

# 循環ならリユース・リサイクル でしよう？

CE×Dialogue シリーズ

—サーキュラーエコノミーの「なぜ？」を掘り下げる知の往還  
「No.1そもそもなぜリサイクルするのか？」—

CEMVC研究会

令和7年8月1日

東北大学 名誉教授

中村 崇

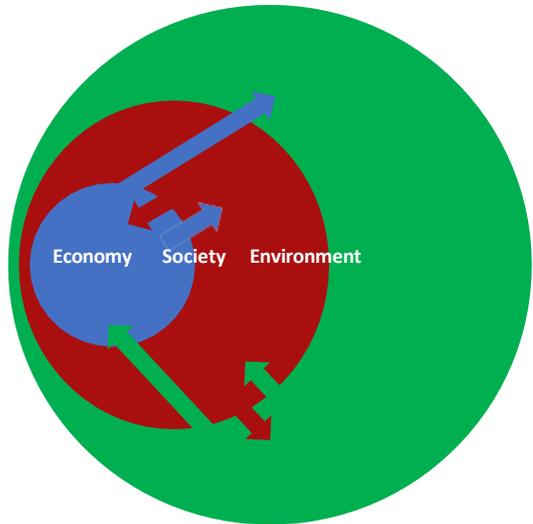
# 内容

- はじめに
- サーキュラーエコノミーは黒船か
- 廃棄物処理とリサイクルとRtoS
- サーキュラーエコノミーにおけるリユース・  
リサイクルの考え方
- まとめ

# 地球環境問題解決に関わる概念の変遷

- **Silent Spring** is an environmental science book by Rachel Carson. Published on September 27, 1962,
- **The Club of Rome** <https://www.clubofrome.org/> 1972
- **Factor 4** the founder of the Wuppertal Institute for Climate, Environment & Energy. 1980s
- **Factor 10** Friedrich Schmidt-Bleek, from the Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, first proposed the Factor 10 and dematerialization concepts in the early 1990s.
- **Resource Efficiency** UNEP 2000s
- **Circular Economy** EU 2014

# 基本はSDGsから



ISO TC323で議論された  
経済 - 社会 - 環境の関係



(出典) ヨハン・ロックストローム「SDGs ウェディングケーキモデル」  
(2016年)

# 環境・エネルギー・資源循環分野の課題

- 環境 多様性の確保、 バイオ資源 有用な遺伝子  
有害物質の管理、廃棄物処分場の確保  
例えば プラスチック 海洋汚染の防止
  - エネルギー カーボンニュートラルの達成  
再生可能なバイオ資源との調和  
省エネ、再エネの促進 どちらも特定の鉱物資源確保が必要  
ex. Li, Ni, Co, Cu等
- 
- 資源循環 資源効率の効率  
クリティカルメタル 資源確保 経済安全保障

# 資源循環の目的

- 真の循環型社会を構築するために必要な社会基盤のあり方を検討し、提案する。

真の循環型社会を構築の意味として

- (1) 資源生産性を最高にする
- (2) エネルギー資源を除く物質の循環を確保する
- (3) 自然界に排出する場合は、その物質の自然循環バランスの障害になるようなことはしない
- (4) 生態系に有害と認定される物質は拡散をしない(拡散しない使用方法は認める場合がある)

# カーボンニュートラルの基礎

- 化学熱力学
- 材料

この二つの学問がカーボンニュートラルの課題を真に解決できる

炭素は エネルギーキャリアー で 素材

エネルギーは再生しない 熱力学第二法則

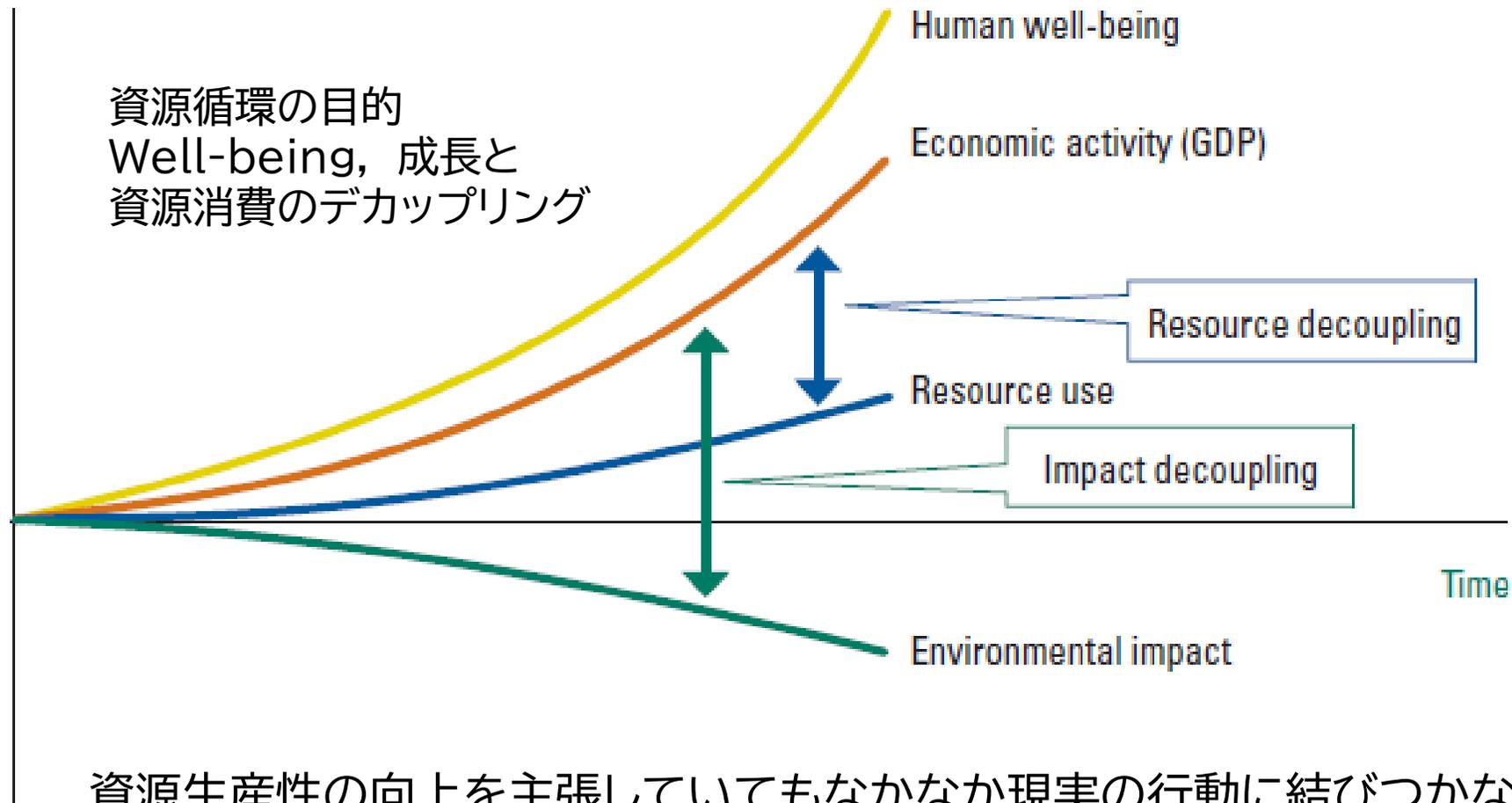
現象に変化が起きれば必ずエントロピーは増大

資源循環には 質量保存則

# 内容

- はじめに
- サーキュラーエコノミーは黒船か
- 廃棄物処理とリサイクルとRtoS
- サーキュラーエコノミーにおけるリユース・  
リサイクルの考え方
- まとめ

# General concept of decoupling between economic activity, resource use and environmental impact



After the International Resource Panel of UNEP (2013)



それでもましたサーキュラーエコノミー

Brussels, 2.7.2014  
COM(2014) 398 final

**COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN  
PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL  
COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS**

**Towards a circular economy:  
A zero waste programme for Europe**

# Resource Efficiency and Circular Economy

- Decoupling economic growth from resource use and environmental degradation and creating the 'space' for poor people to meet their basic needs will require producers to change design, production, processes and marketing activities. Consumers will also need to provide for environmental and social concerns – in addition to price, convenience and quality – in their consumption decisions.
- The circular economy represents a tremendous opportunity for Europe. With its system-wide perspective, the circular economy has the potential to help us make better decisions about resource use, design out waste, provide added value for business, and proceed along a secure route to society-wide prosperity and environmental sustainability for future generations. Most importantly, under the right rules, the circular economy can shift the economic mix to **increase the number of jobs at the same time.**

UNEP leads it

Key word “Decoupling”

Too Conceptual?

Business Driven?

# 今さらですが、循環経済の定義

- 持続可能な開発に貢献しながら、資源の回収、保持、価値の付加により、資源の循環的な流れを維持するためのシステムティックなアプローチを用いる経済システム
- 注記1 資源は、ストックとフローの両方について考えることができる。
- 注記2 持続可能な開発の観点から、**バージン資源の流入を可能な限り抑制し、資源の排出と損失(廃棄物)を最小化**するために、資源の循環的な流れを可能な限り閉じた状態に保つ。

# リニア経済と循環経済の違い

- リニアでは基本使用してから不要物となってリサイクル
- 循環経済では 最後の不要物になる時からいかに途中で循環させるか、その循環中にいかに新たな価値を生み出すかを考慮して、あらかじめ製品を設計(エコデザイン)ならびにシステムを構築する
- 使用の際にシェアリング、サブスクリプション等の手法、ならびに最新のIoT、ブロックチェーン等の技術を入れて資源生産性最大の社会ならびにSDGsに貢献する

# CE実行の直接的な目的

- 循環による経済と環境の共進化
- SGD s 達成の一助
- 枯渇性資源の確保
- 資源生産性の向上
- 気候変動問題の原因であるCO<sub>2</sub>排出過剰問題の解決
- 環境にかかわる外部不経済コストの内部化による吸収
- CEを突き詰めると廃棄物ゼロ？

CO<sub>2</sub>は化石エネルギー消費の際の廃棄物

# CE推進のための付加価値は？

- 資源循環による将来の発展の担保と環境コストの吸収
- 環境コストとは 人類？もしくはは現在の地球の生態系の確保のための費用  
だれが費用負担を行うのが課題
- CEを進めれば廃棄物処理業は縮小 CEの進化と廃棄物処理業はトレードオフ？
- 2次資源の標準化により、移動の広域化、スムーズ化が可能となりコストの削減になる ただし、従来のサプライチェーンが崩壊する可能性がある
- 直接的な耐環境汚染物質処理費 便益はだれが受ける 人類全体  
例えばダイオキシン等POPsの処理コスト  
重金属の処理コスト 海洋投棄の防止 マイクロプラスチックの削減  
システムが組めれば生産者責任として費用は出る可能性も高い  
CE推進でESG投資が受け入れやすいと、金利支払いが少なくて済む現世利益  
が得られる

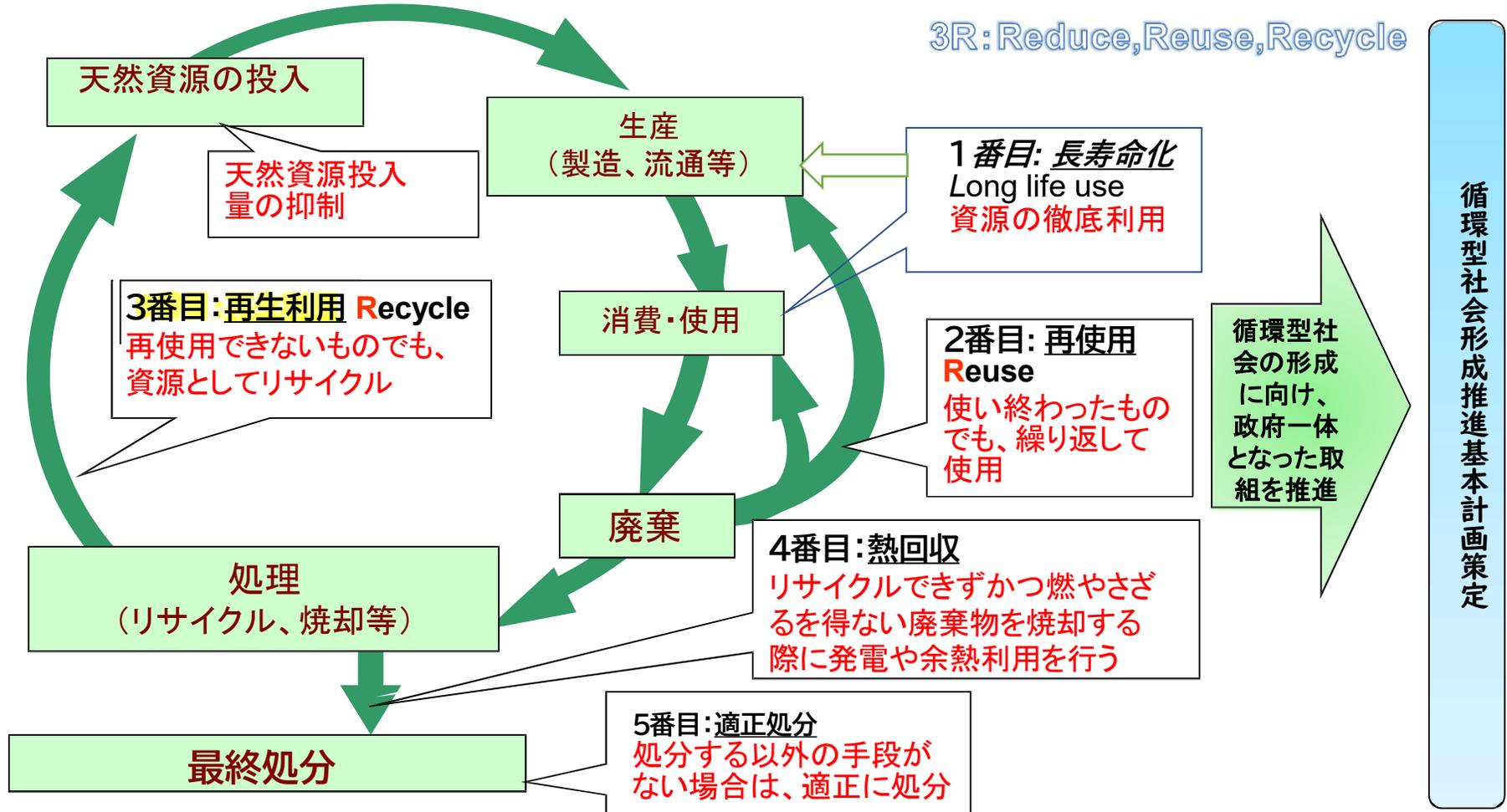
# 内容

- はじめに
- サーキュラーエコノミーは黒船か
- 廃棄物処理とリサイクルとRtoS**
- サーキュラーエコノミーにおけるリユース・  
リサイクルの考え方
- まとめ

# 循環型社会とは



廃棄物等の発生抑制と適正な循環的利用・処分により、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会【循環型社会形成推進基本法(平成12年6月公布、13年1月完全施行) 第二条】



# サーキュラーエコノミーのヒエラルキー

## 製品の長寿命化

メンテナンス、リペア ただし、材料の高度化があまり評価されない

**リユース リファーマビッシュ** (できるだけ正規品の状態に修復し、使用する)

**リマニュファクチャリング リビルト** 製品・部品を回収し、洗浄後、再組立で再生品を製造する リファーマビッシュとの区別が難しいが、より部品・材料レベルまで手を伸ばし、再生品の製造を行う

**アップグレードリサイクル** 本来であれば捨てられるはずの廃棄物にデザインやアイデアといった新たな付加価値を持たせることで、別の新しい製品にアップグレードして生まれ変わらせること。

**水平リサイクル** 回収した廃素材ほぼ元の素材に戻す

**カスケードリサイクル** 元の素材のレベルには戻せない場合、特性が落ちても別製品に使えるような素材に戻す

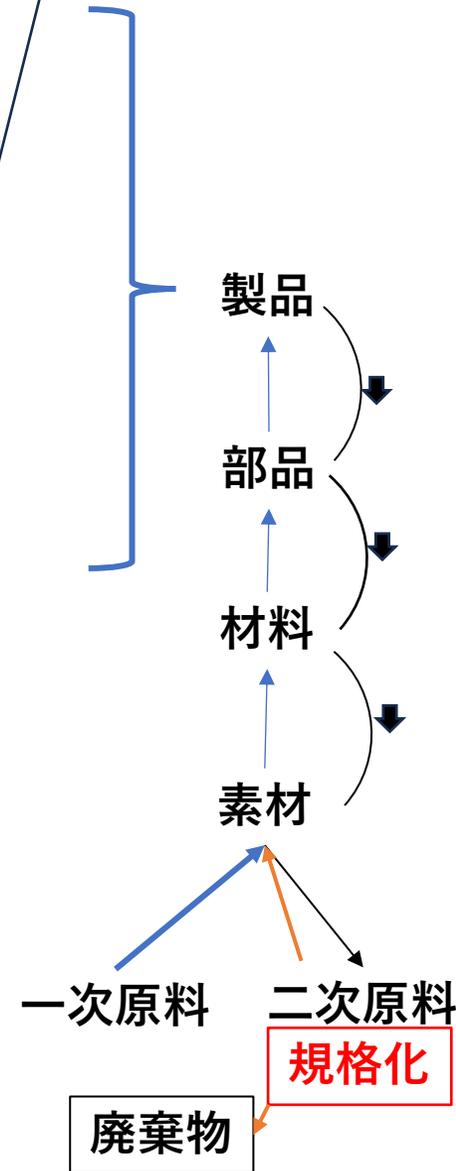
## 廃棄物処理

適正処理としてエネルギー回収、埋立

製品の供給仕方に大きく依存するため新しいビジネスモデルが投入しやすい

最後は、形あるものは素材に戻る  
その循環なしにCEはあり得ない

究極の目的  
廃棄物ゼロ



# リサイクルと廃棄物処理の比較（日本）

|      | リサイクル     | 廃棄物処理                   |
|------|-----------|-------------------------|
| 対象物  | 有価物中心     | 廃棄物中心 廃掃法ではかなりしっかり規定がある |
| 担い手  | 民間企業      | 自治体＋民間企業                |
| 関連法律 | 資源有効利用促進法 | 廃棄物処理法 高度化法？            |
| 費用   | 経済活動内     | 一部外部経済（税金）              |

個別リサイクル法は廃棄物処分場延命の施策  
現実には、リサイクルと廃棄物処理の垣根が低くなりつつある

本当のお題 **サーキュラーエコノミーの中の廃棄物処理**  
**永久に続く transition (現状→未来)**

# 廃棄物処理の課題

- これまでの廃棄物処理主体の対応の限界

個別リサイクル法は大量廃棄に繋がる廃棄物をターゲットに設置され、それなりの効果を発揮しているが、それだけでは**将来の処分場枯渇、資源枯渇に対応できない。**

これまでのゼロエミッションは、単に廃棄物に名札を付けて(場合によっては付けずに)**後方の廃棄物処理側にパスをしている場合が多く**、もし本来のゼロエミッションの実現がなされていたら処分場の枯渇の心配は不要。

物質の元となる元素は質量保存則から考えてても消滅はしない。見掛けの形が変わるだけである。

# RtoSの概念

- 廃棄物のリザーブからストックへ  
資源確保を目的としたリザーブ、ストック

リザーブ: 保留、保存、延期、予備

ストック: 幹、台木、株、在庫、家畜、原料

**Reserve of Waste to Stock**

**Artificial Deposits** を都市に準備する

# 資源とは？

- 社会が“価値がある”と認めるもの  
(一番は人的資源？)
- 鉱物資源に限れば、採掘して、有用物の分離を行うことがその時々<sup>の</sup>経済合理性の上で可能なもの
- イメージとして 希少、高価 であるが、高度に機械された大量生産システムの現代では、一定の品質が  
一定量確保されるもの

以外と難しい、システムと技術のマッチングが重要

# 天然資源と人工資源の特徴

| 評価特性    | 天然資源              | 人工資源                         |
|---------|-------------------|------------------------------|
| 量       | 現在は問題ないが<br>将来は不安 | 現在は天然資源<br>比べて少ないが、<br>将来は増加 |
| 質(1)品位  | 低い                | 高い                           |
| 質(2)不純物 | 安定                | 不安定                          |
| 地理的条件   | 消費地に遠い            | 消費地に近い                       |
| 処理コスト   | 安い                | 高い                           |
| 問題点     | 寡占                | 収集                           |

# 金属リサイクルの回収システムと技術

## ○ 天然資源の開発

探鉱—開発計画 (F/S) —掘削—選鉱—製錬

で行われる。このタームは発見から最低でも5年～10年必要。  
また、F/Sでは、金属の回収計画 (種類)、生産計画、環境対策、技術開発、(住民対策) が行われ、これらすべてが当初より計画されて実行される。

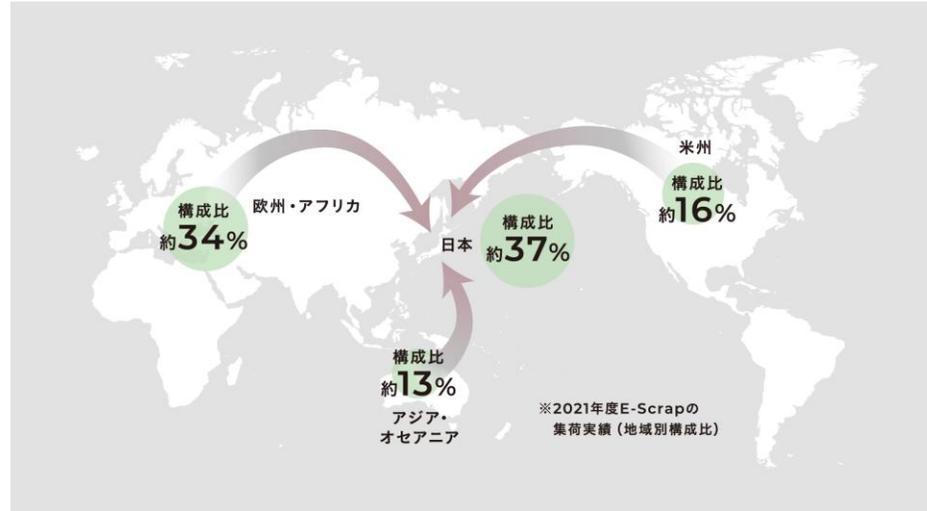
## ○ 人工資源の回収

マテリアルフロー解析—社会システムの検討—収集—前処理—製錬

で行われる。このタームは基本的に短期で検討することが多い。  
価値のあるものを集めて流す (換金する) のみなので、基本的に天然資源開発のような事前検討は行われない。

**社会システムと技術は両方調和しないといけない。  
社会システムは戦略、技術は戦術に対応する。**

# 収集の例 e-scrap 三菱マテリアル 2022年 オランダの集積・分析向上に 取集場所の増設



三菱マテリアルの  
E-sacrappの収集量  
約20万トン/年

まずは、集めて保管

<https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/company/e-scrap.html>

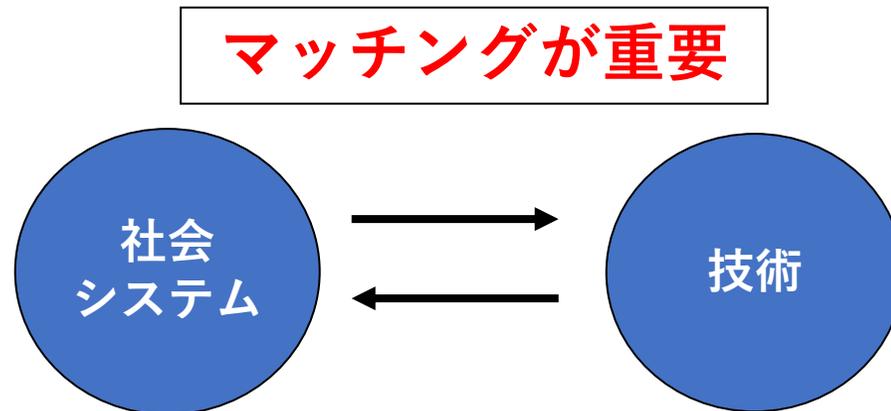


竹中工務店が建設

<https://www.takenaka.co.jp/majorworks/AD200252022.html>

# リサイクルの社会システムと技術は車の両輪

- 経済合理性があるものは、そのままリサイクル
- 経済合理性はないが、廃棄物処理かつ環境負荷物質の拡散防止の観点からなんらかの処理が必要な“もの”に対しては、法的もしくはボランティアの支援が必要
- 技術との連携が重要



# 内容

- はじめに
- サーキュラーエコノミーは黒船か
- 廃棄物処理とリサイクルとRtoS
- サーキュラーエコノミーにおけるリユース・  
リサイクルの考え方
- まとめ

# EUの循環経済政策における再生材利用の加速

| 品目          | 主な内容  |
|-------------|---|
| 電気電子機器      | <p>循環型電子機器イニシアチブ【2020年3月11日発表】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>耐久性の向上、アップグレード期間の長期化・修理・メンテナンス・<u>再利用・リサイクル可能にする</u>ことで製品の寿命を延ばす。</li></ul> <p>電気電子機器廃棄物（WEEE）指令【2003年発効、2012年改正】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>WEEEの<u>発生抑制と再利用・リサイクルを推進</u>。</li></ul> |
| 自動車         | <p>自動車設計・廃車（ELV）管理における持続可能性要件に関する規則案【2023年7月13日発表】</p> <ul style="list-style-type: none"><li><u>2030年頃までに新車生産に必要なプラスチックの25%以上（このうち廃車由来で25%以上）で再生プラスチックの使用を義務化</u>。</li></ul>  |
| バッテリー       | <p>バッテリー規則【2023年8月17日施行】</p> <ul style="list-style-type: none"><li><u>一定割合以上の再生原料の使用を義務化</u>。<br/>2031年8月～：Co 16%, Li 6%, Ni 6%<br/>2036年～：Co 26%, Li 12%, Ni 15%</li><li>カーボンフットプリントの上限値の遵守、バッテリーパスポートの導入。</li></ul>   |
| 容器包装・プラスチック | <p>包装材と包装廃棄物に関する規則案【2022年11月30日発表】</p> <ul style="list-style-type: none"><li><u>プラスチック製包装中の再生プラスチックの使用率を包装種別ごとに義務化</u>。<br/>2040年までに、飲料ボトル 65%、食品接触型 50%、非食品容器 65%</li></ul>  |
| 繊維          | <p>持続可能な循環型繊維製品戦略【2022年3月30日発表】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>2030年までにEU域内で販売される繊維製品を、耐久性があり、<u>リサイクル可能で、リサイクル済み繊維を大幅に使用</u>し、危険な物質を含まず、労働者の権利等の社会権や環境に配慮したものにする。</li></ul>   |
| 建設・建物       | <p>建築資材規則改正案【2022年3月30日発表】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>製品のライフサイクルにおける環境関連情報の開示。製品設計、<u>リサイクル済み原料の優先的利用、リサイクル済み原料の最低限の利用</u>、製品データベースにおいて製品の再利用や修理のための説明等を義務付け。</li></ul>  |

# 素材リサイクル事業の問題点

- 運搬収集にコストがかかり、経済性に合わない。
- 大量処理ができないので経済性に合わない。
- 廃棄物を取り扱っていると廃掃法の適用を受けるため資源化のための保管ができない。

## 素材リサイクル事業の問題点をクリアーするためには

天然資源と同じ経済性を持たせる必要がある

2次原料で大量生産体制をいかに作るか

大量生産が不要な生産システムを構築するのか

- できるだけ既存のシステムとプロセスの利用を考える
- 一定の処理量を確保するためのリザーバーを準備する

# CEに対応した産業構造の変化が本当に起こるか

- CE 資源価値の最大化 価値を決めるのは誰だ
- 製品 > 部品 > 材料 > 素材 循環の価値も当然ショートカットが高い
- ただし、場合によっては順番通りにならないことも
- リユースからリサイクルへのスムーズな流れ
- 一方、価値の源泉が “もの” から “情報” へ
- 昔、資産価値の大きいのははエネルギー産業（石油メジャー）、現在 情報産業？
- 価値のあり方は個人で大きく変わる 価値を決めるのは何
- CEでよく話がでるValue chainのValueは通常、もの、情報に付随しているが、価値はそれだけかどうか、もしかしたらCEの議論の行き先は価値論のあり方まで変えるかもしれない

# 内容

- はじめに
- サーキュラーエコノミーは黒船か
- 廃棄物処理とリサイクルとRtoS
- サーキュラーエコノミーにおけるリユース・  
リサイクルの考え方
- まとめ

# まとめ

- CEの最終目標は環境と経済発展の両立を達成する
- リニア経済と循環経済では考慮する活動範囲が異なる
- 循環経済は日本式でいう動静脈一体の考え方が基本
- 経済活動の動きとして 物から事へ ビジネスの在り方が変わる
- 技術としては情報共有の手法の発展
- その過程で日本型のサーキュラーエコノミーの確立と普及
- 昔からの“MOTTAINAI”が生きるシステム と
- 廃棄物処理を含むバウンダリーで考え、その中で廃棄物処理の質の向上と量の削減を目指す