



**TANKYU
INTELLIGENCE
CENTER**

日本とともに螺旋的發展を

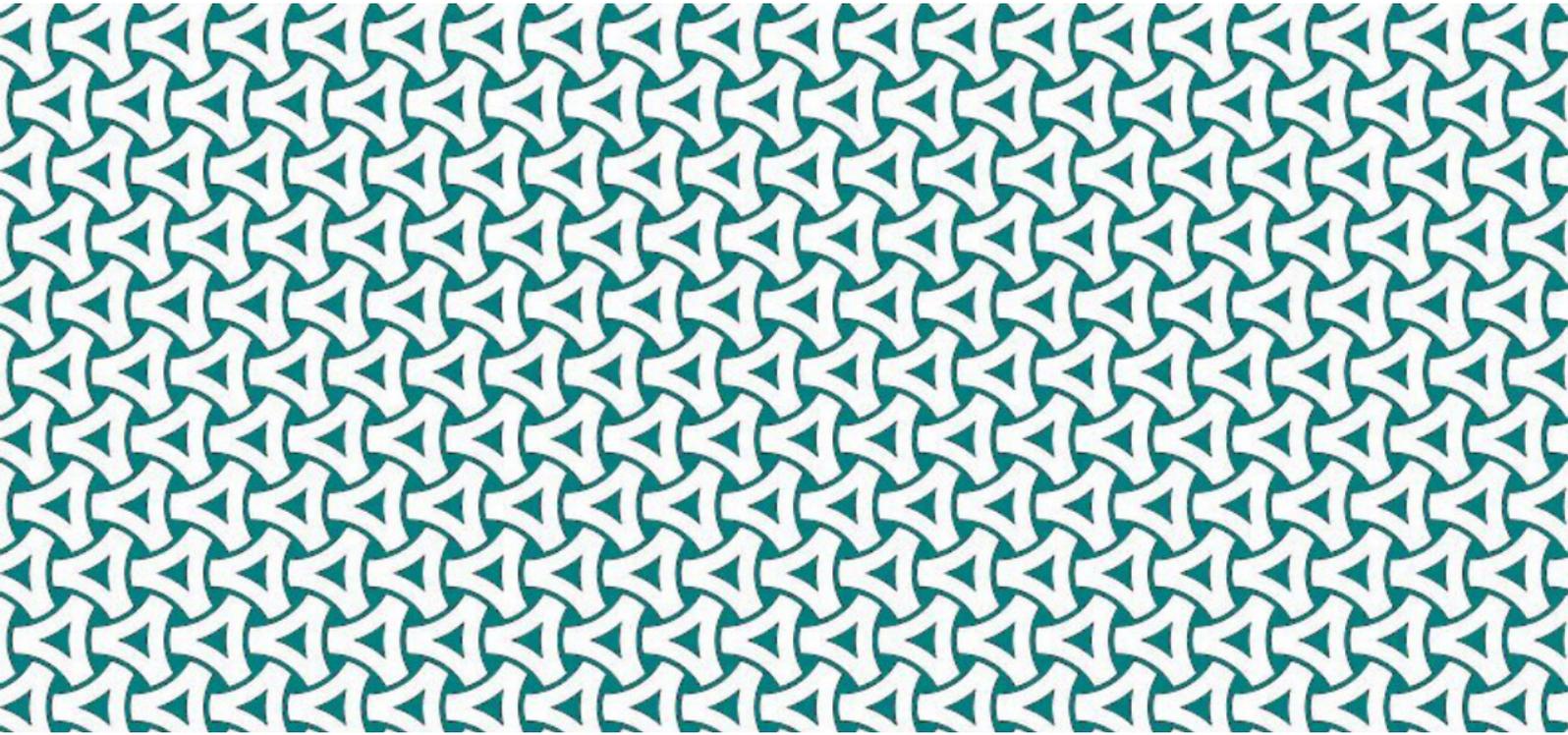
— 製造技術は北欧で再製造の技術になる —

2023年4月

著者:

ODA, Kazue

Tankyu Intelligence Center



いまでも新しさを感じさせる日本の伝統模様（毘沙門亀甲）

「日本とともに螺旋的發展をー製造技術は北欧で再製造の技術になるー」 に寄せて

サーキュラーエコノミー・広域マルチバリュー循環研究会 代表 原田幸明

サステナブル・テック・バナナと日本の連携は、素晴らしいことである。いま、世界は「モノ売りからコト」の方向に動いているが、これは「モノ」を放棄することではなく、「モノは売ってしまうものではなく、管理するもの」としてサーキュラーなサプライ・チェーンのもとで管理し、それをもとにより多様で豊かなサービスを市民が享受し社会を活性化することである。そのためには、実はモノの管理と機能発揮をより高度に活かせるテクノロジーとその担い手が必要であり、世界の中で、サステナブル・テック・バナナと日本はそのような役割を推進できる中核を担えるものと期待できるからである。

この提案では、日本からの視点として、循環型社会だけでなく江戸時代までさかのぼった螺旋的發展の視点を提起しているが、その螺旋的發展を支える推進力は、文中にもある「生産に携わる一人一人が、使い手の喜ぶ顔を想像しながら作るという精神」にあり、そこでは「作る」「使う」が連続しており、「作る」が「売ってしまう」で終わるリニアな社会にはない繋がりとして、テック・バナナ諸国のモノ作りとも共に通ずるものとしてこれからの世界に広めていくものであろう。

日本の家電リサイクル法の遂行以来、家電メーカーは新人はまずリサイクル工場に連れていく。そこで見てもらうものは、リサイクルの技術の自慢ではなく、使い終わって帰ってくる自社製品の姿である。そこで新人の技術者は、製品が本当に効果的に使ってもらったのか、些細な劣化でまだ使える機能が生かされなかったのではないか、など「天から授かったものをすべからく活かしているのか」という「勿体ない」の観点で設計などに携わる目を養うのである。

歴史や文化の違う両者の間では、表現やアプローチの仕方は異なるかもしれない。しかし、それだからこそ、共通の方向とその多様な道を共有し、理解し合い、そしてさらに発展させる、そのような取り組みとして、この連携が進んでいくことをリニアで、飽和しつつあり、格差と対立が拡大していつているかのように見えるこの世界への光明として期待するものです。



原田幸明 はらだこうめい

(国研)物質・材料研究機構名誉研究員

(一社)サステナビリティ技術設計機構代表理事

2022年瑞宝小綬章受賞

サーキュラーエコノミー・広域マルチバリュー循環研究会 <http://susdi.org/mvc/>

目次

「日本とともに螺旋的發展を－製造技術は北欧で再製造の技術になる－」に寄せて 2

はじめに

多言語の政策を比較できる時代のソーシャル・シンクタンクとして 4

サステナブル・テックは「螺旋的發展」 4

1. サステナブル・テック・バナナの座標軸

Mission Citiesと循環経済 6

気候変動への対応という「障地」 7

残存する価値へ着目する 8

2. 日本 -匠のチカラが発揮された「循環型社会」-

その成功体験とコスト要因意識がバリアになっている 9

家電リサイクルにみる匠の技 10

リサイクルの意思と技術はあれど・・・ 11

環境行政と産業振興にある段差 13

3. 日本の枯れたテックを北欧で活かす

建機と農機の「再製造」にみるヒント 14

枯れた技術に光を当てることで残存価値を引き出す 15

オーストリアモデルの修理バウチャー 16

サステナブルテックバナナとともに循環を作る 16

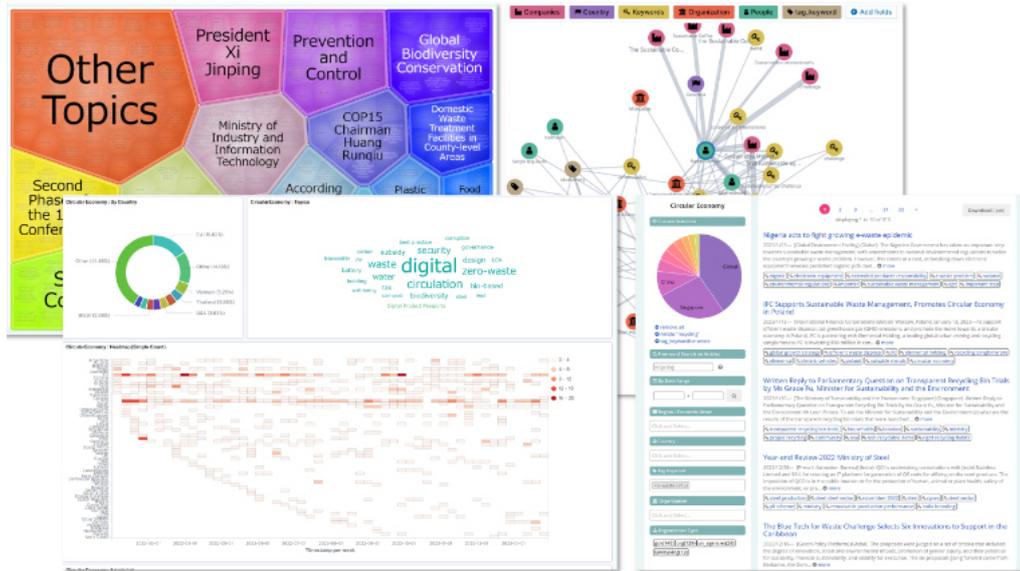
おわりに

よく似た家具の真逆の背景 17

螺旋的發展で、世界が江戸になる 17

探究インテリジェンスセンターについて 18

著者略歴 18



RuleWatcher 多言語をまとめる世界初の政策分析ツール

はじめに

多言語の政策を比較できる時代のソーシャル・シンクタンクとして

2018年、自動翻訳技術は漸く実用レベルに達した。他国の、それもかなりローカルな言語の情報も容易に母語で読める時代に突入したのだ。

2年後である2020年には、多くの人が言語を超えて自国と他国のコロナ政策を比較し始めた。このことは、かつて外国語に通じる一部の人たちだけが手にしてきた多言語情報が、ついに民主化の時代を迎えたことを象徴する出来事となった。

日々進化するこの自動翻訳技術は、多言語の政府発信情報を一元化し、テーマごとに整理分類するクラウドサービス(1)に活用されている。こうしたツールを活用できる時代、政策提言を行う方法もまた進化することは可能だ。

日本は長らく政策に関わる独立したシンクタンクと、本来の意味での民主主義を機能させるシステムが乏しいと言われてきた。(2) 政策形成過程での多角的アクターの参加も乏しい。

このレポートは、多言語にまたがる政策情報を収集するRuleWatcherからの情報を元にして制作した、

これからの時代に求められるシンクタンクの要素:

- テクノロジーを使う
- より多くの一般の方に読まれるディセミネーションを意識する
- 他のシンクタンクと双方向に行う
- 一般に開き、批判を受け付ける

スウェーデンのシンクタンクIntelligence Watchが発表したレポート「北欧のサステナブル・テック・バナナから日本への招待状 (原題: Scandinavia's Sustainable Tech Banana calls Japan)」への応答である。



スウェーデンのシンクタンクから発表されたレポート (政策提言)。

スカンジナビア周辺に、ちょうどバナナ状に広がる「テック」都市群と、日本の相性の良さや、地政学的な観点からも北欧は日本と連携していくべきである、という論が述べられている。

体裁を取って雑誌風にし、読みやすくしたのは、**従来の枠組みを超え、より民主的に、市民にも議論参加を呼びかけるソーシャル・シンクタンクの実験**でもあるからだ。お読みになられた方はぜひ、本レポートへの異論、反論などもお寄せいただきたい。

サステナブル・テックと螺旋的發展

さて、冒頭部でもう一つ触れておきたいのは、前出のレポートタイトルにある「サステナブル・テック (持続可能性をもたらす技術)」を筆者がどう定義したかである。これを一言でいうなら、サステナブル・テックは、持続可能性を引き出すための「新しいビジネスモデルの上にある古い技術」と「古いビジネスモデルに組み合わせられる新しい技術」のことである。

My grandma looked at me like I was crazy and said, "We've been doing this forever!" Dr. Jennifer Russell

ポツダム気候影響研究所等の最新の調査によると、気候変動による壊滅的影響を回避するには、農業や林業、天然の土地の保護や回復などの土地部門の手当が極めて大切であることが述べられ、農業慣行を有機に変え、耕作を削減し、牧草地にはその端に沿って木を植えるなどのスマートなアグロフォレストリーの実施も推奨されている。(3)

責任投資原則によれば、その効果も投資効率もCCSなどの工業的手法に比べて圧倒的に勝っている。(4)

このようなネイチャーベースの解決法は、どれも昔ながらの分野にある。

かつて人間は物々交換を行い、貨幣が生まれ、市場で集中取引するようになった。それがインターネットの登場によってふたたび個人間の相対取引が生まれ、貨幣を介在させない交換も可能になった。このように、物事の進歩や発展は、一巡しつつ段階的に発展していく、あたかも螺旋階段を登るような「螺旋的發展」を見せる。

たとえば「北欧のサステナブル・テック・バナナから日本への招待状」ではSysavの繊維リサイクルの例が示されていた。これも昔ながらの生活では当たり前に行われていた衣類の再生（古いビジネスモデル）が、新技術でよみがえった螺旋的發展の一つの例だろう。

日本は「失われた30年」と呼ばれる長い停滞期の中で、必死に最先端技術を求め、戦ってきた。気候変動緩和においても、最先端工業技術での起死回生を図っている。

しかし、日本から繰り出せるのは、むしろ遅く受け継がれた「枯れた技術」であり、それを新しいビジネスモデルの上で活かせるのではないか。

バージニア工科大学の持続可能性研究のラッセル博士は、自身のファッションについての取り組みについて、祖母から「私たちがずっとやってきたことじゃないの！」と驚かれたと語っている。

日本のモノづくりは、生産に携わる一人一人が、使い手の喜ぶ顔を想像しながら作るという精神に支えられて発展してきた歴史がある。量産体制下にあっても、現場の創意工夫で長持ちするものづくりを行ってきた。ここが諸外国のモノづくりとの大きな差だ。

北欧が提示してくれる新しいビジネスモデルにどう日本の古くからある技術を乗せるのか。このレポートで紐解きたい。



マルメ市（スウェーデン）の繊維再生メーカーSysav。衣類を回収し自動選別具術を導入して再商品化を行っている。
画像出典：Sysav



東京都大田区（蒲田）の町工場。日本の製造業を支える小規模な工場は全国に多数存在している。
画像出典：大田区

(1) RuleWatcher : <https://www.osintech.net/en/rulewatcher>
(2) 鈴木宗弘, 日本に民主主義を起業する, 第一書林, 2007, p234
(3) <https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/nature-key-for-climate-safe-future-new-exponential-roadmap-initiative-for-natural-climate-solutions>
(4) <https://www.unpri.org/news-and-press/new-investor-guide-to-negative-emission-technologies-and-land-use/6655.article>

1 サステナブル・テック・バナナの座標軸 Mission Citiesと循環経済

北欧のサステナブル・テック・バナナ都市たち（以降「サステナ諸都市」と呼ぶ）が比較される相手として、米カリフォルニア州のシリコンバレーがある。しかし、シリコンバレーと異なり、彼らはIT企業の集積地ではない。必ずしもソフトウェアプロダクトだけではなく、自動車、航空機、鉄鋼、化学、木材、医療など、ハードウェアにも実績が多数ある。この点は、製造業とともに発展してきた日本と通じるものがある。✓

サステナ諸都市に本社を置く製造業の例

社名	カテゴリ	本社所在地
VOLVO Cars	自動車	ゴテンブルク（スウェーデン）
Ericsson	通信機器	ストックホルム（スウェーデン）
Electrolux	家電	ストックホルム（スウェーデン）
SSAB	鉄鋼	ストックホルム（スウェーデン）
Danfoss	自動車部品	ソンダーボー（デンマーク）
Jabra(GN Group)	音響機器	コペンハーゲン（デンマーク）
Vestas	風力タービン	オーフス（デンマーク）
Nokia	通信・家電	エスポー（フィンランド）
Outotec	金属加工	エスポー（フィンランド）
Wärtsilä	電源・機器	ヘルシンキ（フィンランド）
Kone	エレベーター	ヘルシンキ（フィンランド）

人口規模の小さい北欧のこれらの都市に、世界規模の製造業がある背景には、産業のイノベーションを生み出す仕組みがあるためだろう。各国に経済・社会・研究を連携させる国全体の仕組みとしてイノベーションを生み出す「ナショナル・イノベーションシステム（NIS）」が根付いている。スウェーデンには「イノベーション庁（VINNOVA）」という名称の中央官庁も存在する。
(5)



気候ニュートラルでスマートな都市

サステナ諸都市は、欧州委員会が2022年に設けた2030年までに気候ニュートラルでスマートな100の都市を目指す「NetZeroCities ミッション都市」にすべて含まれている。(6)

さらに、2023年3月、2年先行して実証実験用の助成を受ける53の「NetZeroCities パイロット都市」にフィンランドから2都市、スウェーデンから3都市（うち1都市がマルメ市）が選定された。(7)



選ばれた都市は、Net Zero Citiesの専用プラットフォームに情報が掲載される。このポータルから、必要な情報を得ることもできるようになっている。各都市が互いの取り組みを参照させることも狙いの一つ。
<https://netzerocities.eu/>

この取り組みに見られるように、欧州は、都市単位でも気候中立を目指し、先行都市にロールモデルの役割を持たせつつ、各地の特徴を活かしたサステナブルを追求させているのだ。

今年、選定された各NetZeroCities ミッション都市は、欧州委員会との「気候都市契約

（Klimatkontrakt）」を交わすことになる。この契約によって各都市は、エネルギー、建物、廃棄物管理、輸送などのすべてのセクターにわたる気候中立性のための長期にわたる全体的な計画を策定することになり、さらに実効性が検証され、それに応じて、欧州の科学研究イニシアティブであるHorizon Europeの資金獲得が決まる。なお、各都市には、資金提供だけでなく、イノベーションや都市問題の専門家、環境エンジニアなどのアドバイザーも派遣される。

この計画内容が、専用ウェブプラットフォームのだれもがアクセスできる環境で公開される点も注目に値する。なぜなら、これらの取り組みには、市民参加の「ソーシャル・イノベーション」も求められるためだ。

環境志向の自転車等の移動、アーバンガーデニング、廃棄物削減などの身近なことから、コ・ハウジングや共同体としての助け合いなども期待される。そして、市民からの気候中立に資するアイデアをボトムアップ型でフィードバックされる仕組みを狙っている。

トップダウン、ボトムアップ双方で「イノベーション」が期待されているのだ。

つまり、これらのNetZeroCities ミッション都市の目的は、気候中立や、気候変動耐性の向上というだけでなく、雇用を生み、経済的な成長も追うところも注目に値する。



選定された都市は、都市計画などの専門性を持つアドバイザーからの手ほどきを得ることもできる。

気候変動への対応という「陣地」

全人類共通の気候危機には、化石資源からの脱却と、モノの循環というソリューションが要るが、それは地下資源が乏しく人件費が高い欧州が「有利な地に陣を張る」と同義だ。

欧州の気候政策の目的が、緊迫した気候変動の緩和と適応は言うまでもないが、それ以外に欧州域外に権益の大きい地下資源依存からの脱却と、脱却に伴う域内の安全保障としての資源循環、加えて欧州にとって有利な産業振興と雇用促進の意図を含んでいる。

この欧州流の戦略について、一連の流れを手短かに振り返ってみたい。

欧州の戦略の背景には、気候変動以外に2000年から2010年にかけての原材料価格の高騰および、中国によるレアアース原料の統制、そして、2007年の米国サブプライムローン危機を発端とする2008年の欧州経済危機があった。

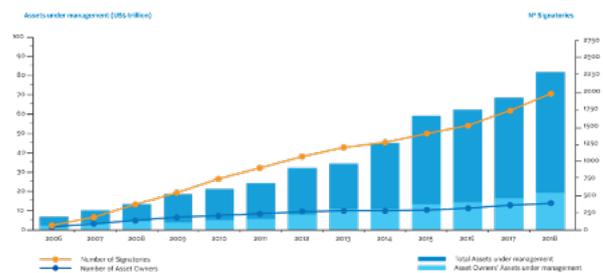
いかに化石資源などの地下資源から脱却するか。欧州だけでなく、どうやって世界にその足並みをそろえさせるか。その文脈で整理すると次のようになる。

まず、化石資源の使用を世界的に抑制させる作戦だが、欧州は、京都議定書などの国連気候変動枠組み条約での国際合意を推し進めながら、かつて米国で大気汚染物質の排出権取引に使われた枠組みを二酸化炭素に応用し、2005年にEU-ETS（欧州排出権取引）を成立させた。京都議定書の失敗もあり、その効果は当初、期待されるほどに高まることはなかったが、パリ協定の発効で風向きが変わる。世界的な関心の高まりからEU-ETSをモデルにした炭素排出権取引が世界中で採用され、本家の価格も急速に伸びていった。

さらにパワフルなのは、金融である。気候変動対策のための最も有効なドライビングフォースだ。

欧州がEU-ETSを導入したのと時を同じくして、2005年にアナン元国連事務総長（在任1997~2006）は世界の機関投資家らに、環境や社会課題に配慮した金融イニシアティブ「責任投資原則」への参加を働きかけた（発足は2006年）。

初期の署名機関は僅かだったが、欧州金融危機を経て2009年金融安定理事会が発足するなど国際的な金融協調の枠組みが整ったこと、これまで盛り上がり欠けたMDGsに代わって2015年にSDGsというムーブメントが民間に浸透してきたことに従ってその数は急速に伸びていった。



責任投資原則（PRI）の署名機関数。リーマンショック、パリ協定／SDGsのころから急速に増えている。
出典：PRI

いまや金融界において気候変動は「リーマンショックの時のように国際金融協調では乗り切ることのできない最大規模のリスク」(8) であるとして認識され、そのリスク把握の要である投資先企業の炭素排出やその他の非財務情報開示への要求も加速している。

環境政策は、産業政策である

欧州は、こうした国際金融の流れのデザインを国連や金融界とともに整えつつ、2019年により包括的な政策である「欧州グリーンディール」(9)を発表。気候変動やサーキュラーエコノミーなどの持続可能性を高める法体系を総合的に整えることを打ち出した。

サーキュラーエコノミーについてEUが提示したのは、2014年に提案された「EU循環型経済ビジョン

(Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy)」(10) である。これまでの線形型の経済モデルを改め、**可能な限り天然資源の採掘の負担を増やさず、炭素排出を抑え、モノを循環させていくというシステムの提示は、経済的発展も同時にかなえる**という点で、発表されると瞬間にその概念が世界に広まっていった。↗

2020年3月に欧州はさらに具体的は「循環型経済行動計画 (Circular Economy Action Plan)」を採択(11)。循環を前提とした製品設計・デザインに重点を置き、欧州加盟各国で販売される製品には、修理などに関する情報へのアクセスを確保し、長寿命化させる環境を整えることを求め、消費者の「修理する権利」の強化を図っている。

各国が小規模で相対的に地下資源が乏しく人件費が高いという制約をもった欧州は、こうして「人間活動を持続可能にリモデルする」という倫理を掲げて、特に米国や中国のグローバルマニュファクチャラーが不得手な場所に陣を張ったのである。

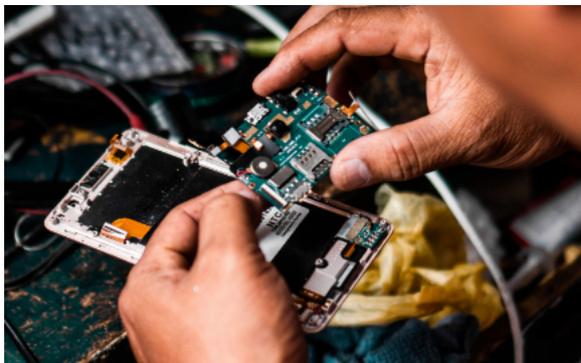
モノに求められる変化:

- バージン材を使わない
- 物流の動線を短くする
- 適量生産し、シェアを可能にする
- 物を長寿命化／修理可能にし、繰り返し使う
- 廃棄物を回収し有価物を取り出す

残存する価値へ着目する

「分ければ資源」だが、素材資源にする前にもっと価値は取り出せる-

サーキュラーエコノミーは、「造って、使って、捨てる」ことをし続けてきた我々に、その線形モデルを循環型に改めることを求める。しかしこのお題に対し、**いきなり「素材を循環させること」を考えべきではない**。その前に、まだやるべきことがある。



モノは、その機能という価値を失っても、まだ多くの価値を残している。例えば、置時計が壊れた（機能価値が失われた）としても、ムーブメント（構成部品の価値）が残り、それが壊れてもゼンマイ（部材の価値）があり、ゼンマイが切れたとしても、その金属（素材価値）が残る。

現状は金属などの素材リサイクルばかりに視点があるが、多階層の残存価値を引き出せばより持続可能な高次の循環が叶う。

ゆえに、サステナ諸都市は、ミッション都市などの新しい座標軸において、「残存する価値を徹底的に引き出す」モデルとしても期待されているはずである。

脚注

(5) <https://www.vinnova.se/>

(6) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_2591

(7) <https://netzerocities.eu/2023/03/06/53-to-zero-how-netzerocities-pilot-cities-are-scaling-up-the-climate-transition/>

(8) 金融安定理事会が事務局を置く国際決済銀行から、金融ことでの次なる巨大リスクは気候変動であるとする「グリーンズワッフルレポート」を発表（2020年）すると、時を同じくして、金融安定理事会主導の気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）がシナリオ分析とストレステスト等の活用を提言し、いまやTCFD型が財務情報開示のスタンダードになってきている。

(9) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

(10) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0614&from=EN>

(11) https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

2 日本-匠のチカラが発揮された「循環型社会」- その成功体験とコスト要因意識がバリアになっている

「EU循環型経済ビジョン」が発表された2014年より遙かに早い2000年の段階で、日本は3R（リデュース・リユース・リサイクル）というモデルを打ち出し、世界に先駆けた廃棄物削減と循環の仕組みを作った。

なぜそのタイミングで循環を打ち出したのか、3R政策を理解するために、その背景となる日本の廃棄物処理政策の流れを整理してみる。

日本の廃棄物に関するルールの根幹は、1974年施行の「廃掃法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）」である。(12)

第二次大戦後の高度成長期以降、日本には都市開発によって膨大な建築廃材が発生し、空き地や河川への不法投棄が社会問題化していった。しかし、廃掃法の前身である清掃法（1954年施行）では、廃棄物の処理は自治体と住民に責務があると定められていたため、建材などの膨大な産業由来廃棄物に対処できなかった。

そこで、法律を全面的に改正し、産業由来の廃棄物（産業廃棄物）処理の責務を排出事業者に負わせることとし、それ以外の廃棄物（一般廃棄物）処理を地方自治体と住民の責務として、それぞれ明確にしたのである。



戦後最大といわれた香川県の産業廃棄物の不法投棄「豊島（てしま）事件」1978年から1990年にかけて、約90万トンもの不法投棄があったことが発覚した
出典：総務省

法改正したのも束の間、さらにバブル期（1980年代）に入ると、ペットボトルの普及などによるプラスチック廃棄物の増大や、廃タイヤの大規模不法投棄事案も発生し、ゴミ焼却施設からのダイオキシンも世間を騒がせ、国はさらなる対策を迫られることになっていった。

日本は、世界に先駆けた、最高水準のリサイクルの法律を作った

日本政府は、1991年に廃棄物処理法を改正(13)。年々増加する廃棄物の処理費用が高んでいること、埋立処分の処分地が近い将来満杯になることを指摘。対策として廃棄物の削減やリサイクルに関する取り組みの必要性を明らかにした。

そして同年「再生資源利用促進法（再生資源の利用の促進に関する法律）」を交付(14)、世界に先駆けて、**企業に対し、製品の設計段階から再生利用を考えて製品づくりを促し、製造工程での再生資源の利用促進について定める法律**をスタートさせた。

学校教育などを含め、首尾よく世論形成を行いながら、2000年には「循環型社会形成推進基本法」を施行(15)。リデュース・リユース・リサイクルの頭文字三つを表わす「3R」の推奨によって、廃棄物問題だけでなく、天然資源の消費抑制も法の目的として掲げられた。

< 3Rに関する法律（各施行年） >

- 1995年：容器包装リサイクル法
- 2000年：循環型社会形成推進基本法
- 2001年：家電リサイクル法
- 2001：建設リサイクル法
- 2001：食品リサイクル法
- 2003年：自動車リサイクル法
- 2013年：小型家電リサイクル法
- 2022年：プラ削減法（プラ新法）

このような循環型社会の構築を目指す日本のモデルは、世界に冠たるものとして、小泉純一郎首相（当時）が、2004年6月に開かれたG8シーアイランドサミット（主要国首脳会議）で紹介、各国に「3Rイニシアティブ」を提案した。翌年には3Rイニシアティブ閣僚会合も開催し、3Rに関する取組みを国際的に推進するための議論が行われ、**小泉首相からは3Rを通じた循環型社会の構築を国際的に推進するための日本の行動計画（通称：ゴミゼロ国際化行動計画）も発表された。**（16）



G8シーアイランドサミット（2004年）。世界に冠たる資源の循環モデルとして世界の注目を集めた。
出典：環境省

家電リサイクルにみる匠の技

メーカーにリサイクルの責務を負わせる世界でも珍しい法律のもとに、各社は国の要求水準をはるかに上回る実績を積み上げている。

日本が勢いをもって世界に示した3R政策の中でも、家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）（17）は、メーカーの責任の下に家電をリサイクルすることを求めた、世界でも珍しいタイプの法律である。

家電リサイクル法でリサイクル対象となるのは、一般家庭や事務所から排出された「家電4品目」と呼ばれるエアコン、テレビ、冷蔵庫（含む冷凍庫）、洗濯機（含む衣類乾燥機）である。これらは、大型で重量があり、処理に特別な技術や設備を要することなどから、法律はその処理責任を製造業者に負わせている。

対象家電には当該法の対象であることを示すマークが貼られており、消費者が手放した廃家電は、家電販売店等を通じて回収された後、メーカーのリサイクル施設に運ばれ、リサイクル処理によって鉄、銅、アルミニウム、ガラス、プラスチック等に分離される。メーカーには、これらを自社製品あるいは他の事業者が活用できるよう「再商品化」することが義務付けられている。

この法律は、投入された重量を分母に、再商品化された材料の重量を分子とした「再商品化率」

の基準を定めているが、各メーカーの取り組みの水準は極めて高く、法定基準を遥かに上回る実績を重ねている。

この高い再商品化率を支えるのは、リサイクルを行うメーカーの細やかな工夫と高い技術である。

ここでは、その具体例として2021年に筆者が取材したパナソニック（PETEC：パナソニックエコテクノロジーセンター株式会社）を取りあげてみたい。



パナソニックエコテクノロジーセンター（兵庫県加東市）
出典：同社ウェブサイト

繊細な作業と高度技術

兵庫県郊外に位置するPETECには、日本全国で回収されたメーカーや年式、構造も異なるパナソニック製以外の家電（家電4品目）が運ばれてくる。

品目（法定基準）	2018年度	2019年度	2020年度
エアコン（80%）	93%	92%	92%
ブラウン管テレビ（55%）	71%	71%	72%
液晶・プラズマ式テレビ（74%）	86%	85%	85%
冷蔵庫・冷凍庫（70%）	79%	80%	81%
洗濯機・衣類乾燥機（82%）	90%	91%	92%

家電4品目の再商品化率（法定基準と実績）
出典：経済産業省資料より筆者作成

処理の最初の工程として、解体を行い、フロンガスや、水銀などの有害物質を回収したのち、品目に応じた巨大な破碎機で裁断する。

破片群に風力を当て軽いウレタンなどを飛ばし、磁力で鉄を、非鉄選別機で金属とプラスチック等に選別。選別が難しいとされるプラスチックについては、保有する高精度樹脂選別機によって、シュレッダーから排出された混合樹脂から、毎秒3メートルという高速コンベア上を流れる樹脂片を瞬時に選別し、ノズルからのエア噴射によってPP、PS、ABSといった素材に自動仕分けを行っている。

これはパナソニックが開発し2014年に発表した画期的な技術だ。↗



電動ドライバーを用いた解体作業。
出典：PETEC



再商品化されて出荷を待つプラスチックペレット。
出典：PETEC

こうした自動化は、解体場面でも多用される。2018年にはエアコン内機がそれまでの手解体から自動解体化され、つづいて2020年には薄型テレビ、そして2022年からはA Iによる画像解析によって、解体部品の自動ピッキングが導入されている。

ここまで実現しつつも、PETECが次に目指すのはさらなる再商品化だ。現在課題になっているのは、ガラス系素材とウレタン系素材が系外に排出される点だ。処理コストの増加によって、2021年の段階では基本的に廃棄処分となっている。今後はこの課題について、業界を超えたりサイクルの実現を検討しているという（取材2021年6月時点）。

品目（法定基準）	業界実績	PETEC
エアコン（80%）	92%	95%
ブラウン管テレビ（55%）	71%	88%
液晶・プラズマ式テレビ（74%）	85%	
冷蔵庫・冷凍庫（70%）	80%	80%
洗濯機・衣類乾燥機（82%）	91%	93%

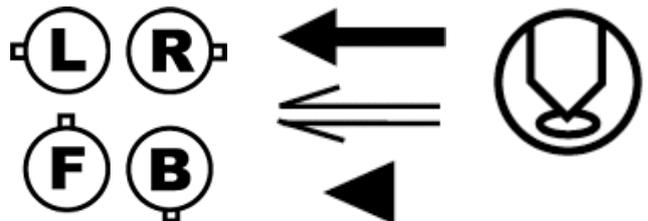
2021年度の実績比較
出典：PETEC資料より筆者作成。

リサイクルの意思と技術はあれど・・・。

極めて高度なリサイクルの技術は、あったとしても、それで引き出せる価値は少ない。日本に不足しているのは、モノの「ライフサイクル設計」である。

PETECにみる極めて高度なリサイクルの技術は、限られた品目の「素材価値」を取り出すという点において機能している。しかし、モノ（製品）に残る、構成部品の価値や部材価値を取り出すことに至っていない。それは、3Rに「ライフサイクル」という設計思想が欠けているためだ。

右図は部品のリサイクル処理時の解体作業を容易にするために用いられている各種のマークである。（18）



製品の解体を促すための各種マーク。穴をあけるべき位置や、ネジの方向などを示している。
出典：一財）家電製品協会

ネジ位置や方向を示すといった箇所を表示するといった、このような工夫は、本質的には構成部品等の価値を引き出すために使われるべきなのだが、結果として（含まれる金属などの）素材を取り出すことに用いられている。

比較的高価で精錬もしやすい金属はまだよいが、プラスチックとなるとそうはいかない。

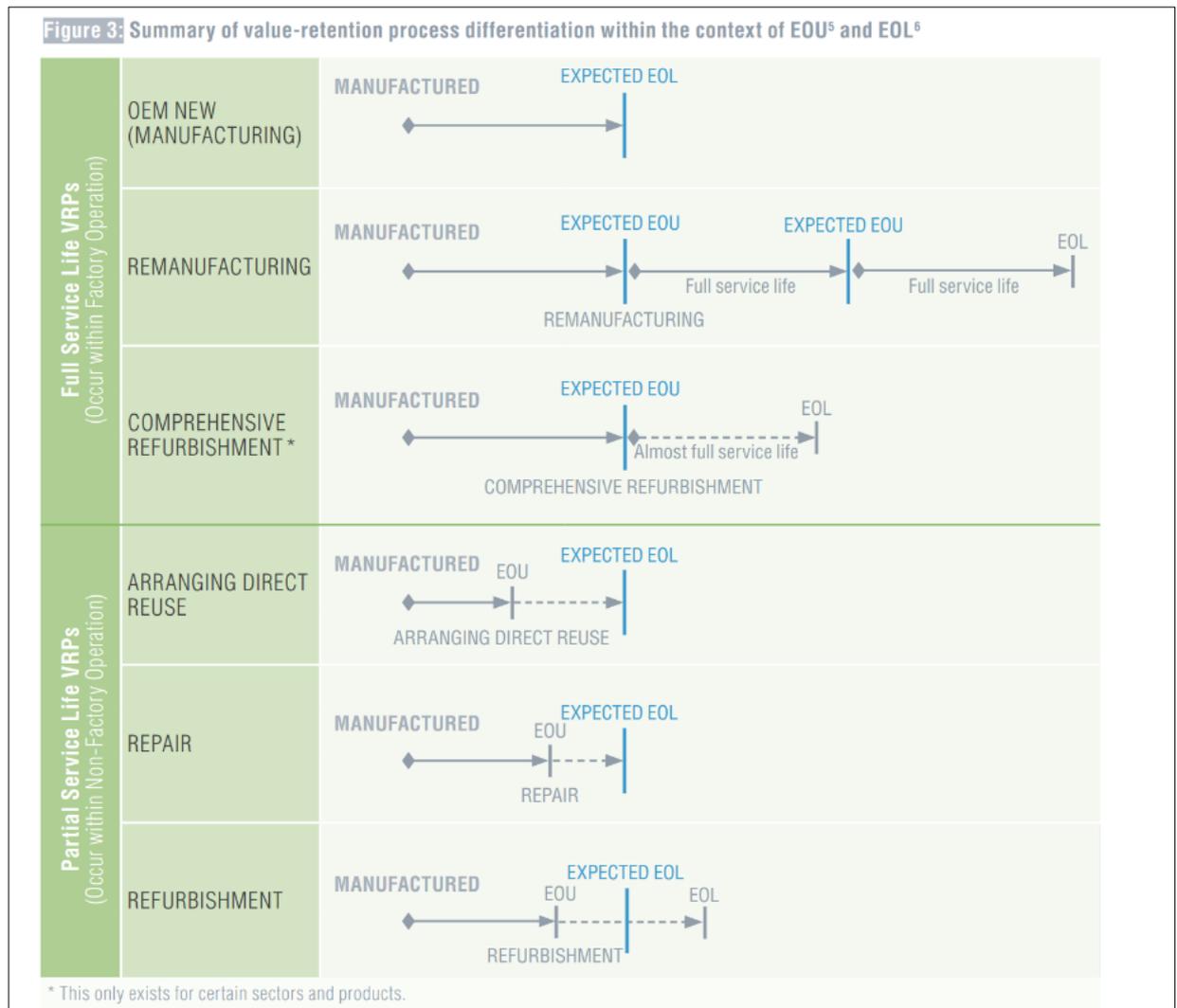
プラスチックは極めて多種であり、使われる可塑剤などを含めるとその素材の種類は膨大である。これらが混ざれば品質が劣化し、元素材よりずっと価値が落ちる。ただでさえ安価なプラスチックは、単一素材に整った状態でない限り再生品ニーズは乏しい。PETECのように、元素材がはっきりしており、高度選別が用いられる現場は圧倒的に少ないのである。

本来残っているはずの価値を引き出し、再生をもたらすためには、ライフサイクル設計が必要だ。(19)

ライフサイクル設計は、通常の製品設計に、時間軸を組み込んだ設計のことをいう。各部品の寿命や使用期間を考慮に入れ、使用期間後の回収方法や部材等の取り出し、処理再生するといった観点から行う設計のことである（下図参照）。

新品の製造業と回収・再商品化の現場は、それぞれ異なった行動原理で活動している。これらが繋がっていれば、再生しやすい素材・再生された素材を使用し、解体しやすい組み立て方で、回収を予定した販売を行い、部分がダメになっても修繕が容易で、その補修用の部材の準備もなされており、メーカーをまたいだ共有化もなされているといった、**製造の初期段階から投入資源を最小化していくことが可能になる。**

再製造の方法によって変わる残存価値の違い。(Remanufacturing/Refurbishment/Repairそれぞれを工場で行うか工場外でおこなうか)によるライフサイクルを示している。EOLはEnd of Life（機能停止）、EOUはEnd of Use（仕様ニーズを満たさなくなった状態）。VRPs: Value-Retention Processes(価値残存の工程) 製品全体のRemanufacturingがもっとも長寿命
出典：UNEP Re-defining Value – The Manufacturing Revolution(2018)



環境行政と産業振興にある段差

日本の「循環型社会基本法」は、環境行政の内側の政策

なぜ3Rがサーキュラーエコミーのような「産業」としての構造を持てなかったのか。

これには、政策が環境行政の領域を越えていないという点も大きい。

3R政策を所管しているのは、2001年に発足した環境省である。その前身は**公害問題処理を扱ってきた**環境庁である。それゆえに、打ち出された「循環型社会の構築」は、公害問題と生活環境の保全という思想にもとづいているのである。↗

容器包装リサイクル法を始めとした、個別の物品の特性においた**規制の焦点は、公害問題や処分場問題**といった「コスト要因」だ。

この点が、新産業政策としてモノのライフサイクル全般を捉えた製品設計、修理、再利用、リース、デジタル技術の活用をしていくという「サーキュラーエコミー」と大きく異なる点である。

「循環型社会」とは、製品等が廃棄物等となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会をいう。

循環型社会形成推進基本法第二条「定義」より。
廃棄物管理の延長線上にあるルールであることが分かる。

石炭火力発電など、とく環境行政が経済産業行政に押し負けると指摘される日本だが、2022年には、「住宅断熱」を振興するという政策で連携した(20)。

長らく経済の振興に対し、環境対策は「コスト増」であると見なされ、手を取り合う場面が少なかったが、循環というモデルが産業（それも中小企業や地域の活性にもつながる）ということが説明可能になれば、循環型社会ではなく、循環経済に移行できる。

欧州は環境倫理を打ち出しながら、うまく有利な土俵を作り出した。それならば、**日本は長らく取り組んできた循環型社会の形成と、製造業の基礎力を組み合わせることによって、得手を活かす土俵も作り出せるはずだ。**

脚注

(12) <https://www.env.go.jp/recycle/waste/laws.html>

(13) <https://www.env.go.jp/hourei/11/000502.html>

(14) https://www.env.go.jp/recycle/kosei_press/h000404a/c000404a/c000404a-7.html

(15) <https://www.env.go.jp/recycle/circul/recycle.html>

(16) https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/three_r_0505.html

(17) <https://www.env.go.jp/recycle/kaden/gaiyo.html>

(18) 出典：一般財団法人家電製品協会 <https://www.aeha.or.jp/environment/recyclemark.html>

(19) 参考：梅田靖 ライフサイクル設計の研究動向 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe/76/10/76_10_1113/_pdf

(20) https://www.env.go.jp/press/press_00774.html

3 日本の枯れたテックを北欧で活かす 建機と農機の「再製造」にみるヒント

使用された製品や部品を分解、洗浄、修理などを行って新品と同じ水準の製品として販売を行うことを「再製造」という(21)。前項で見えてきた**各種リサイクル法によるものと違い、産業の中で行われている循環の例**である。

日本で再製造が一般化している分野は建設機械や重機、自動車部品、複写機などである(16)。

建設機械（とくに鉱山用の大型の重機）は、再製造がスタンダードとなっている数少ない分野である。これらの建設機械は、メンテナンス時や故障した際、磨耗してきたり、故障した部品などを交換し、そのタイミングで取り外された部品が再製造工場に送られる。

発動機やエンジン、トランスミッション、油圧シリンダー、モーターなどさまざまな部品が工場に持ち込まれ、分解洗浄や補修、組立ののち、機能テストを行って新品と同等にし、再製造メーカーが保証をつけるのが一般的である。

建機のユーザーにとって、再製造品がコストの削減につながるのと言うまでもないが、各種部品がメンテナンスの市場に出回ることによって、すでに製造されていない旧パーツの供給源ともなっている。

このように建機では一般的になっている再製造だが、少し目線を外して農業機械になると、ほとんど進んでいない。農業機械の業界では買い替えが当たり前であり、トラクター等に対してスペアパーツ供給で儲けるというシステムが存在していない。また、建機はスペアパーツでこそ儲けるというビジネスモデルゆえに母機の構造がシンプルで部品が交換しやすいという「ライフサイクル設計」が出来上がっているのである。

鉱山建機は、「再製造」の理想形なのに、農機にはその仕組みが存在しない。



ライフサイクル設計が標準化されている建設機械。(写真上) 建機のリマン工場（再製造 (Remanufacturing) のことは「リマン」と呼ばれている。）(写真下) 画像出典：コマツ



この再製造について、国連環境計画が2018年にまとめた資料によれば、その障害・課題となるのは、①回収、②技術、③制度、④市場である(23)。

この観点で建機と農機の違いをまとめると次のようになる。

再製造の課題にみる建設機械と農業機械の違い
(国連環境計画の資料を基に筆者作成)

	建設機械	農業機械
回収	メンテナンス等の拠点	なし(メンテ等で引き取られた部品等が再製造には回っていない)
技術	母機をシンプル化し、部材を取り出しやすくしている	再製造用の構造を持っていない
制度	ビジネスフレンドリーな制度が確立している。	製造側に知財に関するバリアを持つ可能性がある。
市場	コスト面・事業継続性の両面において高い需要がある。	需要側が再製造の存在に気づいていない(潜在需要はあると思われる)

ここからも分かるように、日本では技術の問題よりも、むしろ市場の障害、つまり需要側の非受容性と、供給側の消極性に課題があるといえよう。

枯れた技術に光を当てることで残存価値を引き出す

需要側への喚起は、建機のように、コスト面や事業継続性(リスク回避)の面を伝えることによって訴求で

きる可能性がある。供給側の消極性についてはどうか。

鶏卵前後論になるが、**市場が無いために供給側が積極的にならない場合、期待されるのが、政策による後押しである。**

日本ではムーンショット計画のような、とかく超高度な技術でイノベーションを興そうとする空気が漂っている。

しかし、エネルギー効率、資源効率、生物多様、気候緩和などのあらゆる点からもとめられるのは、「いかに近場で必要物を融通していくか」という、むしろ日常の問題の解決であり、そこに必要なのは超高度なソリューションよりも枯れた技術なのではないだろうか。

建機の再製造に見られるのは、母機のシンプル化とパーツの共有化である。これは、**複雑化の真逆の単純化(リーン化)**だ。これは、「再製造でも儲ける」というモデルが後押しされないと進まない。産業政策として、企業が意思決定しやすいような枠組みを作ってもらいたい。

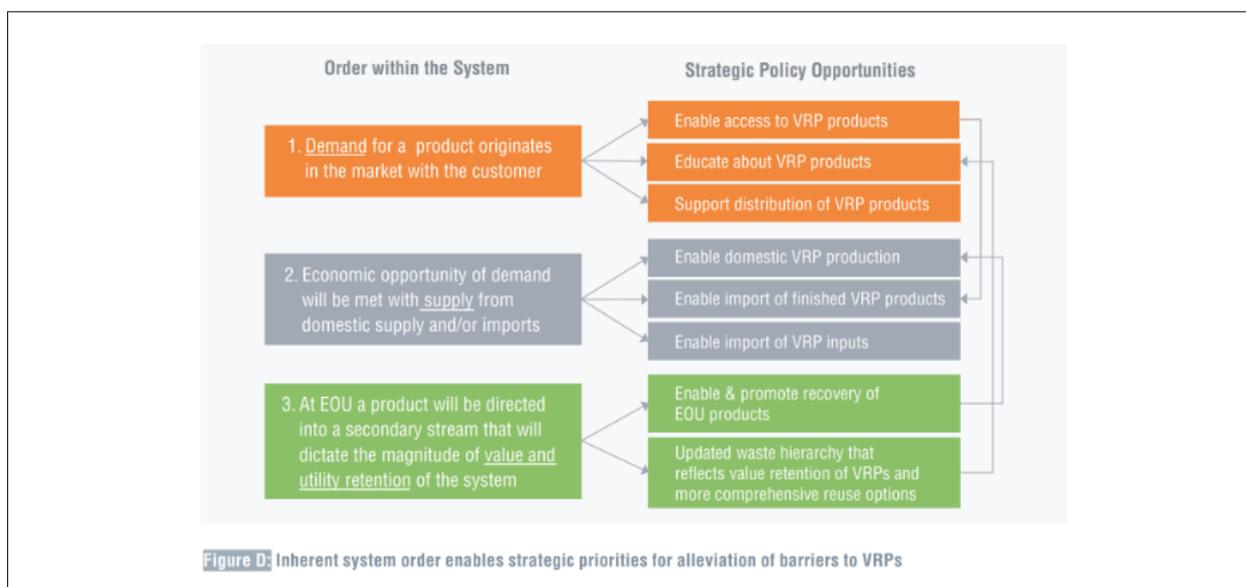


Figure D: Inherent system order enables strategic priorities for alleviation of barriers to VRPs
残存した価値を引き出すためにできる戦略的政策の要素
画像出典: UNEP Re-defining Value – The Manufacturing Revolution(2018)

修理という事業モデルの支援も必要だ。

修理は新造と違い、対象は殆どが旧型のモデルであり、破損などの状態もマチマチだ。こうした場面では先端技術というよりは、その場その場で臨機応変に賄うといった、現場の逞しい技術や創意工夫が求められ

オーストリアモデルの修理バウチャー

サーキュラーエコノミーのプロジェクトでよく用いられるベストプラクティスは、オーストリアの修理バウチャー制度（AUSTRIA REPAIR VOUCHER）である(24)。

これは、2020年9月にウィーンに実験的に導入された制度で、消費者は100ユーロを上限に修理サービスを50%割引で利用できる。オンライン上のバウチャーをダウンロードすることで、修理事業者は、市から修理代金を受領する。この制度を通じて2021年

末までに、35,000個の製品が修理された。この結果を受け、オーストリアは現在、電気および電子機器の全国的な修理券を導入した。ここでは200ユーロを上限に、消費者は修理サービスを半額で受けることができる。こうした取り組みは循環を産業化する政策のヒントになるだろう。



オンラインでの情報授受を可能にしたオーストリアの修理バウチャー
 出典：オーストリア政府特別サイト
https://www.reparaturbonus.at/#reparaturbon_erstellen

サステナブル・テック・バナナとともに循環を作る

再製造のような循環の先には、**ものを売り切り型から脱却させ、サービスとして循環的に管理させていく必要がある**(25)。その循環型経済サービスの研究・開発と、枯れた技術を繋ぐノウハウが必要だ。これには、「北欧のサステナブル・テック・バナナから日本への招待状」で紹介されているJ-PARCや、MIRAIのような高度技術の研究開発だけでなく、一般大学や職業訓練学校などにも投資が必要だろう。

日本国内ではその技術を持つ地域の中小・零細企業を募り、サステナ諸都市と双方で、技術移植のためのトレーニング、サーキュラーエコノミーのレギュレーションに即した運用モデルの確立、市町村や地元の組織に対する展示会あるいは競技会、ワークショップ、フェスティバルなどを通じて認知度を高める。

そこで開発されたプログラムは、新興企業や中小企業にも開かれた新しいビジネスモデルとして、資金調達や融資の制度も整えるべきだろう。

こうして完成したモデルの存在は、日本にとって「黒船」になり、循環が廃棄物行政の延長から産業としていよいよ認知されるに違いない。

循環を産業にすることによって、いよいよ、地下資源の使用や炭素排出と経済成長を完全に切り離すこと（アブソリュート・デカップリング）を両者で目指せるのだ。

脚注

(21) 再製造は、2015年のG7ドイツエルマウサミットでも、G7文書としては初めて取り扱われ、2022年に再び同地で開催されたG7では、「G7 Berlin Roadmap on Resource Efficiency and Circular Economy」が交わされた。<https://www.g7are.com/g7-presidency>
 (22) 参考：リマニュファクチャリング / 再製造と国際貿易 <https://core.ac.uk/download/pdf/288460906.pdf>
 (23) 出典：UNEP-IRP 2018 Redefining Value <https://www.resourcepanel.org/reports/re-defining-value-manufacturing-revolution>
 (24) <https://repair.eu/news/austria-launches-a-nation-wide-repair-bonus-scheme/>
 (25) 参考：原田幸明「資源効率と材料技術」 <http://susdi.org/doc/161219REandMat.pdf>

おわりに よく似た家具の真逆の背景

左下はスウェーデンのReform Design Labによる椅子で、木材ベースのバイオ複合材料から造られている。右下は、日本のNOD社が制作した演台で、チョコレート残渣から造られている。

これらはいずれも、3Dプリント技術によるもので、これらは解体して再製造することも可能だ。

しかし、このよく似た家具の出発点は真逆である。**前者は、デザインが先で、後者は技術が先だ。**

Reform Design Labはまずデザインから始め、そのデザインに合わせて製造技術を開発した。その一方、NODはデザイン会社であり、すでに素材メーカーが技術開発済みであったところに「持ち込み企画」で製品化を実現している。

日本の多くの企業はその高い技術力に自信を持ちながら言う「この技術は素晴らしいんです。どこかで使えるとこないですか」と。

技術が先にくる者にはデザイン力あるパートナーが欠かせないのだ。



画像出典：Reform Design Lab
<https://www.reformlab.se/>



画像出典：株式会社NOD
<https://nod.jp.net/>

螺旋的發展で、世界が江戸になる

ドイツ観念論を代表する19世紀の哲学者ゲオルク・ヴィルヘルム・フリードリヒ・ヘーゲルの言葉には大いに気づかされることもある。

「螺旋階段は、真横から見ると下から上へと登っているが、真上から見れば元居た位置にもどっているように見える。」

ヘーゲルが提唱した「事物の螺旋的發展」を日本に当てはめるとしたなら、3Rに努力した20年前よりもむしろ、あらゆるモノを循環させていた、150年ほど前への螺旋的發展が未来の姿だろう。

いまでこそハレの日にしか着なくなったかつての日本人の日常着「きもの」には一切無駄がなかった。体に合わせて裁断する洋服とは異なり、半端な断ち落とし部分もなく、端切れはほとんど出ない。背が伸びても太っても（痩せても）着方次第で調節ができ、すべてが直線縫いのため容易に仕立て直すことができる。いよいよ

り切れたら寝間着にし、やがておむつになり、雑巾に転用して徹底的に使い尽くした。さらにぼろぼろの布はかまどや風呂釜の燃料になり、燃え尽くした後の灰さえも、農業では肥料、酒造では麹菌の増殖、陶器の上薬として利用されたのである。

壊れた陶器を修理する焼接ぎ（やきつぎ）屋、提灯の張り替え屋、見えづらくなった鏡の鏡研ぎ屋など、モノを使い続けるプロセスにはたくさんの産業があった。昨今ヨーロッパでも人気になった「きんつぎ」は、こうした美しい仕事の名残だ。

循環を経済にするモデルは、日本にとっては150年前の当たり前だ。

北欧のサステナ諸都市と日本のコラボは、さしづめ螺旋的發展を遂げた江戸である。そのモデルをともに世界へ示していこう。

探究インテリジェンスセンターについて

2022年7月に設立された教育・研究機関。

国際動向に関するインテリジェンスと戦略的合意形成を身に着けることで、ビジネス企画や市民活動、政策立案などをブラッシュアップできる社会人向け教育講座「探究インテリジェンスプログラム」を提供している。

主に環境問題、社会問題等に関する研究機関としても機能し、オープンで民主的なシンクタンクとしての活動も開始している。

ウェブサイト：<https://www.tankyu-intelligence.org/>



著者略歴

小田 一枝 (おだ かずえ)
探究インテリジェンスセンター 研究員

各国の環境・人権に関する政策一次情報を可視化する世界初のクラウドサービスRuleWatcher®の情報源選定を担当。幅広い分野の研究を通じて得た知識で行う講座や講演が好評。経営情報学修士。

「日本とともに螺旋的發展をー製造技術は北欧で再製造の技術になるー」

発行：株式会社オシンテック・探究インテリジェンスセンター
発行日：2023年3月28日
著者：小田一枝 探究インテリジェンスセンター 研究員

本レポートは、以下のアドレスにて皆様からのご意見・批判を受け付けています。
research@tankyu-intelligence.org