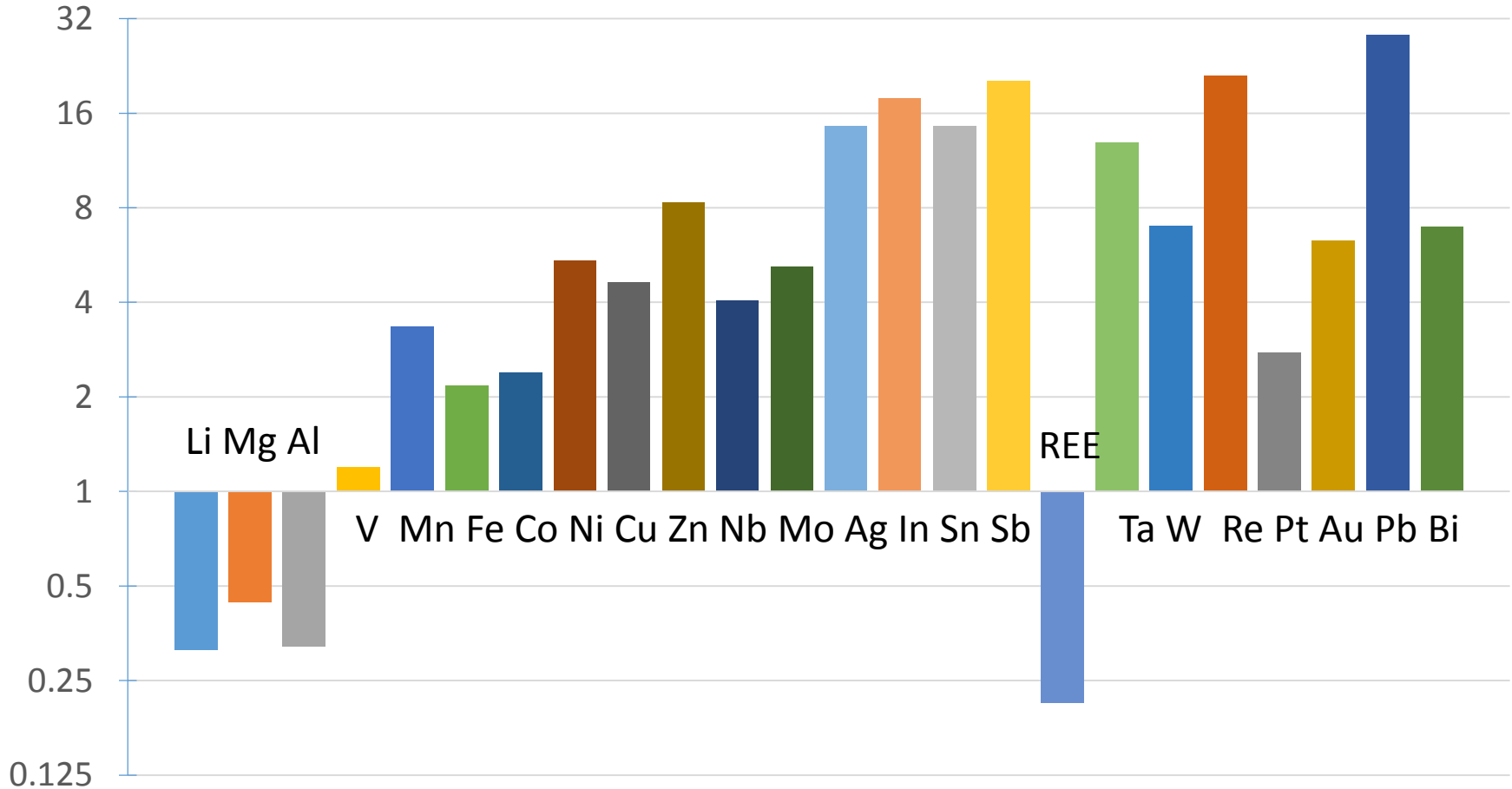


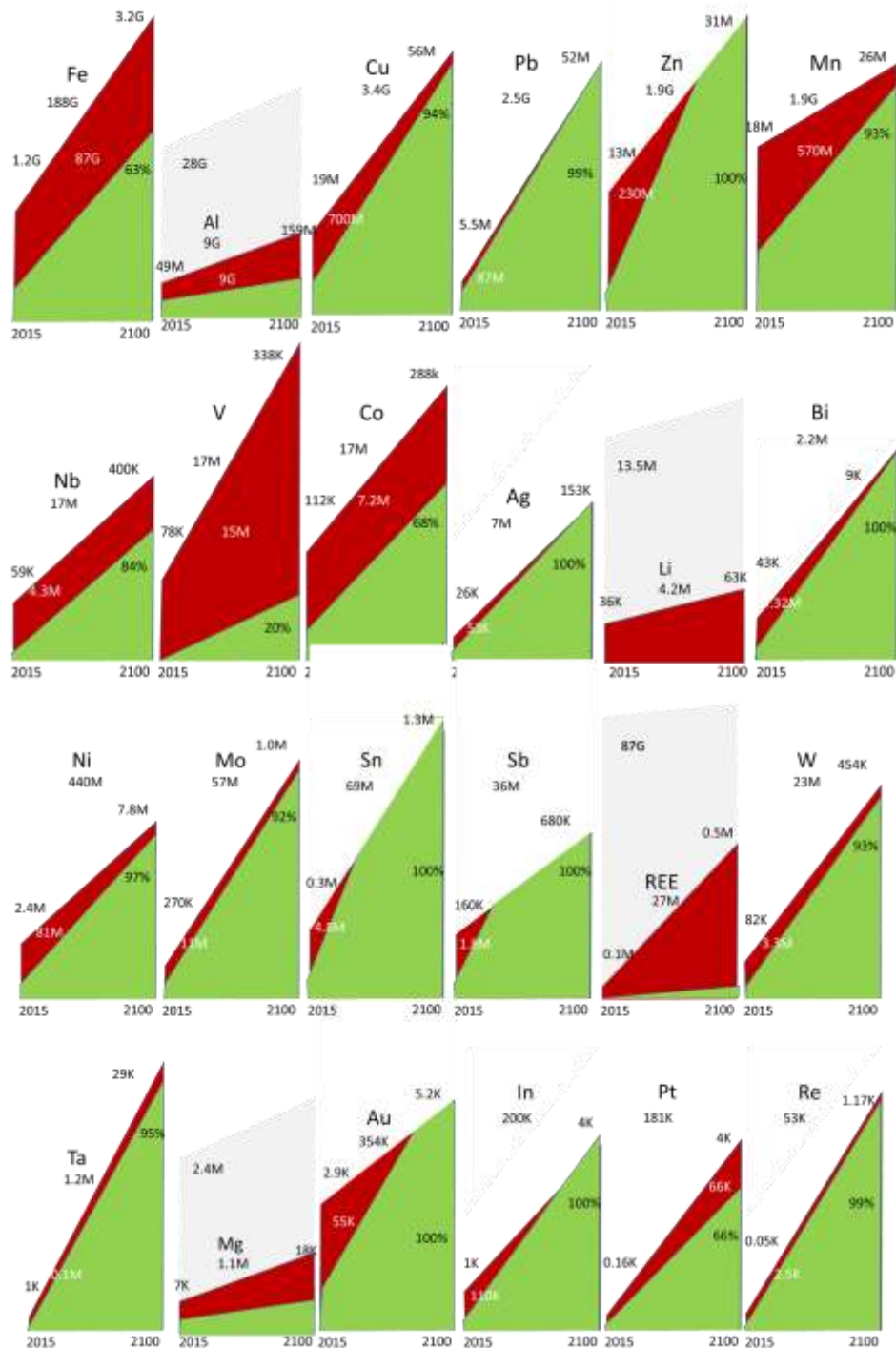
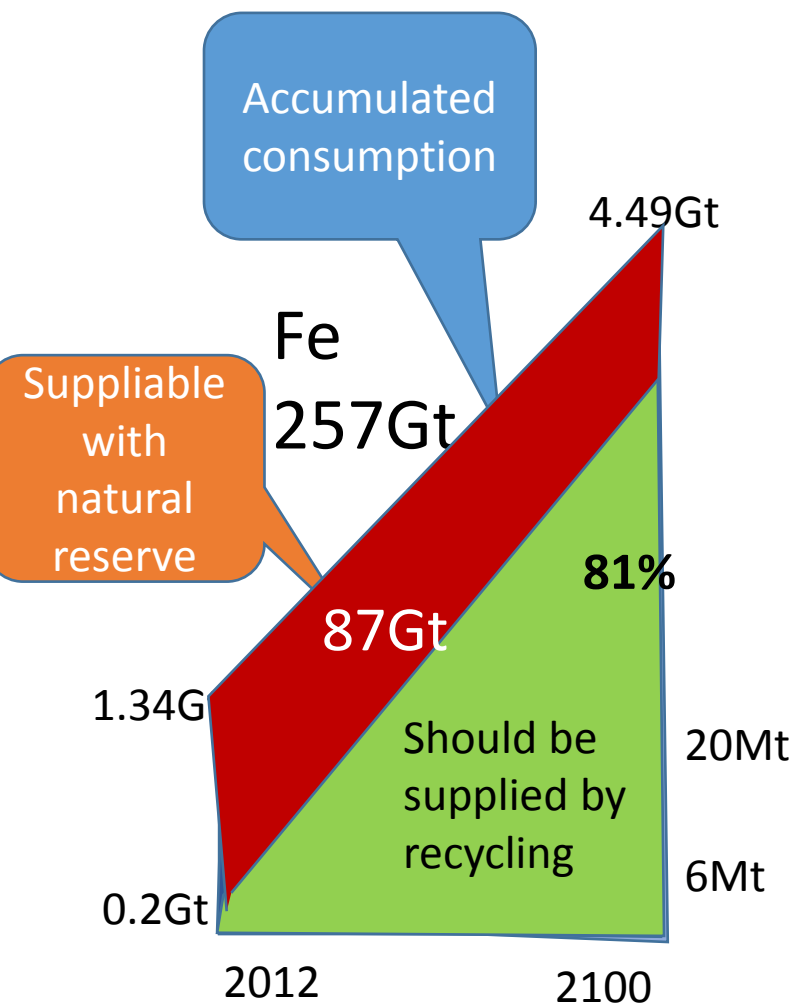
広域マルチバリュー循環 と材料技術

20180319

Much more times of resources will be required by 2100.

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





SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

1 貧困をなくそう



2 飢餓をゼロに



3 すべての人に健康と福祉を



4 質の高い教育をみんなに



5 ジェンダー平等を実現しよう



6 安全な水とトイレを世界中に



7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに



8 働きがいも経済成長も



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



10 人や国の不平等をなくそう



11 住み続けられるまちづくりを



12 つくる責任つかう責任



13 気候変動に具体的な対策を



14 海の豊かさを守ろう



15 陸の豊かさも守ろう



16 平和と公正をすべての人に



17 パートナーシップで目標を達成しよう



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

2030年に向けて
世界が合意した
「持続可能な開発目標」です

(12) ゴール12 (持続可能な生産・消費)



「ゴール12 (持続可能な生産・消費)」

では、生産と消費の過程全体を通して、天然資源や有害物質の利用及び廃棄物や汚染物質の排出を最小限に抑えることを目指しています。例えば、製品の原材料となる鉱物資源の採掘に当たっては、地表の直接的な破壊、資源採取や精錬作業に伴う水質汚濁、大気汚染、土壌汚染、大量の捨石・不用鉱物の発生等の環境影響が生じます。原材料を加工する工業プロセスでは、気候変動の原因となる温室効果ガスや大気汚染物質等が発生します。また、廃棄物発生量の増加は、最終処分場の逼迫、有害物質の環境への流出等の様々な環境問題を引き起こします。持続可能な生産・消費の実現には、これらの環境負荷を最小限に抑えることが必要です。

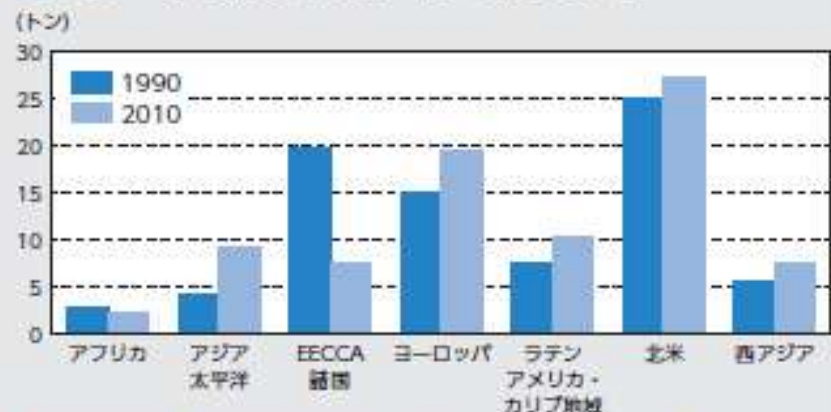
しかし、過去約40年の間に、世界の資源採掘及び使用は急激に拡大し続けています。1970年には、年間物質採掘量は220万トンでしたが、2010年には700万トンにまで増加しています(図1-2-6)。

図1-2-6 世界の物質採掘量



資料: UNEP-IRP [GLOBAL MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY] より環境省作成

図1-2-7 1人当たりマテリアルフットプリント



資料: UNEP-IRP [GLOBAL MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY] より環境省作成

3 すべての人に
健康と福祉を

世界保健機関（WHO）によると、世界では毎年約20万人が、重金属、農薬、溶融剤、塗料、薬剤等の化学物質へのばく露が原因で死亡していると推定されています。また、世界の死亡要因の第1位である虚血性心疾患の35%、死亡要因の第2位の脳卒中の42%については、大気汚染、室内空気汚染、受動喫煙等に起因する化学物質へのばく露を減らすことで防ぐことができたとも言われています。

ベトナムにおける電源ケーブルの野焼きの様子（左）、ダイオキシンの周辺環境への拡散状況（右）



資料：国立環境研究所「環境情報57号」より環境省作成

「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。

How can we make our economy circular and resource efficient?

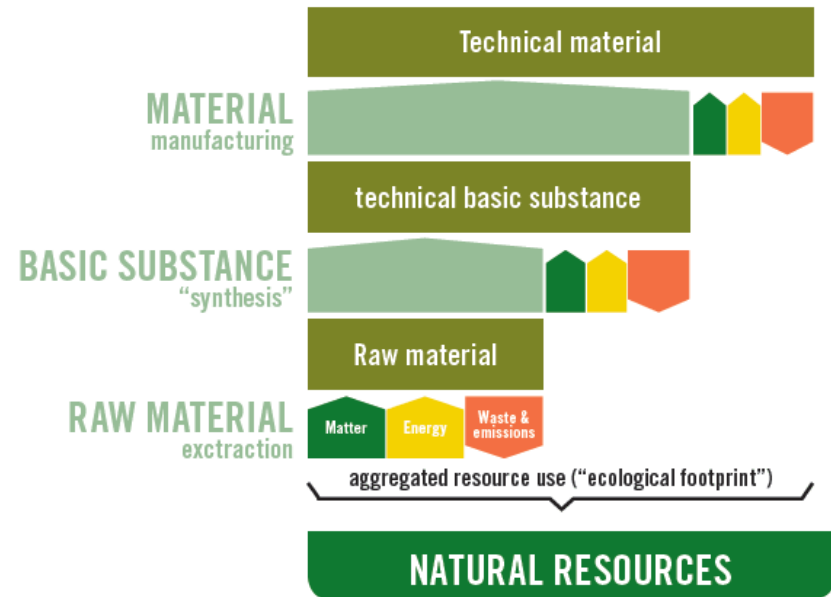
Currently, we are using more resources than our planet can produce in a given time. We need to reduce the amount of waste we generate and the amount of materials we extract.

Resource efficiency

資源がテクノロジーの
ベースになっている



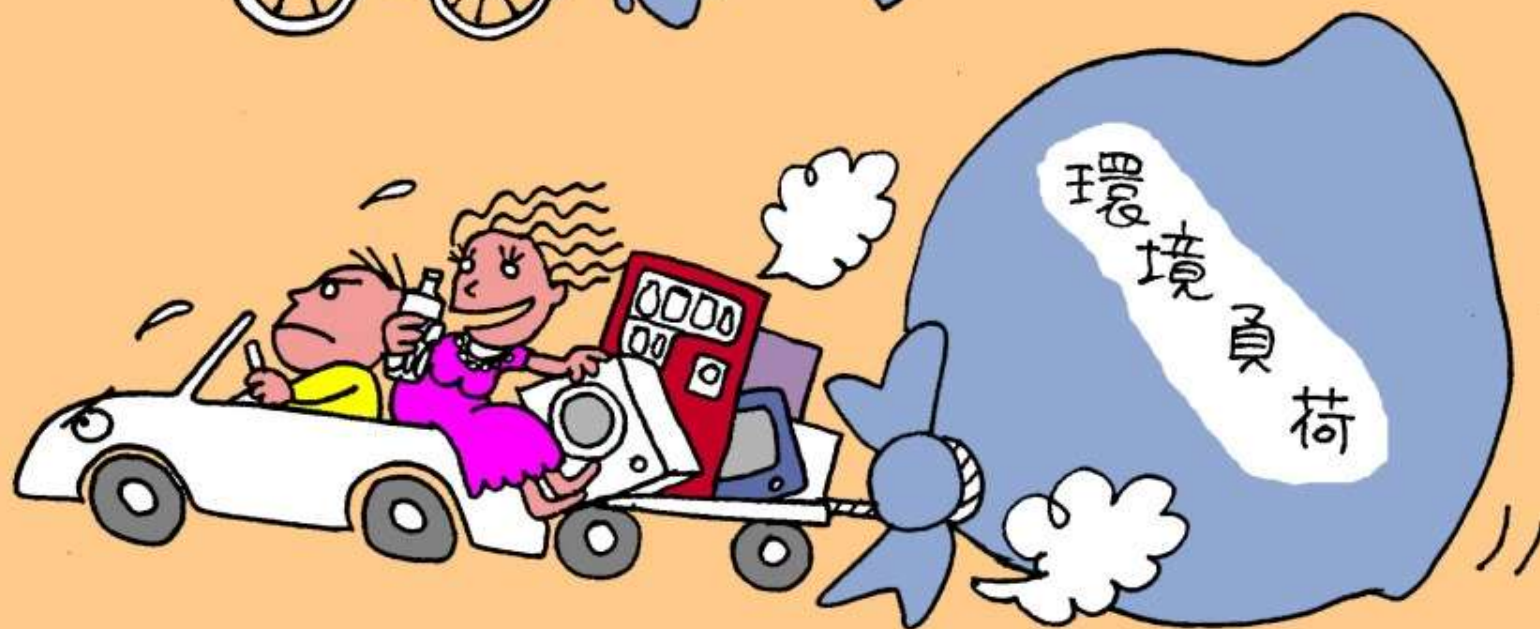
Figure 4: Aggregated resource use for technical materials



12.4
tonnes of materials per capita
were **extracted** in the EU.

3.2
tonnes of materials per capita
were **imported** to the EU.

1.3
tonnes of material per capita
were **exported** from the EU.

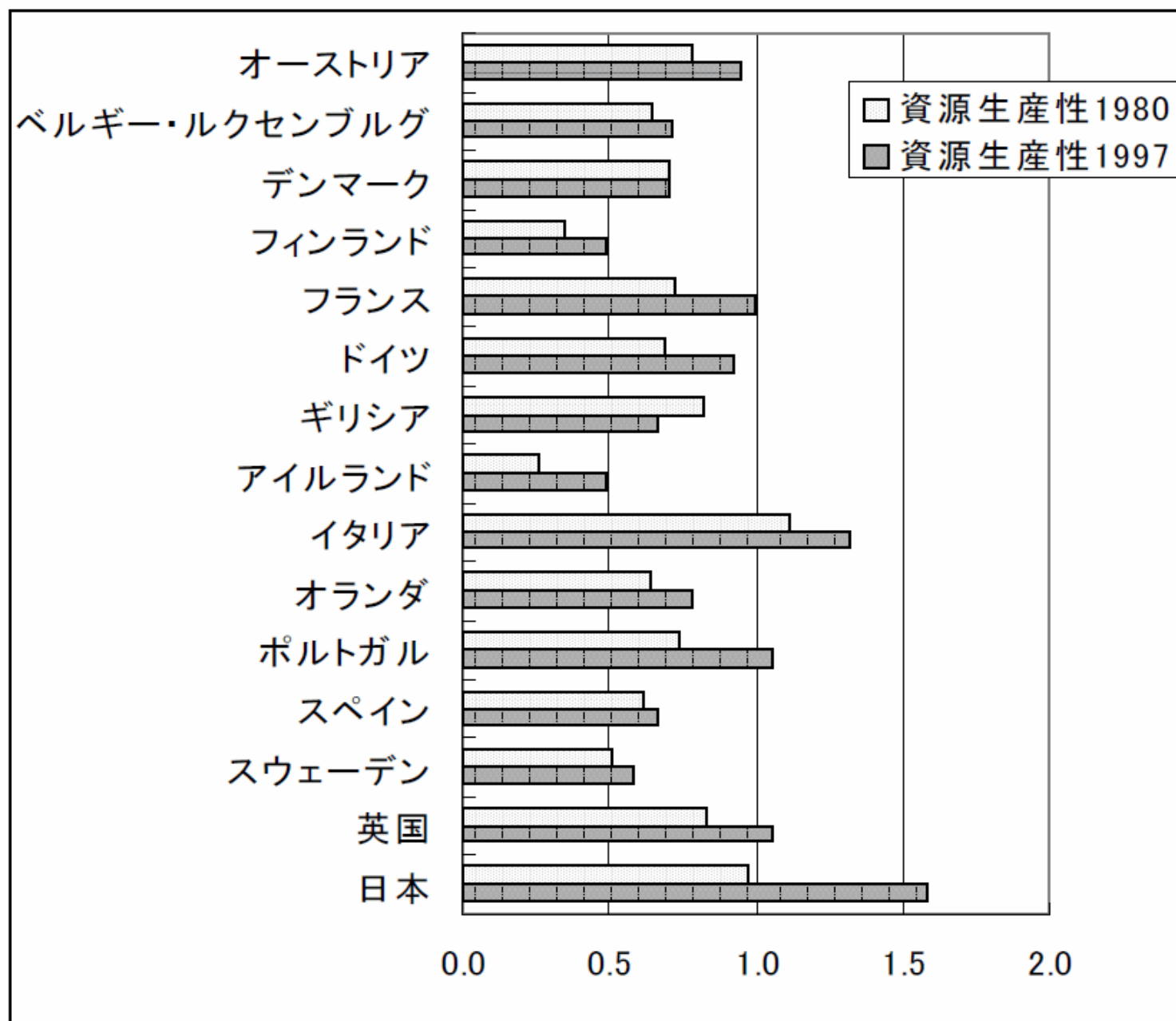


さて、どちらが持続可能でしょうか？

High Moon

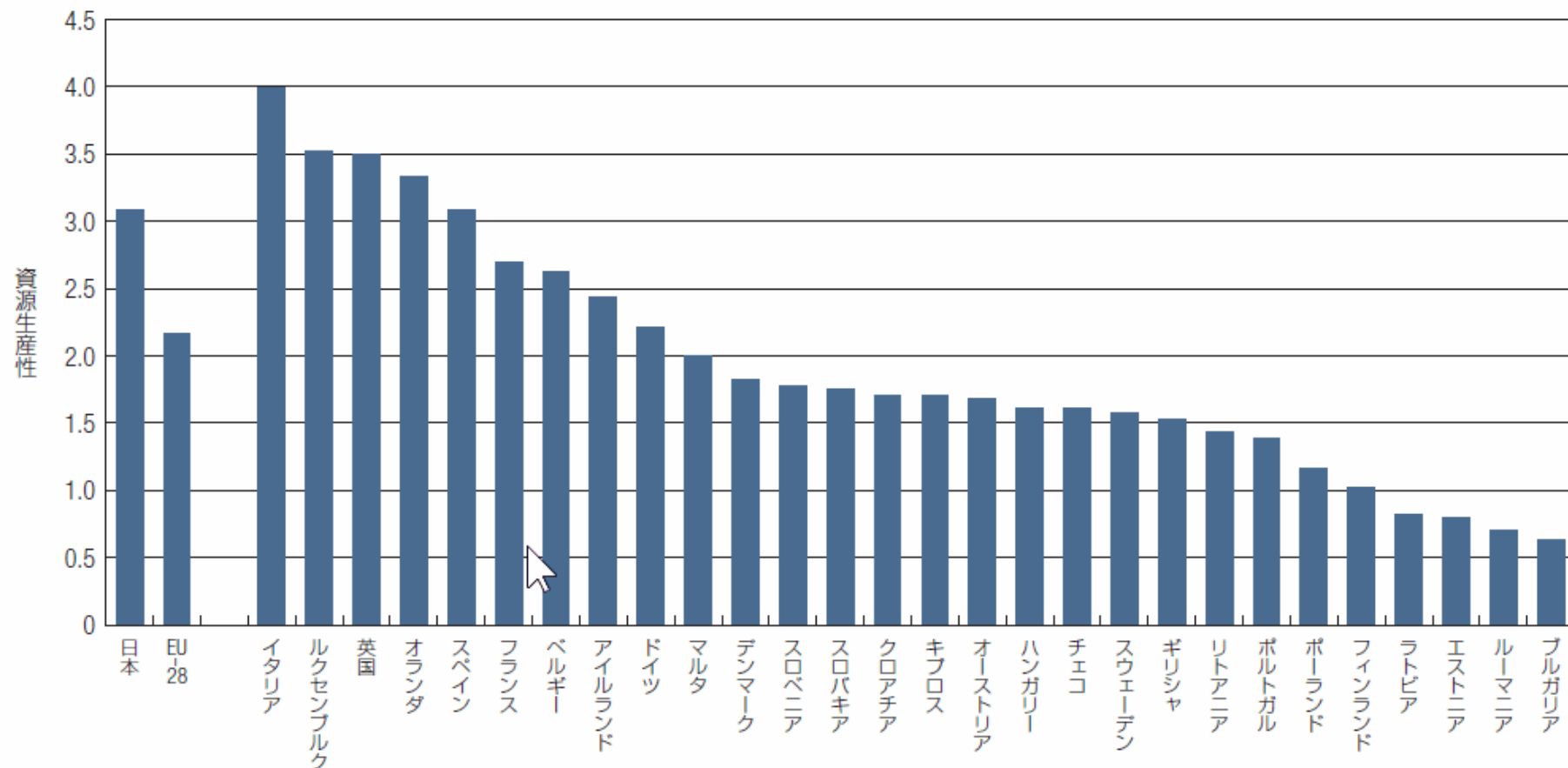
図5 資源生産性国際比較(1000米ドル/トン)

ただし米ドルは1995年購買力平価基準



A-4 EU各国の資源生産性 (2015年)

(PPS-EUR/kg)



注) 日本 : 3.1 (PPS-EUR/kg)

EU-28 : 2.2 (PPS-EUR/kg)

(出典: EU : Eurostat "Statistics Explained – Resource productivity statistics" (Last updated on May 15, 2017.) を基に作成。

日本: Eurostat "Statistics Explained – National accounts and GDP" (Last updated on April 26, 2017.) に掲載の日本の "GDP in PPS" を使用して日本の資源生産性を算出。)

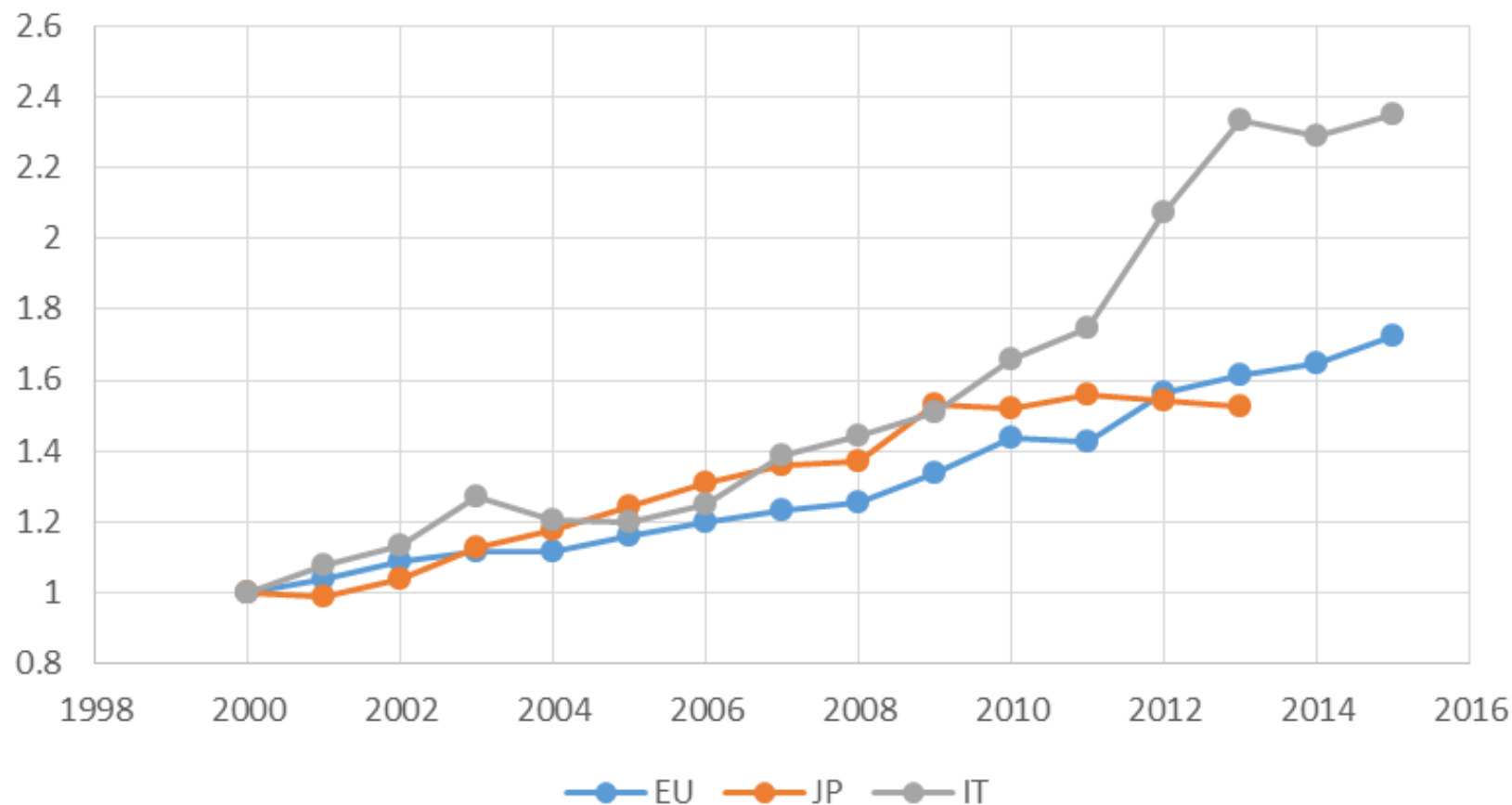
注 釈

◇資源生産性 (Resource productivity) :

国内総生産 (GDP: Gross domestic product) * ÷ 国内物質消費 (DMC)

* : 各国の比較のグラフにおいてはEU購買力平価 (PPS) への調整値

日本、EU、イタリアの資源生産性の変化 (2000年基準)



ユートピア (望ましい社会)



「進め！ ユートピアは近いぞ！」

Circular Economy Strategy



Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy

The European Commission adopted an ambitious **Circular Economy Package**, which includes revised legislative proposals on waste to stimulate Europe's transition towards a circular economy which will boost global competitiveness, foster sustainable economic growth and generate new jobs.

The Circular Economy Package consists of an [EU Action Plan for the Circular Economy](#) that establishes a concrete and ambitious programme of action, with measures covering the whole cycle: from production and consumption to waste management and the market for secondary raw materials. The [annex to the action plan](#) sets out the timeline when the actions will be completed.

The proposed actions will contribute to "**closing the loop**" of product lifecycles through greater recycling and re-use, and bring benefits for both the environment and the economy.

The **revised legislative proposals on waste** set clear targets for reduction of waste and establish an ambitious and credible long-term path for waste management and recycling. Key elements of the revised waste proposal include:

- A common EU target for recycling 65% of municipal waste by 2030;
- A common EU target for recycling 75% of packaging waste by 2030;
- A binding landfill target to reduce landfill to maximum of 10% of all waste by 2030;
- A ban on landfilling of separately collected waste;
- Promotion of economic instruments to discourage landfilling ;
- Simplified and improved definitions and harmonised calculation methods for recycling rates throughout the EU;
- Concrete measures to promote re-use and stimulate industrial symbiosis - turning one industry's by-product into another industry's raw material;
- Economic incentives for producers to put greener products on the market and support recovery and recycling schemes (eg for packaging, batteries, electric and electronic equipments, vehicles).



クライアント領域(C)

Shift+Alt+F12

The circular economy

Walter R. Stahel

23 March 2016

A new relationship with our goods and materials would save resources and energy and create local jobs, explains Walter R. Stahel.

Subject terms:
[Economics](#) •
 [Society](#) •
 [Materials science](#) •
 [Policy](#)



Gaming the gamers



Can a video game company tame toxic behaviour?

Scientists are helping to stop antisocial behaviour in the world's most popular online game. The next stop could be a kinder Internet.

Naoko Okamura and 243,150 others like this.



nature
 الطبعة العربية

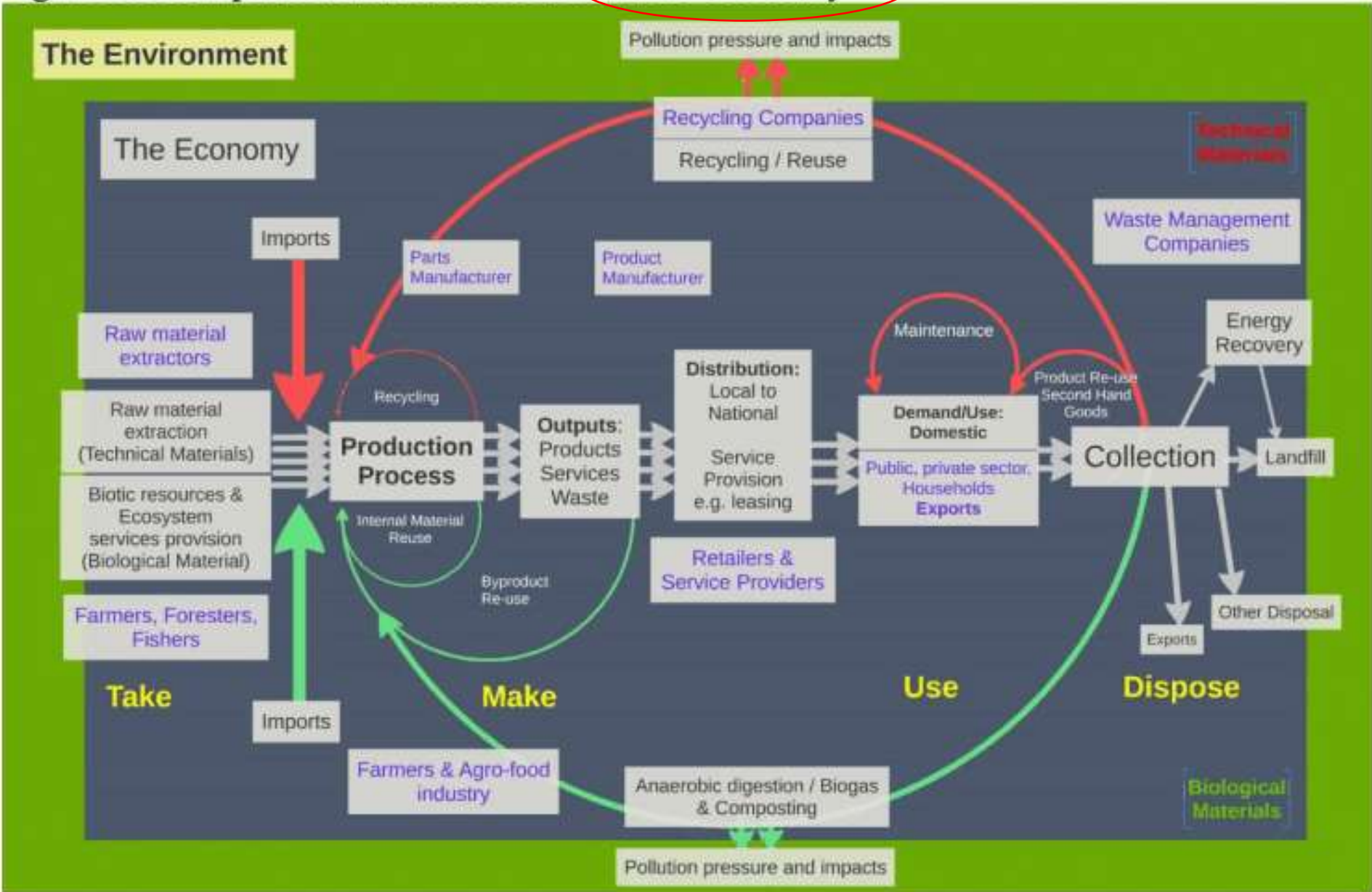


Recent

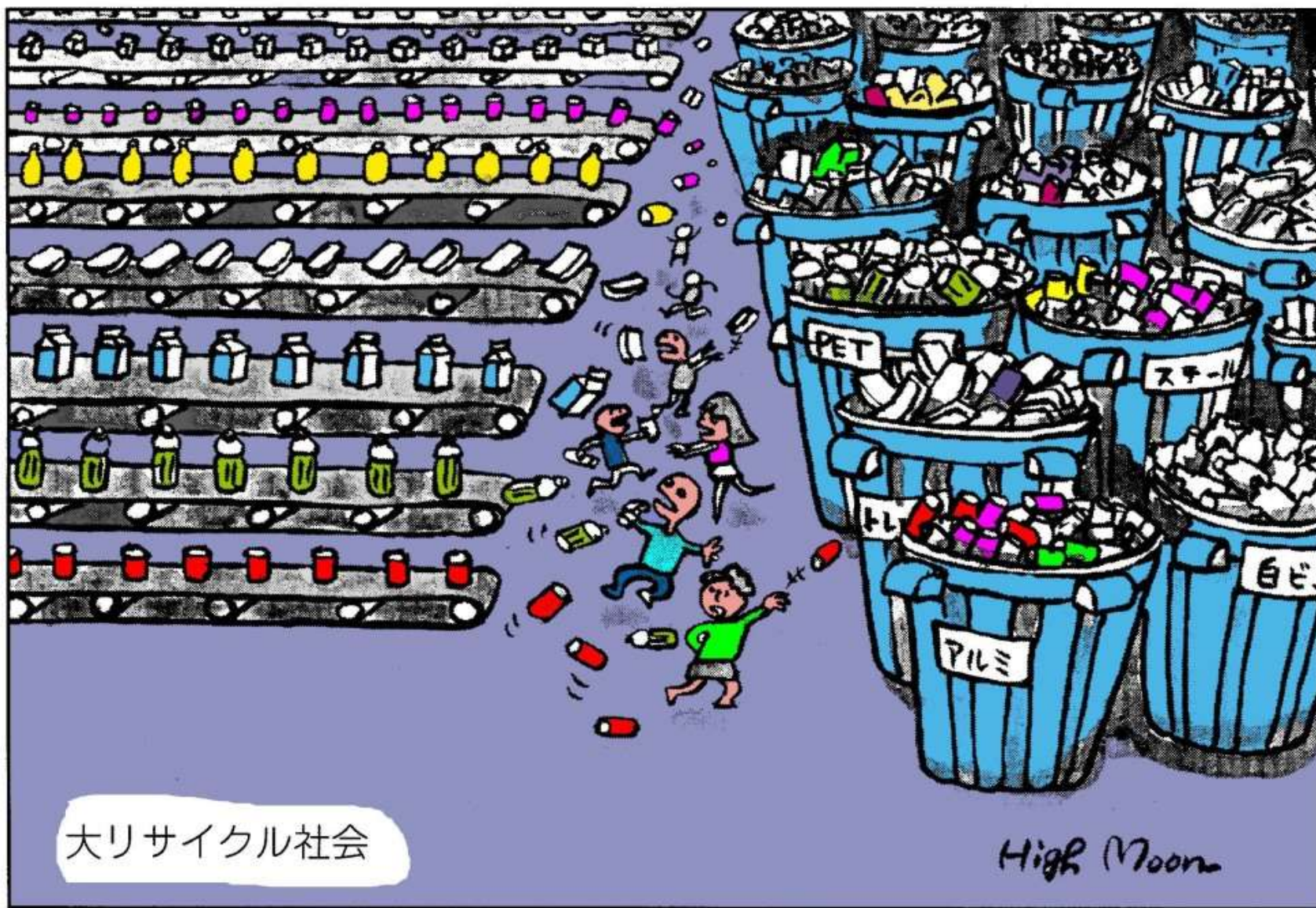
Read

Commented

Figure E1: Simplified illustration of a linear economy



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

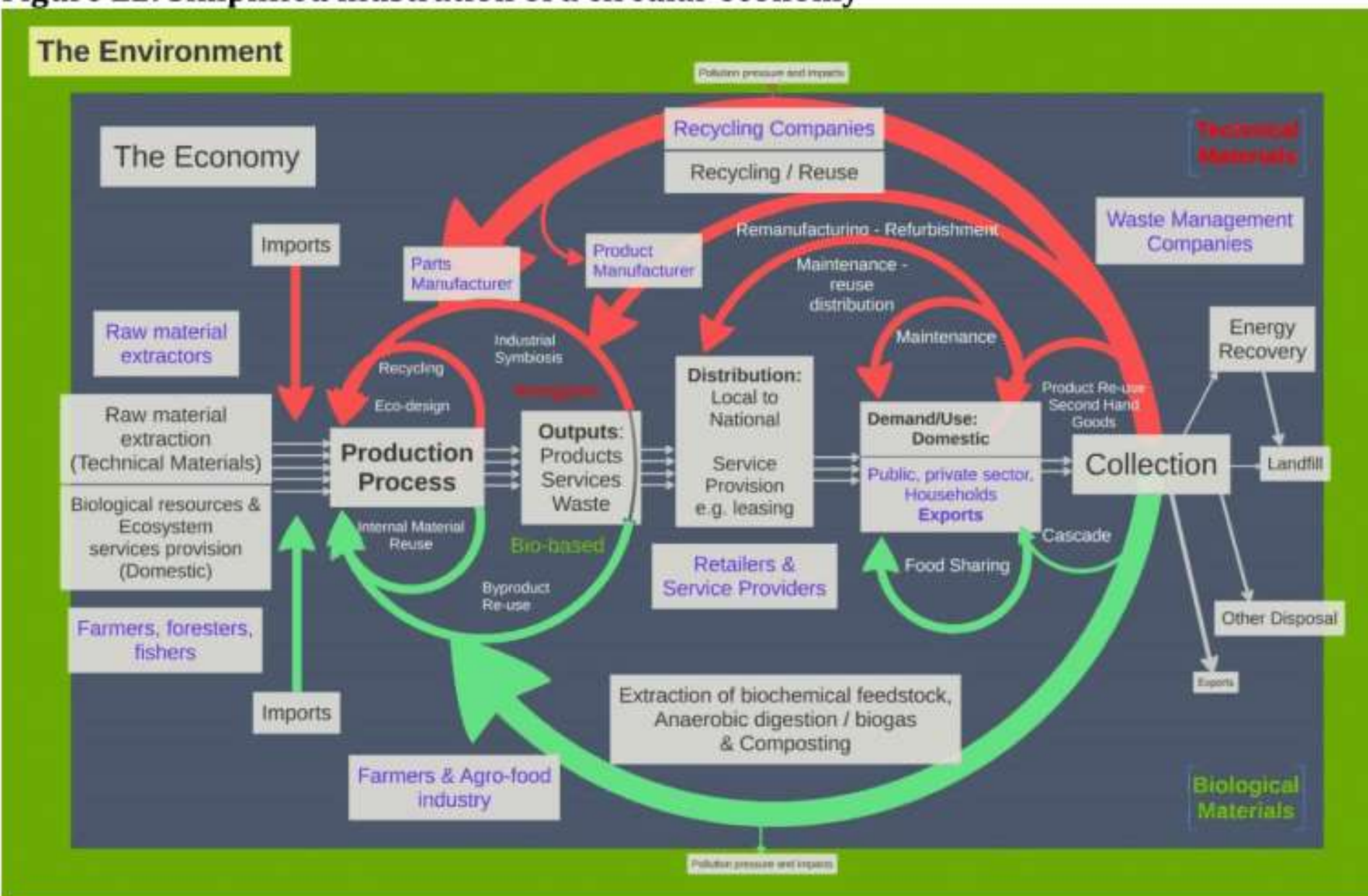


大リサイクル社会

High Noon



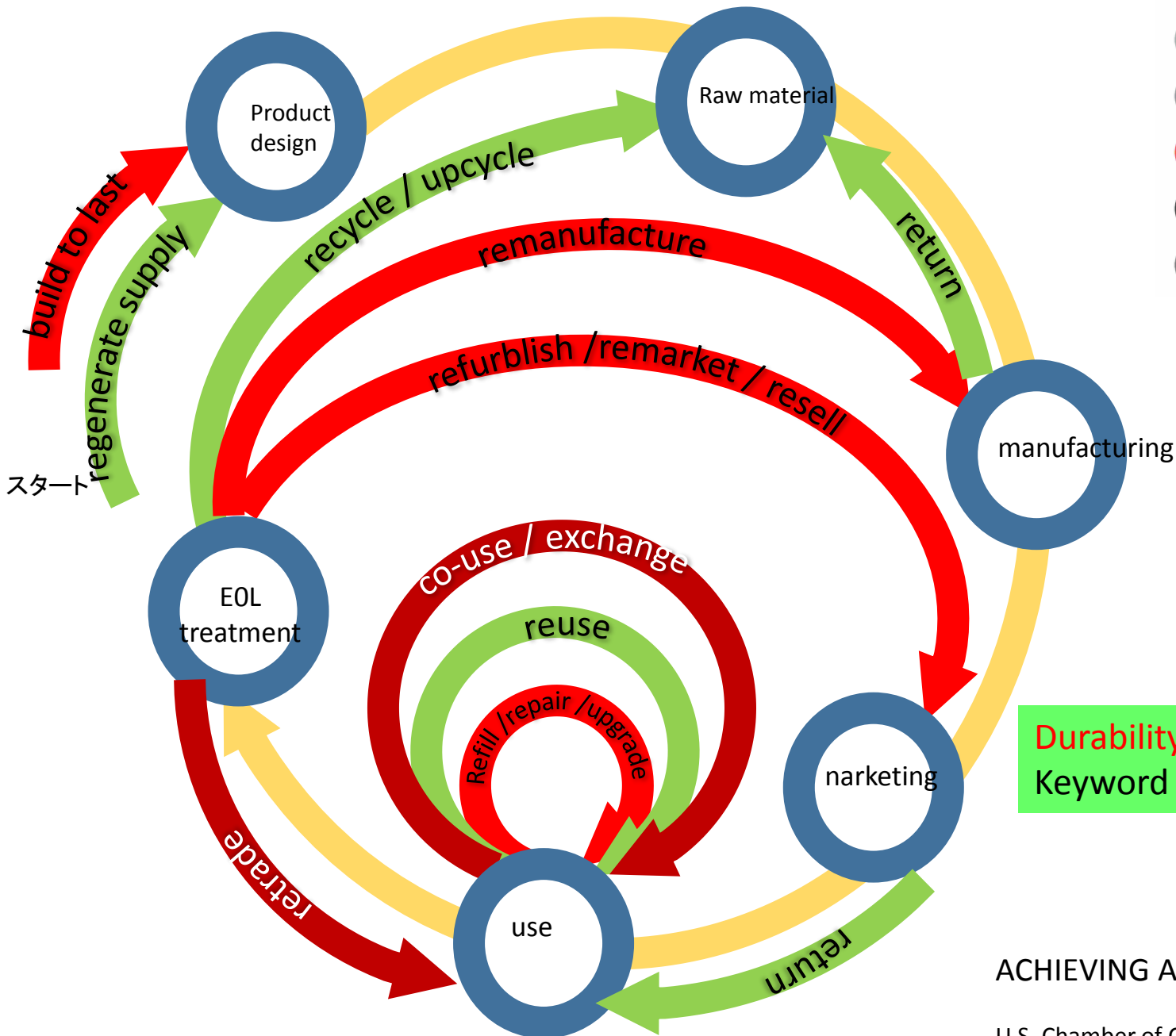
Figure E2: Simplified illustration of a circular economy



Source: Own representation, P ten Brink, P Razzini, S. Withana and E. van Dijk (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

Achieving a Circular Economy: How the Private Sector Is Reimagining the Future of Business

Caterpillar 社のremanufacturing

with the customer in the long term and help him reduce his lifecycle owning and operating costs.”—
Bob Paternoga, Cat® Reman General Manager

Caterpillar has a number of examples of this in its product portfolio. One of the most well-known involves an engine block with a removable sleeve in the cylinder bore. When the component is recovered, this material can be removed and replaced to return the engine to as-new performance. Previous techniques for remanufacturing engine blocks have involved reboring the engine cylinder and using a larger piston, but this can be done only up to three times before the quality of the product is affected. Additive manufacturing is also another option in use—cylinder bores can be resprayed with metal to return them to as-new condition.



is returned (as long as it meets core return criteria). The core deposit is generally the difference between the remanufactured part price and the new part price, thus incenting the customer to return the core and repair before failure. The high rate of core

returns—94% in 2014—enables Caterpillar to salvage more parts from returned cores, driving down remanufacturing costs. True to the definition of remanufacturing, Caterpillar’s remanufactured products meet original tolerances and specifications, and are tested to ensure that performance is the same as when new, if not better. All Caterpillar remanufactured products are sold with the same warranty afforded to new Caterpillar parts.

“Some companies may wash, repair, and paint, but true remanufacturing requires complete disassembly, inspection against engineering criteria, and additive

	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	
リファーマビッシュ (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	リファーマ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	

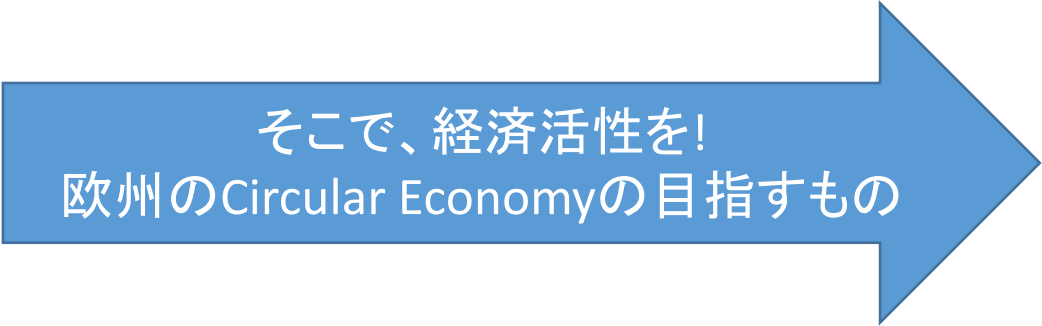
循環型社会(3R)とCircular Economy(CE)の違い

	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

循環利用したものは
バージンより価値がないか？

価格ではなく、
隠れた環境コストを考えれば価値がある

「価格が安いから」ではなく
「持続可能性の価値がある」からリサイクルをする



そこで、経済活性を！
欧州のCircular Economyの目指すもの

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

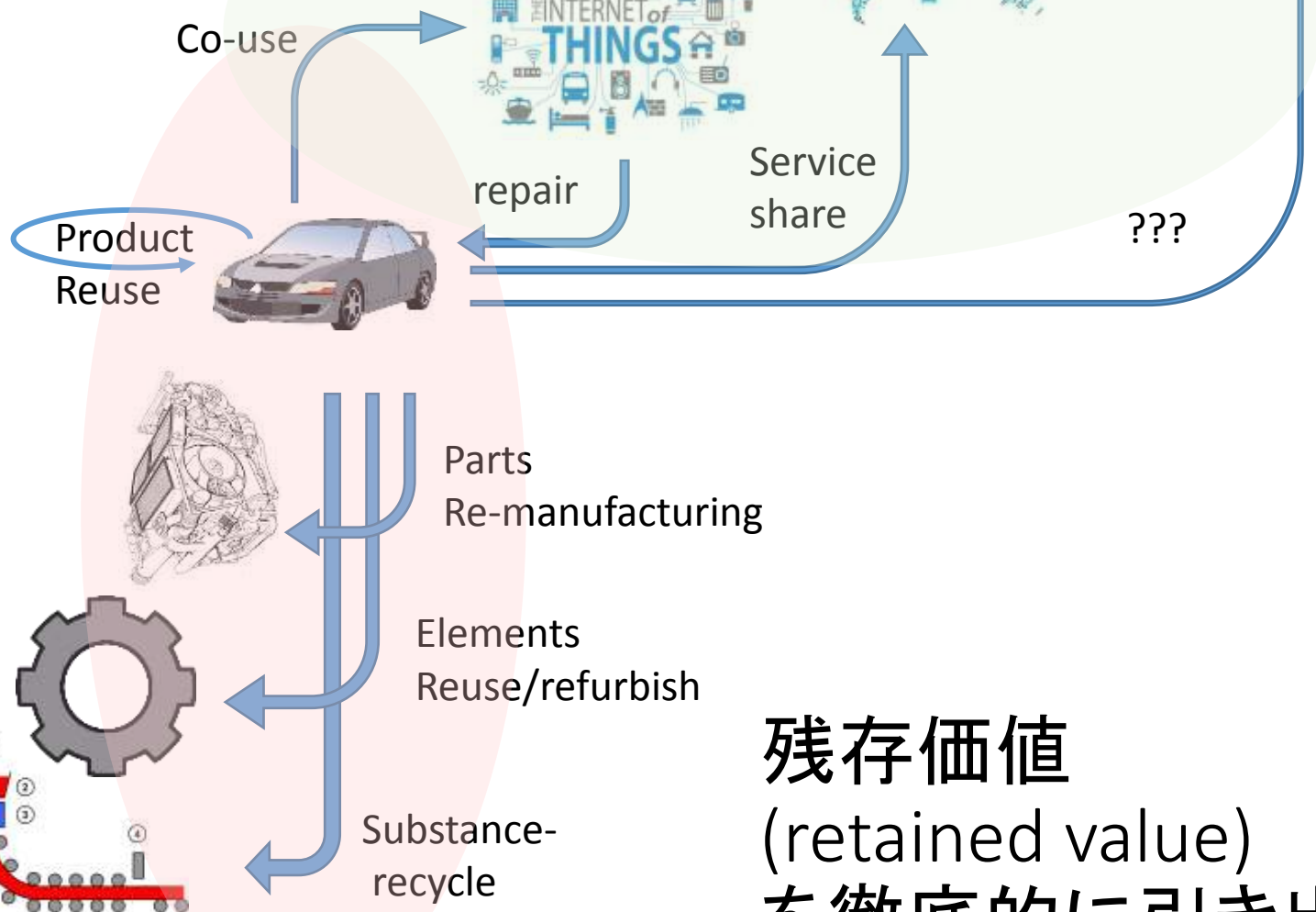
素材価値

資源価値

共同空間経済

IoE

ICT



残存価値
(retained value)
を徹底的に引き出す

Brighten
the way ahead

Refurbished Systems

Our Refurbished Systems are available in a range of configurations to suit your needs. They are designed to be easy to install and use, and are backed by our 3-year warranty.



Refurbished Systems Refurbished Windows Imaging Systems

These systems are designed to be easy to use and are backed by our 3-year warranty.



Refurbished Systems Refurbished Windows Imaging Systems

These systems are designed to be easy to use and are backed by our 3-year warranty.



Refurbished Systems Refurbished Windows Imaging Systems

These systems are designed to be easy to use and are backed by our 3-year warranty.



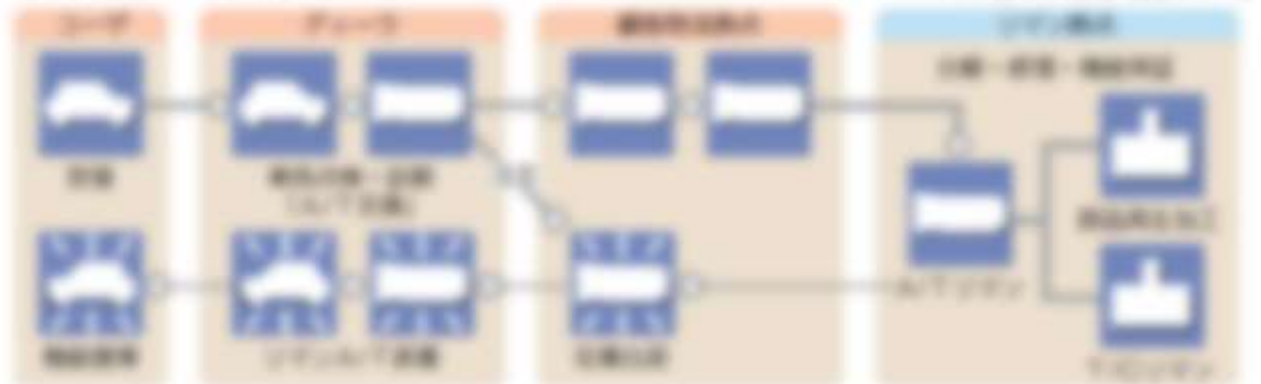
アイシンの事例

リマニュファクチャリングとは

一言で言えば、モノの再生産です。再生したモノを製造・販売に市場に供給しています。私たちはデザイン活動を通じて、廃棄物の削減と資源の有効活用を促し、地球環境保全に貢献していきます。オーガニックジャパン（愛知県）、太陽すてん（むつ市・岩手県）、太陽オーガニック（愛媛）の3拠点で、各地から回収したモノを分別・修理・再製造しています。



リマンプロセスの概要



アイシンの実施例

重点活動と沿革

- 新設施設ととも同時に入居ササンを開始し、運営に参画を拡大
- 内子産地産品の販売（例：そば、ジャコウなどの販売）
- 施設用ササナ・プログラム・ササナ展開による地産物販売



地域環境保全へ貢献



2000年6月

第17期学術会議物質創製工学研究委員会金属材料専門
委員会報告書
「材料の21世紀へのストラテジー」

資源生産性向上の重要性指摘

各省庁への働きかけ

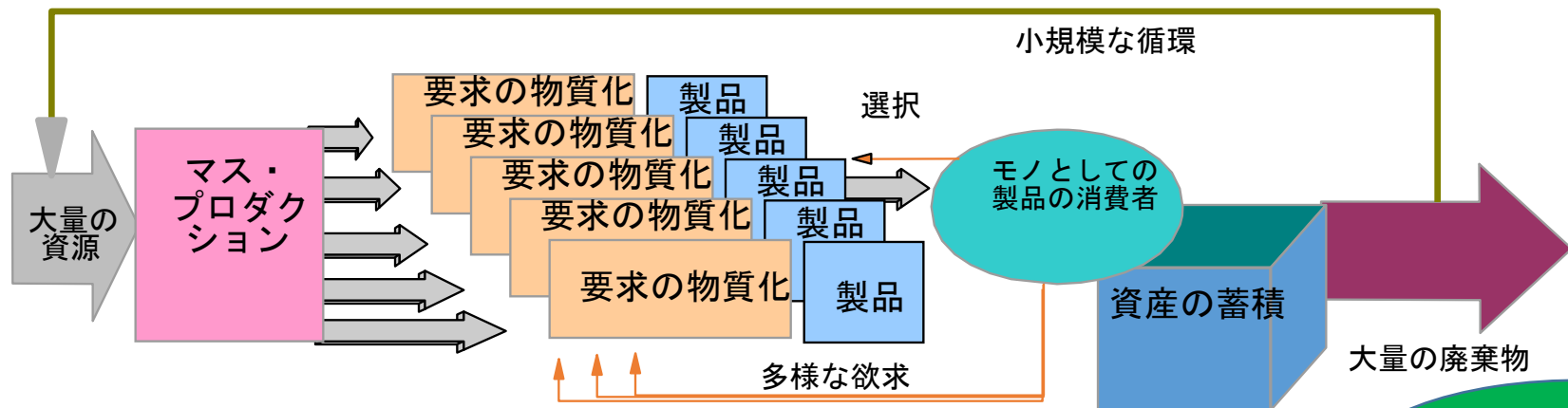
内閣府：
ミレニアム
循環型社会に向
けての大規模な
調査研究
(文部科学省)

2000年12月～

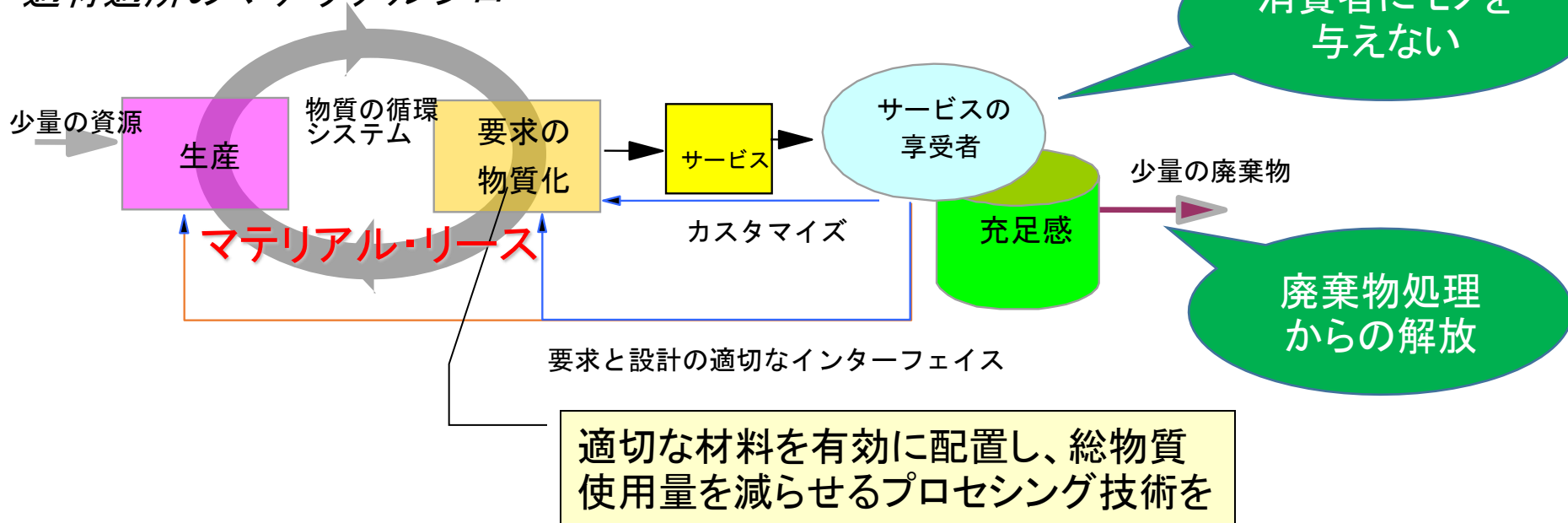
「資源生産性とその向上の方向性に関する委員会」
(略称：資源生産性委員会)

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

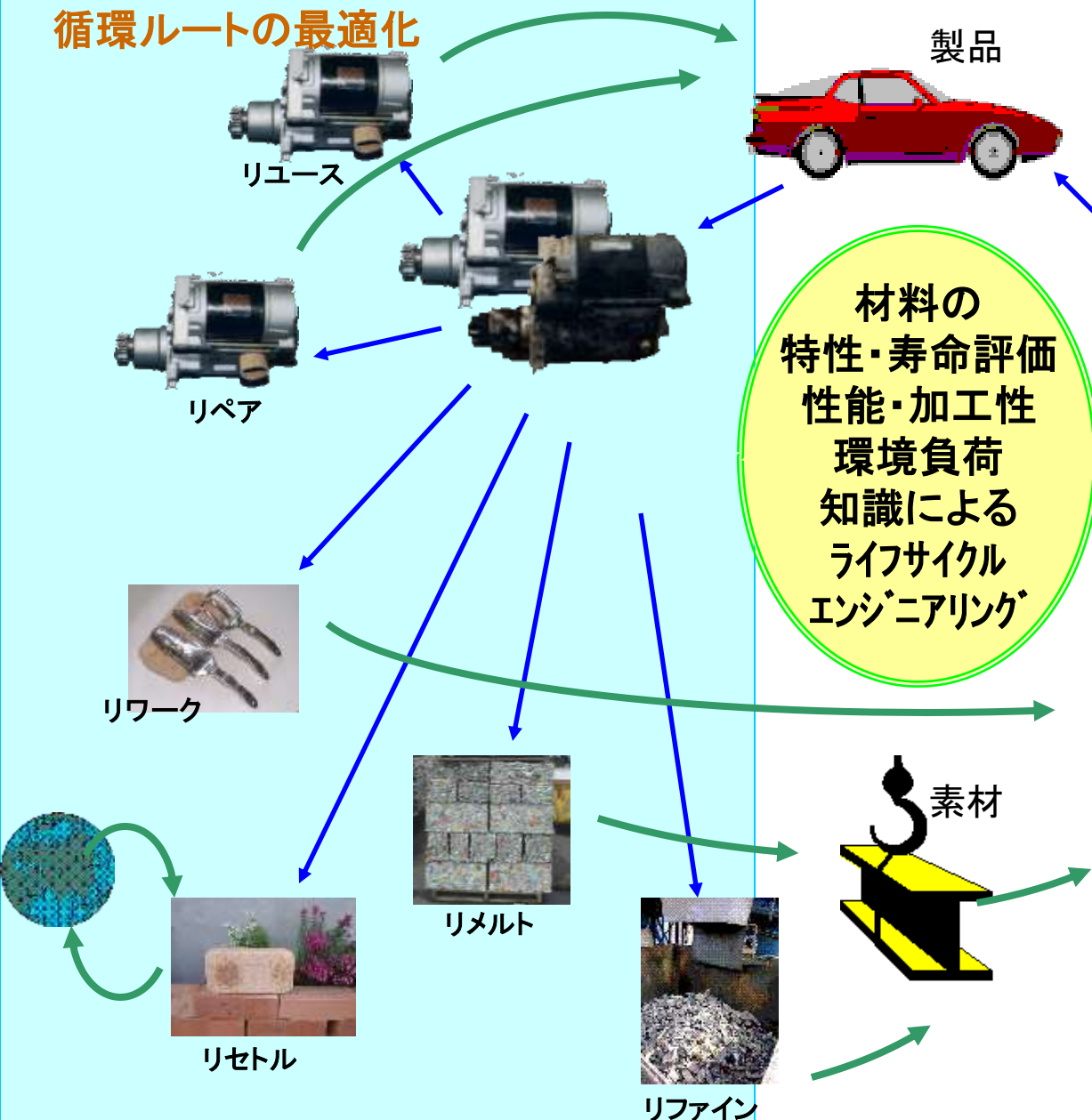


適材適所のマテリアルフロー

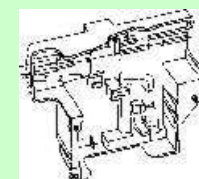
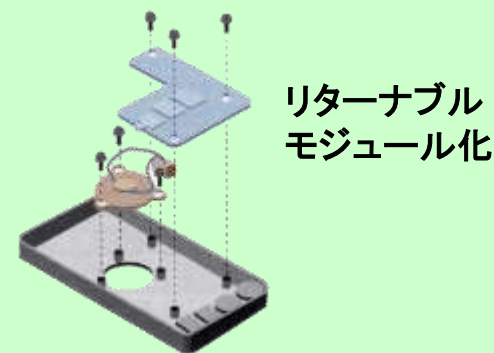


マテリアルリースによる無駄ゼロ最終処分ゼロへの挑戦

マテリアル・リースによる 循環ルートの最適化



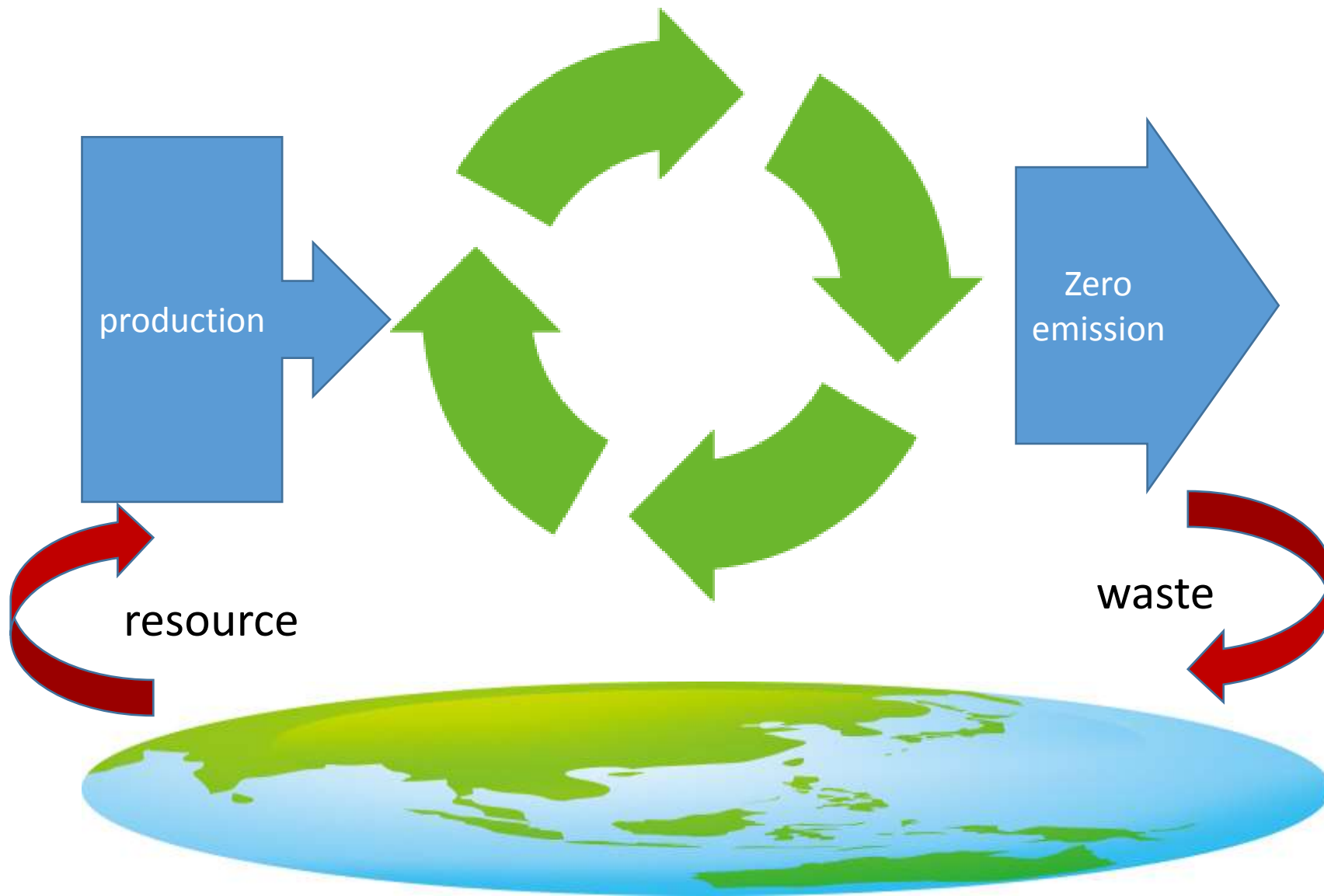
マテリアル・セレクションによる 製品の概念設計の変更



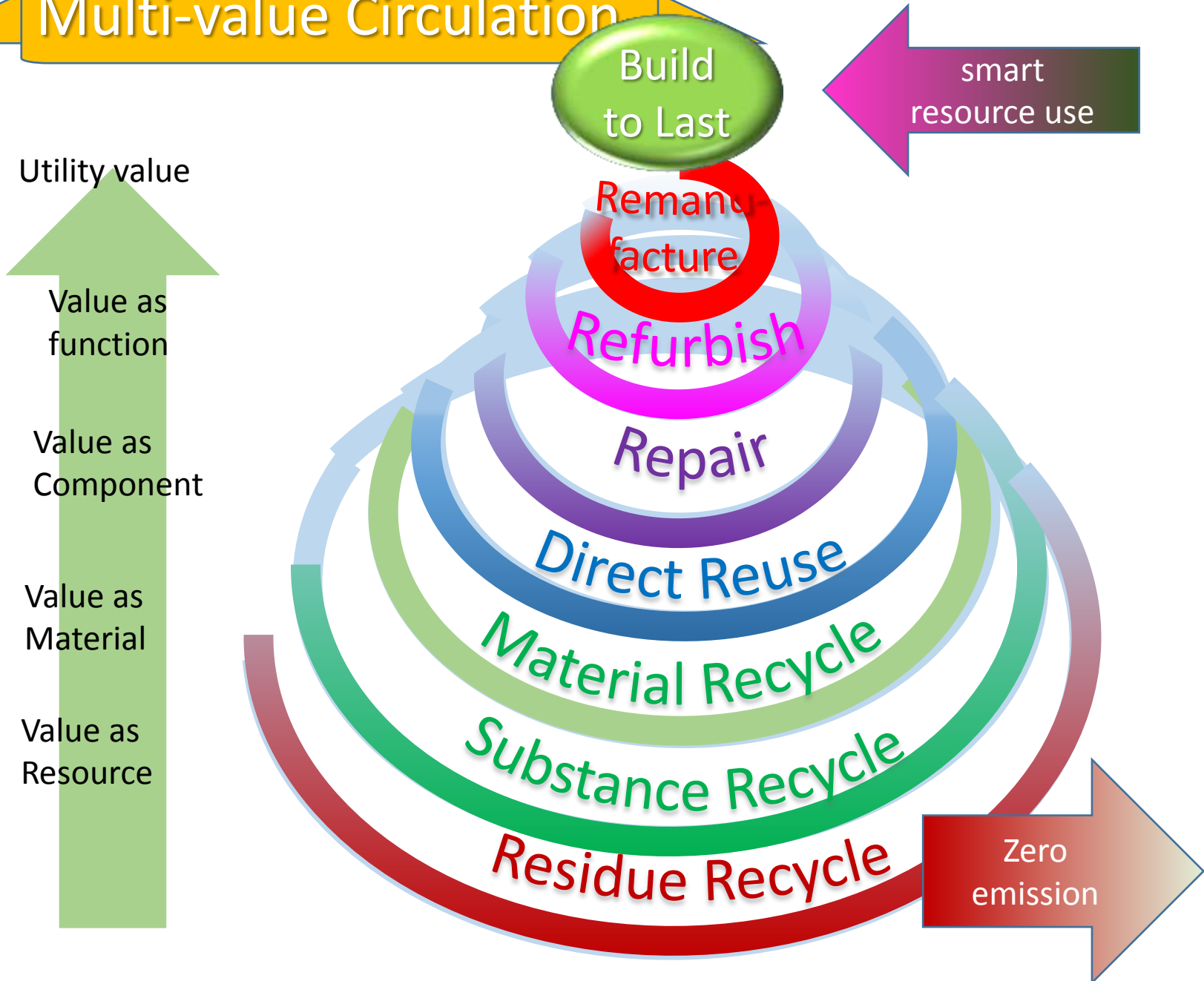
無駄ゼロの材料の適材適所化へ

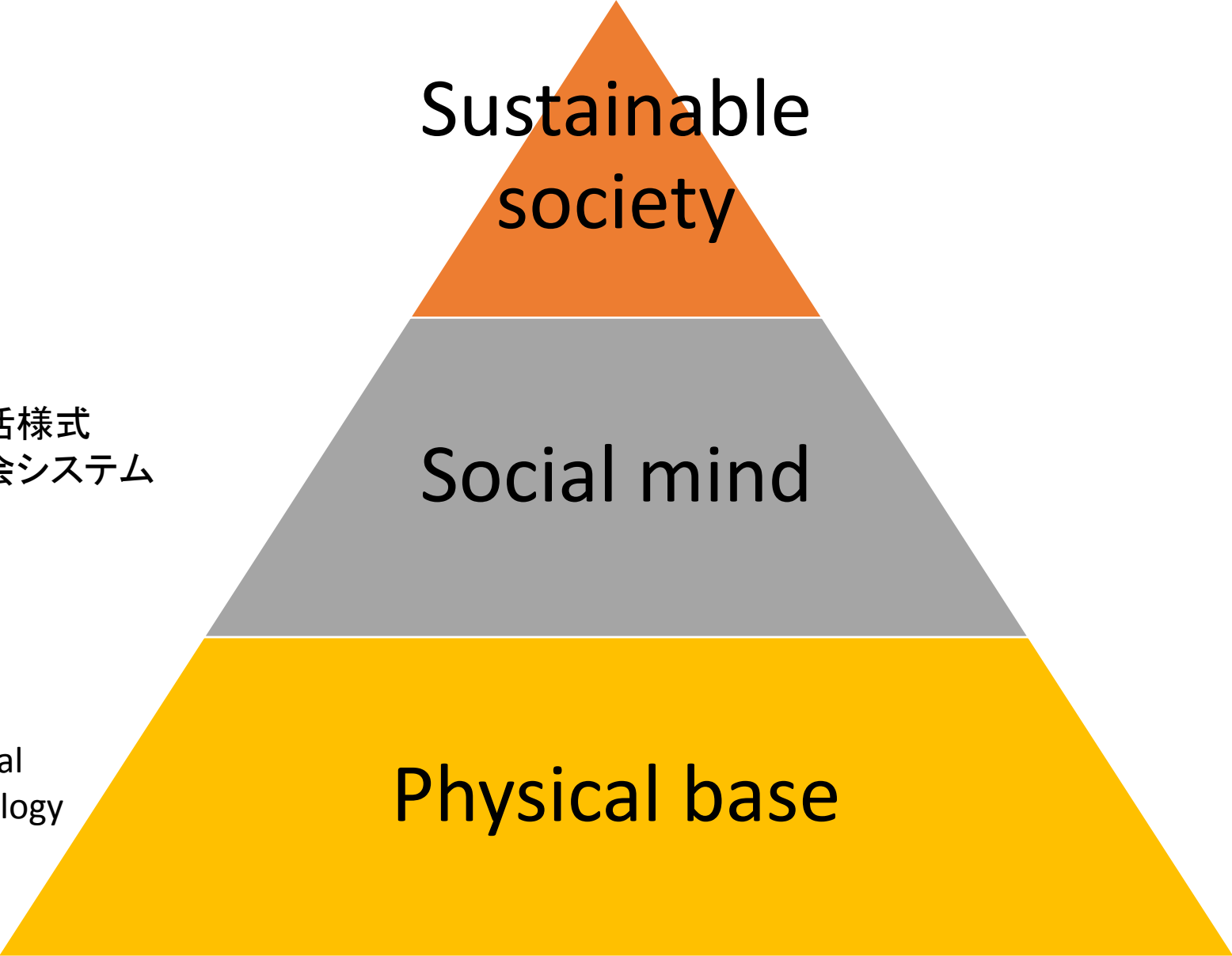
最終処分ゼロへの挑戦を可能にする

EUのCircular Economyのもつ弱点



Multi-value Circulation





Sustainable
society

生活様式
社会システム

Social mind

Material
technology

Physical base

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)

Technical Barriers o remanufacturing

Deterioration of material

Surface treatment & Mending

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

Structural material for sustainable society

strong, tender and dependable material for the social system of sustainability

Strong as
elder brother



哥哥的強
gē gē de qiáng

Expand the human's
activity frontier
toward new
environment, such as
space, marine and
underearth.
*strong, tough,
anticorrosion, heat
resistant, light-weight,
multi-function*

Tender as
mother

母的和
Mǔ de hé



Multi-Function structural materials
which provide well-being in the
nature-harmonized living space of
the future.

視sight : diversified design
聽aural: selective insulation
觸touch: organic-touch inorganics
膚skin: moisture control etc.

Dependable as
father 父的壯
Fù de zhuàng



Dependable materials
which have reliability of
endurance for sever stress
and its rapid fluctuation.
Intelligent materials
which predict , diagnose
and respond to
deterioration.

長寿命性

- 製品寿命 $\div$ 材料寿命 から
材料寿命 $\gg$ 製品寿命 へ
- 材料の優れた特性を売りにできる
built to last
- 耐劣化機構 ← 材料技術の神髄
- 自己修復材料
自己治癒材料 → 寿命管理
ALCA 自己治癒性耐熱セラミクス

高信頼性

- 寿命予測
劣化機構の科学
疲労限など
- 劣化モニタリング
非破壊検査
劣化のvisualization

修復性、修理可能性

- 自己修復材料
自己治癒材料 → 長寿命化

- 修理可能性
包丁
菓子折り缶

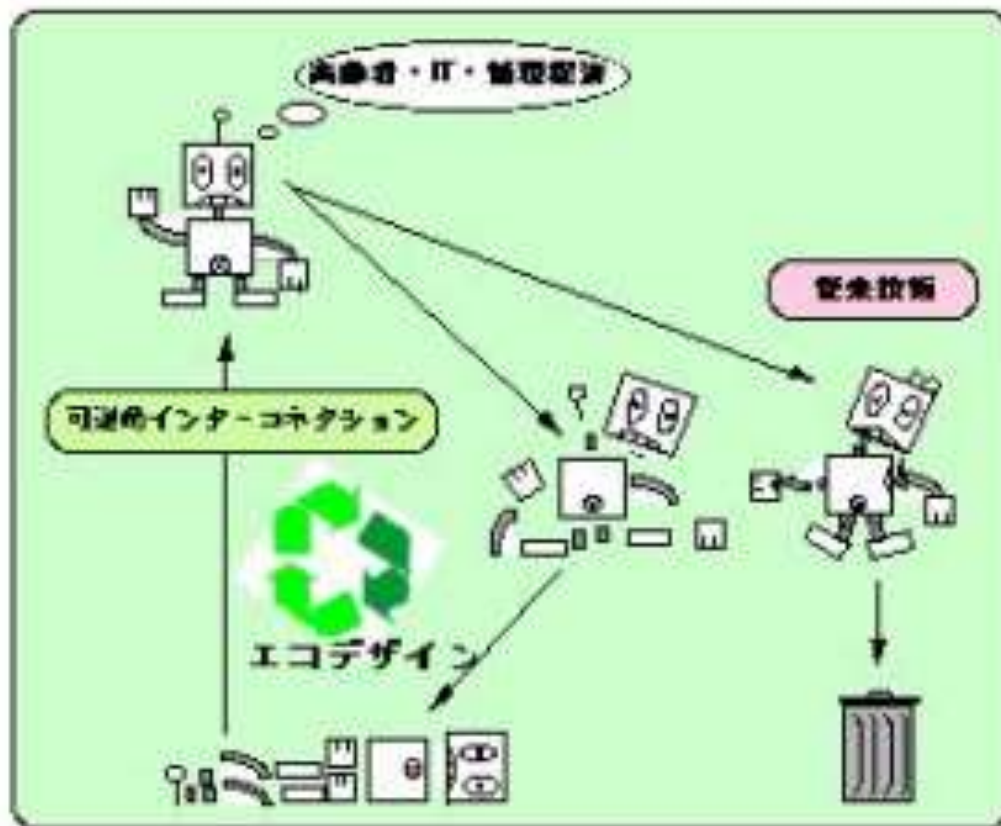
リバーシブル変形

易分解性

- 双方向接合技術
「付けるだけ」から「こわす」も
- 形状変化機構

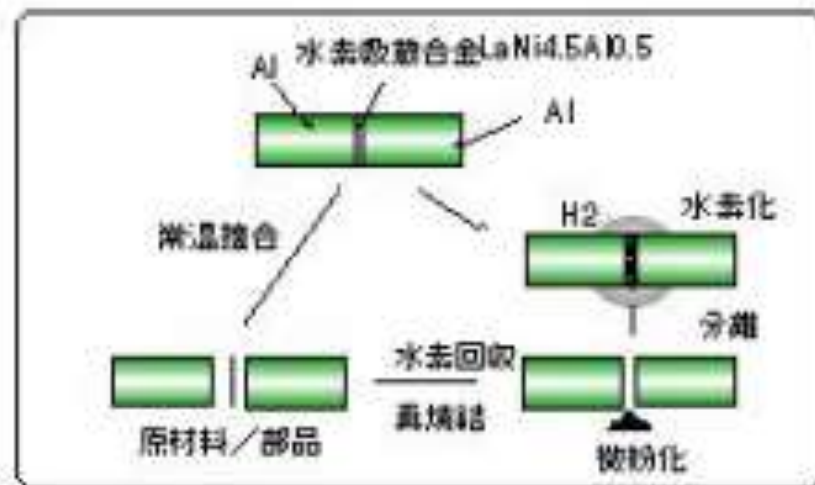
Design for Disassembly のための材料

インターコネクト・エコデザイン

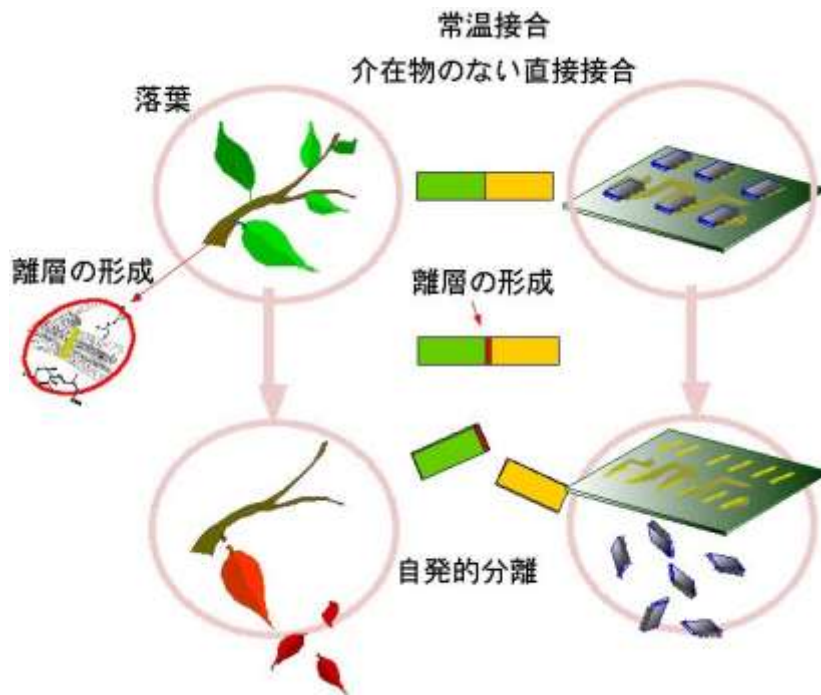


スマートディスプレイアセンブリ

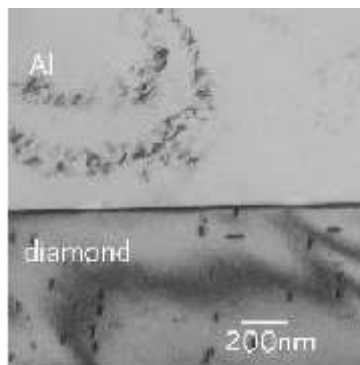
分離の新技术



可逆的インターコネクションの実現化技術

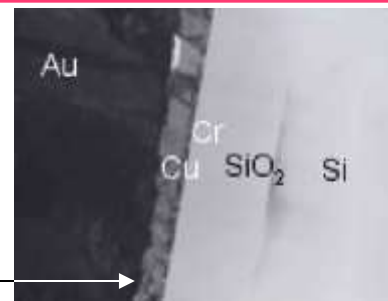


Room temperature bonding of Al and diamond



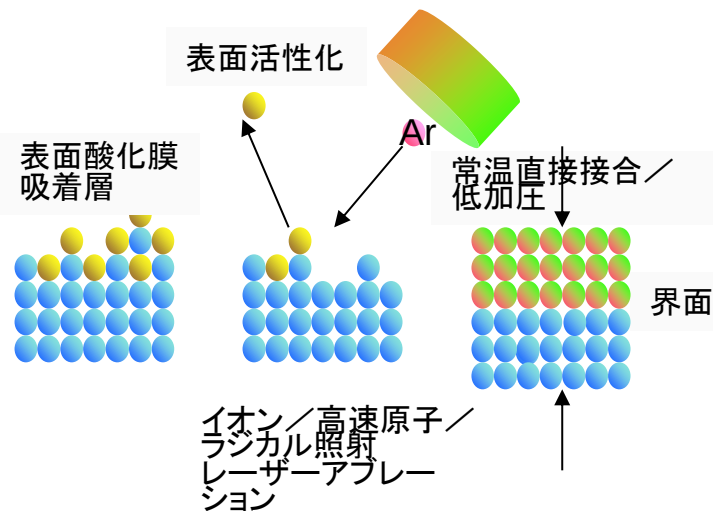
ダイヤモンドと
アルミニウム
の常温接合

Si基盤上の
金と銅の常
温接合



Au-Cu interface bonded at room temperature

Interconnect Ecodesign Room-temperature bonding



- 固体清浄表面の活性を利用
- 同種・異種の金属・半導体・絶縁体の常温直接接合
- 残留熱応力がない



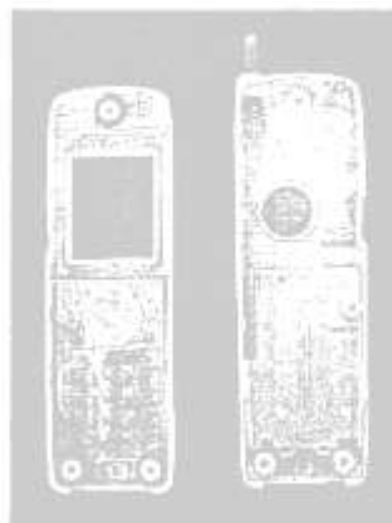
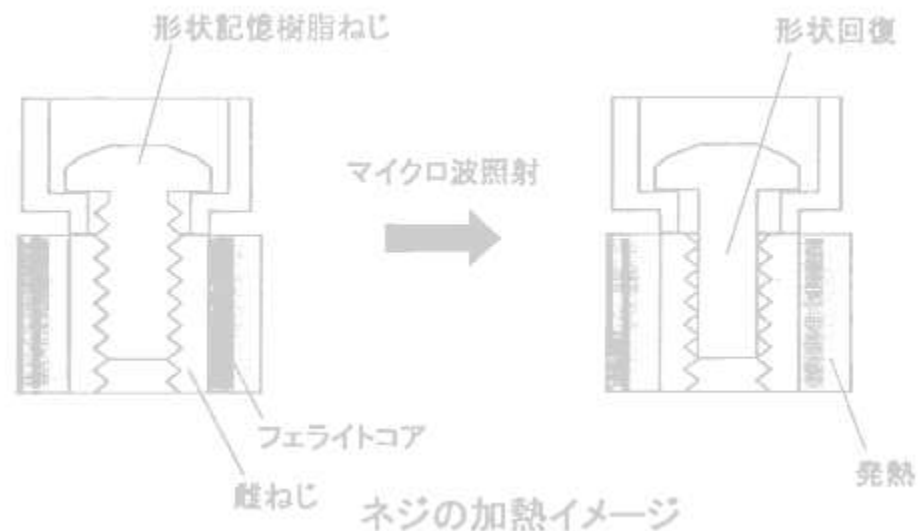
表筐体

裏筐体



通常時

形状記憶樹脂ネジ
(M3)3箇所



ねじ山が無くなり筐体が分離

カスタム化可能性

- 大量生産から少量多品種生産
- 製品条件に応じたカスタム化可能性
(含む 耐熱材料)
- 3D造形、4D造材

洗浄性、リフレッシュ性

- リユースの多くの負荷は洗浄工程
- シェア等の前提
- 表面処理、表面再処理への対応

その場加工性

- 向上にもちかえない
- 製品に付随したまま
- 基本的形状を損なわない
 局部溶解、局部改質
 computerized local processing
- 表面処理、表面改質

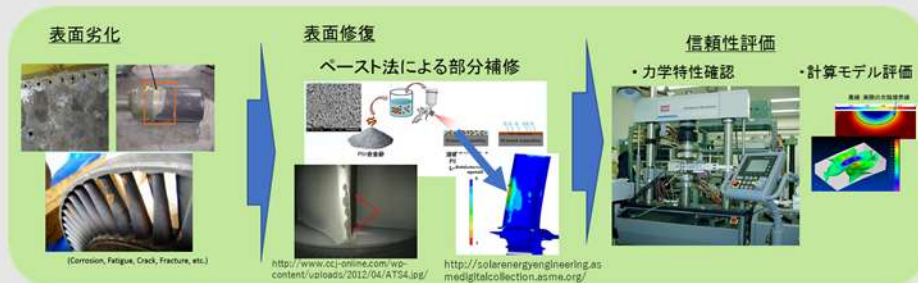
3. JST 新プロジェクト紹介

JST未来社会創造事業

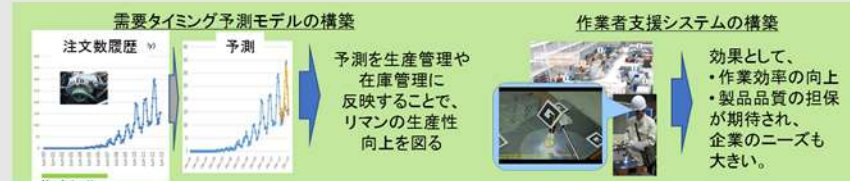
「リマンを柱とする広域マルチバリュー循環の構築」

主要課題項目

金属表面修復と信頼性評価の技術開発



リマンの生産管理法の開発



残存価値評価



産学連携／研究ネットワークの構築

- 省資源効果・経済効果の定量化。効果明示。
- 各技術の課題抽出と、対象の明確化。
- 連携体制確立。



- 各技術の実用性・経済性を証明。(対象は車パーツ、または航空機、鉱山・建設機械等)
- 技術移転。



- 自動車パーツで展開。
- 研究開発拠点化。
- 産業界との協働・資金で自律的に推進。



参画メンバー： 松本、増井、廣瀬、岩本、栗田、中住（産総研）、 村上、早川（物材機構）、
中島、南斉（国環研）、松野、吉村（千葉大）

3. JST 新プロジェクト紹介

研究目標：金属表面修復技術の開発

- 金属表面の劣化の修復はリマンの中核技術の一つ。各種の表面改質技術（溶射、ペースト法、拡散浸透処理法等）が適用可能。
- タービンブレード（対象はジェットエンジンまたはガスタービン）の**表面の部分修復**によるリマンの可能性を検討。**ペースト法による部分補修プロセス**の構築を目標に設定。

ブレードの劣化例

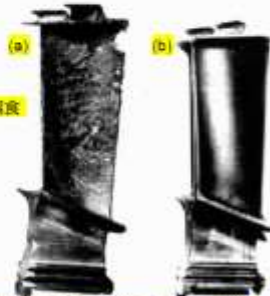
- 耐高温酸化（水蒸気）
- 耐高温腐食
- 耐エロージョン
- CMAS



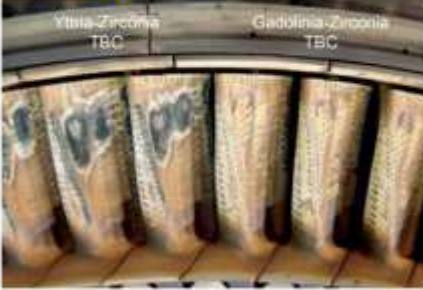
ピittingによって生じた蒸気タービン表面の損傷 <http://www.powercoi.co.uk/>



劣化によるジェットエンジン動翼の表面腐食



(a) 2500時間海上を低空飛行した後のタービンの様子。(a)基材に表面処理を施していないもの(b)NiAlコーティングを施したもの、Eskner, 2004.



Yttria-Zirconia TBC Gadolinia-Zirconia TBC

C.G. Levi, et. al., MRS BULLETIN 37 (2012) 932

- 劣化は部分的
- コーティング手法による長寿命化
- 局所修復→更なる長寿命化！

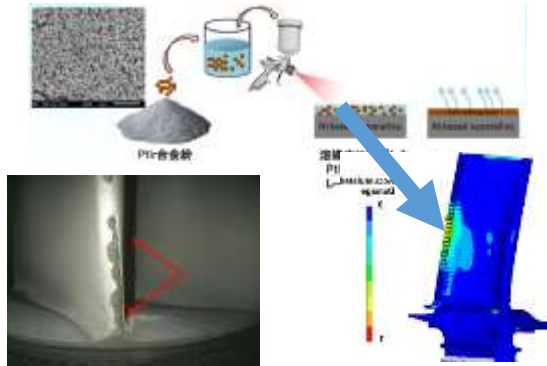


3. JST 新プロジェクト紹介

研究目標：信頼性評価技術の開発

- 修復材に対する信頼性評価手法・疲労寿命評価手法を構築。
- 余寿命診断技術のリマンへの適用可能領域を探索。

表面修復



<http://www.cj-online.com/wp-content/uploads/2012/04/ATS4.jpg/>

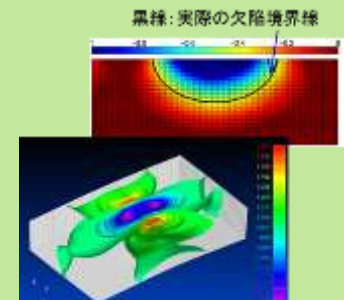
<http://solarenergyengineering.asmedigitalcollection.asme.org/>

信頼性評価

・力学特性確認



・計算モデル評価



3. JST 新プロジェクト紹介

研究目標：リマンの生産管理法の開発

- リマンは廃製品入手と需要時期の不確実性のため生産管理が複雑。少量多品種生産のため作業が多様。
- リマン製品の需要タイミング予測モデルを構築。生産計画・在庫管理に適用。
- リマンの作業支援システムのプロトタイプを構築。

需要タイミング予測モデルの構築



予測を生産管理や
在庫管理に
反映することで、
リマンの生産性
向上を図る

作業支援システムの構築



効果として、
・作業効率の向上
・製品品質の担保
が期待され、
企業のニーズも
大きい。

研究目標：品質標準化の制度検討

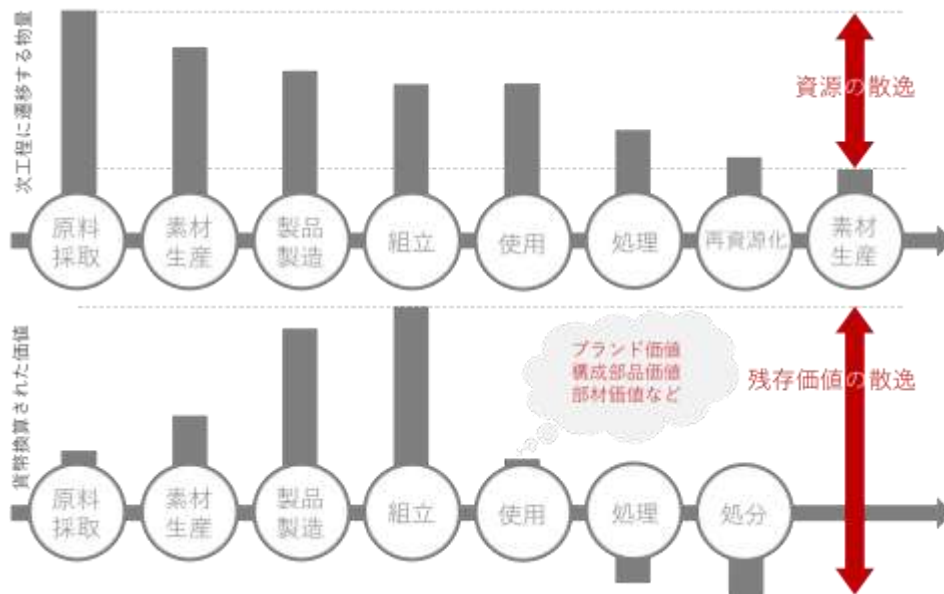
- リマン製品の品質保証の問題は、リマン普及の障害要因の一つ。
- リマン製品の国際標準化 (ISO化) の動きも見られる。品質標準化の検討が必要。
- 業界標準と国際標準 (ISO) を視野に入れて、リマンの品質標準化制度の枠組みの検討を実施。

3. JST 新プロジェクト紹介

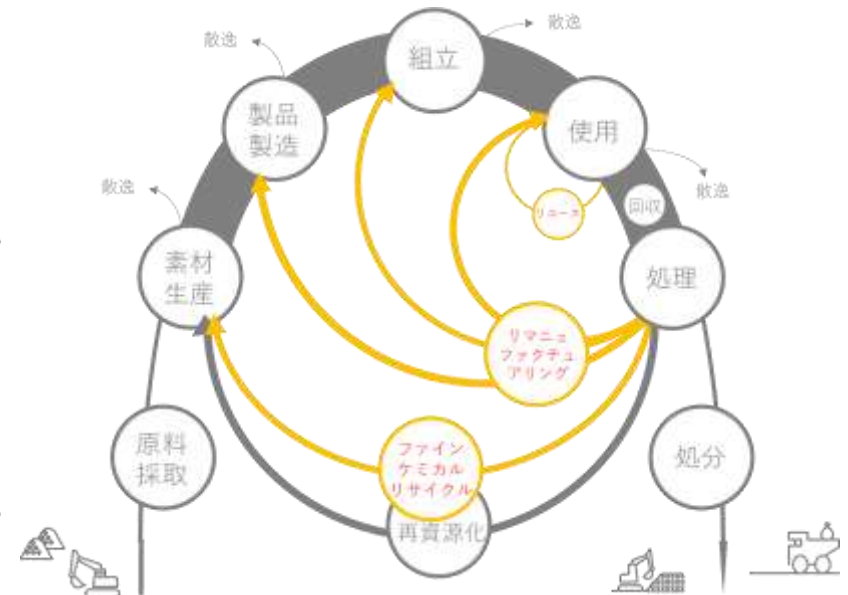
研究目標：広域マルチバリュー循環のデザインと効果推定

- マルチバリュー循環の資源循環の効果の定量化と、使用済み製品の残存価値の可視化が重要。
- マテリアルフロー分析(MFA)、ライフサイクルアセスメント(LCA)に基づく 資源性・環境性の定量化と残存価値可視化の手法の構築を目標とする。

資源価値と残存経済価値の定量化手法の構築

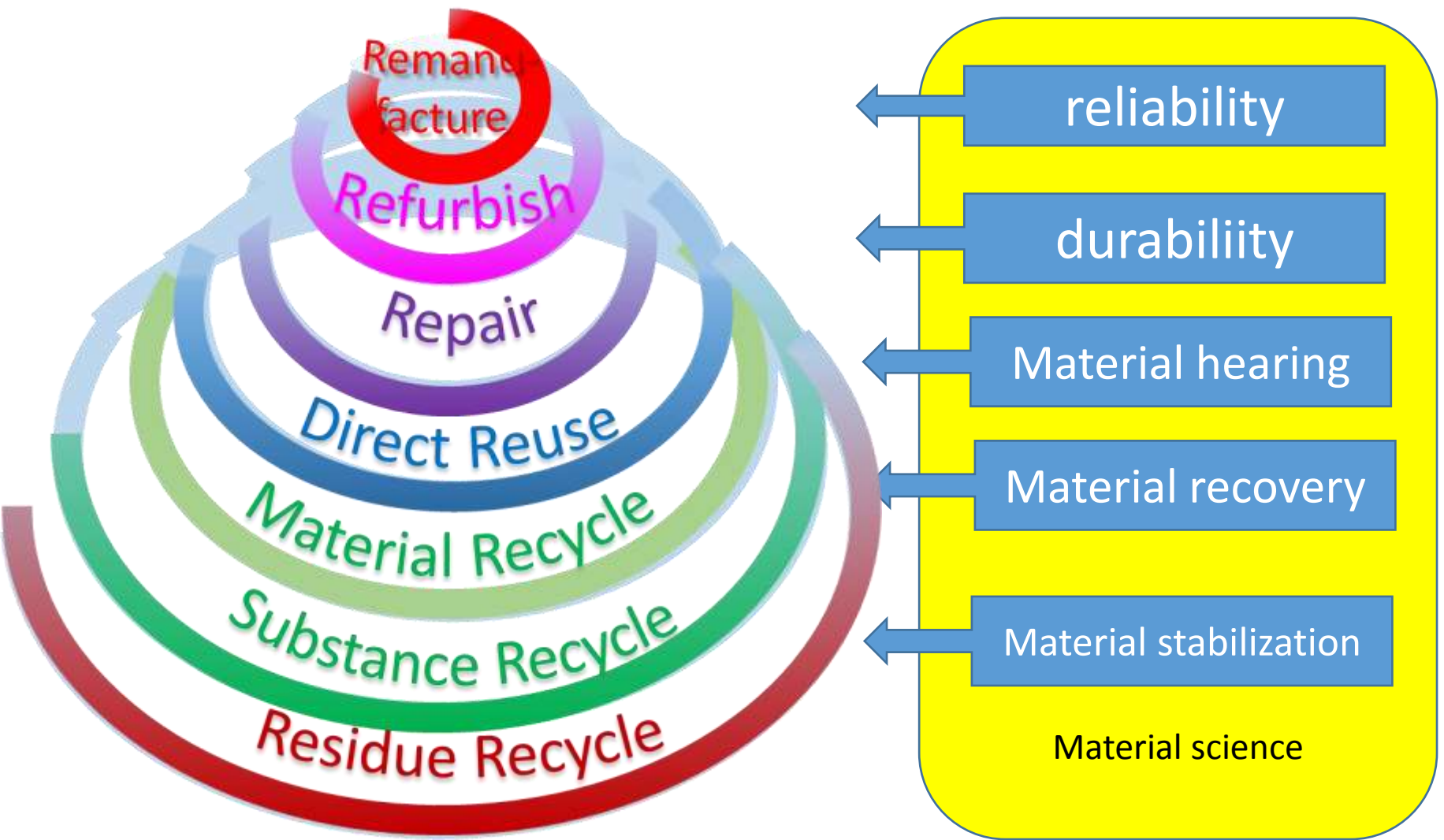


使用済み製品の残存価値の可視化法の構築



Wide-area Multi-value Circulation

Circular Economy of productive Asia



材料学は

産婆 から 医者に

なる