

資源効率と材料技術

原田幸明

Europe2020 (launched from 2011)

A strategy for smart, sustainable and inclusive growth

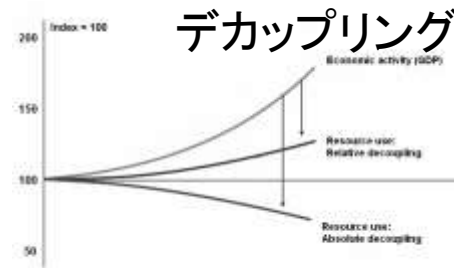


1990s
dematerialization

バブル経済

従来経済

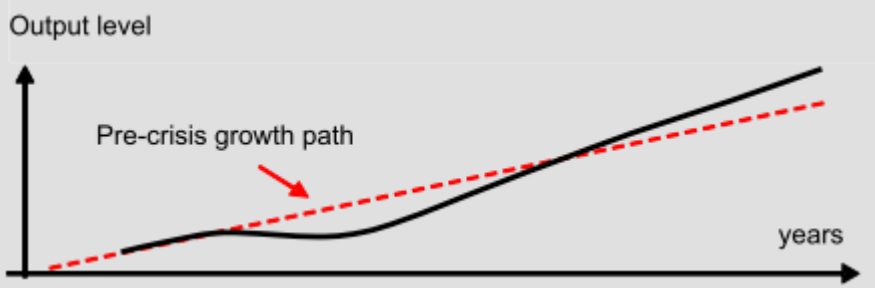
Transition of
Economy



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.

【ヘッドラインメッセージ】

協調行動による資源効率性向上のポテンシャルは著しく、経済及び環境に多大な便益をもたらす。

【5つのキーマッセージ】

1. 環境保護と開発を両立させる持続可能な開発目標（SDGs）を達成するためには、資源効率性の大幅な増加が不可欠である。

資源の利用は人類の繁栄の中心を成すものであり、SDGs の全 17 目標のうち、12 の目標は、経済全体におけるあらゆる種類の天然資源の持続的な管理に依存する目標である。SDGs により描かれた「我々の望む未来」を実現するためには、人間開発とこれを環境保護とバランスさせるのに不可欠な資源安全保障を提供する資源効率性の向上は決定的に重要である。

2. 気候変動目標をコスト効率良く達成するには、資源効率性の向上が不可欠である。

資源効率性は、CO₂ 及びそれ以外の温室効果ガス（GHGs）の排出を大幅に削減し、多くの低炭素技術に必要な物質利用量の増加によるデメリットを低減し得る。資源効率性の大幅な向上なくしては、平均気温の上昇レベルを 2°C より十分に低く抑えることは難しく、大幅にコスト高となる。

3. 資源効率性は経済成長と雇用創出の促進に貢献し得る。
4. 多くの分野において資源効率性を向上する機会が存在する。
5. 資源効率性の向上は実際に達成可能である。

SELECT PRODUCT CATEGORIES

PLACED ON EU MARKET OVER ONE YEAR



electronics



lighting



heating
and cooling



motors
and pumps



solar panels
and wind turbines

LIFECYCLE

1,500 MT
CO2 EMISSIONS
over their lifecycle



TOTAL ENERGY

PRODUCTION OF UK + GERMANY + POLAND
over one year

低炭素はEcodesignの大きな要素

有害物質規制もEcodesignの範疇

HOW TO CUT RESOURCE USE WITH ECODESIGN



BETTER REPAIRABILITY AND DURABILITY
of products

+



HIGHER RECYCLABILITY
of materials

+



REMOVAL OF HAZARDOUS SUBSTANCES

耐久性、長寿命を重視



PROLONGING THE LIFETIME OF A PRODUCT

through feasible design options



+1MT PER YEAR REDUCTION IN GHG EMISSIONS

477,000 CARS OFF THE ROAD FOR ONE YEAR



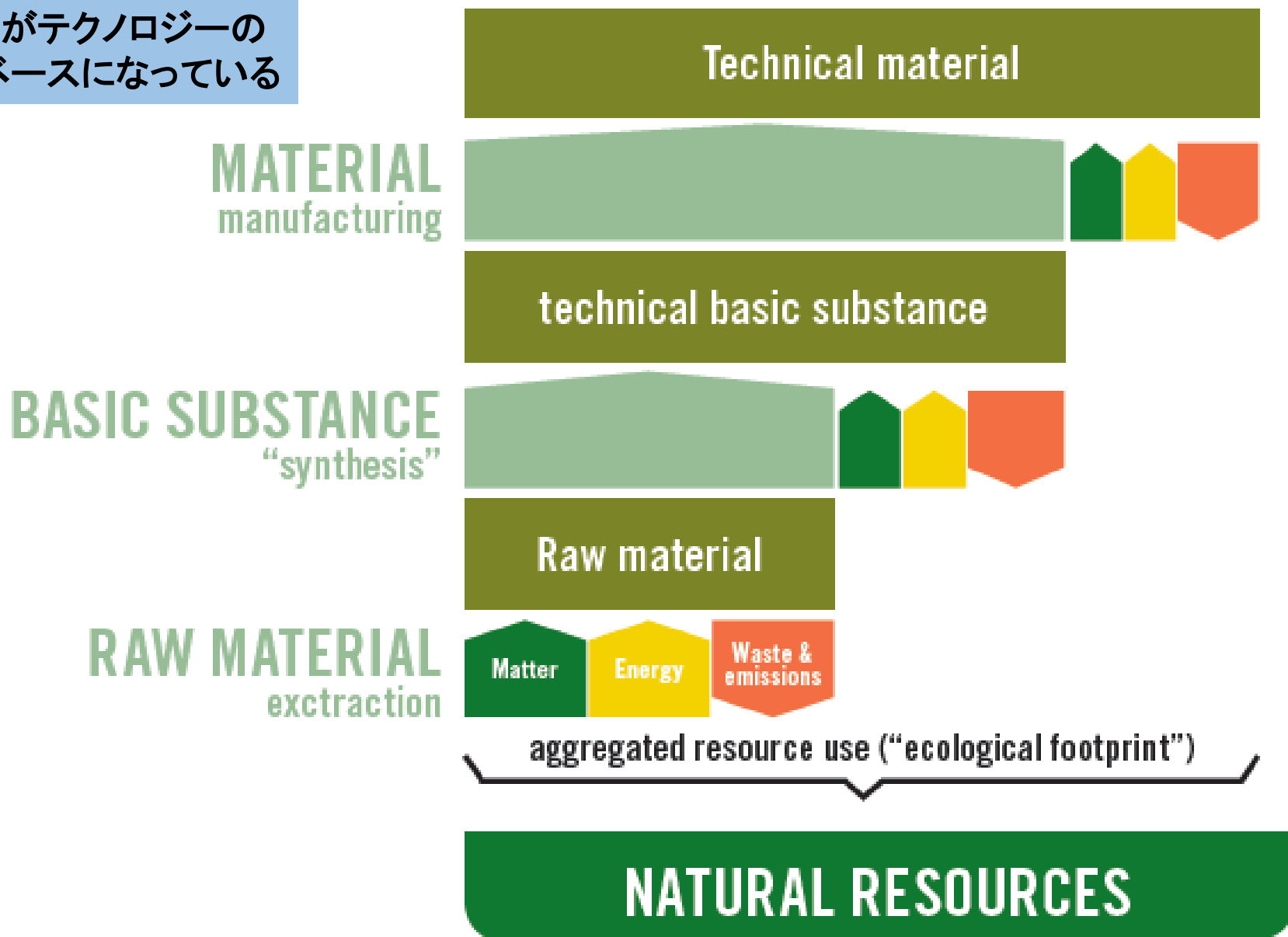
様々なエコの視点からすべての製品を洗いなおす

Table 1: Checklist for potential resource related Ecodesign requirements

Product group	Requirement	Rationale	Comments
All devices containing significant amounts of plastics and/or cardboard/paper	Material type: Minimum content of post-consumer recycled plastics and/or cardboard/paper	In order to strengthen the market for post-consumer recycled plastics, minimum requirements on the content of recycled plastics can be applied.	The market supply of (high-quality) recycled materials has to be secured. Verification methods to identify the recycled content have to be established.
Products with highest environmental impacts in production and low use-phase efficiency improvement potential (e.g. notebooks, tablet PCs, mobile phones, digital cameras)	Durability: Minimum requirements related to quality, durability and reparability of products and/or relevant components	For these products, an extension of the use phase holds significant environmental improvement potential (to be verified by product specific LCA studies)	In many cases, test standards for measuring quality and durability of products or components still have to be developed.
	Durability: Information requirements regarding clear and publicly available disassembly and repair instructions	To facilitate repair and reuse.	
Products with data storage capacity (e.g. computers, mobile phones)	Durability: Reliable means to archive or irretrievably remove personal data	The existence of personal data on storage devices and the common difficulties to	

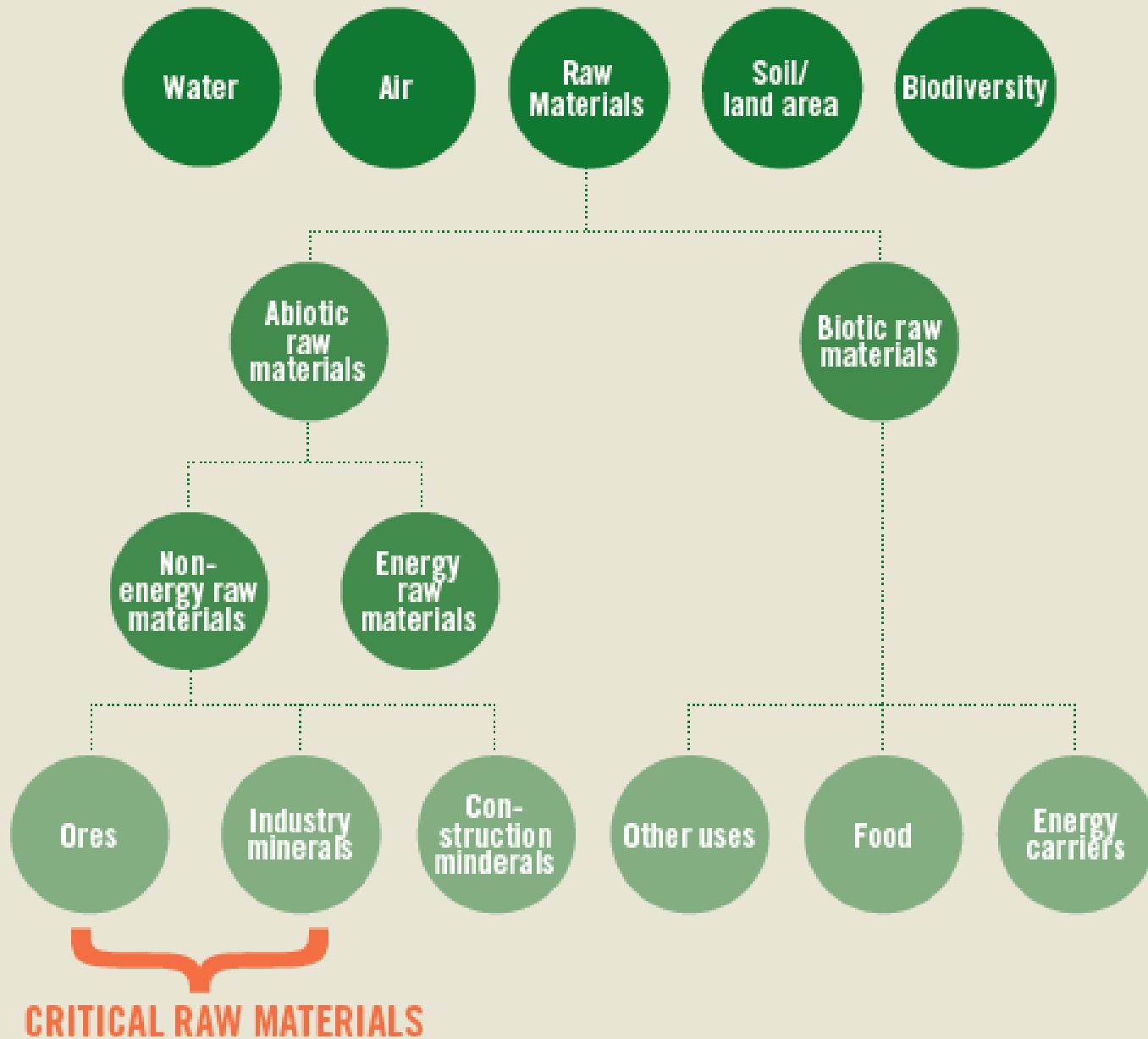
Figure 4: Aggregated resource use for technical materials

資源がテクノロジーの
ベースになっている



「エコ」を経済と一緒に
資源として捉える

RESOURCE CATEGORIES



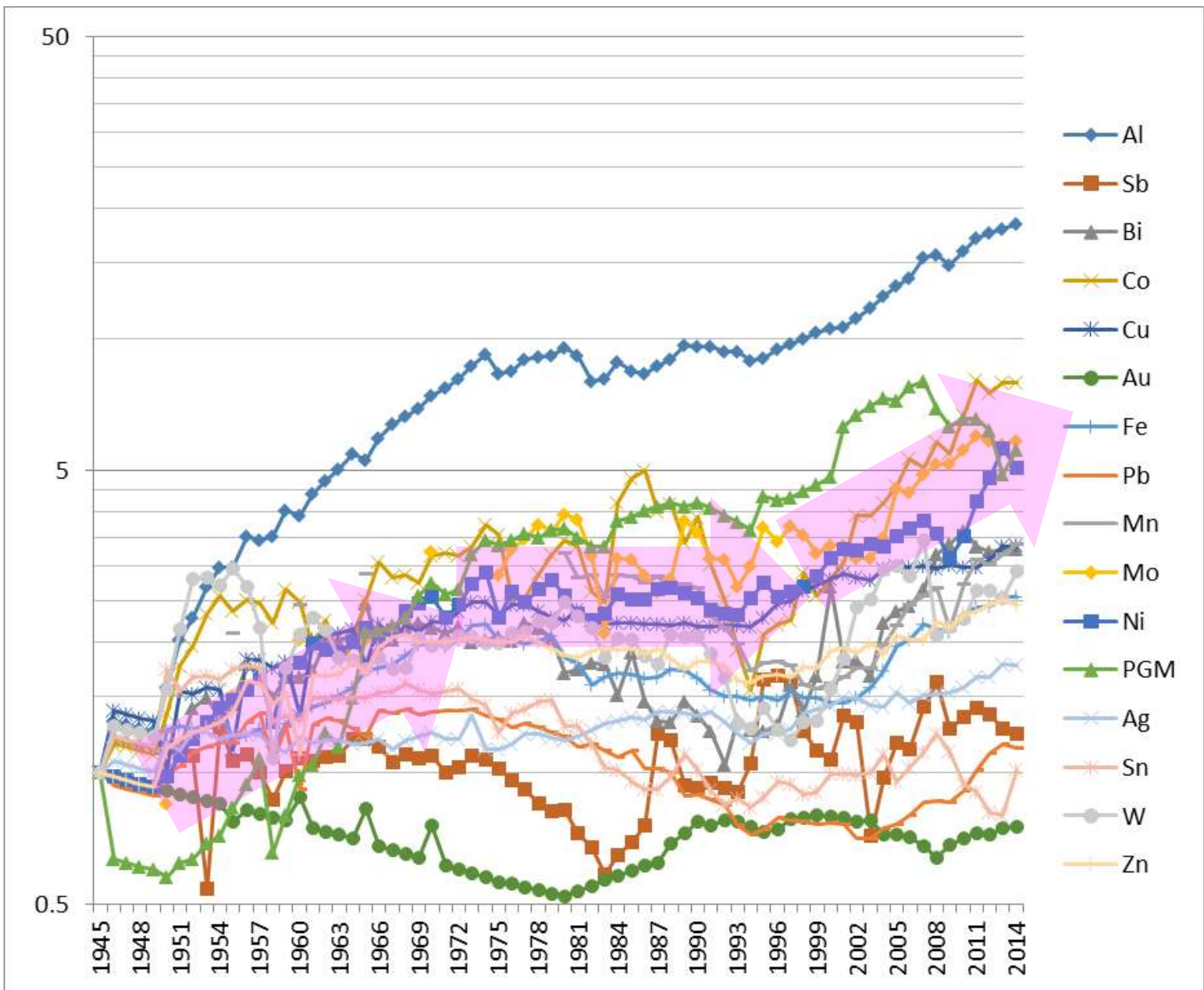


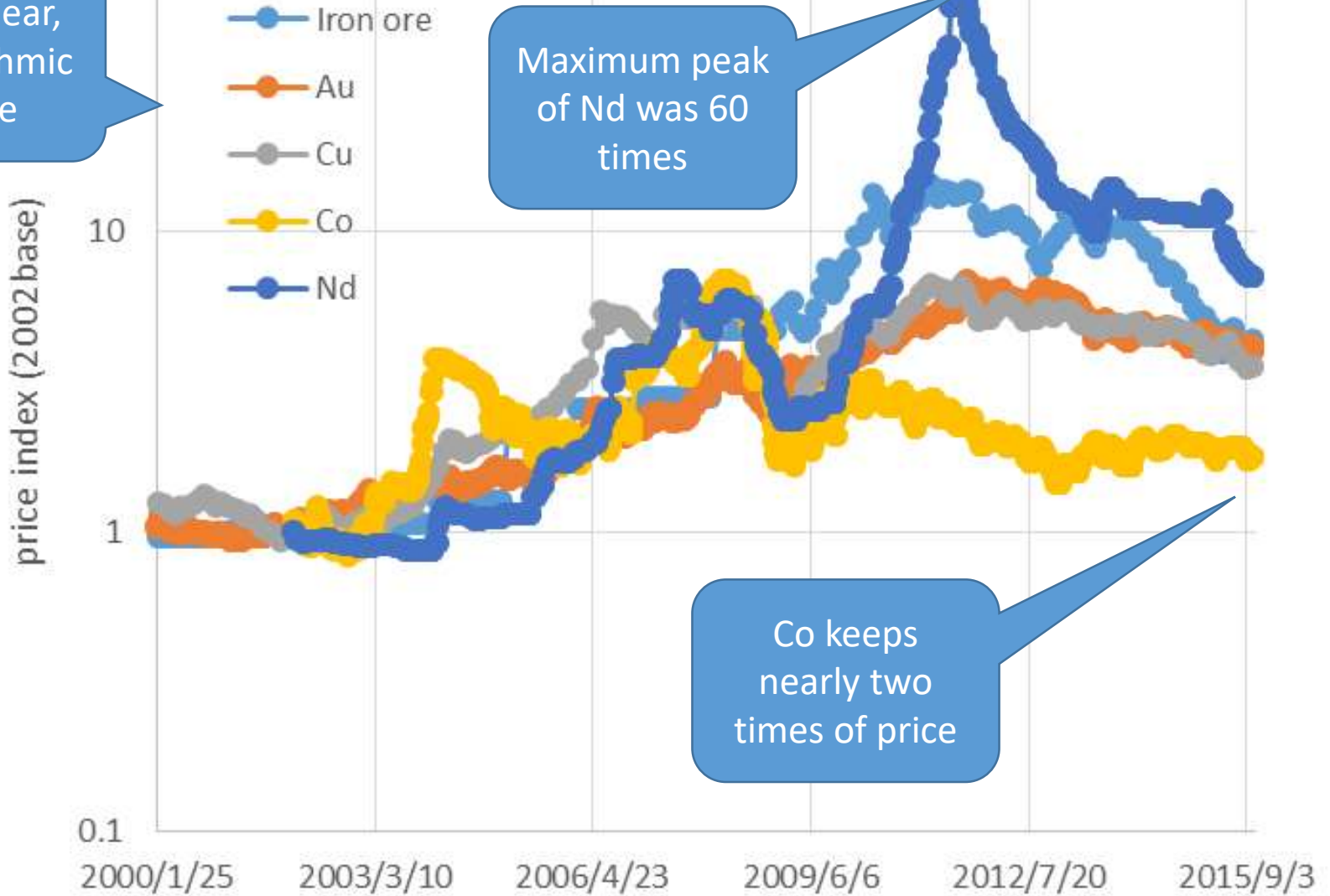
Fig.1 meta production index (1945base)

Prices have changed more drastically

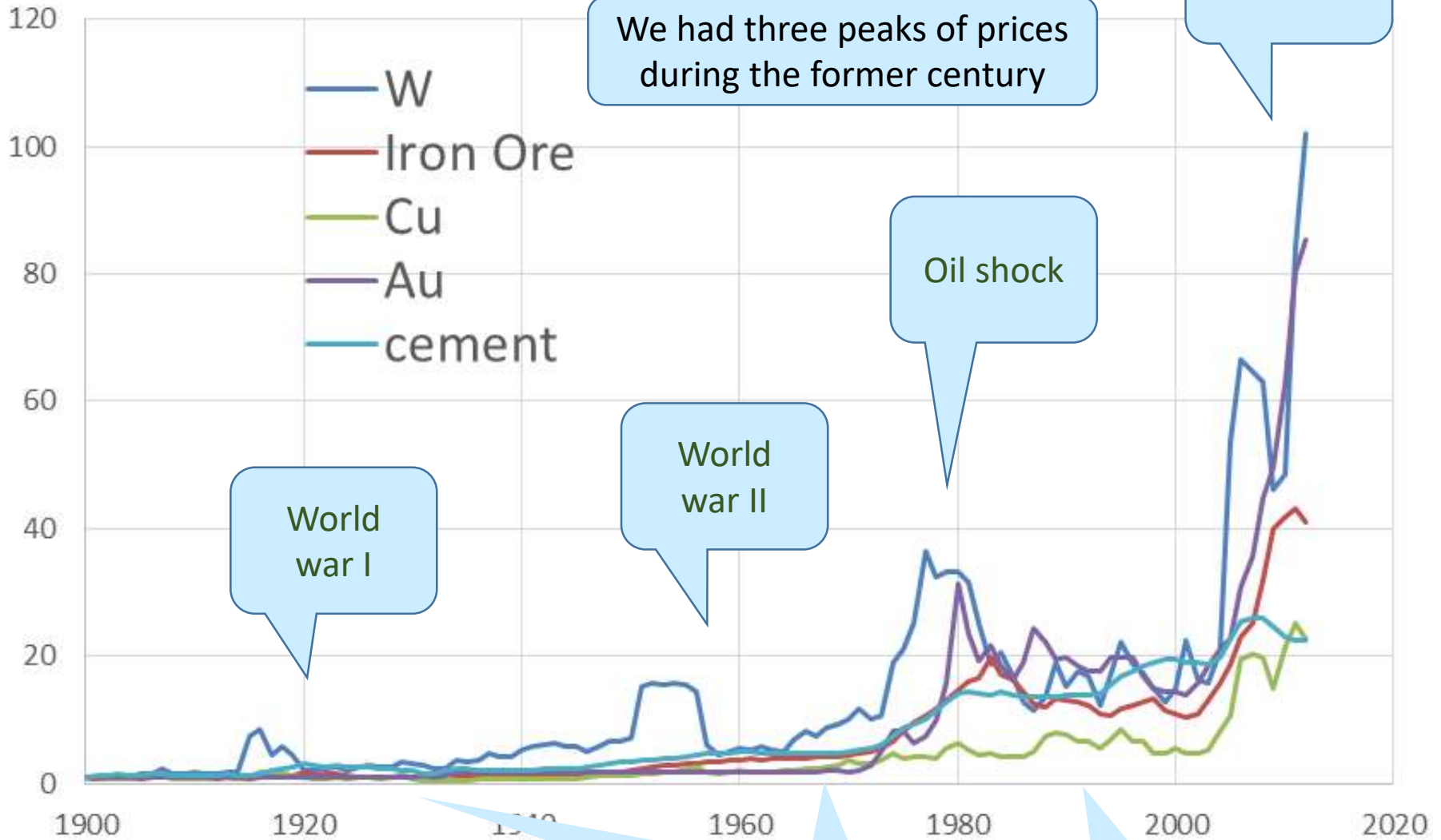
Not linear,
Logarithmic
scale

Maximum peak
of Nd was 60
times

Co keeps
nearly two
times of price



Historical resource price from 1900



We had three peaks of prices during the former century

now

World war I

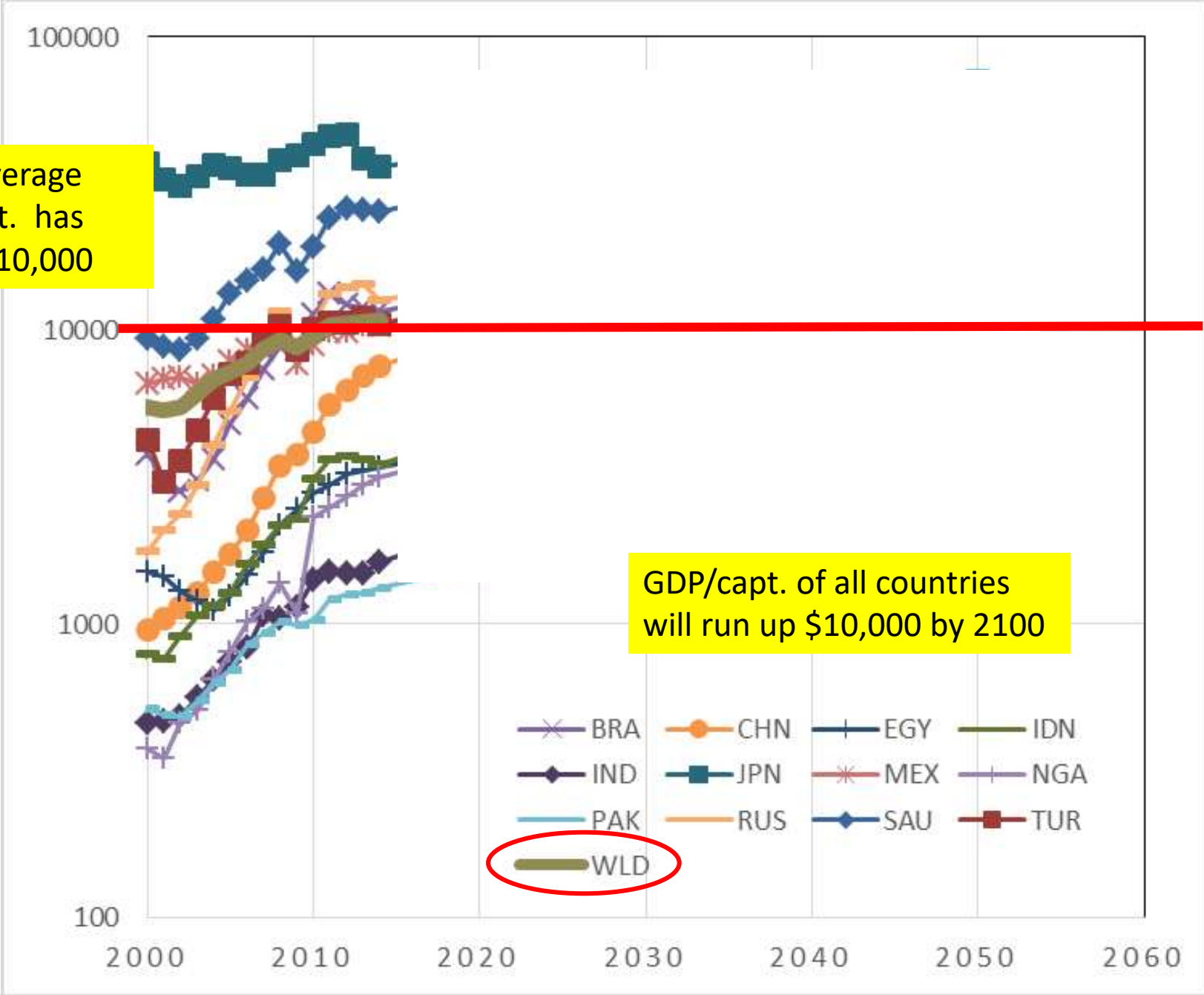
World war II

Oil shock

After the peak, prices shifted higher levels

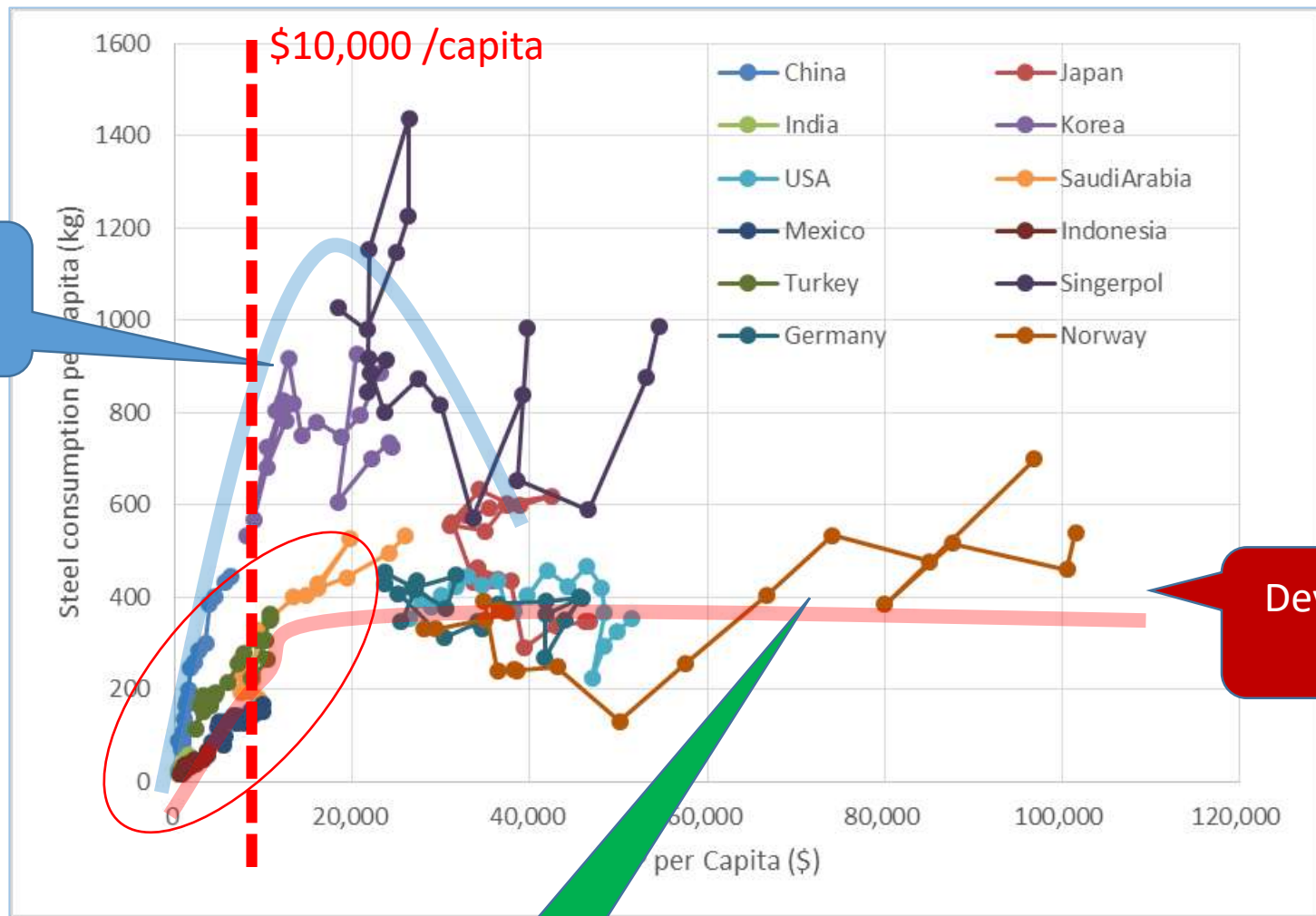
World average GDP/capt. has run up \$10,000

GDP/capt. of all countries will run up \$10,000 by 2100



Consumption/capt. reaches developed level when GDP capt. reaches \$10,000

Fe consumption / capita v.s. GDP/ capita from 1994 to 2014



Exporting countries

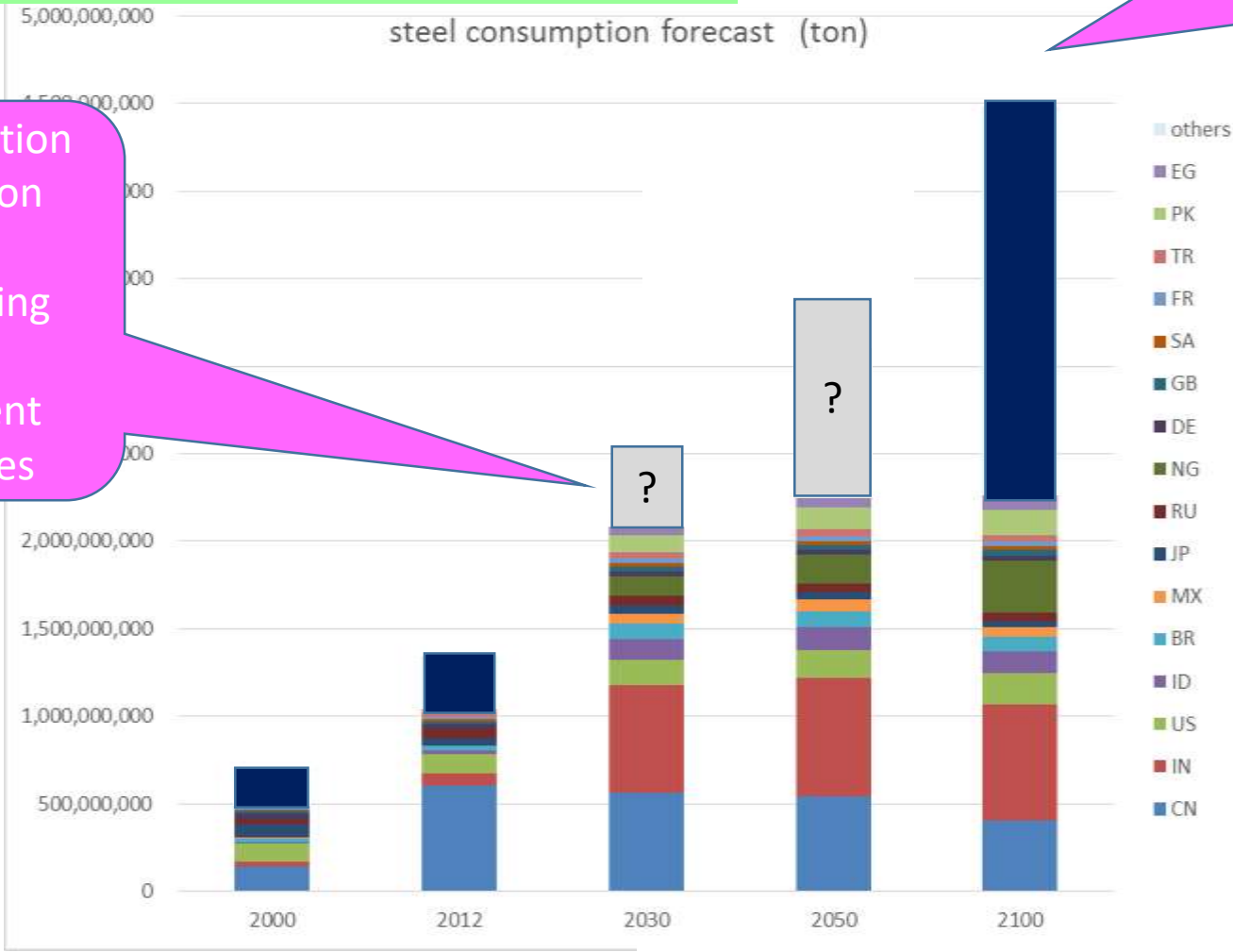
Developed level

Consuming countries

Rough forecast gets to be simpler,
 (population) x (developed consumption level)

Every country reaches developed level of consumption per capita

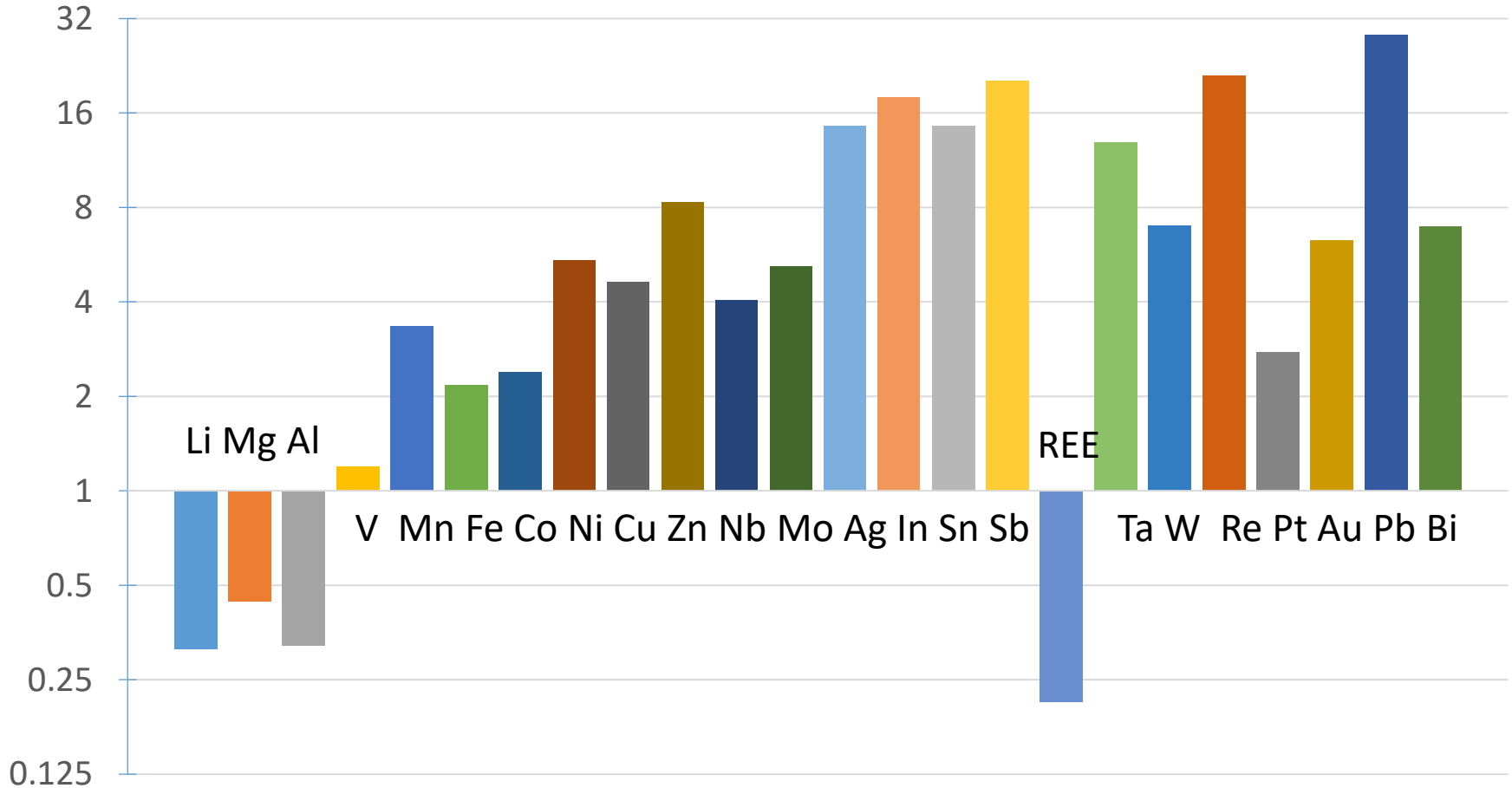
Consumption prediction with concerning only prepotent countries



metal	Fe
Consumption/year at 10Gperson world	4.5Gton/year
Reserve	87Gton

Much more times of resources will be required by 2100.

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



元素戦略

供給側

使用側

資源を探す

四つの実践

四つの実践が
需要です

- 未開発の地域から
- 未利用資源から
- 既採掘の残碎から

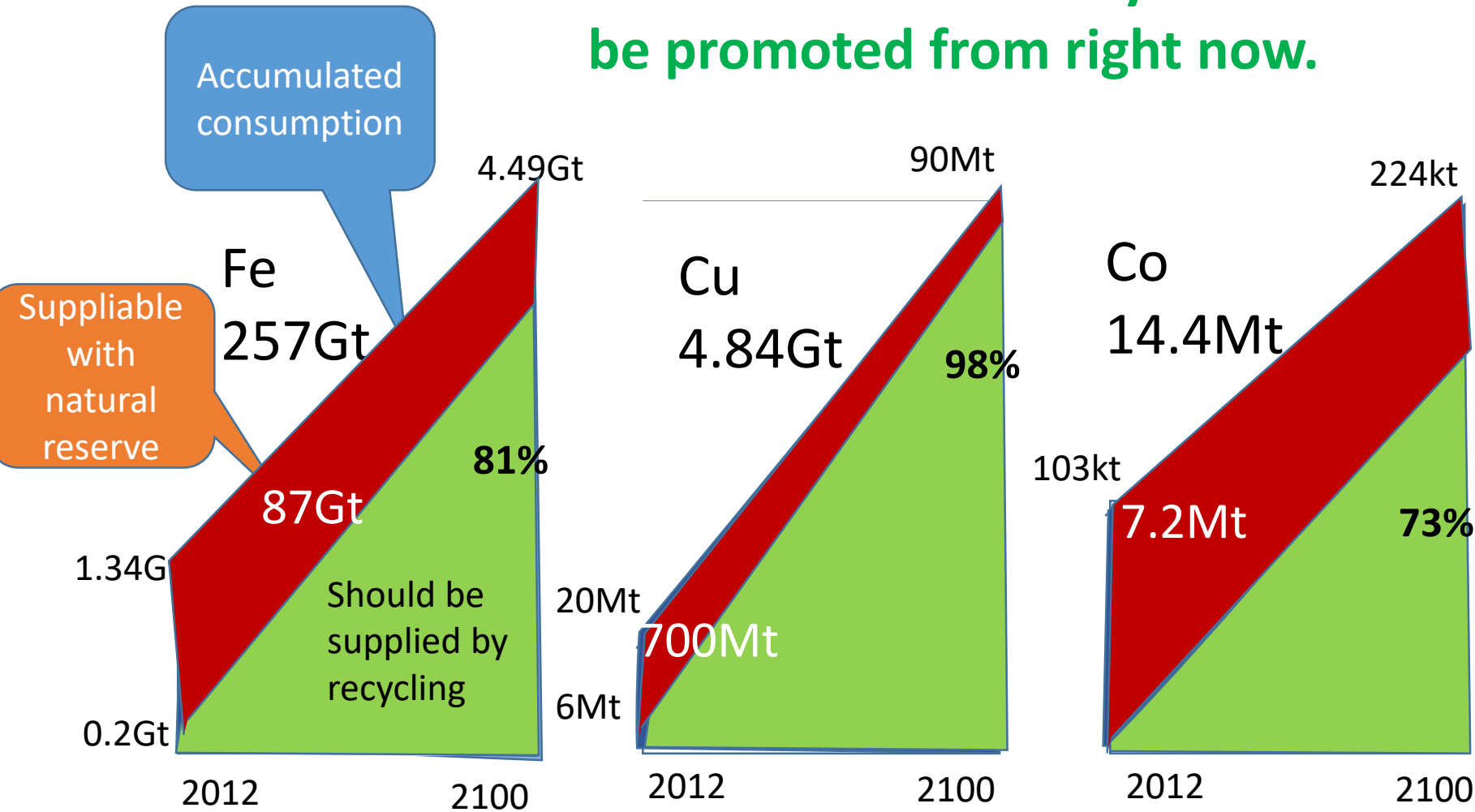
- reduce
- reuse
- recycle

- 使わなくてすむものは使わない
- 徹底して使う
- 何度でも使う
- よりありふれたものを使う

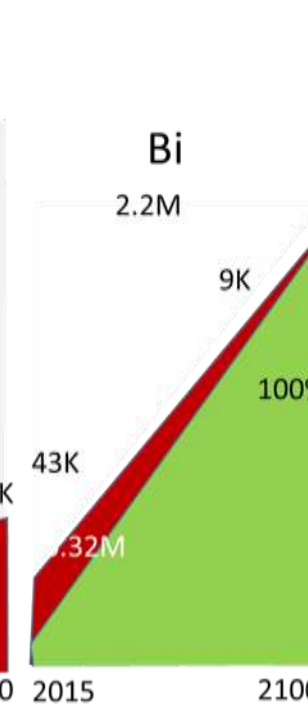
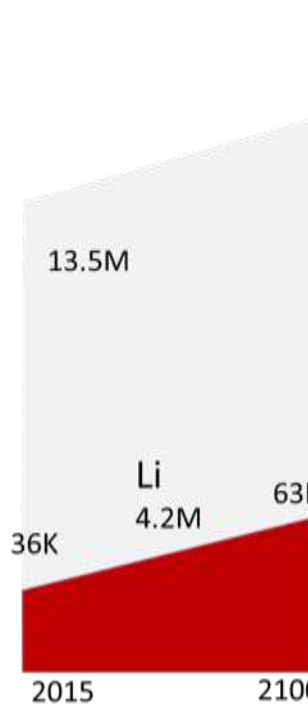
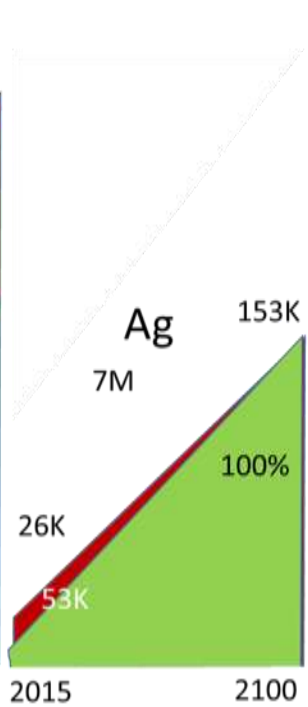
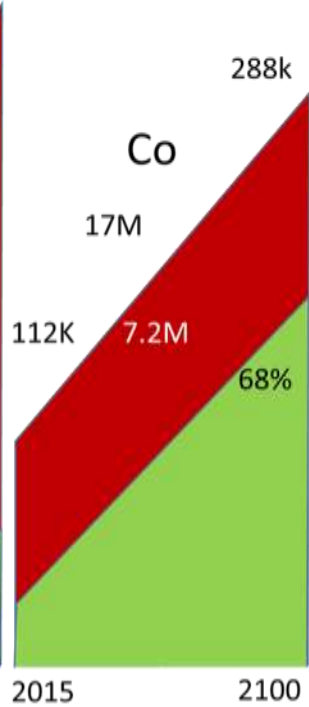
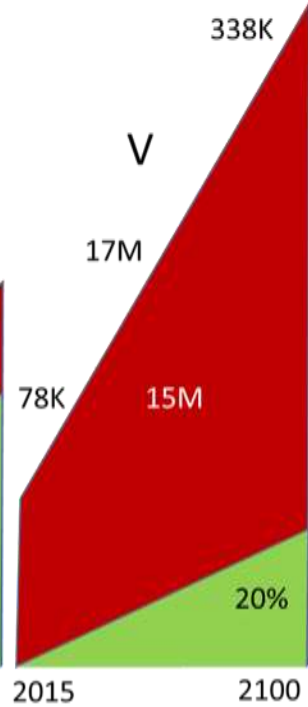
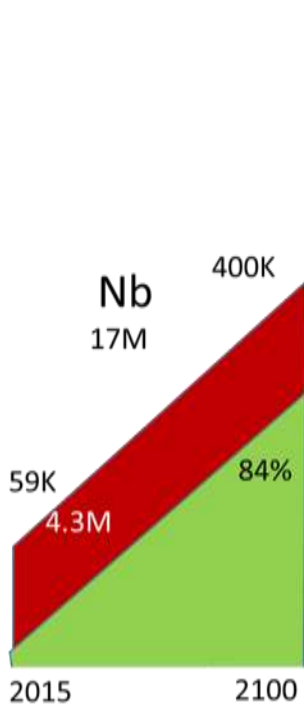
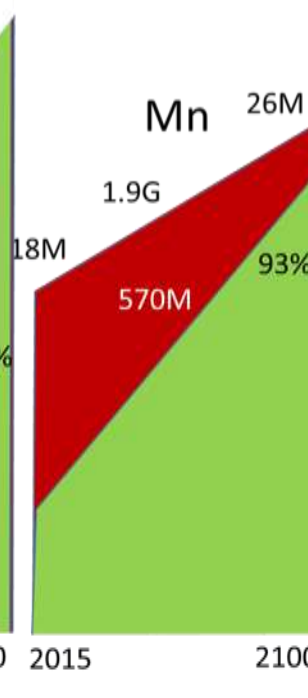
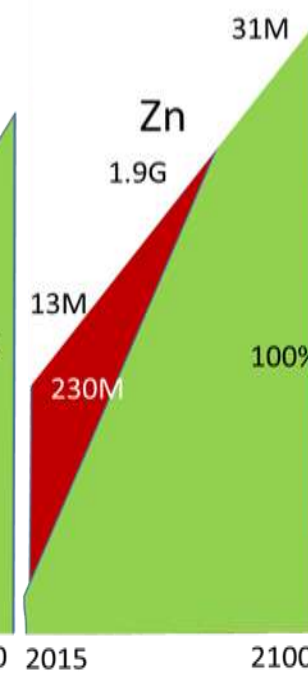
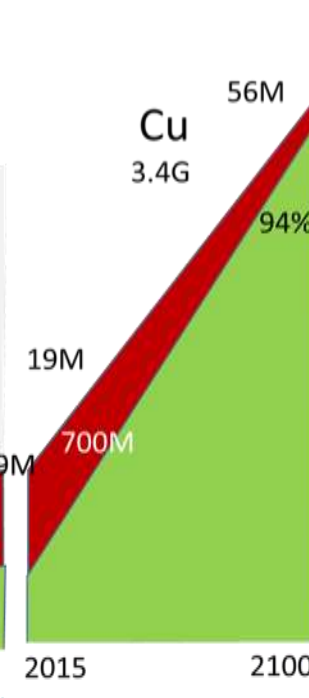
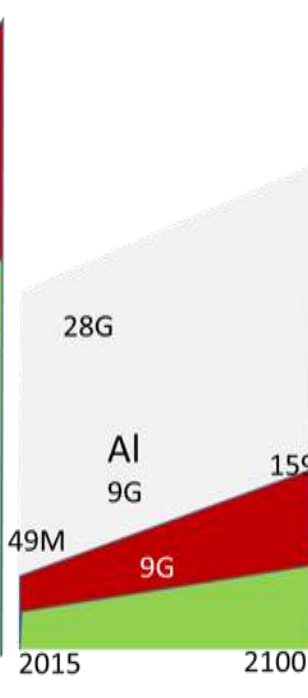
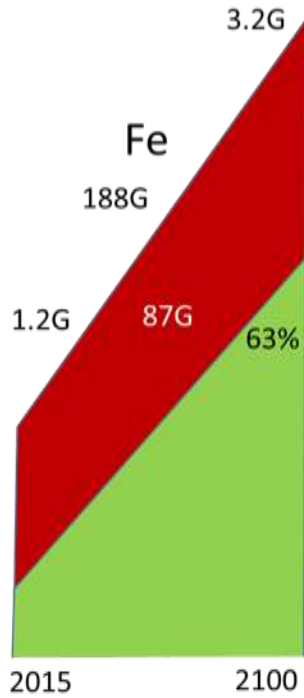
抜本的代替

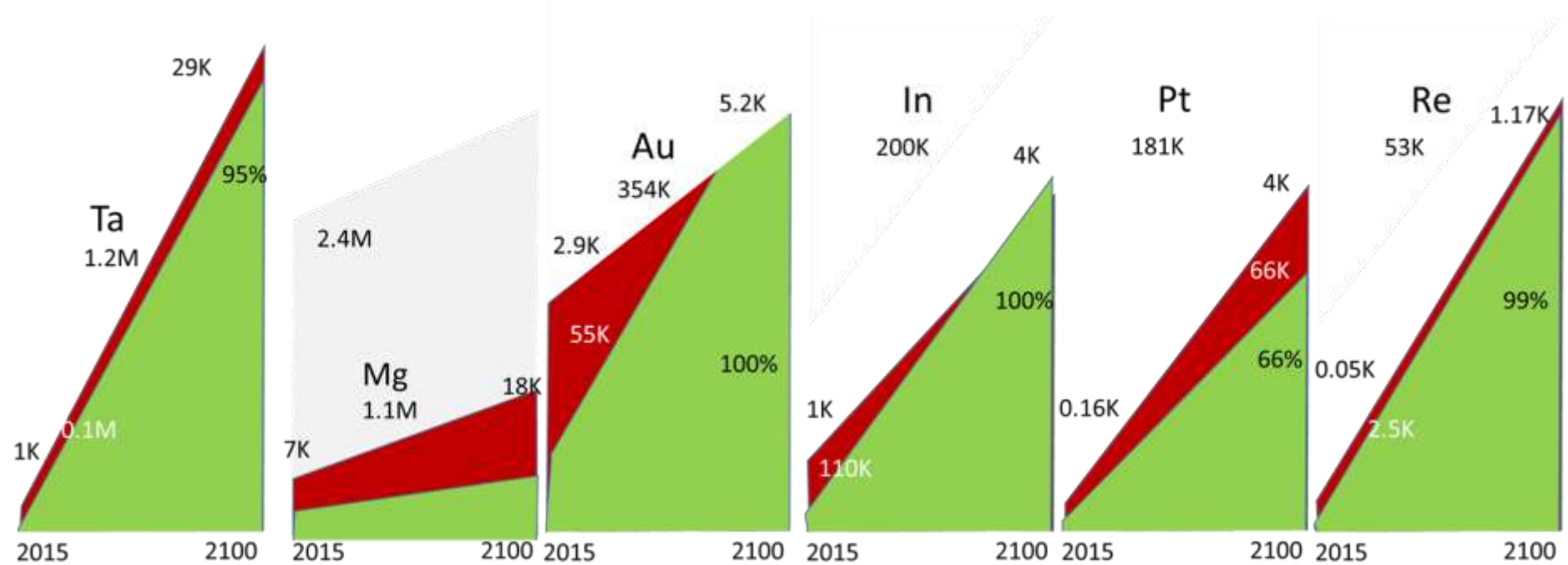
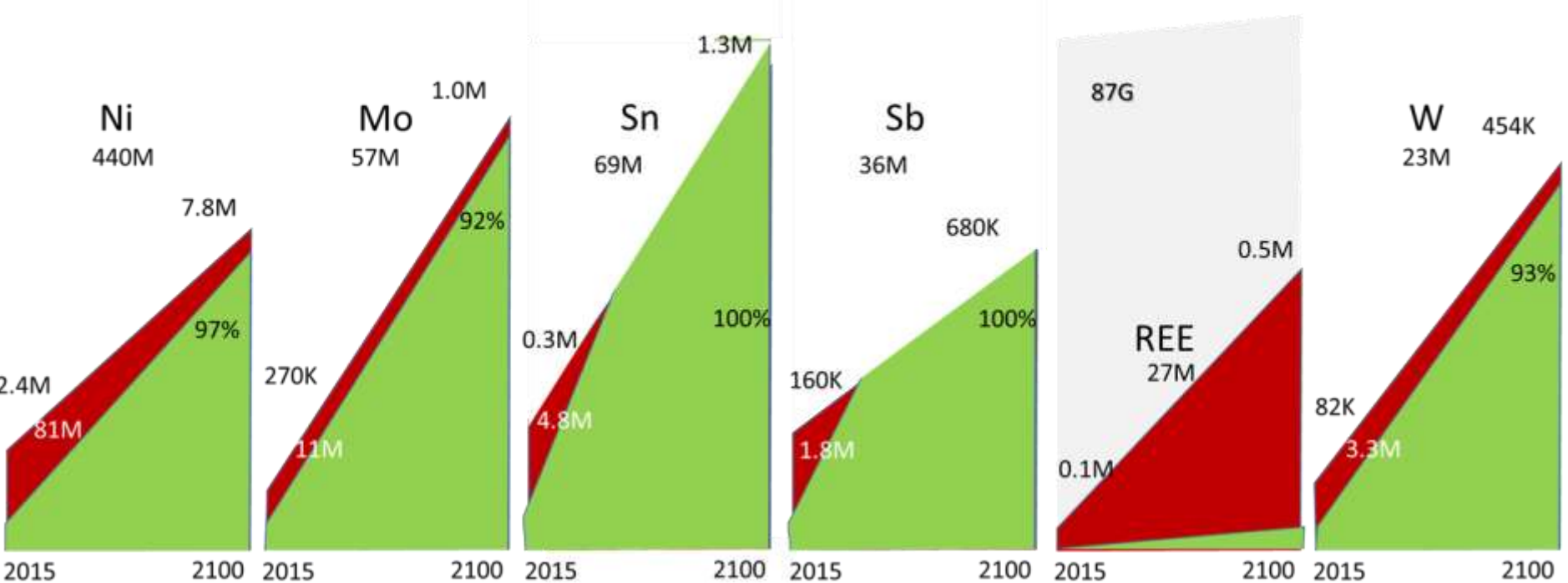


The circulation society must be promoted from right now.



Estimated accumulated consumptions till 2100 with simple assumption of linear growth





2100年の世界

- 化石燃料と鉱物資源はほとんど天然由来はゼロ



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.



PDF



Rights & Permissions

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

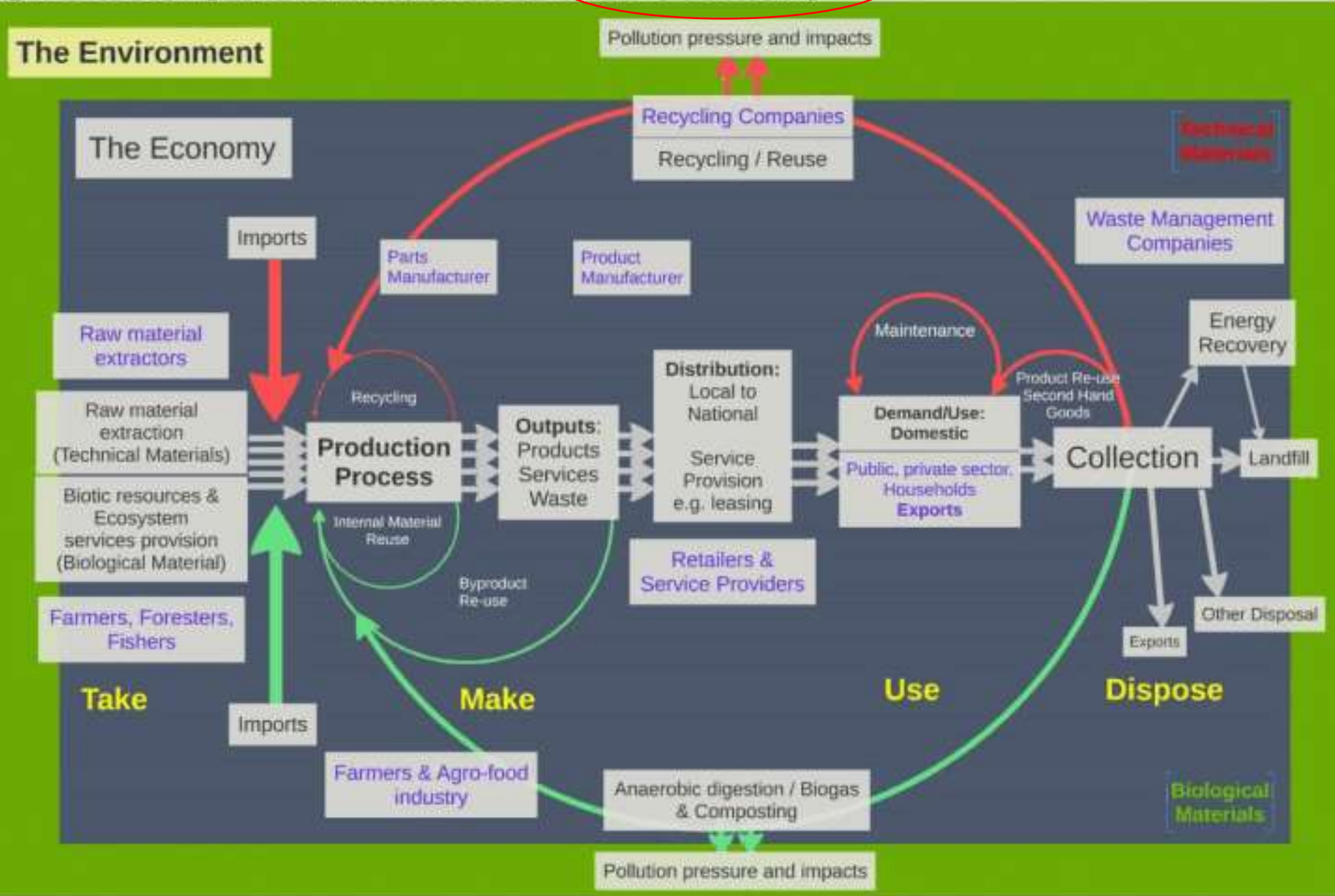


Recent

Read

Commented

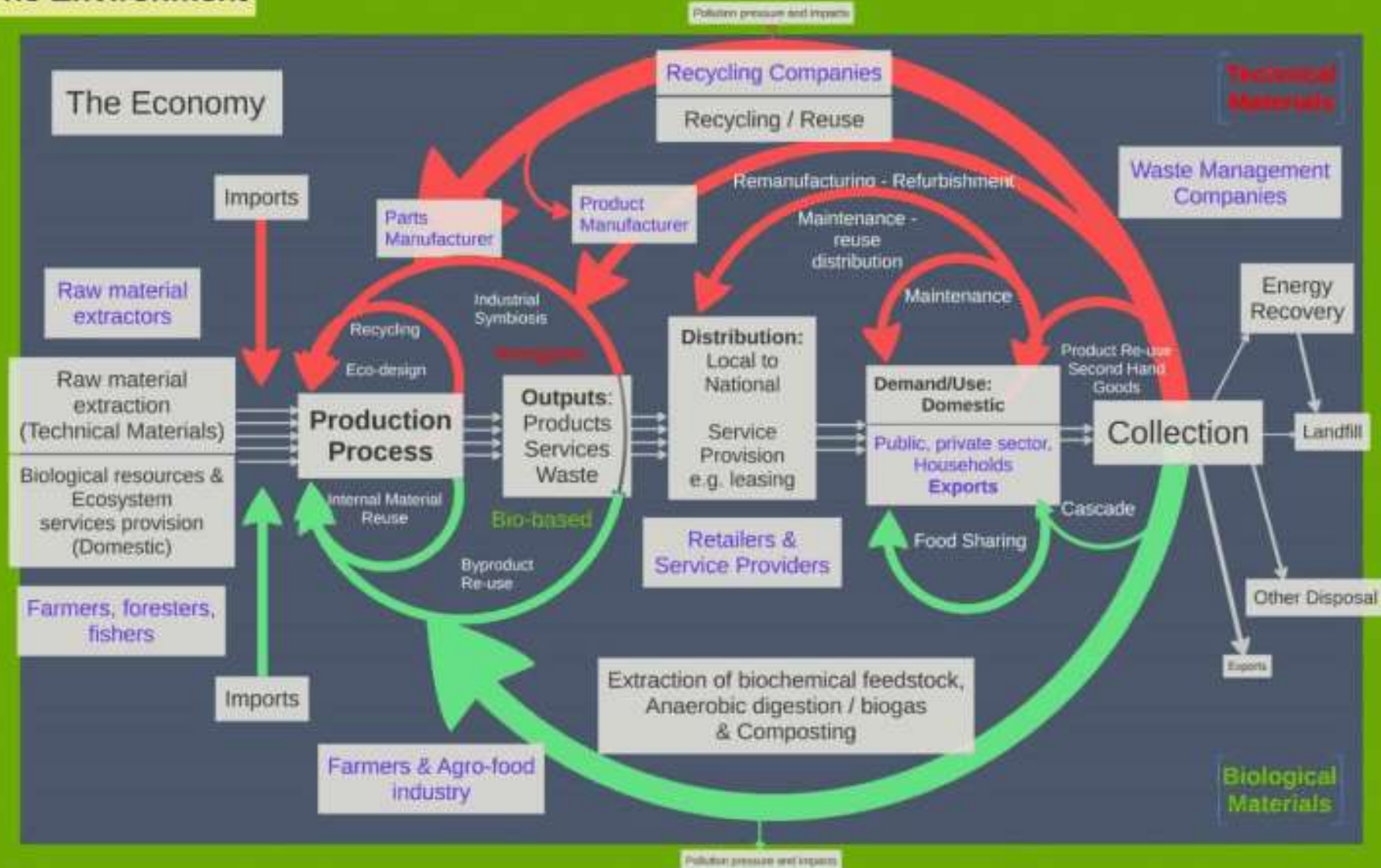
Figure E1: Simplified illustration of a linear economy



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

Figure E2: Simplified illustration of a circular economy

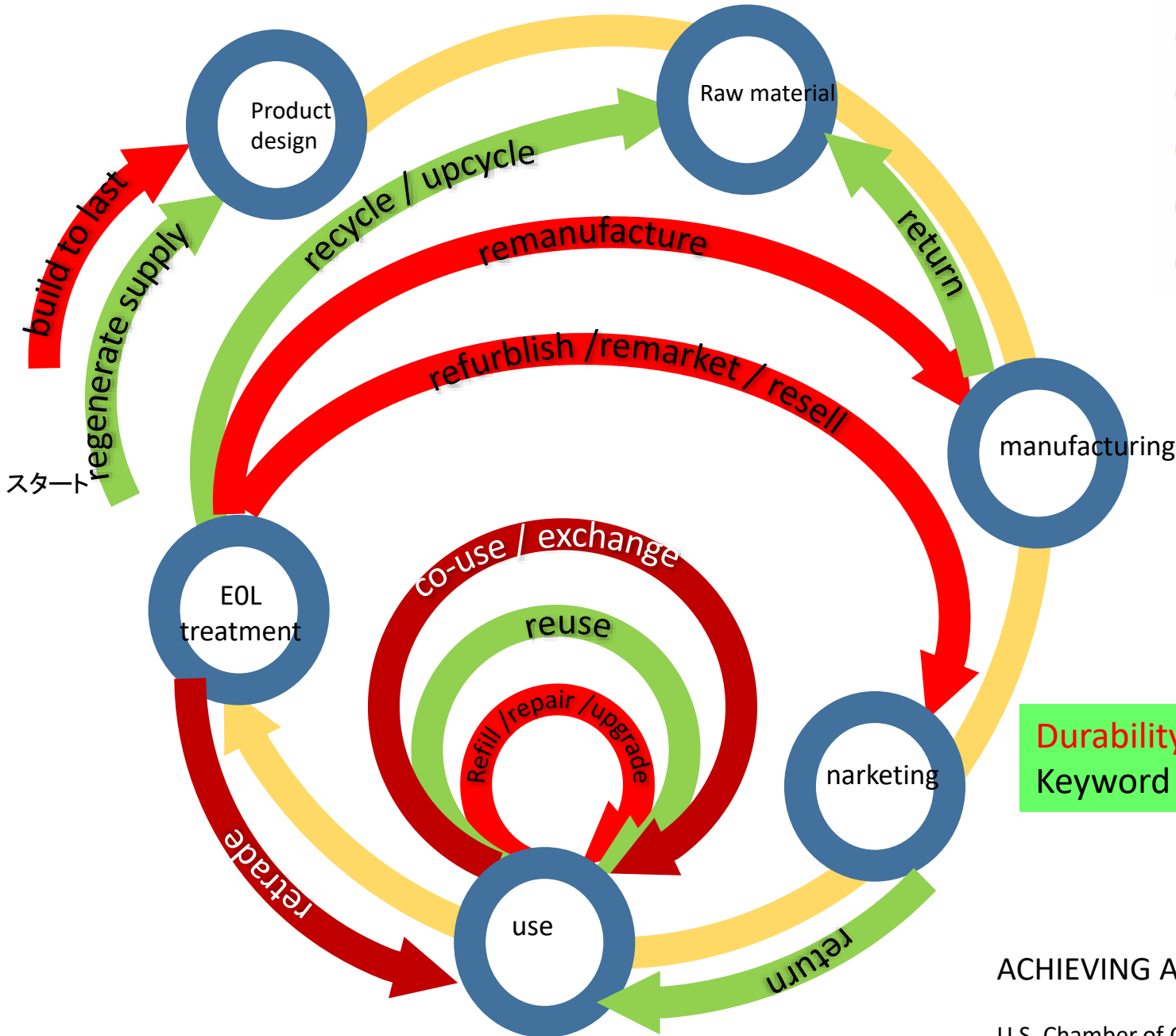
The Environment



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

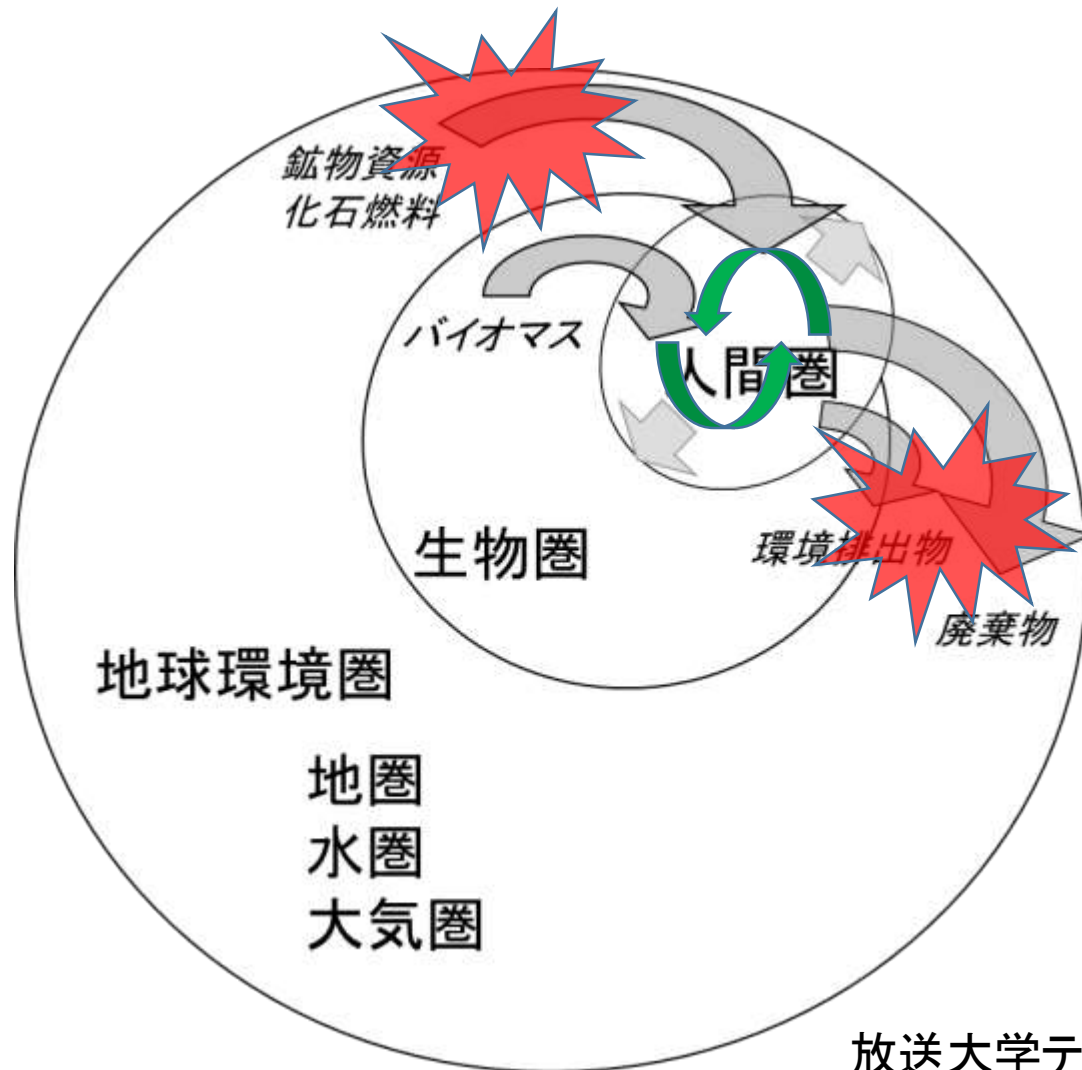


Durability becomes the greatest Keyword of Ecodesign

ACHIEVING A CIRCULAR ECONOMY

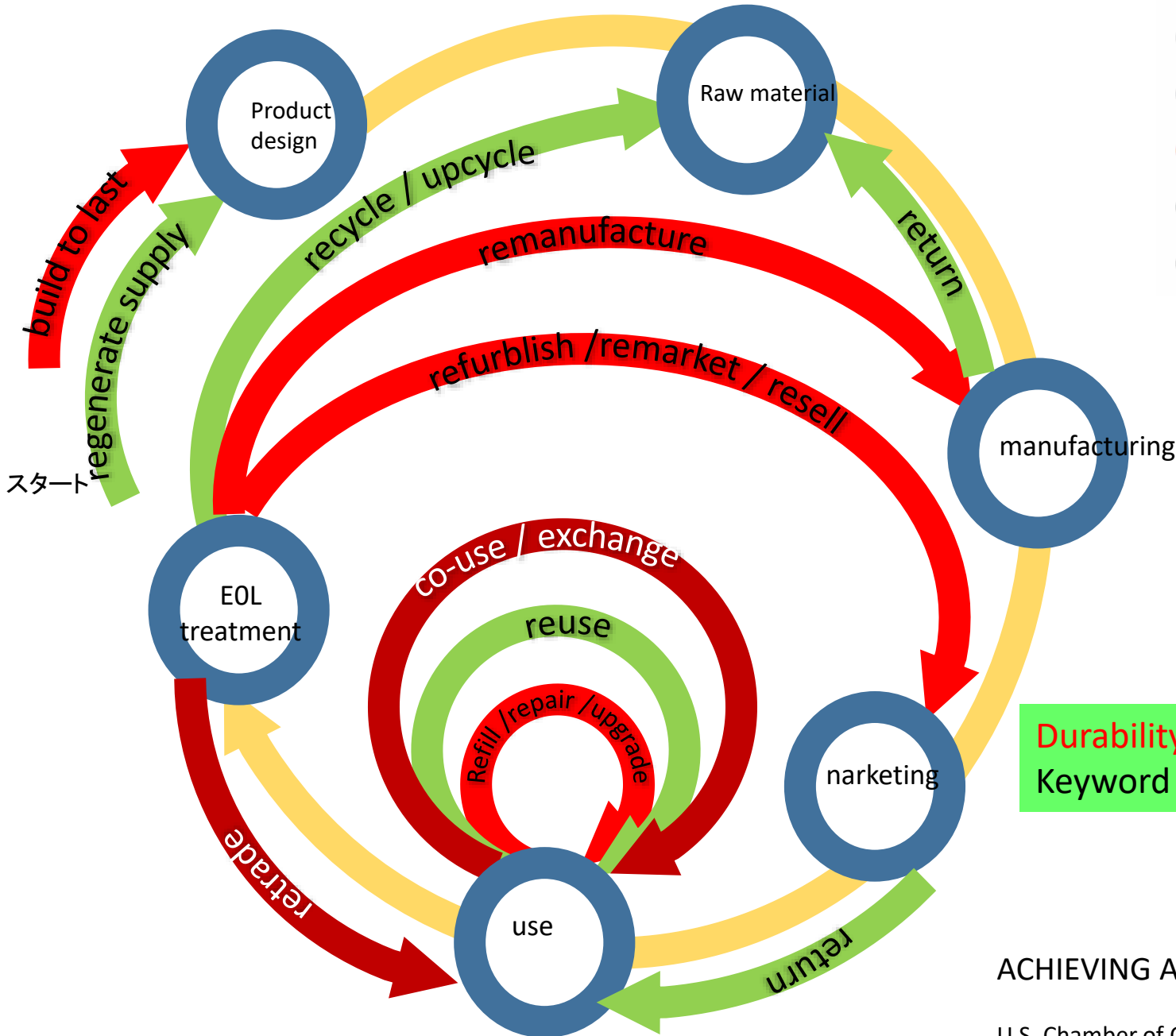
U.S. Chamber of Commerce Foundation,
Supported by CCC's Circular Economy Network

人間経済圏と地球環境圏



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

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

遍廻社会

ubiquitous circulation society

ubi-culation society

- 身近に使えるものから使い
- 不要物を廃棄物にせず
- 地球環境圏とのやりとりを極力減らす

循:ものによりそっていく、まわる

遍:もれなくゆきわたる。あまねく

環:めぐって端のないこと、かこむ

廻:めぐる、まわる

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.

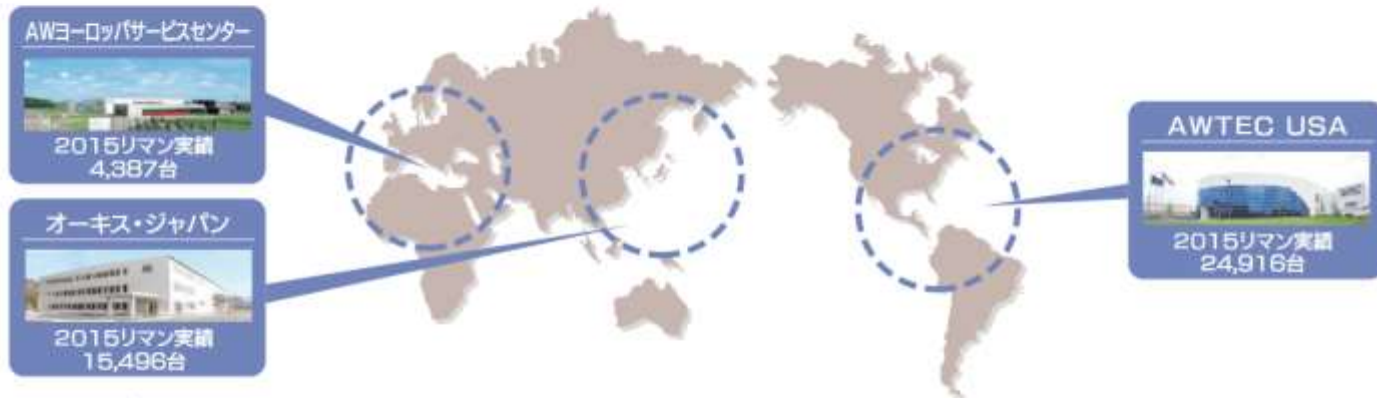
“Some companies may wash, repair, and paint, but true remanufacturing requires complete disassembly, inspection against engineering criteria, and additive

	分解の程度	処理後の品質	品質管理
リマニュファクチャリング(リマン)	完全に分解する	新品と同等	厳密な品質検査
リファービッシュ リコンディショニング	必要な部分だけ分解	中古品として必要な品質まで回復	それなり
レトロフィット	新しい要求を満たすように改造	改造品として必要な品質まで回復	それなり
(狭義の)リユース 中古販売(製品・部品)	清掃程度	入荷時のまま	しない

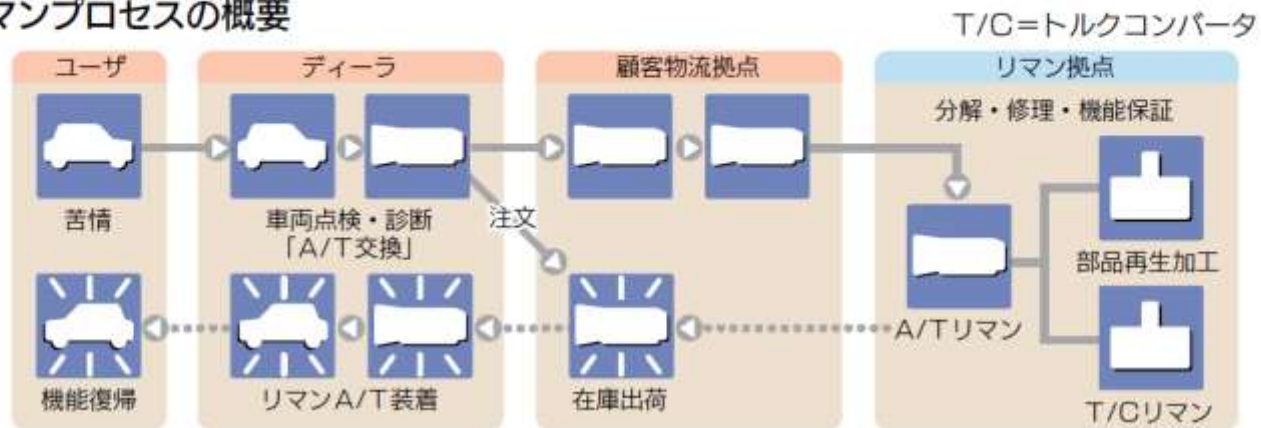
アイシンの事例

リマニュファクチャリングとは

一言で言えば、A/Tの再生事業です。再生したA/Tを修理交換用に安価に供給しています。私たちはリマン活動を通じて、廃棄物の低減と資源の有効活用をはかり、地球環境保全に貢献していきます。オーキス・ジャパン（愛知県）、AWTEC USA（北米）、AWヨーロッパ（欧州）の3拠点で、市場から回収したA/Tを分解・修理・機能保証しています。



リマンプロセスの概要



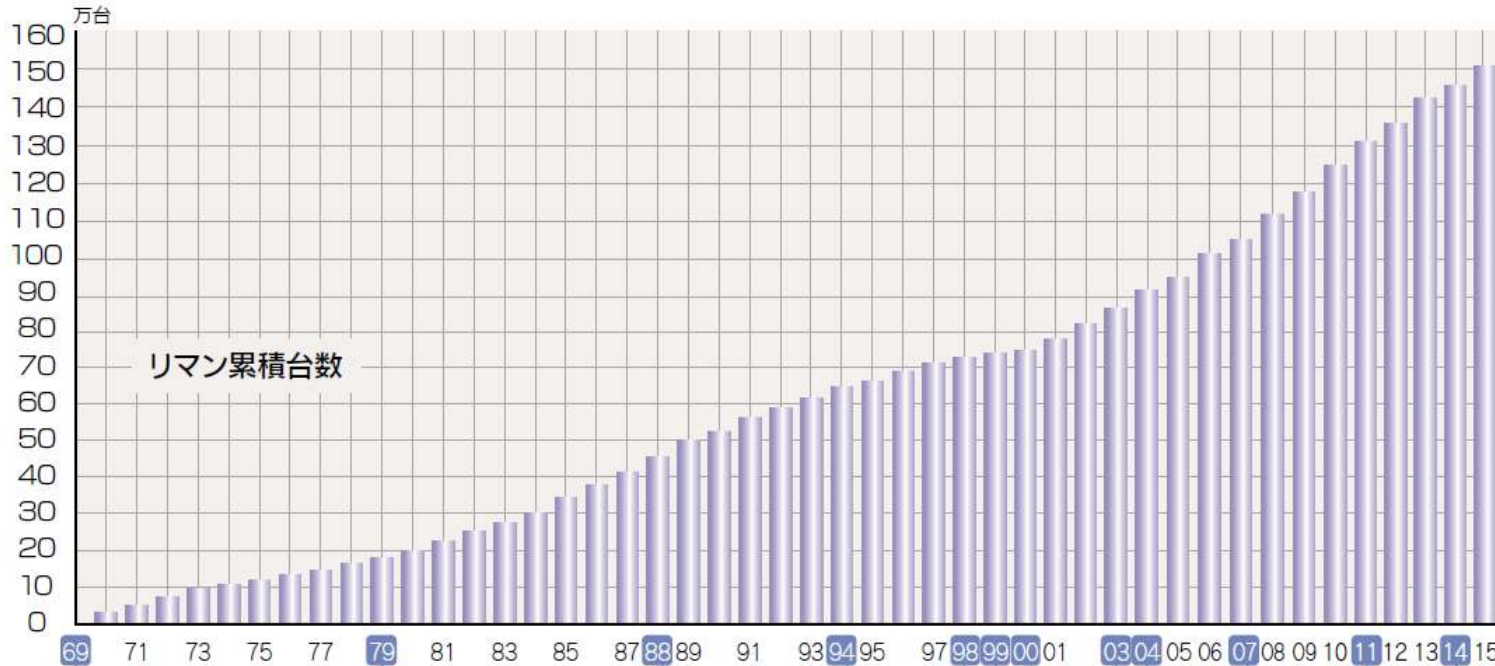
アイシンの実施例

重点活動と沿革

- 新製品立上と同時にA/Tリマンを開始し確実に市場を拡大
- 再生使用部品の拡大(例:T/C、ブッシュなどの再生)
- 輸送用リターナブルコンテナ採用による廃棄物低減



地球環境保全へ貢献



今後の展開

- HVリマン化の推進
- 廃却部品 救済活動の推進

1969年5月 AW設立と同時にA/Tリマン開始	1988年4月 AWTEC USA開始	1994年8月 リマン専門工場設立	1998年7月 AWヨーロッパサービスセンター開始	1999年12月 リターナブルコンテナ採用開始	2000年4月 T/Cリマン開始	2003年4月 オーキス・ジャパン(株)設立(AWから分社化)	2004年10月 トヨタ製A/Tリマン開始	2007年11月 AW製CVTリマン開始	2011年12月 リニアSOL開始	2014年6月 AWTEC CVTリマン開始
-----------------------------	------------------------	----------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------	------------------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------------	---------------------------

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」

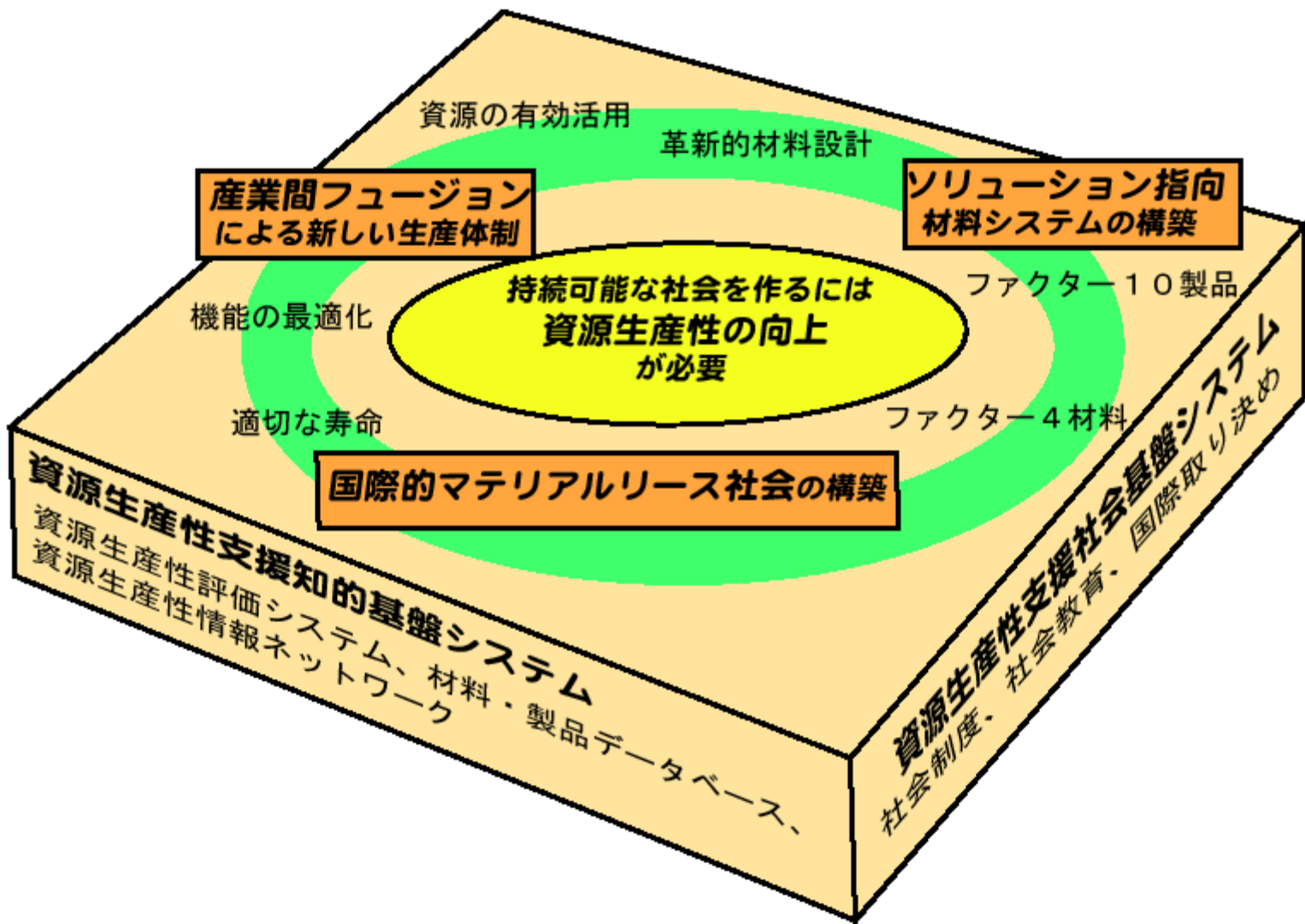
資源生産性向上の重要性指摘

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)



ライフサイクル設計の要求事項

Requirement of Lifecycle Design for Environment

製品システムの寿命延長

材料の寿命延長

環境負荷の小さい材料の選定

材料集中度の改善

環境負荷の小さいプロセス管理

配送の効率化

製品システムの寿命延長

適度な耐久性

パーツの適応可能性

交換可能性 調整可能性 **グレードアップ性**

製品の信頼性

部品の信頼度 構造の信頼度 **単純で少ない部品**

使用条件維持性

性能の保全性 修復可能性

再生産可能性

使用済みを新品同様に

解体容易 部品の耐疲労、耐損傷 **生産ラインの適応性**

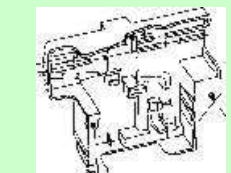
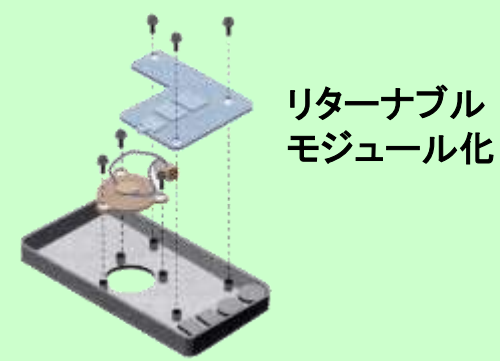
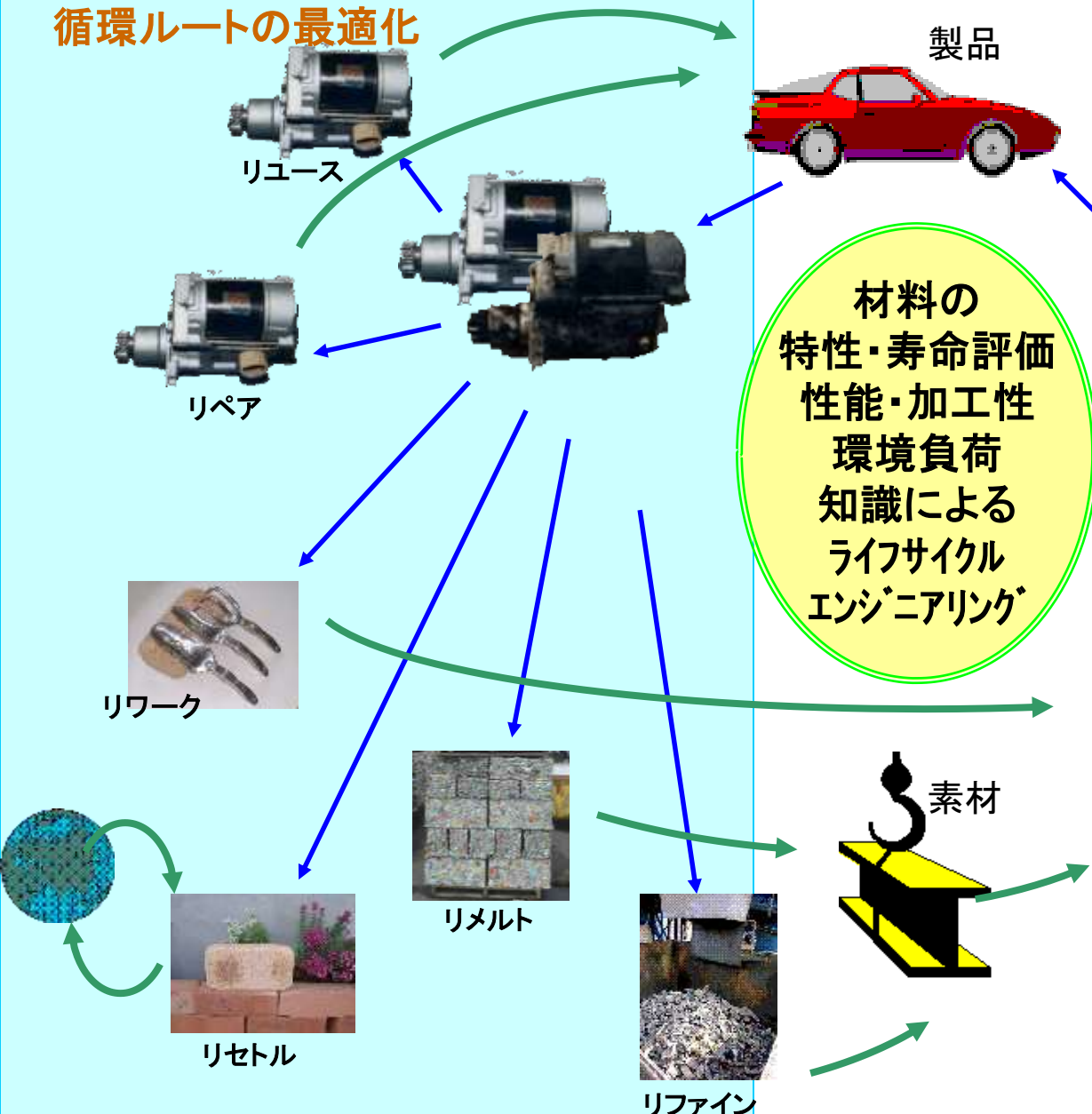
再利用可能性

主機能喪失後の部分利用性

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・セレクションによる 製品の概念設計の変更

マテリアル・リースによる 循環ルートの最適化



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

資源生産性向上のための総合プログラム 脱20世紀プロジェクト

資源生産性向上の3つのキーワード

「ソリューション指向材料を国際マテリアルリースで有効に使用し産業間フュージョンで管理して再度ソリューション指向材料として循環」

・国際マテリアル・リース社会

使用者が材料を買い取るのではなく
機能・サービスを買い取り
物質は提供者に循環・管理される
国際的システム

徹底した循環

・ソリューション指向材料システム

使用目的に適合した概念設計の変更を
可能にする選択と加工の自由度に富む材料
ファクター4材料+ファクター10製品

徹底したリデュース

産業間コネクションにより廃棄物・副産物を活用できる
ゼロエミッションに近づく産業構造の転換を支える技術

・産業間フュージョン

徹底したゼロエミッション

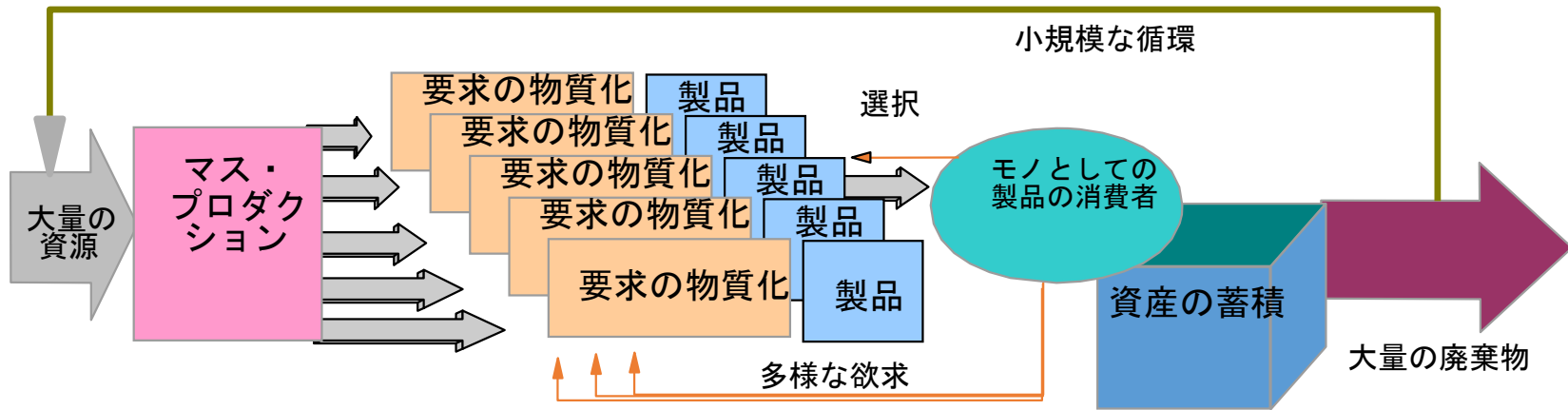
● 資源生産性向上のための材料研究プログラム 資源循環型経済社会を支える材料創製・循環基盤

- ・材料の高度システム化技術研究
- ・材料の多機能化技術研究
- ・物質の潜在特性探索研究
- ・複合物質変換技術研究

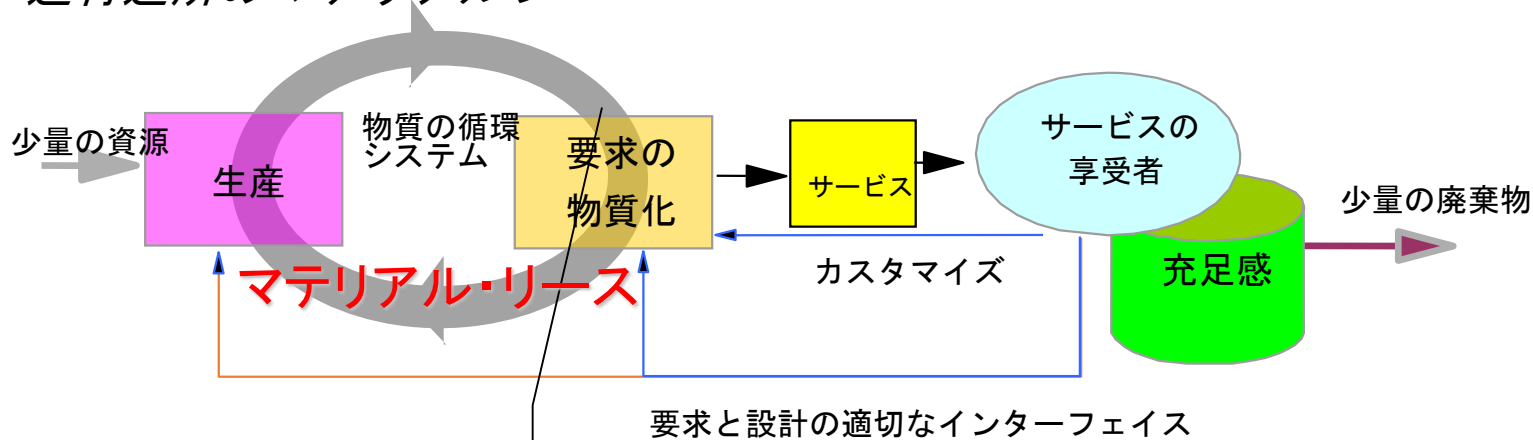
- ・材料の適寿命化技術
- ・解体性設計適合材料
(表面保護、機能維持等)
- ・グレードアップ設計適合材料
(自在加工、機能複合能 等)
- ・リサイクルラブル材料
- ・人工不純物無害化材料
(リサイクル不純物、有害危惧物質)
- ・物質融合ポイズンフリー化システム
- ・エネルギー・物質総合制御技術
- ・循環型産業プラント用材料
- ・ファクター4材料(特性向上)
- ・ファクター10可能技術
(加工性拡大、複合多機能化)
- ・軽量化、集積化、インテリジェント化
- ・デザイナーマテリアル

リサイクルの究極の解は、「消費者にモノを与えないこと」

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



サービスの提供者が享受者にあたかもリースしたかのように物質も管理する。

大量生産・大量消費・パフォーマンス指向から
適合生産・ソリューション指向へ

大量生産を支えた、分業 と コピー技術 を見直す機会



Sustainability calls for a new frontier of materials science

National Institute for Materials Science, Japan

Ecomaterials Research Tem Leader

HALADA Kohmei



2000 THERMEC at Ottawa

Ecodesign working plan for 2015-2017

Task2 Identification of resource relevant product groups

Durability of components/products

- 技術的life-timeを伸ばす耐久性のある製品設計
- Upgradability
- Design for reparability (易解体性部品、交換可能性)
- 非破壊的な解体やキー部品の交換を可能にする
明確で公開された解体・修理の情報

遍廻型(ubi-culation)社会の 材料要件

- 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

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

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

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

その場加工性

- 向上にもちかえられない
- 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

省資源性

- 目的機能あたりの材料使用量を少なくする
cost とのcoupling
- 用途、環境にあった組織設計
応力方向、熱傾斜方向など
- 形状付与と組織制御の結合
→ Tailored material

含 Recycle ,
by-product

身近なものを使って
良いものをつくる

社会システム、
インフラシステム・デザイナ
との協働

安心できる社会システムニーズ
エネルギー、水、輸送、など

良質のものを集めて
優れたものをつくる

世界に良い素材を売る

適当な素材を安く使いこなす

どちらが高い?

高炉ビレット(鉄鉱石由来)



電炉ビレット(スクラップ由来)



>
=
<

天然金



リサイクル金



>
=
<

どちらが高い？

リサイクル50%以下



ホワイトコピー用紙APP社 500枚x5冊

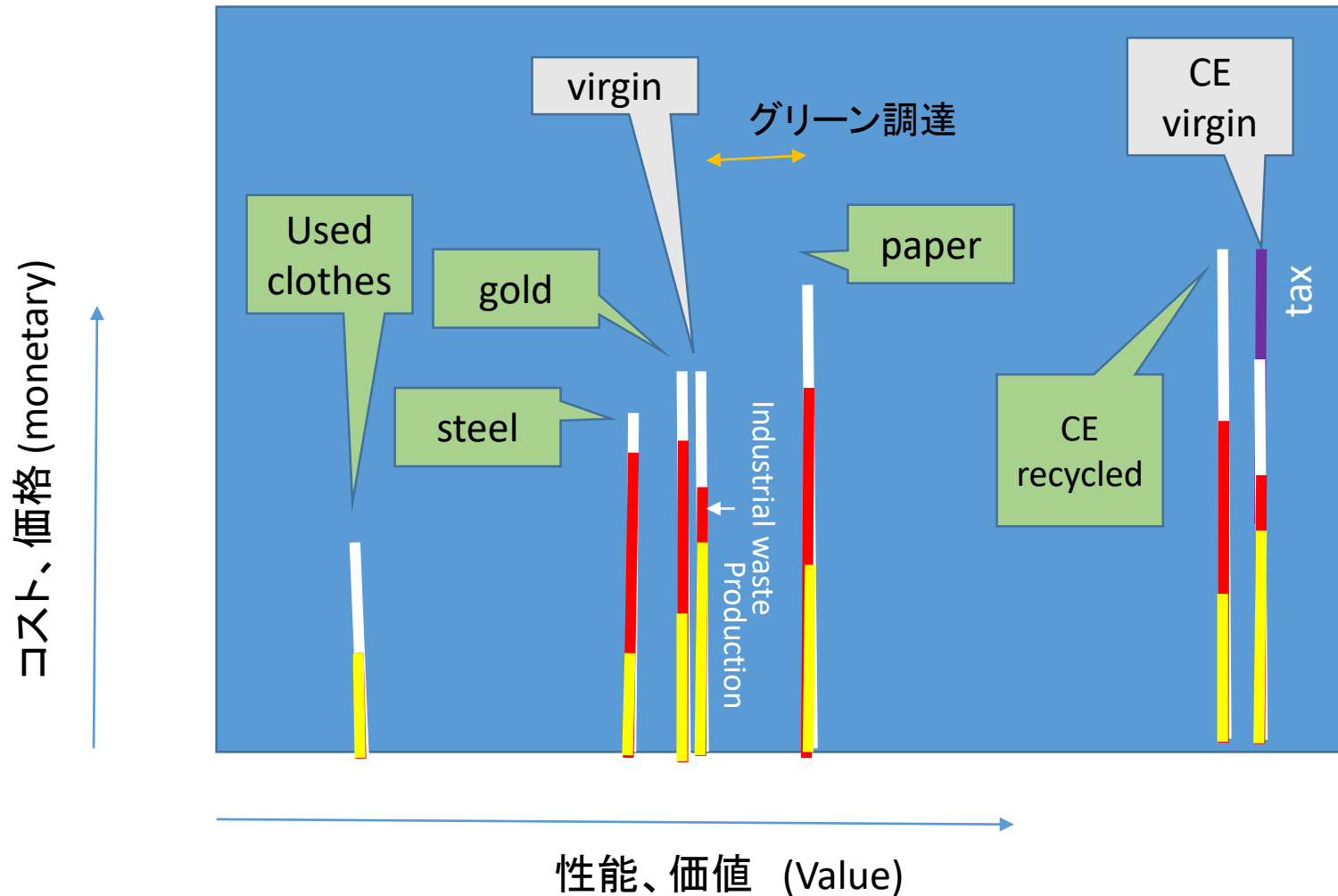
>
=
<

リサイクル100%



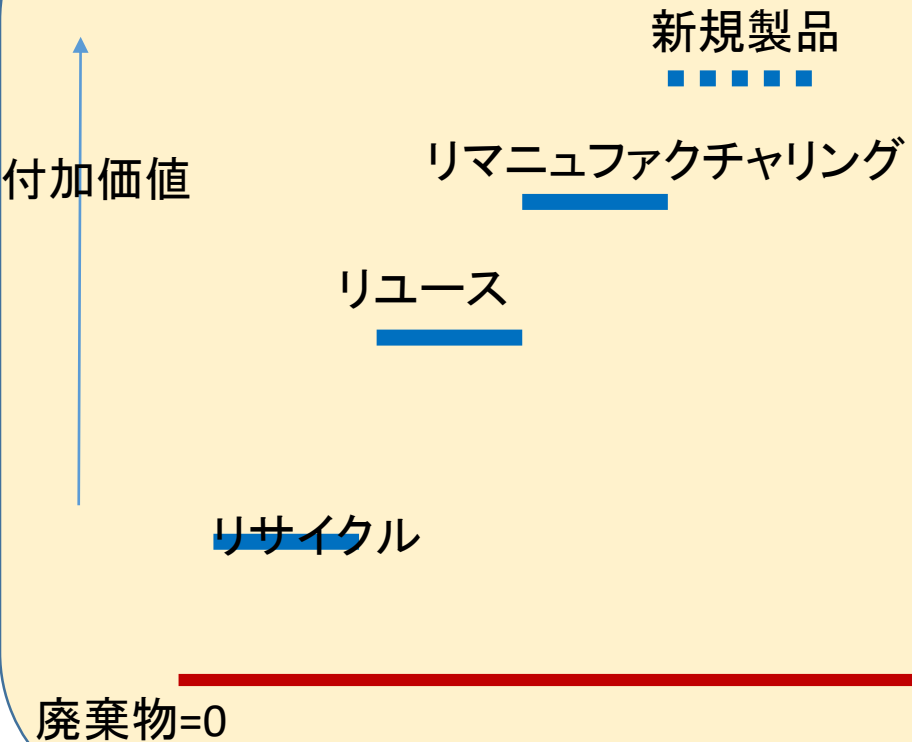
環境用紙シリーズ CS-680 A4
500枚×5冊 キヤノン

リサイクル物の価格構造

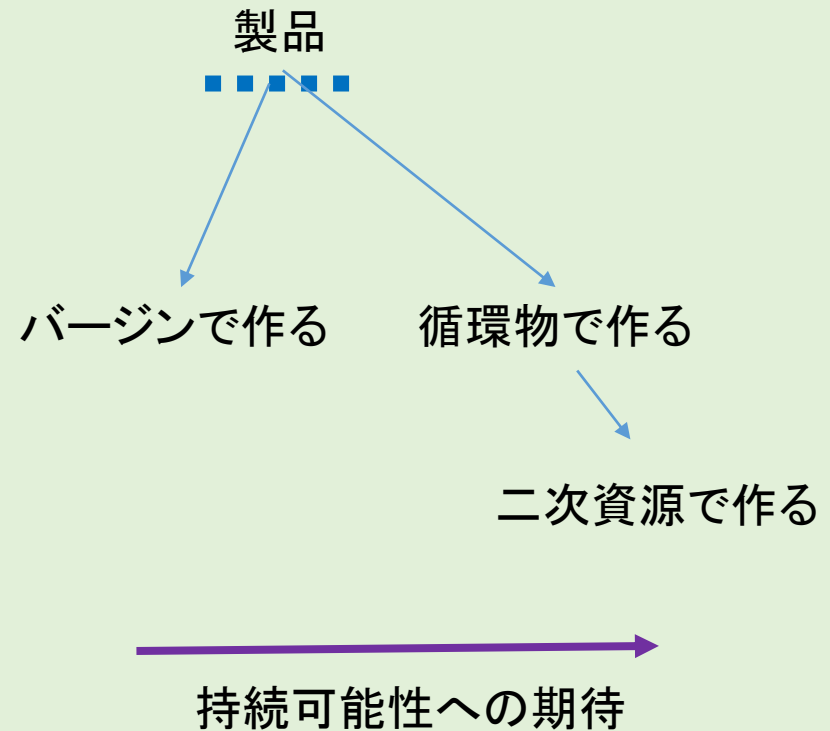


サプライ側からの付加価値の積み上げ →使用価値を基礎に、持続可能性等の 価値で差別化する

従来の発想



CEの発想

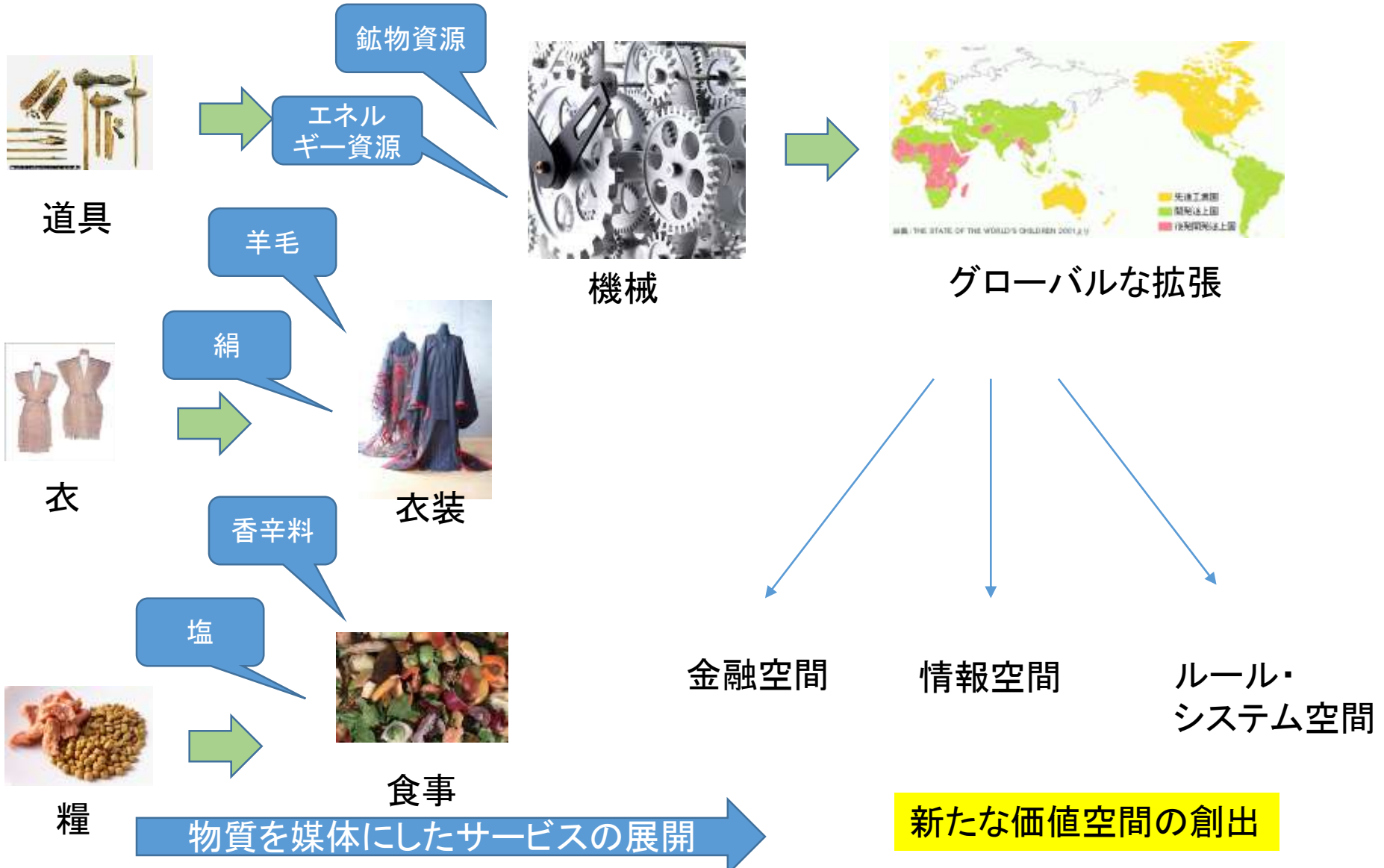


水平リサイクルのための技術

- 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

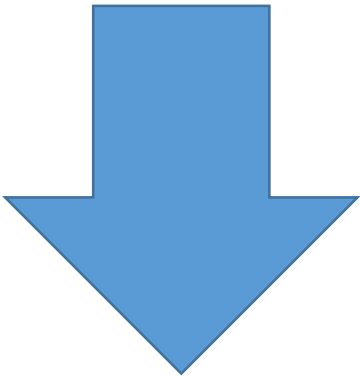


付加価値≡サービス, 満足の代償



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



Sustainable
spciety

生活様式
社会システム

Social mind

材料科学

Physical base



MRS-J
The Materials Research Society of Japan

IUMRS-ICAM 2017

The 15th International Conference on Advanced Materials

27th [Sun] August - 01st [Fri] September
Kyoto University, Yoshida Campus,
Kyoto, Japan

Second Announcement & Call for Papers

Website: <http://iumrs-icam2017.org/>

Announcement: <https://www1.mrs-j.org/en/index.php>

Abstract Submission Due : 28th February 2017

Contact Details

Chairperson

*Dr. Yasuro IKUMA,
Kanagawa Institute of Technology,
Professor*

General Secretary

*Dr. Toshiyuki MORI,
National Institute for Materials Science
(NIMS), Managing Researcher*

Conference Secretary

Mr. Hiroshi OKUBO

Secretary of MRS-J

Ms. Satsuki TAKEMOTO, Ms. Kumi OWASHI

Committees

International Advisory Board

*IUMRS Officers,
Presidents of IUMRS Adhering Bodies*

Call for papers of IU-MRS

session **Resource Efficiency and Material Technology**

IU-MRS (International union of Materials Research Society) 2017 at Kyoto will be held from **27th August to 1st September**.

Abstract submission is opened at 14th November 2016. The dead line of the submission is 28th Feb. 2017. (<http://www.iumrs-icam2017.org/program/cfp.html>)

Please send your contributions to IU-MRS 2017 session Resource Efficiency and Material Technology.

- Policy and metrics of resource efficiency
- Criticality of resources and materials
- Material technology of higher resource efficiency
- Material technology for Low Carbon Society
- Materials technology and system for Sound material circulation
- Ecodesign for Circular Economy
- Alternative technology from critical materials

Considering above these scopes, discussion will be organized under similar approaches, namely;

- a) research and development of material for low carbon society
- b) material flow / circulation and eco-design technology
- c) materials informatics