

2024

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

2024

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

循環の輪を広げ、調和を生み出す社会へ

「Circular Symphony」は、技術、ルール、そして人間の価値観が調和し、持続可能な未来を奏でる、日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボが掲げる循環型社会のビジョンです。

多様なステークホルダーがそれぞれの役割を果たしながらひとつの交響曲のように共鳴し、環境・経済・社会が共存する未来をつくりたいという願いを込めています。

Circular Symphony

はじめに	07
グランドデザイン	17
「ありうる将来」と「ありたき将来」	20
「ありうる将来」を深耕する	22
「ありたき将来」を描く	26
 中高生と考えた未来のサーキュラーエコノミー社会	 35
指標	47
サーキュラーエコノミーにおける指標	50
指標の関係性を可視化する	56
 デジタルソリューション	 65
循環を最適化するサイバー・フィジカルシステム	68
モノのライフサイクルを可視化・評価する	74
モノの回収・解体・再生のプロセスをデジタル化する	82
 標準化戦略	 89
ルール形成にむけた戦略	92
循環の価値を可視化する	96
 あとがき	 111
ラボメンバー	112

はじめに

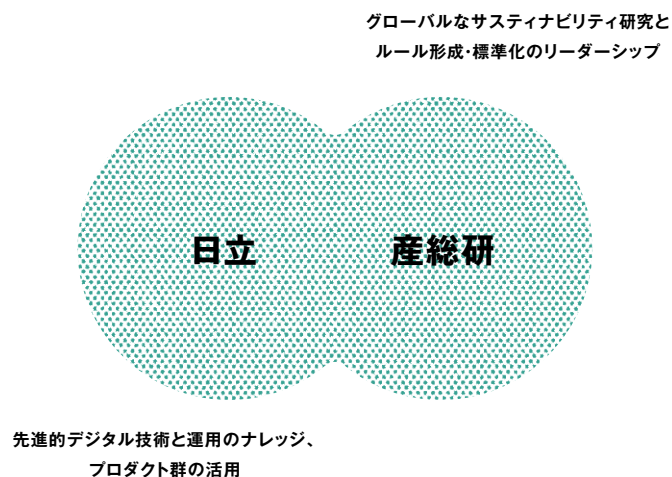
はじめに

日立-産総研 サーキュラーエコノミー連携研究ラボとは

地球環境問題が深刻化するなか、日本を含めた国際社会全体で、これまでの大量生産・大量消費型の経済から、循環型の経済「サーキュラーエコノミー」への移行が求められています。サーキュラーエコノミー実現に向けて、限りある資源を高効率に利用するためのグランドデザインや必要なルール、課題解決策などを研究し、世の中へ発信する拠点として、日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボを設立しました。

サーキュラーエコノミーの実現に向けて

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボは、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）が2022年に設立した共同研究拠点です。日立のIT×OT（運用・制御技術）×プロダクトのノウハウと、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、資源循環を支えるイノベーションの創生をめざしています。



当ラボでは、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しています。サーキュラーエコノミーの実現に向けて、ありた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。

日本における3つの課題

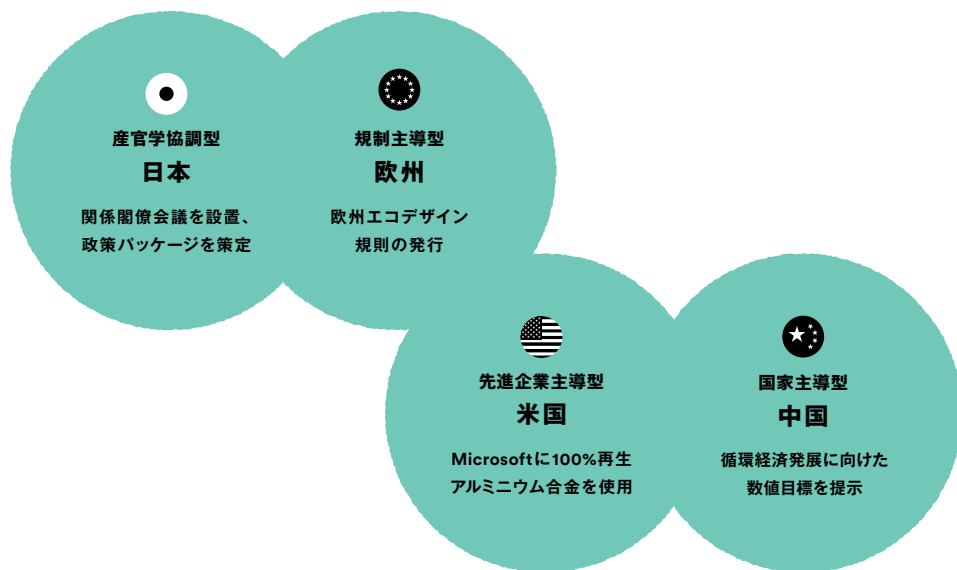
サーキュラーエコノミーの実現にあたり、現状の日本社会において私たちが課題だと考えているのは以下の3点です。

- 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を踏まえ、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

このような課題を産学官のステークホルダーが共有し、連携・協力することで、真のサーキュラーエコノミーを実現できると考えています。

法整備や政策などの国際動向

一方、国際社会では、サーキュラーエコノミーの実現に向けた法制度や政策の整備・改正などが各地域で進んでいます。24年度の国際動向を踏まえ、地域ごとにサーキュラーエコノミーをめざす進め方の類型化を試みました。



サーキュラーエコノミー関連ISO59000シリーズ発行

ISO59004 循環経済の定義、ビジョン、原則等の標準化

ISO59010 サーキュラーエコノミー型ビジネスモデル、バリューネットワークへ移行するためのガイダンスを提供

ISO59020 循環性を評価する指標および評価枠組み等の標準化

循環経済
マネジメントへと
発展する可能性あり

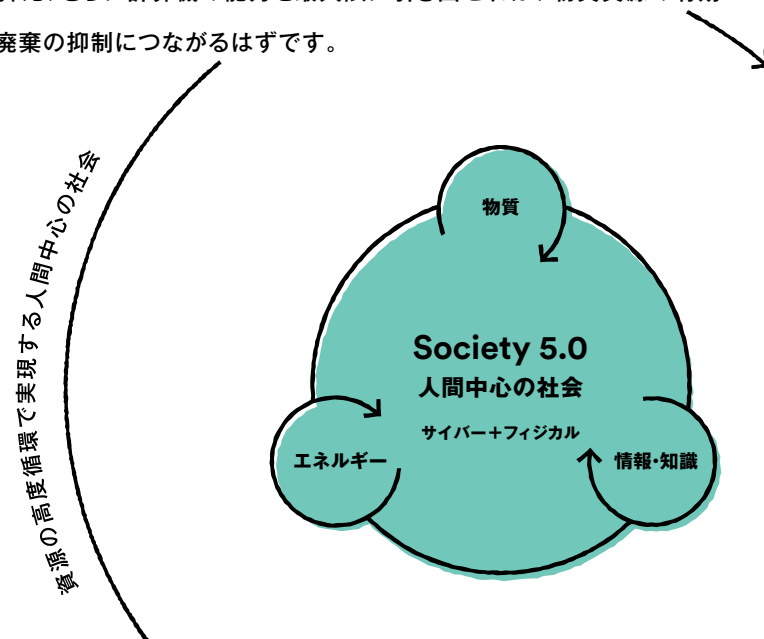
近年発行されたサーキュラーエコノミーに関する国際規格を見ると、ステークホルダー間の相互作用で循環全体に利益を生む「バリューネットワーク」の重要性が認識されはじめていることがわかります。

このような周囲の環境や条件の変化を好機と捉え、柔軟にその打ち手を準備していく必要があると、私たちは考えます。当ラボでは、国際動向を踏まえながら、日本社会がめざす「Society 5.0」の時代を見据えた研究開発に取り組んでいます。

物質、エネルギー、情報・知識を循環させる

いま、日本の社会は「Society 5.0」という新たなフェーズに向かおうとしています。Society 5.0とは、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く新たな社会を指すもので、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社会です。

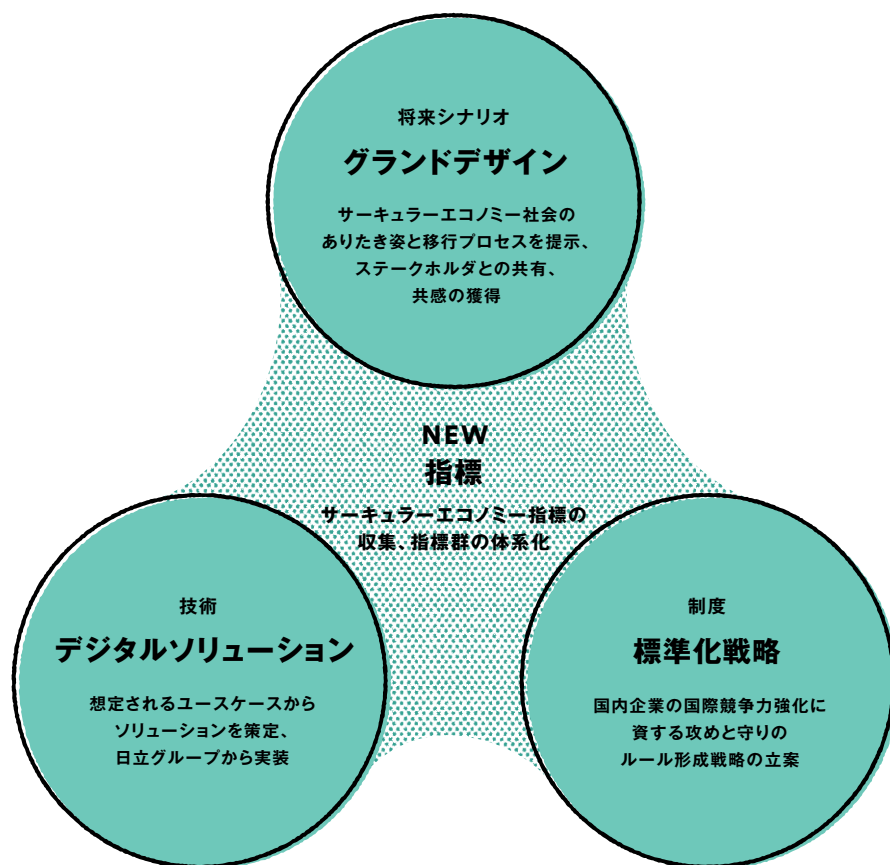
Society 5.0時代において、これまで資源として認識されていた「物質」「エネルギー」に加え、私たちは「情報・知識」を新たな資源と捉え、これを循環させる必要があると考えています。フィジカル空間から挙げられた単なるデータが物質資源とエネルギー資源によって、情報になり、知識になり、そして知恵になる。この「情報・知識」を活用することで、無駄な計算をなくしエネルギー消費を抑え、さらに計算機的能力を最大限に引き出せれば、物質資源の有効活用、廃棄の抑制につながるはずです。



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

道筋を創るための研究テーマ

サーキュラーエコノミーの実現に向けた道筋を創り出すために「将来シナリオ」「技術」「制度」の3つの観点から、ラボの研究テーマを「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つに決めました。



「グランドデザイン」では、未来社会のありたき姿と移行プロセスを提示し、ステークホルダーと共有、共感の獲得をめざします。「デジタルソリューション」では、サーキュラーエコノミー社会を想定したユースケースから課題を抽出、それらを解決するソリューションを考案し、日立グループから実装を進めていく予定です。さらに、「標準化戦略」では、データ収集や活用方法などについて施策を提言し、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を図ります。

また、2024年より、上記3つのテーマをつなぐ「サーキュラーエコノミーに関する指標体系化」をタスクフォースとして新たに立ち上げ、指標の収集および指標群の体系化に取り組みはじめました。

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・意見交換をすることで、グローバルにサーキュラーエコノミーの分野をリードできるよう取り組んでいます。

2024
2

「第1回オープンフォーラム」あるべきサーキュラーエコノミー社会の姿とそこに至るまでの課題を議論。

2024
4

「標準化に特化したシンポジウム」ラボの活動成果の発信に加えて、グローバルな7か国の標準化に関する取り組みを共有。

上記に加えて、科学技術と経済の会やCEATEC、自動車技術会、サーキュラーパートナーズEXPOなどのイベントにおいて、私たちの取り組みを発信し、その都度、さまざまな場で多くの皆様との意見交換を行いました。

グランドデザイン

だれもが循環を担う未来

私たちがめざすサーキュラーエコノミー社会とは
どのような未来なのでしょうか？

またその未来へ進んでいくためには
どのような道を辿ればよいのでしょうか？

多様な価値観を持つ人々が
無理なく循環の一端を担うアクションをとり、
モノが長く無駄なく使われ、再生される。
そんなありたき将来への道筋を描きます。

P26

「ありたき将来」を描く

Step 1 | 将来シナリオの要件抽出

Step 2 | ありたき将来の
シナリオ具体化／可視化

Step 3 | 実現に向けた有効策の策定

P22

「ありうる将来」を深耕する

Step 1 | 対話による情報収集とモデル化

Step 2 | 未来シナリオシミュレーションによる
シナリオ生成と分岐点の可視化

Step 3 | シナリオ評価

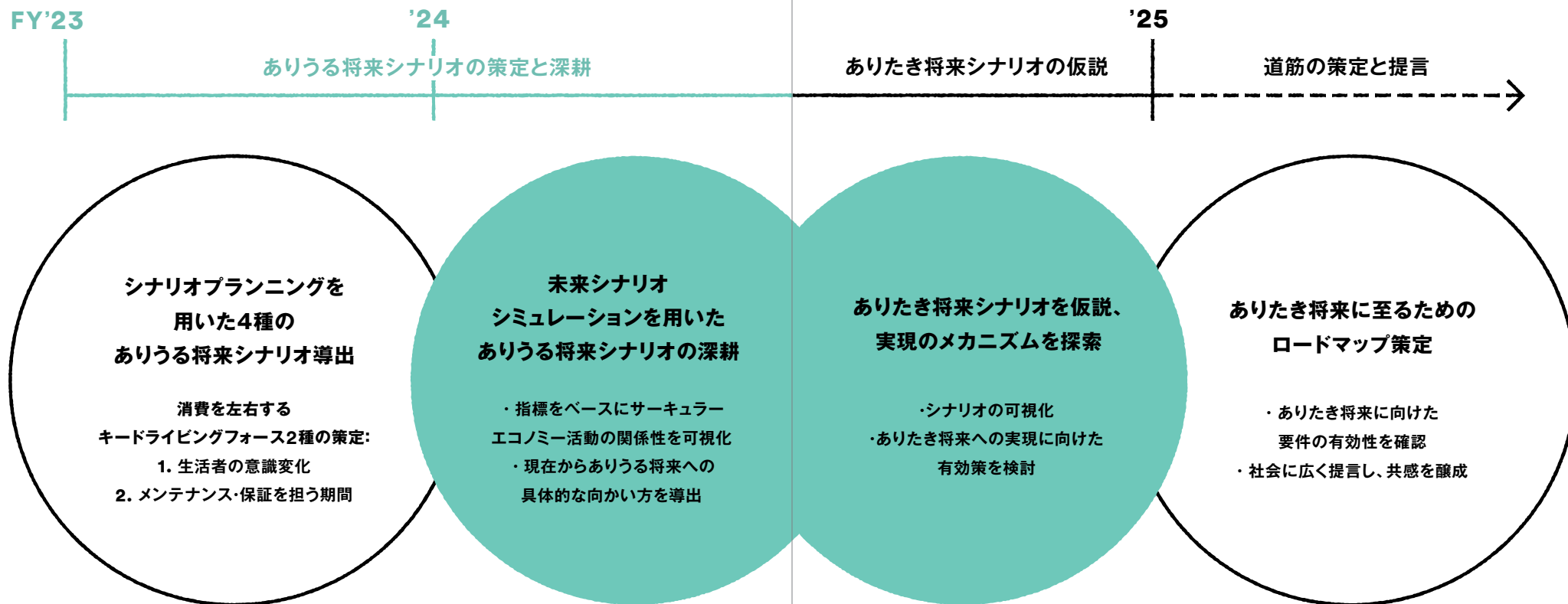
P20

「ありうる将来」と「ありたき将来」

「ありうる将来」と「ありたき将来」

グランドデザインのテーマでは、サーキュラーエコノミーをめぐる「ありうる将来」と「ありたき将来」の策定を推進してきました。「ありうる将来」、つまり、起こりうるいくつかの社会の将来像を紐解くことで、「ありたき将来」、私たちが意思を持って向きたい将来像と、そこに向かう道筋を定義することを目的としています。

2023年の活動は、シナリオプランニング手法を用いながら、「ありうる将来」を描き出し、4つの将来像に辿り着きました。2024年は、その「ありうる将来」を未来シナリオシミュレーションによって深め、その中から「ありたき将来」を描き、その実現のために必要な有効策を検討していきました。



「ありうる将来」を深耕する

これまで描いた「ありうる将来」には、
どのように辿り着くのか？その途中にはいつ、
どのようなイベントが発生するのでしょうか。

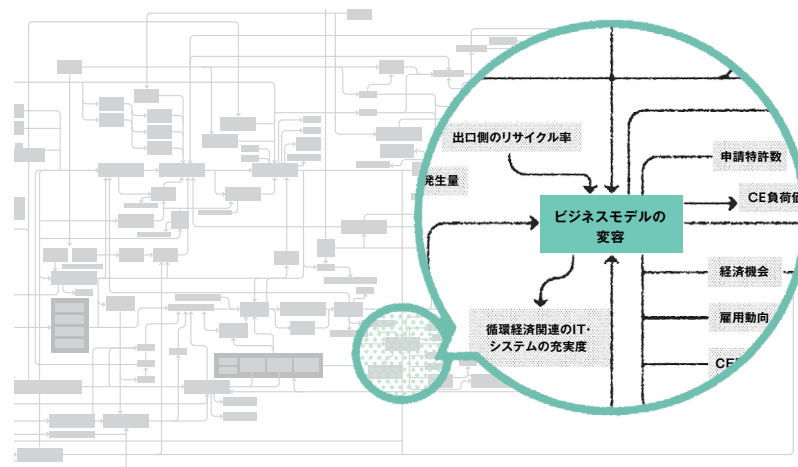
2024年の活動では「未来シナリオシミュレーション」を用いて、サーキュラー
エコノミーに関わる事象の因果関係を、社会・経済・環境のKPIで定量的
に評価しながら、重要な分岐点を可視化することで、上記の問いへの回答
についての示唆を得ることを試みました。

シナリオの検証・評価は、3つのステップを踏みながら進めていきました。

- 1 対話による情報収集とモデル化
- 2 未来シナリオシミュレーションによるシナリオ生成と分岐点の可視化
- 3 シナリオ評価

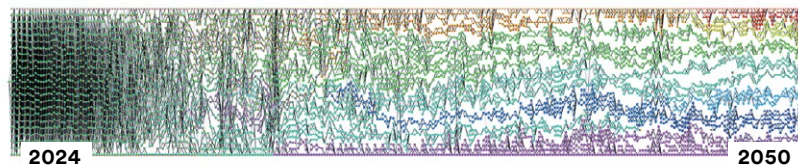
Step 1 | 対話による情報収集とモデル化

まず、ラボメンバー13名によるワークショップで、391個に及ぶ要素と要素間
の因果連関を定式化しました。



Step 2 | 未来シナリオシミュレーションによる シナリオ生成と分岐点の可視化

モンテカルロシミュレーション技術を用い生み出された2万通りのシナリオを
分類し、9つのグループへの分岐と分岐要因を確認しました。



Step 3 | シナリオ評価

9つのシナリオグループを、資源循環／環境／経済／社会など、複数指標を用い◎／○／△の3段階で評価し、シナリオEとシナリオIが望ましい世界だと仮定しました。一方で、私たちが向かいたいシナリオに到達するには、各年代の分岐点で生じる変化とそのタイミング、変化による影響を明らかにしておく必要があります。

シナリオEは資源再生やCCU（二酸化炭素回収・有効利用）、DAC（直接

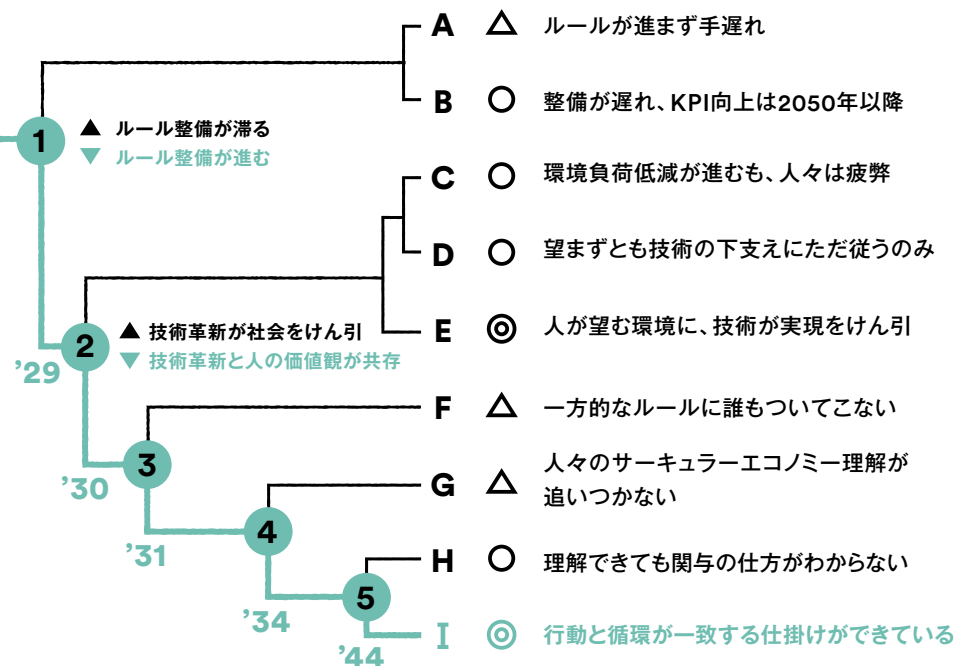
空気回収技術）など、さまざまな技術が2030年頃に確立した場合に辿り着く未来ですが、技術の実現性をもう少し考慮すべきでしょう。一方で、シナリオIは、技術以外に、資源循環に対する生活者意識向上や、リペアなどの長寿命化技術の活用により循環が実現している未来であることがわかります。

私たちが向かいたいシナリオは、循環を促進するルール・技術・人のバランスが良好で、サーキュラーエコノミーに関与する人々の頑張りで見返りが一致しているシナリオIであるとしてしました。

分岐による変化

シナリオ 評価 ありうる将来シナリオの方向感

シナリオの要点



ルール整備が遅れ、
他のKPIが追いつかない

KPIは良好だが、技術の実現可能性に
ついて楽観的な側面がある

化石資源への依存が続く

生活者の意識が大きく変化している

シナリオIへ辿り着くために
必要な要件

- 1 '30年頃に「制度・規制」が整備されていなければならない
- 2 リペア、リマニュファクチャリング（リマン）、メンテナンス等の製品の「長寿命化」にかかわる技術・サービスが導入される
- 3 '30年代は、化石エネルギー・資源からの脱却が計画通りに進む必要がある
- 4 資源循環への生活者の意識が、今以上に向上しなければならない
- 5 '40年代には、資源循環を促進する仕掛けが広く社会に広まっている（e.g. エコポイントのようなもの）

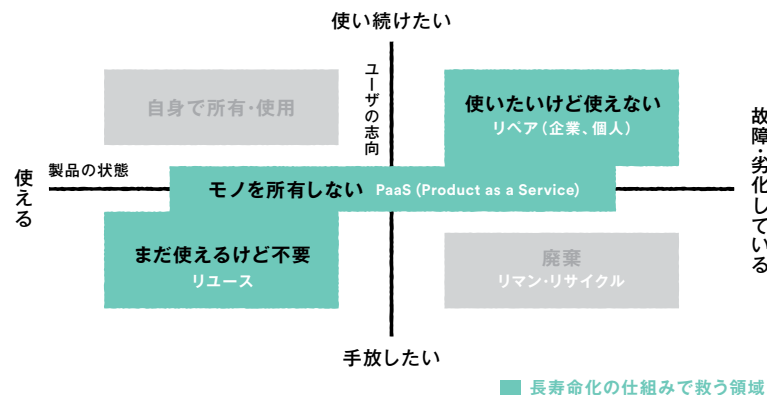
「ありたき将来」を描く

次は、こんなサーキュラーエコノミー社会をめざしたいという「ありたき将来」の探索です。こちら、3つのステップを経て、ありたき将来を可視化し、その実現のための要件を明らかにしました。

- 1 将来シナリオの要件抽出
- 2 ありたき将来シナリオの具体化／可視化
- 3 実現に向けた有効策の策定

Step 1 | 将来シナリオの要件抽出

シナリオ I の実現の要となる「規制」や「長寿命化」に対し、有識者7名と共にルール、技術、人の価値観など複数観点による議論から、必要な要件を導出しました。その結果、多様なユーザの志向に寄り添いながら、製品の状態、ユーザの志向によって「安易に廃棄されない仕組み」が重要だと考えました。

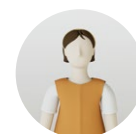


Step 2 | ありたき将来シナリオの具体化／可視化

人々の多様な価値観に対し、 社会の仕組みが寄り添い 「長寿命化」による循環を促す社会

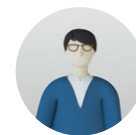
Step1の要件抽出を経て、私たちが意思を持ってめざしたい「ありたき将来」を上のように仮定しました。そして、具体的なイメージをもつために、ありたき将来に住む生活者2人の日常の中で、「小型バッテリー」の循環をひとつの事例として描き出してみました。

全容は、サーキュラーエコノミー社会のとある1日を描いた
コンセプトムービー「A DAY IN A CIRCULAR ECONOMY」
にてご覧ください。



環境意識が高い
りなさん

古くていいものを、大切に。
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。



利便性重視の
けんじさん

忙しい日々の中でも、自然に組み込める、
環境にいいサービスがあるとうれしい。

環境意識が高いりなさんには、思い通りの再生を支援するしくみを



しくみ 1

標準化されたエコデザインによる部品で、業界全体で環境負荷・コストを低減。
環境意識の高い人に対する選択肢が提供されている。

「愛用自転車のカスタマイズしにコミュニティーセンタへ。
専門家と相談して選んだ再生タイヤに交換してみよう！」



しくみ 2

使用済みバッテリーを、ユーザーの要望に応じて業界横断でリバーパス。
「自転車にはもう使えないバッテリーは、コミュニティ菜園の給水機に。
企業のサポートで、コミュニティメンバーと一緒に設置できた！」

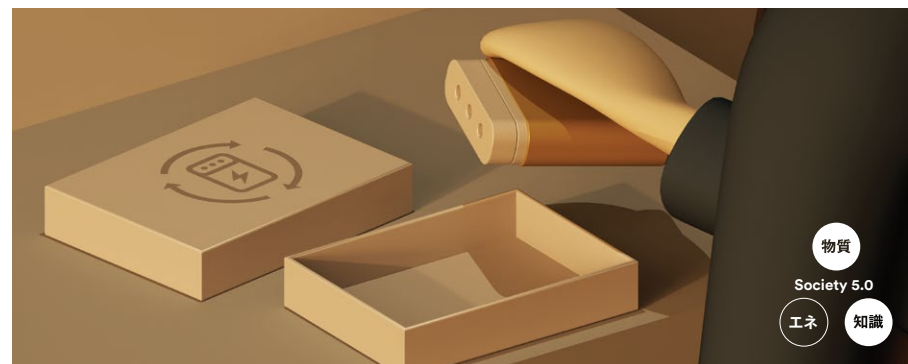
利便性重視のけんじさんには、意識させない循環の系への誘いを



しくみ 3

経済・環境価値を高める運用を、デジタルで支援。

「通勤はシェア電動自転車で。マイバッテリーを使えばポイントが
貯まるし、自分で漕いだら充電できて運動にもなるからお得」



しくみ 4

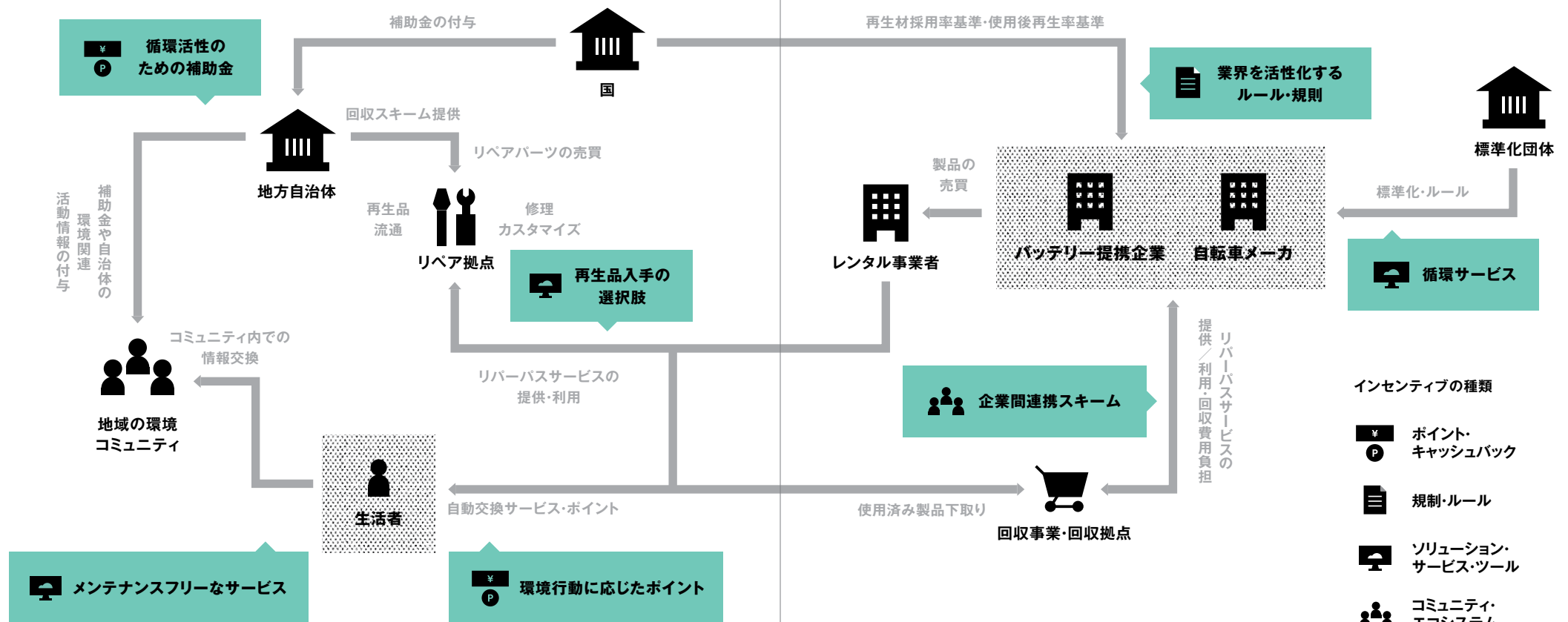
利用状況のモニタリングで残存価値のあるうちに回収。
「玄関先に届いた新しいバッテリーを取り出し、
代わりに古くなったバッテリーを箱にいれるだけで
環境に良い活動にも貢献できるっていいよね」

Step 3 | 実現に向けた有効策の策定

ありたき将来シナリオ実現のためには、循環の仕組みにおけるキーとなる起点、行動、指標の駆動力として「インセンティブ」の設計が有効だと、私たちは考えました。ここでの「インセンティブ」とは金銭的な意味のみならず、サーキュラーエコノミーの加速を支援する規制やルール、サービス、コミュニティなども含めて、広義に捉えています。

多様な価値観に応じた施策の立案にむけて、インセンティブがいつ、どの段階でどのステークホルダーに導入されるべきか。ステークホルダー間のバリューネットワークにおける「人・モノ・カネ・情報」の関係を可視化し検証しました。

今後の課題として、より効果的な導入のためにはどこ起点にするべきかを検証していきます。また、今後これらのバリューネットワークを基にありたき将来へのロードマップを構築し、具体的な移行の要件を明らかにしていきます。



'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

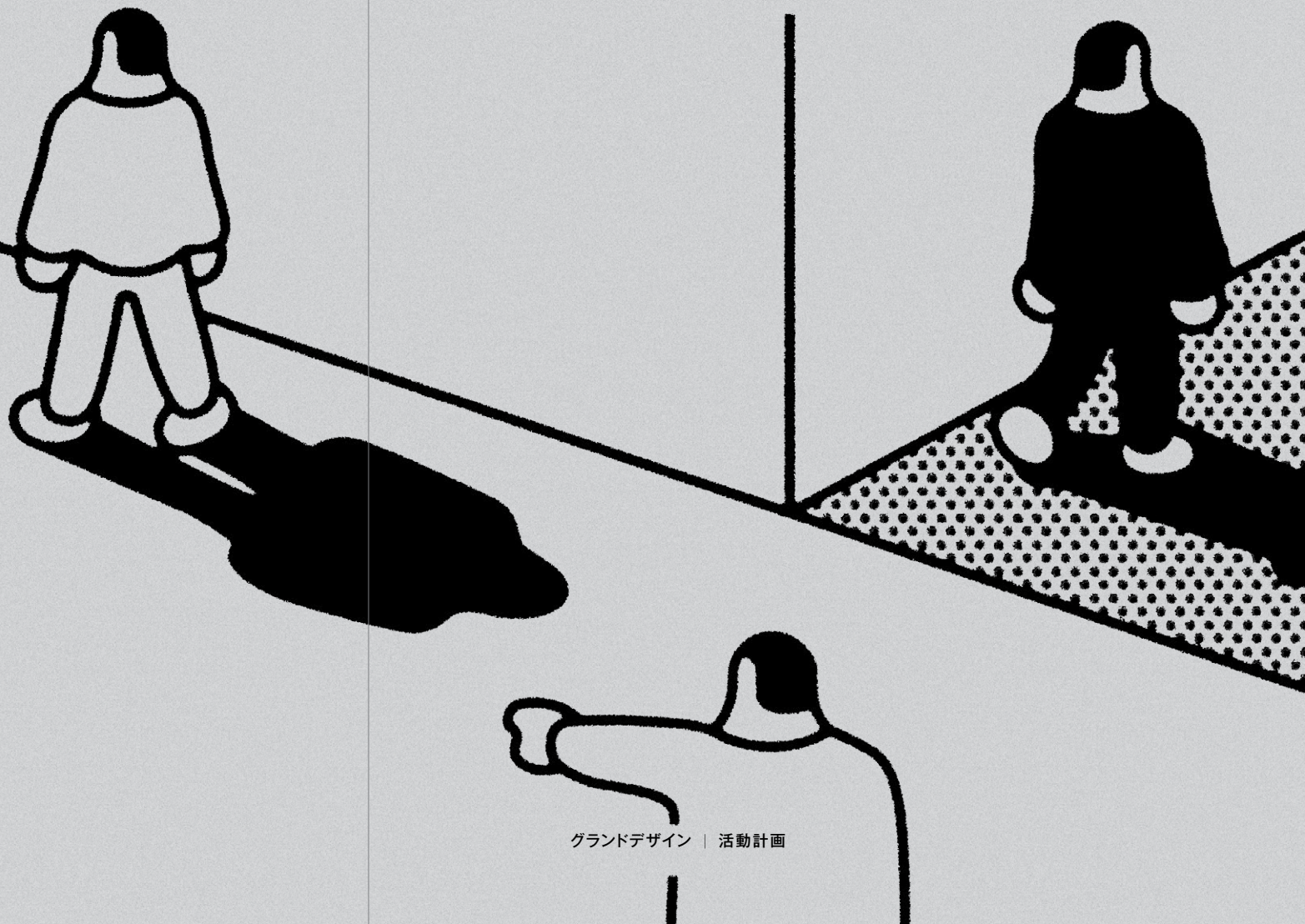
'24 将来像の具体化・要件定義

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
グランドデザインとして提言し、共感を醸成。

ありたき将来に向かうためのロードマップを
デジタルソリューションや
標準化戦略に接続するとともに、
多様なステークホルダーとの対話を通じて、
グランドデザインを広く提言していきます。



中高生と考えた
未来のサーキュラーエコノミー社会

2040年に働くみんなと考える

サーキュラーエコノミーが
浸透した社会とは、どんな世界なのか。
私たちが、数えきれないほど
お互いに投げ合ってきた問いを、
2040年の就労層、つまり
今の中高生たちに答えてもらいました。



共同開催 日立 - 産総研CEラボ
博報堂UNIVERSITY of CREATIVITY

協力 アミタ株式会社、株式会社日立製作所
聖学院中学・高等学校
女子聖学院中学・高等学校

サーキュラーエコノミーへの転換の鍵を握る、未来の生活者の価値観変化・行動変容の動機を明らかにすることを目的に、2040年に働きざかりになる、今の中学生・高校生を対象とした未来構想のワークショップを博報堂UNIVERSITY of CREATIVITYと共同開催しました。

ワークショップでは、SFプロトタイピング手法を用いて、グラウンドデザインで可視化された将来のサーキュラーエコノミー社会を舞台に、新たに生まれるであろうガジェットや制度、職業を18名の中高生に発想してもらいました。

また、それらに対して、資源の供給源、突然のエネルギー供給ストップ、廃棄物に対して新たに課される税、など未来に想定されるさまざまな社会の問題を乗り越えるストーリーも考案され、4つの瑞々しい未来の生活が描かれました。

当ラボが描いた「ありたき将来」から発想された、これらの自由かつユニークなアイデアは、未来の生活者にサーキュラーエコノミーへの関与を促すための柔軟な発想のヒントとなるでしょう。

中高生と考えた未来のサーキュラーエコノミー社会

将来起こりうる社会の問題

ゴミに税金がかかることが決まり、
ハンバーガーショップの経営が苦しくなってしまうそう。
ゴミの量をもっと抑えられないだろうか…？

中高生が考えた未来

- 1 お弁当箱を持参すると割引になる制度を導入し、ゴミを減らす。
- 2 容器がないお客さんにはお米からできた食べられる包装紙で提供する。
- 3 食べ残した人は店の裏の畑で、食べ残しを埋めて耕作することで、300円の割引券をもらえる。
- 4 食べ残しを肥料にした畑で収穫された食材はお店でハンバーガーの材料として利用される。





将来起こりうる社会の問題

実家の銭湯の経営が苦しい!

最近流行りのサーキュラーエコノミーを活用して、
立て直せないだろうか…?

中高生が考えた未来

- 1 舞台は山梨県。銭湯の熱を再利用して発電し、地域に供給。
- 2 銭湯の残り湯を近隣の果樹園に農業用水として提供。銭湯のお湯で作った果物として銭湯で販売し、話題性を作る。
- 3 お客さんに自転車を漕いでもらい、そのエネルギーも電力に変える、お風呂でさっぱりする前に運動もできて、健康にも配慮した銭湯に。
- 4 協力してくれたお礼に地域の店で使える割引チケットがもらえて、地域全体の活性化にも貢献する。

中高生と考えた未来のサーキュラーエコノミー社会

- 1 島内のホテルが所有する発電・蓄電設備からのサポートで1200世帯をまかなう
- 2 近海に停泊している豪華客船が海風により発電し、その電力を提供し1300世帯分を確保する
- 3 残りの500世帯は島内のソーラーカーを駆使してエネルギーを供給する
- 4 毎週月曜日はこれらホテル、客船、ソーラーカーを使って島民の暮らしを支える



将来起こりうる社会の問題

海外情勢が変わってしまい、布の供給が激減。
劇団を立ち上げたいのに、衣装の制作ができない。
行きつけの蕎麦屋に相談をしてみると…？

中高生が考えた未来

- 1 綿の代わりに蕎麦を原料に、洋服の繊維を作り出す。
- 2 農家から排出される、規格外の野菜や果実を染料に。
食材の種類の数だけ染料の種類も増え、思い通りの衣装制作ができるようになる。



指標

個々の努力をひとつの未来へ

各企業や個人が取り組みを行うとき、
目標として見る指標はそれぞれ異なります。

例えば、誰かが頑張ってAを増やすと、
おのずとBが増えて次の誰かがもっと頑張れる。
ただし、Bが増えすぎると、
Cが減ってしまう危険性も。

そのような指標の相互関係を知っておくことで、
目標は違ってても、向かう未来をひとつにできるはず。

P50

サーキュラーエコノミーにおける指標

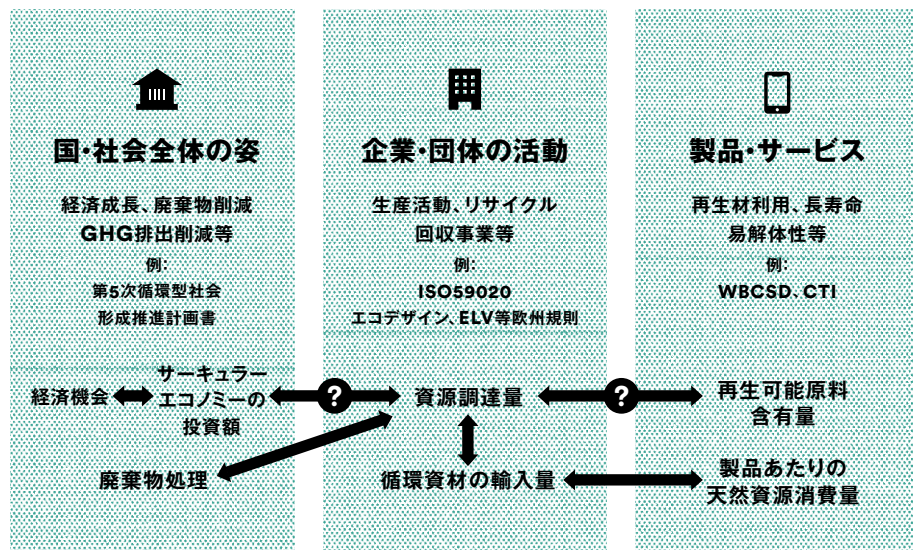
- ・指標の現状と課題
- ・指標の収集・抽出
- ・抽出された指標の分類

P56

指標の関係性を可視化する

- ・整理と具体化
- ・指標間の関係構造の可視化
- ・指標間の相互作用と留意点

サーキュラーエコノミーにおける指標



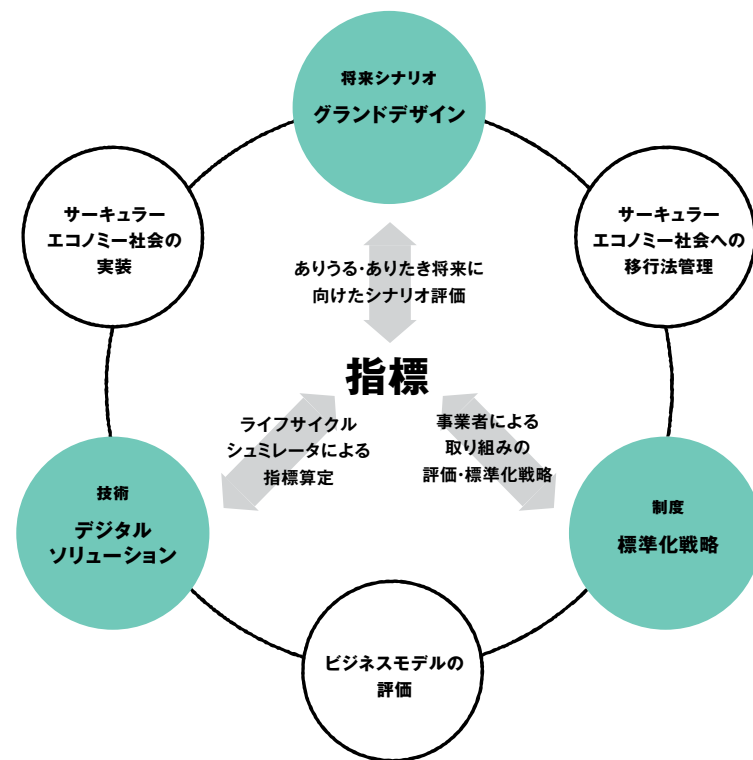
指標の現状と課題

サーキュラーエコノミーは多面的な構造を持ち、国・社会全体、製造業、サービス業などの産業界をはじめとした、生活者を含む多様なステークホルダーの取り組みから成り立っています。そういったなか、各国では規制の制定や、サーキュラーエコノミーに向かう指標の具体化が進展しています。

各ステークホルダーのさまざまな取り組みに応じるためには、それぞれが適応する指標を選ぶことが重要です。一方で、それぞれ異なる指標に基づく活動が、全体としてどのようにありたい将来へとつながるのか、わかりづらくなっているのが現状です。

そこで私たちは、指標の選択にあたって、指標間の関係性を意識することが重要だと考え、各テーマのラボメンバーから有志を募り「指標タスクフォース」を設立しました。

指標に関して研究を進めることはもちろん、各テーマ内で共有・意見交換をすることで、議論の活発化をはかりました。指標を検討するにあたり、まずは網羅的に指標を収集しました。それらを分類・整理することで、サーキュラーエコノミーを構成する代表的な指標となり得る基礎指標を抽出し、関係性を分析しました。最終的な目標は、サーキュラーエコノミー指標を選択するうえでの留意点を提案することです。

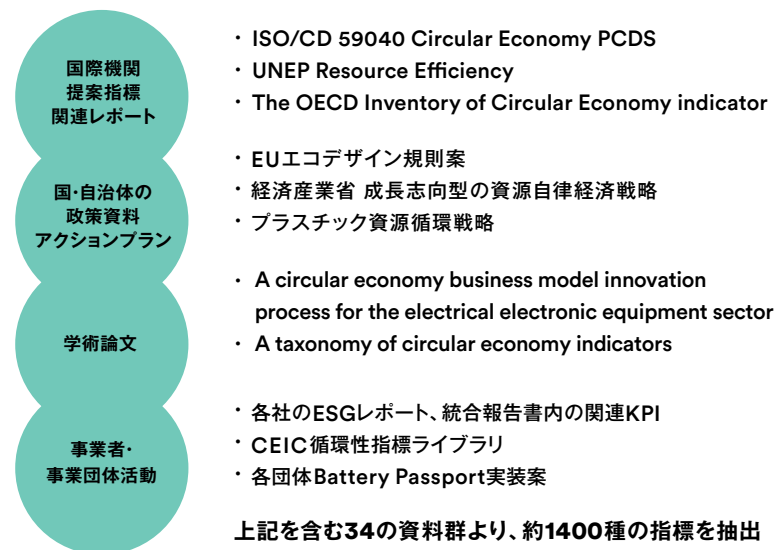


指標の収集・抽出

ISOなどの国際機関、事業者の活動（例：ESGレポート）、国や自治体の政策資料やアクションプラン、学術論文などからサーキュラーエコノミーに関する情報を収集、合計34の資料より、約1,400種の指標を抽出しました。

さらにここから、類似の意味を持つものを集約し、約770に整理。関係性の整理には経済産業省サーキュラーパートナーズ（CPs）の指標群を活用し、分析するための抽出を行いました。CPsに関連性のあるものは集約し、関連性のないものを追加した結果、最終的にCPsの指標に14の指標を追加した、45の指標が抽出されました。

※CPsの指標群 | 専門家の議論に基づいて、2050年におけるありたき姿、あるべき姿を想定して構造化された指標。



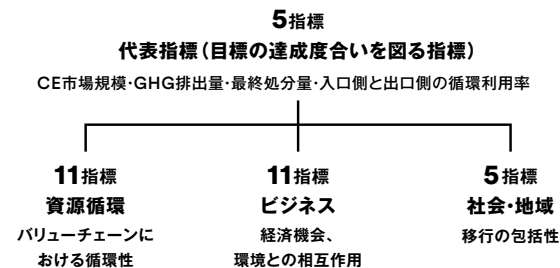
類似の意味を持つ指標を同一指標として集約し、約770個を検討対象に設定

1 分析

2 追加

3 分類

経済産業省CPsの
サーキュラーエコノミー指標群を活用し、全体像を分析



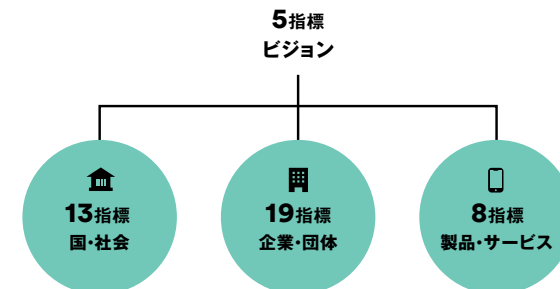
収集した約770個の指標を集約・整理し追加

CPsと関連性あり → 集約・整理
なし → 独立項として指標に追加

5指標 代表 + 19指標(+8) 資源循環 + 15指標(+4) ビジネス + 6指標(+1) 社会・地域

基礎指標 45指標 (+14)

抽出された45指標を分類



抽出した指標の分類

抽出した45の指標はビジョン、国社会、企業団体、製品サービスという構造のどこに属するか、分類しました。ありたき将来の状態を直接的に測れる代表指標として「サーキュラーエコノミー市場規模」「バリューチェーン上のGHG排出削減量」「入口側の再生材利用率」「出口側の再生率」「最終

処分量」の5つを設定。追加指標は、企業団体の活動、製品サービスの指標に分類されるものが多く、産業分野におけるより多様な取り組みを評価できる指標として、拡充の可能性を持っています。

※CE | サーキュラーエコノミー

代表指標

ありたき姿(ビジョン)

#1 CE市場規模 #2 バリューチェーン上のGHG排出削減量

#3 入口側の再生材利用率 #4 出口側の再生率 #5 最終処分量

国・社会

CP's 指標群

#15 廃棄物の処理量 #27 移行の包括性
#16 経済機会 #28 国民意識と行動
#17 市場の形成と拡大 #29 エシカル消費の意識者割合
#18 CEへの投資額 #30 雇用動向
#24 環境との相互利用 #31 CE関連の雇用創出数
#25 生物多様性への影響
#26 エコロジカルフットプリント

追加指標

#42 地域特性への対応度

企業・団体

#6 バリューチェーンにおける循環性
#7 資源の調達量
#8 再生材の内部調達率
#9 製品の生産量
#10 資源生産性
#11 再生材の投入量

#37 実際の資源循環率
#38 CE付加価値の生産性
#39 再生可能エネルギーの消費率
#40 水の循環率
#41 CE企業・人材育成数

製品・サービス

#19 CE関連申請特許数
#20 貿易による経済的な影響
#21 循環資源の輸入量
#22 循環資源の輸出量
#23 循環資源を利活用した製品の輸出量

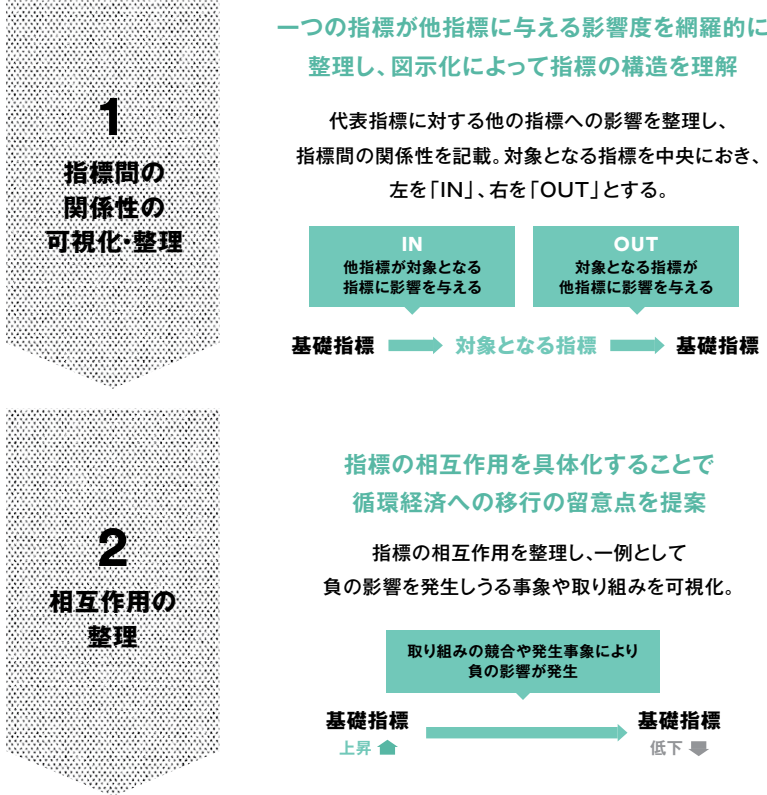
#12 製品の消費活動
#13 製品あたり天然資源の消費量
#14 製品あたり廃棄物の発生量

#32 エコデザイン採用率
#33 クリティカルマテリアル率
#34 非バージン原料の含有率
#35 再生可能原料の含有率
#36 資源循環の可能性

指標の関係性を可視化する

整理と具体化

次に、抽出した指標の関係性を可視化します。ある指標Aの規定に影響を与える指標を「IN」に、逆にAが影響を与える指標を「OUT」に配置し、指標間の関係構造を整理しました。すると、指標間の相互作用により問題が発生するケースがありました。一例としては、後述のとおり、ある取り組みを追求することにより、他の指標に負の影響を及ぼす場合です。



代表指標5つに対し、他の40指標との関係性有無について整理し、IN側、OUT側のどちらに配置されるかを一覧で示しました。その結果、5つの代表指標に対し他40指標のほぼ全てが関係するということがわかりました。

	#1	#2	#3	#4	#5		#1	#2	#3	#4	#5
#6	-	I	I	I	-	#26	O	O	O	O	O
#7	O	I	I	-	-	#27	I	-	-	-	-
#8	O	I	I	O	I	#28	I	-	-	-	-
#9	O	I	O	O	-	#29	I	-	-	-	-
#10	O	I	O	O	-	#30	I	-	-	-	-
#11	-	I	O	O	-	#31	I	-	-	-	-
#12	O	I	O	O	-	#32	I	I	I	I	O
#13	O	I	O	-	-	#33	O	I	-	-	-
#14	O	I	O	O	-	#34	-	I	O	O	-
#15	O	I	I	I	I	#35	-	I	O	O	-
#16	I	O	I	I	O	#36	O	I	-	O	I
#17	I	O	I	I	O	#37	O	I	-	O	I
#18	I	O	I	I	O	#38	I	-	-	-	-
#19	I	-	-	-	-	#39	O	I	-	-	-
#20	O	-	-	-	-	#40	O	-	-	-	-
#21	O	I	O	O		#41	I	-	-	-	-
#22	O	I	-	O	I	#42	O	-	-	O	-
#23	O	-	-	-	-	#43	I	O	I	I	O
#24	O	O	O	O	O	#44	-	-	-	-	-
#25	O	O	O	O	O	#45	I	-	I	I	-

■ 代表指標

■ 国・社会指標

I (→IN) 他指標の変動により代表指標#1~5が変化

■ 企業・団体指標

■ 製品・サービス指標

O (→OUT) 代表指標#1~5の変動により他指標が変化

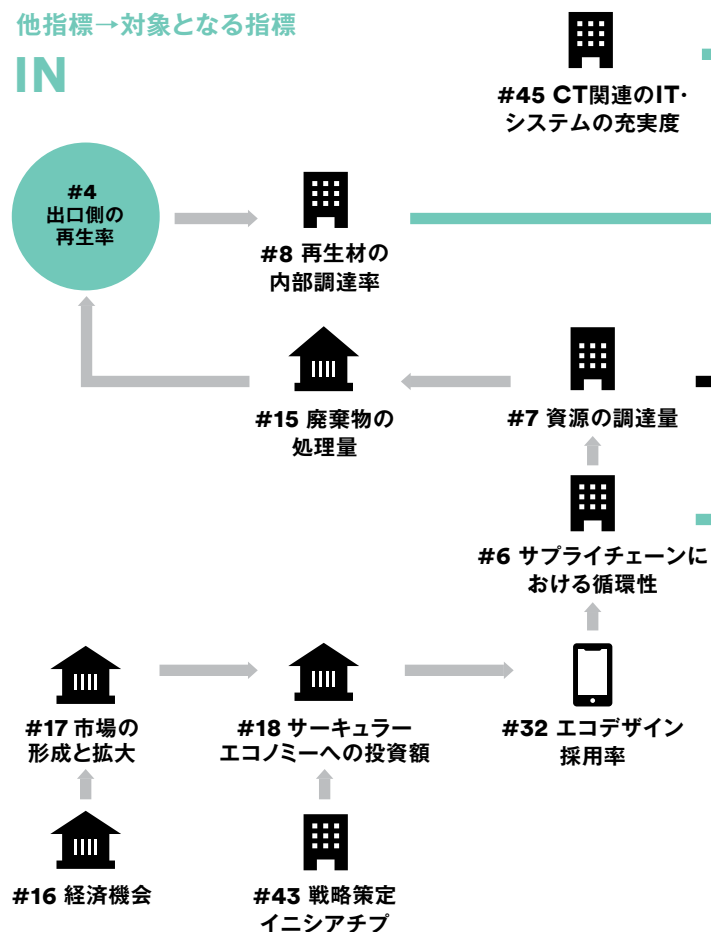
指標間の関係構造の可視化

こちらの図表では、例えば代表指標「#3 入口側の再生材の利用率」を中心に、他の基礎指標間の相互関係も可視化しています。ただ、現状では必ずしも定量的な関係でなく、定性的な関係も含まれます。また個の取り組みに対するつながりを示しているため、他取り組みとの相互作用も検討する必要がありますでしょう。

- ➡ 正の相関にて変動
- ➡ 変動の正負が不明
- ➡ 階層構造
- 代表指標
- 🏠 国・社会指標
- 🏢 企業・団体指標
- 📱 製品・サービス指標

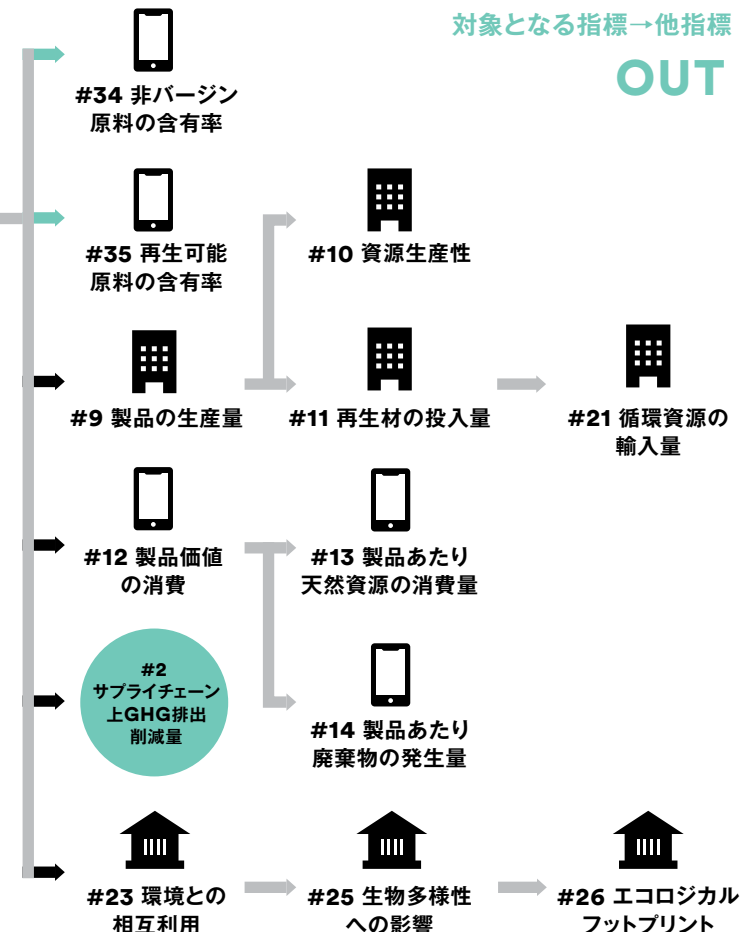
他指標→対象となる指標

IN



対象となる指標→他指標

OUT



指標 | 指標の関係性を可視化する

指標間の相互作用と留意点

前述のとおり、特定の指標に対する過度な取り組みにより、指標間において負の影響が発生するケースがあります。

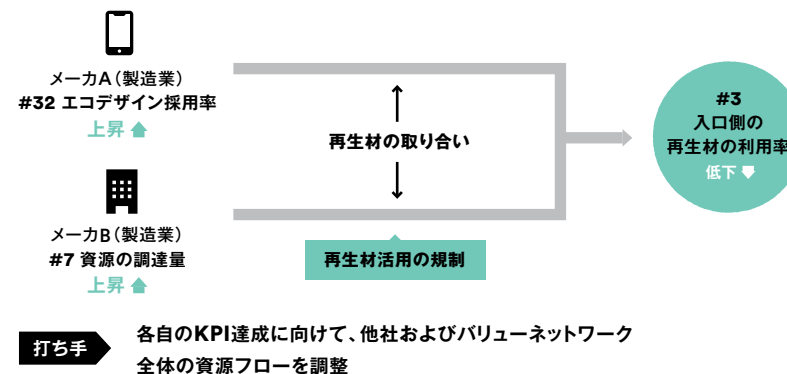
そういった負の影響の一例が「#32 エコデザイン採用率」と「#3 入口側の再生材利用率」です。例えば、あるメーカーAで冷蔵庫の「エコデザインの採用率」が上がると、耐久性や拡張性が向上し、製造される冷蔵庫は長寿命化します。同時に、メーカーBでも冷蔵庫を製造する際に使う再生材の量が増えるとします。長寿命化した冷蔵庫はなかなか再生に回らないため、再生材の供給量が足りずA社B社での取り合いが起こり、結果として「入口側の再生材利用率」が低下してしまうのです。この相互作用から、闇雲に「エコデザイン採用率」のみを上げようとするのではなく、他の取り組みも含めたバリューネットワークの資源フローを考慮する必要があるということがわかります。

2つ目の例として「#3 入口側の再生材利用率」を改善するために「#37 実際の資源循環率」向上を目的とした「#18 設備投資」を増額した場合を考えます。循環化が進んだ製品・サービスが新たに創出されたとしても、その付加価値が市場で認められなかったとすると、消費が抑制されるため、結果として生産活動が減退し、市場が小さくなってしまうでしょう。これを解消するためには、価値を可視化しユーザへ訴求することや、投資対効果や付加価値を定量的に評価し、事業判断することが重要になります。

このように、特定の指標を改善する取り組みが、別の指標に対して負の影響

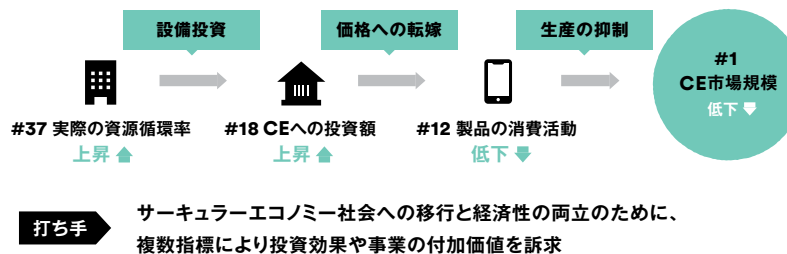
ケース 1

エコデザインによる長寿命化と再生材活用の規制下による
材料の取り合いにより、入口側の再生材の利用率低下



ケース 2

新規サーキュラーエコノミー製品・サービスの付加価値が市場で認められず、
消費活動の停滞によりサーキュラーエコノミー市場の規模が低下



を与える可能性があるため、他指標を用いた影響の確認が重要です。すなわち、指標群の関係性や相互作用を意識し、複数の指標の確認が必要になります。社会全体でサーキュラーエコノミーを実現していくためには、個々の取り組みが及ぼす影響や範囲だけでなく、シミュレーションを含めてバリューネットワークを介した関係性を整理することが効果的であると考えます。

指標 | 指標の関係性を可視化する



'24 指標の抽出と体系化

- ・サーキュラーエコノミーに関する指標の収集・抽出
- ・それぞれの指標の関係構造の可視化

'25 各テーマでの指標の取り込み方法を検討

- ・グランドデザイン | バリューネットワークを評価する指標やインセンティブ設計との連携方法の検討
- ・デジタルソリューション | ライフサイクルシミュレータへのサーキュラーエコノミー関連指標の取り込み、評価
- ・標準化戦略 | 「サーキュラーエコノミー付加価値の生産性」の社会実装に向けた検討

サーキュラーエコノミーに関わる
さまざまな指標とその構造を
「グランドデザイン」や
「ソリューション」における
取り組みの評価軸として反映し
社会実装に向けて検討を進めます。

デジタルソリューション

循環のデジタル化と定量評価

例えば、この製品にとって
最適な循環方法ってなんだろう？

モノのライフサイクルをデジタル化し、
経済性や環境負荷を定量評価することで
企業やユーザに自発的な行動を促す
新たなソリューションを開発しています。

P74

モノのライフサイクルを可視化・評価する

- ・ ケースI | 空調機コンプレッサの磁石リサイクル
- ・ ケースII | ATMの部品リユース

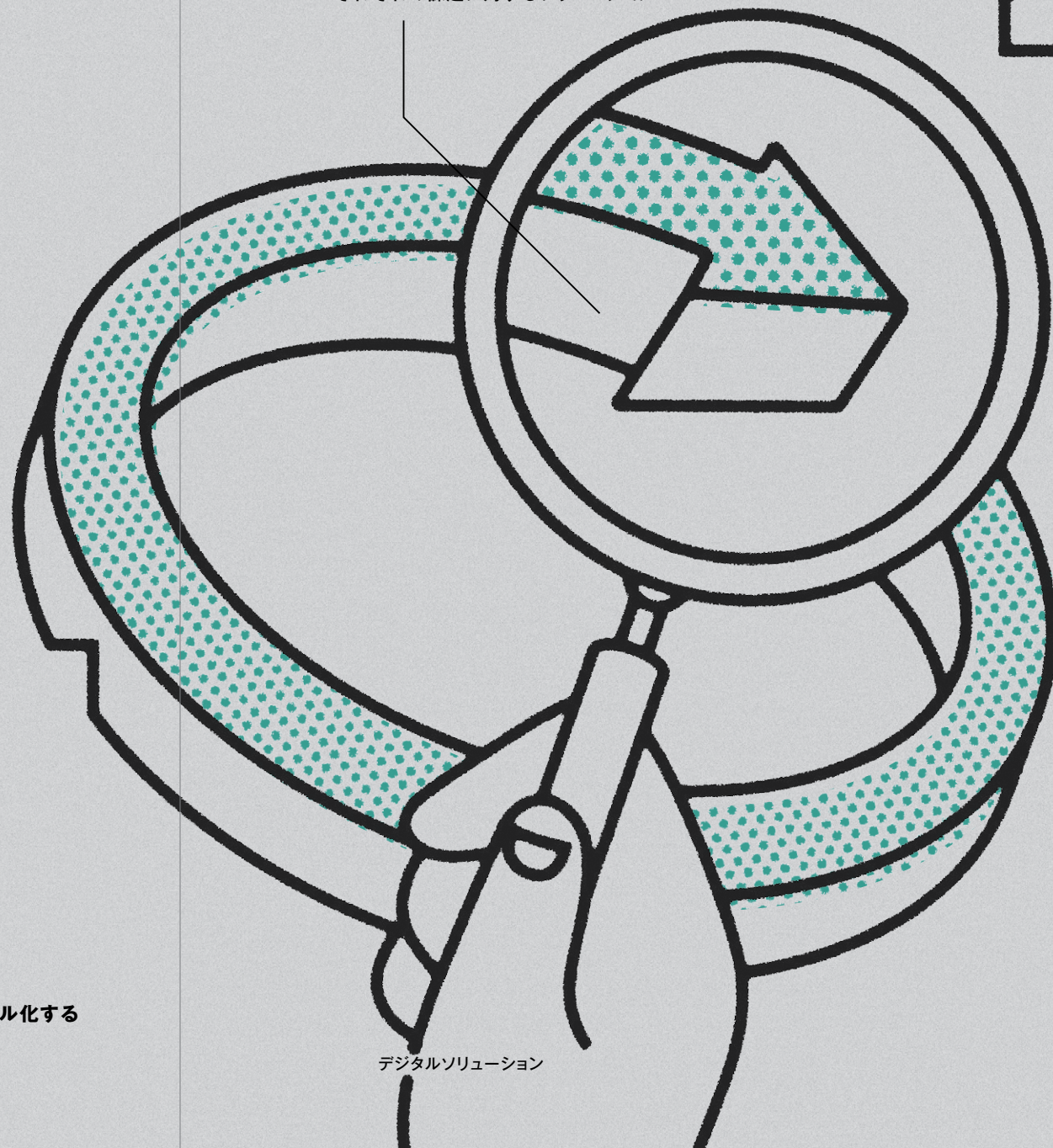
P82

モノの回収・解体・再生のプロセスをデジタル化する

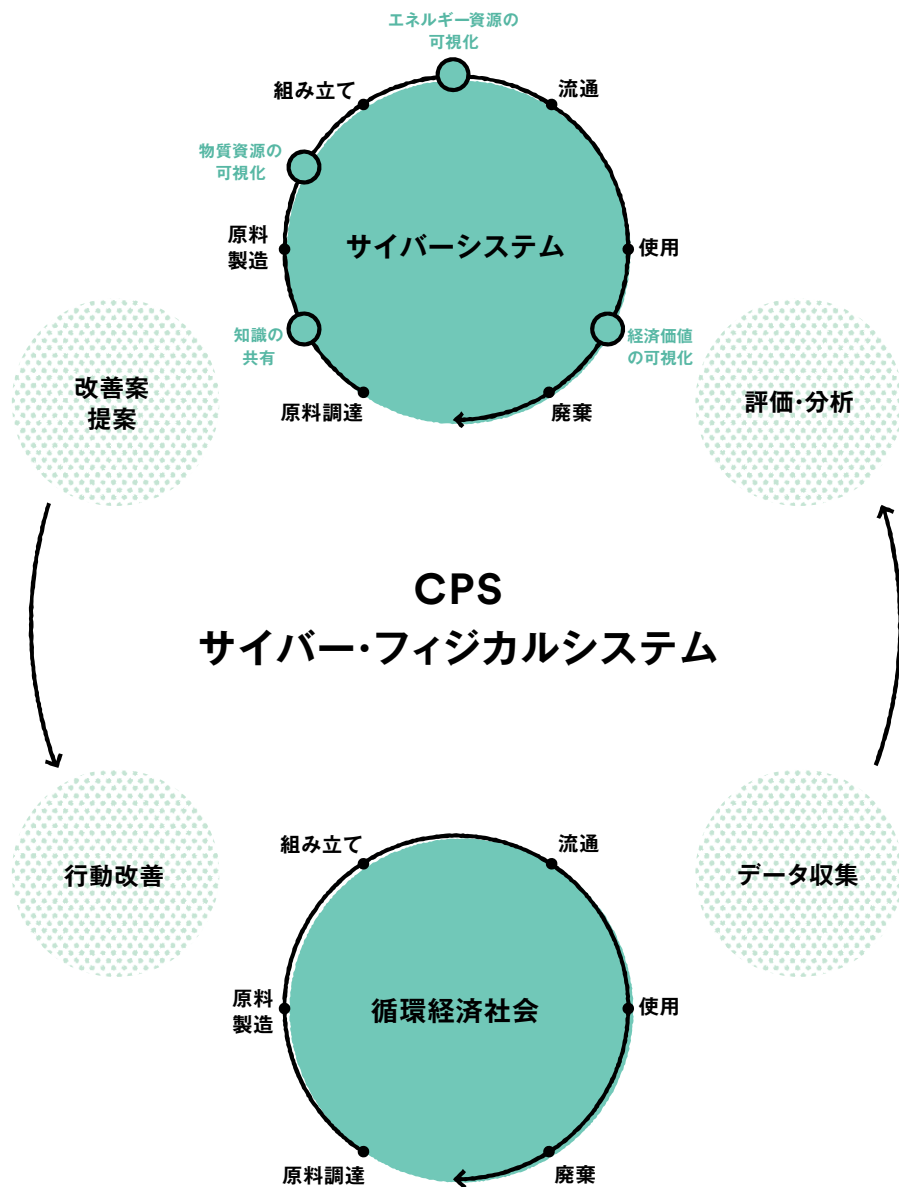
P68

循環を最適化するサイバー・フィジカルシステム

- ・ 2つの解くべき本質課題
- ・ それぞれの課題に対するソリューション



デジタルソリューション



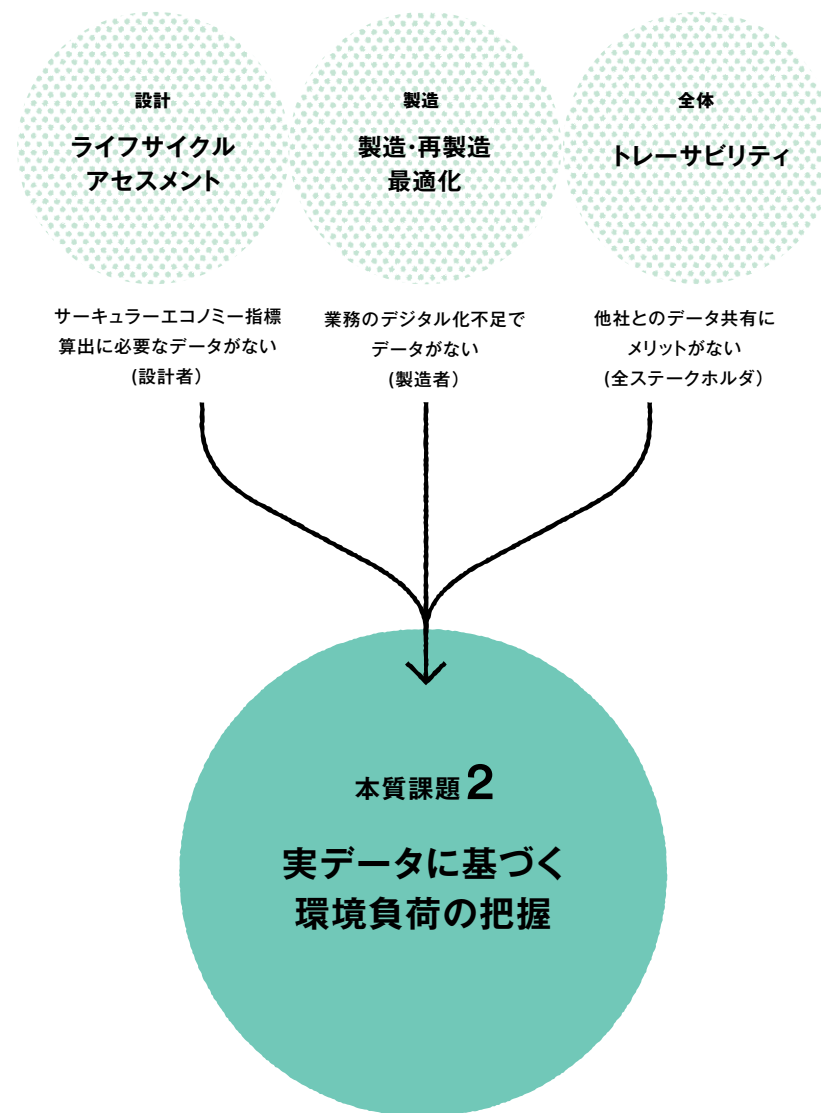
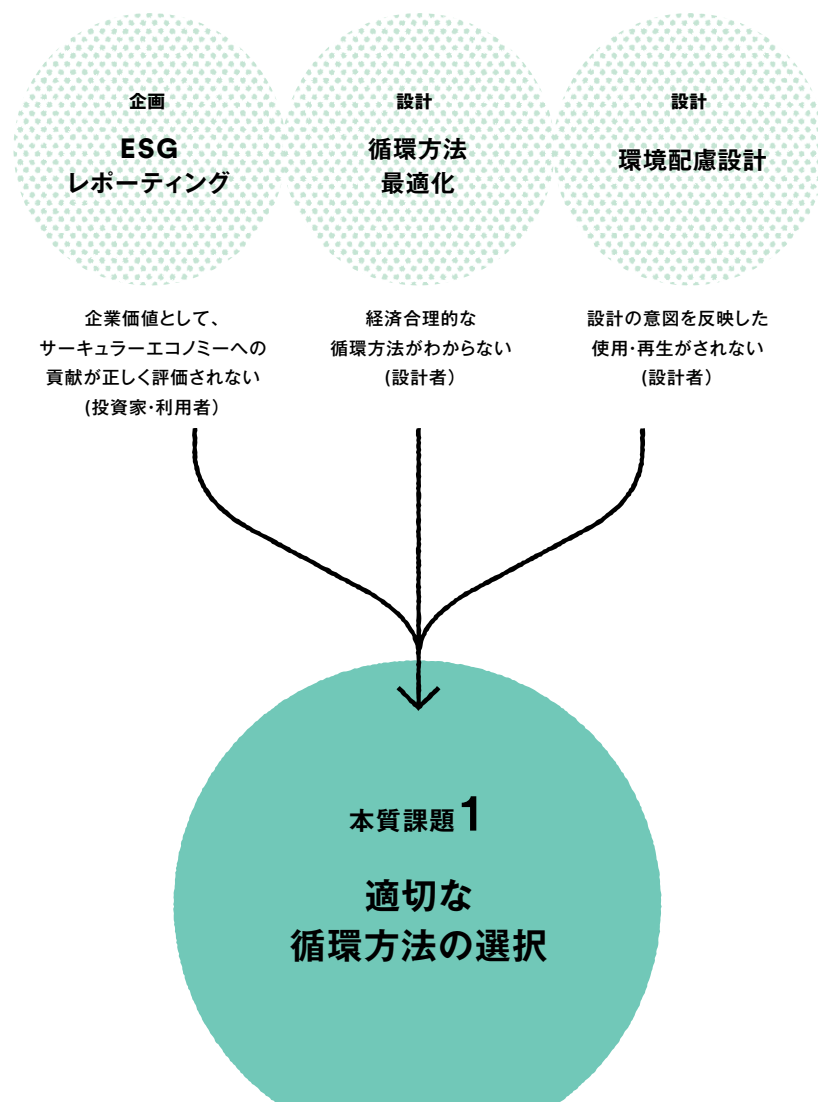
循環を最適化する サイバー・フィジカルシステム

サーキュラーエコノミーは、単独の企業だけでは実現できません。メーカーやリサイクル、生活者などのステークホルダーが連携して取り組むことが重要です。このようなステークホルダー間の連携には、一方通行のバリューチェーンではなく、相互に絡み合うバリューネットワークを構築する必要があります。

当ラボでは、モノの流れの透明性が確保されることだけでなく、各ステークホルダーの行動が正当に評価され、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バリューネットワークの構築をデジタルソリューションにより実現することをめざします。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。

2つの解くべき本質課題

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、日立社内へのヒアリングなどを通じて抽出、深掘りし、解くべき2つの本質的な課題を導き出したのです。

それぞれの課題に対するソリューション

課題1

ソリューション 1

ライフサイクルシミュレータ

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や経済価値を評価

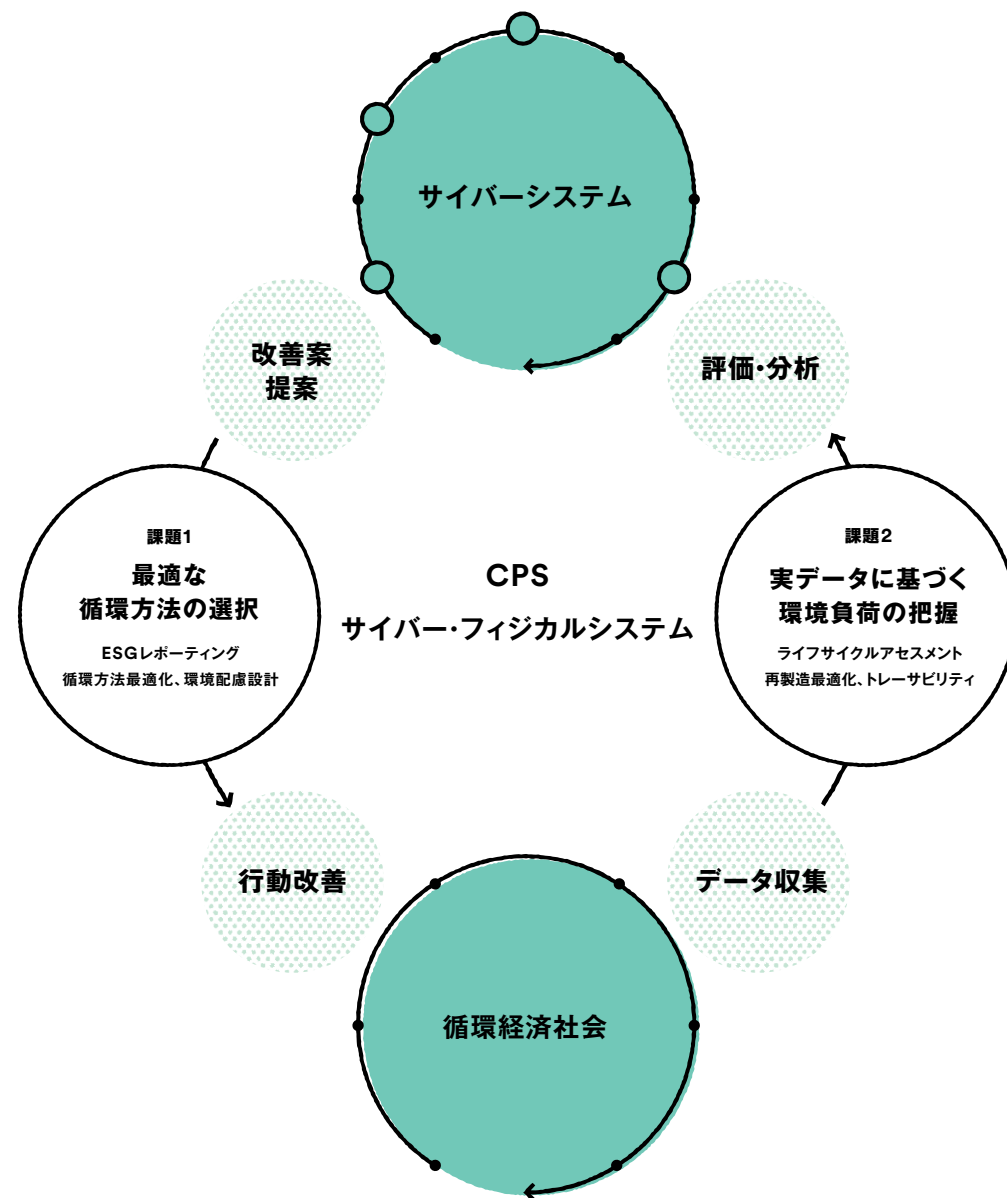
課題2

ソリューション 2

静脈のデジタル化

モノの循環を担う回収・解体・再生のデジタル化

現在、私たちは、この2つの課題を解決するためのソリューションを開発しています。これら2つのソリューションを用いて、サイバー・フィジカルシステムを構築し、サーキュラーエコノミーの実現に向けたバリューネットワークの構築をけん引します。



ソリューション1 | ライフサイクルシミュレータ

モノのライフサイクルを可視化・評価する

このシミュレータは、製品ライフサイクルをモデリングし、物質資源の流れであるマテリアルフローと、それに伴うCO₂、お金の収支を解析します。そして、ライフサイクル全体や各ステークホルダのサーキュラーエコノミー、CO₂、経済性に関する指標を定量評価することで、ライフサイクルやプロセスの最適化を図ります。

■ 循環シミュレート

■ 社会指標

■ 企業指標

■ 画面UI編集

Simulation File

設定ファイル読込

2024

2028



2027年度

磁石リサイクル

2027年度
KPI

再生レアアース
利用率[%]

38

CO₂削減量[kg]

535

磁石調達コスト
従来比[%]

123

循環タイプ率[%]



リユース 0%
リマン 2%
リビルドリサイクル 89%
増立+外国 9%

材料メーカ

製品メーカ

ユーザ

解体業者

部品製造
バージン材から
磁石製造



部品製造
コンプレッサ
製造



製品製造



使用



コンプレッサ



解体
回収



リサイクル



リサイクル
磁石から
レアアースを抽出



メーカ保守



コンプレッサ

コンプレッサ

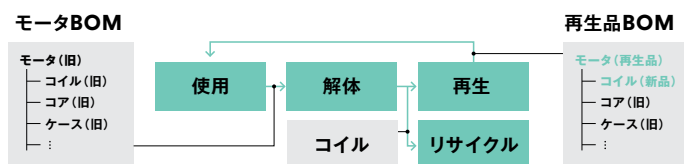
高度解体
回収



特長は、BOM(部品表、製品構成要素のリスト)形式のデータを用いることで、製品・部品単位での循環を1つのモデルで同時に解析可能であること。また、マテリアルフローと原単位を用いた統一的な指標算出方法で、指標の入れ替えを柔軟に対応できるようにしました。さらに、シミュレーションを実際に使う上で課題となるモデルやパラメータの設定を簡易・高速化するため、事例に基づくライブラリ化を進めています。まずは日立の事例を中心に知見を蓄積し、より実用的なシミュレータをめざしていきます。

特徴 1

BOM(部品表、製品構成要素のリスト)形式データを用いることで、製品・部品単位の循環を同時に解析



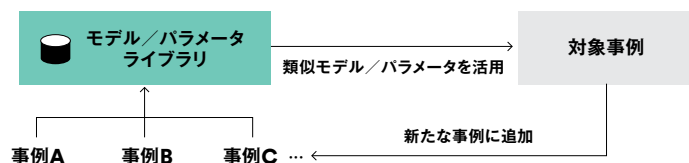
特徴 2

マテリアルフローと原単位を用いた統一的な指標の算出方法で、指標の入れ替えに柔軟に対応

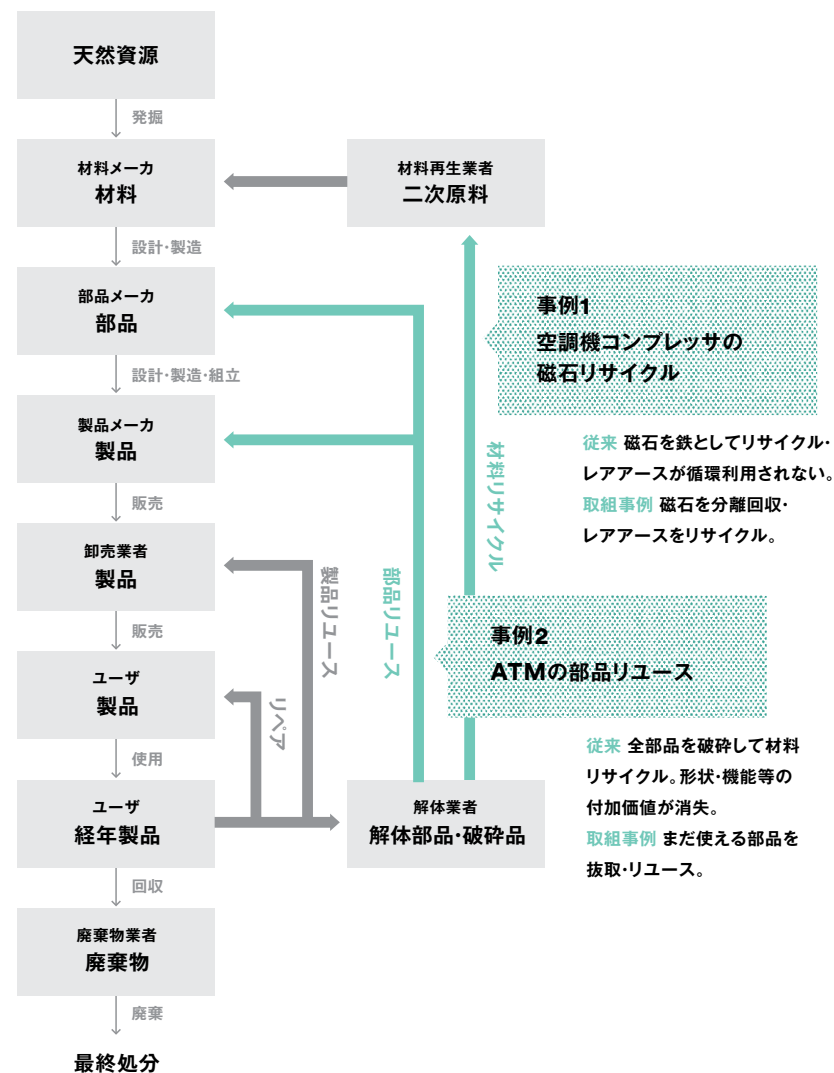


特徴 3

モデル/パラメータのライブラリ化により解析を簡易・高速化



シミュレータを用いると、改善の打ち手を定量的に評価することができ、効果の高い対策を提案することが可能です。実際にこのシミュレータを適用したケーススタディとして、2つの事例をご紹介します。



ソリューション 1

ケース 1 | 空調機コンプレッサの磁石リサイクル

空調機のコンプレッサに含まれる、レアアースの循環を

2つの取り組みパターンで解析・比較検討しました。

従来 使用後の空調機のコンプレッサに含まれる磁石は、鉄としてリサイクルされ、磁石に含まれるレアアースが循環利用されていなかった。

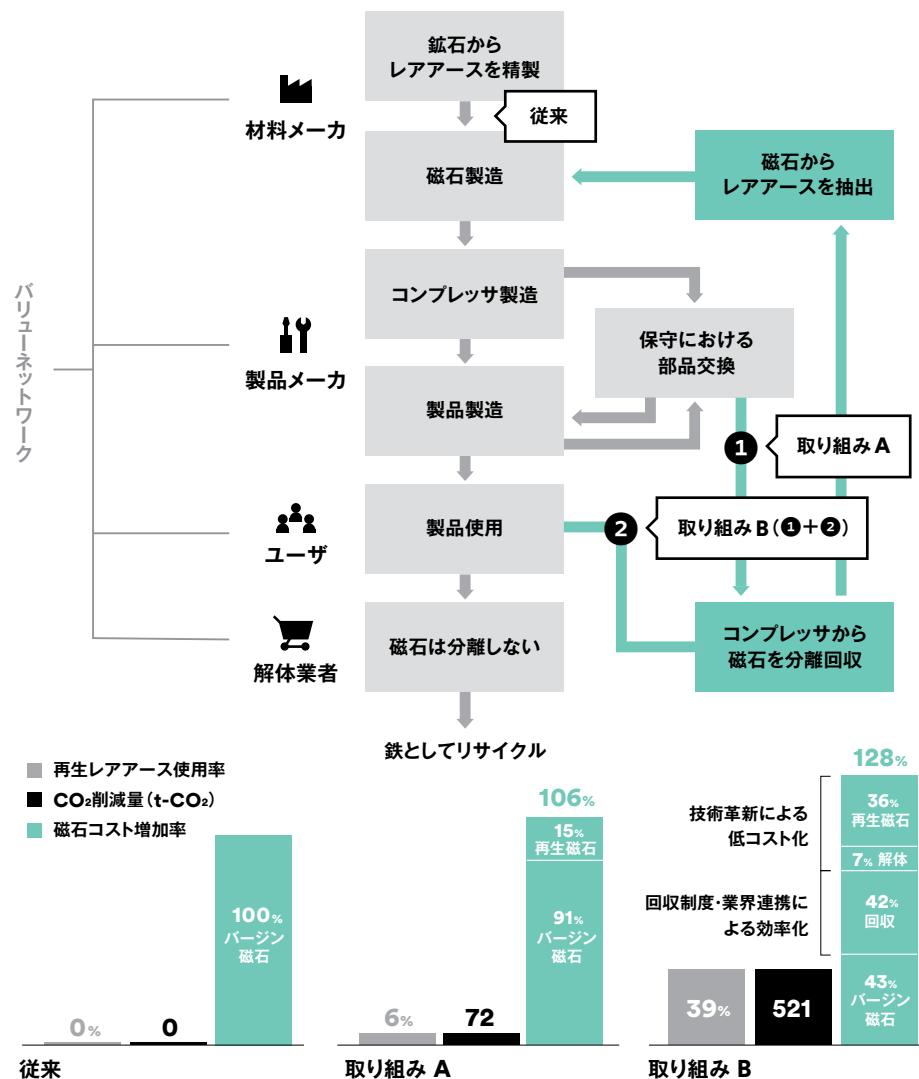
取り組み 磁石リサイクルの取り組みでは、材料メーカ、製品メーカ、解体業者が連携したバリューネットワークを構築し、レアアースの循環を実現する。

- A** 保守で回収したコンプレッサから磁石を分離回収し、レアアースを抽出して磁石製造に再利用する。
- B** 取り組みAに加え、使用済み製品の磁石も回収し、レアアースの循環量増加を狙う。

解析結果 再生レアアース使用率とCO₂削減量はレアアースの循環により増加し、さらに物量が増える取り組みBでその効果が大きくなり、資源循環・エネルギー削減の両方の環境価値が向上する。一方、経済的な観点で見ると、レアアースの循環によりコストが増加することがわかった。これは再生磁石のコストがバージン磁石よりも高いためである。そこで、取り組みBで再生磁石のコスト構造を分析すると、再生・解体と回収が半々であることがわかった。

※本結果は、日立Gr.が事業検討する際に仮定したパラメータで独自試算したものです。

改善案 メーカーリサイクルの技術革新による、再生・解体の低コスト化だけでなく、回収の効率化も必要であることがわかり、これには回収制度や業界連携の取り組みが必要である。



ソリューション 1

ケース II | ATMの部品リユース

銀行やコンビニに設置されているATMの部品を

リユースするという取り組みを、シミュレーションで評価しました。

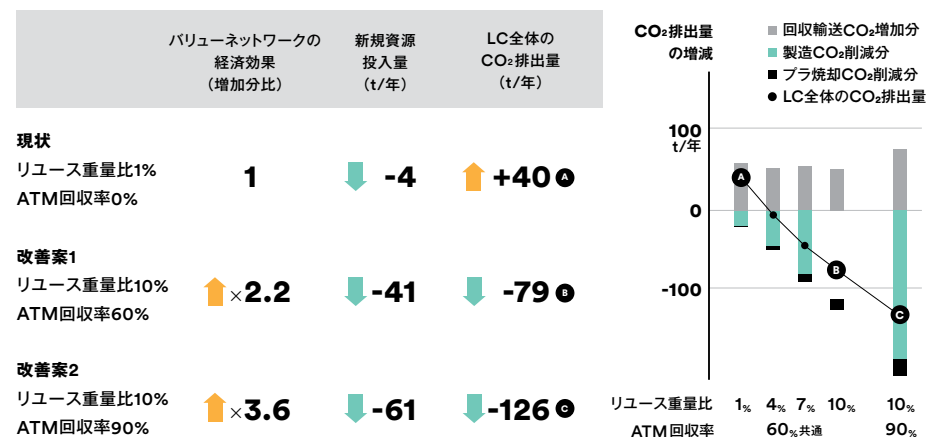
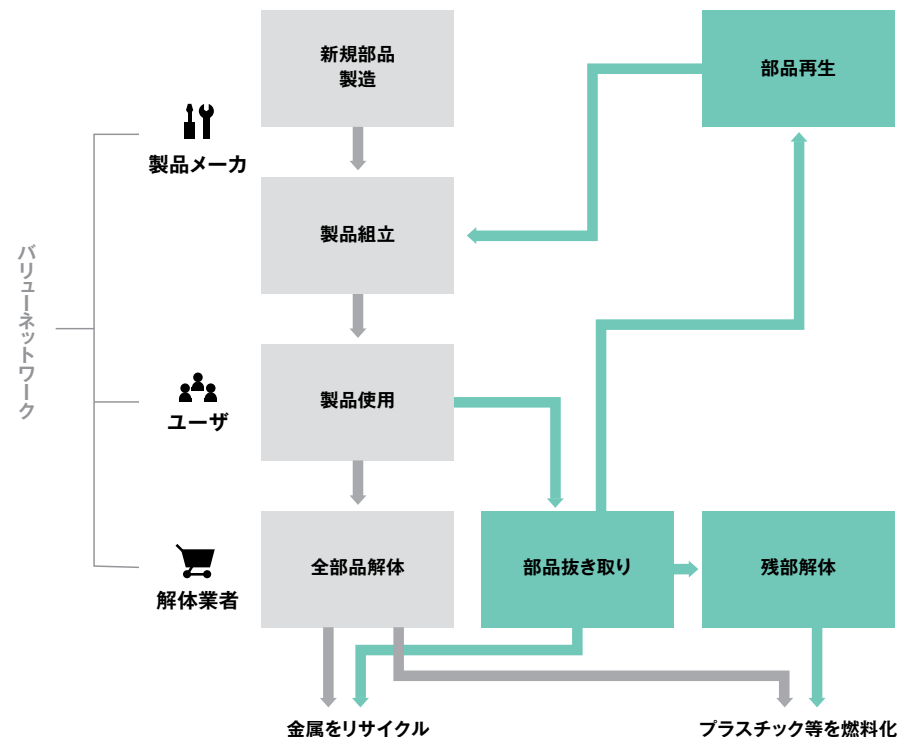
従来 回収したATMは、解体業者で解体され、金属はリサイクル、プラスチックなどは燃料として熱回収されているのみであった。

取り組み メーカー提携の解体業者で部品を抜き取り、製品メーカーで再生・品質保証して、新規ATMの部品としてリユースする。

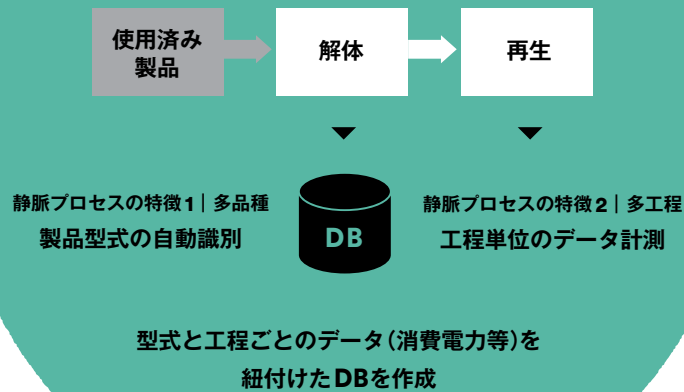
解析結果 部品リユースにより、新規部品の製造が減少するため、新規資源の投入量が減少する。一方で、リユース重量が1%の現状ではCO₂排出量が増加してしまうことがわかった。これは、回収の輸送に関わるCO₂の増加が、新規部品製造の削減効果を上回ってしまうことが原因である。

※本結果は、日立Gr.が事業検討する際に仮定したパラメータで独自試算したものです。

改善案 リユース対象部品を増やすことで、エネルギーの収支を削減方向に改善することが可能である。さらに、環境・経済効果を伸ばすためには、回収率増加の効果が大きいことがわかった。



Step 1 型式に紐づいたデータ取得



Step 2 原単位化

組み合わせることで、一連の静脈プロセスの原単位を作成
例 | コンプレッサの解体プロセス



Step 1 の DB によって工程ごとの原単位をモデル化



ソリューション2 | 静脈のデジタル化

モノの回収・解体・再生のプロセスをデジタル化する

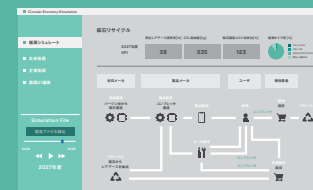
ライフサイクル全体をデジタルで把握するためには、静脈プロセスの原単位が必要です。多品種・多工程への対応のため、型式識別と工程単位の原単位モデル化を3つのステップで達成します。

- 1 型式に紐づいたデータ取得でデータベースを作成
- 2 データベースから工程単位の原単位を組み合わせることで静脈プロセスの原単位を作成
- 3 原単位をライフサイクルシミュレーションで活用し、対象製品に適した循環方法を提案

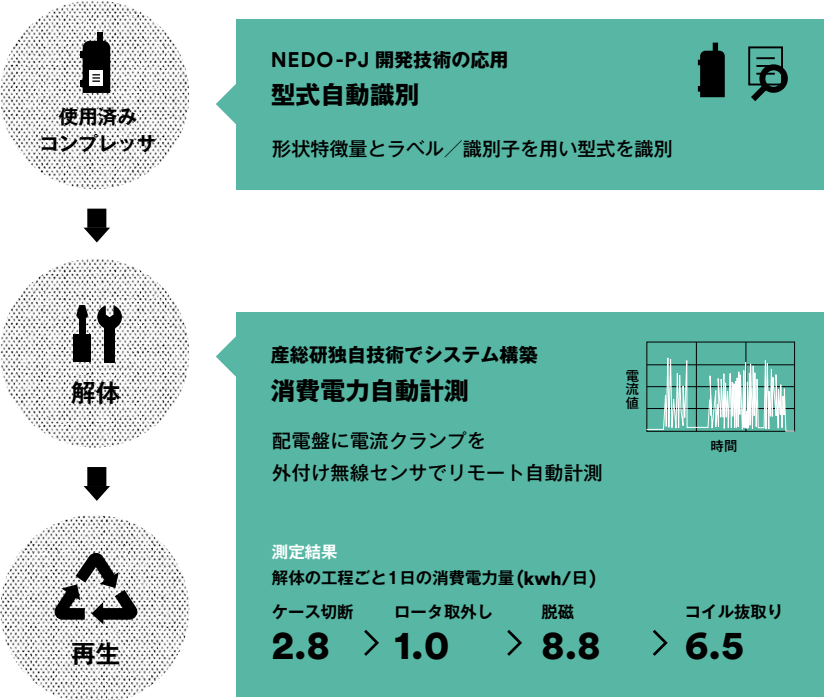
Step 3 活用 (シミュレーション精度向上)

現在はこのStep 1からStep 2を実現すべく、具体的な事例を対象に開発と検証を進めています。

- ・動／静脈プロセスの原単位を活用し、経済・環境指標を定量評価
- ・対象製品に適した資源循環方法を定量的なデータを基に提案



製品ごと、工程ごとの原単位を精緻に作成するために、製品の外観情報から型式を自動識別し、各工程の装置稼働に伴う消費電力の自動計測に取り組まなければなりません。使用済み製品の画像から形状特微量とラベルを基に型式を自動識別する技術を開発し、各工程で使用する装置の消費電力を無線センサで自動計測し、工程ごとの環境負荷を把握します。



’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。

’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・循環をモデル化する「ライフサイクルシミュレータ」を開発し、「静脈のデジタル化」によりデータを収集するための土台を形成。

’24 ソリューションのコア技術開発・検証

- ・ ライフサイクルシミュレータ | 2つの事例検証を遂行。定量的な解析結果に基づいて経済性と環境性を改善する施策の評価・選択の可能性であることを確認。
- ・ 静脈のデジタル化 | バリューネットワーク全体における環境負荷の実態を把握するため、静脈プロセスの原単位作成に向けたデジタル化を推進。

’25 実事例での価値検証と機能拡張

- ・ 「ライフサイクルシミュレータ」と「静脈のデジタル化」を統合したサイバー・フィジカルシステムの構築。
- ・ 「グラウンドデザイン」「標準化」の妥当性を定量的に提示
- ・ パートナーシップ形成で事例を蓄積し、知識を循環。



パートナーシップを形成し
多種多様なサーキュラーエコノミーの
実事例で価値を検証しながら
ソリューションの機能を拡張していきます。

標準化戰略

価値を正しく見える化する

サーキュラーエコノミーに関する
世界のルール形成はすでに動き始めています。

ただ、ルールは一度決めたら終わりではなく
より正しく、より社会をよくするために
アップデートしていくべきもの。

循環に関する価値をきちんと見える化し、
正しく評価する仕組みを提案します。

P92

ルール形成にむけた戦略

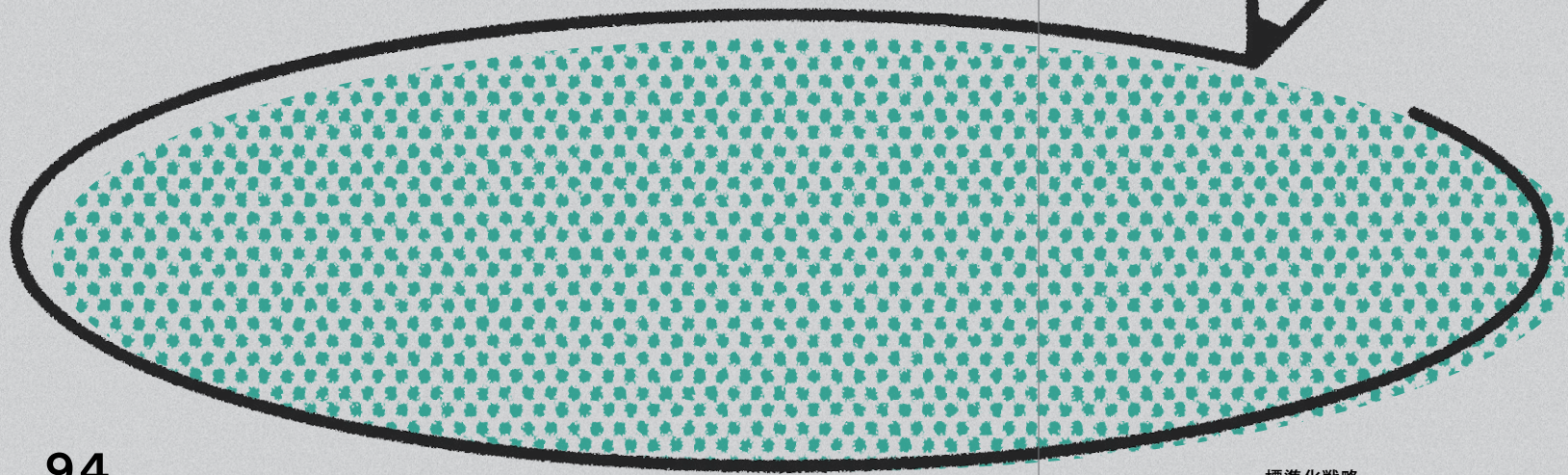
- ・ 国際標準化から見る日本の課題
- ・ 「攻め」と「守り」の戦略
- ・ 標準化動向の世界地図



P96

循環の価値を可視化する

- ・ 価値の見える化 I | サーキュラーエコノミー
付加価値の生産性
- ・ 価値の見える化 II | グレーディングの標準化
- ・ 関係機関との調整



標準化戦略

ルール形成に向けた戦略

国際標準化から見る日本の課題

日本は、サーキュラーエコノミーの分野において環境活動としての3R(Reduce、Reuse、Recycle)では先行していました。しかし、国際標準化が欧州主導で進むなか、日本の経済にとって不利なルールを形成される懸念があります。日本が持続的に経済発展をしていくためには、ルール形成における日本の積極姿勢が不可欠です。

課題

欧州主導の国際的サーキュラーエコノミーへの移行の波に対応できず、日本として不利なルールを形成される懸念

- ・ 日本は高い市民意識に支えられた「環境活動としての3R」で先行
- ・ 標準化が欧州主導で進展し、日本国内への影響懸念があるなか、その動向を先取りした対応が必要

対策

日本がサーキュラーエコノミーにおいてグローバルに持続的成長を遂げるために、国際標準化に向けた最善手の効果的な打ち込み

日本の意図を打ち込むため、欧欧州で先行する政策・標準化の全貌を捉え、個々の活動を分析し、日本企業の国際競争力に資する、真に効果的な打ち手の選定要

「攻め」と「守り」の戦略

そこで私たちは、日本企業の国際競争力に資するサーキュラーエコノミーの

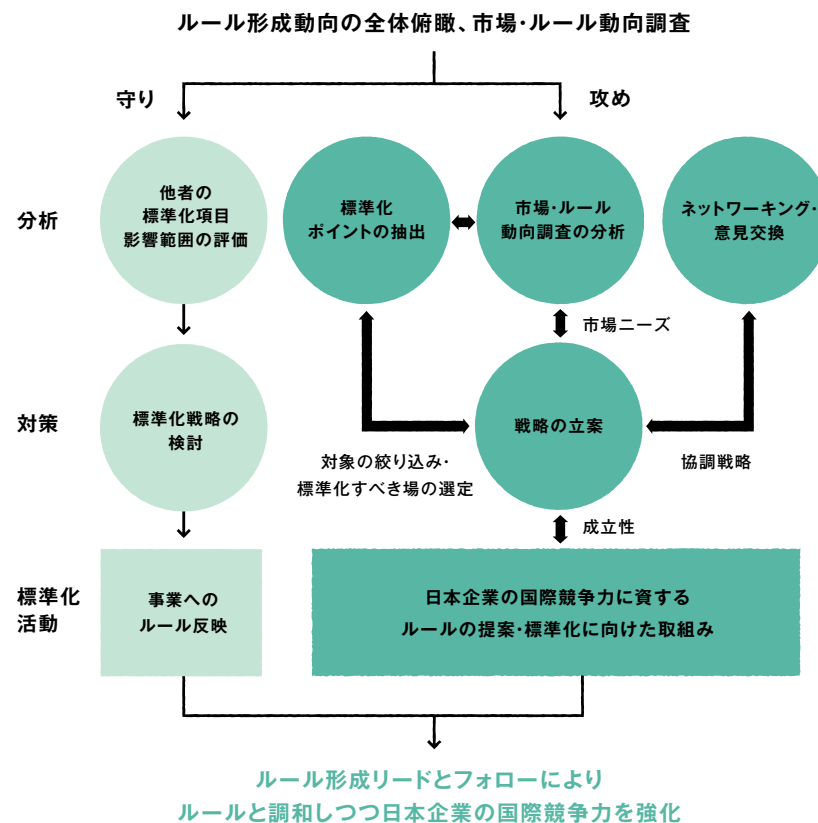
「攻め」と「守り」のルール形成戦略を立案します。現状把握の分析結果を基に、対策を考え、標準化活動へとつなげます。

攻め

「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

「守り」の標準化戦略 | 欧州のサーキュラーエコノミー関連の動向を先取りし、いち早く事業に取り込む



標準化動向の世界地図

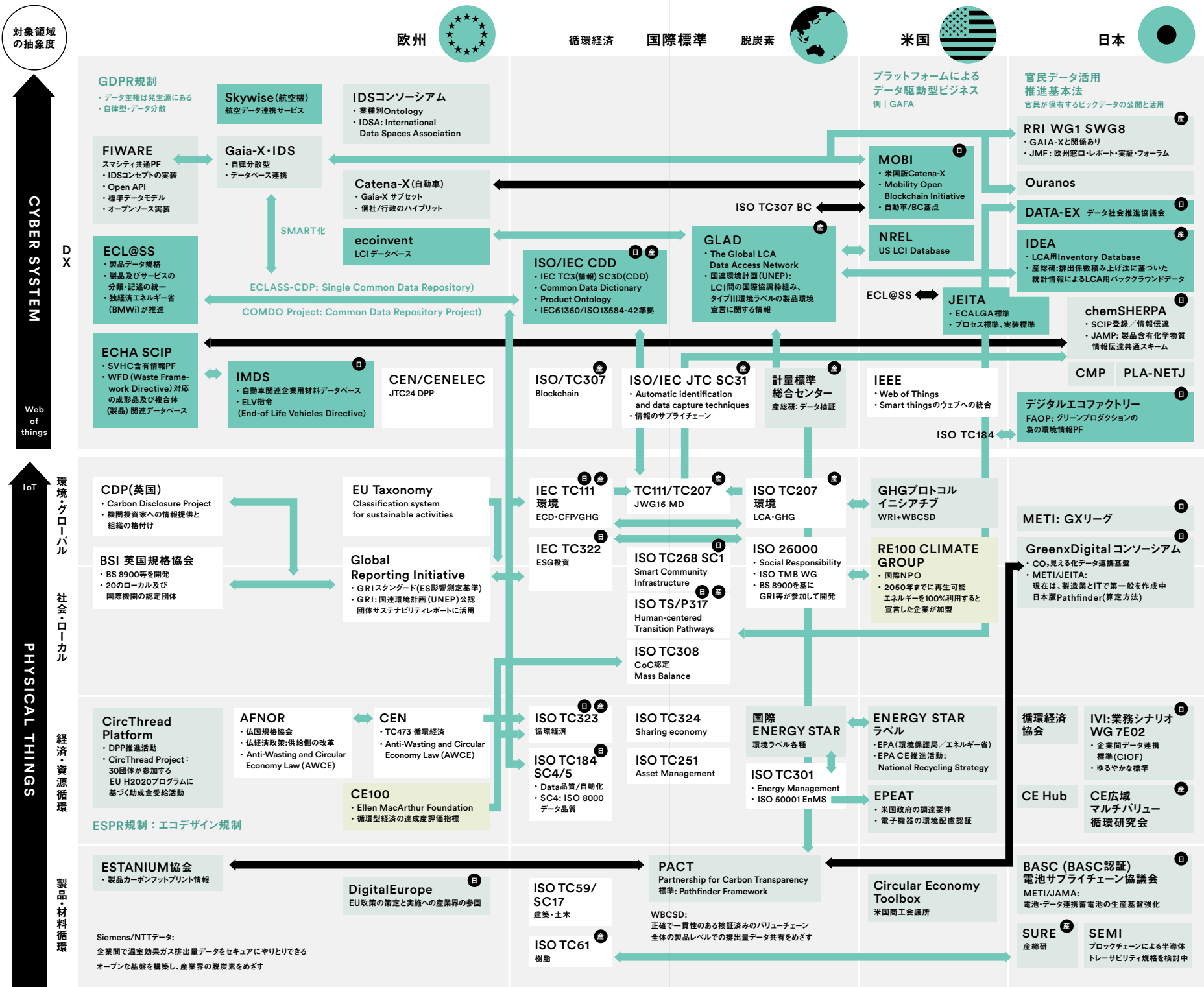
現状把握のため、サーキュラーエコノミーに関わるグローバルなルール形成動向の全体俯瞰図を作成し随時アップデートしています。俯瞰図は、サイバーとフィジカルの2つの観点から、地域別の特徴が浮き上がるように整理しています。

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を目的としています。

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。

凡例

- データ利活用関連活動等
- 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



この俯瞰図から以下の内容を読み解くことができます。

懸念

- ・欧州はデータスペース整備で先行、データ主権・アクセス権・DPP(デジタル製品パスポート)でルール形成を主導している。
- ・日本は欧州とのデータ連携で不利になる可能性がある。

気づき

サイバー・フィジカル間の繋がりに向けた取り組みが不足している。

機会

- ・CDD(オンライン共通電子辞書)の国際標準化が日本主導のチャンスである。
- ・日本でもDPP活用の議論が加速する。

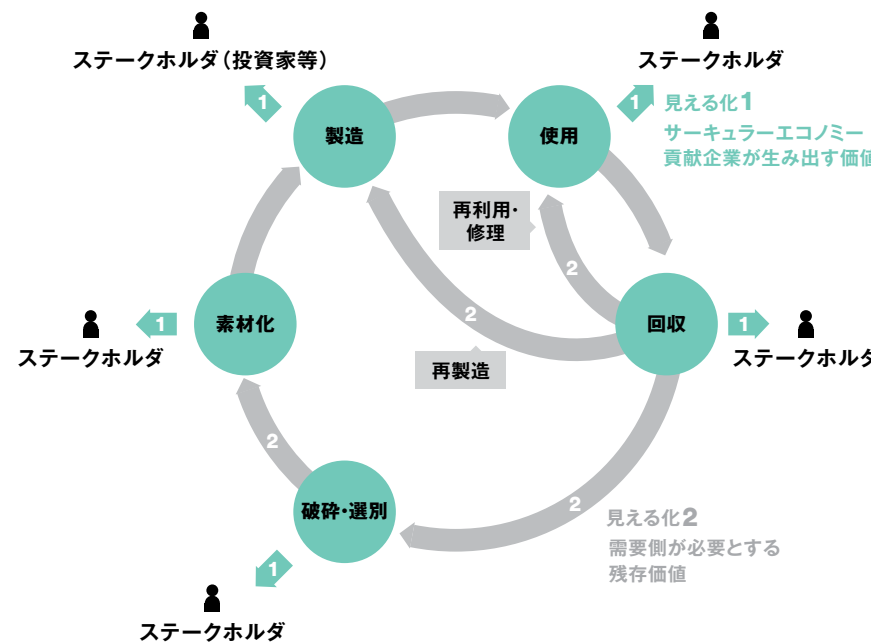
対策

- ・国際標準化機構ISO/TC323にてサーキュラーエコノミーを扱う専門委員会(TC)はサイバー・フィジカル間の繋がりがまだ弱く、両者を繋ぐ「見える化」の観点でアプローチが可能である。
- ・ISO/TC323を主軸に、他のTCとも連携した標準化により、仲間づくりのチャンネルを強化する。

循環の価値を可視化する

現状分析の結果、当ラボでは「価値の見える化」に取り組むことを重要視することになりました。製造→使用→回収→破碎・選別→素材化と繋がるバリューネットワーク、その外側に位置する投資家など多様なステークホルダが存在する状況をにらみ、以下述べる2つの価値に焦点を置くことにしました。

1つ目は「サーキュラーエコノミー貢献企業が生み出す価値」です。標準化するのは「サーキュラーエコノミー付加価値の生産性」指標。この価値をバリューネット



ワークの外側の投資家等に提示することで、企業としてのインセンティブが不足していた状態を改善し、「賢い」サーキュラーエコノミー貢献を促進します。2つ目は、バリューネットワーク内における「需要側が必要とするモノの残存価値」で、「グレーディング」とも呼ばれるものです。これにより、まだ使えるのに捨てられていた部品・製品が正しく評価され、再利用が促進されることが期待されます。また、需給アンマッチが生じていた再生原料の品質の見える化により、用途に応じた原料の供給が促進されます。

見える化1 サークュラーエコノミー付加価値の生産性指標

- | | |
|----|---|
| 課題 | 従来指標は循環のコスト効率の視点がなく、
静脈企業にとっても取り組む意義を見出せない |
| 対策 | 循環投資の効率向上の見える化指標により、
「賢い」サーキュラーエコノミー貢献を促進 |

見える化2 グレーディング

- | | | |
|----------|----|---|
| 製品
部品 | 課題 | モノとしての残存価値が正しく評価されず、
最終処分・廃棄されている |
| | 対策 | 残存機能・寿命の見える化で、残存価値に
応じた価格で供給量を増加 |
| 材料 | 課題 | 再生材使用の義務化により需給アンマッチの懸念 |
| | 対策 | 再生原料の品質(純度・均一度、危険物質の有無等)の
見える化で、用途に応じた原料の供給量の調整が可能 |

価値の見える化I

サーキュラーエコノミー付加価値の生産性

まず1つ目の「サーキュラーエコノミー付加価値の生産性」の指標の標準化方針について検討を進めました。これは、既存の経済指標と合わせる形で、新指標としてサーキュラーエコノミーを推進するルールのひとつになると考えています。

例えば、既存の経済指標のひとつである「循環材料の生産性」は「売上高」を「リニアな資源投入量」で割るという方法で算出します。この指標は「リニアな資源」を減らし、反対に「再生材」を増やすことで改善されるので再生材活用の促進に貢献しますが、問題点もあります。

再生材の利用には、追加のコスト・設備投資が必要になりますが、この指標ではその点が考慮されておらず、分子が「利益」ではなく「売上高」のため、利益を削ってでも再生材を使う「薄利化」を促進するおそれがあります。メーカおよび、メーカ依存度の高い日本の産業にとっては、不利な状況に陥る懸念があります。

そこで、当ラボでは、既存の経済指標と合わせる形で「サーキュラーエコノミー付加価値の生産性」という指標を提案します。この指標は「事業による付加価値」を「循環に使用したコスト」で割った値になり、コストに対する「付加価値」創出量、つまりサーキュラーエコノミー事業のコストパフォーマンスを評価します。これにより、高効率な社会システムや設備への集中

投資を促し、バリューネットワーク全体で付加価値の生産性を高めます。GDPは国全体の付加価値の合計なので、GDPの成長に貢献するでしょう。また、資源ベースの式ではないため、再生材活用に捉われない、設備の長寿命化やモノの回収などを含む、幅広いサーキュラーエコノミー施策も評価可能です。

既存の経済指標

循環材料の生産性

利益を考慮せず、再生材使用を増やせば指標は改善

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

分子の影響 コストに対する感度がないため、指標向上を目的に薄利化するおそれ

分母の影響 製品製造が主体の企業の場合、再生材活用が主な対応策となり
仕入れ値と製品価格にコスト転嫁できず、利益の減少と成長の抑制のおそれ

R_{MP} | Circular Material Productivity

WBCSD CTI 4.0、ISO59020の経済サーキュラーエコノミー指標のひとつ



新しく提案する指標

サーキュラーエコノミー付加価値の生産性

大きな付加価値を高効率に生む社会システムや設備への投資を推進

$$R_{AP} = \frac{\text{事業による付加価値}^*}{\text{循環に使用したコスト}}$$

- 効果
- ・ コストに対する「付加価値」創出量、サーキュラーエコノミー事業のコストパフォーマンスを評価
 - ・ 高効率な社会システムや設備へ集中投資し、バリューネットワーク全体で付加価値の生産性を高め、GDP成長を実現
 - ・ 再生材活用以外のサーキュラーエコノミー貢献(e.g. 長寿命化・回収)も評価

R_{AP} | Added CE Value Productivity, *付加価値 = 売上 - 他社に支払ったコスト(中間財投入額)

標準化戦略 | 循環の価値を可視化する

$$R_{AP} = \frac{\text{(a) 事業による付加価値}^{※1}}{\text{循環に使用したコスト}}$$



※1 付加価値＝売上－他社に支払ったコスト（中間財費用） ※2 実寿命指標＝製品の実寿命÷平均的な製品の寿命
（WBCSD Circular Transition Indicatorsのひとつ） ▶ 指標を向上させる方向性



- (a) 再生技術の高度化等による付加価値増加
残存価値をより大きく引き上げ、分子を増加
- (b) 使用済み製品・部品の再利用、再製造、回収・仕分け等の効率化
コストダウンで分母が減少

例 | 再製造事業者
（製造業・保守業者等）

$$R_{AP} \div \frac{\text{再製造事業の付加価値}}{\text{再製造事業の製造原価}}$$



- (c) 長寿命化製品・部品の利用、適切な保守による長寿命化
実寿命指標が大きくなり分母が減少

例 | サービス事業者
（電力会社・鉄道会社等）

$$R_{AP} \div \frac{\text{設備使用事業により
得た付加価値}}{\text{事業用設備の年間損耗量}}$$

新たに提案する指標では、再利用・再製造・回収・分別・長寿命化など、あらゆるサーキュラーエコノミー施策をコスト効率の点で評価できます。

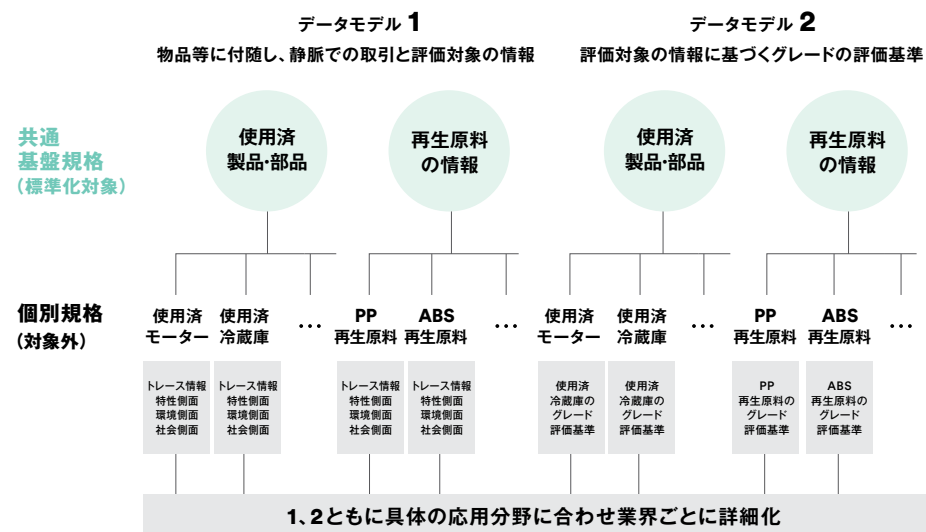
分母の左側「(b)使い切り分」は製品などの売上原価のうち変動費相当部分で、回収コストなどが入ります。分母の右側「(c)使い回し分」は、設備などの減価償却費に類似する部分ですが、それと異なるのは、設備投資額を法定耐用年数ではなく、実際の設備寿命で割ることです。つまり、実際の設備寿命が延びれば、この使い回し分が小さくなるので、分母が小さくなり、分数全体が大きくなるため、指標全体の改善につながります。

循環を通じて残存価値を増やす事業者の場合、残存価値をより大きく引き上げる技術により、分子を増加、あるいは使用済み製品・部品の再利用、再製造、回収・分別などの効率化により分母を減少させることで、指標を改善することができるでしょう。一方で、電力業者や鉄道会社など、残存価値の減少を防ぐことに注力する事業者の場合は、適切な保守による長寿命化により、使い回し分を減少させることで指標を改善することができます。

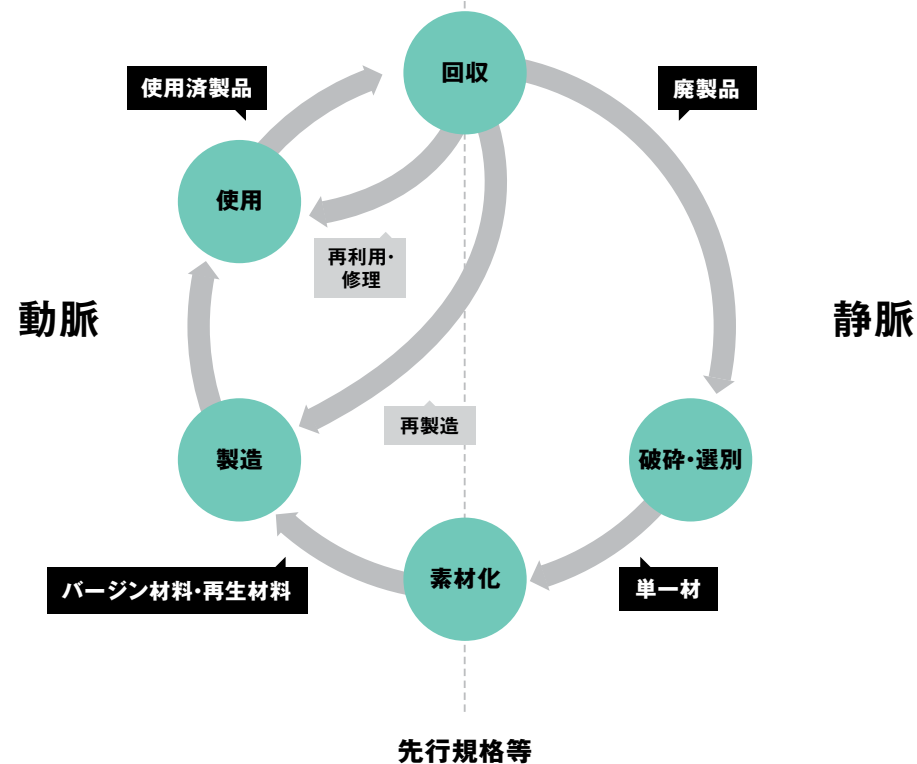
事例	既存指標： 循環材料の生産性 指標	提案指標： サーキュラーエコノミー 付加価値の生産性指標
社会インフラシステムによる 回収・仕分けの高効率化	対象外	○
保守サービスによる寿命延長	対象外	○
新製品への再生材利用促進による バージン材の削減	○	対象外

グレーディングの標準化

そこで、当ラボでは、他の先行規格などを活用・整合させながら、動脈と静脈の情報接続を実現する「グレーディングのためのデータモデル」を標準化します。



・回収品の出所等の情報		・再生材の品質・プロセス情報
・使用や修理履歴、品質情報	↔	・再生材の安全や環境の情報
・規制化学物質等の情報		・供給量や所在地等の情報



※1 Chemical and Circular Management Platform (次世代製品含有化学物質情報・資源循環プラットフォーム、仮称) ※2 Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (戦略的イノベーション創造プログラム) ※3 プラスチック情報流通プラットフォーム

IEC/TC111 製品 - 材料 - データ連携で先行
CMP※1 含有化学物質や再生材等の情報連携
 を可能にする新規システムで先行
SIP※2(PLA-NETJ※3) プラスチックの循環
 管理と情報共有、再生材料利用で先行

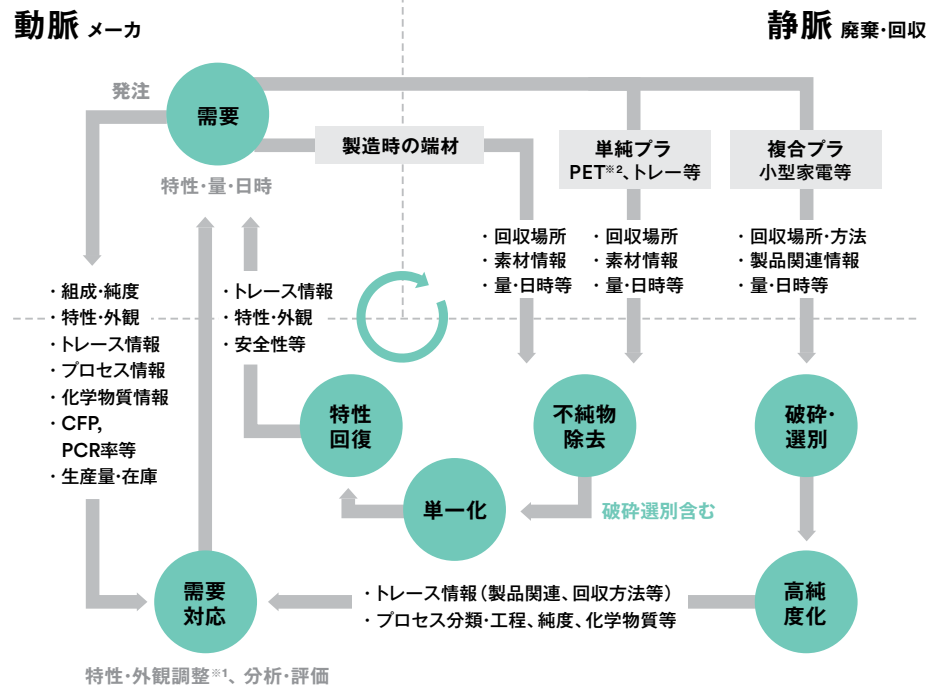
ISO/TC323 用語・指標・ビジネスモデル・
再生材料利用で先行

当ラボ発のグレーディングの標準化とは、評価対象の情報とグレードの評価基準を一定の構造や形式で記述したデータモデルについての標準化です。評価対象の情報とは、製品・部品に付いている、静脈での取引とグレードの評価に必要な情報のことです。また評価基準とは、評価対象の情報に基づきグレードを評価する際に必要な基準のことです。

私たちは、業界に共通する要素を抽出した「共通基盤規格」に取り組み

プラスチックの再生プロセスにおけるモノと情報の流れ

モノの流れ モノ 黒字: 渡す情報



静脈 資源・素材化

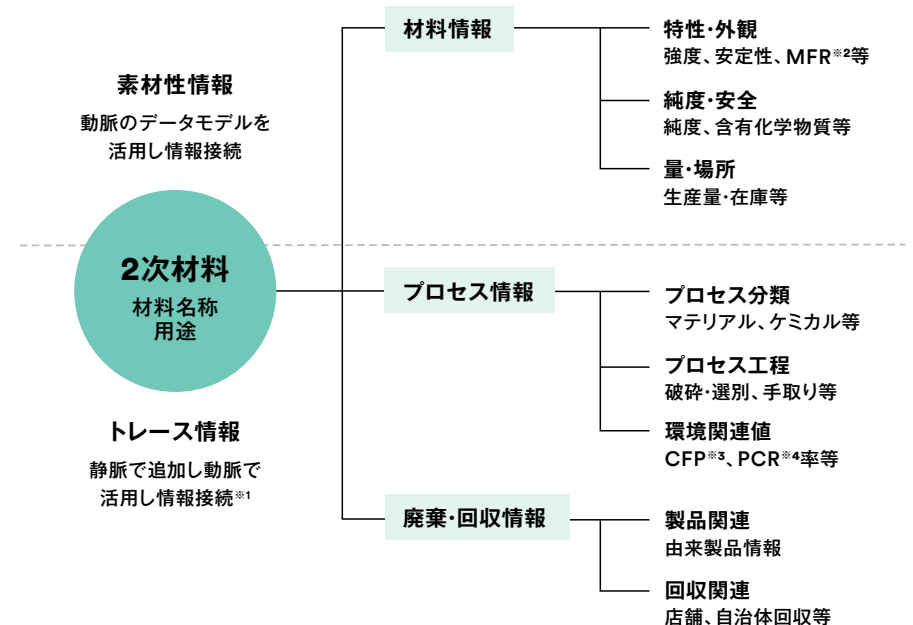
ます。そして、各業界が必要とする詳細な規格については、対象事業者がこの共通基盤を基に開発することが望ましいのではないのでしょうか。

こうしたデータモデルを抽出するため、ひとつのユースケースとして「再生プラスチック」を評価対象として検討しています。関連事業者ヒアリングし、モノと必要な情報の流れを整理し、グレード決定に必要な評価対象の情報を抽出しています。

プラスチックのグレード決定に必要な情報

動静脈のそれぞれに由来する項目を評価対象情報に含めて情報接続

動脈



関係機関との調整

現在、国際標準化に係るさまざまな団体との意見交換を進め、コンセンサスの醸成と規格の具体化を推進しています。

2024年4月には、「標準化シンポジウム」と「標準化クロズドワークショップ」を開催しました。

シンポジウムでは、サーキュラーエコノミーの国際標準化について、WBCSD（持続可能な開発のための世界経済人会議）やCEN/TC473（欧州地域標準・循環経済TC）の国際議長による講演と、世界各国の有識者とのパネルディスカッションを行いました。この模様は、全世界に向けてオンラインでライブ配信されました。

ワークショップでは、国内有識者も招き、当ラボで進める標準化についてより深い議論を行いました。議論の中では、当ラボの標準化活動に肯定的な意見も多数いただきました。

また、2024年12月には「サーキュラーパートナーシップEXPO」に登壇しました。経済産業省の関係部署や循環経済協会など関係諸団体とも協議を重ね、標準化を具体的に推進しています。

標準化シンポジウム

'24.4.23

産総研 臨海副都心センター

「デジタル・サーキュラーエコノミーに向けた国際標準化」
発信・各国からの講演・パネルディスカッション

参加機関	米国NIST	スイスWBCSD
	カナダISO / IEC代表	スウェーデンRISE他
	ルクセンブルク経済省	日本IEC/SC3D議長
	ブラジル規格協会	計7ヶ国
出席者数	約250名（現地約50名、オンライン約200名）	

NIST: National Institute of Standards and Technology, WBCSD: World Business Council for Sustainable Development, RISE: Research Institutes of Sweden

標準化クロズドWS

'24.4.24-25

産総研 臨海副都心センター

国内外の有識者との意見交換

- ・ラボの標準化案に肯定的な意見多数
- ・海外参加者から当ラボの規格案ブラッシュアップに向けた協力オファーあり
- ・国内外サーキュラーエコノミーエキスパート
約20名との議論

サーキュラー パートナーシップ EXPO

'24.12.4

東京ビッグサイト

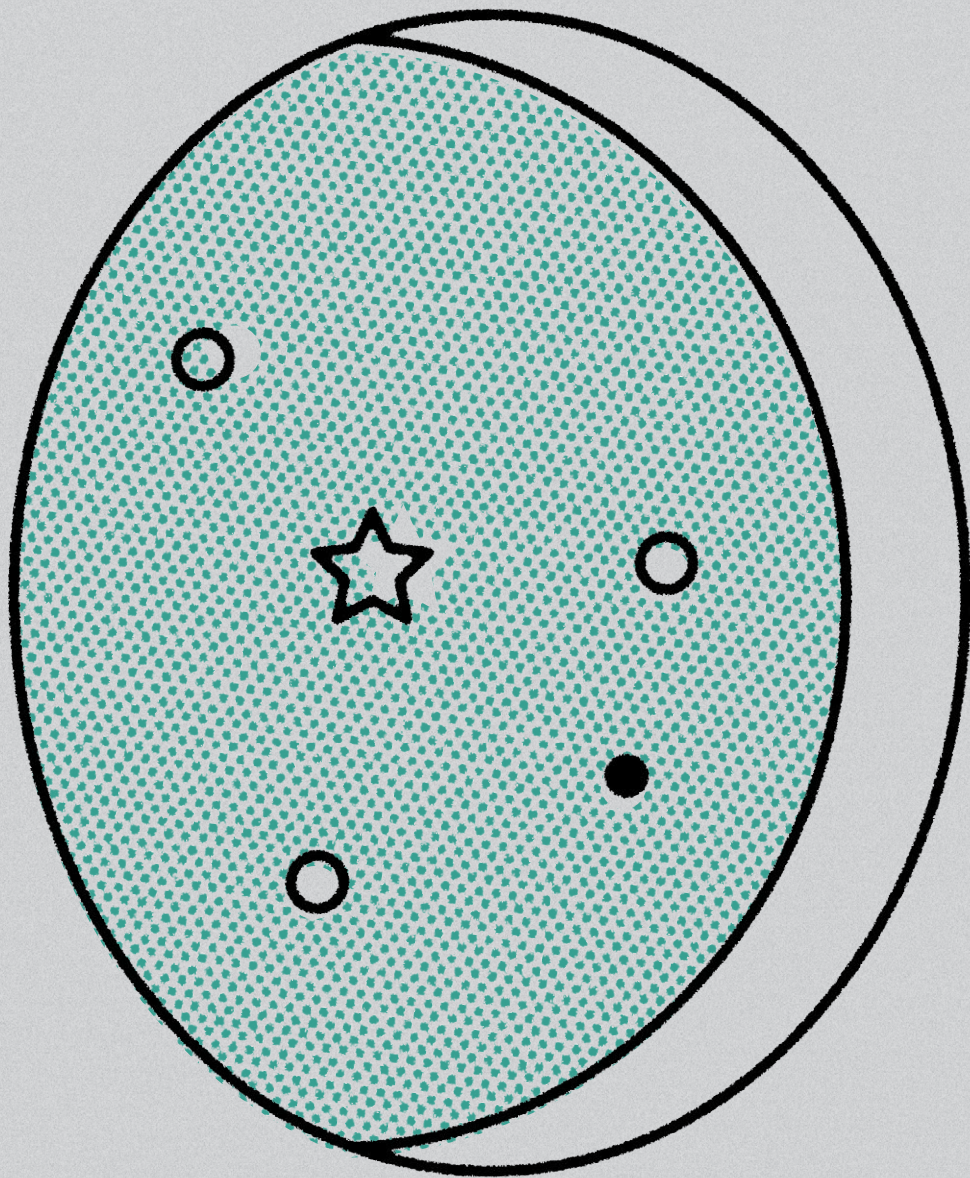
循環経済への移行に向けた
国際標準化の取り組みを紹介

- ・新しいサーキュラーエコノミー指標、グレーディングの標準化に対し、関心ありの多くのコメント
- ・継続的に、アクティビティを広く発信

出席者数 約150名

関係機関との 意見交換・調整

経済産業省関係部署、関係諸団体と
協議しつつ標準化を具体的に推進中



サーキュラーエコノミーをめぐる
価値を正しく可視化する
日本発のルール形成を
世界へ発信、提案していきます。

’22-23 現状把握、標準化戦略の立案

情報収集や調査による現状把握と分析。課題とニーズを特定、標準化戦略を立案。

’24 実装に向けての最適化

「サーキュラーエコノミー付加価値の生産性指標」と「グリーディング」の見える化戦略を立案。

’25 実装に向けてのアクション

2つの見える化戦略の委員会原案を準備。
国内関係機関と協力し、ISO/TC323 への提案をめざす。



あとがき

本報告書は、昨年度「2023年度活動報告書」に続く、2024年度の活動をまとめた中間報告書となります。2025年2月6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2回オープンフォーラム ～CE社会のありたき将来と実現に向けた具体的アプローチ～」での発表内容を基に作成いたしました。

当ラボでは、「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、サーキュラーエコノミーの実現に必要と考える「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つのテーマで研究を推進しております。2024年度はこれらのテーマを横断して「サーキュラーエコノミーに関する指標間の整理」を目的としたタスクフォースを新たに立ち上げました。タスクフォースでは、サーキュラーエコノミー指標の収集および指標群の体系化に取り組んでいます。

2024年4月には標準化に特化したシンポジウムを開催し、グローバルな7か国の標準化に関する取り組みを共有しました。また、科学技術と経済の会やCEATEC、自動車技術会、サーキュラーパートナーシップEXPOなどのイベントにおいて、私たちの取り組みを発信し、さまざまな場で多くの皆様と意見交換をさせていただきました。

2025年度、当ラボは当初計画の最終年度を迎えます。3年間の総仕上げとして、各テーマ共に、サーキュラーエコノミーの実現に向けた良き成果を創出できるよう研究を加速させて参ります。皆様には、この成果にご期待いただくとともに、ぜひ私たちと共にサーキュラーエコノミーの実現に向けてご一緒いただければ、大変光栄に存じます。

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

2025年3月時点

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		
	寺田尚平	日立（産総研出向）		
ラボ長補佐	神林琢也	日立（産総研出向）		
事務局	三宅由惟	産総研	門井 悠	AIST Solutions
	山本陽子	産総研	鈴木智久	日立
	宮本健一	AIST Solutions		
客員研究員	細田衛士	東海大学		
	梅田 靖	東京大学		
アドバイザー	遠藤 明	産総研	佐藤暁子	日立
	中坊嘉宏	産総研	倉田英明	日立
	持丸正明	産総研	内海幸治	日立
	谷口伸一	日立	長野裕史	日立
指標タスクフォース				
主査	増井慶次郎	産総研		
副査	蒲生昌志	産総研		
メンバー	竹中 毅	産総研	伊藤将宏	日立
	古川慈之	産総研	村里有紀	日立
	中林 亮	産総研	市橋祥之	日立



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>



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		
副査	増井慶次郎（兼）	産総研		
メンバー	森本慎一郎	産総研	福本 恭	日立
	蒲生昌志	産総研	八木将計	日立
	竹中 毅	産総研	大堀隼輝	日立
	渡辺健太郎	産総研	伊藤将宏	日立
	赤坂文弥	産総研	神林琢也	日立
	保高徹生	産総研	加賀祐介	日立
	中林 亮（兼）	AIST Solutions		

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（産総研出向）		
副査	古川慈之	産総研		
メンバー	高本仁志	産総研	中住昭吾	産総研
	澤田浩之	産総研	三坂孝志	産総研
	小倉一朗	産総研	Kraines Steven	産総研
	Herwan Jonny	産総研	林 直人	産総研
	松本光崇	産総研	親松昌幸	日立
	三宅晃司	産総研	森 拓郎	日立
	玄地 裕	産総研	中尾早苗	日立
	田原聖隆	産総研	佐藤英樹	日立
	大木達也	産総研	村里有紀(兼)	日立
	池田伸一	産総研	中川忠輔	日立
	梶野智史	産総研		

WG3 | 標準化戦略の立案・施策の提言

主査	星野 攻	日立		
副査	中林 亮	AIST Solutions		
メンバー	神垣幸志	産総研	松澤洋子	産総研
	田 透	産総研	渡邊宏臣	産総研
	蒲生昌志(兼)	産総研	武仲能子	産総研
	宮本健一(兼)	AIST Solutions	市橋祥之	日立
	佐藤浩昭	産総研	木原隆宏	日立
	水門潤治	産総研	村里有紀	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 2024

2025年7月1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>

デザイン 稲垣小雪

編集 若尾真実

CG 橋本健一制作事務所

©H-AIST CE Lab. Printed in Japan.



H-AIST CE Lab.