
Partner Events of EcoBalance 2022
Critical minerals for carbon-neutrality and circular economy
(抄録)

希土類、コバルト、リチウム、ニッケル、銅、アルミニウム等の重要鉱物は再生可能エネルギー等の先進的な技術に用いられている。これらの資源は賦存量の少なさや偏在性のため、供給リスクやサプライチェーンの脆弱性の問題を抱えていることが一般的である。そのため、重要鉱物の循環フローを構築・維持することは循環経済や経済安全保障につながることを期待される。

本イベントでは、欧米から重要鉱物の専門家をお招きし、循環経済やカーボンニュートラル社会を念頭においた重要鉱物リサイクルのあり方やトレーサビリティのあり方、またここで必要になるルール（規格）等について議論した。

- 日 時 令和4年11月3日（木）13:30～16:30
- 場 所 福岡国際会議場／Zoom（ハイブリッド形式）
- 共 催（一社）循環経済協会（CEA）
（一社）資源・素材学会（MMIJ）包括的資源利用システム部門委員会
Rare Earth Industry Association (REIA：国際希土類工業協会)
International Round Table on Materials Criticality (IRTC)
Minviro 社
Circularise 社
- 参加人数 約80名（時間帯で変動あり。参加登録者は101名）
- プログラム
- 13:30～13:35 開会挨拶
Vice president, Rare Earth Industry Association／（一社）循環経済協会理事／
三菱UFJリサーチ&コンサルティング（MURC）持続可能社会部長
清水 孝太郎 氏
- 13:35～14:00 Critical Materials, the Circular Economy, and Carbon Neutrality
Professor of Economics and Business and Coulter Foundation Chair in Mineral Economics,
Colorado School of Mines / Deputy Director, Critical Materials Institute (CMI)
Roderick G. Eggert 氏
- 14:00～15:00 Discussion- Expected circular business ecosystem from the critical minerals' aspect
モデレーター：Guido Sonnemann 氏（Bordeaux University）
パネリスト： Roderick Eggert 氏（Colorado School of Mines／CMI）
Alessandra Hool 氏（IRTC）
村上 進亮 氏（東京大学）
Keld F. Rasmussen 氏（Grundfos）
清水 孝太郎 氏（REIA／CEA／MURC）

- 15:25～15:45 Critical raw materials and their circular management - an international perspective
International Round Table on Materials Criticality
Alessandra Hool 氏
- 15:45～16:05 Criticality assessment of mineral resources for the Japanese economy
(一社) 資源素材学会包括的資源利用システム部門委員会委員長／
東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻教授
村上 進亮 氏
- 16:05～16:25 A Journey Towards Transparency and Sustainability
President, Rare Earth Industry Association, Grundfos
Badrinath Veluri 氏
- 16:25～16:30 閉会挨拶
(一社) 資源素材学会包括的資源利用システム部門委員会委員長／
東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻教授
村上 進亮 氏

1. Critical Materials, the Circular Economy, and Carbon Neutrality

Professor of Economics and Business and Coulter Foundation Chair in Mineral Economics,
Colorado School of Mines / Deputy Director, Critical Materials Institute

Roderick G. Eggert 氏

- 狭義の「critical」の定義は、必要不可欠であること、代替が難しいこと、サプライチェーンリスクが高いことであり、米国は 50 の物質を「重要鉱物 (critical mineral)」と位置付けている (2022 年時点)。何が「critical」であるかは、国や立場によって異なるものであり、ほとんどの物質は誰かにとって「critical」なものとなるため、多くの物質が重要鉱物として位置づけられている。また、ある資源はサプライチェーンの多様性が乏しく、ある資源は地政学的なリスクが高いなど、資源ごとになぜ「critical」であるかの文脈が異なる。
- カーボンニュートラルの実現に向けて、様々な重要鉱物の需要が増加することが見込まれる。例えば、太陽光パネル等に使用される Ga、In、Se、Ag、Te、Sn、磁石やモーターに使用される Nd、Pr、Gd、Dy、Tb、電池に使用される Li、Ni、Co、Mn、グラファイト、V、Na、Pb、燃料電池車に使用される白金族、希土類、原子力発電に使用される Co、Dy、Gd、Hf、In 等の需要増加が予想される。電線等に使用される Cu 等も代替不可能かつ不可欠な資源の一つである。しかし、米国が Cu の主な供給国であること、Cu のサプライチェーンは比較的多様化していることから、



米国の「重要鉱物」に Cu は指定されていない。

- 重要鉱物を取り扱ううえでは、生産量を増やすこと（produce more）、廃棄量を減らすこと（waste less）、使用量を減らすこと（use less）の3つのアプローチが重要となる。循環経済はこれら全てを満たすアプローチであるため、重要鉱物を取り扱ううえで、重要で欠かすことのできないアプローチである。
- カーボンニュートラルに向けて重要鉱物の需要が増加するなか、需要を満たすためには、使用済製品からの資源リサイクルに取り組むことになるだろう。世の中のリサイクル割合を決定する要因は、最終需要の成長率、製品の平均寿命、リサイクルできるスクラップの割合（スクラップ回収率）であり、リサイクル促進のために重要な観点である。
- 最後に、供給リスクやクリティカリティを考えるうえで時間軸の視点は無視できない。何がリスク要因となるかは時間軸によって異なる。例えば、短中期的には供給多様性の欠如、中長期的には生産能力の不足がリスク要因になる。

2. Discussion- Expected circular business ecosystem from the critical minerals' aspect

モデレーター：Guido Sonnemann 氏（Bordeaux University）

パネリスト：Roderick Eggert 氏（Colorado School of Mines/CMI）

Alessandra Hool 氏（IRTC）

村上進亮 氏（MMIJ/東京大学）

Keld F. Rasmussen 氏（Grundfos）

清水孝太郎 氏（REIA/CEA/MURC）

- クリティカリティと循環経済の関係に関して議論が行われた。リサイクル等は供給リスク及び持続可能性の問題を解決するための重要な方法の一つであるとの意見が示された。また、3R（リデュース、リユース、リサイクル）は天然資源の需要量を減少させるため、クリティカリティの低減に貢献するとの見解が示された。一方で、リサイクルの量と質を確保することは課題であり、これには政策的な後押しが必要であるとの意見が出された。
- また、クリティカリティは循環経済の優先度をあげる指標であるとの見解が示された。製造業は原材料の調達リスクには強い関心を持っているため、経済安全保障の問題は循環経済の強い推進要因になるものとみられる一方、持続可能性への配慮を動機とした企業による循環経済の取組を促すためには、ISO の策定などの適切なルール形成が必要となるといった見解が示された。
- 車載用電池に含まれる重要鉱物は製品あたりの含有量が多く、効率的に回収できるた



め、リサイクル、製品・部品のリファービッシュ及びリユースが有効な選択肢となる。一方、電子材料に含まれる重要鉱物は、製品あたりの含有量がごく微量であるため、製品・部品自体のリファービッシュ及びリユースは有効な方法となるが、リサイクルは非常に困難である。そのため、各重要鉱物の特徴を評価することも必要になるであろうという意見が出された。

- 重要鉱物分野における循環経済型ビジネスの実装の促進要因として、循環性に関する共通言語をつくるための標準化を行うこと、税制等により再生資源の競争力を高めること、データ共有及びそのための仕組みを構築すること等が提示された。
- また、重要鉱物分野における循環経済型ビジネスの実装のための阻害要因として、特定の使用済み製品の回収が困難であること、企業が再生のためのインセンティブを持たないこと、天然資源よりも価格が高いことなどが提示された。また、これら阻害要因を取り除くためには政策的措置が必要であり、特にリサイクル等が企業の利益となるようなインセンティブ創出が必要であるとの意見が出された。

3. Critical raw materials and their circular management - an international perspective

International Round Table on Materials Criticality

Alessandra Hool 氏

- 循環経済はクリティカリティを低減するためのアプローチとして位置づけられる。重要原材料（critical raw materials）を対象とした循環経済型ビジネスを実施するにあたり、複数の課題が存在する。例えば、製品あたりに使用されている量が少ないこと、重要原材料が循環性指標の対象とされていないこと、製品あたりに含まれる原材料の価値が低いこと、静脈物流の構築が困難であること、標準が欠如していること、リサイクルのキャパシティの制約があること等である。このような中でも、循環経済型ビジネスの優良事例は存在する。
- 日本の日立グループの事例は HDD からの希土類回収ビジネスを実現したものである。この事例では、効率的な自動解体、回収インフラの整備、製造・回収・解体・リサイクルの垂直統合等が成功要因となり、経済的利益を生み出しつつ、重要原材料を安定供給するビジネスに成功した。
- ドイツの H.C. Starck Tungsten 社の事例では、様々な種類のスクラップを単一の工場ですべて回収できるようにしたこと等が成功要因となり、タングステンのリサイクルを実現している。
- Rolls-Royce 社と General Electric 社の事例は、ジェットエンジンのタービンプレード



からレニウムをリサイクルするほか、部品リペアによってタービンの長寿命化を実現するものである。スクラップが高品質かつ規格化されていたこと、タービンのリペアやPaaS (product as a service) の実績があったこと、合金供給者との連携ができたこと等が成功要因である。

- スイスの CircuBAT の事例は、車載用電池の循環利用を目指すものである。電池の需要増加、電池材料の価値上昇、企業レピュテーションへの影響、政策的な注目度の高さが推進要因となっている。

4. Criticality assessment of mineral resources for the Japanese economy

(一社) 資源素材学会包括的資源利用システム部門委員会委員長／
東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻教授
村上 進亮 氏

- 日本では国内で生産できる鉱物資源が限られているなか、日本の経済は電気電子機器等の製造業に強く依存しているため、原材料の安定供給は決して避けられない課題である。日本政府は31の元素を「レアメタル」と定義し、これらの循環利用等を政策的に進めている。日本政府は備蓄や投資を検討するにあたり、供給リスク及び経済的重要性の観点からレアメタル等の評価（クリティカリティ評価）を行ってきた。



- 日本政府は 2020 年に「循環経済ビジョン 2020」を発表し、循環経済実現に向けた取り組みを開始している。並行してカーボンニュートラルの実現も掲げられているが、素材産業におけるカーボンニュートラルの実現のためには、長期的には、リサイクルが重要であると考えられる。一方で、リサイクルによって GHG 排出量が増加するバックファイア効果には注意しなければならない。
- 日本国内でリサイクルを推進しようとした場合、再生資源の供給が課題となる。国内で発生する再生資源だけでは需要をまかなうことができないと予想されるため、海外からスクラップを輸入する必要がある。スクラップを輸入する場合には、バウンダリの設定方法等、カーボンフットプリントの算定等における課題が発生することには注意が必要である。
- 昨今、日本政府は、経済安全保障や供給リスクの問題に対処できる強靱な供給構造構築を目的として、「資源自律型経済」という概念を提案しており、これの実現方法の一つとして循環経済が位置付けられている。評価の観点からは、今後、下流側の原材料（downstream materials）のクリティカリティ評価も必要になると考えられる。

5. A Journey Towards Transparency and Sustainability

President, Rare Earth Industry Association/ Grundfos

Badrinath Veluri 氏

- 希土類の需要は今後増加していくことが見込まれるなか、希土類産業は ESG 情報開示等に対応するため、透明性の確保された持続可能なサプライチェーン（transparent and sustainable value chain）の構築及びその評価を行うことが求められる。
- しかし、現在の希土類のバリューチェーンは、サプライチェーンの透明性欠如及び高いボラティリティという大きな問題を抱えている。これらの問題の原因は、希土類産業における標準や共通の方法論が存在しないことだと考えられる。例えば、バリューチェーン共通の用語定義や持続可能性の評価方法、データ収集・分析のための枠組み、ファクトデータ、データ改竄リスクへの対応、事業者間連携が欠如しているため、透明性が確保されたカーボンフットプリント等を算定・開示することは難しい。
- REIA（国際希土類工業協会）は、透明性の確保された持続可能なバリューチェーン構築に向けた取り組みを行っている。具体的には、共通言語の作成、標準及びガイドラインの策定、データセキュリティの確保及びデータプロトコルの開発、透明性の確保、持続可能性に関する定量化、トレーサビリティシステムの構築に取り組んでいる。
- 例えば、ブロックチェーンを活用した希土類の持続可能性を証明するための仕組みである CSyARES（特に環境フットプリントに焦点をあてたもの）を開発しているほか、希土類製品を対象とした PCR（Product Category Rules）の作成も行っている。この他、バリューチェーン全体のトレーサビリティやデータ分析を実現するためのデジタルツインシステムの開発にも取り組んでいる。



(以上)