



# エネルギー トランジション に向けた資源の調達： 新たな世界へ

エネルギートランジションのために  
「クリティカル」な資源の供給に対する  
地理的・地政学的な制約および当該制約に  
より求められるサーキュラーエコノミー



March 2021

KPMG International

—  
[home.kpmg/IMPACT](https://home.kpmg/IMPACT)

# OPECから「OMEC」<sup>1</sup>へ： 新たな世界のエネルギー・エコシステム

現在、新たな電力源に依拠するエネルギー・トランジションが起こりつつあります。それによって世界のエネルギーおよび鉱物市場の姿は一変し、経済的、環境的および地政学的な影響が生じると考えられます。

エネルギーは再び、新たな経済的・地政学的情勢の中心となっています。気温が過去5年間で観測史上最高となったことから<sup>2</sup>、各国は、2015年のパリ協定で設定された野心的な目標の達成に奔走しています。広く受け入れられている目標は世界の気温の上昇幅を最大1.5～2°Cまでに抑えることであり、現在、経済大国上位10カ国のうち9カ国が、温室効果ガスの排出を実質ゼロとする「ネットゼロ」計画を発表するか、あるいはその達成をコミットしています。グローバル企業および金融機関は、同じく意欲的な目標をそれぞれ設定しています。KPMGも例にもれず、今後10年間でカーボンネットゼロ組織となることを誓約しています。

これらの目標を達成するという事は、エネルギーセクターの脱炭素化<sup>3</sup>を急ピッチで進めるということです。これらの目標が意味する必要な温室効果ガス排出削減量は、化石燃料に依存している世界経済を、再生可能で炭素の生成・消費が少ないまたはゼロであるエネルギーを主な基盤とする経済に転換することによってのみ達成可能です。エネルギー消費の多い国々が採択したネットゼロのアジェンダでは、発電による排出を廃絶し、現在は石炭、石油およびガスに依存している世界の製造および輸送部門を脱炭素化するため、再生可能エネルギー技術を大規模に展開することが必要不可欠となります。

しかし、エネルギー・トランジションには、重要性が十分に認識

世界の温室効果ガス排出量の4分の3近く（73.2%）を占めるのが、エネルギーセクター（電力、火力および輸送）です<sup>4</sup>。



されていない課題があります。それは、クリーンなエネルギーの供給は鉱産天然資源に依存しているが、それらの資源は地質学、地政学およびガバナンス上の課題の渦中にあるということです。

世界の注目は再生可能テクノロジー自体のコストに集まっており、それと比較すると、これらのテクノロジーを実現するためのサプライチェーンにはほとんど注意が払われていません。サプライチェーンのまさに始点である金属、鉱物および非生物原材料（以下、「資源」といいます）の調達、サプライチェーンという鎖の最も切れやすい部分となる可能性があるのです。

一見した印象とはやや異なり、中核的な課題は、必ずしも鉱物の量ではありません。実際のところ、これらの資源の多くについては、世界の既知の埋蔵量で現在予測されている需要を十分に満たすことができます。

**必要不可欠（エッセンシャル）だが、極めて重要（クリティカル）ではない？** 世界銀行の予測によると、エネルギー・トランジションの結果として需要が割合ベースで最も拡大するのは黒鉛（自動車、送電網および分散型電力貯蔵システムの陽極の製造に使用される）で、約500%の増加が見込まれています<sup>5</sup>。しかしこの需要は、理論上は、すでに発見されている埋蔵量（予想される需要の440%）で充足可能です。

  
2020年の生産量  
110万トン<sup>6</sup>

年間需要量  
450万トン  
2050年までの  
累計需要量  
6,880万トン<sup>7</sup>

  
埋蔵量  
3億2,000万トン<sup>8</sup>

1 「Organisation of Mineral Exporting Countries（鉱物輸出国機構）」を指す造語。そのような組織はまだ存在しないが、地政学的なパワーが主要産油国からクリティカル・メタルの主要産出国に移行するであろうことを示す。

2 Climate change: 2020 was the joint hottest year on record (2021) New Scientist.

3 二酸化炭素排出量の削減。

4 2016年の数値は二酸化炭素等量に基づく。Emissions by sector (2020) Our World in Data.

5 2018年の生産量との比較。

6 Graphite data sheet – mineral commodities summaries (2021) USGS.

7 エネルギー技術のみに基づく保守的な見積り。Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition (2020) The World Bank (‘World Bank Report 2020’).

8 世界の鉱業生産および埋蔵量に基づく同様に保守的な見積り。回収可能な使用済み黒鉛の推定資源量は8億トンを超える。Graphite data sheet – mineral commodities summaries (2021) USGS.

とはいえ、将来の供給は、以下2つのリスクに直面しています。



採鉱および生産に対し、川下の企業、投資家および一般市民からの環境・社会・ガバナンス (ESG) 面での監視の目が厳しくなる。



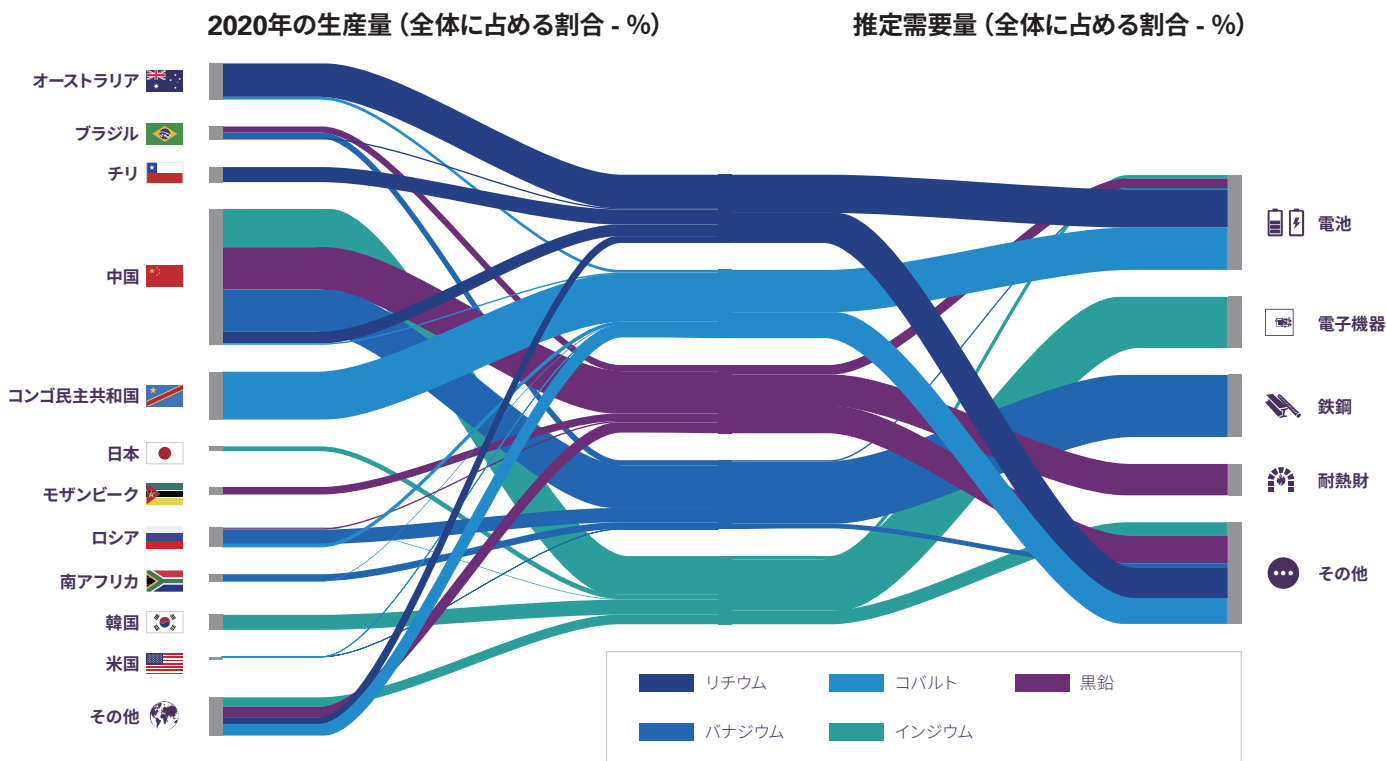
ただでさえ政治的アジェンダが「戦略的資源」の需要の(速度および量の)増加度合いに影響を及ぼすなか、これらの資源の利用はエネルギートランジションだけでなく、より幅広い経済発展および技術革新においても中核に位置することから、戦略的資源へのアクセスは国家安全保障の名目で政治的な問題となる。

低炭素テクノロジーの物質集約度を考慮すると、需要と供給に潜在的なギャップまたは制約がある場合、特定のテクノロジーが展開可能となるスピードおよび規模に影響を及ぼす可能性があります<sup>9</sup>。その結果、幅広い産業がこれらの資源の生産および利用に関連した領土、領海および経済のリスクに晒されることとなります。

グリーンテクノロジーおよびエネルギー貯蔵ソリューションに依存するセクター(インフラ、輸送、自動車など)またはセクター横断的に重要な資源の代替的な応用に依存する部門(工業生産、ライフサイエンスなど)は、サプライチェーンの強靭性を確保するため、これらのリスクを評価し、管理することが必要となると考えられます。以降のページでは、これらの資源の相対的な需要、入手可能性および生産に影響する可能性がある具体的な地理的・地政学的要因について掘り下げていきます。これらの資源がエネルギートランジションにおいて「エッセンシャル(必要不可欠)」から企業経営にとって「クリティカル(極めて重要)」となるのは、こうした要因のためです。

しかし、「従来の」エネルギー業界とは異なり、現在は循環的なソリューションがあります。これら資源の再利用、リサイクル、および転用、ならびに製品の再設計により、需要を充足するための商品供給に対するプレッシャーを緩和することができます。さらには、エネルギートランジション、関連産業の変革、および温暖化の防止を世界規模で速く進めることが可能になります。

## 供給量で上位を占める国々



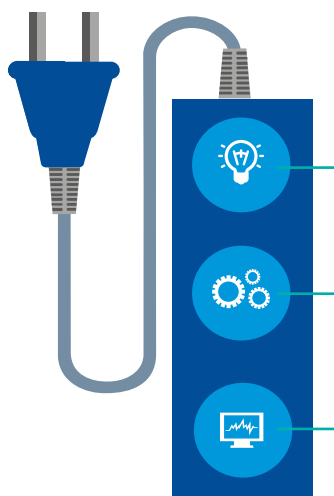
需要の内訳は一般に入手可能な情報のみに基づく見積りであり、2020年の正確な数値ではない可能性があります。

出典：KPMG、USGS、NREL、GEMC、Roskill、CSA Global、DERA。

「サーキュラーエコノミーと気候変動の緩和は、本質的に連動関係にある。循環性が高ければ排出量が減少するが、急速に拡大している再生可能エネルギー発電の導入に伴う送電網の設備増強の際に、再生の原則を考慮した設計・設置・展開されることを確実にすることも不可欠だ。我々は、今日の気候の非常事態に対応する一方で、20年後にエネルギーインフラの廃棄物による危機が発生することを防止しなければならない。」

—Federico Merlo, Managing Director, World Business Council for Sustainable Development

# エネルギー転換における「エッセンシャル」から…



発電量が変動する再生可能エネルギー由来の電力の送電を可能とする制御技術を含む低炭素テクノロジーは、従来の化石燃料由来の電力に伴う送電システムよりも多くの鉱物供給を必要とします<sup>10</sup>。再生可能エネルギー由来の電力の送電システムにはさまざまな鉱物の投入を必要とする構成要素が数多く存在します。以下は、その例です。

再生可能エネルギー由来の**エネルギーの回収**および出力は、その構造の構築に使われる、または発電におけるコンポーネントとして利用される特定の資源に依存しています（太陽光パネルの透明電極におけるインジウムの使用など）。

**エネルギーの貯蔵**は現在、黒鉛、コバルトおよびリチウム（リチウムイオン電池）、バナジウム（バナジウムレドックスフロー電池 [VRFB]）に依存しています。「再充電可能」なソリューションは、変動性のある断続的な形態の再生可能エネルギーの供給（太陽光、風力など）や、電気自動車のようなより「クリーン」なテクノロジーにおいて必要不可欠です。

変換、送電および配電における**エネルギー効率**は、データセンター、スマートグリッド、産業における応用やインテリジェント・ビルディングなどのさまざまな電子設備を通じて省エネを推進する電子コンポーネントによってますます充実しています。

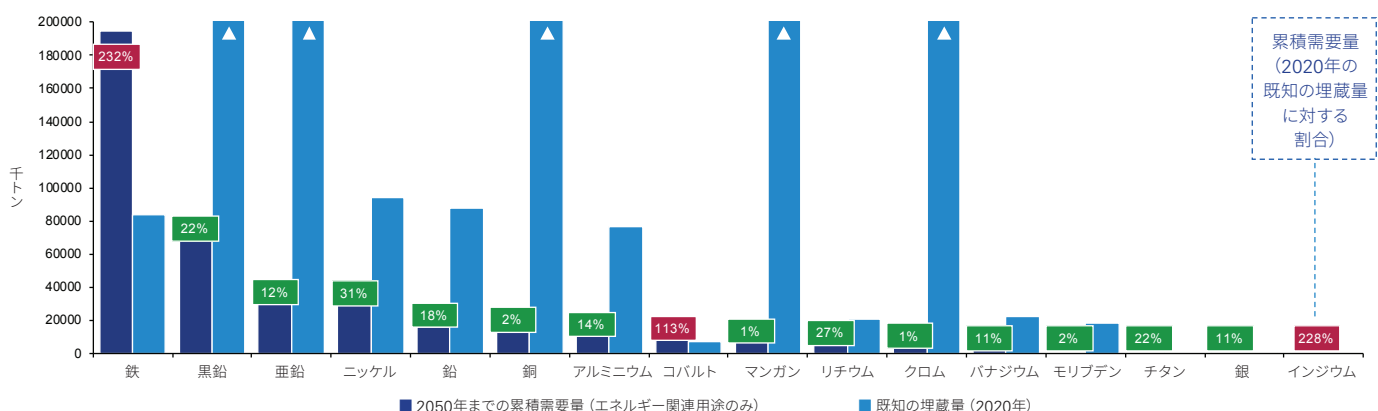
最近の世界銀行の報告書では、2°Cシナリオの未来においてエネルギー生産および貯蔵の需要を充足するには、2050年までに合計300億トン超の鉱物が必要になると推定されています<sup>11</sup>。これは、絶対量としても大きいですが、リチウム、黒鉛、コバルトなどのエネルギー貯蔵技術に用いられる特定の金属については、需要が現在の水準の500%近くにまで増加することを意味します。他の予測では、インジウムなどの特定の資源の需要は2050年までに現在の生産量の12倍を超えるであろうと推定されています<sup>12</sup>。

なお、このような推定の多くにおいては、需要の増加傾向をさらに強める他の工業用途（製造業での穿孔および切削加工におけるタングステンの最終利用、その他のデジタル技術におけるガリウム、ケイ素、インジウムおよびゲルマニウムの利用、

3Dプリントにおけるコバルトおよびバナジウムへの依存、鉄鋼の生産におけるコバルトの使用など）は含まれていません<sup>13</sup>。

一般に流布している説<sup>14</sup>とは裏腹に、**重要資源の需要は、このように大幅に増加しても、多くの場合は確認されている埋蔵量で充足できると考えられます**<sup>15</sup>。ほとんどの資源は、既知の埋蔵量（および未探査の鉱床）により、世界の必要生産量を、特に中期的に満たすのに十分な供給を得ることができると考えられます。したがって、石油およびガスと同様に、当該資源を豊富に有する国および地域には大きなオポチュニティがもたらされます。抽出、精製および製造の技術も向上していくため、同じ最終成果を達成するのに必要な鉱物の量が少なくなり、供給を節約できるようになると想定されます。

## 既知の埋蔵量に対する累積需要量の推定



出典：World Bank Report、USGS、European Commission Joint Research Centre（インジウムの埋蔵量のみ）、KPMG<sup>16</sup>。

**ただし、地政学的要素が変化すれば、このような単純な話では済まなくなります。**

10 World Bank Report (2020).

11 同上。これらの技術を展開または利用するために必要な関連インフラ（電気自動車のトランスミッションシステムやシャーンなど）は含まない。

12 Metal Demand for Renewable Electricity Generation in the Netherlands (2018) Universiteit Leiden.

13 The World Bank Report (2020); Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU (2020) European Commission ('Critical Raw Materials Report').

14 Mineral resources: Exhaustion is just a myth, say scientists (2017) University of Geneva.

15 ただしすべてではなく、鉄、インジウムおよびコバルトなど、エネルギー関連用途のための推定需要が既知の埋蔵量を超えているものもある。

16 本報告書では、世界銀行の報告書で取り上げられている資源のうち、ネオジムは議論しない。ネオジムは他の資源と異なり、米国地質調査所 (USGS) または欧州連合の共同研究センター (EU JRC) による埋蔵量の報告がない。

# …ビジネスにおける「クリティカル」へ

石油およびガス業界と同様に、これらの資源の相対的な需要および供給は、多くの政治的・地理的要因の影響を受ける可能性があります。それにより、企業に供給リスクが生じ、最終的には、エネルギー・トランジションの速度および規模に困難が生じる可能性があります。こうしたトレンドにより、クリーンテクノロジーにとどまらず、工業生産、ライフサイエンス、自動車などの複数のセクターにおいて、企業にとって「エッセンシャル」な原材料が「クリティカル」な構成要素に変化する可能性があります。

## 需要リスク：勝者の予想が不可能

重要な資源の埋蔵量は多くの場合において世界の需要を充足することが可能であると予想されますが、需要が予想に反して上振れした場合（かつ、その結果としての供給が遅れた場合）、短期的に価格が不安定になる可能性や、複数のクリティカル・メタルの生産が不足する可能性があります。需要の上振れ要因として考えられる要素について以下に記載します。

## #1 政治と政策



地政学は、需要と供給の等式のどちらの辺においても重要です。ここで、特定の資源については、国内の政治および「グリーン」なアジェンダに対する意欲が需要の（量および速度の）増加の度合いに影響する可能性があります。具体的には、政治的なアジェンダに応じて以下のことが変化します。

### 1. 「誰（どの国）」が競争相手となるか：気候変動に対する国内目標の設定

資源に対する需要は、2°Cシナリオにおいて、「現状維持」の4°Cシナリオの場合よりも大幅に（かつ急速に）拡大することが予想されます。これらの目標を達成するには世界規模での協力が必要となりますが、破壊的なトランスフォーメーションを支援する速度および意欲は国によって異なるため、政策支援（補助金をはじめ国境炭素調整の制度まで）や、グリーンテクノロジーおよびその関連資源の需要に影響が生じます。

### 2. 「何」をめぐる競争するか：採用する再生可能テクノロジーの構成比に対する影響

例えば原子力発電は、ライフサイクル全体における温室効果ガスの排出レベルがさまざまな発電技術のなかで最低の水準で、現時点で世界の電力の10%超を供給しています。しかしながら、政治的・社会的理由からエネルギー・トランジションにおける役割は未だ明確にはなっていません<sup>17</sup>。原子力発電技術に予想外の制限または制約が課されることがあれば、太陽光、風力および水力発電の需要（およびそれらに関連する資源への依存）が増加する可能性があります。

## #2 テクノロジーとイノベーション



どの副次的技術（グリーンテクノロジーであるかにかかわらず）が最も広範囲にわたって長期的に展開されるかによって、効率化や技術の進歩（新たな産業への適用を含む）が促進され、個々の資源の需要を増加させる可能性があります。

例えば、洋上風力発電の発展により、ネオジムおよびジスプロシウム（タービンの磁石に利用される）の需要が刺激される可能性があります。水素がエネルギー・ポータビリティ（余剰の再生可能エネルギーを蓄積し、再生可能資源が乏しい地域に移送すること）の媒体としての役割を果たすことから、イリジウムおよび白金（電気分解に利用される）の需要が高まっています。レニウムは、脱炭素化がより困難な業界で炭素回収・貯蔵のソリューションの触媒として利用されるようになると、航空業界（エンジンタービンの羽根の原材料として利用）での不足が懸念されます。ヘリウムは、経済的重要性が低下したため最近欧州連合のクリティカル原材料リストから除外されましたが、デジタル機器でのさまざまな新しい用途に関連して利用され始めていることから、再度リストに追加される可能性があります<sup>18</sup>。

世界銀行の報告書で指摘されているとおり、1つまた2つの技術でのみ必要とされる集中的な原材料は、長期的には技術破壊から生じる需要変動の影響をより受けやすい可能性があります。一方、セクター横断的に利用される原材料は、用途が多様であり、新たな革新や他業種との競合による（想定外の）需要が発生する可能性があります。

「技術とグリーンテクノロジーなどの副次的技術の選択、原材料の代替、そして技術の向上により、さまざまな低炭素化シナリオにおける個々の鉱物の需要は変化する。**発電を脱炭素化するために技術面でどのような行程を取るかによって、需要が最も拡大する金属が決まる。**洋上風力発電、グリーン水素、固体電池のような新技術により、未来のエネルギーシステムの姿が変化する可能性もある。これらの技術にはさまざまな鉱物が必要であり、鉱物の需要にさまざまな影響を及ぼす可能性がある。」—World Bank Report (2020)

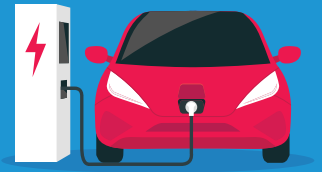


<sup>17</sup> Nuclear power has a big role to play in the energy transition. Here's why. (2020) World Economic Forum.

<sup>18</sup> Critical Raw Materials (2020) European Commission.

## 「クリティカル」なエネルギー貯蔵

米国、欧州および中国における電気自動車の大量導入は、内燃エンジンの新規販売を禁止する規制や電気自動車メーカーへの補助金など、電気自動車の採用を推進する政策によって加速されています。多くの自動車メーカーは最近、電池供給におけるボトルネック（具体的には重要資源の入手困難）のため、電気自動車の生産を一時的に停止することを余儀なくされています<sup>19</sup>。



リチウム、黒鉛およびコバルトは現在、主に電気自動車用電池を含むエネルギー貯蔵に利用されていますが、2018年の生産高を基準としたそれらの資源に対する需要は、他の資源との比較で最も高い数字となっています<sup>20</sup>。しかし、これらの資源は需要リスクも最も高い水準のため、現在、エネルギー貯蔵の代替技術を開発するための数多くの副次的技術が研究開発中となっています。

その一例が、電気自動車、スマートフォンおよびノートパソコンでの使用に向けたナトリウムイオン電池です。ナトリウムはリチウムとは異なり、すでに広い範囲で安価に入手可能となっています<sup>21</sup>。他方、エネルギー容量がほぼ無限で工業的な用途に非常に適する長寿命電池技術であるVRFBは、現時点ではベース鉱物であるバナジウムが高価であり採用に対する制約となっています。

## 供給リスク：多角化による回避が不可能

石油およびガス業界と同様に、これらの原材料のサプライチェーンも複雑で、おおむね直線的な性質を有しています。これらの資源は少数の国でのみ生産されていること、精製はさらに少ない国に集中していること、そして多くの場合に代替として利用可能な資源が極めて少ないことなどから、多角化はあらゆる面で制限されています<sup>22</sup>。供給サイドのリスク要因を以下に記載します。

### #3 地政学



地政学的なパワーは、主要産出国からクリティカル・メタルの主要産出国へと移行する可能性があります。クリティカル・ミネラルの調達と、多角化による友好的でない貿易相手国を回避するため、多くの国々が、米国および米国に同調する国々との関係を強化するための戦略的な位置付けを再考しています。

気候変動は、2021年に世界の「Gゼロ」化を推進するドライバーのリストに追加されました。Gゼロとは、国際的なアジェンダを動かすだけの政治的・経済的影響力を持つ国や国のグループが存在しない状態を意味します。排出量が多い国や市場への影響力が強い国が気候変動へのアクションを強力に推進する可能性は高いものの、地政学的なつながりが弱いために、こうしたアクションが紛争の原因となる可能性があります。

つまり、供給が不足している他の資源と異なり、「クリティカル」資源に最もあり得る制約の1つは、本質的に地政学的な性格をもつ制約です。すなわち、**これらの資源をめぐる戦略的な競争によって地域における既存のパワーバランスが崩れ、供給に大きな混乱がもたらされる可能性がある**ということです。

特に重要なのが、これらの地政学的な制約の影響が生じるスピードです。資源が豊かな組織や国が鉱物のサプライチェーンを支配する可能性を認識し、米国、英国、欧州、日本およびオーストラリアは、「安全保障および経済的繁栄にとって極めて

重要」であると考えられる「クリティカル」な原材料のリストを発表しました<sup>23</sup>。これらのリストでは、依存を緩和し、サプライチェーンリスクを最小化する広範な戦略の一部として、これらの資源が継続的な経済発展、技術革新およびエネルギートランジションの中心となるかどうかを、潜在的な埋蔵量および輸入への依存とのバランスを図りながら考慮しています。

エネルギートランジションに向けた世界的な機運が加速するに従い、調達源を確保するための競争は、これらの鉱物を（可能であれば）自国内で採掘し、安定的に調達するための国際的な取組みを促進させるでしょう。

「EUでは、レアアース（REE: Rare Earth Elements）の供給の98%を中国から、ホウ酸塩の供給の98%をトルコから、白金の需要の71%およびそれを上回る割合の白金族の金属（インジウム、ロジウム、ルテニウムなど）を南アフリカ共和国から調達しており、ハフニウムおよびストロンチウムの供給については1社の域内企業に依存している。」—European Commission



19 Manufacturers Are Struggling To Supply Electric Vehicles With Batteries (2020) Forbes.

20 World Bank Report (2020).

21 The batteries of the future (2020) DW.

22 サプライチェーンリスク対応のために米国エネルギー省の調整を受けている研究開発投資の3本の柱のうち2本が、供給の多角化および代替資源の開発に焦点を当てている。3本目の柱は、クリティカル・マテリアルのリサイクル、再利用およびより効率的な利用の推進。Critical Materials Rare Earths Supply Chain: A Situational White Paper (2020) US Department of Energy.

23 Final List of Critical Minerals (2018) US Department of the Interior.

## #4

### 探査



各鉱物の絶対的な生産量および相対的な需要拡大は、追加の探査が必要となる場合には特に、供給を充足する能力に影響を及ぼします。理論上の埋蔵量は、すべてが技術的または経済的に採掘可能であるわけではありません。

クリティカル・メタルの生産規模を拡大するには時間がかかります。過去の事例によると、発見から採掘までにかかる時間は約10年です（ただし、規模に応じて7～13年とばらつきがあります）。また、巨額の設備投資も必要です。エネルギー・トランジションに関連するグローバルな公共政策の姿が定まらない時期において、マーケットシグナルが明確でないこと、天然資源の埋蔵量および産業上の需要がさまざまであることから、鉱物調達に対する熱気は現在まで抑えられてきました。

そのため、「#1 政治と政策」の供給側では、**世界的な需要の急増に世界的な供給を急速に増加させることで対応することは困難**です。前述したとおり、鉱物資源の利用は、世界各地で採用される気候政策に応じて大きく異なります。最終的には、需要から生じる価格の高騰または政府からの補助金によって新技術が開発され、これまで商業利用やアクセスが不可能であった鉱脈が利用可能になる可能性があります。ただし、投資家または貿易・商品金融取引業者のほか、関連する既存のバリューチェーンのさまざまな部分に位置する企業は、国際的かつ長期的な投資を保証することにより、気候に関する目標を達成するために必要な速度で供給側への資金提供が可能となることを求めています。

## #5

### アクセス



鉱床からの採取作業も、気候および環境にさまざまな影響を及ぼします。たとえ希少ではない物質であっても貴重であり、採鉱、精製および消費には莫大なエネルギーや労力が必要です。

「関連する温室効果ガスの排出規模は、化石燃料技術における排出と比較するとごくわずかである。しかし、カーボン・フットプリントおよびマテリアル・フットプリントを軽視してはならない。」—World Bank Report (2020)



重要なのは、これらの要因のいずれも単独で作用することはないということです。例えば、コバルトの供給へのアクセスをめぐる政治的懸念がVRFB技術を第一に重視する工業政策につながり、特定の鉱物の需要の構成比（および当該鉱物への継続的な投資）に変化が生じる可能性があります。

コスト面の考慮以外にも、**鉱床へのアクセスを制限する要因には、企業をESG関連の規制リスク、倫理リスク、およびレピュテーション・リスクに直面させる以下の要因もあります。**



**物理的被害：**採鉱による環境への影響は、直接および間接的な採鉱活動により、局所的、地域的、および世界的な規模で発生する可能性があります。採鉱の結果として生じる影響の例としては、陥没穴、浸食、または土壌、地下水、地表水（飲用水を含む）の汚染などがあります。



**人的被害：**コンゴ民主共和国などの一部の地域では、採鉱作業員の生活の質に悪影響があることから、レアアース採取の人的コストが深刻となる可能性があります。サプライチェーンは、紛争や人権侵害、危険な労働条件および児童労働に加え、環境毒性による社会的影響のリスクに晒されています<sup>24</sup>。また、鉱物の抽出作業では大量の資源が消費されるため、その資源が他の用途に利用できなくなったり、地元住民による利用が困難になったりすることもあります。



**生物多様性への被害：**主なリスクとして、生息地の喪失および分断、渡りや回遊をする種の混乱、侵入生物種の移入に加え、場合によっては希少種、絶滅危惧種およびエコシステムの地域全体にわたる減少（例：コンゴ民主共和国でのコルタンの採鉱がグラウアーゴリラに及ぼした影響）もあります<sup>25</sup>。

**深海採掘**は、陸上での供給の制約に対応できる可能性があるとしてしばしば言及されますが、同様の課題が存在します。

科学者は、深海採掘は、多くはまだ発見すらされていない生物種を絶滅させてしまう可能性があるとして警告しています<sup>26</sup>。機械での海底の浚渫によって深海生物の生息地に変化または破壊が起こり、生物種の喪失や、生態系の構造および機能の分断または喪失につながるおそれがあります。深海に生息する多くの種は固有種、つまり、地球上の他の場所に発生することのない種です。また、1つの採鉱現場における物理的な攪乱だけである生物種が根絶されてしまうことも起こり得ます（例：熱水噴出孔の周辺に生息する野生生物の85%が、海中の他の場所には生息していない）。堆積物ブルームおよび鉱害（騒音、光および振動）も、野生生物の生息数に大きな影響を及ぼします<sup>27</sup>。

24 The high human cost of cobalt mining (2019) Mining Review Africa.

25 Agriculture, mining, hunting push critically endangered gorillas to the brink (2019) Mongabay; Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science (2018) The Royal Society Publishing.

26 Deep Sea Mining (2018) IUCN.

27 同上。

# すべてを支配する5つの鉱物

理解を促進するため、将来のグローバルなエネルギー・サプライチェーンおよび関連する製造業の円滑な運営のために不可欠であると考えられる、5つの金属および原材料に焦点を当てます。前述したような課題に直面する資源はこれら5つだけではありません。例えば、銅、アルミニウムおよびニッケルも、多数の部門における需要および重要性の高まりから、同様の課題に直面しています。それにもかかわらず、リチウム、コバルト、バナジウム、インジウムおよび黒鉛を選ぶ理由は、エネルギー技術のために2050年までに需要が(割合ベースで)最も増加すると予想されるため<sup>28</sup>、そして地理的・地政学的制約によりサプライチェーンにボトルネックが生じる可能性があるためです。

## リチウム：競合は何をしているか？



**560万トン** (既知の埋蔵量の27%)  
2050年までの累積需要量



**2,100万トン**  
2020年の埋蔵量



**50%**<sup>29</sup>  
参考リサイクル率

非常に高い反応性および引火性を有する白銀色の軽金属。その用途から、主要な部門横断的資源の1つとなっています。エネルギー貯蔵(電気自動車の電池、家庭用電気製品およびグリッド規模のエネルギー貯蔵)におけるクリティカルな構成要素ですが、それにとどまらず、航空機、結晶化ガラス、アルミニウム合金および医薬品などの幅広いその他の製品にも利用されています。

需要を増加させている主な要因(リチウムイオン電池)は、新しいエネルギー貯蔵技術によって需要に大きな圧力がかかっているものの、2050年まで引き続き、自動車や、分散型またはグリッド規模のエネルギー貯蔵に利用される主要な副次的技術となると予想されるためです<sup>30</sup>。生産は近年の需要に対応するためにすでに飛躍的に増加しており、2017年から2018年の間にはほぼ倍増したことから<sup>31</sup>、リチウム価格は短期的に下落しています。しかし、リチウムの採取および鉱源へのアクセスには、長期的かつクリティカルな2つの潜在的制約があります。

リチウムは六大陸すべてにおいて採取されているものの、世界上位の生産国はオーストラリア、中国、アルゼンチン、チリの4カ国です。ボリビアは、世界中の確認済みのリチウム資源の4分の1近く(推定される合計8,600万トン中2,100万トン)を保有していますが<sup>32</sup>、国家による統制および限定的な鉱業インフラのため、生産にはほぼ着手していません。したがって、供給を増加させるには、地政学的な条件およびこのような内陸国にある鉱源へのアクセスの可否が非常に重要となります。Eurasia Groupは、米国は、埋蔵量上位5カ国のなかで特に友好的と考えられる国がオーストラリアのみであることから、供給に関連して直面する地政学的な問題が特に大きいであろうと予想しています。

鉱物の抽出に伴うESG上の考慮事項もあります。チリでは、リチウムを1トン抽出するのにおよそ50万ガロンの水が使用されています。これにより、ある地域では利用可能な水の65%が失われており、現地の農業および畜産業に悪影響をもたらしています<sup>33</sup>。

## コバルト：依存度の高さは？



**800万トン** (既知の埋蔵量の113%)  
2050年までの累積需要量



**710万トン**  
2020年の埋蔵量



**68%**<sup>34</sup>  
参考リサイクル率

コバルトには、工業的プロセス(合金として)、飼料、バイオテクノロジーのプロセス、医薬品に加え、電池、ノートパソコンおよびスマートフォンでの多様な用途があります。上述した供給上の懸念にもかかわらず、コバルトは豊富に存在する金属元素です。2,500万トンのコバルト資源が陸上で確認されているほか、大西洋、インド洋および太平洋の海底のマンガン団塊および地殻に1億2,000万トンが存在しています<sup>35</sup>。主に銅およびニッケルの同時産物または副産物として採取されるため、これらの他の金属の需要の状況にも依存しています。

とはいえ、地政学的な課題および責任ある調達の課題から生じるサプライチェーンのリスクに関連する例として挙げられることが最も多いと考えられる金属であるため、エネルギー貯蔵において必要とされるコバルトの量を最小化するために多くの研究開発が行われています。

具体的には、コバルトの供給は現在一国に大きく集中しており、コンゴ民主共和国が総生産量の約70%の供給源となっています<sup>36</sup>。経済および政治不安に加え、労働および汚職の問題があることから、コバルトの供給は極めて予測困難となっています。責任ある投資の原則(透明性および説明責任のガイドラインなど)によってこれらの事業への投資が縮小される可能性があります。代替資源がないため、投資の縮小が解決策として発揮する意義は限定されます。

製錬設備の3分の2が中国に立地しているというサプライチェーン上流の地理的集中<sup>37</sup>もサプライチェーンにおける潜在的な課題であり、地政学的な緊張が高まった際には特に重要となる可能性があります。

28 World Bank Report (2020).

29 Innovation boosts lithium (2019) PV Magazine.

30 World Bank Report (2020).

31 同上。

32 Lithium data sheet - mineral commodities summaries (2021) USGS.

33 The spiralling economic cost of our lithium battery addiction (2018) Wired.

34 2011年の数字。Recycling perspectives for cobalt in the Hague (2018) Universiteit Leiden.

35 2,500万トンの陸上の埋蔵量には、(コンゴ民主共和国、ザンビア、オーストラリア、キューバ、カナダ、ロシア、米国の全体で) 確認済みであるが鉱業部門による掘採がまだ許可されていない鉱床が含まれる。海底の鉱床は、特定の国の排他的経済水域および領海内のものであれば、国際水域内のももある。Cobalt data sheet - mineral commodities summaries (2021) USGS.

36 同上。

37 Cobalt crunch? Dealing with the battery industry's looming supply challenges for cobalt (2018) Apricum.



## インジウム：何が代替資源となるか？



**34,000トン** (既知の埋蔵量の228%)  
2050年までの累積需要量



**15,000トン**  
2020年の埋蔵量



**0~1%**<sup>38</sup>  
参考リサイクル率

インジウム・スズ酸化物 (ITO) は現在も、タッチ画面、薄型テレビおよびソーラーパネルの液晶ディスプレイに対する拡大中の需要を満たすために最適な鉱物です。

自然界では、インジウムは非常に希少です。ほぼ常に他の鉱物 (特に亜鉛および鉛) 内の微量元素として存在しており、それらの副産物として採取されるのが通常です。インジウムからの抽出量が少ないため、入手は困難であり、資源効率性も低くなっています。採鉱から製品までの抽出効率は23~28%ですが、そのインジウムのほとんどは市場で取引されていません。

インジウムの主要生産国は中国であり、2020年には世界の精製所における生産の56%を占めていました<sup>39</sup>。2020年後半に、中国は、国家安全保障および国益に関連する軍民二重用途物品 (レアアースを含む) の輸出を国家が制限することを可能にする新しい輸出管理法を

提案しました。

現在の供給における地理的集中に、インジウムがエネルギー・トランジションだけでなくさまざまな技術に対してクリティカルであることが加わり、「欧米」の各国が協力して鉱山および「都市鉱山」(訳注：使用済みの工業製品などに含まれる鉱物の回収および再利用) の開発を行うための大きなオポチュニティが生じています。例えばカナダは、米国が識別した35種のクリティカル・メタルのうち、インジウムを含む13種の鉱物の大規模供給国です。Eurasia Groupは、この優位性により、産業における協力、防衛における優先度、および外交における協力に関してより広範囲な二国間パートナーシップのオポチュニティが開かれると指摘しています。このトレンドは継続する可能性が高いと考えられます。その結果、両国は互いの地政学的な関係のネットワークを利用しあう同盟国としての関係を推進しつつ、信頼可能な資源の流れを確保することが可能になるでしょう。

## バナジウム：次の供給者はどこにいるか？



**240万トン** (既知の埋蔵量の11%)  
2050年までの累積需要量



**2,200万トン**  
2020年の埋蔵量



**30%**<sup>40</sup>  
参考リサイクル率

バナジウムは、白銀色の金属元素であり、宇宙船、原子炉および超電導磁石など、大規模な先進技術に関連した多くの用途に用いられています。VRFBの主な原材料でもあります。VRFBは、一部の用途においてリチウムベースの電池の代替となっており、劣化することなく何千回もの充電が可能で<sup>41</sup>。

バナジウムの代替は、現時点では経済的にも技術的にも容易ではありません。米国およびカナダと同様に欧州委員会もバナジウムをクリティカル原材料と認め、2017年のクリティカル原材料のリストに正式に登録しました。このリストの目的は、潜在的な供給リスクに対する意識を高めること、貿易協定のための情報源となること、ならびに、

欧州連合における新たな掘採およびリサイクルの活動を指揮することによって識別された資源の生産を刺激することです。

前述のとおり、生産は高いコストによって制限されるため、バナジウムの採取はバナジウムを多く含む産業廃棄物から他の鉱物 (ニッケル、チタンなど) を抽出することによって補われています<sup>42</sup>。生産は主に、2020年に市場シェアの半数以上である62%を占めた中国と、それに続くロシア、南アフリカ共和国、およびブラジルの4カ国に集中しています。しかし、北米の多くの鉱業企業が、米国、カナダおよびオーストラリアでのバナジウム鉱山の探査または閉山したバナジウム鉱山の再開に投資を行う計画を発表しています<sup>43</sup>。

## 黒鉛：最も必要としているのは誰か？



**6,880万トン** (既知の埋蔵量の22%)  
2050年までの累積需要量



**3億2000万トン**  
2020年の埋蔵量



**1%未満**<sup>44</sup>  
参考リサイクル率

黒鉛の主な用途は製鋼などにおける耐熱材ですが、電気自動車に使用されるリチウムイオン電池の生産においても重要です。

Eurasia Groupは、サプライチェーンが一国に支配されるリスクを示す顕著な例として、黒鉛に注目しています。中国は、世界の土状黒鉛供給の60%を占めています。その3分の2は片状黒鉛ですが、その加工は100%中国で行われています<sup>45</sup>。中国政府は新規参入者を制限する政策上の統制を導入し、事業を特定の地域に集約して、国家による所有または投資が関与する市場の割合を増加させています。

ある鉱物のサプライチェーン全体を一国が支配することは、他の国による当該鉱物へのアクセスや、当該鉱物の生産および利用に関連した経済活動を脅かす可能性があります。しかし、この状況は今後数年で変化する可能性があります。電池における黒鉛の利用に対する需要が世界的に高まったことを受け、世界中で探査の取組みが行われるようになったためです。モザンビーク、フィンランドおよびスウェーデンはいずれも探査プロジェクトを実行中です。

38 The promise and limits of urban mining (2020) Fraunhofer ISI.

39 Methods to increase indium supplies for the manufacture of thin-film solar cells (2015) European Commission; Indium data sheet – mineral commodities summaries (2021) USGS.

40 Mineral processing and metallurgical treatment of lead vanadate ores (2020) MDPI.

41 Vanadium: the metal that may soon be powering your neighbourhood (2014) BBC.

42 Can Vanadium Flow Batteries beat Li-ion for utility-scale storage? (2019) Energy Post EU.

43 Vanadium Outlook 2021: Strong Chinese Demand Expected, but Uncertainty Remains (2020) Investing News Network.

44 The success story of graphite as a lithium-ion anode material (2020) Sustainable Energy & Fuels.

45 Li-Ion Batteries: A Review of a Key Technology for Transport Decarbonization (2020) Energies.

# 再生可能エネルギーには「再生可能」な インプットが必要

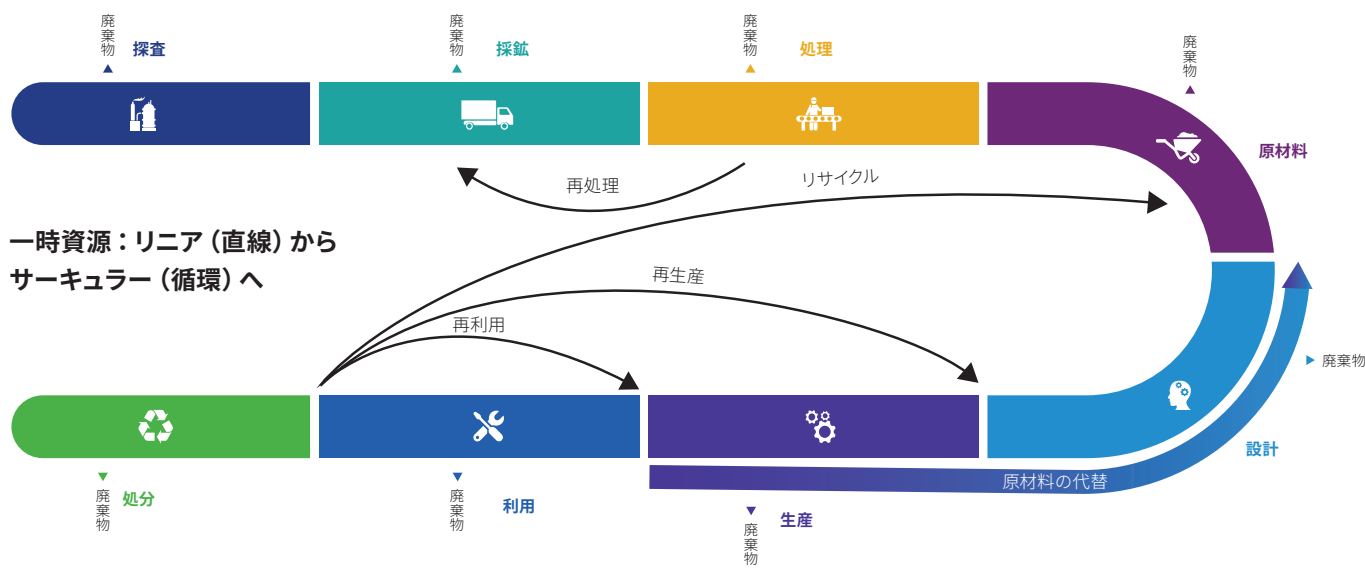
エネルギー転換を2°Cシナリオの達成に必要な速度および規模で進めていくためには、サーキュラーエコノミーのソリューションをエネルギー業界にとどまらない広範囲で展開する必要があります<sup>46</sup>。

では、供給源の地理的多角化が限られており、インプットとしての資源の代替が不可能というサプライチェーンのリスクには、どのように対応すればよいでしょうか。

答えはサーキュラーエコノミーです。温暖化緩和目標を達成するには、より多くのクリーンテクノロジーが必要となるため、本報告書で議論する鉱物はさらに多く必要となります。陸上および海中の鉱床から採取する必要性を減らしながらも市場で入手可能な原材料を増やすためには、既存の原材料を新しい循環的な方法で利用することが必要となります。

## サーキュラーエコノミー<sup>47</sup>とは

サーキュラーエコノミーとは、資源、製品、部品および原材料を「循環」させ、それらの価値を保持することを目指す「再生」モデルです。その目標は、廃棄物と汚染を生み出さないデザイン（設計）を行うこと、製品および原材料を使い続けること、生産性を向上させること、ならびに自然のシステムを再生することです。



近年、気候変動への対策の緊急性が高まるなか、サーキュラーエコノミーは、経済界、政界および消費者の間で盛んに議論される概念となっています。しかし、化石燃料利用の廃止および再生可能エネルギーのシェア拡大に向けた政治的なプレッシャーのため、研究開発活動の焦点は主に費用効率性の高い生産および再生可能エネルギーの送電や輸送に置かれており、エネルギー部門内部における循環性のニーズは重視されていません。

資源ライフサイクル全体を通じた再設計、リサイクル、再利用および転用は、地政学的・地理的要因が課す制約への対策において重要な役割を果たすでしょう。その結果、特に代替不

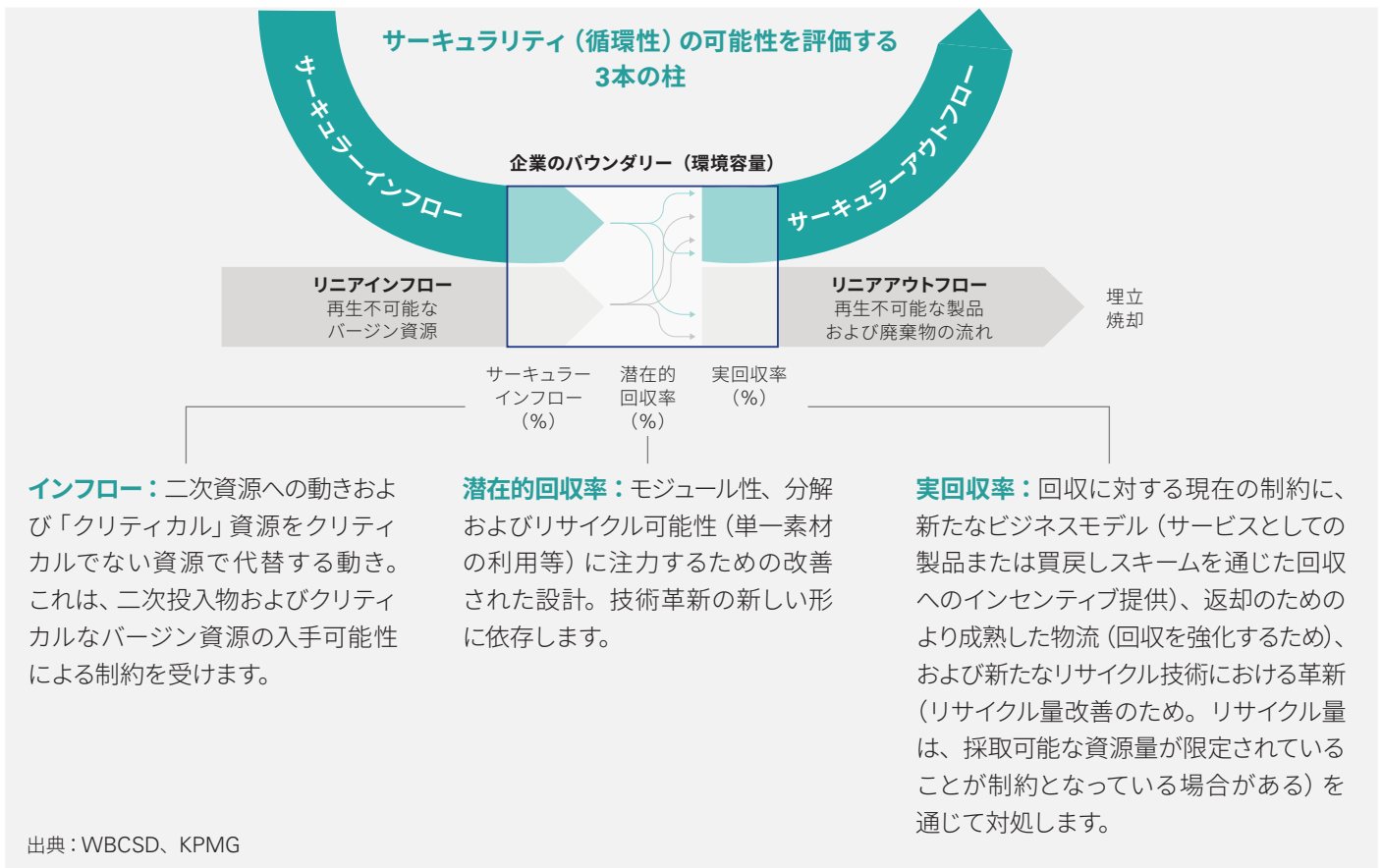
可能な資源（バナジウムなど）の価格変動および供給不足のリスクが緩和され、採鉱および排出の必要性が低減するでしょう。供給の確実性は、既存のサーキュラーエコノミー戦略によってすでに改善されています。例えば、日本および韓国は、インジウムのリサイクルに多額の投資を行っています<sup>48</sup>。

**しかし、既存のリサイクルの取組みだけでは不十分です。**皮肉なことに、気候に関する目標が野心的であればあるほど、「再生可能でない」鉱産物への依存が高まる可能性があり、これらのグリーンテクノロジーで製造することによる環境へのプラスの影響をそもそも打ち消してしまうことが考えられます。

46 Circular Economy: A Key Lever in Bridging the Emissions Gap to a 1.5° C Pathway (2016) Circle Economy.

47 'Circular Transition Indicators' Framework (2021) WBCSD, powered by KPMG.

48 Indium data sheet (2020) USGS.



短期的には需要と供給を円滑に均衡させ、長期的にはエネルギー転換の有効性を確保しながら、**将来の地理的、地政学的および経済的な制約に対応するには、サーキュラーエコノミーのソリューションを強力に推進することが必要となります。**これは、世界および各国の気候およびエネルギー転換に関する政策が、クリティカル・メタルのリスクおよびそれらへの依存を低減するためにサーキュラーエコノミーの戦略と連携した場合にのみ、達成可能となります<sup>49</sup>。

なお、すでに循環しているこれらの資源の一部については、既存の量では将来の需要に対応できないため、新たな資源の採取もある程度行われます。これらのサーキュラーエコノミー

戦略を拡大するにあたっては、コスト、設計および技術的課題などの課題も残っています<sup>50</sup>。

これらの制限（製品の熱力学的な製造工程、リサイクル可能性への制約を考慮した設計、およびバリューチェーン内のステークホルダー間の連携など）に対応する必要があります。

政府、投資家、鉱物の生産者、企業、そしてエンドユーザーのそれぞれに、エネルギーミックスの変化および資源の入手可能性に対する全体的な対応の一環として、果たすべき役割があります。

## #1

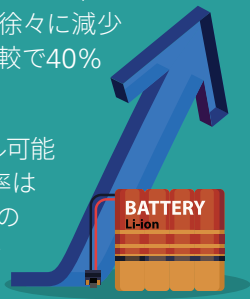
### 消費者



エンドユーザーおよび市民社会は現在まで、**クリティカル・ミネラルの持続可能で責任ある調達に向けた変化を最も強力に推進する勢力の1つ**でした。一般の人々は、電気自動車のようなあからさまに「グリーン」な製品は、実は環境や共同体に害を与えているにもかかわらず、それが語られることなく隠されているのではないかと疑念を抱えています。こうした疑念は、関連する公益団体が公正かつ公平な成果の確保を求めて採鉱活動にプレッシャーを与え、厳しく監視するきっかけとなりました。しかしこれには、鉱物の生産および加工業者が「可能なことを実行する技術」を限定する技術的あるいは政策的な要因から生じる制約を受け入れ、その範囲内で活動するという責任も伴います。

中国におけるリチウム価格は、エネルギー貯蔵ソリューションの需要の結果、大きく変動しています。電池グレードの炭酸リチウムの中間価格は、1トン当たり約25,000ドルとなった2018年以降徐々に減少したのち、現在は2020年1月との比較で40%超増加しています<sup>51</sup>。

リチウム電池はほぼ完全にリサイクル可能であるにもかかわらず、リサイクル率はわずか5%にとどまっています<sup>52</sup>。その理由は、電池の設計です。現時点では、金属部品の分離に関する課題のため、リサイクルの機会は限られています。



49 Linear Risks (2018) WBCSD in partnership with KPMG.

50 World Bank Report (2020).

51 Lithium price in China surges 40% to 18-month high (2021) Mining.com

52 The battery paradox: how the electric vehicle boom is draining communities and the planet (2020) SOMO.

## #2

### 政府



「ビジネスに対してオープン」であることは、世界の極めて競争的な環境において資源のサプライチェーンを開発するために必要な積極的なリスク評価およびリスク緩和の対極にあります。政府には、前述した課題のそれぞれに対応するとともに、将来のサーキュラーエコノミーにおいてこれらの資源を最大限利用すべく、永久的な原材料として推進するという、多角的な義務があります。

まずは何よりも、**マーケットシグナルを好転させるために、気候に関する目標およびエネルギーミックスに関する予想を明確化することが必要**です（例：「2°Cシナリオによる脱炭素化の行程では、蓄電池における関連鉱物の世界の需要は1000%超増加することが予想される」）。クリーンテクノロジーの固定費の動きを詳細に検討することにより、政府は、投資を推進するための政策の枠組みを強化し、供給リスクに備えクリティカル・ミネラルを産業、貿易、環境、天然資源および安全保障政策の中心に据えた政策目標を達成することが可能になるでしょう。

特に欧州では政府が、使用済み製品（電子廃棄物など）からの「都市鉱山」活動の奨励を検討する可能性もあります。欧州は、多少の埋蔵はあるものの、クリティカル・メタルの供給においてはほぼ完全に域外に依存しています。欧州における鉱業には困難が予想されますが、先端技術によるソリューションおよび循環性を重視したインセンティブがその克服に役立つ可能性があります。

## #3

### 投資家



投資家は今後も、ESG関連のリスクを回避する簡単な方法としてダイベストメントを検討するでしょう。しかし、グローバル市場におけるクリティカル・ミネラルの投入に関する安定したアクセスを確保し、円滑なエネルギートランジションのために必要な産業の転換を可能にするためには、これらの原材料の掘採、調達、利用およびリサイクルにおけるリスクおよびオポチュニティをよりよく理解したうえでポートフォリオ管理に対して包括的なアプローチを行う必要があります。

この取り組みの中心は、バリューチェーン上の特定のプレイヤーが金属利用の効率性を向上させるためにできることに注目することです（例えば、金属分別の容易さに関しては、製品の設計者および生産者）。また、本報告書で論じた地政学的な課題が出現すると予想される場合は、それらの課題と、政府の政策によるヘッジで問題がどの程度解決できるかにも注目すべきです。

## 資金調達はどうなるのか？

クリティカル資源の開発プロジェクトへの投資には、特有の資金調達上の課題がいくつかあります。その一部を以下に示します。

- 01 技術とプロセス:** 鉱業生産のために必要な技術およびプロセスとして新規または商業的実績のないものを導入する際には、コストが超過したり、生産量が期待を下回ったりするリスクがより高くなります。
- 02 市場と価格設定:** より定着している他の商品と比べ、市場における需要および供給を評価することがより難しく、価格設定の透明性も低いものとなります。
- 03 顧客と長期供給契約:** エンドユーザー顧客を識別して関係を構築し、負債による融資を受けるために必要な条件が盛り込まれた長期供給契約の締結まで進むことは、困難である可能性があります。
- 04 資本と出資者:** 小規模な開発企業には、建設資金を調達するための資本要件が負担となり、負債資金の出し手が好む種類の投資家を引き付けることが難しい可能性があります。
- 05 インフラとサプライチェーン:** 場所が遠隔地であること、供給・加工業者が限られていることから、インフラおよびサプライチェーンへの長期的なアクセスを確保するための信頼できる戦略が必要となります。

これらの課題により、必要な金額の負債による資金を適切な条件で調達することがさらに困難になっています。世界各国政府は、他の資金調達源を引き付けるため、これらの課題への対応としてさまざまな補助金および融資プログラムを実施してきました。しかしながら、市場ギャップを埋め、金融機関に対し必要な投資のための資金提供を奨励するためには、さらなる努力が必要です。

## #4

### 資源の生産者



クリティカル・メタルのバリューチェーンは極めて複雑です<sup>53</sup>。前述の課題から、クリティカル・ミネラルの生産者は、希少性と、その結果としての価格の高騰および変動に直面することとなります。同時に消費者は、より循環的で持続可能な慣行を求めています。

そもそも鉱業は、環境や社会に多大な悪影響を及ぼすというイメージがあります。ベースラインを描くには、自社の「ESG フットプリント」が現状どの程度であるか、「循環型への移行」がどの程度進んでいるか把握する必要があります。クリーンエネ

「金属は循環させることが不可欠であり、廃棄が出ない循環製造プロセスを早期に構築した企業は高い競争力を手に入れ、ネットゼロの目標達成に近づくだろう。」 —Ugo Platania, Global Head of Steel and Metals, KPMG

53 Critical Raw Materials (2014) KPMG.

ルギーへの移行のために必要な鉱物のカーボン・フットプリントを制限することにより、経済成長の促進に加え、資源が豊富な発展途上国における環境リスクの低減という一石二鳥につながる可能性があります。また、パリ協定の2°Cシナリオへの移行と平仄を合わせつつ持続可能な開発目標7「すべての人に手ごろで、信頼でき、持続可能、かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する」、および目標13「気候変動とその影響に立ち向かうため、緊急対策を取る」の達成を目指すことも可能になります。

金属の回収プロセスや、それらのバリューチェーンへの再統合を考慮すると、サプライチェーンはさらに複雑化します。生産者は、このことも価格設定および投資決定に織り込むことが必要となるでしょう。「都市鉱山」を可能にするための所有権の保持を含め、検討可能な新規・拡張ビジネスモデルは多数あります。

「鉱業に従事するすべての企業は、製品としての資源の発見、採掘および提供を常に行うという特殊な複雑性および課題を理解している。社会がエネルギートランジションの加速を望むのであれば、鉱業部門とともにこの課題の克服に努めることを優先する必要がある。」

—Trevor Hart, Global Head of Mining, KPMG



## #5

### 企業



循環性の3本の柱のそれぞれに対し、影響を受ける業界（特に工業生産）の企業は、サーキュラーエコノミーへの転換をさまざまな形で後押しすることができます。以下にその例を示します。

- 1. インフロー:** さまざまなセクターの企業は、クリティカル・メタルの必要量を減らしてクリーンエネルギーまたはその他の製品を生産するという代替的な取組みを拡大することにより、クリティカル・メタルの利用削減を図ることができます。代用だけでは不十分であり、負担が他の金属に移る可能性があります。

インジウム・スズ酸化物 (ITO) スクラップのリサイクルは、効率的な技術を用い、短い処理時間で多量のインジウムを世界の市場に再投入している実績ある方法です。世界の二次精製インジウム生産のほぼすべては、エンドオブライフ製品からの回収ではなく製造スクラップのリサイクルによるものです。しかしながら、インジウムはリサイクルのインフラがなく、価格変動が激しいため、スクラップからリサイクルされるインジウムが現在利用されているインジウム全体に占める割合はごくわずかです。



- 2. 潜在的回収率:** 自動車およびエネルギーセクターは、循環的な設計の原則を風力タービンや太陽光パネルなどのエネルギー資産だけでなく電気自動車の設計にも組み込み、技術的利用サイクルの終了後に部品および原材料を再利用できるようにすることにより、循環的な製品設計およびクローズドループの活動の拡大を図ることができます。例えば、最初の太陽光パネルが耐用年数（約25年）の終わりに近付いている場合、必要なインフラへの投資を行えば、理論上は、それらのパネルからケイ素、銀、ガラスおよびアルミニウムなどの多くの価値ある原材料を回収することが可能となります。

- 3. 実回収率:** 工業生産のバリューチェーンに属する企業は、リースおよび改修契約を通じて、実質的に金属を使い続ける財務的メリットを保持するとともに、処分された電池や電子機器からの貴重な金属の回収およびリサイクルなどを可能にすることで、金属の再利用を財務的に奨励することができます。

新たなビジネスモデルのリスクとオポチュニティに加え、資源のライフサイクルに関連するよりよい循環的な指標を分析することにより、企業は供給における課題の回避およびコスト削減の実現が可能となるだけでなく、消費者、従業員、および官民の財務的ステークホルダーがこの領域の業界リーダーに引き寄せられていくに従って、新たなオポチュニティをつかむことも可能となるでしょう。

パリ協定を実行するにあたり、再生可能なエネルギーシステムへの移行を果たすため、官民両者による世界的な取組みが必要です。ループを閉じることは簡単ではありません。これらのサーキュラーエコノミー戦略の策定においては、法律、財務、組織、および経営上の障壁に直面する可能性があり、それらを克服するために、さまざまなステークホルダー間の協力や、新たな（技術的、環境的および経済的）スキルが必要となることが考えられます。とはいえ、技術が進歩するにつれ、サーキュラーエコノミーの原則を受け入れる機会は増加の一途をたどることとなります。このエネルギーシステムおよびその他の技術的革新のために必要となる資源にサーキュラーエコノミーの原則を適用することは、さまざまなセクターの企業において優先度の高いアジェンダ項目となるでしょう。



**再生可能エネルギーシステムへの移行と、より循環的な経済への転換は、同じアジェンダの一部です。**

## KPMGとEurasia Groupのアライアンスについて

KPMGインターナショナルは、ビジネスにおける地政学的な課題のソリューション構築を支援すべく、グローバルな政治的リスクの  
リサーチで著名なコンサルティングファームであるEurasia Groupとアライアンスを結んでいます。皆様のビジネスをマクロからミクロの  
領域までカバーするKPMGファームの理解をベースに、当該アライアンスを通じ、KPMGのプロフェッショナルはEurasia Group  
の100を超える国や地域におけるアナリストの政治的インサイトをお届けします。

## KPMG IMPACTについて

KPMG IMPACTは、地球が直面している課題に対処し、今日と未来の世界に現実的でポジティブな“IMPACT”を及ぼすべく、  
業界最先端の実務やリサーチ、そして信頼できるソリューションを提供するために、世界中に在籍する経験豊富な専門家を繋いだ  
グローバルイニシアチブです。

**KPMG IMPACTを通じ、我々は「目的ある成長」を支援します。**

[home.kpmg/jp/impact](https://home.kpmg/jp/impact)

### Authors



**Sophie Heading**  
**Global Geopolitics Lead**  
KPMG  
E: [sophie.heading@kpmg.co.uk](mailto:sophie.heading@kpmg.co.uk)



**Rohitesh Dhawan**  
**Macro Strategist and Head of Partnerships**  
Eurasia Group  
E: [dhawan@eurasiagroup.net](mailto:dhawan@eurasiagroup.net)



**Arnoud Walrecht**  
**Circular Economy Lead**  
KPMG in the Netherlands  
E: [Walrecht.Arnoud@kpmg.nl](mailto:Walrecht.Arnoud@kpmg.nl)



**Josh Hasdell**  
**ESG Strategy**  
KPMG in the UK  
E: [josh.hasdell@kpmg.co.uk](mailto:josh.hasdell@kpmg.co.uk)

### Contacts

#### Trevor Hart

Global Head of Mining, KPMG  
E: [thart@kpmg.com.au](mailto:thart@kpmg.com.au)

#### Ugo Platania

Global Head of Steel and Metals, KPMG  
E: [Ugo.PLATANIA@kpmg.lu](mailto:Ugo.PLATANIA@kpmg.lu)

#### Mike Hayes

Global Head of Climate Change & Decarbonization, KPMG  
E: [michael.hayes@kpmg.ie](mailto:michael.hayes@kpmg.ie)

#### 関口 美奈

KPMGジャパン エネルギー・インフラストラクチャー責任者  
エネルギー・天然資源担当 アジア太平洋地域責任者  
E: [mina.sekiguchi@jp.kpmg.com](mailto:mina.sekiguchi@jp.kpmg.com)

#### 眞野 薫

KPMGジャパン  
素材・化学セクターリードパートナー  
E: [kaoru.mano@jp.kpmg.com](mailto:kaoru.mano@jp.kpmg.com)

### With thanks to:

**Abdul Hassan** (KPMG in the UK); **Coleman Sabbithi** (KPMG in India); **Craig Jones** (KPMG in Australia);  
**Dan Ginger** (KPMG in Australia); **George Mowles-Van Der Gaag** (KPMG in the UK); **Riya Aneja** (KPMG in India);  
**Rohit Sabharwal** (KPMG in India); **Suzanne Kuiper** (KPMG in the Netherlands).

### [home.kpmg/jp/socialmedia](https://home.kpmg/jp/socialmedia)



本冊子は、KPMGインターナショナルが2021年3月に発行した「Resourcing the Energy Transition: Making the World Go Round」をKPMGインターナショナルの許可を得て翻訳したものです。翻訳と英語原文間に齟齬がある場合は、当該英語原文が優先するものとします。

本冊子で紹介するサービスは、公認会計士法、独立性規則及び利益相反等の観点から、提供できる企業や提供できる業務の範囲等に一定の制限がかかる場合があります。詳しくはあずさ監査法人までお問い合わせください。

ここに記載されている情報はあくまで一般的なものであり、特定の個人や組織が置かれている状況に対応するものではありません。私たちは、的確な情報をタイムリーに提供するよう努めておりますが、情報を受け取られた時点およびそれ以降においての正確さは保証の限りではありません。何らかの行動を取られる場合は、ここにある情報のみを根拠とせず、プロフェッショナルが特定の状況を綿密に調査した上で提案する適切なアドバイスをもとにご判断ください。

本冊子において、「私たち」および「KPMG」はグローバル組織またはKPMG International Limited (以下「KPMGインターナショナル」) の1つ以上のメンバーファームを指し、それぞれが独立した法人です。

The KPMG name and logo are trademarks used under license by the independent member firms of the KPMG global organization.

KPMGは、グローバル組織、またはKPMG International Limited (「KPMGインターナショナル」) の1つ以上のメンバーファームを指し、それぞれが別個の法人です。KPMG International Limitedは英国の保証有限責任会社 (private English company limited by guarantee) です。KPMG International Limitedおよびその関連事業体は、クライアントに対していかなるサービスも提供していません。KPMGの組織体制の詳細については、<https://home.kpmg/xx/en/home/misc/governance.html>をご覧ください。

© 2021 Copyright owned by one or more of the KPMG International entities. KPMG International entities provide no services to clients. All rights reserved.

© 2021 KPMG AZSA LLC, a limited liability audit corporation incorporated under the Japanese Certified Public Accountants Law and a member firm of the KPMG global organization of independent member firms affiliated with KPMG International Limited, a private English company limited by guarantee. All rights reserved. 21-1035