資料3-4

「資源循環のためのアカデミアの役割」

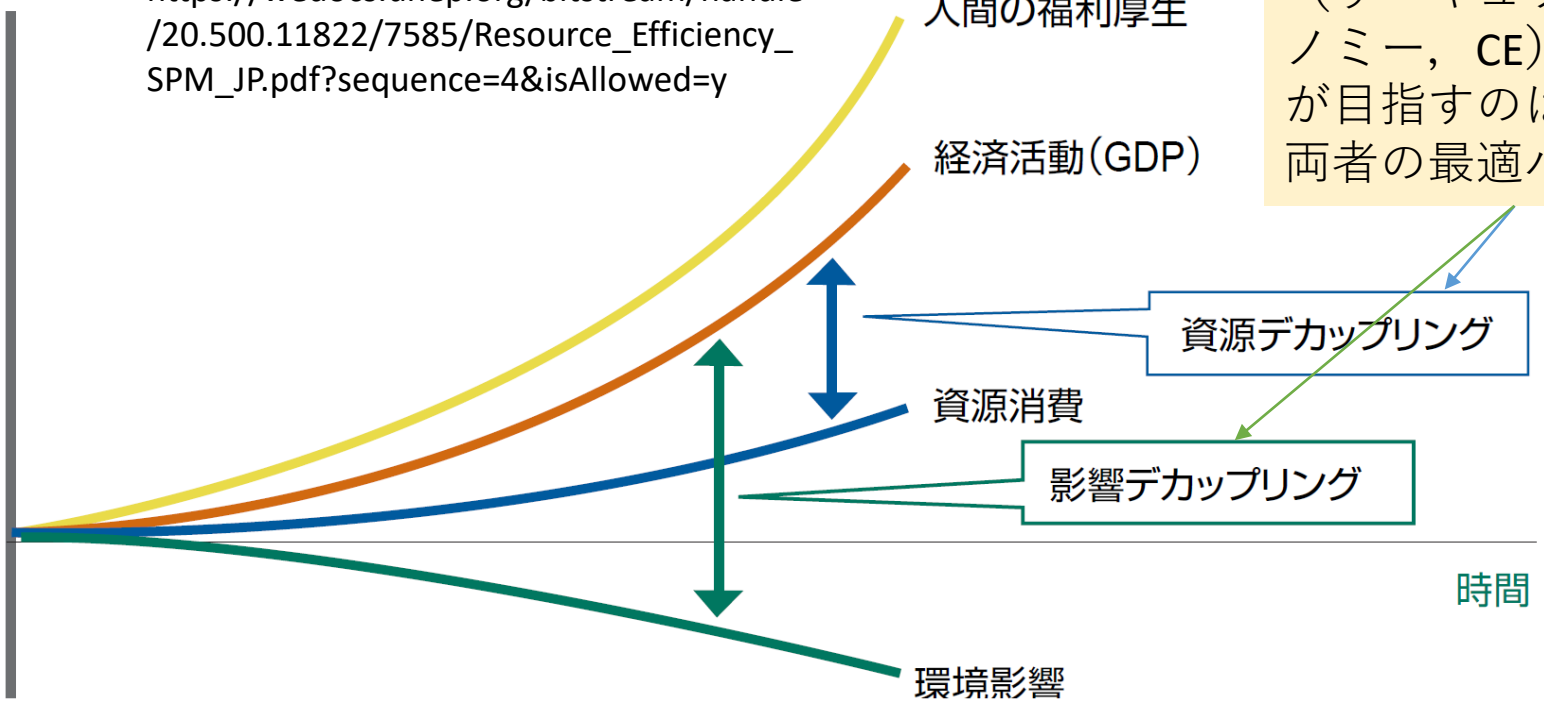
第2回革新的GX技術開発小委員会にて
2023年1月23日(月)　17：30－19：30

早稲田大学 理工学術院
東京大学大学院 工学系研究科
所　千晴
tokoro@waseda.jp

資源需要増加の傾向

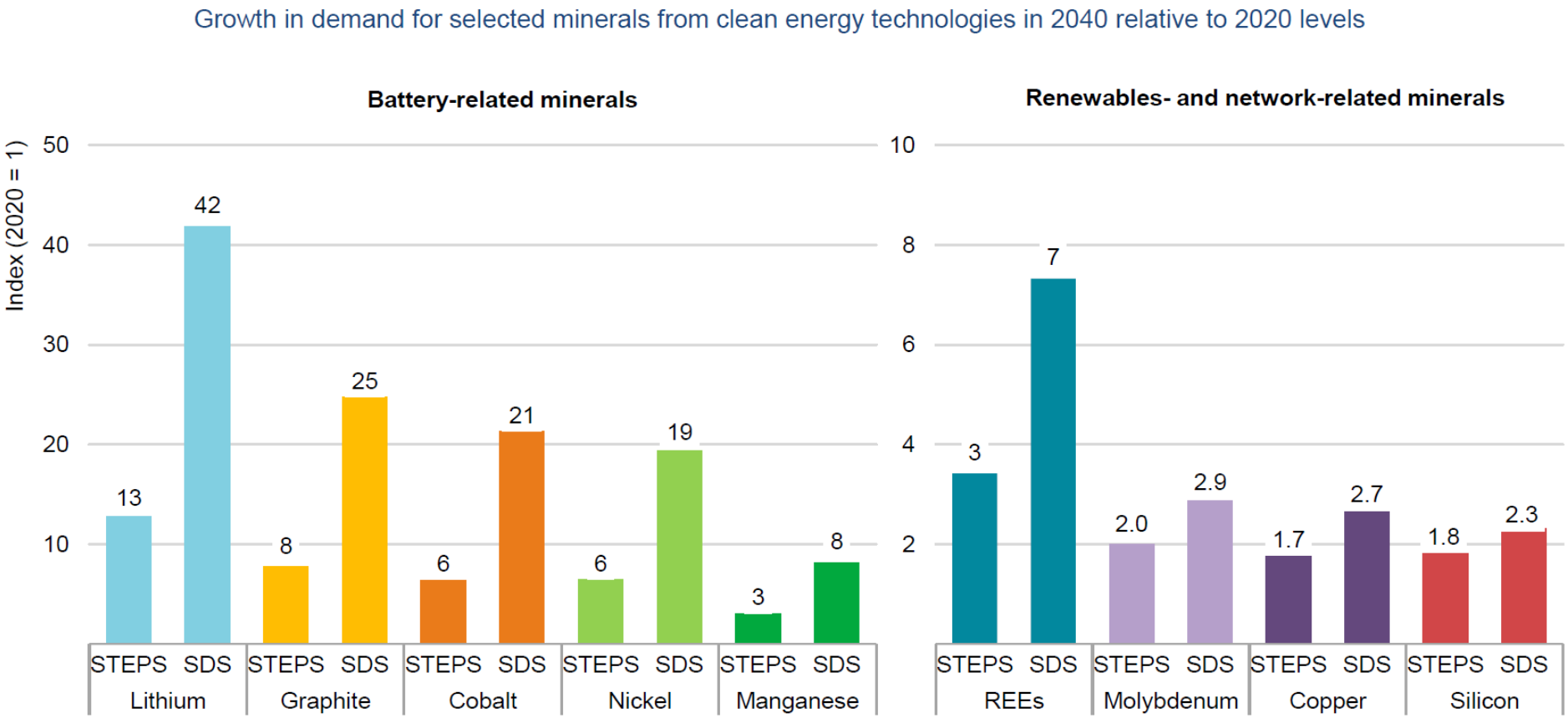
UNEP（2011）
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7585/Resource_Efficiency_SPM_JP.pdf?sequence=4&isAllowed=y

循環経済
（サーキュラーエコノミー，CE）
が目指すのは
両者の最適バランス



GHG削減に対する所要資源増への懸念を示すレポート多数
・UNEP-IRP（2016）：エネルギー供給側の試算
・UNEP-IRP（2017）：エネルギー需要側の試算
・IEA（2021）：カーボンニュートラル推進政策による鉱物資源増の試算
・レアメタルのみならず，銅などベースメタルの供給不足も懸念
（例えばAyman Elshkaki et al.,　Environmental Science & Technology, 2018 52 (5), 2491-2497

カーボンニュートラルによる資源需要増加の傾向



国際エネルギー機関（IEA）による試算

IEA, World Energy Outlook Special Report, IEA Publications, 2021.

https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions

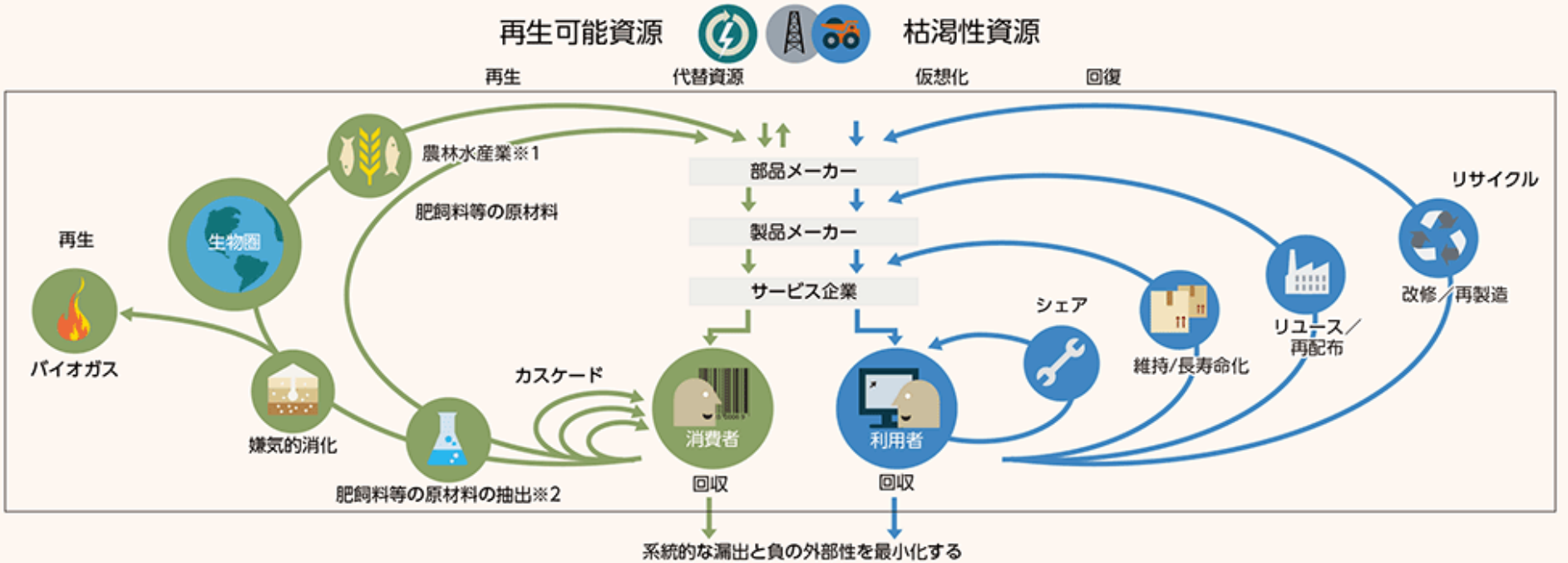
高純度素材・製品へ
高資源循環を求める動き

- 責任ある素材生産への認証化．例えばカッパーマーク．
- メーカーによる環境配慮・再生素材利用をアピールするブランディング戦略.
- EU等のサーキュラーエコノミー推進政策のための規制化．例えばリチウムイオン電池に関するEU法の改正案.
- 土地利用の変化，生物多様性など，多様な環境負荷配慮への要望．例えばTMR（Total Materials Requirements）による環負荷評価.

EUが提案する循環経済のイメージ

図3-1-1　EUが提案する循環経済（CE）のイメージ

平成28年版　環境・循環型社会・生物多様性白書
https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h28/html/hj1601030301.html



注：　※1　狩猟と漁撈（ろう）
　　※2　収穫後と消費済の廃棄物の両方を投入として利用可能

資料：Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment「Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C)」より環境省作成

- 再生可能資源（左側）の循環と枯渇性資源（右側）の循環の時間的・位置的・量的整合性をどう実現するか。
- 循環全体で経済的・社会的・環境的な最適化をどう図るか。
- 単に製造してから消費後にリサイクルのではなく，可能な限り内側のループを目指すにはどうすればよいか。

経済産業省
成長志向型の資源自律経済デザイン研究会

資料２

成長志向型の資源自律経済デザイン研究会

委員等名簿

（敬称略、五十音順）

（委員）

井阪　隆一	株式会社セブン＆アイ・ホールディングス　代表取締役社長
梅田　靖	東京大学大学院工学系研究科人工物工学研究センター教授
小堀　秀毅	旭化成株式会社　代表取締役会長
澤田　道隆	花王株式会社　取締役会長 クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス　会長
末吉　里花	一般社団法人エシカル協会　代表理事
武田　洋子	株式会社三菱総合研究所 研究理事シンクタンク部門副部門長　政策・経済センター長
津賀　一宏	パナソニック ホールディングス株式会社　取締役会長
中空　麻奈	ＢＮＰパリバ証券株式会社グローバルマーケット総括本部　副会長
野田　由美子	ヴェオリア・ジャパン株式会社　代表取締役会長
細田　衛士	東海大学副学長　政治経済学部経済学科教授
松江　英夫	デロイトトーマツグループ　執行役
山口　明夫	日本アイ・ビー・エム株式会社　代表取締役社長

（オブザーバー）

外務省、金融庁、文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省

（事務局）

経済産業省　産業技術環境局　資源循環経済課

- 環境制約・資源制約を強く意識した循環型社会構築を、日本の成長のチャンスととらえる.
- 循環に経済性を持たせるためのDX、新たなビジネスモデル、素材・製品戦略などに注目.
- 日本のものづくり、高精度な材料・素材をさらに成長させるための再生材利用、資源安全保障向上に関する観点も重要.

第2回 成長志向型の資源自律経済デザイン研究会

開催日

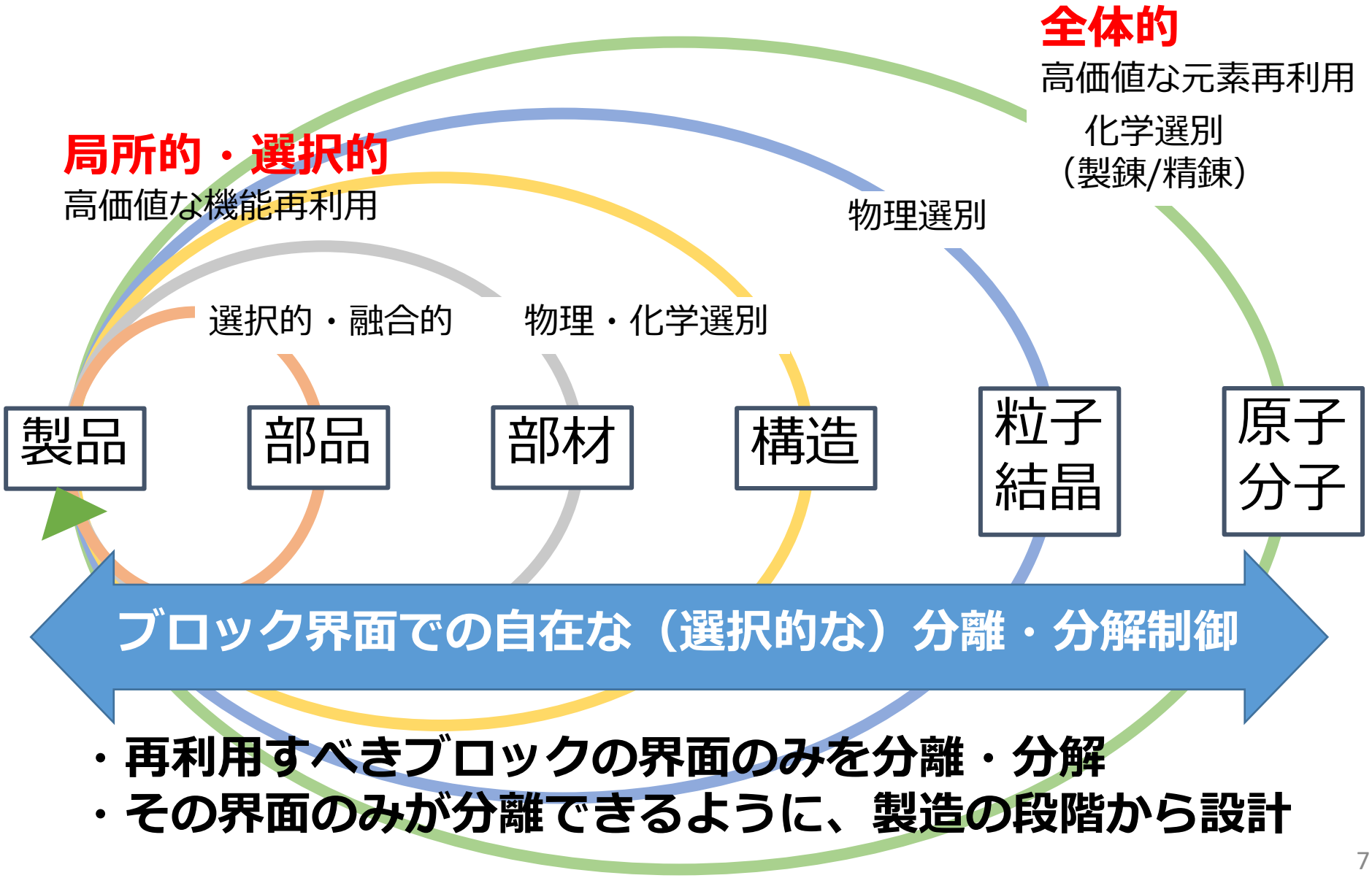
2022年10月27日

開催資料

- 資料1　議事次第（PDF形式：73KB）
- 資料2　委員等名簿（PDF形式：94KB）
- 資料3　清水 孝太郎氏 御説明資料（PDF形式：3,700KB）
- 資料4　所 千晴氏 御説明資料（PDF形式：3,489KB）
- 資料5　秋元 圭吾氏 御説明資料（PDF形式：2,819KB）
- 資料6　第1回成長志向型の資源自律経済デザイン研究会での御意見について（PDF形式：244KB）

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/shigen_jiritsu/index.html

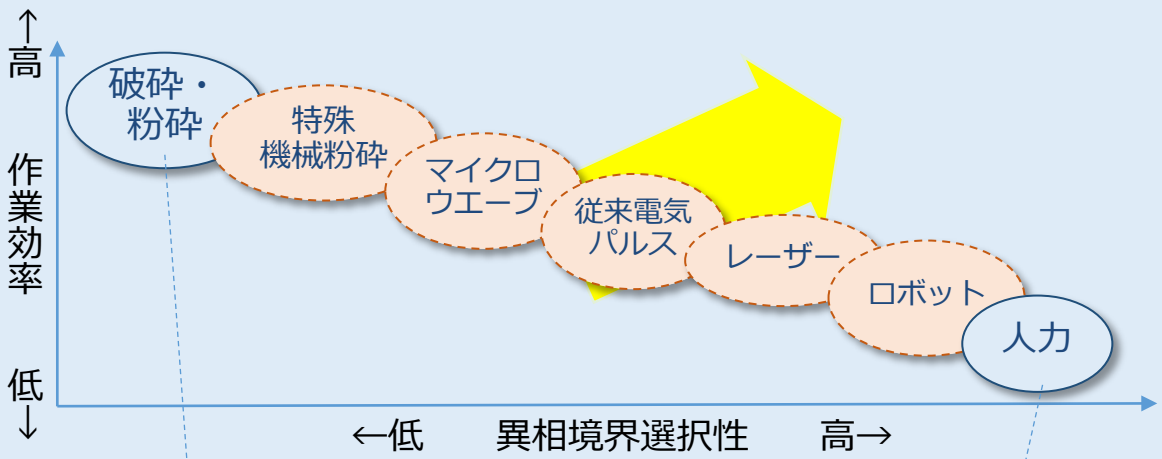
循環のための解体・分離技術高度化



- **再利用すべきブロックの界面のみを分離・分解**
- **その界面のみが分離できるように、製造の段階から設計**

循環のための解体・分離技術高度化

現状の解体技術には、破砕・粉砕または手解体しか実用化されておらず、
リユース/高度リサイクルに柔軟に対応できる高度分離技術が確立されていない。



- **破砕・粉砕**：機械的弱部を利用した選択性の低い処理法。
- **人力解体**：リサイクル技術が労働集約的で、高効率化されておらず、大量処理に対応できない。

製品から得たい部位を選択的に取り外すことを可能とする
革新的な解体・分離技術の確立が必要

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/resource/recycle/solarpower.files/no.3-4.pdf

https://panasonic.co.jp/eco/petec/process/

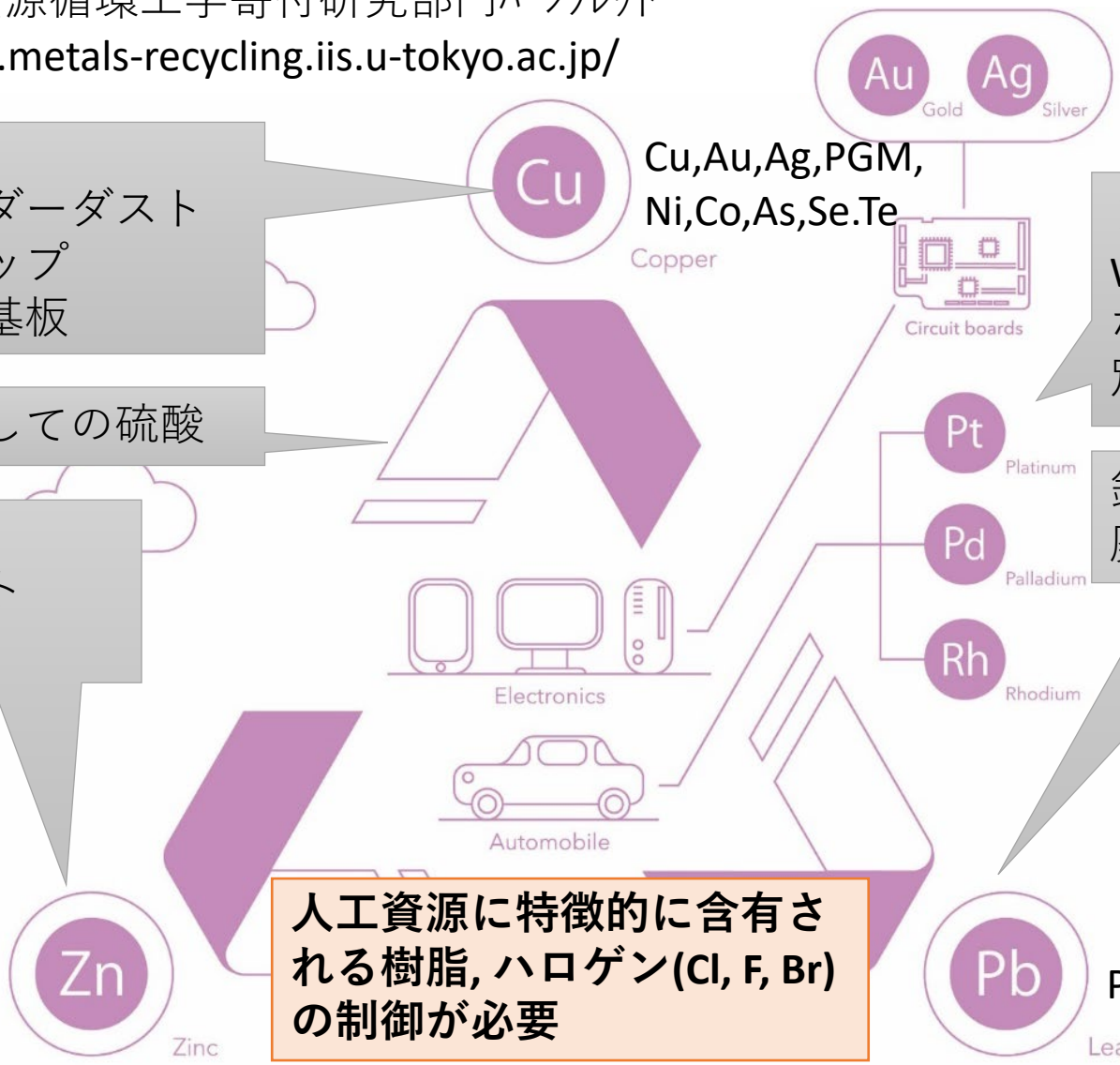
サプライチェーン全体を理解した元素戦略が必要

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ﾊﾟﾝﾌﾚｯﾄ
http://www.metals-recycling.iis.u-tokyo.ac.jp/

銅精鉱
シュレッダーダスト
銅スクラップ
プリント基板

副産物としての硫酸

亜鉛精鉱
電炉ダスト
飛灰



Cu,Au,Ag,PGM,
Ni,Co,As,Se.Te

レアアースの一部,
W, Mo, V, Nb, Ta, Ge
など
別に回収工程有

鉛精鉱
廃鉛バッテリー

人工資源に特徴的に含有される樹脂, ハロゲン(Cl, F, Br)の制御が必要

Zn,Cd,In,Ga

Pb,Bi,Sb,Sn

連携と人材育成の重要性：
EIT Raw Materials

EIT (European Institute of Innovation and Technology)

eit RawMaterials
Connecting matters

Funded by the European Union

- ✓ 教育、研究から新技発、起業術開、事業化、地域・国際連携まで、385のプロジェクトを実施
- ✓ 120を超える企業、大学、研究機関がコアパートナーとして参画、プロジェクト参画機関は180を超える

https://eitrawmaterials.eu/

資源循環のための
アカデミアの研究の方向性

- **サプライチェーン全体での**環境制約・資源制約の最適化の方向性を理解した研究課題設定.
- **分離と生成を組み合わせ**、高度化させる材料・素材・製品づくりが可能な革新的な技術・プロセスを構築するための理学的・工学的研究.
- サプライチェーン全体の**経済的・社会的・環境的最適化**を理解するためのデジタル・システム学的研究.
- **循環に新たな価値を創造**するための経済学・経営学・社会科学・人文学との連携.

個別の製品の課題に沿った資源循環研究 → **資源循環を主軸とした俯瞰的な研究** → **資源循環を最初から想定した素材・製品・プロセスのための研究**

所千晴　自己紹介

早稲田大学理工学部卒業。

東京大学大学院工学系研究科にて博士（工学）を取得。

専門は資源循環工学・化学工学・粉体工学。

早稲田大学理工学術院助手、専任講師、准教授を経て2015年より教授。

早稲田大学では創造理工学部教務主任、理工学術院長補佐、ダイバーシティ推進室長を歴任。

現在、早稲田大学内では、カーボンニュートラル社会研究教育センター副所長、高等研究所副所長、SEES機構副機構長、循環バリューチェーンコンソーシアム会長等を担当。

クロスアポイントメントにて東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授、東京大学生産技術研究所特任教授兼担。

JX金属株式会社社外取締役を兼担。

日本学術会議第24期・第25期会員。「学術の動向」編集委員長。

経済産業省、環境省、東京都等の各種委員を歴任。

化学工学会、粉体工学会、資源・素材学会、環境資源工学会、エコデザイン推進機構、等の理事。

現在、JST未来社会創造事業等の研究代表者、20を超える企業との共同研究実施中。