

2023

Activity Report

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ
活動報告書

**サーキュラーエコノミーとは、
一人ひとりが自分らしい方法で
かかわれる柔軟な循環型経済です。**

**資源を循環させながら
新たな付加価値を生み出すことで
資源の浪費に依存せずに持続できる
経済の発展に貢献します。**

はじめに	04
1 グランドデザイン	13
あるべき未来をえらぶために	14
四つのシナリオとあるべき将来像	20
サーキュラーエコノミーのとある一日	27
2 デジタルソリューション	41
モノの生涯を可視化する	42
循環をシミュレートする	50
3 標準化戦略	59
循環のルールを考える	60
循環を価値化する	66
あとがき	77
ラボメンバー	78

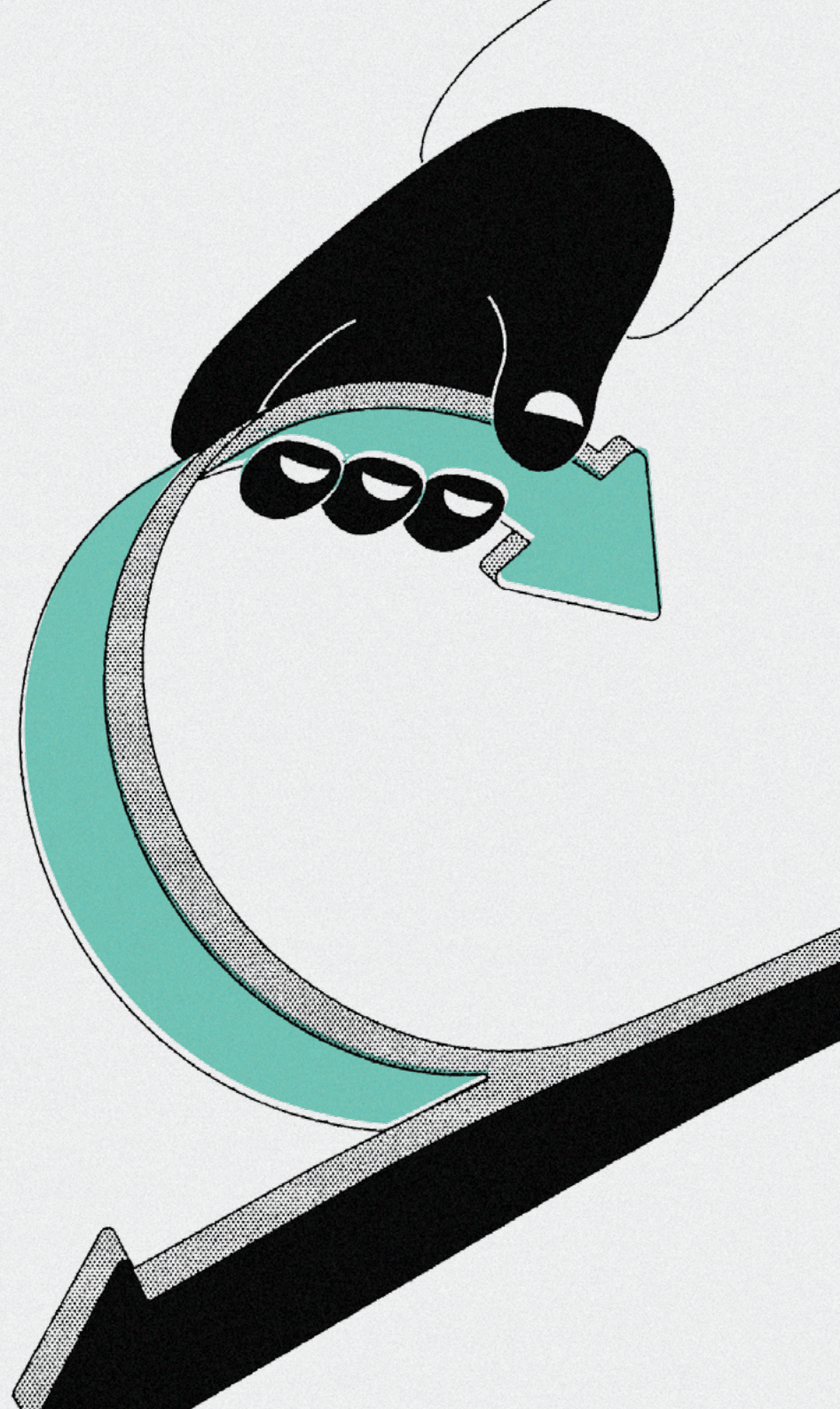
はじめに

日立-産総研 サーキュラーエコノミー連携研究ラボとは

世界はサーキュラーエコノミーへ向かう

近年、私たちを取り巻く環境は大きく変化しています。地球温暖化に伴う海面上昇、自然災害の激甚化、水不足、さらに産業活動の成長による廃棄物の増大などの環境問題が、今後、より深刻な状態になるでしょう。また、資源消費量の増大や資源の局在化による資源価格の高騰により、調達の難化に対するレジリエンスが必要となります。

これらの問題を解決するためには、これまでのような大量生産・大量廃棄を前提とする「線形経済」から、低環境負荷・レジリエンスを追求した「循環経済」、つまり「サーキュラーエコノミー」へ転換しなければなりません。



このような問題に対して、世界各国では社会情勢や政治動向、法改正を踏まえ、地域ごとの環境対応やローカルな資源調達が加速しています。

そして日本でも2023年、サーキュラーエコノミーの実現をめざし、経済産業省を中心に産官学パートナーシップ「サーキュラーパートナーズ」が発足しました。

現状に対して私たちが考える日本におけるサーキュラーエコノミーの実現に向けた課題は次の3つです。

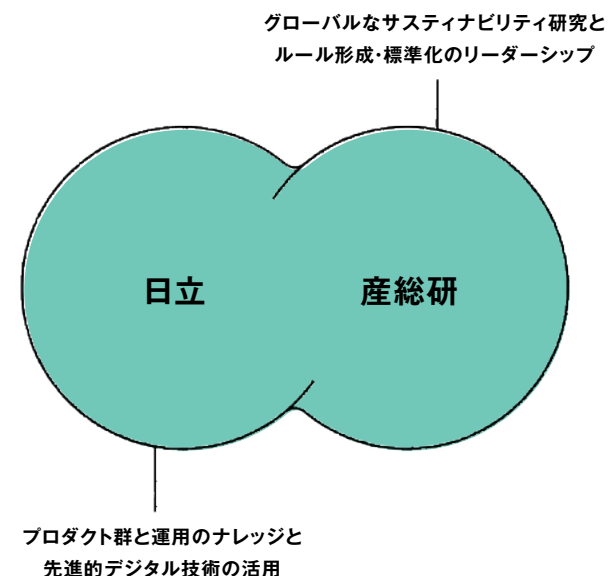
1 グローバルで多様な市場環境にて、
資源循環が足かせとならず、
経済成長につながる社会像の共有

2 製品ライフサイクル(LC)データの収集、活用による
環境、経済価値向上を実現する具体的な
デジタルソリューションに関する事例の創出

3 グローバルな標準化動向に基づく、
日本が不利益とならず、かつ互いの
地域性を認め合うルール形成戦略の立案

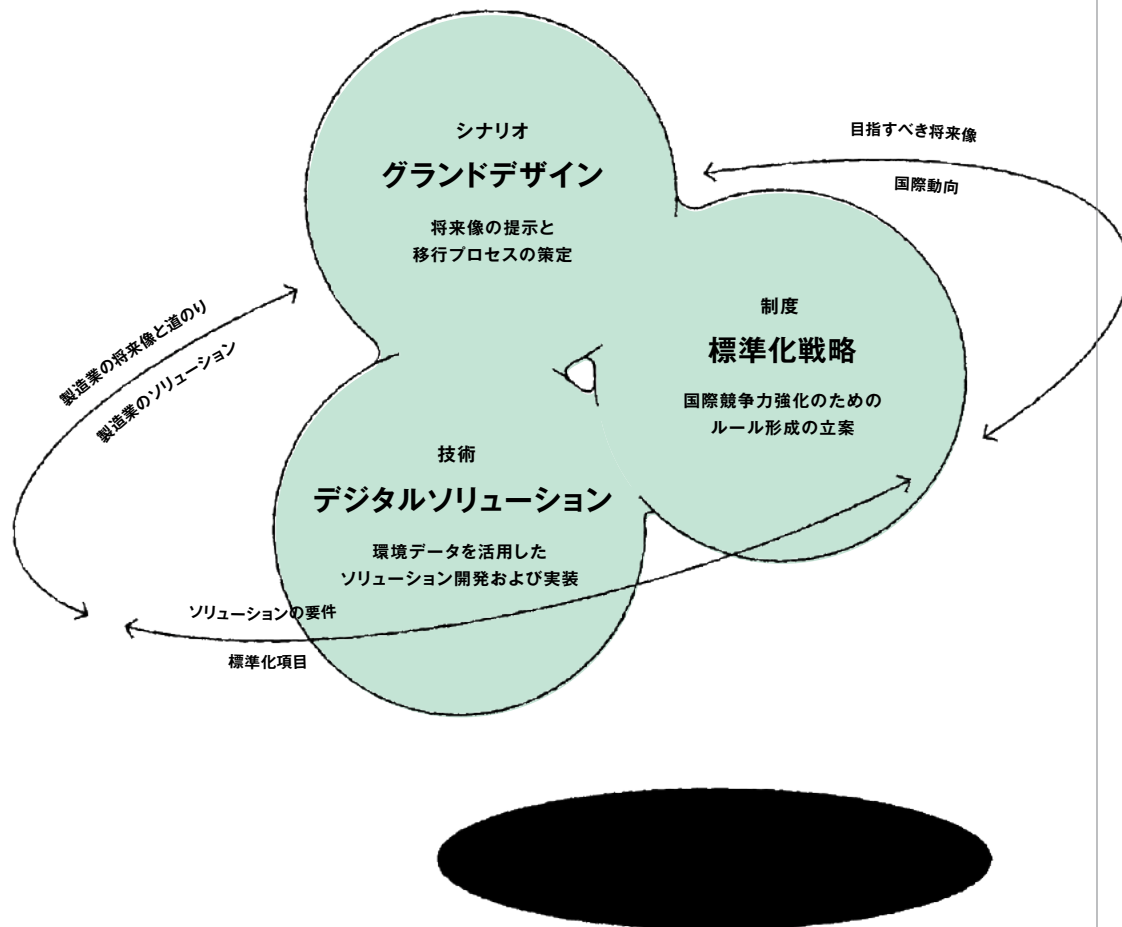
イノベーションで地球を支える

「Society 5.0」実現の一助となるため、株式会社日立製作所（以下、日立）と国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）は、日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボを産総研臨海副都心センター内に設立しました。



近年、サーキュラーエコノミーへの移行が求められているなか、「環境と経済に真によいもの」、「サーキュラーエコノミーへの移行に対して最も効果が高い取り組み」についての理解と評価が重要だと考え、日立のOT（運用・制御技術）×IT×製品のノウハウと、産総研の研究開発力や標準化活動などの強みを掛け合わせた、資源循環を支えるイノベーションの創生を目標に掲げています。

本ラボでは、ライフサイクルアセスメント・資源回収・モノづくりやサービス工学をはじめとした両組織の専門家約40名が共同研究を実施。「サーキュラーエコノミー」の実現に向けて、あるべき社会像の立案や必要とされる施策、ソリューションなどについての研究および開発を推進しています。



道筋を創るための3つの研究テーマ

サーキュラーエコノミーを実現するための道筋を「シナリオ」、「技術」、「制度」の3つに分解。それぞれに振り分けられた「循環経済社会のグランドデザインの策定」、「循環経済向けデジタルソリューションの開発」、「標準化戦略の立案・施策の提言」の3つがラボでの主な研究テーマです。

グランドデザインのテーマは、サーキュラーエコノミーのあるべき姿と現状からあるべき姿に移行するための道のり、移行のための方法論とルールのありかたを提示します。また、デジタルソリューションのテーマは、二酸化炭素排出量といった環境データなどを活用することで、企業の環境レポート作成や低環境負荷な生産スケジュールを作成するソリューションを開発し社会実装を進めてまいります。さらに、標準化戦略のテーマでは、データ収集や活用方法などについて施策を提言し、日本発のルール形成、標準化を進める予定です。

また、共同研究の内容や成果は、オープンフォーラムや提言書などを活用し、社会へ積極的に情報発信することで、サーキュラーエコノミー分野にてグローバルにリード出来るよう、取り組んでいきたいと考えています。

研究のスコープ、 Society 5.0時代に循環すべき資源

私たちは研究のスコープとして、「物質」「エネルギー」に加えて、Society 5.0時代に循環させるべき資源として、「情報・知識」を資源と捉えています。

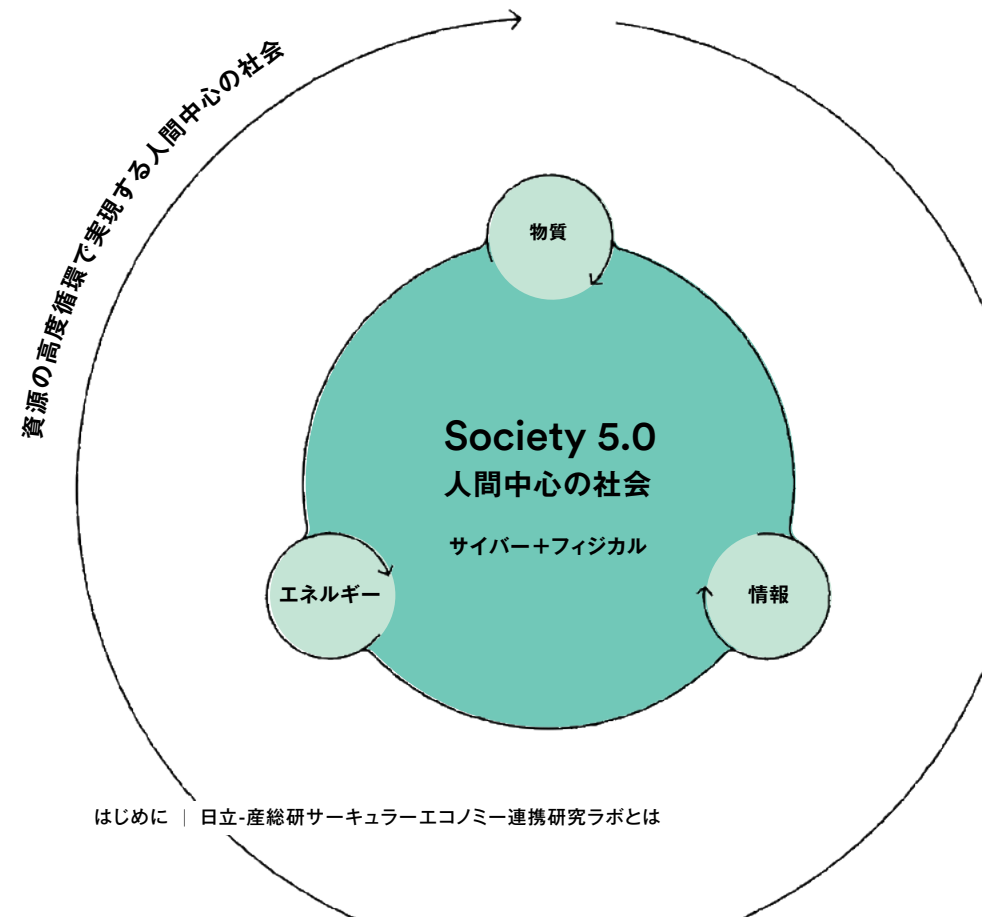
Society 5.0とは、狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において日本がめざすべき未来の姿として初めて提唱されました。高度なサイバー・フィジカルシステムにより、経済的な発展と社会課題の解決を両立する、私たちがめざす人間中心の社会です。

ここで、フィジカル空間から挙げられたデータを活用して、サイバー空間において高度な計算を実行するという例を考えてみます。

高度な計算を行う上で、必要になる計算機がまさに「物質」資源です。そして、物質資源である計算機を動かすのに必要なものが「エネルギー」資源になります。この2つの資源から生み出されるのが計算結果、すなわち「情報・知識」という新たな資源なのです。フィジカル空間から挙げられた単なるデータが物質資源とエネルギー資源により、情報になり、知識になり、そして知恵になる。これは新たな価値をもつ資源ではないでしょうか。

この「情報・知識」を活用することにより、無駄な計算をなくしエネルギー消費を抑え、さらに計算機的能力を最大限引き出すことができれば、物質資源の有効活用、廃棄の抑制につながるはずで、これまで独立していると思われていた3つの資源が、強く相互干渉を始める時代がSociety 5.0時代ではないでしょうか。

私たちは、この3つの資源を有効活用し、高度循環させることにより、Society 5.0を実現すべく、サーキュラーエコノミーの視点でランドデザインを描いていきたいと考えています。



1 グランドデザイン

あるべき未来をえらぶために

サーキュラーエコノミーが浸透した社会とは、
一体どんな世界なのか。

私たちはまず、いくつかに分岐した、
「ありうる」未来を描いてみることにしました。

見えてきたのは、さまざまな暮らしのありかたと、
進むべき「あるべき」未来の姿です。

シナリオ

抽出された
キードライビングフォースから
起こりうる未来の
シナリオを4つ策定。



論点

サーキュラーエコノミーを
実現する上で重要となりうる
論点を抽出・選定。



2

ドライビングフォース

絞り込まれた論点から、
将来の方向性を決める要素を定義。

1 グランドデザイン

未来に備えるシナリオプランニング

ありうる未来を複数描きながら、将来の不確実性に備える手法「シナリオプランニング」を用い、サーキュラーエコノミー社会の将来像を描くことを試みました。各専門分野から8名の有識者が洞察のための議論に参加。ファシリテーションは、シナリオプランニングの実施経験をもつラボメンバーが務め、議論をリードしています。

論点の選定

まず、国内外の政府レポートや、複数分野の専門家の意見・提言をもとに将来のサーキュラーエコノミー社会において重要となりうる論点を12に選定した上で推進しました。

- 1 経済・資源・環境の一体化
- 2 共通ルールの形成
- 3 消費者の意識醸成
- 4 企業の役割、ビジネスモデル
- 5 循環性指標（環境の時間軸、流れのスムーズさ）
- 6 ESG投資、金融施策
- 7 環境配慮設計、エコデザイン
- 8 国際貿易の変遷、資源の越境
- 9 静脈系企業・人材の育成
- 10 情報開示と高度管理
- 11 廃棄物の高効率回収
- 12 地域特性への対応

さらに、2040年の日本の製造業を想定して、PESTLE（政治・経済・社会・技術・法規制・環境）の観点から動向を整理することで、シナリオとして明確化すべき論点を6種まで絞り込んだ結果、「製造業のサービス産業化」、「消費者の意識改革」、「それを支える仕組み」などが鍵となることを見えてきました。

P
政治

8 国際貿易、資源の越境

サーキュラーエコノミー圏の確立。二次資源の輸出規制（各国は国内で優先的に処理）。

E
経済

4 企業の役割、ビジネスモデル

製造業からサービス産業への移行。機能的経済の国際競争が激化。物の非所有化が進み、製品を一括管理する事業者が個人にサービスを提供、製造もサービスの一環に。

S
社会

3 消費者の意識醸成

中古品、再生二次製品が好まれるような意識変革。

T
技術

10 情報開示と高度管理

サプライチェーン・情報管理・メンテナンスを行うサードパーティが設立。プラットフォーム（ブロックチェーン活用）が確立。

L
法規制

2 共通ルールの形成

バリューチェーン間でデータを共有する際のルールを形成。認証・適切な価格設定・共通の前提条件を構築。

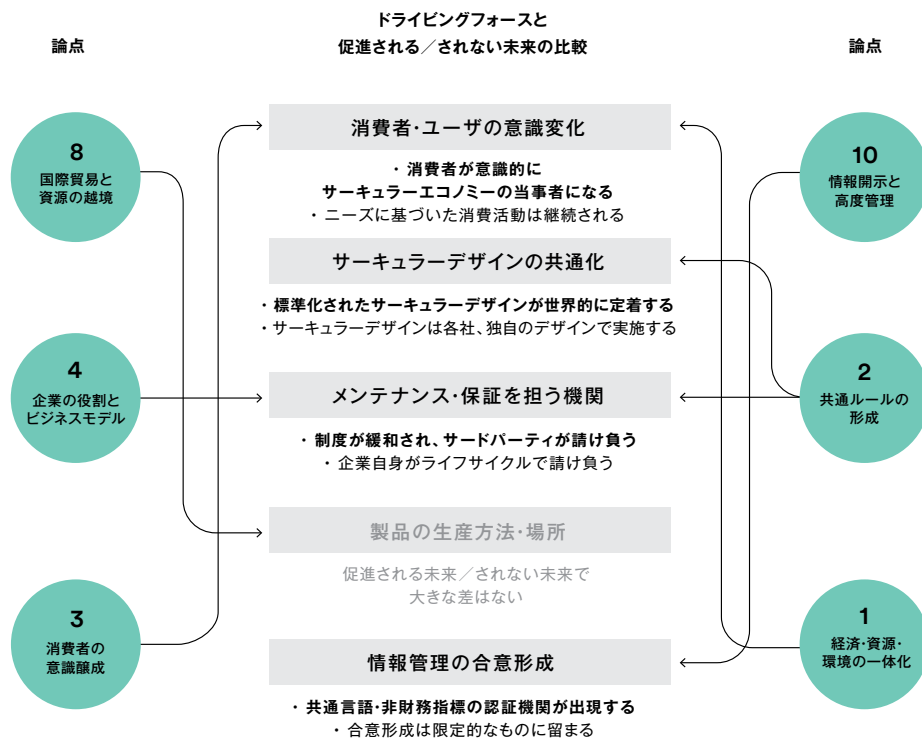
E
環境

1 経済・資源・環境の一体化

バイオマテリアルの利用拡大。高効率分離、不純物除去、副産物の利活用が進展。

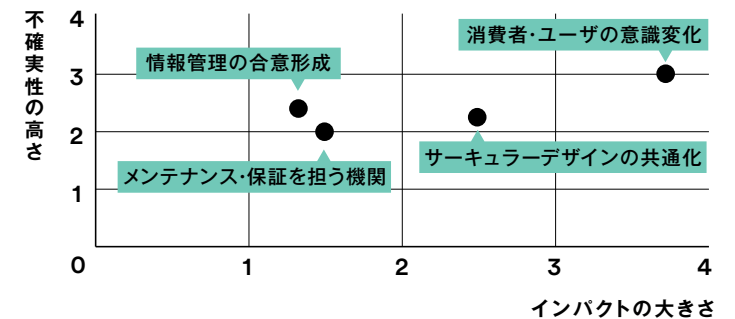
ドライビングフォースとキードライビングフォース

絞り込まれた6種の論点から、将来の方向性を決める要因となる「ドライビングフォース」を4種定義しました。また、それぞれが促進される場合／されない場合に起こりうる将来事象の仮説を立てています。



製造業のかなめである「製品の生産方法・場所」は洞察の結果、この変化が促進する／しないで大きな差が生じず、ドライビングフォースの対象外としています。

次に行なったのが、特に重要な「キードライビングフォース」の絞り込みです。「不確実性・インパクトの大きさ」でスコアリングし、相対評価で高いと思われるドライビングフォースを有識者と採点しました。



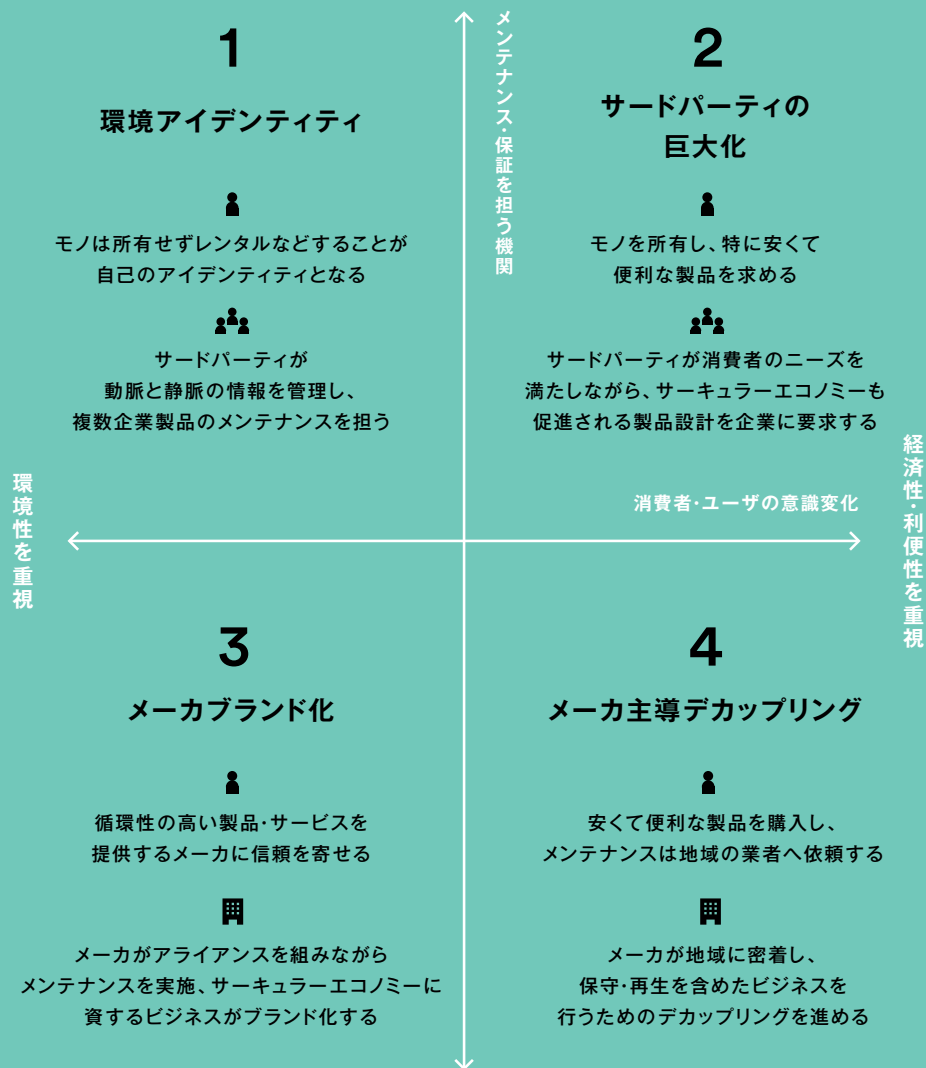
- ・ 消費者・ユーザの意識変化
満場一致でキードライビングフォースに選定。
- ・ サーキュラーデザインの共通化
- ・ 情報管理の合意形成
現時点では「デザイン」や「情報」が意味することの定義や範囲設定が難しく、メンテナンス・保証を担う機関が決まることによりサーキュラーデザインや管理できる情報の範囲も決まると判断。
- ・ メンテナンス・保証を担う機関
上記理由により、キードライビングフォースに選定。

四つのシナリオとあるべき将来像

私たちが向かう未来を自ら選択するために。
起こりうる社会の姿を導き出しました。

キードライビングフォースを縦軸と横軸にすることで、各象限で起こりうる製造業の将来シナリオを策定しました。
これらのシナリオはこのまま施策を打たなかった場合に訪れるかもしれない将来の可能性を表しています。ありうる可能性から、私たちが向かうべき未来とそこにいたる(またはその過程でのリスクを回避する)ための具体的な施策の検討に貢献できるはずです。

オープン化されたプロダクトの再生や
情報管理をサードパーティが担う

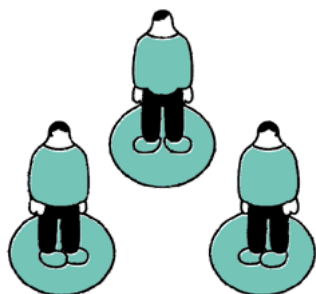


メーカが自社・業界のサプライチェーンにおいて
保守・再生サービスを提供

シナリオを深掘ると…

例 | サードパーティの巨大化

未来においても人はモノを所有し続け、安価かつ利便性の高い製品を求める。このような消費活動に対する消費者ニーズとサードパーティの間で利害が一致し、徐々にサードパーティが動脈への関与を強めていく…というシナリオ。



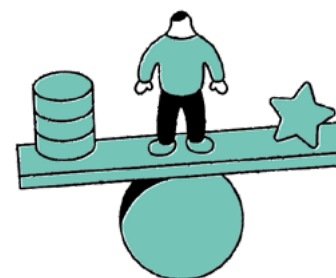
サードパーティ

複数企業の連携、
業界団体で
サービス機能を保有する。



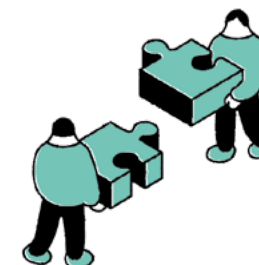
標準化・規格

一部知財が緩和され、
標準化を満たすためのコストを
消費者・ユーザが負担しなくてもよい。



情報管理

静脈データを収集するための
インセンティブや
社会的制度が必要になる。



ビジネスモデル

サードパーティが主体となり、
リペア・リマニュファクチャリング(再製造)の
知識を共有し、製品規格や
情報伝達のモデルを構築する。

このようにメーカーとサードパーティが競争関係となる未来に対し、メーカーの立場としてはどのような生存戦略を立てるべきかが主な論点です。例えばメーカーはサードパーティを含むアライアンスなどにより、経済的・環境価値提供といった仲間作りを推進するなどの施策が考えられます。これらの仮説から、戦略が成功するとどのような「ありたき将来」になるのか。そこへ向かうためのロードマップや達成条件となる指標を検討していきます。

'22 スコープ定義

文献調査・専門家へのインタビューを通じて
サーキュラーエコノミーにまつわる
12のホットトピックを導出。

'23 将来シナリオ分析

4種のありうる将来シナリオの定義。

- 1 環境アイデンティティ
- 2 サードパーティの巨大化
- 3 メーカーブランド化
- 4 メーカー主導デカップリング

'24 将来像の具体化・要件定義

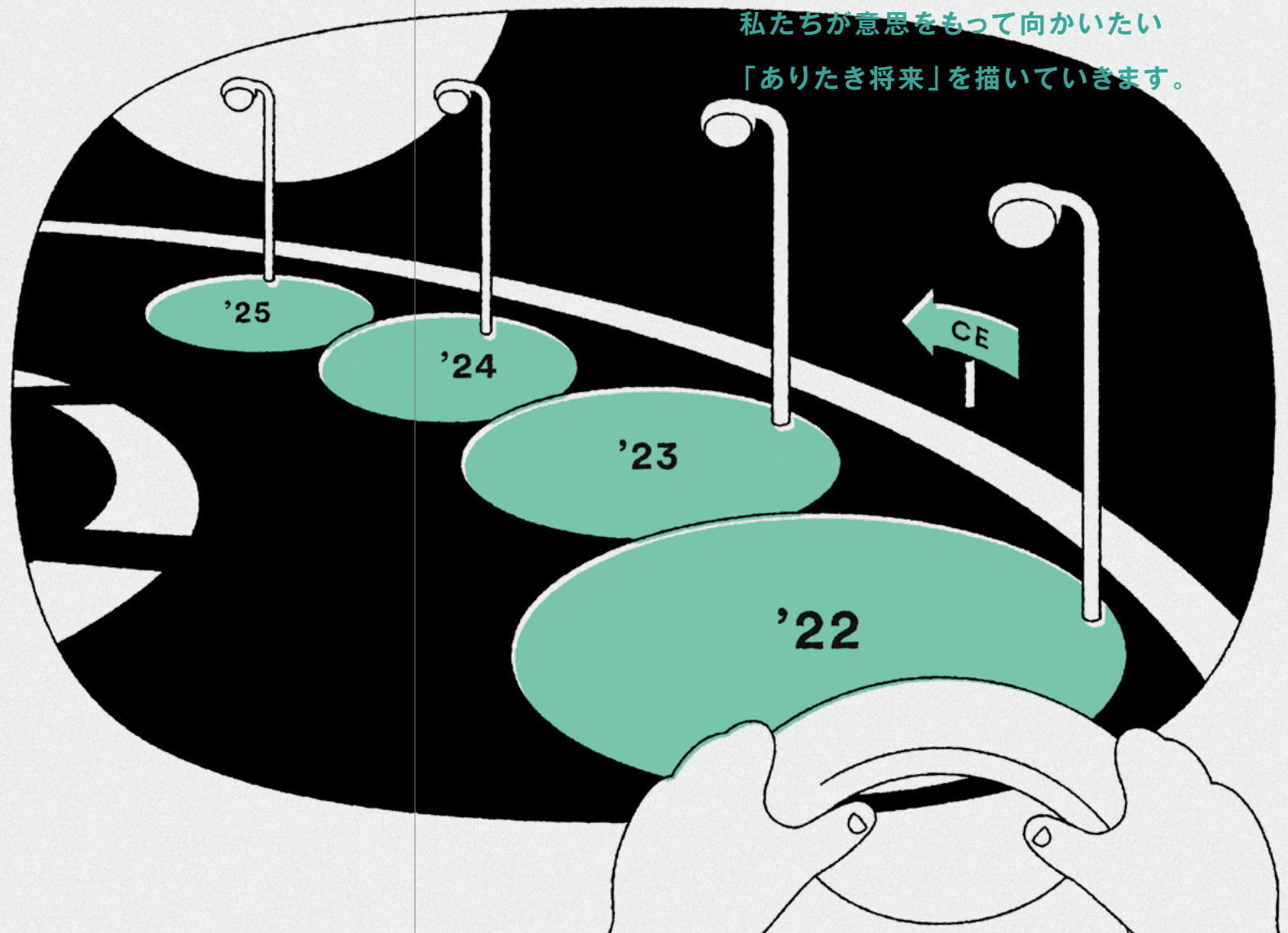
意志を持って向かうべき能動的な
「ありたき将来シナリオ」と
達成条件となる要件のあぶり出し。

'25 道のり策定と提言

ありたき将来に至るためのロードマップと
ありたき将来の実現に向けた指標を
ランドデザインとして提言し、共感者を醸成。

Society 5.0時代の資源循環における、
「物質」、「エネルギー」、「情報・知識」の
相互依存の観点から

私たちが意思をもって向かいたい
「ありたき将来」を描いていきます。



1 グランドデザイン

サーキュラーエコノミーの
とある一日

A DAY IN A CIRCULAR SOCIETY

四つのありうる未来から、ありたき未来の姿を

少しだけご紹介します。ここで描かれるのは

2人の登場人物による、2つのシナリオ。

それぞれの社会で、デジタルソリューションによる

下支えや、循環にかかわるルールが整うと、

人々の生活はどのように変化するでしょうか。



シナリオ 4

メーカ主導デカップリング

けんじさん

忙しい日々の中でも自然に
組み込めるような、環境にいい
サービスの利用に興味がある。



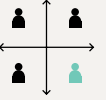
シナリオ 1

環境アイデンティティ

りなさん

古くていいものを、大切に使う。
仲間と環境にいいことにかかわるのは
楽しいし、やりがいがある。



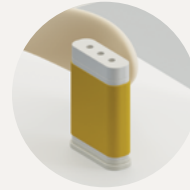


シナリオ4 | メーカー主導デカップリング けんじさんの場合

身支度も終えたし、
そろそろ仕事に行かなきゃな。

環境も大事だけれど、
便利なモノは欠かせない。

毎日持ち歩く小さなバッテリーは
標準化された規格に則り、多くの
メーカーから製造・販売されている。



07:30 外出

鍵、携帯、そしてバッテリーも忘れずに。

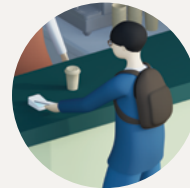
07:45 コミュニティセンタへ

近くにあるセンタへ、歩いて向かう。



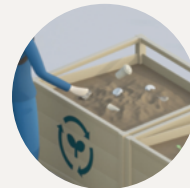
07:50 自転車をレンタル

用途に合った自転車をアプリが選んでくれる。
今朝の通勤には、リサイクル電動自転車。
持参のバッテリーをセットしてさあ出発。



08:00 コーヒーを購入

自分のバッテリーを電動自転車で
使うたびに貯まるエコマイルで、
朝の一杯を選ぶ。



08:10 カップを廃棄

飲み終わったカップはゴミ箱でなく
コンポストボックスへ。



COMMUNITY CENTER

コーヒーの支払いは日々の暮らして貯まる
エコマイルを使って。

自転車ポートでどの自転車を使うか
過去の行動履歴から判断して、
アプリが選んでくれる。

カフェのゴミはコンポストボックスで
回収され、コミュニティ菜園の肥料に。

地域の人が集まる場所、コミュニティセンター。
シェアサイクルのポートや、カフェ、コミュニティ菜園、
自転車ショップ、イベントスペースが併設されている。

08:45 オフィスへ

レンタルした自転車によって移動。

17:15 退勤

17:35 スーパーへ

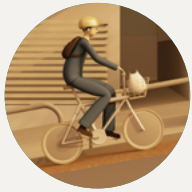
アプリに勤められて、電力を使わない健康モードで移動。最近運動不足だったし、バッテリーの充電も貯まる。



17:50 買い物

18:00 自宅へ

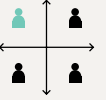
電力をオフにしていたので、充電が満タんに。坂道も楽々進む。



18:20 帰宅

交換用のバッテリーが自宅に届いている通知がきた。今使っているものは、自転車に使うには性能が落ちてきたし、そろそろ替え時。





シナリオ1 | 環境アイデンティティ りなさんの場合

今日は、前々からやりたかった
自転車のカスタマイズにいこう。

自転車の電源はもちろん、持参した
バッテリー。リペアやカスタムを
重ねながら使い続けている自転車は、
多少古くなった分、愛着もわく。

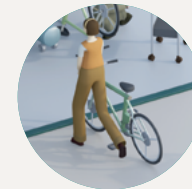


09:00 外出

鍵、携帯、そしてバッテリーも忘れずに。

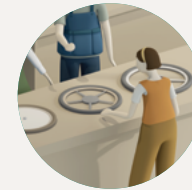
09:30 自転車をセット

自宅に停めている愛用の
電動自転車にバッテリーをセット。



09:40 コミュニティセンタへ

今日の目的は、自転車のカスタマイズ。



10:30 部品を購入

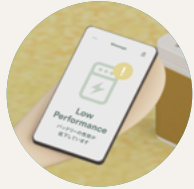
専門家の意見も聞きながら、再生タイヤを
購入。ここで買える部品はブランドに
関係なく、規格が標準化されている。



11:00 自転車をカスタマイズ

購入した部品を使って、
コミュニティセンタのみんなにも
応援してもらいながら。

12:00 自転車完成



12:05 通知受信

バッテリーの性能が低下し、自転車には使えなくなっているようだ。他の用途では、まだ利用できるらしい。



12:10 みんなに相談

バッテリーの次の使いみちについてコミュニティセンターのみんなの意見を聞いて、コミュニティ菜園の給水機にリパーパスすることに。

12:45 給水機の組み立て

バッテリー以外で、給水機の設営に必要な部品をアプリで確認。



19:30 完成

みんなのサポートもあり、無事完成。少しずつだけれど、みんなで思い描いているコミュニティ菜園に近づいてきた。



20:30 帰宅

採れた野菜はお隣さんにもおすそわけ。



菜園で採れる野菜は自宅に持ち帰る。

コミュニティセンターにはリパーパスされた製品がたくさん。お掃除ロボットは中古のバッテリーを電力とし、用具入れとしても活用されている。

2 デジタルソリューション

本質課題

モノの生涯の可視化のために、サイクルを通して活用できるシステムの事例を6つ立案。
各案を実現するうえでの課題を分析することで本質課題を2つ定義しました。

モノの生涯を可視化する

製品がどのようにつくられ、使われ、役目を終えるのか。
このライフサイクルに透明性をもたせることで、
CO₂排出量などをより正確に予測でき、
企業やユーザの行動に対する
適正なフィードバックが可能になります。

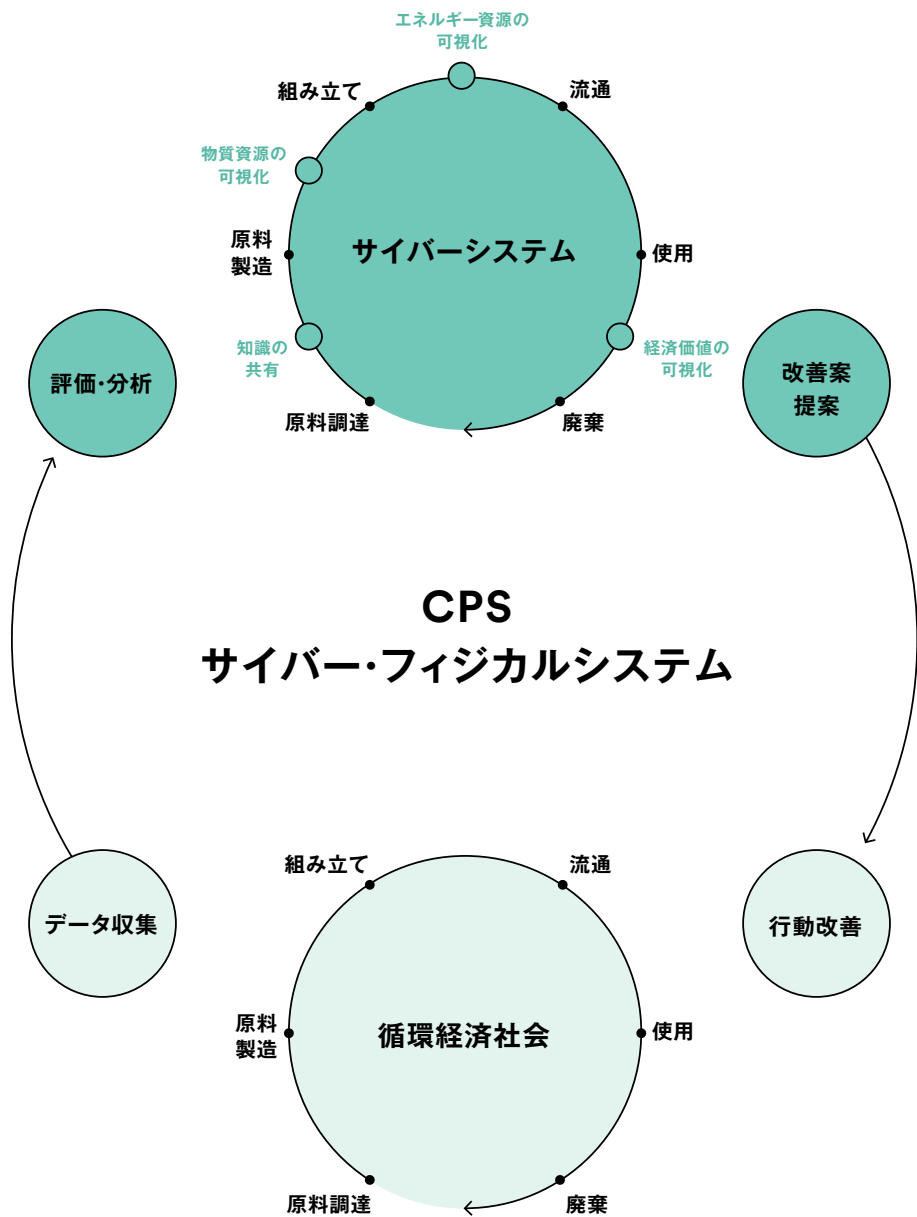
モノの生涯を可視化する。
それはサーキュラーエコノミーへの
自発的な行動の促進につながるかもしれません。

1

2

ライフサイクルシュミレーター

モノの流れを予測し、各フローで排出されるCO₂や費用を算出することで経済価値・環境価値を評価できるシュミレーターを開発しています。



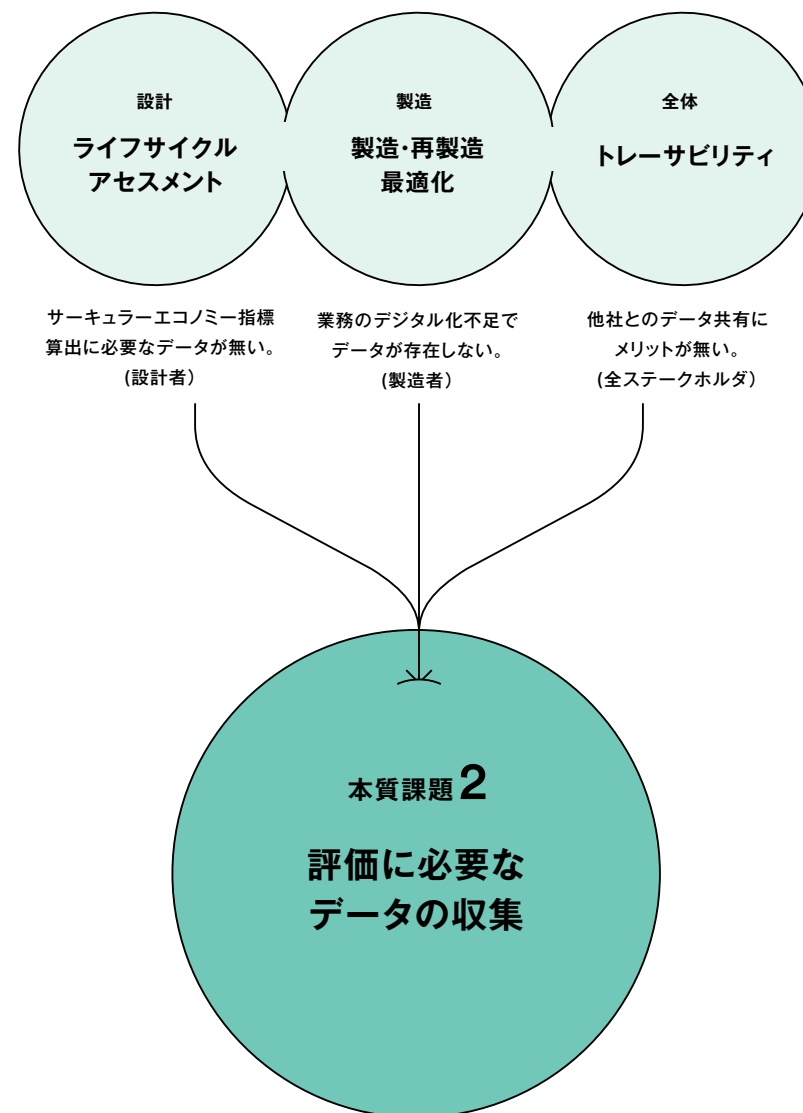
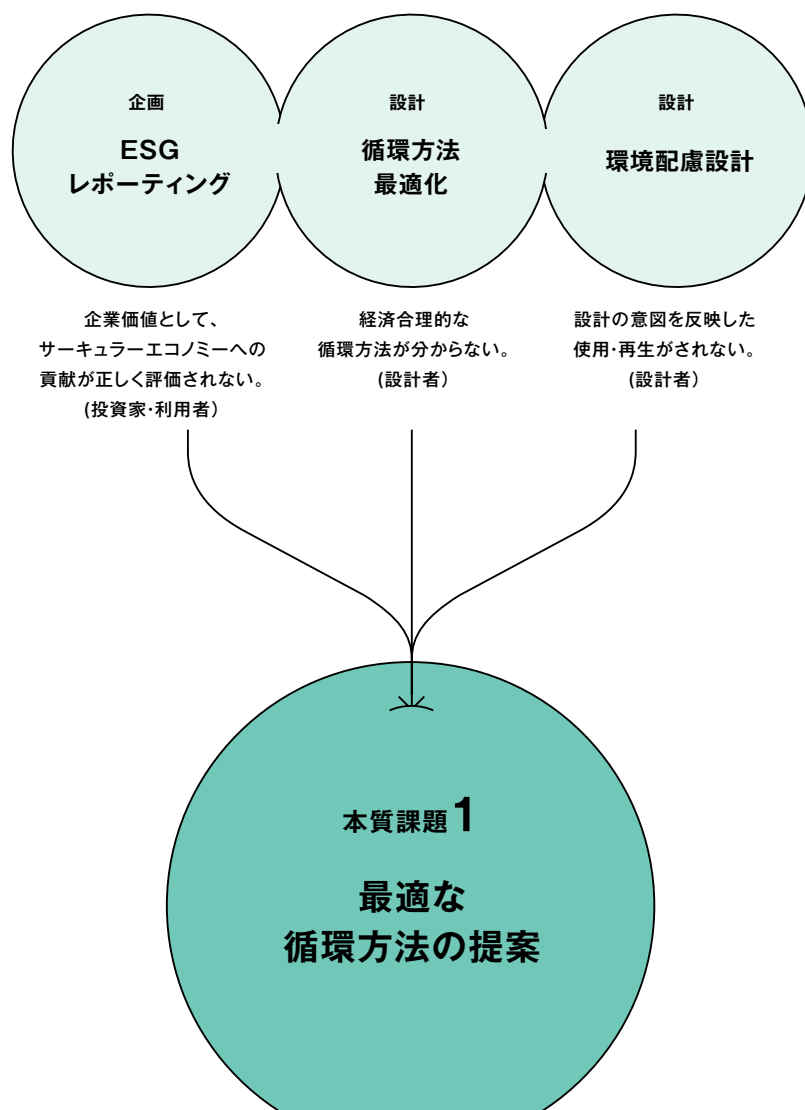
道筋を見直す サイバー・フィジカルシステム

本ラボでは、モノの流れの透明性が確保されることだけでなく、消費者、メーカー、リサイクラなどのステークホルダの行動がデジタルで正当に評価され、適正にフィードバックされることで、サーキュラーエコノミーへの自発的な行動が促進される社会をめざします。このために必要なのが、サーキュラーエコノミー向けのサイバー・フィジカルシステムの構築です。

このサイバー・フィジカルシステムは、現実社会の製品ライフサイクルからCO₂排出量などのデータを収集して評価・分析することで、経済、物質資源、エネルギーの流れを可視化するシステムのこと。共有された知識を活用しながら改善策を提案することで、現実社会での行動改善に繋げていきます。

課題の抽出

はじめに、ワークショップなどを通じて、私たちのめざすサーキュラーエコノミー社会の実現に向け、ステークホルダーに求められる行動からサイバー・フィジカルシステムを活用した6つの活用事例を立案しました。



さらに、これらの活用事例を実現する上でステークホルダーが抱える課題を、弊社事業部へのヒアリングなどを通じて抽出し深掘りすることで、解くべき2つの本質的な課題を導き出したのです。

資源と経済を共に循環させる

価値向上ソリューション

課題を抽出し、可視化された解くべき課題に対して、必要な要素を定義しました。まず最適な循環方法を示すため、ドメイン知識やデータに基づいて、ライフサイクルにおけるモノの流れや業務をモデル化し、サーキュラーエコノミー指標・経済価値を評価するライフサイクルシミュレーションを開発すること。

そして最も重要な、モノの循環を担う回収・解体・再生にかかわるデータの活用では、これら静脈部分をデジタル化することで、データを収集するための土台を形成。

以上の2つを連携させ、サーキュラーエコノミー向けのサイバーフィジカルシステムを構築し、資源循環とステークホルダの経済性を両立する「価値向上ソリューション」を開発、ステークホルダとともに持続的に事業成長できるサーキュラーエコノミーの実現に挑戦していきます。

日立 × 産総研

日立と産総研の強みを結集して、ソリューション開発のための研究を進めています。

日立

自社の製造現場や顧客協創で培った知見、また環境分野におけるソリューション実績を有します。

製造IoT (Internet of Things)

現場ノウハウのモデル化 現場データの活用で高品質・高信頼な製造を実現。

顧客協創アプローチ

顧客の課題解決をナビゲート ステークホルダの全業務で課題分析。

EcoAssist-Pro/LCA

製品単位のCO₂算定 調達・製造の実データを用いたCO₂排出量の算定。

産総研

製造現場におけるデジタル化への強みを活かしたソリューション実績を有します。

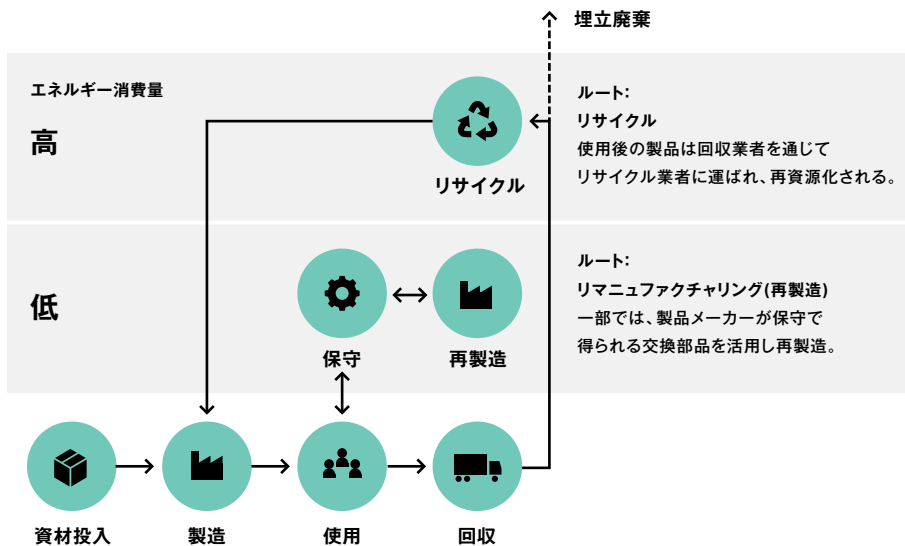
循環プロセスシミュレータ

回収デバイスの「解体」をモデル化 産総研オリジナルCEDESTモデル。

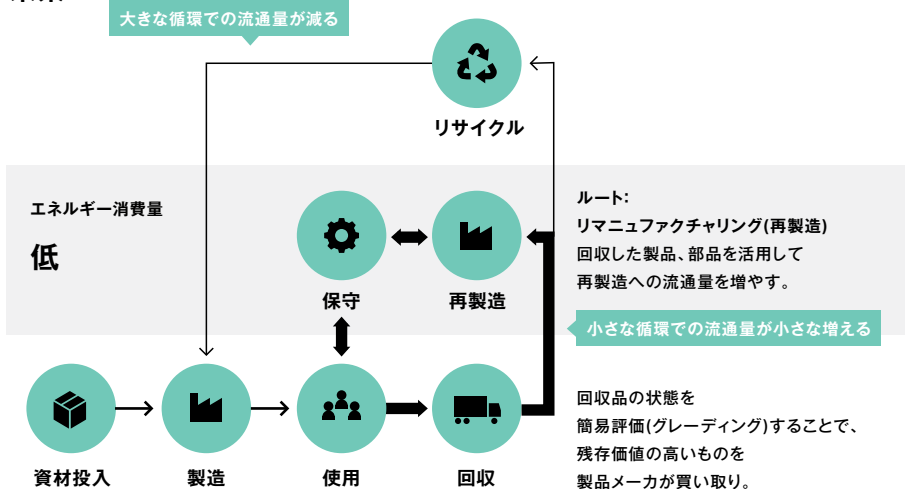
つながる工場モデルラボ

工場IoTシステム 20年に渡り、実証環境での検証を重ね産業界と開発。

現状



未来



シミュレーション例 | 産業機器の循環ルート

現状と未来の比較

産業分野の機器を想定し、現状と将来のライフサイクルをモデル化、比較しました。現状のライフサイクルでは、使用後の製品は回収業者を通じてリサイクル業者に運ばれ、再資源化されます。リサイクルは資源循環の基本ではあるものの、CO₂排出量の多い循環方法です。

これに対して、一部において製品メーカーが保守で得られる交換部品を活用し、再製造しています。再製造はCO₂排出量が少ない循環ですが、保守部品をベースとしているため、循環量が少ないという課題が想定されます。

そこで、回収業者から製品メーカーに製品を戻すルートを作ることで、再製造による小さな循環による流通量を増やします。さらに回収業者は、回収品の状態を簡易評価することで、メーカーは状態のよい製品を買い取ることができ、これによりエネルギーや資源ロスの削減、価値(対価)の高いループの流通量が増え、製品メーカーと回収業者の両者が成長するでしょう。

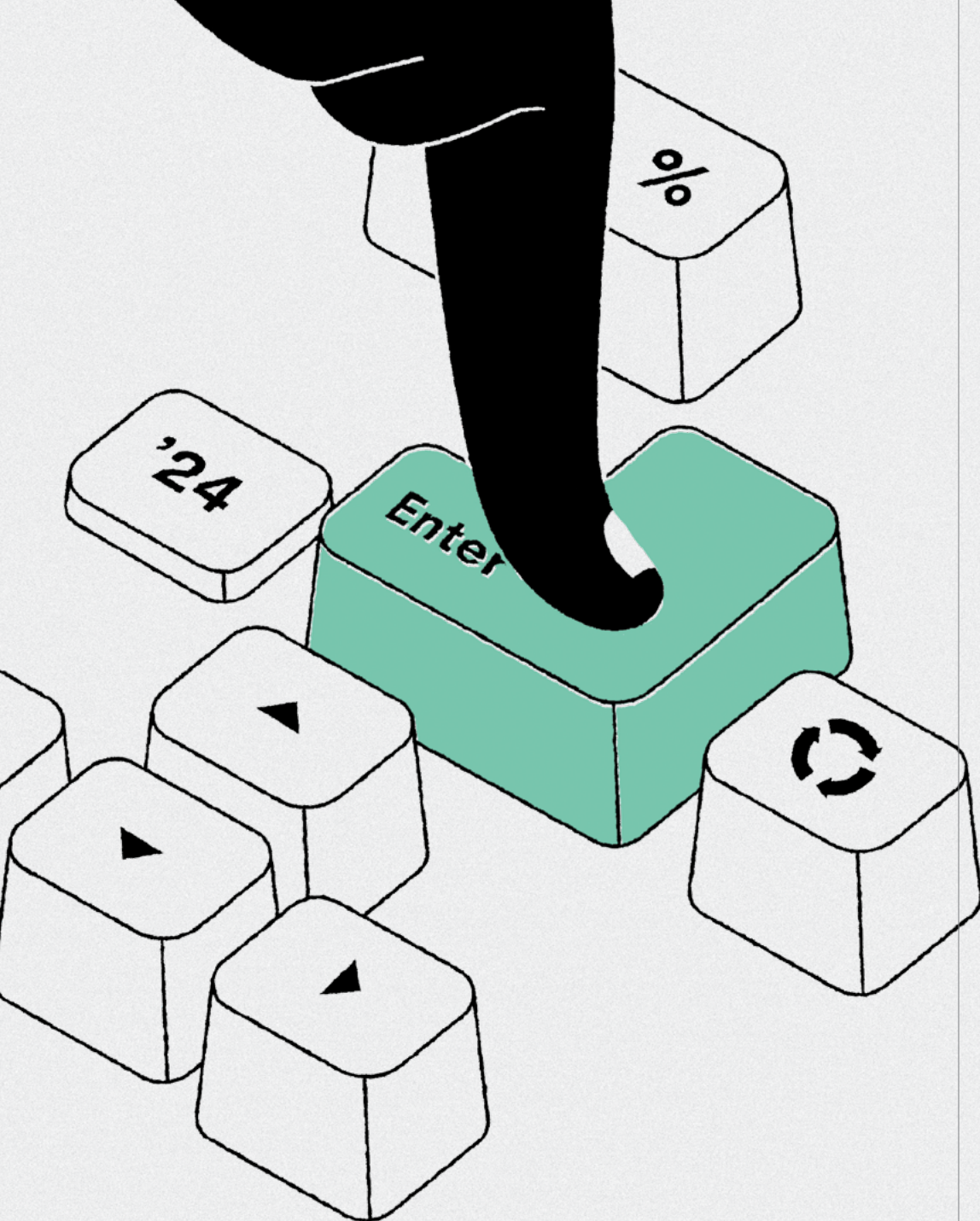
試算結果

環境負荷である資源投入量とCO₂排出量が減少し、製品メーカー、回収業者ともに利益が増加していることが分かります。回収業者にとっても事業成長のチャンスとなるため、再製造による小さなループの構築に自発的な協力を得られる、持続的にともに成長できる循環方法ではないでしょうか。

	資材投入量 万トン/年	調達資材の CO ₂ 排出量 万トンCO ₂ /年	製造メーカー 粗利 億円/年	回収・解体業社 粗利 億円/年
リサイクル ベース	3.4	11.5	363	5.7
再製造 ベース	3.1 ↓-10%	10.4 ↓-10%	370 ↑+2%	6.8 ↑+19%

※産業分野の機器における試算結果、Scope 3 カテゴリー1でCO₂排出量を算出。

今回のケースは一例ですが、さまざまな循環方法を想定して循環性や経済価値を評価することで、環境価値が高く事業成長が可能な方法を、共に探索していきましょう。



社会実装に向けた検証と
静脈デジタル化を進め、
価値向上ソリューションにより、
サーキュラーエコノミーの実現に貢献します。

'22 課題定義

ワークショップを通じて活用事例を抽出し、実現へむけて解決すべき課題を定義。

- 1 最適な循環方法の提案
- 2 業務のデジタル化

'23 ソリューション開発

循環方法の提案を可能にするために、モノのサイクルにかかわる業務・循環ルートモデル化する「ライフサイクルシュミレータ」を開発。

また、モノの循環の静脈部分である回収・解体・再生をIT・IoT化することで、データを収集するための土台を形成。

'24&25 検証・ソリューション拡張

社会実装に向け、実事業・静脈産業での検証と静脈のデジタル化を遂行。モデリングを生成AI・量子コンピューティングを含む範囲まで拡大。

3 標準化戰略

循環のルールを考える

サーキュラーエコノミーを
社会へ行き渡らせるためには、
どのような決まりが必要なのか。
世界の動向を把握しながら
私たちにできることを探索、検討しています。

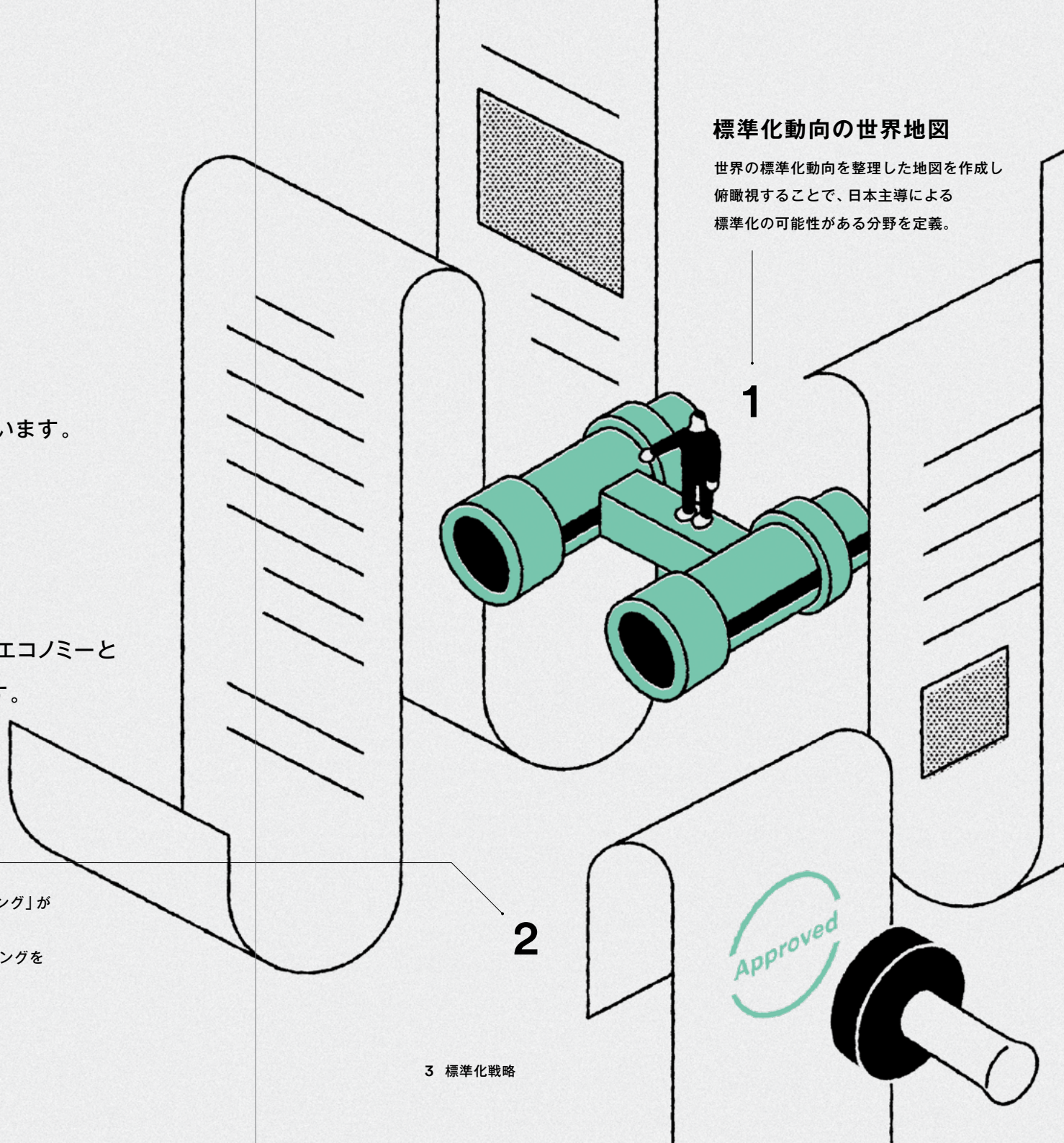
あるべきルールを作る。
それは、モノを適切に再利用したり、
人・企業を正しく評価したりと、
すべての人が気持ちよくサーキュラーエコノミーと
かかわれる未来のための取り組みです。

サーキュラーエコノミー指標

循環される価値を見える化する「グレーディング」が
資源の再利用の促進につながると位置付け。
サーキュラーエコノミーへのソフトランディングを
可能にするための、新しい指標案を提案。

標準化動向の世界地図

世界の標準化動向を整理した地図を作成し
俯瞰視することで、日本主導による
標準化の可能性がある分野を定義。



世界の流れを見極める

サーキュラーエコノミーにおいて日本は、高い市民意識に支えられ、環境活動としての3R(リデュース、リユース、リサイクル)では先行することができました。しかし、サーキュラーエコノミーの国際標準化において主導権を欧州が握るなか、日本がグローバルに持続的な経済の発展を遂げるためには、日本の積極姿勢が欠かせません。

「攻め」と「守り」

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボでは、標準化戦略を「攻め」と「守り」の二軸で捉えます。国際市場・標準化における動向調査を行い、現状を把握した上で、両方の戦略に反映することが、世界と調和しつつ日本企業の国際競争力を強化することにつながると考えます。

・ 攻めの標準化戦略

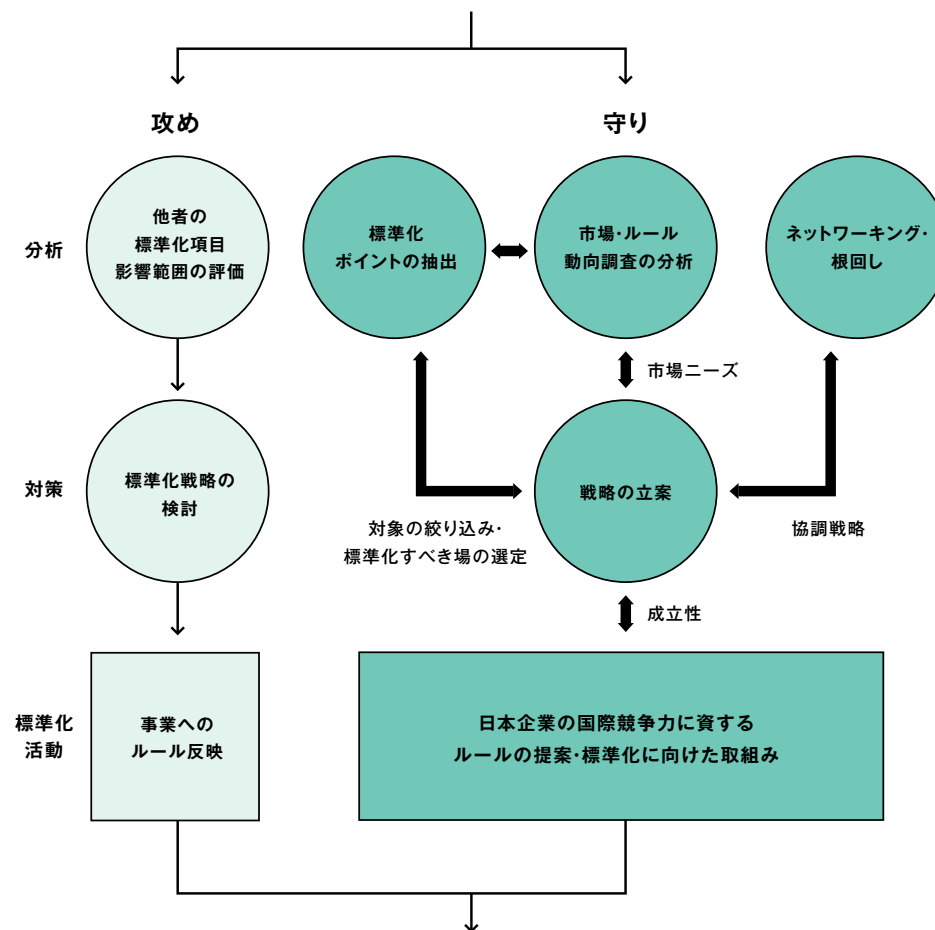
自国、他国共に不利益にならない標準化を目的とした、「日本発のルール・標準」による、イニシアチブを獲得する。

・ 守りの標準化戦略

欧州のサーキュラーエコノミー実現に向けた取り組みをいち早く国内に導入する。

ルール形成動向の全体俯瞰

市場・ルール動向調査



ルール形成リードとフォローにより
ルールと調和しつつ日本企業の国際競争力を強化

標準化動向の世界地図

私たちはまず、現状把握のため世界に数ある環境系のルール形成コミュニティを整理した俯瞰図の作成から始めました。

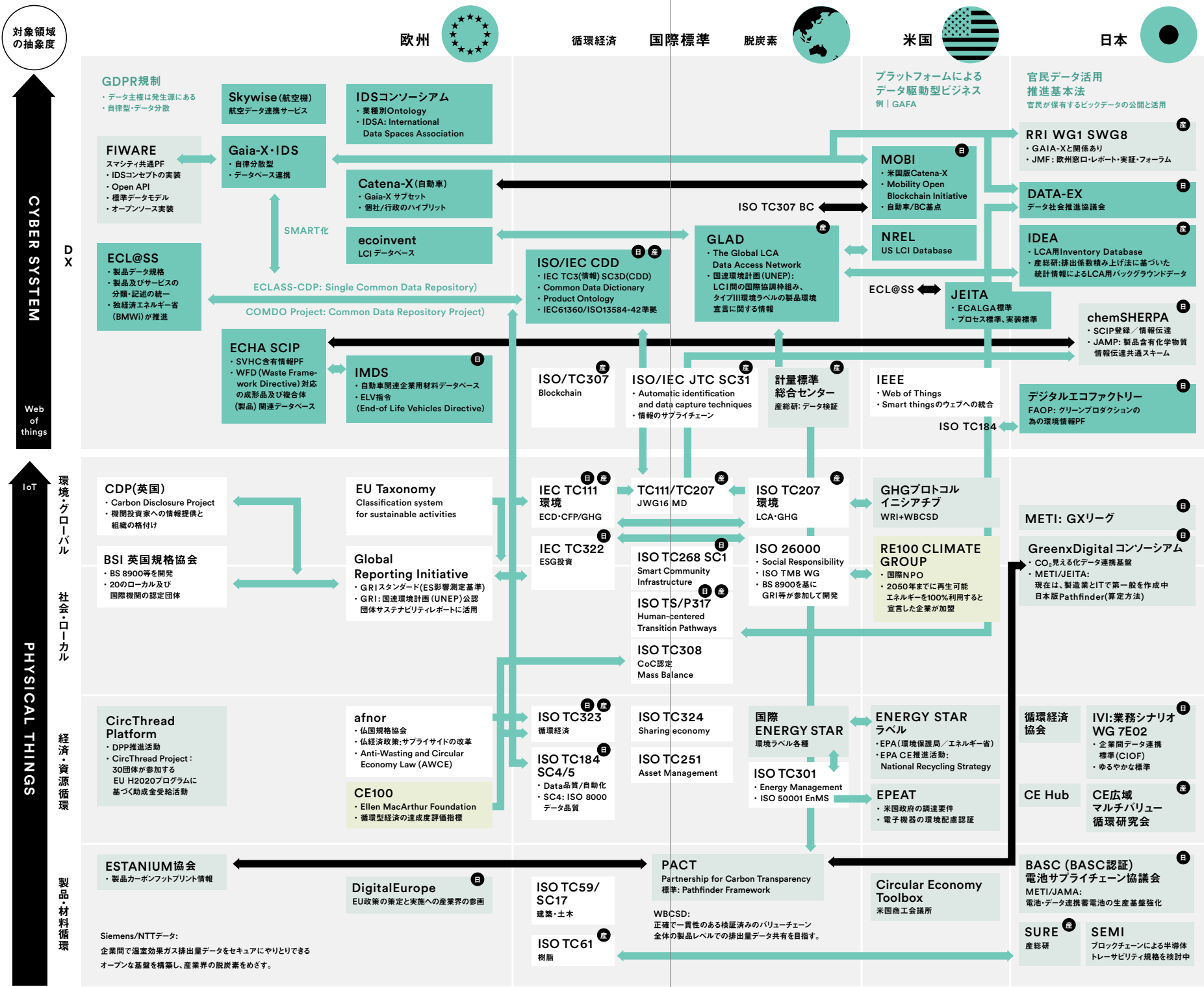
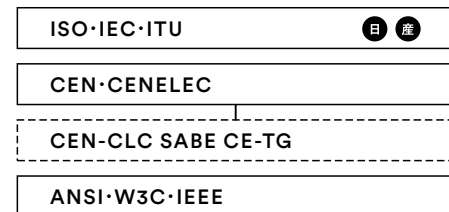
俯瞰図は、サイバーとフィジカルの2つの観点から、地域別の特徴が浮かがるように整理しています。

サイバー データ主権に着目し、データスペースにかかわる取り組みを整理。
フィジカル 環境、社会、経済、製品という各レイヤーに分類。

世界の流れを俯瞰で把握することで、今後のビジネスモデル、デジタルソリューションの社会実装に向けた、戦略・戦術の策定に活用することが目的です。

凡例

- データ活用関連活動等
- 標準化関連団体
- 環境団体
- その他団体
- 関係あり
- 類似項目
- 日立参画
- 産総研参画



循環を価値化する

この俯瞰図から以下の内容を読み解くことができます。

現状

サーキュラーエコノミーやカーボンニュートラル(CN)など、デジタルトランスフォーメーション(DX)のインフラであるデータスペースでは欧州が先行している。

期待

日本は日本主導の国際標準化の活用により、挽回の可能性がある。

理由

例えば、オンライン辞書の国際標準化で日本は主導的地位にある。ISO/TC323というサーキュラーエコノミーのルール形成の中心の場は、いまだデジタル関連の規格との結びつきが弱い。使用済み製品の品質管理にはデジタルが重要な役割を担うため、日本主導による国際標準化の余地がある。

資源再利用の促進には

データ活用の重要性、特に循環される価値が見える化する「グレーディング」が有望であることが浮かび上がってきました。

標準化における3Rに続く未来を想定するために、自動車産業を例として下記点に着目しました。

自動車分野の文献50%以上で複数産業に跨って使用される材料に言及。

EV用バッテリーを家庭用などにリパーパスする報告が増加。中古LIBのグレーディングが個別に実施。

自動車リサイクル産業の事例として、情報ネットワークで使用済み製品のグレード情報を標準化・データ活用。

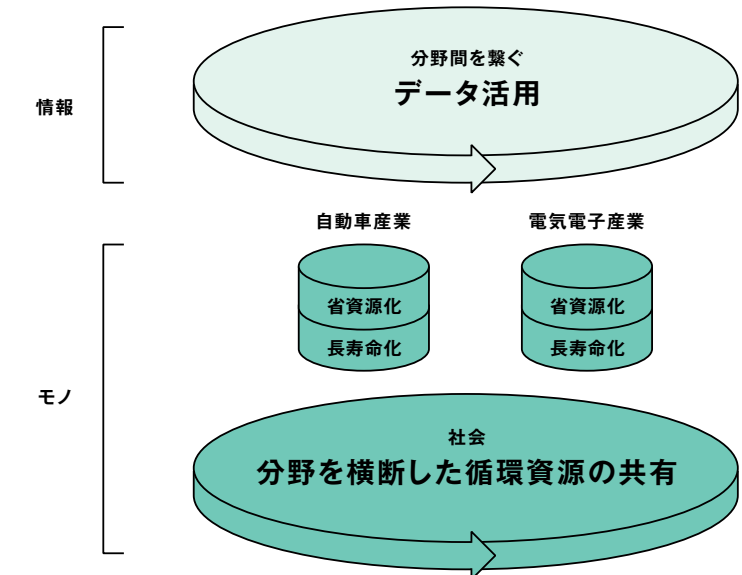
欧州で新車への再生プラスチック使用を義務化する規則が提案。

廃棄物削減を目的としていたこれまでの「3Rの時代」から、データ活用による資源の効率的な使用と製品の長寿命化が、社会価値・経済価値とされ「サーキュラーエコノミーの時代」の訪れが予期されます。従来同一産業内のみ閉じて循環していた資源が、標準化されたデータ活用により産業の壁を超え、より広い社会の中で循環していくことが期待できます。

これまで
廃棄物削減の時代



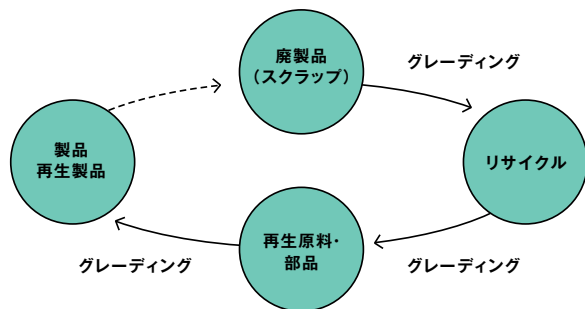
これから
循環経済の時代



価値を可視化し、循環を促す

例えば従来のアルミスクラップは鑄造材として再利用されて来ましたが、近い将来、スクラップ発生量が鑄造材の需要量を追い越し需給バランスが崩れることが見込まれます。

このため、スクラップを鑄造材としてでなく、今後は高級な展伸材(圧延、鑄造、引抜き、押出しなどによって形状を作り出した材料)として再資源化する新たな資源循環システムの開発が必要です。廃製品がリサイクルプロセスに入る前にその品質に基づき、あらかじめグレード付けされていれば、高級材としての再資源化がしやすくなります。また再生資材で作られた原料・部品も再生プロセスを認定しグレード付けされれば、利用者も安心して製品/再生製品に使うことができるでしょう。



グレードを標準化して、廃製品の価値が見える化、再生プロセスを認定して、アップグレードをしやすくし、再生品も安心して使えるようにします。

グレーディングを標準化するためには、サーキュラーエコノミーの標準化を担うISO/TC323でグレーディングの満たすべき要件を規定し、その後はSDB (Standard as DataBase)と呼ばれる場で、分野別、材料別のオンライン規格を策定していきます。

経済指標における課題

物質削減のみをうたうサーキュラーエコノミー指標では、製造業を含む日本企業に急激なコスト・投資負担の増加が予想できます。日本企業がサーキュラーエコノミーにソフトランディングするためには、グランドデザインの将来シナリオでもキードライビングフォースとされた、保守などによる寿命延長の効果を適切に評価する経済指標が重要となりますが、調査によりこれが不足していることが見いだされました。例えば既に議論の進んでいる経済指標としてCircular Material Productivity, R_{MP} には下記課題があります。

$$R_{MP} = \frac{\text{売上高}}{\text{リニアな資源投入の総質量}}$$

Circular Material Productivity, R_{MP} (WBCSD Circular Transition Indicator 4.0)

課題 設備投資によるリニア*資源投入のある年に指標が急に悪化し、各年で寿命延長努力が評価されづらい。

(これが問題になるのは、特に設備投資負担の大きい産業において)

解決方針 設備投資相当部分を各年に平準化し、各年の寿命延長努力も適切に評価する。

*リニア…サーキュラーの対義語で、循環されない資源のこと。

FACTS

- 1 保守はサーキュラーエコノミーへのキードライビングフォースのひとつ(当ラポにおけるグランドデザイン)。
- 2 標準化済みの経済指標において、リマニュファクチャリング(再製造)・リユース(再使用)・保守などの寿命延長の効果が評価されていない。

新しいサーキュラーエコノミー指標の提案

その年に提供した製品・サービスの対価という分子に対し、そのために用いられた自然再生不可能なヴァージン材の相当金額を分母として、比率で示しています。この分母において、従来は「使い切り分」、つまり変動費相当部分のみが考慮されていましたが、「使いまわし分」、有形固定資産の毎年の損耗分に相当する部分をも考慮することによって、有形固定資産を長く使うことによる指標の改善が期待できます。

$$\text{資源循環性指標案} = \frac{\text{1年で提供した製品・サービスの対価 (売上高)}}{\text{製品・サービスに用いられた、自然再生不可能なヴァージン材の相当金額 (重量×単価)}}$$

使い切り分 (原材料等の変動費) + 使いまわし分 (設備等の有形固定試算損耗)

期待効果

年度ごとの設備の寿命延長努力をもサーキュラーエコノミー移行に資するものとして評価することで、メーカーを含む日本企業の再生材使用の拡大に伴う急激なコスト・投資増を避け、サーキュラーエコノミーへのソフトランディングを可能としていきます。

関連組織との協働

サーキュラーエコノミーで中心となるISO/TC323を主軸に、データとの連携を進めるIEC SC3Dなどの他のTCとも連携しています。

ISO/TC32

- ・ 国内委員会に日立(R&D)から2名を委員として登録手続中。
- ・ 国際委員会に日立(事業部)から1名登録済。
- ・ 国際委員会に産総研から1名登録済、2023年年次総会に参加。
- ・ WG2^{*1} コンビナー多摩大市川教授、WG3^{*2}国内委員会主査村上東大教授と継続的な意見交換を実施。

IEC SC 3D Common Data Dictionary

易解体性指標(DPPの一部に提案予定)を扱うCircThread^{*3}のキーパーソンと連携を構築。

海外のCE分野のインフルエンサー、標準化エキスパート

WBCSD、WRI、NIST等、団体、アカデミア等からの10名程度をパートナー候補に絞込み完了。今後ロングインタビューを通じ更に関係を深化。

^{*1} Practical Approaches to Develop and Implement Circular Economy

^{*2} Measuring and Assessing Circularity

^{*3} 循環型経済製品・資源・サービスマネジメントのためのデジタルスレッドの構築を目指すEUプロジェクト

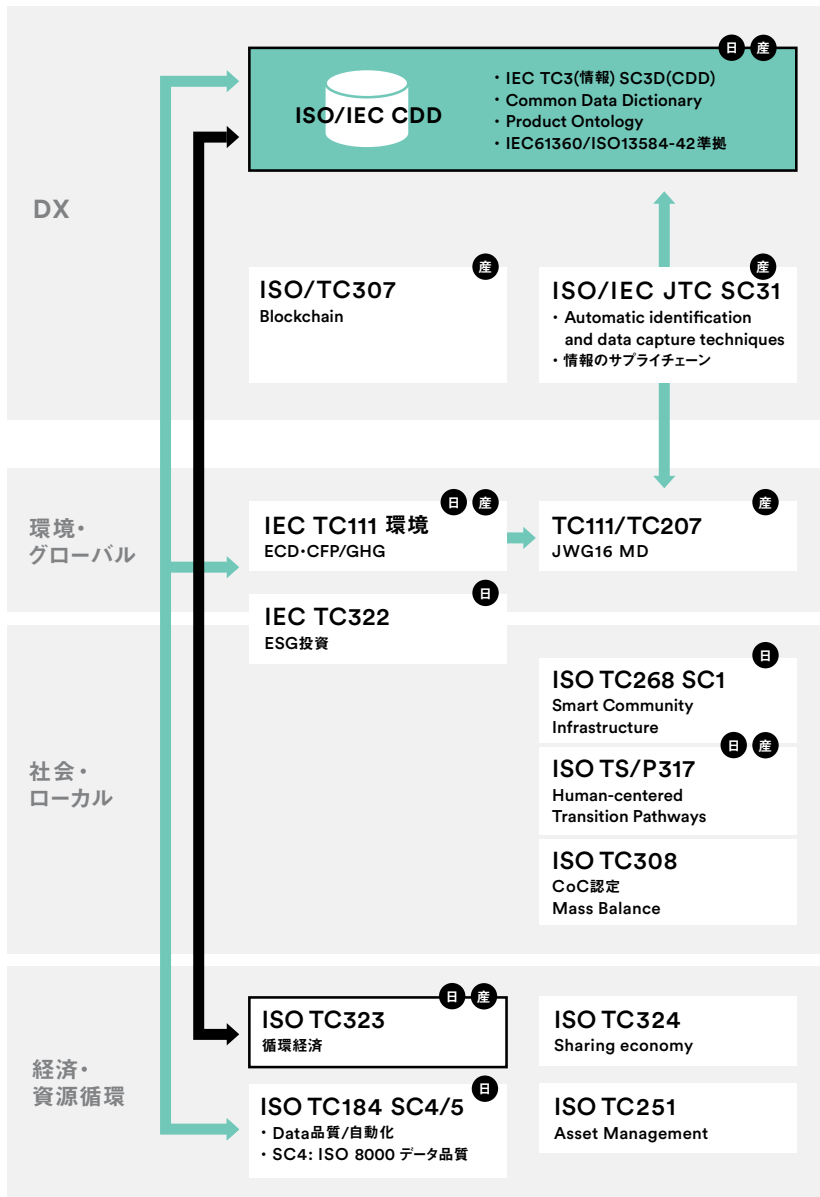
対象領域
の抽象度



国際標準 循環経済

CYBER SYSTEM
Web of things

PHYSICAL THINGS
IoT



'22 現状把握・戦略構築

公開情報の収集・同行調査を通じた現状把握と内部環境の分析。
標準化の課題と戦略の立案・施策の提言に向けたアプローチを明確化。

'23 標準戦略の立案

標準化エキスパートへのインタビューからの情報収集を行う。
各調査から収集された情報をもとに課題とニーズを特定、
攻めの標準化戦略を立案。

'24 実装に向けての最適化

関係する他組織からの意見や検証をもとに、立案された戦略を最適化。
また、事業モデルに資するルールの提案・標準化に向けた取り組みを提案。
WD=Working Draft (規格原案) 作成開始。

'25 実装に向けての準備

WDの稟議通過後、CD=Comittee Draft (委員会原案) の
準備・提出に移行。2025年以降、DISおよびFDIS段階へ。

日本企業の国際競争力に
貢献できるように、
ルール形成戦略の立案と
実行を達成していきます。

'22

'23

'24

'25



あとがき

2024年2月5日に開催した「日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ 第1回オープンフォーラム～サーキュラーエコノミー社会の実現に向けた道のりとその方法論について～」において、2022年10月に発足した日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボのこれまでの活動をラボの代表者からご紹介いたしました。本冊子は、このフォーラムでの発表内容を中間活動報告としてまとめたものです。

私たちのラボでは、「物質」、「エネルギー」、「情報・知識」をSociety 5.0時代の循環すべき資源として捉え、本冊子でご紹介した「グランドデザイン」、「デジタルソリューション」、「標準化戦略」の3つのテーマで議論を深めています。これまで独立していると思われていた3つの資源が強く相互干渉を始めた時代がSociety 5.0時代であると考えて、この3つの資源を有効活用し、高度循環させることによりSociety 5.0を実現すべく、グランドデザインを描いてまいります。さらに技術の観点からは具体的なデジタルソリューションを創出するとともに、国内企業の国際競争力強化に資する攻めと守りのルール形成戦略を立案していきます。

当然のことながら、サーキュラーエコノミーはひとつの組織で成し得るものではないため、多くの方々から少しでも当ラボの活動にご興味・ご関心を持って、さまざまな視点で当ラボと議論をいただき、その活動にご期待いただけますと幸いです。ひきつづき、関係各所からのお力添えを賜り、私たちと手を取り合ってサーキュラーエコノミーの実現に向け、さらなる加速をご一緒いただきたく、よろしくお願い申し上げます。

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ 連携研究ラボ長

宮崎克雅

ラボメンバー

2024年3月時点

私たちと共にサーキュラーエコノミーを実現する、
あなたの参画をお待ちしています。

<https://unit.aist.go.jp/hitachi-cecrl/index.html>



ラボ長 宮崎克雅 日立(産総研出向)

副ラボ長 増井慶次郎 産総研

副ラボ長 寺田尚平 日立(産総研出向)

事務局 宮本健一 AIST Solutions

門井 悠 AIST Solutions

及川隆信 AIST Solutions

鈴木智久 日立

村里有紀 日立

WG1 | 循環経済社会のグランドデザインの策定

主査 伴 真秀 日立 宮本健一 AIST Solutions

副査 増井慶次郎 産総研 中林 亮 AIST Solutions

森本慎一郎 産総研 福本 恭 日立

蒲生昌志 産総研 神林琢也 日立

松本光崇 産総研 八木将計 日立

持丸正明 産総研 伊藤将宏 日立

竹中 毅 産総研 鍾 イン 日立

WG2 | 循環経済向けデジタルソリューションの開発

主査 河野一平 日立 田原聖隆 産総研

副査 古川慈之 産総研 大木達也 産総研

高本仁志 産総研 中林 亮 AIST Solutions

澤田浩之 産総研 親松昌幸 日立

小倉一朗 産総研 森 拓郎 日立

Herwan Jonny 産総研 中尾早苗 日立

松本光崇 産総研 佐藤英樹 日立

三宅晃司 産総研 村里有紀 日立

玄地 裕 産総研

WG3 | 標準化戦略の立案・施策の提言

主査 星野 攻 日立 蒲生昌志 産総研

副査 中林 亮 AIST Solutions 森本慎一郎 産総研

神垣幸志 産総研 市橋祥之 日立

宮本健一 AIST Solutions 河野一平 日立

松本光崇 産総研 親松昌幸 日立

持丸正明 産総研 木原隆宏 日立

竹中 毅 産総研 村里有紀 日立

アドバイザー

梅田 靖 東京大学 倉田英明 日立

遠藤 明 産総研 長野裕史 日立

谷 繁幸 日立 谷口伸一 日立

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ
活動報告書 2023

2024年3月29日 初版発行

発行者

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ

〒135-0064 東京都江東区青海2-3-26

産総研臨海副都心センター内

M-haistcelab-ml@aist.go.jp

<https://unit.aist.go.jp/hitachi-cecrl/index.html>

©H-AIST CE Lab. Printed in Japan.



H-AIST CELab.