

レアメタルの現状と今後の展望—海底鉱物資源開発の果たす役割—

大阪公立大学大学院 工学研究科 客員研究員 山崎哲生
(大阪府立大学名誉教授)

講演要旨

レアメタルに代表される多くの金属は、2050年のカーボンニュートラルの達成に向けて、再生可能エネルギーの利用拡大、xEV（電動車）の普及拡大、省エネルギー機材の実現など、持続可能な未来社会の構築のために、今後ますます重要性を増し、需要も急速に増加していくと予想されている。このレアメタル供給の現状と今後の展望について概説するとともに、日本の排他的経済水域と大陸棚に大量に分布している海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアース泥などの海底鉱物資源を、レアメタルの供給源とするために必要な取り組みや、解決すべき課題について紹介する。

背景

多額の公的借金を抱える日本は、近未来に円安が進めば、海外から資源、エネルギー、食糧を安く、大量に輸入することができなくなる可能性が高い。また、BRICSなどの経済発展が続けば、資源、エネルギー、食糧の調達において、これらの国々と競合することになる。これらのうち、資源（金属）の国内自給率は0%であり、エネルギー自給率12%、食糧自給率37%と比較しても、海外依存度の高さは群を抜いている。陸上における金属資源については、金属含有率の低下が著しいもの（銅、金、銀、鉛、亜鉛、スズ等）が多数あり、開発に伴うフットプリント（地球に残す傷跡）が増大している。SDGs（世界の環境問題・社会問題を2030年までに解決しようという国連の取り組み）重視が世界ビジネスの潮流となる中で、従来どおりの巨大開発型の金属資源調達は今後難しくなることが予想される。巨大開発に伴う廃棄物（土や岩石）の大部分を原産国に残置し、金属含有率を高めた精鉱、あるいは製錬済みの金属等を輸入する、「いいとこ取り」をしている日本の金属ビジネスモデルは、完全に否定されることも起こりうる。一方、カーボンニュートラルの達成のために、多くの金属の需要が急速に増加することが予想される。このため、国内における金属のリサイクル率向上や、国内資源である排他的経済水域および大陸棚の海底鉱物資源の開発・利用の実現に注力することは、益々重要となる。2022年5月に成立した経済安全保障推進法においても、①重要物資のサプライチェーン強化において、「レアアースを含む重要鉱物の安定供給確保」が明記されている。

レアメタル

地球上の存在量が稀であるか、技術的・経済的な理由で抽出困難な金属のうち、安定供給の確保が政策的に重要なものとして、34鉱種（55元素）が指定され、国家備蓄と民間備蓄合わせて国内消費量の60日分を保有することが決められているが、約240日分を保有する石油備蓄に比べると少ないといえる。



図1 レアメタルの用途

外務省ホームページ <http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol69/index.html> より

カーボンニュートラルを支えるレアメタル

ベースメタルの中で、電線や電気製品の回路などに使用される銅は、中国やインドなど新興国での需要の高まりに加え、再生可能エネルギー関連分野や、スマートグリッドなど今後世界での需要が急伸すると思われる金属である。レアメタルも、図1に示したように、低炭素社会に向けたグリーン・イノベーションを推進する鍵として脚光を浴びている。xEV（電動車）の普及拡大には、二次電池（蓄電池）に使用されるリチウム、コバルト、ニッケル、高性能モーターに不可欠なレアアース（ネオジム、ジスプロシウムなど）、排ガスを浄化する触媒に使われるパラジウムなど、材料としてのレアメタルの重要性が高まっている。これらのうち、ニッケルとコバルトの需要予測を図2に示したが、いずれも、2020年代前半に、既存の陸上鉱山からの供給が追いつかなくなる可能性を示している。

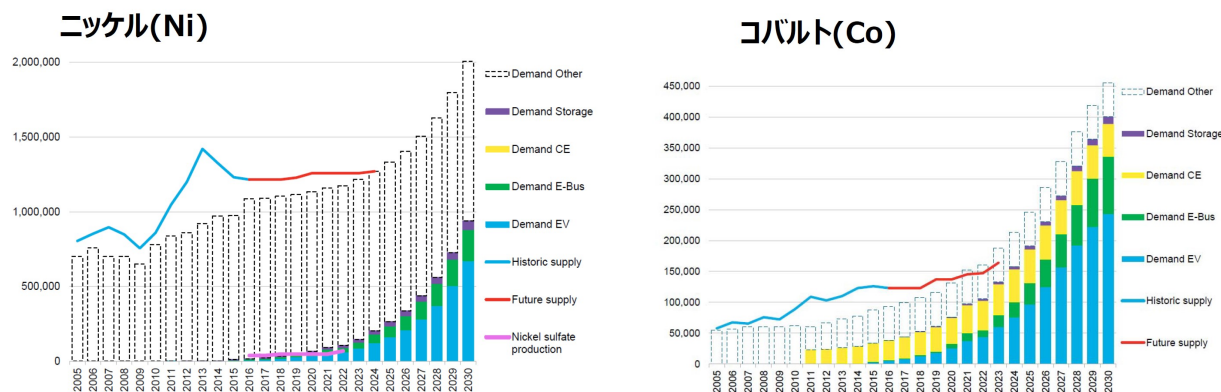


図2 xEV（電動車）の普及拡大に必要なレアメタルの需要予測

資源エネルギー庁ホームページ <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/cobalt.html>

排他的経済水域および大陸棚の海底鉱物資源

日本は排他的経済水域内に、図3に示したような、推定世界第1位の海底熱水鉱床と世界第2位のコバルトリッチクラスト¹⁾、レアアース泥とマンガン団塊の共存海域²⁾（南鳥島周辺。面積は北海道に匹敵）を保有する、世界でも希有な海底鉱物資源大国である。これらの海底鉱物資源は、巨大開発型の金属資源調達が今後難しくなることが予想される中で、銅やレアメタルの将来の供給源として、世界的に注目を集め、企業等による実海域における要素技術実験等も実施されている。

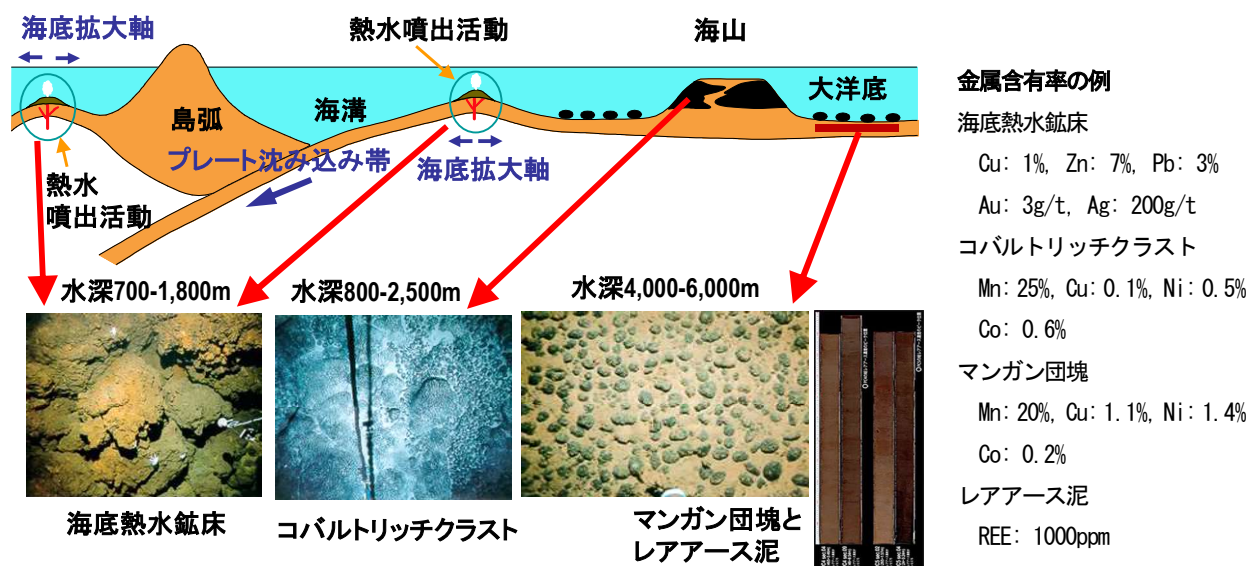


図3 日本周辺における海底鉱物資源の分布模式図と金属含有率の例

世界動向

海底鉱物資源の開発が注目を集める中で、海洋環境の保全にどのように取り組むかが、世界的には大きな課題となっている。特に、国際海底機構（国連の下部組織。公海における海底資源開発を統括）が、マンガン団塊の操業規則を制定する段階になっていることが、問題を複雑化させている。実海域における要素技術実験等によって、資金を集め、開発を促進したいと考える企業等が、操業規則の早期制定を要求する一方で、海洋環境の保全に必要な基礎情報や、開発行為によるダメージからの回復のモニタリングデータが不十分な状況で、操業規則を制定するのは時期尚早であるとする環境保護グループは、最低 10 年間のモラトリアム期間（開発に向けた活動の休止期間）を設けることを提案している³⁾。世界自然保護基金（WWF: World Wide Fund for nature）が環境保護グループの先頭に立っていることもあり、銅やレアメタルを原材料として使用する国際的企業にも、賛同するところが出てきている。30 年以上前に実施されたマンガン団塊賦存海域における小規模海底攪乱実験のモニタリング結果では、実験の 7 年後に海底生態系の生物種バランスが回復していないことが確認されていた。このため、要素技術実験等の実施後、10 年間以上のモニタリング結果を得てから、開発へと歩みを進めるかどうかを判断するという、モラトリアム提案には説得力があると言わざるを得ない。

日本の針路

このモラトリアムの対象は、公海の海底資源（主にマンガン団塊）であり、排他的経済水域内については、モラトリアムの動向に左右されることなく、開発に向けた技術開発等を進展させることが可能であるとともに、開発実施も可能である。逆に、世界の動きが停滞するモラトリアム期間中に、排他的経済水域内を対象として、技術開発を継続してトップランナーとなり、その後の動向に拘わらず、開発へと進むという未来図を描くことも可能である。現在、経済産業省によって実施されている海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（第 3 期、2018～2022 年度）においては、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）が、排他的経済水域内の海底熱水鉱床の資源量評価、採鉱・揚鉱・選鉱・製錬技術開発等を実施し、5～10 年以内を目処に、民間企業（鉱区を認可された事業者、金属製錬企業、海洋機器製造企業等）が参画する商業化を目指したプロジェクトに、成果を引き継ぐことが想定されている。そのためには、経済性を十分に確保できるという見通しを示すことが必要不可欠である。しかし、一方において、海底熱水鉱床については、2017 年に実海域採鉱実験を実施し、そのデータも用いて 2018 年に経済性評価を含む総合評価結果を公表した⁴⁾。それによれば、既発見済みの鉱床より 30% 以上金属含有率が高いもので、金属価格が 20% 上昇しなければ利益が見込めない等、経済性はかなり厳しいものとなった。この経済性見通しを改善するためには、海底における鉱石選別と機械式揚鉱という、日本における廃棄物処理条件も考慮に入れた、新たな概念に基づく技術の開発に取り組む必要がある。この概念に基づく、仮想の経済性評価結果は既に提示されている⁵⁾が、既発見済みの鉱床の、現状の金属価格での開発において、十分な利益が見込めるものとなっている。レアアース泥とマンガン団塊の共存海域についても、パルプリフトによる複合開発という、新たな概念に基づく、十分魅力的な仮想の経済性評価結果が提示されている⁶⁾。経済安全保障の最も上流に位置する金属（レアメタル、レアアースを含む）の安定供給確保のためには、自らが保有する海底鉱物資源の開発を、経済的に魅力のあるものとするためのアイデアの提案、そして、そのアイデアの実現を図る具体像が、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（第 4 期、2023～2027 年度）には求められる。

- 1) 玉木賢策 (2006): 海底資源開発で世界をリードしよう, Ocean Newsletter, 海洋政策研究所, 第 150 号
- 2) JAMSTEC (2016): プレスリリース https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20160826/
- 3) WWF: https://www.panda.org/discover/our_focus/oceans_practice/no_deep_seabed_mining/
- 4) 経済産業省, JOGMEC (2018): 海底熱水鉱床開発計画総合評価報告書 <https://www.jogmec.go.jp/content/300359550.pdf>
- 5) 山崎哲生, 中谷直樹, 新井励 (2022): 人為的高品位化と重金属イオン濃度問題対応策に基づく海底熱水鉱床開発の経済性予測, 第 29 回海洋工学シンポジウム論文集, OES29-020
- 6) 山崎哲生, 中谷直樹, 新井励 (2020): パルプリフトによるレアアース泥とマンガン団塊の複合開発計画, 第 28 回海洋工学シンポジウム論文集, OES28-024