

REVIEW

【特別レポート】

エネルギー転換による鉱物資源リスクと サーキュラー・エコノミー



平沼光

公益財団法人東京財団政策研究所

松八重一代

東北大学大学院環境科学研究科

中川恒彦

株式会社日中自動車社会研究所

中島賢一

株式会社リーテム



エネルギー転換による 鉱物資源リスクと サーキュラー・エコノミー

はじめに

世界は、化石燃料の利用を大幅に削減するとともに、再生可能エネルギー(以下、再エネ)や省エネ・高効率機器の普及を進めるという「エネルギー転換」へと急速に向かっている。

この「エネルギー転換」は、平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°C未満に抑えることを目標にした、「パリ協定(2015年12月に採択)」の達成を目指したものである。ただ、これらは生産に必要な鉱物資源の需要を増大させ、需給不安定化(鉱物資源リスク)を引き起こすことが危惧されている。

鉱物資源リスクに対処するためには、従来、供給源の多元化や代替技術の開発、備蓄などがされてきた。しかしながらエネルギー転換により、普及が進む再エネ施設と省エネ・高効率機器は多岐にわたり、鉱物資源リスクが発生する鉱種も多種多様となることから、これまで展開してきた施策だけでは十分に対処できないことが考えられる。

これらに対処するためには、資源循環政策を推進していくことが重要となるが、日本での都市ごみのリサイクル率は18%にとどまっており(産業環境管理協会、2018)、その多くが焼却処分されているなど「循環型社会」の構築には至っていない。

そうした中、欧州連合(EU)では、資源の採鉱→生産→消費→廃棄物管理→廃棄物からの再資源化→生産という循環サークルを形成し、各段階で必要な施策を講じることで、資源の価値を可能な限り持続させる「サーキュラー・エコノミー(Circular Economy、以下CE)」の構築が進められている。

本稿では、エネルギー転換による鉱物資源リスクの影響を考察するとともに、欧州で進められているCEの具体像と日本の資源循環政策との差異を分析しながら、CEが日本へ及ぼす影響を考察していく。

再エネと省エネ・高効率機器の普及による鉱物資源の需要不安定化

まず考えるべきは、エネルギー転換は、再エネ設備導入量の大幅な増加を促す可能性があるということである。例えば、2015年の大規模水力を含めた世界での再エネ設備導入量は約1,973GW(全設備容量の約31%)となったが、国際エネルギー機関(IEA)が公表した報告書「World Energy Outlook 2016(IEA、2016)」におけるパリ協定の“2°C未満”の目標を達成するためのシナリオ(450シナリオ)では、その導入量が2040年には約6,955GW(全設備容量の約59%)にまで拡大すると予測されている。

また、風力発電における設備導入量については、2015年の383.58GWに対して、2040年には約6倍の2,312GWになるとされているが、この年間増加量は単純計算すると、およそ80GW/年となる。そして、風力発電におけるタービン製造には、レアアース元素の一つである「ジスプロシウム(Dy)」が使われるが、その使用量を最大で25kg/MW(World Bank Group、2017)とすると、年間約2,000tのジスプロシウムが必要になる。2017年のジスプロシウムの世界生産量が約1,500t(Adamas Intelligence、2018)であったことを考えると、風力発電設備の需要だけでジスプロシウムの年間生産量を上回ることになり、供給の不安定化が発生することが考えられる。省エネ・高効率機器の急激な普及や拡大は、鉱物資源リスクを招く可能性があるのだ。

また、導入が進められている電気自動車(Electric Vehicle: EV)は、2017年の世界保有台数が約300万台(IEA、2018)で、車載用蓄電池の電極材として「コバルト(Co)」が欠かせない鉱物である。例えば、テスラ社のモデルSでは、一台当たり、コバルト9.9kgが使われる(SNE Research、2017)。IEAの450シナリオ(IEA、2016)では、EV累積台数が2040年までに7億1,500万台に達するとされているが、そこでの年間増加台

数は単純計算で3000万台/年で、EVの車載用蓄電池に必要なコバルトは1年間で約297,000tが必要になる。コバルトの2015年世界生産量が約120,000t(JOGMEC、2016)であることを考えると、EVの普及により、近い将来、コバルトの需給不安定化を引き起こす可能性があるといえる。

ジスプロシウムとコバルトの事例はあくまで単純計算による推計であるが、エネルギー転換は、様々な鉱物種において、“需給の不安定化”という鉱物資源リスクを引き起こしかねないのだ。

需要増加によるサプライチェーンへの影響

こうした鉱物資源の需要増加は、鉱物資源のサプライチェーンにも大きな影響を及ぼすことが考えられる。特にパリ協定が、気候変動という環境問題への対応を目的にしたものであることから、鉱物資源のサプライチェーンの中でも、その開発段階における環境影響という点には注視が必要になる。

例えば、本稿著者の一人が、今後拡大していくEV、HV(Hybrid Vehicle)、FCV(Fuel Cell Vehicle)といった次世代自動車について、その製造に必要な鉱物資源の開発が及ぼす環境影響を、関与物質総量(Total Material Requirement: TMR)で推計を行っている(松井ら、2018)。TMRは、採鉱時の天然資源フロー量(土砂などの隠れたフローを含む)を示すもので、直接のおよび間接的に投入される物質、隠れた物質フローの3つの要素から成り立ち、自然の改変量として、環境影響ポテンシャルを定量的に把握するための有力な指標である。このTMRを用いた評価では、従来のガソリンベースの内燃機関(Gasoline Vehicle)に比べて、EV、HV、FCVのTMRは2倍から3倍になっている。すなわち、必要資源の開発という点において、従来のガソリン自動車と比較して、省エネ・高効率機器の代表例であるEVをはじめとする次世代自動車は、ライフサイクルプロセスにおける消費段階の環境負荷削減には貢献するが、その一方で、採掘段階、製錬段階における負荷、とりわけ土地改変や水資源への影響といった環境攪乱を増大させることが予想されるのだ。今後のEV、HV、FCVの普及には留意が必要となる。

エネルギー転換による鉱物資源の需要増が見込まれる中では、こうした資源開発における環境影響リスクを正確に公表していくことが大切で、それが、資源使用量を可能な限り削減する技術の開発や、リ

ユース・リサイクルを促進することにつながる。ただし、ここには、開発による環境影響など、鉱物資源のサプライチェーンにおけるリスクの要因情報が整備されていないという課題がある。これまで鉱物資源の供給寸断が起きて、それが経済的要因で発生したのか、環境的要因なのか、または地勢的や社会的な要因からなのかといったデータが国際的に蓄積されておらず、データ解析ができる体制も十分に整っていないのだ。今後は、国際的な連携のもとにデータを蓄積し、共通認識を持って分析していくことが望まれる。

鉱物資源リスクに対するこれまでの日本の対応

鉱物資源リスクへの日本の対応事例としては、2010年9月の尖閣諸島沖漁船衝突事件に端を発した、中国による「レアアース」の実質的な輸出禁止(レアアースショック)がある(海洋政策研究財団、2011)。中国からの輸入が途絶えたことにより、経済産業省は、その対策として2010年10月に総額1,000億円の補正予算による「レアアース総合対策」を取りまとめた。ここでは、①中国以外の供給源の多元化、②レアアース使用量削減、代替技術の開発、③リサイクルの促進、などに取り組んでいる。

レアアースショックは2014年、中国による輸出総量制限などの規制は協定違反とした判断がWTOによって下されたことにより終息を迎えているが、この間、「レアアース総合対策」による施策は、いずれも即効性のある効果を上げるには至っていない。例えば本田技研工業株式会社は、ジスプロシウムを一切使わないネオジム磁石をハイブリッド車用駆動モーター向けとして実用化した。それはWTOによる判断が出た後の2016年になってからのことである。

実態としてレアアースショックへの対処となったのは、そもそも材料として使う必要がなかった製品における需要削減や、通常であれば使用されることの無い「ネオジム磁石」製造工程内の研磨くずなどの再使用などである(田中ら、2016)。つまり効果を発したのは、在庫や企業内備蓄であったのだ。レアアースショックの際は、これらで凌ぐことができたが、もしWTOの判断が出ずに、供給不安定の期間が長引いていた場合は、企業内備蓄だけでは対処できない状況に陥る可能性もあった。

エネルギー転換は、設備導入量と資源使用量の増加を引き起こす。

こうした備蓄による対処については、2018年8月、経済産業省の自動車新時代戦略会議から公表された中間報告書(経済産業省、2018)においても、鉱物資源リスクに対処するために、コバルト等を備蓄する方針が示されている。

しかし、エネルギー転換による鉱物資源リスクは多鉱種にわたり、またその量もジスプロシウムやコバルトのように膨大となることから、備蓄だけでは対処できなくなることも予測される。

資源循環型の経済を意味する 欧州におけるCE構築の推進

前述したように欧州では、鉱物資源リスクへの対処も含めた資源循環政策としてCEの構築が進められている。現状CEには、国際的に定まった定義はないが、EUでは、資源の採鉱→生産→消費→廃棄という現在の線型経済(Linear economy)ではなく、資源の採鉱→生産→消費→廃棄物管理→廃棄物からの再資源化→生産という循環サークルの中で、必要資源量の縮小化と資源の価値を可能な限り持続させるという資源循環型の経済を指している。

EUでは、現状の線型経済モデルの継続は資源の需要量を増大させ、このままのペースで資源を消費し続けると、惑星2つ分以上の資源が必要となるという危機感から、CEの構築を推進している(EC、2016)。CEの構築により廃棄物と資源の使用は最小限に抑えられ、製品がその寿命を迎えても、リファービッシュメント(refurbishment)などによりあらたな価値を付与され、CEの中で再び使用されるという資源循環が行われる。

EUでは、CEによる資源循環は大きな経済的利益



をもたらす、技術革新、経済成長、そして雇用創出に貢献するとしており、長期的に考えると持続可能性と競争力強化の面で、以下の効果があるとしている(EC、Webサイト)。

- ・ 資源の保護
- ・ 欧州の産業のコスト削減
- ・ 新しいビジネスチャンスの開拓
- ・ 革新的で資源効率の良い欧州の新世代ビジネスの構築(世界中でクリーンな製品やサービスを製造、輸出する)
- ・ 社会的統合と結束の機会創出

EUにおけるCE構築の取り組みは、2010年3月に公表された欧州成長戦略(Europe 2020)における「資源効率性(Resource Efficiency: RE)」からはじまっている。Europe 2020は、2020年までのEU経済の競争力強化・雇用戦略であり、REとは資源効率が高く持続可能な循環型社会の構築を目指すEUの包括的環境基本政策といえる。

REの議論は、2010年7月に開催された非公式環境閣僚理事会以後から活発化し、2011年9月には、RE政策の重要な文書「資源効率的な欧州に向けたロードマップ(Roadmap to a resource-efficient Europe)」(以下、ロードマップ)が公表されている(EC、2011)。

ロードマップでは、地球上の資源が“有限”であるという条件で人類が発展していくためには、経済活動と環境影響の分離が必要であるという概念の下で、2050年のビジョンが示されている。そこでは、EUの経済は資源の制約に配慮しながら成長することで世界経済の変革に貢献する、そして、経済競争力がありながら非常に低い環境負荷で高い生活水準を提供することなどが記されている。

また、ビジョンを実現するためのマイルストーンとして、すべての企業およびその投資家は企業のライフサイクルにおける資源の効率化を測定してベンチマークに従って評価を行うこと、廃棄物は資源として管理され、その発生量は絶対的に減少するとともに、リサイクルが経済性のある選択肢となっていることなど、2020年を目途とした目標と、そのためにEUが取り組むべき具体的な事項が示されている。そして2015年12月には、ロードマップを達成するための行動計画となる政策文書「サーキュラーエコノミーパッケージ(Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy)」(以下、CEP)が発表された(EU、2015)。

CEPは、CEの構築に向けた行動計画とそのため必要となる廃棄物法制の改正指令案で構成され、

EUの将来像や進むべき方向を示した「コミュニケーション」という政策文書にあたるもので、廃棄物法制の改正指令案を除き拘束力のあるものではないが、製品の、①生産、②消費、③廃棄物管理、④廃棄物から資源へ(再資源化)、というライフサイクル全般における取り組みのポイントが示されている。

サーキュラーエコノミーパッケージ (CEP)の生産における行動計画

生産における行動計画は、製品デザインと生産プロセスの2つの視点から示されている。

まず、製品デザインでは、より耐久性があり、修理やアップグレード、または再製造が容易なものを良い製品デザインと位置づけている。そして、リサイクル率を高めるため、予めリサイクルがしやすい設計としておくことが重要としている。例えば、テレビのフラットスクリーンには金、銀、パラジウムなどの経済的価値の高い貴金属が含まれているが、これらを効率よく回収するためには手解体が最も効率的で、90%の回収率を達成できるとされている。

一方、手解体が難しく経済的に見合わない製品デザインとなっている場合、粉碎によるリサイクルを行うが、これはリサイクル率を著しく落とすことから、デザイン段階から手解体しやすいものとしておくことが必要である。こうした観点をEUのエコデザイン指令に反映させ、その第一歩として、コンピューターのディスプレイやテレビのフラットスクリーンから取り組みを開始している。

EUはまた、廃棄物法制の改正指令案によって、より簡単にリサイクルできる製品を設計するために、経済的インセンティブを与えることを念頭においている。つまり、拡大生産者責任制度の下で生産者が支払うコストを、分別、収集、選別など、その製品が寿命を全うした後に必要となるリサイクルやリユースに必要な廃止費用(end of life cost)に基づいて差別化することによって、より良い製品設計を奨励することを提案しているのだ。

生産プロセスについては、生産に投入される資源を効率的に使うことで、コスト低減を図っていくことが重要とされている。EU加盟国が産業施設の許可要件を発行する際に考慮しなければならない「利用可能な最善の技術参照文書」(Best Available Techniques Reference Document: BREF)では、廃棄物管理や資源効率に関する参考とすべき優良事例を追加すると

必要資源量の縮小化と資源価値を持続させる、資源循環型経済へ。

もに、鉱山採掘廃棄物に関するガイダンスを発行し、優良事例に倣った管理の促進に取り組むとしている。

さらに、廃棄物や副産物を活用する革新的な生産プロセスを促進することが重要であるとして、廃棄物に関する法令改正提案において、ある産業で発生した廃棄物や副産物が、別の産業での投入物(産業資源)となる「産業共生」のプロセスなどを促進するとしている。

消費における行動計画

消費については、消費者が何を選択するかという「選択行動」が、CEの形成に大きな影響を及ぼすという視点から行動計画が示されている。

消費者の選択行動は、製品情報へのアクセス、価格、規制の枠組みで左右されるが、特に価格が消費者の意思決定に大きな影響を与える要因の一つであることから、価格に製品の環境コストを反映することが、CE構築の手段になることを示唆している。

また、もう一つの重要な手段として公共部門のグリーン調達があげられる。EUの政府調達はGDPの20%にも及ぶことから、まずは政府によるグリーン調達化という消費行動を示すことで、EU全体の消費行動を変えていくことが示されている。

そして、こうした視点のもと、以下の行動計画が示されている。

- ・ エコデザインの取り組みにおける耐久性と修理
- ・ スペアパーツの入手可能性情報や耐久性情報を具体的に検討する
- ・ 廃棄物法制の改正指令案において、再利用活動を促進する新しい規則の提案
- ・ 「環境に配慮した製品である」と宣言(表示)されたものでも、その根拠が十分でなかったり、法的要求事項に合致していないものなど「偽のグリーン宣言」への対処に取り組む
- ・ 消費者の買い替えを促すため、使用期限を限定した商品を販売するなどの「計画的陳腐化」に関連する問題へ対処する
- ・ 欧州委員会(EC)が、政府調達におけるグリーン調達の実例を示し、グリーン公共調達(GPP)の実施を拡大する
- ・ その他、製品のフットプリントやエコラベルによる情報提供、課税などの環境コストを製品価格に反映させる経済的手法によるCEの喚起、製品やインフラ

の共同使用(シェアリング)の実施なども示されている。

廃棄物管理における行動計画

CEPでは、廃棄物管理はCEにおいて中心的な役割を果たすとし、有価物の価値が循環サイクルの中で可能な限り残るように、EUの廃棄物階層に沿った管理の改善、投資を導くための長期的なビジョンと目標の提示が、廃棄物管理における行動計画の主な目的とされている。

ECの「廃棄物に関する指令2008/98 / EC(廃棄物枠組み指令)」(EC, 2008)では、廃棄物階層(waste hierarchy)という廃棄物の管理および処理に関する優先順位が定められた。それによると、①発生抑制(prevention)→②再利用のための準備(preparing for re-use)→③リサイクル(recycling)→④エネルギー回収などの他の回復(other recovery, e.g. energy recovery)→⑤廃棄(disposal)、という流れが廃棄物階層の優先順位とされている。

この順位中、②再利用のための準備とは、廃棄物となった製品や部品を他の前処置なしで再使用できるよう、回収時の確認、洗浄、修理することを意味する。また、③リサイクルは、どんな利用目的であろうと、廃棄物が製品、材料または物質に再処理されるあらゆる回収作業を意味する。但し、それには燃料・エネルギーとしての回収、埋め立てのための材料への再処理は含まれない。燃料・エネルギーとしての回収などは、次の階層である④エネルギー回収などの他の回復、での対処とされている。こうした廃棄物階層を念頭に置いて、廃棄物管理の目的を達成するため、

- EUの廃棄物目標の見直し(廃棄物法制の改正指令案)
 - 加盟国と協力して、廃棄物の焼却、機械的・生物学的処理などの現場における廃棄物管理の改善
 - EU間の地域間格差の解消や地域発展を促すための結束政策投資が廃棄物階層に従いEUの廃棄物規制に貢献するようにする
- などを主要な取り組みとしている。また、廃棄物法制の改正指令案では、
- 2030年までに市町村の廃棄物の65%をリサイクルする
 - 2030年までに包装廃棄物の75%をリサイクルする
 - 2030年までに市町村の廃棄物の埋め立て率を10%まで減らす
- などの具体的な数値目標も示されている。

廃棄物管理と再生資源市場構築・拡大における適正な行動計画を！

再資源化における行動計画

本来、再生された資源(Secondary raw materials)は、鉱山などから採鉱されたばかりのもの(Primary raw materials)と同様に経済活動の中に投入されるべきものである。しかしながら現状、EUでの再生資源の活用率は低い。そのためCEPにおける再資源化計画では、再生資源市場を構築・拡大するため、主に以下の5つの計画方針が示されている。

- 再生資源の質についての基準(特にプラスチックの質の基準)の開発に取り組むとともに、再生資源が有効に市場に循環するよう、廃棄物ではないとする基準を明確にし、EU内での「廃棄物の終了(end of waste)」基準のばらつきを減少させる
- リン鉱石など鉱石由来の肥料への依存を解消するため、有機肥料および廃棄物ベースの肥料の承認を促進する
- EU内の水不足に対処するため、再利用される水の最低限の要件に関する立法案を含めた、水の再利用を促進するための一連の行動をとる
- 再生資源のEU内における国境を越えた活用を促進するため、製品に含まれる有害性が懸念される化学物質の削減とその流通状況を追跡する仕組みの改善を行う
- EUにおける原材料の政策や生産状況、開発動向などの情報を閲覧できる情報データベースシステム(Raw Materials Information System: RMIS)をさらに発展させ、原材料の流れに関するEU全体の研究を支援する

重点個別分野:クリティカルローマテリアルズ(CRMs)

CEPでは、CEの構築にあたり特に対処が必要な分野として、プラスチック、食品廃棄物、クリティカルローマテリアルズ(Critical Raw Materials: CRMs)、建築廃棄物、バイオマスの5分野を重点個別分野としている。このうち、鉱物資源についてはCRMsの分野となる。CRMsとは、ハイテク製品にとって特に重要な物質で、例えば、スマートフォンの軽量化、小型化に欠かせない様々な鉱物などがそれにあたる。CRMsには、気候変動問題への対処のため普及が必要な、ソーラーパネル、風力タービン、電気自動車、エネルギー効率の高い高効率照明などの製造に欠かせない鉱物も含まれており、その需要は2030年まで

に20倍に増えるとしている。

EUでは2011年から3年ごとにCRMsのリスト化を行っており、2011年に作成された最初のリストでは14鉱種のCRMsが指定され、2014年には20鉱種、そして2017年にはレアアース、コバルト、インジウム、タンタルなどを含めた27鉱種の鉱物がCRMsと指定されている(EC, 2018)(表1)。

さらに、CRMsの回収を促進するための優良事例をまとめた報告書を作成するほか、CRMsに関する加盟国による対策を奨励している。具体的には、廃棄自動車に含まれる価値の高い様々な鉱物の漏えいを防ぐため、廃棄物出荷に関するEU規則の中で、所在不明の廃棄自動車も含め、廃車から処理施設に運びこまれるまでの追跡・管理のためのさらなる措置を講じることなどが示されており、自動車部門をはじめ、採鉱部門、埋め立て部門、電気機器部門、蓄電池部門、再エネ部門、防衛産業部門、化学・肥料部門について、措置が必要な主要な部門として施策が計画されている。

これらの動きは、米国における紛争鉱物規制の動きとも関連して、組み立て産業におけるサプライチェーンを通じた資源調達に関わる責任追及を強めている。紛争鉱物は、2010年7月に米国金融規制改革法(通称「ドッド・フランク法」)によるコンゴ民主共和国(DRC)および周辺9か国で採掘される鉱物資源のうち「タンタル、錫、タングステン、金」(3TG)と、その派生物と定義されたものであり、資源調達の資金が人権侵害、環境破壊などを引き起こす武装勢力の資金源となることの防止を目的としている。法の対象となる米国上場企業は、自社製品に使用される紛争鉱物が、これらの地域の武装勢力の資金源となっているかどうかを把握し、年次で開示することを義務付けられた。

オランダの多国籍企業研究センター(Centre for Research on Multinational Corporations)は、2015年に、3TG以外にも武装勢力や反社会的勢力の資金源となっている鉱物資源採掘についてのレポートを発行しており、この中ではペルーやコロンビア、ブラジルなどにおける数十の金属資源を含む鉱物資源について、その調達資金が武装勢力や先住民族との紛争、麻薬カルテルなどの資金として流れていることを指摘している(SOMO, 2015)。また、ハイデルベルク国際紛争研究所は、2018年に365の紛争が発生しており、そのうち173件が「暴力」と規定され、92件は自然

表1 ● Critical Raw Materials (CRMs) に指定された27種類の鉱物

Critical Raw Materials			
Antimony	Fluorspar	LREEs	Phosphorus
Baryte	Gallium	Magnesium	Scandium
Beryllium	Germanium	Natural graphite	Silicon metal
Bismuth	Hafnium	Natural rubber	Tantalum
Borate	Helium	Niobium	Tungsten
Cobalt	HREEs	PGMs	Vanadium
Coking coal	Indium	Phosphate rock	

HREEs = Heavy Rare Earth Elements, LREEs = Light Rare Earth Elements, PGMs = Platinum Group Metals

出典: "EC, Report on Critical Raw Materials in the Circular Economy, 2018"

資源に関わる紛争であることを指摘している(HIUK, 2019)。

CEの標準化を進める欧州

欧州ではCEの構築とともに、CEを国際標準化する動きもはじまった。2018年6月、フランスの標準化組織であるAFNOR(アフノール)より、国際標準化機構(ISO)に、CE関連プロジェクトに関する国際標準規格策定のための技術委員会(Technical Committee: TC)の設置提案が出されている。これは、他の既存のTCでカバーされているものは除き、CE関連プロジェクトの実施に関連する要件、フレームワーク、ガイドダンス、および支援ツールなど、CE分野における標準化を図るもので、提案内容ではCE関連プロジェクトの実施を希望するあらゆる組織に適用されることを目指している。またTC設置提案は、国連の持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals: SDGs)の実施に貢献するものともされているのだ。

こうしたAFNORからの技術委員会設置の提案は認可され、ISOの中にCEの国際標準化を進めるTC323が設置されるに至り、2020年4月現在、62か国のTC参加国と13か国のオブザーバー国が参加している。

EUのCEPは、「コミュニケーション」という拘束力はない政策文書にあたるものだが、1995年に発効した世界貿易機関(WTO)のTBT協定(貿易の技術的障害に関する協定)では、WTO加盟国は原則としてISOや国際電気標準会議(IEC)など国際的な標準化機関が作成する工業製品に関する規格や、認証制度といった規格への適合性の評価手続きなどの国際規格を自国の国家標準においても基礎とすることが義務付けられている。

すなわち、ISOで議論されている様々なCE構築のための標準化内容は、欧州のみならず世界的な国際標準として、従わなければならない拘束力を持ったものになる可能性がある。

日本の循環型社会構築と欧州のCE

欧州がCEの構築とその国際標準化を目指す中(EC, 2018)、日本における循環型社会の構築は、環境基本法の下で2000年に制定された「循環型社会形成推進基本法」(以下、循環基本法)とその実行法によって推進されている。

循環基本法では、循環型社会構築について、なに

図1 ● 日本の資源循環体系の概観

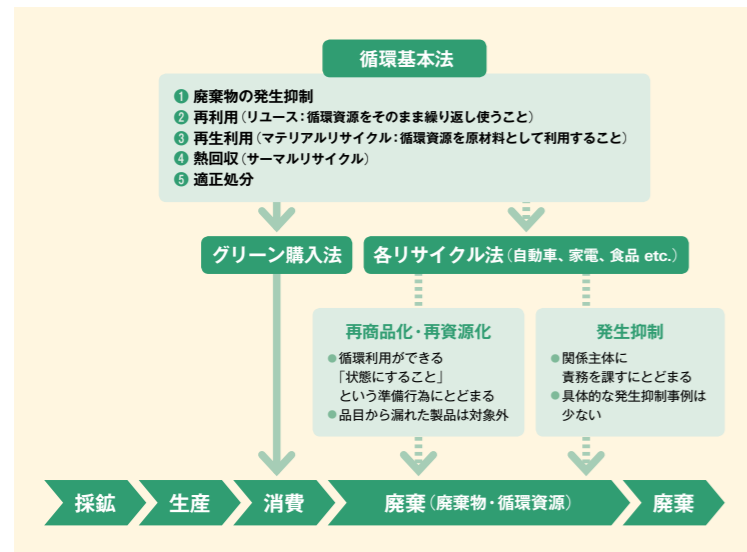
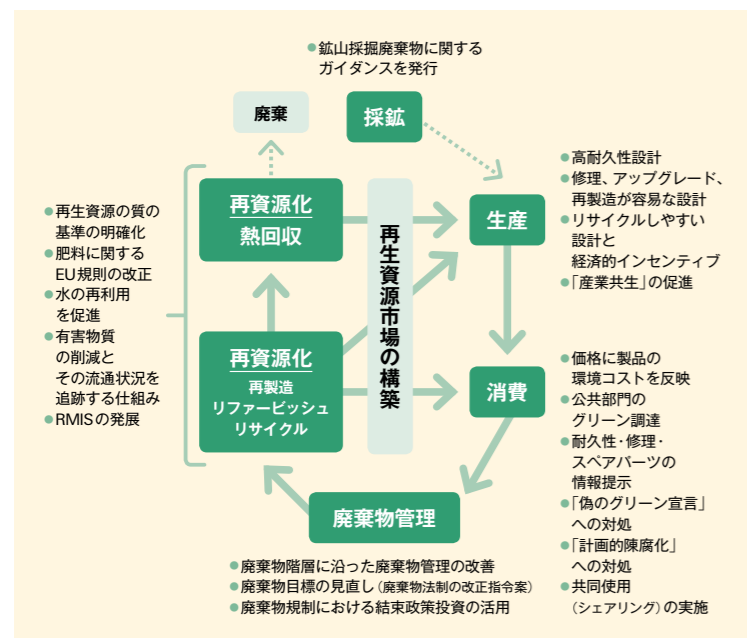


図2 ● 欧州(CEP)の資源循環体系の概観



を優先的に取り組むべきかという優先順位と、誰がその責任を負うかという2つの基本的な考え方が示された。また、施策の対象として、廃棄物(廃棄物処理法における廃棄物、使用済み・収集・廃棄された物品、および副次的に得られた物品を含めたもの)、および循環資源(廃棄物のうち有用なものを)、その対象とすることが示されている。

施策では、まず最も優先されるべきものとして、①廃棄物の発生抑制があげられている。そして、それに続くものとして、②再利用(リユース: 循環資源をそのまま繰り返し使うこと)、③再生利用(マテリアルリサイクル: 循環資源を原材料として利用すること)、④熱回収(サーマルリサイクル)、⑤適正処分、が優先順とされている。また、責任の負担については、これまで市町村が負ってきた廃棄物処理に関わるすべて、または一部を、製品の生産者が負う拡大生産者責任があげられた。

こうした循環基本法の趣旨を具体化するための実施法として、自動車リサイクル法、建設リサイクル法、食品リサイクル法、小型家電リサイクル法、家電リサイクル法、容器包装リサイクル法といった個別のリサイクル法が施行されている。そして、国・地方公共団体や独立行政法人などが、物品や役務の調達にあたり、循環資源の再利用・再生利用により得られた製品や原材料を率先して選択することを目的としたグリーン購入法も施行された。

一見すると日本の循環基本法はCEと似通った資源循環を促すものに見える。しかしながら、循環基本法の趣旨を具体化するために施行された個別のリサイクル法における再商品化、再資源化は、循環利用できる「状態にすること」という準備行為にとどまっている。故に、循環基本法の趣旨である、再利用(リユース: 循環資源をそのまま繰り返し使うこと)、再生利用(マテリアルリサイクル: 循環資源を原材料として利用すること)とは、乖離しているという課題がある。また、個別リサイクル法による再商品化、再資源化は品目別に実施されることから、品目から漏れた製品は対象とされないという課題もある。

さらに、循環基本法における取り組むべき施策の最上位にある廃棄物の発生抑制について、現行法では関係主体に対する責務を課すにとどまっており、具体的な政策により発生抑制を行う事例は少ない状況にある(黒川、奥田、2015)。日本の施策は、欧州のCEのように経済モデルを根本的に変革する趣旨のもの

ではなく、資源の採鉱→生産→消費→廃棄、という従来の線型経済(Linear economy)を基にしたものとなっている(図1)。

一方、CEPによる資源循環は、前述したとおり個別品目を対象にしたものではなく、資源の採鉱までさかのぼった、①生産、②消費、③廃棄物管理、④廃棄物から資源へ(再資源化)、という製品のライフサイクルにおける各段階に具体的な施策を講じるものであり、その対象もすべての廃棄物が資源循環の対象とされ、再生資源が流通する再生資源市場を創出するものとなっている(図2)。さらに、施策の効果の最大化を図るため、特に対処が必要な分野として、前述した5分野を重点個別分野としている。

責任の所在については、日本では「個別の生産者が拡大生産者責任を負う」という生産者主役型の拡大生産者責任であるのに対し、CEでは「リサイクル業者の活動に、すべての分野における生産者が協力・支援する」というリサイクル業主役型の拡大生産者責任となっている(喜多川、2019)。経済成長と雇用の創出がCEを構築する重要な趣旨であることから、リサイクル業を主役とすることはリサイクルの効率化を促すだけでなく、リサイクルやリユースなどの静脈ビジネスの発展にもつながることになる。

欧州では、ヴェオリア社(VEOLIA)やスエズ社(SUEZ)など、メガリサイクラーと呼ばれる大企業により、廃棄物回収から再資源化、そして再生資源販売を含めたビジネスモデルが確立されており、スケールメリットを活かした大規模な展開がなされている。例えば、ヴェオリア社は、中国やシンガポールにまで進出し廃棄物処理ビジネスを行うなど大規模なビジネス展開を行い、2016年の売上は2兆9,714億円(24,390百万ユーロ)にまで達している(経済産業省、環境省、2018)。こうした欧州のメガリサイクラーは、CEの構築により、さらにビジネスの幅を広げ競争力をつけていくことになる。

一方、日本の廃棄物処理・リサイクル産業は、生産者主役型であり、廃棄物回収から選別は各産業の専門事業者が担い、廃棄物処理から販売は廃棄物処理業者が担うという細分化された構造になっている。そのため、企業規模は中小企業が多く、大手であっても年間売上規模は数百億~1000億円程度で、とてもCEに対応して再生資源を生産、供給する体制にはない。

以上のように、循環型社会の構築における日本と

日本での循環型社会構築は、欧州CEとは違った形で進めるべき。

欧州の施策は、趣旨、内容、実効性にわたり、その体系は大きく異なるものとなっている。気候変動問題に端を発する鉱物資源リスクに対しても、日本が従来型の備蓄を主にした施策と個別リサイクル法の範囲で対処するのに対して、欧州ではよりマクロな視点から、再生資源市場の創出で資源制約と経済成長をデカップリングさせるCEによって、新たな循環型経済の構築による対処を目指しているという、大きな違いがあることがわかる。

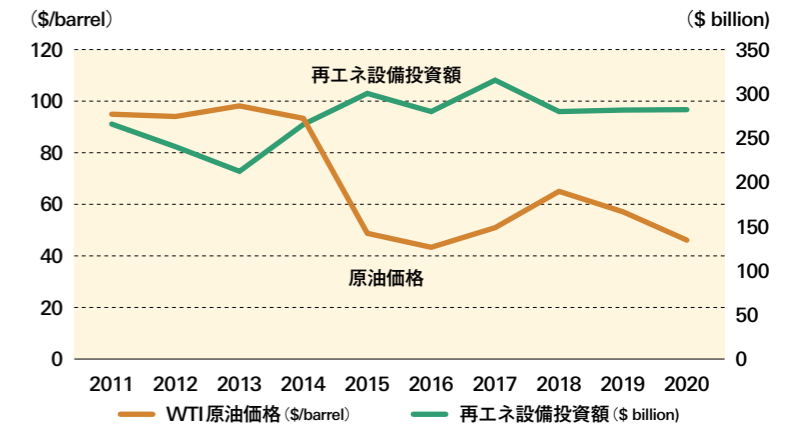
原油安と再エネ普及の動向

鉱物資源リスクの発生が懸念される中、産油国による石油市場のシェア争いからくる原油の増産と、コロナウイルス感染拡大による経済活動の停滞から、2020年3月30日の原油価格(WTI)の終値は、バレル当たり20ドル割れ目前の20.09ドルで終えるという大幅な安値を記録した。原油価格が20ドル前半/バレルの価格となるのは、2002年2月以来のことである。2020年1月から3月までの平均価格をみても45.98ドル/バレルであり、前年平均価格の57.01ドル/バレルと比べても安値となっている。鉱物資源リスクは、エネルギー転換による再エネと省エネ・高効率機器の普及拡大によってもたらされるが、昨今の原油価格の下落は再エネ普及にどのような影響を及ぼすであろうか。

これまでの再エネ設備への投資額の推移をみると、原油価格の動向にかかわらず投資が進んできていることがわかる(図3)。

特に、2014年の原油平均価格93.11ドル/バレルに対し、2015年の平均価格は48.71ドル/バレルと大幅

図3 ● 再生可能エネルギー設備投資額と原油価格の推移



※2020年の原油価格は1~3月の平均 ※2020年の再生可能エネルギー設備投資額は推計
出典: BNEF "Global Renewable capacity investment 2004 to 2019" 及び "World Bank - Commodity Markets" から作成

に下落しているが、この間においても、再エネへの設備投資は増加している傾向にある。これは、再エネの固定価格買い取り制度 (feed-in tariff) を導入している国が2002年は23か国であったのに対し、2014年は103か国に増えていることからわかるように、各国が原油価格の動向にかかわらず、気候変動問題への対策として、政策的にエネルギー転換による再エネ普及を進めてきたことが背景にある(図4)。すなわち、これまで再エネ普及は、原油価格の動向よりも、政策的な意図がドライビングフォースとなっていたといえる。

各国の再エネ普及政策により、ドイツをはじめとして欧州では、発電電力量構成における再エネ比率が40%を超える国も現れるなど再エネの普及が進み、それとともにコストの低下も進んでいる。原油価格は、2011年の平均価格95.05ドル/バレルから2020年1~3月平均価格の45.98ドル/バレルへと約51%下落しているが、太陽光発電施設の総設置費用も、2011年の3,891ドル/kWに対して、2018年は1,210ドル/kWと約69%も安くなっている (IRENA, 2018)。

こうした再エネのコスト低下は、太陽光発電だけではなく風力発電や蓄電池でも進んでいるが、その発電コスト(新設案件・補助金無、均等化発電原価kW/h)も、原子力、石炭、天然ガスを抑えて再エネが最も安い電源となってきた (Lazard, 2018)。

また、石油の用途という点から見ても、原油が20ドル台であった2002年においても、世界の発電電力量構成における石油割合はわずか7.1%(経済産業省、2010)であったことから考えて、発電部門における石油の役割はほぼ終えているといえる。石油の用途として大きいのは、およそ4割を占める運輸・乗用

鉱物資源消費大国である日本は、独自のCE構築を急ぐ必要がある。

車部門となるが、同部門は二酸化炭素排出量が多く、世界がパリ協定による気候変動問題への対策を進めていく以上、石油依存ではなく、EVをはじめとする次世代自動車の普及が必要となる。

以上のように再エネの普及は、気候変動問題に対する世界の政策に大きく影響される状況にある。2018年10月には、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)で、地球温暖化をパリ協定の目標である2°C未満ではなく1.5°Cに抑えることが、持続可能な世界を確保するために必要とされた。そのために、再エネの発電電力量構成比率を、2030年には48~60%とするシナリオを示した特別報告書『1.5°Cの地球温暖化』が公表される。つまり、世界の気候変動対策の政策方針に変更がない限り、再エネ普及は進む方向にあるのだ。

一方で、コロナウイルス感染拡大の状況が長引き、世界経済に深刻な影響が出た場合、気候変動対策の政策方針は世界的に変更される可能性もある。こうした状況に対して、国際エネルギー機関(IEA)は2020年3月14日、コロナウイルス感染拡大による経済活動の低下から、2020年は二酸化炭素排出量が減る可能性があるが、長期的に気候変動リスクに対処するためにはエネルギー転換を進めていく必要があるという趣旨の声明を発表した。また、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)は2020年4月7日に、コロナウイルス感染拡大による経済影響は広範囲に及ぶが、再エネを中心としたエネルギー転換の推進は、雇用の創出と産業の復活に役立つとした声明を発表するなど、気候変動対策についての世界の政策動向は今後も注視する必要がある。

おわりに：日本版サーキュラーエコノミー構築の必要性

エネルギー転換は、化石燃料資源への依存を解消して、気候変動問題への対処策となる一方、再エネ施設やエネルギー高効率機器の製造に必要な鉱物資源の需要を高め、その供給が不安定化する鉱物資源リスクを引き起こす可能性がある。

鉱物資源リスクの事例としては、前述したように2010年のレアアースショックがあるが、近年は、EVの普及増加などから、車載用蓄電池に使用されるコバルトの需給不安定化が懸念されている。その対応として、政府はコバルトの備蓄を計画しているが(経済産業省、2018)、エネルギー転換による鉱物資源リス

クは多鉱種にわたるため、従来型の対処だけでは限界がある。

一方、EUでは、資源制約と経済成長をデカップリングさせるCEの構築によって資源リスクへの対応を目指しており、その内容は、これまでの日本のアプローチとは大きく異なっている。さらに、欧州ではCEを国際標準化する動きもはじまっており、それによっては、欧州が主導するCEを日本も導入しなければならなくなる可能性もある。しかしCEは、単なるリサイクル政策ではない。線型経済から循環型経済へと経済モデルを大きく転換するものであり、欧州による市場の囲い込みの懸念や、資源の採鉱→生産→廃棄物管理→再資源化→生産という各ステップでの規制が厳しくなる可能性があり、その影響は産業・経済全般に及ぶことから、欧州主導のCEの導入は、日本の競争力の低下につながる可能性もある。

日本は、多くの鉱物資源を必要とする鉱物資源消

費大国であり、鉱物資源リスクの影響を受けやすい。鉱物資源リスクを回避するためにも、備蓄などの従来型の対処だけでなく、日本国内で再生資源を循環させる再生資源市場を生み出すCEの構築が必要である。一方、欧州が主導するCEをそのまま導入することは、日本の競争力低下という別のリスクを招く可能性があることから、日本の状況に即した日本版CEを構築する必要があるだろう。

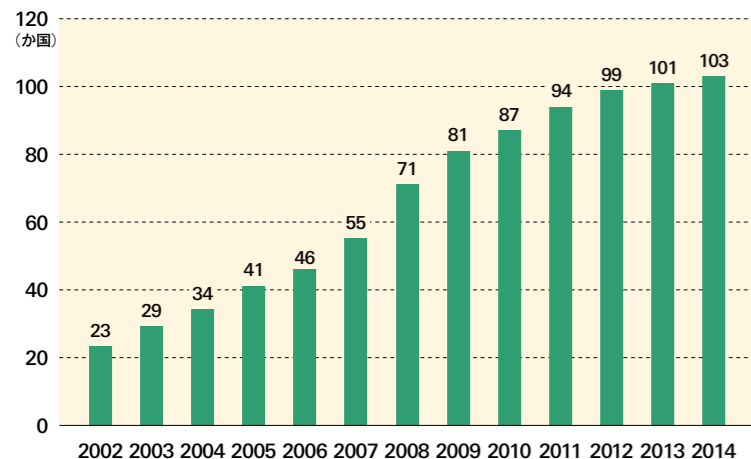
既に、CEの国際標準化を議論するISOの技術委員会(TC323)では、フランスが事務局のポストを獲得しており、議論の舵が握られている状況にあるが、データを基にした具体的な議論は未だ十分なされていない。

今後、欧州主導のCE国際標準化の議論に日本の意向を反映させるためには、状況に即した資源循環のモデル事例を早急に構築し、その実証データを基にした議論を日本が率先して行う必要がある。

参考文献

- 産業環境管理協会 (2018) : リサイクルデータブック2018, 一般社団法人産業環境管理協会, 159
- IEA (2016) : World Energy Outlook 2016, OECD, Paris, FRA, 24, 553
- World Bank Group (2017) : The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future 2017, 入手先 <http://phoventus.com/wp-content/uploads/2018/03/The-Growing-Role-of-Minerals-and-Metals-for-a-Low-Carbon-Future.pdf#> (参照2019-6-20)
- Adamas Intelligence (2018) : Spotlight on Dysprosium 2018, 入手先 <http://1b9dn310cnw45sw730g66pj-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/04/Adamas-Intelligence-Spotlight-on-Dysprosium-April_2018.pdf> (参照2019-6-20)
- IEA (2018) : Global EV Outlook 2018, OECD, Paris, FRA, 9
- SNE Research (2017) : Global Lithium Ion Battery Raw Materials Market Trend and Forecast (~2025), SNE Researchホームページ, 入手先 <http://sneresearch.com/_new/eng/sub/sub1/sub1_01_view.php?mode=show&id=959&sub_cat=2> (参照2019-6-19)
- JOGMEC (2016) : 鉱物資源マテリアルフロー2016 9. コバルト (Co), 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 2, 入手先 <http://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2017/06/09_201701_Co.pdf> (参照2019-6-19)
- 松井健裕, 小柳津頭, 山末英嗣, 松八重一代, 長坂徹也 (2018) : 自動車の技術変化と素材に着目した関与物質総量の分析, 第13回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, (2018), 104-105
- 海洋政策研究財団 (2011) : 海洋白書2011, 7
- 田中彰, 黄孝春, 康上賢淑 (2016) : レアアースショックと総合商社, 産業学会研究年報 第31号 27-39
- 経済産業省 (2018) : 自動車新時代戦略会議 中間整理, 自動車新時代戦略会議, (2018), 22
- EC (2016) : Circular Economy, 入手先 <http://ec.europa.eu/environment/legal/law/6/pdf/01_aile_waste_law_circular_economy_speakers_notes.pdf> (参照2019-6-20)
- EC Webサイト : Circular economy, ECホームページ, 入手先 <https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en> (参照2019-6-20)
- EC (2011) : Roadmap to a Resource Efficient Europe, 入手先 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN> (参照2019-6-17)
- EC (2015) : Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy, 入手先 <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF> (参照2019-6-17)
- EU (2018) : European Commission, Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy 2018, 入手先 <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d1be1b43-e18f-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF> (参照2019-6-20)
- SOMO (2015) : Centre for Research on Multinational Corporations, There is more than 3TG, SOMO paper 2015, 入手先 <https://www.somo.nl/wp-content/uploads/2015/02/There-is-more-than-3TG.pdf> (参照2019-11-10)
- HIIK (2019) : CONFLICT BAROMETER 2018, 入手先 <https://hiik.de/conflict-barometer/current-version/?lang=en> (参照2019-12-02)
- EC (2008) : DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, 入手先 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN> (参照2019-6-17)
- EC (2018) : A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, 入手先 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN (参照2019-10-17)>
- 黒川哲志, 奥田進一編 (2015) : 環境法のフロンティア, 成文堂, 97-114
- 喜多川和典 (2019年) : サーキュラーエコノミー政策の動向~台頭する中国, 政策方針打ち出せぬ日本~, 東京財団政策研究所 講演資料, 15-17
- JOGMEC (2016) : レアメタル備蓄データ集(総論), 石油天然ガス・金属鉱物資源機構希少金属備蓄部, 4
- 経済産業省, 環境省 (2018) : 海外展開戦略(リサイクル)
- 経済産業省 (2010) : 平成21年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2010)
- IRENA (2018) : RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018
- Lazard (2018) : Levelized Cost of Energy Analysis - Version 12.0 (2018)

図4 ● 再生可能エネルギー固定価格買い取り制度 (FIT) を制定する国の累積数



出典: "The German Energy Transition in International Perspective" P7, IASS (March 2016) から作成



東京財団政策研究所
THE TOKYO FOUNDATION FOR POLICY RESEARCH

東京財団政策研究所 Review No.6, 2020

2020年6月発行

【発行元】

公益財団法人東京財団政策研究所

〒106-6234

東京都港区六本木3-2-1

六本木グランドタワー34階

TEL : 03-5797-8403

<https://www.tkfd.or.jp>

info@tkfd.or.jp

編集人：柘植美里

掲載写真の一部は、
Shutterstock.comのライセンス許諾により使用しています