

日本の循環経済への移行と それを取り巻く諸問題

東京大学 大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻

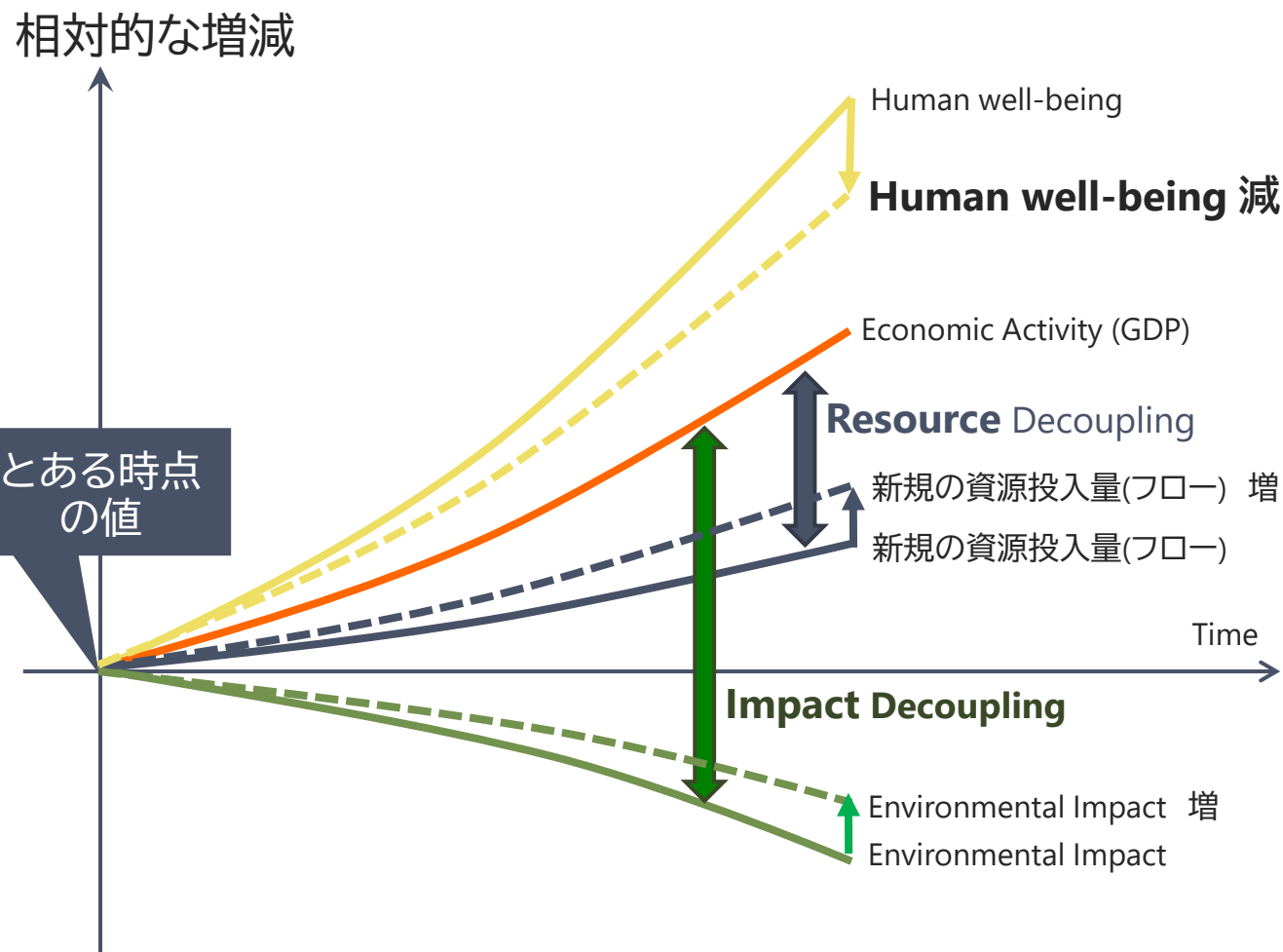
教授 村上 進亮

smurakam@tmi.t.u-Tokyo.ac.jp

略歴

- 国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター
 - 流動研究員～研究員(2004～2007)
- 東京大学大学院工学系研究科
 - 地球システム工学専攻 講師(2007年 4月～2008年3月)
 - システム創成学専攻へ改組(資源と船舶・海洋と原子力が統合) 講師－准教授(2008年 4月～2020年3月)
 - 技術経営戦略学専攻へ異動(2020年4月)
 - 同 教授(2022年8月～)
- 学歴
 - 東京大学 工学部 地球システム工学科(1997年 3月)
 - 昔の資源開発工学科
 - Colorado School of Mines, Division of Economics and Business (2000年 5月 MSc. (Mineral Economics))
 - 東京大学大学院工学系研究科 地球システム工学専攻(2000年 9月 工学修士)
 - 東京大学大学院工学系研究科 地球システム工学専攻(2004年 8月 博士(工学))
- 研究分野として
 - もともとは鉱山のマネージメントから、資源利用全体の社会システムみたいなモノに興味を持ちました。
 - 初期はモノの流れを分析するMFA(Material Flow Analysis)をやっていました。
 - 何をやるとモノの流れがどう変わるのか、その結果何が起こるのか、評価(指標開発含む)に興味移って今に至る
 - 特に社会システム(法制度からビジネスモデルから消費者行動まで)によるモノの流れの変化とそれによるインパクトの変化。アンケート調査からシミュレーションなどがツール。
 - CEは一つの社会システムのアイディアとして研究対象
- 社会貢献？
 - ISO :TC323(CE) WG3([Measuring Circularity](#)): 国際エキスパート、国内委員会 WG3対応分科会主査 とWG5(Product Circularity Data Sheet: 情報共有用のデータフォーマット)、TC333 (Lithium) WG5 (Sustainability): 国際エキスパート、資源全般に関する新しいもの(IWA45, TC345, PC348)も
 - WBCSD GCP(The Global Circularity Protocol for Business)
 - 審議会等(中環審:循環型社会部会長、産構審:廃棄物リサイクル小委員会 委員など):個別リサ法については:自動車(座長(2022まで))、家電、コデン(座長)、太陽光パネル)

デカップリング 枯渇回避から多様な負のインパクトの削減へ



Resource Decoupling

- 資源利用の伸びを経済の伸びから切り離そう (Decoupling)
- 枯渇性資源は無くなるから？
- 再生可能は→過剰採取はダメ Renewable でもSustainableではない

Impact Decoupling

- 資源をもっと綺麗に使えばImpactはもっと減るんじゃない？
- Carbonだけじゃない、淡水消費、汚染、土地改変→生物多様性...

大事な点は

- この2つは連動するところ

1

Circular Economy

循環經濟

CEの定義

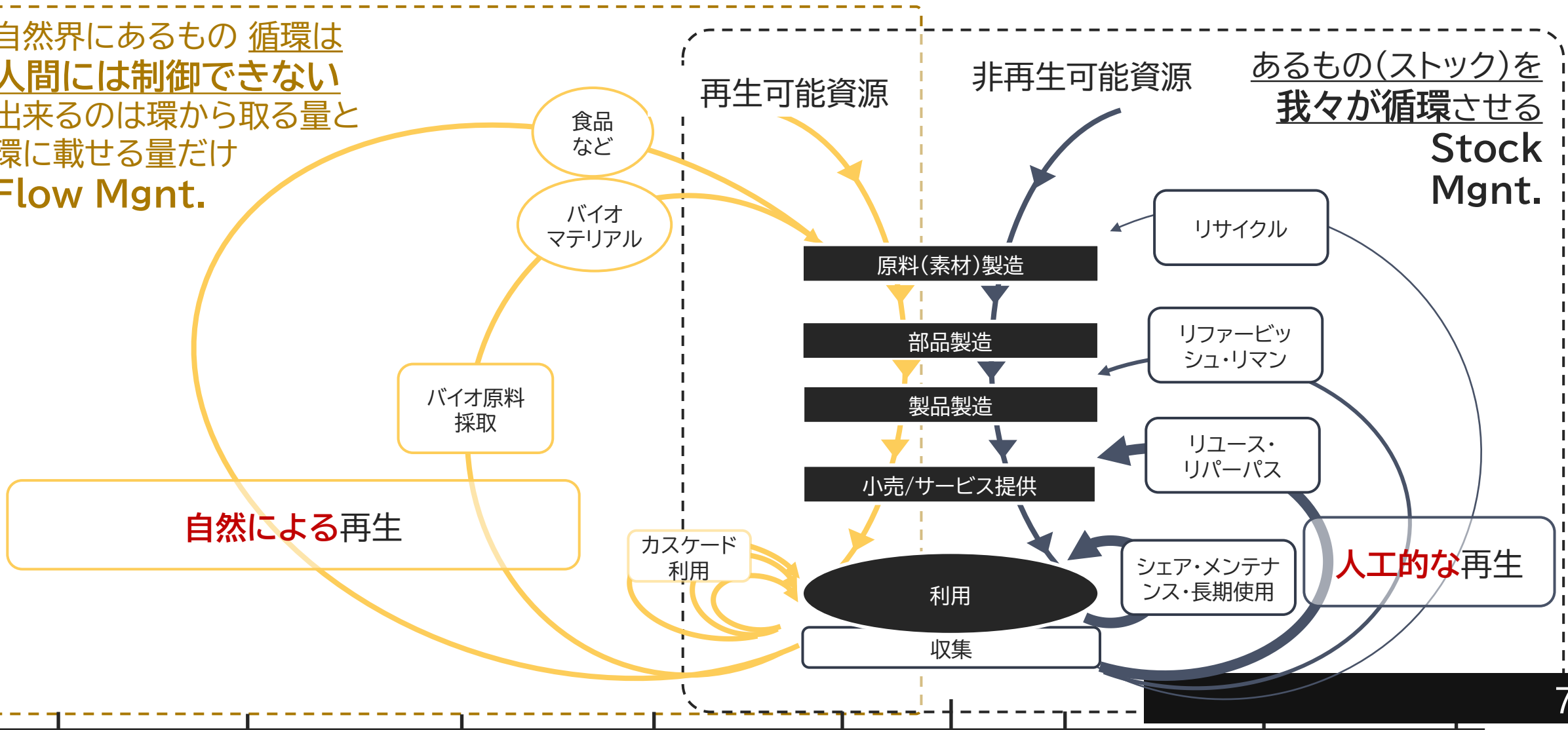
- The circular economy is **a system where materials never become waste and nature is regenerated**. In a circular economy, **products and materials are kept in circulation** through processes like maintenance, reuse, refurbishment, remanufacture, recycling, and composting. The circular economy **tackles climate change and other global challenges, like biodiversity loss, waste, and pollution**, by decoupling economic activity from the consumption of finite resources.
- The circular economy is based on three principles, driven by design:
 - **Eliminate waste and pollution**
 - **Circulate products and materials** (at their **highest value**)
 - Regenerate nature

Circularityとは (ISO59020から)

- Circular economy: **economic system** that uses a systemic approach to maintain a circular flow of **resources**, by recovering, retaining or adding to their value, while contributing to sustainable development
- Circular: aligned with the principles for a circular economy
- **Circularity: degree of alignment with the principles for a circular economy (3.1.1)**
- Circularity aspect: element of an organization's activities or solutions that interacts with the circular economy (3.1.1)
 - 例: Durability, recyclability, reusability, repairability, recoverability
- **Circularity performance:** degree to which a set of circularity aspects (3.1.4) align with the objectives and principles for a circular economy (3.1.1)
- Circularity **measurement:** process to help determine the circularity performance (3.3.1) through collection, calculation or compilation of data or information
- Circularity **assessment:** evaluation and interpretation of results and impacts from a circularity measurement (3.3.2)

再生可能と非再生可能のバランス

自然界にあるもの 循環は
人間には制御できない
出来るのは環から取る量と
環に載せる量だけ
Flow Mgmt.

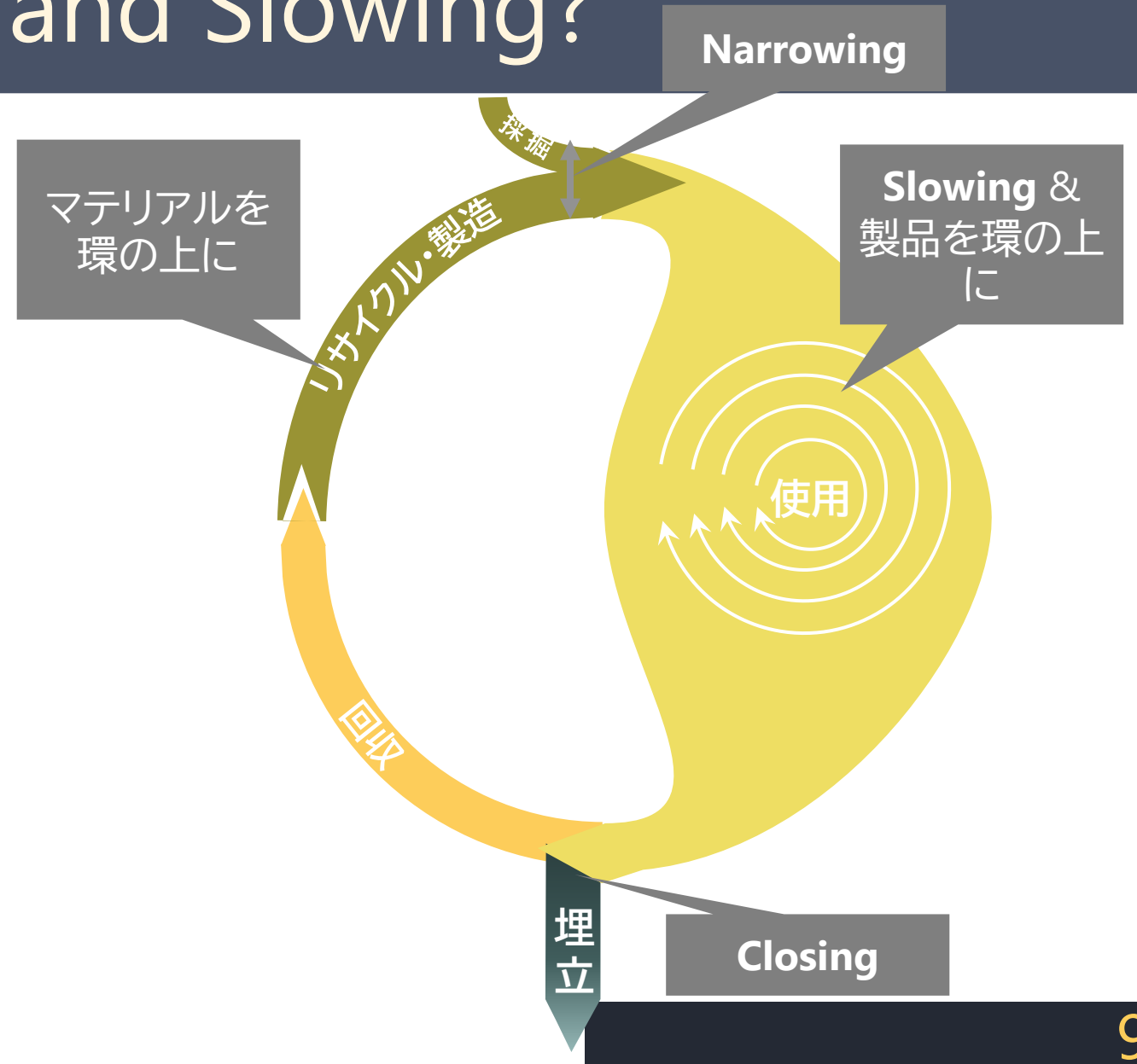
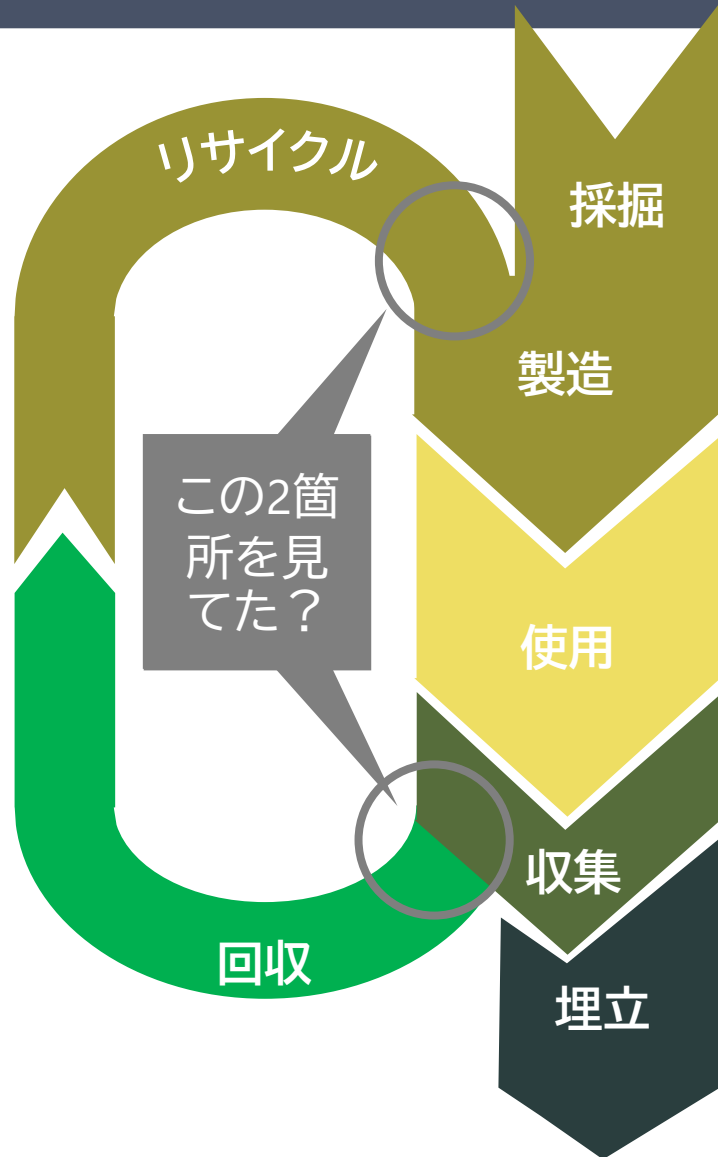


CE戦略の種類

- 日本では3Rと言いますが、今はこの10Rというのを使うことが増えている。特にR3～7を精緻に考えているのがポイント。
- CEの理想型では最後のR9は不要になると主張されることが多い。

カテゴリ	Rレベル	戦略名	説明
物作りと利用の 変革	R0	Refuse	Make product redundant by abandoning its function or by offering the same function with a radically different product
	R1	Rethink	Make product use more intensive (e.g. through sharing products, or by putting multi-functional products on the market)
	R2	Reduce	Increase efficiency in product manufacture or use by consuming fewer natural resources and materials
製品と部品の 長寿命化	R3	Re-use	Re-use by another consumer of discarded product which is still in good condition and fulfils its original function
	R4	Repair	Repair and maintenance of defective product so it can be used with its original function
	R5	Refurbish	Restore an old product and bring it up to date
	R6	Remanufacture	Use parts of discarded product in a new product with the same function
	R7	Repurpose	Use discarded product or its parts in a new product with a different function
マテリアルの 有効利用	R8	Recycle	Process materials to obtain the same (high grade) or lower (low grade) quality
	R9	Recover	Incineration of materials with energy recovery

Narrowing, Closing, and Slowing?



CN(Carbon Neutral), NP(Nature Positive)との違い

- これまで話してきたとおりで、CEというのはただの一つの経済システムの在り方。
- CNとかNPというのはそれぞれのものが(仮に中間地点だとしても)ほぼ目的地(状態)。
- 例えばCNと言う状態を目指して脱炭素化を進める。
- ではCEはというと、そもそも省資源すら目指しておらず、たまたまそうなるんじゃないの？と気が付いた人がそこを結びつけてCEと呼び始めた、ということだ、と思っています。
- 故に分かりにくい

2

昨今の関連政策

循環経済行動計画

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/economiccirculation/pdf/gaiyou_080421.pdf

戦略的方向性

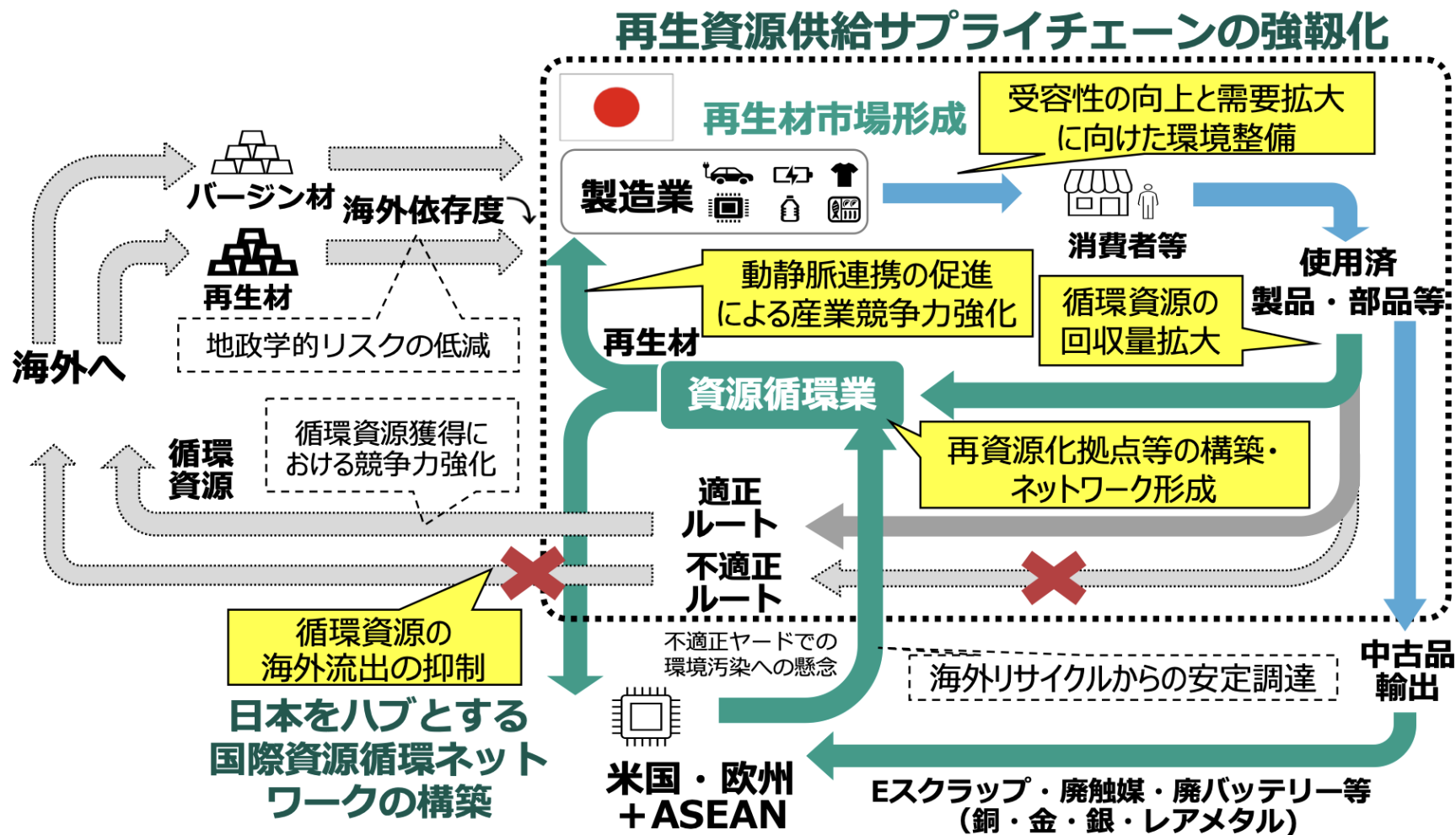
【自律性】

✓ 再生資源供給サプライチェーンの強靱化により、再生材を質・量・コストの面で安定的に供給

✓ 再生材需要の創出・拡大を起点とした市場形成

【不可欠性】

✓ 日本の製錬技術等の優位性を活かし、同志国とも連携し、日本をハブとする国際的資源循環ネットワークを構築



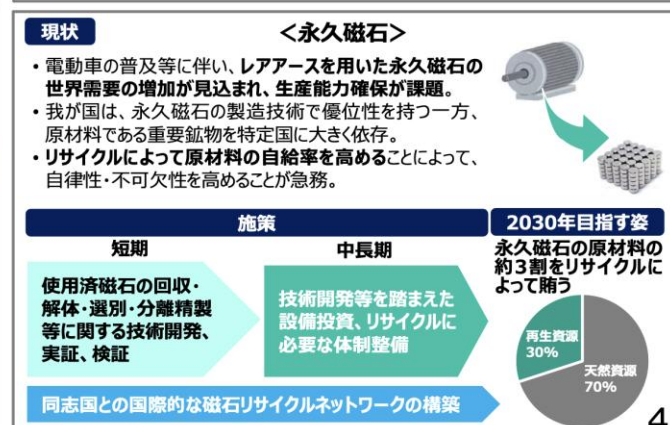
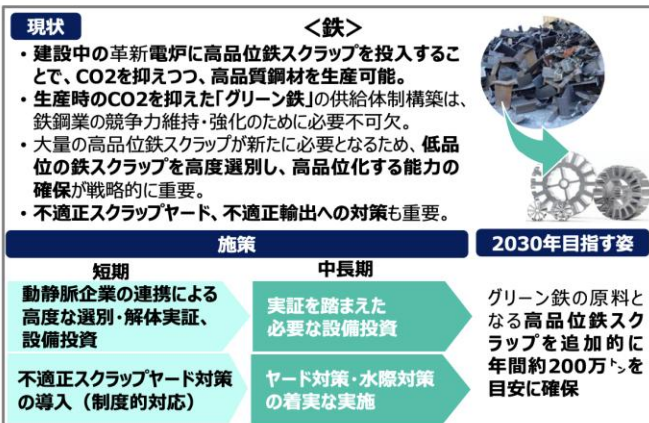
- ただレアメタルが、レアアースがではなく、鉄、アルミ、銅という基本的な素材をきちんと抑えていることが大切。
- 例えば銅と永久磁石の希土類は話が別になる。

メタルリサイクル推進戦略

資源循環を通じた我が国の自律性・不可欠性の向上に向け、我が国産業の国際競争力の確保を前提として、特に重要な次のベースメタル・重要物資については、2030年までの再生材供給の目標を設定し、再生資源使用製品の付加価値に関する国際標準づくりに取り組む。（マクロアプローチ）。

その達成のため、都市鉱山等からの資源回収、再資源化等の強化に戦略的に取り組む。（ミクロアプローチ）。

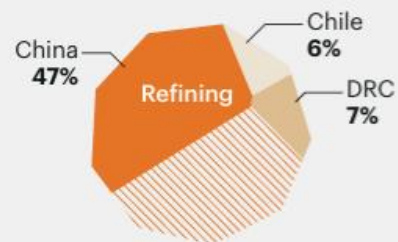
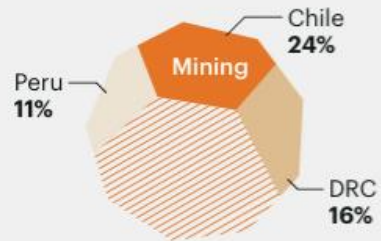
※これ以外の重要鉱物等についても、再生材供給の拡大可能性に関する調査、推計を実施。施策は主なものに記載したものであり、詳細は各施策の工程表を参照。



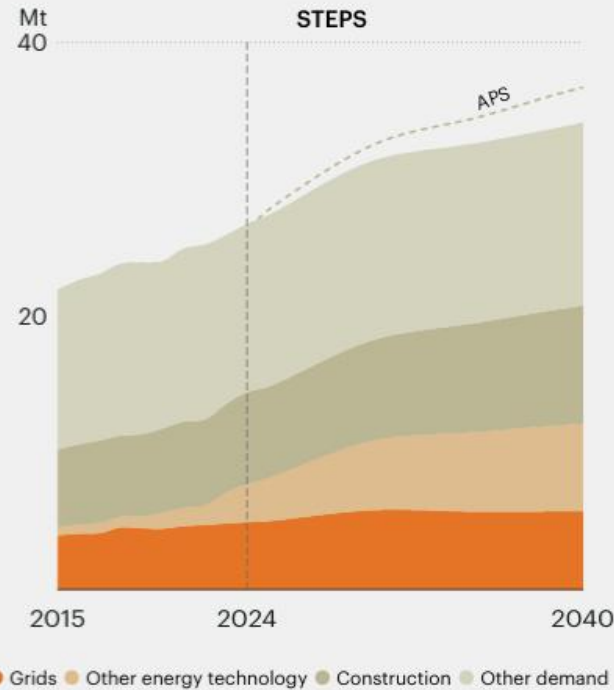
Copper

Cu

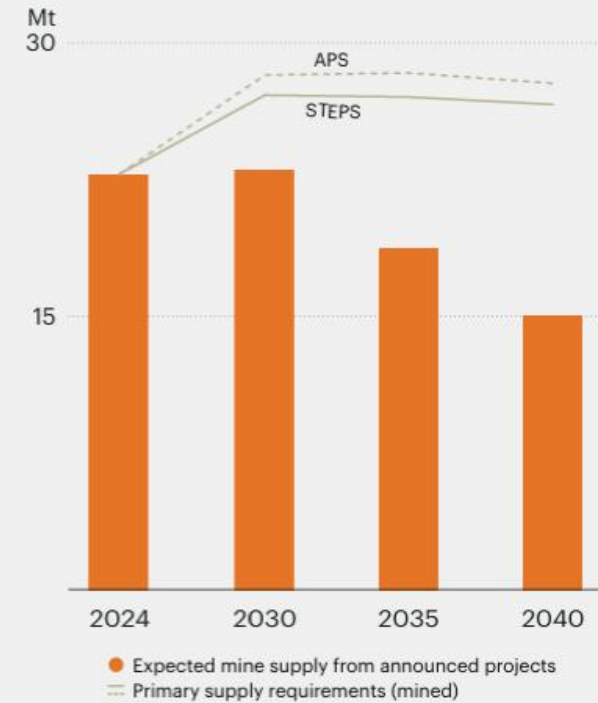
Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



STEPS	2021	2024	2030	2040
Cleantech demand (kt)	6 002	7 737	10 910	12 162
Other uses (kt)	18 944	18 980	20 438	21 975
Total demand (kt)	24 946	26 717	31 348	34 137
Secondary supply and reuse (kt)	4 123	4 441	5 431	8 702
Primary supply requirements (kt)	20 851	22 503	25 917	25 428
Share of top three mining countries	46%	48%	50%	53%
Share of top three refining countries	57%	59%	60%	60%

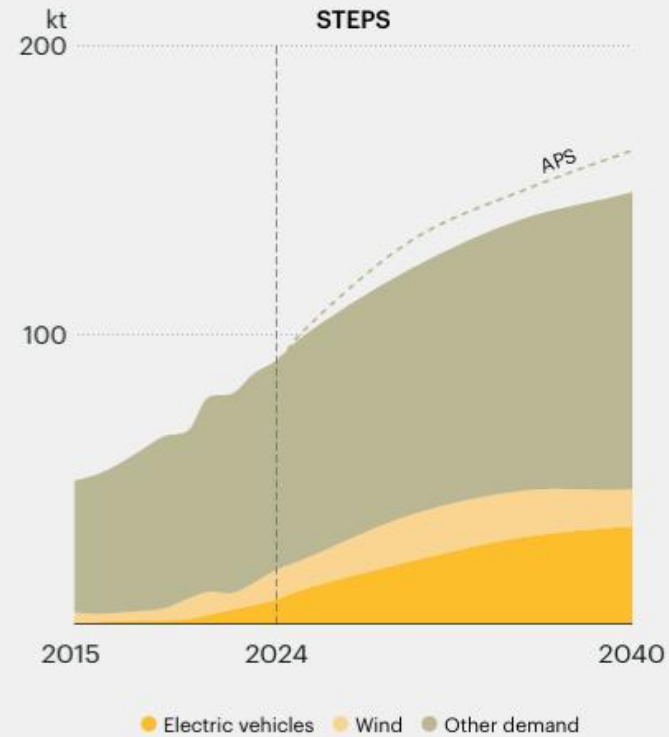
Rare earth elements

Nd Pr Dy Tb

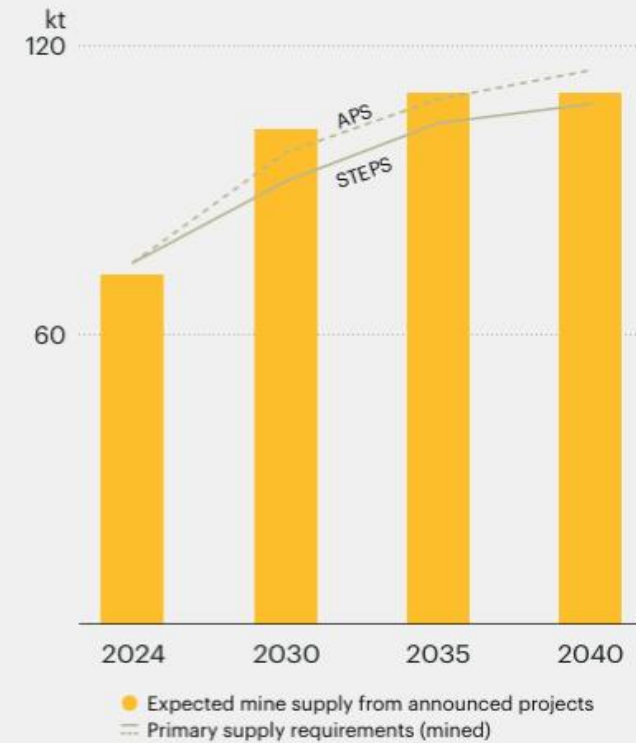
Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



STEPS	2021	2024	2030	2040
Cleantech demand (kt)	11	19	38	47
Other uses (kt)	67	72	85	103
Total demand (kt)	78	91	123	150
Secondary supply and reuse (kt)	22	27	32	43
Primary supply requirements (kt)	55	69	91	107
Share of top three mining countries	81%	86%	74%	76%
Share of top three refining countries	98%	97%	92%	92%

REEを念頭に頭の体操

日本始め諸国の考えている対策

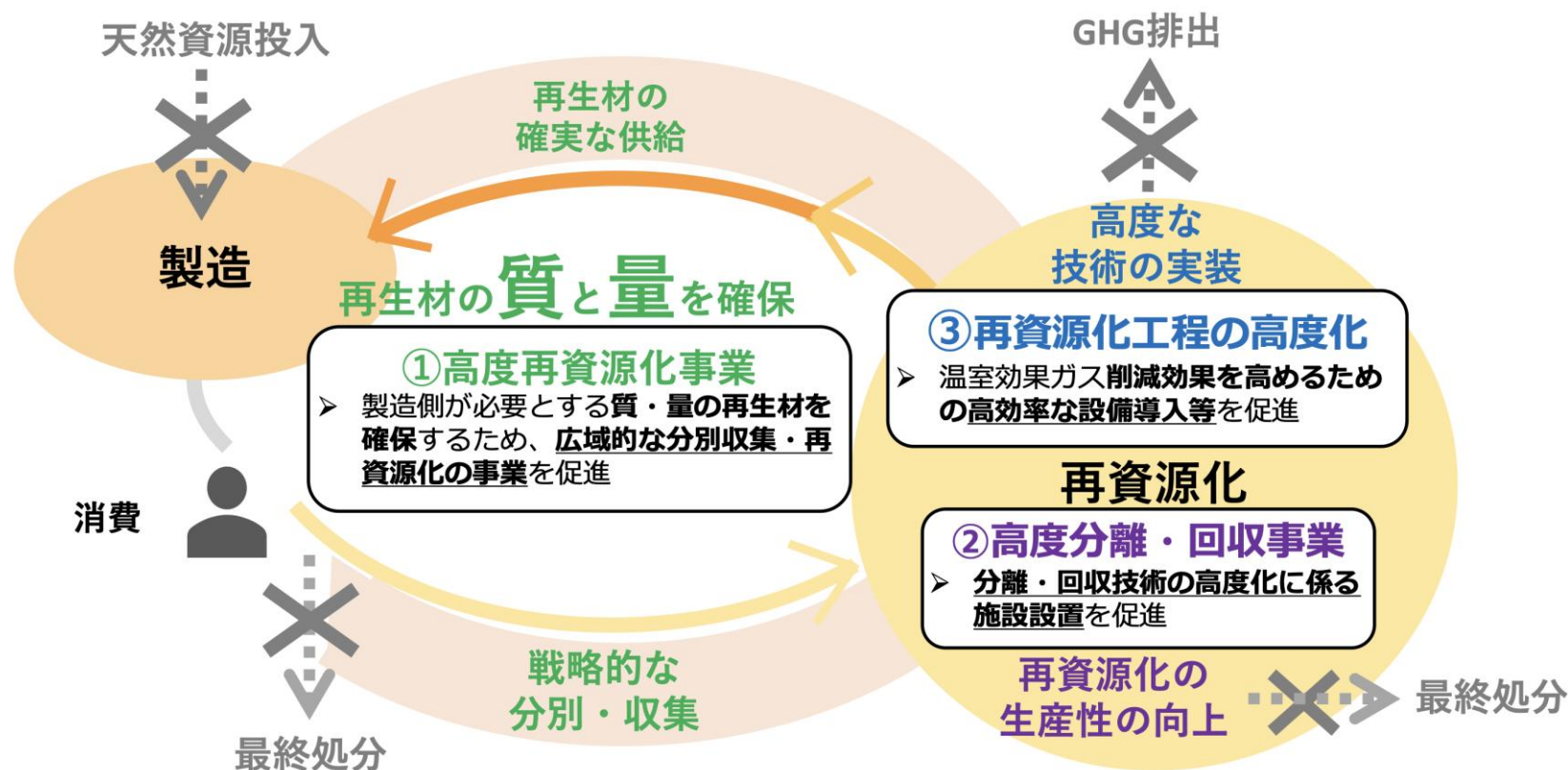
- 友好国内の鉱山開発に投資、権益を共有、お互いに融通
- 採鉱以降の下流プロセスは効率的に配置、産物は共有
- 共同備蓄？
- リサイクル技術開発、実際の設備、インフラ等への投資、支援

懸念と対応

- 供給懸念から設備投資をしたときに、価格が落ちる懸念
- ファイナンスの都合を考えれば、オフテイクの確保？
- リサイクルを切り離した市場に → やはり含有率の規定のような制度が最も分かりやすく効果的なのか？(しかも持続する保証が必要)

再資源化事業等高度化法の認定制度

再資源化事業等の高度化を促進するため、**国が一括して再資源化事業等の高度化に係る認定(3つの類型)を行い**、生活環境の保全に支障がないよう措置を講じさせた上で、廃棄物処理法の廃棄物処分業の許可等の各種許可の手続の特例を設ける制度を創設。



廃掃法改正：不適正ヤード対策

現状・課題

<スクラップヤードへの規制強化>

- 金属、プラスチック等の再生又は保管を行う**スクラップヤードの一部において騒音、悪臭、水質・土壌汚染、火災等が問題。**
- 不適正なスクラップヤードを経由した**金属資源等の海外流出も指摘**されている。

自治体へのアンケートにより全国で4000件超の事業場を確認。写真は不適正なスクラップヤードの例。



<施行期日>
公布の日から2年6か月を超えない範囲内において政令で定める日

措置事項

(廃棄物処理法等※の改正)

- 再生又は保管**を行う事業に関し、**許可制を導入。**
- 対象物品に応じた**再生、保管の方法の基準**を設ける。
基準違反には、改善命令、措置命令、罰則を適用。
- 環境汚染のおそれのある物品の**輸出の際の環境大臣の確認**の仕組みの創設。

※ 各種リサイクル法等上の認定事業者を許可みなしとするためのこれらの法の改正を行う



- 自治体レベルでの条例制定が相次いでいたが、いたちごっこになっていた
- 市街化調整区域に多く出来ているというのは、余り考えたことがなく学びました。(NHK)

3

ヤードについて

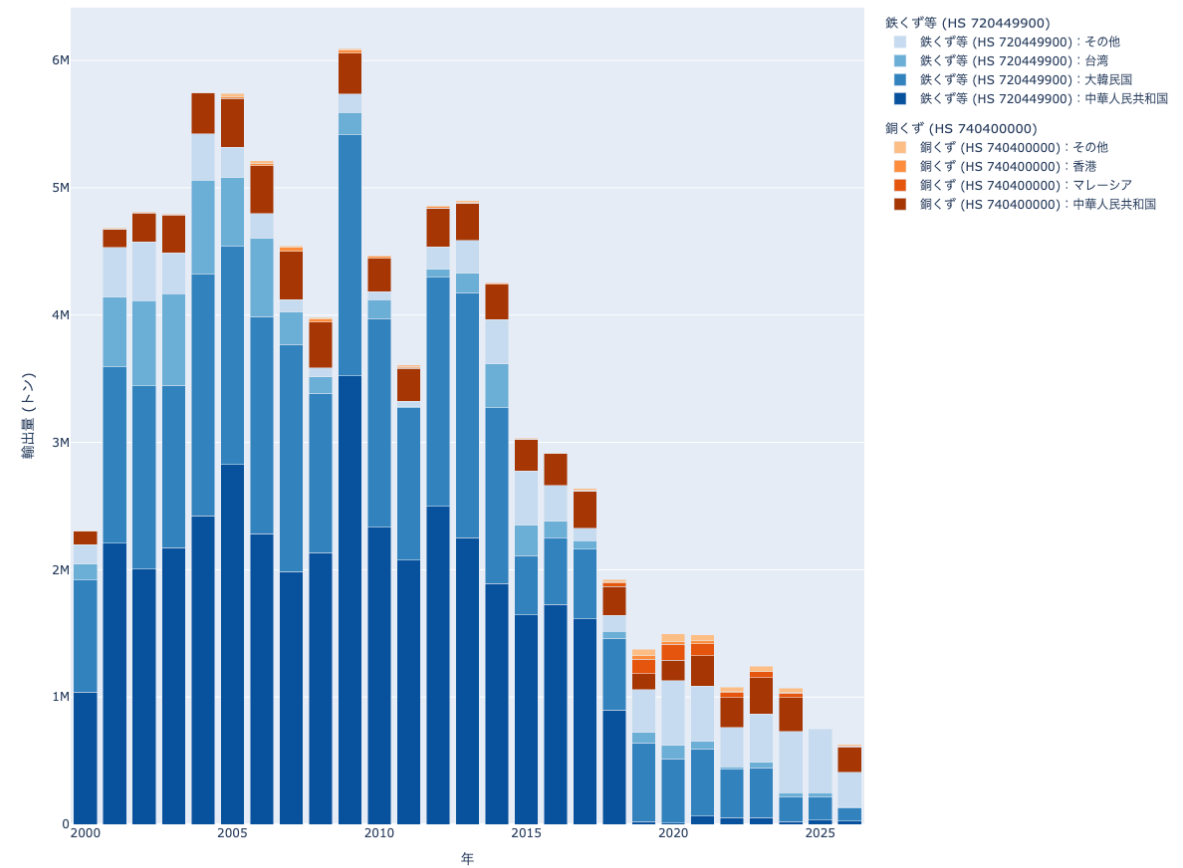
背景の一つ：輸出依存処理の終焉

- 右図(貿易統計)データから分かるように、低品位鉄スクラップの輸出は中国のいわゆる雑品規制によって激減している。
- 他方で比較的高品位だと考えられる銅スクラップは全く減っていない。

結果

- 国内における前処理の必要性を増加させた？
- また前処理したとしても、低品位スクラップが国内処理に回る可能性も。

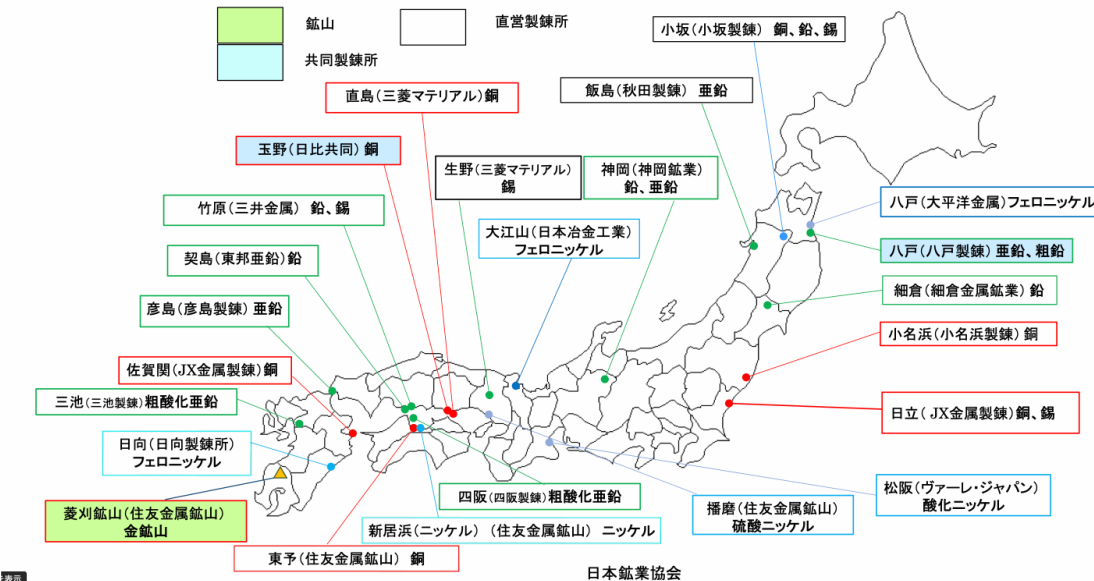
HSコード 720449900 / 740400000 輸出品 (年別・上位3カ国+その他)



リサイクルを回すインフラとしての製錬はある

国内主要鉱山・非鉄製錬所

2026年4月



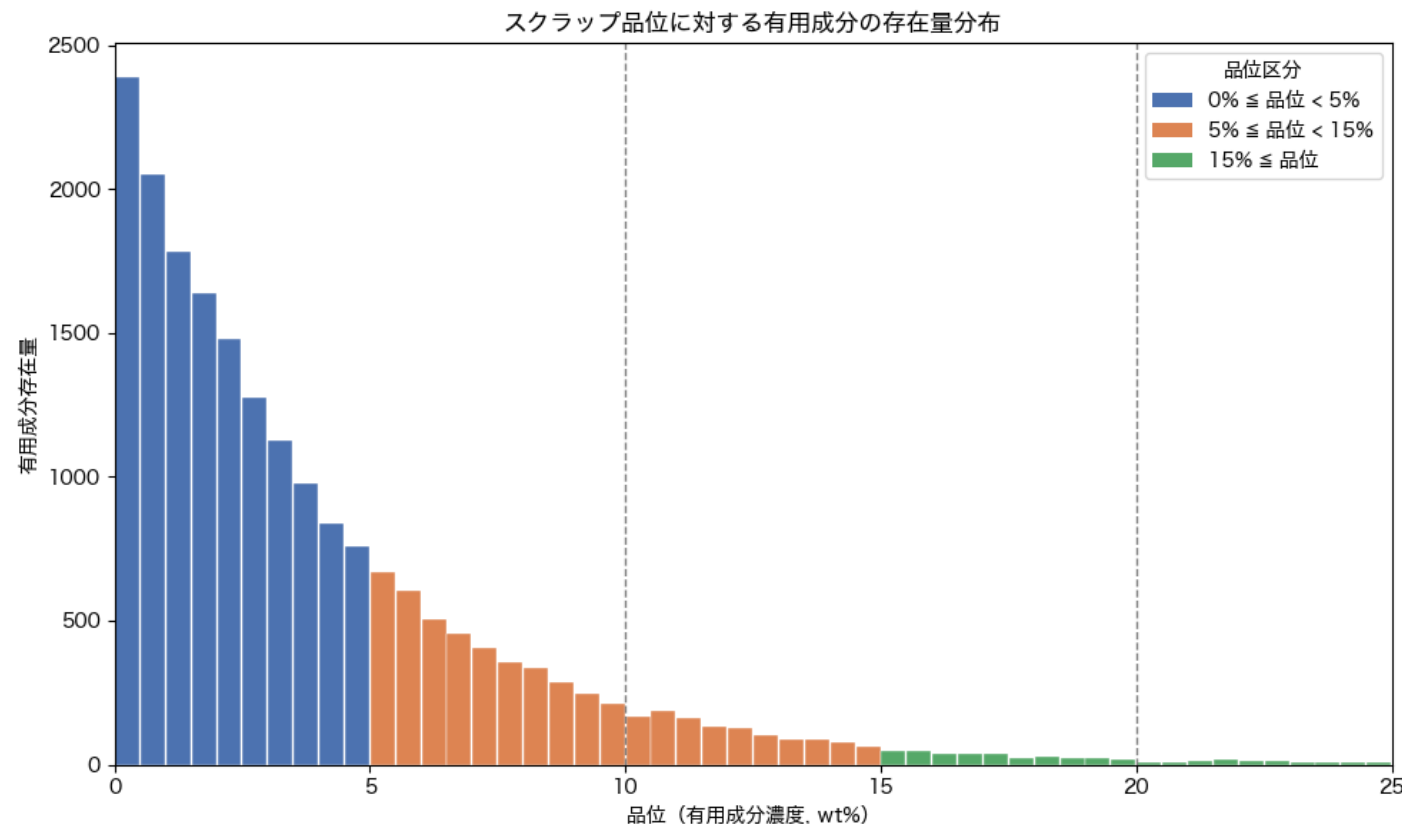
1

https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/cms/wp-content/uploads/2026/04/国内主要鉱山_非鉄製錬所202604.pdf

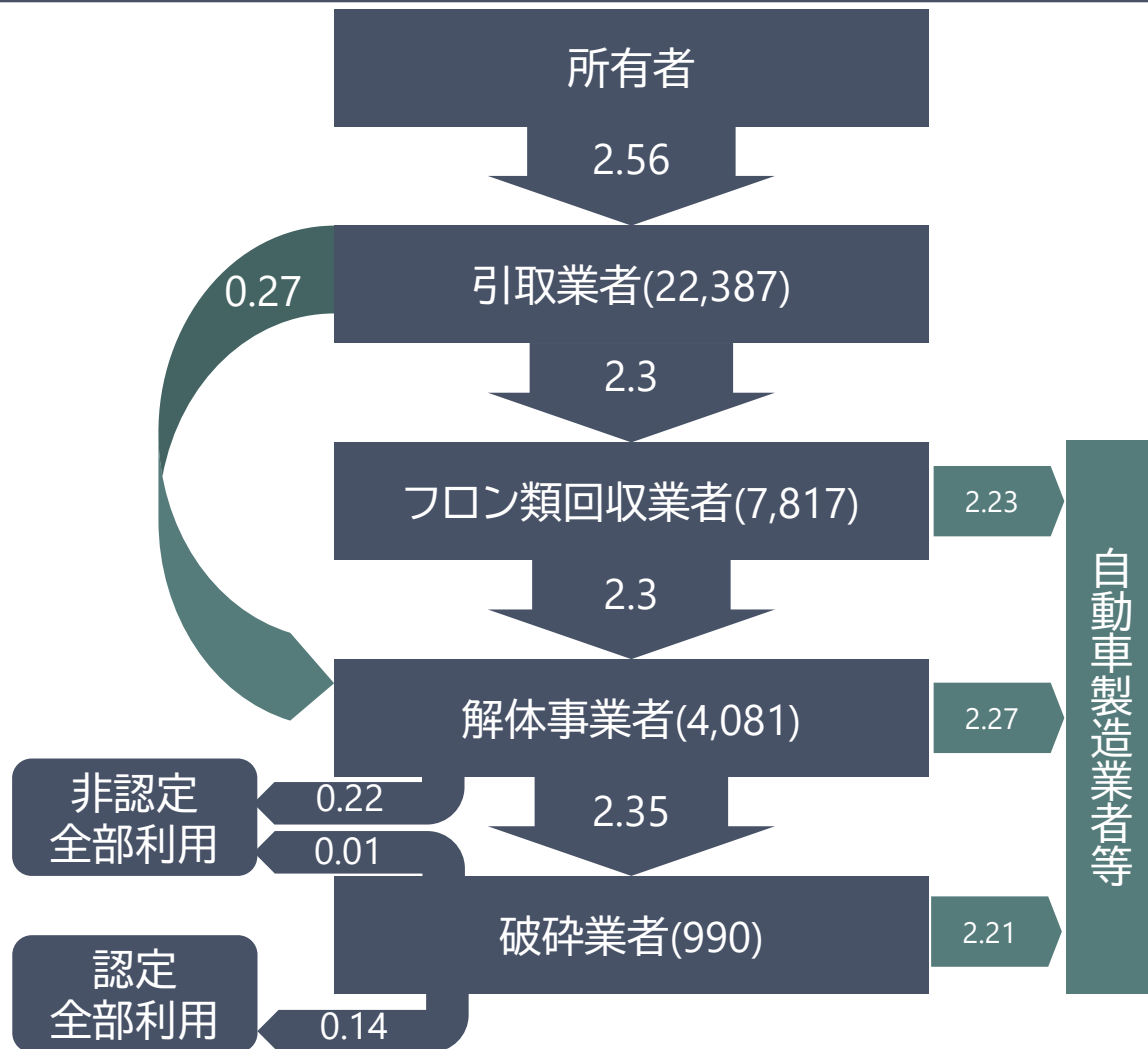
- 日本は元々は多くの鉱山を持ち、その鉱石を処理するための製錬所が、鉄、非鉄共に存在する。また、石灰石鉱山＋セメントキルンも多い。
- 鉱量枯渇により金属鉱山の多くが閉山したものの、その下流の多くは残っており、買鉱製錬を基本に操業してきた一方、リサイクル原料も多く受けてきた。
- また、新しい原料(組成、構成等の異なるスクラップ)に対応する必要があるとしても基礎になる技術は存在している。東北地方で黒鉱と呼ばれる複雑鉱が産出されていたことで、選鉱等の技術が発展、リサイクルの礎となっているなどとも言われる。

スクラップ利用量を増やすことの意味: 中間処理への期待増

- そもそも、使用済み製品に含まれて現れる金属の総量は、出荷された新製品中に含まれるものが時差を伴って出てくるだけ。リサイクルを頑張っても増えない。
- 他方で、通常は右図のように、品位の低いものほど多くあることになる。
(面積が含まれる有用成分の総量)
 - データは仮想的なイメージです
- となれば、増やしたければ低品位ものを回収するしかなく、中間処理の必要性は高まる。



動静脈連携は難しい？ (自動車の例)



- 下流に行くにしたがって事業者数は減っていくものの、250万台程度の自動車を解体するのに解体事業者が4,081は多いのではとされている。(すべてが実働しているわけではないにせよ)
- これはわが国のリサイクル産業全般の状況で、その下流に位置する素材産業に比べれば、中間処理事業者が比較的中小規模で数も多いことは良く知られている。

大規模化・効率向上と言う可能性

再生材サプライチェーン構築に向けたボトルネックと対応の方向性



複数ボトルネックが絡み合い
負の連鎖が起きている構造

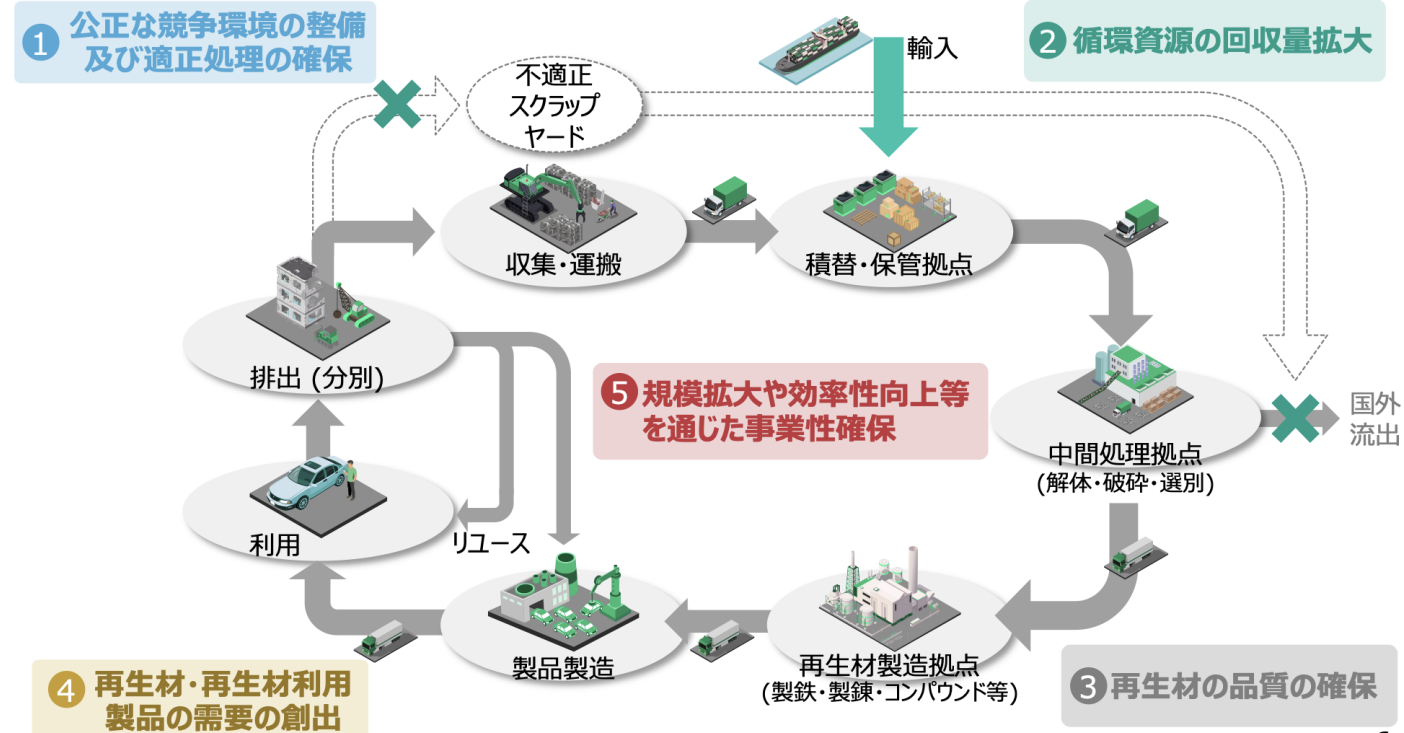
目指す姿
(2030~2035年)

ボトルネックへの対処を通じて、負の連鎖を正の連鎖に転換。
資源循環に係る拠点の構築・企業間のネットワーク形成を進め、
再生材サプライチェーンを強靱化。

主なボトルネック

- ① 公正な競争環境の未整備**
不適正スクラップヤード問題と、不透明な商流や海外輸出ルートが存在により、公正な競争環境が損なわれている
- ② 原料となる循環資源が集まらない**
経済合理性に基づき、金属資源は海外流出・埋立、プラスチックなどは焼却が優位。海外の輸出管理措置等により循環資源の輸入に課題
- ③ リユース・リサイクル技術等が未成熟**
製造業が使いこなせる品質を供給できる技術やインフラ等が未整備
- ④ 再生材需要・市場が未形成**
再生材の需要を創出するためのルールやインセンティブの不足、再生材利用価値が未浸透で市場が未形成
- ⑤ 資源循環ビジネスの事業性が未確立**
資源循環産業の産業競争力が弱く、規模拡大・高効率化に向けた投資が進まない

ボトルネックを踏まえ、以下の①～⑤の方向性を軸として、対応を講じていくべき。



ここまでのまとめ

- 低品位スクラップ処理を輸出に頼ってきたこと、そしてそもそもスクラップからの原料供給を増やすためには低品位スクラップを使わなければならないこと、などから国内での低品位スクラップ利用ニーズは拡大。
- 中間処理に対する期待は増加したが、十分な技術力と経済性を兼ね備えた能力が恐らく不足していた。（そもそも日本には静脈メジャーと呼べるような大規模中間処理事業者はほぼ存在せず、その受け手である素材産業と比べれば中小規模事業者が多い。）政府は大規模拠点形成の可能性を示しているが、今後の検討課題。
- こうした中不適正ヤードのようなものが存在可能になっており、その中にはそのまま輸出へ回す事業者も存在している模様。ポイントは低コストで保管(簡易処理)可能であることか？

4

動静脈連携

拡大生産者責任: EPR (Extended Producer Responsibility)

- EPR(拡大生産者責任)とは、製品の生産者の責任範囲を生産段階と使用段階に限定せずに、製品の廃棄やリサイクル段階まで拡大する考え方、1990年にスウェーデンのLund大学のThomas Lindhqvist博士が提唱し、OECDがガイダンスマニュアルを2001年に発行、広まった。
 - これに基づけば製造事業者は製品の廃棄・リサイクルなどについて物理的および/または財政的責任を負う。
- もともとの大きな動機は、これらの処理責任を自治体から製造事業者に移すことにあった。それは製品の複雑化による自治体処理への負担増大や、製造事業者が責任を持つことでエコデザインへつながるであろう期待などが背景にあった。

EUにおけるEPRの拡大

- EUでは2000年代初頭の廃電気電子機器指令、いわゆるWEEE指令などの導入で広まったといえる。その後、廃棄物枠組指令の改正などを経て、より広範な製品に対して応用されるようになったと言える。
- 昨今ではGHG削減への圧力や、これに紐付けられるCEへの移行などの中で、EPRはCEへの移行における中心的なツールとして位置づけられることとなるとともに、製品・国ごとに異なる具体的な制度の統一なども図られることになる。
- これはエコデザイン規則(**ESPR**: Ecodesign for Sustainable Products Regulation)や修理する権利指令(**R2R Directive**: Right to Repair)などとも連携する非常に大きな動きであると言える。
- 例えば昨今よく聞く**DPP (Digital Product Passport)**は、ESPRに基づき、製品に付されたQRコードやデータキャリアを通じて、消費者・企業・規制当局が必要なサステナビリティ情報にアクセスできるようにするシステムである。

我が国のEPR

- 我が国においても、容リ法、自動車リサイクル法、家電リサイクル法など個別リサイクル法の一部においてはEPR的な考え方は導入されているが、それぞれ異なった形を取っていること、またその対象においてはある種完成されたシステムを持つ一方、そこに含まれない製品についてはEPR的なシステムの対象にはならない。(例:小型家電リサイクルは個別リサイクル法があるにもかかわらずならない。また産業機器などは全くなならない。)
- 機器類を考えたとき、EPRが導入されている自動車と家電以外のものの量は非常に多く、そこに対しても何らかの製造事業者の寄与が期待されるところである。そこで我が国ならではのEPRのようなものが導入できないのかは考えるべきポイントかもしれない。
- 次スライド以降の自動車のためのプラスチックリサイクルは事例になれるか？

～地域循環共生圏（日本初の脱炭素化・SDGs構想）をベースとした再生プラスチック市場構築に向けた拠点構想～

我が国独自の
「静脈産業構造」 × 「装置産業・化学産業」 × 「ものづくり産業」 =
分別排出/回収、リサイクル 選別・洗浄・混練・機能付与 DfE、易解体、品質基準

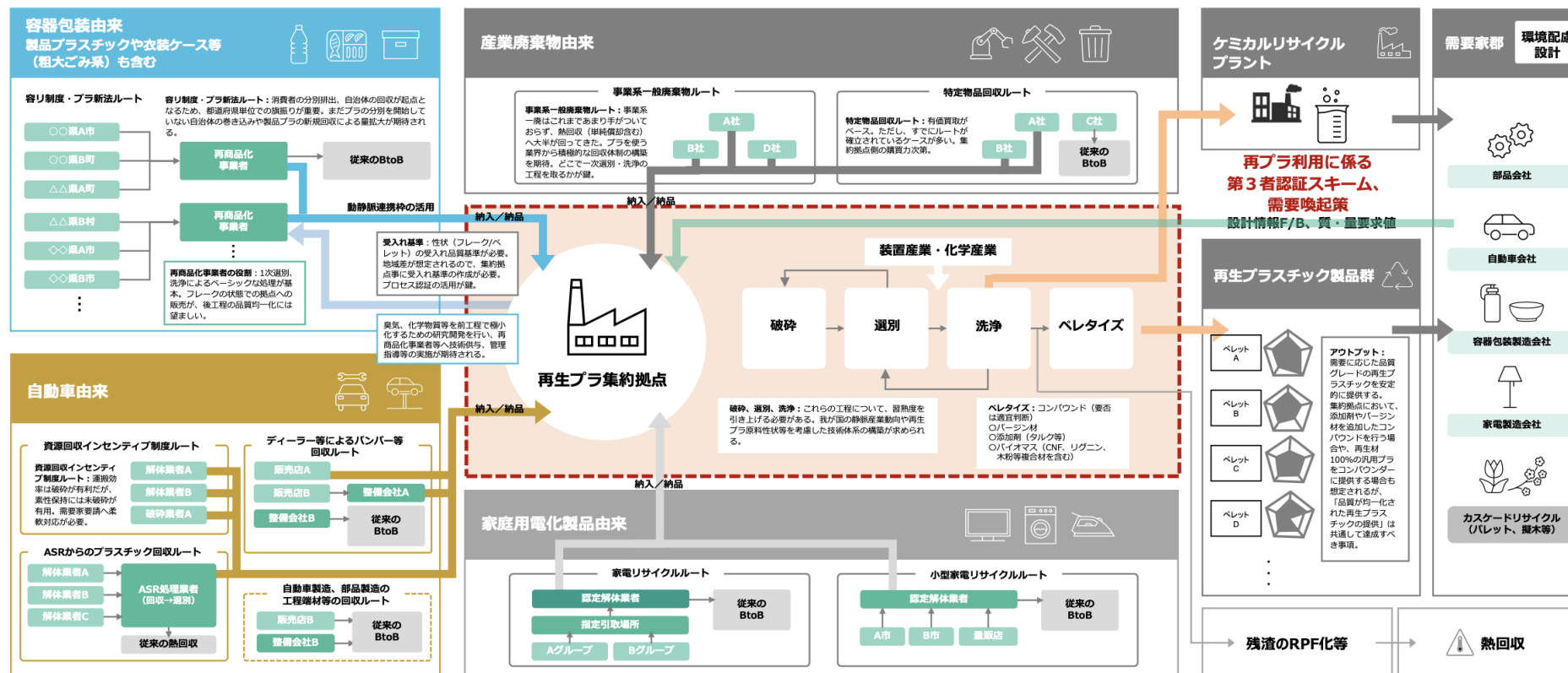
再生プラスチック市場構築

- ・ 高い国民意識による分別排出、地域に根差した回収ネットワーク及びリサイクラー
これら我が国独自の静脈産業構造を強みとして活かす。
- ・ 高い競争力を持つ装置産業や化学産業等の技術、ノウハウを国内循環産業向けに再構築する。
- ・ グローバルビジネスを牽引する我が国ものづくり産業への再生プラスチックを供給し、国際競争力を維持・向上させる。

再生プラスチックの既存のサプライチェーンを束ねて、集約し、大量生産に耐えうる供給能力、高品質・均一化を実現する品質管理能力を実装

日本初の動静脈連携産業＝循環産業を興し、静脈産業のさらなる発展及びものづくり産業のグローバルな競争力の維持・向上を図る

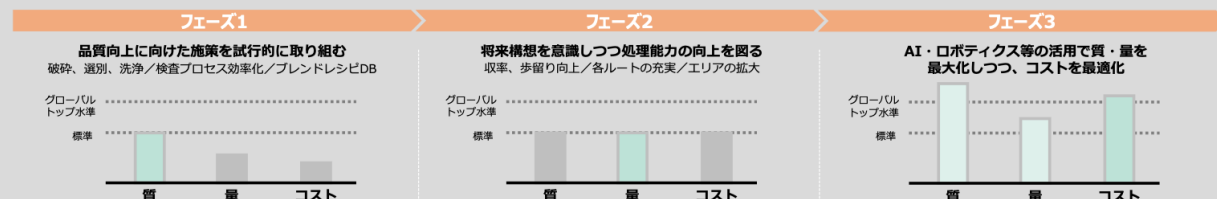
循環経済への移行



よりフラットな連携に見える？こうした流れの中、自動車工業会は再生PPに求める物性値の基準を公開するなど、納入者が判断しやすい状況を作ろうとしている。

左図：自動車向け再生プラスチック市場構築のための産官学コンソーシアム 第2回資料
(https://www.env.go.jp/council/03recycle/page_00118.html)

再生プラ集約拠点の最適化に向けたプロセスイメージ



- ✓ 各ルートへの受入基準とグレード別価格を設定して安定化させる。全数検査は現実的ではないためプロセス認証などを活用。
- ✓ 原料由来のトレーサビリティ管理を徹底し、懸念物質・臭気・物性の管理に活用。
- ✓ 異なる原料由来をブレンドし再生プラスチックとして均一化しペレタイズ or 原料別グレーディングでペレタイズ（関係者・状況で判断）。
- ✓ 受入後は均一化のため破碎・選別・洗浄を徹底。同一ライン運用が効率的。
- ✓ 品質・物性検査はロット毎に実施し、生産ラインへ組み込み等の工夫で工程短縮。
- ✓ 最終製品向けコンパウンドが理想だが、多様な需要に柔軟対応が必要。
- ✓ 資本・技術・人材を備えた企業/複合体が集約拠点を担うことが求められる。

簡単なまとめ

- 欧州ではCEへの移行の様々な政策の根幹的なアプローチとしてEPRを位置づけているように見える。
 - ただし欧州域内の製造業は？という話や、逆に海外の製造事業者に対する政策だとする見方もあり単純ではない。
- 我が国ではすべての製品にEPRという形で進めるようには今のところ見えない。他方で、動静脈連携が難しいという声はそこかしこにある。
- (ユーザー＝発生点→) **収集運搬→中間処理→素材→製品製造** (→ユーザー)という流れの中、プレイヤーの規模の違いなどによる構造的な問題は難しく、これを拠点化で解決するのか、それともDPPなどのような情報連携技術がすべてを解決するのか、そこは要注目。

5

まとめにかえて

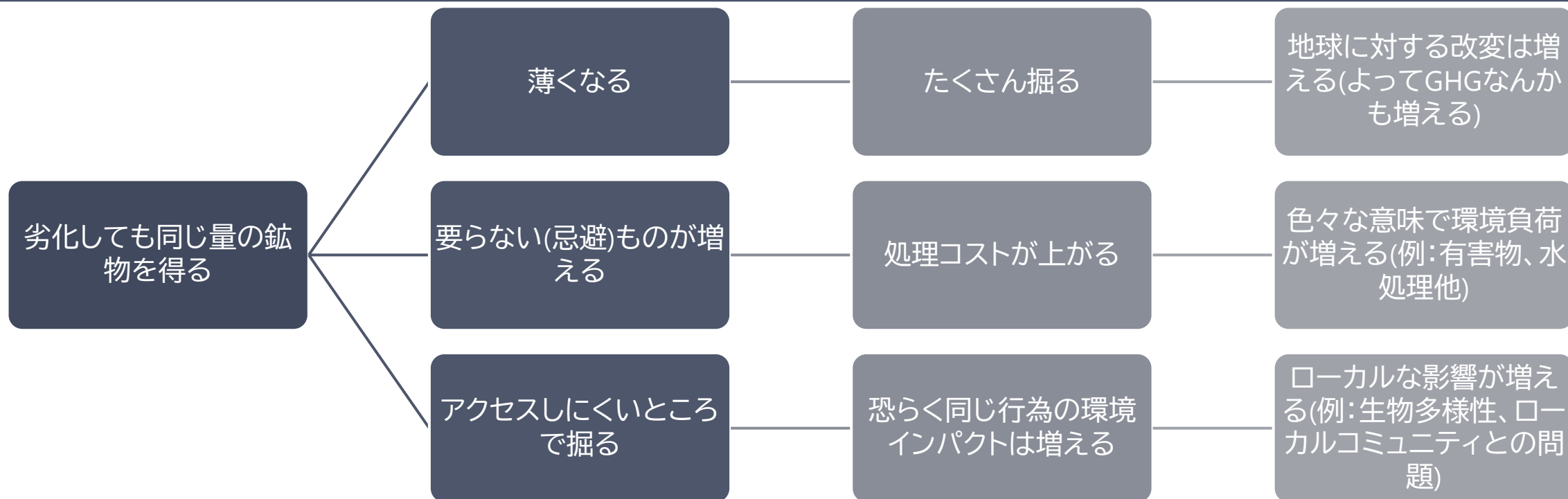
ヤード問題は日本の資源循環の問題点の表れ

- **問題の本質：**先にも述べたとおり、不適正ヤード問題というのは、日本の資源循環の不十分な部分の受け入れ先のような側面を持っており、これは2000年のいわゆる循環型社会元年と呼ばれた頃から継続的に抱えている問題だといえる。かつては雑品輸出などであったものが今こうなっているだけ。
- **対策：**基本的に資源循環全体の問題を解決するしかない。不適正ヤードを適正化した先には、適正な中間処理・保管事業者があるのだとすれば、これらが適切にビジネスを進めていけるために何をするのか、というのが大きな課題。

素材産業、最終製品製造業も健在

- EPRという形ではっきり製造事業者の責任を明確化するのか、それ以外の日本型の姿があり得るのかは、学者目線で言えば興味深い所ではある。
- 我が国はこうした製造業は依然として健在だと言える。とはいえ、白物家電やもっと典型的に言えば昨今話題に上っていたPVパネルなど、国外製造事業者が高いシェアを持ちかつリサイクルを進めなければいけない製品も増えている。そのときに、EPRでわかりやすく制度を作った方が良いというのは考えられる。
- ただバリューチェーン上の中間処理業を強くしなければいけないことは間違いない。

劣化: 金属は環境・社会面で再生優位に？



同じ量の天然資源を得る上で生じる様々な負のインパクトが増えていること
そしてそもそもこうしたインパクトを社会が認識するようになったこと

- こうした事実が天然資源を使うこと自体をある種のリスクに変えてしまっている
- けれども要らなくもならない、資源の流れ全体のバランスを考えた利用が必要

多様な資源の使い途についての総合的戦略

- 再生可能と非再生可能、天然資源と循環資源、我々は様々なマテリアル系資源を使っているが、日本の政策はこれを統合的に見て戦略を作る司令塔を欠いているような印象がある。既に諸外国はそのあたりを踏まえたCEという流れになっている。
- 我が国においてもCEへの移行の動機の一つが資源安全保障であると言われるようになりつつあるのは前向きか？ただしそちらに舵を切りすぎても行けない。
- すべてはバランス感覚のある舵取りが必要だと思います。

攻めのツールとしてのシステムと国際規格

- 昨今 **ISO 59000**シリーズ(サーキュラー・エコノミー)や企業情報開示のための枠組みとして**WBCSD**(World Business Council for Sustainable Development:持続可能な開発のための世界経済人会議)による**GCP**(Global Circularity Protocol)の開発など、CEの規格化やその中での評価、情報開示などの枠組みが急速に開発されている。
- こうしたものの開発に日本から積極的に打ち込み、1) 日本の業界に不利にならないような規格作り、2) これに準拠した**日本の廃棄物・リサイクルシステムのアジア展開**などを目指すことで、望ましい国際資源循環への展開を進めると言ったことも、広い意味ではヤード問題などに対応することにつながると思われる。

ご清聴ありがとうございました。