ものづくりアジア発循環経済への挑戦としての広域マルチ・バリュー循環

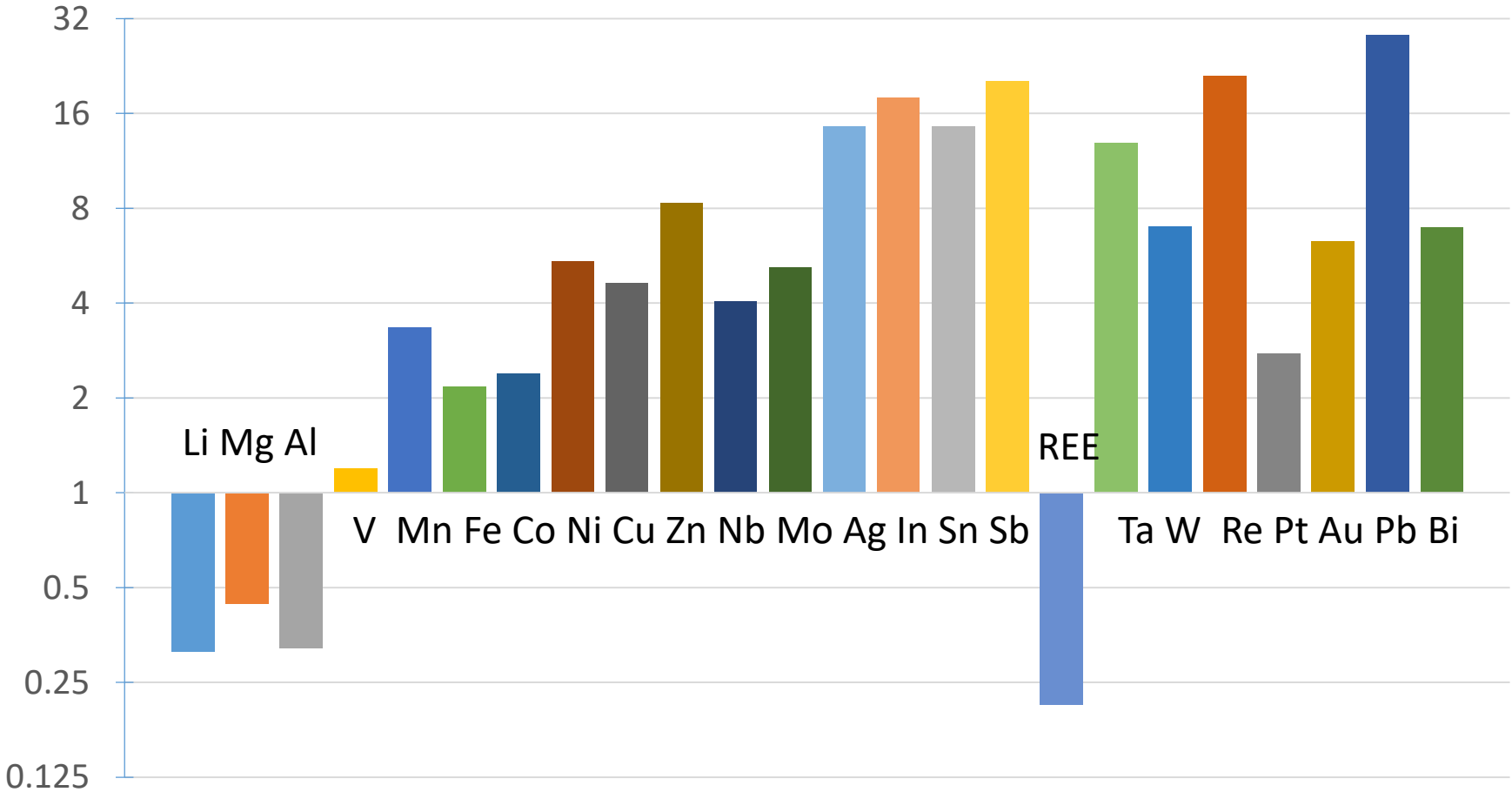
171214

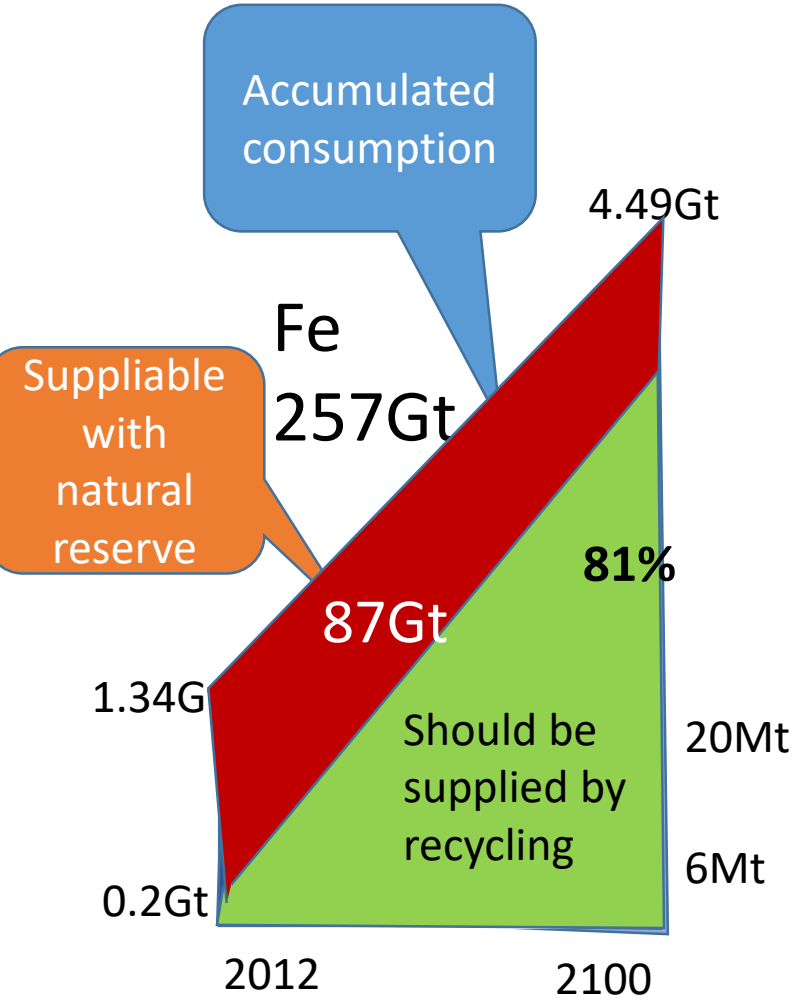
原田幸明

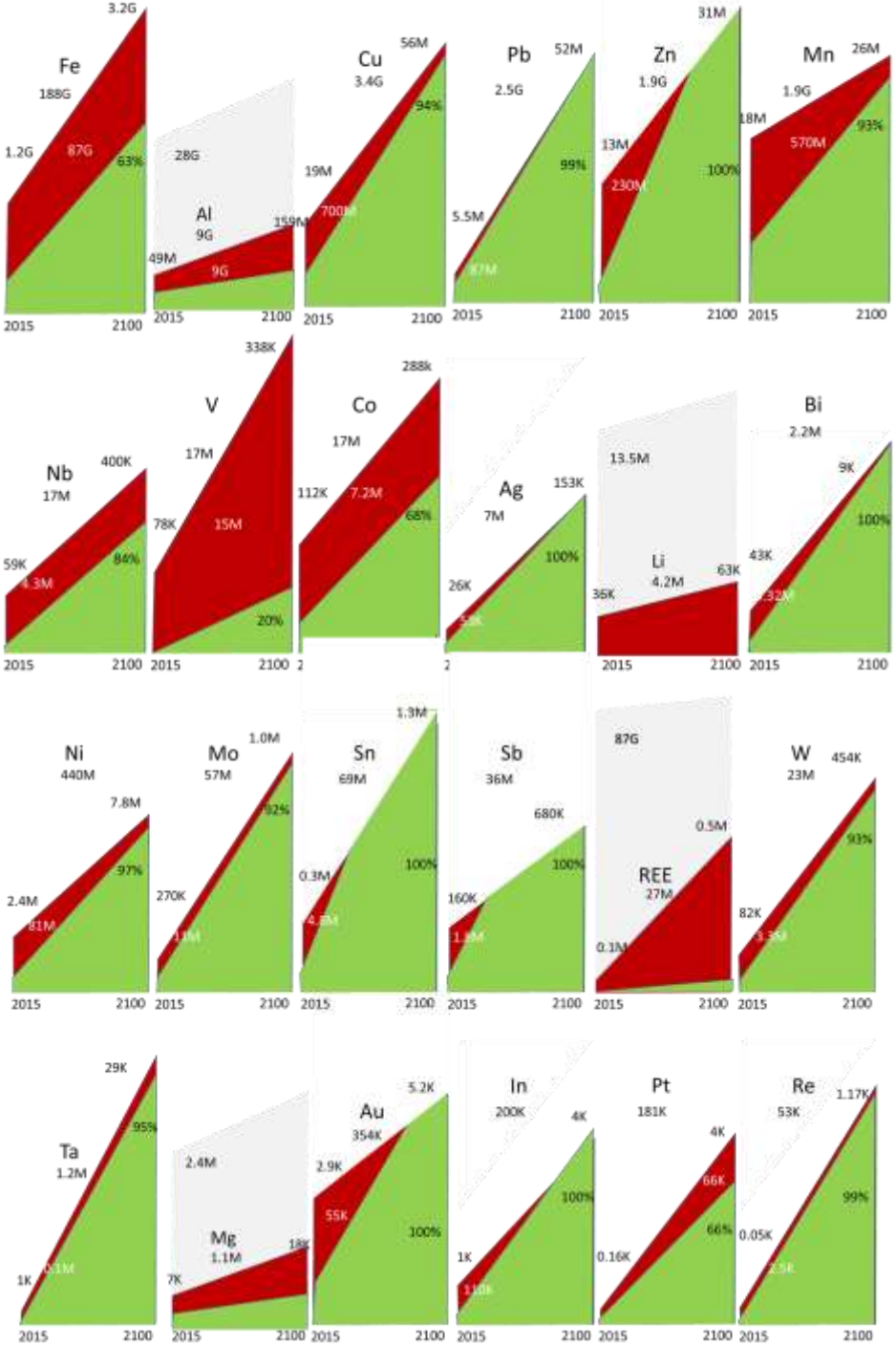
1435-1505

Much more times of resources will be required by 2100.

Estimated demand up to 2100 v.s. current reserve amount




Accumulated consumption
Suppliable with natural reserve
Fe
257Gt
4.49Gt
87Gt
81%
1.34G
0.2Gt
Should be supplied by recycling
20Mt
6Mt
2012
2100


Fe
188G
3.2G
1.2G
87G
63%
Al
28G
9G
49M
9G
159M
Cu
3.4G
56M
94%
19M
700M
Pb
2.5G
52M
99%
5.5M
Zn
1.9G
31M
13M
230M
100%
Mn
1.9G
26M
18M
570M
93%
Nb
17M
400K
59K
4.3M
84%
V
17M
338K
78K
15M
20%
Co
17M
288k
112K
7.2M
68%
Ag
7M
153K
26K
100%
Li
4.2M
13.5M
36K
63K
Bi
2.2M
9K
43K
100%
Ni
440M
7.8M
2.4M
97%
Mo
57M
1.0M
270K
92%
Sn
69M
1.3M
0.3M
100%
Sb
36M
680K
160K
100%
REE
27M
87G
0.5M
0.1M
W
23M
454K
82K
93%
Ta
1.2M
29K
1K
95%
Mg
1.1M
2.4M
7K
18K
Au
354K
5.2K
2.9K
55K
100%
In
200K
4K
1K
100%
Pt
181K
4K
66K
66%
0.16K
Re
53K
1.17K
0.05K
99%
2015
2100

Europe2020 (launched from 2011)

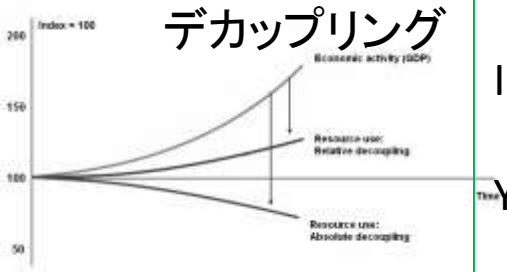
A strategy for smart, sustainable and inclusive growth

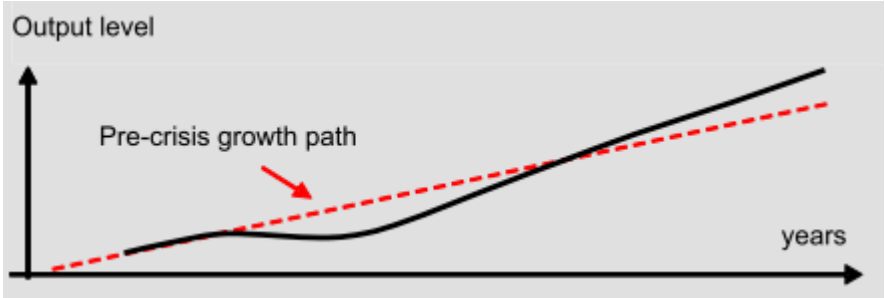
1990s
dematerialization

バブル経済

従来経済

Transition of Economy





雇用創出

7 Flagship Initiatives

Innovation Union

Youth on the Move

A Digital Agenda for Europe

Resource Efficient Europe

An Industrial policy for the globalization era

An Agenda for skill and job

European Platform against Poverty

- 75 % of the population aged 20-64 should be employed.
- 3% of the EU's GDP should be invested in R&D.
- The "20/20/20" climate/energy targets should be
- The share of early school leavers should be under 10% and at least 40% of the younger generation should have a tertiary degree.
—- 20 million less people should be at risk of poverty.

「ボローニャ・５ヶ年ロードマップ」

我々、G7環境大臣、上級代表並びに環境及び気候担当の欧州委員は、富山物質循環フレームワーク及びIRPとOECDの報告書によって示された主要なメッセージ及び勧告を考慮し、資源効率性の向上に向けた次のステップに関する決定を行うとともに、サプライチェーンを含む、ライフサイクルに基づく物質管理、資源効率性及び3Rを推進する行動を優先付けするための、随時更新する「生きた」文書として以下のロードマップを採択する。

この目的のため、17のSDGsのうち12が資源効率性に言及していること、2030年までに各国が「天然資源の持続可能な管理及び効率的な利用を達成する」ことを要求されていることを認識するとともに、知識の共有と現行の取組に立脚することの有用性を認識した上で、各メンバー国がすべての分野に貢献するとは限らないことを認めつつ、我々は以下の具体的行動を率先又は必要に応じて自主的貢献によって実行することを決定する。

またその際、我々はステークホルダーの関与の重要性を認識する。我々は資源効率性の達成における企業の重要な役割を認識し、ビジネス７の積極的な貢献を歓迎する。我々は、企業、国際機関、その他のこの分野で活動するステークホルダーと緊密に連携し、以下の注目部門と分野において資源効率性を促進することを望む。

我々は、資源効率性のためのG7アライアンス会合と連動したワークショップその他の場を通じて、本ロードマップ及び富山フレームワークに基づく行動の実施について、定期的に進捗状況をレビューしていく。

資源効率性の指標

- 資源効率性の成果と影響を共同で測定しモニタリングする我々の能力を向上させるための取組を継続する。OECD、IRP、G7の統計機関及びその他の関連機関の専門知識に基づき、我々は既存の実践例をレビュー及び共有し、測定する際のギャップを特定し、必要な場合には、世界、地域、国の新たな指標案を開発し、既存の指標を改善させることに共同で取り組んでいく。

資源効率性と気候変動

- 温室効果ガス削減の可能性に関して、最も有望な資源効率的な措置を特定することによってコベネフィットを追求するため、資源効率性に関する政策の温室効果ガス削減可能性をさらに評価する。このため、我々はIRPに対し、RE（資源効率性）／CE（循環経済）／3R／SMM（持続可能な物質管理）に関する政策の実施に関連付けられた排出シナリオの提供や、これらの政策と従来の政策の実施の比較を含め、上記に関する研究を行うよう求める。また、RE／CE／3R／SMMの実施に関連した低炭素技術の展開についての評価も提供されるべきである。イタリアはこの研究を進展させる財政支援を行っていく。

国際レベルでの持続可能な物質管理

以下の事項に関する情報を共有する。

- 関連する国及び地域の側面を含む、環境上適正な国際的物質管理に関するイニシアティブ、優良事例及びアプローチ（例：基準及び規制、リサイクル施設及び事業者、適用可能な技術）。
- 国際的物質管理に関するビジネスの観点から見た修理、改修、再製造、再使用及びリサイクルに対する障壁。

資源効率性の経済分析

- 関係機関と協働し、ジェンダーに配慮した観点を含む、資源効率性の高い世界経済への転換のマクロ経済への影響と、この移行を可能にするミクロ

プラスチック

- 改善された製品設計の経済的な利益及び機会を評価し、一次資源の使用削減、そのライフサイクルを通じた環境や経済への悪影響を考慮して、プラスチックのリサイクルと再利用に対する障壁に対処し、環境、特に海洋へのプラスチックの流出を回避する（関連するG7の取組と連携する）。

グリーン公共調達（GPP）

- 調達プロセスへの資源効率性に関する基準の組み込みに関する経験を共有し、環境に大きな影響を及ぼす製品にGPPを適用するための能力構築方法について、特に再使用の可能性、修理の可能性、再生材の使用などの観点に関する情報共有によって、意見交換する。

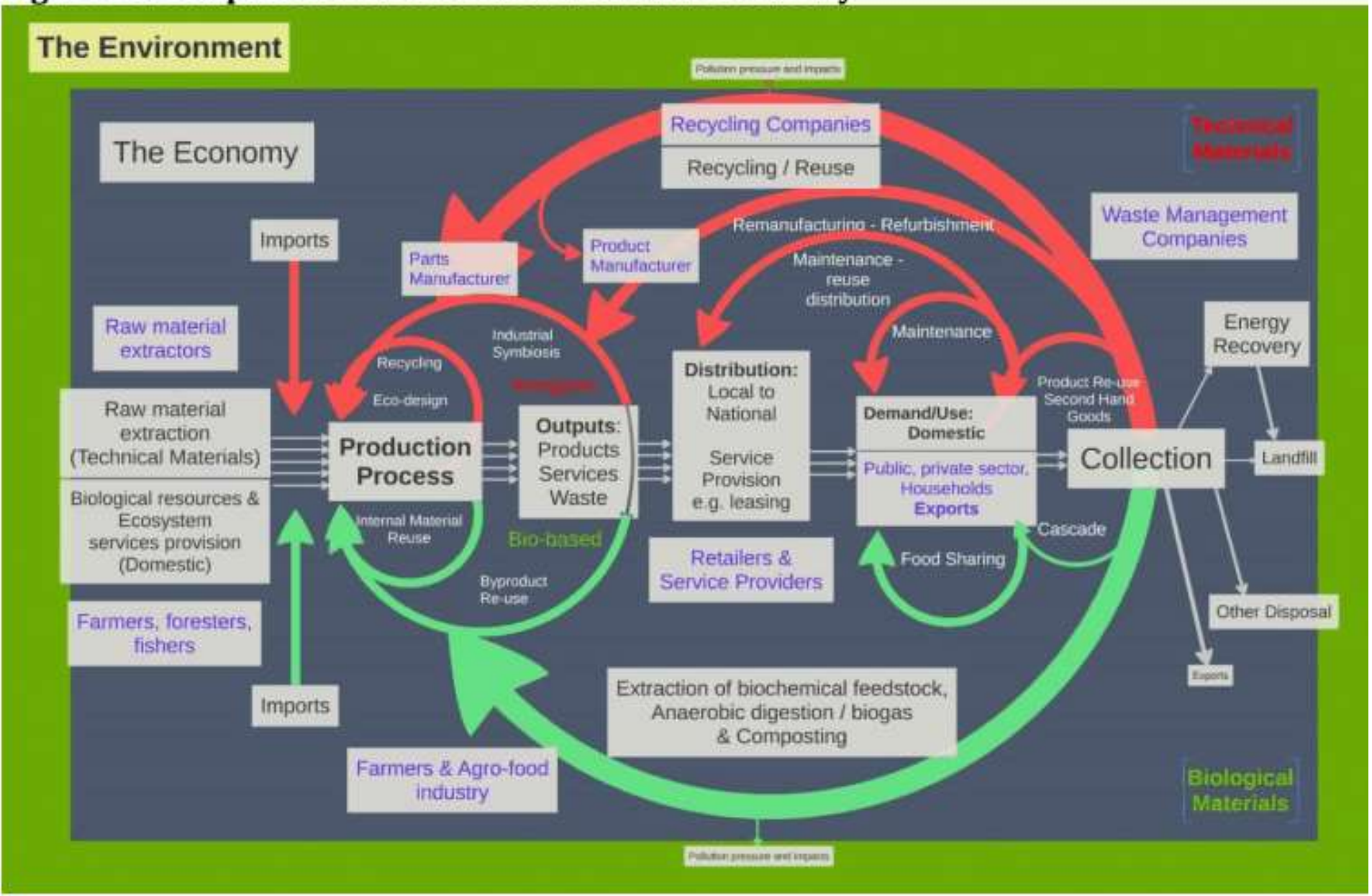
寿命延長製品に関する政策

- リサイクルと比較した再製造・改修・修理・直接再使用（RRRDR）の影響を評価し、RRRDRの定義を明確化し、リバース・ロジスティックス・チェーンを含む障壁を特定して対処し、G7が果たしうる役割を検討する。製品の延長寿命について適切な環境設計基準を特定する活動及びその実施に関する実践例を共有する。

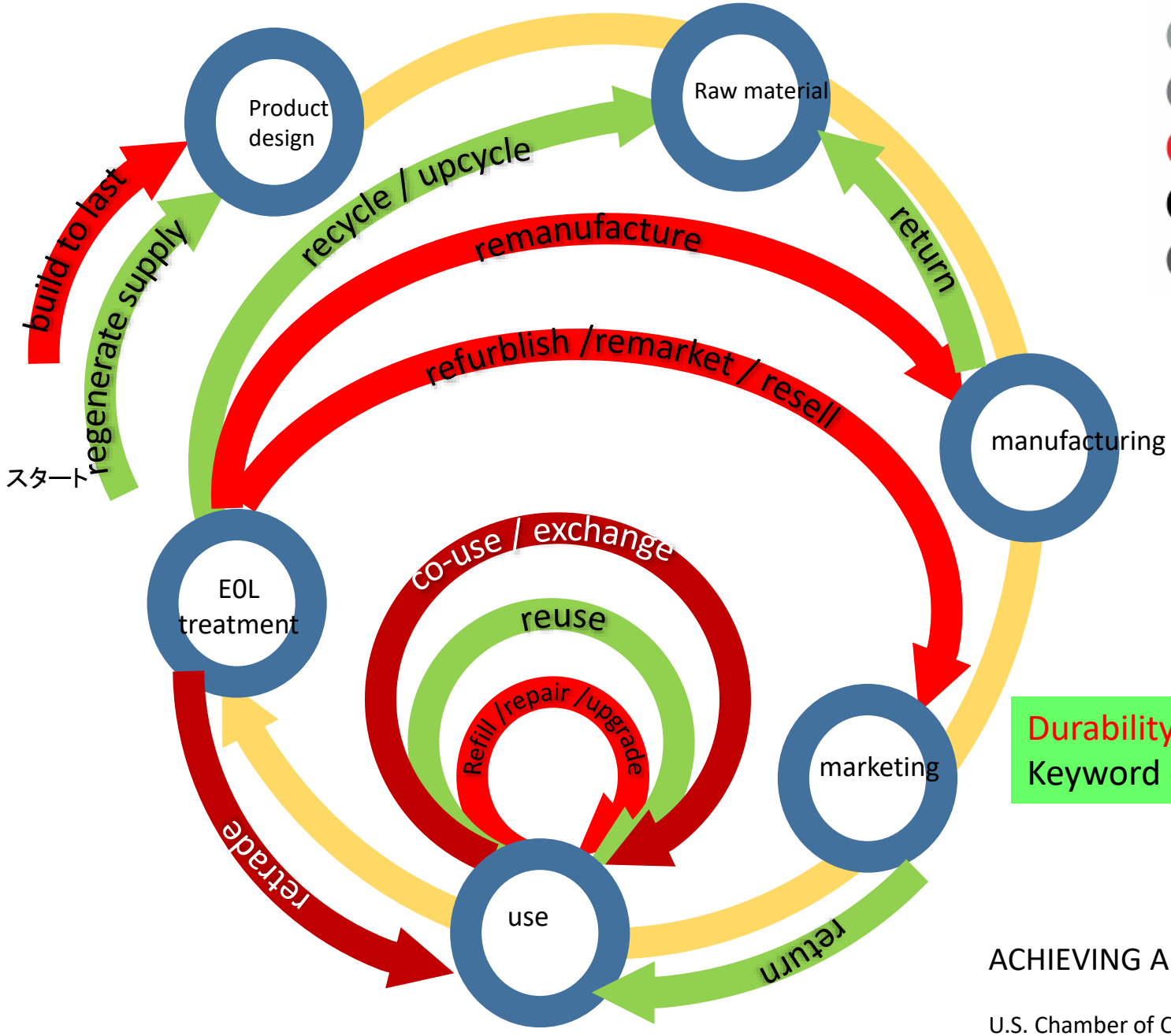
資源効率性と次世代生産革命（NPR）

- NPRに有効な質の高いインフラが、いかにしてより高い資源効率性の達成に貢献できるかを探求することにより、Ｇ７タオルミーナ・サミットで発足した協働への関与を探求する。

Figure E2: Simplified illustration of a circular economy



Source: Own representation, P ten Brink, P Razzini, S. Withana and E. van Dijl (IEEP), 2014



BUSINESS MODELS

- CIRCULAR SUPPLY-CHAIN
- RECOVERY & RECYCLING
- PRODUCT LIFE-EXTENSION
- SHARING PLATFORM
- PRODUCT AS A SERVICE

Durability becomes the greatest Keyword of Ecodesign

ACHIEVING A CIRCULAR ECONOMY

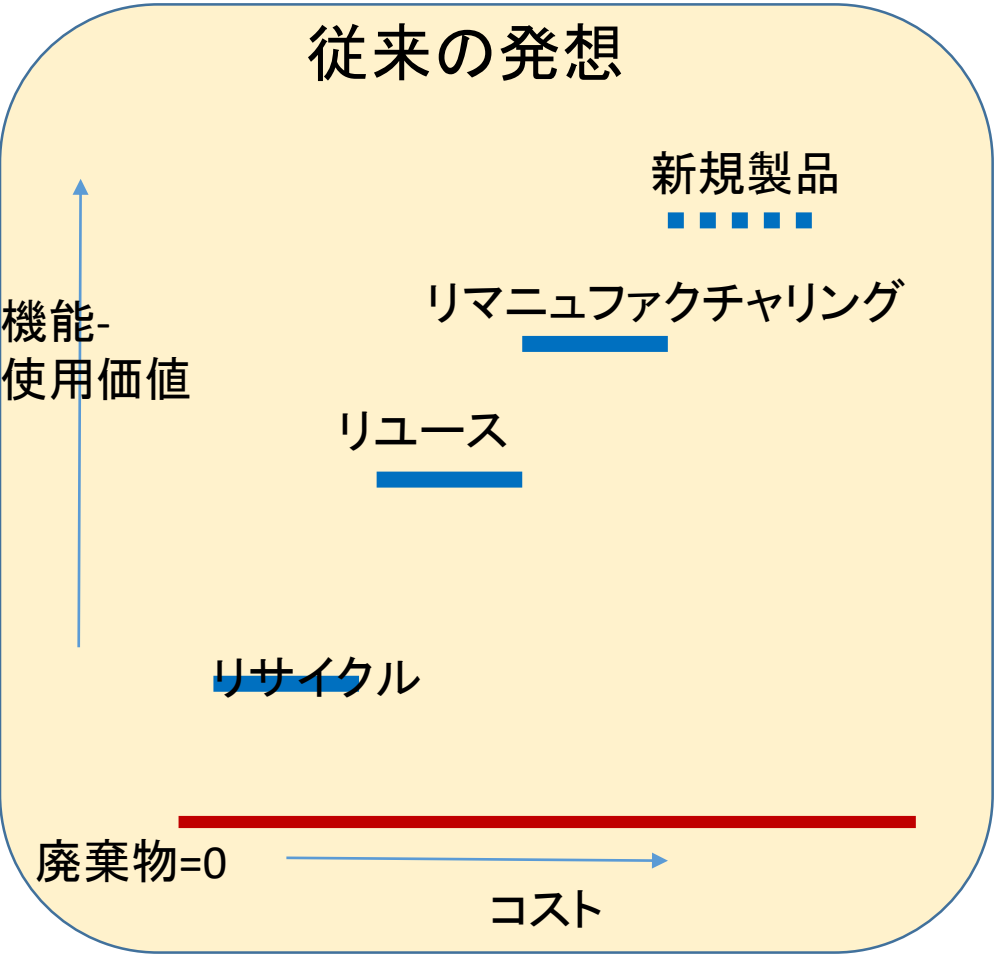
U.S. Chamber of Commerce Foundation,
Supported by CCC's Circular Economy Network

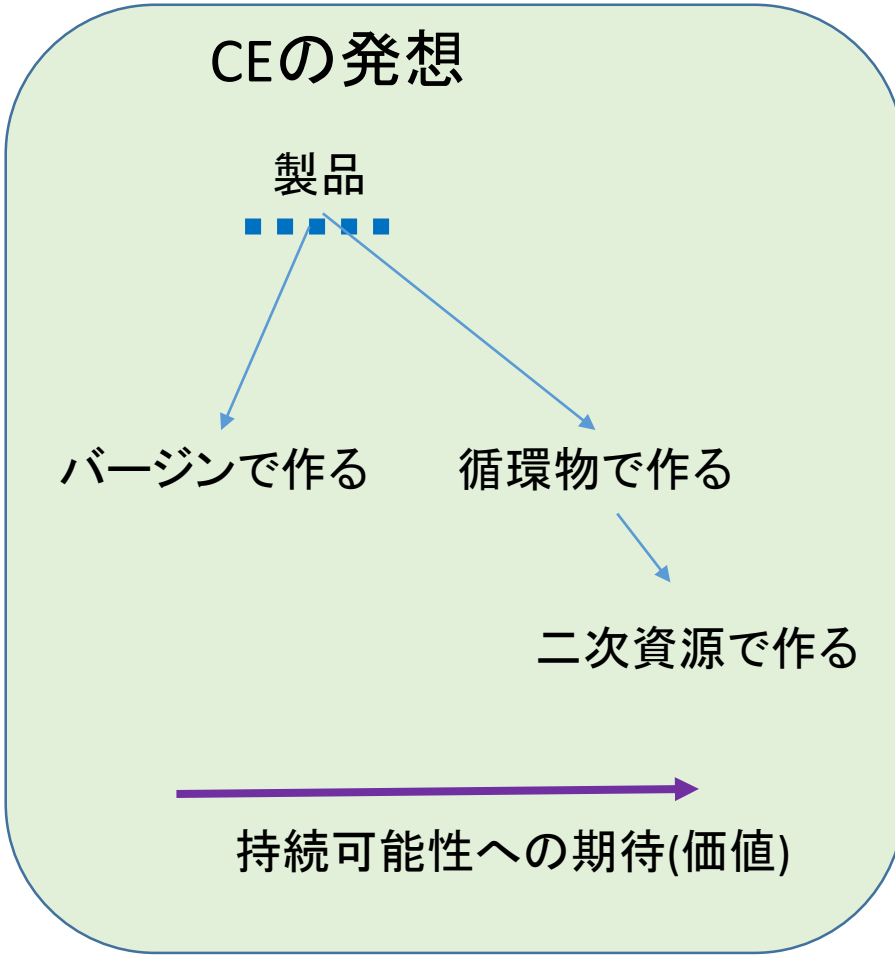
	機能	プロセス	品質管理	その他
リマニュファクチュアリング	当初製品と同等	分解し再構築	当初製品と同等の保証	
リファービッシュ(リビルド)	当初製品に準じる	劣化部品を交換し、再組立	独自設定	自動車関係ではリビルドが使われる
リペア	劣化部分の回復	劣化部分の交換、修復	回復度点検	リファービッシュ用部品も含む
ダイレクト・リユース	機能は問わず	分解せず、洗浄程度	点検程度	
リサイクル	機能喪失	成分のみ抽出	原料としての品質	

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

サプライ側からの付加価値の積み上げ→使用価値を基礎に、持続可能性等の価値で差別化する





成熟した欧米型消費構造

良質のものを集めて
優れたものをつくる

「世界の工場」
新興市場を意識

どこででもできる
そこそこのものを
安く、早く提供する

成熟市場の土俵を変える

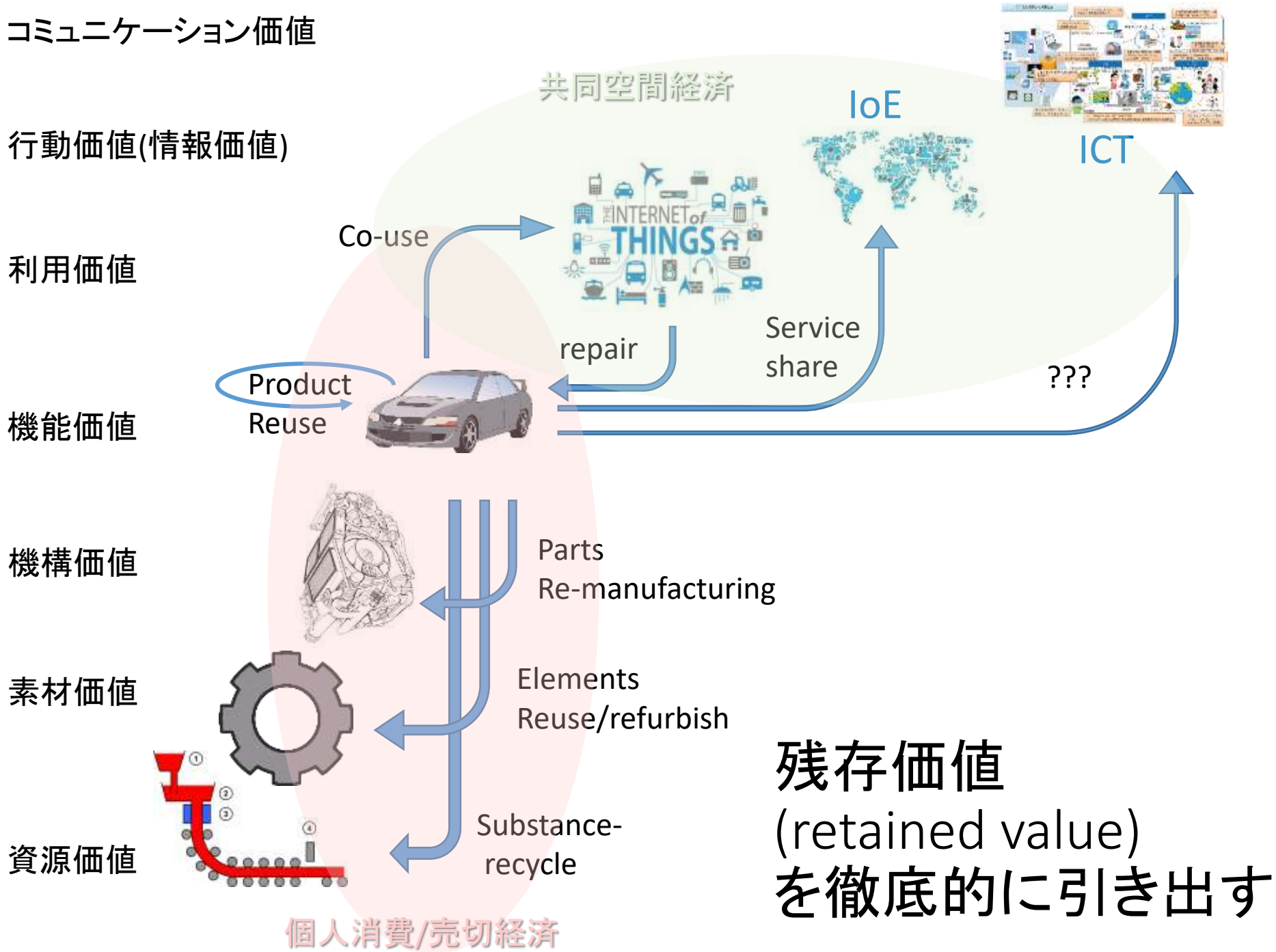
「優れたもの」とは「機能」だけではなく
「持続可能性」
そこに付加価値を与える

欧州のCircular Economyの本質は

持続可能性を持つ「循環型」システムに付加価値をつける

問題解決型ではない　！

現行経済の枠内の発想では戦えない！
　規制と財政誘導にモチベーションを求めては置いて行かれる


コミュニケーション価値
行動価値(情報価値)
利用価値
機能価値
機構価値
素材価値
資源価値
共同空間経済
IoE
ICT
Co-use
repair
Service
share
???
Product
Reuse
Parts
Re-manufacturing
Elements
Reuse/refurbish
Substance-
recycle
個人消費/売切経済
残存価値
(retained value)
を徹底的に引き出す

付加価値≒サービス, 満足の代償

道具

鉱物資源

エネルギー資源

機械

グローバルな拡張

羊毛

絹

衣

衣装

香辛料

塩

食事

糧

物質を媒体にしたサービスの展開

金融空間

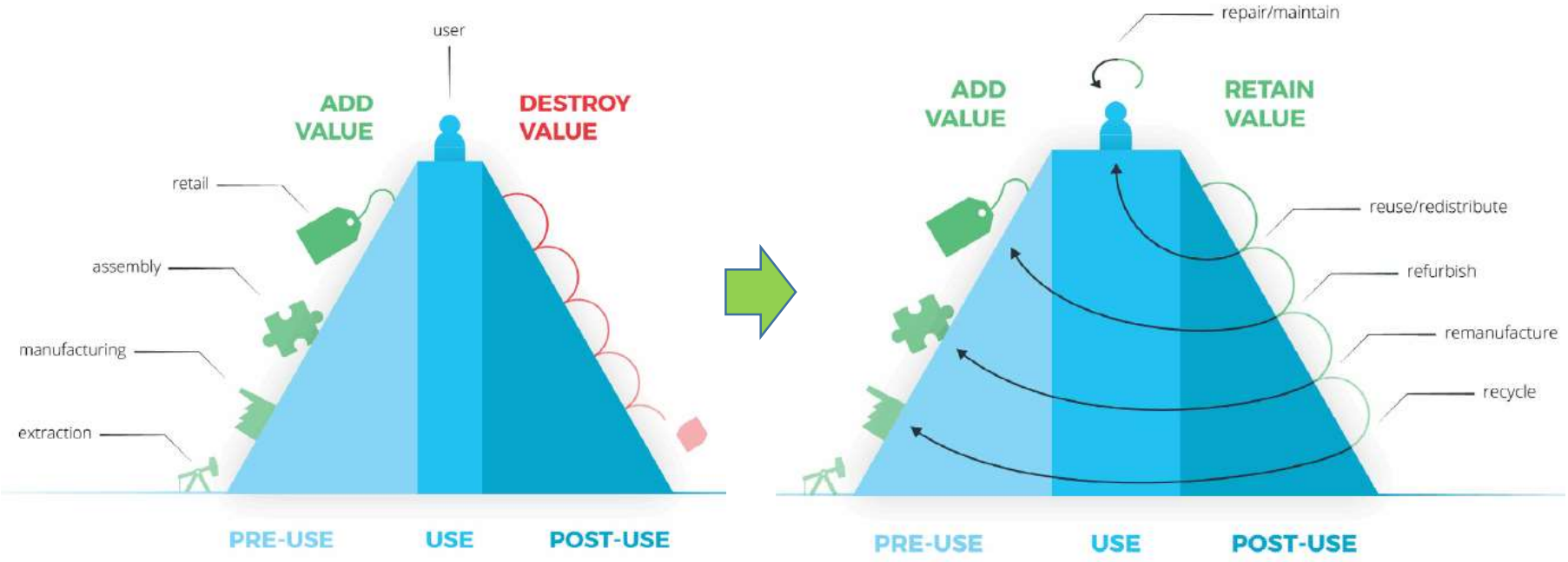
情報空間

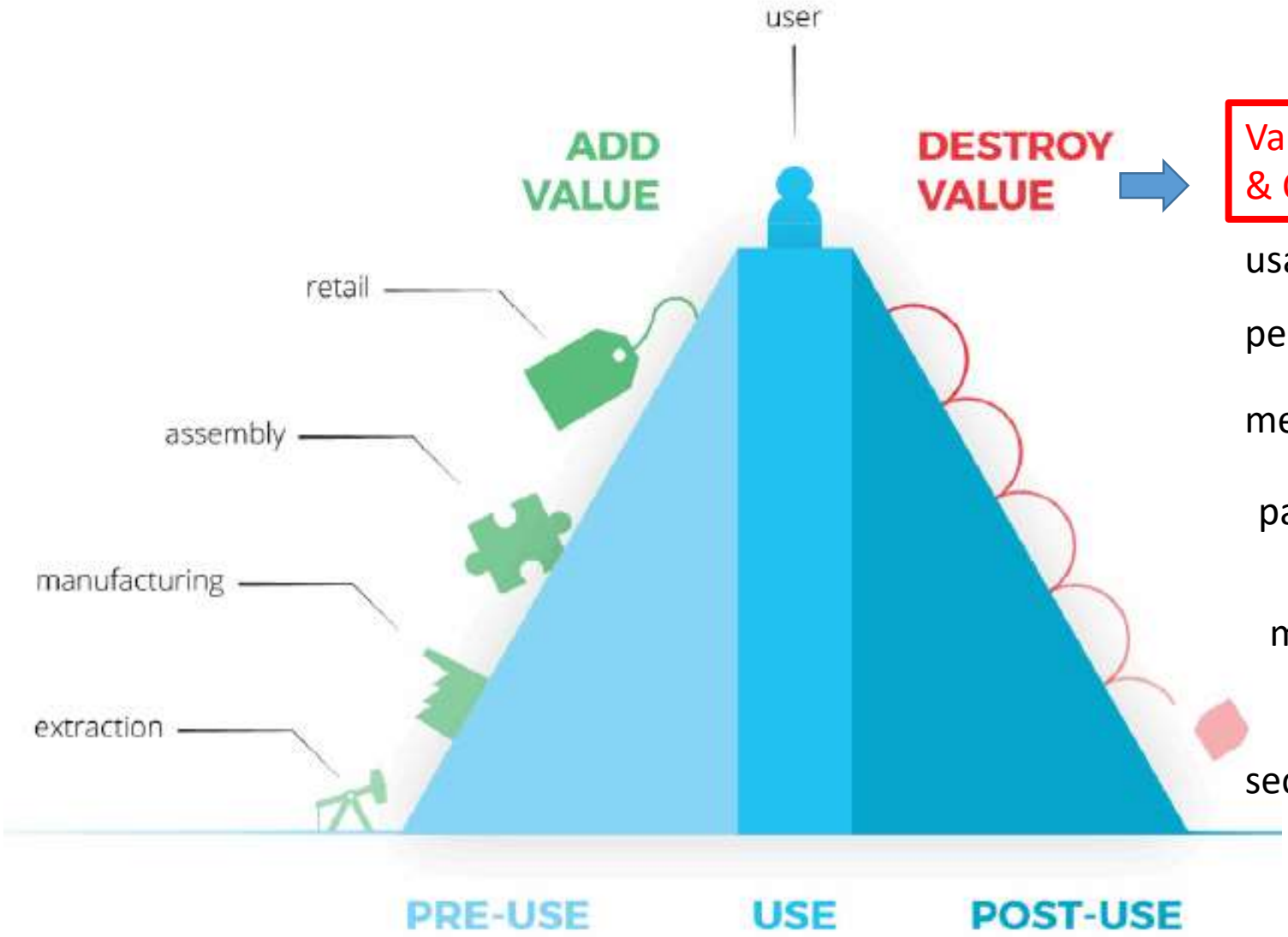
調和・
共有空間

新たな価値空間の創出

“Value hill” by Elisa Achterberg, Master Circular Business with the Value Hill,

Circular Economy sustainable finance lab, Sept 2016





Value recovery & Certification

usabiliity

performance

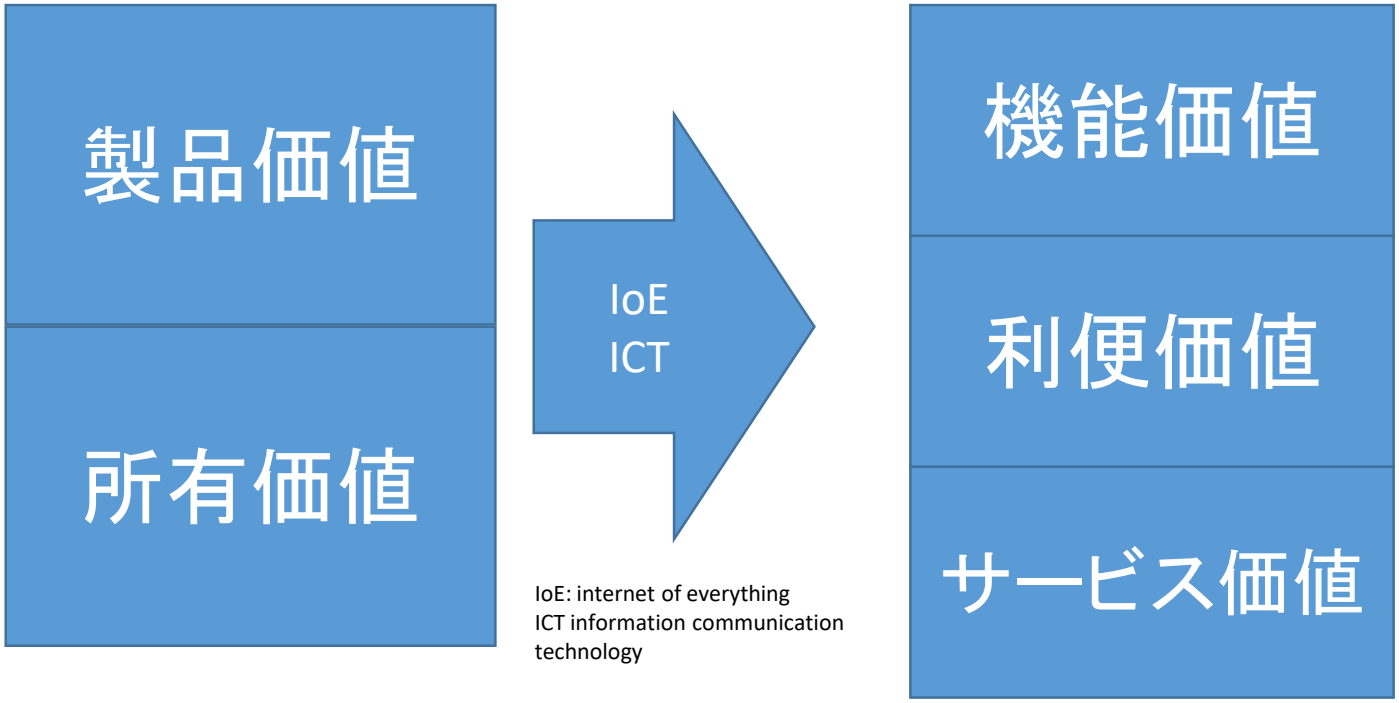
mechanism

parts

material

secondary resource

第4次産業革命
モノ売り　から　サービス(コト)へ



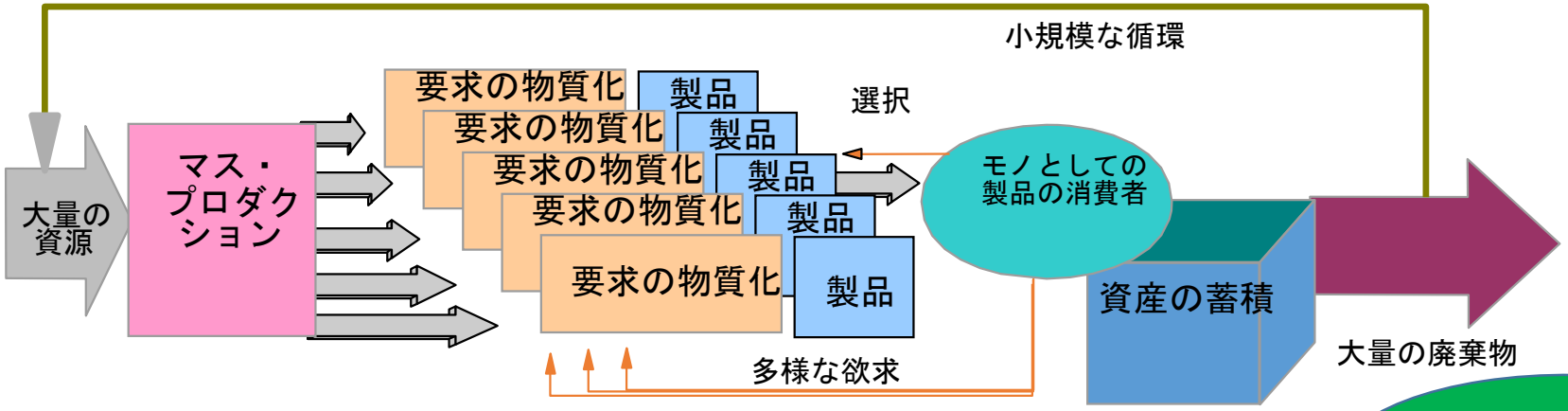
新製品大量生産

メンテ、リペア、P-Reuse

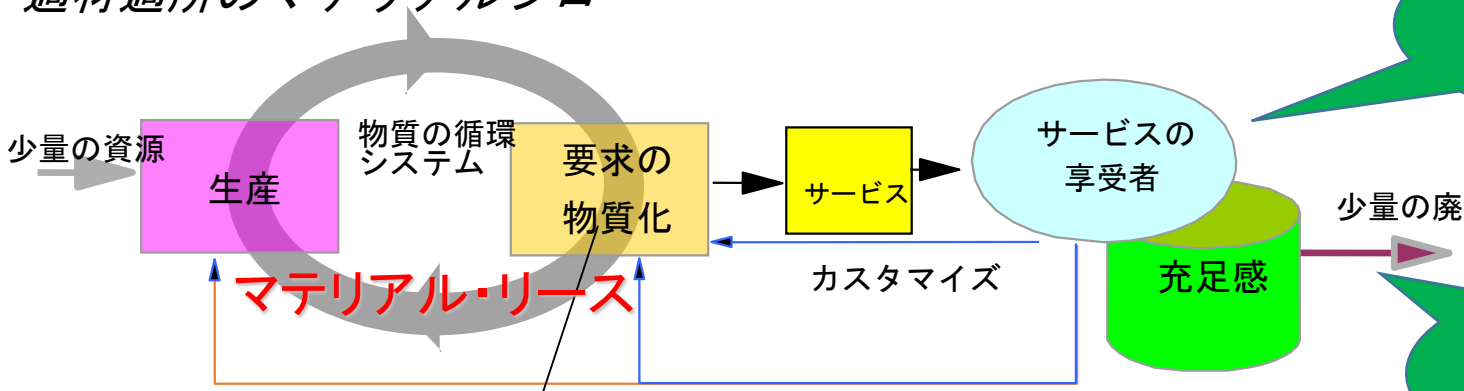
日本生産性本部　喜多川氏

大量生産、大量消費、大量廃棄(循環)からの脱却

大量生産・大量消費・大量廃棄のマテリアルフロー



適材適所のマテリアルフロー



消費者にモノを与えない

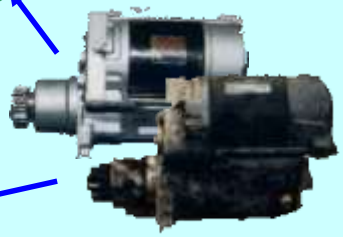
廃棄物処理からの解放

適切な材料を有効に配置し、総物質使用量を減らせるプロセシング技術を

マテリアルリースによる無駄ゼロ最終処分ゼロへの挑戦

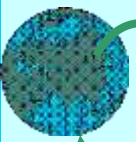
マテリアル・リースによる循環ルートの最適化

リユース



リペア

リワーク



リセトル

リメルト

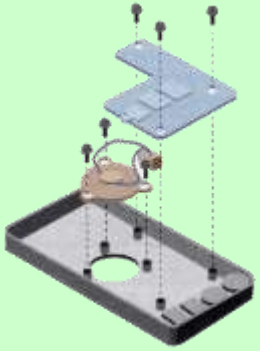
リファイン

製品

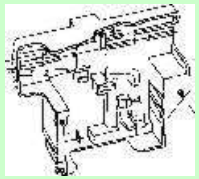
材料の
特性・寿命評価
性能・加工性
環境負荷
知識による
ライフサイクル
エンジニアリング

素材

マテリアル・セレクションによる製品の概念設計の変更



リターナブル
モジュール化

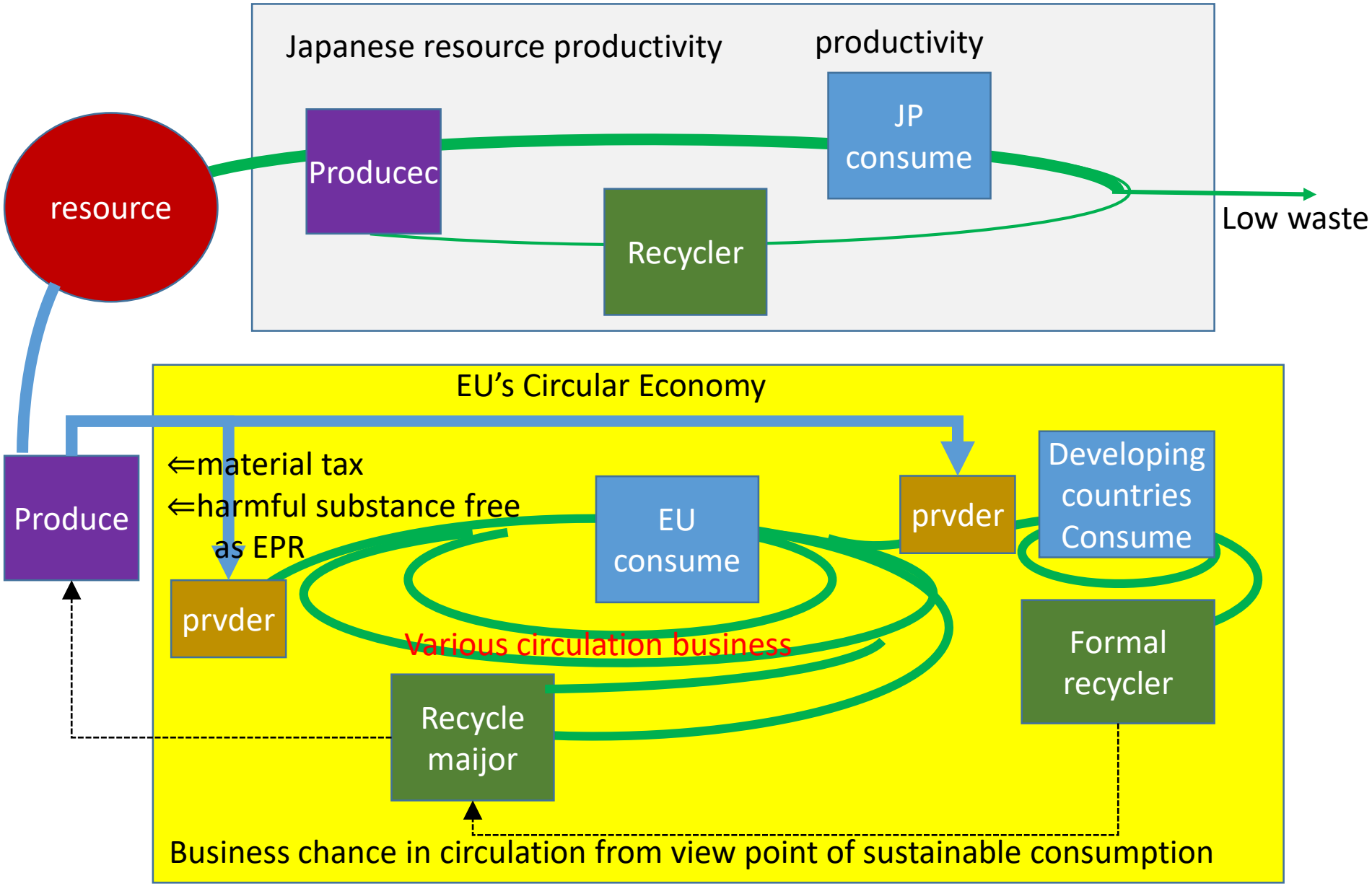


適寿命コンポーネント化

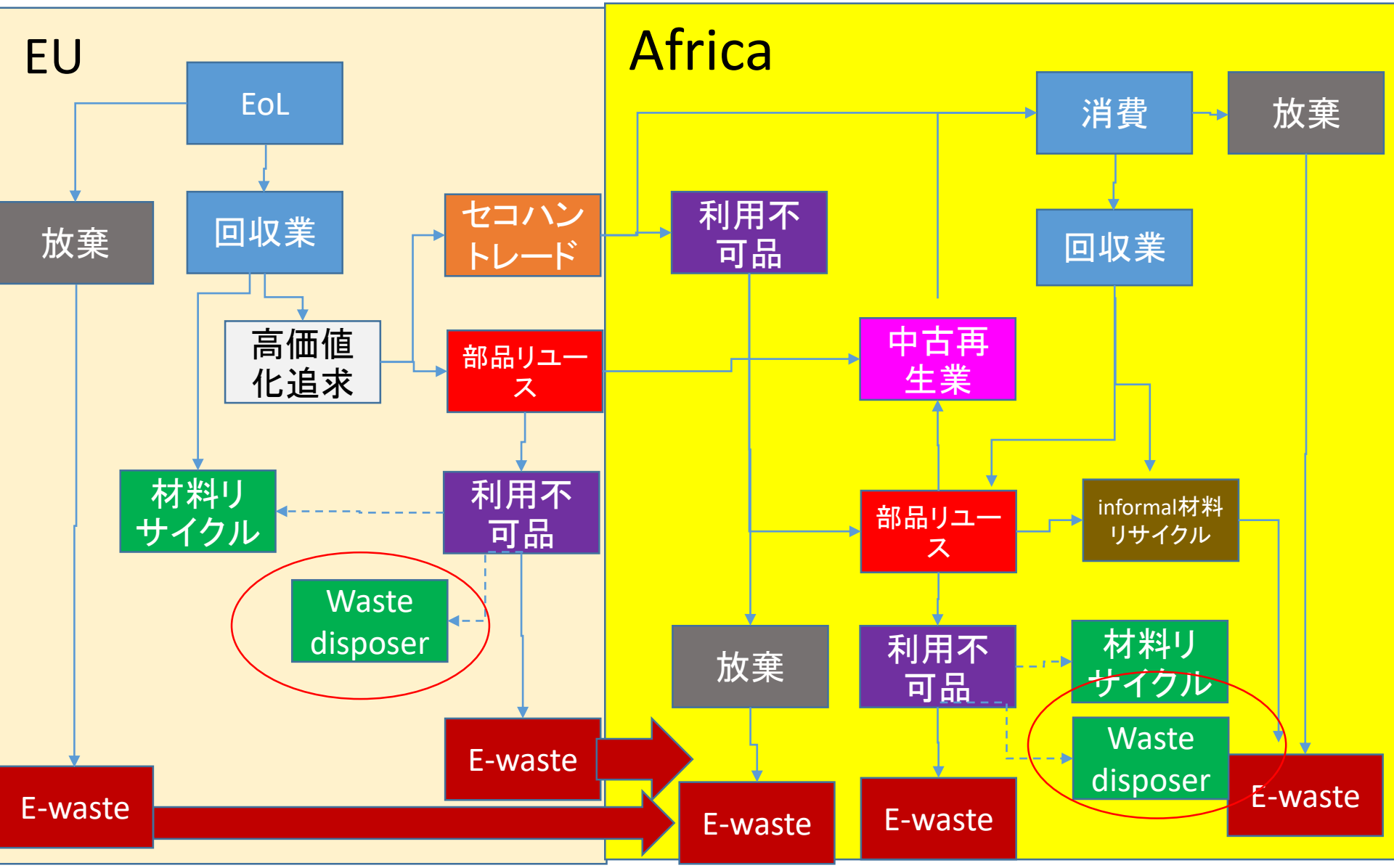
リサイクラブル複合高機能設計

最終処分ゼロへの挑戦を可能にする

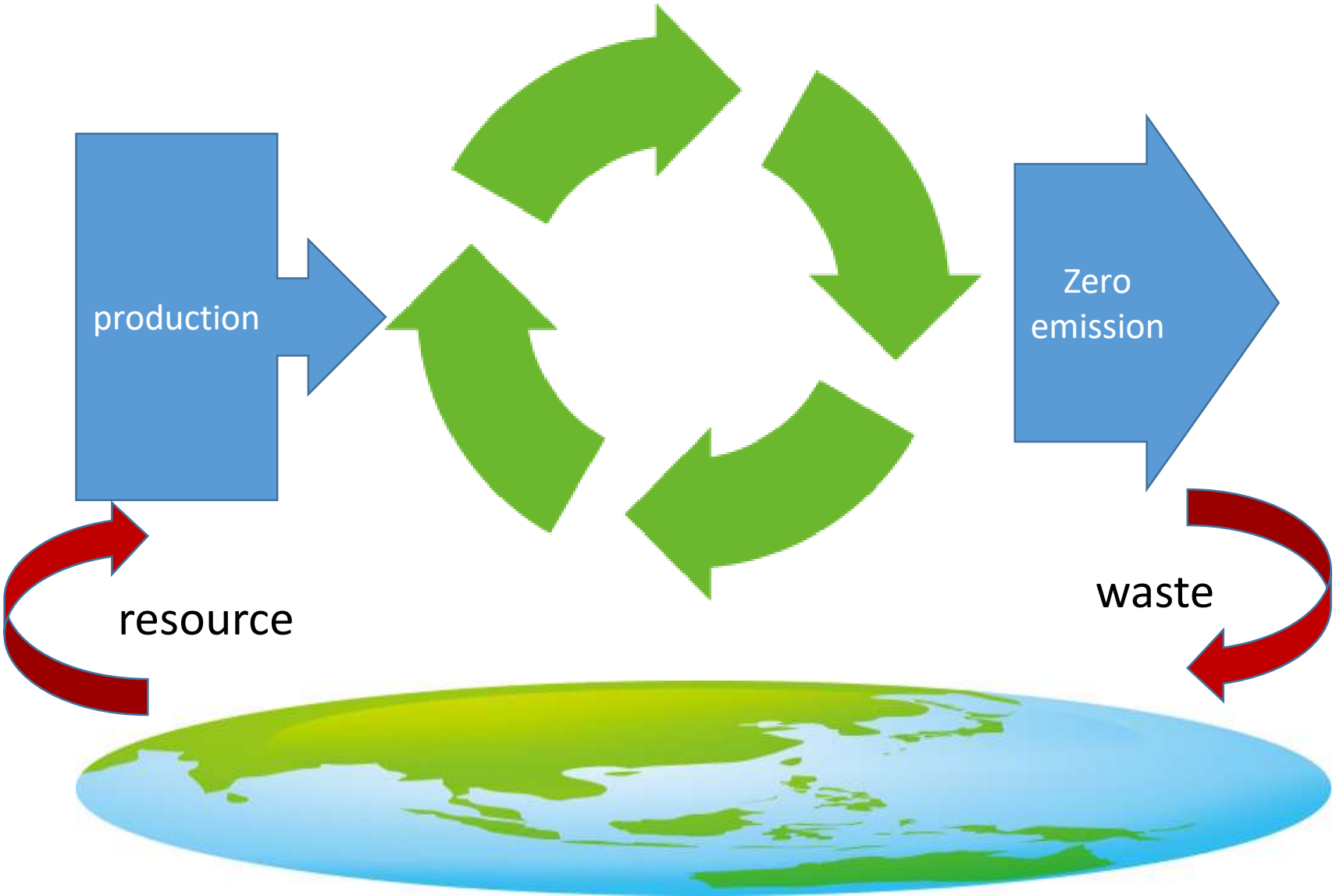
無駄ゼロの材料の適材適所化へ


Japanese resource productivity
productivity
resource
Producec
JP
consume
Recycler
Low waste
EU's Circular Economy
Produce
⇐material tax
⇐harmful substance free
as EPR
prvder
EU
consume
prvder
Developing
countries
Consume
Various circulation business
Formal
recycler
Recycle
maijor
Business chance in circulation from view point of sustainable consumption

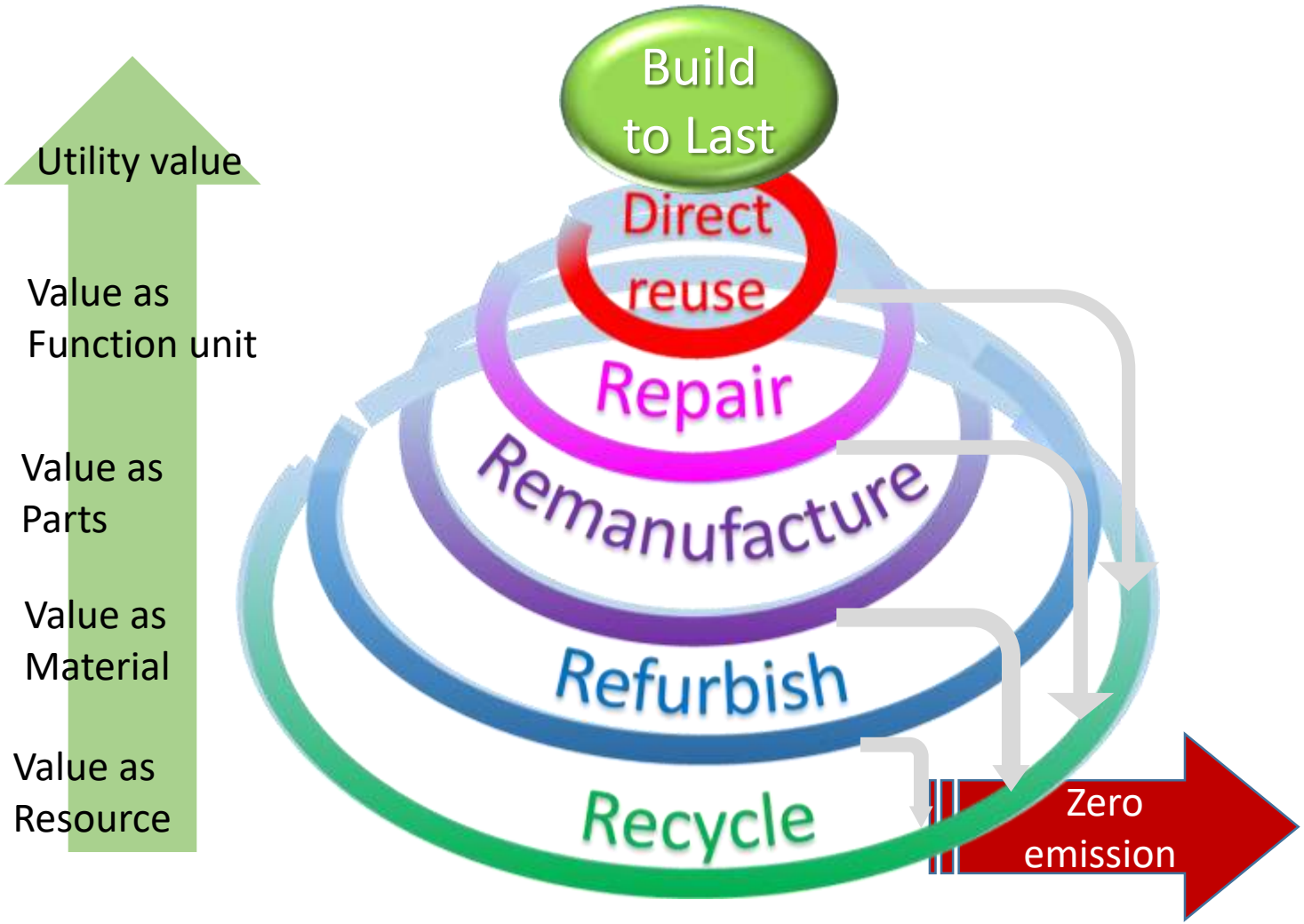
E-waste の発生構造



EUのCircular Economyのもつ弱点



Multi-value Circulation



Technical Barriers o remanufacturing

プロセス技術

Deterioration of material

Fracture

Fatigue

Wear

Corrosion

Surface treatment & Mending

Welding

Cold Spray

Submerged Arc Welding

Plasma Transferred Wire Arc

出典：M.Haselkorn, RIT

マルチバリュー循環社会を支える材料技術

- 長寿命化　　製品寿命の数倍の材料寿命
- 高信頼性　　リユース、リマンを保証
- 修復性・修理可能性
- 易分解性
- カスタム化可能性
- 洗浄性、リフレッシュ性
- 水平リサイクル性
- その場加工性
- 省資源性

日本が世界に示す『わ』の技術

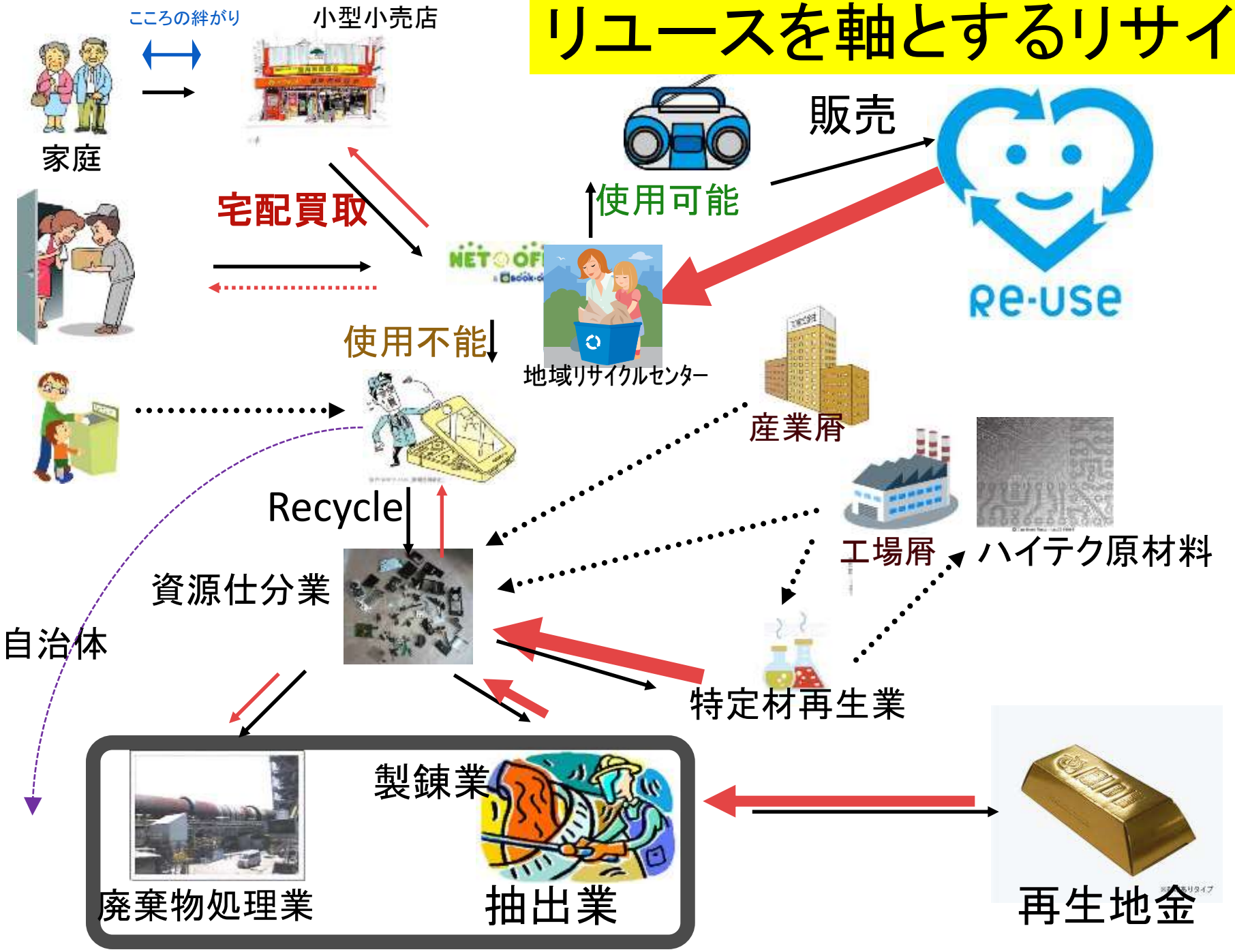
- 「Mottainai」:
  サステイナブルな資源利用と循環、
  身近なものから優れたものを創る

- 「Omotenashi」:
  需要者の要求に合わせられる、
  「生産者論理の押し付け」の無い技術とサービス

- 「Kawaii」:
  小エネルギー、小資源のマニュファクチャリング

日本ブランドと提携していることがサステイナビリティの証だとさせていく　チャンス

リユースを軸とするリサイク



水平リサイクル性

- リサイクル材が、バージン材と同一の性能を持つ

- リサイクルの合致した合金設計
  ALCA 耐熱Ni基リサイクル合金

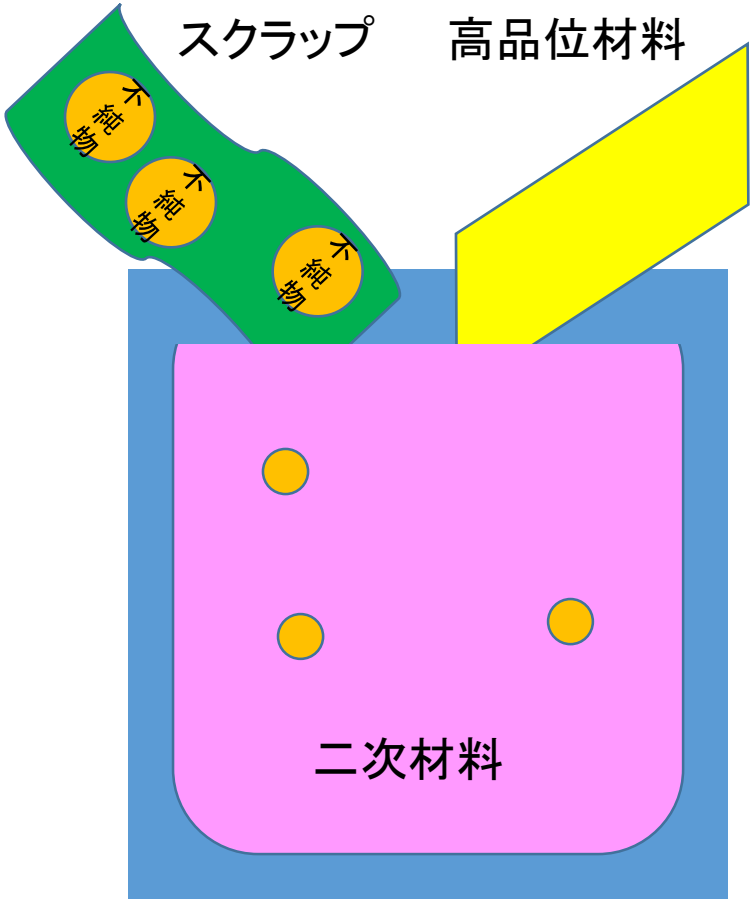
- 劣化機構の解明、強度現出要素の解明
  特にプラスチック

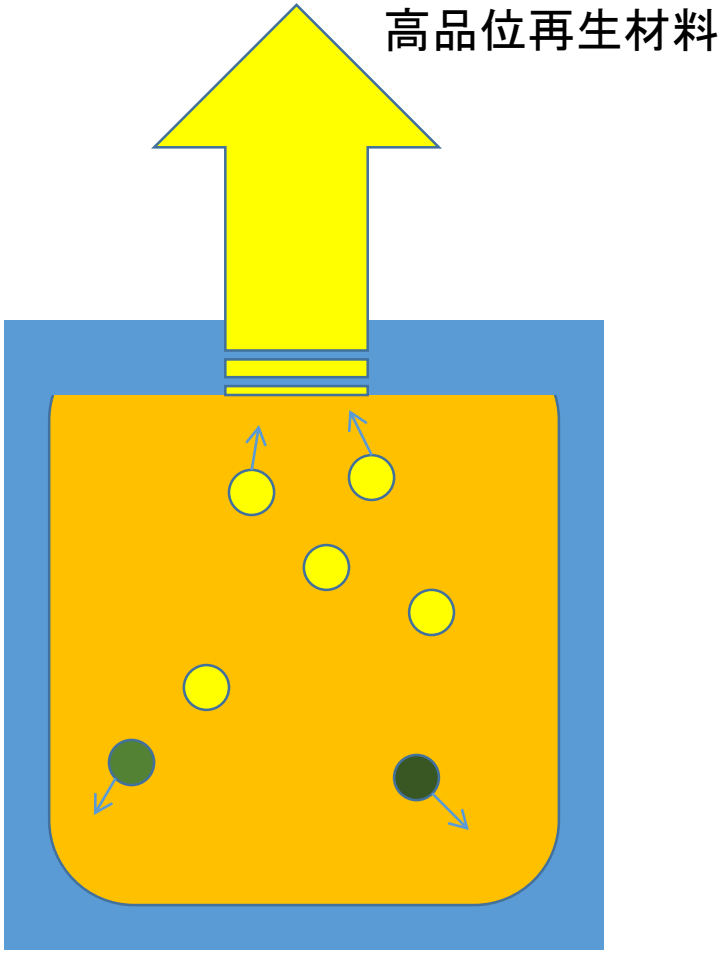
- 総合性能型(よい材料)から、合目的型(使える材料)への設計基準の転換

水平リサイクルのための技術

- 金属　：成分でなく組織で制御する ○
- プラスチック　：高分子+添加物構造の　強度の科学
- セラミクス　：損傷回復機能の獲得

リサイクルの二つの方法





希釈型: Fe,Al,プラ、紙、ガラス等

▽不純物が残り性能が落ちる場合も
○　ほぼ全量つかえる

抽出型: レアメタル、貴金属等

○取りだしたものはバージンと同じ
▽　大量の廃棄物が発生する

3つのリサイクル100%から

- 提供率100%

  必要な量をリサイクルで集めきったか

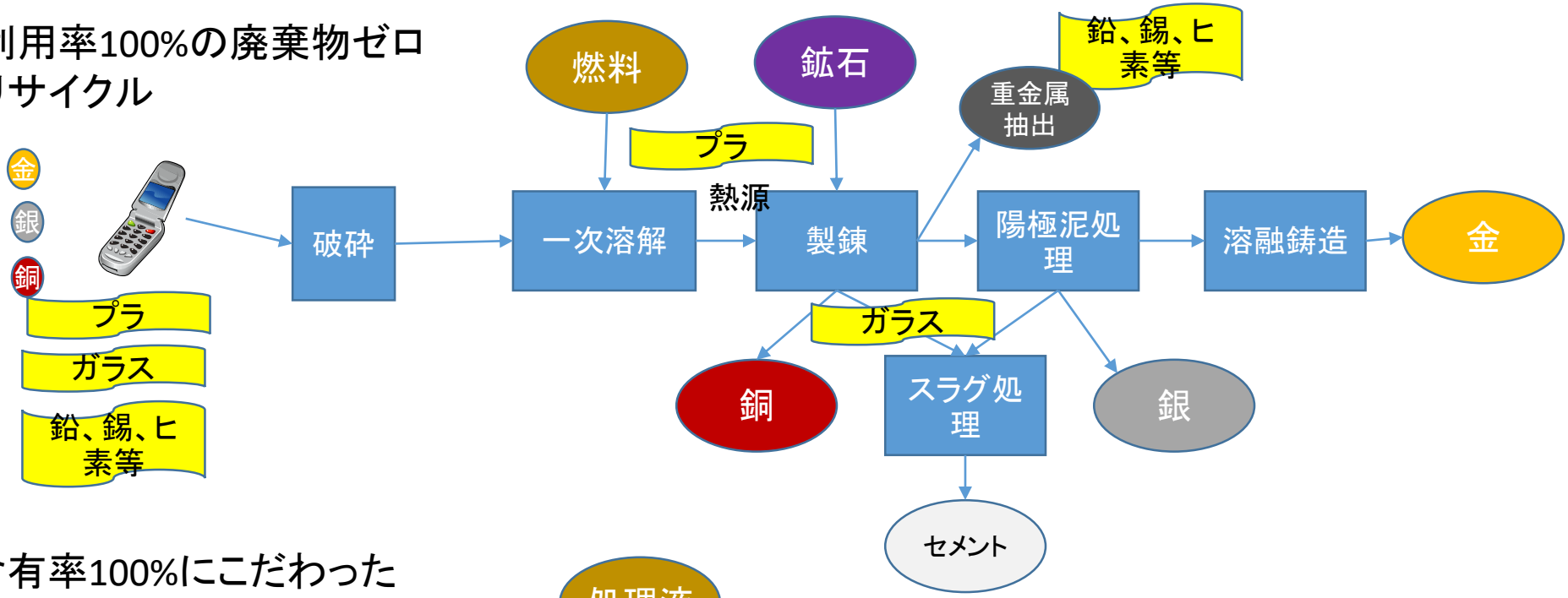
- 含有率100%

  メダルの中にどのくらいのリサイクル金属が入っているか

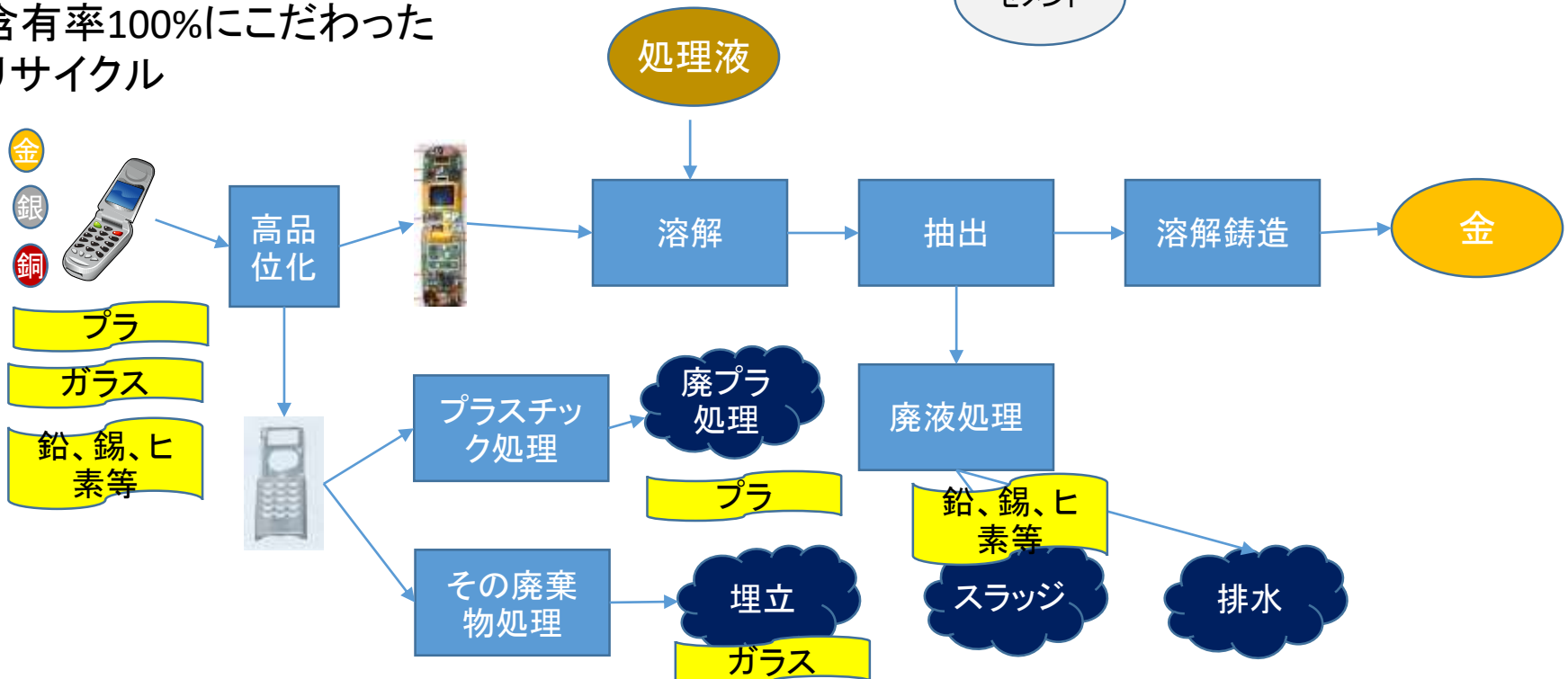
- 利用率100%

  集まった小型家電が廃棄物にならず利用されているか

利用率100%の廃棄物ゼロリサイクル

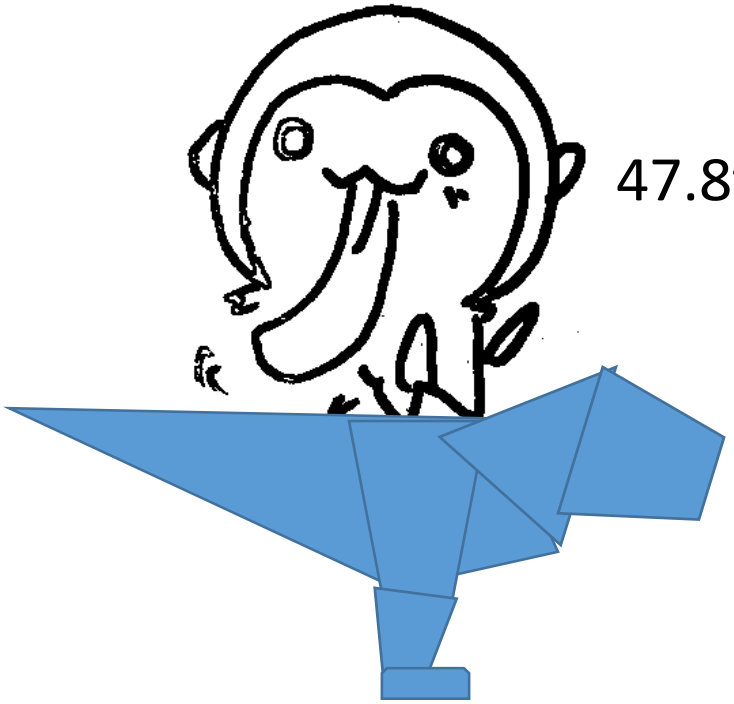


含有率100%にこだわったリサイクル



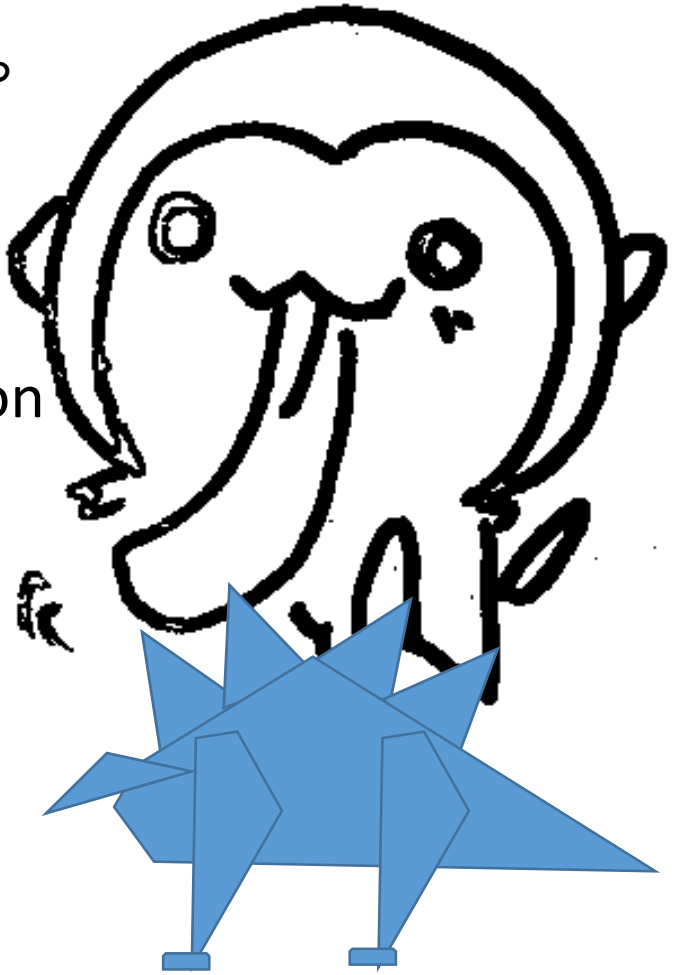
天然資源採掘の
環境背後霊

不法投棄されたら
生まれる
環境背後霊



47.8ton

1600ton

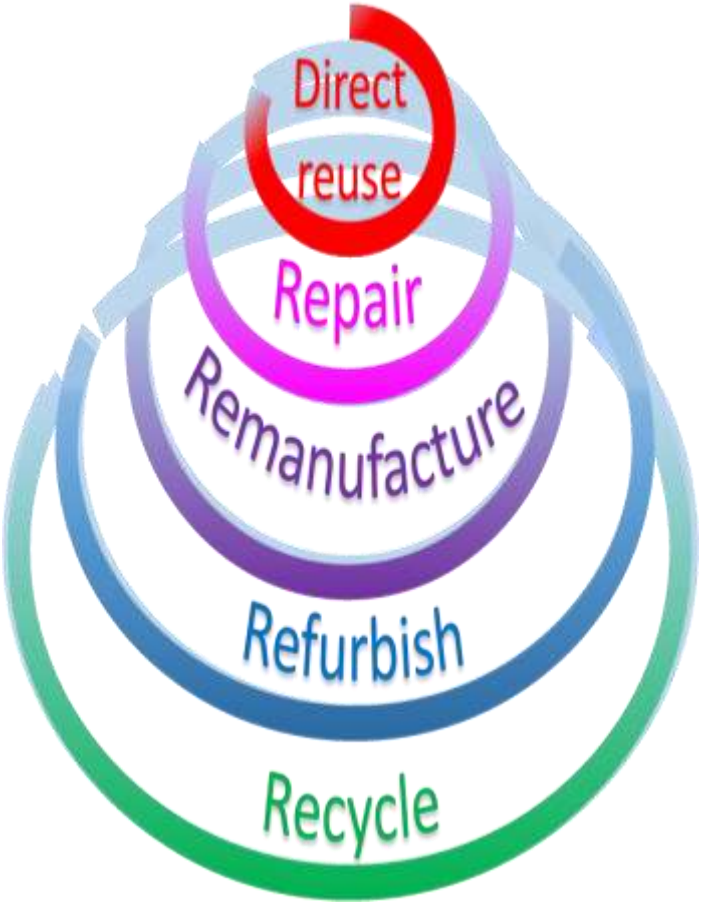


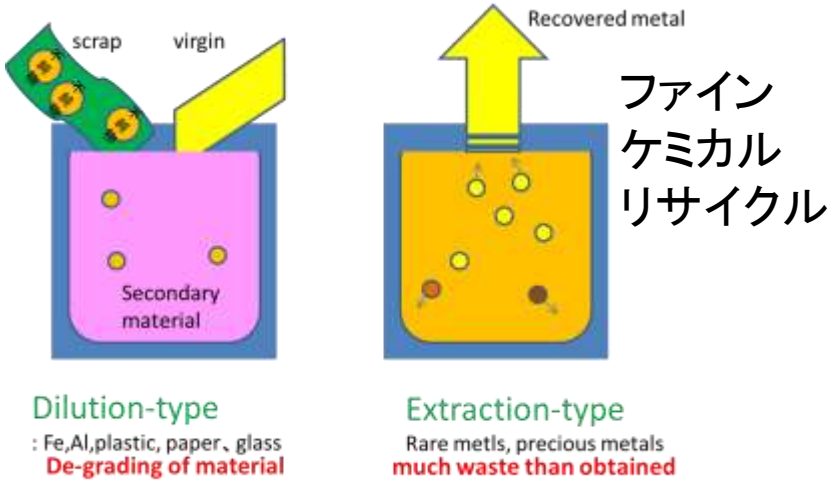
95.1g

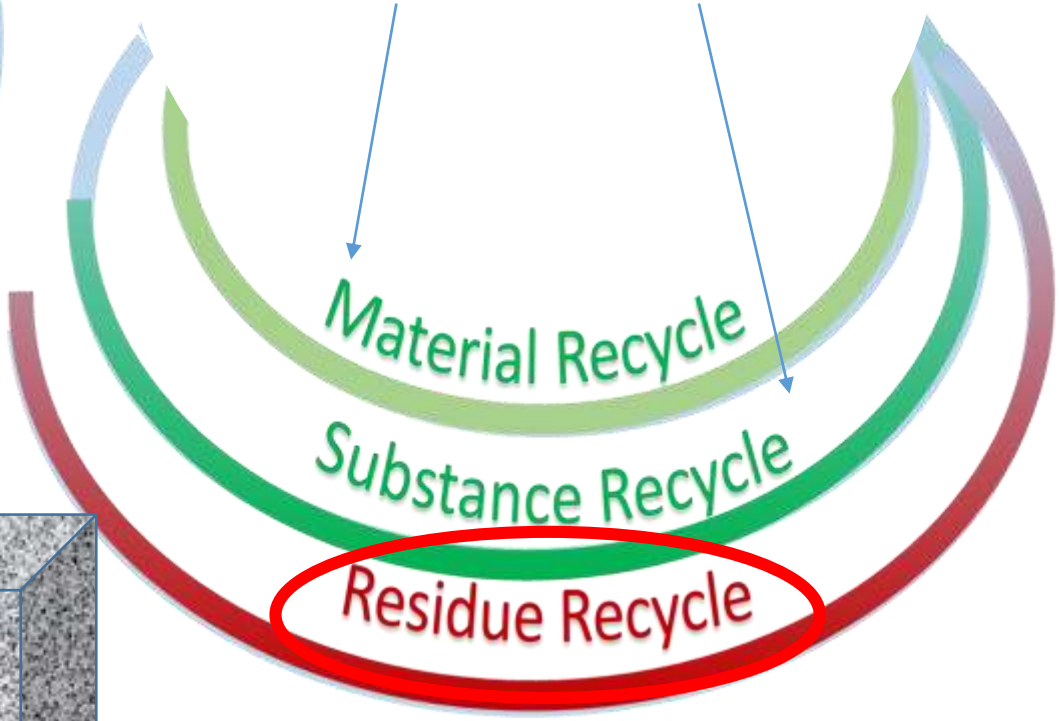
地球をこわされて怒りだした
テラのサウルス

使ったものを捨て散らかす
ステテコゥサウルス

退治するトシコさん

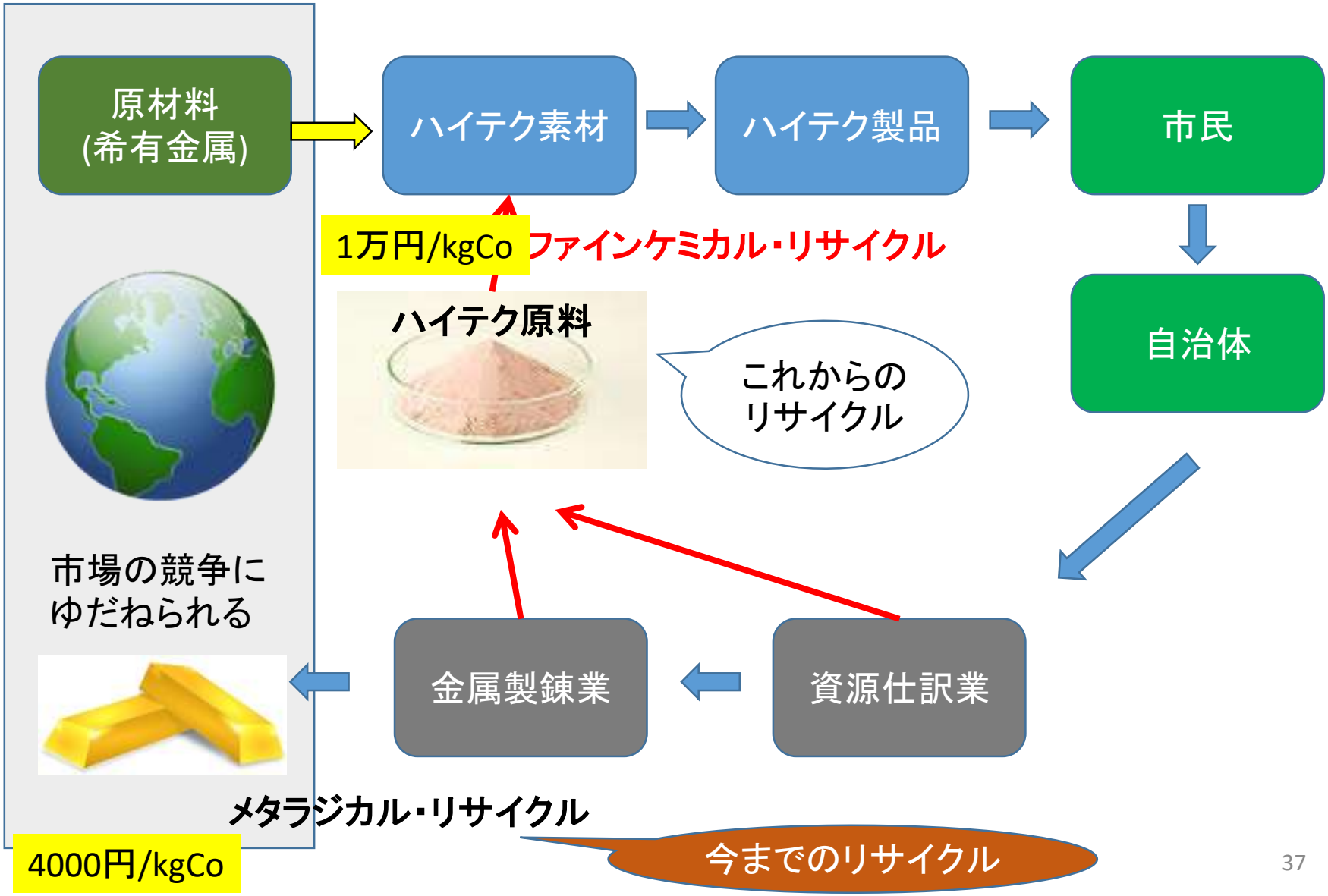

Direct reuse
Repair
Remanufacture
Refurbish
Recycle


scrap
virgin
Secondary material
Recovered metal
ファイン
ケミカル
リサイクル
Dilution-type
: Fe,Al,plastic, paper、glass
De-grading of material
Extraction-type
Rare metls, precious metals
much waste than obtained

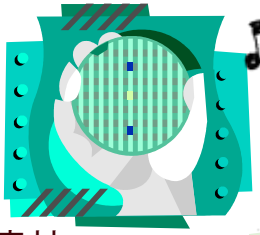

Material Recycle
Substance Recycle
Residue Recycle

Slag, Ash, Mud to
Social infrastructure

水平リサイクルを行ってはじめて
供給リスクに対応できる



調達指向のショートサーキット　リサイクル



ハイテク素材

これって
使えるじゃない

リサイクル原料受容設計
必要・忌避条件の明確化

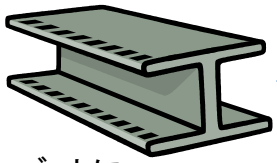
バージンが安い
忌避物質含有

ハイテク技術に
必要なものを
ショートサーキット
リサイクル原料で
賄う

使ってください

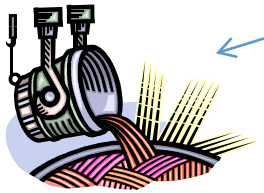
高純度精製

レアメタルでは



汎用インゴットに

コモンメタルは市場展開可能



不純物と一緒に処理して

必死に集めて

家庭屑

産業屑

工場屑

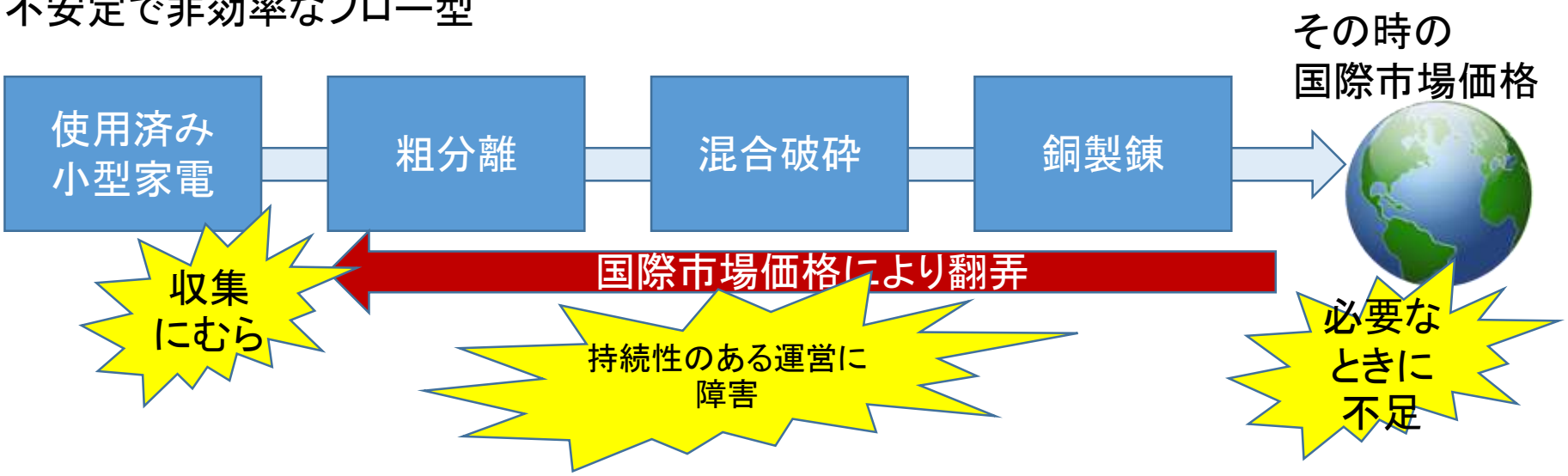
製品製造業

特定材再生業
(ファイン・ケミカル・リサイクラー)

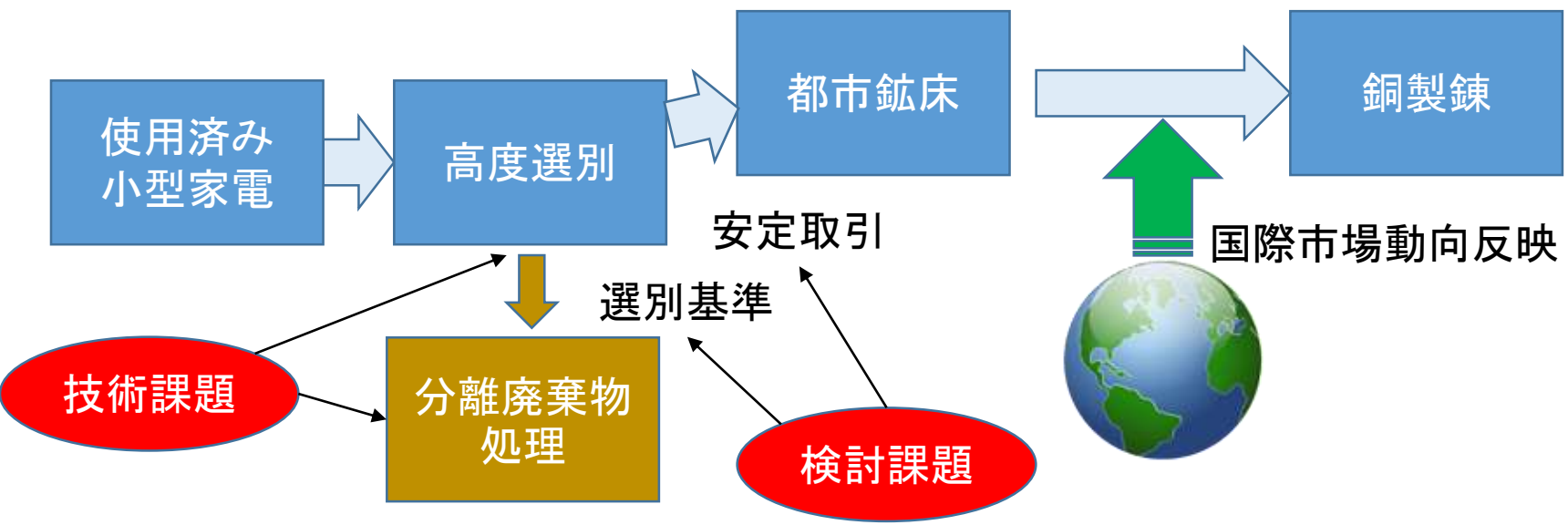
使用者の顔の見える原料管理
精製技術

供給指向のインゴット化リサイクル

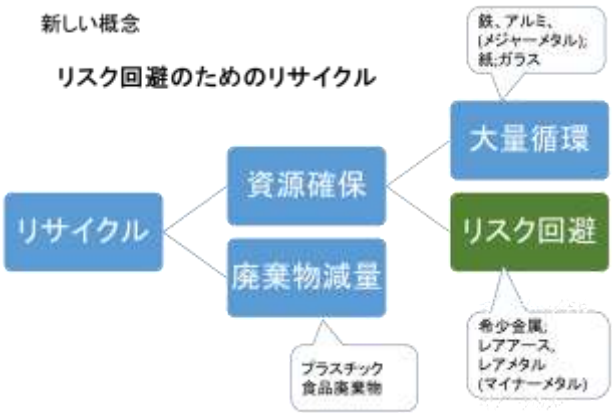
不安定で非効率なフロー型



持続性の高い都市鉱床備蓄型



有価物ソーティングによる都市鉱床備蓄



問題点
価格の不安定
物流量が小さい
多元素対応

有価性のある部品だけ
蓄積できたら

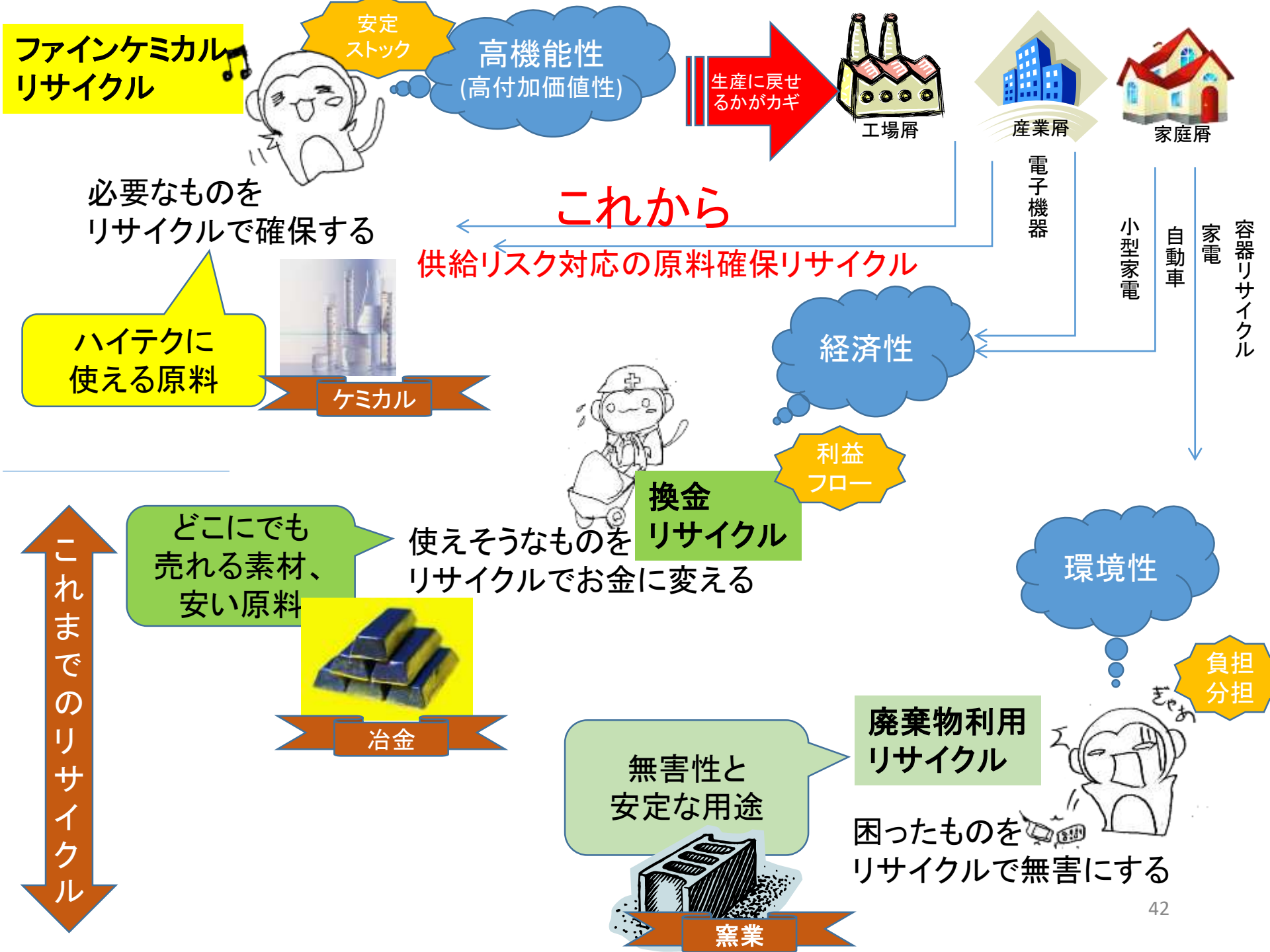
そこに

ソーティン
グ技術の
進歩

1. 技術
   技術的可能性の検討
2. 環境
   混入廃棄物制限の検討
3. コスト
   コストのバランス、変動の検討

有価物ソーティングによる
備蓄志向都市鉱床形成を目指す技術開発

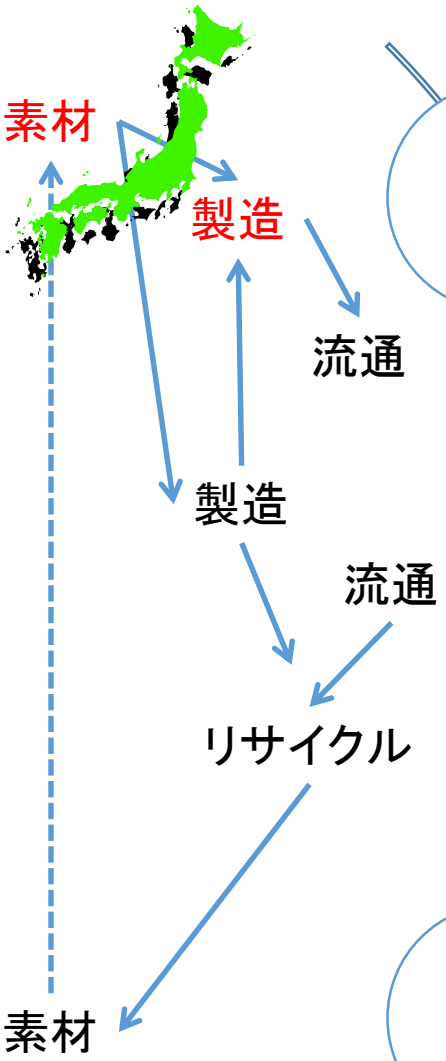
- 数年前のレアメタル供給危機は、レアメタル資源を有しない我が国が、危機管理とし持続的な循環・備蓄のシステムを持つことの重要性を強く認識させた
- 都市鉱山として知られる使用済み製品による備蓄はこのような問題に応えるとともに循環を安定させる上でも効果的であり、都市鉱床づくりと称される。
- しかし、使用済み物品をいたずらに集積することは環境破壊につながる行為ともなり資源リスクの観点を優先させることはできない。
- そのような中で近年、ソーティング(選別)技術が格段に進化し、使用済み物品の中から有価物のみを取り出せる可能性が格段に強まっている。
- そこで、ソーティング技術の可能性を伸ばし選別物への廃棄物性の高い物質の残存物を著しく減少させるとともに、それをベースにした「都市鉱床」として認定できるクライテリアを明確化する。
- また、選別により分離される廃棄物の低環境負荷型の処理についても検討する。


ファインケミカル
リサイクル
安定
ストック
高機能性
(高付加価値性)
生産に戻せ
るかがカギ
工場屑
産業屑
家庭屑
電子機器
小型家電
自動車
家電
容器リサイクル
必要なものを
リサイクルで確保する
これから
供給リスク対応の原料確保リサイクル
ハイテクに
使える原料
ケミカル
経済性
利益
フロー
換金
リサイクル
どこにでも
売れる素材、
安い原料
使えそうなものを
リサイクルでお金に変える
冶金
これまでのリサイクル
環境性
負担
分担
廃棄物利用
リサイクル
無害性と
安定な用途
困ったものを
リサイクルで無害にする
窯業

Global Urban-Mines 都市鉱山開発は世界へ

多国間物質循環管理
international responsible circulation

製造業、流通業、素材業、リサイクル業の連携で
他国間広域の資源効率、環境効率の高い物質循環を



ブランド・リユース
アジアに広がるリユース市場にブランドを持ち込む。
製造メーカーブランド、製造メーカーに認可された整備品ブランド

フォロー・リサイクル
「素材=日本」→「製造=アジア」の素材フローをフォローするリサイクル業のアジア展開
および、ブランド・リユースの性能落ち品のフォロー

アーバン・ベネフィシエーション (都市選鉱技術)
地元のヒトも生かしつつ、高度分別技術との協奏で高エントロピー廃棄物からの分別・仕分け技術の定着

ファインケミカル・リサイクル
世界の再生工場、とりわけてレアメタル、貴金属などの高度工業素材へのリサイクル

製錬ファシリティーのないところに、モバイルプラントで一次抽出

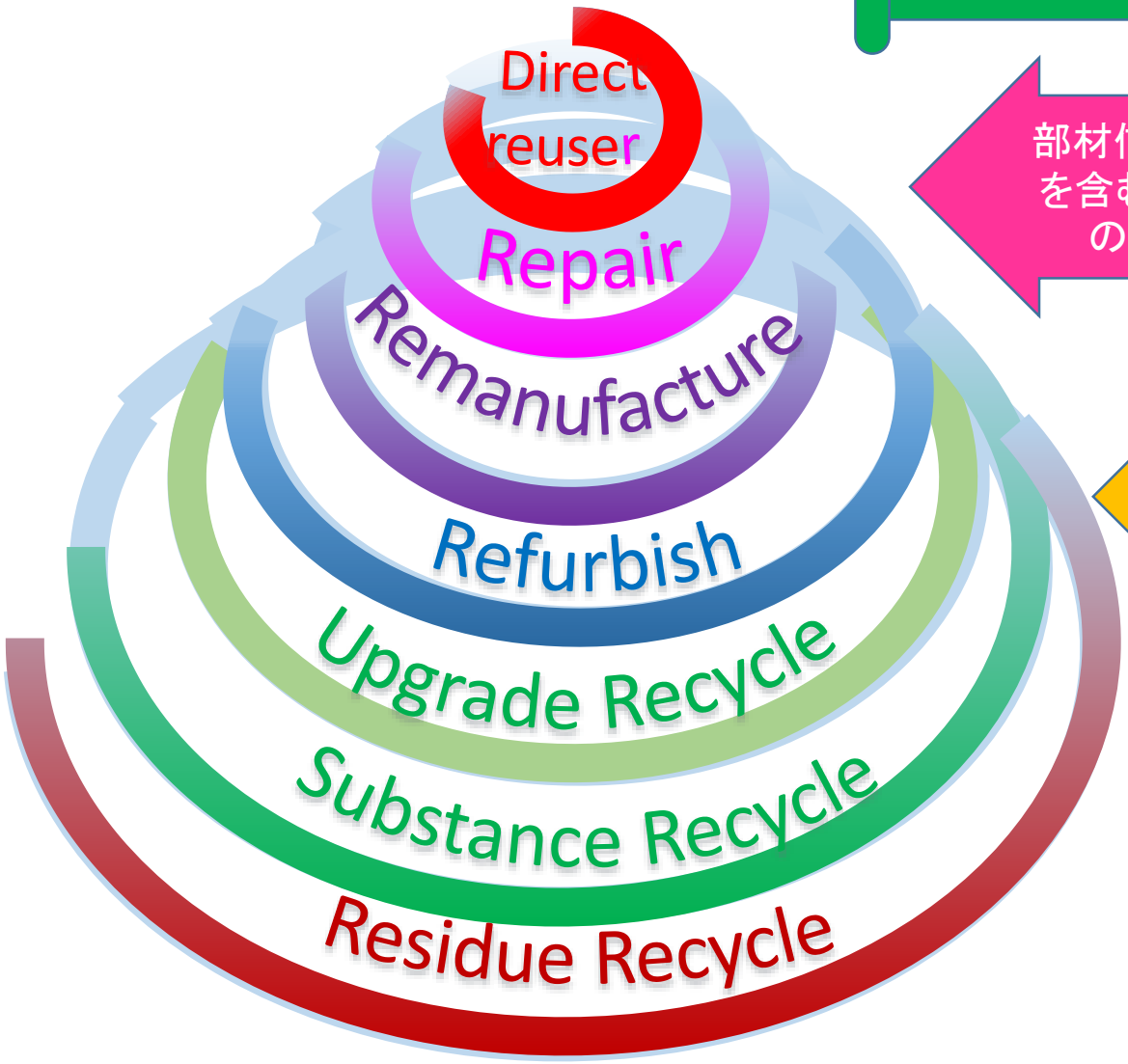
レアメタル（レアアース）リサイクルの技術的・経済的課題

より

河邊　憲次

世界的な資源効率の向上!

世界中に分散する残存価値ベースを
最大限引き出す。



部材信頼性評価、修復技術
を含む、リマン、リペア基板
の標準化、ブランド化

汎用部材の循環利用

高付加価値ハイテク原料の
都市鉱床化備蓄

残存物を現地の社会資本へ
(セメント業の国際展開)

- シンポジウム
- 広域マルチバリュー循環をめざして II
- --- 循環・ネットワーク型の経済と経営の方向性---
-
- 日時 2018年 1月24日(木) 13:00 – 17:00
- 場所 東京大学 工学部11号館 講堂 東京都文京区本郷
-

欧州のサーキュラー・エコノミーは、従来型の循環型社会に向けた取り組みの範疇を超えて「モノ」の循環から「コト」のネットワークへと新たな世界的な潮流を作ろうとしています。2017年のボローニャ環境サミットでも、RRRDR(リマニュファクチャリング、リファービッシュ、リペアー、ダイレクト・リユース)が重要な取り組みとして取り上げられ、資源効率(Resource Efficiency)向上の有力な手段として注目されています。さらに、これらがネットワークを通じて共有されることで、さらなる広がりを持ちつつあり、リユース、サービサイジング等の取り組みがビジネスとして具現化する基盤を形成しつつあります。

前回のシンポジウムでは、この欧州のサーキュラー・エコノミーの動きを、製品や素材に含まれている残存価値(retained value)の活用という視点で注目し、さらに、モノづくり日本、ゼロエミッション日本の要素を取り入れて発展されるべく「広域マルチバリュー循環」というコンセプトを提示し、グローバルで多様な「勿体ない」の経済化こそ、サーキュラー・エコノミーの積極的側面を世界に発展させていく方向性だとの論点も提示しました。

今回は、このような「モノ」や「コト」の循環やネットワーク化という方向性に関して、経済学、経営学を踏まえた視点からの意見を聞いてみたいと思います。

- はじめに 原田幸明
- 1315-1400 早稲田大学 中村慎一郎教授 「産業エコロジーから見たCircular Economy:鉄鋼合金材料を例として」(仮)
- 1400-1445 慶応大学 金子勝教授 「ネットワーク経済への歴史的転換」(仮)
- 1500-15:45 敬愛大学 粟屋仁美教授 経営戦略からの『再生(資源循環)の経済』(仮)
- 15:45-1630 慶応大学 細田衛士教授 「Circular Economyと循環型社会の課題」(仮)
- 16-30-17:00 産総研 松本光崇 JST新プロジェクト「リマンを柱とする広域マルチバリュー循環」
- 17:00-17:10 ご挨拶 経産省 環境省
- 17:15-17:55 パネル討論 講演者 経産省 環境省
- 終了後 交流会