

【報告資料】再資源化産業の原価計算

報告者：木村眞実 長崎大学 経済学部

1. はじめに

本研究では、サーキュラーエコノミー(CE: Circular Economy)を想定し、再資源化産業の「原価計算」を検討・提案することを目的とする。対象とする原価計算は、太陽光発電モジュールの再資源化フローである。

以下では、サーキュラーエコノミー(以下、CEという)が単なる環境配慮活動ではなく経済戦略として進められており、経済システム、財・サービスの考え方が、転換しつつあることを理解する。そして、新しい経済システムであるCEのもとでの再資源化産業の原価計算を検討する。

2. 環境配慮活動から経済戦略へ、そして、ビジネスモデルへ

2-1 CEとは

CEは、1970年代後半から出てきた概念であり、「閉じたループ」という考え方を共有する様々な概念から異なる特徴や貢献を取り入れて発展してきた(Geissdoerfer Martin et al., 2017)。

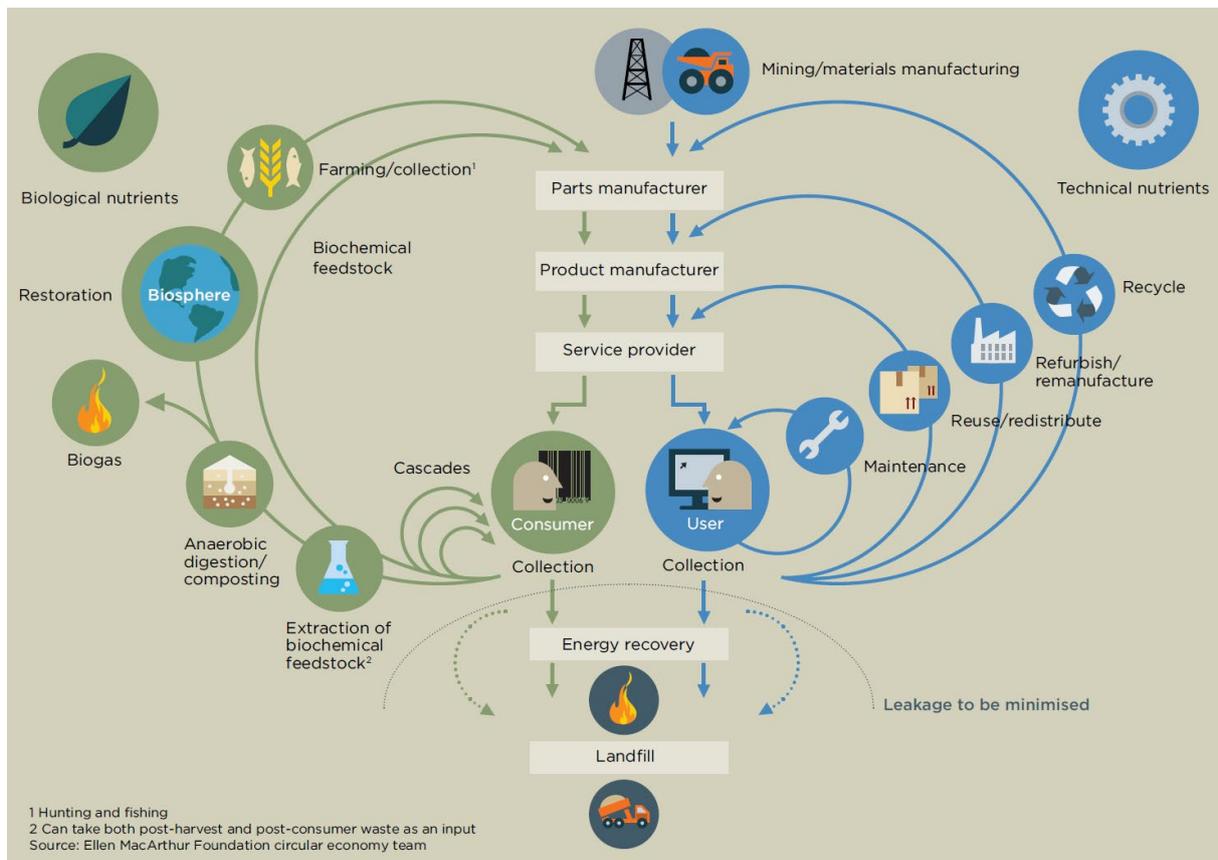
Geissdoerfer Martin et al., (2017)では、最も有名な定義としてエレン・マッカーサー財団(以下、EMFという)ⁱによる「CEとは意図(intention)とデザインによって回復または再生する産業経済」(EMF,2013, 7)を紹介し、CEの概念に関する先行研究を整理して、「CEとは、物質とエネルギーのループを遅らせ、閉じて、狭めることによって、資源の投入と廃棄物、排出、エネルギーの漏れを最小化する再生するシステム」(Geissdoerfer Martin et al., 2017, 7)と定義する。

CEの概念を図で示すのが、EMFによる図1の「バタフライ図」である。CEにおける物質の連続的な流れを示しており、技術的サイクルと生物的サイクルの2つの主要なサイクルからなる。図のなかの各円が全体でどのように機能するかという点について、右側の技術的サイクルでは、再利用、修理、再製造、リサイクルなどのプロセスを通じて、製品や素材が循環する。図の左側の生物学的サイクルでは、生分解性材料から得られる栄養分を地球に還元し、自然を再生させる(EMF, 2013)。

EMF(2013)では、バタフライ図のうち右側の技術的サイクルについて、円のそれぞれが、どのような経済的価値創造の可能性を持つのかを「4つの力」として説明する。まず、「インナーサークルの力」による価値創造である。内側に回り込む円が密であればあるほど、材料、労働力、エネルギー、資本、および、外部費用(温室効果ガス排出量・水・有害物質等に関連する)の節約額が大きくなると考えられる。直線的なサプライチェーンによるプロセスが非効率である場合には、よりタイトな円では、たとえば、高価なバージン材を使用しない代替品の使用効果から利益を得ることが出来る。次に、「より長く周回する力」による価値創造である。これは製品、部品、材料を、より多い回数、より多い時間を使用することによって、新しい物質の流入を代替することになる。そして、「カスケード使用と材料・製品代替の力」である。異なる製品カテゴリーにま

たがる製品, 部品, または材料のカスケード使用には裁定機会 (an arbitrage opportunity) があり, バージン材の流入と, バージン材使用によって発生するコスト (労働, エネルギー, 材料) がカスケード使用によって抑えられる. 最後が「純粋で無害な, あるいは少なくとも分離しやすいインプットと設計の力」である. これは, リサイクルする際に, 製品・部品が分離可能であるか, 識別可能であるか, 有害物質が含まれていないか等によって, リバースリサイクルの費用が削減され, 循環全体に渡る高い品質の維持, 寿命の延び, 材料の生産性向上をもたらすということである (EMF, 2013, 30・31).

図 1 バタフライ図



出所：EMF, 2013, 24 (図 6)。

2-2 経済戦略としての CE へ

当初, CE は, EU (European Union: 欧州連合) における「資源効率 (RE: Resource Efficiency)」を実現する手段の一つであった (粟生木, 2017). EU において, 資源効率戦略が検討されたのは, EU の第 6 期環境行動計画 (2002~2012) の準備が開始された 2000 年ごろである. 天然資源の持続可能な使用が同環境行動計画における 7 つのテーマ別戦略のひとつに選ばれたことを背景として, 2003 年に, まず資源効率の方向性が示された (IGES, 2015, 4). そして, 2005 年には EU 第 6 期環境行動計画の課題別戦略の第 3 テーマとして「天然資源の持続可能な使用に関する戦略 (Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources)」が発表され, 資源効率の具体的な取り組みが示された (IGES, 2015, 4).

当初は「RE」という用語ではなく、「天然資源の持続可能な使用」という表現がされ、環境影響の低減に焦点を絞り、資源使用に伴う環境影響を削減して、経済成長と環境影響のデカップリング(切り離し)を目指すというものであった(粟生木, 2017)。

そして、急速に進むグローバル化と技術革新のなかで EU が取り残されることがないように、また、EU 市民の生活を守り向上させることを目的として、2000 年 3 月に欧州理事会で採択された経済・社会に関する包括的な 10 か年戦略の「リスボン戦略」の後継として、2010 年に、欧州委員会は、2020 年までの新たな成長戦略である「EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth」を採択・公表した(久我, 2008)。

「EUROPE 2020」では、EU が危機から脱出するための鍵となる戦略目標が、雇用確保、研究開発投資、気候変動とエネルギーの持続性確保、教育普及、貧困撲滅等の領域で掲げられた。そして、戦略目標を達成するための旗艦イニシアチブの 1 つに、「資源効率的な欧州」(A resource-efficient Europe – Flagship initiative of the Europe 2020) が示された(ジェトロ, 2010)。

イニシアチブの「資源効率的な欧州」では、「経済成長と資源・エネルギーの使用を切り離し、CO2 排出量を削減し、競争力を強化し、より大きなエネルギー安全保障を推進すること」(European Commission, 2010, 14)とされた。これが経済戦略としての RE (Resource Efficiency) の始まりである。そして、RE 政策を実現するための手段の一つとして、CE が提唱された(粟生木, 2017)。

その後、2015 年 12 月に、欧州委員会は「Commission adopts ambitious new Circular Economy Package」を採択・公表したⁱⁱ。本パッケージでは、CE の具体化を目指して、行動計画、廃棄物法令の改正案、優先分野や経済効果が示された。「エコデザイン指令」や「特定プラスチック製品の環境影響減少に関わる指令」等の具体的な規制を活用しつつ、EU は循環経済の実現に向けて着実に歩みを進めた(経済産業省, 2020, 21)。本パッケージの主要行動計画は以下である(European Commission, 2015, 2)。

- ・ 食品廃棄物の削減に向けた共通の測定手法の開発、賞味期限表示の改善。2030 年までに食品廃棄物を半減させるという SDGs (持続可能な開発目標) に沿ったツールの開発。
- ・ (EU) 単一市場における信頼確保に向けた二次資源の品質基準の開発。
- ・ エコデザイン・ワーキング・プラン 2015–2017 の指令に基づく、製品のエネルギー効率、修理しやすさ、耐久性、リサイクル可能性の促進。
- ・ 肥料に関する指令改正の実施、単一市場での有機栽培による食料や廃棄物を利用した肥料への需要に応え、バイオ・ニュートリエントの利用を支援。
- ・ プラスチックに対する戦略として、リサイクル可能性、生分解性、危険物質の含有に焦点をあて、SDGs の一つとなっている海洋廃棄物の大幅な削減を遂行。
- ・ 廃水再利用の指令を最小限の要件に改正することを含む、水の再利用の促進。

また、本パッケージでは、2030 年までを目標とした廃棄物に関する改正立法案を示した。

- ・ 2030 年までに一般廃棄物の 65% をリサイクルする EU 共通の目標。
- ・ 2030 年までに包装廃棄物の 75% をリサイクルする EU 共通の目標。
- ・ 2030 年までに一般廃棄物の最大 10% まで埋め立てるという拘束力のある埋め立て目標。

- ・分別収集した廃棄物の埋め立て禁止.
- ・埋め立てを抑制するための経済的手段の推進.
- ・EU全域でリサイクル率の定義を簡素化し, 改善し, 計算方法を調和させる.
- ・再利用を促進し, ある産業の副産物を別の産業の原料にする産業共生を活性化するための具体的な方策.
- ・生産者がより環境に優しい製品を市場に投入するための経済的インセンティブと, 回収・リサイクルスキームの支援(例: 包装, バッテリー, 電気・電子機器, 自動車).

その後, 2020年3月に, 欧州委員会は「Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe」を採択・公表した. 本アクションプランでは, 2015年以降に実施されたCEのアクションをベースに, 欧州グリーン・ディールが求める変革を加速させることを目的としている. 本アクションプランでは, 規制の枠組みが合理化され, 持続可能な未来のために適合するようにし, 人々や企業への負担を最小限に抑えながら, 移行による新たな機会を最大化することを保証するものとされる(European Commission, 2020, 5). 本アクションプランで言及されている欧州グリーン・ディールとは, 欧州委員会の優先戦略の一つであり, CEはその一環とされる(IGES, 2022, 33).

本アクションプランでは, 製品の設計と生産に焦点を当て, 資源を可能な限りEUの経済活動の内部に引き留めることを目標に据え, 以下の4つの柱が示された(European Commission, 2020, ジェトロ, 2020b).

- (1) 持続可能な製品をEUの規範とする: 持続可能な製品政策に関する法案を作成し, EU域内に上市される製品を長寿命化, より容易に再利用・修理・リサイクルできるようにし, 可能な限りリサイクル材を使用するようにする. 使い捨てを制限し, 早期の陳腐化への対策を進め, 売れ残った耐久消費財の廃棄を禁止する.
- (2) 消費者の権利強化: 消費者が製品の修理可能性や耐久性などに関する情報にアクセスできるようにし, 環境の持続可能性に配慮した選択をできるようにする. 真の「修理する権利」を享受できるようにする.
- (3) 循環型モデルへの移行の可能性が高い資源集約型産業については, 欧州委は次の具体的な施策を打ち出す.
 - ・電子・情報通信機器: 製品の長寿命化と廃棄物の回収・処理の改善に向けた「循環型電子機器イニシアチブ」
 - ・バッテリーおよび車両: バッテリーの持続可能性向上と循環型モデルへの移行可能性を高めるための新たな規制枠組み
 - ・包装: (過剰)包装の削減を含む, EU市場における新たな必須要件
 - ・プラスチック: 再生材料の含有量に関する必須要件, マイクロプラスチックと生物由来・生分解性プラスチックへの特別な注意
 - ・繊維: 繊維産業の競争力とイノベーションを強化し, EU市場における繊維の再利用を促進するための新たなEU繊維戦略
 - ・建設・建物: 建物分野において循環型モデルの原理を促進する, 建築環境の持続可

能性に関する包括的な戦略

・食品：食品サービス分野における使い捨て包装・食器の再利用可能な製品への置き換えに向けた、再利用に関する法的イニシアチブ

(4) ごみ削減：欧州委はごみの発生抑制と、2次原材料への加工に焦点を当て、ごみ分別とラベリングについてEU共通モデルの策定を検討する。

CEは「資源効率戦略」を実現する手段の一つであったが、気候変動対策と経済成長戦略のなかで、CEなくしては、脱炭素は達成できないと考えられるようになった(デトロイト トーマツ グループ, 2021)。

たとえば、EMF(2020)では、エネルギー効率の追求と再生可能エネルギーに移行することで、世界の温室効果ガス排出量の55%に対処することが出来るが、残りの45%に対処するには、製品や食品の設計・製造・使用方法の変革が必要と指摘する。5つの主要分野(鉄鋼、セメント、アルミニウム、プラスチック、食品)において、CEの原則を採用するだけで、2050年には、温室効果ガスの排出量が93億トンが抑えられ、これは全世界のあらゆる交通手段からの排出量を無くすことに相当すると指摘する。つまり、CEによる経済戦略は温室効果ガスの削減に対して重要な役割を担うとの理解がされる(EMF, 2020, 21)。

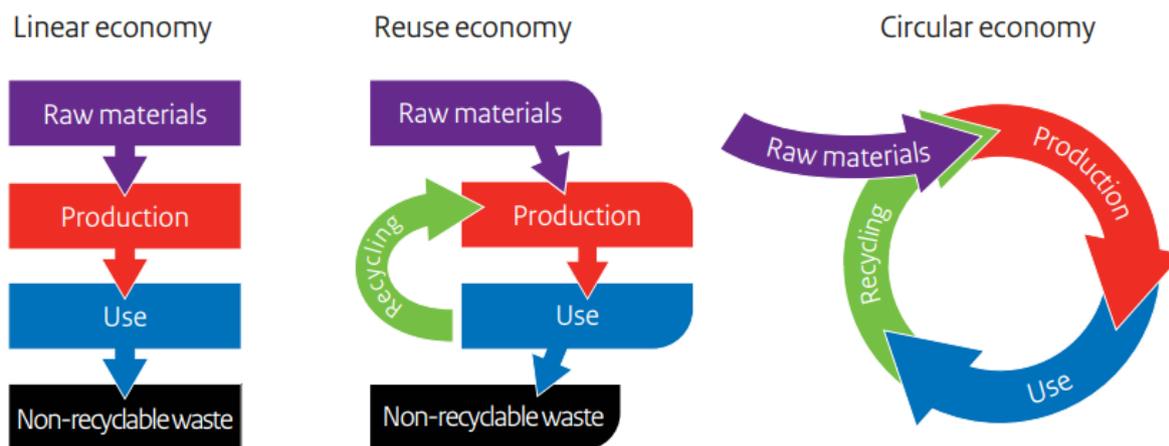
2-3 CEにおけるビジネスモデル

デトロイト トーマツ グループでは、「サーキュラーエコノミーとは、資源枯渇に対応する最新の概念であり、気候変動社会に行く抜く必須のビジネスモデル」(2022年8月自動車技術会リサイクル技術部門委員会委員会基調講演資料)とされる。

CEにおける「ビジネスモデル」とはどのようなものであろうか。EMFでは、CE型のビジネス事例を示す。事例は、街、デザイン、ファッション、食品、政府と政策、プラスチック、サービスベースの循環型経済ビジネスモデル、金融と多岐にわたる。たとえば、アグリサイクル社では、地域コミュニティの強化に取り組むことで、廃棄されるはずだった食品のアップサイクルが可能となり、74,500kg以上の食品を廃棄からリサイクルフローに流すことが出来たとされる(Agricycle, <https://agricycleglobal.com/>, 2022年9月1日参照)。

CEでは、従来のリニアエコノミーやリサイクルエコノミーとは、資源の循環が異なる。それを示すのが図2であるⁱⁱⁱ。CEでは廃棄物の発生を想定していない。廃棄物の再利用、再生使用、水平リサイクル、カスケードリサイクルが想定される。

図2 リニアエコノミーからサーキュラーエコノミーへ



出所：Government of the Netherlands,2016,15.

廃棄物が発生しない経済ということは、自社の生産工程からの廃棄物や、消費者の使用を終えた後の使用済み品を循環させる仕組みが求められる。つまり、「資源循環に向けたサプライチェーン」の構築が求められる。では、そのようなサプライチェーンにおける個社の経営活動を、従来型の会計学・原価計算ではどのように写すのであろうか。

3. 再資源化産業への理解

3-1 産業の枠組みと再資源化業者への理解

本研究では、産業を動脈産業（メーカー）と静脈作業（リサイクラー）からなると考える（木村2015）。静脈産業はリユース・リサイクルによって、資源の有効利用を担う。仮に、使用済み品から資源を回収しない場合には、使用済み品は、そのまま（あるいは焼却等である程度の減容化があり）最終処分場で埋め立て処分される。しかし、使用済み品をリユースやマテリアルリサイクルすることによって、最終処分場への埋め立て量を減らすことが出来る。つまり、静脈産業は、資源の有効利用と、最終処分場による環境への負荷を低減させる役割を担っていると言える。

前掲の図2で見たように、CEでは「リサイクル」が欠かせない。しかし、使用済み品のリサイクルを担う再資源化業者の実務は理解されているとは言い難い。先述のように、CEは経済戦略として進展しており、CEの鍵となる再資源化業者の企業活動を、会計学・原価計算ではどのように写すのであろうか。まずは、使用済み品と再資源化産業を理解したい。

一般に、再資源化産業では、「リユース」とは、使用済み品の性能を評価（能力、外装等）し、加修して、中古品として販売することをいう。「マテリアルリサイクル」とは、使用済み品を解体して、有価物質と廃棄物とに分別し、有価物質についてはリサイクル原料として販売を、廃棄物については最終処分場等で処分することをいう。

使用済み品の再資源化フローは、基本的に、どの製品でも同じである。たとえば、太陽光発電モジュールについて、使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会（2015）では、排出からリユースとマテリアルリサイクルまでの範囲を説明する。太陽

光発電モジュールの再資源化フローにおける主体は、「排出者」、「一次集積所」、「中間処理施設」、「ガラスリサイクル施設」、および「金属精錬施設」である。なお、最終的に発生した処理残渣は最終処分場で埋立処理される。

太陽光発電モジュールの再資源化フローで想定される費用は、撤去費用、一次集積所での管理費用、中間処理施設での減容化に係る費用、ガラスリサイクル施設と金属精錬施設での再資源化に係る費用、および最終処分費用である。フローにおける各主体は、排出者の近隣(同一市内・区内)には所在せず、広域に点在することが多い。よって主体間の物流費用が発生する。このうち、「中間処理施設」が、いわゆる解体業者に該当する。

では、解体業者では、使用済み品の再資源化に係る原価をどのように計算しているのか、である。

使用済み品(廃車)の再資源化を行うA社の担当者(本社企画部課長X氏、営業部企画管理課主任Y氏)へ、2022年8月29日18:00-19:00に半構造化インタビューを行った。X氏によると廃車に係る原価は次のように計算される。

$$\text{原価} = \text{①車両仕入価格} + \text{②リサイクル料金} + \text{③ダスト処理費用} + \text{④労務費}$$

①はA社が仕入れ先へ支払う(または受取る)金額、②は自動車リサイクル法によってA社がメーカーから受け取るリサイクル料金の金額、③はリサイクル料金では不足するシュレッダー処理費用をA社が負担している金額、④は解体作業に係るA社工員の賃金、である。また、廃車からの収益は、リユースによる中古部品の売上高と、マテリアルリサイクルによる鉄・非鉄の売上高である。

3-2 CEにおける再資源化業者とは

売上高と原価の計算から、解体業者では、一定の利益があり、企業活動は動脈産業(メーカー)のように安定的に見える。しかし、実務をみると、経営は極めて不安定である。スクラップ市況の暴落、廃車発生台数の減少による車両仕入価格の高騰、さらに、処分場の逼迫による最終処分費用の負担増は、常に、経営上のリスクとされる(日本自動車リサイクル機構, 2022)。

A社では、「原価 = ①車両仕入価格 + ②リサイクル料金 + ③ダスト処理費用 + ④労務費」であり、自動車リサイクル法のもとの「②リサイクル料金」と、リサイクル料金では不足する処理費用の「③ダスト処理費用」を含めて原価を把握する。つまり、リサイクル法では自動車のリサイクルに係る費用は社会(メーカー、使用者)が負担するものであるが、実際には「リサイクル料金 < ③ダスト処理費用」であり、社会的コストをA社が負担していると考えられる。

A社では「リサイクル料金」と「ダスト処理費用」からなる社会的コストを負担している。先述のように、CEを想定した場合、再資源化業者の企業活動を、会計学・原価計算ではどのように写すのだろうか。たとえば、太陽光発電モジュールに係る原価計算を検討する際にも「社会的コスト」を含めた原価計算が考えられる。

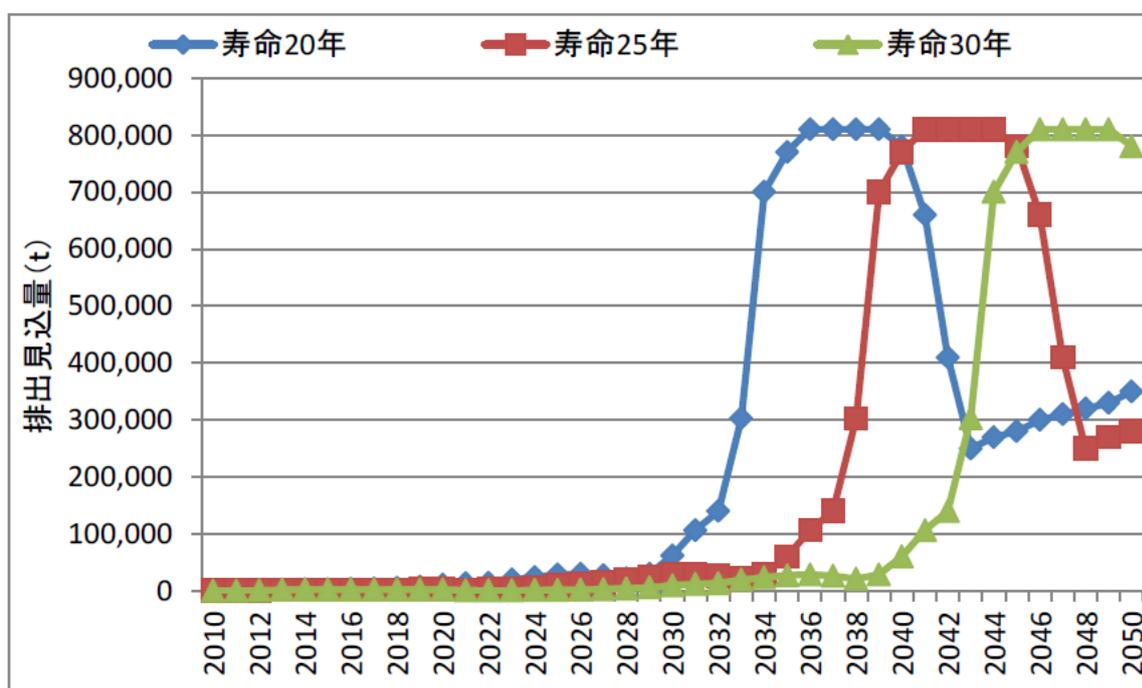
3-3 太陽光発電モジュールの再資源化の現状

太陽光発電の基本的なシステムは、太陽電池モジュール・アレイ、接続箱、集電箱、パワーコ

ンディショナー等で構成される。このうち、太陽電池モジュールについては、研究開発段階のものを含めて多くの種類があるが、実用化されているものとしては「シリコン系(結晶系、薄膜系)」と「化合物系(CIS系、CdTe系)」に大別することができる(環境省, 2016, 4-6)。

環境省(2016)では、過去の太陽光発電モジュールの導入実績(全国計)を用途別(住宅用・非住宅用)に集計し、将来の排出見込量を、寿命到来による排出(20・25・30年)と、修理を含む交換に伴う排出(毎年の国内出荷量の0.3%)とみなし、過去の導入実績データと導入量の将来予測データを併せて、太陽光発電モジュールの排出見込量の推計を行った。図3に示すように、全国計(寿命25年)の排出見込量では、2020年は約3,000トン、2030年は約30,000トンであり、寿命によって排出時期が大きく異なるものの、2030年以後には、約800,000トンとなり排出量の急増が見込まれている。

図3 太陽光発電モジュール排出見込量



出所：環境省(2016), 12.

近い将来に排出量の急増が見込まれることから、適正な廃棄処理が可能なのかが気になるところである。

資源エネルギー庁によれば、太陽光発電モジュールの廃棄処理の責任は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律等によって、太陽光発電事業者等にある。しかし、太陽光発電事業は、参入障壁が低く、様々な事業者が事業に参入している。また、事業主体の変更が行われやすい状況にある。そのため、有害物質(鉛、セレン等)を含む太陽光発電モジュール等が、発電事業の終了後に、放置・不法投棄される懸念がある(資源エネルギー庁, 2021)。

そこで、2011年8月に成立した電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(FIT法)では、固定価格買い取り期間終了後に備えて、太陽光発電事業者へ、廃棄費用積

立の努力義務を規定した。しかし、実際に積立を行っている事業者は全体の1~2割程度(2019年3月)とされる(資源エネルギー庁, 2021)。

再資源化の実務を見てみると、自動車や家電のようなリサイクルフローが確立されていない。発生量が少ないという点、売れる部品・材料が少ないことによる。太陽電池モジュールを構成する素材を「多結晶シリコンモジュール」で見えてみると、モジュールの初期重量で、ガラスが210kg(36%), EVA(熱可塑性樹脂)等が59kg(10%), アルミ53kg(9%), 結晶シリコンが11kg(2%)である(使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会, 2015)。廃車と比べて売れる資源量が少なく、経済原理が効きにくい。

「太陽光発電モジュールは、廃車と比べて、売れる資源量が少ないため、再資源化が進んでいない・進まない」ということで良いのだろうか。繰り返すが、サーキュラーエコノミーでは、廃棄物が発生しないため、消費者の使用を終えた後の使用済み品を循環させる仕組みが求められる。つまり、「資源循環に向けたサプライチェーン」の構築が求められる。では、そのようなサプライチェーンにおける個社の経営活動を、従来型の会計学・原価計算ではどのように写すのであろうか。たとえば、太陽光発電モジュールに係る原価計算を検討する際に、「社会的コスト」を含めた原価計算が考えられるのではないか。

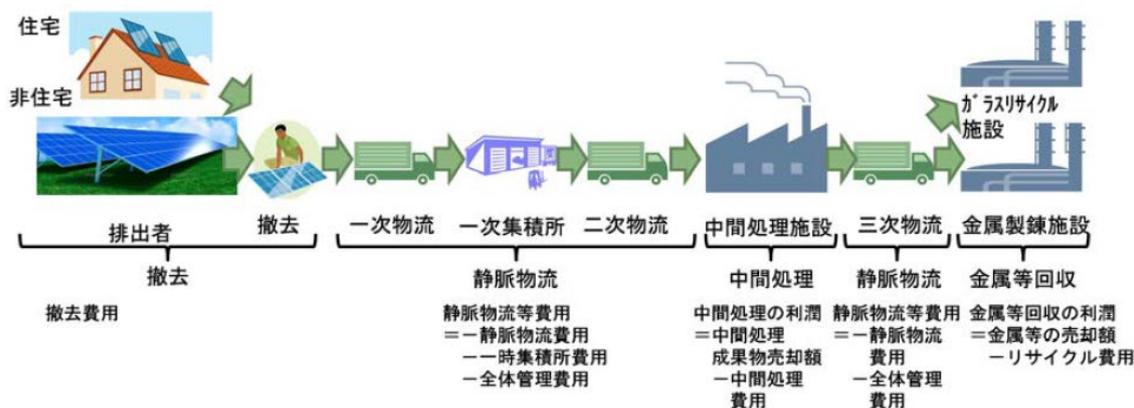
3-4 費用対効果分析からのヒント

使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会(2015)(以下、検討会という)では、「費用対効果分析結果は次表の通り、関係者の利潤について段階別の採算性評価を行うとともに、最終処分場の延命効果を整理」(同上, 34)している。

「費用対効果」という用語を用いて、各主体での便益と費用を集計し、太陽光発電モジュールが再資源化されることによって最終的な廃棄物が削減され、その結果、最終処分場への埋め立て量が削減すると想定し、最終処分場の延命効果を示す。

図4は検討会による「費用対効果分析」の「関係者の利潤の算定範囲」である。5つのケースを想定して太陽光発電モジュールに係る費用対効果を分析している(表1参照)。

図4 検討会による「費用対効果」の算定範囲



出所: 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会, 2015, 34.

以下の表1のうち、減容化施設、金属精錬、最終処分場は、一般に排出主体・場所の近隣(同一市内・区内)には所在せず、広域に点在するため、一次集積場所までの一次物流、一次集積所から中間処理施設までの二次物流(減容化施設等)、そして、中間処理施設から金属精錬、および廃棄物については最終処分場までの三次物流が発生する。

表1 検討会による「費用対効果分析」の結果

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収⇒中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	103	1,032	675	3,373	6,747
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	103	1,032	529	2,646	5,292
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	3,532	35,320	4,000	19,580	39,055
	撤去	3,225	32,250	3,225	16,125	32,250
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	140	1,400	309	1,545	3,090
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
B-C		-3,429	-34,288	-3,325	-16,207	-32,308
	撤去	-3,225	-32,250	-3,225	-16,125	-32,250
	一次物流～保管	-100	-1,000	-100	-500	-1,000
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670
	中間処理	-37	-368	220	1,101	2,201
	三次物流	-	-	-56	-280	-560
	金属等回収	-	-	8	38	76
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105
B/C		0.029	0.029	0.169	0.172	0.173
	撤去	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.74	0.74	1.71	1.71	1.71
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
最終処分場の延命効果(m3)		1,896	18,959	12,250	61,252	122,504

出所：使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会，2015，35。

検討会(2015)は、将来、大量に発生するであろう使用済み太陽光発電モジュールの適正な処理方法・体制を検討し、社会システムを構築することを目的とする(検討会，2015，2)ものであるが、検討会での社会的なコスト(この場合はプラスの意味のコスト)を含めた「費用対効果分析」は、CEにおける再資源化産業の原価計算の考え方として適しているのではないだろうか。

4. おわりに

サーキュラーエコノミー(以下, CE という)が経済戦略として進められており, 経済システム, 財・サービスの考え方が, 転換しつつある. そのようななかで, 太陽光発電モジュールは, 廃車と比べて, 売れる資源量が少ないため, 再資源化が進んでいない・進まない. そこで, 本研究では, サプライチェーンの視点で「便益」を集計し, 再資源化による社会的コスト(負担と効果がある)を, 「最終処分場への延命効果」で示す方法が, サーキュラーエコノミーにおける「原価計算」として提案する.

今後の研究課題は, 資源サプライチェーンの視点で, 使用済み製品に関連する「社会的コスト」の範囲とその計算方法を検討することがあげられる. 企業と協同して研究を進めていく.

謝辞: 本稿は共同研究者の齋藤優子先生(東北大学大学院)・浅妻裕先生(北海学園大学)との議論を一部ベースにしている.

参考文献

- European Commission, 2010, *EUROPE 2020: A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth*.
- European Commission, 2015, *Commission adopts ambitious new Circular Economy Package*.
- European Commission, 2019. *Communication on The European Green Deal*.
- European Commission, 2020. *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*.
- EMF(Ellen MacArthur Foundation), 2013, *TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY*.
- EMF(Ellen MacArthur Foundation), 2016, *CIRCULARITY IN THE BUILT ENVIRONMENT: CASE STUDIES A COMPILATION OF CASE STUDIES FROM THE CE100*.
- EMF(Ellen MacArthur Foundation), 2019, *COMPLETING THE PICTURE: HOW THE CIRCULAR ECONOMY TACKLES CLIMATE CHANGE*.
- Government of the Netherlands, 2016, *A Circular Economy in the Netherlands by 2050*.
- Geissdoerfer Martin, Paulo Savaget, Nancy M.P. Bocken, and Erik Jan Hultink, 2017, The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm?, *Journal of Cleaner Production*, 143: 757–768. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- IGES, 2015, 新たな循環型社会に向けて—EU 等における資源効率政策の動きから, *POLICY BRIEF*, October 2015 (32): 1-8.
- IGES, 2022, 新循環経済行動計画-よりクリーンかつ競争力の高い欧州へ概説. DOI 10.57405/iges-10573
- UNEP(UN Environment Programme), 2017, *Resource Efficiency: Potential and Economic Implications(A report of the International Resource Panel. Ekins, P., Hughes, N., et al.)*.
- 粟生木千佳, 2017, EU の CE (Circular Economy) 政策 その 7~循環経済政策 (CE) に至る経

緯~, DOWA エコジャーナル (<http://www.dowa-ecoj.jp/sonomichi/ce/07.html>), (参照:2022年9月1日).

環境省, 2016, 太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン.

環境省, 2022, 令和3年版 環境・循環型社会・生物多様性白書.

木村眞実, 2015, 静脈産業とマテリアルフローコスト会計, 白桃書房.

黒岩健一郎・水越康介, 2018, マーケティングをつかむ〔新版〕, 有斐閣.

久我健二郎, 2008, 成長と雇用のためのリスボン戦略(EU) - 3年間の成果と今後の取り組み -, NEDO 海外レポート, 1018:24-40.

経済産業省, 2020, 循環経済ビジョン.

資源エネルギー庁, 2021, 太陽光発電設備の廃棄等費用積立制度について, (https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/fip_2020/fip_document03.pdf), (参照:2022年9月24日).

島村智子, 2018, 【EU】廃棄物関連指令の改正, 外国の立法 227-1:1-3.

ジェトロ, 2010, 欧州 22002200 ((EEUU の 22002200 年までの戦略)) の概要.

ジェトロ, 2020a, 欧州グリーン・ディールの概要と循環型プラスチック戦略にかかわる EU および加盟国のルール形成と企業の取り組み動向.

ジェトロ, 2020b, ビジネス短信: 欧州委、新たな循環型経済行動計画を発表 (<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/03/5ba822c725506e14.html>), (参照:2022年9月23日).

ジェトロ, 2021, 新型コロナ危機からの復興・成長戦略としての「欧州グリーン・ディール」の最新動向.

自動車リサイクル促進センター, ホームページ (<https://www.jarc.or.jp/automobile/effort/>), (参照:2022年8月31日)

使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会, 2015, 太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書.

デトロイトトーマツグループ, 2021, グリーン・トランスフォーメーション戦略, 日経 BP.

内閣官房・経済産業省・内閣府・金融庁・総務省・外務省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・環境省, 2021, 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略.

日刊自動車新聞, 2019, 中国の廃棄物輸入規制/保管基準違反が増加/環境省が影響調査(2019年5月23日)

日本自動車リサイクル機構. 2022, 第8回業界景況調査の結果について. ニュースレター161:3・4.

吉田綾, 2019, 中国の廃プラスチック輸入規制と国内のリサイクルへの影響, 環境経済・政策研究 12(2):50-53.

ⁱ エレン・マッカーサー財団は, CE への移行を加速させるために 2010 年に設立された. 財団では, 4つの分野(考察・分析, ビジネス・政府, 教育・トレーニング, コミュニケーション)に

焦点を置き、グローバルパートナー (Cisco, Google, H&M, Intesa Sanpaolo, Kingfisher, Philips, Renault, Unilever) と CE100 という企業、大学、イノベーター、政府、都市、提携団体とでネットワークを構築し、CE ビジネスのイニチアチブの開発と、CE ビジネスの能力構築を行う。EMF(2016)参照。なお、CE に類似した持続可能性の用語については、CE と持続可能性とのあいまいさが指摘される。両概念の類似点と相違点について、Geissdoerfer Martin et al.(2017)が先行研究から整理している。

ii European Commission(2015) Commission adopts ambitious new Circular Economy Package : https://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_en.htm

本パッケージでの改正対象の廃棄物法令とは、①廃棄物枠組み指令 (Directive 2008/98/EC)、②廃棄物埋立指令 (Directive 1999/31/EC)、③包装廃棄物指令 (Directive 94/62/EC)、④廃自動車指令 (Directive 2000/53/EC)、電池・蓄電池廃棄物指令 (Directive 2006/66/EC) 及び電気電子機器廃棄物指令 (Directive 2012/19/EU) である (島村2018)。

iii Government of the Netherlands(2016, 15)では次のような説明がされる。なお、本文中に掲載の図2 (出所: Government of the Netherlands, 2016, 15) は日本国内の CE に関する勉強会で使われてきた有名 (と言えるであろう) な図である。

- 直線的な経済では、原材料は地球から採取され 地球から採取され、使用され 廃棄する「テイク・メイク・ウェイスト」です。この経済がもたらすのは、せいぜい 経済成長と自然界の利用を相対的に切り離し 経済成長を天然資源の使用から切り離すことです。この経済では、せいぜい経済成長と天然資源の使用を相対的に切り離す程度である。
- 再利用経済では、多くの非リサイクル材料が使用されます。再利用経済では、多くの非リサイクル材料が再利用されます。再利用経済では、多くの非リサイクル材料が再び使用される (カスケード、修理/保守、再利用、再製造、リサイクル)。この再利用経済がもたらすのは、せいぜい この再利用経済は、部分的には経済成長を 経済成長を天然資源の使用や排出から この再利用経済は、せいぜい経済成長と天然資源の使用および排出との絶対的な切り離しにつながる程度である。天然資源に対する需要と 経済が成長すればするほど、天然資源の需要と排出量は 経済が成長するにつれて、天然資源の需要と排出量は減少します。
- 理想的な姿は、循環型経済です。理想的な姿は、原材料が枯渇することのない 理想的な姿は、原材料が枯渇することのない循環型経済です。この経済では このような経済は、経済成長との間に正の連関があるように 経済成長と天然資源の成長の間に 経済成長と天然資源の成長が正の連鎖で結ばれるような経済構造 (負の排出量/正のフットプリント フットプリント)である。循環型経済では、バリューチェーンは異なる組織となります。バリューチェーンは異なる形で構成されます。