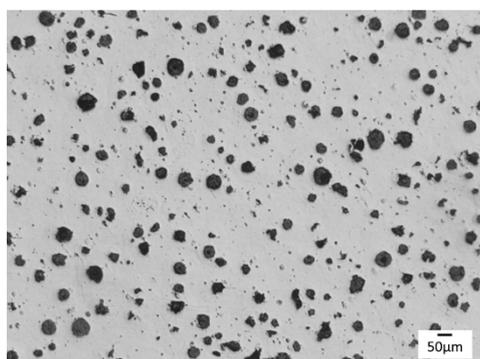


図 球状化黒鉛鑄鉄の断面

黒鉛の抽出

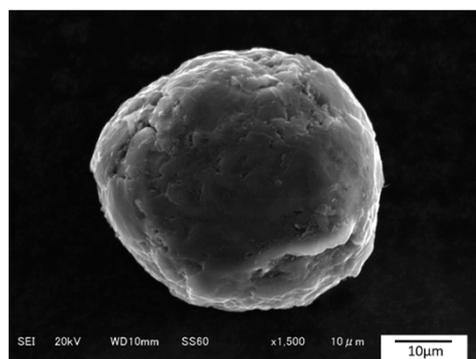
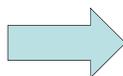


図 抽出された球状化黒鉛

井上研究室

[ガス浮遊炉とガラス]

持続型エネルギー・材料統合研究センター

International Research Center for Sustainable Energy and Materials

<http://www.vitreous.iis.u-Tokyo.ac.jp/>

専門分野: 非晶質材料設計

マテリアル工学専攻

非晶質と液体状態の材料設計

Material Design of Amorphous and Liquid States

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

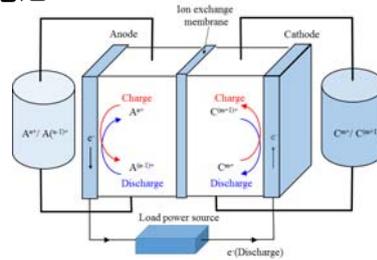
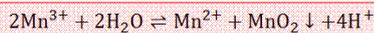
Ti(III)/Ti(V) Mn(II)/Mn(III)

Charge: ←, Discharge: →

Anode $Ti^{3+} + H_2O \rightleftharpoons TiO^{2+} + 2H^+ + e^-$

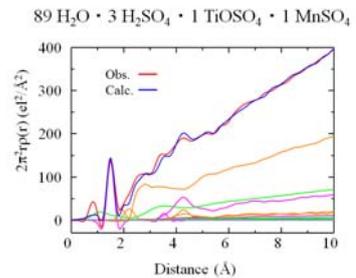
Cathode $Mn^{3+} + e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}$

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

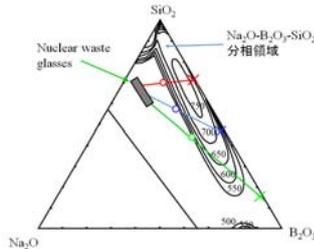


実測と計算による全相関関数

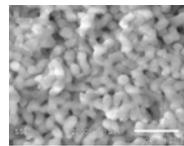
◆ 放射性廃棄物のためのガラス固化体の化学的耐久性と分相 ガラス固化体の再構成のための化学的耐久性の制御

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

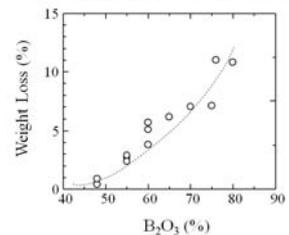


10Na₂O · 50B₂O₃ · 40SiO₂



分相処理後、熱水への溶出後のSEM写真

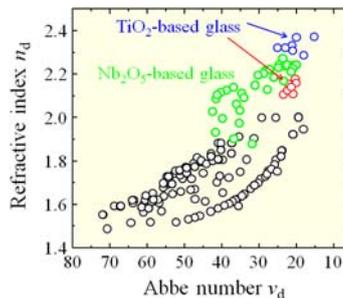
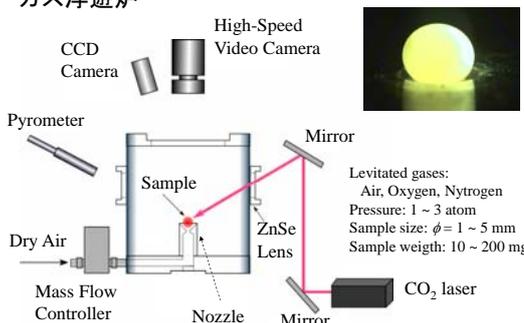
Na₂O-B₂O₃-SiO₂-Li₂O-Al₂O₃-CaO-ZnO-ZrO₂



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

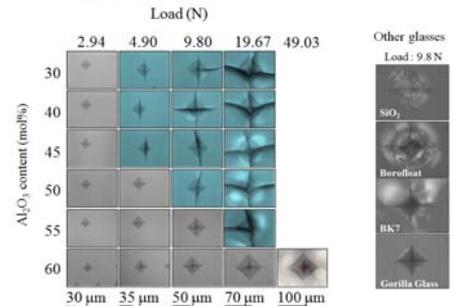
◆ ガス浮遊炉によるガラスの組成探索とその物性

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

$x Al_2O_3 - (100 - x) SiO_2$



ガス浮遊炉で作製したガラスの機械的特性

枝川研究室

[固体の原子配列秩序と物性]

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

www.edalabo.iis.u-tokyo.ac.jp

材料強度物性

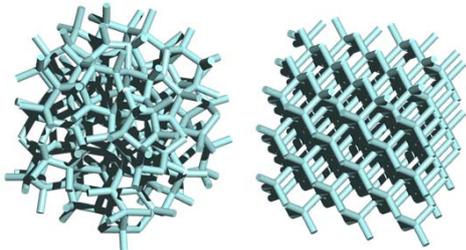
マテリアル工学専攻

固体の原子配列秩序と物性

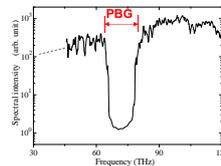
Order in atomic arrangement and physical properties of solids

固体をミ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

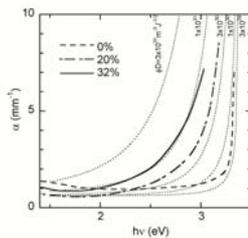


FDTD法による光状態密度の解析結果



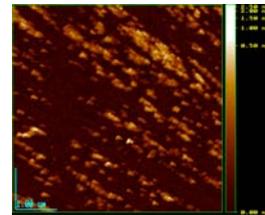
ミリ波帯でのフォトニック・
アモルファス・ダイヤモンドの作成

◆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

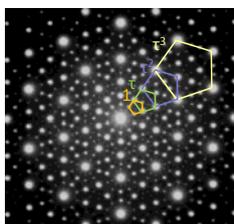


←GaN結晶の光吸収スペクトルの
塑性変形による変化

塑性変形によりGaN結晶表面に現れた →
導電性スポット

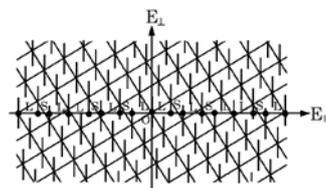


◆準結晶のフェイズン弾性に関する研究：準結晶特有の物性の起源の解明

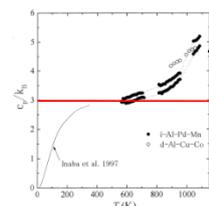


Al-Cu-Fe系正20面体準結晶の
5回軸入射の電子線回折図形

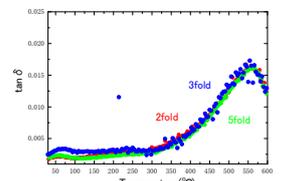
2次元結晶の1次元断面として準結晶構造を記述した例



E_{\parallel} 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

吉川(健)研究室

[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]

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

<http://www.yoshi-lab.iis.u-tokyo.ac.jp/>

持続性高温材料プロセス

マテリアル工学専攻

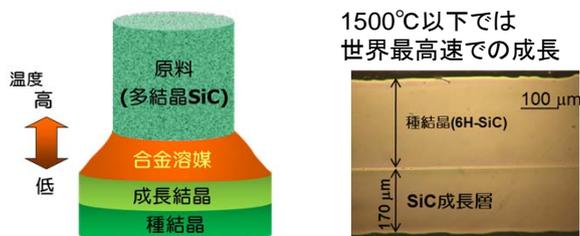
当研究室では熱力学や結晶成長工学などの**高温プロセス学**と研究室独自の**高温プロセス可視化技術**を融合して革新的な材料プロセスを創り出すための基礎研究を行っています。

ワイドギャップ半導体結晶の溶液成長

Solution growth of single crystals of wide-gap semiconductors

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

Control of reacting interface during steelmaking process

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



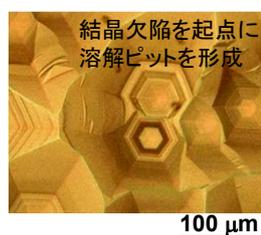
可視光透過観察法による高温反応界面のリアルタイム観察

Real-time observation of reacting interface at high temperature using visible light transmission

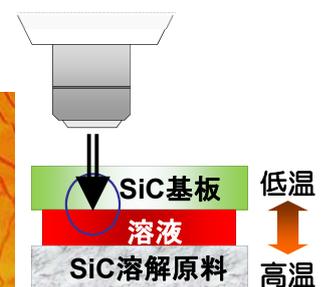
反応に関与する材料の可視光透過性を利用して異相間の高温反応界面のその場観察を行い、観察事実に基づいた界面現象の制御方針を立てて、材料製造プロセスを開発します。

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)



八木研究室

[環境を支える電気化学材料・プロセス]

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

<http://www.yagi.iis.u-tokyo.ac.jp/>

エネルギー貯蔵材料工学

マテリアル工学専攻

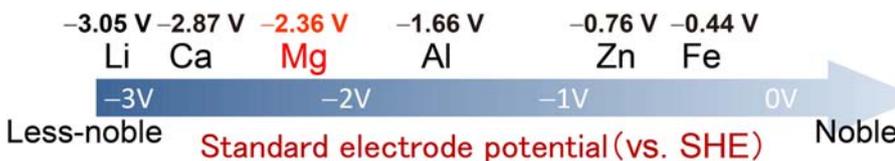
電気化学反応

Electrochemical Reaction

電気化学反応は化学エネルギーを電気エネルギーに変換する反応、もしくはその逆を行う反応です。蓄電池は、電気エネルギーを化学エネルギーとして蓄えて、必要なときに電気エネルギーに変換できます。また電気化学反応によって、水を分解して水素や酸素を作り出したり、金属や酸化物を析出させたりすることができます。本研究室では、多価カチオンをキャリアとして用いる蓄電池(特にマグネシウム蓄電池)や、電気化学反応を効率良く進行させるための触媒材料の研究・開発を行っています。

マグネシウム蓄電池

Magnesium Rechargeable Battery

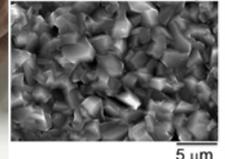


標準電極電位の序列。この値が負に大きい金属ほど、電子を放出してカチオン(陽イオン)になりやすい性質を示します。そういった金属を負極材料として用いることで、大きな起電力を得ることが可能です。マグネシウムは空気中で取り扱える金属の中で最も負に大きな標準電極電位を持ち、また一つの原子に2つの電子を蓄えることができることから、マグネシウムを用いれば、取り扱いのしやすさと高起電力・高エネルギー密度を両立させた蓄電池が完成する、と考えて研究・開発を進めています。

Prototype of Mg battery



Flat surface of electrodeposited Mg



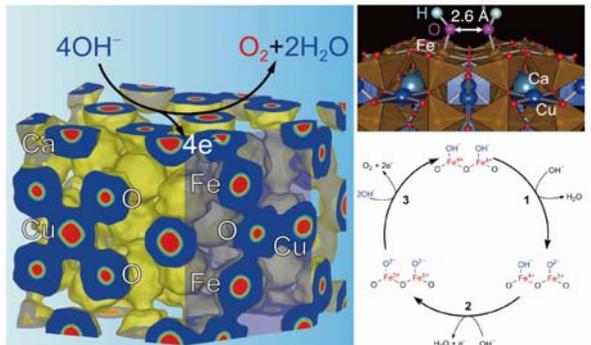
	Potential (V vs. SHE)	Capacity (mAh/g)	Capacity (mAh/cc)
Mg	-2.36	2200	3830
LiC ₆	-2.8	372	841
Li	-3.05	3860	2070

リチウム負極(Li)およびグラファイト負極(LiC₆)とマグネシウム負極(Mg)の容量の比較。デンドライト(樹枝状)成長により剥離・短絡の原因となるリチウム金属に対し、マグネシウムは平滑な析出形態をとるため金属をそのまま負極として使用できるメリットがある。

電気化学触媒

Electrochemical Catalyst

空気中の酸素を正極活性物質として用いる電気化学デバイスとして、燃料電池や金属空気二次電池の研究開発が盛んになってきています。これらのデバイスの反応効率や起電力を高めるためには、優れた電気化学触媒が不可欠です。本研究室では、優れた電気化学触媒の開発のため、学内外の固体化学の研究者と連携をして、電気化学触媒の活性に関する普遍的な記述子を、触媒の構造・組成・電子状態に注目して探求するとともに、電気化学デバイスの試作・評価を進めています。開発している電気化学触媒は、水素や酸素を製造するための水の電気分解や、湿式金属製錬プロセスの不溶性アノードにも使用できるので、多くのプロセスにおいてエネルギーやコストの削減が期待できます。



電気化学触媒CaCu₃Fe₄O₁₂の構造と酸素発生反応経路の模式図。

星研究室

[複合原子層構造による次世代光学素子開発]

持続型エネルギー・材料統合研究センター

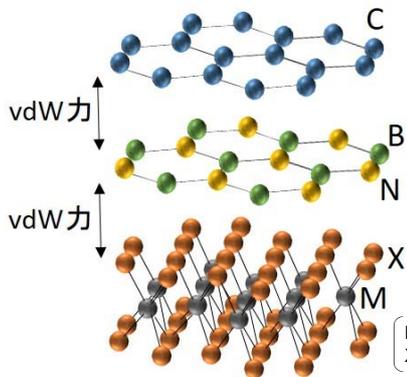
Integrated Research Center for Sustainable Energy and Materials

<http://qhe.iis.u-tokyo.ac.jp/>

固体量子機能素子

マテリアル工学専攻

当研究室では、原子一層の厚みしかない単原子層物質をファンデルワールス(vdW)力を利用し積層した新材料を用いて基礎光学特性の調査とデバイス応用に向けた研究をしています。



Graphene . . . 炭素一原子層のDirac電子系

h-BN . . . 単原子層の絶縁体

Transition metal dichalcogenides (TMD)

. . . 単原子分子の半導体

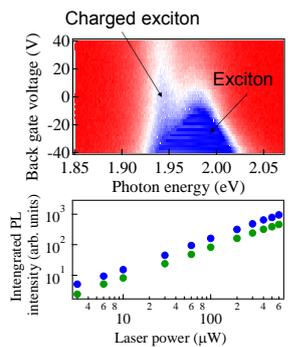
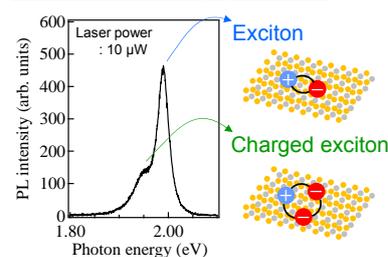
M: 遷移金属原子
X: カルコゲン原子

複合原子層構造の基礎光学特性

Fundamental optical properties of van der Waals heterostructures

TMDは原子層数や周囲の材料、測定環境によって光学特性が大きく変化する材料です。我々は、様々な光学測定を通してh-BNで挟まれたTMD単層膜の基礎物性を調べています。TMD単層膜をBNで挟むことにより強励起状態においても高効率なエキシトン発光が起こることを発見しました。

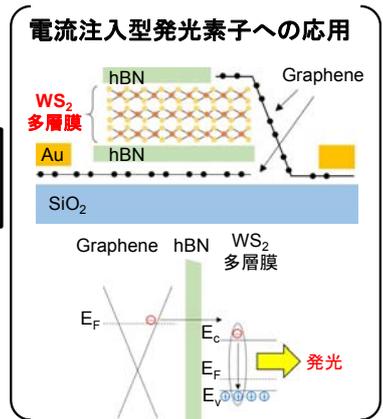
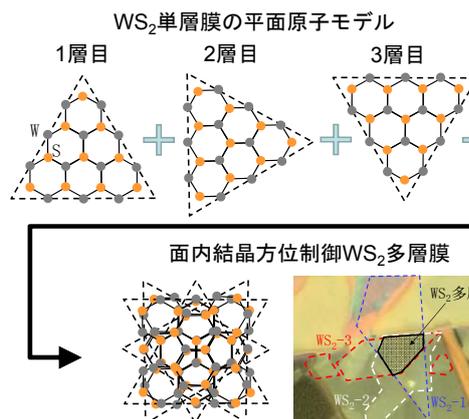
フォトルミネッセンス(PL)スペクトル



結晶方位制御した遷移金属ダイカルコゲナイド多層膜

Twist-controlled transition metal dichalcogenide multilayers

遷移金属ダイカルコゲナイドであるWS₂は、多層膜では間接遷移型の性質を持つ半導体材料です。当研究室では、WS₂の面内結晶方位制御に着目し、発光効率の高いWS₂多層膜の作製および、低消費電力な電流注入型発光素子の開発を行っています。



大和田研究室(客員教授)

[人工(廃棄物)資源を賢く分離する]

持続型エネルギー・材料統合研究センター

Integrated Research Centre for Sustainable Energy and Materials

資源分離工学・リサイクル工学

資源を賢く分離する

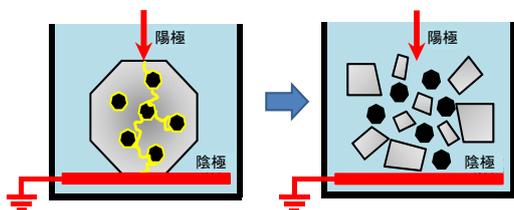
Smart separation of resources

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

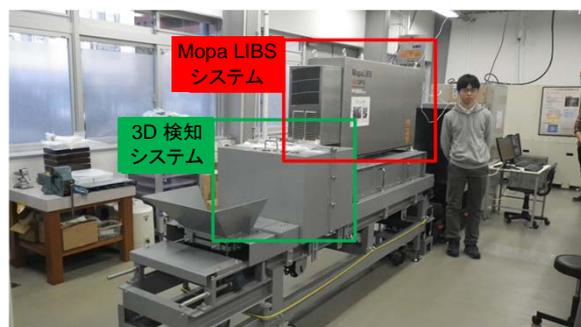


電気パルス粉碎の破壊概念図

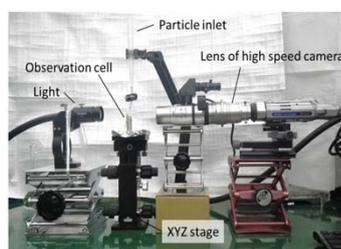


中心部の金属素材 金属足部分 部品内部の金属 プラスチック

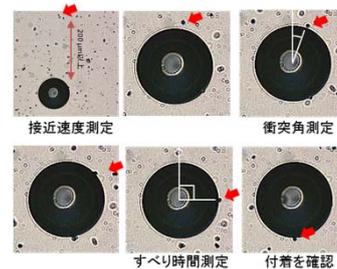
電気パルス粉碎によってICチップの単体分離された各種素材



世界初のLIBSソータを開発, 2015年2月



気泡-粒子付着観察装置



気泡-粒子付着観察手順

柴山敦研究室 (客員教授)

[鉱物処理とリサイクル]

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

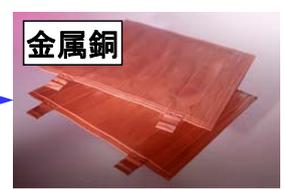
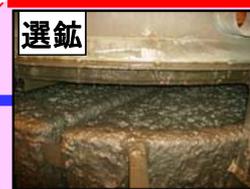
(正所属先)

秋田大学大学院
国際資源学研究所

専門分野: 資源処理工学
Mineral processing Lab.

焙焼と高温高压酸浸出による不純物含有銅鉱石の処理に関する研究

銅の生産工程の一例



銅精鉱中のヒ素が一定品位を超えると既存の製錬施設では受入が困難になる。
(選鉱段階で直接ヒ素鉱物を取り除く方法が最も好ましい)

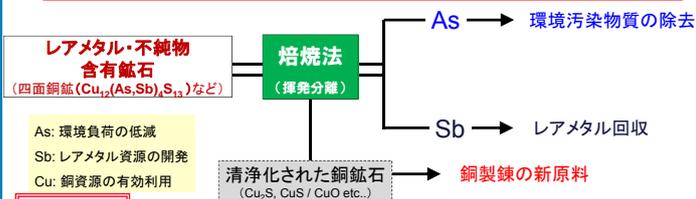
三井金属エンジニアリング株式会社HP
<http://www.mesco.co.jp/>

住友金属鉱山株式会社HP
<http://www.smm.co.jp/>

研究目的

銅鉱石中に含まれるAsおよびSbを精鉱を生産する段階で選択的に除去することを目的に、焙焼法と高温高压酸浸出を用いた不純物の分離の可能性を調査する。

焙焼法におけるヒ素・アンチモン処理フロー



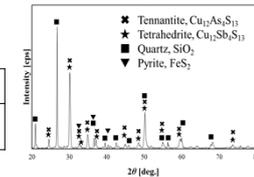
実験試料

Tennantite ($Cu_{12}As_4S_{13}$)
Tetrahedrite ($Cu_{12}Sb_4S_{13}$)

実験試料の化学組成 (mass%)

Sample	Cu	As	Sb	Fe
Tennantite/ Tetrahedrite	24.06	6.67	6.94	2.71

XRD回折結果



高温高压浸出におけるヒ素処理フロー



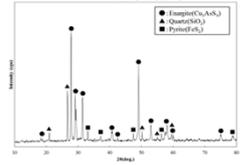
実験試料

Enargite (Cu_3AsS_4)

実験試料の化学組成 (mass%)

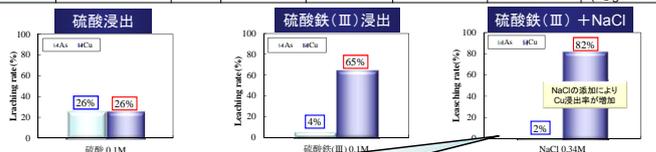
Sample	Cu	As	Fe
Enargite (Cu_3AsS_4)	24.06	6.67	2.71

XRD回折結果



実験結果

Condition	Leachate	Time	Temperature	Particle size	Concentration	Stirring speed	Pressure
	$Fe_2(SO_4)_3$ 0.1 M	60 min	160 °C	45 μm	100 g/L	750 rpm	1 MPa (O_2 gas + vapor)



Cu浸出液
浸出液の組成 (g/L)
Cu: >20, As: 0.22, Fe: 0.42

Fe-As残渣
残渣の組成 (mass%)
Cu: 5.93, As: 11.9, Fe: 19.8

残渣のXRDパターン

- ◆銅は選択的に浸出可能
- ◆NaClを添加することで、浸出率が向上 (最大82%程度)
- ◆ヒ素は鉄酸化物とともに沈殿物を形成

粗大化した浸出残渣
1mm程度の粒子が生成

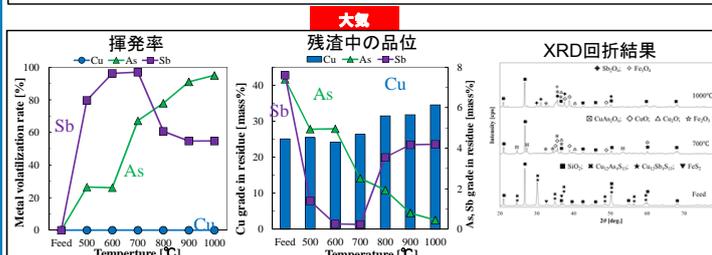
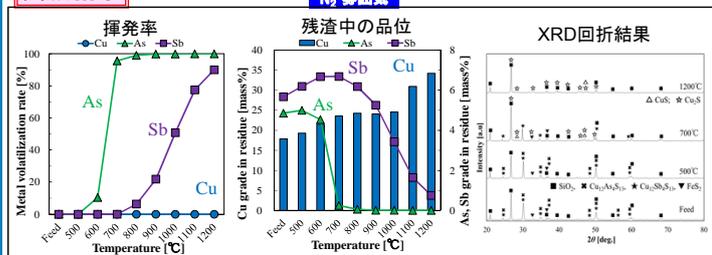
浸出残渣の断面 (SEM-EDS)

- ヒ酸鉄 ($FeAsO_4$) 赤色
- 硫黄 (S) 黄色
- 硫砷銅鉱 (Cu_3AsS_4) 緑色

元素硫黄⁰とヒ酸鉄が硫砷銅鉱の表面を被覆するため、残渣の一部が粗大化し、浸出が抑制される

溶液中の鉄(III)濃度の最適化およびClとの相関性を明らかにすることで、浸出率向上が期待

実験結果



焙焼法により銅鉱石 (Tennantite/Tetrahedrite) からAsおよびSbを揮発分離でき、残渣としてクリーンな銅精鉱を回収可能であることが示唆された。

山口勉功研究室(客員教授)

[非鉄製錬におけるレアメタル回収技術]

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

資源・材料循環工学

非鉄製錬におけるレアメタル回収技術

Recovery Process of Rare Metals in Non-Ferrous Extractive Metallurgy

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。

- ◆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
- ◆B2O3フラックスを用いた希土類磁石のリサイクル技術
- ◆高温落下型熱量計の開発

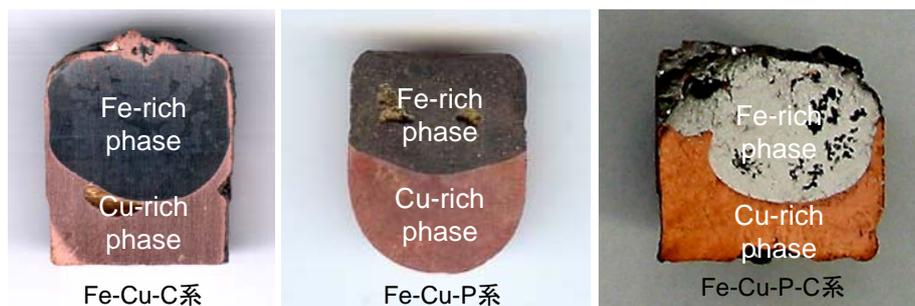


図1. 各種二液相分離を用いた銅鉄分離技術



図2. 白金族金属を溶融銅に濃縮・回収するプロセスを研究



RE(Nd,Dy,,Pr)-Fe-B-C-O系 回収された高純度希土類酸化物の三相分離

図3. B₂O₃フラックスを用いた希土類磁石リサイクル

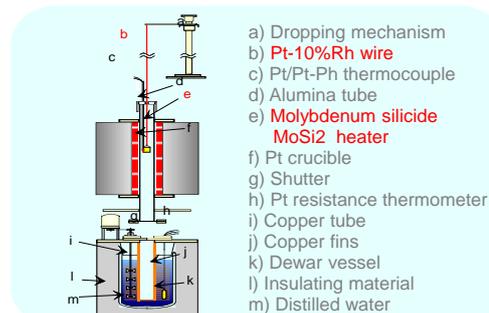


図4. 1600°Cまで使用可能な高温落下型熱量計



東京大学 生産技術研究所

Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo

東京大学生産技術研究所
持続型材料・エネルギー統合研究センター
〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1
部屋番号: Fw-201
Tel: 03-5452-6740 Fax: 03-5452-6741