

# 広域マルチバリュー循環における モバイル・ファインケミカル・リサイ クルの意義

2017.11.17 原田幸明

物材機構 アドバイザー  
サステナビリティ技術設計機構 代表理事

# Key words

- SDGs
- 資源効率
- 広域マルチバリュー循環
- ファインケミカル・リサイクル
- モバイル・リサイクル

# Multi-value Circulation

Build  
to Last

Direct  
reuser

Repair

Remanufacture

Refurbish

Upgrade Recycle

Substance Recycle

Residue Recycle

Utility value

Value as  
Parts

Value as  
Material

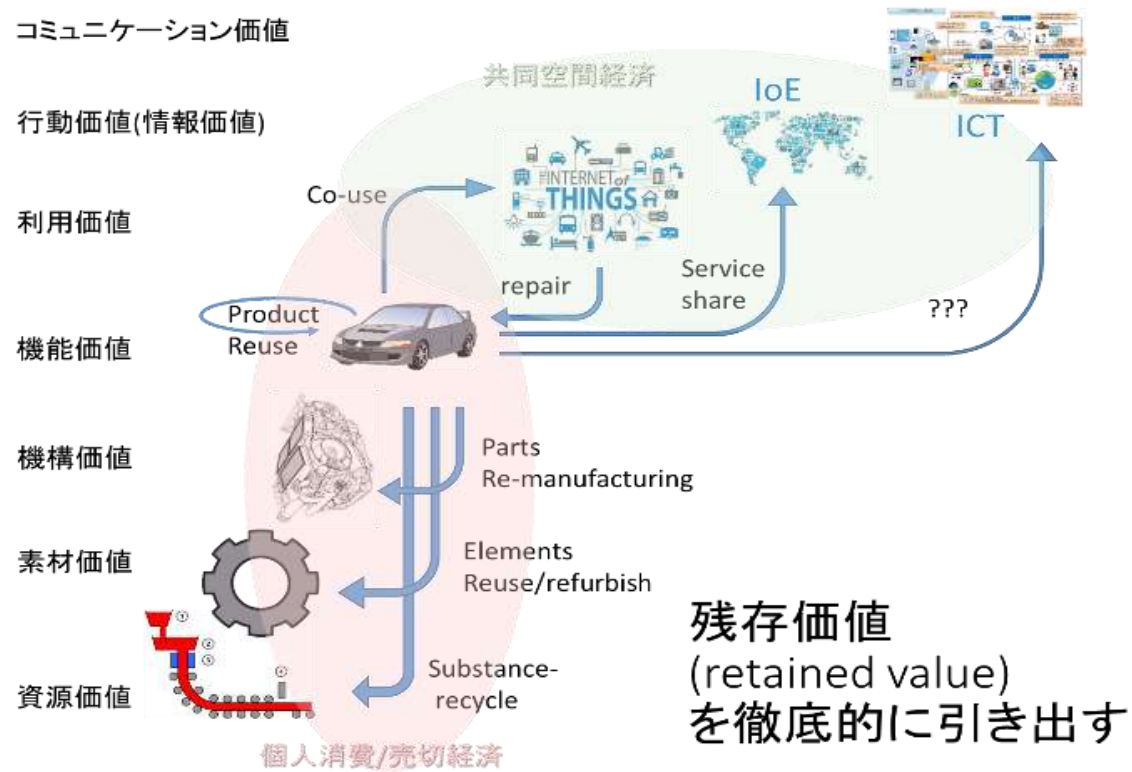
Value as  
Resource

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)



## 注) マルチ・バリュー循環

製品は、製品そのものの機能価値だけでなく、ブランド価値、構成部品価値、部材価値、素材価値など多様な価値を含んでおり、多くの場合製品機能の停止をもってライフサイクルが閉ざされそれらの価値は埋もれてしまうケースが多いが、実は残存価値として引き出される価値は残っている。現在それを引き出しているのは素材リサイクルであるが、より多様で多階層の残存価値引き出し行為が展開され、それを最終的に支えるものとして素材リサイクルと廃棄物処理が社会インフラの一部として存在すべきである。このような多様で多階層の残存価値を引き出す循環をマルチ・バリュー循環と定義する。

# 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 気候をゼロに



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)

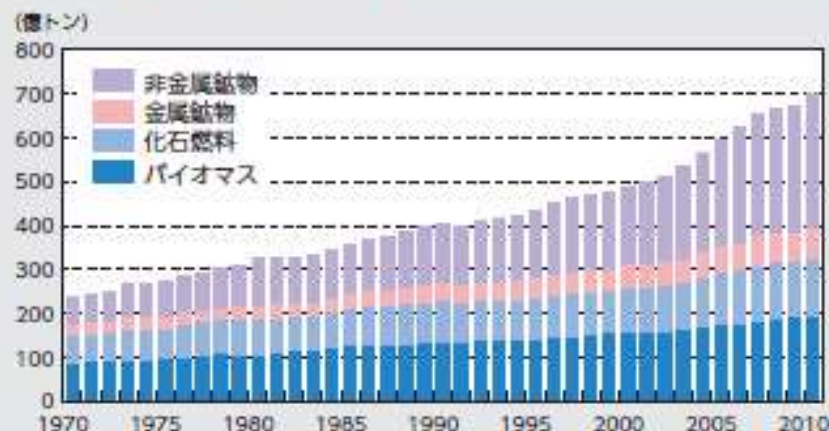


### 「ゴール12 (持続可能な生産・消費)」

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。

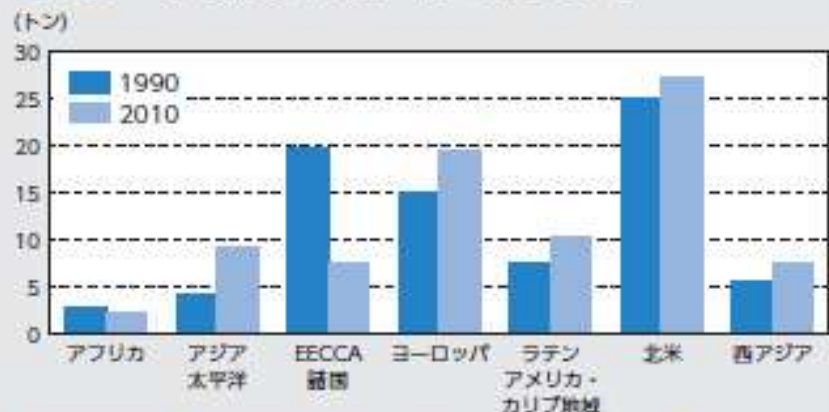
しかし、過去約40年の間に、世界の資源採掘及び使用は急激に拡大し続けています。1970年には、年間物質採掘量は220万トンでしたが、2010年には700万トンにまで増加しています(図1-2-6)。

図1-2-6 世界の物質採掘量



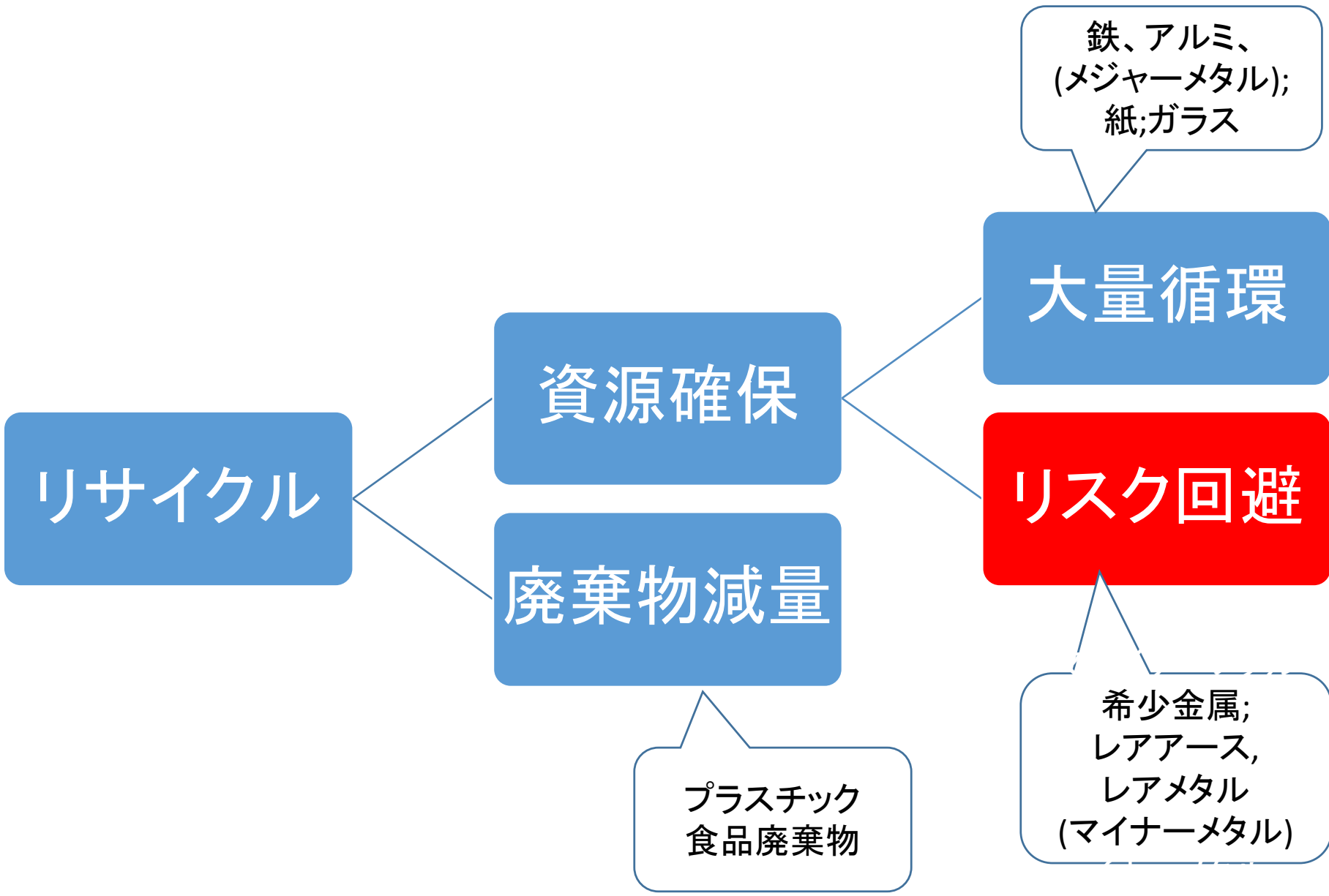
資料：UNEP-IRP [GLOBAL MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY] より環境省作成

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





リサイクル

資源確保

廃棄物減量

大量循環

リスク回避

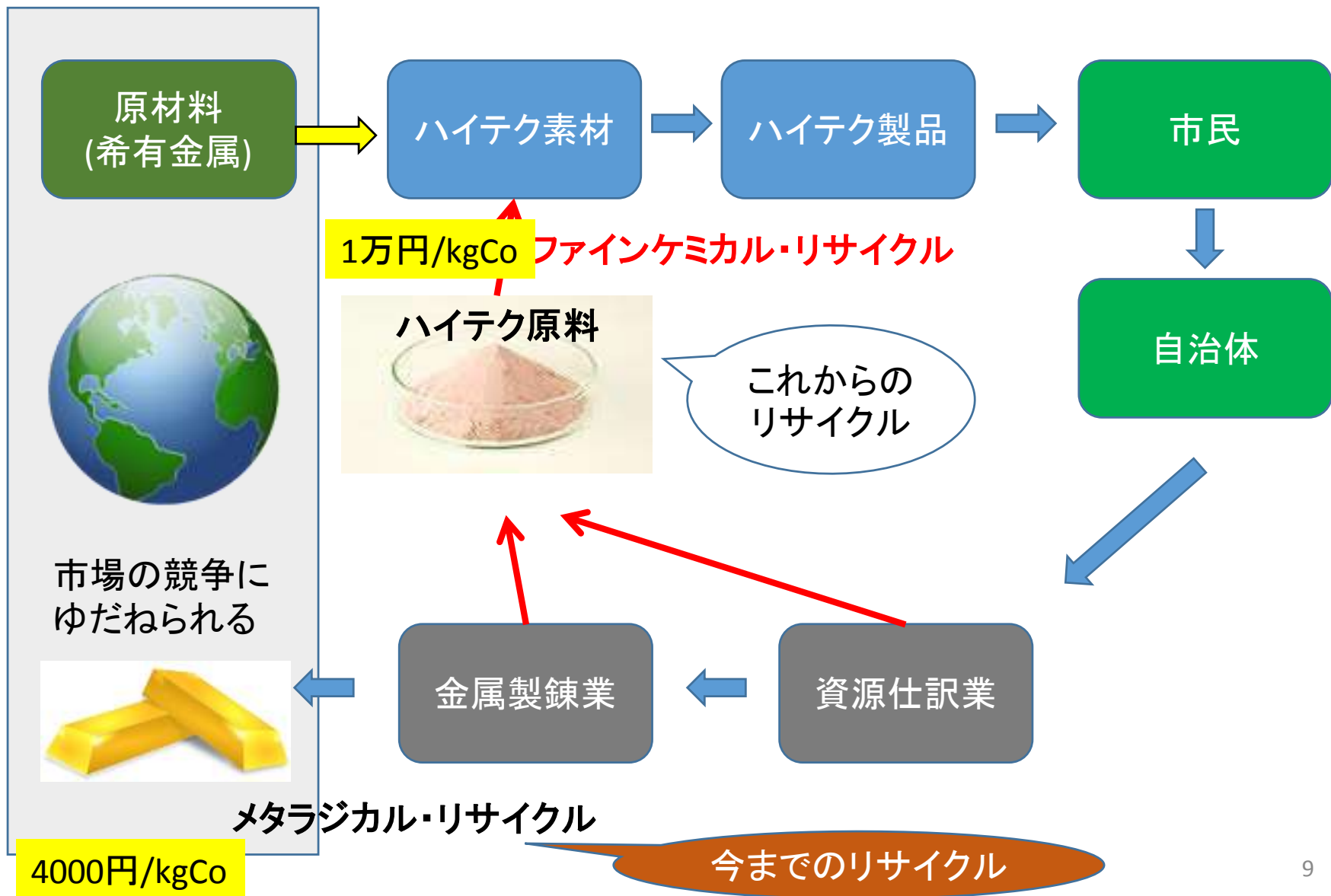
鉄、アルミ、  
(メジャーメタル);  
紙;ガラス

プラスチック  
食品廃棄物

希少金属;  
レアアース,  
レアメタル  
(マイナーメタル)



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

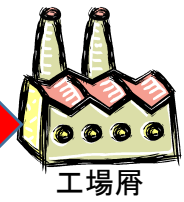


# ファインケミカル リサイクル



安定  
ストック

高機能性  
(高付加価値性)



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

使いそうなものを  
リサイクルでお金に変える

どこにでも  
売れる素材、  
安い原料



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



困ったものを  
リサイクルで無害にする

無害性と  
安定な用途



窯業

# Global Urban-Mines 都市鉱山開発は世界へ



# 製錬ファシリティのないところに、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



# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD

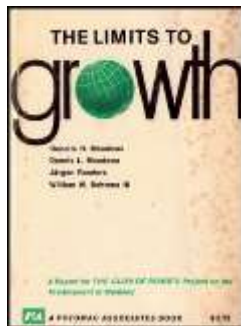
<b>1</b> NO POVERTY 	<b>2</b> ZERO HUNGER 	<b>3</b> GOOD HEALTH AND WELL-BEING 	<b>4</b> QUALITY EDUCATION 	<b>5</b> GENDER EQUALITY 	<b>6</b> CLEAN WATER AND SANITATION 
<b>7</b> AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY 	<b>8</b> DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH 	<b>9</b> INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE 	<b>10</b> REDUCED INEQUALITIES 	<b>11</b> SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES 	<b>12</b> RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION 
<b>13</b> CLIMATE ACTION 	<b>14</b> LIFE BELOW WATER 	<b>15</b> LIFE ON LAND 	<b>16</b> PEACE, JUSTICE AND STRONG INSTITUTIONS 	<b>17</b> PARTNERSHIPS FOR THE GOALS 	 <b>SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS</b>

# Sustainability をめぐるあゆみ

2012 Rio+20  
The Future We Want

1968  
ローマクラブ

1972  
成長の限界  
The Limits to growth



1950s-1960s  
無限の未来  
New Frontier



© Tezuka Productions

1972  
ストックホルム  
人間環境宣言  
Only One Earth



現在の傾向が続けば、100年以内に地球上の成長は限界に達する

環境の保全と向上に関するはじめての国際原則

1987  
ブルントラント委員会  
Our Common Future



Sustainable Development

「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」

1992  
Rio地球サミット Planet under Pressure



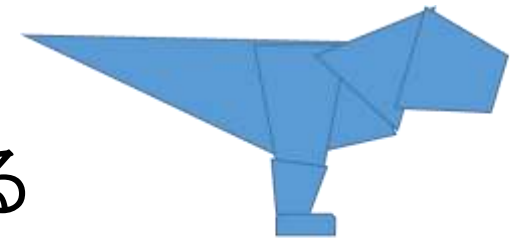
環境分野での国際的な取組みに関する行動計画  
環境と開発の両立

環境経済社会の統合的SD

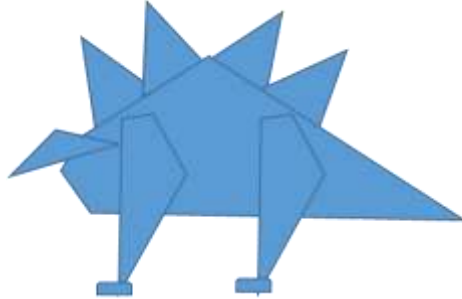
FUTURE EARTH  
Dynamic planet  
Global Development  
Transformation towards Sustainability

# 都市鉱山メダルの意義

- 希少な金の天然資源を守ることができる
- 採掘に伴う環境への負担を軽減できる
- 金といっしょに使われている物質による環境汚染を防ぐことができる

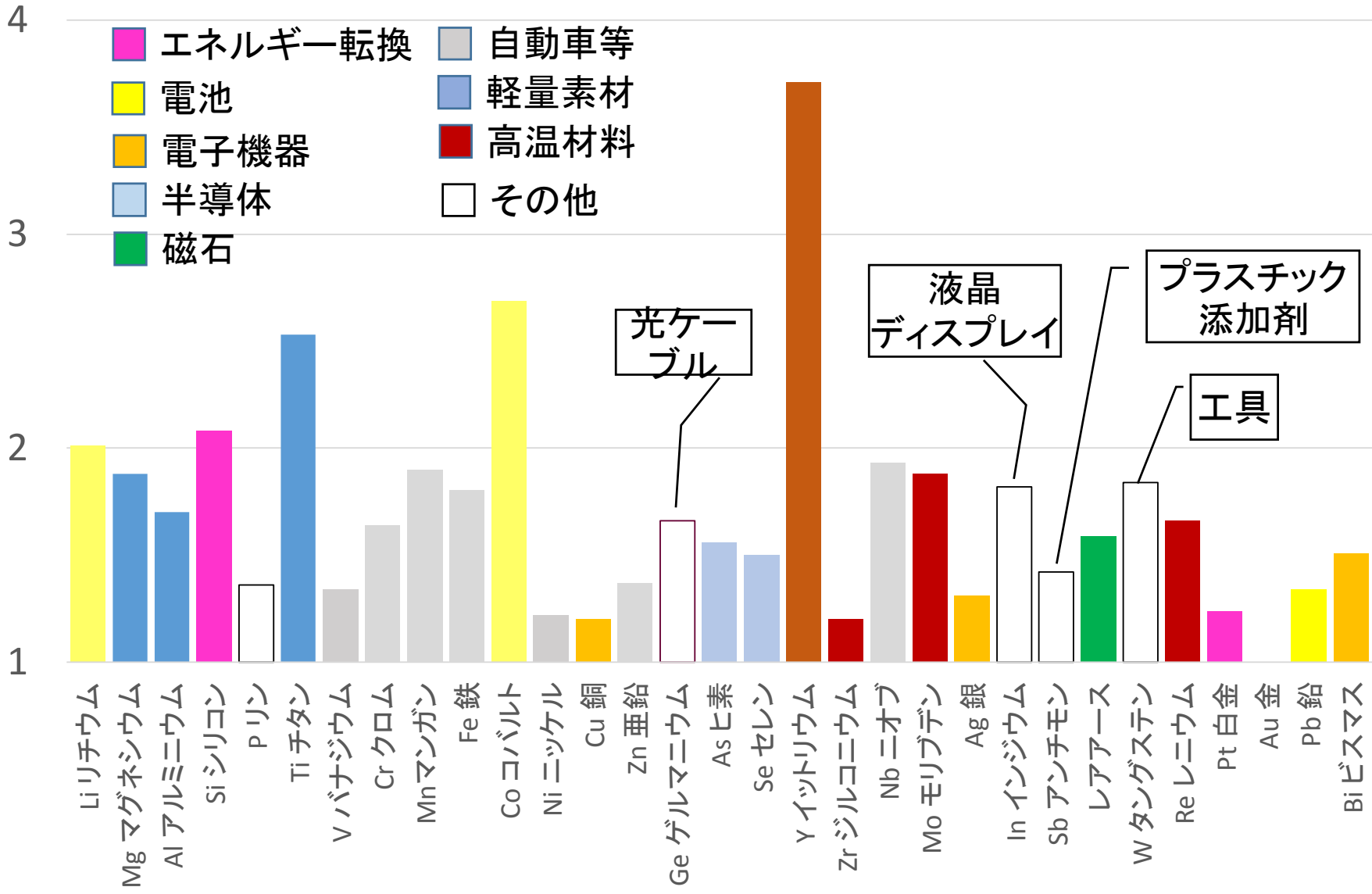


地球をこわされて怒りだした  
テラのサウルス

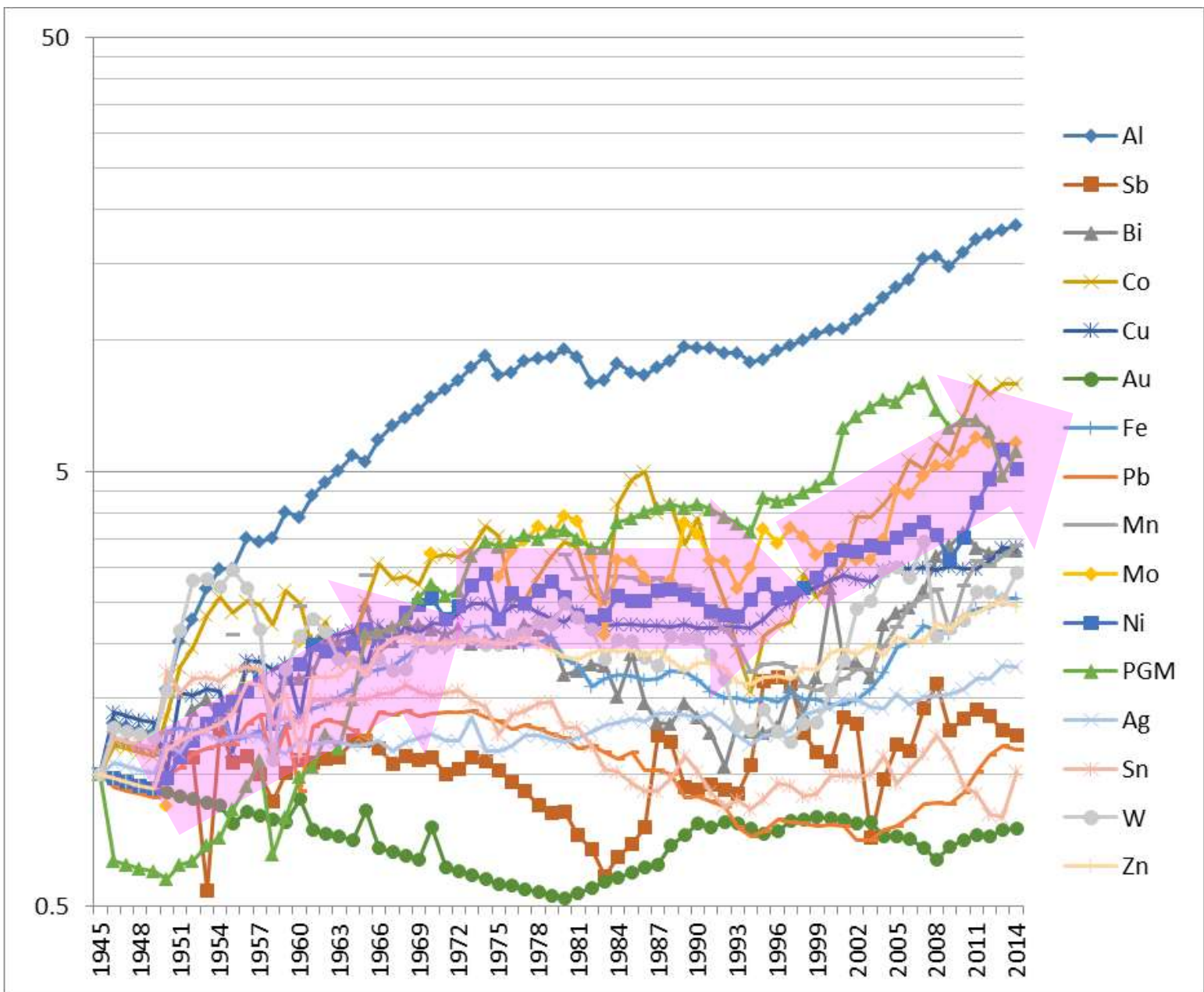


使ったものを捨て散らかす  
ステテコウサウルス

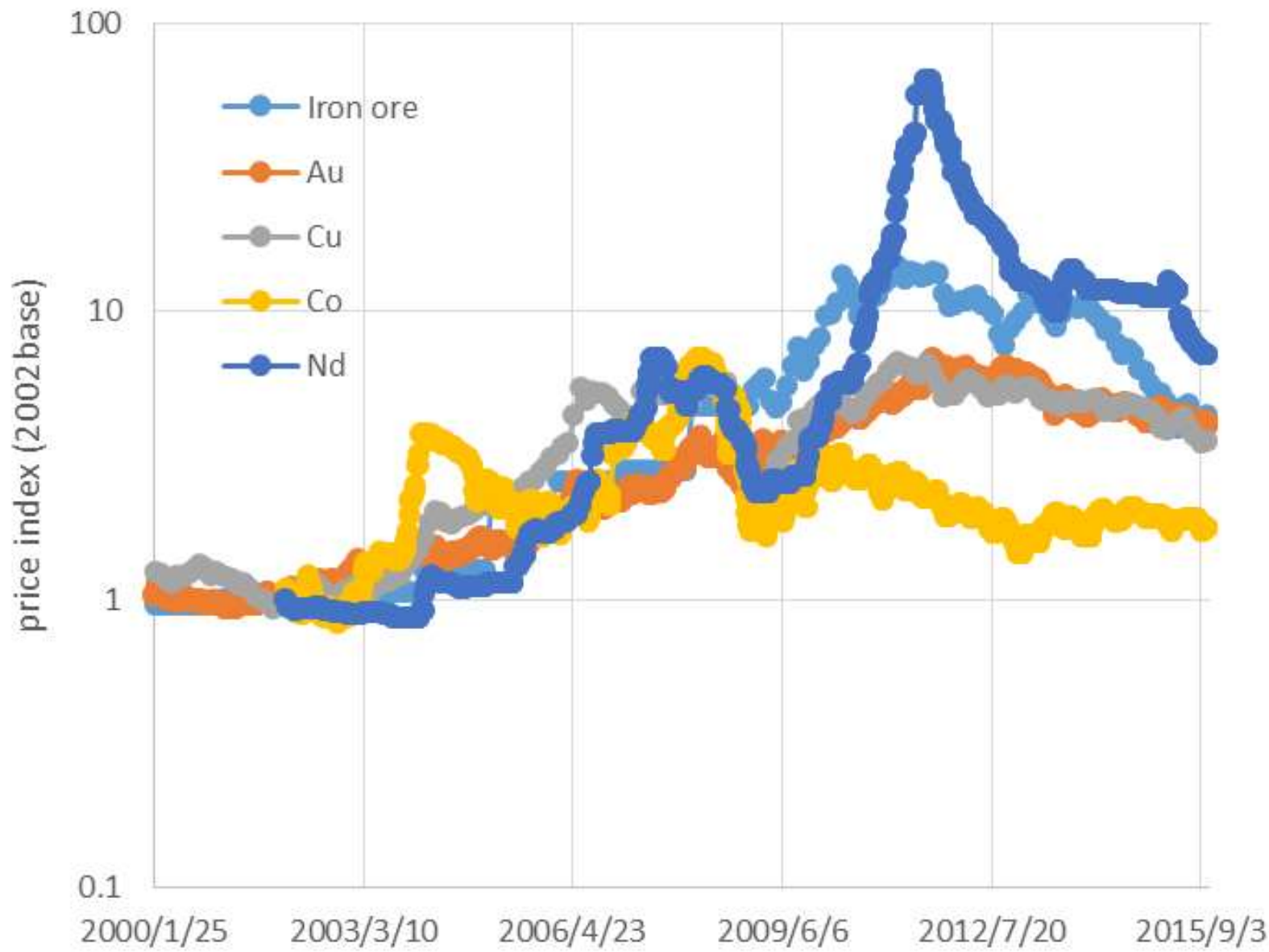
日本の金の用途の半分は  
電子機器



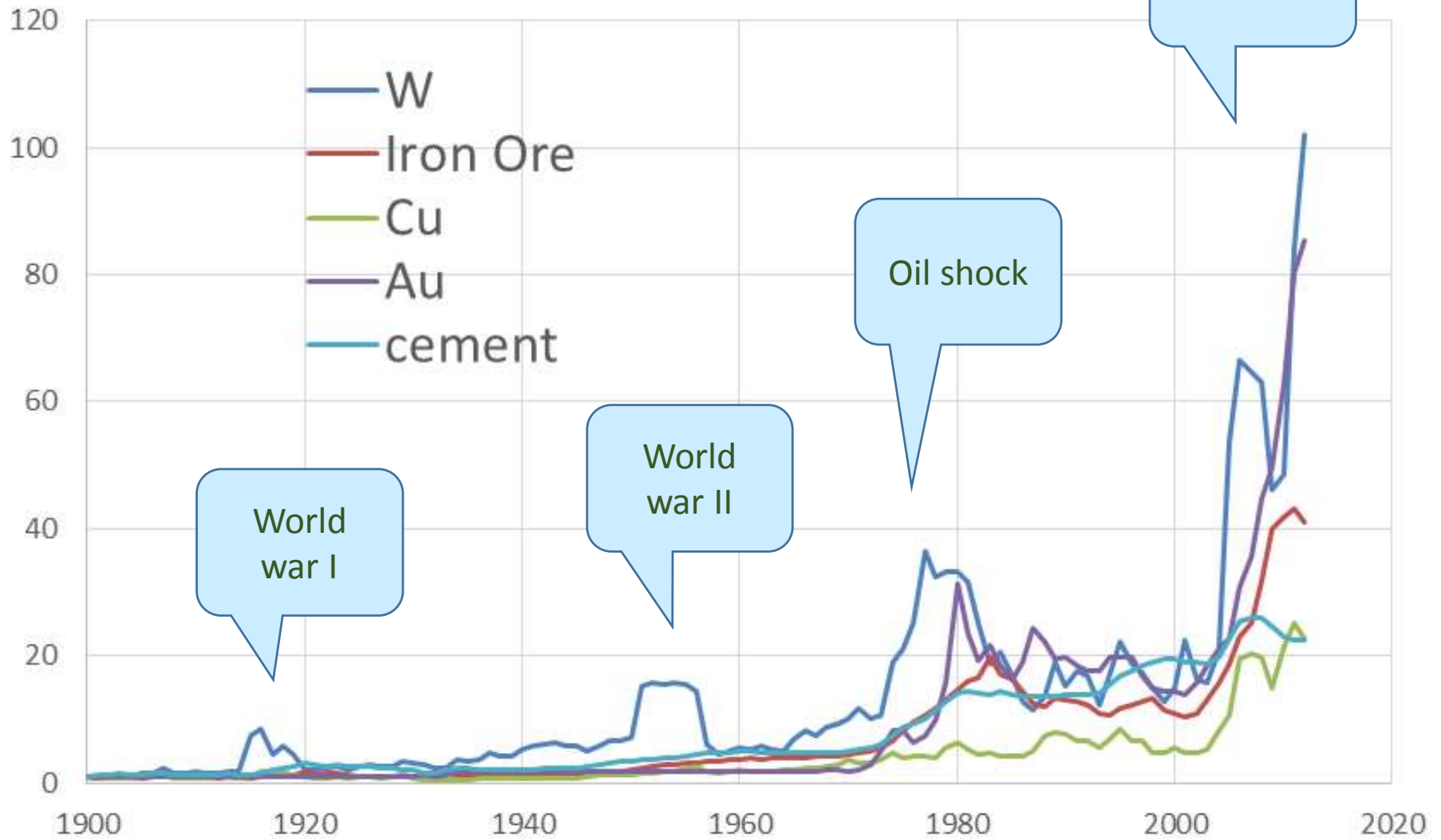


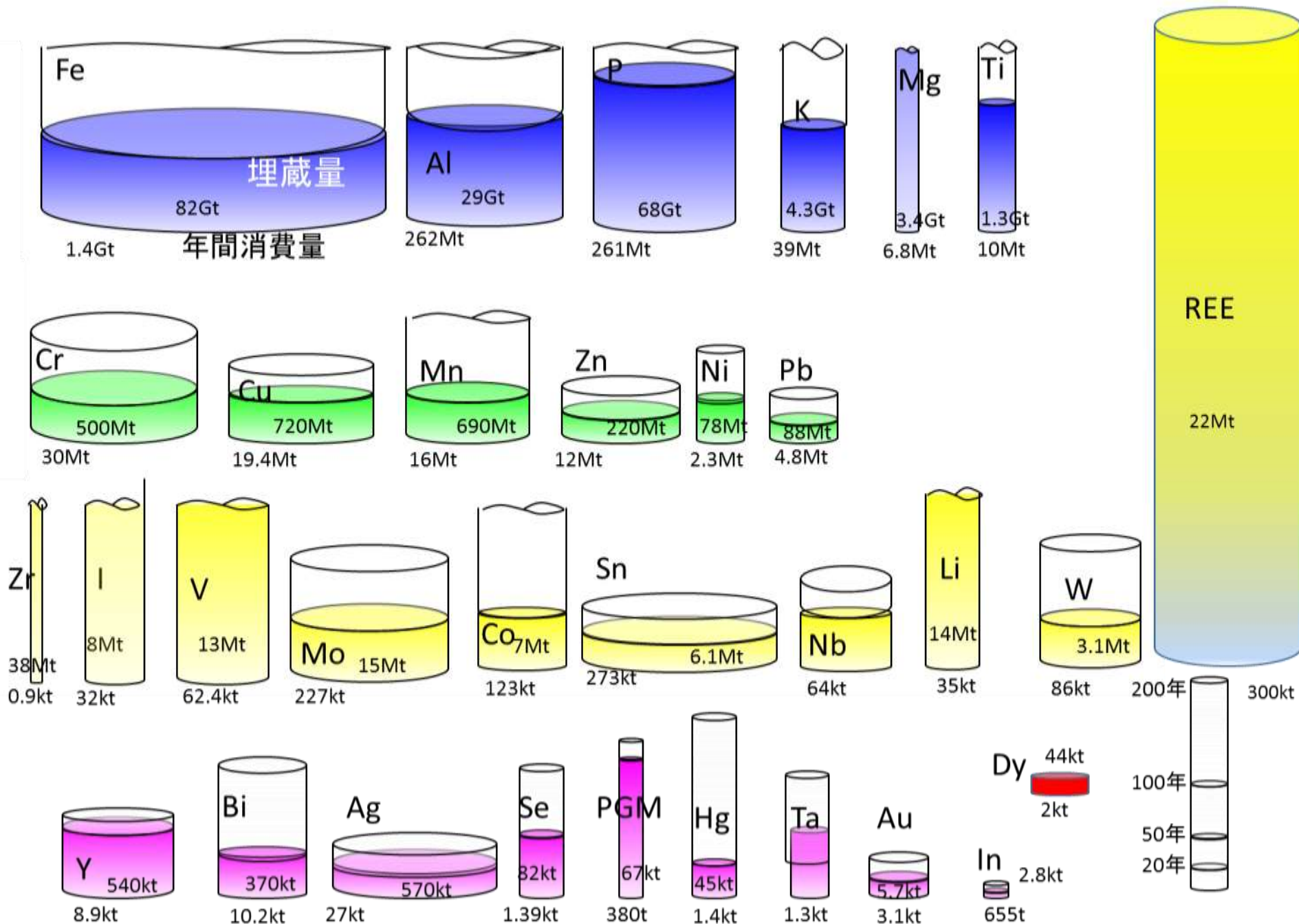


**Fig.1 meta production index (1945base)**



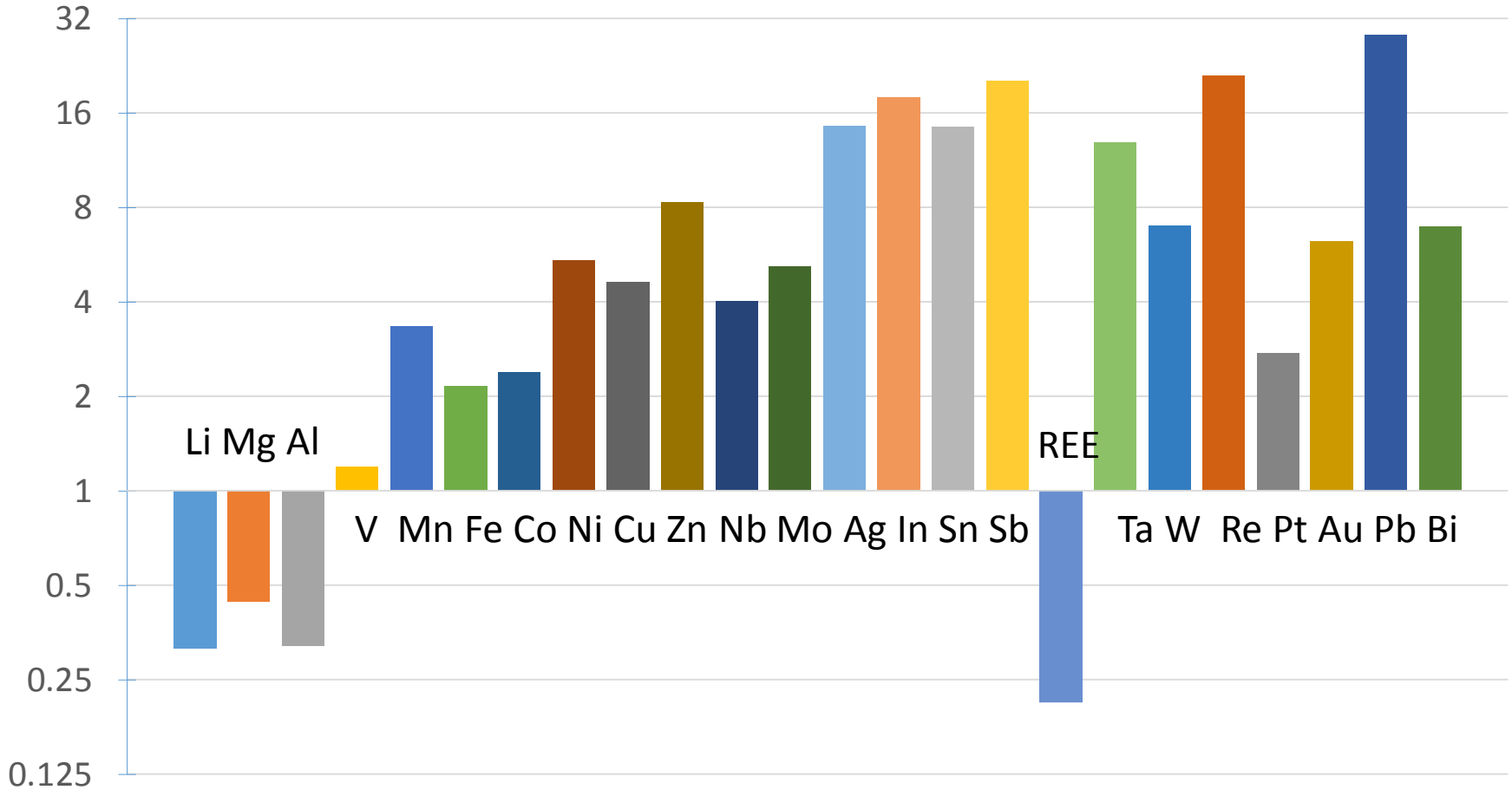
# Historical resource price from 1900





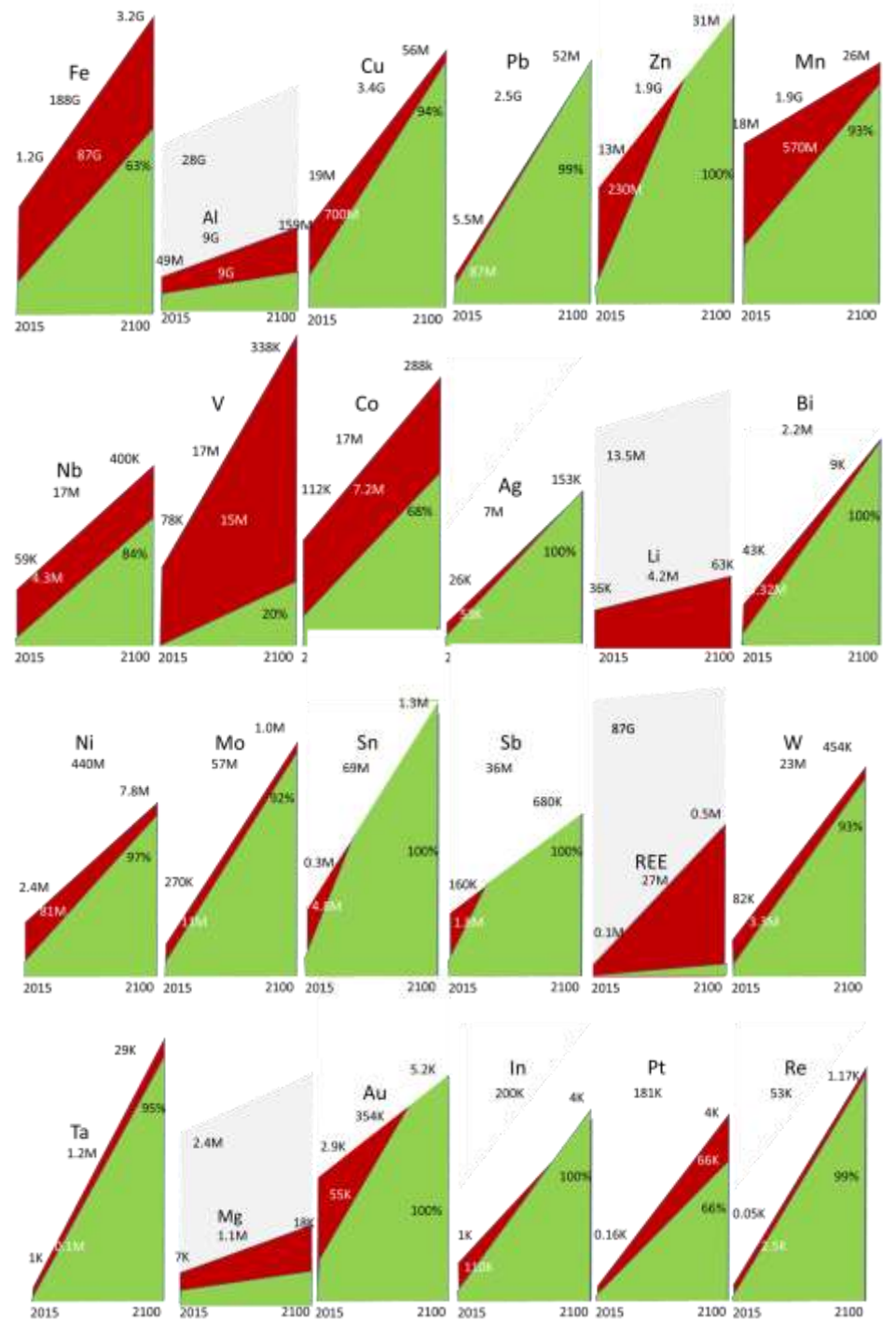
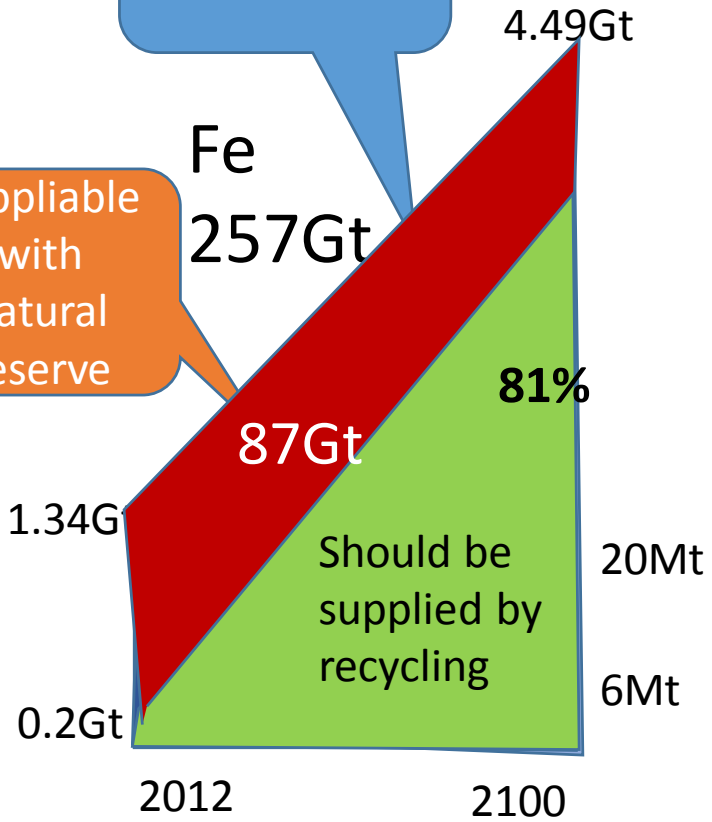
# Much more times of resources will be required by 2100.

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



Accumulated consumption

Suppliable with natural reserve



# Europe2020 (launched from 2011)

A strategy for smart, sustainable and inclusive growth

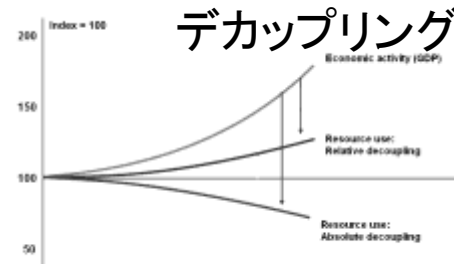


1990s  
dematerialization

バブル経済

従来経済

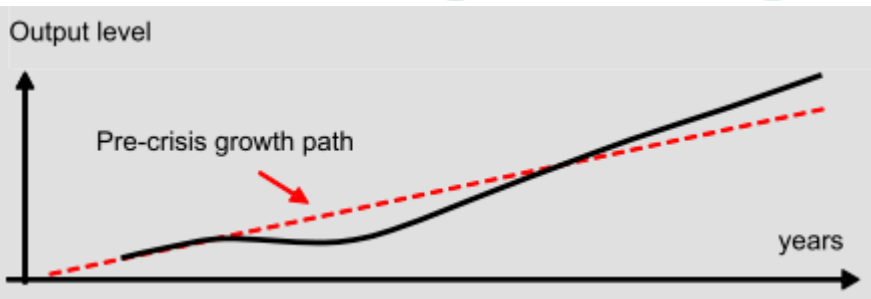
Transition of  
Economy



雇用創出

**7 Flagship Initiatives**

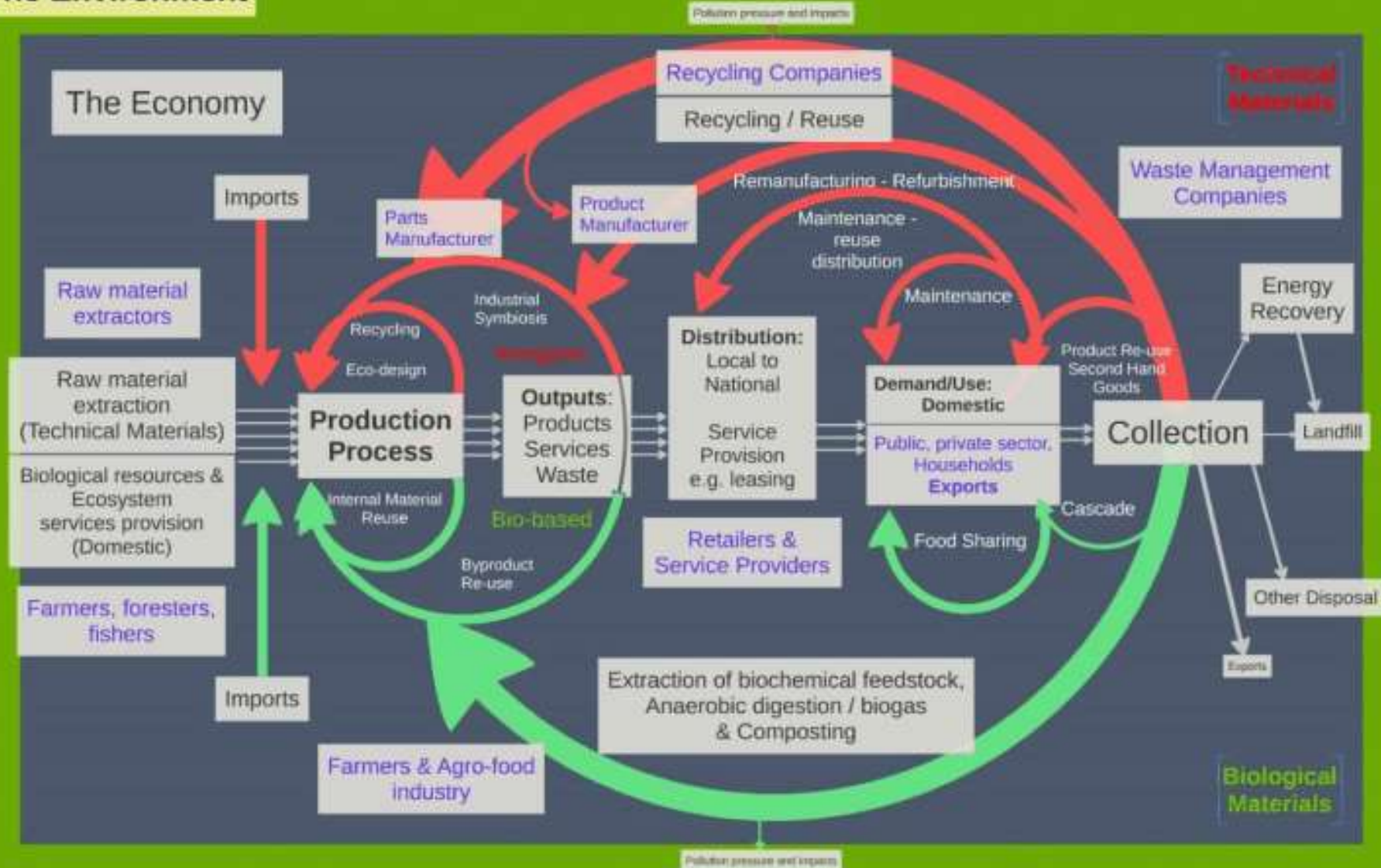
- Innovation Union
- Youth on the Move
- A Digital Agenda for Europe
- Resource Efficient Europe**
- An Industrial policy for the globalization era
- An Agenda for skill and job
- European Platform against Poverty



- 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.

**Figure E2: Simplified illustration of a circular economy**

**The Environment**

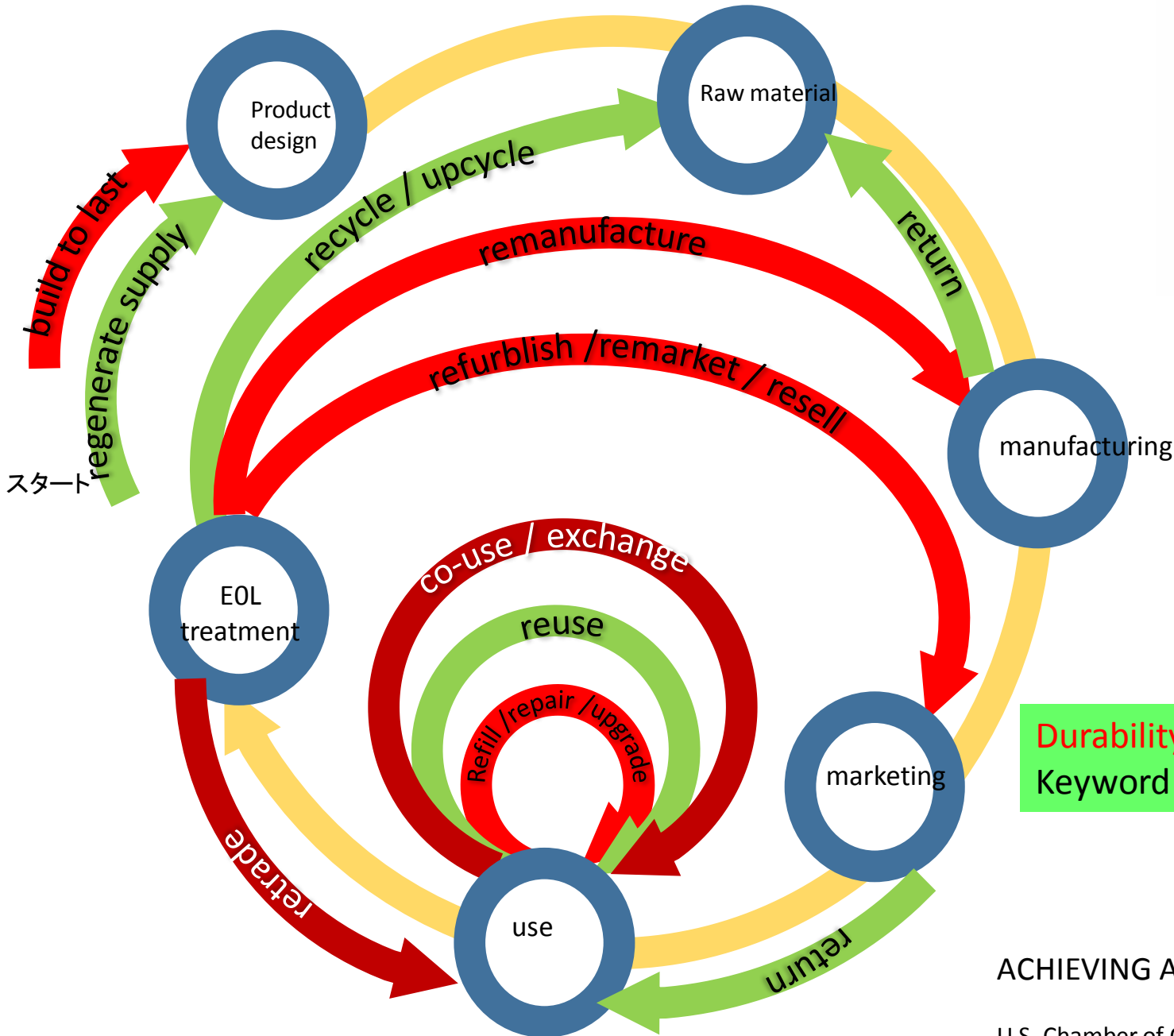


**Source:** Own representation, P ten Brink, P Razzini, S. Withana and E. van Dijk (IEEP), 2014



**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

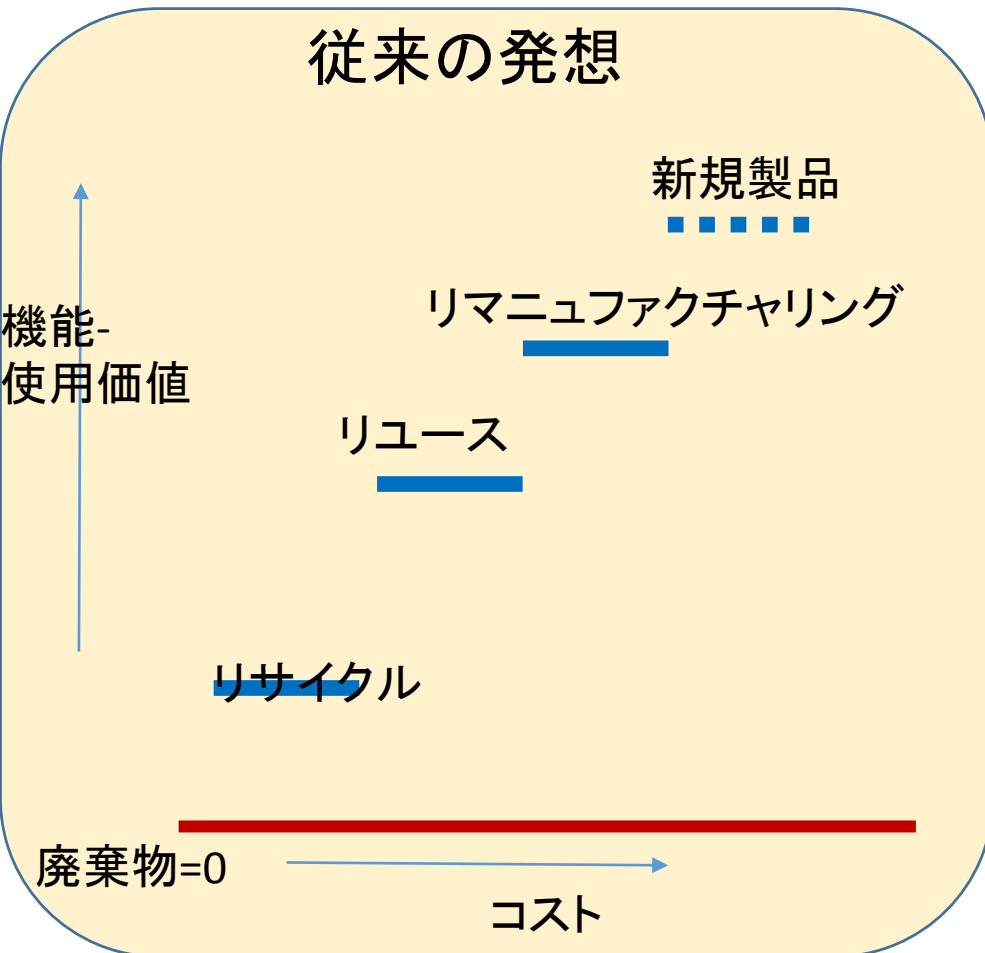
	機能	プロセス	品質管理	その他
リマニュファクチュアリング	当初製品と同等	分解し再構築	当初製品と同等の保証	
リファービッシュ (リビルド)	当初製品に準じる	劣化部品を交換し、再組立	独自設定	自動車関係ではリビルドが使われる
リペア	劣化部分の回復	劣化部分の交換、修復	回復度点検	リファービッシュ用部品も含む
ダイレクト・リユース	機能は問わず	分解せず、洗浄程度	点検程度	
リサイクル	機能喪失	成分のみ抽出	原料としての品質	

# 循環型社会(3R)とCircular Economy(CE)の違い

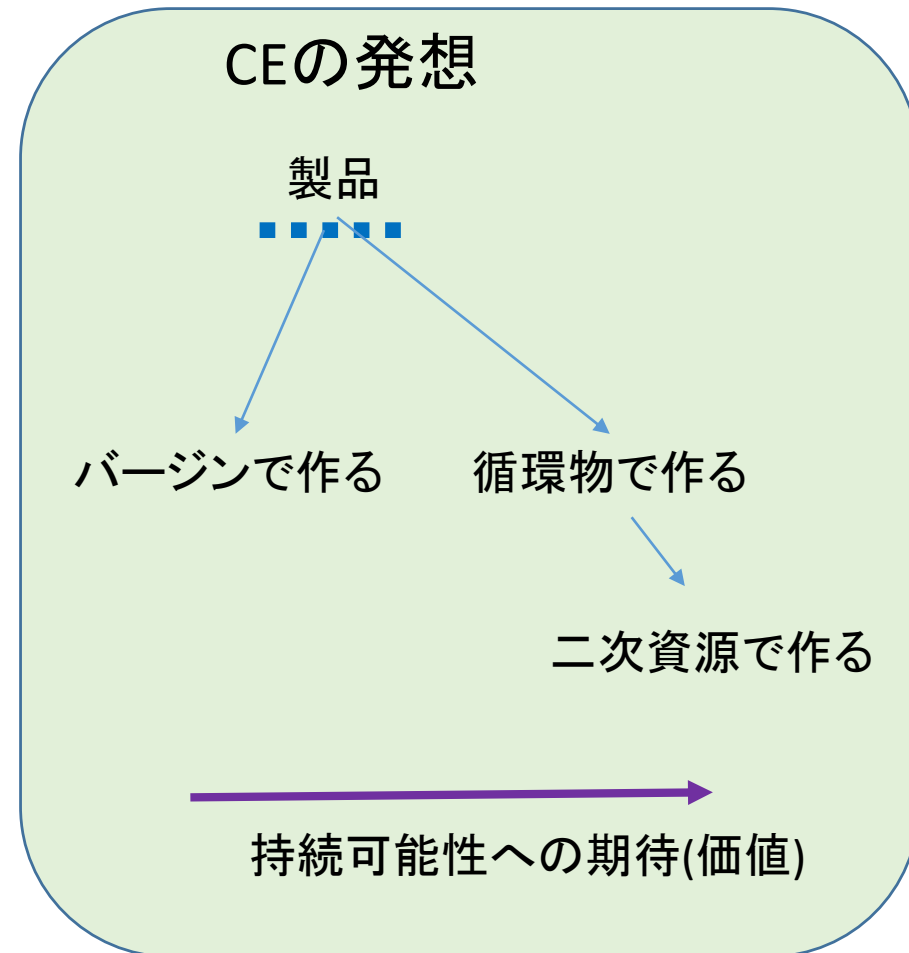
	3R	CE
目的	最終処分の減量 (アウトプット)	資源効率の改善 (インプット)
利得	社会の経済外負担の軽減	多資源消費大規模製造とは異なる新規の投資対象の形成
主な手段	再資源化	使用済み製品の高度多様再利用
使用済製品	再資源化の対象	使うべき対象
主な主体	リサイクラー、製造業の環境担当	使用サービス提供者、中小の製品化業

# 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

## 従来の発想

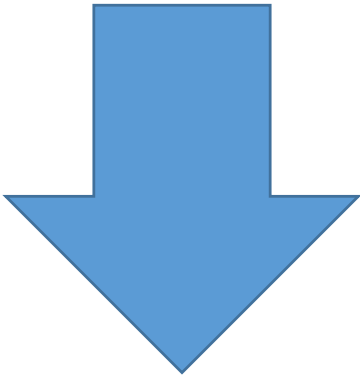


## CEの発想



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」だけでなく  
「持続可能性」

そこに付加価値を与える



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

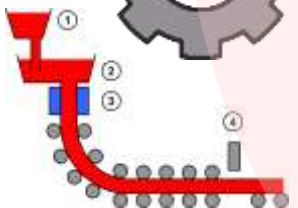
???



Parts Re-manufacturing

Elements Reuse/refurbish

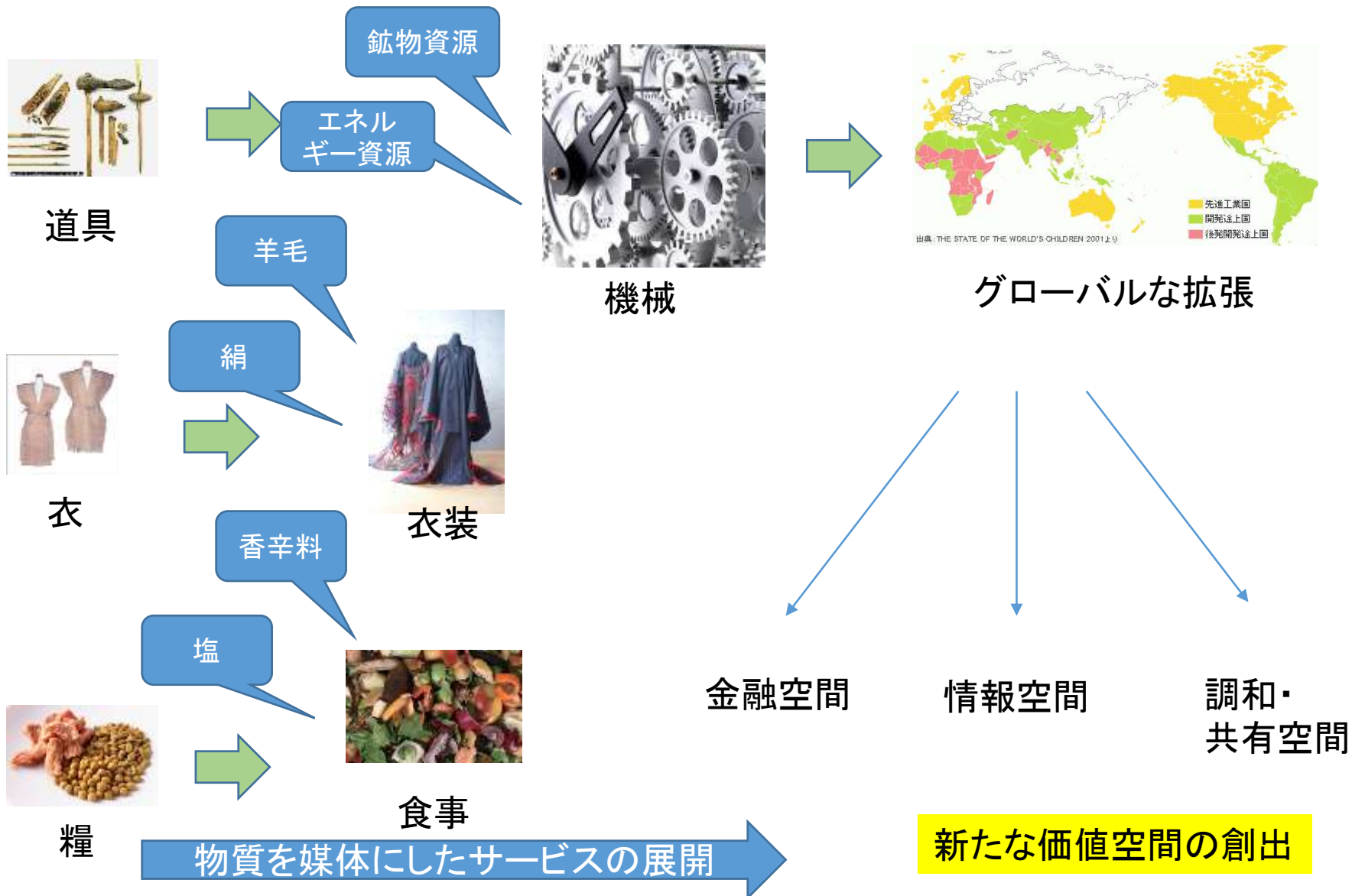
Substance-recycle



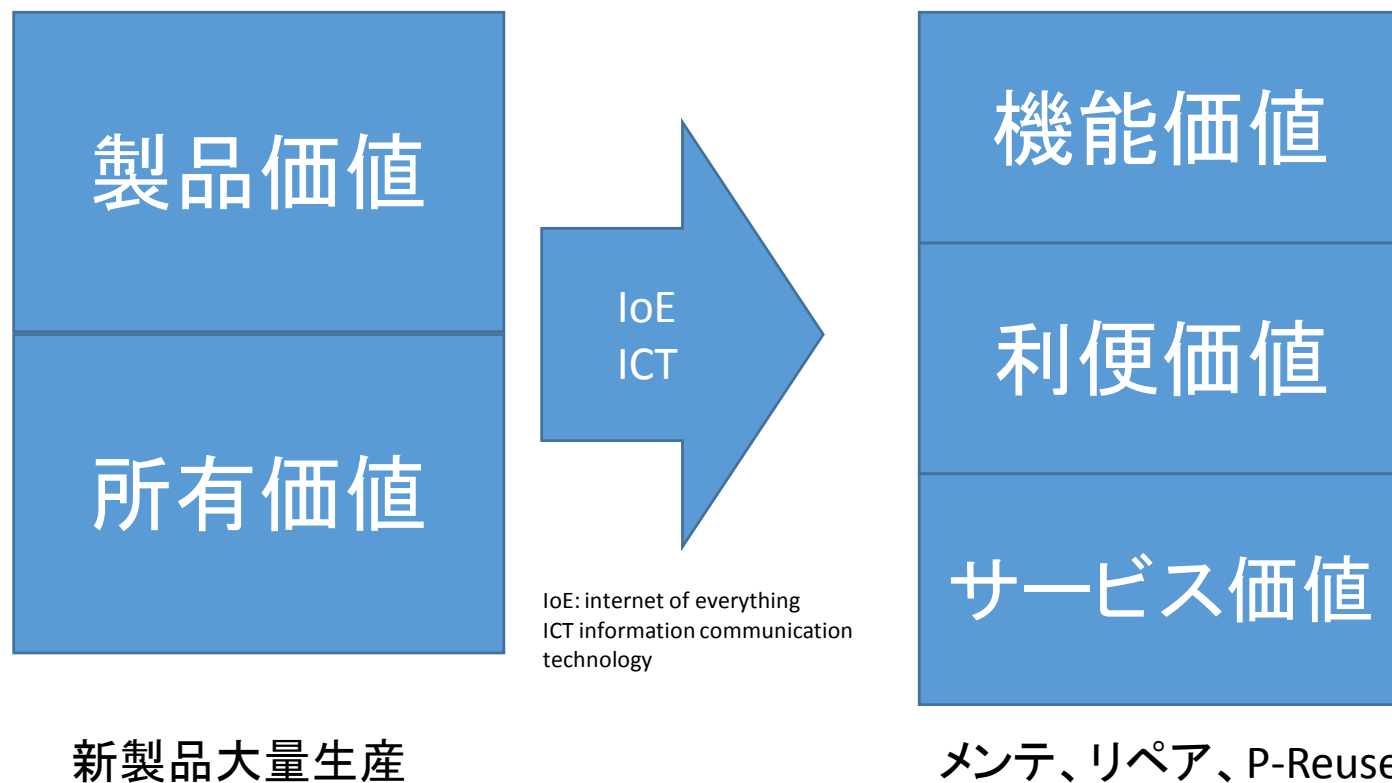
個人消費/売切経済

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



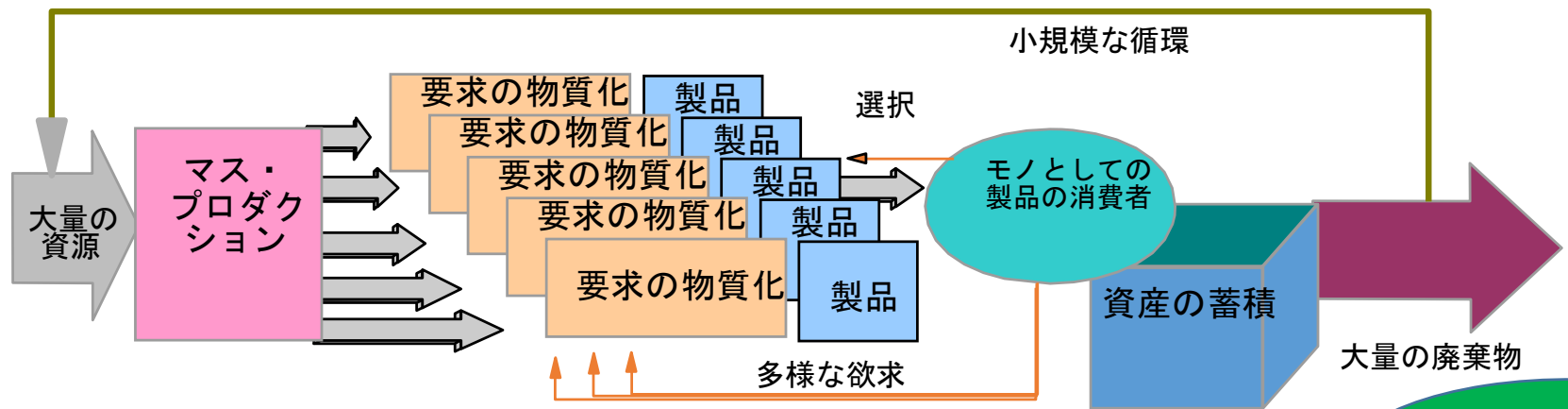
# 第4次産業革命 モノ売り から サービス(コト)へ



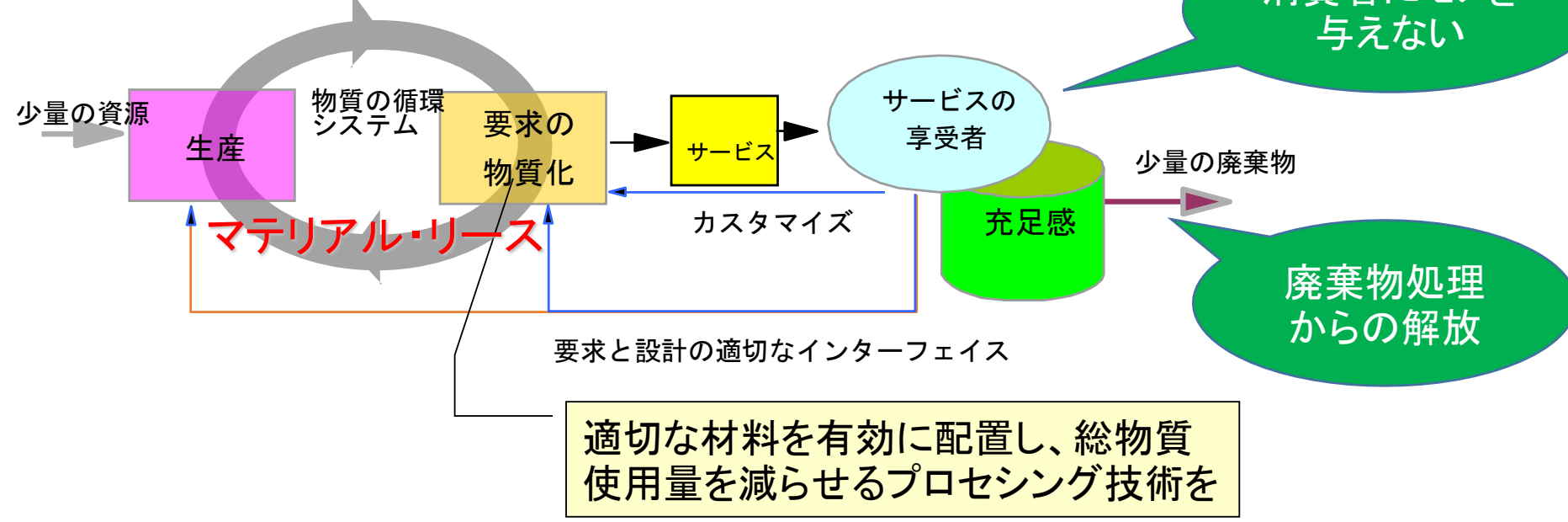


# 大量生産、大量消費、大量廃棄(循環)からの脱却

## 大量生産・大量消費・大量廃棄のマテリアルフロー

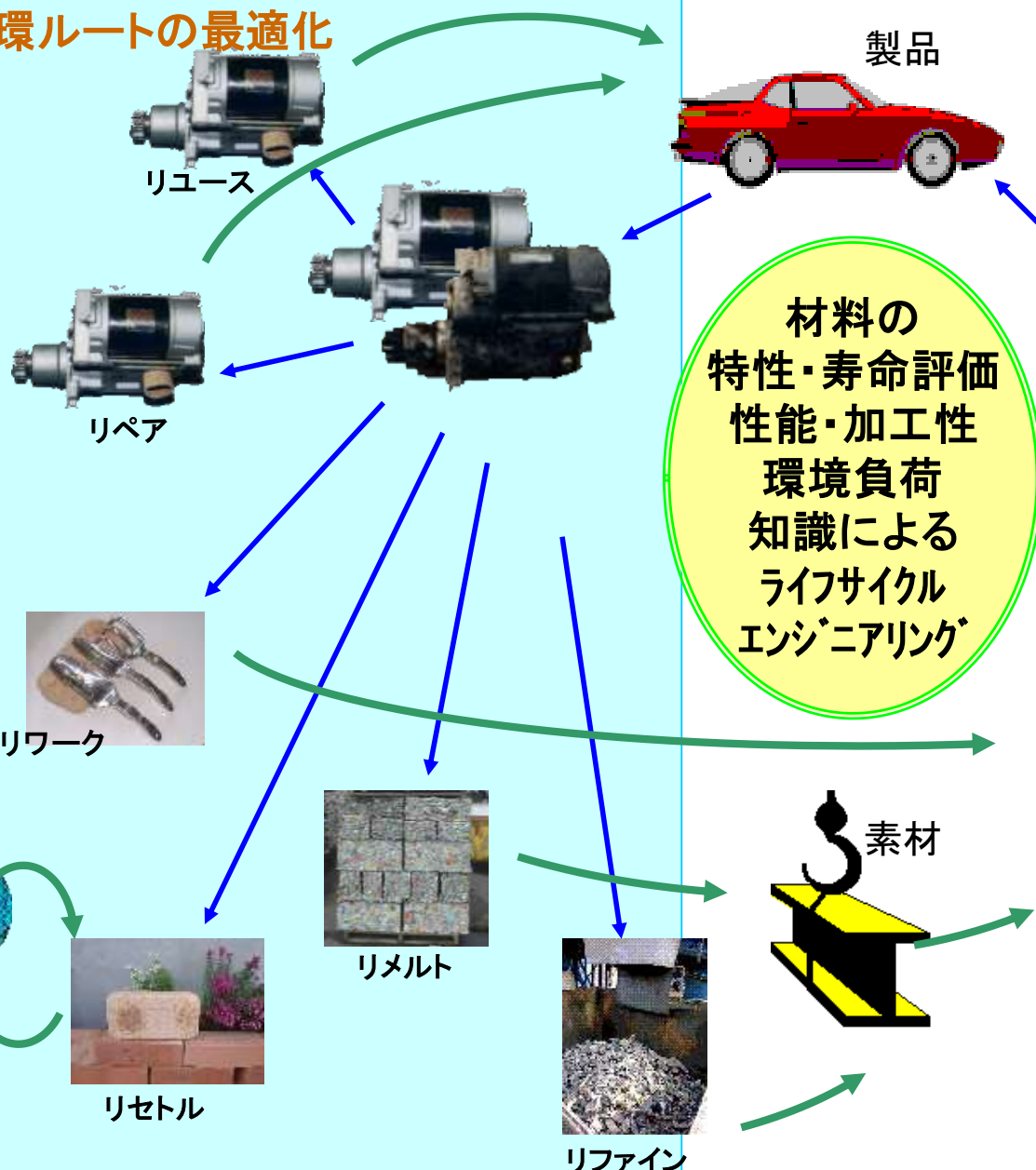


## 適材適所のマテリアルフロー

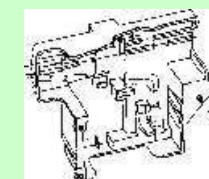
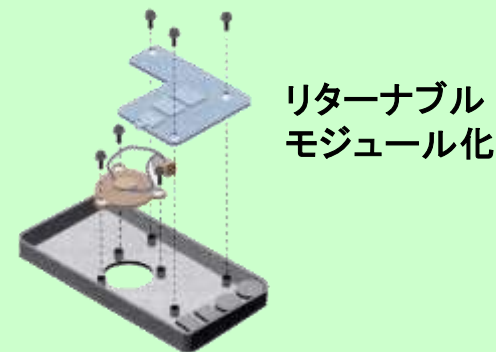


# マテリアルリースによる無駄ゼロ最終処分ゼロへの挑戦

## 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



適寿命コンポーネント化

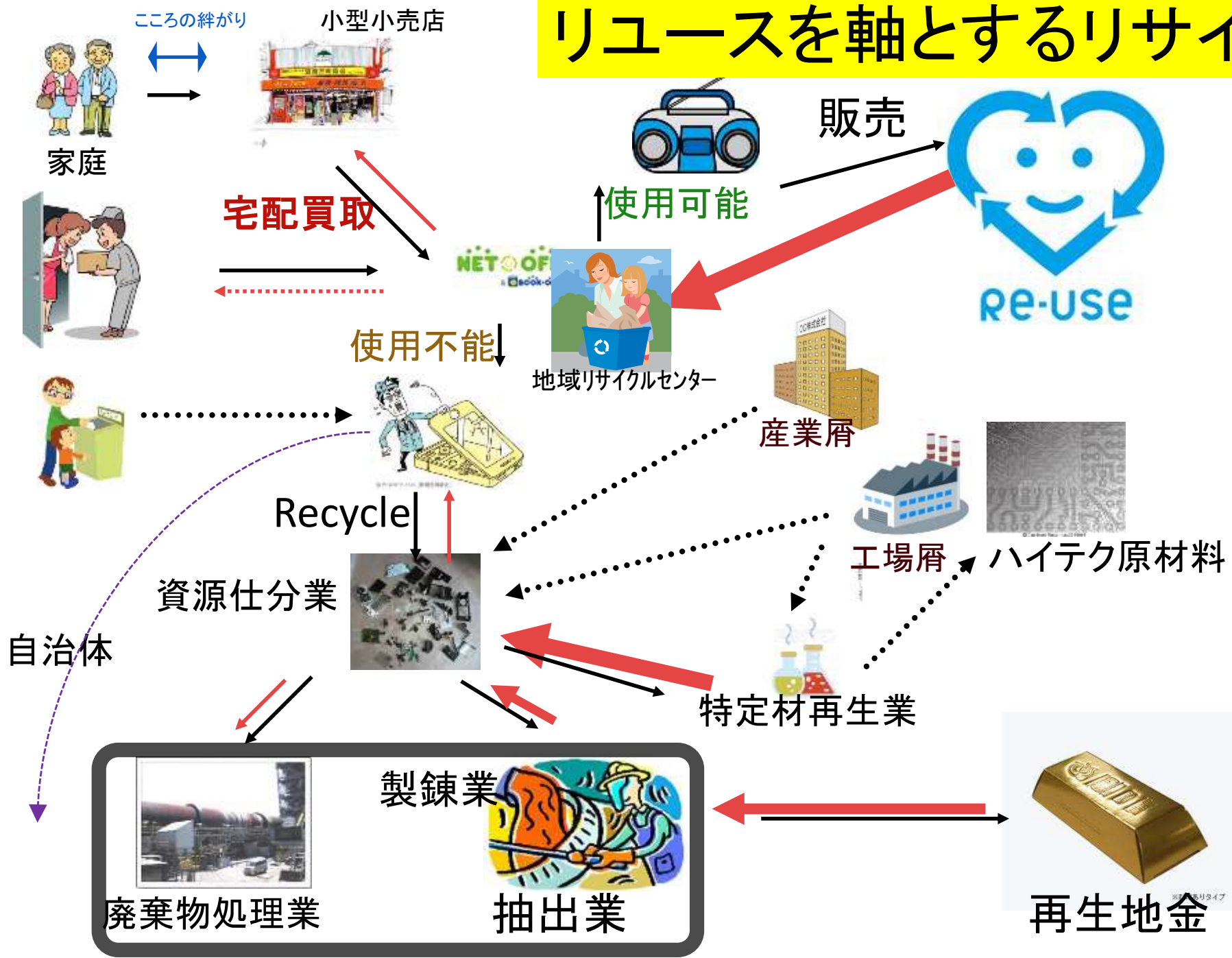


リサイクルブル複合高機能設計

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

# リユースを軸とするリサイクル



こころの絆がり

小型小売店

家庭

宅配買取

販売

RE-USE

使用可能

使用不能

地域リサイクルセンター

産業屑

工場屑

ハイテク原材料

Recycle

資源仕分業

自治体

特定材再生業

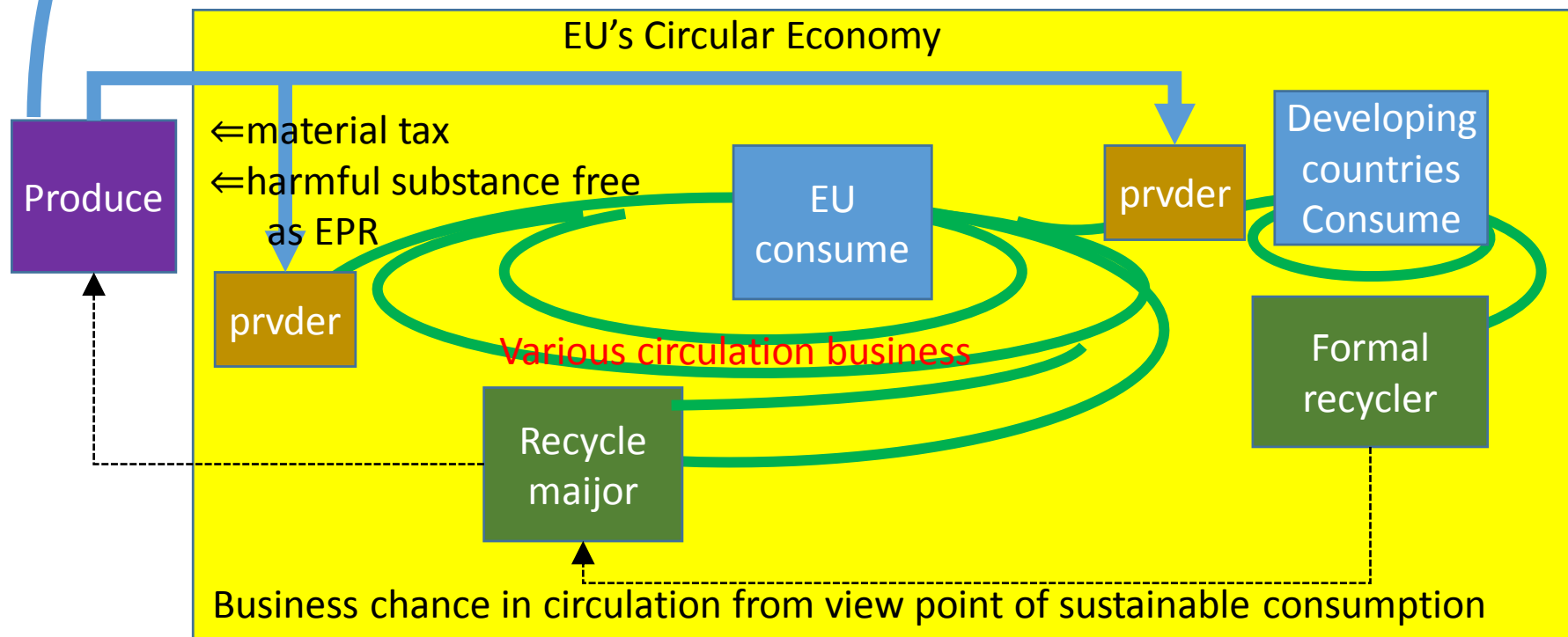
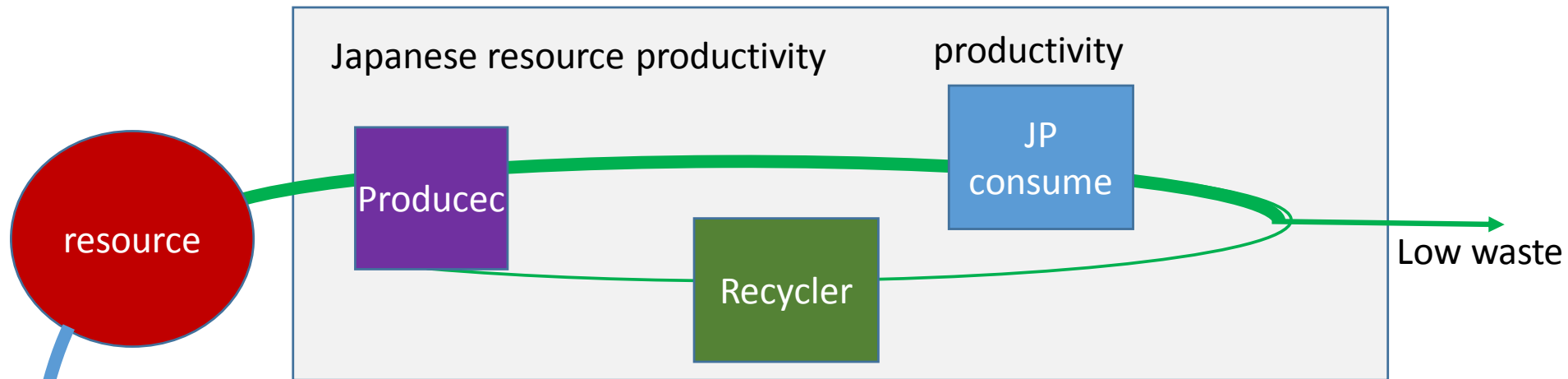
製錬業

抽出業

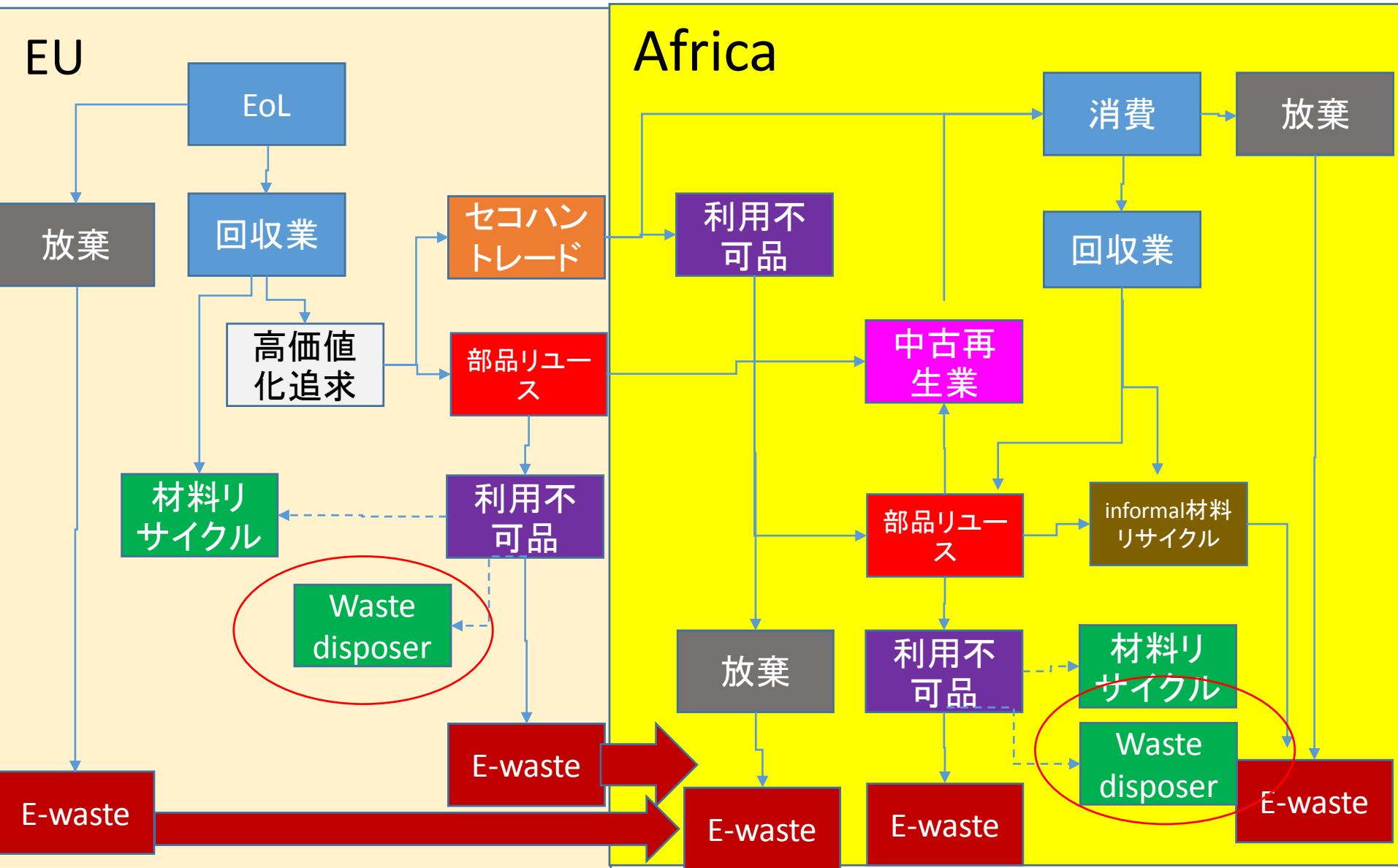
再生地金

写真: 再生地金

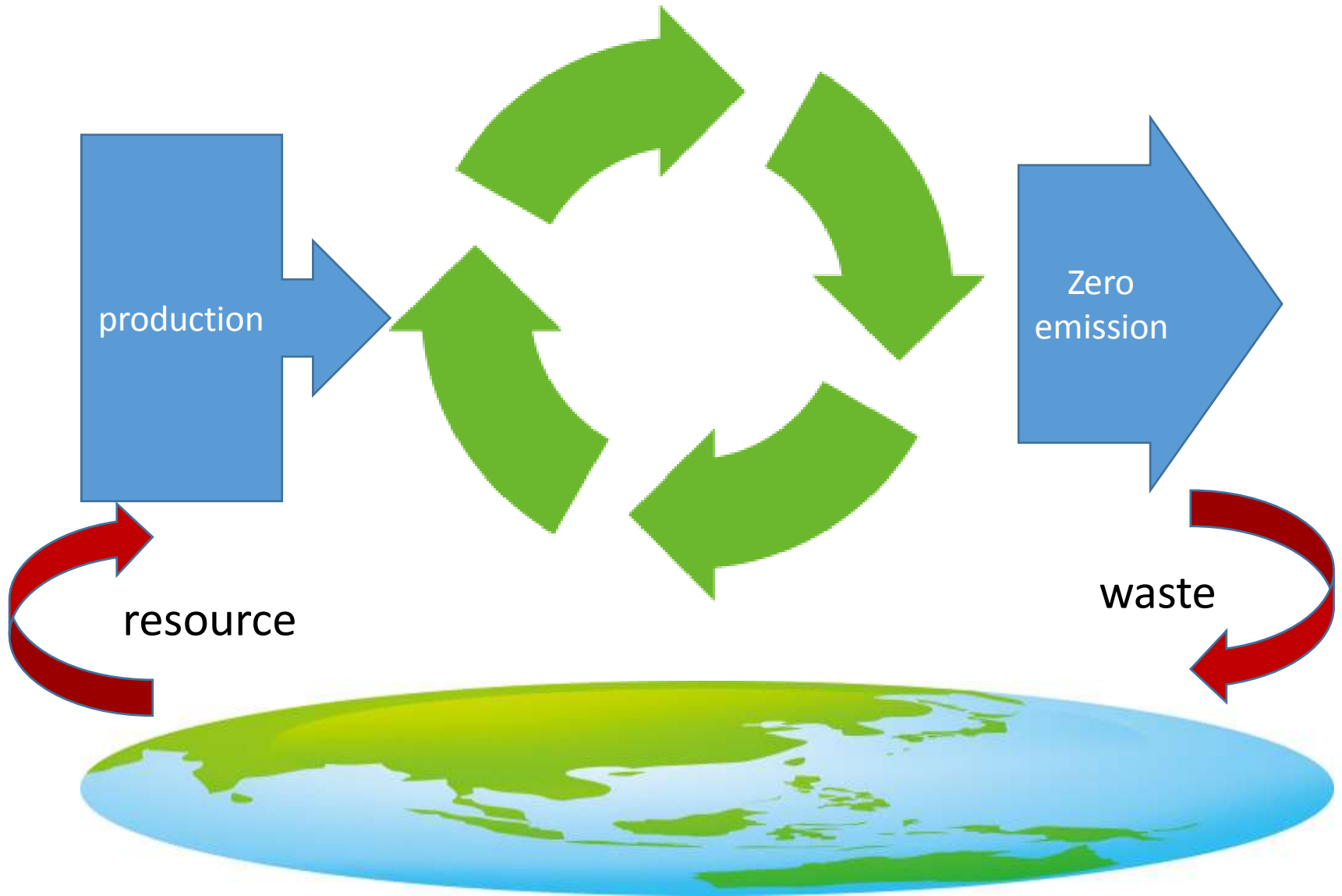
廃棄物処理業



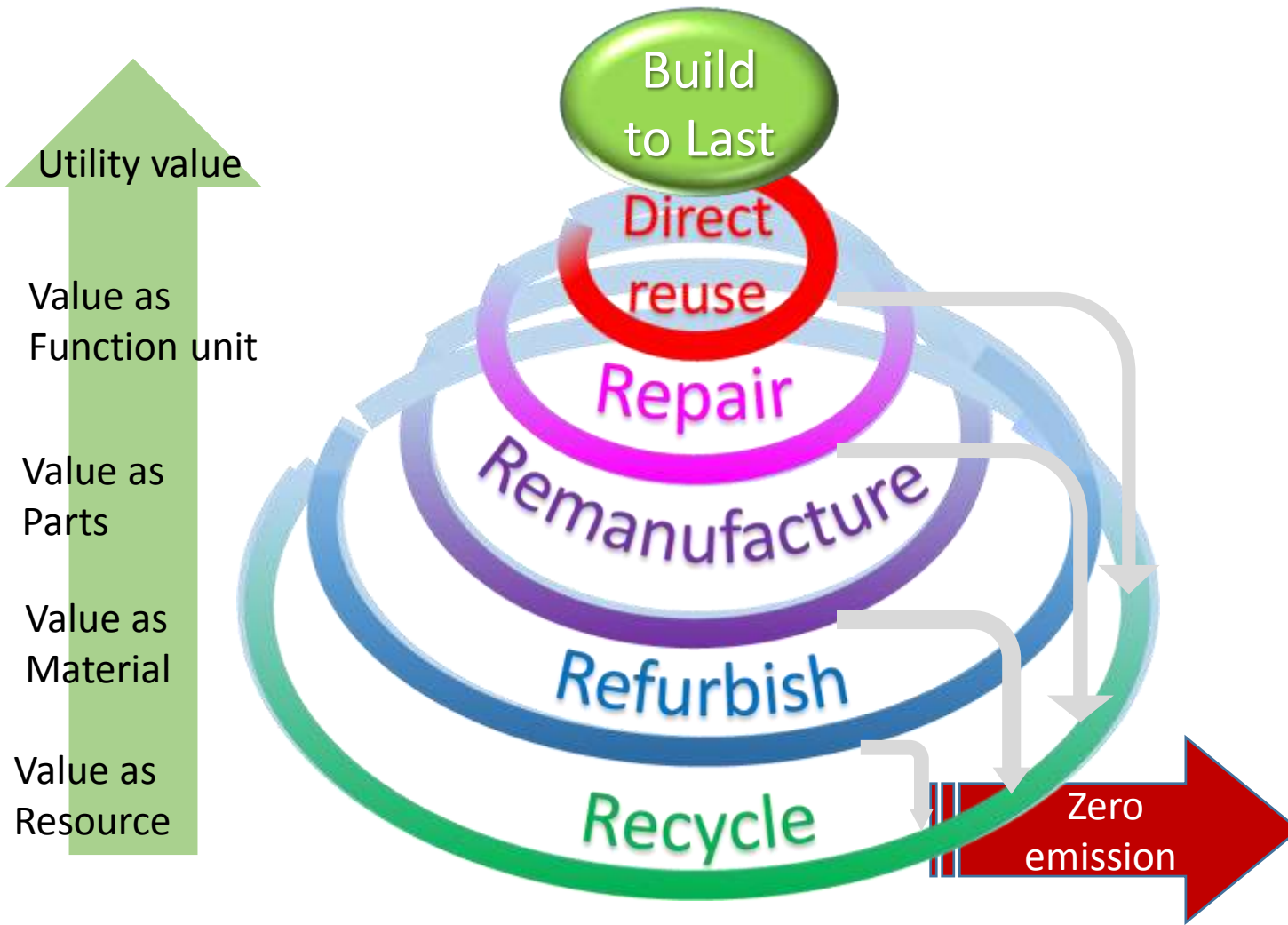
# E-waste の発生構造



# EUのCircular Economyのもつ弱点



# Multi-value Circulation



# 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ナビリティの証だとさせていく チャンス

# 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

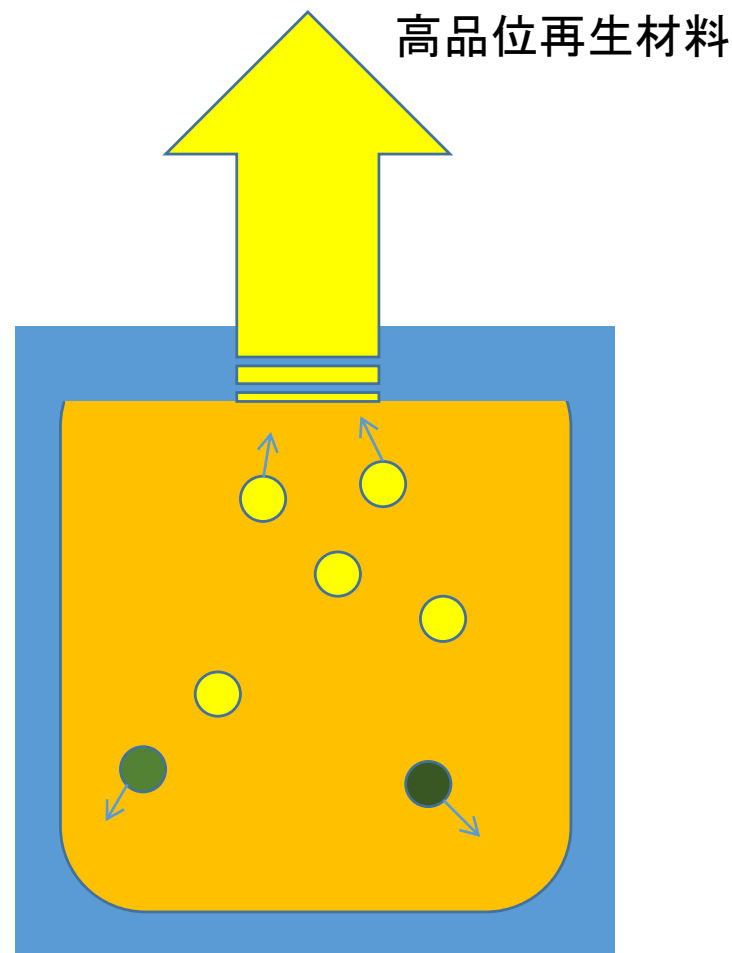
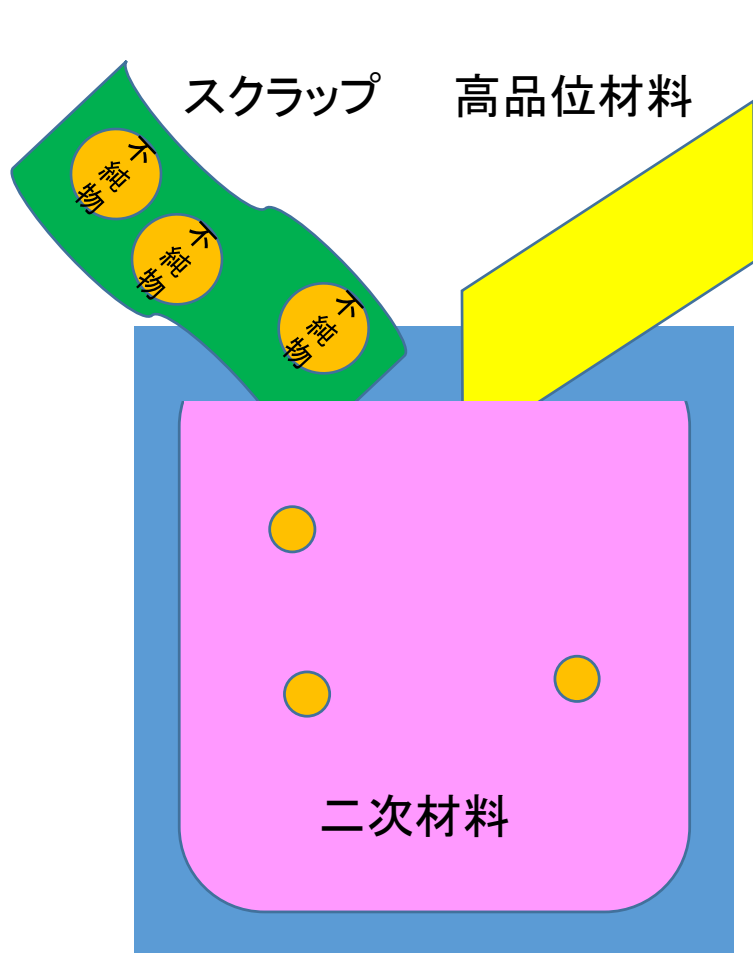
- **含有率100%**

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

# リサイクルの二つの方法



**希釈型:** Fe, Al, プラ、紙、ガラス等

**抽出型:** レアメタル、貴金属等

▽ 不純物が残り性能が落ちる場合も

○ ほぼ全量つかえる

○ 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

# 二つのトレーサビリティ

## ネガティブ・トレーサビリティ

例 コンフリクト・メタル

紛争鉱物

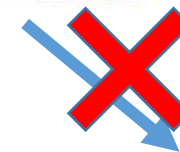
不法採掘



あなたの携帯には紛争鉱物も、  
不法採掘物も混じっていません

## ポジティブ・トレーサビリティ

例 小型家電リサイクル

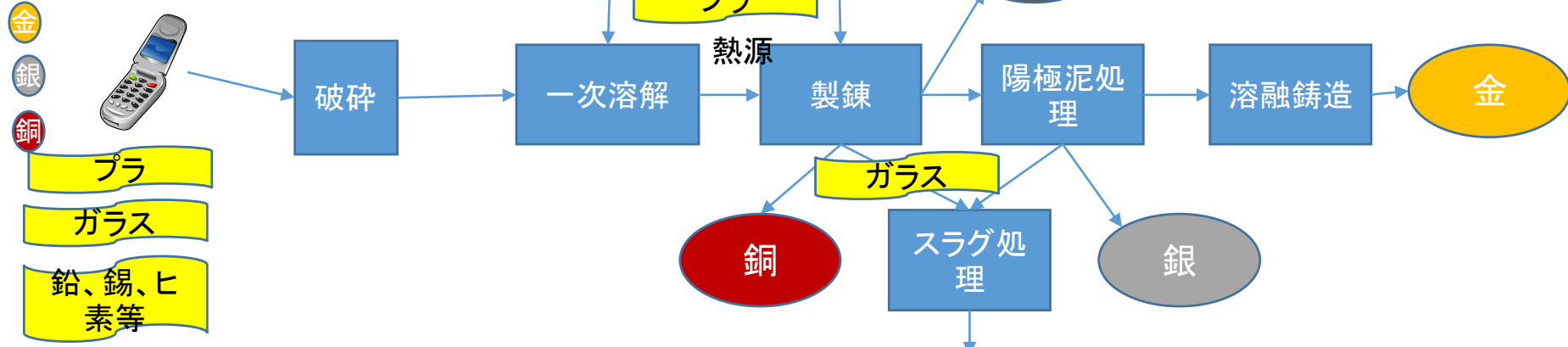


E-waste

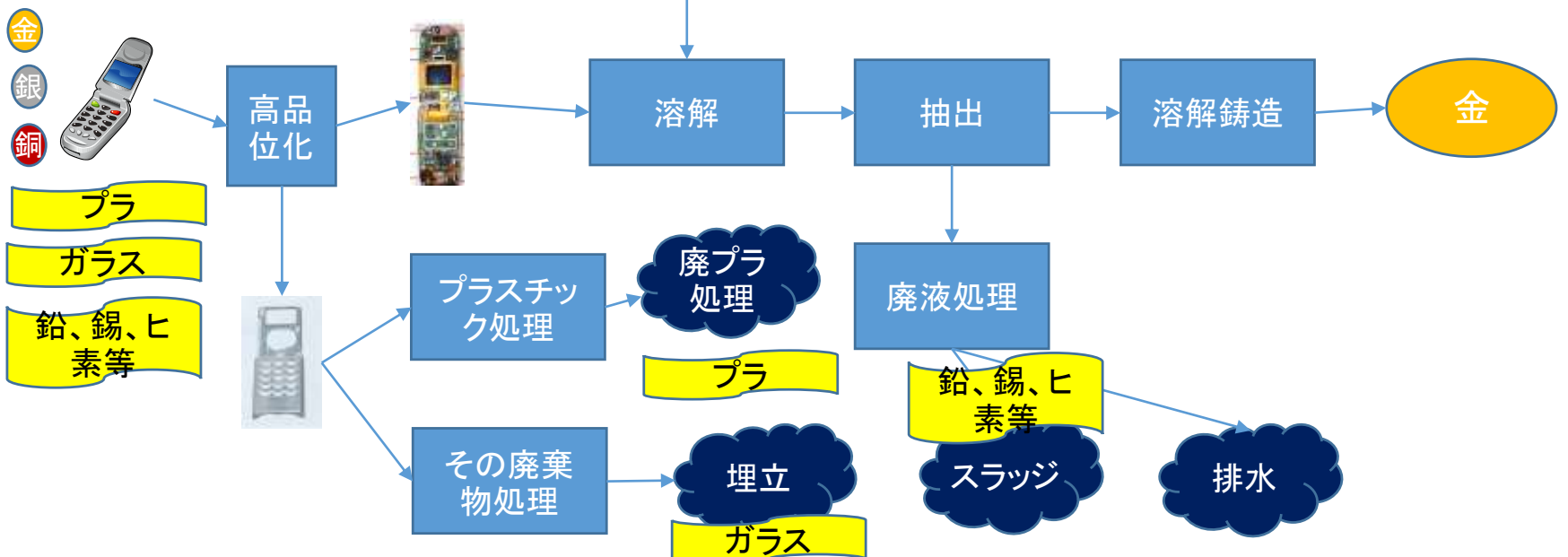


あなたの携帯はE-waste  
にならずメダルの製造に  
使われました

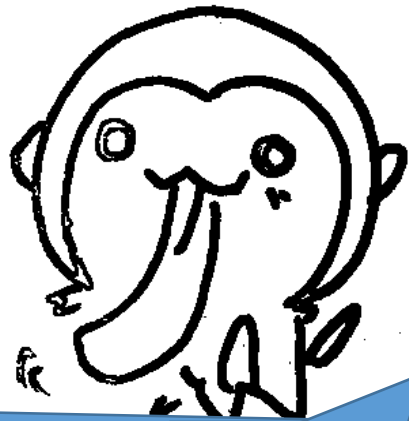
# 利用率100%の廃棄物ゼロ リサイクル



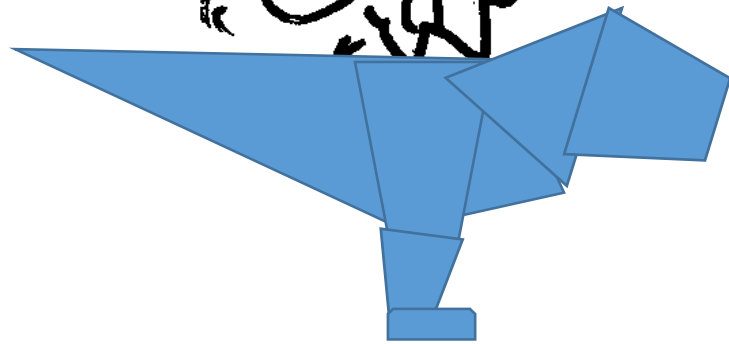
# 含有率100%にこだわった リサイクル



天然資源採掘の  
環境背後霊



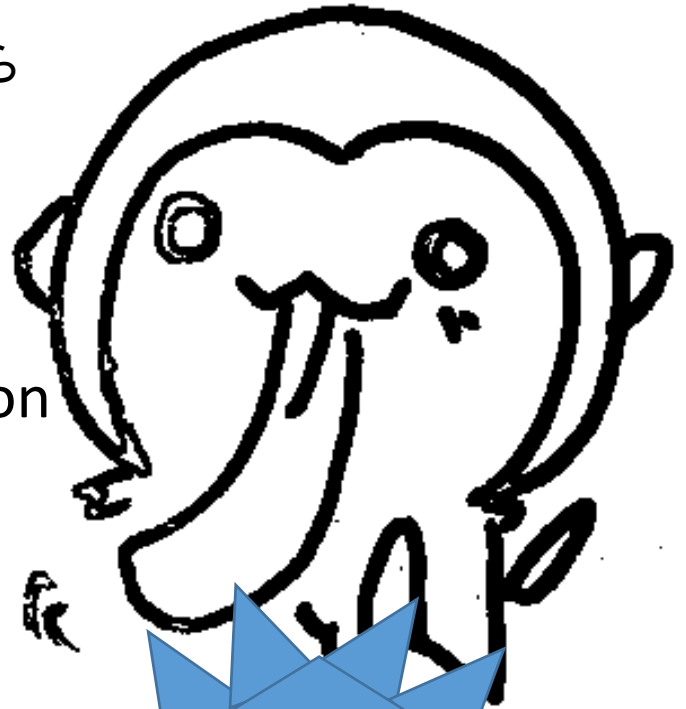
47.8ton



地球をこわされて怒りだした  
**テラのサウルス**

不法投棄されたら  
生まれる  
環境背後霊

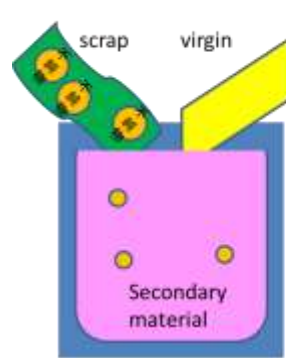
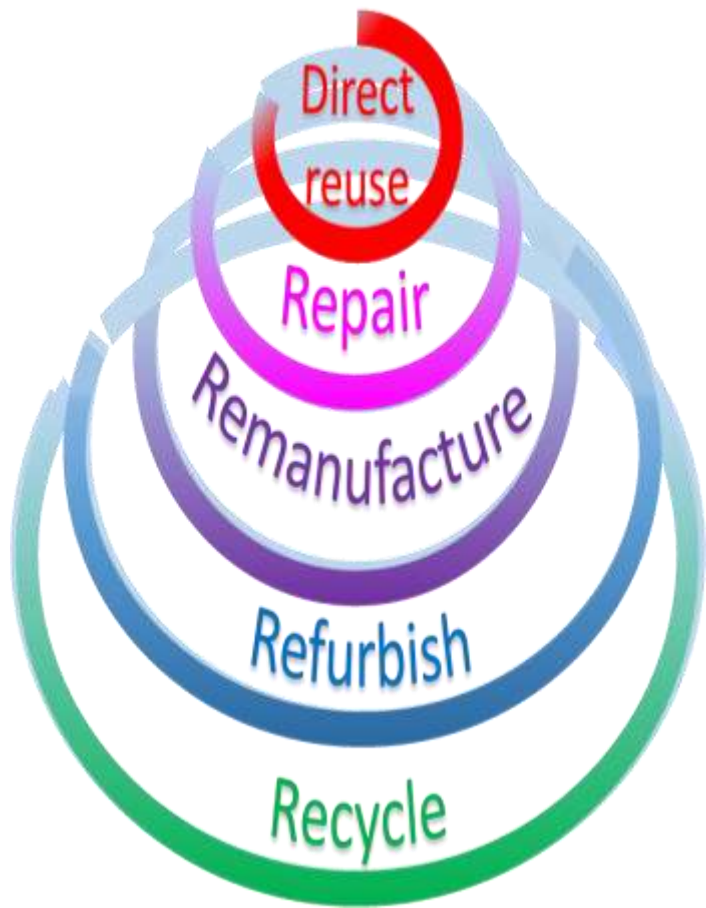
1600ton



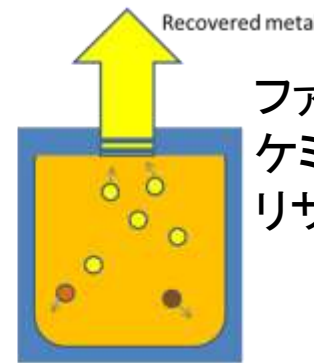
95.1g



使ったものを捨て散らかす  
**ステテコウサウルス**

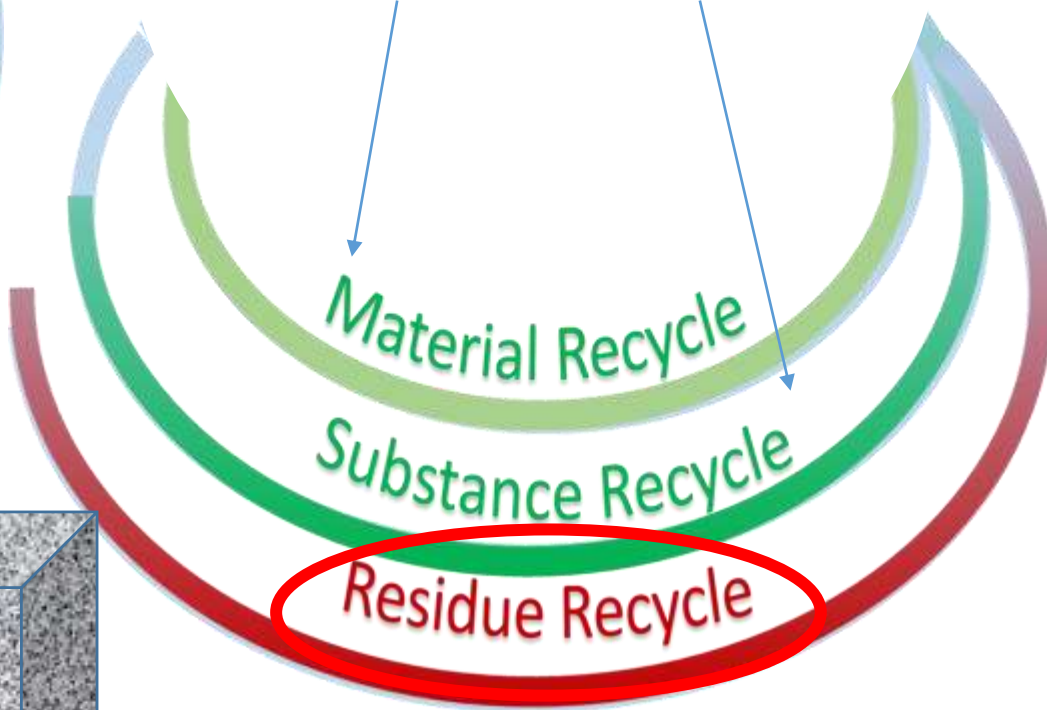


**Dilution-type**  
 : Fe, Al, plastic, paper, glass  
**De-grading of material**



**Extraction-type**  
 Rare metals, precious metals  
**much waste than obtained**

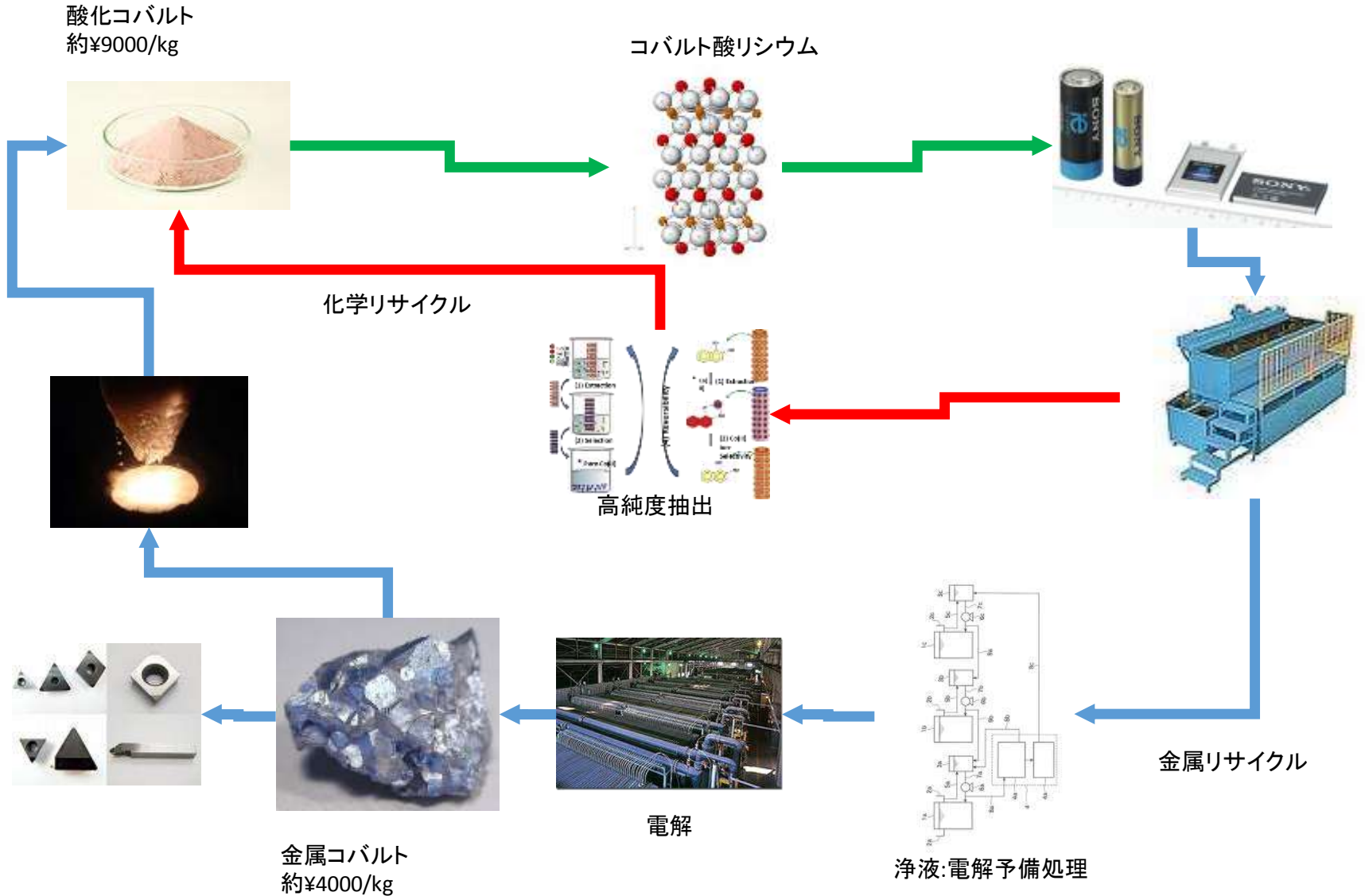
ファイン  
ケミカル  
リサイクル



Slag, Ash, Mud to  
Social infrastructure

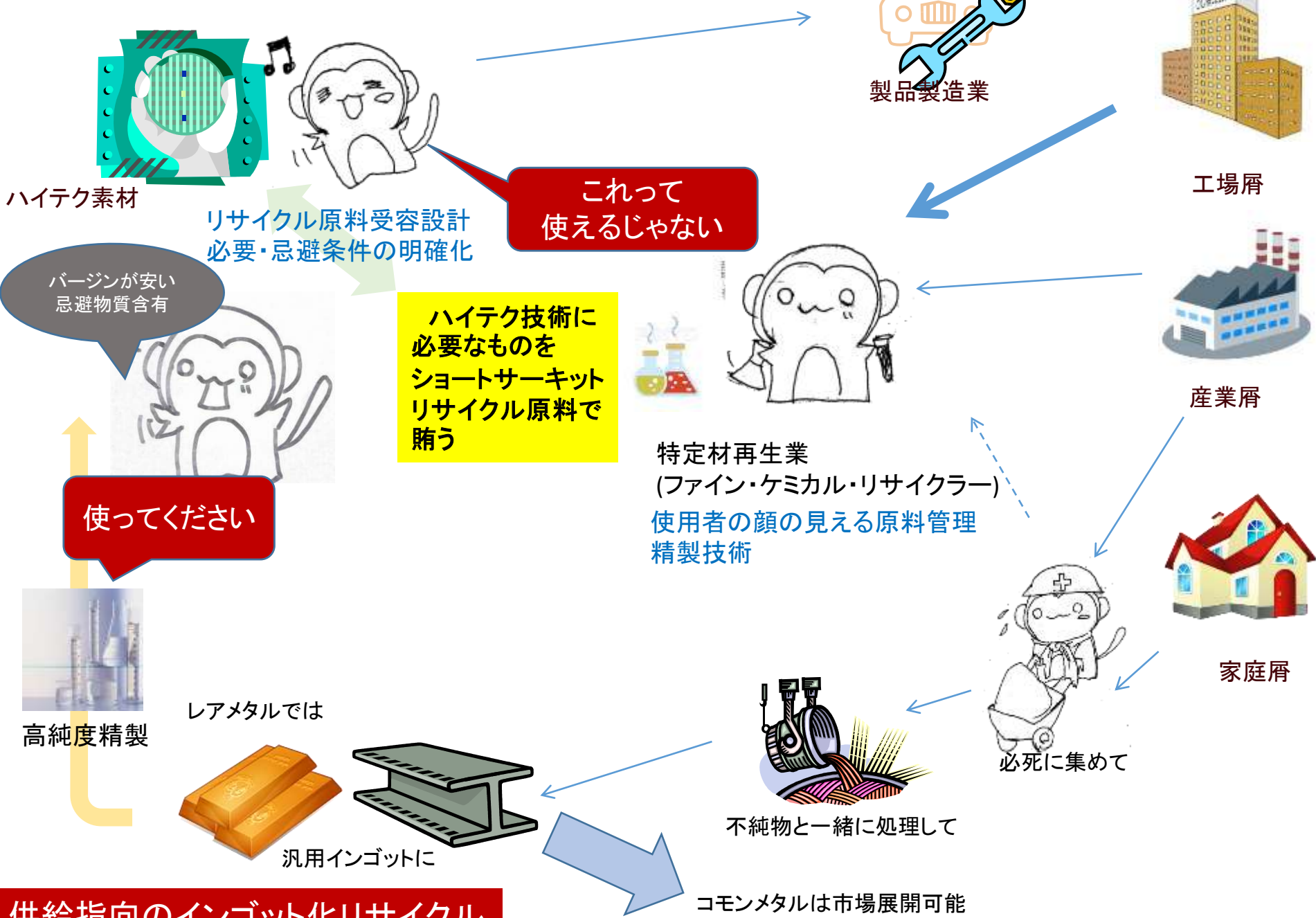
# 現在の抽出型リサイクルは残存価値を十分に引き出しているか？

## レアメタルの化学リサイクル





# 調達指向のショートサーキット リサイクル



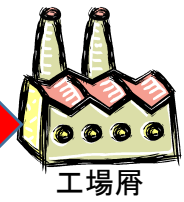
# 供給指向のインゴット化リサイクル

# 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)



工場層

産業層

家庭層

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

見えそうなものを  
リサイクルでお金に変える

どこにでも  
売れる素材、  
安い原料



冶金

環境性

負担  
分担

廃棄物利用  
リサイクル

困ったものを  
リサイクルで無害にする

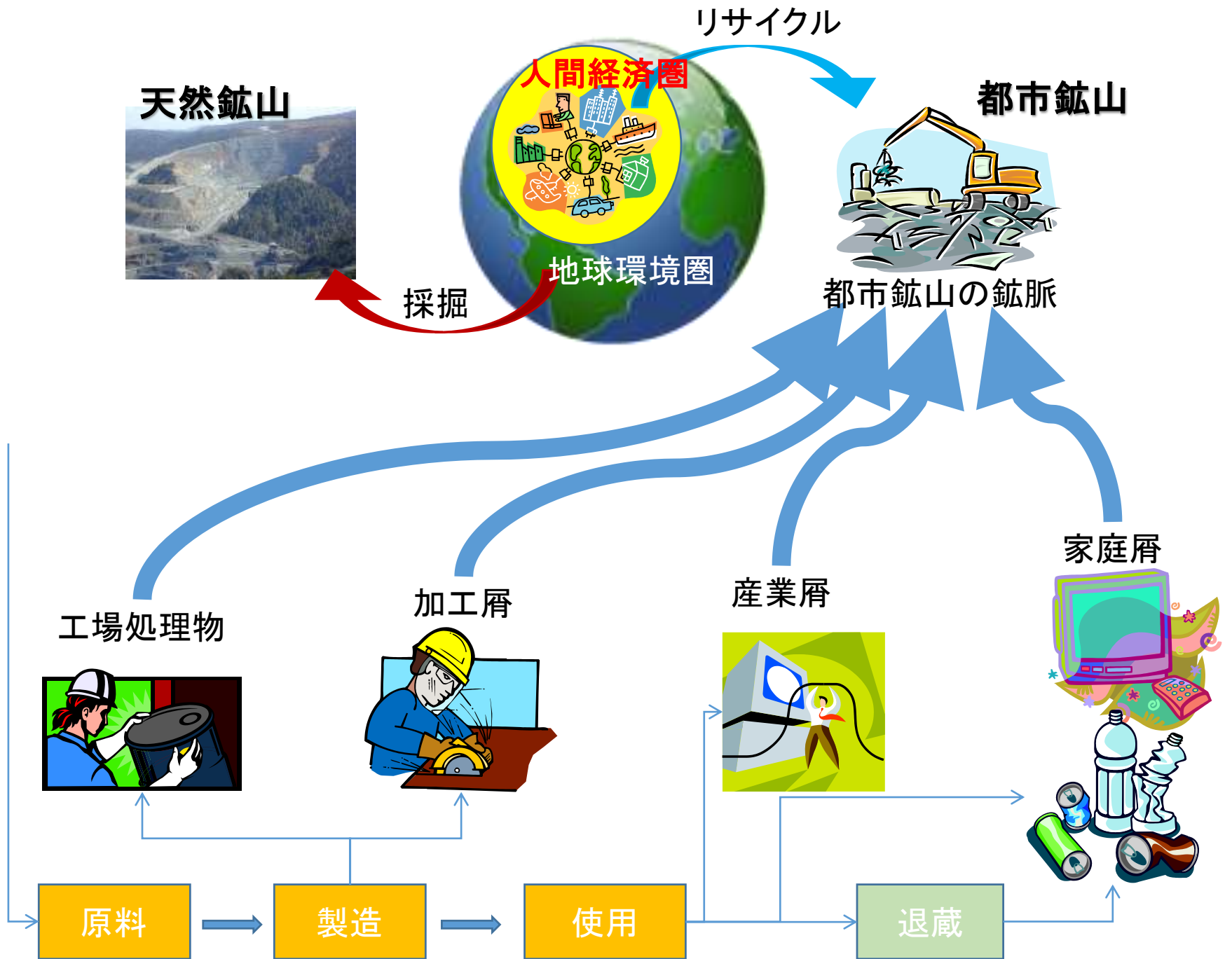


無害性と  
安定な用途

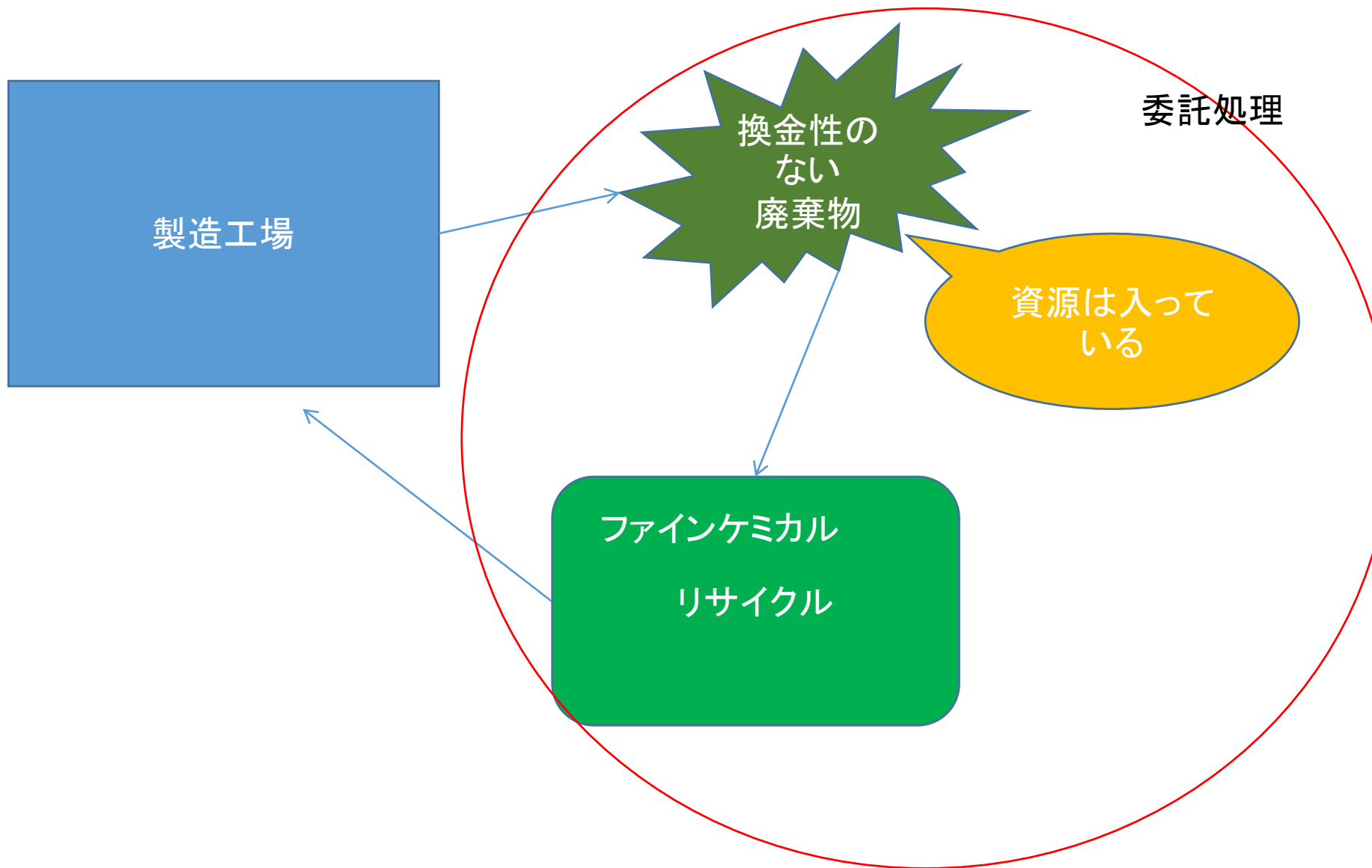


窯業

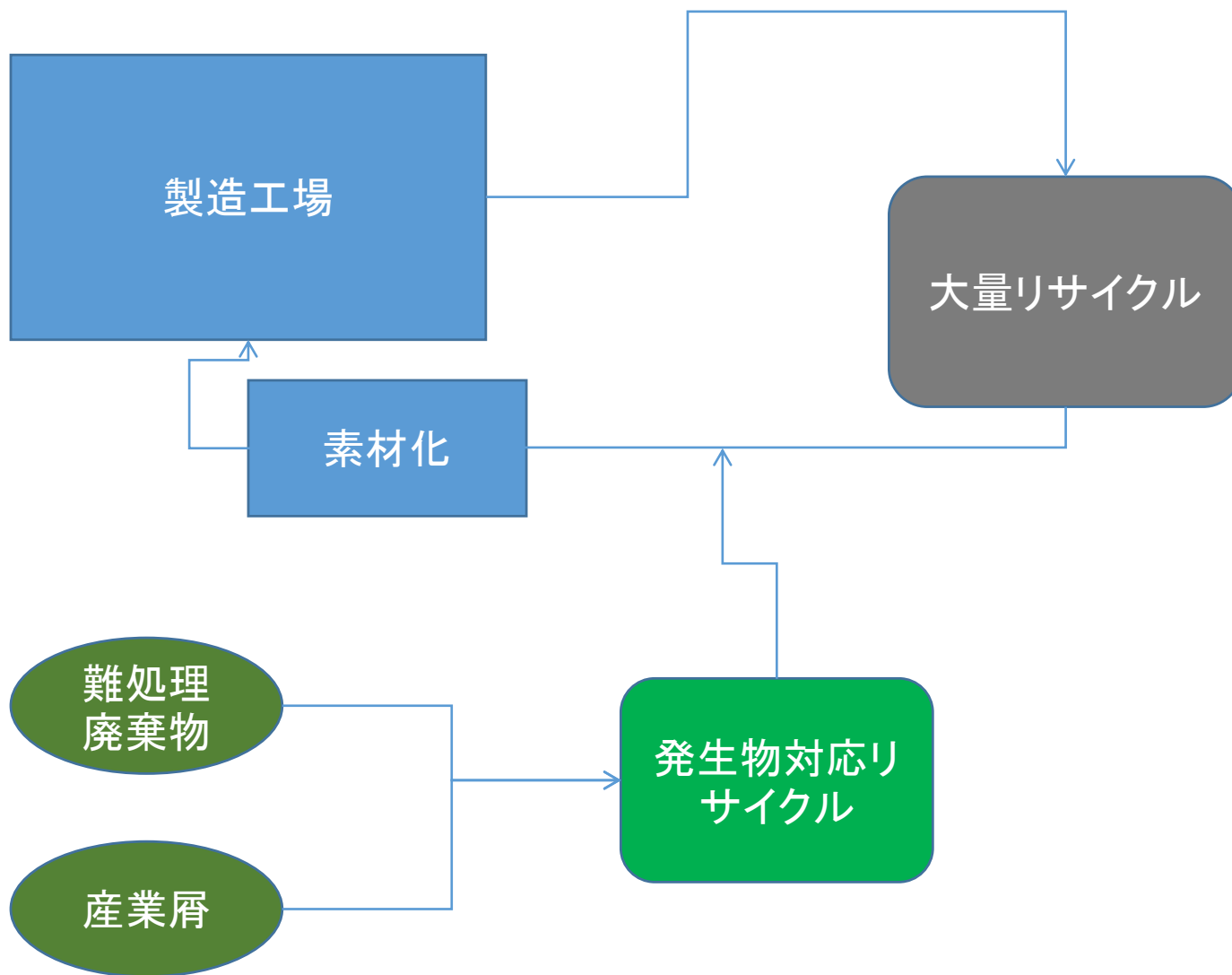
これまでのリサイクル

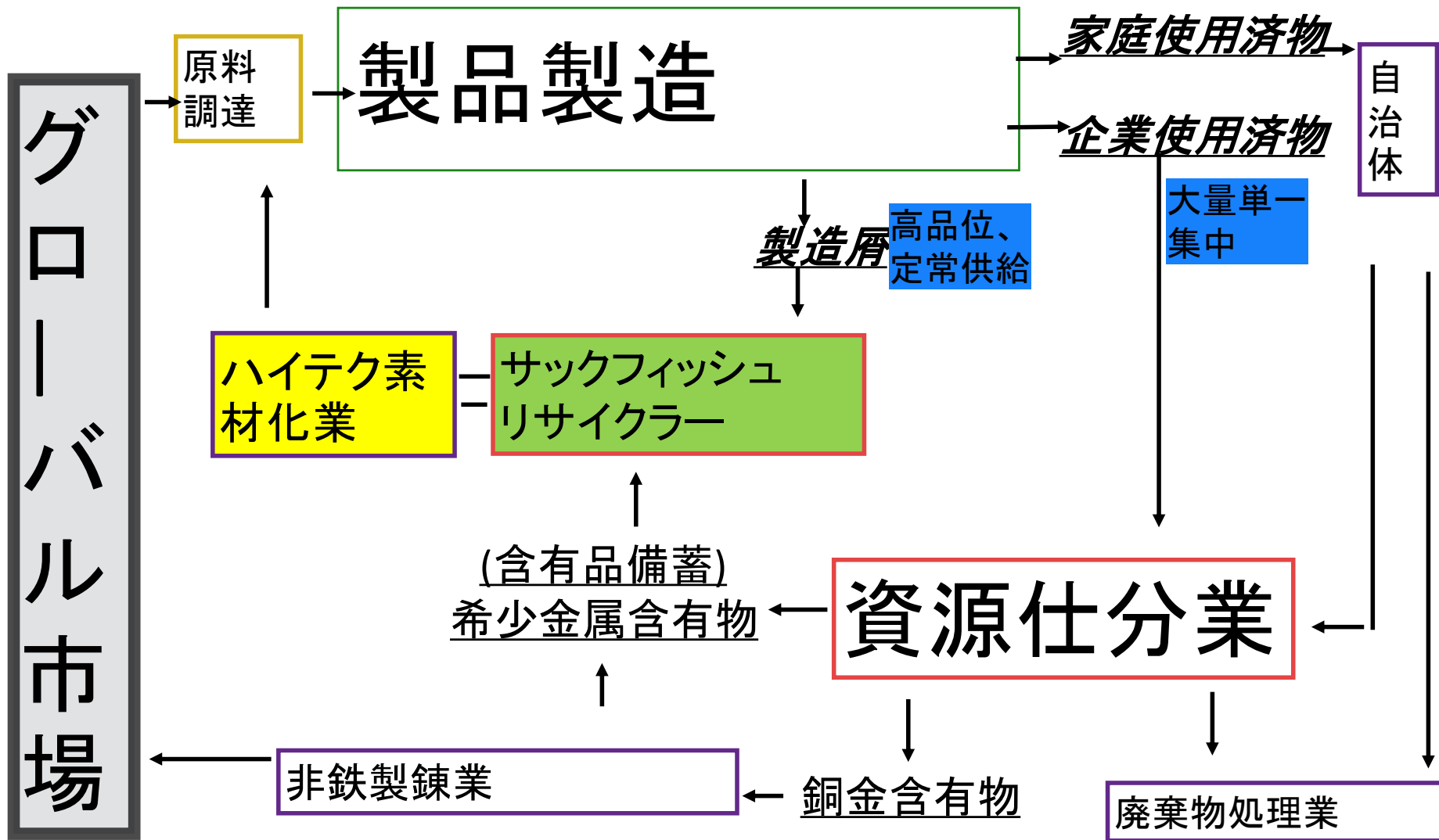


# 廃棄物処理委託業からの価値抽出



# 発生物を価値を最大限引き出せるところに結びつける





「原材料を提供して儲ける」から「モノを繋いで儲ける」へ

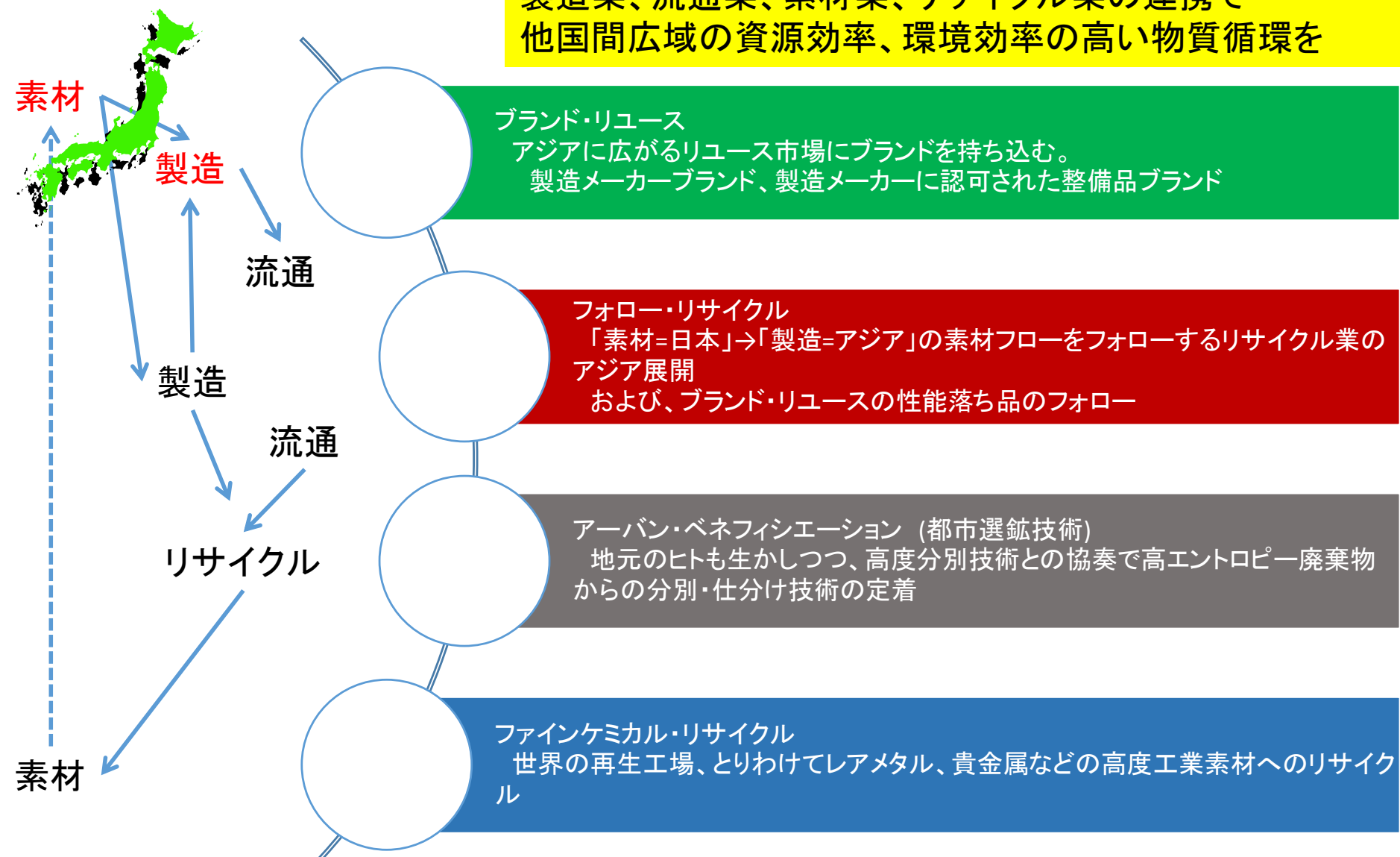
# Global Urban-Mines 都市鉱山開発は世界へ



# 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

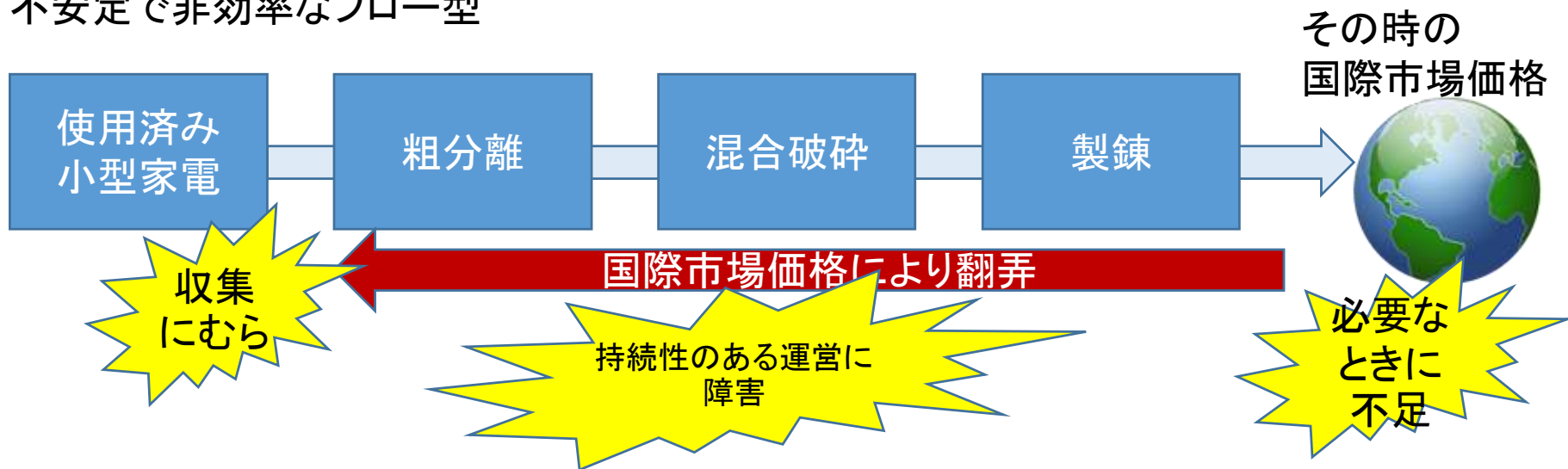




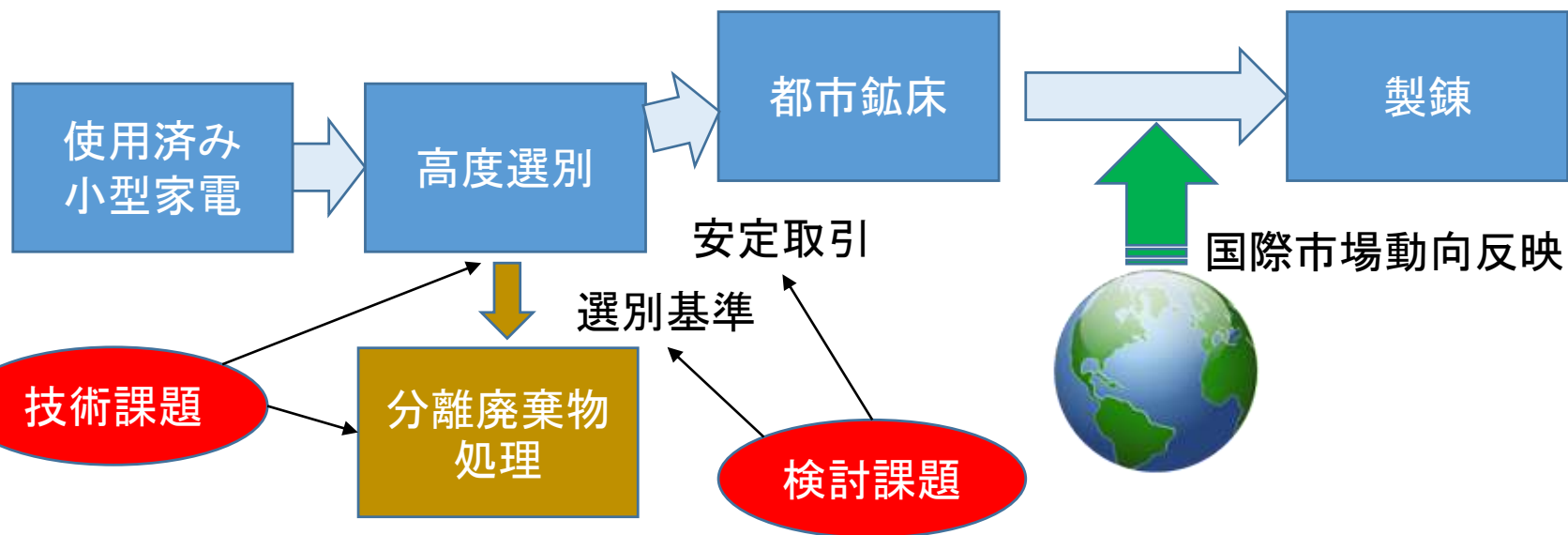
# 有価物ソーティングによる都市鉱床化



## 不安定で非効率なフロー型

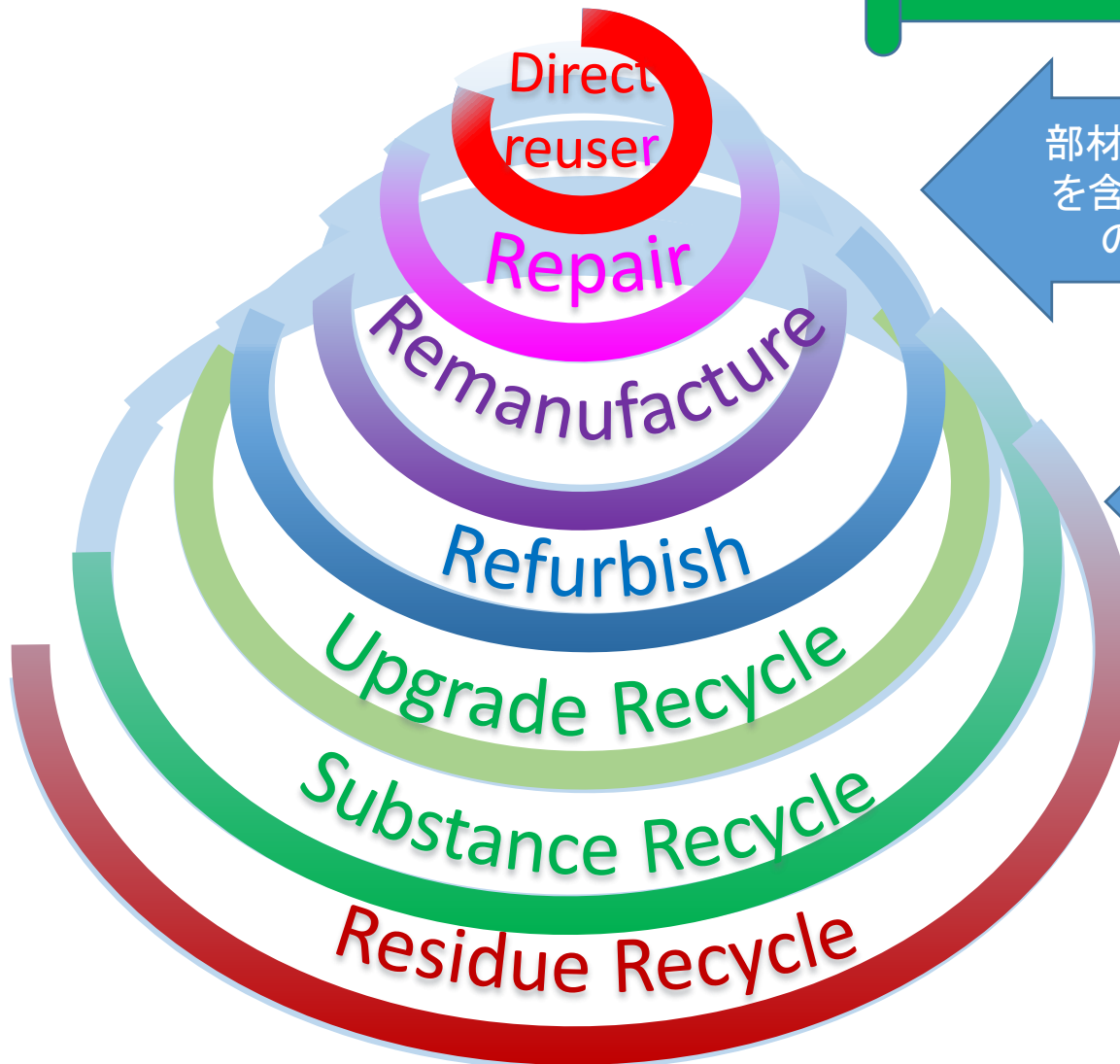


## 持続性の高い都市鉱床備蓄型



# 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)