

東京大学大学院 工学系研究科
システム創成学専攻

所千晴研究室

革新的資源循環技術による循環型社会への貢献

2021年5月21日, 6月5日 紹介資料

2021. 5. 21, 6.5

所 千晴

tokoro@sys.t.u-tokyo.ac.jp

<http://tokoro-lab.sakura.ne.jp/>

: 5月30日までの暫定

<https://park.itc.u-tokyo.ac.jp/tokoro-lab/>

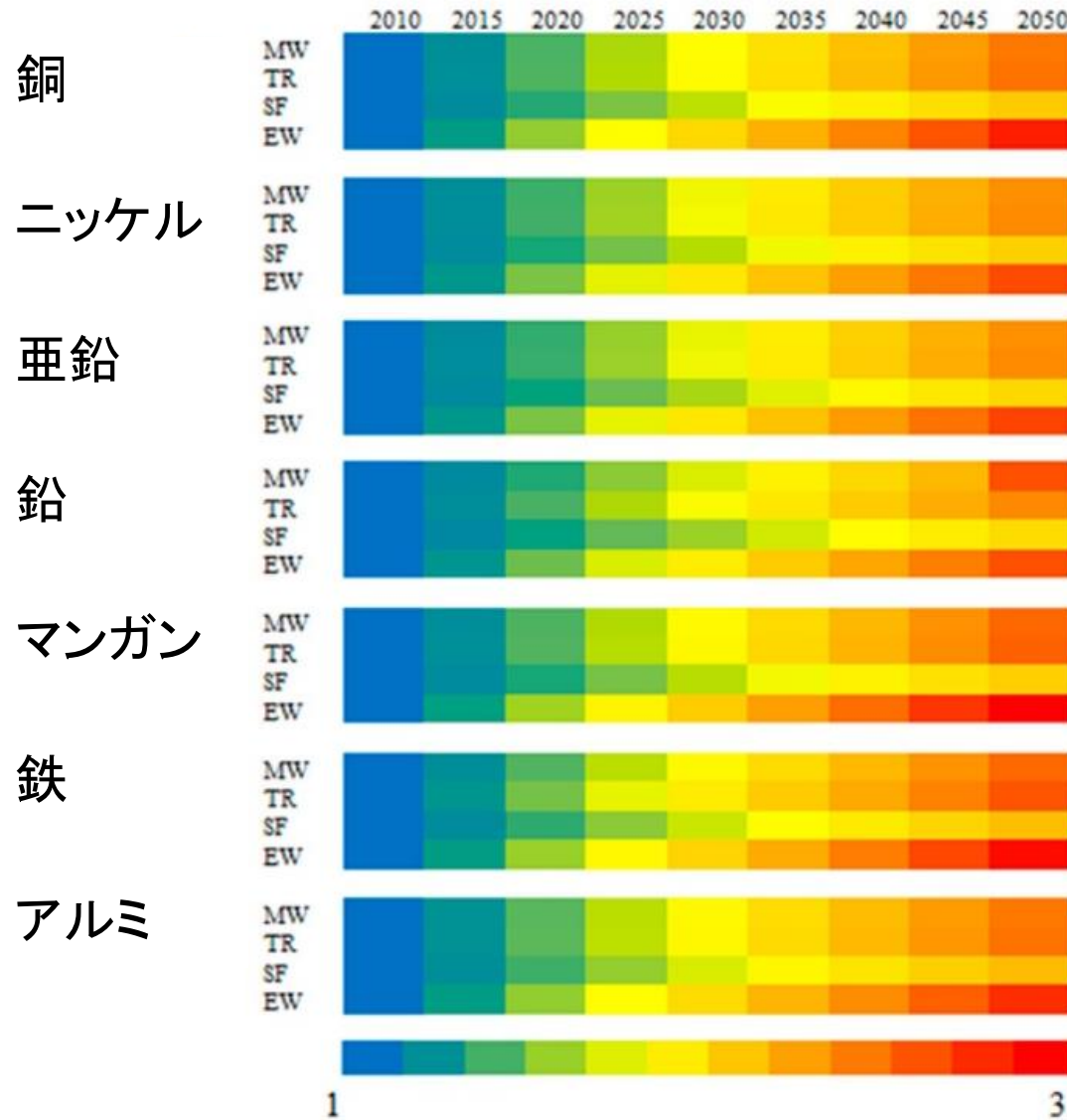
: 6月1日以降

<http://www.tokoro.env.waseda.ac.jp/>

: 早大のWeb

資源需要増加の傾向

2010年を基準(1)とした金属消費増加予測



MW :Market World シナリオ
(世界中が先進国と同様の成長を望む)

TR :Toward Resilience シナリオ
(各国政府が環境対策を重視する)

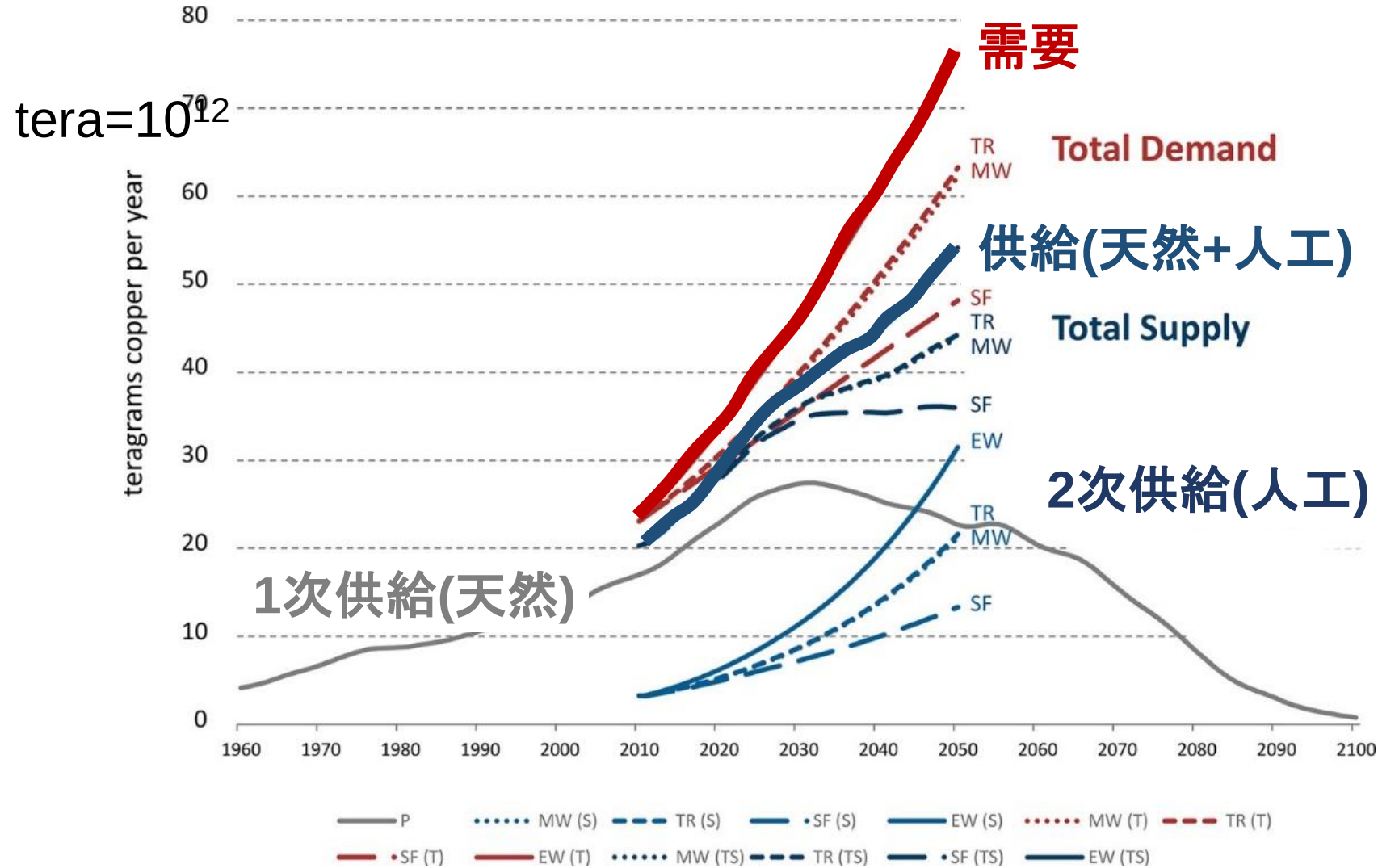
SF :Security Foremost シナリオ
(自国のセキュリティを重視し
国際協調しない)

EW :Equitability World シナリオ
(国際協調が進む)

Ayman Elshkaki et al.,
Environmental Science &
Technology, 2018 52 (5), 2491-2497

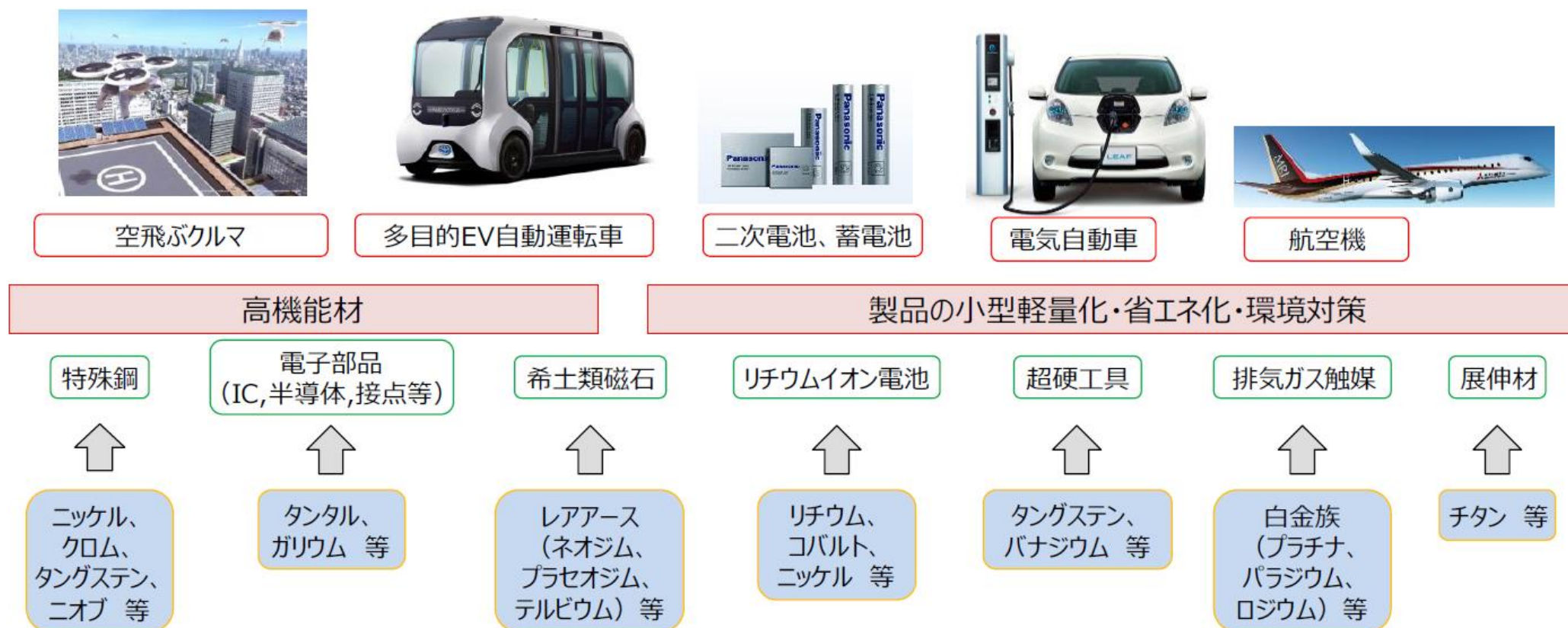
資源需要増加の傾向

銅の需要と供給の予測



カーボンニュートラルによる資源需要増加の傾向

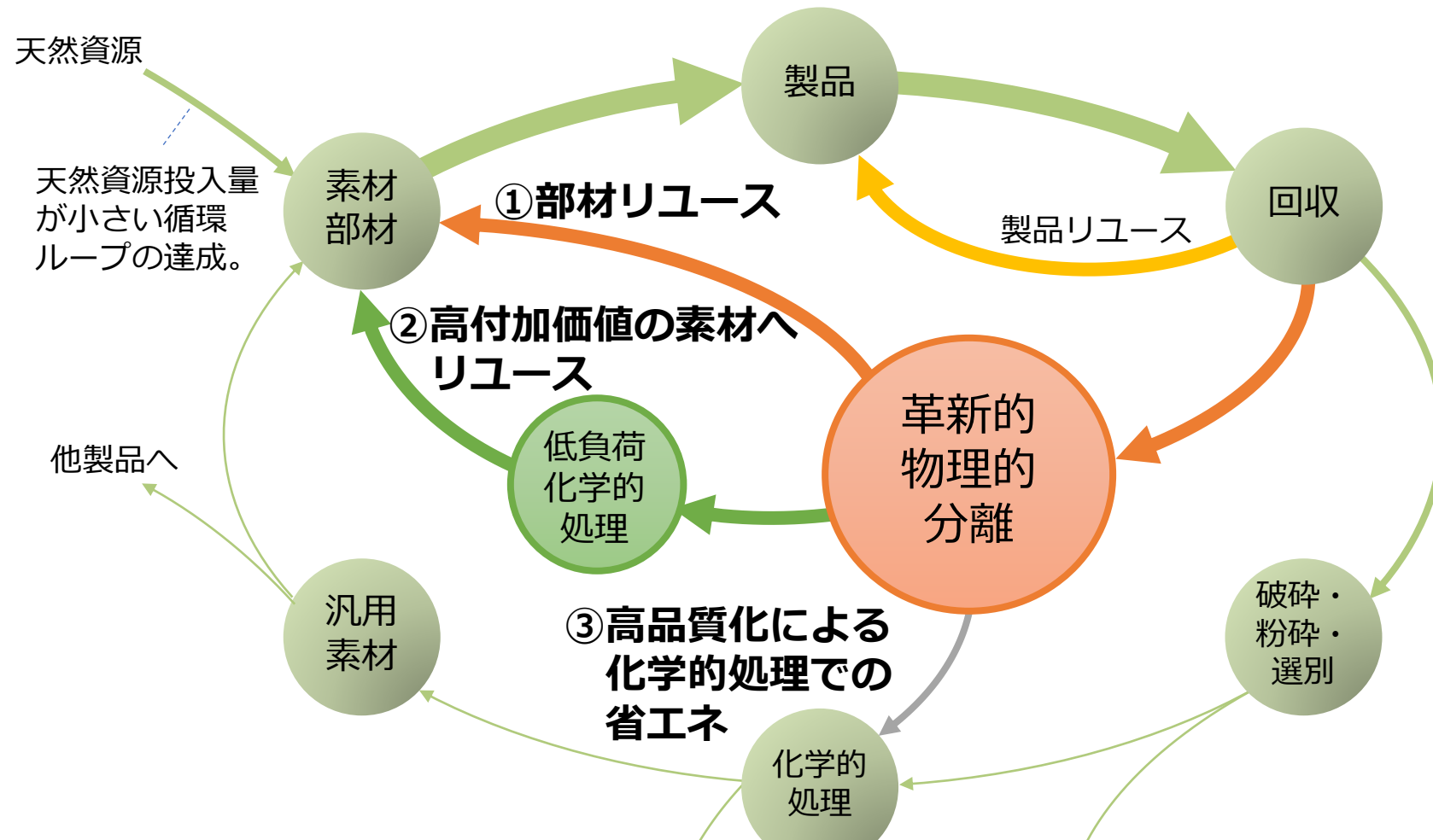
2021年2月15日 経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部作成第7回鉱業小委員会資料より



- ・ 所千晴, "資源開発の現状と方向性" (依頼講演), 参議院「資源エネルギーに関する調査会」, (2月24日, 参議院第32委員会室), 2021.
<http://www.webtv.sangiin.go.jp/webtv/index.php>, <https://www.youtube.com/watch?v=XMVuw0YrQXI>
- ・ 総合資源エネルギー調査会, 資源・燃料部会報告書 (2021年3月).
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/pdf/20210512_1.pdf

当研究室が目指す資源循環型社会

太く短い多重ループによる循環生産システムの構築



「統合循環生産システム」構築のために
革新的な物理的分離技術により、従来不可能であった部品・部材リユース、および、従来化学的処理に匹敵する高選択性・高効率性を達成。

所研究室の研究概要

化学的分離

環境浄化・修復/
廃水処理/
土壌浄化/
鉱山環境対策/
リクラメーション/

循環を意識した 新材料開発

新規環境材料開発/
固体電池材料開発/
ナノ粒子生成/
易分解接着剤開発

物理的分離

離散要素法 (DEM)/
(粉碎/造粒/混合)/
磁選/比重選別/
衝撃波利用

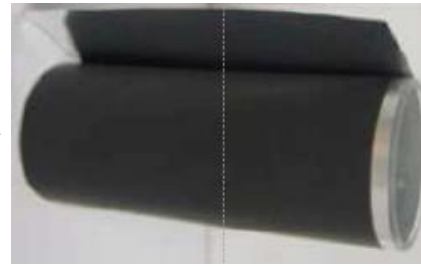
物理化学的分離

リユース・リサイクリング/
都市鉱山/レアメタル回収/
難処理鉱石分離/
プロセスミネラロジー/
電気パルス/浸出促進/ CO_2 固定/
メカノケミカル

選択的な電気的分離の例



液系LiBセル



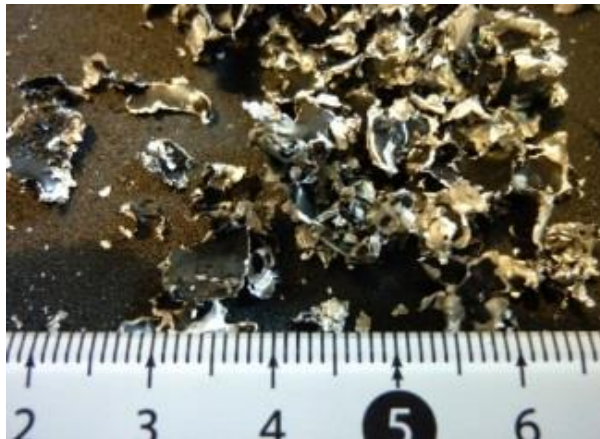
正極材捲回体



機械的分離

従来の電気的分離

→箔状材料に対する選択的分離は困難



新規電気パルス法*

→Al集電箔への電気パルス照射

ジュール熱による界面加熱

+表皮効果による界面への集中

+選択的プラズマ化による界面膨張

+ローレンツ力によるAl箔の伸縮

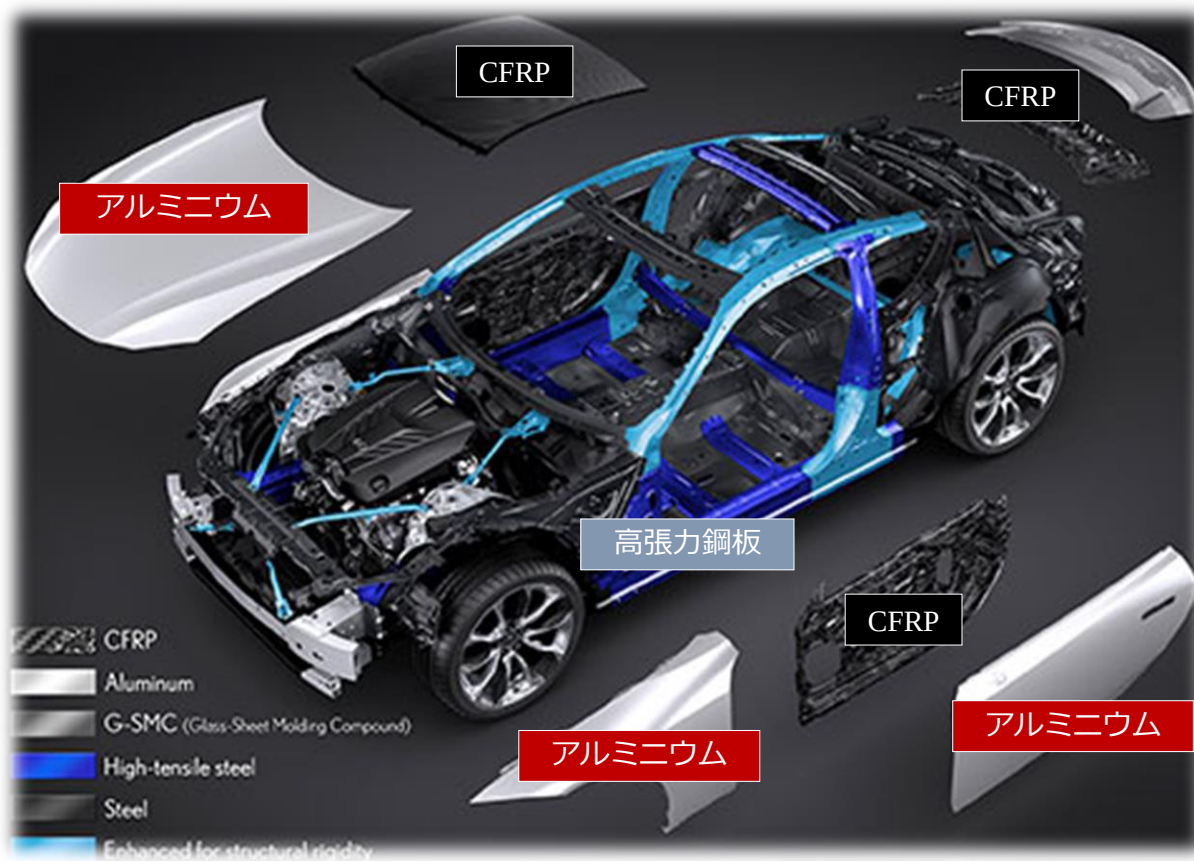


Al集電箔



正極活物質粒子層

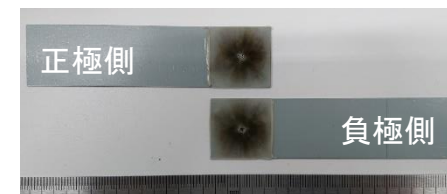
電気パルス法による接着剥離



<https://www.lexus.com.bh/lexus-lc-performance-multi-material-body>

電気パルス法(5 kV)

シャドウグラフ法, 撮影間隔5 us,
全体撮影時間640 us (撮影枚数128枚)



- 自動車の車体はさらなる軽量・高剛性化を実現するために、「鉄とアルミ」または「鉄とアルミとCFRP」など、すでにボディのマルチマテリアル化が進行。
- (構造) 接着技術へのニーズが高まっている。

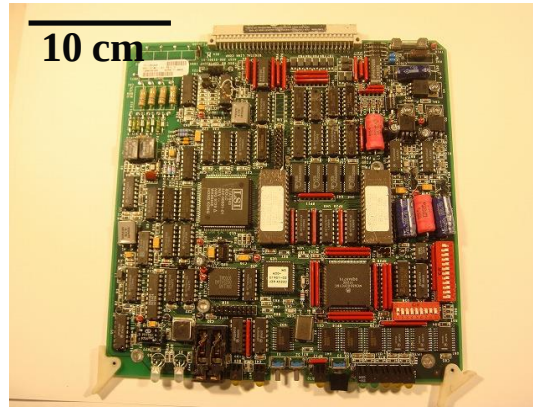
接着剥離技術
の確立

→ 廃棄・リサイクル課題解決
=マルチマテリアル化のボトルネック解消

→ マルチマテリアル化
促進

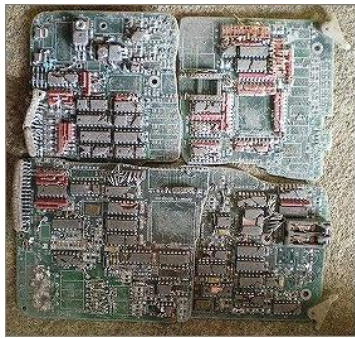
*JST未来社会創造事業JPMJMI19C7「製品ライフサイクル管理とそれを支える革新的解体技術開発による統合循環生産システムの構築」

選択的な機械的分離の例

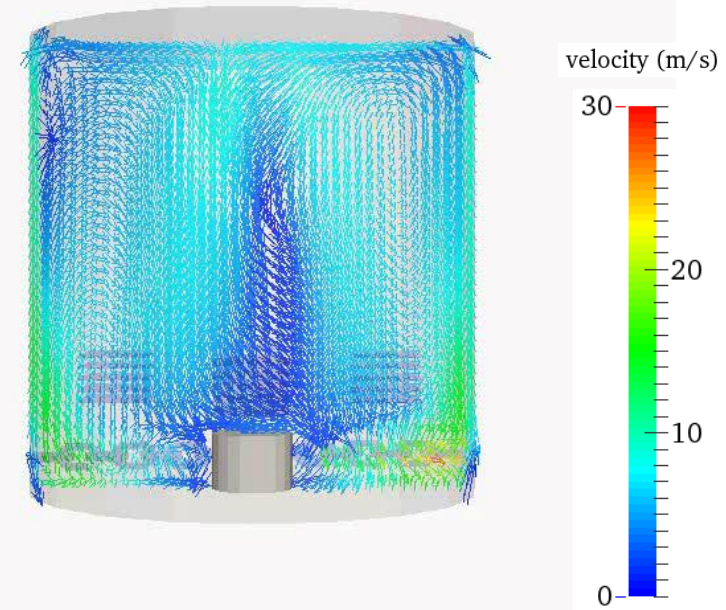
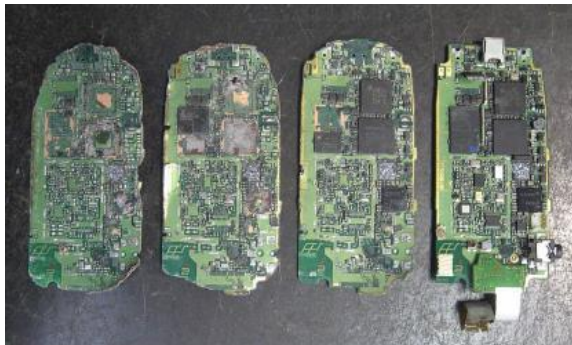


- 通信電子基板の重量 326 g/枚
- 基板と実装部品の重量比 4:6
- 基板を含む元素の重量割合
 - **ベースメタル** 63 %
 - **有害元素** (Pb, Br) 11 %
 - **貴金属・レアメタル** 3.08 %
- 一部レアメタルが**特定の部品に濃縮**

圧縮型粉砕→部品の一部が粉化しながら分離



衝撃型粉砕→部品が剥離



機械的分離制御のために
固体内の応力伝播と変形速度との関係を理解

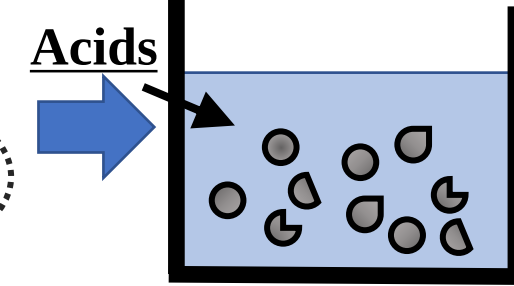
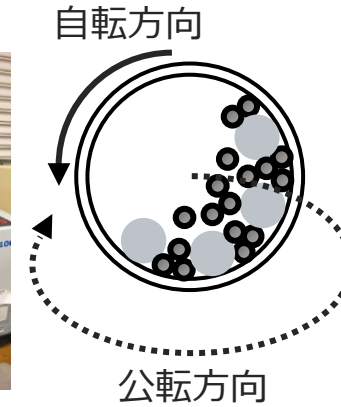
化学的分離の選択性を高めるための物理的操作



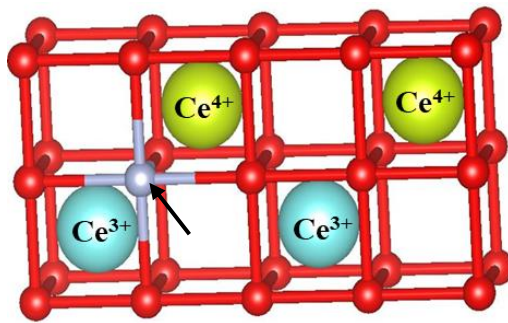
レアアース鉱石



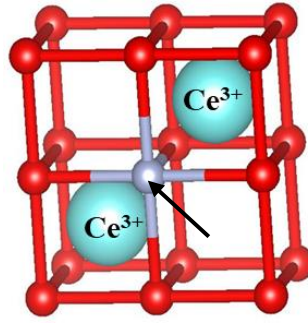
遊星ボールミル粉碎→選択的メカノケミカル反応



浸出



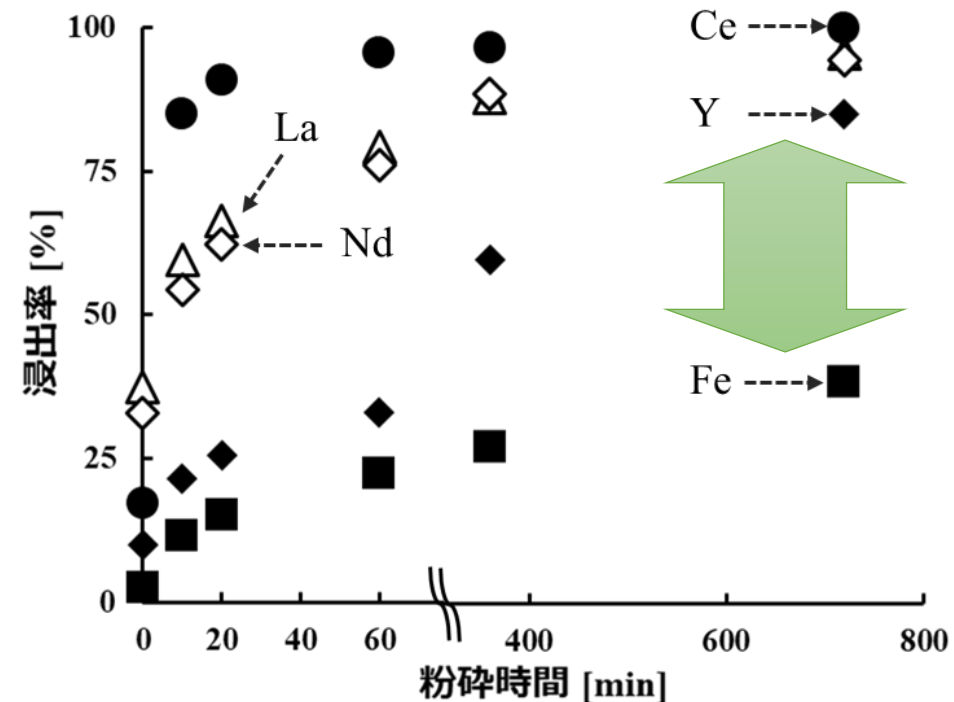
A型酸素欠陥



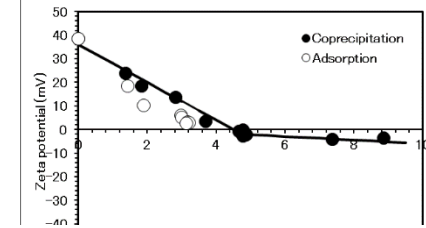
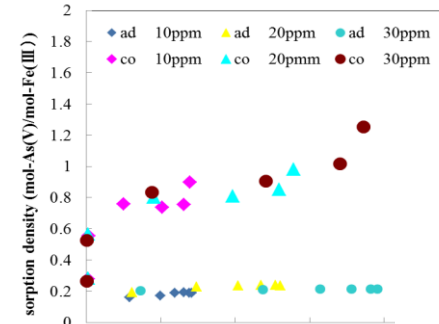
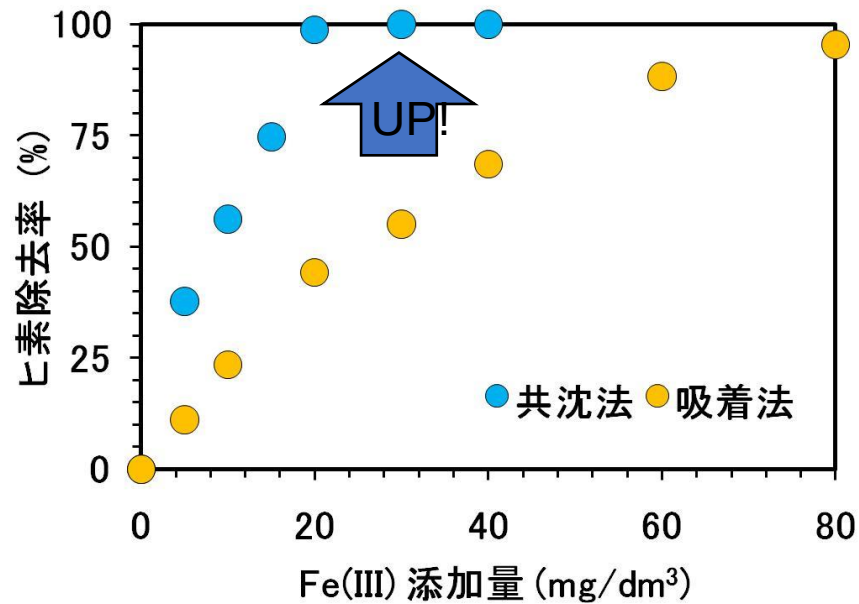
B型酸素欠陥

粉碎による結晶のゆがみ→酸素欠陥
→Ce^{IV}O₂が電子を受け取りやすく還元

セリウムの還元反応



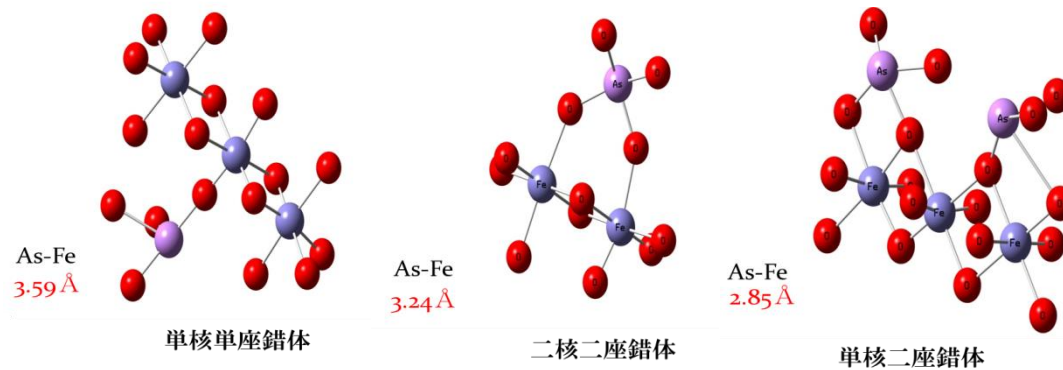
環境材料創成、廃水処理プロセスの高度化



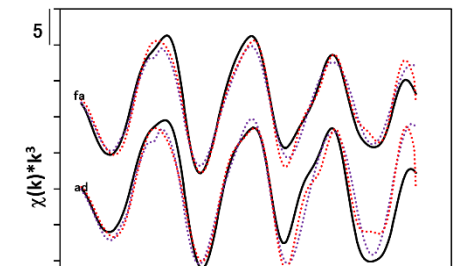
ゼータ電位把握

等温線の作成

化学工学的的手法



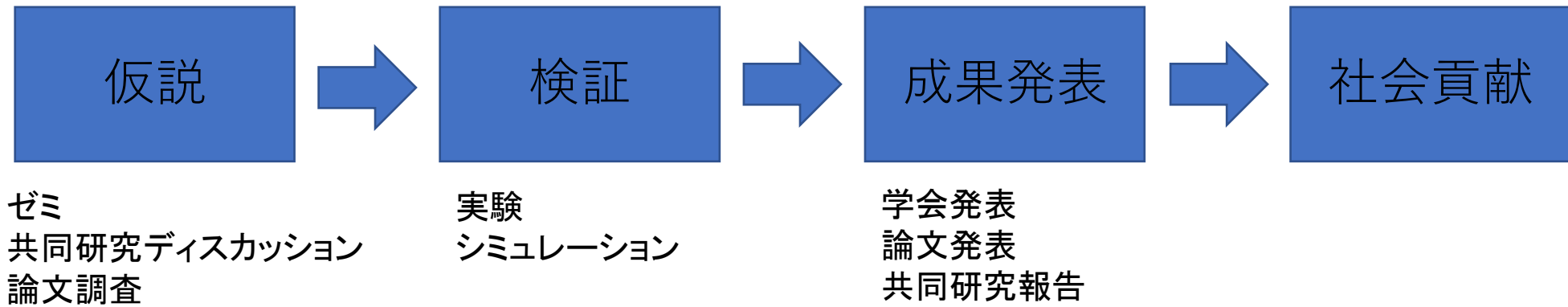
吸着構造の解明



XAFS, MLA

高度固体分析技術

研究を通じて総合的・俯瞰的な視野を育てる



所研究室の特徴

- スタッフが多く、十分な指導を受けられる環境。
- 研究設備が整い、実施したい実験、分析がスムーズに実施できる。
- 留学生が多く、英語でのコミュニケーションを学べる環境
- 企業との共同研究が多く、卒業後、様々な分野で働くイメージを直接的につかみやすい環境
- 国家プロジェクトが多く、当該分野の先端の情報が入る環境
- 国内外への学会発表が盛んであり、学生賞を多数受賞。 # 詳しくはHP参照
- 論文発表が盛んであり、2020年度は20報以上受理されている。 # 詳しくはHP参照

