

モノづくりとゼロエミッションのサーキュラーエコノミーとしての 広域マルチバリュー循環

○原田幸明（サステナビリティ技術設計機構, halada@mcn.ne.jp）

Global Multi-value Circulation as an enhanced Circular Economy with Monozukuri and zero-emission

○HALADA, Kohmei (Sustainable Design Institute, halada@susdi.org)

1. はじめに

この9月 ISO で CE(サーキュラーエコノミー)の標準化に向けた提案が可決された。これから CE への動きはこれまでも増して急速に加速するものと思われる。本稿では、まずその CE のそもそもの狙いと、現在の進展の特長をまとめ、そこから懸念される二つの要素を抽出する。それはひとつに技術的に実現が裏打ちされた practical な solution に結びつけるのかということであり、もう一つは循環の達成としてのゼロエミッションの視点である。これらを踏まえ、CE をより本来の資源効率(RE: resource Efficiency)改善に結びつけるものとしての、日本からの広域マルチバリュー循環の動きについて述べる。

2. 資源効率とサーキュラーエコノミー

CE はそもそも資源効率(RE)の改善ツールとして準備されたものである。欧州は 1990 年代から資源効率の改善を意識してきた。地球温暖化の取り組みも資源効率改善の重要な領域として語られることが多い。初期に見本として引用されていたのは日本である。GDP を資源投入量で割ったものを欧州は国の資源効率とよび日本は国の資源生産性と呼んだが、1990 年代は日本は欧州の先進国より優れていたが図 1 に示すように、欧州の伸長は著しく平均でも日本並みの資源効率の改善がすすみ、先進部分は日本に水をあけるに至っている。

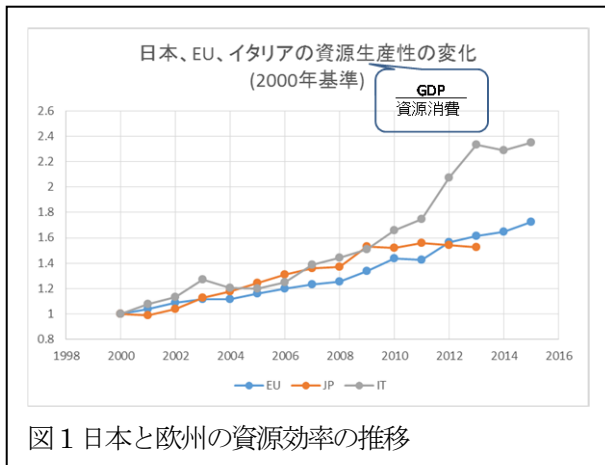


図 1 日本と欧州の資源効率の推移

このような中でさらに資源効率を改善させるものとして出されたのが図 2 に示す CE である。

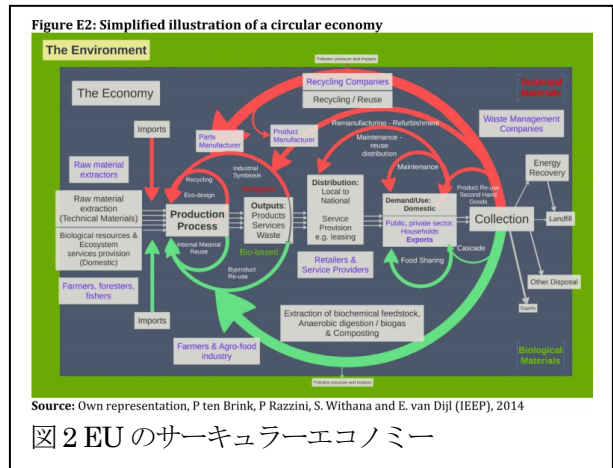


図 2 EU のサーキュラーエコノミー

これは一見昔からの循環型社会を表しているかのように見えるが、「循環」が外回りの大きなループなら、この CE は毛細血管のように多様なループを張り巡らすことに焦点を当てており、それにより眠った資源を効果的に使い、資源効率の改善を図ろうとしている。

3. CE と De-coupling

この CE が従来の循環型と大きく異なるところは de-coupling という方向性が盛り込まれているところである。De-coupling とは、それまで随伴して起きていたものが分離した傾向を示すことを言う。この分野での de-coupling は経済成長と環境負荷の de-coupling である。経済の成長は環境負荷の増大を伴ってきたが、経済が成長しても環境負荷が増大しないようにしようということである。とはいえ、これも以前から環境と経済のジレンマとか両立などと言われた視点とあまり変わらないように見える。しかし、CE の de-coupling はより深い意味を持っている。

これまでは経済の成長に伴う環境負荷の増大を抑えるために、法規制や環境保全への財政誘導など外部のモチベーションを与える施策がとられてきた。いうならば社会が担え経済外負担を社会的・制度的枠組で強制的に

de-coupling を図ろうとしていたといえる。それに対して CE の施策は、資源効率の向上という環境負荷削減が積極的に経済活動と結びつけることに主眼を置いている。その先進例となったものはヴェオリアの環境分野への進出の成功であり、考えようによってはかつての日本でのダイオキシン問題にかかわる大型炉技術を持った会社の進出にその先行例を見出すことができるかもしれない。これは環境負荷削減を経済活動でもチャンスとしていく発想であり、むしろ環境と経済のカップリングと理解したほうがわかりやすいと思われる。今後ヨーロッパなどの動きを見ると、その理念にのみとられるのではなく、それを経済活動化していくメリットをどこに見出しているかを注意してみていく必要がある。

循環型社会(3R)とCircular Economy(CE)の違い

	3R	CE
目的	最終処分の減量 (アウトプット)	資源効率の改善 (インプット)
利得	社会の経済外負担の軽減	多資源消費大規模製造とは異なる新規の投資対象の形成
主な手段	再資源化	使用済み製品の高度多様再利用
使用済製品	再資源化の対象	使うべき対象
主な主体	リサイクラー、製造業の環境担当	使用サービス提供者、中小の製品化業

図3 我が国の循環型社会と CE の比較

それらを踏まえて、日本でいう循環型社会を一応 3R と呼んで、その 3R と CE を比較した表が図3である。日本の循環型社会は廃棄物の減量という具体的な課題の達成のために製造者・リサイクラー・消費者がそれぞれの立場での役割を分担し合い問題を解決しようとする問題解決型の取り組みである。それに対し CE は資源効率の改善を旗として掲げるものの、問題解決よりもそれに向かう努力をビジネスチャンスとして生かしていき、新たな経済活性を生み出すことにある。そのために再資源化で廃棄物の減量につながればよいのではなく、使用済みもしくは使用可能製品をどのように動かし、どのようにビジネス化するかということが中心となるのである。

4. CE の二つの変革点

筆者は EU のメンバーでもなく、その推進をサポートしている者でもない、あくまで外部からの目であるが、その外部からの目で CE を見ていると、CE の動きには二つの大きな変革点ともいえる特徴があるように思える。

4.1 retained value(残存価値)

CE 関連の文章には retained value(残存価値)という表

現が見られる。この retained value が CE の推進力となる。例えば使用済みの自動車は、鉄などの資源としての価値を有するだけでなく、性能は劣化したものの自動車としての価値、運搬機械としての価値を有し、その機能が失われても、構成するメカニズムはエンジンならエンジンとしての価値を有している。さらにそれだだめ

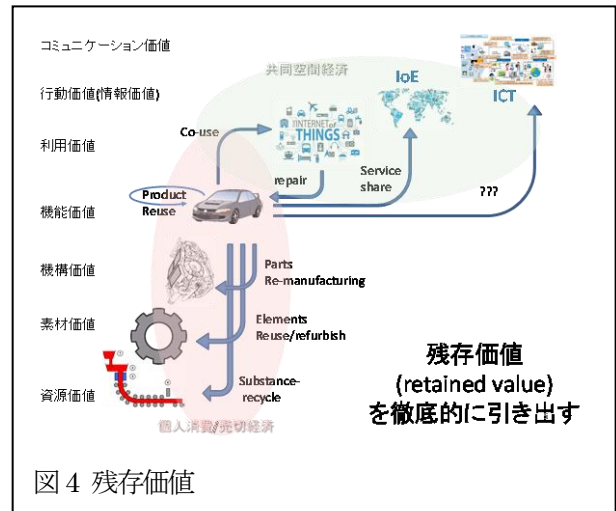


図4 残存価値

になっても部品として再使用できる価値がある。このように使用済み製品には多様で多階層の座損価値があり、それを引き出すことが経済行為につながるのである。いうならば、携帯電話をリサイクルすることは資源価値を利用するに過ぎないが、まずき SIM カードを入れ替えて使い、壊れたら時計やカメラとしての残された価値を活かしてもいいし、液晶を取り出して修理用に活用しても良い。そのような流れを作るのが retained value を活かす

	機能	プロセス	品質管理	その他
リマニュファクチュアリング	当初製品と同等	分解再構築	当初製品と同等の保証	
リファービッシュ (リビルド)	当初製品に準じる	劣化部品を交換し、再組立	独自設定	自動車関係ではリビルドが使われる
リペア	劣化部分の回復	劣化部分の交換、修復	回復度点検	リファービッシュ用部品も含む
ダイレクト・リユース	機能は問わず	分解せず、洗浄程度	点検程度	
リサイクル	機能喪失	成分のみ抽出	原料としての品質	

図5 残存価値を活かす RRRDR

ことになる。

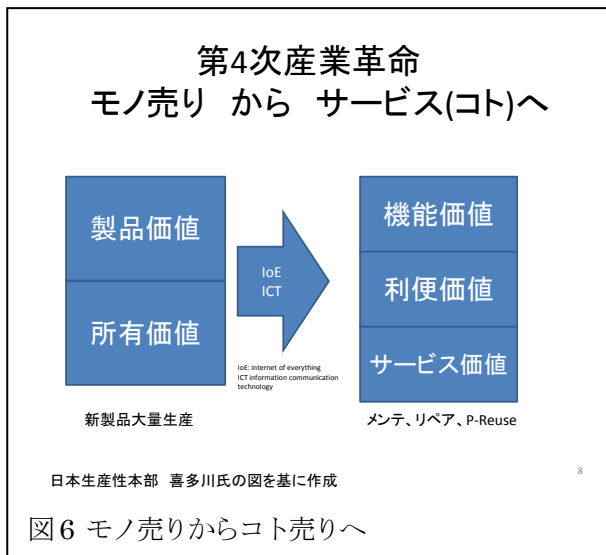
図5に記したのはそのような残存価値を活かす取り組みである。これらは RRRDR(repair, refurbish, remanufacturing and direct reuse)と呼ばれている。残存価値のレベルから見ると、一番価値が高いのはす remanufacturing ですべてを点検し劣化部分をお嫌い生産

当初と同じ性能を保証して価値を維持するものである。**Repair** は主機能の低下や著しく劣化した部分に対して修復、取り換えを行い機能維持、延命を図るものである。これらであり、当初の機能を維持して価値を保つことを意図する。**Refurbish** は機能の回復を行うが当初レベルに達するものではない。しかし医用の解析機器、事務機器などは最高性能でなくとも需要が存在しており、リファビッシュされた製品はそのような需要に対応している。 **Direct reuse** は使用済みのものを洗浄程度でそのまま他の需要者もしくは他の用途に転用することであり、衣服のリサイクルなどがこれに該当する。このような **retained value** の活用の最底辺を支えるものとして、資源価値を活かす **recycle** が存在する。

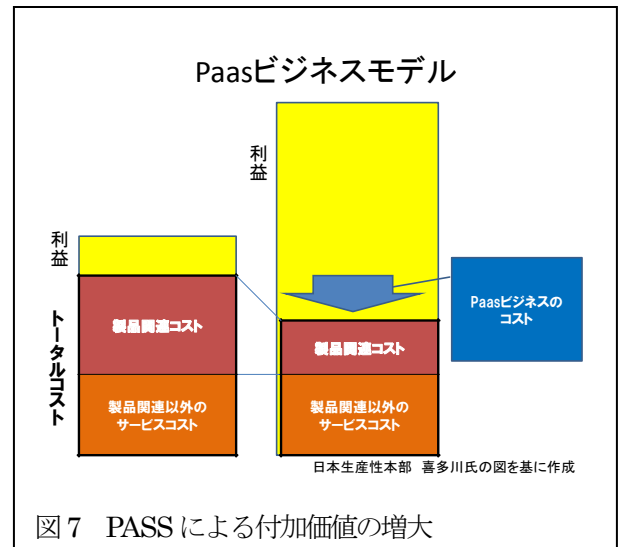
CE ではさらに **retained value** を使用済みだけでなく、使用している製品やシステム、さらには活用されずに眠っている価値を活かすことに意識が広がっている。例えば **sharing** など使用済みでなく使用していない車や部屋の共有である。さらには個人所有をベースにした共有 (**Sharing**) だけでなく所有自体を管理しそこにサービスを付加する **rental** ベースのビジネスが伸びている。しかもこれらは **IoT** を駆使して従来になく大規模な市場を形成するばとも見られている。

4.2 PAAS(product as a service)

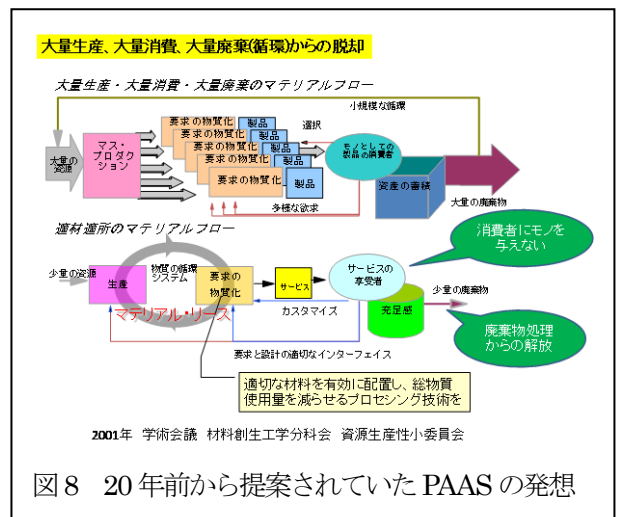
ここで CE のもう一つの特長が明らかになる。それは **PAAS** と呼ばれるものである。 **PAAS** とは **product as a service** を意味し、製品を売るのではなくサービスを売り、製品はそのサービスを具現化している媒体と考えることである。世界レベルでモノが大量に供給される状態になりモノの供給だけに付加価値をつけることが難しくなってきた現在の、図 6 に示すようにモノそのものではない



く、そのモノが発揮するサービスとその管理に付加価値を求めようとするものである。簡単に図にするならば図 7 のような形になる。

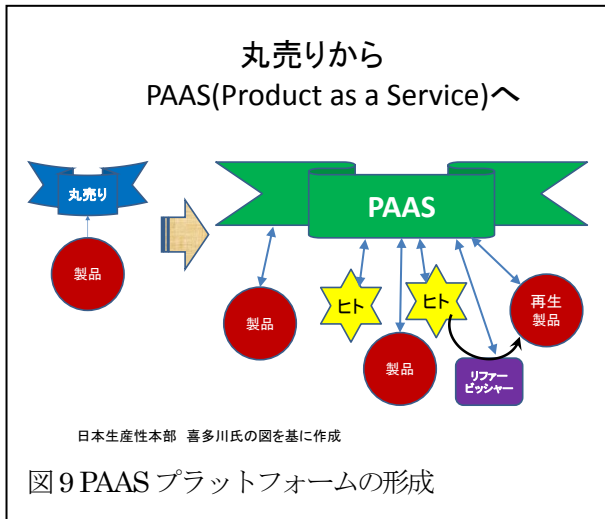


このような発想は別に **CE** に限ったことではなく、新しいことでもない。図 8 は今から 20 年ほど前の日本において、日本学術会議材料創生工学部会の資源生産性向上小委員会でモノの企業が管理しサービスを利用者に供給するマテリアル・リース・システムとして提案され

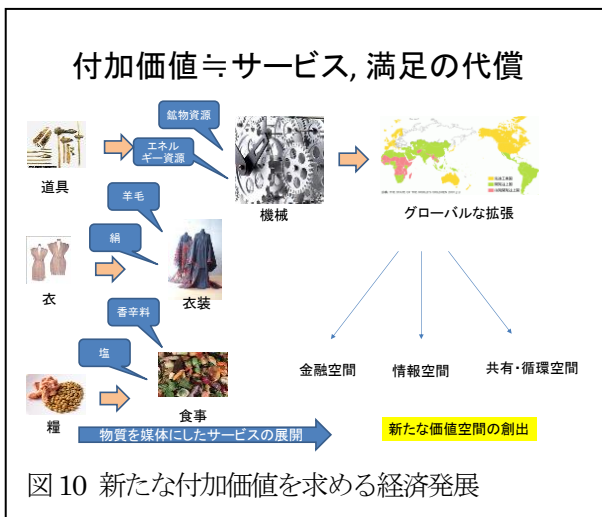


たものである。では **CE** がこれらとどう違うのか。そこで注目されるのは **IoT** の急速な発展である。 **IoT** が広が以前はモノの流通を通じてしか新たなサービスをユーザーに見せることはできなかった。その状況が大きく変わったのである。必要物があつたら近所の店を探してあきらめる時代から、ネットで検索して入手できる時代になった。となると欲しかったのはそのモノなのかそのモノがもたらす機能なのかとなってくる。例えばハサミを買おうと思っ

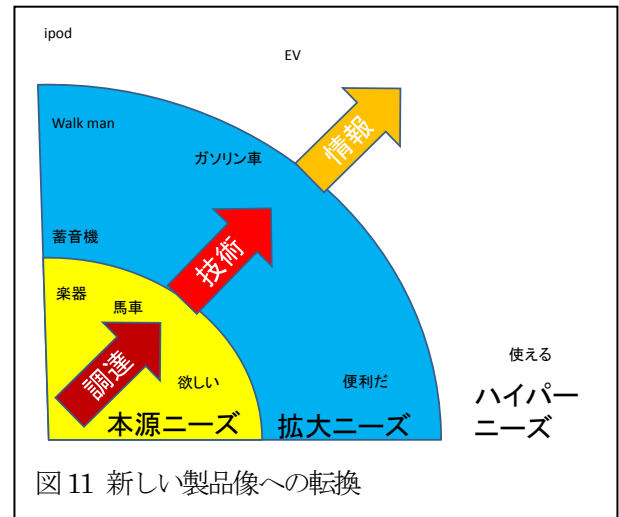
たが、簡単に切ってくれるサービスが手近に見つかれば、ハサミを買うのではなく、そのサービスを依頼することになる。このようなこと可能にしているのが Amazon 等のインターネットのプラットフォームである。



このプラットフォームが図9のように従来のモノを通じてのみの結びつきを、ヒトやニーズをもととした多様な結びつきとして、展開される。このプラットフォームがどれだけ大きなビジネスになっているかの説明は不要であろう。また資源効率には殆ど無頓着と言ってさえない態度をとっていたアメリカや中国が CE を積極的に取り入れようとしている背景にもこの PAAS プラットフォームの形成さらには領導を目指しているとみることができる。



そもそも人間の経済活動において、糧が食事になり衣が衣装になり道具が機会になるというように質を高めながら付加価値を増大させ、しかも地域展開から地域間、そしてグローバルとその増殖の空間を拡大してきた。モノに付随する付加価値とそのグローバルな展開の両者の飽和が見えてきた今、金融空間など新たな価値空間の創



出が求められており、CE は共有・循環という製品の所有・利用に係る空間に求めて新しいビジネスの創生を図ろうとしているということが出来る。

ビジネスの創生に合わせて、製品像の転換も迫られてくる。たとえばニーズが発生する初期はそのニーズに応えるモノを持ってくること、すなわち調達能力が大きな意味を持った。近代に入り、そこに技術が付与され、本源的なニーズをより拡大させて、そこに応えるという形をとるようになり、ニーズを拡大できる技術力がまさに製品としての力であった。そしてこれが一億以上の需要に応える段階になると、巨大な PAAS プラットフォームに乗りやすいということで、扱いやすさ、組み込みやすさ、カスタマイズのしやすさが製品には求められる。複雑な部品と技術を必要とするウォークマンはどこでも製造でき誰でも使える IC 機器にとってかわられた。そして自動車ももうすぐ1億の大台を超えようとしている。CE はそのような時代の新しいビジネスの創生である。

5. CE への二つの危惧

この CE がこれから国際標準化されていくことになったわけであるが、この retained value と PAAS をペースにして新たな付加価値空間の形成を求めて展開される CE に対して筆者は二つの大きな危惧を感じる。そしてその共通点はモノからコトへの転換を図るがゆえにモノ・技術という Physical base があいまいになっていくのではないかという危惧である。そしてそれにより CE が旗印として掲げている resource efficiency の向上があいまい化するのではないかという危惧である。

5.1 solution 指向は solution に到達するか?

CE の特長である PAAS のプラットフォームは必要とす

るサービスに対して solution 指向で情報や物流を組織するところにある。ここで注意しなければならないことは、solution 指向であるということと、solution のためのプロジェクト化は異なるということである。

いわゆる軍隊組織やそれに類似した 20 世紀の日本の高度経済成長時代の企業はまさに目的達成のためにプロジェクト化された組織であった。ある意味では日本の 3R 循環型社会もそれを引き継いでおり、製造者・消費者・リサイクラーが役割を分担して廃棄物の減量という問題解決のために行動するプロジェクト化された枠組みであったと言える。他方で CE は、共通の solution に向けた個々のモチベーションの連携が新たなビジネスチャンスをもたらすものとして大きな駆動力となる。いうならば従来の俯瞰図的なアプローチと異なる仰視的アプローチの集積となる可能性が高い。そこでは問題解決のために何が集められるか、何が持ち前のもののできるか、が中心となり、何が必要か、何を準備せねばならないかがおろそかになる危険性が強い。そこで得られるものの多くは局所解であり最適解に至らないケースが想定され資源効率改善という目標が曖昧となる。

かつてビデオ企画で VHS 対 β 戦争というものがあったが販売網の広さと映画が録画できる二時間録画さらには部品数の少なさをもちいた VHS が技術力があれば市場はついてくるとみなしていた β を駆逐した。似たようなケースが多数起こることが予想される。

特にこの solution 指向・PAAS 型のビジネスモデルは内燃機関型自動車産業のような技術集約型の産業を構築することが困難な国において魅力的であり、電気自動車と AI を駆使したモビリティ・システムの提供が格好のビジネスモデルとなるだろうが、果たしてそれが資源効率を改善する技術モデルとなるのかは的確に評価していかなければならないだろう。

この問題は RRRDR の分野においても現れる。図 12 に RRRDR 中の remanufacturing と refurbish さらに direct reuse における信頼性・保証のレベルを比較してみた。Remanufacturing は新品同様の性能と寿命等信頼性を保証するものであるが、refurbish にはそこまでの高い保証レベルは期待されていない。Direct reuse においては取次者との信頼関係と短年度保証に留まるであろう。この中でどれが PAAS プラットフォームに乗って新しいビジネス展開ができると予想すると、それは圧倒的に refurbish であろう。何故ならば広範なサードパーティーを巻き込むことができ、かつブランド品には手が出な

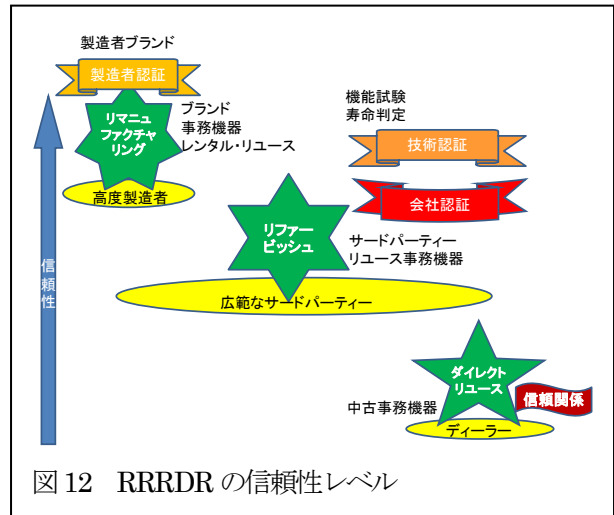


図 12 RRRDR の信頼性レベル

ったユーザーをそれに結びつけることができるからである。Remanufacturing は従来型技術集約産業のブランド管理としてのみ展開されるものと思われる。ブランド管理のできない refurbish の信頼性保証を誰が行うか、ここも新たなビジネス創生領域と言えるが、そこに機能試験や診断、寿命予測などの技術ベースでの技術認証システムを準備するのか、そのような技術的基盤が未整備なままでもできる会社の社会的信頼度や CSR などへの取り組みなどで取り扱う会社を認証し refurbish の信頼性保証とするのかが問われてくる。「何が集められ、何か持ち前のもののできるか」が先行した認証システムが歩き出すようなことになると、局部的なビジネスの創生はおこなわれても、それは総合的な資源効率の改善とは大きく異なるものになる可能性がある。

5.2 CE は大量の難処理廃棄物を拡散させないか？

もちろん CE は資源効率改善の一環として廃棄物の埋め立て量を減らすことを掲げている。現に μ プラスチックの問題、E-waste の問題など解決すべき対象もその典型的なものが明らかになってきており、RRRDR 等のリサイクルより上位の取り組みが強調されており、リサイ

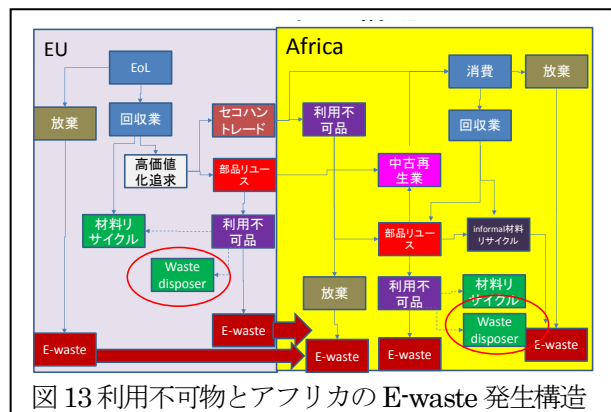
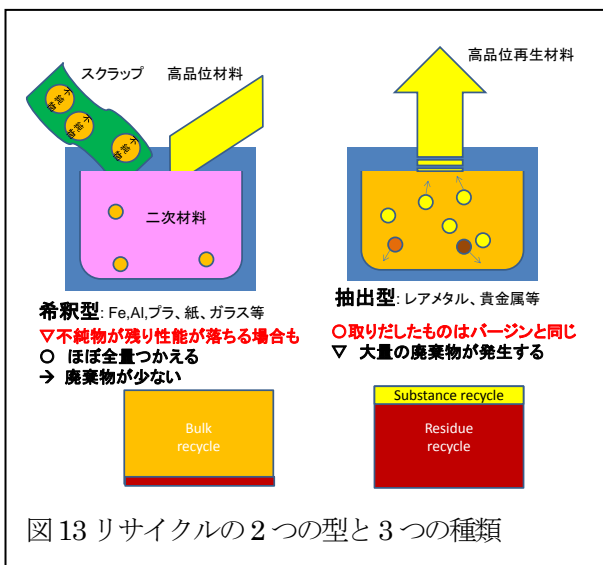


図 13 利用不可物とアフリカの E-waste 発生構造

クルの対象となる廃棄物の量は少なくなるのかのように描かれている。

しかし、今アフリカで問題となっている E-waste の問題を見てみると、思わぬ落とし穴が見えてくる。図 13 はヨーロッパからアフリカに流れる E-waste の流れをイメージしたものである。ここでポイントなのは回収業が製造者責任で回収・再生を任せられているところである。そこで回収業は資源リサイクルだけではなくセコハンとしてのトレードや部品の再利用など retained value の高い取り組みを目ざすことになる。問題は、そのような取り組みの際に必ず利用不可物が生み出されることである。そしてそのような利用不可物はそのままでは価値を生み出すことはなくむしろ負の価値を有している。経済原則でこれらの利用不可物は無視して、残存価値のある中古品や部品リユースを優先することになる。残された利の少ない部分の処理やそこからの価値の引き出しを行うのが材料リサイクルや廃棄物処理であるが、retained value に注目した RRRDR 主体の循環ではこの部分がおろそかにされて e-waste や難処理廃棄物が逆に増える恐れがある。

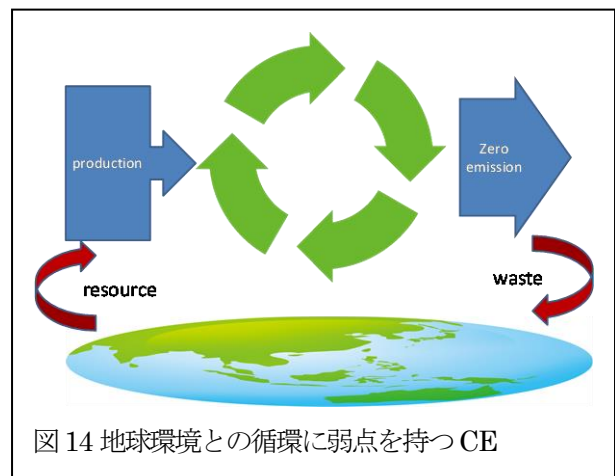


そもそもリサイクルには希釈型と抽出型の二種類があるが、それを意識して語られることはほとんどない。希釈型はリサイクル原料の中に含まれる不純物や劣化要素を高品位原料で希釈することにより、それらが材料の性能劣化につながることを防ぐやり方である。他方の抽出型は成分混在状態のなかから目的とする成分を分離・抽出するリサイクルである。前者はリサイクル原料の多くの部分を生かすことができ、原料をバルキーにりさいくることができるので bulk recycle と呼ぶことができる。後者は原料そのものの量の一部である成分を取り出すので

substance recycle として bulk recycle とは別のリサイクル形態であることを意識しなければならない。電子機器などのリサイクルはまさにこの substance recycle である。この substance recycle の場合、リサイクル対象の量的な大部分は廃棄物となる。日本で金属製錬業が substance recycle を受け持っているのは目的成分の抽出力もあるが、発生する大量の廃棄物をスラグとして安定化させる処理能力である。このような安定化物への処理能力を residue recycle と呼ぼう。この residue recycle がリサイクルのひいては循環の底辺をしっかりと支えていなければ、retained value の追求は、廃棄物の発生・増大と裏腹のものになってしまう。Retained value の追求は少し古い言葉になるが residue recycle による zero-emission と同時に追求されねばならない。CE でははたしてそれが如何にくみこまれるのだろうか。

6. 広域マルチバリュー循環

ここまで見てきた CE への懸念を簡単に図示すると図 14 のようになる。すなわち人間経済圏の中における循環



に関しては、retained value を生かし PAAS で新たなビジネス形成と結び付けて「環境」と「経済」の coupling を実現できる可能性を持っているが、ひとつに資源をモノとしていく production 部分の効率化を如何に的確に進めるかという部分についてはむしろ軽視される傾向が懸念され、また他方で物質循環の大変としての residue recycle をベースにした zero-emission が組み込まれるのかという問題がある。基本的に CE の旗である資源効率の改善が後継に押しやられ、モノとヒトがあらたに結びつく経済だけが残されることが懸念される。

そこで、提案されるのが CE の中の積極的な部分を生かしながら、技術的な physical base を大切にモノづくり能力を生かし、かつ zero-emission としての問題解決

力を生かした資源効率改善に結びつけることのできる多階層の広域循環である、これを**広域マルチバリュー循環**と呼ぶ。

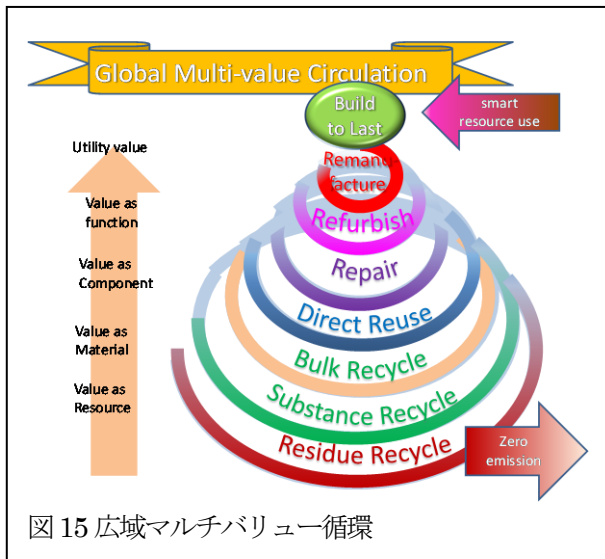


図 15 広域マルチバリュー循環

図 15 にその概念図を示す。基本は CE の中でも述べられている **retained value** に基づく多階層の循環である。そしてそのトップに **build to last**(しっかりしたものをつくる)ことがこの循環の前提であり、しかもそれをつくる際に **smart resource use** が組み込まれてなければならない。そして、底辺は **zero-emission** へとつながるこれも **bulk recycle**, **substance recycle**, そして **residue recycle** と多階層のリサイクルが支える。

別の見方で言うと、図 16 のように、広域マルチバリュー循環は IoT など駆使してモノとヒトの結びつきを変え、生活様式や社会システムを新たなビジネスモデルとして変革していこうとする CE を **Physical base** で支え、サス

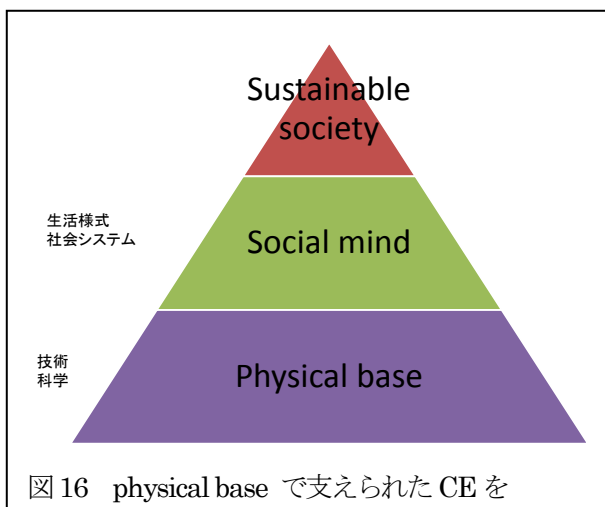


図 16 physical base で支えられた CE を

テナビリティに向けた資源効率の改善をより確実なものにしていこうというものである。

今年の 6 月、この広域マルチバリュー循環に関する研

究会、「資源生産性に優れた豊かな循環社会研究会」(通称「広域マルチバリュー循環研究会:MVC 研究会」)が設立された。現在、自動車、家電等の製造業や素材製造業、リサイクル業をはじめとする 21 企業、大学や国立研究機関を含む 14 団体が参加し、さらに経産省、環境省を含む 17 のオブザーバーがいる。現在その中で議論を進めているのは以下のような内容である。近々その内容を反映した新しい方向性を打ち出していく予定である。

- 「攻めの議論」として、リマン・サポート技術、プラの長寿命化・信頼性など MVC を支える技術情報の収集や開発促進
広域循環に関わる先進技術情報の整理やシステム要件
残存価値・信頼性の定量化、表現手法、標準化へ向けた議論
広域マルチバリュー循環にかかわる実施例や新構想
- 「守りの議論」として、欧州・中国などの税、規制、標準化、認証などの政策的動向
- 「俯瞰的議論」として、環境容量、資源効率に関する最先端の情報の学習
CE など各地域の物質循環、価値循環に関するアプローチの情報収集と議論
- ビジネス・モデル検討会 (ディープ・ディスカッション)
広域マルチバリュー循環のビジネスモデルの検討会

また昨年度から JST の未来創生のプログラムの中の持続可能社会のなかで、産総研、物材機構、環境研などが参加した「リマンを軸とした広域マルチバリュー循環の創生」がテーマとして立ち上げられた。さらにこのような動きを受けて MRS-J の年次大会のセッションとして「新しい多価値循環のための材料の信頼性・修復技術」が動き出すなど、広域マルチバリュー循環を支える **physical base** に係る研究開発も進みだそうとしている。これらの研究による技術面、科学面で裏打ちされた問題解決力と、CE の積極面であるサービサイジングへのビジネスモデルのシフトが結びつければ、より優れた循環社会像が構築されるものと期待される。