

循環経済（循環型社会）の道筋を展望する

2018年2月2日アイビーホール

慶應義塾大学経済学部

細田 衛士

循環型社会（循環経済）を巡る世界の動き

- RE施策内容の実現のためのロードマップ(2011)
- CEパッケージ案の提示(2014)
- 2014提案の一時撤回
- エルマウサミット(2015)
- CEパッケージの再提案(2015)
- 政策の主要対象:プラスチック、食品廃棄物、critical raw materials、建設系廃棄物、バイオマス・有機系廃棄物など
- REの対象と較べると、少し狭まった
- 富山物資循環フレームワークの合意(2016)



エルマウサミット2015年6月

EUを巡る動き

- 2015年12月以前では、それまで提示されていた資源効率性（Resource Efficiency, RE）の概念に基づき、政策パッケージが欧州委員会（EC）によって提案されるはずであった。
- この政策パッケージでは、REの指標（indicator）が開発され、政策目標として提示されるという話もあった。
- しかし合意に至らず一時撤回。
- 2015年6月のエルマウサミットでもRE概念にしたがって各国が協調すべきことが確認された。→世界の趨勢！

Leaders' Declaration of Elmau G7 Summit

The protection and efficient use of natural resources is vital for sustainable development. We strive to improve resource efficiency, which we consider crucial for the competitiveness of industries, for economic growth and employment, and for the protection of the environment, climate and planet. Building on the “Kobe 3R Action Plan”, and on other existing initiatives, we will continue to take ambitious action to improve resource efficiency as part of broader strategies to promote sustainable materials management and material-cycle societies. *We are establishing the G7-Alliance on Resource Efficiency as a forum to share knowledge and create information networks on a voluntary basis.*

CEパッケージ

- しかし、2015年12月2日に発表されたのは、Circular Economy Package（CEパッケージ）であり、その内容は、REパッケージで予想されたものとはかなり異なるものとなった。
- REとCEはほぼ同内容のことを目指しつつも、異なる概念。
- 今でもREとCEの政策概念について、人々の間で理解の相違が見られる。

Linear Economyのイメージ

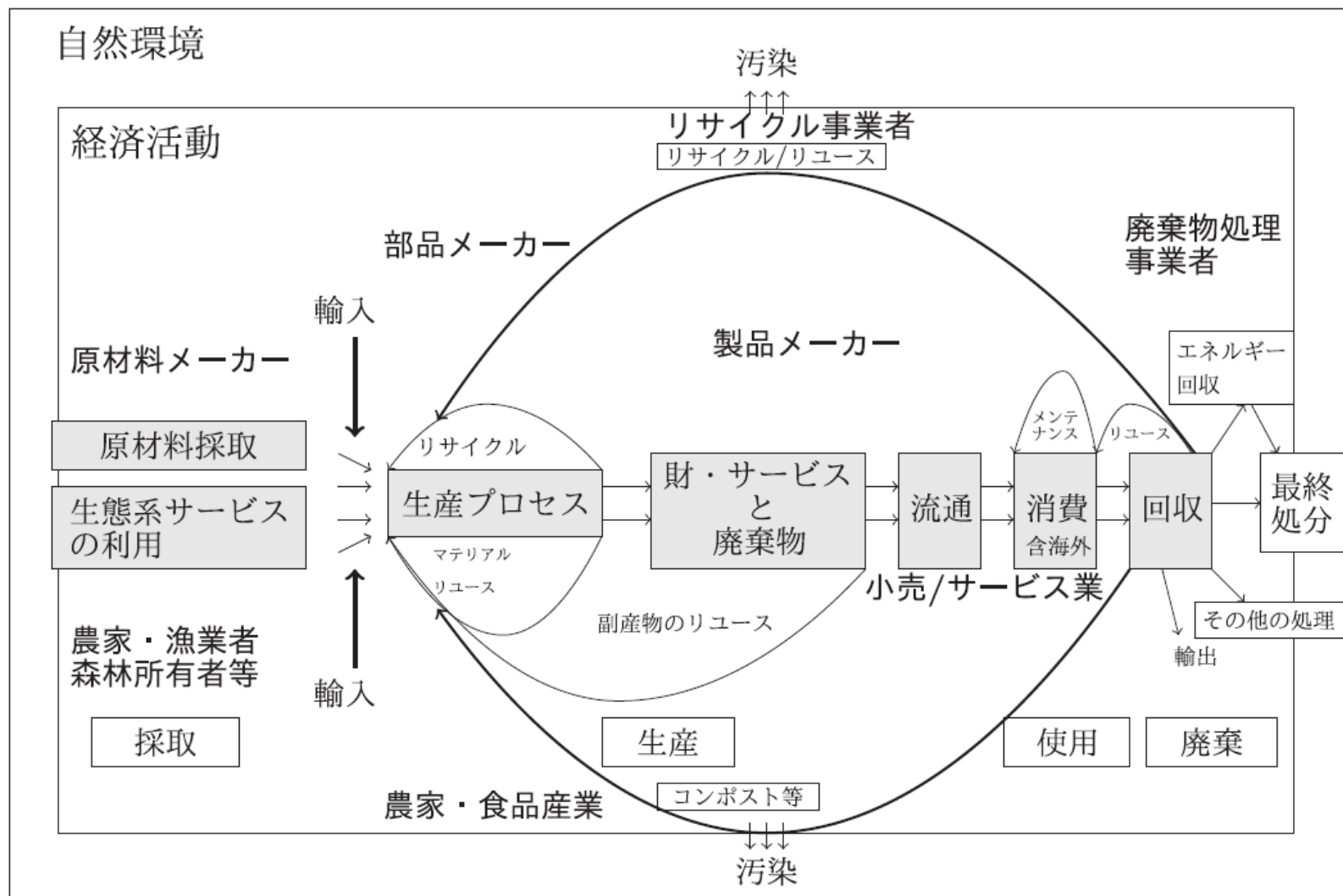


図1 一方通行経済のイメージ

出典：European Commission (2014d, Figure 2) をもとに筆者作成。

Circular Economyのイメージ

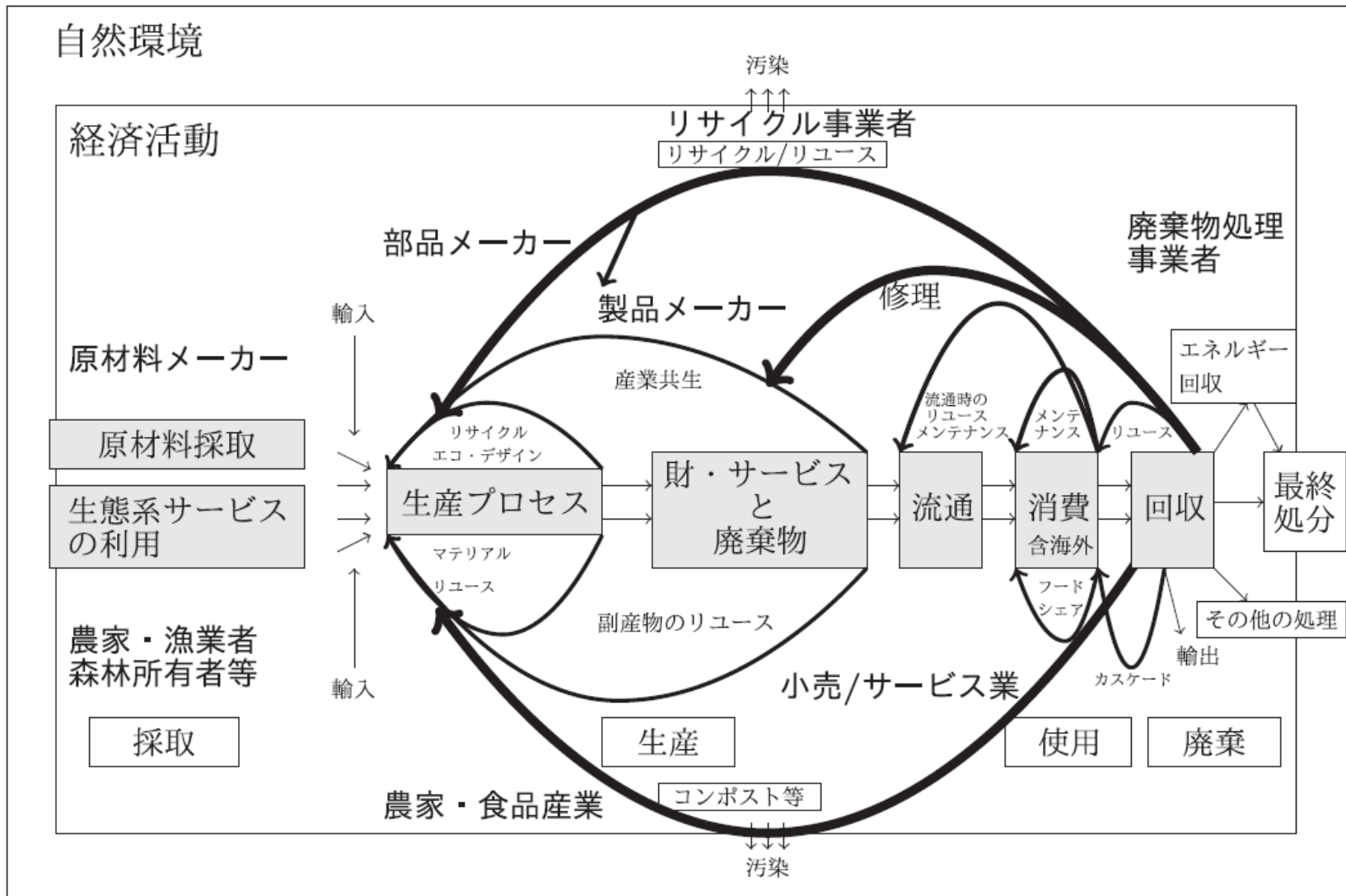


図2 循環経済のイメージ

出典：European Commission (2014d, Figure 3) をもとに筆者作成.

経済成長と資源利用のデカップリング

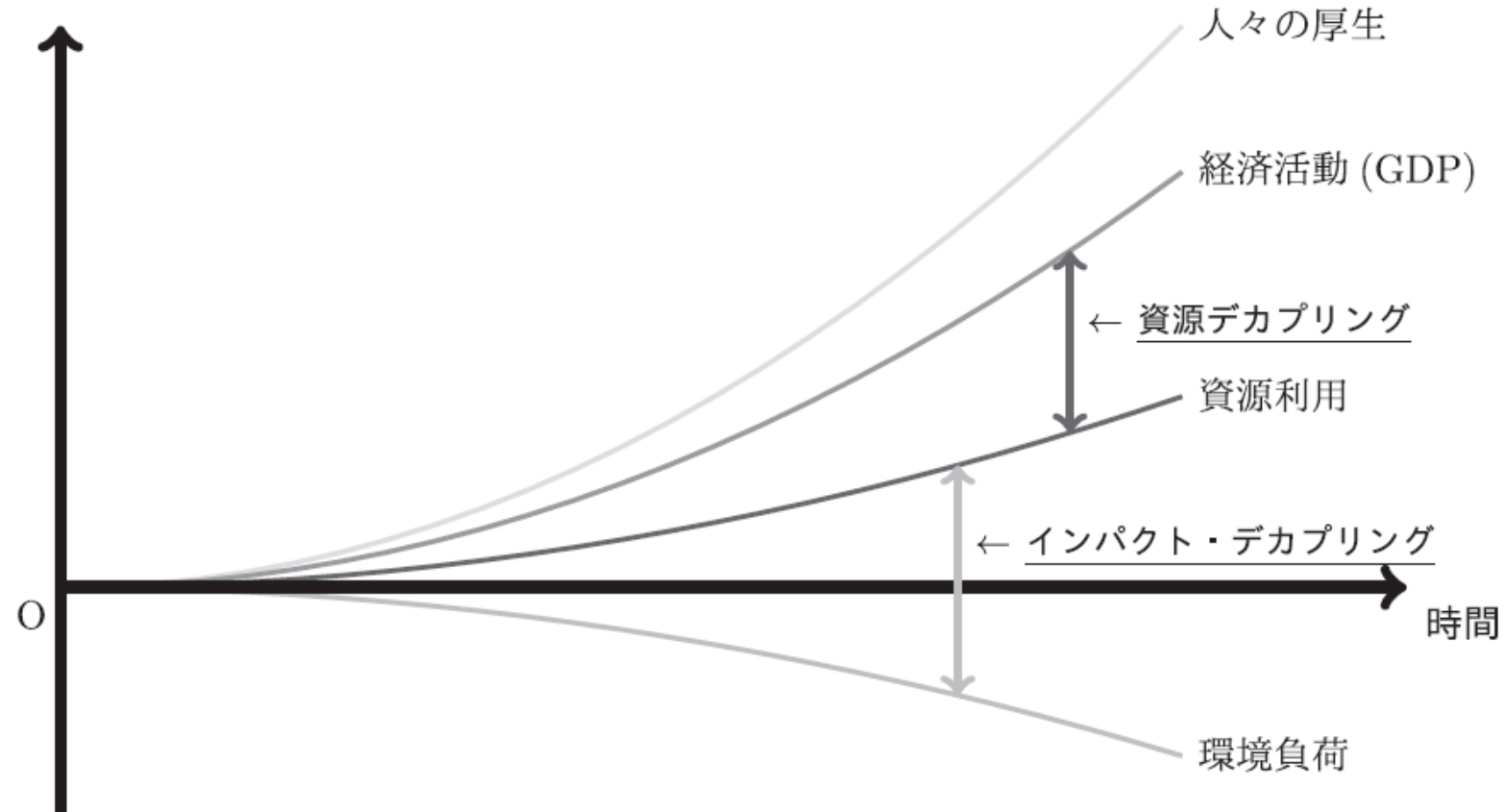


図3 経済成長と資源利用のデカップリング

出典：UNEP-IRP (2016).

CEパッケージとREパッケージの違い

- REパッケージは、いわゆる資源（金属資源、素材等）に限らず、水、大気、土壌、エネルギー、気候変動など環境に関わる多くの要素を対象としたmulti-dimensionalなものであった。また、RE指標に基づき、企業のRE指標値の報告義務、目標値の義務付けなども予想された。
- 一方、CEパッケージでは資源の循環利用に重点が置かれ、multi-dimensionalなトーンは薄れた。各企業のRE指標値の豪国義務なども要請されていない。

大きな共通点

- どちらも、雇用の創出、GDPの増加、経済成長に非常に重きを置いている点では共通するところがある。
- REパッケージにしる、CEパッケージにしる、「経済の活性化」を1つの目標としているところに特徴がある。
- すなわち、REパッケージにしる、CEパッケージにしる、環境政策でありつつも経済政策の1つとして位置付けられていると理解すべきである。

CEパッケージで目指された具体的なこと

- 2030年までにEU加盟国の都市廃棄物のリサイクル率を65%以上にする。
- 2030年までにEU加盟国の容器包装廃棄物のリサイクル率を75%以上にする。
- 2030年までにEU加盟国の都市廃棄物の直接埋立率を10%以下にする。

G 7 富山環境大臣会合の結果について

資源効率性・3R

G 7の取組についての進捗を確認するとともに、引き続き、資源効率性・3Rのために率先して継続的に取り組み、経済成長と天然資源利用との分断（デカップリング）を促進することで一致。また、UNEP国際資源パネル及びOECDからの報告を受け、協調した行動によって、環境のみならず、経済成長、技術革新、資源安全保障及び社会開発に多大な関連する便益をもたらすとの認識で一致。共通のビジョン、G 7各国による野心的な行動、グローバルな取組の促進、着実なフォローアップを含む「富山物質循環フレームワーク」を採択。（環境省ホームページより）

CEの展開の背景

- REの議論と並行してCEの議論が展開されていた。
- Ellen MacArthur Foundationの巨大な財政支援。
- それを受けて膨大なペーパーを出すMcKinsey & Company。
- Ellen MacArthur Foundation + McKinsey & Company の出すペーパーは、EUのCEパッケージの理論的バックボーンとなっている。
- Ellen MacArthur Foundation + McKinsey & Company の描くCEは、いわばバラ色の世界。
- CGE(Computer General Equilibrium Model)を使ってはいるが…。

払しょくできない違和感

- EUのCEパッケージにしる、MacArthur Foundation + McKinsey & Company のCEの議論にしる、払しょくできない違和感がある。
- Ellen MacArthurは、ヨットの世界一周単独航海という長い過酷なセーリング体験で、モノの限られたヨットと地球は同じ状況だと感じたという。
- そこで彼女はLinear EconomyからCircular Economyへの転換に関する研究、コンファレンスに財政援助するようになった。
- しかしそこに一種の「宗教性」を感じてしまう。

Ellen MacArthur

- ・炭鉱夫の孫
- ・ヨットセイラー
- ・なぜか巨万の富を持ち、財団を作った
- ・今や、CE教の教祖的存在
- ・CE関係の出版・コンファレンスに資金援助



彼女のTED Talkは見もの。プレゼンがとても上手。引き込まれる魅力がある。

日本でも大流行りのCE

- 私自身も方々で言いまくっているので若干気が引けるが、今日日本でもCEが大流行りになっている。
- 多くの人がCEという言葉（仮に書かれたものを読んでないとしても！？）知っているし、セミナーも開かれている。
- 役所も、CEやREの流れに乗り遅れまいとしている。
- それはそれでよいのだが、もう少し冷静に眺めてみる必要がある。
- もちろん、CEの基本的な考え方は否定しない。その大筋は否定すべくもない。

Growth Within

- MacArthur Foundation + McKinsey & Company の *Growth Within* (2015) によると、Linear EconomyからCircular Economyに移行することで、資源の投入量が少なくなり、エネルギー使用量も少なくなる一方、雇用は増加し、GDPも増加するという。また、2030年までのGDP成長は、business as usual caseから7%ポイント増加する。資源投入が減少する一方、GDPが増加するのは、資源生産性（資源効率性ではない！）が3%で上昇するから。つまり、ものすごい技術進歩があると **想定されている**。

簡単な要因分析

- 以下のような恒等式分解を行う。ここで、 Y 、 R 、 L はそれぞれGDP、資源投入量、労働投入量。
- $Y = (Y/R) \cdot (R/L) \cdot L$ だから、 $(Y/R) = re$ （資源生産性）、 $(R/L) = lr$ （資源労働比率）とおき、両辺の対数をとって微分すると、次のようになる。
- $\Delta Y/Y = (\Delta re/re) + (\Delta lr/lr) + (\Delta L/L)$
- $\Delta Y/Y$ はGDP増加率（経済成長率）、 $(\Delta re/re)$ は資源生産性の上昇率、 $(\Delta lr/lr)$ は一人当たりの資源投入量上昇率、 $(\Delta L/L)$ は労働人口増加率。

するところなる…

- CEでは、一人当たりの資源の投入量は減るのだから($\Delta l_r/l_r$)はマイナス。
- 労働人口の増加率はプラスかマイナスかわからないので、($\Delta L/L$) $\doteq 0$ とおいて良いだろう。
- すると、経済成長率がプラスになるためには($\Delta l_r/l_r$)のマイナスを補うほどの資源生産性の伸びが必要になる。つまり、

$$\Delta Y/Y = (\Delta r_e/r_e) + (\Delta l_r/l_r) + (\Delta L/L)$$

(+)(++)(-)($\doteq 0$)

ということが想定されている。


どうしたら資源生産性が高くなるのか

- 経済学の用語言うところの全要素生産性（Total Factor Productivity、TFP）が高くなることが想定されている。
- つまり、技術的イノベーション、システムイノベーション、ヒューマンイノベーションの3つの革新を同時に進めることによってTFPを高くする必要がある。
- しかし日本の労働生産性はOECD諸国の平均以下。
- 上昇率も低い。

今後の重要な課題

- 経済成長が持続するためには、有効需要が伸び続けなければならない。
- どうしたら有効需要を増加させることができるのか？
- 人びとの支払意思を高める必要がある。
- モノからサービスの世界へ。
- リース、レンタル、シェアリング、プロダクトサービス化など。
- 新しい需要の開拓の必要性。

CEパッケージ・議論でのキーワード

- RE（資源効率性）
 - CE（循環経済）
 - Resource Productivity（資源生産性）
 - Decoupling（連結解除）：経済成長と資源投入量との正の相関を解除する
 - Repairability（修理可能性）
 - Remanufacturing（リマニュファクチャリング）
 - Sharing（共有利用）
- 
- これらは既に説明した

Decoupling

- 経済成長と資源投入量との正の関係を切り離す
- つまり物的資源・エネルギーの投入量が一定でも、経済成長が可能となること
- これは、資源生産性・エネルギー生産性が常に増加しなければ可能にならない
- 要因分解式で、仮にR（資源投入量）がほぼ一定で、かつL（労働人口）がほぼ一定だとすると

$$\Delta Y/Y \doteq (\Delta re/re)$$

が成り立たなければならない。CEでなぜそれが可能になるのか？

Repairability

- Repairability（修理可能性）という言葉は、それまでのREの議論にはほとんど出てこなかった。
- 今回のCEパッケージで多用されるようになった。
- 日本で言うところの、「長寿命化」を可能にするための方策。
- これまでの環境配慮設計（DfE: Design for Environment）と深く関わる。
- Remanufacturingとも深く関わる概念。
- しかしモノによっては技術進歩から取り残されることになる。エネルギーロスも発生する恐れ。

Remanufacturing

- Remanufacturingとは、使用済み状態になった製品・部品を元の性能あるいは元の性能以上に復元すること。
- 例としては、飛行機、重機、自動車部品、家具などが挙げられる。
- これも長寿命化利用の一方策と考えるべき。
- しかし、金属疲労などが必ず起きるから、永遠にremanufacturingし続けることはできない。
- またremanufacturingの対象となる製品・部品も限られる。0系の新幹線をremanufacturingしても意味がないだろう。

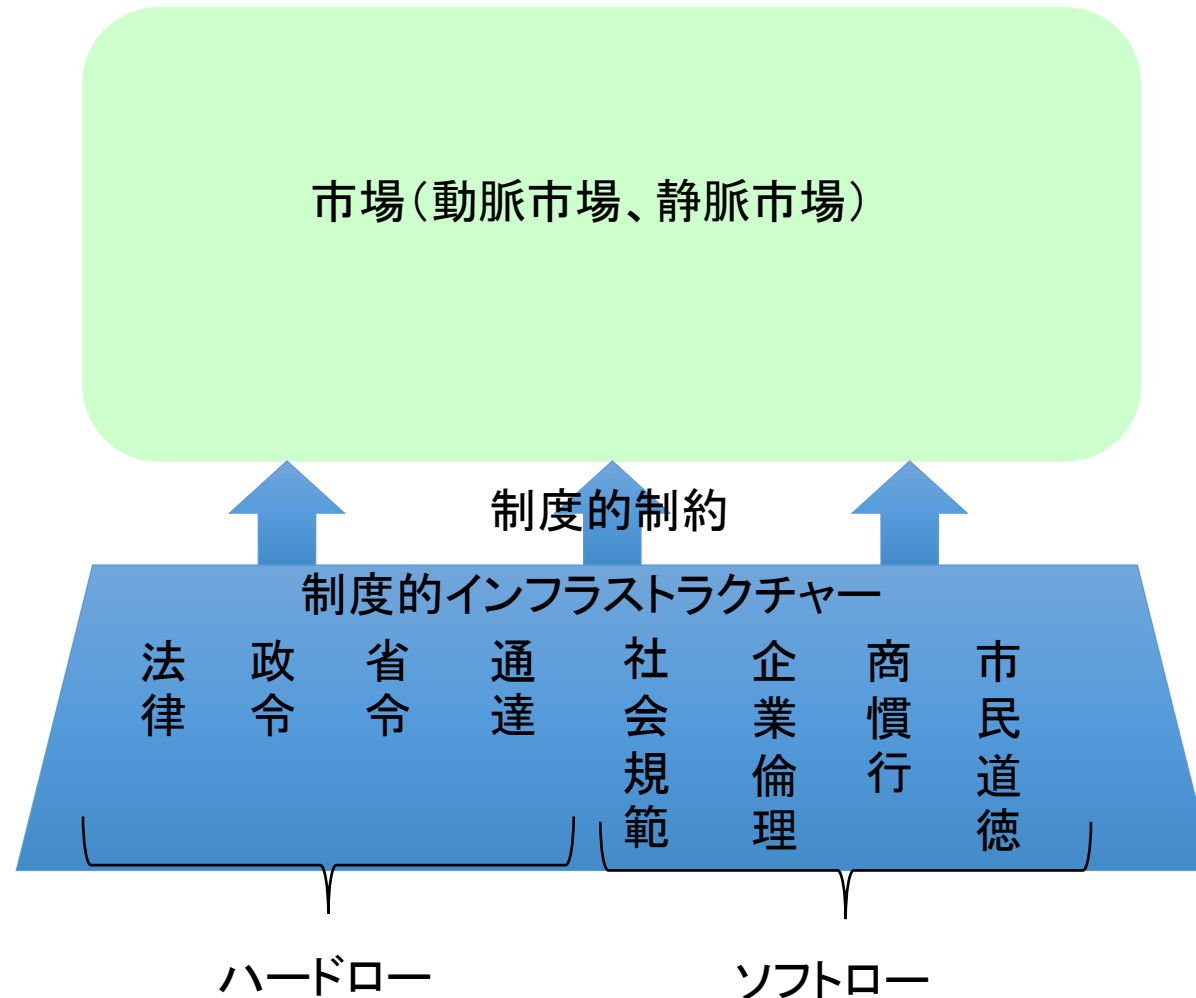
Sharing

- Sharingは文字通り共有して利用すること。今、EUの一部の人々が大好きな概念。
- 対象によっては非常に有効。特に個人にカスタマイズされないような製品には向いている。
- 一方カスタマイズされた製品、個人の嗜好が強く反映する製品には向かない。
- 自動車、家具、オフィスなどが対象となる。
- レンタルやリースもこれと近似した概念。

LEからCEへの移行

- どうやってLEからCEに移行するのか？
- 2つの考え方がある。1つは、企業の自主努力、国・自治体などの支援のもとに移行するという考え方。
- もう1つは、国などが制度的インフラストラクチャーを整備することによって移行するという考え方。
- MacArthur Foundation + McKinsey & Companyは楽観的で、前者の考え方のよう。（Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains 2014）
- EUは政策パッケージで移行を進めるつもり。

制度的インフラストラクチャーと市場



静脈物流の重要性（1）

- 静脈資源（使用済み製品・部品・素材）は「疎」に発生する。
- それを効率的に回収・収集し、運搬するのは容易なことではない。
- （例）携帯電話：これは貴金属・希少金属の入っている割合が大きいのでリサイクルしたい対象だが、回収が難しい。
- インフォーマルセクターが排除できないと健全な回収・収集・運搬が困難になる。
- 資源相場によって取引フローは変化してしまう。

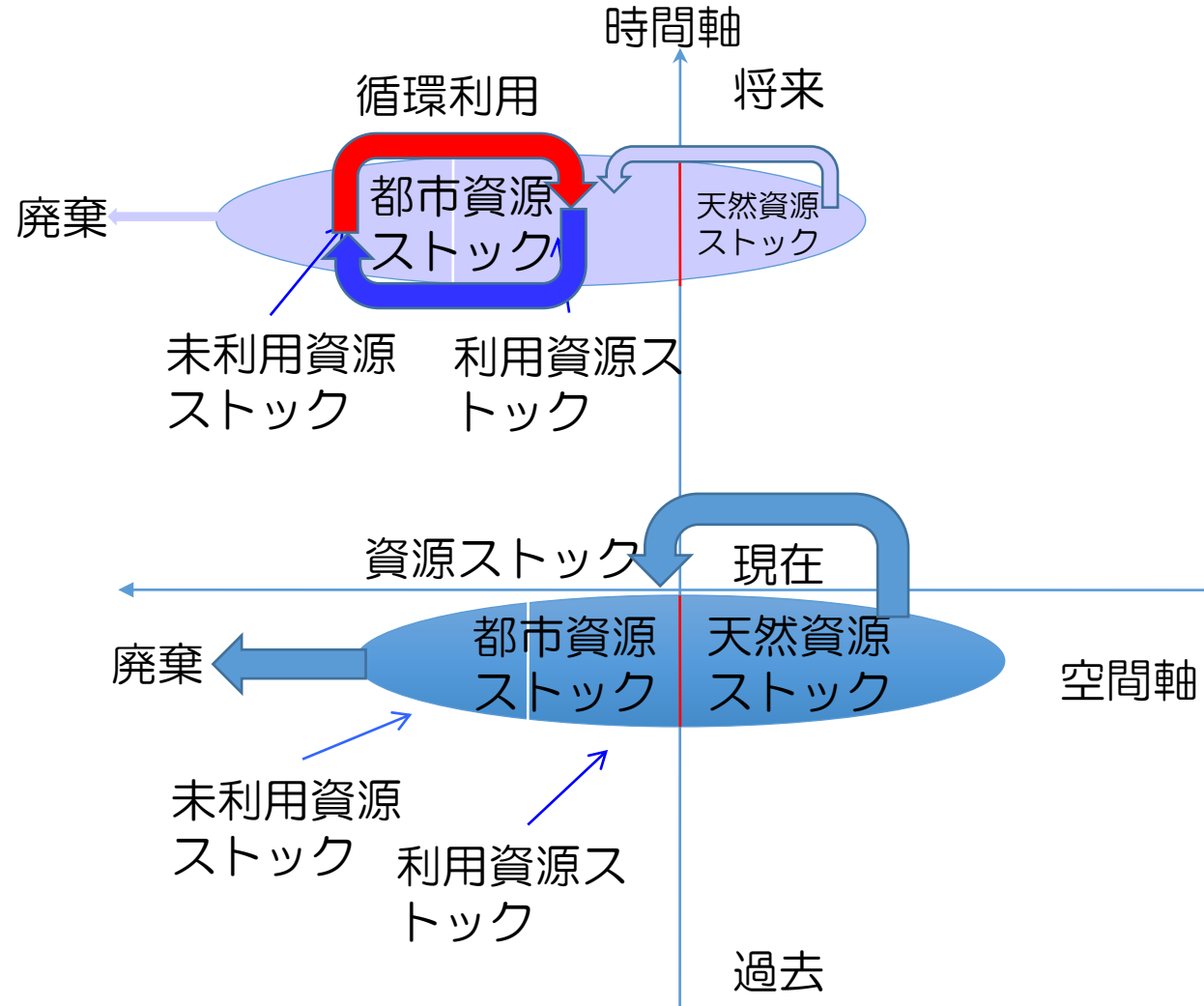
静脈物流の重要性（2）

- この点についてもMacArthur Foundation + McKinsey & Companyは楽観的。
- 使用済み製品が、国境を越えて製造者の所に戻されるのがベターという考え方。
- LCA的にそれが良いとは到底思えない。
- 資源循環の最適レイヤー（層）を考える必要がある。
- 費用負担の問題を考える必要がある。

今後の方向性

- MacArthur Foundation + McKinsey & Companyのような楽観的あるいは宗教的な考え方には与しない。
- **だが、CEあるいは循環型社会へ舵を切らなければならないことは明らか。**
- 理由1：長期的に資源はピークアウトする。
- 理由2：天然資源は地政学的なリスクを受けやすい。
- 理由3：汚染が拡散させるインフォーマルセクターを排除する。
- 理由4：埋め立て処分場の節約利用。

昨年使った図で説明すると…



日EUの廃棄物処理内容の比較（2013年）

	埋立処分率	焼却率	リサイクル率	コンポスト化率	その他
日本	11%	80%	21%(1)	—	—

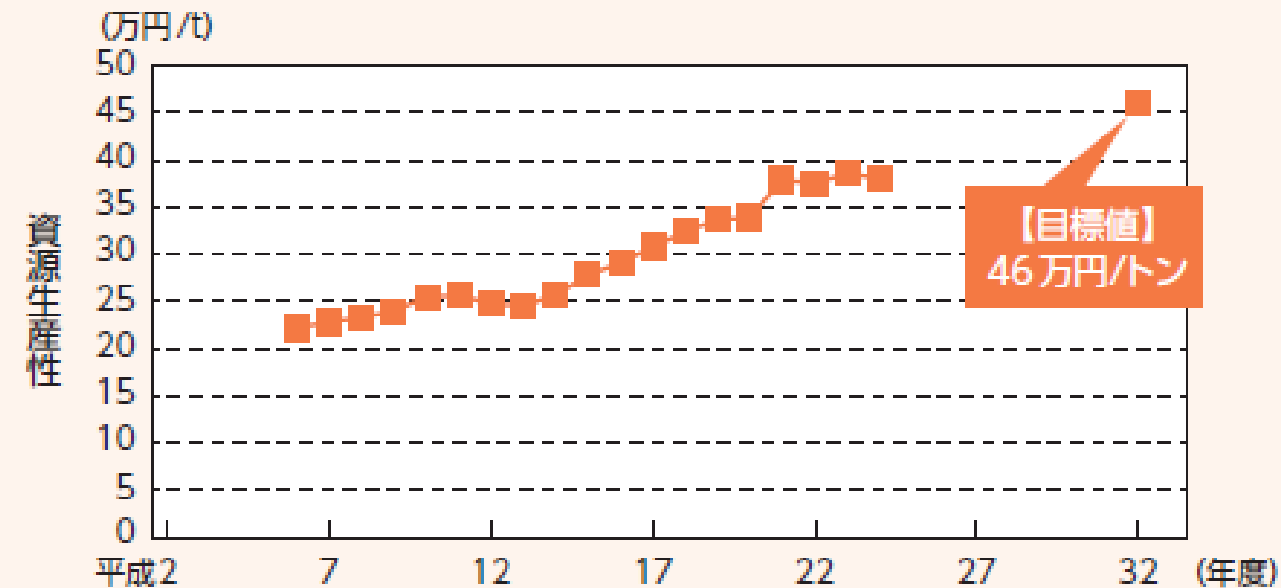
（上の計算には重複があり、足して100%にならない）

	直接埋立処分率	焼却率	リサイクル率	コンポスト化率	その他
日本（EUベース）	1%	80%	19%	—	—
EU	30%	26%	27%	15%	2%

循環基本計画：3つの指標、資源生産性

資源生産性（ $=\text{GDP} / \text{天然資源投入量}$ ）

図3-2-2 資源生産性の推移

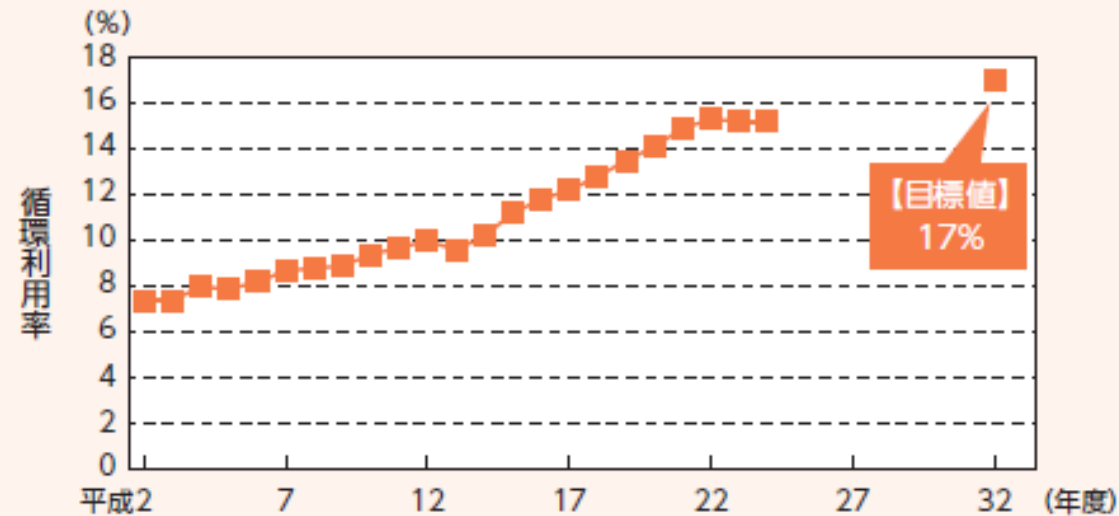


資料：環境省

循環基本計画：3つの指標、循環利用率

循環利用率（＝循環利用量／（天然資源投入量＋循環利用量））

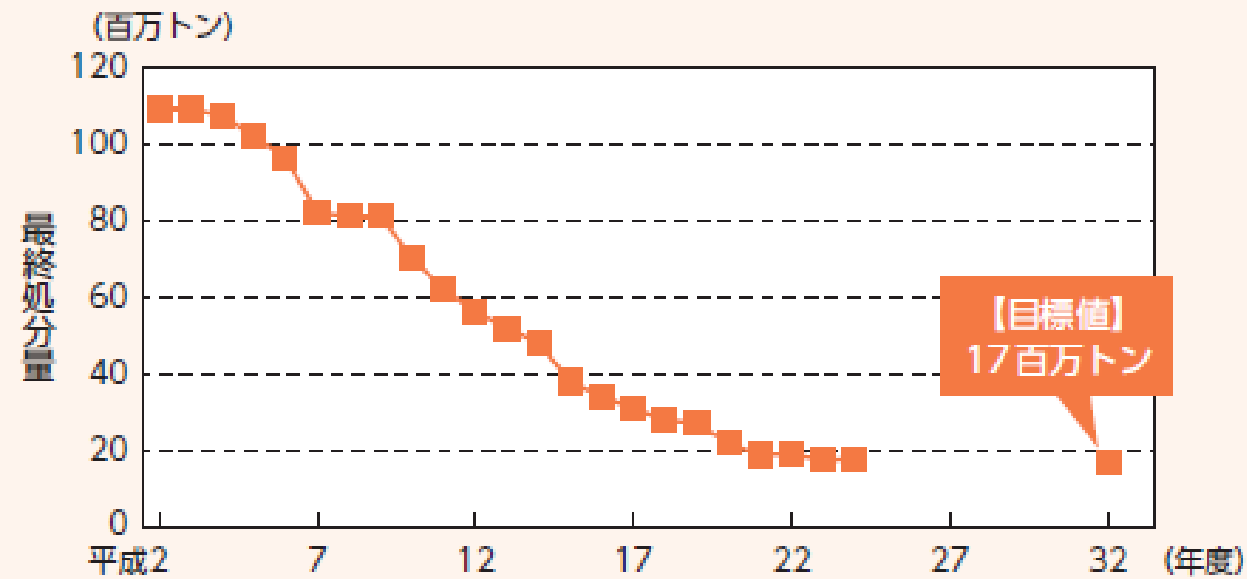
図3-2-3 循環利用率の推移



資料：環境省

循環基本計画：3つの指標、最終処分量

図3-2-4 最終処分量の推移



資料：環境省

日本の資源循環の問題点

- リサイクル率が伸び悩んでいる。
- 2次資源の国内利用が滞っている。
- 静脈資源が海外に流出している。
- 中国が輸入規制を始めた。静脈資源が日本で滞留の恐れも…。
- つまり高度な資源の循環利用ができていない。
- なぜ、EUでは再生プラスチックが日本よりも高価で取引されるのか？
- これらの問題を早急に解決する必要がある。

いま目指すべきこと

1. 原材料の投入削減・天然資源の節約
2. 廃棄物の発生・排出抑制（廃棄物管理）
3. 環境配慮設計（DfE）の実現
4. 持続可能な発展を促すために資源循環のループを閉じること；市場の変動に左右されない生産物連鎖の制御

おわりに

- 循環経済（CE）あるいは循環型社会を構築するには、制度的インフラストラクチャーと市場との協調が必要。
- 今後は、ハードローによる誘導だけでなく、ソフトローの誘導が重要になる（規格、認証なども含めて）。
- 資源の循環利用を進めるのはあくまでもビジネスの力。
- しかし市場の変動に左右されない制御が必要。
- そのためには、ミクロレベルでもマクロレベルでも動静脈連携をより緊密にしてゆく必要がある。
- どこに付加価値を付けるのかについて、常に技術的イノベーションとシステム・イノベーションそしてヒューマンイノベーションを押し進めて行く必要がある。