

参議院常任委員会調査室・特別調査室

論題	原子力等エネルギー・資源に関する調査報告（中間報告） －資源の安定供給等－
著者 / 所属	鈴木 祐子 / 第三特別調査室
雑誌名 / ISSN	立法と調査 / 0915-1338
編集・発行	参議院事務局企画調整室
通号	436号
刊行日	2021-7-8
頁	114-129
URL	https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rip_pou_chousa/backnumber/20210708.html

※ 本文中の意見にわたる部分は、執筆者個人の見解です。

※ 本稿を転載する場合には、事前に参議院事務局企画調整室までご連絡ください（TEL 03-3581-3111（内線 75020）／ 03-5521-7686（直通））。

原子力等エネルギー・資源に関する調査報告（中間報告）

— 資源の安定供給等 —

鈴木 祐子

（第三特別調査室）

1. はじめに
2. 調査の概要
 - （1）参考人の意見陳述及び質疑
 - （2）政府に対する質疑
 - （3）委員間の意見交換
 - （4）主要論点別整理
3. おわりに

1. はじめに

資源エネルギーに関する調査会は、原子力等エネルギー・資源に関し長期的かつ総合的な調査を行うため、第 200 回国会（臨時会）の令和元年 10 月 4 日に設置され、3 年間を通じた調査テーマを「資源エネルギーの安定供給」として調査を進めている。

1 年目は「エネルギーの安定供給」を調査項目として取り上げて調査を行い、令和 2 年 6 月 10 日に調査報告書（中間報告）を議長に提出した。

2 年目に当たる本年は、「資源の安定供給等」を調査項目として取り上げて調査を行い、令和 3 年 2 月 10 日に「地域偏在など資源を巡る国際動向」について、2 月 24 日に「資源開発の新たな可能性」について、4 月 21 日に「コロナ後及びカーボンニュートラルに向けての新しいエネルギー政策」について、計 9 名の参考人から意見を聴取し質疑を行った。さらに、これらの調査を踏まえ、5 月 12 日に政府から説明を聴取し質疑を行うとともに、中間報告の取りまとめに向けた委員間の意見交換を行った。そして、6 月 2 日に「原子力等エネルギー・資源に関する調査報告（中間報告）」¹を取りまとめ、議長に提出するとと

¹ 全文は、参議院ホームページに記載されている。

〈<http://chousa.sangiin.go.jp/chousa/HP03/12shigen/dailki/2year/shigen2021.pdf>〉（以下、URL の最終アクセスの日付は令和 3 年 6 月 21 日）

もに、6月4日の本会議において宮沢洋一調査会長がその概要を報告した。

なお、このほか「原子力問題に関する件」について調査を行った。

以下、本稿においては2年目の原子力等エネルギー・資源に関する調査報告（中間報告）の概要を紹介する。

2. 調査の概要

(1) 参考人の意見陳述及び質疑

ア 地域偏在など資源を巡る国際動向（令和3年2月10日）

(ア) 参考人の意見の概要

東京大学大学院工学系研究科教授 縄田 和満 参考人

鉱物資源については、「新国際資源戦略」²が新たに策定され、実行主体である独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）に係る法改正³が行われた。

レアメタルについては、更なる需要拡大が予想されるほか、中国による寡占が進んでおり、また地域偏在性が強いものが存在する。コバルトの半数は、政情が不安定なコンゴ民主共和国に依存している。また、レアアースの製錬等では圧倒的に中国の割合が大きい。レアアースを含むレアメタルは数十種類あるが、正に産業のビタミンであり、これらがなければ多種多様な製品が作れない。

鉱物資源は価格変動が非常に激しい。最近、コロナ危機で価格は大きく落ち込んだが、中国の需要復活に伴い上昇している。適正な市場が存在するベースメタルと異なり、レアメタルは市場が未成熟であるため、価格は非常に上下する。新型コロナウイルス感染拡大に伴い、ベースメタルについて大きな障害が予想され、レアメタルについては現状では比較的需要が緩んでいるものの、何が起こるかは分からない。資源国の政策変更や内乱等により、国際的な供給に大きな影響が出ることになる。また、米中関係が問題になっているが、将来、それがかなり影響する可能性がある。さらに、鉱物資源の安定供給のためには、日本国内でのレアメタルのリサイクルの取組も必要である。

国際エネルギー機関（IEA）の報告書⁴によると、今後レアメタルの需要が大きく伸びると予想されている。同報告書では2017年時点での電気自動車（EV）等の増加予測も行っているが、その後の各国のカーボンニュートラルへの取組やEV等への転換により、当時の予測よりはるかに増えると想定され、これにより、レアメタルや必要な金属類を確保できず、EVを造れなくなるという問題が世界中で起こることが予想される。

レアアースは金属的にはそれほどレアではないが、中国の廉売により他国の鉱山が潰れたために中国が独占するに至った。今後、再び中国以外で探鉱を始めても同じようなことが起きる可能性がある。また、製錬技術を中国が押さえている限りそこがネックに

² 2020年3月に経済産業省により策定された、安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給を第一として、低コストのエネルギー供給、環境への適合を図るための指針。

³ 2020年6月、強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律案（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法の一部を改正する内容を含む）が成立。金属鉱物の開発資金を調達する場合においてJOGMECの出資制度の活用が可能となる等の改正がなされた。

⁴ 「Global EV Outlook 2018」。

なる。なお、レアアースに関する中国の輸出規制に関し、2012年に日本が初めて世界貿易機関（WTO）で中国を訴えた訴訟では、中国の規制がWTO協定違反と判断された。

資源の安定確保に関する指針としては、まず上流権益の確保及び資源国との友好関係・互惠関係がある。また、資源輸出に関するWTO等による国際的な枠組みの導入や技術開発が必要になる。レアメタルは副産物として回収されることが多く、その経済的な回収のための技術、裏を返せばリサイクルを確立していかなければいけない。さらに、価格決定メカニズムを含めた市場環境の整備、最後に備蓄ということになる。

国際的な枠組みについて、今までは関税及び貿易に関する一般協定（GATT）第20条g号の有限天然資源の保存が問題であったが、昨今の状況から、資源国が、軍備に使われる可能性を理由に、同第21条の安全保障例外を持ち出すおそれがある。この場合にどうするかについて日本が国際的発言力を持てるよう、事前に対策を講じておくべきである。また、日本の唯一かつ最大の資源である人材の育成が重要になる。国際交渉での枠組みづくり等に積極的に参加できる人材が必要である。

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

持続可能社会部長・上席主任研究員 清水 孝太郎 参考人

レアメタルは少量ながらも様々な用途に使われており、それがなければ製品として完成せず、産業のビタミンとも呼ばれる。レアメタルの一種であるレアアースは、科学的にはそこまでレアではなく、元素の存在比を見ると、レアアースよりも希少性が高い元素は数多くある。レアアースの供給量が限られる理由は、副産物として排出されるトリウム等の放射性物質の処理が容易でないため、採掘が難しいことにある。

日本は資源の大半を海外からの輸入に依存している。資源の重要度を評価するクリティカルティ評価⁵において、最近重要とされているのが安全保障の観点である。米国地質調査所は、中国やロシア等を意識した非連携国への資源の依存の割合を25%まで下げるとの目標を掲げている。日本でも、中国、ロシア、北朝鮮、イランを脅威とする防衛白書の表記もある。日本の鉱物資源の輸入シェアを見ると、特にレアメタルを脅威国とされる中国に依存しており、逆に安全国からの輸入は特定の資源に限られていることが分かる。輸入依存度が高ければ、違う国に振り替えればよいとの考えもあろうが、日本にとって新しい購買先になり得る国を含めても、中国に依存する元素が多い。そこで、新たな鉱床開発に向けて、JOGMECや資源エネルギー庁が海外権益の獲得に取り組んでいる。埋蔵量の分布を見ると、安全国でも脅威国でもない国が増えつつあるものの、幾つかの元素は依然として脅威国に集中しているため、抜本的な対策を取らない限り、常に安全保障上のリスクを抱え続けることになる。特にレアアースについて、中国は従前より寡占・独占を進め、中国の強みを発揮する産業構造に変えていく政策をとってきた。2010年の尖閣諸島中国漁船衝突事件の後に中国政府が行ったレアアースの輸出規制も、一連の戦略、政策方針の延長線上にあった。レアアースに係る自由貿易をゆがめる中国

⁵ 資源の供給が途絶えた場合の経済に与えるダメージ（脆弱性）を評価する指標。

の行いは、WTOでの訴訟を経て改善されたが、中国は更に国際標準化機構（ISO）においてレアアースに関する国際ルール策定に向けた提案を行うなど、中国の影響力向上に向けた戦略を打ち出している。鉱物資源を取り巻く各国の動向を見ると、輸出管理の強化、サプライチェーン再構築、国際標準化が大事なポイントになると思われる。大きな鍵となるのは、中国、日本、欧州、米国、豪州、カナダの6か国である。

今回のコロナ禍による影響、また、より少ない資源で豊かな生活を送ろうとする循環経済という考え方が出てきており、これまでとは異なる傾向の資源需要に注目すべきという意味で循環経済の動きを紹介する。我々は、これまで資源を大量消費することで利益を生み出し、国内総生産（GDP）の拡大に結び付けてきた。しかし、そのままでは資源を消費し続けなければGDPが上がらず、豊かにならない。そこで国連環境計画は、経済発展と資源消費を切り離すデカップリングにより循環経済社会に変えようとしている。ISOにおいても循環経済の国際ルールが議論されており、資源の消費量や採掘量を減らしながら、企業の利益、国のGDPを上げる取組が重視されている。従来のビジネスと循環経済型ビジネスとの相違は、前者は一企業の中での利益の最大化を図るものであるのに対し、後者は、サプライチェーン横断的に、資本横断的に物をうまく回しつつ、かつユーザーの満足度向上など付加価値の拡大を促すものである。

アフターコロナは循環経済型ビジネスの契機となる。社会では確実に消費が分散化し、自宅や、都会以外での消費が増えると思われる。製造業でも、限界はあっても分散化は進み、その結果、必要とされる資源の量・種類が変わる可能性がある。この変化に対応するのが循環経済型ビジネスであり、鍵となるのは、物理的に離れている人々や会社をつなぐIoTと考える。資源がない日本にとって、資源の安定供給は大変重要な課題だが、それだけを追求したのでは、製造業等は産業の変化に対応できない。コロナ禍を一つの契機とした産業の変化に応じて、資源調達について改めて考え直す必要がある。

三菱商事株式会社常務執行役員天然ガスグループCEO 西澤 淳 参考人

世界の一次エネルギー供給量（原油換算で日量3億バレル）は、その8割を化石燃料が占め、バイオマスを入れると9割近くがCO₂を排出する燃料によるものである。再エネは、いまだに一次エネルギー供給量の3%に過ぎない。コスト削減が進み、今後大きな伸びが期待されるが、莫大な投資が必要となる。また再エネが伸びれば伸びるほど自然頼みであるがゆえの間欠性という弱点が露呈し、これを補う蓄電池の技術開発にも莫大な投資が必要となる。世界のエネルギー供給量及び現在の化石燃料の割合を考えても、カーボンニュートラルの実現は壮大なプロジェクトであり、達成に向けてしっかりとした道筋を持たねばならない。

一次エネルギー需要は今後アジアで大きく伸びる見通しである。アジアの経済成長なくして日本も世界も成長はないと言っても過言ではなく、それを支えるエネルギーをいかに確保し、カーボンニュートラルに向けた歩みを着実に促せるかが問題である。IEAの今後10年間の一次エネルギー需要増減見通しによれば、日本と欧州は省エネ効果もあり、エネルギー消費自体や化石燃料消費が減少している。一方、中国では石油と石

炭は横ばいあるいは微減だが、インドやその他アジア諸国では大きな伸びが予想される。再エネ等も拡大するが、経済性や技術等の点で克服すべき課題は多く、今後も化石燃料に依拠せざるを得ない実情にある。世界の天然ガス需要（29 億 t）のうち液化天然ガス（LNG）は 3.6 億 t（12%）に過ぎないが、今後 10 年で約 5.5 億 t へ成長すると想定され、その 7 割を中国、インド等が牽引するとみられる。

天然ガスの供給促進は、持続可能な開発目標（SDGs）のテーマのうち、「貧困」、「健康」、「環境」のそれぞれと深く関わりがある。まず、貧困撲滅の解である経済成長を支えるためには、合理的な価格かつ信頼できるエネルギーが必要であり、天然ガスが最も有効と考える。LNG の供給国は石油に比べて地域性に富み、天然ガスは世界中に広く大量に分布している。また健康について、途上国では石炭や石油に加え、牛糞や薪等の原始的な燃料が大量に使われているため、大気汚染物質の排出が多く、呼吸器系疾患の犠牲者は毎年 500 万～600 万人とも言われる。このため LNG の導入が最も有効であり、かつ喫緊の課題である。最後に環境について、天然ガスは CO₂ 排出の面でも石炭や石油に比べて有効である。最新鋭の天然ガス火力発電は最新鋭の石炭火力発電と比べて大幅に CO₂ 排出量が減少する。また再エネには間欠性の問題があり、現実には緊急時の調整電源としての即応性も含め、天然ガス火力発電を主軸の一角として堅持・拡大することが必要不可欠である。

2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて、再エネ拡大に努める一方で、天然ガスを活用した現実的な手法を進めるべきである。一つ目は、石炭や石油の消費をできるだけ天然ガスに置き換えていく努力である。二つ目は天然ガスや LNG の生産と消費の過程で生じる CO₂ を、CCS⁶ やカーボンリサイクリングで得られるクレジット等と相殺し、LNG、天然ガスのカーボンニュートラル化を進めることである。三つ目は、今後操業を継続する高効率の石炭火力発電に、天然ガスから生産されるブルーアンモニア⁷等を活用して、火力発電のカーボンニュートラル化等を図ることである。

化石燃料のカーボンニュートラル化で重要なことは、海外で LNG やブルーアンモニア等を製造する過程で生じる CO₂ を、CCS にて永久的に地下貯留することに加えて、日本の火力発電所から排出される CO₂ を、植生 CCS⁸ やコンクリートに CO₂ を封じ込める技術によるクレジットと相殺することである。その際必要な JCM⁹ のメカニズムを日本が十分確保していくことが求められる。

化石燃料への風当たりが強まる中、2020 年に国際石油資本等が石油やガス開発への投資を大幅に削減している。こうした状況が続くと、石油同様、天然ガス等の生産が危ぶまれ、需給逼迫や価格の大幅上昇を招きかねない。政策的により強い資源開発の推進が必要である。日本を含めたアジアの事情は、諸条件に恵まれた欧州等とは異なる。アジ

⁶ 二酸化炭素回収・貯留。発電所や化学工場などから排出された CO₂ を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入する技術。

⁷ 開発・製造段階で生じる CO₂ をカーボンリサイクルや CCS によって回収したアンモニアのことを指す。

⁸ 森林再生等で CO₂ を吸収すること。

⁹ 二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism）。途上国と協力して温室効果ガスの削減に取り組み、削減の成果を両国で分け合う制度。

ア諸国が一つとなって国際社会に訴求していくことが極めて重要と考える。

(イ) 委員からの質疑の概要

参考人の意見を受けて、資源エネルギー外交における中国との共同・協調についての現実的な考え方、令和3年1月の電力価格高騰の一因とみられる天然ガス輸入不足の理由、レアメタルの上流権益の確保策、レアメタル取引に係る国際的枠組み・ルールの在り方、レアアースが物理的・コスト的に枯渇する可能性、レアアースにおける中国の優位性の具体的背景、鉱物資源リサイクルの現状と課題及び課題解決に向けた国と企業との役割分担の在り方、代替材料開発等を進めるための基礎研究の支援を強化する必要性、レアメタルをめぐる情勢変化を踏まえて講じられるべき対策及び対象となる鉱種、日本の資源調達の安定確保のための供給源多角化以外の方策、鉱物資源分野において国際的に交渉可能な人材の育成策、CCS適地の具体例、適地として想定する海外の土地及びCCSの環境への影響等について質疑が行われた。

イ 資源開発の新たな可能性（令和3年2月24日）

(ア) 参考人の意見の概要

東京大学名誉教授 山富 二郎 参考人

資源開発とは、鉱床の探査・探鉱、プロジェクト評価、開発工事、生産¹⁰をいう。

鉱物・エネルギー資源は非常に多様であり、金属鉱物資源も、鉄からレアアースまで多種多様に存在する。貴金属類を除き、生産量が増えるほど資源価格が下がる傾向にあり、生産額が多い順に、原油、石炭、天然ガス、鉄鉱石と続く。

探鉱方法には露天掘と坑内掘¹¹がある。空間の制約がない露天掘は、大型機械による大規模操業に適しており、生産性や効率性が高くコストも安いほか、エネルギー消費も少なく保安成績も良い。唯一の制約は、景観や騒音、粉じん等の環境問題である。ただし深く掘り進めると、採掘場の安定保持のために周辺の岩石も採掘する必要があり、その優位性が失われる。カットオフ品位¹²に影響を及ぼす要素はまずコストであり、また副産物や、ヒ素、水銀等の有害元素の有無も関係する。このように鉱物資源は、経済的要因以外にも技術的要因、環境的要因、法制度等の条件を満たして初めて採掘が可能となり、埋蔵量と呼ばれるようになる。

カーボンニュートラル実現に不可欠なバッテリーの原料としてニッケル、コバルト、リチウムが注目されている。ニッケルの鉱石には、品位が高く坑内掘で採掘される硫化鉱と、品位が低く露天掘で採掘される酸化鉱がある。ニッケル価格は近年低迷が続いており、坑内掘で硫化鉱を掘るカナダやロシアの産出量が伸び悩んでいる。その一方で、インドネシアやフィリピン等では品位が低い酸化鉱から掘り出すことで、着実に生産量

¹⁰ 鉱床から鉱石を採掘する探鉱、鉱石の中から有用な鉱物を分離する選鉱、そしてその有用鉱物を製錬所に送り金属を抽出する製錬というプロセスをいう。

¹¹ 地表に近い鉱床は、地表から採掘を進めていくので「露天掘」と呼ばれ、地下深く又は大きな山の中に鉱床がある場合は「坑内掘」と呼ばれている。

¹² 採掘して採算が取れる鉱石の品位。鉱石と鉱物を区別する。

を増やしている。コバルトは、銅鉱石やニッケル酸化鉱の副産物として採取されており、主産出国のコンゴ民主共和国では 2000 年頃から銅鉱山の生産量が増加し、コバルトの占有率は当初 20%程度だったが、現在は 60%を超えている。リチウムは、鉱石起源の露天掘によるものと、ミネラルに富む塩水の湖から天日乾燥で濃縮するものがあり、後者は低コストだが、乾燥や濃縮に 1 年以上掛かり生産拡大が難しい。

海洋鉱物資源については、国と JOGMEC は海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥に取り組んでいる。JOGMEC は 2012 年に世界初の海底熱水鉱床の掘削試験を行った¹³。その他でも有望な鉱床が見付かっており、今後資源量を確定していく必要がある。2017 年度に実施された海底熱水鉱床のパイロット試験では、水深 1,600m から鉱石等 16.4t の回収に成功した。また 2019 年度からは、南鳥島沖の排他的経済水域に賦存するコバルトリッチクラストを調査するとともに、2020 年 7 月には水深約 930m での採掘試験を行い、649 kg のコバルトリッチクラストを掘削した。

海洋鉱物資源開発の商業化に向けては、技術的課題と非技術的課題がある。技術的課題としては、パイロット試験で使用した試験機の重量は実用機の約 10 分の 1、揚鉱に使用したパイプの直径は実用機の半分であったため、商業化規模へと拡大した際に適用可能か、あるいは試験で測れなかった長時間の稼働性、耐久性をどうするかといったことがある。また揚鉱の際、水中ポンプ内で閉塞が起こる可能性があり、海底で鉱石を破碎する必要性や、非常に重要なスラリー¹⁴濃度安定のための濃度調整用のタンクの必要性について検討を続けている。最大の技術的課題は揚鉱水である。鉱石の数倍の重さの海水をくみ上げる必要があるが、船上での処理の可否、海底に排出することの是非の検討も必要になる。非技術的課題としては、未整備な国内外法制度、社会的受容性、海域を利用する他産業との共生等がある。さらに、商業化のためには豊富な資源量を有する鉱床が必要であり、今後も精力的な資源調査が求められる。

鉱物資源の人材育成に関し、資源・素材学会は、学生を対象に「資源・素材塾」を開き、2019 年度までに 480 名余りが修了している。また、一般財団法人国際資源開発研修センターは、日本の社会人を対象とした資源開発研修や製錬・リサイクル研修のほか、非鉄金属資源生産国の政府関係者を招いて研修を行っている。こうした研修生が卒業後もネットワークを作っている。

早稲田大学理工学術院教授 所 千晴 参考人

ベースメタルやニッケル等の消費動向については、様々な研究者が各種シナリオに基づいて推算している。どのシナリオでも今後金属の消費が大幅に伸びるとされ、2010 年基準で、2050 年には最大で 3.8 倍になると試算されている。また、今後は再エネや蓄エネ等の導入拡大により、特定の金属の需要が増えていく可能性が指摘されている。例えば、EV の生産に伴いリチウムイオン電池が必要になると、コバルト、ニッケル、リチウム等の需要が急増し、その結果、需給バランスが崩れることが懸念されている。

¹³ 沖縄近海で発見された海底熱水鉱床の「Hakurei サイト」。

¹⁴ 海水の中に鉱石の破片が混じった状態のもの。

資源には天然資源、人工資源¹⁵、海洋資源があり、常に天然資源と人工資源のベストミックスが必要である。現在は天然資源の割合が多いが、今後、環境負荷低減への要請拡大等により、人工資源への要請が増えることで天然資源と逆転する可能性もある。海洋資源は、天然資源と比べて難処理性があり、環境負荷の懸念もあるが、資源セキュリティ、そして人材育成等の観点から、継続的に技術開発すべきである。天然鉱物資源も難処理化が進んでおり、例えば銅鉱石の品位は急激に低下している。また銅鉱石には毒性の高いヒ素含有銅鉱物が混じっており、環境負荷が低い分離技術の開発も必要になる。

環境負荷についての考え方も今後徐々に変わると考える。ある金属を取り出す際、鉱石から取り出すよりも、パソコン部品からリサイクルして取り出す方が、関与物質総量（TMR）¹⁶が下がるという試算もある。こうした考え方が広まれば、天然資源よりも人工資源の利活用を図る方向になっていく。環境問題は多種多様であり、カーボンニュートラルとTMR等の概念とが常に両立するとは限らない。カーボンニュートラルと資源循環の同時実現に当たり、この二つの概念の間のどこに力点を置くか考える必要がある。

人工資源の利活用には様々な課題がある。天然資源の開発と人工資源の利活用に係るフローを比較すると、製錬及び精製は同様のプロセスだが上流部分が大きく異なる。マテリアルフローアナリシス¹⁷やライフサイクル評価¹⁸等により、人工物として存在する資源の種類と所在についてのデータを上手に集め、戦略的に活用することが第一の課題である。また、天然資源の採鉱は長い歳月にわたって大規模に濃縮された鉱山を発見し開発するものだが、人工資源は高濃度ではあるが消費者の手元に分散しているため、効率の良い方法を検討する必要がある。選鉱では、製錬における負荷抑制のための分離・濃縮に関する技術開発が鍵となる。さらに、新規の処理対象を分離・濃縮するための技術開発と分離後に排出される副産物の利活用等の検討も必要になる。

人工資源利活用が天然資源開発と大きく異なる点は、使用済み製品には、使用に至るまでのデータが必ずどこかに存在している。そのため、これを正確に情報伝達することで、その後の処理フローが高効率化する可能性がある。個々の製品の情報セキュリティ等、様々な問題はあるが、可能な限り技術的・システム的に解決することで、後の処理部分に情報が伝達されるようにすることが、使用済み製品に係る資源データの情報伝達という概念と相互補完的になるため、こうした新しい仕組みづくりが望まれている。

人工資源の利活用への要請が高まっており、責任ある素材生産の一例として、国際銅協会がコミュニティー、労働環境、環境、人権等を評価し認証を与える、欧州で始まったカップマークがある。製品側でも、影響力のあるメーカーが自社製品を100%リサイクル素材で作ること等を宣言し始めており、今後更にリサイクル率が高い素材の使用が求められる可能性が高い。リチウムイオン電池に関しても、EUではニッケル、コバルト、銅のリサイクル率を義務化する法案が提出されている。これは製品側にも、リサ

¹⁵ 使用済みのものをリサイクルして得られる資源のこと。

¹⁶ 対象を得るためにどれぐらいの物質が関与したかで環境負荷を評価する指標。

¹⁷ ある国や地域等における一定期間内のモノの流れ（投入・排出・蓄積）を系統的かつ定量的に分析する手法。

¹⁸ ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取—原料生産—製品生産—流通—消費—廃棄—リサイクル）又はその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法。

イクル率が高い材料の使用や、製品の製造過程でのCO₂の排出量の報告等を義務化するものである。

人材育成に関しては、既に国内でも学会、大学や協会等が人材をつなぐ試みを行っているが、鉱石に加え製品も対象にした資源戦略という意味で、各分野の連携と人材育成は一層重要である。

東京大学副学長・生産技術研究所教授 岡部 徹 参考人

レアメタルは、上位3か国の産出国で世界の需要がほぼ賄えると報じられることが多く、特定の国にしか存在しないとの誤解が生じているが、実は世界中に大量に存在している。ただし白金は、現時点で主に南アフリカとロシアにしか優良な鉱山が見付かっていない。また、レアアースは、中国以外にも鉱山や鉱床が数多く存在するが、中国の供給だけで世界の需要が賄えてしまう。

以前はレアアースの大半が米国で産出されていたが、2003年頃から米国の供給がなくなった。これは鉱山が枯渇したのではなく、中国の安価な供給に対しコスト競争力を失い閉山したのである。現在、レアアースの年間生産量(11万t)の9割を中国が占めるが、資源量は、陸上だけでも生産量の約1,000倍(1億3,000万t)存在し、海洋には陸上の何百倍も存在するとの報道もある。そのため、レアアースが枯渇することではなく、むしろ銅、亜鉛等のベースメタルの枯渇や鉱石品位の低下、供給障害が懸念される。

先進国はレアメタルを海外から輸入し、高性能なハイテク製品を作ることによって環境に貢献していると信じているが、その製造過程で多量の廃棄物が発生しているという実情がある。更に問題なのは、レアアース等の鉱石は放射性物質、銅鉱石はヒ素や水銀等を含むことで、こうした有害物を含む廃棄物の処理がどこかで行われているということである。日本で最も重要なことは、技術制約や環境制約の突破である。レアメタル生産技術やそれに関わる環境技術は世界最高水準にあるため、今後は資源供給だけでなく、そうしたことに力を入れるべきである。

特に環境制約により、放射性物質が混在するレアアース鉱石は有害物を廃棄する必要があるが、日本で行うには膨大なコストと手間が掛かる。中国のように廃棄物をほぼゼロコストで捨てられる国とは勝負にならないが、中国に頼り続けるわけにもいかない。こうした問題をしっかり見据えつつ、レアメタルの資源戦略に取り組む必要がある。

また、コスト競争力の問題から製錬プラントが海外に移転していることも問題であり、中国はレアアース資源も製錬プラントも全て押さえている。高性能な飛行機や自動車等はいずれ廃棄され、そこに大量に使われているレアメタルのリサイクルが必要となるため、日本も今後、製錬プラントの温存のための施策が重要になる。海外委託ではなく、日本の優れた技術力を懸命に維持して人材育成を進めるべきである。

リサイクルしたレアメタルを、より純度が高く、高付加価値なものとしている理由は、もったいないからである。この考えは日本が誇るべき上位概念である。現在の技術力では、貴金属以外のレアメタルは、リサイクルすればするほどコストが掛かるが、採掘の際に環境を破壊し、製錬で莫大なエネルギーを使用することから、環境破壊を防ぐため

にもリサイクルの推進が重要である。

レアメタルのリサイクルは我々の使命であるが、鉱物資源はただ同然で採掘され、ほぼゼロコストでごみが廃棄されている。そのため、バリュー・オブ・ネーチャー（鉱物（天然資源）が有する本質的価値）という考えが必要である。鉱石から金属を取り出す際に環境が大きく破壊されているため、リサイクルによってバリュー・オブ・ネーチャーを保全することが価値を生む。日本は素材からハイテク製品を作る分野ではトップランナーであり、今後は、廃棄された製品を資源として有効利用し、それを環境調和型の技術でしっかり利活用していくことが重要になる。

（イ）委員からの質疑の概要

参考人の意見を受けて、日本国内における陸上資源開発の可能性、マイカーと比較した場合の公共交通機関の環境負荷の程度、日本の廃棄物リサイクル産業の規模が小さい理由及び大規模化することによるメリット、鉱物資源の開発からリサイクルまで一連での基礎研究を行う必要性と大学の研究体制の現状、「責任ある素材生産」に係る欧州カップマークが対象とする関係者の範囲と日本への影響、大学における基礎研究分野に対する支援を充実させる必要性、都市鉱山の関心を高めリサイクルを促進するための国民・行政等に向けたメッセージ、日本の厳しい環境制約を技術開発によって解決する可能性、人工資源利活用に向けた解体・分離の効率化等の要素技術についての現状と課題、欧州のカップマークのようなガイドラインの策定に係る銅以外の素材についての国際動向等について質疑が行われた。

ウ コロナ後及びカーボンニュートラルに向けての新しいエネルギー政策（令和3年4月21日）

（ア）参考人の意見の概要

京都大学名誉教授

公益財団法人地球環境戦略研究機関シニアフェロー 松下 和夫 参考人

気候変動と新型コロナウイルス感染拡大は、人類の生存に関わる、国際社会が協調して取り組むべき重要問題であり、対策の共通点は、信頼できる科学的知見、生活や経済の在り方の大きな変革、大規模な財政出動の必要性等である。相違点は、前者はより質の高い生活等がやり方次第で可能だが、後者は場合によりそれを犠牲にする必要があることである。こうした観点から、新型コロナウイルス感染拡大で被害を受けた経済と社会を、環境に配慮した低炭素で災害に強いものに移行する、グリーン・リカバリー（緑の復興策）が国際的に提唱されている。

現在、新たな国家発展戦略としてゼロエミッションを取り上げる潮流が生まれている。EUは2019年12月の「欧州グリーンディール」¹⁹で2050年までの排出量ネットゼロ及び2030年目標（40%）の55%削減への引上げを目指すとともに、2020年6月には「グ

¹⁹ EUが2019年12月に発表した、温室効果ガスの排出を減らしながら雇用を創出し、持続可能な社会へ変革するための新しい成長戦略。

リーン・タクソノミー」²⁰を成立させた。EUの議論の注目点は、成長戦略として脱炭素化が必要との認識があること、脱炭素化時代の産業の姿を具体的に描き、その道筋と政策手段を議論していること、グリーンディールを進めることでEUの基準等を国際化しようとしていることである。米国は、バイデン大統領が就任直後にパリ協定復帰を指示し、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロ、2035年までの電力部門CO₂排出ゼロの実現に取り組んでいる。中国は、CO₂排出量を2030年までに減少させて2060年までにネットゼロにする旨を2020年9月に表明するとともに、12月にはGDP当たりのCO₂排出量等の目標を引き上げた。さらに、「NEV²¹産業発展計画」を発表し、脱炭素社会と持続可能な発展を実現するシナリオを描いている。

日本は、菅内閣総理大臣が2020年10月に2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを宣言したが、実現は容易ではない。21世紀は脱炭素市場獲得をめぐる脱炭素大競争時代であり、経済社会変革の道筋や政策手段、財源を検討し、脱炭素社会ビジョンと緑の産業政策を構想する必要がある。政府が2020年12月に発表した「グリーン成長戦略」²²は、野心的な目標設定自体は評価できるものの、2030年の削減目標や再エネ目標の強化の方向性が示されておらず、2050年のエネルギーミックスに石炭火力発電への言及がないなど課題もある。電力部門の脱炭素化、再エネの大量導入、石炭火力発電の廃止は不可避であり、戦略ではその実現手段やスケジュールを検討する必要がある。

日本版緑の復興と脱炭素社会移行を考えるにあたり四つの前提がある。第一に、2030年温室効果ガス削減目標の強化である。第二に、地球温暖化対策計画²³とエネルギー基本計画²⁴の改定において、再エネを増やして石炭火力発電と原子力発電を減らすことに加え、エネルギー消費量自体も減らす必要がある。第三に、石炭火力発電からの撤退である。国内では段階的に廃止し、海外の石炭火力発電所建設への支援を停止する。第四に、環境政策や経済成長政策として、炭素税の導入等のカーボンプライシングが必要である。

また、緑の復興から排出量ネットゼロへの移行の課題の第一は、脱炭素社会ビジョンの明確化、第二は、日本版緑の復興策、第三は、自立・分散型の地域循環共生圏の形成、第四は、炭素予算の導入や再エネの大幅拡大、脱化石燃料の加速等、第五は、参加型・熟議型プロセス、第六は、エネルギー多消費型産業からクリーンな産業への労働者移行の支援、そして最後は、独立した科学的助言に係るシステムである。

日本は個々の脱炭素技術では世界で優位な地位を占めてきたが、政府の野心的目標設定の立ち遅れ、カーボンプライシング等の経済的刺激策の導入不足、石炭火力発電等へ

²⁰ 投資対象について持続可能な経済活動の種類の基準を定めた規則。

²¹ EVや燃料電池自動車（FCV）等の新エネルギー車を指す。

²² 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」。菅内閣総理大臣が2050年のカーボンニュートラル実現を目指すことを表明したことを受けて策定された。主要14産業部門別に目標と成長戦略を定めている。

²³ 地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るため、地球温暖化対策推進法に基づいて策定される総合計画。2016年5月に閣議決定され、現在改定に向けた検討が進められている。

²⁴ エネルギー需給に関する政策について中長期的な基本方針を示したものの、エネルギー政策基本法に基づき、少なくとも3年ごとに検討を加えることが定められており、現在は第6次となる計画策定のための議論が進められている。

の過度な依存等から、脱炭素市場獲得をめぐる国際競争に遅れをとっている。個々の産業技術の強みを生かしつつ、国全体での脱炭素に向けた経済社会変革が必要である。

東京大学公共政策大学院特任教授 有馬 純 参考人

カーボンニュートラルは進むべき方向だが、コストが掛かる。2050年温室効果ガス80%削減、2030年26%削減というこれまでの目標を前提に計算したところ、限界削減費用は2030年以降急速に上がり、2050年には6万円/tCO₂になった。これを2050年温室効果ガス95.3%削減とすると、2050年に60万円/tCO₂になった。2050年の削減目標を100%にすると、コストは2030年から非線形的に上がると考えられる。さらに、2030年の温室効果ガス削減目標の大幅引上げとなれば、当然2030年時点の限界削減費用も大きく上がり、目標引上げの大部分は再エネ目標を積み上げる形になるだろう。

導入までのリードタイムが短い太陽光発電は、既に相当導入されており、更に拡大しようとするれば日照条件が悪い場所への設置となり、コスト増の要因になる。洋上風力発電に関しては、日本では冬は欧州並みに風が吹くものの、夏は吹かないため、欧州並みの発電コストの実現は難しく、爆発的なイノベーションが起きない限り、電気料金の上乗せ要因になる可能性が非常に高い。世界的に太陽光発電や風力発電のコストは下がっているが、変動性再エネの割合が増大すれば、接続コストや送配電網コスト等が増加する。単体の再エネの発電コストだけでなく、こうした部分も併せて考える必要がある。

日本の産業用電気料金は、米国の約2倍、中国、韓国の約1.5倍であり、産業競争力を大きくむしばむ一因になっている。ドイツでは、電力多消費産業の電気税、再エネ賦課金²⁵等が大幅に減免され、実際の負担額は日本の約3分の1だが、その分、家庭用電気料金が非常に高く、国の重要な産業を保護するという意図がある。

再エネ拡大への国民の支持は非常に高いが、再エネに依存した形で温室効果ガス削減目標を上積みすれば、再エネ賦課金の割合が高まり国民の負担感が増す。

IEAは、原発の運転期間延長はあらゆる選択肢の中で最も費用対効果が高いとしている。日本には、運転期間の上限等の規制がある上、原発の安全性に係る適合性審査の遅れによる原発未稼働の期間も運転期間に含まれる。しかし、原発の耐久年数は、物理的な年数ではなく放射線にさらされる年数で考えるべきである。欧米では、再エネも拡大し、原子力発電も使うことが主流である。カーボンニュートラルを目指す国の多くが将来も原発を活用しようとしており、脱原発は国際的な潮流ではない。特に、日本が国産技術として培ってきた原子力技術を使わずに脱炭素化を目指すことは合理的ではない。

環境保全と経済成長とは常に両立するものではなく、方法を考えなければいけない。日本は、欧米や中東に比べて再エネ資源に恵まれておらず、再エネだけに依存したカーボンニュートラルの追求は、高コスト化を招く。日本の産業界は世界で最も高いコストに直面しており、更にコスト増になれば、産業競争力、雇用、さらには脱炭素化に向け

²⁵ 再生可能エネルギーで発電した電気は、国が定める一定の期間にわたって、国が定める一定の価格で購入することが電気事業者には義務づけられており（固定価格買取制度）、電気事業者が買い取る費用の一部は、電気料金を通じて利用者から賦課金という形で集められている。

た技術開発の体力をも奪うことになる。欧州では、ドイツのように、崇高な理想を掲げつつ足下では産業を極めてしたたかに保護しており、日本もそうしたことを考えなければいけない。エネルギーコストや温暖化対策コストを定期的に国際比較し、日本経済が不均衡に高いコスト負担をしていないかをチェックする必要がある。また、コストを極力抑える観点から、国産技術である原子力発電を長く使っていくことは、エネルギー安全保障、温暖化防止、経済効率の面で合理的であり、原発の運転期間制約も見直すべきであるほか、第4次エネルギー基本計画以来踏襲されている、「原発依存度を可能な限り低減する」という枠も取り払った方がよい。カーボンニュートラルという未曾有の野心的な目標に立ち向かうためには、使える手段は全部使えるようにしておくことが合理的である。

東北大学東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科教授

明日香 壽川 参考人

国際再生可能エネルギー機関によれば、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く抑える対策を講じた場合、化石燃料及び原子力関係の雇用は減少が見込まれるが、世界全体では再エネ、省エネ関係等の雇用増加の方が圧倒的に大きくなるとのことである。またIEAによると、迅速に雇用を生み、かつ温室効果ガス排出削減効果があるのは、明らかに再エネや省エネであり、火力発電は雇用を生まない上に全く温暖化対策にならず、原発等の新設は温暖化対策として望ましくないとのことである。

米国エネルギー省情報局による補助金なしの発電コスト比較によると、原子力発電は圧倒的に高く、石炭火力発電も高いが、太陽光発電や風力発電はその半分以下である。

各国政府等がグリーン・リカバリー等に関する提案を行っているが、その共通要素は、各分野別の投資額や経済効果、CO₂排出削減効果、電力価格、電力需給バランス、雇用転換対策等である。財源についても、国債か民間資金か、国債であれば財源や償還システムの内容を検討し、米国、韓国、EU等はその結果を公表している。

CO₂排出量はエネルギーの使い方次第であり、再エネや省エネの割合で決まる。2021年2月に我々が公表した「レポート2030」²⁶では、2030年の再エネ割合を44%とした上で、CO₂排出量は1990年比55%削減、投資額は今後10年間で毎年20兆円としている。再エネや省エネ関係の多くのビジネスは利益が出るため、基本的に民間資金で賄う。エネルギー支出削減額は、海外に払っていた毎年約17兆円の化石燃料費が国内で回ることを想定し、今後10年間で約358兆円を見込んでいる。

ポイントは、既存の技術で2050年にCO₂を93%削減できることであり、残り7%は、現在実用化されていない革新的技術が必要となる。また対策に要する設備投資額がエネルギー支出削減額よりも小さいことは、経済合理性が大きいことを示している。

²⁶ <<https://green-recovery-japan.org/>>

日本の温暖化対策やエネルギー対策に係る定量的な計算や議論の結果を取りまとめ、2050年までにカーボンニュートラルを実現するとともに、コロナ禍からの緑の復興を実現するための日本版グリーン・リカバリー戦略を提言している。

最も重要なことは雇用転換である。日本の場合、CO₂を大量に排出するエネルギー多消費産業の雇用者数約15万人及び原子力発電産業の雇用者数約5万人の計20万人の雇用を考える必要がある。一方、エネルギー転換で新たに生じる雇用者数を推計すると年間254万人である。米国では、エネルギー転換で雇用が増える分野の雇用者数が既にそれ以外の分野の数倍となり、欧州や中国も同様の傾向にある。中国はエネルギー転換で国全体の雇用を増やし、雇用されない人々に対する失業手当や教育等を決めている。日本もこうした議論を早く始めれば始めるほどソフトランディングできると考える。

電力価格については、原発は安くないだろうが、再エネは10年後には賦課金もほぼなくなると思われる。さらに、日本の場合に重要なことは電力需給の安定性である。カーボンニュートラルに向けた議論において、電気料金の高騰や電力不足等を懸念する声は多い。そこで、各電力管区のデータを基に、再エネや省エネを推進し、石炭火力発電を停止して原発も稼働させない場合の電力不足発生の有無等を分析したところ、幾つかの電力管区で電力不足が生じる可能性が高かったが、他の電力管区からの融通や需要側の調整も可能であり、蓄電池の導入も急速に進んでいる。原発がなければ電力不足が生じるとのイメージを持つ人が大多数だが、詳細で具体的な議論をすべきである。

(イ) 委員からの質疑の概要

参考人の意見を受けて、みどりの食料システム戦略等の施策による地球温暖化対策や環境汚染対策の具体的効果、脱炭素技術のイノベーションが日本で起きるために日本に足りないもの、カーボンニュートラル実現に向けた鉄鋼業を始めとする電力多消費産業への対応策、2030年温室効果ガス削減目標を強化した場合に想定される2030年電源構成、CO₂排出削減と環境負荷の問題等、今後の排出削減の取組に当たり考えるべきポイント、雇用創出のためのグリーン・リカバリーにおいて地域分散、地産地消のエネルギー開発を推進する重要性、国民が負担している再エネ賦課金に係る施策の今後の方向性、再エネの導入促進と日本の立地制約上の限界等について質疑が行われた。

(2) 政府に対する質疑

これまでの調査を踏まえ、令和3年5月12日、レアメタルを始めとする鉱物資源をめぐる国際情勢、鉱物資源に関する日本の安全保障、新型コロナウイルスの感染拡大を起因とするエネルギー情勢の変化、カーボンニュートラル実現に向けた施策等について政府から説明を聴取した。続いて、エネルギー基本計画の見直しに向けた検討状況、CO₂排出ゼロに係る自治体の住民理解促進の現状認識及び国民の理解や協力を得る方策、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた浮体式洋上風力発電の取組方針、電力・ガスの自由化以降の自治体による区域内エネルギー消費量データ取得に係る問題点、レアメタルの代替素材開発への予算の重点的投入等取組強化の必要性、2030年温室効果ガス削減目標46%とIPCCの1.5度未満目標との科学的整合性等について質疑が行われた。

(3) 委員間の意見交換

1年間の調査を踏まえ、令和3年5月12日、中間報告の取りまとめに向け、委員間の意見交換を行った。委員からは、国際動向を踏まえた資源の安定供給確保については上流から下流まで抜かりのない政策手段を組み合わせる戦略的に取り組む必要性、日本の国力維持・向上及びカーボンニュートラル実現のため原子力の最大限の活用の方針転換する必要性、鉱物資源の適切かつ安定的な調達のため資源調達先の多角化と資源自給率の向上に直結する資源リサイクルの必要性、商業ベースに乗るような資源回収・リサイクルシステムの早期確立の必要性、カーボンニュートラルに向けた電源構成において再エネ割合増加に伴う電気料金の負担増に係る国民参加の対話型議論の必要性、資源産出国の環境や人権への配慮のための国際ルール策定に日本が主導的役割を果たす必要性、カーボンニュートラルは原発ゼロと省エネ推進及び再エネの飛躍的普及で実現する必要性等について意見が述べられた。

(4) 主要論点別整理

上記の調査を踏まえ、本調査会における議論を二つの主要論点別に整理した。その主な内容は次のとおりである。

- ・ 鉱物資源の安定供給等として、鉱物資源をめぐる国際動向、鉱物資源の安定供給確保、海洋鉱物資源、鉱物資源と環境、鉱物資源リサイクル、鉱物資源の技術開発、資源の確保及び資源分野における人材育成に整理した。
- ・ 気候変動とカーボンニュートラルとして、カーボンニュートラルに向けた取組、原子力発電、再エネ・省エネ、火力発電と技術開発、カーボンニュートラルと経済・社会、国際動向と国際協力に整理した。

3. おわりに

近年、鉱物資源を取り巻く状況は大きく変化している。世界情勢はいまだ不安定である中、中国やアフリカ、東南アジア等が資源供給国として存在感を高めており、その供給構造に変化がみられる。また、パリ協定の発効を受けて、日本を含む世界各国がパリ協定の実現に向けた温室効果ガス削減目標を表明するなど、脱炭素化の動きが加速している。そのため、再エネの導入拡大に加えて、EVやFCV市場が拡大しており、それらの材料に用いられるレアメタルや銅等の急激な需要増加に対応するため、その安定供給の確保等が喫緊の課題となっている。

一方、2020年²⁷からの新型コロナウイルス感染拡大の影響により、各国経済は大きな打撃を受け、人々の生活様式や経済の在り方が大きく変化しつつあり、コロナが短期的な資源エネルギー需給のみならず、長期的にも大きな影響を与える可能性がある。

今期の調査会では、資源エネルギーのうち、まず鉱物資源に焦点を当て、その安定供給確保のための方策等が議論された。参考人から特に多くの指摘があったのは、資源国、特

²⁷ 世界保健機関（WHO）は2020年1月30日に新型コロナウイルス感染症について「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」を宣言。

に中国に依存するリスクと国内での資源リサイクルの重要性である。鉱物資源をほとんど産出しない日本は、必要な鉱物のほぼすべてを輸入に頼らざるを得ない。しかし、特にレアメタルは中国やアフリカ等、産出国が偏っているほか、政情が不安定の国もあり、安定供給という面でのリスクが高い。さらに、こうした産出国では、鉱物採掘の際の環境破壊や有害物を含む廃棄物の発生という環境問題が指摘されている。使用済電子機器等から金属資源を取り出し再利用する資源リサイクルは、最終製品として分散している資源の効率的な回収方法や分離技術、またコスト面等で今なお多くの課題があるが、日本としては、鉱物資源の調達先の多角化を進めながらも、資源トレーサビリティの確立や国内製錬所の整備、環境負荷の低い分離技術等の研究開発、人材育成の強化等により、資源リサイクルの取組を強力に推進する必要がある。

また、調査会ではコロナ後及びカーボンニュートラルに向けた新しいエネルギー政策についても議論された。参考人からは、欧米ではコロナ禍からの復興策は、カーボンニュートラルの実現に向けた産業転換と雇用問題の解決と一体として取り組まれているといった指摘や、カーボンニュートラルへの移行に伴うコスト増より日本の産業競争力の低下が懸念される等の意見が出された。現時点でコロナ禍の収束は見通せないが、今後の日本のエネルギー政策は、経済・雇用政策、産業の国際競争力等も踏まえた総合的な視点での取組が求められている。

資源が乏しい日本の資源エネルギー政策は、基本的には、その安定供給をいかに確保するかが最も重要であるが、現在はこれに加え、カーボンニュートラル及びコロナという大きな変化にも対応する必要がある。そのため、社会の変化に応じた適切な資源エネルギー政策の在り方が問われており、現在政府が検討している第6次エネルギー基本計画の策定に当たっては、こうした点も考慮する必要がある。

(すずき ゆうこ)